

친환경농업의 환경부하오염원별 관리방안 연구

2004. 12



농업과학기술원
한국환경정책·평가연구원

연 구 진

☐ 연구책임자

최 지 용 : 한국환경정책·평가연구원 연구위원

☐ 참여연구원

한 대 호 : 한국환경정책·평가연구원 연구원

〈제 목 차 례〉

제1장 서 론	1
1. 연구 배경 및 목적	1
2. 주요 연구 내용 및 방법	1
제2장 친환경농업의 환경영향에 대한 고찰	3
1. 개요	3
2. 생태계	4
3. 토양	6
4. 지하수 및 지표수	8
제3장 사례지역 고찰	11
1. 사례지역 개요	11
가. 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구	11
나. 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범마을	25
2. 사례지역의 오염측정 지점 및 오염도	36
가. 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구	36
나. 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범마을	46
제4장 친환경농업 시스템의 환경영향 종합평가	51
1. 사례지역의 오염부하량 산정	51
가. 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구	51
나. 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범마을	66
2. 사례지역의 오염원 분석 및 유출특성 평가	73
가. 오염원별 부하량	73
나. 사례지역의 유출특성	87
3. 관행농업과 친환경농업이 환경에 미치는 영향 비교	94
가. 수질	94
나. 생물다양성	97
다. 토양오염	100
라. 농자재사용량	102
4. 친환경농업체제로의 전환에 따른 오염부하 저감효과 분석	103
제5장 결론	105
참고 문헌	109

〈표 차례〉

<표 2-1> 유기농업의 환경지표	3
<표 2-2> 유기농법과 관행농법으로 재배되는 과수원에서의 종의 수	5
<표 2-3> 유기농업과 관행농업이 생태계에 미치는 영향 비교	6
<표 2-4> 유기농업과 관행농업이 토양에 미치는 영향 비교	8
<표 2-5> 서로 다른 농업시스템에 투입되는 농약의 감소율	9
<표 2-6> 유기농업과 관행농업이 지하수 및 지표수에 미치는 영향 비교	10
<표 3-1> 홍동면 강수량 추이	12
<표 3-2> 홍동면 친환경농업지구를 통과하는 삼교천 유역면적	13
<표 3-3> 장곡면 홍동저수지 인근 지역의 유역면적	13
<표 3-4> 홍동 저수지의 개요	14
<표 3-5> 홍동 저수지 상류지역의 유입지천현황	14
<표 3-6> 연구대상 유역의 인구	14
<표 3-7> 홍동면 축산현황	15
<표 3-8> 장곡면 축산현황	15
<표 3-9> 홍동면 친환경농업지구 삼교천 유역의 축산현황	16
<표 3-10> 홍동저수지 인근 장곡면 유역의 축산현황	16
<표 3-11> 홍동면 친환경농업지역의 축산폐수 배출시설 신고·허가 현황	17
<표 3-12> 홍동저수지 인근 장곡면의 축산폐수 배출시설 신고·허가 현황	17
<표 3-13> 홍동면 친환경농업지역에 설치된 액비 저장조	18
<표 3-14> 홍동면 친환경농업지역 삼교천 유역의 토지이용 현황	18
<표 3-15> 장곡면 홍동저수지 인근의 토지이용 현황	19
<표 3-16> 홍동면 친환경농업 실천현황	19
<표 3-17> 친환경농업 지역의 논토양 비옥도	20
<표 3-18> 친환경농업 지역의 밭토양 비옥도	20
<표 3-19> 홍동면 지역의 비료 사용량	21
<표 3-20> 홍동면 지역의 농약 사용량	21
<표 3-21> 홍동면, 장곡면 지역의 지하수 관정 개수	22
<표 3-22> 홍동면 지역의 오리농법 보급면적	24
<표 3-23> 홍동면 지역의 품질인증 현황	24
<표 3-24> 청성면 강수량 추이	25

<표 3-25> 청성면 친환경농업 시범마을을 통과하는 보청천의 유역면적	26
<표 3-26> 청성면 친환경농업 시범마을의 인구	26
<표 3-27> 청성면 친환경농업 시범마을의 축산현황	27
<표 3-28> 청성면 친환경농업 시범마을의 토지이용 현황	28
<표 3-29> 산계리 친환경농업 시범마을의 논 사용유형	28
<표 3-30> 산계리 친환경농업 지역에서의 논토양 비옥도	29
<표 3-31> 옥천 지역에서의 밭토양 비옥도	29
<표 3-32> 산계리 친환경마을의 비료 사용량(2002년)	30
<표 3-33> 산계리 친환경마을의 비료 사용량(2003년)	30
<표 3-34> 산계리 친환경마을의 비료 사용량(2004년)	30
<표 3-35> 옥천면 화학비료 판매량	30
<표 3-36> 옥천면 농약 판매량	31
<표 3-37> 산계리 간이상수도 시설의 개요	31
<표 3-38> 청성면 친환경농업 사업 대상지역 현황(2003)	32
<표 3-39> 연도별 사업추진 실적	33
<표 3-40> 품종 비교 전시포 수량 구성 요소(2003)	33
<표 3-41> 비료 시용량별 전시포의 시비량(2003)	34
<표 3-42> 비료 시용량별 전시포 수량조사 결과(2003)	34
<표 3-43> 산계리 친환경농업의 문제점 및 개선방안	34
<표 3-44> 친환경농산물 품질인증 현황	35
<표 3-45> 조사지점별 수질특성(홍동면, 장곡면)	42
<표 3-46> 조사시기별 수질특성(홍동면, 장곡면)	42
<표 3-47> 2001년 수계별 농업용 지표수의 평균 수질	43
<표 3-48> 홍동저수지 수질검사 결과	43
<표 3-49> 부영양화 판정기준	44
<표 3-50> 홍동면, 장곡면의 사용목적에 따른 지하수 수질	45
<표 3-51> 조사지점별 수질특성(옥천)	48
<표 3-52> 조사시기별 수질특성(옥천)	49
<표 3-53> 보청천 수질변화	49
<표 4-1> 인구 발생원단위	52
<표 4-2> 축종별 발생원단위	53
<표 4-3> 홍동면 친환경농업지구 삼교천유역 및 장곡면 축산현황	53
<표 4-4> 토지이용 목적별 발생원단위	56

<표 4-5> 홍동면 친환경농업지역의 오염원별 총 발생부하량	57
<표 4-6> 홍동면 친환경농업지역 삼교천유역의 하수처리 현황	58
<표 4-7> 장곡면 하수처리 현황	58
<표 4-8> 홍동면 친환경농업지역의 허가·신고대상 사육두수	59
<표 4-9> 장곡면의 허가·신고대상 사육두수	60
<표 4-10> 홍동면 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량	61
<표 4-11> 장곡면 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량	62
<표 4-12> 홍동면 축산폐수처리시설 설치 없이 사육되고 있는 가축수	62
<표 4-13> 장곡면 축산폐수처리시설 설치 없이 사육되고 있는 가축수	63
<표 4-14> 폐수처리시설을 거치지 않은 축산배출에 의한 배출부하량	63
<표 4-15> 홍동면, 장곡면 삼교천유역에서 발생하는 축산 배출부하량	64
<표 4-16> 폐수배출시설 배출허용기준	64
<표 4-17> 홍동면 친환경지구 및 장곡면에서 1일 발생하는 배출부하량	66
<표 4-18> 산계리 친환경마을에서 1일 발생하는 발생부하량	69
<표 4-19> 청성면 친환경농업마을의 하수처리 현황	69
<표 4-20> 허가·신고대상 사육두수	70
<표 4-21> 축산에 의해서 1일 발생하는 배출부하량	72
<표 4-22> 산계리 친환경마을에서 1일 발생하는 배출부하량	72
<표 4-23> 홍동면의 인구에 의한 1일 오염부하량 및 면적당 배출부하량	73
<표 4-24> 장곡면의 인구에 의한 1일 오염부하량 및 면적당 배출부하량	74
<표 4-25> 홍동면, 장곡면의 축산에 의한 1일 오염부하량	75
<표 4-26> 2002년 광주시 축산계 오염부하량	76
<표 4-27> 축산규모에 따른 1일 배출부하량	77
<표 4-28> 홍동면 친환경농업지구에서 산업에 의한 1일 오염부하량	78
<표 4-29> 홍동면 친환경농업지구에서 비점오염원에 의한 1일 오염부하량	78
<표 4-30> 장곡면 비점오염원에 의한 1일 오염부하량	79
<표 4-31> 홍동면 친환경농업지구, 장곡면에서의 오염원별 발생부하량	80
<표 4-32> 홍동면 친환경농업지구, 장곡면에서의 오염원별 배출부하량	81
<표 4-33> 청성면 친환경 시범마을에서 인구에 의한 1일 오염부하량 및 면적당 배출부하량	83
<표 4-34> 산계리 친환경농업 시범마을에서 축산에 의한 1일 오염부하량	84
<표 4-35> 신고·허가 및 신고미만 축산에 의한 1일 배출부하량 비교	84
<표 4-36> 산계리 친환경농업 시범마을에서 비점오염원에 의한 1일 오염부하량	85
<표 4-37> 산계리 친환경농업 시범마을에서의 오염원별 발생부하량	85

<표 4-38> 산계리 친환경농업 시범마을에서의 오염원별 배출부하량	86
<표 4-39> 홍성사례지역 강우사상별 강수량	87
<표 4-40> 홍성 사례지역의 지점별 BOD, COD, TN, TP 농도	90
<표 4-41> 홍성 사례지역의 원단위 배출부하량과 유출부하량과의 비교	92
<표 4-42> 옥천사례지역 강우사상별 강수량	92
<표 4-43> 옥천 사례지역의 지점별 BOD, COD, TN, TP 농도	93
<표 4-44> 옥천 사례지역의 원단위 배출부하량과 유출부하량과의 비교	94
<표 4-45> 산계리 보청천 수질오염도	94
<표 4-46> 옥천 친환경마을 논외 관개수 유입수와 유출수의 수질 변화	95
<표 4-47> 옥천 친환경마을 및 인근지역에 대한 수질 변화 비교	96
<표 4-48> 시범마을 논외 관개수 유입수와 유출수의 수질 변화(양평)	96
<표 4-49> 오리사육에 따른 논외 관개수 유입수와 유출수의 수질 변화	97
<표 4-50> 홍동저수지 유역의 하천수중 생물상 조사	98
<표 4-51> 시험포장에서의 수서 무척추동물의 개체수	99
<표 4-52> 친환경 지역에서 수서 무척추동물의 개체수	99
<표 4-53> 친환경지역에서의 지상부 곤충의 개체수	100
<표 4-54> 청성면 산계리 논토양의 중금속 평균함량 및 범위	100
<표 4-55> 우리나라 논토양의 중금속 평균함량 및 범위	101
<표 4-56> 토양오염 우려기준 및 대책기준	101
<표 4-57> 친환경농법과 관행농법의 토양특성변화	102
<표 4-58> 10a당 관행대비 비료사용 감소량 분석	103
<표 4-59> 관행농업 및 친환경농업의 부하량 비교	104

