

발간등록번호

11-1541000-000362-10

<http://rri.ekr.or.kr>

논습지 생물다양성 증진을 위한 생태기반 조성연구

A study on the development of ecological infrastructure to improve
bio-diversity in paddy wetlands

2009. 12

농림수산식품자료실



0006681



농림수산식품부



한국농어촌공사

발간등록번호

11-1541000-000362-10

<http://rri.ekr.or.kr>

논습지 생물다양성 증진을 위한 생태기반 조성연구

A study on the development of ecological infrastructure to improve
bio-diversity in paddy wetlands

2009. 12



한국농어촌공사

제 출 문

농림수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 “논습지 생물다양성 증진을 위한 생태기반 조성방안 연구” 과제의 1차년도 최종보고서로 제출합니다.

2009년 12월 일

주관연구기관명 : 한국농어촌공사 농어촌연구원

연구책임자 : 장규상

연구원 : 김재욱, 김형중,
이승헌, 지광재
정진희, 서정빈
최재혁

공동연구기관 : (주)자연과 환경

연구책임자 : 권태영

연구원 : 김황희, 강수만
박진철, 송국화

요 약 문

1. 연구과제명 : 논습지 생물다양성 증진을 위한 생태기반 조성방안 연구

2. 연구기간 : 2009년 1월 ~ 2011년 12월(총3년 중 1년차)

3. 연구의 필요성 및 목적

- 2008년 제 10차 람사르 총회(경남 창원)에서는 논을 쌀 생산뿐만 아니라 생물다양성 보전, 지하수 함양, 수질개선 등 다양한 공익적 기능을 인정하여 습지로 인정하는 「논 습지 결의안」이 채택됨.
- 지금까지 논 농업지역은 「쌀 생산 효율 증대」라고 하는 목적을 달성하기 위하여 대구획 경지정리, 용·배수로의 콘크리트화, 기계화 및 영농방법의 변화, 농약 및 제초제 사용, 논로의 포장 등 다양한 분야의 현대화를 추진하였으며, 그 결과 쌀 수급은 자급자족이 가능하도록 하였음.
- 이와 같은 논 농업지역의 환경변화는 그 지역에 서식하는 생물들에게 다양한 변화를 가져왔으며, 전체적인 종수와 개체수 변화가 과거에 비하여 감소하는 경향을 보이고 있으며 황새와 같이 멸종하는 종도 생겨나고 있음.
- 따라서, 이제부터는 논이 쌀을 생산하는 공간임과 동시에 생물들이 함께 서식할 수 있는 공간이 될 수 있도록 주변 환경을 복원하고 수리구조물의 기능을 개선하는 연구가 필요함.
- 또한 논 생태계가 복원되면 일상생활에 지친 도시민에게 휴식 및 생태교육의 장으로 제공되어 도농교류가 활성화될 수 있으므로 농촌 지역의 다양한 생태계를 보전하고 이를 도시민들에게 제공하여 도시와 농촌이 상생하는 기반을 조성할 필요가 있음

4. 연구내용 및 범위

4.1 논 생태통로 설치를 위한 입지선정 조사

4.1.1 배수로 말단부 유형 분류 및 연계방안 수립

4.1.2 논-배수로-하천 연계를 위한 입지조건 작성

4.2 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발

4.2.1 논 어도의 종류 및 특성

4.2.2 논 농업 특성 및 소하천에 적합한 어도개발

4.3 논 농업지역 생태복원 아이템 개발

4.3.1 인공 조성된 둠벙 조사

4.3.2 친환경 농업지역 생태복원 기초 조사

4.3.3 친환경 논 농업지역 수질 및 생태조사

4.4 논 농업지역 생태복원 시설 도입 및 모니터링

4.4.1 경지정리 구역내 어도, 둠벙 및 우수지 설치

4.4.2 설치 후 생물상 모니터링

5. 연구결과

5.1 논 생태통로 설치를 위한 입지선정 조사

생태통로 설치로 실질적인 복원효과를 얻기 위해서는 지형적 특성, 용수로 및 배수로의 구조, 수자원 확보 조사등 생태시설을 설치하기에 적합한 입지 선정이 우선되어야 함. 따라서 본 연구에서는 논 생태통로 설치를 위한 입지 선정시 고려해야 할 사항들에 대하여 조사를 실시하였음

5.1.1 논-배수로-하천의 연계유형 분류

- 논 농업지역의 생태적 연계방안을 검토하기 위해서는 물의 흐름이 가장 중요한 인자이므로 농업지역 수로의 구조적인 이해와 검토가 선행되어야 함.
- 논 농업지역은 저수지, 논, 수로가 공존하고 있는 대표적인 곳임. 저수지부터 논과 하천은 물의 흐름상으로는 연결되어 있고 각각의 공간에서의 생태계를 구성하고 있으나, 조류와 일부 이동능력이 좋은 종들을 제외하고는 물속에서 이동하는 생물들에게는 단절되어 있는 곳이 대부분임.
- 이러한 단절된 부분의 연결을 통하여 생태 네트워크를 구성하도록 하여 생물의 종 다양성을 풍부히 하고 생태 복원을 추진하여 친환경적인 공간을 조성하는 것이 현대에서는 농업생산에 못지않게 중요한 농촌의 자원이 될 수 있음.
- 논 농업지역의 유형분류 세부기준
 - ① 조사대상지 선정기준
 - : 친환경 농업을 수년이상 지속하여 농업을 수행한 단지
 - : 수원공과 수로의 형태별 특성이 대표성을 갖는 단지
 - ② 조사방법
 - : 친환경농업단지를 대상으로 한 문헌조사
 - : 도면에 의한 현장 유역에 대한 조사
 - : 선정된 단지에 관한 현장조사
 - : 현장조사에 관한 자료조사 및 생태단절성 정리
 - ③ 조사대상지 선정 및 특징
 - 조사대상지는 친환경농업단지를 중심으로 수원공, 수리계통, 농업의 경작 형태등을 고려하여 다음과 같이 5가지 유형을 선정하여 조사대상지를 결정

(표 1) 조사대상지 유형분류 및 유형별 특성

유형	특성	대상지 선정지역
A Type	경지정리가 안 된 재래형 단지	전남 구례 사포마을
B Type	소규모 수원공의 평야지역	전남 곡성 황등마을
C Type	중규모 수원공의 평야지역	충남 홍성 문당마을
D Type	별도의 수원공이 없는 산간 지역	경기 양평 용천마을
E Type	대단위 간척농업 지역	충남 당진 대호간척지

- 유형별로 5개 지구를 선정하여 배수로와 하천의 연계 유형을 살펴본 결과, 원형 배수암거 유형, 사각 배수암거 유형, 사각 교량박스 암거 유형, 배수문 형식의 배수로, 자연식생 배수로 등으로 분류할 수 있었음.



<원형 배수암거>



<사각 배수암거>



<사각 교량박스 암거>



<배수문>

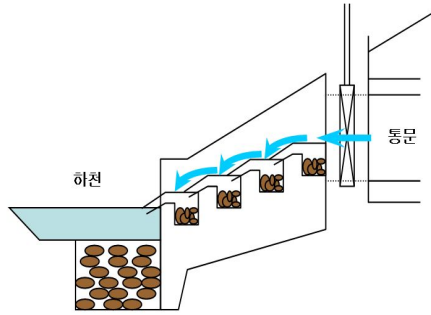
<그림 1> 배수로 말단부 유형 분류

- 국내 논 농업지역 배수로 말단부는 대부분 구조물화 되어 있어 하류

소하천과의 연계가 다소 어려운 구조로 되어있음. 따라서, 주변하천과의 연계를 통하여 소하천-배수로-논의 연계 네트워크가 가능한 지역에서는 배수로 말단부의 낙차를 해소하는 작업이 필요함.



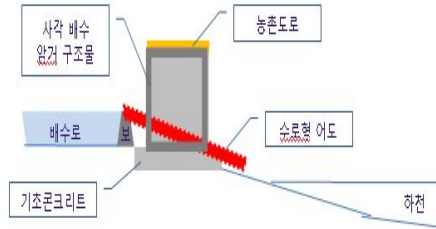
<원형 배수암거>



<사각 배수암거>



<사각 교량박스 암거>



<그림 2> 배수로 말단부 낙차해소 방법

5.1.2 논-배수로-하천 연계를 위한 입지조건 작성

- 논-배수로-하천을 연계하여 완전한 논 생태네트워크를 형성하기 위해서는 사전에 적절한 지역을 찾는 입지선정이 매우 중요함. 따라서 적용대상 지역을 선정하기 위해 사전에 반드시 고려해야 할 입지조건들을 추출하였고, 추출 조건을 5개의 사례 지구에 적용하여 논 생태네트워크 조성을 위해 가장 적절한 지역을 선정하였음.
- 논-배수로-하천 연계를 위한 입지선정 조건
 - ① 친환경 무농약 재배단지 여부
 - ② 다양한 생물의 존재여부

- ③ 안정된 용수원 확보 여부
- ④ 하천의 근접성
- ⑤ 수리계통의 적절성
- ⑥ 구성 형태의 적절성
- ⑦ 단절복원을 위한 경제성
- ⑧ 연구자료 확보의 용이성
- ⑨ 생태복원 가능성 및 효과
- ⑩ 대상지 접근성 및 유지 관리성

○ 각각의 조건들을 사례지구에 적용해 본 결과, 대호 간척지가 99점으로 가장 높은 수치를 보였고, 다음으로 문당마을, 용천마을, 황등마을, 사포마을 순으로 나타났음. 따라서, 대호 간척지가 논 생태네트워크 형성을 위해 가장 좋은 입지조건을 보이는 것으로 조사되었음.

(표 2) 논 생태네트워크 조성을 위한 입지선정 조건

고려항목	분류	점수 10-6	사포 (A)	황등 (B)	문당 (C)	용천 (D)	대호 (E)	비고
친환경 무농약 재배단지 여부	생물다양성	10	10	10	10	10	10	농약 비료
다양한 생물의 존재 여부	생물다양성	10	9	8	7	6	10	수서 생물
안정된 용수원 확보 여부	수환경성	10	5	5	5	10	10	수량 수질
하천 및 습지 근접성	수환경성	10	6	8	9	7	10	거리 장애물
수리계통의 적절성	수환경성	10	7	9	8	6	10	수리 시설물
구성형태 적절성	수환경성	10	8	7	9	6	10	단면구성
복원의 경제성	연구진행	10	6	8	9	7	10	시공성
자료 확보 용이성	연구진행	10	6	7	9	8	10	조사자료
복원 가능성 및 효과	연구효과	10	6	7	10	8	10	외부영향
접근성 및 유지 관리성	연구효과	10	6	7	10	9	9	시간 관리주체
종합평가	합계	100	69	76	86	77	99	

5.2 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발

- 지금까지 연구를 살펴보면, 하천의 수리구조물을 대상으로 하는 어도개발은 활발하게 이루어지고, 현장에 적용된 사례도 많이 있음. 그러나 하천을 대상으로 개발된 어도를 배수로나 소하천에 적용하기에는 한계가 있음.
- 배수로나 소하천은 농사 시기에 따라 유량의 변동이 심하고, 전체적으로 흐르는 유량이 매우 소량임. 또한 이곳을 이용하는 어종이 붕어, 송사리, 미꾸라지 등의 소형 어종이고 배수로 말단부에 설치하기 때문에 어도 규모가 작아짐
- 어도 설치 후 농민들이 관리하기 때문에 재료 구입이 용이하고 저렴해야 하며, 설치와 유지관리가 단조로워야 한다는 특징을 가지고 있음. 따라서 이런 특성들을 종합적으로 고려하여 소하천이나 배수로에 적합한 어도를 개발할 필요가 있음.

5.2.1 논 어도의 종류 및 특성

- 논 어도는 형식, 재질, 설치방법의 특성에 따라 분류할 수 있으며 크게 풀타입(pool type)과 저면 요철형으로 분류됨(水谷, 2003). Pool type 어도는 격벽이 있고, 격벽과 격벽사이에 일정 수심을 유지하게 되어있음.
- 저면요철 type은 격벽이 없고 어도 저면에 요철이 있음. 풀타입 어도에는 형식에 따라 지그재그형, 반추형, 노치형등이 있고 저면 요철형에는 cascade형, 반원형, U자형등이 있음.

5.2.2 논 농업 특성 및 소하천에 적합한 어도개발

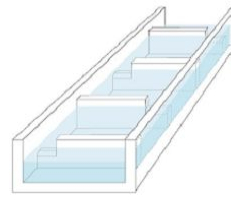
- 논-배수로-하천의 특성에 맞는 수로식 어도로서 순향이동성을 강조하고 어린 치어나 유속에 약한 어류들도 이용 가능하도록 조립식 어도 형태로 검토
- 어도개발계획은 재료의 다양화를 추구하여 좀 더 친환경성을 부각시키고자 하였음. 어류 서식에 적합하도록 고로슬래그와 황토를



지그재그형



반추형



노치형



반원형



U자형

<그림 1-4> 논어도 형식별 분류

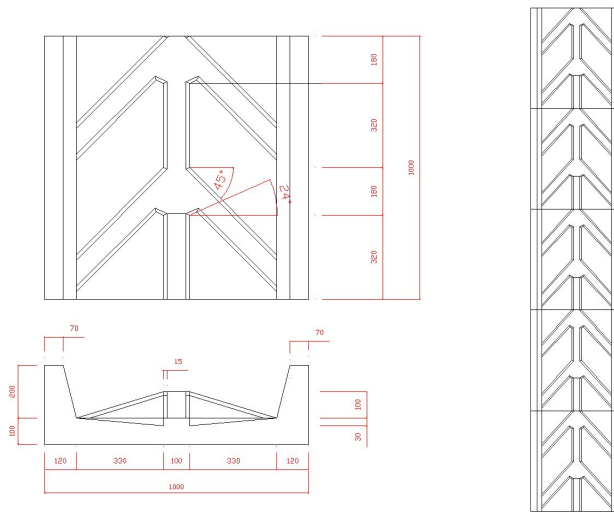
쉬어 제작하였으며, 구조적 안정성을 보장하기 위하여 섬유보강재를 추가로 투입하여 제작하였음.

- 재료시험 결과, 친환경성을 고려하여 고로슬래그 시멘트와 황토 사용함으로써 pH 저감효과가 나타나 어류의 서식환경을 개선하였으며 섬유를 사용하여 내부 균열을 억제하는 밀실화 효과를 가진다 동시에 구조물의 생화학적 부식을 방지하고 또한 운반시 발생하는 구조물의 파괴와 깨짐 방지에도 효과적임.

(표 3) 논-배수로-소하천 어도 개발 계획

재료시험	어류서식환경 평가 (고로슬래그 및 황토)	역학적특성 평가(압축강도) pH 시험 중금속용출시험
	구조적 안정성 평가 (섬유보강재)	역학적특성 평가 압축강도 및 휨강도 균열저항성 평가 (소성수축균열 및 건조수축균열시험)
시제품 제작	스티로폼 어도블록 몰드 제작	고로슬래그 및 황토를 사용한 섬유보강콘크리트 어도블록 시제품 제작
수리실험	수리모형 실험장치 제작	유속 및 유량에 따른 소상실험

- 개발 어도는 기본형의 경우 외벽과 경사 돌조의 사이의 Slot(빈공간)을 두어 토사 퇴적을 방지하였으나 경사 돌조가 외측으로 갈수록 낮게 형성 되어 있어 유량이 적을 시 이쪽으로만 흐르는 문제점이 발생하여 Slot(빈공간)을 없애고, 어도블록 폭을 1.2m에서 1m로 축소함.
- 또한 경사 돌조의 높이를 5cm에서 10cm로 높이고 또한 경사 돌조 사이의 몸체 부분을 함몰되도록 형성하여 어류가 이동 중에 쉴 수 있는 휴식공간을 확보하였음



<그림 3> 개발 어도블록 시제품 및 설계도면

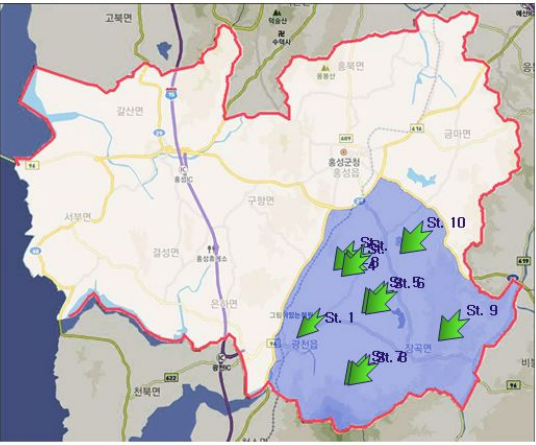
5.3 논 농업지역 생태복원 아이템 개발

- 우리나라 논 농업지역은 미곡증산을 목적으로 포장도로, 논의 규격화등 전체적인 기반정비를 비롯하여 경지정리가 이루어짐. 또한 용수공급 및 배수를 위한 체계가 갖추어지면서 기존 논에 존재하던 둑병이나 자연배수로의 감소는 자연스러운 현상임.
- 그러나 이로 인해 논을 기반으로 하는 어류를 비롯한 생물들의 서식처가 감소하였고 논 생태계 전체적으로 많은 변화를 겪고 있음. 이에 기존 경지정리 구역 내에 생물들을 위한 공간을 창출할 수 있는 아이템을 모아보고, 현장 적용성을 검토해 보는 연구가 필요함.

5.3.1 인공 조성된 둑병 조사

- 둑병은 용수 시스템이 갖추어지기 전에 논 옆에 빗물을 모아두는 물웅덩이의 기능을 하던 곳이었음. 그러나, 용수 시스템이 정비되면서 논에 물을 대는 일에 수월해지면서 둑병은 자연스럽게 사라지게 되었음.
- 이러한 둑병은 단순히 물을 가두어두는 공간으로서의 역할 뿐만 아니라 생태적으로도 매우 중요한 역할을 하였음. 중간 갈수기나 가을철 논에 물이 마를 때 논에 서식하던 어류를 비롯한 생물의 피난처가 되고 이곳에서 월동하여 봄에 다시 논으로 들어가서 성장하는 순환 시스템을 제공해 주었음.
- 이런 둑병의 기능을 부활시키고자 충남 홍성군과 광천군 일대의 친환경 농가에서는 농민들 스스로 논에 둑병을 설치하였으며, 본 연구에서는 농민들이 설치한 둑병 10곳을 대상으로 조사를 실시하였음.

조사 위치	조사 지역
St. 1	광천읍 매현리 545-5
St. 2	광천읍 월령리 411-2
St. 3	광천읍 월령리 804-2
St. 4	광천읍 월령리 801-2
St. 5	광천읍 운흥리 81-1
St. 6	광천읍 운흥리 716-4
St. 7	장곡면 신흥리 80-1
St. 8	장곡면 신흥리 80-5
St. 9	장곡면 월계리 771-1
St. 10	홍동면 금평리 568



<그림 4> 둥병 조사지점

○ 둥병의 구조는 면적은 4.6~39.2㎡였으며 수심은 평균 1.0m 정도였음. 전체적인 모양은 직사각형이 가장 일반적인 형태였으며 조성 초기여서 주변 식생 발달은 미비하였음. 또한 구조적으로 둥병 측벽에 나무판을 대고 설치를 하여 식생 정착에 더욱 시간이 걸리는 것으로 판단됨.

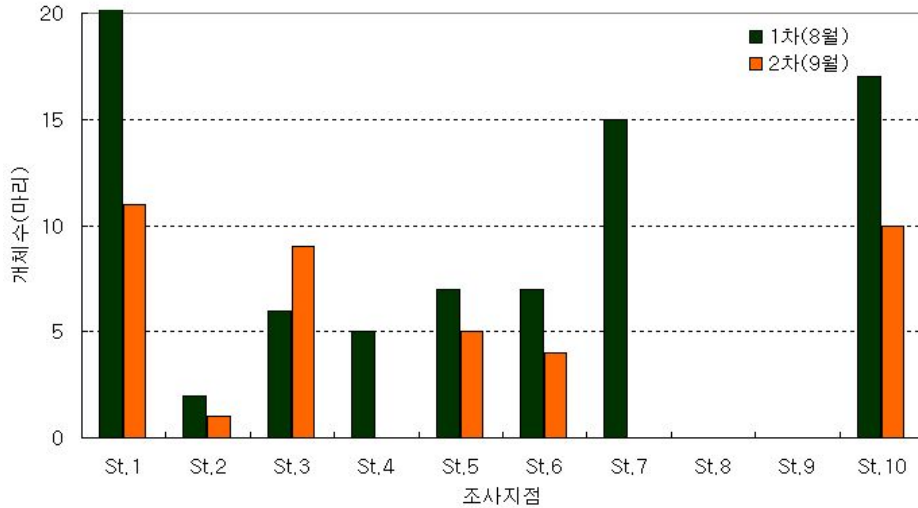
(표) 둥병의 구조적 특성

조사 위치	조사 지역	면적(㎡)	수심(cm)	모양	기타
St. 1	광천읍 매현리 545-5	39.2	159	부채꼴형	수심이 매우 깊음
St. 2	광천읍 월령리 411-2	9.4	101	직사각형	주변식생 발달
St. 3	광천읍 월령리 801-2	5.6	73	직사각형	-
St. 4	광천읍 월령리 804-2	4.6	69	직사각형	논과의 연결성 미비
St. 5	광천읍 운흥리 81-1	9.0	70	부채꼴형	논 사이에 수로 형성
St. 6	광천읍 운흥리 716-4	5.9	64	직사각형	논 중앙에 위치
St. 7	장곡면 신흥리 80-1	9.5	97	직사각형	
St. 8	장곡면 신흥리 80-5	8.8	95	직사각형	
St. 9	장곡면 월계리 771-1	10.1	57	삼각형	물색이 항상 황토빛
St. 10	홍동면 금평리 568	11.7	93	직사각형	식생 미 발달

○ 10개소의 둥병을 조사한 결과, 논과 둥병 간의 연결 상태는 매우 양호하여 둥병과 논을 오가는 생물들은 충분히 이동이 가능할 것으로 보임.

○ 서식 어종은 일반적으로 논에서 많이 사는 것으로 알려진 미꾸라

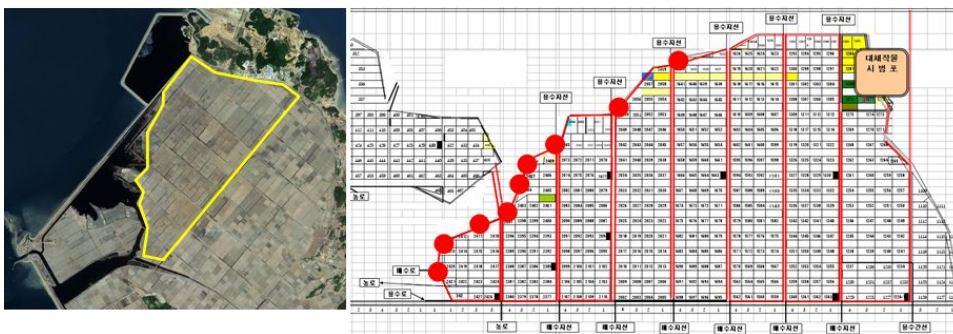
지, 미꾸리, 붕어 등이 채집되었으며, 드렁허리도 다수 채집되었는데 드렁허리가 출현하는 둌병은 논과 둌병 간의 격벽이 있어 이동이 어려울 것으로 보이는 지역에 주로 출현하였음. 이는 드렁허리가 힘이 좋아 굳이 둌병-논 간의 개방구간을 이용하지 않고 논 흠속을 뚫으면서도 오가기 때문인 것으로 보임.



<그림 5> 둌병의 어류상 조사결과

5.3.2 친환경 농업지역 생태복원 기초 조사

○ 논 농업지역의 생태복원 시설 도입을 위한 입지선정 조사시 최적 지역으로 선정된 대호 간척지의 우수지, 배수로 입구, 배수로를 대상으로 생물상 기초조사를 실시하였음.



<그림 6> 대호 친환경 농업지역 조사지점도

- 대호 유수지에서 어류상을 조사한 결과, 치리, 참붕어, 민물검정망둑, 붕어, 풀망둑, 배스등 총 6종이 조사되었음. 이 중 어도를 설치할 경우, 참붕어와 붕어는 어도를 이용하여 논으로 소상 후 산란·성장할 것으로 판단됨.
- 유수지에서 서식하는 종이 배수로로 진입하는지를 파악하기 위하여 배수로 유입부에서 채집한 결과, 참붕어, 왜몰개, 버들붕어가 채집되었으며 이 종들도 어도를 이용할 것으로 판단됨.
- 마지막으로, 배수로에서 서식하는 어류상을 조사한 결과, 왜몰개, 버들붕어, 붕어, 미꾸리, 대륙송사리등 5종이 채집되었음. 이 종들은 모두 논을 산란·성장장소로 이용하는 것으로 알려진 종들임.
- 따라서, 대호 간척농업지역 배수로와 논을 연결하는 어도를 설치할 경우, 논↔배수로↔유수지가 하나의 시스템으로 연결되어 완전한 생태네트워크 구조를 이룰 수 있을 것으로 판단됨

5.3.3 친환경 논 농업지역 수질 및 생태조사

- 친환경 논 농업지역을 대상으로 수질 및 생태조사를 실시하였음.

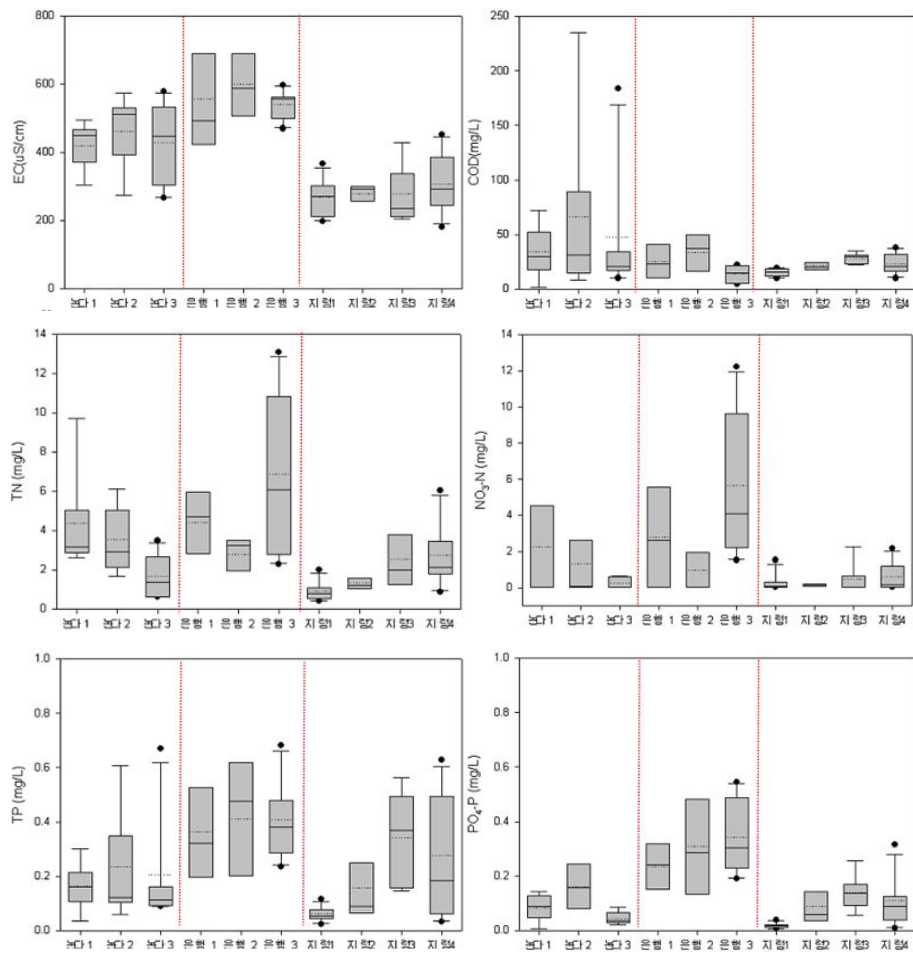


<그림 7> 친환경 논농업지역 수질 및 생태조사 지점

- 친환경 논 농업을 시행하는 3개의 논에서 영농시기별 수질변화를 조사한 결과, 유사하게 친환경 농법으로 농사를 짓고 있지만 시기별로 COD 및 영양염류의 변화는 상이하게 나타남.
- 전기전도도는 St. 2(은행나무논)에서 전체조사 기간 동안 가장 높게 나타났음. 이는 은행나무논의 농법이 보리 수확 후 쌀겨를 그대로 놔 둔 상태에서 농사를 시작하여 다른 지역보다 더 높게 나

타난 것으로 보임. 이러한 변화는 TN, NO₃-N, TP, PO₄-P에서도 동일한 변화 경향을 보이고 있음.

- 흥성지역 논은 지하수를 이용하는 경우가 많으며, 지하수는 축산 등의 이유로 다른 지역에 비해 특히 질소 농도가 높음. 본 조사에서도 질소 농도가 높게 나타났으며 특히 St.2(은행나무 논)가 위치한 바로 상류지역에 축사가 질소 농도가 더 높게 분포하는 결과를 보이고 있음. 특히 논 안에 지점인 PM2-1, PM2-2보다 배수로인 PM2-3 지점에서 질소 농도가 더 높게 나타나 그 결과를 보충 설명하고 있음.



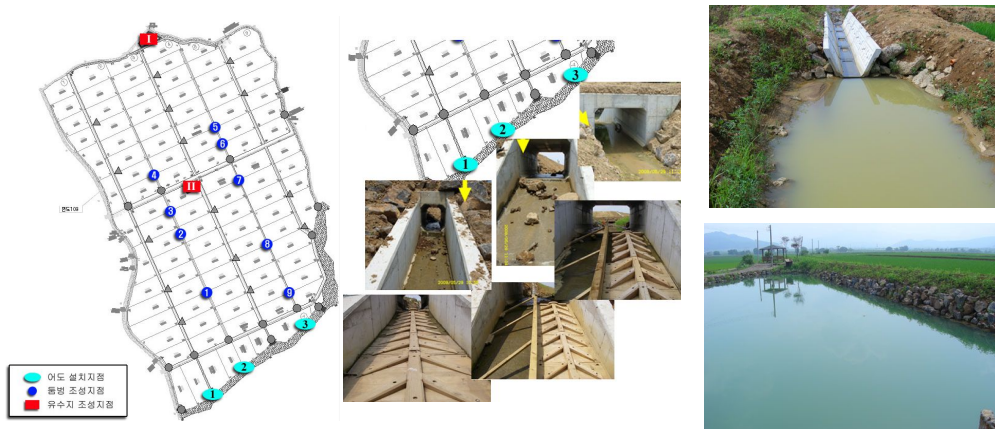
<그림 8> 친환경 논농업지역 수질변화

5.4 논 농업지역 생태복원 시설 도입 및 모니터링

- 생산기반 조성을 위하여 경지정리를 실시하면서 그 곳에 서식하는 생물들의 서식처 및 이동특성을 보장하고자, 경지정리 계획시 친환경 시설인 어도 및 둠병, 유수지를 함께 설계하여 현장에 적용하였음.
- 현장 설치 후 둠병과 어도, 유수지에 생물들이 정착하는 과정을 모니터링 하였으며 친환경 생태시설을 함께 반영하므로서 주변 생태계에 미치는 영향을 파악하였음.

5.4.1 경지정리 구역내 어도, 둠병 및 유수지 설치

- 강원도 철원군 동송읍에 52ha의 논을 경지정리하면서 친환경 시설인 어도를 3개소, 둠병 9개소 유수지 2개소 설치하였음.
- 어도는 배수로 말단부와 하천을 연결하는 지점에 3개소 설치하였고 둠병은 배수로 내에 9개소를 설치하였음. 유수지는 기존에 샘이 있던 지역에 규모를 크게하여 2개소 설치하였음.



<그림 9> 경지정리 구역내 친환경 시설 설치(어도, 둠병, 유수지)

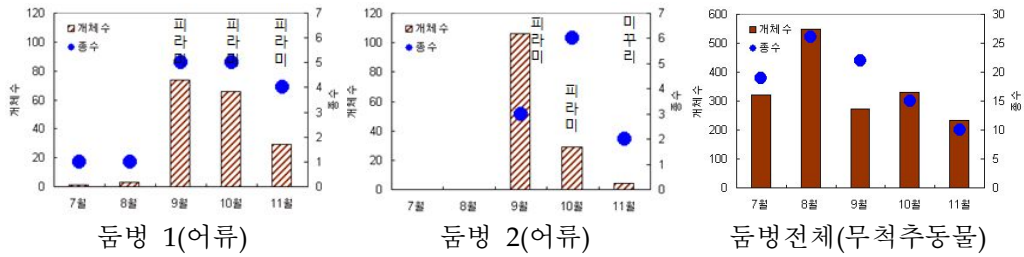
5.4.2 설치 후 생물상 모니터링

가. 주변하천과 어도주변 생물상

- 주변하천은 붕어, 흰줄납줄개, 묵납자루, 큰납지리 등 총 15종의 어류가 채집됨. 어도를 설치한 후 어도에서 조사한 결과, 참붕어, 밀어, 미꾸리 등이 어도를 이용하여 상류 배수로로 유입하는 것이 조사되었음. 현장 여건상 6월달에 공사를 완료하고, 곧바로 중간 낙수기를 맞아 어도의 효율을 분석할 수 있는 시간이 다소 부족하였음
- 주변하천의 대형무척추동물 조사결과, 왕우렁이, 논우렁이, 곶채다슬기를 비롯하여 총 20여종이 채집되었음. 그 중 가장 우점종은 곶채다슬기와 말조개로 나타남. 전반적으로 무척추동물의 출현종이 매우 빈약하게 나타났는데, 그 원인은 경지정리와 경작등으로 인해 지속적인 부유토사 발생과 조사지역의 하상이 암반, 바위등으로 구성되어 미소서식지를 형성하지 못하였기 때문으로 사료됨.

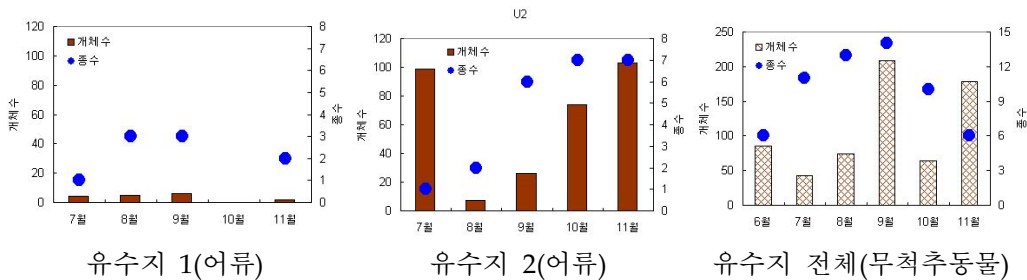
나. 둑병의 생물상

- 경지정리 구역내 배수로에 설치된 둑병의 어류상을 조사한 결과, 붕어, 납지리, 참붕어, 벼들매치 등 총 9종이 채집되었음. 특히 조성초기에는 어류상이 거의 없었으나 9월 조사에서는 개체수와 종수가 모두 증가하였는데, 이는 7, 8월 총 철원기상대의 강수량 자료를 보면 총 539mm, 432mm의 집중 호우가 발생하면서 증가한 수량을 타고 하류로부터 유입되었거나 수원지로부터 유입되었을 것으로 판단됨
- 둑병의 무척추동물상 조사결과, 왕우렁이, 실지렁이과 등 총 34종이 출현하였으며 계절적으로는 8월에 26종 550개체로 가장 많은 출현율을 보였음.
- 조사지역 둑병은 바위를 이용하여 조성하였기 때문에 수서곤충의 미소서식지로 이용되는 생물의 발달은 극히 미약하였으며 하상 또한 모래와 빨질로 구성되어 출현동이 빈약하였음.



다. 유수지의 생물상

- 유수지에서는 참붕어, 붕어를 비롯하여 총 9종의 어류가 채집되었음. 유수지는 경지정리 이전에 존재하던 곳을 새롭게 조성하면서 초창기에는 생물상이 거의 없었으나 시간이 지나면서 인근하천에서 담수어를 포획·방사하고, 상류 수원지에서 유입되면서 차츰 개체수와 종수가 증가하는 경향을 보이고 있었음.
- 유수지의 무척추동물상 조사결과 가시시모물벼룩을 비롯하여 총 29종이 채집되었으며 6월~9월까지 지속적으 출현종수가 증가하였으며 10월, 11월로 접어들면서 감소하는 경향을 보였음. 유수지의 생물상도 다른 지역과 마찬가지로 조성초기여서 빈약한 출현율을 보이고 있음.



5. 결 론

- 논 농업지역은 저수지, 논, 수로가 공존하고 있는 대표적인 곳임. 저수지부터 논과 하천은 물의 흐름상으로는 연결되어 있고 각각의 공간에서의 생태계를 구성하고 있으나, 조류와 일부 이동능력이 좋은 종들을 제외하고는 단절되어 있는 곳이 대부분임. 이러한 단절된 부분의 연결을 통하여 생태 네트워크를 구성하도록 하여 생

물의 종 다양성을 풍부히 하고 생태 복원을 추진하여 친환경적인 공간을 조성하는 것이 현대에서는 농업생산에 못지않게 중요한 농촌의 자원이 될 수 있음.

- 논-배수로-하천 연계를 위한 입지 선정시 우선적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같음
 - ① 친환경 무농약 재배단지 여부
 - ② 다양한 생물의 존재여부
 - ③ 안정된 용수원 확보 여부
 - ④ 하천의 근접성
 - ⑤ 수리계통의 적절성
 - ⑥ 구성 형태의 적절성
 - ⑦ 단절복원을 위한 경제성
 - ⑧ 연구자료 확보의 용이성
 - ⑨ 생태복원 가능성 및 효과
 - ⑩ 대상지 접근성 및 유지 관리성
- 본 연구에서 개발된 어도는 논-배수로-하천의 특성에 맞는 수로식 어도로서 순항이동성을 강조하고 어린 치어나 유속에 대한 내성이 약한 어류들도 이용 가능하도록 만든 조립식 어도임.
- 친환경성을 고려하여 고로슬래그 시멘트와 황토를 사용함으로써 pH 저감효과가 나타나 어류의 서식환경을 개선하였으며, 섬유를 사용하여 내부 균열을 억제하는 밀실화 효과를 가짐과 동시에 구조물의 생화학적 부식을 방지하였으며, 또한 운반시 발생하는 구조물의 파괴와 깨짐 등도 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 판단됨.
- 개발어도는 외벽과 경사 돌조의 사이의 Slot(빈공간)을 두어 토사의 퇴적을 방지하도록 설계하였으나 경사돌조가 외측으로 갈수록 낮게 형성되어 유량이 적을 시 이쪽으로만 흐르는 문제점이 발생되어 Slot(빈공간)을 없애고, 어도블록의 폭을 축소하였음.
- 또한 경사 돌조의 높이를 5cm에서 10cm로 높이고 또한 경사 돌조 사이의 몸체 부분을 함몰되도록 형성하여 어류가 이동 간에 쉴

수 있는 충분한 휴식공간을 확보할 수 있도록 하였고 이를 통해 이동을 위한 여력을 비축할 수 있어 보다 많은 어류들이 어도를 쉽게 통과할 수 있도록 함.

- 논 농업지역 생태복원 아이템 개발을 위하여 10개소의 인공조성된 둚병을 조사한 결과, 둚병↔논의 연결상태는 양호하게 조사되었음. 반면, 둚병↔논↔수로가 유기적으로 연결된 곳은 4개소, 둚병↔논↔수로↔하천등의 완전한 생태네트워크를 구성하고 있는 곳은 없었음.
- 어류를 중심으로 한 생물상 조사결과 논에서 일반적으로 서식하는 미꾸라지, 미꾸리, 드렁허리가 채집되었으며, 논 안에 위치한 둚병의 초기생물상은 주변 농가에서 인위적으로 투입한 것으로 조사됨.
- 둚병↔논과의 구조에서 격벽이 있거나, 이동에 다소 어려움이 있는 곳에서 드렁허리가 주로 채집되었는데, 이는 드렁허리가 이동성이 좋아 어려운 환경에서도 효율적으로 이동한 것으로 보임
- 국내 논 농업지역의 특성상 하천까지의 연계는 다소 어려울 것으로 판단되며, 논 안에 서식하는 생물들이 논과 둚병을 오가며 산란, 서식하고 월동할 수 있는 공간으로는 충분히 의미가 있을 것으로 보임. 또한 곤충을 비롯한 어류들은 논에 물이 마르는 시기 동안에는 둚병을 피난처로 이용할 수 있을 것으로 판단됨.
- 반면, 친환경 간척농업지역은 대호에서는 배수로와 하천인 유수지가 자연스럽게 연결되어 있는 지역으로서, 배수로와 논을 연결하는 어도만 설치하면 논↔배수로↔유수지(하천)이 하나의 시스템으로 연결되어 완전한 생태네트워크 구조를 이룰 수 있을 것으로 판단됨
- 논어도 및 둚병을 현장에 직접 설치한 후 생물들의 변화과정을 모니터링 하였음. 그 결과 어도를 설치한 후 참붕어, 밀어, 미꾸리등이 어도를 이용하여 상류 배수로로 유입하는 것으로 나타났으며 어류 뿐만 아니라 왕우렁이, 곱체다슬기를 비롯한 20여종의 무척추동물이 어도주변을 서식처로 하여 정착하고 있었음.

- 어도설치 초기단계로서 생물다양성은 풍부하지 않았지만, 생물들이 이동할 수 있는 통로로서의 역할은 충분히 수행하고 있는 것으로 판단됨.
- 둌병을 조사한 결과, 조성초기에는 어류상, 무척추동물 및 식생이 매우 빈약한 상태였으나 7,8월 집중 강우가 발생하면서 배수로에 흐르는 물을 타고 외부에서 유입된 것으로 보이는 어류가 둌병에서 서식하고 있었음. 무척추동물도 강우기 이후에 종수와 개체수가 크게 증가하여 둌병 주변을 주요 서식처로 삼고 있었음.
- 이와 같이, 국내에서는 여름철 집중강우와 같은 환경 event로 인해 주변 생물상에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 이곳에 유입된 어류 및 생물들이 잘 정착할 수 있도록, 농업용수 뿐만 아니라 환경유지용수의 추가적인 공급이 고려되어야 할 것으로 보임.

6. 향후연구방향

본 연구에서 개발된 논 농업지역 생태복원 아이템들을 현장에 적용해보고 문제점 및 개선방안을 도출하는 연구를 지속적으로 수행하고자 합니다.

또한 논 농업지역을 기반으로 서식하다가 여러 환경변화로 우리나라에서 사라진 황새 복원을 위해 논 생태계의 생태적 순환고리 회복을 위한 연구를 지속적으로 추진할 계획이며, 논 생태계가 유기적으로 연결되어 하나의 완전한 시스템을 형성할 수 있는 방안 마련을 위한 연구를 추진하겠습니다.

논을 연결하는 용수로와 배수로는 논 못지않게 논 농업지역을 구성하는 중요한 지역이다. 따라서 논 뿐만 아니라 용수로와 배수로를 친환경적으로 개선하는 것도 매우 중요한 일이다. 용수로와 배수로의 주 기능을 유지하면서 좀 더 친환경적으로 기능을 개선할 수 있는 방안에 대한 연구를 수행할 계획이다.

