

2002-05-32

농림부연구용역보고서(2002.12)

북한의 동해안지역 농업용수체계 현황 및 개선방안 연구

A Study on the Irrigation Systems in the Eastern Region of
North Korea and Their Improvement Schemes

2002. 12

eb03998

농림부 자료실
등록번호:
등록일: 2003년 7월 7일
기증:

농업기반공사
농어촌연구원

본 보고서는 농림부의 용역의뢰를 받아 수행한 연구
결과로서 농림부의 공식적인 의견이나 입장이 아닙니다.

요 약 문

1. 연구과제명 : 북한의 동해안지역 농업용수체계현황 및 개선방안 연구
2. 연구기간 : 2002. 7 ~ 2002. 12
3. 연구목적 : 남북한 농업분야 교류사업의 본격적 추진에 대비
북한의 동해지역의 수자원 부존량과 농업용수체계
실태에 대한 현황을 파악하고 이에 대한 문제점
제시와 개선방안 모색
4. 필 요 성
 - 농업생산기반 사업특성을 파악함에 있어서 단순히 밖으로 드러난 물리적 현상의 파악뿐만 아니라 부존수자원, 수자원이용현황, 수리시설이용현황, 농지자원의 이용현황 및 질적 요소까지도 파악함이 필요하다.
 - 북한의 수자원 및 농업용수체계에 대한 관련 자료의 검증이 필요하다
 - 북한 동해안유역의 수자원현황 파악은 남북한 국토의 균형적 이용과 개발에 매우 중요한 요소임
 - 북한의 수자원을 합리적으로 이용할 수 있는 계획수립이 가능
 - 남북한은 논과 밭의 경지면적비율이 다르며 이러한 현실을 감안 상호보완적인 방향으로 농업을 재건할 경우 수리시설 및 용수체계의 파악이 필수적이다.
 - 남북한 경제협력 활성화를 위한 주된 분야로써 농업분야가 가장 유망하며 협력사업의 대상으로 농지기반조성사업을 들 수가 있다. 이러한 농지기반조성사업의 수행을 위해서는 수리 및 농업용수체계의 파악이 필수적이다.

5. 연구내용

- 북한의 지리 및 하천
- 북한농업용수 기준
- 북한의 유역분류 및 수문구획
- 동해안 지역 하천유역별 수자원현황
- 동해안 지역 하천유역별 농업용수체계 및 수리시설현황
- 동해안 지역 주요관개지구
- 동해안지역 농업용수체계의 문제점
- 농업생산기반분야 남북협력방안

6. 연구결과

- 일부지역을 제외하고는 관계시스템에 있어서 북한서해안지역 외견상 큰 차이는 없음
- 그러나 기상조건에 있어서 강수량이 적고 기온이 낮아 결빙기간이 길다
- 지형적으로 산악지역이 많고 평야지대의 상대적 면적이 적어 북한의 서해안지역에 비해 영농활동이 그리 활발하지 못함
- 하천의 연장이나 유역면적 또한 서해안 하천에 비해 규모가 적어 수자원의 절대량은 적다.
- 그러나 적은 강수량 및 수자원에도 불구하고 경지규모가 적어 물수지에 있어서 농업용수 자체는 풍부하다고 판단된다.
- 보에 의한 용수공급 의존도가 적게는 30%에서 많게는 60%이상으로 상당히 큰 비중을 차지하고 있다.
- 관개의 대부분은 나무나 돌로 축조된 임시보에 의해 이루어지고 있다.
- 이러한 보로는 관개용수를 안정적으로 공급하지 못하고 약간의 가뭄에도 심한 피해를 입고 있음

- 동해안지역은 하천은 하천형태학적 특성상 서해안 하천에 비해 유로장이 짧고 경사가 급하여 강우발생 후 단시간내에 유출이 급격히 감소하여 하천이 바닥을 드러내는 등 취수보에 의한 용수공급에 적합하지 않은 지형특성을 가지고 있다.
- 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 임시보의 구조를 콘크리트 등 안정적 구조물로 개선하거나
- 근본적인 대책으로는 중소규모 저수지 수원공으로 대체하여 용수의 안정적인 공급을 모색하여야 할 것이다.
- 서해안지역과 마찬가지로 동해안지역 유역의 농경지에 대한 관개에서 양수장이 차지하는 비율이 아주 높다(20-60%).
- 양수장은 높은 초기 건설비를 필요로 하는 저수지 관개체계 대신에 공사기간이 짧고 비용이 적게 드는 잇점이 있음
- 그러나 양수장 시스템은 풍부한 수자원과 가동할 에너지가 충분치 못하면 이용이 한계점에 다다르게 됨
- 동해안유역에 산재한 양수장도 북한의 여타 지역과 같이 대부분 60~70년대 건설된 것으로 노후 되고 관리부실로 정상가동이 어려운 실정임
- 경제난으로 서해지역과 같이 유지관리 및 보수불량으로 용수의 손실이 많아 적기에 포장까지 용수가 도달하는데 문제점이 있음
- 보를 수원으로 하는 양수장이 많아 하천수위의 급격한 하강으로 양수장의 가동을 중단해야 하는 등 많은 문제점이 발생
- 수리구조물의 설계기준 또는 분석기법의 부적정 등으로 인해 시설물의 내한능력 및 안정성이 결여되어 있을 것으로 판단됨
- 시공과정에서 적절한 품질관리 부족으로 시설물의 내구연한 단축
- 서해안지역보다 산지가 많은 지형특성상 용배수로내 수로터널, 수로교, 잠관 등 구조물 구간이 많고 결빙기간이 길어 시공조건과 기후조건이 불리하다.

- 따라서 공사기간을 충분히 잡아야 함에도 불구하고 공사를 단기간 내에 끝내려는 목표달성위주의 사업으로 추진되어 부실시공의 여지가 많다.
- 산림의 황폐로 인한 토사유입으로 용배수로 시설의 매몰이 빈번하여 수리시설이 제기능을 발휘하지 못하는 사례가 많다.

7. 농업생산기반분야 남북협력방안

□ 단기적 방안

- 북한의 전역에 산재한 소규모의 쉽고 간단한 시설물의 유지보수 또는 보강사업이나 긴급을 요구하는 자연재해피해 복구사업 등
- 임시보를 콘크리트보로 개보수 시켜 영구적 시설로 변환하기 위한 시범사업
- 양수장 유지 및 보수를 위한 부품지원
- 낡은 용배수로 구조물을 보수하여 수로의 효율을 증가시키든가 토공용수로 콘크리트용수로 바꾸는 개보수 시범사업 구간의 설치
- 농업생산기반시설의 관개체계 확립을 위한 기술검토와 품질관리, 적정 설계기준 정립을 위한 상호 기술정보교환
- 주요하천 이나 저수지의 수문관측시설 설치를 위한 기술협력의 실시

□ 중장기적 방안

- 농업용수체계의 근본적인 대책수립
- 임시보를 대체할 수 있는 중소규모의 저수지를 개발하는 방안
- 동부지역 수원공의 내한능력 향상과 에너지소모를 줄이기 위해서는 단계적으로 양수장 수원공을 저수지 관개체계로 전환하거나 저에너지 소비형 관개체계로의 전환사업
- 이러한 중장기적 교류사업의 본격전 추진에 앞서 시범사업지구

를 선정하여 우선적으로 시행함이 바람직함

- 중장기적방안은 많은 예산과 시간이 소요됨으로 조속히 착수함이 바람직하다.

8. 실용화방안

- 농업생산기반현황 등의 자료는 남북한 농업생산기반 정비를 위한 협력사업 계획수립에 기초자료로 활용
- 기상 및 수문자료와 같은 기초자료는 관개개발지구의 구조물설계에 활용
- 향후 북한 농업생산기반 및 수자원 관련 연구수행을 위한 기초자료로 활용
- 공공 또는 민간분야 농업협력사업 및 기술교류사업에 활용

목 차

목차	i
표목차	v
그림목차	x
1. 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구의 필요성	2
1.3 연구범위 및 방법	3
1.3.1 연구범위	3
1.3.2 연구방법	4
2. 북한의 자연 및 하천	6
2.1 북한의 지리일반	6
2.1.1 지리적 현황	6
2.1.2 농업기상	8
2.2 북한의 하천	16
2.3 하천의 함양 및 유출특성	21
2.3.1 하천함양의 특성	21
2.3.2 유출의 특성	24
3. 수자원형태와 개발이용실태	38
3.1 수자원현황	38
4. 북한의 농업생산기반시설 현황	42
4.1 북한의 농업지역 현황	42
4.2 경작지현황	46
4.2.1 표고별 토지분포	46
4.2.2 논의 분포현황	47
4.2.3 밭분포 현황	50
4.2.4 과수원 분포현황	55
4.3 관개면적	56
4.4 경지정리	56

4.5 수원공 현황	59
4.5.1 저수지	59
4.5.2 양수장	64
4.5.3 보	66
4.5.4 지하수시설	67
4.5.5 담수호	68
5. 북한농업 용수기준	70
5.1 논관개 용수기준	70
5.1.1 이양용수량(모내기물량)	71
5.1.2 본답용수량(보급수량)	71
5.1.3 밭관개 용수 이용기준	74
5.2 농업용수의 수질기준	79
6. 북한의 유역분류와 수문구획	81
6.1 북사면 유역	85
6.2 동사면 유역	85
6.3 서사면 유역	85
7. 동사면 지역의 하천 및 농업용수체계 현황	86
7.1. 수성천	87
7.1.1 수성천 하천형태학적 특성	87
7.1.2 수성천의 수자원현황	89
7.1.3 수성천 유역의 농업용수이용 특성	94
7.2 어랑천	98
7.2.1 어랑천 하천형태학적 특성	98
7.2.2 어랑천의 수자원현황	100
7.2.3 어랑천유역의 농업용수이용 특성	108
7.3 남대천(길주)	111
7.3.1 남대천(길주)하천형태학적 특성	111
7.3.2 남대천(길주)의 수자원현황	114
7.3.3 남대천(길주)유역의 농업용수이용특성	119
7.4 북대천(단천)	123

7.4.1 북대천(단천)하천형태학적 특성	123
7.4.2 북대천(단천)의 수자원현황	126
7.4.3 북대천(단천)유역의 농업용수이용특성	132
7.5. 남대천(단천)	135
7.5.1 남대천(단천)하천 형태학적 특성	135
7.5.2 남대천(단천)의 수자원현황	139
7.4.3 남대천(단천)유역의 농업용수이용특성	145
7.6 남대천(북청)	148
7.6.1 남대천(북청)하천형태학적 특성	148
7.6.2 남대천(북청)의 수자원현황	151
7.6.3 남대천(북청)유역의 농업용수이용 특성	157
7.7 성천강	162
7.7.1 성천강의 하천형태학적 특성	162
7.7.2 성천강의 수자원 현황	166
7.7.3 성천강 유역의 농업용수 이용특성	175
7.8 금야강	181
7.8.1 금야강의 하천형태학적 특성	181
7.8.2 금야강의 수자원 현황	185
7.8.3 금야강 유역의 농업용수이용 특성	191
7.9 남대천(안변)	195
7.9.1 남대천(안변)의 하천형태학적 특성	195
7.9.2 남대천(안변)의 수자원현황	197
7.9.3 남대천(안변)유역의 농업용수 이용특성	203
7.10 두만강	209
7.10.1 두만강의 하천형태학적 특성	209
7.10.2 두만강의 수자원현황	213
7.10.3 두만강 유역의 농업용수 이용특성	222
8. 동해안지역 주요 중소규모 관개지구 사례	224
8.1 어랑관개지구	224
8.2 길주관개지구	225

8.3 함주관개지구	225
8.4. 금야관개지구	227
8.5 안변관개지구	228
9. 동해안지역 농업용수체계의 문제점 및 개선방안	230
9.1 임시보에 의한 관개용수공급	231
9.2 양수장 위주의 관개체계	232
9.3 기 타	233
10. 농업생산기반분야 남북협력방안	236
10.1 단기적 방안	236
10.2. 중장기적 방안	237
11. 결 언	238
참고문헌	240
부록 I. 두만강 주요지류 월별 강수자원	243
부록 II. 두만강 주요지류 월별강수량/유출량	247
부록 III. 두만강 주요지류의 수문특성	253
연구기관 및 연구참여자	256

표 목 차

표 2.1 북한지역의 위치	6
표 2.2 북한지역 주요지점의 월평균기온	9
표 2.3 주요지역의 서리현황	12
표 2.4 북한주요지역의 월평균 강수량	14
표 2.5 주요지역 기왕의 연속강우량 및 일우량	15
표 2.6 주요지역 기왕의 호구구역 및 기록	16
표 2.7 북한의 주요하천	17
표 2.8 주요하천 감조구간	20
표 2.9 주요하천 함양원 비율	21
표 2.10 북한의 주요지점별 평균유출량	24
표 2.11 북한의 주요지점 유출특성 현황	28
표 2.12 주요지점에서 년평균 최대유출량과 년평균 유출량과의 비	35
표 2.13 주요지점에서의 최대홍수량	36
표 3.1 북한지역 강수량, 증발량 및 유출량	38
표 3.2 도별 지표수자원	39
표 3.3 남북한 수자원량 추정 비교	40
표 3.4 수자원 이용량('83년 현재)	41
표 4.1 북한의 8개 농업지대 및 1개 교외농업지구	42
표 4.2 황해안 평야지대 지구별 지역명	42
표 4.3 중부산간지대 지구별 지역명	43
표 4.4 황해안 중간지대 지구별 지역명	43
표 4.5 북부산간지대 지구별 지역명	44
표 4.6 동북해안 북부지대지구별 지역명	44
표 4.7 동북해안 남부지대지구별 지역명	45
표 4.8 동해안 중부지대 지구별 지역명	45
표 4.9 북부내륙 고산지대 지구별 지역명	45
표 4.10 평양주변 농업지구 지구별 지역명	46

표 4.11 북한지역 표고별 면적 분포현황(1983)	47
표 4.12 시도별 논면적 분포현황(1984)	48
표 4.13 표고별 논면적 분포현황(1984)	50
표 4.14 권역별 발면적 분포현황(1984)	51
표 4.15 표고별 발면적 분포현황(1984)	52
표 4.16 경사도별 발면적 현황	53
표 4.17 표고별 과수원 분포현황(1984)	55
표 4.18 경사도별 과수원 분포현황(1984)	56
표 4.19 주요농작물 관개면적 현황	56
표 4.20 토지정리사업 추진실적	58
표 4.21 남북한 경지구획 규모비교	58
표 4.22 남북한 수리시설 현황비교	59
표 4.23 북한의 주요 댐 현황	60
표 4.24 저수용량 1,000ha · m이상 주요농업용 저수지	63
표 4.25 연간 취수량 1,000ha · m이상 양수장	65
표 4.26 취수량 1,000ha · m이상 보	67
표 5.1 북한의 평균 연중발광과 수면 증발량(mm)	72
표 5.2 유효강우량 비율표(%)(7월 상순이전)	73
표 5.3 유효강우량 비율표(%)(7월 상순이후)	73
표 5.4 북한의 논에서 관개에 소비되는 물량과 보충되는 물량	74
표 5.5 북한 작물별 관수회수	75
표 5.6 북한에서 적용하는 작물별 수분요구 시기와 흡수시기	76
표 5.7 밭작물의 증발산량 실측자료(mm)	78
표 5.8 작물별 발관개용수량	78
표 5.9 남북한 농업용수(논,벼)의 수질기준 값(ppm)	79
표 5.10 관개용수속의 총질소가 생육에 미치는 영향	80
표 6.1 하천형 및 특징	82
표 6.2 수문구획 및 특성	84
표 7.1 수성천 주요지류의 연장 및 유역면적	89
표 7.2 수성천 주요지류별 월별 강수량/유출량현황($10^4 m^3$)	91

표 7.3 수성천 주요지류의 수문특성	92
표 7.4 수성천 계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	93
표 7.5 수성천 월별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	94
표 7.6 어랑천 주요지류의 연장 및 유역면적	99
표 7.7 어랑천 주요지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)	103
표 7.8 어랑천 주요지류의 수문특성	106
표 7.9 어랑천 계절별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4m^3)	107
표 7.10 어랑천 월별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4m^3)	108
표 7.11 남대천(길주)주요지류의 연장 및 유역면적	113
표 7.12 남대천(길주)주요지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)	115
표 7.13 남대천(길주)주요지류의 수문특성	116
표 7.14 남대천(길주)계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	118
표 7.15 남대천(길주)월별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	118
표 7.16 남대천(길주)유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력	120
표 7.17 남대천(길주)유역 보에 의한 관개현황	121
표 7.18 남대천(단천)주요지류의 연장 및 유역면적	125
표 7.19 북대천(단천)주요지류별 월별 강수량/유출량현황(10^4m^3)	127
표 7.20 북대천(단천)주요지류의 수문특성	129
표 7.21 북대천(단천)계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	131
표 7.22 북대천(단천)월별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	131
표 7.23 북대천(단천)수원형태별 농업용수의 이용현황	132
표 7.24 남대천(단천)주요지류의 연장 및 유역면적	137
표 7.25 남대천(단천)주요지류별 월별 강수량/유출량현황(10^4m^3)	141
표 7.26 남대천(단천)주요지류의 수문특성	142
표 7.27 남대천(단천)계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	144
표 7.28 남대천(단천)월별 수자원 부존량/유출량현황(10^4m^3)	144
표 7.29 남대천(북청)주요지류의 연장 및 유역면적	150
표 7.30 남대천(북청)주요지류별 월별 강수량/유출량현황(10^4m^3)	153
표 7.31 남대천(북청)주요지류의 수문특성	154
표 7.32 남대천(북청)계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	156

표 7.33 남대천(북청)월별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	157
표 7.34 남대천(북청)수원형태별 농업용수 이용현황(백만 m^3)	158
표 7.35 남대천(북청)의 저수지에 의한 관개면적 현황	158
표 7.36 남대천(북청)유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력	159
표 7.37 남대천(북청)유역 보에 의한 관개현황	160
표 7.38 성천강 주요지류의 연장 및 유역면적	164
표 7.39 성천강 주요지류별 우리별 강수량/유출량현황(10^4m^3)	168
표 7.40 성천강 주요지류의 수문특성	173
표 7.41 성천강 계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	174
표 7.42 성천강 월별 수자원 부조량/이용량현황(10^4m^3)	175
표 7.43 성천강 유역 주요저수지 현황	176
표 7.44 성천강 유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력	178
표 7.45 금야강 주요지류의 하천형태학적 특성	183
표 7.46 금야강 주요지류의 연장 및 유역면적	183
표 7.47 금야강 주요지류별 월별 강수량/유출량현황(10^4m^3)	187
표 7.48 금야강 주요지류의 수문특성	189
표 7.49 금야강 계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	191
표 7.50 금야강 월별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	191
표 7.51 남대천(안변)주요지류의 연장 및 유역면적	197
표 7.52 남대천(안변)주요지류의 수문특성	198
표 7.53 남대천(안변)주요지류별 월별강수량/유출량 현황(10^4m^3)	199
표 7.54 남대천(안변)주요지류의 계절별 수자원량(10^4m^3)	200
표 7.55 남대천(안변)계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	202
표 7.56 남대천(안변)월별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	203
표 7.57 남대천(안변)의 저수지에 의한 관개면적 현황	205
표 7.58 남대천(안변)유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력	206
표 7.59 남대천(안변)보에 의한 관개현황	207
표 7.60 두만강 주요지류의 연장 및 유역면적	211
표 7.61 두만강 주요지류 연간 유사량	213
표 7.62 두만강 계절별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	221

표 7.63 두만강 월별 수자원 부존량/이용량현황(10^4m^3)	222
표 9.1 북한 동해안지역 주요유역별 보에 의한 관개현황	231
표 9.2 북한 동해안지역 주요유역별 양수장에 의한 관개현황	233

그 립 목 차

<그림 2.1> 북한지역의 주요산맥	7
<그림 2.2> 연평균,최고,최저기온 분포	10
<그림 2.3> 북한지방 연평균기온 등온선도	10
<그림 2.4> 연평균 최고기온	11
<그림 2.5> 연평균 최저기온	11
<그림 2.6> 연평균 강수일수 및 강수량(북한자료)	13
<그림 2.7> 북한의 주요하천	18
<그림 2.8> 북한지역의 연평균 유출량	27
<그림 3.1> 북한지역 수자원 부존량 및 이용현황	40
<그림 4.1> 발면적의 도별 표고별 분포	52
<그림 4.2> 북한의 토지정리 현장	57
<그림 4.3> 주요 관개용 저수지 위치도	62
<그림 6.1> 북한지역 수문구획도	83
<그림 7.1> 북한 동해안지역 하천유역 위치도	86
<그림 7.2> 수성천 수계도	88
<그림 7.3> 어랑천 수계도	99
<그림 7.4> 남대천(길주)수계도	112
<그림 7.5> 북대천(단천)수계도	124
<그림 7.6> 남대천(단천) 수계도	136
<그림 7.7> 남대천(북청)수계도	149
<그림 7.8> 성천강 수계도	163
<그림 7.9> 금야강 수계도	182
<그림 7.10> 남대천(안변)수계도	196
<그림 7.11> 두만강 수계도	209

1. 서 론

1.1 연구배경

정부에서 지속적으로 추진중인 남북교류사업은 정부의 적극적인 지원으로 본격적으로 추진되고 있으며 교류의 폭도 점점 확대되고 있는 추세이다

농업분야 또한 비료, 농약, 종자 등 간헐적으로 이루어지던 남북한 교류는 근본적이고 실질적인 지원 정책으로 전개 될 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 남북한 농업분야 교류사업의 본격적인 추진에 대비하여 북한의 동해안지역에 대한 수자원 및 농업용수체계의 정확한 현황파악 및 문제점을 제시하고 이의 개선방안을 모색하고자 한다.

지형적으로 북한의 동해안지역은 백두대간인 함경, 부전령, 마식령산맥의 동쪽에 위치한 백두산맥, 북수백산맥, 낭림산맥자락 등에 의해 계략 구획되는 분수령으로 수성천, 남대천, 성천강, 금야강, 그리고 두만강 등이 흐르고 이들 강 유역에 평야가 발달하고 농지가 조성되었다. 행정구역상으로는 함경북도, 함경남도, 강원도일원이다

이들 농지에 대한 북한의 농업용수체계는 대부분의 주 수원공은 소규모 취입보, 양수장 위주의 시스템으로 되어있으며 이는 장기적 안목과 경제효과 분석이 없이 초기투자비용이 적게 드는 방법을 택하였기 때문이라고 판단된다.

소규모 취입보는 가뭄에 취약하며 가뭄이 조금만 들어도 하천바닥이 드러나 용수공급이 어렵게된다. 뿐만 아니라 서부지역과 마찬가지로 대부분의 양수장은 50~60년대에 건설되어 이미 노후화 된 시설이어서 고장이 잦고 효율이 떨어지고 있다. 그러나 경제난으로 부품의 교체와 유지관리에 어려움을 겪고 있는 실정이다.

동부지역에 산재해 있는 관개용 저수지 대부분은 소규모로, 약간의 가뭄에도 저수지가 바닥나 용수공급이 어려우며 또한 일부는 자체 유역의 유출수 유입에 의한 저류방식이 아닌 유역 변경식 저류나 양수장에 의한 저류를 하고 있다. 이 양수장위주의 용수체계는 경제상황의 변화, 즉 전력

등 에너지수급의 영향을 많이 받으며, 특히 최근 산업용 전력마저 부족한 북한의 전력사정은 양수장 가동을 위한 충분한 전력의 공급에 지장을 초래하고 있다.

이러한 북한의 현황을 고려해볼 때 북한의 수자원, 수리시설 및 농업용수체계의 현황 파악은 농업교류를 위해서는 어느 분야보다 우선적으로 심도 있는 연구와 철저한 계획수립이 시행되어야 할 것이다.

1.2 연구의 필요성

- 농업생산기반사업 특성 및 본질을 파악함에 있어서 단순히 밖으로 드러난 물리적 현상만을 파악하는데 그쳐서는 안될 것이며 부존 수자원 및 수자원 이용현황, 관·배수 시설 및 수리시설이용현황, 농지 자원의 이용현황, 질적 요소까지도 파악하는 것이 필요하다
- 북한의 수자원 및 농업용수체계에 대한 관련 자료는 다른 자료와 마찬가지로 거의 공개하지 않을 뿐만 아니라 내부적으로 통용되는 자료라고 하더라도 그 진위를 확인하기란 매우 어려운 일이기 때문에 북한의 용수체계 실상을 파악하기 위해서는 여러 통로를 통해 가용한 정보를 수집하고 과학적인 방법으로 검증하는 절차가 필요하다.
- 지금까지 알려지지 않은 북한의 저수지, 양수장, 용수로 농업용수체계를 파악하여 관개용수 공급현황을 분석함으로써 농업생산기반 조성사업에 대한 북한의 갑작스런 지원요청 또는 통일에 대비해야 할 것으로 판단된다.
- 동해안지역 유역의 수자원을 파악하는 것은 농업용수 공급을 위한 계획 수립뿐만 아니라 물을 이용한 휴식 공간의 활용계획 등 남북한 국토의 균형적 이용과 개발이라는 측면에서도 매우 중요한 요소이다.
- 통일에 대비하여 북한의 수자원 및 용수체계의 특성을 파악함으로써 북한이 가진 수자원을 합리적으로 이용할 수 있는 계획을 수립 할 수 있다.
- 남한은 논 면적이 밭에 비해 넓으며 북한은 밭이 논보다 넓은 특징을

지니고 있으며 이러한 논밭의 용수체계가 다르다. 따라서 남북한은 용수체계가 서로 다르기 때문에 상호 보완적인 방향으로 농업을 재편할 수 있는 이점이 있으며 이러한 사업추진을 위해서는 수리시설 및 용수체계의 파악이 필수적이다.

- 언제 닳칠지 모르는 통일에 대비하여 미리 남북한의 수자원을 파악하고 그 활용계획을 세우는 것은 경제·산업적인 측면에서 큰 의의가 있다.
- 남북한 경제협력 활성화를 위한 주된 분야로서 농업분야가 가장 유망한 것으로 판단되고 있으며 남북 농업협력사업의 대상으로서 농지기반조성사업을 들 수 있다. 농지기반조성사업을 수행하기 위해서는 수리 및 농업용수체계의 파악이 필수적이다.

1.3 연구범위 및 방법

1.3.1 연구범위

본 연구는 아래 항목들에 대해 분석과 고찰을 수행하였다.

- 북한동해안 지역 수자원 이용 및 특성분석에 대해
 - 북한지역별 수자원 현황조사
 - 북한동부지역 수계구분(수성천, 남대천, 성천강, 금야강 등)
 - 수계별 유역면적, 지류, 지형 등 유역의 특성을 분석하고
- 농업용수개발 현황 및 개발가능성 추정분야에 대해서는
 - 수계별 하천유출량 추정 및 지역적 분포 현황
 - 수자원 이용현황
 - 월별 유출분포 및 변화
 - 북한의 농업용수
 - 용수원 시설별(양수장, 저수지, 보 등)농업 용수량 추정
 - 관리체계별 현황 등에 관한 사항을 분석하였다.

또한

- 중장기 수자원개발 및 이용체계확립을 위해서는

-수자원 이용상 일반적 특성

-하천수계별 저수지 및 양수장 현황 및 관개면적 대해 고찰 하였으며
마지막으로

- 북한농업용수체계의 문제점 및 동해안지역 용수체계개선을 위한 남북
한 협력방안에 대한 제시를 하였다.

1.3.2 연구방법

용수체계 현황의 합리적 추정을 위해서는 유량관측이나 이수현황조사 등 현장조사가 수반되어야 하나 이는 현실적으로 어렵고 또한 기록자료입수도 북한의 폐쇄적 특성으로 그 접근성이 상당히 제한적일 수밖에 없었다. 따라서 본 연구수행을 위해서는 한정된 자료를 이용하여 분석 연구하였다.

주로 국내의 관련문헌과 북한발행 특수자료로 분류되는 노동신문, 농업수리화, 지질 및 지리과학, 기상과 수문 등 북한발행 과학 및 농업관련 정기간행물의 분석을 통하여 기초자료를 수집하였으며 기상청에서 입수한 북한기상자료도 함께 이용하였다. 또한 간척자원 및 사업현황 조사는 문헌조사분석에 인공위성 영상자료의 분석결과를 활용하였다. 본 연구에 사용된 자료를 열거하면 아래와 같다.

- 농업기반공사 농어촌연구원 보유자료 활용분석 하였다.

-북한발행 기술자료를 활용한 분석

-농업수리화(격월간), 기상과 수문(격월간), 지리과학(계간), 국토(계간) 등 북한발행정기간행물, 단행본 및 비디오테이프 등 영상물 활용, 생산기반정비 관련법규 및 시행체계분석, 농공기술 현황과 수준파악, 남북한 비교분석

-기상자료 및 지형도(축적1/50,000, 1/250,000)를 활용한 지형분석

-인공위성 화상자료(LANDAST-TM, SPOT, RADARSAT, IRS-1C)활용, 경지(필지)규모 및 용배수로 조직파악, 문헌자료의 검증

- 필요한 경우 외부기관 관련분야 전문가들의 자문을 구하였다.

- 북한의 수자원 수리시설, 용수체계 등 관련자료 및 정보의 확보에 의한 자료 수집과 분석을 하였다.
- 국내 북한발행 농업관련 신규자료 발굴, 수집·분석 (국정원, 정보사 등)
- FAO, UNDP 등 국제기관과 일본, 중국 등 해외관련기관을 통한 자료 수집분석
- 기타자료 수집분석(인터넷검색, 각종 세미나 자료수집 등)
- 연구의 수준을 향상시키기 북한과 인접한 중국국경지대 현지방문을 실시하였다.

2. 북한의 자연 및 하천

2.1 북한의 지리일반

2.1.1 지리적 현황

북한지역은 한반도에서 1953년 7월의 정전협정에 의해 설정된 군사분계선(그 이전은 북위 38도선) 이북의 지역으로 그 동서남북단의 경계는 표 2.1과 같으며, 면적은 우리나라 한반도 전체면적 222,209km²의 55%인 122,762km²이다.

표 2.1 북한지역의 위치

방향	경위도	해당지명
동단	동경 130도 41분 32초	함경북도 선봉군 우암리
서단	동경 124도 10분 47초	평안북도 신도군 비단섬노동자구
남단	북위 37도 41분 0초	황해남도 강령군 등암리
북단	북위 43도 00분 33초	함경북도 온성군 풍서리

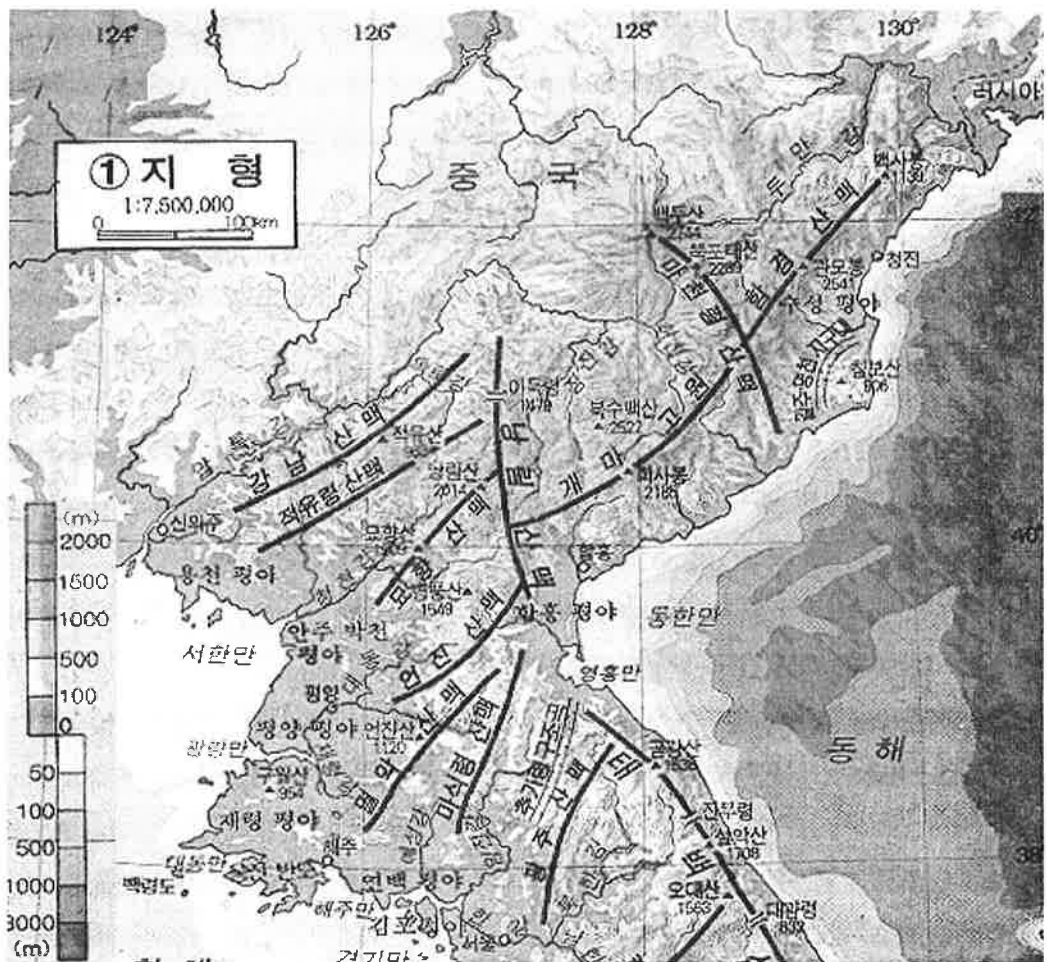
그림 2.1에서 보는 바와 같이 북동지역은 함경, 부전, 태백산맥을 근간으로하는 산악지대가 대부분이고 서쪽으로는 강남, 적유령, 묘향, 언진, 멸악산맥을 분수령으로 하는 하천유역의 낮은지대 에는 평야가 발달해 있다.

또한 북쪽에는 1,500m이상의 산들이 있는 고지대가 놓여있다. 백두용암대지의 거의 중심에는 백두산이 2,774m의 높이로 솟아 있다. 표고에 따른 면적비율은 표2.2와 같다.

북한에서 15° 이상의 경사지는 전체 국토넓이의 절반이상을 차지하며 5° 미만의 느린 평지는 약 20%이다. 북한의 평야 대부분은 절대높이가 100m이하의 낮은 지대로 되어있으며 100이상의 높이에는 언덕성 별들이 있다. 평야의 규모는 그리 크지 않다. 넓이가 60km²이상 되는 비교적 큰 평야는 90여개가 있다. 넓은 평야들은 서해안에 있는 큰 강들의 하류부와

해안지대에 펼쳐져 있다. 주요 평야는 평양평야(950km²), 열두삼천리평야(750km²), 재령평야(1,300km²), 연백평야(1,150km²), 함흥평야(600km²)등이다.

북한의 토양특성을 보면 모암인 화강암과 편마암이 풍화작용을 받지 않고 퇴적되어 전체 경지면적 중 1,200천 정보가 산성토양이며 자갈이 많고 경사가 급하며 토심이 얕아서 토양깊이가 15cm이하인 곳이 50%나 된다. 경작지 토양의 부식질 함량이 극히 낮으며 작물의 생육을 위해서는 많은 양의 퇴비를 사용하여야 한다.



<그림 2.1> 북한지역의 주요산맥

2.1.2 농업기상

북한의 해안지역은 내륙지역보다 평균기온이 높다. 서해안 지역의 해주 지방과 내륙 북쪽의 혜산 지방과의 기온차이는 연평균기온 7℃ 이상이다. 두 지역에서 월평균 기온차는 일년 중 기온이 가장 낮은 1월에는 9.6℃, 기온이 가장 높은 8월은 4.2℃의 차이를 나타내고 있다. 이는 내륙지역의 위치가 높은 산악지대에 있는 것에 비해 해안지역은 위치가 낮고 해류의 영향을 받기 때문이라고 볼 수 있다.

북한지역은 동쪽과 서쪽이 바다와 면하고 있지만 대륙의 영향을 강하게 받으며 대륙에 접한 북쪽으로 갈수록 한서의 차가 심한 전형적인 대륙성 기후를 나타내고 있다. 북한은 기후대상으로 냉대기후의 남쪽에 속하며 연평균기온 3~11° C로서 주민들의 제반활동에 큰 문제는 없다.

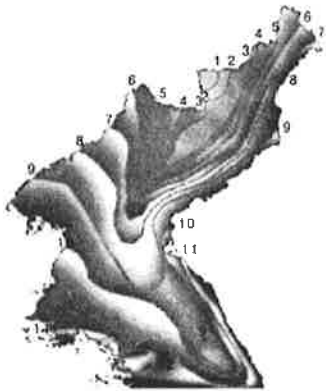
표 2.2 및 그림2.5 는 북한지역의 주요지점에 대한 월평균기온과 등온선을 각각 나타낸다.

기온이 0℃이하가 되면 발생하는 서리는 북부내륙을 제외한 대부분의 지역에서 10월에 시작된다. 첫 서리는 함경남북도가 가장 빠르며 일반적으로 10월 초순에서 하순사이에 내린다. 마지막 서리는 4월 중하순까지이지만 함경남도에서는 5월 초순까지 내린다. 연중 무상일수가 많은 지역은 동해안, 서해안, 북부내륙지역의 순으로 그 차이는 크게는 60일 정도에 이른다. 무상기일이 짧은 관계로 북한에서는 농작물의 서리 피해를 줄이기 위해 옥수수도 모판(강냉이 영양단지)을 설치하여 모를 기른 후 종상일이 지난 후에 본 밭에 이식하고 있다.

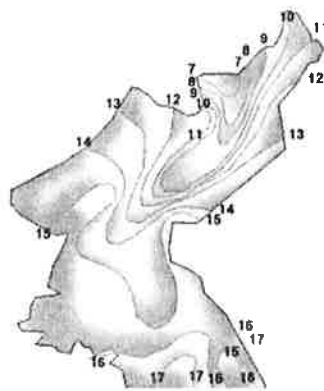
북한지역의 연평균 강수량은 1,110mm내외로 남한과 큰 차이는 없다. 북한의 하천중 강수량이 가장 큰 하천은 청천강으로 평균강수량이 1,483mm이며 그 다음이 북한강으로 1,263mm이다. 그리고 강수량이 가장 적은 하천은 두만강으로 평균강수량이 604mm이며 그 다음으로 압록강으로 강수량이 924mm이다. 그러나 동일 유역내 에서도 지역적으로 평균강우가 1500mm이상의 큰 강수가 발생하기도 한다.

표 2.2 북한지역 주요지점의 월평균기온 (0.1℃)

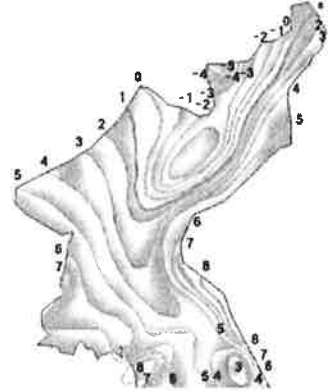
월 지명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
선봉	-75	-50	2	62	110	149	194	213	168	97	20	-46	70
삼지연	-177	-144	-78	15	76	123	159	158	89	17	-69	-142	2
청진	-57	-39	11	70	120	155	199	217	175	109	35	-27	81
중강	-163	-104	-10	78	142	189	223	216	145	67	-25	-123	53
혜산	-166	-119	-33	57	121	167	205	198	128	50	-41	-136	36
강계	-123	-76	4	87	151	197	230	224	157	81	-5	-91	70
풍산	-155	-118	-50	37	95	137	171	171	106	37	-43	-119	22
김책	-43	-27	20	76	123	159	203	220	181	120	49	-14	89
수풍	-90	-50	18	97	157	201	234	235	174	103	20	-52	87
장진	-160	-123	-53	33	91	138	172	172	110	38	-37	-114	222
신의주	-70	-37	26	96	153	200	234	240	187	116	32	-41	95
구성	-81	-40	22	97	157	204	234	239	181	108	24	-47	92
회천	-95	-49	17	94	153	202	231	234	170	95	16	-58	84
함흥	-44	-23	29	97	153	186	221	228	181	120	47	-14	98
신포	-36	-17	26	84	135	171	212	225	182	121	53	-4	96
안주	-78	-38	23	97	156	204	235	239	184	111	33	-40	94
양덕	-91	-54	10	86	144	192	222	225	165	93	21	-51	80
원산	-25	-9	38	105	159	190	225	232	188	134	66	6	109
평양	-62	-33	30	105	163	210	240	241	188	118	41	-31	101
남포	-53	-25	30	104	161	206	237	243	196	130	53	-16	106
장전	-12	0	44	111	161	191	227	236	195	144	81	24	117
사리원	-53	-27	33	107	166	211	241	243	192	125	48	-22	105
신계	-67	-30	32	106	161	209	235	241	187	118	41	-29	100
용연	-39	-16	33	95	146	193	229	238	189	129	61	-2	105
해주	-37	-15	40	105	158	203	234	245	200	136	61	-6	110
개성	-44	-17	39	104	159	204	236	242	194	129	54	-14	107
평강	-79	-45	18	91	147	192	222	226	173	105	32	-38	87



연평균기온

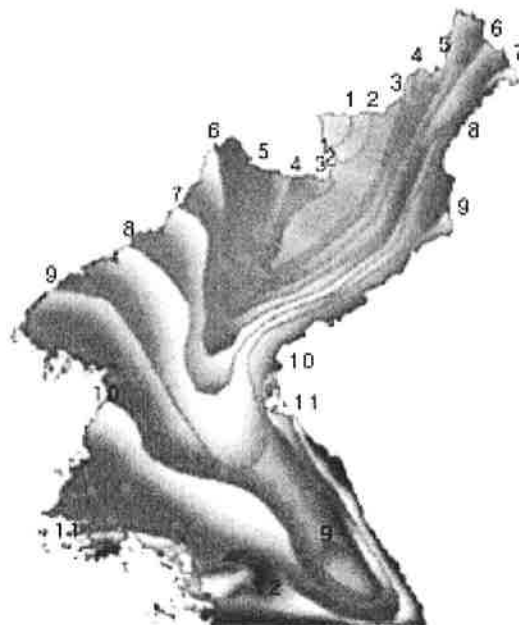


연평균최고기온



연평균최저기온

<그림2.2> 연평균, 최고, 최저기온 분포도



<그림 2.3> 북한지방 연평균기온 등온선도

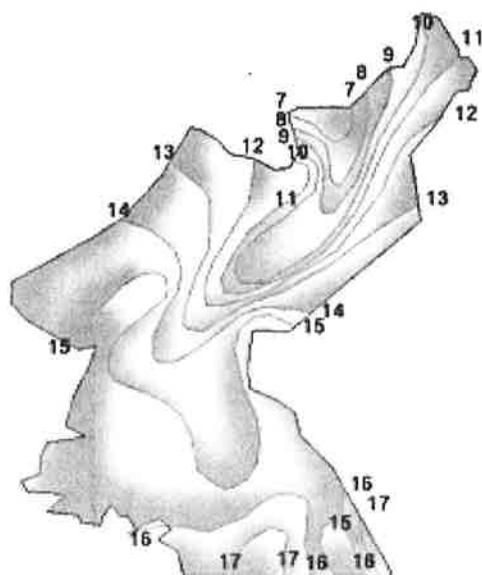
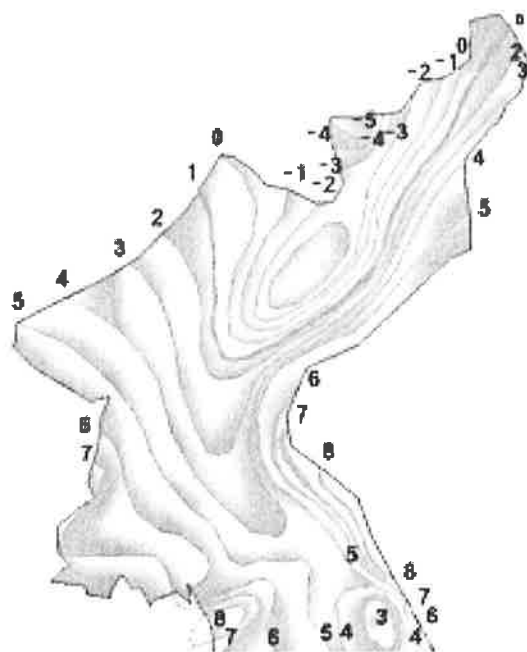


그림 2.4 연평균최고기온



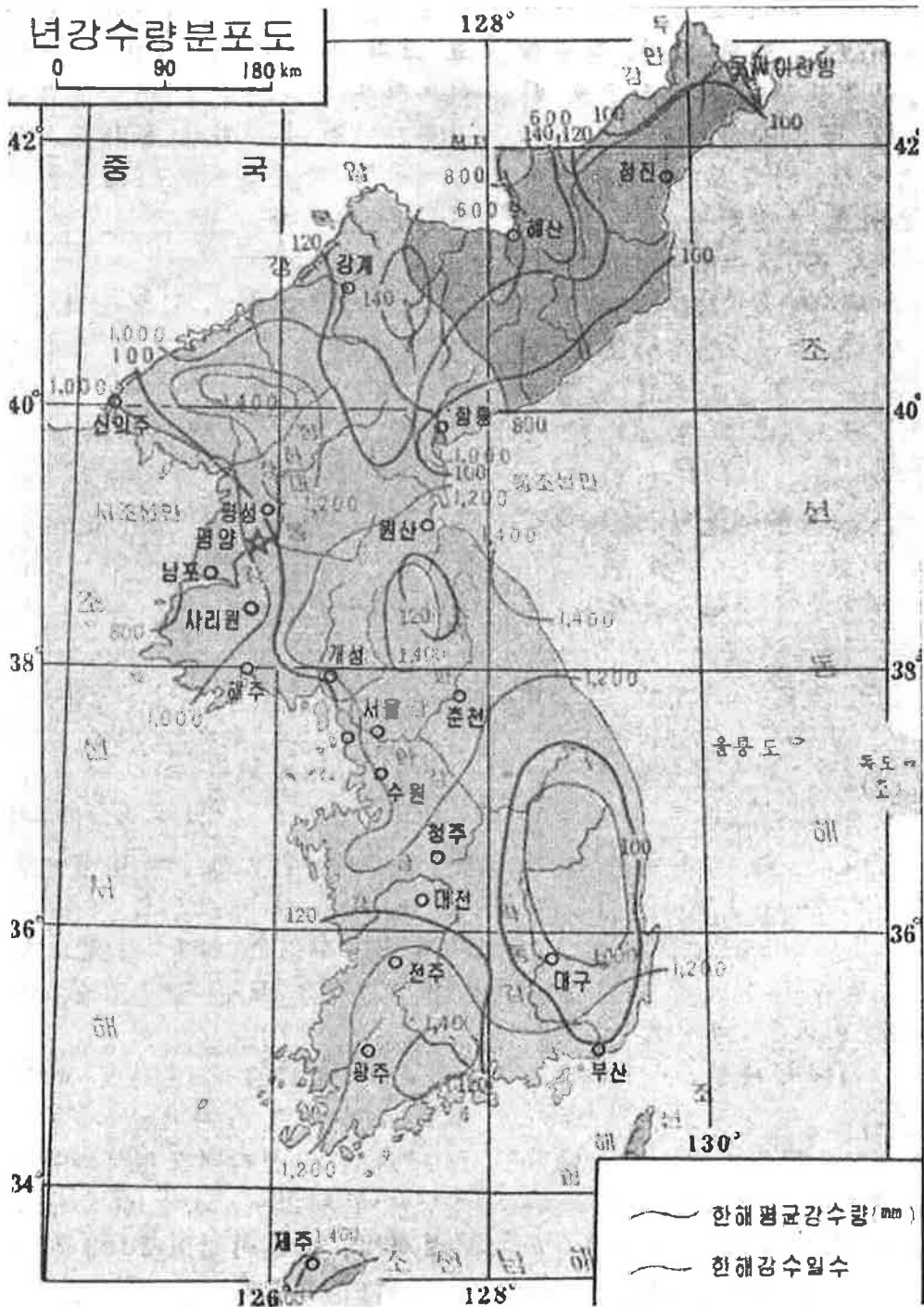
<그림 2.5> 연평균최저기온

표 2.3 주요 지역의 서리현황

지 역	초 상 일	중 상 일	무상기일
선 봉	10월 14일	4월 26일	170일
중 강	9월 25일	5월 15일	132일
김 책	10월 23일	4월 17일	188일
신 의 주	10월 10일	4월 19일	173일
함 홍	10월 22일	4월 19일	185일
원 산	10월 24일	4월 15일	191일
평 양	10월 12일	4월 22일	172일
해 주	10월 19일	4월 11일	190일

※자료 : 김하명, 조선경제지리, 1985

표 2.5는 1973~1994년 22년간 북한 주요지역의 월평균 강수량을 나타낸다.



<그림 2.6> 연평균강수일수 및 강수량(북한자료)

표 2.4 북한 주요지역의 월평균 강수량(1973~1994) (단위:0.1mm)

월 지명	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	전년
선 봉	41	101	220	480	514	1107	1591	1284	880	391	259	79	6947
삼지연	193	168	372	727	996	1651	1920	1432	944	386	473	245	9507
청 진	120	157	207	364	420	1007	1113	1288	648	304	333	189	6150
중 강	70	92	134	451	665	1117	1549	1426	678	355	238	140	6915
혜 산	52	98	155	369	574	1246	1333	1102	611	260	162	99	6061
강 계	79	85	188	526	865	1428	1983	1568	774	393	305	184	8378
풍 산	70	76	171	494	770	1218	1433	1402	746	359	199	121	7059
김 책	213	156	154	468	424	859	1196	1410	673	350	419	382	6704
수 풍	126	119	216	538	698	1034	2346	2038	982	438	480	154	9169
장 진	153	72	220	613	891	1220	1811	1385	743	314	298	128	7848
신의주	109	97	157	478	773	1169	2335	2073	978	509	356	170	9204
구 성	148	128	241	637	840	1255	3357	2724	914	398	455	204	11301
회 천	159	125	194	591	734	1299	3553	2219	1137	455	543	253	11262
함 흥	139	150	250	542	576	1115	1931	1777	952	401	360	151	8344
신 포	193	141	277	510	542	983	1916	1407	819	431	384	210	7813
안 주	127	123	361	373	713	1086	2969	2146	992	412	387	145	9834
양 덕	146	162	228	480	777	1162	2566	2189	929	327	414	195	9575
원 산	393	360	431	566	847	1500	2610	2868	1996	663	747	290	13271
평 양	109	116	289	534	689	977	2435	1764	831	433	346	184	8707
남 포	117	111	297	332	718	756	2085	1998	890	436	506	242	8488
장 전	522	422	616	623	1112	1402	2706	2520	2617	1192	1013	458	15203
사리원	119	114	245	553	682	909	2027	2251	1088	353	523	184	9048
신 계	153	133	419	534	890	1153	3028	2461	1096	365	513	186	10931
용 연	167	112	219	372	791	851	2272	1899	1130	435	547	213	8918
해 주	117	138	279	574	738	1184	2635	2140	1232	360	388	173	9958
개 성	131	161	289	676	1034	1158	2910	2638	1326	386	407	179	11295
평 강	183	192	371	471	967	1230	3690	2327	1517	412	552	257	12169

자료 : 북한기상 20연보(발췌), 1995. 기상청

특히 1995년 이상강우에 의한 7, 8월 평균강수량은 733mm로서 년강수량의 70%가 내렸다. 평안남북도, 자강도에서는 폭우가 많이 내렸고 저지역에서는 평균 년 8월 상순보다 181mm 많은 평균 267mm 비가 내렸다. 그중 많은 비가 내린 지역은 덕천지방: 806mm, 박천지방 : 724mm, 안주지방 : 682mm, 개천지방 : 656mm, 희천지방 : 625mm이다.

특히 7월31일- 8월2일 사이에 서태평양 고기압과 중국동북지방 고기압 사이에 놓인 절편선이 40도 부근에서 진동함으로써 평안남북도와 강원도 지방에서 무더기비가 내렸다. 자강도 희천에서 8월17일 12시부터 18일12시 사이에 442mm의 폭우가 내리고 강수집중시간인 17일21시 - 18일9시까지 12시간 사이에 411mm의 폭우가 내렸다. 18일21시 - 19일 5시 사이에 황해도 삼천지방에서 223mm, 신천지방에 187mm가 내렸다.

8월17일5시부터 8월20일 5시까지 200mm이상의 비가 내린 곳은 해주 234mm, 웅진233mm, 신천 260mm, 봉천210mm, 서흥294mm, 신계 328mm, 희천 442mm, 세포252mm, 평강,394mm, 이천362mm이다. 자강도 희천에서는 8월17일 하루362mm, 중순강수량(476mm), 월강수량 1,031mm로서 역사상 최고 기록이었다. 강원도세포에서는 8월 강수량 880mm로 기왕 최대치보다 33mm 더 많았다. 평안남북도, 자강도, 강원도

표 2.5 주요지역 기왕의 연속 강수량 및 일우량 (단위: mm)

지명	유역명	일우량		2일연속		3일연속		비고
		발생일	우량	발생일	우량	발생일	우량	
태천	대령강			26.8.11-12	428.6	24.8.10-12	460.9	
희천	대동강			26.7.22-23	396.6	26.7.22-24	431.8	
서흥	재령강					23.8.19-21	527.2	
신계	예성강	23.8.19	318.8	23.8.19-20	560.1	23.8.19-21	778.4	
평산	예성강	25.7.19	490.0	25.7.19-20	830.0	25.7.19-21	858.0	
철원	임진강			26.7.16-17	484.1	26.7.15-17	638.1	
금화	임진강	26.7.17	312.4	26.7.16-17	478.1	26.7.15-17	578.5	
장단	임진강	26.7.17	309.2	26.7.16-17	442.2	26.7.16-18	516.5	

자료 : 북한기상 20연보(발췌), 1995. 기상청

일부지방에서 8월 1달동안 연강수량의 50%이상이나 되었다.

표 2.6 과 표 2.7은 자료수집이 가능한 북한 주요지역의 기왕 연속 강우량 및 일우량과 기왕의 호우구역 및 기록을 각각 나타내고 있다.

표 2.6 주요지역 기왕의 호우구역 및 기록

기간	발생일	연속우량	구역	관계하천	비고
구성	1923.7.13-20	441	평북	대령강,청천강	
신계	1923.8.18-23	795	황해, 강원	임진강,예성강,재령강	
곡산	1924.7.17-8.2	803	황해, 평남	대동강	
운산	1924.7.17-8.2	723	평북	청천강,대령강	
구성	1925.7.11-7.27	585	평북	대령강	
평산	1925.7.11-7.27	1,025	황해, 강원	예성강,재령강,임진강	
태천	1926.8.10-8.14	406	평북, 평남	청천강,대령강	

자료 : 북한기상 20연보(발췌), 1995. 기상청

2.2 북한의 하천

북한의 하천들은 남한과 마찬가지로 기본적으로 산지에서 발원하고 있으며 자연호수로부터 직접 발원하는 하천들은 거의 없다. 표 2.11은 북한 주요하천의 발원지와 하구의 위치를 나타낸다.

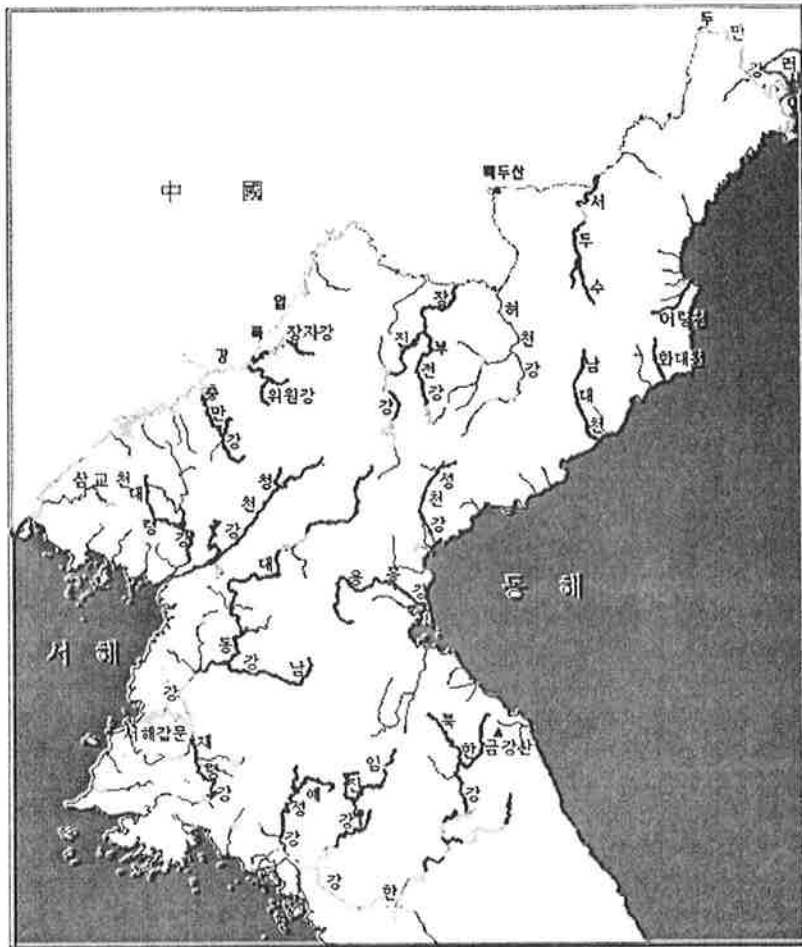
하천유역들은 주로 높은 산줄기들에 의하여 둘러 막혀 있으므로 남한의 산지보다는 분수령이 뚜렷하고 유역들 사이의 경계가 명백한 것이 특징이다

그림 2.4는 북한지역의 주요 하천위치를 나타내고 있다. 그림에서 보는바와 같이 북한지역의 하천들은 분수령이 동쪽에 치우쳐 있으며, 유로 연장 100km이상의 주요하천들은 두만강을 제외하고는 대부분 황해로 유입된다. 그러나 하천이 흐르는 경사유역은 크게 동·서·북의 3 유역으로 구분된다.

표 2.7 북한의 주요하천

하천명	유역 (km ²)	연장 (km)	발원지	하구	비고
압록강	64,739.8 조)32,557.7	803.0	량강도 삼지연군 백두산남쪽	평북 룡천군 신도군	북사면유역
두만강	32,920.0 조)10,565.0	547.8	량강도 삼지연군 백두산동남쪽	함북 선봉군	"
청천강	9,552.6	217.0	자강도 동신군 갑현령	평북 정주군, 평남문덕군	서사면유역
대동강	20,247.0	450.3	평남 대흥군 랑림산 한태령	황남 은율군, 남포시 와우도구역	"
용흥강	77.7	20.0	평북 운산군 류철령	평북 운산군 전승리	동사면유역
성천강	2,417.7	105.3	함남 신흥군 금패령	함남 함흥시 해안구역 운성1동	"
북청 대천	1,940.8	71.2	함남 덕성군 후치령	함남 신포리 남흥리, 북청군 예승리	"
안변 대천	857.0	93.0	강원 세포군 성산리	강원 안변군 원량리, 사평리	"
수성천	932.0	72.0	함북 무산군 차유봉	함북 청진시 수남구역 어항동	"
단천 대천	2,323.2	176.3	량강도 갑산군 화동령	함남 단천시 신흥리 항구동	"
어랑천	2,014.0	112.9	함북 어랑군 계산봉	함북 어랑군 동평리	"
북대천	1,445.0	128.1	함남 단천시 대동령	함남 단천사 두연리, 문암리	"
길주 대천	1,346.5	102.1	량강도 백암군 남설령	함북 김책시 동흥리, 화대군 룡원리	"
금진강	842.0	98.2	함남 함주군 백산	함남 정평군 하남리, 북흥리	"
장연 대천	685.0	62.9	황남 삼천군 광대산	황남 룡연군 석교리, 장연군 창파리	"
온포천	778.5	50.9	함북 경성군 도정산	함북 경성군 일향리	"
남강	561.6	85.5	강원고성군 차일봉	강원고성군 고봉리, 구읍리	"
나북천	283.0	42.1	함북 청진시 부윤구역 구성령	함북 청진시 라남구역 봉암리, 룡암리	"
오촌천	245.1	36.8	함북 경성군 대련골산	함북 경성군 승암구	"

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, 98. 농업기반공사



<그림 2.7> 북한의 주요하천

서해로 흐르는 하천들은 강남산맥과 적류령산맥에 의하여 압록강유역과 청천강유역으로 갈라지며 묘향산맥에 의하여 청천강유역과 대동강유역으로 갈라진다. 또한 멸악산맥과 언진산맥에 의하여 대동강유역과 태성강유역이 나누어지고 아호비령산맥에 의하여 예성강유역과 임진강유역이 각각 나누어진다.

동해로 흐르는 하천의 유역들은 백두산줄기의 남쪽부분에 의하여 함경산맥의 동남쪽 연안의 하천유역과 두전령산맥의 동남쪽 연안의 하천유역으로 갈라지며 광주산줄기의 북쪽부분에 의하여 크게 동한만연안의 하천

유역과 태백산맥 동쪽 연안의 하천유역으로 갈라진다. 그리고 함경 및 부전령, 북대봉, 태백산맥의 통쪽 비탈면을 강물이 직각방향으로 침식함으로써 다시 수많은 중소하천유역으로 나누어진다.

북부지역의 압록강유역은 낭림산맥에 의하여 다시 개마고원지대의 하천유역과 평안북도 및 자강도 산지역의 하천유역으로 갈라진다.

북한의 하천유역의 형태학적 특징으로는 지류가 발달하여 하천 망이 고르게 분포하며, 하천밀도 $0.4 \sim 0.5 \text{ km/km}^2$ 로서 조밀한 편이다. 그러나 대부분은 좁은 골짜기를 흐르며 발원지의 고도가 높아 경사가 급하여 수력 발전에는 유용하나 내륙수로로서의 이용에는 불리하다. 또, 겨울철에는 하천들이 동결하는데, 동결기간은 두만강이 약 4개월, 압록강과 대동강이 약 3개월 정도이다.

또한 북한 하천들의 유역형은 대부분 중류지역이 넓게 발달한 유역형이다. 그러나 동해안하천들에는 극히 부분적으로 중류 및 상류 유역이 발달하고 있는 유역형들이 있으며 서해안하천들에는 중류 및 하류 유역이 발달하고 있는 유역형들이 있다.

유역의 규모는 서해안 하천들이 동해안 하천들에 비하여 대체로 수배 또는 수십배나 더 크다. 북한지역 하천 중 200 km^2 이하의 유역면적을 가지는 하천의 74.9%이다. 이것은 북한지역 하천에서 중소하천이 대부분을 차지한다는 것을 말해준다.

개별적인 하천들이 가지고 있는 지류들에서도 역시 유역면적이 200 km^2 이하가 대부분이다. 그러나 압록강, 두만강, 대동강과 같은 큰 하천들에는 유역면적 500 km^2 이하의 지류들이 대부분이다.

하천유역의 형태는 분수선의 길이, 유역의 평균너비, 유역의 완전도(유역의 평균너비/유로장) 및 유역의 평균높이 등에 의해서 그 특징이 규정된다.

유역의 평균너비는 대체로 큰 하천일수록 크다. 특히 압록강, 두만강, 대동강, 청천강 등이 그러하다.

유역의 평균높이는 북부고원지대와 동해안지대를 흐르는 하천들에서

높은데 서두수, 연면수, 성천수 등은 1,000m를 넘는다.

또한 조석간만의 차가 큰 서해로 유하 하는 하천은 대부분이 조석의 영향을 받는 감조하천이며 감조구간은 표 2.12와 같다.

표 2.8 주요 하천 감조구간

하천명	주요지천명	조석영향구역 종점지명	하구로부터 거리(km)	비고
대령강		박천군 청룡면 신정리	27.4	
	장수탄강	박천군 서면 와현동	9.8	
청천강		안주군 안주면 북송리	36.0	
대동강		대동군 추을미면 사동	98.0	
	황주천	황주군 영풍면 영풍리	21.0	
	매상천	황주군 청수면 삼가리	18.0	
	봉상강	강서군 동진면 심정리	12.0	
	곤양강	대동군 용연면 천리	21.5	
	순화강	대동군 용산면 시산리	9.0	
	보통강	대동군 고평면 대치령리	9.5	
재령강		재령군 은산면 서창리	42.0	
	수합강	안악군 용내면 동창포	10.0	
	서강	재령군 하호리면 신호리	22.0	
	서흥강	봉산군 서종면 대관리	3.5	
	은파천	봉산군 초와면 유정리	8.0	
예성강		평산군 금암면저탄리누천합류점	51.9	
	한교천	연백군 화성면 운포리	13.0	
임진강		장단군 장남면 고랑포상수탄	41.4	
	사 천	장단군 진남면서장리경부철교하	12.6	
	문산천	파주군 월용면 덕은리	6.9	
용흥강		영흥군 진평면 평탄	15.0	
성천강		함흥군 운전면 운중리	2.0	

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한연구, 98. 농업기반공사

2.3 하천의 함양 및 유출특성

2.3.1 하천함양의 특성

하천의 함양조건은 유역의 기후 및 자연지리적 조건에 의하여 규정된다. 일반적으로 하천의 함양원천은 빗물, 눈녹은 물, 지하수, 호수물, 얼음이 녹은 물 등이다. 함양원천이 시기에 따라 어떤 비율로 이루어지는가 하는데 따라서 하천의 함양비가 규정된다.

강우에 의한 지표면 유출과 지하수의 유입이외에 북한지역의 하천 함양의 특징으로서는 겨울 지표면에 내린 눈이 봄철 기온의 상승으로 녹아 하천으로 유입하는 이른바 눈석이물(눈녹은 물)의 비율이 남한에 비해 높다.

북한의 주요 하천지점들의 함양형태별 비율은 표 2.12와 같다. 표에서 보는 바와 같이 압록강 만포지방서는 빗물함양이 약 78%내외이며 눈녹은 물과 지하수 함양이 약 22%정도이다. 서두수 원봉지방에서는 빗물함양이 약 73%, 눈녹은 물과 지하수 함양이 약 27%이다.

표 2.9 주요 하천 함양원 비율

지역(하천)명	함양원(%)		비고
	강우	눈녹은 물+지하수	
만포(압록강)	78	22	낙동강: 강우99~99.5
원봉(서두수)	73	27	
덕성(북청남대천)	79	21	
(대동강)	96.1	3.9	

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한

이와 같이 북부지방으로 갈수록 눈녹은 물 함양이 차지하는 몫이 상대적으로 크며 유출형성과 물 움직임에서 함양비율의 역할도 다른 지방 하천들에 비하여 상대적으로 크다.

그러나 대동강에서는 빗물함양이 약 96.1%로서 매우 크지만 눈녹은

물과 지하수 함양은 불과 3.9%밖에 안된다. 남대천(북청)덕성지방에서는 빗물함양이 약 79%, 눈녹은 물과 지하수 함양이 약 21%내외이다.

이상과 같이 북한 북부고원지대의 하천일수록 눈녹은 물에 의한 하천함양이 차지하는 비중과 그 역할이 상대적으로 커지며 남쪽지방의 하천일수록 빗물에 의한 함양이 차지하는 몫과 역할이 커진다.

북한지역의 하천 함양의 또 다른 특징으로서는 인위적 함양에 의한 유출이 남한에 비해 많을 뿐 아니라 인공함양의 지역적 범위도 더욱 더 확대되고 있다.

관개사업분야에서 일어나는 인공함양의 몇 가지 실례를 들면 다음과 같다.

평남관개체계에 의하여 대동강의 물이 안주, 문덕, 숙천, 평원군의 논밭에 관개한 후 이 지역의 중소하천들로 흘러들며 연백관개에 의하여 대동강의 지류인 재령강들이 연안, 배천, 청단벌을 관개한 후 이 지역의 중소하천들에 흘러든다.

또한 압록강관개에 의하여 압록강지류인 삼교천의 물이 룡천벌로 부터 정주벌에 이르기까지 평안북도 연안의 넓은 벌에 관개한 후 서해로 흐르는 중소하천들에 흘러든다.

이밖에도 기양관개에 의하여 대동강하류의 물이 온천벌을 비롯한 평안남도 남부연안에 흘러들어 이 지역의 하천들을 함양해주며 어지돈관개, 신계관개를 통해 황주강등벌, 신계곡산벌의 서흥강물과 예성강물이 역류되며 유역안의 지류들 상호간에도 유역이 변경되어 함양이 진행되는 실례들을 수많이 볼 수 있다.

이와 같이 북한에서는 수리화사업으로 사실상 서해안지방의 하천들은 거의 연결 되었으며 하천들 사이에 흘러들거나 순환하면서 자연수의 변화과정을 판단하기 어려울 정도로 인위적인 변화를 가져오게 되었다.

다음으로 수력자원개발과정에 일어난 인공함양의 실례를 들면 다음과 같다.

장진강발전소와 부전강발전소가 건설되어 압록강의 제1지류인 장진강과

제2지류인 부전강물의 유역변경으로 성천강을 함양해주고 있으며 허천강 발전소가 건설되어 압록강의 제1지류인 허천강물의 유역변경으로 남대천(단천)을 함양해주고 있다.

서두수발전소와 부령발전소가 건설됨으로써 두만강의 제1지류인 서두수, 연면수, 성천수의 물이 유역변경되어 수성천, 라북천을 함양해주고 있다.

또한 강계청년발전소가 건설됨으로써 장진강의 물이 유역변경되어 장자강을 함양해준다. 그리고 태천발전소 건설에 의해 압록강의 제1지류인 위원강과 충만강의 물이 수많은 물길들과 수로들을 통해 청천강의 제1지류인 대령강으로 흘러들며 그 물이 다시 평안북도 남부연안간석지에 흘러들게 된다.

그리하여 달천강을 비롯한 이 지역의 중소하천들은 두 유역을 넘어온 대령강물의 함양을 받게 된다.

이와 같이 수리화사업을 통해 서해안 하천들과 동해안 하천들은 각각 자기 비탈면에서 상호연결이 진행되고 함양이 진행되게 되었다면 수력자원개발을 통해서도 각각 자기 비탈면사이에서는 물론 서해안 비탈면과 동해안 비탈면 사이에서 함양이 진행되게 됨으로써 전국의 하천들이 서로 연결되게 된다.

이밖에 농업용수와 도시급수 분야에서도 유역내 지류들 상호간, 지역과 지역상호간에 인공함양이 진행되고 있다.

실례로 대동강의 제1지류인 남강의 물이 수원지를 통해 평양시주민주역에 공급 되었다가 퇴수 되면서 다른 소하천들에 흘러드는 사실, 성천강 본류와 지류 흑림천의 물이 함흥지구와 홍남지구의 농업용수로 이용된 후 퇴수 되면서 다른 지류들에 흘러드는 사실들을 들 수 있다.

이상과 같이 자연개조 사업이 대대적으로 진행되고 인공함양에 의한 자연유출의 변화가 5~10%이상으로 급격히 커지고 있다.

2.3.2 유출의 특성

북한의 하천들은 남한에 대부분 산지성 하천이기 때문에 하상경사가 크다. 특히 동해사면 하천들은 산줄기가 해안가까지 뻗어있으므로 대부분 유로장이 짧고 경사는 대단히 크다. 그러므로 호우발생시 수위가 갑자기 상승하여 홍수를 발생시킨다.

북한지역의 홍수는 한해에 3~5회 정도 일어나며 심할 때는 8회까지 일어난다. 홍수는 6월 하순부터 9월 상순까지 사이에 일어나는데 대부분 7~8일어난다.