〈그림 차례〉

<그림 1-1> 과업수행 흐름도	2
<그림 3-1> 홍동면 친환경농업지구의 위치	11
<그림 3-2> 홍동면, 장곡면 법정리 및 연구대상 지역	12
<그림 3-3> 홍성 삼교천유역	13
<그림 3-4> 청성면 산계리 보청천 유역	26
<그림 3-5> 홍동면, 장곡면 수질측정지점	36
<그림 3-6> 홍성 1지점 현장사진	37
<그림 3-7> 홍성 2지점 현장사진	37
<그림 3-8> 홍성 3지점 현장사진	38
<그림 3-9> 홍성 4지점 현장사진	38
<그림 3-10> 홍성 5지점 현장사진	38
<그림 3-11> 홍성 6지점 현장사진	39
<그림 3-12> 홍성 7지점 현장사진	39
<그림 3-13> 홍성 8지점 현장사진	39
<그림 3-14> 홍성 9지점 현장사진	40
<그림 3-15> 홍성 10지점 현장사진	40
<그림 3-16> 홍성 11지점 현장사진	40
<그림 3-17> 홍성 12지점 현장사진	41
<그림 3-18> 조사지점별 COD, TN 농도의 변화	42
<그림 3-19> 홍동저수지의 수질변화	44
<그림 3-20> 홍동면, 장곡면 음용수 수질	46
<그림 3-21> 옥천군 청성면 산계리 측정지점	46
<그림 3-22> 옥천 1지점 현장사진	47
<그림 3-23> 옥천 2지점 현장사진	47
<그림 3-24> 옥천 3지점 현장사진	47
<그림 3-25> 옥천 4지점 현장사진	48
<그림 3-26> 보청천 수질변화(2000~2004년)	50
<그림 4-1> 인구에 의한 각 리별 오염배출기여도	74
<그림 4-2> 축산에 의한 각 리별 오염배출기여도	77
<그림 4-3> 홍동면, 장곡면에서의 비점오염원에 의한 1일 배출오염부하	80
<그림 4-4> 오염원별 배출부하량	82

<그림 4-5> 리별 배출부하량	82
<그림 4-6> 축산에 의한 비점오염을 고려한 배출부하량	83
<그림 4-7> 산계리 친환경농업 시범마을에서의 오염원별 배출부하량	86
<그림 4-8> 산계리 지역에서 축산에 의한 비점오염을 고려한 배출부하량	87
<그림 4-9> 1차조사시 EC 및 질산성질소 농도	88
<그림 4-10> 2차조사시 EC 및 질산성질소 농도	89
<그림 4-11> 3차조사시 EC 및 질산성질소 농도	90
<그림 4-12> 지점별 BOD, COD, TN, TP 농도	91
<그림 4-13> 옥천 친환경농업마을 지점별 수질농도	93

제1장 서론

1. 연구 배경 및 목적

공공수역에 유입되는 수질오염물질은 크게 점오염원과 비점오염원으로 구분할 수 있으며, 점오염원은 주로 가정하수와 공장폐수에 의해 발생되며, 비교적 일정한 지점에서 일정한 양이 지속적으로 발생되어 강우시나 비강우시 배출량에 큰 변동이 없는 특성을 가진다. 이에 비해 비점오염원은 도시, 농지, 산지 등에서 불특정하게 오염물질을 발생시키는 장소 또는 지역을 의미하며, 비점오염물질 발생은 강수·바람 등을 통해 지표유출수로 유출되거나 직접 수계로 유입되는 특성을 지닌다.

농업활동이 수질에 미치는 영향은 일반적으로 농작물과 축산물의 생산 활동에 의해 발생하며, 이러한 활동은 점오염원과 비점오염원의 모든 형태로 나타나지만 대규모 축산을 제외하고는 대부분 비점오염원으로 나타난다. 농작물의 생산에 의한 환경에의 영향은 농작물의 경작시 발생하는 표토의 교란, 식생을 제거하고 그 자리에 농작물을 심고 농작물이 뿌리를 내리기까지 토양방치, 토양개량을 위해 비료나 가축배설물 등의 토층 상부 살포, 살충제 살포, 관개용수의 공급, 강우에 의한 토양의 유실 등이 있으며, 축산에 의한 환경에의 악영향은 부적절한 방법에 의한 가축배설물 처리, 식생을 적절하게 보호하지 못하는 방목, 하천인근에서의 가축방목 및 사육 등이 있다.

농업 생산이 점차 집약화 되고 생산성의 향상을 위해 비료 및 농약의 과다 사용으로 인해 농작물의 오염뿐만 아니라 토양 및 수질오염이 가중되고 있다. 특히 화학 비료의 과도한 사용 및 산성우 등의 영향으로 토양이 산성화되어 토양 중 영양염의 유출이 가속화되고, 토양미생물이 사멸하여 토양 및 인근 수계의 오염이 더욱 가중되고 있다. 그리고 일부에서는 가축분뇨의 이용만이 친환경농업으로 잘못 오인되어 가축분뇨의 과다 살포 및 미숙성 퇴비의 사용 등도 중요한 농업비점오염원으로 작용하고 있다.

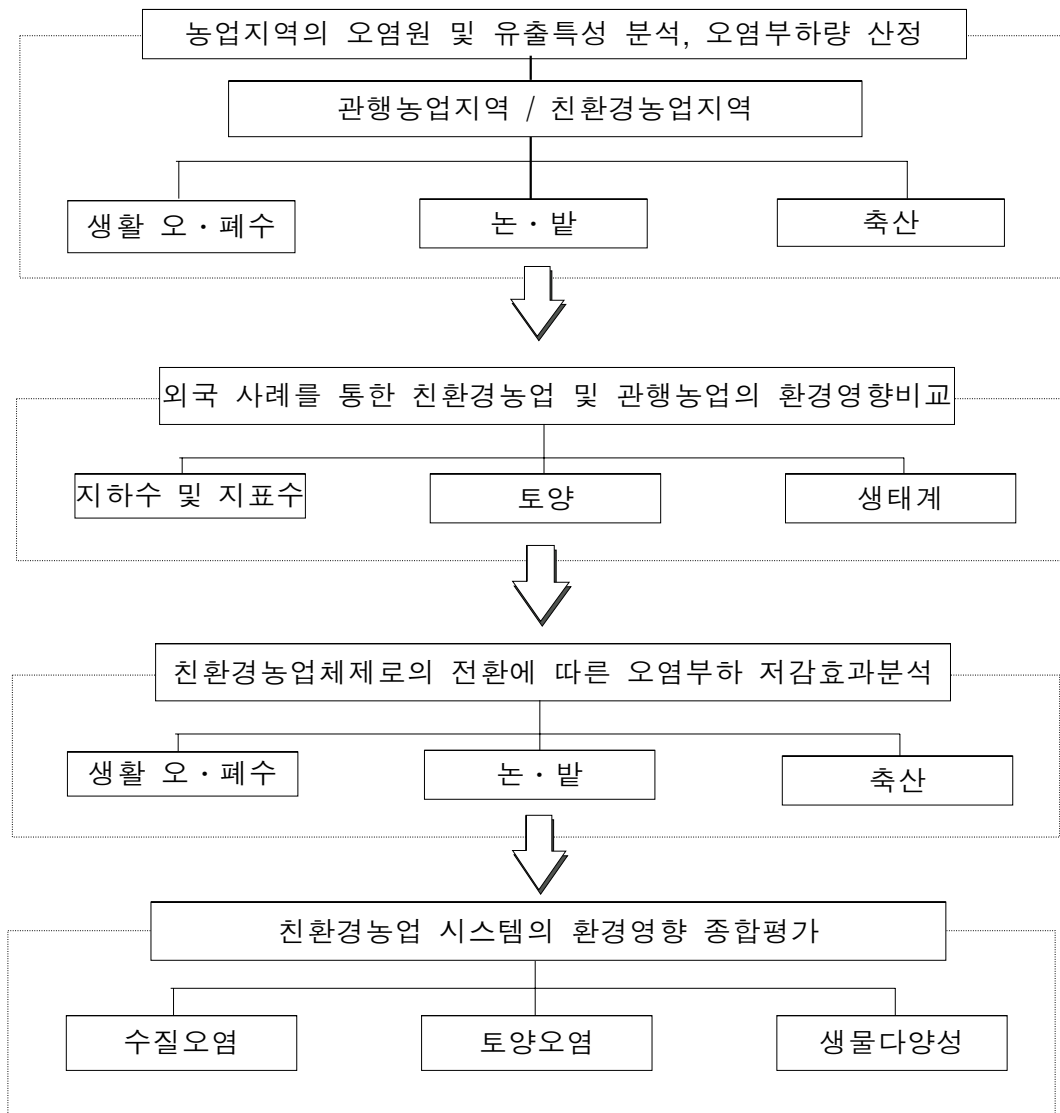
따라서 본 연구의 목적은 친환경농업체제로의 전환에 따른 환경영향의 종합적인 조사·분석을 기초로 환경오염 부하 저감을 위한 실제적인 전략 수립과 구체적인 추진방안을 제시하는데 있으며, 본 원에서는 농업오염원의 대부분을 차지하고 있는 농업 비점오염원에 대한 정량화와 농업비점오염원 저감방안을 제시하는데 있다.

2. 주요 연구 내용 및 방법

선행 수행된 연구 결과를 토대로 선정된 사례지역에 대한 생활오수, 논·밭, 축산에 의한 오염원별 오염부하량을 통계 자료 및 실제 측정을 통하여 산정하고 사례지역의 오염물질 배출 패턴에 대해 각 오염원별로 비교하려 하며 선행 수행된 사례지역의 조사대상범위를 더 확대하여 상류지역에 대한 오염정도를 파악하려 한다. 이 결과를 토대로 외국의 친환경농업과 관행농업이 환경에 미치는 사례

2 친환경농업의 환경부하오염원별 관리방안 연구

를 조사하여 기존 관행농업에서 친환경농업체제로의 전환시 발생되는 이점 및 오염부하의 저감효과를 조사하고 각 사례지역의 친환경농업에 따른 오염부하량의 발생정도를 비교·분석한다. 이와 더불어 관행농법과 친환경농법이 인근 환경에 미치는 영향을 비교, 검토하기 위해서 사례지역 내의 생물다양성, 비료·농약 사용량의 변화, 토양오염 등 친환경농업체제로의 전환에 따른 환경영향을 종합적으로 분석하려한다. 연구수행 흐름도는 다음과 같다.



<그림 1-1> 과업수행 흐름도

제2장 친환경농업의 환경영향에 대한 고찰

친환경농업은 각국에 따라 정의와 농법이 다양하며 이를 어디에나 적용할 수 있는 범용적인 환경영향을 제시하기는 어렵다. 따라서 이장에서는 환경농업 선진국인 유럽에서 친환경농업의 한 방법으로 행하여지고 있는 유기농업과 관행농업이 생태계, 토양, 지표수 및 지하수에 어떤 영향을 미치고 있는지에 대해 고찰하고자 한다.

1. 개요

유기농업의 환경지표는 생태계, 천연자원, 농장 유입량 및 배출량, 건강 및 후생 등 4개의 목록으로 나뉘지며 각 목록별로 세부적인 지표들이 설정되어있다. 아래 <표 2-1>은 OECD 농업에 관해 지정된 환경지표를 근거로 작성된 유기농업의 환경지표들이다.

<표 2-1> 유기농업의 환경지표

지표 목록		지표(Indicator)
생태계		식물 다양성(Floral diversity)
		동물 다양성(Faunal diversity)
		서식지 다양성(Habitat diversity)
		경관(Landscape)
천연자원	토양	유기물질(Organic matter)
		생물활동(Biological activity)
		구조(Structure)
		침식(Erosion)
	지하수 및 지표수	질산염 침출(Nitrate leaching)
		농약(Pesticides)
		영양부하(Nutrient load)
	기후 및 대기	NH ₃
		CO ₂
		N ₂ O
		CH ₄
농약(Pesticides)		
농장 유입량 및 배출량		영양분 사용(Nutrient use)
		에너지 사용(Energy use)
		물의 사용(Water use)
건강 및 후생	동물 후생 및 건강	사육(Husbandry)
		영양(Nutrition)
		건강(Health)
	생산식품의 품질	농약잔류(pesticide residues)
		질산성질소(Nitrate)
		진균독(Mycotoxins)
		중금속(Heavy metals)
		유용물(Desirable substances)

자료 : Matthias Stolze et al. 「The Environmental Impacts of Organic Farming In Europe, Organic Farming in Europe」, Economics and Policy 6, 2000

이 설정된 지표를 근거로 관행농업과 유기농업간의 좋고 나쁨을 비교 하였으며 지표분석은 스위스에 있는 Pilot Farm Network에서 실제적으로 수행된 결과를 바탕으로 생태적인, 생유기적인, 관행적인 시스템에 대한 비교분석에 초점이 맞춰져 있다.

