발 간 등 록 번 호
11-1543000-004258-01

강진군
GANGJINGUN

2022
농촌지하수관리보고서

대마지구

농림축산식품부 한국농어촌공사


대마지구 농촌지하수관리 방안도
N
S
W
E
126°46'0"동
126°47'0"동
126°48'0"동
126°49'0"동
126°50'0"동
126°51'0"동
126°52'0"동
126°53'0"동
34°32'40"북
34°30'50"북
34°29'0"북
34°27'10"북
대마1
대마2
대마3
대구면
마량면
저두리
용운리
사당리
계율리
수동리
영동리
상흥리
구수리
수인리
원포리
마량리
INDEX MAP
126°40'0"동
127°0'0"동
34°40'0"북
34°20'0"북
강진군
보성군
장흥군
고흥군
해남군
범례
광공관정
(양수량, 심도)
공공관정 외
인허가관정
기설관정
양수장
취입보
수혜지역
미수혜지역
농업용수 필요지역
(강칠1 ~ 강칠4)
용구구역
읍·면경계
리 경계
하천경계
저수지

< 목 차 >

<부 록>

표 목 차

그 림 목 차

표 목 차(부록)

그 림 목 차(부록)

요 약

❑ 강진군의 새올행정정보시스템 자료의 대마지구에 해당하는 농업용 지하수시설과 농업기반시설 공공관정을 기초로 하여 현장조사를 실시하였다. 공공관정에 대해서는 정밀현황조사를 실시하였으며, 관정현황조사는 읍면별 면적을 고려하여 최대한 등분포로 조사하였다. 조사대상 농업용 지하수시설 508공 중 금회조사에서 164공을 조사하였다.

(단위 : 공)

읍 면		행정자료(지자체)(1)					조사연보(2) (농업용)	금회조사(3) (농업용)		
		계	생활용	공업용	농업용	기타		계	공공 관정	사설 관정
대마지구		777	265	3	508	1	418	164	17	147
구성비(%)		100	34.11	0.39	65.38	0.13	100	100	10.37	89.63
강진군	대구면	410	132	-	277	1	238	82	11	71
	마량면	367	133	3	231	-	180	82	6	76

※ 자료출처 : (1) 새올행정시스템(2021), (2) 지하수 조사연보(2021), (3) KRC 현장조사자료(2022)

❑ 대마지구의 단위면적당 지하수 이용량은 23.31천㎥/년/㎢(63.87㎥/일/㎢)으로 읍면별로 보면 마량면이 30.74천㎥/년/㎢으로 높고 대구면이 18.84천㎥/년/㎢으로 나타난다.

구 분		이용량 (천㎥/년)	비율 (%)	면 적 (㎢)	단위면적당 이용량	
					(천㎥/년/㎢)	(㎥/일/㎢)
강진군		12,540.13	100.00	563.35	22.26	60.99
대마지구		1,252.30	9.99	53.72	23.31	63.87
강진군	대구면	632.22	5.04	33.55	18.84	51.63
	마량면	620.08	4.94	20.17	30.74	84.23

❑ 대마지구의 지하수관정 개발 밀도는 14.46공/㎢로 전라남도 평균 20.77공/㎢ 보다 높은 수준이다. 면별로 보면 마량면(18.20공/㎢), 대구면(12.22공/㎢) 순으로 마량면에 관정이 집중적으로 분포된 특성을 나타낸다.

읍면별	개소수 (공)	면적 (㎢)	관정밀도 (공/㎢)
전라남도	256,462 1)	12,348.09 2)	20.77
대마지구	777 3)	53.72 2)	14.46
대구면	410	33.55	12.22
마량면	367	20.17	18.20

※ 자료출처 : 1)지하수 조사연보(2021), 2)통계연보(전라남도, 강진군, 2021), 3)새올행정시스템(2021)

❑ 대마지구는 지역의 특성상 인간의 활동이 제한되는 임야 지역의 분포가 넓고, 대다수의 지하수 이용시설은 임야를 제외한 농경지 또는 대지 등에 존재하므로 임야를 제외한 지역에서의 관정밀도를 산출하는 것이 더 큰 의미를 갖는다고 판단된다. 임야를 제외한 관정 개발밀도는 전체면적 대비 관정밀도가 전남 평균보다 낮았던 양상과 비슷하게 전남 평균 47.52공/㎢ 보다 낮은 45.15공/㎢의 값을 보인다.

읍면별	개소수 (공)	임야 제외 면적 (㎢)	관정밀도 (공/㎢)
전라남도	256,462 1)	5,396.78 2)	47.52
대마지구	777 3)	17.21 2)	45.15
대구면	410	8.89	46.12
마량면	367	8.32	44.11

※ 자료출처 : 1)지하수 조사연보(2021), 2)통계연보(전라남도, 강진군, 2021), 3)새올행정시스템(2021)

❏ 1995년 이후 강진군의 논과 밭 면적은 감소하는 경향을 보이며 시설재배 면적은 2010년 이후 감소하는 경향을 보이고 있다. 지난 25년간 농업형태 변화는 밭 면적은 약 696ha, 논 면적은 약 2,297ha 감소하였으며, 시설재배면적은 약 71ha가량 감소하였다.

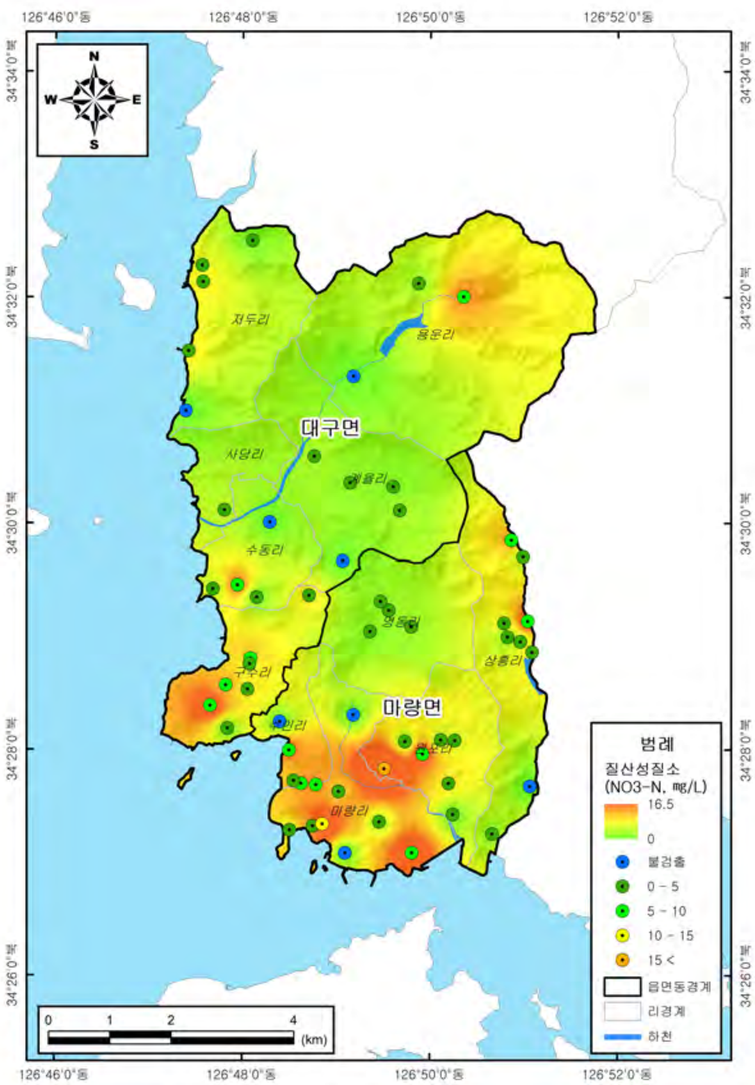
❏ 대마지구의 함양량 대비 개발가능량은 14.53% 수준이며, 개발가능량 대비 이용량은 20.61% 수준으로 전반적으로 지구 내 향후 개발가능한 지하수는 풍부한 것으로 판단된다. 마량면이 개발가능량 대비 이용량이 25.16%로 가장 높고, 대구면이 17.51%로 나타난다.

읍면	면적 (㎢)	10년빈도가뭄 강수량(㎜)	함양량 (천㎥/년)	지하수이용량 (천㎥/년)	개발가능량 (천㎥/년)	이용량/개발가능량(%)
대마지구	**53.72**	**1,005.64**	**8,621.20**	**1,252.30**	**6,074.78**	**20.61**
대구면	33.55	973.86	5,190.55	632.22	3,610.59	17.51
마량면	20.17	1,058.50	3,430.65	620.08	2,464.19	25.16

❑ 대마지구 내 질산성질소 분석은 농업용 지하수시설물 508개소 중 58개소(1차 49개소, 2차 9개소)에서 분석을 실시하였다. 1차조사 49개소 분석 결과, 마량면 2개소에서 10mg/L를 초과하는 것으로 확인되었다.

읍면별 질산성질소 일제조사 분석 현황 (단위 : mg/L)

구분	읍면	질산성질소 일제조사(N=145)						
		개소(공)	최대	최소	평균	표준 편차	10 초과(공)	20 초과(공)
대마지구		49	16.5	불검출	3.1	3.5	2	-
강진군	대구면	22	9.6	불검출	2.4	2.5	-	-
	마량면	27	16.5	불검출	3.7	4.1	2	-



❏ 현장 청문조사 및 유역답사 시 축사, 시설하우스, 농경지 및 농공단지 주변 등 지하수 수질오염이 취약하다고 판단되는 지역에 대하여 생활용수(19항목) 기준 수질검사를 실시하였다. 조사대상 4점 중 농·어업용수 기준으로 1개소에서는 염소이온이 11,125.6mg/L로 농업용 기준치를 초과하였다. 염소이온 초과지점의 주변 환경을 살펴보면, 지하수관정이 해안에 인접해 있어 해수의 영향을 받고 있는 것으로 판단된다.

대마지구 수질검사 기준초과지점

조사번호	분석결과	초과항목	관정형태
	염소이온		
WGJN433202200166	11,125.6	염소이온	암반

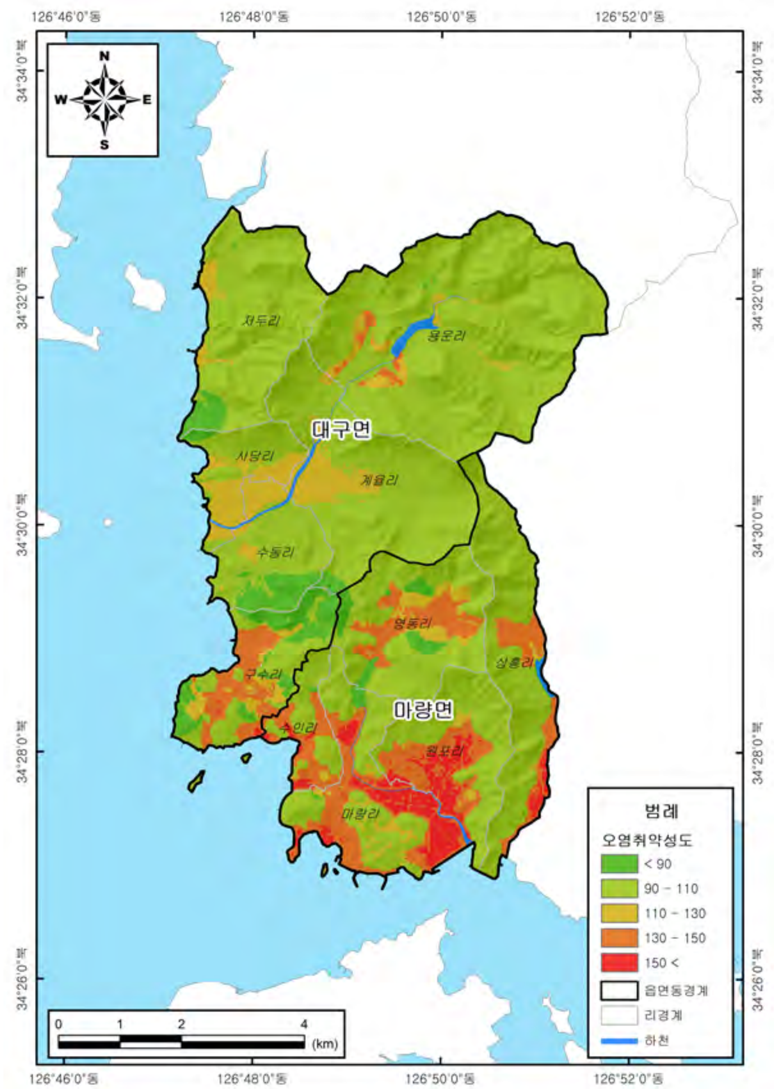
❑ 양·음이온 시료채취는 일제조사결과 염소이온 초과지점, 그리고 지질분포 특성을 고려하여 총 5개 지점에서 분석한 결과, 해안에 인접한 지역에서는 해수가 유입되어 지하수의 오염이 진행되는 것으로 분석되었다.

(단위 : mg/L)

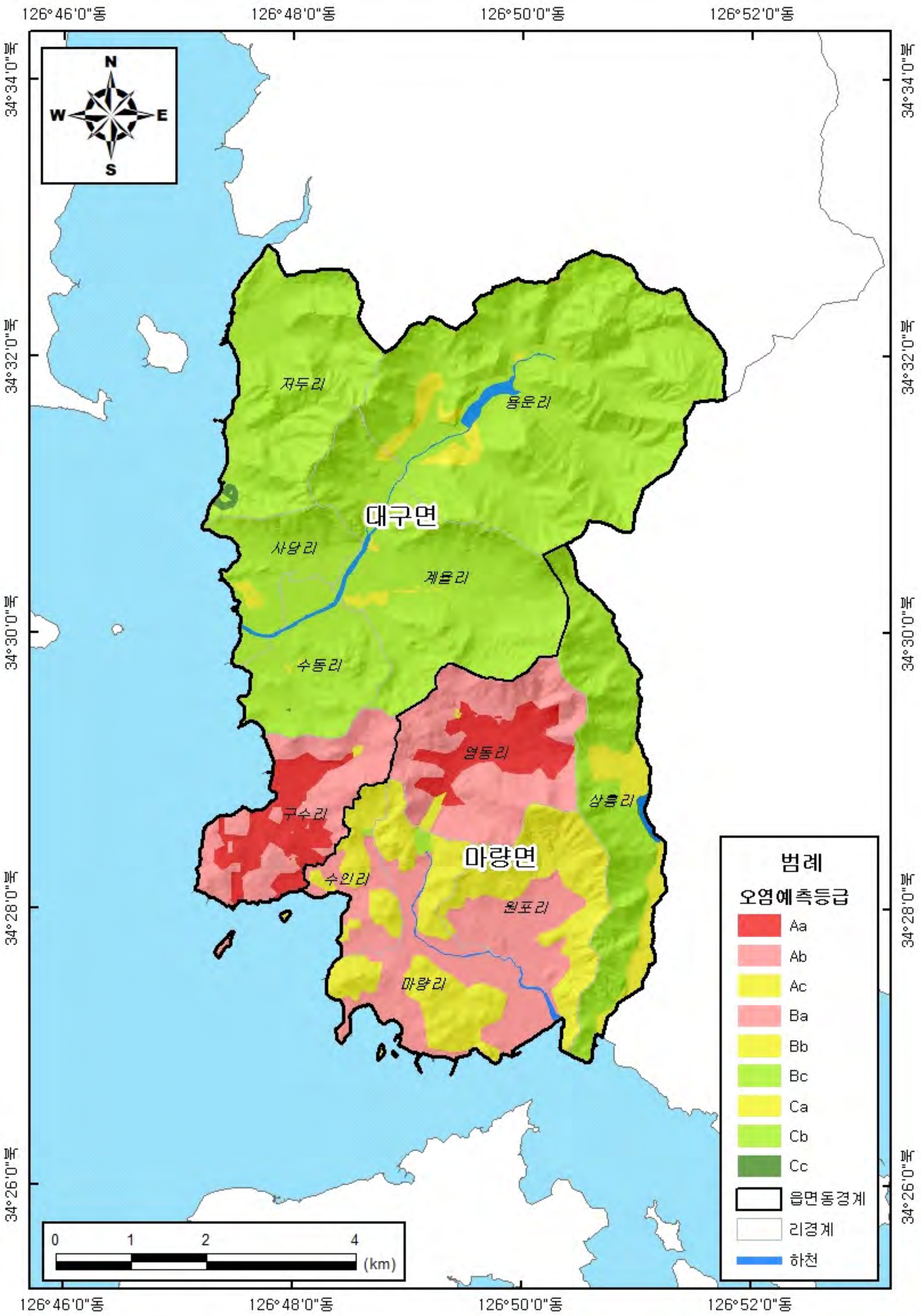
양 이 온(Cation)						음 이 온(Anion)					
이 온	최소값	최대값	평균	중앙값	표준편차	이 온	최소값	최대값	평균	중앙값	표준편차
Na^{+}	25.8	8,655.0	1,831.1	117.6	3,413.7	Cl^{-}	14.1	13,994.8	2,999.3	48.0	5,508.3
K^{+}	1.4	4.4	2.6	2.6	1.0	HCO_3^{-}	40.0	70.0	54.0	50.0	5,508.3
Ca^{2+}	9.8	23.9	17.4	19.1	4.8	SO_4^{2-}	3.0	2,102.0	427.7	5.8	837.2
Mg^{2+}	3.7	685.6	155.9	10.5	266.0	NO_3^{-}	5.9	19.1	12.8	10.9	5.3

❏ 오염취약성 분석결과, 대마지구의 읍면별 오염취약성 평균지수는 대구면(108), 마량면(126)으로 비교적 낮은 수치를 나타내며 최대값은 160으로 분석된다. 오염취약성도는 대부분 지역에서 90~150범위의 수치를 보이나, 마량면 원포리, 마량리 등에서 150이상의 상대적으로 높은 값을 나타내는 지역이 있으며 비포화대매질 등의 영향으로 판단된다.

구 분		DRASTIC Index			단위면적당 오염부하량(kg/일/㎢)
		최소	최대	평균	
대마 지구	대구면	60	159	108	78.36
	마량면	56	160	126	432.79



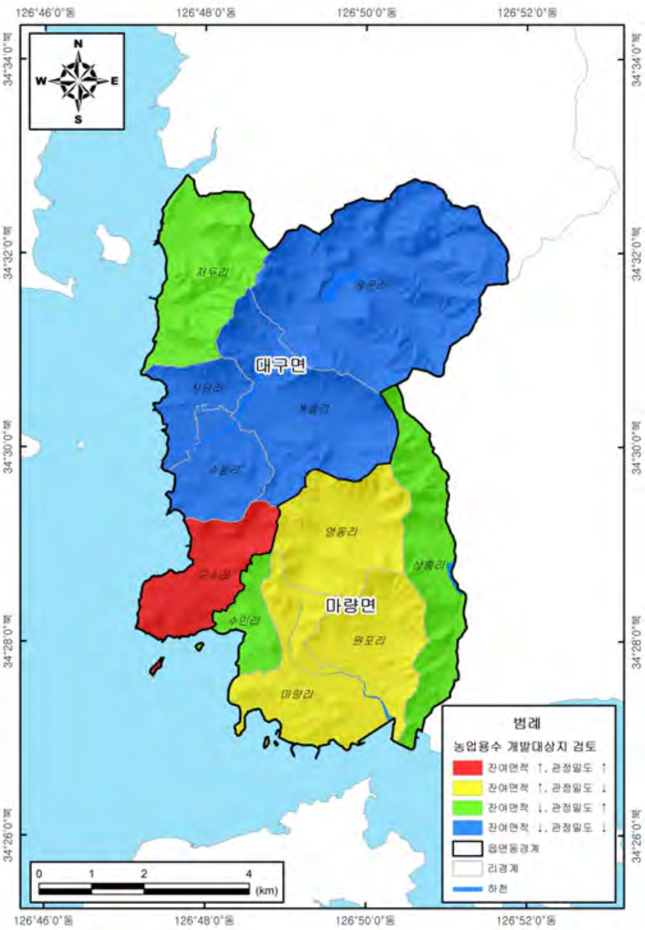
❑ 지하수오염예측 등급도를 작도한 결과 상대적으로 오염에 취약할 것으로 예상되는 Aa, Ab, Ba 등급 지역은 약 17.72% 수준으로 대구면 구수리, 마량면 영동리 등으로 확인되었다.



❑ 대마지구 지하수 수량 및 수질 우려지역 및 농업용 공공관정 정밀조사 결과를 바탕으로 현황 및 문제점을 분석하고, 그에 대한 대책방안을 수량관리, 수질관리, 시설물관리 3가지 형태로 구분하고 13가지 유형으로 분류하여 제시하였다. 수량관리 2지역, 수질관리 1지역, 시설물관리 10지역 등 총 13건에 대해 대책이 필요한 지역으로 선정되었다(세부사항 본문 5장 참조).

구 분	계	수량관리(A)	수질관리(B)	시설물관리(C)	비 고
계	13	2	1	10	
대구면	6	–	–	6	
마량면	7	2	1	4	

❑ 대마지구 지하수 개발이용방안에 대한 분석결과, 수량, 수질 관리지역을 제외한 농업용수공급을 위한 지하수개발 및 수리시설물 확충 우선 개발 지역으로 B그룹 1개리(마량면 1개리), D그룹 2개리(사당리, 용운리)가 해당된다.

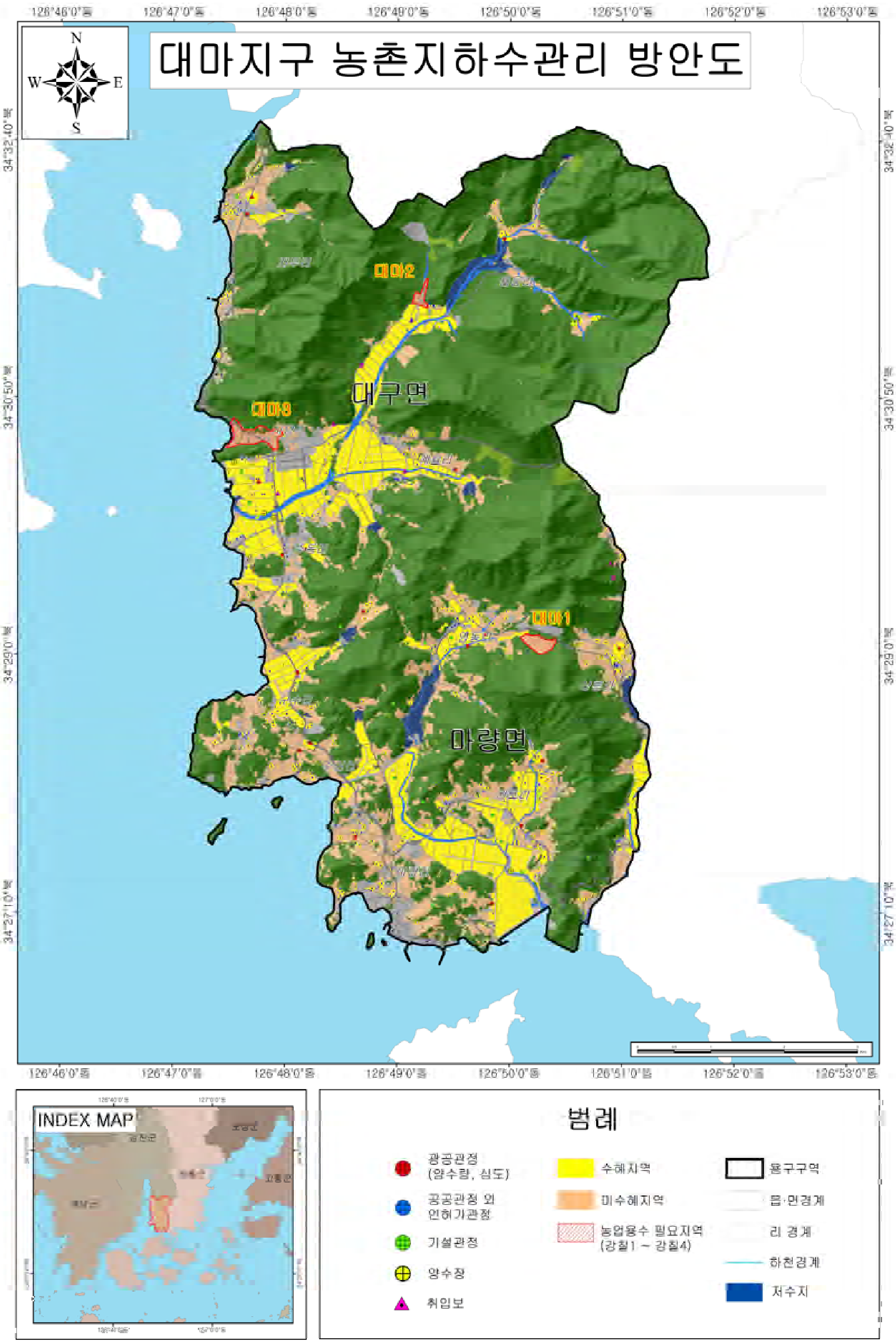


 한국농어촌공사

구 분		읍 면		용수공급 확보(안)
		대구면		
A	잔여면적↑ 관정밀도↑	구수리	–	- 지표수를 이용한 수리시설물 확충 (저수지, 양수장, 취입보) - 신규 지하수 개발 이용량제한
B	잔여면적↑ 관정밀도↓	–	영동리 원포리 마량리	- 지표수를 이용한 수리시설물 확충 (저수지, 양수장, 취입보) - 신규 지하수 관정 개발
C	잔여면적↓ 관정밀도↑	저두리	상흥리 수인리	- 신규 지하수 개발 및 이용량 제한 - 공동이용체계 구축
D	잔여면적↓ 관정밀도↓	수동리 사당리 용운리 계율리	–	- 암반관정 개발 - 소류지 및 농업용수로 시설 확충

❏ 대마지구에서 필요로 하는 농업용수 개발방안 지역은 2개 면 11개리 중에서 대구면 **용운리, 사당리**, 마량면 **영동리**가 해당된다. 대마지구 내 관정개발 필요지역은 농업용수 확보를 위한 신규 지하댐 및 지하수 개발이 우선적으로 선행되어야 한다.

구 분	읍 면			비 고
	계	대구면	마량면	
계	3	2	1	–
잔여면적↑ 관정밀도↓	1	–	1 (영동리)	–
잔여면적↓ 관정밀도↓	2	2 (용운리, 사당리)	–	–



대마지구 농촌지하수관리 방안도
N
W
E
S
대마2
대마3
대마1
대구면
마량면
INDEX MAP
범례
광공관정
(암수량, 심도)
공공관정 외
인허가관정
기설관정
양수장
취입보
수혜지역
미수혜지역
농업용수 필요지역
(강칠1 ~ 강칠4)
용구구역
읍·면경계
리 경계
하천경계
저수지

Ⅰ. 농촌지하수관리사업 개요

Ⅰ. 농촌지하수관리사업 개요

1.1 추진배경

농어촌정비법 제15조(농어촌용수이용 합리화계획 등) 및 지하수법 제5조(지하수조사)에 근거하여 농촌용수구역의 지하수개발·이용 및 보전·관리를 위하여 농림축산식품부 주관 하에 한국농어촌공사에서 시행

1.2 사업목적

◦ 농촌용수구역별 지하수현황조사·분석을 통한 용수이용 및 시설물 관리대책 수립·시행
◦ 지하수사업 재정투입 적정성 판단의 기초자료로 활용

⇩

농어촌지역 지하수의 효율적 개발·관리

1.3 주요추진내용

◦ 현장조사를 통한 관정 및 오염원 현황파악
◦ 지하수함양량, 개발가능량 등 용수구역별 수리특성 파악
◦ 가뭄예측/분석을 통한 지하수 대책수립
◦ 수량부족 및 수질오염이 우려되는 지역은 해당지자체에 관리 대책 제안
◦ 농어촌지하수에 대한 정보화시스템 구축 및 운영

1.4 대마지구 현황

대마지구는 전라남도 내 농촌지하수관리 대상 97개 용수구역 중 전남 강진군 대구면과 마량면으로 구성되며, 동쪽은 장흥군, 서쪽은 해남군, 남쪽은 완도군, 북쪽은 영암군과 접하여 있고 전라남도의 남부에 위치한다<그림 1-4-1>.

대마지구는 대상지 현장답사 결과 현장답사 결과, 강진군 남동부 지역으로 조사부지 북쪽에 동백산(300m)-도암산(450m), 동쪽의 천관산(723m)-천태산(330m)으로 이어지는 산계와 구릉성 산지가 발달하고 있으며, 그밖에 지역이 평야지대로 농경지 면적이 협소하다. 농경지 면적은 작지만 농업용 관정은 고르게 분포하며, 남해와 인접하여 해수유입으로 지하수 오염이 우려되고, 최근 기상이변 및 기후 변화로 인해 농업용수 대부분을 공급하는 하천수의 감소가 관찰되며 농업용 지하수의 이용량이 꾸준히 증가하여 지하수 고갈에 대한 문제점이 우려된다.

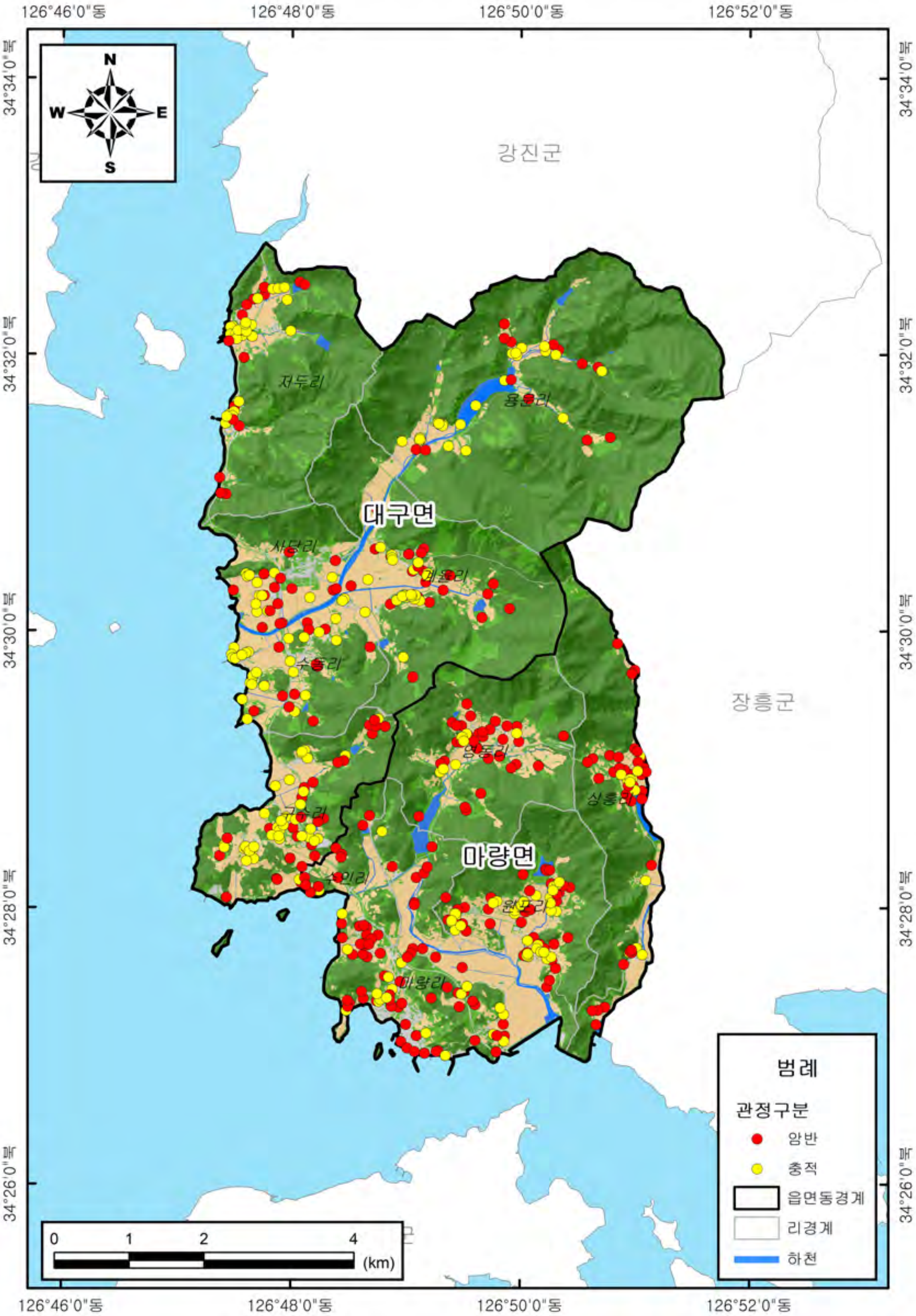
<그림 1-4-3> 대마지구 용수구역 위치도

1.5 지하수개발이용현황

강진군의 새올행정시스템(2021) 자료에 의하면, 대마지구에는 총 777개소의 허가·신고된 지하수시설이 개발·이용되고 있고, 관정개발 밀도는 14.46공/㎢이다. 지하수조사연보(2021)에는 농업용 지하수 시설이 418공으로 행정자료의 농업용 지하수관정(508공)과는 차이가 크지 않다.

대마지구의 지하수 개발·이용은 농경지에서 밀집된 특성을 보인다. 읍면별로는 대구면이 410공, 마량면이 367공으로, 곡부를 따라 평야지역에 집중 분포되어 있다<그림 1-5-2>. 생활용 지하수가 265공으로 전체 지하수의 34.11%를 차지하며, 농업용 지하수는 508공(65.38%)으로 대부분 생활용과 농업용 지하수로 이용되고 있다.

대마지구 농촌지하수관리사업은 중점사항으로 1) 농업용 지하수에 대한 현장조사, 2) 축산시설 등 오염유발시설 하류부에 대한 수질검사, 3) 농업용관정 밀집지역에 대한 이용량조사 등을 설정하여 시행하였다. 금회 조사는 해당 지자체 지하수 행정자료와 공공관정을 기초자료로 하여 농업용 관정을 대상으로 관정현황 조사를 실시하였으며, 시설물 등록 및 이용현황, 지리적 위치, 현장수질측정, 관정점검 등을 실시하였다. 이를 위해 간이수질검사와 수위측정 92회, 질산성 질소 분석 58점, 생활용수 기준 수질검사 4점, 양·음이온 분석 5점, 질소동위원소 분석 4점 등 지하수의 일반적인 수질 및 오염 가능성 분석에 역점을 두고 시행하였다.



<그림 1-5-1> 대마지구 조사 현황도

1.5.1 신고·허가별 지하수 개발 현황

강진군 새올행정시스템(2021)의 지하수시설을 허가·신고형태별로 구분하면, 허가시설 74공, 신고시설 2,210공으로 분류된다. 면별로는 대구면 410공, 마량면 367공으로 대구면이 비교적 많은 것으로 확인되었다.

금회 조사에서는 해당 지자체 지하수 행정자료와 공공관정을 기초자료로 농업용 관정을 대상으로 관정 현황조사를 실시하였으며, 시설물 등록 및 이용현황, 지리적 위치, 현장수질측정, 관정점검 등을 실시하였다.

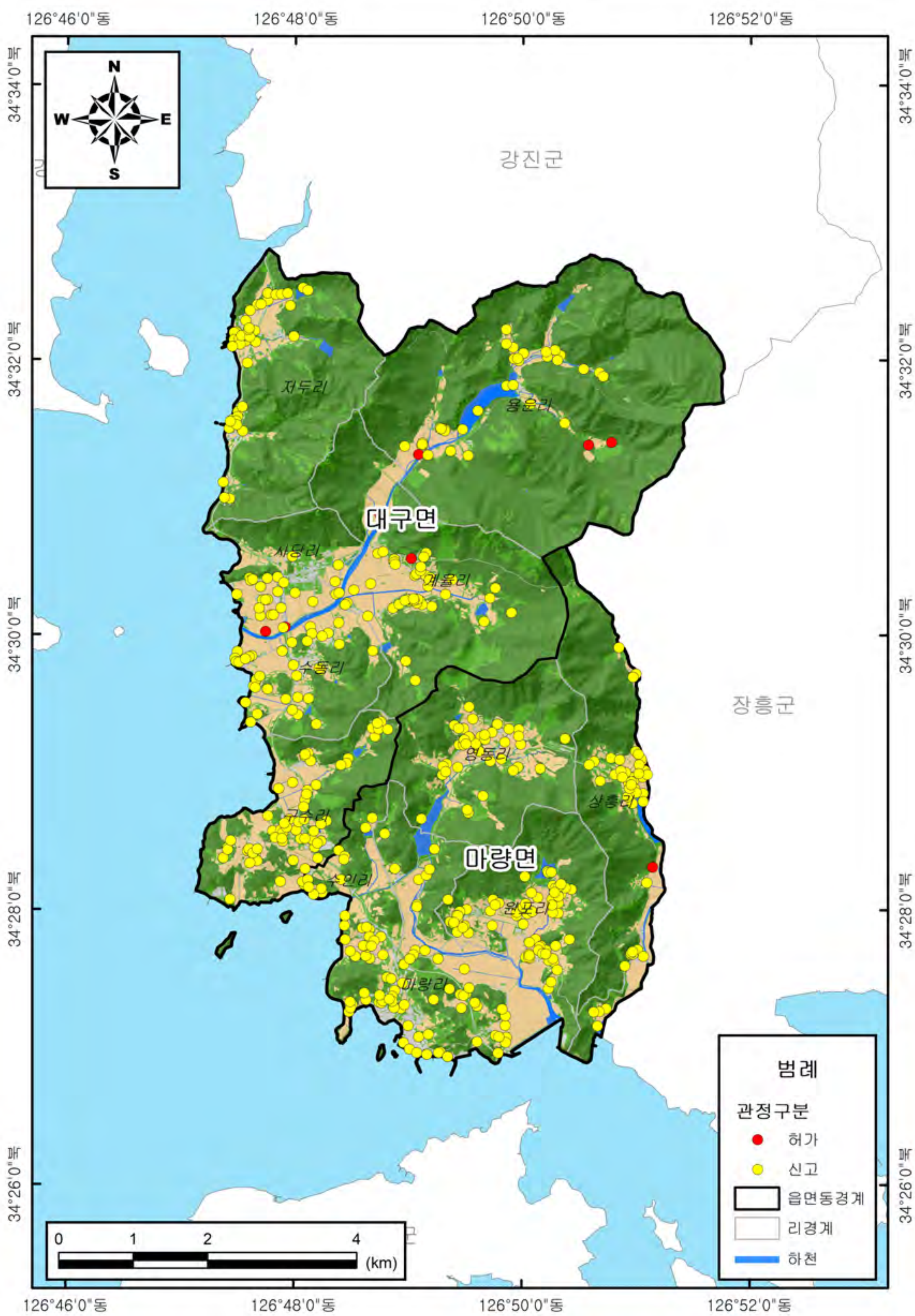
현장조사는 공공관정 17공(허가 9공, 신고 8공), 일반관정 147공(신고 147공) 등 총 164공을 조사하였다.

<표 1-5-1> 대마지구 지하수개발·이용 현황

(단위 : 공)

구 분		행정자료[1]				지하수[2] 조사연보 (농업용)	금회조사[3]			
		계	허가	신고	미신고		계	허가	신고	미신고
대마지구		777	14	763	-	418	164	9	155	-
구성비(%)		100	1.80	98.20	-	100	100	5.49	94.51	-
강진군	대구면	410	13	397	-	238	82	4	78	-
	마량면	367	1	366	-	180	82	5	77	-

※ 자료출처 : (1) 새올행정시스템(2021), (2) 지하수 조사연보(2021), (3) KRC 현장조사자료(2021)



<그림 1-5-2> 허가·신고 형태별 지하수시설 현황도

1.5.2 용도별 지하수 개발 현황

강진군의 새올행정시스템(2021) 자료에 의하면 대마지구의 용도별 지하수 개발현황은 생활용이 265공(34.11%), 농업용 지하수 시설이 508공(65.38%), 공업용 3공(0.39%), 기타 1공(0.13%)으로 분석 되었다<그림 1-5-3>.

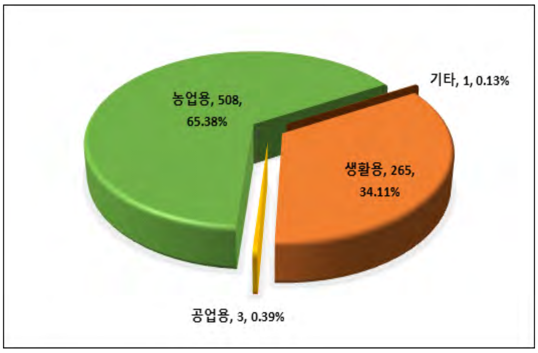
금회조사에서는 지역개발행정자료(새올행정정보시스템)의 농업용 지하수시설과 농업기반시설 공공관정을 기초로 하여 현장조사를 실시하였다. 정밀현황조사 대상인 공공관정에 대해서는 시설점검을 실시하였으며 관정현황조사는 읍면별 면적을 고려하여 최대한 등분포로 조사하였다. 조사대상 농업용 지하수시설 508공 중 금회조사에서 164공을 현장조사를 실시하였다<표 1-5-2>.

<표 1-5-2> 용도별 지하수개발 현황

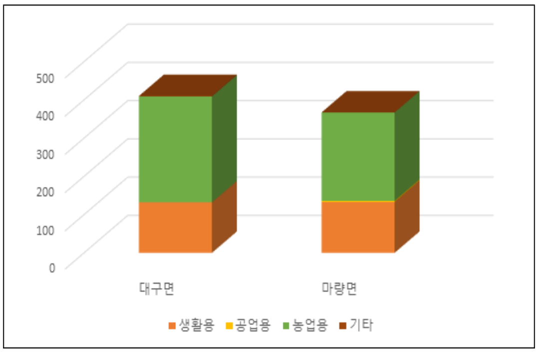
(단위 : 공)

<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">읍 면</th><th colspan="5">행정자료(지자체)[1]</th><th rowspan="2">조사연보[2]
(농업용)</th><th colspan="3">금회조사[3]
(농업용)</th></tr>
<tr><th>계</th><th>생활용</th><th>공업용</th><th>농업용</th><th>기타</th><th>계</th><th>공공
관정</th><th>사설
관정</th></tr>
<tr><td colspan="2">대마지구</td><td>777</td><td>265</td><td>3</td><td>508</td><td>1</td><td>418</td><td>164</td><td>17</td><td>147</td></tr>
<tr><td colspan="2">구성비(%)</td><td>100</td><td>34.11</td><td>0.39</td><td>65.38</td><td>0.13</td><td>100</td><td>100</td><td>10.37</td><td>89.63</td></tr>
<tr><td rowspan="2">강진군</td><td>대구면</td><td>410</td><td>132</td><td>-</td><td>277</td><td>1</td><td>238</td><td>82</td><td>11</td><td>71</td></tr>
<tr><td>마량면</td><td>367</td><td>133</td><td>3</td><td>231</td><td>-</td><td>180</td><td>82</td><td>6</td><td>76</td></tr>
</table>

※ 자료출처 : (1) 새올행정시스템(2021), (2) 지하수 조사연보(2021), (3) KRC 현장조사자료

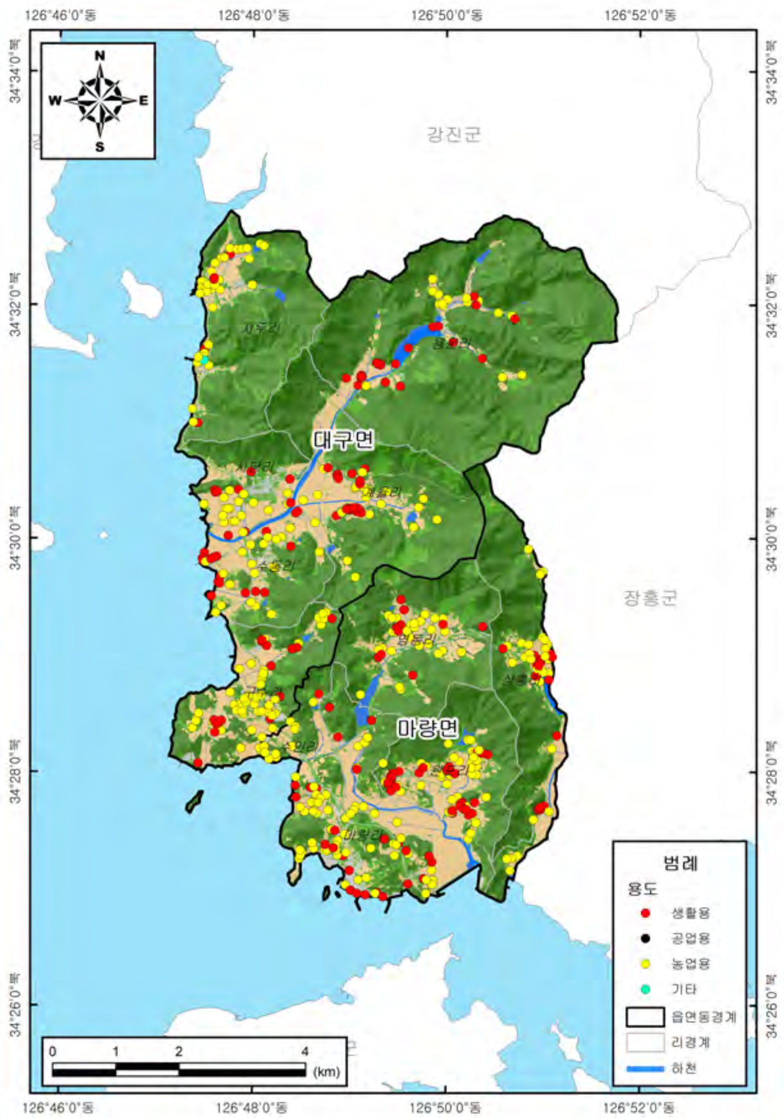


용도별 지하수 개발 비율



읍면별 지하수 개발 개소수

<그림 1-5-3> 읍면별·용도별 지하수 개발현황



<그림 1-5-4> 용도별 지하수개발 위치도

1.5.3 관정 형태별 지하수 개발 현황

지하수 관정은 개발유형에 따라 암반관정, 충적관정, 방사상 집수정으로 구분된다. 개발유형은 용수공급계획이나 용도 그리고 개발지역의 지형과 지질적인 요소에 의해서도 달라진다.

대마지구의 지하수 관정을 암반/충적으로 분류한 결과, 암반관정은 413공(53.15%), 충적관정은 364공(46.85%)으로 암반관정이 상대적으로 많다. 면별로 분류하면 대구면이 암반관정 145공, 충적관정 265공으로 총 410공(52.77%)이며, 마량면은 암반관정 268공, 충적관정 99공 등 총 367공(47.23%)으로 조사되었다<표 1-5-3>.

대마지구의 지하수관정 개발 밀도는 14.46공/㎢로 전라남도 평균 인 20.77공/㎢ 보다 낮은 수준이다. 면별로 보면 마량면(18.20공/㎢), 대구면(12.22공/㎢) 순으로 나타난다.

대마지구는 지역의 특성상 인간의 활동이 제한되는 임야 지역의 분포가 넓고, 대다수의 지하수 이용시설은 임야를 제외한 농경지 또는 대지 등에 존재하므로 임야를 제외한 지역에서의 관정밀도를 산출하는 것이 더 큰 의미를 갖는다고 판단된다. 임야를 제외한 관정 개발밀도는 <표 1-5-7>과 같다. 임야제외지역 관정 개발밀도는 전체면적 대비 관정밀도가 전남 평균보다 낮았던 양상과 비슷하게 전남의 평균 47.52㎢ 보다 낮은 45.15㎢의 값을 보인다.

<표 1-5-3> 관정형태별 지하수개발현황

(단위 : 공)

구 분		계[1]			농업용[2]		
		소계	암반	충적	소계	암반	충적
대마지구		777	413	364	508	296	212
구성비(%)		100.00	53.15	46.85	100.00	58.27	41.73
강진군	대구면	410	145	265	277	101	176
	마량면	367	268	99	231	195	36

※ 자료출처 : 1)새올행정시스템(2021), 2)KRC 현장조사자료(2020)

<표 1-5-4> 구경별 현황

(단위 : 공)

대마지구	계	50이하	51-100	101-200	201-300	비 고
계	777	525	18	190	44	-
암반	413	179	18	178	38	-
충적	364	346	-	12	6	-

※ 자료출처 : 새올행정시스템(2021)

<표 1-5-5> 토출관구경별 현황

(단위 : 공)

대마지구	계	31이하	32-40	41-50	51이상	기타
계	777	418	301	44	14	-
암반	413	212	145	42	14	-
충적	364	206	156	2	-	-

※ 자료출처 : 새올행정시스템(2021)

<표 1-5-6> 지하수관정 개발 밀도

읍면별	개소수 (공)	면적 (㎢)	관정밀도 (공/㎢)
전라남도	256,462[1)]	12,348.09[2)]	20.77
대마지구	777[3)]	53.72[2)]	14.46
대구면	410	33.55	12.22
마량면	367	20.17	18.20

※ 자료출처 : 1)지하수조사연보(2021), 2)통계연보(전라남도, 강진군,2019), 3)새올행정시스템(2021)

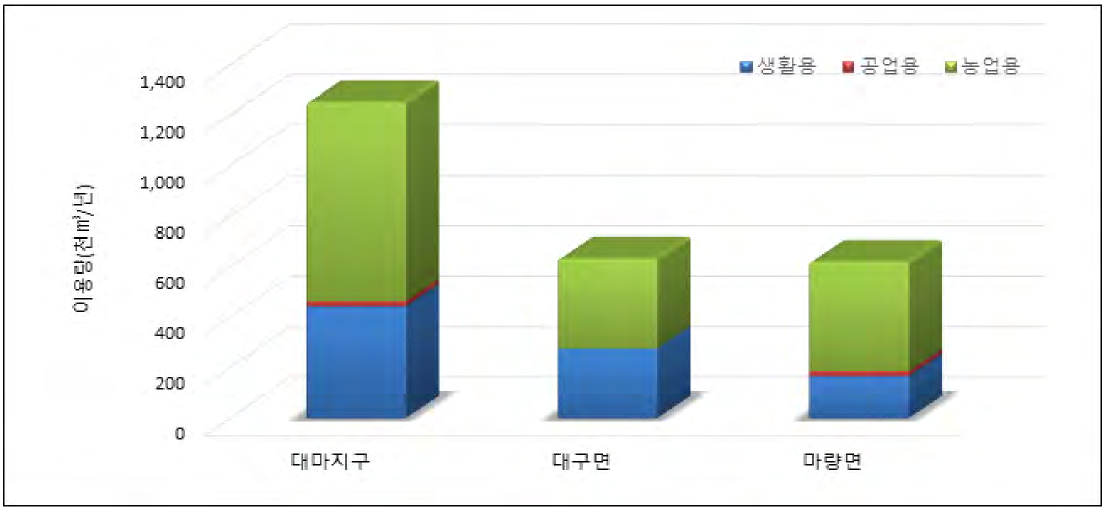
<표 1-5-7> 임야 제외지역 지하수관정 개발 밀도

읍면별	개소수 (공)	임야 제외 면적 (㎢)	관정밀도 (공/㎢)
전라남도	256,462[1)]	5,396.78[2)]	47.52
대마지구	777[3)]	17.21[2)]	45.15
대구면	410	8.89	46.12
마량면	367	8.32	44.11

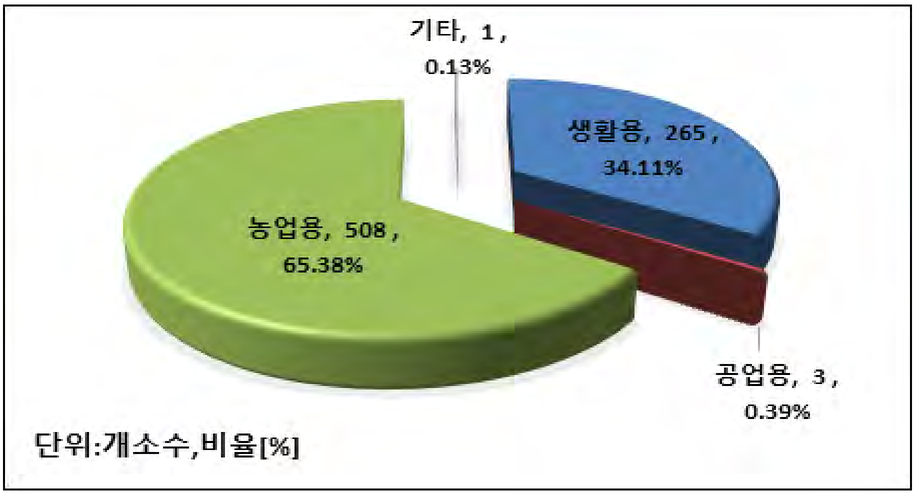
※ 자료출처 : 1)지하수조사연보(2021), 2)통계연보(전라남도, 강진군,2019), 3)새올행정시스템(2021)

1.5.4 용도별 지하수 이용 현황

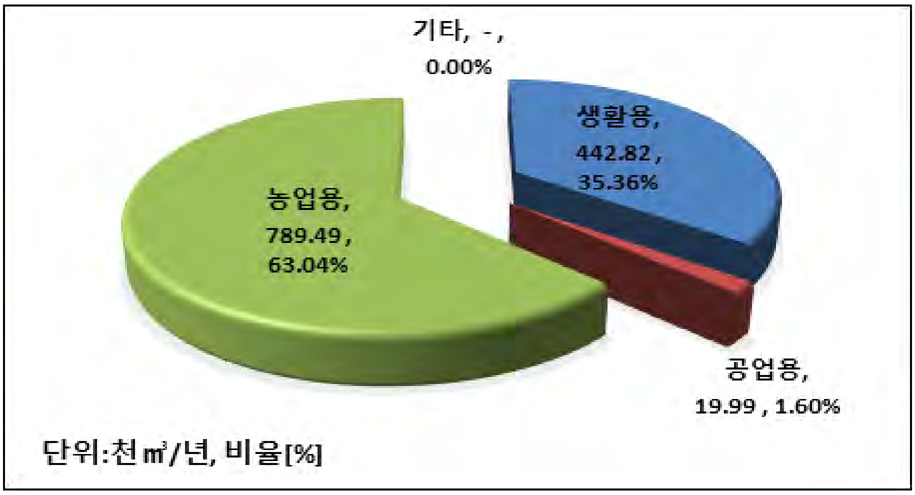
용도별 지하수 이용현황을 살펴보면 생활용 지하수시설이 265공으로 대마지구 전체(777)의 34.11%, 이용량은 442.82천㎥/년(35.36%)을 차지하고 있다. 농업용 지하수시설은 508공(65.38%), 이용량은 789.49천㎥/년(63.04%)으로 대마지구의 대부분이 생활용과 농업용으로 사용되고 있다. 나머지 공업용과 기타 지하수시설은 개발·이용 정도가 매우 미비하다. 지역별로는 대구면에 개발·이용 중인 지하수시설이 전체의 52.77%(410공)이고, 이용량은 50.48%(620.08천㎥/년)로 마량면보다 많다<그림 1-5-5>.



<그림 1-5-5> 읍면별 · 용도별 지하수 이용 현황



<그림 1-5-6> 용도별 지하수 개소수



<그림 1-5-7> 용도별 지하수 이용량

생활용은 가정용 개소수가 187공(70.57%)으로 가장 많이 개발되었으며, 이용량은 간이상수도가 37.76%(167.23천㎥/년)로 가장 많이 이용되고 있는 것으로 조사되었다<표 1-5-8>.

<표 1-5-8> 생활용 이용현황

(단위 : 공, 천㎥/년)

구 분		계	가정용	일반용	학교용	민방위	공동 주택용	간이 상수도	상수 도용	농업생 활겸용	기타
개소수	수량	265	187	20	2	-	-	16	-	9	31
	백분율 (%)	100.00	70.57	7.55	0.75	-	-	6.04	-	3.40	11.70
이용량	수량	442.82	46.01	39.22	25.77	-	-	167.23	-	40.86	123.71
	백분율 (%)	100.00	10.39	8.86	5.82	-	-	37.76	-	9.23	27.94

농업용은 답작용의 개소수가 397개소(78.15%)로 가장 많으며 이용량은 농업용 지하수의 45.86%(362.08천㎥/년)로 많이 이용하고 있는 것으로 조사되었다. 전작용은 47개소(9.25%), 지하수 이용량은 10.17%(80.30천㎥/년)로 전작용과 답작용이 대마지구 농업용 이용량의 56.03%를 차지한다<표1-5-9>.

<표 1-5-9> 농업용 이용현황

(단위 : 공, 천㎥/년)

구 분		계	전작용	답작용	원예용	수산업	축산업	양어장	기타
개소수	수량	508	47	397	22	4	16	5	17
	백분율(%)	100.00	9.25	78.15	4.33	0.79	3.15	0.98	3.35
이용량	수량	789.49	80.30	362.08	29.33	62.19	96.93	142.74	15.92
	백분율(%)	100.00	10.17	45.86	3.72	7.88	12.28	18.08	2.02

1.5.5 지하수관측망 운영현황

지하수 관측망은 수위, 수질 등의 변화 추세를 정기적으로 모니터링하여 지하수의 관리·보존과 정책 수립을 위한 기초 자료로 활용된다. 조사지구 내 관측소는 해수침투관측망(한국농어촌공사) 2개소가 운영되고 있으며, 전기전도도가 높게 나타나는 특징을 보였다. 향후 발생가능한 지하수장해에 대비하여 추가적인 지하수 관측망 설치가 필요할 것으로 판단된다.

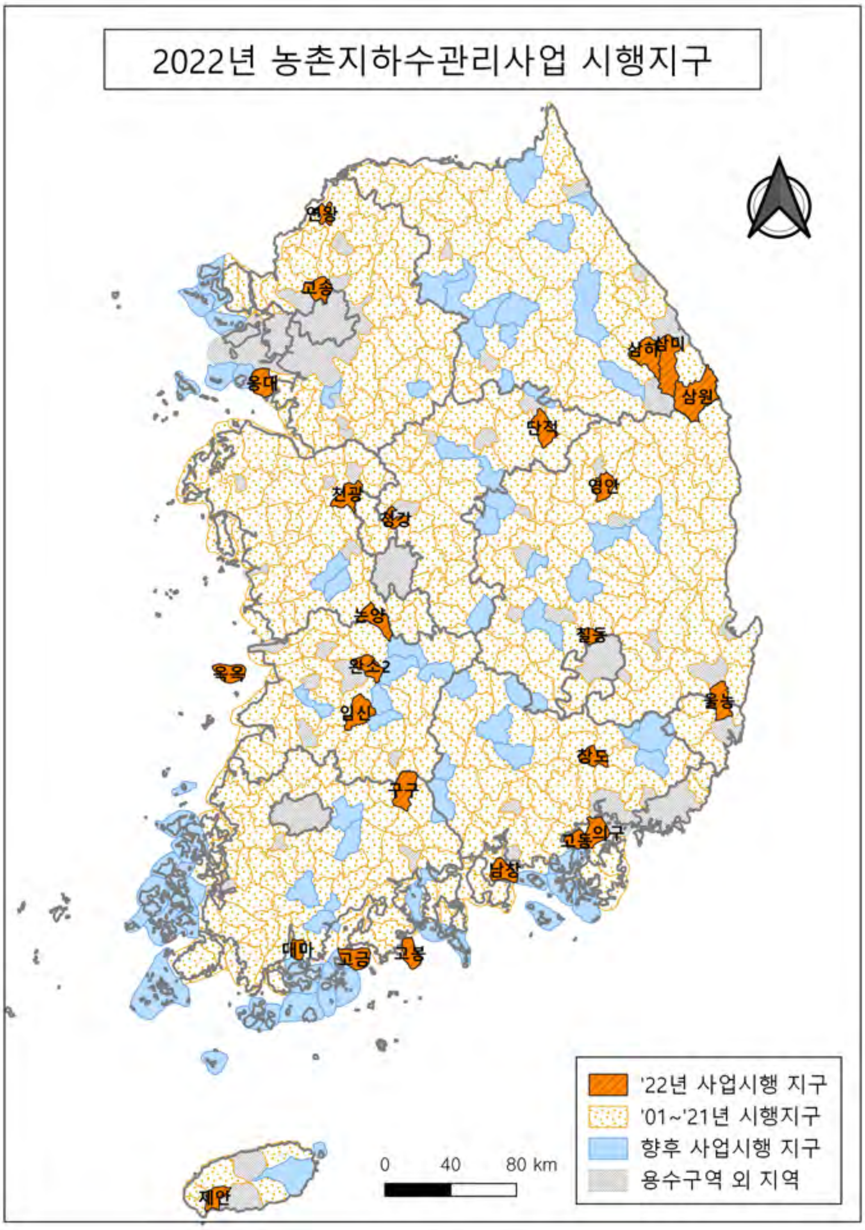
<표 1-5-10> 지하수관측소 현황

구분	관측소명	지점코드	용도
해수침투관측망	마량1	L-8-a-4-01	수위·수질측정망
해수침투관측망	마량2	L-8-d-4-01	수위·수질측정망

1.6 농어촌지하수관리시스템(농어촌지하수넷)

1.6.1 구축 현황

농어촌지하수관리시스템(농어촌지하수넷)을 통해 사업시행대상 457 농촌용수구역 중 ‘21년까지 342지구 농촌용수구역(127개 시군 지역)에 대한 농어촌지하수 조사결과를 인터넷 기반의 WebGIS 지도 서비스로 제공함



<그림 1-6-1> 2022년 농어촌지하수관리사업 시행지구

<표 1-6-1> 시·도별 농촌용수구역 조사현황

시도	계	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
계획(지구)	457	53	50	33	44	42	95	70	61	9
조사실적	342	40	35	27	40	33	59	60	43	5
2001	1	화남2	–	–	–	–	–	–	–	–
2002	2	–	–	–	–	–	무망	–	김진	–
2003	6	화서 화비	– –	제산 –	아송 –	부동 –	– –	칠석 –	– –	– –
2004	15	평포 평고	원문 원판	음삼 음원	아인 아영	부백 정입	무일 무청	영화 –	김장 진집	– –
2005	15	평서 이흥	원앙 춘동	제봉 생극	공정 금남	정북 순금	무현 보성	영금 상리	진수 –	– –
2006	15	이설 광초	춘신 횡둔	진리 괴칠	유구 금부	정산 순동	보노 –	영자 상외	진지 사용	– –
2007	20	광포 김고 여서	횡소 홍화 평용	진백2 괴청 –	공논 금복 –	정감 순쌍 장번	보문 보벌 –	상화 금대 –	사포 하금 –	제애 – –
2008	23	김양 여북 파교	홍두 평방 평대	괴도 옥동 –	논벌 부서 –	장계 진상 고신	화춘 장북 동평	상사 금봉 군부	하적 합적 거가	제조 – –
2009	23	여감 파문 용남	화간 양동 –	옥청 영양 –	논산 부홍 부은	진백 고원 고광	화릉 장삼 장군	군위 감문 문호	합율 거남 밀부	제한 – –
2010	23	파적 용외 가외	화상 양방 –	금추(청부) 영산 –	기산 남포 청청	임삼 남보 무적	장관 영갑 함손	문산 청송 안예	거고 거사 밀하	제대 – –
2011	18	용기 가북 –	고거 인북 –	영황 보마 –	서비 보외 –	무설 남대 순강	영대 함신 –	청현 안풍 –	거장 창계 –	제남 – –
2012	16	가설 안고 –	고죽 인남 –	보내 – –	보청 청화 –	남운 – –	함라 신압 진진	안길 봉법 봉영	창리 산산 –	– – –
2013	16	안서 양조 –	인상 명성 –	보미 – –	청대 홍금 –	익용 – –	진군 곡고 승상	봉석 춘양 봉상	산신 양하 –	– – –
2014	16	안삼 남진 –	양손 명사 –	중신 – –	예대 홍서 –	완봉 – –	곡옥 곡석 승외	선산 영연 경감	산신2 남설 –	– – –
2015	17	포군 양남 – –	명강 삼근 – –	– – – –	예오 근흥 – –	– – – –	승서 승해 고대 고과	선해 영청 영기 경서	산삼 남서 남이2 –	– – – –
2016	19	강내 강선 – –	철동 – – –	중상 원앙 – –	예광 태면 – –	익오 완화 – –	승월 고도 고포 해산	의신 의단 의금 선장	의부 의정 – –	– – – –
2017	18	포신 – – – –	철근 – – – –	청북 – – – –	태이 서해 – – –	남이 – – – –	해삼 해현 담고 담수 담용	의안 의옥 청도 청운 –	함칠 함범 함수 – –	– – – – –
2018	20	포동 – – – –	영주 – – – –	청남 – – – –	서지 당고 당송 – –	김금 – – – –	해계 해북 해황 영도 영학	울북 울원 울기 영영 영석	함함 고영 고회 – –	– – – – –
2019	20	양천 – – – –	영북 영상 – – –	청부 – – – –	당우 남동 – – –	김백 – – – –	해화 여돌 여소 나노 나봉	영봉 영순 예영 예상 천호	양일 양철 창대 – –	– – – – –
2020	20	양금 양지 – – –	정신 정임 – – –	단대 – – – –	천직 연전 – – –	김청 – – – –	나동 나남 강도 강칠 광봉	성고 성운 경가 경하 달화	창진 울청 – – –	– – – – –
2021	19	연청 연백 – – –	정동 정도 – – –	단가 – – – –	천동 천성 – – –	옥개 완상 – – –	강성 완군 구문 – –	성가 성월 영달 영덕 영지	울두 울상 – – –	– – – – –
2022	22	고송 연왕* 옹대* –	삼미 삼하* 삼원* –	단적 청강* – –	천광 논양* – –	임신 옥옥* 완소2* –	구구 고금* 고봉* 대마*	영안 울농 칠동* –	창도 고동* 남창* 의구*	제안 – –

<표 1-6-2> 행정구역별 조사현황

구 분	계	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
계(지구)	117	14	14	10	15	10	18	18	17	1
2001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2003	2	-	-	-	-	-	-	칠곡	김해	-
2004	3	화성	-	-	아산	부안	-	-	-	-
2005	4	평택	-	제천 음성	-	-	무안	-	-	-
2006	6	이천	원주 춘천	-	-	-	보성	영천	진주	-
2007	9	광주	횡성	진천 괴산	공주 금산	정읍 순창	-	-	사천	-
2008	7	김포	홍천 평창	증평	-	장수	-	상주	하동	-
2009	11	여주	-	-	논산 부여	진안 고창	장성 화순	김천 군위	합천	제주
2010	7		양구 화천	옥천	-	-	장흥	문경	거창 밀양	-
2011	7	용인	-	영동	서천	무주	영광	청송	거제	-
2012	6	가평	고성	-	보령	-	함평 신안	안동	-	-
2013	6	-	인제	보은	청양	-	진도	봉화	양산	
2014	4	안성 남양주	-	-	홍성	-	곡성	-	-	-
2015	4	-	강릉	-	-	-	-	포항	산청 남해	-
2016	8	강화	-	충주	예산	익산	고흥 순천	구미	이령	-
2017	6	-	철원	-	태안	남원	담양	청도	함안	-
2018	7	포천	-	-	서산	-	영암	영양 울진	고성 함양	-
2019	8	양주	영월	청주	당진	-	여수 해남	예천	기장	-
2020	9	양평	-	-	- 세종	김제	광양 나주	고령 경산 달성	-	-
2021	10	연천	정선			군산 완주	강진 완도	성주 영덕	울주	
2022	9	고양	삼척	단양	천안	임실	구례	경주 영주	창녕	서귀포

1.6.2 접속방법

사이트주소: https://www.groundwater.or.kr (농어촌지하수넷)

1.6.3 운영방법

농어촌지하수정보와 지하수관측정보는 일반인을 포함한 모든 사용자가 로그인 없이 이용가능하며, 지자체 담당 공무원 및 실무관리를 위한 지역담당자의 정보서비스 이용 시 관리자의 승인을 거쳐 ID/PASSWORD 부여 및 별도의 지하수정보 신청 시는 요청목적의 타당성 검토 후 자료 제공

1.6.4 정보서비스 활용

가. 행정기관 : 시·군 지역 지하수관리계획 수립 등 보전관리 정책 추진과 행정관리에 활용

[보전관리정책]
- □ 지역별 지하수 수질수량관리
- □ 가뭄 등 지하수재해관리
- □ 지하수개발사업 추진 검토
- □ 지하수 오염 예측관리

[행정관리]
- □ 지하수 인·허가 관리
- □ 환경영향조사, 환경평가 등 심의 검토
- □ 지하수이용 실태조사
- □ 지하수시설물대장 관리
- □ 지하수관측망 운영 관리

나. 일반인 : 농촌지역 주민들의 지하수개발·이용과 계몽자료 활용

- □ 지역 내 지하수 이용현황
- □ 지역 내 지하수 수질현황
- □ 지하수시설물 검색
- □ 지하수관련 행정절차 안내
- □ 폐공관리 등 계몽자료로 활용

다. 행정기관 : 지하수조사, 개발, 연구 자료로 활용하여 폐공 감소 등 효율적 개발 유도

[지하수조사]
- □ 물리탐사 및 시추조사 결과활용
- □ 선택한 영향 반경내 관정정보 및 오염정보
- □ 해수침투현황 등 수질·수량관련 연구 자료로 활용

[지하수개발]
- □ 지하수개발실적 검토
- □ 지역별 개발현황 검토
- □ 수맥조사 등 개발결과 검토
- □ 지하수관련 DB검색
- □ 지하수개발가능성 검토
- □ 주변 시설물 및 오염원 위치검토

라. 행정적 측면

□ 지하수자원의 생산성, 과학성, 신뢰성 향상
- 다양한 지하수정보의 유기적인 분석과 신속한 업무처리로 시간절감
- 과학적인 분석과 합리적인 의사결정으로 설득력과 수용성 증대
- 미래 위험발생 예측 및 예방을 위한 기초자료 제공
- 전국기반 자료구축으로 유기적, 효율적인 지하수 행정구현

□ 정보서비스의 품질향상
- 정량적인 분석자료 제공
- 신속, 정확한 업무처리에 의한 행정서비스 품질향상
- 유관기관 자료공유 및 유기적 협조체계 구축

마. 기술적 측면

□ 인터넷에 의한 다양한 정보공개 요구 수용
- 최신정보의 신속한 서비스

□ 관리비용의 절감효과

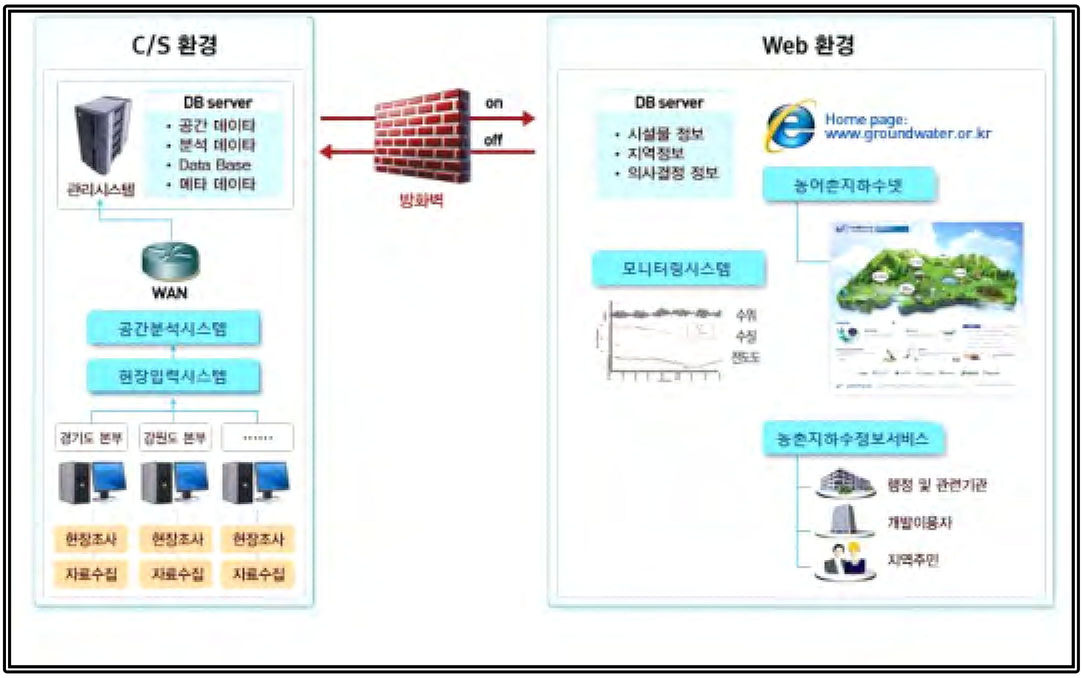
□ 지도정보서비스를 통한 정보의 가시성 및 가독성 향상

□ 다양한 차트형태의 통계분석 자료 서비스

□ 업무의 고도화 및 합리적인 의사결정 지원

1.6.5 시스템 구성 및 이용 안내

가. 시스템 구성



<그림 1-6-2> 농어촌지하수관리시스템 구성도

나. 농어촌지하수관리시스템의 단위시스템 구성

WEB 지하수사업관리시스템 ☞ 자원관리 및 지하수개발 실적 제공

WEB 농어촌 지하수지도 ☞ 지하수관련 GIS지도서비스

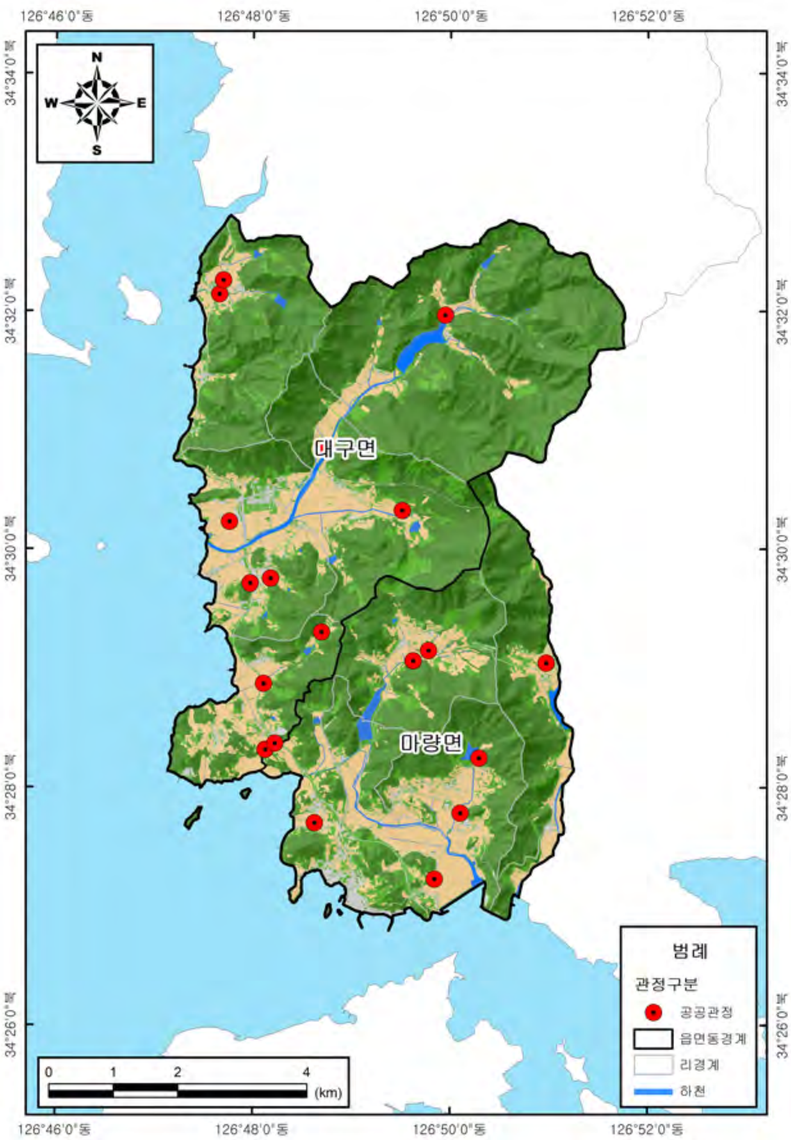
WEB 농어촌지하수관측망시스템 ☞ 관측자료 및 예경보 제공

Ⅱ. 농업용 공공관정 현황 및 조사

Ⅱ. 농업용 공공관정 현황 및 조사

2.1 공공관정 개발·이용 현황

공공관정은 국고 또는 공적자금을 투입하여 개발한 관정으로 시설물 유지관리 기관은 지자체이며, 대마지구는 총 17개의 공공관정이 조사되었다. 17개소 모두 답작용 농업용수로 이용되고 있는 것으로 조사되었다<그림 2-1-1>.



<그림 2-1-3> 공공관정 현황도

<표 2-1-1> 공공관정 개발 현황

구분	계	농업용			
		전작용	답작용	원예용	기타
계	17	-	17	-	-
대구면	11	-	11	-	-
마량면	6	-	6	-	-

농업용 공공관정은 저수지나 하천수 등 수리시설의 혜택이 어려운 지역인 산간 및 농지 주변에 주로 개발되어 있다.

2.2 농업용 공공관정 정밀조사

지자체의 새올행정시스템 자료 및 관리부서에서 관리하고 있는 농업용 공공관정에 대한 현황을 파악하여 누락되지 않도록 DB를 구축하고 각각에 대한 정밀조사를 시행하였다<표 2-2-1>.

<표 2-2-1> 농업용 공공관정 현황

일련번호	위치				용도	세부용도	관리기관
	시군	읍면	동리	번지			
1	강진군	대구면	사당리	342-5	농업용	답작용	강진군
2	강진군	대구면	저두리	477-6	농업용	답작용	강진군
3	강진군	대구면	저두리	521	농업용	답작용	강진군
4	강진군	대구면	용운리	585	농업용	답작용	강진군
5	강진군	대구면	구수리	1287-7	농업용	답작용	강진군
6	강진군	대구면	구수리	565-2	농업용	답작용	강진군
7	강진군	대구면	구수리	10	농업용	답작용	강진군
8	강진군	대구면	수동리	575-2	농업용	답작용	강진군
9	강진군	대구면	수동리	927-15	농업용	답작용	강진군
10	강진군	대구면	구수리	592-4	농업용	답작용	강진군
11	강진군	마량면	영동리	132	농업용	답작용	강진군
12	강진군	마량면	영동리	산37	농업용	답작용	강진군
13	강진군	마량면	원포리	245-1	농업용	답작용	강진군
14	강진군	마량면	상흥리	767	농업용	답작용	강진군
15	강진군	마량면	마량리	1570-1	농업용	답작용	강진군
16	강진군	마량면	마량리	14	농업용	답작용	강진군
17	강진군	대구면	계율리	1044-20	농업용	답작용	강진군

2.3 농업용 공공관정 점검결과 및 관리방안

2.3.1 점검결과

대마지구 내 농업용 공공관정 점검 결과, 법적이행사항인 영향조사, 사후관리, 수질검사는 강진군에서 공공관정 관리 계획을 수립하여 의무사항을 철저히 이행한 것으로 나타났다. 그러나 시설물 정비 등의 조치가 필요한 관정이 다수 존재하였다<표 2-3-1>.

<표 2-3-1> 농업용 공공관정 조사현황

구분	계	조사									미조사
		소계	조치 불필요	조치필요							
				소계	영향 조사	사후 관리	수질 검사	원상 복구	시설물 정비	기타	
계	17	17	1	16	-	-	-	-	16	-	-
대구면	11	11	1	10	-	-	-	-	10		
마량면	6	6	-	6	-	-	-	-	6		

2.3.2 관리방안

가. 지하수개발·이용허가의 유효기간 연장을 위한 조사 제안

- 배경 및 현황

지하수법 제7조의3(지하수개발·이용허가의 유효기간), 시행령 제12조의3(지하수개발·이용허가 유효기간의 연장), 시행규칙 제7조(허가사항의 변경 등)에 의해 지하수개발·이용이 주변지역에 미치는 영향을 조사하여 주변 지하수의 고갈과 오염을 예측하고 이를 사전에 방지함으로써 지하수의 보전과 합리적인 이용을 도모하기 위해서이다.

대마지구의 17개 농업용 공공관정을 확인한 결과, 2022년도 10월 기준으로 영향조사가 이미 완료되었거나 현재 진행 중에 있으며, 공공관정에 대한 관리가 비교적 잘 되고 있는 것으로 확인되었다.

- 업무흐름도

개발·이용자(지자체) → 지하수영향조사 → 지하수영향조사서를 포함한 지하수개발·이용허가 유효기간 연장허가 신청서 제출 → 심사 → 허가내용에 반영

나. 사후관리 제안

- 배경 및 현황

지하수법 제9조의5(지하수개발·이용시설의 사후관리 등), 시행령 제14조의4(지하수개발·이용시설의 사후관리 등), 시행규칙 제9조의5(지하수개발·이용시설의 사후관리 등), 제9조의6(다중이용 지하수개발·이용시설 등), 제9조의7(사후관리 방법 등)에 의해 지하수 수질의 효율적인 보전관리를 위하여 특별한 용도 및 일정규모 이상의 지하수개발·이용시설에 대한 검사 및 정비, 청소 등을 실시한다.

대마지구의 경우 사후관리가 필요한 관정을 확인한 결과 2022년도 10월 기준으로 사후관리가 이미 완료되었거나 현재 진행 중에 있으므로 공공관정에 대한 관리가 잘 이뤄지고 있는 것으로 확인되었다.

- 업무흐름도

사후관리 이행대상자(지자체) → 사후관리 수행 → 사후관리 이행종료신고 → 사후관리 신고증교부

다. 지하수수질검사 제안

- 배경 및 현황

지하수법 제20조(수질검사 등), 시행령 제29조(수질검사 등), 제30조(수질검사 전문기관 등), 제31조(수질검사의 항목 등), 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 제10조(수질검사대상), 제12조(수질검사의 주기), 제14조(검사기관)에 의해 안전하고 깨끗한 지하수를 사용하기 위하여 양수능력 100㎥/일 이상의 농업용 관정에 대하여 3년 주기로 실시한다.

대마지구 농업용 공공관정 중 향후 수질검사가 필요한 관정은 확인한 결과 없는 것으로 확인되었다.

- 업무흐름도

시장·군수에게 수질검사 신청 → 시장·군수가 수질검사를 위한 시료채취기간을 정하여 시료채취실시 3일전까지 검사 받을 자에게 통보 → 시장·군수는 시료채취 후 봉인, 신청인에게 인계 → 신청인은 6시간 이내에 수질검사전문기관에 검사를 의뢰

라. 원상복구 제안

- 배경 및 현황

지하수법 제15조(원상복구 등), 시행령 제15조(수질불량의 정도), 제22조(이행보증금의 금액 및 예치시기 등), 제23조(원상복구의 예외 등), 제24조(원상복구의 기준·방법·기간 등)에 의해 지하수오염이 우려되는 불용공에 대해 실시

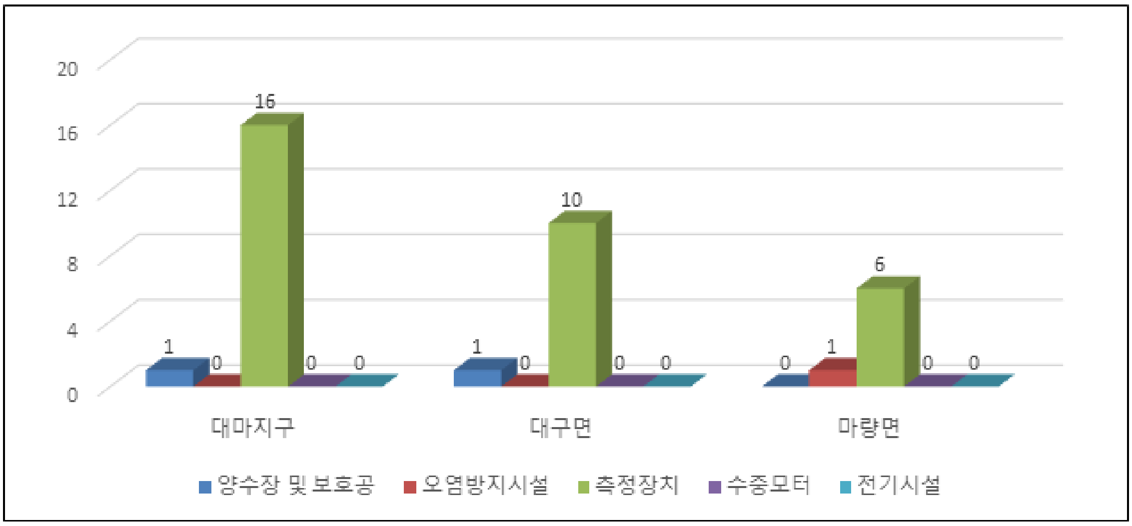
- 업무흐름도

지하수개발·이용 종료신고서 및 원상복구계획서 제출 → 원상복구 실시 → 원상복구 결과보고서 제출

마. 시설물정비 제안

- 배경 및 현황

공공관정조사 결과를 바탕으로 시설의 기능유지 및 안전상 위험 등이 있는 경우 보수 또는 보강을 실시하여야 한다. 대구면은 11개소에서 양수장 및 보호공 1건, 측정장치 10건 등 총 11건, 마량면은 6개소에서 오염방지시설 1건, 측정장치 6건 등 총 7건에 대해 시설물 정비가 필요할 것으로 조사되었다<그림 2-3-1, 표 2-3-2>.



<그림 2-3-1> 읍면별 시설물관리 대상 관정수

<표 2-3-2> 시설물관리 필요관정 제안

	위치				시설물			
	시군	읍면	동리	번지	양수장 및 보호공	오염 방지 시설	측정 장치	수중 펌프
계	17개소				1	1	16	–
1	강진군	대구면	사당리	342–5	–	–	1	–
2	강진군	대구면	저두리	477–6	–	–	–	–
3	강진군	대구면	저두리	521	–	–	1	–
4	강진군	대구면	용운리	585	–	–	1	–
5	강진군	대구면	구수리	1287–7	–	–	1	–
6	강진군	대구면	구수리	565–2	1	–	1	–
7	강진군	대구면	구수리	10	–	–	1	–
8	강진군	대구면	수동리	575–2	–	–	1	–
9	강진군	대구면	수동리	927–15	–	–	1	–
10	강진군	대구면	구수리	592–4	–	–	1	–
11	강진군	마량면	영동리	132	–	–	1	–
12	강진군	마량면	영동리	산37	–	–	1	–
13	강진군	마량면	원포리	245–1	–	–	1	–
14	강진군	마량면	상흥리	767	–	–	1	–
15	강진군	마량면	마량리	1570–1	–	1	1	–
16	강진군	마량면	마량리	14	–	–	1	–
17	강진군	대구면	계율리	1044–20	–	–	1	–

Ⅲ. 향후전망

Ⅲ. 향후전망

3.1 지하수 개발·이용 전망

3.1.1 지하수개발가능량

지하수개발가능량은 지하수의 함양과 유출이 평형을 이루는 상태에서 지속적으로 개발·이용 가능한 지하수 함양량을 의미한다(국토해양부, 지하수관리기본계획 수정계획, 2017).

지하수개발가능량 = 함양률 × 10년빈도가뭄시강수량 × 면적

가. 유역별 개발가능량 분석

개발가능량은 실측되지 않은 여러 항목을 간접적인 방법에 의해 추정하는 것으로 본 보고서에서는 10년빈도 가뭄시강수량을 산정한 후 함양률과 면적을 계산하여 산정하였다. 10년빈도 가뭄시강수량은 전체도수가 정규분포를 이루었을 때, 하위 10%에 들어갈 확률(p=0.1, z=−1.28)의 강수량을 의미한다.

$$X \leq (-1.28 \times \text{표준편차}) + \text{평균강수량}$$

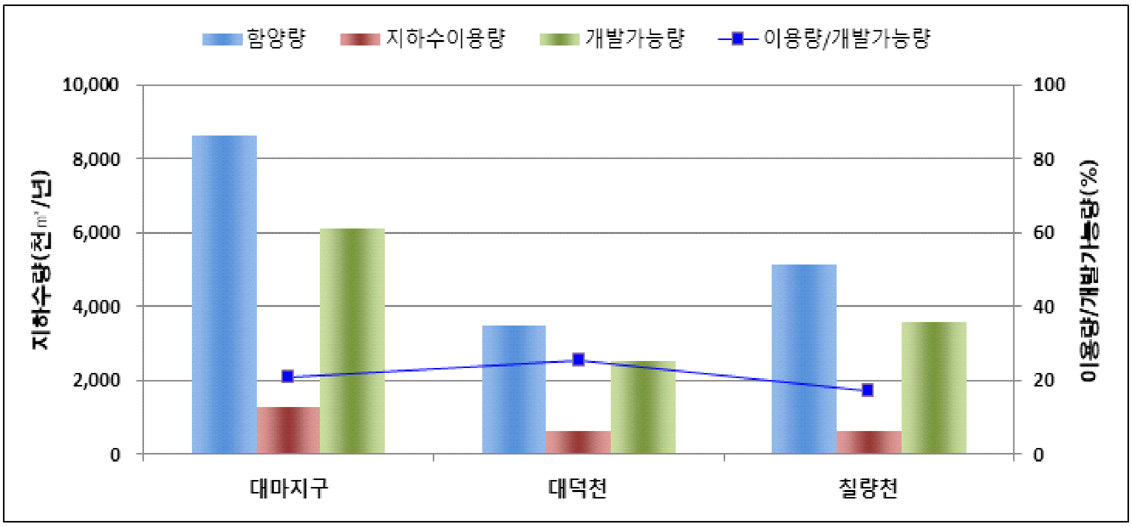
<그림 3-1-1>은 표준유역별 지하수 함양량, 지하수 이용량, 개발가능량, 개발가능량 대비 이용량 관계에 대하여 보여주고 있다. 대마지구의 지하수함양량은 6,621.45천㎥/년, 지하수 개발가능량은 6,075.07천㎥/년이며, 개발가능량의 20.61%에 해당하는 1,252.30천㎥/년의 지하수를 이용하는 것으로 분석된다. 유역별 개발가능량 대비 이용량의 비율은 다음의 범위로 나타났다<표 3-1-1>.

최대 : 대덕천 25.49%
최소 : 칠량천 17.20%
대마지구 : 20.61%

표준유역별 개발가능량 대비 이용량은 대덕천에서 25.49%로 높고, 칠량천이 17.20%로 가장 낮다. 지구 전반적인 개발가능량 대비 이용량은 20.61%로 낮은 수치를 나타내며 전반적인 향후 지하수 개발가능량은 비교적 풍부한 것으로 판단된다.

<표 3-1-1> 유역별 지하수 개발가능량

유역	면적 (㎢)	10년빈도 가뭄강수량 (㎜/년)	함양량 (천㎥/년)	지하수이용량 (천㎥/년)	개발가능량 (천㎥/년)	이용량/ 개발가능량 (%)
대마지구	53.72	1,005.64	8,621.45	1,252.30	6,075.07	20.61
대덕천	20.47	1,059.32	3,484.79	638.11	2,503.80	25.49
칠량천	33.25	972.59	5,136.67	614.19	3,571.27	17.20



<그림 3-1-3> 유역별 지하수 이용량 및 개발가능량

나. 읍면별 개발가능량 분석

<그림 3-1-2>는 읍면별 지하수 함양량, 지하수 이용량, 개발가능량, 개발가능량 대비 이용량을 나타낸다. 대마지구의 지하수 함양량은 8,621.20천㎥/년이고, 지하수 이용량은 1,252.30천㎥/년, 개발가능량은 6,074.78천㎥/년으로 분석되어 개발가능량 대비 이용량은 20.61%인 것으로 분석되었다.

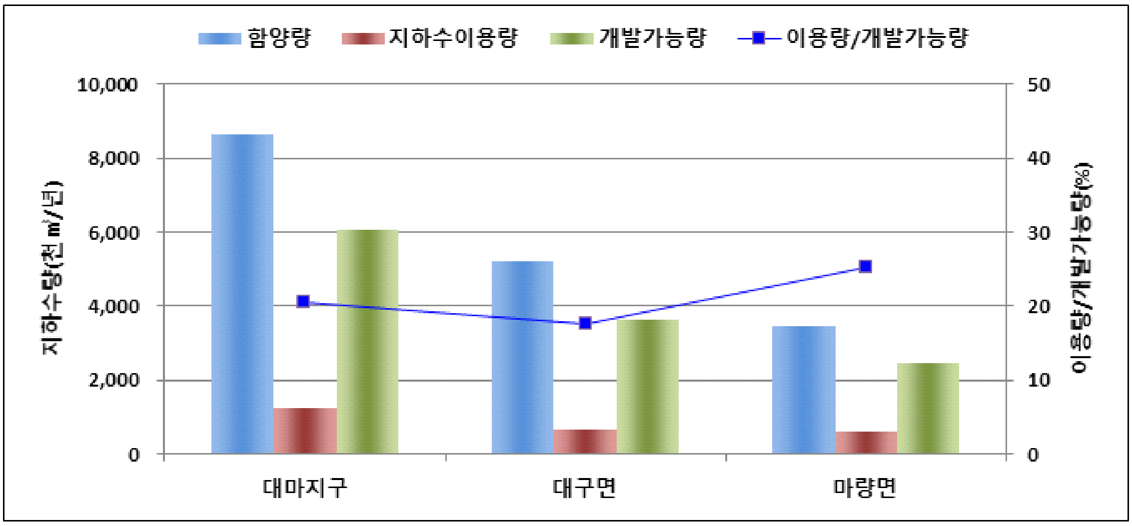
읍면별 개발가능량 대비 이용량 비율은 17.511～25.16%의 범위를 나타냄.

- 최대 : 마량면 25.16%
- 최소 : 대구면 17.51%

대마지구의 함양량 대비 개발가능량은 70.46% 수준이며, 개발가능량 대비 이용량은 20.61% 수준으로 전반적으로 지구 내 개발가능한 지하수는 비교적 풍부한 것으로 판단된다. 단, 대마지구는 관정의 분포가 대구면 구수리, 마량면 수인리, 원포리 등의 지역에 밀집되어 분포하는 특징을 지니고 있으므로, 리단위 개발가능량 산정을 통해 좀 더 세밀하게 확인하고, 향후 개발방안 수립시 리단위 계획을 세우는 것이 효과적일 것으로 판단된다<표 3-1-2>.