또한 하천특성상 유역면적이 큰 관측지점들은 적으며 대개 500~5,000 km² 범위안에 있다. 따라서 표 2.13 및 2.14에서 보는바와 같이 한해평균 유출량이 100m³/s 이상인 지점들은 많지 않다.

대동강유역의 미림이 319m³/s, 삼석이 210m³/s, 순천이 140m³/s, 북창이 각각 117m³/s이다.

그리고 청천강유역의 안주가 162m³/s 이며 압록강유역의 수풍이 765m³/s, 운봉이 237m³/s, 김형직읍이 각각 161m³/s 등이다.

표 2.10 북한의 주요지점별 평균유출량

하천이름	지점	30년평균유출량 (m ³ /s)	60년평균유출량 (m ³ /s)
대동강	미림	319	284.3
대동강(남강)	삼동	77.8	
청천강	안주	162	157.7
청천강(대령강)	박천	87.7	85.6
례성강	금천	63.8	59.3
림진강	이천	80.5	64.5
북한강	회양	24.8	
충만강	우시	60.5	
위원강	위원	18.6	
장자강	강계	86.9	
자성강	자성	26.6	25.0

-표 2.10 계속-

하천이름	지점	30년평균유출량 (m^3/s)	60년평균유출량 (m^3/s)
장진강	김정숙읍	44.2	
압록강	후창	161	
허천강	광생	30.9	
서두수	연암	10.1	
오룡천	고건원	13.3	
수성천	송평	12.3	
온포천	온포	3.24	2.95
어랑천	어랑	24.4	24.5
남대천(길주)	풍계	5.53	
북대천(단천)	광천	13.4	
남대천(북청)	덕성	15.8	13.6
성천강	함흥	52.8	43.6
금진강	신상	22.9	
금야강	금야	59.1	53.9
전탄강	천내	10.1	
남대천(안변)	안변	26.7	

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한연구, '98, 농업기반공사

1)지역적 특성

지역적 유출특성을 평가할 수 있는 객관적 지표는 년평균 비유량 (specific discharge, $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 북한에서는 류출률, ℓ/skm^2 로 표현함)이다.

북한의 년평균 비유량은 $0.0212\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 서해사면은 $0.0225\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 동해사면은 각각 $0.0178\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다 .

북한의 한해유출의 지역적 분포는 한해 강수량의 지역적 분포와 비슷하다. 그것은 강수량이 유출을 형성하는 기본요인이며 그리고 북한에서의 유출에 영향을 주는 다른 요인들의 영향이 크지 않는 것과 관련된다. 그러므로 유출이 많은 지역은 예외 없이 강수가 많은 지역이다.

또한 북한의 유출분포특성의 하나는 그림 2.5에서 보는 바와 같이 높

은 산줄기에 의하여 둘러 싸여있는 내륙지역이 유출이 적은 것이다. 이렇게 높은 산들로 막힌 지역은 강수조건이 불리하며 강수량도 적다.

특히 북한지역의 유출이 많은 지역은 다음과 같다.

-덕지강과 전탄강의 상류, 임진강의 지류, 고미탄천 상류와 고성지구의 비유량은 특별히 크며 그 중심구역은 $0.036\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

-청천강의 지류인구룡강 상류와 창성강 유역의 유출이 많으며 그 중심구역의 비유량은 $0.034\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

-대동강상류의 지류들은 승통개와 성룡강유역은 비유량이 $0.032\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

-압록강상류의 이명수를 중심으로 하는 지역은 주변지역보다 상대적으로 유출이 많다. 특히 이명수 유역에는 지하수함양이 많기 때문에 연간 수량이 대단히 많다.

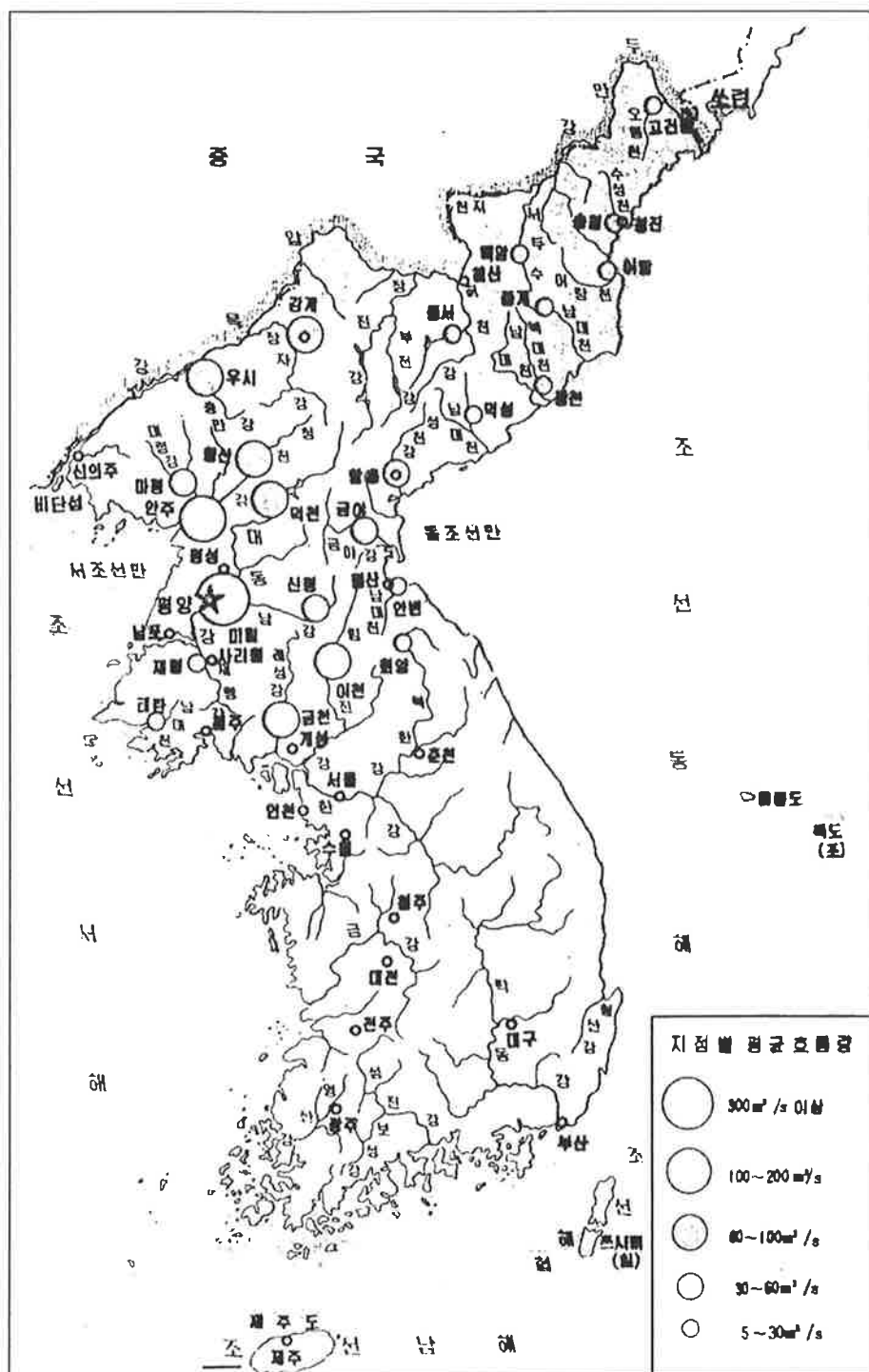
유출이 적은 지역으로는 다음과 같다.

-두만강유역 특히 무산부근이 두만강 연안지대는 비유량이 $0.010\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이하이다.

-압록강이 지류인 허천강 하류지역은 비유량이 $0.010\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

-대동강하류지대는 비유량이 $0.012\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 황해남도의 해안가 지대는 비유량이 $0.014\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

-남대천(북청)이북의 동해안 지대는 비유량이 전반적으로 $0.014\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이하이다.



<그림 2.8> 북한지역의 연평균유출량

표 2.11 북한의 주요지점 유출특성 현황

하천명	지점	유역면적 (km ²)	년평균 유출량 (m ³ /s)	년평균 총유출량 (10 ⁴ m ³)	유출고 (mm)	비유량 (m ³ /s/km ²)	비고
대동강	미림	12,175	319	1,005,990	826.3	0.0262	
남강	삼동	2,778	77.8	245,350	883.2	0.028	
"	신평	1,220	40	126,144	1034	0.0328	
대동강	삼석	7,794	21	662,256	849.7	0.0269	
비류강	성천	1,800	45.9	144,750	804.2	0.0255	
"	백석	371	11.1	35,005	943.5	0.0299	
대동강	순천	4,375	140	441,504	1,009.2	0.032	
"	복창	3,984	117	368,971	926.1	0.0294	
"	덕천	3,300	96.2	303,376	919.3	0.0292	
"	녕원	2,242	67.6	213,183	950.9	0.0301	
"	수하	1,463	43.3	136,866	935.5	0.0297	
"	창현	1,162	34.1	107,538	925.5	0.0294	
"	대흥	543	16.1	50,773	935	0.0297	
청천강	안주	5,340	162	510,883	956.7	0.0303	
구룡강	녕변	1,177	39.2	123,621	1,050.3	0.0333	
"	운산	277	9.76	30,779	1,111.2	0.0352	
청천강	향산	2,361	66	208,138	881.6	0.028	
"	갈현	1,150	32.4	102,177	888.5	0.0282	
회천강	회천	576	17.7	55,819	969.1	0.0307	
대령강	박천	3,020	87.7	276,571	915.8	0.029	
천방강	태천	748	21.3	67,172	898	0.0285	
대령강	마평	1,910	55.3	174,394	913.1	0.029	
"	대관	354	9.41	29,675	838.3	0.0266	
창성강	동창	639	20.7	65,280	1,021.6	0.0324	
압록강	수풍호	45,535	76.5	2,412,504	529.8	0.0168	
충만강	우시	2,114	60.6	190,793	902.5	0.0274	
"	송원	1,475	47.4	149,481	1,013.4	0.0321	
위원강	위원	884	18.6	58,657	663.5	0.021	
장자강	강계	3,322	86.9	247,048	824.9	0.0262	
"	전천	2,155	58.2	183,540	851.7	0.027	
"	룡림	967	25	78,840	815.3	0.0259	
자성강	자성	1,420	26.6	83,886	590.7	0.0187	
압록강	운봉호	17,156	237	747,403	435.7	0.0138	
"	김형직읍	11,503	161	507,730	441.4	0.014	
장진강	김정숙읍	2,700	44.2	139,389	516.3	0.0164	

-표 2.11계속(1)-

하천명	지점	유역면적 (km ²)	년평균 유출량 (m ³ /s)	년평균 총유출량 (10 ⁴ m ³)	유출고 (mm)	비유량 (m ³ /s/km ²)	비고
장진강	랑림호	1,445	34.8	109,745	759.5	0.0241	
오만강	랑림	213	5.24	16,525	775.8	0.0246	
장진강	장진호	1,510	35.1	110,691	732.6	0.0232	(1저수지)
"	장진호	275	5.3	16,714	605.6	0.0192	(2저수지)
부전강	부전호	794	15.4	48,565	611.7	0.0194	
"	한대저수지	71	1.75	551	776.2	0.0246	
"	산수저수지	166	2.33	7,348	442.6	0.014	
압록강	김정숙읍	6,184	68.2	215,076	348.1	0.011	
삼수천	삼수	463	7.84	24,724	534.0	0.0169	
허천강	광생	2,704	24.6	77,579	286.9	0.0091	
운충강	운흥	595	7.61	23,999	403.3	0.0128	
허천강	런두평	1,254	17.7	55,819	445.1	0.0141	
농귀강	로흥(풍서)	458	7.57	23,873	521.2	0.0165	
허천강	사초평	416	5.12	16,146	387.3	0.0122	
"	황수원	279	9.68	30,527	576.6	0.0183	
가림천	대진평	532	7.2	22,706	426.8	0.0135	
리명수	리명수	781	3.82	12,047	665.6	0.0211	
오룡천	고건원	1,196	13.3	41,943	350.7	0.0111	
서두수	연암	772	10.1	31,851	412.6	0.0131	
수성천	송평	886	12.3	38,709	437.8	0.0139	
온포천	온포	229	3.24	10,218	446.2	0.0142	
어랑천	어랑	1,896	24.4	76,748	405.8	0.0129	
"	화룡	827	10.8	34,059	411.8	0.0131	
화성천	화성	682	9.2	29,013	425.4	0.0135	
남대천	풍계	487	5.53	17,439	358.1	0.0114	(길주)
북대천	광천	1,154	13.4	42,258	366.2	0.0116	(단천)
남대천	천남	797	9.72	30,653	384.6	0.0122	(단천)
남대천	덕성	972	15.8	49,827	512.6	0.0163	(북천)
성천강	함흥	1,991	52.8	166,510	836.3	0.0265	
흑림천	영광	382	8.7	27,436	718.2	0.0228	
성천강	신흥	1,051	25.6	80,732	768.1	0.0224	
금진강	신상	701	22.9	72,217	1,038.2	0.0327	
금야강	금야	1,892	59.1	186,378	985.1	0.0312	
"	요덕	1,038	30.5	96,185	926.7	0.0294	
전탄강	천내	242	10.1	31,851	1,316.2	0.0417	

-표 2.11계속(2)-

하천명	지점	유역면적 (km ²)	년평균 유출량 (m ³ /s)	년평균 총유출량 (10 ⁴ m ³)	유출고 (mm)	비유량 (m ³ /s/km ²)	비고
남대천	안변	849	26.7	84,201	991.8	0.0314	(안변)
"	고산	218	8.88	28,004	1,284.6	0.0407	
북한강	회양	785	24.8	78,209	996.3	0.0376	
"	금강산	245	7.51	23,684	966.7	0.0307	
림진강	이천	2,318	80.5	253,865	1,095.2	0.0347	
고미탄천	후평	810	28.8	92,824	1,121.3	0.0356	
림진강	판교	827	24.5	77,263	934.3	0.0296	
"	법동	338	11.6	36,582	1,082.3	0.0338	
례성강	금천	2,500	63.8	20,120	804.8	0.0255	
구연천	토산	134	4.89	15,421	1,150.8	0.0365	
례성강	구락	1,095	25.8	81,363	743	0.0236	
광탄천	태탄	438	8.08	25,481	581.8	0.0184	
재령강	재령	720	17.4	54,873	762.1	0.0242	

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, 98. 농업기반공사

유출고가 1,000mm이상인 지점은 대동강지류인 남강에 있는 신평, 청천강지류인 구룡강에 있는 영변과 운산, 창성강유역의 신상, 덕지강이 지류인 전탄강유역에 있는 천내, 남대천(안변)유역에 있는 고산, 임진강유역에 있는 이천, 법동, 임진강이 지류인 고미탄천유역에 있는 후평, 예성강의 지류인 구연천유역에 있는 토산 등 이다.

유출고가 1,000mm이면 단위면적당 물자원이 $100 \times 10^4 \text{m}^3/\text{km}^2$ 로서 대단히 많다. 비유량은 운산이 $0.0352 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 영변은 $0.0333 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 천내는 $0.0427 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 고산은 $0.0407 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 이천은 $0.0347 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 후평은 $0.0356 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 법동은 $0.0338 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$, 토산은 각각 $0.0365 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

유출이 적은 지점들을 보면 압록강유역의 김정숙읍은 유출고가 348.1mm 광생은 유출고가 286.9mm이고 비유량은 $0.0091 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 오룡천유역의 고건원은 유출고가 350.7mm이고 비유량은 $0.0111 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

유출이 적은 지점들을 보면 압록강유역의 김정숙읍은 유출고가 348.1mm 광생은 유출고가 286.9mm이고 비유량은 $0.0091\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 오통천유역의 고건원은 유출고가 350.7mm이고 비유량은 $0.0111\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

그리고 남대천(길주)유역의 풍계는 유출고가 358.1mm 비유량은 $0.0114\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 북대천(단천)유역의 광천은 유출고가 336.2mm이고 비유량은 각각 $0.0116\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

2). 계절적 특성

북한 하천들도 남한과 마찬가지로 유출특성이 계절성을 가지며 년도별 변동도 크다. 북한은 퇴적층이 발달하지 못하고 지형의 경사가 크기 때문에 유출조절능력이 적고 따라서 강수의 계절성은 유출에 그대로 반영되고 있다. 여름장마철에는 호우가 자주 발생하고 겨울철에는 강수량이 적고 봄철에는 가물이 계속되는 기후특성에 따라서 유출과정도 역시 한해분포에서 차이가 심하다.

북한의 계절별 유출량을 보면 여름철 평균유출량은 년 평균유출량의 59.1%이며 봄철은 15.4%, 가을철은 20.1%, 겨울철은 각각 5.4%이다.

주요 하천들의 유출분포를 보면 압록강과 두만강, 어랑천은 8월 유출이 제일 크고 2월 유출이 제일 작는데 8월 유출은 2월 유출의 16~18배로서 그 차이는 북한에서 제일 작은 지대로 되고 있다.

그러나 압록강은 7월 유출이 9월 유출보다 크지만 두만강과 어랑천은 오히려 9월 유출이 7월보다 큰 것으로 특징지어진다. 대동강은 8월 유출이 30배 정도로 크고 4월 유출은 1월 유출의 5~6배 정도로 크다.

동한만에 흘러들고 있는 금야강을 비롯한 여러 하천들도 대동강과 유사한 분포특성을 가지고 있다.

남대천(안변)은 대동강 유역과 분포형에서는 비슷하지만 8월 유출이 1월 유출의 17배 정도로서 그 배수에 있어서 상당히 작은 것으로 특징지어진다.

예성강과 그 이남지역의 하천들은 7월의 유출이 제일 크며 1월 유출이 제일 작다. 예성강은 7월 유출이 1월 유출의 40배 정도로 많은 것이 특징이다.

북한의 월별 유출특성을 보면 남한과 마찬가지로 1월은 유출이 제일 적은 갈수기에 속한다. 1월의 비유량은 $0.00131 \sim 0.0143 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 리명수와 강원도 내륙지대를 제외하면 $0.005 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 미만이다. 지하수가 많은 이명수는 1월 비유량이 $0.0143 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 로서 특별히 많다. 그리고 북한강상류는 $0.0055 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상이고 남대천(안변), 전탄강, 임진강 상류도 많다.

1월 유출이 적은 지역을 보면 오룡천의 비유량이 $0.001 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 로서 제일 작으며 두만강유역, 압록강 본류유역과 허천강유역, 어랑천 유역의 1월 유출은 $0.003 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 도 되지 않는다. 그 밖의 지역은 대체로 $0.002 \sim 0.005 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

2월 유출의 지역적분포는 1월과 대단히 유사하다. 그런데 대동강과 남대천(안변)을 포함한 그 이남지역은 비유량이 1월보다 약간 크고 이북지역은 약간 적다. 비유량값으로 보면 함경북도, 량강도, 자강도, 평북도, 황해남도 지방은 비유량이 $0.003 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 도 안되며 그 밖의 지방은 $0.307 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

3월 유출은 1월과 2월보다 현저히 많아지고 있다. 특히 자강도와 함경남도 이남지역이 훨씬 많아지고 있다. 남대천(안변)의 3월비유량은 $0.015 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상이며 강원도 대부분지방의 비유량은 $0.01 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 보다 많다. 유출률이 $0.003 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 미만인 지역은 허천강유역과 두만강유역뿐이며 대부분지역이 $0.005 \sim 0.010 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

4월 유출은 년평균 비유량과 비슷하며 일부 지방에서 약간 크거나 조금 작다. 4월 유출이 많은 지역으로서는 강원도(대부분 $0.030 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상) 금야강, 장자강 유역($0.027 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상) 대동강상류($0.025 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상)이며 유출률이 적은 지역은 함경북도 지방과 허천강유역이 대부분 $0.010 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 보다 작다.

5월 유출의 지역적 분포를 보면 함경북도, 량강도, 자강도 등 북부지방은 4월보다 커지고 그 이남지역은 상대적으로 작아진 것이다. 4월보다 특별히 많아진 지역은 허천강, 장진강 유역인데 $0.005 \sim 0.010 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 까지 많아진 하천도 있다. 그런데 강원도의 남대천(안변), 북한강, 임진강상류는 $0.010 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상 적어졌다. 5월의 유출이 가장 많은 지역은 장진강유역 비유량은 $0.028 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상이다.

6월은 북한에서 장마철이 시작되는 시기로서 때로는 6월말에 홍수가 발생한다.

7월은 북한에서 장마철이므로 8월 다음으로 유출이 많다. 7월 유출은 갈수기인 1월이나 2월에 비하면 유출이 20~30배에 달한다. 7월 유출은 지역적으로도 차이가 심한데 제일 큰 지점의 비유량은 제일작은 지점의 비유량의 약 7배가 된다. 유출이 많은 지역으로서는 임진강상류, 청천강유역, 덕지강유역이며 이 지역의 비유량은 $0.100 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상이다. 유출이 적은 지역은 허천강유역과 두만강유역, 남대천(단천)이북의 동해안지대인데 비유량이 $0.030 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 미만으로 적다.

8월 유출은 월별 유출중에서 제일 많다. 비유량은 $0.030 \sim 0.140 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 의 범위에서 지역적인 차이가 크다. 유출이 가장 많은 지역은 청천강유역이며 대령강, 구룡강, 상류는 $0.140 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 에 달한다. 또한 대동강유역, 임진강유역, 금야강, 덕지강 유역도 $0.100 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상이다. 비유량이 적은 지역은 허천강유역, 함경북도 일대, 남대천(단천)유역등이며 이 지역의 비유량은 $0.050 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 보다 적다. 그 밖의 지역들은 비유량이 $0.050 \sim 0.100 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

9월 유출은 $0.015 \sim 0.070 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 범위에 있으며 강원도 지역이 특히 많은 것이 특징이다. 강원도 지역은 $0.055 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상으로 다른 지역보다 훨씬 많은데 9월 비유량이 많은 청천강유역이나 대동강상류보다도 $0.010 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상 많다. 허천강, 남대천(북청)유역을 포함한 그 동북쪽의 비유량은 $0.030 \text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 도 못된다.

10월은 강수량이 비교적 적기 때문에 하천유출은 지하수함양의 영향을

많이 받으며 따라서 유출도 적다. 비유량의 절대값에서 변화진폭은 현저히 줄어들기 시작한다. 비유량은 $0.0053 \sim 0.020 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이지만 몇 개 지점을 제외하면 $0.015 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 미만이다. 10월 유출의 지역적 분포를 보면 대부분 지역의 비유량이 $0.010 \sim 0.015 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 북한강상류와 남대천(안변), 금야강, 성천강 유역이 $0.015 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상이고 오룡천, 허천강상류 황해남도 지방, 레성강유역이 $0.010 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 보다 작다.

11월 비유량은 $0.00429 \sim 0.015 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 범위에 있으며 지역적 분포형은 10월과 유사하다. 그러나 전반적으로 비유량이 $0.002 \sim 0.01 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 작다. 대부분지역에서 비유량이 $0.005 \sim 0.010 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이며 남대천(안변), 북한강, 금야강이 비교적 크며 허천강하류의 비유량이 $0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 도 안된다.

12월 유출의 지역적 분포를 보면 모든 하천들이 비유량은 $0.010 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 보다 작다. 성천강, 금진강, 덕지강, 구룡강 유역이 $0.006 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이상으로 많은 지역에 속하며 허천강하류와 오룡천유역이 $0.003 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이하로 적은 지역에 속한다. 기타 지역은 비유량이 $0.003 \sim 0.005 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ 이다.

3). 홍수 특성

북한지역에서는 자연지리적 조건과 기후학적 조건의 특수성으로 인하여 홍수가 집중적으로 일어나며 홍수과정이 복잡하고 그의 지역적 분포가 매우 불균일한 것이 특징이다.

북한지역에서 발생하는 홍수의 특징은 집중적으로 일어나고 남한과 같이 여름철에 일어난다. 홍수를 일으키는 이 여름철 호우는 1~2일 동안 집중적으로 내리기 때문에 그에 따라 홍수도 집중적으로 급격히 일어난다.

표 2.15는 홍수량의 크기를 상대적으로 평가하기 위하여 주요지점에서 년평균최대유출량과 년평균유출량과의 비를 계산하였다.

표 2.12 주요지점에서 년평균최대유출량과 년평균유출량과의 비

하천	지점	년평균 최대 유출량(m^3/s)	년평균 유출량(m^3/s)	년평균유출량/ 년평균 최대유출량
대동강	미 립	10,030	319	31.4
"	삼 석	6,430	210	30.6
"	덕 천	3,360	96.2	34.9
"	녕 원	2,450	67.6	36.2
비류강	성 천	2,680	40.4	66.3
남 강	삼 동	3,610	74.9	48.2
청천강	안 주	9,570	162	59.1
대령강	박 천	4,910	87.7	56.0
구룡강	녕 면	2,600	39.2	66.3
장자강	강 계	2,990	86.9	34.4
위원강	위 원	748	18.6	40.2
충만강	송 원	2,740	47.4	57.8
장진강	김정숙읍	802	44.2	18.1
어랑천	어 랑	495	24.4	20.3
남대천(북청)	덕 성	407	15.8	25.8
서두수	백 암	125	10.1	12.4
성천강	함 홍	1,560	52.8	29.5
금야강	금 야	1,500	59.1	59.1
례성강	금 천	2,870	63.8	63.8
금진강	신 상	824	22.9	22.9
남대천(안변)	안 변	1,200	26.7	26.7
임진강	이 천	3,190	80.5	80.5
북한강	회양	868	24.8	24.8

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, '98, 농업기반공사

북한지역에서는 보통 3~5회, 많은 해에는 6~9회 정도 홍수가 발생하며 어떤 해에는 전혀 일어나지 않을 때도 있다. 년평균 홍수가 발생하는 회수 지역별로 보면 대동강과 청천강, 금야강이남 동해안하천들에서 4~5회, 예성강류역에서는 5~6회, 압록강류역에서는 2~3회, 두만강류역과 금

야강 이북 동해안하천들에서는 1~2회정도 일어난다.

년 중 홍수가 집중적으로 일어나는 시기는 6월하순~9월상순이며 이 기간에 한 해 총 홍수의 약95%가 집중적으로 발생된다. 월별로 홍수 발생 빈도를 분석해보면 가장 많은 달이 7월과 8월인데 특히 북부지역에서는 8월에 40~51%, 중부서해비탈면에서는 7월에 40~58%,가 각각 나타난다.

역사적으로 홍수가 일어난 연대는 1860년대, 1914~1916년, 1922~1925년, 1936~1938년, 1946~1947년, 1962~1965년, 1967~1969년, 1972~1973년, 1978~1979년 등 이다.

표 2.16은 1960~1984년까지 기간에 발생한 주요 홍수에 대한 발생시기와 홍수량을 나타낸다. 표에 의하면 대동강의 미림에서는 1967년($28,900\text{m}^3/\text{s}$), 청천강의 안주에서는 1979년($16,200\text{m}^3/\text{s}$), 구룡강의 영변에서는 1975년($5,100\text{m}^3/\text{s}$), 성천강의 함흥에서는 1962년($2,840\text{m}^3/\text{s}$), 예성강의 금천에서는 1965년($6,560\text{m}^3/\text{s}$) 홍수가 가장 컸다.

표 2.13 주요 수문지점에서의 최대홍수량

하천	지점	최대홍수량 (m^3/s)	발생일 (년.월.일)	통계기간 (년)	비고
대동강	대흥	1,010	1969.7.29	1959~1982	
"	녕원	6,300	1969.7.30	1960~1982	
"	덕천	8,980	1969.7.30	1954~1982	
"	삼석	20,300	1967.8.28	1955~1982	
"	미림	28,900	1967.8.29	1951~1982	
" (비류강)	성천	7,280	1967.8.28	1959~1982	
" (남강)	신평	4,080	1967.8.28	1956~1982	
" (")	삼동	12,000	1967.8.28	1956~1982	
청천강	향산	10,000	1973.8.22	1960~1982	
"	안주	16,200	1979.8.1	1954~1982	$18,800\text{m}^3/\text{s}$ 1947
" (구룡강)	운산	1,370	1978.8.13	1961~1978	
" (")	녕변	5,100	1975.9.1	1957~1982	
" (회천강)	회천	3,600	1973.8.22	1955~1982	
" (대령강)	마평	11,800	1965.7.29	1956~1982	

-표 2.13계속-

하천	지점	최대홍수량 (m ³ /s)	발생일 (년.월.일)	통계기간 (년)	비고
대동강(대령강)	박천	13,130	1965.7.29	1955~1982	13,500m ³ /s 1925. 8. 12
" (")	동찬	6,180	1965.7.29	1961~1982	
압록강	혜산	2,300	1965.8.7	1956~1972	
" (충만강)	우시	7,010	1962.8.8	1961~1975	
" (")	송원	8,150	1978.8.13	1964~1980	
" (위원강)	위원	2,560	1960.8.5	1959~1982	
" (장자강)	강계	8,090	1972.8.16	1954~1982	
" (")	전천	4,770	1972.8.16	1960~1982	
압록강(장자강)	룡림	3,290	1972.8.6	1961~1982	
" (자성강)	자성	2,270	1960.8.4	1960~1980	
압록강(장진강)	감암읍	3,250	1962.8.9	1959~1982	
" (")	랑림	247	1972.8.16	1961~1972	
" (허천강)	신장	1,200	1965.8.7	1958~1972	
두만강(서두수)	백암읍	388	1979.8.18	1961~1982	
온포천	온포	334	1982.8.28	1961~1982	
어랑천	어랑	1,560	1960.8.23	1959~1982	
남대천(북청)	덕성	1,700	1965.8.6	1960~1982	
남대천(북청)	덕성	1,700	1965.8.6	1960~1982	
성천강	함흥	3,280	1957.8.21	1954~1982	3,870m ³ /s, 1938. 8. 18
"	신흥	2,450	1960.8.23	1960~1980	
금진강	신상	2,720	1960.8.23	1960~1982	
금야강	금야	5,060	1962.9.8	1960~1982	
"	요덕	4,140	1966.8.5	1960~1982	6,100m ³ /s 1922. 8. 10
전탄강	천내	978	1970.7.7	1962~1975	
례성강	구락	4,610	1973.9.1	1958~1982	
"	금천	6,560	1965.7.16	1957~1982	6,900m ³ /s 1924. 7. 20
남대천(안변)	안변	2,740	1962.9.8	1955~1982	
림진강	이천	5,100	1967.8.28	1957~1982	
" (고미탄천)	후평	1,980	1967.8.28	1957~1982	
북한강	회양	3,170	1968.10.25	1963~1982	

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, 98. 농업기반공사

3. 수자원 현황과 개발이용 실태

3.1 수자원 현황

북한발행 문헌¹⁾에 의하면 북한의 연평균강수량은 1,000~1,200mm로 청천강, 대령강 상류지방에서 1,400mm 이상, 임진강, 예성강, 남강상류, 안변남대천상류, 북한강 우안을 포괄하는 강원도, 황해북도, 개성시 지역에서 1,000mm이상, 특히 장풍지방은 1,500mm 이상으로 강수량이 많은 지역에 속하며, 함경북도의 내륙지역(두만강유역)과 허천강을 중심으로 하는 양강도 지역에서 700mm 미만, 대동강어구를 중심으로 하는 평안남도과 황해남도 서해안지대에서 1,000mm 미만으로 강수량이 적은 지역에 속한다.

표 3.1 북한지역 강수량, 증발량 및 유출량

단위 : mm

지역	면적(km ²)	강수량	증발산량 (강수량대비%)	유출량 (강수량대비%)
전 지역	122,457.3	1,150.5	471.5 (41)	679.0 (59)
서해안	83,586.7	1,226.2	490.0 (40)	736.2 (60)
동해안	38,870.6	987.0	430.9 (44)	556.1 (56)
평양시	2,629.4	1,180.4	578.7 (49)	601.7 (51)
남포시	828.8	1,057.9	619.2 (59)	438.7 (41)
개성시	1,308.6	1,528.9	646.1 (42)	882.8 (58)
평안남도	11,866.6	1,368.8	548.4 (40)	820.4 (60)
평안북도	12,393.2	1,361.7	533.0 (39)	828.7 (61)
자강도	16,764.7	1,146.0	398.6 (35)	747.4 (65)
황해북도	8,153.7	1,340.1	595.1 (44)	745.0 (56)
황해남도	8,196.5	1,238.6	660.6 (53)	578.0 (47)
강원도	11,086.6	1,516.9	473.8 (31)	1043.1 (69)
양강도	13,888.4	840.0	387.9 (46)	452.1 (54)
함경북도	16,738.0	786.2	409.0 (52)	377.2 (48)
함경남도	18,602.8	1,074.2	399.0 (37)	674.3 (63)

자료 : 조선대백과사전 9권 546쪽, 99년판

2) 백과사전출판사, 1995. 조선대백과사전 1권 413쪽

1999년 기준 북한지역 연평균강수량은 1,150.5mm로 남한의 1,283mm보다 적게 나타나고 있다.

북한의 총 수자원부존량²⁾은 831억m³이며 단위면적당 부존량은 67.8만 m³/km²이다. 7~8월 장마기에 차지하는 비중이 55.6%이고 기타시기에 44.4%로 나타나고 있다.

지표수자원이 많은 유역은 압록강유역(206.8억m³), 대동강유역(149.3억 m³)의 순이며, 이 두 유역의 지표수자원은 북한의 총 지표수자원의 약 43%를 차지한다. 지표수자원이 많은 도는 함경남도(125.4억m³), 자강도(125.3억m³), 강원도(120.0억m³)의 순이며 단위면적당 지표수자원량은 강원도가 104.3만m³/km²로 가장 많다.

표 3.2 도별 지표수자원

지역별	면적 (km ²)	강우량 (mm)	지표수총량 (억m ³)	비율 (%)	단위면적당지표수량 (만m ³ /km ²)
전 지역	122,457.30	1,150.50	831.4	100	67.8
서해안	83,586.70	1,226.20	615.3	74	73.6
동해안	38,870.60	987	216.1	25	55.5
평양시	2,629.40	1,180.40	15.8	1	60.0
남포시	828.8	1,057.90	3.6	0	43.4
개성시	1,308.60	1,528.90	11.5	1	87.8
평안남도	11,866.60	1,368.80	97.3	11	81.9
평안북도	12,393.20	1,361.70	102.7	12	82.8
자강도	16,764.70	1,146.00	125.2	15	74.6
황해북도	8,153.70	1,340.10	60.7	7	74.4
황해남도	8,196.50	1,238.60	47.3	5	57.7
강원도	11,086.60	1,516.90	115.6	13	104.2
양강도	13,888.40	840	62.7	7	45.1
함경북도	16,738.00	786.2	63.1	7	37.6
함경남도	18,602.80	1,074.20	125.4	15	67.4

자료 : 조선대백과사전 9권 546쪽, 99년판

2 수자원부존량은 하천유출량을 의미, 수자원총량에 유출율을 곱한 수량이다.

표 3.3 남북한 수자원량 추정 비교

(단위 : 억톤)

구 분	수자원총량	유출량(%)	증발산량(%)	비 고
북 한	1,408	831(59)	577(41)	기준년미상
남 한	1,276	731(57)	545(43)	1998년기준

자료 : 북한 조선대백과사전 9권 546쪽, 99년판

남한 수자원장기종합계획(2001~'20), '01.6 건설교통부

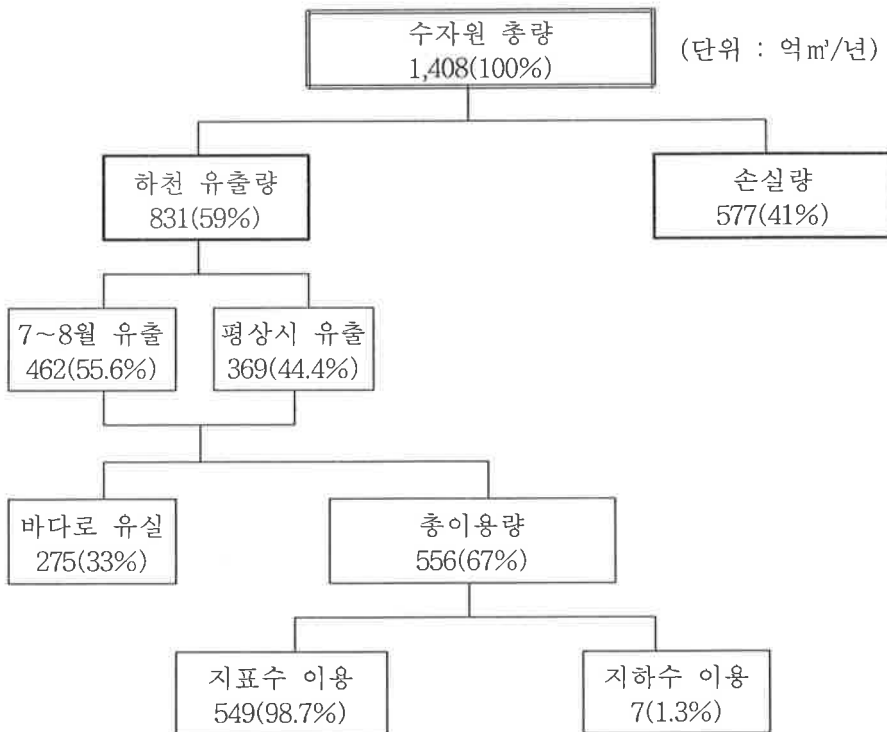


그림 3.1 북한지역 수자원 부존량 및 이용현황

나. 수자원 이용현황

수자원 이용 형태는 지표수와 지하수로 구분할 수 있으며 그중 98.7%가 지표수 이용량이고 지하수 이용량은 불과 1.3%이다. 수자원 이용량은 전체 수자원의 40%, 지표수 부존량의 67%로 비교적 높은 것으로 나타나

고 있다.

지표수이용에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 수력발전용수로 전체 지표수이용량의 80%를 차지하는바 수력발전용수 이용량이 많은 원인은 한번 이용한 물을 재이용하기 때문에 수자원 이용률³⁾이 높은데 있다.

표 3.4 수자원 이용량('83년 현재)

구 분	이용량(억m ³)	비 율 (%)
계	556	100.0
공업용수	475	85.4
수력발전용수	432	(91.0)
생산용수	25	(5.2)
유별	18	(3.8)
농업용수	71	12.8
저수지	30	(43.0)
양수장	28	(39.0)
보	11	(15.7)
기타	2	(2.3)
생활용수	10	1.8

3 압록강의 경우 운봉발전소와 강계청년발전소, 장자강청년발전소에서 수력발전 용으로 이용한 물을 하류의 수풍발전소에서 재이용하고 있어 수자원이용률이 171%로 나타나고 있다.

4. 북한의 농업생산기반시설 현황

4.1 북한의 농업지역 현황

북한은 적기적작(適期適作) 및 적지적작(適地適作)의 개념 하에 농업지역을 8개 농업지대와 1개 교외농업지구 등으로 지역화 하여 구획하고 있다.

농업지대는 농업용 토지조건과 특성, 지형조건 및 위치 등을 고려하여 표 4.1에서 보는바와 같이 평야지대, 중간지대, 산간지대 등 8개 농업지대로 나누고 있고 각 농업지대는 다시 33개의 농업지구와 평양주변의 1개 교외농업 지구로 세분화하고 있다.

표 4.1 북한의 8개 농업지대 및 1개 교외농업지구

황해안 평야지대	중부 산간지대	동해안 중부지대
황해안 중간지대	동북 해안북부지대	북부내륙 고산지대
북부 산간지대	동북 해안남부지대	평양주변농업지구

농업지대별 지형조건 및 지역현황의 특성을 보면 황해안평야지대는 표 4.2 에서보는 바와 같이 평북북부 연해지구 등 7개 지구 48개 시·군 지역으로 구성되어 있으며 북한 국토면적(122,762km²)의 13.44%(16,499km²), 경지면적 (19,925km²)의 36.5%(7,272km²)를 차지하고 있고 대부분의 지역이 고도가 낮으며 경사가 완만한 지형으로 이루어져 있다.

표 4.2 황해안평야지대 지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
평북북부 연해지구	용천, 염주, 철산, 동림, 선천, 꾀산, 신의주
평남북부 및 평남남부연해지구	정주, 운전, 박천, 문덕, 숙천, 평원
평안남부 및 남포지구	증산, 온천, 대동, 항구, 용강, 대안, 강서, 천리마, 와우도
재령강 유역지구	신천, 삼천, 송림, 은천, 안악, 재령, 황주, 종산, 사리원
황남서부 연해지구	은률, 과일, 송화, 장연, 용연
황남서남부 연해지구	태탄, 웅진, 강령, 벽성
황남남부 및 개성지구	해주, 청단, 연안, 배천, 개성, 개풍, 판문

중부 산간지대는 표 4.3 에서 보는바와 같이 대동강 및 금야강 상류지역 등 3개 지구 및 14개 시·군 지역으로 구성되어 있으며 북한 국토면적의 9.3%(11,416km²), 경지면적의 5.2%(1,036km²)을 차지하고 있다.

표 4.3 중부산간지대 지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
대동강 및 금야강 상류	영원, 덕천, 맹산, 북창, 요덕
북대봉산맥 남단지구	신양, 양덕, 회창, 신평, 연산, 법동
강원 중부지구	세포, 회양, 금강

황해안중간지대는 표 4.4 에서 보는바와 같이 평남 및 평북 중부지구 등 5개 지구 33개 시·군 지역으로 구성되어 있으며 북한 국토면적의 15.6%(19,150km²), 경지면적의 22.3%(4,443km²)를 차지하고 있다

이 지대에는 넓은 들은 없으나 하천 연안 및 합류지점에 의주평야, 강동평야 등의 충적(沖積)평야가 있고 구성분지, 태천분지, 순천분지 및 성천분지 등 비옥한 분지성 지형이 발달되어 있다

표 4.4 황해안중간지대지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
평남 및 평북 중부지구	의주, 피현, 구성, 태천, 영변, 운산, 향산, 구장, 안주, 개천, 순천, 평성, 성천, 강동
황북 및 황남 중부지구	상원, 연탄, 서흥, 인산, 신원, 봉천
예성강 상류지구	수안, 곡산, 신계
예성강 및 임진강중류지구	평산, 금천, 토산, 이천, 철원, 장풍
강원남부지구	판교, 평강, 김화, 창도

북부산간지대는 표 4.5에서 보는바와 같이 압록강 연안지구 등 5개 지구 및 25개 시·군 지역으로 구성되어 있으며 북한 국토면적의

17.9%(21,974km²), 경지면적의 6.61%(1,215km²)를 차지하고 있다. 낭림산맥, 장남산맥, 적유령산맥, 피난덕산맥, 묘향산맥 등이 위치하고 있는 높은 산간지역이다.

표 4.5 북부산간지대지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
압록강 연안지구	만포, 위원, 초산, 우시, 벽동, 창성, 삭주
자강 중부지구	중상, 자성, 장강, 시중, 강계, 성간, 전천, 고평, 송원
평북 중부지구	동광, 대관, 천마
청천강 상류지구	회천, 동신
낭림산맥 주변지구	화평, 용림, 대흥, 김형직

동북해안 북부지대는 표 4.6에서 보는바와 같이 두만강 연안지구 등 3개 지구 및 13개 시·군 지역으로 구성되어 있으며 북한 국토면적의 10.4%(12,767km²), 경지면적의 7.2%(1,43km²)를 차지하고 있다. 농경지 조건이 산간지대에 가까우며 해안선이 길고 산지가 우세한 지형적 특성으로 인하여 다른 지역과 구별되고 있다.

표 4.6 동북해안 북부지대 지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
두만강 연안지구	회령, 온성, 새별, 은덕
함남중부 연해지구	선봉, 부령, 경성, 나진, 청진
함북 남부지구	어랑, 화성, 명천, 길주

동북해안 남부지대는 표 4.7에서 보는바와 같이 함북남부 및 함남북부 연해지구 등 3개 지구 및 11 시·군 지역으로 구성되어 있으며 북한 국토면적의 6.5%(7,979km²), 북한 전체 농경지 면적의 7.9%(1,574km²)를 차지하고 있다.

표 4.7 동북해안 남부지대지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
함북남부 및 함남북부 연해지구	화대, 김책, 단천, 이원
함남중부 연해지구	북천, 신포, 홍원, 낙원
부전령산맥 동남변지구	허천, 덕성, 신흥

동해안 중부지대는 표 4.8에서 보는바와 같이 함경북도의 남부와 함경남도의 성천강 이북의 대부분을 포함한 3개 지구 및 13개 시·군으로 구성되어 있으며 북한 국토면적의 8.5%(10,434km²), 농경지면적의 5.5%(1,095km²)를 차지하고 있다.

표 4.8 동해안 중부지대 지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
함남남부 연해지구	함흥, 영광, 함주, 정평
원산만 연해지구	금야, 고원, 천내, 안변, 고산, 문천, 원산
강원도 남부연해지구	통천, 고성

북부내륙 고산지대는 표 4.9에서 보는바와 같이 두만강 상류의 고도가 높은 백마고원과 개마고원을 포함한 4개 지구 16개 시·군으로 구성되어 있다. 북한 국토면적의 17.1%(20,992km²), 농경지 면적의 5.1%(1,016km²)를 차지하고 있어 북한에서 농경지 비율이 제일 낮은 지역에 속하고 있다.

표 4.9 북부내륙 고산지대 지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
두만강 상류지구	무산, 연사
백두고원지구	보천, 백암, 대흥단, 삼지연
압록강상류지구	혜산, 운흥, 감산, 삼수, 김정숙
장진강 및 허천강 상류	풍서, 부전, 장진, 낭림, 김형권(풍산)

평양주변농업지구는 표 4.10에서 보는바와 같이 평양특별시(총면적:2.1%(2,630km²), 경지면적:5.5%(1,109km²))중 강동군과 상원군을 제외한 19구역 및 중화군, 강남군으로 구성되어 있다. 평야의 언덕성 산지가 많이 분포되고 있어 경지면적의 비율이 높은 지역에 속하고 있다.

표 4.10 평양주변농업지구 지구별 지역명

지 구 명	지 역 명
평양주변농업지구	중구역,평천구역,보통강유역,모란봉유역,서성구역,선교구역,동대원구역,대동강구역,사동구역,대성구역,만경대구역,형제산구역,용성구역,삼석구역,승호구역,역포구역,나량구역,순안구역,은정구역,중화군,강남군,강동군,창원군

4.2 경작지현황

4.2.1 표고별 토지분포

북한지역 전체 토지면적 122,762km²중에서 해발 400m이하의 면적비율은 47.8%로 거의 절반을 차지하고 있으며, 100m이하의 면적은 20.7%를 점하고 있고, 북한지역 전체토지면적의 약 5분의 1을 차지하고 있는 표고 100m이하 지역은 북한지역 대표적 논농사지대를 형성하고 있다.

100~400m지역은 논농사와 밭농사가 다 같이 이루어지고 있는 곳이다. 특히 남포시는 전체가 해발 400m이하에 위치하고 있다.

해발 400~1,000m에 위치하는 토지면적은 북한지역 전체면적중 약 30%를 점하고 있는데 이 지역에는 주로 산골짜기와 산비탈지역을 따라 농경지가 조성되어 있으며, 대부분 밭으로 형성되어 있다. 이러한 지역은 모두 바다로부터 떨어진 산간내륙지역으로 지형조건의 특성과 관련하여 경종농업과 함께 축산업, 잠업 등이 결합된 산지농업지역이다.

개성시는 해발 700m이하지역에, 평양시와 황해남도 전지역은 해발 1,000m이하지역에 위치하고 있는 것으로 조사되고 있다.

표 4.11에서 보는바와같이 해발 1,000~1,500m지역은 총토지면적중 15.8%를 차지하고 있다. 개마고원, 백무고원 등 북부내륙고원지대가 이에

속하며, 산지 및 고원 농업지역을 이루고 있다.

표 4.11 북한지역 표고별 면적 분포현황(1983)

표고별(m)	면적(km ²)	비율(%)
0~100	25,397.657	20.7
101~200	14,134.562	11.5
201~400	19,174.800	15.6
401~700	21,445.820	17.5
701~1,000	15,199.228	12.4
1,001~1,500	19,428.163	15.8
1,501~2,000	7,411.190	6.0
2,001이상	570.918	0.5
계	122,762.338	100.0

해발 1,500m이상 고원지역에 위치한 토지면적은 6.5%이며, 해발 2,000m이상의 면적은 약 0.5%를 차지하고 있다. 해발 1,500m이상의 면적은 양강도 30%, 함경남도 10.3%, 함경북도 5.4%, 자강도 4.7%, 평안남도 1.6% 순으로 나타나고 있다.

4.2.2 논의 분포현황

북한지역 시도중 논면적이 가장 많은 지역은 표 4.12에서 보는바와 같이 서부지역에 위치한 황해남도로 150,610ha이며, 그 다음으로 평안북도(100,612ha), 평안남도(96,233ha) 등의 순이다. 동해안지역에 논이 제일 많은 도는 함경남도로 59,654ha이며, 가장 적은 논면적을 가지고 있는 도는 양강도로 1,358ha에 불과한 것으로 나타나고 있다.

북한의 서부지역에는 북한지역 전체논면적의 77.8%가 집중되어 있으며, 동부지역에는 20.7%, 내륙지역에 1.4%가 각각 분포되어 있다.

북한지역 전체 군평균 논면적은 3,110ha이지만 서부지역에 위치하고 있는 시군은 4,254ha, 동부지역의 시군은 2,378ha로 서부지역에 위치하고 있

는 군의 논 평균면적은 동부지역 시군에 비해 약 2배 많은 것으로 나타나고 있다.

표 4.12 시도별 논면적 분포현황(1984)

시도별	면적(ha)	비율(%)
평양시	30,359	5.2
평 남	96,233	16.5
평 북	100,612	17.2
자 강	7,038	1.2
황 남	150,610	25.8
황 북	49,876	8.5
강 원	38,631	6.6
함 남	59,654	10.2
함 북	22,971	3.9
양 강	1,358	0.2
개성시	12,767	2.2
남포시	14,705	2.5
계	584,814	100.0

북한지역 시군중 논면적이 제일 많은 군은 황해남도의 연안군(18,972ha), 배천군(17,239ha)과 평안남도의 숙천군(17,484ha)이며, 그 밖에 1만ha 이상 논면적을 갖고 있는 군으로 평안남도의 문덕군, 대동군, 온천군, 평원군, 평북의 용천군, 염주군, 황해남도의 신천군, 안악군, 청단군, 황해북도의 황주군, 함경남도의 함주군, 금야군 등이 있다. 시도별로 군평균 논면적을 보면 황해남도가 7,530.5ha로 가장 많은 논면적을 나타내고 있으며, 다음은 평안남도 및 평북으로 각각 4,000ha이상의 논면적을 가지고 있다.

황해남도의 모든 군은 1,000ha이상의 논면적을 가지고 있으며, 논면적이 1,000~5,000ha인 군이 8개, 5,000~10,000ha인 군이 7개이며, 10,000ha이상의 군이 5개군으로 북한지역 논농사의 중심지역을 형성하고 있다.

또한 평안남도는 대홍군을 비롯한 동부산간지역의 8개군을 제외하고는 모든 시군지역이 1,000ha이상의 논면적을 가지고 있으며, 특히 청천강하류 좌안지역을 비롯한 해안지역의 5개군지역은 10,000ha이상의 논면적을 가지고 있는 벼농사 중심지역이다.

북한지역 시군별로 전체경지면적중 논비율이 70%이상을 차지하고 있는 시·군·구역은 7개지역인바 특히 평안남도 문덕군은 78.3%, 평안북도 용천군은 73.9%, 황해남도 연안군은 73.1%, 평안남도 숙천군은 71.2%로 북한의 대표적인 벼농사지역이라고 할 수 있다.

북한지역에는 1960년대이래 지속적으로 추진한 관개개발사업으로 논면적이 많이 늘어났으며, 특히 압록강하류지역, 평안남도 서부해안지역, 재령강유역과 황해남도 서해연안지역이 북한지역 대표적 논농사지역을 이루고 있다.

북한지역 논면적중 해발 100m이하에 위치하고 있는 면적은 1984년현재 519,697ha로 전체논면적의 약 90%로 대부분 논은 저지대에 분포하고 있는 것으로 나타나고 있다. 특히 평양시, 남포시, 황해남도, 평안남도, 평안북도, 개성시의 논은 95%이상이 해발 100m이하지역에 위치하고 있으며, 함경남도의 논도 92%이상이 100m이하지역에 위치하고 있는 것으로 나타나고 있다.

해발 100~200m에 위치하고 있는 논면적은 30,518ha(5.3%)이며, 200~400m에 위치하고 있는 논면적은 21,702ha(3.76%)로 조사되고 있다. 따라서 북한지역 전체논면적 577천ha중 400m이하 면적은 571,917ha로 총면적의 99.2%에 해당한다.

1984년현재 해발 400m이상지역에 위치하고 있는 논은 5,203ha로 나타나고 있다.

해발 600~800m의 논면적중 67.5%가 양강도에 분포하고 있으며, 양강도의 해산시 및 갑산군에는 북한지역 해발 800m이상의 논 100%가 모두 이들 2개 군지역에 위치하고 있는 것으로 조사되고 있다.

이와 같이 북한지역의 논은 북부지역으로 갈수록 높은 지역에까지 분포

하고 있는 것을 알 수 있는데 이들 지역은 벼재배에 많은 제한이 있을 것으로 예상된다. 한편 이들 지역은 위도가 높다는 불리한 조건과 함께 바다로부터 떨어져 있으며, 특히 대륙성기후대의 영향을 받는 등 자연환경의 영향으로 이 지역 벼재배의 수직적 한계선은 대체로 해발 800m전후로 나타나고 있으며 이는 북한지역 벼재배의 수직적 한계선을 형성하고 있다.

표 4.13 표고별 논면적 분포현황(1984)

(단위: ha, %)

표고별	100m이하	100~200m	200~400m	400~600m	600~800m	800m이상	계
면적	519,697	30,518	21,702	4,465	646	92	577,120
(비율)	(90.05)	(5.29)	(3.76)	(0.77)	(0.11)	(0.02)	(100.00)

4.2.3 밭 분포현황

북한지역 총경지면적 1,792,819ha(1984현재)중 논면적 584,814ha을 제외한 1,208,005ha는 밭, 과수원, 뽕밭기타로 구성되어 있다. 이 중 전체경지면적의 54.8%에 해당하는 982,926ha는 밭이며, 나머지 225,079ha(12.6%)는 과수원, 뽕밭, 묘목용지, 호두밭, 참대밭, 갈밭 등으로 다년생작물이 경작되고 있다.

북한지역에서 밭면적이 가장 많은 도는 평안북도로 134,788ha이며, 다음으로 황해북도 121,170ha, 함경북도 118,127ha순으로 나타나고 있다. 함경북도, 황해남도, 평안남도에는 약 11만ha의 밭면적이 분포되어 있으며, 그 밖의 시도에는 약 10만ha미만의 밭이 분포되어 있다.

양강도의 밭면적은 66,782ha이며, 자강도는 68,320ha로 나타나고 있는데 이들 도는 전체 밭면적 규모는 적으나 경지면적 대부분이 밭으로 구성되어 있는 특징을 지니고 있다.

시군별로 밭면적 분포현황을 보면, 밭규모가 1만ha이상 시군은 평안남도의 개천군, 성천군 및 순천시, 평안북도의 의주군, 황해남도의 용연군, 황해북도의 황주군, 서흥군, 신계군 및 수안군, 함경남도의 단천시, 함경북도의 회령군, 온성군 등이며, 특히 밭면적이 가장 많은 군은 함경북도 회

령군(15,175ha)과 황해북도 신계군(15,039ha)이다.

북한지역 발면적의 권역별 분포현황을 보면 서부지역에 554,172ha (56.4%), 동부지역에 293,652ha(29.9%), 내륙지역에 135,102ha(13.7%)가 분포되어 있으며 논면적과 마찬가지로 발면적도 과반수가 서부지역을 중심으로 분포되어 있음을 알 수 있다. 따라서 북한지역 대부분의 식량은 이 지역으로부터 생산되고 있는 것으로 판단할 수 있다.

북한지역에는 대체로 북부내륙고원지대, 평강철원고원, 신계곡산평야, 황주긴등평야, 두만강중류지역 등지와 같이 고원성지형이 잘 발달되어 있으며, 동시에 준평원이 분포된 지역의 시군지역에 상대적으로 많은 발면적이 분포되어 있는 것으로 나타나고 있다.

표 4.14 권역별 발면적 분포현황 (1984)

구 분	발면적(ha)	비 율(%)
서부지역	554,172	56.38
동부지역	293,652	29.88
내륙지역	135,102	13.74
계	982,926	100.00

북한지역의 밭은 해발 100m이하지역으로부터 1,600m전후의 고지대까지 분포되어 있으며, 지역간 현저한 특징을 나타내고 있다. 북한지역의 표고별 발면적 분포현황을 보면 전체면적 826,412ha중에서 해발100m이하 지역에 위치하고 있는 발면적이 449,156ha(54.4%)로 절반이상을 차지하고 있다.¹⁾

표고 100~200m의 발면적은 약 16%인 132,010ha, 200~400m의 발면적은 13.7%인 113,382ha로 나타나고 있다. 따라서 북한지역 전체발면적의

1 북한지역 발면적은 앞의 표에서 982,926ha로 나타나 있으나 표고별 분포현황에서는 826,412ha로 156,514ha가 감소한 면적을 “조사면적(북한에서는 1984년에 북한지역 전역에 걸쳐 토양조사를 실시하였음)”으로 표현하여 나타내고 있다. 이 면적이 좀 더 신뢰성있는 면적으로 추정된다.

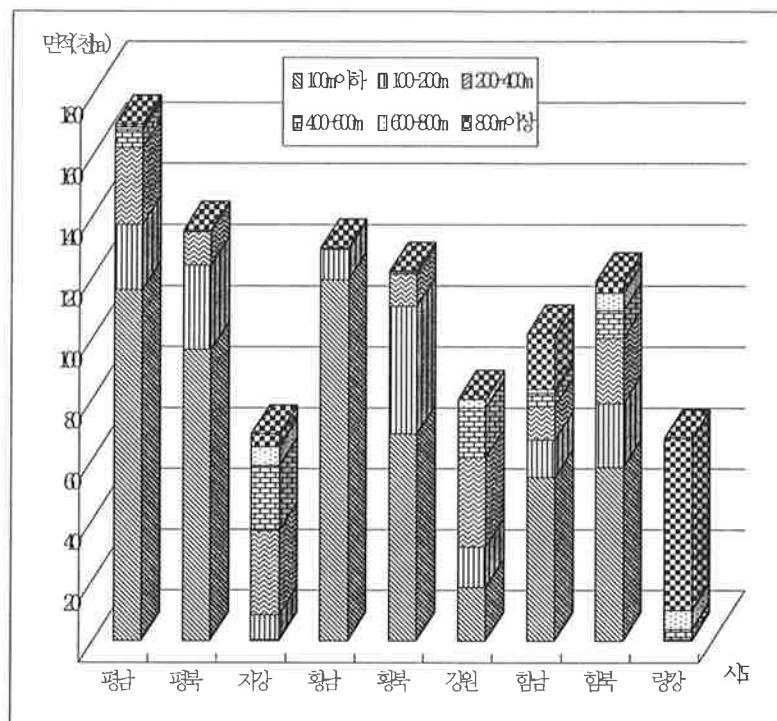
약 84%에 해당하는 694,548ha의 밭면적은 옥수수 안전재배지역인 해발 400m이하의 지역에 분포하고 있는 것으로 볼 수 있다.

표 4.15 표고별 밭면적 분포현황(1984)

(단위: ha, %)

표고별	100m 이하	100~200	200~400	400~600	600~800	800~1,000	1,000m 이상	계
면적	449,156	132,010	113,382	49,762	19,365	19,163	43,574	826,412
(비율)	(54.35)	(15.98)	(13.72)	(6.02)	(2.34)	(2.32)	(5.27)	(100.00)

또한 400m이상에 위치하고 있는 밭면적은 131,864ha로 전체밭면적의 약 16%에 해당하며, 이중 옥수수 재배에 제한성이 있는 해발 800m이상지역에 분포하고 있는 밭면적은 62,737ha로 전체밭면적의 7.6%를 차지하고 있는 것으로 조사되고 있다.



<그림 4.1> 밭면적의 도별 표고별 분포

고지대에 분포하고 있는 밭면적이 많은 도는 양강도, 함경남도, 자강도이며, 함경북도 및 평안남도가 고지대에 위치하고 있는 밭면적비율이 높은 지역에 속한다. 해발 800m이상에 위치한 밭면적은 양강도에 44,671ha, 함경남도에 10,748ha, 자강도에 4,069ha, 함경북도에 2,730ha, 평안남도에 519ha가 각각 분포하고 있으며, 1,000m이상지역에 위치하고 있는 밭은 양강도에 31,522ha(72.3%), 함경남도에 9,469ha(21.7%), 자강도에 2,085ha(4.8%), 함경북도 491ha(1.1%) 순으로 분포하고 있다.

북한지역의 밭은 지역 특성상 대부분 경사지에 놓여있는 것으로 나타나고 있다. 북한지역 전체밭면적중 5도이하 경사지에 위치하고 있는 밭면적은 423,793ha로 51.3%를 차지하고 있으며, 6도이상의 밭면적이 48.7%로 거의 절반을 점하고 있다. 이중 16도이상의 급경사지에 위치한 밭면적도 14.1%를 차지하고 있는 것으로 조사되고 있다.

표 4.16 경사도별 밭면적 현황(1984)

(단위: ha, %)

경사도별	5°이하	6~15°	16°이상	계
면적	423,793	286,136	116,483	826,412
(비율)	(51.28)	(34.62)	(14.10)	(100.00)

시도별 경사도별 면적분포현황을 보면, 시도별 전체밭면적중 5도이하의 평탄지 밭비율이 높은 지역은 평양시, 황해남도, 평안북도 등이며, 16도이상의 경사도를 가지는 밭면적비율이 높은 지역은 자강도, 강원도 등 지역이다.

경사별 밭면적과 관련하여 특이한 점은 양강도는 산지가 상대적으로 많은 지역이지만 고원성 평야지형 조건과 관련하여 16도이상의 밭비율은 도 전체밭면적중 17.3%로 자강도 및 강원도에 비해 상대적으로 낮게 나타나고 있다.

경사도별 면적현황을 시도별로 살펴보면, 5도이하 밭은 평안북도에 15.7%, 황해남도에 13.8%, 황해북도에 12.8%, 평안남도에 11.8%가 분포되

어 있다. 따라서 평안남도·북 및 황해남도·북 지역에 5도이하 발면적이 54.1%가 분포하고 있어 북한지역 전체발면적중 과반수가 이들 지역에 분포하고 있는 것으로 나타나고 있다. 16도이상 급경사 발면적이 가장 많은 지역은 황해북도로 13.8%가 분포하고 있으며, 다음으로 자강도(13.0%), 평안남도(12.9%), 강원도(11.8%) 순으로 나타나고 있다.

16도이상의 경사지 발은 주로 북부내륙산간지역과 낭림산맥, 북대봉산맥, 태백산맥 등지에 분포하고 있으며, 특히 군전체 발면적중 자강도의 자성군 58.6%, 양강도의 풍서군 44.3%, 운흥군 43.7% 및 삼수군 43.9%, 강원도의 금강군 45.1%의 발면적은 16도이상의 급경사지 발으로 구성되어 있는 것으로 나타나고 있다.

북한지역 다락밭은 1984년현재 전체발면적의 14.1%에 해당하는 116천ha의 급경사지 발중 이의 약 10.4%인 12천ha만 다락밭으로 개조한 것으로 나타나고 있다. 북한지역 발면적중 약 2분의1이 6도이상의 경사지에 위치하고 있음에도 불구하고 다락밭면적은 북한지역 전체 발면적의 약 1.5%에 불과한 면적으로 조사되고 있다. 이는 급경사지에 위치한 발면적중 대부분은 다락밭을 만들기에 부적합한 급경사지이거나 다락밭으로 개조하는 데는 많은 노력과 비용이 소요되기 때문에 경사지를 그대로 이용하고 있는 것이 아닌가 추정된다.

한편 다락밭면적의 시도별 분포를 보면 양강도이 2,402ha로 가장 많고 이 밖에는 평안남도 2,061ha, 함경북도 1,682ha, 평안북도 1,676ha 등의 순으로 대체로 16도이상의 경사지 면적에 비례하여 분포하고 있는 것으로 나타나고 있다.

북한지역 경사지 발면적을 분석해 볼 때 다락밭을 제외한 16도이상의 급경사지 발면적과 약 286천ha에 해당하는 6~15도 경사지발면적 중 상당부분은 토양침식 방지시설을 갖추지 못하여 유실의 우려가 있는 상태로 방치되고 있는 것으로 추정된다.

4.2.4 과수원 분포현황

북한지역에서 과수원면적이 가장 많은 지역은 황해남도로 35,377ha이며, 이 밖에 함경남도에 22,313ha, 평안북도에 19,092ha, 평안남도에 17,901ha, 황해북도에 17,168ha 등의 순으로 분포되어 있다. 과수원 면적이 가장 적은 지역은 양강도로 352ha에 불과하다.

과수원면적을 권역별로 보면, 서부지역에 전체과수원면적의 65.4%가 분포되어 있으며, 동부지역에 31.9%, 내륙지역에는 2.5%가 분포하고 있다. 군별 면적규모에서는 황해남도 과일군은 1984년현재 과수원면적 비율이 군전체 경지면적의 약 67%인 7,821ha로 과일전업농지대를 형성하고 있으며, 함경남도 정평군에도 3,525ha의 과수원면적이 분포하고 있는 것으로 조사되고 있다.

북한지역의 과수원은 야산과 계곡을 비롯한 고지를 개간하여 조성한 곳이 대부분이다. 따라서 상당한 면적이 고지대에 위치하고 있는 것으로 나타나고 있다. 해발표고별 면적분포현황을 보면, 해발 100m이하에 분포되어 있는 면적이 약 3분의 2로 나타나고 있다.

북한지역 과수원의 경사도별 분포현황을 보면, 북한지역 과수원은 대부분 산지에 위치하고 있어 6도 이상의 경사도를 가지는 면적이 약 80%로 대부분을 차지하고 있으며, 특히 16도 이상의 급경사지에도 전체과수원 면적의 약 38%에 해당하는 54천ha가 분포하고 있다.

표 4.17 표고별 과수원 분포현황(1984)

(단위: ha, %)

구 분	100m 이하	100~ 200	200~ 400	400~ 600	600~ 800	800~ 1,000	1,000m 이상	계
면 적	98,847	25,704	13,491	3,166	306	164	18	141,696
(비율)	(69.76)	(18.14)	(9.52)	(2.23)	(0.22)	(0.12)	(0.01)	(100.00)

경사도 5도 이하의 과수원 면적은 강원도, 함경북도, 황해남도, 함경남도에 많이 배치되어 있으며, 분포비율이 적은 지역은 자강도와 개성시이다. 한편 16도 이상 과수원면적이 많은 지역은 평안북도, 함경남도, 황해

북도 등이며, 양강도는 산간지 면적이 많으나 고원분지지대에 위치한 관계로 해발표고에 비해서 경사도는 상대적으로 낮은 특성을 나타내고 있다.

표 4.18 경사도별 과수원 분포현황(1984)

(단위: ha, %)

구 분	5°이하	6~15°	16°이상	계
면 적	30,451	57,072	54,173	141,696
(비 율)	(21.49)	(40.28)	(38.23)	(100.00)

4.3 관개면적

북한의 관개면적에 대해서는 정확한 통계치가 발표된바가 없으나 북한이 자체적으로 논의 경우는 거의 100%, 밭의 경우는 100만ha에 관개가능하다고 발표한 바가 있다. 그러나 국제기구의 2001년 자료에 의하면 북한의 수리안전답율은 56%로 나머지 44%에 해당하는 약 250천ha의 논면적에는 급수가 이루어지지 못하고 있고 밭의 경우 옥수수 재배면적 496천ha 중 69%인 341천ha에 적당한 관개가 이루어지지 못하고 있는 것으로 조사된 바가 있다(FAO/WFP, 2001).

표 4.19 주요농작물 관개면적 현황

구 분	벼		옥수수	
	면적(천ha)	구성비(%)	면적(천ha)	구성비(%)
수리안전	320	56	155	31
수리불안전	150	26	115	23
천수답(전)	102	18	226	46
계	572	100	496	100

자료: FAO/WFP, Special Report, 2001. 10.

4.4 경지정리

북한은 토지개혁 이후 과거부터 내려온 세분화된 토지를 정리하여 경지면적을 늘이고 농업생산성을 제고하기 위해 일명 “토지정리”라고 하는 경

지정리사업을 추진해왔다. 6.25후에는 파괴된 농지의 복구차원에서 토지정리를 실시하였으며, 1950년대 후반에는 협동화 과정에서 기계화 경작을 위한 토지정리를 실시하였는바 각도마다 1개 시범군을 선정하여 규격포전과 기계화 농로 정비사업을 시행하였다.

1970년대부터는 토지정리 및 토지개량이 "자연개조 5대방침"의 한 사업으로 추진되어왔으나, 1998. 5월부터는 "대자연개조구상"에 따라 규모가 협소한 패기논·밭 등을 정리하여 농업생산을 증대시킨다는 목적아래 서해안 주요 평야지대에서 대규모 경지정리사업을 추진하고 있다.

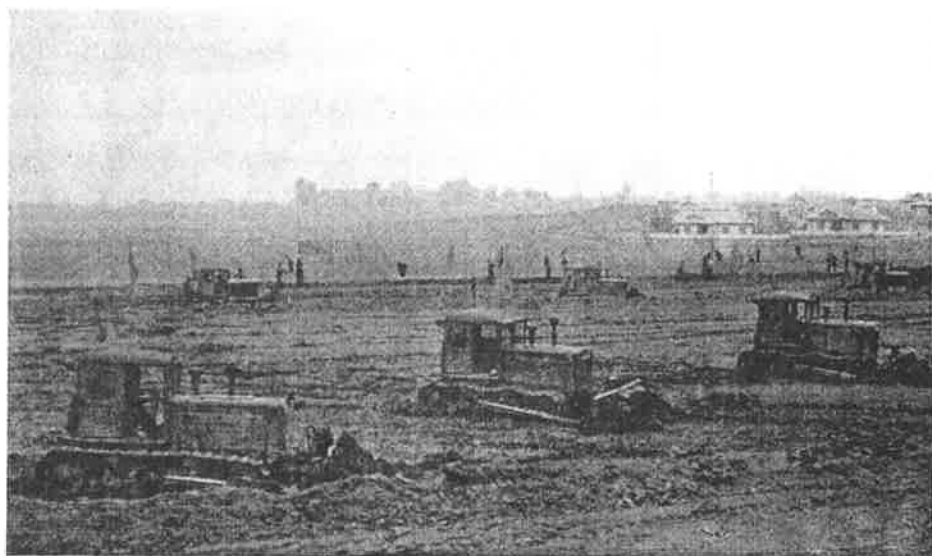


그림 4.2 북한의 토지정리 현장

이 사업은 겨울철 농한기에 1년에 1개도씩 정리한다는 계획으로 국가적 차원에서 자재 및 노동력을 지원하여 시행하고 있으며 강원도, 평안북도, 황해남도에서 이미 완공하였고 2002년부터는 평안남도와 평양시에서 추진하고 있다.