비교 항목 중 기후와 대기, 농장으로의 유입량과 유출량, 동물의 건강과 후생, 생산된 식품의 품질 부분에 대해서는 당보고서의 기본 방향과 다소 차이가 있어 이곳에 기술하지 않았고 생태계, 천연자원 목록 중 토양과 지하수 및 지표수의 지표에 대한 유기농업과 관행농업간의 비교결과를 타나내었다.

2. 생태계

생태계는 크게 종다양성과(species diversity), 서식지 다양성(habitat diversity), 경관(landscape)으로 나뉘어져서 평가가 된다.

1) 종다양성

종다양성은 식물다양성, 동물다양성으로 구성되며 다양성은 3개의 수준으로 정의 된다. 첫 번째 한 종내에서의 다양성(유전적 수준), 두 번째 종의수와 이종들의 개체수 변화(종 수준), 마지막으로 종의 개체에 필요한 조건을 제공하는 자연적 서식처의 변화(생태계 수준)로 나눌 수 있다. 이런 수준을 기준으로 식물다양성은 재배종(domestic)과 야생종(wild) 모두 조사되었으며 농작물 윤작의 다양성, 재배되는 농작물의수, 초지의 구성 등의 요소들에 대한 측정을 통해 식물다양성을 평가한다. 유기농업은 농약이나 합성 질소비료의 공급 없이 운영되어야하기 때문에 많은 농작물의 윤작을 통해 작물에 발생하는 병과 곤충을 예방하여야하고 질소고정 콩과식물을 재배함으로써 토양의 비옥도를 유지해야한다. 또한 낮은 강도의 생산시스템을 채택하여 농지 적용 가능한 다양한 농작물을 기르도록 권장하고 있다. 따라서 이런 결과로 인해 집약적으로 운영되고 있는 관행농업보다 재배종 및 야생종 모두 다양한 종과 많은 개체수를 가지고 있는 것으로 나타났다.

또한 동물다양성은 야생동물의 수, 풍부도, 다양성, 종의 분포와 출현빈도 등에 의해서 평가된다. 이 결과는 <표 2-2>와 같이 모든 종에서 유기 농업으로 재배되는 과수원에서 더 높은 동물다양성을 보이는 것을 알 수가 있다. 이렇게 유기농업에서 생물다양성이 큰 이유는 번식과 먹이에 더 좋은 조건을 가지며 찌투리 또는 농작지 가장자리에 작물을 재배를 하지 않은 땅이 있어 동물의 서식지 생성에 유리한 조건을 가지기 때문이다. 따라서 식물다양성 및 동물다양성은 유기농업이 관행농업보다 유리하다는 것을 알 수가 있다.

<표 2-2> 유기농법과 관행농법으로 재배되는 과수원에서의 종의 수

	유기농업 1	유기농업 2	관행농업 1	관행농업 2
Aracheae	49	50	30	29
Carabidae	40	33	28	31
Formicidae	12	13	9	12
Braconidae	9	10	1	1
Chilopoda	6	6	5	6
Isopoda	5	5	4	3
Opiliones	4	3	1	2
Diplopoda	3	3	0	2

자료: Matthias Stolze et al. the Environmental Impacts of Organic Farming In Europe, Organic Farming in Europe, Economics and Policy 6, 2000

2) 서식지 다양성

서식지 다양성을 평가하기 위해서 첫째 선택된 커다란 규모의 지역(삼림지대, 습지, 목초지 등)에서의 변화, 두 번째 농업-생태계와 자연 서식지에서의 단절, 마지막으로 접촉지대(contact zone)의 길이와 같은 지표를 선정하였다. 이런 지표를 이용하여 유기농업과 관행농업을 평가해본 결과 생활조건 다양성이 높고 화학적 첨가제를 사용하지 않으며 작물의 윤작이 다양한 유기농업에서의 서식지 다양성이 관행농업과 비슷하거나 높은 것으로 나타났다.

3) 경관

경관이란 일반적인 농업생태계, 반자연입지들의 시간적인 특징을 말하며 본질적인 아름다움, 역사적 특징, 문화적 가치의 구체화, 과거와 현재의 토지이용 영향, 농업활동, 농업시스템의 구성 등에 따라 분류될 수 있다. 그러나 경관의 질을 평가하는 요소는 경관 구성성분들의 다양성, 농지와 관련된 특성, 경관 구성성분들의 유대, 역사적 연속성, 계절적인 면, 개인의 감응, 특성, 심미적 가치, 환경적질, 생태학적질 등이다. 이런 지표들에 대한 평가를 통해 유기농업이 경관에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 잠재성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

4) 요약

유기농업과 관행농업이 생태계에 미치는 영향을 비교하기 위해서 식물다양성, 동물다양성, 서식지 다양성, 경관에 대한 조사를 실시하였다. 이결과 식물다양성, 동물다양성은 유기농업에서 매우 좋은 것으로 나타났으며 식물다양성과 경관도 대체적으로 유기농업이 더 유리한 것으로 판단되어졌으나 관행농업과 비슷한 경향을 나타내기도 한다.

<표 2-3> 유기농업과 관행농업이 생태계에 미치는 영향 비교

	매우좋음	좋음	같음	나쁨	매우나쁨
식물다양성					
동물다양성					
서식지 다양성					
경관					
생태계					

3. 토양

토양은 모든 농업활동을 위한 가장 근본적인 것이기 때문에 가장 중요한 천연자원에 속한다. 토양을 손상시키는 요인은 토양침식, 화학적 오염, 물리적 손상에 의해서 이루어지며 토양의 손상정도를 평가 하는 지표로는 토양내 유기물질량, 생물학적 활동, 토양구조, 토양침식이 있다. 이들 지표를 비교 분석하여 토양의 손상정도를 파악하면 유기농업과 관행농업이 토양에 주는 영향을 알 수가 있게 된다.

1) 토양내 유기물질

토양내 유기물질의 공급은 토양 비옥도를 유지하는데 중심적인 역할을 하며 토양내 유기물농도는 토양내 탄소 농도(C%)를 측정하여 알 수가 있다. 여러 유럽 국가들에서 행하여지고 있는 유기농업과 관행농업에 대한 조사를 통해 유기농업이 행하여지는 농장에서의 토양내 유기물질 함량이 대체적으로 높은 것을 알 수가 있었으며 일부지역에서는 유기농업과 관행농업의 토양내 유기물질량이 비슷한 경향을 나타내기도해 농장이 속한 지역의 기후적 특성, 토양유형, 토양구조, 강수량에 따라 다소 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 대체적으로 유기농업이 토양내 유기물질함량에 유리한 조건을 유지하는 것으로 나타났다.

2) 생물학적 활동

생물학적 활동은 토양내 들어있는 유기물의 분해를 나타내주는 중요한 지표이다. 또한 높은 생물학적 활동은 토양과 식물들의 물질대사를 향상시켜 안정적인 식물의 생산과 비료관리에 중요한 역할을 하게 된다.

토양의 생물학적 활동에 대한 지표로 사용되는 가장 중요한 종은 지렁이이며 이들의 생물량, 풍부도, 개체수 특징을 조사하여 생물학적 활동을 평가하며 지렁이와 함께 meso fauna도 생물학적 활동을 평가하는 중요 지표생물이다.

식물잔류물과 비료로부터의 높은 유기물질 공급은 토양에서의 지렁이와 다른 동물상이 살 수 있는 좋은 환경을 만들어준다. 따라서 상대적으로 유기농장이 더 식물잔류물과 비료로부터의 유기물질을 공급하고 농약을 사용하지 않기 때문에 지렁이와 다른 토양생물의 활동에 유리하게 작용한다.

지렁이와 토양 생물의 토양내 미생물활동도 토양에서 일어나는 중요한 생물학적 활동의 지표이다. 오랜 기간의 연구와 조사를 토대로 유기농업 농장의 생물량이 관행농업의 생물량보다 20~30%정도 높게 나왔으며 관행농업의 한 고랑과 유기농업의 한 고랑에서의 생물학적 활동을 비교해보면 유기농업의 생물학적 활동이 30~100% 높게 나오는 것으로 조사되었다. 또한 미생물의 다양성, 유기탄소의 전환율등 미생물학적 활동이 유기농업에서 더 큰 것으로 조사되었다.

3) 토양구조

유리한 토양구조의 환경적 중요성은 압축과 침식과 같은 토양구조의 손상을 견딜 수 있게 하는데 있다. 토양구조는 안전성, 공기 및 물 유지능력과 같은 물리적인 인자들의 다양한 수에 의해서 측정된다. 이런 인자들에 대한 유기농업과 관행농업에 대한 조사결과 유기농업이 관행농업보다 다소 유리하기는 하지만 그 정도는 커다란 차이가 없는 것으로 나타났다.

4) 침식

바람이나 물에 의한 토양의 침식은 매우 커다란 문제이며 침식은 토양오염의 주요원인이라고 알려져 있다. 침식은 침식된 농지에 비옥한 상토의 유실, 토양의 물 흐름, 영양상태, 토양유기물질의 특성, 토양 생물, 토양깊이의 변화에 영향을 주며 이결과 낮은 생산능력을 가지게 한다. 또한 인근 지표수에 바람직하진 영양분과 농약, 퇴적물을 유입시킨다. 침식은 지형과 기후와 같은 현장 위험요소들의 영향을 받지만 침식에 의한 손상정도는 농장 관리활동에 의해 한정된다. 따라서 토양 침식에 미치는 유기농업과 관행농업의 정도는 비교하기 어려우며 대체적으로 유기농업 농장에서 더 높은 침식조절 잠재성이 있다는 것이 나타났다.

5) 요약

유기농업과 관행농업이 토양에 미치는 영향을 알아보기 위해 토양내 유기물질량, 생물학적 활동, 구조, 침식등에 대해 조사해 보았다. 그 결과 유기농업이 생물학적 활동에서 매우 큰 장점을 가진 반면 다른 지표에서는 비슷하거나 조금 좋은 것으로 나타났다. 특히 침식의 경우는 농장의 관리활동에 따라 결정되기 때문에 매우 좋음에서 낮음까지 넓게 평가가 되었다. 따라서 토양에 대한 유기농업과 관행농업의 비교는 유기농업이 토양 비옥도 보전과 시스템 안전성에 유리한 것으로 나타났다.

<표 2-4> 유기농업과 관행농업이 토양에 미치는 영향 비교

	매우 좋음	좋음	같음	낮음	매우 낮음
유기물질					
생물학적 활동					
구조					
침식					
토양					

4. 지하수 및 지표수

지하수 및 지표수의 비교를 위해서 사용한 지표는 질산염 침출과 농약이다.

1) 질산염 침출

질산염 침출은 질산염 침출율(Nitrate leaching rate)과 질산염 침출 잠재성을 조사하여 평가된다. 질산염 침출율은 침출된 물속의 질소농도 또는 침출수량의 질소농도로 표현되며 헥타르당 또는 생산량당(ton 또는 kg)으로 비교가 된다. 헥타르당 조사된 침출율은 관행농업에 비해 최대 57%까지 유기농업이 적은 것으로 나타났다. 그러나 생산량당 침출율은 관행농업농지와 비슷하거나 약간 높게 나타났다.

질산염 침출 잠재성은 가을에 식물이 자라나지 않는 기간에 흙속에 남아있는 $N_{min}-N$ (미네랄로 가능한 있는 질소)의 농도를 측정하여 평가하며 $N_{min}-N/ha$ 로 비교를 한다. 유기농업과 관행농업간의 질산염 침출 잠재성을 평가한 결과 유기농업이 잠재성이 낮거나 관행농업과 비슷한 결과를 나타내는 것으로 나타났다. 따라서 이 두 가지 지표를 가지고 질산염 침출에 대한 평가를 하면 <표 2-6>와 같이 관행농업보다 좋거나 낮은 경우까지 다양하게 제시되는데 이는 관행농업에서 물관리기법 시행을 많이 할수록 질산염 침출 잠재성을 예방할 수 있기 때문에 이런 결과가 나오게 된다.