<표 3-1-2> 읍면별 지하수개발 가능량 산정

읍면	면적 (㎢)	10년빈도 가뭄강수량 (㎜)	함양량 (천㎥/년)	지하수이용량 (천㎥/년)	개발가능량 (천㎥/년)	이용량/개발가능량 (%)
대마지구	53.72	1,005.64	8,621.20	1,252.30	6,074.78	20.61
대구면	33.55	973.86	5,190.55	632.22	3,610.59	17.51
마량면	20.17	1,058.50	3,430.65	620.08	2,464.19	25.16



<그림 3-1-2> 읍면별 지하수 이용량 및 개발가능량

다. 리별 개발가능량 분석

리별 이용량과 개발가능량을 계산하여 개발가능량 대비 이용량을 산출하였다. 조사결과 대구면에 1개, 마량면에 2개리에서 개발가능량 대비 이용량이 40%를 이상을 이용하고 있는 것으로 조사되어 대책 방안이 필요할 것으로 보인다.

리별 개발가능량 대비 이용량의 비율은 4.52～47.94%의 범위를 나타낸다.

- 최대 : 마량면 마량리 47.94%
- 최소 : 대구면 용운리 4.52%
- 대마지구 : 20.61%

<표 3-1-3> 리별 지하수 개발 가능량 산정

(단위:천㎥/년)

구분		면적 (㎢)	10년빈도 가뭄시강수량 (㎜)	이용량 (천㎥/년)	개발가능량 (천㎥/년)	이용량/ 개발가능량 (%)
대마지구		53.72	1,005.64	1,252.30	6,074.78	20.61
대구면	수동리	2.90	973.86	98.94	312.09	31.70
	사당리	2.07	973.86	83.00	222.77	37.26
	용운리	12.83	973.86	62.37	1,380.74	4.52
	계율리	6.83	973.86	132.12	735.03	17.97
	구수리	3.63	973.86	164.03	390.65	41.99
	저두리	5.29	973.86	91.76	569.30	16.12
마량면	영동리	4.89	1,058.50	53.87	597.42	9.02
	상흥리	4.81	1,058.50	98.50	587.64	16.76
	원포리	3.96	1,058.50	86.80	483.80	17.94
	마량리	4.93	1,058.50	288.77	602.30	47.94
	수인리	1.58	1,058.50	92.13	193.03	47.73

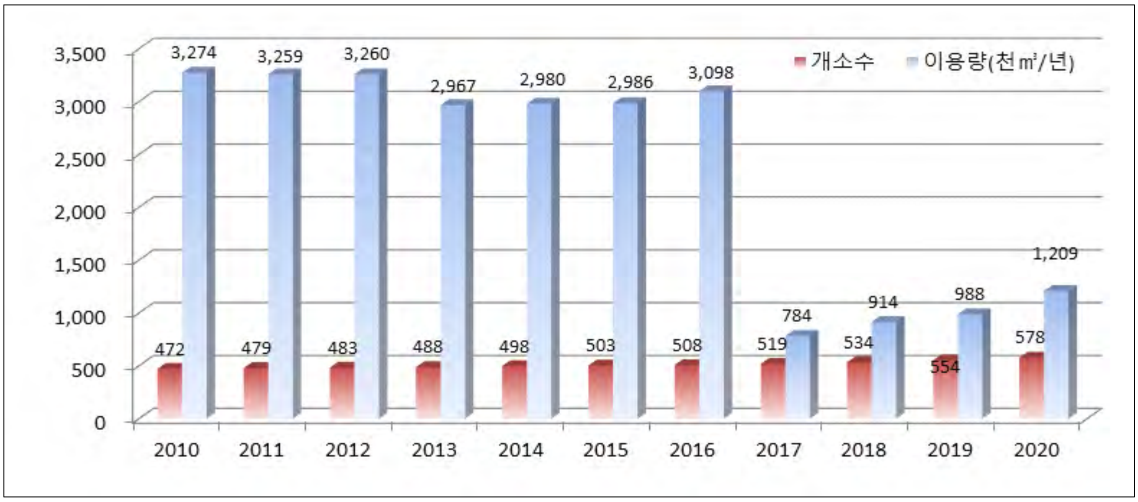
3.1.2 지하수개발 추세

강진군의 읍면별 관정현황, 신규개발 관정현황, 이용량 조사가 가능한 2010부터 2020년까지의 자료를 획득하여 증감추세를 분석하고 회귀분석을 실시하였다. 강진군의 지하수 이용량과 관정 개소수는 2017년에 급격히 감소 후, 증가 추세로 변하고 있다<그림 3-1-3>.

<표 3-1-4> 용도별 지하수 개발공수 및 이용량 변화 (단위 : 공, 천㎥/년)

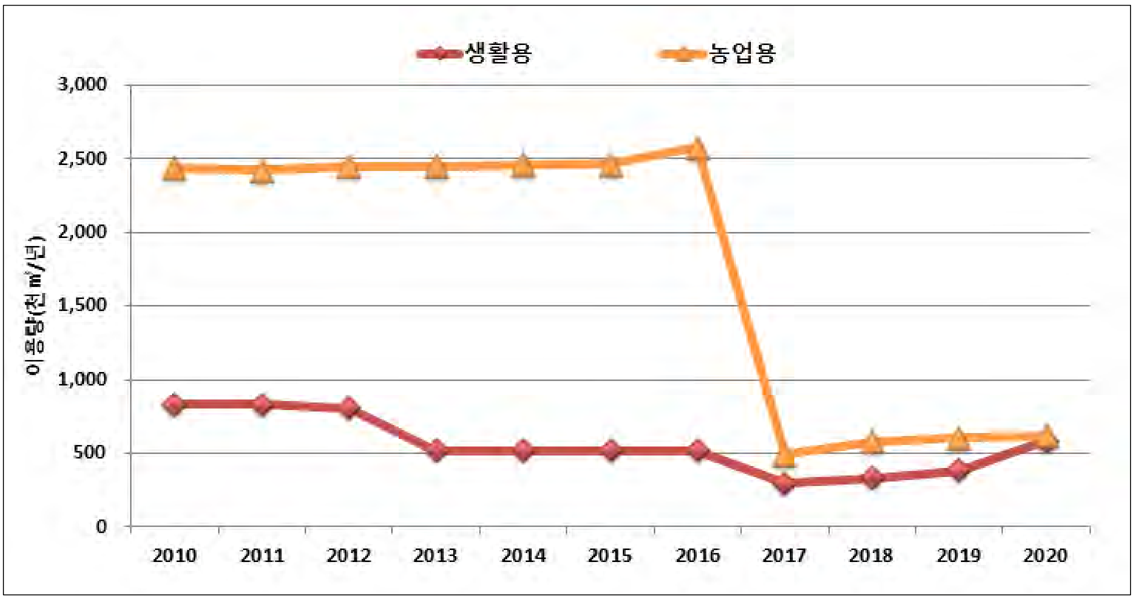
구 분	총 계		생활용		공업용		농업용		기타용	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
2010	472	3,274	129	831	0	0	343	2,442	0	0
2011	479	3,259	134	831	0	0	345	2,427	0	0
2012	483	3,260	134	810	0	0	349	2,450	0	0
2013	488	2,967	132	518	0	0	356	2,450	0	0
2014	498	2,980	133	518	0	0	365	2,462	0	0
2015	503	2,986	135	519	0	0	368	2,466	0	0
2016	508	3,098	135	519	0	0	373	2,579	0	0
2017	519	784	138	293	0	0	381	491	0	0
2018	534	914	139	332	0	0	395	582	0	0
2019	554	988	147	385	0	0	407	604	0	0
2020	578	1,209	160	587	0	0	418	621	0	0

※ 자료출처 : 지하수조사연보(국토교통부, 2011~2021)



<그림 3-1-3> 연도별 지하수 이용·개발

강진군의 용도별 지하수 이용량은 농업용, 생활용, 공업용, 기타용 순으로 확인되었다<표 3-1-4>. 2010년도부터 지속적으로 지하수 이용량과 용도별 이용량이 지속적으로 증가하다가 2017년 이후 급격히 감소하여 2018년 이후 다시 증가하는 경향을 나타낸다. 이는 2017년 지하수 이용량 재산정에 의한 것으로 보인다<그림 3-1-4>.



<그림 3-1-4> 강진군 용도별 지하수 이용량 추이

대마지구의 2016부터 2021년까지의 지하수 조사연보 자료를 바탕으로 연도별 지하수 이용량의 증감유형을 분석하였다.

대마지구의 신규 지하수 이용량은 2013년 이후 연평균 약 108천 ㎥/년이 이용되고 있으며, 그 중 농업용 지하수시설물의 개발이 연평균 9공으로 가장 많은 것으로 조사되었다<표 3-1-5>. 이러한 지하수 이용추세로 보아 향후 여러 지하수 장해문제를 야기 할 수 있으므로 지금부터 적절한 예방책이 강구되어야 할 것이다.

<표 3-1-5> 대마지구 용도별 신규관정 개발추이 (단위 : 공, 천㎥/년)

년 도	총 계		생활용		공업용		농업용		기타용	
	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량	개소수	이용량
2015	5	6	2	2	-	-	3	4	-	-
2016	5	112	-	-	-	-	5	112	-	-
2017	11	-2,314	3	-226	-	-	8	-2,087	-	-
2018	15	130	1	39	-	-	14	91	-	-
2019	20	74	8	53	-	-	12	21	-	-
2020	24	220	13	203	-	-	11	17	-	-

※ 자료출처 : 지하수조사연보(국토교통부, 2016~2021)

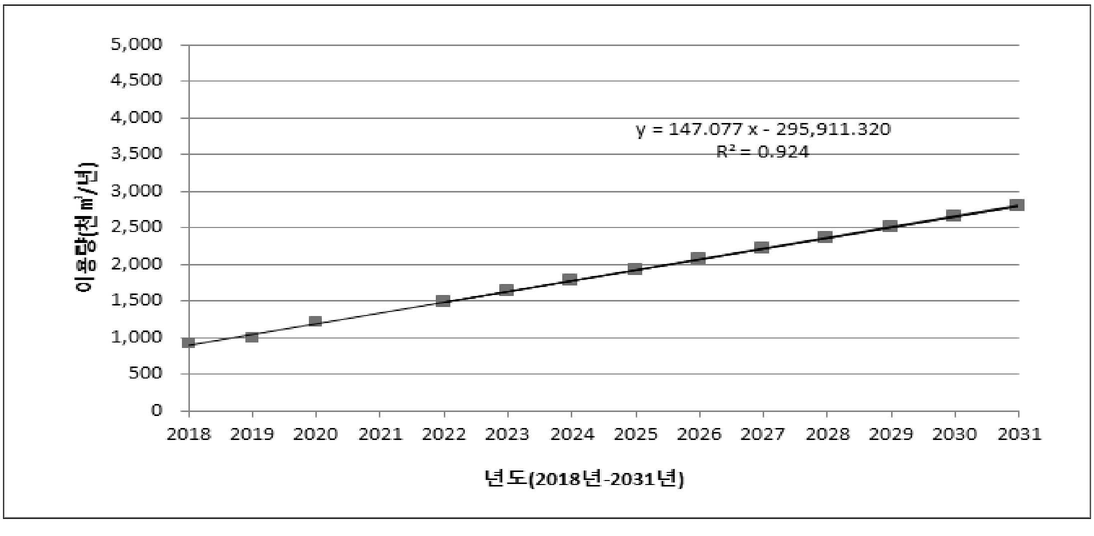
3.1.3 개발·이용 예측

2018년 이후 2021년까지 증감추세를 반영하여 회귀분석을 실시, 아래의 회귀 방정식을 산출하여 향후 대마지구의 지하수 이용량을 추정하였다. 그 결과 2021년 1,331천㎥/년, 2031년 2,802천㎥/년으로 증가할 것으로 전망된다.

$$Y = 147.077X - 295,911.320$$

<표 3-1-6> 연도별 지하수 이용량 예측

구 분	년도별 지하수 이용량(천㎥/년)										
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
회귀분석	1,331	1,478	1,625	1,773	1,920	2,067	2,214	2,361	2,508	2,655	2,802



<그림 3-1-5> 지하수 이용전망 추세

3.2 지하수 오염 분석 및 예측

3.2.1 오염취약성분석(DRASTIC & Modified DRASTIC)

수자원으로서 지하수의 효용성은 적정한 수질을 지속적으로 유지하면서 소요수량을 안정적으로 공급하는데 있는데 지하수자원의 효율적인 이용과 체계적인 관리를 위해서는 지하수의 산출특성과 함께 지하수오염에 대한 정확한 평가 및 예측이 필요하다.

지하수에 영향을 미치는 잠재오염원은 그 종류가 다양하고 변화양상 또한 매우 유동적인 관계로 오염원인 분석과 오염물질의 이동경로에 대한 예측이 어려우며 지표수와 달리 지하수는 오염물질이 대수층으로 유입되거나 확산되면 정화와 원상복구에 엄청난 비용과 시간이 소요된다. 따라서 경제적이고 효율적인 지하수관리를 위해서는 적절한 오염방지 대책을 마련하여 지하수 및 대수층을 오염원으로부터 사전에 차단하는 것이 필수이다.

합리적인 지하수의 오염방지 대책을 수립하기 위해서는 해당지역의 잠재오염원 분포현황 및 지역별 수문지질 특성에 따른 지하수의 오염취약성을 정확하게 평가하여 이를 토대로 이들의 상호작용과 기타 토지이용 등 인위적 요인에 따른 지하수의 오염가능성을 예측하는 것이 중요하다.

DRASTIC 시스템은 대상지역의 수문지질특성을 토대로 지하수 오염취약성을 간접적으로 평가하는 방법으로 지하수의 심도(D : Depth to water), 자연함양량(R : Net Recharge) 대수층 매질(A : Aquifer media), 토양매질(S : Soil media), 지형(T : Topography), 비포화대 매질의 영향(I : Impact of the vadose zone), 수리전도도

(C : Hydraulic Conductivity) 등 7개의 구성인자별로 지하수 오염물질의 유입 및 이동성 등의 상관성에 따라 가중치와 등급범위를 설정하여 곱한 값들을 합산하여 구한 DRASTIC 지수를 토대로 지하수의 상대적인 오염취약성을 평가하는 것이다.

DRASTIC 시스템에서 적용되는 기본 가정은 다음과 같으며, 구성인자별 평가 기준은 <표 3-2-1>에 요약한 바와 같다.

1)오염원은 지표상에 위치　2)오염물질의 지하유입은 강수량에 의존

3)오염물질은 물과 함께 유동　4)평가 대상 지역 면적은 0.4㎢ 이상

위의 가정을 벗어난 경우, 예를 들면 ①오염물질이 지하수계로 잘 이동하지 않는 물리화학적인 성질이 있을 때, ②비중이 물보다 커서 지하수의 이동과는 다른 유동양상을 보일 때, ③오염물질이 주입 정호 같은 경로를 통하여 지하수계로 직접 유입할 때 등의 예외적인 경우에 DRASTIC 모델은 지하수오염 취약성을 정확히 지시 할 수 없다. 또한, 평가지역을 100acre(0.4㎢) 이상으로 함은 국지적인 지하수의 흐름보다는 광역적인 유동방향을 고려한 것이다.

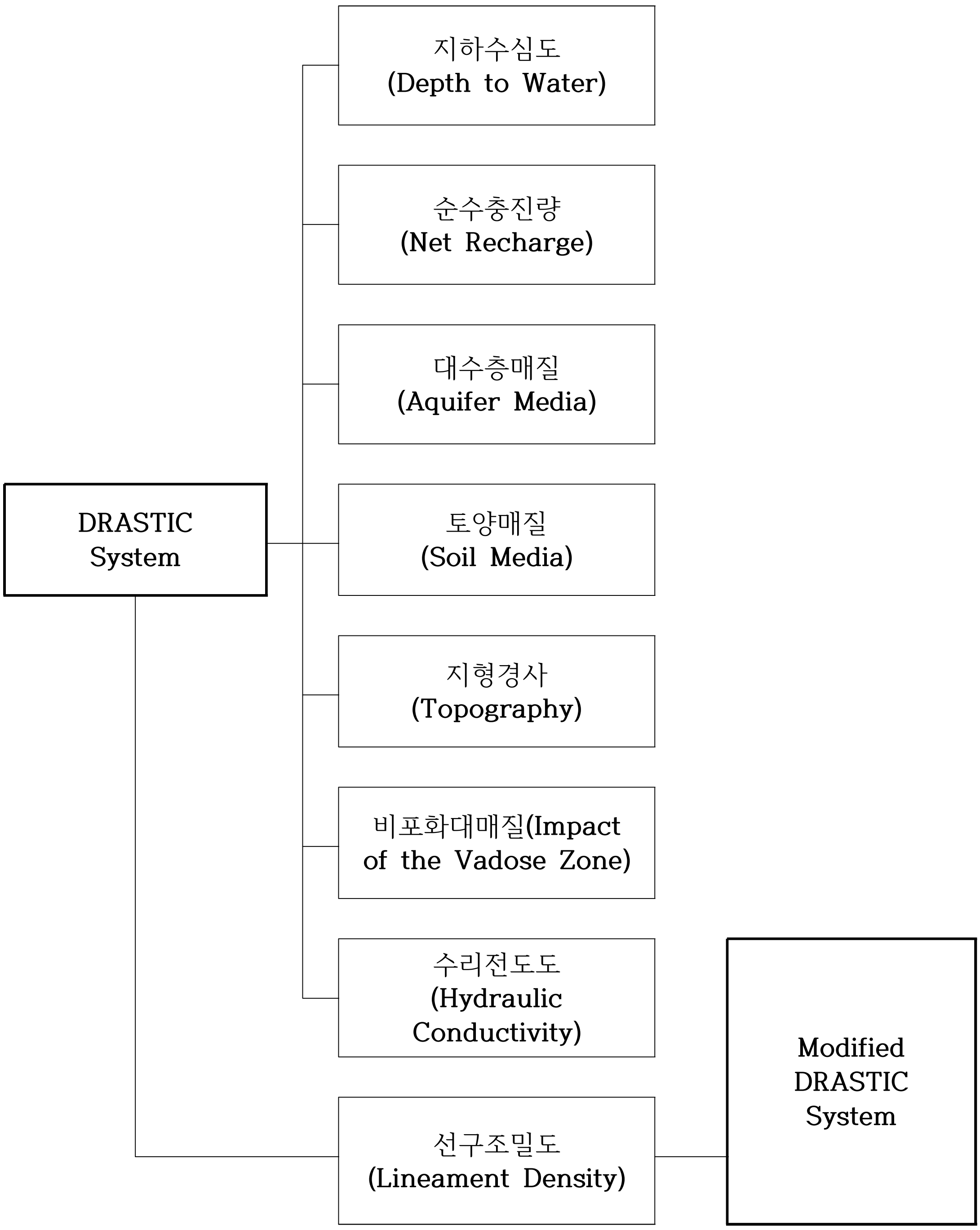
금회 조사에서는 지하수 오염 가능성을 예측하고 보다 효율적인 지하수 관리를 위해서 정성적인 평가방법인 DRASTIC 모델을 이용하여 조사지역의 지하수오염취약성을 평가하였다. 그리고 추가로 우리나라의 대수층이 대부분 암반 대수층인 점을 고려하여 지하수의 유동이 잘 되는 파쇄대의 영향을 최대로 반영하기 위하여 부가적인 인자인 선구조밀도와 토양이용등급을 반영하여 Modified DRASTIC 모델도 도출하였다<그림 3-2-1>.

<표 3-2-1> DRASTIC 평가기준

평가항목	단위	등 급							가중치
1)지하수위심도(D)	m	1.5미만	1.5-4.6	4.6-9.1	9.1-15.2	15.2-22.9	22.9-30.5	30.5이상	5(5)
		10	9	7	5	3	2	1	
2) 자연 함양량(R)	㎜/년	50.8미만	50.8-101.6	101.6-177.8	177.8-254.0	254.0이상			4(4)
		1	3	6	8	9			
3)대수층 매질(A)		등급 범위	대표 등급						3(3)
· 괴상 셰일		1~3	2						
· 변성암/화성암		2~5	3						
· 풍화 변성암/화성암		3~5	4						
· 빙퇴석		4~6	5						
· 층상셰일,사암,석회암호층		5~9	6						
· 괴상 사암		4~9	6						
· 괴상 석회암		4~9	6						
· 모래. 자갈		4~9	8						
· 현무암		2~10	9						
· 용식 석회암		9~10	10						
4)토양 매질(S)		등급 범위							2(5)
· 박층 또는 암반 노출		10							
· 자갈		10							
· 모래		9							
· 갈탄		8							
· 수축성/고형 점토		7							
· 사질Loam		6							
· Loam		5							
· 실트질 Loam		4							
· 점토질 Loam		3							
· Muck		2							
· 비수축성/비고형 점토		1							
5)지형 경사(T)	%	2미만	2-6	6-12	12-18	18이상			1(3)
		10	9	5	3	1			
6)비포화대매질(I)		등급 범위	대표 등급						5(4)
· 압층(Confining Layer)		1	1						
· 실트질 점토		2~6	3						
· 셰일		2~5	3						
· 석회암		2~7	6						
· 사암		4~8	6						
· 층상 석회암, 사암, 셰일		4~8	6						
· 실트,점토 섞인 모래,자갈		4~8	6						
· 변성암/화성암		2~8	4						
· 모래, 자갈		6~9	8						
· 현무암		2~10	9						
· 용식 석회암		8~10	10						
7)수리전도도(C)	$\times 10^{-4}$ ㎝/sec	0.0047-0.47	0.47-1.4	1.4-3.3	3.3-4.7	4.7-9.4	9.4이상		3(2)
		1	2	4	6	8	10		
8)선구조밀도(L)		0~0.01	0.01~0.03	0.03~0.05	0.05~0.07	0.07~0.08			1.5(1.5)
		1	2	3	4	5			

주) ( )는 농약에 의한 오염취약성 고려 시의 가중치

※DRASTIC potential = $D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$ (R:점수, W:가중치)



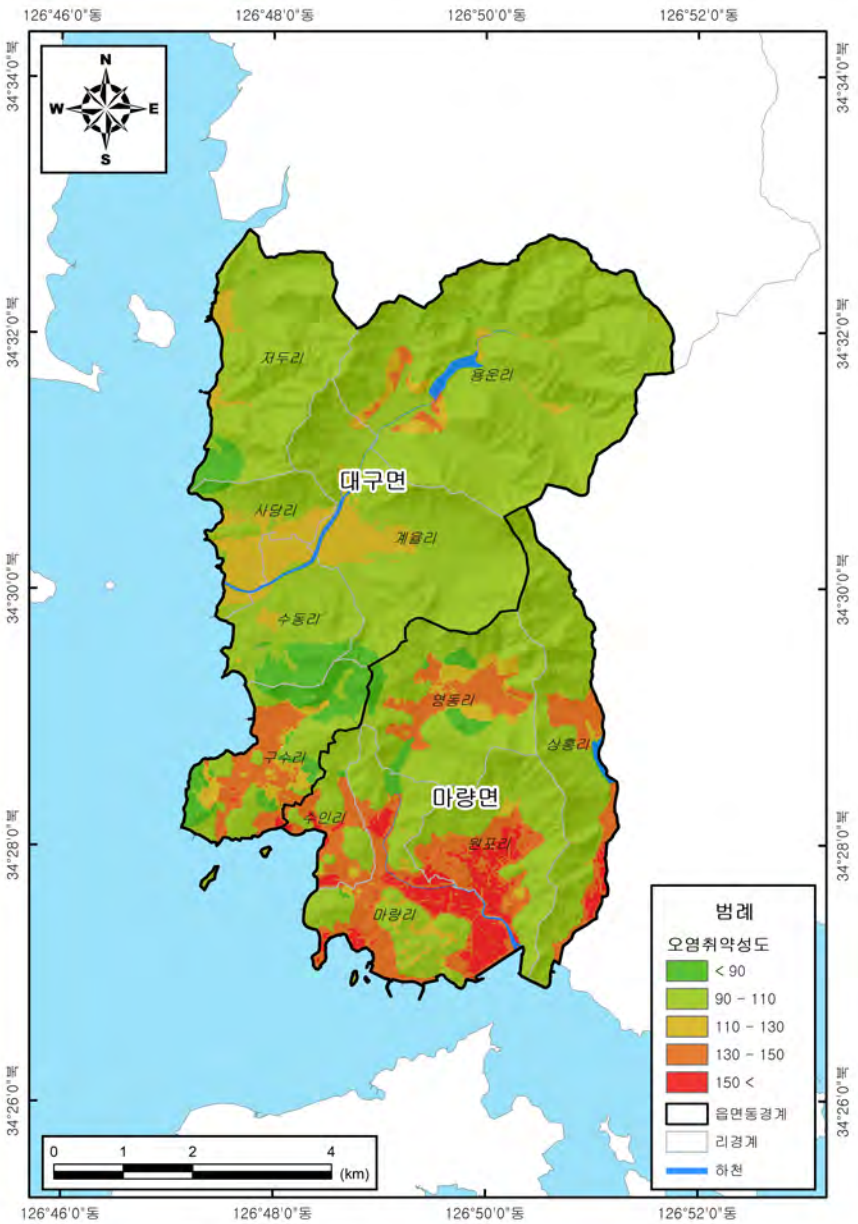
<그림 3-2-1> DRASTIC 흐름도

DRASTIC 지수는 지하수 오염에 대한 취약성과 민감성을 상대 평가하는 것이며, 지하수의 오염정도를 직접적으로 나타내는 것은 아니다. 일반적인 평가방법에서 DRASTIC 지수는 23~226의 범위에 있으며, 농업지역에서 농약에 의한 오염가능성을 고려할 경우 DRASTIC 지수는 26~256의 범위를 갖는다. DRASTIC 지수는 값이 클수록 상대적으로 지하수 오염가능성이 높고, DRASTIC 지수가 작으면 지하수 오염 가능성이 상대적으로 낮음을 의미한다. 금회 조사에서는 농업지역 농약에 의한 오염가능성 가중치를 적용하여 DRASTIC 지수를 산출하였다.

오염취약성 지수 산출 결과, 최소 57에서 최대 159까지의 분포를 보이고 평균값은 대구면이 107로 비교적 낮은 수치를 나타낸다<표 3-2-2>. 오염취약성도는 대부분의 지역에서 90에서 100범위의 오염취약성 수치를 보이며, 임야 지역에서는 110이하의 상대적으로 낮은 값을 보인다<그림 3-2-2>. 마량면 마량리, 운포리 등에서 150이상의 상대적으로 높은 값을 나타내며, 이 지역은 비포화대매질 등의 영향으로 판단된다.

<표 3-2-2> 읍면별 DRASTIC Index

구 분		DRASTIC Index			단위면적당 오염부하량(kg/일/㎢)
		최소	최대	평균	
대마 지구	대구면	57	158	107	78.36
	마량면	55	159	125	432.79

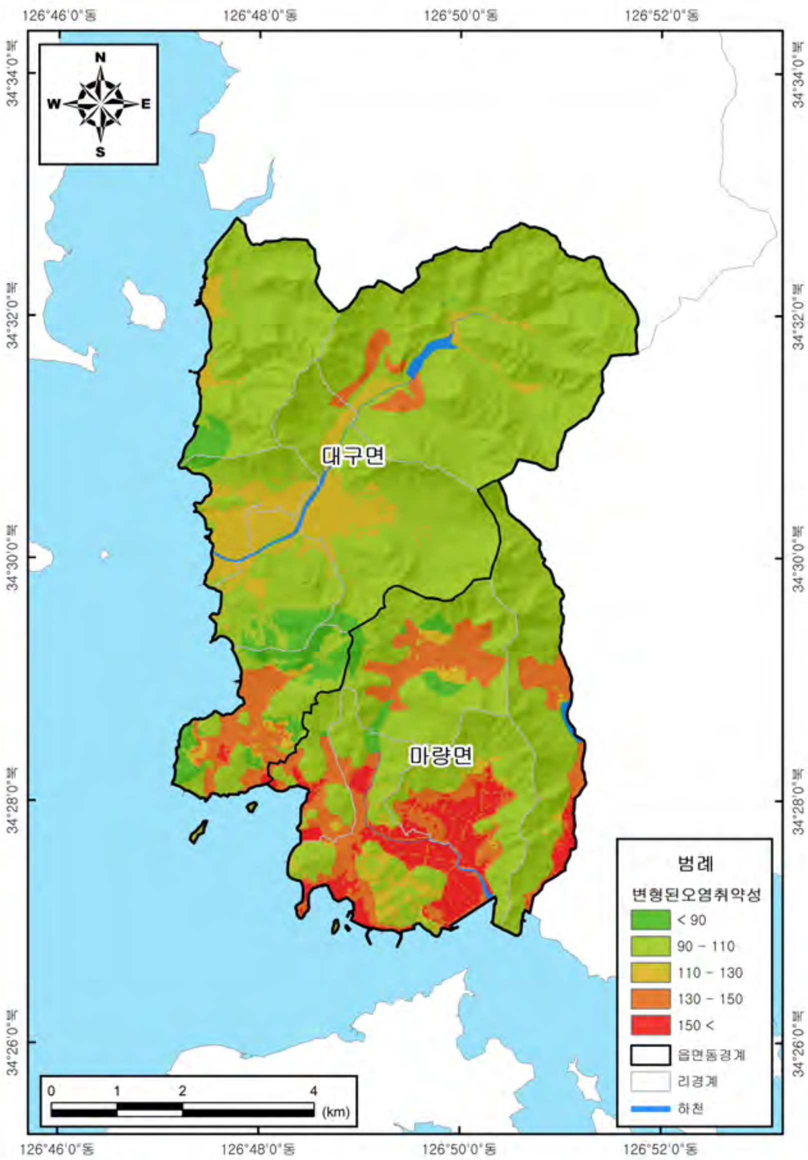


<그림 3-2-2> 대마지구 DRASTIC INDEX Map

변형된 오염취약성분석은 우리나라 특성에 맞게 선구조밀도 등을 부가적인 인자로 사용하여 실시하였다. 대마지구의 읍면별 변형된 오염취약성 평균지수는 마량면(126), 대구면(108) 순으로 나타나며 최대값은 160이다<표 3-2-3>. 오염취약성도와 전체적인 지수분포도는 비슷한 양상을 보이나 다소 높게 평가되고 있으며, 특히 130 이상의 범위 지역의 면적이 넓어진 것을 알 수 있다<그림 3-2-3>.

<표 3-2-3> 읍면별 Modified DRASTIC Index

구 분		최소	최대	평균
대 마 지 구	대구면	60	159	108
	마량면	56	160	126



<그림 3-2-3> 대마지구 Modified DRASTIC INDEX Map

3.2.2 지하수 오염 예측

상수도 보급률이 낮은 농어촌지역의 생활용수는 주로 간이상수도, 소형관정, 계곡수 등을 이용하고 있으며, 체계적인 관리가 미흡한 형편이다. 최근 지방자치제도의 시행과 더불어 농어촌 지역경계개발이 적극 추진되며 각종 신규 시설물 인허가권이 자치단체로 이양되면서, 숙박업소, 음식점, 휴양지, 유원지, 축산단지, 공장, 각종 매립장 등 수자원측면에서의 다양한 오염원들이 적절한 환경영향 검토를 받지 않은 채 설립되는 경우가 증가하고 있다. 그러나 한번 오염되면 정화처리에 따르는 비용 및 기간이 막대하게 소요되는 지하수 보전관리 측면에서는 매우 우려할 만한 상황이며, 따라서 본 조사에서는 이러한 신규 시설물 인허가 검토 시 위치 선정을 지하수 오염에 저항력이 강한 지역으로 유도할 수 있도록 연구결과(농어촌지역 지하수 자원의 오염예측도 작성기법에 관한 연구, 농림부·농업기반공사, 2000)를 토대로 지하수 오염 타당성 검토 차원의 분석기법을 제시하도록 한다.

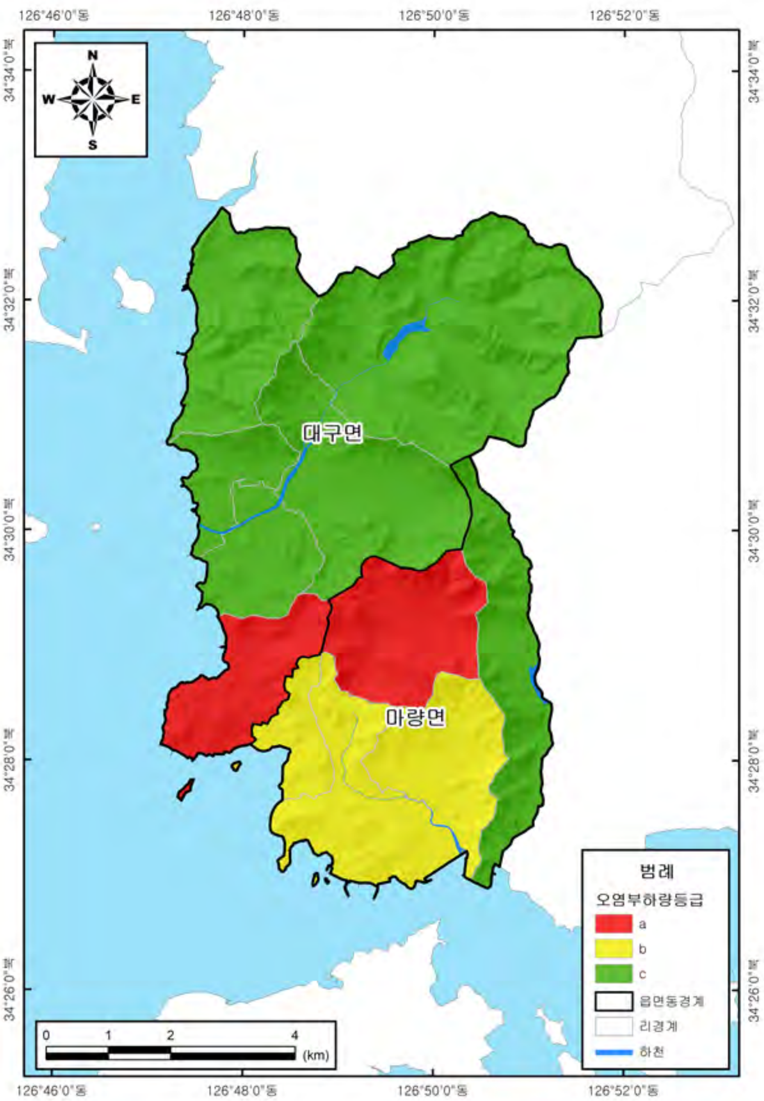
선진국에서는 오염물질 유발이 예상되는 시설물 신규 허가를 위한 위치 선정 시 기본적으로 지하수 오염취약성도를 검토하고 있으며, 이에 따라 오염유발가능 시설물은 오염취약성이 낮은 곳으로 유도하며, 부득이 취약성이 높은 지역에 설치할 경우는 그만큼 정화처리시설 및 오염물질 관리기준을 엄격하게 적용하고 있다.

일반적으로 지하수 오염예측도는 현재의 오염 Plume으로부터 미래의 확산범위를 예측하기 위하여 오염물질 거동 분석 모델링을 실시하고 그 결과로서 미래에 예측되는 농도분포도를 예상하는 도면을 말한다. 이러한 오염예측도는 지하수 전문가들에게 필요한 내용이라 할 수 있으나, 비전문가들이 이해하기 난해하므로 본 조사에서는 일반인에게 지하수 문제점을 쉽게 이해시킬 수 있고, 수질보전정책 홍보 및 지하

수오염 정책수립 자료로서 활용할 수 있는 범위를 오염예측도면에 제시하려고 한다.

<그림 3-2-4>는 조사지역의 종류별 오염발생부하량을 발생원단위를 적용하여 산정하고 GIS의 “Equal Area” 방법으로 a, b, c등급을 분류한 것으로 총오염발생부하량을 도시한 것이다.

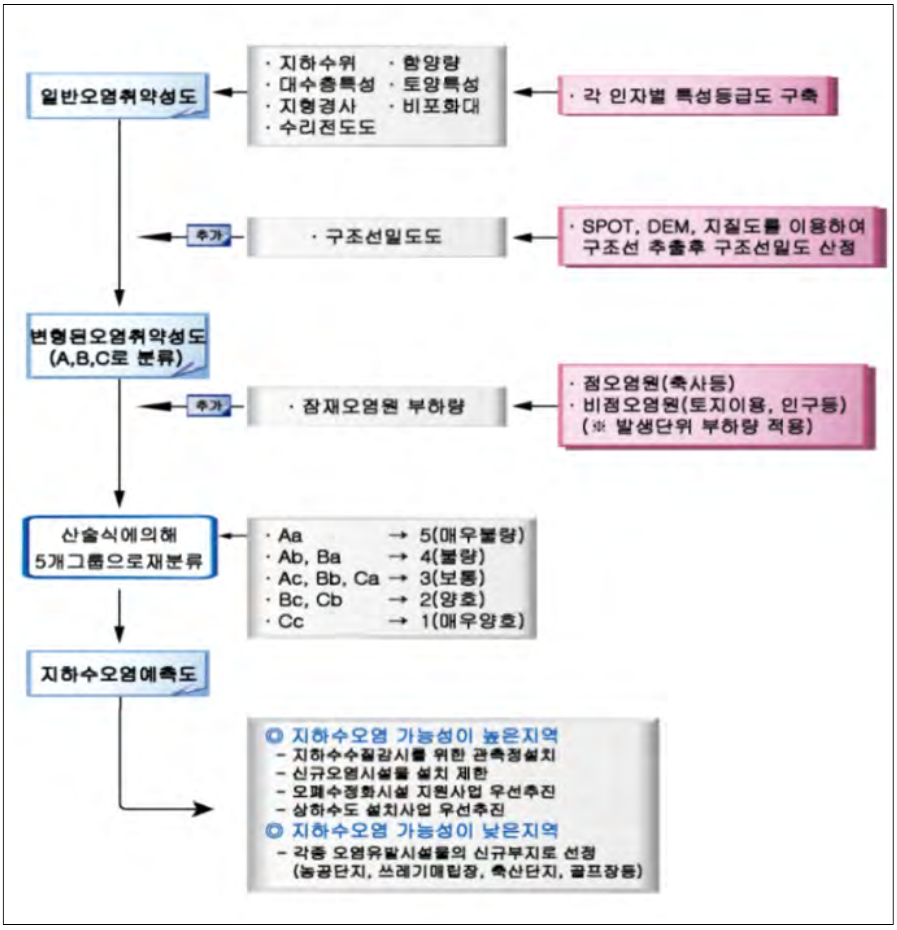
지하수오염예측도는 <그림 3-2-4> 및 <표 3-2-4>에 제시된 바와 같이 수리지질학적인 인자를 고려한 변형된 오염취약성과 총오염발생부하량값을 중첩하여 작성하였다<그림 3-2-6>.



<그림 3-2-4> 발생단위별 잠재오염원 부하량 등급도

<표 3-2-4> 지하수오염예측도 등급 분류표

변형된 오염취약성 \ 총오염발생부하량			단위면적당 오염발생부하량(kg/일/㎢)		
			a(높음)	b(보통)	c(낮음)
			200이상	100~200	100이하
오염취약성	A (높음)	>130	Aa	Ab	Ac
	B (보통)	120-130	Ba	Bb	Bc
	C (낮음)	<120	Ca	Cb	Cc



<그림 3-2-5> 지하수오염예측도 작성 모식도

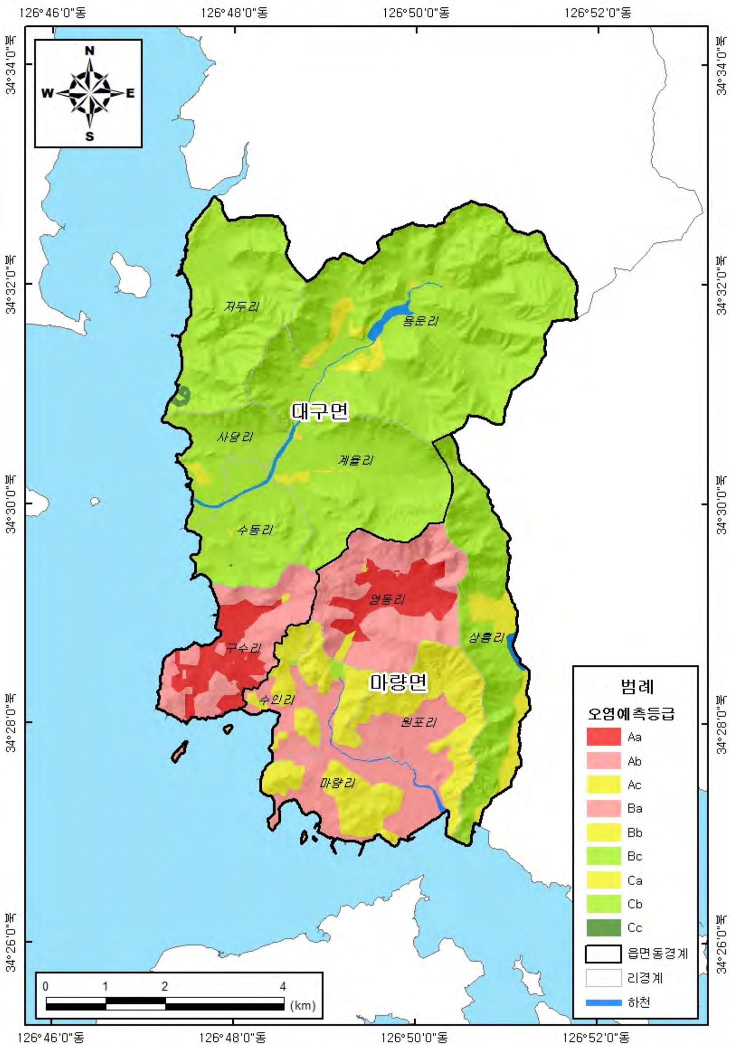
대마지구는 지하수오염예측등급이 상대적으로 높은 Aa, Ab, Ba등급을 갖는 지역이 17.72%로 나타났다<표 3-2-5>. 상대적으로 오염에 취약할 것으로 예상되는 Aa, Ab, Ba 등급 지역은 대구면 구수리, 마량면 영동리 등으로 확인되었다<그림 3-2-6>.

대마지구는 대구면에서 오염취약성지수가 상대적으로 높지만 오염부하도도 보통 이상으로 나타나는 지역으로 지하수 특성상 한번 오염된 지역은 원상복구가 매우 어렵고 많은 비용과 시간이 요구되므로 현재와 같은 청정지역의 지속적인 보전을 위해서는 지속적인 관심과 체계적인 관리가 필요하다.

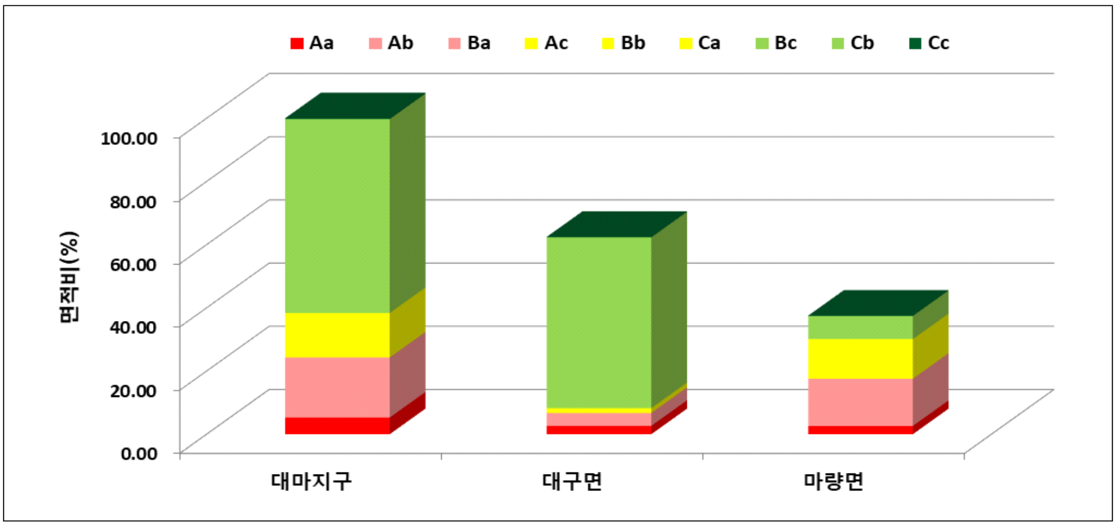
향후 국토개발에 따른 지하수 개발이나 각종 잠재오염 시설물을 설치할 경우, 본 사업에서 제시한 ‘지하수 오염예측도’를 기초자료로 활용한다면 발생 가능한 지하수 장해문제를 미리 대비 할 수 있을 것으로 사료된다.

<표 3-2-5> 행정구역별 지하수오염 예측등급 면적 (단위:㎢)

구분 / 읍면동	총면적	지하수오염예측 등급별 면적								
		Aa	Ab	Ac	Ba	Bb	Bc	Ca	Cb	Cc
합 계	53.72	2.84	4.61	1.67	5.60	5.79	32.90	0.10	0.08	0.13
대구면	33.55	1.43	0.00	0.81	2.18	0.01	29.04	0.01	0.00	0.07
마량면	20.17	1.41	4.61	0.86	3.42	5.79	3.86	0.08	0.08	0.06



<그림 3-2-6> 대마지구 지하수오염예측도



<그림 3-2-7> 지하수오염예측도 등급별 면적비

Ⅳ. 대마지구 농·어업용수 공급방안

Ⅳ. 지하수 보존·관리 방안

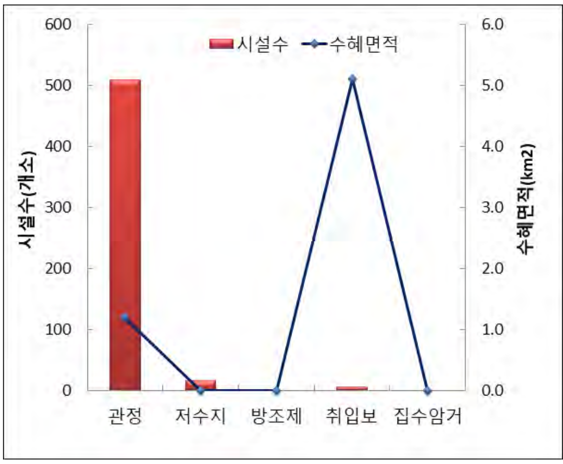
4.1 농·어업용수 개발대상지 분석

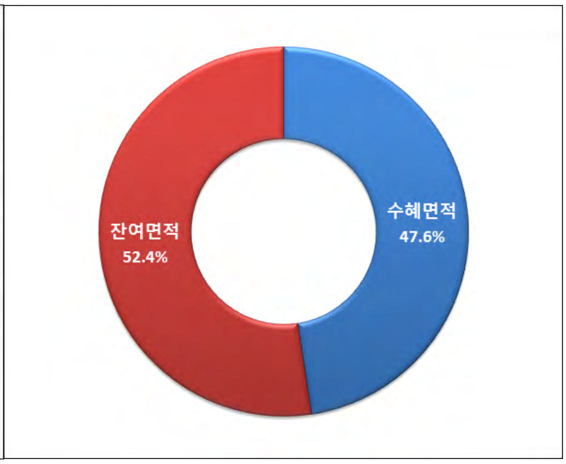
농경지 면적에 대해 기존 농업용 관정, 저수지, 양수장, 취입보, 집수암거 등에 의한 수혜면적을 분석하고, 농지면적에서 수혜면적을 제외한 잔여면적으로 계산하였다. 농업용 관정개발필요지역의 선정은 조사지역내 농경지면적, 수혜면적, 농업기반시설, 지하수관정, 하천, 가뭄우심지구 등의 조건을 도면화하고 이를 분석하여 선정하였다. 조사지역의 농경지면적은 11.19㎢이며, 수혜면적은 5.33㎢, 잔여면적은 5.86㎢로 분석되었다. 농경지면적 대비 잔여면적비율이 낮고, 농어촌용수이용합리화계획과 청문조사를 기초로 농업용수공급을 위한 지하수개발 시 우선 개발 지역으로 선정하는 것이 필요하다.

<표 4-1-1> 읍·면별 시설 및 수혜면적 현황

(단위 : 공, 개소, km^2)

읍면	농경지 면적	수리시설물								
		수혜면적	시설수	지하수		농업기반시설				
				수혜면적	시설수	수혜면적	시설수			
							저수지	양수장	취입보	집수암거
대마지구	11.19	5.33	534	1.19	508	4.14	16	-	6	-
대구면	5.60	2.94	295	0.62	277	2.33	11	-	4	-
마량면	5.59	2.00	239	0.57	231	1.81	5	-	2	-





<그림 4-1-1> 농업기반 수리시설 <그림 4-1-2> 농업용수 수혜면적

<표 4-1-2> 농·어업용수 수혜면적 현황 (단위 : 공, 개소, km^2)

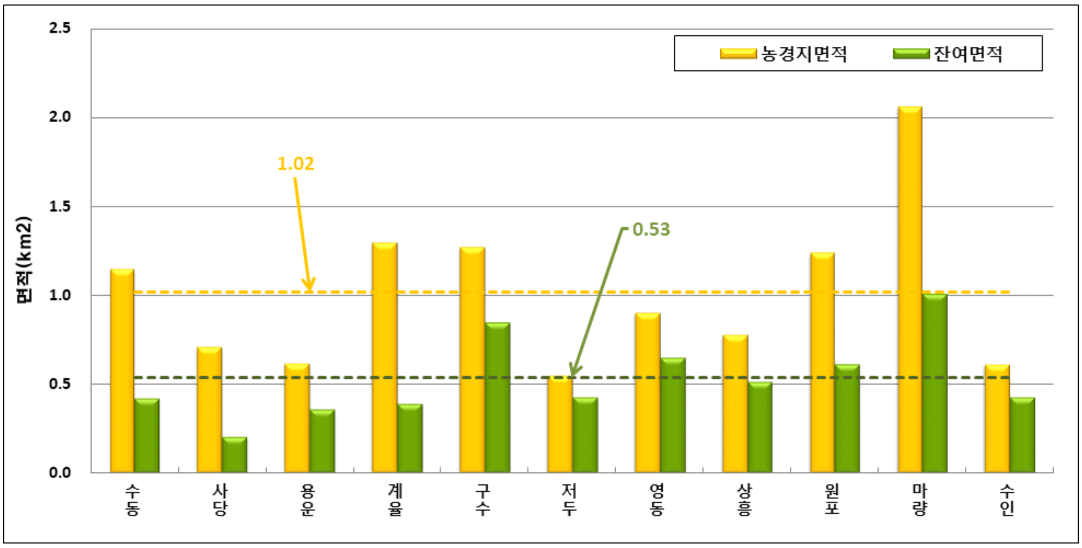
읍면	리	농경지 면적	잔여 면적	수리시설물 수혜 면적	수리시설물 시설수	지하수 수혜 면적	지하수 시설수	농업기반시설 수혜 면적	농업기반시설 시설수 저수지	농업기반시설 시설수 양수장	농업기반시설 시설수 취입보	농업기반시설 시설수 집수암거
대마지구		11.19	5.86	5.33	534	1.19	508	4.14	16	–	6	–
대구면	소 계	5.60	2.66	2.94	295	0.62	277	2.33	11	–	4	–
	수동리	1.15	0.42	0.73	41	0.09	36	0.64	3	–	1	–
	사당리	0.71	0.21	0.50	24	0.08	21	0.42	–	–	1	–
	용운리	0.62	0.36	0.26	23	0.08	21	0.18	2	–	–	–
	계율리	1.30	0.39	0.91	34	0.13	30	0.78	2	–	2	–
	구수리	1.27	0.85	0.42	104	0.16	102	0.26	2	–	–	–
	저두리	0.55	0.43	0.12	69	0.08	67	0.04	2	–	–	–
마량면	소 계	5.59	3.21	2	239	0.57	231	1.81	5	–	2	–
	영동리	0.90	0.65	0.25	37	0.10	36	0.15	1	–	–	–
	상흥리	0.78	0.52	0.26	45	0.12	42	0.15	1	–	2	–
	원포리	1.24	0.61	0.63	63	0.19	61	0.44	1	–	–	–
	마량리	2.06	1.00	1.06	60	0.12	59	0.93	1	–	–	–
	수인리	0.61	0.43	0.18	34	0.04	33	0.14	1	–	–	–

1) 농경지 면적 : 논+밭+과수원 면적의 합(㎢)
2) 관정개소수 및 수혜면적(㎢) : 지하수 개소수 및 수혜면적은 국토부 이용실태조사(2016)의 농업용으로 분류된 관정에 대해 충적관정 1공당 0.5ha(0.005㎢), 암방관정 1공당 3ha(0.03㎢) 적용
3) 저수지, 취입보, 집수암거 시설수 및 수혜면적 : 한국농어촌공사 농업기반시설 통계자료 이용

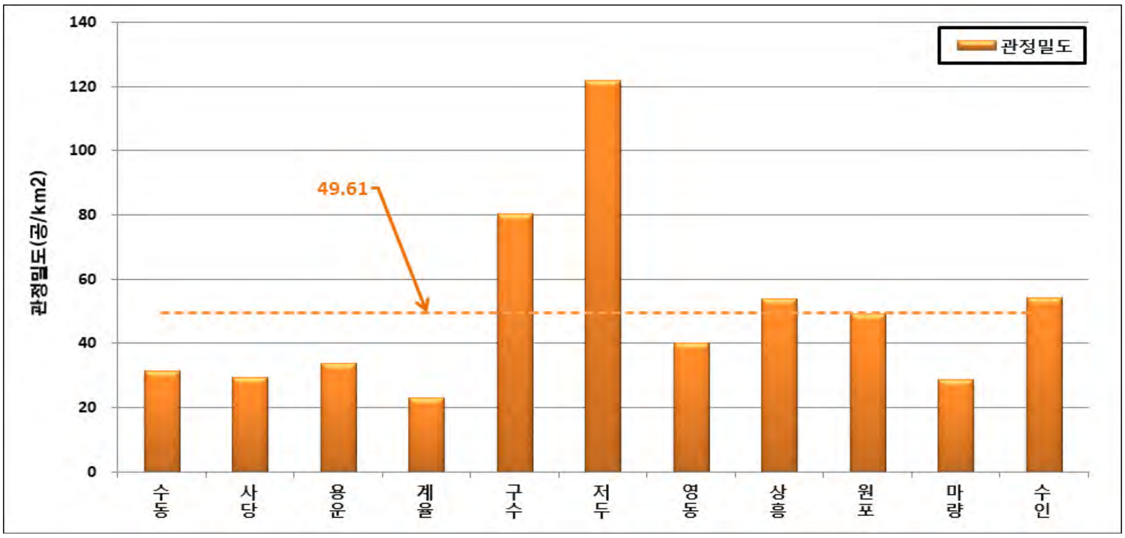
4.2 농·어업용수 공급방안

대마지구 내 농·어업용수공급 확보방안은 행정구역별 농·어업용수 수혜면적 현황, 농·어업용수 개발대상지 검토자료, 가뭄우심지구 현황자료 등을 종합 검토하여 정리하였다.

<그림 4-2-1~2>은 앞서 분석한 리별 농경지와 잔여면적, 수리시설물 밀도를 표현한 그래프이다. 고봉지구 전체의 리별 평균 농경지 면적은 1.02km^{2}이고, 리별 잔여면적(미수혜지역) 평균은 0.53km^{2}이다. 잔여면적이 있는 지역에 대한 용수공급 확보(안)을 제시하기 위해 그룹 분류를 하여 각 그룹에 맞는 용수공급 확보방안을 제시하였다. 그룹 분류는 평균 잔여면적 0.53km^{2}와 관정밀도 49.61공/km^{2}를 기준으로 4그룹으로 분류 하였다<표 4-2-1>.



<그림 4-2-1> 리별 농경지면적 및 잔여면적 분포도



<그림 4-2-2> 리별 관정밀도 분포도

<표 4-2-1> 농·어업용수 개발방안

구 분		읍 면		용수공급 확보(안)
		대구면	마량면	
A	잔여면적↑ 관정밀도↑	구수리	-	- 지표수를 이용한 수리시설물 확충 (저수지, 양수장, 취입보) - 신규 지하수 개발 이용량제한
B	잔여면적↑ 관정밀도↓	-	영동리 원포리 마량리	- 지표수를 이용한 수리시설물 확충 (저수지, 양수장, 취입보) - 신규 지하수 관정 개발
C	잔여면적↓ 관정밀도↑	저두리	상흥리 수인리	- 신규 지하수 개발 및 이용량 제한 - 공동이용체계 구축
D	잔여면적↓ 관정밀도↓	수동리 사당리 용운리 계율리	-	- 암반관정 개발 - 소류지 및 농어업용수로 시설 확충

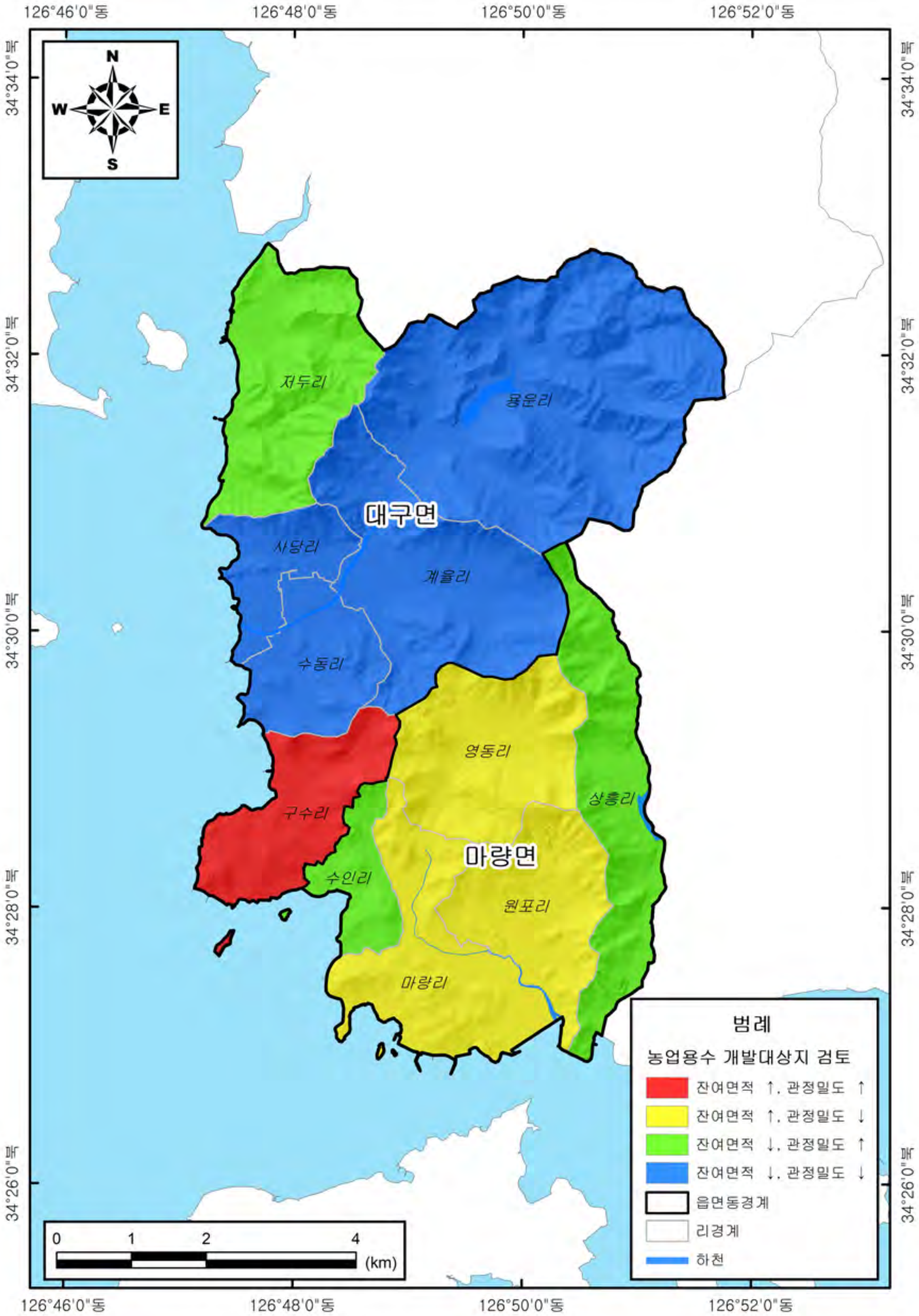
각 그룹의 분류는 다음과 같다.

A **그룹**은 잔여면적과 관정밀도가 높아 농·어업용수의 개발이 필요하지만 신규 지하수 개발은 제한되고 지표수를 이용한 수리시설물 확충이 요구되는 지역으로 지구 내 대구면 **구수리** 1개리가 해당된다. 해당지역은 농경지가 넓게 분포하고 있으나 지표수를 이용한 수리시설물이 부족하며, 저지대 농경지를 중심으로 사설관정이 밀집되어 이용되고 있다. 따라서 이 지역은 지하수 이용량 저하를 감안하여 **신규관정 개발은 제한하고 지표수를 이용한 수리시설물 확충** 등을 통한 용수공급 확보 계획이 필요한 것으로 판단된다.

B **그룹**은 잔여면적이 높고 관정밀도가 낮아 우선적으로 신규 지하수관정을 개발이 가능하며, 지형 특성에 따라 지표수를 이용한 수리시설물 확충이 필요한 지역으로 마량면 **영동리, 원포리, 마량리**로 지구 내 3개리가 해당된다. 해당지역은 저지대를 중심으로 농경지가 넓게 분포하지만 수리시설이 부족하고 사설관정에 의존하여 농·어업용수를 이용하고 있다. 따라서 이 지역은 **지하수 부존량을 조사하여 신규 암반관정을 개발하고 지표수를 이용해 수리시설물을 확충**하여 농·어업용수를 확보할 필요가 있다.

C **그룹**은 잔여면적이 상대적으로 낮고 관정밀도는 높아, 신규 지하수 개발은 제한하면서 기존 용수시설에 대한 공동 이용체계 구축으로 효율을 극대화 하는 것이 유리한 지역으로 대구면 **저두리**, 마량면 **상흥리**, **수인리**로 지구 내 3개리가 해당된다. 해당지역은 다른 지역과는 달리 저수지, 취입보, 집수암거, 관정 등 농업용 수리시설이 많아 상대적으로 농·어업용수 확보에 어려움은 없으나 장기적으로 원활한 용수 확보와 함께 지하수자원 보존을 위해 **신규 지하수 개발 및 이용량 제한이 필요하며, 기존의 공공관정과 수리시설물의 공동이용체계 구축 계획 수립**이 필요할 것을 판단된다.

D **그룹**은 잔여면적과 관정밀도가 모두 낮아 고비용이 지출되는 대규모 수리시설 신축보다는 저비용으로 개발 가능한 암반관정이나 소류지 및 농·어업용수로 시설을 확충하는 것이 용이할 것으로 판단되는 지역으로 대구면 **수동리**, **사당리**, **용운리**, **계율리**로 4개리가 해당된다. 그 외 해당지역은 관정밀도가 낮음에도 기존 수리시설의 이용이 원활하여 잔여면적이 적기 때문에 고비용의 대규모 수리시설 신축을 제한하고 지역별로 용수공급이 저조한 지역에 **암반관정 개발 및 소류지, 농·어업용수로 시설의 정비 및 확충** 등이 효율적일 것으로 판단된다.



<그림 4-2-3> 농·어업용수 개발대상지 검토결과

4.3 대마지구 농·어업용수 공급방안도

대마지구의 전체 농지에 대해 공사 및 시·군 농업기반시설물과 농업용 공공 및 사설관정 등의 수혜면적을 조사하여 농·어업용수 개발대상지를 분석하여 해당지역을 선정하였다. 선정된 지역은 농업용수 공급이 미비하여 미수혜면적이 넓고 기개발된 관정이 적어 우선적으로 지하수개발을 선행하여 용수확보가 필요한 지역이다.

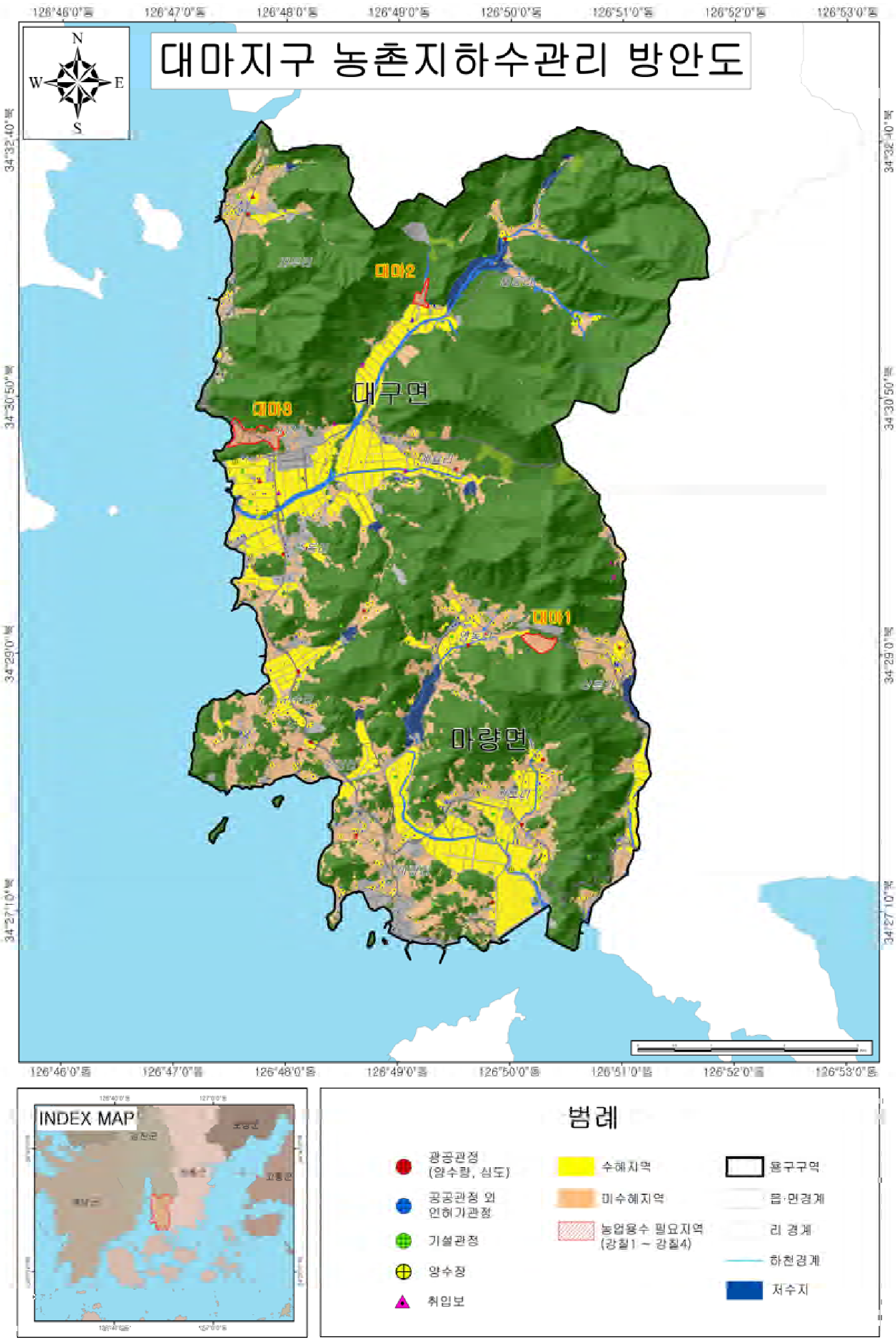
<표 4-3-1> 농・어업용수 개발 필요 지역

구 분	읍 면			비 고
	계	대구면	마량면	
계	3	2	1	–
잔여면적↑ 관정밀도↓	1	–	1 (영동리)	–
잔여면적↓ 관정밀도↓	2	2 (용운리, 사당리)	–	–

신규 지하수개발은 우선적으로 지각 및 내부에 분포하는 선상의 구조를 파악하고 전기비저항(수직탐사, 쌍극자탐사)탐사를 통해서 지하의 전기적 물성 차이에 의한 물리적 현상에 따라 시추조사를 실시한다. 용수가 확보되면 확공처리를 실시하고 지형적 특성을 반영하여 이용시설을 설치해야 한다.

<표 4-3-2> 신규 지하수개발 공정 및 추정 사업비

개발 공수	지 하 수 기 초 조 사					지 하 수 개 발				사업비 (개략) (백만원)
	선구조 분석	물리탐사(점)		시 추 조 사		확 공 개 발				
		수직 탐사	쌍극자 탐사	구경 (mm)	심도 (m)	공수	구경 (mm)	심도 (m)	예상 양수량 (㎥/D)	
4공	4	12	4	150	150	4	250	100	600	252



<그림 4-3-1> 대마지구 농·어업용수 공급방안도

가. 대마1지구(마량면 영동리)

○ 현황 및 문제점

- 대마1지구는 마량면 영동리 소재에 위치하고 있으며 농경지면적 대비 미수혜 면적이 100.0%로 높고, 농업기반시설이 없다.
- 대부분 논과 밭작물을 재배하고 있으며 골짜기 상부에 위치하여 주변에 저수지 및 용수공급원이 존재하지 않아 추가 용수공급이 필요한 것으로 판단된다.

  ※ 작물재배현황 : 벼, 보리 등
- 청문조사 결과 가뭄 시 작물피해가 발생하고 있으며, 필요수량은 150㎥/일 정도로 추정된다.

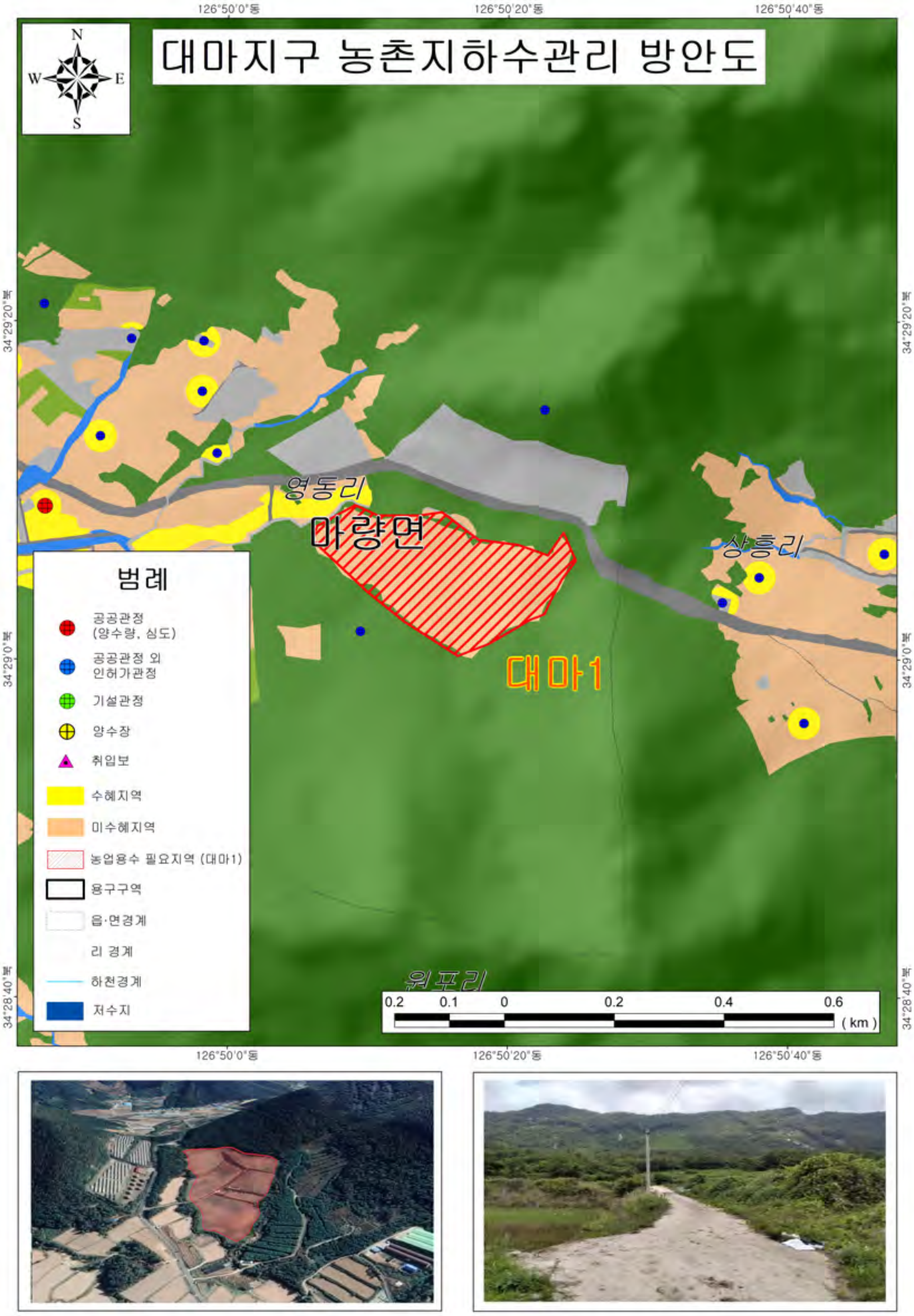
<표 4-3-3> 대마1지구 세부현황

(단위: 개소)

지구	농경지 면적 (ha)	미수혜 면적 (ha)	미수혜 비율 (%)	필요 수량 (m^3/년)	기존시설물		주민의견
					관정외	관정	
대마2	6.85	6.85	100	150	-	-	용수필요

○ 대마1지구 지하수 추진계획

- 사업개요
  - 사 업 량 : 지하수 암반관정 1개소
  - 사업기간 : 6개월
  - 사 업 비 : 63백만원
- 수자원 공급대책
  - 가뭄에 대비하여 농업용 지하수 등을 활용한 용수공급이 필요할 것으로 판단되며, 신규관정 개발 시 150㎥/일의 용수를 확보하여 용수를 공급할 수 있다.



<그림 4-3-2> 대마1지구 농·어업용수 공급방안도

나. 대마2지구(대구면 용운리)

○ 현황 및 문제점

- 대마2지구는 대구면 용운리 소재에 위치하고 있으며 농경지면적 대비 미수혜 면적이 100.0%로 높고, 농업기반시설이 없다.
- 대부분 논과 밭작물을 재배하고 있으며 골짜기 상부에 위치하여 저수지가 동부에 위치하고 있으나 용수공급원이 존재하지 않아 추가 용수공급이 필요한 것으로 판단된다.

  ※ 작물재배현황 : 벼, 보리, 과수(배) 등
- 청문조사 결과 가뭄 시 작물피해가 발생하고 있으며, 필요수량은 150㎥/일 정도로 추정된다.

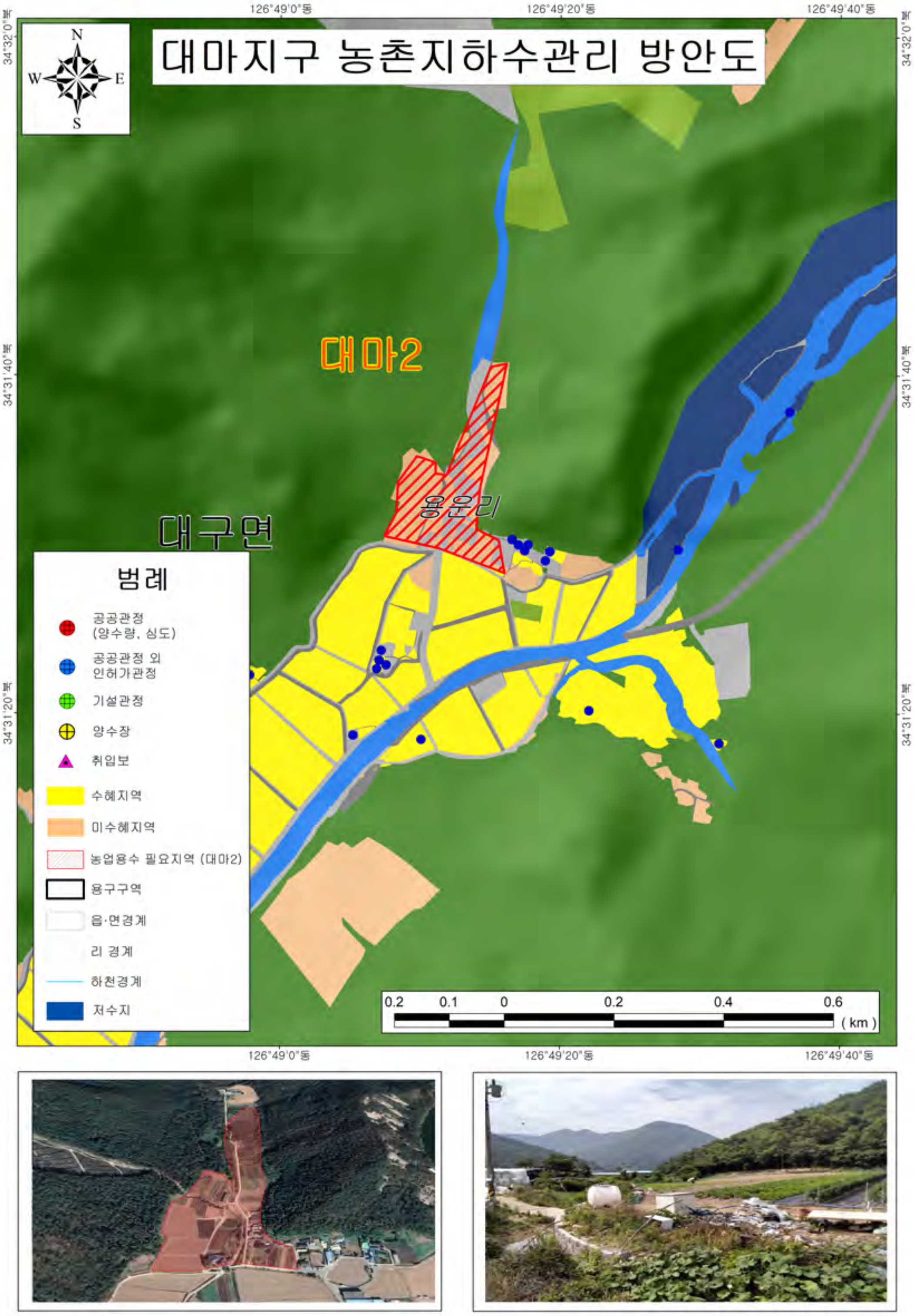
<표 4-3-4> 대마2지구 세부현황

(단위: 개소)

지구	농경지 면적 (ha)	미수혜 면적 (ha)	미수혜 비율 (%)	필요 수량 (m^3/년)	기존시설물		주민의견
					관정외	관정	
대마2	2.11	2.11	100	150	-	-	용수필요

○ 대마2지구 지하수 추진계획

- 사업개요
  - 사 업 량 : 지하수 암반관정 1개소
  - 사업기간 : 6개월
  - 사 업 비 : 63백만원
- 수자원 공급대책
  - 가뭄에 대비하여 농업용 지하수 등을 활용한 용수공급이 필요할 것으로 판단되며, 신규관정 개발 시 150㎥/일의 용수를 확보하여 용수를 공급할 수 있다.



<그림 4-3-3> 대마2지구 농·어업용수 공급방안도

다. 대마3지구(대구면 사당리)

○ 현황 및 문제점

- 대마3지구는 대구면 사당리 소재에 위치하고 있으며 농경지면적 대비 미수혜 면적이 99.7%로 높고, 관정 1개소를 이용중에 있다.
- 대부분 논과 밭작물을 재배하고 있으며 골짜기 상부에 위치하여 소규모 저수지가 동남부와 동북부에 위치하고 있으나 용수공급원이 존재하지 않아 추가 용수공급이 필요한 것으로 판단된다.

  ※ 작물재배현황 : 벼, 보리, 과수(배) 등
- 청문조사 결과 가뭄 시 작물피해가 발생하고 있으며, 필요수량은 300㎥/일 정도로 추정된다.

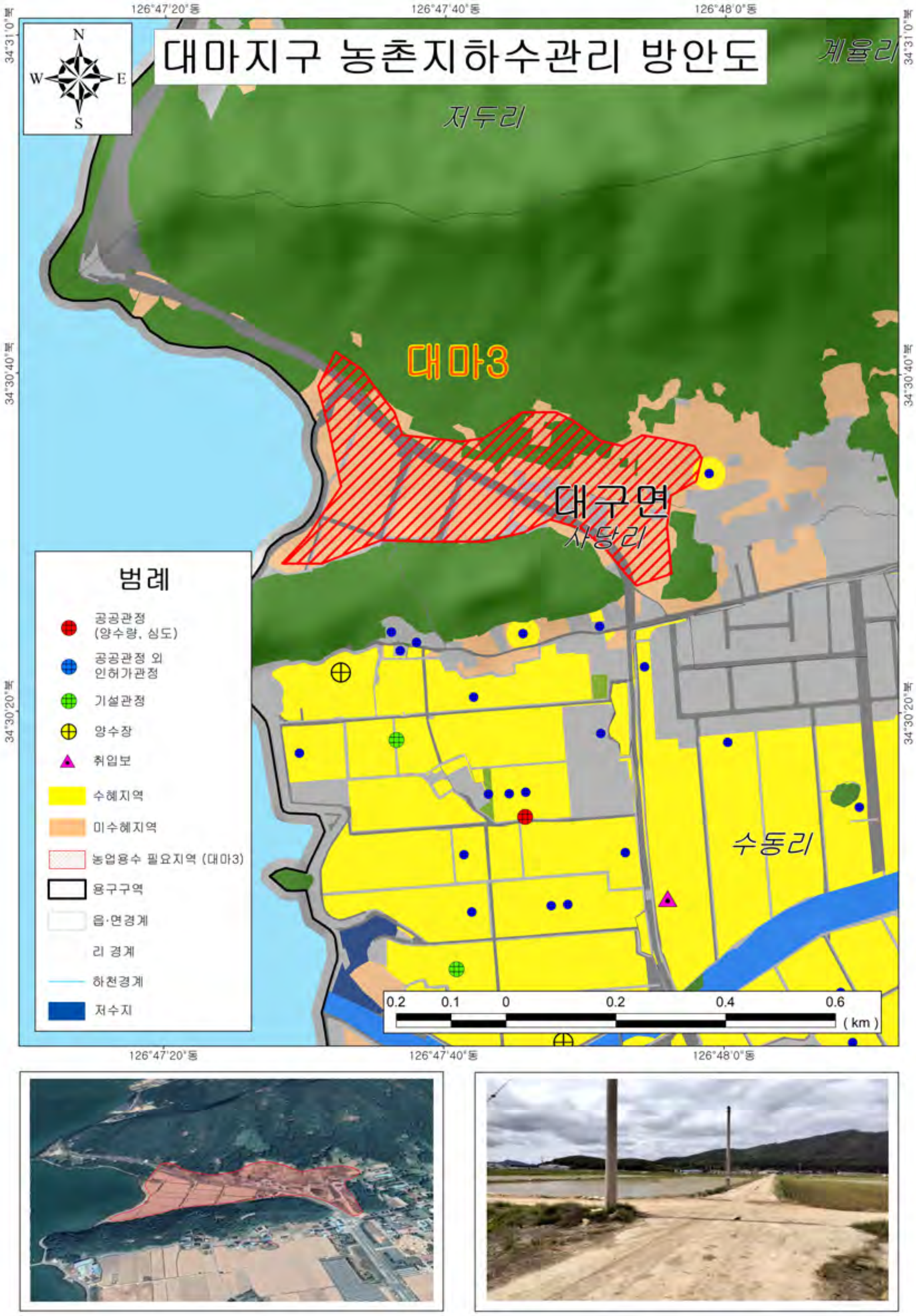
<표 4-3-5> 대마3지구 세부현황

(단위: 개소)

지구	농경지 면적 (ha)	미수혜 면적 (ha)	미수혜 비율 (%)	필요 수량 (m^3/년)	기존시설물		주민의견
					관정외	관정	
대마3	9.81	9.78	99.7	300	-	1	용수필요

○ 대마3지구 지하수 추진계획

- 사업개요
  - 사 업 량 : 지하수 암반관정 2개소
  - 사업기간 : 6개월
  - 사 업 비 : 126백만원(공당 63백만원)
- 수자원 공급대책
  - 가뭄에 대비하여 농업용 지하수 등을 활용한 용수공급이 필요할 것으로 판단되며, 신규관정 개발시 1공당 150㎥/일의 용수를 확보하여 용수를 공급할 수 있다.



<그림 4-3-4> 대마3지구 농·어업용수 공급방안도

Ⅴ. 지하수 보전·관리 방안

Ⅴ. 지하수 보전·관리 방안

5.1 지하수관리 필요지역

5.1.1 선정 기준

행정구역별 7가지 지표 및 필요시 조사자 의견을 반영하여 관심, 주의, 경계, 심각 4단계로 관리필요지역을 선정하였다.

수량부분의 지표인 개발가능량 대비 이용량은 100%이상일 때 심각, 80～100% 경계, 70～80% 주의, 60～70% 관심지역으로 구분하며 단위면적당 이용량 및 관정밀도 지표는 상위 5%이내 지역에 대해 심각, 5～10% 경계, 10～15% 주의, 15～20% 관심지역으로 선정하여 관리토록 하였다.

수질부분의 지표 중 질산성질소 평균은 음용수 기준치인 10mg/L 초과 시 경계, 농업용수 기준인 20mg/L을 초과하는 지역은 심각지역으로 구분하였고, 그 외 DRASTIC INDEX, 오염원밀도, 단위면적당 오염부하량(kg/일/㎢)은 상위 5%이내 지역에 대해 심각, 5～10% 경계, 10～15% 주의, 15～20% 관심지역으로 선정하여 관리토록 하였다.

<표 5-1-1> 지하수 관리지역 선정지표

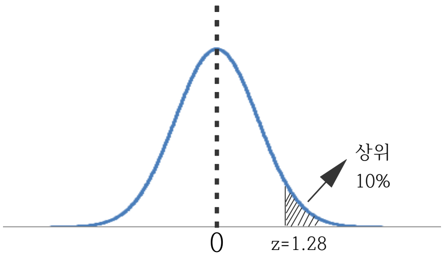
<table>
<tr><th rowspan="3">구분</th><th rowspan="3">내용</th><th>관심</th><th>주의</th><th>경계</th><th>심각</th></tr>
<tr><th colspan="2">비규제적
관리필요지역</th><th colspan="2">규제적 관리필요지역</th></tr>
<tr><th colspan="4">기술적 관리</th></tr>
<tr><td rowspan="3">수량</td><td>이용량/개발가능량(%)</td><td>60-70</td><td>70-80</td><td>80~100</td><td>100이상</td></tr>
<tr><td>단위면적당이용량(천㎥/년/㎢)</td><td rowspan="2">상위
20~15%</td><td rowspan="2">상위
15~10%</td><td rowspan="2">상위
10~5%</td><td rowspan="2">상위
5%이내</td></tr>
<tr><td>관정밀도(공/㎢)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">수질</td><td>질산성질소평균(㎎/L)</td><td>-</td><td>-</td><td>10~20</td><td>20이상</td></tr>
<tr><td>DRASTIC INDEX</td><td rowspan="3">상위
20~15%</td><td rowspan="3">상위
15~10%</td><td rowspan="3">상위
10~5%</td><td rowspan="3">상위
5%이내</td></tr>
<tr><td>오염원밀도(개소/㎢)</td></tr>
<tr><td>단위면적당오염부하량(kg/일/㎢)</td></tr>
</table>

※ 지하수 관리지역 선정시 지역 여건에 맞게 조사자 의견이 반영됨.

가. 표준정규분포를 이용한 관리필요지역 선정방법

해당항목에서 전체도수가 정규분포를 이루었을 때, 이 정규분포에서 상위 10%에 들어갈 확률은 P(확률분포)=0.1이다. 이에 해당하는 z를 표준정규분포도에서 찾아보면 Z(표준정규분포) = 1.28 이다.

상위 10% 항목별순위는 아래와 같이 계산된다.



$$P(\frac{x-\mu}{\sigma} \geq Z) = 0.1$$

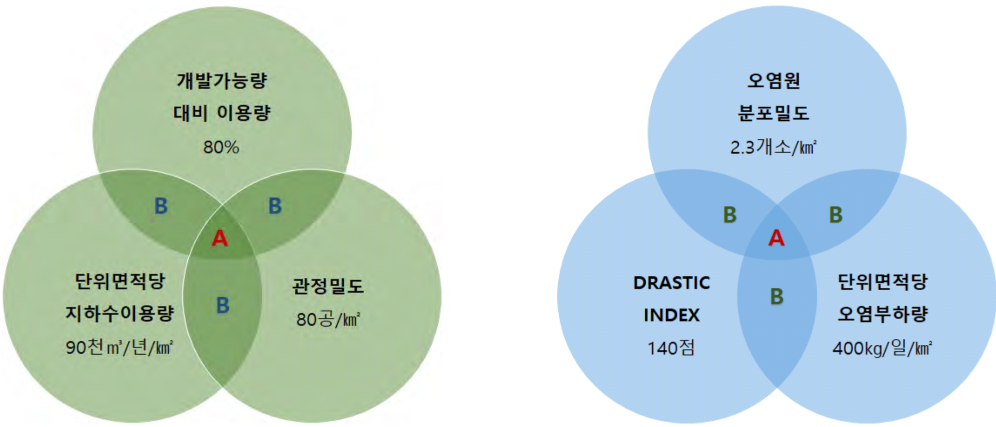
$$P(\frac{해당항목(x) - 평균(\mu)}{표준편차(\sigma)} \geq Z) = 0.1$$

$$\frac{x - 지역별해당항목평균}{지역별해당항목표준편차} \geq -1.28$$

<그림 5-1-1> 관리지구 선정기준을 위한 표준정규분포곡선

나. 조사자 의견

- 지하수 관리지역 선정을 위하여 B지역의 경우 시설물현황, 인문, 지리, 수문, 지질 등의 지역 특성을 고려한 조사자 의견도 반영토록 하였다.



(a) 지하수 수량관리방안 (b) 지하수 수질관리방안

<그림 5-1-2> 지하수 관리지역 선정을 위한 관리방안 제시

※ 수질관리 방안의 질산성질소 평균은 시료수가 전체를 반영할 정도로 많지 않아 지하수 시설물 각각 인용하여 원상복구 등 제안토록 함.

5.1.2 읍면별 현황

가. 대구면

- 개의 법정리로 이루어짐
  - 수동리, 사당리, 용운리, 계율리, 구수리, 저두리
- 전체 지하수 시설수는 410개소로 생활용 지하수가 132개소(32.20%), 농업용 지하수가 277개소(67.56%), 기타 지하수가 1개소(0.24%)를 차지하고 있음
- 평균 개발가능량 대비 이용량은 17.51%(대마지구 20.61%), 단위면적당 이용량은 18.84천㎥/년/㎢(대마지구 23.31천㎥/년/㎢), 관정밀도는 12.22공/㎢(대마지구 14.46공/㎢)로 분석되었다.
- 구수리는 개발가능량 대비 이용량 41.99%, 단위면적당 이용량 45.19천㎥/년/㎢, 관정밀도 34.44공/㎢로 가장 높게 나타난다.
- 질산성질소 평균값은 2.49㎎/L(대마지구 3.18㎎/L)로 나타나며, 구수리가 4.26㎎/L로 가장 높게 나타난다.
- 잠재오염원 평균 분포밀도는 2.77개소/㎢(대마지구 3.83개소/㎢)로 수동리가 5.17개소/㎢로 가장 높게 나타난다.
- DRASTIC Index는 평균 108점(대마지구 117점)으로, 구수리가 118점으로 가장 높은 지수를 보이고 있다.
- 단위면적당 오염부하량은 78.36kg/일/㎢(대마지구 211.44kg/일/㎢)로, 구수리가 404.45kg/일/㎢로 가장 높게 나타난다.
- 대구면 수원리는 평균 질산성질소 농도가 20㎎/L를 초과하는 관정이 분포하는 지역은 나타나지 않았으나, 구수리의 단위면적당 오염부하량이 711.65kg/일/㎢로 높게 나타나 오염유발시설물에 의한 외부오염물질 유입 가능성이 높은 지역으로 주변 오염원 정밀조사 및 수질관리가 필요하다.

<표 5-1-2> 지하수 수량관리 필요지역(대구면)

동리	이용량/적정개발 가능량(%)		단위면적당이용량 (천㎥/년/㎢)		관정밀도 (공/㎢)		조사자 의견	수량관리 필요지역
대구면	**17.51**		**18.84**		**12.22**			
수동리	31.70		34.12		17.59			
사당리	37.26		40.10		17.87			
용운리	4.52		4.86		3.98			
계율리	17.97		19.34		9.96			
구수리	41.99		45.19		34.44			
저두리	16.12		17.35		14.74			

<표 5-1-3> 지하수 수질관리 필요지역(대구면)

동리	질산성질소 평균(mg/L)		오염원 분포밀도 (개소/㎢)		DRASTIC INDEX		단위면적당 오염부하량 (kg/일/㎢)		조사자 의견	수질관리 필요지역
대구면	**2.49**		**2.77**		**108**		**78.36**			
수동리	2.14		5.17		104		76.54			
사당리	1.90		4.83		110		59.38			
용운리	2.37		0.94		106		19.52			
계율리	0.88		2.34		107		59.96			
구수리	4.26		2.20		118		404.45	경계	○	
저두리	2.10		1.13		102		29.98			

나. 마량면

- 5개의 법정리로 이루어짐
  - 영동리, 상흥리, 원포리, 마량리, 수인리
- 전체 지하수 시설수는 367개소로 생활용 지하수가 133개소(36.24%), 농업용 지하수가 231개소(62.94%), 공업용 지하수가 3개소(0.82%)를 차지하고 있음
- 평균 개발가능량 대비 이용량은 25.16%(대마지구 20.61%), 단위면적당 이용량은 30.74천㎥/년/㎢(대마지구 23.31천㎥/년/㎢), 관정밀도는 18.20공/㎢(대마지구 14.46공/㎢)로 분석되었다.
- 마량리는 개발가능량 대비 이용량 47.94%, 단위면적당 이용량 58.57천㎥/년/㎢, 관정밀도는 수인리가 28.48공/㎢로 가장 높게 나타난다.
- 질산성질소 평균값은 3.70㎎/L(대마지구 3.83㎎/L)로 나타나며, 원포리가 4.95㎎/L로 가장 높게 나타난다.
- 잠재오염원 평균 분포밀도는 4.81개소/㎢(대마지구 3.07개소/㎢)로 원포리가 7.58개소/㎢로 가장 높게 나타난다.
- DRASTIC Index는 평균 126점(대마지구 117점)으로, 원포리가 133점으로 가장 높은 지수를 보이고 있다.
- 단위면적당 오염부하량은 482.78g/일/㎢(대마지구 211.44kg/일/㎢)로, 영동리가 1,479.43kg/일/㎢로 가장 높게 나타난다.
- 마량면 원포리는 오염원 밀도와 오염부화량이 높아 오염원 정밀조사 및 수질관리가 필요하다.