7. 연구결과의 실용화 방안

- 연구를 통해 개발된 기술에 대한 지적재산권 취득
- 공사 설계 매뉴얼에 반영하여 설계 및 시공현장에 보급
- 연구결과 발표, 학술발표, 논문게재, 공사 기술지 발표등을 통하여 연구성과의 홍보 및 산업체 기술보급 확대
- INWEPF 및 랍사스 협약체결 이행보고서 작성시 기초자료로 활용

목 차

1장 서론	3
1.1 연구 배경 및 목적	3
1.2 연구 현황	5
1.3 연구 방법	6
1.4 기대효과 및 실용화방안	7
2장 국내·외 논 생태계 연구 현황	10
2.1 논 생태계 특성	10
2.2 국내 논 생태계 서식 생물상	15
2.3 일본 논 생태계 연구 동향	23
3장 논 생태통로 설치를 위한 입지선정	33
3.1 배경 및 필요성	33
3.2 논 생태계의 유형분류 및 연계방안 검토	35
4장 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발	70
4.1 논 어도의 종류 및 특징	70
4.2 국제 환경에 적합한 어도 개발을 위한 시험	74
4.3 결과 요약	85
5장 논 농업지역 생태복원 아이템 개발	89
5.1 인공 조성된 둠벙 조사	89
5.2 친환경 농업지역 생태복원 기초 조사(대호)	107
5.3 친환경 논 농업지역 수질 및 생태조사	112

6장 논 농업지역 생태복원 시설 현장적용 및 모니터링	120
6.1 연구배경 및 내용	120
6.2 조사방법	120
6.3 조사결과	132
7장 종합결론	162
7.1 논 생태통로 설치를 위한 입지선정 조사	162
7.2 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발	163
7.3 논 농업지역 생태복원 아이템 개발	163
7.4 논 농업지역 생태복원 시설적용 및 모니터링	164
8장 연구개발결과의 활용계획	167
8.1 연구계획 대비 달성도	167
8.2 대외 기여도	167
<참고문헌>	170
<분야별 공동연구 참여자 명단>	171

표 목 차

(표 3-1) 조사대상지 유형분류 및 유형별 특성	40
(표 3-2) 연구대상지 선정 평과 결과	62
(표 4-1) 어도의 설치구배와 연장의 유효크기(실적)	73
(표 4-2) 어도개발을 위한 실험 계획	75
(표 4-3) 시멘트의 물리적 특성	77
(표 4-4) 황토 분말의 물리 화학적 성질	77
(표 4-5) 고로슬래그 시멘트 및 황토 배합표	78
(표 4-6) 기존 조립식 어도 제품 및 개발안 제품의 비교	82
(표 4-7) 어도블록의 제원	83
(표 5-1) 홍성 뚝방 종수 조사(죽대, 통발)	105
(표 5-2) 뚝방의 수질조사 결과	105
(표 5-3) 뚝방의 구조적 특성	106
(표 5-4) 대호 유수지, 유수지-배수로, 배수로에서 채집된 어류상 ..	110
(표 6-1) 조사지역의 담수어류 현황(1, 2차 조사)	128
(표 6-2) 조사지역(소하천 및 어도)의 담수어류 현황(3차조사)	129
(표 6-3) 조사지역(뚝방 및 유수지)의 담수어류 현황(3차조사)	130
(표 6-4) 조사지역(소하천 및 어도)의 담수어류 현황(4차조사)	131
(표 6-5) 조사지역(뚝방 및 유수지)의 담수어류 현황(4차조사)	132
(표 6-6) 조사지역(소하천 및 어도)의 담수어류 현황(5차조사)	133
(표 6-7) 조사지역(뚝방 및 유수지)의 담수어류 현황(5차조사)	133
(표 6-8) 조사지역(뚝방 및 유수지)의 담수어류 현황(6차조사)	135
(표 6-9) 뚝방 조사지점에 대한 조사시기별 현황	137
(표 6-10) 유수지에 대한 조사시기별 현황	137
(표 6-11) 조사지역의 담수어류 목록	138
(표 6-12) 소하천 조사지점별 우점종 및 군집지수 현황	140

(표 6-13) 어도 및 어도 상류의 우점종 및 군집지수 현황(3차 조사)	142
(표 6-14) 어도 및 어도 상류의 우점종 및 군집지수 현황(4차 조사)	142
(표 6-15) 어도 및 어도 상류의 우점종 및 군집지수 현황(5차조사)	143
(표 6-16) 조사지점별 우점종 및 군집지수 현황	144
(표 6-17) 조사지점별 우점종 및 군집지수 현황	146
(표 6-18) 조사지역의 저서성 대형무척추동물 현황(1,2차조사)	147
(표 6-19) 조사지역(소하천 및 어도)의 저서성 대형무척추동물 현황(3차조사)	148
(표 6-20) 조사지역(뚝방 및 우수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(3차조사)	149
(표 6-21) 조사지역(소하천 및 어도)의 저서성 대형무척추동물 현황(4차조사)	150
(표 6-22) 조사지역(뚝방 및 우수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(4차조사)	151
(표 6-23) 조사지역(소하천 및 어도)의 저서성 대형무척추동물 현황(5차조사)	152
(표 6-24) 조사지역(뚝방 및 우수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(5차조사)	153
(표 6-25) 조사지역(뚝방 및 우수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(6차조사)	154
(표 6-26) 조사지역의 저서성 대형무척추동물 목록	155

그림 목 차

<그림 1-1> 논 생태계 피라미드	3
<그림 1-2> 람사르 논습지 결의안 채택(창원 '08.11.4)	3
<그림 1-3> 연구추진체계	6
<그림 2-1> 논 생태계의 구성 및 서식생물상	10
<그림 2-2> 국내 용·배수로 현황	14
<그림 2-3> 논 생태계의 생물구조 피라미드	14
<그림 2-4> 경지정리 전·후 수로와 미꾸라지 채집수의 변화	15
<그림 2-5> 전국 지역별 수서생물 출현 종수	18
<그림 2-6> 재배 농법별 수서생물 출현량 변화	20
<그림 2-7> 효고현 지역별 어도설치 사례	25
<그림 2-8> 낙차해소 공법의 사례	25
<그림 2-9> 생태계 보전형 수로 조성 사례	26
<그림 2-10> 논외 피난처 조성 사례	26
<그림 2-11> 후쿠이현 논 어도 설치 및 모니터링	27
<그림 2-12> 논-하천 수역네트워크 개념 및 효율평가	27
<그림 2-13> 생태수로와 배수로 분리 설치 사례	28
<그림 2-14> 비와호 생태통로 설치 지점도	29
<그림 2-15> 비와호 요람프로젝트 개요도	29
<그림 3-1> 저수지와 논, 수로의 환경과 생태 네트워크	35
<그림 3-2> 논외 연간 영농 스케줄과 저수지 수위변동의 일례	38
<그림 3-3> 대표 종의 생식 범위	39
<그림 3-4> 사포마을(A형) 일반현황 전경	41
<그림 3-5> 사포마을 논 농업지역의 용수간선과 용수공급 모습	42
<그림 3-6> 용수로에서 논으로 용수공급 모습	42
<그림 3-7> 배수로 하류부의 모습	43
<그림 3-8> 황등쌀마을의 인공위성 영상 및 수로계통 모습	43

<그림 3-9> 백매저수지 전경 및 용수로 확장공사 모습	44
<그림 3-10> 용수공급 모습과 용수로의 모습	44
<그림 3-11> 논 둠벙과 논두렁 모습	45
<그림 3-12> 논에서 백로와 긴꼬리투구새우	45
<그림 3-13> 주 배수로 전경과 하류 하천 합류지점 부근 모습	46
<그림 3-14> 논에서 배출되는 배수와 배수로 모습	46
<그림 3-15> 배수로와 하천의 합류지점 모습	47
<그림 3-16> 문당리 주요 용배수로	47
<그림 3-17> 홍동저수지 용수간선과 제1용수분기점 모습	48
<그림 3-18> 용수로와 용수로의 방수문	48
<그림 3-19> 토공용수로 모습	49
<그림 3-20> 토공배수로 및 유입하천에 연결된 배수관 모습	49
<그림 3-21> 토공배수로 및 콘크리트 용수지선	50
<그림 3-22> 배수로와 하천의 합류지점 모습	50
<그림 3-23> 배수로와 하천의 합류지점 모습	51
<그림 3-24> 배수로와 하천의 합류지점 모습	51
<그림 3-25> 배수로와 하천의 합류지점 모습	52
<그림 3-26> 배수로와 하천의 합류지점 모습	52
<그림 3-27> 용천마을 논 농업지역 위성영상	53
<그림 3-28> 용문산계곡 취수보와 용수 취수원	54
<그림 3-29> 용수원과 용수간선 모습	54
<그림 3-30> 배수하천과 용수취수보와 게이트	55
<그림 3-31> 논이 암거배수와 배수로	55
<그림 3-32> 배수하천의 보와 배수암거	55
<그림 3-33> 배수지선과 배수간선	56
<그림 3-34> 자연스러운 배수로 경관과 단절된 수리구조물	56
<그림 3-35> 대호 간척지 유역과 친환경농업시범단지 인공위성 영상	57
<그림 3-36> 자연배수로와 콘크리트 제방과 배수로의 보	58
<그림 3-37> 대호 유수지와 논 주변의 백로	58

<그림 3-38> 용수간선과 용수지선의 TM/TC 장비	59
<그림 3-39> ‘친환경농업육성법’에 따른 친환경농업의 범위	60
<그림 3-39> 논 생태통로 입지선정 순서도	63
<그림 3-40> 논과 배수로의 낙차 형성	64
<그림 3-41> 논과 배수로를 연결하는 생태통로(일본 도요오카시) ...	64
<그림 3-42> 수로에 형성된 낙차부	64
<그림 3-43> 수로부의 낙차해소 방안	65
<그림 3-44> 배수로 말단부와 하천과의 낙차	65
<그림 3-45> 배수 암거부의 친환경적인 구조개선(계단식 연장)	66
<그림 3-46> 배수로 말단부의 생태통로 설치 방안	66
<그림 3-47> 논에 인공조성된 둑병(충남 홍성)	67
<그림 3-48> 논 주변과 논 안의 수로조성	67
<그림 4-1> 논어도 형식별 분류	71
<그림 4-2> 재질별 분류	72
<그림 4-3> 설치방법별 분류(상 : 개거형, 하 : 암거형)	73
<그림 4-4> 압축강도 시험모습과 결과	79
<그림 4-5> pH 측정 시험.	80
<그림 4-6> pH 값 변화	80
<그림 4-7> 개발제품 도면	83
<그림 4-8> 시작품 제작 과정	84
<그림 4-9> 수정·보완된 어도블록	85
<그림 5-1> 홍성 둑병 조사 위치도	89
<그림 5-2> 둑병의 전경(St.1)	90
<그림 5-3> 둑병의 구조도(St. 1)	90
<그림 5-4> 논과 연결된 물길(좌)과 논 주위의 물길(우)	91
<그림 5-5> 둑병의 채집어류상(St. 1)	91
<그림 5-6> 월림리 둑병의 전경(St. 2)	92
<그림 5-7> 둑병의 구조도(St. 2)	92
<그림 5-8> 둑병의 채집어류상(St. 2)	93
<그림 5-8> 둑병의 전경(St. 3)	93

<그림 5-9> 둥병의 구조도(St. 2)	94
<그림 5-10> 둥병의 채집어류상(St. 3)	94
<그림 5-11> 둥병의 전경	95
<그림 5-12> 둥병의 구조도(St. 2)	95
<그림 5-13> 둥병의 채집어류상(St. 4)	96
<그림 5-14> 둥병의 전경(St. 5)	96
<그림 5-15> 논과 둥병의 물길	97
<그림 5-16> 둥병의 채집어류상(St. 5)	98
<그림 5-17> 둥병의 전경(St. 6)	98
<그림 5-18> 논 주위의 물길(좌), 논과 연결된 물길(우)	99
<그림 5-19> 둥병의 채집어류상(St. 6)	99
<그림 5-20> 둥병의 전경(St. 7)	100
<그림 5-21> 둥병과 수로, 논과의 연결	100
<그림 5-22> 둥병의 채집어류상(St. 7)	100
<그림 5-23> 둥병의 전경(St. 8)	101
<그림 5-24> 둥병의 전경(St. 9)	102
<그림 5-25> 둥병과 수로, 논과의 연결	102
<그림 5-26> 둥병의 전경(St. 10)	103
<그림 5-27> 논과 연결된 물길	103
<그림 5-28> 둥병의 채집어류상(St. 7)	104
<그림 5-29> 둥병의 어류상 조사결과	107
<그림 5-30> 논-배수로 연결로 및 배수로와 유수지	108
<그림 5-31> 대호 조사 위치도	108
<그림 5-32> 대호 유수지, 유수지-배수로, 배수로에서 채집된 어류의 개체수	109
<그림 5-33> 유수지에서 투망에 의해 채집된 어류의 개체수	111
<그림 5-34> 유수지-배수로에서 트랩에 의해 채집된 어류의 개체수	111
<그림 5-35> 유수지-배수로에서 트랩의 위치상 어류의 개체 수 ..	111

<그림 5-36> 배수로에서 족대(좌)와 통발(우)에 의해 채집된 어류의 개체수	112
<그림 5-37> 수질조사 조사지점도	113
<그림 5-38> St.1의 전기전도도, COD, TN, TP 변화	114
<그림 5-39> St.2의 전기전도도, COD, TN, TP 변화	115
<그림 5-40> St.3의 전기전도도, COD, TN, TP 변화	116
<그림 5-41> 홍성지역 수질조사 결과	117
<그림 6-1> 조사지점 현황	120
<그림 6-2> 조사지점 현황	121
<그림 6-3> 시기별 출현어류의 개체수와 종수 변화	123
<그림 6-4> 둑병내 어류상 변화	126
<그림 6-5> 우수지내 어류상 변화	127
<그림 6-6> 우수지에 대한 조사시기별 현황 비교	137

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

1.2 연구 내용

1.3 연구추진 체계

1.4 기대효과 및 실용화방안

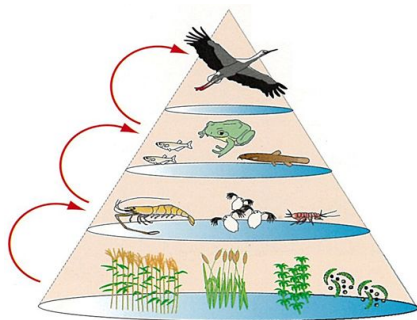
1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

논은 식량 보급기지로서 세계 인구 절반에 이르는 114개국 사람들이 쌀을 주식으로 삼고 있다. 그 뿐만 아니라 논은 눈에 보이지 않는 미생물과 게아재비, 메뚜기, 나비, 잠자리등 작은 곤충에서부터 개구리, 뱀과 같은 양서류충류, 미꾸라지, 메기등 어류의 주 서식처가 되고 있으며 황새, 청둥오리등 다양한 생명체들이 논에서 조화를 이루고 있었다(그림 1-1). 이와 같은 생물들의 서식처로서의 기능과 함께 홍수조절, 지하수 함양, 이산화탄소 흡수, 산소공급, 토양 보전등도 논이 가진 매우 공익적 기능이다(농림수산식품부, 2008).

그럼에도 불구하고 우리 주변의 논은 급격한 경제개발과 도시화, 쌀 수요와 공급의 불균형, 식생활의 변화등으로 인해 크게 감소하였다. 농림수산식품부의 보고에 따르면 우리나라 논 면적은 1988년 135만8천ha에서 2007년 107만ha로 20년 동안 전체면적의 21.2%인 28만8천ha가 감소하였고, 사라진 논에는 아파트와 도로, 건물들이 들어선 것으로 나타났다.

이러한 논이 공익적 기능이 도시화에 밀려 우리의 관심에서 멀어져 가고 있었으나 세계 환경올림픽인 “제 10차 창원 람사르 총회”에서 일본과 우리나라가 공동 발의한 『논 습지 결의안』이 채택되면서 새로운 국면을 맞이하게 되었다(그림 1-2). 우리 정부에서도 생물 다양성을 살리는 논 관리를 위해 각국 정부에 실질적인 노력이 필요하다는 공식적인 성명을 발표하였다.



<그림 1-1> 논 생태계 피라미드 <그림 1-2> 람사르 논습지 결의안 채택 (창원 '08.11.4)

이런 논 습지 결의안의 내용을 살펴보면, 첫째 논습지(논수로 포함)에서 나오는 수생 동·식물은 농촌에 영양소를 공급하며 농촌 가계의 건강 및 복지와 연관되어 있다. 둘째 부적절한 수자원 관리, 자연적 수로변경, 외래종을 포함한 새로운 생물의 도입, 유해한 화학물질의 다량 사용, 부적절한 논 용도변경 등은 논에 위협적인 요소로 작용한다. 셋째 당사국은 논을 주변의 자연습지 및 강과 연결해 통합 관리한다. 마지막으로 람사르 협약 과학기술검토포널은 『논 관리방법에 대한 과학기술보고서를 작성한다』라고 되어있다. 이와 같이 논이 식량 생산지뿐 아니라 생물 다양성의 보고라는 인식의 전환과 비료와 농약사용을 억제하는 농업정책이 필요하다. 또한, 논을 주변 하천과 연결하여 논-배수로-하천이 유기적으로 연결 될 수 있는 생물순환형 농지조성도 매우 중요한 작업이다.

우리와 논 습지 결의안을 공동으로 제출한 일본의 경우 2005년 미야기현에 위치한 가부쿠리 늪을 람사르 습지로 공식 등록하였고, 각 지자체에서도 지방 특색에 맞도록 논-배수로를 연결하는 생태통로(논어도) 조성사업이 활발하게 진행하고 있다.

국내에서도 지금까지 일반 하천의 보나 사방댐에 설치하는 어도에 대한 연구는 비교적 활발하게 이루어져왔으나, 논 농업지역을 중심으로 한 용·배수로와 논을 연결하는 친환경적인 생태통로에 대한 연구는 미미한 상태이다. 논에 어도 및 생태통로 등을 설치하기 위해서는 하천에 설치하는 경우와는 달리 몇몇 사항을 특별하게 고려해야 한다. 콘크리트 개거는 생물들이 이동할 수 없기 때문에 생태계가 단절되고 있으므로 생태통로를 연결할 수 있는 수로정비기법 개발도 필요하고 낙수기에는 생물들이 피난할 수 있는 공간이 사라져 생물들이 지속적으로 생명을 유지할 수 없어 생태다양성이 줄어들고 있으므로 논과 수로가 연결된 피난처 등의 조성 기법을 개발할 필요가 있다.

이와 같이 논 농업지역에서만 서식하는 어류 및 생물, 수리, 수문, 통로의 규모, 관개기와 비관개기의 생태통로 관리, 단순한 구조, 친환경적이지 못한 수로의 재질 등 경제성 및 환경적인 측면을 동시에 고려하는 연구가 필요하다. 따라서 농림수산분야에서는 논을 쌀 생산뿐만 아니라 생태다양성 보전, 수질개선 등 논 의 다양한 공익적 기능의 복원 및 보전기술을 개발하고 이를 적극적으로 보급할 필요가 있다.

1.2 연구 내용

논 습지 생물다양성 증진을 위한 생태기반 조성방안 연구의 1차년도 주요 연구내용은 다음과 같다.

1.2.1 국내·외 논 생태계 연구 현황

- 가. 논 생태계 특성
- 나. 국내 논 생태계 서식 생물상
- 다. 일본 논 생태계 연구 동향

1.2.2 논 생태통로 설치를 위한 입지선정 조사

- 가. 배수로 말단부 유형 분류 및 연계방안 수립
- 나. 논-배수로-하천 연계를 위한 입지조건 작성

1.2.3 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발

- 가. 논 농업 특성 및 소하천에 적합한 어도개발
- 나. 개발어도의 수리모형 실험

1.2.4 논 농업지역 생태복원 아이템 개발

- 가. 인공 조성된 둠벙 조사
- 나. 친환경 농업지역 생태복원 기초 조사
- 다. 친환경 논 농업지역 수질 및 생태조사

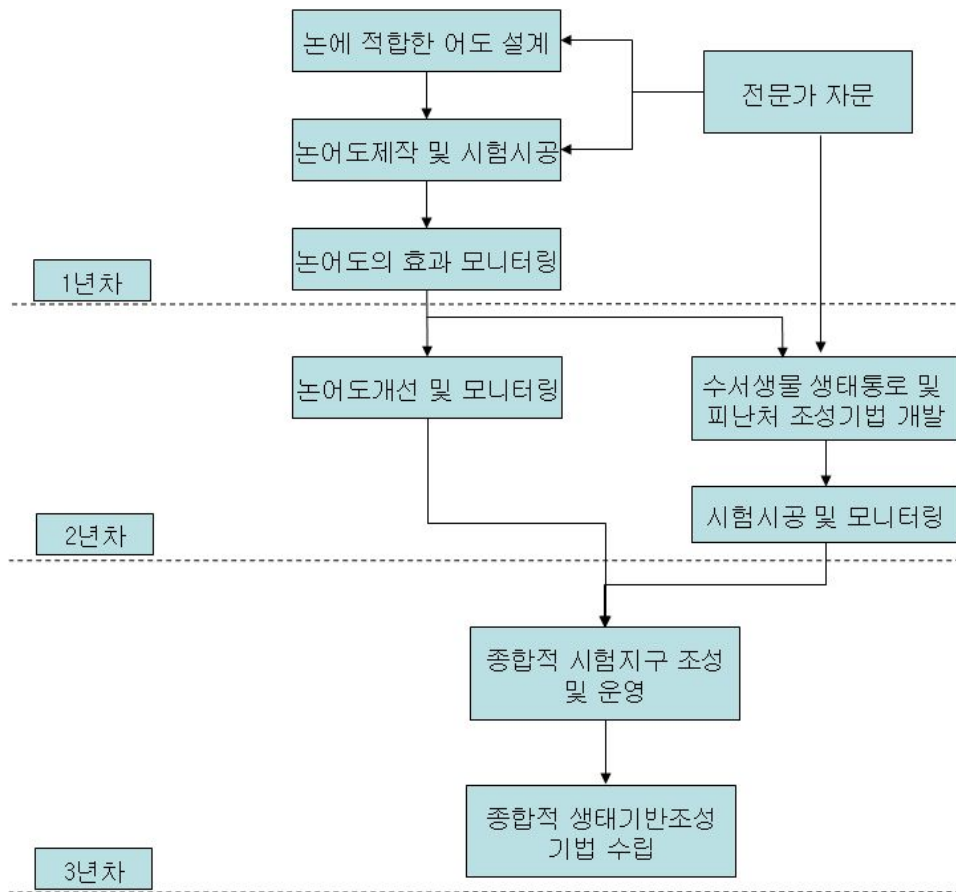
1.2.5 논 농업지역 생태복원 시설적용 및 모니터링

- 가. 경지정리 구역내 어도, 둠벙 및 유수지 설치
- 나. 설치 후 생물상 모니터링

1.3 연구추진 체계

본 연구는 논 농업지역을 전반적으로 검토하고, 생물분야, 수자원분야, 수리·수문분야의 연구자가 종합적으로 검토해야 하는 연구이다. 따라서 국내 연구진들을 포함하여 사전 경험이 있는 일본의 논 생태계 전문가의 자문 및 자료취득을 통한 논어도 설계 및 시공하고자 한다(그림 1-3).

생태통로는 설치하는 것도 중요하지만, 설치 후 생물들의 반응을 조사하는 것도 매우 중요하다. 따라서 생태통로 조성 및 모니터링을 위해서는 어류, 수서곤충, 파충류, 식물 등 다양한 분야의 전문가의 참여가 필수적이므로 공동연구를 통하여 다양한 분야 전문가 참여 유도하는 방식으로 연구를 진행하고자 한다.



<그림 1-3> 연구추진체계

1.4 기대효과 및 실용화방안

1.4.1 기술적 측면

본 연구를 통해 논외 생물다양성 복원기법 개발을 통한 국토의 생태건 강성 증진하고 논 농업지역의 생태계복원을 위한 친환경적 용·배수로 시스템 구축하여 안정적인 논 생태계를 조성할 수 있다.

논 생태계에서 다양한 수서생물이 서식할 수 있는 생태통로 설치 및 bio-tope 조성기법 개발로 논 농업지역 생물다양성 증진하고 시험지구 운영을 통한 농림수산식품부 및 한국농어촌공사의 친환경기술 홍보할 수 있는 기회를 제공해 준다.

1.4.2 경제·산업적 측면

논의 다면적 기능 부여를 통한 보조금 지급의 타당성 확보 및 보조금 지급에 따른 농가소득 증가에 기여하고 생태통로를 설치하여 안정된 생태계에서 생산된 농산물은 소비자에게 안전성 이미지를 제고시켜 결과적으로 생산된 농산물에 대한 부가가치를 높여 지속적인 농산물 판매망 확보 가능하다.

또한 마을별 주민 참여형 활동을 통해 수질 및 수생태계 복원에 대한 의식을 높이고, 마을의 공동체 회복 및 도농교류 확대에 기여한다.

2. 국내 · 외 논 생태계 연구 현황

2.1 논 생태계 특성

2.2 국내 논 생태계 서식 생물상

2.3 일본 논 생태계 연구 동향

2. 국내·외 논 생태계 연구 현황

2.1 논 생태계 특성

2.1.1 논 생태계의 정의

논 생태계를 명확하게 정의 내리기는 어렵지만, 좁은 의미로는 논에서 농업활동을 중점적으로 말하는 것이고, 넓은 의미에서는 논, 수로, 소하천을 중심으로 주변의 다양한 토지이용을 포함하여 폭 넓은 공간의 생태계를 말한다. 즉, 논과 수로, 소하천으로 이루어진 수역 네트워크에 논과 근접한 밭, 야산, 휴경지등의 육상 생태계를 포함하고, 이곳에 서식하는 생물의 상호작용에 따라 발생하는 물질순환·에너지 시스템을 논 생태계라고 정의할 수 있다(森, 2007).

실제로 논은 두렁으로 두른 물이 채워진 공간의 의미로만 규정하기에는 생태학적으로 너무 부족하다. 그 곳에 갇혀진 공간이 아니라 열린 공간이기 때문이다. 즉, 논은 물꼬를 통해 물이 들고 날 수 있도록 관리되어 있어 논과 논이 불연속적으로 연결되어 있게 된다. 또한 수로를 통해 물길이 나 있어 다양한 수서 생물의 유입과 유출이 일어난다. 특히, 날개가 있는 수서 곤충의 경우에는 논과 수로 그리고 주변 웅덩이들 간에 주기적인 이동이 일어난다. 그리고 논과 논을 경계하거나 논배미들을 경계하는 작고 큰 논둑들은 육상의 주변 생태계와 연결 통로가 된다. 따라서 논은 논 하나가 아니라 논을 받쳐주는 수로, 둠벙이나 저수지, 둑방 등이 어우러진 공간이라고 보아야 한다(박 등, 2004).



<그림 2-1> 논 생태계의 구성 및 서식생물상

2.2.2 논 생태계의 기능

가. 쌀 생산 기능

논은 우리나라의 경우 연중 약 5개월 동안 물에 잠겨 있어 몬순 기후 지대에 속하는 동아시아 지역만이 가지는 독특한 생태계이다. 또한 세계 인류가 절대적으로 의존하는 식량의 하나인 쌀을 생산할 수 있는 여건이 비교적 완벽하게 갖추어진 농경지이다.

아직도 세계적으로 부족한 식량을 생산할 수 있는 우수한 농경지는 어떠한 형태로든 유지할 필요가 있다. 국가 경쟁력이 뒷받침된다고 해서 생산력이 우수한 농경지를 포기하게 된다면 가난한 나라에서는 필요한 곡물을 수입할 수 없게 되고, 그에 따라 그들 나라에서는 식량 생산을 늘리기 위한 새로운 농경지를 개발하기 위해 오랫동안 형성되어 온 삼림을 파괴하는 결과를 초래하기 때문이다. 즉 하나를 얻기 위해서는 자연자원 및 생태계의 파괴라는 희생이 강요되는 것이 현실이다.

우리나라에서도 생산력이 우수한 벼를 재배할 수 있는 기반을 유지하는 것은 자국민의 먹을거리 생산뿐만 아니라 세계적으로 부족한 식량자원, 생물에너지 자원의 생산에 일부를 담당한다고 할 때 선진국으로서 당연한 의무이다.

나. 지하수 함양 기능

우리나라 수자원의 총 이용량을 살펴보면, 농업용수로 이용되고 있는 양이 가장 많다. 농업용수의 대부분은 벼의 관개수로 이용되는 양이 대부분이다. 벼 재배기간 중 담수상태인 논을 통하여 지하로 침투되는 물의 양은 약 130억톤/년으로 이중 약 43%가 지하수 함양에 기여하는 것으로 보고 있다(강, 2004).

지표수 자원 중 많은 양이 수질 오염으로 인하여 생활용수나 공업용수로 직접 이용할 수 있는 물은 점차 줄어들고 있으며 계절적으로 부족한 용수를 보충하기 위해 막대한 양의 물을 지하로부터 충당하고 있다. 논 그 자체는 비록 벼를 재배하기 위해 많은 양의 물을 사용하지만, 논을 통하여 다시 지하로 흘러 들어감으로써 부족한 지하수를 채우는 데 크게 이바지하고 있다. 저지대의 논은 많은 양의 물을 순환시키는 과정에서 풍부한 지하수 자원의 형성을 가능하게 하는 통로 역할을 한다.

다. 홍수조절 능력

논은 여름철 집중강우 시 많은 양의 물을 일시적으로 가두어 둠으로써 거대한 홍수조절 댐의 역할을 하고 있다. 홍수 기간 동안에 전체 논이 가둘 수 있는 물의 양은 약 28억 톤으로 추정하고 있는데 이는 춘천댐 저수능력의 약 18.5배나 된다(강, 2004). 실제로 논이 일시적인 홍수 조절 댐으로서의 기능을 가지는 예로, 2002년 김천 일대가 극심한 홍수 피해를 경험한 바, 그 원인을 분석하기 위해 현지 조사를 실시한 결과, 일시에 많은 양의 비가 내린 탓도 있지만 집중 강우시 일시적으로 많은 양의 물을 가둘 수 있는 논과 같은 평양 지대가 상대적으로 적었다는 점도 크게 작용하고 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과로 볼 때, 논은 여름철 집중 강우시 물을 가둘 수 있는 형태로 유지·보존한다는 것은 재해 예방에도 커다란 도움이 될 것이다.

라. 토양 유실 방지

대부분의 논은 지형적으로 낮은 위치에 있기 때문에 집중 강우시 밭으로부터 유실되는 토사를 받음으로써 하천이나 호수로 유실되는 토양의 양을 줄일 수 있다. 한 예로, 경기도 화성에서 강우시 경사지에서 가장 높은 위치에 있는 밭에서부터 그 아래 밭, 그 다음 논, 나지를 지나 소하천으로 물이 이동하는 경로를 따라 유실되는 토사의 양과 질산염의 양을 조사한 결과 논을 통과한 경우에는 빗물 속에 함유되어 있는 토사와 질산염의 양은 크게 감소됨을 알 수 있었다(강, 2004). 이는 빗물이 통과함으로써 무기성분을 포함한 많은 양의 토사가 논에 침전된다는 것을 보여주는 예이다.

논은 이와 같이 물의 흐름을 따라 동반되는 토양 입자나 각종 무기성분의 sink로서의 역할을 함으로써 수질 오염을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 논 자체는 보다 비옥한 상태를 유지할 수 있을 것이다.

마. 수질정화 기능

논의 관개수를 통한 수질 정화 정도는 질소, 인산 등을 흡수하는 비율로 보아 보통 관개수가 약 32%, 생활 오수등으로 많이 오염된 관개수는 약 50% 이상이라고 보고되었다(강, 2004). 논에서는 벼 생육기간 중에 관수 상태 및 토양 깊이에 따라 토양내에서 호기성 미생물과 혐기성 미생물의 활동이 반복적으로 이루어져 부니질 유기물이 분해되어 용존되어 있는 유

기물이나 무기성분과 함께 식물로 흡수되거나 토양 미생물의 생체로 흡수 되게 된다. 이러한 기작을 통해 물이 정화되어 깨끗한 상태로 논 밖으로 나가게 된다.

바. 생물들의 서식지 및 먹이제공

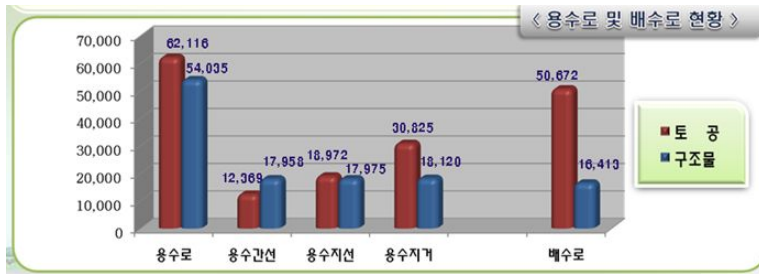
논에 물이 담겨 있는 동안에는 수서곤충이나 어류들이 이곳에서 서식하고 먹이를 찾고, 산란을 하기도 한다. 수확 후에는 농경지에 잔존하는 먹이나 부니질은 먹이 사슬을 통하여 미생물, 미소동물 등 야생동물의 먹이가 된다. 간척지의 논도 철새에 서식지를 제공할 뿐만 아니라 수확 후 남은 곡식이 철새의 먹이로 이용됨으로써 자연 서식지와 유사한 역할을 한다.

2.2.3 논 생태계의 변화

우리나라 농경지는 국토 면적의 약 20%를 차지하고 있으며, 다양한 구조적·생태적 특성을 가지고 있다. 이러한 논 생태계는 「영농효율 증대」라고 하는 큰 목적을 달성하기 위하여 다양한 변화를 겪고 있다. 우리나라 용·배수로 총 연장은 183,000km이며 이중 용수로가 116,000km, 배수로가 67,000km이다(그림 2-2).

용수로의 총 길이 중 약 54,000km(47%)는 콘크리트 구조물화 되었고 배수로는 그 보다 더 적은 16,000km(24%)가 효율 증대를 위해 기능이 개선되었다. 이 밖에도 논의 대구획화, 농로의 포장 콘크리트화, 기계화 및 영농방법의 변화, 농약 및 제초제의 사용 등을 들 수 있다. 부가적으로 도시화가 진행되면서 논이 다양한 목적(건물건축, 공공시설, 유희지, 논→밭 전용)으로 전용되면서 논 면적은 10,331ha/yr 정도 감소하여 전체 연평균 농경지 감소의 약 70%를 차지하고 있었다.

이와 같은 원인에 의해 논에 서식하던 생물들은 많은 혼란을 겪고 있으며 논 생태계 피라미드의 최상위 계층에 있는 황새는 급기야 멸종되는 결과를 낳기도 하였다(그림 2-3). 이러한 기반 시설의 변화로 인해 논 생태계는 눈에 보이지 않게 많은 변화를 겪고 있을 것으로 판단된다.



<그림 2-2> 국내 용·배수로 현황

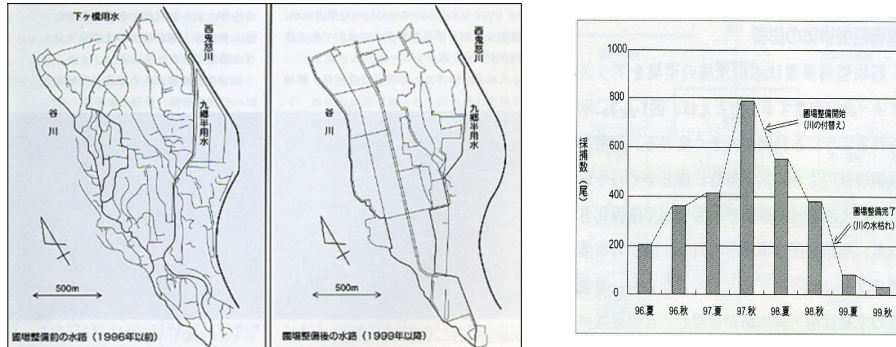


<그림 2-3> 논 생태계의 생물구조 피라미드

일본의 도치기현에서 경지정리로 인한 주변 생태계의 변화를 보고한 바에 따르면, 경지정리 사업으로 많은 수로들이 직선화되었으며, 용·배수로가 분리되었다(그림 2-4). 용수로는 콘크리트 U-자관으로 되었으며 배수로는 논 보다 1~1.5m 낮게 설치되어 배수효율을 높였다. 경지정리 후 주변 생물상을 조사해 본 결과 미꾸라지가 현저하게 감소하였다(그림 2-4).

원인으로는 사업 후 산란·번식을 위해 논으로 소상이 불가능해졌고, 새로 조성된 용수로에서 월동이 어려워지면서 이와 같은 결과를 보인 것으로 추측된다(水谷, 2000). 양서류와 곤충류도 경지정리 후 매년 급격히 감소하여 경지정리 5년 후에는 멸종위기까지 감소하는 결과를 보이기도 하였다. 이와 같이 양서류가 감소하면서 이를 먹이로 이용하는 파충류의 감소는 당연한 수순으로 약 5배 정도 출현율이 감소한 것으로 조사되었다. 특히

물고기, 개구리, 수서곤충들은 경지정리로 인해 심각한 영향을 받고 있다. 이와 같은 문제점들을 극복하기 위하여 일본에서는 2001년 토지개량법을 개정하면서 농업농촌정비사업시 「환경과의 조화를 고려」하도록 의무화하였다.



<그림 2-4> 경지정리 전·후 수로와 미꾸라지 채집수의 변화

이와 같이 논 생태계는 주곡인 쌀을 생산하는 공간 뿐 만 아니라 다양한 생물들이 서로 관계를 이루며 살아가는 공간이다. 따라서 논 생태계가 식량 안보의 가치에서 한 발 더 나아가 환경보전의 가치, 생태적 가치, 사회·문화적 가치, 경제적 가치 등 논의 가지고 있는 다양한 가치를 함께 논할 수 있는 공간이 되도록 논 생태계의 기능 부활을 위해 적극적인 노력이 필요하다.

2.2 국내 논 생태계 서식 생물상

근대화된 농업을 통하여 쌀 생산성을 추구하면서 논 생태계의 생물다양성은 많은 부분에서 변화를 겪게 되었다. 최근 들어서는 비교적 다양한 농법들이 시도되고 있고 보다 친환경적인 쪽으로 농법들이 개량화 되고 있지만 각 방법들이 논에 사는 생물 특히 곤충이나 수서무척추동물 도는 거미 등에 어떤 영향을 줄 수 있는지 깊게 연구된 결과들은 많지 않다.

더욱이 과거 전통적인 농법에서 어떤 생물다양성을 가지고 있는지를 보여주는 단서도 많지 않다. 실제로 인터넷이나 문헌에서 논에 대한 자료를 찾아보아도 논 생물에 대한 구체적인 자료를 구하기는 어렵다. 그나마 논 생태계의 생물다양성 연구란 주제로 한 등(2005)에 의하여 "논 생태계 생물다양성 평가"가 대표적인 연구 사례이다.

국내 논 생태계의 서식 생물상은 한 등(2005)의 자료를 비롯하여 그 등

안의 연구 자료를 종합하여 논 생태계의 수서생물상 분포를 정리해 보고자 한다.

2.2.1 전국 논 생태계의 수서생물 분포현황

전국 논 생태계 수서생물 실태조사는 2005년 시작하였으며 조사 규모가 방대하여 1년에 3개도씩 나누어 종조사와 밀도조사를 실시하였다(한, 2005).

채집시기 및 채집지 선정은 이앙 후 20일 이후 제초제와 벼물바구미 방제 액제의 영향을 피했으며, 현지에서는 논을 살피 마르지 않은 논을 대상으로 조사를 실시하였다.

종 조사는 이앙 전부터 수확 후에도 얼음이 얼기까지 시군별로 년중 2~3회 정도 실시하였으며 논을 포함하여 담수 휴경논, 온수로, 물웅덩이, 농수로 등에서 망목 20 μ m의 뜰채를 이용하여 조사하였고 주요 하천 서식종들은 배제하였다.

조사결과는 각 도별로 출현어종을 제시하고 종합적으로 벼 재배방법의 차이별로 수서생물상 출현 빈도를 제시하고자 한다.

가. 강원도

총 106종의 수서생물이 조사되어 다른 지역에 비해 가장 적은 수의 수서생물종이 존재하는 것으로 나타났다. 곤충류는 총 83종으로 하루살이목 1종, 파리목 18종, 잠자리목 26종, 딱정벌레목 19종, 노린재목 19종이 존재하는 것으로 나타났다. 연체동물강 10종, 환형동물강 7종, 갑각류강 6종으로, 무척추동물은 23종으로 조사되었다

나. 경기도

경기도는 총 152종의 수서생물이 출현하여 비교적 다양한 종의 수서생물이 서식하는 것으로 나타났다. 곤충류는 총 122종이 존재하는 것으로 나타났다. 하루살이목 1종, 파리목 19종, 잠자리목 34종, 딱정벌레목 42종, 노린재목 26종으로 조사되었으며, 연체동물강 14종, 환형동물강 9종, 갑각류강 7종으로 무척추동물은 30종이 존재하였다.

다. 충청북도

충청북도는 총 115종의 수서생물이 존재하는 것으로 조사되었다. 곤충류는 총 92종으로, 하루살이목 1종, 파리목 14종, 잠자리목 26종, 딱정벌레

목 31종, 노린재목 20종으로 나타났다. 무척추동물은 연체동물강 9종, 환형동물강 6종, 갑각류강 8종이 존재하여 총 23종으로 조사되었다.

라. 충청남도

충청남도는 총 120종의 수서생물이 존재하는 것으로 나타났다. 곤충류는 총 94종이 존재하며 하루살이목 1종, 파리목 19종, 잠자리목 32종, 딱정벌레목 23종, 노린재목 19종으로 조사되었다. 무척추동물은 총 26종으로, 연체동물강 10종, 환형동물강 9종, 갑각류강 7종이 존재하였다.

마. 전라북도

전라북도는 총 120종의 수서생물이 존재하는 것으로 나타났다. 곤충류는 총 93종이 존재하고 있으며 하루살이목 1종, 파리목 10종, 잠자리목 33종, 딱정벌레목 25종, 노린재목 24종이 서식하고 있었다. 무척추동물은 총 27종으로 연체동물강 10종, 환형동물강 9종, 갑각류강 8종으로 나타났다.

바. 전라남도

전라남도는 총 120종의 수서생물이 존재하는 것으로 나타났다. 곤충류는 총 91종이 존재하고 있으며 하루살이목 1종, 파리목 11종, 잠자리목 31종, 딱정벌레목 28종, 노린재목 20종이 서식하고 있었다. 무척추동물은 총 28종으로 연체동물강 11종, 환형동물강 9종, 갑각류강 9종으로 나타났다.

사. 경상북도

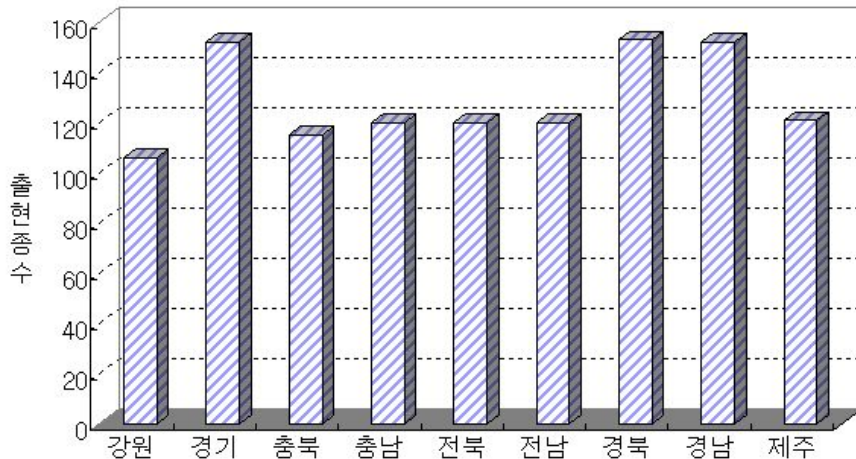
경상북도는 총 153종의 수서생물이 조사되어 조사 지역 중 가장 다양한 종의 수서생물이 서식하는 것으로 나타났다. 곤충류는 총 122종이 존재하는 것으로 나타났다. 하루살이목 1종, 파리목 20종, 잠자리목 35종, 딱정벌레목 44종, 노린재목 24종으로 조사되었으며, 연체동물강 10종, 환형동물강 9종, 갑각류강 10종으로 무척추동물은 29종이 존재하였다.

아. 경상남도

경상남도는 수서생물의 수가 총 152종으로 조사되어 비교적 다양한 종의 수서생물이 서식하는 것으로 나타났다. 곤충류는 총 122종이 존재하는 것으로 나타났다. 하루살이목 1종, 파리목 20종, 잠자리목 38종, 딱정벌레목 37종, 노린재목 26종으로 조사되었으며, 연체동물강 12종, 환형동물강 10종, 갑각류강 8종으로 무척추동물은 30종이 존재하였다.

자. 제주도

제주도는 총 121종의 수서생물이 존재하는 것으로 나타났으며 다른 지역에서 찾기 힘들거나 채집되지 않는 종들로 이루어져 있었다. 곤충류는 총 99종이 존재하고 있으며 하루살이목 1종, 파리목 14종, 잠자리목 25종, 딱정벌레목 37종, 노린재목 22종이 서식하고 있었다. 무척추동물은 총 22종으로 연체동물강 9종, 환형동물강 8종, 갑각류강 5종이 존재하는 것으로 조사되었다.



<그림 2-5> 전국 지역별 수서생물 출현 종수

2.2.2 벼의 재배방법별 수서생물의 차이

시비나 벼 재배 농법의 차이에 따른 수서생물의 변화를 조사하기 위하여 경기도 수원에 있는 농업과학기술원 논 포장에서 실험을 실시하였다 (한, 2005). 시험포장의 토양은 화동토로서 식양토이며 토양의 유기물 함량은 낮은 상태이고 관개수는 관정을 이용하였다.

실험을 위하여 농법을 구분하였는데, 우렁이 농법은 작물시험장 추천농법에 따라 우렁이의 입식은 이앙 후 크기 20~30g의 것을 넣었다. 오리 농법은 10a당 오리 30마리를 이앙 후 4주 후에 3~4주령을 입식하여 이삭이 패기 전인 8월 1일 수거하였다(강, 1995). 방제구는 제초제와 벼 물바구미 방제 약제를 입제로 살포하였고, 이 외 병충해 방제는 액제와 수화제를 혼용하여 2~3회 방제 적기에 살포하여 감 농약 재배를 하였으며 무 방제구는 이제로서 제초제를 1회 사용하고 병충해는 방제하지 않았다.

벼의 재배 방법별 수서생물의 차이를 조사한 결과, 제초제만 뿌린 무방제구에서 가장 많은 수서생물이 존재한 것으로 나타났다. 이는 해충이 박멸되지 않아 먹이의 증가로 인한 결과일 것이다. 방제구와 우렁이 농법이 수서생물 개체수가 가장 적었으며 두 방법을 비교한 결과, 수서곤충과 환형동물의 수가 유사한 것으로 보아 해충제거의 효율이 비슷할 것으로 판단된다. 그러나 우렁이 농법에서 복족류는 대부분 우렁이의 개체수였으며, 갑각류의 수가 방제구 보다 많다. 오리농법은 오리가 많은 수의 수서곤충을 먹이로 해 수서곤충의 수가 눈에 띄게 적으며 환형동물과 복족류의 개체수도 적어 포식자의 감소로 인해 해충의 수가 증가할 확률이 높을 것으로 보인다(한, 2005).