따라서 질산염에 의한 물의 오염에 민감한 지역에서는 가축사육의 밀도를 줄이고 적절한 가축사육을 시행하며 액화비료의 사용을 제한하고 높은 동질성의 퇴비를 사용하며 살포되는 양을 줄이고 친환경비료 사용을 증가시킴으로써 질산염에 의한 오염을 막을 수가 있다.

2) 농약

농약에 의한 물의 독성오염은 농약이 토양을 통해 침출되어 지하수로 침투되거나 지표수 유출 또는 오염된 토양입자의 침식, 또는 지표수 가까운 곳에서의 농약 살포에 의한 직접적인 결과로부터 발생한다.

농약에 의한 환경오염의 정도를 헥타르당 농약활성물질의 감소로 평가하여 나타내며 이 평가방법에 따라 유기농업과 관행농업간의 비교를 해본결과 <표 2-5>과 같이 유기농업이 모든 농약에 대해 100 감소할 때 관행농업의 경우 각 농약종류별로 최소 25에서 최대 100까지 감소하는 것으로 나타나 유기농업이 농약에 의한 오염이 더 적은 것으로 나타났다. 이는 대부분의 유기농업에서 합성농약을 사용하지 않고 있으며 사용되는 농약들도 규산염이나 약초식물로부터 추출된 자연기원 물질을 사용하고 있기 때문인 것으로 나타났다.

<표 2-5> 서로 다른 농업시스템에 투입되는 농약의 감소율

구분	활성물질의 감소/ha(%)	
	관행농업	유기농업
제초제	46~80	100
살균제	26~93	100
살충제	25~89	100
성장조절제	53~59	100
Nematicides	71~100	100

자료: Matthias Stolze et al. the Environmental Impacts of Organic Farming In Europe, Organic Farming in Europe, Economics and Policy 6, 2000

3) 요약

지하수 및 지표수에 영향을 주는 지표로 질산염 침출 및 농약에 대한 유기농업과 관행농업에 미치는 영향을 비교해본 결과 질산염 침출은 친환경 농업이 좋은 경우와 나쁜 경우까지 다양하게 나타나 유기농업에 대한 평가 방법에 관한 새로운 지표개발 및 소개가 필요한 것으로 나타났다. 이에 반해 농약의 경우는 유기농업이 관행농업에 비해 매우 우수한 것으로 나타났다.

결과적으로 지하수 및 지표수에 미치는 농업의 영향은 <표 2-6>와 같이 유기농업이 관행농업보다 더 적은 것으로 나타나 더 친환경적인 것을 알 수가 있다.

<표 2-6> 유기농업과 관행농업이 지하수 및 지표수에 미치는 영향 비교

	매우좋음	좋음	같음	나쁨	매우나쁨
질산염 침출					
농약					
지하수 및 지표수					

제3장 사례지역 고찰

본 장에서는 친환경농업 사례지역으로 선정된 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구와 장곡면 홍동저수지 인근의 관행농업지역, 충청북도 옥천군 청산면 산계리 친환경농업 시범마을의 일반 자연 현황 및 지역적 특성을 살펴보고 현재 추진중인 친환경농업지구와 인접한 관행농업 지역에 대한 개괄을 통해 각 지역적 특성을 파악하였다. 또한 각 사례지역에서의 수질 측정지점과 측정된 수질 Data, 수집된 자료를 통해 오염정도를 살펴보았다.

1. 사례지역 개요

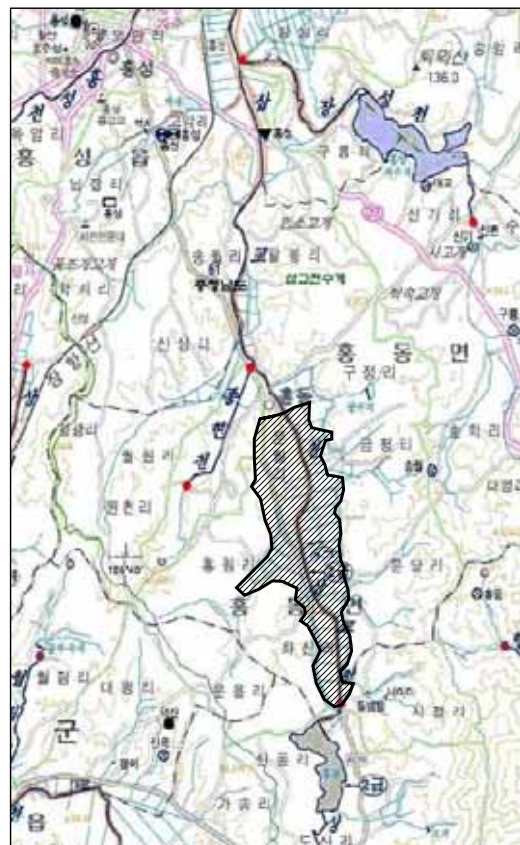
가. 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구

1) 일반 자연현황 및 지역적 특성

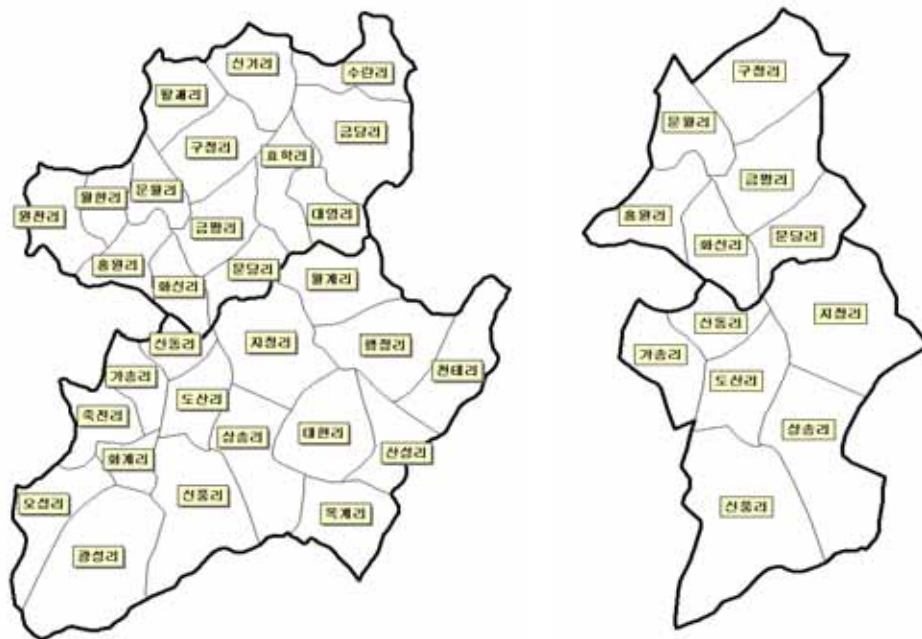
가) 위치 및 연구대상 지역

홍동면 친환경농업지구는 홍성군 중동부에 위치한 홍동면에 자리잡고 있으며 <그림 3-1>의 빗금친 부분과 같이 동쪽으로는 효학리와 대영리를 서쪽으로는 월현리와 원천리, 남쪽으로는 홍동저수지와 장곡면 지정리를 북쪽으로는 홍성읍 신성리를 접한 지역으로써 대부분 200m 내외의 구릉성 산지로 이루어진 평야지대에 위치하고 있다.

연구대상지역은 홍동면 친환경농업지구를 흐르고 있는 삼교천을 중심으로 홍동저수지 상류지역과 하류지역을 대상지역으로 하였다. 홍동저수지 상류지역은 장곡면지역으로 <그림 3-2>와 같이 총 16개 법정리로 구성되어있다. 이중 신동리, 가송리, 도산리, 신평리, 상송리, 지정리 등 6개리가 연구대상지역이며 홍동저수지 하류지역은 홍동면에 속하며 14개 법정리 중 삼교천유역에 속한 운월리, 홍원리, 화신리, 문당리, 금평리, 구정리 등 6개리가 연구대상지역이다.



<그림 3-1> 홍동면 친환경농업지구의 위치



<그림 3-2> 홍동면, 장곡면 법정리 및 연구대상 지역

나) 기상 및 기후

홍동면의 기상을 홍성군의 기상자료¹⁾로 유추해보면 1996년부터 2001년 기간의 평균기온은 12.3℃이며 이 기간 중 평균 최고 기온은 1998년의 19.2℃, 평균 최저기온은 1997년의 -7.1℃로 나타나고 있다. 또한 1985년부터 2003년 기간의 연간 총 평균 강수량은 1,274.4mm로 나타났으며 1996년부터 2001년 기간의 상대습도는 74.1%, 일조시간은 2,901 시간을 나타내고 있다. 아래 <표 3-1>은 홍동면의 강수량 추이로써 홍동면 강수량은 계절에 따라 편차가 매우 크며 인근 바다의 영향 때문에 우리나라 평균 강수량보다 더 많은 양의 비가 내리는 것으로 나타났다.

<표 3-1> 홍동면 강수량 추이

(단 위: mm)

연도\월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
1999	8.5	11.6	46.3	91.5	125.1	169.0	159.8	343.2	327.5	114.0	19.5	20.5	1,436
2000	25.0	-	10.9	40.8	59.2	197.7	98.9	554.6	242.0	51.0	32.7	23.9	1,336
2001	77.2	40.4	12.7	15.0	14.7	180.8	236.8	190.8	9.6	49.2	5.7	21.5	854
2002	33.5	16.7	30.9	148.8	127.3	77.4	221.5	493.2	33.5	98.2	24.2	-	1,305
2003	10	62	41	191	108	261	284	253	142	24	53	12	1,441

자료: 농업기반공사 홍성지사 (2004)

1) 홍성군, 「홍성통계연보」, 2002

다) 하천 및 관개용수

홍동면 친환경농업지구는 <그림 3-3>과 같이 관개용수를 홍동면을 흐르고 있는 삼교천과 이 하천의 원수가 되는 장곡면 지정리에 위치한 홍동 저수지 그리고 산림인근에 위치한 일부 지역에서는 지하수를 사용하고 있다. 홍동면 친환경농업지구를 통과하는 지역의 삼교천은 <표 3-2>와 같이 홍동면 14개리 중 6개 리와 <표 3-3>의 장곡면 6개 리를 접하는 유역면적 34.45Km², 하천의 길이는 7.92Km이다. 또한 이 삼교천의 본원이 되는 홍동 저수지는 <표 3-4>와 같이 14.80Km²의 유역면적과 6배 이상의 유역배율을 가지고 있는 저수지로 장곡면에 위치한 신도소하천, 상송천, 지도소하천을 통하여 유입량의 90% 이상이 상류부에 유입되고 홍동면과 장곡면의 관개용수로 사용되고 있다. 그러나 홍동 저수지는 장곡면 가송리, 지정리, 상송리, 신평리, 도산리, 신통리에서 유입되는 생활하수와 인근의 축산단지에서 배출되는 축산 폐수가 무처리 상태로 유입되어서 2002년부터 2004년 6월까지의 평균 COD값이 12.42mg/L로 수질 V등급에 해당되는 수질을 보여주고 있으며 2003년 수질 측정결과 T-N은 평균 2.68mg/L, T-P는 평균 0.15mg/L로 부영양 또는 과영양 단계로 부영양정도가 심한 것으로 나타났다.