<표 5-1-4> 지하수 수량관리 필요지역(마량면)

동리	이용량/적정개발 가능량(%)		단위면적당이용량 (천㎥/년/㎢)		관정밀도 (공/㎢)		조사자 의견	수량관리 필요지역
마량면	25.16		30.74		18.20			
영동리	9.02		11.02		10.43			
상흥리	16.76		20.48		14.14			
원포리	17.94		21.92		25.51			
마량리	47.94	심각	58.57	심각	20.69		○	○
수인리	47.73	경계	58.31	경계	28.48	심각	○	○

<표 5-1-5> 지하수 수질관리 필요지역(마량면)

동리	질산성질소평균 (㎎/L)		오염원 분포밀도 (개소/㎢)		DRASTIC INDEX		단위면적당 오염부하량 (㎏/일/㎢)		조사자 의견	수질관리 필요지역
마량면	3.70		5.11		126		432.78			
영동리	0.98		3.68		117		1,479.43	심각		
상흥리	3.02		1.87		121		17.37			
원포리	4.95		7.58	심각	133	심각	107.03		○	○
마량리	4.39		6.09		129	경계	147.60			
수인리	4.21		6.33	경계	127		174.97			

5.1.3 지하수관리필요지역 선정결과

대마지구 내 분석결과를 통해서 지하수 관리지역을 선정하기 위해 수량(개발가능량 대비 이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도)측면과 수질(리별 질산성질소 평균값, 오염원분포밀도, DRASTIC INDEX, 단위면적당 오염부하량)측면에서 지표를 선정하여 수량과 수질의 관리지역을 선정하였으며, 기준은 <표 5-1-1>과 같다.

<표 5-1-6> 읍·면별 지하수관리 필요지역

읍 면	수 량		수 질	
계	2		11	
대구면	–	–	–	–
마량면	2	수인리, 마량리	1	원포리

5.2 지하수보전·관리를 위한 대책제안

5.2.1 문제유형별 대책방안 분류

본 보고서에서는 지하수의 보전·관리를 위해서 수량, 수질, 시설물 등의 문제를 파악하여 다음과 같이 그 대책을 3개 대분류, 13개 소분류로 제안하여 해당 지자체에서 조치토록 제안하였다.

<표 5-2-1> 문제유형별 대책방안 분류

구분	유 형		제 안 내 용
수량관리(A)	A-1	지하수개발 제한 및 취수량 조정	· 지하수이용량파악 · 이용시설점검 및 양수능력조사 · 미신고관정조사 · 신규지하수 개발제한 및 기설관정취수량 조정 · 불법시설물(미신고관정) 양성화 및 폐공처리(원상복구) · 이용시설교체 (취수계획량에 적합한 이용시설교체) · 개발제한 및 취수량조정에 따른 수요량(부족한수량) 파악 · 개발/이용실태점검 · 대체수원 개발 및 인공함양 · 제재조치강화
	A-2	가뭄대비 용수공급 계획수립	· 가뭄우려(상습)지역 현황조사 및 농업기반시설파악 · 가뭄대비용수 공급계획 수립 (농촌용수개발사업, 비상용관정개발, 용수로정비 등) · 가뭄발생시 계획대비용수공급 미수혜지역 파악 · 가뭄대비용수공급 추가 보완
	A-3	신규관정 개발	· 작부체계별 지하수필요지역, 수요량파악, 공급계획수립 (용도별, 고소득 농특산물 생산 등) · 신규관정 개발 · 수요량 대비 공급량 파악 · 추가 신규관정 개발
	A-4	지하수 이용실태조사 및 관측	· 지하수이용실태조사 및 관측 필요지역 선정 · 지하수위관측망 설치 · 관측망 운영 및 관측자료 분석 · 관측 분석결과에 따른 추가대책마련 (추가설치, 이용량조사 등)
	A-5	급수시설 및 관로 확충	· 급수시설, 관로 현황 파악(부족 및 노후지역), 청문조사 · 필요지역 급수 및 관로 시설 확충 및 설치 · 급수시설 이용실태 점검 · 추가 보수 및 확충

<표 5-2-1> 문제유형별 대책방안 분류 (계속)

구분	유 형		제 안 내 용
수질관리(B)	B-1	방치공 현황파악 및 처리	· 방치공현황조사(미사용사유,제원,용도등), 방치공처리계획 수립 · 즉시원상복구 및 임시조치 · 임시조치 관정중 활용가능공 수질검사, 대수성시험 등 조사실시 · 수질불량 원인분석 및 조치
	B-2	수질검사 강화	· 수질부적합발생관정 파악을 통한 수질장애우려지역 선정 · 수질장애우려지역 수질검사 확대실시 · 수질검사결과를 통한 수질장애우려지역 재검토 · 수질불량 원인 분석 및 조치
	B-3	오염원관리	· 오염원 현황 파악 (잠재오염원종류및분포, 주사용비료 및 농약현황조사 등) · 오염원관리 (오염유발시설 입지제한, 오염원시설에 대한 지도감독) · 유형별 오염원 특성 파악 · 유형별 오염원관리방안 수립
	B-4	대체수원 개발	· 수질불량으로인한 원상복구관정에 대한 기이용량(수요량)파악 · 수요량 별 개발가능한 수원파악 · 대체수원(저수지,하천등) 개발 · 수요량대비공급량 파악 · 대체수원 추가활용방안 마련
	B-5	지하수 정밀조사 및 관측	· 지하수 정밀수질조사 및 관측필요지역 선정 · 지하수질관측망 설치 · 관측망운영 및 관측자료 분석 · 관측분석결과에 따른 추가대책 마련
시설물관리(C)	C-1	농업용 공공관정 이용시설 정비	· 이용시설정비대상 우선순위선정 · 대행기관, 수행업체선정, 이용시설 정비 · 이용시설 적정설치점검(수중모터, 토출관, 수위측정관 등) · 이용시설교체 및 유지관리 · 시스템DB자료갱신
	C-2	농업용 공공관정 사후관리 및 지하수 영향조사	· 농업용공공관정연차별 사후관리 및 영향조사 시행계획수립 · 대행기관, 수행업체선정 · 사후관리(2년,5년), 영향조사(5년)시행 · 적정양수량 점검 · 법적유효기간 확인 · 취수량조절 및 적정이용시설 설치 · 시스템DB자료 갱신
	C-3	시설물관리 담당자교육	· 시설별 담당자지정 및 교육계획 수립 · 시설물유지관리 담당자 교육 · 관리실태 이행여부 확인 · 담당자 재교육

5.2.2 지하수관리 필요지역 대책제안

본 조사결과에 따라 관리지역으로 선정된 지역에 대해 문제 유형별 대책 방안을 제시하였다

구분 [A]에 속하는 지역은 수량관리(개발가능량대비이용량, 단위면적당 이용량, 관정밀도) 분야에서 각 지표가 경계~심각 수준에 해당될 경우에 선정하였고, 제안의 내용은 지하수 개발제한 및 취수량 조정, 가뭄대비 용수공급 계획수립, 신규관정 개발, 지하수이용실태조사 및 관측, 급수시설 및 관로 확충에 포함된다.

구분 [B]에 속하는 지역은 수질관리(평균 질산성질소, 오염원 분포밀도, DRASTIC INDEX, 단위면적당오염부하량) 분야가 심각 또는 경계수준으로 구분되었을 경우 선정하였으며, 방치공 현황파악 및 처리, 수질검사 강화, 오염원관리, 대체수원개발, 지하수정밀조사 및 관측에 대한 제안을 하였다.

구분 [C]에 포함되는 지역은 공공관정 일제조사표를 바탕으로 이용시설 세부점검 내역에 따라 관리 및 개선이 필요한 지역을 선정하였으며 제안의 내용은 농업용 공공관정 이용시설 정비, 농업용 공공관정 사후관리 및 지하수영향조사, 시설물관리 담당자 교육 등이 포함된다.

[비고]에 포함되는 지역은 지하수 개발필요 지역으로 분석되었으나, 수질관리지역(질산성질소 분석 값이 초과된 시료가 있는 지역)으로 기존 지하수 시설물을 원상복구처리한 후 정밀한 조사를 바탕으로 대체시설 개발이 필요할 것으로 사료되어 비고에 제안토록 하였다.

<표 5-2-2> 읍·면별 대책 제안

구 분	계	수량관리 (A)	수질관리 (B)	시설물관리 (C)	비 고
계	13	2	1	10	
대구면	6	−	−	수동리 사당리 계율리 용운리 구수리 저두리	
마량면	7	마량리 수인리	수인리	영동리 상흥리 원포리 마량리	

<표 5-2-3> 대마지구 지하수관리필요지역 세부내역

읍면	리	문제점	특징 및 종합 해석	대 책
대구면	수동리	• 농업용공공관정 관리 취약	• 수동리는 임야, 농지, 주거지가 고르게 분포하고 있으며, 일제조사 결과 공공관정 2개소에서 측정장치 설치 필요함	[C]① 2개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계 설치 점검
대구면	사당리	• 잔여면적이 낮으나 관정밀도가 낮은지역 • 농업용공공관정 관리 취약	• 사당리는 농경지가 넓게 분포하고 있으며 일부 임야와 주거지가 발달하고 있고, 잔여 면적이 낮고 관정밀도가 낮음 • 일제조사 결과 공공관정 1개소에서 측정장치 설치 필요함	[A]③ 수요파악 후 신규관정개발 [C]① 1개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계 설치 점검
대구면	계율리	• 농업용공공관정 관리 취약	• 계율리는 대부분 임야가 넓게 분포하고 있으며, 일제조사 결과 공공관정 1개소에서 측정장치 설치 필요함	[C]① 1개소에 대한 출수장치, 수위측정관 설치 점검
대구면	용운리	• 잔여면적이 낮으나 관정밀도가 낮은지역 • 농업용공공관정 관리 취약	• 용운리는 대부분 임야가 발달하고 있고, 잔여 면적이 낮고 관정밀도가 낮음 • 일제조사 결과 공공관정 1개소에서 측정장치 설치 필요함	[A]③ 수요파악 후 신규관정개발 [C]① 1개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계 설치 점검
대구면	구수리	• 농업용공공관정 관리 취약	• 구수리는 대임야, 농지, 주거지가 고르게 분포하고 있으며,, 일제조사 결과 공공관정 4개소에서 측정장치, 보호공 설치 및 점검 필요함	[C]① 4개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계, 보호공 설치 점검
대구면	저두리	• 농업용공공관정 관리 취약	• 저두리는 대부분 임야가 넓게 분포하고 있으며, 일제조사 결과 공공관정 2개소에서 측정장치 설치 필요함	[C]① 2개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계 설치 점검
마량면	영동리	• 잔여면적 넓고, 관정밀도가 낮은 지역 • 농업용공공관정 관리 취약	• 영동리는 임야와 농경지가 넓게 분포하고 있으며 잔여 면적이 넓고 관정밀도가 낮음 • 일제조사 결과 공공관정 2개소에서 측정장치 설치 필요함	[A]③ 수요파악 후 신규관정개발 [C]① 2개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계 설치 점검
마량면	상흥리	• 농업용공공관정 관리 취약	• 상흥리는 대부분 임야가 넓게 분포하고 있으며, 일제조사 결과 공공관정 1개소에서 측정장치 설치 필요함	[C]① 1개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계 설치 점검
마량면	원포리	• 오염원 분포밀도 높음 • 오염부하량 높음 • 농업용공공관정 관리 취약	• 원포리는 점오염원이 밀집된 농경지 지역으로 주거지 또한 다수 위치하고 있어 오염 분포밀도와 오염부하량이 높아 오염이 우려됨 • 일제조사 결과 공공관정 1개소에서 측정장치 설치 필요함	[B]③ 오염원현황파악 및 관리와 유형별 오염원 특성 파악 [C]① 1개소에 대한 출수장치, 수위측정관 설치 점검
마량면	마량리	• 개발가능량 대비 이용량 높음 • 단위면적당이용량 높음 • 농업용공공관정 관리 취약	• 마량리는 임야, 농경지, 주거지가 넓게 분포하고 있고, 단위면적당 이용량이 높아 개발가능량 대비 이용이 많음 • 공공관정 2개소에서 수위측정관 설치와 수중모터교체, 1개소에서 수위측정관 설치 필요함 • 일제조사 결과 공공관정 2개소에서 측정장치 설치 필요함	[A]①지하수이용량파악, 개발/이용실태점검 등을 통하여 취수량 조정 필요 [C]① 2개소에 대한 출수장치, 수위측정관, 유량계 설치 점검
마량면	수인리	• 개발가능량 대비 이용량 높음 • 단위면적당이용량 높음 • 관정밀도 높음	• 수인리는 임야와 농경지가 고르게 분포하고 있으며, 관정 밀도와 이용량이 많아 개발가능량 대비 이용량이 높음	[A]①지하수이용량파악, 개발/이용실태점검 등을 통하여 취수량 조정 필요

Ⅵ. 용 어 해 설

Ⅵ. 용어해설

용 어	설 명
갈수기	하천의 유량이 감소하는 시기로, 여름철에 가뭄으로 수원(水源)의 물이 고갈되는 시기와 겨울철에 적설(積雪)·결빙(結氷) 등으로 물이 흐르지 않는 시기.
관정	원형의 단면을 가진 시추공을 지칭하며, 지하수를 토출시키기 위한 설비로 인공적으로 지하수에 굴착한 수직구멍.
관측정	대수층내의 일정한 깊이에서의 지하수의 수위나 수질의 변화 등을 파악하기 위하여 설치하는 관정
관측정 모니터링	지하수위 관측 또는 압력수위를 관측하기 위한 비 양수용 우물에서 지하수에 오염물질, 염수 등이 침투해서 들어오는 것을 지속적으로 감시하는 것
구조선 밀도	단위 격자당 구조선의 개수와 교차점의 개수를 감안하여 가중치를 주어 구하는 밀도값
국가지하수관측망	전국의 지하수 수위변동실태 등 지하수 부존특성을 조사하기 위하여 건설교통부 장관이 설치한 지하수 관측시설로서 광역적인 지하수의 수위·수질 변동실태를 감시·관측
대수층	모래나 자갈 등으로 이루어진 지층이 대표적인 예로서 지하수로 포화되어 있는 지층 중에서 투수성과 저류성이 커 경제적으로 개발에 이용할 수 있는 정도의 지하수를 배출할 수 있는 지층
대수층 특성	대수층의 수리적 거동과 채수에 대한 반응을 결정해 주는 대수층의 특성
대형관정	대구경 착정기를 이용하여 150~600mm 구경으로 암반층을 굴착하여 대수층을 개발하는 방식의 우물. 소형관정에서보다 다량의 지하수를 개발하고자 할 때 사용되는 우물로 굴착깊이는 수백m에 이르기도 함
동위원소	원자 번호는 같으나 질량수가 다른 핵종으로 원자핵중의 양성자수가 같으나 중성자수가 다른 원소. 원자의 외부 구조인 전자의 배치는 같고, 원자핵의 구조가 다른 원소

용 어	설 명
변성암	암석에 큰 압력이나 높은 온도가 가해져 화학성분의 가감이나 교대가 일어나거나 또는 이들 두 작용이 같이 일어나는 변성작용에 의해 생성된 암석
보조지하수 관측망	보조 지하수 관측망은 국가지하수 관측망과 연계하여 국가지하수 관측망을 보완하기 위한 관측시설로서, 지역별로 주요 관측 대상 지점에 관측정을 설치하여 지하수 수위(수질) 특성 자료를 획득
비양수량	양수량을 우물의 수위하강값으로 나눈 것으로서 우물의 지하수 산출능력으로 비양수량은 수 시간의 양수와 그 때의 수위강하값으로 산출
비점오염원	농약살포, 비료살포 등의 농업오염원과 같이 넓은 지역에서 오염물질이 광범위하게 확산되는 것
비포화대(I)	일반적으로 지표면과 지하수면사이에 있는 부분으로 불포화대 또는 통기대라고도 함. 비포화대는 토양대, 중간대, 모관대로 나뉘며, 강우와 관개수가 중력에 의하여 하향이동하여 도달하게 되는 지하수위 상부의 불포화 부위
소형관정	시추기 또는 소형착정기를 이용하여 직경 75~100mm로 지하 10~20m 심도로 굴착한 후 구경 30~50mm 내외의 철제 또는 pvc 유공관을 공내에 설치한 관정으로 농림부에서는 정착된 동력장치를 이용하지 아니하고 농업용 지하수 1일 채수량 50m^3이상(도서, 해안 등 특수지역은 30m^3이상)으로 시설기준을 규정함
수맥조사	지하수 개발 예정지에 대하여 사전에 지하수 부존상태 및 개발가능량 등을 조사하여 개발성공률을 제고하고, 지하수 장애를 예방하기 위한 지하수영향조사를 실시하여 합리적인 지하수개발 추진
수문지질단위	지질시대, 암석의 종류, 암상, 지형, 공극의 형태 및 투수계수, 투수량계수, 저류계수, 지하수 산출량과 같은 세부 수리지질특성 등을 대표적인 설정기준으로 하여 나눈 단위로 수문지질도 작성을 위한 기본단위

용 어	설 명
수리상수 (대수층상수)	수리전도도, 투수량계수, 저류계수 비저유율 등 대수층의 수리적 특성을 나타내는 매개변수
수리전도도 (투수계수)	흙 및 암석의 투수성을 나타내는 계수로서 "수온 15℃, 수리구배 1:1을 기준으로 하여 대수층 단위 단면적을 통과하는 수량으로서 흙 및 암석의 투수성의 정도를 나타내는 계수. 일반적으로 수리전도도는 대수층 중의 간극의 크기, 구조 등에 의해 결정되고 동시에 유체의 밀도, 점성계수에 의해서도 변환
순간수위변화시험	우물에 체적을 알고 있는 물체를 순간적으로 투입하거나 제거하면 우물내의 지하수위가 순간적으로 변화하고 시간이 지남에 따라 원래의 수위로 돌아가는데 이 때 시간에 따른 수위변화를 측정하여 우물 주변의 대수층에 대한 수리상수를 파악하는 시험
안정수위	우물에서 양수할 때 수위 강하가 일어나다가 평형상태에 도달하여 더 이상 수위가 변동하지 않고 일정하게 유지될 때의 수위
암반관정	암반 지하수를 채수하는 정호
암반지하수	일반적으로 지하심부에 존재하는 암석 내 지하수를 의미하며, 암반지하수 중에는 사암과 같이 1차 공극률이 큰 암석 내에 부존되어 있는 경우와 2차 공극인 균열이나 파쇄대 또는 단층대에 부존되어 있는 경우가 있음
양수량	일정한 시간에 양수한 유체의 양
양수시험	동일대수층에 양수정과 관측정을 설치하여 일정량의 물을 주입정에 첨가 또는 양수정으로부터 지하수를 토출시키면서 지하수위 변화를 측정하는 시험. 대수층의 수리적 특성을 파악하기 위해 실시. 양수정에서 양수하는 동안 양수정과 관측정에서 수위강하, 또는 양수정지 후의 수위상승을 관측하고, 그로부터 수리상수를 산정
오염발생부하량	수계나 자연환경에 유입되어 악영향을 미치는 오염물질의 유입량

용 어	설 명
오염취약성도	지하수 부존 특성과 관련하여 토양과 지층 구조 특성에 의하여 지역별로 오염물질 유입 및 확산에 대한 저항정도를 일정 기준 수치로 표시하는 방법을 말하며, 국제 수리학회 검증을 거쳐 권장하는 기법 중 가장 활용도가 높은 기법으로 DRASTIC 기법이 있음
자연수위	인위적인 양수 또는 주수를 하지 않은 자연적인 평형상태의 지하수위. 양수 중의 수위를 동수위라 하는데 반하여, 자연수위는 정수위의 수면까지의 깊이로 나타냄.
잠재오염원	지하수에 유입되어 지하수 환경에 악영향을 미칠 수 있는 유해한 물질들
저류계수	단위 수위변화량에 대하여 대수층의 단위 표면적으로부터 배출시키거나 함양시킬 수 있는 물의 양. 대수층 내에서 단위수두의 변화가 일어날 때 단위체적을 통하여 배출 또는 유입되는 수량을 무차원 상수로 표시
적정개발가능량	장기적인 지하수 채수로 인한 주변환경 피해가 없고, 대수층을 보호하면서 지하수를 안정적으로 개발 이용이 가능한 양을 말함
전기전도도	전기장이 가해졌을 때 전류를 흐르게 할 수 있는 물질의 능력으로 용액 중 전해질 이온의 세기를 나타내는 척도로서 저항의 역수로 나타냄. 전해질 이온이 많을수록 전기전도도는 높아짐. 측정결과는 전기전도도 값에 셀 정수(cm^{-1})를 곱하여 시료의 비전도도(μS/cm)로 표기
점오염원	점오염원은 오염 배출을 명확히 확인할 수 있는 점으로부터 하수구나 도랑 등의 형태로 배출되는 오염원
지하수	지하의 지층이나 암석사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물
지하수 모델링	대수층계 속의 지하수가 어떻게 거동하는지를 컴퓨터와 그 밖의 도구를 사용하여 재현하는 것. 지하수 개발에 수반되는 지하수위의 변화나 지반 침하를 미리 판단하는 수단으로 많이 사용
지하수수질 측정망	전국적인 지하수수질 현황과 수질변화 추세를 정기적으로 파악하여 지하수 수질보전정책 수립을 위한 기초자료를 확보하고자 지하수법 제18조(수질오염의 측정) 및, 지하수수질보전등에 관한 규칙 제5조(측정망설치계획의 수립·고시)에 의해 환경부에서 설치한 측정망

용 어	설 명
지하수 영향조사	지하수의 개발·이용이 주변지역에 미치는 영향을 분석·예측하는 조사
지하수 오염 예측도	현재의 오염운으로부터 미래의 확산범위를 예측하기 위하여 오염물질 거동 분석 모델링을 실시하고 그 결과로서 미래에 예측되는 농도분포도를 예상하는 도면
지하수위변동 곡선 해석	지하수의 수위 등 수리특성인자를 경과시간에 따라 표시한 그림을 지하수위 변동곡선이라하며, 유입량 유출량의 각 변수를 파악하여 검토하는 것
지하수함양량	전체 강우량 중에서 증발산과 직접유출에 의해 유실되는 수량을 제외한 활용 가능한 빗물의 양을 의미한다면, 유효 지하수 함양량은 지하로 함양된 빗물의 양 중에서 현실적으로 활용가능한 지하수 함양량으로 정의됨
지형경사(T)	임의의 거리에 대한 고도의 변화율을 나타내는 것으로 수치표고 모델에서는 격자간격에 대한 변화율을 의미
질산염	일반식 M(NO)(M은 가의 양이온)으로 표시되는 화합물.
짝비교	독립적이 아닌 표본으로부터 관찰치를 얻었을 때 이에 대한 가설검정
청색증	식수를 통하여 체내에 들어온 질산염이 아질산염으로 환원되어 혈액 중의 헤모글로빈을 메트헤모글로빈으로 산화시키며 그 결과 조직으로의 산소공급이 제한되는 중독증상
총고용물질	물 시료의 수분을 완전히 증발시킨 후 남은 물질의 중량을 측정한 것
충적관정	충적층 지하수 또는 하천복류수를 채수하는 정호
토양오염 대책기준	오염의 정도가 사람의 건강과 동식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있어 토지의 이용중지, 시설의 설치금지 등 규제 조치가 필요한 정도의 오염 기준. 이 기준을 초과하면 토양보전대책지역으로 지정할 수 있음.

용 어	설 명
토양측정망	환경정책기본법 제15조(환경오염의 조사), 토양환경보전법 제5조(토양오염도 측정 등) 및 동법시행규칙 제3조, 2000 토양측정망 설치계획 고시(제2000-30호,'00.2.29)에 의해 전국적인 토양오염실태파악을 위해 설치 운영 중인 측정망
퇴적암	풍화 및 침식을 받은 암석이 운반 및 퇴적작용으로 낮은 지면이나 수저에 쌓인 후 고화 작용을 받아 굳은 암석
투수량계수	수리전도도(K)와 대수층의 두께(b)와의 곱. 즉, 수온 15℃, 수두경사 1:1에서 대수층 전체 두께와 단위폭으로 이루어진 단면적을 통과하는 수량으로 정의되며, 차원은 L^2/T
포화대	지표면 아래의 물을 포함하는 지층 중에서 대기압보다 더 높은 압력을 갖는 물에 의해서 모든 공극이 채워져 있는 부분
포화대두께	정수압(hydrostatic pressure)하에서 물로 포화되어 있는 곳, 토양 또는 암석 중 모든 공극이 대기압 이상의 압력을 갖는 물로 채워져 있는 부분을 포화대라하며 이것의 두께
풍수기	하천의 물 따위가 풍부한 시기
해수침투조사	해안지방의 대수층은 해수와 담수가 경계면을 가지고 평형을 이루며 담수가 바다 쪽으로 흐르는데, 해안지방이 개발되어 지하수의 채수가 많아지면, 담수의 수두가 감소하여 해수가 대수층 내로 들어오는 현상을 해수침투라고 하고 이것을 조사하는 일을 해수침투조사라고 함
화성암	지하 깊은 곳에서 생성된 마그마가 지각 중에 상승 관입하거나 지표에 분출한 후 냉각 고결되어 생성된 암석으로 크게 화산암과 관입암으로 분류됨

용 어	설 명
DRASTIC	7가지 요인들의 대표문자를 조합한 용어로 각 인자들의 지하수 오염에 대한 상대적인 영향을 평가하기 위해 각 인자에 가중치(weight), 범위(ranges), 등급(rating)을 수치로 부여하여 일정 지역에서의 DRASTIC 지수를 산출, 비교하여 주변지역에 대한 상대적인 지하수의 오염 가능성을 평가하는 기법 D : 지하수면의 깊이(Depth to water) R : 지하수 함양량(net Recharge) A : 대수층의 구성매질(Aquifer media) S : 지표토양의 구성매질(Soil media) T : 지형(Topography) I : 비포화대 매질의 영향(Impact of the vadose zone media) C : 대수층의 수리전도도(hydraulic Conductivity of aquifer)
PCE	테트라클로로에틸렌으로 유기염소계 용제의 하나로, 드라이 클리닝이나 반도체 공장 등에서 사용되는데 유사 물질인 트리클로로에틸렌(TCE)과 함께 토양, 수질오염의 원인이 되고 유해물질로 지정되어 있는 발암성물질
Piper diagram	용존 성분 중 양이온(Ca-Mg-(Na+K))과 음이온(CO_3+HCO_3)-SO_4-Cl))간의 상대적 당량비를 백분율로 계산하여 삼각 다이아그램에 표시한 후, 지하수의 수질을 표시하는 그림.
SCS-CN 침투량분석	지역단위 지하수함양량을 산정하는데 있어, 강우의 침투량을 구하고 여러 해의 평균 침투량과 평균 강우량을 비교하여 지하수 함양율을 구하는 방법
Stiff diagram	수질의 화학성분의 농도를 도시하는 그래프의 하나로, 좌측에는 양이온, 우측에는 음이온으로 각각 구분하여 epm(equivalent per milloin) 농도를 표시하고 각 점을 직선으로 연결하여 나타낸 도표.
TCE	달콤한 냄새를 풍기는 무색투명한 액체로, 금속기계 부품의 탈유지 세정제, 금속 표면의 건조 섬유의 세척과 염색 일반 용해제 등으로 사용되는 유기용제로 지하수 및 토양오염을 유발 시키는 인체에 유해한 주요물질
Thiessen 강수량	어떤 지점의 강수량과 그 지점에 의하여 대표되는 면적으로 계산된 강수량의 합을 이용하는 방법

Ⅶ. 참 고 문 헌

Ⅶ. 참고문헌

전라남도, 2021, 전라남도 통계연보

강진군, 2021, 강진군 통계연보

국토교통부, 2009~2021, 지하수조사연보

국토교통부, 2021, 지하수관측연보

국토교통부, 2020, 지하수 이용량 산정 요령

국토해양부, 2012, 한국수문조사연보

국토해양부, 2021, 한국하천일람

국토해양부, 2012, 한강홍수통제소 하천정보센터

국토해양부, 2017, 지하수관리기본계획 수정계획(2017 ~ 2026)

건설교통부, 1996, 수자원개발 가능지점 및 광역배분계획 기본조사

건설교통부, 1998, 1997년도 수자원관리기법개발연구조사 보고서

건설교통부, 1999, 영산강·섬진강수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정보고서

건설교통부, 2004, 수문관측매뉴얼

국토교통부, 2015, 지하수 업무수행 지침

건설교통부, 한국건설기술연구원, 2000, GIS를 이용한 지하수 채수량 분석 및 관리시스템 개발 연구

건설교통부, 한국수자원공사, 1998, 지하수 현황분석 기법 연구

건설교통부, 한국수자원공사, 2002, 보조 지하수관측망 설치 및 관리 지침(안)

건설교통부, 한국수자원공사, 2018, 지하수 관리기본계획 보고서

건설교통부, 한국수자원공사, 2006, 수자원장기종합계획

건설교통부, 한국수자원공사, 2006, 지하수 기초조사 및 수문지질도 제작·관리지침

건설교통부, 한국수자원공사, 2007, 지하수 이용량 모니터링조사 보고서

과학기술부, 1997, 목포 지질도폭 설명서(1:250,000)

과학기술부, 1967, 강진 지질도폭 설명서(1:50,000)

기상청, 2021, 기상연보

김남형, 1997, 지하수 조사법, 동화기술, p.433~442

농림부, 1999, 농촌용수 수요량 조사 종합보고서

농림부, 농업기반공사, 2000, 농어촌지역 지하수자원의 오염예측도 작성기법에 관한 연구

농림부, 한국농촌공사, 2007, 수맥조사총람

농림수산식품부, 한국농어촌공사, 2011, 농업생산 기반정비사업 통계연보

농림수산식품부, 한국농어촌공사, 2012, 농촌지하수관리조사 실무지침서

농어촌진흥공사, 1994, 지하수의 개발·이용·보전·관리−지하수법 및 시행령(안) 중심, p.284

농업기반공사, 2003, 수문자료이용실무

대한광업진흥공사, 1997, 불균질·이방성 대수층의 지하수 유동분석 기술연구

문영일 외, 1998, 수문학 이론 및 응용(3판), 사이텍미디어
서울특별시, 농어촌진흥공사, 1996, 서울특별시 지하수 관리계획 기본조사 보고서-제1권, 제2권, 제3권 지하수 이용실태 조사
손호웅 외, 2003, 지하수학
원이정, 김형수, 구민호, 김덕근, 2003, Aquifer Characterization in Cheon-an area by using long-term groundwater-level monitoring data, 지하수토양환경학회 추계학술발표회
이사로, 최순학, 1997, GIS 기법을 이용한 영광지역의 지하수 오염 취약성평가, 지하수환경 학회지, Vol.4, No.4, p.223~230
이사로 외, 2004, 선구조 밀도 분석 기법 개발 및 지하수 산출 특성에의 적용, 지질학회지, 제40권 제3호, p.293~304.
이진용, 이강근, 2002, 강우에 대한 지하수위 반응양상 비교분석, 지하수토양환경, vol.7, No.1-14, p.3~13
정상용, 이강근, 1995, 난지도 매립지 일대의 지하수위 분포 추정을 위한 복합 크리깅의 응용, 한국지하수환경학회, Vol.2, p.58~63
전라남도, 2009, 전남지하수관리계획
조재경, 2003, 경험식을 이용한 소유역의 실제증발산량 추정법 소개, 농어촌과 환경 통권79호, p.97~106
조재경, 2004, 지하수함양량 산정법에 대하여, 농어촌과 환경 통권83호, p.80~92
조재경, 2004, 국내에 적용된 지하수 함양량 산정법 고찰, 농어촌과 환경 통권85호, p.68~81
최병수, 1997, 자유면 대수층지역에서 지하수위 변동자료 해석에 의한 대수층 특성연구, 농공기술 통권 53호, p.27~37
한국건설기술연구원, 2007, 우리나라 지역특성에 맞는 최적 지하수 함양량 산정 기법 개발
한국수자원공사, 1997, 수문관측 실무편람, p.159
한국수자원공사, 1998, 영산강-섬진강권역 광역 지하수 조사 보고서
한정상, 1998, 지하수 환경과 오염, 박영사, p569, 677~695
환경부, 2000, 비점오염원 관리요령
환경부, 2011, 지하수의 수질보전 등에 관한 업무처리 지침
환경부, 2009, 2008 지정폐기물 발생 및 처리현황
환경부, 2020, 상수도 통계
환경부, 2020, 하수도 통계
환경부, 2009, 2008 전국 폐기물 발생 및 처리현황
환경부, 2009, 2008 공장폐수의 발생과 처리
환경부, 1998, "배출허용기준(폐수) 적용을 위한 지역지정규정", 환경부 고시 제1999-187
환경부, 2014, 한강수계 오염총량관리계획수립 지침
환경부 영산강 유역 환경청, 2014, 환경기초시설

Aller, L., Bennet, T., Lehr, J. H., Petty, R. J., and Hackett, G., 1987, Drastic ; A standardized system for evaluating groundwater pollution using hydrogeologic setting, USEPA, p.455－475

Anderson, M.P., 1992, Applied groundwater modeling － simulation of flow and advective transport, Academic Press, inc., p.381

Black, Peter E., 2007, "Revisiting the Thornthwaite and Mather water balance". Journal of the American Water Resources Association 43 (6): 1604-1605.

Boulding, J.R., 1995, Practical handbook of soil, vadose zone, and ground－water contamination assessment, prevention, and remediation, Lewis Publishers, p.173～179

Clark, C.D. et al, 1994, Spatial analyCsis of lineaments, Computers & Geosciences, Vol. 20, No. 718, p.1237～1258

Clark, I.D. and Fritz, P. 1997. Environmental Isotopes in Hydrogeology. Lewis Publishers, Boca Raton. 328pp.

Charles J. Taylor and William M. Alley, Ground－Water－Level Monitoring and the importance of Long－Term Water－Level Data, USGS, circular 1217

Craig, H., 1961, Isotopic variations in meteoric waters. Science, 133, p. 1702～1703

C. W. Fetter, University of Wisconsin－Oshkosh, Applied Hydrogeology, Third Edition

Deming, D., 2002, Introduction to Hydrogeology, McGraw Hill Company

Domenico, P.A., and Schwartz, F.W., 1998, Physical and Chemical Hydrogeology, 2nd edition, John Wiely & Sons, Inc, p.506

Dobrin, M. B., 1976, Introduction to geophysical prospecting : McGraw－Hill Book Co

E. V. Pinneker, Cambridge University Press, General Hydrogeology

Eby, G. Nelson. 2004. Principles of Environmental Geochemistry. Thomson Brooks/Cole. 514pp.

Fetter, C.W., 1994, Applied Hydrogeology, 3rd editon, MacMillan College Publishing Company, p.691

Finch, J.W. (1998) Estimating direct groundwater recharge using a simple water balance model － sensitivity to land surface parameters J. Hydrol., 211, 112－125.

Freeze, R.A. and Cherry, J.A., 1979, Groundwater, Prentice－Hall, Inc., p.96～98

Flectcher G. Discoll, 1986, Groundwater and Wells

Guttmann, N.B., 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. Journal of American Water Resources Association 34, 113-121.

Grant, F. S. and West, G. F., 1965, Interpretation theory in applied geophysics : McGraw－Hill Book Co

Hardcastle, K. C., 1995, Photolineament factor: a new computer-aided method for remotely sensing the degree to which bedrock is fractured, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 61, No. 6, p.739～747

Hendrix, W.G. and Price, J.E., 1986, Application of GIS for assessment of site index and forest management constraints, GIS Workshops, p.263～272

Hubert Hellmann, 1987, Analysis of surface waters, John Wiley, p.275

IHA, 1995, Hydrogeological Maps A Guide and A Standard Legend

James W. Merchant, 1994, GIS-based groundwater pollution hazard assessment : a critical review of the DRASTIC model, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol.60, No.9, p.1117～1127

Jean Chorowicz et al, 1992, A combined algorithm for automated drainage network extraction, Water Resources Research, Vol.28, No.5, p.1293～1302

Koike, K., Nagano, S. and Ohmi, M., 1995, Lineament analysis of satellite images using a segment tracing algorithm(STA)., Computer & Geosciences, Vol. 21, p.1091～1104

Komor, S. C. and Anderson Jr. H. W.(1993), Nitrogen isotope as indicators of nitrate sources in Minnesota Plain Aquifers, Ground Water, v.31, p.260-270

Lars Rosen, 1994, A study of the DRASTIC Methodology with emphasis on Swedish conditions, Groundwater, Vol.32, No.2, p.278～285

Mabee, S. B., Hardcastle, K. C. and Wise, D. U., 1994, A method of collection and analyzing lineaments for regional-scale fractured-bedrock aquifer studies, Groundwater, Vol. 32, No. 6, p.884～894

Moore, G. K., and Waltz, F. A., 1983, Objective procedures for lineament enhancement and extraction, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 49, No. 5, p.641～647

National Research Council, 1993, Groundwater vulnerability assessment : predicting relative contamination potential under conditions of uncertainty, National Academy Press, Washington, DC., USA

Neal Wilson, 1995, Soil Water and Ground Water Sampling

Palmer, C.M., 1992, Principles of contaminant hydrogeology, Lewis Publishers, p.211

Qari, M. Y. H. T., 1991, Application of landsat TM data to geological studies, Al-Khabt area, southern Arabian shield, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 57, No. 4, p.421～429

Rennolls, K., Carnell, R., & Tee, V., 1980, A descriptive model of the relationship between rainfall and soil water table, Jour. of Hydrology, 47, p.103～114

Robert E. Mace,(2000) Estimating transmissivity using specific capacity data, Economic Geology Report

Sabins, Floyd F., Jr., 1978, Remote sensing－principles and interpretation, W.H. Freeman and Company, USA

Siegal, B. S., Alan R. Gillespie, 1980, Remote sensing in geology, John Wiley & Sons

SPSS Korea, 1997, SPSS Base 7.5 for Windows

Star, J. and J. Estes, 1990, Geographic information System, Prentice Hall, p.300

Struckmeier, W. F., & Margat, J., 1995, Hydrogeological maps － a guide and a standard legend, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, p.177

Thomas C. Winter, Judson W. Harvey, O. Lehn Franke, William M. Alley, 1998, U.S. Denver Colorado, U.S. Geological Survey Circular 1139, Ground Water and Surface Water A Single Resource

Todd, D.K., 1982, Groundwater Hydrology, 2nd edition, John Wiely & Sons, p.535

UNESCO, Ground－Water Hydrology printed by UNESCO

Vedat Batu, 1998, Aquifer Hydraulics, JHON WILEY & SONS, INC

Viswanathan, M.N., 1983, Ground Water, Vol. 21, No. 1., p.49～56

William M. Alley, Thomas E. Reilly, O. Lehn Franke, 1999, U.S. Denver Colorado, U.S. Geological Survey Circular 1186, Sustainability of Ground Water Resources

Yet－Chung Chang et al, 1998, Automatic extraction of ridge and valley axes using the profile recognition and polygon－breaking algorithm, Computers & Geosciences, Vol.24, No.1, p.83～93

Zhuoheng Chen, Stephen E. Grasby, Kirk G. Osadetz, 2002, "Predicting avrage annual groundwater levels from climatic variables",J. Hydrol. 260, p.102～117

Zoporozec, A & Vrba, J., 1994, Guidebook on mapping groundwater vulnerability, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG, p.131

Ⅷ. 과 업 참 여 자

Ⅷ. 과업참여자

▣ 사업총괄책임자

전병칠(환경지질처 지하수사업부장, 이학석사/토양환경기술사)

▣ 사업책임자

송양권(환경지질처, 차장, 이학석사/지질 및 지반기술사)

박재우(환경지질처, 차장, 이학석사/응용지질기사, 토양환경기사)

▣ 조사총괄책임자

김진회(전남지역본부 환경지질부장, 공학박사, 지질 및 지반기술사)

▣ 조사책임자

이준연(전남지역본부, 차장, 공학사, 응용지질기사, 토양환경기사)

양동철(전남지역본부, 과장, 이학석사, 지질 및 지반기술사)

강혜진(전남지역본부, 과장, 이학석사, 응용지질기사, 광해방지기사)

김유진(전남지역본부, 대리, 이학사, 응용지질기사)

이광열(전남지역본부, 주임, 이학사, 정보처리기사)

▣ 조사용역

김혁진(수성건설이엔지 주식회사, 토목산업기사, 토질지질 분야 특급)

조영동(수성건설이엔지 주식회사, 토목지질 분야 특급)

최윤정(수성건설이엔지 주식회사, 토목지질 분야 특급)

고환석(수성건설이엔지 주식회사, 토목지질 분야 초급)

〈부록 Ⅰ. 일반현황〉

1. 일반현황

1.1 조사지역(농촌용수구역)

1.1.1 정의

❑ 농지, 농어촌의 취락과 그 밖에 농어촌용수 이용 합리화계획의 수립이 필요하다고 인정되는 농어촌지역과 관련된 소규모의 유역과 소하천으로서 수질관리 및 보전이 필요하다고 인정되는 유역(농어촌정비법 시행령 제24조)

1.1.2 설정 목적

❑ 수자원의 개발·이용·보전 및 이와 관련된 자원관리에 능률적이고 적합한 지역단위로 설정

❑ 농촌용수의 체계적 개발 및 합리적 공급·배분
- ○ 한정된 수자원의 임의적 개발을 억제하고, 계획에 의한 체계적 공급 추진
- ○ 수자원 이용의 편중을 방지하고, 합리적으로 공급·배분토록 계획

❑ 용수자원의 보존관리로 농촌의 환경 보전·관리 추진
- ○ 생활권을 중심으로 주민이 스스로 참여할 수 있는 환경보전 감시 체계 구축
- ○ 구역 내 수자원 보호 및 용수시설의 공동관리 체계 구축

1.1.3 분할기준

❑ 지형특성 및 수자원의 부존량에 따라 용수구역 규모를 설정

❑ 용수구역경계는 수문학적인 유역경계를 원칙으로 하며, 관리측면에서 행정구역을 반영

❑ 용수구역 구분은 수원공과 해당 수원공으로부터 공급받는 관개용수의 수혜를 받는 지역을 묶어서 하나의 용수구역으로 설정

❑ 수자원공통유역을 기본으로 공통유역 내 자연하천의 합류지점을 기본설정

❑ 유역의 수문학적 특성을 반영하여 분수계의 경계를 따름

1.1.4 조사지역 설정(대마지구)

❑ 금회 대마지구 조사지역은 전라남도 강진군 대구면, 마량면 2개 면이다.

<표 1-1-1> 전라남도 용수구역별 행정구역 현황

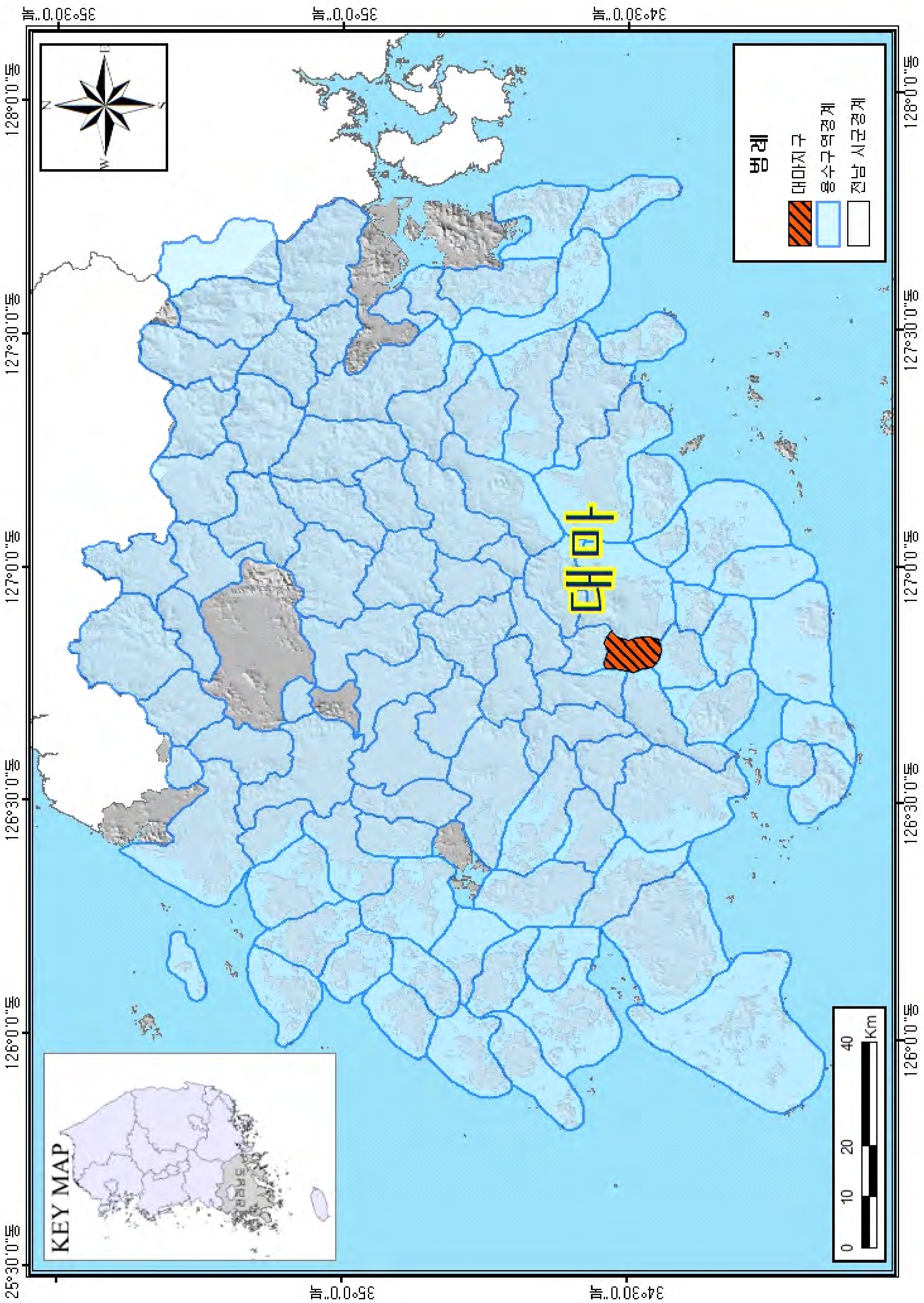
용수구역	행정구역 현황	수계	비고
강성	**강진군** 병영, 성전, 작천	탐진강	
강도	**강진군** 강진, 도암	해안지역	
강칠	**강진군** 칠량	해안지역	
대마	**강진군** 대구, 마량	해안지역	
고대	**고흥군** 남양, 대서, 동강	해안지역	
고과	**고흥군** 과역, 두원, 점암	해안지역	
고도	**고흥군** 도덕, 도양, 도화, 풍양	해안지역	
고포	**고흥군** 고흥, 영남, 점암, 포두	해안지역	
고봉	**고흥군** 과역, 두원, 점암	도서	
고금	**고흥군** 금산	도서	
곡옥	**곡성군** 겸, 삼기, 오산, 옥과, 입	섬진강	
곡고	**곡성군** 고달, 곡성, 오곡	섬진강	
곡석	**곡성군** 목사동, 석곡, 죽곡	섬진강	
광봉	**광양시** 광양, 봉강, 옥곡, 옥룡, 진상	해안지역	
구구	**구례군** 광의, 구례, 산동, 용방	섬진강	
구문	**구례군** 간전, 마산, 문척, 토지	섬진강	
나노	**나주시** 금천, 노안, 문평, 산포	지석강	
나남	**나주시** 남평, 다도, **화순군** 도암	지석강	
나봉	**나주시** 봉황, 세지, 왕곡, **영암군** 금정	지석강	
나동	**나주시** 공산, 동강, 반남, **영암군** 신북, 시종	지석강	
담용	**담양군** 금성, 담양, 용, 월산	지석강	
담수	**담양군** 남, 대전, 수북, **대초군** 진원	지석강	
담고	**담양군** 고서, 남, 대덕, 무정, 봉산, 창평	지석강	
무현	**무안군** 해제, 현경	해안지역	
무망	**무안군** 망운, 무안, 운남, 현경	해안지역	
무일	**무안군** 몽탄, 삼향, 일노	지석강	
무청	**무안군** 삼향, 청계	해안지역	
보문	**보성군** 문덕, 복내	섬진강	
보벌	**보성군** 벌교, **순천시** 낙안	해안지역	
보노	**보성군** 겸백, 노동, 미력, 보성, 율어	섬진강	
보성	**보성군** 득량, 조성, 회천	해안지역	
보웅	**보성군** 보성, 웅치	해안	
승월	**순천시** 월등, 황전	섬진강	

<표 1-1-1> 전라남도 용수구역별 행정구역 현황(계속)

용수구역	행정구역 현황	수계	비고
승외	**순천시** 송광, 외서, 주암	섬진강	
승서	**순천시** 서	이사천	
승상	**순천시** 낙안, 별량, 상사, 승주	이사천	
승해	**순천시** 해룡	해안지역	
신임	**신안군** 임자	도서	
신지	**신안군** 지도	해안지역	
신증	**신안군** 증도	도서	
신압	**신안군** 압해	도서	
신자	**신안군** 자은	도서	
신암	**신안군** 암태	도서	
신비	**신안군** 비금	도서	
신팔	**신안군** 팔금	도서	
신안	**신안군** 안좌	도서	
신도	**신안군** 도초	도서	
신하	**신안군** 신의, 하의	도서	
신장	**신안군** 정산	도서	
신흑	**신안군** 흑산	도서	
하화	**광양시** 다압, 진월, **하동군** 악양, 화개	섬진강	
여율	**여수시** 율촌	해안지역	
여소	**여수시** 소라, 화양	해안지역	
여화	**여수시** 화정	도서	
여돌	**여수시** 돌산	해안지역	
여남	**여수시** 남	도서	
여삼	**여수시** 삼산	해안지역	
영갑	**영광군** 군남, 군서, 묘량, 백수, 불갑, 연산, 영광	해안지역	
영대	**영광군** 대마, 묘량, 영광, **고창군** 대산	해안지역	
영낙	**영광군** 낙월	도서	
영도	**영암군** 군서, 덕진, 도포, 영암	지석강	
영학	**영암군** 미암, 삼호, 서호, 학산	지석강	
완당	**완도군** 금당	도서	
완고	**완도군** 고금	도서	
완군	**완도군** 군외, 완도	해안	
완금	**완도군** 금일	도서	

<표 1-1-1> 전라남도 용수구역별 행정구역 현황(계속)

용수구역	행정구역 현황	수계	비고
완약	**완도군** 약산	도서	
완신	**완도군** 신지	도서	
완생	**완도군** 생일	도서	
완청	**완도군** 청산	도서	
완노	**완도군** 노화	도서	
완소	**완도군** 소안	도서	
완보	**완도군** 보길	도서	
장북	**대초군** 북이, 북일, 북하, 서삼, 대초 **담양군** 월산	지석강	
장삼	**대초군** 동화, 삼계, 삼서, 서남, 황룡	지석강	
장유	**장흥군** 금정, 부산, 유치, **강진군** 옴천, **영암군** 영암	탐진강	
동평	**장흥군** 장동, 장평	섬진강	
장군	**장흥군** 장흥, **강진군** 군동	탐진강	
장안	**장흥군** 안양, 용산	해안지역	
장관	**장흥군** 관산, 대덕, 회진	해안지역	
진군	**진도군** 고군, 군내	해안지역	
진진	**진도군** 의신, 임회, 지산, 진도	해안지역	
진조	**진도군** 조도	도서	
함라	**함평군** 나산, 월야, 해보, **대초군** 삼서	지석강	
함신	**함평군** 대동, 나주, 손불, 신광, 엄다, 학교, 함평, **강진군** 다시	지석강	
함손	**함평군** 손불	해안	
해화	**해남군** 문내, 화원	해안	
해산	**해남군** 마산, 산이	해안지역	
해계	**해남군** 계곡, 옥천, **강진군** 도암	해안	
해황	**해남군** 황산	해안지역	
해삼	**해남군** 삼산, 옥천, 해남	해안지역	
해현	**해남군** 송지, 현산, 화산	해안지역	
해북	**해남군** 북일, 북평, **강진군** 도암	해안지역	
화이	**화순군** 대덕, 북, 이서, **담양군** 남	섬진강	
화남	**화순군** 남, 동복, 한천	섬진강	
화릉	**화순군** 능주, 도곡, 동, 한천, 화순	지석천	
화춘	**화순군** 이양, 청풍, 춘양	지석강	



<그림 1-1-1> 전라남도 용수구역 현황

1.2 행정구역 및 인구

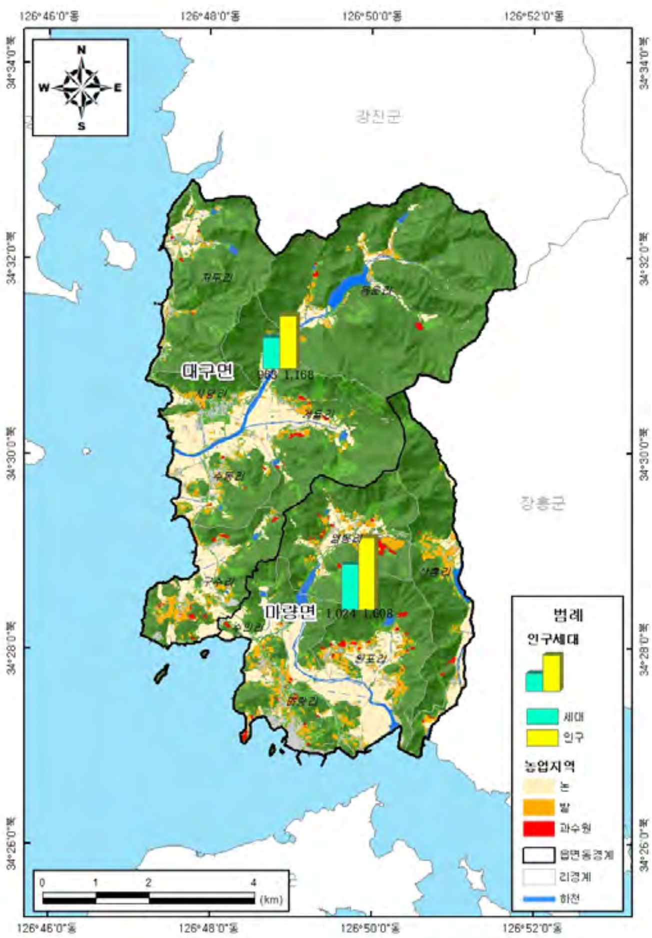
1.2.1 행정구역 현황

❑ 대마지구는 대구면, 마량면 2개면으로 구성되어 있으며, 전체 면적은 53.72㎢이고, 그 중 대구면이 전체 면적의 62.45%를 차지한다<표 1-2-1, 그림 1-2-1>.

<표 1-2-1> 대마지구 행정구역 현황

행 정 구 역			면 적 (㎢)	구성비 (%)
시·군	읍·면	법정리		
1군	2면	11개리	53.72	100.00%
강진군	대구면	수동리, 사당리, 용운리, 계율리, 구수리, 저두리	33.55	62.45%
	마량면	영동리, 상흥리, 원포리, 마량리, 수인리	20.17	37.55%

※ 자료출처 : 통계연보(강진군, 2021)



<그림 1-2-1> 대마지구 행정구역 현황

1.2.2 인구 현황

❑ 2020년말 기준 대마지구 인구는 3,706명으로, 이는 전라남도 전체인구 1,884,455명의 약 0.20%, 강진군 전체인구인 35,042명의 약 10.58%에 해당되며, 마량면 2,538명, 대구면 1,168명 순으로 확인된다<표 1-2-2>.

❑ 대마지구의 세대수는 1,717세대(강진군 전체 18,612세대의 약 9.23%)이며, 세대당 인구는 평균 2.16명/세대이다.

❑ 대마지구의 인구밀도는 68.99명/㎢으로 나타났으며 대구면이 34.81명/㎢, 마량면이 125.83명/㎢으로 확인된다.

<표 1-2-2> 대마지구 인구현황

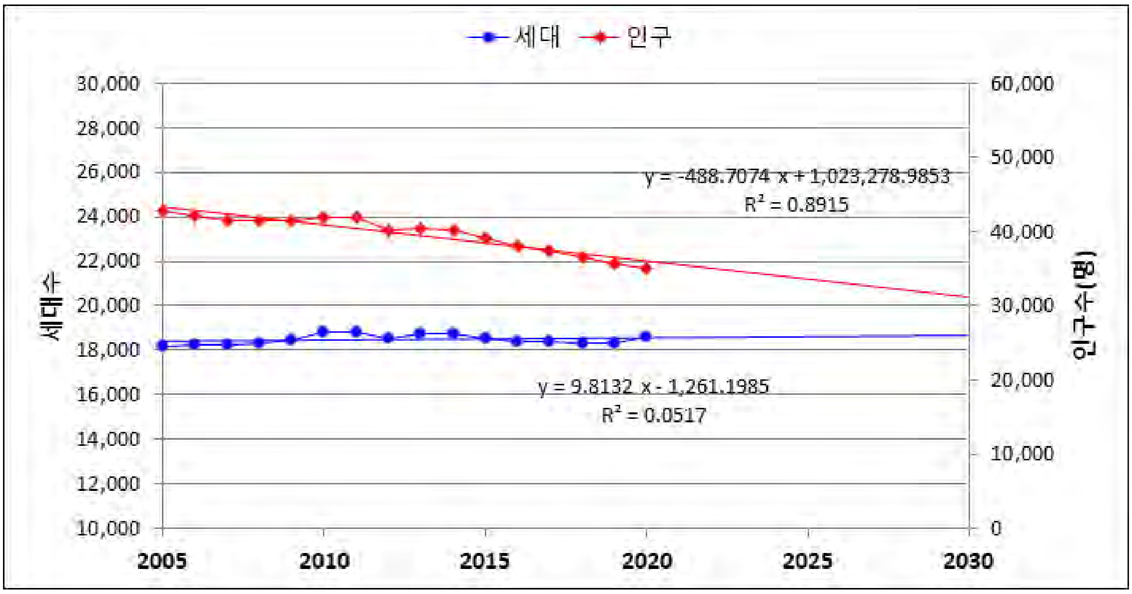
구 분		세 대	인 구(명)			인구밀도 (명/㎢)	면 적 (㎢)	세대당 인구 (명/세대)
			계	남	여			
전라남도		893,152	1,884,455	951,722	932,733	152.61	12,348.09	2.30
강진군		18,612	35,042	16,934	18,108	62.20	563.35	1.88
대마지구		1,717	3,706	1,789	1,917	68.99	53.72	2.16
강진군	대구면	693	1,168	559	609	34.81	33.55	1.69
	마량면	1,024	2,538	1,230	1,308	125.83	20.17	2.48

※ 자료출처 : 통계연보(전라남도, 강진군, 2021)

❑ 2005년부터 2020년까지의 강진군 인구변화는 아래 <표 1-2-3>과 같다. 2003년부터 세대수는 미미하게 증가하고 있으나 인구는 꾸준히 줄어들고 있는 추세이다. 최근 10년간의 인구추세에 따르면 약 10년 뒤인 2030년에는 세대수는 약 2만1천세대, 인구수는 약 3만1천명으로 예상된다.

<표 1-2-3> 강진군 총 인구현황 추이

연도별	세대수	인구	인구밀도	면적(㎢)	세대당 인구
2005	18,205	42,828	85.6	500.16	2.4
2006	18,253	42,109	84.2	500.16	2.3
2007	18,246	41,575	83.1	500.26	2.3
2008	18,352	41,389	81.1	500.26	2.2
2009	18,491	41,428	82.8	500.28	2.2
2010	18,783	41,910	83.8	500.28	2.2
2011	18,824	41,899	83.8	500.28	2.2
2012	18,550	40,241	80.3	500.28	2.1
2013	18,756	40,429	80.7	500.93	2.0
2014	18,753	40,256	80.4	500.93	2.1
2015	18,507	39,168	78.2	500.93	2.1
2016	18,414	38,161	69.4	500.93	2.1
2017	18,358	37,312	74.5	500.93	2.0
2018	18,352	36,598	73.1	500.93	1.97
2019	18,351	35,742	71.4	500.93	1.92
2020	18,612	35,042	70.0	500.9	1.86



<그림 1-2-2> 인구추이 변화

1.3 농업 및 산업경제

1.3.1 농업현황

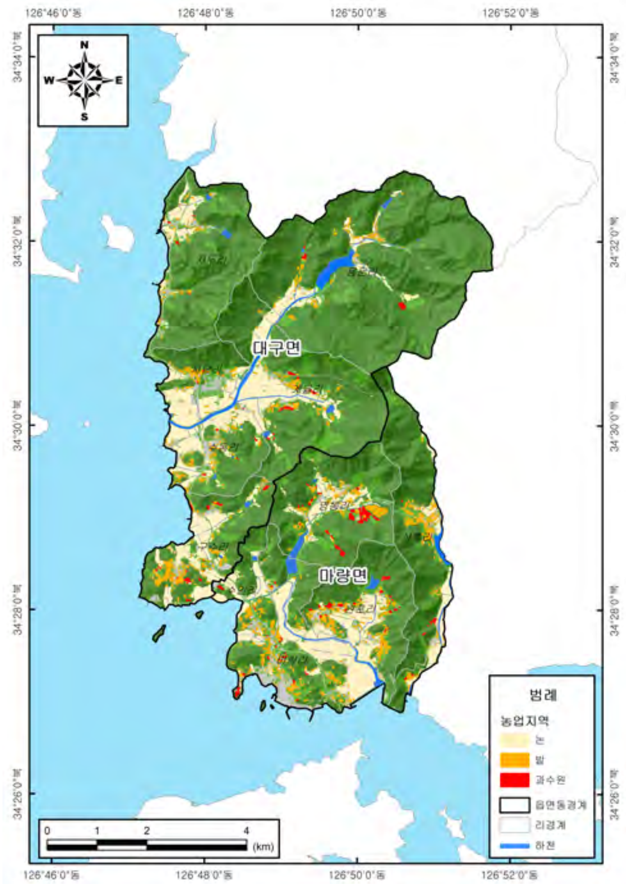
❏ 강진군의 농가수는 총가구의 약 28.50%인 5,305가구이며, 경지면적은 12,043ha(답 10,227ha, 전 1,817ha)로 답과 전의 비율은 17 : 3이며, 가구당 경지면적은 188ha/가구이다<표 1-3-1>.

<표 1-3-1> 농가 및 경지면적 현황

(단위 : 호, ha)

연도별	총가구수	가구수		경지면적			농업진흥지역	농업보호구역
		농가수	비율(%)	계	답	전	면적	면적
2016	18,414	5,614	30.49	12,606	10,633	1,973	12,132	1,191
2017	18,358	5,828	31.75	11,249	9,384	1,865	11,383	1,551
2018	18,352	6,332	34.50	12,338	10,333	2,005	11,368	1,559
2019	18,351	6,414	34.95	12,094	10,577	2,326	11,295	1,585
2020	18,612	5,305	28.50	12,043	10,227	1,817	11,381	1,556

※ 자료출처 : 통계연보(강진군, 2021)



<그림 1-3-1> 농지분포도

1.3.2 축산업 현황

❏ 대마지구 축산가구는 총 165가구이며, 그 중 한우를 사육하는 가구가 158가구로 가장 큰 비중을 차지하며 사육두수는 가금류가 218,300마리로 가장 큰 비중을 차지한다<표 1-3-2>.

<표 1-3-2> 대마지구 축산업 현황

구 분		한우		가금		양		사슴	
		가구	마리	가구	마리	가구	마리	가구	마리
대마지구		158	13,771	5	218,300	1	250	1	-
강진군	대구면	65	1,492	2	200,000	-	-	1	-
	마량면	93	12,279	3	18,300	1	250	-	-

※ 자료출처 : 강진군 가축사육업등록현황, 현장조사 결과

1.3.3 사업체 현황

❏ 대마지구의 사업체수는 조금씩 증가하고 있으며, 지구내 사업체수는 435개소로 강진군 전체(3,462개소)의 12.56%가 운영되고 있으며, 종사자수는 1,183명으로 강진군 전체 (12,796명)의 9.25%가 종사하고 있는 것으로 나타났다<표 1-3-3>.

<표1-3-3> 사업체증가추이

(단위 : 개소, 명)

구 분		사업체수				종사자수			
		‘17	‘18	‘19	비율(%)	‘17	‘18	‘19	비율(%)
대마지구		389	412	435	12.56	954	1,090	1,183	9.25
강진군	대구면	109	122	132	3.81	283	361	376	2.94
	마량면	280	290	303	8.75	671	729	807	6.31

※ 자료출처 : 강진군 통계연보(2018~2021), 비율(%)은 강진군 전체 사업장 대비 비율

1.3.4 광산 및 제조업 현황

❑ 강진군 전체의 광업 및 제조업 사업체수는 23개소, 종사자수는 479명으로 조사되었으며, 2016부터 사업체수와 종사자수가 감소하다 2019년 이후로 증가하고 있는 추세이다<표 1-3-4>.

<표 1-3-4> 강진군 광산현황 (단위 : 개소, 명)

연도	사업체수	종사자수	비고
2015	23	452	
2016	21	485	
2017	19	461	
2018	20	456	
2019	23	479	

※ 자료출처 : 통계연보(강진군, 2021)

1.3.5 산업단지 현황

❑ 강진군에는 총 3개의 산업 및 농공단지가 운영 중이며, 강진군에 운영되고 있는 산업 및 농공단지 현황은 아래와 같다<표 1-3-5>.

<표 1-3-5> 산업 및 농공단지 현황

순번	단지명	주소	분양대상 (㎡)	분양면적 (㎡)	분양율 (%)
1	강진산업단지	전남 강진군 성전면 송학리	479	317	66
2	마량농공단지	전남 강진군 마량면 마량리	44	44	100
3	칠량농공단지	전남 강진군 칠량면 송로리	67	67	100

※ 자료출처 : 통계연보(강진군, 2021), 강진군청 산업/농공단지 현황

1.4 자연환경현황

1.4.1 하천 및 유역

가. 하천현황

❑ 대마지구에는 상흥천, 마량천, 대구천 3개의 지방하천이 발달해 있고, 평균 하천연장은 4.22km이다<표 1-4-1>.

<표 1-4-1> 대마지구 지방하천 현황

하천명	유수의 계통(수계)				하천 등급	하천기점		하천종점		하천 연장 (km)	유로 연장 (km)	유역 면적 (km²)
	본류	제1지류	제2지류	제3지류		시군	읍면	시군	읍면			
상흥천	상흥천	-	-	-	지방	강진	마량	강진	마량	2.85	2.85	9.50
마량천	마량천	-	-	-	지방	강진	마량	강진	마량	3.67	3.70	8.82
대구천	대구천	-	-	-	지방	강진	대구	강진	대구	6.13	8.97	22.73

※ 자료출처 : 한국하천일람표(국토해양부, 2020. 12. 31 기준)

<그림 1-4-1> 대마지구 하천 현황

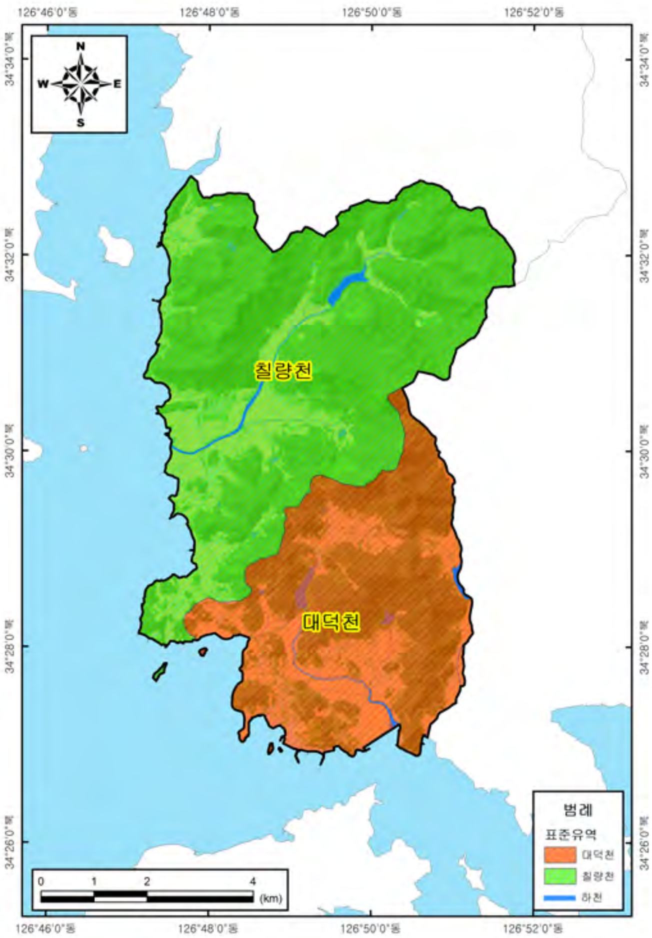
나. 유역 현황

❏ 본 조사는 수계분포와 지형 등을 고려하여 분류된 수자원단위지도인 표준유역을 지하수 이용현황, 물수지 분석 및 지하수자원 평가의 기초 단위로 설정하였으며, 1개의 대권역과 1개의 중권역, 2개의 표준유역이 포함되어 있다<표 1-4-2, 그림 1-4-2>.

<표 1-4-2> 표준유역 현황

대권역	중권역	표 준 유 역			
		유역명	유역코드	면 적(㎢)	구성비(%)
대마지구				53.72	100.00
섬진강	지석천	대덕천	410103	20.47	38.10
		칠량천	410104	33.25	61.90

※ 자료출처 : 한강홍수통제소 하천정보센터



<그림 1-4-2> 대마지구 표준유역 현황

1.4.2 기상

❏ 강진군의 연평균기온은 14.2℃, 연평균강수량은 1,654.4㎜, 월별 최고 강수는 7월에 398.5㎜(24.1%)이며, 평균풍속은 2.2m/sec이다<표 1-4-3>.

<표 1-4-3> 기상현황

년도/월별	평균기온 (℃)	강수량 (㎜)	평균풍속 (m/sec)
2016	14.8	1,398.0	3.1
2017	14.3	722.5	3.5
2018	14.0	1,634.5.	2.4
2019	14.3	1,481.6	2.2
2020	14.2	1,654.4	2.2
1월	47	95.0	2.3
2월	51	40.9	2.3
3월	84	37.9	2.7
4월	110	63.6	2.7
5월	179	161.5	2.4
6월	227	332.1	2.2
7월	232	398.5	1.9
8월	276	253.1	2.3
9월	213	221.0	1.6
10월	153	24.7	1.8
11월	107	12.1	2.4
12월	25	14.0	2.2

※ 자료출처 : 통계연보(강진군, 2021)

1.4.3 지형 및 지질

가. 지형

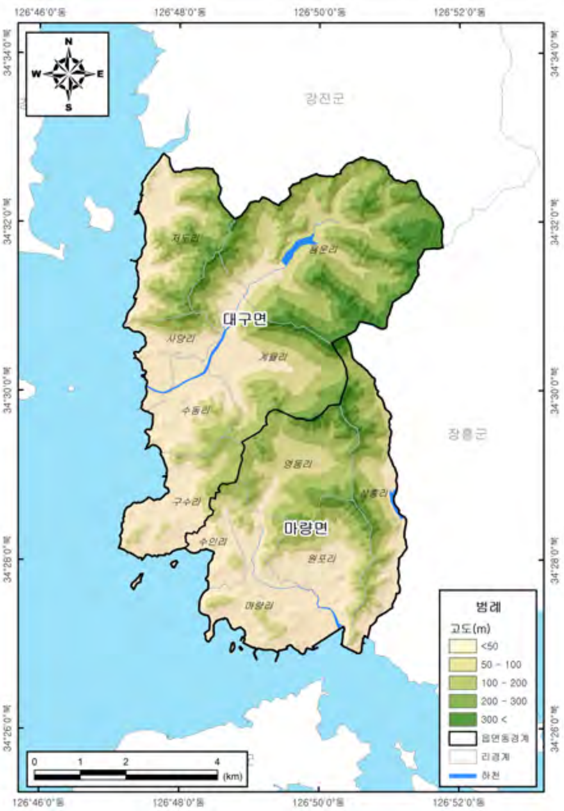
❑ 대마지구는 강진군 동남부 지역으로 대구면의 천태산(545.0m), 여계산(311.3m), 마량면의 봉대산(358.7m)이 위치하며, 구릉성 산지와 평야는 대부분 경작지로 이용되며 평야 및 구릉지는 주로 논농사로, 고지대는 밭농사 및 과수 산지로 경작되고 있다.

❑ 조사지역은 해발고도 100m 이하의 평지가 전체 면적의 50% 이상이며 200m 이상의 산지는 대구면 북쪽 일부와 마량면에 주로 나타난다. <표 1-4-4, 그림 1-4-3>.

<표 1-4-4> 대마지구 지형고도

(단위 : m, ㎢)

고도 / 면적	전 체	50 이하	50 ~ 100	100~200	200~300	300 이상
대마지구	53.72	17.79	10.87	15.07	7.28	2.71



<그림 1-4-3> 지형고도 분포

나. 지질

❑ 한국지질자원연구원에서 발간한 1:250,000 목포도폭 지질보고서를 이용하여 지질도를 작성하고, 행정구역별 지질 분포현황을 분석한 결과는 <표 1-4-6>과 같다.

❑ 대구지구의 지질은 하부로부터 시대미상의 화강암질편마암, 백악기의 부용산분출암류, 용소리분출암류, 미문상화강암 그리고 제4기 충적층 등으로 구성된다.

❑ 대마지구에 분포하는 지질을 지질특성에 따른 수문지질단위(hydrogeologic unit)로 구분하면 <표 1-4-5>와 같다.

<표 1-4-5> 수문지질단위 분류

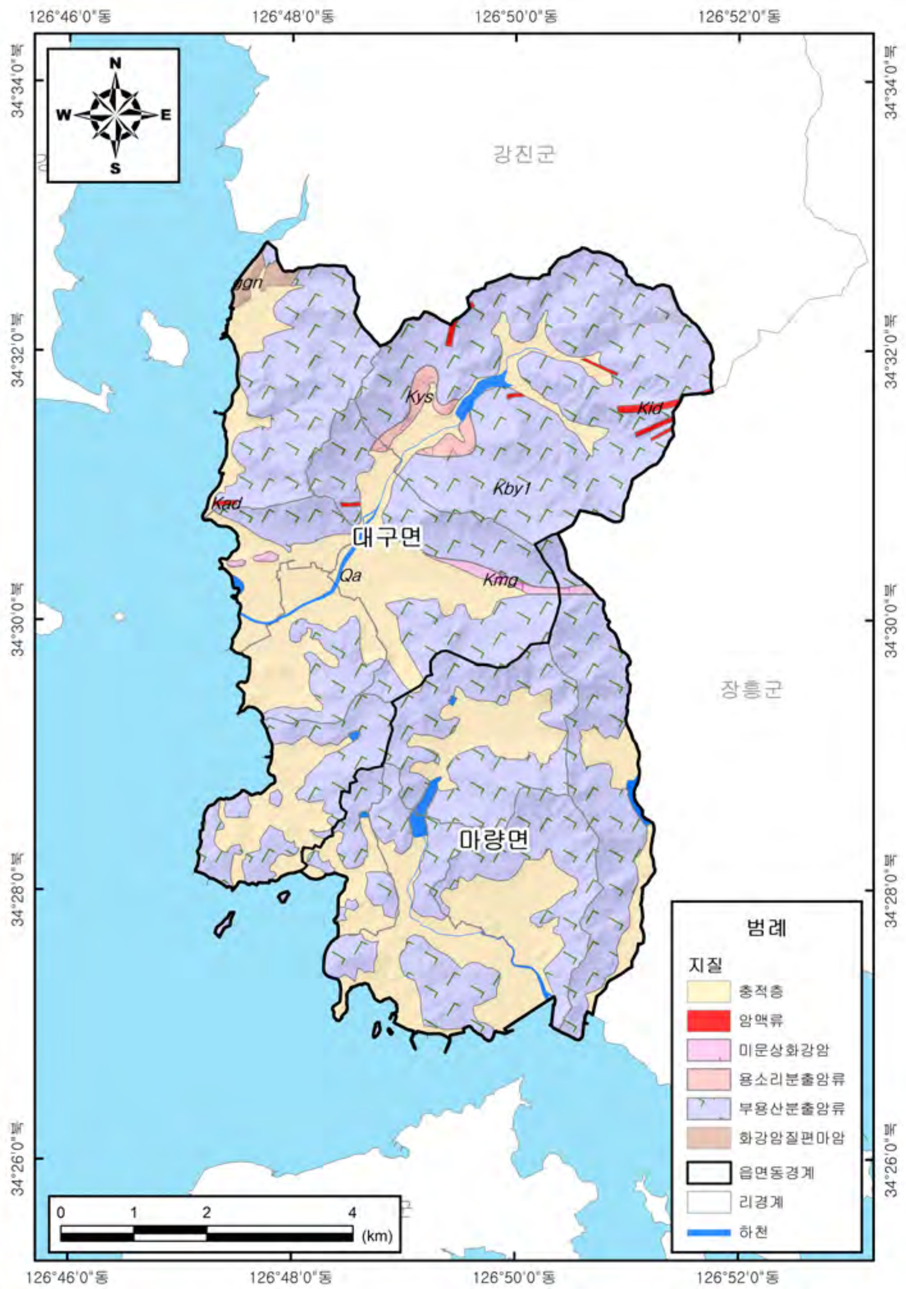
지질 시대	지 질	기 호	수문지질단위	지 형	대수층 특성	지하 수산 출성
제4기	충적층	Qa	미고결쇄설성퇴적층	평야,곡간, 해빈	1차공극	대
~ ~ ~ ~ ~ 부 정 합 ~ ~ ~ ~ ~						
백악기	미문상화강암	Kmg	관입화성암	산지>구릉	단열	소
	용소리분출암류	Kys	비다공질화산암	산지	단열	소
	부용산분출암류	Kby1	비다공질화산암	산지	단열	소
~ ~ ~ ~ ~ 부 정 합 ~ ~ ~ ~ ~						
시대 미상	화강암질편마암	ggn	변성함	산지>구릉	단열	소

※ 자료출처 : 지하수 기초조사 및 지하수지도(수문지질도) 제작.관리 지침 (국토해양부, 2010)

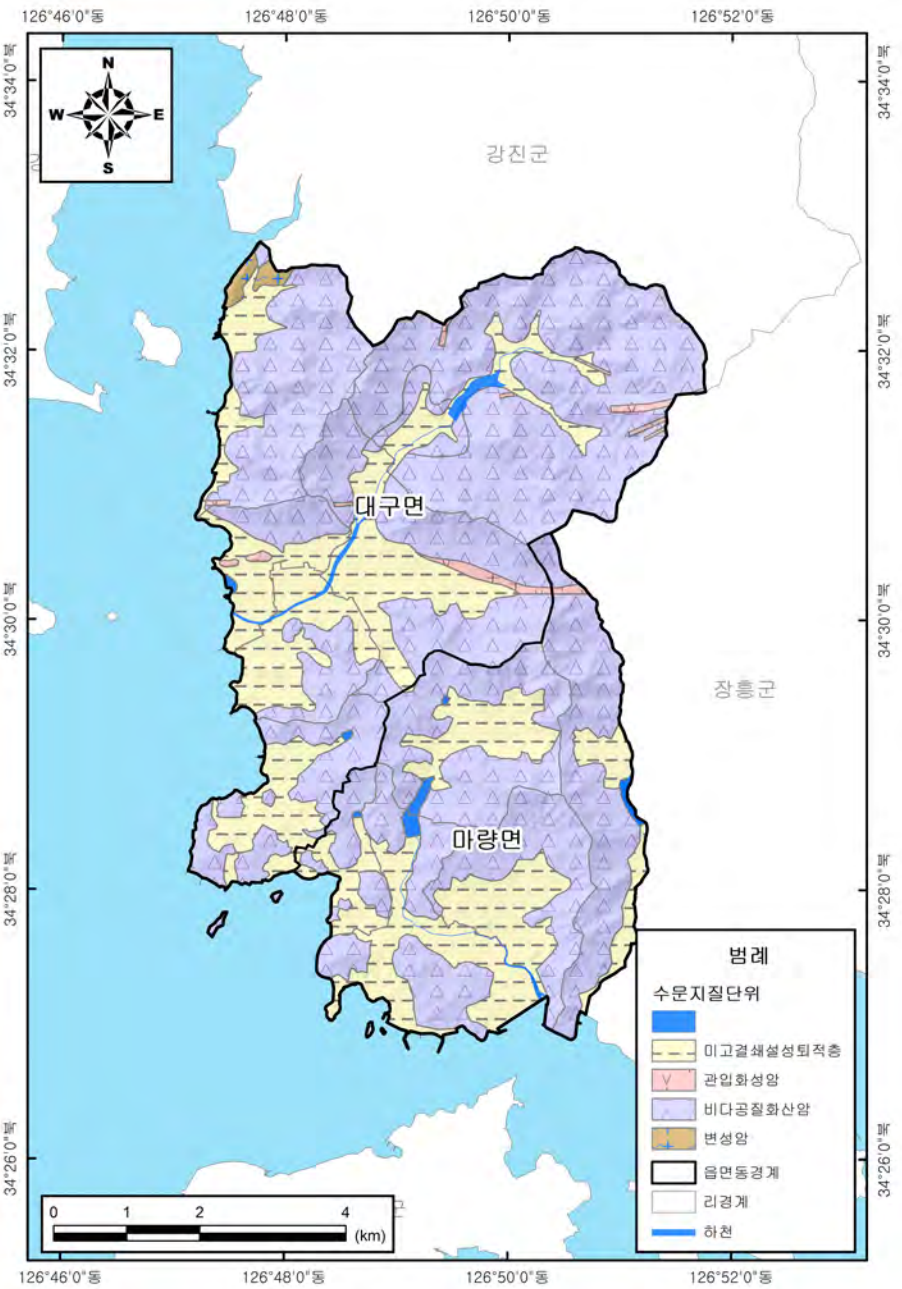
<표 1-4-6> 행정구역별 지질 면적

(단위 : ㎢)

구 분		계	ggn	Kad	Kby1	Kid	Kmg	Kys	Qa	W
대마지구		53.72	0.26	0.06	36.12	0.18	0.31	0.53	15.98	0.28
구성비(%)		100.00	0.48	0.11	67.24	0.34	0.58	0.99	29.75	0.52
강진군	대구면	33.55	0.26	0.06	23.14	0.18	0.26	0.53	9.06	0.06
	마량면	20.17	-	-	12.98	-	0.05	-	6.92	0.22



<그림 1-4-4> 대마지구 지질도



<그림 1-4-5> 대마지구 수문지질도

1.4.4 토지이용 및 토양

가. 토지이용

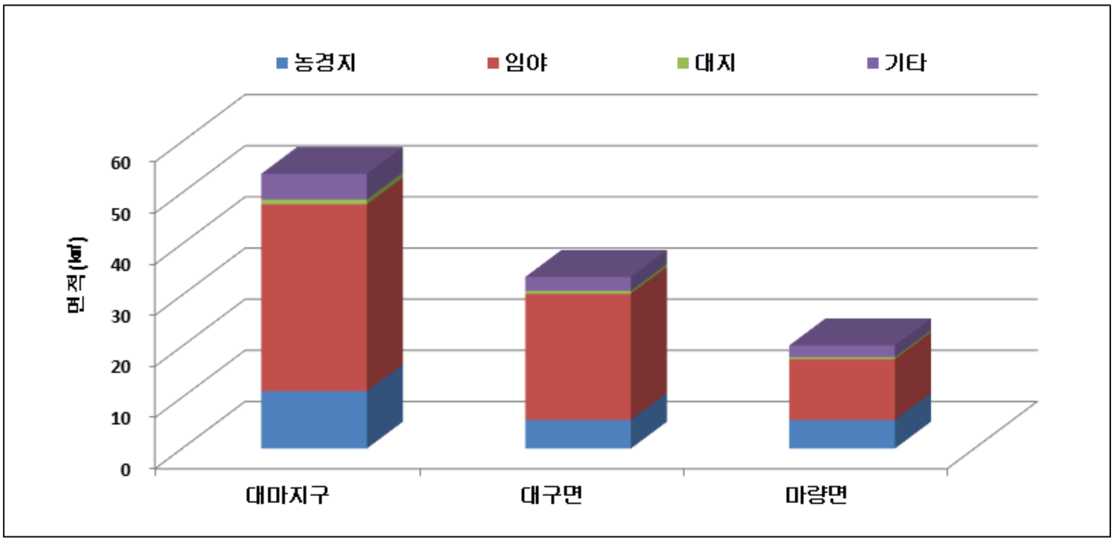
❑ 대마지구의 면적은 53.72㎢로 강진군 전체 면적의 9.5%를 차지하며, 그 중 임야는 대마지구 전체 면적의 67.96%인 36.51㎢로 넓은 면적을 점유하고, 농경지(전, 답, 과수)는 20.90%인 11.23㎢이다. 농경지는 대구면과 마량면이 비슷하게 분포한다<표 1-4-7, 그림 1-4-6>.

<표 1-4-7> 지목별 토지이용 현황

(단위 : ㎢)

구분		합계	농경지				임야	대지	기타
			소계	전	답	과수원			
전라남도		12,348.09	3,223.28	1,157.15	2,025.74	40.39	6,951.32	308.41	1,865.09
강진군		563.35	139.44	30.65	107.97	0.82	287.41	10.96	63.09
대마지구		53.72	11.23	3.87	7.27	0.09	36.51	0.97	5.01
구성비(%)		100.00%	20.90%	7.20%	13.53%	0.17%	67.96%	1.81%	9.33%
강진군	대구면	33.55	5.61	1.63	3.94	0.04	24.66	0.57	2.71
	마량면	20.17	5.62	2.24	3.33	0.05	11.85	0.40	2.30

※ 자료출처 : 통계연보(전라남도, 강진군, 2021)



<그림 1-4-6> 읍면별 지목별 토지이용현황

나. 토양

❑ 토양의 특성은 강수에 의한 유출과정의 중요한 인자이며, 토양의 성질에 따라 침투능이 상이하므로 그에 따른 직접유출량도 다를 수밖에 없다.

❑ NRCS 토양형은 토양의 종류와 토지이용, 식생 피복 상태와 토양의 수문학적 조건 등을 고려하여 직접 유출에 미치는 영향을 양적으로 나타낸 등급이다<표 1-4-8>.

❑ 본 조사에서는 농촌진흥청 농업기술연구소에서 제공하는 1:25,000 정밀토양도를 각 토양형의 배수능력, 토질, 지형 및 모재에 대한 정보를 이용하여 자연자원보호청(Natural Resources Conservation Service, N.R.C.S)의 토양침투능 기준으로 4가지 토양군으로 재분류하였다<표 1-4-9>.

<표 1-4-8> NRCS 방법에 의한 수문학적 토양군 분류(NRCS, 1972)

유출율	토양군	특성	침투율
적음	A	최저 유출 발생 가능량(Lowest runoff potential)이 있는 진흙, silt가 거의 없는 깊은 모래층 또는 자갈층	높은 습윤상태에서 높은 침투율 > 0.76 ㎝/hr
	B	유출 발생 가능성이 다소 높은(Moderately low runoff potential) 사질토이며, 침투율은 평균보다 높으나 진흙이나 silt가 함유된 흙	높은 습윤상태에서 보통 침투율 > 0.38 - 0.76 ㎝/hr
	C	유출 발생 가능성이 B급보다는 높은(Moderately high runoff potential)흙으로서 진흙에 silt가 많이 섞여 얇은 층을 구성하며 침투율은 평균보다 다소 낮은 흙	높은 습윤상태에서 낮은 침투율 > 0.12 - 0.38 ㎝/hr
많음	D	유출 발생 가능성이 가장 높은(Highest runoff potential) 흙으로서 대부분이 진흙과 silt로 불투수층과 직접 접하여 있는 흙	높은 습윤상태에서 매우 낮은 침투율 > 0 - 0.12 ㎝/hr

❏ 대마지구의 NRCS토양형은 토양침투능이 상대적으로 매우 양호한 A형이 3.41㎢(6.35%)이고, 비교적 양호함을 의미하는 B형 토양이 11.86㎢(22.08%)로 양호한 침투능을 갖는 토양의 면적비가 28.43%로 나타난다. 침투능이 매우 불량함을 지시하는 D형은 38.41㎢(71.50%)로 이는 대마지구의 강우 토양침투능이 비교적 불량함을 의미한다. 표준유역별 토양형의 분포면적은 <표 1-4-10, 그림 1-4-7>와 같다.

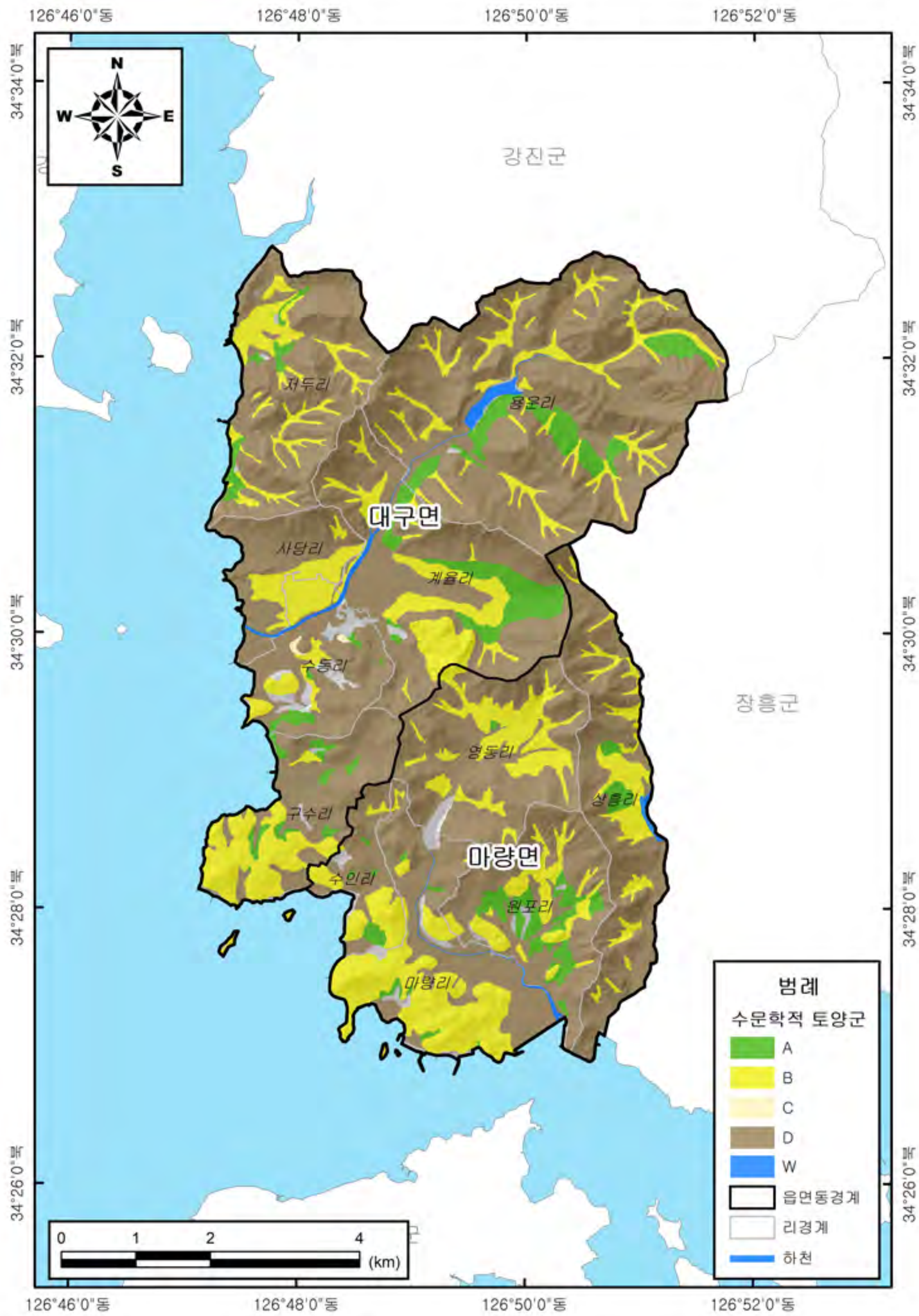
<표 1-4-9> NRCS 토양형에 따른 대마지구 토양의 재분류

구 분	대마지구의 토양형	면적(㎢)	구성비(%)
계		53.72	100.00
A	AnD, ArC, ArD, UoC	3.41	6.35
B	AsC2, AsD2, CaE2, Hg, HgB, MzE2, NtD2, SbC, SbD, UnD, YxB	11.86	22.08
C	SoC2	0.04	0.07
D	BdB, Bg, BH, BsC, ByC2, ByD2, ByE2, Dh, GlC2, GlD2, GmC, GmD, GpB, HEB, HMB, HpE2, HpF2, HzE2, HzF2, IgB, IgC, KfB, KkB, Kp, MdF2, MoB, MvF2, Pr, RC, StC, StD, TF, WoB, YjC	38.41	71.50

<표 1-4-10> 토양등급별 분포면적

(단위:㎢)

구분		계	A	B	C	D
구성비(%)		100.00	6.35	22.08	0.07	71.50
표준유역	계	53.72	3.41	11.86	0.04	38.41
	대덕천	20.47	1.02	6.00	-	13.45
	칠량천	33.25	2.39	5.87	0.04	24.96



<그림 1-4-7> 대마지구 NRCS 토양도

Tip

◈ 기상자료 : 강수량, 유출량, 증발산량, 침투량 등의 추정자료
◈ 지형자료 : 지하수 유동 형태 규명
◈ 지질자료 : 지하수 부존특성 규명
◈ 토양자료 : 강우의 지하 침투, 배수, 유출 등의 정보 제공

〈부록 Ⅱ. 지하수 개발·이용 현황〉

2. 지하수 개발·이용 현황

2.1 지하수 개발 현황

❑ 대마지구에 대한 지하수 개발 및 이용현황을 파악하기 위하여 지자체 지하수 인허가 부서의 새올행정시스템자료(지하수 허가 및 신고시설)와 공공관정 관리대장 그리고 국토교통부에서 발간하는 지하수조사연보의 이용실태 자료를 수집하여 검토하였다.