현재 북한이 시행하고 있는 토지정리사업은 상대적으로 경사도가 심한 강원도 및 평안북도에는 필지규모를 800-1,000평으로 하고 황해남도지역은 1,000-1,500평 규모로 하는 등 기존 농지의 필지규모를 더욱 크게 확장하는 사업이라고 할 수 있다. 그러나 최근 자료(로동신문, 2002. 4. 2일자)

를 보면, 황해남도 토지정리에서도 필지규모를 평야지대 1,000-1,500평, 중간지대 800-1,000평, 산간지대는 300-500평으로 정리한 것으로 보도한바가 있어 이와 같이 필지규모는 같은 도지역내에서도 지형에 따라 다르게 구획한 것으로 보인다.

표 4.20 토지정리사업 추진실적

도 별	공사기간	사업추진실적			필지크기 (평)
		전체농면적 (ha)	사업면적 (ha)	토지정리율 (%)	
강 원 도	'98.10-'99.4	34,700	31,360	90.4	800 - 1,000
평안북도	'99.10-'00.5	101,200	50,000	49.4	800 - 1,000
황해남도	'00.10-'02.3	147,200	100,000	67.9	1,000 - 1,500
계	-	283,100	181,360	64.1	-

토지정리 구획은 논판, 필지 및 포전(남한의 경구, 포구 및 농구)으로 구분하며 그 규모는 다음 표 4.21과 같다.

표 4.21 남북한 경지구획 규모비교

구 분	정 의	길이(m)	폭(m)	비 고
논판(북한)	논두렁, 용배수지거, 농도(경작도로)로 둘러 쌓인 경작상 최소단위	기 준 : 100 (60~150)	평 자 100, 80, 60, 40 중간자 50, 40, 30, 20 비탈자 25, 20, 15, 10	
경구(남한)	논두렁으로 둘러막은 논필지의 한부분, 논물관리와 기계화 영농의 단위	100	40, 30	
필지(북한)	논판을 한줄로 연결한 포전 일부분, 주변이 고정논두렁과 수로로 쌓임	기 준 : 500 (200~700)	기 준 : 100 (논판 길이와 같음)	폭은 지형에 따라, 평 지 : 100~50 중간지 : 50~25 비탈지 : 25~10
포구(남한)	보통 10~15개 경구로 구성단위	300~600	100	
포전(북한)	논지대의 한부분, 논농사의 기본단위, 주변이 농로, 간지선 및 하천으로 쌓임	기 준 : 500 (200~750)	기 준 : 500 (포전 길이와 같음)	
농구(남한)	주변이 농로로 쌓인 장방형의 구획, 배수지거 양쪽 2포구를 합하여 구성	포구폭×2 배수지거 폭	농구길이와 같음	

자료 : <북한> 토양사전

<남한> 2000, 농업기반공사, 농업생산기반정비사업 조사설계실무요령

4.5 수원공 현황

북한은 강우량이 적고 산악지대가 많아 평야뿐만 아니라 경사가 심한 산간지대도 포괄하는 전국적인 관개망을 건설하고, 논은 물론 밭까지도 관개하는 전면적인 관개공사를 시행하였다.

여름철에 내린 강우량을 저수지에 저류 시키는 농업용수 확보를 우선으로 하여 개발하였지만 저수지에 강우량을 보다 많이 확보하기 위하여 터널이나 갑문을 통하여 인근 유역을 연결하는 방법을 많이 도입하여 유역연결식 용수체계가 많은 것이 특징적이다. 유역연계식 용수체계에서 복잡한 지형을 극복하기 위하여 다단양수체계를 많이 도입하였다. 따라서 표 4.22에서 보는 바와 같이 북한은 농업용수체계가 저수지 위주로 구축된 남한과는 반대로 저수지보다 양수장의 비중이 상대적으로 크다.

표 4.22 남북한 수리시설현황 비교

시설별	단 위	남 한	북 한
저수지	개소	18,000	1,890
양수장	개소	6,209	36,400
수 로	km	56,278	50,000
지하수시설	개소	946,181	142,000

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, 98. 농업기반공사

4.5.1 저수지

‘97년 현재 북한의 저수지(자연호 포함)는 총 1,890여개소, 그 중 만수면적 5km² 이상의 인공 저수지가 25개소 있다. 저수용량 3ha·m 이상의 농업용저수지가 800여개가 되며 저수지관개의 기본을 이루는 저수용량 1만 ha·m 이상의 저수지가 은파호, 만풍호, 서흥호, 연풍호, 장수호, 연탄호, 태성호, 구암호 등 8개가 있다. 그중 연풍호와 태성호는 자체용적이 12,000~15,000ha·m 이지만, 대동강에서 자체용적의 2배나 더 많은 물을 양수저류하기 때문에 관개용수공급량은 실제로 3만~3만 5천ha·m에 달한다.

저수용량 1,000~5,000ha·m 급의 저수지들은 주로 중소규모 관개지구의 수원공이지만 양수장과 서로 결합되어 있는 경우가 대부분이다.

표 4.23와 표 4.24은 북한지역의 주요 댐 현황과 관개용 저수지현황을 각각 나타낸다.

표 4.23 북한의 주요 댐 현황

명칭	준공 년도	수계	위치	형식	재료	높이 (m)	길이 (m)	댐체적 (10 ³ m ³)	저수용량 (10 ³ m ³)	저수면적 (10 ³ m ²)	홍수량 (m ³ /s)	유로 형태
봉래	23	임진강	강원철원	TE	R/S	26	490	610	55,560	5,200	350	L
대하	28	삼교천	평북천마	PG	R	26	294	285	44,440	3,560	2,800	V
동천	28	북한강	강원동천	PG	R	33	720	155	14,500	1,950	1,417	V
예위	30	한교천	황남배천	TE	R/S	25	299	280	30,800	5,250	200	V
부천	31	남대천	강원고산	TE	R/S	36	2,90	4,770	18,600	2,310	132	V
풍산	32	운포천	평북거송	TE	R/S	29	330	470	16,200	1,480	115	L
구월	33	원종천	황남안악	TE	R/S	24	1,300	1,020	38,000	3,870	495	V
월천	34	산천천	황남은천	TE	R/S	29	285	368	27,000	2,040	81	V
구암	34	회양천	황남청단	TE	R/S	27	860	890	148,000	14,080	1,590	V
부전	34	부전강	함남부전	PG	R	81	460	590	787,000	22,630	2,400	L
소원	38	부종천	함남신천	TE	R/S	23	220	260	7,460	1,140	80	L
장진	38	장진강	함남장진	PG	R	63	705	516	1,259,000	44,230	1,900	V
속담	40	속담천	황남벽성	TE	R/S	21	490	430	18,400	2,250	250	L
취야	40	취야천	황남벽성	TE	R/S	20	480	380	18,400	1,830	250	L
하송	43	하송천	강원평강	TE	R/S	28	680	802	7,860	1,040	74	L
마양	43	송천수	함북무산	PG	R	68	388	300	77,450	3,880	1,120	V
내정리	44	허천강	양강풍산	PG	R	49	520	245	108,000	6,850	2,167	V
사조평	44	허천강	양강풍산	PG	R	43	390	208	43,200	2,540	4,372	V
임원	48	함장강	평양평양	TE	R/S	27	400	410	8,270	1,950	194	V
연평	56	회주천	평남안주	PG	R	29	210	105	125,820	14,480	53	V
수풍	57	압록강	평북식주	PG	R	106	900	3,403	14,700,000	365,000	55,200	V
신곡	58	직석천	황북신계	TE	S	38	250	1,350	51,000	4,000	1,370	V
태성	58	원당천	남포강서	TE	R/S	40	2,100	6,520	140,000	8,300	9	V
연두평	58	태이강	양강풍서	PG	R	105	460	860	502,500	16,580	4,243	V
송도	58	연구천	개성개성	TE	R/S	20	180	280	9,410	1,590	50	L
황수원	59	허천강	양강풍산	PG	R	101	590	950	580,000	17,000	967	V
봉명	59	단천강	평북정주	TE	R/S	21	330	350	18,300	1,770	182	V
독좌	59	삼포천	평남대동	TE	S	25	450	500	17,820	2,890	10	L
좌영	59	삼포천	평남대동	TE	R/S	23	380	580	14,600	2,340	20	V
옥련	59	내정천	개성개평	TE	R/S	20	490	540	8,492	1,580	35	V
장수	59	차령강	함남신원	TE	R/S	26	420	485	182,000	15,020	460	L
서흥	60	서흥강	황북봉산	PG	R	43	290	180	177,000	18,400	1,960	V
부방	60	남천	강원원산	TE	R/S	22	445	705	10,250	1,000	945	V
운봉	60	정천강	황남은천	TE	R/S	20	240	260	15,910	2,300	170	L
곽산	61	사송강	평북곽산	TE	R/S	18	1,950	2,360	12,600	8,500	39	L

-표 4.23 계속-

명칭	준공 년도	수계	위치	형식	재료	높이 (m)	길이 (m)	댐체적 (10 ³ m ³)	저수용량 (10 ⁶ m ³)	저수면적 (10 ³ m ²)	홍수량 (m ³ /s)	여수로 형태
내하	61	내하천	평북태천	TE	R/S	27	260	500	15,000	1,050	60	L
차모	62	자모천	평남평송	TE	R/S	21	650	1,400	14,700	2,180	38	L
보현	62	소대천	함남홍원	TE	R/S	28	310		9,080	1,030	130	L
무남	62	남대천	함남이원	TE	R/S	25	305	505	35,000	540	88	V
가곡	63	기곡천	함남영광	TE	R/S	30	650	1,500	5,960	1,000	64	V
봉덕	63	오봉천	강원세포	TE	R/S	21	216	180	6,600	2,300	120	L
송흥	64	임명천	함북김책	TE	R/S	25	380	625	7,200	900	45	V
판영	55	화대천	함북명천	TE	R/S	37	388	760	18,000	1,870	55	V
학성	65	학성천	남포남포	TE	R/S	21	650	820	23,500	1,700	105	V
운동	66	혜천	황남은울	TE	R/S	23	330	450	16,800	1,230	266	V
운봉	66	압록강	자강자성	PG	R	113	828	2,740	3,910,000	102,000	24,300	V
덕수	66	원남천	개성개평	TE	R/S	22	290	520	8,900	1,260	120	L
정수원	67	삼속천	평양평양	TE	R/S	22	230	250	5,500	650	190	V
견령	68	보통강	평남평성	TE	R/S	33	1,320	680	55,300	6,510	55	L
강령	70	광명천	황남강령	TE	R/S	22	560	570	19,116	1,700	180	L
1저수지	70	화양천	황남청단	TE	R/S	20	2,400	2,500	125,000	15,000	360	V
포구	70	포구천	항남신천	TE	R/S	24	520	860	13,130	2,730	287	V
2저수지	71	녹야천	황남연안	TE	R/S	24	1,200	1,250	113,000	9,360	10	L
매봉	73	인곡천	평북동림	TE	R/S	38	380	1,200	92,300	5,800	112	V
만평	73	삼교천	평북천마	PG	R	51	720	3,200	280,790	15,500	2,217	L
연탄	74	황주천	황북연탄	TE	S	42	460	1,500	142,800	16,700	1,456	V
광덕	75	신남천	함북무산	VA	R	70	300	210	36,800	1,300	660	V
평원	76	한천천	평남평원	TE	R/S	33	1,350	420	40,360	3,800	229	V
수동	78	수동천	황남평천	TE	R/S	22	260	320	14,000	1,990	70	V
삼령	78	대동강	남포영광	TE	R/S	25	520	960	18,400	1,290	70	L
만평동	78	종령	평남평원	TE	R/S	21	950	1,320	58,000	4,000	250	L
미림	82	대동강	평양평양	PG	R	28	620	270	150,000	26,000	29,000	V
봉화	84	대동강	평양강동	PG	R	27	530	320	31,000	5,200	20,000	V
향산	85	청천강	평남향산	PG	R	23	300	101	3,600	1,000	980	
선천	86	대동강	평남순천	PG	R	26	510	170	10,200	2,000	12,300	V
서해갑	86	대동강	남포남포	PG/	R/S	38	8,100		2,910,000	265,000		V
송천	87	대동강	평남송천	TE	R	23	650	210	33,800	6,400	13,900	V
송원	c	정만강	자강송원	PG	R	160	630	1,100	3,200,000	60,000	6,200	V
매평	c	대령강	평북태천	PG	R	103	560	1,580	2,900,000	85,000	11,000	V
위원	c	압록강	자강위원	PG	R	55	626	960	626,000	39,000	36,650	V

*댐 형식 : TE--Earth, PG--Gravity, ER--Rockfill, CB--Buttress, VA--Arch,

MV-- Multi-Arch

*기초 : R--Rock, Soil

*여수로 형태 : L--Uncontrolled Spillway, V--Controlled Spillway

*자료 : World Register of Dams(1988)

표 4.24 저수용량 1,000ha·m 이상 주요농업용 저수지

저수지	위 치	용 적 (ha·m)	유역면적 (km ²)	관개면적 (ha)	비 고
은파	은파군,신원군,재령군	30,255	727.1	20,449	재령관개
만풍	천마군	23,000	428.3	(대하자연계)	압록강관개
서흥	봉산군,은파군,서흥군	18,470	625.4	17,318	어지돈관개
연풍	안주시,개천군	36,650	124.4	35,830	평남관개
장수	신원군	12,900	333.0	8,467	연백관개
연탄	연탄군	12,283	345.6	15,431	어지돈관개
태성	강서구역,용강군	12,107	-	57,107	기양관개
구암	연안군,청단군	11,757	267.0	17,077	연백관개
용호	용강군	5,204	17.0	-	
평원	평원군	5,000	11.0	5,885	
신곡	신계군,곡산군	4,733	-	5,000	
봉래	평강군	4,556	152.0	1,335	
건룡	평원군	3,712	124.6	4,279	
어천	삼천군	3,567	114.0	-	
광명	청단군	3,555	43.3	1,210	연백관개
대하	천마군	3,383	106.6	20,813	만풍호직렬
구월	안악군,삼천군	3,004	66.8	4,710	
명수	신천군,재령군	2,966	101.9	6,873	
예의	배천군	2,857	66.1	4,993	
어부산	중화군	2,500	81.5	2,300	
청산	증산군	2,400	-	-	
이도	은륜군	2,050	56.6	2,565	
용산	화성군	2,028	-	-	
월촌	은천군	2,000	54.2	3,124	
봉명	정주군,구성시	2,000	431.0	2,000	
송도	개성시	1,898	-	1,600	
수동	봉천군	1,883	45.6	1,339	
운전	운전군	1,845	67.4	5,163	
석담	벽성군	1,654	76.0	2,177	

-표 4.24 계속-

저수지	위 치	용 적 (ha · m)	유역면적 (km ²)	관개면적 (ha)	비 고
문암	길주군	1,590	-	-	
판영	명천군	1,500	-	-	
곽산	곽산군	1,480	110.0	1,480	
가대	태탄군	1,513	57.4	1,843	
운봉	은천군	1,435	68.9	2,649	
철산	강령군	1,386	70.6	1,650	
독좌	증산군,대동군	1,380	-	1,756	
부천	고산군	1,361	107	1,335	
이압	증산군	1,330	-	-	
복우	신천군	1,313	46.6	2,341	
풍산	구성시	1,238	44.0	1,910	
좌영	증산군	1,380	-	396	
2.8	문천군	1,125	57	1,425	
평성	평성시	1,078	37.7	973	
취야	벽성군	1,061	48.1	1,879	
신광	해주시	1,017	24.5	804	
상월	인산군	1,017	38.2	322	
납동	녕변군,박천군	1,000	1,222.4	1,000	

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, '00, 농업기반공사

4.5.2 양수장

'98년 현재 북한에는 36,400 개소의 양수장이 있어 북한지역 관개의 기본을 이루고 있다. 북한지역 양수장의 특징으로는 저류지에 관개용수를 양수한 후 저류지로부터 경작지에 관개하는 양수장-저류지 시스템이 큰 비중을 차지한다. 다음으로 하천, 지하수, 보조수원(물웅덩이, 임시적 강막이), 보에서 양수하여 용수로를 통해 직접 경지에 급수하는 일반적인 방법을 택하고 있다. 위에서 언급한 양수장-저류지 시스템에 의한 관개면적은 양수장 총 관개면적의 약 절반을 차지한다. 또한 기양 1, 2단 양수장, 금성양수장과 같이 간접유역저수지 저류목적의 양수장도 적지 않다.

표 4.25 년간 취수량 1,000ha · m이상 양수장

양수장명	위 치		수 원	취수량 (ha · m/yr)
	도	시,군,리		
2. 8	평안북도	신의주시 하단리	압록강	1,000
마전1단	평안북도	신의주시 마전동	2.8양수장	1,000
송정1단	평안북도	용천군 산두리	삼교천	1,000
삼교천1호	평안북도	용천군 서북리	삼교천	1,000
신암1단	평안북도	용천군 서북리	압록강	12,000
동하2단	평안북도	용천군 동하리	압록강	10,000
압록강1단	평안북도	용천군진흥노동자구	압록강	1,000
백하1단	평안북도	염주군 용산리	압록강	1,000
동 천	평안북도	철산군 동천리	매봉저수지	1,750
철 산	평안북도	철산군 철산읍	동천양수장	2,000
정주1단	평안북도	곽산군 원하리	압록강관개	2,000
정주2단	평안북도	정주군 대산리	압록강관개	1,500
대령강1단	평안북도	운전군 동삼리	대령강	1,050
박 천	평안북도	박천군 박천읍	대령강	3,529
용흥1단	평안북도	박천군 원남리	대령강	1,578
선덕1호	함경남도	정평군 동호리	광포	1,440
곽바위1단	황해북도	정평군 사리원시	서흥호1간선	1,096
봉산1단	황해북도	봉산군 가촌리	서흥호1간선	1,270
곡산종합	황해북도	신개군 해포리	신곡저수지	2,704
신 계	황해북도	신개군 해포리	신곡저수지	2,385
원교1단	황해북도	신개군 원교리	예성강	1,479
대동1호	평안남도	대동군 팔청리	순화강	10,000
대동2호	평안남도	대동군 원천리	순화강	5,000
사 천	평안남도	대동군 가장리	순화강	2,332

-표 4.25 계속-

양수장명	위 치		수 원	취수량 (ha·m/yr)
	도	시,군,리		
백암1단	평안남도	숙천군 백암리	평남관개10호지선	2,300
해 소	평안남도	숙천군 기온리	평남관개4호간선	6,200
운정1단	평안남도	숙천군 대성리	평남관개4호간선	3,136
운봉1단	평안남도	숙천군 용봉리	대동강	1,430
금 성	평안남도	안주시 원풍리	청천강	4,500
송 도	평안남도	안주시 송도리	청천강	1,365
북조압	평안남도	증산군	북조압저수지	1,000
기양1단	평안남도	천리마구역포구동	대동강	29,000~30,000
기양2단	평안남도	강서구역 청산리	기양1단태성호수로	27,000
용 호	평안남도	용강군 용호리	기양1단태성호수로	2,393
용수1호	평안남도	평원군 대정리	평남관개	1,645
중교1호	평안남도	평원군 석교리	중교천	1,800

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, '00, 농업기반공사

4.5.3 보

북한지역은 산이 많고 하천 경사가 급한 지리적 조건 때문에 보에 의한 관개도 상당히 많이 하고 있다. '90년도 기준으로 5,400여개의 보가 있으며 총 취수능력은 500m³/s에 달하여 연간 11만ha·m의 관개용수를 공급하고 있다. 특히 동해안 지역과 강원도 일대에서 보의 이용이 많으며 함경남도인 경우 보에 의한 농업용수 이용량이 연간 4.6만ha·m라고 한다. 가장 대표적인 보로 부전강발전소 발전퇴수를 저류하는 성천강취입보와 허천강발전소 발전퇴수를 저류하는 연대취입보 등이다.

표 4.26은 북한지역의 취수량 1000ha·m이상 취수가 가능한 보의 현황을 나타내고 있다.

표 4.26 취수량 1,000ha·m 이상 보

시설명	위 치		수 원	취수능력 (m/s)	취수량 (ha·m/yr)
	도	(시)군,리			
대동강취입보	평안남도	개천군 광도리	대동강	18	20,602
전탄보	황해남도	재령군 용교리	은파호	31.0	14,695
서흥강보	황해북도	은파군 강안리	서흥호		7,000
황주천보	황해북도		연탄호 황주천	5.0	3,500
안창보	강원도	안변군 미현리	남대천(연변)	3.3	1,575
화성보	강원도	앞강노동자구	남대천(연변)	2.7	1,565
전탄보	강원도	천내군 천내읍	전탄강	1.8	1,350
성천강취입보	함경남도	영광군 상중리	성천강 부전강퇴수	28.0	14,000
용원보	함경남도	금야군 용원리	금진강	11.6	3,004
신상보	함경남도	정평군 초원리	금진강	3.0	1,196
금수1호보	함경남도	고원군 덕지리	덕지강	2.4	1,288
연대취입보	함경남도	단천시 연대리	북대천(단천),허천강발전소퇴수	5.4	1,520
화성보	함경북도	화성군 화성읍	화성천	2.2	1,160
교향보	함경북도	어랑군	주남천	4.5	2,699
용평보	함경북도	어랑군 용평리	어랑천	2.5	1,869
두만강보	함경북도	새별군	두만강	2.0	1,563
피현보	평안북도	피현군 당후리	삼교천	36.0	13,270

자료 : 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한 연구, '00, 농업기반공사

4.5.4 지하수시설

우물, 졸짱(인력 및 기계관정), 굴포(들샘 혹은 포강), 지하저수지, 카르스트샘으로 불리는 지하수시설이 '93년말 현재 14.2만개가 있으며 그중 우물 9.5만개소, 졸짱 3.2만개소, 굴포 1.5만개소로 알은 층의 지하수를 이용하는 우물시설이 대부분이다.

그 중 우물이 시설수, 급수량, 급수면적에서 가장 많은 비중을 차지하지만 대부분 용출량이 3ℓ/s 미만이기 때문에 논관개보다는 밭관개를 위주로 한다. 졸짱은 깊은 층적층 뿐 아니라 수문지질학적 조건이 좋은 카르스트층이나 구조균열수가 있는 지층에 시추하여 양수하기 때문에 용수의 안정적인 공급이 가능하다. 졸짱이 많은 도는 황해남도, 평안북도, 평

안남도이며 1일 취수량 2,000~3,000m³의 여러개 묶음줄짙을 박아 수십ha의 농경지를 관개하는 지구도 있다. 굴포는 수분함양이 높은 하천연안에 깊이는 적게 파고 표면적을 넓게 잡아 하천으로부터 흘러드는 지하수단면을 넓게 하여 빠른 시간내에 많은 유량을 얻기 위한 지하수 취수 시설이다. 지하저수지는 지하수의 흐름을 차단하여 지하저수지 용적내에 저장시키는 시설로, 겨울철에 지하수를 저장한 후 가뭄이 심한 봄철에 관개용수로 사용하는 것을 목적으로 한다. 북한지역에 지하저수지가 가장 많은 도는 강원도이다.²⁾

4.5.5 담수호

담수호를 '바다저수지'라고 부르며 대표적인 담수호로 서해갑문과 9.18저수지가 있다.

서해갑문은 남포시 영남리의 대동강이 바다와 맞닿는 곳에 위치하며, 대동강의 가장 끝에 위치한 댐이라 할 수 있다. 서해갑문 담수호는 유로연장 397.1km, 유역면적 15,714.6km²를 가진 대동강 하구에 8km의 구간을 방조제와 배수갑문으로 가로막아 만든 인공호수로서 '81년에 착공하여 5년만에 준공되었다. 총 저수량은 27억m³으로서 평안남도와 황해남북도 서해안 일대에 필요한 농업용수를 공급하고 있다.³⁾

"9.18"저수지(담수호)는 방조제를 막아 청단군과 연안군사이의 어사천과 화양천 하구에 건설한 담수호로서 '79년에 착공하여 '81년에 완공되었다. 황해남도 청단군 영산리로부터 여념도, 구증산도, 신증산도를 거쳐 연안군 화양리까지 5km 구간에 외곽방조제와 구증산도에서 부흥리까지 2.7km

2) 강원도 안변군 봉산리의 봉산지하저수지는 논 40ha와 밭 40ha를 관개하는 도에서 가장 큰 지하저수지이다.

3) 선박왕래와 홍수조절을 위해 설치된 서해갑문은 통선문 3련과 36련의 배수갑문이 설치되어 있다. 정폭 20m의 방조제 위에 2차선 콘크리트 포장도로와 단선철로가 부설되어 있다. 북쪽변의 절반은 길이 6km의 제방으로서 아래쪽 폭 100m, 위쪽 폭 13m이다. 중간 2.4km는 자갈로 속을 채운 조립식 프리캐스트 콘크리트 구조물(함형부재)을 이용해 독을 쌓았다. 남쪽에는 2조의 배수문이 있는데 모두 32개문이 있고, 최대 통수량은 4만m³/s이다. 통선문은 3개가 있으며, 1호수문은 2,000톤급 여객선, 2호 수문(폭 42m, 길이 200m, 깊이 30m)은 5만톤급 화물선, 3호수문은 2만톤급 선박이 통과할 수 있다.

구간에 중간(내부)방조제를 막아 형성되었다. 담수호의 저수능력은 5천ha
· m이며 관개면적은 17.6천ha, 배수면적은 5천ha이다.

5. 북한농업용수기준

필요수량이 토질과 작물에 따라 요구되는 수량이 다를 뿐 아니라 계절과 작물의 성숙정도에 따라 각각 다르다. 북한도 농업용수 이용 기준을 가지고 있으며 해당 시기별로 각각의 포전에 대해 작물이 요구하는 수량과 특성에 맞게 포전용수량과 급수를 세운다. 물공급의 과학화와 토질과 작물에 따른 북한의 용수량산정과 수질에 대한기준을 소개하면 다음과 같다.

5.1 논관개 용수이용기준

벼는 작물의 특성으로 인하여 많은 수량을 요구한다. 논에 급수되는 물은 벼잎과 수면을 통하여 증발될 뿐 아니라 일정한 양은 땅속으로 스며들어 없어진다. 특히 논에서 벼잎과 수면에서 하루에 증발되는 양은 평균 5mm에 달하며 이양후 단수시 까지 벼잎과 수면에서 증발량은 약 50-600mm에 달한다. 이는 삼투량을 고려치 않아도 ha당 약 6000m³의 물이 필요하다는 것을 의미한다.

벼잎과 논 수면에서 증발이 가장 많을 때에는 벼이삭이 나오고 꽃피는 시기라고 할 수 있는데 이때의 증발량은 하루동안 9mm 달한다. 논관개용수량은 논에서 엽수면증발뿐 아니라 이양용수량을 비롯하여 논에서의 삼투량과 급수시 소비되는 수량, 논에 떨어지는 강수량에 의하여 규정된다.

북한에서는 벼의 생육기간에 논에 급수해야 할 전체 수량은 다음 식으로 계산한다.

$$M = m + E + K + A - aR$$

여기서

M: 관개용수량(mm)

m: 모내기(이양)용수량(mm)

K: 논에서 삼투량(mm)

A: 갈아대는 물량(mm)

aR: 논판에서 유효강수량(mm)

E: 논에서 엽수면증발량(mm)

논에서 물이용은 이 메개 요소들의 소비기준에 의한다.

5.1.1 이양용수량(모내기물량)

모내기물량은 모를 내기 위하여 봄갈이한 논에 급수를 하여 씨레질하며 씨레가 끝난 다음에는 일정한 물을 논에 채워두는데 필요한 수량을 말한다. 모내기 기간에 논에 급수된 물이 소비되는 것은 주로 물이 땅속으로 스며드는 과정에서 발생한다.

모내기 용수량은 여러 가지 방법으로 계산되며 그 중에서도 가장 널리 쓰는 방법은 이양기중 논에서 물의 흡수속도를 고려하여 계산하는 방법과 토양층을 포화시키고 모내기에 필요한 수심을 확보시키는 계산방법, 엽면증발량과 삼투량을 고려하여 계산하는 방법 등이 있다.

경험식과 실험적 방법에 의하여 적용되는 북한의 평균모내기 용수량은 약 120-180mm이다. 그러나 사질토 또는 모래자갈이 있는 논에서는 약 200-250mm를 적용시키고 있다. 이는 수량으로 ha당 1,200-2,800m³의 물이 소비된다는 것을 의미한다.

5.1.2 본답용수량(보급수량)

북한에서 본답용수량의 기본요소는 엽수면증발량, 유효강수량, 삼투량 및 갈아대기물량(또는 덧물량)이다.

엽수면증발량은 벼의 전생육기간에 벼의 품종과 재배밀도, 해당 지방의 기상수문조건, 토질조건에 따라 다르지만 하루평균 5mm정도이며 모를 내기 시작해서부터 단수때까지 총 엽수면증발량은 550-600mm이다.

삼투량은 논의 지역적 조건 즉 토질조건과 수분지질조건에 관계된다. 그러므로 관개용수량의 지역적 차이는 삼투량의 지역적 차이로부터 생기는데 대부분 실트질질 토양이나 실트질 사질토양으로 된 지역에서는 삼투량이 0.5-2mm이다. 그러나 모래가 많은 지역에서는 3-8mm에 달한다.

삼투량은 논의 지역적 조건 즉 토질조건과 수분지질조건에 관계된다.

표 5.1 북한의 평균 엽면증발량과 수면증발량(mm)

월(순) 구분	5		6		7			8			9			계
	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	
엽면증발량	0.2 0.6	0.6 0.9	0.9 1.3	1.3 1.5	1.5 5.1	5.1 11.0	11.0 9.0	9 12	12 14	14 12	12 9	9 8	8 5	87.0
수면증발량	51.0	44.8	41.4	38.6	25.4	25.5	27.3	36.2	22.9	21.0	21.1			355.2
계	51.4	45.5	42.5	40.0	28.7	33.6	37.3	46.7	35.9	34.0	31.6	8.5	6.5	442.2

유효강수량은 강수량 중에서 농작물 생육에 실제로 유효하게 이용되는 강수량이다. 북한도 남한과 같이 보통 5-60mm 정도의 강수량은 그의 전부를 유효강수량으로 취한다. 논에서 관개용수량을 낮추기 위하여서는 강수량을 최대한으로 이용한다.

유효강수량은 논에서 삼투정도가 클수록 유효강수량 비율은 높아지는데 일삼투량이 18-22mm인 논에서는 유효강수량 비율이 90%에 달한다. 그러므로 북한은 논벼를 기르는 시기인 5월과 6월은 가뭄이 계속되므로 강수량의 100%를 유효강수량으로 볼 수 있으나 7월과 8월은 비가 많이 내리므로 유효강수량은 대체로 60%정도 취한다.

갈아대기 물량은 벼의 생육상태와 토질조건들에 의하여 논에서 물을 빼고 다시 물을 갈아대게 된다. 이때 필요한 수량이 갈아대기 물량이다. 즉 벼잎이 생길 때 물이 많아지거나 소금기가 있는 논에서 소금기의 물이 우러나면 벼의 생육에 피해를 주게 되는데 이것을 막기 위하여 이미 있던 물을 빼고 새 물을 갈아주게 된다.

이밖에도 갈아대기 물량은 김을 매거나 덧거름주기를 할 때 그리고 살초제를 뿌리거나 농약을 칠 때에도 그의 효과성을 높이기 위하여 이미 있던 물을 빼고 담수수심을 낮추게 된다. 그러므로 갈아대기 물량은 적어도 연간 ha당 800-1,000m³에 달한다.

관개체계내에서 총관개용수량을 계산하기 위하여서는 순용수량과 함께 조용수량을 계산한다. 조용수량이란 순용수량과 수원에서부터 공급되는 논밭까지 수로와 구조물에서 소비되는 물량을 합한 것이다. 수원지로부터

표 5.2 유효강우량 비율표(%) (7월 상순이전)

강수량 임스밀량 (mm)	1-2	3-4	5-7	8-9	10-13	14-17	18-22	23-26	27-30
10	90	94	95	.					
20	87	92	94	96					
30	85	87	92	94	96	96			
40	75	78	85	88	90	94			
50	70	73	76	80	82	87	92	96	
60	60	65	68	73	76	82	90	95	
70	58	62	65	68	71	78	84	90	95
80	56	58	60	64	67	71	76	85	95
90	50	54	56	58	60	64	70	75	82
100	45	48	50	52	54	56	64	73	78
150	30	32	34	36	40	43	45	47	52
200	23	25	27	29	31	33	34	35	36
240	18	20	22	23	24	25	26	28	29
300	15	17	20	22	23	24	25	27	

표 5.3 유효강우량 비율표(%) (7월 상순이후)

강수량 임스밀량 (mm)	1-2	3-4	5-7	8-9	10-13	14-17	18-22	23-26	27-30
10	82	85	90	95					
20	73	75	78	83	88	90	95		
30	60	63	65	68	70	73	83	90	95
40	50	52	55	58	60	63	71	77	85
50	40	43	47	50	53	58	65	71	75
60	35	39	43	45	48	53	59	65	73
70	32	35	39	40	45	50	55	51	68
80	28	32	35	38	41	45	51	57	62
90	26	29	31	34	37	42	47	53	57
100	23	25	28	30	34	37	43	48	50
150	16	19	21	23	25	30	34	38	40
200	12	16	18	20	22	25	28	32	37
240	10	13	15	17	19	21	24	28	30
300	8	10	12	14	16	18	20	23	25

공급된 물은 논밭까지 여러 구조물을 거쳐서 수로를 따라 공급되게 되어 있는데 공급되는 수로길이가 길면 길수록 수로와 구조물에서의 손실은 많아진다.

벼가 한창 자라는 7월과 8월이 장마철인데 이 시기에 년강수량의 50-60%가 내린다. 따라서 강수량을 잘 이용하면 많은 관개용수량을 절약할 수 있다. 7, 8월에 내리는 강수량은 지역에 따라 다르며 서해안 지역은 약 500-700mm, 동해안지역에서는 약 400-600mm, 북부내륙지방에서는 약 300-240mm이다.

이 지역에 내리는 강수량의 유효강수량을 60%로 보면 서해안 지역에서 유효강수량은 300-420mm, 동해안지역에서 240-360mm, 북부내륙지방에서 180-240mm에 해당하는 강수량을 관개용수로 이용할 수 있다는 것을 의미한다. 특히 7월 이전 시기에 내리는 강수량의 거의 전부가 유효강수량으로 되는 조건에서 총 관개기간동안의 유효강수량은 이전보다 훨씬 더 많다는 것을 알 수 있다.

표 5.4 북한의 논에서 관개에 소비되는 물량과 보충되는 물량

구 분	모내기 동향	논에서의 엽수면 증발량	논판에서 불삼투량	같이대는 물량	논판에서 유효강수량	수로에서 물손실량
수량(m^3/ha)	1200-2500	4500-6000	300-400	2000-3000	2000-3000	200-300

관개에 소비되는 수량은 1ha당 평균 $8,000-12,000m^3$ 이다. 그러나 논에서 유효강수량 $2,000-3,000m^3$ 를 보충해주기 때문에 실지 1ha당 논관개 용수량은 $6,000-9,000m^3$ 이다. 북한지방의 논에서는 지역마다 차이는 있지만 1ha당 소비되는 수량은 $6,000-10,000m^3$ 인데 물관리를 잘하면 전반적으로 $6,000m^3$ 로 감소시킬 수 있다.

5.1.3 발관개 용수이용기준

북한도 남한과 같이 발관개 이용기준을 세우는데 있어서 중요한 인자

인 토양내 급수깊이를 정확히 결정하여 급수량과 급수횟수를 합리적으로 정한다.

급수깊이선정기준에 있어서 발작물은 생태학적 특성에 따라 뿌리가 토양내에 침투되는 조건이 서로 다르다. 그러므로 발에서의 급수깊이는 뿌리가 가장 많이 분포되어 있는 토양층까지 적시도록 한다. 북한에서는 급수깊이의 기준을 뿌리전체 깊이의 70%를 적시는 깊이로 정하고 있다.

이 급수깊이에 의하여 급수량이 규정되기 때문에 작물재배 깊이는 발관개용수 이용 기준에서 매우 중요한 요소이다. 발에서 모든 작물의 물대기 깊이는 평균 20-30cm이다.

발작물에서 급수시기와 급수 회수를 바로 정하는 것은 작물을 정상적으로 자라게 하며 양곡생산을 늘이는데서 매우 중요한 의의를 가진다. 발작물이 정상적으로 자라게 하기 위해서는 작물이 요구하는 수분을 제때에 공급 해주어야 한다. 때문에 토양습도가 작물의 위조습도에 도달하기 전에 급수한다.

포전에 물을 대는 시기는 토양습도가 작물이 요구하는 최대습도(최대용수량의 80%정도)에서 최소습도(최대용수량의 30-40%)에 달하는 기간을 주기로 하여 선정한다. 다시 말하여 최대습도로부터 최소습도까지 걸리는 기간이 7일이면 7일내에 물을 급수하고 있다.

표 5.5 북한 작물별 관수회수

작 물	관수회수
밀	3-4
보리	3-4
강냉이	3-4
콩	2-3
감자	2-3
남새	3-5

발에서의 급수회수는 작물이 요구하는 습도조건과 가뭄이 얼마동안 계

속되며 비가 오는 경우라고 하더라도 어느 정도 적시였는가에 따라 달라진다. 일반적으로 관수회수는 위조습도가 얼마나 자주 나타나는가에 관계된다. 북한에서 관수회수는 작물의 생태학적 특성과 그 지역의 기상학조건에 따라 다르지만 대체로 2-4회이다.

밭에서 급수량은 작물의 종류와 토양의 물리적성질, 토양의 수분증발과 토양함수량의 변화상태, 급수방법에 따라 다르다. 그 중 밭에서 급수량에 결정적인 영향을 주는 것은 토양에서의 수분증발이다.

표 5.6 북한에서 적용하는 작물별 수분 요구 시기와 급수시기

작 물	수분을 요구하는 시기		급수시기
	생육시기	월 별	
밀	가지치는 시기-이삭패는 시기	3월하순-6월상순	4월하순-6월상순
보리	"	4월하순-5월하순	"
옥수수	꽃이 피기 20일전-꽃이 핀 다음 15일	7월상순-8월상순	5월중순-6월하순
콩	꽃이 피기 15일전-꽃이 핀 다음 10일	6월하순-7월하순	6월상순-6월하순
감자	꽃봉오리 형성시기-꽃피는시기	5월중순-6월하순	5월상순-6월중순
남새			가을남새는 8월중순-9월하순

토양의 수분이 증발되면 작물에 필요한 수량이 없어지기 때문에 곡식이 곁마르고 성장에 지장을 받게된다. 그러므로 증발된 수분을 유지하도록 해 주어야 하는데 이 수분을 유지해주는 것이 급수량(관수량)이다. 급수량은 밭작물에 알맞은 토양습도를 유지해주는 원칙에서 정한다.

그러나 날마다 손실되는 수분을 보충해주는 식으로 물을 급수할 수는 없다. 그러므로 밭에 급수하는 물은 토양수분의 상한값에 이를 때까지 급수하고 그 수분이 점차 감소하여 적당한 토양습도의 하한치에 이르기 전에 다시 급수한다.

적당한 토양습도의 하한치는 토질에 따라 다른데 대체로 점토성 토양에서 최대용수량의 50~55% 정도이고 실트질 토양에서 70~75%, 사질토에서는 40%정도이다.

정당한 토양수분의 상한치는 점토성 토양에서 최대용수량의 85%, 실트질 토양에서 70~75%, 사질토에서는 60~65% 정도이다. 토양습도의 상한치 이상으로 주거나 하한치 보다 적게 급수하는 일이 없도록 하고있다. 왜냐하면 토양수분의 상한치 이상으로 급수하면 물이 낭비되는 것은 말할 것도 없고 배수가 잘 되지 않는 토양에서는 과습하게 되며 하한치 보다 적게 급수하면 다시 급수하고 미처 급수하지 못하면 작물이 갈마르게 되어 수확이 결정적으로 낮아진다.

북한에서 밭의 연간급수량산정 방법에는 일반적으로 포전용수량을 기본으로 하여 계산하는 방법과 밭작물의 증산량을 기본으로 하여 계산하는 방법을 사용한다. 포전용수량을 기본으로 하여 계산하는 방법은 필요한 급수 깊이에서 최대포전용수량을 유지할 때까지 급수하는 수량을 1회 급수량라고 한다. 밭작물의 생육에 가장 적당한 누기는 최대용수량의 60-80% 정도이다. 만일 토양의 공급률이나 포전용수량, 관수직전의 토양 습도 등이 급수깊이에 따라 차이가 많을 때에는 토양층을 몇 개로 나누어 계산하고 관수량을 종합한다.

밭작물의 증발산량에 의한 급수량 산정방법은 작물의 생육시기별 증발산량에 의하여 손실된 물량만큼 보충해주는 급수 계산방법이다. 증발산량에 의한 1회 급수량 결정에서는 증발산량과 함께 급수 관수방법에 따라 손실되는 물량을 반드시 고려한다.

실험에 의하면 밭작물의 증발산량은 작물의 품종, 생육시기, 기상조건, 토양습도, 급수 방법에 따라 다른데 일반적으로 이삭이 생기는 시기부터 이삭이 패는 시기에 가장 많다. 그러나 이것은 어디까지나 일반적인 증발산량에 지나지 않으며 매계 지역의 토양조건과 기후특성에 따라 다르기 때문에 그 지역의 자료에 근거하여 계산을 진행한다.

밭관개용수량은 작물의 종류와 생육시기, 토질조건에 따라 다른데 보통 증발산량에서 유효갈수량을 감한 량이다. 증발산량은 토양면증발량과 앞면증발량을 합한 값이다.

밭작물의 생육총기간에 필요한 물량은 작물에 따라 다르지만 대체로

1ha당 약 1,500 - 2,500m³이다. 그 중에서도 밀, 보리와 옥수수가 물을 가장 많이 필요로하는데 보통 가물때에는 1,000-1,500m³이다. 특히 꽃피는 시기와 이삭이 패는 시기에 물을 가장 많이 필요로 한다.

표 5.7 발작물의 증발산량 실측자료(mm)

시기 측정번호	씨뿌리는 시기 새잎나는시기	새잎나는시기 가지치는 시기	가지치는 시기 이삭이 생기는 시기	이삭이 생기는 시기 이삭이 패는 시기	이삭이 패는 시기 수확하는 시기
1	11.7	38.6	32.3	35.0	24.5
2	14.7	17.4	11.2	26.2	21.7
3	24.8	12.5	24.7	24.0	32.6
4	20.1	13.9	23.4	30.0	16.0
5	13.2	26.2	14.1	16.8	83.0
6	21.0	10.8	14.9	32.1	20.0
7	15.4	16.5	19.6	29.3	12.8
8	8.1	27.8	26.4	19.7	9.2
9		14.9	18.5	22.4	28.7
10		11.4	14.8	10.6	26.3
11		17.8	17.8	35.4	
12		11.8		17.4	
13		12.3		25.4	
14		5.6		21.5	
15		6.4			
16		17.4			

표 5.8 작물별 발판개용수량

작물이름	용수량(m ³ /ha)
밀, 보리류	1,500-2,500
옥수수	1,000-2,000
목화	1,200-1,800
콩	800-1,300
감자	800-1,000

5.2 농업용수의 수질기준

농업에서 높은 수확을 거두기위해 수질기준 값을 넘지 않는 물을 이용한다. 북한에서도 농업용수에 대해 수질기준을 정해 놓고 있다.

표 5.9 남북한 농업용수(논벼)의 수질기준 값(ppm)

수질요소	기준값(북한)	기준 값(남한: 호소수질 4등급기준)
pH	6.0-7.5	6.0-8.5
COD(화학적산소요구량)	6이하	8이하
총질소	1이하	1이하
전기전도도	0.5 mΩ/cm	-
Cu	0.1이하	-
Zn	1	-
Ag	0.01이하	-
Mn	7이하	-
용해되어있는 산소(DO)	5이상	2이상

농업용수(논벼)의 수질 기준값은 수확량에서 감소가 생기지 않는 한계 농도로서 논벼의 생육기간(대체로 4-9월)에 걸쳐 유지되도록 한다.

농업용수의 적당한 pH는 질소원천에 따라 다르지만 대체로 4-7이다. 적당한 pH값은 5.5-6.1 이다. 그러나 산성을 띤 물을 여러 해 관개하면 토양속의 염기(알카리)가 풀려서 빠져나오게 되므로 pH값이 6-7.5가 적당하다.

유기물이 논밭에 들어가면 토양이 환원되며 심할 때에는 유화수소나 유기산이 생겨 논벼가 피해를 받게 된다. 따라서 피해를 받지 않는 COD 값은 6ppm 이하이다.

질소가 지나치게 많으면 논벼는 키만 크면서 지나치게 번식하여 수확량이 줄어들고 물질이 떨어지게 된다. 따라서 벼수확량을 높이기 위하여서는 관개용수에 포함되어 있는 총 질소합량을 알고 그에 맞게 시비를 한다.

표 5.10 관개용수속의 총질소가 생육에 미치는 영향

총질소(PPm)	생육과 수확량에 미치는 영향
1이하	영향이 전혀 없다
1-3	약간 지나치게 번식한다
3-5	지나치게 번식하며 때로는 수확량이 줄어든다
5-10	수확량이 줄어든다
10이상	수확량이 심히 줄어든다

관개용수에 포함되어 있는 질소가 1ppm정도일 때에는 표준정량대로 시비하며 질소가 3ppm 정도일 때에는 표준정량의 3분의2, 4ppm 정도일 때에는 3분의1을 각각 시비한다. 그러나 관개용수에 포함되어 있는 질소량이 항상 일정하지 않으므로 이 방법을 그대로 적용할 수 없다.

전기전도도는 폴립염류의 농도에 따라 변한다. 염류의 농도(염분)가 높으면 농작물 뿌리가 수분을 흡수하는데 지장을 받게 되며 영양물질의 흡수에서 이상현상이 나타나 잎이 누렇게 되면서 논벼생육에 지장을 주며 염분이 심할 때에는 염분피해를 받아 논벼가 말라죽는다.

토양용액속의 동 농도가 논벼생육에 영향을 주는데 그의 한계값은 0.02ppm이며 기준값은 0.01ppm이하이다. 동이 관개용수 속에 지나치게 있을 때에 논벼잎이 앞끝부터 누렇게 되며 뿌리가 위축 되어 자라지 못하고 마르는 증상이 나타난다.

아연의 허용한계 농도는 1ppm으로 관개용수에 그 이상 포함될 때에는 푸른잎이 마르는 증상을 나타내며 또한 뿌리의 생육을 저해한다.

비소가 한계값 이상으로 많으면 논벼의 잎이 누런색 또는 흰색으로 변하며 뿌리썩는 현상이 나타나며 심한 경우에는 말라죽고 만다.

토양의 종류에 따라 중금속이 토양속에 축적되거나 불활성화되는 정도가 달라지므로 토양조건에 따라 논벼에 주는 중금속의 영향도 달라진다.

6. 북한의 유역분류와 수문구획

1). 유역분류

하천은 개별적인 특성이 다양하다 할지라도 일정한 공통적인 특징을 가지는 유형들로 나눌 수 있다. 이러한 하천의 분류는 하천의 지리학적 개념을 쉽게 할 수 있으며 이는 수문구획화의 기초가 된다.

하천수문학에서 중요한 인자중 하천의 함양원천과 물 움직임의 변화는 중요한 의미를 가지며 물 움직임에서 중요한 것은 유출고 및 유출의 과정이다.

따라서 북한은 하천의 함양과 하천유출의 월별 유출변화과정 및 년도별 분포 특성의 조건들을 고려하여 하천분류의 기본원칙으로 하고 있으며 그 원칙에 의한 북한의 하천분류를 소개하면 표 6.1과 같다.

표에서 보는 바와 같이 하천들을 내륙동부 하천형, 내륙서부하천형, 서해안북부하천형, 서해안중부하천형, 서해안남부하천형, 동해안북부하천형, 동해안중부하천형, 동해안남부하천형으로 구분 할 수 있다.

2). 수문구획

수문구획은 지역별 수문학적인 공통성과 차이성을 일정한 특성에 따라 나누고 그 경계를 구획하는 것이다. 따라서 북한을 수문학적으로 구획하면 수문현상들의 공간분포의 일관성과 그를 규제하는 원인들 그리고 일관성이 적용되는 지역적 한계를 알 수 있게 된다.

수문구획은 실제로 매 지역에서 진행되는 용수체계 및 수리 수문분석에 요구되는 유출자료들을 제공하며 그 특성들을 밝히는데 매우 큰 의미를 가진다.

수문구획의 방법 및 실제적인 기초는 하천분류이다. 따라서 북한의 수문구획을 위해서는 정확한 하천분류에 기초하여야 한다.

북한의 하천유형과 지역수문학적인 특성을 기본으로 하면서 지형, 유출이 진행되는 유역의 사면 등 자연지리적 조건을 고려하는 원칙에서 수문지리구를 설정할 수 있다.

표 6.1

하천형 및 특징

하천형	하 천	특 징
내륙동부	두만강상류부 및 그에 유입하는 서두수, 연면수, 소흥단수, 성천수	-최대,최소유출 8월,2월 출현 -6월 유출비중이 큼(눈석이) -결빙기간 110~130일
내륙서부	압록강중류 및 상류, 장자강, 장진강, 허천강, 삼수천 등 압록강지류	-7~9월 유출총합 50.8~65.6%
서해안북부	압록강 하류부, 청천강하계 및 대동강하계 등 북서부 하천	-7~9월 유출총합 64.2~81.1% -결빙기간 70~80일
서해안중부	예성강, 한강본류, 및 임진강, 북한강, 안성천, 곡교천, 삼교천	-최대,최소유출 7월,1월 출현 -7~9월 유출총합 74.7~83.8%로 가장 큼
동해안북부	두만강중류, 하류 및 수성천, 어랑천, 남대천(길주), 백두산맥 이북의 하천	-최대,최소유출 8월,1월 출현 -결빙기가 상대적으로 짧음
동해안중부	남대천(단천), 남대천(북청), 성천강 및 남대천(안변)	-최대,최소유출 각각 8월,1월 혹은 2월 출현 -결빙기간 70~80일

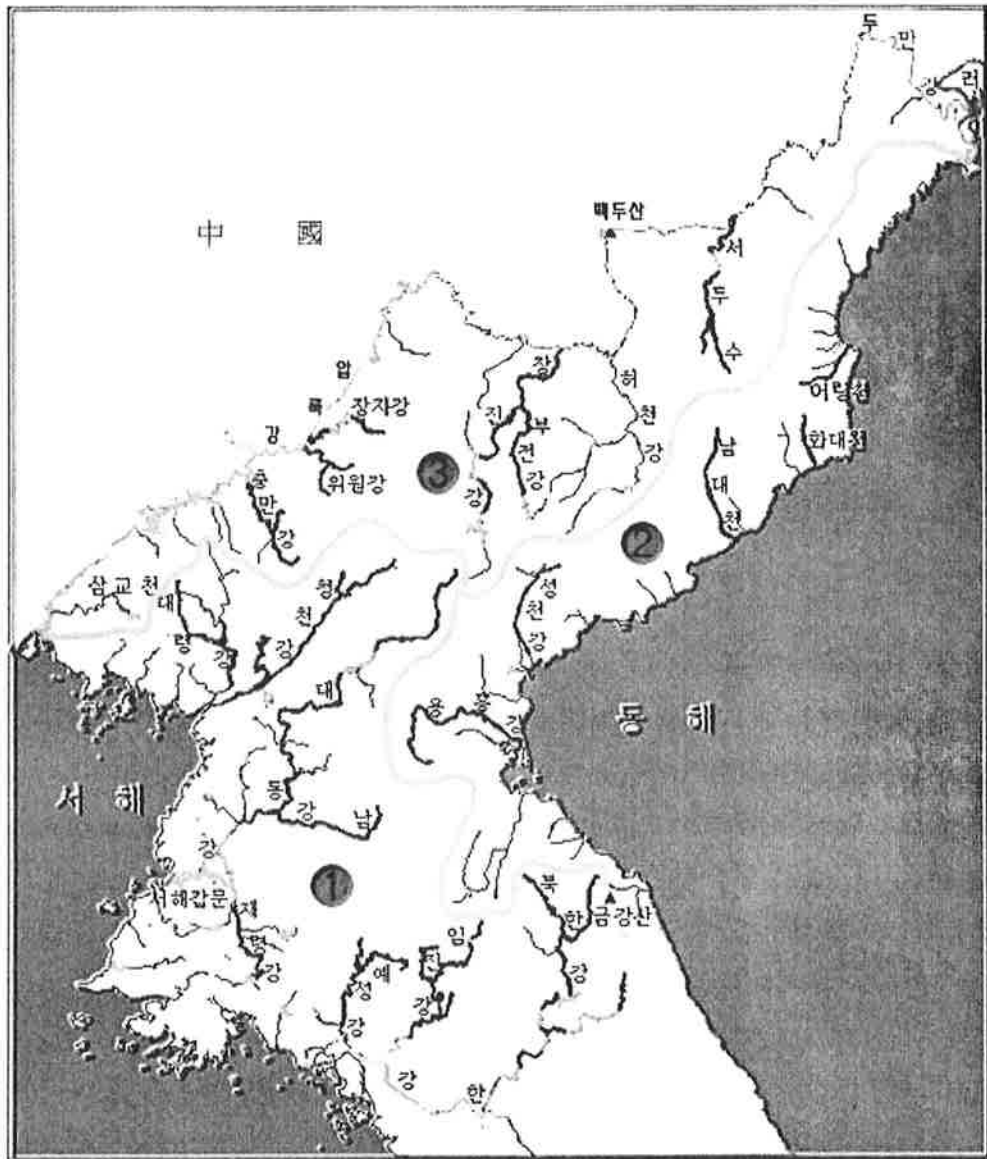
북한은 전체적으로 볼 때 하나의 수문지리 구역으로 볼 수 있다. 즉 북한에는 남한과 마찬가지로 바다로 유출되지 않는 비유출구역이 존재하지 않기 때문에 전체적으로 하나의 유출구역으로 볼 수 있다.

북한의 하천들은 지류가 발달되어 있고 하천 망이 비교적 고르게 분포하며, 하천밀도 $0.4 \sim 0.5 \text{ km/km}^2$ 로서 조밀한 편이다. 그러나 대부분은 좁은 골짜기를 흐르며 발원지의 고도가 높아 경사가 급하다. 그리고 동해로 흐르는 하천들은 산지성 하천의 성격 때문에 길이에 비하여 유역면적이 작고 유역사이의 경계가 뚜렷한 것이 특징이다. 또한 제2장 그림 2.14에서 보는바와 같이 분수령이 동쪽에 치우쳐 있으며 유로연장 100km이상의 주요하천들은 두만강을 제외하고는 대부분 서해로 유입된다.

그러나 하천이 흐르는 경사유역은 유출되는 바다와 유출방향, 하천망의 특성과 지형을 비롯한 기본적인 자연지리적 조건의 차이 등에 의하여

그림 6.1과 같이 크게 동·서·북의 3개 구역으로 구분된다.

동·서·북의 3개 구역의 계략적 위치를 보면 표 6.1의 하천형 및 특징에 있어서 내륙동부와 내륙서부는 북부고원구 즉 북 사면 구역에 속하



<그림 6.1> 북한지역의 수문구획도
(①서해안구, ②동해안구, ③북부고원구)

고 서해안북부 및 서해안중부는 서해안구 즉 서 사면 유역에 속하며 또한 동해안북부 및 동해안중부지역은 동해안구 즉 동 사면 유역에 속한다.

표 6.2 수문구획 및 특성

수문구	분구	소 구	평균비유량 (m ³ /s/km ²)	특 징
I 서해안구 (서사면유역)			0.02449	-유출 가장 큼
	I-1 청천강유역		0.02875	-관개용 저수지 66.5% 지구내 위치
		-청천강본류 -대령강		
	I-2 대동강유역		0.02522	-자연호수 거의 없음
		-대동강본류 및 남강 -재령강		
	I-3 예성강,임진강유역		0.02557	
		-예성강		
		-임진강 -북한강		
II 동해안구 (동사면유역)			0.01658	-유출 제일 작음
	II-1 동해안남부(금진강이남)		0.02502	-자연호수 대부 분 지구내 위치
		-남대천(안변)이남 -전탄강, 금진강		
	II-2 동해안중부		0.01533	-관개용 저수지 33.2% 지구내 위치
		-성천강,북대천(단천) -남대천(북청),북대천(단천)		
	II-3 동해안북부		0.01558	
		-남대천(길주) -온포천(경성)		
III 북부고원구 (북사면유역)			0.01847	-유출 보통
	III-1 북부고원서부		0.02288	-대부분발전용 저수지 지구내 위치
		-위원강,충만강 -장자강,자성강		
		-압록강하류		
	III-2 북부고원동부		0.01626	-관개용 저수지 0.3% 지구내 위치
		-장진강,허천강 -서두수,성천수		
		-두만강하류		

이와 같이 수문지리구를 구획하면 표 6.2와 같다. 이 구들을 유출의 년간분포, 유출과정, 물흐름을 규정하는 자연지리적 요인들에 의하여 수문분구들로 다시 세분 할 수 있다.

6.1 북사면 유역

북 사면 유역은 압록강과 두만강을 모체로 하고 북쪽으로 흘러 압록강 본류와 합류하는 장진강, 허천강, 부전강, 자성강, 장자강 등 압록강 수계 지류들과 서두수, 연민수 등 두만강 지류들로 구성되어 있다. 이 강들은 지형이 험한 산악지대를 흐르므로 수력발전에 널리 이용되고 있다.

6.2 동사면 유역

동사면 유역을 이루는 하천들은 지형적 영향으로 인해 대부분 경사가 급하고 길이가 짧은 소 하천들이어서 하구에 좁은 충적지를 형성한 후 동해로 흘러 들어간다. 북으로부터 어랑천, 남대천(길주), 북대천(단천), 남대천(단천), 성천강, 용흥강, 덕지강, 금야강 등이 있다.

6.3 서사면 유역

서 사면 유역을 형성하는 주요 하천들로는 청천강, 대동강, 재령강, 예성강 등이다. 이들은 지형이 평탄한 서해사면을 흐르면서 하천유역에 비교적 넓은 충적지를 형성하며 발달한다. 서해안은 조석간만의 차가 크며 강화도 부근 즉 한강 예성강 등의 하구에서 최대 10m를 기준으로 남북으로 점점 감소하고 있다. 대동강 하구에서 약 7m, 압록강 하구 약 5m를 나타내고 있다.

7. 동사면 지역의 하천 및 농업용수체계현황

북한의 동해안지역 용수체계는 일부지역을 제외하고는 용수이용 또는 관계시스템에 있어서 북한서해안지역 또는 남한의 그것과는 큰 차이가 없고 남한에서처럼 주 수원공으로는 저수지, 양수장, 보 등이 이용되고 수원공에서 경지까지 급수를 위해 용수로를 이용하는 등 외견상으로는 북한의

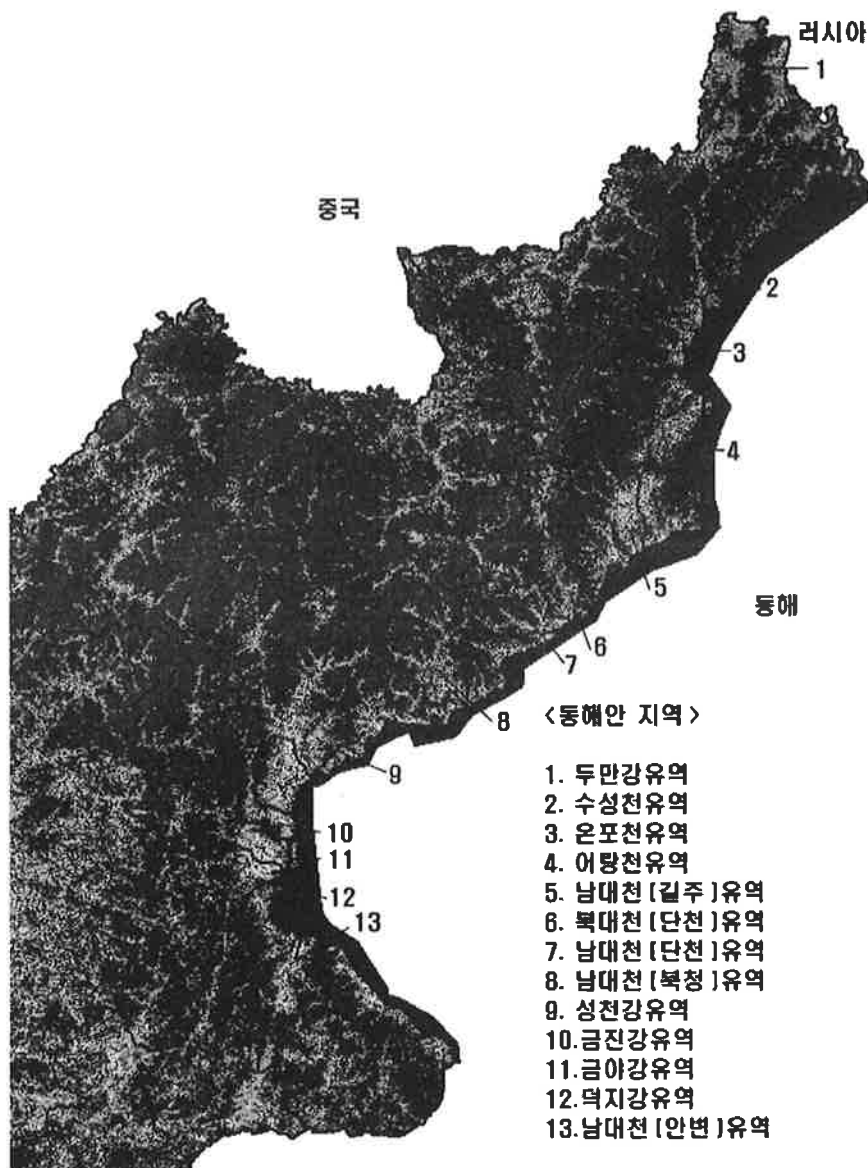


그림7.1 북한동해안지역 하천유역위치도

타지역 또는 남한의 그것과는 큰 차이가 없어 보인다.

그러나 하천의 대부분은 전형적인 산지성 하천으로서 중상류에서는 경사가 급하고 침식작용이 몹시 심하다. 또한 연장이 짧고 하천 폭이 좁아 홍수가 발생할 수 있는 경향이 많다.

기상조건 또한 강원일부지역을 제외하고는 강수량이 적고 기온이 낮아 결빙기간이 길다. 또한 동해안 지역은 지형적으로 산악지역이 많고 평야지대의 상대적 면적이 적어 북한의 서해안지역에 비해 영농활동이 활발하지 못한 것으로 판단된다.

그 외 하천의 연장이나 유역면적 또한 서해안 하천에 비해 규모가 적어 수자원의 절대량은 적다. 그러나 적은 강수량 및 수자원에도 불구하고 경지규모가 적어 물수지에 있어서 농업용수 자체는 풍부하다고 판단된다.

그러나 안정적 용수공급을 위한 수원공이 부족하고 대부분 나무나 돌을 쌓아 만든 임시보에 의존하고 있으며 여타지역과 마찬가지로 노후화된 양수장에 의한 하천수 취수에 의해 관계용수를 공급하고 있는 실정이다.

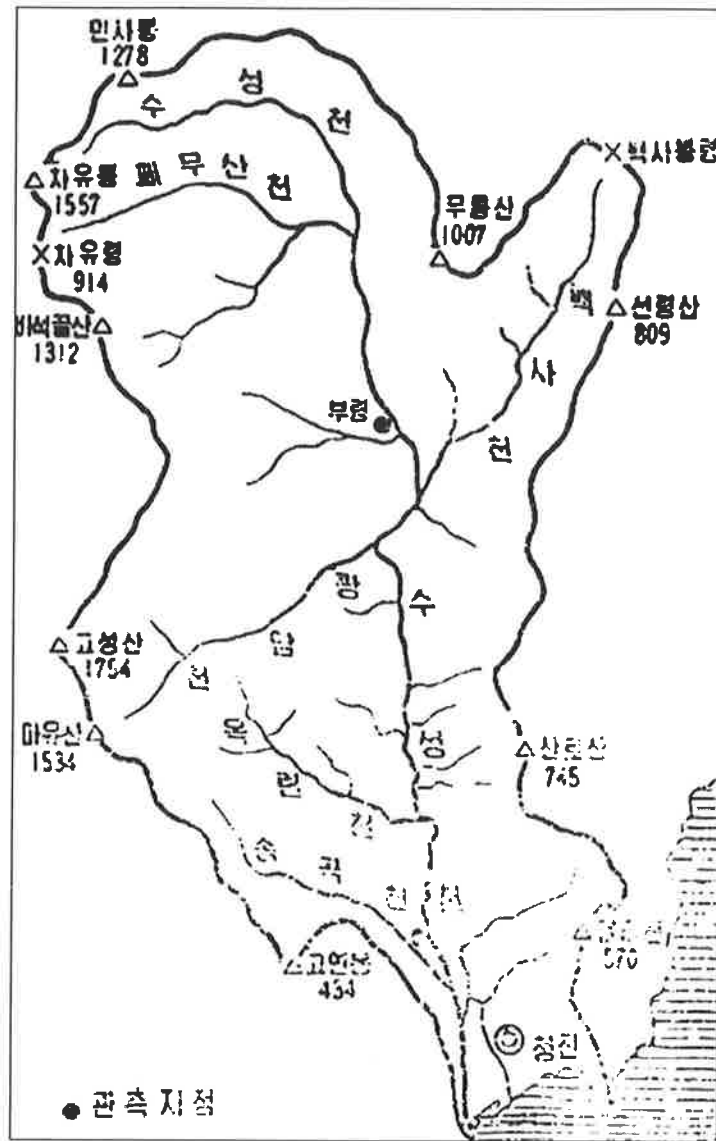
7.1 수성천

7.1.1 수성천 하천형태학적 특성

수성천은 함경산줄기의 차유봉(1,557m)의 동쪽에서 발원하여 처음에는 동쪽으로 흐르다가 점차 남쪽으로 방향을 잡고 전구간을 거의 직선으로 흘러 청진시 송평구역 서향1동과 수남구역 어향동 사이에서 청진만으로 흘러드는 하천이다.

수성천유역의 분수령은 북부와 서부에서는 함경산맥 능선이며 동쪽에서는 철근령산맥의 능선으로 되어있다. 수성천 유역의 분수령 연장은 174.2km이다. 수성천은 길이가 72km이며 유역면적은 932km²이다. 수성천 유역의 북쪽과 서쪽은 높이가 1,500m인 함경산맥이 위치해 있으며 수성천 상류는 강바닥경사가 급하며 중류에서부터 차츰 완만하여진다.

하천망의 총 연장은 286km이고 하천망의 밀도는 0.31km/km²로 비교적 작다. 유역의 평균폭은 12.9km이며 유역은 좁고 긴 형태이다.



<그림 7.2> 수성천 수계도

수성천유역의 지류는 연장과 면적 분포에서 일련의 특성을 가지고 있다. 수성천유역의 하천은 길이가 5-100km의 범위내에 있으며 대부분이 5-50km이다. 수성천유역하천의 유역면적은 50-1,000km²의 범위내에 있으며 그 대부분이 5-200km²이며 그 이상의 하천은 1개이다.

수성천의 주요지류의 길이와 유역면적은 표7.1과 같다. 수성천의 지류 중 특히 백사천이 규모가 크다.

표 7.1 수성천 주요지류의 연장 및 유역면적

하 천	지류구분	연장(km)	유역면적(km ²)
폐무산천	1지류	21.0	132.2
백사천	"	22.3	118.9
광암천	"	18.6	94.0
옥련천	"	15.1	64.5

유역면적에서 경지면적은 11% 정도이며 산림면적은 85% 정도인데 함경산맥을 비롯한 800m이상 산지에는 침엽수림이 무성하고 그 이하에는 혼성림으로 덮여있다.

때문에 유출조절능력이 크다.

7.1.2 수성천의 수자원현황

수성천의 유역평균강수량은 646mm(1951-1980년)로서 타 유역에 비해 적은 편이다. 부령지점에서의 평균강수량은 634.3mm, 청진지점에서의 평균강수량은 각각 604.8mm이다.

수성천유역은 한반도지역에서 강수량이 적은 지대에 위치하고있다. 수성천유역의 연간평균강수자원은 601.9백만m³이며 단위면적당 강수자원은 646천m³이다. 수성천유역에서 강수량분포를 보면 해안지대에서 하천상류 쪽으로 가면서 점차 적어진다. 이것은 해양성기후의 영향이 적어지고 대륙성기후의 영향이 크기 때문이다.

수성천 하류부인 송곡천유역은 년강수자원이 644천m³이지만 중류부의 지류인 광암천유역에서는 630천m³이고 최상류부의 지류인 폐무산천유역은 620천m³이다. 때문에 강수자원 분포도 지역별로 차이가 있다. 따라서 상류부인 폐무산천 유역은 하류부인 송곡천 유역보다 단위면적당 강수자원이

20천m³이상 적다.

강수자원의 계절적인 분포도 아주 불균등하다. 유역전체에서 볼 때 봄철에는 총강수자원의 13.3%인 약 80백만m³이지만 여름에는 강수자원이 59%인 355.2백만m³이다. 가을철 강수자원은 22.1%인 133.0백만m³이다. 특히 상류부인 폐무산천, 백사천, 광암천 유역에서는 여름철 강수자원이 60.8%로 높고 반대로 겨울에는 유역평균비율보다 3.7%로 낮다. 봄철강수자원 비율은 전체 유역에서 비슷하지만 겨울철에 하류부에서는 7%정도의 비율을 가지고 있으나 상류에서는 3.7%로 큰 차이가 있다.

강수자원의 월별 분포에서도 차이가 심하다. 8월에 강수자원의 27.2%가 형성된다. 7월에는 20.5%, 9월에는 13.6%, 6월에는 11.3%의 비율을 가진다. 가장 작은 달은 2월인데 년강수자원의 1.5%이다. 특히 수성천 상류부인 폐무산천유역에서는 2월에 1.0%밖에 안된다. 12월의 강수자원분포에서도 상류부는 1.6%의 비율을 가지고 있으나 하류부에서는 3.4%로 높다. 반대로 9월에는 상류부에서 14.5%로 높고 하류부에서는 12.7%로 낮다.

수성천유역은 북한 동해안지역 하천 중 수자원량이 비교적 적은 유역이다. 수성천유역에서 조성되는 수자원량은 약 393.9백만m³이다. 수자원은 함경북도 전체 수자원량의 6.2%를 차지하며 청진시 수자원량의 90.3%를 차지한다. 단위면적당 수자원량은 423천m³로서 금진강, 금야강, 덕지강의 단위면적당 수자원량의 50%미만이다. 유역의 유출계수는 0.65이며 비유량은 13.4 l /s/km²이다.

상류부의 폐무산천은 유역면적이 크기 때문에 수자원량도 전체 자원의 14%를 차지한다. 그러나 비유량은 평균보다 적다. 지류의 수자원 비율은 백사천이 12.8%, 광암천이 10.7%, 옥련천이 7.3%, 송곡천이 7.2%로 15km 이상 되는 5개의 지류의 수자원이 전체 수량의 52%를 차지한다. 일반적으로 하류에서 상류로 올라가면서 비유량이 적어지고 단위면적당 수자원량도 적어진다.

수자원의 계절별 분포비율은 봄철에 15.2%, 여름철에 48.3%, 가을철에 28.6%, 겨울철에 7.9%이다. 수성천수자원의 겨울철비율은 다른 동해안 하

천에 비하여 상대적으로 높다. 그 원인은 하천유역의 여름철 강수량의 집중이 다른 하천에 비하여 상대적으로 적기 때문이다.