<그림 3-3> 홍성 삼교천유역

<표 3-2> 홍동면 친환경농업지구를 통과하는 삼교천 유역면적

행정리	운월리	홍원리	화신리	문당리	금평리	구정리	합 계
유역면적 (Km ²)	1.88	2.07	1.84	2.02	2.79	3.30	16.24

자료: 환경부 총량코드

<표 3-3> 장곡면 홍동저수지 인근 지역의 유역면적

행정리	신통리	가송리	도산리	신평리	상송리	지정리	합 계
유역면적 (Km ²)	1.34	1.89	2.31	3.71	4.18	4.78	18.21

자료: 환경부 총량코드

<표 3-4> 홍동 저수지의 개요

유역면적 (Km ²)	홍수면적 (Km ²)	만수면적 (Km ²)	관개면적 (Km ²)	총저수량 (천톤)	유효수량 (천톤)	수질현황
14.8	0.6	0.48	2.32	913	795	V등급

자료: 농업기반공사 홍성지사

아래 <표 3-5>는 홍동 저수지 상류지역의 유입지천들로서 상송천은 장곡면 중심지를 통과하여 인근의 생활하수의 유입과 농업용수 및 배출수 유입, 축산폐수 배출수 유입 등으로 수질이 좋지 않다. 또한 신도천과 지도천은 농업용·배수로의 역할과 인근 생활하수, 축산폐수 배출수 유입으로 주로 사용되고 있다.

<표 3-5> 홍동 저수지 상류지역의 유입지천현황

하천명	구분	길이(km)
상송천	지방2급	2.0
신도천	소하천	3.22
지도천	소하천	1.1

자료: 농업기반공사 홍성지사

라) 인구

2003년 12월 현재 홍동면의 인구는 1,572세대 4,517명이다. 또한 홍동면 친환경농업지구 삼교천 유역에 포함되는 운월리, 홍원리, 화신리, 문당리, 금평리, 구정리의 인구는 총 2,115명으로 홍동면 전체의 46.82%를 차지하고 있다. 이와 마찬가지로 장곡면의 인구는 1,697세대 4,340명으로 나타났다. 사례지역에 포함되는 신동리, 가송리, 도산리, 신평리, 상송리, 지정리 인구는 총 1,993명으로 장곡면 전체의 45.9%를 차지하고 있다. 따라서 사례지역에 속한 지역의 총 인구수는 1,479세대, 4,108명이다.

<표 3-6> 연구대상 유역의 인구

행정리	홍동면						장곡면						합 계
	운월	홍원	화신	문당	금평	구정	신동	가송	도산	신평	상송	지정	
인구 (명)	571	508	187	253	255	341	221	305	448	338	372	309	4,108
세대 (가구)	189	166	61	94	83	124	79	110	166	132	152	123	1,479

자료: 홍동면사무소, 장곡면사무소 통계(2004)

마) 산업

홍동면 친환경농업지구 및 장곡면에 해당되는 리에 설치된 산업시설은 운월리에 1개의 식품업체와 홍원리에 비닐제조공장 1개가 존재하고 있지만 규모가 매우 작은 가내 수공업 제조업체들이며 홍원리에 설치된 비닐제조공장은 발생하는 폐수를 재이용하여 실제로 폐수가 하천에 배출되지 않고 있다.

바) 축산

홍성군은 대체적으로 다른 지역보다 축산이 매우 활성화된 지역이며 홍동면, 장곡면 지역도 축산업 비중이 매우 크다. 따라서 이런 이유로 축산에 의한 환경영향도 매우 큰 곳이며 부하량 또한 다른 부하오염원보다 기여도가 높은 것으로 나타난다. 2004년 6월말 현재 홍동면 전체의 가축사육현황은 한우는 382가구 4,381두, 젓소는 23가구 1,278두, 돼지는 71가구 37,902마리, 닭은 31가구 175,256마리가 사육되고 있으며 산양, 사슴을 포함하여 총 587가구 219,452마리가 사육되고 있다. 또한 친환경농업지구 삼교천 유역에 속한 리별 가축사육현황은 다음의 <표 3-9>와 같이 총 가축사육 두수는 오리를 제외하고 130,387마리이며 이는 홍동면 전체 사육두수의 59.41%를 차지하고 있다.

친환경농업지역의 사육 가축 중 닭의 사육수가 가장 많이 사육되고 있으며 홍원리와 화신리가 홍동면 친환경농업지구 전체의 80.33%를 사육하고 있는 것으로 나타났다. 또한 장곡면에 사육되고 있는 가축의 수는 총 569가구 37,978마리이며 이는 홍동면의 17.31%에 해당되며 연구대상지역의 가축수는 오리를 제외한 27,365마리로 장곡면 전체 가축사육의 72.05%를 차지한다.

이와 더불어 홍동면 친환경농업지구에서는 6월부터 7월말까지 오리를 논에 방목하여 키우는데 2004년도에 방목된 오리는 홍동면인 경우 41,052마리, 장곡면인 경우는 23,802마리이며 이들 중 대상 유역에 포함된 지역에서의 오리수는 <표 3-9>, <표 3-10>과 같이 각각 30,567마리, 17,343마리이다.

<표 3-7> 홍동면 축산현황

구분	한우	젓소	돼지	닭	산양	사슴	계
가구수(가구)	382	23	71	31	50	30	587
두수(마리)	4,381	1,278	37,902	175,256	292	343	219,452

자료: 홍동면사무소 통계

<표 3-8> 장곡면 축산현황

구분	한우	젓소	돼지	닭	산양	사슴	계
가구수(가구)	437	9	49	28	26	20	569
두수(마리)	3,498	272	33,149	537	409	113	37,978

자료: 홍동면사무소 통계

<표 3-9> 홍동면 친환경농업지구 삽교천 유역의 축산현황

구 분 (마리)		계	홍동면					
			운월리	홍원리	화신리	문당리	금평리	구정리
계		160,954	17,161	87,607	41,681	6,738	5,957	1,810
소	한우	2,816	492	1,643	150	133	146	252
	젖소	852	-	131	-	-	277	444
돼지		26,280	5,585	16,117	995	-	2,525	1,058
닭		100,155	35	60,083	40,000	28	9	-
오리		30,567	10,973	9,557	494	6,563	2,980	-
산양		157	33	10	37	14	7	56
사슴		127	43	66	5	-	13	-

주: 오리의 수는 홍성면 친환경농업지구에서 2004년 논에 방사된 마리수이다.

자료: 홍동면사무소 통계

<표 3-10> 홍동저수지 인근 장곡면 유역의 축산현황

구 분 (마리)		계	장곡면					
			신동리	가송리	도산리	신평리	상송리	지정리
계		44,708	5,836	12,132	5,145	3,159	5,079	13,357
소	한우	1,629	146	364	303	144	183	489
돼지		25,414	3,111	9,050	1,281	3,000	92	8,880
닭		97	-	-	78	-	19	-
오리		17,343	2,550	2,557	3,525	-	4,733	3,978
산양		179	6	152	-	15	6	-
사슴		46	23	9	1	-	3	10

주: 오리의 수는 장곡면에서 2004년 논에 방사된 마리수이다.

자료: 장곡면사무소 통계

아래의 <표 3-11>과 <표 3-12>와 같이 연구대상지역인 홍동면 축산폐수 배출시설은 신고된 배

출시설이 64개, 허가된 시설 13개가 등록되어있다. 또한 장곡면은 신고된 배출시설이 39개, 허가된 시설이 6개가 등록되어있다. 이 등록된 처리시설 중 축산사육을 하지 않는 미사용 경우가 홍동면은 총 17개, 장곡면은 11개가 있다. 따라서 각각의 미사용 시설의 비율은 홍동면의 경우는 25.76%, 장곡면의 경우는 24.44%로 두면의 평균값이 약 25%에 해당한다.

축산폐수 배출시설 이외에 홍동면 운월리에 1개의 축산분뇨자원화시설이 있어 인근에서 발생되는 가축분뇨를 수거하여 비료로 재생하고 있으며 일부 축산분뇨는 수거되어 해양투기하고 있는 것으로 나타났다. 또한 <표 3-13>과 같이 액비 저장조 10개가 설치되어 있으며 이중 친환경농업지구 삼교천 유역에 속한 액비 저장조는 모두 8개이며 한 개의 액비 저장조 용량은 200ton으로 해당 리에 속한 축산 농가들에 의해서 발생하는 가축 분뇨가 채워지고 6개월 저장 퇴비화 후 봄이나 가을에 논, 밭에 화학 비료대신 살포가 되고 있다.

<표 3-11> 홍동면 친환경농업지역의 축산폐수 배출시설 신고·허가 현황

행정리		운월리	홍원리	화신리	문당리	금평리	구정리	합 계
신고시설 (개)	사용	4	20	3	-	10	11	64
	미사용		6	2	2	4	2	
허가시설 (개)	사용	2	9	1	-	-	-	13
	미사용	-	1	-	-	-	-	
합 계		6	36	6	2	14	13	77

자료: 홍성군청 내부자료

<표 3-12> 홍동저수지 인근 장곡면의 축산폐수 배출시설 신고·허가 현황

행정리		신동리	가송리	도산리	상송리	신평리	지정리	합 계
신고시설 (개)	사용	2	11	8	3	3	3	39
	미사용	3	2	1	-	3	-	
허가시설 (개)	사용	-	2	-	-	1	1	6
	미사용	1	-	-	-	-	1	
합 계		6	15	9	3	7	5	45

자료: 홍성군청 내부자료

<표 3-13> 홍동면 친환경농업지역에 설치된 액비 저장조

행정리	운월리	홍원리	화신리	금평리	기타지역	합 계
액비저장조 (개)	1	2	2	2	3	10

자료: 홍성군 농업기술센터 내부자료

사) 토지이용

홍동면의 총 면적은 38.01Km²이며 이중에서 친환경농업지구 삼교천 유역에 속한 홍동면 운월리, 홍원리, 화신리, 문당리, 금평리, 구정리의 총 면적은 14.84km²으로 전체면적의 39.04%로 나타났다. 이 지역에서 논·밭용으로 차지하는 면적이 총 7.75km²으로 52.22%가 논농사나 밭농사를 하고 있는 것으로 나타나 농업위주의 토지이용을 하고 있는 것으로 나타났다.

한편 장곡면의 총 면적은 54.93Km²이며 이중에서 사례지역에 속한 유역인 신동리, 가송리, 도산리, 신평리, 상송리, 지정리의 총 면적은 19.36km²으로 전체면적의 35.24%로 나타났다. 이 지역에서 논·밭용으로 차지하는 면적이 총 6.69km²으로 34.56%가 논농사나 밭농사를 하고 있는 것으로 나타나 홍동면과 비교하며 다소 낮은 토지를 농업에 사용하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3-16>은 홍동면 친환경농업 실천현황을 나타내고 있다. 논인 경우는 2.456Km²이 밭인 경우는 0.341km²으로 총 2.797km²가 경작되고 있다. 또한 논인 경우는 문당리가 0.546Km²으로 가장 많이 경작되고 있으며 밭인 경우는 화신리(0.127km²)와 금평리(0.125km²)가 많이 실천되고 있는 것을 알 수가 있으며 전체 지역 중 문당리가 0.611km²으로 가장 활발한 친환경농업 지역임을 알 수가 있다.