가. 방제구

방제구에서는 수서곤충강 2,480마리/m², 환형동물강 211마리/m², 복족류강 2,261마리/m², 갑각류강 15,915마리/m²가 존재하여 총 20,867마리/m²의 무척추동물이 존재하였다. 대조구와 비교하였을 때 전체적인 수는 가장 적으나 수서곤충은 비교적 많이 존재하는 것으로 나타났다.

나. 무방제구+제초제

무방제구+제초제에서는 수서곤충강 5,355마리/m², 환형동물강 411마리/m², 복족류강 1,447마리/m², 갑각류강 37,910마리/m²가 존재하여 총 45,123마리/m²의 무척추동물이 존재하였다. 실험구 중에서 모든 종류의 생물들이 가장 많이 존재하였으며 특히 수서곤충의 수가 눈에 띄게 많았다.

다. 우렁이 농법

우렁이 농법 논에서는 수서곤충강 2,348마리/m², 환형동물강 183마리/m², 복족류강 705마리/m², 갑각류강 26,914마리/m²로 조사되어 총 30,150마리/m²의 무척추동물이 존재하였다. 대조구와 비교하였을 때 전체적으로 많은 전수로 조사되었다.

라. 오리농법

오리농법 논에서는 수서곤충강 975마리/m², 환형동물강 166마리/m², 복족류강 610마리/m², 갑각류강 21,176마리/m²로 나타났으며, 총 22,928마리/m²의 무척추동물이 존재하였다. 방제구보다 약간 상회하는 생물수가 존재하였으며 특히 수서곤충이 가장 적게 나타났다.

마. 휴경지

휴경지에서는 수서곤충강 3,451마리/m², 환형동물강 130마리/m², 복족류강 738마리/m², 갑각류강 35,174마리/m²로 조사되어 총 39,493마리/m²의 무척추동물이 존재하였다. 살충제 없이 제초제만 뿌린 실험구 다음으로 많은 전수가 조사되었다.



<그림 2-6> 재배 농법별 수서생물 출현량 변화

2.2.3 논 생태계의 변천과 외부 영향

가. 농약과 비료의 사용

논 생태계는 지속적으로 유입되는 농약, 비료 등의 외부 요인들이 그곳에 사는 무척추동물의 군집에 지속적인 영향을 미쳐왔다(박, 2004). 먼저 농약의 잔류 특성에 따른 영향의 시험을 보면(김 등, 1998), 물벼룩류, 요각류, 패충류를 주 대상으로 삼아 카보입제와 트리졸수화제를 관행적으로 처리하였다. 그리고 4일 후가 되면 이들의 수서무척추동물의 개체수 밀도가 가장 낮게 되었다. 그리고 20일 정도 지나면서 초기에 갖고 있던 그들의 밀도를 회복하게 되었다.

부타입제라는 제초제를 처리하였을 때는 처리한 다음날은 수서무척추동물의 개체수가 약간 감소되었으나 그 후 초기의 밀도를 회복하였다. 제초제와 농약의 수서곤충에 대한 영향을 함께 볼 때도 외부적인 투입을 하지 않은 논과 손으로 풀뽑기를 하는 곳이 관행적으로 해충방제를 하는 곳

보다 수서곤충의 밀도가 높게 나타났다(박, 2005).

토양에 공급하는 비료의 공급량과 질의 차이에 따라 수서곤충을 포함한 무척추동물의 개체수 변화를 보면(한 등 2000), 토양 검사를 하고 적정한 양의 화학비료를 투입한 곳에서 관행적인 비료를 공급한 곳보다 개체수의 비율이 50%~200% 정도 많았으며 전혀 비료를 공급하지 않은 곳이 가장 낮았다.

따라서 생물 다양성 유지측면에서 적정한 양의 시비가 무척추동물의 개체수 유지와 증진에 긍정적인 효과가 있을 것으로 판단되었다. 이와 함께 농약이 과다하게 투입될 수밖에 없을 정도로 병충해가 심각한 지역에서는 화학비료 보다 볏짚 및 유기물 등을 적정하게 투입하게 되면, 수서곤충의 개체수가 많을 뿐 아니라 종 다양성 지수도 높게 유지될 수 있었다고 한다.

종합해 보면, 비료를 공급하는 문제보다는 농약의 과다 투입이 수서 무척추동물의 개체밀도와 다양성을 낮추는데 주요 요인이 되었다.

나. 주변 경관과의 관계

논이 위치한 주변 경관의 영향에 대해서는 이 등(1998)의 연구결과를 살펴보았다. 김포의 평야지 논과 양수리의 산간지 논에서 월동하는 절지동물 군집을 비교한 결과, 총 개체수에서는 김포가 양수리 운길산보다는 높게 나왔지만 종의 다양성과 종별 개체군의 구성 상태를 알아볼 수 있는 풍부도 지수에서는 김포가 6.77인데 비하여 양수리의 다양도는 11.53으로 약 1.7배나 높은 것을 볼 수 있었다.

김포지역은 평야로서 주변에서 유입되는 종들이 적은 반면에 양수리 지역은 운길산의 숲 사이에 위치하여 주변에서 곤충의 유입이 많을 수 있기 때문이다. 이처럼 주변 경관 요소가 가져다주는 지형적 다양성과 식물 사회적 구조의 다양성은 논에 사는 생물의 구성에 큰 영향을 미칠 수 밖에 없다(박 등, 2004)

2.2.4 논 생태계의 문제점 진단

논 생태계는 물웅덩이, 저수지등과 더불어 정수 환경을 이루어 온 우리의 주요한 경관요소이다(박, 2004). 이 같은 공간에서 사라져 가는 여러 곤충들이 생겨나게 되었다. 환경부에서 멸종위기 및 보호야생동물로 지정된 종들에도 이들이 포함되어 있는데 대표적인 논 생물로는 물장군, 꼬마잠자

리, 물방개, 애반딧불이 등이다. 이들의 밀도가 줄어든 원인을 분석해 보면, 예전에는 논이 있으면 방죽과 물웅덩이, 저수지등이 산재하여 물의 부족시를 대비하였다. 하지만 최근 들어 수로나 양수기를 통해서 논에 물을 대는 것이 많아졌다. 콘크리트 수로화 되면서 서식 생물종이 감소하였고 농번기를 제외하고는 수로내 물이 있는 경우가 드물다. 따라서 겨울의 월동기 동안은 물에서 나와 습기가 많은 다른 공간으로 이동하게 되는데 적절한 피난처나 은신처가 부족한 실정이다. 다른 원인으로서는 서식 환경에서 농약 등 외부적 요인이 작용하여 개수수와 종수의 감소를 야기한 것으로 보인다.

물방개는 전국적으로 분포하는 것으로 알려져 왔으나 지금은 매우 드물게 국부적으로만 출현이 알려져 있다(박 등, 2004). 또한 이들은 연못에서 살다가 벼가 어느 정도 정착한 후에 논으로 들어왔다가 가을에는 다시 연못으로 나가는 습성을 갖고 있다. 즉 논과 그 주변 생태계를 순환하면서 사는 종이라고 할 수 있다. 사실, 많은 수서곤충들이 이 같은 습성을 갖는 경우가 많다. 그런데 이들은 자신보다는 상위 단계로 알려진 먹이를 원하지만 논 바닥에서는 어류를 비롯한 척추동물을 찾아보기 어렵다. 따라서 이런 종들의 감소는 피할 수 없는 현실이다.

반딧불이 중에서 논과 깊은 관계를 맺어온 종은 애반딧불이이다. 애반딧불이가 급감한 원인으로서는 과거의 논은 물을 같은 높이로 담아야 하기 때문에 등고선을 따라 곡선을 이루면서 만들어졌다. 하지만, 현재 논들은 시설현대화가 이루어지면서 경지정리가 됨으로 인해 애반딧불이의 애벌레가 땅 속으로 파고 들어가기 어려운 환경이 되었다. 두 번째는 농촌 전기의 보급으로 애반딧불이의 짝짓기가 어려워져서 전 한반도에 연속적으로 분포하던 애반딧불이의 분포가 많이 감소하는 원인이 되었다(박 등, 2004)

2.3 일본 논 생태계 연구 동향

우리나라와 비슷하게 쌀을 주식으로 하는 일본은 친환경적인 논 농업 구축에 관심을 갖고 농민 스스로가 무농약, 농약 80%줄이기 운동을 펼치고 있으며 이를 통해 논 주변 생물이 크게 증가하고 있다고 보고하고 있다(矢部, 2007). 또한 정비사업등으로 단절되었던 논과 배수로를 연결하여 수역네트워크를 구성하고 겨울철에도 논에 물을 담아둠으로써 서식생물이 증가를 유도하였다(吳地, 2007). 이러한 작업들은 해충이나 유해생물을 감소시켜 안정적인 생태계 구축에 도움을 주는 것으로 나타났다. 다양한 생물이 서식하는 논 생태계는 수확하는 쌀도 안전하고 미질도 좋아 저비용으로 고효율을 거둘 수 있는 일이다.

일본의 논 생태계 및 논 수역네트워크 구성에 관한 연구는 2001년 토지개량법이 개정되면서 활발하게 진행되기 시작했다. 2001년 개정된 토지개량법에서는 『논에는 많은 생물들이 서식, 산란 및 번식을 하고 있으므로, 정비사업을 실시하면 어류 및 생물들의 개체수가 감소할 수 있다. 그러므로 농업농촌정비사업을 실시할 때는 반드시 환경과의 조화를 고려하도록 의무화한다』라는 법 조항에 입각하여 수로나 논에 어도를 설치하게 되었다. 이러한 움직임은 각 지방 현을 중심으로 생태계보전형 논정비 추진사업, 지역환경보전 창조형 활동추진사업, 황새 먹이장 부활대책 사업, 생물에 안전한 공간조성사업등을 통해 논 어도의 설치가 확대되고 있으며 현재는 효고현을 비롯하여 아이치현, 후쿠이현, 토치기현, 니가타현등 여러지역에서 활발히 추진되고 있다.

2.3.1 효고현(兵庫縣)

효고현에서는 2002년부터 현장에 논 어도를 설치하기 시작하여 2008년까지 총 106개소에 어도를 현장에 설치하였다(표 2-1). 어도를 설치한 후 어도를 통해 생물들이 이동하였는지를 조사해본 결과, 어도 설치 이전에는 미꾸라지를 비롯하여 7개체가 수집되었으나, 어도 설치 후에는 붕어, 피라미, 미꾸라지, 메기, 송사리를 비롯하여 총 182개체가 채집되어 약 26배 이상의 효율을 보였다(矢部, 2007).

효고현 도요오카시는 일본 황새복원지로 지정되어 지역별로 다양한 사업이 이루어지고 있다. 황새 먹이장 부활대책사업, 안전 농산물 생산사업, 논 정비 사업, 황새 야생복원 지원사업등 지역별로 논 생태계 복원사업을

추진하고 있다.

효고현 도요오카시의 구체적인 사업내용을 살펴보면, 어도설치사업, 배수로-하천 합류점의 낙차 해소 사업, 생태계 보전형 수로 사업, 피난처 조성 사업등을 하고 있다.

어도설치사업은 포장 정비로 논과 배수로에 생긴 낙차를 해소하여 논을 산란·성육장으로 이용하는 어류(미꾸라지, 붕어등)가 다시 논으로 소상할 수 있도록 논과 배수로를 연결하여 논-수로 네트워크를 형성하는 일이다. 어도를 제작하는 재료는 주변에서 구하기 쉽고, 비용이 저렴하고 설치가 복잡하지 않은 것을 이용한다. 재질은 주로 목재, 콘크리트, 폴리에틸렌이 사용되며 폭 30~50cm 정도의 소형으로 제작·설치한다.

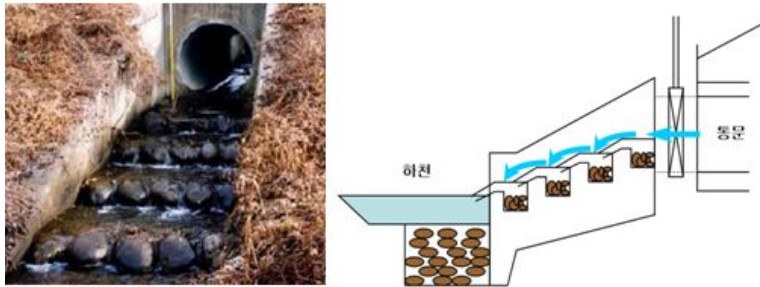
(표 2-1) 효고현 생태복원 사업

지구	사 업 명	“02	“03	“04	“05	“06	“07	“08	소계
三江	황새먹이장부활대책사업	2							8
	안전농산물 생산사업			6					
赤石	보전형 논정비사업	4							60
	영농체 육성사업		27	28					
	지역주민 참여사업				1				
中川	영농체 육성사업		8						8
六方	황새 야생복원지원사업		9						15
	어류생식지역 모델검증사업						6		
八代	황새 야생복원지원사업			3					3
野上	황새 야생복원지원사업			1		1			2
福田	황새 야생복원지원사업					1			1
河谷	황새 야생복원지원사업					2			2
山本	황새 야생복원지원사업						3		3
三木	황새 야생복원지원사업						4		4



<그림 2-7> 효고현 지역별 어도설치 사례

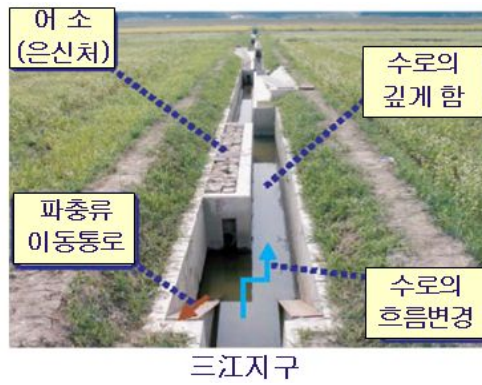
낙차해소 사업은 배수로와 하천 합류점의 단차로 생물이동통로가 단절되어 낙차를 줄이는 작업으로 하천과 수로 네트워크 형성을 도모하는 일이다. 낙차 해소 방식은 원형이나 사각 배수암거 말단부에 계단식 단차를 두어 이동 생물들이 올라갈 수 있도록 설치한다. 그 이외에 사각 배수 암거와 같은 경우에는 배수 암거내에 단차를 두어 자연스럽게 하천과 연결되도록 조성한다.



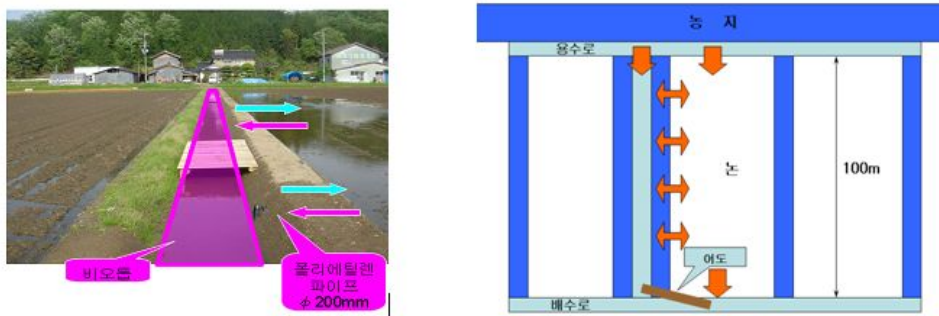
<그림 2-8> 낙차해소 공법의 사례

생태계 보전형 수로사업은 기존 삼면 콘크리트 수로의 단점을 보완하여 생물의 은신처나 서식처를 조성하는 사업이다. 수로내에 어소블록, 침사지를 설치하여 어류의 피난 장소를 만들고, 수로를 지그재그로 배치하여 체류시간 증가와 흐름에 변화를 주었다. 그 이외에도 돌무덤을 설치하여 야행성 어류의 서식을 도왔고, 양서류·파충류의 이동을 돕고자 이동통로를 설치하였다(그림 2-8).

피난처 조성은 중간 갈수기나 비 관개기에 어류나 기타 생물들이 피난하지 못하고 말라 죽어버리는 것을 방지하기 위하여 논가에 설치하는 간단한 시설이다. 구조는 수면폭 1.5m 정도의 수로를 조성하고 수로와 논은 파이프를 연결하였다. 말단부는 논 어도를 통해 배수로와 연결하여 피난처인 동시에 생태통로 역할을 하도록 조성하였다(그림).



<그림 2-9> 생태계 보전형 수로조성 사례



<그림 2-10> 논외피난처 조성 사례

2.3.2 후쿠이현(福井縣)

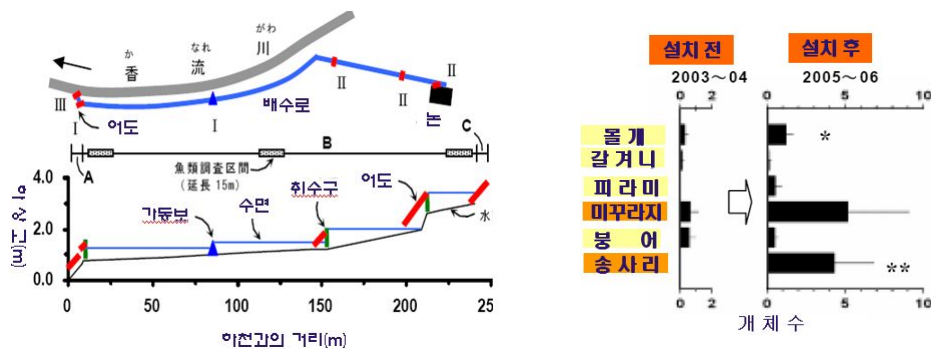
후쿠이현에서는 배수로와 논을 유기적으로 연결한 이후 하천에 서식하는 생물종의 50%가 논 주변수역에서 발견되어 어도를 통해 이동성 생물들이 원활하게 이동하는 것으로 조사되었다. 또한 봄에 어미 6마리와 치어 130마리가 어도를 통하여 소상한 후 3,830마리가 어도를 통해 강하하는 것으로 조사되어 논이 쌀 뿐만 아니라 물고기의 산란·성육장으로도 충분히 역할을 한다는 것을 알 수 있었다(그림 2-11).



<그림 2-11> 후쿠이현 논 어도 설치 및 모니터링

2.3.3 아이치현(愛知縣)

아이치현에서는 어도 및 가동보를 설치하여 논과 수로의 수역네트워크를 복원한 결과 미꾸라지, 송사리등의 어류가 복원 전과 비교하여 통계학적으로 유의한 ($p < 0.01$) 차이를 보이는 만큼 증가한 것으로 나타났다(그림 2-12).



<그림 2-12> 논-하천 수역네트워크 개념 및 효율평가

2.3.4 도치키현(栃木縣)

도치키현에서는 배수로 말단부에 어도를 설치하였는데, 어도를 비롯한 생태적인 기능을 하는 수로와 순수하게 배수만을 목적으로 하는 수로를 분리하여 설치하였다(그림 2-13). 어도는 콘크리트 재질의 하프콘 형식 어도를 설치하여 생태통로 역할을 하도록 하였으며 논외 배수를 위해서는 암거형 배수로를 별도로 설치하여 생태통로 설치로 인한 배수 불량 우려를 저감시켰다. 설치 이후에는 미꾸라지, 붕어, 망둥어 등의 어류가 어도를 이용

하여 논으로 소상하고 산란·성장하는 것을 알 수 있었다(표 2-2)



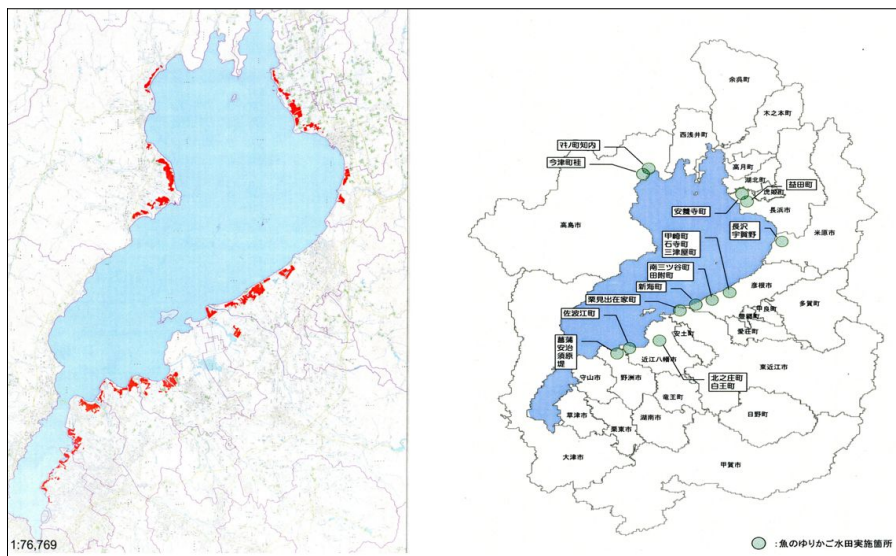
<그림 2-13> 생태수로와 배수로 분리 설치 사례
(표 2-2) 도치키현 어도설치 후 이용어류 조사결과

어 종	소 상 (4/27~7/22)	강 하 (7/23~10/1)
미꾸라지	280	1120
미꾸리	1	11
붕어	1	659
망둥어	20	601
갈겨니	3	110
피라미	5	19
버들붕어	7	8
합 계	317	2,528

2.3.5 시가현(滋賀縣)

시가현에서는 2001년 비와호 「요람」 프로젝트를 통하여 비와호 주변 논과 비와호를 연결하는 생태통로 조성사업을 실시하였다. 본 사업은 비와호 보다 수위가 +1.2m 이하의 논 2,000ha중 200ha를 대상으로 선정하여 비와호 생태계 및 수산자원을 보전하고자 하는 사업이다. 국토부, 농림수산성이 합동으로 위원회를 발족하여 2008년 12개소를 설치하였다. <그림 2-14>에서 좌측의 붉은 색으로 표시된 부분이 수위가 +1.2m 이하의 지역이고, 이 지역들을 대상으로 어도를 설치한 것은 우측의 점으로 표시된 지

역들이다.



<그림 2-14> 비와호 생태통로 설치 지점도



<그림 2-15> 비와호 요람프로젝트 개요도

논 네트워크의 조성은 현장 설치뿐만 아니라 유지관리 및 지속적인 관심이 매우 중요하다. 그러므로 논을 직접 경작하는 농민들이 동의 없이는 효율적인 결과를 도출할 수 없으므로 농민이 적극적으로 참여할 수 있는 동기부여 및 활동 프로그램을 수립하는 것이 중요하다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 2007년부터 일본 농림수산성에서는 농가뿐만 아니라 지역주민이 함께 참여하여 농지와 농업용 수로를 유지관리하는 「농지·물·환경보전 향상대책」이 전국 각지에서 시작되었다. 이러

한 농림수산성의 사업을 통해 각 지방 현에서는 실행 매뉴얼을 작성하여 현장에 적용하고 있다. 매뉴얼에는 ①설치·유지관리의 부담이 적고, 생물 보전과 재생이 가능한 수로 개선 기술 ②는 주변에 사는 생물에 대한 설명과 손쉽게 할 수 있는 생물조사·관찰 방법 ③ 농업과 관련이 적은 주민의 관심과 이해를 돕는 방법 등이 수록되어 있다.

또한 매뉴얼에서는 현장에서 접근하는 방법이나 순서에 대하여 약 26가지의 상황을 만들어 제시하고 있으며 각 상황마다 활용할 수 있는 tool을 링크시켜 문제를 해결할 수 있도록 하고 있다. 이러한 매뉴얼은 토지개량구나 지자체 담당자들을 비롯하여 지역주민 등 누구나 쉽게 접근할 수 있도록 하고 있다. 매뉴얼 이외에 주민 참가형 유지관리 기법에 대해서도 여러 가지 유형이 개발되어 농민들이 자발적으로 참여할 수 있도록 하고 있으며, 그를 통해 농가소득에도 도움이 되도록 프로그램을 개발하고 있다.

3. 논 생태통로 설치를 위한 입지선정

3.1 배경 및 필요성

3.2 논 생태계의 유형분류 및 연계방안 검토

3. 논 생태통로 설치를 위한 입지선정

3.1 배경 및 필요성

우리나라 농업의 발달과정을 살펴보면 전통적인 재래식 농업에서 일제 시대에 이르러서 ‘미곡증산운동’ 계획에 따라 생산된 쌀을 일본으로 가져가기 위하여 화학비료와 농약이 쓰였고 일본산 농기계를 동원한 철저한 약탈 농업이 실시되었다. 해방 후에는 대다수의 국민이 농업에 종사했지만, 해방 이후 급격한 인구 증가에 농업 생산량이 따라주지 못해 식량 부족은 우리나라의 가장 심각한 사회 문제였다. 그러므로 보릿고개 현상이 나타나고 대다수의 농민들도 식량이 부족하였다. 1962년부터 시작한 경제개발 5개년 계획과 함께 새마을 운동을 실시하여 농촌 도로 정비, 농촌 가옥 개량, 쌀 수확량 증대 등의 노력으로 서서히 자급자족, 식량난 해결의 시대로 들어섰다. 또한 이때부터 경지정리 및 개간사업, 농업용수 개발을 위한 저수지 및 댐 건설 그리고 간척 등으로 대단위 농지확보를 이루어왔다. 그 결과 식량증산의 목표와 농업의 현대화가 진행되었다.

이러한 발전의 이면에는 자연환경과 생태공간의 파괴가 수반되었다. 1990년대부터 사회 곳곳의 환경문제가 중요하게 대두되면서 환경문제가 국가발전에도 큰 영향을 미치게 되었다.

특히 농업분야도 이러한 문제에서 예외일 수 없었으며, 특히 2000년대에 들어서는 수질문제 해결과 고품질 안전농산물의 요구가 대두되었다. 이러한 사회분위기는 쌀 소비의 둔화와 쌀 생산량 증대로 인하여 양적인 성장보다 질적인 향상의 요구가 더욱 가속화 되었다. 그러므로 농업은 이제 과거의 생산량에 중심을 둔 농업에서 유기농업과 환경농업이 중심이 된 지속가능한 농업이 발전 방향이 되었다.

2008년 10월 경상남도 창원에서는 제10차 람사르 총회가 개최되어 이곳에서 ‘논습지 결의안’이 채택됐다. 이로써 논이 식량 생산지뿐 아니라 생물 다양성의 보고라는 인식의 전환과 람사르 협약 당사국의 비료와 농약 사용을 억제하는 농업정책 수립 등을 기대할 수 있게 됐다.

이 결의문 채택으로 인하여 유기농법을 실천할 경우 일정금액을 보상해주는 환경직불제의 도입 및 확대, 주변 습지를 고려한 논외 물 관리 등 논외 환경기능을 살리는 정책이 수립될 근거를 갖게 됐으며, 논외 생물 다양성을

증진시킬 수 있는 정책을 입안하는데 큰 역할을 할 것으로 기대되며 이를 통하여 논습지의 지속 가능한 관리를 위해 실질적인 환경농법의 개발과 보급, 논습지에 대한 인식전환과 보전노력의 계기가 마련되었다고 볼 수 있다.

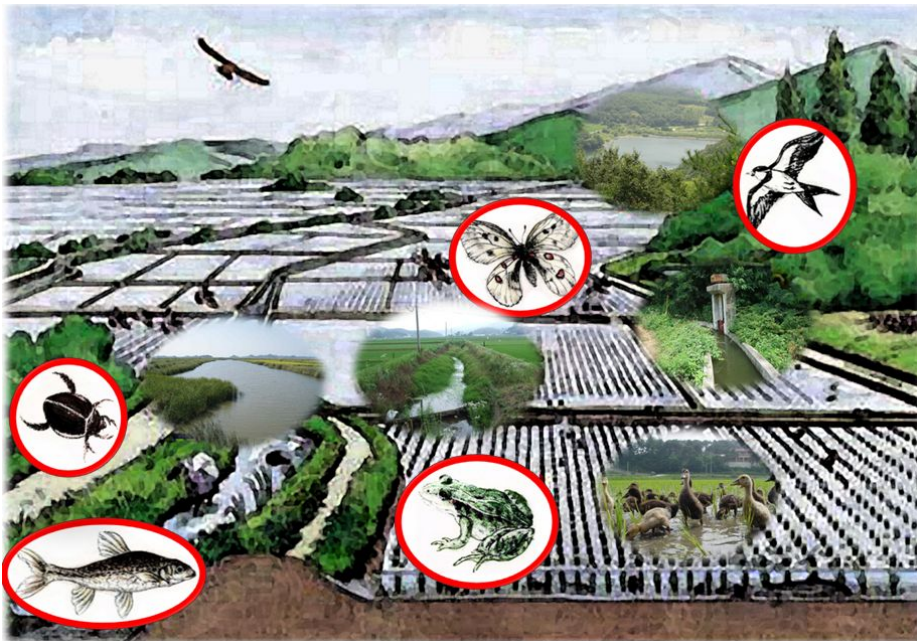
하천을 비롯한 수변환경과 생태복원에 관한 관심과 지속적인 사업이 확대되고 있으며, 이러한 사업의 일환으로 인공습지 같은 생태서식처의 복원과 생물다양성 증진에 관한 노력이 진행되고 있다. 하지만 이러한 복원의 노력은 많은 비용과 시간이 필요하게 된다. 그러므로 가급적 생태적으로 안정된 공간에 대한 보전과 관리가 더욱 효과 적일 수 있다. 또한 부분적인 복원노력도 중요하지만 전체수변환경이 연결될 수 있는 연결성을 확보하는 것이 매우 중요하다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 농촌지역에 있어서 수변환경을 구성하고 있는 논-배수로-하천의 수환경 네트워크 연계성을 확보하기 위하여 논과 배수로의 연계 유형을 분류하고 효과적인 복원을 위하여 방안을 제시하고 이에 필요한 기술개발을 하고자 한다.

3.2 논 생태계의 유형분류 및 연계방안 검토

3.2.1 논 생태계의 수리시설에 대한 인식변화

논 농업지역의 생태적 연계방안을 검토하기 위해서는 물의 흐름이 가장 중요한 인자이므로 농업지역 수로의 구조적인 이해와 검토가 선행되어야 한다. 특히 농업용 수로는 농업생산량 증대를 위한 생산기반시설의 역할 뿐만 아니라 근래에는 농촌지역 어메니티 창출의 중요한 요소로 인식되고 있다.



<그림 3-1> 저수지와 논, 수로의 환경과 생태 네트워크

친환경 농업지역의 확대와 우렁이농법, 오리농법, 쌀겨농법 등을 이용한 무농약 재배 논 농업단지 등에서는 긴꼬리투구새우와 같은 멸종 위기종들이 부활되고 있고 이러한 지역의 생물다양성은 일반재배지보다 2.5배나 높다고 알려져 있다. 특히 2008년 람사총회에서 논이 습지로서의 가치를 인정받게 된 후 논 농업지역은 생태계의 중요한 보고로 주목 받고 있다. 이러한 논 농업지역에 있어서 농업용 수로는 하천과 논을 연결시키는 중요한 생태통로 역할이 요구되고 있다.

(그림 3-1)과 같이 논 농업지역은 저수지, 논, 수로 공존하고 있는 것이 대표적이다. 저수지부터 논과 하천은 물의 흐름상으로는 연결되어 있고 각각

의 공간에서의 생태계를 구성하고 있으나 연결부분은 조류와 일부종들을 제외하고는 단절되어 있는 곳이 대부분이다. 이러한 단절된 부분의 연결을 통하여 생태 네트워크를 구성하도록 하여 생물의 종다양성을 풍부히 하고 생태 복원을 추진하여 친환경적인 공간을 조성하는 것이 현대에서는 농업 생산에 못지않게 중요한 농촌의 자원이 인식 될 수 있을 것이다.

3.2.2 논 농업지역의 유형분류 기준선정

논 농업지역의 유형분류를 위한 요소에는 분류 목적과 기준에 따라 다양하게 분류 될 수 있다. 일반적으로 논을 구성하는 중요한 요소에 따라 다음과 같이 분류 될 수 있으며 더 나아가 세부구성기준에 따라 더욱 세밀히 분류 될 수도 있다.

가. 농업용수 사용에 따른 분류

- (1) 수원공에 따른 분류 : 저수지, 하천, 지하수, 천수답 등
- (2) 관개방식에 따른 분류 : 용수로 종류 및 관개의 연속성 등
- (3) 농업용수 수질에 따른 : 농업용수 수질등급에 따라 분류

나. 기반구성에 따른 분류

- (1) 논토양의 종류에 따른 분류 : 토양의 물리성, 토양의 화학성 등
- (2) 경지정리에 따른 분류 : 경지정리 유무 및 구획의 형태 등
- (3) 논의 지형적 특성에 따른 분류 : 경사도, 평야도 등

다. 경작형태에 따른 분류

- (1) 농약 비료 등 사용유무 : 관행경작, 유기농, 무농약 등
- (2) 수확품종에 따른 분류 : 일반벼, 찰벼, 맥류 등

라. 수환경 연결형태에 따른 분류

- (1) 수리시설의 구성별 : 수리시설 계통 구성별, 하천의 근접성 등
- (2) 용수, 배수 형태별 : 연결구조의 복잡성, 암거배수, 자연배수 등

마. 논 생물 종류에 따른 분류

어류중심, 저서생물, 조류, 식생종류 등에 따라 다양한 분류 가능

이상과 같은 분류외에도 사회, 경제, 문화적으로 다양하게 분류 될 수 있다. 그러므로 본 연구에서는 연구목적에 맞는 분류 요소를 선별하고 그에 따라 유형과 범위를 단순화 하여 유형을 분류하고자 하며 특히 하천-배수로-논 등의 단절형태와 수환경의 연결성을 중심으로 유형을 분류하고자 했다.

3.2.3 논 농업지역의 유형분류

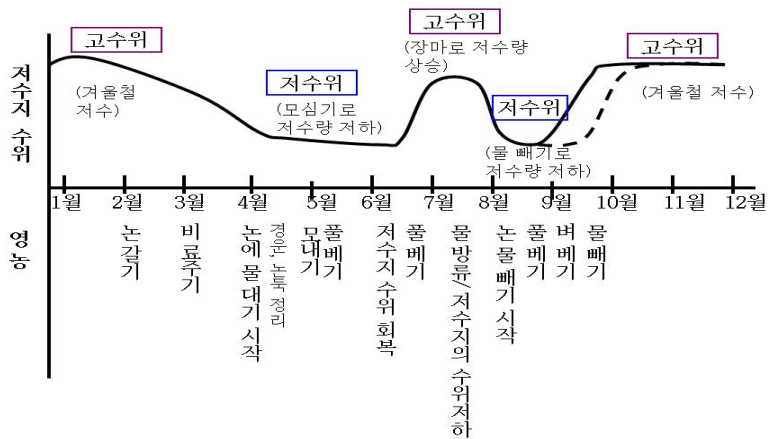
가. 물의 연결 형태에 따른 유형분류

본 연구에서는 물의 연결형태에 따른 분류가 가장 적합하다고 판단될 수 있다. 논 농업지역에 있어서 물의 연결 형태를 이루는 구성요소는 수원공의 종류와 논 농업지역에 직접적으로 물을 전달하고 하천으로 배출시키는 수로의 형태에 따라 분류될 수 있다.

수원공에 따라서는 농업용 저수지에서 물을 공급받는 저수지 지구, 양수장등의 수리시설에서 공급받는 양수장 지구, 하천에 취입보등을 설치하고 보에서 물의 공급 받거나 지하수 등에서 공급받는 보-기타지구 등으로 나눌 수 있다. 이러한 지구별 구성 비율은 저수지지구가 약 70%, 양수장지구가 약 20%, 보-기타지구가 약 10% 등으로 알려져 있다. 이 들 중 논 농업지역의 대부분을 구성하고 있는 농업용 저수지에 관하여 특징을 살펴보면 다음과 같다.

농업용 저수지는 자연의 호소와 달리 물 공급의 필요에 따라 관개기에 는 농경지에 용수를 공급하고 수확기에 접어들면 용수를 차단하는 인위적인 조작으로 수위의 연간 주기는 크게 변동하는 특징을 갖는다. 저수지는 자연의 호소와 비교하여 일반적으로 5월부터 시작되는 관개기에 용수를 공급하므로 수위가 일단 낮아지게 된다. 이후 여름철 장마와 홍수기에 많은 비로 줄어들었던 수량을 확보한다. 이후 다음 해의 경작을 위해 저수를 함으로써 수위가 다시 상승하는 등 영농활동에 맞추어 인위적인 조작을 통하여 연간 주기로 수위가 크게 변동하는 특징을 갖는다. 이와 같은 수위변화는 저수지의 수질환경 등에도 매우 유익한 것으로 생물다양성 확보에도 매우 중요하고 친환경정비를 필요로 하는 사항이기도 하다.

논의 연간 영농 스케줄과 저수지 수위변동과의 관계는 아래 그림과 같이 계절적인 변동 특징을 갖는다. 이러한 과정 속에 수질환경도 많은 변화를 가져오며 수량에 따라 서식생물의 생활환경도 다양하게 변화한다. 따라서 각 시기에 적절한 유지관리가 이루어져야 한다.

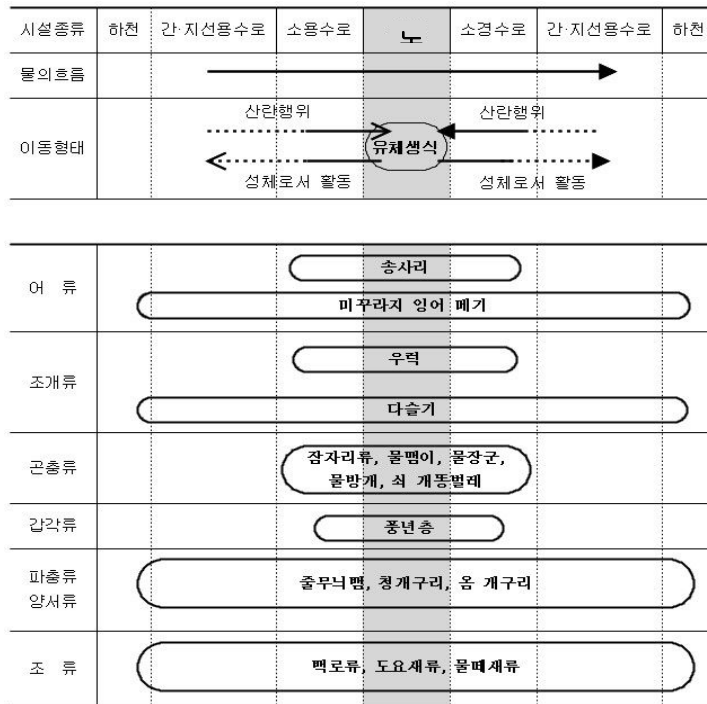


<그림 3-2> 논을 위한 연간 영농 스케줄과 저수지 수위변동의 일례

저수지의 지속적인 유지관리를 통한 유량 확보와 저수지가 갖는 다양한 기능 유지를 위해서는 시기에 맞는 유지관리가 적절하게 수행되어야 한다. 왜냐하면 저수지 주변은 환경에 대응하는 여러 가지 식물, 수생곤충, 어류, 양서류, 조류 등이 서식하는 2차적인 자연공간을 형성하고 있어 항상 변화하므로 유지관리가 적절히 수행되어야만 그 기능을 제대로 발휘할 수 있다.

농업용 수로는 목적에 따라서 용수로, 배수로, 용배수 겸용수로 분류될 수 있으며, 계통에 따라서는 용수로계(간선, 지선, 지거), 배수로계(간선, 지선, 지거)로 분류될 수 있으며, 형식에 따라 개수로 형식, 관수로 형식과 재질에 따라 콘크리트수로, 토공수로, 초생수로 등으로 다양하게 분류되고 있다. 농업용 수로는 물 흐름에 의하여 「저수지(하천)→간·지선 용수로→소용수로→논→소·배수로 →간·지선 배수로→하천」로 흐르며, 서식·생육하는 생물의 종류를 보면 논을 중심으로 한 이동 형태를 취한다. 간·지선 배수로란 하천등과 직접 연결되어 있는 수로 및 지선을 말한다. 소수로란 논과 직접 연결되어 있는 수로를 말한다. (그림 3-3)은 논 농업지역을

구성하고 있는 대표 생물종들의 생식범위를 보여주고 있으며, 논을 중심으로 물의 흐름에 따른 범위이다.



<그림 3-3> 대표 종의 생식 범위

논 농업지역에 있어서 생태 네트워크 연계를 위한 유형분류에 있어서는 앞서 언급한 수원공과 농업용 수로의 분류가 중요요소이다. 이밖에도 토지 이용 형태와 지형적인 요소 등 다양한 요소 등이 있으나 물의 흐름에 따라서 논 농업지역에 있어서 단절된 연결 수리적 흐름 외에도 생태적인 통로를 복원하는 것이 필요하다.

나. 연구대상지 선정을 위한 유형분류 및 선정기준

본 연구에서는 논 농업지역의 유형에 따른 조사대상지를 선정하고자 하였다. 특히 생물의 다양성이 풍부하여 생태통로의 필요성이 요구되는 친환경 농업단지를 대상으로 수원공 및 농업용 수로의 형태를 고려하고 단지의 특성에 따라 다음과 같이 5곳의 조사대상지 유형을 선정하였다.

(1) 조사대상지 선정기준

- (가) 친환경 농업을 수년이상 지속하여 수상 경력이 있는 대표단지
- (나) 수원공과 수로의 형태별 특성이 대표성을 갖는 단지
- (다) 무농약 농법으로 생물다양성이 풍부하다고 알려진 곳

(2) 조사방법

- (가) 친환경농업단지를 대상으로 한 문헌조사
- (나) 도면에 의한 현장 유역에 대한 조사
- (다) 선정된 단지에 관한 현장조사
- (라) 현장조사에 관한 자료조사 및 생태단절성 정리

(3) 조사대상지의 선정 및 특징

조사대상지는 친환경농업단지를 중심으로 수원공, 수리계통, 농업의 경작 형태등을 고려하여 다음과 같이 5가지 유형을 선정하여 조사대상지를 결정하였다.

(표 3-1) 조사대상지 유형분류 및 유형별 특성

유형	특성	대상지 선정지역
A Type	경지정리가 안 된 재래형 단지	전남 구례 사포마을
B Type	소규모 수원공의 평야지역	전남 곡성 황등마을
C Type	중규모 수원공의 평야지역	충남 홍성 문당마을
D Type	별도의 수원공이 없는 산간 지역	경기 양평 용천마을
E Type	대단위 간척농업 지역	충남 당진 대호간척지

3.2.4 연구대상지 현장조사

가. 사포마을(A형)

사포마을은 전남 구례군 산동면 지리산 부근의 지리산 온천관광 단지와 인접해 있는 작은 마을로서 일명 ‘다랭이 논’이라고 불리우는 계단식으로 조성된 전통적인 논 형태를 보존하고 있다. (그림 3-4)와 같이 논이 지형의 등고선을 따라 조성되어 있으며, 마을 위의 조그마한 저수지에서 용수를 공급하고 있다. 마을의 저수지는 (그림 3-4)에서 보는 바와 같이 주민들이 이곳에서 치어들을 생육시키며 관리하고 있었다. 또한 주민들은 마을의 논 농업지역의 특성을 잘 살려 관광자원으로 활용하고 있었으며, 논 전경을 볼 수 있는 곳에 지자체의 지원을 받아서 주차장시설과 쉼터를 조성하였다.



<그림 3-4> 사포마을(A형) 일반현황 전경

사포마을의 논은 과거에는 자연적인 강우에 의존하였던 것으로 추정되나 근래에는 저수지에서 용수를 공급하도록 용수로의 개발 공사를 통하여 용수를 공급받고 있었다(그림 3-5). 논은 경지정리는 이루어 지지 않았으며 한곳의 용수 간선에 (그림 3-6)와 같이 각각의 논에 필요시에 임시 나무보를 통하여 용수를 공급하고 있었다. 또한 각각의 논에는 논이 형태에 따라 용수공급과 생물서식을 위한 작은 수로를 두고 있었으며, 작은 둑명과 같은 조그만 웅덩이들도 보였다.



<그림 3-5> 사포마을 논 농업지역의 용수간선과 용수공급 모습



<그림 3-6> 용수로에서 논으로 용수공급 모습

사포마을의 논 농업지역에는 좌우로 배수로가 자리 잡고 있었으며, 지리산에서 발원하는 계곡과 연결되어 있다. 상류지역은 자연스런 토공배수로로 형성되어 있었으며, 작은 산지와 연결되어 생물서식처의 연결이 매우 양호한 모습을 가지고 있었다. 주민들에 의해서 설치된 것으로 추정되는 주변 돌을 이용한 낮은 보가 적당한 수심을 형성하고 있었다.

하류는 지리산 부근이라 홍수시에에는 급류를 대비해서인 석축콘크리트로 수로정비를 하고 있었다. 조사시점에는 수로바닥에 식물이 무성한 모습을 보이고 있었다. 하류부에는 지리산 온천관광 단지가 조성되어 있어서 관광단지 조성시기에 배수로 정비가 함께 이루어졌다. 그러므로 홍수에 대비를 할 만큼 충분한 수로폭이 형성되지 못하였고, 사면 부분도 상류지역과 단절되어 연속적인 배수로 정비가 되지 못하였다. 도심지와 다르게 이런 지역은 주변에 기존 건축물이나 개발제한요소가 적기 때문에 초기에 개발계획에 생태환경적인 요소가 결합된 개발계획을 세운다면 충분히 공간 확보와 개발이 이루어질 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 3-7> 배수로 하류부의 모습

나. 황등쌀마을(B형)

황등쌀마을은 전남 곡성군 옥과면 무창리 인근에 위치하고 있으며, 수원계통은 백매저수지-용수로-논-옥과천으로 이루어지는 구조를 가지고 있다. 전남지역은 친환경 표준농법을 보급하고 친환경 농자재 구입비를 지원하면서 인증면적을 해마다 늘고 있다. 연도별 인증면적은 2005년 1만 3772ha, 2006년 2만9431ha, 2007년에는 6만5619ha로 늘어난 데 이어 2008년 말에는 10만1256ha로 전국 친환경 농업의 58.2%를 차지했다. 화학비료와 농약을 일체 사용하지 않고 재배하는 유기농은 2004년 416ha에서 지난해 1854ha로 5배나 늘었다.