2.1.1 신고·허가별 지하수 개발 현황

❑ 강진군의 새올행정시스템 자료에 의하면, 대마지구에는 총 777개소의 지하수시설이 개발·이용되고 있고, 관정개발밀도는 14.46공/㎢이다. 이 중 농업용 관정은 508공으로 지하수조사연보(2021)의 농업용 관정 418공과 차이가 크지 않다.

❑ 허가·신고형태별로 구분하면, 허가시설 14공, 신고시설 763공으로 분류된다. 면별로는 대구면 410공, 마량면 367공으로 마량면과 대구면이 비슷하게 개발된 것으로 조사되었다<그림 2-1-1>.

❑ 금회 조사에서는 해당 지자체 지하수 행정자료와 공공관정을 기반으로 하여 농업용 관정을 중점적으로 조사하였으며, 시설물 등록 및 이용현황, 지리적 위치확인, 현장수질측정, 관정점검 등을 실시하였다.

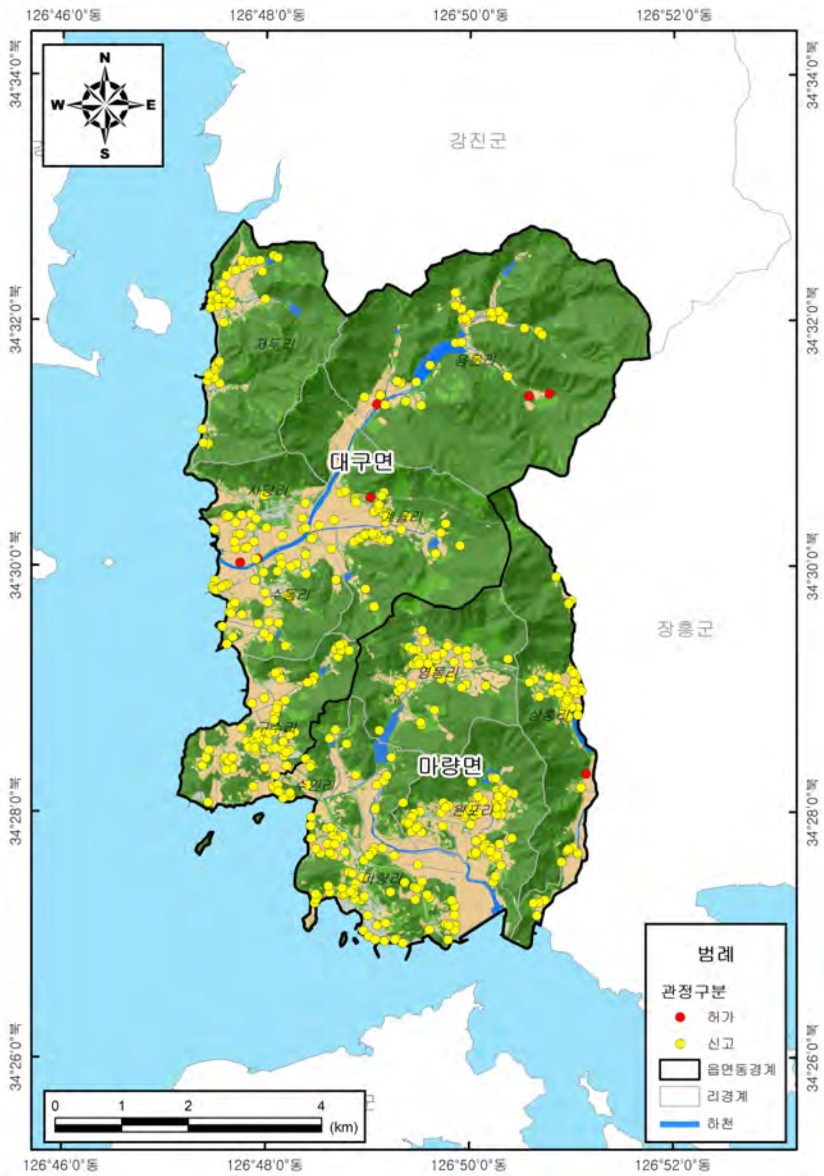
❑ 현장조사는 대마지구의 총 164개소의 농업용 지하수시설 중 공공관정 17공, 일반관정 147공 등 총 164공을 조사하였다<표 2-1-1>.

<표 2-1-1> 허가·신고형태별 지하수개발 현황

(단위 : 공)

구 분		행정자료[1]				지하수[2] 조사연보 (농업용)	금회조사[3]			
		계	허가	신고	미신고		계	허가	신고	미신고
대마지구		777	14	763	-	418	164	9	164	-
구성비(%)		100.00	1.80	98.20	-	100.0	100.00	5.49	100.00	-
강진군	대구면	410	13	397	-	238	82	4	78	-
	마량면	367	1	366	-	180	82	5	77	-

※ 자료출처 : (1) 새올행정시스템(2021), (2) 지하수 조사연보(2021), (3) KRC 현장조사자료(2022)



<그림 2-1-1> 허가·신고 형태별 지하수시설 현황도

2.1.2 용도별 지하수 개발 현황

❑ 강진군 새올행정시스템(행정자료)과 지하수 조사연보 자료를 살펴보면, 대마지구의 용도별 지하수 개발현황은 생활용이 265공(34.111%), 농업용 지하수 시설이 508공(65.38%), 공업용 3공(0.39%) 등으로 분석되었<표 2-1-2, 그림 2-1-2>.

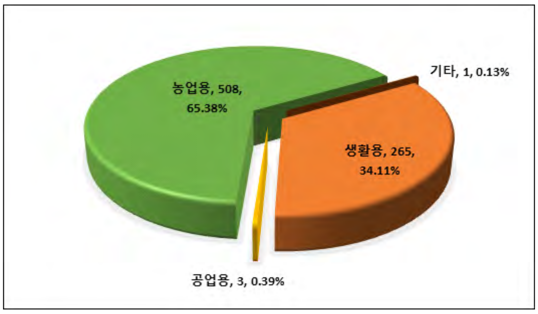
❑ 금회조사에서는 강진군 새올행정시스템 자료의 대마지구에 해당하는 농업용 지하수시설과 농업기반시설 공공관정을 기초로 하여 현장조사를 실시하였다. 공공관정에 대해서는 정밀현황조사를 실시하였으며 관정 현황조사는 읍면별 면적을 고려하여 최대한 등분포로 조사하였다. 용도별 조사대상 농업용 지하수시설 508공 중 금회조사에서 164공을 현장조사를 실시하였다<표 2-1-2>.

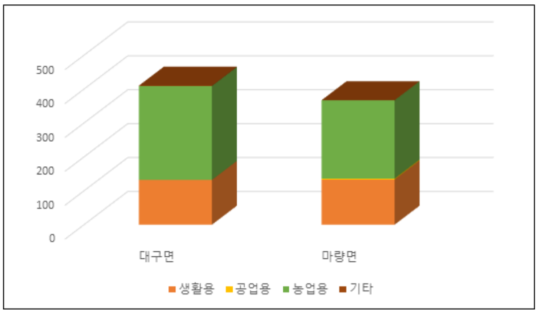
<표 2-1-2> 용도별 지하수 개발 현황

(단위 : 공)

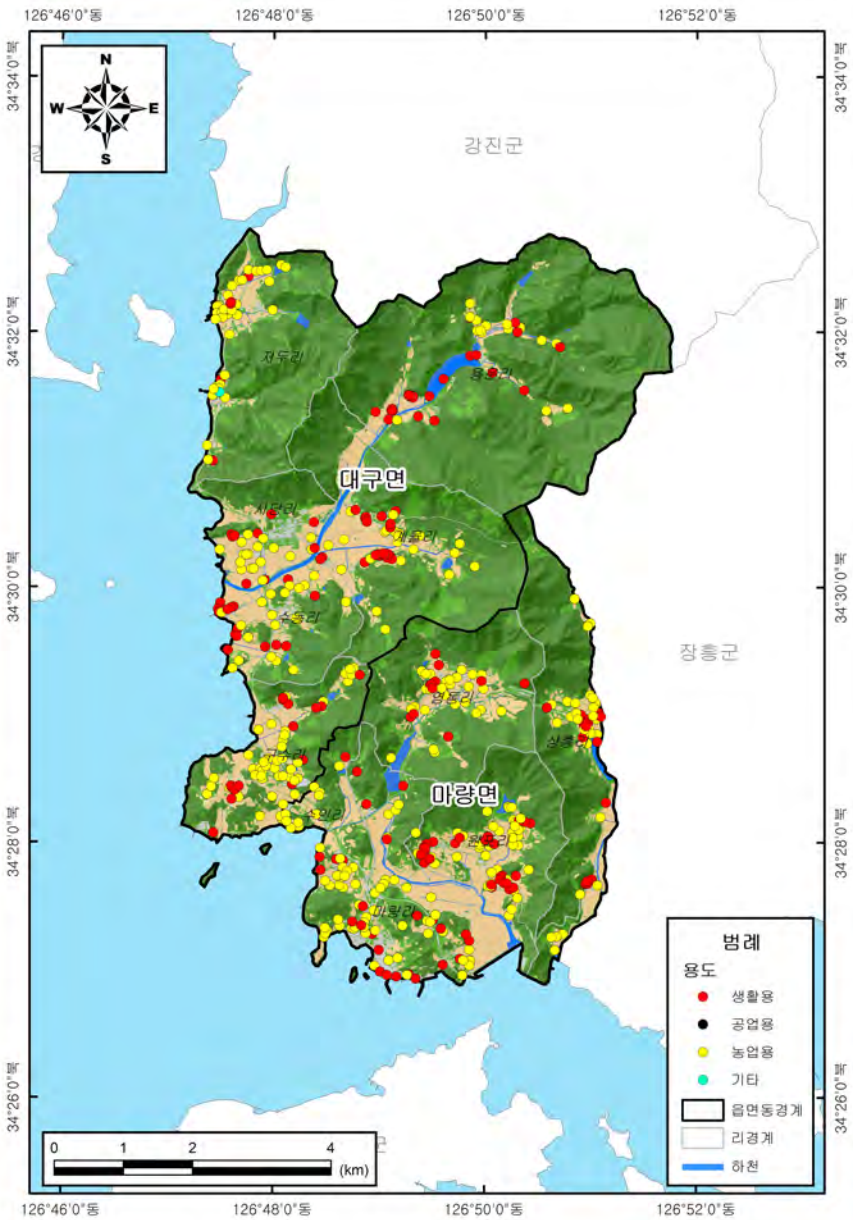
읍 면		행정자료(지자체)(1)					조사연보(2) (농업용)	금회조사(농업용)(3)		
		계	생활용	공업용	농업용	기타		계	공공관정	사설관정
대마지구		777	265	3	508	1	418	164	17	147
구성비(%)		100.00	34.11	0.39	65.38	0.13	100.00	100.00	10.37	89.63
강진군	대구면	410	132	-	277	1	238	82	11	71
	마량면	367	133	3	231	-	180	82	6	76

※ 자료출처 : (1) 새올행정시스템(2021), (2) 지하수 조사연보(2021), (3) KRC 현장조사자료





<그림 2-1-2> 용도별·읍면별 지하수 개발현황



<그림 2-1-3> 용도별 지하수개발 위치도

❏ <그림 2-1-4>는 1995년 이후 강진군의 논, 밭 및 시설재배면적변화 추이를 나타낸 그래프이다(농림어업총조사, 1995~2020). 1995년 이후 강진군의 논과 밭 면적은 감소하는 경향을 보이며 시설재배 면적은 2010년 이후 감소하는 경향을 보이고 있다. 지난 25년간 농업형태 변화는 밭 면적은 약 696ha, 논 면적은 약 2,297ha 감소하였으며, 시설재배면적은 약 71ha가량 감소하였다.

❏ 농업형태의 변화는 지하수 이용량과 직접적인 연관이 있으며 현재까지의 추세로는 농업용 지하수 이용량은 계속해서 늘어날 것으로 예상된다. 지하수자원 이용계획은 장기적인 계획을 갖고 수립해야 하는 만큼 작부체계 변화와 지하수 이용량 변화추세를 분석함으로써 향후 발생가능한 지하수 이용변화 또는 장해에 대비할 필요가 있는 것으로 판단된다.

<그림 2-1-4> 논, 밭, 시설재배면적 변화추이

2.1.3 관정형태별 지하수 개발 현황

❑ 지하수 관정은 개발유형에 따라 암반관정, 충적관정, 방사상 집수정으로 구분된다. 개발유형은 용수공급계획이나 용도 그리고 개발지역의 지형과 지질적인 요소에 의해서도 달라진다.

❑ 지하수 관정을 암반/충적으로 분류한 결과, 암반관정은 413공(53.15%), 충적관정은 364공(46.85%)으로 암반관정이 상대적으로 더 많다. 면별로 분류한 결과 대구면이 암반관정 145공, 충적관정 265공으로 총 410공(52.77%)이며, 마량면은 암반관정 268공, 충적관정 99공 등 총 367공(47.23%)으로 조사되었다<표 2-1-3~5>.

<표 2-1-3> 관정형태별 지하수개발현황

(단위 : 공)

구 분		계[1]			농업용[2]		
		소계	암반	충적	소계	암반	충적
대마지구		777	413	364	508	296	212
구성비(%)		100.00	53.15	46.85	100.00	58.27	41.73
강진군	대구면	410	145	265	277	101	176
	마량면	367	268	99	231	195	36

※ 자료출처 : 1)새올행정시스템(2021), 2)KRC 현장조사자료(2022)

<표 2-1-4> 구경별 현황

(단위 : 공)

대마지구	계	50이하	51-100	101-200	201이상	비 고
계	777	525	18	190	44	-
암반	413	179	18	178	38	-
충적	364	346	-	12	6	-

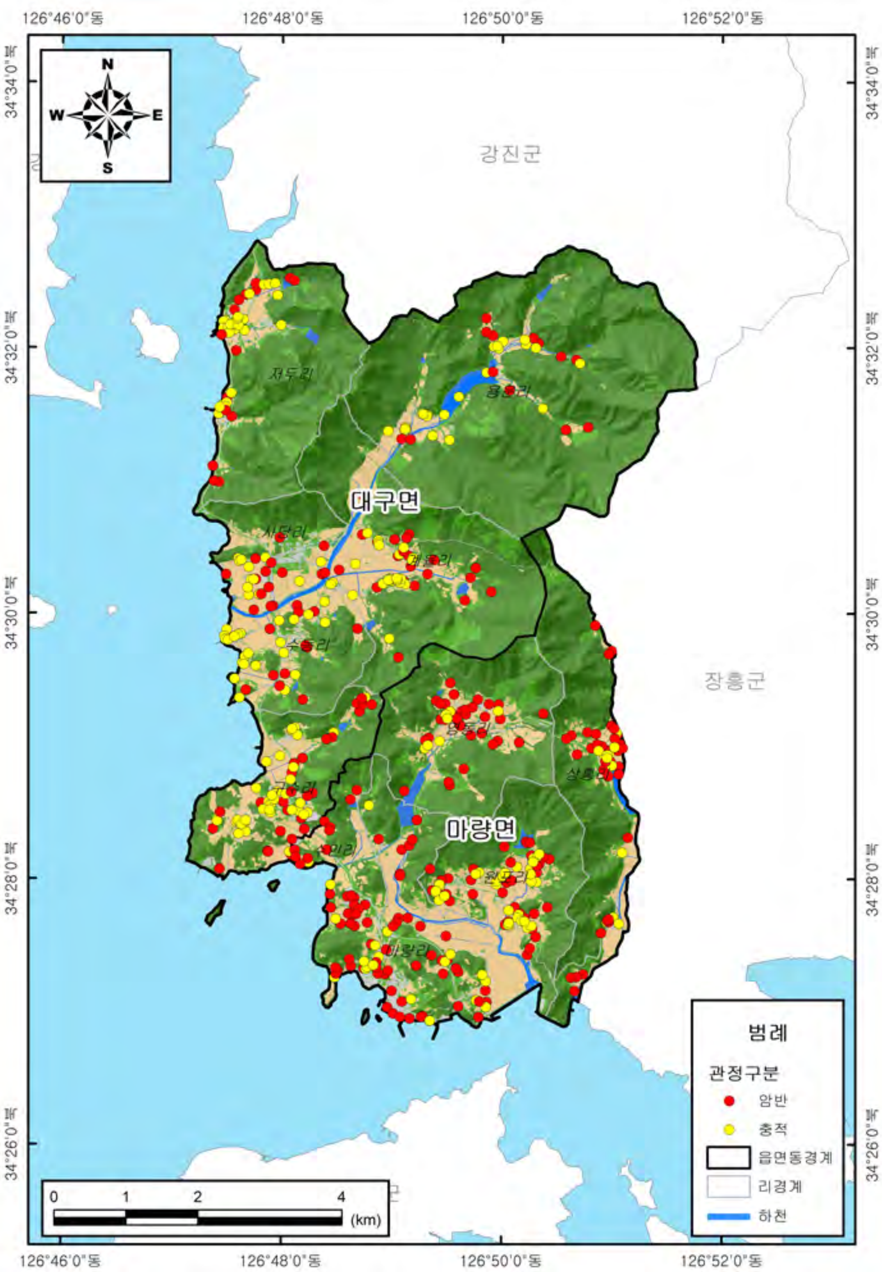
※ 자료출처 : 새올행정시스템(2021)

<표 2-1-5> 토출관구경별 현황

(단위 : 공)

대마지구	계	31이하	32-40	41-50	51이상	기타
계	777	418	301	44	14	-
암반	413	212	145	42	14	-
충적	364	206	156	2	-	-

※ 자료출처 : 새올행정시스템(2021)



<그림 2-1-5> 관정형태별 지하수 개발 현황

2.2 지하수 이용 현황

2.2.1 이용량 산정

❏ 지하수 이용량을 산정하는 데는 많은 변수가 있으며 정확한 이용량을 측정하기란 사실상 불가능에 가깝다. 일반적으로 통계적인 방법으로 이용량을 산정하기 위해서 지하수 용도별, 관정형태별로 일정 수량의 지하수 이용량 관측조사를 통해 대상지역의 이용량을 추산하는 방법이 있지만 본 조사에서는 농어촌지역의 지하수 수리수질특성을 조사하기 위한 목적으로 전체 관정 중 일부만 조사하여 통계적인 접근 또한 불가한 실정이다. 따라서 지구 내의 이용량 특성을 파악하기 위해서 지하수 이용량 산정요령(국토교통부, 2020)과 지하수 조사연보(국토교통부, 2021)를 활용하였다.

❏ 지하수 이용량 산정요령과 지하수 조사연보의 세부용도별 공당 연평균 이용량을 지자체 새올행정정보시스템의 지하수 개발 · 이용 시설수와 연산하여 조사지역의 지하수 이용량을 산정하였다<표 2-2-1>.

<표 2-2-1> 대마지구 세부용도별 지하수시설 현황

구분		계	생활용							
			가정용	일반용	학교용	공동주택	간이상수도	상수도	농업생활겸용	기타
대마지구		777	187	20	2	–	–	16	–	9
강진군	대구면	410	94	8	2	–	–	15	–	6
	마량면	367	93	12	–	–	–	1	–	3

구분		농업용							공업용			기타용
		전작용	답작용	원예용	축산업	양어장	수산업	기타	농공단지	자유입지업체	기타	기타
대마지구		47	397	22	4	16	5	17	–	–	3	
강진군	대구면	20	227	8	1	8	1	12	–	–	–	
	마량면	27	170	14	3	8	4	5	–	–	3	

※ 자료출처 : 새올행정시스템(2021)

❑ 세부용도별 이용량 산정은 지하수 이용량 산정요령에 따라 산정하였으며, 지하수 양수능력이나 급수인구를 알 수 없는 경우에는 지하수 조사연보를 활용하여 공당 연평균 이용량을 적용하였다<표 2-2-2>.

<표 2-2-2> 세부용도별 지하수 이용량 산정기준

용 도	세부용도	적용기준	공당 연평균이용량 (㎥/년/공)
생활용	가정용	지하수 이용량 산정요령의 평균 공당 이용량 적용	246.04
	일반용		1,961.16
	학교용	지하수 조사연보상 해당세부용도 평균 공당 이용량 적용	12,887.33
	민방위용		-
	공동주택용		3,865.00
	간이상수도용		10,451.82
	상수도용		4,891.00
	농업생활겸용		4,540.47
	기 타		3,990.79
공업용	국가공단	해당 이용 지하수 없음	-
	지방공단	해당 이용 지하수 없음	1,825.00
	농공단지	해당 이용 지하수 없음	20,875.00
	자유입지업체	지하수 조사연보상 해당세부용도 평균 공당 이용량 적용	9,067.78
	기 타		6,662.52
농업용	전작용	지하수 이용량 산정요령의 평균 공당 이용량 적용	1,708.42
	답작용		912.04
	원예용		1,333.18
	수산업용	지하수 조사연보상 해당세부용도 평균 공당 이용량 적용	15,546.54
	축산업	지하수 이용량 산정요령의 평균 공당 이용량 적용	6,058.38
	양어장용	지하수 조사연보상 해당세부용도 평균 공당 이용량 적용	28,548.14
	기 타		936.73
기타	온천수	해당 이용 지하수 없음	-
	먹는샘물		-
	기타		-

* 각 용도별 산정기준은 조사연보 및 이용량 산정요령 자료로 추정한 값이므로 실제 이용량과 다소 차이가 있음

❑ 용도별 이용량을 산정한 결과, 대마지구의 전체 연간 지하수 이용량은 약 1,252.30천㎥/년으로 그 중 농업용이 789.49천㎥/년(63.04%)으로 가장 많이 사용되고 있었으며, 생활용 422.82천㎥/년(35.76%), 공업용 19.99(1.60%) 순으로 이용되고 있다. 본 이용량 산정결과는 지하수 이용량 산정요령과 지하수 조사연보의 세부용도별 이용량을 활용한 추정자료로써 향후 지역지하수관리계획 등을 시행하여 관정현황자료 및 시설재배단지 동절기 이용량을 감안하여 재 산정 할 필요가 있다 <표 2-2-3>.

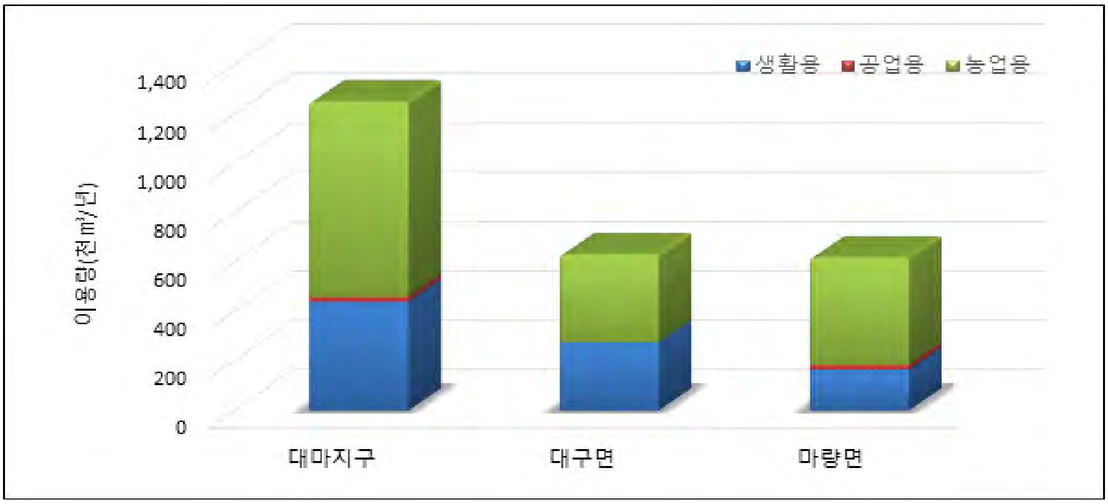
<표 2-2-3> 세부 용도별 이용량 산정

용 도	세부용도	이용량 산정		
		개소수(공)	이용량원단위(㎥/일)	연간이용량(㎥/년)
합 계		777	3,430.95	1,252,295.36
생활용	소 계	265	1,213.19	442,815.84
	가정용	187	126.06	46,010.21
	일반용	20	107.46	39,223.18
	학교용	2	70.62	25,774.67
	민방위용	-	-	-
	공동주택용	-	-	-
	간이상수도용	16	458.16	167,229.14
	상수도용	-	-	-
	농업생활겸용	9	111.96	40,864.27
	기 타	31	338.94	123,714.38
공업용	소 계	3	54.76	19,987.57
	국가공단	-	-	-
	지방공단	-	-	-
	농공단지	-	-	-
	자유입지업체	-	-	-
	기 타	3	54.76	19,987.57
농업용	소 계	508	2,162.99	789,491.95
	전작용	47	219.99	80,295.85
	답작용	397	992.00	362,080.76
	원예용	22	80.36	29,330.00
	수산업용	4	170.37	62,186.15
	축산업	16	265.57	96,934.00
	양어장용	5	391.07	142,740.71
	기 타	17	43.63	15,924.47
기타	소 계	1	0.00	0.00
	온천수	-	-	-
	먹는샘물	-	-	-
	기타	1	0.00	0.00

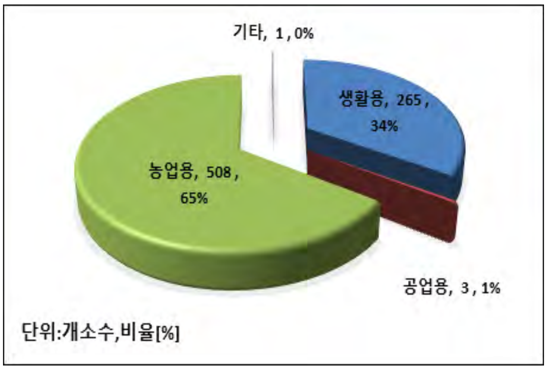
* 각 용도별 산정기준은 조사연보 및 이용량 산정요령 자료로 추정한 값이므로 실제 이용량과 다소 차이가 있음

2.2.2 용도별 이용현황

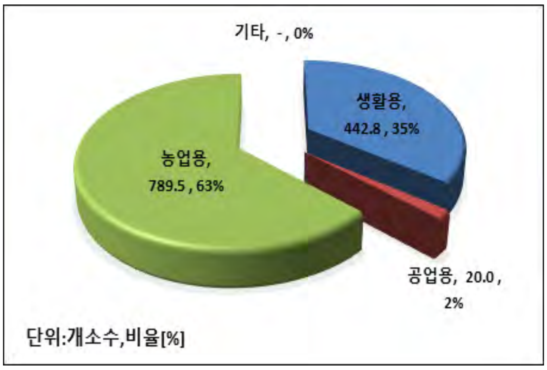
❏ 용도별 지하수 이용현황을 살펴보면 생활용 지하수시설이 265공으로 대마지구 전체(777공)의 34.11%, 이용량은 442.82천㎥/년(35.36%)을 차지하고 있다. 농업용 지하수시설은 508공(65.38%), 이용량은 789.49천㎥/년(63.04%)으로 대마지구의 대부분이 생활용과 농업용으로 사용되고 있다. 나머지 공업용과 기타 지하수시설은 개발·이용 정도가 매우 미비하다. 지역별로는 대구면에 개발·이용 중인 지하수시설수가 전체의 52.77%(410공)이고, 이용량은 50.5%(632.22천㎥/년)로 마량면보다 많게 나타났다.



<그림 2-2-1> 읍면별·용도별 지하수이용현황



<그림 2-2-2> 용도별 지하수 개소수



<그림 2-2-3> 용도별 지하수 이용량

❑ 생활용은 가정용 개소수가 187공(70.57%)으로 가장 많이 개발되었으며, 이용량은 간이상수도가 37.76%(167.23천㎥/년)로 가장 많이 이용되고 있는 것으로 조사되었다<표 2-2-4>.

<표 2-2-4> 생활용 이용현황

(단위 : 공, 천㎥/년)

구 분		계	가정용	일반용	학교용	민방위	공동 주택용	간이 상수도	상수 도용	농업생 활겸용	기타
개소수	수량	265	187	20	2	0	0	16	0	9	31
	백분율(%)	100.00	70.57	7.55	0.75	0.00	0.00	6.04	0.00	3.40	11.70
이용량	수량	442.82	46.01	39.22	25.77	0.00	0.00	167.23	0.00	40.86	123.71
	백분율(%)	100.00	10.39	8.86	5.82	0.00	0.00	37.76	0.00	9.23	27.94

❑ 공업용은 기타용이 3공 개발되어 있으며, 이용량은 19.99천㎥/년 이용되고 있다<표 2-2-5>.

<표 2-2-5> 공업용 이용현황

(단위 : 공, 천㎥/년)

구 분		계	국가공단	지방공단	농공단지	자유입지업체	기타
개소수	수량	3	-	-	-	-	3
	백분율(%)	100.00	-	-	-	-	100.00
이용량	수량	19.99	-	-	-	-	19.99
	백분율(%)	100.00	-	-	-	-	100.00

❑ 농업용은 답작용의 개소수가 397개소(78.15%)로 가장 많으며 이용량은 농업용 지하수의 45.86%(362.08천㎥/년)이다. 전작용은 47개소(9.25%), 지하수 이용량은 10.17%(80.90천㎥/년)로 전작용과 답작용이 농업용 이용량의 56.03%를 차지한다<표 2-2-6>.

<표 2-2-6> 농업용 이용현황

(단위 : 공, 천㎥/년)

구 분		계	전작용	답작용	원예용	수산업	축산업	양어장	기타
개소수	수량	508	47	397	22	4	16	5	17
	백분율(%)	100.00	9.25	78.15	4.33	0.79	3.15	0.98	3.35
이용량	수량	789.49	80.30	362.08	29.33	62.19	96.93	142.74	15.92
	백분율(%)	100.00	10.17	45.86	3.72	7.88	12.28	18.08	2.02

2.2.3 단위면적당 이용 현황

❑ 대마지구의 읍면별 지하수 이용량은 대구면이 632.22천㎥/년이며 마량면 620.88천㎥/년으로 조사되었다. 대구면이 대마지구 이용량의 50.48%를 차지하며 마량면에 비해 많은 지하수를 이용하고 있는 것으로 나타났다. 단위면적당 이용량은 마량면이 30.74천㎥/년/㎢으로 높은 것으로 나타난다.

❑ 대마지구의 지하수이용량은 강진군 전체 지하수이용량 12,540.13천㎥/년/㎢의 9.99%이고, 면별로는 대구면이 5.04%, 마량면이 4.94%에 해당한다 <표 2-2-7, 그림 2-2-4>.

<표 2-2-7> 읍면별 단위면적당 지하수 이용현황

구 분		이용량 (천㎥/년)	비율 (%)	면 적 (㎢)	단위면적당 이용량	
					(천㎥/년/㎢)	(㎥/일/㎢)
강진군		12,540.13	100.00	563.35	22.26	60.99
대마지구		1,252.30	9.99	53.72	23.31	63.87
강진군	대구면	632.22	5.04	33.55	18.84	51.63
	마량면	620.08	4.94	20.17	30.74	84.23

<그림 2-2-4> 읍면별 단위면적당 지하수이용현황

2.2.4 지하수 개발밀도

❏ 대마지구의 지하수관정 개발밀도는 14.46공/㎢로 전라남도 평균 20.77공/㎢ 보다 낮은 수준이다. 면별로 보면 마량면(18.20공/㎢), 대구면(12.22공/㎢) 순이며 마량면 지역에 관정이 집중적으로 분포된 특성을 나타낸다.

❏ 대마지구는 지역의 특성상 인간의 활동이 제한되는 임야 지역의 분포가 넓고, 대다수의 지하수 이용시설은 임야를 제외한 농경지 또는 대지 등에 존재하므로 임야를 제외한 지역에서의 관정밀도를 산출하는 것이 더 큰 의미를 갖는다고 판단된다. 임야를 제외한 관정 개발밀도는 <표 2-1-7>과 같다. 임야제외지역 관정 개발밀도는 전체면적 대비 관정밀도가 전남 평균보다 낮았던 양상과 비슷하게 전남의 평균 47.52공/㎢ 보다 낮은 45.15공/㎢의 값을 보인다.

<표 2-2-8> 지하수관정 개발 밀도

읍면별	개소수(공)	면적(㎢)	관정밀도(공/㎢)
전라남도	256,462[1)]	12,348.09[2)]	20.77
대마지구	777[3)]	53.72[2)]	14.46
대구면	410	33.55	12.22
마량면	367	20.17	18.20

※ 자료출처 : 1)지하수조사연보(2021), 2)통계연보(전라남도, 강진군, 2021), 3)새올행정시스템(2021)

<표 2-2-9> 임야 제외지역 지하수관정 개발밀도

읍면별	개소수(공)	임야 제외 면적(㎢)	관정밀도(공/㎢)
전라남도	256,462[1)]	5,396.78[2)]	47.52
대마지구	777[3)]	17.21[2)]	45.15
대구면	410	8.89	46.12
마량면	367	8.32	44.11

※ 자료출처 : 1)지하수조사연보(2021), 2)통계연보(전라남도, 강진군, 2021), 3)새올행정시스템(2021)

2.3 지하수 개발·이용에 따른 동리별 순위

❑ 리별 이용량 분석결과 마량면 마량리(288.77천㎥/년), 대구면 구수리(164.03천㎥/년) 순으로 나타나며, 단위면적당 이용량은 마량면 마량리(58.57천㎥/년/㎢), 대구면 수인리(58.31천㎥/년/㎢) 순으로 나타난다. 관정밀도의 경우 대구면 구수리(34.44공/㎢), 마량면 수인리(28.48공/㎢) 순으로 확인된다. 마량면 마량리, 수인리, 대구면 구수리는 관정밀도, 단위면적당 이용량 등 모든 수량관련 수치가 다른 지역보다 상대적으로 높으므로 세심한 관리와 지속적인 관심이 요구된다.

❑ 마량면 영동리, 대구면 용운리 등은 관정의 수량, 밀도, 이용량 등이 매우 적어 지하수 수량 상태는 매우 양호할 것으로 추정된다<표 2-3-1>.

<표 2-3-1> 지하수 개발·이용 항목에 따른 리별 순위

순위	총이용량 (천㎥/년)			단위면적당 이용량 (천㎥/년/㎢)			관정수(공)			관정밀도 (공/㎢)		
1	마량	마량	288.77	마량	마량	58.57	대구	구수	125	대구	구수	34.44
2	대구	구수	164.03	마량	수인	58.31	마량	마량	102	마량	수인	28.48
3	대구	계율	132.12	대구	구수	45.19	마량	원포	101	마량	원포	25.51
4	대구	수동	98.94	대구	사당	40.10	대구	저두	78	마량	마량	20.69
5	마량	상흥	98.50	대구	수동	34.12	마량	상흥	68	대구	사당	17.87
6	마량	수인	92.13	마량	원포	21.92	대구	계율	68	대구	수동	17.59
7	대구	저두	91.76	마량	상흥	20.48	대구	수동	51	대구	저두	14.74
8	마량	원포	86.80	대구	계율	19.34	마량	영동	51	마량	상흥	14.14
9	대구	사당	83.00	대구	저두	17.35	대구	용운	51	마량	영동	10.43
10	대구	용운	62.37	마량	영동	11.02	마량	수인	45	대구	계율	9.96
11	마량	영동	53.87	대구	용운	4.86	대구	사당	37	대구	용운	3.98

〈부록 Ⅲ. 지하수 특성〉

3. 지하수 특성

3.1 지하수 수리특성

3.1.1 수리특성 분석

가. 수위변화 및 유동특성

❑ 대마지구의 전체적인 지하수위 변화 및 유동방향을 파악하기 위하여 지하수 현장조사 시 파악된 관정 중 수위측정이 가능한 관정을 선정하여 지하수위를 조사하였다.

❑ 대마지구의 지하수위는 지표하 평균 6.03m에 위치하고 있는 것으로 나타나며 최대값은 17.73, 최소값은 0.54m로 나타난다. 지하수두는 해발고도 평균 22.94m에 위치하고 최대값은 114.12m, 최소값은 0.00m로 조사되었다. 대마지구 지형고도가 100m 이상인 지역도 있으나 지하수 관정이 대부분 평지에 분포하고 있어 지하수두 평균 및 최대가 낮게 나타난다<표 3-1-1>.

<표 3-1-1> 지하수위/수두 분포 현황 (단위 : m, GL-, EL+)

구분	개소	지하수위			지하수두		
		평균	최대	최소	평균	최대	최소
총 계	96	6.03	17.73	0.54	22.94	114.12	0.00
대구면	50	6.62	17.73	0.69	22.80	114.12	0.00
마량면	46	5.38	13.40	0.54	23.08	82.44	0.04

※ 지하수위 : 지표면 기준(GL-), 지하수두 : 해수면 기준(EL+)

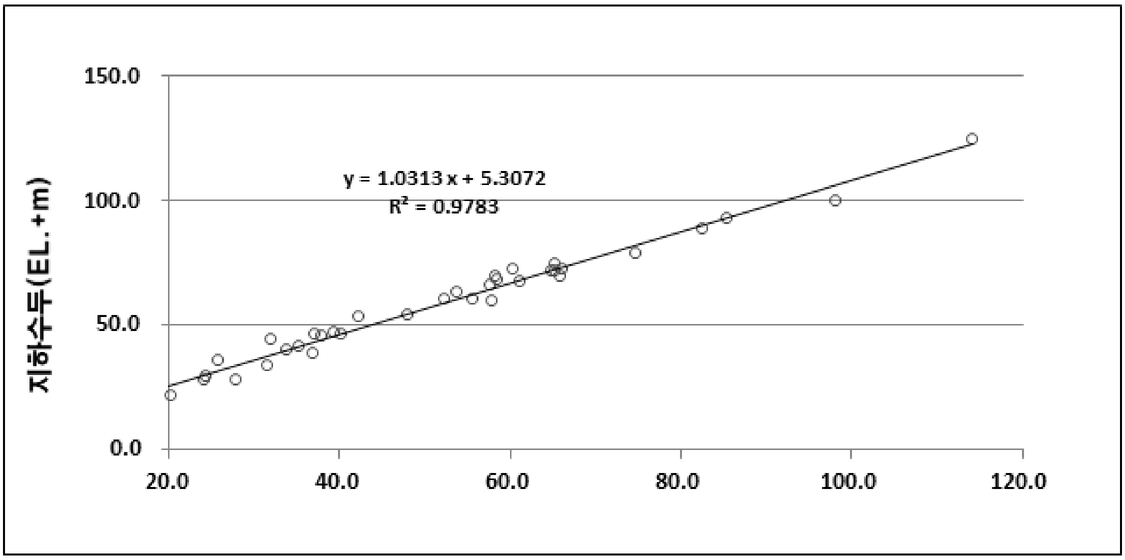
❑ 조사지역 전체의 지하수 유동특성을 알아보기 위해서 지하수두 관측자료가 부족한 지점의 자료를 추정할 수 있는 크리깅 기법 중 공간분석통계기법(GeoSpatial Statistic Analysis)의 공동크리깅(Cokriging-Ordinary)으로 지하수두를 분석하였다.

❑ 유동특성 분석을 위해서 96공에서 측정한 지하수두 자료와 부족한 지하수두 자료를 보완하기 위해서 인위적으로 형성된 수로를 제외한 하천의 고도를 해당 지역의 지하수두로 가정하여 추출한 1,432개의 하천고도 자료를 사용하였다.<표 3-1-2>.

❑ 일반적으로 지형고도와 지하수두는 높은 상관관계를 가지며 본 조사지역 지하수두와 지형고도의 상관성을 파악하기 위해서 회귀분석을 실시하였다. 분석결과 지형고도와 지하수두의 상관성은 높은 것으로 나타났으며 선형 회귀선은 y=1.0313x+5.3072, 결정계수는 0.9782이다<그림 3-1-1>.

<표 3-1-2> 지하수두 및 지형고도 자료통계

구분	평균(m)	중앙값(m)	최대(m)	최소(m)	표준편차(m)
지하수두	22.94	10.39	114.12	0.00	26.14
지형고도	28.96	17.82	125.00	1.18	27.25



<그림 3-1-1> 지형고도와 지하수두 선형회귀분석

❑ 공동크리깅(Cokriging) 분석 시 지하수두 및 지형고도 자료에 적용한 variogram model · sill · range · nugget · lag size · lag number · neighborhood number 등의 입력인자와 최종 모사치와 실측자료와의 통계 오차는 <표 3-1-3>과 같다.

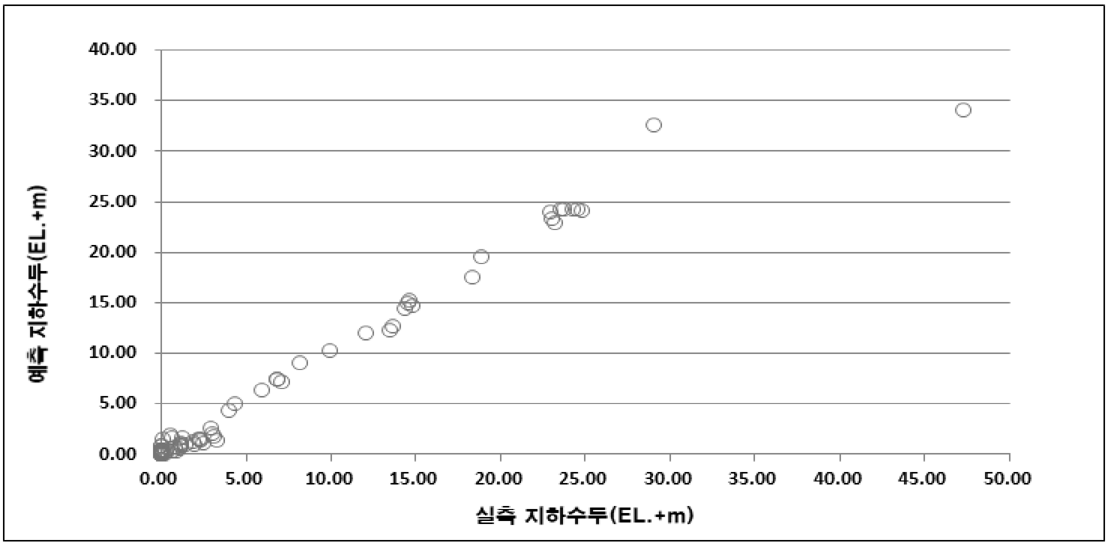
<표 3-1-3> 공간분석통계 인자 및 결과

입력자료	model	Type	sill	range	lag size	No of lags	No. of neighbors
지하수두	Gaussian	Semivariogram	819.72	3,069	424	12	5
		Covariance	642.42	3,069	424	12	5
지형고도	Gaussian	Semivariogram	587.78	3,069	424	12	5
		Covariance	633.20	3,069	424	12	5
지형-수두	Gaussian	Semivariogram	791.36	3,069	424	12	5
		Covariance	624.11	3,069	424	12	5

Prediction Errors				
mean	RMS	ASE	MS	RMS-S
-0.0115	0.8823	-0.0046	0.4645	1.8080

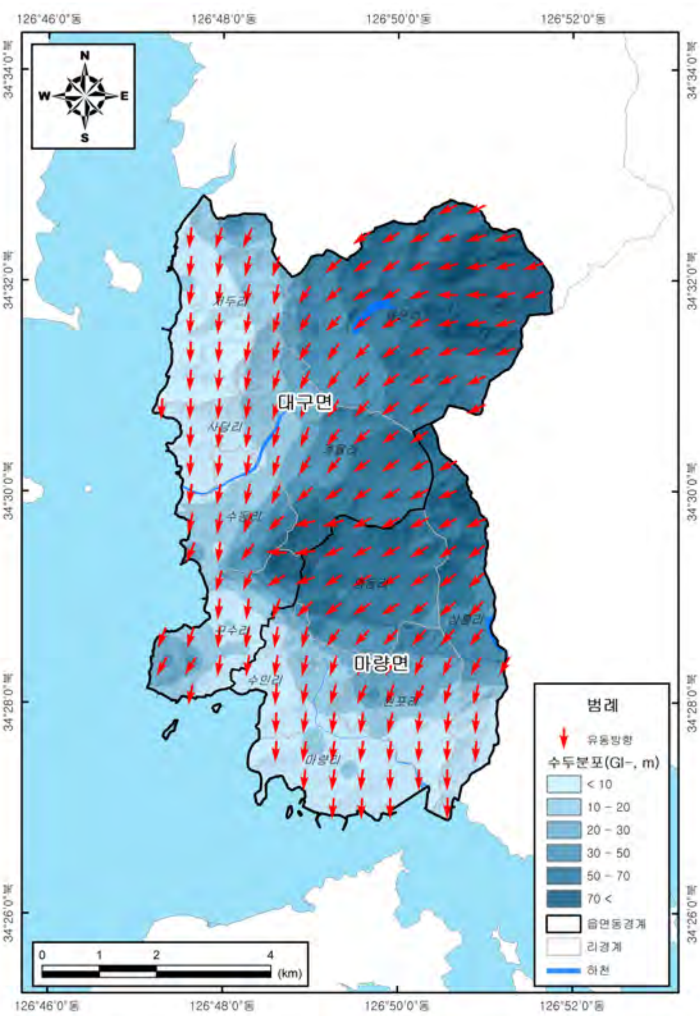
※ RMS : Root Mean Square, ASE : Average Standard Error, MS : Mean Standardized
RMS-S : Root Mean Square Standardized

❑ 조사지역의 예측 지하수두와 실측 지하수두 비교를 보면 고도 30m이상에서는 관측자료수가 부족하여 실측자료와 예측자료의 상관성이 다소 떨어지는 경향이 나타난다<그림 3-1-2>. 이는 조사지역의 관측망이 주로 저지대에 분포하여 고지대의 관측자료가 상대적으로 부족하기 때문에 나타난 결과이다.



<그림 3-1-2> 실측 지하수두와 예측 지하수두

❑ 조사지역의 지하수유동은 대체로 지형고도와 유사한 양상을 보이고 있다. 지석천, 대춘천, 쌍옥천 등 지류 주변 그리고 지석천 인근 지역의 저지대에서는 지하수두가 낮게 형성되어 있으며 지구 남쪽 산지 인근에서는 지형고도와 유사한 양상으로 높게 형성되어있다<그림 3-1-3>.

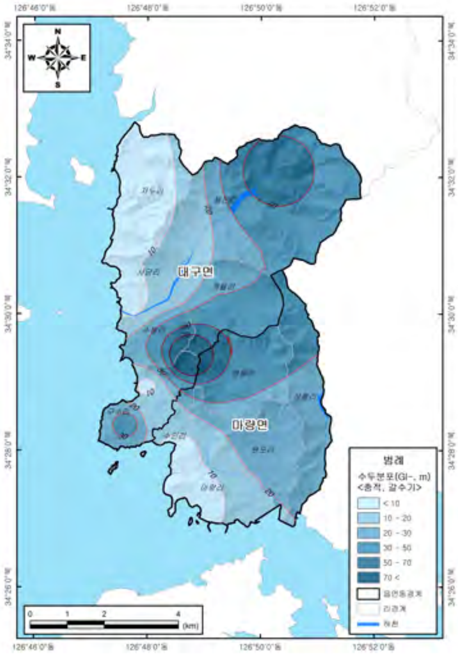


<그림 3-1-3> 지하수두 및 유동방향도

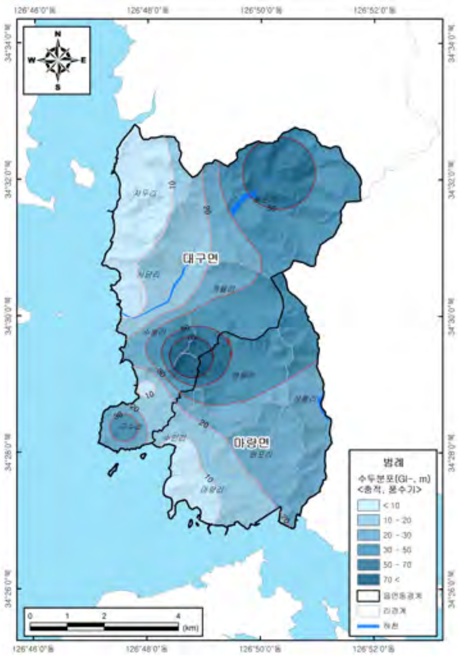
❑ 조사지역의 충적관정과 암반관정의 지하수위 분포를 갈수기와 풍수기로 구분하여 분석한 결과 암반관정의 지하수위가 다소 낮게 형성되어 있는 것으로 나타났으며, 풍수기 평균수두는 22.94m, 갈수기 평균수두는 23.86m로 풍수기 수두가 약 0.92m 정도 상승하는 것으로 조사되었다<표 3-1-4>.

<표 3-1-4> 지하수두 분포 현황 (단위:m)

구분	갈수기			풍수기		
	전체	충적	암반	전체	충적	암반
대마지구	22.94	16.89	24.84	23.86	17.44	25.88
대구면	22.80	20.95	23.59	23.66	21.56	24.56
마량면	23.08	9.27	25.99	24.07	9.73	27.09

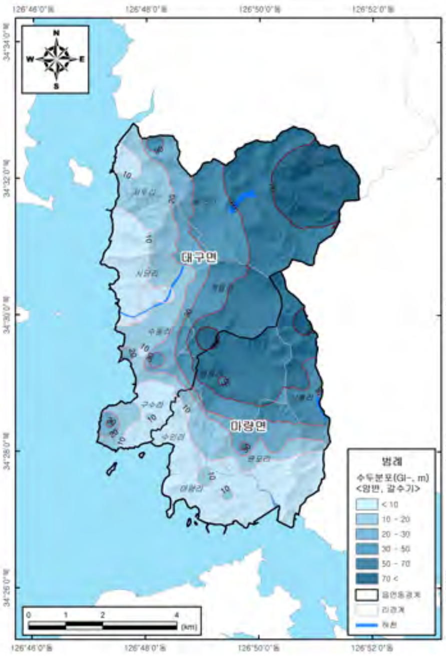


a) 갈수기 충적관정 수두

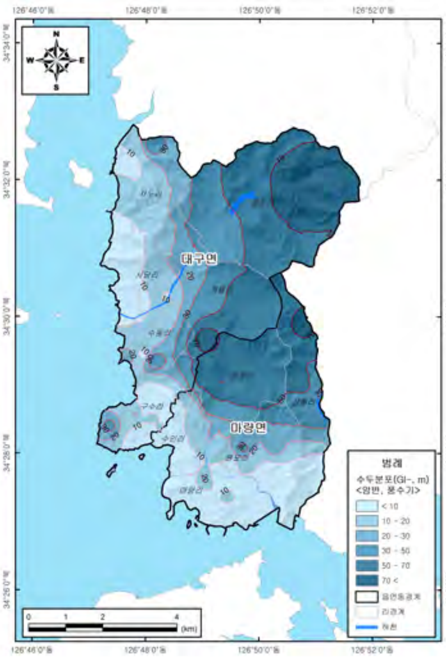


b) 풍수기 충적관정 수두

<그림 3-1-4> 지하수두 분포 현황



c) 갈수기 암반관정 수두



d) 풍수기 암반관정 수두

<그림 3-1-4> 지하수두 분포 현황(계속)

나. 수리특성

❑ 수맥조사, 지하수영향조사 등 기초자료를 종합하여 대마지구의 읍면별, 표준유역별, 지질별 수리특성을 조사하였다<표 3-1-5~8>.

❑ 신생대 제4기의 미고결퇴적물로 이루어져 있는 충적층은 지방하천 일대에 분포하고 있으며, 자갈, 모래, 점토 등으로 구성되어 있다. 충적층은 입자 사이에 공극이 발달되어 있어 부존성은 비교적 양호하나 구성물질의 종류에 따라 대수성의 차이가 매우 크다는 특성을 지닌다.

❑ 대마지구 내 충적층 지하수는 주로 지표수 공급이 용이하지 않는 평야부 또는 곡간 협소한 평야부에서 주로 영농에 활용되고 있는 반면, 암반 지하수는 화강암 또는 화산암류가 분포하는 지역 중 풍화대 또는 파쇄대가 잘 발달한 지역에 많이 개발되어있다. 암반대수층의 수리특성은 암반 내에 발달한 절리, 파쇄대 및 단열구조 등의 2차공극과 지하수의 저류 및 유동에 관련되는 지질구조에 좌우되며, 조사지역의 암반지하수는 층리, 균열, 절리 및 단층 등 2차 공극을 따라 유동하는 열극형 지하수이다.

❑ 대마지구 읍면별 수리전도도, 투수량계수, 저류계수 등 수리상수들을 조사한 결과, 수리전도도는 평균 0.035, 투수량계수는 3.8486, 저류계수는 3.6×10^{-3}의 값을 갖는 것으로 확인되었다<표 3-1-5>. 수문지질별 수리상수들에 대한 값은 <표 3-1-7>과 같다.

❑ 성과활용

○ DRASTIC(지하수 오염취약성평가) 입력자료 활용

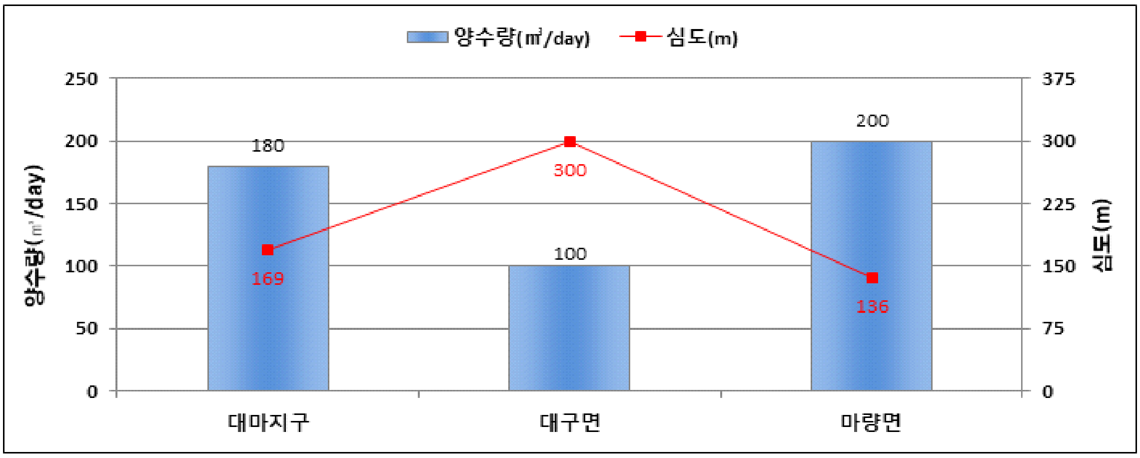
○ 수리상수를 관정별, 지역별 및 지질별로 DB구축 ⇒ 지하수 모델링 입력자료 활용

<표 3-1-5> 읍면별 수리상수 분포현황

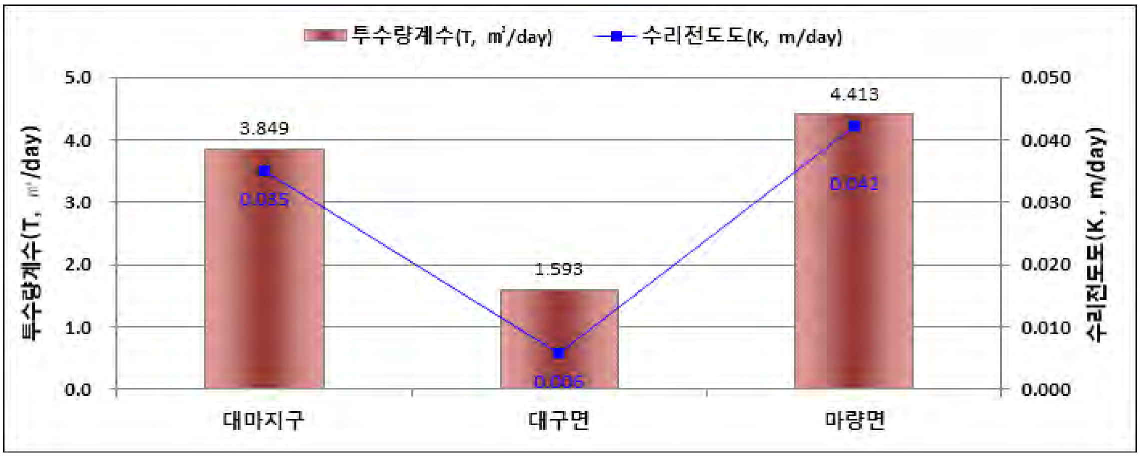
읍 면	심도 (m)	양수량 (㎥/day)	수위(m)		대수층 두께(m)	수리전도도 (K, m/day)	투수량계수 (T, ㎡/day)	저류계수 (S)
			자연	안정				
대마지구						**0.035**	**3.8486**	**0.0036**
대구면	300	100	5.90	41.98	270.0	0.006	1.5930	0.0004
마량면	110	170	4.45	18.30	98.0	0.108	10.5900	0.0080
마량면	112	280	1.20	56.24	103.0	0.041	4.2200	0.0041
마량면	200	200	3.30	65.43	179.0	0.009	1.5700	0.0031
마량면	121	150	3.20	62.07	115.0	0.011	1.2700	0.0024

<표 3-1-6> 읍면별 수리상수 통계분석(평균)

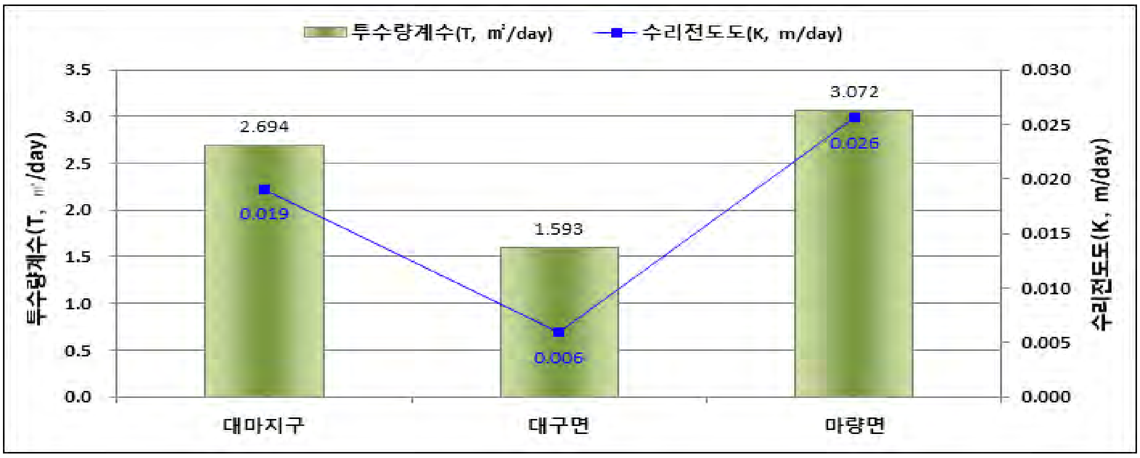
구분	산술평균				기하평균	
읍면동	심도(m)	양수량 (㎥/day)	수리전도도 (K, m/day)	투수량계수 (T, ㎡/day)	수리전도도 (K, m/day)	투수량계수 (T, ㎡/day)
대마지구	**169**	**180**	**0.0349**	**3.8486**	**0.0191**	**2.6942**
대구면	300	100	0.0059	1.5930	0.0059	1.5930
마량면	136	200	0.0422	4.4125	0.0256	3.0724



<그림 3-1-5> 읍면별 지하수 평균심도 및 양수량



<그림 3-1-6> 읍면별 지하수 투수량계수 및 수리전도도(산술평균)



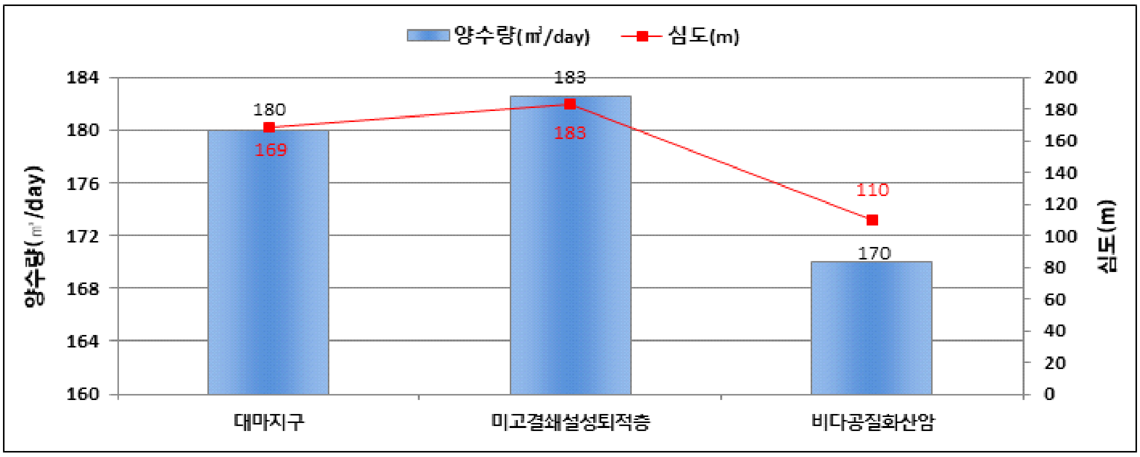
<그림 3-1-7> 읍면별 지하수 투수량계수 및 수리전도도(기하평균)

<표 3-1-7> 수문지질별 수리상수 분포현황

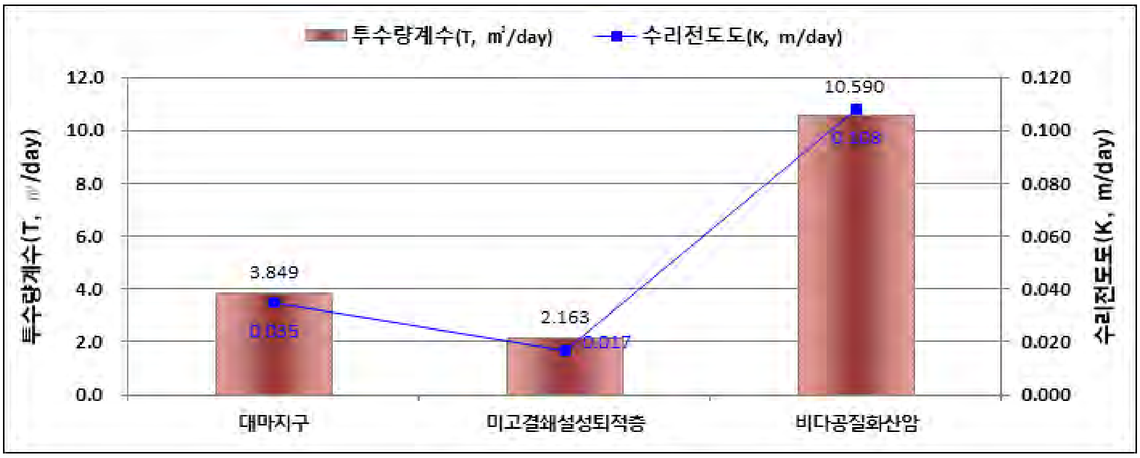
수문지질	심도 (m)	양수량 (㎥/day)	수위(m)		대수층 두께(m)	수리전도도 (K, m/day)	투수량계수 (T, ㎡/day)	저류계수 (S)
			자연	안정				
대마지구						**0.0349**	**3.8486**	**0.0036**
미고결쇄설성퇴적층	300	100	5.90	41.98	270.0	0.0059	1.5930	0.0004
비다공질화산암	110	170	4.45	18.30	98.0	0.1080	10.5900	0.0080
미고결쇄설성퇴적층	112	280	1.20	56.24	103.0	0.0410	4.2200	0.0041
미고결쇄설성퇴적층	200	200	3.30	65.43	179.0	0.0088	1.5700	0.0031
미고결쇄설성퇴적층	121	150	3.20	62.07	115.0	0.0110	1.2700	0.0024

<표 3-1-8> 수문지질별 수리상수 통계분석

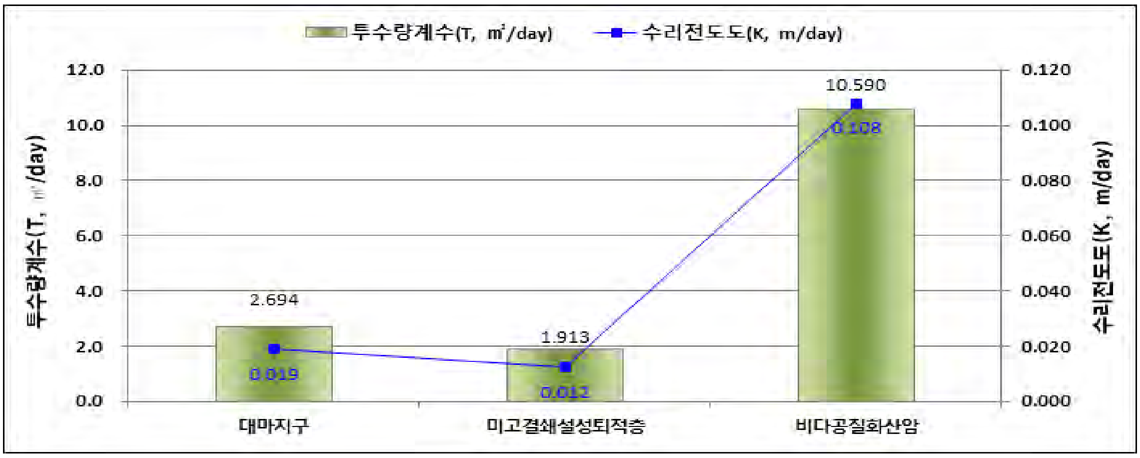
구분	산술평균				기하평균	
수문지질	심도 (m)	양수량 (㎥/day)	수리전도도 (K, m/day)	투수량계수 (T, ㎡/day)	수리전도도 (K, m/day)	투수량계수 (T, ㎡/day)
대마지구	**169**	**180**	**0.0349**	**3.8486**	**0.0191**	**2.6942**
미고결쇄설성퇴적층	183	183	0.0167	2.1633	0.0124	1.9134
비다공질화산암	110	170	0.1080	10.5900	0.1080	10.5900



<그림 3-1-8> 수문지질별 지하수 평균심도 및 양수량



<그림 3-1-9> 수문지질별 투수량계수 및 수리전도도(산술평균)



<그림 3-1-10> 수문지질별 투수량계수 및 수리전도도(기하평균)

3.1.2 부존특성

가. 지하수 함양률 산정

❑ 지하수의 함양 및 수리특성 파악을 위하여 수자원단위지도의 표준유역을 조사지역 외곽경계로 수정하고 조사지역내 특성을 분석하였다.

❑ 대마지구의 지하수 함양률 산정은 지하수관리기본계획 수정계획(국토교통부, 2017, 2017~2026), 전라남도 지하수관리계획(전라남도, 2017), 한국농어촌공사에서 운영 중인 지하수 자동관측망 자료를 활용한 수위강하곡선 분석결과의 평균값으로 함양률을 적용하였다.

❑ 국가지하수관리 기본계획에서는 조사지역의 중권역과 표준유역에 가장 가까운 관측소에서 산정한 함양률을 이용하여야 하나 최근자료인 지하수관리 기본계획 수정계획의 해당 중권역 함양율을 활용하였고, 전라남도 지하수관리계획에서는 중권역별 함양률을 활용하였으며, 지하수 기초조사 보고서에서는 각종 분석기법으로 산정한 함양률의 평균을 활용하였다<표 3-1-9~10, 그림 3-1-11>.

<표 3-1-9> 지하수관측망 지하수 함양률

관측소	X(중부원점)	Y(중부원점)	함양률	대권역	중권역
강진칠량(암반)	181494	219667	12.43	섬진강남해	섬진강서남해
강진칠량(충적)	181494	219667	10.65	섬진강남해	섬진강서남해
마량1	184746	206645	6.41	섬진강남해	섬진강서남해
마량2	184624	206985	13.65	섬진강남해	섬진강서남해

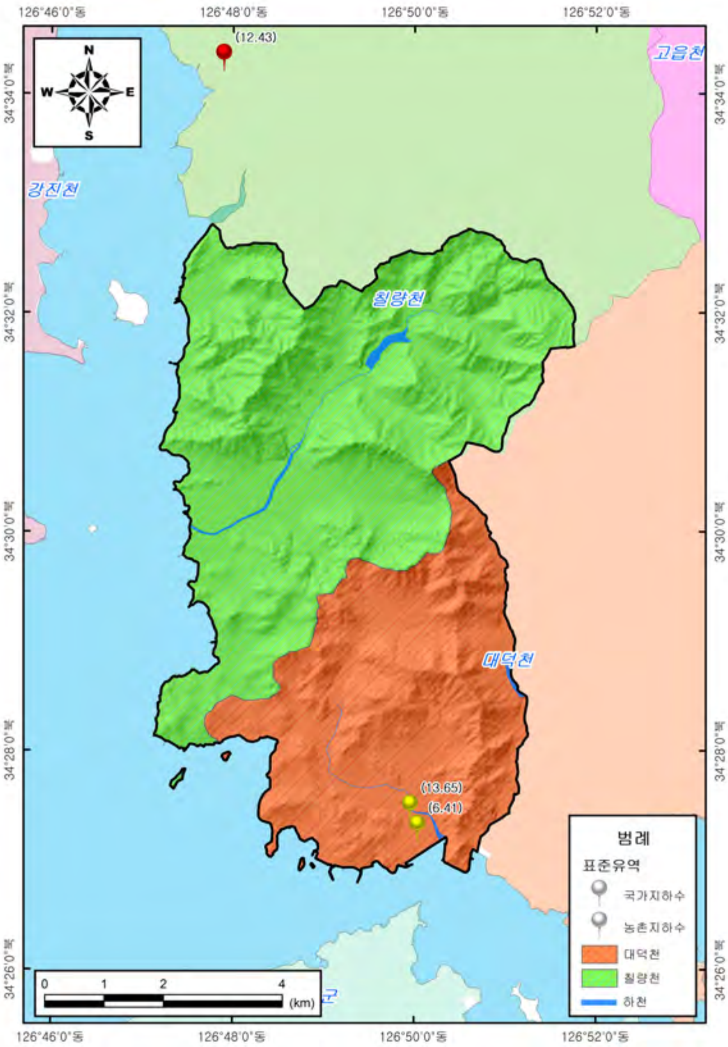
※국가지하수관리 기본계획(국토교통부, 2012)

<표 3-1-10> 대마지구 지하수 함양률

(단위 : %)

중권역	표준유역	지하수관리계획		지하수 기초조사	지하수위 강하법	적용 함양률
		국가	전라남도			
섬진강서남해	대덕천	13.20	9.90	-	11.54	11.55
	칠량천	13.20	9.90	-	10.03	11.04

※자료출처: 국가지하수정보센터(https://www.gims.go.kr)



<그림 3-1-11> 조사지역 인근 국가지하수 관측망 현황

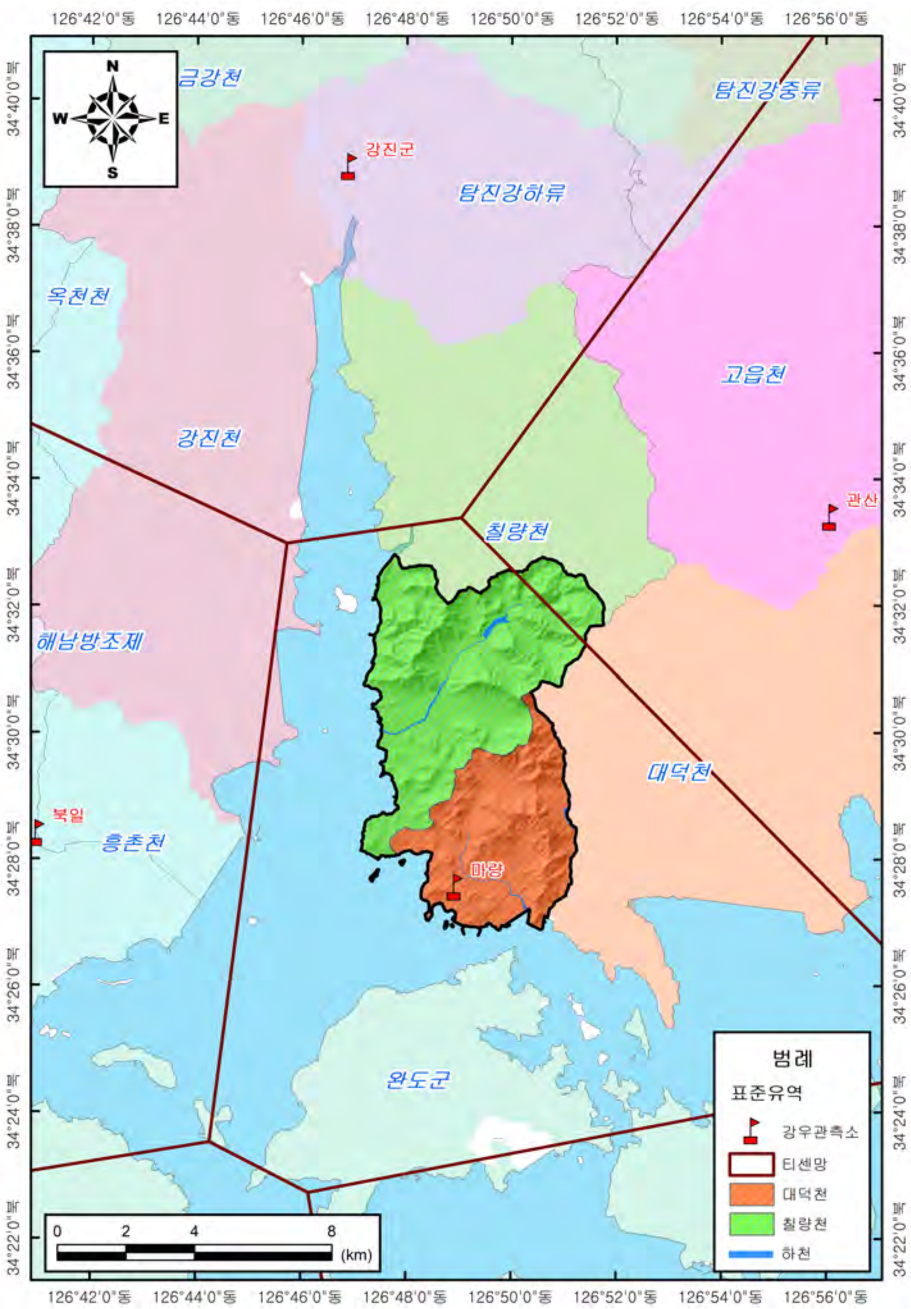
나. 면적평균 강수량 산정

❏ 일반적으로 기상관측소의 강수량은 특정 지점에 한하여 얻어지는 자료로 점(point)강수량을 나타낸다. 이를 면적평균 강수량으로 변환하기 위해서는 해당지역을 대표할 수 있는 평균면적과 조사지역 주변의 여러 기상관측소로부터 얻어진 다년간의 평균강수량 자료를 이용하여 재 산정한다. 특정지역의 강수량을 산정하는 방법에 대해서는 여러 가지 논의가 있으나, 보편적으로 산술평균법, Thiessen법, 등우선법 및 삼각법등이 사용되고 있으며, 본 조사에서는 Thiessen 면적평균강수량을 이용하여 산출하였다 <표 3-1-11, 그림 3-1-12>.

<표 3-1-11> 표준유역별 Thiessen계수 산정

표준유역명	관측소명	지배면적(㎢)	Thiessen계수
대덕천	마량	20.47	1.00000
칠량천	마량	30.26	0.08984
	관산	2.99	0.91016

* 자료출처: 표준유역(한강홍수통제소 하천정보센터), 조사지역 티센망도에 의한 티센계수와 상이할 수 있음.



<그림 3-1-12> 조사지역 Thiessen망도

<표 3-1-12> 표준유역 면적평균강수량 산정-대덕천 (단위 : ㎜)

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
1992	17.0	34.2	93.3	133.8	163.9	29.6	135.5	183.2	234.4	19.6	22.3	43.7	1,110.5
1993	19.1	72.8	70.6	43.9	108.7	225.8	147.8	548.4	25.9	45.2	102.7	24.3	1,435.2
1994	20.6	32.1	36.6	100.3	165.1	46.7	65.6	264.6	27.5	119.5	40.4	16.3	935.3
1995	37.6	28.2	84.8	110.6	119.6	92.3	222.3	137.6	52.7	32.4	12.4	2.2	932.7
1996	46.7	9.5	166.9	92.6	48.8	315.9	189.6	102.8	36.5	54.6	74.5	25.1	1,163.5
1997	6.7	14.2	90.8	121.2	140.1	232.7	241.1	256.2	26.6	2.5	209.8	67.6	1,409.5
1998	41.4	53.7	97.0	155.1	128.5	418.6	262.8	237.9	336.9	58.1	19.5	2.6	1,812.1
1999	49.3	33.2	152.3	106.4	147.4	187.2	552.5	377.4	339.7	102.6	15.8	2.3	2,066.1
2000	25.7	4.1	32.2	28.1	79.9	213.0	318.6	398.4	270.0	28.2	43.7	5.1	1,447.0
2001	43.1	82.4	14.7	45.6	45.1	394.0	172.8	99.7	48.9	76.3	15.4	42.0	1,080.0
2002	47.3	13.9	72.2	157.6	120.8	98.8	361.8	703.3	121.3	45.8	16.4	28.7	1,787.9
2003	29.0	49.7	70.4	245.8	217.0	216.8	519.8	334.4	257.5	22.2	59.7	33.3	2,055.6
2004	6.5	58.2	55.2	118.7	150.3	264.2	219.2	416.3	270.1	2.4	86.9	27.7	1,675.7
2005	9.3	38.8	74.0	126.1	126.3	168.1	192.9	257.2	104.9	17.3	62.2	22.8	1,199.9
2006	18.8	47.2	19.5	160.8	248.5	275.8	548.7	154.5	85.4	49.5	30.5	27.6	1,666.8
2007	7.8	67.5	132.4	45.2	148.6	48.8	290.2	382.0	510.4	93.3	1.0	40.3	1,767.5
2008	45.6	12.6	58.2	59.6	149.9	305.4	94.1	115.3	31.2	42.5	18.6	6.2	939.2
2009	10.6	65.4	74.2	109.4	161.6	153.2	617.0	108.2	46.0	58.4	34.2	20.9	1,459.1
2010	29.8	120.8	124.3	174.1	178.6	96.1	341.8	424.1	199.0	48.0	9.7	28.3	1,774.6
2011	0.3	78.9	33.2	121.6	145.3	260.1	431.5	356.5	31.3	44.4	179.0	7.5	1,689.6
2012	8.6	30.8	160.6	227.2	46.7	56.9	298.4	480.5	284.0	53.9	51.0	86.8	1,785.4
2013	20.3	82.8	83.6	86.8	238.9	97.5	198.2	203.8	93.9	41.0	79.6	5.0	1,231.4
2014	12.5	26.3	114.7	89.3	130.4	136.7	234.7	594.0	165.8	111.6	79.8	20.1	1,715.9
2015	33.0	53.0	79.0	304.0	154.0	116.0	250.0	166.0	82.0	63.0	69.0	23.0	1,392.0
2016	48.9	74.9	101.2	262.5	133.9	130.7	197.1	46.8	270.6	173.5	85.7	86.1	1,611.9
2017	10.8	37.1	29.0	71.2	33.6	124.6	174.3	227.9	124.6	130.8	2.2	14.4	980.5
2018	32.6	32.7	175.1	139.7	114.8	239.1	107.7	212.7	210.1	180.7	38.2	36.6	1,520.0
2019	11.6	43.8	62.3	89.9	152.4	271.5	312.3	94.3	282.4	221.9	22.7	31.3	1,596.4
2020	107.0	42.5	50.5	70.0	232.0	336.5	294.0	124.5	274.3	19.5	2.5	12.5	1,565.8
2021	32.5	34.5	144.0	73.0	147.5	132.0	513.0	185.5	101.5	9.5	49.0	1.5	1,423.5
평균	27.7	45.9	85.1	122.3	139.3	189.5	283.5	273.1	164.8	65.6	51.1	26.4	1,474.4

<표 3-1-13> 표준유역 면적평균강수량 산정-칠량천 (단위 : mm)

연도	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	계
1992	21.7	34.4	104.4	112.1	167.6	29.9	123.7	213.9	269.4	14.6	23.2	41.2	1,156.1
1993	19.3	91.7	96.7	43.2	108.8	229.1	166.1	536.4	23.2	49.8	138.8	25.8	1,528.9
1994	21.3	28.6	35.0	87.9	108.8	61.6	28.3	269.5	32.1	118.5	39.3	23.7	854.6
1995	38.3	30.3	97.2	121.7	105.0	105.3	176.3	141.2	54.9	23.1	15.4	2.9	911.6
1996	51.7	12.5	186.3	90.6	50.1	301.8	198.9	84.4	43.0	67.2	74.5	41.0	1,202.0
1997	4.0	13.0	117.5	144.0	137.5	226.9	269.8	223.8	21.9	5.5	265.3	80.2	1,509.4
1998	45.0	43.0	107.1	147.0	118.7	455.1	223.2	195.6	372.2	59.9	19.6	3.9	1,790.3
1999	53.4	34.9	156.9	105.3	142.0	171.6	589.4	480.5	458.7	120.2	19.1	4.3	2,336.3
2000	28.3	6.0	34.3	21.2	91.4	261.0	388.1	317.3	316.9	39.4	54.4	4.3	1,562.6
2001	47.1	89.2	16.2	57.0	39.7	397.0	165.6	111.3	39.2	92.8	23.8	54.5	1,133.4
2002	61.4	17.8	56.6	117.5	83.6	97.6	277.8	582.5	102.5	39.5	19.0	51.0	1,506.8
2003	36.4	45.6	82.1	184.8	184.5	183.0	444.3	249.2	168.0	32.9	57.2	22.2	1,690.2
2004	21.0	67.1	52.9	64.5	100.3	199.1	202.6	461.1	304.3	3.3	74.2	20.9	1,571.3
2005	6.0	42.9	76.5	105.4	92.9	146.2	173.8	222.2	83.4	15.7	76.2	25.3	1,066.5
2006	20.0	52.8	24.2	134.9	249.0	239.0	395.5	188.5	75.7	38.8	33.8	35.8	1,488.0
2007	5.6	66.5	126.7	42.1	133.9	35.6	251.0	257.5	425.6	102.7	2.4	44.5	1,494.1
2008	45.3	15.3	56.6	55.2	137.4	302.7	90.8	115.0	29.7	44.3	26.3	7.7	926.3
2009	10.5	63.6	67.6	83.4	156.2	80.7	450.0	123.0	53.3	61.8	20.9	18.2	1,189.2
2010	38.8	107.5	107.1	148.3	139.0	114.8	237.5	459.8	127.5	50.6	13.4	24.0	1,568.3
2011	2.2	59.9	31.3	110.7	108.9	233.6	273.6	259.1	17.3	29.4	171.3	10.2	1,307.5
2012	9.8	38.3	160.5	192.8	39.5	45.3	238.5	405.9	252.7	61.9	56.1	68.9	1,570.2
2013	21.8	76.1	96.1	68.8	184.4	83.7	176.4	210.7	70.2	23.8	84.0	8.4	1,104.4
2014	17.2	33.8	97.2	75.2	122.4	99.0	230.4	476.7	168.1	97.6	79.1	32.5	1,529.2
2015	29.9	32.7	38.7	189.8	112.7	117.5	217.1	153.4	79.4	71.5	82.2	58.2	1,183.1
2016	52.7	50.8	74.0	215.3	105.0	122.9	204.1	36.6	178.6	130.2	88.2	63.3	1,321.7
2017	6.8	29.7	26.7	49.0	17.2	75.0	250.6	191.8	109.9	113.5	1.9	18.6	890.7
2018	35.6	26.4	157.5	144.3	92.8	219.8	31.6	244.9	162.0	210.7	38.4	33.4	1,397.4
2019	11.2	37.9	55.2	79.1	146.2	260.5	270.6	90.2	267.6	184.4	23.7	35.7	1,462.3
2020	98.4	53.9	61.0	75.9	257.5	372.5	384.1	271.5	218.1	21.3	12.1	12.5	1,838.6
2021	36.1	42.7	201.8	103.9	162.5	174.3	614.9	347.1	131.5	20.4	39.4	1.5	1,876.3
평균	29.9	44.8	86.7	105.7	123.2	181.4	258.2	264.0	155.2	64.8	55.8	29.2	1,398.9

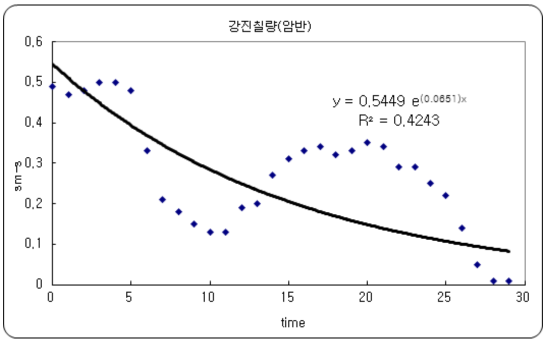
다. 지하수 함양률 산정

❑ 지하수 수위 수문곡선은 시간경과에 따른 지하수 수위의 변동을 나타내는 곡선이다. 지하수 수위 변동요인 중 지하수 수위 상승에 가장 중요한 영향을 미치는 것은 강수의 지하 침투에 의한 지하수 함양이며, 수위 강하에 가장 큰 역할을 하는 것은 하천 배수에 의한 기저유출이다. 실제로 수위상승기간의 수문곡선은 강우의 유형과 침투 특성에 따라 좌우되기 때문에 일정한 유형이 없지만 수위강하 기간에는 일정한 하강곡선 형태를 보여준다. 하강직선의 기울기는 대수층의 배수와 관련된 상수로서 대수층의 특성을 나타내는 것이므로 이를 분석하면 해당 지역의 대수층 비산출율과 지하수 함양계수를 구할 수 있다.

❑ 금번 조사에서는 국가지하수관측망 강진칠량(암반, 충적)과 한국농어촌공사 농어촌지하수 관측망 마량1, 마량2의 최근 지하수위 관측자료(2020.01~2022.11)와 강수량 자료를 이용하였다.

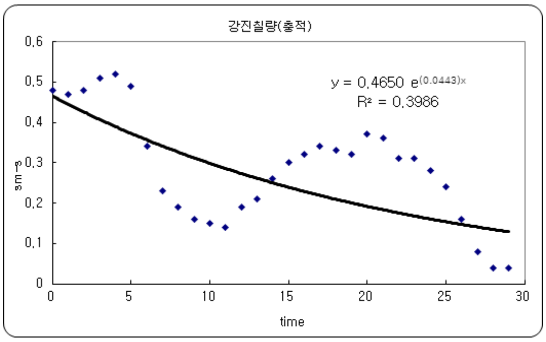
❑ 무강우 상태를 보인 일정기간 동안의 자료를 이용하여 회귀곡선을 작성하고 이를 통해 기울기와 지수승을 산출하여 함양률을 산정한 결과, 강진칠량(암반)의 함양률은 12.43%, 강진칠량(충적)의 함양률은 10.65%, 마량1의 함양률은 6.41%, 마량2의 함양률은 13.65%로 나타났다. 본 조사지구의 함양률은 상기 관측공들의 평균값인 10.79%이다<그림 3-1-13>.

구분	내용	결과
S_{30}	$S_m(1-e^{-30k})$	0.4676
S_m	지하수위 최대강하	0.49
K	추세선 기울기	0.5449
α	$C\cdot(S_{30}/S_m)$	0.1243



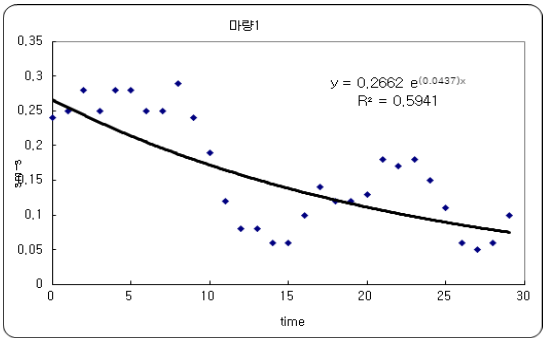
a) 강진칠량(암반)

구분	내용	결과
S_{30}	$S_m(1-e^{-30k})$	0.3419
S_m	지하수위 최대강하	0.48
K	추세선 기울기	0.465
α	$C\cdot(S_{30}/S_m)$	0.1065



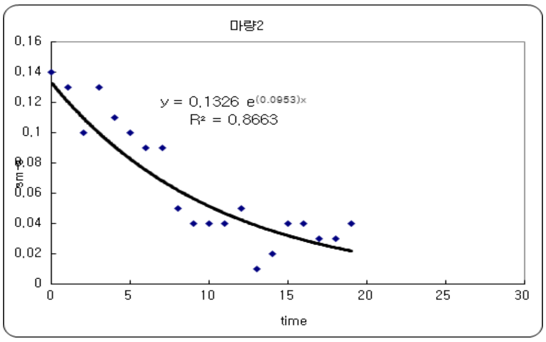
a) 강진칠량(충적)

구분	내용	결과
S_{30}	$S_m(1-e^{-30k})$	0.0594
S_m	지하수위 최대강하	0.24
K	추세선 기울기	0.1342
α	$C\cdot(S_{30}/S_m)$	0.0641



a) 마량1

구분	내용	결과
S_{30}	$S_m(1-e^{-30k})$	0.125
S_m	지하수위 최대강하	0.14
K	추세선 기울기	0.1326
α	$C\cdot(S_{30}/S_m)$	0.1365



a) 마량2

<그림 3-1-13> 지하수 수위 무강우 일수 산정 및 감수곡선

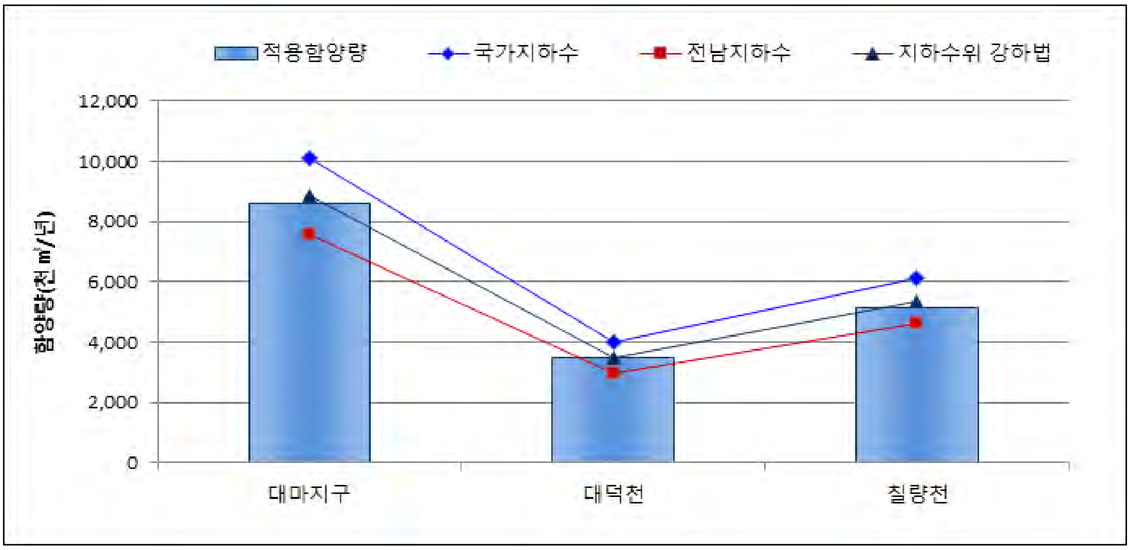
라. 지하수 함양량 산정

❑ 대마지구에서 산정된 30년 면적평균 강수량과 각 분석방법별 함양률 평균값을 이용하여 표준유역별, 읍면별, 리별 함양량을 계산하였다. 적용된 함양률은 대덕천은 11.55%, 칠량천은 11.04%이다. 각각의 함양률, 면적평균강우량, 표준유역 면적을 이용하여 함양량을 계산한 결과, 칠량천이 5,136.67천㎥/년으로 가장 크게 나타났다<표 3-1-14, 그림 3-1-14>.