<표 3-14> 홍동면 친환경농업지역 삼교천 유역의 토지이용 현황

구분 (km ²)	계	홍동면					
		운월리	홍원리	화신리	문당리	금평리	구정리
논	4.48	0.66	0.86	0.54	0.82	0.84	0.76
밭	3.27	0.49	1.25	0.31	0.37	0.42	0.43
임야	4.69	0.43	0.98	0.25	1.21	0.88	0.94
대지	1.21	0.33	0.23	0.14	0.18	0.13	0.20
목장	0.12	0.03	0.04	0.01	-	0.02	0.02
기타	1.07	0.17	0.23	0.16	0.18	0.15	0.18
계	14.84	2.11	3.59	1.41	2.76	2.44	2.53

자료: 홍동면사무소 2003년도 통계자료

<표 3-15> 장곡면 홍동저수지 인근의 토지이용 현황

구분 (Km ²)	계	장곡면					
		신동리	가송리	도산리	신평리	상송리	지정리
논	4.27	0.27	0.81	0.45	0.98	0.97	0.79
밭	2.42	0.25	0.45	0.32	0.48	0.45	0.48
임야	9.88	0.55	0.96	0.79	2.31	2.75	2.52
대지	1.16	0.09	0.19	0.17	0.18	0.35	0.18
목장	0.09	0.01	0.04	0.01	-	-	0.03
기타	1.55	0.44	0.12	0.35	0.19	0.23	0.22
계	19.36	1.62	2.56	2.08	4.14	4.75	4.21

자료: 장곡면사무소 2003년도 통계자료

<표 3-16> 홍동면 친환경농업 실천현황

구분 (km ²)	계	홍동면					
		운월리	홍원리	화신리	문당리	금평리	구정리
논	2.456	0.450	0.561	0.265	0.546	0.462	0.172
밭	0.341	0.013	-	0.127	0.065	0.125	0.011
계	2.797	0.463	0.561	0.392	0.611	0.586	0.184

자료: 홍동면사무소

아) 홍동면 친환경농업지구 논과 밭의 토양 비옥도

<표 3-17>, <표 3-18>은 친환경농업지역의 대표적 지역인 문당리에 대한 논 토양의 비옥도 및 밭 토양의 비옥도를 나타낸다. 전국 및 적정화학성의 논 토양의 비옥도와 비교하였을 때 문당리의 논 토양은 산성 상태이며 유기물농도가 적정 수준이지만 인산농도가 적정화학적성 보다 높다. 또한 친환경성 양이온 중 칼륨 이온량이 부족한 것을 볼 수가 있다. 그러나 유효규산의 농도가 적절한 수준에 있어 병해충에 강한 벼 재배가 가능하다. 이와 함께 밭 토양도 산도가 낮고 인산농도가 논 토양처럼 적정수준 보다 높은 것을 볼 수 있다. 또한 논 토양과 다르게 칼륨이온이 높은 것을 알 수가 있다.

<표 3-17> 친환경농업 지역의 논토양 비옥도

구분	산도 (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmol ⁺ /kg)			유효규산 (mg/kg)
				칼륨	칼슘	마그네슘	
문당리	5.5	25	146	0.23	4.5	1.4	163
전국	5.7	22	136	0.32	4.0	1.4	86
적정화학적성	6.0~6.5	25~30	80~120	0.4~0.5	5.0~6.0	1.5~2.0	130~180

주: 문당리 자료는 2002년 기준 15점 평균값임.

자료: 홍성군 농업기술센터

<표 3-18> 친환경농업 지역의 밭토양 비옥도

구분	산도 (1:5)	유기물 (g/kg)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmol ⁺ /kg)		
				칼륨	칼슘	마그네슘
문당리	5.6	22	637	0.85	5.0	1.9
전국	5.9	20	572	0.79	5.5	1.5
적정화학적성	6.0~6.5	20~30	300~500	0.5~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0

주: 문당리 자료는 2002년 기준 15점 평균값임.

자료: 홍성군 농업기술센터

자) 비료·농약 사용량

<표 3-19>와 <표 3-20>은 각각 홍동면에서 2002년 1월 1일부터 12월 31일까지 사용된 비료 사용량과 농약 사용량에 대해 나타내었다. 표에 나타난 비료 중 친환경농법에 사용 가능한 토양 개량제와 유기질비료, 홍동면 축산분뇨자원화시설에서 생산되는 퇴비 부산물비료의 양이 전체 비료의 57.97%를 차지하고 있어 친환경 비료의 비중이 높은 것을 볼 수가 있다.

농약 사용의 경우 오리농법 및 우렁이 농법으로 경작할 경우 필요하지 않는 수도용 및 제초제 농약이 전체 사용 농약의 89.74%를 차지하고 있다. 따라서 이런 종류의 농약류 사용량 비중이 높은 이유는 친환경농법을 시행하지 않고 있는 홍동면내 다른 8개리에서 판매된 양을 나타내고 있다고 할 수 있다. 따라서 친환경농법과 관행농법이 결합된 형태의 농업을 수행하는 홍동면에서는 대체적으로 병해충종합관리기술(IPM)과 작물양분종합관리기술(INM)을 종합적으로 시행하고 있으며 친환경 재배면적이 크다는 것을 알 수가 있다.

<표 3-19> 홍동면 지역의 비료 사용량

비료 종류	일반 화학	토양 개량제	유기질 비료	제 4 종 복비	퇴비 부산물 비료	원예용 비료	전체 사용량
사용량 (ton)	846.66	73.50	628.74	1.14	508.18	29.08	2,087.3

자료: 홍동면 홍동농협(2003. 9)

<표 3-20> 홍동면 지역의 농약 사용량

농약 종류	수도용	원예용	제조제	기타	전체 사용량
사용량 (ton)	3.75	1.09	6.75	0.11	11.7

자료: 홍동면 홍동농협(2003. 9)

차) 물 사용 현황

홍동면 친환경농업지구와 장곡면은 아직 상수도 시설이 설치되어 있지 않은 상태이며 인근의 지하수를 식수로 사용하고 있으며 <표 3-21>과 같이 많은 관정을 설치하여 지하수를 뽑아 음용수 및 농업용수로 사용하고 있다. 2001년 홍성군의 1일 1인당 급수량이 249ℓ²⁾이기 때문에 농촌지역인 친환경농업지구에서는 이보다 적은 용수를 사용하고 있는 것으로 추측된다.

2) 홍성군, 「홍성통계연보」, 2002

<표 3-21> 홍동면, 장곡면 지역의 지하수 관정 개수

홍동면		장곡면	
운월리	246	도산리	36
월현리	128	신평리	252
원천리	128	화계리	197
홍원리	365	광성리	319
화신리	85	오성리	149
문당리	105	죽전리	67
금평리	114	가송리	232
구정리	152	신동리	122
신기리	199	지정리	75
수란리	151	월계리	107
금당리	273	행정리	57
효학리	109	천태리	135
대영리	129	산성리	69
팔패리	197	옥계리	126
		대현리	48
		상송리	207
합계(개)	2,381	합계(개)	2,198

자료: 홍성군청 건설과 내부자료

2) 사례지역의 친환경농업 현황

가) 사례지역 선정 배경

충남 홍성군 홍동면 일대는 홍동 저수지 하류에 위치하고 있어 수계를 중심으로 한 농촌지역의 친환경농업 성과를 평가하기에 적합한 지역으로 사료되며 축산업이 매우 활발한 곳으로 비료대신 축산 분뇨를 사용할 수 있는 장점을 가진 곳이다. 또한 이곳은 1993년 9,000평에 전국에서 최초로 오리농법이 실시되어 제초제와 농약을 사용하지 않는 농업지역이다.

나) 친환경농업 실천동기

농약과 화학비료 등으로 인한 환경오염을 최소화하면서 안전한 쌀을 생산하기 위하여 시범단지가 조성되기 시작했으며 WTO 쌀 재협상과 같은 국제적 환경변화시대에 쌀농사를 짓고 있는 농업인들이 잠재적 위협에 직면한 것을 인식시키고 대비하기 위해 93년부터 2농가가 오리농법을 시작하여 그 동안 많은 시행착오를 거듭하면서 오리농법을 확대 정착시켰다.

다) 실천현황³⁾

1993년 9,000평에서 시작한 오리농법은 1994년에 31,900평의 단지(19농가 참여)의 오리농법 작목반을 결성하였으며 1999년부터 2001년까지 문당리와 금평리 23만평(57농가 참여)에 오리농법과 IPM농

3) 홍성환경농업마을, 「21세기 문당리 발전 백년 계획」, 2000.12

법을 이용한 벼집단 재배 시범단지를 조성하였으며 2002년에는 120만평 규모에 372농가가 참여하여 면전체가 오리농법을 이용한 친환경농업을 실천하고 있다. 2003년까지 400만평 480 농가가 이 사업에 참여중이며 오리농법의 우렁이를 이용한 벼 재배가 약 5만평 규모로 행하여지고 있다. 또한 오리농법을 실천한 후 오리입식비를 지원한 도시소비자들에게 오리를 시식용으로 되돌려 줌으로서 도시소비자와 생산농업인이 하나가 되는 기회를 마련하고 있다.

라) 친환경 농법인 오리농법의 효과 및 보급면적

(1) 사례지역에서 나타난 오리농법의 효과는 다음과 같다.

(가) 잡초방제효과가 있다.

오리가 직접 폭 넓은 부리로 잡초를 먹으며 진흙 속에 있는 잡초 종자 또한 먹어 직접 방제효과가 있으며 발이나 부리로 흙탕물을 일으켜 싹트기 시작한 잡초 종자를 수면에 뜨게 하거나 작은 풀을 밟아 버린다. 또한 오리의 배설물과 흙탕물이 잡초의 싹틔음을 억제하며 계속된 썩레질과 중경탁수효과(中耕濁水效果)에 의한 흐린 물이 논면에 내려 쪼이는 태양광선의 조도(照度)를 내려가게 하여 잡초의 광합성을 저해한다.

(나) 해충방제효과가 있다.

오리가 해충을 방제하는 것이 농약과 근본적으로 다른 점은 익충과 해충의 구분 없이 모든 벌레를 방제하는 것이 농약이라면 오리는 벌레를 완벽하게 없애지는 못한다는 점이다. 벼멸구, 거미, 진딧물 등의 마리 수를 비교하면 거미의 수가 오리를 방사한 논에서 압도적으로 많다는 것을 알 수 있다. 오리가 벼 포기를 흔들어 위쪽에 붙은 벌레도 수면으로 떨어뜨려 잡아먹는 것을 볼 수 있다.

(다) 썩레질과 탁수효과

오리의 방제는 ①논물을 저어주기 때문에 논물에 녹아 들어가는 산소량 증가 ②흐린 물의 각반으로 분해 촉진 ③가스 장해 완화 ④수온이 올라 보온효과 ⑤발아한 잡초 싹을 덮어 생장억제효과를 준다.

(라) 양분공급효과

오리는 해충과 잡초 등을 먹고 배설물을 논에 유기질 비료로 공급한다.

(마) 벼잎 자극 효과

오리가 부리로 포기사이를 쪼거나 몸으로 건드리므로 벼 포기가 자극을 받아 강해진다.

(바) 병균방제효과

오리가 벼 사이를 활동하며 늘어진 잎을 제거하게되어 통풍이 잘되므로 병균이 발생하지 않는다.

(2) 홍동면의 오리농업 보급 면적 및 농가수

<표 3-22>와 같이 오리농법 보급 면적과 농가수는 해마다 증가하고 있다.

<표 3-22> 홍동면 지역의 오리농법 보급면적

구분	'94	'95	'96	'97	'98	'99	'00	'01	'02	'03
면적(ha)	3	13	21	30	42	68	100	137	370.4	450
농가수	2	18	28	43	57	72	127	170	430	550

마) 앞으로의 계획

소비자가족나눔행사(오리입식), 전국 친환경농업인 연수교육등을 통해 제발로 찾아오는 환경체험 교육을 실시하고 벼 이외 작물의 유기농법을 확대하며, 한우 등을 유기축산으로 전환하고 축산분뇨를 자원화하여 유기농업에 최대한 이용할 계획을 가지고 있다.

바) 특기사항

(1) 친환경농업교육관, 농기구박물관 건립 활용

사업비 4억 8천만원을 투입하여 교육관 250평(2000.12.19준공식), 농촌유물전시관 60평(2002.3.16준공식)을 설치하여 전국 참교육 교사체험교육, 전국 친환경농업인 체험방문, 수도권등 소비자가족 농촌체험방문을 하고 있으며, 연간 7,500여명이 지역을 방문 친환경농업을 체험하고 있다.

(2) 소비자 도·농교류

매년 6월 6일 수도권 등 전국 대도시 소비자가족 1,500명이 방문하여 오리입식, 친환경농산물 시식회 등 친환경농업현장을 체험하고 있으며, 가을에는 오리입식때 참가했던 수도권 등 소비자 가족이 재방문하여 수확체험, 메뚜기잡기, 친환경농산물 시식회 등 다양한 행사를 개최하고 있다.