표 7.2 수성천 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
수성천	강수량	960	904	1,446	2,283	4,268	6,813	12,340
	수자원	827	788	1,260	1,930	2,796	3,938	5,789
송곡천	강수량	82	74	103	168	280	461	790
	수자원	60	57	91	139	202	284	417
옥련천	강수량	81	73	102	167	276	455	781
	수자원	60	57	91	141	204	287	422
광암천	강수량	65	59	136	208	438	675	1,291
	수자원	88	84	135	206	299	421	619
백사천	강수량	82	75	172	263	554	854	1,632
	수자원	106	101	162	248	359	506	744
폐무산천	강수량	90	82	189	287	607	934	1,787
	수자원	116	111	177	272	394	554	815

지 류	구분\월별	8	9	10	11	12	계
수성천	강수량	16,365	8,183	3,187	1,929	510	60,189
	수자원	9,295	5,908	3,033	2,324	1,497	39,385
송곡천	강수량	1,107	527	230	176	140	4,238
	수자원	670	426	219	168	108	2,840
옥련천	강수량	1,093	520	228	150	138	4,064
	수자원	677	430	221	169	109	2,868
광암천	강수량	1,635	859	296	165	95	5,922
	수자원	993	631	324	248	160	4,209
백사천	강수량	2,068	1,087	375	209	120	7,491
	수자원	1,195	759	390	299	192	5,061
폐무산천	강수량	2,261	1,188	410	230	131	8,196
	수자원	1,309	832	427	327	211	5,545

하천의 수자원은 8월에 가장 많이 유출되는데 그 비율은 23.6%이며 2월에는 2%로 가장 낮다. 8월 유출비율이 동해안 남부지대하천보다 낮으나 가을철인 9월, 10월의 유출비율은 상대적으로 높다.

유역평균강수량은 646mm이고 연간증발량은 223.4mm이며 유출고는

422.6mm로서 65%가 유출된다. 하천유역의 우안에 위치한 광암천, 옥련천 유역은 유출률이 70%이상으로 높다.

표 7.3 수성천 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	유출량 (10 ⁴ m ³)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km ²)	유출계수
수성천	932.0	646	39,385	223.4	422.6	13.4	0.65
송곡천	64.3	640	2,839	198.5	441.5	14.0	0.69
옥련천	64.5	630	2,868	185.3	444.7	14.1	0.71
광암천	94.0	630	4,209	182.3	447.8	14.2	0.71
백사천	118.9	630	5,062	204.3	425.7	13.5	0.68
폐무산천	132.2	620	5,545	200.6	419.4	13.3	0.68

송평지점의 10,000년 빈도 홍수량은 3,590m³/s이며 5,000년 빈도 홍수량은 3,400m³/s, 1,000년 빈도 홍수량은 3,220m³/s, 100년 빈도 홍수량은 각각 2,730m³/s이다.

하천의 수자원량은 두만강의 지류인 서두수, 연면수, 성천수에서 유역이 변경되어 연간 2,231.9백만m³이 보충된다. 때문에 수성천의 변동된 수자원량은 2,625.8백만m³으로서 수성천 자체자원의 6.7배로 많아진다.

앞서 언급한바와 같이 수성천유역의 변동된 수자원은 약 2,625.8백만m³이다. 그 중 자체유역에서 형성된 수자원은 393.9백만m³이고 다른 유역으로부터 유입되는량은 2,319.백만m³이다. 하천의 비유량은 하류로부터 상류로 올라가면서 적어지며 자체수자원의 48.3%가 여름철에 유출되고 있다. 수성천은 자체유역에서 형성된 수자원의 단위면적당 수자원량은 422천m³이며 변동된 자원까지 고려하면 2,817천m³이다.

하천의 수자원 가운데서 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수량은 189.7백만m³이고 단위면적당 물이용량은 203.5천m³이다. 수성천의 물이용의 근간은 공업용수인데 총물이용량의 65.7%를 차지한다. 이처럼 많은 비율을 차지하는 것은 하루에 156천m³의 물을 이용하는 김책제철연

합기업소를 비롯하여 청진화학섬유 연합기업소에서 냉각수와 생산용수로 많은 양의 물을 쓰고 있기 때문이다. 그러나 공장, 기업소에서 생산용수와 냉각수로 쓰인 물의 10% 정도는 소비되고 90% 정도는 다시 방류 되므로 완전히 없어지는 물은 많지 않다.

수성천에서 생활용의 이용량은 43.9백만 m^3 으로서 북한에서 다섯 번째로 크다. 이것은 수성천 하류일대에 김책제철연합기업소를 비롯한 대규모의 공장, 기업소가 자리잡고 있으므로 인구밀도가 매우 높기 때문이다.

하천에서 쓰는 생활용수의 절대다수는 지표수로 급수하고 있으며 도시 지구를 제외한 농촌지역에서만 지하수를 이용하고 있다.

수성천 유역에서 농업용수로 이용되는 수량은 총물이용량의 11.2%이다. 하천유역에는 수성별을 비롯하여 약 2,600ha의 경지가 있는데 보와 양수장을 이용하여 농업용수 총 이용량의 97%를 관개하고 있다. 그 중 하천을 수원으로 하는 독립양수장을 이용하여 약 1,700ha의 논밭을 관개하고 있다. 수성천유역에서 우물과 굴포를 이용하여 밭에 관개하는 면적은 120ha이다. 이용된 수량의 85.5%는 다시 회복되어 하천에 유입되고 14.5%가 소비된다.

표 7.4 수성천 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	5,986	19,022	11,265	3,112	39,385
물이용량	4,831	4,831	4,456	4,209	18,327
과부족	1,155	14,191	6,809	-1,097	21,058

수성천의 계절별 수자원(자체자원)에 대한 물이용 현황은 갈수기인 겨울철에는 11백만 m^3 의 수량이 부족하며 풍수기인 여름철에는 135.5백만 m^3 의 물이 남는다. 부족되는 수량은 유역변경되어 수성천으로 유입되는 발전용수의 방류량에 의하여 보충된다.

수자원은 월에 따라서도 달라진다. 수성천의 월별 수자원에 대한 물이용현황을 보면 갈수기인 1-3월 기간에는 물이 부족되며 물이용량이 제일

많은 6월에는 8.0m³/s의 수자원이 흐름량자원으로 남아 있다는 것을 알 수 있다.

표 7.5 수성천 월별 수자원 부존량/이용량 현황(10⁴m³)

구분\월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	827	788	1,250	1,930	2,796	3,938	5,789
물이용량	1,403	1,403	1,458	1,544	1,829	1,864	1,829
과부족량	576	615	198	386	967	2,074	3,960

구분\월	8	9	10	11	12	계
수자원량	9,295	5,908	3,033	2,324	1,497	48,033
물이용량	1,781	1,632	1,421	1,403	1,403	10,959
과부족량	7,514	4,276	1,612	921	94	37,074

이와 같이 수성천유역에서 2월에 2.54m³/s, 1월에 2.15m³/s, 3월에 0.76 m³/s의 유출량이 부족하였지만 다른 유역으로부터 월평균 약 71m³/s의 물이 유입되므로 연간 농업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 공급하고 많은 양의 물이 남는다.

7.1.3 수성천유역의 농업용수이용 특성

현재 수성천유역에는 약 100여개소의 양수장과 30여개소의 보, 130여개소의 지하수시설에 의하여 연간 21백만m³의 물로 약 2,600ha를 관개하고 있다. 그 중 근간은 보와 양수장인데 이 두개의 시설에 의한 농업용수 이용량은 농업용수 총 이용량의 97%를 차지한다.

양수장에 의한 취수능력은 약 4m³/s인데 대부분이 하천을 수원으로 하는 양수장과 보를 수원으로 하는 양수장이다. 물론 지하수를 수원으로 하는 양수장도 10여 개소가 있지만 취수능력은 불과 0.34m³/s밖에 되지 않기 때문에 큰 역할은 하지 못한다.

하천유역에서 보에 의한 관개도 적지 않은 비중을 차지한다. 보는 하천에서 흐르는 물을 가로막아 자연취수를 하는 보와 보에서 직접 양수하

거나 수로에서 양수하는 양수장을 수원으로 하는 보로 되어있다. 자연취수를 하는 보는 주로 상류유역에 있고 보와 수로에서 양수하는 양수장을 수원으로 하는 보는 하류유역에 있다.

1). 양수장에 의한 농업용수이용현황

수성천유역에는 여러 수원을 이용하는 양수장에서 연간 약 10백만 m^3 의 물을 양수하여 약 1,700ha를 관개한다. 그 중 하천을 수원으로 하는 양수장이 기본을 이루고 있으며 대부분은 독립양수장이다. 양수장관개의 특징은 남새(채소)밭관개를 전문으로 하는 양수장이 많기 때문에 일반적으로 취수능력은 적지만 관개규모는 크다. 청암구역 청암 협동농장과 지하협동농장의 거의 모든 양수장은 청진시 주민의 남새를 보장하기 위한 밭관개 양수장으로 약 500ha를 관개하고 있다. 특히 부령군의 금강1호 양수장과 2호 양수장은 이 군에서도 비교적 큰 양수장인데 이 두 개 양수장에서 100ha에 가까운 밭을 관개하고 있다.

양수장관개에서 두 번째로 많은 비중을 차지하는 것은 취수보를 수원으로 하는 양수장이다. 이런 유형의 양수장은 23개소가 되며 취수능력은 1.5 m^3/s 이고 관개면적은 약 600ha이다.

이밖에 지하수를 수원으로 하는 양수장은 거의 대부분이 4기층수의 물을 양수하여 남새밭을 관개하고 있다.

2). 보 의한 농업용수이용현황

수성천에서 보에 의한 관개는 농업용수이용에서 기본으로 되고 있다. 현재 유역에서 연간 취수하는 수량은 약 10백만 m^3 에 달한다. 대부분의 보는 고정보이고 임시적보는 상류의 부령군 영역에 일부 있을 뿐이다. 유역에는 큰 보가 12개소가 있으며 취수능력은 3.5 m^3/s 이며 연간 취수하는 수량은 약 5.6백만 m^3 이다. 이 물로 약 173ha의 논과 640ha의 밭을 관개하고 있다. 그 중 청진시 청암구역에 있는 지하보는 취수능력이 0.8 m^3/s 이며 연간취수량은 600천 m^3 으로서 약 170ha의 남새밭을 관개하고 있다.

3). 지하수에 의한 농업용수이용현황

수성천유역에는 북한지하수자원의 약 0.4%인 20.4백만 m^3 (동수자원)이 분포되어 있다. 단위면적당 지하수자원량은 평균 22천 m^3 이다.

하천유역의 지하수는 대체로 제4기충수와 균열수, 공동수이다. 특히 제4기충수는 지하수자원이 많은 몫을 차지한다. 하천유역에 널리 발달되어 있는 제4기충은 이 지역에서 중요한 대수층을 이루고 있다. 제4기 퇴적층의 분포면적은 유역면적의 19%이상(173 km^2)을 차지한다. 특히 부령일대로부터 강바닥이 넓어지면서 제4기충인 범람원이 널리 발달되어 있으며 청진부근에 와서는 넓은 충적벌을 형성하고 있다. 제4기충은 하성 및 해성 퇴적층으로서 대수층은 모래와 자갈 또는 모래가 섞인 자갈층이다.

시추자료에 의하면 해안으로부터 8-12km 떨어진 수성별 지역에서 제4기충의 두께는 50m 이상이며 제4기퇴적층은 기반암 상부에 자갈이 놓이고 그 후에 주로 점토층이 끼여 있으며 상부에는 주로 물과 자갈로 구성된다. 지하수는 자갈과 모래층에 부존되어 있는데 그의 두께는 8-20m, 최대 70m에 달한다. 실례로 청진시 송평구역 수성동에 있는 수성지하수와 남석리에 있는 남석지하수를 들 수 있다.

수성지하수 유역에는 제4기 화성층이 널리 발달되어 있는데 지하수는 자갈과 모래 층에 부존되어 있다. 이 지역에서 대수층의 두께는 26m에 달하며 정수위는 지표면으로부터 0.3-3.4m이고 매장량은 93,380 m^3/d 이다.

남석지하수 역시 대수층은 잔모래, 굵은모래, 자갈모래로 되어 있으며 두께는 17m에 달한다. 이 지역에서 지하수의 정수위는 2m이고 투수계수는 91m/d이며 그의 운영매장량은 2,900 m^3/d 나 된다. 이러한 지하수는 수성별 유역에 널리 발달되어 있다.

4기충수는 석막동으로 부터 상류로는 부령에 이르는 중류지대 범람원에도 널리 발달되어 있다. 이 지역에서 제4기충수는 자갈과 자갈이 섞인 모래 또는 모래층에 부존되어 있으며 하천과 수리학적으로 밀접히 연관되어 있다. 그러므로 이 지역에서 지하수의 수위 변화는 하천의 수위 변화와 밀접히 관계되며 그의 변화폭은 1-2m이다. 4기충수와 함께 균열수도

적지 않게 분포되어 있다.

수성천단열대는 송림구조운동이 전시기부터 신생대에 이르기까지 여러 번 움직인 단열대로서 대소의 수많은 단열구조가 형성 되었는데 지하수는 구조적 파열대와 그 수하열에 부존되어 있다. 실제로 수성천단열대를 따라 분포되어 있는 판장온천, 팔담온천을 비롯한 온천을 들수 있다. 이 지하수는 구조압력수로서 유출량도 많고 계절적 영향을 적게 받는다. 균열수는 상류지대에서 샘의 형태로 하천계곡으로 유출되고 있으며 하천하류지대에서는 균열수대수층이 제4기층에 의해 두껍게 덮여있으면서 제4기층수를 공급하기도 한다.

또한 수성천 유역에서 공동수도 존재한다. 공동수는 부령군 고무산 부근에 분포 되어 있는데 지하수는 하부원생대 무산층군 피상결정질 석회암안에 발달한 균열에 부존되어 있다. 공동수는 침식기준면 부근에서 샘으로 나타나고 있으며 유출량은 104 ℓ /s이다. 이와 같이 지하수가 풍부한 지역은 4기층수가 풍부히 매장되어 있는 수성벌유역이다.

이 지역에 지하수가 풍부한 것은 하천의 흐름특성으로 하류지역에 자갈모래층이 매우 두껍고 넓게 분포되어 있으며 공급조건이 유리하기 때문이다. 이 지역에서 4기층이 평균하면 아래로 깊이 위치해 있으므로 동수매장량보다 정수매장량이 많은 특성이 있다.

수성천유역에서 지하수자원은 주거지역과 산업지역, 농업지역에 풍부하게 매장되어 있어 개발이용에서 유리한 조건을 가지고 있다.

지하수시설에 의하여 연간 600천 m^3 의 물을 이용하여 약 120ha를 관개하고 있다. 지하수시설의 대부분은 우물과 굴포인데 주로 하천연안의 4기층수를 양수기로 올려 밭관개에 이용하고 있다. 그러나 일부 산기슭에 설치한 우물은 가뭄때 보급수로 이용하거나 봄철 영양단지모를 찍는데 이용하고 있다.

하천유역에서 비교적 용출량이 많으면서도 넓은 관개면적을 가지는 지하수시설은 부령군 석막리에 있는 굴포양수장을 볼 수 있다. 여기에서는 연간 80천 m^3 의 물로 약 30ha에 가까운 밭을 관개하고 있다.

7.2 어랑천

7.2.1 어랑천 하천형태학적 특성

어랑천은 함경산맥의 궤산봉 남쪽계곡에서 발원하여 많은 지류와 합류하며 남쪽으로 유하하다가 점차 동쪽으로 유하하며 하류부에서 다시 큰 지류와 합류하여 경성만에 흘러든다. 어랑천 유역의 분수령을 이룬 산맥은 높고 험준한 것이 특징이다. 북서 및 서쪽에는 북한에서 높은 산줄기인 함경산맥이 있다. 여기에는 궤산봉(2,272m), 궤상봉(2,332m) 등 2,000m 이상 되는 산들이 이어져 있다.

북쪽의 주남천 및 온포천과의 분수령에는 백사봉 산맥이북서-동남방향으로 솟아있고 남쪽의 남대천(길주) 및 화대천 사이에는 만탑산맥이 동서방향으로 솟아있다. 어랑천 상류는 거의 개발되지 않은 산림지대이므로 수자원 함양조건은 좋은 것으로 판단된다.

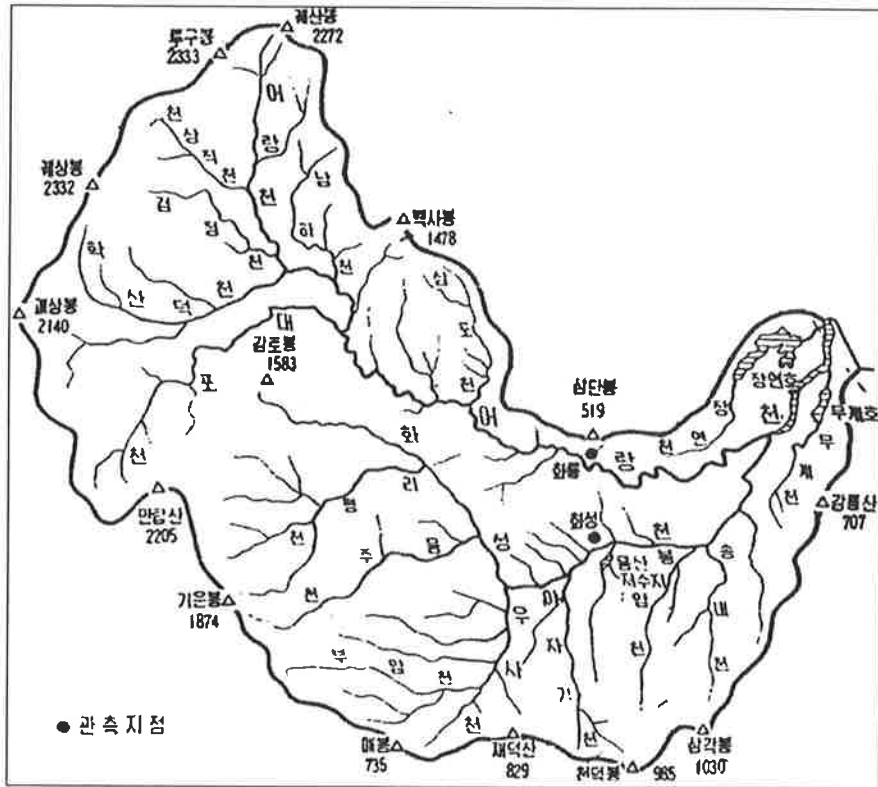
어랑천의 연장은 112.9km이고 유역면적은 2,014km²이다. 유역은 동서로 길다. 분수령의 길이는 257.1km이며 어랑천은 함경산줄기에서 흘러내리는 본류와 거의 같은 크기의 지류인 화성천으로 이루어져 있다.

만탑산줄기의 감토봉(1,583m)에서 시작된 화성천은 본류 방향과 거의 같은 방향으로 흐르는데 좌안유역은 본류와 매우 가까운 거리를 사이에 두고 흐르므로 지류가 거의 없고 대부분의 지류는 우안에 치우쳐있다.

어랑천 유역에는 연장이 5~150km되는 하천이 64개소가 되며 그 중 5~10km의 하천은 34개소로서 많은 비중을 차지한다. 어랑천 지류의 유역면적별 구성을 보면 주요지류 17개소중 대부분이 50km²이하이거나 50~200km²정도이며 500km²이상은 2개소이다.

어랑천유역의 주요지류의 길이와 유역면적은 표 7.6과 같다. 어랑천 지류 중 가장 큰 지류는 화성천이며 그밖에 우사천 등이 있다.

어랑천은 하류부에서 양쪽 대안으로부터 호수를 가진 하천인 무계천 및 장연천과 합류된다. 이와 같이 어랑천에는 많은 지류가 있으며 대부분이 우안에 치우쳐있는 것이 특징이다.



<그림 7.3> 어랑천 수계도

유역의 평균폭은 17.84km이며 하천망의 밀도는 0.44km/km²이다. 유역의 평균높이는 786m로 비교적 높은 편이다. 만곡률은 2.26으로 매우 크다. 하천경사는 상류부에서 5/1,000, 중류부에서 2/1,000, 하류부에서 1/1,000이다. 상류부는 좁은 계곡으로 형성되어있어 강 기슭 경사가 매우 급하며

표 7.6 어랑천 주요지류의 연장 및 유역면적

하 천	지류구분	연장(km)	유역면적(km ²)
대포천	1지류	41.0	169.8
화성천	"	63.9	966.5
리평천	2지류	26.3	176.3
우사천	"	17.7	202.1

절벽이 많다. 중류부에서는 현무암지대를 파고 흐르며 하류부에서는 퇴적작용이 활발하여 충적벌을 이루고 있다.

어랑천의 연간 유사량은 약 6만 9,000톤으로 추정되고 있다.

유역의 산림비율은 80%이상이며 해발 1,200-2,000m까지는 전나무, 이깔나무, 사시나무, 자작나무 등이 분포 되어 있고 1,200m 이하의 지대에는 이깔나무, 참나무, 소나무의 혼성림으로 덮여있다. 경지면적은 총 유역면적의 7% 정도이다. 따라서 어랑천은 자연지리적 특성으로 인한 유출의 자연적 조절능력이 크다.

어랑천 상류지대는 겨울에 어랑읍보다 온도가 더 내려간다. 상류지역은 2,000m이상되는 산악지대이므로 4-5월에 두텁게 쌓였던 눈이 녹으면서 봄철유출에 영향을 준다.

장연천과 무계천은 하류지역에 있는 자연호수인 장연호와 무계호로 연결된다. 장연호는 장연천과 어랑천 강어구만이 퇴적작용에 의하여 막혀 형성된 호수이다. 호수면적은 7.73km²이고 둘레의 연장은 27.8km이다. 홍수기에는 어랑천의 물이 호수로 유입되어 수면이 높아진다. 무계호도 어랑천과 연결된 자연호로서 면적은 1.8km², 둘레의 연장은 8.5km이며 평균깊이는 7m이다. 이 두 호수는 어랑천과 연결된 유출성호수로서 홍수조절기능을 수행한다.

화성지점에서 실측한 1972년 강기슭의 얼음두께는 22cm이다. 어랑천 어랑지점에서 1969~1971년 자료에 의하면 평균결빙 시작일자는 11월 13일, 완전 결빙일자는 12월 9일이며 해빙 시작일자는 2월 26일, 완전해빙일자는 3월 29일이다. 그리고 평균 완전결빙 일수는 79일이다.

7.2.2 어랑천의 수자원현황

어랑천유역의 평균강수량은 804.6mm이며 그 중의 약 58%가 유출한다.

어랑천 유역은 한반도 동북해안지대의 거의 중부에 자리잡고 있으므로 연간강수량이 비교적 적다. 유역의 총강수량은 약 1,479.9백만 m³이다. 어랑

천 유역에서 강수자원이 가장 적은 지역은 화성천 유역으로 이 유역의 강수자원은 655.6백만 m^3 이다.

어랑천 유역에서 연간평균강수자원이 비교적 많은 지대는 최상류 지대이다. 이 지대는 함경산맥 동남쪽 경사지로서 단위면적당 연간평균강수량은 710천-720천 m^3 이다. 특히 이 지대에는 눈녹은 물에 의한 함양이 크다.

어랑천 본류지역은 중류지방에서 강수자원이 제일 많은데 단위면적당 연간평균강수자원은 750천 m^3 이상이며 무계천 유역도 단위면적당 연간평균강수자원이 750천 m^3 이상이다. 어랑천의 단위면적당 강수자원은 734.8천 m^3 이다. 강수자원은 유역에서 지역적으로 균일하게 분포되어 있지 않을 뿐 아니라 월별, 계절별로 차이가 심하다.

계절별 강수자원 분포는 아주 고르지 못하다. 여름철 분포비율은 53.1%이고 봄철은 13.5%, 가을철은 23.5%, 겨울철은 각각 9.9%이다. 특히 여름철 분포비율이 높은 유역은 화성천 유역인데 이 하천의 유역평균 여름철 분포비율은 52.6%로 가장 높다. 반대로 겨울철 강수자원 분포비율은 화성천 유역이 8.9%로서 가장 낮다. 눈이 많이 내리는 어랑천 본류의 최상류부에서는 겨울강수자원 분포비율이 약 12%로서 중류와 하류 그리고 화성천 유역보다 2%정도 높다. 가을철 강수자원은 전반적으로 23-24%로 거의 같다.

강수자원의 월별 분포를 보면 8월에 가장 많은데 연간강수자원의 25.7%에 달하며 2월에는 2.6%로서 가장 낮다. 최상류부와 화성천유역, 본류의 하류부 지류를 비교하면 표7.7과 같다.

어랑천 유역전체의 5월과 6월의 강수자원 분포비율은 각각 7%, 10%를 넘지못한다. 때문에 봄철 씨불임(파종)시기에 때때로 가뭄이 발생한다.

어랑천의 연간 수자원총량은 약876.5백만 m^3 이다. 연간평균유출량은 27.79 m^3/s 이고 유역평균 단위면적당 수자원량은 435.2천 m^3 이며 유역평균 유출계수는 0.59, 비유량13.8 $\iota/s/km^2$ 이다.

유역내에서도 비유량과 단위면적당 수자원량이 지역적으로 차이가 나는데 비유량이 비교적 높은 본류의 상류지역 지류인 대포천, 나하천, 검정

천 유역에서는 비유량이 15.0 t/s/km^2 이상이고 학선덕천, 천상직천 등 유역에서는 비유량이 14.0 t/s/km^2 이상이다. 화성천 유역의 상류부와 리평천 유역에서도 비유량이 14 t/s/km^2 이상 된다. 화성천유역에서는 단위면적당 수자원량이 450천 m^3 이상이다.

이 유역은 함경산줄기의 동쪽비탈면으로서 강수량도 많고 산림비율이 높기 때문에 수자원 함양조건은 비교적 좋다. 그러나 본류의 중류 및 하류 지역과 화성천중하류지역은 비유량이 $12.0\sim13.5 \text{ t/s/km}^2$ 로서 유역평균보다 낮고 단위면적당 수자원량도 400천~440천 m^3 으로서 상대적으로 적은 지역이다. 이는 화성천 유역의 강수량이 적고 증발량이 상대적으로 많기 때문이다.

유출분포의 전반적인 현황을 보면 유역의 남북사이에는 차이가 적지만 동서사이에는 차이가 크다. 즉 유역의 하류부인 동쪽에서는 비유량이 $13\sim14 \text{ t/s/km}^2$ 이지만 상류부인 서쪽에서는 $14.5\sim15.2 \text{ t/s/km}^2$ 이고 단위면적당 수자원량도 30천~50천 m^3 이 더 많아진다. 이것은 강수량분포가 상류 지대에서 많고 유출의 눈녹은 물의 함양을 많이 받기 때문이다. 때문에 유출계수 분포를 보면 최상류부에서는 $0.65\sim0.67$ 이고 하류지역과 화성천 유역은 $0.53\sim0.6$ 으로 $0.1\sim0.13$ 이 적다.

수자원량의 계절별 분포를 보면 봄철은 연간수자원의 17%, 여름철은 50.1%, 가을철은 27.0%, 겨울철은 각각 5.8%이다. 계절별 분포의 특징은 눈녹은 물의 함양이 많은 관계로 동해안의 다른 하천에 비하여 봄철 유출비율이 1.5% 정도 높고 겨울철 유출비율은 눈이 많이 내리거나 쌓여있기 때문에 반대로 1~2% 낮다.

유역내에서 계절별 분포비율은 거의 균등하다. 그러나 어랑천의 수자원의 계절별 분포에서는 동해안의 다른 하천과 차이가 있다. 어랑천은 봄철에 17%가 유출되는데 이것은 눈녹은 물의 유출이 많기 때문에 봄철 유출이 다른 하천보다 상대적으로 많다는 것을 알 수 있다. 그러나 여름철에 어랑천 유역에서는 50.1%가 유출되지만 다른 하천보다 상대적으로 적다. 어랑천 유역의 연간 유출량에서 가을철 유출이 차지하는 비율은 동해

표 7.7 어랑천 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
어랑천	강수량	5,035	3,847	4,431	6,364	9,184	14,642	25,900
	수자원	1,665	1,139	3,068	5,259	6,661	9,815	13,585
장연천	강수량	140	100	104	158	223	345	589
	수자원	43	29	79	136	172	254	351
무계천	강수량	144	104	108	163	230	356	608
	수자원	38	26	69	119	150	222	307
화성천	강수량	1,643	1,701	1,904	3,460	4,330	6,292	11,540
	수자원	758	519	1,397	2,396	3,035	4,472	6,189
송내천	강수량	143	149	166	304	378	550	1,008
	수자원	52	43	108	223	242	344	521
봉암천	강수량	89	92	103	188	233	340	623
	수자원	33	27	68	141	153	218	329
야자기천	강수량	137	142	158	289	361	525	962
	수자원	54	44	112	231	251	357	540
우사천	강수량	329	342	380	695	867	1,261	2,312
	수자원	134	108	276	568	618	877	1,327
부암천	강수량	108	112	124	227	284	413	756
	수자원	43	35	89	184	200	284	431
웅주천	강수량	140	145	161	295	367	534	979
	수자원	60	49	124	255	278	394	596
리평천	강수량	300	312	347	634	792	1,151	2,110
	수자원	127	103	263	541	588	835	1,264
삼포천	강수량	137	98	102	154	217	337	575
	수자원	36	27	82	125	187	281	361
대포천	강수량	477	341	355	538	758	1,173	2,006
	수자원	128	96	295	447	670	1,005	1,293
남하천	강수량	186	133	139	210	296	458	783
	수자원	51	38	118	178	267	401	515
학산덕천	강수량	480	343	357	541	761	1,180	2,016
	수자원	123	92	285	431	647	970	1,247
검정천	강수량	156	113	116	176	249	385	658
	수자원	43	32	98	149	223	334	430
천상직천	강수량	126	91	94	142	200	310	530
	수자원	33	25	77	116	175	262	337

-표 7.7 계속-

지 류	구분\월별	8	9	10	11	12	계
어랑천	강수량	38,024	18,650	8,580	7,552	5,780	147,989
	수자원	20,509	13,673	5,960	4,031	2,279	87,649
장연천	강수량	894	445	204	208	180	3,590
	수자원	530	353	154	104	59	2,265
무계천	강수량	923	460	211	215	185	3,705
	수자원	463	309	134	91	51	1,979
화성천	강수량	16,653	8,003	4,195	3,344	2,493	65,558
	수자원	9,343	6,229	2,715	1,837	1,038	39,928
송내천	강수량	1,454	699	366	292	217	5,726
	수자원	783	531	197	147	85	3,276
봉암천	강수량	899	432	227	180	134	3,540
	수자원	495	336	124	93	54	2,071
야자기천	강수량	1,388	667	350	279	208	5,466
	수자원	811	550	204	153	86	3,395
우사천	강수량	8,337	1,603	841	671	499	13,137
	수자원	1,995	1,352	501	376	217	8,349
부암천	강수량	1,091	524	275	219	163	4,296
	수자원	648	439	163	122	71	2,710
웅주천	강수량	1,413	679	356	284	211	5,564
	수자원	897	608	225	169	98	3,752
리평천	강수량	3,045	1,463	767	612	456	11,988
	수자원	1,900	1,288	477	358	207	7,951
삼포천	강수량	873	44	200	204	175	3,507
	수자원	470	327	163	111	58	2,228
대포천	강수량	3,045	1,516	696	710	611	12,226
	수자원	1,684	1,173	582	399	207	7,979
남하천	강수량	1,189	592	272	277	239	4,774
	수자원	671	467	232	159	83	3,179
학산덕천	강수량	3,061	1,524	700	713	614	12,290
	수자원	1,624	1,132	562	385	200	7,698
검정천	강수량	999	497	229	233	201	4,012
	수자원	560	390	194	133	69	2,655
천상직천	강수량	804	400	184	187	162	3,230
	수자원	439	306	152	104	75	2,101

안 남부하천보다 5~8% 더 높다. 이것은 어랑천 유역을 비롯한 동해안 북부하천이 남부하천보다 가을철에 비가 많이 내리기 때문이다.

계절별 분포에서와 같이 월별 수자원 분포에서도 다른 동해안 하천과 약간의 차이가 있다. 어랑천은 유출이 가장 많은 8월에 23.4%가 유출되지만 다른 동해안 하천은 25%이상 유출된다. 갈수기인 5월과 6월 유출량도 다른 동해안 하천보다 2% 정도 더 많이 유출되며 겨울기간인 12월, 1월, 2월 유출량도 다른 하천보다 상대적으로 비율이 높다. 또한 5월은 연간 수자원의 7.6%, 6월에는 11.2%가 유출된다. 이는 어랑천 유역에서 유출의 연간 변화가 다른 동해안 하천에 비하여 상대적으로 적다는 것을 알 수 있다.

어랑천 유역에서 유출량을 보면 어랑지점에서 최대홍수량은 $1,560\text{m}^3/\text{s}$ (1960년 8월 23일 발생), 그 다음 큰 홍수량은 $1,380\text{m}^3/\text{s}$ (1969년 8월 22일 발생), 세 번째 홍수량은 $1,330\text{m}^3/\text{s}$ (1979년 8월 18일 발생)였다.

어랑지점에서 최소갈수량은 $0.292\text{m}^3/\text{s}$ (1966년 1월 30일)였으며 10일 최소갈수량은 $0.405\text{m}^3/\text{s}$ (1966년 1월 26일 - 2월 4일)였다. 년평균 최대유출량은 년평균유출량의 21.2배가 되며 비유량은 508 t/s/km^2 에 달한다.

어랑천 유역의 물수지를 보면 년간평균강수량은 734.8mm이고 년평균 증발량은 299.8mm이며 유출고는 435.2mm이다. 어랑천 유역은 조선동해사면 북부하천 중 강수량과 유출고가 비교적 높다.

하천유출에서는 지류인 화성천의 유출량($12.66\text{m}^3/\text{s}$)이 어랑천 전체 유출량의 45.5%로서 하류유출에 영향을 주는 것이 특징이다.

앞서 언급한바와 같이 어랑천 유역의 총 수자원은 약 876.5백만 m^3 이다. 하천유역의 수자원은 모두 자체유역에서 조성된 자원으로서 하천의 상류로부터 하류로 내려오면서 유출율은 점차로 작아지며 총 수자원의 50%가 여름철에 유출되고 있다. 어랑천의 단위면적당 수자원은 435천 m^3 인데 (조선)동해안으로 흐르는 하천 중 6번째로 크다. 이렇게 수자원이 적지만 이용되는 수자원은 비교적 크며 함경북도내 하천 중에서 4번째로 크다.

표 7.8 어랑천 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	유출량 (10 ⁴ m ³)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km ²)	유출계수
어랑천	2,014.0	735	87,640	299.8	435.2	13.8	0.59
장연천	56.1	640	2,265	236.3	403.7	12.8	0.63
무계천	49.4	750	1,979	349.4	400.6	12.7	0.53
화성천	966.4	658	39,928	244.9	413.1	13.1	0.63
송내천	81.8	700	3,276	299.5	400.5	12.7	0.57
봉암천	51.3	690	2,071	286.3	403.7	12.8	0.59
아자기천	84.1	650	3,395	246.3	403.7	12.8	0.62
우사천	202.1	650	8,349	236.9	413.1	13.1	0.64
부암천	66.1	650	2,710	240.1	409.9	13.0	0.63
웅주천	85.6	650	3,752	211.7	438.6	13.9	0.67
리평천	176.3	680	7,951	229.0	451.0	14.3	0.66
삼포천	49.4	710	2,228	259.0	451.0	14.3	0.64
대포천	169.8	720	7,979	250.1	469.9	14.9	0.66
남하천	66.3	720	3,178	240.7	479.3	15.2	0.67
학산덕천	170.7	720	7,698	269.0	451.0	14.3	0.63
검정천	56.5	710	2,655	240.1	469.9	14.9	0.66
천상직천	145.5	710	2,081	252.6	457.4	14.5	0.64

이 하천의 수자원 가운데서 농업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수자원은 104.6백만 m³이다. 어랑천의 물 이용에서 근간을 이루는 것은 농업용수인데 총 물이용량의 80.7%를 차지한다. 이렇게 농업용수가 많은 비중을 차지하는 것은 어랑천 하류에 130km²에 달하는 비교적 큰 어랑별이 있기 때문이다. 어랑별은 하천보와 양수장에서 양수하는 물을 기본수원으로 하고 있는데 농업용수 총 이용량의 76%를 차지하며 그 중에서도 보에 의한 관개가 절반이상을 차지한다. 지하수 및 퇴수 기타보조수원을 이용하는 관개는 총 농업용수 이용의 4%를 차지한다.

어랑천 유역에서 다음으로 물을 많이 쓰는 농업용수는 총 물이용량의 16.7%를 차지한다. 하천유역에서 농업용수로 이용되는 수량이 적은 것은 큰 공장, 기업소가 없고 지방산업공장에서 생산용수와 냉각수로 쓰는 물이 적기 때문이다. 농업용수로 쓰는 수량 중에서 기본인 수력발전용수는 농업용수 총 이용량의 95.8%를 차지하고 있다.

어랑천 유역에서 주민의 생활용수를 급수하는 수량은 총 물이용량의 2.6%이며 그 중에서 지표수로 생활용수를 급수하는 수량은 생활용수총량의 72.9%를 차지한다.

이와 같이 이용된 수자원의 43%는 다시 회복 되어 하천에 들어오고 57%가 소비되는데 이것은 이 하천유역에 조성된 수자원의 6.8%만이 소비 되고 기타나머지 자원은 흐름량 자원으로 유출되고 있다는 것을 의미한다. 그런데 이 수자원은 계절에 따라 현저히 달라지기 때문에 계절별 수자원의 상태를 평가하는 것은 매우 중요하다. 이것은 어랑천에서 연간 이용 수량의 80.7%가 농업용수이며 봄철과 여름철에 집중적으로 이용되고 그 이용비율도 서로 다르기 때문이다.

표 7.9 어랑천 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	14,993	43,909	23,664	5,083	87,649
물이용량	2,970	5,512	1,477	501	10,460
과부족량	12,023	38,397	22,187	4,582	77,189

어랑천의 계절별 수자원을 평가하면 갈수기의 봄철에도 120백만 m^3 의 자원이 있다는 것을 알 수 있다. 이것은 아직 이 하천유역에 15.5 m^3/s 의 수자원이 봄철에 흐름량 자원으로 남아있다고 볼 수 있다.

어랑천의 수자원은 계절에 따라서 다를 뿐 아니라 월에 따라서도 달라진다. 어랑천의 월별 수자원을 분석해 보면 물 이용량이 제일 많은 6월에도 수자원의 20.3%가 이용되고 30.2 m^3/s 의 수자원은 흐름량 자원으로 유출된다. 이와 같이 어랑천은 공업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 급수하고도 77,189 $\times 10^4 m^3$ 의 물이 흐름량 자원으로 유출되고 있다.

표 7.10 어랑천 월별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4m^3)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	1,665	1,139	3,068	5,259	6,666	9,815	13,585
물이용량	167	167	388	726	1,857	1,992	1,857
과부족량	1,498	972	2,680	4,533	4,809	7,823	11,728

구분 \ 월	8	9	10	11	12	계
수자원량	20,509	12,673	5,960	4,031	2,279	87,649
물이용량	1,662	1,072	236	169	167	10,460
과부족량	18,847	12,601	5,724	3,862	2,112	77,189

7.2.3 어랑천유역의 농업용수이용 특성

어랑천은 하류에 130km^2 의 어랑별이 있어 농업용수 급수에서 중요한 역할을 하고 있다. 현재 하천유역에는 2개소의 저수지와 212개소의 양수장, 94개소의 보, 500여개소의 지하수시설, 42개소의 기타시설에 의하여 연간 84백만 m^3 의 물로 약 7,300ha를 관개하고 있다. 그 중 근간을 이루는 것은 보와 양수장에 의한 관개이다. 보와 양수장 시설에 의한 농업용수이용량은 어랑천의 농업용수 총이용량의 80%를 차지한다. 특히 보에 의한 관개 면적은 두 번째로 많은데 그 비중은 46%에 달한다.

유역에서 보 다음으로 큰 비중을 차지하는 양수장관개는 하천수원을 비롯하여 저수지, 지하수 등 수원이용범위가 넓은 뿐 아니라 관개용수이용에서 기본형태로 되고 있다. 그 중 하천을 수원으로 하는 양수장이 근간으로 되고 있다.

농업용수이용에서 그 다음으로 많은 비중을 차지하는 것은 저수지에 의한 관개이다. 저수지에 의한 총 저수량은 17백만 m^3 으로서 농업용수 총이용량의 약 20%를 차지한다.

그 외에 약 4%가 지하수 및 퇴수 기타보조 수원을 농업용수로 이용하고 있다.

1). 저수지에 의한 농업용수이용현황

어랑천 유역에는 20.2백만 m^3 의 저수용량을 가진 룡산저수지와 7.2백만 m^3 용량의 청룡저수지 뿐이다. 이 저수지의 총저수용량은 27.4백만 m^3 으로서 개소당 저수용량은 동해안의 하천 가운데서 비교적 큰 편이다. 룡산저수지의 수자원 조성면적은 95%가 간접유역에서 조성되고 5%만이 자체유역에서 조성되는 간접유역저수지로서 연간 취수량은 10.3백만 m^3 이다. 용수로 총 연장은 약 13km이고 관개면적은 1,100ha(화성군의 립석리, 명남리, 광암리, 백록리, 극동노동자구)이다.

2). 양수장에 의한 농업용수이용현황

어랑천유역에서 여러 수원을 이용하는 양수장이 100여개소가 넘는다. 여기에서 연간 양수하는 총 수량은 40백만 m^3 으로서 화성군과 어랑군 영역에서 각각 절반씩 이용한다. 양수장에 의한 관개의 근간인 하천을 수원으로 하는 양수장과 저수지를 수원으로 하는 양수장은 약21개소로 여기에서 약 7백만 m^3 의 물을 양수하여 600여 ha를 관개한다.

하천을 수원으로 하는 양수장은 주로 독립양수장으로서 하천의 물을 직접 양수하여 하천연안의 논, 밭을 관개한다. 현재 이 하천유역에는 이러한 양수장이 약100개소에 달하며 이에 의한 물 이용량은 약20백만 m^3 에 달한다.

이외에도 지하수를 이용하는 양수장을 비롯하여 퇴수 및 보조수원을 이용하는 양수장이 설치되어 가뭄시 부족 되는 물 문제를 해결하기 위한 중요한 수단으로 이용되고 있다.

3). 보 의한 농업용수이용현황

보에 의한 관개는 양수장 다음으로 큰 비중을 차지한다. 하천유역에는 소규모의 보가 약100개소가 있으며 여기에서 연간 약 30백만 m^3 의 물을 가두어 약2,000ha이상을 관개하고 있다. 어랑천 유역에는 북한지역 보 중 큰 규모에 속하는 10백만 m^3 이상 물을 공급하는 보가 2개소나 된다.

어랑군 룡평리에 있는 룡평보는 취수능력이 $2.5\text{m}^3/\text{s}$ 이며 연간 취수하는 수량은 18.7백만 m^3 으로서 약1,300ha를 관개하고 있으며 1지류인 화성천에는 취수능력이 $2.2\text{m}^3/\text{s}$ 의 크기를 가지는 화성보가 있는데 이 보는 연간 12백만 m^3 을 공급하여 약1,000ha를 관개하고 있다. 그 외에 취수보는 그 능력이 100천 m^3 미만의 소규모 보로서 임시적 보가 주로 설치되어 있다.

4). 지하수에 의한 농업용수이용현황

어랑천유역에는 약 79.7백만 m^3 의 지하수가 분포되어 있다. 이것은 북한 지하수자원의 약 1.5%에 해당되는데 이 지역에서 단위면적당 평균지하수 자원량은 약39.6천 m^3 이다.

어랑천유역에서 지하수는 기반암의 공극과 균열수에 균열수, 층간수, 제4기층수의 형태로 부존되어 있다. 균열수는 구조균열과 풍화균열속에 부존되어 있다. 구조균열수는 길주-명천대단층을 비롯한 구조선과 그 수 하렬에 부존되어 있으며 온도가 높은 지하수가 많이 분포되어 있는 것이 특징이다. 실제로 어랑천상류에 있는 돌수온천, 잠포온천, 팔향온천을 들 수 있다. 이 온천은 단천암군 화강암의 구조균열수에서 나오는데 그의 온도는 50°C 이상에 달한다. 특히 잠포온천은 72.5°C 로서 물온도가 대단히 높으며 그의 하루 유출량은 340 m^3 에 달한다.

어랑천 유역에서 풍화균열수는 상류의 화강암분포지대에 발달되어 있다. 풍화균열수의 공급원천은 강수가 기본을 이루며 흔히 하천골짜기의 세굴단면을 따라 유출되고 있다.

어랑천 유역에는 또한 층간수도 분포되어 있다. 층간수는 함경계 평륙통 사암, 역암, 분사암 안에 분포되어 있는데 대수층의 두께는 30~200m이다. 화성군 화룡리에 있는 화룡지하수는 어랑천 바닥에서 나오는 층간수로서 평륙통의 사암과 역암층사이에 부존되어 있다. 이러한 층간수는 중류부의 제3기층 분포지대에서 찾아볼 수 있다. 층간수는 또한 현무암분포 지대에서도 발달되어 있다. 현무암은 하천의 중류부에 분포되어 있는

데 이 지역에서 층간수는 현무암층 사이와 현무암 제3기층 사이에 부존되어 있다.

어랑천 유역에는 균열수, 층간수와 함께 제4기층수도 널리 발달되어 있다. 이 지역에서 4기 퇴적층 면적은 유역면적의 8.6%(약171km²)를 차지하는데 대부분이 하류지대에 발달 되어 있다. 대수층은 대체로 얇은 모래로 되어 있으며 두께는 5~10m, 지하수위는 0.2~0.4m이고 수위의 변화폭은 약1m정도이다. 제4기층수는 중류지대 범람원에도 분포되어 있다. 이런 지대에서 대수층은 하류지대에서보다 자갈이 많이 포함 되어 있으며 두께는 2~5m 정도이다. 어랑천 유역에서 지하수가 많은 지역은 어랑천 본류지대이다. 이 유역에서 단위면적당 지하수평균매장량은 45천m³로서 어랑천 유역 전체 면적에 대한 단위면적당 평균지하수 매장량보다 6,000m³나 더 많다. 또한 지하수가 풍부한 지역은 4기층수가 발달되어 있는 하천의 하류지대다. 이러한 지대에 지하수가 많은 것은 함수구조가 발달되어 있고 기본공급원천인 강수량이 많으며 하천과 수리학적으로 밀접히 연관되어 있기 때문이다.

어랑천 유역에서 여러 가지 형태의 지하수시설에 의한 연간 급수량은 250천m³이고 급수면적은 약 600ha이다. 그 중 99.3%가 발관개이고 논관개는 0.7%에 불과하다.

지하수시설에서 근간을 이루는 것은 우물인데 주로 가뭄때의 영양단지 모를 옮기는데 이용하고 있다. 이밖에도 하천연안에 굴포를 만들어 남새(채소)밭을 관개하거나 일부지역에서 소규모적으로 논관개를 하고 있다. 특히 상류에서는 운적층에서 나오는 샘을 이용하여 밭에 급수를 하고 있다. 어랑천 유역에서는 이밖에도 기타 보조수원을 이용하여 300~400천m³이 농업용수로 이용되고 있다.

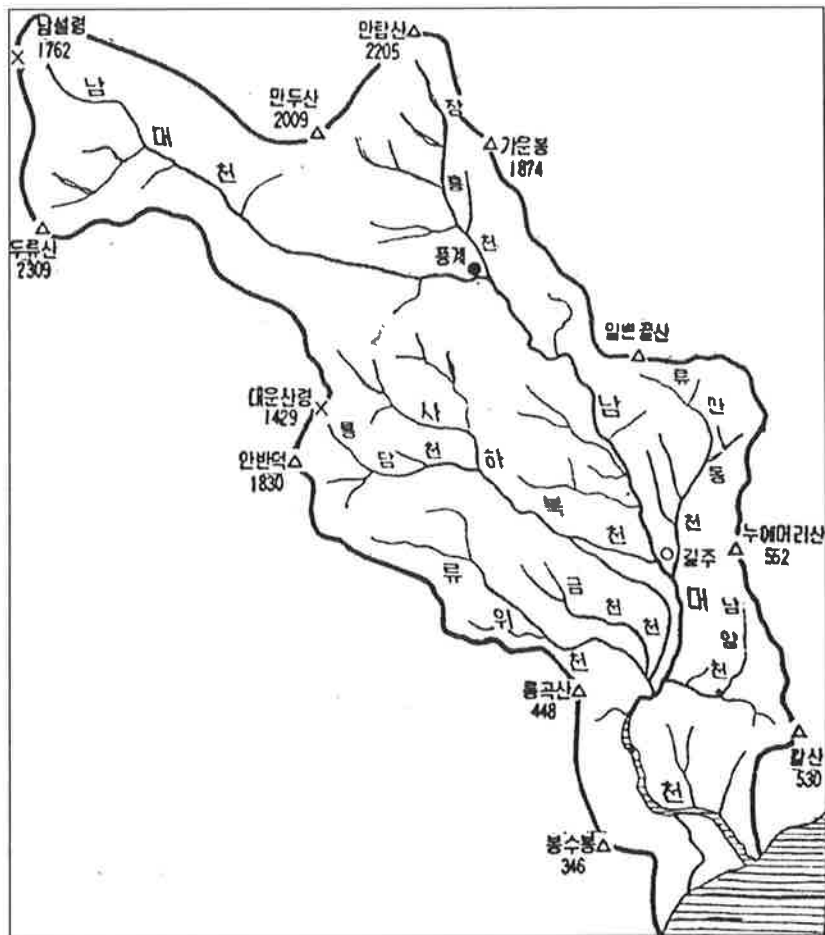
7.3 남대천(길주)

7.3.1 남대천(길주) 하천형태학적 특성

남대천(길주)는 백두산줄기의 남설령(양강도 백암군)에서 발원하여 양

강도 영역과 함경북도 길주군 영역을 거쳐 화대군과 김책시의 경계를 지나 동해로 흐른다. 하천의 연장은 102.7km이고 유역면적은 346.5km²이다.

유역의 서쪽에는 백두산줄기가 있는데 여기에는 대각봉(2,121m), 두류산(2,309m), 안반덕(1,830m), 소반덕(1,664m) 등 높은 지형이 연결되어있다. 북쪽에는 함경산줄기의 만탐산(2,205m), 만두산(2,009m)이 솟아있고 동북쪽은 만탐산에서 갈라진 채덕산줄기가 어랑천 유역과 경계를 이루고 있다.



<그림 7.4> 남대천(길주) 수계도

하천유역의 서쪽 및 북부는 하천경사가 크며 급류를 이룬다. 사하북천과 합류점에서부터 하류는 비교적 완만하고 지류가 나누어지며 충적지를 넓게 형성하고 있다. 유역의 평균폭은 13.1km이며 좁고 긴 유역 형태를 가진다. 하천망의 밀도는 0.37km/km²이며 만곡률은 1.32로 작다. 하천의 총면적에서 우안 면적이 60%이며 주요지류들도 오른쪽에 더 발달되어 있다.

유역 상류부는 산기슭이 절벽이고 경사는 비교적 급하며 하류에서는 강바닥경사가 급격히 작아지는 것이 특징이다. 강의 흐름은 급류를 이루고 있으며 재덕으로부터 길주에 이르는 중류부에서는 강폭이 넓어지고 평형단면의 특성을 가진다. 길주지점 이하의 하류부에서는 강폭이 넓어지고 퇴적이 활발히 진행된다. 재덕에서 하류로 약 3-4km 구간은 독특한 협류를 이루고 있는데 이것은 산기슭이 화강암으로 되어 있고 강바닥에 화강암 기반이 드러나 있기 때문이다. 남대천(길주)유역의 지질을 보면 화강암, 현무암, 사암, 조면암, 고회암 등이 많으며 유역에는 현무암이 많다.

이 강유역의 하류 평야지대는 주로 사암으로 형성되고 있다. 따라서 남대천(길주)의 제일 하류에 있는 지류인 류만동천에서는 하상 변화가 심하다. 중류부의 하상에는 직경 20-30cm의 막돌이 많다.

남대천(길주)유역에는 길이가 5km이상 되는 하천이 약 43개소이며 그중 대부분이 5-50km내에 있다. 남대천(길주)유역 하천들의 유역면적별 구성을 보면 주요지류 8개 가운데서 대부분이 50-500km²내에 있으며 그 이상은 1개이다.

표 7.11 남대천(길주)주요지류의 연장 및 유역면적

하 천	지류구분	연장(km)	유역면적(km ²)
사하북천	1지류	33.0	210.2
류만동천	"	20.0	100.9
류위천	"	29.5	142.3

산림면적은 약 70% 정도이며 표고 500m이하에는 소나무, 아카시아나

무 500-1,000m 사이에는 참나무를 주종으로 하는 활엽수 그리고 1,000m 이상에는 이갈나무와 분비나무, 가문비나무 등 아한대성 활엽수가 분포되어 있다.

7.3.2 남대천(길주)의 수자원현황

이 하천의 유역은 강수량 분포의 지역적인 차이는 있지만 유역의 평균 강수량은 721.2mm로서 어랑천 유역보다 훨씬 적다. 따라서 강수자원도 적다. 유역의 강수자원은 925.6백만 m^3 이며 단위면적당 강수자원은 687천 m^3 이다.

하천연장이 15km이상 되는 지류는 7개소이고 이 지류 유역의 강수자원은 총강수량의 46.3%이며 단위면적당 강수자원은 상류부에서 많고(650천 m^3) 하류부에서는 적어(620천 m^3)진다.

강수자원의 계절별 분포의 특징은 여름철 비율이 동해안 하천 중 비교적 낮으며 겨울철 비율은 상대적으로 높다. 하천유역의 강수자원 월별분포에서 봄, 여름, 가을의 차이가 다른 동해안 하천들에 비하여 상대적으로 적다.

남대천(길주)유역의 총수자원은 479.8백만 m^3 으로서 매우 적다. 단위면적당 수자원량은 353.6천 m^3 으로서 동해안지역에서 가장 적은 지역이다. 유역내에서 수자원량의 분포를 보면 총수자원량에서 사하북천이 15%, 장흥천이 13.7%, 류위천이 9.8%, 류만동천이 7.1%, 남양천이 각각 3.6%의 비율을 가진다.

상류부의 장흥천 유역은 단위면적당 수자원량이 432천 m^3 으로서 남대천(길주)유역의 평균값보다 80천 m^3 이 더 많고 비유량도 13.7 $\ell/s/km^2$ 로 가장 크다. 하류로 내려오면서 비유량은 점차 작아지는데 남양천 유역과 하류부에서는 비유량이 9.9 $\ell/s/km^2$ 이다.

하천유역에서 수자원의 계절별 분포는 인접한 어랑천, 북대천(단천)과 비슷하지만 북청이남지역의 동해안 하천들과는 차이가 있다. 남대천(길주)의 유출분포 비율은 여름이 49.5%이며 가을철이 26.4%로 상대적으로 높

다. 겨울철 유출비율은 지하수자원이 많기 때문에 동해안 하천 중 가장 높다.

표 7.12 남대천(길주) 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
남대천(길주)	강수량	1,387	1,670	2,680	5,090	6,665	9,816	16,750
	수자원	1,248	1,008	1,248	2,399	3,983	5,230	7,245
남양천	강수량	52	63	98	199	266	344	620
	수자원	46	37	46	88	146	192	266
류위천	강수량	140	167	259	527	703	906	1,636
	수자원	123	99	123	236	391	514	712
금천천	강수량	52	63	98	199	265	342	617
	수자원	46	37	46	89	147	193	267
류만동천	강수량	97	116	181	368	491	633	1,143
	수자원	89	72	89	172	286	375	519
사하북천	강수량	206	246	382	778	1038	1339	2,419
	수자원	188	152	188	361	600	788	1,091
통담천	강수량	77	92	143	292	390	502	906
	수자원	72	58	72	138	228	300	415
장흥천	강수량	150	179	279	566	756	975	1,761
	수자원	172	139	172	331	549	721	999
지 류	구분\월별	8	9	10	11	12	계	
남대천(길주)	강수량	24,802	11,943	5,548	3,797	2,410	92,558	
	수자원	11,276	6,958	3,551	2,159	1,679	47,983	
남양천	강수량	942	449	214	158	98	3,503	
	수자원	415	256	131	79	62	1,762	
류위천	강수량	2,489	1,184	565	417	259	9,250	
	수자원	1,107	683	349	212	165	4,714	
금천천	강수량	938	446	213	157	98	3,488	
	수자원	416	257	131	80	62	1,770	
류만동천	강수량	1,737	826	394	291	181	6,458	
	수자원	808	498	254	155	120	3,437	
사하북천	강수량	3,674	1,749	835	616	383	13,663	
	수자원	1,698	1,048	535	325	253	7,225	
통담천	강수량	1,378	655	312	230	143	5,120	
	수자원	646	399	204	124	96	2,750	
장흥천	강수량	2,676	1,274	608	449	297	9,952	
	수자원	1,555	959	490	298	232	6,617	

수자원량의 월별 유출비율은 8월에 제일 높고 2월에 가장 낮다. 8월의 비율은 23.5%로 동해안 북부하천들과는 거의 비슷하지만 동해안 남부지역 하천들보다는 낮다. 그러나 눈 녹은물의 유입이 많은 5월의 유출비율은 8.3%로 다른 동해안 하천들보다 2-3% 높다. 9월과 10월의 수자원 분포 비율도 북청이남지역의 하천들보다 높고 12월, 1월의 비율도 높은 편이다.

유역의 수문특성을 보면 강수량은 687.0mm이고 증발량은 330.6mm이며 유출고는 356.4mm로서 51.9%가 유출된다. 연간평균유출량은 15.2m³/s이며 유출계수는 0.52로 동해안에서 가장 작다. 유출계수는 상류부에서 0.66으로 가장 크고 하류부로 내려가면서 작아진다. 중류부에서는 0.53, 하류부에서는 각각 0.50-0.51이다.

남대천(길주)의 수자원량은 함경북도 수자원량의 7.6%를 차지한다. 또한 남대천(길주)의 수자원은 길주군수자원량의 100%(37.2백만m³), 백암군수자원8.7%(73.5백만m³), 화대군수자원량의 15.9%(24.1백만m³), 김책시수자원량의 3.9%(11백만m³)를 각각 차지한다.

표 7.13 남대천(길주) 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	유출량 (10 ⁴ m ³)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km ²)	유출계수
남대천(길주)	1,346.5	687	47,983	330.6	356.4	11.3	0.52
남양천	56.5	620	1,764	307.8	312.2	9.9	0.50
류위천	142.3	650	4,712	318.9	331.1	10.5	0.50
금천천	54.5	640	1,770	315.2	324.8	10.3	0.51
류만동천	100.9	640	3,437	299.4	340.6	10.8	0.53
사하북천	210.2	650	7,225	306.3	343.7	10.9	0.53
룡담천	80.0	640	2,750	296.2	343.8	10.9	0.54
장흥천	153.1	650	6,615	217.9	432.1	13.7	0.67

앞에서 언급한 바와 같이 남대천(길주)유역의 총수자원은 479.8백만m³이다. 하천유역에 조성된 수자원은 자체수역에서 형성된 자원으로서 하천의 상류로부터 하류로 내려오면서 비유량은 점차 작아지며 총수자원의

49.5%가 여름철에 유출된다. 남대천(길주)의 단위면적당 수자원은 356천m³으로서 동해안 하천 중 제일 작으며 이 유역과 비슷한 덕지강에 비해서는 삼분의 일밖에 되지 않는다. 이렇게 수자원이 적은데 비하여 이용되는 수자원이 비교적 많다. (함경북도내의 하천 중 세 번째)

남대천(길주)의 물이용 경향을 보면 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수자원은 109.6백만m³이고 단위면적당 물이용량은 81.4천m³이다. 물 이용에서 근간을 이루는 것은 공업용수인데 총 물이용량의 51.9%를 차지한다. 공업용수가 많은 비중을 차지하는 것은 하루 84,000m³의 물을 이용하는 길주펄프공장을 비롯하여 합판공장, 절연물광산, 오리공장, 닭공장들이 있으며 그리고 도안에 있는 중소형발전소들의 35%가 이 하천에 있는 것과 관련 되어 있다.

다음으로 공업용수 이용에 못지 않게 많은 물을 농업용수로 이용하고 있다. 남대천(길주)유역에서 농업용수로 이용되는 수량은 총물이용량의 46.8%를 차지하며 농업용수의 절대다수를 지표수로 급수하고 있다. 이것은 이 하천유역에 길주벌을 비롯하여 약 7,800ha의 경작지가 있기 때문이다. 이 평야에 급수하는 기본수원은 저수지와 보에 의하여 저류한 물이다. 그 중 저수지에 의하여 관개되는 면적은 4,600ha이며 3,000ha를 보에 의하여 관개하고 있다. 이 유역에서 지하수를 이용하여 관개하는 면적은 불과 0.2%밖에 되지 않는다.

남대천(길주) 유역에서 주민들의 생활용수를 급수하는 수량은 총 물이용량의 1.3%밖에 되지 않는다. 그 중에서 절반이상은 지표수를 수원으로 하여 생활용수를 급수하고 있다. 이와 같이 이용된 수자원의 63%는 다시 회복 되어 하천에 유입되고 37%가 소비된다. 이것은 하천유역에 조성된 수자원의 8.3%만이 소비되고 기타 나머지 자원은 흐름량자원으로 유출되고 있다는 것을 의미한다.

그러나 이 수자원은 계절에 따라 변화되고 그때 이용하는 수량(공업용수, 농업용수, 생활용수)도 계절에 따라 현저히 달라지기 때문에 계절별 수자원의 과부족상태를 평가하는 것은 실천적으로 매우 중요한 의의를 가

진다. 이것은 연간 쓰는 수량의 50%가 농업용수인 데다가 그것도 봄철과 여름철에 집중적으로 이용되고 그 이용 비율이 서로 다르기 때문이다. 특히 갈수기인 봄철의 수자원을 평가하는 것은 이 하천의 실제적인 과부족 상태를 막아낼수 있는 기준으로 되기 때문이다. 그러므로 계절별 수자원 전반을 평가하면서 과부족상태의 기분으로 될 수 있는 봄철자원을 평가하는 것이 중요하다.

표 7.14 남대천(길주) 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 계절	봄	여 름	가 을	겨 울	계
수자원량	7,630	23,751	12,668	3,984	48,033
물이용량	2,954	4,500	2,049	1,456	10,959
과 부 족	4,676	19,251	10,619	2,528	37,074

남대천(길주)의 계절별 수자원을 물수지에 의하면 갈수기인 봄철에도 46.8백만 m^3 의 자원이 있다는 것을 알 수 있다.

표 7.15 남대천(길주)월별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	1,247	1,008	1,248	2,399	3,783	5,230	7,245
물이용량	485	486	619	814	1,511	1,594	1,512
과부족량	762	522	629	1585	2,272	3,636	5,723

구분 \ 월	8	9	10	11	12	계
수자원량	11,276	6,958	3,551	2,159	1,679	48,033
물이용량	1,394	1,035	528	486	485	10,959
과부족량	9,882	5,923	3,023	1,673	1,194	37,074

이와 같이 하천유역에는 $5.9m^3/s$ 의 수자원이 봄철에 흐름량 자원으로 남아있다. 월별 수자원을 분석하면 2월에 최소값을 가지는데 수자원의

48.2%가 이용되고 2.2m³/s의 수자원이 흐름량 자원으로 남아있다는 것을 알 수 있다.

7.3.3 남대천(길주)유역의 농업용수이용 특성

남대천(길주)은 함경산줄기와 백두산줄기의 계곡을 따라 흐르는 경사가 급한 하천이기 때문에 하천연안에는 경지가 거의 없고 하류일대에 내려와서야 150km²의 길주벌이 있다. 하천유역에서는 약 16백만m³의 크기를 가진 문암저수지를 비롯하여 4개소의 저수지와 111개소의 양수장, 32개소의 보, 102개소의 지하수시설과 기타시설에 의하여 약 7,870ha를 관개하고 있다. 그 중에서 52%가 논관개이며 48%가 밭관개이다.

수원이용에서 근간을 이루는 것은 저수지에 의한 관개이다. 저수지는 불과 4개소 이지만 이에 의한 관개면적은 약 4,600ha로서 총 관개면적의 58%를 차지한다.

관개용수이용에서 저수지 다음으로 많은 비중을 차지하는 것은 보에 의한 관개이다. 하천유역에는 고정보를 비롯하여 임시적인 보들이 많이 설치 되어 연간 약 20백만m³의 물을 가두어 약 3,000ha를 관개하고 있는데 총관개면적의 38%를 차지한다.

이와 같이 남대천(길주)을 이용하는 총 관개면적의 96%를 저수지와 보에 의하여 관개하며 4%는 양수장과 지하수시설 등 기타보조수원들에 의하여 관개하고 있다.

또한 양수장에 의한 관개도 적지 않게 진행하고 있는데 주로 하천의 중류와 하류에서 많이 이용하고 있다. 그 중에서도 하천을 수원으로 하는 양수장이 주요 수원이며 지하수와 저수지를 수원으로 하는 양수장도 적지 않게 있다. 이하천의 농업용수 이용에서 99.6%는 함경북도 영역에서 이용되고 0.4%만이 양강도에서 이용되고 있다.

1). 저수지에 의한 농업용수이용현황

남대천(길주)유역에서 저수지의 총 이용용적은 약 18백만m³이고 이들

저수지에 의한 관개면적은 약 4,550ha이다. 그 중 문암저수지는 저수지에 의한 총관개면적의 89%를 담당하고 있으며 하천유역에서 가장 큰 저수지로서 금천리를 비롯한 덕신리와 상하리의 논, 밭(4,000여ha)을 관개하고 있다. 이 저수지는 거의 대부분이 자연취수를 이용하여 관개하지만 높은 지역의 250ha는 양수장에서 다시 물을 양수하여 관개하고 있다. 현재 이 저수지에서는 저수량을 높이기 위하여 저수지언제를 숭상하고 간접유역을 조성하여 인접하천의 물을 유입시켜 자체유역에서 조성되는 물량보다도 훨씬 많은 물을 저류하고 있다.

저수지관개에서 문암저수지 다음으로 큰 규모인 목성저수지는 봉암리와 길주읍의 400여ha에 관개용수를 공급하고 있다. 특히 이 저수지는 단위용수량이 1ha당 0.6ha·m밖에 소비되지 않기 때문에 같은 수량을 가지 고도 다른 저수지들보다 2배나 되는 면적을 관개하고 있다.

2. 양수장에 의한 농업용수이용현황

하천유역에 있는 여러 가지 수원형태의 양수장 중에서 93%가 함경북도영역에 있고 7%가 양강도영역에 있다. 함경북도 영역에 있는 양수장들은 중하류지역에 집중되어 있는데 주로 알곡작물을 관개하는 양수장들이고 양강도영역에 있는 양수장들은 남새(채소)밭을 관개하는 양수장들이다.

표 7.16 남대천(길주)유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력

지 역	총계			저수지수원			하천수원		
	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)
남대천 (길주)	111	4.98	2,239	18	1.77	283	55	2.24	1093
지 역	지하수			기타					
	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	관개면적 (ha)					
남대천 (길주)	38	0.97	517	346					

현재 양수장에 의하여 약 2,250ha를 관개하고 있다. 거의 대부분이 하

천을 수원으로 하는 양수장과 지하수를 수원으로 하는 양수장이다. 그 밖에 저수지를 수원으로 하는 양수장들과 보조수원으로 하는 양수장들은 불과 28%밖에 되지 않는다. 양수장에 의한 관개에서 독립양수장에 의한 관개는 그리 많지 못하다. 현재 이 하천에서는 연간 1.8백만 m^3 의 물을 양수하여 약 170ha를 관개하고 있다.

3). 보 의한 농업용수이용현황

보에 의한 관개는 하천유역의 관개에서 저수지 다음으로 큰비중 차지한다. 보는 주로 자연취수를 목적으로 건설되었기 때문에 지반이 높은 지류들을 막아 본류의 하천연안에 발달한 충적지 논들을 관개하는데 이용되고 있다. 그 중에서도 1지류인 사하북천에 있는 평륙보는 평륙리를 비롯하여 주남노동자구, 상하리의 넓은 면적을 관개하고 있으며 목성리와 십일리에 있는 보들은 봉암리와 십일리의 관개용수를 급수하는데서 중요한 역할을 하고 있다. 유역에 있는 보는 거의 대부분이 20천 m^3 미만의 보들이고 임시보들은 상류에만 몇 개 있을 뿐이다.

표 7.17 남대천(길주)유역 보에 의한 관개 현황

지 역	개소수	급수면적(ha)			급수량(백만 m^3)		
		계	논	밭	계	논	밭
남대천(길주)	39	3,058	1,826	1,232	19.0	14.7	4.2

4). 지하수에 의한 농업용수이용현황

남대천(길주)유역은 지체구조적으로 길주-명천지구대에 속한다. 이 지역에는 제3기층이 널리 분포 되어 있고 상류와 하류지역에 단천암군 화강암이 발달되어 있다. 하천유역에서 지층들은 지각의 구조운동과 풍화작용, 하천의 침퇴적 작용에 의해 함수구조들이 발달 되어 있다.

하천유역에서 지하수는 기반암의 균열이나 공극속에 부존되어 있다. 이 지역에 분포되어 있는 지하수자원은 약 41.8백만 m^3 으로서 북한 지하수

자원의 0.8%를 차지한다. 지하수자원 가운데서 많은 비중을 차지하는 것은 균열수, 층간수, 제4기 층수들이다.

남대천(길주)유역에서 특징적인 지하수는 층간수다. 층간수는 하천의 중류부에 널리 발달되어 있는 제3기층의 평륙통, 고참통 사암과 역암층안에 분포되어 있다.

층간수는 피압수로 투수계수는 2-5m/d 정도에서 변한다. 대표적인 실례로 길주군 금천리에 있는 금천지하수를 들 수 있다. 이 유역에는 함경계 평륙통력암, 중립질사암, 니암, 석회질사암, 분사암이 있는데 이 지역에서 141.0m 깊이까지 시추하였을 때 지하수는 지표면으로 솟아올랐다.

대수층의 상반과 하반에는 석회질사암과 분사암이 놓이며 대수층의 두께는 6-7m이다. 이 지하수의 자연용출량은 1.2 l/s이며 운영매장량은(2급)260m³/d이다. 이러한 유형의 지하수는 남대천(길주)중류지대에 널리 분포되어 있다.

하천유역에서 균열수도 많은 비중을 차지한다. 균열수는 길주-명천대 단층과 그 수하렬에 발달되어 있다. 이 지역의 균열수는 높은 온도를 가지는 것이 특징이다. 균열수들은 구조선을 따라 선상으로 분포되어 있다. 그 대표적인 실례로 온수평온천, 금송온천, 덕신온천 등을 들 수 있다.

길주군 온천리에 있는 온수평온천은 단천암군 화강암의 구조대에서 나오는 구조균열수인데 그의 온도는 27~72℃에 달하며 하루에 취수되는 온천수량은 345.6m³이다. 균열수는 비교적 수량이 많고 계절적 영향을 적게 받으며 최초 공급원은 대체로 지표수에 의하여 이루어진다.