<표 3-1-14> 유역별 지하수 함양량

(단위 : 천㎥/년)

구 분	면 적 (㎢)	면적평균 강우량(㎜/년)	국가지하수 관리계획	전남지하수 관리계획	지하수위 강하법	적용함양량
대마지구	**53.72**	**1,436.63**	**10,123.57**	**7,592.68**	**8,850.46**	**8,621.45**
대덕천	20.47	1,474.35	3,983.76	2,987.82	3,482.77	3,484.79
칠량천	33.25	1,398.91	6,139.81	4,604.86	5,367.69	5,136.67



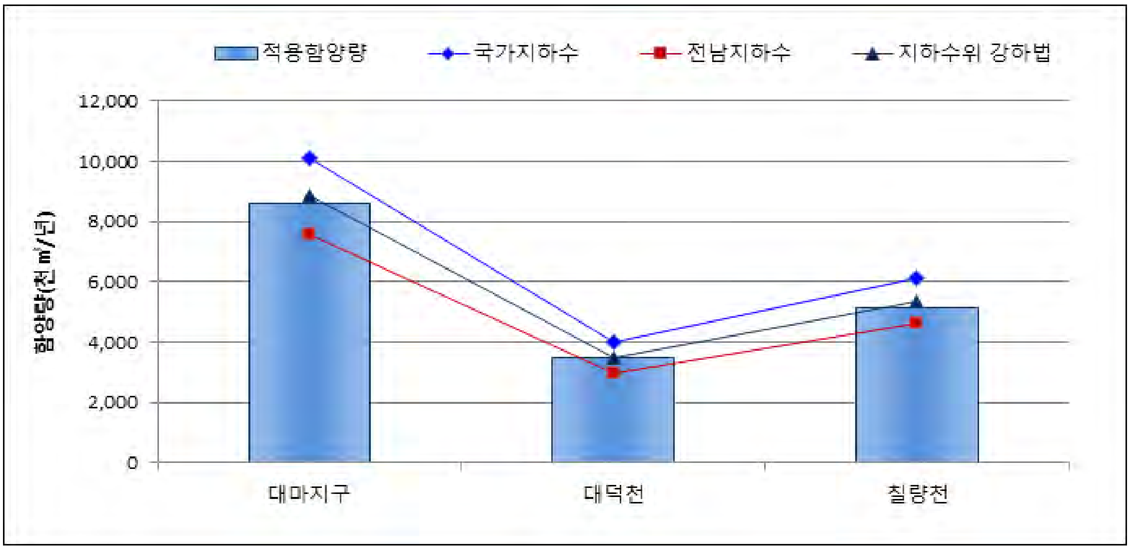
<그림 3-1-14> 표준유역별 지하수 함양량

❏ 조사지역의 읍면별 함양량 분석결과, 대구면이 5,190.55천㎥/년, 마량면이 3,430.65천㎥/년 순으로 나타난다<표 3-1-15, 그림 3-1-15>.

<표 3-1-15> 읍면별 지하수 함양량

(단위 : 천㎥/년)

구 분	면 적 (㎢)	면적평균 강우량(㎜/년)	국가지하수 관리계획	전남지하수 관리계획	지하수위 강하법	적용함양량
대마지구	**53.72**	**1,427.66**	**10,123.57**	**7,592.68**	**8,850.46**	**8,621.20**
대구면	33.55	1,400.01	6,200.09	4,650.07	5,420.38	5,190.55
마량면	20.17	1,473.64	3,923.49	2,942.61	3,430.08	3,430.65



<그림 3-1-15> 읍면별 지하수 함양량

❑ 조사지역의 리별 함양량을 분석결과 대구면 사당리, 마량면 수인리가 400천㎥/년 이하로 가장 낮은 함양량을 갖는 것으로 확인되었다<표 3-1-16>.

<표 3-1-16> 리별 지하수 함양량

(단위 : 천㎥/년)

구 분		면 적 (㎢)	면적평균 강우량(㎜/년)	적용 함양률	적용 함양량
대마지구		**53.72**	**1,427.66**	**-**	**8,621.20**
대구면	수동리	2.90	1,400.01	11.05	448.66
	사당리	2.07	1,400.01	11.05	320.25
	용운리	12.83	1,400.01	11.05	1,984.94
	계율리	6.83	1,400.01	11.05	1,056.67
	구수리	3.63	1,400.01	11.05	561.60
	저두리	5.29	1,400.01	11.05	818.42
마량면	영동리	4.89	1,473.64	11.54	831.72
	상흥리	4.81	1,473.64	11.54	818.12
	원포리	3.96	1,473.64	11.54	673.54
	마량리	4.93	1,473.64	11.54	838.53
	수인리	1.58	1,473.64	11.54	268.74

마. 지하수 개발가능량 산정

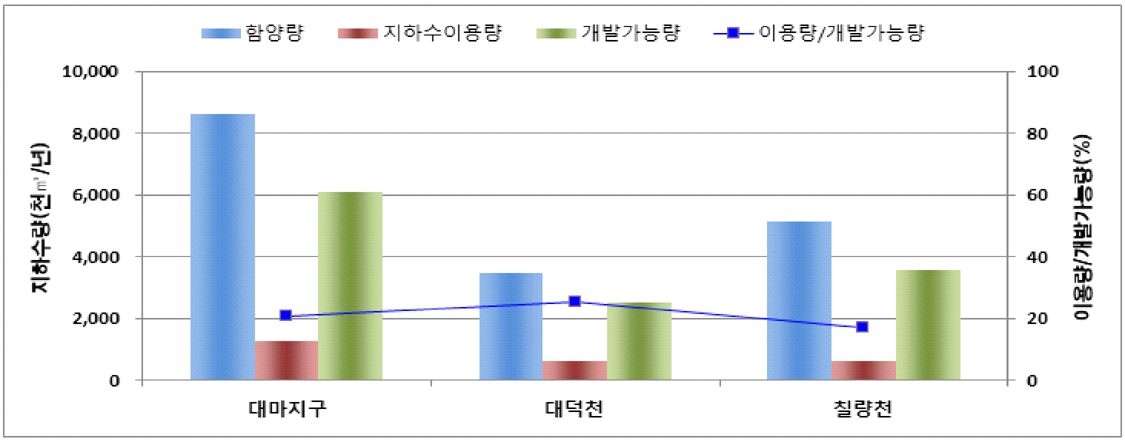
1) 유역별 개발가능량 분석

❑ 개발가능량은 실측되지 않은 여러 항목을 간접적인 방법에 의해 추정하는 것으로 본 보고서에서는 10년빈도 가뭄강수량을 산정한 후 함양률과 면적을 계산하여 산정하였다. 유역별 개발가능량 대비 이용량은 대덕천이 25.49%, 칠량천이 17.20%로 산정되었다. 지구 전반적인 개발가능량 대비 이용량은 20.61%로 낮은 수치를 나타내며 전반적인 향후 지하수 개발가능량은 비교적 풍부한 것으로 판단된다<표 3-1-17, 그림 3-1-16>.

※ 10년빈도 가뭄강수량(X) ≤ (−1.28 × 표준편차) + 평균강우량

<표 3-1-17> 유역별 지하수 개발가능량

유 역	면 적 (㎢)	10년빈도 가뭄강수량 (㎜/년)	함양량 (천㎥/년)	지하수이용량 (천㎥/년)	개발가능량 (천㎥/년)	이용량/ 개발가능량 (%)
대마지구	**53.72**	**1,005.64**	**8,621.45**	**1,252.30**	**6,075.07**	**20.61**
대덕천	20.47	1,059.32	3,484.79	638.11	2,503.80	25.49
칠량천	33.25	972.59	5,136.67	614.19	3,571.27	17.20



<그림 3-1-16> 표준유역별 지하수 이용량 및 개발가능량

2) 읍면별 개발가능량 분석

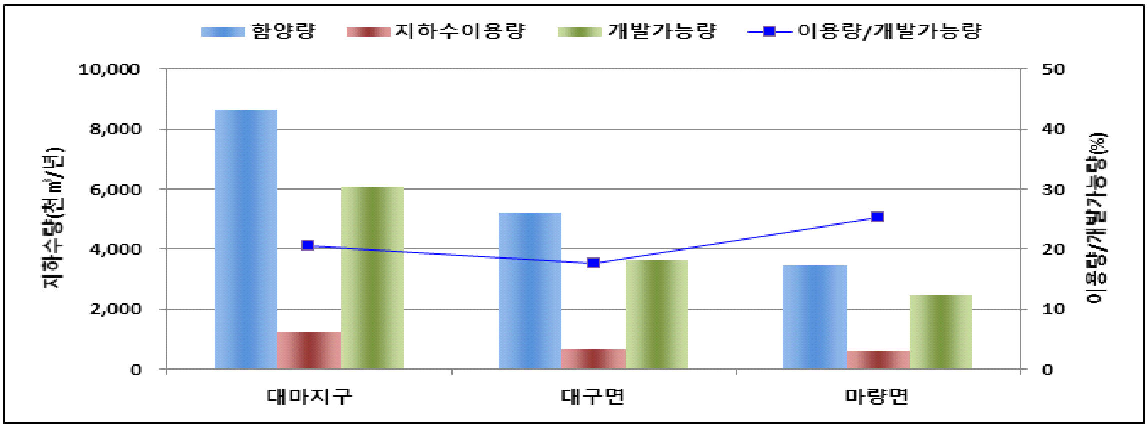
❏ <표 3-1-18>과 <그림 3-1-17>은 읍면별 지하수 함양량, 지하수 이용량, 개발가능량, 개발가능량 대 이용량 관계에 대하여 보여주고 있다. 대마지구의 지하수 함양량은 8,621.20천㎥/년이고, 지하수 이용량은 1,252.30천㎥/년, 개발가능량은 6,074.78천㎥/년으로 분석되어 개발가능량 대비 이용량은 20.61%인 것으로 분석되었다.

❏ 읍면별 개발가능량 대비 이용량 비율은 17.51~25.16%의 범위를 나타냄.

- 대구면 17.51%
- 마량면 25.16%

<표 3-1-18> 읍면별 지하수 개발가능량 산정

읍 면	면 적 (㎢)	10년빈도 가뭄강수량 (㎜)	함양량 (천㎥/년)	지하수이용량 (천㎥/년)	개발가능량 (천㎥/년)	이용량/개발가능량 (%)
대마지구	**53.72**	**1,005.64**	**8,621.20**	**1,252.30**	**6,074.78**	**20.61**
대구면	33.55	973.86	5,190.55	632.22	3,610.59	17.51
마량면	20.17	1,058.50	3,430.65	620.08	2,464.19	25.16



<그림 3-1-17> 읍면별 지하수 이용량 및 개발가능량

3.2 지하수 수질특성

3.2.1 오염원 현황

가. 잠재오염원 분류 및 특징

- ❑ 정의 : 인간활동에 따라 발생하는 모든 종류의 폐기물, 폐수, 오수가 지하수오염을 유발할 수 있으며, 방치 또는 적절하게 관리되지 않아서 지하수를 오염시킬 수 있는 상태 또는 물질

- ❑ 잠재오염원은 점오염원, 비점오염원 및 기타 수질오염원으로 구분할 수 있으며 (수질 및 수생태계 보전에 관한 법률 제2조), 비점오염원은 선오염원, 면오염원으로 세분할 수 있음

- ❑ 점오염원은 오염물질의 유출경로가 명확하고 수집이 쉽고, 계절에 따른 영향이 상대적으로 적은 만큼 연중 발생량 예측이 가능하여 관거 및 처리장 등 처리시설의 설계와 유지 및 관리 등이 용이함

- ❑ 비점오염원은 오염물질의 유출 및 배출 경로가 명확하게 구분되지 않아 수집이 어렵고 발생량 및 배출량이 강수량 등 기상조건에 크게 좌우되기 때문에 처리시설의 설계 및 유지관리 등이 어려움

- ❑ 점오염원과 비점오염원은 상대적인 개념으로서, 공장을 예로 들면 관거를 통해 수집되어 수질오염방지시설을 통해 처리되는 공장 폐수를 배출하는 공정시설은 점오염원인데 반해, 그 외 처리를 거치지 않고 하천으로 유입되는 강우 유출수를 배출하는 야적장 등 공장부지는 비점오염원임

- ❑ 지하수 자원보호 및 수생태계의 건정성 확보를 위해 비점오염물질 저감 등을 위한 비점오염원 대책이 필요한 데, 이는 지하수 분야에만 국한되지 않고, 토지계획이나 도시계획 등 다른 계획과 유기적으로 연관되기 때문에 본 보고서에서는 점오염원으로 범위를 국한함

나. 환경기초시설

❑ 환경기초시설이란 환경오염물질 등으로 인한 자연환경 및 생활환경에 대한 위해를 사전에 예방·저감하거나 환경오염물질의 적정처리 또는 폐기물 등의 재활용을 위한 시설·기계·기구 기타 물체 등이 설치된 것을 총칭하는 것으로서, 환경오염방지시설, 하수종말처리장 및 마을하수도시설, 폐수종말처리시설, 오수처리·단독정화조·축산폐수처리시설·분뇨처리시설·축산폐수공공처리시설, 재활용시설, 폐기물처리시설, 취수시설 및 정수시설 기타 환경부장관이 정하여 고시하는 시설이 해당된다.

❑ 조사지구내 환경기초시설은 공공하수처리장이 마량면에 1개소가 설치·운영되고 있다<표 3-2-1>.

<표 3-2-1> 환경기초시설

지구	종 류	명 칭	소 재 지	시설용량 (m^3/일)	처리방식
대마 지구	공공하수 처리장	마량공공 하수처리장	마량면 청자로 2378-16	550	SBR공법

※ 자료출처 : 통계연보(전라남도, 강진군, 2021)

다. 오염시설

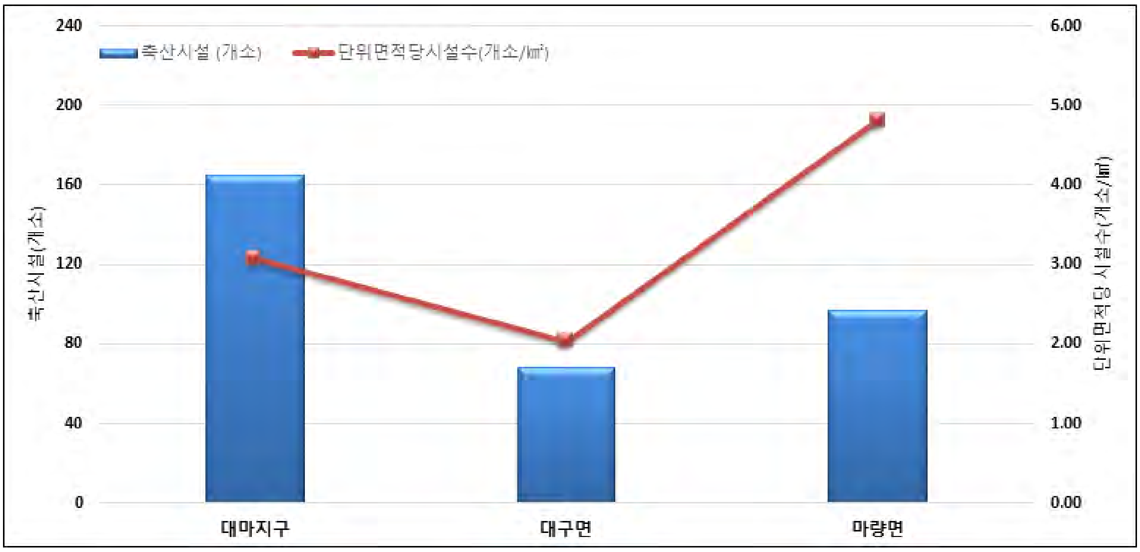
1) 점오염원

❑ 강진군으로부터 제공받은 오염시설 현황자료를 바탕으로 점오염원 중 축사시설에 대해 현장조사를 실시하여 DRASTIC 시스템 구축에 활용하였다. 대마지구 내 축산시설은 총 165개소이며 주요 사육 가축은 한우인 것으로 확인되었다<표 3-2-2>. 단위면적당 시설수는 마량면이 4.81개소/㎢, 대구면이 2.03/㎢ 순으로 나타난다. 대마지구 전체 단위면적당 시설수는 3.07개소/㎢이다<그림 3-2-1~2>.

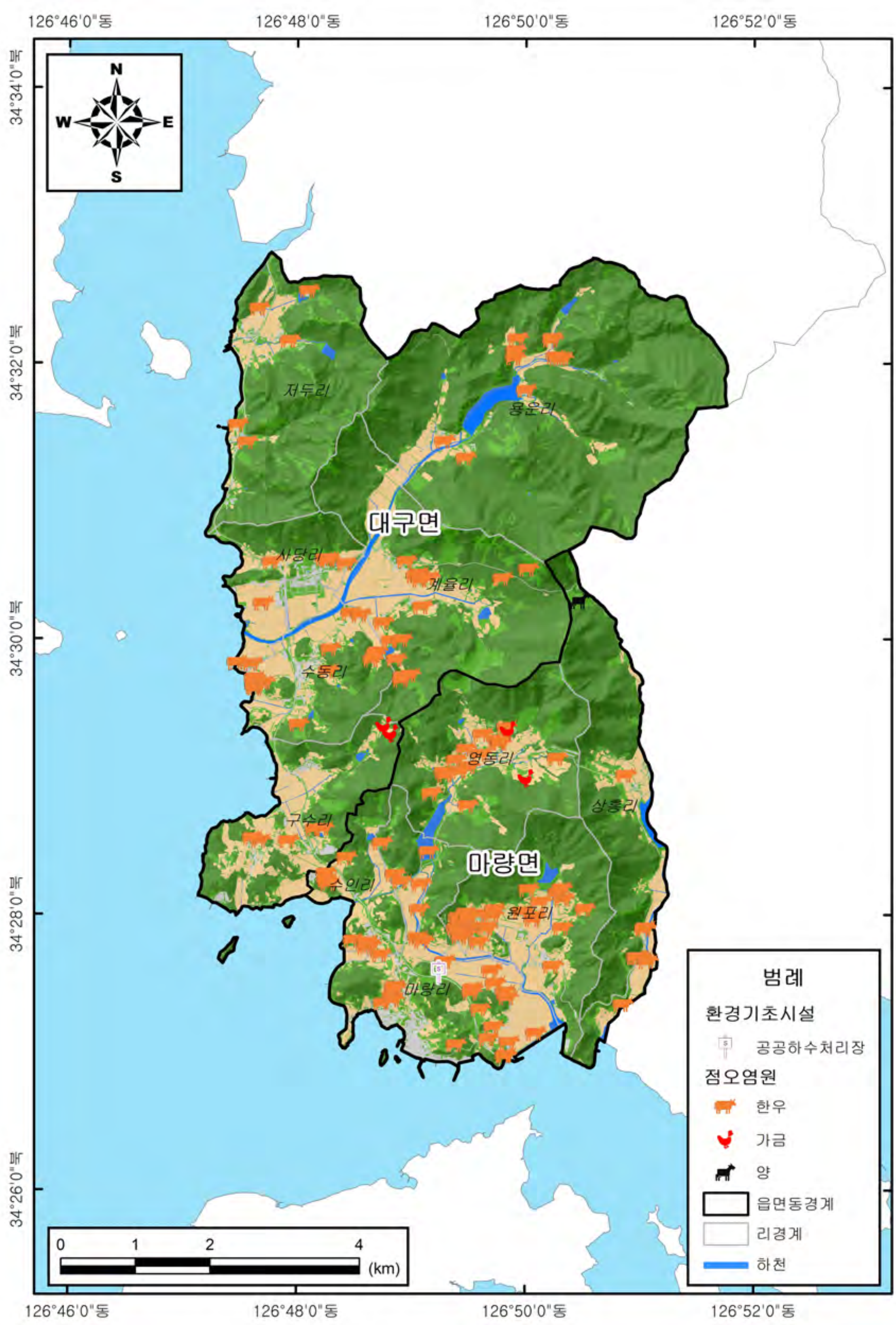
<표 3-2-2> 점오염원 현황

(단위 : 개소)

구 분		면적(㎢)	가금	한우	양	사슴	축산시설 소계	단위면적당 시설수 (개소/㎢)
대마지구		53.72	5	158	1	1	165	3.07
강진군	대구면	33.55	2	65	-	1	68	2.03
	마량면	20.17	3	93	1	-	97	4.81



<그림 3-2-1> 점오염원 시설수 및 단위면적당 개소수



<그림 3-2-2> 환경기초시설 및 점오염원 분포현황도

2) 비점오염원

❑ 대마지구에 존재하는 비점오염원현황에 대한 자료를 수집하였으며, 수집 결과는 <표 3-2-3>에 수록하였다.

❑ 대마지구 내 인구현황은 통계연보에 수록된 리별 인구현황을 참고하였으며, 현황은 아래 <표 3-2-3>에 정리하였다.

❑ 토지현황은 환경부 환경공간정보서비스에서 제공하는 토지피복도의 논, 밭, 과수원, 활엽수림, 침엽수림, 혼효림, 자연나지, 기타나지 등을 전, 답, 임야, 대지, 기타로 분류하여 사용하였다.

❑ 오염발생부하량 산정을 위해 『한강수계 오염총량관리계획수립 지침』의 분류방법을 적용하여, ‘전’은 지목별 면적 중 전, 과수원을 합하고, ‘대지’는 대지, 공장용지, 학교용지, 도로, 철도용지, 주차장, 주유소용지, 창고용지, 체육용지, 유원지, 종교용지, 사적지를 포함하였으며, ‘기타’는 그 외의 지목 면적을 합한 면적이다.

<표 3-2-3> 비점오염원 현황

구 분		인 구[1] (명)	토 지[2](㎢)						
			합 계	전	답	과수원	임 야	대 지	기 타
대마지구		2,776	53.72	3.86	7.27	0.06	36.38	0.98	5.17
강진군	대구면	1,168	33.55	1.62	3.94	0.04	24.60	0.58	2.77
	마량면	1,608	20.17	2.24	3.33	0.02	11.78	0.40	2.40

1) 읍면별 통계(강진군, 2022.07)
2) 환경부 환경공간정보서비스(http://egis.me.go.kr/)

라. 오염부하량

❏ 잠재오염원은 점오염원과 비점오염원으로 대별되며, 점오염원으로는 사람에 의하여 발생되는 생활오수, 가축사육으로 인하여 발생되는 축산폐수, 공장 등 산업시설에 의한 산업폐수, 내수면 양식에 의한 양식장폐수, 온천장에서 관광객에 의해 발생되는 온천폐수 등이 있고, 비점오염원으로는 토지이용(전, 답, 대지, 임야, 기타 등)에 따른 우수에 의한 유출수를 대상으로 산출한다<표 3-2-4>.

■ **인자별 발생오염부하량**

인구 오염부하량 = ∑(인구수×발생원단위)

가축 오염부하량 = ∑(가축종별 마리수×발생원단위)

토지이용 오염부하량 = ∑(토지지목별 면적×발생원단위)

<표 3-2-4> 비점오염원별 발생오염부하량 원단위

구 분		단 위	BOD	T-N	T-P
인 구	시가지	kg/인·일	50.70	10.60	1.24
	비시가지	kg/인·일	48.60	13.00	1.45
가 축	젖소	kg/두/일	556.00	161.80	56.70
	한우	kg/두/일	528.00	116.80	36.10
	말	kg/두/일	259.00	77.60	24.00
	돼지	kg/두/일	109.00	27.70	12.20
	양,사슴	kg/두/일	10.00	5.80	0.90
	개	kg/두/일	18.00	8.40	1.60
	가금	kg/두/일	5.20	1.10	0.40
토지이용	전	kg/㎢·일	1.59	9.44	0.24
	답	kg/㎢·일	2.30	6.56	0.61
	임야	kg/㎢·일	0.93	2.20	0.14
	대지	kg/㎢·일	85.90	13.69	2.10
	기타	kg/㎢·일	0.96	0.76	0.03

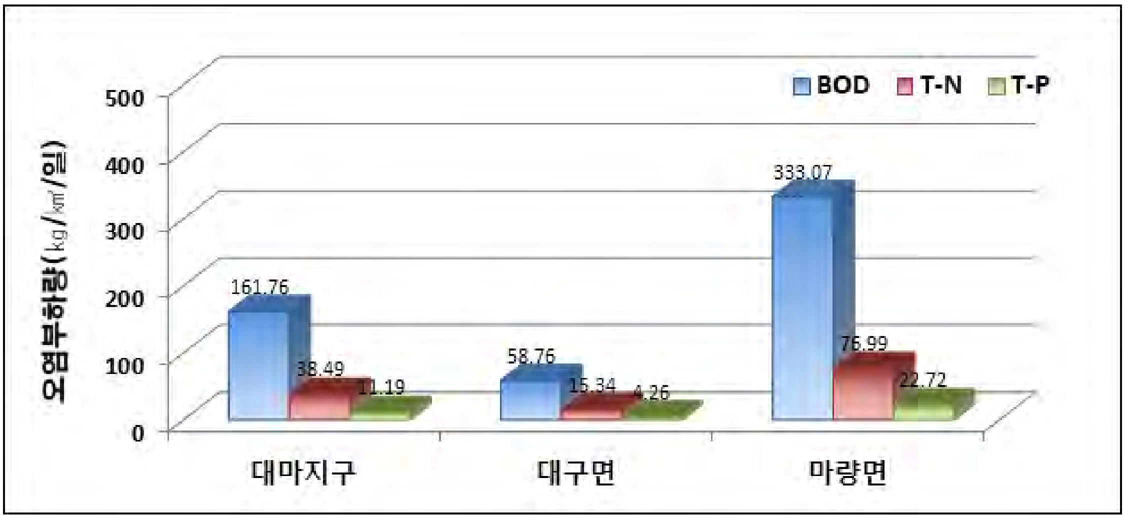
※ 자료출처 : 한강수계 오염총량관리계획수립 지침(환경부, 2014)

❑ 오염원별 오염부하량을 계산한 결과 총발생오염부하량은 11,358.66kg/일이다. 오염원 중 가축사육에 따른 오염부하량이 10,843.48kg/일로 가장 크며 인구에 의한 오염부하량은 175.03kg/일로 가장 작은 것으로 조사되었다<표 3-2-5>.

❑ 대마지구의 단위면적당 오염부하량은 평균 211.44kg/㎢/일이고, 면별로는 마량면(432.78kg/㎢/일), 대구면(78.36kg/㎢/일) 순으로 조사되었다<그림 3-2-3>.

<표 3-2-5> 읍면별 오염부하량

구 분		면적 (㎢)	총발생오염부하량 (kg/일)				단위면적당 오염부하량 (kg/㎢/일)			
			소 계	가축	토지	인구	소 계	가축	토지	인구
대마지구		53.72	11,358.56	10,843.48	340.05	175.03	211.44	201.85	6.33	3.26
강진군	대구면	33.55	2,629.21	2,355.92	199.66	73.63	78.36	70.22	5.95	2.19
	마량면	20.17	8,729.35	8,487.56	140.39	101.4	432.78	420.80	6.95	5.03



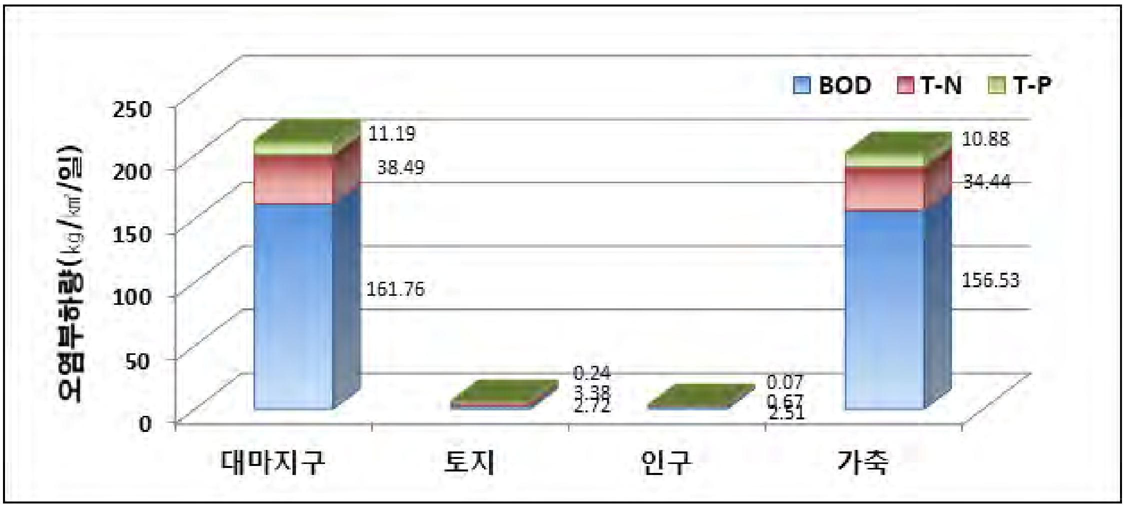
<그림 3-2-3> 읍면별 항목별 단위면적당 오염부하량

❑ 오염원별 오염부하량 원단위를 이용하여 계산한 결과 BOD는 8,689.56kg/일, T-N 2,067.73kg/일, T-P 601.37kg/일로 나타났다. 축산계로부터 발생된 오염발생량은 BOD의 경우 8,408.74kg/일로 T-N, T-P의 합계보다 약 4배 이상 높고, 인구의 경우에도 발생되는 BOD 오염부하량이 T-N, T-P의 합계보다 약 3배가량 높았다. T-N항목은 축산에 의한 오염부하량이 가장 크게 나타났고 인구에 의한 오염부하량은 상대적으로 매우 낮은 것으로 확인되었다<표 3-2-6, 그림 3-2-4>.

<표 3-2-6> 항목별 오염부하량

(단위 : kg/일)

구 분		BOD				T-N				T-P			
		소 계	토지	인구	가축	소 계	토지	인구	가축	소 계	토지	인구	가축
대마지구		8,689.56	145.91	134.91	8,408.74	2,067.73	181.59	36.10	1,850.04	601.37	12.65	4.02	584.70
강진군	대구면	1,971.43	86.9	56.76	1,827.77	514.78	105.31	15.19	394.28	143.07	7.52	1.68	133.87
	마량면	6,718.13	59.01	78.15	6,580.97	1,552.95	76.28	20.91	1455.76	458.30	5.13	2.34	450.83



<그림 3-2-4> 오염원별 단위면적당 오염부하량

3.2.2 수질분석

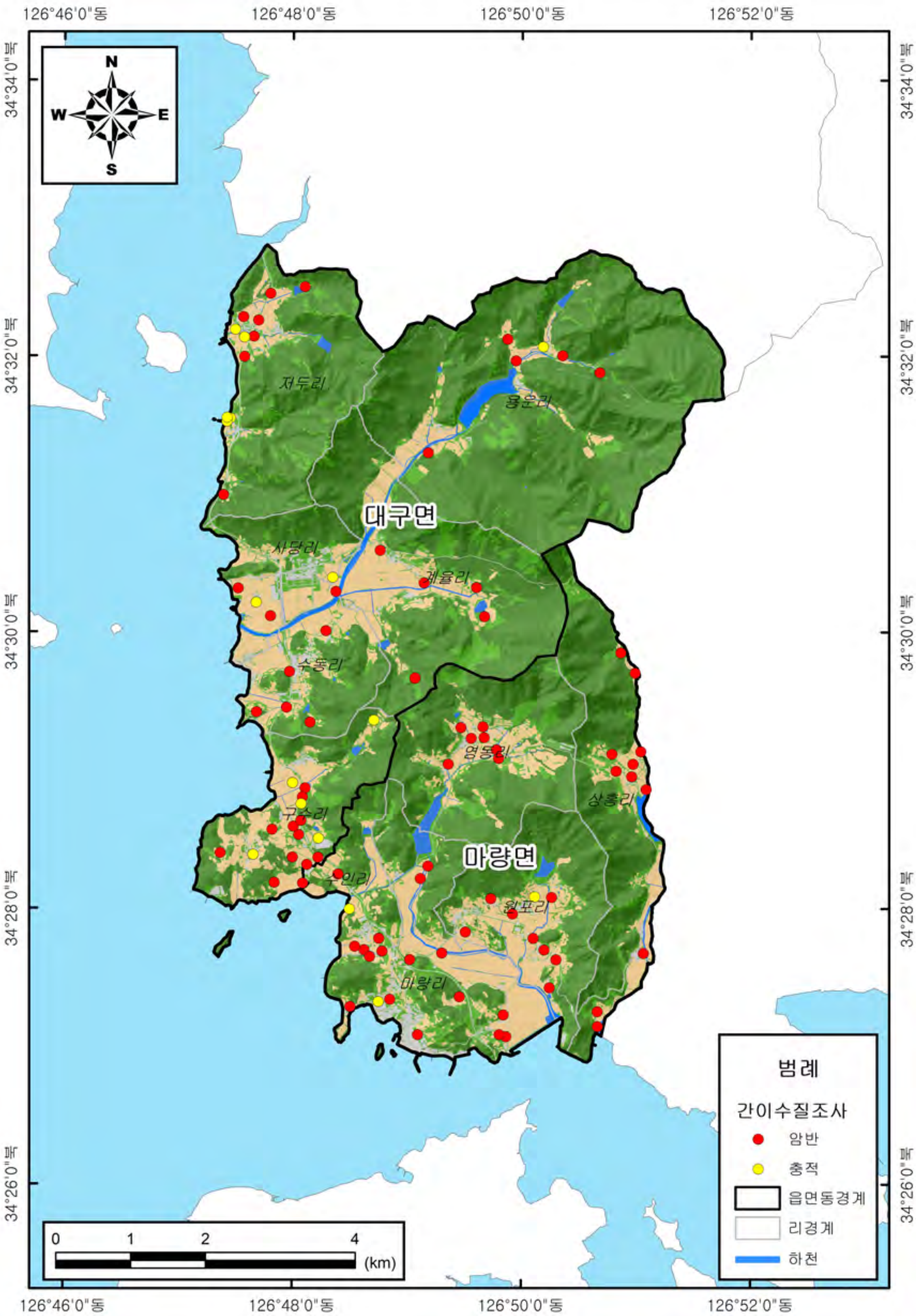
❑ 대마지구 96지점에서 현장간이수질분석을 실시하였으며 조사항목은 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC), 총용존고형물질(TDS), 온도(℃)를 측정하여 조사지역의 수질변동의 추세를 파악하였다<표 3-2-7>.

❑ 대마지구 갈수기 지하수의 평균 온도는 17.4℃이며 지역간 평균 0.8℃의 차이를 나타낸다. 수소이온농도의 평균값은 7.12로 지역간 평균 0.66의 차이를 나타낸다. EC값은 평균 584µS/㎝이고 최대값이 19,800 µS/㎝으로 높게 나타나는 지점이 있으며 TDS도 평균은 381mg/L로 높지 않지만 EC와 마찬가지로 최대값이 14,030mg/L로 높게 나타나는 지점이 발생하였다.

❑ <그림 3-2-5>는 간이수질분석을 실시한 관정의 위치이며, <표 3-2-8>은 각 측정위치에서의 갈수기와 풍수기 간이수질 분석값이다.

<표 3-2-7> 간이수질 분석결과

구분		조 사 결 과(N=96)				
항목	행정구역	최대	최소	평균	중앙	표준편차
T(℃)	**대마지구**	**18.8**	**15.3**	**17.4**	**17.5**	**0.8**
	대구면	18.8	15.5	17.4	17.5	0.8
	마량면	18.8	15.3	17.4	17.7	0.9
EC (µS/㎝)	**대마지구**	**19,800**	**90**	**584**	**202**	**2,055**
	대구면	2,810	90	374	209	535
	마량면	19,800	90	812	201	2,899
TDS (mg/L)	**대마지구**	**14,030**	**41**	**381**	**140**	**1,440**
	대구면	1,774	41	233	133	336
	마량면	14,030	63	542	141	2,038
pH	**대마지구**	**8.96**	**5.14**	**7.12**	**7.10**	**0.66**
	대구면	8.42	5.14	6.96	6.97	0.63
	마량면	8.96	5.87	7.29	7.24	0.65



<그림 3-2-5> 대마지구 간이수질 측정대상공 위치도

<표 3-2-8> 행정구역별 T(℃), EC(μS/cm), TDS(mg/L), pH

구분			갈수기				풍수기			
읍면	동리	지번	T (℃)	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	pH	T (℃)	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	pH
대구면	계율리	371	18.4	143	72	7.32	18.3	145	73	7.14
	계율리	39	16.4	160	89	6.54	16.2	184	102	6.50
	계율리	887-32	18.1	149	106	7.14	18.5	171	122	7.02
	계율리	916-1	18.8	201	100	6.86	18.7	196	98	7.11
	계율리	984-2	16.8	115	57	6.55	16.9	90	45	6.84
	계율리	산47-5	18.4	92	41	6.79	18.7	109	49	6.76
	구수리	1079	17.1	144	102	7.11	16.9	125	89	7.09
	구수리	1100-5	17.4	453	323	6.67	17.2	459	327	6.96
	구수리	1201-4	15.5	252	180	7.76	15.9	267	191	7.66
	구수리	1287-7	16.0	473	238	6.16	16.4	497	250	6.34
	구수리	1317-1	16.8	543	272	6.40	16.6	554	278	6.27
	구수리	1331-7	17.8	290	146	7.51	17.7	311	157	7.64
	구수리	3-1	18.3	168	119	7.33	18.3	160	113	7.35
	구수리	533-2	16.7	326	163	6.53	16.9	325	163	6.79
	구수리	565-2	17.3	436	218	6.29	17.1	426	213	6.14
	구수리	580-2	15.9	2,810	1,400	5.91	15.7	2,791	1,391	6.08
	구수리	592-4	18.0	102	50	5.14	18.2	120	59	5.06
	구수리	606	17.9	154	77	6.46	18.2	138	69	6.31
	구수리	644-3	17.0	290	145	7.00	17.0	311	156	6.90
	구수리	672-3	16.8	156	79	6.51	17.1	139	70	6.79
	구수리	675-2	17.8	218	109	6.18	17.9	199	100	6.18
	구수리	715-5	16.1	187	95	7.05	16.5	195	99	6.89
	구수리	982-1	17.2	759	539	7.15	17.3	791	562	7.26
	사당리	368-2	18.4	227	162	6.92	18.8	219	156	6.94
	사당리	373-2	17.6	163	115	7.08	17.4	193	136	7.18
	사당리	377-4	18.8	114	57	5.95	19.2	130	65	6.11
	사당리	62-7	17.5	168	140	7.01	17.4	174	145	6.97
	수동리	1012	17.5	350	175	6.69	17.4	333	167	6.63
	수동리	474-5	17.5	190	95	7.62	17.9	167	84	7.81
	수동리	701	17.6	158	79	6.26	17.9	167	84	6.31
	수동리	773-24	18.6	253	176	7.96	18.7	264	184	7.96
	수동리	927-15	17.1	197	102	6.94	16.9	193	100	7.16
	용운리	142	16.8	315	259	6.69	16.6	333	274	6.95
	용운리	31	17.0	212	151	7.68	16.9	230	164	7.55

<표 3-2-8> 행정구역별 T(℃), EC(μS/cm), TDS(mg/L), pH(계속)

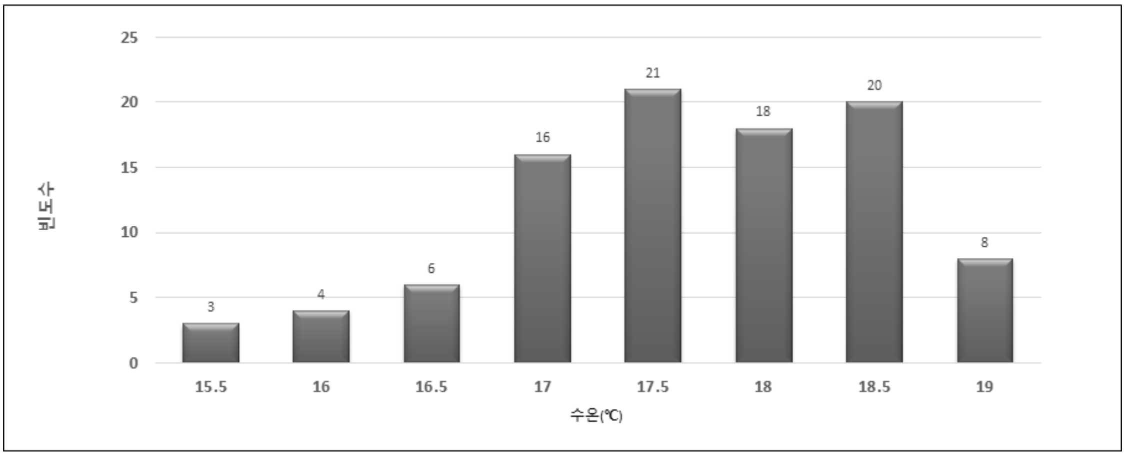
구분			갈수기				풍수기			
읍면	동리	지번	T (℃)	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	pH	T (℃)	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	pH
대구면	용운리	585	18.3	169	120	7.99	18.5	172	122	8.02
	용운리	585	18.1	90	64	7.37	18.5	76	54	7.30
	용운리	613-1	18.1	119	60	8.42	18.3	144	73	8.48
	용운리	98	17.1	124	88	7.61	16.9	145	103	7.79
	저두리	245	17.9	230	151	7.78	18.0	263	173	7.66
	저두리	311-8	17.3	272	194	7.69	17.6	277	198	7.95
	저두리	333	16.9	212	150	6.10	17.0	215	152	6.35
	저두리	344-7	17.0	151	107	6.72	16.9	132	94	6.94
	저두리	369	17.3	2,490	1,774	6.74	17.7	2,584	1,841	6.96
	저두리	369-2	17.0	1,422	1,010	6.89	17.1	1,336	949	6.72
	저두리	381	16.5	1,409	1,002	7.04	16.3	1,414	1,006	7.10
	저두리	477-6	16.8	214	116	7.14	16.6	234	127	7.34
	저두리	499-4	18.2	205	148	6.77	18.2	225	162	6.61
	저두리	506-3	18.2	214	151	7.41	18.5	192	135	7.24
	저두리	521	18.6	177	126	7.96	18.6	209	149	7.97
	저두리	산121-7	17.6	228	163	7.38	17.6	250	179	7.38
마량면	마량리	1016-1	16.8	393	279	7.22	17.2	395	280	7.10
	마량리	1022	17.9	405	288	7.19	17.7	417	297	6.99
	마량리	1150-1	15.4	213	152	7.32	15.3	224	160	7.18
	마량리	1200	16.1	207	151	7.42	16.2	191	139	7.32
	마량리	125-2	16.8	161	83	6.95	16.8	154	79	7.10
	마량리	1265-2	18.2	242	173	7.12	18.1	220	157	6.97
	마량리	14	16.8	453	231	6.84	16.9	428	218	6.97
	마량리	1440-3	17.3	394	280	7.28	17.7	404	287	7.21
	마량리	1570-1	17.9	1,527	1,089	6.31	18.1	1,715	1,223	6.30
	마량리	280-10	17.1	168	120	7.50	16.9	198	141	7.37
	마량리	285	17.9	288	205	8.03	17.8	287	204	8.25
	마량리	35-8	16.7	909	455	6.72	16.9	928	465	6.53
	마량리	510	17.3	254	127	6.16	17.7	278	139	6.40
	마량리	532-11	18.1	200	145	7.46	18.2	217	157	7.28
	마량리	939	18.8	125	64	8.15	19.0	114	58	8.18
	상흥리	405-7	18.8	144	103	7.65	18.9	166	119	7.84
	상흥리	496	17.8	1,197	849	8.48	17.8	1,220	865	8.53
	상흥리	500	18.3	19,800	14,030	8.05	18.6	18,700	13,251	8.23

<표 3-2-8> 행정구역별 T(℃), EC(μS/cm), TDS(mg/L), pH(계속)

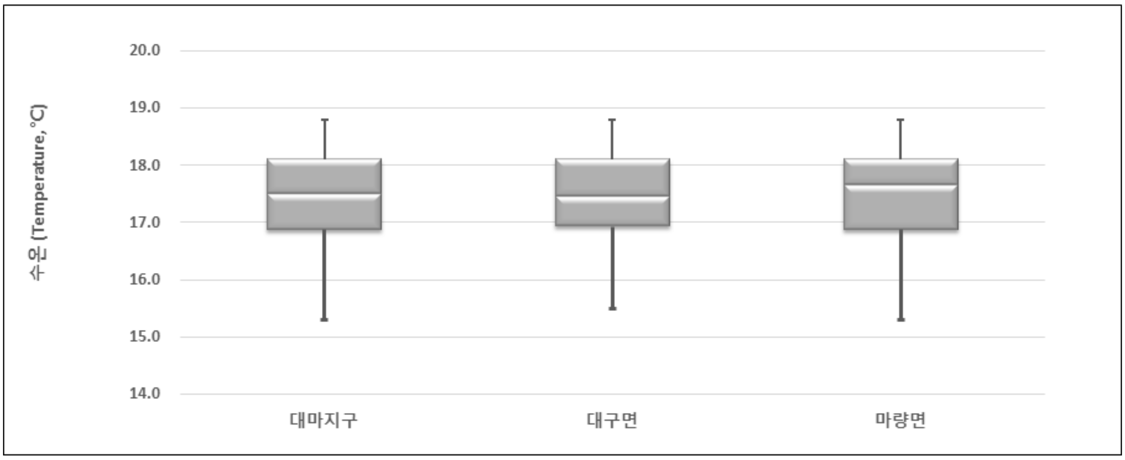
구분			갈수기				풍수기			
읍면	동리	지번	T (℃)	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	pH	T (℃)	EC (μS/cm)	TDS (mg/L)	pH
마량면	상흥리	630-6	18.4	90	63	8.04	18.6	95	67	8.13
	상흥리	766-4	17.7	143	102	7.22	17.5	176	126	7.30
	상흥리	767	15.9	337	174	6.66	15.7	371	192	6.50
	상흥리	781-6	17.5	380	270	6.63	17.9	388	276	6.93
	상흥리	796-3	18.1	191	136	7.76	17.9	225	160	7.88
	상흥리	811	15.8	134	69	8.54	16.0	154	79	8.76
	상흥리	819-7	17.3	135	96	6.91	17.7	162	115	6.82
	상흥리	86	17.6	149	106	7.58	17.4	158	112	7.63
	수인리	1277-11	17.1	174	87	6.72	17.4	199	100	6.34
	수인리	1289-8	18.1	4,170	2,090	6.86	18.4	4,040	2,025	6.92
	수인리	331	15.3	184	131	7.27	15.2	160	114	7.48
	수인리	497-3	17.7	612	435	7.03	18.0	587	417	6.94
	영동리	132	17.4	141	100	7.79	17.4	172	122	7.87
	영동리	139-2	16.2	143	102	7.25	16.6	141	101	7.35
	영동리	59-3	17.1	185	142	7.03	16.9	213	163	7.06
	영동리	606-2	17.2	131	93	7.02	17.0	109	77	6.85
	영동리	610-1	17.7	166	119	8.09	17.7	169	121	8.33
	영동리	620-2	16.7	152	108	8.96	16.5	144	102	8.23
	영동리	75-5	17.8	180	105	5.87	17.6	191	111	5.78
	원포리	135-7	16.5	220	115	6.78	16.5	231	121	6.87
	원포리	172-22	18.6	201	143	7.25	18.7	190	135	7.53
	원포리	245-1	18.6	192	137	7.45	18.5	215	153	7.29
	원포리	41-3	17.8	201	100	6.61	18.1	199	99	6.52
	원포리	445-4	18.1	203	146	7.98	18.4	196	141	8.14
	원포리	573	18.3	360	180	6.19	18.5	383	192	6.25
	원포리	720-14	18.4	523	371	8.00	18.5	556	394	8.21
	원포리	780-4	17.3	363	258	7.05	17.6	340	242	6.86
	원포리	802-5	18.1	197	140	7.16	18.3	210	149	7.44

가. 수온 (Temperature, ℃)

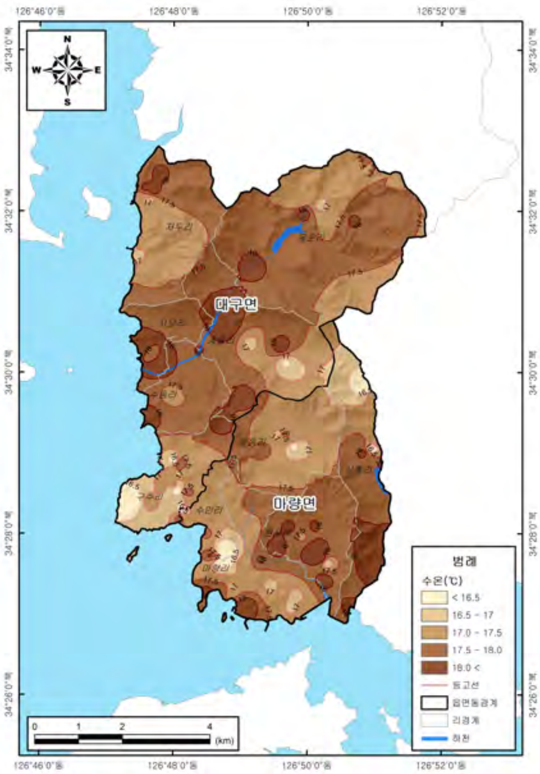
○ 측정된 전체시료의 지하수 수온은 15.3℃~18.8℃의 범위를 보여준다. 빈도분포도를 살펴보면 16.0℃에서 19.0℃까지 온도분포가 다양하다는 것을 알 수 있으며 Box-whisker 다이어그램을 보면 대구면이 다소 온도가 높고 대구면이 조금 낮게 나타나는 것을 볼 수 있다 <그림 3-2-6~7>. 대마지구 갈수기 평균수온은 17.4℃, 풍수기 평균수온은 17.5℃로 조사되었다<그림 3-2-8>.



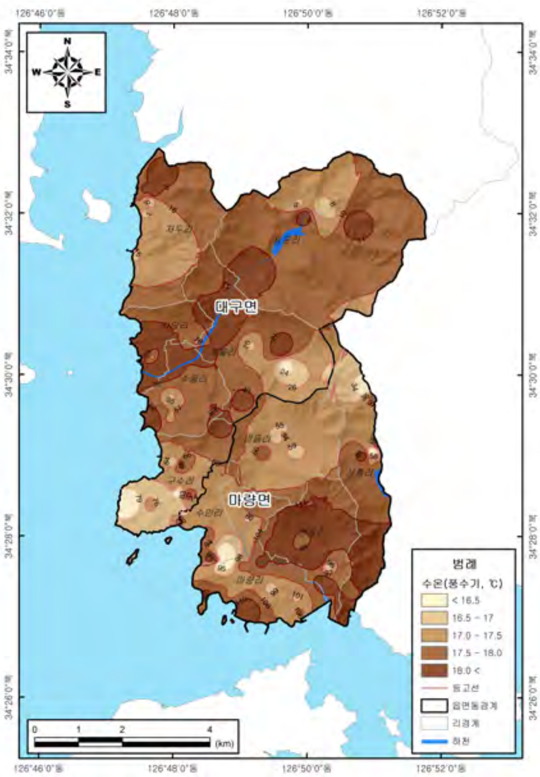
<그림 3-2-6> 대마지구 지하수의 수온(T) 빈도분포도



<그림 3-2-7> 대마지구 지하수의 수온(T) Box-whisker



(a) 갈수기 수온분포도

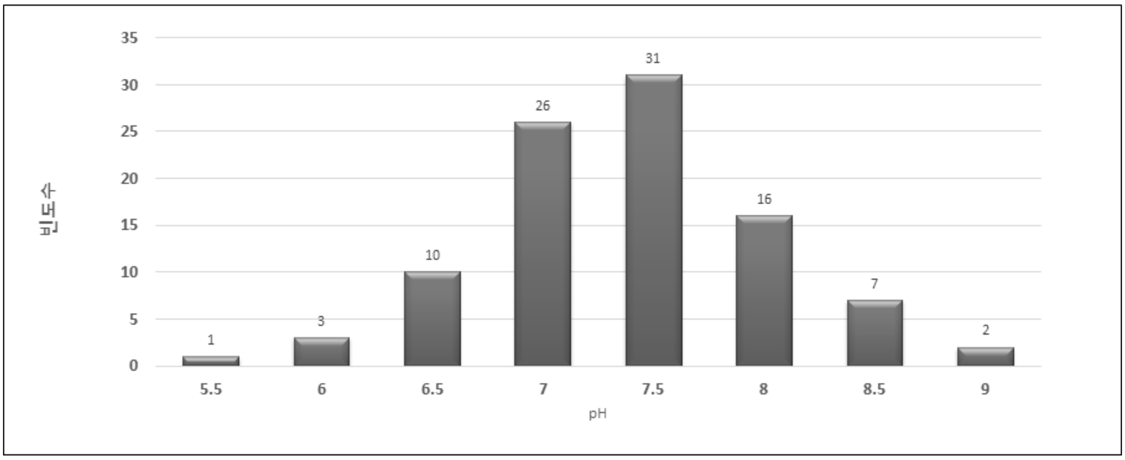


(b) 풍수기 수온분포도

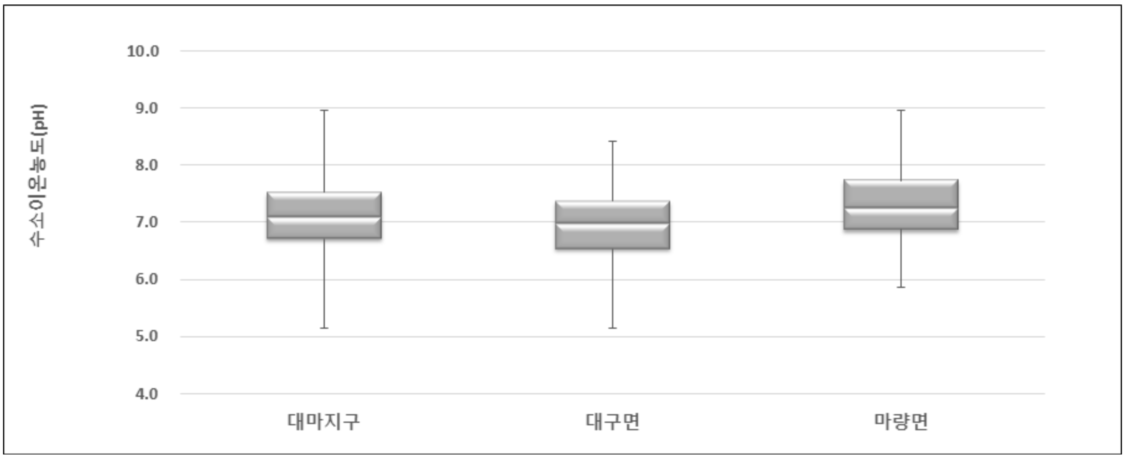
<그림 3-2-8> 대마지구 지하수의 수온(℃) 분포도

나. 수소이온농도 (pH)

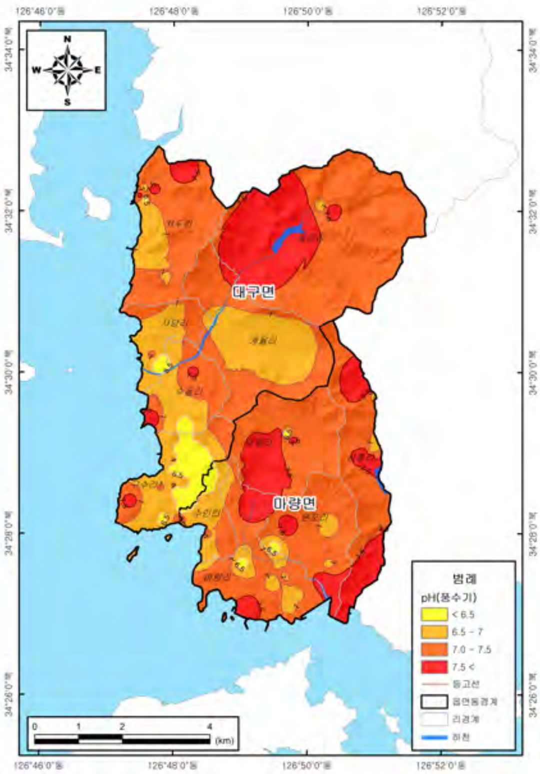
○ 대마지구의 수소이온농도는 5.14~8.96의 범위를 갖고, 평균값은 7.12로 중성을 띈다. 빈도분포도를 살펴보면 pH 분포가 7.00~7.50사이에 집중되어 나타나는 것을 확인할 수 있으며 Box-whisker 다이어그램을 살펴보면 마량면이 다소 높고 대구면이 비교적 낮은 것을 볼 수 있다<그림 3-2-9~10>. 측정자료 분석결과 갈수기 pH 평균값은 7.12, 풍수기 pH 평균값은 7.0으로 조사되었다<그림 3-2-11>.



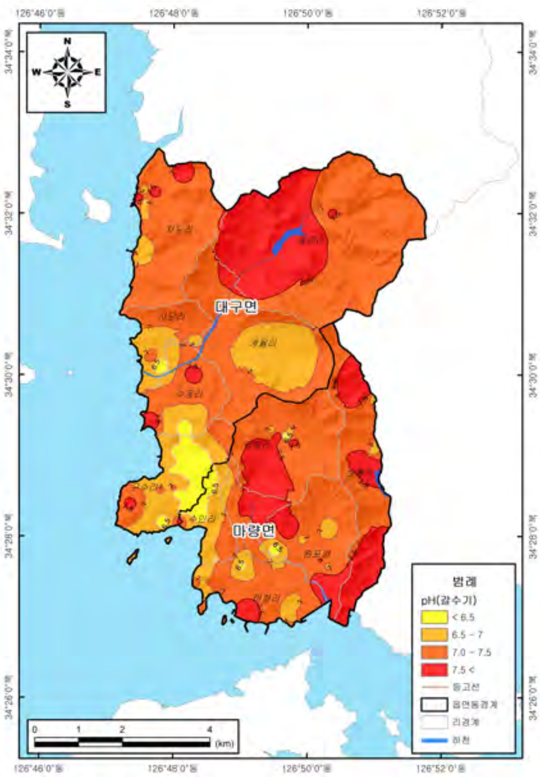
<그림 3-2-9> 대마지구 지하수의 pH 빈도분포도



<그림 3-2-10> 대마지구 지하수의 pH Box-whisker



(a) 갈수기 pH 분포도

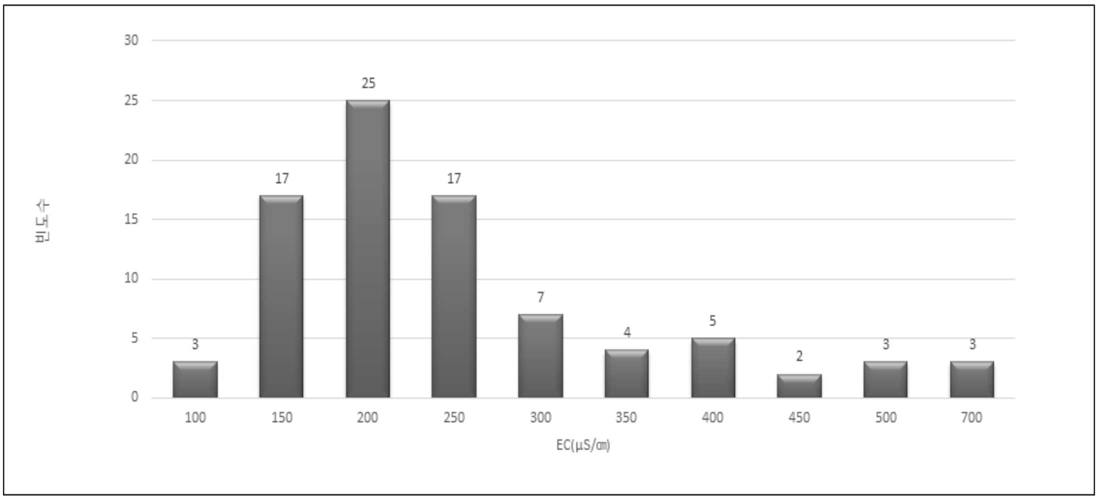


(b) 풍수기 pH 분포도

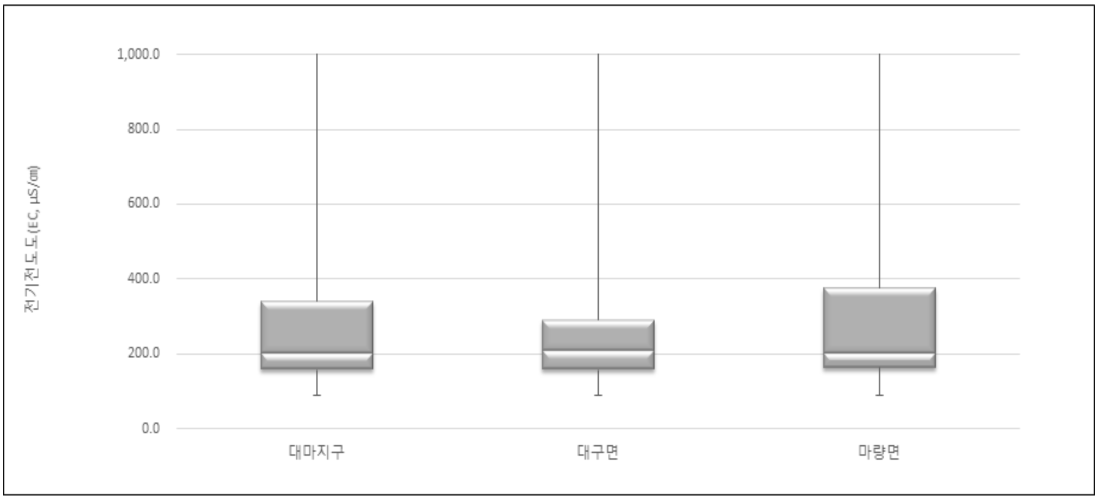
<그림 3-2-11> 대마지구 지하수의 pH 분포도

다. 전기전도도(EC, μS/㎝)와 총용존고형물(TDS, mg/L)

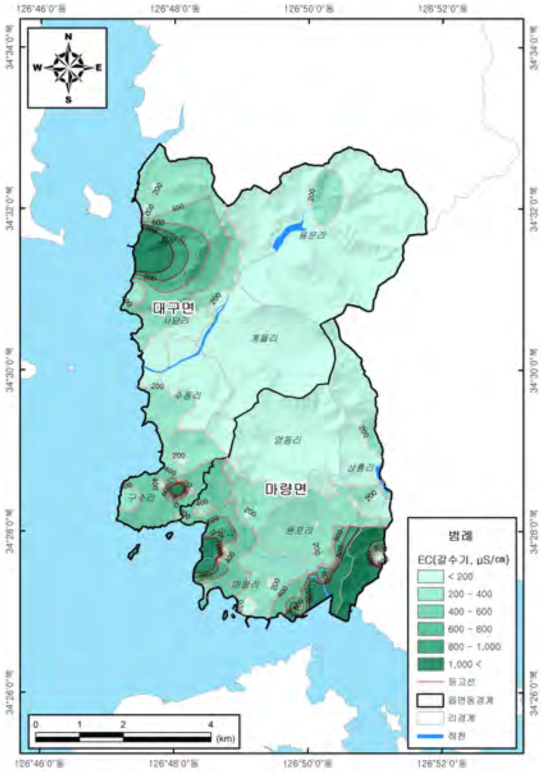
○ 측정된 전체시료의 전기전도도 값은 90μS/㎝~19,800μS/㎝의 값을 나타낸다. 빈도분포도를 살펴보면 대부분 150μS/㎝~250μS/㎝ 사이에 집중되어 있으며 Box-whisker 다이어그램을 살펴보면 대구면이 다소 높고 마량면이 비교적으로 높은 것을 알 수 있다<그림 3-2-12~13>. 대마지구 갈수기 전기전도도 평균값은 584μS/㎝, 풍수기 전기전도도 평균값은 579μS/㎝로 조사되었다<그림 3-2-14>.



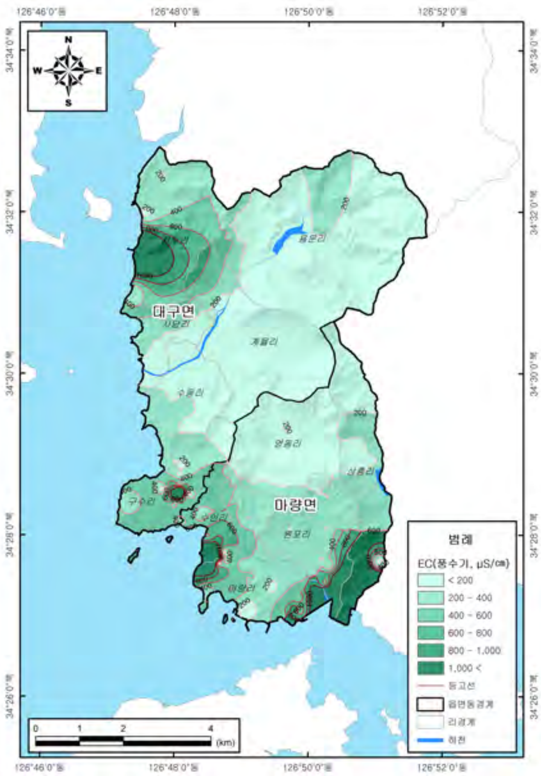
<그림 3-2-12> 대마지구 지하수의 전기전도도(EC, μS/㎝) 빈도분포도



<그림 3-2-13> 대마지구 지하수의 전기전도도(EC, μS/㎝) Box-whisker



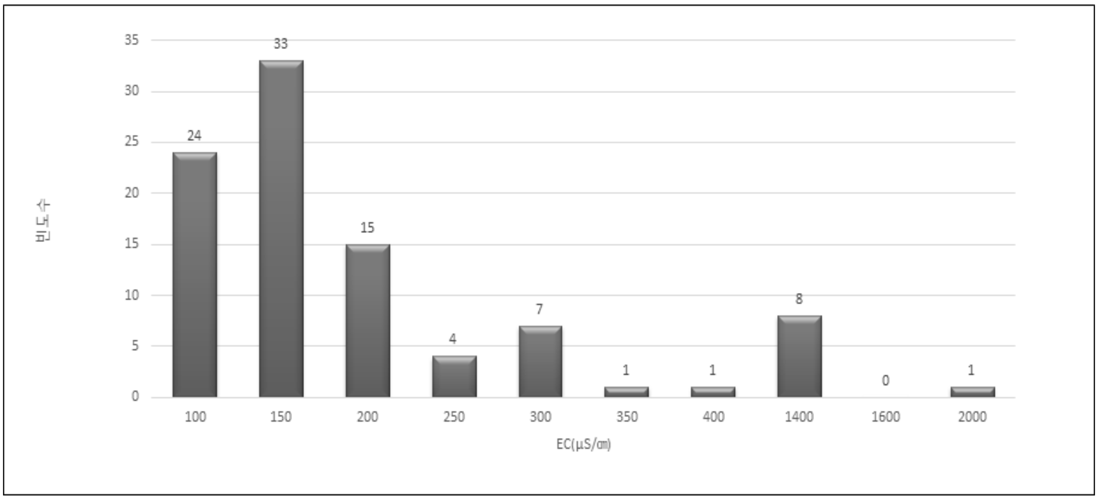
(a) 갈수기 전기전도도 분포도



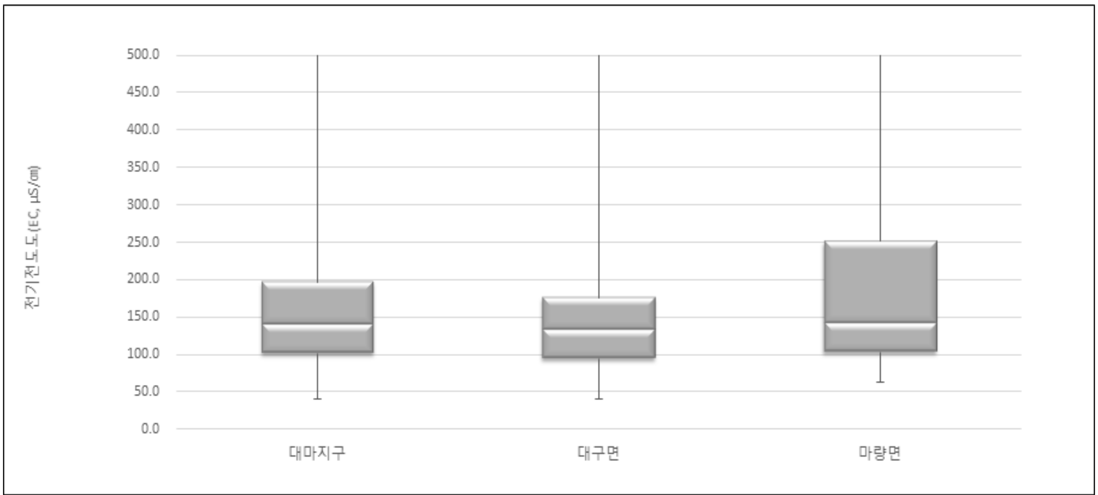
(b) 풍수기 전기전도도 분포도

<그림 3-2-14> 대마지구 지하수의 전기전도도(EC, μS/㎝) 분포도

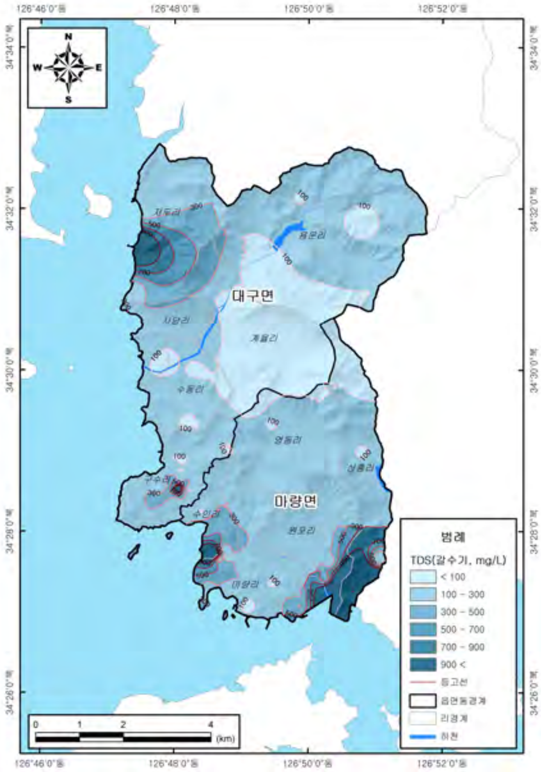
○ 측정된 전체시료의 총용존고형물(TDS, mg/L) 값은 41mg/L~14,030mg/L 범위를 보여준다. TDS 빈도분포를 살펴보면 100mg/L~200mg/L에 집중적으로 분포하는 것을 알 수 있으며 Box-whisker 다이어그램을 보면 마량면에서 높게 나타나고 대구면은 다소 높은 값을 나타내는 것을 알 수 있다<그림 3-2-15~16>. 대마지구 갈수기 총용존고형물 평균값은 381mg/L, 풍수기 총용존고형물 평균값은 378mg/L로 조사되었다<그림 3-2-17>.



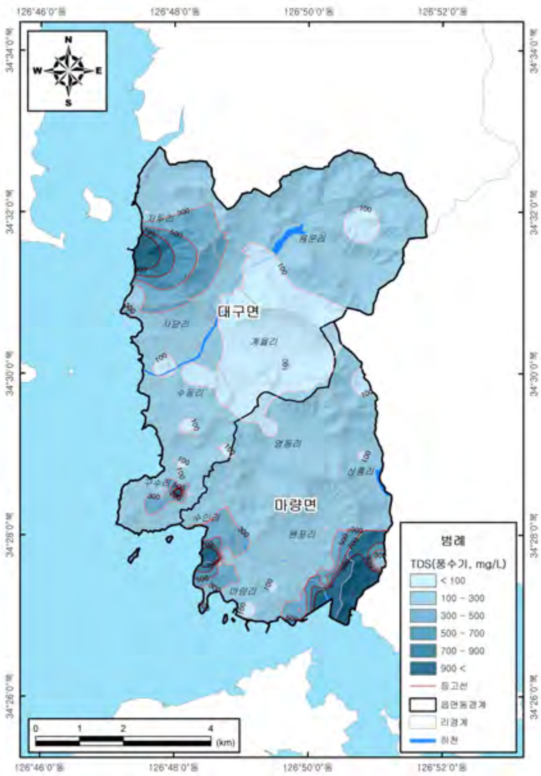
<그림 3-2-15> 대마지구 지하수의 총용존고형물(TDS, mg/L) 빈도분포도



<그림 3-2-16> 대마지구 지하수의 총용존고형물(TDS, mg/L) Box-whisker



(a) 갈수기 총용존고형물 분포도



(b) 풍수기 총용존고형물 분포도

<그림 3-2-17> 대마지구 지하수의 총용존고형물(TDS, mg/L) 분포도

라. 질산성질소 분석 결과

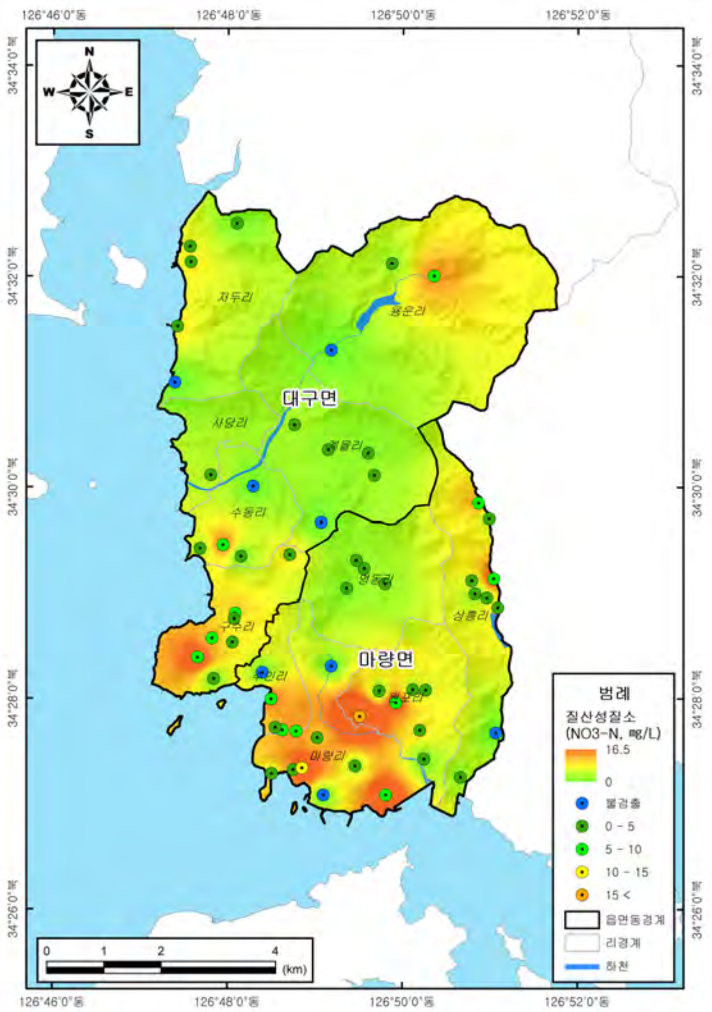
❑ 농촌지역의 특성상 영농활동에 따른 비료시비나 농약살포, 주거지역에서 발생하는 오수나 분뇨, 가축사육에 따른 축산폐수발생 등이 지하수의 수질오염에 영향을 줄 수 있는 인자이다. 본 조사에서는 주거지역이 밀집된 곳, 오염원이 밀집된 곳에 위치한 관정들을 대상으로 질산성질소 일제조사를 실시하였다<표 3-2-9, 그림 3-2-18>.

❑ 대마지구 질산성질소 조사는 총 58개소 조사하였다. 1차조사시에 49개소를 조사하여 질산성질소 분포현황을 파악하였으며 2차조사시에는 질산성질소 농도확인 및 주변오염 확인을 위하여 보조적으로 9개소에서 물시료를 채취하여 수질분석공인기관((주)바른환경연구소)에 의뢰하였다. 질산성질소 분포도 작성 및 통계분석에는 조사시기 차이에 의한 오차를 줄이기 위해 2차조사 결과를 배제하였다. 질산성질소 평균 농도는 3.1㎎/L이고 먹는물 기준치인 10㎎/L를 초과하는 관정은 2개소이며 이 중 생활용 및 농업용 기준치인 20㎎/L를 초과하는 관정은 나타나지 않았다. 먹는물 수질기준을 초과하는 관정은 마량면에 2개소가 조사되었고, 생활용 및 농·어업용 수질기준을 초과하는 관정은 없는 것으로 나타난다.

<표 3-2-9> 읍면별 질산성질소 일제조사 분석 현황

(단위 : ㎎/L)

구분	읍면	질산성질소 일제조사(N=49)						
		개소(공)	최대	최소	평균	표준편차	10 초과(공)	20 초과(공)
대마지구		49	16.5	불검출	3.1	3.5	2	-
강진군	대구면	22	9.6	불검출	2.4	2.5	-	-
	마량면	27	16.5	불검출	3.7	4.1	2	-



<그림 3-2-18> 대마지구 지하수의 질산성질소(mg/L) 분포도

❑ 질산성질소 농도가 비교적 높은 지하수관정 9개소 주변의 질산성질소 오염 정도를 파악하기 위하여 해당 지역 주변 관정을 대상으로 물시료를 채취하여 질산성질소를 분석하였다. 주변관정을 대상으로 총 9개소에서 질산성질소 2차분석자료를 분석한 결과, 대구면 수동리 1개소에서 음용수 기준 질산성 질소 농도 10mg/L을 초과하였다.

❑ 1차 질산성질소 분석결과와 2차 분석결과 중 10mg/L를 초과한 지역을 살펴보면 대부분 오염방지시설이 미비하여 외부오염에 취약한 구조이다<그림 3-2-19>. 외부오염물질 유입에 의해 일시적으로 오염된 지하수는 대부분 자연적으로 정화되지만 오염이 지속 될 시에는 회복이 어려울 수 있으므로 세심한 주의가 필요하다.

<표 3-2-10> 질산성질소 오염 주변조사(2차조사)

관정번호	읍면	리	번지	충적 암반	NO_3-N (2차)
WGJN433202200017	마량면	마량리	1570-1	암반	4.1
WGJN433202200024	대구면	구수리	1079	암반	1.9
WGJN433202200055	대구면	수동리	773-24	암반	12.3
WGJN433202200117	대구면	구수리	672-3	충적	0.1
WGJN433202200160	마량면	원포리	802-5	충적	1.8
WGJN433202200195	마량면	상흥리	766-4	암반	1.7
WGJN433202200196	마량면	상흥리	811	암반	6.8
WGJN433202200224	마량면	상흥리	86	암반	5.2
WGJN433202200227	마량면	마량리	1022	충적	불검출

WGJN433202200017

WGJN433202200224

<그림 3-2-19> 오염방지 취약시설

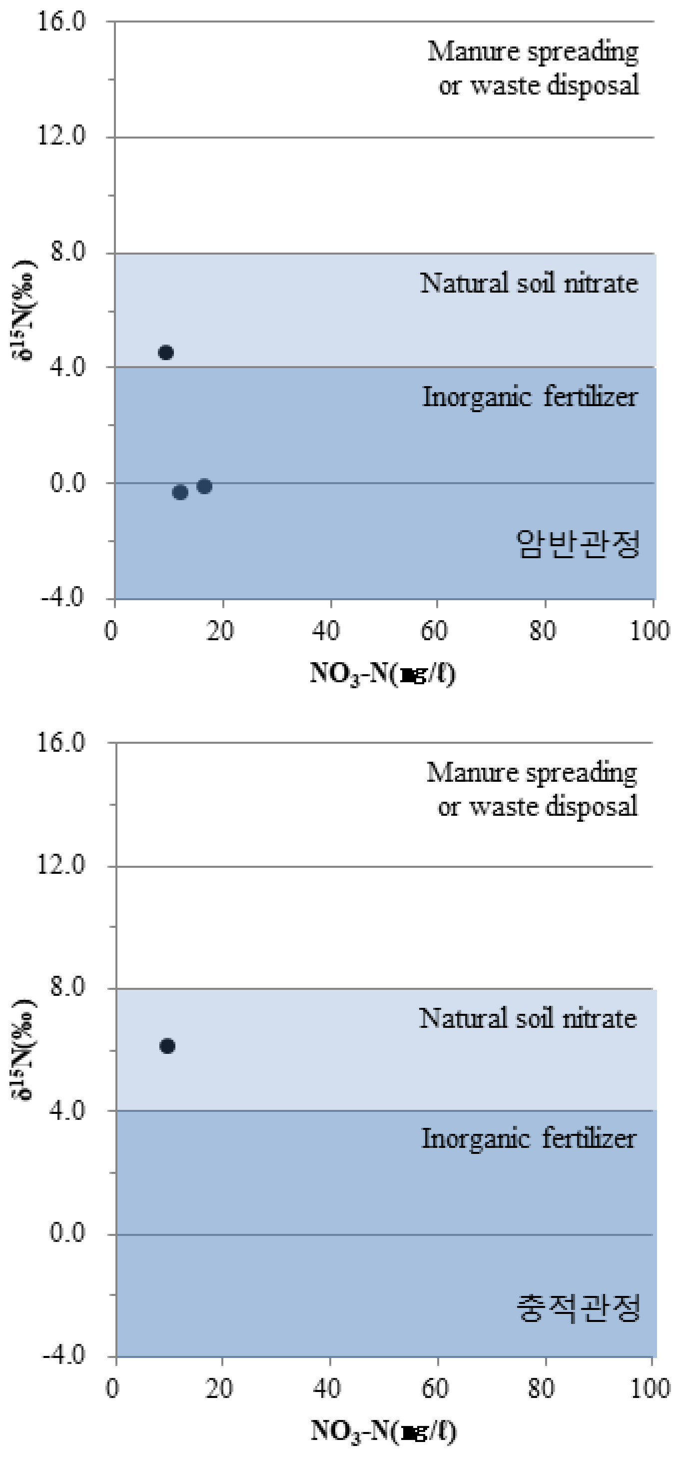
❏ 질산성질소는 화학비료, 부패한 동식물, 생활오수, 축산분뇨, 공장폐수 등에서 발생한다. 2차적인 독성은 미생물에 의해서 질산성질소가 아질산성질소로 환원됨으로써 초래된다. 환원된 아질산성질소는 혈류내로 흡수되며, 헤모글로빈과 반응하여 혈액의 산소 전달계 기능을 부분적으로 상실시킨다. 지하수 내 질산성질소는 질산염에 오염된 지표수 또는 상부 토양대 속에 농축된 질산염이 강수에 의해 대수층으로 침투한 것으로 볼 수 있다.

❏ 조사지역의 질산성질소 오염 및 지하수 오염에 큰 영향력을 갖는 요인을 알아보기 위하여 질소동위원소 분석을 수행하였다. 지하수 중 질산성질소의 δ^{15}N을 측정하면 그 오염원을 추정할 수 있는데 일반적으로 지하수의 δ^{15}N 값은 오염원이 화학비료인 경우는 +4‰이하, 토양유기물인 경우 +4 ~+8‰, 축산폐수나 생활하수인 경우는 +8~+22‰인 것으로 알려져 있다(Heaton, 1986; Komor and Anderson, 1993; Fogg et al., 1998). 분석을 위한 시료 채취 점으로 총 4개 지점 중 암반층 3개 지점, 충적층 1개 지점으로 그 결과는 <그림 3-2-20, 표 3-2-11>에 나타내었다.

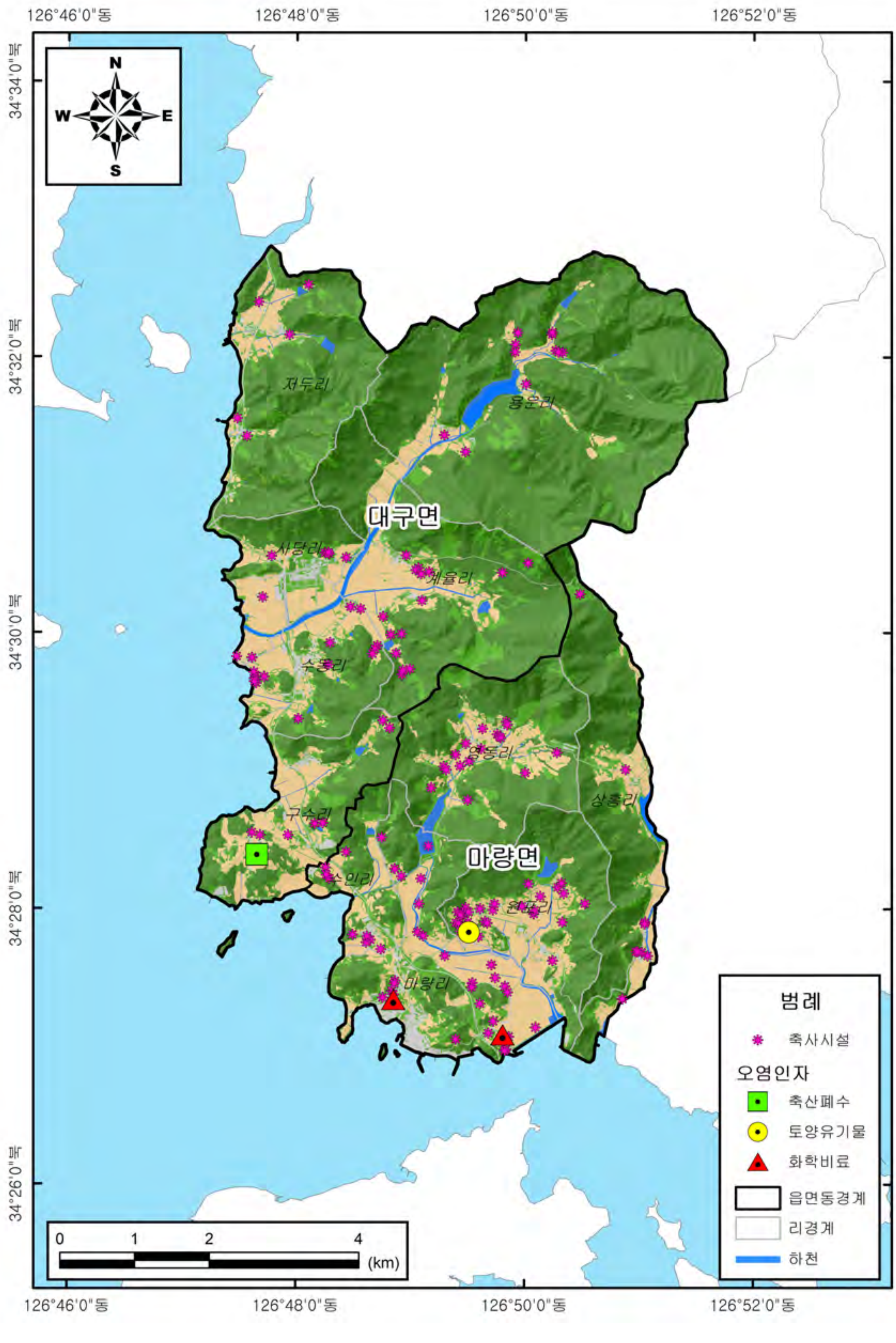
<표 3-2-11> 질산성질소와 질소동위원소 분석결과

구분	조사번호	시군구	읍면동	리	NO_3-N (mg/L)	δ^{15}N(‰)
암반	WGJN433202200248	강진군	마량면	원포리	16.5	-0.1
	WGJN433202200263	강진군	마량면	마량리	11.9	-0.3
	WGJN433202200305	강진군	마량면	마량리	9.5	4.6
충적	WGJN433202200085	강진군	대구면	구수리	9.6	6.2

❏ δ^{15}N값은 -0.3~9.0‰의 범위를 보이고 있으며, 평균값은 2.6‰, 그리고 표준편차는 2.8‰로 나타났다. 암반층과 충적층의 평균 동위원소 분석 값은 각각 1.4‰, 6.2‰로 충적층이 암반보다 4.8‰ 크게 나타난다.



<그림 3-2-20> NO_3-N과 $\delta^{15}N$의 관계



<그림 3-2-21> 질소동위원소 오염원별 위치도

❏ <그림 3-2-20>은 질산성질소의 농도와 δ^{15}N의 관계를 도시한 것이다. 대부분의 지역에서 화학비료, 유기물토양, 생활하수 및 축산분뇨 유래의 δ^{15}N범위에 있다는 것을 알 수 있다. 질산성질소의 유입은 어느 한 곳에서만 유래되는 것이 아니라 복합적으로 다른 유래의 영향도 받는 것으로 판단된다. 따라서 각 지역에 대한 질산성질소의 오염원을 판별하기 위해 Nakanishi(1995)의 계산방식을 적용하였다.

$$W = X + Y + Z$$

$$aW = bX + cY + dZ$$

$$\left\{\begin{array}{ll}
W & : \text{지하수의 질산성질소 농도(mg}/L) \\
X & : \text{화학비료 유래의 질산성질소 농도(mg}/L) \\
Y & : \text{축산분뇨 및 생활하수 유래의 질산성질소 농도(mg}/L) \\
Z & : \text{자연토양질소 유래의 질산성질소 농도(mg}/L) \\
a & : \text{지하수 질산성질소의 } \delta^{15}N\text{값(‰)} \\
b & : \text{화학비료 유래의 질산성질소의 } \delta^{15}N\text{값(‰)} \\
c & : \text{축산분뇨 및 생활하수 유래의 질산성질소의 } \delta^{15}N\text{값(‰)} \\
d & : \text{자연토양질소 유래의 질산성질소의 } \delta^{15}N\text{값(‰)}
\end{array}\right.$$

❏ 실제적으로 질산성질소의 오염원을 파악하기 위해서는 오염원 각각에 대한 배경값을 모두 조사해야 하지만 본 조사에서는 과거에 연구된 값을 적용하였다. 화학비료 기원유래의 질산성질소의 δ^{15}N값(b)은 0‰로 가정하였고, 자연토양에서 유래한 질산성질소의 농도는 0.1mg/L, δ^{15}N값은 2.4‰, 동물성유기질비료에 의한 δ^{15}N값은 22.5‰로 가정하여 적용하였다(학술진흥재단, 2000; 오윤근 외, 1997). <표 3-2-12>은 δ^{15}N에 의한 오염의 기원 구성비로서, δ^{15}N값이 높을수록 축산분뇨 및 생활하수에 의한 기여도가 큰 것으로 나타났다.

<표 3-2-12> $\delta^{15}N$에 의한 오염의 기원 구성비

구 분	관정번호	NO_3-N (mg/L) (W)	$\delta^{15}N$(‰) (a)	오염기원 구성비 (%)		
				화학비료 (X)	축산분뇨 및 생활하수 (Y)	자연토양 (Z)
암반	WGJN433202200248	16.5	−0.1	98.1	0.1	1.8
	WGJN433202200263	11.9	−0.3	96.5	0.9	2.5
	WGJN433202200305	9.5	4.6	78.1	18.7	3.2
충적	WGJN433202200085	9.6	6.2	71.5	25.3	3.1

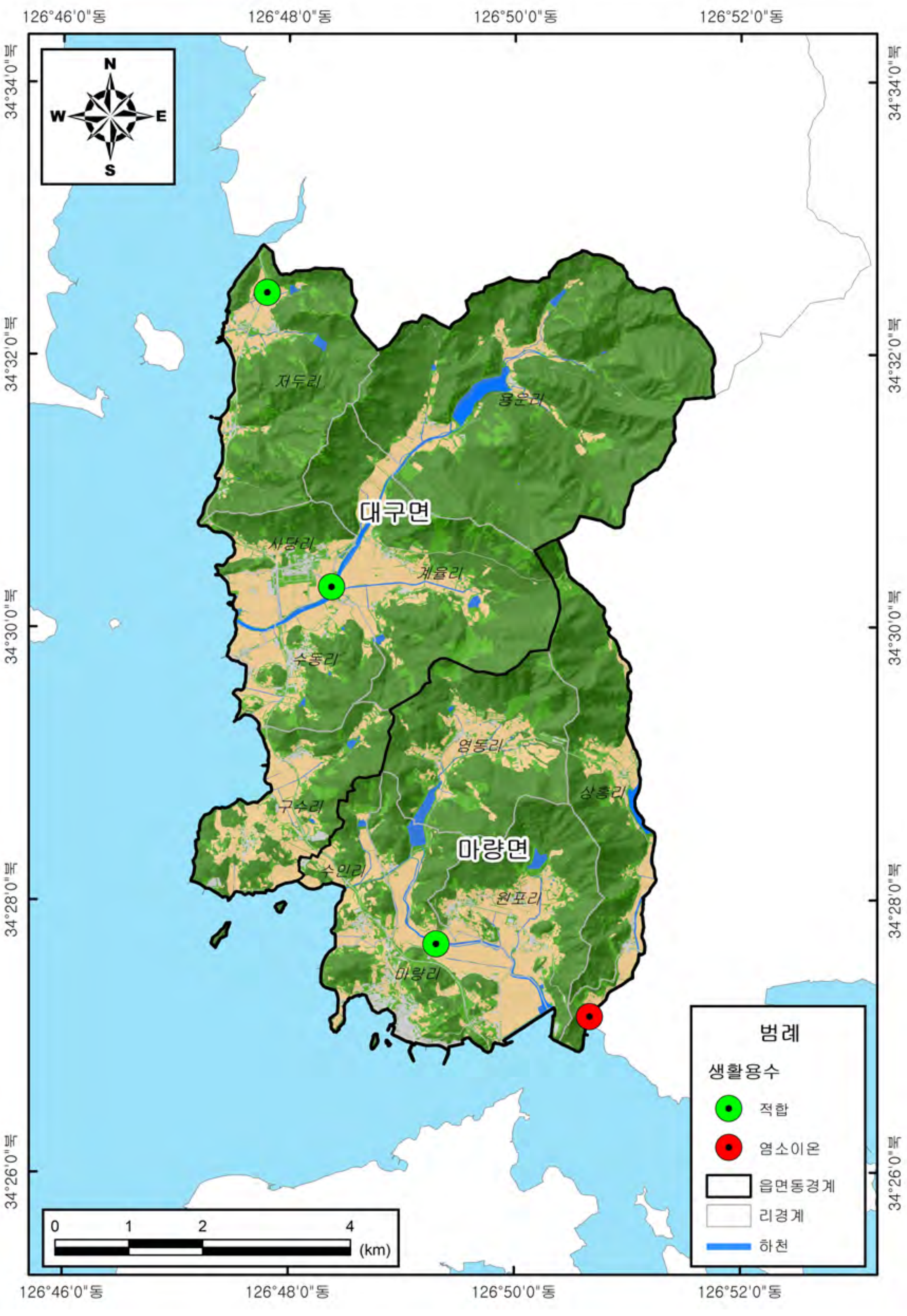
마. 수질기준(생활용수) 검사

❑ 질산성질소 분석 초과 관정과 현장 청문조사 및 관정현황 조사 시 지하수 수질오염이 취약하다고 판단되는 지역에 대하여 생활용수(19항목) 기준 수질검사를 실시하였다<표 3-2-13, 그림 3-2-22>. 조사대상 4지점 중 1개소에서 염소이온 기준치를 초과하였다<표 3-2-15>.