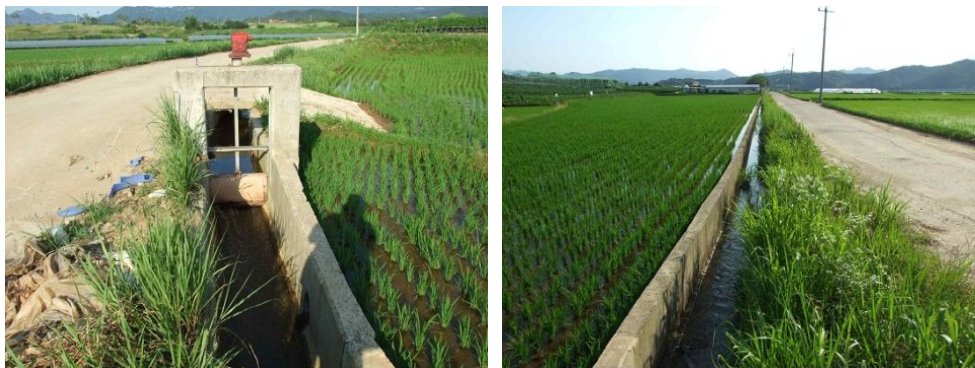
<그림 3-8> 황등쌀마을의 인공위성 영상 및 수로계통 모습

(그림 3-9)에서 보듯이 논 농업지역의 상류에는 백매저수지가 있으며, 저수지 주변에는 골프장이 위치에 있다. 저수지에서 용수를 공급하고 있었으며, (그림 3-9)에서 볼 수 있듯이 최근에 용수로의 확장 신설 공사가 이루어졌다.



<그림 3-9> 백매저수지 전경 및 용수로 확장공사 모습

저수지는 현재 지자체(소방서)관리 책임을 하고 있으며, 규모는 일반적인 한국농어촌공사에서 관리하는 농업용 저수지 규모보다 작은 저수지이다. 저수지 수원공 바로 인근에 골프장이 위치해 있어서 환경적인 우려가 있어서 철저한 관리감독이 필요할 것으로 판단된다.



<그림 3-10> 용수공급 모습과 용수로의 모습

(그림 3-10)은 수원공에서 용수로를 통하여 용수가 공급되는 모습이며, 용수로를 따라 그림 상단과 같은 게이트에 의하여 용수의 수위를 조절하여 논으로 공급하고 있었다.



<그림 3-11> 논 둑벽과 논두렁 모습

황등쌀마을은 농촌진흥청에서 탑라이스 시험포장을 운영하고 있었으며, (그림 3-11)에서 보는 것과 같이 논 주변에 두렁을 설치하여 논생물체들에게 서식환경을 제공하고 있었으며, 그림과 같이 둑벽을 거쳐서 배수가 이루어지고 있었다.



<그림 3-12> 논에서 백로와 긴꼬리투구새우

황등쌀마을은 지속적으로 친환경농업을 실시하고 있는 지역으로서 ‘긴꼬리투구새우’와 같은 멸종위기 생물이 발견되는 등 논 생태환경과 생물 다양성이 높아서 학생들과 단체에서 체험학습을 오는 곳으로 알려져 있다. 조사기간동안에도 마을주민들에 의하여 유기적으로 관리되고 있는 모습을 볼 수 있었으며, (그림 3-12)과 같이 백로 등 조류도 상당 수 관찰되었다. (그림 3-13) 저수지의 여수토와 연결되고 농업지역을 관통하는 주배수로의 전경으로 전형적인 콘크리트 수로의 모습을 볼 수 있었다. 주배수로에는 논에서 배출되는 배수구가 관형으로 배수로 벽면에 연결되어 있었으며, 배수로의 폭이 넓고 수량이 많은 편이었다. 특히 하류부에는 보가 설치되어 있었으며, 하천과 연결되기 전에 게이트가 설치되어 있었다.



<그림 3-13> 주 배수로 전경과 하류 하천 합류지점 부근 모습

(그림 3-13)에서 보면 하천합류지점에서 배수로로 올라오는 곳에 낙차공으로 수로의 단절이 나타나므로 생태통로의 설치가 필요하다고 판단되었다. 낙차가 그렇게 크지 않으며, 배수로의 기능에 지장을 주지 않고도 연결이 가능할 것으로 판단된다.



<그림 3-14> 논에서 배출되는 배수와 배수로 모습

(그림 3-14)는 다른 배수로의 모습이며, 가장 많이 볼 수 있는 전형적인 콘크리트 배수로의 모습이다. 배수로에는 그림과 같이 논에서 배출되는 관형 배수구의 모습을 볼 수 있으며, 논과 배수로의 단절된 전형적인 모습이다. 하지만 이러한 배수로와 논의 연결은 기술적으로 극복해야 할 과제가 많이 있으며, 현실적으로 간단하게 연결될 수 있는 기술은 많은 연구가 필요할 것으로 판단된다. (그림 3-15) 하단과 같이 비교적 양호하게 하천과 연결성을 갖고 있는 곳도 있었다.



<그림 3-15> 배수로와 하천의 합류지점 모습

다. 문당마을(C형)

문당마을은 충남 홍성군 홍동면 문당리 인근에 위치하며 동남북쪽으로 산이 둘러 쌓여 있고, 서쪽으로는 삼교천이 흐른다. (그림 3-16)에서 보듯이 남쪽에 주수원공인 홍동저수지에서 발원한 두 개의 용수간선이 농업지역을 둘러싸고 있으며, 중앙에 삼교천이 흐른다. 각각 용수로에서 동서방향으로 주요 배수로가 연결되어 있다. 배수로의 물은 삼교천으로 다시 합류되는 구조를 보이고 있다.



<그림 3-16> 문당리 주요 용배수로



<그림 3-17> 홍동저수지 용수간선과 제1용수분기점 모습

(그림 3-17)은 홍동저수지에서 용수가 공급되는 모습이며, 우측은 용수가 2개의 간선으로 분리되는 분기점의 수문 모습이다. 이곳에서 분리된 용수는 좌우로 논 농업지역을 둘러서 논으로 각각의 지선에 의하여 용수를 공급하고 있었다.

(그림 3-18)의 상부는 도로를 따라 흐르는 제2용수간선의 모습이며, 우측은 제1용수간선과 용수로의 중간에 배수하천으로 연결되는 방수문의 모습이다. 방수문은 유량이 많은 홍수시에 하천으로 방수문을 열어 수위를 조절하기 위함이다.



<그림 3-18> 용수로와 용수로의 방수문



<그림 3-19> 토공용수로 모습

(그림 3-19)은 논 주변에 구성된 토공 용수로의 모습이며, 우측사진에 보이는 파란색 조그만 집이 오리농업을 위하여 설치한 오리의 서식처이다. 문당지역에서는 콘크리트 수로외에도 토공수로나 초생수로 등 다양한 수로의 형태를 관찰할 수 있다.



<그림 3-20> 토공배수로 및 유입하천에 연결된 배수관 모습

(그림 3-20)의 좌측에서 보듯이 토공수로에 식물이 자연스럽게 정착한 배수로 모습을 볼 수 있으며, 이러한 배수하천은 다른 농업지역에서 보이는 전형적인 콘크리트 배수로보다 생태적으로 좋은 환경을 제공하고 있다. 하지만 하단에서 보듯이 커다란 낙차와 함께 두터운 콘크리트로 구성되어 있어서 최종적으로 하천과의 연결성은 좋지 못하였다.



<그림 3-21> 토공배수로 및 콘크리트 용수지선

(그림 3-21)은 논 농업지역을 가로지르는 토공 배수로와 전형적인 U형 콘크리트 용수지선의 모습이다. 좌측의 토공배수로는 평상시에는 농민들이 인위적인 보를 설치하여 용수를 공급하는 용도로 사용하여 용배수겸용 수로라고도 볼 수 있다.



<그림 3-22> 배수로와 하천의 합류지점 모습

(그림 3-22)은 주요배수로와 하천의 합류지점의 모습으로서 보통의 경우 합류지점사이에는 농로가 가로지르기 때문에 사각박스 형태의 콘크리트 암거가 설치되는 전형적인 모습을 보인다. 상기의 현장은 하천합류부에 토사가 유실되어 쇠굴 모습을 보이고 있으며, 밖과 안쪽에 상당히 큰 낙차를 주고 있어서 하천과 완전히 단절된 모습을 보이고 있으며, 이러한 곳은 시급히 연결이 필요할 것으로 판단된다. 그림에서 보듯이 이곳은 노란색 원으로 표시된 곳에서 바깥쪽 붉은색 화살표의 지점과 같은 낙차가 안쪽에도 이중으로 되어 있어서 어류와 같은 수생생물의 이동은 불가능하며, 이러한 이중 단절된 형태를 경사를 이용하여 생태통로 형태로 연결하여 준다면 효과적인 복원이 이루어 질 수 있다고 생각된다.



<그림 3-23> 배수로와 하천의 합류지점 모습

(그림 3-23)에서 보이는 관형 배수로와 하천의 연결모습에서도 하천과 많은 낙차를 보이고 있으나 하천사면은 쇄굴과 토사 퇴적등으로 정비가 필요하다고 판단된다. 하천을 정비할 계획이 있으면 함께 연결부분에 관한 조치를 병행한다면 경제적인 복원이 가능할 것으로 판단된다.



<그림 3-24> 배수로와 하천의 합류지점 모습

(그림 3-24)은 하천과 완만한 경사를 이루며 큰 낙차를 보이지 않고는 있으나 이러한 하천의 어종의 소형어종이 많이 많으므로 소상에는 어려움이 있을 것으로 생각된다. 따라서 현재 있는 지형지물을 최대한 활용한다면 쉽게 연결시킬 수 있을 것으로 기대된다.



<그림 3-25> 배수로와 하천의 합류지점 모습



<그림 3-26> 배수로와 하천의 합류지점 모습

(그림 3-25)과 (그림 3-26)도 본 조사대상인 문당마을 논 농업지역의 배수로와 하천의 합류지점의 모습으로서 앞서 얘기한 사각암거와 관형 형태이다. 하지만 두 지점은 배수로의 폭이 작은 곳으로 하천과의 낙차도 상대적으로 앞서 언급된 곳보다 작고 비교적 연결이 용이한 곳이라고 판단되며, 하천의 생물등조사와 병행하여 쉽게 시범적인 연결을 시도해 볼 수 있는 곳이라고 판단된다. 하지만 이런 소규모 지역은 장비의 접근이 용이하지 않아서 인력에 의한 간단하고 설치가 용이한 기술의 적용이 필요할 것으로 판단된다.

라. 용천마을(D형)

경기도 양평군은 1998년 1단계 8개년 계획을 수립하여 친환경농업 실천을 위한 기반을 조성하였으며, 2006년 시작된 2차년 5개년 계획에서는 1차 계획으로 확충된 SOC를 기초로 친환경농업의 질적 성숙을 도모하고, 친환경농산물 생산 비중을 2005년 5%에서 2010년 10%까지 확대하는 등 친환경농업의 안전한 정착을 목표로 추진중에 있다.

경기도 양평군 옥천면 용천리에 위치하고 있는 용천마을은 양평군 ‘유기농마을’로 명명되었으며, 양평군의 대표 친환경농업단지이다. 옥천면 용천리의 동쪽 경계 부근의 용문산을 최고봉으로 백운봉·중미산 등의 높은 산이 동·북·서 방향에 솟아 있으며 대부분의 지역이 높고 낮은 산지로 구성되어 있고 남한강변에 남부 층적층 저지가 펼쳐져 논농사가 주를 이루고 있다. 특히 논 농업에 사용되는 용수는 용문산에서 발원하는 계곡물을 그대로 사용하고 있는 것이 특징이다.



<그림 3-27> 용천마을 논 농업지역 위성영상

용천마을의 논토양 기반은 사질토와 암반층으로 되어 있어서 침투량이 많아 계곡물을 연속적으로 공급하는 독특한 용수관리를 하고 있다. 그러므로 논 농업기간에는 항상 계곡의 물이 논에 공급하여 일정수위를 유지시킨 후 다시 배수하천으로 보낸 후 배수하천은 하류에 사탄천과 연결되어 있는 연결구조를 갖고 있다.



<그림 3-28> 용문산계곡 취수보와 용수 취수원



<그림 3-29> 용수원과 용수간선 모습

(그림 3-28)에서 취수된 용수는 (그림 3-29)와 같이 용수간선을 통하여 논에 지속적으로 공급되고 있었으며, 각각의 논은 계단식 흐름에 따라 아래 논으로 연결되고 대부분 배수암거를 통하여 배수로로 배출되고 있었다. 다른 논 농업지역에 비하여 용천마을은 앞서 설명한 바와 같이 용수가 매우 깨끗한 계곡물을 사용하고 수량도 비교적 풍부하고 지속적으로 논에 흐름을 주고 있어서 논의 수변 네트워크의 연결성이 좋다고 볼 수 있다. 하지만 이러한 경우는 일반적인 상황은 아니다.

상류부 계곡 취수보에서 공급된 용수는 (그림 3-30)에서 보는바와 같이 배수하천의 오른편의 논에 공급되고 있었으며, 좌측의 농경지는 배수하천 곳곳에 설치된 보들에서 취수문을 통하여 용수를 취수하고 있었다. 배수하천은 비교적 규모가 큰 편이고 근래에 석축 등으로 하천 정비가 이루어진 듯하며 가운데에는 하수관거가 매설된 것으로 보이는 맨홀이 튀어 나오고 곳곳에 콘크리트 보들이 다수 존재하고 있었다.



<그림 3-30> 배수하천과 용수취수보와 게이트



<그림 3-31> 논외 암거배수와 배수로

(그림 3-31)과 같이 논에서의 배수는 대부분 암거를 통하여 배수되고 있었으며 배수로에서 관형 암거를 통하여 콘크리트로 배수로에 방류되고 있었다.



<그림 3-32> 배수하천의 보와 배수암거

(그림 3-32)의 배수하천은 유량이 없고 바닥을 드러낸 상태로 건천화되어 있었고 배수암거에서만이 물이 흐르고 있었다. 이물은 앞서 언급한 바와 같이 농경지에 공급되는 상류부분의 농업용수가 농경지에서 배출된다고 볼 수 있다. 이지역의 하천은 용문산에서 내려오는 계곡물에 전체적인 유량을 의지하므로 하천의 유량흐름은 매우 적은 편이다.



<그림 3-33> 배수지선과 배수간선

(그림 3-33)에서 보는 바와 같이 상단의 배수지선은 주변에 초본과 목본 식생이 잘 어우러지고 하상도 크고 작은 돌들로 자연적인경관이나 배수간선은 석축 콘크리트 사면과 일부의 초본식생은 있으나 배수로가 생태적으로 건강함을 유지하고 있지는 못한 것 같다.



<그림 3-34> 자연스러운 배수로 경관과 단절된 수리구조물

(그림 3-34)에서 비교적 큰 배수로이지만 자연스럽게 잘 유지되고 있는 모습을 볼 수 있었다. 하지만 중간에 콘크리트 수리구조물이 연속성을 단절시키고 있었다. 석축콘크리트 배수로도 부분적 개선만으로 자연스럽게 생태복원 시킬 수 있는 기술의 도입은 효과적일 수 있다.

마. 대호간척지(E형)

대호간척지는 충청남도 서북부지역인 당진군 석문면 난지도리로 서산시와 당진군의 경계부근에 위치하고 있으며, 지형은 북쪽이 트인 해안선과 인접하고 있으며, 남쪽은 대부분 해발표고 1.0m이므로 유수지와 인접한 일부 저지대는 배수개선이 필요한 지역이다.



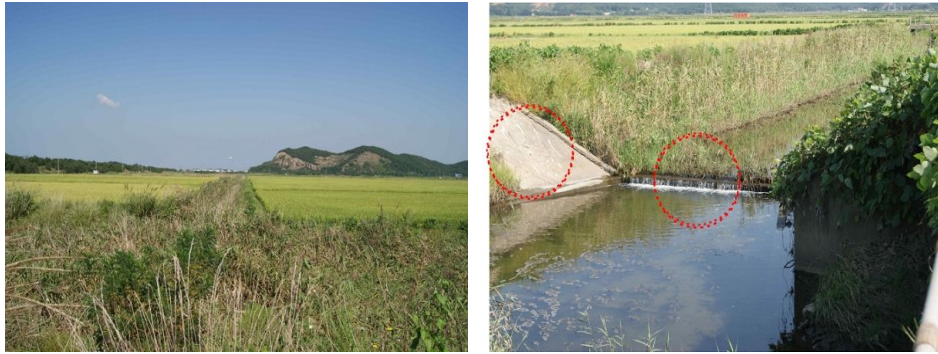
<그림 3-35> 대호 간척지 유역과 친환경농업시범단지 인공위성 영상

대호간척지의 유역은 (그림 3-35)에서와 같이 방조제와 담수호 유수지, 논 농업지역 등으로 구성된다. 대호간척지는 1995년에 준공되었으며, 1998년 친환경농업시범단지가 조성되었다. 약 10여년이 경과한 지금에는 다른 논 농업지역과 친환경농업단지 보다 논 농업지역 생태네트워크 측면에서는 가장 생태적으로 우수한 지역이라고 생각된다.

대호의 습지는 우수한 경관을 보이고 있었으며 각종 어류와 조류들이 서식하고 있었다. 대호간척지는 논 농업지역과 유수지와 인공습지를 따라 도로가 비교적 잘 정비되어 있어 조사기간 동안 빈번히 이곳을 찾는 관광객들을 목격할 수 있었다. 잘 가꾸어진 생태관광자원을 활용한다면 지역특성에 맞는 어메니티를 창출할 수 있을 것이라 생각됐다.

대호 논 농업단지는 다른 농업지역에 비하여 규모가 크고 계획된 논 농업지역이다. 그러므로 모든 수리계통상의 배수 지선과 간선, 배수하천 등 규모면으로 다른 지역에 비하여 크다. 앞서 언급한 바와 같이 이 지역은 배수면에서는 배수가 불량한 토양구조를 가지고 있으며, 또한 경사도가 낮고 유량은 많으나 유속은 정체되어 있는 특성이 있다. 하지만 이러한 조건이 오히려 논 농업지역의 생물들에게는 매우 좋은 서식환경을 제공하고 있으며, 부분적인 단절된 구간이 있기는 하지만 수량의 풍부성으로 인하여 수

변네트워크는 매우 잘 발달되어 있다.



<그림 3-36> 자연배수로와 콘크리트 제방과 배수로의 보

대호 친환경농업지역은 논과 논, 배수로-하천의 연결지점 등의 연결성이 비교적 양호하나 일부지역들의 논-배수로나 배수로 안의 보등에는 단절된 구간들이 일부 존재하므로 향후 복원을 통하여 그 효과를 검증하기에 매우 좋은 연구지역이 될 수 있을 것으로 판단된다.

유수지와 연결된 배수하천의 모습은 (그림 3-37)에 나타나 있는데 풍부한 수량과 논을 산란 및 서식처로 이용하는 어류들이 서식하고 있었다. 특히 다른 곳에서 볼 수 있는 직강의 콘크리트 사면 대신에 하천 주변에 형성된 수생식물의 군락은 좋은 서식환경을 제공하여 주고 있으며, 수량이 풍부하여 배수로까지 자연스럽게 연결되어 있다. 그리고 유수지에는 인공습지가 조성되어 있어서 어류 뿐만 아니라 동식물의 종다양성이 풍부하고 생물의 복합적인 생물의 서식공간을 제공하고 있다. 또한 조사기간 동안 백로 같은 조류의 모습도 줄곧 관찰 할 수 있었다.



<그림 3-37> 대호 유수지와 논 주변의 백로



<그림 3-38> 용수간선과 용수지선의 TM/TC 장비

대호의 논 농업용수는 대호 담수로에서 공급받고 있으며 용수간선이 논 농업지역 한가운데를 가로질러 있으며 용수지선에는 자동수위 기록센서에 의하여 용수가 TM/TC장비로 조절되고 있었다. 향후 연구를 위한 용수공급에 관한 자료 등은 본 연구에 매우 중요한 기초자료가 될 수 있으므로 연구대상지가 될 수 있다고 생각된다.

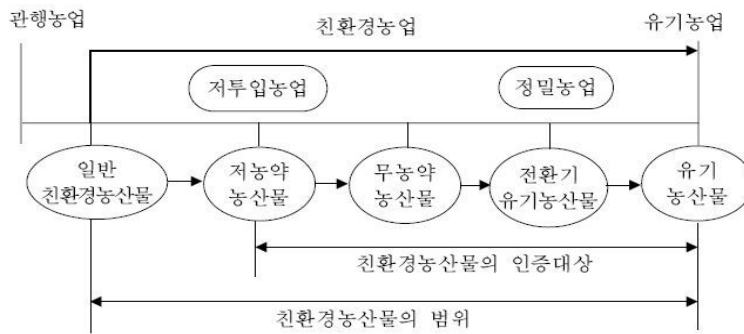
3.2.5 입지조건 선정 및 결과

논 농업단지를 대상으로 연구목적에 맞는 유형을 분류하고 대상지 후보를 선정하기 위한 현장조사를 실시하였다. 현장조사 후 각 조사지역별 특성에 맞춰 입지선정을 평가하였다. 평가항목은 친환경 농업의 유무, 용수공급체계, 주변환경등을 고려하여 총 10개의 항목을 적용하여 각 지역을 평가해 보았다.

가. 평가항목

① 친환경 무농약 재배단지 여부

(그림 3-39)와 같이 친환경농업은 그 범위가 다양하다. 관행농업과 비교하여 농약과 비료의 사용량을 줄이는 저농약 농산물 또한 친환경농업단지의 범주에 있으므로 본 연구에서는 무농약 재배단지의 규모가 큰 지역에 가점을 평가기준을 잡았다. 물론 유기농업에 가까울수록 가점을 두어 기본적으로 생물들의 서식을 위협하는 요소를 배제한 지역을 선정하고자 하였다.



<그림 3-39> ‘친환경농업육성법’에 따른 친환경농업의 범위

② 다양한 생물의 존재 여부

본 연구에서 다양한 생물군중에서도 어류를 비롯한 수서생물에 기준을 정하고자 하였다. 본 용역연구에서는 직접 생물의 개체수를 조사하여 비교할 수 없었으므로 현장조사 기간동안 수리계통상에 어류나 수서생물의 서식처로 제공될 수 있는 일반적인 서식조건과 공간적인 여건 등을 육안으로 판단하였다. 그러므로 크게 차별성을 갖는 곳에만 가감하여 평가 하였다.

③ 안정된 용수원 확보 여부

안정된 용수원의 확보 여부는 본 연구의 목적에 매우 중요한 요소이다. 안정된 용수원이 확보되어 용수의 공급을 통한 물의 흐름을 유지하는 곳이 수환경성 측면에서 연계성을 확보하는데 중요하다고 판단하였다. 또한 용수의 양과 더불어 수질의 요소를 평가하였다.

④ 하천의 근접성

연구대상인 논 농업지역과 배수로 하천의 연계성 확보에 관한 연구에서 하천과의 근접성은 하천의 생물들의 접근 가능성과 밀접한 관계가 있다. 본 연구의 목적인 논-배수로-하천의 연결성을 고려하여 하천의 위치가 너무 멀리 위치에 따라 평가의 가감을 하였다.

⑤ 수리계통의 적절성

용수원-논 농업지역-배수로-하천을 연결하는 수리계통이 복잡하여 연결하거나 해석이 어려운 지역보다는 수리계통적 요소가 포함되고 연결성이 여러 가지 공간지형적 여건이 명확하게 연결될 수 있는 곳에 관하여 평가하였다.

⑥ 구성 형태의 적절성

본 항목은 수리계통의 요소에서 어느 한 구성요소가 편중되지 않고 순차적인 흐름을 있는가를 평가하고자 하였다. 논 농업지역에 있어서 논-논의 연결 후에 배수로로 연결되고 이 배수로가 더 큰 배수하천으로 연결되고 더 큰 하천으로 연결되는 이상적인 구조가 아니고 논-논에 편중이 심하고 논에서 개별적인 배수암거 형태의 배수가 많은 곳이나 용수원에서 용수공급 흐름 없이 개별적인 용수공급과 배수가 이루어지는 곳 등 구조적인 구성 형태의 적절성을 평가하였다.

⑦ 단절복원을 위한 경제성

조사대상지역에 관한 현장조사중에 단절된 곳의 복원을 하고자 할 때 경제적 타당성의 확보를 평가하고자 하였다. 물론 타당성은 면밀한 분석이 필요하나 복원하고자 하더라도 시공간상의 경제성과 효과 등을 고려할 때 어려운 곳은 배제하고자 하였다. 이는 제한된 기간과 연구비에서 연구진행을 효과적으로 하기 위함이다.

⑧ 연구자료 확보의 용이성

연구대상지 선정과 향후 지속적인 연구를 위해서는 가급적 대상지역의 과거자료나 일반적인 기록 자료의 획득은 연구진행을 위하여 중요한 요소이므로 이러한 자료획득에 관한 평가항목을 추가 하였다.

⑨ 생태복원 가능성 및 효과

연구대상지를 선정하고 생태적으로 단절된 곳의 복원을 통하여 수환경 연계성의 연구효과를 검증하기 위해서 효과를 검증하고 비교적 검증할 수

있는 곳을 선정하고자 하였다.

⑩ 대상지 접근성 및 유지관리성

연구대상지와 연구를 수행하는 연구진이 접근의 편리성 연구수행과 원활한 효과를 얻기 위해 접근성과 대상지의 소유와 관리주체자는 연구진행과 연구효과의 신뢰성을 위하여 중요한 요소이다.

나. 입지선정 평가

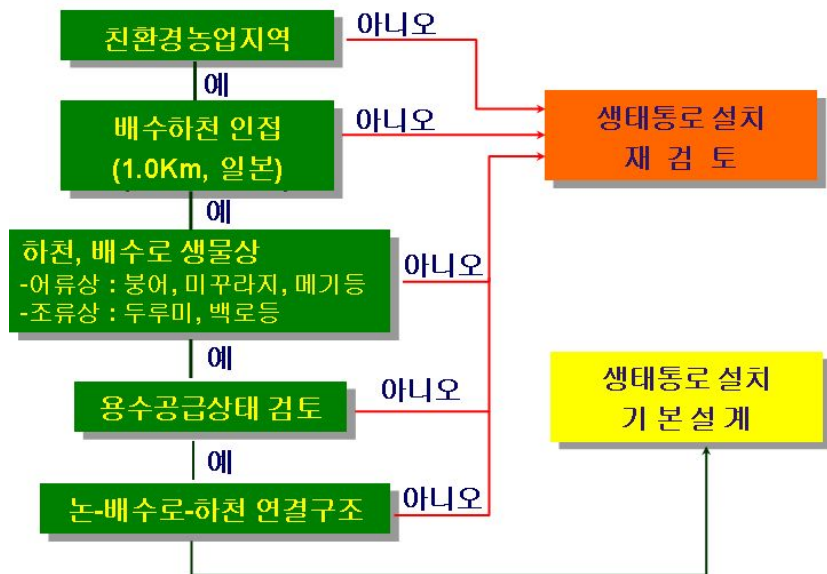
연구대상지 후보 5곳에 대하여 10가지 항목들에 의한 평가 결과 E형인 대호 친환경농업시범단지를 연구대상지로 선정하였다. 평가 항목에 따른 결과를 아래 표에 나타내었다. 상대적인 점수로 평가하였다.

(표 3-2) 연구대상지 선정 평가 결과

고려항목	분류	점수 10-6	사포 (A)	황등 (B)	문당 (C)	용천 (D)	대호 (E)	비고
친환경 무농약 재배단지 여부	생물다양성	10	10	10	10	10	10	농약, 비료
다양한 생물의 존재 여부	생물다양성	10	9	8	7	6	10	수서 생물
안정된 용수원 확보 여부	수환경성	10	5	5	5	10	10	수량 수질
하천 및 습지 근접성	수환경성	10	6	8	9	7	10	거리 장애물
수리계통의 적절성	수환경성	10	7	9	8	6	10	수리 시설물
구성형태 적절성	수환경성	10	8	7	9	6	10	단면구성
복원의 경제성	연구진행	10	6	8	9	7	10	시공성
자료확보 용이성	연구진행	10	6	7	9	8	10	조사자료
복원 가능성 및 효과	연구효과	10	6	7	10	8	10	외부영향
접근성 및 유지관리성	연구효과	10	6	7	10	9	9	시간 관리주체
종합평가	합계	100	69	76	86	77	99	

다. 입지선정을 위한 순서도

는 생태계 지역의 생태통로를 설치하고자 할 때는 여러 가지 사전 평가를 거쳐서 입지를 선정하고 적절한 시설물을 채택해야 한다. 고려해야 할 요소들에 대해서는 앞 절에서 상세하게 설명하였고, 전체적인 입지선정 절차도는 다음과 같다.



<그림 3-39> 논 생태통로 입지선정 순서도

3.2.5 생태통로 연계방안 검토

논 생태계 입지선정 조건을 조사하고, 각각 우리나라 논 농업지역의 생태 단절 유형을 분류하고, 적절한 연계방안을 제시해 보고자 한다.

가. 논과 배수로의 낙차 및 연계방안

논과 배수로는 물을 가두기 위한 둑의 형성으로 자연스럽게 낙차가 형성된다. 예전에는 낙차가 크지 않고 물꼬가 트여 있어 생물들이 논과 배수로를 오고가며 서식하였으나, 용수로와 배수로 체계가 정비되면서 배수로와 논과의 낙차가 크게 형성되고 대부분 파이프를 매설하여 그곳을 통해 배수를 실시하고 있다(그림 3-40).

따라서, 논과 배수로의 낙차는 논과 배수로를 연결하는 통로를 설치하는 방안이 있다. 평시 유량이 많지 않고, 소형의 생물들이 주로 이용하므로 소형의 어도를 설치하는 방안을 검토해 볼 수 있다.



<그림 3-40> 논과 배수로의 낙차 형성



<그림 3-41> 논과 배수로를 연결하는 생태통로(일본 도요오카시)

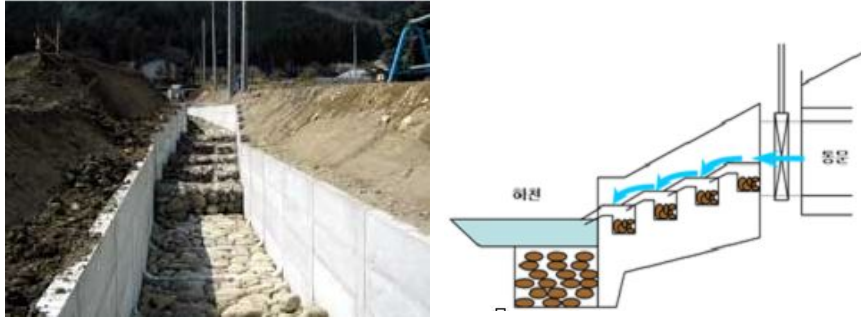
나. 낙차공에 의한 단절 및 연계방안

용수로나 배수로는 물의 흐름과 취수를 위하여 중간에 낙차공을 설치하는 예가 많다. 낙차의 크기가 크지 않으면 생물들이 도약 등을 통해 상류로 이동하기도 하지만, 논 생태계에 서식하는 생물들은 대부분 소형이며 도약 능력도 크지 못하여 이런 낙차를 극복하지 못하는 경우가 많다.



<그림 3-42> 수로에 형성된 낙차부

수로에 형성된 낙차는 직각으로 꺾어지는 낙차를 다소 연장하여 계단식으로 만들어 주는 방식을 고려해 볼 수 있다. 물의 흐름과 상류부 취수등 수리·수문학적인 것을 종합적으로 고려해서 문제가 없다면 직각의 낙차부를 계단식 낙차로 바꾸면 생물들의 이용에도 전혀 지장이 없을 것으로 판단된다.



<그림 3-43> 수로부의 낙차해소 방안

다. 원형배수로 및 사각 암거배수로 인한 단절 및 연계방안

배수로 말단부에서 하천으로 유입되는 부분은 대부분 농로 밑을 지나가는 경우가 많아 원형 배수로나 사각 암거배수로가 많이 설치되어 있다. 하천으로 연결되는 말단부에서 하천과 생기는 낙차는 하천에 서식하는 생물들이 배수로나 논으로 올라오는 가장 초입 부분이므로 좀 더 신중하게 고려해 줄 필요가 있다.



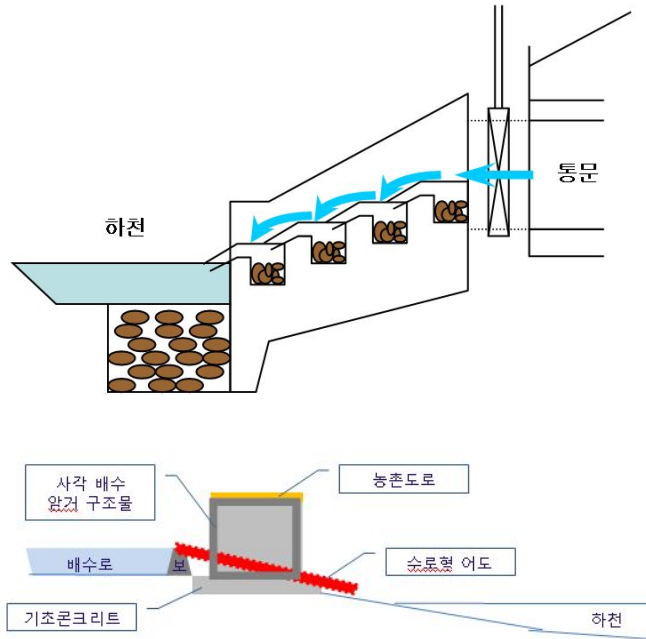
<그림 3-44> 배수로 말단부와 하천과의 낙차

이런 배수로 말단부에서 생기는 낙차는 배수효율을 높이기 위해 직각으로 설치하는 경우가 많다. 이와 같은 낙차를 해소하는 방법은 직각 부분은 사면형으로 바꾸어 배수로 말단부를 연장해주는 방법이 가장 일반적이다. 또한 사각 암거배수의 경우 암거 안쪽 부분이 평평하여 유속도 빠르고

생물들이 머물 장소가 부족하다. 따라서 계단식으로 만들면서 중간에 휴식
 풀의 개념으로 여울을 만들어 주면 생물이동과 휴식, 피난의 장소로 충분
 히 이용할 수 있다. 또 다른 방법으로 배수로 말단부에서부터 하천까지를
 연결하는 생태통로를 설치하는 방안도 고려해 볼 수 있다.



<그림 3-45> 배수 암거부의 친환경적인 구조개선(계단식 연장)



<그림 3-46> 배수로 말단부의 생태통로 설치 방안

라. 둑병 설치

관개시스템이 정비되기 전에는 논 옆에 둑병(물웅덩이)를 설치하여 물
 을 담아 두었다가 논에 물이 필요한 시기에 넣는 용도로 많이 사용되었다.

그러나 용수로를 통해 용수 공급이 원활해지면서 논 안에 있던 둥병은 거의 사라졌다. 둥병은 용수의 추가적인 공급뿐만 아니라 논에 사는 수서무척추동물 및 어류의 피난처, 산란처의 역할도 함께 했었다. 둥병의 생태적인 효과를 정확하게 판단하기는 어렵지만, 논 생태계 유지에 중요한 역할을 담당했던 것은 분명하다.

최근에는 이런 둥병의 기능을 되살리기 위하여 친환경 농업지역의 농민들이 자체적으로 논에 둥병을 조성하는 경우가 늘어나고 있다. 둥병의 조성은 중간 갈수기나 논에 물이 없는 시기에 생물의 이동 피난처로서 중요한 공간이 될 수 있다.



<그림 3-47> 논에 인공조성된 둥병(충남 홍성)

마. 논 주변의 수로 조성

둥병과 함께 논 주변에 수로를 조성하는 것도 생물의 입장에서는 매우 좋은 은신처가 된다. 또한 논 주변에 수로를 조성하는 것은 수질정화, 수온 조절, 논 안에 물의 원활한 공급등 생태적인 것 이외에도 다양한 기능을 한다.



<그림 3-48> 논 주변과 논 안의 수로조성

4. 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발

4.1 논 어도의 종류 및 특징

4.2 국제 환경에 적합한 어도 개발을 위한 시험

4.3 결과 요약

4. 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발

4.1 논 어도의 종류 및 특징

4.1.1 논 어도의 개념

논 어도란, 논 지역의 배수 간·지선과 배수지거, 소하천을 연결하는 통로를 말한다. 논 어도를 설치하는 가장 중요한 목적은 논을 산란과 번식에 이용하는 담수어의 보전과 복원을 위해서이다. 경지정리와 농약 사용으로 논 주변의 어류상은 예전에 비하여 현저하게 감소되었다. 특히 경지정리 사업으로 논이 구획화되고 포장정비화되어 어류가 산란을 위해 논으로 소상할 수 있는 통로가 단절되었다. 따라서 논과 배수로를 연결하는 논 어도의 역할은 논 생물다양성 증진을 위해 매우 중요할 것으로 판단된다.

또한 수로의 자연 비탈이 너무 급하거나 배수로의 물을 저류하여 재사용하는 경우, 수로에 낙차공을 설치하는 곳이 많다. 이러한 낙차공 역시 어류를 비롯한 생물의 이동을 방해하여 어류가 한정된 장소에서만 서식하게 된다. 따라서 이러한 낙차공에 간단한 생태통로를 설치하면 물고기가 하천과 수로를 이동하면서 자연스럽게 하천과 수로, 논을 연결하는 수역 네트워크를 조성할 수 있게 된다.

논 어도 설치시 논과 배수로의 낙차부와 수로내 낙차부에 설치가 필요하다. 포장 정비가 완료된 논에서 논과 배수로 사이에 0.7~1.5m의 수직낙차가 있는 경우 중에서 원래 외부 유역에서 들어오는 소하천과 연결된 배수로가 있고 논으로만 연결된 배수로가 있다(농업수리학, 1994). 소하천과 연결된 경우는 배수로에 어느 정도 유량이 상시 흐를 가능성이 있으므로 원래 하천의 상하를 생태적으로 연결한다면 의미가 있다. 그러나 논 배수만 흐르는 배수로는 상시 물이 흐르려면 특별한 용수공급 대책이 필요하므로 이런 경우에는 논 어도의 운영시기를 제한적으로 운영하는 것으로 하는 것이 바람직하다.

4.1.2 논어도 종류별 특성

논 어도의 형식이나 종류에 대해서는 일본의 선행 사례를 들어 살펴보고자 한다.

논 어도는 형식, 재질, 설치방법의 특성에 따라 분류할 수 있다. 형식으로 분류하면 크게 풀타입(pool type)과 저면 요철형으로 분류할 수 있다(水

谷, 2003). Pool type 어도는 격벽이 있고, 격벽과 격벽사이에 일정 수심을 유지하게 되어있다. 이에 반해 저면요철 type은 격벽이 없고 어도 저면에 요철이 있다. 풀타입 어도에는 형식에 따라 지그재그형, 반추형, 노치형등이 있고 저면요철형에는 cascade형, 반원형, U자형등이 있다(그림 4-1)



<그림 4-1> 논어도 형식별 분류

풀타입 어도형식별로 이동하는 생물상을 살펴보면, 지그재그형 어도에서는 피라미, 붕어를 비롯한 유영어와 미꾸라지등의 저서성 어류가 함께 소상하는 것으로 확인되었고, 반추형과 노치형에서도 미꾸라지와 붕어등이 이동하는 것으로 나타났다. 어류 소상 모니터링을 통해 풀타입 어도의 형식별로 효율을 비교 해 본 결과 지그재그형 논어도가 가장 우수한 것으로 나타났다(水谷, 2003). 지그재그형 어도는 현장상황에 맞춰 콘크리트를 타설 한 후 목재 격벽을 삽입하거나, 저면요철형에서 사용하는 U형관에 격벽을 삽입하는 방법등 시공이 용이한 장점이 있다. 반추형은 콘크리트를 현장에서 타설해야 한다는 시공상의 어려움이 있다.

저면 요철형 어도는 저서성 어류의 소상에 효과적이다. 저면요철이 미꾸라지와 같이 포복형 소상 어종에 적합하며 전진을 돕고 요철사이에서 휴식을 취할 수 있는 특징 때문이다. 그러나 본 어도는 체고가 큰 어류의 경우 수심이 체고의 70% 이하가 되면 소상이 어려웠으며 소상거리가 1m 이하에서 수 cm 정도의 수심이 있는 경우에는 소형 유영어는 소상할 수 있지만, 소상거리가 길고 수심이 얇은 장소는 저서성 어류만이 소상하는 것으로 나타났다. 저면 요철형 어도에서는 반원형과 U자형이 재료 구입의 편리

성, 시공 용이성이 좋은 것으로 조사되었다(水谷, 2003).

재질의 특성으로 분류하면 나무로 만든 목재형, 콘크리트형, 폴리에틸렌형으로 나눌 수 있다. 목재는 친환경적이고 자연적인 반면 콘크리트나 폴리에틸렌보다 내구성이 떨어지고 년 2~3회정도 보수를 해주어야 하므로 유지관리상에 어려움이 있다. 콘크리트형이나 폴리에틸렌형은 내구연수나 유지관리, 설치비용등은 효율적이지만 자연친화적인 면에서 목재보다는 좋지 못하다. 재질별 설치비용은 목재형이 가장 비싸고 다음이 콘크리트형, 폴리에틸렌형순으로 나타난다(矢部、2007), (그림 4-2).

논 어도의 설치방법에 따라 개거형과 암거형으로 분류할 수 있다. 개거형은 목재나 콘크리트를 이용하여 외부와 직접 접촉할 수 있도록 설계·시공하는 방식이고 암거형은 설치구배나 주변여건이 개거형으로 하기에 불충분한 경우 땅 밑에 묻는 방식으로 설치한다(그림 4-3).



<그림 4-2> 재질별 분류(좌 : 목재, 중 : 콘크리트, 우 : 폴리에틸렌)



<그림 4-3> 설치방법별 분류(상 : 개거형, 하 : 암거형)

4.1.3 논어도 형식 선정시 고려사항

논 어도를 설치하고자 한다면 우선 그 주변에 서식하는 어종을 파악하는 것이 중요하며 다음으로 어도를 설치하는 장소에서 어도를 이용하는 어류에 적합한 논어도 형식을 선정한다. 어도 형식을 선정할 때는 다음과 같은 사항을 고려한다.

논 어도를 이용하는 어류의 특성(유영어, 저서어), 어도 설치 방법(개거형, 암거형), 수직낙차, 논 어도를 유하하는 최대 수량, 어류가 소상 가능한 설치구배, 어도연장 및 규모, 설치 재료비등을 고려해야 한다.

(표 4-1) 어도의 설치구배와 연장의 유효크기(실적)

논어도 형식	어도명	설치구배	연장	규모
pool type	지그재그형	10~20도	최장 12m	폭 18~60cm
저면요철type	반원형	10도 정도	최장 8m	내경 10~15cm
	U형	10도 정도	최장 8m	폭 18~40cm

4.1.4 논어도 설치에 따른 사회·경제적 효과

논 어도를 설치하면 생물들의 이동 효율이 증가함과 동시에 지역주민의 정서 함양에도 영향을 미칠 것으로 판단된다. 논과 수로에 서식하는 물고기를 잡는 즐거움은 어른, 아이 할 것 없이 큰 즐거움이 될 것이며 논 농업을 하는 농촌에서만 즐길 수 있는 문화이다. 그 이외 논을 기능을 경제적 가치로 환산해보면 논을 홍수조절기능을 포함한 환경적 가치는 56조에 이르며, 논을 부양 능력은 1ha 당 20명 이상이라고 보고했다. 또한, 지금까지 논에 서식하는 것으로 밝혀진 무척추동물의 수는 222종 이상이며 농경지를 서식지 혹은 먹이터로 이용하는 새의 종수가 170여종, 전적으로 농경지에만 의존하는 새의 종수가 최소 15종에 이르러 환경적으로 매우 중요한 장소이다(농진청 2008).

마지막으로 물고기들이 오고가고, 다양한 생물들이 서식하는 논에서 친환경적인 영농에 의해 재배된 쌀은 안전한 농산물이라는 믿음을 심어줘 우리 농산물의 브랜드 가치를 향상시키는 효과를 가져올 것이다.

4.2 국내 환경에 적합한 어도 개발을 위한 시험

4.2.1 실험목적 및 계획

가. 개발 목적

국내 하천에 설치된 어도의 대부분이 유영력과 도약력이 좋은 황어, 은어 등이 이용하는 제품이다. 그러나 논-배수로-하천에 설치될 경우 피라미, 갈겨니 등 작은 어종들이 이용해야 하므로 그에 맞는 소형 어도 제품으로 개발되어야 한다. 따라서 논-배수로-하천에 특성에 맞는 수로식어도로서 순항이동성을 강조하고 어린 치어나 유속이 약한 어류들도 이용 가능하도록 조립식 어도 형태로 검토하였다.