남대천(길주)유역에서 제4기 층수들은 중류지대에 발달되어 있다. 이 지대에서 제4기층의 면적은 유역면적의 약 14%(192km²)를 차지한다. 하천유역에서 제4기층은 하류지대에서 보다 중류지대에 더 잘 발달되어 있는 것이 특징적이다. 이것은 길주지역이 분지지형을 가지는 것과 관계된다. 이 지역에서 제4기층의 두께는 8~10m, 최고 15m에 달한다. 대수층은 주로 굵은 자갈층으로써 두께는 6~8m이다. 대표적인 실례로 길주군 평륙리에 있는 평륙지하수를 들 수 있다. 평륙지하수구역에는 기반암위에 제4

기현세(충적세) 하성층이 7~9m의 두께로 덮여있으며 대수층은 얇은 자갈층으로써 두께는 6m이다. 이 지하수구역에서 동수매장량은 6,170m³/d이며 정수매장량은 645,920m³/d로서 정수매장량이 많은 것이 특징이다. 이러한 지하수들은 중류지대의 4기층 분포지역들에서 흔히 찾아볼 수 있다. 정수매장량이 많은 것은 분지지형에 4기층이 퇴적된 것과 관련된다. 이러한 지역들에서 지질 및 수문지질 조건과 지형조건을 분석하여 지하저수지를 건설한다면 수많은 지하수를 저수 할 수 있을 것이다.

남대천(길주)유역에서 지하수가 많은 지역은 중류지대이다. 그것은 이 지역에 구조균열과 4기층이 널리 분포되어 있으며 그의 공급원천인 하계가 발달되어 있기 때문이다. 단위면적당 평균지하수매장량은 31천m³으로서 북한 단위면적당 평균지하수자원보다 12천m³이 적다.

남대천(길주)유역이 수성천유역 다음으로 지하수가 적은 구역에 속하는데 이는 지층의 함수성에도 관계되지만 중요한 공급원천인 연간강수량이 적기 때문이다.

남대천(길주)유역에는 192개에 달하는 지하수시설들이 있다. 그 중 36개는 양강도 영역에 있고 66개는 함경북도 영역에 있다. 이 시설에 의하여 180천m³의 물을 지하수로부터 양수하여 86ha를 관개하고 있는데 대부분이 우물과 굴포를 이용하고 있다.

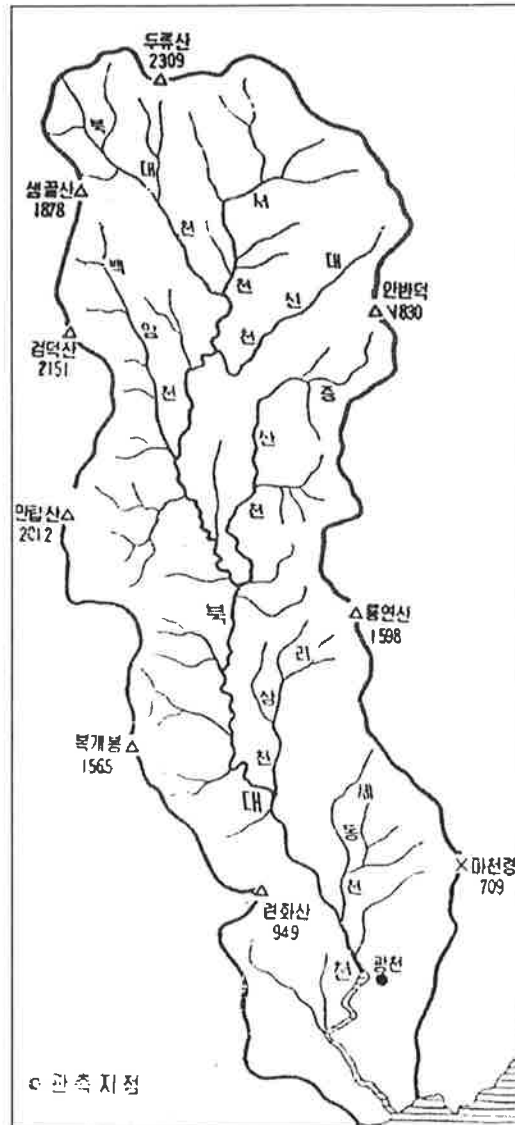
7.4 북대천(단천)

7.4.1 북대천(단천) 하천형태학적 특성

북대천(단천)은 부전령산맥의 대동령에서 발원하여 백두산줄기와 부전령 산줄기의 사이를 흐르며 비교적 급류를 이루면서 조선동해로 흘러내린다. 그러므로 유역에는 강어구를 제외하고 평야는 거의 없다. 상류부는 침식에 의하여 깊은 계곡을 이루고 경사가 급하며 하류부에 내려와서 점차 완만해진다. 북대천(단천)은 전구간이 단천시 북동부 지역으로 흐른다.

하천의 연장은 128.1km이며 유역면적은 1,445.1km²로서 동해안 하천 중 남대천(단천), 금야강 다음으로 길다. 유역의 평균폭은 11.28km로서 매우

좁고 또한 유역폭은 상류와 중류, 하류에서 거의 같다. 동쪽의 백두산줄기와 서쪽의 검덕산줄기의 능선사이 직선거리는 18-20km밖에 되지 않는다.



<그림 7.5> 북대천(단천) 수계도

하천의 직선연장은 79.5km로서 만곡률은 1.61로 크지 않고 유역의 평균 높이는 910m로 높은 편이다. 또한 하천망의 밀도는 $0.41\text{km}/\text{km}^2$ 이다. 분수

선의 총 연장은 233km이며 유역에는 대신천과 백암천을 비롯하여 하천의 연장이 15km이상 되는 7개의 지류와 87%에 해당되는 15km이하의 작은 지류들이 있다. 유역면적이 100km²이상 되는 지류는 겨우 3개소이고 나머지는 그 이하의 작은 유역면적을 가지는 지류들이다.

북대천(단천) 유역의 하천연장별 구성을 보면 5km이상의 연장을 가지는 하천 49개 가운데 5-50km의 하천이 많다. 북대천(단천)의 유역면적별 구성을 보면 50km²이상 되는 하천 7개소 가운데서 50-200km²의 하천이 대부분이고 그 이상은 1개소이다.

북대천(단천)의 주요지류들을 보면 표 7.18과 같다.

표 7.18 남대천(단천)주요지류의 연장 및 유역면적

하 천	지류구분	연장(km)	유역면적(km ²)
동골천	1지류	5.7	22.5
서 천	"	20.0	181.4
상서천	2지류	7.2	22.9
화양천	"	5.0	15.6
유 천	"	10.5	22.6
대신천	1지류	24.5	66.9
백암천	"	22.8	93.1
송동천	"	10.8	78.0
만탄산천	2지류	6.1	14.7
로운천	"	7.5	15.7
황로골천	1지류	6.9	11.2
중산천	"	37.5	171.2
연동천	2지류	6.6	40.2
수침동천	1지류	5.2	14.6
박천골개	"	8.0	37.9
가느개천	"	9.6	36.8
리상천	"	20.0	103.0
와동천	"	7.7	35.2
세동천	"	16.5	66.8

-표 7.18계속-

하천	지류구분	연장(km)	유역면적(km ²)
삼거개	2지류	6.7	36.8
마곡천	1지류	11.4	40.4
여온천	"	6.1	14.6
덕주천	"	11.1	64.9
락인천	"	11.2	17.0

유역의 산림비율은 80%이상이며 그 중 침엽수림이 46%를 차지하며 800m까지는 소나무, 참나무림이며 800-1,300m까지는 고산지대 활엽수림이고 그 이상은 이깔나무, 분비나무, 가문비나무 등 침엽수림으로 되어있다.

단천시 총면적에서 북대천(단천)유역이 차지하는 비율은 66.5%로 시경계의 대부분을 차지하고 있다.

북대천(단천)의 광천지점 결빙현황을 보면(년평균 1960-1972년) 대체로 11월 14일에 결빙이 시작하여 이듬해 1월 15일경에 완전히 얼어붙으며 3월 7일경에 해빙이 시작하여 1일경에 완전히 해빙이 된다. 따라서 이 지점에서는 완전 결빙기간이 약 50일 정도이다. 그러나 상류로 올라갈수록 이 기간은 더욱더 길어진다. 1960-1972년 기간의 관측기록 가운데서 하천 중앙부의 얼음두께의 최대값은 118cm(1967-1968년)이다.

7.4.2 북대천(단천)의 수자원현황

북대천(단천)유역의 평균강수량은 736.0mm으로 비교적 적다. 북대천(단천)유역에서 강수량이 적은 유역은 대신천유역 4.6%, 백암천유역 6.9%, 중산천유역 12.2%, 리상천유역 6.7%, 세동천유역 4.3%이다. 유역내에서 단위면적당 강수량이 가장 많은 지역은 백암천유역(800천m³)이며 다음은 중산천(770천m³) 유역이고 제일 적은 지역은 하류부의 세동천 유역(700천m³)이다.

북대천(단천)유역에서 강수량의 봄, 가을철 비율은 금야강, 성천강,

덕지강 유역보다 높다. 그러나 여름철 비율은 동해안 중부지방 하천들보다 5 - 6%정도 낮다. 계절별 분포에서는 동해안 중부지방 하천보다 차이가 심하지 않고 월별 분포에서는 약간의 특징이 있다.

표 7.19 북대천(단천) 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황($10^4 m^3$)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
북대천(단천)	강수량	1,402	1,618	3,454	6,272	7,688	10,376	21,185
	수자원	1,280	960	1,332	2,880	3,465	4,426	8,425
세동천	강수량	98	103	154	257	346	416	973
	수자원	52	39	54	116	140	178	340
리상천	강수량	154	161	241	403	542	651	1,521
	수자원	84	63	89	189	228	291	554
증산천	강수량	277	287	435	726	976	1,173	2,741
	수자원	149	112	155	335	404	515	981
백암천	강수량	156	164	246	410	551	663	1,549
	수자원	99	74	103	222	267	341	649
대신천	강수량	101	106	159	265	356	429	1,002
	수자원	63	48	66	142	171	219	417
서 천	강수량	270	283	425	708	954	1,148	2,679
	수자원	182	137	190	411	495	631	1,202

지 류	구분\월별	8	9	10	11	12	계
북대천(단천)	강수량	29,494	14,046	5,939	4,220	2,370	108,064
	수자원	13,383	8,851	3,946	2,719	1,653	53,320
세동천	강수량	1,169	580	234	206	140	4,676
	수자원	539	357	159	110	67	2,149
리상천	강수량	1,628	906	366	321	219	7,313
	수자원	881	582	260	179	109	3,509
증산천	강수량	3,296	1,635	659	580	395	11,382
	수자원	1,558	1,031	459	317	192	6,209
백암천	강수량	1,862	924	372	328	223	7,448
	수자원	1,032	682	304	210	127	4,110
대신천	강수량	1,204	597	241	212	145	4,817
	수자원	662	438	195	134	82	2,637
서 천	강수량	3,220	1,596	644	566	386	12,879
	수자원	1,910	1,263	563	388	236	7,608

표 7.19에서 보는바와 같이 강수자원의 월별 분포에서 8월이 27.3%로 가장 많은 비율을 차지한다. 그러나 가장 적은 1월은 1.3%에 지나지 않는다. 북대천(단천)유역의 월별 강수자원 분포에서 특징은 7월 비율이 동해안 남부지구 하천들에 비하여 상대적으로 낮은 것이다. 7월의 강수자원 비율은 덕지강 유역에서 24.8% 이며 북대천(단천) 유역에서는 19.6%로 4-6% 낮다. 그러나 4월, 5월, 9월, 10월의 비율은 동해안 남부지역 하천에 비하여 상대적으로 높다. 유역내에서는 최상류부가 겨울기간에 강수자원 비율이 유역평균보다 높아지고 여름철에는 반대로 작아진다.

북대천(단천) 유역의 총수자원량은 약 537.8백만 m^3 이고 단위면적당 수자원량은 372천 m^3 이다. 북대천(단천)의 수자원량은 유역면적이 487.8 km^2 인 금야강지류인 단속천의 수자원량과 거의 같다. 단위면적당 수자원량은 덕지강의 34.2%정도이다.

유역의 비유량은 11.8 $\ell/\text{s}/\text{km}^2$ 로서 동해안 하천 중 남대천(길주) 다음(두번째)으로 작다. 유역 내에서 비유량이 가장 높은 지역은 백암천 유역인데 14 $\ell/\text{s}/\text{km}^2$ 로 평균비유량보다 매우 높으며 서천유역도 13.3 $\ell/\text{s}/\text{km}^2$ 로서 높은 편이다. 비유량이 적은 지역은 하류부와 세동천, 리상천 유역(비유량이 10-10.5 $\ell/\text{s}/\text{km}^2$)이다.

수자원량의 계절별 분포에서 여름철 유출비율이 동해안 하천 중 비교적 적은 것이 특징이다. 반대로 가을철 유출비율은 29.1%로 매우 높다. 이것은 가을철에 많은 수자원을 가지고 있을 뿐 아니라 유출조절 능력이 크므로 월별 분포에서 7월과 8월의 비율이 동해안 하천 보다 낮은 것이 특징이다.

북대천(단천) 유역에서 7월의 유출비율(15.8%)과 8월의 유출비율(25.1%)이 낮고 9월의 비율은 상대적으로 높다. 1월과 2월의 비율은 동해안 남부지역 하천들 보다 높다..

표 7.20에서 보는바와 같이 북대천(단천)유역의 수문특성을 보면 년 강수량의 49.8%가 유출된다. 북대천(단천) 유역은 강수량의 50%정도가 유출되지 않는 지역이므로 유출계수가 0.5로 동해안 강하천들 중에서 남대천

(길주) 다음(두번째)으로 작다.

표 7.20 북대천(단천) 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	유출량 (10 ⁴ m ³)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km ²)	유출계수
북대천(단천)	1,445.1	747.8	53,776	375.9	372.1	11.8	0.50
세동천	66.8	700	2,149	378.3	321.7	10.2	0.46
리상천	103.0	710.0	3,508	369.4	340.6	10.8	0.48
증산천	171.2	770.0	6,209	407.3	362.7	11.5	0.47
백암천	93.1	800.0	4,110	358.5	441.5	14.0	0.55
대신천	66.9	720.0	2,637	325.8	394.2	12.5	0.55
서천	181.4	710.0	7,608	290.6	419.4	13.3	0.59

유역안에서 유출고가 제일 높은 지역은 백암천유역(441.5mm)과 서천유역(419.4mm)이고 제일 낮은 지역은 하류부의 세동천유역(321.7mm)과 리상천유역(340.6mm)이다.

북대천(단천)유역에서 유출량은 17.05m³/s이며 지류중 유출량이 많은 곳은 서천(2.41m³/s), 증산천(1.97m³/s), 백암천(1.30m³/s)등이다.

광천지점에서 10,000년 빈도 홍수량은 2,370m³/s이고 1,000년 빈도 홍수량은 1,900m³/s이며 100년 빈도 홍수량은 1,420m³/s, 10년 빈도 홍수량은 각각 795m³/s 이다.

북대천(단천) 유역의 수자원량은 단천시 수자원량의 67.7%를 차지하며 함경남도 수자원량의 4.3%를 차지한다.

하천유역에 조성된 수자원은 자체유역에서 형성된 자원으로서 하천의 상류로부터 하류로 내려오면서 비유량이 작아지며 총수자원의 49.2%가 여름철에 유출된다. 북대천(단천)의 단위면적당 수자원은 372천m³인데 동해안을 흐르는 하천들 중에서 여덟번째 자리를 차지하며 이 유역과 비슷한 남대천(길주)보다 약간 크다. 하천의 수자원 가운데서 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수자원은 31백만m³이고 단위면적당 물이용량은 21,497m³이다.

북대천(단천)의 물이용에서 근간을 이루는 것은 농업용수인데 총 물이용량의 77.4%를 차지한다. 이렇게 농업용수가 많은 비중을 차지하는 것은 북대천(단천)의 하류에 60km²에 달하는 단천벌이 있기 때문이다. 단천벌을 관개하는 기본수원은 지표수이며 양수장과 보에 의한 이용이 농업용수의 61%를 차지한다.

이 유역에서는 지하저수지와 우물을 이용하여 농업용수 총이용량의 37%에 달하는량을 관개하고 있다.

다음으로는 주민들의 생활용수를 급수하는 수량인데 총 물이용량의 13.3%를 차지한다. 이것은 이 유역에 검덕광업종합 기업소와 룡양광산과 같은 대규모의 광산과 노동지구가 있으므로 주민밀도가 매우 높기 때문이다.

북대천(단천)유역에서 생활용수를 급수하는 수량의 절반이상은 지표수이다. 이것은 검덕지점 상류에서 주민밀도가 높아 북대천(단천)의 물을 모두 생활용수로 이용하고 있기 때문이다. 검덕지점 하류에서는 대부분 지역에서 지하수를 수원으로 하여 생활용수로 이용하고 있다.

북대천(단천) 유역에서 공업용수를 이용하는 수량은 많지 않다. 이는 검덕지점 하류에서는 북대천(단천)의 물을 이용하지 못하기 때문이다. 이 유역에서 공업용수를 급수하는 수량은 총물이용량의 9.3%밖에 되지 않는데 대부분의 수량을 검덕광업종합기업소와 룡양광산에서 쓰고 있다. 현재 이 유역에서는 세계적인 규모의 3선 광장이 운영됨으로써 수자원이 부족하다.

이와 같이 이용된 총수자원량의 72%는 다시 회복되어 하천에 유입되고 28%가 소비된다. 이처럼 하천유역에 조성된 수자원의 1.6%만이 소비되고 기타 나머지 자원은 흐름량 자원으로 유출되고 있다. 이 수자원은 계절에 따라 심히 변화되고 이용하는 수량도 현저히 달라진다. 연간 사용수량의 77.4%가 농업용수이며 그 중에서도 봄철과 여름철에 집중적으로 이용되고 그 비율도 달라진다.

북대천(단천)의 계절별 수자원중 갈수기인 봄철에 68.5백만m³의 물이

흐름량 자원으로 유출되고 있다. 즉 하천에 $8.6\text{m}^3/\text{s}$ 의 수자원이 봄철에 유출되고 있다는 것을 알 수 있다.

표 7.21 북대천(단천) 계절별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4m^3)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	7,743	26,458	15,649	3,926	53,776
물이용량	889	1,586	455	174	3,104
과부족	6,854	24,872	15,194	3,752	50,672

수자원은 계절에 따라서 다를뿐만 아니라 월에 따라서도 달라진다. 북대천(단천)의 월별 수자원중에서 물이용량이 많은 6월에도 수자원의 13.3%가 이용되고 $14.9\text{m}^3/\text{s}$ 은 흐름량 자원으로 남아있다. 이와 같이 북대천(단천)은 유역에서 필요한 공업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 급수하고도 506.7백만 m^3 ($16.1\text{m}^3/\text{s}$)의 물이 흐름량 자원으로 유출되지만 큰 규모의 광산이 집중 되어 있는 검덕지점에서는 갈수기에 물이 모자란다. 따라서 검덕 지구에서 필요한 공업용수와 생활용수를 보장하기 위하여 $400 \times 10^4\text{m}^3$ 이상의 저수지를 건설해야 한다.

표 7.22 북대천(단천)월별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4m^3)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	1,291	968	1,344	2,904	3,495	4,463	8,497
물이용량	58	58	123	226	540	592	527
과부족량	1,233	910	1,221	2,678	2,955	3,871	7,970
구분 \ 월	8	9	10	11	12	계	
수자원량	13,498	8,927	3,979	2,743	1,667	53,776	
물이용량	467	299	98	58	58	3,104	
과부족량	13,031	8,628	3,381	2,685	1,609	50,672	

7.4.3 북대천(단천)유역의 농업용수이용 특성

북대천(단천)은 백두산 줄기와 부전령산줄기의 좁은 골짜기를 따라 흐르는 하천이므로 상류와 중류에서는 넓은 평야는 없고 하류에 내려와서야 60km²의 단천벌을 가지고 있다. 그러므로 상류와 중류에서는 농업용수 이용이 적고 하류에서 급격히 많아진다. 연간 농업용수로 쓰는 수량은 24.0 백만m³에 달하는데 그 중 근간은 양수장과 보이다. 이 두 관개시설에 의하여 농업용수로 쓰이는 수량은 농업용수 총이용량의 약 61%에 달한다.

또한 유역에서는 저수지를 비롯하여 지하수, 퇴수 및 기타 보조수원들을 이용하여 40%에 달하는 물을 농업용수로 쓰고 있다. 특히 지하저수지를 대대적으로 건설하여 연간 8.6백만m³을 관개용수로 이용 할 수 있는 시설들을 만들어 놓았다.

표 7.23 북대천(단천) 수원형태별 농업용수의 이용현황(10⁴m³)

하천명	지 역	계	지표수					지하수		
			계	저수지	양수장	보	기타	계	우물, 준항, 굴포	지하댐
북대천(단천)	단천시	2,402	1,512	45	745	719	3	890	26	864

1). 저수지에 의한 농업용수이용현황

북대천(단천) 유역의 농업용수 이용에서 저수지에 의한 관개는 가장 낮은 비중을 차지한다. 하천유역에는 덕주저수지와 룡덕저수지가 있는데 관개능력은 100ha 미만이다. 그 중 80%는 논에 그리고 20%는 밭에 관개하고 있다. 이 저수지들은 다른 저수지들과 마찬가지로 큰 하천과 멀리 떨어져있으면서도 비교적 높은 지역을 관개하기 위하여 건설되었기 때문에 집수면적이 작은 것이 특징이다. 지금은 룡덕저수지에서 연간 400천m³의 물을 저류하여 약 20ha정도의 논과 30ha의 밭을 관개하고 있지만 앞으로 덕주저수지가 완공되면 1.5백만m³의 물을 저류하게 된다.

2). 양수장에 의한 농업용수이용현황

북대천(단천)의 농업용수 이용에서 양수장에 의한 관개는 보와 함께 가장 큰 비중을 차지한다. 이는 하천연안에 발달한 강바닥 충적지의 논, 밭들이 주로 보나 양수장에 의하여 하천수원을 쉽게 얻을 수 있기 때문이다.

하천유역의 양수장에 의한 관개는 하천 가까이의 밭에 주로 관개하면서 높은 곳에 있는 밭도 적지 않게 관개하고 있다. 대부분이 10ha 미만의 관개규모가 작은 양수장들이고 그 이상의 능력을 가지는 양수장은 불과 1,2개소정도 이다.

현재 하천을 수원으로 하는 양수장을 비롯하여 저수지, 지하수, 퇴수 등 여러 가지 수원을 이용하는 양수장이 약 130개소에 달하며 대부분 (72%)은 하천을 수원으로 하는 양수장들이다. 그 중 량강양수장은 연간 1.2백만 m^3 의 물을 양수하여 약 50ha를 관개하는 큰 양수장의 하나이다. 이밖에도 두면양수장을 비롯하여 연간 1백만 m^3 에 가까운 물을 양수하여 수십ha를 관개하는 양수장들이 많은데 주로 이런 양수장은 독립양수장들이다.

3). 보에 의한 농업용수이용현황

북대천(단천)의 농업용수 이용에서 보는 양수장과 함께 관개의 근간을 이루고 있다. 현재 하천유역에는 대소규모의 약 10여개소가 있는데 이 보에 의하여 연간 7백만 m^3 의 물로 약 800ha를 관개하고 있다. 그 중 단천시 답동리에 있는 돌산취입보는 큰 보로서 연간 2.8백만 m^3 의 물로 논 300ha와 밭 35ha를 관개하고 있다. 이밖에도 새덕취입보와 광천, 덕천, 월산 취입보들은 60여 ha이상 관개하는 비교적 규모가 큰 보들이다.

하천의 농업용수 이용에서 보가 주요 수단으로 되는 것은 하류유역에 큰 벌을 가지고 있고 비교적 경사가 급한 강바닥을 가지고 있기 때문에 자연취입을 하는데 유리한 조건으로 되기 때문이다.

4). 지하수에 의한 농업용수이용현황

북대천(단천)유역에는 우리나라 지하수자원의 1.4%에 해당되는 약 79.7

백만 m^3 의 지하수가 분포 되어 있는데 제4기층수와 균열수가 근간을 이루고 있다. 균열수는 대체로 하천상류지대에 발달 되어 있다. 이 지역에는 하부원생대 마천령계 화강편마암들이 분포 되어 있다. 상류지대에서 하천은 흐름속도가 빠르고 침식작용이 활발하여 심히 개석 되어 협곡을 이루며 남북방향의 구조선이 강바닥과 거의 일치하므로 구조균열이 발달 되어 있다. 그러므로 균열수는 상류지대의 하천계곡들에서 균열수샘으로 유출되고 있으며 중류지대에서는 압력수의 형태로 솟아나거나 기반암을 덮고 있는 4기층수를 공급하기도 한다.

상류지대에서 개석단면을 따라 유출되고 있는 균열수는 유출량이 적고 계절적 영향을 받지만 중류지대나 하류지대에서 압력수 형태로 부존 되어 있는 균열수는 매장량도 많으며 계절적 영향도 심하게 받지 않는다.

하천유역에서 지하수는 균열수와 함께 4기층수가 많은 비중을 차지한다. 이 유역에서 4기층수는 중류지대의 곳곳에 발달되어 있는 범람원들과 하류지대인 충적벌에 분포되어 있으며 대수층은 주로 모래와 자갈로 되어 있다.

대수층의 두께는 하류지대로 가면서 두꺼워지는데 중류지대에서 두께는 5-10m이고 하류지대에서 10-20m, 최고 30m에 달한다. 특히 강어구에서 4기층은 하성 및 해성 퇴적층으로 되어 있으며 두께가 두껍고 연장성이 좋으므로 지하수가 풍부하다. 이러한 지역에서 4기층수는 동수 매장량에 비하여 정수매장량이 많은 비율을 차지한다. 4기층수의 공급원천은 강수와 지표수이며 하천 합류지점이나 하천경사가 완화되어 퇴적이 활발한 지역에서는 하천에 의한 4기층수의 공급이 우세하다. 또한 하류충적벌의 경지에서 관개용수에 의한 공급도 이루어진다.

하천유역에서 지하수위의 변화는 계절의 영향을 많이 받는다. 이는 이 지역에서 대기강수의 불균일한 분포로 하여 하천흐름과 지하수 공급에 영향을 주고 있기 때문이다.

하천유역의 단위면적당 평균지하수매장량은 약 55천 m^3 로서 지하수가 비교적 풍부한 지역에 속한다. 지하수가 많은 지역은 하천의 하류지대이

다. 이 지대에 지하수가 풍부한 것은 4기층이 잘 발달 되어 있고 하천과 수리학적으로 밀접한 관계를 가지고 있기 때문이다.

북대천(단천)유역에는 약 300여 개소에 달하는 지하수 시설들이 건설 되어 연간 200천 m^3 이상을 농업용수로 이용하고 있다. 특히 하천연안의 굴포들은 강바닥으로 흘러나가는 4기층수를 양수기로 양수하여 논과 밭을 관개하고 있다. 그 중 영평굴포 양수장은 0.26 m^3/s 의 물을 양수하여 논 30ha와 밭 15ha를 관개하는 비교적 큰 지하수시설이다.

최근에 단천시에서는 지하저수지를 대대적으로 건설하였는데 조성능력은 약 8.6백만 m^3 에 달한다. 이 시설들을 정상적으로 운영하게 되면 이 유역의 농업용수 이용에서는 지하수의 비중이 현저히 높아지게 될 것이다.

7.5 남대천(단천)

7.5.1 남대천(단천) 하천형태학적 특성

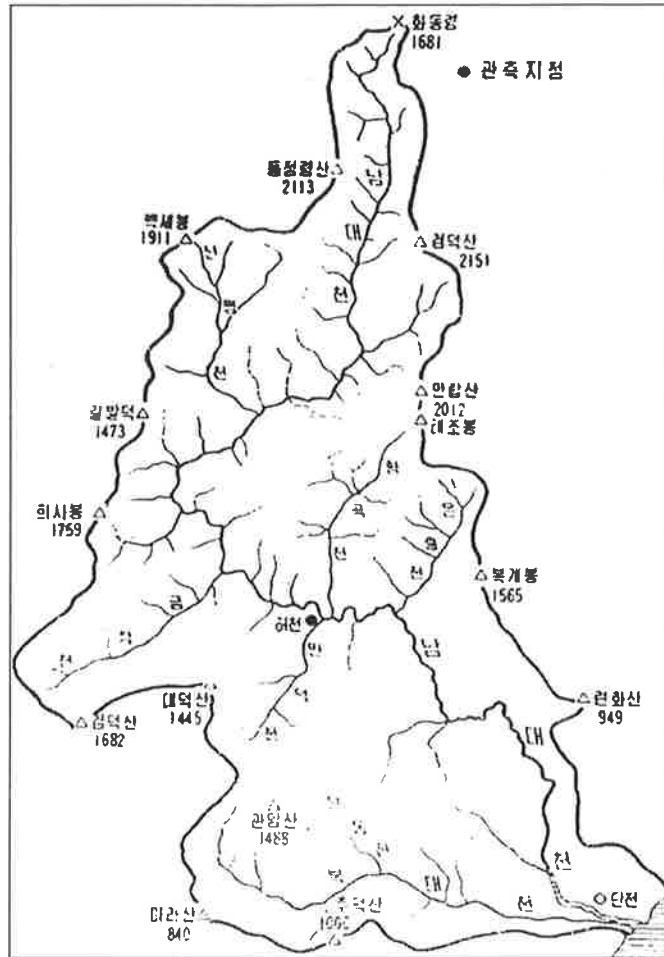
남대천(단천)은 량강도 갑산군의 화동령(1,681m) 서쪽 계곡에서 흐르기 시작하여 허천군과 단천시를 지나 조선동해에 흘러든다. 남대천(단천) 유역은 량강도 갑산군 면적의 6%와 허천군 면적의 100%, 단천시 면적의 25.96%를 차지한다.

남대천(단천)은 동해사면 하천 중 (두만강제외)에서 하천길이가 가장 길다. 하천분류 연장은 176.3km 이며 유역면적은 2,323.2 km^2 로서 성천강 다음으로 크다. 유역의 평균폭은 13.2km이다.

유역의 분수령을 이룬 산줄기는 비교적 높고 험준하다. 북쪽 및 서북쪽에는 부전령산줄기가 허천강 유역과의 분수령을 이루면서 솟아있으며 동쪽에는 검덕산 줄기가 북대천(단천)과의 분수령을 이루면서 동해안까지 뻗어있다. 유역의 남쪽에는 대덕산 줄기가 남대천(북청)유역과의 분수령을 이루면서 뻗어있다. 이와 같이 유역은 큰 함지형으로 사방에 1,000m이상 되는 산줄기로 둘러막혀 있고 약간 트인 남쪽으로 하천이 흐르고 있다.

유역의 평균높이는 872m이며 분수선의 길이는 301.5km로서 북대천(단천)보다는 유역높이가 낮고 분수선의 굴곡이 심하며 유역의 폭도 비교적

크다. 그러나 하천망의 밀도는 $0.35\text{km}/\text{km}^2$ 로서 북대천(단천)보다 작다.



<그림 7.6> 남대천(단천) 수계도

남대천(단천)의 지류를 포함하는 총 연장은 807km 이고 하천망의 밀도는 $0.35\text{km}/\text{km}^2$ 이다. 남대천(단천)의 직선길이는 84km 로 만곡률이 2.1로서 큰 편이다.

하천유역에는 북대천(단천)과 황곡천을 비롯하여 길이가 20km 이상 되는 하천뿐만 아니라 5km 이상의 작은 하천이 70개소가 된다. 또한 하천유

역에는 면적상으로 20km²이상 되는 지선이 20여 개소로서 비교적 많은 지류를 포함하고 있으며 지류 총 개수의 81.4%가 10km이하의 작은 하천이다.

표 7.24에서 보는 바와 같이 유역면적 100km²이상 되는 주요지류로서는 신평천, 금창천, 만덕천, 황곡천, 북대천 등을 들 수 있으며 특히 남대천(단천)의 제1지류 북대천은 이 강의 지류 중 제일 큰 지류이다. 북대천의 연장은 50.0km이고 유역면적은 378.8km²이다. 이 지류는 함경남도 단천시 관암산에서 발원하여 단천시 령산리와 정동리 사이를 흘러 본류에 합류된다. 북대천의 바닥경사는 합류점 부근에서 약 1/2,000 정도이나 그 위로 올라갈수록 더욱 커진다. 강바닥 저질은 합류점에서부터 10km부근까지는 모래로 되어있으며 그 이상 더 올라가면 자갈, 굵은 돌로 되어 있다.

표 7.24 남대천(단천)주요지류의 연장 및 유역면적

하 천	지류구분	연장(km)	유역면적(km ²)
광산천	1지류	7.8	20.1
어은천	"	9.4	57.3
대화천	"	8.0	16.9
남행천	"	7.95	18.2
수채천	"	7.61	25.5
신평천	"	23.5	174.2
북골천	2지류	5.1	13.0
직골천	"	10.2	47.2
고암천	"	5.4	22.6
술어골천	1지류	6.2	24.5
황철골천	"	7.0	17.2
신흥천	"	9.7	55.5
금창천	"	24.5	195.7
월화천	2지류	6.4	21.9
송동천	"	5.0	12.2
삼동천	"	9.0	26.0
실곡천	1지류	5.5	17.0

-표 7.24 계속

하 천	지류구분	연장(km)	유역면적(km ²)
만덕천	“	23.7	117.6
내동천	2지류	5.0	12.6
동부천	“	5.4	16.9
황곡천	1지류	27.5	126.5
가래천	“	9.4	27.5
은홍천	“	19.5	94.2
풍곡천	“	5.4	25.6
방농천	“	5.8	11.2
남산천	“	13.0	68.2
하다골천	2지류	6.3	26.4
송이골천	1지류	5.0	13.6
남산포천	“	12.6	55.8
복대천	“	50.0	378.8
신동천	2지류	16.0	76.0
원동천	“	9.5	23.6
개장천	“	5.8	11.8

남대천(단천)유역의 하천연장별 구성을 보면 연장 5km이상 되는 하천 71개소 중 대부분의 5-50km내에 있으며 그 이상은 1개소이다.

남대천(단천)유역은 산림 비율이 높다. 상류에서 산림 비율은 90%이상이며 하류인 단천시 부근에는 65%로서 유역평균 80% 이상이 된다. 유역의 식물피복현황은 침엽수숲이 39%, 활엽수숲은 각각 43% 정도이다.

남대천(단천)의 1965-1980년 결빙실측 자료들을 분석해보면 평균적인 결빙시작일자는 11월 10일이고 완전히 얼어붙은 날짜는 12월 5일이다. 또한 해빙이 시작되는 평균일자는 3월 12일이고 완전히 풀리는 평균날짜는 4월 8일이다. 따라서 완전히 얼어있는 기간은 평균 97일 정도이다. 허천지점에서 하천중심의 년평균 최대얼음두께(1968-1980년)는 64cm 정도이다.

7.5.2 남대천(단천)의 수자원현황

남대천(단천)유역의 강수량은 부근의 하천중 가장 작은 편이며 년평균 강수량(1951- 1980)은 하천에서 666.7mm, 단천에서 각각 671.2mm이다. 그러나 강수량은 적지만 하천강 물이 유역변경으로 넘어오므로 수량이 상대적으로 많고 인위적인 조절을 많이 받는 하천이다.

년간 강수자원은 어랑천, 남대천(북천)보다 약간 많지만 자체유역 면적의 1/3이 되는 덕지강 유역의 강수자원과 비슷하다. 하천연장이 15km이상 되는 지류의 강수자원은 전체 강수자원의 45.3%를 차지한다.

남대천(단천)유역의 단위면적당 강수자원은 72.4m³이다. 이것은 덕지강 유역의 49%정도이다. 유역내에서 단위면적당 강수자원이 가장 많은 유역은 금창천유역(790천m³)이고 다음으로 많은 하천은 북대천(700천m³)유역이다. 단위면적당 강수자원이 적은 지역은 상류에 있는 신평천유역(650천m³)이다.

강수자원의 계절별 분포의 특징은 여름철 강수자원 형성비율이 동해안 하천 중 비교적 낮다. 그러나 가을철과 겨울철 강수자원 비율은 높다. 유역내에서 제일 큰 지류인 북대천 유역의 겨울철 강수자원 비율은 7.3%로 상류부(5.3%)보다 2% 정도 높다.

상류부 지류(만덕천, 금창천, 신평천)에서 여름철 비율이 62.7%로 높고 가을에는 18.1%(유역평균 21.8%)로 상대적으로 적다. 최상류부에서 여름철강수량의 집중도가 더 크며 기반암이 굳고 경사가 심하므로 유출이 급격하기 때문이다.

강수자원의 월별 분포를 보면 강수자원 비율이 가장 높은 달인 8월에 25%로서 동해안 하천중 상대적으로 낮다. 7월은 연간 강수자원의 20%를 차지하는데 이 비율 역시 다른 하천보다 상대적으로 낮다. 남대천(단천)은 1월 강수자원 비율이 2.1%로 가장 작다. 유역에서 5월 강수자원 비율이 동해안의 다른 하천 보다 약간 높다.

남대천(단천) 유역은 면적에 비하여 수자원이 많지 못하다. 총 수자원은 915.8백만m³으로서 유역면적이 1,000km²도 되지 않는 남대천(안변), 금

천강보다 약간 많고 유역면적이 2,000km²이상 되는 금야강 유역의 수자원의 약 48.4%정도이다. 단위면적당 수자원량은 394천m³으로서 수성천(423천m³), 어랑천(435천m³), 남대천(길주) (413천m³)보다 약간 작으며 덕지강의 단위면적당 수자원량의 3분의 1정도이다.

유역의 평균비유량은 12.5 l/s/km²로서 북대천(단천)(11.8 l/s/km²), 남대천(길주)(11.3 l/s/km²)보다는 약간 많으나 성천강 유역의 2분의 1밖에 안된다. 유역의 비유량은 지역별로 차이가 있다. 오른쪽 연안의 감창천, 만덕천 유역은 비유량이 13-14 l/s/km²로서 제일 큰 지역인데 금창천의 단위면적당 수자원은 남대천(단천) 전체 유역 평균보다 50천m³이 더 많다. 은홍천, 황곡천 등 왼쪽연안은 비유량값이 11-12 l/s/km²로서 제일 작을 뿐 아니라 단위면적당 수자원량도 작다.

남대천(단천)유역의 계절별 분포의 특징으로는 여름철 유출비율이 동해안 남부지역하천(여름철 유출비율의 50%이상)에 비하여 상대적으로 작다. 가을철 비율은 동해안 북부지역하천보다 1-2% 높고 남부지역하천보다 10%정도 높다. 겨울철 비율은 동해안남부지역 하천보다 2-3%높다. 즉 유출의 계절적 차이가 동해안의 다른 하천에 비하여 상대적으로 적다.

유역내 에서는 최상류부인 신평천 유역의 여름철 비율이 63%로서 유역평균보다 14%정도 높고 가을에는 10% 정도 더 낮다. 상류에서 하류로 내려오면서 여름철 비율이 점차 적어지는 특징을 가진다. 이는 여름철 강수량이 상류부 보다 하류부가 적고 하류부의 경사가 완만하며 지하수 유출이 비교적 많기 때문이다. 겨울철 비율은 하류부에서 상류로 올라가면서 작아진다.

수자원의 유출분포 비율이 제일 많은 달은 8월이고 제일 적은 달은 2월이다. 동해안 북부지역 하천과 마찬가지로, 8월 비율은 25%로서 동해안 남부지역 하천보다 비율이 낮다. 특히 7월에는 그 비율이 15.8%이며 덕지강, 금야강보다 10%나 적다. 그러나 9월, 10월 비율은 평균적으로 2-3% 높다. 여름철의 월 분포 비율은 비교적 낮고 가을철 비율은 상대적으로 높다. 남대천(단천)유역에서는 상류부에서 겨울기간 유출비율이 하류부에

표 7.25 남대천(단천) 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)

지 류	월별 구분	1	2	3	4	5	6	7
남대천(북천)	강수량	3,531	3,694	5,553	9,246	12,452	14,962	34,987
	수자원	2,198	1,648	2,290	4,945	5,953	7,601	14,470
북대천	강수량	557	583	875	1,458	1,962	2,360	5,515
	수자원	356	267	370	800	963	1,230	2,340
신동천	강수량	113	118	178	297	400	480	1,123
	수자원	72	54	75	162	195	248	473
황곡천	강수량	156	138	224	430	541	1,032	1,936
	수자원	63	58	88	224	326	448	1,027
만덕천	강수량	145	129	209	401	505	963	1,805
	수자원	63	58	87	224	326	447	1,025
금창천	강수량	278	247	402	774	976	1,858	3,485
	수자원	114	105	158	403	587	806	1,849
신평천	강수량	207	183	299	574	724	1,378	2,584
	수자원	83	89	192	460	281	385	1,882

지 류	월별 구분	8	9	10	11	12	계
남대천(북천)	강수량	42,050	20,862	8,433	7,411	5,042	168,223
	수자원	22,987	15,202	6,777	4,671	2,839	91,581
북대천	강수량	6,629	3,288	1,326	1,167	796	26,515
	수자원	3,718	2,459	1,096	755	459	14,813
신동천	강수량	1,349	669	270	237	162	5,396
	수자원	752	497	222	153	93	2,996
황곡천	강수량	2,426	929	369	258	163	8,602
	수자원	1,397	715	277	161	83	4,867
만덕천	강수량	2,263	866	345	241	152	8,024
	수자원	1,394	714	277	160	83	4,858
금창천	강수량	4,367	1,672	668	465	294	15,484
	수자원	2,515	1,289	500	289	149	8,764
신평천	강수량	3,238	1,241	494	344	218	11,484
	수자원	2,060	900	220	178	137	6,867

비하여 1-2%정도 낮다. 특히 7월에는 상류부의 신평천에서 27.4%로서 유역평균 비율보다 11.6%가 높으며 8월에는 30%로서 유역평균 비율보다 4.9%나 낮다. 반대로 가을철에는 상류부보다 하류부의 지역에서 유출비율이 한달 동안에 3-5% 더 높아진다.

하류부의 가을철 유출비율이 상류보다 높은 것은 하류부는 비교적 경사가 완만하여 지하수함양이 계속되기 때문이다. 그러나 상류부는 흙층의 두께가 얇으며 기반암이 굳고 치밀할 뿐 아니라 급경사를 이루고 있으므로 지하수 유출이 급격히 진행 되어 지하수에 의한 함양이 현저히 적어지기 때문이다.

남대천(단천)유역의 수문특성을 보면 표 7.26에서와 같이 연간강수량(724.1mm)중에서 증발량은 329.9mm이고 유출고는 394.2mm로 54%가 유출된다. 때문에 유출계수는 0.54로서 비교적 작다. 유출고는 인접 하천인 수성천, 어랑천, 남대천(북청)보다 작다.

하천의 평유출량은 $29.04\text{m}^3/\text{s}$ 이다. 유역내에서 오른쪽 연안에 있는 금창천 유역의 유출고가 447.8mm로서 남대천(단천) 유역 평균값보다 54mm 더 많으며 만덕천 유역은 20mm 더 많다. 왼쪽 연안에 있는 은홍천 유역의 유출높이는 유역평균값보다 30mm나 작다.

표 7.26 남대천(단천) 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km^2)	강수량 (mm)	유출량 (10^4m^3)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 ($\ell/\text{s}/\text{km}^2$)	유출계수
남대천(단천)	2323.2	724.1	91,581	329.9	394.2	12.5	0.54
북대천	378.8	700	14,813	308.9	391.1	12.4	0.56
신동천	76.0	710	2,996	345.8	394.2	12.5	0.56
은홍천	94.2	680	3,387	320.0	360.0	11.4	0.53
황곡천	126.5	680	4,867	295.3	384.7	12.2	0.57
만덕천	117.6	680	4,858	266.9	413.1	13.1	0.6
금창천	195.7	790	8,764	342.2	447.8	14.2	0.57
신평천	174.2	660	6,867	265.8	394.2	12.2	0.60

남대천(단천)에는 허천강 발전소에서의 수력발전을 위하여 압록강 지류 허천강에서 연간 약 1,249.3백만 m^3 의 수량이 더 보충 되어 총 2,165.1백만 m^3 (단위면적당 932 mm)의 수자원을 가진 풍만한 하천으로 되었다. 남대천(단천)의 자체유역에서 조성되는 수자원은 허천군 수자원량의

100%(678.7백만 m^3)와 단천시 물자원량의 27.0%(214.4백만 m^3), 그리고 량강도 갑산군 수자원량의 6.2%(22.8백만 m^3)를 차지한다.

남대천(단천) 유역의 변동된 총수자원은 약 2,019.9백만 m^3 이다. 그 자체유역에서 형성된 수자원은 915.8백만 m^3 이고 다른 유역으로부터 넘겨받은 수자원은 1,104.1백만 m^3 이다. 남대천(단천)의 자체유역에서 형성된 단위면적당 수자원은 394천 m^3 이고 변동된 자원까지 합치면 869천 m^3 이다.

이 하천의 수자원 가운데서 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수자원은 319.1백만 m^3 이고 단위면적당 물이용량은 1.37백만 m^3 이다.

물 이용의 근간을 이루는 것은 공업용수인데 총물이용량의 76.7%를 차지한다. 이렇게 공업용수로 이용되는 수량이 많은 비중을 차지하는 것은 북한에서 손꼽히는 유색금속 광물생산기지인 허천군과 단천시의 광산에 생산용수와 냉각수를 급수하며 단천 제련소, 단천 마그네슘공장 등 물을 많이 쓰는 공장, 기업소가 있기 때문이다.

공업용수로 쓰이는 수량 가운데서 기본은 수력발전 용수인데 공업용수 이용량의 84.9%를 차지한다. 그러나 수력발전용수로 쓰인 물은 그대로 하천에 들어옴으로써 소비되는 물량은 전혀 없다. 남대천(단천)유역의 공장, 기업소에서 쓰는 물량은 총 공업용수 이용량의 12.7%를 차지한다.

다음으로 공업용수의 이용에 못지 않게 물을 많이 쓰는 부분은 농업용수이다. 남대천(단천)유역에서 농업용수로 이용되는 물량은 총 물이용량의 20.8%에 달하며 농업용수의 절대다수는 지표수를 이용하고 있다. 농업용수의 이용에서 근간인 보에 의한 관개는 농업용수 이용량의 65.5%를 차지하다. 이것은 이 하천유역에 60 km^2 의 단천벌이 있는 것과 관련된다.

남대천(단천)유역에서 주민들의 생활용수를 급수하는 물량은 총 물이용량의 2.5%를 차지한다. 그 가운데서 절반이상은 지하수를 수원으로 하는 생활용수이다. 하천의 하류지대에서는 연안에 지표수를 수원으로 하는 집수장을 건설하여 취수하는 방법으로 물을 급수하고 있다.

이와 같이 이용된 수자원은 17.7%가 소비되고 82.3%는 다시 회복되어 하천에 들어온다. 이처럼 이 하천유역에 조성된 수자원의 2.5%만이 소비

되고 나머지 자원은 흐름량 자원으로 유출되고 있다.

이 수자원은 계절에 따라 심히 변화되고 이용되는 수량도 계절에 따라 많이 달라진다. 계절별 수자원을 평가한데 의하면 갈수기인 봄철에도 102.4백만 m^3 (12.9 m^3/s)의 자원이 남아 있다는 것을 알 수 있다.

표 7.27 남대천(단천) 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	13,188	45,058	26,651	6,685	216,512
물이용량	2,945	4,873	1,742	972	39,750
과 부 족	10,243	40,185	24,909	5,713	176,762

이 하천의 수자원은 계절에 따라서 다를 뿐 아니라 월에 따라서도 달라진다. 남대천(단천)의 월별 수자원을 평가하면 물이용량이 제일 많은 6월에도 수자원의 23.7%가 이용되고 22.4 m^3/s 의 수자원이 흐름량 자원으로 남아있다는 것을 알 수 있다.

이와 같이 남대천(단천)은 다른 유역으로부터 35 m^3/s 의 물이 들어옴으로써 이 유역에서 필요한 공업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 급수하고 약 810백만 m^3 의 물이 흐름량 자원으로 유출되고 있는 수원이 풍부한 하천이다.

표 7.28 남대천(단천)월별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	2,198	1,648	2,290	4,945	5,953	7,601	14,470
물이용량	324	324	503	789	1,653	1,799	1,620
과 부 족	1,874	1,324	1,787	4,156	4,300	5,802	12,850

구분 \ 월	8	9	10	11	12	계
수자원량	22,987	15,203	6,777	4,671	2,839	216,512
물이용량	1,454	989	430	323	324	39,750
과 부 족	21,533	14,214	6,347	4,348	2,515	176,762

7.5.3 남대천(단천)유역의 농업용수이용 특성

남대천(단천)은 하류에 60km²의 단천벌이 위치하고 있으며 이 하천은 농업용수의 급수에 있어서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 현재 하천유역에는 저수지에 의한 관개는 전혀 없고 220여 개소의 양수장을 비롯하여 60여 개소의 보, 230여 개소의 지하수시설, 10여 개소의 기타 보조수원을 이용하여 연간 66백만m³을 저류하여 약 6,000ha를 관개하고 있다. 그 중 보에 의한 관개가 근간으로 되고 있는데 농업용수 총 이용량의 65.5%를 차지한다.

특히 하류에 있는 단천시 양평리의 려대취입보는 허천강 발전소에서 퇴수되는 물을 끌어들여 (5.4m³/s) 약 20백만m³의 물을 농업용수로 이용하고 있는데 이것은 총농업용수 이용의 31%를 차지한다. 양수장에 의한 관개에서는 하천의 물을 직접 끌어올리는 독립양수장이 거의 대부분을 차지하고 있다. 이밖에 지하수를 비롯하여 기타 보조수원으로 1.5백만m³의 물을 농업용수로 이용하고 있다.

1). 양수장에 의한 농업용수이용현황

양수장은 남대천(단천) 유역의 상류와 중류 지역에는 많고 하류에는 적다. 현재 하천 유역에는 약 220개소의 양수장이 있는데 여기에서 양수하는 물로 약 2,100ha의 논밭을 관개한다. 그 중 대부분은 하천수를 수원으로 하는 독립양수장인데 취수능력은 4.3m³/s 이고 관개면적은 1,500ha 정도이다.

하천유역에 있는 양수장은 대부분 하천연안에 발달한 면적이 작은 1-2ha의 논밭을 관개하기 위한 독립양수장이기 때문에 큰 규모의 양수장은 없으며 가장 큰 양수장이라야 20ha 미만을 관개하는 양수장이다. 하천유역에서 제일 큰 양수장으로는 허천군 와포리에 있는 양수장으로 연간 600천m³의 물을 양수하여 논 19ha와 밭 17ha를 각각 관개하고 있다.

이밖에 지하수를 수원으로 하는 양수장과 퇴수를 수원으로 하는 양수장도 적지 않다. 지하수를 수원으로 하는 양수장은 220여 개소나 되며 퇴

수를 수원으로 하는 양수장은 6개소이다. 이 양수장에서는 약 $2.8\text{m}^3/\text{s}$ 의 양수능력을 조성하여 160여 ha를 관개하고 있다. 이 하천의 양수장 관개에서 주요 대상은 발관개이다. 본류 유역에서는 관개면적의 95%가 발관개 양수장이고 5%만이 논 관개 양수장이다.

2). 보에 의한 농업용수이용현황

보는 이 하천의 농업용수이용에서 가장 큰 비중을 차지하는 관개시설물이다. 현재 유역에는 연간 15.2백만 m^3 을 취수하는 연대취입보를 비롯하여 대소 규모의 보가 60여 개소가 되며 이 보에 의하여 연간 농업용수로 이용하는 수량은 43.5백만 m^3 에 달하며 관개면적은 약 3,000여 ha이다.

보가 농업용수이용에서 가장 큰 비중을 차지하는 이유는 허천강 발전소에서 되수되는 많은 수량을 농업용수로 이용할 수 있는 유리한 조건을 가지고 있기 때문이다. 허천강발전소에서는 $67\text{m}^3/\text{s}$ 의 물을 남대천(단천)에 유입시키기 때문에 이 하천자체유역에서 조성되는 수량은 적지만 변경된 수자원은 우리나라 하천 중 가장 많은 편에 속한다. 이 연대취입보로 하루에 460천 m^3 의 물을 가두어 논 1,500여 ha와 밭 500여 ha를 관개한다.

그외에 가천보와 백상보, 쌍룡보는 취수능력이 $0.2\text{m}^3/\text{s}$ 이상 되고 관개면적도 약 100ha에 가까운 면적을 관개하는 중요한 보이다.

3). 지하수에 의한 농업용수이용현황

남대천(단천) 유역에는 복한 지하수의 약 2.2%가 분포 되어 있다. 이 유역에서 지하수는 기반암의 대수구조에 따라 각각 다르게 분포 되어 있다. 하천유역에는 마천령계 양식과 단천암군 화강암이 널리 분포 되어 있다. 지하수는 기반암의 균열과 공극수에 균열수¹⁾, 공동수²⁾ 4기층수³⁾의 형태로 부존 되어 있다.

균열수와 공동수는 하부원생대 마천령계 암석이 발달되어 있는 하천상

1) 기반암의 공극, 파쇄암대등 균열부위에 부존하는 지하수를 말함

2) 기반암에 발생한 대규모 공동내에 물이 모여 형성된 지하수

3) 충적층 지하수

류지대에 널리 분포되어 있다. 균열수는 상류지대의 북서-남동 방향의 암쇄대와 파쇄대에 분포되어 있으며 이 구조균열을 따라 형성된 공동에는 공동수가 분포 되어 있다.

공동은 마천령계 탄산염 암석 분포지대에 발달 되어 있는데 대표적인 공동수는 허천군 룡원 노동지구에 있는 출생평지하수와 황곡리에 있는 황곡지하수, 문락평 노동지구에 있는 문락평 지하수를 들 수 있다. 4기층수는 주로 하류지대에 분포되어 있다. 하류부근에는 상류지대에서 침식 운반된 운반물이 퇴적되어 넓은 충적벌을 이루고 있는데 4기 퇴적층은 기반암 위에 자갈층이 놓여있고 그 위에 점토층이 끼워져 놓여있으며 상부에는 잔모래, 굵은 모래층이 두껍게 덮여있다.

특히 강어구 지역에서 운반물이 많은 북대천(단천)과 합류되는 것으로 하여 퇴적작용이 활발히 진행되어 해안선이 바다로 전진하고 있는데 이 지역에서 대수층이 제일 두껍다. 하류지방에서 4기층의 두께는 최대 50m에 달하며 대수층인 모래와 자갈은 10-20m이다. 이 지역에서 정수위는 0.2-2m로서 땅 길면 가까이에 놓여있으며 대수층이 수준면 아래로 깊이 놓여 있기 때문에 정수매장량이 풍부하다.

4기 층수는 상류와 중류 지대에서도 분포 되어 있다. 상류와 중류 지대에서 4기층은 벼랑돌무지가 산기슭에 띠모양으로 분포 되어 있고 곳곳에 범람원이 형성되어 있다. 이러한 지역에서 4기 층수는 계절적 영향을 심하게 받으며 그의 매장량도 많지 않다.

남대천(단천) 유역에서 단위면적당 지하수자원은 약 50.4천 m^3 으로서 지하수가 풍부한 지역에 속한다. 하천유역에 지하수가 풍부한 것은 이 지역에 대수층의 구조가 발달되어 있을 뿐만 아니라 지역에서 기본공급원천의 하나인 연간 강수량은 적으나 (700mm정도)허천강 발전소의 유역변경에 의하여 물이 남대천(단천)으로 유입 되어 하천유출이 많기 때문이다. 따라서 하천과 수리학적으로 잘 연관 되어 있는 하류지대는 지하수가 제일 풍부하다.

남대천(단천) 유역에서 약 230여 개소의 여러 가지 지하수시설을 이용

하여 200천m³의 물로 약 100여 ha의 논밭에 물을 급수하고 있다.

하천유역에서 지하수이용의 기본형태는 우물과 굴포이다. 우물은 주로 산기슭의 퇴적층을 파서 발판개에 이용하며 굴포는 하천연안의 강바닥 충적층을 파서 하천연안의 남새(채소)밭과 일부 소규모적으로 논판개에 이용되고 있다.

특히 송파송정 굴포양수장과 송파양촌큰틀 굴포양수장은 160 l/s의 물로 약 40여 ha를 관개하는 가장 큰 지하수 시설이다.

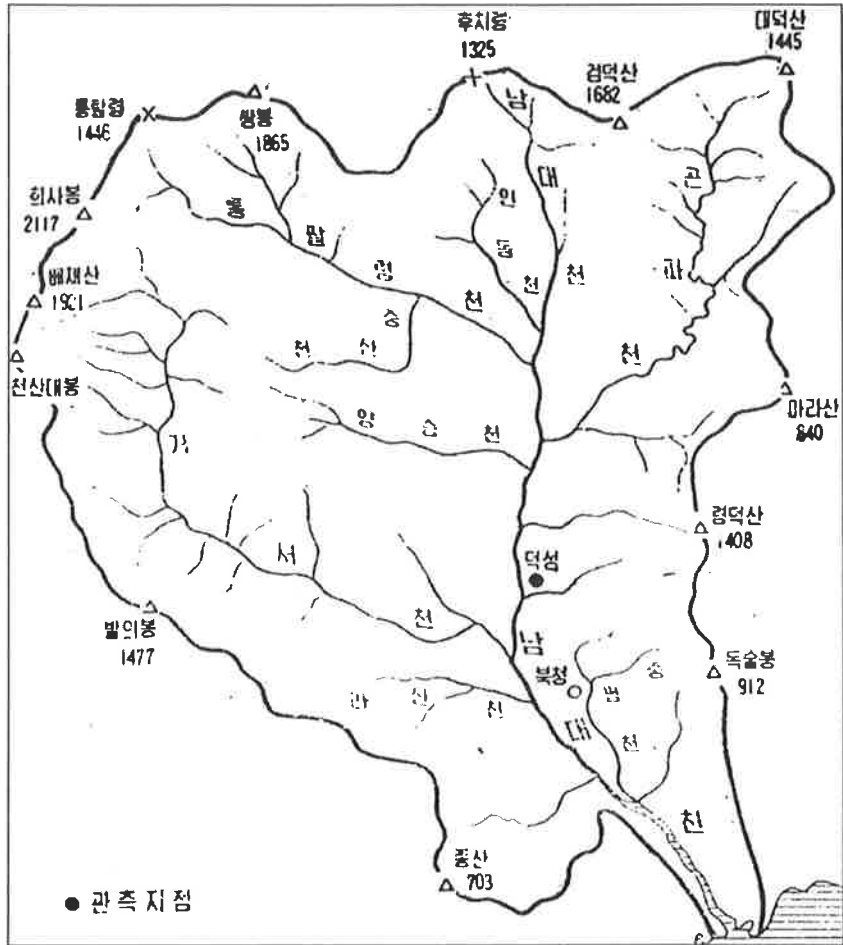
이밖에도 3-5 ha의 밭에 관개를 하는 지하수시설만도 10여 개가 넘는다. 또한 하천유역에서는 퇴수를 2차 용수로 널리 이용하고 있을 뿐 아니라 물웅덩이와 논판막이를 비롯하여 여러 가지 보조수원을 이용하여 1백만m³물을 이용 116ha를 관개하고 있다.

7.6 남대천(북청)

7.6.1 남대천(북청) 하천형태학적 특성

남대천(북청)은 부전령산줄기 후치령(1,325m)의 남쪽경사면에서 흐르기 시작하여 덕성군 영역을 북에서 남으로 흐르며 북청군 영역에서는 동남방향으로 흘러 동해에 흘러든다.

이 하천은 본류가 비교적 곧은 형태이고 유역면적에 비하여 길이가 짧다. 하천의 길이는 71.2km이고 유역면적은 1,940.8km²이다. 하천망의 밀도는 0.4km/km²이고 유역평균 폭은 27.2km이다. 유역의 평균높이는 676m이며 분수령의 길이는 225km이다. 하천은 남북으로 길쭉한 타원형이며 비교적 발달된 유역형태를 가진다. 유역의 분수령을 이룬 산줄기는 비교적 높으며 북쪽에는 부전령 산줄기가 동서로 길게 뻗어있다. 때문에 허천강 유역과 경계를 이루고 있고 동쪽에는 대덕산 줄기가 남북으로 솟아 있기 때문에 남대천(리원) 및 남대천(단천)유역과 경계를 이루고 있다. 서쪽에는 부전령 산줄기와 그 지맥인 거두봉 산줄기 능선을 경계로 성천강 유역과 경계를 이루고 있다.



<그림 7.7> 남대천(북청) 수계도

남대천(북청)유역의 길이별 구성을 보면 5km이상 하천 77개 가운데서 5-50km의 하천이 대부분이며 그 이상은 2개이다. 남대천(북청)의 유역면적별 구성을 보면 주요하천 9개 가운데서 대부분이 500km²이하로서 중소하천이다. 남대천(북청)의 주요지류는 표 7.29와 같다.

남대천(북청)의 비교적 큰 지류로서는 통팔령천, 곤파천, 살구천, 거서천 등을 들수 있다. 남대천(북청) 유역은 동북방향에서 남서방향으로 비탈져 있으며 상류, 중류에서는 급류를 이루며 하류로 내려오면서 비교적 완

만하게 흐른다.

표 7.29 남대천(북청)주요지류의 연장 및 유역면적

하 천	길 이(km)	유역면적(km ²)
송이동천	7.6	22.9
배골천	5.0	13.1
인동천	17.5	75.4
통팔령천	35.3	302.3
장동천	8.8	60.7
중산천	15.5	48.5
창일천	5.2	9.6
직동천	8.9	26.9
곤파천	48.5	290.0
배덕천	7.9	25.6
조양천	10.6	45.0
살구천	19.5	104.8
주이동천	13.1	37.9
수동천	8.4	25.3
거서천	53.6	500.5
연막천	5.4	13.1
큰직골천	6.0	34.5
죽산천	6.9	22.8
장골천	6.0	18.2
미전동천	6.3	28.1
어유동천	7.0	29.1
신흥천	10.5	43.3
어은동천	12.6	29.9
교통천	11.3	46.0
종포천	10.1	84.6
서리천	12.6	29.1
중평천	20.5	85.7
양승천	20.0	104.7

남대천(북청)유역에는 중생대화강암이 많이 분포 되어 있다. 그리고 일부 지역에는 석회암이 분포 되어 있고 덕성, 북청에는 천매암이 분포 되어 있다. 강바닥 지질은 상류에서 큰 돌로 이루어지고 있으며 중류는 굽은 모래와 자갈, 하류는 모래로 되어있다.

남대천(북청)의 유사량은 연간 약 14만2,000톤이다. 남대천(북청) 덕성지점의 년평균 함사량은 $9.5/m^3$ (1977-1983년)이며 평균함사량이 제일 커지는 달은 7월이고 제일 작아지는 달은 2월이다. 이 기간 덕성지점에서의 최대 함사량은 $1,254.1g/m^3$ 이었으며 1981년 7월 5일에 나타났다.

북청읍 부근에서는 강물이 여러 갈래로 분기되면서 강바닥이 패이고 흙과 모래가 많이 쌓이고 하천기슭 물매가 급하다. 남대천(북청)의 유역강수량은 830mm이고 북청지점의 연간평균강수량은 796.0mm로서 많지 못한 편이다.

덕성지점의 1960-1975년 결빙시작 일자는 11월 22일이고 완전히 어는 날자는 12월 9일이다. 평균적인 해빙일자는 2월 12일이고 완전히 풀리는 날자는 3월 27일이다. 따라서 얼음이 완전히 얼어있는 기간은 평균 64일간이다. 덕성지점에서 하천가운데의 최대얼음두께는 같은 통계기간에 평균 47cm 정도이다.

상류부의 덕성군 영역에서는 산림비율이 80%이상으로 수종은 침엽수종이 우세하고 북청군 영역에서는 산림 비율이 60%정도이며 소나무 단순림이 분포 되어 있다. 농경지는 11%, 하천부지는 3% 이다.

7.6.2 남대천(북청)의 수자원현황

남대천(북청) 유역의 연간강수량은 약1,594.7백만 m^3 이며 단위면적당 강수량은 822천 m^3 이다. 강수량을 동해안 북부하천과 성천강 이남의 동해안 하천의 강수량과 대비하면 중간정도이다. 남부지구(금야강, 덕지강 등)의 하천보다는 단위면적당 강수량이 20-30%가 적으나 함경북도 지구의 동해안 여타 하천 보다는 20-30%가 많다.

강수량의 계절별 분포를 보면 여름철에 57.7%로 제일 높고 겨울철

에 5.9%로 제일 낮다. 강수자원량은 8월에 약 389백만 m^3 (24.4%)으로서 제일 많고 2월에 27.2백만 m^3 (1.7%)으로 제일 적다. 강수자원의 지역별 연간 분포의 비율은 거의 같고 다만 하류부의 중평천과 마산천 유역이 6월에 10.1%로서 다른 지류의 유역 보다 1%가 작다.

남대천(북청)유역의 평균흐름량은 $31.2m^3/s$ 로서 금야강의 50%이하이다. 유출계수는 0.62이며 비유량은 $16.1\ell/s/km^2$ 로서 금야강, 덕지강 유역의 약 50%정도이다. 남대천(북청)의 연간수자원량은 약 985.4백만 m^3 이며 함경남도 수자원량의 7.85%를 차지한다. 단위면적당 수자원량은 508천 m^3 이다.

수자원량의 지역적 분포를 보면 지류별로 차이가 있다. 유출계수가 가장 크고 단위면적당 수자원량이 제일 큰 지역은 거서천 유역인데 단위면적당 수자원량이 615천 m^3 이다. 거서천유역의 평균비유량은 $19.5\ell/s/km^2$ 로서 유역내에서 가장 크다. 거서천의 수자원량은 전체 수자원량의 31.2%(전체 유역 면적의 25.7%)를 차지한다.

다음으로는 통팔령천 유역의 수자원량이 많다. 통팔령천 유역의 유출계수는 0.66이고 비유량은 $17.3\ell/s/km^2$ 이다. 하천의 면적은 전체 면적의 15.6%이지만 수자원량은 164.9백만 m^3 로서 16.7%를 차지한다.

남대천(북청)유역에서 수자원량이 적은 지역은 하류부인 중평천유역과 상류부의 왼쪽 강기슭인 곤파천 유역인데 중평천 유역의 비유량은 $13.5\ell/s/km^2$, 단위면적당 수자원량은 5,400 m^3 이며 곤파천 유역의 비유량은 $14.6\ell/s/km^2$, 단위면적당 수자원량은 460천 m^3 이다.

수자원은 계절에 따라 불균일하게 분포되는데 봄철에는 총 수자원량의 13.8%(136백만 m^3)가 유출되고 여름철에 55.5%(547백만 m^3), 가을철에 24.2%(239백만 m^3), 겨울철에 6.5%(64백만 m^3)가 유출된다. 남대천(북청)유역안에서 지역별 수자원의 계절별 분포비율의 차이는 극히 적으나 수자원의 월분포 비율의 차는 크다.

남대천(북청)유역에서 수자원의 월별 분포 비율이 가장 큰 달은 8월이고 가장 작은 달은 2월이다. 8월에는 총 수자원량의 26.3%인 259백만 m^3 이 유출되고 2월에는 1.7%인 16.8백만 m^3 이 유출된다.

표 7.30 남대천(북청) 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4 m^3)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
남대천(북청)	강수량	2,717	3,028	5,415	9,414	10,520	16,110	36,966
	수자원	1,872	1,675	2,463	5,321	5,814	7,785	20,989
중평천	강수량	114	127	228	396	443	678	1,557
	수자원	70	62	91	198	216	289	779
마산천	강수량	120	134	240	417	467	714	1,641
	수자원	84	76	111	239	262	350	944
거서천	강수량	681	766	1,361	2,467	2,933	4,725	9,444
	수자원	585	523	769	1,662	1,816	2,431	6,556
양승천	강수량	137	155	274	497	593	953	1,905
	수자원	106	95	139	301	329	441	1,189
곤파천	강수량	377	423	751	1,363	1,621	2,607	5,214
	수자원	254	227	334	721	788	1,055	2,844
통팔령천	강수량	402	451	804	1,454	1,732	2,784	5,571
	수자원	313	280	412	891	973	1,303	3,513
중산천	강수량	63	72	127	230	275	441	883
	수자원	50	45	66	142	155	208	560
인동천	강수량	98	110	195	354	422	678	1,356
	수자원	72	65	95	205	225	301	810
지 류	구분\월별	8	9	10	11	12	계	
남대천(북청)	강수량	38,970	18,343	8,143	6,211	3,669	159,473	
	수자원	25,913	14,190	5,912	3,745	2,858	98,540	
중평천	강수량	1,637	771	342	261	154	6,708	
	수자원	962	527	219	139	106	3,658	
마산천	강수량	1,726	813	361	276	163	7,072	
	수자원	1,166	638	266	168	129	4,433	
거서천	강수량	10,340	4,805	2,382	1,617	1,021	42,542	
	수자원	8,095	4,432	1,847	1,170	892	30,778	
양승천	강수량	2,087	970	481	327	206	8,585	
	수자원	1,468	803	335	212	162	5,580	
곤파천	강수량	5,707	2,654	1,317	893	563	23,490	
	수자원	3,511	1,923	801	507	389	13,352	
통팔령천	강수량	6,097	2,836	1,406	752	602	25,091	
	수자원	4,338	2,375	990	627	478	16,493	
중산천	강수량	967	450	223	151	95	3,977	
	수자원	692	379	158	100	76	2,631	
인동천	강수량	1,484	690	342	232	146	6,107	
	수자원	1,001	548	228	145	110	3,805	

그러나 동해안 남부지역하천보다 월 유출분포 비율은 8월이 낮고 반대로 2월이 높다. 7월, 8월의 두 달 동안에 총수자원량의 거의 50%가 유출된다. 그러나 가장 중요한 5월과 6월에는 각각 5.9%, 7.9%로서 모두 13.8%가 유출될 뿐이다.

남대천(북청)유역의 북부산악지대에서는 5월초까지 눈녹은 물이 유출의 영향을 받으므로 5월의 유출분포비율은 5.9%로서 덕지강(4.2%)과 금야강(5.0%)보다 약간 높다. 유역내에서 유출의 월별 분포 비율은 거의 같다.

덕성지점에서 1960년 이후의 최대 홍수는 $1,700\text{m}^3/\text{s}$ (1965년 8월 6일)였고 두 번째 홍수는 $1,130\text{m}^3/\text{s}$ (1965년 8월 6일)였고 두 번째 홍수는 $1,130\text{m}^3/\text{s}$ (1962년 8월 3일)였으며 세 번째 홍수는 $847\text{m}^3/\text{s}$ (1961년 8월 8일)였다. 흐름량의 최소값은 1979년 2월 14일에 덕성지점에서 관측 되었다. 이때 흐름량은 $0.14\text{m}^3/\text{s}$ 였으며 30일간의 최소평균흐름량(1970년 1월 1-30일)은 $1.68\text{m}^3/\text{s}$ 였다. 최대홍수량은 년평균 흐름량의 110배이며 이때 비유량은 $1,744\text{ } \ell / \text{s}/\text{km}^2$ 이다. 년평균최대흐름량은 년평균 흐름량의 27배이며 이때 비유량은 $417\text{ } \ell / \text{s}/\text{km}^2$ 이다.