<표 3-2-13> 수질기준(생활용수) 검사 지점

관정현장조사번호	시군	읍면	리	번지	충적/암반
WGJN433202200031	강진군	대구면	계율리	887−32	암반
WGJN433202200046	강진군	대구면	저두리	506−3	암반
WGJN433202200166	강진군	마량면	상흥리	500	암반
WGJN433202200277	강진군	마량면	마량리	532−11	암반

※ ▭ : 수질기준 초과지점



<그림 3-2-22> 수질검사 및 초과지점 분포도

<표 3-2-14> 지하수 생활용수 및 기타 수질기준

이용목적별 / 항 목		먹는물 기준1)	생활용수2)	농·어업용수2)	공업용수2)
일반 오염물질 (5개)	수소이온농도(pH)	5.8～8.5	5.8～8.5	6.0～8.5	5.0～9.0
	총대장균군	불검출	5,000 이하 (군수/100mL)	-	-
	질산성질소	10 이하	20 이하	20 이하	40 이하
	염소이온	250 이하	250 이하	250 이하	500 이하
	일반세균	1ml 중 100CFU이하	-	-	-
특정 유해물질 (15개)	카 드 뮴	0.005 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하
	비 소	0.01 이하	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하
	시 안	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.2 이하
	수 은	0.001 이하	0.001 이하	0.001 이하	0.001 이하
	유 기 인	-	0.0005 이하	0.0005 이하	0.0005 이하
	페 놀	0.005 이하	0.005 이하	0.005 이하	0.01 이하
	납	0.01 이하	0.1 이하	0.1 이하	0.2 이하
	6가크롬	0.05 이하	0.05 이하	0.05 이하	0.1 이하
	트리클로로에틸렌 (TCE)	0.03 이하	0.03 이하	0.03 이하	0.06 이하
	테트라클로로에틸렌 (PCE)	0.01 이하	0.01 이하	0.01 이하	0.02 이하
	1.1.1-트리클로로에탄	0.1 이하	0.15 이하	0.3 이하	0.5 이하
	벤 젠	0.01 이하	0.015 이하	-	-
	톨 루 엔	0.7 이하	1 이하	-	-
	에틸벤젠	0.3 이하	0.45 이하	-	-
	크 실 렌	0.5 이하	0.75 이하	-	-

1) 먹는물 수질기준 및 검사 등에 관한 규칙 [별표 1] 먹는물 수질기준
2) 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙 [별표 4] 지하수의 수질기준

❑ 수질검사결과 농업용수 수질기준을 초과한 분석지점의 초과항목에 대한 분석결과를 표로 작성하였다<표 3-2-15>. 강진군 마량면 1개소에서 염소이온 수질기준을 초과하였다. 주변 환경을 살펴보면, 지하수관정이 상흥방조제에 따른 간척지 및 양식장 인근에 위치하여 남해의 해수의 유입이 진행되고 있는 것으로 판단된다.

<표 3-2-15> 대마지구 수질검사 기준초과지점

조사번호	분석결과	초과항목	관정형태
	염소이온		
WGJN433202200166	11,125.6	염소이온	암반

바. 양·음이온 분석

1) 시료채취

❑ 대마지구 지하수의 수리지구화학적 특성을 규명하고 오염현황을 파악하기 위해 지하수 내에 용존되어 있는 주요 이온성분인 Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO_3, SO_4, NO_3의 농도를 분석하였다<표 3-2-17>.

❑ 양·음이온 시료채취는 일제조사결과 대마지구 특성을 알아보기 위하여 지질분포와 해수유입의 특성을 고려하여 총 5개 지점에서 분석을 실시하였다<표 3-2-16, 그림 3-2-23>.

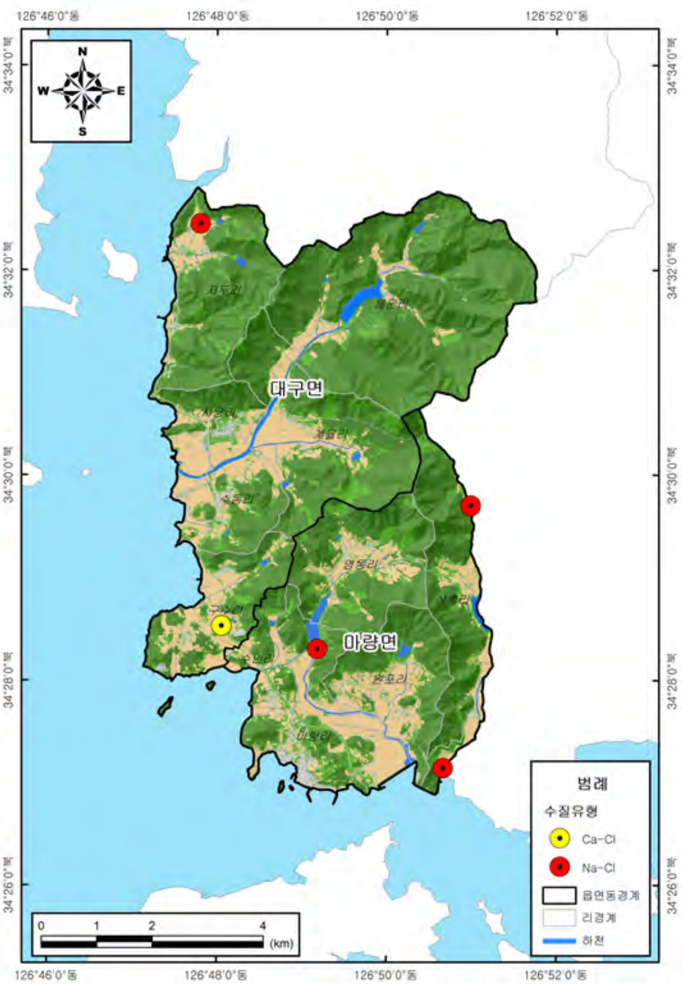
<표 3-2-16> 양·음이온 분석지점 및 채취사유

현장조사번호	읍면	리	번지	충적/암반	채취사유
WGJN433202200045	대구면	구수리	580-2	암반	지질분포상
WGJN433202200046	대구면	저두리	506-3	암반	지질분포상
WGJN433202200166	마량면	상흥리	500	암반	지질분포상
WGJN433202200178	마량면	상흥리	819-7	암반	지질분포상
WGJN433202200264	마량면	마량리	285	암반	지질분포상

<표 3-2-17> 양·음이온별 이화학분석결과

(단위 : mg/L)

양 이 온(Cation)					
이 온	최소값	최대값	평균	중앙값	표준 편차
Na^{+}	25.8	8,655.0	1,831.1	117.6	3,413.7
K^{+}	1.4	4.4	2.6	2.6	1.0
Ca^{2+}	9.8	23.9	17.4	19.1	4.8
Mg^{2+}	3.7	685.6	155.9	10.5	266.0
음 이 온(Anion)					
이 온	최소값	최대값	평균	중앙값	표준 편차
Cl^{-}	14.1	13,994.8	2,999.3	48.0	5,508.3
HCO_3^{-}	40.0	70.0	54.0	50.0	5,508.3
SO_4^{2-}	3.0	2,102.0	427.7	5.8	837.2
NO_3^{-}	5.9	19.1	12.8	10.9	5.3



<그림 3-2-23> 양·음이온분석시료 채수 위치도

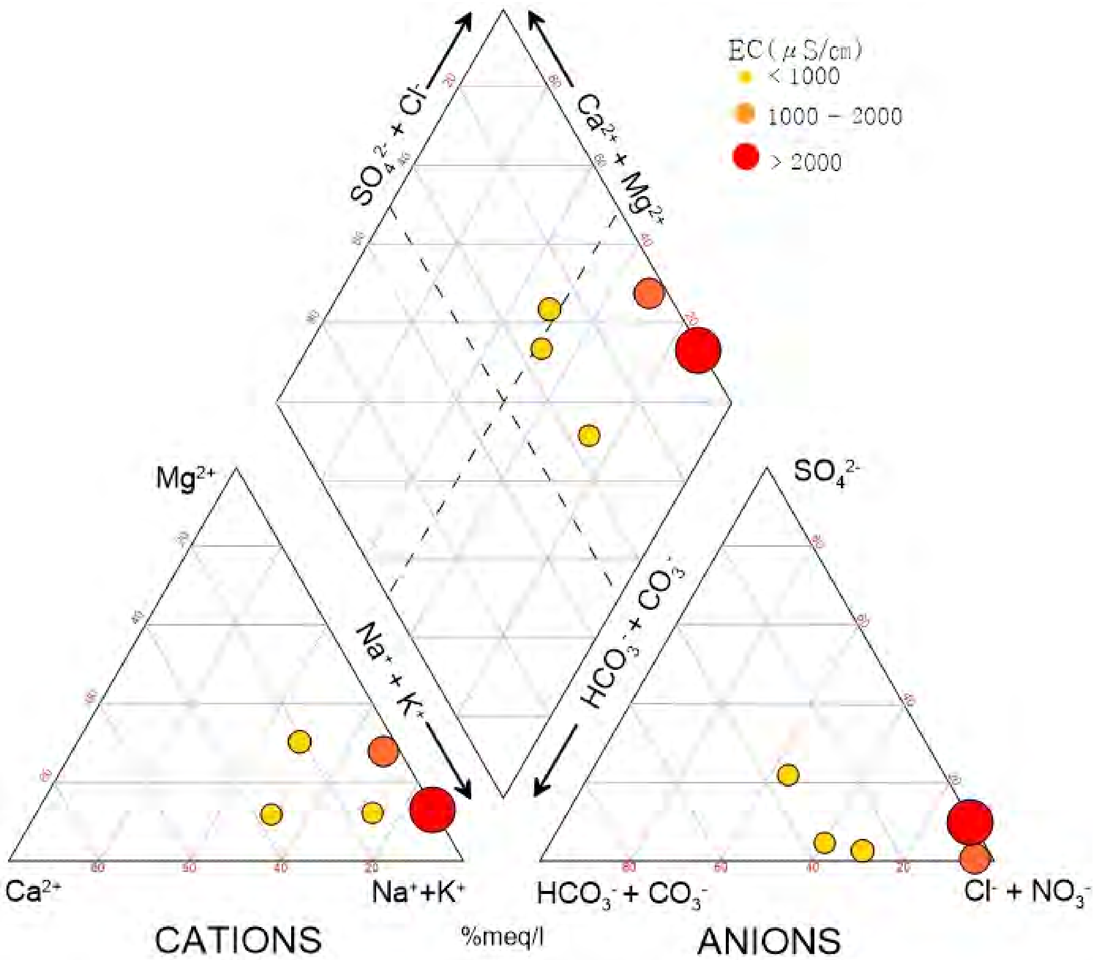
❑ 지하수의 수질 유형(Piper Diagram)

○ Piper diagram은 지하수 화학특성을 표시하는데 널리 쓰이는 수단인데, 지하수내 주요 양이온과 음이온의 당량농도(meq/L)를 비율로 나타냄으로써 지하수의 유형(type)을 구분하는데 이용될 수 있다. 수질유형은 대표적인 양이온과 음이온으로 나누어 네 가지 유형으로 분류하였다. 양이온의 경우 Na와 K의 당량농도의 합과 Ca와 Mg의 당량농도의 합을 비교하여 전자가 큰 경우 Na 유형으로 후자가 큰 경우 Ca 유형으로, 음이온의 경우 HCO_3와 CO_3의 당량농도의 합과 Cl, SO_4, NO_3의 당량농도의 합을 비교하여 전자가 큰 경우 HCO_3 유형, 후자가 큰 경우 Cl 유형으로 구분하였다.

○ Ca-HCO_3 유형은 오염되지 않은 천부지하수를 지시하며, 농업활동이나 생활하수 등의 인위적인 오염원에 의해 영향을 받게 되면 Ca-Cl 유형으로 바뀌게 된다. Ca-HCO_3 유형의 천부지하수는 지하수 유동경로가 길어짐에 따라 지질매체와의 반응을 통해 Na-HCO_3 유형으로 바뀌게 되며, Na-Cl 유형은 해수의 영향에 의해 나타난다. 물이 대수층을 통하여 흐르는 동안 주변 암석과의 반응에 의하여 고유의 화학성분을 형성한다고 보는데 이와 같이 대수층 내에서 화학조성이 다른 지하수체를 표현하는데 수리화학상(Hydrochemical facies)이란 용어를 사용한다.

○ 암반관정 5공에 대하여 지하수 양음이온 분석결과를 Piper Diagram에 도시하였다. 먼저 생활하수 및 축산폐수 등에 의한 수질유형 변화를 알아보기 위해 질산성질소 농도에 따라 크기를 달리하여 Piper Diagram에 표시하였다. 수질유형은 Ca-Cl 1개소, Na-Cl 4개소로 Na-Cl 유형이 우세하게 나타난다.

○ 양이온이 Na가 우세하게 나타나며, 음이온은 HCO_3가 다소 우세하게 나타난다. 오염을 받지 않은 배경 수질은 Ca-HCO_3 유형이고 배경 수질로부터 유동경로에 따른 농업활동 등 인위적인 요인에 의한 영향 및 해수에 의한 영향을 받아 Ca-Cl 유형으로 변화하고 있는 것으로 추정된다. 음이온 HCO_3 유형에서 Cl 유형으로 변할수록 질산성질소와 전기전도도가 커지는 경향을 나타내며, 이는 오염원이나 해수유입에 의한 영향이 나타나고 있는 것으로 판단된다<그림 3-2-24>.



<그림 3-2-24> 대마지구 지하수의 Piper Diagram

❏ 지하수의 수질 유형(Stiff Diagram)

○ 각기 다른 곳에서 채취한 지하수 시료를 한눈에 비교할 때 용이한 Stiff Diagram은 다각형 형태로서 세 개의 평행축을 다른 편 수직 세로축에 연장하여 만들어진다. 양이온은 세로축의 왼쪽에, 음이온은 오른쪽에 당량농도(meq/L)로 나타내며, 다각형의 면적이 넓을수록 용존이온의 농도가 높은 것이다.

○ 대마지구 지하수의 Stiff Diagram에 의한 수질유형은 Na−Cl과 Ca−Cl유형이 우세하며 마량면 상흥리의 경우 해수의 영향이 큰 것으로 조사되었다<그림 3-2-25>.

<그림 3-2-25> 대마지구 지하수의 Stiff Diagram

사. 수소-산소 동위원소 분석

❑ 부존 지하수의 기원과 충진 특성을 규명하기 위해 $\delta^{2}H$와 $\delta^{18}O$를 이용하는데 이들 원소는 지하수의 용존이온과 반응이 일어나지 않으므로 지하수 유입지의 차이와 거동현상을 파악하는데 중요한 역할을 한다.

❑ 대마지구의 지하수 시료 중 전기전도도(EC)와 양음이온 분석결과, Na와 Cl이 높은 2개의 시료를 대상으로 수소-산소 동위원소를 분석하였다 <표 3-2-18>.

<표 3-2-18> 수소-산소 동위원소 분석결과

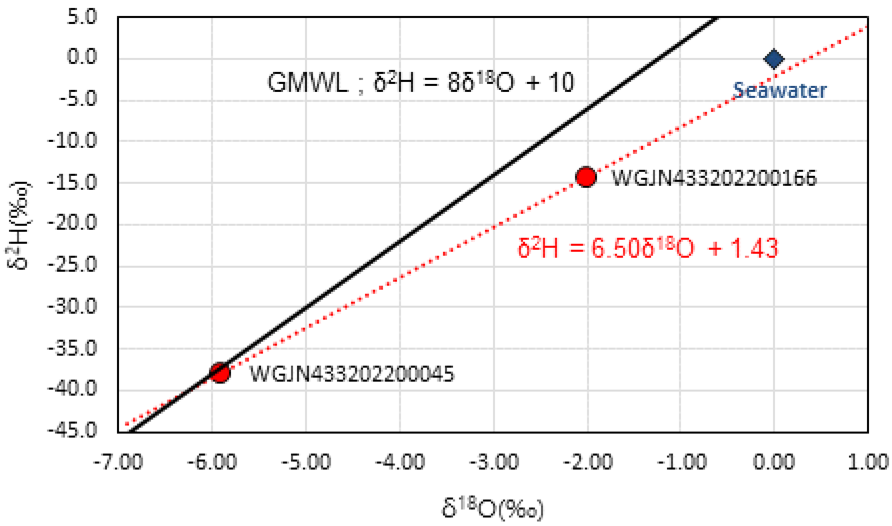
현장조사번호	읍면	리	EC (μS/cm)	Na^{+} (mg/L)	Cl^{-} (mg/L)	$\delta^{18}O_{VSMOW}$ (‰)	$\delta^{2}H_{VSMOW}$ (‰)
WGJN433202200045	대구면	구수리	2,810	328.2	908.7	-5.92	-38.0
WGJN433202200166	마량면	상흥리	19,800	8,655.0	13,994.8	-2.02	-14.4

<그림 3-2-26> 대마지구 지하수의 수소-산소동위원소 위치도

❑ 수소-산소동위원소비와 지구순환수선(Global Meteoric Water Line, GMWL)과의 관계는 <그림 3-2-27>에 도시하였으며, 지하수 시료에 대한 $\delta^{18}O$는 -5.92‰과 -2.02‰, $\delta^{2}H$는 -38.0‰과 -14.4‰로 분석되었다.

❑ 일반적인 표준 평균해수(Standard Mean Ocean Water, SMOW)의 $\delta^{18}O$와 $\delta^{2}H$는 0‰이며, 분석결과 지구순환수선 상에 도시되어 지하수의 기원은 순환수였음을 보여준다. 그러나 분석된 지하수는 $\delta^{2}H=6.50^{18}O+1.43$의 담수-해수 혼합직선을 따르고 있다<그림 3-2-27>.

❑ 따라서 대마지구의 수소-산소동위원소가 분석된 두지점은 해안가에 위치하고 있으며, 수소-산소동위원소 분석결과, WGJN433202200166 관정에 경우 지구순환수에 비해 무거운 쪽으로 도시되어 해수에 의한 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다.



<그림 3-2-27> 수소-산소동위원소 분석결과와 순환수선과의 관계

3.3 오염취약성 분석

3.3.1 DRASTIC 시스템

❑ DRASTIC 시스템은 1987년 미국 환경청(EPA)과 미국 지하수협회(WGWA, National Groundwater Association)의 전신인 미국 정호협회(NWWA)에 의하여 개발된 지하수오염 취약성 평가 모델이다. 본 모델은 수리지질학적인 요인들의 영향을 수치적으로 평가하고 전체 인자들의 영향을 종합적으로 평가하기 위한 것으로 7가지 인자가 지하수 오염에 영향을 미치는 중요도에 따라서 가중치를 적용한다.

❑ DRASTIC 시스템은 대상지역의 수문지질특성을 토대로 지하수 오염취약성을 간접적으로 평가하는 방법으로 지하수의 심도(D : Depth to water), 자연함양량(R : Net Recharge) 대수층 매질(A : Aquifer media), 토양매질(S : Soil media), 지형(T : Topography), 비포화대 매질의 영향(I : Impact of the vadose zone), 수리전도도(C : Hydraulic Conductivity) 등 7개의 구성인자별로 지하수 오염물질의 유입 및 이동성 등과의 상관성에 따라 가중치와 등급범위를 설정하여 곱한 값들을 합산하여 구한 Drastic 지수를 토대 지하수의 상대적인 오염취약성을 평가하는 것이다 <표 3-3-1>.

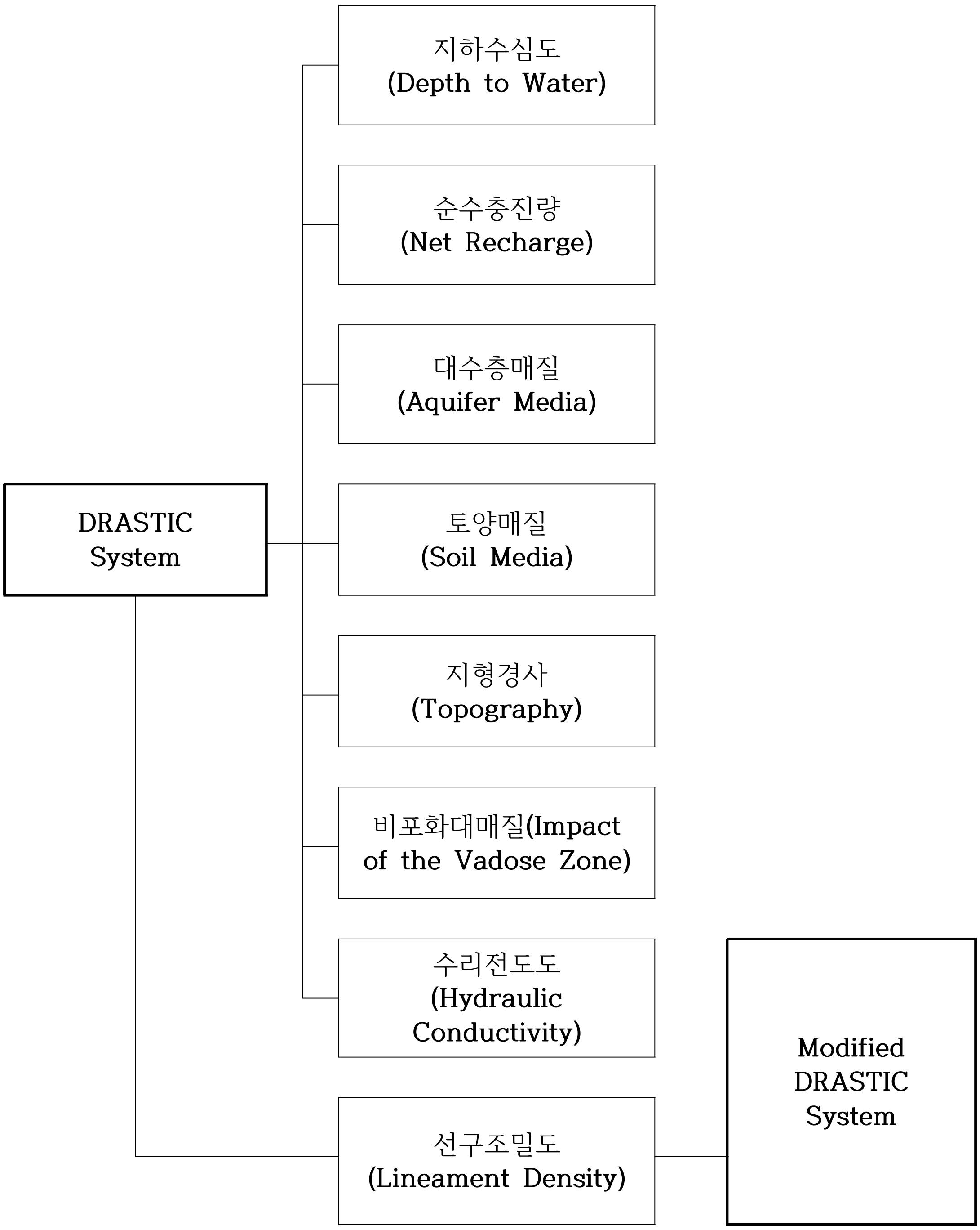
❑ DRASTIC 시스템에서 적용되는 기본 가정은 다음과 같으며, 구성 인자별 평가 기준은 <표 3-3-1>에 요약한 바와 같다.

1) 오염원은 지표상에 위치 2) 오염물질의 지하유입은 강수량에 의존

3) 오염물질은 물과 함께 유동 4) 평가 대상 지역 면적은 0.4㎢ 이상

❑ 위의 가정을 벗어난 경우, 예를 들면 ①오염물질이 지하수계로 잘 이동하지 않는 물리화학적인 성질이 있을 때, ②비중이 물보다 커서 지하수의 이동과는 다른 유동양상을 보일 때, ③오염물질이 주입 정호 같은 경로를 통하여 지하수계로 직접 유입할 때 등의 예외적인 경우에 DRASTIC 모델은 지하수오염 취약성을 정확히 지시 할 수 없다. 또한, 평가지역을 100acre(0.4㎢) 이상으로 함은 국지적인 지하수의 흐름보다는 광역적인 유동방향을 고려한 것이다.

❑ DRASTIC 시스템의 평가절차는 <그림 3-3-1>와 같으며, 본 조사에서는 전술된 각종 성과를 기반으로 GIS 공간분석 기법에 의거 각 항목별 주제도면을 작성하고 이를 중첩하여 평가하였다.



<그림 3-3-1> DRASTIC 흐름도

<표 3-3-1> DRASTIC 평가기준

평가항목	단위	등급							가중치
1)지하수위심도(D)	m	1.5미만	1.5-4.6	4.6-9.1	9.1-15.2	15.2-22.9	22.9-30.5	30.5이상	5(5)
		10	9	7	5	3	2	1	
2) 자연 함양량(R)	㎜/년	50.8미만	50.8-101.6	101.6-177.8	177.8-254.0	254.00이상			4(4)
		1	3	6	8	9			
3)대수층 매질(A)		등급 범위	대표 등급						3(3)
· 괴상 셰일		1~3	2						
· 변성암/화성암		2~5	3						
· 풍화 변성암/화성암		3~5	4						
· 빙퇴석		4~6	5						
· 층상셰일,사암,석회암호층		5~9	6						
· 괴상 사암		4~9	6						
· 괴상 석회암		4~9	6						
· 모래. 자갈		4~9	8						
· 현무암		2~10	9						
· 용식 석회암		9~10	10						
4)토양 매질(S)		등급 범위							2(5)
· 박층 또는 암반 노출		10							
· 자갈		10							
· 모래		9							
· 갈탄		8							
· 수축성/고형 점토		7							
· 사질Loam		6							
· Loam		5							
· 실트질 Loam		4							
· 점토질 Loam		3							
· Muck		2							
· 비수축성/비고형 점토		1							
5)지형 경사(T)	%	2미만	2-6	6-12	12-18	18이상			1(3)
		10	9	5	3	1			
6)비포화대매질(I)		등급 범위	대표 등급						5(4)
· 압층(Confining Layer)		1	1						
· 실트질 점토		2~6	3						
· 셰일		2~5	3						
· 석회암		2~7	6						
· 사암		4~8	6						
· 층상 석회암, 사암, 셰일		4~8	6						
· 실트,점토 섞인 모래,자갈		4~8	6						
· 변성암/화성암		2~8	4						
· 모래, 자갈		6~9	8						
· 현무암		2~10	9						
· 용식 석회암		8~10	10						
7)수리전도도(C)	$\times 10^{-4}$ ㎝/sec	0.0047-0.47	0.47-1.4	1.4-3.3	3.3-4.7	4.7-9.4	9.40이상		3(2)
		1	2	4	6	8	10		
8)선구조밀도(L)		0~0.01	0.01~0.03	0.03~0.05	0.05~0.07	0.07~0.08			1.5(1.5)
		1	2	3	4	5			

주) ( )는 농약에 의한 오염취약성 고려 시의 가중치

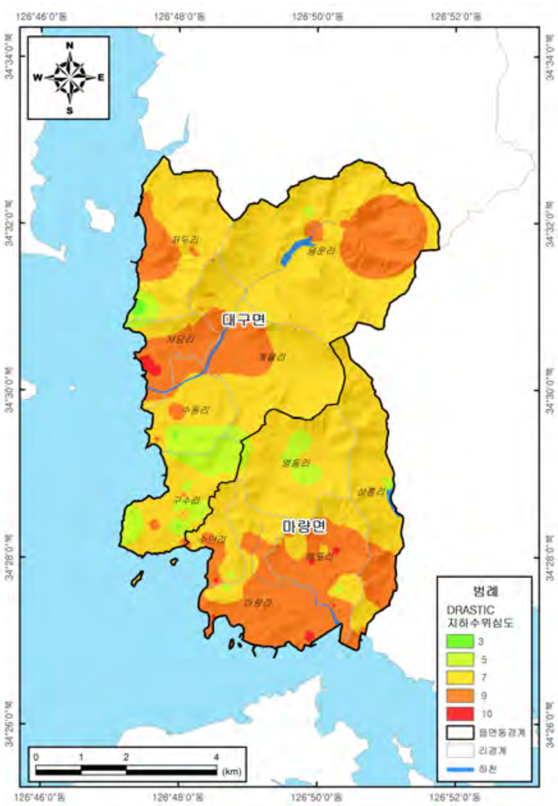
※DRASTIC potential = $D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$ (R:점수, W:가중치)

3.3.2 DRASTIC 시스템의 적용

가. 오염취약성(DRASTIC) 분석

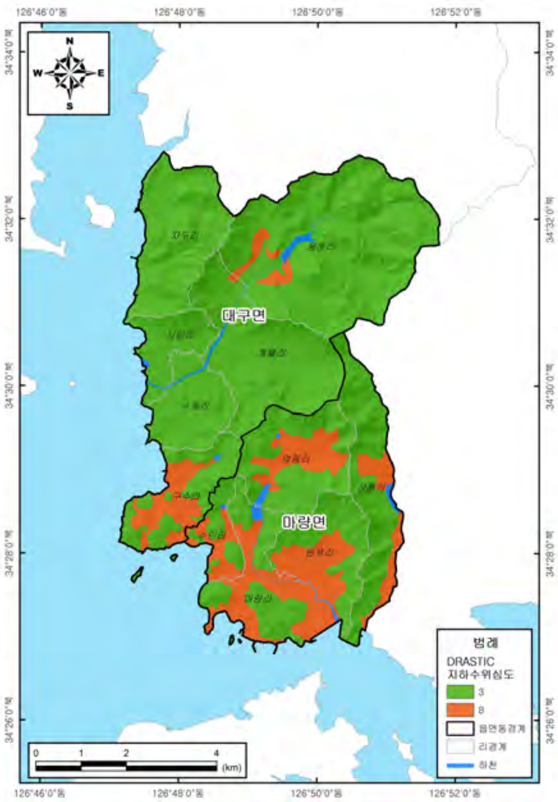
❑ DRASTIC 지수는 지하수 오염에 대한 취약성과 민감성을 상대 평가하는 것이며, 지하수의 오염정도를 직접적으로 나타내는 것은 아니다. 일반적인 평가방법에서 DRASTIC 지수는 23~226의 범위에 있으며, 농업지역에서 농약에 의한 오염가능성을 고려할 경우 DRASTIC 지수는 26~256의 범위를 갖는다. DRASTIC 지수는 값이 클수록 상대적으로 지하수 오염가능성이 높고, DRASTIC 지수가 작으면 지하수 오염 가능성이 상대적으로 낮음을 의미한다.

❑ <그림 3-3-2~8, 10>은 조사된 지하수위, 토양, 지질, 지형, 지하수특성 등 오염취약성도(DRASTIC) 작성에 필요한 인자들과 선구조밀도 등 변형된 오염취약성도(Modified DRASTIC) 작성에 필요한 인자들을 등급도로 표현한 것이다.



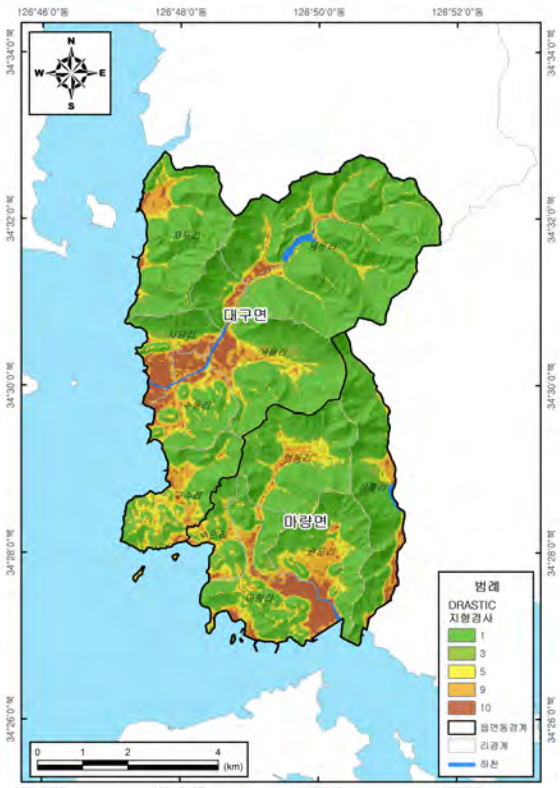
<그림 3-3-2> 지하수위(Depth to water)

<그림 3-3-3> 자연함양량(Net Recharge)

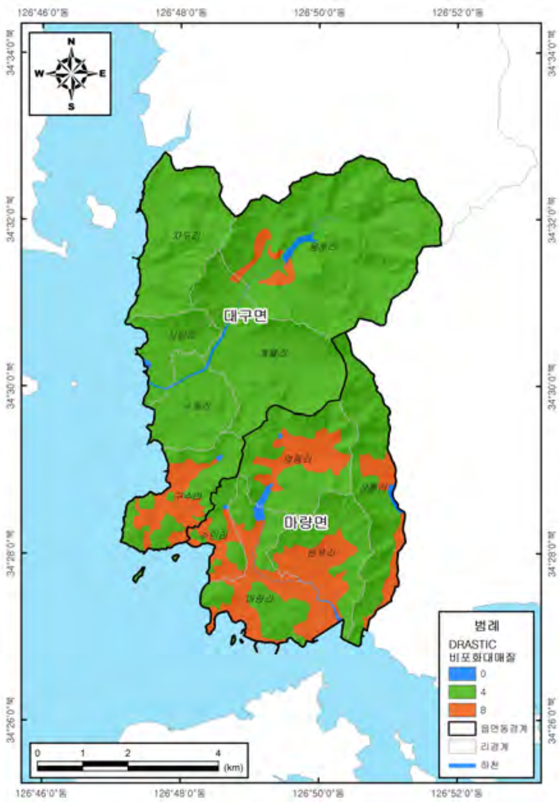


<그림 3-3-4> 대수층 매질(Aquifer Media)

<그림 3-3-5> 토양매질(Soil Media)



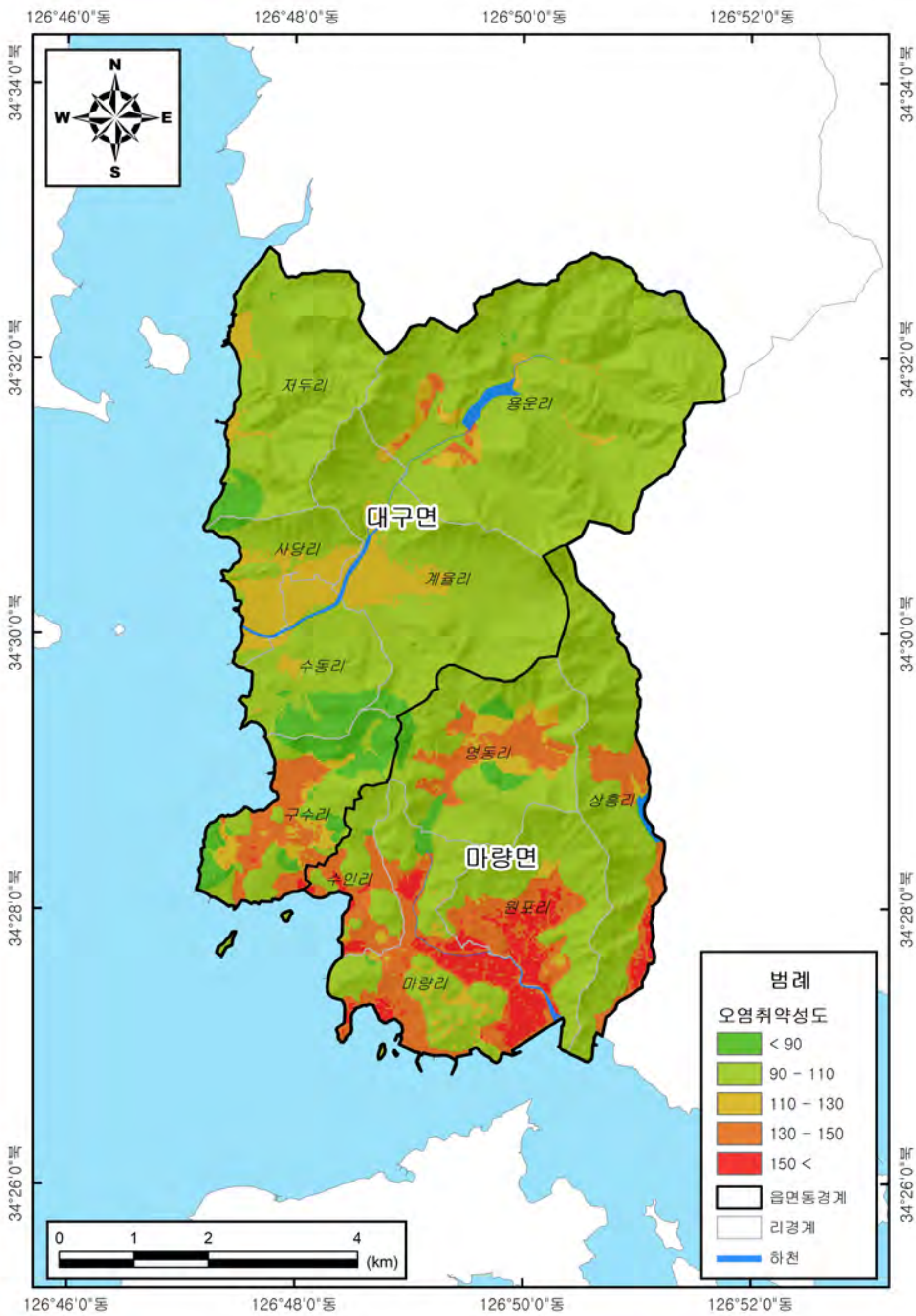
<그림 3-3-6> 지형경사(Topography)



<그림 3-3-7> 비포화대 매질(Impact of Vadose Zone)

<그림 3-3-8> 수리전도도(Hydraulic Conductivity)

❑ 오염취약성도 작도 결과, 대마지구 대부분의 지역은 90에서 110범위의 오염취약성 수치를 보이며, 임야 지역에서는 110이하의 상대적으로 낮은 값을 보인다<그림 3-3-9>. **마량면 마량리, 원포리** 등에서 150이상의 상대적으로 높은 값을 나타내는 지역이 있으며 비포화대매질 등의 영향으로 판단된다.



<그림 3-3-9> 오염취약성도(DRASTIC)

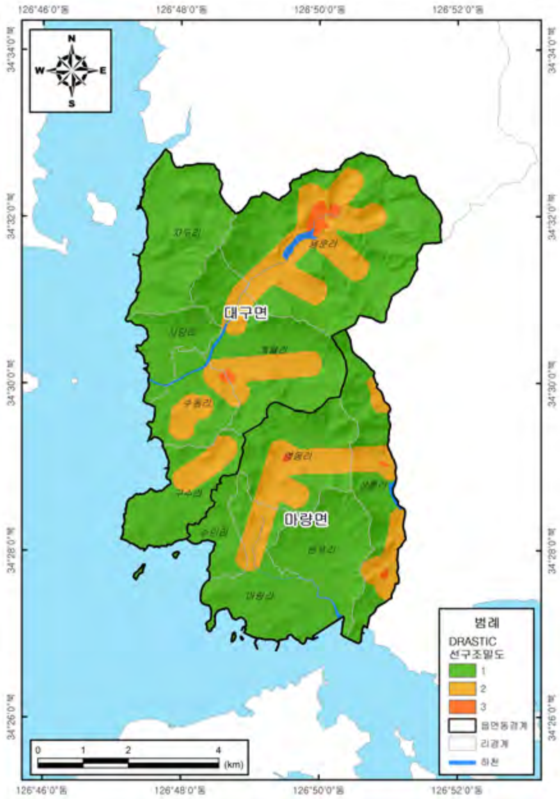
나. 변형된 오염취약성(Modified DRASTIC) 분석

❑ 일정한 지역에서의 지하수의 유동은 파쇄대의 발달방향에 의해 직접적으로 영향을 받으며, 결과적으로 오염물의 이동 방향 역시 지역적인 조건에 의하여 조절된다. 그러므로 DRASTIC 모델은 지역적 특성을 고려하여 인자가 추가되거나 가중치적용 등을 통해 등급의 조절이 필요하다.

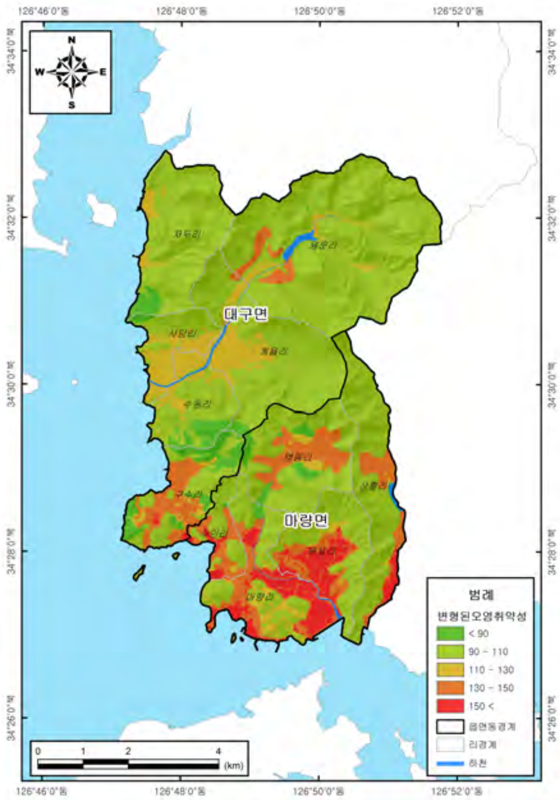
❑ 상기 서술한 오염취약성도는 미국의 수리지질학적 환경에 적합하도록 개발된 것이므로 이 모델을 사용하는 서계 각국들은 각기 자기 나라의 수리지질학적 특성에 맞는 DRASTIC 변형모델을 사용하고 있다(Barry and Myers, 1990).

❑ 본 조사에서는 우리나라 특성에 맞고 지하수오염 취약성에 대한 보다 구체적인 평가를 할 수 있도록 선구조밀도 등을 부가적인 인자로 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 선구조밀도는 조사지역의 대수층이 대부분 암반대수층인 점을 고려하여 지하수의 유동이 잘되는 파쇄대의 영향을 최대한 반영하기 위함이다.

❑ 대마지구의 변형된 오염취약성도 모델링 결과, 전반적인 분포양상은 오염취약성도와 비슷하나 DRASTIC수치는 오염취약성도 보다 다소 높게 평가되었다. 특히 130 이상 지역의 면적이 넓어진 것을 알 수 있다<그림 3-3-11>.



<그림 3-3-10> 선구조밀도



<그림 3-3-11> 대마지구 변형된 오염취약성도(M-DRASTIC)

3.4 지하수 수질 환경특성에 따른 동리별 순위

<표 3-4-1> 지하수 수질환경 특성에 따른 리별 순위

순위	질산성질소 리별평균 (mg/L)			잠재오염원 (개소)			오염원분포밀도 (개소/㎢)			DRASTIC INDEX (최대값)			단위면적당 오염부하량 (kg/일/㎢)		
1	마량	원포	5.0	마량	원포	30	마량	원포	7.6	마량	원포	132.9	마량	영동	1,476.4
2	마량	마량	4.4	마량	마량	30	마량	수인	6.3	마량	마량	129.3	대구	구수	404.4
3	대구	구수	4.3	마량	영동	18	마량	마량	6.1	마량	수인	126.9	마량	수인	173.8
4	마량	수인	4.2	대구	계율	16	대구	수동	5.2	마량	상흥	120.9	마량	마량	147.8
5	마량	상흥	3.0	대구	수동	15	대구	사당	4.8	대구	구수	118.0	마량	원포	106.9
6	대구	용운	2.4	대구	용운	12	마량	영동	3.7	마량	영동	117.4	대구	수동	76.3
7	대구	수동	2.1	마량	수인	10	대구	계율	2.3	대구	사당	109.7	대구	계율	59.6
8	대구	저두	2.1	대구	사당	10	대구	구수	2.2	대구	계율	107.2	대구	사당	59.5
9	대구	사당	1.9	마량	상흥	9	마량	상흥	1.9	대구	용운	106.0	대구	저두	30.0
10	마량	영동	1.0	대구	구수	8	대구	저두	1.1	대구	수동	103.6	대구	용운	19.5
11	대구	계율	0.9	대구	저두	6	대구	용운	0.9	대구	저두	102.1	마량	상흥	17.3

<부 록Ⅳ. 대마지구 지하수 부존성조사>

4. 대마지구 지하수 부존성조사

4.1 지하수 부존성조사 개요

농업용수 필요지역에 개발성공률을 높이고 합리적인 지하수 개발을 추진하는데 활용하기 위하여 필요지역에 대한 지하수의 수리지질 특성을 조사하여 체계적인 지하수 개발·이용의 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

4.2 지구물리탐사

4.2.1 지구물리탐사 개요

□ 물리탐사는 일차적으로 지질, 토양 및 인공위성 영상자료 분석을 통하여 지질구조선, 암상 변이대, 충적층 및 기반암 분포, 식생, 토양 등을 사전 파악하고, 이들 자료를 기초로 관심지역 선정 및 지구물리탐사 수행을 통하여 충적층 분포심도, 범위, 지하지층분포 및 대수층을 이루는 암반파쇄대의 발달상태 등 이상대에 대한 지하정보를 얻고, 이를 검증하기 위한 실제적인 조사방법인 조사공 및 관측공의 시추위치를 선정하는데 그 목적이 있다.

□ 지구물리탐사의 시행과정은 순차적으로 자료취득(Datd acquisition), 자료처리(Data processing) 및 자료해석(Data interpretation)으로 구분된다.

□ 일반적으로 탐사자료의 취득은 탐사 방법에 따라 자연발생적 또는 인공적으로 발생시킨 물리현상을 측정하는 과정으로, 물리적인 현상인 신호원이 자연적인 경우에는 신호원이 일정하고 자료취득이 상대적으로 간편한 장점은 있지만 그 강도(Intensity)가 상대적으로 작게 나타나므로 현장에서의 자료취득시 이상치를 정확히 알아내는데 어려움이 있다는 단점이 있다.

□ 자료 처리는 현장에서 취득한 측정치 및 반응치를 정리하고, 자료해석을 보다 편리하게 할 수 있도록 자료의 편집 및 각종 보정을 하여 S/N(신호대 잡음)비를 높이는 수처리 작업을 말한다. 이러한 자료처리 과정은 자연발생적인 신호원을 이용하는 탐사법에서는 특히 중요하다. 자료해석은 자료처리 결과를 토대로 이론적 또는 경험적 분석을 통한 탐사대상체 또는 지층의 위치, 크기 및 형태를 규명하는 작업을 말한다. 최근에는 컴퓨터의 성능이 향상됨에 따라 각종 수치해석(Digital analysis)을 응용한 프로그램 개발로 물리탐사자료의 해석에서 역산법(Inversion method)들이 이용되어 현장측정 자료들을 최소허용 오차범위 내에 포함되도록 반복계산 결과를 해석하는 추세이다.

□ 전기비저항탐사는 전류가 흐를 때 전류가 흐르는 통로상의 두 지점 사이에 매질의 저항에 비례하는 전위차가 발생하는데, 이때 발생되는 전위차를 이용하여 지질구조 등을 탐사하는 방법으로써, 1900년대 초에 개발되었지만 취득자료의 처리 및 분석을 위한 컴퓨터의 보급으로 1970년대 이후에서야 많이 보급되었고, 이러한 기술들은 지하수분야에 있어서 적절한 지하수자원 개발 및 지하수오염 형태를 관찰하는데 매우 많이 이용되고 있다.

□ 자연상태에서 암석이나 구성광물의 전기비저항값은 공극률(porosity), 공극 내 유체포화율(fluid saturation), 공극 내 유체의 성질, 조암광물의 종류, 구성입자의 크기, 성질 및 암석의 고화도 등에 의존하는데, 이러한 인자들은 전기비저항값의 주요한 결정요인으로 작용한다<표 5-2-1>.

□ 이와 같은 암석의 전기비저항값들을 기초로 한 전기비저항 탐사법은 전류의 크기, 전극간의 전위차, 전극간의 거리 등 정량적으로 측정 가능한 값들을 취급함으로써 정량적인 해석이 가능하고, 취득된 자료들을 역산법에 의한 이론적 계산치와 실제의 값들을 비교할 수 있다는 점에서 유용한 탐사법이다.

<표 4-2-1> 암석의 전기비저항(Telford 등, 1976)

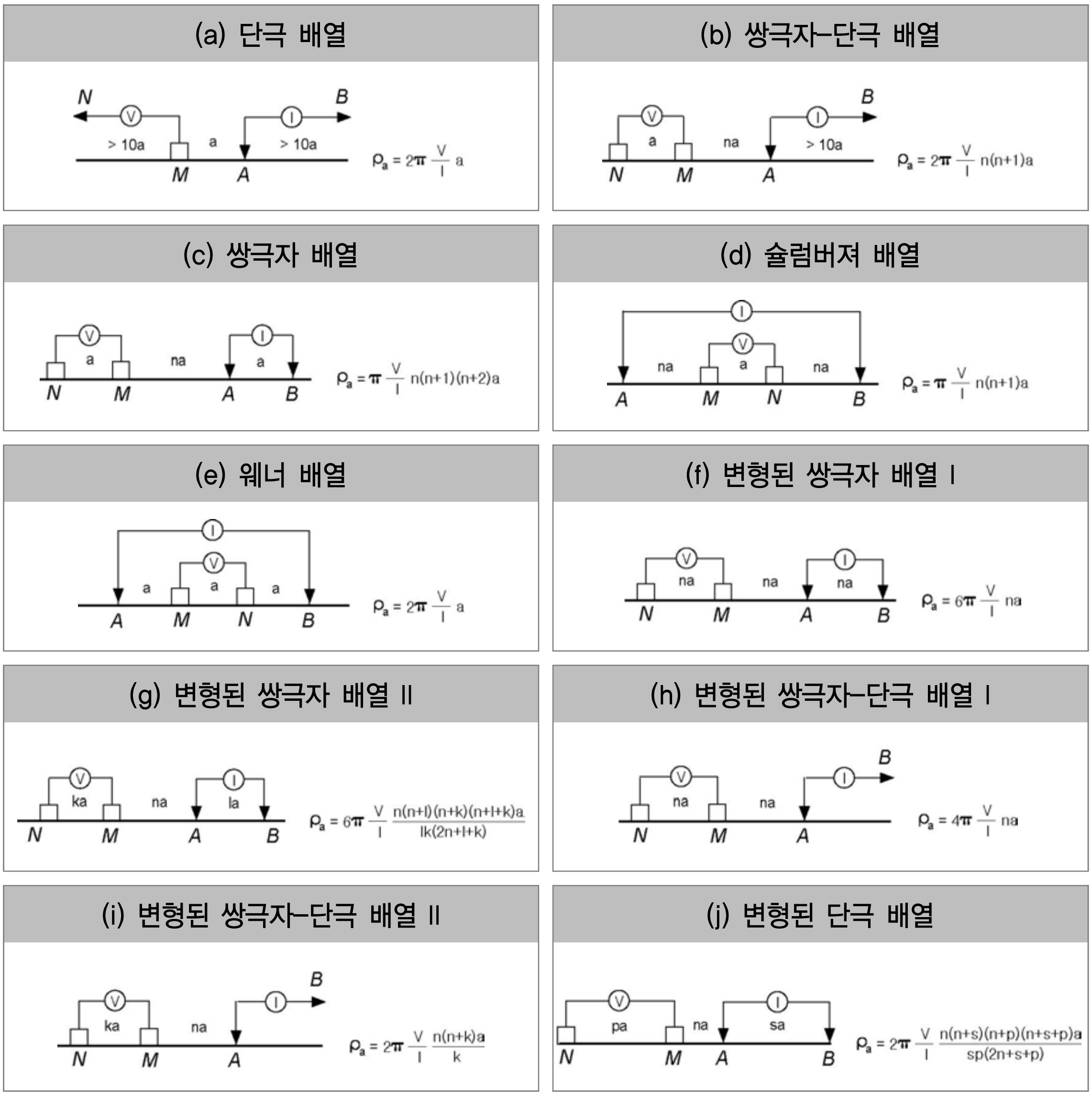
암석의 종류	전기비저항의 범위(ohm-m)
화강암	$3\times10^{2}\sim10^{6}$
화강반암	4.5×10^{3}(습윤시)~1.3×10^{6}(건조시)
장석반암	4×10^{3}(습윤시)
알바이트	3×10^{2}(습윤시)~3.3×10^{3}(건조시)
섬장암	$10^{2}\sim10^{6}$
섬록암	$10^{4}\sim10^{6}$
섬록반암	1.9×10^{3}(습윤시)~2.8×10^{4}(건조시)
반암	$10\sim5\times10^{4}$(습윤시)~3.3×10^{3}(건조시)
탄산질반암	2.5×10^{3}(습윤시)~6×10^{4}(건조시)
석영반암	$3\times10^{2}\sim9\times10^{5}$

□ 과거 70년대 말, 80년대 중반까지 국내의 전기비저항탐사는 주로 지하수 탐사에 적용되어 왔으며, 이때 사용되었던 방법이 슐럼버져 배열(Schlumberger Array)을 채용한 수직탐사였다. 수직탐사는 지하의 물성이 조사 측점의 하부에서 수직방향으로만 변화하고 수평 방향으로는 변화하지 않는다는 가정, 즉 전기비저항 분포가 심도만의 함수라는 가정에서 탐사자료를 획득하고 해석하는 1차원 전기비저항 탐사방법이다. 이와 같은 가정은 수평적인 층서구조가 주를 이루는 지질환경에서는 적절한 것으로 볼 수 있다. 그러나 국내의 지질은 결정질 암반으로 구성되며, 지하수 탐사나 지반조사에 있어서 주 이상대가 되는 파쇄대 또는 연약대는 대부분 수직적인 구조를 이루고 있으므로, 물성의 1차원적 분포라는 수직탐사의 기본 가정에 위배된다. 이와 같은 문제점을 극복하고 좀 더 정확한 정보를 획득하기 위하여, 2차원적인 전기비저항 탐사법이 등장하고, 지반조사나 지하수 탐사에 있어서 주를 이루게 되었다.

□ 2차원 전기비저항 탐사는 지하의 물성이 조사 측선 하부 단면상에서만 변화하며 측선에 수직인 방향으로는 변화하지 않는다는 가정, 즉

전기비저항의 분포가 2차원적이라는 가정 하에서 탐사를 수행하고, 측정자료를 해석하는 탐사법이다. 그러므로 2차원 탐사에서는 전극이 탐사 측선상에 국한되며, 측선을 벗어나지 않는다.

□ 전기비저항 탐사에 사용되는 전극배열법은 단극(Pole–Pole), 단극–쌍극자(Pole–Dipole), 쌍극자(Dipole–Dipole), 슐럼버저(Schlumberger), 웨너(Wenner), 변형된 단극(Modified Pole–Pole), 변형된 쌍극자(Modified Dipole–Dipole) 배열 등이 있으며, 다음 그림은 이들 각종 배열법의 모식도를 보여주고 있다.



<그림 4-2-1> 전극 배열법 모식도

4.2.2 전기비저항 탐사방법

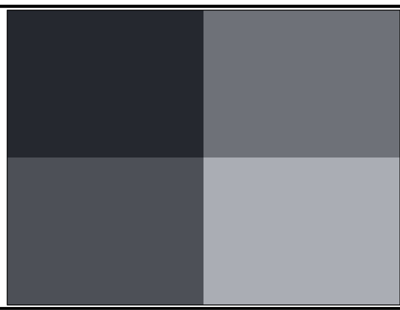
가. 수직탐사

□ 수직탐사는 1차원탐사로서 탐사자료의 해석은 다른 지구물리탐사자료의 해석 중에서도 가장 어려운 문제이다. 슐럼버져 배열 수직탐사자료는 먼저 전류전극 간격을 수평축으로 하고 겉보기 비저항을 수직축으로 하는 Log-Log 도표 상에 수직탐사곡선을 작성하게 된다. 이 도표에서 전류전극사이의 간격이 좁을 경우에는 얕은 곳의 전기비저항탐사 값을 나타나게 되며 간격이 넓어짐에 따라 깊은 곳의 전기비저항 값을 나타내므로 정성적인 해석이 가능하다.

□ 수직탐사는 상기에서 언급한 바와 같이 1차원적인 전기비저항 분포만을 파악할 수 있으므로 지하구조가 1차원 구조로 되어있다는 가정 하에서 측정이 이루어지며 해석 또한 1차원적으로 하게 된다. 다시 말해 지하구조가 수평 다층이라는 가정 하에 표준곡선(Standard curve)이나 모델링을 이용하여 시행착오법으로 혹은 쌍극자배열 전기비저항탐사 자료와 마찬가지로 컴퓨터를 이용한 역산을 통해 해석이 이루어진다.

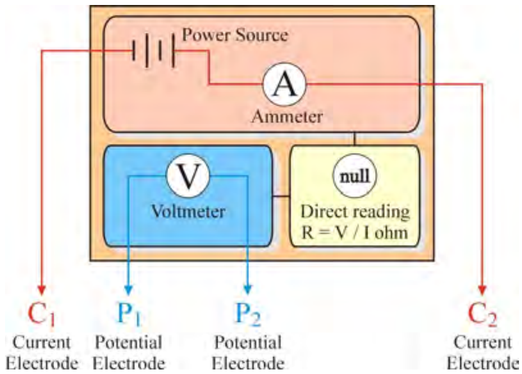
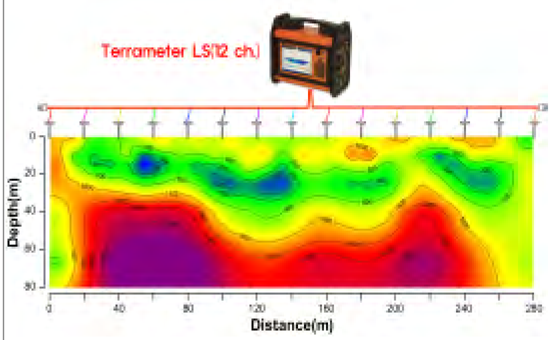
□ 탐사 결과 해석에는 양대수 방안지(Log - Log 도표)에 Plot 하여 작성된 비저항 곡선을 표준곡선(Standard curve)과 보조곡선(Auxiliary curve)에 대비하여 지층구조를 추정하였다.

<표 4-2-2> 전기비저항탐사 장비 제원

송신부	송신전류	2, 20, 60, 120mA	
	최대송신전압	±400V	
수신부	측정 범위	1～10k Ohm-m	
	Cycle Time	60ms	
	측정오차	±2%	

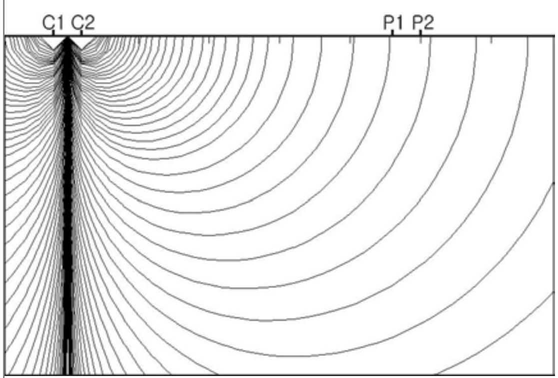
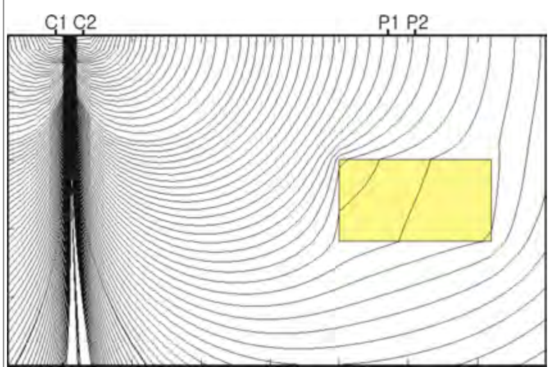
나. 수평탐사

□ 전기비저항 탐사기는 전원과 연결되어 있는 전류계를 통해 두 개의 전류전극에 전원을 공급해준 후, 두 개의 전위전극과 연결되어 있는 전위계를 통해 전위차를 측정하여, 이를 흘려준 전류로 나눈 값 즉 저항 값을 읽게 된다.

전기비저항탐사기 모식도	전기비저항탐사 모식도
	

<그림 4-2-2> 전기비저항탐사 모식도

□ 그림의 (a)와 같이 전기비저항이 균일한 지하매질에 전류 전극 C1과 C2를 통해 일정한 전류를 흘려주면 이 전류는 그림과 같이 전류 경로(Path)를 통해 C_1에서 C_2로 흘러간다.

(a)	(b)
	
(a)	(b)

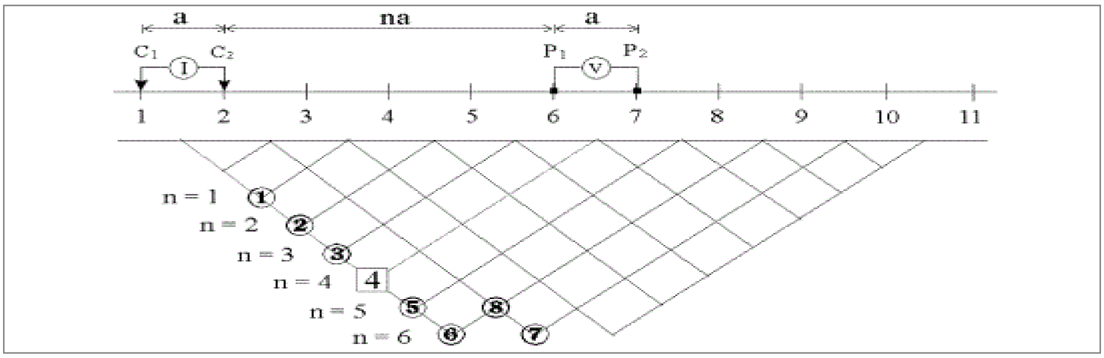
<그림 4-2-3> 전기비저항탐사 등전위선도

□ 이때 이 전류 경로에 수직하게 같은 값의 전위를 갖는 등전위선이 형성되는데 이 등전위선은 지면까지 이어지게 된다. 지표의 전위전극 P1과 P2 사이에 전위계를 설치하여 두 전극사이의 전위차를 측정한다. 전류전극과 전위전극의 위치, 흘려준 전류량과 측정된 전위차를 이용하면 균질한 지하 매질의 정확한 참 비저항 값을 알 수 있게 된다. 그러나 (b)와 같이 전기비저항이 이상체가 지하에 존재하게 되면 전류는 전기비저항이 낮은 물질 쪽으로 더 많이 흐르게 되어 결국 전류 경로에 수직인 등전위선에 변형을 일으키고 지표면에서 측정되는 전위차에도 영향을 미치게 된다. 이로부터 지표면에서 측정한 전위차를 이용하여 지하매질의 전기적인 이상대에 관한 정보를 가지고 있는 겉보기 비저항을 얻을 수 있다. 전기비저항 탐사는 지하에 일정한 전류를 흘려보낸 후, 전위차를 측정하여 겉보기 비저항을 구하고 이를 해석하여 지하의 지질구조, 파쇄대나 균열대, 지하수 등의 분포를 파악하는 탐사방법이다.

□ 현장탐사 측면에서 단극-쌍극자 배열이나 단극 배열의 경우에는 원거리 접지 전극을 설치하여야 하므로 다른 탐사에 비하여 탐사 작업 효율이 떨어진다. 한편 슐럼버져 및 웨너 배열은 측정자료가 포함하는 정보의 양이 다른 배열에 비하여 작다. 이들 다양한 전극배열법들 중 가장 분해능이 높은 전극배열법은 쌍극자 배열이며, 슐럼버져, 단극-쌍극자, 웨너, 단극 배열의 순서로 영상의 분해능이 감소되는 문제점을 갖고 있다. 반면에 측정자료의 질을 의미하는 신호대 잡음비(S/N Ratio)는 쌍극자 배열이 가장 낮으며, 슐럼버져, 단극-쌍극자, 웨너, 단극 배열의 순서로 증가된다. 이는 측정되는 포텐샬 값의 절대 크기의 증가를 의미한다. 그러므로 전기비저항이 매우 낮은 지역에서는 측정값이 낮아지므로, 분해능은 쌍극자 배열보다 낮으나 좀 더 높은 측정값을 보장할 수 있는 단극-쌍극자 배열이나, 혹은 단극 배열을 채용함이 바람직하다. 변형된 전극배열은 이러한 단점인 해상도 손실을 최소화 하고 신호대 잡음비를 향상시키기 위해 고안된 전극배열법이다.

□ 쌍극자 배열법으로 얻어진 측정값은 아래 그림에서 볼 수 있듯이 전위 전극 중심과 전류 전극의 중심에서 45°로 비스듬히 선을 그어 만나는 점에 기록한다. 현장에서 측정된 저항($\Delta V/I$)을 겉보기 비저항으로 환산하여 겉보기 비저항 단면을 얻을 수 있다.

□ 국내의 경우는 외국에 비하여 전기비저항이 매우 높은 편에 속하며, 따라서 많은 경우 분해능이 가장 높은 쌍극자 배열법을 적용할 수 있다.



<그림 4-2-4> 쌍극자 배열법 모식도

4.2.3 전기비저항 탐사결과

가. 탐사수량

수직탐사의 경우 슐럼버져배열로 측정심도 200m로 6지점을 탐사시행하였으며 수평탐사의 경우 쌍극자배열을 사용하여 25m 간격으로 250m 구간을 2지점 탐사하였다.

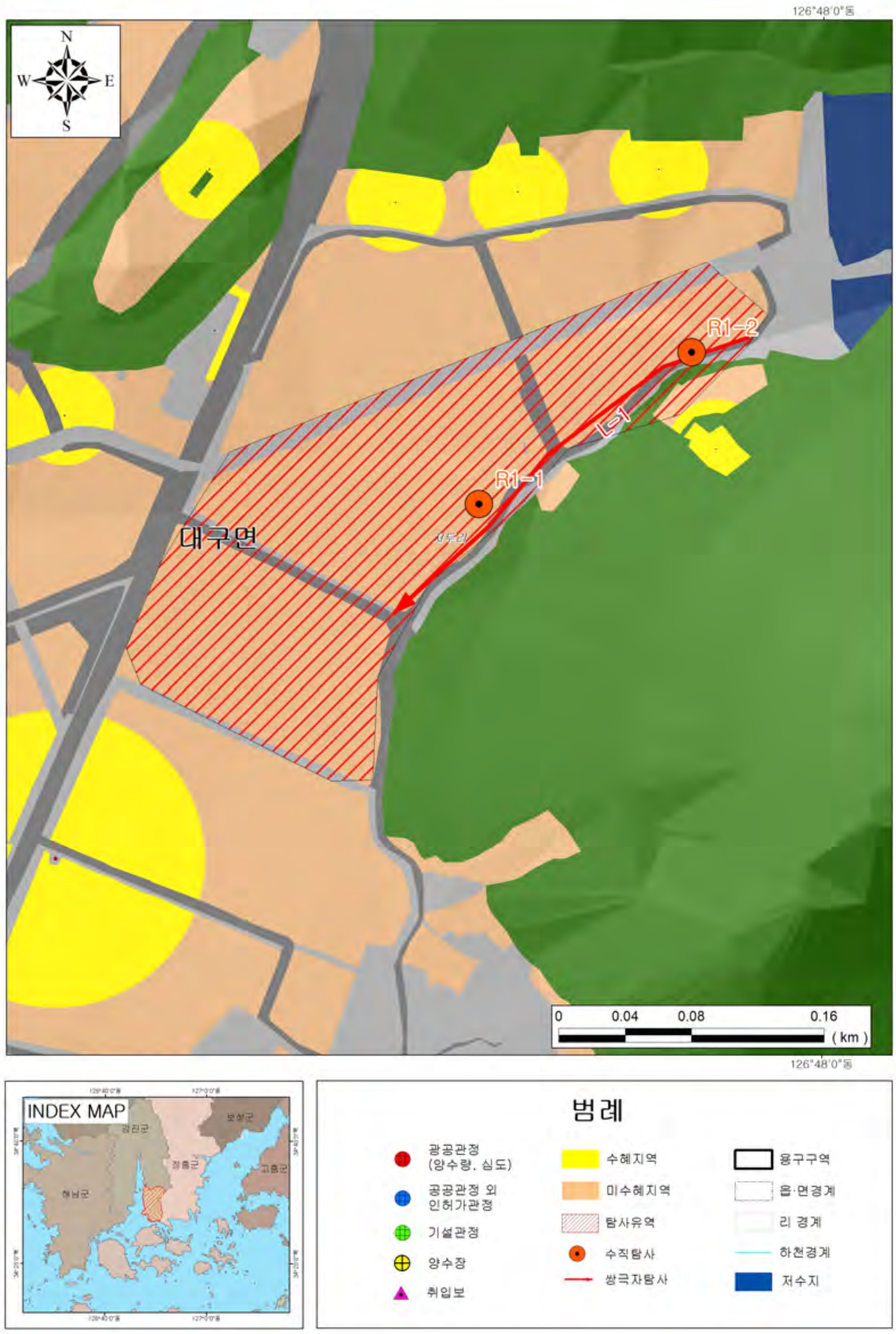
<표 4-2-3> 수직탐사 위치

공번	지구	측정심도(m)	경도	위도	비 고
R1-1	대마1	200	126° 47' 51.88"	34° 32' 22.51"	슐럼버져 배열
R1-2	대마1	200	126° 47' 56.90"	34° 32' 25.50"	
R2-1	대마2	200	126° 49' 12.44"	34° 31' 30.94"	
R2-2	대마2	200	126° 49' 14.61"	34° 31' 37.89"	
R3	대마3	200	126° 50' 59.34"	34° 27' 30.99"	
R4	대마4	200	126° 47' 39.36"	34° 30' 30.33"	

<표 4-2-4> 수평탐사 측선배열

공번	지구	측점간격(m)	측선길이(m)	가탐심도(m)	비 고
L-1	대마1	25	500	125	쌍극자 배열
L-2	대마2	25	500	125	

나. 탐사결과 (대마1)

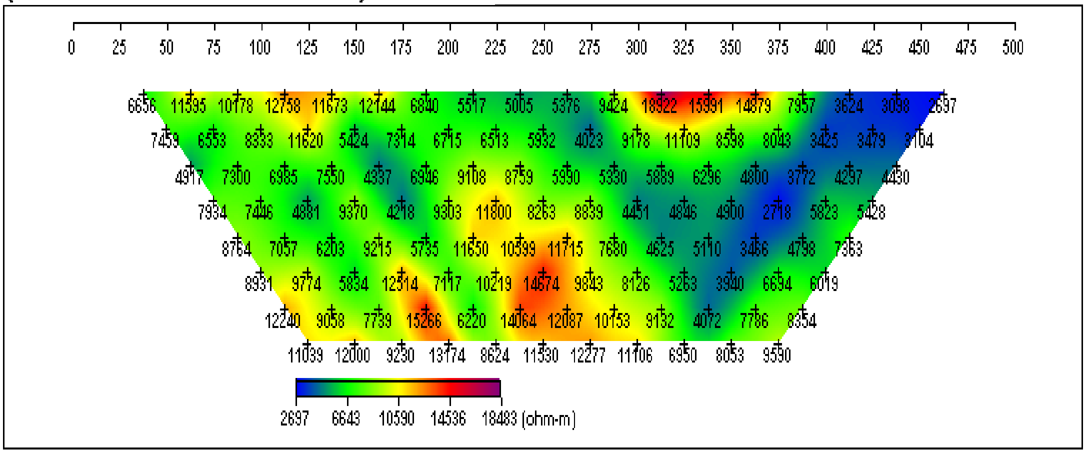


<그림 4-2-5> 물리탐사위치도 (대마1)

□ 대마1지구 물리탐사 결과

쌍극자탐사

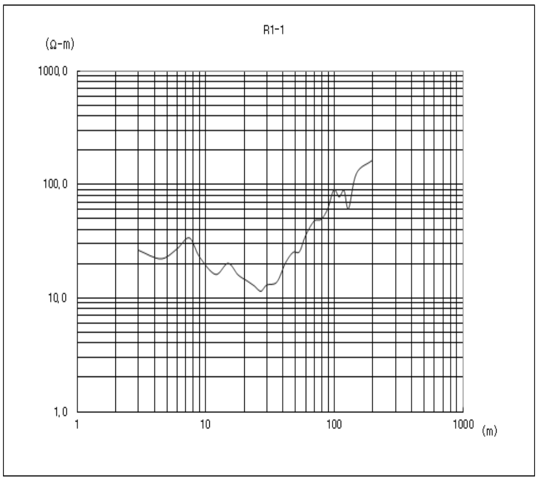
(Theoretical Data Pseudosection)



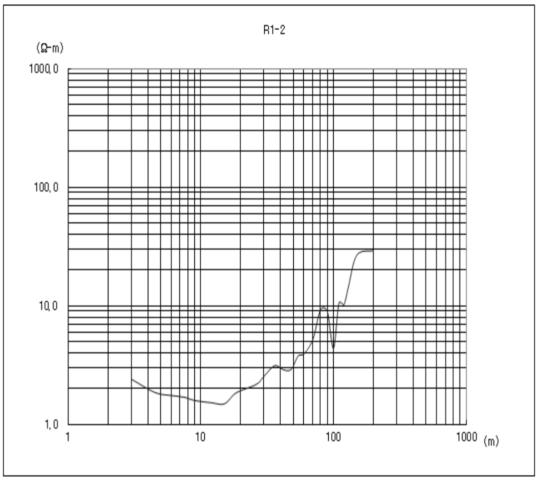
- 전체적인 비저항 분포는 2,697∼18,922 ohm-m의 범위로 나타나며, 수평거리 200~225m 하부에 심도 0∼25m 구간에 지하수 부존 가능성이 있을 것으로 보임.

수직탐사

R1-1



R1-2



- 탐사결과, 측정한 측점의 비저항범위는 11.6~90.0 Ohm-m 나타남.
- 비저항값은 36m 부근까지 하강하다 이 후 갈수록 상승하는 경향을 보임.
- 파쇄대 및 암질변화대로 인지되는 부분은 기울기의 변화가 나타나는 7m, 15m, 35m 부근으로 판단됨.

- 탐사결과, 측정한 측점의 비저항범위는 1.5~26.9 Ohm-m 나타남.
- 비저항값은 15까지 하향하다 이 후 하부로 갈수록 상승하는 경향을 보임.
- 파쇄대 및 암질변화대로 인지되는 부분은 기울기의 변화가 나타나는 8m, 18m, 37m, 100m 부근으로 판단됨.

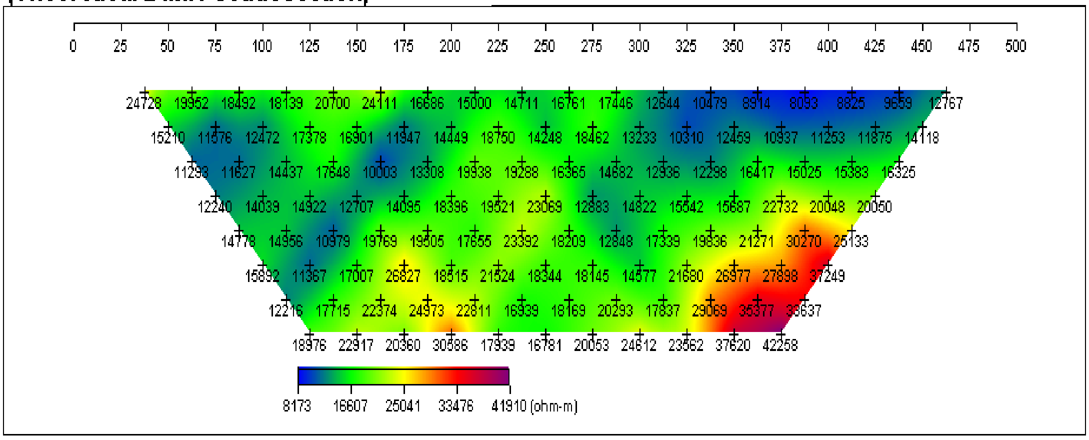
다. 탐사결과 (대마2)

<그림 4-2-6> 물리탐사위치도 (대마2)

□ 대마2지구 물리탐사 결과

쌍극자탐사

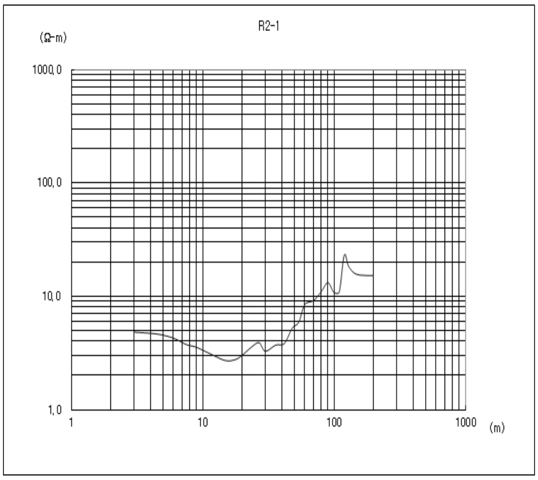
(Theoretical Data Pseudosection)



- 전체적인 비저항 분포는 8,033∼37,620 ohm-m의 범위로 나타나며, 수평거리 200~225m 하부에 심도 0∼25m 구간에 지하수 부존 가능성이 있을 것으로 보임.

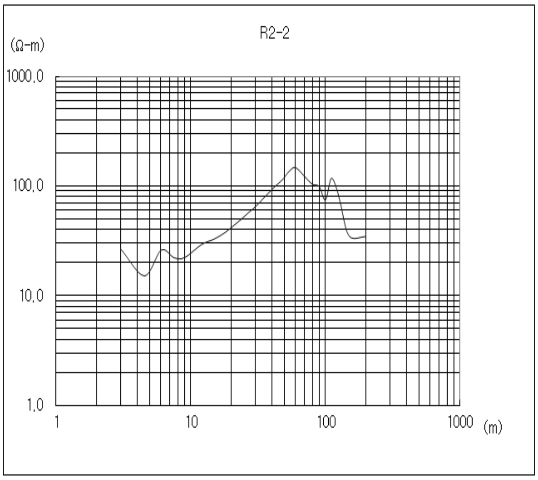
수직탐사

R2-1



- 탐사결과, 측정한 측점의 비저항범위는 2.8~22.9 Ohm-m 나타남.
- 비저항값은 15m 까지 하향하다 이후 30m와 110m에서 저항값이 낮게 나타나며 전체적으로 상승하는 경향을 보임.
- 파쇄대 및 암질변화대로 인지되는 부분은 기울기의 변화가 나타나는 12m, 30m 부근으로 판단됨.

R2-2



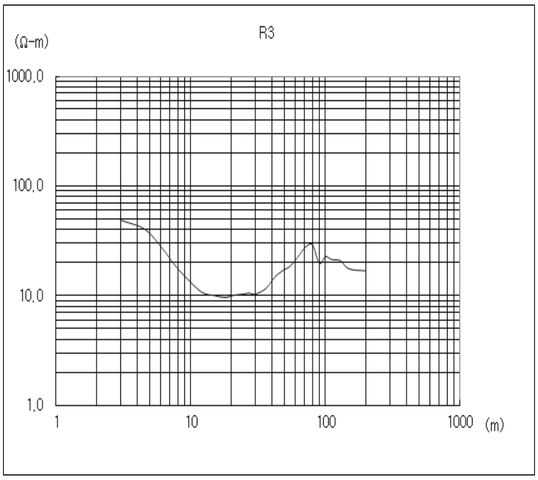
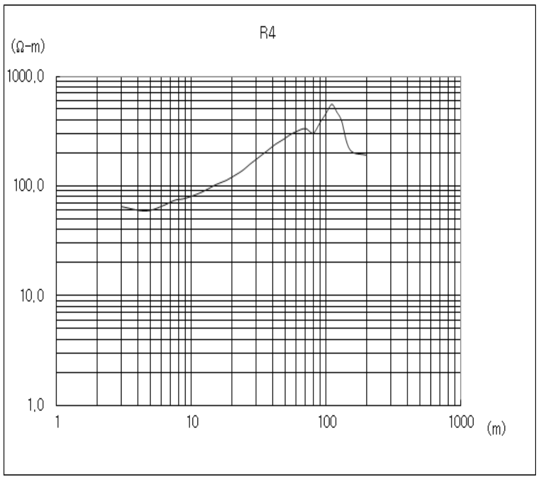
- 탐사결과, 측정한 측점의 비저항범위는 15.0~147.6 Ohm-m 나타남.
- 비저항값은 10m까지 상승과 하향을 반복하다 이후 60m까지 상승하고, 150m까지 하향하는 경향을 보임.
- 파쇄대 및 암질변화대로 인지되는 부분은 기울기의 변화가 나타나는 6m, 60m, 90m 부근으로 판단됨.

라. 탐사결과 (대마3~4)

<그림 4-2-7> 물리탐사위치도 (대마3)

<그림 4-2-8> 물리탐사위치도 (대마4)

□ 대마3지구, 대마4지구 물리탐사 결과

수직탐사	
R3	R4
	
• 탐사결과, 측정한 측점의 비저항범위는 9.5~48.6 Ohm-m 나타남. • 비저항값은 12m까지 하향하다 30~80m 구간에서 상승후 하부로 갈수록 하향하는 경향을 보임. • 파쇄대 및 암질변화대로 인지되는 부분은 기울기의 변화가 나타나는 18m, 30m, 80m부근으로 판단됨.	• 탐사결과, 측정한 측점의 비저항범위는 59.0~558.7 Ohm-m 나타남. • 비저항값은 110m까지 상승하다 이후 하부로 갈수록 하향하는 경향을 보임. • 파쇄대 및 암질변화대로 인지되는 부분은 기울기의 변화가 나타나는 80m, 110m 부근으로 판단됨.

마. 종합결론

□ 조사지역의 수직탐사 배열법은 슐렘버져배열법을 적용하였다. 전체적인 비저항 분포는 전체적으로 25m 부근까지 하향하다 이 후 하부로 갈수록 상승하는 경향을 보이며 대마1지구에서 1.5~90.0 ohm-m, 대마2지구에서 2.8~147.6 ohm-m, 대마3지구에서 9.5~48.6 ohm-m의 대마4지구에서 59.0~588.7 ohm-m 범위를 보이고 있다

<표 4-2-5> 전기비저항 수직탐사 해석 총괄 (단위 : m, Ω-m)

지구명 (측점 번호)	제 1 층		제 2 층		제3층		제4층		제5층		이상대 구간
	심도	비저항	심도	비저항	심도	비저항	심도	비저항	심도	비저항	
대마1 R1-1	0~7	34.0	7~15	20.3	15~27	11.6	27~30	13.9	30~200	88.4	7.5~27.0
대마1 R1-2	0~6	25.8	6~12	29.1	12~60	147.6	60~100	74.2	100~200	34.8	100
대마2 R2-1	0-12	3.0	12-30	3.3	30-90	13.1	90-120	22.9	120-200	15.5	0~15, 110
대마2 R2-2	0~6	25.8	6~12	29.1	12~60	147.6	60~100	74.2	100~200	34.8	60~100
대마3 R3	0-9	14.9	9-18	9.5	18-27	10.4	27-80	29.0	80-200	17.4	0~12, 90
대마4 R4	0-4.5	59.0	4.5-30	174.4	30-70	335.7	70-110	558.7	110-200	214.5	120~150

□ 조사지역의 수평탐사 배열법은 쌍극자배열법을 적용하였다. 전체적인 비저항 분포는 대마1지구에서 2,697~18,922 ohm-m, 대마2지구에서 8,033~37,620 ohm-m의 범위를 보이고 있다.

□ 대마지구의 조사지역을 비교하여 보았을 때 지하수 개발에 용이할 것으로 판단되는 지역은 대마1지구, 대마2지구, 대마3지구가 수직탐사에서 약 25m 까지 저비저항대가 나타나며 수평탐사의 경우에도 하부로 갈수록 비저항 값이 증가하나 상부의 양상을 고려할 때 구조대가 있을 것으로 추정되어 지하수 개발이 용이할 것으로 보인다.

□ 대마지구의 경우 도서해안지역으로 대마1지구, 대마3지구, 대마4지구의 경우 해안가와 인접하고 있어 고심도의 지하수개발 시 해수침투의 영향도 고려해야 될 것으로 판단된다.

《부록 V. 농어촌지하수 관리시스템》

5. 농어촌지하수관리시스템

5.1 구축 현황

농어촌지하수관리시스템을 통해 사업시행대상 352지구 농어촌용수구역 중 '20년까지 323지구(117개 시군)에 대한 농어촌지하수 조사결과를 인터넷 기반의 WebGIS 지도 서비스로 제공합니다.

《 농어촌지하수관리시스템 DB 구축 현황 》

단위시스템	구축내용	자료수(건)	주된 내용
농어촌 지하수관리 시스템	소계	798,192공	
	자원관리조사 조사관정	767,566공	총 352지구 중 303지구(108개 시·군) 농어촌용수구역 내 분포 관정조사 결과
	지하수개발실적	20,296공	공사개발 지하수관정 시추·개발 자료
	수맥시추조사	10,330공	수맥조사 지구 내 시추착정조사 결과
농어촌 지하수관측망 시스템	소계	711공	
	농촌지하수관측망	521공	용수구역별 지하수위·수질악화 우려지역에 대한 지하수 모니터링
	해수침투관측망	190공	도서·해안지역 농어촌 지하수에 대한 해수침투(염수침입) 모니터링

5.2 접속방법

- 웹사이트주소 : https://www.groundwater.or.kr

5.3 운영방법

- 농어촌지하수정보와 지하수관측정보는 일반인을 포함한 모든 사용자가 로그인 없이 이용 가능합니다.

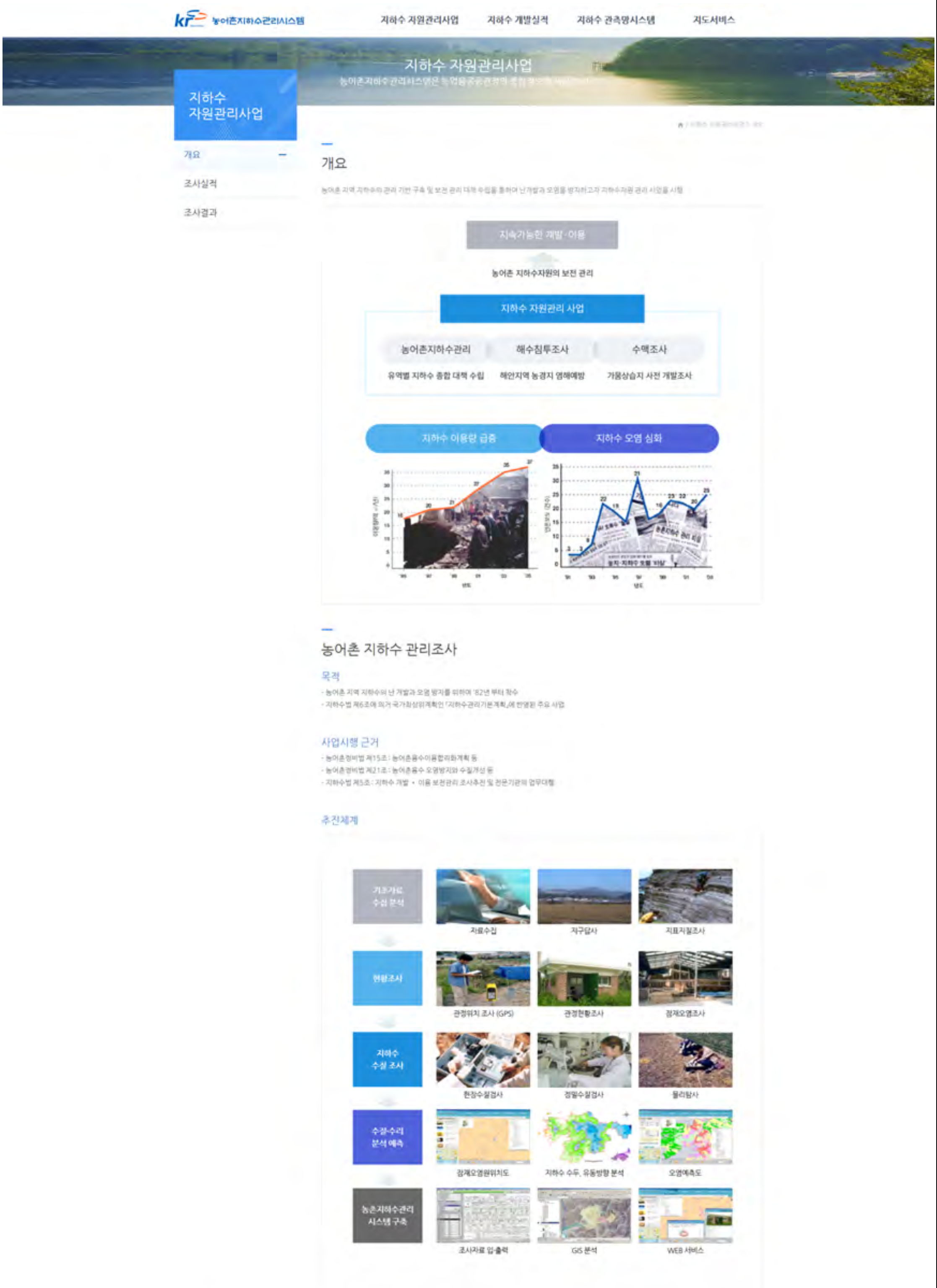
5.4 농어촌지하수관리시스템 이용 안내

5.4.1 지하수자원관리시스템

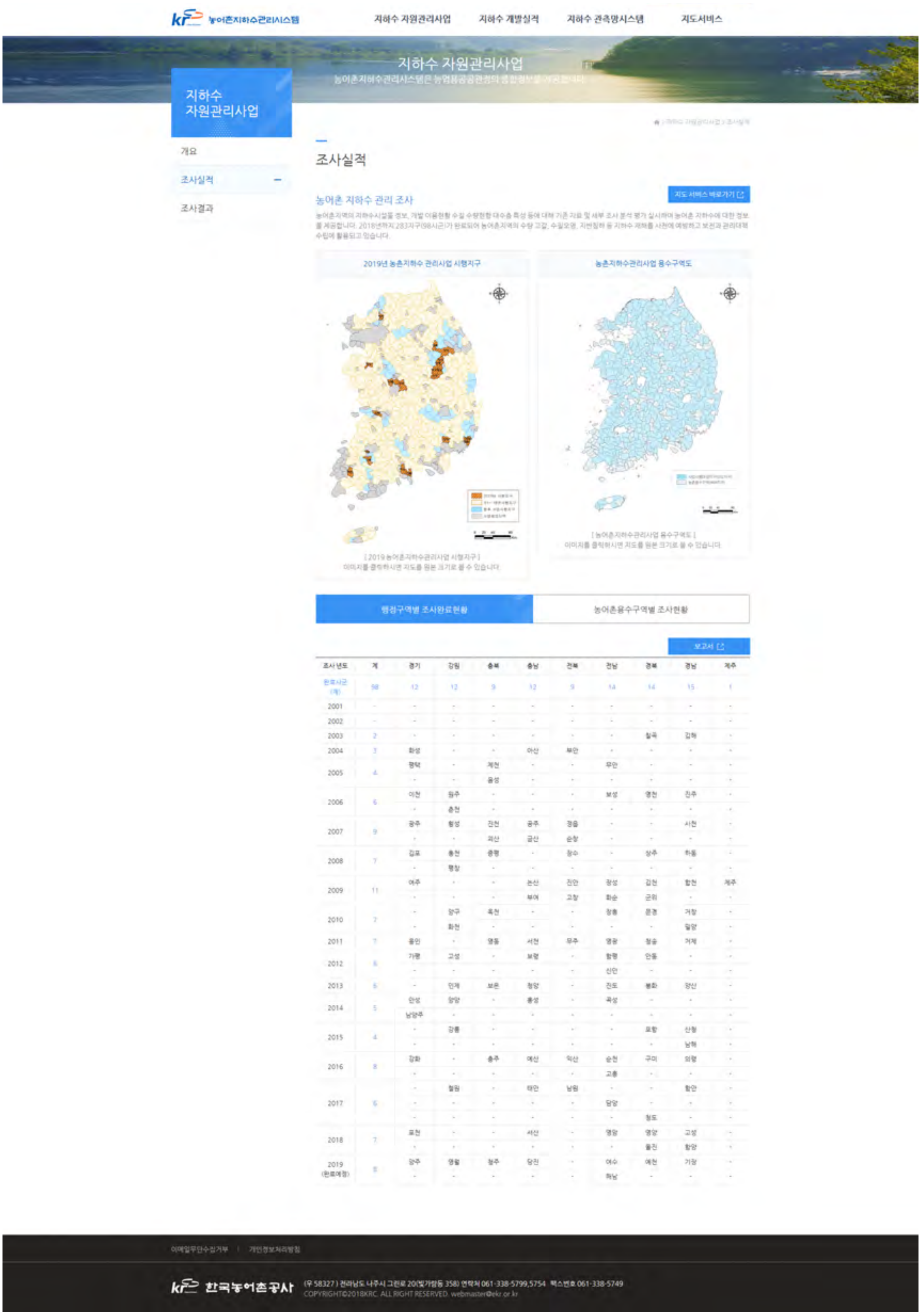
– 화면중앙 아이콘 또는 상단메뉴의 ‘지하수 자원관리사업’을 클릭합니다.