기존 어도블록의 경우 보통포틀랜드시멘트를 사용하는 콘크리트를 사용하는데 보통포틀랜드시멘트는 물과 혼합되면 pH(수소이온농도지수)값이 12~13에 이르는 강한 알칼리성이기 때문에 생물의 이동통로에 사용하는데 적합하지 않은 재료이다. 따라서 pH 감소 효과에 우수한 고로슬래그시멘트와 황토를 사용하여 어류의 서식환경 개선하는 것을 목표로 하고 있다.

콘크리트의 경우 중성화에 따른 철근 부식으로 철근이 팽창될 경우 그로 인해 콘크리트의 균열이 발생하여 콘크리트의 내구성을 저하시키며 또한 균열을 통해 수분이 공급되어 철근 부식으로 인한 녹물이 유출되어 하천오염을 일으킬 수 있는 문제점이 있다. 따라서 철근을 사용하지 않고 균열 억제 효과가 있는 구조용 합성섬유를 사용함으로써 구조적안정성 확보 및 하천오염 방지를 목적으로 하고 있다.

나. 개발 계획

어도개발을 위한 실험은 (표 4-2)과 같이 재료시험을 통하여 어류서식 환경 및 구조적 안정성 평가를 실시하였으며 스티로폼 몰드를 제작하여 실제 시제품을 제작하였다. 또한 수리모형실험장치를 제작하여 유속 및 유량에 따른 소상실험을 실시하였다.

(표 4-2) 어도개발을 위한 실험 계획

재료시험	어류서식환경 평가 (고로슬래그 및 황토)	역학적특성 평가(압축강도) pH 시험 중금속용출시험
	구조적 안정성 평가 (섬유보강재)	역학적특성 평가 (압축강도 및 휨강도) 균열저항성 평가 (소성수축균열 및 건조수축균열시험)
시제품 제작	스티로폼 어도블록 몰드 제작	고로슬래그 및 황토를 사용한 섬유보강콘크리트 어도블록 시제품 제작
생태수리실험	수리모형 실험장치 제작	유속 및 유량에 따른 소상실험

4.2.2 어도개발을 위한 재료 및 조성

가. 고로슬래그

고로슬래그시멘트의 일반적 특징은 수화열, 강도, 내구성 등이 공유한 특성으로 장기강도가 크고 해수, 하수, 지하수, 광천 등에 대한 내침식성이 크며 수화열이 낮아 메스 콘크리트에 적용하고 있다. 또한 포졸란작용에

의한 수산화칼슘양을 저감하여 pH저감에 효과가 있다. 따라서 고로슬래그 시멘트를 사용할 경우 어도블록의 강도 및 내구성 증진 효과가 기대 되며 또한 pH 저감으로 인하여 어류 등의 서식하기 좋은 환경을 조성할 수 있을 것으로 기대된다.

제철공장에서 발생하는 철강슬래그의 대부분을 차지하고 있는 고로슬래그는 고로에서 철을 제조할 때 철광석이나 회분에 존재하는 SiO_2 와 Al_2O_3 등이 $1350\sim 1550^\circ\text{C}$ 의 고온에서 석회와 반응하여 생성되는데, 비중이 철보다 낮으므로 선철과 분리된다. 용융상태의 고로슬래그를 급냉시키면 열학적으로 불안정한 유리질 입자 상태의 수쇄슬래그로 된다. 수쇄슬래그의 수화반응 특성은 소석회의 혼입에 의해 발견되어 잠재 수경성이란 명칭이 붙었으며 활성도는 유리화율, 화학조성 및 분말도에 의해 결정된다.

나. 섬유보강재

섬유보강재는 콘크리트의 파괴를 방지하기 위하여 개발된 제품으로 섬유보강재를 콘크리트 내에 짧고 임의적으로 분산시켜 콘크리트에서 발생하는 균열의 성장을 조절하여 파괴를 방지하는 특성을 가지고 있다. 이러한 섬유는 시멘트 모체 내부에 균열성장을 멈추게 하거나 지연시키는데 효과적이며, 이로 인해 재료의 인성 특성과 균열 저항성을 향상시킨다.

섬유보강 콘크리트의 에너지 흡수능력의 증가효과는 섬유와 콘크리트 사이의 부착 메카니즘에 의해서 결정되는데 이와 같은 효과는 콘크리트에 균열이 발생하였을 때 섬유의 가교(bridging) 작용 즉, 섬유분리(fiber debonding), 섬유 뽑힘(fiber pullout), 섬유파괴(fiber fracture)를 포함한다.

콘크리트의 에너지 흡수능력은 각각의 날개섬유의 부착 메카니즘에 의해서 영향을 받는다. 가교작용은 균열선단에서 응력집중계수 감소와 균열 단함을 발생시킨다. 또한 콘크리트의 계면(interface)에서 섬유분리와 인발은 균열성장 기간에 총 에너지 흡수능력에 영향을 미친다. 따라서 보강섬유와 콘크리트 사이의 부착은 균열성장의 안정화에 큰 영향을 미친다.

본 연구에서는 콘크리트에서 균열의 제어와 파괴거동을 향상시키는 섬유보강재를 어도블록에 적용하고자한다. 즉 섬유보강재를 적용하여 어도블록의 강도상승 및 파괴에 대한 저항성을 향상시키고자 하며 기존 연구 결과를 살펴보면 충분한 가능성이 있다고 보여 진다.

4.2.3 어도 개발을 위한 재료시험

가. 실험계획

첫 번째로 본 연구에서 개발되는 제품은 고로슬래그시멘트와 황토를 사용하여 어류의 서식환경 개선하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서 고로슬래그시멘트와 황토 치환율(10%, 20%, 30%, 40%)에 따른 압축강도 시험과 pH 및 중금속용출시험을 통하여 보통포틀랜드시멘트와 고로슬래그시멘트 및 황토를 사용한 배합을 비교 평가하였다.

두 번째로 본 연구에서 개발되는 제품은 철근 대신 보강 섬유를 사용하는 제품으로 압축강도 24MPa 이상을 가지는 콘크리트이며 철근 부식에 의한 어도 제품의 내구성 저하 및 녹물 유출에 의한 생태계 파괴를 근본적으로 방지할 수 있고 구조적 강도와 안정성이 더욱 우수한 어도제품을 개발할 목적으로 하고 있다. 보강섬유는 부식에 대한 저항성을 확보하기 위하여 비부식성의 유기섬유로서 비부식성 유기 섬유는 보강철근에서 발생하는 부식에 의한 문제를 해결할 수 있으며 균열 억제 효과가 우수하므로 제품의 내부 균열을 억제하는 밀실화 효과를 가진다. 또한 보강섬유는 구조물의 생화학적 부식을 방지함과 동시에 운반시 발생하는 구조물의 파괴와 깨짐 등도 효과적으로 억제할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 섬유보강에 따른 특성을 파악하기 위해 압축강도, 휨강도 및 소성수축균열, 건조수축균열 실험을 실시하여 평가하였다.

나. 재료시험

본 연구에 사용된 시멘트는 시중에서 판매되는 KS L 5201에 적합한 H사의 1종 포틀랜드 시멘트를 사용하였으며 물리적 특성은 표 4-3과 같다.

(표 4-3) 시멘트의 물리적 특성

Fineness (cm ² /g)	Specific gravity	Stability (%)	Compressive strength(kg/cm ²)		
			3 days	7 days	28 days
3,488	3.15	0.08	224	308	404

소성황토는 중국에서 생산된 고온 소성된 활성황토 미분말(1,000℃ 이상)을 사용하였다. (표 4-4)은 소성황토의 물리 화학적 성질을 나타내면 (그림 4-4)은 형상을 나타낸다.

(표 4-4) 황토 분말의 물리 화학적 성질

구분	입도(%)				화학성분(%)					비중
	체를 통과하는 것의 무게 백분율				SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	강열 감량	
	0.6 mm	0.3 mm	0.15 mm	0.08 mm						
소성황토	100	100	99	88	61.4	6.62	15.1	6.42	2.9	2.72

보통포틀랜드 시멘트와 고로슬래그 시멘트 및 소성황토를 사용한 배합의 물성을 파악하기 위하여 고로슬래그시멘트에 각각 10%, 20%, 30%, 40%로 중량비로 소성황토를 치환하여 배합설계를 (표 4-5)과 같이 실시하였다.

(표 4-5) 고로슬래그 시멘트 및 황토 배합표

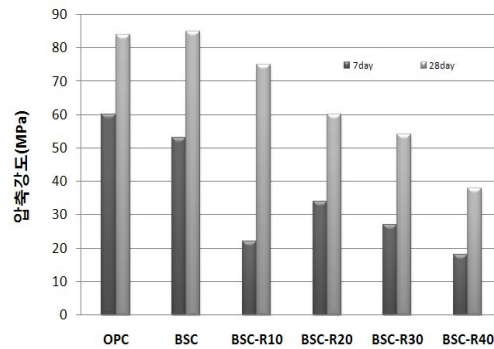
NO	Binder(Wt %)			W/B (%)	Unit Weight(kg/m ³) ⁷⁾					
	OPC	BSC	R		Binder				W	Total
					OPC	BSC	R	소계		
1	100	0	0	24.0	1746	0	0	1746	419	2183
2	0	100	0	23.5	0	1756	0	1756	413	2186
3	0	90	10	24.0	0	1555	173	1728	415	2160
4	0	80	20	24.5	0	1360	340	1700	417	2134
5	0	70	30	25.0	0	1172	502	1674	418	2109
6	0	60	40	26.0	0	981	654	1635	425	2076

주) OPC: 보통포틀랜드시멘트 BSC: 고로슬래그시멘트 R: 소성황토 W: 배합수

다. 압축강도 시험

압축강도시험은 KS F 2405 콘크리트의 압축강도 시험방법에 의해 각각 실시하였다. 실험은 5×5×5cm 의 공시체를 제작한 후 24시간 동안 23±2℃, 상대습도 약 58%에서 초기 양생을 실시한 후에 탈형하여 23±2℃의

양생실에서 28일 수중양생을 실시한 후 측정하였다.



<그림 4-4> 압축강도 시험모습과 결과

(그림 4-4)은 결합재를 보통포틀랜드 시멘트, 고로슬래그 시멘트, 고로슬래그시멘트에 소성황토를 각각 10%, 20%, 30%, 40%로 치환한 페이스트 경화체의 재령에 따른 강도를 나타내었다. 고로슬래그 시멘트 페이스트 경화체가 보통포틀랜드 시멘트 페이스트 경화체에 비해 초기강도 발현을 낮게 나타냈으나 재령 28일 강도는 각각 85.0MPa과 86.0MPa로써 오히려 장기 강도가 증가하였으며 이는 시멘트내의 CaO, 배합수(H₂O), 고로슬래그 SiO₂와의 반응을 통한 칼슘수화물(C-S-H, 대표조성은 C₃S₂H₃)을 생성하는 포졸란 효과에 기인한 것으로 사료된다.

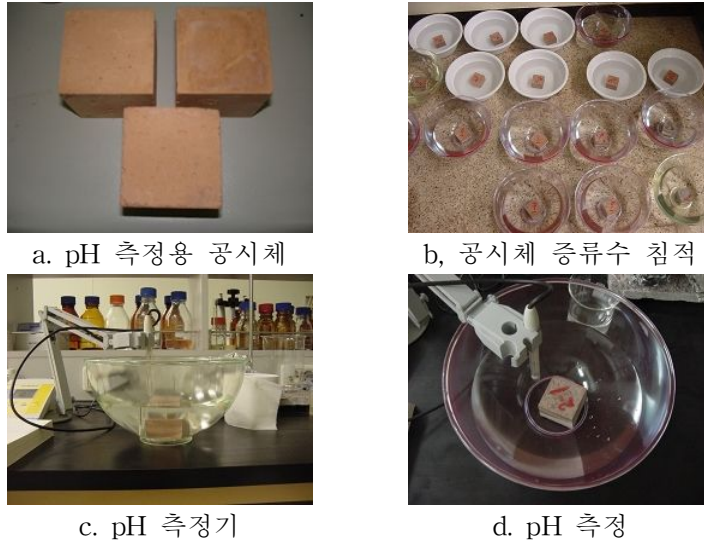
고로슬래그 시멘트에 소성 황토를 10%~40%의 범위에서 치환량을 달리한 경우 치환량의 증가에 따라 압축강도가 저하되었다. 이는 소성황토의 기존 시멘트 클링커물의 소성온도 1,400℃보다 낮은 약 1,000℃ 정도에서 소성되었기 때문이다.

라. pH 측정시험

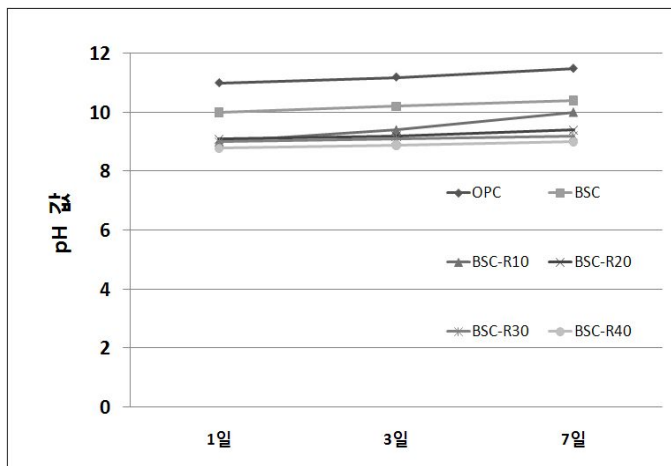
pH는 토양의 산도를 측정하는 방법과 같이 페이스트 경화체와 증류수의 비율이 약 20배가 되도록 하여 증류수 속에 담근 후 측정하였다. pH 측정은 0, 24, 72, 128 시간에서 측정하였다. (그림 4-5)은 pH측정 시험방법을 나타내었다.

(그림 4-6)는 결합재별 28일 습윤 양생(20℃)후의 공시체를 증류수에 침적 후 24시간(1일), 72시간(3일), 168시간(7)일에서의 pH값 변화를 나타내었다. 보통포틀랜드 및 고로슬래그 시멘트 페이스트 경화체의 침적 7일

후 pH값은 각각 11.5, 10.5로써 고로슬래그 시멘트 페이스트 경화체의 pH 저감 효과는 고로슬래그 분말의 재령에 따른 경화체내부의 수산화 칼슘소비에 기인한 것으로 판단된다. 고로슬래그 시멘트에 소성황토가 10%~40%로 치환된 페이스트 경화체의 침적 7일후의 pH값은 8.9~9.8로 나타났으며 고로슬래그 시멘트에 소성황토의 치환량의 증가에 따라 pH값이 저감하는 경향이 나타났으며 이도 역시 소성황토의 재령에 따른 경화체내부의 수산화 칼슘소비에 의한 것으로 판단된다.



<그림 4-5> pH 측정 시험.



<그림 4-6> pH 값 변화

마. 중금속 용출시험

용출시험은 환경부의 폐기물 공정시험법에 의해 실시하였다. 시험은 정밀하게 계량한 결합재 페이스트 경화체 100g을 미네랄 성분을 제거시킨 증류수(0.1N HCl 용액을 가하여 pH 5.8~6.3으로 조정) 1000ml를 2000ml 삼각플라스크에 넣고 상온, 상압에서 매분 당 진탕횟 수 약 200회(진폭 4~5cm)로 6시간 연속 진탕한 다음, 1.0 μ m의 유리섬유 여과지로 여과액을 추출하여 용출시험을 실시하였다.

폐기물공정시험법에 의한 용출시험결과, 전체 배합의 결합재에서 규제 물질로 정하고 있는 As, Hg, Cr, Pb의 용출은 전혀 없는 것으로 나타났다.

4.2.4 기초시험 결과 종합

논-배수로-하천의 연계를 위한 어도 제품 개발을 위한 콘크리트 재료 실험 결과는 다음과 같다. 고로슬래그 시멘트 페이스트 경화체가 보통포틀랜드 시멘트 페이스트 경화체에 비해 초기강도 발현율이 낮게 나타났으나 재령 28일 강도는 각각 85.0MPa과 86.0MPa로써 오히려 장기 강도가 증가하여 나타내었다. 고로슬래그 시멘트에 소성 황토를 10~40%의 범위에서 치환량을 달리한 경우 치환량의 증가에 따라 압축강도가 저하되어 나타났다.

보통포틀랜드 및 고로슬래그시멘트 페이스트 경화체의 침적 7일후 pH값은 각각 11.5, 10.5로써 고로슬래그 시멘트 페이스트 경화체의 pH저감 효과는 고로슬래그 분말의 재령에 따른 경화체내부의 수산화 칼슘소비에 기인한 것으로 판단된다.

고로슬래그 시멘트에 소성황토가 10%~ 40%로 치환된 페이스트 경화체의 침적 7일후의 pH값은 8.9~9.8로 나타났으며 고로슬래그 시멘트에 소성 황토의 치환량의 증가에 따라 pH값이 저감 하는 경향이 나타났으며 이도 역시 소성황토의 재령에 따른 경화체내부의 수산화 칼슘소비에 기인한 것으로 판단된다.

섬유보강재 사용 유무에 따른 압축강도 시험결과 섬유 혼입에 상관없이 재령 28일에서 목표강도 24MPa 이상의 강도를 나타냈으며 섬유보강 콘크리트가 초기 재령에서는 보통 콘크리트 보다 감소하나 28일 재령에서는 보통 콘크리트와 거의 동일하거나 약간 크게 나타났다.

휨강도 시험 결과 섬유보강 콘크리트가 재령 7, 14, 28일에서 모두 일반콘크리트보다 높게 나타났으며 재령 28일에서는 일반콘크리트에 비해 휨강

도가 10%이상 높게 나타났다. 소성수축실험 및 건조수축균열실험 결과는 섬유를 사용함으로써 균열 저항성이 크게 증가하여 콘크리트의 균열 억제 효과가 우수하게 나타났다.

고로슬래그시멘트와 황토 사용함으로써 pH 저감효과가 나타나 어류의 서식환경을 개선 할 수 있을 것으로 기대되며 섬유를 사용하여 내부 균열을 억제하는 밀실화 효과를 가짐과 동시에 구조물의 생화학적 부식을 방지하고 또한 운반시 발생하는 구조물의 파괴와 깨짐 등도 효과적으로 억제할 수 있다고 판단된다.

4.2.5 어도 시제품 제작

가. 개발제품의 특징

국내 하천에 적용된 어도의 대부분의 경우 유영력과 도약력이 좋은 황어, 은어 등이 이용하는 제품이 대부분이다. 그러나 논-배수로-하천에 설치될 경우 피라미, 갈겨니 등 작은 어종들이 이용 가능한 소형 어도 제품으로 개발되어야 한다.

본 연구에서는 논-어도-하천에 적용가능한 수로식어도로서 순향이동성을 강조하고 어린 치어나 유속이 약한 어류들도 이용 가능하도록 조립식 어도 형태를 결정하였다. (표 4-6)은 기존 조립식 어도 제품과 개발안 제품과의 비교를 나타내었다.

(표 4-6) 기존 조립식 어도 제품 및 개발안 제품의 비교

구분	기존 제품	제품 개발안		
최적 적용지역	하천	소하천, 배수로		
시공 형태	블록 조립식	블록조립식		
어도 형식	아이스 하버식	수로식(테널식)		
구성 재료	콘크리트	섬유보강	황토	고로슬래그시멘트
		운반시 구조물 파괴 및 깨짐 방지 콘크리트 균열저항성 증가	친환경 제품이미지 시각적 경관 향상 강도 개선 및 내구성 강화	pH 저감효과 어류 등의 서식환경 개선 장기강도 개선 및 내구성 강화
시공 편의성	고중량 장비필요	경량장비 가능		

나. 개발제품의 설계 및 시제품 제작

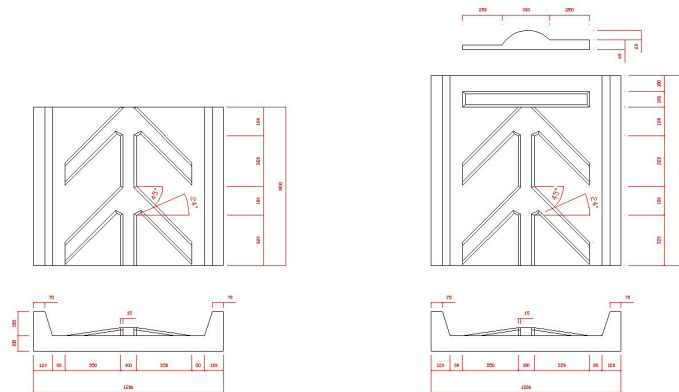
시제품은 출구형, 기본형 2가지로 구성되었으며 (표 4-7)는 어도블록의 제원을 나타내었다

(표 4-7) 어도블록의 제원

형 태	규 격(mm)
출 구 형	1200*250*1200
기 본 형	1200*250*1000

어도블록의 형태는 출구형과 기본형을 연결할 수 있도록 제작하였다. 기본형은 경사돌조 외측으로 갈수록 높이가 점차로 낮아지게 설계하여 경사돌조의 높이를 다르게 하여 물의 유속이 다양하도록 설계하였다. 따라서 경사돌조의 상부 공간 중 각각의 어류들이 좋아하는 유속으로 물이 흐르는 영역을 통과하여 어류가 보다 쉽게 어도를 통과 수 있다. 외벽과 경사돌조 사이의 Slot(빈공간)을 두어 유입된 토사가 흘러가는 통로 역할을 하여 토사가 퇴적되는 것을 방지할 수 있도록 설계하였다.

출구형은 가로 돌조의 상면의 높이가 서로 다르게 형성하여 물의 유속이 서로 달라 물고기가 자신에게 적합한 유속에 해당하는 부분을 지날 수 있도록 설계하였고, 곡면부는 위 방향으로 돌출하게 제작하여 물의 흐름을 양쪽 가로돌조로 흐르게 유도 하도록 하였다.



<그림 4-7> 개발제품 도면

어도블록의 시제품 제작은 스티로폼몰드를 제작하여 콘크리트를 타설

한 후 붕 다짐을 통하여 금형 전체로 콘크리트가 타설 되도록 하였으며 7 일 동안의 자연양생을 실시 한 후 스티로폼몰드를 탈형하였다.

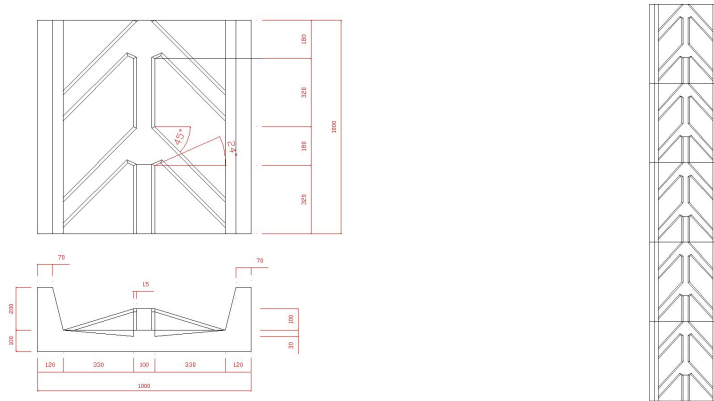


<그림 4-8> 시작품 제작 과정

다. 개발제품 수정 및 보완

기본형의 경우 외벽과 경사돌조의 사이의 Slot(빈공간)을 두어 토사의 퇴적방지를 위하여 설계하였으나 경사돌조가 외측으로 갈수록 낮게 형성 하도록 되어 있어 토사가 퇴적이 되지 않고 유량이 적을 시 이쪽으로만 흐르는 문제점이 발생되어 Slot(빈공간)을 없애도록 하였다. 따라서 어도블록의 폭이 1.2m에서 1m로 축소되었다. 또한 어류가 어도 이용시 휴식공간이

제공되어 있지 않도록 설계되어 있었다. 그래서 경사돌조의 높이를 5cm에서 10cm로 높이고 또한 경사돌조 사이의 몸체 부분을 함몰되도록 형성하여 어류가 이동 간에 쉴 수 있는 충분한 휴식공간을 확보할 수 있도록 하였고 이를 통해 이동을 위한 여력을 비축할 수 있어 보다 많은 어류들이 어도를 쉽게 통과할 수 있도록 하였다.



<그림 4-9> 수정·보완된 어도블록

4.3 결과 요약

환경생태복원의 중요성과 더불어 하천의 환경복원을 위한 노력은 많은 결실을 내고 있으며, 농업부문에서도 친환경농업단지가 확대 보급되고 있으며, 고품질 친환경농산물의 생산이 농업의 정책방향이다. 이러한 시점에 있어서 논 농업지역의 생태적인 가치와 논이 공익적인 가치를 인정받아 논 습지에 관한 연구와 관심이 대두되고 있다.

본 연구는 이러한 논이 생태계와 농수로로 통한 하천 생태계의 연결에 있어서 문제점을 파악하고 연계성을 확보할 수 있는 기술개발과 연구대상지를 선정하기 위한 유형을 분류하고 조사하여 대상지의 선정에 목적이 있으며, 또한 단절된 곳의 복원에 필요한 소형어도블록 제품 및 기술개발에 목적이 있다. 본 용역의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 친환경농업단지를 대상으로 평가항목을 선정하고 조사대상 후보지에

관한 현장조사를 실시하였으며, 그 결과로 대호 친환경농업시범단지를 본 연구의 대상지로 선정하였다.

2. 현장조사 결과 배수로와 하천의 연결부문에는 대부분 어류들의 소상의 방해가 되는 낙차가 큰 보가 존재하였으며, 배수로와 하천을 연결 시킬 수 있는 생태통로 조성기술의 필요성이 조사되었다.
3. 하천에 설치된 보를 위한 어도기술은 많은 기술들이 개발되고 보급되고 있으나 유량이 많지 않으며, 소형어종에 적합한 배수로-하천 또는 소하천에 적합한 어도 기술들이 필요함이 확인되었다.
4. 본 연구에서 배수로나 소하천에 적합한 조립식 저독성 소형어도 블록 기술을 개발하여 특허를 출원하였다.

이상과 같은 연구결과와 함께 선정된 연구대상지에서 개발된 기술을 검증하고 지속적인 평가가 진행되어 논-배수로-하천의 생태적인 수환경 네트워크의 복원이 이루어지길 기대한다.

5. 논 농업지역 생태복원 아이템 개발

5.1 인공 조성된 둠벙 조사

5.2 친환경 농업지역 생태복원 기초 조사(대호)

5.3 친환경 논 농업지역 수질 및 생태조사

5. 논 농업지역 생태복원 아이템 개발

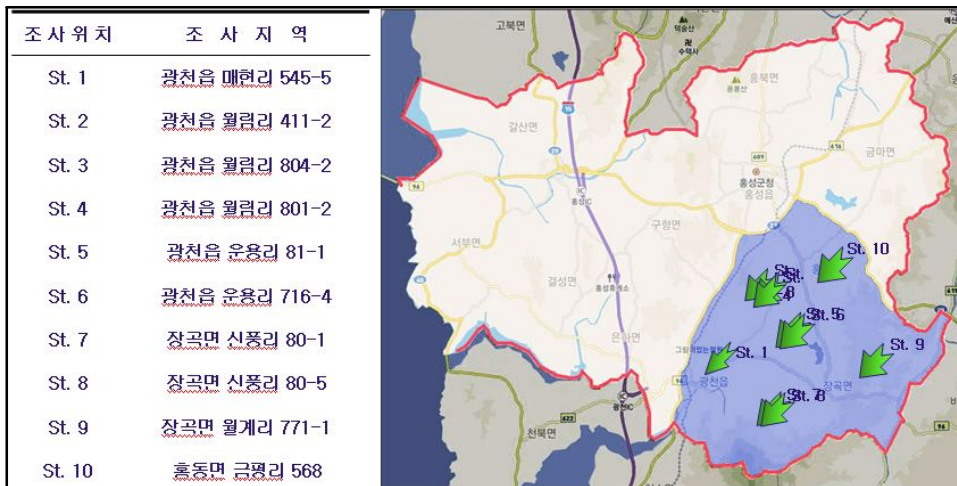
5.1 인공 조성된 둥벙 조사

충남 홍성군에서는 2007년도 친환경농업 영농법인 자체적으로 “논생물 다양성 쌀”생산을 목표로 10개소의 논에 둥벙 조성사업을 실시하였다. 친환경 영농법인에 속해 있는 농민 자체적으로 둥벙을 조성한 후 군비에서 재정적인 지원을 후속 조치로 취해주었다. 조성 후 간단한 생물상을 조사한 결과 우렁이, 물방개, 물똥똥이를 비롯한 다수의 무척추동물이 서식하는 것을 확인할 수 있었다.

따라서 본 연구에서는 기 설치된 둥벙을 대상으로 하천이나 수로와의 거리, 논에서의 둥벙 위치, 주변 환경, 생물상등을 조사하여 가장 적합한 둥벙 규모 및 수심, 위치 등을 결정하고 최종적으로 우리나라 논에 적합한 둥벙 model을 제시하고자 한다. 둥벙이 논이나 수로 또는 주변 하천과의 연결상태와 둥벙의 구조형태와 면적, 위치, 수심을 조사하였고, 논 농업형태와 용수 공급, 배수방법과 수질 및 어류상 조사를 실시하였다.

5.1.1 조사 방법

조사지점은 충남 홍성군과 광천군 일대 조성된 10개소의 둥벙에서 조사를 실시하였다. 조사기간은 2009년 8월부터 10월까지 설치한 10개소의 둥벙에서 조사를 실시하였다(그림 5-1).



<그림 5-1> 홍성 둥벙 조사 위치도

둑병에 있는 어종을 파악하기 위해 족대를 사용하여 8월에 1회 15분간 조사하였다. 미끼용 떡밥을 통발에 넣어 8월부터 10월까지 매월 1회 24시간 설치하여 조사를 실시하였다. 채집된 어류는 10% 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반한 후 김 등(2005)에 따라 종의 수준까지 동정하였으며 개체수를 계수하고, 각각의 전장, 체장 및 체중 등을 측정하였다. 수질 조사는 온도와 pH를 YSI Ecosence를 이용하여 현장 측정하였고, 1ℓ 채수용기에 담아 분석실에 의뢰하였다.

5.1.2 조사 결과

가. 매현리 둑병(St. 1)

(1) 논과 둑병의 구조

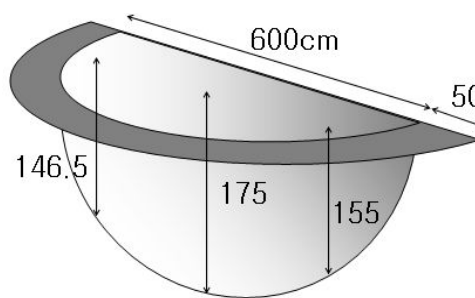
충남 홍성군 광천읍 매현리에 위치하고 있으며, 농민이 예전부터 삼이 있던 곳에 인공으로 조성하였다. 지하수를 이용하는 천수답으로서 계단형으로 연결된 논이 있고, 주위의 하천은 존재하지 않았다. 논 중앙에 위치한 둑병은 부채꼴형이고, 자연형 둑병으로서, 면적은 약 39.25 m²이고, 평균 수심은 약 158.8 cm로 아주 깊었다(그림 5-2).



<그림 5-2> 둑병의 전경(St.1)

(2) 둑병의 연결상태

논과 둑병이 약 30~50cm 폭으로 된 물길이 이어져 있어 논에 물을 공급하기에 매우 용이한 구조를 가졌다. 또한, 논 주위로 약 50cm 정도의 폭으로 물길이 둘러져 있었다(그림 5-3, 5-4).



<그림 5-3> 둑병의 구조도(St. 1)

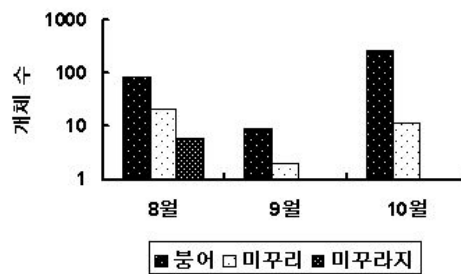


<그림 5-4> 논과 연결된 물길(좌)과 논 주위의 물길(우)

(3) 어류상 조사

8월 조사 시 족대에는 붕어(*Carassius auratus*) 전장 46.0 ± 7.0 mm, 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 82.0 ± 5.7 mm 2종을 채집하였고, 통밭에는 붕어(*Carassius auratus*) 전장 56.9 ± 6.7 mm, 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 86.9 ± 23.4 mm, 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 90.5 ± 28.7 mm 3종이 출현하였다. 9월 조사 시에는 통밭에 붕어(*Carassius auratus*) 전장 54.0 ± 11.8 mm과 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 81.0 ± 2.8 mm, 무게 2.6 ± 0.3 g 2종이 출현하였다. 10월 조사 시에는 통밭에 붕어(*Carassius auratus*) 전장 63.6 ± 13.7 mm, 무게 4.5 ± 3.6 g과 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 156.5 ± 13.44 mm, 무게 18.1 ± 5.3 g 2종을 채집하였다(표 5-1).

3회 조사를 통해 붕어, 미꾸라지, 미꾸리 3종이 채집되었으며 종수는 8월에 가장 많았고 개체수는 10월에 붕어가 대량으로 채집되면서 가장 많은 출현량을 보였다. 수심이 매우 깊었으며, 다른 지역과는 달리 붕어가 많이 서식하고 있었다(그림 5-5).



<그림 5-5> 둠병의 채집어류상(St. 1)

(4) 수질 조사

물의 양이 많고, 논과 둠병이 사니질로 이루어져 있어 물의 이동이 아주 용이하였다. 둠병의 수질 조사 결과 pH는 7.19 이었다. EC는 $501 \mu\text{mhos/cm}$, COD는 4.8 mg/l , T-N은 26.69 mg/l , T-P는 0.018 mg/l 이었다(표 5-2).

나. 월림리 411-2 (St. 2)

(1) 논과 둥병의 구조

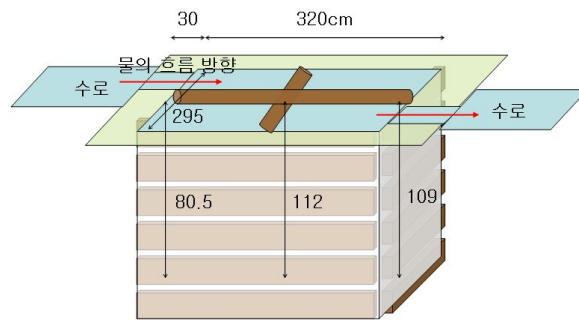
St. 2는 충남 홍성군 광천읍 월림리에 위치하였다. 이 논은 지하수를 펌핑하여 이용하고 있었으며 주변에 하천은 없지만, 습지형태의 늪이 주변에 위치하고 있었다. 둥병은 직사각형이고, 논 의 가장자리에 위치하였다. 면적은 약 9.44 m²이고, 평균 수심은 약 100.5 cm이었다(그림 5-6).



<그림 5-6> 월림리 둥병의 전경(St. 2)

(2) 둥병의 연결상태

둥병은 논과 둥병이 연결되어 있지 않았고, 둥병 주위에는 식생이 많이 발달해있었다. 산간 곡간지내에 위치하고 있어 주변 하천은 없었지만 주변에 작은 습지가 위치하고 있어 물이 오가고 있었다(그림 5-7).



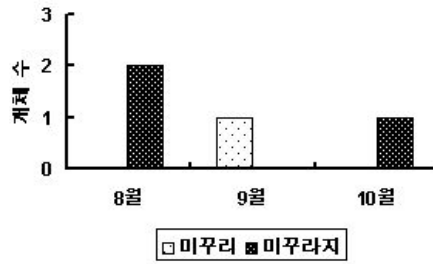
<그림 5-7> 둥병의 구조도(St. 2)

(3) 어류상 조사

8월 조사 시 족대는 둥병에서 출현종이 없었으나, 수로에서 미꾸라지 (*Misgurnus mizolepis*) 전장 60.5±9.2 mm, 무게 1.3±0.4 g 1종을 채집하였고, 통밭에는 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 93.5±16.3 mm, 무게 4.9±2.7 g 1종이 출현하였다. 9월 조사에서 통밭에 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 161.0 mm, 무게 21.9 g 1종이 출현하였고, 10월에도 통밭에 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 141.0 mm, 무게 17.9 g 1종이 채집

되었다(표 5-1).

3회 조사를 통해 붕어, 미꾸라지, 미꾸리 3종이 채집되었으며 종수는 8월에 가장 많았고 개체수는 10월에 붕어가 대량으로 채집되면서 가장 많은 출현량을 보였다. 주변 습지와 연결된 수로에서는 미꾸라지와 드렁허리 치어가 채집되었다(그림 5-8).



<그림 5-8> 둥병의 채집어류상(St. 2)

(4) 수질 조사

둥병 주위뿐만 아니라 둥병의 수중에서도 식생이 매우 잘 발달되어 있었고, 바닥은 니질로 이루어져 있었으며, 바닥을 제외한 사방이 나무판으로 둘러져 있었다. 둥병의 수질 조사 결과, pH는 7.49 이었다. EC는 215 μ mhos/cm, COD는 11.4mg/l, T-N은 1.12mg/l, T-P는 0.326mg/l 이었다(표 5-2).

다. 월림리 801-2 (St. 3)

(1) 논과 둥병의 구조

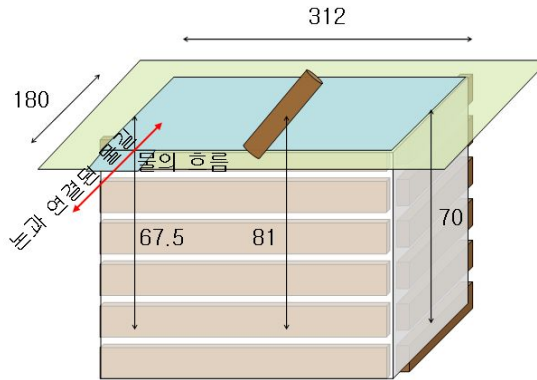
St. 3은 충남 홍성군 광천읍 월림리 801-2번지에 위치하고 있다. 계단식 논의 최 하단부에 위치하고 있었으며 논과 둥병은 유기적으로 잘 연결되어 있었다. 용수공급은 지하수를 펌핑하여 둥병에 넣어두었다가 논에 공급하는 형식을 취하고 있었다. 논 정면에 하천이 흐르고 있었으나 콘크리트 포장된 도로가 가로막고 있어 하천과의 연계성은 없었다. 둥병의 위치는 논과 바로 밀접하였고, 직사각형 모양으로 면적이 약 5.62m² 이며, 평균 수심은 72.8cm 로 깊지는 않았다(그림 5-9).



<그림 5-8> 둥병의 전경(St. 3)

(2) 둥병의 연결상태

둥병과 논은 잘 연결이 되어 있었고, 둥병과 논의 수위차에 의해 논과 둥병 사이의 물이 왕래할 수 있도록 되어 있다. 주변에 나무로 독을 쌓아 놓아 식생의 발달은 미비하였다(그림 5-9).

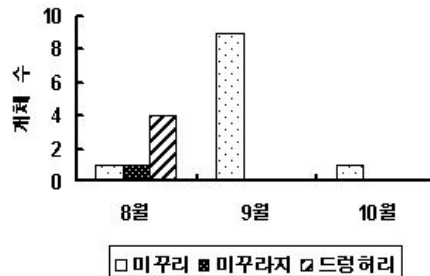


<그림 5-9> 둥병의 구조도(St. 2)

(3) 어류상 조사

8월 조사 시에는 족대로 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 37.5 ± 12.0 mm, 무게 0.3 ± 0.2 g, 드렁허리(*Monopterus albus*) 전장 79.0mm, 무게 0.3g 2종을 둥병 근처의 수로에서 채집하였고, 통발에는 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 133.0mm, 무게 12.7g 과 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 166.0mm, 무게 29.8g, 드렁허리(*Monopterus albus*) 전장 403.8 ± 51.3 mm, 무게 61.7 ± 18.5 g 3종이 출현하였다. 9월에는 통발에는 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 69.3 ± 13.7 mm, 무게 1.8 ± 0.8 g 1종이 출현하였다. 10월에는 통발에는 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 79.0mm, 무게 26.g 1종이 출현하였다(표 5-1).

3회 조사를 통해 미꾸라지, 미꾸리, 드렁허리 3종이 채집되었으며 종수는 8월에 가장 많았고 개체수는 9월에 미꾸리가 채집되면서 가장 많은 출현량을 보였다. 8월에는 통발과 족대 채집시 드렁허리가 채집되었다(그림 5-10).



<그림 5-10> 둥병의 채집어류상(St. 3)

(4) 수질 조사

바닥은 니질로 이루어져 있었으며, 주위는 나무판으로 둘러져 있었으나, 논과 둥병은 나무판 사이가 벌어진 곳으로 물이 왕래하고 있었다. 둥병의 수질 조사 결과, pH는 7.89 였으며 EC는 $252 \mu\text{mhos/cm}$, COD는 9.0mg/l ,

T-N은 1.72mg/ℓ, T-P는 0.088mg/ℓ 이었다(표 5-2).

라. 월림리 804-2 (St. 4)

(1) 논과 둚병의 구조

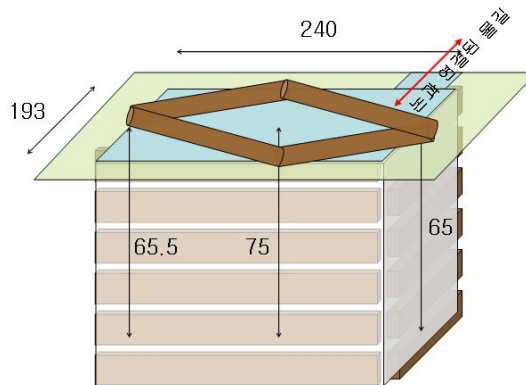
St. 4는 충남 홍성군 광천읍 월림리 804-2번지에 위치하고 있었으며 얇은 경사의 계단식 논 중앙에 위치하고 있었다. 지하수와 둚병을 이용하여 용수로 사용하고 있고, 유기농법으로 농사를 하고 있다. 주위는 계단식으로 연결되어 있으며, 둚병은 논의 측면에 위치하고 있다. 직사각형 모양으로 주위에 나무판자로 둘러져 있으며, 면적은 약 4.63m² 이고, 평균 수심은 68.5cm 이다(그림 5-11).



<그림 5-11> 둚병의 전경

(2) 둚병의 연결상태

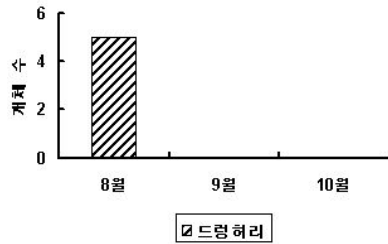
둚병과 논은 잘 연결이 되어 있었고, 둚병과 논의 수위차에 의해 논과 둚병 사이의 물이 왕래할 수 있도록 되어 있다. 주변에 나무로 독을 쌓아 놓아 식생의 발달은 미비하였다(그림 5-12).



<그림 5-12> 둚병의 구조도(St. 2)

(3) 어류상 조사

8월에 죽대에서는 채집된 개체가 없었으며, 통밭에는 드렁허리 (Monopterus albus) 전장 $332.8 \pm 39.9\text{mm}$, 무게 $33.5 \pm 12.1\text{g}$ 1종이 출현하였다. 9월과 10월 조사에는 24시간 동안 통밭을 이용하여 조사한 결과 채집된 개체가 없었다(그림 5-13, 표 5-1).



<그림 5-13> 둥병의 채집어류상(St. 4)

(4) 수질 조사

지하수를 펌핑하여 둥병에 넣어 두고 눈에 용수를 공급하고 있었다. 둥병 물의 색은 조사기간 내내 황토색을 보였으며 10월에는 둥병의 물의 빠져 수위가 현저하게 낮아졌다. 둥병 주변은 나무판으로 둘러져 있어서 흙을 뚫고 이동하는 생물의 이동에는 다소 저해 요인이 될 수도 있을 것으로 사료된다. 수질조사 결과, pH는 7.69 였으며 EC는 $237\mu\text{mhos/cm}$, COD는 9.4mg/l , T-N은 0.81mg/l , T-P는 0.071mg/l 이었다(표 5-2).

마. 운용리 81-1 (St. 5)

(1) 논과 둥병의 구조

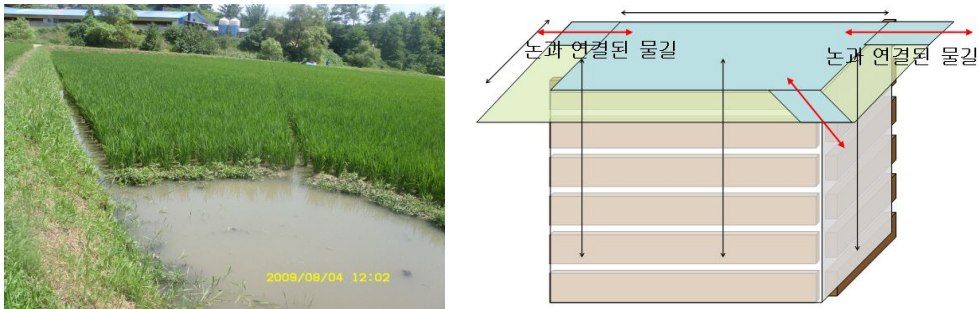
St. 5는 충남 홍성군 광천읍 운용리 81-1번지에 위치하고 있었으며 평야지 논 중양에 위치하고 있었다. 농법은 우렁이 농법을 이용한 친환경 농사를 짓고 있었다. 둥병은 자연형으로 논 중앙에 위치하고 있으며 사각형 구조를 보였고 수심은 깊지 않았다. 둥병 주위는 논 두렁 높이의 독을 쌓아 논과의 경계를 유지하고 있었고, 중간에 통로를 만들어 논과 소통되도록 하고 있었다.