표 7.31 남대천(북청) 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km^2)	강수량 (mm)	유출량 ($10^4\text{m}^3/\text{yr}$)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 ($\ell / \text{s}/\text{km}^2$)	유출계수
남대천(북청)	1,940.8	821.6	98,540	313.9	507.7	16.1	0.62
중령천	85.7	780	3,649	354.3	425.7	13.5	0.54
마산천	88.4	800	4,433	298.5	501.5	15.9	0.63
거서천	50.1	850	30,778	235.1	614.9	19.5	0.72
양승천	10.5	820	5,580	287.0	533.0	16.9	0.65
곤파천	29.0	810	13,353	349.6	460.4	14.6	0.57
통팔령천	302.3	830	16,493	284.5	545.5	17.3	0.66
증산천	48.5	820	2,631	277.5	542.5	17.2	0.66
인동천	75.4	810	3,805	305.4	504.6	16.0	0.62

남대천(북청)유역의 평균강수량은 821.6mm이고 증발량은 313.9mm이

며 유출고는 507.7mm로서 61.8%가 유출된다. 유출고는 동해안 남부하천보다는 100-150mm 적고 동해안 북부하천보다는 100-120mm 많다.

덕성지점에서 10,000년 빈도에 해당하는 홍수량은 $4,320\text{m}^3/\text{s}$ 이며 1,000년에 해당하는 홍수량은 $3,020\text{m}^3/\text{s}$ 이다. 또한 100년에 한번 정도 있을 수 있는 홍수량은 $1,928\text{m}^3/\text{s}$ 이다.

남대천(북청)유역의 총수자원은 985.4백만 m^3 이다. 이 하천유역의 총수자원은 모두 자체수역에서 형성된 자원으로서 하천의 상류로부터 하류로 내려오면서 유출률은 점차 작아지며 총 수자원의 55.5%가 여름철에 유출되고 있다. 남대천(북청)수자원의 86%는 덕성군의 수자원이며 나머지 14%는 북청군과 신포시의 수자원이다.

남대천(북청)의 단위면적당 물자원은 508천 m^3 으로서 북한동해사면의 하천 중에서 다섯 번째 이다. 이 하천의 수자원 가운데서 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수자원은 221.2백만 m^3 이고 단위면적당 물이용량은 114천 m^3 이다..

남대천(북청)의 물 이용에서 기본을 이루는 농업용수는 총 물 이용량의 56.4%를 차지한다. 이렇게 농업용수가 많은 비중을 차지하는 것은 하류에 신창벌이 있는 것과 관련된다.

이 하천은 농업용수를 이용하기 위한 시설이 북한의 동해사면 하천 가운데서 그 중 잘되어 있는데 근간은 보에 의한 관개이다. 보에 의한 관개는 73.6%를 차지하며 나머지는 양수장과 저수지의 물을 이용한 관개이다.

이 유역에서 지하수 시설을 이용한 관개는 농업용수이용량의 6.5%를 차지한다. 그 중에서 기본을 이루는 것은 우물과 굴포, 지하저수지에 의한 관개이다.

남대천(북청) 유역에서 다음으로 물을 많이 쓰는 부분인 공업용수는 총 물이용량의 39.5%를 차지한다. 이 하천유역에서 공업용수로 이용되는 물량이 적은 것은 큰 공장, 기업소가 없고 중소규모의 지방산업공장 뿐이기 때문이다. 공업용수에서 기본을 이루는 것은 수력발전용수이다. 수력발전용수로 쓰인 물은 그대로 하천에 다시 들어옴으로써 소비되는 물량은

없다.

남대천(북청)유역에서 주민들의 생활용수로 급수하는 물량은 총물이용량의 4.1%를 차지한다. 그 중에서 84.8%를 지하수에 의하여 급수하고 있다.

이와 같이 이용된 물자원의 60%는 다시 회복 되어 하천에 들어오고 40%가 소비되는데 이것은 이 하천유역에 조성된 수자원의 9%만이 소비되고 기타 나머지 자원은 흐름량자원으로 유출되고 있다는 것을 알 수 있다. 이 수자원은 계절에 따라 변화되고 그때 이용하는 수량도 계절에 따라 현저히 달라지기 때문에 계절별 수자원의 과부족상태를 평가하는 것은 매우 중요하다. 이는 남대천(북청)유역에서 연간 쓰는 물량의 56.4%가 농업용수인 데다가 그것도 봄철과 여름철에 집중적으로 이용되고 그 이용비율도 서로 다르기 때문이다. 남대천(북청)의 계절별 수자원을 분석하면 갈수기인 봄철에도 74.8백만 m^3 의 자원이 있다는 것을 알 수 있다. 이는 이 하천유역에 9.4 m^3/s 의 수자원이 봄철에 잉여수량으로 남아있다는 것을 의미한다.

표 7.32 남대천(북청) 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	13,958	54,690	23,847	6,405	98,540
이용량	6,115	9,739	3,858	2,406	22,118
과부족	7,483	44,951	19,989	3,999	76,422

이 하천의 수자원은 계절에 따라서 다를 뿐 아니라 월별로 다르다. 남대천(북청)의 월별 물자원을 분석해보면 물이용량이 제일 많은 6월에도 수자원의 45.9%가 이용되고 16.2 m^3/s 의 수자원은 흐름량자원으로 유출되고 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 남대천(북청)은 이 유역에 필요한 공업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 급수하고도 764.2백만 m^3 (24.2 m^3/s)의 물이 흐름량 자원으로 유출되고 있다.

표 7.33 남대천(북청)월별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4m^3)

구분\계절	1	2	3	4	5	6	7
수자원	1,872	1,675	2,463	5,321	5,814	7,785	20,985
이용량	802	802	1,139	1,676	3,308	3,575	3,238
과부족	1,070	873	1,324	3,645	2,514	4,210	17,747

구분\계절	8	9	10	11	12	계
수자원	25,916	14,190	5,912	3,745	2,858	98,540
이용량	2,926	2,052	1,004	802	802	22,118
과부족	22,990	12,138	4,908	2,943	2,056	76,422

7.6.3 남대천(북청)유역의 농업용수이용 특성

남대천(북청)은 하류에 있는 신창별(130km^2)의 관개용수 공급에 있어서 매우 중요한 역할을 하고 있다. 이 하천은 농업용수를 이용하기 위한 시설이 잘 되어 있기 때문에 함경남도는 물론 동해안 하천 중 농업용수 이용에 있어서 가장 양호하다.

현재 이 하천유역에 있는 17개의 저수지와 157개소의 양수장, 83개소의 보, 458개소의 지하수시설, 33개소의 기타시설에 의하여 연간 약 1백만 m^3 이상의 물을 저류하여 약 8,000ha를 관개하고 있다. 그 중에서도 근간을 이루는 것은 보에 의한 관개이다. 보는 남대천(북청)의 농업용수 이용에서 64%를 차지하는 기본관개시설로서 이 유역의 하천연안과 하류의 신창별에 물을 급수하고 있다.

이 유역에서 다음으로 큰 비중을 차지하는 것은 양수장에 의한 관개이다. 현재 이 유역에는 160여 개소의 각각 다른 수원을 이용하는 양수장이 있는데 대부분은 독립양수장이다. 이 독립양수장에서 연간 약 14백만 m^3 의 물을 양수하여 약 1,000ha를 관개하고 있다.

농업용수 이용에서 다음으로 많은 비중을 차지하는 것은 저수지에 의한 관개이다. 저수지에 의한 총 저수량은 약 9백만 m^3 으로서 이 하천의 농업용수 총 이용량의 약 9%를 차지한다. 이 유역에 있는 대부분의 저수지는 1백만 m^3 미만이고 1백만 m^3 이상의 저수지는 보천저수지(3.7백만 m^3)와 중

산저수지(2.6백만 m^3)뿐이다. 이밖에 여러 가지 지하시설과 기타 보조수원을 이용하여 농업용수로 이용하고 있다.

표 7.34 남대천(북청) 수원형태별 농업용수 이용현황(백만 m^3)

하천명	지역	계			지표수				지하수	
		계	지표수	지하수	저수지	양수장	보	기타	우물, 졸짚	굴포, 지하저수지
남대천 (북청)	함경남도 덕성, 북청	124.8	116.9	806	898	14.1	91.8	402	243	563

1). 저수지에 의한 농업용수이용현황

남대천(북청)유역에는 보천저수지를 비롯하여 17개의 저수지가 있는데 그 중에서 가장 큰 저수지는 보천저수지와 종산저수지이다. 이 저수지의 저수용량은 남대천(북청)유역에 있는 저수지 총 용적의 70%를 차지하고 그밖에 15개의 저수지는 30%를 차지한다. 이러한 저수지의 특성으로 하여 보천저수지와 종산저수지를 내놓고는 평균 0.1-0.3백만 m^3 의 작은 저수지로 되어있기 때문에 관개구역은 리의 범위에 국한 되어 있다. 하천유역에는 다른 골짜기의 물을 양수기로 양수하는 간접유역의 저수지도 적지 않다. 이런 저수지는 다른 저수지와 달리 간접유역의 물을 계절의 제한을 받음이 없이 쓰기 때문에 저수지용적은 작지만 연간 물 공급량이 많은 것이 특징이다.

표 7.35 남대천(북청)의 저수지에 의한 관개면적 현황

저수지수 (개소)	유역면적 (km^2)	관개면적(ha)			저수지용적 (백만 m^3)
		계	논	밭	
17	109.1	965	795	170	8.98

저수지의 실제 물 이용량은 저수지용적의 1.4-1.5배나 되는데 이는 저수지의 규모가 크면 클수록 많아지며 간접유역에서 얼마나 많은 수량을 유입시키는가에 관계된다.

저수지의 특성값에서 보는바와 같이 유역에서 저수지로 이용하는 집수 면적은 5.6%밖에 이용하지 못하며 개당 저수지용적도 북한에서 가장 작다.

2). 양수장에 의한 농업용수이용현황

남대천(북청) 유역에는 여러 가지 수원을 이용하는 양수장이 있다. 양수장의 취수능력은 $10.8\text{m}^3/\text{s}$ 이며 관개면적은 약 $1,600\text{ha}$ 이다. 그 중 근간을 이루는 것은 독립양수장이며 연간 양수하는 수량은 10.6 백만 m^3 으로서 양수장에서 쓰는 총 물량의 75%를 차지한다.

현재 독립양수장의 대부분은 하천수원을 이용하는 양수장인데 마산1호 양수장과 물과 양수장은 연간 1 백만 m^3 이상 양수하는 비교적 큰 양수장으로서 100ha 에 가까운 경지에 관개한다. 이 유역의 양수장관개에서 특징으로서는 다른 유역에 비하여 지하수를 이용하는 양수장이 많은 점이다.

표 7.36 남대천(북청)유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력

지역	총 계			저수지수원			하천수원		
	양수장수 (개소)	양수능력 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m^3/s)	관개면적 (ha)
북청군영역	100	7.83	1188	9	0.69	107	13	1.59	237
덕성군영역	27	0.41	183				25	1.34	141
곤파천	9	0.47	61				8	0.45	47
거서천	21	1.05	137				20	1.01	106

지역	지하수수원			퇴수수원			기 타		
	양수장수 (개소)	양수능력 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m^3/s)	관개면적 (ha)
북청군영역	46	270	371	11	0.83	166	21	2.08	307
덕성군영역	2	0.06	42						
곤파천	1	0.02	14						
거서천	1	0.05	31						

이와 함께 이용한 물을 다시 받아쓰는 퇴수를 수원으로 하는 양수장이 11개소가 되며 이 퇴수 수원으로 200 여 ha 에 가까운 면적을 관개하고 있

다. 이밖에 보조수원을 이용하는 양수장과 저수지를 수원으로 하는 양수장이 많다. 보조수원을 이용하는 양수장은 무려 21개소나 되며 그에 의한 관개면적은 300여 ha나 된다. 양수장의 64%가 남대천(북청) 본류 유역에 집중되어 있다.

3). 보 의한 농업용수이용현황

남대천(북청)에서 보에 의한 관개는 농업용수 이용에서 근간이 된다. 현재 이 유역에는 크고 작은 보가 약 100여개소에 달하며 연간 68.4-90백만 m^3 의 물을 가두어 62.2-74백만 m^3 을 농업용수로 쓰고 6.2-10백만 m^3 은 다른 수원으로 이용하는 중요한 관개시설물이다.

이 하천에는 1 m^3/s 이상 취수하는 보가 6개소가 되며 이 보에 의하여 연간 약 3,500-4,000ha를 관개하고 있다. 특히 이 하천유역에서 가장 큰 량덕보와 량가보는 취수량이 2 m^3/s 이상으로서 700여 ha이상 관개하고 있다. 또한 이 하천유역에는 임시적인 보도 적지 않은데 이 보은 하천연안에 발달한 작은 규모의 논밭을 관개하는 중요한 수단으로 되고 있다. 보에 의한 총 취수량 가운데서 88%를 본류에서 이용하며 그의 절대다수는 중하류지역에 집중 되어 있다.

표 7.37 남대천(북청)유역 보에 의한 관개 현황

지 역	개소수	급수면적(ha)			급수량(백만 m^3)		
		계	논	밭	계	논	밭
북청군영역	46	3,119	2,238	881	46.38	43.06	3.32
덕성군영역	18	1,085	676	408	7.59	6.37	1.22
곤파천	6	361	225	136	2.53	2.12	0.41
거서천	13	813	507	307	5.70	4.78	0.92

4). 지하수에 의한 농업용수이용현황

남대천(북청)유역에는 약 107.9백만 m^3 의 지하수가 분포 되어 있는데 이것은 북한지하수자원의 약 2%에 해당된다. 하천유역의 지하수에서 균

렬수와 4기층수가 기본을 이룬다. 이는 하천유역에 남북방향의 단렬대와 하류지역에 넓은 충적벌이 형성되어 있기 때문이다. 균렬수는 주로 하천의 상류와 중류 지대에 분포 되어 있으며 많은 경우 샘의 형태로 하천 흐름에 합류되고 있다.

구조균렬에 부존되어 있는 균렬수는 산기슭이나 강바닥에서 압력수샘으로 유출되거나 제4기층수를 공급하기도 한다. 이러한 지하수는 상류지대인 덕성군 일대에서 찾아 볼 수 있다.

풍화균렬수도 이 지역에 분포 되어 있는데 침식 벼랑면으로 유출되고 있다. 이러한 풍화균렬수는 계절수로서 갈수기에는 고갈상태에 있다.

남대천(북청)유역에서 제4기층수가 지하수자원의 많은 몫을 차지한다.

남대천(북청)은 상류에서 하천경사가 19/1,000로서 매우 급하기 때문에 강바닥 침식이 강하게 진행되고 하류로 오면서 하천경사가 급격히 완화되어서 퇴적작용이 활발히 진행된다. 때문에 하류지대에는 넓은 충적벌이 형성 되었으며 상류지대로 가면서 여러 지역에 범람원과 운적층, 벼랑돌 무지가 발달 되어 있다. 그러므로 4기 층수는 하류의 충적벌 지역에 널리 분포되어 있다. 이 지역에서 대수층의 두께는 수m에서 수10 m에 달하며 대수층은 주로 굵은 모래와 모래로 되어있다. 상류로 가면서 대수층은 자갈이 우세하며 두께는 하류에서보다 작다.

운적층과 벼랑돌 무지에도 지하수가 부존 되곤 하는데 이러한 대수층에서 지하수는 계절적 영향을 심히 받으며 갈수기에는 지하수가 고갈되곤 한다.

남대천(북청)유역에서 지하수가 많은 지역은 상류지대인 덕성군 일대이다. 지하수자원의 분포는 단위면적당 지하수 자원량으로 평가할 수 있다. 덕성군 일대에서 단위면적당 지하수자원이 제일 높으며 이 지역에 분포되어 있는 지하수자원은 약 7,980m³로서 남대천(북청)유역 지하수자원의 약 70%를 차지한다.

덕성군일대에 지하수가 풍부한 것은 지층의 대수성이 좋을 뿐 아니라 상류지대에 강수량이 많고 거서천, 통팔령천, 곤파천 등 하천망이 발달되

어 있기 때문이다.

남대천(북청)에서 지하수시설에 의하여 약 8백만 m^3 의 물로 600ha를 관개하고 있다. 그 중에서도 지하저수지에 의한 관개가 근간으로 되고 있는데 지하저수지의 대부분은 좁은 실개천을 막아 땅속으로 흘러나가던 물을 양수기로 양수하여 관개하고 있다. 큰 지하저수지에서는 10여 ha를 관개하는 곳도 있다.

지하수이용에서 다음으로 많은 비중을 차지하는 것은 우물과 굴포이다. 우물과 굴포는 지하수시설의 총 개수에 있어서 95%이상을 차지하지만 물 이용량에 있어서는 약 3백만 m^3 으로서 총 지하수 이용의 50%도 되지 못한다. 주로 이 시설은 용출량이 적기 때문에 발관개를 하거나 영양단지를 만드는데 이용되고 있다.

하천하류에서는 한번 이용한 물을 다시 이용하는 퇴수시설도 10여개소가 되는데 여기에서 257천 m^3 의 물로 170ha를 관개하고 있다. 이밖에도 물웅덩이, 논판막이를 비롯한 20여개소의 보조수원을 이용하여 140천 m^3 의 물을 농업용수로 쓰고 있다. 이와 같이 남대천(북청)은 우리나라 동해안 하천 가운데서 농업용수를 효과적으로 이용하는 표본적인 하천이라고 말할 수 있다.

7.7 성천강

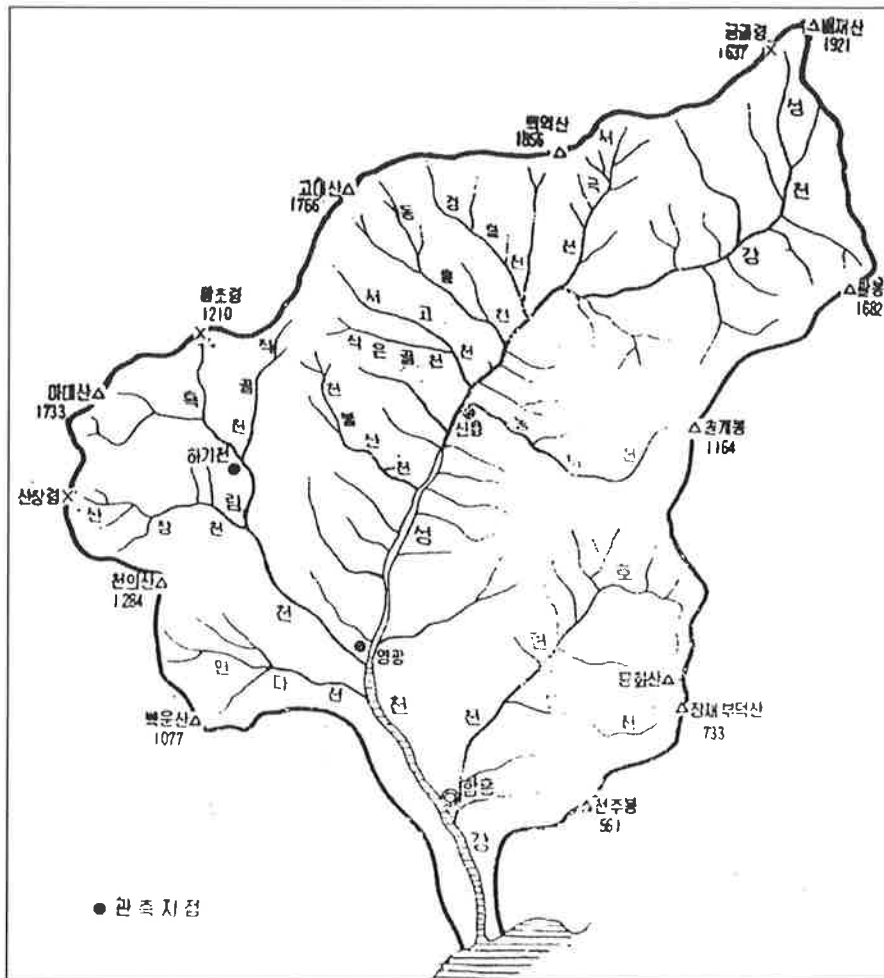
7.7.1 성천강의 하천형태학적 특성

성천강은 부전령산줄기의 금패령 동쪽비탈면에서 시작 되어 서남방향으로 흘러 신흥군 영역을 지나며 다시 남쪽으로 방향을 바꾸어 영광읍 부근에서 어구까지는 남남동방향으로 함흥만에 흘러든다. 성천강 유역의 분수령선은 동쪽으로는 함관령산줄기, 북쪽은 부전령산줄기, 서쪽은 백운산줄기의 능선으로 되어있다. 분수령선의 연장은 262km이다.

성천강은 동해안 하천 가운데서 유역면적이 두만강 다음으로 큰 강이다. 성천강의 총연장은 105.3km이고 유역면적은 2,417.7 km^2 이다. 지류 대부분은 유역면적이 30 km^2 이상 되며 함관령 산줄기와 부전령산줄기, 백운산줄기

기에서 흐르기 시작한다.

성천강유역에는 5km 이상 되는 하천이 52개소로서 동해안 하천중 지류가 제일 많다. 대부분의 하천은 연장이 5-20km 내이며 그이상의 하천은 5개소 정도이다. 성천강유역의 유역면적별 구성을 보면 주요하천 14개 가운데서 50km² 이하가 2개소, 50.1-100km²가 4개소, 100.1-200km²가 5개소, 200.1-500km²가 2개소, 1,000.1-3,000km²가 각각 1개소이다. 이와 같이 전체 개수의 약 80%가 200km² 이하의 소하천이다.



<그림 7.8> 성천강 수계도

성천강의 유역평균너비는 22.7km 이며 형태는 길죽하다. 유역의 평균 높이는 540m, 분수선의 길이는 262.0km이며 하천망의 밀도는 0.38km/km²이다.

하천의 만곡률은 1.33으로서 비교적 작은편이다. 성천강 주요지류의 길이와 유역면적은 표 7.38과 같다.

표 7.38 성천강 주요 지류의 연장 및 유역면적

하천명	지류구분	하천길이(km)	유역면적(km ²)
작은명태천	1지류	10.4	31.7
고개천	"	7.9	38.5
대홍천	"	6.0	16.1
우송천	"	12.7	52.6
축상천	"	10.4	53.1
풍성천	"	7.4	35.8
서곡천	"	17.4	98.4
신서리천	2지류	5.3	16.1
경홍천	1지류	19.0	114.6
청골천	2지류	5.9	18.0
영고천	"	10.7	39.2
동홍천	1지류	20.0	116.3
서홍천	2지류	11.8	37.7
대동천	1지류	19.4	119.6
작은골천	2지류	15.2	37.8
풍덕천	1지류	9.7	24.3
우산천	"	8.4	20.9
신덕천	"	6.2	9.1
천불산천	"	17.5	58.3
동덕천	"	25.5	130.1
예골천	2지류	7.7	23.8
외골천	1지류	7.0	17.4

-표 7.38 계속-

하천명	지류구분	하천길이(km)	유역면적(km ²)
창골천	1지류	10.6	27.2
천동천	“	6.1	12.5
룡동천	“	5.2	14.4
풍산천	“	14.2	33.4
향천	“	7.0	17.9
화장천	“	5.6	14.5
신덕천	“	13.6	60.7
흑림천	“	38.2	380.5
수전개	2지류	8.0	31.1
범법동천	“	9.7	24.3
직골천	“	15.1	30.5
동흥천	“	10.5	27.0
산창천	“	18.1	115.0
동전천	“	5.3	9.4
호련천	1지류	40.4	398.4
금사천	2지류	6.8	39.1
광덕천	“	7.7	25.8
동 천	“	18.0	78.7
평수천	“	7.2	9.7
경흥천	“	7.1	16.0
련흥천	“	13.1	38.3
인다천	1지류	21.5	111.7

성천강의 큰 지류로서는 흑림천, 호련천 등을 들수 있으며 유역면적이 10km²이상 되는 지류가 7개소이다.

성천강의 상류는 강바닥 경사가 급하기 때문에 바닥은 침식되어 V형 계곡을 형성한다. 때문에 운반물 형성과 이동이 심한 것이 특징이다. 중류로 내려오면서 경사는 점차 작아지는데 영광읍과 함흥사이의 평균경사는

1.5/1,000정도이며 성천강하류 군자리다리 부근의 강바닥경사는 1/1,000 강폭이 약 600m 정도이고 성천교 부근의 강바닥경사는 약 1.3/1,000, 강너비는 약 590m정도이다. 성천강 본류와 지류 호련천과 합치는 곳에서의 강폭은 950m정도이다. 그러나 상류지방의 강바닥경사는 급격히 커지며 강폭이 좁아진다.

성천강의 연간 부유사 및 소류사 총량은 약 47만t이다.

성천강유역의 평균폭은 22.96km이고 하천의 총 연장은 918.1km이며 하천망의 밀도는 0.38km/km²이다. 하천유역의 완전도는 0.22로서 길이가 너비의 4배되는 길죽한 형태이다.

성천강 유역의 부전령 산줄기, 백운산줄기, 함관령 산줄기에는 산림이 무성하다. 청천강유역의 최상류지대는 해발 1,700m이상으로서 삼승류를 위주로 하는 바늘잎나무숲지대를 이루고 있다. 해발 500-800m 되는 지대에서는 남쪽사면에 소나무가 많고 북쪽사면에 참나무가 우세한 혼성림을 이루고 있다. 해발 200-300m되는 저산지대에는 소나무단순림을 이루고 있다.

7.7.2 성천강의 수자원현황

성천강유역은 비가 많이 내리는 원산만연안과 비가 적게 내리는 동북지역의 중간위치에 놓여있어 연간 강수량은 보통정도이다. 유역의 연간강수량은 2,427.4백만m³이며 단위면적당 강수량은 100.4m³/km²로서 동해안 여타 지역보다 비교적 많은 편이다.

호련천 유역의 강수량은 378.5백만m³이고 흑림천은 418.6백만m³이다. 단위면적당 강수량의 분포를 보면 우안유역의 하천에서는 1.05-1.12백만m³으로 대단히 많지만 좌안유역의 하천에서는 0.93-0.95백만m³으로서 평균 0.1백만m³이상 적다. 우안유역과 좌안유역간의 연간평균강수량 차이는 약 100mm이상 된다. 이러한 자연적 조건에 의해 지류배치도 우안이 조밀하고 좌안은 희박하다.

성천강 유역에서 강수량이 단위면적당 제일 많은 유역은 흑림천의

오른쪽 유역인 백운산줄기의 동쪽 비탈면과 서곡천, 경흥천 등 부전령산 줄기 동쪽비탈면에서 흘러내리는 하천유역이다. 이 유역에서 단위면적당 강수자원은 1.1백만 m^3/km^2 이며 특히, 흑림천 우안지류인 산창천은 1.12백만 m^3/km^2 으로서 제일 많다.

성천강 유역에서 강수자원이 가장 적은 유역은 함흥시지역의 동부호천 유역이며 연간 평균강수량은 950mm 이고 연간 강수자원은 평균 378.5백만 m^3 이다. 단위면적당 강수자원은 1백만 m^3/km^2 으로서 성천강 유역평균량과 대비하면 연간 약 540천 m^3 이 적다. 다음으로 강수자원이 적은 곳은 강상류부의 왼쪽 동덕천 유역인데 여기에서 단위면적당 강수자원은 0.95백만 m^3/km^2 으로서 같은 상류부인 서곡천, 경흥천 유역보다 단위면적당 연간 강수자원이 0.15백만 m^3/km^2 이 적다.

강수자원 분포의 이와 같은 지역적 차이는 습윤한 남동풍이 내륙으로 이동하면서 부전령 산줄기 및 백운산줄기의 동쪽 비탈면에 많은 비가 내리기 때문이다. 이와 같이 성천강유역의 강수자원 분포는 지역적으로 차이 날 뿐 아니라 월 및 계절적으로도 큰 차이를 가지고 있다.

겨울철은 연간 강수자원의 5.3%인 128.9백만 m^3 에 불과하다. 유역의 모든 지류에서 계절별 분포비율은 큰 차이가 없다. 봄철에는 13-14%, 여름철에는 62.2-62.4%이다. 다만 호련천 유역이 겨울기간에 다른 유역보다 강수자원이 약간 적을 뿐이다. 여름철에 강수자원의 지나친 집중은 유출에 그대로 나타나는데 경사가 심한 이 지역 하천에서 더욱 심하다.

강수자원의 월별 분포에서도 7월과 8월에 지나치게 집중된다. 성천강의 전반적 유역에서 7, 8월 두달의 강수자원은 연간강수자원의 50%를 넘는다. 특히 모든 지류에서 7월에 가장 많은 강수자원을 가지는데 보통 25.8-27.3%까지다. 그리고 6월과 9월에는 각각 10-11%의 강수자원을 가진다. 따라서 6-9월까지 4개월간 70-75%의 강수자원을 가진다.

강수자원이 가장 적은 달은 지류별로 약간씩 차이난다. 즉 호련천유역에서는 강수자원이 12월에 1.5%로 가장 적고 1월과 2월에는 각각 1.7%이다. 일반적으로 지류의 유역에서 강수자원이 제일 적은 1월과 2월에 각각

1.7, 1.8%이고 12월에는 1.8-2.1%로 1, 2월보다 약간 많다.

7월의 강수자원이 가장 많은 호런천유역은 그비율이 27.3%이다. 연간 강수자원분포에서 4월과 5월 두달 동안의 비율은 약 11%밖에 되지 않는다. 그러나 9월의 비율은 연간 강수자원의 10.7%이고 10월에는 4.5-5.0%의 비율을 가진다.

표 7.39 성천강 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
성천강	강수량	4,134	4,376	7,519	12,863	13,346	27,999	63,851
	수자원	3,404	2,836	5,573	12,480	11,156	15,505	43,490
효현천	강수량	645	681	1,171	2,044	2,119	3,745	10,335
	수자원	491	409	818	1,799	1,609	2,236	6,271
동 천	강수량	124	131	227	395	410	725	1,998
	수자원	91	76	152	334	299	415	1,165
인다천	강수량	221	221	405	639	627	1,278	3,195
	수자원	144	144	278	607	524	802	2,541
흑림천	강수량	753	753	1,381	2,176	2,135	4,353	10,882
	수자원	459	459	884	1,933	1,671	2,555	8,091
산창천	강수량	232	231	426	669	657	1,340	3,349
	수자원	147	147	284	621	537	82	2,598
직골천	강수량	58	58	75	167	163	333	833
	수자원	34	34	66	144	125	191	603
천불산천	강수량	109	109	180	333	366	686	1,655
	수자원	62	53	119	258	268	373	1,138
동덕천	강수량	211	211	346	643	705	1,322	3,189
	수자원	131	111	251	525	563	784	2,392
서고천	강수량	172	172	284	527	527	1,084	2,614
	수자원	102	86	196	422	438	610	1,861
작은골천	강수량	67	67	111	206	226	425	1,024
	수자원	40	34	77	168	172	239	729
동홍천	강수량	207	207	342	635	695	1,306	3,151
	수자원	123	104	236	511	530	738	2,252
경홍천	강수량	214	214	353	656	719	1,349	3,252
	수자원	122	104	235	508	526	733	2,236
서곡천	강수량	184	184	303	563	617	1,158	2,793
	수자원	105	89	202	436	452	629	1,920

-표 7.39 계속-

지 류	월별 구분	8	9	10	11	12	계
성천강	강수량	62,135	25,966	10,967	8,244	4,376	242,737
	수자원	48,784	23,258	10,928	7,185	4,349	189,087
효현천	강수량	9,537	4,163	1,590	1,252	566	37,848
	수자원	7,034	3,353	1,581	1,036	627	27,264
동 천	강수량	1,845	805	307	242	110	7,319
	수자원	1,306	623	294	192	116	5,063
인다천	강수량	3,170	1,229	614	430	258	12,287
	수자원	2,808	1,358	514	360	206	10,286
흑림천	강수량	10,799	4,186	2,093	1,465	879	41,855
	수자원	8,943	4,324	1,638	1,146	655	32,758
산창천	강수량	3,323	1,288	644	451	270	12,880
	수자원	2,871	1,388	526	368	210	10,517
직골천	강수량	826	320	191	112	67	3,203
	수자원	667	322	122	86	49	2,443
천불산천	강수량	1,661	712	269	218	115	6,413
	수자원	1,329	655	253	172	100	4,780
동덕천	강수량	3,200	1,372	519	420	222	12,360
	수자원	2,794	1,377	533	362	211	10,034
서고천	강수량	2,625	1,125	425	345	182	10,132
	수자원	2,174	1,071	415	282	164	7,821
작은골천	강수량	1,028	441	167	135	72	3,969
	수자원	852	420	162	110	64	3,064
동흥천	강수량	3,162	1,360	512	415	220	12,212
	수자원	2,637	1,296	502	341	199	9,463
경흥천	강수량	3,265	1,399	529	429	227	12,606
	수자원	2,615	1,287	498	338	197	9,396
서곡천	강수량	2,803	1,201	455	368	195	10,824
	수자원	2,243	1,105	428	290	169	8,068

단위면적당 강수량의 분포를 보면 영광군이 많고(1.09백만 m^3/km^2) 다음은 함흥시(0.98백만 m^3/km^2)이다.

성천강유역은 하천의 길이가 짧고 강바닥 경사가 크기 때문에 강수량의 변화에 의한 유출의 변화도 심하게 나타난다. 성천강의 년평균 흐름량은 59.9 m^3/km^2 이다. 유출계수는 0.78로 큰 편이다.

성천강의 년평균 수자원은 1,890.9백만 m^3 이며 단위면적당 수자원은 782천 m^3 으로서 함경북도 동해사면 하천보다 높다. 성천강의 수자원은 함경남도 수자원총량의 15%를 차지한다.

성천강 유역에서 유출률이 가장 큰 지역은 영광군 서쪽인 산창천 및 인다천 유역인데 이 유역에서는 단위수자원이 0.9 m^3 백만 m^3 이상이고 비유량은 29.0 $l/s/km^2$ 이상이다.

이 지역은 남동풍의 영향을 많이 받는 지역이므로 강수량도 많고 수자원도 많다. 성천강 유역에서 단위면적당 수자원이 가장 적은곳은 함흥시 동부지역인 호련천 및 동천 유역인데 이 유역에서 단위면적당 수자원은 6.83백만 m^3 이고 비유량은 21.9 $l/s/km^2$ 로서 유역내서 비교적 적다. 특히 동천유역은 단위면적당 수자원이 유역내에서 가장 적는데 6.43백만 m^3 이고 비유량은 20.4 $l/s/km^2$ 이다. 이것은 유역평균보다 단위면적당 수자원량으로 볼 때 평균 0.14백만 m^3 으로서 적다. 그 원인은 동해안으로부터 불어오는 습윤한 남동풍이 함관령산줄기에 막혀 호련천유역에 영향을 적게 주는 데다가 동북방향으로 가면서 강수량이 점차 적어지기 때문이다.

성천강의 최상류부와 동덕천 유역도 성천강유역에서 수자원이 적은 지대의 하나인데 평균비유량이 24.4 $l/s/km^2$ 이고 단위면적당 수자원이 0.77백만 m^3 이다. 이 지역도 남동쪽 방향으로는 함관령 산줄기에 의하여 막혀있는 좁은 골짜기로 되었으므로 동남풍의 영향을 적게 받는다.

흑림천유역은 성천강유역안에서 수자원이 가장 많은 지역이지만 동북쪽 지류인 직골천은 수자원이 상대적으로 적다. 흑림천 전체 평균비유량은 27.3 $l/s/km^2$ 이고 단위면적당 수자원은 0.86천 m^3/km^2 이지만 직골천유역은 유역평균비유량이 25.4 $l/s/km^2$ 이며 단위면적당 수자원은 801천 m^3/km^2 로서 60천 m^3/km^2 나 적다. 직골천 유역은 북쪽보다 남동쪽이 더 높은 산줄기(천불산줄기)로 해안지대와 막혀있기 때문에 강수량과 수자원이 적어진다.

성천강 하류지역도 유역평균값보다 단위면적당 수자원과 비유량이 적다. 성천강유역의 지역별 수자원 분포는 왼쪽기슭에서 오른쪽 기슭으로

가면서 많아진다.

성천강 수자원의 계절별 분포도 심히 불균일하다. 6-8월까지의 여름기간에 1,077.8백만 m^3 (년간 수자원의 57%)가 흐르며 겨울기간에는 105.9백만 m^3 (5.6%)이 흐른다. 특히 물이용이 많은 봄철(3-5월) 기간의 비율은 15.5%(293백만 m^3)로 매우 적다. 그리고 가을철 비율은 21.9%(414백만 m^3)이며 겨울에는 4-5.6%다.

수자원의 계절별 분포는 지류별로 약간의 차이가 있다. 흑림천 유역은 봄철에 연간 수자원의 13.7%, 여름철에 59.8%로서 성천강의 유역평균 비율보다 봄철은 작고 여름철은 크다. 이것은 여름철 강수량의 비율이 다른 유역을 보다 더 크기 때문이다.

성천강의 상류에서 계절별 비율을 보면 봄에는 13.5%, 여름에는 59.3%, 가을에는 21-22.6%가 유출된다. 그러나 호련천을 비롯한 하류부의 하천에서는 봄철에는 15.5%로서 2%가 다른 유역보다 높고 여름철에는 57%로서 다른 유역보다 2% 낮을 뿐 아니라 겨울철에는 5.6%로 0.8% 높다. 이것은 성천강의 상류부에서 여름철 강수량이 하류부에서보다 더 집중되기 때문이다. 북한의 전반적 하천과 마찬가지로 성천강도 겨울에는 여름철 자원량의 10%밖에 흐르지 않는다.

물자원량을 월별로 보면 8월이 25.8%로 가장 많고 2월이 1.5%로 가장 적다. 강수량은 7월이 가장 많지만 수자원은 8월이 가장 많다. 특히 수자원분포에서 3월과 5월에 비하여 4월의 값이 큰 것은 눈 및 얼음이 녹으면서 유출되는 양이 적지 않기 때문이다.

함흥지점에서 최대홍수량은 3,284 m^3/s 이며 신흥지점(유역면적 1,051 km^2)에서 최대홍수는 1960년 8월 23일에 발생하였으며 홍수량은 2,450 m^3/s 였는데 년평균흐름량의 95.7배이며 최대비유량은 2,331 $l/s/km^2$ 였다. 두 번째 큰 홍수는 1961년 8월 12일에 발생하였고 그량은 1,260 m^3/s 였다. 세 번째 큰 홍수는 1965년 8월 6일에 발생하였으며 그량은 1,010 m^3/s 였다.

성천강 유역의 함흥지점에서 54년간 (1914-1940년 및 1954-1980년)의 자료와 영광지점에서의 14년간(1969-1982년)의 자료의 의한 홍수량은 다음

과 같다.

함흥지점에서 10,000년 빈도 홍수량은 $7,940\text{m}^3/\text{s}$, 1,000년 빈도 홍수량은 $6,260\text{m}^3/\text{s}$, 100년 빈도 홍수량은 각각 $4,530\text{m}^3/\text{s}$ 이다. 함흥지점(유역면적 $1,991\text{km}^2$)에서 최대홍수는 1957년 8월 21일에 발생하였으며 그량은 $3,284\text{m}^3/\text{s}$ 이었다. 최대비유량은 $1,647\text{ l/s/km}^2$ 였다. 두 번째로 큰 홍수는 1962년 8월 23일에 있었으며 이때 홍수량은 $2,840\text{m}^3/\text{s}$ 였다. 함흥지점에서 년평균 최대홍수량($1,560\text{m}^3/\text{s}$)은 년평균유출량($47.9\text{m}^3/\text{s}$)의 32.6배이며 비유량은 784 l/s/km^2 였다 (자료기간 1961-1980년).

성천강유역에서 최소흐름량은 1977년 10월 19-20일 24시간 동안에 $7.74\text{m}^3/\text{s}$, 즉 하루에 $668,736\text{m}^3$ 이 흘렀다. 이것은 최대흐름량의 424분의 1이 흐른 것으로 된다. 이와 같이 성천강의 수자원은 지역적으로, 계절별로 변동이 심하다.

성천강 유역평균 증발량은 221.9mm 이고 유출고는 782.1mm 로서 78.0%가 유출된다. 특히 강수량에 대한 유출비율이 높은 지역은 오른쪽 기슭의 지류인 동흥천 유역에서 82.6%, 서곡천유역에서 82%, 동덕천유역에서 82.6%, 서곡천유역에서 82%, 동덕천유역에서 81.3%, 산창천유역에서 81.7%, 인다천유역에서 80.3%이다. 이 지류의 유역은 하천경사가 급하고 기반암이 치말하기 때문에 유출비율이 높다.

증발량이 높은 호련천 유역에서 연간 강수량의 28%가 증발되고 유출고는 684.3mm 로서 72%가 유출된다. 특히 동천유역에서는 총강수량의 69.2%가 유출된다.

성천강의 지류인 흑림천으로는 연간 장전강에서 유역변경된 1,247.1백만 m^3 의 물이 흑림천으로 보충되며 부전강에서 성천강 상류로 연간 부전호의 물이 513.7백만 m^3 이 더 보충되어 성천강의 연간 수자원량은 3,651.7백만 m^3 으로 된다. 그래서 성천강의 단위면적당 수자원량은 1.51백만 m^3 으로서 많은 수자원량을 가진다.

성천강 유역의 자체수자원은 1,890.9백만 m^3 이며 다른 유역으로부터 유입되는자원은 1,761백만 m^3 이다. 하천의 비유량은 상류로부터 하류로 내려

오면서 적어지며 자체자원의 57%가 여름철에 유출되고 있다.

표 7.40 성천강 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	수자원 (10 ⁴ m ³)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km ²)	유출계수
성천강	2,417.7	1,004.0	189,087	221.0	782.1	24.8	0.78
호련천	398.4	950.0	27,264	265.7	684.3	21.7	0.72
동 천	78.7	930.0	5,063	286.7	643.3	20.4	0.69
인다천	111.7	1,100.0	10,286	217.0	883.0	28.0	0.80
흑립천	380.5	1,100.0	32,758	239.1	860.9	27.3	0.78
산창천	115.0	1,120.0	10,517	205.5	914.5	29.0	0.82
직골천	30.5	1,050.0	2,443	249.0	801.0	25.4	0.76
천불산천	58.3	1,100.0	4,780	280.1	819.0	26.0	0.75
동덕천	130.1	950.0	10,034	177.4	772.6	24.5	0.81
서고천	96.5	1,050.0	7,821	239.4	810.5	25.7	0.77
작은골천	37.8	1,050.0	3,064	239.4	810.6	25.7	0.77
동홍천	116.3	1,110.0	9,463	274.3	825.7	25.8	0.83
경홍천	114.6	1,110.0	9,396	280.0	819.9	26.0	0.75
서곡천	98.4	1,110.0	8,068	280.1	819.9	26.0	0.82

성천강의 자체유역에서 형성된 단위면적당 수자원은 782천m³/km²이며 변동된 자원까지 고려하면 1.51백만m³/km²이다. 수자원 가운데서 농업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 것은 575백만m³이고 단위면적당 물이용량은 238천m³/km²이다.

성천강의 물이용에서 근간을 이루는 농업용수는 총물이용량의 68.3%를 차지한다. 이렇게 농업용수로 이용되는 물량이 많은 것은 하루 502천m³의 물을 쓰는 홍남비료연합기업소를 비롯하여 2.8비닐론연합기업소, 홍남제약공장, 함흥도방직공장, 룡성기계연합공업성에서 생산용수와 냉각수로 막대한 량의 물을 쓰는 것이기 때문이고 3.9m³/s의 물을 사용하는 상원천발전소와 2.88m³/s의 물을 사용하는 덕사발전소에서 연간 90.9백만m³

의 물을 쓰기 때문이다. 이 발전소에서 이용한 수력발전용수는 그대로 하천에 들어오므로 소비되는 물량은 없다.

다음으로 공업용수의 이용에 못지 않게 많은 물을 쓰는 부문은 농업용수이다. 성천강유역에서 농업용수로 이용되는 물량은 총물이용량의 19.9%를 차지하며 농업용수의 대부분을 지표수로 급수하고 있다. 총물이용량 가운데서 농업용수량이 적지 않은 비중을 차지하는 것은 유역에 함홍별이 있는 것과 관련되어 있다. 이 넓은 평야에 급수되는 기본수원은 보와 양수장인데 지표수에 의한 농업용수 이용량의 86.5%를 차지한다.

그 중 보에 의한 관개(59.5%)가 근간을 이루고 있으며 양수장에 의해서는 3,414ha를 관개하고 있다. 유역에는 30천 m^3 이상의 저수지가 21개소 있으며 총관개면적의 12.6%에 물을 급수하고 있다. 유역에서 지하수와 기타 보조수원을 이용하여 농업용수 급수하는 수량은 농업용수 이용총량의 6.8%밖에 되지 않는다.

성천강유역에서 주민들의 생활용수를 급수하는 물량은 총물이용량의 11.8%를 차지하는데 생활용수 이용량의 68.5%를 지하수로 급수하고 있다.

이와 같이 이용된 수자원의 88.3%는 다시 회복되어 하천에 들어오고 11.7%가 소비된다. 이처럼 하천유역에 조성된 수자원의 3.2%만이 소비되고 기타 나머지 자원은 흐름량자원으로 유출되고 있다.

성천강의 수자원은 계절에 따라 심히 변화되며 이때 이용하는 물량도 현저히 달라진다. 계절별 수자원 중에서 갈수기인 겨울철에 9,220백만 m^3 의 수자원이 부족한데 수력용수로 이용되는 물량은 그대로 하천에 들어오므로 13.5백만 m^3 의 수자원이 흐름량 자원으로 유출되고 있다.

표 7.41 성천강 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	29,309	10,779	41,410	10,589	189,087
물이용량	14,913	18,233	12,841	11,511	57,498
과 부 족	14,396	89,546	28,569	-922	131,589

수자원은 계절에 따라서 다를 뿐 아니라 월에 따라서도 달라진다. 월별 수자원중에서 물이용량이 제일 많은 6월에 41.1%가 이용되고 35.2m³/s는 흐름량 자원으로 유출되고 있다. 이처럼 성천강유역에서 필요한 농업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 급수하고도 많은 량의 물이 흐름량 자원으로 유출되고 있다.

표 7.42 성천강 월별 수자원 부존량/이용량 현황(10⁴m³)

구분\월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	3,404	2,836	5,673	12,480	11,156	15,505	43,490
물이용량	3,837	3,837	4,147	4,639	6,127	6,379	6,070
과 부 족	433	1,001	1,526	7,841	5,029	9,126	37,420

구분\월	7	8	9	10	11	12	계
수자원량	43,490	48,784	23,258	10,967	7,185	4,396	189,087
물이용량	6,070	5,784	4,983	4,021	3,837	3,837	57,498
과 부 족	37,420	43,000	18,275	6,946	3,348	512	131,589

7.7.3 성천강유역의 농업용수이용 특성

성천강은 동해안에서 비교적 큰 강일 뿐 아니라 연안에 약 600km²에 달하는 함흥벌을 가지고 있기 때문에 동해안에서도 농업용수 이용량이 가장 많은 강이다. 지금 성천강에서 연간 농업용수로 114.5백만m³(성천강의 수자원 이용량의 19.9%)를 쓰고 있다.

성천강의 농업용수 이용에서 근간을 이루는 것은 하천수원이다. 하천수원 가운데서 보에 의한 농업용수 이용이 가장 큰 비중을 차지하는데 우리나라 보 가운데서도 큰 성천강 취입보를 비롯하여 113개소에 달하는 중소규모의 보에 의하여 약 2만ha를 관개하고 있다.

두 번째 비중을 차지하는 것은 양수장에 의한 관개이다. 양수장에 의한 총취수능력은 37.2m³/s 이며 그에 의한 관개면적은 5,171ha이다. 하천을 수원으로 하는 양수장수가 249개소가 되며 그에 의한 취수능력은 17.5

m³/s이고 관개면적은 3,100ha에 달한다.

이밖에도 성천강유역에서는 저수지를 수원으로 하는 양수장, 퇴수를 수원으로 하는 양수장, 기타 보조수원을 이용하는 양수장에 의하여 20.4m³/s의 양수능력을 조성하여 놓았다.

1). 저수지에 의한 농업용수이용현황

성천강유역에는 관개용 저수지가 모두 21개소가 되며 그에 의한 관개면적은 1,533ha이다. 이 유역의 저수지는 거의 대부분이 10천m³미만의 작은 용량의 저수지이고 1백만m³이상의 저수지는 본류 유역의 기곡저수지와 호련천유역의 금사저수지, 풍경저수지뿐이다. 이세개 저수지는 도내의 총 저수지용적의 60%를 차지한다. 그 중에서도 본류 유역에 있는 기곡저수지는 저수용적이 3.69백만m³으로 이 하천유역에서 가장 큰 저수지인데 그에 의한 관개면적은 298ha에 달한다.

하천유역에 있는 저수지는 양수장이나 보를 설치하여 하천에서 흐르는 물을 직접 취수하기 어려운 작은 협곡을 막아 건설하였기 때문에 저수지용적이 적을 뿐 아니라 저수지위치가 높다. 그러므로 저수지에서 방수하는 물은 거의 대부분이 자연취수로 급수하고 있으며 일부 제한되니 구역에서만 양수기로 다시 퍼올려 관개하고 있다.

유역 내에 있는 저수지는 거의 대부분이 19km²미만의 집수면적을 가지고 있기 때문에 저수지용적이 적은 것이 특징이지만 강수량이 동해안 다른 하천 유역보다 많기 때문에 상대적으로 수자원 조성량이 많다. 특히

표 7.43 성천강유역 주요저수지 현황

저수지	유역면적(km ²)		관개면적(ha)			용적 (ha·m)	위치		하 천
	계	직접/간접	계	논	밭		시,군	리	
당보저수지	0.5	0.5	132	30	102	20.0	함흥시	사포구역	호련천
봉서 "	3.0	3.0	15	15		8.0	"	홍남구역	"
금사 "	34.2	34.2	146	88	58	230.0	"	회상구역 금사리	"

-표 7.43 계속-

저수지	유역면적(km ²)		관개면적(ha)			용적 (ha·m)	위치		하 천
	계	직접/간접	계	논	밭		시,군	리	
풍경 "	1.3	1.3	207	164	43	128.0	"	회상구역 풍 경 리	호련천
경홍 "	5.5	5.5	21	16	5	15.2	"	회상구역 금 실 동	"
운봉 "	3.7	3.7	11	10	1	5.0	"	회상구역 운 봉 리	"
중호 "	3.0	3.0	8			9.1	"	회상구역 덕 산 동	"
새마을 "	3.2	3.2	94	18	76	50.0	"	홍남구역 새마을리	"
풍동 "	1.5	1.5	10	8	2	7.0	"	회상구역 풍 홍 리	본류
지곡 "	19.4	11.8/7.6	298	254	44	369.0	영광군	신덕리	"
장동 "	8.9	/8.9	6	6		35.0	"	삼흥리	"
기상 "	0.12	0.12	6	6		3.0	"	기상리	
천불산 "	48.0	0.3/47.7	79	79		42.0	"	천불산리	"
능동 "	8.4	8.4	53	53		45.0	"	자동리	"
자동 "	13.3	13.3	244	194	50	99.0	"	"	"
동양 "	2.5	2.5	31	23	8	18.0	"	동양리	"
후주 "	0.6	0.6	5	2	3	8.0	"	후주리	"
영교 "	29.7	0.3/29.4	67	67		74.0	신흥군	영고리	"
중평 "	2.8	2.8	10	10		32.0	"	중평리	"
동홍 "	7.2	0.1/7.1	5	5		3.1	"	동홍리	"
서남 "	11.1	0.1/11.0	85	30	55	8.4	"	서남리	"

집수면적이 작아서 저수량은 적지만 넓은 면적을 관개하여야 할 지역에서는 다른 유역의 물을 유입시켜 조성하는 저수지도 적지 않다. 실례로 천불산 저수지와 영고저수지는 거의 100%가 다른 유역에서 끌어다가 양수기로 유입시키는 저수지이다.

2). 양수장에 의한 농업용수이용현황

성천강 유역에서 양수장에 의한 관개는 보 다음으로 450여개소의 관개용 양수장이 있는데 이 양수장에 의한 양수능력은 $38\text{m}^3/\text{s}$ 이며 그에 의한 관개면적은 5,171ha이다. 그 중 큰 비중을 차지하는 것은 하천을 수원으로 하는 양수장인데 이 수원에 의하여 59%의 면적을 관개하고 있다. 이 양수장은 거의 대부분이 독립양수장이거나 1단 양수장이기 때문에 하천의 물을 직접 양수하여 하천연안에 발달한 충적지의 논밭을 관개하는 중요한 수단으로 이용하고 있다.

표 7.44 성천강유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력

하 천	총 계			저수지수원			하천수원		
	양수장 (개소)	양수량 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장 (개소)	양수량 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장 (개소)	양수량 (m^3/s)	관개면적 (ha)
성천강	451	37.9	5,171	35	1.0	251	249	17.5	30.59
호련천	269	19.9	3,069	33	6.9	236	148	10.6	2055
가천유역	182	9.0	2,102	2	0.1	6.9	101	16	0.7

하 천	지하수수원			퇴수수원			보조수원		
	양수장 (개소)	양수량 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장 (개소)	양수량 (m^3/s)	관개면적 (ha)	양수장 (개소)	양수량 (m^3/s)	관개면적 (ha)
성천강	55	2.2	448	45	3.2	375	67	13.9	100.8
호련천	39	1.5	359	45	3.2	375	4	2.7	44
가천유역	16			-	-		63	11.2	964

양수장관개에서 두 번째 비중을 차지하는 것은 보조수원으로 하는 양수장이다. 현재 강유역에는 보조수원으로 하는 양수장이 67개소가 있는데 그에 의한 양수능력은 $14\text{m}^3/\text{s}$ 로서 약 1,000ha를 관개하고 있다. 보조수원은 물웅덩이를 비롯한 임시적인 강막이, 논판막이를 이용하여 물 문제를 해결하는 중요한 역할을 하고 있다.

양수장 관개에서 퇴수를 수원으로 하는 양수장도 큰 역할을 하고 있다. 이 수원을 이용하는 양수장은 주로 하천의 하류에 있는데 그에 의한 양수능력은 $3.2\text{m}^3/\text{s}$ 로서 성천강에서 농업용수로 쓰는 총 양수능력의 8.5%, 관개면적의 7.2%를 담당하고 있다. 이밖에 성천강 유역에서는 저수

지를 수원으로 하는 양수장을 이용하여 약 630여 ha를 관개하고 있다.

3). 보에 의한 농업용수이용현황

성천강에서 보에 의한 관개는 농업용수이용에서 가장 큰 비율을 차지한다. 성천강에는 성천강취입보를 비롯하여 113개소에 달하는 대소규모의 취수보가 있다. 이 보에 의하여 저류된 약 200백만 m^3 의 물로 성천강유역에서 6,634ha와 원수천유역에 위치한 함주벌에서 약 12,000ha를 관개하고 있다. 특히 성천강 취입보는 취수능력이 28 m^3/s 에 달하는 큰 보로서 부전강 발전소에서 퇴수하는 물을 영광군 중상리에서 연간 약 14백만 m^3 을 저류하여 약 13,400ha를 관개하고 있다. 성천강 취입보는 북한에서 두 번째로 큰 보이다. 이 보는 농업용수뿐 아니라 함흥시의 공업용수를 급수하는 데서도 큰 역할을 하고 있다.

이밖에도 호련천과 본류의 상류에서는 여러 가지 형태의 취입보를 설치하여 65백만 m^3 의 물을 저류하여 6,600여ha를 관개하고 있다. 특히 호련천은 성천강 유역면적의 16.5%밖에 되지 않지만 23개 취수보를 설치하여 19백만 m^3 의 물을 저류하여 2,370ha를 관개하고 있다.

4). 지하수에 의한 농업용수이용현황

성천강유역은 우리나라에서 지하수가 많은 지역의 하나이다. 이 유역에서 지하수자원은 175.3백만 m^3 으로서 북한 지하수자원의 3.3%가 분포되어 있으며 단위면적당 평균 지하수자원은 73천 m^3 으로서 북한의 단위면적당 평균지하수 매장량의 1.7배에 달한다. 성천강유역에 지하수가 많은 것은 지질조건, 수문지질조건, 수문학적 조건과 관계된다.

성천강은 유역의 시생대 화강편마암 및 화강암과 유라기 화강암 등 오랜 암석이 널리 분포되어 있어 많이 풍화 되었으며 상류에서 경사가 급하고 하류에 와서 급격히 완만해지는 특징을 가지고 있다. 이러한 조건은 여러 가지 대수층을 형성하게 하였다.

성천강상류와 지류인 흑림천 유역에서 침식작용이 활발하며 곳에 따라

사태현상도 빈번하게 일어난다. 반면에 하류지대에서는 하천흐름속도가 급격히 적어지면서 퇴적현상을 동반하기 때문에 함흥벌과 같은 충적벌이 형성되었다. 이러한 수문지질 조건으로 성천강 상류에서는 균렬수가 많은 몫을 차지하며 하류지대에서는 대부분이 제4기층수에 속한다. 균렬수는 강수에 의해 공급되며 산기슭이나 하천바닥에서 샘으로 흘러나와 하천흐름에 합류된다. 구조균렬수인 경우에는 압력수의 형태(피압수)를 가지는데 공화균렬수보다 유출량이 많으며 계절적 영향을 적게 받는다.

하류로 가면서 제4기 충적층이 발달하는데 자갈모래층으로 부터 점차 모래층으로 이행하며 퇴적작용으로 강바닥이 높아지고 있다. 관측자료에 의하면 영광군 근방에서 최근년간에 강바닥이 수m나 높아졌으며 최하류인 성천고에서 강어구에 이르는 구간의 강바닥은 더 빠른 속도로 높아지고 있다. 그러므로 함흥지구에서 제4기퇴적층의 두께는 최대 50m에 달하며 이 충적층의 공급에는 지하수가 풍부하게 매장되어 있다.

이 지역에서 대수층의 두께는 5-30m이고 여과속도는 하루동안에 수십 m에 달하며 정수위는 0.5-1m로서 하천수위와 거의 일치한다. 대표적인 실례로 함흥시 사포구역에 있는 새거리 지하수를 들 수 있다. 이 지하수는 제3기층위에 하성층이 23-25m의 두께로 널려 있는데 4호 우물에서는 하루에 3.84천 m^3 의 지하수를 양수하고 있다. 이 구역에 지하수가 풍부한 것은 성천강과 그 지류인 호련천 사이에 있으므로 대수층의 함수성이 좋을 뿐만 아니라 그의 공급조건이 유리한데 있다.

제4기층수의 공급원천은 하천의 물과 대기강수이며 농번기의 관개용수도 중요한 공급원천의 하나로 되고 있다. 성천강유역에서 지하수가 많은 지역은 상류인 신흥지방이다. 이 지역에는 성천강유역 지하수자원의 약 64%가 분포 되어 있는데 단위면적당 평균지하수자원은 950천 m^3 으로 북한의 단위면적당 평균지하수자원의 2.2배나 된다.

신흥지방에 지하수가 많은 것은 시생대 변성암과 단천암군 화강암의 풍화균렬과 구조균렬이 발달 되어 있으며 하천망이 상당한 정도로 조밀하므로 지하수형성에 유리한 조건을 가지고 있기 때문이다. 또한 하류인 함

홍지방에서는 많은 양의 층상수가 매장 되어 있어 농업용수와 생활용수로 지하수를 이용 할수 있는 유리한 조건을 가지고 있다.

성천강유역에는 930여개소의 각종 지하수시설이 설치되어 있으며 연간 약 5백만 m^3 의 물로 약 620ha의 밭에 관개용수를 공급하고 있다. 그 중 지하저수지가 기본으로 되고 있는 지하수에 의한 관개용수량의 60.6%를 차지한다. 다음으로 우물과 굴포는 100%가 밭관개용수로 이용되고 있다. 굴포는 하천연안에 발달한 밭을 관개하며 우물은 산기슭의 비탈밭을 관개하는데 이용되고 있다.

지하수 관개에서도 역시 호련천유역이 가장 큰 비중을 차지한다. 이 유역에는 230여개소의 지하수시설이 설치되어 1.1백만 m^3 에 달하는 물로 약 280ha를 관개하고 있다. 이것은 성천강유역에서 농업용수로쓰는 지하수량과 약 50%에 달한다.

이밖에도 성천강 유역에서는 퇴수를 비롯한 임시적인 강막이, 물웅덩이, 논판막이 등 여러 가지 보조수원을 이용하여 약 10백만 m^3 의 물로 약 1,400ha를 관개하고 있다.

7.8 금야강

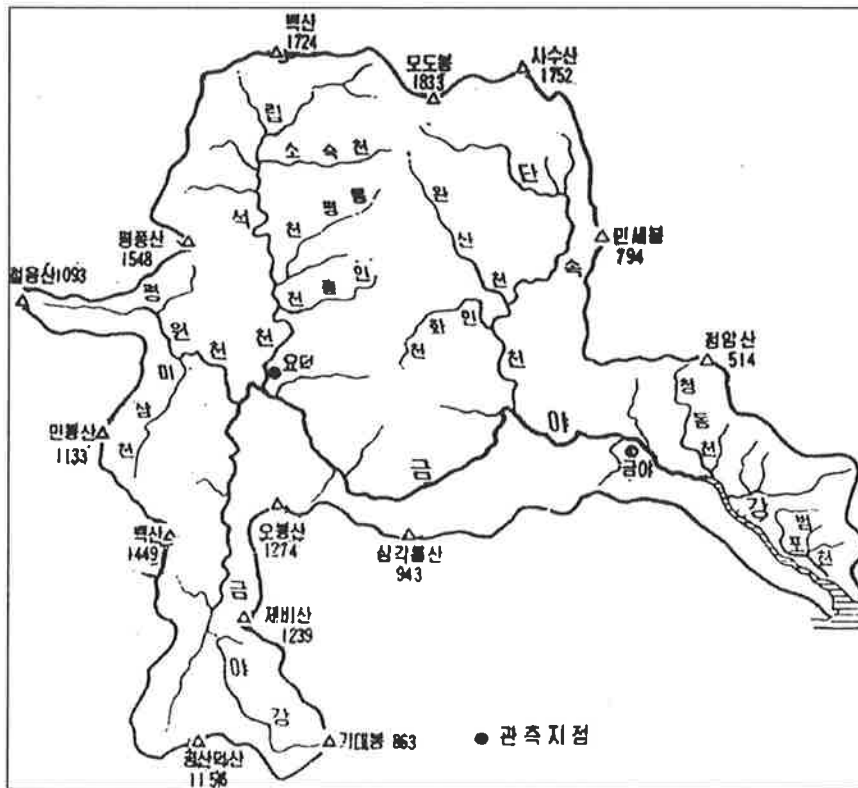
7.8.1 금야강의 하천형태학적 특성

금야강은 북대봉산줄기 동쪽의 함경남도, 고원군 기대봉에서 발원하여 고원군, 요덕군, 금야군을 거쳐 동조선해(동해)의 송정만으로 흘러드는 하천이다. 금야강의 연장은 145.1km이고 유역의 면적은 9,200 km^2 로서 유역면적에 있어서 동해안 지역에서 비교적 큰 강이다.

금야강은 하류에 넓은 충적벌을 형성하면서 여러 갈래로 나누어져 강 어구에는 여러개의 섬이 있다. 금야강 유역은 고원군의 일부지역과 요덕군의 전체 영역 및 금야군의 대부분 영역을 포괄한다. 길이와 유역면적으로 보아 동해안 하천 중 큰 하천에 속한다.

금야강 유역의 서쪽 및 서남쪽으로는 북대봉산줄기가 대동강 유역과 분수령을 이루고 있으며 금진강 유역사이에는 낭림산줄기가 뻗어있다. 남

쪽의 덕지강 유역과는 낮은 산과 경계를 이루고 있다. 때문에 주요지류는 북대봉산줄기의 동쪽 비탈면과 낭림산줄기의 서남방향에서 시작된다. 북대봉산줄기를 깊이 침식하면서 평안남도 맹산군 영역에서부터 평원천과 그 지류인 미삼천이 서쪽에서 동쪽으로 흘러든다.



<그림 7.9> 금야강 수계도

금야강은 만곡률이 크다. 즉 연장굴곡길이는 145.1km이나 직선길이는 19km로서 만곡률이 2.96으로 북한의 주요 하천중에서 가장 크다. 하천망의 밀도는 0.35km/km²로서 보통이며 평균폭은 15.2km로 비교적 크지만 형태는 비교적 길쭉하다. 유출계수는 0.72로서 높고 유역의 평균높이는 440m이며 분수령의 총연장은 320km로 비교적 큰 편이다.

북대봉산줄기 북쪽의 동사면 부터는 큰 지류인 립석천과 그 지류인 인
홍천, 룡평천, 소속천 등을 합류하여 북쪽에서부터 남쪽으로 흘러든다. 립
석천 유역은 분지형 지형을 이루고 있으므로 강수자원이 유역내에서 적은
편이다. 립석천 유역의 평균너비는 3.66km이다.

표 7.45 금야강 주요지류의 하천형태학적 특성

하 천	유역평균폭(km)	하천밀도(km/km ²)	분수령연장(km)	유역평균높이(m)
평원천	7.0	0.31	93.0	676
립석천	9.7	-	96.0	711
단속천	9.0	0.30	101.0	618

표 7.46 남대천(안변)주요지류의 길이와 유역면적에서 보는 바와 같이
립석천은 길이와 유역면적에 있어서 금야강 유역에서 두 번째로 큰 지류
이다. 유역면적은 본류 유역의 21.3%, 요덕군 영역의 34%를 차지한다. 유
역의 평균높이는 711m이고 분수선의 총 연장 길이는 96km이다. 유역의
산림비율은 90%이상이다.

표 7.46 금야강 주요지류의 연장 및 유역면적

하천명	지류구분	길이(km)	유역면적(km ²)
운산천	1지류	7.5	54.4
평원천	1지류	28.5	200.0
미상천	2지류	18.5	78.8
립석천	1지류	48.5	468.9
대속천	2지류	7.4	37.1
소속천	2지류	16.2	48.2
방동천	2지류	6.4	19.6
양자천	2지류	8.9	38.4
룡평천	2지류	18.0	66.7
인홍천	2지류	15.3	63.2

-표 7.46 계속-

하천명	지류구분	길이(km)	유역면적(km ²)
천흥천	2지류	10.4	48.2
룡천천	2지류	10.8	40.2
단속천	1지류	54.5	487.8
완산천	2지류	22.0	98.1
룡수천	2지류	8.3	26.8
세숙천	2지류	8.9	2739
요덕강	2지류	19.7	99.2
인화천	2지류	17.0	69.2
민 천	2지류	8.3	25.4
봉산천	1지류	7.8	30.5
백산천	1지류	11.0	41.3
청동천	1지류	15.1	44.7
범포천	1지류	18.0	81.6

중류부의 낭림산줄기와 요덕산 줄기사이에서 단속천과 그 지류인 인화천, 완산천 등이 합류되어 북쪽에서 남쪽으로 흘러든다. 유역면적은 본류에서 22%, 요덕군 면적에서 35.3%를 차지한다. 이처럼 단속천은 길이와 유역면적이 가장 큰 지류로서 금야강의 유출에서 큰 비중을 차지한다.

금야강의 하류부에서는 청동천과 범포천 등이 합류된다. 지류인 립석천과 단속천의 유역면적은 금야강 총 유역면적의 45%를 차지한다 강어구에는 넓은 금야벌이 있고 여러 개의 모래섬과 간석지가 있다. 조석은 약 15km 상류에 있는 인흥로동자구까지 영향을 미친다..

지류는 거의 모두가 하천좌안에 위치하고 우안에는 거의 없다. 이는 오른쪽 유역가까이에 덕지강 유역이 펼쳐져 있기 때문이다.

금야강의 하천연장의 구성을 보면 5km이상의 하천지류 58개중 대부분이 5-50km내에 있으며 그 이상은 2개소이다.

금야강의 유역면적별 구성을 보면 주요하천 12개 가운데서 50.1-100km² 내에 있는 하천이 6개소로 많은 비율을 가진다. 유역면적이 200km² 이상

되는 제1지류로는 평원천, 립석천, 단속천 등을 들수 있다.

금야강 유역의 산림비율은 평균 70%를 넘으며 상류부에서는 90% 이상으로 높다. 북대봉 산줄기와 낭림산줄기의 1,200m 이상 높은 산지에는 바늘잎 나무림, 800-1200m이상까지에는 혼성림으로 되어있고 그 이하에는 소나무숲으로 되어있기 때문에 유출조절 능력이 비교적 크다. 금야강의 하류유역은 해양성 기후의 영향을 많이 받으나 상류유역으로 가면서 대륙성 기후로 변한다.

7.8.2 금야강의 수자원현황

금야강 유역은 우리나라에서 강수량이 비교적 많은 지대이다. 유역의 강수량은 약 3,013백만 m^3 으로서 유역면적이 큰 남대천(단천)의 강수량보다 2배 많고 어랑천의 강수량보다는 2.2배 많다. 단위면적당 강수량은 어랑천, 남대천(길주), 수성천의 2배나 된다. 강수량은 단속천 유역에서 제일 많다. 이 유역은 동, 북, 서의 3면이 낭림산줄기, 북대봉산줄기, 요덕산 줄기로 막히고 남쪽은 열려 있으므로 남동풍의 영향을 많이 받기 때문에 강수량이 많다. 따라서 강수량(단위면적당 1.35백만 m^3/km^2 이상)이 많다. 그러나 요덕산줄기 너머에 있는 립석천 유역은 분지지형을 이루고 있기 때문에 강수량이 제일 적은 지대로서 단위면적당 1.23-1.27백만 m^3/km^2 이다. 청동천과 범포천 등 하천유역은 단위면적당 강수량이 1.27백만 m^3/km^2 로서 비교적 적다.

강수량은 지역 뿐 아니라 계절에 따라서도 심한 변동성을 가진다. 금야강의 연간강수량중 봄철 강수량은 13.1%(391.7백만 m^3), 여름철 강수량은 62.6% (1,886.3백만 m^3), 가을철은 18.4%(554.4백만 m^3), 겨울철 강수량은 5.9%(177.8백만 m^3)를 차지한다. 금야강 상류부의 지류에서 여름철 강수량 비율이 64%로서 동해안의 여타 하천보다 비교적 높다.

강수량의 월별 분포도 차이가 심하게 나타난다. 강수량이 제일 많은 8월에 26.4%(795.5백만 m^3), 제일 적은 12월에 1.8%(54.1백만 m^3)를 차지한다. 따라서 연간 강수량 중에서 7, 8월에 51.8%를 차지하며 12월과 1

월에는 겨우 3.8%를 차지한다.

표 7.47 금야강 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황에서 보는 바와 같이 강수자원의 월별 분포에서 특징은 보통 동해안의 하천은 6월에는 9월보다 1-2% 작은 비율을 가지나 금야강에서는 6월과 9월에 거의 같은 비율을 가진다.

금야강유역의 수자원량은 동해안에서 두만강 다음으로 많다. 금야강유역의 수자원량은 2,165.1백만 m^3 이며 단위면적당 수자원량은 984천 m^3/km^2 이다. 유역비유량은 31.2 $\iota/s/km^2$, 유출계수는 0.72이다.

금야강의 수자원량은 함경남도의 총 수자원량의 17.3%를 차지한다.

금야강유역에서 수자원량이 많은 지역은 단속천유역(23.6%), 립석천유역(20.5%)이다. 단속천 유역은 단위면적당 수자원량이 1.04백만 m^3 이고 유출계수는 9.77, 비유량은 33.2 $\iota/s/km^2$ 로서 가장 높다.