농어촌지하수관리시스템 홈페이지

– 지하수 자원관리사업 개요

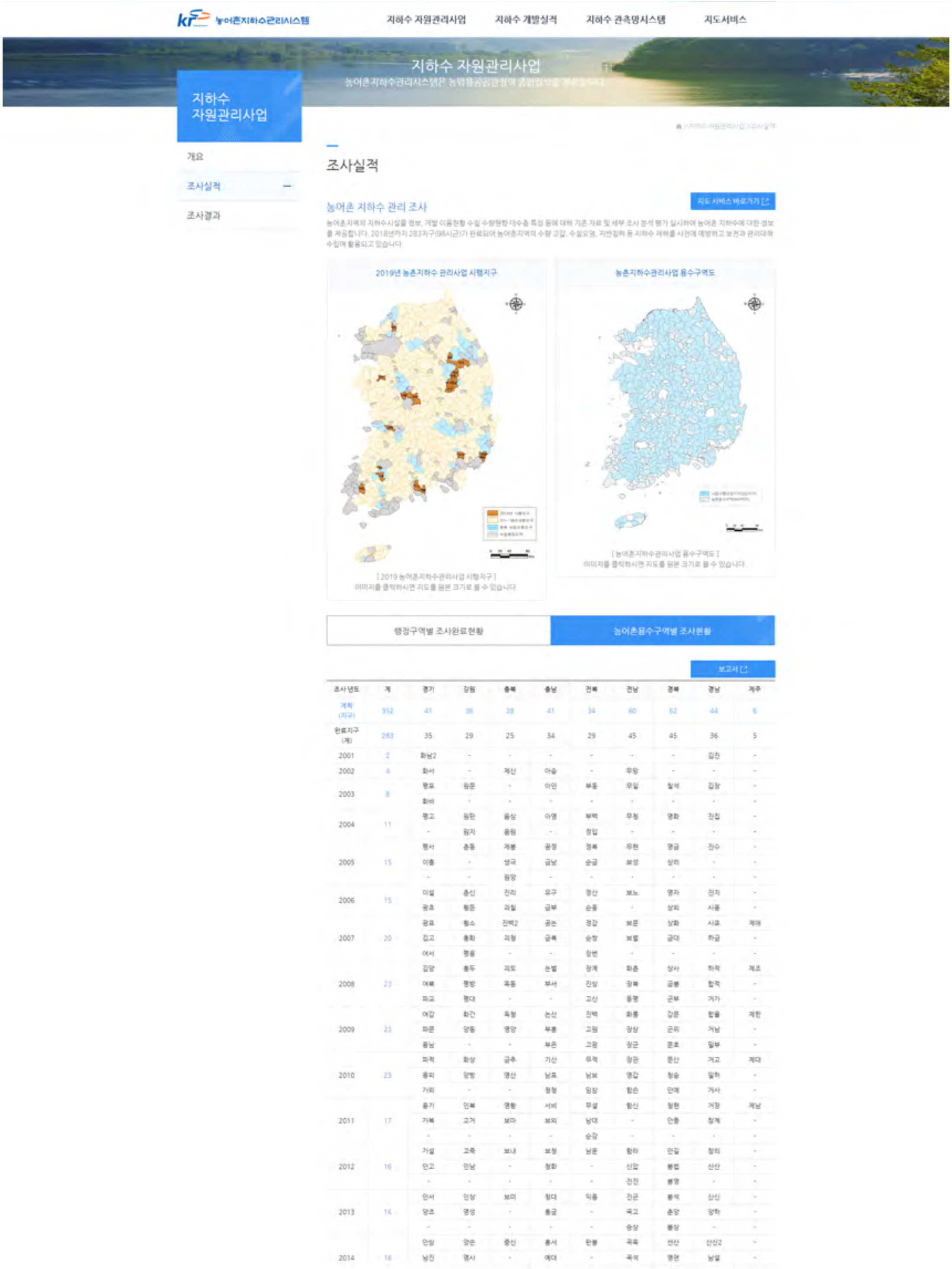
지하수 자원관리사업 개요페이지


– 지하수 자원관리사업 조사실적

행정구역별 현황


– 지하수 자원관리사업 조사실적

농어촌용수구역별 현황



~ 중 략 ~

– 조사결과 : 행정구역별 개발이용현황(충적암반별)

조사결과

보성군 자료는 한국농어촌공사에서 자체조사한 관정조사자료를 바탕으로 작성되었습니다.

전라남도 보성군

행정구역	구축연도	계 개소(공)	계 이용량(천㎥/년)	암반 개소(공)	암반 이용량(천㎥/년)	충적 개소(공)	충적 이용량(천㎥/년)
계		12,264	31,987	8,237	21,530	4,027	10,454
겸백면	2006	482	1,488	377	997	105	490
노동면	2006	649	1,881	558	1,609	91	272
득량면	2005	520	977	435	817	85	160
문덕면	2007	475	427	404	363	71	64
미력면	2006	642	369	392	277	250	92
벌교읍	2007	3,474	11,882	1,879	6,369	1,595	5,513
보성읍	2005	23	22	8	8	15	13
보성읍	2006	1,420	1,914	839	1,282	581	631
복내면	2007	1,018	1,050	710	686	308	364

~ 중 략 ~

– 조사결과 : 행정구역별 개발이용현황(용도별)

조사결과

서천군 자료는 한국농어촌공사에서 자체조사한 관정조사자료를 바탕으로 작성되었습니다.

충청남도 서천군

행정구역	구축연도	계 개소(공)	계 이용량(천㎥/년)	생활용 개소(공)	생활용 이용량(천㎥/년)	공업용 개소(공)	공업용 이용량(천㎥/년)	농업용 개소(공)	농업용 이용량(천㎥/년)	기타(관측용포함) 개소(공)	기타(관측용포함) 이용량(천㎥/년)
계		4,039	4,399	2,344	2,342	14	42	1,681	2,019	0	0
기산면	2010	293	412	170	242	0	0	123	170	0	0
마산면	2010	194	219	99	97	0	0	95	123	0	0
마서면	2011	577	384	305	167	9	24	263	193	0	0
문산면	2010	603	674	259	185	0	0	344	489	0	0
비인면	2011	149	253	71	126	1	2	77	125	0	0
서면	2011	118	134	82	100	0	0	36	34	0	0
서천읍	2010	624	675	390	370	0	0	234	305	0	0
시초면	2010	123	222	67	143	0	0	56	80	0	0
장항읍	2011	271	170	204	126	1	1	66	43	0	0

~ 중 략 ~

- 조사결과 : 행정구역별 현장 간이수질조사 결과

행정 구역	구축 연도	공수	질산성질소 (NO3-N) (mg/ℓ)	전기전도도 (EC) (μS/cm)	총용존고형물 (TDS) (mg/ℓ)	수소이온농도 (pH)
계		1,340	3.1	455	268.3	7.7
고로면	2009	54	6.6	474	279.7	7.6
군위읍	2009	94	1.9	489	288.7	7.9
부계면	2008	294	1.6	311	183.2	7.8
산성면	2009	117	2.9	414	244	7.8
소보면	2009	139	3.6	392	231.3	7.7
우보면	2009	76	2.5	1,041	614.1	7.5
의흥면	2009	150	2.8	260	153.2	7.7
효령면	2008	416	0	258	152.4	7.8

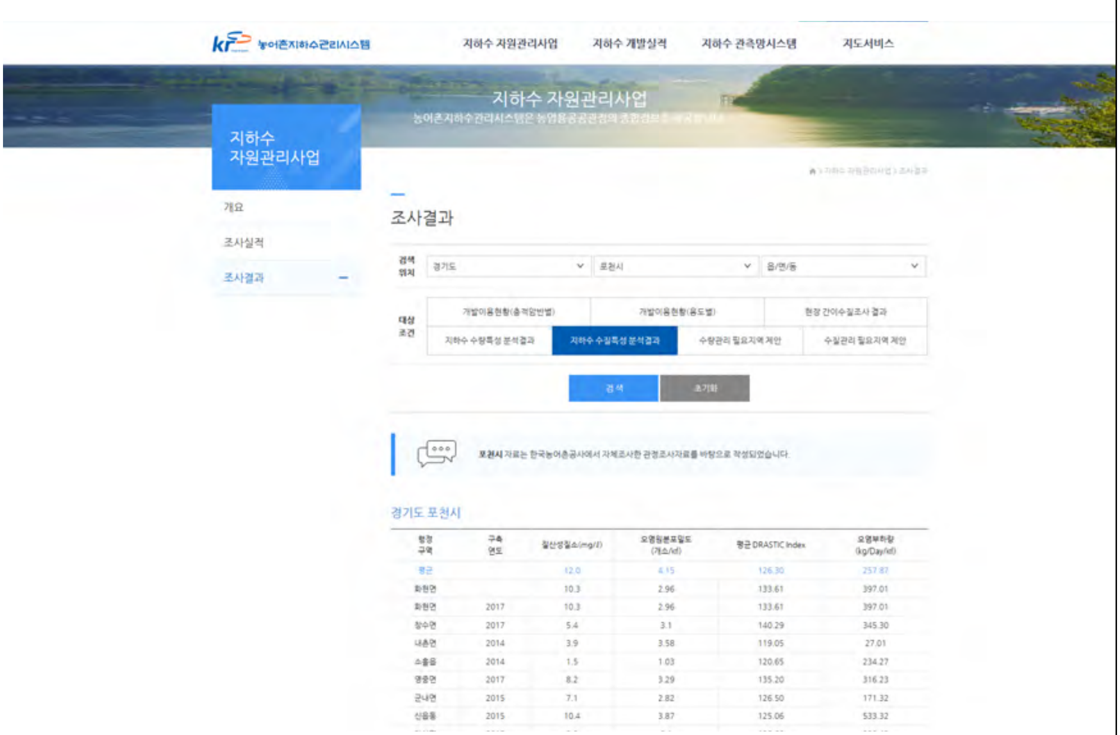
~ 중 략 ~

- 조사결과 : 행정구역별 지하수 수량특성 분석결과

행정 구역	구축 연도	관정밀도 (공/㎢)	단위면적당 이용량 (천㎥/yr/㎢)	이용량/적정개발가능량(%)
평균		21.96	24.37	39.37
화도면	2016	27.20	22.40	42.00
강화읍	2016	30.70	37.70	64.80
길상면	2016	18.90	25.50	46.00
송해면	2016	30.70	40.50	57.50
내가면	2016	25.10	18.50	28.80
양사면	2016	20.30	16.80	37.70
선원면	2016	13.50	20.20	29.60
양도면	2016	25.20	21.50	30.80
하점면	2016	15.70	19.10	25.40

~ 중 략 ~

– 조사결과 : 행정구역별 지하수 수질특성 분석결과

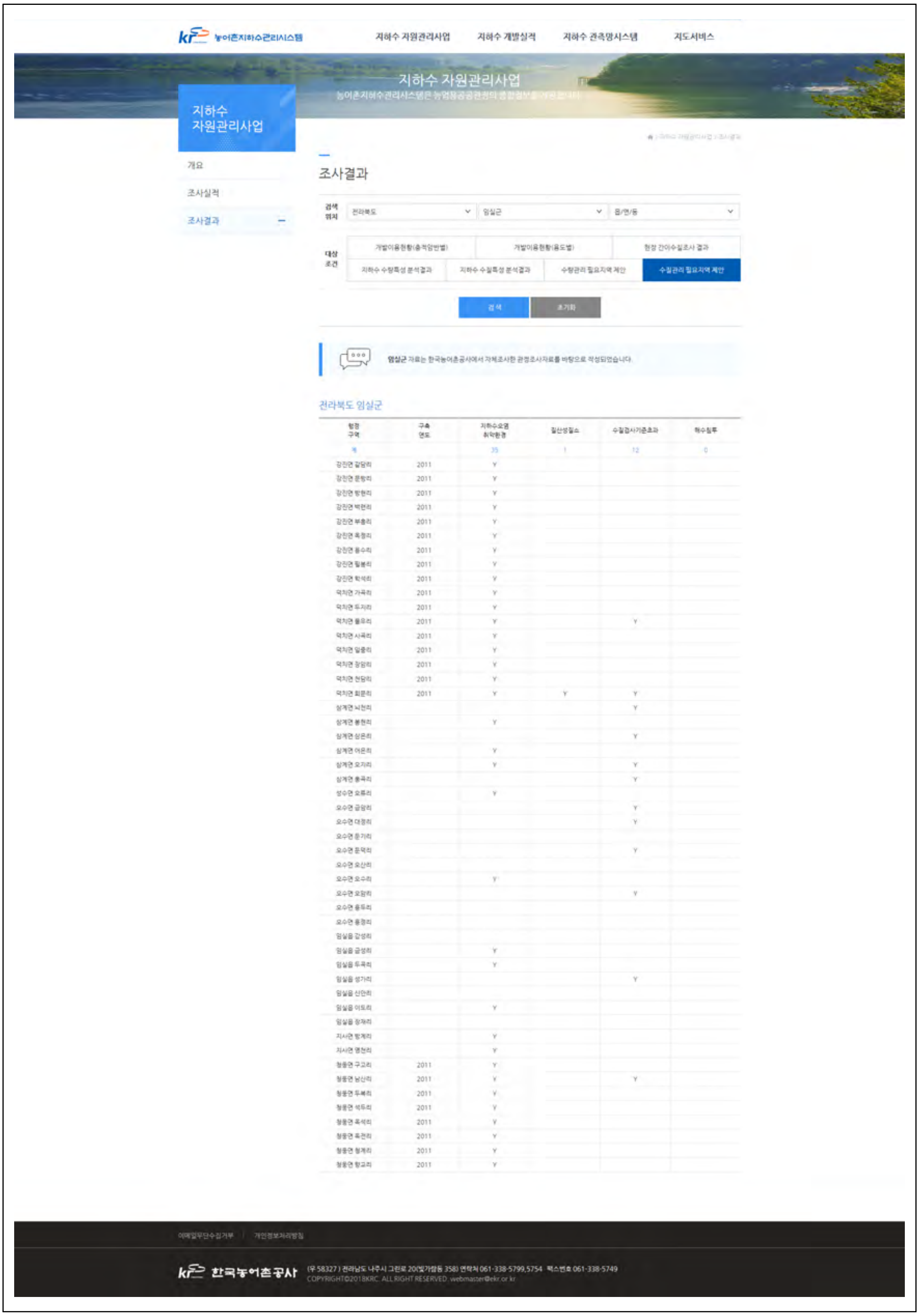


~ 중 략 ~

– 조사결과 : 행정구역별 수량관리 필요지역 제안

~ 중 략 ~

– 조사결과 : 행정구역별 수질관리 필요지역 제안

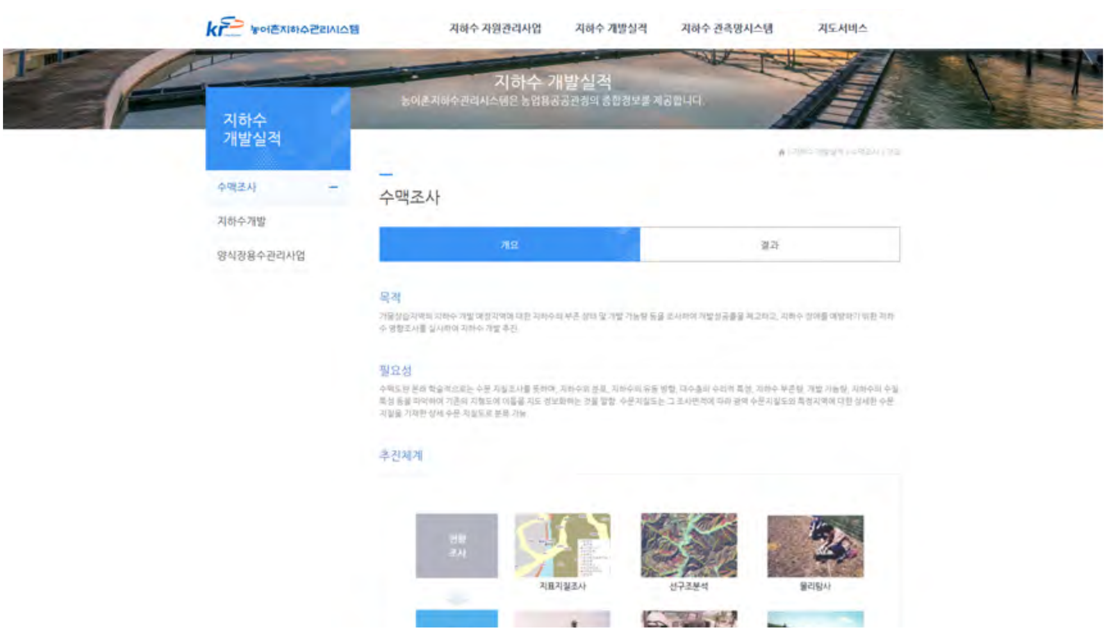


5.4.2 지하수 개발실적

– 화면중앙 아이콘 또는 상단메뉴의 ‘지하수 개발실적’을 클릭합니다.

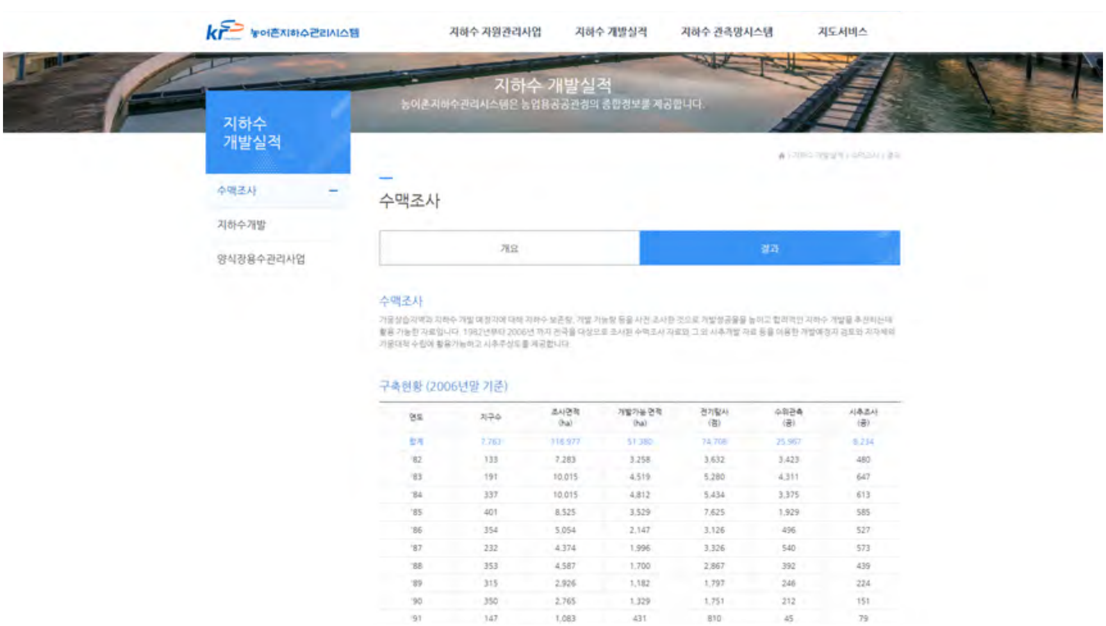
농어촌지하수관리시스템 홈페이지

- 수맥조사 : 사업개요



~ 중 략 ~

- 수맥조사 : 조사실적



~ 중 략 ~

※ 수맥도 및 시추내역은 “농어촌 지하수지도”서비스에서 제공합니다.

(좌측메뉴 주제도 - 지하수 개발관정 - 사업구분 - 수맥시추)

(좌측메뉴 주제도 - 지하수 수맥정보 - 수맥도)

– 지하수 개발실적(한국농어촌공사 직영시행)

농어촌지하수관리시스템

지하수 자원관리사업　지하수 개발실적　지하수 관측망시스템　지도서비스

지하수 개발실적

농어촌지하수관리시스템은 농업용공공관정의 종합정보를 제공합니다.

지하수 개발실적

수맥조사

지하수개발

양식장용수관리사업

> 지하수 개발실적 > 지하수개발

지하수개발

지하수 개발실적

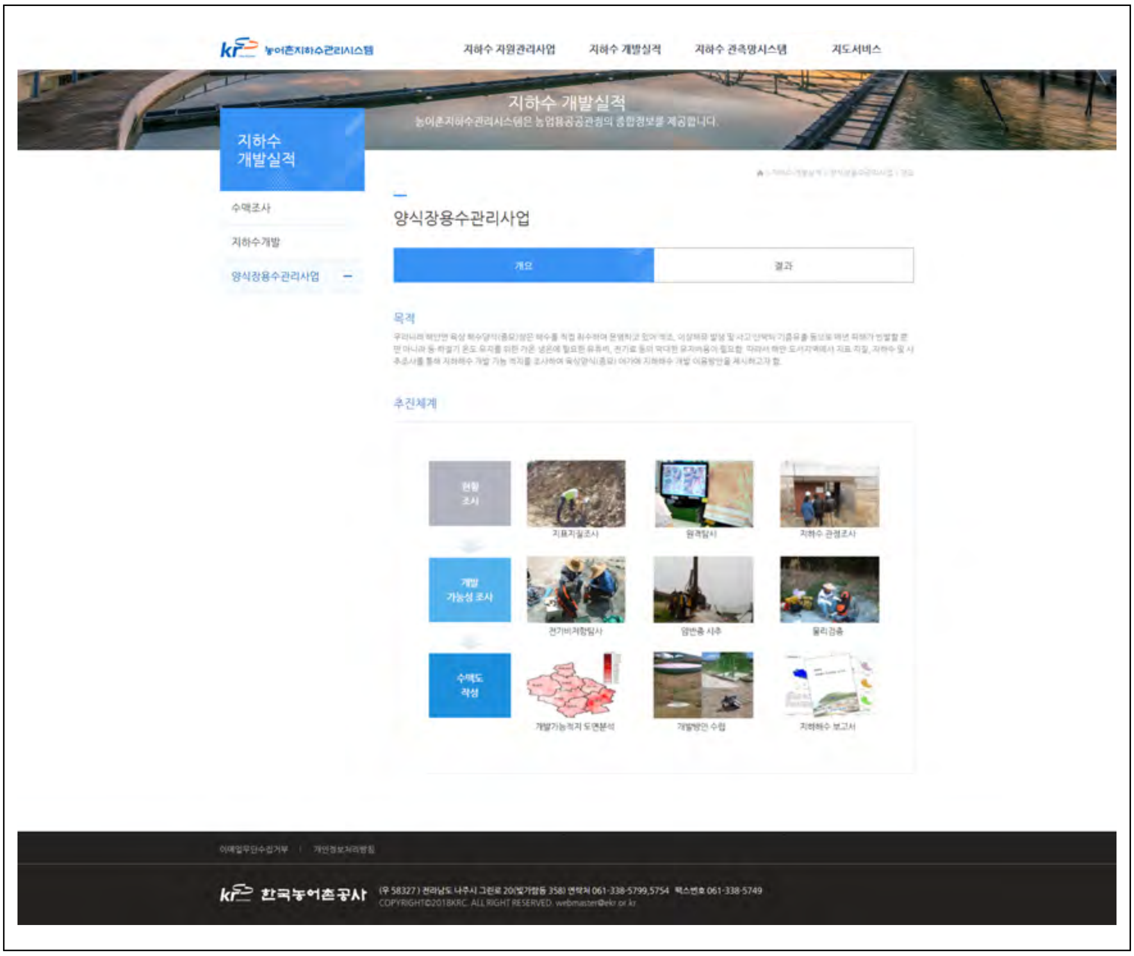
한국농어촌공사에서 개발한 관정 자료를 정보화하여 시설내역 및 시추내역 자료를 제공합니다

구축현황

년도	계(공)	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
계(공)	19,870	2,305	2,302	2,040	2,415	2,469	1,427	3,629	2,840	443
1970	197	-	-	197	-	-	-	-	-	-
1979	106	-	-	106	-	-	-	-	-	-
1980	202	54	-	57	-	91	-	-	-	-
1981	165	51	-	37	-	76	1	-	-	-
1982	112	12	-	16	1	43	22	10	8	-
1983	214	19	-	17	1	26	18	119	14	-
1984	356	52	28	20	69	50	27	79	31	-
1985	280	-	17	16	57	56	33	55	46	-
1986	252	33	30	19	40	39	34	31	26	-
1987	217	1	16	20	37	20	28	43	52	-
1988	279	50	28	21	46	41	33	1	59	-
1989	291	46	15	15	41	42	31	67	34	-
1990	191	-	17	14	30	29	-	69	32	-
1991	267	18	28	33	32	22	40	55	39	-
1992	164	17	13	20	25	4	16	45	24	-
1993	357	52	13	32	50	39	50	75	46	-
1994	484	61	46	32	67	59	33	81	105	-
1995	656	-	65	101	97	146	57	-	190	-
1996	567	34	179	57	66	91	13	44	83	-
1997	868	110	197	124	76	106	20	115	120	-
1998	1,242	157	134	100	146	194	128	120	210	53
1999	752	64	90	58	56	104	85	147	112	36
2000	1,131	199	170	69	110	112	133	155	144	39
2001	1,377	386	70	214	121	82	102	183	195	24
2002	994	157	171	43	86	80	47	167	213	30
2003	865	133	107	44	90	110	56	104	175	46
2004	825	170	97	32	91	98	62	131	123	21
2005	590	38	105	62	57	60	24	85	131	28
2006	506	19	74	23	82	54	19	118	95	22
2007	564	51	86	45	61	58	34	136	68	25
2008	519	22	54	21	63	106	14	134	89	16
2009	809	49	108	55	26	103	86	301	60	21
2010	382	19	37	20	59	50	-	126	66	5
2011	469	11	46	27	106	76	-	142	45	16
2012	661	33	90	25	198	65	20	172	38	20
2013	283	8	18	59	45	18	15	91	23	6
2014	329	38	19	25	61	40	18	85	39	4
2015	318	45	49	37	66	8	16	71	18	8
2016	317	15	25	62	56	12	19	96	17	15
2017	325	32	35	32	75	29	31	73	18	-
2018	387	49	25	33	25	30	62	103	52	8

※ 관정별 시추·개발내역은 “농어촌 지하수지도”서비스에서 제공합니다.
(좌측메뉴 주제도 – 지하수 개발관정 – 사업구분 – 지하수개발)

– 양식장용수관리사업(지하해수조사) : 사업개요



- 양식장용수관리사업(지하해수조사) : 조사실적

농어촌지하수관리시스템 지하수 자원관리사업 지하수 개발실적 지하수 관측망시스템 지도서비스

지하수 개발실적

농어촌지하수관리시스템은 농업용공공관정의 종합정보를 제공합니다.

지하수 개발실적

수맥조사

지하수개발

양식장용수관리사업

양식장용수관리사업

개요 | 결과

* 충북, 제주 제외

조사년도	계	부산	인천	울산	경기	강원	충남	전북	전남	경북	경남
계획(지구)	200	1	5	4	3	6	15	11	105	16	33
완료지구(계)	103	1	5	0	0	5	9	5	47	11	20
2010	10	-	옹진군 옹막				보령시 보천	고창군 고해	고흥군 고동		
							태안군 태소1		여수시 여돌2		
									완도군 완군1		
									완도군 완신1		
									진도군 진군		
									해남군 해화		
2011	8	-					태안군 태남		강진군 강마	영덕군 영병	거제시 거둔1
									무안군 무해		통영시 통산1
									영광군 영백		
									완도군 완군2		
2012	7	-				강릉시 강강	태안군 태이		고흥군 고도2	울진군 울기	거제시 거거
									완도군 완고1		남해군 남삼
2013	7	기장군 기일				강릉시 강사	태안군 태원		완도군 완신4	포항시 포대2	고성군 고하
									해남군 해문1		
2014	12	-				고성군 고간	태안군 태소2	고창군 고부	무안군 무운	포항시 포대3	남해군 남이
									영광군 영염		통영시 통산5
									완도군 완고2		
									완도군 완신3		
									완도군 완완3		
									해남군 해송1		
2015	15	-					서산시 서대		신안군 신압	포항시 포항1	거제시 거둥2
									신안군 신지	포항시 포항2	고성군 고상
									여수시 여화		통영시 통산6
									완도군 완고3		
									완도군 완고4		
									완도군 완신2		
									완도군 완신6		
									완도군 완약1		
									완도군 완약2		
2016	14	-	강화군 강강				보령시 보천2	부안군 부진	고흥군 고금	영덕군 포항3	거제시 거사1
			강화군 강외						신안군 신중	포항시 포항4	통영시 통도
									완도군 완금		
									완도군 완노2		
									완도군 완노3		
									완도군 완보		
2017	15	-	강화군 강여			고성군 고간2	태안군 태남2	부안군 부보	신안군 신안	포항시 포항5	고성군 고상2
									신안군 신자		고성군 고하2
									신안군 신창1		하동군 하금2
									여수시 여돌1		하동군 하금3
									완도군 완신5		
									완도군 완완2		
2018	15	-	강화군 송명			고성군 강안		부안군 부변	신안군 신압2	경주시 경감	고성군 고동
									신안군 신창2	울진군 울기2	남해군 남남
									신안군 신창3		남해군 남창
									영광군 영백2		통영시 통산2
									완도군 완완1		
									해남군 해문2		
2019(조사예정)	15	-		울주군 울서2		양양군 양현	태안군 태남3	고창군 고상	신안군 신암1		통영시 통육
								고창군 고심	신안군 신암2		남해군 남이2
									신안군 신팔1		남해군 남창2
									신안군 신팔2		
									신안군 신팔3		
									진도군 진고2		
									완도군 완완4		

※ 조사공별 시추내역은 “농어촌 지하수지도”서비스에서 제공합니다.

(좌측메뉴 주제도 - 지하수 개발관정 - 사업구분 - 지하해수조사)

5.5 농어촌 지하수지도 이용 안내

※ 공지사항 : 농어촌 지하수지도는 "공간정보통합운영체계" 정책으로 15분동안 사용하지 않으면 연결이 끊어집니다.

5.5.1 화면구성

① 지도제어 : 지도 제어기능과 위치이동, 정보보기 등 지도관련 기능
② 메뉴바 : 사용자에 제공하는 주요기능
③ 검색창 : 좌측메뉴에 따른 검색조건, 레이어 등의 정보를 표시하는 창
④ 지도화면 : 지도를 제공하는 화면
⑤ 상세정보창 : 관정제원, 사진, 수맥도 등 상세정보를 표시하는 창

5.5.2 지도제어

아이콘	기능설명	아이콘	기능설명
베이스맵	베이스맵 선택	인쇄	지도화면 인쇄
전체	전체화면 이동	거리측정	거리측정
위치이동	행정구역 또는 좌표 이동	면적측정	면적측정
이전	이전 지도화면 이동	반경측정	반경측정
이후	이후 지도화면 이동	초기화	지도 초기화
화면저장	지도화면 저장	정보보기	정보보기

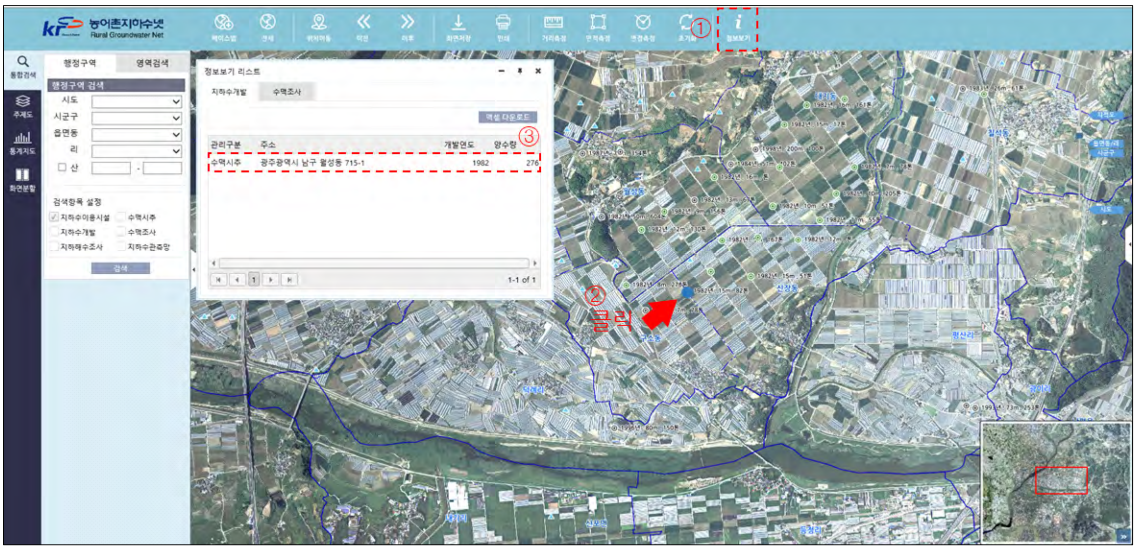
가. 위치이동

① 행정구역이동 : 시도, 시군구, 읍면동, 리, 산여부, 본번, 부번을 입력하고, [행정구역이동] 아이콘을 클릭합니다.

② 좌표이동 : 원하는 좌표를 입력하고, [좌표이동] 아이콘을 클릭합니다.

※ 실시간 좌표변환 지원 : 3가지 중 하나를 입력하면 다른 좌표계로 변환 (TM좌표(GRS80 중부원점), 경위도좌표, 경위도 도/분/초)

나. 정보보기



① 지도기능 바에서 [정보보기] 아이콘을 클릭합니다.

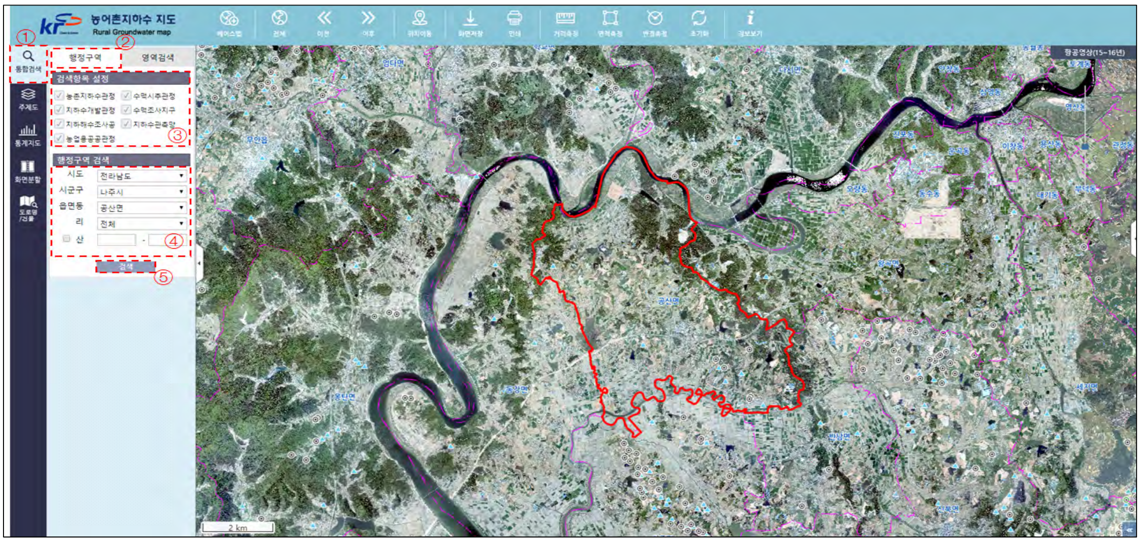
② 지도화면에서 정보보기를 원하는 지하수관정 또는 수맥지구를 클릭합니다.

③ 검색결과를 확인하고 상세보기를 원하는 항목을 클릭합니다.

④ 지도화면이 선택한 시설물로 위치가 이동하고, 상세정보창이 표출됩니다.

5.5.3 통합검색

가. 행정구역별 검색



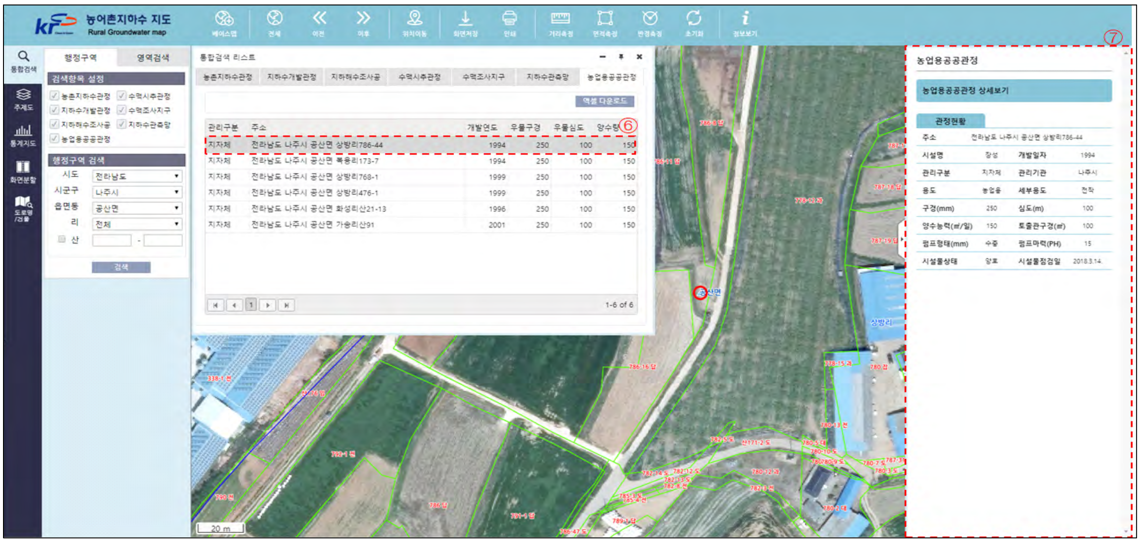
① 좌측 메뉴바에서 [통합검색]을 클릭 합니다.

② 검색항목 설정에서 검색대상 항목을 선택합니다.

④ 행정구역 검색 항목에서 시도, 시군구, 읍면동, 리를 선택합니다.

※ 시도, 시군구, 읍면동 항목은 필수 선택 항목임.

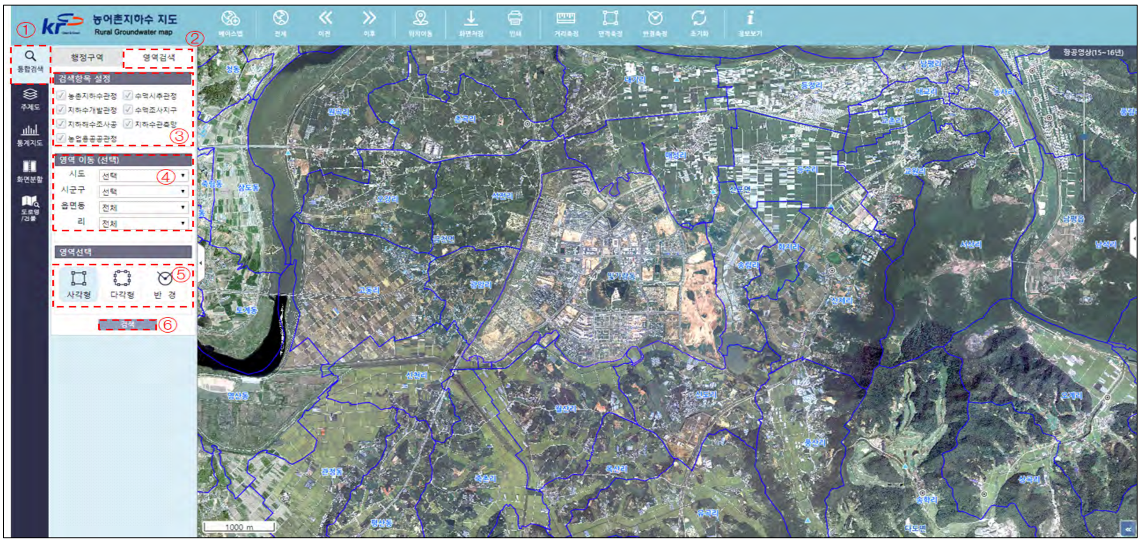
⑤ [검색]아이콘을 클릭하여 검색결과를 조회합니다.



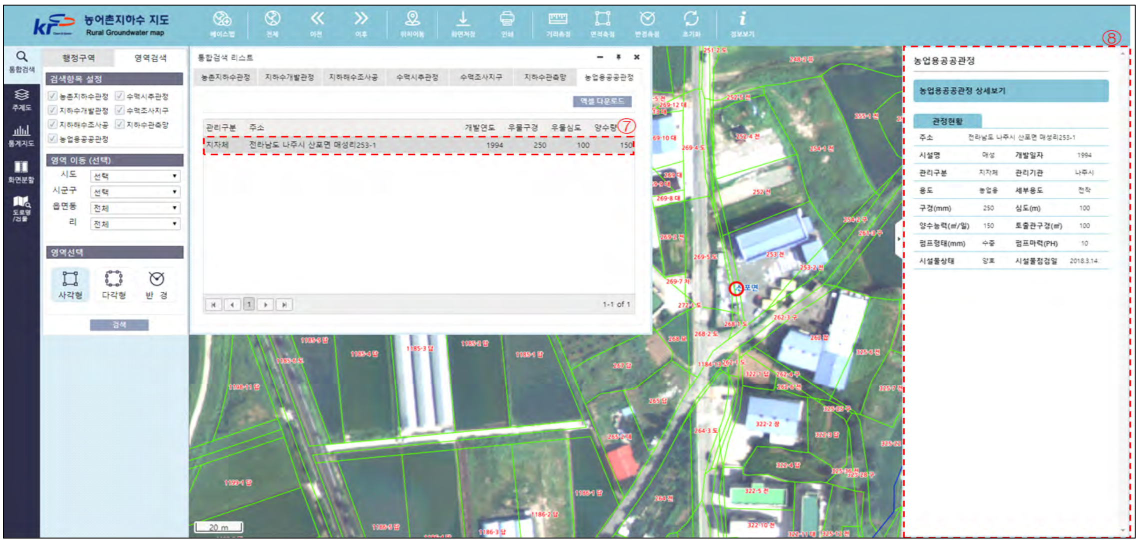
⑥ 검색결과에서 원하는 시설물을 클릭합니다.

⑦ 지도화면이 해당 시설물로 이동하고 상세정보가 표시됩니다.

나. 영역 검색



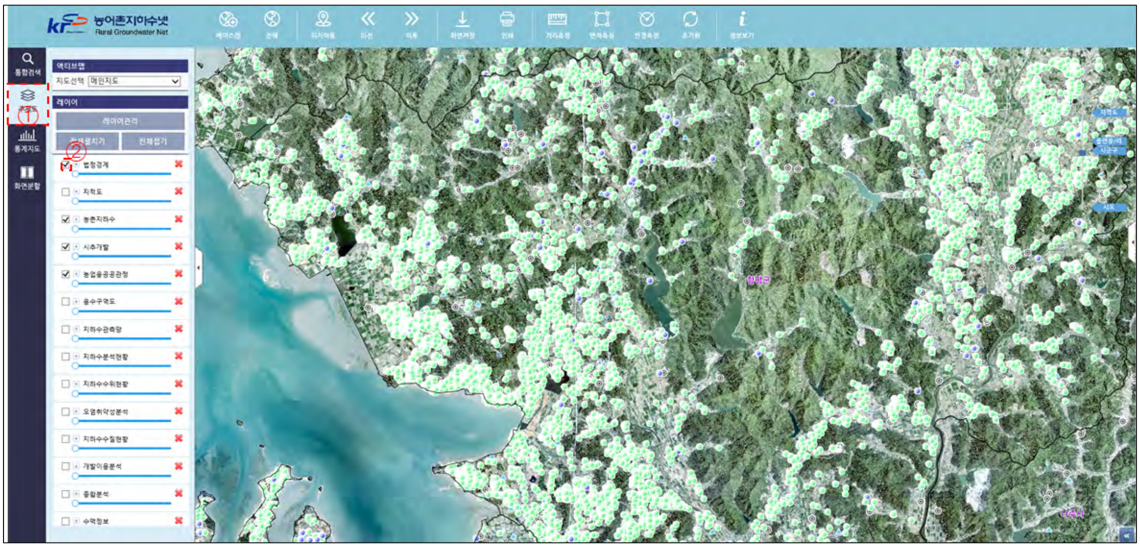
① 좌측 메뉴바에서 [통합검색]을 클릭하고, [영역검색] 탭을 선택합니다.
② 검색항목 설정에서 검색대상 항목을 선택합니다.
③ 행정구역 검색에서 검색할 시도, 시군구, 읍면동, 리를 선택합니다.
※ 행정구역을 화면에 띄우기 위한 지도이동 기능임.
④ 영역검색의 종류를 선택합니다.
- 사각형, 다각형, 반 경(반경선택시 입력창 활성화)
⑤ [검색]아이콘을 클릭하여 지도에 영역을 드로잉 합니다



⑥ 검색결과에서 원하는 시설물을 클릭합니다.
⑦ 지도화면이 해당 시설물로 이동하고 상세정보가 표시됩니다.

5.5.4 주제도

가. 레이어 On/Off

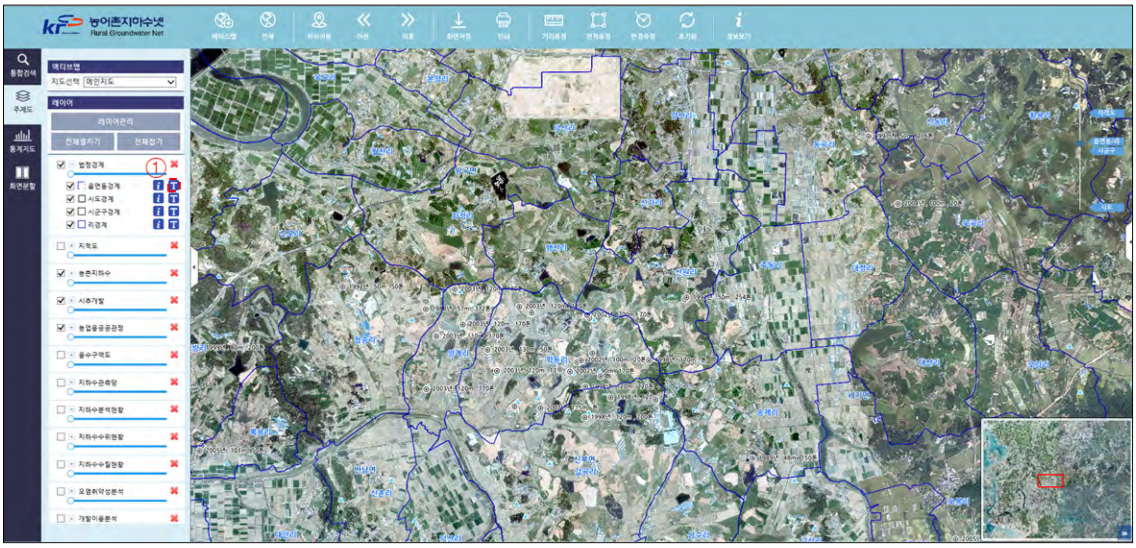


① 좌측 메뉴바에서 [주제도]를 클릭 합니다.

② ⊞아이콘을 클릭하여 레이어를 확장하고, 레이어를 On/Off 합니다.

※ 체크박스 체크(☑) : 레이어 On, 체크 해제(☐) : 레이어 Off

나. 레이어라벨 On/Off



① 라벨 : ⊞아이콘을 클릭하여 레이어를 확장하고 T아이콘을 클릭합니다.

※ T - 라벨 On, T - 라벨 Off

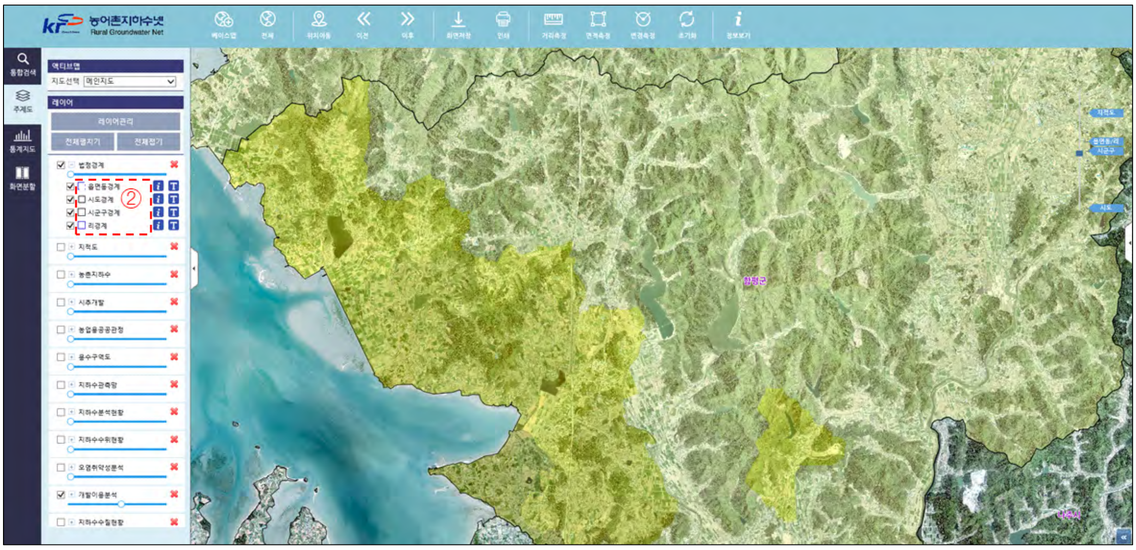
② 설명 : ⊞아이콘을 클릭하여 레이어를 확장하고 i아이콘을 클릭합니다.

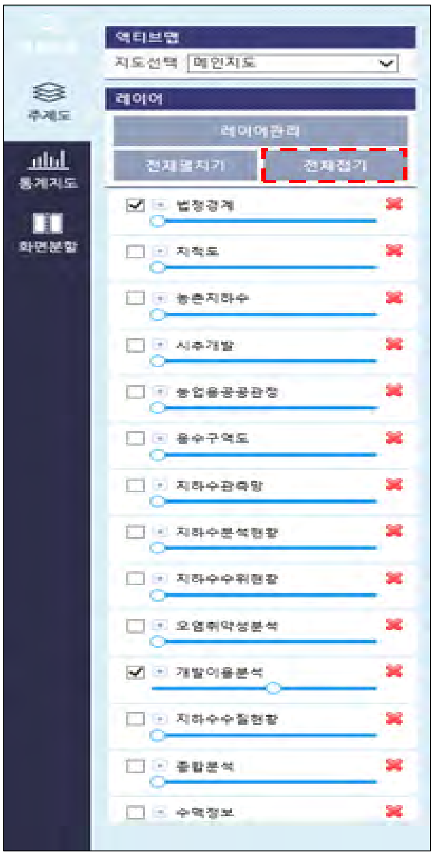
다. 레이어범례 보기

① 레이어 창에서 ⊞아이콘을 클릭하여 레이어를 확장합니다.

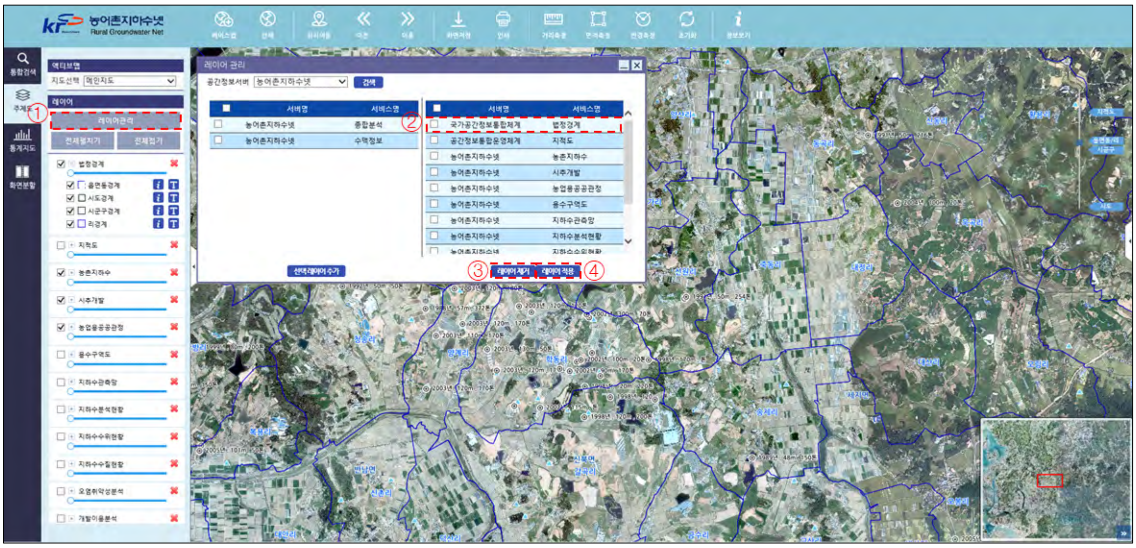
② 확장된 레이어정보에서 범례와 명칭을 확인합니다.

※ 전체펼치기와 전체접기 아이콘을 이용하여 전체레이어 일괄설정 가능



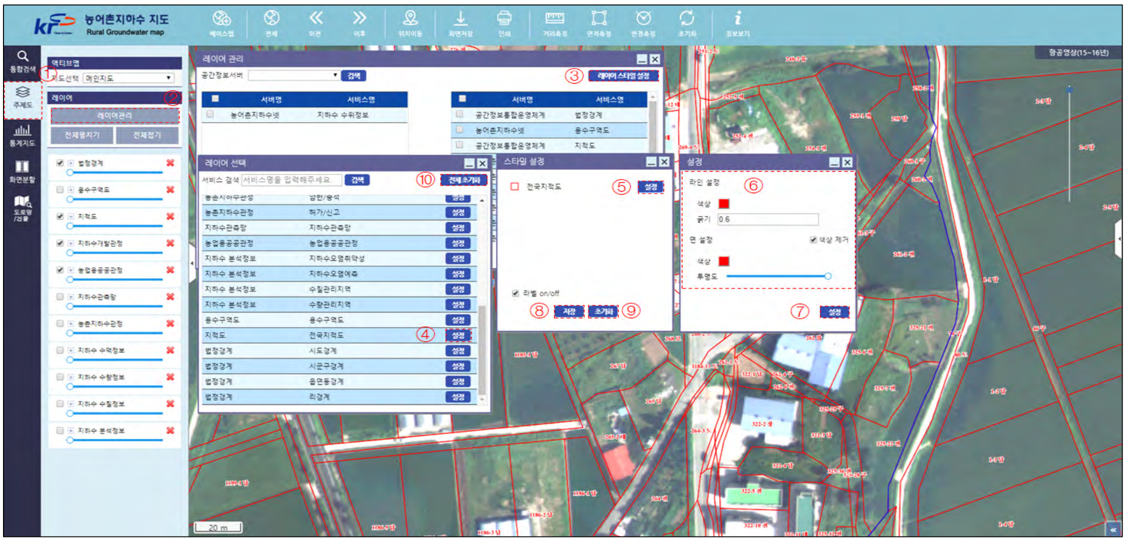


라. 레이어관리



① 레이어 창에서 [레이어관리] 아이콘을 클릭합니다.
② 레이어 관리창 좌측은 '화면에서 삭제', 관리창 우측은 '화면에 표시'입니다.

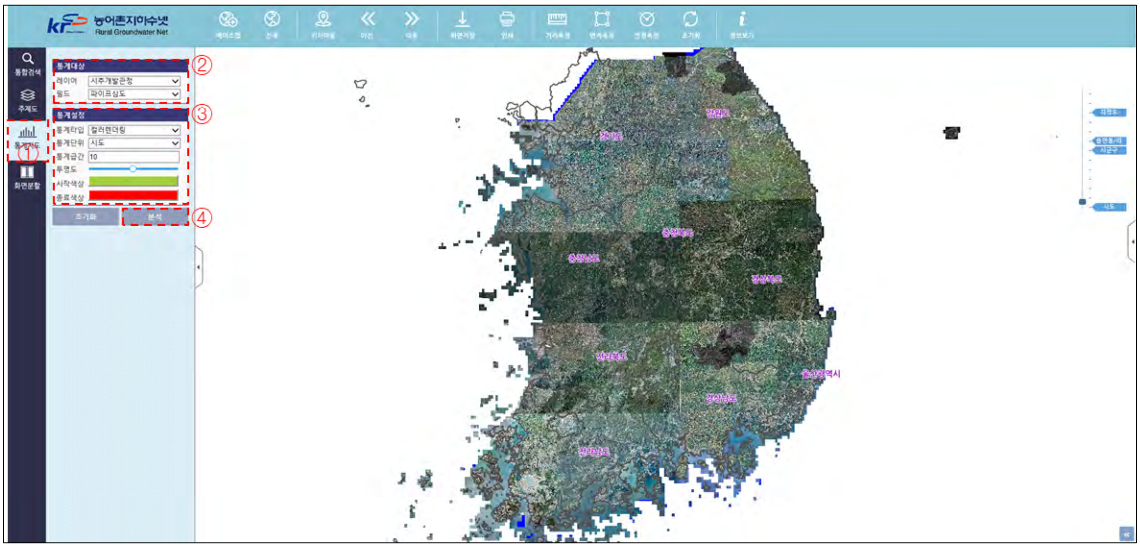
마. 레이어 스타일변경



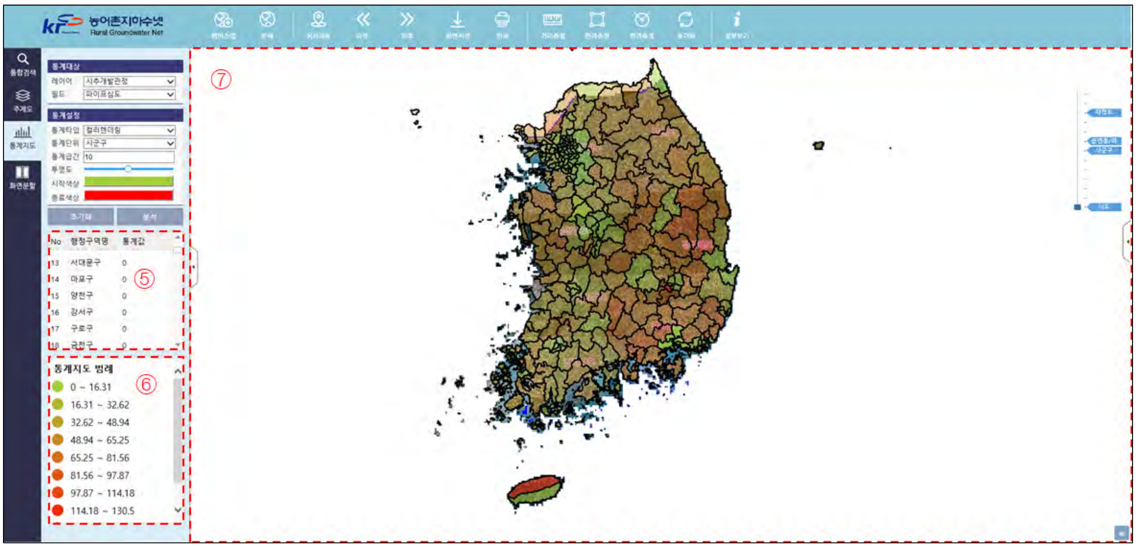
① [레이어관리]에서 [레이어 스타일 설정] 아이콘을 클릭합니다.
② 스타일설정 창에서 [설정] 아이콘을 클릭합니다.
③ 설정창에서 라인색상, 라인굵기, 면색, 투명도를 선택합니다.
④ 스타일설정 창에서 [저장] 아이콘을 클릭합니다.
※ 스타일 초기화 : [초기화] 또는 [전체초기화] 선택

5.5.5 통계지도 기능

가. 컬러렌더링 통계보기



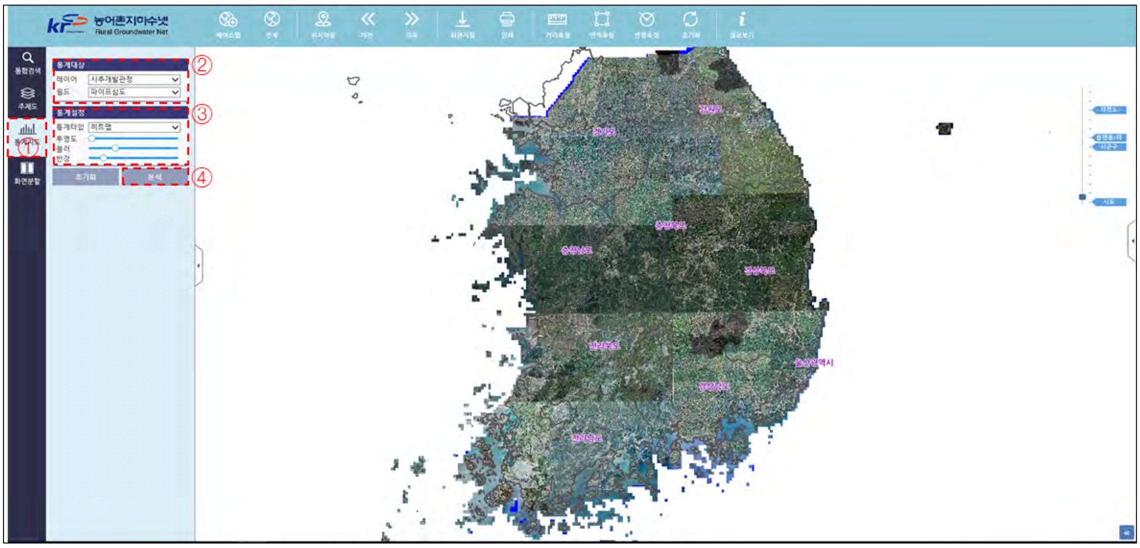
① 좌측 메뉴바에서 [통계지도]를 클릭 합니다.
② 통계 설정창에서 통계대상을 선택합니다.(시추개발관정, 농업용공공관정)
③ 통계타입-컬러렌더링, 통계단위, 통계급간, 투명도 등을 선택합니다.
④ [분석] 아이콘을 클릭합니다.



⑤ 행정구역별 통계값을 확인합니다.
⑥ 통계지도 범례를 확인합니다.

※ 통계범례의 통계급간은 선택 필드값의 최대값과 최소값을 기준으로 자동지정됩니다.

나. 히트맵 통계보기



① 좌측 메뉴바에서 [통계지도]를 클릭 합니다.

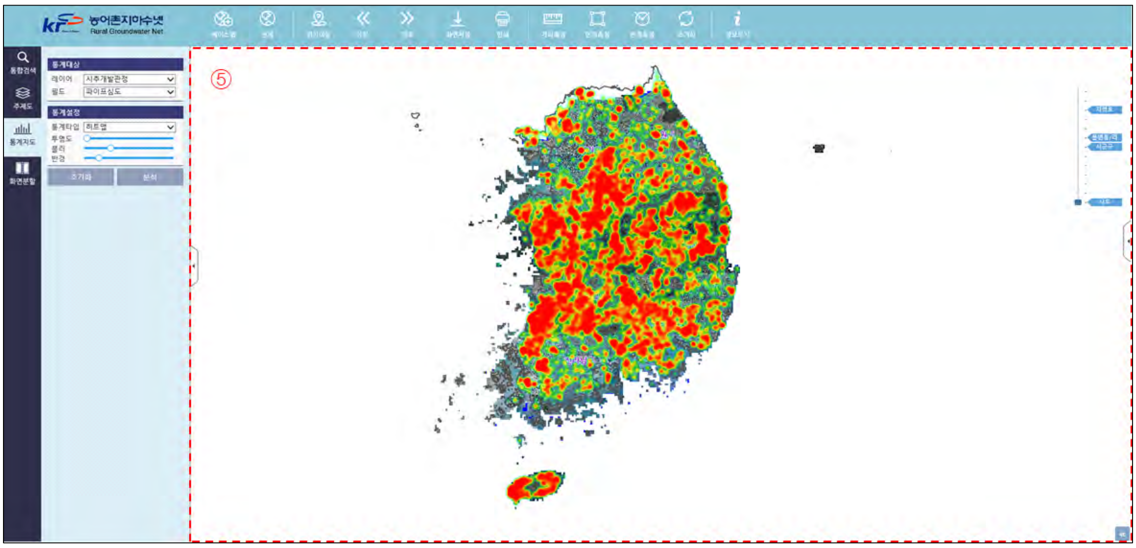
② 통계 설정창에서 통계대상을 선택합니다.(시추개발관정, 농업용공공관정)

③ 통계설정의 통계타입-히트맵, 투명도, 블러, 반경을 선택합니다.

- 투명도 : 우측으로 이동할수록 투명해짐
- 블 러 : 우측으로 이동할수록 흐려짐
- 반 경 : 우측으로 갈수록 데이터의 밀집 영향 반경이 커짐

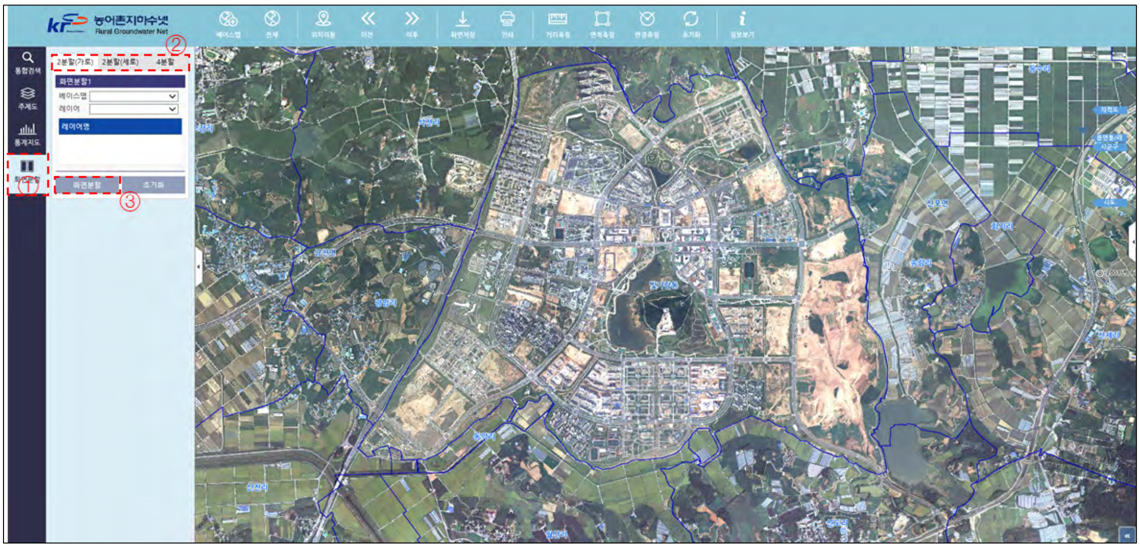
※ 축척에 따라 보이는 화면이 달라지니, 원하는 축척으로 고정 후 투명도, 블러, 반경을 조절하시면 됩니다.

④ [분석] 아이콘을 클릭합니다.



⑤ 지도화면에서 통계지도를 확인합니다.

5.5.6 화면분할기능

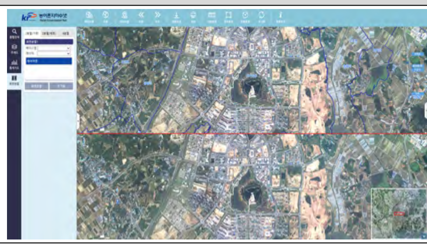
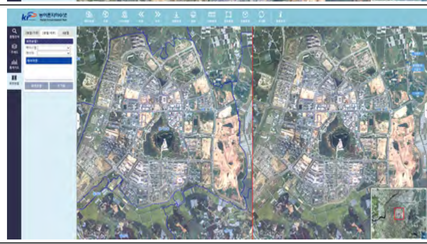
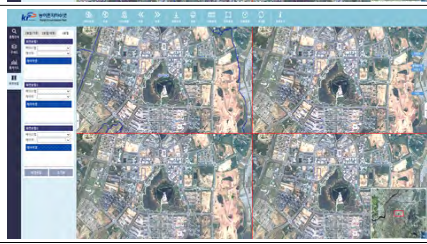


① 좌측 메뉴바에서 [화면분할]을 클릭 합니다.

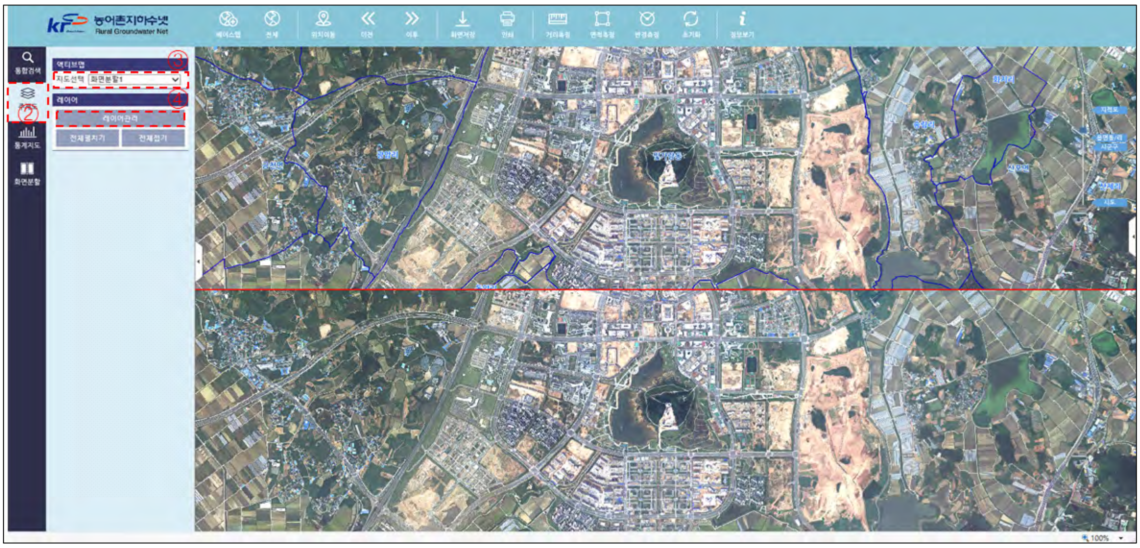
② 화면분할 창에서 2분할(가로)/2분할(세로)/4분할을 선택합니다.

③[화면분할] 아이콘을 클릭합니다.

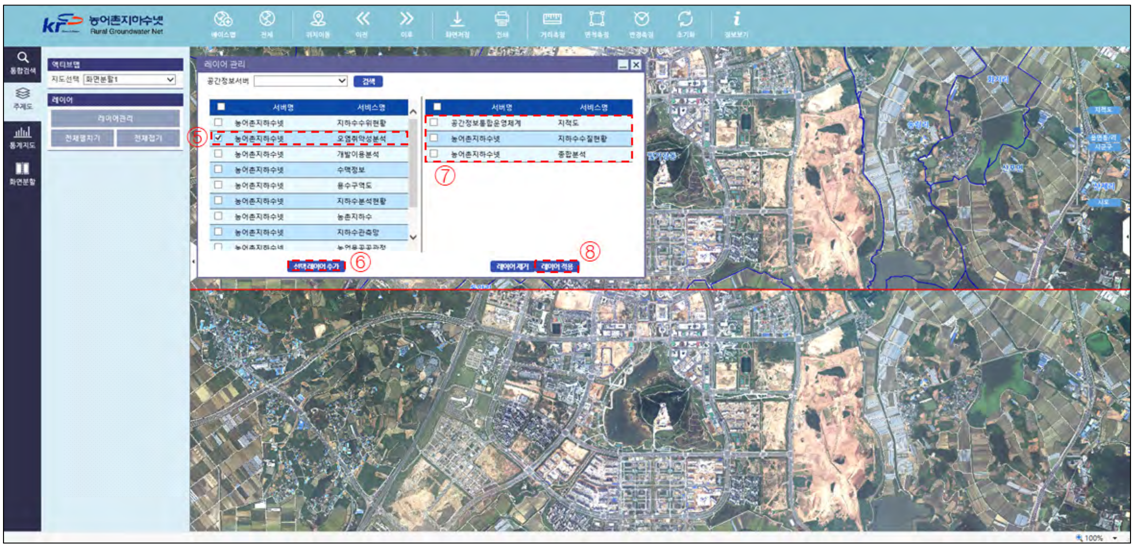
④ 분할된 화면을 확인합니다.

구분	분할화면 이름	분할된 지도화면
2분할 (가로)	매인지도 화면분할1	
2분할 (세로)	매인지도 | 화면분할1	
4분할	매인지도 | 화면분할1 화면분할2 | 화면분할3	

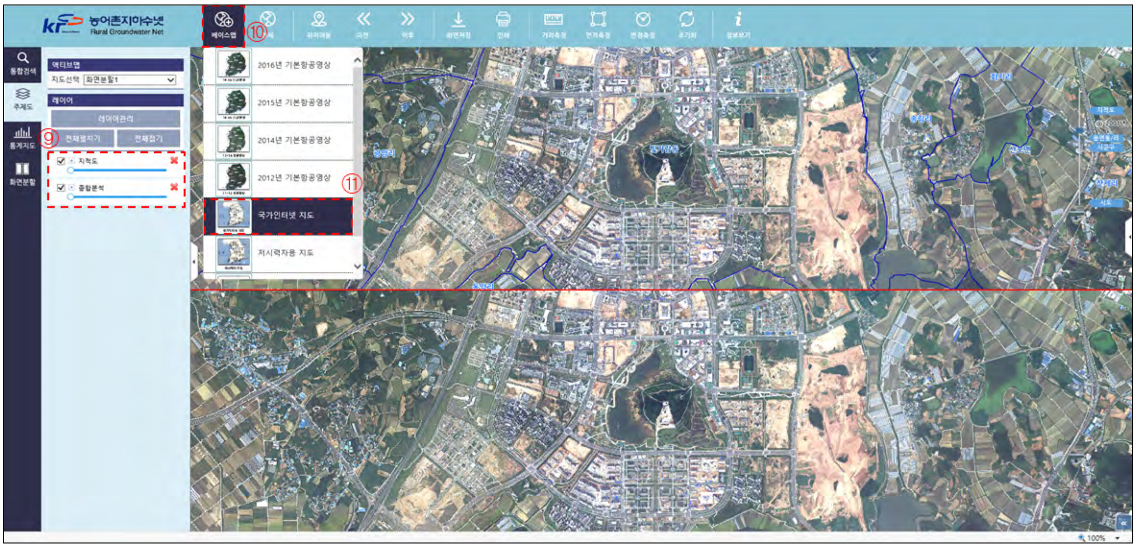
가. 화면분할 후 베이스맵 및 레이어 설정



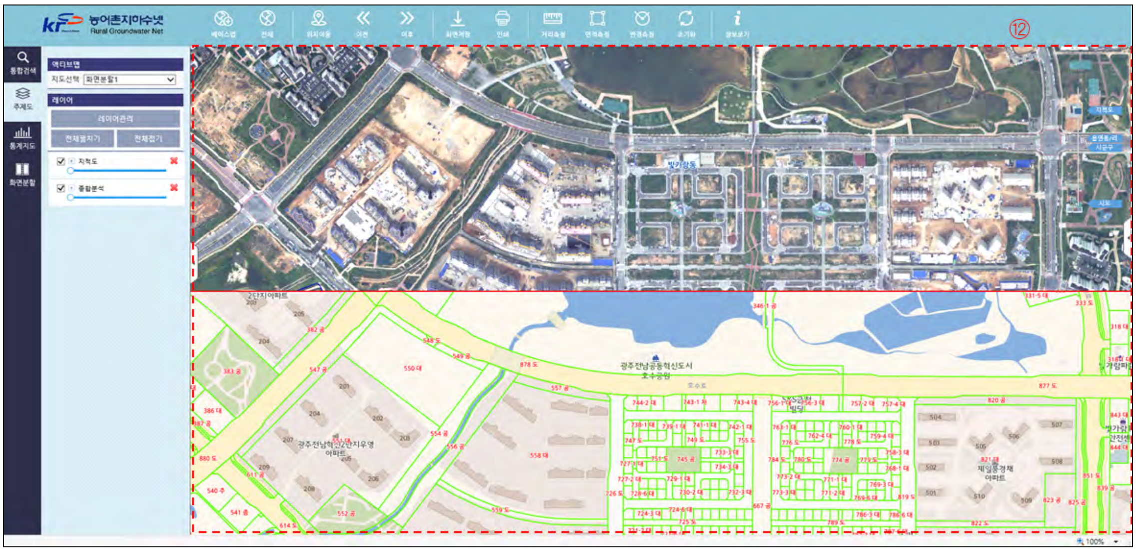
① [화면분할] 아이콘을 클릭하여 화면을 분할합니다.
② 좌측 메뉴에서 [주제도] 아이콘을 클릭합니다.
③ 레이어 창의 액티브 맵에서 레이어를 추가할 지도화면을 선택합니다.
④ 레이어 창에서 [레이어관리] 아이콘을 클릭합니다.



⑤ 레이어 관리창 좌측에서 추가할 레이어를 확인하고 체크박스에 체크합니다.
⑥ [선택레이어추가] 아이콘을 클릭합니다.
⑦ 레이어 관리창 우측에 서비스할 레이어가 추가된 것을 확인합니다.
⑧ [레이어적용] 아이콘을 클릭합니다.



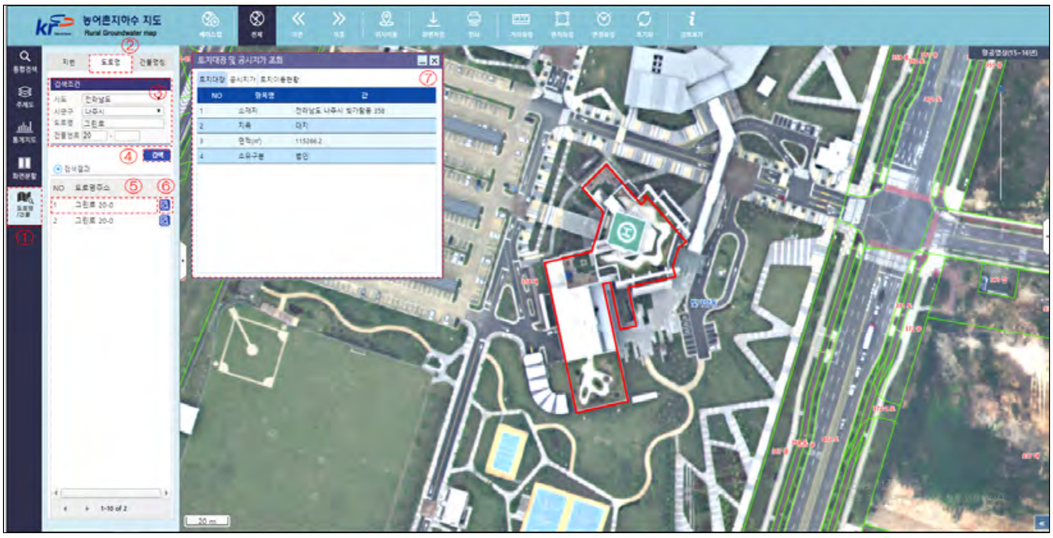
⑨ 레이어 창에서 서비스하는 레이어를 확인합니다.
⑩ 지도기능 바에서 [베이스맵] 아이콘을 클릭합니다.
⑪ 분할된 화면에서 사용할 베이스맵을 선택합니다.



⑫ 적용된 분할화면을 확인합니다.

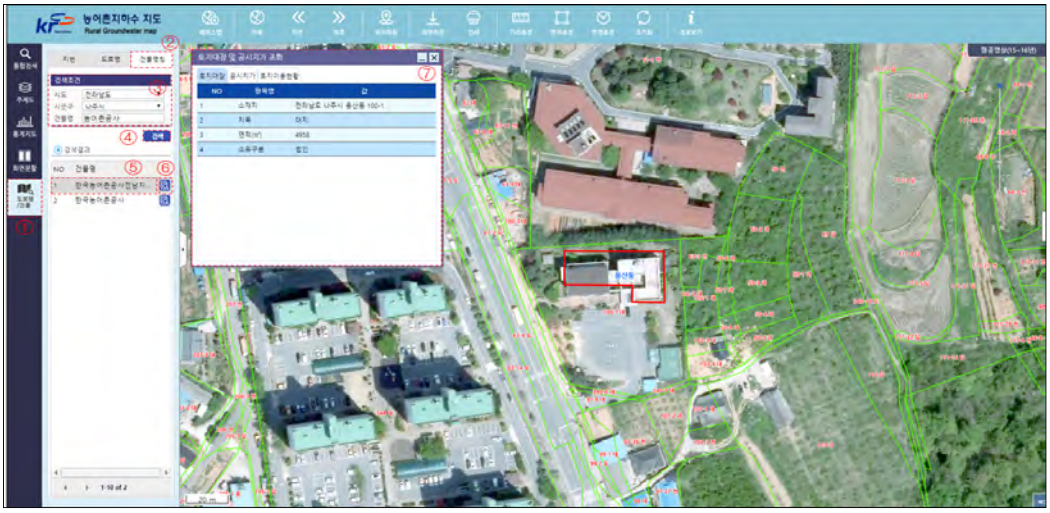
5.5.7 도로명/건물 검색

가. 도로명주소 검색



① [도로명/건물] 아이콘을 클릭하고, [도로명]탭을 선택합니다.
② 검색조건(시도, 시군구, 도로명)을 입력하고, [검색] 아이콘을 클릭합니다.
③ 검색결과에서 원하는 주소를 클릭하면 지도가 해당위치로 이동합니다.
④ [상세보기] 아이콘을 클릭하면 해당 필지의 상세정보창이 표출됩니다.

나. 건물명 검색



① [도로명/건물] 아이콘을 클릭하고, [건물명칭]탭을 선택합니다.
② 검색조건(시도, 시군구, 도로명)을 입력하고, [검색] 아이콘을 클릭합니다.
③ 검색결과에서 원하는 주소를 클릭하면 지도가 해당위치로 이동합니다.
④ [상세보기] 아이콘을 클릭하면 해당 필지의 상세정보창이 표출됩니다.

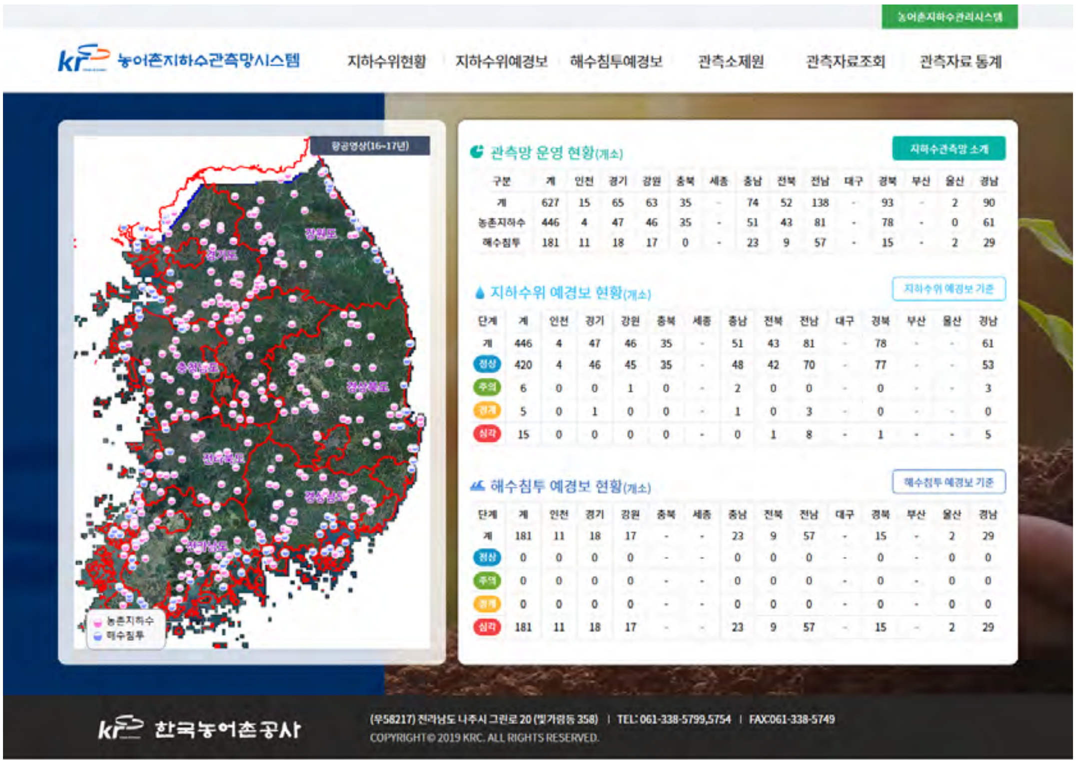
5.6 농어촌지하수관측망시스템 이용 안내

5.6.1 농어촌지하수관측망시스템 접속경로

– 화면중앙 아이콘 또는 상단메뉴의 ‘지하수 관측망시스템’을 클릭합니다.

5.6.2 농어촌지하수관측망시스템 메인페이지

– 농어촌 지하수관측망 “운영현황” 정보를 제공합니다.



○ 관측망지도

– 관측망 아이콘 클릭시 관측소별 관측결과가 팝업으로 표출

○ 전체 관측망 현황

– 농촌지하수관측망, 해수침투관측망

○ 지하수위 예경보 현황

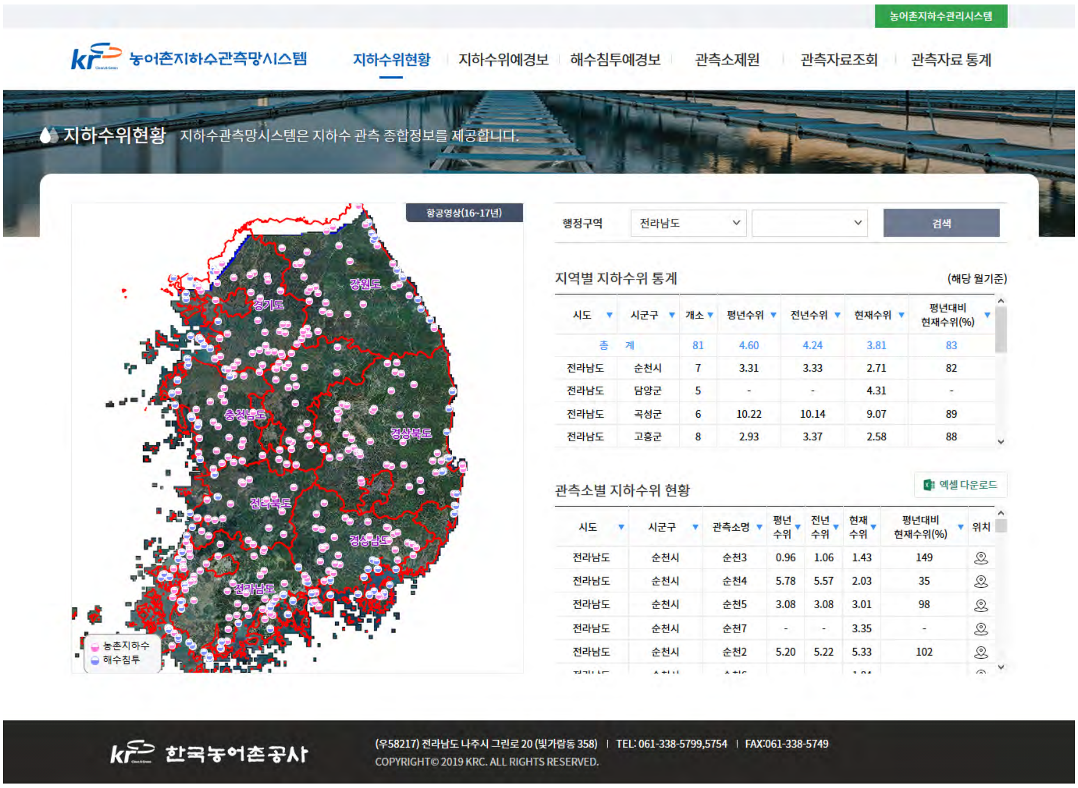
– 농촌지하수관측망 지하수위 관측자료 활용

○ 해수침투 예경보 현황

–해수침투관측망 전기전도도 관측자료 활용

5.6.3 지하수위현황 페이지

– 농어촌 지하수관측망의 “지하수위현황” 정보를 제공합니다.



○ 관측망지도

– 관측망 아이콘 클릭시 관측소별 관측결과가 팝업으로 표출

○ 행정구역(기본값 : 전라남도)

– 시도, 시군구 선택시 지도가 해당지역으로 확대되고,
해당지역의 수위현황통계, 관측소별 지하수위 관측자료 표출

○ 지역별 지하수위 통계

– 전체 관측자료 대비 현재수위 상태를 행정구역별로 제공

○ 관측소별 지하수위 현황

– 전체 관측자료 대비 현재수위 상태를 관측소별로 제공

– 위치 아이콘 클릭시 좌측화면이 해당 관측소로 이동

○ 항목별 정렬기능(▼)

– 각 항목별 파란색 화살표 클릭으로 항목별 정렬

5.6.4 지하수위예경보 페이지

– 농촌지하수관측망의 “지하수위예경보” 정보를 제공합니다.

○ 관측망지도

– 4단계 아이콘 표출(아이콘 클릭시 관측소별 관측결과 팝업 표출)

○ 행정구역(기본값 : 전라남도)

– 시도, 시군구 선택시 지도가 해당지역으로 확대되고,
해당지역의 수위현황통계, 관측소별 지하수위 관측자료 표출

○ 지역별 지하수위 현황

– 전체 관측자료 대비 현재 지하수수위 상태 예경보 제공
(4단계 : 정상, 주의, 경계, 심각)

○ 관측소별 지하수위 현황

– 전체 관측자료 대비 현재수위 및 예경보 상태를 관측소별로 제공

– 위치 아이콘 클릭시 좌측화면이 해당 관측소로 이동

○ 항목별 정렬기능(▾)

– 각 항목별 파란색 화살표 클릭으로 항목별 정렬

월별 리포트(시도별)

WORD 다운로드 PDF 다운로드

2019-09 검색

2019년 09월 전라남도 농촌지하수 관측망 관측 결과

관측결과 요약

단계	개소(%)	기준(월평균수위)	지하수관측공	상태분석
정상	66(81%)	평년 수위의 24% 이상	고흥2,고흥3,고흥4,고흥6,곡성1,곡성2,곡성3,곡성4,곡성5,곡성6,담양1,담양2,담양3,담양4,담양5,무안1,무안2,무안4,무안6,무안8,보성1,보성2,보성3,보성4,보성5,순천1,순천2,순천3,순천4,순천5,순천6,순천7,신안1,영광1,영광2,영광3,영광5,영광6,영광7,장성1,장성2,장성3,장성4,장성5,장흥1,장흥2,장흥3,장흥4,진도1,진도2,진도3,진도5,함평1,함평2,함평3,함평4,함평6,함평7,해남4,해남6,화순1,화순2,화순3,화순4,화순5,화순6	지하수위가 정상범위로 분석
주의	3(4%)	평년 수위의 13 ~ 24%	고흥1,보성6,해남5	지하수위가 주의상태로 분석
경계	2(2%)	평년 수위의 5 ~ 13%	무안7,함평5	지하수위가 가뭄에 해당하는 수위
심각	10(12%)	평년 수위의 5% 이하	고흥5,고흥7,고흥8,무안3,무안5,영광4,진도4,해남1,해남2,해남3	지하수위가 극심한 가뭄에 해당하는 수위 지하수위 저하 한계 지점

※ 지하수위 단계는 농림축산식품부(2017) 연구보고서에 따름

관측공별 관측결과

위치				관측소명	지하수위				평년대비 현재수위
시,군	읍,면,동	리	번지		평년수위	2017.09 월평균수위	2018.09 월평균수위	2019.09 월평균수위	
	두원면	용반리	1682-1	고흥1	4.12	3.98	4.33	4.22	주의

○ 월별리포트(시도별)

– 시도별 지하수위 예경보 현황 및 각 관측소별 지하수위 현황을 리포트 형태로 제공

– Word파일(.doc), PDF파일(.pdf)로 다운로드 제공

5.6.5 해수침투예경보 페이지

– 해수침투관측망의 “해수침투예경보” 정보를 제공합니다.