<그림 5-14> 둥병의 전경(St. 5)

(2) 둥병의 연결상태

둥병과 논은 논 두렁 높이 정도의 둑으로 경계를 이루고 있었으며 중간에 통로를 개방하여 논과 수로, 둥병이 하나로 연결되는 구조를 보이고 있었다. 또한 논을 대각선으로 가로지르는 물길이 있어 배수가 매우 쉽게 되고, 논에 서식하는 생물들도 중간 갈수기나 가을철에 잠깐 동안의 피난처 역할을 할 수 있을 것으로 보인다(그림 5-15).

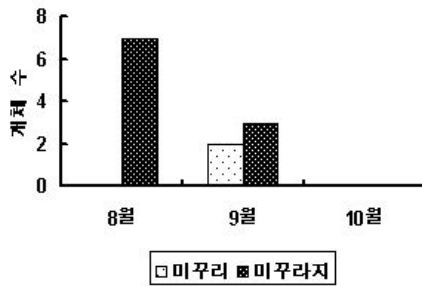


<그림 5-15> 논과 둥병의 물길

(3) 어류상 조사

8월에 죽대에는 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 60.5±9.2mm, 무게 1.3±0.4g 1종을 채집하였고, 통밭에는 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 115.1±25.4mm, 무게 12.5±10.1g 와 드렁허리(*Monopterus albus*) 전장 304.0mm, 무게 27.320g 2종이 출현하였다.

9월에는 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 103.5±12.0 mm, 무게 5.6±0.8g 와 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 110.0±13.1mm, 무게 9.9±4.6g 2종이 출현하였다. 10월에는 둥병 안에 소여물을 만들기 위한 벼짚이 있어 통밭 설치를 하지 못하였다(그림 5-16, 표 5-1).



<그림 5-16> 둥병의 채집어류상(St. 5)

(4) 수질 조사

수심이 깊지는 않았고, 물은 논과 둥병을 아주 쉽게 이동할 수 있었다.

둑병 안에 우렁이가 많이 서식하고 있어 둑병 안에 식생은 거의 정착하지 못한 상태였다. 둑병의 수질 조사 결과 pH는 7.83, EC는 240 μ mhos/cm, COD는 7.6mg/ ℓ , T-N은 1.10mg/ ℓ , T-P는 0.091mg/ ℓ 이었다(표 5-2).

바. 운용리 716-4 (St. 6)

(1) 논과 둑병의 구조

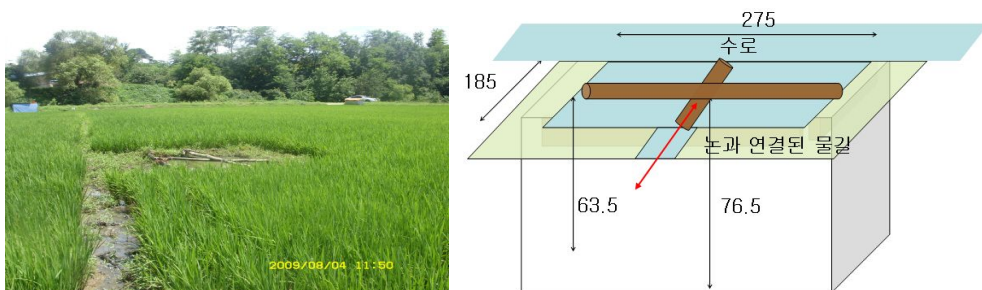
St. 6은 충남 홍성군 광천읍 운용리 716-4번지에 위치하고 있었으며 평야지 논외 중간에 조성되어 있었다. 둑병은 인위적으로 조성되어 테두리에 나무벽이 둘러져 있었으며 둑병 위에는 십자형으로 통나무가 놓여 있었다. 주변에 하천이 흐르고 있어 이 물을 펌핑하여 용수로 사용하고 있다. 둑병은 모양은 직사각형이었으며 면적은 약 5.09 m^2 이고, 평균 수심은 64.3 cm 이었다(그림 5-17).



<그림 5-17> 둑병의 전경(St. 6)

(2) 둑병의 연결상태

둑병과 논외의 수위가 거의 동일하여 물의 소통에는 큰 어려움은 없었다. 또한 상류 논외의 경계를 이루는 둑이 없고 작은 수로로 형성되어 있어 물고기를 비롯한 생물들의 이동통로로서의 역할도 충분히 담당할 수 있을 것으로 판단된다(그림 5-18).

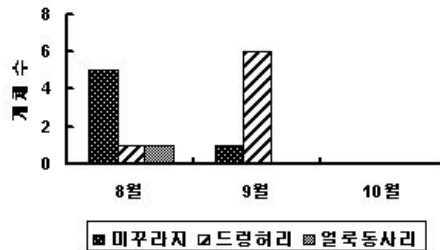


<그림 5-18> 논 주위의 물길(좌), 논과 연결된 물길(우)

(3) 어류상 조사

8월에 죽대에는 흰줄납줄개(*Rhodeus ocellatus*) 전장 53.0mm, 무게 2.1g 과 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 105.0mm, 무게 10.8g 2종을 채집하였고, 통발에는 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 142.4±8.1mm, 무게 21.0±2.2g, 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 전장 120.0mm, 무게 22.2g, 드렁허리(*Monopterus albus*) 전장 446.0mm, 무게 93.0g 3종이 출현하였다.

9월에는 드렁허리(*Monopterus albus*) 전장 381.7±13.8mm와 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 2종이 출현하였다.



<그림 5-19> 둠병의 채집어류상(St. 6)

3회 조사를 통해 흰줄납줄개, 미꾸라지, 드렁허리 등 총 3종이 채집되었으며 개체수는 많지 않았다(그림 5-19, 표 5-1).

(4) 수질 조사

둠병의 수질 조사 결과는 pH는 7.90 였으며, EC는 240µmhos/cm, COD는 8.2mg/ℓ, T-N은 1.11mg/ℓ, T-P는 0.074mg/ℓ 이었다(표 5-2).

사. 신평리 80-1 (St. 7)

(1) 논과 둠병의 구조

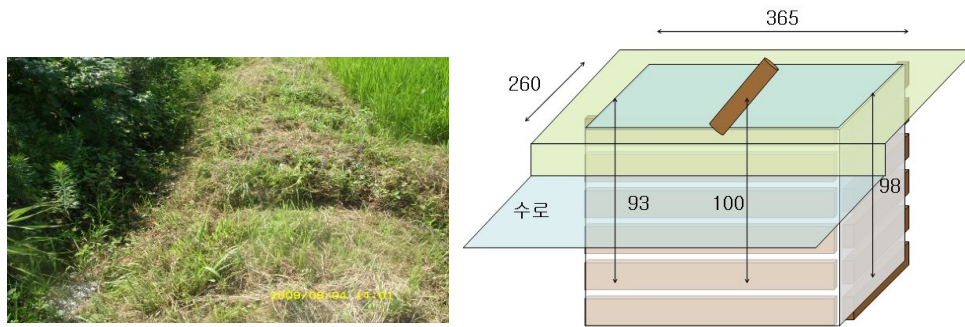
St. 7은 충남 홍성군 장곡면 신평리 80-1번지에 위치하고 있으며, 평탄지의 논 측면에 위치하고 있었다. 둠병의 모양은 원형에 가까운 사각형이었으며 나무판으로 주위가 둘러져 있었다. 둠병의 면적은 9.49m² 이고, 평균 수심은 97cm 이었다(그림 5-20).



<그림 5-20> 둥병의 전경(St. 7)

(2) 둥병의 연결상태

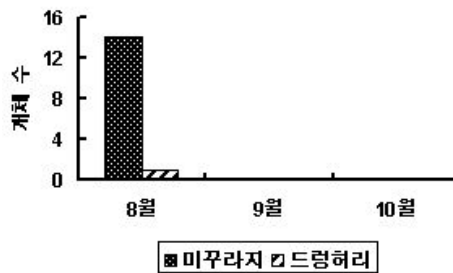
논 옆에 작은 수로가 있었고 둥병은 수로와 연결되어 있었다. 수로의 수위가 낮아 둥병의 물이 수로로 빠져나가는 것을 발견할 수 있었다. 수로와 둥병의 낙차가 있어 수로의 수위가 많이 높아지지 않는 이상 둥병으로 유입되는 경우는 드물 것으로 사료된다. 또한 둥병은 논과도 작은 물꼬를 통해 연결되어 있었다. 전체적으로 수로, 논과의 연결성은 양호한 편이었다.



<그림 5-21> 둥병과 수로, 논과의 연결

(3) 어류상 조사

8월에 죽대에는 미꾸라지 (*Misgurnus mizolepis*) 전장 55.0 mm 1종을 채집하였고, 통밭에는 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*)와 드렁허리(*Monopterus albus*) 2종이 출현하였다.



9월과 10월 조사에서는 채집된 종이 없었다(그림 5-22, 표 5-1).

<그림 5-22> 둥병의 채집어류상(St. 7)

(4) 수질 조사

둑병 안에는 나무판으로 둘러져 있었으며, 그 주변을 흙으로 다시 더 높여 있었다. 수질 조사 결과, pH는 7.91 이었으며 EC는 264 μ mhos/cm, COD는 8.2mg/l, T-N은 0.30mg/l, T-P는 0.023mg/l 이었다(표 5-2).

사. 신평리 80-5 (St. 8)

(1) 논과 둑병의 구조

St. 8은 충남 홍성군 장곡면 신평리 80-5번지에 위치하고 있으며 St. 7과 인접하여 거의 유사한 구조를 가지고 있다. 둑병의 위치는 논의 측면에 위치하였고, 모양은 직사각형이었다. 둑병의 면적은 약 8.8m² 이고, 평균 수심은 95.3cm 이었다(그림 5-23).



<그림 5-23> 둑병의 전경(St. 8)

(2) 둑병의 연결상

둑병의 연결성은 St. 7과 거의 유사한 형태를 보이고 있다.

(3) 어류상 조사

St. 8에서는 3회 조사 동안 한 마리의 어류도 채집할 수가 없었다. 대신 전장 3~4cm 정도의 물방개류가 다량 서식하고 있었다. 물방개는 특성상 작은 어류나 동물성 먹이를 섭취하는 특성을 보이고 있어 이러한 영향으로 서식어류가 채집되지 않은 것으로 사료된다(표 5-1).

(4) 수질 조사

둑병의 수질 조사 결과는 pH는 8.31 이었으며 EC는 275 μ mhos/cm, COD는 11.6mg/l, T-N은 0.52mg/l, T-P는 0.117mg/l 이었다(표 5-2).

아. 월계리 771-1 (St. 9)

(1) 논과 둑병의 구조

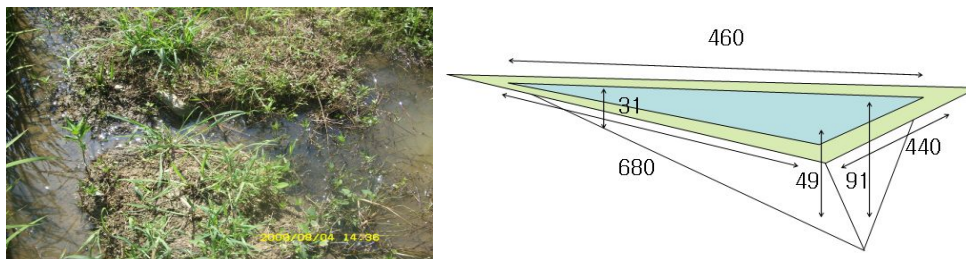
St. 9는 충남 홍성군 장곡면 월계리 771-1번지에 위치하고 있으며 곡간지 논외 하류부에 위치하고 있었다. 주위에는 약 2m 정도의 둑으로 둘러져 있었고 바로 옆에 하천이 흐르지만 약 3.0m 정도 되는 둑으로 인해 생물들의 이동은 불가능한 구조를 보이고 있었다. 둑병의 모양은 삼각형 모양이고, 면적은 10.12m² 이며, 평균 수심은 57cm 이었다(그림 5-24).



<그림 5-24> 둑병의 전경(St. 9)

(2) 둑병의 연결상태

둥병과 논외의 연결 물길은 약 30cm 정도로 이어져 있고, 논외 둑병의 수위가 잘 조절되고 있었다. 논외에 하천이 흐르고 있었지만, 약 3m 정도의 둑이 있어 논외 연결되어 있지 않았다(그림 5-25).



<그림 5-25> 둑병과 수로, 논외의 연결

(3) 어류상 조사

둥병에서는 8월, 9월과 10월에 족대와 통발을 이용하여 조사한 결과 어류가 한 종도 채집되지 않았다(표 5-1). 하지만 인근 하천에서 족대를 이용하여 채집한 결과 밀어(*Rhinogobius brunneus*)가 1종 채집되었다.

(4) 수질 조사

물 위에 기름막으로 덮여져 있었으며, 물의 색은 붉은 색에 가까웠다(그림 4.1-28). 바닥은 사니질이었고, 수심은 그리 깊지 않았다. 둑병의 수질 조사 결과, pH는 7.71 이었으며 EC는 $432\mu\text{mhos/cm}$, COD는 $7.8\text{mg}/\ell$, T-N은 $1.82\text{mg}/\ell$, T-P는 $0.016\text{mg}/\ell$ 이었다(표 4-2).

아. 금평리 568 (St. 10)

(1) 논과 둑병의 구조

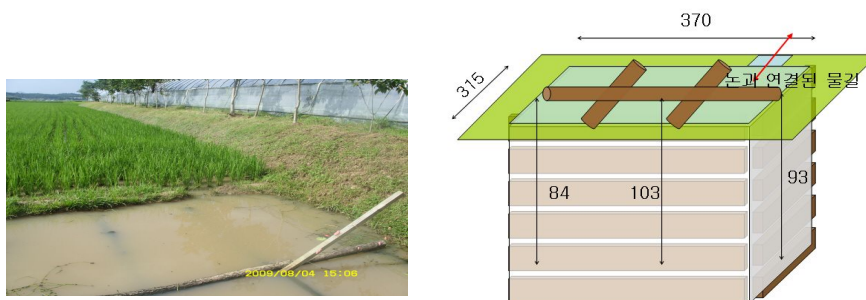
St. 10은 충남 홍성군 홍동면 금평리 568번지에 위치하고 있었으며 지하수를 펌핑하여 둑병에 가두었다가 논에 물을 대는 형식을 취하고 있었다. 윗 논은 없었고, 논 옆으로 폭 70cm 정도의 작은 수로가 연결되어 있었다. 둑병의 모양은 직사각형이고 면적은 11.66 m^2 이고, 평균 수심은 93.3 cm 이었다(그림 5-26).



<그림 5-26> 둑병의 전경(St. 10)

(2) 둑병의 연결상태

주위의 하천은 없었으며, 둑병에서 논으로 연결된 물길은 폭 50cm 정도로 물의 이동이 아주 용이하게 되어있다(그림 5-27).

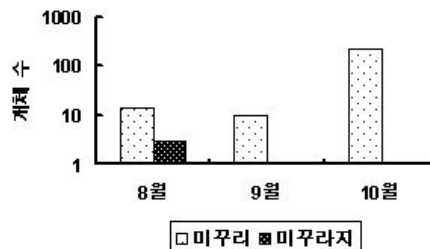


<그림 5-27> 논과 연결된 물길

(3) 어류상 조사

8월에 죽대에는 붕어(*Carassius auratus*) 전장 151.0mm, 무게 44.6g 과 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 77.0mm, 무게 3.1g 2종을 채집하였고, 이 곳에서 채집된 붕어는 방류한 것이었다. 통발에는 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 66.5±5.0mm, 무게 1.9±0.6g 과 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 전장 152.0±23.2mm, 무게 27.3±10.1g 2종이 출현하였다. 9월에 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 81.1±25.4mm, 무게 3.6±3.8g 1종을 채집하였다. 10월에는 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 전장 71.5±9.6mm, 무게 2.0±1.0g 1종이 출현하였다.

St. 10에서 출현한 붕어는 방류한 것이고, 10월 조사 시에 채집된 미꾸리는 치어 225 개체가 채집되어 둠병에서 성장한 후 산란한 것으로 판단된다.



<그림 5-28> 둠병의 채집어류상(St. 7)

3회 조사를 통해 미꾸리와 미꾸라지 2종이 채집되었다(그림 5-28, 표 5-1).

(4) 수질 조사

St. 10은 수심이 깊고, 면적도 큰 편이었다. 수질 조사결과, pH는 8.05이었으며 EC는 190µmhos/cm, COD는 7.6mg/l, T-N은 1.22mg/l, T-P는 0.168mg/l 이었다(표 5-2).

(표 5-1) 홍성 뚝방 종수 조사(죽대, 통발)

조사 지점 및 방법	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.10					
	죽대	통발	죽대	통발	죽대	통발	죽대	통발	죽대	통발					
잉어과 Family Cyprinidae															
붕어 <i>Carassius auratus</i>	+	+								+					
흰줄납줄개 <i>Rhodeus ocellatus</i>							+								
미꾸리과 Family Cobitidae															
미꾸리 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+	+	+		+	+			+					
미꾸라지 <i>Misgurnus mizolepis</i>	+	+	+	+		+	+	+	+	+					
드렁허리과 Family Synbranchidae															
드렁허리 <i>Monopterus albus</i>			+	+	+	+	+	+							
동사리과 Family Odontobutidae															
얼룩동사리 <i>Odontobutis interrupta</i>								+							
총 종 수	2	3	1	2	2	3	1	1	3	2	3	1	2	2	2

(표 5-2) 뚝방의 수질조사 결과

수질조사 지점	온도(℃)		pH		EC (μmhos/cm)		COD (mg/L)		T-N (mg/L)		T-P (mg/L)	
	8월	9월	8월	9월	8월	9월	8월	9월	8월	9월	8월	9월
St. 1	19.7	20.3	7.19	7.30	501	498	4.8		26.390	25.970	0.018	0.235
St. 2	26.0	23.8	7.49	7.52	215	344	11.4		1.124	2.085	0.326	0.439
St. 3	27.4	23.7	7.89	7.95	252	481	9.0		1.719	10.622	0.088	0.116
St. 4	28.8	24.1	7.69	7.85	237	372	9.4		0.807	2.801	0.071	0.081
St. 5	31.0	25.9	7.83	8.02	240	407	7.6		1.100	12.145	0.091	0.225
St. 6	31.7	26.4	7.90	8.25	240	350	8.2		1.107	5.393	0.074	0.055
St. 7	31.6	26.5	7.91	8.90	264	257	8.2		0.304	0.322	0.023	0.059
St. 8	30.7	26.6	8.31	8.22	275	166	11.6		0.515	0.308	0.117	0.044
St. 9	31.0	27.0	7.71	8.11	432	418	7.8		1.816	1.735	0.016	0.041
St. 10	31.6	26.6	8.05	9.38	190	169	7.6		1.220	0.479	0.168	0.091

5.1.3 결과종합

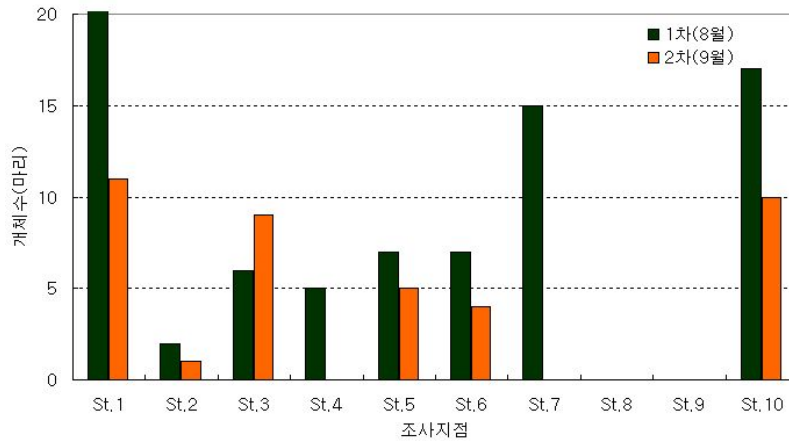
- 둥병은 용수 시스템이 갖추어지기 전에 논 옆에 빗물을 모아두는 물웅덩이의 기능을 하던 곳이었으나, 용수 시스템이 정비되면서 논에 물을 대는 일에 수월해지면서 둥병은 자연스럽게 사라지게 되었다.
- 이러한 둥병은 단순히 물을 가두어두는 공간으로서의 역할 뿐만 아니라 생태적으로도 매우 중요한 역할을 하였다. 중간 갈수기나 가을철 논에 물이 마를 때 논에 서식하던 어류를 비롯한 생물의 피난처가 되고 이곳에서 월동하여 봄에 다시 논으로 들어가서 성장하는 순환 시스템을 제공해 주었다.
- 이런 둥병의 기능을 부활시키고자 충남 홍성군과 광천군 일대의 친환경 농가에서는 농민들 스스로 논에 둥병을 설치하였으며, 본 연구에서는 농민들이 설치한 둥병 10곳을 대상으로 조사를 실시하였다.
- 둥병의 구조는 면적은 4.6~39.2m²였으며 수심은 평균 1.0m 정도였다. 전체적인 모양은 직사각형이 가장 일반적인 형태였으며 조성초기여서 주변 식생 발달은 미비하였다. 또한 구조적으로 둥병 측벽에 나무판을 대고 설치를 하여 식생 정착에 더욱 시간이 걸리는 것으로 판단된다.

(표 5-3) 둥병의 구조적 특성

조사위치	조사지역	면적(m ²)	수심(cm)	모양	기타
St. 1	광천읍 매현리 545-5	39.2	159	부채꼴형	수심이 매우 깊음
St. 2	광천읍 월림리 411-2	9.4	101	직사각형	주변식생 발달
St. 3	광천읍 월림리 801-2	5.6	73	직사각형	-
St. 4	광천읍 월림리 804-2	4.6	69	직사각형	논과의 연결성 미비
St. 5	광천읍 운흥리 81-1	9.0	70	부채꼴형	논 사이에 수로 형성
St. 6	광천읍 운흥리 716-4	5.9	64	직사각형	논 중앙에 위치
St. 7	장곡면 신흥리 80-1	9.5	97	직사각형	
St. 8	장곡면 신흥리 80-5	8.8	95	직사각형	
St. 9	장곡면 월계리 771-1	10.1	57	삼각형	물색이 항상 황토빛
St. 10	홍동면 금평리 568	11.7	93	직사각형	식생 미 발달

- 10개소의 둥병을 조사한 결과, 논과 둥병 간의 연결 상태는 매우 양호하여 둥병과 논을 오가는 생물들은 충분히 이동이 가능할 것으로 보인다.
- 서식 어종은 일반적으로 논에서 많이 사는 것으로 알려진 미꾸라지, 미

꾸리, 붕어 등이 채집되었으며, 드렁허리도 다수 채집되었는데 드렁허리가 출현하는 둌병은 논과 둌병 간의 격벽이 있어 이동이 어려울 것으로 보이는 지역에 주로 출현하였다. 이는 드렁허리가 힘이 좋아 굳이 둌병-논 간의 개방구간을 이용하지 않고 논 흙속을 뚫으면서도 오가기 때문인 것으로 보인다.



<그림 5-29> 둌병의 어류상 조사결과

5.2 친환경 농업지역 생태복원 기초 조사(대호)

5.2.1. 조사배경 및 내용

논-배수로-하천을 연결하여 논 농업지역 생태 네트워크를 연결하기 위하여 적합한 지점 선정조사를 실시하였다. 그 대상지의 하나로 대호 친환경 농업지역을 조사한 결과, 작은 구조물을 이용하여 배수로와 논을 연결하면 유수지-배수로-논이 하나의 system으로 연결될 것으로 조사되었다. 대호는 배수로와 유수지가 거의 동일한 수위로 움직이고 있으므로 배수로와 유수지 연결은 큰 문제가 없을 것으로 보인다. 따라서, 배수로와 유수지의 서식생물상을 조사하여 붕어, 메기, 미꾸라지 등 논을 기반으로 서식하는 생물들이 살고 있다면, 논과 배수로를 연결하는 일은 매우 의미 있는 일이 될 것으로 판단되어 조사를 실시하였다.



논-배수로 물 흐름 현황 1



논-배수로 물 흐름 현황 2



대호 배수로

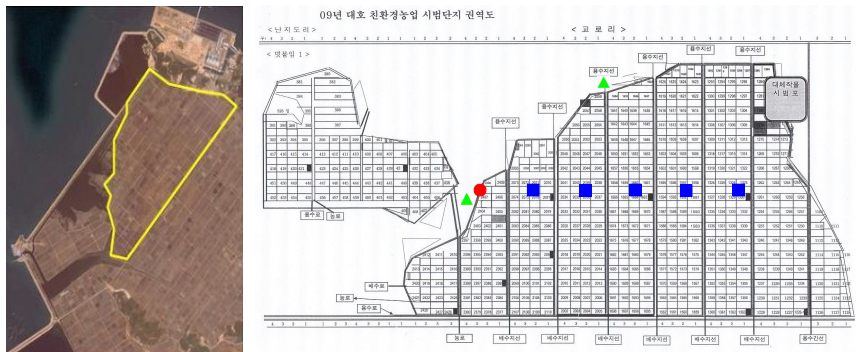


대호 유수지

<그림 5-30> 논-배수로 연결로 및 배수로와 유수지

5.2.2 조사방법

조사지점은 충남 당진군 석문면 대호친환경 농업단지에서 실시하였으며 유수지-배수로-논을 이동하는 어류상 조사를 위하여 대호 → 용수로 → 논 → 배수로 → 대호 유수지 지점을 대상으로 조사를 실시하였다.

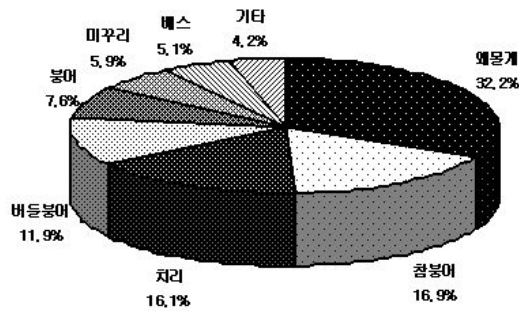


<그림 5-31> 대호 조사 위치도(▲: 유수로 ●: 유수지-배수로 ■: 배수로)

대호 배수지의 어류상 조사는 2009년 9월 22일부터 23일까지 유수로, 유수지-배수로 연결로와 배수로에서 실시하였다. 유수지 조사는 투망과 통발을 이용하였다. 투망(월둘레 20 m, 망목 5.0 mm)을 사용하여 40분 정도 실시하였고, 통발은 5개를 24시간동안 설치하였다. 유수지-배수로에서는 트랩(100 cm×100 cm×65 cm, 망목 크기 8.0 mm)을 24시간 설치하여 조사를 실시하였다. 배수지 조사는 족대(망목크기 8.0 mm)와 통발을 사용하였으며, 족대는 각 지점에서 약 20분간 채집을 실시하였다. 통발은 5개의 위치를 임의로 지정하여 동일한 간격으로 24시간 설치하였다.

5.2.3 조사 결과

유수지와 유수지-배수로, 배수로에서 채집된 어류는 총 3목 6과 11종 118개체이다. 채집된 어류 중 우점종은 왜물개(*Aphyocypris chinensis*) 38개체로 32.2%이었고, 다음으로 참붕어(*Pseudorasbora parva*) 20개체 17.0%, 치리(*Hemiculter eigenmanni*) 19개체 16.1%, 버들붕어(*Macropodus ocellatus*) 14개체 11.9%, 붕어(*Carassius auratus*) 9개체 7.6%, 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*) 7개체 5.9%, 배스(*Micropterus salmoides*) 6개체 5.1% 순으로 나타났다. 기타 종들은 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*) 2개체 1.7%, 풀망둑(*Synechogobius hasta*), 대륙송사리(*Oryzias sinensis*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 각각 1개체 0.9% 순이다.



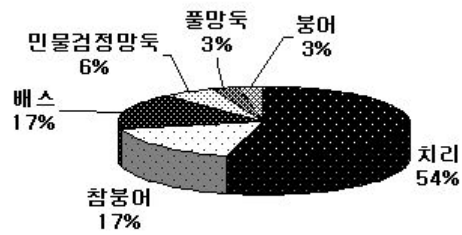
<그림 5-32> 대호 유수지, 유수지-배수로, 배수로에서 채집된 어류의 개체수

(표 5-4) 대호 유수지, 유수지-배수로, 배수로에서 채집된 어류상

국명 및 학명	유수지		유수지-배수로		배수로	
	투망	통발	트랩	죽대	통발	
잉어목 Order Cypriniformes						
잉어과 Family Cyprinidae						
붕어 <i>Carassius auratus</i>	1			8		
참붕어 <i>Pseudorasbora parva</i>	6	4	10			
왜물개 <i>Aphyocypris chinensis</i>			7	18	13	
치리 <i>Hemiculter eigenmanni</i>	19					
미꾸리과 Family Cobitidae						
미꾸리 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>				2	5	
미꾸라지 <i>Misgurnus mizolepis</i>					1	
동갈치목 Order Beloniformes						
송사리과 Family Adrianichthyoidae						
대륙송사리 <i>Oryzias sinensis</i>				1		
농어목 Order Perciformes						
검정우럭과 Family Centrarchidae						
배스 <i>Micropterus salmoides</i>	6					
망둑어과 Family Gobiidae						
풀망둑 <i>Synechogobius hasta</i>	1					
민물검정망둑 <i>Tridentiger brevispinis</i>	2					
버들붕어과 Family Belontiidae						
버들붕어 <i>Macropodus ocellatus</i>			3	10	1	
개체 수	35	4	20	39	20	

가. 유수지 어류상 조사

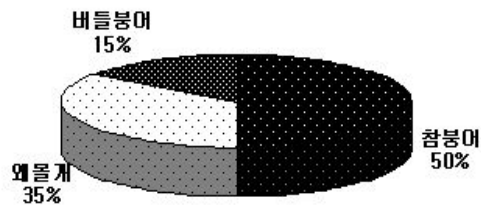
- 유수지에서 투망을 이용하여 채집한 결과, 치리, 참붕어, 민물검정망둑, 붕어, 풀망둑, 배스 등 총 6종이 채집되었다.
- 치리는 총 19개체가 채집되었으며 체장 125 ± 13.3 mm이었다. 참붕어와 배스는 총 6개체가 채집되었고 체장은 각각 131.5 ± 15.4 mm, 128.5 ± 53.3 mm이었다. 민물검정망둑은 총 2개체가 채집되었으며 체장은 143 ± 25.5 mm이었으며, 붕어, 풀망둑은 각각 1개체씩 채집되었다.
- 통발의 경우에 참붕어는 1종이 출현하였으며, 총 4개체이고, 체장은 51.0 ± 10.1 mm이었다.



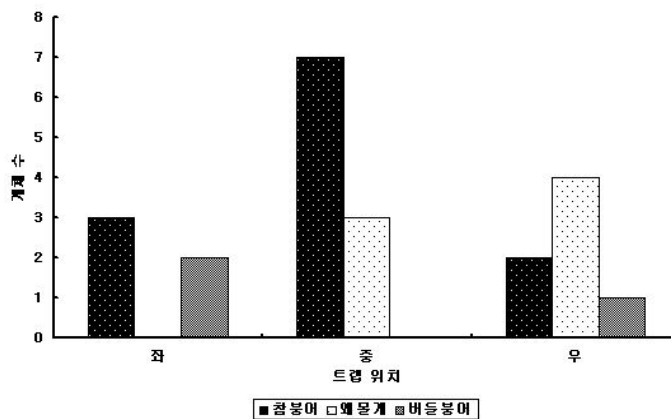
<그림 5-33> 유수지에서 투망에 의해 채집된 어류의 개체수

나. 유수지-배수로 입구 어류상 조사

- 유수지-배수로에서는 3개의 트랩을 설치하여 채집한 결과, 참붕어, 왜물개와 버들붕어 등 총 3종이 채집되었다.
- 물의 흐름 방향에서 좌측에서는 참붕어는 3개체가 채집되었고, 전장이 43.7 ± 4.6 mm 이었고, 버들붕어는 2개체가 출현하였으며, 전장은 34.5 ± 2.1 mm 이었다.



<그림 5-34> 유수지-배수로에서 트랩에 의해 채집된 어류의 개체수

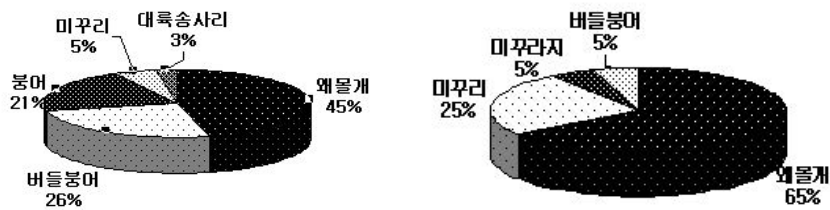


<그림 5-35> 유수지-배수로에서 트랩의 위치상 어류의 개체 수

- 중앙에 설치한 트랩에서는 참붕어와 왜물개가 각각 5개체와 3개체가 출현하였으며, 각각의 전장은 50.2 ± 3.8 mm, 38.0 ± 2.7 mm이었다.
- 우측에서는 참붕어는 2개체로 전장 57.0 ± 7.1 mm이었고, 왜물개가 2개체가 채집되었으며, 전장 43.5 ± 3.3 mm이었다. 버들붕어는 1개체이었다.

다. 배수로 어류상 조사

- 배수로에서 족대를 이용하여 채집한 결과, 왜물개, 버들붕어, 붕어, 미꾸리, 대륙송사리등 총 5종이 출현하였다.
- 족대에서 채집된 종은 왜물개가 총 18개체이며, 버들붕어는 총 10개체 붕어는 총 8개체가 채집되었다. 미꾸리는 총 2개체이며, 66.5 ± 13.4 mm이었다. 대륙송사리는 1개체가 채집되었다(그림 5-36).
- 통발의 경우에는 왜물개, 미꾸리, 미꾸라지, 버들붕어 등 총 4종이 출현하였다. 왜물개는 총 13개체, 미꾸리는 총 5개체가 채집되었고, 미꾸라지와 버들붕어는 각각 1개체씩 채집되었다(그림 5-36).



<그림 5-36> 배수로에서 족대(좌)와 통발(우)에 의해 채집된 어류의 개체수

5.3 친환경 논 농업지역 수질 및 생태조사

5.3.1 조사배경 및 내용

친환경 농업지역을 대상으로 어도, 둠벙을 비롯한 생태통로 조성 조사를 실시함과 동시에 생물 서식에 근간이 되는 수질변화를 함께 모니터링 하였다. 논 농업지역은 모내기 전·후, 중간 낙수기, 벼베기등의 영농과정을 거치면서 수질 변화도 다양하게 나타날 것으로 판단된다. 따라서 생물들이 변화와 함께 친환경농업지역의 영농시기별 수질변화 경향을 파악하는 것도 매우 중요한 일이다.

5.3.2 조사방법

조사지점은 충남 홍성군 홍동면에 위치한 친환경 농업지역 3개소에서 조사를 실시하였다. 조사시기는 2009년 5월부터 벼베기 전인 9월까지 총 8회 조사를 실시하였으며 분석항목은 수온, pH, DO, EC, COD, TOC, Chl.a, TP, PO₄-P, TN, NO₃-N, NH₄-N를 조사하였다.



<그림 5-37> 수질조사 조사지점도

5.3.3 조사결과

가. St.1 (지점명 : 논다논, 그림 5-38)

(1) 전기전도도

- 논다논 1은 대체적으로 감소하는 경향을 보이는데, 반복적인 증감을 보이면서 7월 조사까지 감소하였다. 9월 조사에서는 매우 305 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 낮게 조사되었다.
- 논다논 3 조사 결과, 7월 조사까지 지속적인 증가를 나타내었으며, 8월 조사에 급격히 하락하여 266 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 로 가장 낮게 조사되었으며, 9월에 다시 증가하는 경향을 보였다.

(2) 화학적 산소요구량(COD)

- 논다논 지점 모두 6월말 조사에 급격한 증가를 나타내었으며, 7월 조사에 다시 급감하는 경향을 보였다.
- 논다논 1과 2에서는 9월 조사에 각각 1.2 mg/L와 8.2 mg/L로 가장 낮게 조사되었다.
- 논다논 3은 7월 조사 이후 서서히 감소하는 경향을 나타내어 9월 조사에는 10.0 mg/L로 분석되었다.

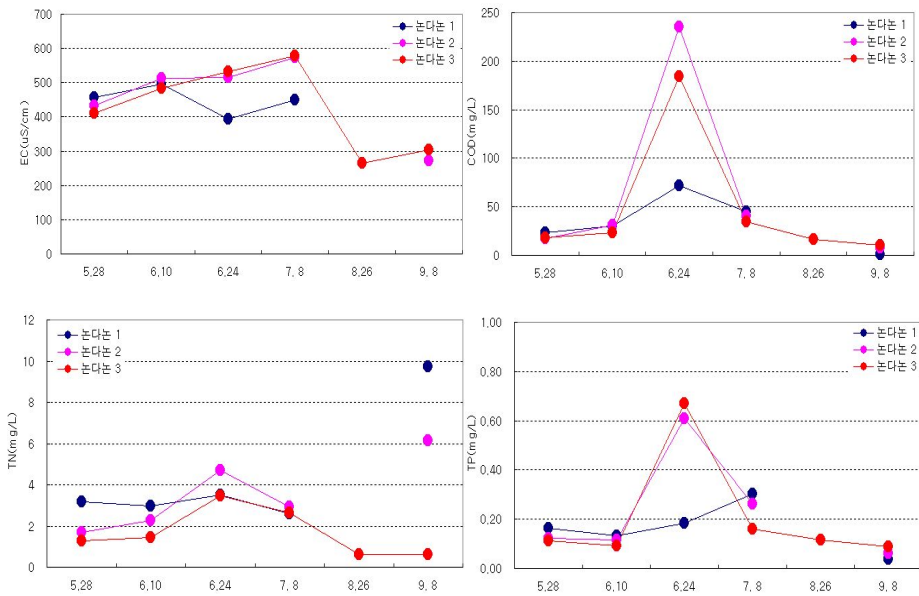
(3) 총질소(T-N)

- 논다논 1은 7월 조사까지 반복적인 증감을 나타내었지만, 9월 조사에서 9.715 mg/L로 매우 높게 조사되었다.

- 논다논 2와 3 조사 결과 6월말 조사까지 증가하고, 7월 조사에는 감소하는 비슷한 경향을 나타내었다.

(4) 총인 (T-P)

- 논다논 1의 조사 결과, 6월초 조사에 감소하였지만, 그 이후에 점차적으로 증가하는 것으로 나타났다. 9월 조사에서는 0.036 mg/L로 가장 낮은 수치를 나타내었다.
- 논다논 2에서는 6월초에 감소하였지만, 6월말 조사에서 급격히 높아져 0.608 mg/L로 조사되었고, 7월 조사에 다시 급감하였다. 9월 조사에서는 0.061 mg/L로 가장 낮게 나타났다.



<그림 5-38> St.1의 전기전도도, COD, TN, TP 변화

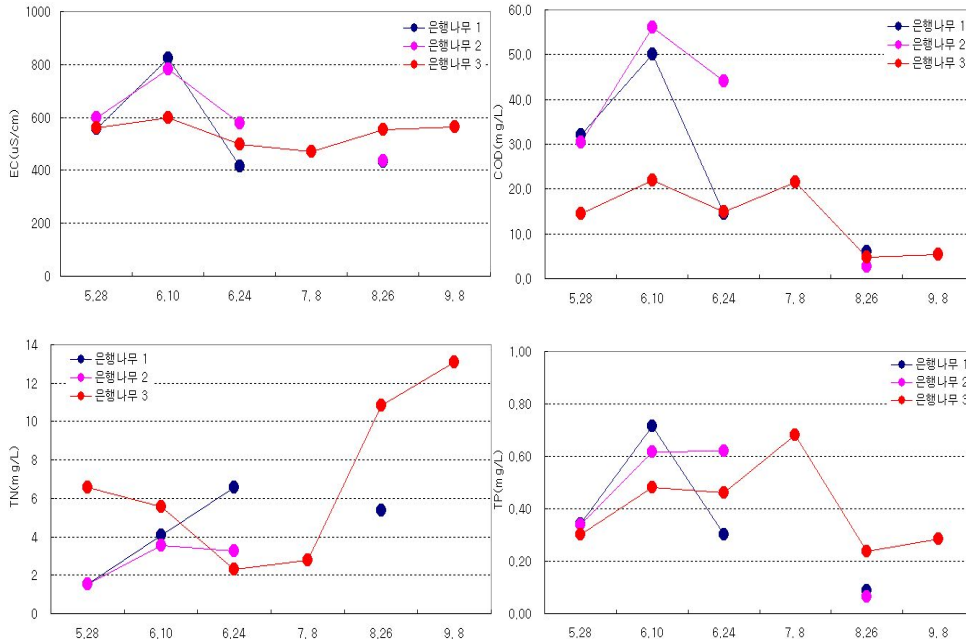
나. St. 2 (지점명 : 은행나무논, 그림 5-38)

(1) 전기전도도

- 은행나무논 1은 6월초 조사에서 824 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 가장 높았다가 6월말 조사에서 가장 낮은 416 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 를 나타내었다. 그 이후 8월 조사에서 다시 증가하였다.
- 은행나무논 2에서도 은행나무논 1과 마찬가지로 6월초에 가장 높은 783 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이 조사되었고, 6월말 조사에 감소하였다. 8월 조사에서는 더욱 감소하여 437 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 나타났다.

(2) 화학적 산소요구량(COD)

- 은행나무는 1과 2에서 6월초 조사에서 급증하였고, 다시 6월말 조사에 감소한 후, 8월 조사에서 각각 6.0 mg/L와 2.6 mg/L로 나타났다.
- 은행나무는 3은 7월까지 증감이 반복적으로 나타났으며, 8월에 급격히 감소하였다. 9월에서는 8월보다 조금 증가한 것으로 조사되었다.



<그림 5-39> St.2의 전기전도도, COD, TN, TP 변화

(3) 총질소(T-N)

- 은행나무는 1에서는 6월말 6.578 mg/L까지 지속적으로 증가하였고, 8월 조사에서는 5.365 mg/L로 낮아졌다. 7월과 9월 조사는 물이 적어 조사를 하지 못하였다. 은행나무는 2는 6월초 조사에 높아진 후 6월말 조사에 다시 감소하였다.
- 은행나무는 3은 6월말까지 감소하였다가 9월 조사까지 지속적으로 증가하였으며, 7월에 2.783 mg/L에서 8월에 10.825 mg/L로 급증하였다.

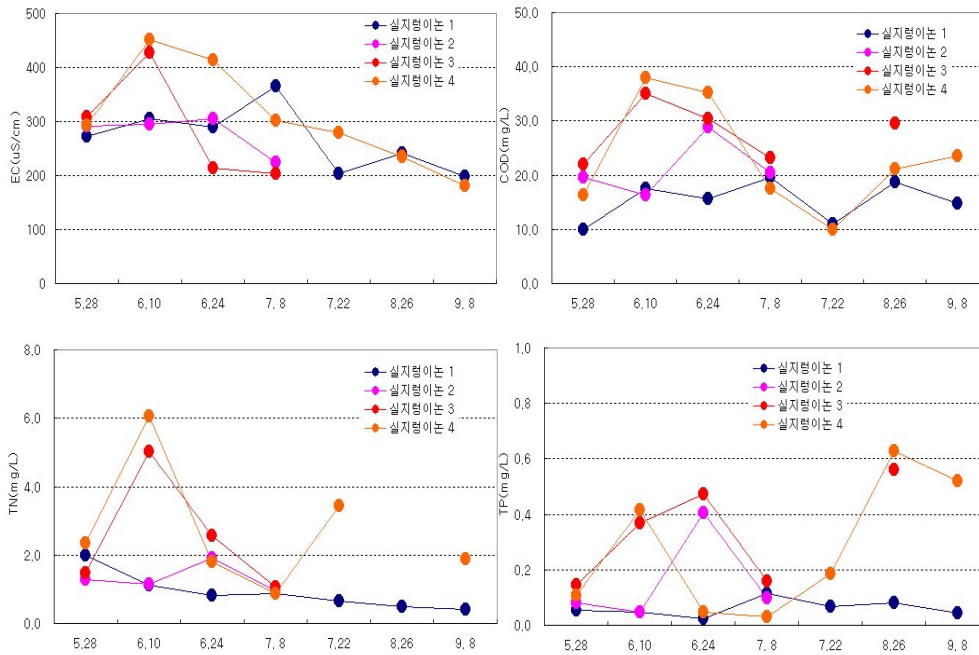
(4) 총인 (T-P)

- 뚜렷한 변화경향을 파악하기 어려웠으며, 계절적으로 두드러진 농도변화를 나타내고 있었다.

다. St. 3 (지점명 : 실지렁이논, 그림 5-40)

(1) 전기전도도

- 시기적으로 반복적인 증감을 나타내었고, 전체적으로 모내기 직후인 6월에 높게 나타났고, 7월로 접어들면서 다소 감소하는 경향을 보이고 있다.