(3) 친환경농산물 품질인증 현황

<표 3-23>는 2003년 8월까지 홍동면 친환경농업 사업지구에서 생산된 친환경농산물의 품질인증 현황을 나타냈다.

<표 3-23> 홍동면 지역에서의 품질인증 현황

구분	인증수	농가수	면적	품목수
총계	48건	525농가	396.1ha	18
유기재배	17건	96농가	84.1ha	11
저환기유기	28건	415농가	305.6ha	5
무농약	3건	14농가	6.4ha	2

나. 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범마을

1) 일반 자연현황 및 지역적 특성

가) 위치

충청북도 산계리 친환경농업마을은 옥천군 중동부에 위치한 청성면에 자리잡고 있으며 동쪽으로는 청산면 신매리와 장위리를 서쪽으로는 거포리, 남쪽으로는 보청천을, 북쪽으로는 화성리에 접한 경지면적 0.71Km²로 이루어진 평야지대에 위치하고 있다. 또한 보청천변에 위치한 대청댐 보호구역으로 전형적인 수도작 중심의 농촌마을이다.

나) 기상 및 기후

옥천군 청성면의 기상을 옥천군의 기상자료로 유추해보면 1996년부터 2001년 기간의 평균기온은 12.1℃, 상대습도는 77.65%, 일조시간은 2,299.82 시간을 보여주고 있다. 1988년부터 2003년 기간의 연간 총 평균 강수량은 1,191.8mm로 2001년을 제외하면 우리나라 연평균 강수량(1,283mm)과 거의 비슷한 강수량을 가지는 것으로 나타났다. 아래 <표 3-24>와 같이 청성면 강우는 여름철에 많은 강우가 내리고 겨울철에 강우가 적은 전형적인 우리나라의 강우패턴을 따르고 있는 것을 알 수가 있다.

<표 3-24> 청성면 강수량 추이

(단위: mm)

월 연도	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	합계
1999	-	9.0	67.0	71.0	105.0	171.0	145.0	206.0	342.0	117.0	9.0	9.0	1,251
2000	23.0	3.0	18.0	57.0	20.0	206.0	395.0	287.0	281.0	28.0	37.0	7.0	1,382
2001	49.0	55.0	9.0	23.0	16.0	190.0	214.0	84.0	73.0	117.0	11.0	21.0	862
2002	77.0	8.0	36.0	149.0	122.0	49.0	136.0	408.0	118.0	32.0	8.0	41.0	1,184
2003	4	26	40	28	51	402	299	214	157	6	38	15	1,280

자료: 옥천군 건설과 자료(2004)

다) 하천 및 관개용수

청성면 산계리 친환경농업 시범마을은 <그림 3-4>와 같이 관개용수를 산계리에 흐르고 있는 보청천을 사용하고 있다. 산계리 친환경농업 시범마을을 흐르는 보청천은 금강의 제 1지류로서 보은군

회북면 용수리를 기점으로 유료 연장 71.5Km, 유역 면적이 492.03Km²에 이른다. 지난 10년 동안의 환경부 수질 측정소(청산면 예곡리, 청성면 고당리에 위치)의 연평균 BOD 측정값이 1.3mg/L로 2급수를 유지하고 있어 농업용수로는 매우 좋은 수질을 가지고 있다. 산계리 친환경농업 시범마을구역에 해당하는 보청천의 유역 면적은 <표 3-25>과 같이 총 4.77Km²으로 산계 1구가 1.97Km², 산계 2구가 1.29Km², 산계 3구가 1.52Km²의 유역면적을 가진다.



<그림 3-4> 청성면 산계리 보청천 유역

<표 3-25> 청성면 친환경농업 시범마을을 통과하는 보청천의 유역면적

행정리	산계 1구	산계 2구	산계 3구	합 계
유역면적 (Km ²)	1.97	1.29	1.52	4.77

자료: 환경부 총량코드

라) 인구

2004년 9월 30일 현재 청성면의 인구는 1,321세대 2,905명으로 남자는 1,436명, 여자는 1,469명이다. 또한 청성면 친환경농업 시범마을이 속한 산계리 인구는 369명으로 청성면 전체의 12.70%를 차지하고 있다. 아래 <표 3-26>는 청성면 친환경농업 시범마을인 산계리의 인구수를 나타내고 있으며 2003년보다 2004년에 20명이 줄어든 것을 알 수가 있다.

<표 3-26> 청성면 친환경농업 시범마을의 인구

행정리	산계 1구	산계 2구	산계 3구	합 계
인구수 (명)	2003 227	115	47	389
	2004 208	113	48	369

자료: 옥천군 청성면사무소 통계

마) 산업

청성면 산계리 친환경농업 시범마을에 설치된 폐수배출업소 및 산업시설은 없다.

바) 축산

옥천군 청성면은 홍동면과 장곡면과 비교했을 경우 대체적으로 가축을 많이 사육하지 않는 것으로 나타났으며 특히 산계리는 청성면에 속해 있는 다른 리들과 비교하였을 때 가축사육두수가 적은 것을 알 수가 있다. 아래의 <표 3-27>과 같이 논에 사육된 후 오리농장으로 이동하는 오리 두수를 제외하면 산계리 전체에 한우 138마리와 돼지 8마리, 산양이 87마리, 닭 94마리가 사육되고 있으며 오리가 차지하는 비율이 69.12%로 매우 많은 수를 차지하고 있다.

오리의 경우 2003년도에 2,980마리에서 2004년 732마리로 많이 감소하였는데 이는 조류독감에 의한 영향과 오리구입비 보조금의 감소로 농가들이 오리농법 논농사 면적을 축소하였기 때문이다.

<표 3-27> 청성면 친환경농업 시범마을의 축산현황

구 분 (마리)		계	청성면		
			산계 1구	산계 2구	산계 3구
계		1,059	216	66	777
소	한우	138	76	21	41
돼지		8		8	
산양		87	87		
닭		94	53	37	4
오리		732			732*

자료: 청성면사무소

*오리는 2004년 6월초부터 8월까지 사육된 후 수마리만 제외하고 오리농장으로 전량 이동된다.

사) 토지이용

청성면의 총 토지이용면적은 4.91km²으로 임야가 전체의 52.5%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며 논으로 사용되는 면적이 20.6%, 밭과 과수원으로 사용되는 면적이 12.2%로 임야를 제외한 지역은 대부분 농경지로 이용되고 있는 것을 알 수가 있다. 또한 친환경농업 마을에 포함되는 산계 1구와 3구의 총면적은 3.58km²이며 산계2 구의 면적은 1.33km²이다.

<표 3-29>과 같이 친환경농업 시범마을로 지정된 산계리 지역의 총 면적은 0.71Km²이다. 이중 오리, 왕우렁이, 쌀겨농법등 친환경농법을 이용하여 배가 재배되는 면적은 2003년 0.18Km²에서 0.579Km²로 재배 면적이 3.2배로 증가하였다. 이와함께 나머지 지역에서는 병해충종합관리기술(IPM)과 작물양분종합관리기술(INM)을 사용한 무농약 벼를 재배하고 있으며 일부 농가에서는 관행농법을 사용하고 있는 것으로 나타났으나 2003년에 비해 재배면적이 감소한 것을 알 수가 있다.

<표 3-28> 청성면 친환경농업 시범마을의 토지이용 현황

구분 (Km ²)	산계리	산계 1, 3구	산계 2구
논	1.01	0.736	0.274
밭	0.60	0.437	0.163
임야	2.58	1.880	0.700
대지	0.12	0.087	0.033
목장	0.01	0.007	0.003
기타	0.59	0.430	0.160
계	4.91	3.58	1.33

자료: 청성면사무소

<표 3-29> 산계리 친환경농업 시범마을의 논 사용유형

벼 재배 유형		친환경농법				관행농법	전체 논면적
		오리 농법	왕우렁이 농법	쌀겨농법	IPM+INM (무농약)		
면적 (Km ²)	2003	0.1	0.06	0.02	0.44	0.09	0.71
	2004	0.025	0.53	0.024	0.071	0.06	

자료: 옥천군 농업기술센터

아) 산계리 친환경농업 시범마을 논과 밭의 토양 비옥도

<표 3-30>은 2002년부터 2004년까지 산계리 친환경농업 지역에서 조사된 논토양 비옥도를 나타내고 있다.

이 지역의 pH는 5.6~5.8로 적정수준보다 낮은 산성 상태를 보여주고 있다. 또한 유기물 함량도 적정수준에 못 미치는 약 1.6~1.7%수준을 유지하고 있다. 다만 유효 인산은 적정수준을 나타내고 있으며 2003년 보다 2004년이 더 적절한 값을 가진다. 치환성 양이온의 농도는 전체적으로 적정 화학성보다 낮은 것을 볼 수가 있으며 유효규산 또한 적정수준보다 낮은 것을 알 수가 있다. 이는 산계리 지역이 하천에 의해서 운반된 모래로 형성된 석천 및 강서통으로 토심 80cm정도로 되어있어 쉽게 물이 배수되는 특성을 가지고 있기 때문이다. 그러나 이런 낮은 수치에도 불구하고 최근 문제가 되고 있는 양분 과다집적에 의한 환경오염은 상대적으로 적어 친환경농업을 시범적으로 운용하기에는 적당한 곳이라 생각된다. <표 3-31>은 친환경농업지역이 아닌 옥천지역의 밭토양 비옥도 자료이다. 논토양과 마찬가지로 pH는 적정수준보다 낮은 상태이며 칼륨성분은 적정수준 이상으로 많다. 그러나 유기물함량과 기타 성분이 적절한 것으로 나타나 적당한 수준의 비옥도를 가지고 있는 것으로 나타났다.

따라서 밭농사가 활발하지 않은 산계리 지역의 토양 비옥도도 비슷한 수준일 것으로 사료된다.

<표 3-30> 산계리 친환경농업 지역에서의 논토양 비옥도

구분	pH	유기물 (%)	유효인산 (mg/Kg)	치환성 양이온(cmol ⁺ /kg)			유효규산 (mg/kg)
				칼륨	칼슘	마그네슘	
산계(2002)	5.6	1.6	87	0.23	3.9	0.9	84.5
산계(2003)	5.8	1.7	79	0.2	4.5	1.0	89
산계(2004)	5.7	1.7	90	0.19	3.2	0.8	88
전국	5.7	2.2	136	0.32	4.0	1.4	86
적정화학적성	6.0~6.5	2.5~3.0	80~120	0.4~0.5	5.0~6.0	1.5~2.0	130~180

주: 34개 토양 검정수의 평균값임.

자료: 옥천군 농업기술센터

<표 3-31> 옥천 지역에서의 밭토양 비옥도

구분	산도 (1:5)	유기물 (%)	유효인산 (mg/kg)	치환성 양이온(cmol/kg)		
				칼륨	칼슘	마그네슘
옥천	5.6	1.9	388	0.82	6.1	1.7
전국	5.9	2.0	572	0.79	5.5	1.5
적정화학적성	6.0~6.5	2.0~3.0	300~500	0.5~0.6	5.0~6.0	1.5~2.0

주: 옥천군 밭토양 비옥도 자료는 1995-99년 평균치임.

자료: 옥천군 농업기술센터

자) 비료 사용량

<표 3-32>은 산계리 친환경마을에서 2002년에 사용된 비료의 총량이다. 사용되어진 비료의 대부분이 논토양의 비옥도를 높여주기 위해서 사용되었다. 즉 토양개량제(규산)의 사용량이 전체 비료 사용량의 84.60%를 차지하고 있다. 이와 비슷하게 2003년도에 사용된 비료중 친환경농자재인 토양개량제와 퇴비가 차지하는 비율이 93.30%로 더 증가된 모습을 볼 수가 있다. 더욱이 2004년도에는 벼짚과 인근에서 생산되는 퇴비부산물의 양이 전체 93%정도로 2002년에 비해서 퇴비부산물 비료의 양이 약 10배 증가한 것을 알 수가 있으며 규산질비료와 요소가 사용되지 않은 것으로 나타났다.