○ 관측망지도

– 4단계 아이콘 표출(아이콘 클릭시 관측소별 관측결과 팝업 표출)

○ 행정구역(기본값 : 전라남도)

– 시도, 시군구 선택시 지도가 해당지역으로 확대되고,
해당지역의 해수침투현황 통계, 관측소별 전기전도도 관측자료 표출

○ 지역별 해수침투 현황

– 전체 관측자료 대비 현재 해수침투 상태 예경보 제공
(4단계 : 정상, 주의, 경계, 심각)

○ 관측소별 지하수위 현황

– 전체 관측자료 대비 현재 전기전도도 및 예경보 상태를 관측소별로 제공

– 위치 아이콘 클릭시 좌측화면이 해당 관측소로 이동

○ 항목별 정렬기능(▾)

– 각 항목별 파란색 화살표 클릭으로 항목별 정렬


월별 리포트(시도별) WORD 다운로드 PDF 다운로드

2019-09 검색

2019년 09월 전라남도 해수침투 관측 결과

관측결과 요약

단계	개소(%)	염도(‰)(전기전도도 μs/㎝)	지하수관측공	지하수이용
정상	0(%)	0.45이하 (<700)	-	논(수도작) 및 밭작물에 이용
주의	0(%)	0.45~0.64 (700~1,000)	-	논(수도작)에만 이용 권염도가 없는 지표수(저수지, 하천수 등)와 1:1 비율로 혼합하여 논(수도작)에만 이용권고
경계	0(%)	0.64~1.92 (1,000~3,000)	-	논(수도작)에만 이용 권고
심각	0(%)	1.92 이상 (>3,000)	-	농업용수 이용금지 권고

※ 염도(전기전도도) 범위는 FAO(식량농업기구) 분류기준을 세분화하여 적용

관측공별 관측결과

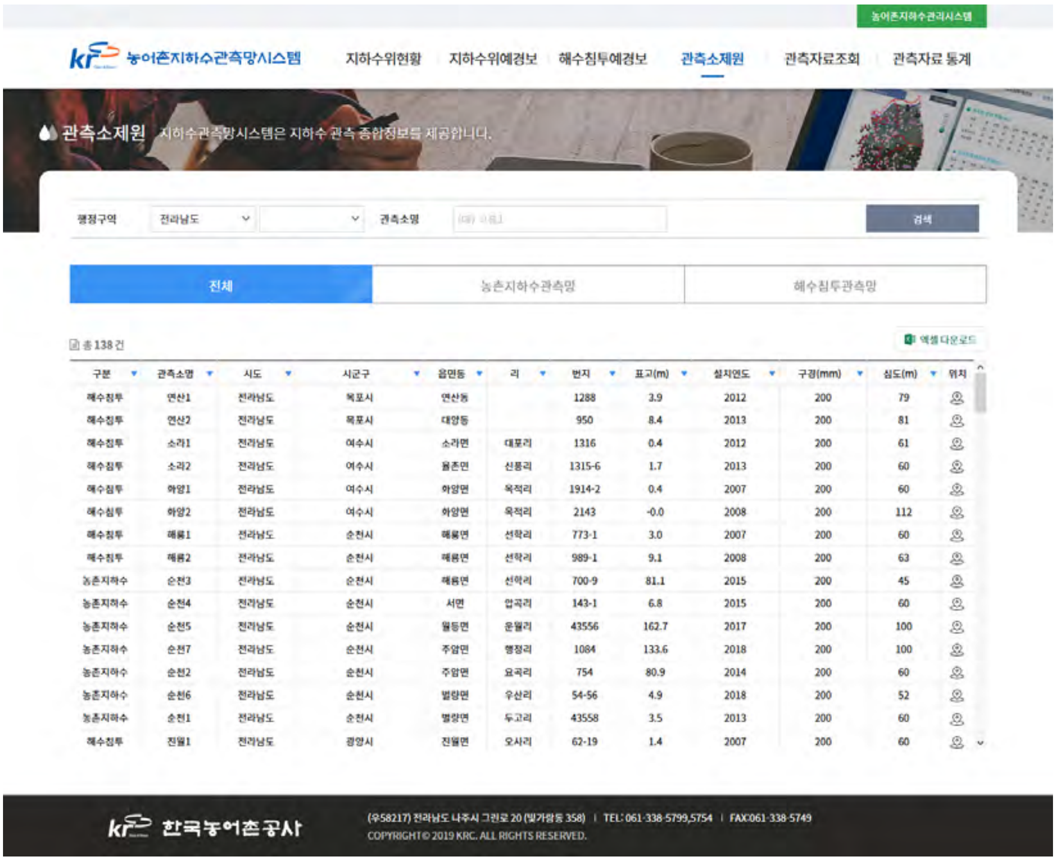
위치				관측공	구분	염도(‰) 전기전도도(μs/㎝)				09월 예경보 단계	최근 2개월 추세
시,군	읍,면,동	리	번지	57		08월 하순	09월 상순	09월 중순	09월 하순		
강진군	마량면	마량리	1546	마량1	염도(‰)	-	-	30~30	-	-	
					전기전도도	-	-	50,000~50,000	-	-	

○ 월별리포트(시도별)

- 시도별 지하수위 예경보 현황 및 각 관측소별 전기전도도 현황을 리포트 형태로 제공
- Word파일(.doc), PDF파일(.pdf)로 다운로드 제공

5.6.6 관측소제원 페이지

– 농어촌지하수관측망의 “관측소제원” 정보를 제공합니다.



○ 행정구역(기본값 : 전라남도)

– 시도, 시군구 선택시 해당지역의 관측소제원 표출

○ 관측소명 검색

– 관측소명으로 검색하고자 할 때 관측소명으로 검색

○ 관측망 구분(농촌지하수관측망, 해수침투관측망)

– 관측소 검색 후 상단의 탭을 통해 구분해서 리스트확인 가능

○ 엑셀다운로드

– 검색결과 및 화면에 표출되지 않은 상세제원까지 리스트로 저장

○ 위치이동

– 위치 아이콘 클릭시 “농어촌 지하수지도” 팝업 후 해당 관측소로 이동

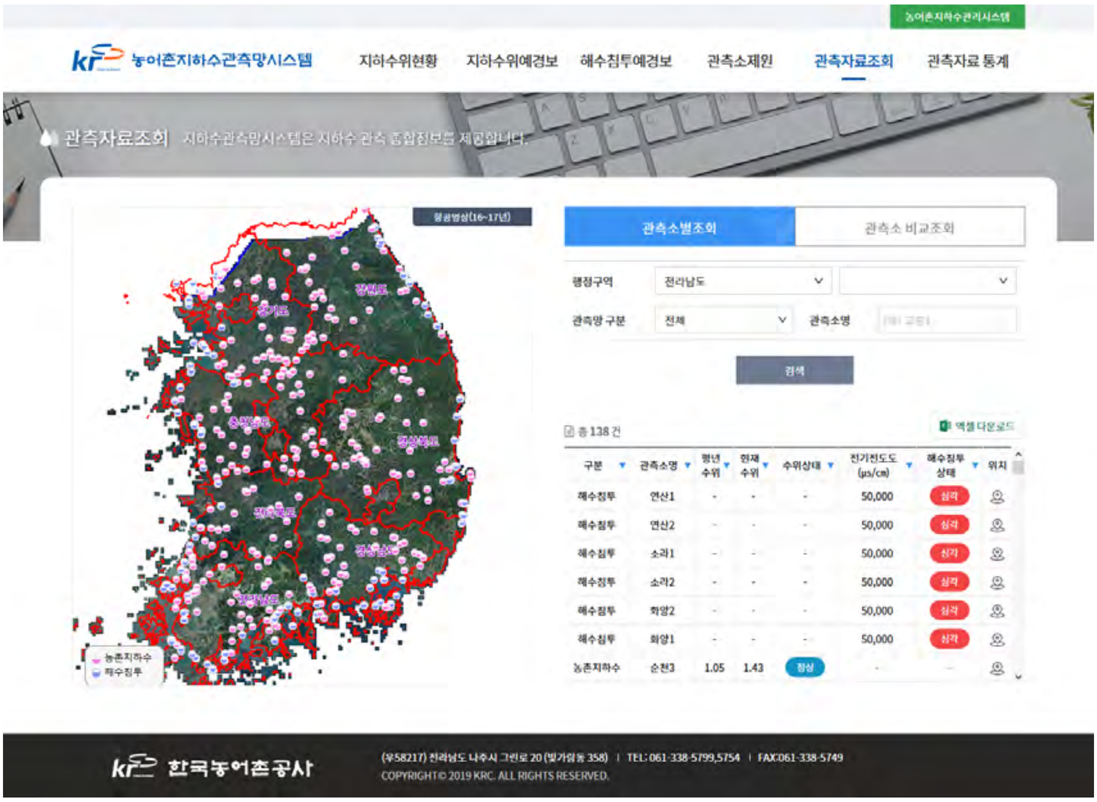
○ 항목별 정렬기능(▾)

– 각 항목별 파란색 화살표 클릭으로 항목별 정렬

5.6.7 관측자료조회 페이지

– 농어촌지하수관측망의 “관측자료”를 제공합니다.

가. 관측소별 조회



○ 관측망지도

– 관측망 아이콘 클릭시 관측소별 관측결과가 팝업으로 표출

○ 행정구역(기본값 : 전라남도)

– 시도, 시군구 선택시 지도가 해당지역으로 확대되고,
해당지역의 관측소별 지하수위 및 전기전도도 관측자료 표출

○ 위치이동

– 위치 아이콘 클릭시 “농어촌 지하수지도” 팝업 후 해당 관측소로 이동

○ 항목별 정렬기능(▼)

– 각 항목별 파란색 화살표 클릭으로 항목별 정렬

○ 관측소별 관측자료 팝업

○ 관측소 정보창(좌측창)

– 관측정보, 제원정보, 지층정보, 센서설치심도, 전경

○ 관측자료 조회(우측창)

– 관측데이터 제공(지하수위, 전기전도도, 수온, 통계, 관측데이터)

– 기간 설정을 통해 전체 관측데이터 조회

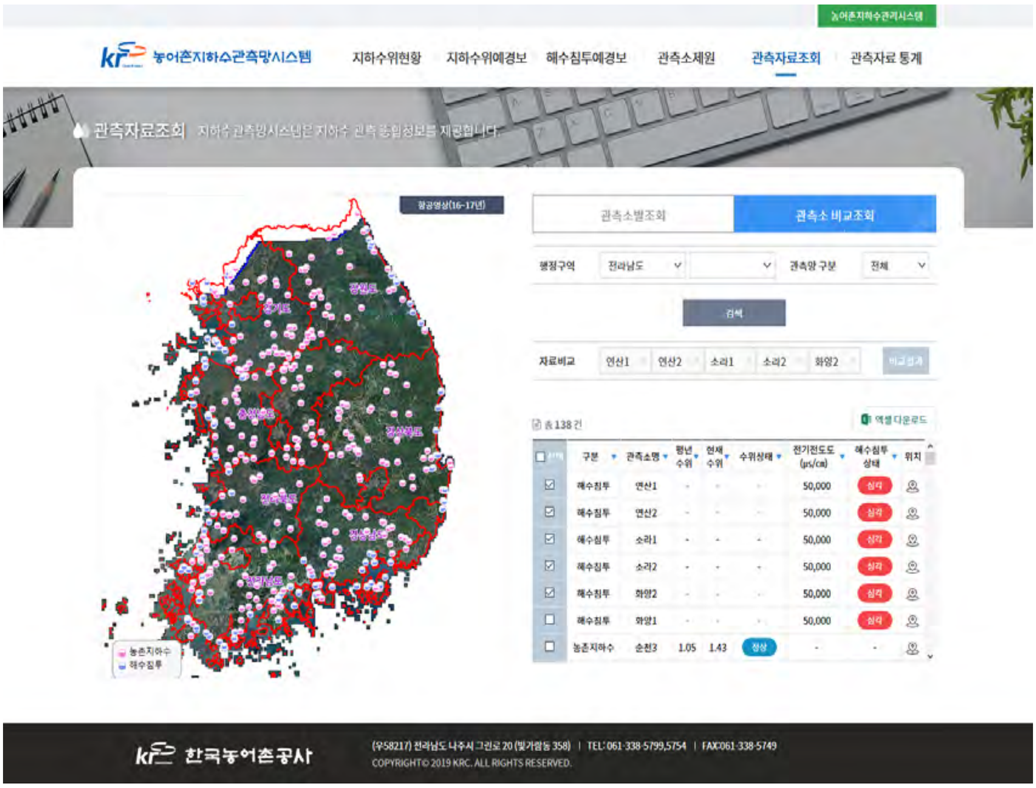
– 조회된 차트 저장 가능(차트 저장 ≡)

○ 엑셀 다운로드

– 관측소의 관측자료를 엑셀파일로 다운로드 가능

※ 관측소의 제원은 "관측소제원" 페이지에서 제공

나. 관측소 비교조회



○ 관측소 비교조회

– 목록에서 최대5개 관측소 선택 가능

– 비교검색 아이콘을 클릭하여 팝업호출

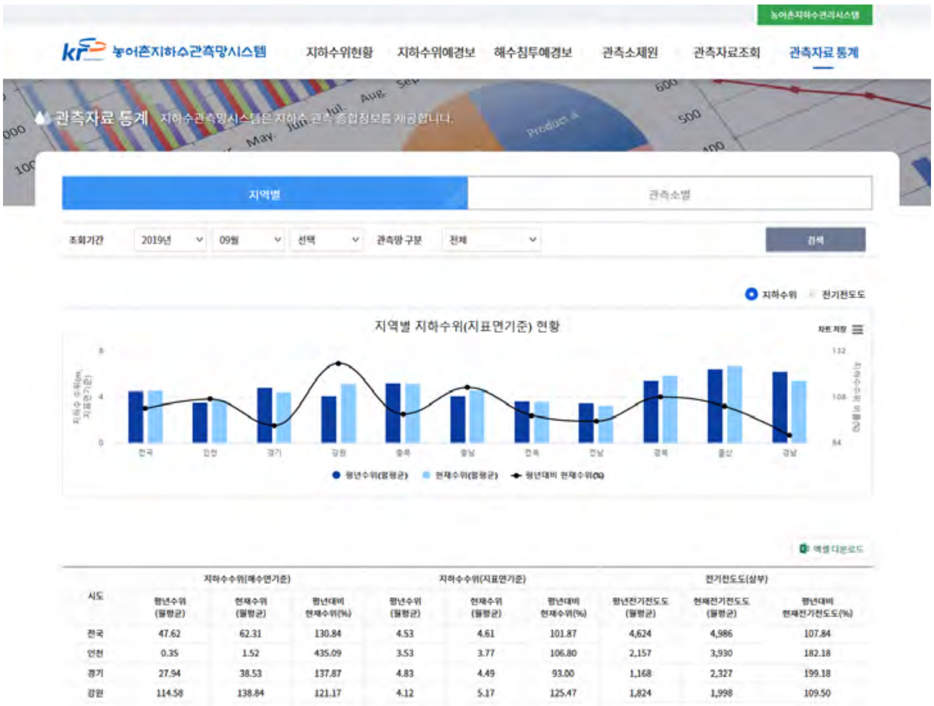
○ 관측자료조회 팝업

5.6.8 관측자료 통계 페이지

- 농어촌지하수관측망의 "관측자료 통계"를 제공합니다.

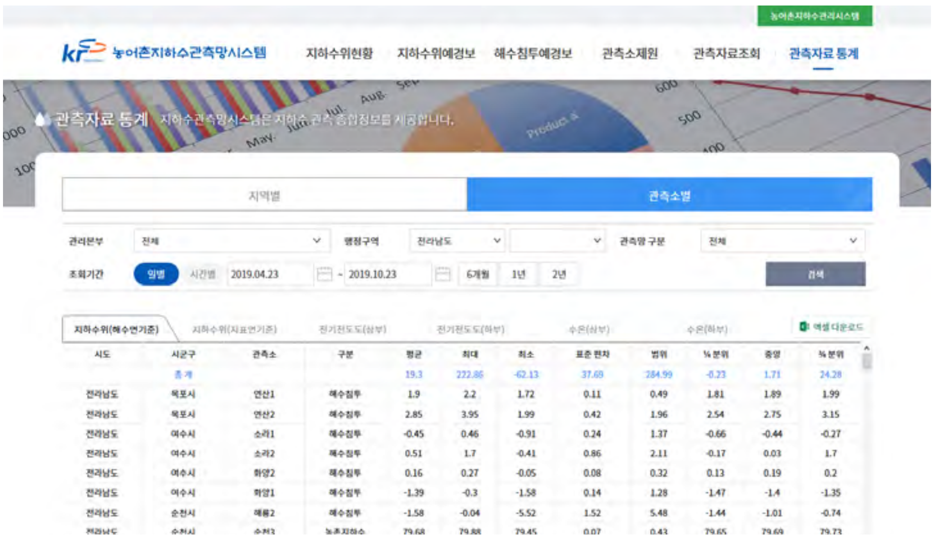
○ 지역별 관측자료 통계(월별)

- 조회기간, 관측망 구분에 의한 지하수위 및 전기전도도 통계 제공



○ 관측소별 관측자료 통계

- 조회기간에 의한 관측소별 지하수위 및 전기전도도 통계 제공



〈부록 Ⅵ. 농업용 공공관정 점검표〉

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호:WGJN433202200001) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 사당리 342-5 (위도: 34° 30′ 13.804" , 경도: 126° 47′ 45.798")		
채 수 량	150 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 64 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 10일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	—
				농업용 수질기준	—
				부적합 항목	—
		관 정	자연수위	자연수위 측정	—
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	보통
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	보통
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td>유량계/출수장치/수위측정관 미설치</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>유량계/출수장치/수위측정관 설치</td></tr>
<tr><td>추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>
<table>
<tr><th>공 종 (항 목)</th><th>처 리 내 역</th><th>처 리 비 용</th></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>유량계설치</td><td>250천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>수위측정관설치</td><td>167천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>767천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

라. 사진대지

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>사 진 (원 경)</td><td>사 진 (근 경)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>사 진 (내 부)</td><td>사 진 (배전반)</td></tr>
</table>

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200002) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 저두리 477-6 (위도: 34° 32′ 8.535" , 경도: 126° 47′ 39.481")		
채 수 량	120 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 40 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 10일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	―
				농업용 수질기준	―
				부적합 항목	―
		관 정	자연수위	자연수위 측정	7.10m
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	양호
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	양호
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점			
대 책			
추정소요사업비 (공 종 별)	공 종 (항 목)	처 리 내 역	처 리 비 용
	계		0천원

라. 사진대지

	
사 진 (원 경)	사 진 (근 경)
	
사 진 (내 부)	사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200004) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 저두리 521 (위도: 34° 32′ 15.554" , 경도: 126° 47′ 41.885")		
채 수 량	150 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 85 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 10일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점검 항목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	—
				농업용 수질기준	—
				부적합 항목	—
		관 정	자연수위	자연수위 측정	19.36
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	출수장치/수위측정관/유량계 미설치		
대 책	출수장치/수위측정관/유량계 설치		
추정소요사업비 (공 종 별)	공 종 (항 목)	처 리 내 역	처 리 비 용
	측정장치	유량계설치	250천원
	측정장치	출수장치설치	350천원
	측정장치	수위측정관설치	167천원
	계		767천원

라. 사진대지

	
사 진 (원 경)	사 진 (근 경)
	
사 진 (내 부)	사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200005) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 용운리 585 (위도: 34° 31′ 57.964" , 경도: 126° 49′ 56.933")		
채 수 량	150 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 100 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 11일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	—
				농업용 수질기준	—
				부적합 항목	—
		관 정	자연수위	자연수위 측정	2.36
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	출수장치/수위측정관/유량계 미설치
대 책	출수장치/수위측정관/유량계 설치
추정소요사업비 (공 종 별)	

공종(항목)	처리내역	처리비용
측정장치	유량계설치	250천원
측정장치	출수장치설치	350천원
측정장치	수위측정관설치	167천원
계		767천원

라. 사진대지

사 진 (원 경)

사 진 (근 경)

사 진 (내 부)

사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200006) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 구수리 1287-7 (위도: 34° 28′ 19.083" , 경도: 126° 48′ 7.638")		
채 수 량	120 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 40 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 17일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	―
				농업용 수질기준	―
				부적합 항목	―
		관 정	자연수위	자연수위 측정	11.10m
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	양호
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td>출수장치 미설치</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>출수장치 설치</td></tr>
<tr><td>추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>
<table>
<tr><th>공종(항목)</th><th>처리내역</th><th>처리비용</th></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>350천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

라. 사진대지


사 진(원 경)


사 진(근 경)


사 진(내 부)


사 진(배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구　　분	내　　용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200007) / 허가신고번호 :		
위　　치	전라남도 강진군 대구면 구수리 565-2 (위도: 34° 28′ 22.215" , 경도: 126° 48′ 13.537")		
채 수 량	150 m^3/day		
제　　원	가) 구 경 : 250 mm　　나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP　　나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 17일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	ㅡ
				농업용 수질기준	ㅡ
				부적합 항목	ㅡ
		관 정	자연수위	자연수위 측정	-
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	미설치
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	미설치
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	미설치
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	불량
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	불량
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td>출수장치/수위측정관/유량계 미설치</td></tr>
<tr><td>대　책</td><td>출수장치/수위측정관/유량계 설치</td></tr>
<tr><td>추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>
<table>
<tr><td>공 종 (항 목)</td><td>처 리 내 역</td><td>처 리 비 용</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>수위측정관설치</td><td>167천원</td></tr>
<tr><td>보호공</td><td>보호공재설치</td><td>1,500천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>2,017천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

라. 사진대지

	
사　진 (원　경)	사　진 (근　경)
	
사　진 (내　부)	사　진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200008) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 구수리 10 (위도: 34° 29′ 18.399" , 경도: 126° 48′ 41.885")		
채 수 량	120 m³/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 40 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 18일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	ㅡ
				농업용 수질기준	ㅡ
				부적합 항목	ㅡ
		관 정	자연수위	자연수위 측정	ㅡ
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이 물 질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	보통
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	출수장치/수위측정관/유량계 미설치
대 책	출수장치/수위측정관/유량계 설치

추정소요사업비
(공 종 별)

공종(항목)	처리내역	처리비용
측정장치	유량계설치	250천원
측정장치	출수장치설치	350천원
측정장치	수위측정관설치	167천원
계		767천원

라. 사진대지


사 진 (원 경)


사 진 (근 경)


사 진 (내 부)


사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200009) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 수동리 575-2 (위도: 34° 29′ 45.208" , 경도: 126° 48′ 10.816")		
채 수 량	120 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 40 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 18일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	―
				농업용 수질기준	―
				부적합 항목	―
		관 정	자연수위	자연수위 측정	―
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	출수장치/수위측정관 미설치		
대 책	출수장치/수위측정관 설치		
추정소요사업비 (공 종 별)	공종(항목)	처리내역	처리비용
	측정장치	출수장치설치	350천원
	측정장치	수위측정관설치	167천원
	계		517천원

라. 사진대지


사 진 (원 경)


사 진 (근 경)


사 진 (내 부)


사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200010) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 수동리 927-15 (위도: 34° 29′ 42.763" , 경도: 126° 47′ 58.349")		
채 수 량	150 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 85 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 11일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	―
				농업용 수질기준	―
				부적합 항목	―
		관 정	자연수위	자연수위 측정	2.90m
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	불량
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	출수장치/수위측정관/유량계 미설치
대 책	출수장치/수위측정관/유량계 설치

추정소요사업비 (공 종 별)	공 종 (항 목)	처 리 내 역	처 리 비 용
	측정장치	유량계설치	250천원
	측정장치	출수장치설치	350천원
	측정장치	수위측정관설치	167천원
	계		767천원

라. 사진대지

	
사 진 (원 경)	사 진 (근 경)
	
사 진 (내 부)	사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200011) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 구수리 592-4 (위도: 34° 28′ 52.318" , 경도: 126° 48′ 6.659")		
채 수 량	150 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 17일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	ㅡ
				농업용 수질기준	ㅡ
				부적합 항목	ㅡ
		관 정	자연수위	자연수위 측정	17.09m
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	출수장치/수위측정관 미설치
대　책	출수장치/수위측정관 설치

추정소요사업비 (공 종 별)

공종(항목)	처리내역	처리비용
측정장치	출수장치설치	350천원
측정장치	수위측정관설치	167천원
계		517천원

라. 사진대지

	
사 진 (원 경)	사 진 (근 경)
	
사 진 (내 부)	사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200012) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 마량면 영동리 132 (위도: 34° 29′ 9.055" , 경도: 126° 49′ 46.957")		
채 수 량	120 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 100 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 40 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 16일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점검 항목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	―
				농업용 수질기준	―
				부적합 항목	―
		관 정	자연수위	자연수위 측정	―
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	조사불가
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td>출수장치/수위측정관/유량계 미설치</td></tr>
<tr><td>대　책</td><td>출수장치/수위측정관/유량계 설치</td></tr>
<tr><td>추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>
<table>
<tr><td>공종(항목)</td><td>처리내역</td><td>처리비용</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>수위측정관설치</td><td>167천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>유량계설치</td><td>250천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>767천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

라. 사진대지

	
사 진 (원 경)	사 진 (근 경)
	
사 진 (내 부)	사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구　　분	내　　용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200013) / 허가신고번호 :		
위　　치	전라남도 강진군 마량면 영동리 산37 (위도: 34° 29′ 3.822" , 경도: 126° 49′ 37.580")		
채 수 량	150 m^3/day		
제　　원	가) 구　경 : 250 mm　　나) 심　도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마　력 : 5.0 HP　　나) 설치심도 : 　　m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	1994년　　월　　일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 16일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수　질	수질검사	검사일	―
				농업용 수질기준	―
				부적합 항목	―
		관　정	자연수위	자연수위 측정	―
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이 물 질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균　　열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누　　수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침　　하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시　설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	보통
		측　정 장　치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	파손
			출수장치	출수장치의 파손여부	양호
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수　중 펌　프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용　　량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외　　형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설　　치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동　　작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	수위측정관/유량계 미설치/파손
대 책	수위측정관/유량계 설치

추정소요사업비 (공 종 별)

공종(항목)	처리내역	처리비용
측정장치	수위측정관설치	167천원
측정장치	유량계설치	250천원
계		417천원

라. 사진대지

사 진 (원 경)

사 진 (근 경)

사 진 (내 부)

사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200014) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 마량면 원포리 245-1 (위도: 34° 27′ 46.986" , 경도: 126° 50′ 6.333")		
채 수 량	120 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 03일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점검 항목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	–
				농업용 수질기준	–
				부적합 항목	–
		관 정	자연수위	자연수위 측정	2.55m
			양 수 량	양수량의 적정여부	적정
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td>출수장치/수위측정관 미설치</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>출수장치/수위측정관 설치</td></tr>
<tr><td>추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>
<table>
<tr><th>공종(항목)</th><th>처리내역</th><th>처리비용</th></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>수위측정관설치</td><td>167천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>517천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

라. 사진대지


사 진 (원 경)


사 진 (근 경)


사 진 (내 부)


사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구　　분	내　　용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200016) / 허가신고번호 :		
위　　치	전라남도 강진군 마량면 상흥리 767 (위도: 34° 29′ 2.819" , 경도: 126° 50′ 58.520")		
채 수 량	150 m^3/day		
제　　원	가) 구 경 : 250 mm　　나) 심 도 : 102 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP　　나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 16일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	–
				농업용 수질기준	–
				부적합 항목	–
		관 정	자연수위	자연수위 측정	6.87m
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	보통
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	불량
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	보통
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td>유량계/출수장치/수위측정관 미설치</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>유량계/출수장치/수위측정관 설치</td></tr>
<tr><td>추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>
<table>
<tr><th>공종(항목)</th><th>처리내역</th><th>처리비용</th></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>유량계설치</td><td>250천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>수위측정관설치</td><td>167천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>767천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

라. 사진대지


사 진 (원 경)


사 진 (근 경)


사 진 (내 부)


사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구　분	내　용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200017) / 허가신고번호 :		
위　치	전라남도 강진군 마량면 마량리 1570-1 (위도: 34° 27′ 42.048" , 경도: 126° 48′ 37.673")		
채 수 량	120 m^3/day		
제　원	가) 구 경 : 250 mm　나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 5.0 HP　나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 40 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 03일

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점 검 항 목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	—
				농업용 수질기준	—
				부적합 항목	—
		관 정	자연수위	자연수위 측정	—
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	파손
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	—
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	미설치
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	불량
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	보통
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td colspan="3">유량계/출수장치/수위측정관 미설치, 보호공설치</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td colspan="3">유량계/출수장치/수위측정관 설치, 보호공설치</td></tr>
<tr><td rowspan="7">추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>공 종 (항 목)</td><td>처 리 내 역</td><td>처 리 비 용</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>유량계설치</td><td>250천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>수위측정관설치</td><td>167천원</td></tr>
<tr><td>오염방지시설</td><td>오염방지시설설치</td><td>150천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>917천원</td></tr>
</table>

라. 사진대지

	
사 진 (원 경)	사 진 (근 경)
	
사 진 (내 부)	사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

<table>
<tr><td>구 분</td><td colspan="3">내 용</td></tr>
<tr><td>지 구 명</td><td colspan="3">대마지구 (일련번호: WGJN433202200018) / 허가신고번호 :</td></tr>
<tr><td>위 치</td><td colspan="3">전라남도 강진군 마량면 마량리 14
(위도: 34° 27′ 13.722" , 경도: 126° 49′ 50.617")</td></tr>
<tr><td>채 수 량</td><td colspan="3">120 m³/day</td></tr>
<tr><td>제 원</td><td colspan="3">가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 85 m</td></tr>
<tr><td>수중모터펌프</td><td colspan="3">가) 마 력 : 5.0 HP 나) 설치심도 : m
다) 토출관구경 : 40 mm</td></tr>
<tr><td>개발년도(연장허가)</td><td colspan="3">년 월 일</td></tr>
<tr><td>점검자 소속</td><td>한국농어촌공사 전남지역본부</td><td>점검일자</td><td>2022년 06월 03일</td></tr>
</table>

나. 세부점검내역

분야별	구 분	점검 항목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	－
				농업용 수질기준	－
				부적합 항목	－
		관 정	자연수위	자연수위 측정	11.15m
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	보통
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

문제점	출수장치/수위측정관 미설치
대 책	출수장치/수위측정관 설치

추정소요사업비
(공 종 별)

공 종 (항 목)	처 리 내 역	처 리 비 용
측정장치	출수장치설치	350천원
측정장치	수위측정관설치	167천원
계		517천원

라. 사진대지

사 진 (원 경)

사 진 (근 경)

사 진 (내 부)

사 진 (배전반)

농업용 공공관정 조사

가. 관정현황

구 분	내 용		
지 구 명	대마지구 (일련번호: WGJN433202200019) / 허가신고번호 :		
위 치	전라남도 강진군 대구면 계율리 1044-20 (위도: 34° 30′ 50.136" , 경도: 126° 48′ 43.674")		
채 수 량	1250 m^3/day		
제 원	가) 구 경 : 250 mm 나) 심 도 : 80 m		
수중모터펌프	가) 마 력 : 7.5 HP 나) 설치심도 : m 다) 토출관구경 : 50 mm		
개발년도(연장허가)	년 월 일		
점검자 소속	한국농어촌공사 전남지역본부	점검일자	2022년 06월 220일

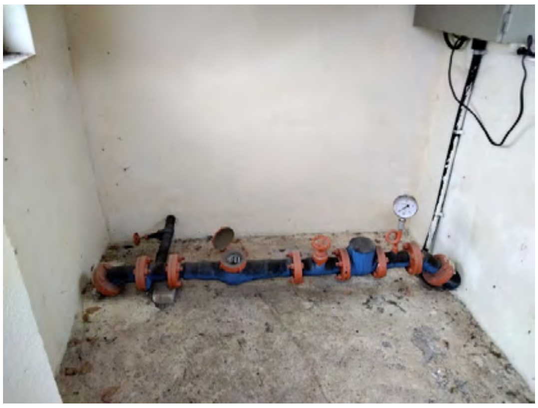
나. 세부점검내역

분야별	구 분	점검 항목	점검사항	점 검 내 용	점 검 결 과
지 질 / 수 질	관 정	수 질	수질검사	검사일	―
				농업용 수질기준	―
				부적합 항목	―
		관 정	자연수위	자연수위 측정	―
			양 수 량	양수량의 적정여부	양호
			이물질 배출여부	이물질, 오염물질배출여부	양호
		양수장 및 보호공	균 열	균열, 백태, 박리, 파손여부	양호
			누 수	위치, 누수원인, 누수여부	양호
			침 하	침하부위, 원인 및 정도	양호
		오염방지 시 설	덮개파손	파손 및 시건장치 유무	양호
			덮개부식	녹발생 및 부식정도	양호
		측 정 장 치	유 량 계	작동유무 및 파손여부	양호
			출수장치	출수장치의 파손여부	미설치
			수위측정관	수위측정관의 관리상태	미설치
기 계	기 계 시 설	수 중 펌 프	작동상태	작동여부, 진동 및 경음상태	양호
			용 량	이용량 대비 용량의 적정성	양호
전 기	전 기 시 설	배전함 및 전기설비	외 형	누유상태, 계측기기 작동	양호
			설 치	위치의 적정성, 설치상태	양호
			동 작	진동상태, 계기류 작동	양호

다. 점검결과

<table>
<tr><td>문제점</td><td>출수장치/수위측정관 미설치</td></tr>
<tr><td>대 책</td><td>출수장치/수위측정관 설치</td></tr>
<tr><td>추정소요사업비
(공 종 별)</td><td>
<table>
<tr><td>공 종 (항 목)</td><td>처 리 내 역</td><td>처 리 비 용</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>출수장치설치</td><td>350천원</td></tr>
<tr><td>측정장치</td><td>수위측정관설치</td><td>167천원</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>계</td><td></td><td>517천원</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

라. 사진대지

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>사 진 (원 경)</td><td>사 진 (근 경)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>사 진 (내 부)</td><td>사 진 (배전반)</td></tr>
</table>

〈부록 Ⅶ. 청문조사 결과〉

7. 청문조사결과(설문조사)

7.1 조사 개요

❏ 설문목적 : 지하수 개발 및 이용에 관한 의견을 청취하여 농촌지역 지하수 자원의 효율적 개발 이용 및 보전 관리계획 수립

❏ 설문기간 : 2022. 6 ~ 2022. 7

❏ 설문대상 : 대마지구 2개면 11개 법정리(26개 행정리)
마을이장

❏ 설문항목 : 일반현황
지하수개발 및 방치공 현황
지하수 수질현황
지하수 수량현황
지하수 관리현황 및 의견

❏ 회신부수 : 11부

7.2 일반현황

□ 마을의 용수이용 현황 및 지하수 이용 시 애로사항

<분석결과>

○ 지하수 이용가구 비율 8.7% 차지

○ 음용수 및 생활용수는 주로 상수도와 생수의 의존도 높음

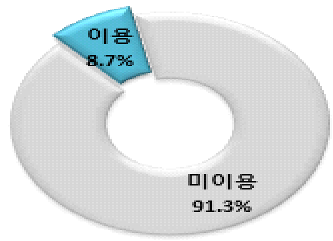
○ 농업용수는 주로 농업용 공공지하수관정과 저수지, 하천 등의 지표수를 공급 받아 이용함

○ 지하수 이용 시 용도별로 세분화하여 이용한다가 42.9%, 먹는 물과 기타로 구분이 28.6%, 용도구분 없이 사용한다는 의견이 28.6%로 나타남

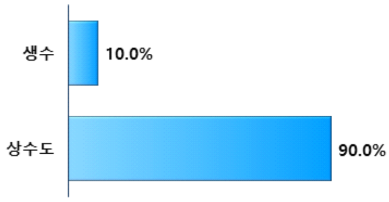
○ 지하수 시설물 이용 시 수질불량(23.1%), 시설물 수리비 부담(23.1%), 부족한 수량(15.4%), 관로 누수(15.4%)에 따른 불편함이 가장 크다고 응답

<표 7-2-1> 일반현황 항목별 설문결과

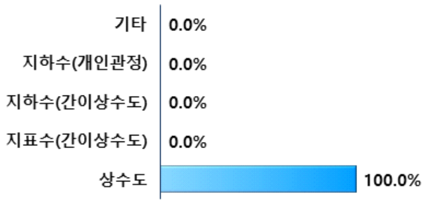
○ 지하수 이용가구 비율 : 8.7%
- 가구수 : 1,833
- 지하수 이용가구 : 1,59



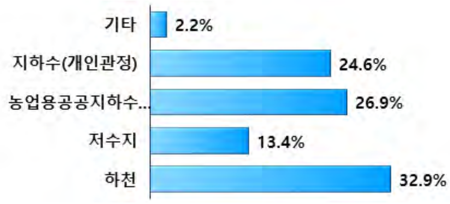
○ 음용수 이용 수원
- 1순위: 상수도
- 2순위: 생수



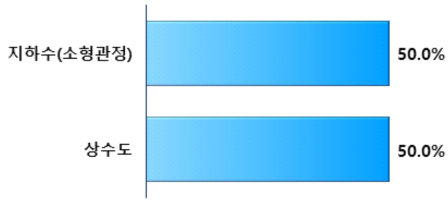
○ 생활용수 이용 수원
- 1순위: 상수도



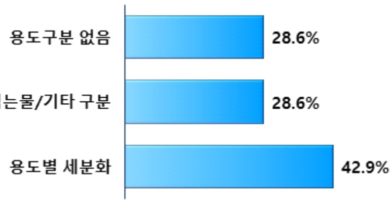
○ 농업용수 이용 수원
- 1순위: 하천
- 2순위: 농업용공공지하수관정
- 3순위: 지하수(개인관정)
- 4순위: 저수지



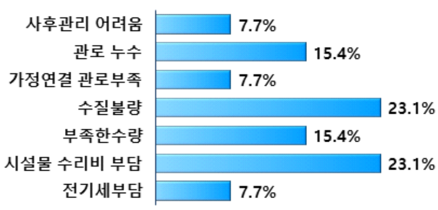
○ 공업용수 이용 수원
- 1순위: 지하수(소형관정)
- 2순위: 상수도



○ 지하수 관정 사용 시 용도별 구분 사용 여부
- 1순위: 용도별 세분화
- 2순위: 먹는물/기타 구분
- 3순위: 용도구분 없음



○ 지하수 이용 시 주민들의 애로사항
- 1순위: 수질불량
- 2순위: 시설물 수리비 부담
- 3순위: 부족한수량, 관로누수



7.3 지하수개발

□ 마을의 지하수 개발여건 및 방치공 현황

<분석결과>

○ 지하수 개발여건 용이하거나 보통인 경우 54.4%로 응답

○ 지하수 방치공은 많지 않으나 생활용수 51.5%, 먹는물 21.8%, 농업용수 11.9%, 개발방치공 14.9% 를 나타냄

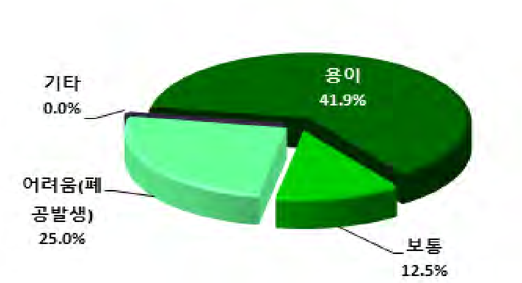
○ 지하수 관정이 방치되는 요인은 수질불량이 40.0%, 시설고장이 20.0%를 차지함

○ 미활용 지하수 관정을 없애지 않는 주 이유는 재사용 필요(60.0%)

<표 7-3-1> 지하수개발 항목별 설문결과

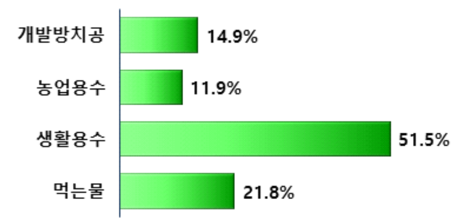
❍ 마을의 지하수 개발 여건

- 개발이 용이하거나 보통인 경우 54.4% 차지
- 개발이 어려움 25.0%



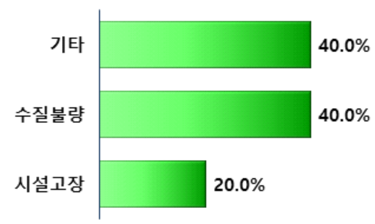
❍ 용도별 지하수 방치공

- 생활용수 관정(51.5%)
- 농업용수 관정(11.9%)
- 개발방치공(14.9%)
- 먹는물 관정(21.8%)



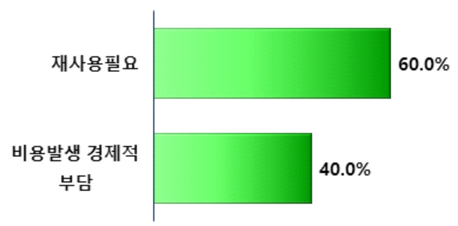
❍ 지하수 관정이 방치되는 요인

- 수질불량(40.0%)
- 기　　타(40.0%)
- 시설고장(20.0%)



❍ 지하수 관정을 없애지 않는 이유

- 재사용 필요(60.0%)
- 비용발생 경제적 부담(40.0%)



7.4 지하수수질

□ 마을의 지하수 이용 중에 발생되는 수질 현황

<분석결과>

○ 마을의 지하수 오염 유발인자는 생활오폐수 41.7%, 과다한 비료사용에 의한 오염이 16.7%, 방치된 폐공 오염 16.7%, 가축사육장 8.3%를 차지하는 것으로 조사됨

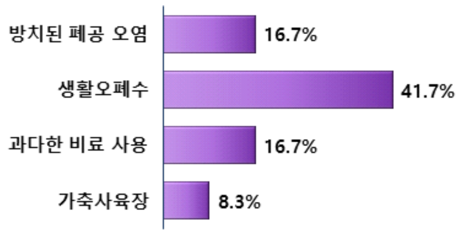
○ 정기적인 지하수 수질검사는 먹는 물(50.0%), 생활용수(33.3%) 순으로 나타남

○ 지하수수질에 대한 만족도는 보통 이상이 75.0%로 나타남

<표 7-4-1> 지하수수질 항목별 설문결과

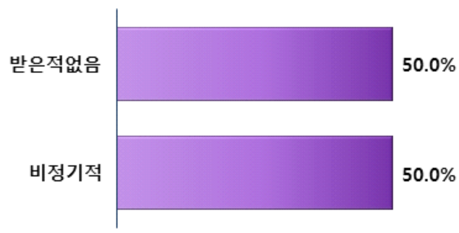
❍ 마을의 지하수 오염 유발인자

- 과다한 비료 사용(16.7%)
- 가축사육장(8.3%)
- 생활오폐수(41.7%)
- 방치된 폐공 오염(16.7%)

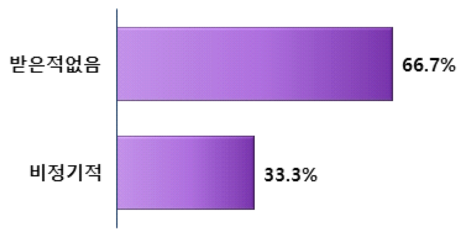


❍ 지하수 수질검사

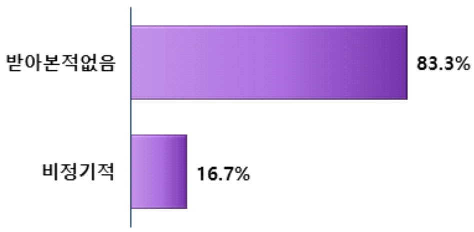
<먹는 물>



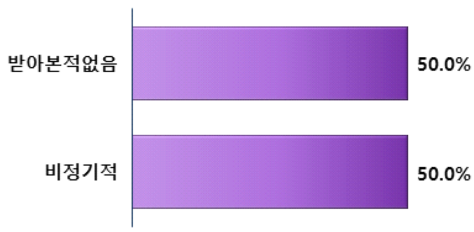
<생활용수>

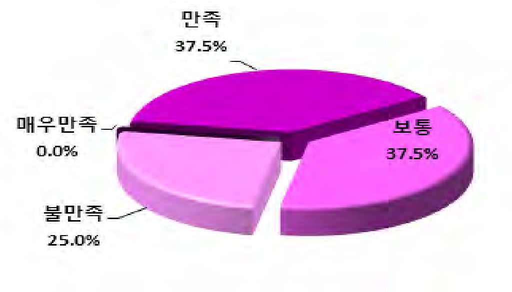
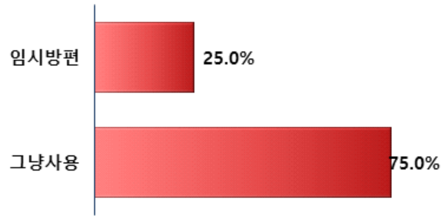


<농업용수>



<공업용수>



○ 지하수 수질에 대한 만족도 - 만족(37.5%) - 보통(37.5%) - 불만족(25.0%)	
○ 문제가 되는 관정의 수질에 대한 해결법 - 그냥사용(75.0%) - 임시방편(25.0%)	

7.5 지하수수량

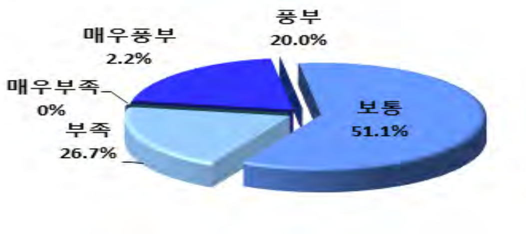
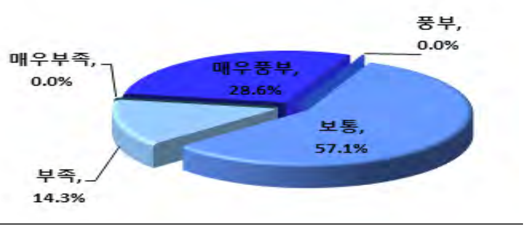
□ 마을의 지하수 수량현황

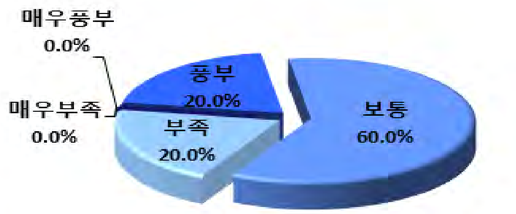
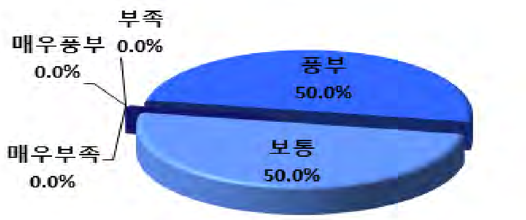
<분석결과>

○ 지하수 관정 수량이 부족하거나 매우 부족한 것으로 답한 경우는 용도별로 먹는물(26.7%), 농업용(20.0%), 생활용수(14.3%) 순으로 나타남

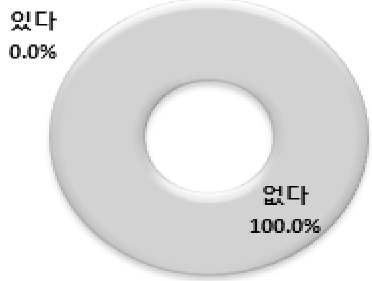
○ 지하수와 관련하여 시·군, 읍·면 및 공공기관에 민원을 제기한 경우는 14.3%로 나타났고 수량 부족 또는 감소가 100.0%로 나타났다.

<표 7-5-1> 지하수수량 항목별 설문결과

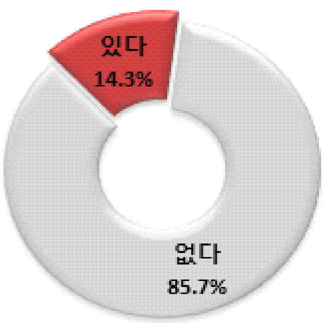
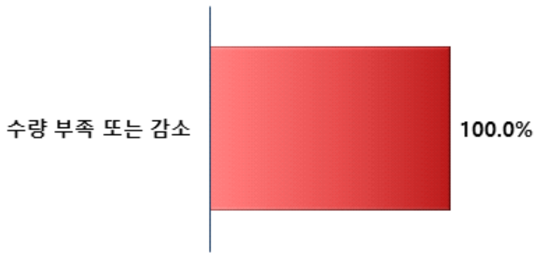
○ 먹는 물로 사용하는 지하수관정의 수량 - 매우풍부(2.2%) - 풍부(20.0%) - 보통(51.1%) - 부족(26.7%)	
○ 생활용수로 사용하는 지하수관정의 수량 - 매우풍부(28.6%) - 보통(57.1%) - 부족(14.3%)	

○ 농업용수로 사용하는 지하수관정의 수량 - 풍부(20.0%) - 보통(60.0%) - 부족(20.0%)	
○ 공업용수로 사용하는 지하수관정의 수량 - 보통(50.0%) - 풍부(50.0%)	

○ 지하수 과잉채수로 인한 장해 발생 사례 및 사유

<발생 사례>	<사유>
	–

○ 시군, 읍면 및 공공기관에 민원 제기 경험 및 사유

<민원제기 경험>	<사유>
	

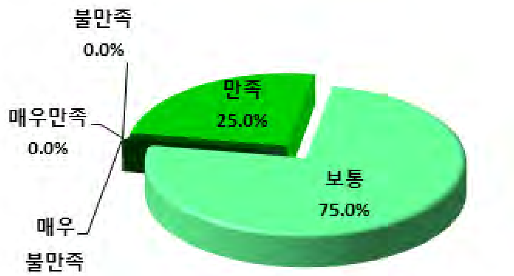
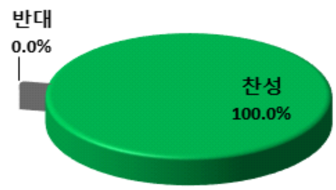
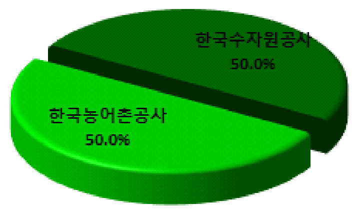
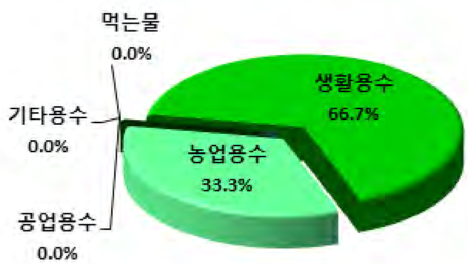
7.6 지하수관리

☐ 마을의 지하수 관리에 대한 만족도 및 의견

<분석결과>

○ 공공 지하수관정에 대한 만족도 : 만족(25.0%), 보통(75.0%)
○ 공공기관에 위탁관리 하는 의견에 대해서는100%가 찬성
○ 지하수전문위탁기관으로 한국농어촌공사(50.0%)를 선택
○ 마을에서 주민들이 원하는 지하수는 생활용수(66.7%)을 선호함

<표 7-6-1> 지하수관리 항목별 설문결과

<table>
<tr><td>❍ 공공 지하수관정에 대한 만족도
- 보통(75.0%), 만족(25.0%)</td><td>
</td></tr>
<tr><td>❍ 공공기관에 위탁관리 방안 찬반 의견
- 찬성(100%)</td><td>
</td></tr>
<tr><td>❍ 지하수전문위탁기관 선택
- 1순위 : 한국수자원공사(50.0%)
- 2순위 : 한국농어촌공사(50.0%)</td><td>
</td></tr>
<tr><td>❍ 마을 주민들이 가장 원하는 지하수
- 1순위 : 생활용수(66.7%)
- 2순위 : 농업용수(33.3%)</td><td>
</td></tr>
</table>

7.7 기타 주요 제시 의견

□ 정기적인 수질검사 및 수질개선을 위한 체계적인 지하수 관리요망
□ 전기세 부담 등으로 인한 공공관정에 대한 위탁관리가 필요
□ 농업용수 부족으로 인한 관정개발 요망
□ 현장실사 등을 통한 지하수 관정 필요지역 조사

7.8 설문결과에 대한 종합의견

□ 음용수 및 생활용수는 상수도의 의존도가 높으며, 농업용수는 지하수(개인관정)과 저수지, 하천을 통해 지표수를 공급받아 이용하고 있으며, 지하수 관정이용 시 용도별로 세분화 하여 사용하는 비율이 42.9%로 조사됨

□ 지하수 개발은 용이하거나 보통(54.4%)으로 높은 편이나 수량부족, 수질불량 등의 문제로 사용하지 않는 지하수 관정의 경우에도 재사용 필요(60.0%), 경제적 부담(40.0%) 등의 이유로 방치되고 있어 이에 대한 관리대책이 필요할 것으로 판단됨

□ 지하수 수질에 대한 만족도(보통 이상)가 75.0%로 높지만 수질에 문제가 있는 관정에 대해서 그냥사용(75.0%)하고 있거나 임시방편(25.0%)으로 사용 중에 있어, 정기적인 수질검사를 통한 관리가 필요할 것으로 판단됨

□ 지하수 수량에 대해서는 먹는물(26.7%), 농업용(20.0%), 생활용수(14.3%) 순으로 부족한 것으로 나타났고, 지하수 이용과 관련하여 14.3%가 수량부족 또는 감소에 의한 문제로 민원을 제기하여 공공관정에 대한 주기적인 시설물 점검이 필요 할 것으로 판단됨

□ 공공관정에 대한 만족도(보통 이상)는 100%로 매우 높으며 지하수 전문기관에 위탁 관리하는 의견에 대해서는 100%가 찬성하였고 한국농어촌공사가 주도적으로 관리하기를 원하는 대답이 50.0%로 조사되어 공사와 지자체간의 보다 적극적인 협력관계 유지를 통한 협의가 필요할 것으로 판단됨

<부 록Ⅷ. 지하수관리 방안>

8. 지하수관리 방안

8.1 기본방향

8.1.1 행정규제에 의한 관리방안

가. 지하수개발·이용의 허가 : 지하수법 제7조

- 다음 각 호의 어느 하나의 경우에는 허가를 하지 아니하거나 취수량을 제한

1. 지하수 채수로 인하여 인근 지역의 수원의 고갈 또는 지반의 침하를 가져올 우려가 있거나 주변 시설물의 안전을 해칠 우려가 있는 경우
2. 지하수를 오염시키거나 자연생태계를 해칠 우려가 있는 경우
3. 지하수의 적정 관리 또는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에 따른 도시관리계획, 그 밖에 공공사업에 지장을 줄 우려가 있는 경우
4. 그 밖에 지하수를 보전하기 위하여 필요하다고 인되는 경우로서 대통령령으로 정하는 경우

나. 지하수 개발·이용 신고 시 규제 사항 : 지하수법 제8조 3항

- 시장은 지하수 개발·이용이 지하수법 제7조 3항 각호의 어느 하나에 해당되는 경우 지하수 영향조사기관이 실시한 지하수 영향조사를 받아 그 결과를 토대로 취수량 및 취수기간을 제한할 수 있고, 대통령령이 정하는 바에 따라 시정명령 또는 이용 중지·공동이용명령 등 필요한 조치를 할 수 있으며, 정당한 사유 없이 이를 이행하지 아니한 자에 대해서는 당해 개발·이용 시설의 폐쇄를 명할 수 있음

다. 지하수에 영향을 미치는 굴착 행위의 신고 등 : 지하수법 제9조의4

- 시장은 지하수조사, 지하수영향조사 및 수질측정을 하기위해 굴착행위를 할 경우 이로 인하여 토지의 굴착지를 중심으로부터 반지름 50m 이내의 지역에 설치된 개발·이용시설이 다음 각 경우에 해당되어 지하수의 수량 또는 수질에 영향을 미치거나 미칠 우려가 있는 경우에는 시설의 개선을 명하거나 필요한 조치를 할 수 있음

1. 지하수의 1일 최대 취수량이 1/5이상 감소하게 되는 경우
2. 지하수의 수질이 수질기준에 부적합하게 되는 경우

라. 허가의 취소 등 : 지하수법 제10조

– 시장은 지하수 개발·이용 허가를 받은 자가 다음 각 경우 중 어느 하나에 해당할 경우 그 허가를 취소할 수 있음

1. 부정한 방법으로 지하수 개발·이용의 허가를 받은 경우
2. 제7조제3항 각호의 1에 해당하는 경우
3. 제9조제1항의 규정에 의한 준공신고를 하지 아니하거나 허위로 신고한 경우
4. 허가를 받은 날부터 3개월 이내에 정당한 사유 없이 공사를 시작하지 아니하거나 공사 시작 후 계속하여 3개월 이상 공사를 중지한 경우
5. 지하수의 개발·이용을 위하여 굴착한 장소에서 지하수가 채취되지 아니한 경우
6. 수질불량으로 지하수를 개발·이용할 수 없는 경우
7. 허가를 받은 목적에 따른 개발·이용이 불가능하게 된 경우
8. 지하수의 개발·이용을 종료한 경우

마. 지하수보전구역 안에서의 행위제한(지하수법 제13조)

– 다음 각 호에 해당하는 자는 시장·군수의 허가

1. 허가사항 (규모)
   - 1일 양수능력 30톤 이상인 경우 (안쪽지름 32mm 이상의 토출관 사용)
2. 다음 각 목에 해당하는 물질을 배출·제조·저장시설의 설치
   - 특정수질유해물질
   - 폐기물

- 오수분뇨 또는 축산폐수
- 유해화학물질
- 토양오염물질

※ 관계 법률에 의하여 승인·허가를 받아 시설·설치한 경우 이를 의제 처리

3. 수위저하, 수질오염, 지반침하 등 명백한 위험 행위
- 터널공사 등 유동으로 유속 변경우려 굴착행위
- 지하 유류저장고 등 오염우려 구조물설치
- 폐기물 매립장, 특정폐기물보관시설, 집단묘지설치
- 채광, 토석채취행위
- 가축의 사육

바. 지하수 오염 방지 명령 등 : 지하수법 제16조 2항

- 환경부장관 또는 시장은 지하수 오염방지를 위하여 특히 필요하다고 인정하는 때에는 지하수를 오염시키거나 현저하게 오염시킬 우려가 있는 시설의 설치자 또는 관리자에게는 지하수 오염 방지를 위한 다음 조치를 명할 수 있음

1. 지하수 오염 관측정의 설치 및 수질측정
2. 지하수 오염진행상황의 평가
3. 지하수 오염물질 누출방지시설의 설치
4. 오염된 지하수의 정화
5. 당해 시설의 설비·운영의 개선
6. 당해 시설의 폐쇄·이전 또는 철거

사. 지하수 오염유발시설관리자에 대한 조치 : 지하수법 제16조의3

- 지하수의 수질이 환경부령이 정한 기준에 적합하지 아니하게 된 경우에는 오염의 원인을 제공한 지하수오염유발시설관리자에게 지하수 수질을 복원할 수 있는 정화작업과 필요한 조치를 명해야 함

- 오염정화시설관리자가 정화명령을 이행하지 아니하거나, 이행 후 당해 부지와 그 주변지역의 지하수 오염정도가 환경부령이 정하는 오염지하수 정화기준 이내로 감소되지 아니할 경우에는 당해 오염유발시설의 운영 및 사용을 중지하게 하거나 그 폐쇄·철거 또는 이전을 명할 수 있음
- 지하수 오염의 원인을 제공한 지하수오염유발시설 관리자가 불분명하거나 지하수 오염의 원인을 제공한 지하수오염유발시설관리자에 의한 정화 작업이 곤란하다고 인정되는 경우에는 시장이 직접 해당 정화작업을 할 수 있음

아. 수질검사 부적합 등 : 지하수법 제20조 2항

- 지하수 개발·이용허가 및 신고 된 지하수 정기 수질 검사에 적합하지 아니한 경우에는 지하수 이용중지 또는 수질개선 등 필요한 조치를 명할 수 있음

8.1.2 비규제적 관리방안

가. 지하수 보호의 필요성에 대한 교육·홍보활동 강화

- 주민의 공동자산인 지하수의 중요성과 보전의 필요성에 대한 교육
- 대중매체, 팸플릿, 비디오 등 홍보매체를 통한 지속적인 홍보 활동 강화
- 물보전장려 캠페인, 공공매체(TV, 신문)등을 통한 지하수 자원의 중요성과 보호의 필요성에 대한 홍보
- 지하수전문기관 및 민간단체와 연계한 홍보 추진(지하수교육, 세미나 등)
- 세제, 폐건지를 비롯한 가정에서 발생하는 각종 오염 물질의 적정폐기방법에 관한 교육
- 비점오염원 관리요령 교육·홍보

나. 소규모 오염물질 배출시설의 관리

- 축산폐수 공공처리시설의 확대보급
- 주거지에서 난방용으로 유류탱크를 사용하는 주민이 오염 성분이 포함되지 않은 대체난방시설로 교체하는 경우 인센티브를 부여하는 제도 등

다. 국지적인 지하수보전지구 내의 토지를 매입하여 생태공원 조성

- 일반적으로 광역적인 지하수 보전지구는 대부분 국립공원, 그린 벨트, 상수원 보호구역 등에 해당됨에 따라 이미 다른 법령의 규정에 의하여 다양한 규제를 받고 있는 지역임
- 공공급수용 지하수 개발·이용시설의 수량·수질 보호를 위한 국지적인 지하수보전지구의 경우에 지구 내에 속하는 토지를 구매하여 생태공원을 조성하는 등 오염원과 지하수를 관리

라. 광역용수공급체계 구축

- 지하수 관정 소유주의 독점적·배타적 이용으로 지하수 이용의 불공평을 초래하고 있으며, 공동자산개념이 희박하여 이용량이나 공동이용을 고려하지 않고 우선 개발함으로써 과다개발초래
- 소규모 사설관정의 무분별한 개발을 지양하고 관정의 공동이용 활성화 방안을 강구하여 지하수 공동이용의 원칙 확립
- 지역적으로 편중된 상수도 보급 등 용수공급체계의 불균형 해소
- 지하수의 수량보전을 위하여 지표수-지하수의 연계이용 체제 구축

<표 8-1-1> 지하수 보호에 대한 교육 및 홍보 내용

대상	교육 및 홍보
농민	1) 무농약·저농약 농산물 재배 확대 및 비료와 농약의 안전사용기준 준수 ○ 오리농법, 천적이용, 미생물농약 등 환경친화형 농약을 적극 사용하고, 농약·비료의 사용량 및 살포횟수를 줄이고, 이를 위한 윤작·순환경작 등의 영농방식 및 유기농법을 적극 도입 ○ 비료는 작물의 최대 흡수시기에 우기를 피해 적정량 살포 2) 경작을 안하는 시기에는 경작지 표면을 식물 잔재물 등으로 덮어주어 토양침식 방지 3) 하천 둔치지구나 하천부지에서의 경작 억제 4) 농업용수는 농경배수로 유출되는 양을 최소화하도록 적량 공급
축산업자	1) 외부 강우유출수가 축사내로 유입되지 않도록 우회수로, 방지턱 등을 설치 2) 방목시기를 조정하여 초지가 과다 손상되지 않도록 순환방목 실시 및 방목시기 조절 ○ 방목지내에서의 방목가축수를 적절히 유지하고 발생된 축산분뇨 제거 ○ 토양침식 방지차원에서 경사지, 하천 인접지역 등에서의 방목 금지 3) 축분이나 퇴비가 강우 시 유출되지 않도록 가축 운동장 덮개시설, 퇴비사 시설, 방지턱, 도랑 등 설치 4) 축산분뇨를 초지나 경작지에 살포하는 경우에는 작물의 흡수가 최대가 되는 시기에 우기를 피하여 살포
사업주	1) 원료·생산품의 사용·보관 시 안전사용 및 안전보관요령 준수 2) 용제 보관창고·작업장을 청결히 유지하고 용제의 과다사용 및 오용으로 인한 누출 방지 3) 공장이나 창고의 바닥청소 시 물 사용 최소화 4) 공장의 기계류, 원료 및 중간제품 등은 강우에 직접 노출되지 않도록 덮개 시설 설치
건설업자	1) 건설공사장에서 나무, 아스팔트 페인트 등의 건설자재 관리를 철저히 하여 이들이 비점오염물질화 되는 것을 방지 2) 건설공사장에서의 토지형질 변경과 녹지훼손 최소화 3) 건축폐기물의 발생 억제 및 건설자재의 재활용·재이용 확대 4) 공사지역내로 외부 강우유출수가 유입되지 않도록 우회수로 등 설치

자료 : 비점오염원 관리요령(환경부, 2000)

8.2 농·어업용수 공급방안

8.2.1 지하수함양

– 지하수함양의 정의

○ 대수층에 물을 인위적으로 주입하거나 침투시켜 지하수량을 증진시키는 방법으로 강수, 지하수, 강변여과수 등의 용수를 저장하고 이용하는 것

– 지하수함양 개발 시 장점

○ 강수, 강변여과수, 수막재배 후 지하수 재이용을 통해 순환형 수자원 확보 가능

○ 지하수위 저하로 인한 지하수의 염수화 및 농작물 피해 예방

○ 동절기 지하수 이용량이 집중되는 대규모 시설농업단지의 지하수 고갈 대비 가능

– 입지 조건

○ 강변여과수 등 주변에 여유 수자원이 존재하여 수자원 고갈 지역으로 물을 함양할 수 있는 지역

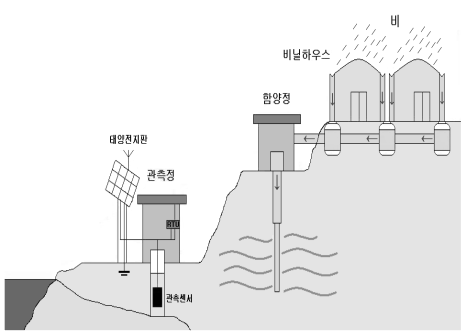
○ 하상 및 유역의 경사가 완만한 지역

○ 충적 대수층이 두껍게 발달하여 다량의 지하수 함양지역

○ 주변에 오염원이 없어 인공함양 시 오염을 초래하지 않는 지역

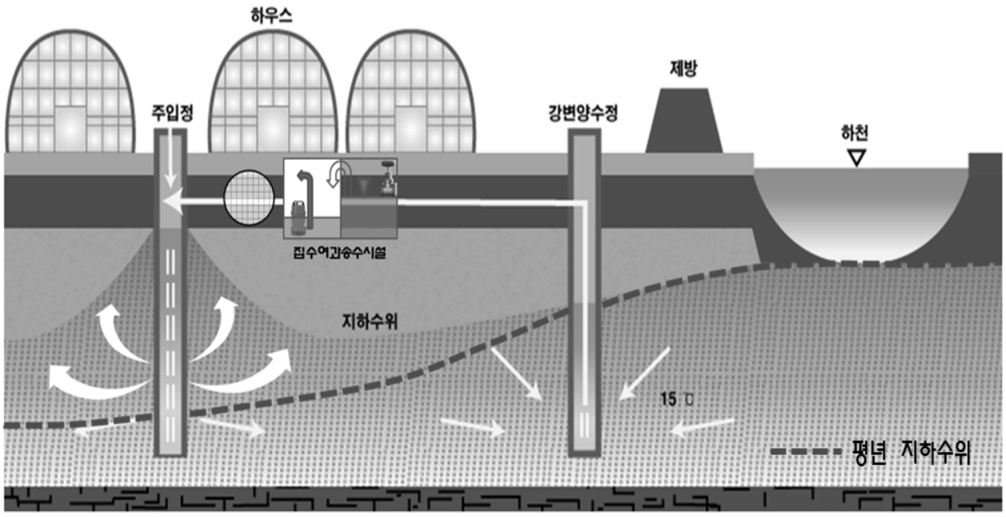
– 지하수함양 국내사례(진주 단목지구)

○ 순환형 수자원 확보를 위해 지하수함양정, 관측정 등을 설치하여 지하수 함양량 확보 및 모니터링 실시



8.2.2 지표수-지하수를 연계한 강변여과수

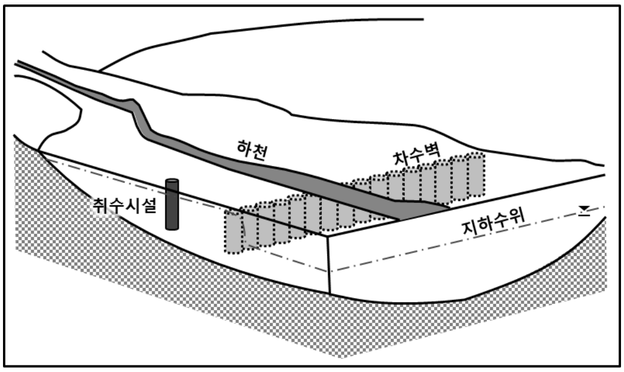
- 수리지질학적 조건
  - ○ 충적층의 분포면적이 넓은 지역
  - ○ 상류지역에 분포된 모암이 조립질의 결정질암으로 구성되어 있어, 충적층의 구성 물질이 조립질이고 투수성이 양호한 지역
  - ○ 충적대수층으로 지표수의 함양유도가 양호한 지역
  - ○ 주변 기설관정의 비양수량이 크고 충적층의 두께가 두꺼운 지역
  - ○ 상류구간에 잠재오염원이 없으며 하천의 수질이 비교적 양호한 지역
  - ○ 수온변화가 크지 않으면서 갈수량이 많은 지역
- 자연적인 조건
  - ○ 토지이용현황과 해당 부지가 오염되지 않은 지역
  - ○ 하천이 범람하지 않는 지역
  - ○ 부지확보가 용이하고 민원이 없는 지역
- 기존시설과 연계가 가능성, 수요지와의 거리 등
- 국내에선 경남 창원의 낙동강 중·하류지역에서 시범 운영되고 있음
- 강변여과수 개발의 기대효과
  - ○ 수량이 풍부한 하천변에서 강변여과수를 취수한 후 물이 부족한 지역의 충적층에 주입하여 시설농업단지에 지하수 부족 문제 해결
  - ○ **[양수정] → [송수관로] → [집수&여과] → [송수관로] → [주입정]**

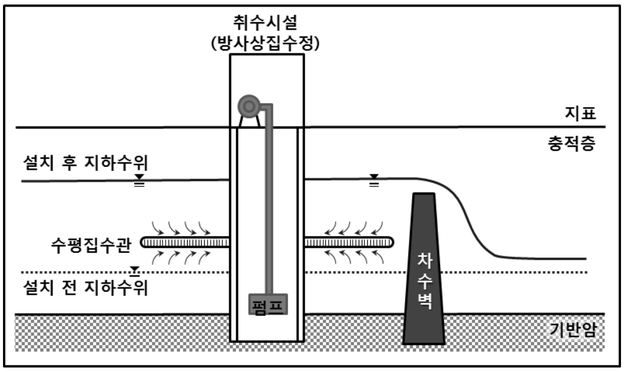


강변여과수 모식도

8.2.3 지하수댐

- 지하수댐의 정의
  ○ 지하수의 간접인공함양의 종류로 지하수가 흐르는 대수층에 인공 물막이벽을 설치하여 물의 흐름을 차단하고 저류시키는 구조물
- 지하수댐 개발 시 장점
  ○ 용수 확보 및 지반 안정성을 높일 수 있음
  ○ 토양과 대수층의 자정작용 등에 의한 수질개선 효과
  ○ 장마철에 집중적으로 비가 내리는 국내 현실에 적합
  ○ 해안근처 설치 시 해수에 의한 염해방지





지하수댐 모식도

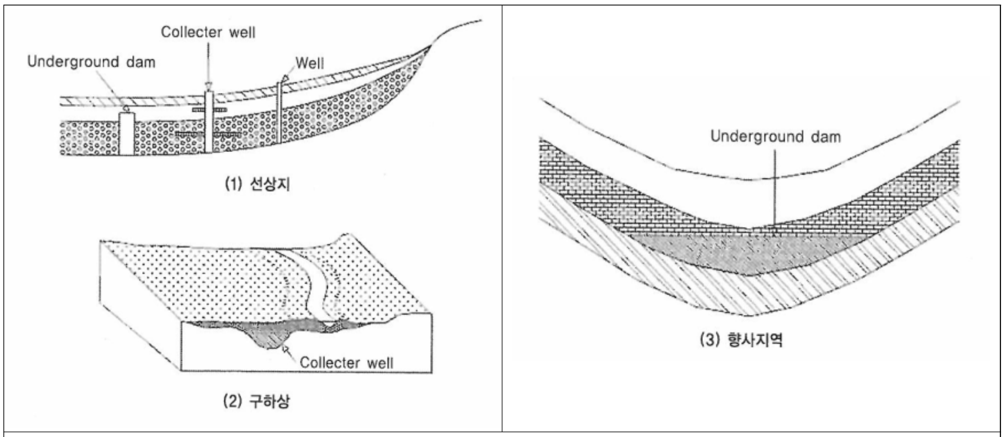
- 지하수댐의 분류
  ○ 사용목적 - 저류형, 유출억제형, 염수침입 방지형으로 분류
  ○ 저류형태 - 완전지하저류형, 일부지표저류형, 지표댐병형으로 분류
- 국내 지하수댐 개발사례
  ○ 강원도 속초 쌍천 지하수댐을 비롯해 공주시 옥성 지하수댐 등 전국에 농업용수 5개소, 생활용수 1개소 등 6개소가 운영되고 있으며 이중 농업용수 5개소를 한국농어촌공사가 관리
  ○ 2019년까지 인천시 옹진군 대이작도에 국비 20억여원을 들여 깊이13m, 길이 60m, 1일 취수용량 180톤 규모의 지하수댐 준공
  ○ 2021년 속초시 쌍천 제2지하수댐을 추가 설치 완료

<표 8-2-1> 국내 주요 지하수댐 설치현황

지구명	시설위치	하천명	길이 (m)	양수량 (㎥/일)	집수정 (기)	개발년도	용도	시행기관
이안	경북상주이안	이안천	230	24000	4	1983	농업	한국농어촌공사
남송	경북영일흥해	곡강천	89	23600	4	1986	농업	한국농어촌공사
옥성	충청공주우성	유구천	482	27900	4	1986	농업	한국농어촌공사
고천	전북정읍태인	정읍천	192	25110	5	1986	농업	한국농어촌공사
우일	전북정읍정우	정읍천	778	16200	4	1986	농업	한국농어촌공사
쌍천	강원속초도문	쌍천	800	33000	4	1998	생활	속초시

※ 자료출처 : 한국농어촌공사

- 입지 조건
  - ○ 유효공극률이 큰 대수층이 넓고 두껍게 발달하여 다량의 지하수를 저장할 수 있는 지역
  - ○ 지하수 함양원이 되는 계곡하천으로서 유역면적이 넓은 지역
  - ○ 하상 및 유역의 경사가 완만한 지역
  - ○ 경제적으로 지하 차수벽 설치가 가능한 협곡부 또는 분지지형이 발달되어 있는 지역
  - ○ 지하수위 변동에 따라 지반침하 등 장애가 발생하지 않는 지역



지하수댐 개발에 적합한 입지조건

8.2.4 지하수 연계형 사방댐 개발

– 지하수 연계형 사방댐의 정의

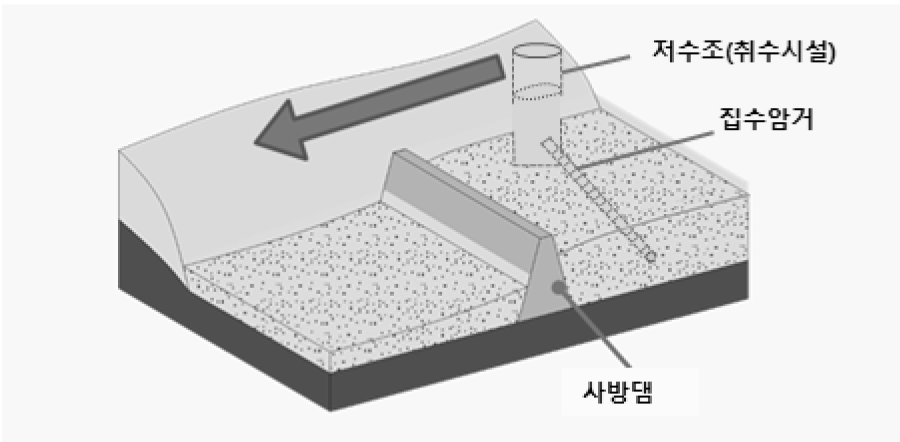
○ 계곡이나 하천에 사방댐이나 보 등을 설치하여 충적대수층의 지하수위를 확보하고 집수암거를 통해 저수조에 취수하는 지표수–지하수 연계 시설

– 지하수 연계형 사방댐의 장점

○ 지하수함양 증가로 수량 확보효과가 크고 증발손실이 적어 일정량의 저류가 가능

○ 토양과 대수층의 자정작용 등에 의한 수질개선 효과

○ 물 소외지역의 버려지는 계곡 및 하천수를 재활용 가능



지하수댐 모식도

– 입지 조건

○ 지하수 함양원이 되는 계곡하천의 연장이 길고 유역면적이 넓으며 유량이 양호한 지역

○ 지하수를 저장할 수 있는 충적 대수층이 두껍게 발단한 지역

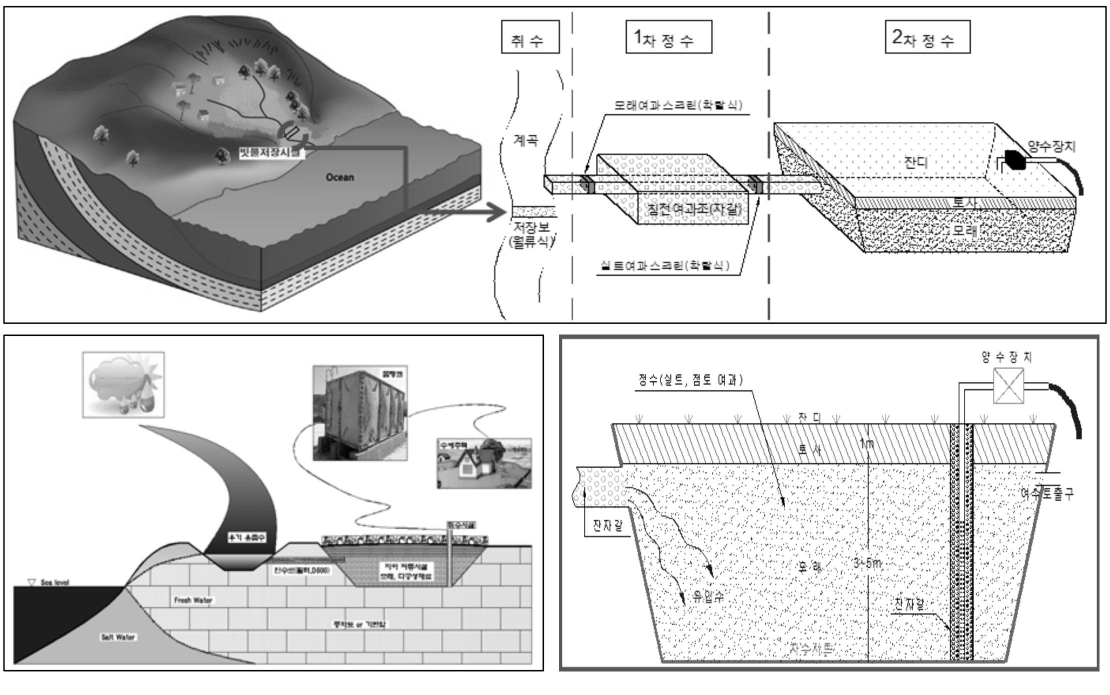
○ 계곡상류부 및 하상퇴적물에 오염이 없는 곳

○ 지하수위 변동에 따라 지반침하 등 장애가 발생하지 않는 지역

8.2.5 지하둠병

- 지하둠병의 정의
  - ○ 지하수저류시설의 하나로 주변 지표수나 지하수를 저장하는 지하구조물을 설치하고 관정을 통해 용수를 취하는 시설
  - ○ 강우시 우수 유출수를 모아 연중 온도 변화가 없는 양질의 지하수를 얻을 수 있는 친환경 구조물
- 지하둠병의 장점
  - ○ 수원발달이 빈약한 도서지역의 유출 지표수의 재활용 가능
  - ○ 연중 일정한 수온과 청정한 용수 공급 가능
  - ○ 정수시설 추가 설치하여 식수로 활용 가능
  - ○ 소규모 지하수 저류시설로 좁은 면적에 설치가 가능하며, 상부 지표 활용 가능
- 지하둠병 설치공정

대상지에 일정심도로 장방형 굴착	⇨	투수성 모래 및 자갈 투입후 상부 피복	⇨	취수보를 통해 추가 취수 가능



지하둠병 개념 모식도 및 설치단면

8.2.6 지열에너지 이용

가. 농·어업 에너지 이용 효율화 사업

- 목적
  - ○ 신재생에너지(지열)냉난방 시스템을 보급하여 농어가의 난방비 부담을 경감
- 근거법령
  - ○ 신에너지 및 재생에너지 개발·이용 촉진법 제4조
  - ○ 에너지이용 합리화법 제36조
  - ○ 농어업·농어촌 및 식품산업기본법 제8조
  - ○ 한국농어촌공사 및 농지관리기금법 제10조1항제13호 규정
- 사업명 및 사업시행자
  - ○ 농림축산식품부 : 농업에너지이용효율화사업
  - ○ 해양수산부 : 친환경에너지보급사업(2014년 신규)
  - ○ 한국농어촌공사(위탁시행) : 첨단기술사업처
- 지원대상
  - ○ 온실, 버섯재배사, 육상양식장, 계사, 돈사 등

나. 지열 에너지

- 지열에너지의 개념
  - ○ 지하 또는 지표면을 구성하고 있는 토양, 암반 및 지하수, 지표수가 가지고 있는 열(온도)에너지 자원
  - ○ 지구 맨틀을 구성하고 있는 물질의 내부 방사성원소의 붕괴(약83%) 및 지구 내부 열의 방출(약17%)
  - ○ 지구의 내부에서 외부로 나오는 열 - 수증기, 온천 및 화산 분출 등에 의해서 지표로 유출
  - ○ 깊이에 따라 잠재력이 무한 - 지하 10km까지 평균 지온증가율은 약 25~30℃/km
- 지열에너지의 분류
  - ○ 지하 수 km 깊이의 지열원을 이용하는 심부 지열 자원

○ 300m이내의 연중 일정한 온도 자원을 이용하는 천부 지열 자원

– 지열에너지의 이용

○ 2000년대 이후에 본격화

○ 연중 일정한 온도(약 20℃ 내외)를 유지하는 지하열원을 이용하여 냉난방을 해결 - 학교, 레저 시설, 병원 등에 적용

○ 2003년 한국지질자원연구원 ‘심부지열에너지 개발사업’ 수행

○ 2004년부터 대체에너지 적용 의무화 법규를 시행

○ 2010년 말 ‘지열발전 상용화 연구개발(R&D) 사업’ 시작

○ 2016년 6월 포항지열발전소 1차 설비 완공

○ 2017년 11월 포항 지역에 발생한 지진으로 공사 중단

<표 8-2-2> 지열에너지의 분류

구분	세부분류	특징
심부지열	고온성	–온도 120~150℃이상 범위의 에너지 자원 –물+증기, Hot dry rock –간접이용(지열 발전)
	중·저온성	–온도 120~150℃미만 범위의 에너지 자원 –지열수, Hot dry rock –직접이용 : 지역난방–시설영농–양어–제설
천부지열		– 지하300m 이내로 태양복사에너지에 의한 자원 –연중 일정한 온도를 유지 –GeoThermal Heat Pump 이용 냉난방 시스템으로 활용

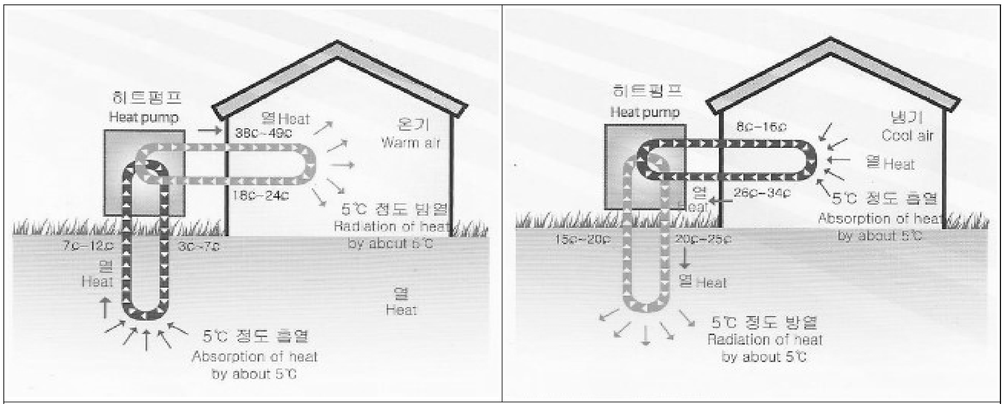
※자료 : 신재생 지열 에너지와 지역냉난방 기술(한국에너지기술원, 2007)

다. 지열 냉난방 시스템

– 지열 냉난방 시스템의 원리

○ 우리나라의 천부 지중열은 연중 15℃내외로 일정

○ 겨울철 평균 온도보다 10℃이상 높고, 여름철 평균 온도보다 10℃이상 낮은 온도 차이를 에너지원으로 활용

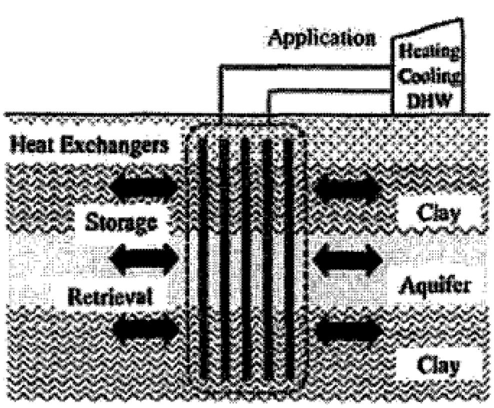


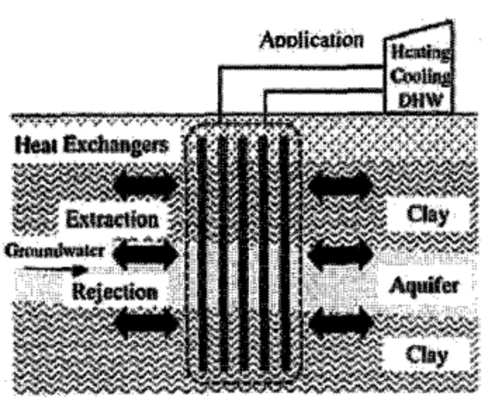
지열 냉난방 시스템의 원리

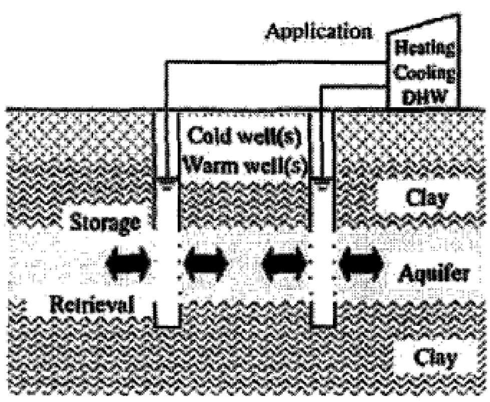
- 지열 냉난방 시스템의 구성
  - ○ 지중열교환기(지하시설) – 열복원 과정을 통하여 땅속의 에너지를 히트펌프에 전달
  - ○ 히트펌프, 제어판넬 등 기계설비(지상시설) – 땅속에서 올라오는 지열에너지를 냉난방에너지로 바꾸는 기능
- 지열 저장 시스템의 유형과 특성
  - ○ 밀폐형시스템 - 지중에 지열회로(수직밀폐형, 지중수평형, 에너지파일형 등)를 설치하고 지중순환수를 순환시켜 지열을 이용하는 방식, 넓은 부지를 가진 경우에 설치하는데 유리
    - BTES(Borehole Thermal Energy Storage) - 지중열교환기를 이용한 간접 열교환 시스템, 지반을 열에너지 저장소로 이용
    - GSHP(Ground Source Heat Pump) - 지중열교환기를 이용한 간접 열교환 시스템, 지반을 열원과 수열체로 이용
  - ○ 개방형시스템 - 지하수를 열원으로 이용하는 설비를 통칭, 지하수 부존량이 풍부한 지역에서 유리
    - ATES(Aquifer Thermal Energy Storage) - 우물의 지하수를 직접이용, 대수층을 열에너지 저장소로 이용
    - GWHP(Groundwater Heat Pump) - 우물의 지하수를 직접이용,

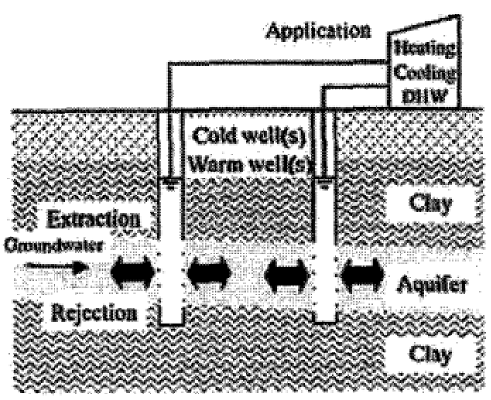
더 높은 흐름을 가진 대수층을 열원과 수열체로 이용

○ 지중공기이용 시스템 - 지중의 공기를 열원으로 이용하는 방식

<table>
<tr><td>Borehole Thermal Energy Storage
(BTES)</td><td>Gound Source Heat Pump
(GSHP)</td></tr>
<tr><td>


</td><td>


</td></tr>
<tr><td>Aquifer Thermal Energy Storage
(ATES)</td><td>Groundwater Heat Pump
(GWHP)</td></tr>
<tr><td>


</td><td>


</td></tr>
<tr><td colspan="2">지열 저장 시스템의 유형</td></tr>
</table>

- 지열 냉난방 시스템 국내 현황

  ○ 국내에는 천부 지열을 이용하는 밀폐형을 중심으로 시스템이 보급

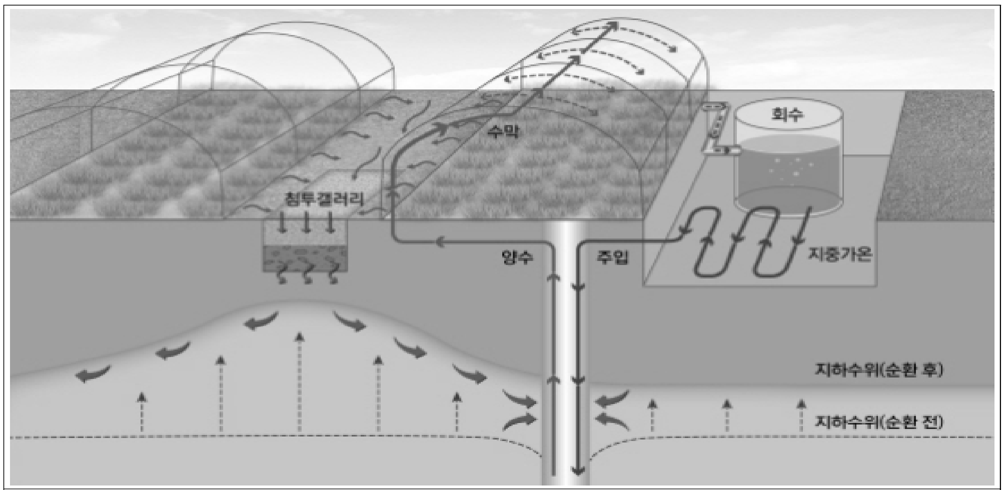
  ○ 국내 GSHP시스템 설치비율 80% 이상이 수직밀폐형으로 추정

  ○ 정부에서 지원하는 제도가 아직 ATES, BTES, SCW 등 다양한 시스템을 수용하기 어렵기 때문

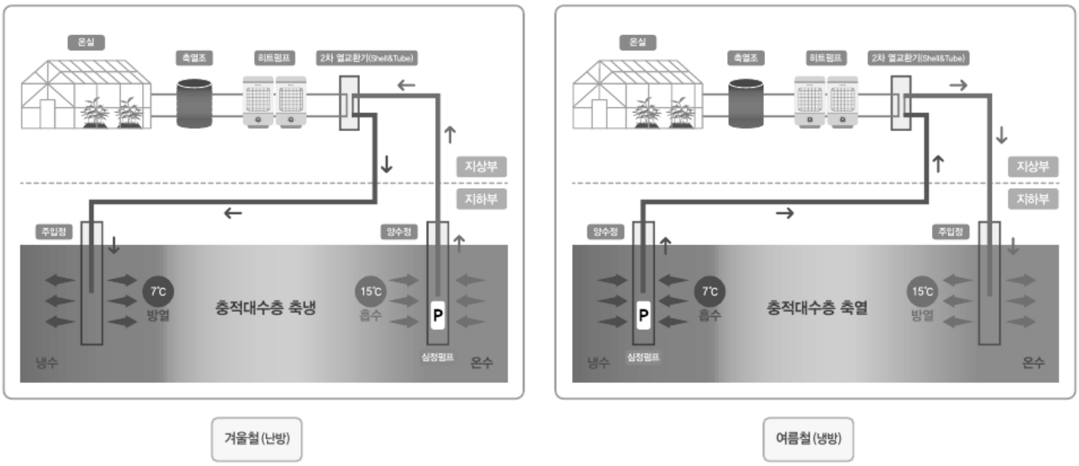
  ○ 천부 지하 열에너지 특성에 따른 응용기술들이 다양한 접근 방법으로 연구가 이루어지고 있음

라. 국내 지열 냉난방 시스템 연구·개발 사례

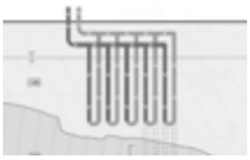
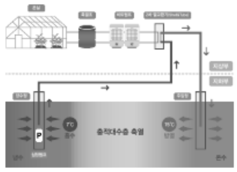
- 대수층 순환식 수막재배 시스템(지질자원연구원)
  - ○ 충북 청주시 상당구 가덕면 상대리 지역 적용
  - ○ 사용한 지하수와 빗물을 인공함양을 통해 땅 속에 주입, 저장 후 재활용
- 지표침투형 대수층 순환식 수막재배 시스템(지질자원연구원)
  - ○ 지층의 자정작용을 활용해 자연적으로 지하수와 빗물을 재활용하는 기술
  - ○ 비닐하우스 사이의 빈 공간에 물이 땅속으로 잘 침투되게 하는 침투로를 설치해 물을 자연적으로 정화시켜 땅속에 다시 침투시키는 방식
  - ○ 초기설치 비용이 거의 들지 않고, 설치가 용이
- 계절간축열 지열 시스템(농촌진흥청, 지엔에스엔지니어링)
  - ○ 충남 부여군 부여읍 왕포리 지역 적용
  - ○ 여름에 고온의 에너지를 지중에 저장한 뒤, 겨울에 사용하는 방식
  - ○ 충적대수층 지역에 온실 냉난방용으로 설치하여 열효율 및 에너지 절약, 시스템 설치 비용 절감에 높은 효과를 보임



지표침투형 대수층 순환식 수막재배 시스템 모식도



계절간축열 지열 시스템 모식도

구 분	수직형(밀폐형)	개방형(SCW)	계절간축열
구조			
지중시공 깊이	100～150m	350～500m	20～100m
공당 용량	2～3RT	20～30RT	30～50RT
천공수 (100RT 기준)	33～50공 (1000～1300㎡)	약 4공 (100㎡)	약 4공 (80㎡)
특징	- 펌프 동력 적음 - 공단 열교환 용량 적음 - 부지면적 제약	- 냉난방성능 우수(COP) - 열교환 용량이 큼 - 설치면적 적음(수직형 대비)	- 냉난방성능우수 (COP, 개방형 대비) - 열교환수 함양으로 축열/축냉효과와 지하수 고갈 문제 해결 - 시설비 저렴(개방형 대비)

기존 지열 시스템과 계절간축열 시스템 비교