금야강 서부의 평원천 유역과 이삼천 유역에서 유출계수는 0.71, 비유량은 29.8 $\iota/s/km^2$ 로 가장 낮다. 평원천 유역은 강수량이 비교적 많지만 땅속으로 스며드는 양과 증발량이 많기 때문에 유출률이 상대적으로 낮다.

금야강 유역의 수자원은 계절적으로 불균등하다. 여름철 수자원량은 연간 수자원량의 63%, 겨울철에는 겨우 4%로서 차이가 심하다. 월별유출고는 봄철에 139.7mm, 여름철에 619.8mm, 가을철에 164.0mm, 겨울철에 각각 39.3mm이다. 이처럼 금야강 유역의 여름철 수자원량의 비율은 동해안의 다른 하천보다 높다.

표 7.47 금야강 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황에서 보는 바와 같이 금야강 유역의 수자원량의 월별분포에서도 그 차이가 심하게 나타나는데 8월에 30%로 제일 많고 2월에 1%로 제일 낮다. 5월에는 5%가 유출되지만 눈녹는 시기인 4월에는 7%가 유출된다. 겨울기간인 12월에 1.8%, 1월에 1.2%, 2월에 1%로서 석달동안에 4%가 유출된다.

유출에서 심한 변동은 홍수와 갈수시에 나타난다.

관측기간중 최대 홍수량은 년평균흐름량의 136배(요덕)이다. 이때 비유

표 7.47 금야강 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
금야강	강수량	6,028	6,336	9,328	15,070	15,070	32,538	76,538
	수자원	2,598	2,165	4,763	15,156	10,826	12,991	58,458
범포천	강수량	206	216	319	514	514	1,110	2,612
	수자원	92	77	168	536	383	460	2,069
청동천	강수량	113	119	176	284	284	613	1,443
	수자원	53	45	98	311	222	265	1,199
단속천	강수량	1,322	1,385	2,049	3,302	3,302	7,133	16,775
	수자원	613	511	1,124	3,575	2,554	3,064	13,789
인화천	강수량	122	149	299	542	448	934	2,569
	수자원	87	72	159	506	361	433	1,950
완산천	강수량	173	212	424	768	636	1,324	3,642
	수자원	120	100	221	702	501	602	2,707
립석천	강수량	774	952	1,904	3,456	2,860	5,955	16,374
	수자원	490	401	979	3,116	2,225	2,671	12,107
인홍천	강수량	104	128	257	466	385	803	2,207
	수자원	68	55	135	430	307	368	1,670
룡평천	강수량	110	136	271	492	407	847	2,329
	수자원	71	58	141	449	321	385	1,745
소속천	강수량	80	98	196	355	294	612	1,683
	수자원	51	42	102	323	231	277	1,257
평원천	강수량	346	426	852	1,542	1,276	2,660	7,300
	수자원	207	169	413	1,316	940	1,128	5,112
미상천	강수량	139	170	340	617	511	1,064	2,925
	수자원	83	68	166	527	376	452	2,048

-표 7.47 계속

지 류	구분 월별	8	9	10	11	12	계
금야강	강수량	79,552	32,538	12,958	9,944	5,412	301,312
	수자원	64,954	27,064	7,794	5,846	3,897	216,512
범포천	강수량	2,714	1,110	443	339	185	10,282
	수자원	2,299	958	276	207	138	7,663
청동천	강수량	1,449	613	244	187	102	5,677
	수자원	1,332	555	160	120	80	4,440
단속천	강수량	17,434	7,132	2,839	2,180	1,190	66,043
	수자원	15,322	6,384	1,838	1,379	919	51,072
인화천	강수량	2,476	916	383	327	177	9,342
	수자원	2,167	903	260	196	130	7,223
완산천	강수량	3,510	1,298	543	463	251	13,244
	수자원	3,007	1,253	361	271	180	10,025
립석천	강수량	15,783	5,838	2,442	2,082	1,130	59,550
	수자원	13,308	5,564	1,602	1,246	801	44,510
인홍천	강수량	2,127	787	329	281	152	8,026
	수자원	1,836	767	221	172	110	6,139
룡평천	강수량	2,245	830	347	296	161	8,471
	수자원	1,918	802	231	180	116	6,416
소속천	강수량	1,622	600	252	214	116	61,213
	수자원	1,382	578	166	129	83	4,621
평원천	강수량	7,048	2,606	1,090	932	506	26,584
	수자원	5,620	2,349	677	526	338	18,795
미상천	강수량	2,819	1,046	437	372	202	10,642
	수자원	2,251	941	271	211	136	7,530

량은 무려 3,962 t/s/km^2 로 평균 비유량의 100배나 된다.

금야지점에서 10,000년 빈도홍수량은 12,000 m^3/s 이고 1,000년 빈도홍수량은 9,150 m^3/s 이며 100년 빈도 홍수량은 각각 5,260 m^3/s 이다.

갈수기 최소유출량은 매우 적다. 1975년 1월 28일부터 2월 26일까지 금야지점에서 30일동안의 평균유출량은 0.62 m^3/s 로서 년 평균유출량의 423분의 1로 매우 적다. 그런데 요덕지점에서 최소유출량은 1980년 1월 20일부터 2월 18일까지 30일간의 유출량이 1.69 m^3/s 였다. 이것은 상류부인

요덕에서 보다 하류부인 금야지점에서 흐름량이 더 작다는 것을 의미한다. 그 원인은 중류부에서 많은 지표수가 땅속으로 흘러들기 때문이다.

표 7.48에서 보는바와 같이 금야강 유역의 년평균강수량(1369.6mm)중에서 증발량은 385.7mm이고 유출높이는 983.9mm로서 71.8%가 유출된다. 금야강 유역에서 하류부인 청동천 유역은 연간 평균강수량의 75.7-77.3%가 유출되며 상류부인 평원천유역은 70.8%(955.6mm)가 유출된다. 그러므로 청동천 유역에서 유출고가 가장 높다. 일반적으로 금야강 지류의 유출고는 930-1,050mm로서 동해안의 하천 중에서 덕지강, 남대천(안변)다음으로 큰 값을 가진다.

표 7.48 금야강 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	유출량 (10 ⁴ m ³ /yr)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km)	유출계수
금야강	2,200.5	1,370	216,512	385.7	983.9	31.2	0.72
범포천	81.6	1,260	7,663	321.0	939.0	29.8	0.75
청동천	44.7	1,270	4,440	276.7	993.3	31.5	0.78
단속천	487.8	1,354	51,072	307.0	1,047.0	33.2	0.77
인화천	69.2	1,350	7,223	306.2	1,043.8	33.1	0.77
완산천	98.1	1,350	10,024	328.2	1,021.8	32.4	0.75
립석천	468.9	1,270	44,510	320.8	949.2	30.1	0.75
인홍천	63.2	1,270	6,139	298.7	971.3	30.8	0.76
룡평천	66.7	1,270	6,416	308.1	961.9	30.5	0.76
소속천	48.2	1,270	4,621	311.3	958.7	30.4	0.76
평원천	200.0	1,330	18,795	390.2	939.8	29.8	0.71
미삼천	78.8	1,350	7,530	394.4	955.6	30.3	0.71

금야강의 수자원은 요덕군, 금야군, 고원군의 경제발전과 지역주민들의 생활에서 매우 큰 역할을 하고 있다.

금야강유역의 수자원은 2,165.1백만m³이다. 하천유역에서 유출하는 수자원은 모두 자체유역에서 형성된 자원으로서 약 63%가 여름철에 유출한

다. 단위면적당 물자원은 984천 m^3 로서 동해안의 하천 가운데서 두 번째로 많다. 그러나 이용되는 수자원은 비교적 적어 수자원이용에 있어서 함경남도내 하천 중 여덟 번째 이다

금야강의 수자원 가운데서 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수자원은 398.1백만 m^3 이고 단위면적당 물이용량은 181천 m^3 이다.

금야강의 물이용에서 기본을 이루는 공업용수는 총 물이용량의 68.7%를 차지하는데 이처럼 많은 비중을 차지하는 것은 금야강발전소, 요덕발전소, 미삼발전소, 평원발전소에서 많은 물(공업용수 총 이용량의 99.7%)을 쓰기 때문이다. 수력발전용수로 많이 이용된 물을 완전소비량이 전혀 없으므로 다른 산업부문에서 그대로 이용되고 있다. 공장, 기업에서 쓰는 수량은 공업용수 총 이용량의 0.3% 인데 그 중에서 65.8%를 지하수로 급수하고 있다. 금야강유역에서 농업용수로 이용되는 수량은 총 물이용량의 26.3%를 차지하며 농업용수의 절대다수를 지표수로 급수하고 있다. 하류 일대의 넓은 금야벌에 공급되는 기본수원은 보와 양수장에 의한 관개인데 보에 의하여 총관개면적의 50%에 물을 급수하고 있다. 보 다음 큰 비중을 차지하는 양수장으로는 연간 약 6,100ha의 논밭을 관개하는데 그 중에서 절반이상은 독립양수장이다.

지하수를 이용하여 관개하는 물량은 농업용수 총 이용량의 4.2%밖에 되지 않으며 금야강유역에서 주민들의 생활용수는 총 물이용량의 5%를 차지한다. 그 중에서 83.5%는 지표수를 수원으로 하고 있다.

금야강유역에서 이용된 수자원의 82.6%는 다시 회복되어 하천에 유입되고 17.4%가 소비된다.

이 물자원은 계절에 따라 심히 변화되고 그때 이용하는 수량도 현저히 달라져 계절별 수자원의 과부족이 나타난다. 이는 금야강에서 연간 이용되는 수량의 26.3%가 농업용수인데 봄철과 여름철에 집중적으로 이용되고 그 이용비율이 각각 다르기 때문이다.

금야강의 계절별 수자원 중에서 갈수기인 겨울에 13.3백만 m^3 (유출량 0.171 m^3/s)의 수자원이 남는다. 또한 하천유역에 2.56 m^3/s 의 수자원이 봄

철에 유출량으로 남아있다.

표 7.49 금야강 계절별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4 m^3)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	30,745	136,403	40,704	8,660	216,512
물이용량	10,427	13,731	8,263	7,329	39,750
과부족	20,318	122,672	32,441	1,331	176,762

금야강의 수자원수급은 계절에 따라 다를 뿐 아니라 월에 따라서도 달라진다. 표 7.50 남대천 월별 수자원 부존량/이용량 현황의 월별 수자원량을 보면 이용량이 제일 많은 6월에도 물자원의 37.5%가 이용되고 $31.7 \text{ m}^3/\text{s}$ 은 수자원으로 유출된다. 이와 같이 금야강은 하천유역에서 필요한 공업용수, 농업용수, 생활용수를 급수하고 $1,767$ 백만 m^3 ($56.0 \text{ m}^3/\text{s}$)의 물이 흐름량 자원으로 유출되고 있다.

표 7.50 금야강 월별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4 m^3)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	2,598	2,165	4,763	15,156	10,826	12,991	58,458
이용량	2,443	2,443	2,613	3,107	4,707	4,875	4,528
과부족	155	278	2,150	11,978	6,287	8,222	53,971

구분 \ 월	8	9	10	11	12	계
수자원량	64,954	2,7064	7,794	5,846	3,997	216,512
이용량	4,328	3,349	2,570	2,444	2,443	39,750
과부족	60,729	23,572	5,181	3,401	1,452	176,762

7.8.3 금야강유역의 농업용수이용 특성

금야강은 북대봉산줄기의 계곡을 따라 흐르는 경사가 급한 하천이기 때문에 하천연안에 넓은 평야는 없고 하류일대에 400 km^2 의 금야벌을 가지고 있다.

금야강 유역에서는 5.5백만 m^3 의 저수용적을 가진 청동저수지를 비롯하여 11개소의 저수지와 224개소의 양수장, 18개소의 보, 584개소의 지하수 시설에 의하여 연간약 100백만 m^3 의 물을 가두어 약 12,000ha를 관개하고 있다. 그 중 대부분은 보에 의한 관개이다. 보는 농업용수이용에서 45%, 관개면적의 50%를 담당하고 있다.

보 다음으로 큰 비중을 차지하는 것은 양수장에 의한 관개이다. 현재 여러종류의 수원을 이용하여 연간 6,100ha를 관개하고 있다. 그 중에서 절반이상이 독립양수장에 의하여 관개되고 있다. 그 가운데서 금야군의 풍동양수장, 연동양수장, 송제 양수장, 인흥양수장은 연간 3-4백만 m^3 의 물을 양수하여 300-500ha를 관개하는 주요양수장이다.

양수장 다음으로는 저수지에 의한 관개이다. 저수지는 상류와 중류 유역에는 전혀 없고 하류유역에 집중되어 있다. 저수지의 용적은 청동저수지와 천암저수지 외에는 모든 저수지는 1백만 m^3 미만이다.

이밖에 지하수시설에 의한 관개용수도 적지 않다. 특히 하천 유역에서는 500여개소의 우물을 이용하여 약 240ha를 관개하고 있다

1). 저수지에 의한 농업용수이용현황

금야강유역의 저수지에서 연간 저수하는 용량은 10.6백만 m^3 이고 관개 면적은 1,270 ha이다.

청동저수지와 천암 저수지는 제일 큰 저수지들로서 저수용적은 합하여 6.8 m^3 백만 m^3 이다. 이는 강유역 저수지 총 용적의 65%로서 저수지에 의한 관개에서 기본을 이룬다.

저수지는 큰 하천과 멀리 떨어져있으면서 지대가 높은 지역을 관개하기 위하여 작은 하천계곡을 막았기 때문에 집수면적이 매우 적은 것이 특징이며 저수지 개당 집수면적이 4.4 km^2 인 것으로도 잘 알수 있다. 대부분의 저수지는 자연취수를 이용하여 관개하지만 자연취수와 함께 양수기로 물을 끌어올려 높은 지역을 관개하는 청동저수지, 천암저수지, 장흥저수지 등 겸용저수지도 있다.

금야강 유역면적에서 저수지로 이용되는 집수면적은 2.2%이다. 이것은 강유역에 저수지가 많지 못하며 있는 저수지도 작은 용량의 저수지이기 때문이다. 그러나 간접유역의 저수지가 많아 저수지 개소당 용적과 관개면적은 북한강보다 크다.

2). 양수장에 의한 농업용수이용현황

현재 하천유역에는 여러 가지 수원을 이용하는 양수장이 있다. 양수장의 취수능력은 $51.9\text{m}^3/\text{s}$ 이며 관개면적은 약 6,100ha이다. 금야강유역에는 147개소의 양수장이 있는데 기본수원은 하천수이다. 취수능력과 관개면적은 50%를 차지하며 기본을 이루는 것은 강물을 이용하는 독립양수장이다. 현재 독립양수장은 130여개소이며 여기에서 연간 34.4백만 m^3 의 물을 양수하여 관개에 이용하고 있다.

양수장에 의한 관개에서 다음으로 보조수원을 이용하는 양수장이 큰 비중을 차지한다. 이와 함께 저수지의 물을 높은 지역으로 끌어올리는 저수지를 수원으로 하는 양수장을 비롯하여 퇴수를 수원으로 하는 양수장도 적지 않다. 이 수원을 이용하는 양수장이 약 50개소 있다. 취수능력은 $7.7\text{m}^3/\text{s}$ 이고 관개면적은 약 900ha이다. 특히 강 하류에서는 양수기를 이용하여 한번 쓴 물을 재이용하며 지하수를 양수장에 의한 관개용수로 적극 이용하고 있다.

3). 보에 의한 농업용수이용현황

보는 농업용수 이용에서 중요한 수원으로서 농업용수 총 이용량의 약 48%를 차지하며 취수능력은 $13.0\text{m}^3/\text{s}$ 이다. 현재 룡원보(함경남도 금야군 룡원리)를 비롯하여 18개소의 보가 있는데 여기에서 에 취수하는 물량은 약 42.5백만 m^3 에 달하며 그에 의한 관개면적은 약 6,400ha이다. 이것은 함경남도에 있는 129개의 저수지 총 용적과 같은 량이다. 특히 룡원보는 하루동안에 340천 m^3 의 물을 농업용수로 내보낸다. 이 물은 수백리길의 수로를 흐르면서 21개의 리에서 100여대의 양수기로 높은 지대에 끌어올려 관

개하고 있다.

상류의 요덕군에서는 보를 잘 이용하고 있다. 이 보는 거의 모두가 높은 지점을 막아 자연경사를 이용하여 낮은 지대를 관개하는 자연취입보이다. 이 군에는 13개소의 보가 있는데 연간 5.7백만 m^3 의 물을 가두어 하천연안의 논밭을 관개하고 있다.

4). 지하수에 의한 농업용수이용현황

금야강유역에서 지하수는 공동수⁴⁾와 4기층수가 기본을 이룬다. 공동수는 황주계 탄산염 암석인 석회암과 고회암 분포지대에 발달되어 있는데 주로 강의 상류지대에서 찾아 볼 수 있다.

상류지대에서는 침식작용보다 용식작용이 더 우세하게 진행되며 이 지대에는 용식, 용해에 의한 동굴과 와지가 많이 드러나 있고 땅 밑에는 공동이 많다. 지하수의 주요 함양원천으로 되는 비 또는 눈 녹은 물이 계곡에 모여 단층이나 카르스트균열 및 공동을 따라 흐르다가 공동생 또는 층상수생 형태로 흘러나온다. 공동수는 하루에 수천 m^3 이 나오는데 대표적인 것을 보면 다음과 같다.

요덕군의 요새골지하수(성리)는 $9,000 m^3/d$, 인화지하수(인화리)는 $3,900 m^3/d$, 불당골지하수(성리)는 $2,590 m^3/d$, 향봉지하수(성리)가 $700 m^3/d$ 이며 금야군의 국봉지하수(상중리)가 $1,700 m^3/d$ 이고 고원군의 다리골지하수(용평리)는 $860 m^3/d$ 이다.

4기층수는 금야강의 하류지대에 널리 퍼져있다. 금야강의 하류는 강바닥경사(2/1,000이하)가 아주 완만하여 운반물이 집중적으로 퇴적되고 있다. 그러므로 중류 용원리로부터 강 유역이 점차 넓어지면서 충적원이 형성되어 있으며 범람천이 넓게 펼쳐져 있다. 중류지대에서 4기 충적층의 너비는 200-400m, 최대 700m이며 하류지대에서는 수기로 메터에 달한다.

충적층의 두께는 금야부근에서 4-8m이며 상류지대에서 3m이하이다. 충적층은 큰돌, 자갈, 모래, 모래점토로 이루어져 있는데 함수층은 자갈

4) 지하암석내에 큰 공동이 형성되고 그 공동내에 존재하는 지하수

모래층이다. 4기층수가 흘러나오는 양은 보통 $0.1-0.5\text{m}^3/\text{s}$ 이다.

금야강유역에서 지하수자원은 약 111백만 m^3 으로서 북한 지하수자원의 2.1%에 해당된다. 지하수가 많은 상류의 요덕지역에는 금야강 유역 지하수 자원량의 68%가 분포되어 있다. 이 지역에 지하수가 많은 것은 북동계열과 북서계열의 구조선과 그 수하열이 발달되어 있고 이 균열을 따라 크고 작은 공동이 형성 되어 지층의 함수성이 높으며 지하수의 주요공급원천인 연간 강수량이 비교적 많기 때문이다.

금야강 유역에는 584개의 지하수시설이 있다. 급수량은 4.44백만 m^3 이며 연간 1백만 m^3 이상의 물을 펴서 350ha를 관개한다. 지하수시설의 대부분은 중하류 유역에 설치되어 있는데 발관개를 위주로 하고 있다. 그러나 일부 용출량이 많은 지하수시설에서는 양수기로 물을 양수하여 논관개를 하고 있다. 강유역에 있는 지하수시설의 85%는 우물이고 15%만이 굴포와 졸짱이다. 강의 상류인 요덕군에서는 굴포를 72개 건설하여 연간 1천 m^3 이상의 지하수를 농업용수로 이용하고 있다.

7.9 남대천(안변)

7.9.1 남대천(안변)의 하천형태학적 특성

남대천(안변)은 강원도 세포군 성산리 동쪽골짜기에서 시작하여 북으로 흘러 고산군과 안변군의 영역을 거쳐 안변군 사평리에서 조선동해에 흘러든다. 하천의 총연장은 93km이며 유역면적은 857.0 km^2 로서 수성천, 덕지강보다 작다.

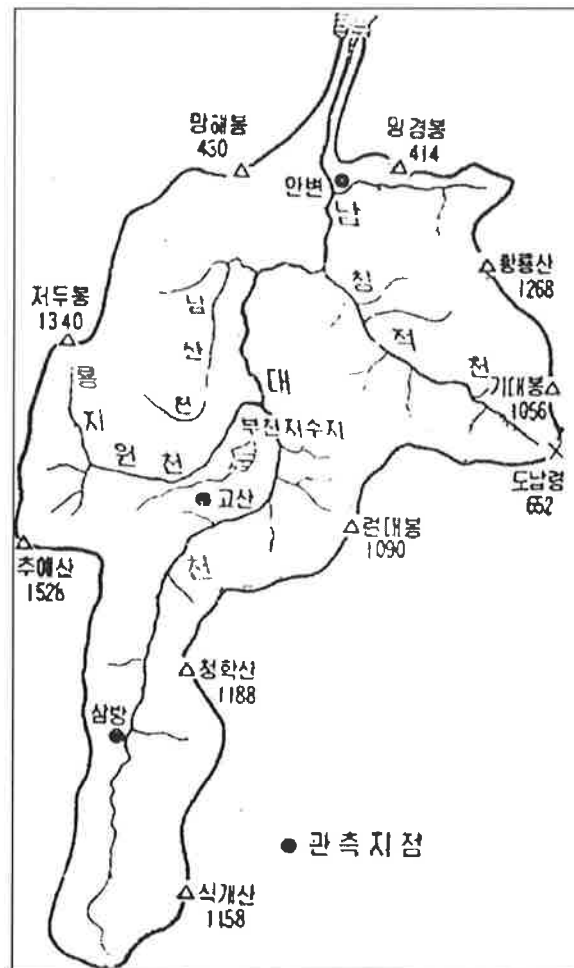
남대천(안변)의 상류와 중류부는 비교적 단순한 나뭇가지모양의 강줄기를 이루고 있으나 하류에서는 여러갈래로 흐르면서 그 모양을 이룬다. 원래 남대천(안변)의 분수령은 21km 더 남쪽으로 나간 검불랑 북쪽의 갈물포(백봉의 남서기슭)였으나 제4기말에 흐른 용암에 의하여 이 강골이 메워졌으며 그 후 깎임 작용을 받아 메워졌던 부분의 남쪽은 임진강 유역으로 북쪽은 깊은 계곡으로 되어 남대천(안변)의 강골로 되었다.

남대천(안변)상류지방의 지질은 현무암, 중류지방은 현무암, 화강암, 하

류지방은 편마암으로 이루어지고 있다. 토양은 상류지방에 진흙이 많고 하류지방에 충적토가 많다.

남대천(안변)의 중류부는 경사가 심하고 삼방협곡의 양쪽에는 수십 미터씩 되는 하천 단구들이 곳곳에 있다. 고산읍을 지나면서 하천은 평지형이다.

유역의 평균폭은 9.2km이며 좁고 긴 모양을 가지고 있다. 특히 상류부는 지류가 거의 없고 본류만이 좁고 긴 협곡을 따라 흐르고 있다. 유역의 평균높이는 341m로 낮다.



<그림 7.10> 남대천(안변) 수계도

분수령을 이루는 산줄기들은 비교적 높고 큰 산줄기들이다. 서쪽에 있는 마식령산맥에는 추애산(1,528m), 저두봉(1,340m) 등 봉우리들이 있다. 동쪽에는 태백산줄기와 그 지맥인 광주산줄기가 하천과 평행되게 놓여있는데 여기에는 황룡산(1,268m), 기대봉(1,056m), 연대봉(1,090m) 등 봉우리들이 솟아있다. 분수선의 연장길이는 204km이다.

남대천(안변)유역에는 길이 5km이상 되는 하천들만도 33개나 되는데 그 가운데서 5-10km내에 있는 하천이 많다. 남대천(안변)의 유역면적별 구성을 보면 주요하천 4개 가운데서 100.1-200km²의 하천이 3개, 500km²이상은 1개이다. 남대천(안변)의 주요지류들의 길이와 유역면적은 표 7.51과 같다.

표 7.51 남대천(안변)주요지류의 연장 및 유역면적

하천명	지류구분	하천길이(km)	유역면적(km ²)
룡지원천	1지류	24.5	116.6
청적천	"	24.5	194.4
남산천	"	23.5	130.7

하천유역면적의 산림비율은 70%이상 차지하는 소나무림이 기본이고 해발 50m까지는 주로 잣나무, 이깔나무 등의 침엽수가 분포되고 있으며 500m이상에서는 참나무가 우세한 침활혼성림, 세포에서 발원지까지는 주로 넓은잎나무가 분포되어 있다.

강바닥저질의 분포상태를 보면 상류지방에는 직경 10-50m의 바위, 중류지방에는 직경 1-20cm 정도 되는 자갈이 있으며 하류지방에는 립경이 작은 모래가 균일하게 덮여 모래부리를 형성하고 있다.

하천유역은 비교적 온화한 지대이므로 물자원형성에 유리한 조건을 가지고 있다.

7.9.2 남대천(안변)의 수자원현황

남대천(안변)유역은 면적에 비하여 강수자원이 많다. 유역의 총 강수자

원은 $115,514 \times 10^4 \text{ m}^3$ 이다. 단위면적당 강수자원은 $134.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 로서 덕지강, 금야강 보다는 약간 작으나 수성천, 어랑천, 남대천(길주)에 비해 2배나 많다.

남대천(안변)유역의 평균강수량은 1,348.0 mm이고 증발량은 329mm로 75.6%가 유출된다. 유출높이는 1,019mm이고 유출계수는 0.76으로 높다. 하천유역의 유출높이는 남대천(북청)의 2배, 수성천의 2.5배나 된다. 하천유역내에서는 남산천과 룡지원천유역 고산군 왼쪽유역에서 유출고가 크며 특히 남산천 유역은 강수량에 비한 유출계수가 0.78로 제일 높다.

표 7.52 남대천(안변) 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km^2)	강수량 (mm)	유출량 ($10^4 \text{ m}^3/\text{yr}$)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 ($\text{t/s}/\text{km}^2$)	유출계수
남대천	857.0	1,348	87,387	329.0	1,019.0	32.3	0.76
청적천	194.4	1,260	18,147	326.5	933.5	29.6	0.74
남산천	130.7	1,310	13,231	287.7	1,012.3	32.1	0.78
룡지원천	116.6	1,330	11,914	308.2	1,021.8	32.4	0.77

강수자원의 계절적 분포를 보면 봄철의 비율은 15.2%, 여름철에는 55.4%, 가을철에는 20.6%, 겨울철에는 8.8%로서 여름철의 강수자원 비율은 동해안 하천들보다 상대적으로 낮으나 겨울철 비율은 상대적으로 높은 것이 특징이다.

표 7.53 남대천(안변) 주요 지류별 월별 강수량/유출량에서 보는 바와 같이 강수자원의 월별 비율도 매우 차이가 심하다. 가장 많은 달인 8월의 비율은 23.3%로 크지만 동해안의 다른 하천들보다는 그 비율이 상대적으로 작다. 동해안 북부지방 하천들의 강수자원의 비율이 가장 적은 달은 2월이지만 남대천(안변)은 12월에 최소(2.2%)가 나타난다. 이 하천은 겨울철 기간인 1월과 2월의 강수자원 비율이 3.3%로서 동해안의 다른 하천들인 수성천과 금야강보다 1-1.7% 높다.

표 7.53 남대천(안변) 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4m^3)

지 류	구분\월별	1	2	3	4	5	6	7
남대천	강수량	3,814	3,814	5,082	6,813	5,656	11,552	25,530
	수자원	1,311	1,223	3,583	6,467	4,107	5,942	21,148
청적천	강수량	809	809	1,078	1,444	1,199	2,449	5,414
	수자원	272	254	744	1,343	853	1,234	4,391
남산천	강수량	308	359	685	1,148	959	1,695	4,230
	수자원	198	185	542	979	622	900	3,202
룡지원천	강수량	279	325	620	1,039	869	1,535	3,830
	수자원	179	167	488	882	560	810	2,883
지 류	구분\월별	8	9	10	11	12	계	
남대천	강수량	26,918	14,440	5,202	4,156	2,537	115,514	
	수자원	22,109	13,982	3,408	2,359	1,748	87,387	
청적천	강수량	5,708	3,062	1,102	882	538	24,494	
	수자원	4,591	2,903	708	490	363	18,147	
남산천	강수량	4,177	2,038	599	582	342	17,122	
	수자원	3,347	2,117	516	357	265	13,231	
룡지원천	강수량	3,784	1,846	544	527	310	15,508	
	수자원	3,014	1,906	465	322	238	11,914	

남대천(안변)의 수자원량은 약 $87,295 \times 10^4 \text{m}^3$ 이다. 이 하천은 유역면적이 2.5배가 큰 어랑천의 수자원량과 거의 같은데 강원도 총 수자원의 8.4%를 차지한다. 단위면적당 수자원량은 $101.9 \times 10^4 \text{m}^3$ 로서 수성천, 어랑천의 2.4배, 남대천(길주)과 북대천(단천)의 2.7배가 된다. 년평균 유출량은 $27.6 \text{ m}^3/\text{s}$ 로서 유역면적이 3배가 큰 남대천(단천)의 흐름량과 거의 같다.

남대천(안변)의 수자원량은 세포군 수자원량의 7.2%($7,777 \times 10^4 \text{m}^3$), 고산군 수자원량의 100%($45,228 \times 10^4 \text{m}^3$), 안변군 수자원량의 63.4%($34,289 \times 10^4 \text{m}^3$)를 차지한다.

하천의 수자원은 계절에 따라 변동이 심하다.

표 7.54 남대천(안변) 주요지류의 계절별 수자원량(10^4m^3)에서 보는바와 같이 봄철에는 전체 물량의 16.2%가 유출되는데 이것은 지하수 유출이 많기 때문이다. 여름철에는 년수자원량의 56.3%($49,147 \times 10^4 \text{m}^3$)가 유출된다. 가을철 유출비율은 22.6%인 $19,729 \times 10^4 \text{m}^3$ 로서 덕지강, 금진강

보다는 높으나 남대천(길주)와 북대천(단천)보다는 낮다.

표 7.54 남대천(안변) 주요지류의 계절별 수자원량(10^4m^3)

지류	봄	여름	가을	겨울	계
남대천	14,142	49,147	19,729	4,277	87,295
청적천	2,940	10,216	4,101	889	18,146
남산천	2,144	7,449	2,990	645	1,323
룡지원천	1,930	6,707	2,693	584	11,914

겨울철 유출 비율은 4.9%로서 동해안 북부지역 하천들보다는 낮으나 동해안 중부지역 하천들 중에서는 높다. 이 하천은 동해안 중부지역 하천들 중 계절별 유출비율의 차가 상대적으로 적다.

표 7.53에서 보는 바와 같이 월유출이 가장 많은 달은 8월이다. 일반적으로 동해안 북부지역 하천들은 8월 유출비율이 25%를 넘지 않으나 동해안 중부 지역하천은 30% 안팎이다. 그러나 이 하천의 8월 유출비율은 25.3%로서 중부지역하천들 보다는 낮고 북부지역하천들보다는 약간 높다.

수자원의 유출비율이 가장 적은 2월의 비율은 11.4%($1.222 \times 10^4 \text{ m}^3$)로서 극히 적으나 동해안 남부지역하천보다는 높은 편이다. 특히 4월의 유출비율이 7.4%로서 동해안 북부지역 하천보다는 높다.

남대천의 갈수량현황은 안변지점에서 1956년부터 1980년까지 기간에 하루평균 최소갈수량이 1968년 5월 10일에 나타났는데 이때 흐름량은 $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ (유출률 0.24)였다. 1968년 5월 10일-12일까지 연속 3일간 흐름량은 $0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ 였고 1968년 5월 7일-16일까지 10일간의 흐름량은 $0.602 \text{ m}^3/\text{s}$ (유출률 1.02)였다.

안변지점에서 겨울철 최소유출량은 1956년-1980년 사이에 1일 최소유출량은 $0.620 \text{ m}^3/\text{s}$ (1970년 2월 12일), 연속 3일의 최소갈수량은 $0.760 \text{ m}^3/\text{s}$ (1970년 2월 12일-14일)였다. 5일 최소갈수량은 $0.788 \text{ m}^3/\text{s}$ (1970년 2월 12일-16일)였으며 10일 평균유출량은 $0.830 \text{ m}^3/\text{s}$ (1970년 2월 11일-20일)였다.

20일 최소갈수량은 $0.876\text{m}^3/\text{s}$ (1970년 2월 1일-20일)이며 30일 최소갈수흐름량은 $0.884\text{m}^3/\text{s}$ (1970년 1월 22일-2월 20일)였다.

안변지점에서 홍수량 현황은 다음과 같다.

1962년 9월 8일 최대홍수량은 $2,740\text{m}^3/\text{s}$ 로서 평균 흐름량의 103배였으며 1973년 9월 1일 두 번째 홍수때 홍수량은 m^3/s 로서 평균 흐름량의 75배였다. 세 번째 홍수 때인 1970년 9월 9일의 흐름량은 평균흐름량의 69배였다. 안변지점에서 10,000년빈도 홍수량은 $5,700\text{m}^3/\text{s}$, 1,000년빈도 홍수량은 $4,320\text{m}^3/\text{s}$, 100빈도 홍수량은 $3,070\text{m}^3/\text{s}$, 10년빈도 홍수량은 각각 $1,900\text{m}^3/\text{s}$ 이다.

남대천(안변) 유역의 총수자원량은 $87,295 \times 10^4 \text{ m}^3$ 이다. 이 하천 유역의 총수자원은 모두 자체유역에서 조성된 자원으로서 총수자원의 56%가 여름철에 유출된다. 단위면적당 수자원량은 $101.9 \times 10^4 \text{ m}^3$ 로서 동해사면 하천들 가운데서 제일 많다.

남대천(안변)의 수자원 가운데서 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 수자원은 $18,255 \times 10^4 \text{ m}^3$ 이고 단위면적당 물이용량은 $21.3 \times 10^4 \text{ m}^3$ 이다. 남대천(안변)의 물이용에서 주류를 이루는 것은 공업용수인데 총수자원이용량의 50%를 차지한다. 이렇게 공업용수가 많은 비중을 차지하는 것은 수력발전용수로 많은 양의 물을 쓰고 있는것과 관련된다.

이 유역에서 $2.20\text{m}^3/\text{s}$ 의 물을 쓰는 부천발전소를 비롯한 성북발전소($1.30\text{m}^3/\text{s}$), 룡대발전소($1.60\text{m}^3/\text{s}$)들에서 공업용수 총이용량의 97.2%를 쓰고 있다. 그러나 이 물은 그대로 하천에 들어오고 소비되는 수자원은 없다.

남대천(안변)유역의 공장, 기업소들에서 쓰는 수량은 총 공업용수이용률의 2.8%를 차지한다. 그 중 대부분의 물을 지하수에 의하여 공급받고 있다.

다음으로 공업용수의 이용에 못지 않게 많은 물을 쓰는 부분은 농업용수이다. 남대천(안변)유역에서 농업용수로 이용되는 수량은 총물이용량의 41%를 차지하며 농업용수의 절대다수는 지표수에 의하여 공급받고 있다.

이것은 이 하천유역에 안변별이 있는것과 관련되며 넓은 평야는 저수지와 보로 저류한 물로 관개하고 있다.

그 중에서도 기본을 이루는 것은 저수지에 의한 관개이다. 저수지로 관개하는 수량은 총 농업용수 이용량의 42.5%를 차지한다. 이 유역에서 지하수를 이용하여 농업용수를 공급하는 수량은 0.1%도 되지 않는다.

남대천(안변)유역에서 주민들의 생활용수를 공급하는 수량은 총물이용량의 8.7%를 차지한다. 이와 같이 이용된 수자원의 70.2%는 다시 회복되어 하천에 들어오고 29.8%가 소비되는데 이것은 하천유역에 조성된 수자원의 6.2%만이 소비되고 기타 나머지 자원은 흐름량 자원으로 유출되고 있다.

그런데 이 수자원은 계절에 따라 심히 변화되고 그때 이용되는 수량도 현저히 달라지기 때문에 계절별 수자원의 과부족 상태를 평가하는 것이 매우 중요하다. 이것은 남대천(안변)유역에서 연간 쓰는 수량의 41%가 농업용수이며 농업용수특성상 봄철과 여름철에 집중적으로 이용되고 그 이용비율도 서로 다르기 때문이다.

남대천(안변)의 계절별 수자원을 평가하면 표 7.55 남대천 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)에서 보는 바와 같이 갈수기인 겨울에도 $1,589 \times 10^4 m^3$ 의 자원이 있다는 것을 알수 있다.

표 7.55 남대천(안변) 계절별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	14,142	49,147	19,729	4,277	87,295
이용량	4,691	7,513	3,366	2,688	18,255
과부족	9,451	41,634	16,366	1,589	69,040

이처럼 하천유역에 $2.0 m^3/s$ 의 수자원이 겨울철 흐름량 자원으로 남아 있다. 이 하천의 수자원은 계절에 따라서 다를 뿐 아니라 월별로도 달라진다. 남대천(안변)의 월별 수자원을 평가하면 물이용량이 제일 많은 6월에도 수자원의 47%가 이용되고 $12.2 m^3/s$ 의 수자원은 흐름량자원으로 유

출되고 있다.

이와 같이 남대천(안변)의 월별 수자원을 평가하면 물이용량이 제일 많은 6월에도 수자원의 46.7%가 이용되고 12.2m³/s의 수자원은 흐름량자원으로 유출되고 있다.

이와 같이 남대천(안변)은 이 유역에서 필요한 공업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 공급하고도 연간 약 69,000×10⁴ m³의 물이 흐름량자원으로 유출되고 있다. 표 7.56은 남대천 월별 수자원 부존량/이용량 현황(10⁴m³)을 표시한다.

표 7.56 남대천(안변)월별 수자원 부존량/이용량 현황(10⁴m³)

구분\월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	1,309	1,222	3,579	6,460	4,103	5,936	21,125
이용량	896	896	1,016	1,316	2,359	2,771	2,421
과부족	413	326	2,563	5,144	1,744	3,165	18,074

구분\월	8	9	10	11	12	계
수자원량	22,086	13,967	3,405	2,357	1,746	87,295
이용량	2,321	1,444	1,023	896	896	18,255
과부족	19,765	12,523	2,382	1,461	850	69,040

7.9.3 남대천(안변)유역의 농업용수이용 특성

남대천(안변)은 고산별(170km²)과 안변별(100km²)을 가지고 있는 하천으로서 유역면적의 5분의 1이 비옥한 경지이다. 이와 함께 하천유역의 연간강수량이 1,200mm이상이기 때문에 단위면적당 수자원량이 많다. 바로 이러한 자연지리적 조건은 남대천(안변)의 수자원을 농업용수로 이용하는데 유리한 조건으로 된다.

현재 하천유역에는 부천저수지를 비롯한 크고 작은 24개소의 저수지, 250여개소의 양수장, 440여개소의 보, 450여개소의 지하수 시설과 많은 수

원시설들이 있다. 이러한 시설들에 의하여 연간 80백만 m^3 의 물을 잡아 약 12,300ha를 관개하고 있다.

그 가운데서도 가장 큰 비중을 차지하는 것은 저수지에 의한 관개이다. 저수지에 의하여 관개하는 면적은 약 5,200ha로서 남대천(안변)유역 총 관개면적의 42%를 차지한다. 특히 저수지에 의한 관개에서 기본을 이루는 부천저수지(고산군)는 저수용적이 13.6백만 m^3 로서 남대천(안변) 유역에 있는 저수지 총 용적의 32%를 차지한다.

이 하천의 농업용수 이용에서 두 번째로 많이 쓰는 부분은 보에 의한 관개이다. 하천유역에는 크고 작은 관개용 취수보가 많은데 농업용수 총 이용량의 36%, 관개면적의 29%를 차지한다. 유역에 있는 보는 거의 대부분이 임시적 보들이고 고정보는 그리 많지 못하며 주로 하류유역에 집중되어 있다.

또한 보에 못지 않게 양수장에 의한 관개도 많은 비중을 차지한다. 양수장은 주로 하천연안에 발달한 경지들을 관개하고 있기 때문에 양수장 관개에서 독립양수장이 기본으로 되고 있다. 독립양수장에 의한 농업용수 이용량은 농업용수 총이용량의 25%, 총관개면적의 25%를 담당하고 있다.

이밖에도 지하수를 비롯하여 기타 보조수원들을 이용하여 농업용수를 해결하기 위한 노력이 활발히 전개됨으로써 최근년간 수자원 이용률이 현저히 높아졌다.

남대천(안변)의 농업용수(75백만 m^3)이용에서 기본을 이루는 것은 지표수(75백만 m^3)이고 지하수(60천 m^3)는 농업용수 총이용량의 0.08%밖에 이용되지 못하고 있다.

1). 저수지에 의한 농업용수이용현황

저수지는 남대천(안변)의 농업용수 이용의 주요 시설로 되고 있다. 현재 하천유역에 있는 저수지에서 연간 약 30백만 m^3 의 물을 저류하여 관개하고 있다.

하천유역에는 저수량 10백만 m^3 이상의 저수지는 1개소뿐이고 대부분의

저수지는 1백만 m^3 이하의 작은 용적을 가진 저수지들이기 때문에 관개구역이 리단위 범위를 벗어나지 못하고 있다. 특히 유역에 있는 저수지들의 특징은 거의 대부분이 간접유역저수지들이고 직접유역 저수지들은 24개 저수지들 중에서 6개밖에 없기 때문에 수자원확보를 위하여 양수기로 펌프를 하거나 간접유역의 물을 자연 취입하여 급수하는 저수지들이다.

이 하천에서 가장 큰 부천저수지는 고산군 란정리에 있는 안2저수지와 연결 되어 있는데 수로 총 연장은 약 120km로써 란정리를 비롯한 4개 리의 약 1,330ha를 관개하고 있다. 표 7.57은 남대천(안변)의 저수지에 의한 관개면적 현황이다.

표 7.57 남대천(안변)의 저수지에 의한 관개면적 현황

저수지수 (개)	유역면적(ha)			관개면적(ha)			저수지용적 (백만 m^3)
	계	직접	간접	계	논	밭	
24	446	91	355	5,196	4,389	807	29

남대천(안변)유역에서 단위면적당 저수지용적은 약 3.4천 m^3 로서 동해안 하천유역에서는 저수지에 의한 수자원확보는 비교적 많은 편이다.

2). 양수장에 의한 농업용수이용현황

남대천(안변)유역에는 독립양수장을 비롯하여 저수지를 수원으로 하는 양수장, 하천수원을 이용하는 양수장, 지하수와 기타 보조수원을 이용하는 양수장이 230여개소가 있다. 총 양수능력은 35.9 m^3/s 이고 관개면적은 3,882ha이다. 그 중 하천수원을 이용하는 양수장이 186개소로서 3,500여ha를 관개하고 있다. 특히 안변군 남계리에 있는 남계단 양수장은 이 유역에서 가장 큰 양수장인데 연간 8백만 m^3 의 물을 양수하여 약 670ha를 관개한다. 이밖에도 위남2단 양수장과 갈골3단 양수장은 연간 약 2.3백만 m^3 의 물을 양수하여 200ha이상의 논, 밭을 관개하는 비교적 강원도에서도 큰 양수장들에 속한다.

최근 이상기후현상으로 인한 가뭄의 피해를 막기 위하여 하천수를 이

용하기 위한 양수장을 대대적으로 설치하는 것과 함께 지하수를 이용하기 위한 양수시설이 많이 건설 되어 양수장에 의한 관개비중이 현저히 높아졌다. 표 7.58은 남대천(안변)유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력 이다.

특히 이 유역에서는 9개의 지하저수지를 건설하여 약 225ha를 관개하고 있는데 저수지에 고인 물을 양수기로 펌프하여 관개하고 있다.

표 7.58 남대천(안변)유역에서 양수장에 의한 수원형태별 관개능력

총 계			저수지수원			하천수원		
양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)
224	35.9	3,882	22	12.4	369	186	22.7	3,406

총 계			지하수수원			기타보조수원		
양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)	양수장수 (개소)	양수능력 (m ³ /s)	관개면적 (ha)
224	35.9	3,882	11	0.3	68	5	0.5	39

3). 보 의한 농업용수이용현황

남대천(안변)에서 보에 의한 관개는 양수장 다음으로 많이 쓰는 부분이다. 현재 관개용 치수보가 311개소가 있는데 연간 40백만m³을 취수하여 27백만m³은 농업용수로 이용하고 12백만m³은 생활용수로 사용한다.

보는 양수장과 달리 동력을 쓰지 않고 농업용수를 싼값으로 얻을 수 있는 관개용구조물이기 때문에 우리나라 거의 모든 하천들에서 다 이용하지만 이 하천에서는 연간 10백만m³이상 취수하는 대용량보가 3개나 되어 보에 의한 농업용수 이용이 여타 하천보다 많다

특히 안변군 미현리에 있는 안학보와 앞강로동자구에 있는 화성보는 그 취수능력이 각각 16백만m³을 취수할 수 있는 대용량 보로서 30백만m³ 이상 저수지에 맞먹는 비중을 차지하고 있다. 그 중 안학보는 취수능력이 3.34m³/s 이며 관개용 수로만 하여도 100리나 되는 대규모관개체계를 이

루고 있다. 이 보에 의하여 안변읍을 비롯한 약 1,400ha에 관개용수를 급수하고 있다.

그 외 취수능력이 비교적 큰 고정보가 10여 개소가 되는데 그 가운데서도 고산군 혁창리에 있는 부천도수로보와 학교보, 안변군 신화1보들은 1백만 m^3 이상 으로서 보에 의한 농업용수 이용에서 주를 이루고 있다. 표 7.59은 남대천(안변) 보에 의한 관개 현황이다.

표 7.59 남대천(안변) 보에 의한 관개 현황

보개소수 (개소)	관개면적(ha)			급수량(백만 m^3)		
	계	논	밭	계	논	밭
311	3,569	3,335	234	27.4	27.0	0.4

4). 지하수에 의한 농업용수이용현황

남대천(안변)은 상류에서부터 현무암지대와 탄산염지대, 단천암군 화강암지대, 4기층 지대를 흐르고 있으므로 유역의 지하수는 기반암석들의 균열이나 공극에 4기층수, 균열수, 공동수, 층간수⁵⁾의 형태로 놓여있다. 그 중에서 4기층수와 균열수가 많은 비중을 차지한다.

4기층수는 남대천(안변) 하류지대인 안변벌에 널리 분포되어 있다. 이 지역에서 4기층은 연장성이 좋고 두꺼우며 굵은모래와 자갈층으로 되어 있으므로 많은 양의 지하수가 매장되어 있다. 대표적인 실례로 안변군 월량리에 있는 월량지하수를 들 수 있다. 이 지하수 구역에는 제3기층 위에 4기층이 50m이상 덮여 있는데 대수층은 표면으로부터 모래자갈층과 불투수층인 모래질점토층 밑에 놓여있는 굵은모래와 자갈층으로서 두께는 17m이상에 달한다.

지하수는 불투수층사이에 부존되어 있는 압력수(피압지하수)로서 압력수들은 0.3-1.2m이며 운영 매장량은 14개 추공에서 4,668 m^3/d 이다. 이밖에 안변군 일대에서 많이 볼수 있다.

5) 기반암의 지층면을 따라 부존하는 지하수

유역에서 4기층수의 특징은 일정한 압력을 가지고 부존되어 있는 것이다. 이 지역에서 지하수가 압력수의 형태를 가지는 것은 대수층위에 불투수층인 4기 현무암층이나 모래질 점토가 덮여 있으며 대수층의 배수조건보다 그의 공급이 더 활발히 진행되기 때문이다. 압력수두 높이는 최대 25m인데 지하수가 지표면으로부터 0.5m까지 솟아오르고 있다.

하천유역에서 균열수는 중류지대에 발달되어 있다. 균열수는 원산-서울 단열대와 그 수하열에 부존되어 있으며 샘의 형태로 하천에 흘러들고 있다. 그의 실례로 고산군 신현리에 있는 신현 지하수를 들 수 있다. 이 지하수구역에는 단천암군 화강암이 넓게 드러나 있고 북동20도 방향의 파쇄틈이 가까이 있다. 지하수는 이 파쇄틈 가까이에 있는 화강암의 틈새에서 흘러나오는데 그의 유출량은 0.23 ℓ/s 이다.

공동수는 상부원생대 탄산염암석 분포지대인 고산군일대의 하천연안에 분포되어 있다.

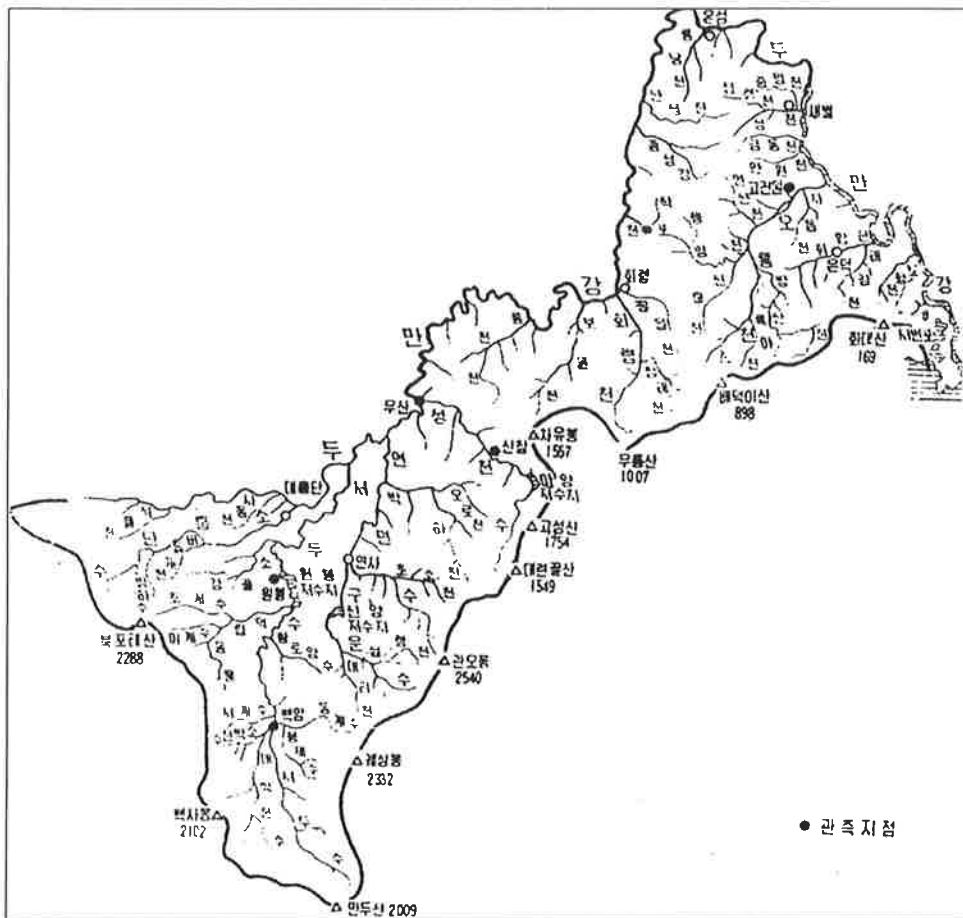
이 유역의 지하수자원은 우리나라 지하수 자원의 0.9%에 해당되는 약 44.6백만 m^3 이며 단위면적당 평균 지하수 매장량은 약 52천 m^3 로서 북한의 단위면적당 평균지하수 매장량보다 90천 m^3 이 더 많다.

남대천(안변)유역에서는 지표수자원 외에 지하수자원을 농업용수로 이용하기 위한 노력으로 지하수에 의한 관개면적이 급격히 늘어났다. 이 유역에는 지하저수지를 비롯하여 우물, 쪼짱, 굴포 등 340여 개소의 지하수 이용시설에 의하여 460여 ha를 관개하고 있는데 지하수 1개 시설당 급수량은 약 5천 m^3 , 관개면적은 1.3ha이다. 그 중에서 가장 많은 비중을 차지하는 것은 지하저수지와 우물이다. 현재 이 유역에서는 290여개소의 우물로 160ha를 관개하고 있으며 지하저수지에 의하여 1.4백만 m^3 을 급수하고 있다. 이 두 시설에 의한 급수량은 지하수에 의한 총급수량의 95%, 총급수면적의 83%를 담당하고 있다. 그 외 여러 가지 보조수원을 이용하여 밭관개를 하고 있다.

7.10 두만강

7.10.1 두만강 하천형태학적 특성

두만강은 양강도 삼지연군 백두산동남쪽에서 발원하여 (조선)동해로 유하한다. 하천연장은 547.8km이고 유역의 총면적은 32,920km²이다. 그 중 북한 지역에 속한 유역면적은 10,555km²로서 두만강 전체 유역면적의 32.1%를 차지한다. 이 강은 연장으로 북한에서 두 번째로 크며 면적으로는 세 번째로 큰 하천이다. 두만강의 주요지류는 하천 상류에 있으며 중국측에서는 중류와 하류에 있다.



<그림 7.11> 두만강 수계도

유역의 평균폭은 60.1km이며 좁고 긴 형태를 가진다. 두만강의 상류부에서는 경사가 급하고 흐름이 빠르며 무산군에 이르러서는 하천이 사행이고 흐름이 약해지며 하류인 온성군 부터는 강폭이 대단히 넓어지면서 흐름이 완만해진다. 두만강유역의 만곡도는 2.61이며 하천망의 밀도는 0.36 km/km²이다. 두만강은 연장에 비하여 지류수가 비교적 적어 하계가 단순하다.

두만강유역에는 자연호수와 인공저수지가 있으며 자연호수는 해안연안에 위치한 호수와 하천연안 호수로 구분해 생각할 수 있다. 대표적인 해안연안수로서는 두만강 하류의 선봉군에 있는 서포와 동변포, 만포, 번개늪 등이다. 이 호수는 강 어구에 바다의 퇴적작용으로 생긴 것이다.

두만강의 상류지대는 넓은 백무고원이 자리잡고 있으므로 그 곳에서 흐르는 큰 지류가 많지만 중류와 하류지대는 함경산줄기 북서비탈면에서 흐르는 길지 않은 지류가 본류에 유입된다. 지류수는 약 288개소이며 대부분의 지류는 연장이 20km미만이며 그 중 규모가 크고 수자원이 비교적 많은 지류로서는 서두수, 연면수, 성천수 등이다. 서두수는 연장이 173.1km로서 비교적 짧으나 유역면적(2,392.0km²)이 큰 하천이다.

서두수의 지표수자원은 960백만m³으로서 두만강유역 총수자원의 22.6%를 차지한다. 다음으로 큰 지류는 연면수인데 두만강유역 총수자원의 15.9%를 차지한다.

두만강유역의 평균높이는 상류지역에서 매우 높으나 성천수의 하류지역에서는 갑자기 낮아진다. 이것은 상류에 있는 서두수, 연면수, 성천수 등은 백두용암지대와 백두산줄기 또는 함경산맥과 같은 높은 지대를 흐르지만 성천수의 하류 즉 두만강의 중류 및 하류지대에서는 하천이 낮은 지대를 흐르기 때문이다.

두만강의 전구간에서 만곡률은 2.61이며 지류인 서두수에서 1.79이다. 두만강본류의 만곡률은 북한지역 하천에 비하면 대단히 큰 편이다. 실제로 압록강 2.02, 대동강 1.09, 청천강 1.36, 예성강은 각각 1.78이다.

표 7.60 두만강 주요지류의 연장 및 유역면적

하 천	지류구분	연 장(km)	유역면적(km ²)
서두수	1지류	173.1	2,392.0
대박천수	2지류	41.9	372.0
동계수	"	25.0	307.6
형제수	3지류	18.7	136.5
덕립동물	2지류	43.2	349.5
연면수	1지류	80.0	1,662.5
초소천	2지류	19.1	128.3
구운수	"	56.1	575.0
박하천	"	37.0	433.3
오로천	3지류	20.5	140.0
성천수	1지류	76.3	609.0
룡천천	"	27.0	251.8
보을천	"	31.8	265.5
회령천	"	46.0	459.5
팔을천	"	26.0	142.5
성 천	"	24.0	197.3
금동천	"	20.5	62.3
오룡천	"	64.0	1,271.0
방산천	2지류	52.1	238.5
록야천	"	15.1	52.9
회암천	1지류	30.7	328.7
보향천	"	20.5	77.6

두만강유역에는 백두용암대지와 백무고원 그리고 함경산줄기북쪽기슭과 두만강하류일대별이 속한다. 고원으로 되고 있는 상류지대에서는 강물이 신기곡지로 흐르면서 침식을 활발히 진행하여 깊은 협곡을 이루고 있으며 상류 및 중류 일대에서는 사행이 심하고 하안안구가 잘 나타나고 있다. 하류부에는 하적호와 삼각주가 발달되어 하천의 퇴적작용이 심하다는 것을 나타내고있다.

두만강의 상류부는 1,500m 내외의 높이를 가지는 현무암지대를 이루고 있으며 중류부의 회령부근까지는 화강암 편마암 지대를 이루고 있다. 그리고 그 이하부터 강어구 부근까지는 평안계지층, 제3기지층 그리고 화강암으로 이루어지고 있다.

두만강은 유역면적이 크고 상류지역의 경사가 급한 하천이며 산림비가 0.9이며 중류와 하류에서의 산림비는 0.7-0.8정도로서 산림비가 높다. 산림상태는 매우 양호하여 유출을 조절하는데 매우 큰 역할을 수행하고 있다. 하류지방은 대체로 200m이하의 언덕지대에 발달한 산림갈색토가 우세하다. 이 지역에는 혼성림, 활엽수림 또는 초본식물이 분포된 지대로서 표층이 두텁고 부식질도 있다.

토양과 식물을 보면 상류에는 모래메흙질표백성 토양이 분포되어 있고 부분적으로 현무암위에 발달한 진흙질표백성 토양도 나타나고 있다. 특히 부석은 다공질이므로 수분을 표층에 잘 보유하며 또한 현무암잔적토는 물을 유동시키지 않는 관계로 물기가 많다. 지대가 높고 물기가 많은 이 강의 상류부에는 이깔나무, 분비나무, 가문비 등 바늘잎나무가 밀림을 이루고 있다. 중류지대는 산악산림갈색토양이 우세하고 아한대 낙엽수가 널리 분포되고 있다. 여기에는 사스레나무, 자작나무, 황철나무, 신갈나무, 마가목, 단풍나무류 등의 넓은잎나무가 많이 자라고 있다.

두만강의 강바닥에는 여러 곳에 기반암이 노출되고 있으며 수십개의 여울과 폭포가 발달되고 있고 또한 상류, 중류 일대에서는 전형적인 산지성 하천의 특성을 나타내고 있다. 중류이하에서 하천폭이 넓은 지대에는 1.5-1.7km 내외의 충적원이 발달되고 있다. 강바닥은 주로 자갈과 모래로 되어 있지만 하천부지에는 모래메흙, 그 아래 30-50cm 깊이에는 모래, 자갈층으로 되어 있다.

두만강은 우리나라의 다른 하천유역에 비하여 강수자원과 흐름량 자원이 적은편이지만 하천의 규모가 크고 물을 많이 저장할 수 있는 유리한 조건으로 수자원이 비교적 풍부하다.

두만강 유역에서의 결빙기간은 길다. 1970-1979년의 자료에 의하면 서

두수의 백암지점에서 결빙 시작하는 평균일자는 10월 17일, 완전결빙 평균일자는 12월 10일이다. 해빙이 시작하는 평균일자는 이듬해 3월 31일, 완전히 해빙하는 평균일자는 4월 26일이다. 그리고 완전히 결빙되는 기간은 111일간이다. 무산지점에서 결빙 시작하는 평균일자는 11월 6일, 완전히 결빙되는 평균일자는 12월 8일이며 해빙이 시작하는 날짜는 이듬해 3월 28일, 완전히 해빙일자는 4월 14일이다. 그리고 완전결빙 기간은 백암지대보다 짧아져 110일 정도로 된다.

서두수의 백암지점에서 1970-1978년의 자료에 의한 평균얼음두께를 보면 12월에 강기슭에서 42cm, 강북판에서 41cm이고 1월에 강기슭에서 65cm, 강 가운데에서 57cm, 2월에 강기슭에서 93cm, 강북판에서 82cm이며 3월에 강기슭에서 102cm, 강북판에서 86cm이다. 무산지점에서는 얼음두께 관측자료가 극히 부족한데 1970년 1월의 강기슭의 얼음두께는 85cm, 강가운데의 얼음두께는 77cm였으며 2월의 강기슭의 얼음두께는 100cm, 강북판의 얼음두께는 86cm였다.

두만강 주요지류의 연간 유사량을 보면 다음과 같다.

표 7.61 두만강 주요지류 연간 유사량

하 천	부유사량(t)	소류사량(t)	총유사량(t)
오룡천	57,900	16,900	74,800
성천수	10,200	5,100	15,300
연면수	30,400	25,900	56,300
소흥단수	6,800	1,800	8,600

백암지점에서 평균함사량(1978-1983년)은 1.77g/m³이다. 그리고 백암지점에서의 최근년간의 최대함사량은 1979년 8월에 나타났는데 3,311g/m³였다.

7.10.2 두만강의 수자원현황

두만강 유역에서 우안인 북한지역이 차지하는 면적비율은 32.3%, 중국 쪽이 차지하는 비율은 67.7%이다. 두만강유역 전체적인 유역평균강수량은 613.4mm로 북한지역에서 강수량이 가장 적은 지역이다. 주요지점에서의 년평균강수량(1951-1980년)은 백암노동지구지점에서 705.1mm, 백암읍 지점에서 611.7mm, 대흥단지점에서 597.6mm, 연사지점에서 575.6mm, 신양지점에서 570.0mm, 원봉지점에서 520.0mm, 무산지점에서 484.0mm, 회령지점에서 508.6mm, 온성지점에서 546.4mm, 새별지점에서 589.2mm, 은덕지점에서 613.2mm, 선봉지점에서 각각 772.0mm이다.

이와 같이 두만강 유역에서 강수량 분포의 특징은 무산지방으로부터 상류로 올라갈수록 강수량이 일정하게 증가되며 하류쪽으로 내려가면서도 증가되는 현상이다. 따라서 무산지방은 우리나라에서 강수량이 가장 작은 지대에 속한다.

이상과 같이 두만강의 유출분포는 다른 하천과는 달리 비교적 균일한 것이 특징인데 그 원인은 유역의 규모가 크고 임상피복이 좋으며 부식층이 두텁고 토층이 발달되어 있기 때문이며 또한 봄철 눈녹은물의 유출이 상대적으로 늦게 유출되기 때문이다.

두만강유역은 다른 지역에 비하여 호우가 많지 않다. 그러므로 홍수가 일어날 때 유량증가도 다른 하천에 비하여 상대적으로 크지 않다. 그러나 상류지방은 산지상 하천이므로 100-200mm 정도의 강우가 내려도 상대적으로 홍수가 일어날 수 있다.

두만강의 주요지점에서의 최대유출값은 서두수의 백암지점에서 388.0 m^3/s (1961-1982년), 성천수의 신참지점에서 각각 214.9 m^3/s (1927-1935년)이며 두만강본류 무산지점에서는 2,760 m^3/s (1937-1940년)이다. 두만강의 주요지점에서의 최소유출의 값은 서두수의 백암지점에서 0.39 m^3/s (1961-1980년), 성천수의 신참에서 0.22 m^3/s (1927-1935년)이다.

두만강유역(북한측지역)의 강수자원은 약 6,777백만 m^3 이다. 이 자원은 북한 총강수자원의 5.3%를 차지한다. 단위면적당 강수자원은 642,000 m^3/km^2 인데 지역적인 차이가 심하다. 단위면적당 강수자원이 제일 많은 지역

은 두만강의 발원지인 백두산부근으로 1백만 m^3/km^2 이며 제일 적은 지역은 룡남천 유역의 480천 m^3/km^2 이다.

단위면적당 강수자원의 지역적인 특성을 보면 무산군을 경계로 상류로 올라가면서 점차 많아지며 하류로 내려가면서도 점차 많아진다. 그것은 무산군, 온성군, 회령군 등 강수자원이 제일 적은 지역이 저기압의 영향을 적게 받는데 있으며 이 지역이 오히려 고기압의 영향을 많이 받아 온 습도 조건이 강수형성에 불리하게 이루어지기 때문이다.

부록 I. 두만강 주요지류 월별 강수자원에서 보는바와 같이 강수자원의 월별, 지역별 분포의 차이가 심하다. 두만강 유역에서 강수자원이 가장 많은 달은 8월로 이 기간 강수자원은 연간강수자원의 25.3%나 된다. 7월 강수자원은 8월 강수자원보다 훨씬 적다. 두만강 주요하천 유역의 연간강수자원 중 8월 강수자원이 차지하는 비율을 보면 오룡천이 27.9%, 연면수가 23.5%, 서두수가 23.2%이다. 그러나 7월 강수자원이 차지하는 비율을 보면 오룡천이 15.6%, 연면수가 20.0%, 서두수가 19.9% 로서 8월 강수자원이 차지하는 비율보다 훨씬 작다

강수자원이 가장 적은 달은 1월이며 이 기간의 강수자원은 연간강수자원의 1.3%에 불과하다.

두만강유역에서 비가 집중적으로 많이 내리는 7월과 8월 2개월 동안의 강수자원은 연간 강수자원의 44.3%를 차지하는데 이 기간에 형성되는 강수자원은 3,030백만 m^3 이다. 같은 기간에 두만강 유역의 주요지류에서 강수자원이 차지하는 비율을 보면 오룡천의 강수자원은 324.6백만 m^3 으로서 연간 강수자원의 43.5%를 차지하며 연면수는 471.7백만 m^3 으로서 43.5%, 서두수는 670.5백만 m^3 으로서 43.1%를 차지한다.

두만강유역에서 강수의 계절적 분포를 보면 여름철 6-8월 동안에 형성되는 강수자원은 4,060백만 m^3 로서 연간 강수자원의 59.9%를 차지한다. 두만강유역에서 여름철강수량 다음으로 많은 계절은 가을철이다. 이 계절에 형성되는 강수자원은 1,315.3백만 m^3 로서 19.4%를 차지한다. 연간강수자원의 16.4%에 해당하는 강수자원(1,111.5백만 m^3)은 봄철에 형성되며 겨울철

에는 연간강수자원의 4.3%에 해당하는 290.5백만 m^3 이 형성된다.

두만강 유역에서 강수자원의 계절분포는 상대적으로 다른 하천유역보다 여름철이 차지하는 비율이 적으며 봄철과 가을철에 차지하는 비율이 많다. 그리고 겨울철의 강수자원 비율은 압록강 유역과 거의 유사하다.

지역별 강수자원을 보면 두만강 유역에서 강수자원이 가장 많은 지역을 보면 백암군이 1,496.7백만 m^3 , 회령군이 892.7백만 m^3 , 무산군이 729.4백만 m^3 이며 적은 지역은 온성군이 396.9백만 m^3 , 선봉군이 411.1백만 m^3 , 새별군이 539.5백만 m^3 이다.

두만강 유역에서 강수자원이 제일 많은 백암군의 강수자원은 두만강유역 총 강수자원의 22.1%를 차지하며 회령군이 13.2%, 무산군이 10.8%를 차지한다. 두만강 유역에서 강수자원이 가장 많은 하천은 서두수인데 이 하천유역의 연간강수자원은 1,555.5백만 m^3 로서 두만강유역 총 강수자원의 23.0%를 차지한다. 다음으로 강수자원이 많은 하천은 연면수인데 이 하천유역의 연간 강수자원은 1,084.2백만 m^3 로서 두만강유역 총 강수자원의 16.0%에 해당한다. 그리고 오룡천의 강수자원은 804.5백만 m^3 으로서 11.9%를 차지한다. 따라서 두만강 유역의 총 강수자원 가운데서 절반 이상이 이 세 개 하천에서 형성된다

두만강유역의 수자원(북한지역)은 4,232.1백만 m^3 으로서 북한지역 수자원의 5.1%에 해당한다. 두만강의 주요지류(서두수, 연면수, 성천수, 성천수, 소흥단수, 오룡천)에서 형성되는 수자원은 2,528백만 m^3 으로서 이 수자원은 두만강유역 수자원의 59.7%를 차지한다. 수자원이 제일 많은 지역은 서두수의 중류와 상류지역을 차지하는 백암군 일대이다. 이 일대에서 형성되는 수자원은 843백만 m^3 이다. 이것은 두만강유역 수자원의 19.9%에 해당한다. 수자원이 제일 적은 지역은 선봉군과 온성군을 포괄하는 지역이다. 이 지역에서 형성되는 수자원은 200백만 m^3 정도이다.

유역의 평균비유량은 12.7 $l/s/km^2$ 이며 유출고는 400.6mm, 유출계수는 0.62이다. 이 하천의 비유량은 일반적으로 상류에서 제일 많으며 다음으로 하류가 많고 중류지역에서 제일 작다. 비유량이 제일 많은 하천은 이 하

천상류의 석을천이다. 이 하천의 비유량은 17.7 l/s/km^2 이다. 비유량이 가장 작은 지역은 중류의 학포천과 통천천인데 비유량은 9.3 l/skm^2 이다. 이것은 강수자원의 분포특성과 관련되는데 중류지역의 학포천과 통천천 일대를 경계로 상류로 올라가면서 비유량이 많아지며 하류로 내려가면서 다시 비유량이 많아진다.

이 하천의 단위면적당 수자원은 $401,000 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 이다. 그 중에서 제일 큰 지역은 두만강상류의 석을천 유역이다. 이 하천의 단위면적당 수자원은 $558 \text{ 천m}^3/\text{km}^2$ 로서 유역평균보다 $140 \text{ 천m}^3/\text{km}^2$ 많다. 제일 적은 지역은 중류의 학포천 유역인데 $293 \text{ 천m}^3/\text{km}^2$ 이다. 이 유역에서 형성된 수자원의 많은 양은 유역이 변경되어 다른 유역으로 유출되고 있다. 두만강의 가장 큰 지류인 서두수 수자원의 76.7%는 유역 변경되어 동해안으로 유출되고 두만강으로는 연간 220백만 m^3 의 수자원이 유출된다.

이 유역의 주요지류(연면수, 성천수, 서두수)에서 유역변경 되어 동해안으로 유출되는 유량은 연간 2,231.9백만 m^3 으로서 두만강 총 수자원의 52.7%에 해당한다. 유역 변경되어 동해안으로 유출되는 유량을 제외하면 실제 두만강 유역의 수자원은 연간 2,000.2백만 m^3 이고 단위면적당 수자원은 $190 \text{ 천m}^3/\text{km}^2$ 이다.

이 하천의 수자원은 계절별로 차이날 뿐 아니라 월별분포에서도 차이가 심하다. 유역에서 형성되는 수자원의 54.8%는 여름철에 유출되고 있다. 겨울철에 제일 적게 유출되는데 연간 유출량의 3.5%가 이 계절에 유출되고 있다. 두만강 주요 지류별 월별 강수량/유출량 현황(10^4 m^3)은 부록 II에 수록하였다.