<그림 5-40> St.3의 전기전도도, COD, TN, TP 변화

(2) 화학적 산소요구량 (COD)

- 전체적으로 COD 농도는 매우 높은 값을 보이고 있으며 특히 실지렁이논 4와 같은 경우는 수로지역으로서 상류 농가에서 생활하수가 유입되면서 논에 비하여 더 높은 값을 보이고 있었다. 전체적인 계절변화는 전기전도도와 마찬가지로 6월에 높다가 7월되면서 농도가 감소하는 경향을 보이고 있다.

(3) 총질소 (T-N)

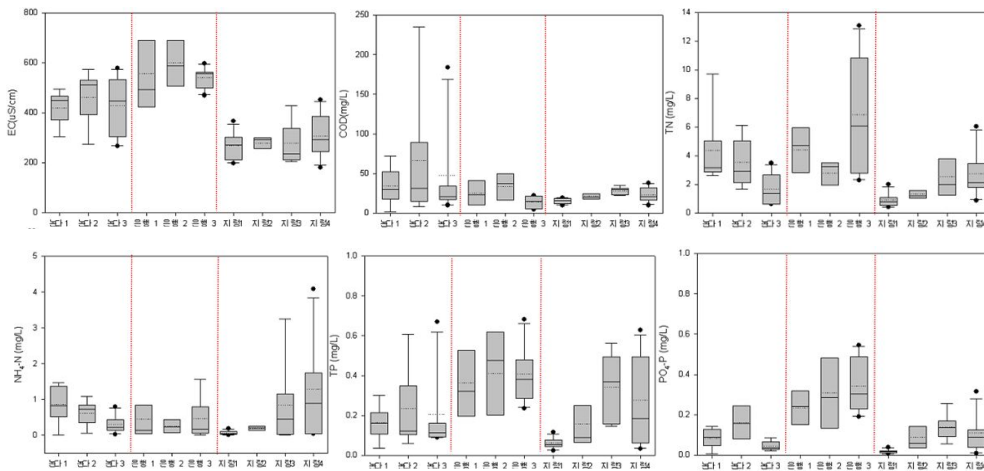
- St. 3에서 총질소의 변화는 논 안에 지점은 실지렁이논1, 2에서는 연간

큰 변화가 없었으나, 수리지점은 St. 3, 4에서는 시기에 따라 값이 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 주로 암모니아 성분의 질소로서 상류 농가의 생활하수로 인한 변화로 보인다.

라. 수질조사결과 종합

친환경 논 농업을 시행하는 3개의 논에서 영농시기별 수질변화를 조사한 결과, 유사하게 친환경 농법으로 농사를 짓고 있지만 시기별로 COD 및 영양염류의 변화는 상이하게 나타났다. 전기전도도는 St. 2(은행나무논)에서 전체조사 기간 동안 가장 높게 나타났는데 이는 은행나무논의 농법이 보리 수확 후 쌀겨를 그대로 놔 둔 상태에서 그대로 농사를 시작하여 다른 지역보다 더 높게 나타난 것으로 보이며 이러한 변화는 TN, NO₃-N, TP, PO₄-P에서도 같은 변화 경향을 보이고 있다.

홍성지역 논은 지하수를 이용하는 경우가 많으며, 지하수는 축산등의 이유로 다른 지역에 비해 특히 질소 농도가 높다.. 본 조사에서도 질소 농도가 높게 나타났으며 특히 은행나무 논이 위치한 바로 상류지역에 축사가 위치하고 있어 질소 농도가 더 높게 분포하는 결과를 보이고 있으며, 특히 논 안에 지점인 PM2-1, PM2-2보다 배수로인 PM2-3 지점에서 질소 농도가 더 높게 나타나 그 결과를 보충 설명하고 있다.



<그림 5-41> 홍성지역 수질조사 결과

6. 논 농업지역 생태복원 시설 현장적용 및 모니터링

6.1 연구배경 및 내용

6.2 조사방법

6.3 조사결과

6. 논 농업지역 생태복원 시설 현장적용 및 모니터링

6.1 연구배경 및 내용

생산기반 조성을 위하여 경지정리를 실시하면서 그 곳에 서식하는 생물들의 서식처 및 이동특성을 보장하고자, 경지정리 계획시 어도 및 둑병을 함께 설계하여 현장에 적용하였다. 현장 설치 후 새롭게 조성된 어도와 둑병에 생물들이 어떻게 정착하고, 얼마만의 시간이 걸려 안정화되는지를 모니터링하고자 연구를 시작하였다.

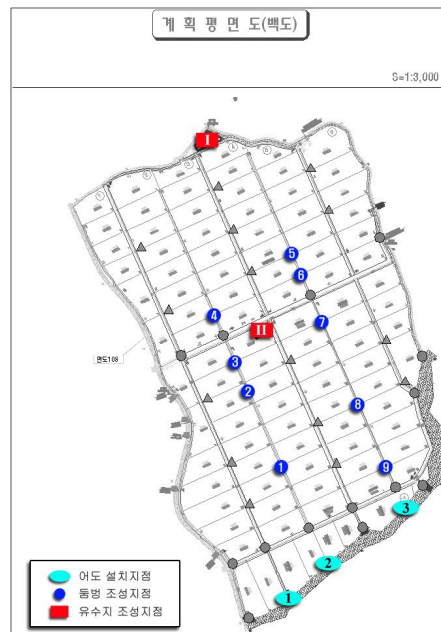
따라서, 본 조사는 경지정리 이후 어도설치와 우수지, 둑병 조성에 따른 담수생물상의 이동, 변화상을 모니터링하는 데 목적이 있다.

6.2 조사방법

조사지점은 강원도 철원군 동송읍 하갈경기정리 구역이다. 총 52ha의 논을 경지정리 하면서 친환경 시설인 어도 3개소, 둑병 9개소, 우수지 2개소를 설치하였다.

설치시기는 2009년 1월부터 시작하여 5월 말경에 마무리 되었으며, 논에 모내기를 하면서 어도와 둑병에도 물이 채워지게 되었다. 현장조사는 5월에 1차 조사를 시작하여 11월까지 총 6회의 조사를 실시하였다.

조사지점은 소하천과 어도 3개소, 둑병 ①~⑨까지 9개소, 우수지 I 과 II 지점을 조사하였다.



<그림 6-1> 조사지점 현황



소하천 1조사지점(S1)



소하천 2조사지점(S2)



소하천 3조사지점(S3)



뚝방 1조사지점(D1)



뚝방 2조사지점(D2)



뚝방 3조사지점(D3)



뚝방 4조사지점(D4)



뚝방 5조사지점(D5)



뚝방 6조사지점(D6)



뚝방 7조사지점(D7)



뚝방 8조사지점(D8)



뚝방 9조사지점(D9)



유수지 1(U1)



유수지 2(U2)

<그림 6-2> 조사지점 현황

6.2.1 조사시기

1차 : 2009년 05월 29일(소하천, 유수지)

- 2차 : 2009년 07월 03~04일(유수지, 둑병)
- 3차 : 2009년 08월 03~04일(소하천, 유수지, 둑병)
- 4차 : 2009년 09월 02~03일(소하천, 유수지, 둑병)
- 5차 : 2009년 10월 07~08일(소하천, 유수지, 둑병)
- 6차 : 2009년 11월 02~03일(유수지, 둑병)

6.2.2 답수어류

조사지역 남측 소하천에서는 투망(망목 10×10mm)과 족대(망목 5×5mm) 그리고 통발을 이용하였으며, 어도 상류에서는 족대를 이용하였다. 조사지역의 유수지에서는 통발을 설치하였다. 조사지역의 둑병에서는 족대와 통발을 이용하였다.

6.2.3 저서성 대형무척추동물

조사지역 남측 소하천의 여울구간에서는 surber net(30×30cm)을 이용한 정량채집, 수변지역과 정체수역 그리고 어도 내부와 어도 상류에서는 뜰채를 이용한 정성채집을 하였다.

조사지역의 유수지와 둑병에서는 뜰채를 이용하여 수변식생이 생육하는 장소 및 하상과 수변지역에 대한 정성채집을 하였다.

채집된 분류군은 에틸알콜(90%)에 고정하여 실험실로 옮긴 후 실체현미경(10×0.7~4.5)을 이용하여 동정하였다.

6.3 조사결과

6.3.1 조사지역의 수계 현황

본 조사지역에는 기존에 분포하던 유수지 2개 지점을 새롭게 정비하였으며, 또한 배수지 조성 시 둑병을 조성하였다. 이들 배수지는 조사지역 남측의 소하천으로 유입되며, 비교적 수량이 풍부한 것으로 판단된다.

조사지역 남측 소하천은 수량이 풍부하며 전반적으로 탁도가 높은 것으로 판단되나 3차조사시 탁도는 맑았던바, 계절에 따라 그 차이가 크게 나타나는 것으로 판단된다. 한편, 낙차가 큰 수중보에 의해 소하천 조사구간의 상류는 정체수를 형성하고 있다. 6차 조사시는 경작이 완료된 후 훼손된 둑병의 보수 및 미완성된 농수로 공사가 시작된바, 심각한 부유토사가 발생

하였다.

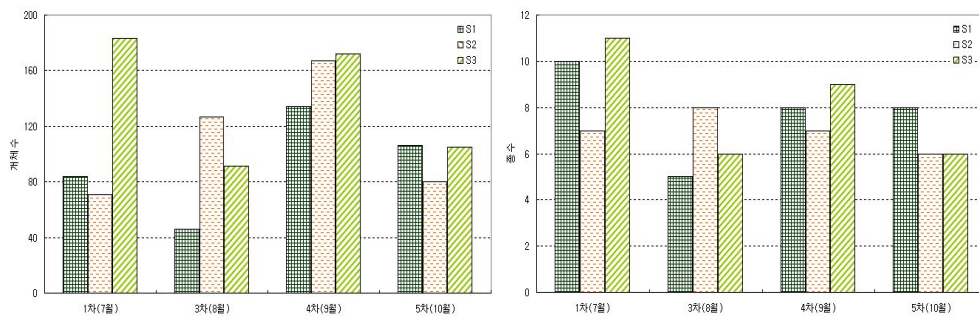
조사결과 유수지와 둑병의 하상은 모래와 빨질로 구성되었으며 수변지역은 돌을 이용하여 축조하였던바, 수변식생의 발달 가능성은 매우 낮을 것으로 판단된다. 조사지역 남측 소하천의 하상은 바위와 호박돌, 자갈, 모래 등으로 구성되어 비교적 다양한 하상구조를 형성하였으며 비교적 자연형 하천구조를 형성하는 것으로 사료된다.

6.3.2 어류상 변화

조사결과 담수어류는 총 8과 25종이 집계되었다.

가. 소하천 (그림 6-3)

- 조사지역 남측의 소하천은 조사지역의 중심수계로 붕어, 흰줄납줄개, 묵납자루, 큰납지리, 가시납지리, 참붕어, 돌고기, 참마자, 모래무지, 참갈겨니, 피라미, 눈동자개, 메기, 대륙송사리, 밀어 등 1차 조사시 총 15종 338개체, 3차 조사시 총 12종 264개체, 4차 조사시 총 13종 473개체, 5차조사시 총 12종 296개체가 조사되었다.
- 5차 조사시부터 어도에는 물이 흐르지 않았던바, 6차 조사시는 현지조사를 실시하지 않았다.
- 한편, 3차 조사시 외래종인 베스와 나일틸라피아가 S1지점에서 조사되었으며, 한탄강으로부터 유입되었을 것으로 추정된다.
- 5차 조사시는 소하천의 수량은 감소하였으며, 탁도는 맑았다.
- 6차 조사시 전반적인 수량은 5차 조사와 유사하였으나, 현지조사 전일의 강우로 인해 일시적으로 수량이 증가하였다.



<그림 6-3> 시기별 출현어류의 개체수와 종수 변화

나. 어도 및 어도 상류

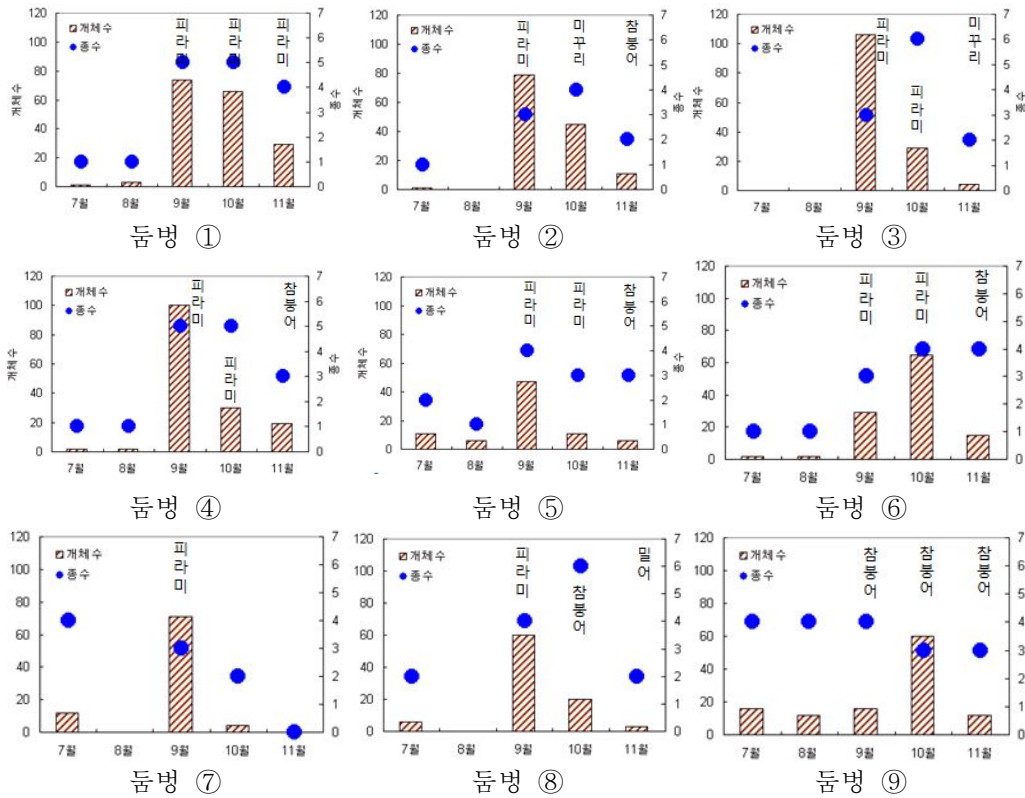
- 3차 조사시는 어도가 완성되어 물의 흐름이 유지되고 있었던바, 어도 및 어도 상류 지점에서 현지조사를 실시하였다. 3차 조사결과 어도 내에서는 담수어류가 조사되지 않았으며, 어도의 상류 지점에서 참붕어와 밀어 등 2종만이 조사되었다.
- 4차 조사결과 어도 내에서 밀어 1개체만이 조사되었으며, 어도의 상류 지점에서 참붕어와 미꾸리, 밀어 등이 조사되었다.
- S1 어도의 상류구간은 수심이 얇은 개울을 형성하였던바, 담수어류는 조사되지 않았으며, 4차 조사시 어도에서 밀어 1개체가 조사되었다.
- S2 어도의 상류구간에서 3차 조사시 밀어 1개체, 4차조사시 밀어 3개체가 채집되었다. 본 지점은 수심 10~15cm 정도의 유속이 느린 구간을 형성하였고 일부 수변식생이 발달하였다.
- S3 어도의 상류구간에서 3차 조사시 밀어 9개체와 참붕어 2개체, 4차 조사시 밀어 7개체와 참붕어 4개체, 미꾸리 2개체가 채집되었다. 본 지점 또한 어도가 완성된 이후 수심 10~15cm 정도의 유속이 느린 구간을 형성하였고 일부 수변식생이 발달하였다.
- 한편, S2와 S3 어도의 상류지점에서 밀어가 조사된바, 하류의 소하천으로부터 이동하였을 것으로 추정된다.
- 5차 조사결과 농수로의 수원공급이 차단됨에 따라 어도에는 물이 흐르지 않았으며, S3 어도의 상류구간에만 일부 웅덩이 형태를 나타냈고, 미꾸리와 참붕어, 모래무지 등이 조사되었다.
- 6차 조사시 현지조사 전일 강우로 인해 일시적으로 수량이 증가하였던바, 흐르는 물이 관찰되었다. 그러나 5차 조사시부터 농수로의 수원공급이 차단되었던바, 현지조사는 실시하지 않았다.

다. 둠벙

- 조사지역 배수로 조성 시 만들어진 둠벙으로 조사결과 붕어, 납지리, 가시납지리, 참붕어, 버들매치, 미꾸리, 미꾸라지 등 2차 조사시 총 7종 66개체, 3차 조사시 총 4종 25개체, 4차조사시 11종 582개체, 5차 조사

시 9종 330개체, 6차 조사시 8종 99개체가 조사되었다.

- 현지 조사 시 조사지역의 배수로와 둑병간 일부 지소는 낙차가 큰 것으로 확인되어 담수어류의 이동은 제한될 것으로 판단된다.
- 3차 조사시 D9 지점에서 채집된 피라미는 비록 작은 개체였으나, 피라미는 물을 타고 오르는 능력이 뛰어난 분류군이므로 장마로 인해 증가한 수량을 타고 하류로부터 유입되었거나 상류의 수원지로부터 유입되었을 것으로 추정된다.
- 한편, 4차 조사시 각 둑병에서는 대부분 떼 지어 헤엄치는 피라미의 치어들이 관찰, 채집되었으며, 둑병1에서 메기, 둑병 4에서 돌고기, 둑병 9에서 돌마자 등이 조사되는 등 각 둑병별로 어종에 변화가 발생하였다. 특히 피라미와 밀어를 제외한 미꾸리와 메기, 돌고기, 돌마자 등은 대체로 물의 흐름이 느린 곳에 서식하는 생태특성상 하류의 소하천으로부터 이동하였다기 보다 상류의 수원지로부터 금번 홍수 시 유입되었을 것으로 사료된다. 또한, 서식이 확인된 피라미들 또한 치어로 도약능력은 매우 약하므로 상류의 수원지로부터 유입되었을 것으로 추정된다.
- 즉, 3차 조사와 4차 조사 이전 시기는 7, 8월의 집중호우가 발생하는 시기이며, 철원기상대의 강수량 자료를 검토한바, 7월과 8월에는 각각 총 539.3mm와 432.1mm의 집중호우가 발생하였다. 따라서 일부 둑병들의 하상과 수변이 훼손, 교란되기도 하였으며, 집중호우 시 상류의 수원지로부터 급격히 증가한 수량을 따라 농수로와 경작지 등을 통해 둑병으로 이동되었을 것으로 판단된다.
- 5차 조사시 농수로의 수원공급은 중지되어 둑병과 둑병 하류구간에 일부 웅덩이만을 형성하였다. 각 둑병들 간 출현종과 개체 수에서 차이는 있으나 대체로 4차 조사와 비교하여 큰 차이는 없는 것으로 사료되며, 4차 조사에 비해 개체가 성장하였다.
- 6차 조사시 농수로의 수원공급은 중지되었으나 현지조사 전일의 강우로 인해 일시적으로 수량인 증가하였다. 5차 조사와 비교하여 출현종의 변화는 다소 감소하였으나 큰 변화는 없는 것으로 사료된다.



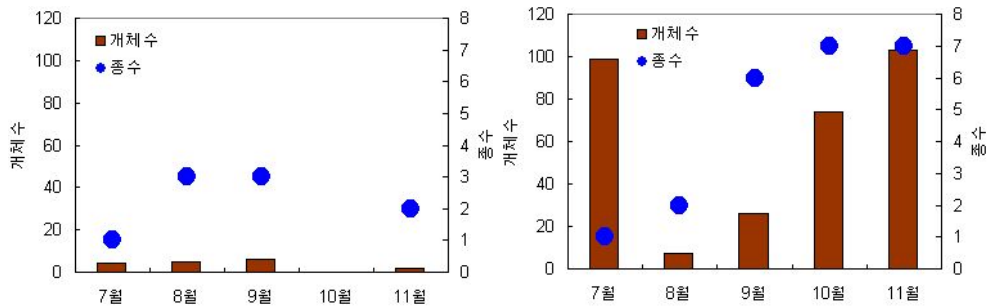
<그림 6-4> 둠병내 어류상 변화

라. 유수지 (그림 6-5)

- 조사지역의 유수지는 경지정리 이전에 존재하던 곳을 새롭게 조성하였으며, 그 결과 수생식물의 발달은 극히 미약한 상태이다.
- 현지조사는 통밭을 이용하였으며, 조사결과 유수지 1(U1)에서는 2차조사시 참붕어 4개체, 3차조사시 참붕어 2개체와 미꾸라지 2개체, 줄몰개 1개체, 3차조사시 참붕어 4개체, 줄몰개와 미꾸라지가 각각 1개체 조사되었다. 그러나 5차조사시 담수어류는 조사되지 않았으며, 6차조사시 붕어와 밀어 등 2종이 조사되었다.
- 유수지 2(U2)에서는 2차조사시 붕어 98개체와 눈동자개 1개체가 조사되었는데, 농민의 말에 따르면, 유수지 조성 후 인근의 하천에서 담수어류를 포획, 방사하였다고 하였다.
- 3차 조사시는 눈동자개 4개체와 붕어 3개체가 조사되었으며, 일부 유

영하는 작은 치어들이 관찰되기도 하였다.

- 4차 조사시는 붕어 9개체, 참붕어 8개체, 줄몰개 6개체, 납지리, 돌고기, 피라미가 각각 1개체씩 확인되었다.
- 5차 조사시는 붕어 25개체, 참붕어 19개체, 묵납자루 12개체, 왜몰개 9개체, 돌고기 3개체, 납지리 3개체, 눈동자개 3개체 등이 조사되었다.
- 6차 조사시 참붕어 67개체, 돌고기 9개체, 왜몰개와 묵납자루 각 7개체, 납지리 6개체, 붕어 5개체, 눈동자개 2개체 등이 조사되어 금회까지 조사시기 중 가장 다양한 분류군이 조사되었다.
- 유수지는 수심이 깊고, 하상이 바위와 빨질로 구성되어 실질적인 조사는 통발에 의존할 수 없었던바, 조사시기마다 출현종과 개체 수에서 차이가 발생한 것으로 판단된다.



<그림 6-5> 유수지내 어류상 변화

(표 6-1) 조사지역의 담수어류 현황(1, 2차 조사)

출 현 종		소 하 천			둠 병									유수지		비 고
		S1	S2	S3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2	
<i>Carassius auratus</i>	붕어		1		2								4		98	한특, 멸II
<i>Rhodeus ocellatus</i>	흰줄납줄개			1												
<i>Acheilognathus signifer</i>	목납자루	7		7												
<i>Acheilognathus rhombea</i>	납지리				3			2			2		2			
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	큰납지리	11	6	13												
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	가시납지리			15							1					
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어	1			11		2	9	2	7	4	1	4			
<i>Pungtungia herzi</i>	돌고기	4	5	6												
<i>Hemibarbus longirostris</i>	참마자			7												
<i>Pseudogobio esocinus</i>	모래무지	1	5	48												
<i>Zacco koreanus</i>	참갈겨니	5	12	9												
<i>Zacco platypus</i>	피라미	42	47	66												
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치										2	2				
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리												1			
<i>Misgurnus mizolepis</i>	미꾸라지					1										
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	눈동자개			6											1	
<i>Silurus asotus</i>	메기	1		5												
<i>Oryzias sinensis</i>	대륙송사리	9														
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어	3	7													
출 현 종 수		10	7	11	3	1	-	1	2	1	4	2	4	1	1	
출 현 개 체 수		84	71	183	16	1	-	2	11	2	12	6	16	4	99	

주1) 한특 : 한반도 고유종(특산종), 멸 : 환경부지정 멸종위기 I/II 등급

주2) 1차조사 : 소하천 조사지점, 2차조사 : 둠병 및 유수지

(표 6-2) 조사지역(소하천 및 어도)의 담수어류 현황(3차조사)

출 현 종		소 하 천									비 고	
		S1			S2			S3				
		어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천		
<i>Carassius auratus</i>	붕어									1	한특, 멸II	
<i>Acheilognathus signifer</i>	묵납자루					27						
<i>Acheilognathus rhombea</i>	납지리					30				43		
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	큰납지리					5				13		
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어					9	2					
<i>Hemibarbus longirostris</i>	참마자									2		
<i>Pseudogobio esocinus</i>	모래무지			2		2						
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치					3						
<i>Zacco koreanus</i>	참갈겨니			11		16				11		
<i>Zacco platypus</i>	피라미			29		35				21		
<i>Micropterus salmoides</i>	베스			2								외래종
<i>Oreochromis niloticus</i>	나일틸라피아			2								외래종
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어				1			9				
출 현 종 수		-	-	5	1	-	8	2	-	6		
출 현 개 체 수		-	-	46	1	-	127	11	-	91		

주) 한특 : 한반도 고유종(특산종), 멸 : 환경부지정 멸종위기 I/II등급

(표 6-3) 조사지역(뚝섬 및 유수지)의 담수어류 현황(3차조사)

출 현 종		뚝 섬									유 수 지		비 고
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2	
<i>Carassius auratus</i>	붕어											3	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어	3			2	6	2			6	2		
<i>Gnathopogon strigatus</i>	줄물개										1		
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치									4			
<i>Zacco platypus</i>	피라미									1			
<i>Misgurnus mizolepis</i>	미꾸라지										2		
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	눈동자개											4	
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어									1			
출 현 종 수		1	-	-	1	1	1	-	-	4	3	2	
출 현 개 체 수		3	-	-	2	6	2	-	-	12	5	7	

(표 6-4) 조사지역(소하천 및 어도)의 담수어류 현황(4차조사)

출 현 종		소 하 천									비 고
		S1			S2			S3			
		어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천	
<i>Carassius auratus</i>	붕어			4			1			8	한특, 멸II
<i>Acheilognathus signifer</i>	목납자루			7			10			22	
<i>Acheilognathus rhombea</i>	납지리						20				
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	큰납지리						19			26	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어							4		9	
<i>Pungtungia herzi</i>	돌고기			7							
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치			1						2	
<i>Aphyocypris chinensis</i>	왜몰개			14							
<i>Zacco koreanus</i>	참갈겨니			28			31			11	
<i>Zacco platypus</i>	피라미			51			61			58	
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리							2			
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	눈동자개									5	
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어		1	22	3		25	7		31	
출 현 종 수		-	1	8	1	-	7	3	-	9	
출 현 개 체 수		-	1	134	3	-	167	13	-	172	

주) 한특 : 한반도 고유종(특산종), 멸 : 환경부지정 멸종위기 I/II등급

(표 6-5) 조사지역(뚝섬 및 유수지)의 담수어류 현황(4차조사)

출 현 종		뚝 섬									유 수 지		비 고
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2	
<i>Carassius auratus</i>	붕어					1			1			9	한 특
<i>Acheilognathus rhombea</i>	남지리	1										1	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어	13	10		11	11	5	5	7	6	4	8	
<i>Pungtungia herzi</i>	돌고기				1							1	
<i>Gnathopogon strigatus</i>	줄물개										1	6	
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치			1					1	2			
<i>Aphyocypris chinensis</i>	왜물개				17								
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	돌마자									3			
<i>Zacco platypus</i>	피라미	58	52	83	59	34	23	64	51			1	
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리		17	22	12	1	1	2					
<i>Misgurnus mizolepis</i>	미꾸라지										1		
<i>Silurus asotus</i>	메기	1											
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어	1								5			
출 현 종 수		5	3	3	5	4	3	3	4	4	3	6	
출 현 개 체 수		74	79	106	100	47	29	71	60	16	6	26	

주) 한 특 : 한반도 고유종(특산종)

(표 6-6) 조사지역(소하천 및 어도)의 담수어류 현황(5차조사)

출 현 종		소 하 천									비 고	
		S1			S2			S3				
		어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천		
<i>Carassius auratus</i>	붕어			7								
<i>Acheilognathus signifer</i>	목납자루										2	한특, 멸II
<i>Acheilognathus rhombea</i>	납지리			5			7				8	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어			3					1			
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	긴몰개						9					한특
<i>Pseudogobio esocinus</i>	모래무지			3					1		3	
<i>Aphyocypris chinensis</i>	왜몰개			2			1				51	
<i>Zacco platypus</i>	피라미			57			37				30	
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리								3			
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	눈동자개			1								한특
<i>Oryzias sinensis</i>	대륙송사리						7					
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어			28			19				11	
출 현 종 수		-	-	8	-	-	6	3	-	-	6	
출 현 개 체 수		-	-	106	-	-	80	5	-	-	105	

주) 한특 : 한반도 고유종(특산종), 멸 : 환경부지정 멸종위기 I/II등급

(표 6-7) 조사지역(뚝섬 및 유수지)의 담수어류 현황(5차조사)

출 현 종		뚝 섬									유 수 지		비 고
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2	
<i>Carassius auratus</i>	붕어											25	한특, 멸Ⅱ
<i>Acheilognathus signifer</i>	묵납자루											12	
<i>Acheilognathus rhombea</i>	납지리	1		2								3	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어	24	5	3	6		12	2	9	55		19	
<i>Pungtungia herzi</i>	돌고기				2	1	1		1			3	
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치							2	1	4			
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	돌마자								1	1			
<i>Aphyocypris chinensis</i>	왜물개	2	15	7	10	3	7		2			9	
<i>Zacco platypus</i>	피라미	38	5	13	10	7	45		6				
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리	1	20	3	2								
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	눈동자개											3	
<i>Silurus asotus</i>	메기			1*									
출 현 종 수		5	4	6	5	3	4	2	6	3	-	7	
출 현 개 체 수		66	45	29	30	11	65	4	20	60	-	74	

주) 한특 : 한반도 고유종(특산종), * : 사체, 멸 : 환경부지정 멸종위기 I/II등급

(표 6-8) 조사지역(뚝섬 및 유수지)의 담수어류 현황(6차조사)

출 현 종		뚝 섬									유 수 지		비 고
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2	
<i>Carassius auratus</i>	붕어										1	5	한특, 멸Ⅱ
<i>Acheilognathus signifer</i>	묵납자루											7	
<i>Acheilognathus rhombea</i>	납지리											6	
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어	3	9	1	12	3	7			9		67	
<i>Pungtungia herzi</i>	돌고기				3							9	
<i>Abbottina rivularis</i>	버들매치					1	1						
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	돌마자								1	2			
<i>Aphyocypris chinensis</i>	왜물개	9					5			1		7	
<i>Zacco platypus</i>	피라미	16											
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리		2	3	4	2	2						
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	눈동자개											2	
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어	1							2		1		
출 현 종 수		4	2	2	3	3	4	-	2	3	2	7	
출 현 개 체 수		29	11	4	19	6	15	-	3	12	2	103	

주) 한특 : 한반도 고유종(특산종), 멸 : 환경부지정 멸종위기 I/Ⅱ등급

마. 어류상 조사 종합결과

(1) 소하천

소하천은 1차 조사시 수량이 많고 탁도가 높았으나 이후 조사부터 수량이 점차 감소하였고, 3차조사시부터 탁도는 맑았다. 현지 조사시 총 7과 21종이 조사되었으며, 한국특산종은 묵납자루, 가시납지리, 긴물개, 돌마자, 참갈겨니, 눈동자개 등 6종, 외래종은 베스, 나일틸라피아 등 2종, 법적보호종은 묵납자루(멸종위기Ⅱ등급) 1종으로 구분되었다. 확인된 담수어류의 생태특성을 감안하면, 어도를 오를 수 있는 어종은 피라미, 참갈겨니, 밀어 등으로 판단된다.

(2) 어도 및 어도 상류

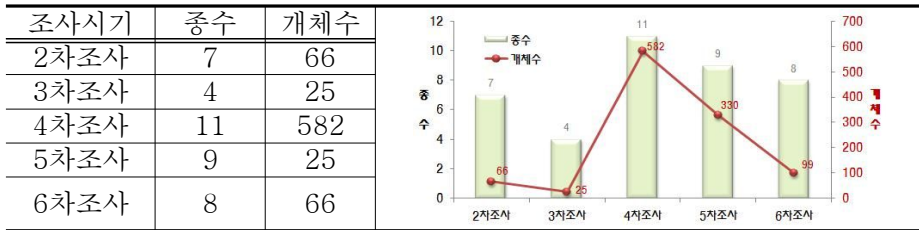
조사결과 총 2과 4종이 조사되었다. 이중 어도를 오를 수 있는 어종은 밀어 1종인 것으로 사료되며, 참붕어, 모래무지, 미꾸리 등은 농수공급시 수원지로부터 유입된 것으로 추정된다. 현지 조사시 조사지역에 설치된 어도는 빠른 유속을 형성하였던바, 그에 따라 담수어류의 이동은 제한되었던 것으로 사료되며 또한, 어도와 소하천의 합류점은 어도와 하천이 분리되어 어류의 접근이 제한되었을 것으로 판단된다.

어도의 상류 구간은 어도가 설치된 농수로에 따라 수량의 차이가 있었으며, 비교적 많은 수량이 유지되었던 S2와 S3 에서만 담수어류가 확인되었다. 특히, 강우 및 수원지로부터 용수 공급에 따라 어도 내 수량의 차이는 크게 나타나는 것으로 판단된다.

(3) 둌병

둌병들에서는 총 4과 14종이 조사되었다. 각 둌병들은 조사 시기에 따라 하상의 변화가 발생하였다. 즉, 1차 조사는 대부분의 하상이 모래질로 이루어졌으나 7, 8월의 홍수로 인해 모래질의 하상이 침적됨에 따라 하상에 바위, 호박돌 등이 나타났다. 둌병의 각 조사시기별 출현현황을 비교하면, 4차 조사시 11종 582개체가 조사되어 가장 다양하고 많은 수가 조사되었으며, 4차 조사 이전의 집중호우 시 상류의 수원지로부터 다수의 담수어류가 유입된 것으로 추정된다. 한편, 4차 조사 이후 점차 출현종수와 개체 수는 감소하였으나, 채집된 각 개체는 성장한 것으로 판단된다.

(표 6-9) 들판 조사지점에 대한 조사시기별 현황

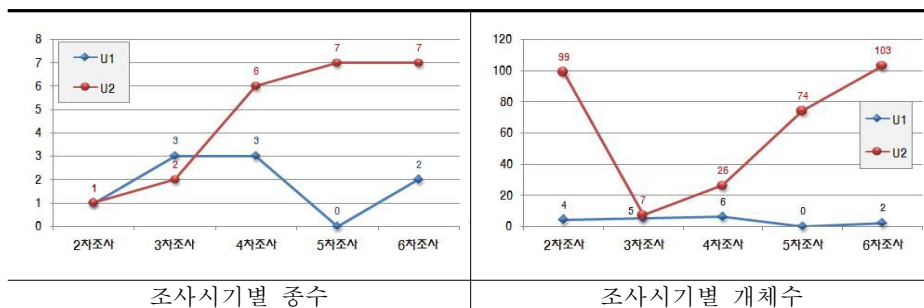


(4) 유수지

조사결과 총 3과 10종이 조사되었으며, 유수지 1(U1)에서는 매우 적은 분류군이 조사되었으며, 유수지 2(U2)에서 비교적 다양한 분류군이 조사되었는데, 농민의 말에 따르면 유수지 조성 후 인근의 하천에서 담수어류를 포획, 방사하였다고 하였다. U1에서 종수는 0~3종, 개체 수는 0~6개체로 매우 적은 분류군이 조사되었다. U2에서 종수는 1~7종, 개체 수는 7~103개체로 비교적 다양한 분류군이 조사되었으며, 멸종위기종Ⅱ등급의 묵납자루가 서식하였다.

(표 6-10) 유수지에 대한 조사시기별 현황

조사시기	U1		U2	
	종수	개체수	종수	개체수
2차조사	1	4	1	99
3차조사	3	5	2	7
4차조사	3	6	6	26
5차조사	-	-	7	74
6차조사	2	2	7	103



<그림 6-6> 유수지에 대한 조사시기별 현황 비교

(표 6-11) 조사지역의 담수어류 목록

학 명 (Scientific Name)	국 명 (Common Name)	소하천	어도· 어도상류	듬병	유수지	비 고
Order Cypriniformes	잉어목					
Family Cyprinidae	잉어과					
<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus)	붕어	*		*	*	
<i>Rhodeus ocellatus</i> (Kner)	흰줄납줄개	*				
<i>Acheilognathus signifer</i> (Berg)	묵납자루	*			*	한특, 멸II
<i>Acheilognathus rhombea</i> (Temminck et Schlegel)	납지리	*		*	*	
<i>Acanthorhodeus macropterus</i> Bleeker	큰납지리	*				
<i>Acanthorhodeus gracilis</i> Regan	가시납지리	*		*		한특
<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel)	참붕어	*	*	*	*	
<i>Pungtungia herzi</i> Herzenstein	돌고기	*		*	*	
<i>Gnathopogon strigatus</i> (Regan)	줄물개			*	*	
<i>Squalidus gracilis majimae</i> (Jordan et Hubbs)	긴물개	*				한특
<i>Hemibarbus longirostris</i> (Regan)	참마자	*				
<i>Pseudogobio esocinus</i> (Temminck et Schlegel)	모래무지	*	*			
<i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky)	버들매치	*		*		
<i>Microphysogobio yaluensis</i> (Mori)	돌마자			*		한특
<i>Aphyocypris chinensis</i> (Günther)	왜물개	*		*	*	
<i>Zacco koreanus</i> Kim, Oh and Hosoya	참갈겨니	*				한특
<i>Zacco platypus</i> (Temminck et Schlegel)	피라미	*		*	*	
Family Cobitidae	미꾸리과					
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	미꾸리		*	*		
<i>Misgurnus mizolepis</i> Günther	미꾸라지			*	*	
Order Siluriformes	메기목					
Family Bagridae	동자개과					
<i>Pseudobagrus koreanus</i> Uchida	눈동자개	*			*	한특
Family Siluridae	메기과					
<i>Silurus asotus</i> (Linnaeus)	메기	*		*		

(표 6-11) 계 속

학 명 (Scientific Name)	국 명 (Common Name)	소하천	어도· 어도상류	뚝방	유수지	비 고
Order Belontiiformes	동갈치목					
Family Oryziidae	송사리과					
<i>Oryzias sinensis</i> Chen, Uwa et Chu	대륙송사리	*				
Order Perciformes	농어목					
Family Centrarchidae	검정우럭과					
<i>Micropterus salmoides</i> Lacepède	베스	*				외
Family Cichlidae	키크리과					
<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus)	나일틸라피아	*				외
Family Gobiidae	망둑어과					
<i>Rhinogobius brunneus</i> (Temminck et Schlegel)	밀어	*	*	*		
소계		21종	4종	14종	10종	
총계		4목 8과 25종				

주) 한특 : 한반도 고유종(특산종), 멸위 : 환경부지정 멸종위기 I/II등급종, 외 : 외래 위해종

6.3.3 저서성 대형무척추동물

조사결과 저서성 대형무척추동물은 총 46과 75종이 채집되었다.

가. 소하천

- 조사결과 왕우렁이, 논우렁이, 곳체다슬기, 줌주름다슬기, 말조개, 실지렁이과 sp., 개똥하루살이, 입술하루살이, 동양하루살이, 등딱지하루살이 KUa, 방울실잠자리, 고추잠자리, 깔따구과 spp., 깔따구아과 sp.1(붉은색), 늪깔따구아과 sp.가 채집되어 1차조사시 총 16종 120개체, 3차조사시 총 20종 168개체, 4차조사시 총 11종 122개체, 5차조사시 총 14종 154개체가 조사되었으며, 6차 조사는 현지조사를 실시하지 않았다.
- 각 지점별 출현현황 및 우점종, 균집지수는 <표 6-12, 18, 21, 23>과 같이 분석되었으며, 전반적으로 곳체다슬기와 말조개의 많은 수가 관찰, 집계되었다.
- 현지조사결과 출현종은 전반적으로 빈약하였으며, 균집지수는 우점도 지수를 제외하고 대부분 낮게 분석되었는데 이는 본 소하천이 경지정리와 경작 등으로 인해 지속적인 부유토사의 영향을 받았을 뿐만 아니라 전반적인 하상이 암반, 바위 등과 모래로 구성되어 다양한 미소서

식지를 형성하지 못하였기 때문에 사료된다.

- 하지만 부유토사에 대한 매우 심각한 영향으로 하천의 돌 틈이 완전히 매워지지 않는 한 여울구간에서는 걸러먹는 무리인 줄날도래류가 주로 서식하게 되는데, 본 소하천에서는 5차조사시를 제외하고 줄날도래류의 출현은 거의 없었으며, 하천 전반적인 출현종 또한 빈약하였다.
- 5차 조사시 소하천 현황을 이전 조사시기와 비교하면, 1차 조사 수심은 약 50~70cm, 탁도는 높았던데 비해 5차 조사시는 수심 약 30~50cm, 탁도는 맑아졌다. 특히, 1차 조사에는 하상에 Macro algae가 매우 넓게 분포한데 비해 5차조사시는 일부의 하상에서만 관찰되었다.
- Macro algae는 1차 조사시 대부분 하상의 바위와 호박돌 등에 분포하여 돌 틈에 서식하는 줄날도래류와 납작하루살이류의 서식을 방해 하였으며, 5차조사시는 계절의 변화로 인해 Macro algae의 분포가 감소하고 여울지역의 미소서식지가 회복됨에 따라 납작하루살이류와 줄날도래류가 다시 서식하게 된 것으로 추정된다.

(표 6-12) 소하천 조사지점별 우점종 및 균집지수 현황

조사지점	우점종	아우점종	우점도	다양도	종풍부도	균등도	
S1	1차	깔따구아과 sp.1(붉은색)	고추좀잠자리	0.80	1.18	1.35	0.66
	3차	긱체다슬기	애기물달팽이	1.00	0.64	0.91	0.92
	4차	긱체다슬기	왕우렁이, 깔따구아과 sp.1(붉은색)	0.51	1.05	1.53	0.59
	5차	긱체다슬기	말조개	0.77	0.51	1.46	0.29
S2	1차	깔따구아과 sp.1(붉은색)	실지렁이과 sp.	0.71	1.64	2.36	0.71
	3차	긱체다슬기	말조개	0.91	0.68	2.46	0.27
	4차	긱체다슬기	말조개, 개똥하루살이	0.76	0.58	1.50	0.30
	5차	긱체다슬기	줄날도래	0.61	0.85	1.43	0.44
S3	1차	긱체다슬기	깔따구아과 sp.1(붉은색)	0.38	2.21	3.12	0.89
	3차	개똥하루살이	논우렁이	0.47	2.01	2.55	0.87
	4차	긱체다슬기	말조개	0.76	0.63	1.08	0.39
	5차	줄날도래	긱체다슬기	0.55	0.96	1.99	0.44

나. 어도 및 어도 상류

3차 조사시 어도가 완성된 상태였던바, 어도 및 어도의 상류지점을 구분하였으며, 조사결과는 <표 6-13~15, 21, 23>에 조사, 분석되었다. 한편, 5차조사시부터 농수로에 수원공급이 중지됨에 따라 6차조사시는 현지조사를 실시하지 않았다.

(1) 3차 조사

어도의 상류지점 중 S1지점은 수량이 적고 수변식생의 발달은 미약하였으나, 개울을 형성하였던바, 갈따구류와 물달팽이류 등 총 7종 72개체가 조사되었다. S2지점과 S3지점은 수량이 많고 수변식생이 다소 발달하였던바, 왕우렁이, 물달팽이, 개똥하루살이, 갈따구류 등 각각 10종 67개체(S2)와 5종 34개체(S3)가 조사되었다. 어도에서는 전반적으로 출현종은 매우 빈약한 상태였으며, 각 지점별로 구분해보면, S1지점에서는 물달팽이와 애기물달팽이, 장수갈따구 등 3종 8개체, S2지점에서는 우점종인 곳체다슬기, 개똥하루살이 등 5종 51개체, S3지점에서는 왕우렁이, 장수갈따구, 물달팽이 등 3종 10개체가 조사되었다.

설치된 어도는 비교적 빠른 유속을 형성하였던바, 어도 내부에서는 극히 드물게 채집되었으며, 대부분 어도 옆과 상부의 콘크리트 구조물에서 조사되었다. 특히, 왕우렁이와 곳체다슬기, 물달팽이 등 복족류가 소하천으로부터 소하천 방향으로 이동하였으며, 유속이 빠른 어도의 내부보다 어도 옆의 콘크리트 구조물을 따라 이동하는 것으로 조사되었다. 이는 어도의 빠른 유속이 이들 분류군의 이동을 방해하는 요인으로 작용하는 것으로 사료된다.

갈따구류와 개똥하루살이 또한 대부분 어도 내부가 아닌 어도 상부의 콘크리트 구조물에서 조사되었는데, 이는 이들 분류군의 서식기능군이 어도와 같은 구조물보다 빨질과 자갈, 모래질의 하상조건을 선호하기 때문으로 판단된다.

(2) 4차 조사

어도의 상류지점 중 S1지점에서 갈따구류, 염주쇠우렁이, 애기물달팽이 등 8종 52개체로 가장 다양하였으며, S2지점에서는 갈따구류와 애기물달팽이 등 3종 19개체, S3지점에서는 왕우렁이와 애기물달팽이, 된장잠자리,

방물벌레, 애기물방개 등 5종 30개체가 조사되었다.

어도는 비교적 빠른 유속을 형성하였던바, S1의 어도에서는 깔따구아과 sp.와 곳체다슬기 등 2종 23개체, S3의 어도에서는 깔따구과 spp. 1종만이 조사된바, 어도 내부에서는 출현종이 극히 드물었다.