주요지류 중 여름철 유출량이 제일 많은 하천은 서두수와 연면수이다. 이 하천에서 여름철에 유출되는 수량은 연간 유출량의 52.2%이다. 겨울철에는 5.7%가 유출되는데 유역평균보다 2.2%나 더 많이 유출되고 있다. 두만강유역에서 연간 최소강수량은 매년 겨울철에 나타났다.

두만강유역에서 연간 최소강수량은 1.0 l/s/km^2 이며 $0.5\text{--}2.0 \text{ l/s/km}^2$ 사이에서 변한다. 연간 최소강수량이 적은 지역은 은덕군으로부터 그 하류지

역에서 0.5 l/s/km^2 정도이며 갈수량이 많은 지역은 연면수 상류지역에서 $1.5\text{-}2.0 \text{ l/s/km}^2$ 정도이다.

봄철 최소갈수량은 겨울철 최소갈수량 보다 훨씬 많다. 두만강유역에서 봄철 최소갈수량은 $1.0\text{-}5.0 \text{ l/s/km}^2$ 사이에서 변하는데 지역적으로는 연간 최소갈수량의 분포와 마찬가지로 두만강 본류의 하류지역에서 적으며 상류지역에서 많다.

두만강본류의 하류지역에서 봄철 최소갈수량은 1.0 l/s/km^2 정도이며 성천수와 연면수 상류에서는 $4\text{-}5 \text{ l/s/km}^2$ 정도이다. 서두수 연암지점에서 1961-1980년도의 최소갈수량은 0.517 l/s/km^2 였으며 봄철최소갈수량은 1.62 l/s/km^2 였다.

부록 III. 두만강 주요지류의 수문특성에서 보는바와 같이 강수량은 641.5mm 이며 유출고는 400.6mm , 증발량은 240.9mm 로서 총 강수량은 $67,777.5$ 백만 m^3 중 62.4% 가 유출되고 37.6% 가 증발된다. 이것을 수자원량으로 환산하면 $4,232.1$ 백만 m^3 이 유출되고 $2,545$ 백만 m^3 이 증발한다.

주요지류에 대한 물수지를 보면 오룡천의 강수량은 804.5 백만 m^3 인데 그 중 428.5 백만 m^3 이 증발된다. 이것은 오룡천의 강수량 중에서 52.8% 가 유출되고 나머지는 증발 등으로 손실된다. 성천수의 강수량은 376.9 백만 m^3 인데 그 중 238.2 백만 m^3 (63.2%)이 유출되고 138.8 백만 m^3 이 증발된다. 연면수의 강수량은 $1,084.3$ 백만 m^3 인데 그 중 유출량은 671.1 백만 m^3 이고 증발량은 413.2 백만 m^3 이다. 이는 년강수량 중에서 61.9% 가 유출되고 38.1% 가 증발된다는 것을 말해준다.

두만강의 가장 큰 지류인 서두수에서 강수량은 $1,555.5$ 백만 m^3 으로 유출되는 양은 958 백만 m^3 이다. 이것은 연간 강수량 가운데서 61.6% 가 유출되고 38.4% 가 증발되는 것이다. 서두수의 물수지를 높이로 환산하면 유역평균 강수량은 650.3mm 이며 유출고는 400.5mm , 증발량은 $1,249.8\text{mm}$ 이다. 두만강 주요지류의 수문특성은 부록 1에 수록한바와 같다.

두만강의 주요지류에 대한 수자원을 보면 두만강의 가장 큰 지류인 서두수의 수자원은 958 백만 m^3 으로서 두만강 수자원의 22.6% 를 차지한다. 연

면수의 수자원은 671.1백만 m^3 으로서 두만강수자원의 15.9%, 성천수의 수자원은 238.2백만 m^3 으로서 5.7%, 소흥단수의 수자원은 236.2백만 m^3 으로서 5.6%, 오룡천의 수자원은 424.9백만 m^3 로서 10%를 차지한다. 두만강유역의 이 5개 하천에서 형성되는 수자원은 2,528백만 m^3 으로서 두만강유역 수자원의 절반이상인 59.7%를 차지한다.

두만강 유역에서 지역별로 차지하는 수자원을 보면 서두수의 중류와 상류 지역을 차지하는 백암군에서 수자원이 가장 많은데 이 군의 수자원은 843.5백만 m^3 으로서 두만강유역 수자원의 19.9%를 차지하였다.

수자원이 두 번째로 많은 지방은 회령군이다. 회령군 수자원은 592.2백만 m^3 으로서 14.0%를 차지한다. 다음으로 무산군의 수자원은 560.9백만 m^3 으로서 두만강유역 수자원의 13.2%를 차지한다.

수자원이 적은 지역은 선봉군과 온성군인데 이 지역에서 연간 형성되는 수자원은 200백만 m^3 정도밖에 되지 않는다.

두만강 유역의 대부분이 지리적으로 북부내륙지대에 속하여 있기 때문에 연간유출량의 월별분포는 북부내륙형의 특성을 가자고 있다. 연간 수자원의 월별 분포는 상류와 하류에서 서로 다르다. 상류와 하류에서 같이 수자원이 가장 많은 달은 8월이지만 연간수자원 가운데서 차지하는 몫은 오룡천을 제외하고 대부분 하천에서 20% 정도이다. 상류에서 7월의 수자원은 9월의 수자원보다 많지만 하류에서는 9월의 수자원이 7월보다 많다.

두만강상류에서 봄철 수자원은 비교적 많은 비율을 차지한다. 예를 들어 서두수에서 봄철수자원은 연간수자원의 20.4%이며 여름철 기간의 수자원은 52.2%이다. 서두수에서 7월의 수자원은 서해안하천의 6월 수자원과 거의 같으며 9월 수자원보다 많다.

두만강유역은 우리나라에서 비유량이 가장 적은 지역으로서 대부분 하천의 평균 비유량은 9.0-15.0 $l/s/km^2$ 사이에 있다. 두만강 유역의 평균비유량은 12.7 $l/s/km^2$ 이며 유출고는 400.6mm, 유출계수는 0.62다. 두만강의 비유량은 일반적으로 상류에서 가장 많으며 다음으로 하류가 많고 중류지역에서 제일 적다.

두만강유역의 주요지류에 대한 비유량을 보면 서두수에서 11.1-14.0 $\ell/s/km^2$, 연면수에서 12.6-13.7 $\ell/s/km^2$, 성천수에서 12.4 $\ell/s/km^2$, 오룡천에서는 각각 10.3-12.1 $\ell/s/km^2$ 이다. 두만강유역에서 비유량이 가장 많은 두만강 상류의 석을천은 17.7 $\ell/s/km^2$ 이며 방하수는 15.0 $\ell/s/km^2$ 이다. 비유량이 가장 적은 중류의 학포천과 룡천천은 9.3 $\ell/s/km^2$ 이고 종성강은 9.5 $\ell/s/km^2$ 이다.

앞서 언급한 바와 같이 두만강 유역의 총 수자원은 4,232.1백만 m^3 이며 단위면적당 수자원은 401천 m^3 이다. 그 중 양강도 영역의 단위면적당 수자원은 449천 m^3/km^2 이고 함경북도 영역에서는 379천 m^3/km^2 이다.

두만강은 자체유역에서 조성되는 수자원이 적는데 비하여 이용되는 수량은 비교적 많은 편인데 자체지표수의 38.1%를 이용하고 있다. 수자원 중 공업용수, 농업용수, 생활용수로 이용되는 총수량은 1613.4백만 m^3 이고 단위면적당 물이용량은 153천 m^3/km^2 이다. 그 중 양강도에서 이용되는 단위면적당 물이용량은 325천 m^3/km^2 이고 함경북도에서 이용되는 단위면적당 물이용량은 74천 m^3/km^2 이다.

두만강의 수자원 이용의 근간은 공업용수인데 총 수자원 이용량의 93.5%를 차지한다. 공업용수의 이용현황을 분석해보면 양강도에서 제일 많이 쓰인다. 양강도에서는 총공업용수량의 71.1%를 쓰고 있다. 이는 량강도에서 수력발전용으로 쓰는 수량이 많기 때문이다.

두만강유역에서 농업용수로 이용되는 수량은 90.6백만 m^3 로서 총 물이용량의 5.6%이다. 이는 이 하천유역의 상류에서 농업용수로 이용되는 수량이 거의 없고 함경북도 지역에서만 물을 이용하기 때문이다. 농업용수 이용에서 근간은 양수장에 의한 관개인데 함경북도 지역에서 양수장에 의한 관개가 총 관개용수의 99.9%를 차지한다.

두만강유역에서 주민의 생활용수를 급수하는 수량은 14.1백만 m^3 로서 총 물이용량의 0.88%를 차지한다. 생활용수의 이용현황을 보면 함경북도가 94.7%, 양강도가 5.3%를 차지하고 있다. 함경북도에서 생활용수의 이용량이 많은 부분을 차지하는 것은 이 유역에 무산광산연합기업소를 비롯

하여 큰 공장, 기업소가 있어 인구가 집중되어 있기 때문이다.

두만강 유역에서의 공업용수, 농업용수, 생활용수의 수원은 지표수이다. 지표수로 수원을 급수하는 수량은 총 물이용량의 99.6%를 차지한다. 이와 같이 이용된 수자원의 94%는 다시 회복되어 하천에 흘러 들어오고 6%가 소비되는데 이것은 이 하천유역에 조성된 수자원의 2.1%만이 소비되고 기타 나머지 자원은 흐름량 자원으로 유출되고 있다는 것을 의미한다. 그러나 이 수자원은 계절에 따라 변화하며 이용되는 수량도 계절에 따라 변화된다.

표 7.62 두만강 계절별 수자원 부존량/이용량 현황(10^4 m^3)

구분 \ 계절	봄	여름	가을	겨울	계
수자원량	63,059	131,920	113,421	14,813	323,213
물이용량	40,690	43,456	39,131	38,067	161,344
과 부 족	22,369	88,464	74,290	-23,254	161,869

표에서 보는바와 같이 봄철에도 $28.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 의 수자원을 쓰지 못하고 유출되고 있다는 것을 의미한다. 겨울기간에 물이 모자라는 것은 수력발전용수로 쓰인 물이 하천에 들어오는 것을 고려하지 않았기 때문이고 실제 수력발전용수로 쓰인 물이 그대로 하천에 들어오므로 이 기간에도 물이 부족하지 않다.

이 하천의 수자원은 계절에 따라서 다르고 월별로도 다르다(수력자원 제외). 두만강의 월별 수자원을 보면 물이용량이 제일 많은 6월에도 수자원의 27.0%가 이용되고 $198 \text{ m}^3/\text{s}$ 의 수자원이 이용되지 못하고 유출되고 있다는 것을 알 수 있다.

이상에서 보는바와 같이 두만강은 수원이 풍부한 하천으로서 이 유역에 필요한 공업용수, 농업용수, 생활용수를 충분히 급수하고 4,140백만 m^3 의 수자원을 더 이용할 수 있다.

표 7.63 두만강 월별 수자원 부존량/이용량 현황($10^4 m^3$)

구분 \ 월	1	2	3	4	5	6	7
수자원량	4,232	3,386	8,464	22,008	32,587	54,171	66,021
이용량	924	924	1,161	1,496	2,738	2,856	2,738
과부족	3,308	2,225	7,303	20,512	29,849	51,315	63,283

구분 \ 월	8	9	10	11	12	계
수자원량	11,728	68,021	29,625	17,775	7,195	323,213
이용량	2,565	1,904	1,006	924	924	161,344
과부족	9,163	64,117	28,619	16,851	6,271	161,869

7.10.3 두만강유역의 농업용수이용 특성

두만강은 북한에서 두 번째로 큰 강이고 수자원도 많은 강이지만 농업용수이용량은 90.6백만 m^3 으로서 금야강 보다도 적다. 이는 이 강의 중상류 지대가 거의 산지로 되어있고 하류에서만 온성벌과 새별벌, 은덕벌이 있어 물을 많이 쓰는 논면적이 제한되어 있기 때문이다.

이 강에서 농업용수로 가장 많이 쓰이는 것은 지표수인데 그 중 양수장을 이용하여 하천의 물을 양수하는 양수장관개가 대부분이다.

이 강의 상류부는 자연취수를 하는 보에 의한 관개를 많이 하고 있는데 중하류 지역에서는 양수장을 기본으로 하면서 저수지와 보를 이용하여 농업용수를 해결하고 있다. 특히 이 강의 하류에는 저수량 10백만 m^3 의 용적을 가지는 온성군 룡남리에 있는 룡남저수지를 비롯하여 8백만 m^3 의 성내저수지와 6백만 m^3 을 가진 장덕 저수지의 물을 약 4,700ha에 달하는 경지에 관개하고 있다. 또한 이 강의 하류에 있는 15.6백만 m^3 을 취수할 수 있는 새별군의 두만강보와 6.6백만 m^3 을 취수할 수 있는 온성보가 농업용수를 해결하는데서 중요한 역할을 하고 있다. 이와같이 두만강 하류유역의 온성군, 새별군, 은덕군, 선봉군, 라진시는 이 강의 농업용수 이용에서 근간을 이루고 있다. 더욱이 이 강의 주요지류를 이루고 있는 서두수와 연면수, 성천수의 물이 수력용수로 이용되어 다른 유역으로 넘겨가고 유

역면적의 27%에 해당하는 양강도 유역이 불과 농업용수로 50천㎡밖에 이용되지 않기 때문에 사실상 농업용수 이용량은 하류에서 많다. 수원형태별 농업용수이용을 보면 양강도 영역에서 농업용수이용은 거의 없고 함경북도 지역이 많다.

두만강유역에는 460여개소에 달하는 지하수취수 시설이 건설되어 약 2,400ha를 관개하고 있는데 그 중 약 60개소의 지하수시설은 양수기를 설치하여 약 2,000ha를 관개하고 있으며 390여개소의 우물과 졸짚, 굴포를 이용하여 약 420ha를 관개하고 있다. 이 지하수시설의 대부분은 밭관개에 이용되고 있다. 특히 두만강의 중류인 무산군과 회령군에서는 지하수를 합리적으로 이용하여 군내의 밭관개 용수를 해결하고 있다.

두만강연안에는 기타 수원에 의한 관개가 그리 많지 못하다. 다만 이강의 하류지역인 온성군 일대에서 일부 이용할 뿐이다. 현재 이 강 유역에서 기타 수원이용은 임시적인 강막이와 물웅덩이를 이용하여 약 45ha에 관개용수를 급수하고 있다. 임시적인 강막이는 본류에서는 거의 없고 대부분이 지류유역에서 진행하며 물웅덩이는 빗물이 고인 못에서 강우기로 밭관수를 하는데 이용하고 있다.

8. 동해안지역 주요 중규모 관개지구 사례

8.1 어랑관개지구

어랑관개지구는 주로 어랑천과 주남천, 주북천, 장연호, 무계호를 주수원으로 하며 어랑천 어구에 발달한 어랑벌을 관개한다. 어랑관개지구는 서로 하나의 체계로 연결하기보다는 대부분 하천과 호수를 단위로 하여 개별적인 간선체계로 되어있다.

어랑관개지구는 룡산저수지와 화성보, 교향보, 룡평보를 주수원공으로 하고 여러 양수장에 의해 어랑군과 화성군의 영역을 관개대상으로 하고 있다. 이와 같이 어랑관개체계에서 근간은 보에 의한 관개이다. 현재 어랑관개지구에는 약 100개소의 보가 있으며 취수능력은 $12.3\text{m}^3/\text{s}$ 로서 연간 약 40백만 m^3 의 물로 약 4,600ha를 관개하고 있다. 이는 어랑지구 관개체계 총면적의 약 63%가 보에 의하여 관개된다는 것을 의미한다. 그 중 교향보와 화성보, 룡평보는 모두 합하여 연간 약 10백만 m^3 이상의 물로 1,000ha이상 관개하는 대용량의 보이다.

특히 교향보와 화성보는 동해안에서도 큰 규모의 보로 이 2개소의 보에서 화성군과 어랑군이 연간 농업용수로 쓰는 총 수량의 64%를 급수하고 있다.

어랑지구에는 룡산저수지를 비롯하여 청룡저수지, 화룡저수지, 소요저수지가 있으며 이 저수지에 의하여 연간 27.6백만 m^3 의 물로 약 1,900ha를 관개하고 있다. 그 중 룡산저수지는 저수용적이 20백만 m^3 이상 되는 함경북도에서도 제일 큰 저수지이고 이 지구 급수량의 26%를 담당하는 것을 고려할 때 어랑지구 관개에서 매우 중요한 역할을 하고 있다.

어랑지구관개에서 다른 지구와 차이는 자연호수의 물을 이용하여 541ha의 논밭을 관개하고 있는데 주로 남새밭 관개를 위주로 하고 있다. 그 외 이 관개지구에서는 약 60개소의 독립양수장에 의하여 18백만 m^3 의 물로 약 1,400ha를 관개하고 있다.

8.2 길주관개지구

길주관개지구는 남대천(길주)의 수원을 이용하여 이 하천유역에 발달된 길주벌을 관개한다. 길주관개지구에는 문암저수지를 주수원공으로 하고 3개의 저수지와 102개소의 양수장, 40여개소의 보를 비롯한 여러 수리시설에 의하여 길주군은 물론 김책시와 화대군(일부)까지 관개하고 있다. 길주관개지구의 간선은 약 20개소이며 수로 총 연장은 약 60km이다. 특히 길주관개지구의 주수원인 문암저수지는 연간 15백만 m^3 의 물과 7백만 m^3 의 보충수를 이용하여 약 3,200ha를 관개하며 그 중 30.3%의 물은 길주군에 공급하며 41%는 김책시에, 28.7%는 화대군에 각각 공급한다.

길주관개지구에서 다음으로 큰 비중을 차지하는 것은 보에 의한 관개이다. 현재 길주지구에는 약 40개소의 보에 의하여 8 m^3/s 의 취수능력이 조성되어 연간 약 3,300ha를 관개하고 있다.

그 중 평육보와 봉암보는 길주관개지구에서 가장 큰 보로서 이 보에서 저류된 물로 평육간선과 봉암간선을 형성하여 1,000ha이상 관개하고 있다. 그 외에 길주관개지구에서는 100여개소의 양수장에 의해 관개하고 있다.

8.3 함주관개지구

함주관개는 성천강, 금진강, 광포강과 장진강 발전소에서 퇴수되는 물을 이용하여 함흥시와 함주군, 정평군, 영광(일부지역)군을 관개하는데 관개면적은 약 20,000ha이다.

함주관개지구는 크게 3개의 수로체계로 되어있는데 함흥취입보를 수원으로 하는 함주수로체계와 신상취입보를 수원으로 하는 선덕수로체계로 되어있다. 함주관개지구의 수로체계는 하나의 체계로 연결되어 있지 못하고 해당한 지역을 관개하기 위한 독립적인 수로체계로 되어 있다. 그 중 가장 중요한 수로는 함흥취입보를 수원으로 하는 함주수로체계이다. 이 체계는 함경남도 영광군 상중리에 성천강 관개취입보를 설치하고 성천강

의 지류 흑림천에서 유입하는 물과 부전강발전소에서 퇴수하는 물을 28m³/s 취수하여 연간 140백만m³으로 함주벌을 관개하고 있다.

함주관개지구내의 또 다른 수로체계는 신상취입보를 수원으로 하는 신상수로체계이다. 이 체계는 금진강의 물을 정평균 초원리에서 3m³/s 취수하여 연간 12백만m³의 물로 신상벌을 관개하는 체계이다.

그 외 또 다른 하나의 수로체계는 광포의 물을 양수하여 신덕벌을 관개하는 체계인데 선덕1호 양수장에서 연간 21백만m³의 물로 선덕간선에 공급해주고 있다. 함주관개는 이 3개의 수로체계를 기본축으로 하고 리마다 자체의 수자원을 이용하여 관개를 하고 있다.

현재 함주관개지구에는 약 50개소의 저수지와 약 800개소의 양수장, 50개소의 보, 기타 지하수시설을 비롯한 보조수원에 의하여 연간 약 220백만m³의 물로 약 32,000ha를 관개하는 동해안에서 제일 큰 관개지구이다.

함주관개지구에서 농업용수이용의 주 수원은 보에 의한 관개이다. 보는 함주관개지구에서 농업용수 총이용량의 75%, 관개면적의 56%를 담당하고 있다.

보가 이 지구의 관개에서 주수원공이 되는 것은 표고가 높은 지역에서 많은 수량을 저류하여 낮은 지역으로 자연급수를 할 수 있는 유리한 지형조건을 가지고 있기 때문이다. 특히 함흥취입보와 같이 함주관개지구의 총급수량의 64%를 급수할 수 있는 대용량보를 가지고 있고 그 외 10백만 m³이상 급수할 수 있는 보를 비롯하여 중소용량의 보가 많이 있기 때문이다.

보 다음으로 큰 비중을 차지하는 것은 양수장이다. 양수장은 약 800개소가 있으며 절반이상이 하천 물을 이용하는 1단양수장이다. 이 양수장은 주로 자체 지역의 수자원 사용량을 추정하여 작업반단위로 이용하고 있지만 그 이용범위가 대단히 넓기 때문에 함주관개지구 농업용수해결에서 중요한 역할을 하고 있다. 실례를 보면 정평균에만 약 300개소에 달하는 양

수장이 있는데 이 양수장에서 하루에 양수 있는 능력은 1.23백만 m^3 이다.

이와 함께 함주관개지구에서는 지대가 높은 지역의 농업용수문제를 해결하기 위해 약 50개소의 저수지를 건설하였다. 이 저수지에서 연간 저수하는 용적은 25백만 m^3 이며 관개면적은 약 4,300ha에 달한다. 이 저수지는 용량으로는 소규모이지만 지역적으로 산재해 있기 때문에 계절적 변동에도 비교적 안전하게 농사를 지을 수 있다.

그 외 함주관개지구에서는 약 850개소의 지하수시설을 설치하여 연간 3백만 m^3 의 지하수로 남새밭을 비롯한 밭관개에 널리 이용하고 있으며 80여 개소의 물웅덩이와 논판막이, 임시적인 강막이를 설치하여 4백만 m^3 의 물로 농업용수로 이용하고 있다.

8.4 금야관개지구

금야관개는 금야강과 덕지강을 수원으로 하여 금야강 어구에 발달한 금야벌을 관개하고 있다. 금야관개지구는 크게 금야강수로체계와 덕지강수로체계로 되어 있는데 금야강 수로체계는 금야강 어구연안에 발달한 충적지의 넓은 벌을 관개하며 덕지강수로체계는 덕지강어구의 충적지벌을 관개하고 있다.

금야관개지구는 룡원보와 금수1호보를 주수원으로 하고 청동저수지를 비롯한 20여개소의 저수지와 수백개의 양수장에 의하여 금야군과 고원군(일부), 천내군(일부)에 약 15,000ha를 관개하고 있다.

금야관개지구의 주수원공은 보이며 보에 의한 물이용량이 60%를 차지하고 있다. 금야관개지구에는 동해안서 두 번째로 큰 룡원보와 연간 10백만 m^3 이상의 취수능력을 가지는 금수1호취입보에 의하여 기본수로체계를 이루고 있는데 룡원수로체계는 11.5 m^3/s 의 물을 취수하여 연간 30백만 m^3 이상의 물로 약 4,900ha를 관개하고 있으며 금수1호취입보는 2.4 m^3/s 의 물을 취수하여 연간 13백만 m^3 의 물로 약 1,100ha를 관개하고 있다.

금야관개지구에서 두 번째로 큰 비중을 차지하는 것은 양수장에 의한

관개이다. 금야관개지구에는 여러 가지 수원을 이용하는 양수장이 수백개소가 있으며 취수능력은 $60\text{m}^3/\text{s}$ 이상이다. 그 중 독립양수장에서 연간 30백만 m^3 의 물로 약 4,000ha를 관개하고 있다. 특히 사현1단, 2단, 3단 양수장과 원봉양수장은 취수능력이 연간 2-5백만 m^3 으로서 규모가 매우 크기 때문에 많은 면적을 관개하고 있다.

그 외에 양수장관개에서는 보를 수원으로 하는 양수장과 저수지를 수원으로 하는 양수장도 많으며 이 양수장은 보나 저수지에서 자연취수 할 수 없는 높은 지역에 양수하여 관개하고 있다.

또한 금야관개지구에는 저수지에 의한 관개도 적지 않은 비중을 차지한다. 금야관개지구에는 규모가 큰 저수지는 없지만 규모가 작은 수십개의 저수지를 많이 설치하여 하천의 물을 직접 쓰기 어려운 지역에 대한 관개를 하고 있다. 그 외에 퇴수를 비롯한 보조수원을 이용하여 초당 $20\text{m}^3/\text{s}$ 의 물을 관개용수로 널리 이용하고 있다.

8.5 안변관개지구

안변관개는 남대천(안변)과 적천천, 심포천, 남천강을 수원으로 하여 안변벌과 원산시, 문천군, 고산군의 주요하천연안의 밭을 관개하고 있다. 안변관개지구는 수로들이 하나의 체계로 연결되지 못하고 하천을 단위로 하여 개별적인 간선체계로 되어 있다.

안변관개지구에는 주천저수지와 안이저수지를 포함한 20여개의 저수지와 400여개소의 양수장, 210여 개소의 보를 비롯하여 기타 여러 보조수원을 이용하여 연간 112백만 m^3 의 물로 약 15,300ha를 관개하고 있다.

현재 이 구역에는 농업용수로 약 83백만 m^3 을 이용하고 있으며 관개면적은 약 12,000ha에 달한다. 청적천과 심포천, 남천강을 수원으로 하는 원산시와 문천군의 관개는 이 지구 관개에서 불과 25%밖에 차지하지 않지만 수자원 이용에서 효과가 매우 높다.

안변관개지구의 수원을 이용하는데서 가장 큰 비중을 차지하는 것은

저수지수원이다. 안변관개지구에는 20여 개소의 대소규모의 저수지가 있으며 이 저수지에서 연간 급수하는 수량은 45백만 m^3 에 달하고 관개면적은 약 7,200ha이다. 그 중 남대천(안변)중류에 있는 부천저수지와 안이저수지는 이 지구에서 가장 큰 저수지일 뿐 아니라 남대천(안변)유역의 관개에서 가장 중요한 저수지로 이다. 이 두 저수지로부터 수로 총 연장은 175km로서 부천저수지로부터 남대천(안변)어구까지 기본간선수로 되어 있다. 이 두 저수지에서 연간 저류하는 수량은 약 30백만 m^3 에 달하며 관개면적은 약 2,000ha이다.

안변관개지구의 수원이용에서 두 번째로 많은 비중을 차지하는 것은 보에 의한 관개이다. 현재 안변관개지구에는 농업용수 급수를 위한 보가 약 210개소이다. 이들 보에 의한 총 취수능력은 32 m^3/s 이며 총 취수량은 37백만 m^3 에 달한다. 특히 남대천(안변)유역의 안학보와 금천보는 저류량이 연간 약 10백만 m^3 이상 되는 대용량보로 안변 관개지구에서 중요한 역할을 하고있다. 그 중 안학보는 남대천(안변)의 1지류인 청적천을 막아 3.3 m^3/s 의 물을 유입시켜 100여리의 물길로 안변읍을 비롯한 6개 리의 물을 급수하는 비교적 큰 규모의 보이다.

안변관개지구의 관개용수 이용에서 보 다음으로 큰 비중을 차지하는 것은 양수장에 의한 관개이다. 현재 안변관개지구에는 여러 가지 수원을 이용하는 양수장이 400여개소가 있으며 하천을 수원으로 하는 양수장은 약 300개소가 된다. 특히 안변군 남계리에 있는 남계양수장에서는 연간 취수량이 8백만 m^3 에 달하며 관개면적은 약 700ha에 달한다. 그 외 연간취수량이 1백만 m^3 이상 되는 양수장이 많이 이용되고 있다.

9. 동해안지역 농업용수체계의 문제점 및 개선방안

지금까지 북한동부지역의 수자원, 기상, 농업생산기반시설의 전반적인 실태를 파악하고 검토를 하였다.

일부지역을 제외하고는 용수이용 또는 관계시스템에 있어서 북한서해안지역 또는 남한의 그것과는 큰 차이가 없고 남한에서처럼 주 수원공으로는 저수지, 양수장, 보 등이 이용되고 수원공에서 경지까지 급수를 위해 용수로를 이용하는 등 외견상으로는 북한의 타지역 또는 남한의 그것과는 큰 차이가 없어 보인다.

그러나 강원일부지역을 제외하고는 기상조건에 있어서 강수량이 적고 기온이 낮아 결빙기간이 길다. 또한 동해안 지역은 지형적으로 산악지역이 많고 평야지대의 상대적 면적이 적어 북한의 서해안지역에 비해 영농활동이 활발하지 못한 것으로 판단된다.

그 외 하천의 연장이나 유역면적 또한 서해안 하천에 비해 규모가 적어 수자원의 절대량은 적다. 그러나 적은 강수량 및 수자원에도 불구하고 경지규모가 적어 물수지에 있어서 농업용수 자체는 풍부하다고 판단된다.

또한 동해안유역의 전반적인 용수체계의 문제점으로는 저수지 등의 안정적 용수공급을 위한 수원공이 부족하고 대부분 나무나 돌을 쌓아 만든 임시보에 의존하고 있으며 여타지역과 마찬가지로 노후화된 양수장에 의한 하천수 취수에 의해 관계용수를 공급하고 있어 용수체계 및 수리시설물 유지관리에 문제점이 예상되고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위해서는 관개면적이 큰 임시보와 소규모의 독립양수장이 산재한 지역에 대해서는 저수지수원공으로 대체할 필요가 있다.

예를 들어 성천강유역에 산재한 임시보 시설과 금야강유역의 보 시설은 면밀히 파악하여 낡고 임시적인 보시설을 저수지 수원공으로 대체할 수 있는지 여부를 심도 있게 분석 검토해 볼 필요가 있으며 특히 성천강 하류 규모가 큰 성천강취입보를 비롯하여 600km²의 함흥벌에 대한 용수공

급을 종합적으로 검토해볼 필요가 있다.

또한 대규모 양수장에 대해서는 에너지확보 대책을 마련하고 낮은 부품을 교환하여 시설개선에 주력하고 각 유역에 공통으로 산재해있는 소규모 양수장은 용수계통을 파악하여 저수지 수원공으로 대체하여야 할 것이다.

9.1 임시보에 의한 관개용수공급

북한동해안지역 경지에 대한 관개의 대부분은 나무 등의 임시보에 의해 이루어지고 있다. 따라서 관개용수를 안정적으로 공급하지 못하고 약간의 가뭄에도 심한 피해를 입고 있다.

표 9.1에서 보는 바와 같이 보에 의한 용수공급 의존도가 적게는 30%에서 많게는 60%이상으로 상당히 큰 비중을 차지하고 있다. 뿐만 아니라 이러한 보의 구조 또한 대부분 부실한 상태여서 용수공급에 많은 취약성을 가지고 있어 심각한 문제점으로 대두되고 있는 것으로 판단된다.

표 9.1 북한동해안지역 주요 유역별 보에 의한 관개현황

유역	보에 의한 관개(%)	비고
수성천	32	양수장: 65%
어랑천	46	양수장: 34%
남대천(갈주)	38	
남대천(단천)	66	
북대천(단천)	30	양수장: 31%
남대천(북청)	64	
성천강	60	
금야강	50	양수장: 50%
남대천(안변)	29	양수장: 25%

보는 공사비가 적게 소요되는 수원공으로써 하천에 흐르는 물을 가로막아 수위를 상승시켜 자연취수를 한다. 취수된 물은 용수로로 따라 하류의 경지에 용수를 공급한다. 따라서 하천수위가 안정되거나 유량이 풍부하고 하천 경사가 완만한 지점에 설치하면 용수를 취수할 때는 별다른 문제없이 경지에 용수를 공급할 수 있다. 그러나 하천수위가 하강하면 취수에 많은 문제가 발생한다.

특히 동해안지역의 대부분의 하천은 하천형태학적 특성상 서해안 하천에 비해 유로장이 짧고 경사가 급하여 강우발생 후 단시간내에 유출이 급격히 감소하여 하천이 바닥을 드러내는 등 취수보에 의한 용수공급에 적합하지 않은 지형특성을 가지고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위해서는 임시보의 구조를 콘크리트 등 안정적 구조물로 개선하여야 하며 근본적인 대책으로는 중소규모 저수지 수원공으로 대체하여 용수의 안정적인 공급을 모색하여야 할 것이다.

9.2 양수장 위주의 관개체계

서해안지역과 마찬가지로 동해안지역 유역의 농경지에 대한 관개에서 양수장이 차지하는 비율이 아주 높다. 2001년에 시행한 “북한의 서해안지역 농업용수체계현황 및 개선방안연구”에서 언급한바와 같이 이는 높은 초기 건설비를 필요로 하는 저수지 위주의 관개체계 대신에 공사기간이 짧고 비용이 적게 드는 양수장시스템을 적용하여 동맹국으로 부터의 양수기 및 가동용 연료의 원조에 의존하고자 하는 의도로 이러한 시스템을 도입하였다.

표 9.1 및 표 9.2에서 보는 바와 같이 양수장에 의한 급수 비율이 최소 20%이상 많게는 60%이상이며 개소수 또한 수백 개소 이상이어서 이의 유지관리에도 많은 어려움이 예상된다.

이러한 양수장에 의한 급수체계는 에너지를 소비하지 않고 가동할 수 없는 시스템이다. 따라서 양수장 중심의 관개체계는 풍부한 물과 양수기

를 가동할 에너지의 확보가 전제가 된다. 에너지가 충분하지 못하면 이러한 시스템은 이용이 한계점에 다다르게 된다.

표 9.2 북한동해안지역 주요유역별 양수장에 의한 관개현황

유역	개소수	관개면적(ha)
수성천	100	1,700
어랑천	212	600
남대천(갈주)	111	2,239
남대천(단천)	220	2,100
남대천(북청)	157	1,600
성천강	450	5,171
금야강	224	6,100
남대천(안변)	250	3,882

또한 양수장으로 용수를 공급하기 위해서는 적절한 수두가 확보되어야 하나 동해안 지역과 같은 하천경사가 심한 지형에서는 강우발생후 유출은 단기간에 급격히 감소하기 때문에 약간의 가뭄에도 양수장의 소요양정 확보에 어려움이 있을 것으로 예상된다.

가장 심각하게 고려되어야 할 것은 동해안유역에 산재한 양수장도 북한의 여타 지역과 같이 대부분 60~70년대 건설된 것으로 노후 되고 관리부실로 정상가동이 어려운 실정이다. 또한 양수기의 내구년한을 30년 정도로 가정했을 때 이미 사용년한을 초과 하고있으나 경제난으로 적기에 여러 부품을 교환하지 못하고 있다. 임시방편으로 자체 제작한 부품도 부족하여 제때 교환, 수선, 유지관리 하지 못하고 있다.

9.5 기 타

동해안지역의 수리시설물도 서해안지역 시설물과 같이 경제난으로 유

지관리 및 보수가 제대로 되지 않아 급수과정에서 용수의 손실이 많고 적기에 포장까지 용수가 도달하지 않아 용수체계상에 문제점이 발생하는 것으로 판단된다.

또한 보를 수원으로 하는 양수장이 많아 하천수위의 급격한 하강으로 양수장의 가동을 중단해야 하는 등 많은 문제점이 발생하고 있다.

북한은 크지 않은 홍수 등 자연에 의한 피해가 잦고 크다. 한 예로 '95~'96년의 홍수를 살펴보면 과거 1일 최대치 보다 작은 값이다. 이런 규모의 강우량에 제방이 유실되고 농경지가 유실매몰 되는 등 농업생산기반이 돌이킬 수 없을 정도로 피해를 입은 것은 구조물의 설계기준 또는 분석기법의 부적정 등으로 인해 시설물의 안정성이 결여되어 있을 것으로 판단된다.

또한 2000, 2001년도에 발생한 가뭄에서 최근 시행된 남한의 수리시설물에 의해 용수가 공급되는 경지는 큰 피해가 발생하지 않은데 비해 북한지역의 경지는 큰 피해를 입었다. 이는 수리시설 내한능력의 안정성 부족에서 발생하는 문제라 판단된다.

북한의 동해안에 산재한 수리시설물도 서해안유역의 그것들과 마찬가지로 수리시설물의 내구년한이 상당히 짧은 것으로 판단된다. 이는 북한이 시설물의 시공과정에서 적절한 품질 관리를 할 수 없었던 것으로 추측된다. 시설물이 시공과정에서 충분한 공사기간을 갖지 못하고 시행한 사례가 상당히 많다. 공사규모나 적절한 공기에 아랑곳없이 당의 목표에 따라 단기간에 공사를 완료하여야 하므로 형체는 갖추어졌지만 적절한 품질 관리를 할 수 없어 수리시설물이 내구년한까지 제기능을 발휘 할 수 없었던 것으로 추측된다.

또한 산지가 많은 동해안유역 일대의 지형을 극복하기 위해 서해안지역보다 수로터널, 수로교, 잠관 등 구조물 구간이 비교적 많으며 기온이 빙점 이하인 시기가 길어 시공조건과 기후조건이 불리하다. 따라서 공사기간을 충분히 잡아야 함에도 불구하고 공사를 단기간 내에 끝내려는 목

표달성위주의 사업으로 추진되어 부실 시공의 여지가 많았다는 것으로 추측 할 수 있다.

그 외 여타 지역과 마찬가지로 산림의 황폐로 인한 토사유입으로 용배수로시설의 매몰이 빈번하여 수리시설이 제기능을 발휘하지 못하는 사례가 많다.

농지의 형상도 不整形이며 분산되어 있어 기계화가 곤란하는 등 농작업이 비효율적이다. 또한 농로가 협소하고 굴곡이 많아서 효율적인 영농작업이 곤란하고 유지관리가 어려우며 영농작업 거리가 긴 경우도 많다.

10. 농업생산기반분야 남북협력방안

북한의 농업용수체계 개선을 위한 남북협력을 위해서는 남북간의 특수성을 감안하여 단기적 방안과 중장기적 방안으로 크게 나누어 생각할 수 있다.

10.1 단기적 방안

우선 단기적 용수체계의 개선방향으로는 북한의 전역에 산재한 소규모의 쉽고 간단한 시설물의 유지보수 또는 보강사업이나 긴급을 요구하는 자연재해피해 복구사업 등을 예로 들 수 있다.

앞서 언급한바와 같이 동해안 유역일대에는 농업용수를 공급하기 위해 나무나 돌로 축조된 임시보를 많이 이용하고 있다. 이러한 임시보는 내한능력이 떨어질 뿐만 아니라 구조자체가 부실하여 용수공급에 많은 문제로 대두되고 있다. 이러한 임시보를 콘크리트보로 개보수 시켜 영구적시설로 변환하여 관개효율을 높이고 시설의 내구년한을 증가시킬 필요가 있다.

현재 북한에서 농업용수의 급수체계에서 가장 큰 문제가 되고 있는 양수장은 대부분이 시설이 낡아 부품 교환 및 수선이 필요하지만 부품이 부족하여 임시로 제작하여 사용하고 있다. 북한에서도 부품조달을 위하여 국제기구에 이에 대한 지원을 요청하고 있는 상태이다. 북한에서 요청한 철관 950km중 7km는 교체하였지만 잔여 880km는 아직도 교체하지 못하고 있다.

동부지역의 용배수로 구조물도 서해안지역의 구조물과 같이 낡고 노후하여 관개효율이 떨어진다. 낡은 용배수로 구조물을 보수하여 수로의 효율을 증가 시키든가 토공용수로로 콘크리트용수로로 바꾸는 개보수시범사업구간의 설치도 하나의 사례가 될 수 있을 것이다.

그 외 농업생산기반시설의 관개체계 확립을 위한 기술검토와 품질관리, 적정 설계기준 정립을 위한 상호 기술정보교환과 주요하천 이나 저수지의 수문관측시설 설치를 위한 기술협력의 실시 등을 들 수 있다.

10.2 중장기적 방안

중장기적 남북협력사업으로는 동부지역에 산재해 있는 임시보를 대체할 수 있는 중소규모의 저수지를 개발하는 방안을 제안할 수 있다.

또한 동부지역 수원공의 내한능력 향상과 에너지소모를 줄이기 위해서는 단계적으로 양수장 수원공을 저수지 관개체계로 전환하거나 저에너지 소비형 관개체계로 전환해야 한다. 북한도 이러한 관개체계의 전환을 위해 국제기구에 지원을 제안하고 있는 실정이다.

특히 지형적으로 동부지역은 서부지역에 산지가 많고 계곡이 발달하여 이러한 지형을 적절히 이용하면 짧은 댐연장으로 소요저수량을 확보할 수 있어 저수지 설치를 위한 자연적 입지가 남한에 비해 유리하다.

이러한 중장기적 교류사업은 본격전 추진에 앞서 시범사업지구를 선정하여 우선적으로 시행함이 바람직하며 이러한 시범사업은 장단기적 방안에 구애됨이 없이 정책적으로 추진되어야 할 것이다.

또한 중장기적방안은 많은 예산과 시간이 소요됨으로 조속히 착수함이 바람직하다.

11. 결 언

북한지역의 동부지역의 수자원 현황 및 용수체계에 대해 검토해보았다.

일부지역을 제외하고는 용수이용에 있어서 서부지역 또는 남한의 그것과는 큰 차이가 없고 남한에서처럼 주 수원공으로는 저수지, 양수장, 보 등이 이용되고 수원공에서 경지까지 급수를 위해 용수로로 이용하는 등 의견상으로는 북한의 타지역과는 큰 차이가 없다.

그러나 강원일부지역을 제외하고는 기상조건에 있어서 강수량이 적고 기온이 낮다. 또한 동해안 지역은 지형적으로 산악지역이 많고 평야지대의 상대적 면적이 적어 북한의 서해안지역에 비해 영농활동이 활발하지 못한 것으로 판단된다.

그 외 하천의 연장이나 유역면적 또한 서해안 하천에 비해 규모가 적어 수자원의 절대량은 적다. 그러나 적은 강수량 및 수자원에도 불구하고 경지규모가 적어 물수지에 있어서 농업용수 자체는 풍부하다고 판단된다.

동부유역의 전반적인 용수체계의 문제점으로는 안정적 농업용수공급을 위한 수원공이 부족하고 대부분 임시방편적인 임시보에 의존하고 있으며 여타지역과 마찬가지로 노후화된 양수장에 의한 하천수 취수에 의해 관계 용수를 공급하고 있다.

더구나 열악한 자연조건에도 불구하고 농업용수 이용 및 치수사업을 위한 계획, 설계, 시공의 각 단계별 시행과정에서 합리적이고 충분한 검토 없이 시행 되므로써 부실한 품질관리 및 유지관리, 설계기준의 불합리성 등의 기술적 문제점이 나타났다. 그 외 사회주의 동맹국가들의 체제붕괴에 의한 원조중단과 이에 따른 경제난, 사회적, 정치적 선전목적을 위한 무리한 사업추진 등 비합리적 여러 요인들이 복합적으로 작용 농업생산기반의 문제점으로 나타난 것으로 판단된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 남북한간의 특수한 관계에 비추어 볼 때 상호간의 신뢰를 토대로 먼저 서로 이익이 되면서 실현 가능한 것

부터 하나씩 시작해 나가야 할 것이다.

동부지역에 산재한 임시보를 견고한 구조물로 바꾸거나 유지보수 또는 보강사업, 자연재해복구사업 등이 하나의 좋은 사례가 될 수 있을 것으로 판단된다. 그 외 기술교류를 위해 주요지점에 수문관측소의 공동운영추진도 바람직 할 것으로 판단된다.

중장기적 추진사업으로는 항구적이고 안정적인 용수공급을 위한 중소 규모 저수지개발 등 임시보를 대체할 수원개발을 위한 시범사업추진과 양수장수원공을 저수지수원공으로의 전환을 위한 시범사업 등을 들 수 있으며 이러한 사업들이 조속히 추진되어 본격적인 남북농업교류협력시대에 대비하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 강원대학교, 1997, 개교51주년 기념 논문집, P39
2. 과학기술출판사, 1991~1999, 지질 및 지리과학 (북한발행)
3. 교육도서출판사, 1997, 조선지도첩 (북한발행)
4. 김성훈, 1997, 북한의 농업
5. 김채수, 1999, 미완공간척지 내부개답 남북협력방안, 북한농업연구회학술포럼
6. 김채수, 1999, 북한농업기반의 현황과 문제점, '99북한연구학회 심포지엄
7. 김채수, 1999, 북한의 식량증산을 위한 생산기반 정비협력방안, '99통일문제 국제세미나'
8. 김채수, 1999, 북한의 쌀 생산기반과 문제점, 한쌀회 총서 제7권
9. 농림부, 1998, UNDP 대북지원 Roundtable 참가보고서
10. 농림부, 1998, 농림부 주요통계
11. 농림부, 1999, 농림부 주요통계
12. 농림부, 1999, 농림부 주요통계
13. 농어촌진흥공사, 1993, 북한의 농업생산기반조성 사업에 관한 연구(1차년)
14. 농어촌진흥공사, 1993, 북한의 농업생산기반조성사업에 관한 연구
15. 농어촌진흥공사, 1994, 북한의 농업생산기반조성 사업에 관한 연구(최종)
16. 농어촌진흥공사, 1994, 북한의 농업생산기반조성사업에 관한 연구
17. 농어촌진흥공사, 1995, 제1회 북한농업생산기반 연구발표회 보고서
18. 농어촌진흥공사, 1996, 제2회 북한농업생산기반 연구발표회 보고서
19. 농어촌진흥공사, 1997, 제3회 북한농업기반 국제세미나 보고서
20. 농어촌진흥공사, 1998, 제4회 북한농업기반 국제세미나 보고서
21. 농업기반공사, 2000, 제6회 북한농업생산기반 세미나 보고서
22. 농업기반공사, 2001, 제7회 북한농업생산기반 세미나 보고서
23. 농업기반공사, 1999, 북한의 식량증산을 위한 생산기반 정비협력방안, '99통일문제 국제세미나'
24. 농어촌진흥공사, 1998 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한연구
25. 농어촌진흥공사, 1999 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한연구(II)

26. 농업기반공사, 2000 북한의 농업생산기반 및 정책에 관한연구(최종)
27. 농업기반공사, 2000, 농업생산기반정비사업 조사설계실무요령
28. 농업기반공사, 2001, 북한의 서해안지역 농업용수체계현황 및 개선방안연구
29. 농어촌진흥공사, 1996, 한국지하수 총람
30. 농업출판사, 1991~1998. 농업수리화
31. 농업출판사, 1991~2001, 기상과수문 (북한발행)
32. 농업출판사, 1991~2001, 노동신문 (북한발행)
33. 농업출판사, 1991~2001, 농업수리화 (북한발행)
34. 농업출판사, 1994, 토양사전 (북한발행)
35. 농촌진흥청, 1995, 북한농업현황 P13~36
36. 박정동, 2000, 사회주의 농업체제 개혁에 관한 사례연구
37. 북한연구소, 1994, 북한총람 p422~427
38. 신동완 외, 1997, 북한의 농업기술
39. 이민복, 1998. 북한농촌 사회구조적 실상
40. 장원석, 1999, 통일과 글로벌 농업정책
41. 조선중앙통신사, 1986~1998, 조선중앙년감 (북한발행)
42. 통일부, 1999, 주간북한동향(제410호) : '98. 11.21~11.27
43. 통일부, 1999, 주간북한동향(제442호) : '99. 7. 3~7. 9
44. 평화문제연구소, 1997, 통일북한 핸드북
45. 평화문제연구소, 1998, 한·중·조 학술회의 발표자료
46. 한국농촌경제연구원, 2001, 북한농업실태와 농업협력 발전방향
47. 한국농촌경제연구원, 2001, 세미나 결과보고'화해 협력시대의 농업부문 남북한 협력방안'
48. 한국수자원공사, 1994, 북한수자원 현황 및 개발동향
49. FAO 한국협회, 1998, 국제식량농업(11)
50. FAO한국협회, 1998~2000, 국제식량농업
51. FAO/WFP, 199. 11, Special Report : WFP/FAO CROP AND FOOD SUPPLY ASSEMENT MISSION TO THE D.P.R of KOREA
52. FAO/WFP, 1996. 6, Special Report : WFP/FAO CROP AND FOOD SUPPLY ASSESSMENT MISSION TO THE D.P.R. of KOREA

53. FAO/WFP, JUL. 2001, Special Report, FAO/WFP Crop and Food Supply Assessment Mission to the Democratic People's Republic of Korea
54. UN Dep. of Humanitarian Affairs, 1997, UN Consolidated Inter-Agency Appeal for The D.P.R of Korea
55. UN, 1998, United Nations Consolidated Inter-Agency Appeal for DPR. Korea
56. UNDP, 1998, Thematic Roundtable on Agriculture Recovery and Environment Protection in DPR Korea
57. 渡辺利夫, 1997, 北朝鮮の現状を読む
58. ダイヤモンド社, 1997, 飢餓の世紀
59. チュチェ思想国際研究所, 1979, 大自然改造事業

부록 I.
두만강 주요지류 월별 강수량

두만강 주요지류 월별 강수량(10⁴m³)

하천명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
두만강	8,769	10,142	16,905	33,914	60,326	103,009	131,534	171,470	75,223	35,287	21,024	10,142	677,745
보항천	76	76	125	250	369	761	885	1,543	782	331	125	109	5,432
회암천	279	283	460	924	1364	2807	3326	5,697	2,886	1,223	460	401	20,051
태양천	77	76	125	250	370	762	888	1,547	785	332	125	109	5,446
오룡천	661	725	1,767	2,974	6,838	11,426	12,557	22,459	9,977	6,889	2,974	1,207	80,454
차동천	57	56	94	187	277	570	664	1,156	587	248	94	81	4,071
연산천	70	91	117	283	416	893	875	1,576	613	299	203	90	5,529
행영천	254	334	433	1040	1530	2574	3,221	5,809	2,257	1,098	745	334	19,629
신흥천	66	86	112	269	396	665	833	1,502	584	284	193	86	5,076
방산천	193	193	320	637	942	1,937	2,254	3,928	1,991	844	317	277	13,833
록야천	43	43	71	141	209	430	500	871	442	187	70	61	3,068
안원천	37	49	63	152	225	377	472	852	331	161	110	49	2,878
금동천	43	60	78	187	276	463	580	1,046	406	198	134	60	3,534
성천	142	187	240	581	856	1,436	1,798	3,244	1,260	613	417	187	10,961
중영천	69	88	75	276	406	682	84	1,540	598	291	197	88	5,204
심령천	33	43	56	136	200	336	419	758	294	1,434	97	43	2,559
룡남천	39	63	82	233	331	406	749	1,167	469	233	95	75	3,942
산성천	70	112	147	414	590	722	1,334	2,078	836	414	169	134	7,072
풍성강	88	140	184	516	735	901	1,663	2,590	1,041	516	210	166	8,750
학보천	38	41	59	137	250	446	602	877	390	147	93	40	3,120

월 하천명	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
팔을천	91	98	144	332	604	1,080	1,458	2,122	943	355	227	98	7,552
회령천	349	377	551	1,277	2,320	4,146	5,597	8,147	3,625	1,360	868	377	28,994
창태천	121	132	192	447	812	1,451	1,958	2,851	1,269	477	304	132	101,146
보을천	162	175	258	597	1,083	1,935	2,613	3,805	1,694	637	406	175	13,540
룡천천	149	161	234	544	987	1,765	2,382	3,467	1,541	579	370	159	12,338
성천수	451	487	901	1,925	3,849	6,145	7,503	8,745	4,068	1,961	1,169	487	37,691
연면수	1,297	1,513	2,826	5,636	10,740	18,005	21,679	25,486	11,055	5,087	3,691	1,413	108,428
박하천	338	364	559	1,482	2,743	4,424	5,490	7,002	2,886	1,317	1,066	338	28,009
오로천	95	104	192	407	815	1,300	1,588	1,851	862	414	248	104	7,980
구운수	414	448	690	1,828	3,381	5,451	6,762	8,625	3,554	1,622	1,311	414	34,500
대리천	67	73	112	296	547	882	1,094	1,395	575	262	211	66	5,580
설령천	56	61	94	248	459	740	919	1,172	483	220	178	56	4,686
초소천	100	108	167	441	817	1,318	1,634	2,085	860	393	317	100	8,340
서두수	2,009	2,009	3,731	7,774	15,859	25,355	30,952	36,095	16,816	8,085	4,856	2,009	155,542
소골강	83	183	336	699	1,425	2,280	2,783	3,243	1,511	726	433	181	13,981
덕평동물	283	325	692	1,192	1,950	3,533	4,509	5,026	2,209	933	650	367	21,669
초계수	69	81	172	296	483	875	1,117	1,246	548	230	161	91	5,369
이계수	48	56	120	206	336	610	778	867	381	160	112	63	3,737
황도암수	77	88	190	326	534	967	1,233	1,376	605	255	178	101	5,930
서계수	69	80	170	292	478	865	1,104	1,231	541	228	159	90	5,307

항목명 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
동계수	249	286	609	1049	1,717	3,110	3,968	4,423	1,944	821	572	323	19,071
형제수	112	128	276	472	774	1,402	1,788	1,996	878	370	258	146	8,600
대박천수	305	350	752	1,287	2,109	3,820	4,873	5,439	2,392	1,008	703	398	23,436
소박천수	68	78	168	287	471	852	1,087	1,213	534	225	157	89	5,229
소흥단수	449	449	835	1,739	3,547	5,671	6,923	8,068	3,756	1,808	1,081	449	34,775
버들개천	43	43	78	164	334	534	652	760	354	170	101	43	3,276
방하수	27	27	50	103	211	338	412	480	223	108	64	27	2,070
사동천	55	56	102	212	432	692	844	984	458	220	131	55	4,241
석을천	56	66	122	253	517	827	1,009	1,177	548	264	157	66	5,072

부록 II.

두만강 주요 지류별 월별 강수량/유출량

두만강 주요지류 월별 강수량(10⁴ m³)

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
두만강	8,769	10,142	16,905	33,914	60,326	103,009	131,534	171,470	75,223	35,287	21,024	10,142	677,745
보항천	76	76	125	250	369	761	885	1,543	782	331	125	109	5,432
회암천	279	283	460	924	1364	2807	3326	5,697	2,886	1,223	460	401	20,051
태양천	77	76	125	250	370	762	888	1,547	785	332	125	109	5,446
오룡천	661	725	1,767	2,974	6,838	11,426	12,557	22,459	9,977	6,889	2,974	1,207	80,454
차동천	57	56	94	187	277	570	664	1,156	587	248	94	81	4,071
연산천	70	91	117	283	416	893	875	1,576	613	299	203	90	5,529
행영천	254	334	433	1040	1530	2574	3,221	5,809	2,257	1,098	745	334	19,629
신흥천	66	86	112	269	396	665	833	1,502	584	284	193	86	5,076
방산천	193	193	320	637	942	1,937	2,254	3,928	1,991	844	317	277	13,833
록야천	43	43	71	141	209	430	500	871	442	187	70	61	3,068
안원천	37	49	63	152	225	377	472	852	331	161	110	49	2,878
금동천	43	60	78	187	276	463	580	1,046	406	198	134	60	3,534
성천	142	187	240	581	856	1,436	1,798	3,244	1,260	613	417	187	10,961
중영천	69	88	75	276	406	682	84	1,540	598	291	197	88	5,204
심령천	33	43	56	136	200	336	419	758	294	1,434	97	43	2,559
룡남천	39	63	82	233	331	406	749	1,167	469	233	95	75	3,942
산성천	70	112	147	414	590	722	1,334	2,078	836	414	169	134	7,072
풍성강	88	140	184	516	735	901	1,663	2,590	1,041	516	210	166	8,750
학보천	38	41	59	137	250	446	602	877	390	147	93	40	3,120

하천	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
두아천	수지원량(10 ³ m ³)	20.2	14.1	44.4	105	137	218	337	543	321	146	88.8	44.4	2,019
	유출량(m ³ /s)	0.075	0.058	0.166	0.421	0.513	0.875	1.26	2.03	1.29	0.543	0.356	0.166	0.640
안천천	수지원량(10 ³ m ³)	16.6	11.6	36.4	86.1	113	179	277	445	263	119	72.9	36.4	1,656
	유출량(m ³ /s)	0.062	0.048	0.136	0.346	0.420	0.718	1.03	1.66	1.06	0.445	0.282	0.136	0.525
금동천	수지원량(10 ³ m ³)	20.3	14.2	44.7	106	138	220	340	547	323	146	89.4	44.7	2,033
	유출량(m ³ /s)	0.076	0.059	0.167	0.424	0.516	0.881	1.27	2.04	1.30	0.547	0.359	0.167	0.645
성천	수지원량(10 ³ m ³)	64.1	44.9	141	333	436	692	1,070	1,724	1,019	462	282	141	6,409
	유출량(m ³ /s)	0.239	0.185	0.526	1.34	1.63	2.78	3.99	6.44	4.09	1.72	1.13	0.526	2.03
증영천	수지원량(10 ³ m ³)	28.6	20.1	63.0	149	195	309	478	771	455	206	126	63.0	2,864
	유출량(m ³ /s)	0.107	0.083	0.235	0.598	0.727	1.24	1.78	2.288	1.83	0.771	0.471	0.235	0.908
심령천	수지원량(10 ³ m ³)	14.8	10.4	32.6	77.2	101	160	248	399	236	107	65.3	32.6	1,484
	유출량(m ³ /s)	0.055	0.043	0.121	0.310	0.377	0.643	0.925	1.49	0.947	0.399	0.262	0.122	0.471
룡남천	수지원량(10 ³ m ³)	22.6	15.8	49.6	117	153	244	377	607	359	162	99.3	49.16	2,256
	유출량(m ³ /s)	0.084	0.065	0.185	0.471	0.573	0.978	1.41	2.26	1.44	0.606	0.398	0.185	0.715
산상천	수지원량(10 ³ m ³)	41.0	29.0	90.0	212	278	441	683	1,099	650	294	180	90.0	4,087
	유출량(m ³ /s)	0.153	0.120	0.336	0.818	1.04	1.70	2.55	4.10	2.51	1.10	0.694	0.336	1.29
증성강	수지원량(10 ³ m ³)	52.0	37.0	115	273	357	566	876	1,410	834	377	231	115	5,243
	유출량(m ³ /s)	0.194	0.153	0.429	1.05	1.33	2.18	3.27	5.26	3.22	1.41	0.891	0.429	1.66
학포천	수지원량(10 ³ m ³)	19.1	13.3	41.9	99.1	130	206	318	513	303	137	83.9	41.9	1,906
	유출량(m ³ /s)	0.071	0.055	0.157	0.398	0.484	0.826	1.28	1.91	1.22	0.512	0.337	0.057	0.604

하천	구분	월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
팔출천	수지원량(10 ⁴ m ³)		85.6	70.5	101	257	408	644	699	1006	891	433	302	136	5,033
	유출량(m ³ /s)		0.319	0.291	0.376	1.03	1.52	2.59	2.61	3.76	3.57	1.62	1.2	0.507	1.60
회령천	수지원량(10 ⁴ m ³)		308	253	362	924	1,467	2,318	2,518	3,623	3,206	1,558	1,087	489	18,113
	유출량(m ³ /s)		1.15	1.05	1.35	3.71	5.48	9.30	9.40	13.5	12.9	5.82	4.36	1.83	5.74
창대천	수지원량(10 ⁴ m ³)		120	99.0	142	361	573	905	983	1,415	1,252	608	424	191	7,073
	유출량(m ³ /s)		0.449	0.409	0.528	1.45	2.14	3.38	3.67	5.28	5.02	2.27	1.70	0.713	2.24
보을천	수지원량(10 ⁴ m ³)		157	129	184	470	746	1,179	1,280	1,842	1,630	792	552	249	9,210
	유출량(m ³ /s)		0.585	0.533	0.688	1.88	2.78	4.72	4.78	6.87	6.54	2.96	2.22	0.928	2.92
룡천천	수지원량(10 ⁴ m ³)		126	103	148	377	598	945	1,027	1,477	1,307	685	443	199	7,435
	유출량(m ³ /s)		0.469	0.415	0.551	1.51	2.23	3.79	3.83	5.51	5.25	2.37	1.78	0.745	2.35
성천수	수지원량(10 ⁴ m ³)		405	334	476	1,215	1,929	3,048	3,310	4,763	4,215	2,048	1,429	643	23,815
	유출량(m ³ /s)		1.51	1.38	1.78	4.87	7.20	12.2	12.4	17.8	16.9	7.65	5.73	8.40	7.55
연면수	수지원량(10 ⁴ m ³)		1,208	806	1,074	4,362	8,255	10,401	11,810	12,818	7,248	4,295	3,020	1,812	67,109
	유출량(m ³ /s)		4.51	3.33	4.01	17.5	30.8	41.7	44.1	47.9	29.1	16.0	12.1	6.77	21.3
박하천	수지원량(10 ⁴ m ³)		317	212	282	1,146	2,168	2,732	3,102	3,367	1,904	1,128	793	476	17,627
	유출량(m ³ /s)		1.18	0.874	1.05	4.60	8.09	11.0	11.6	12.6	7.64	4.21	3.18	1.78	5.59
오로천	수지원량(10 ⁴ m ³)		100	66.8	89.0	362	684	862	979	1,062	601	357	250	150	5,563
	유출량(m ³ /s)		0.374	0.276	0.332	1.45	2.55	3.46	3.66	3.97	2.41	1.33	1.00	0.561	1.76
구운수	수지원량(10 ⁴ m ³)		447	298	397	1,614	3,056	3,851	4,372	4,745	2,683	1,590	1,118	671	24,842
	유출량(m ³ /s)		1.67	1.23	1.48	6.48	11.4	15.4	16.3	17.7	10.8	5.94	4.49	2.50	7.88

하천	구분 월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
대리천	수자원량(10³ m³)	68.0	45.3	60.4	245	464	585	664	721	408	242	190	102	3,794
	유출량(m³/s)	0.254	0.187	0.226	0.985	1.73	2.35	2.48	2.69	1.64	0.902	0.682	0.381	1.20
설령천	수자원량(10³ m³)	55.2	36.8	49.1	199	377	476	541	586	331	196	138	82.8	3,068
	유출량(m³/s)	0.206	0.152	0.183	0.800	1.41	1.78	2.02	2.19	1.33	0.733	0.554	0.309	0.973
초소천	수자원량(10³ m³)	97.6	65.1	86.8	352	667	840	954	1,036	586	347	244	146	5,422
	유출량(m³/s)	0.364	0.269	0.324	1.41	2.49	3.37	3.56	3.87	2.35	1.30	0.979	0.547	1.72
서두수	수자원량(10³ m³)	1,724	1,150	1,533	6,227	11,784	14,849	16,861	18,298	10,346	6,131	4,311	2,587	95,801
	유출량(m³/s)	6.44	4.75	5.72	25.0	44.0	59.6	63.0	68.3	41.5	22.9	17.3	9.66	30.4
소골강	수자원량(10³ m³)	142	94.7	126	513	971	1,223	1,389	1,509	853	505	355	213	7,894
	유출량(m³/s)	0.530	0.392	0.472	2.06	3.62	4.91	5.19	5.63	3.42	1.89	1.43	0.796	2.50
덕림동물	수자원량(10³ m³)	234	156	208	846	1,600	2,016	2,289	2,484	1,405	832	585	351	13,006
	유출량(m³/s)	0.874	0.642	0.777	3.39	5.97	8.09	8.55	9.27	5.64	3.11	2.35	1.31	4.12
초계수	수자원량(10³ m³)	57.7	38.4	51.3	208	394	497	564	612	346	205	144	86.5	3,204
	유출량(m³/s)	0.215	0.159	0.191	0.836	1.47	1.99	2.11	2.28	1.39	0.766	0.579	0.323	1.02
이계수	수자원량(10³ m³)	40.8	27.2	36.3	147	279	351	399	433	245	145	102	61.2	2,267
	유출량(m³/s)	0.152	0.112	0.135	0.591	1.04	1.41	1.49	1.62	0.982	0.542	0.409	0.228	0.719
황토암수	수자원량(10³ m³)	70.2	46.8	62.4	253	480	604	686	745	421	250	175	105	3,898
	유출량(m³/s)	0.262	0.193	0.233	1.02	1.79	2.42	2.56	2.78	1.69	0.931	0.704	0.393	1.24
서계수	수자원량(10³ m³)	63.7	42.5	56.6	230	435	549	623	676	382	227	159	95.6	3,539
	유출량(m³/s)	0.238	0.176	0.211	0.923	1.63	2.20	2.33	2.52	1.53	0.846	0.639	0.357	1.12

하천	구분	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	년
동계수	수자원량(10^6 m^3)	234	156	208	845	1,599	2,015	2,288	2,482	1,404	832	585	351	12,999
	유출량(m^3/s)	0.874	0.645	0.776	3.39	5.97	8.08	8.54	9.27	5.63	3.11	2.35	1.31	4.12
형제수	수자원량(10^6 m^3)	106	70.8	94.4	383	725	914	1,038	1,127	637	378	265	159	5,897
	유출량(m^3/s)	0.296	0.293	0.352	0.154	2.71	3.67	3.88	4.21	2.56	1.41	1.06	0.597	1.87
대박천수	수자원량(10^6 m^3)	275	183	244	991	1,876	2,364	2,684	2,913	1,647	976	686	412	15,251
	유출량(m^3/s)	1.02	0.756	0.911	3.98	7.00	9.49	10.0	10.9	6.61	3.64	2.75	1.54	4.84
소박천수	수자원량(10^6 m^3)	61.2	40.8	54.4	221	419	527	599	650	368	218	153	91.9	3,403
	유출량(m^3/s)	0.229	0.169	0.203	0.888	1.56	2.12	2.24	2.43	1.47	0.813	0.614	0.343	1.08
소흥단수	수자원량(10^6 m^3)	425	282	378	1,535	2,905	3,661	4,157	4,511	2,551	1,512	1,063	638	23,620
	유출량(m^3/s)	1.59	1.17	1.41	5.92	10.8	14.1	15.5	16.8	9.84	5.65	4.10	2.38	7.49
버들개천	수자원량(10^6 m^3)	38.4	25.6	34.1	139	262	331	375	407	230	136	75.9	57.6	2,112
	유출량(m^3/s)	0.144	0.166	0.127	0.556	0.979	1.33	1.40	1.52	0.924	0.509	0.385	0.215	0.669
방하수	수자원량(10^6 m^3)	25.5	17.0	22.7	92.2	175	220	250	271	153	90.8	63.9	38.3	1,418
	유출량(m^3/s)	0.095	0.07	0.085	0.370	0.652	0.883	0.933	1.01	0.615	0.339	0.264	0.143	0.450
사동천	수자원량(10^6 m^3)	43.1	28.7	38.3	156	294	371	421	457	259	153	108	64.6	2,394
	유출량(m^3/s)	0.161	0.119	0.143	0.625	1.10	1.49	1.57	1.71	1.04	0.572	0.432	0.241	0.759
석울천	수자원량(10^6 m^3)	63.7	42.5	56.6	230	435	549	623	676	382	227	159	95.6	3,539
	유출량(m^3/s)	0.238	0.176	0.211	0.923	1.63	2.20	2.33	2.52	1.53	0.846	0.639	0.357	1.12

부록 III.
두만강 주요지류의 수문특성

두만강 주요지류의 수문특성

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	유출량 (10 ⁴ m ³ /yr)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km ²)	유출계수
	32,920.0						
두만강	10,565(북)	642	43,213	240.9	400.6	12.7	0.63
보향천	77.6	700	2,667	356.3	343.7	10.9	0.49
회암천	328.7	610	11,402	263.1	346.9	11.0	0.57
태양천	85.1	640	2,952	293.1	346.4	11.0	0.54
오룡천	1,271.0	633	42,487	298.9	334.3	10.6	0.53
차동천	69.0	590	2,350	249.4	340.6	10.8	0.58
연산천	97.0	550	3,151	225.2	324.8	10.3	0.59
행영천	363.5	540	11,922	212.1	327.9	10.4	0.61
신흥천	94.0	540	3,350	183.6	356.4	11.3	0.66
방산천	238.5	580	8,800	211.1	368.9	11.7	0.64
록야천	52.9	580	20,197	198.3	381.7	12.1	0.66
안원천	50.5	570	1,656	242.1	327.9	10.4	0.58
금동천	62.0	570	2,033	242.1	327.9	10.4	0.58
성 천	197.3	570	6,409	245.2	324.8	10.3	0.57
중영천	88.2	590	2,865	265.2	324.8	10.3	0.55
심령천	45.7	560	1,484	235.3	324.7	10.3	0.58
룡남천	73.0	540	2,256	231.0	309.0	9.8	0.57
산성천	135.0	520	4,087	217.3	302.7	9.6	0.58
종성강	175.0	500	5,243	200.0	300.0	9.5	0.60
학포천	65.0	480	1,906	186.7	293.3	9.3	0.61
팔을천	142.5	530	5,033	176.8	253.2	11.2	0.66
회령천	459.5	631	18,113	236.8	394.2	12.5	0.63
창태천	178.0	570	7,073	172.7	397.3	12.6	0.70
보을천	265.5	510	9,210	163.1	346.9	11.0	0.68
룡천천	251.8	490	7,385	196.7	293.3	9.3	0.60
성천수	609.0	619	23,815	227.8	391.1	12.4	0.63
연면수	1,662.5	652	67,109	248.5	403.7	12.7	0.62
박하천	433.3	646	17,627	239.6	406.8	12.9	0.63

하천명	유역면적 (km ²)	강수량 (mm)	유출량 (10 ⁶ m ³ /yr)	증발량 (mm)	유출고 (mm)	비유량 (ℓ/s/km ²)	유출계수
오로천	140.0	570	5,563	172.6	397.4	12.6	0.70
구운수	575	600	24,842	168.0	432.0	13.7	0.72
대리천	90.0	620	3,775	200.6	397.4	13.3	0.68
설령천	71.0	660	3,068	227.9	432.0	13.7	0.66
초소천	128.3	650	5,422	227.4	419.4	13.4	0.65
서두수	2,392.0	650	95,801	249.8	432.1	12.7	0.62
소골강	225.5	620	7,894	269.9	422.6	11.1	0.57
덕립동물	349.5	620	13,006	247.9	400.5	11.8	0.60
초계수	82.6	650	3,204	262.1	350.1	12.3	0.60
이계수	57.5	650	2,267	255.7	372.1	12.5	0.61
황토암수	100.5	590	3,898	202.2	387.9	12.3	0.66
서계수	87.0	610	3,539	203.2	394.3	12.9	0.67
동계수	307.6	620	12,999	197.4	387.8	13.4	0.68
형계수	136.5	630	5,897	198.0	406.8	13.7	0.69
대박천수	372	630	15,251	220.1	422.6	13.0	0.65
소박천수	83.0	630	3,403	220.0	432.0	13.0	0.65
소흥단수	535.0	650	23,620	208.5	409.9	14.0	0.68
버들개천	52.0	630	2,132	220	410.0	13.0	0.65
방하수	30.0	690	1,419	217.0	473	15.0	0.69
사동천	68.4	620	2,394	270.0	350	11.1	0.56
석을천	63.4	800	3,539	241.7	558.2	17.7	0.69

연구기관 및 연구참여자

1. 연구기관 : 농업기반공사 농어촌연구원
2. 연구참여자 :

연구책임자	전무갑
북한농업연구실장	정해창
수석연구원	김병철
주임연구원	이정철

연구보고 2002-07-08

북한의 동해안지역 농업용수체계 현황 및 개선방안 연구

발 행 2002. 12

발행인 허 유 만

발행처 농업기반공사 농어촌연구원

주 소 경기도 안산시 상록구 사동 1031-7번지

전 화 (031)400-7113

FAX (031)409-6055

■ 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.

■ 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.