(3) 5차 조사

5차 조사시 농수로에 수원공급이 중지됨에 따라 모든 어도에는 물이 흐르지 않았으며, S3지점의 상류를 제외하고 건천을 형성하였다. S3지점 또한 수심 약 5~10cm의 웅덩이 형태를 나타내었다. S3지점 상류에서는 아시아실잠자리, 애기물방개, 각다귀 KUb, 왕우렁이, 동양하루살이 등 5종 8개체만이 조사되었다.

(표 6-13) 어도 및 어도 상류의 우점종 및 균집지수 현황(3차 조사)

조사지점	우점종	아우점종	우점도	다양도	종풍부도	균등도	
S1	어도상류	깔따구아과 sp.2	깔따구과 spp.	0.72	1.41	1.40	0.73
	어도	물달팽이	애기물달팽이	0.75	1.08	0.96	0.99
S2	어도상류	개똥하루살이	깔따구과 spp.	0.70	1.54	2.14	0.67
	어도	곳체다슬기	개똥하루살이	0.84	1.10	1.02	0.68
S3	어도상류	깔따구과 spp.	왕우렁이	0.91	0.97	1.13	0.60
	어도	왕우렁이	장수깔따구	0.80	1.03	0.87	0.94

(표 6-14) 어도 및 어도 상류의 우점종 및 균집지수 현황(4차 조사)

조사지점	우점종	아우점종	우점도	다양도	종풍부도	균등도	
S1	어도상류	깔따구아과 sp.2	염주쇠우렁이	0.62	0.90	1.77	0.43
	어도	깔따구아과 sp.2	곳체다슬기	1.00	0.04	0.32	0.06
S2	어도상류	깔따구아과 sp.2	깔따구과 spp.	0.89	0.59	0.68	0.53
	어도	-	-	-	-	-	-
S3	어도상류	왕우렁이	애기물달팽이, 된장잠자리, 방물벌레, 애기물방개	0.90	0.34	1.18	0.21
	어도	-	-	-	-	-	-

(표 6-15) 어도 및 어도 상류의 우점종 및 군집지수 현황(5차조사)

조사지점		우점종	아우점종	우점도	다양도	종풍부도	군등도
S1	어도상류	-	-	-	-	-	-
	어도	-	-	-	-	-	-
S2	어도상류	-	-	-	-	-	-
	어도	-	-	-	-	-	-
S3	어도상류	아시아실잠자리, 애기물방개, 각다귀 KUb	-	0.50	1.30	1.92	0.81
	어도	-	-	-	-	-	-

다. 둌병

- 조사결과 왕우렁이, 실지렁이과 sp., 녹색말거머리, 털줄뽕족코조개벌레, 큰별박이왕잠자리, 된장잠자리, 꼬마물벌레, 물자라, 장구애비, 방게아재비, 애기물방개, 애넙적물땡땡이, 벼물바구미, 한국얼룩날개모기, 집모기속 sp., 깔따구과 spp., 깔따구아과 sp.1(붉은색), 늪깔따구아과 sp., 물가파리과 sp. 등이 채집되어 2차조사시 총 19종 320개체, 3차조사시 총 26종 550개체, 4차조사시 총 22종 273개체, 5차조사시 총 15종 329개체, 6차조사시 총 10종 232개체가 조사되었으며, 출현현황은 <표 6-16, 18, 20, 22, 24, 25>와 같이 조사, 분석되었다.
- 각 둌병들은 바위를 이용하여 조성된바, 수서곤충류의 미소서식지로 이용되는 수생식물의 발달은 극히 미약하였으며, 하상 또한 모래와 빨질로 구성되어 출현종 또한 빈약하였다. 군집지수 또한 우점도지수를 제외하고 전반적으로 낮은 것으로 분석되었다.

라. 유수지

- 조사결과 가시시모물벼룩, 등검은실잠자리, 고추좀잠자리, 두점박이잠자리, 꼬마물벌레, 송장헤엄치게, 장구애비, 소금쟁이, 깨알물방개, 물맴이, 깔따구아과 sp.1(붉은색), 깔따구아과 sp.2, 늪깔따구아과 sp. 등이 채집되어 1차조사시 총 6종 85개체, 2차조사시 총 11종 43개체, 3차조사시 총 13종 74개체, 4차조사시 14종 208개체, 5차조사시 10종 64개체, 6차조사시 6종 178개체로 4차조사시까지 점차 출현종수는 증가하였으나, 5차조사시부터 감소하였다.

(표 6-16) 조사지점별 우점종 및 군집지수 현황

조사지점	우점종	아우점종	우점도	다양도	종풍부도	군등도	
D1	2차	된장잠자리	갈따구아과 sp.1 (붉은색)	0.89	0.93	0.84	0.67
	3차	왕우렁이	물달팽이	0.97	0.78	0.71	0.56
	4차	왕우렁이	애기물달팽이	0.79	0.34	1.57	0.19
	5차	왕우렁이	게아재비	1.00	0.00	0.32	0.00
	6차	연못하루살이, 각다귀 KUb	왕우렁이	0.50	1.70	2.01	0.95
D2	2차	갈따구아과 sp.1 (붉은색)	된장잠자리	0.81	1.14	0.92	0.82
	3차	갈따구과 spp.	물달팽이	0.66	1.44	1.13	0.80
	4차	애기물달팽이	된장잠자리	0.93	0.18	0.59	0.16
	5차	왕우렁이	갈따구아과 sp.1 (붉은색)	0.79	0.30	1.26	0.19
	6차	애기물방개	연못하루살이	0.79	1.13	1.36	0.70
D3	2차	된장잠자리	갈따구아과 sp.1 (붉은색)	0.79	1.23	1.26	0.76
	3차	갈따구과 spp.	갈따구아과 sp.2	0.58	1.80	2.16	0.78
	4차	애기물달팽이	된장잠자리	0.79	0.35	1.82	0.17
	5차	왕우렁이	방물벌레	0.89	0.00	0.91	0.00
	6차	애기물방개	검정배물벌레	0.87	0.84	0.96	0.60
D4	2차	갈따구아과 sp.1 (붉은색)	된장잠자리	0.92	0.84	0.77	0.61
	3차	갈따구과 spp.	갈따구아과 sp.2	0.76	1.14	0.99	0.82
	4차	애기물달팽이	물벌레	0.71	0.27	1.70	0.14
	5차	연못하루살이	아시아실잠자리	0.97	0.00	0.57	0.00
	6차	방물벌레	애기물방개	0.56	1.64	1.55	0.92
D5	2차	된장잠자리	-	0.80	0.96	1.67	0.54
	3차	갈따구과 spp.	애기물방개	0.68	1.70	2.24	0.74
	4차	방물벌레	꼬마줄물방개	0.56	1.31	2.89	0.60
	5차	애기물방개	검정배물벌레	0.91	0.00	0.93	0.00
	6차	연못하루살이	검정배물벌레	0.75	1.07	0.72	0.98

(표 6-16) 계 속

조사지점	우점종	아우점종	우점도	다양도	종 풍부도	균등도	
D6	2차	된장잠자리	틸줄뽕족코조개벌레	0.80	1.03	1.88	0.49
	3차	깔따구아과 sp.2	애기물방개	0.56	1.81	2.25	0.78
	4차	방물벌레	늪깔따구아과 sp.	0.82	0.94	1.25	0.08
	5차	장구애비	-	-	-	-	-
	6차	애기물방개	검정배물벌레	0.73	1.10	1.61	0.68
D7	2차	된장잠자리	애기물달팽이	0.42	1.91	3.10	0.72
	3차	애기물달팽이	늪깔따구아과 sp.	0.55	1.89	2.54	0.79
	4차	애기물달팽이	왕우렁이, 방물벌레	0.61	0.60	2.29	0.27
	5차	아시아실잠자리	물벌레	0.79	0.00	1.74	0.00
	6차	아시아실잠자리	왕우렁이, 물자라, 애기물방개, 각다귀 KUb	0.75	1.10	1.61	0.68
D8	2차	된장잠자리	깔따구과 spp.	0.73	1.05	1.43	0.59
	3차	애기물달팽이	깔따구아과 sp.2	0.49	1.96	2.17	0.85
	4차	왕우렁이	애넙적물똥똥이, 늪깔따구아과 sp.	0.39	1.34	2.40	0.61
	5차	왕우렁이	애기물방개	1.00	0.00	0.38	0.00
	6차	애기물방개	방물벌레	0.76	1.19	0.99	0.86
D9	2차	애기물달팽이	된장잠자리	0.42	1.91	3.10	0.72
	3차	왕우렁이	애기물달팽이	0.95	0.85	0.45	0.77
	4차	왕우렁이	애기물달팽이, 된장잠자리	0.94	0.08	0.77	0.06
	5차	왕우렁이	애기물방개	1.00	0.00	0.25	0.00
	6차	방물벌레	검정배물벌레	0.79	1.19	0.72	0.86

(표 6-17) 조사지점별 우점종 및 군집지수 현황

조사지점	우점종	아우점종	우점도	다양도	종풍부도	균등도	
U1	1차	가시시모물벼룩	소금쟁이	0.74	1.42	1.18	0.79
	2차	꼬마물벌레	등검은실잠자리	0.47	1.98	2.31	0.90
	3차	동양하루살이	등검은실잠자리	0.52	1.99	2.87	0.86
	4차	물벌레	송장해엄치계	0.66	0.89	2.04	0.40
	5차	검정배물벌레	동양하루살이, 꼬마물벌레	0.57	0.14	2.30	0.07
	6차	꼬마물벌레	방물벌레	0.83	0.99	0.64	0.71
U2	1차	소금쟁이	가시시모물벼룩	0.87	0.99	0.74	0.90
	2차	소금쟁이	고추좀잠자리	0.82	1.04	0.83	0.94
	3차	꼬마물벌레	아시아실잠자리	0.82	1.22	1.53	0.63
	4차	꼬마물벌레	아시아실잠자리	0.76	0.03	0.99	0.02
	5차	꼬마물벌레	동양하루살이	0.88	0.00	0.80	0.00
	6차	꼬마물벌레	연못하루살이	0.95	0.45	0.48	0.41

(표 6-18) 조사지역의 저서성 대형무척추동물 현황(1,2차조사)

출현종	소라친	동맹											유수지					
		S1	S2	S3	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1		U2		
		1차	1차	1차	2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차	2차	1차	2차	1차	2차	
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이	1						1						18				
<i>Cyprangopaludina chinensis malleata</i>	논우렁이			2														
<i>Semisulcospira gottschei</i>	꽃재다슬기	2	3	7														
<i>Semisulcospira tegulata</i>	좁주름다슬기			1														
<i>Austropeplea ollula</i>	애기물달팽이				1				1		2	10	5	20				
<i>Unio douglasiae</i>	말조개		1	2														
Tubiificidae sp.	실지렁이과 sp.	4	12			1												
<i>Whitmania edentula</i>	녹색말겨머리						3											
<i>Caenestheriella gifuensis</i>	털줄뽕썩조개벌레							1	5	6			4					
<i>Simoccephalus exspinosus</i>	가시시모물벼룩													28			6	
<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이			5														
<i>Labobaetis atrebatinus</i>	입술하루살이		1	1														
<i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이		3															
<i>Caenis KUa</i>	등딱지하루살이 KUa		1															
<i>Cerion calamarum</i>	등검은실잠자리														6			
<i>Platycnemis phillopoda</i>	방울실잠자리			1														
<i>Aesha nigroflava</i>	큰별박이왕잠자리									1								
<i>Pantala flavescens</i>	원장잠자리				16	9	12	15	15	28	18	17	12					
<i>Sympetrum depressiusculum</i>	고추잠자리	8	1	1														4
<i>Sympetrum eroticum</i>	두점박이잠자리														1			
<i>Micronecta sedula</i>	꼬마물벌레								1	1	1	1		4	9			
<i>Notonecta triguttata</i>	송장해엄지개													6	3	2		
<i>Diplonychus japonicus</i>	물자라									1								
<i>Laccotrephes japonensis</i>	장구애비								1		1			1		1		
<i>Ranatra unicolor</i>	방개아재비									1	2							
<i>Aquarius paludum</i>	소금쟁이										1				24		7	5
<i>Laccophilus difficilis</i>	개알물방개															4		
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개											1		1				
<i>Gyrinus japonicus francki</i>	물뱀이														2			
<i>Enochrus (Holcophlydrus) simulans</i>	애늪적물맹꽁이									1								
<i>Lissorhopterus oryzophilus</i>	벼물바구미												1					
<i>Anopheles (Anopheles) koreicus</i>	한국열독날개모기											4						
<i>Culex sp.</i>	집모기속 sp.												1					
<i>Chironomidae spp.</i>	갈매구아과 spp.	1	1	5	3	4	1	3		1	7	7	9					
<i>Chironominae sp.1 (red type)</i>	갈매구아과 sp.1(붉은색)	25	20	6	15	12	7	29	1	2	9	2		6	2			2
<i>Chironominae sp.2</i>	갈매구아과 sp.2															4		
<i>Tanyptodinae sp.</i>	늘갈매구아과 sp.		2	2					1		4					2		
<i>Ephydriidae sp.</i>	물가과리와 sp.						1				1							
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래			1														
출현종수		5	10	12	4	4	5	4	6	8	14	6	14	6	9	3	3	
출현개체수		41	45	34	35	26	24	48	20	41	66	33	66	70	32	15	11	

(표 6-19) 조사지역(소하천 및 어도)의 저서성 대형무척추동물 현황(3차조사)

출현종		소하천								
		S1			S2			S3		
		어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천
<i>Planariidae</i> sp.	플라나리아 sp.									1
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이							10	5	2
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i>	논우렁이						1			6
<i>Gabbia misella</i>	염주쇠우렁이	1			1					
<i>Semisulcospira gottschei</i>	꽃채다슬기			2		31	114			5
<i>Radix auricularia</i>	물달팽이		3		2		1		2	
<i>Austropelea ollula</i>	애기물달팽이	12	3	1	2	4				4
<i>Fossaria truncatula</i>	긴애기물달팽이	1								1
<i>Gyraulus chinensis</i>	또아리물달팽이	4					1	1		
<i>Unio douglasiae</i>	말조개						5			
<i>Baetis fuscatus</i>	개동하루살이				37	12				10
<i>Sympetrum eroticum</i>	두점박이잠자리									1
<i>Sisyra nikkoana</i>	(미기록종)									2
<i>Laccophilus</i> sp. larva	깨알물방개속 유충				1					
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개	2			1					
<i>Lissorhoptus oryzophilus</i>	벼물바구미						1			
<i>Anopheles (Anopheles) koreicus</i>	한국얼룩날개모기						1	1		
<i>Chironomus plumosus</i>	장수갈매구		2		5				3	
<i>Chironomidae</i> spp.	갈매구과 spp.	24			10	2	2	21		
<i>Chironominae</i> sp.1 (red type)	갈매구아과 sp.1(붉은색)						1			
<i>Chironominae</i> sp.2	갈매구아과 sp.2	28			4	2	1	1		
<i>Tanyptodinae</i> sp.	늪갈매구아과 sp.				4		1			2
<i>Ecnomus tenellus</i>	별날도래						1			
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래						1			
출현종수		7	3	2	10	5	13	5	3	10
출현개체수		72	8	3	67	51	131	34	10	34

(표 6-20) 조사지역(뚝방 및 유수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(3차조사)

출현종		뚝방									유수지	
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이	44		7	4					43		
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i>	논우렁이					2		1				
<i>Parafossarulus manchouricus</i>	쇠우렁이	1										
<i>Gabbia misella</i>	염주쇠우렁이						1	1	3			
<i>Radix auricularia</i>	물달팽이	24		1					2	4		
<i>Austropeplea ollula</i>	애기물달팽이			1		3	3	17	18	41	2	
<i>Gyraulus chinensis</i>	또아리물달팽이							2				
<i>Whitmania edentula</i>	녹색말거머리					1						
Cypridae sp.	잠세벌레과 sp.					1						
<i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이										8	1
<i>Cercion calamorum</i>	등검은실잠자리										4	
<i>Ischnura asiatica</i>	아시아실잠자리											14
<i>Pantala flavescens</i>	된장잠자리			2	3	1		2	3		2	
<i>Micronecta sedula</i>	꼬마물벌레						2				1	28
<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i>	방물벌레										1	
<i>Sigara (Sigara) formosana</i>	대만물벌레		1									
<i>Laccotrephes japonensis</i>	장구애비			1								
<i>Ranatra chinensis</i>	게야재비							2			2	
<i>Aquarius paludum</i>	소금쟁이					1	1	1			1	1
<i>Hydaticus (Hydaticus) grammicus</i>	꼬마줄물방개								1			
<i>Hyphydrus japonicus</i>	알물방개							1				
<i>Laccophilus kobensis</i>	동쪽개알물방개										1	
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개	1	12	4	2	17	13	9	6			
<i>Enochrus (Holcophilydrus) simulans</i>	애늪적물팽팽이						1					
Tipulidae sp.	각다귀과 sp.						3					
<i>Anopheles (Anopheles) koreicus</i>	한국얼룩날개모기									1		
<i>Chironomus plumosus</i>	장수갈따구		10	8							7	
<i>Chironomus flaviplumus</i>	노랑털갈따구			3								
Chironomidae spp.	갈따구과 spp.		38	25	12	21	11	4	9		1	1
Chironominae sp.2	갈따구아과 sp.2		16	12		5	18		13			5
Tanypodinae sp.	늪갈따구아과 sp.		5			4	2	11				
<i>Mystacides KUa</i>	청나비날도래 KUa											1
출현종수		4	6	10	4	10	10	11	10	3	10	7
출현개체수		70	82	64	21	56	55	51	63	88	23	51

(표 6-21) 조사지역(소하천 및 어도)의 저서성 대형무척추동물 현황(4차조사)

출현종		소하천								
		S1			S2			S3		
		어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이			3			4	26		4
<i>Gabbia misella</i>	염주쇠우렁이	10								
<i>Semisulcospira gottschei</i>	꽃채다슬기		1	9			37			25
<i>Austropelea ollula</i>	애기물달팽이	5			2		2	1		
<i>Fossaria truncatula</i>	긴애기물달팽이	1								
<i>Physa acuta</i>	원돌이물달팽이	2								
<i>Hippeutis cantori</i>	수정또아리물달팽이	2								
<i>Unio douglasiae</i>	말조개			5			5			6
Tubificidae sp.	실지렁이과 sp.			4						
Glossiphoniidae sp.	넙적거머리과 sp.						1			
<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이						5			5
<i>Pantala flavescens</i>	된장잠자리							1		
<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i>	방물벌레							1		
<i>Ranatra chinensis</i>	게아재비			2						
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개	2						1		
Chironomidae spp.	갈따구과 spp.	8			4				3	
Chironominae sp.1 red type	갈따구아과 sp.1붉은색			3						
Chironominae sp.2	갈따구아과 sp.2	22	22		13					
<i>Ecnomus tenellus</i>	벌날도래						1			
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래									1
출현종수		8	2	6	3	-	7	5	1	5
출현개체수		52	23	26	19	-	55	30	3	41

(표 6-22) 조사지역(뚝방 및 유수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(4차조사)

출현종		뚝방									유수지	
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이	13						5	7	45		
<i>Parafossarulus manchouricus</i>	쇠우렁이							3				
<i>Gabbia misella</i>	염주쇠우렁이					1			2			
<i>Radix auricularia</i>	물달팽이			1	3			1				
<i>Austropeplea ollula</i>	애기물달팽이	6	25	31	20			15		2		
<i>Fossaria truncatula</i>	긴애기물달팽이	1			2							
<i>Physa acuta</i>	원뿔이물달팽이			2								
<i>Whitmania edentula</i>	녹색말거머리	1		2				1				
<i>Asellus hilgendorffii</i>	물벌레				4						22	
<i>Palaemon paucidens</i>	줄새우					1						
<i>Cloeon dipterum</i>	연못하루살이											34
<i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이										5	
<i>Cercion calamorum</i>	등검은실잠자리										2	2
<i>Ischnura asiatica</i>	아시아실잠자리											35
<i>Platycnemis phillopoda</i>	방울실잠자리											1
<i>Gomphidia confluens</i>	어리부채장수잠자리										1	
<i>Pantala flavescens</i>	뿔장잠자리		3	6	2	1		1	2	2		
<i>Micronecta sedula</i>	꼬마물벌레											85
<i>Sigara (Tropocorixa) nigroventralis</i>	검정배물벌레					1		1	2		2	
<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i>	방물벌레	2	2	2	2	7	5	5	3		2	
<i>Notonecta triguttata</i>	송장헤엄치게										11	
<i>Ranatra unicolor</i>	방개아재비									1		1
<i>Aquarius paludum</i>	소금쟁이								1			
<i>Hydaticus (Hydaticus) grammicus</i>	꼬마줄물방개			2	1	2						
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개	1		1		1	1	1				
<i>Enochrus (Holcophilydrus) simulans</i>	애늪적물맹꽁이							1	4			
<i>Anopheles (Anopheles) koreicus</i>	한국얼룩날개모기										3	
Chironomidae spp.	갈따구과 spp.									3		
Chironominae sp.2	갈따구아과 sp.2										2	
Tanyptodinae sp.	늘갈따구아과 sp.						4		4			
Ephydriidae sp.	물가과리과 sp.					1						
<i>Hydroptila</i> KUa	애날도래 KUa					1						
출현종수		6	3	8	7	9	4	9	9	4	9	6
출현개체수		24	30	47	34	16	11	33	28	50	50	158

(표 6-23) 조사지역(소하천 및 어도)의 저서성 대형무척추동물 현황(5차조사)

출현종		소하천								
		S1			S2			S3		
		어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천	어도 상류	어도	하천
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이					1	1			4
<i>Semisulcospira gottschei</i>	꽃채다슬기			18		24				12
<i>Semisulcospira tegulata</i>	좁추름다슬기									2
<i>Unio douglasiae</i>	말조개			6		13				3
Tubificidae sp.	실지렁이과 sp.									2
<i>Toryx tagoi</i>	개구리넙적거머리			1						
<i>Baetis fuscatus</i>	개똥하루살이									5
<i>Ecdyonurus levis</i>	네절하루살이					4				7
<i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이						1			
<i>Ischnura asiatica</i>	아시아실잠자리			2				2		
<i>Laccotrephes japonensis</i>	장구애비			3						
<i>Ranatra chinensis</i>	개아재비			1						
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개						2			
<i>Tipula</i> KUb	각다귀 KUb						2			
Chironomidae spp.	갈매구과 spp.					3				
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i>	꼬마줄날도래					5				2
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	줄날도래					17				19
출현종수		-	-	6	-	-	7	5	-	9
출현개체수		-	-	31	-	-	67	8	-	56

(표 6-24) 조사지역(뚝섬 및 유수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(5차조사)

출현종		뚝섬									유수지	
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이	21	15	5				1	13	52		1
<i>Asellus hilgendorffii</i>	물벌레							30				
<i>Palaemon paucidens</i>	줄새우					1						
<i>Cloeon dipterum</i>	연못하루살이				30							
<i>Ephemera orientalis</i>	동양하루살이										4	6
<i>Cercion calamorum</i>	등검은실잠자리							5			1	
<i>Ischnura asiatica</i>	아시아실잠자리				2			47			1	4
<i>Aeshna nigroflava</i>	큰벌박이왕잠자리										1	
<i>Epophthalmia elegans yagasakii</i>	산잠자리										1	
<i>Micronecta sedula</i>	꼬마물벌레										4	32
<i>Sigara (Tropocorixa) nigroventralis</i>	검정배물벌레					7		4			8	
<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i>	방물벌레		1	3		5		5				
<i>Diplonychus japonicus</i>	물자라					1		1				
<i>Laccotrephes japonensis</i>	장구애비						1					
<i>Ranatra chinensis</i>	게아재비	1	2									
<i>Aquarius paludum</i>	소금쟁이				1							
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개		2	1		60		4	1	2		
<i>Enochrus (Holcophilydrus) simulans</i>	애늪적물맹맹이							1				
Chironominae sp.1 red type	갈매구아과 sp.1 붉은색		4									
<i>Molanna moesta</i>	날개날도래										1	
출현종수		2	5	3	3	5	1	9	2	2	8	4
출현개체수		22	24	9	33	74	1	98	14	54	21	43

(표 6-25) 조사지역(둠병 및 유수지)의 저서성 대형무척추동물 현황(6차조사)

출 현 종		둠병									유수지	
		D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	U1	U2
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이	2			2			1	1	8		
<i>Cloeon dipterum</i>	연못하루살이	3	3	2	4	7	4		4	5		5
<i>Ischnura asiatica</i>	아시아실잠자리							8				
<i>Micronecta sedula</i>	꼬마물벌레										73	58
<i>Sigara (Tropocorixa) nigroventralis</i>	검정배물벌레		1	3	3	5	11			23	14	3
<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i>	방물벌레	1	2	1	9		7		7	27	20	
<i>Notonecta triguttata</i>	송장헤엄치게										5	
<i>Diplonychus japonicus</i>	물자라							1				
<i>Laccotrephes japonensis</i>	장구애비		1									
<i>Ranatra chinensis</i>	게아채비	1										
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i>	애기물방개	2	12	17	5	4	19	1	9			
<i>Tipula</i> KUb	각다귀 KUb	3			2			1				
출현종수		6	5	4	6	3	4	5	4	4	4	3
출현개체수		12	19	23	25	16	41	12	21	63	112	66

(표 6-26) 조사지역의 저서성 대형무척추동물 목록

학 명 (Scientific Name)	국 명 (Common Name)	소하천	어도· 어도상류	뚝방	유수지
Phylum Platyhelminthes	편형동물문				
Class Turbellaria	와충강				
Order Tricladida	삼기장목				
Family Planariidae	플라나리아과				
Planariidae sp.	플라나리아 sp.	*			
Phylum Mollusca	연체동물문				
Class Gastropoda	복족강				
Order Mesogastropoda	중복족목				
Family Ampullariidae	사과우렁이과				
<i>Pomacea canaliculata</i>	왕우렁이	*	*	*	*
Family Viviparidae	논우렁이과				
<i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> (Reeve)	논우렁이	*		*	
Family Bithyniidae	쇠우렁이과				
<i>Parafossarulus manchouricus</i> (Bourguignat)	쇠우렁이			*	
<i>Gabbia misella</i> (Gredler)	염주쇠우렁이		*	*	
Family Pleuroceridae	다슬기과				
<i>Semisulcospira gottschei</i> (Martens)	곳체다슬기	*	*		
<i>Semisulcospira tegulata</i> (Martens)	좁주름다슬기	*			
Order Basommatophora	기안목				
Family Lymnaeidae	물달팽이과				
<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus)	물달팽이			*	
<i>Austropeplea ollula</i> (Gould)	애기물달팽이	*	*	*	
<i>Fossaria truncatula</i> (Müller)	긴애기물달팽이	*	*	*	
Family Physidae	원돌이물달팽이과				
<i>Physa acuta</i> Draparnaud	원돌이물달팽이		*	*	
Family Planorbidae	또아리물달팽이과				
<i>Gyraulus chinensis</i> (Dunker)	또아리물달팽이	*		*	
<i>Hippeutis cantori</i> (Benson)	수정또아리물달팽이		*		

(표 6-26) 계 속

학 명 (Scientific Name)	국 명 (Common Name)	소하천	어도· 어도상류	뚝방	유수지
Class Pelecypoda	부족강				
Order Unionoida	석패목				
Family Unionidae	석패과				
<i>Unio douglasiae</i> Griffith et Pidgeon	말조개	*			
Phylum Annelida	환형동물문				
Class Oligochaeta	빈모강				
Order Archiologochaeta	물지렁이목				
Family Tubificidae	실지렁이과				
Tubificidae sp.	실지렁이과 sp.	*			
Class Hirudinea	거머리강				
Order Rhynchobdellida	부리거머리목				
Family Glossiphoniidae	넙적거머리과				
<i>Toryx tagoi</i> (Oka)	개구리넙적거머리	*			
Glossiphoniidae sp.	넙적거머리과 sp.	*			
Order Arhynchobdellida	턱거머리목				
Family Hirudinidae	거머리과				
<i>Whitmania edentula</i> Whitman	녹색말거머리			*	
Phylum Arthropoda	절지동물문				
Class Crustacea	갑각강				
Order Spinicaudata	극미목				
Family Cyzicidae	참조개벌레과				
<i>Caenestheriella gifuensis</i> (Ishikawa)	털줄뽕족코조개벌레			*	
Order Anomopoda	이지목				
Family Daphniidae	물벼룩과				
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch)	가시시모물벼룩				*
Order Podocopida	절병목				
Family Cypridopsidae	참씨벌레과				
<i>Simocephalus exspinosus</i> (Koch)	참씨벌레과 sp.			*	
Order Isopoda	등각목				
Family Asellidae	물벌레과				
<i>Asellus hilgendorffi</i> Bovalius	물벌레			*	*
Order Decapoda	십각목				
Family Palaemonidae	징거미새우과				
<i>Palaemon paucidens</i> De Haan	줄새우			*	

(표 6-26) 계 속

학 명 (Scientific Name)	국 명 (Common Name)	소하천	어도· 어도상류	뚝방	유수지
Class Insecta	곤충강				
Order Ephemeroptera	하루살이목				
Family Baetidae	꼬마하루살이과				
<i>Baetis fuscatus</i> Linnaeus	개똥하루살이	*	*		
<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus)	연못하루살이			*	*
<i>Labiobaetis atrebatinus</i> (Eaton)	입술하루살이	*			
Family Heptageniidae	납작하루살이과				
<i>Ecdyonurus levis</i> (Navás)	네절하루살이	*			
Family Ephemeridae	하루살이과				
<i>Ephemera orientalis</i> McLachlan	동양하루살이	*	*		*
Family Caenidae	등딱지하루살이과				
<i>Caenis</i> KUa	등딱지하루살이 KUa	*			
Order Odonata	잠자리목				
Family Coenagrionoidae	실잠자리과				
<i>Cercion calamorum</i> (Ris)	등검은실잠자리			*	*
<i>Ischnura asiatica</i> (Brauer)	아시아실잠자리	*	*	*	*
Family Platycnemididae	방울실잠자리과				
<i>Platycnemis phillopoda</i> Djakonov	방울실잠자리	*			*
Family Gomphidae	부채장수잠자리과				
<i>Gomphidia confluens</i> Selys	어리부채장수잠자리				*
Family Aeshnidae	왕잠자리과				
<i>Aeshna nigroflava</i> Martin	큰별박이왕잠자리			*	*
Family Corduliidae	북방잠자리과				
<i>Epophthalmia elegans yagasakii</i> Eda	산잠자리				*
Family Libellulidae	잠자리과				
<i>Pantala flavescens</i> (Fabricius)	된장잠자리		*	*	*
<i>Sympetrum depressiusculum</i> (Selys)	고추잠자리	*			*
<i>Sympetrum eroticum</i> (Selys)	두점박이잠자리	*			*

(표 6-26) 계 속

학 명 (Scientific Name)	국 명 (Common Name)	소하천	어도· 어도상류	뚝방	유수지
Order Hemiptera	노린재목				
Family Corixidae	물벌레과				
<i>Micronecta sedula</i> Morvath	꼬마물벌레			*	*
<i>Sigara (Sigara) formosana</i> (Matsumura)	대만물벌레			*	
<i>Sigara (Tropocorixa) nigroventralis</i> (Matsumura)	검정배물벌레			*	*
<i>Sigara (Tropocorixa) substriata</i> (Uhler)	방물벌레		*	*	*
Family Notonectidae	송장혜엄치게과				
<i>Notonecta triguttata</i> Motschulsky	송장혜엄치게				*
Family Belostomatidae	물장군과				
<i>Diplonychus japonicus</i> (Vullefroy)	물자라			*	
Family Nepidae	장구애비과				
<i>Laccotrephes japonensis</i> Scott	장구애비	*		*	
<i>Ranatra unicolor</i> Scott	방개아재비	*		*	*
<i>Ranatra chinensis</i> Mayr	개아재비	*		*	
Family Gerridae	소금쟁이과				
<i>Aquarius paludum</i> (Fabricius)	소금쟁이			*	*
Order Megaloptera	뽕잠자리목				
Family Sisyridae	시시리다예과				
<i>Sisyra nikkoana</i> (Navas)	미기록종	*			
Order Coleoptera	딱정벌레목				
Family Dytiscidae	물방개과				
<i>Hydaticus (Hydaticus) grammicus</i> Germar	꼬마줄물방개			*	
<i>Hyphydrus japonicus</i> Sharp	알물방개			*	
<i>Laccophilus difficilis</i> Sharp	개알물방개				*
<i>Laccophilus</i> sp. larvae	개알물방개속 유충		*		
<i>Laccophilus kobensis</i> Sharp	동쪽개알물방개				*
<i>Rhantus (Rhantus) pulverosus</i> (Stephens)	애기물방개		*	*	
Family Gyrinidae	물맴이과				
<i>Gyrinus japonicus francki</i> Ochs	물맴이				*
Family Hydrophilidae	물뽕뽕이과				
<i>Enochrus (Holcophilydrus) simulans</i> (Sharp)	애늪적물뽕뽕이			*	
Family Curculionidae	바구미과				
<i>Lissorhoptrus oryzophilus</i> Kuschel	벼물바구미	*		*	

(표 6-26) 계 속

학 명 (Scientific Name)	국 명 (Common Name)	소하천	어도· 어도상류	둠병	유수지
Order Diptera	파리목				
Family Tipulidae	각다귀과				
<i>Tipula</i> KUa	각다귀 KUa		*	*	
Tipulidae sp.	각다귀과 sp.			*	
Family Culicidae	모기과				
<i>Culex</i> sp.	집모기속 sp.			*	
<i>Anopheles (Anopheles) koreicus</i> Yamada et Watanabe	한국열록날개모기	*	*	*	*
Family Chironomidae	갈따구과				
<i>Chironomus plumosus</i> (Linnaeus)	장수갈따구		*	*	*
<i>Chironomus flaviplumus</i> Tokunaga	노랑털갈따구			*	
Chironomidae spp.	갈따구과 spp.	*	*	*	*
Chironominae sp.1 (red type)	갈따구아과 sp.1(붉은색)	*		*	
Chironominae sp.2	갈따구아과 sp.2	*	*	*	*
Tanypodinae sp.	늪갈따구아과 sp.	*	*	*	*
Family Ephydriidae	물가파리과			*	
Ephydriidae sp.	물가파리과 sp.				
Order Trichoptera	날도래목				
Family Ecnomidae	별날도래과				
<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur)	별날도래	*			
Family Hydropsychidae	줄날도래과				
<i>Cheumatopsyche brevilineata</i> Iwata	꼬마줄날도래	*			
<i>Hydropsyche kozhantschikovi</i> Martynov	줄날도래	*			
Family Hydroptilidae	애날도래과				
<i>Hydroptila</i> KUa	애날도래 KUa			*	
Family Molannidae	날개날도래과				
<i>Molanna moesta</i> Banks	날개날도래				*
Family Leptoceridae	나비날도래과				
<i>Mystacides</i> KUa	청나비날도래 KUa				*
소계		34종	20종	34종	29종
총계		19목 46과 75종			

7. 종합 결론

- 7.1 논 생태통로 설치를 위한 입지선정 조사
- 7.2 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태
통로 개발
- 7.3 논 농업지역 생태복원 아이템 개발
- 7.4 논 농업지역 생태복원 시설적용 및 모니터링

7. 종합결론

7.1 논 생태통로 설치를 위한 입지선정 조사

논 농업지역은 저수지, 논, 수로가 공존하고 있는 대표적인 곳이다. 저수지부터 논과 하천은 물의 흐름상으로는 연결되어 있고 각각의 공간에서의 생태계를 구성하고 있으나, 조류와 일부 이동능력이 좋은 종들을 제외하고는 단절되어 있는 곳이 대부분이다. 이러한 단절된 부분의 연결을 통하여 생태 네트워크를 구성하도록 하여 생물의 종 다양성을 풍부히 하고 생태복원을 추진하여 친환경적인 공간을 조성하는 것이 현대에서는 농업생산에 못지않게 중요한 농촌의 자원이 될 수 있다.

논-배수로-하천 연계를 위한 입지 선정시 우선적으로 고려해야 할 사항은 다음과 같다

- ① 친환경 무농약 재배단지 여부
- ② 다양한 생물의 존재여부
- ③ 안정된 용수원 확보 여부
- ④ 하천의 근접성
- ⑤ 수리계통의 적절성
- ⑥ 구성 형태의 적절성
- ⑦ 단절복원을 위한 경제성
- ⑧ 연구자료 확보의 용이성
- ⑨ 생태복원 가능성 및 효과
- ⑩ 대상지 접근성 및 유지 관리성

본 연구에서 개발된 어도는 논-배수로-하천의 특성에 맞는 수로식 어도로서 순향이동성을 강조하고 어린 치어나 유속에 대한 내성이 약한 어류들도 이용 가능하도록 만든 조립식 어도이다.

7.2 국내 소하천 및 논-배수로에 적합한 생태통로 개발

친환경성을 고려하여 고로슬래그 시멘트와 황토를 사용함으로써 pH 저감효과가 나타나 어류의 서식환경을 개선하였으며, 섬유를 사용하여 내부 균열을 억제하는 밀실화 효과를 가짐과 동시에 구조물의 생화학적인 부식을 방지하였다. 또한 운반시 발생하는 구조물의 파괴와 깨짐 등도 효과적으로 억제할 수 있을 것으로 판단된다.

개발어도는 외벽과 경사 돌조의 사이의 Slot(빈공간)을 두어 토사의 퇴적을 방지하도록 설계하였으나 경사돌조가 외측으로 갈수록 낮게 형성되어 유량이 적을 시 이쪽으로만 흐르는 문제점이 발생되어 Slot(빈공간)을 없애고, 어도블록의 폭을 축소하였다.

또한 경사 돌조의 높이를 5cm에서 10cm로 높이고 또한 경사 돌조 사이의 몸체 부분을 함몰되도록 형성하여 어류가 이동 간에 쉴 수 있는 충분한 휴식공간을 확보할 수 있도록 하였고 이를 통해 이동을 위한 여력을 비축할 수 있어 보다 많은 어류들이 어도를 쉽게 통과할 수 있도록 하였다.

7.3 논 농업지역 생태복원 아이템 개발

논 농업지역 생태복원 아이템 개발을 위하여 10개소의 인공조성된 둚병을 조사한 결과, 둚병↔논의 연결상태는 양호하게 조사되었다. 반면, 둚병↔논↔수로가 유기적으로 연결된 곳은 4개소, 둚병↔논↔수로↔하천등의 완전한 생태네트워크를 구성하고 있는 곳은 없었다.

어류를 중심으로 한 생물상 조사결과 논에서 일반적으로 서식하는 미꾸라지, 미꾸리, 드렁허리가 채집되었으며, 논 안에 위치한 둚병의 초기생물상은 주변 농가에서 인위적으로 투입한 것으로 조사되었다.

둚병↔논과의 구조에서 격벽이 있거나, 이동에 다소 어려움이 있는 곳에서 드렁허리가 주로 채집되었는데, 이는 드렁허리가 이동성이 좋아 어려운 환경에서도 효율적으로 이동한 것으로 보인다

국내 논 농업지역의 특성상 하천까지의 연계는 다소 어려울 것으로 판단되며, 논 안에 서식하는 생물들이 논과 둚병을 오가며 산란, 서식하고 율

동할 수 있는 공간으로는 충분히 의미가 있을 것으로 보인다. 또한 곤충을 비롯한 어류들은 눈에 물이 마르는 시기동안에는 둌병을 피난처로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

반면, 친환경 간척농업지역은 대호에서는 배수로와 하천인 유수지가 자연스럽게 연결되어 있는 지역으로서, 배수로와 논을 연결하는 어도만 설치하면 논↔배수로↔유수지(하천)이 하나의 시스템으로 연결되어 완전한 생태네트워크 구조를 이룰 수 있을 것으로 판단된다.

7.4 논 농업지역 생태복원 시설적용 및 모니터링

논어도 및 둌병을 현장에 직접 설치한 후 생물들의 변화과정을 모니터링 하였다. 그 결과 어도를 설치한 후 참붕어, 밀어, 미꾸리등이 어도를 이용하여 상류 배수로로 유입하는 것으로 나타났으며 어류 뿐만 아니라 왕우렁이, 갯게다슬기를 비롯한 20여종의 무척추동물이 어도주변을 서식처로 하여 정착하고 있었다.

어도설치 초기단계로서 생물다양성은 풍부하지 않았지만, 생물들이 이동할 수 있는 통로로서의 역할은 충분히 수행하고 있는 것으로 판단된다. 둌병을 조사한 결과, 조성초기에는 어류상, 무척추동물 및 식생이 매우 빈약한 상태였으나 7,8월 집중 강우가 발생하면서 배수로에 흐르는 물을 타고 외부에서 유입된 것으로 보이는 어류가 둌병에서 서식하고 있었다. 무척추동물도 강우기 이후에 종수와 개체수가 크게 증가하여 둌병 주변을 주요 서식처로 삼고 있었다.

이와 같이, 국내에서는 여름철 집중강우와 같은 환경 event로 인해 주변 생물상에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있었으며, 이곳에 유입된 어류 및 생물들이 잘 정착할 수 있도록, 농업용수 뿐만 아니라 환경유지용수의 추가적인 공급이 고려되어야 할 것으로 보인다.

8. 연구개발결과의 활용계획

8.1 연구계획 대비 달성도

8.2 대외 기여도

8. 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

8.1 연구계획 대비 달성도

연구계획서	연구결과보고서	달성도 (자체평가)
○논 어도설치 입지선정	○친환경농업지역 조사	100%
○농수로/소하천용 어도개발	○배수로 및 소하천에 적합한 어도개발	100%
○논농업지역 생태복원 아이템 개발	○어도, 둠벙등 생태복원 아이템 기초조사	100%
○논어도 및 둠벙 현장적용 시험	○철원 하갈경지정리 구역내 설치	100%

8.2 대외 기여도

본 연구는 한국에서 개최된 람사스 협약에서 한국과 일본이 공동으로 발제한 “논습지 결의안”이 채택되면서 연구가 시작되었다. 람사르 협약에서 결의안이 채택되면 그 결의안의 이행여부를 매년마다 보고서로 작성하여 국제 람사르 협회에 제출해야 한다. 따라서 본 연구 과제의 결과는 우리나라가 국제적으로 약속한 협약의 이행여부를 충실히 수행한 결과로 제출될 수 있는 귀중한 자료가 될 것으로 판단된다.

우리와 공동 발제한 일본에서도 현재, 매우 다양한 논 습지 복원프로그램을 개발하고, 많은 연구비를 투자하고 있다. 따라서 일본과의 국제교류를 통해서 서로 정보를 공유한다면, 본 연구는 아시아 지역의 논이 세계적으로 중요한 습지 공간으로 자리 잡을 수 있도록 하기 위한 기초연구로 충분한 의미가 있다.

또한, 본 연구결과는 INWEPF와 같이 논외의 공익적 기능을 부각시키기 위한 회의에서도 식량공급을 위한 기반시설로서의 논 이외에 생태적으로 중요한 공간임을 다시 한번 상기시키는데 중요한 역할을 담당할 수 있을 것으로 보인다.

참고 문헌

▣ 참고문헌 ▣

1. 水谷 正一, 2007 水田生態工學入門
2. 養父志乃夫, 2005 田んぼビオトープ入門
3. 람사르 총회와 논생물 다양성 한·일 심포지엄, 2008 환경부
4. 생태계 수서무척추동물 도감, 2008 농촌진흥청
5. 농림수산식품부, 2008, 지속가능한 논농업과 습지 국제워크숍
6. 김재옥등, 2009 논 농업지역 생물다양성 증진을 위한 생태통로 개발, 농어촌과 환경 No.102호
7. 한민수등, 2007, 논생태계 수서무척추동물상, 한국환경농학회지 제26권 제3호
8. 박해철등, 2004, 논에 사는 곤충 및 무척추동물의 다양성과 보전, 자연보존 제126호 p 47~57
9. 한민수, 2000. 친환경농업 지역에서의 생물다양성평가, 농업기반공사 농공기술, 5~6월호 p.38~42
10. 한민수등, 2000. 논 농사에 있어서 생물다양성 평가, 농업과학기술원 연구보고서
11. 한민수등, 2002. 환경농업

<분야별 공동연구 참여자 명단>

성 명	소 속	직 책	전공분야
장 규 상	농어촌연구원	수석연구원	생 물 학
김 재 옥	농어촌연구원	연 구 원	환경생태학
이 승 현	농어촌연구원	책임연구원	농 화 학
김 형 중	농어촌연구원	주임연구원	농업수리
지 광 재	농어촌연구원	주임연구원	생 태 학
서 정 빈	농어촌연구원	주임연구원	해양생물학
정 진 희	농어촌연구원	주임연구원	농 화 학
최 재 혁	농어촌연구원	연 구 원	농 학
권 태 영	(주)자연과환경	책임연구원	농업수리

주 의

1. 이 보고서는 농림수산식품부로부터 연구비를 지원받아 한국농어촌공사 농어촌연구원에서 수행한 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용은 연구원의 공식견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

■ 발 행 처

논습지 생물다양성 증진을 위한 생태기반 조성연구	
발행일	2009. 12
발행인	박 해 성
발행처	한국농어촌공사 농어촌연구원
주 소	경기도 안산시 상록구 사동 해안로 391번지 전 화 031 - 400 - 1700 FAX 031 - 409 - 6055
※ 이 책의 내용을 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다. 단, 이 책의 출처를 명시하면 인용이 가능합니다.	