<표 3-32> 산계리 친환경마을의 비료 사용량(2002년)

비료 종류	주문비료(BB)				토양 개량제 (규산)	퇴비 부산물 비료	요소	전체 사용량
	23-10-8	22-15-8	22-10-8	22-0-9				
사용량 (ton)	4.86	7.16	6.72	8.12	61.72	67.36	3.72	159.66

자료: 옥천군농업기술센터 (2002. 12)

<표 3-33> 산계리 친환경마을의 비료 사용량(2003년)

비료 종류	주문비료(BB)			토양 개량제 (규산)	퇴비 부산물 비료	요소	전체 사용량
	12-10-8	12-7-7	22-0-10				
사용량 (ton)	13.56	20.60	14.38	94.74	620	3.32	766.60

자료: 옥천군농업기술센터 (2003. 10)

<표 3-34> 산계리 친환경마을의 비료 사용량(2004년)

비료 종류	주문비료(BB)		토양 개량제 (규산)	퇴비 부산물 비료	요소	전체 사용량
	15-9-5	13-0-13				
사용량 (ton)	26	20.60	0	650	0	696.60

자료: 옥천군농업기술센터 (2004. 10)

<표 3-35>는 2003년 옥천면에서 판매된 화학비료 판매량이다. 2003년 산계리에서 사용된 비료 중 퇴비 부산물을 제외하면 146.6ton이 사용되어 산계리 지역에 있는 청성지소에서 판매된 양의 22.42%를 차지하고 있다는 것을 알 수가 있다.

<표 3-35> 옥천면 화학비료 판매량

사무소명	옥천 농협	안남 농협	안내 농협	청성지소	능월지소	청산 농협	이원 농협	군서 농협
매출수량 (ton)	1,411	10,606	675	654	565	1,486	1,414	612

자료: 옥천군농협지부 (2003. 12. 31)

차) 농약 사용량

<표 3-36>은 2003년 옥천면에서 판매된 농약을 나타내고 있다. 지역적 규모에 차이가 있기는 하지만 산계리 시범마을에 속한 청성지소 농협에서 판매된 농약의 수가 인접한 능월지소와 청산 농협, 안남 농협에서 판매된 농약수보다 적다는 것을 알 수 있다. 따라서 이런 현상은 친환경농법을 사용하여 병해충 및 잡초 농약살포를 기존의 관행 평균회수인 11회에서 3회로 줄인 결과인 것으로 생각되어진다. 따라서 무농약 인증신청이 증가한 2004년에는 산계리에서 사용된 농약량은 매우 적을 것으로 판단되어진다.

<표 3-36> 옥천면 농약 판매량

사무소명	옥천 농협	안남 농협	안내 농협	청성지소	능월지소	청산 농협	이원 농협	군서 농협
매출수량 (개)	49,723	10,606	25,284	10,488	13,879	60,080	11,105	11,479

자료: 옥천군농협지부 (2003. 12. 31)

카) 물 사용 현황

산계리 친환경농업 시범마을은 이 지역에 설치된 간이 상수도를 이용하고 있으며 <표 3-37>과 같이 1인당 하루 200~250ℓ를 이용하는 것으로 설계되어있다.

<표 3-37> 산계리 간이상수도 시설의 개요

설치년도	급수가구수(가구)	급수인구(명)	인구공급량(ton/일)
1994	105	267	66

자료: 옥천군청 환경수질과

2) 사례지역의 친환경농업 현황

가) 사례지역 선정 배경

청성면 산계리 친환경농업 시범마을은 담규제지역 친환경농업육성 사업의 일환으로 추진되는 사업으로써 정수처리 후 용수로도 음용이 가능한 하천수를 농업용수로 사용하고 있으며 오리농법, 왕우렁이농법, 쌀겨농법 및 IPM, INM등 친환경관련 농법을 모두 사용하는 곳으로 친환경농법의 유형에 따라 인근 환경에 어떤 영향을 주는지 평가할 수 있는 장점을 가진다. 또한 축산에 의한 오염부하를 배제할 수 있는 지역이다.

나) 친환경농업 실천동기

병해충종합관리기술(IPM)과 작물양분종합관리기술(INM)을 종합적으로 실천하는 시범마을을 조성하여 농약, 화학비료 등으로 인한 환경오염을 최소화하면서 재배기술을 실천하여 안전한 쌀 생산과 벼농사에 있어서 환경농업을 정착·확산시키기 위하여 시행되었다.

다) 기본 방향

(가) 친환경농업 시범마을은 토성, 지형, 관배수조건등이 비슷한 마을 단위, 들녘 단위로 집단화된 벼 재배지역을 대상으로 설치한다.

(나) 시범마을에 친환경 벼 재배기술을 3년간 연속적으로 시행하여 농업인 스스로 환경농업을 실천할 수 있는 능력을 배양하도록 한다.

(다) 시범마을 친환경 벼재배기술 보급을 위한 농업인 교육장을 활용하고 사업성과를 분석하여 벼농사에 있어 친환경농업기술체계 확립한다.

(라) 공동관리의 운영은 경작농가로 구성된 시범마을 운영협의회가 담당하며 관계기관 전문가로 구성된 전담지도팀은 운영협의회 임원과 함께 시범마을에 대한 지도 및 운영을 담당한다.

라) 사업 대상지역 현황

아래 <표 3-38>와 같이 청성면 산계리 친환경농업 시범마을 사업은 62ha(235필지) 97농가가 참여하며 청성면 농경지의 37.9%에 해당된다.

<표 3-38> 청성면 친환경농업 사업 대상지역 현황(2003)

구분	일반현황	시범마을 현황
사업대상지	충청북도 옥천군 청성면	충청북도 옥천군 청성면 산계리
농지 면적(ha)	농경지 면적 : 163.6 벼 재배면적 : 101.8	대상 농지 : 62.0(235필지)
농가수(농가)	307	참여 농가수 : 97

아래 표는 2002~2004년까지 산계리 친환경마을에서 진행된 사업추진 실적이다. 친환경농업 재배 면적은 2002년에 62ha에서 2004년에는 65ha로 늘어났으며 대상필지 및 참여농가수도 증가하였다. 또한 친환경사업과 관련된 총 예산은 1억5백만 원이며 영농실천비 및 지도운영비 조사재료비로 3년간 동일한 예산이 지원되었다.

<표 3-39> 연도별 사업추진 실적

구분	2002년	2003년	2004년
사업량(ha)	62	62	65
대상필지	235	235	249
참여농가수(농가)	97	97	100
사업비(백만원)	35	35	35

마) 시범마을조성 사업추진내용

(1) 토양 검정 및 시비 처방

2002~2004년까지 34점의 토양 검정을 실시하여 2002년도에는 235필지, 2003년도에는 235필지, 2004년 249필지에 대하여 질소는 12.6kg/10a, 인산은 3.4kg/10a, 칼리는 3.8kg/10a로 시비 처방을 실시하였다.

(2) 품종 비교 전시포 설치

전시면적 281평(2002)/240평(2003)/1,732평(2004)에 새추청벼 외 10개 품종(2002)/7개 품종(2003)/3개 품종(2004)에 대한 품종비교 전시포를 설치하여 양질다수성 벼품종을 비교 관찰하고 고 품질 벼를 자율적으로 선택하게 하였다.

<표 3-40> 품종 비교 전시포 수량 구성 요소(2003)

품종명	설향찰	새계화	석정	삼평	동진1호	일품	대안	추청	설갱	새추청	일미
주당 수수	19.8	16.8	18.4	16.2	17.1	15.6	15.1	15.3	15.4	16.1	15.6
주당 입수 수량	1881	1713	1653	1559	1864	1529	1585	1396	1527	1481	1505
(kg/10a)	519	541	523	541	521	511	522	449	513	523	513

(3) 비료 시용량별 전시포(2003)

전시면적 400평에 새추청벼에 대해 4개의 유형, 즉 관행구, 표준시비구(검정구), 0.75배 시비구(질소), 1.5배 시비구에 대해 비료 시용량별 전시포를 설치하여 비료 시용량별 생육 비교관찰을 시행하였다.

<표 3-41> 비료 시용량별 전시포의 시비량(2003)

구분 (kg/10a)	관행구	표준 시비구	0.75배 시비구	1.5배 시비구
질소	15.4	12.2	9.2	18.3
인산	10.4	3.0	3.0	3.0
칼리	8.5	3.0	3.0	3.0
계	34.3	18.2	15.2	24.3

<표 3-42> 비료 시용량별 전시포 수량조사 결과(2003)

구분	관행구	표준 시비구	0.75배 시비구	1.5배 시비구
수수	18.8	18.2	17.4	19.1
주당 입수	1673	1473	1413	1546
수량(kg/10a)	512	448	454	501
대비	114	100	101	112

(4) 문제점 및 개선 방안

2004년 친환경농업 시범마을조성 사업후 발생된 문제점들과 개선방안을 <표 3-43>에 나타내었다. 또한 친환경농법에 의해 생산되는 친환경 농산물생산의 판로가 불안정하므로 친환경농산물의 판매 구축을 위한 유통부분의 지원이 요구되며 농가소득의 안정과 친환경농업의 조기확산을 위해 친환경 인증농산물 생산농가에 대한 소득보전대책을 강화하여야한다.

<표 3-43> 산계리 친환경농업의 문제점 및 개선방안

문제점	개선 방안
- 토양유기물이 전반적으로 낮음	- 규산시용 및 호맥과중으로 지력 증진
- 일부농가 기준시비량보다 증량시비로 질소과비 도열병 우려	- 기준시비량을 사용해도 수량에 지장이 없음을 홍보 과비 사례 없도록 지도
- 무농약재배 농가 해충(벼물바구미, 먹노린재 등) 발생이 심함	- 우렁이농업에서 오리농법으로 전환
- 논바닥을 평탄하게 고르지 않은 필지 잡초발생이 심함	- 이앙전 썩레질을 고르게 하여 물위로 흩어 나 오지 않도록 지도
- 무농약이상 재배농가 비료의 감량으로 가지수 확보가 잘되지 않았음	- 이앙시 포기를 5포기 이상 식재로 가지수 확보토록 지도

바) 친환경농산물 품질인증 현황

<표 3-44>는 2004년까지 산계리 친환경농업 시범마을에서 생산된 친환경농산물의 품질인증 현황을 나타냈다. 2002년 인증농가가 없다가 2004년에 전체 면적 62ha를 중 28ha(45.16%)가 친환경농산물 품질인증을 받았다.

<표 3-44> 친환경농산물 품질인증 현황

구분	2002	2003	2004
면적(ha)	0	17	28

2. 사례지역의 오염측정 지점 및 오염도

가. 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구

1) 조사지역

가) 조사 시기 및 조사지점

조사시기는 벼농사 기간인 5월 중순부터 9월 초까지 하천의 유량이 흐르는 경우에 조사하였으며 조사대상은 홍동저수지를 중심으로 상류지역은 농가가 없는 상송리 최상류 지점을 기점으로 홍동저수지 유입구까지 흐르는 상송천, 장곡면 소재지를 통과하는 신도소하천 끝지점, 홍동저수지로 들어오는 지도소하천 끝지점을 조사하였으며 홍동저수지 하류지역은 삽교천을 기준으로 주변 소하천 및 용배수로를 대상으로 조사하였다. 아래 <그림 3-5>와 같이 총 12개의 측정지점을 조사하였다.



<그림 3-5> 홍동면, 장곡면 수질측정지점

(1) 지점 1(발원지)

지점 1은 상송리 상류에 위치해 있으며 농가나 논, 밭이 없는 지역으로 <그림 3-6>과 같이 하천 폭이 작은 지점이며 상류에 위치하여 수량이 매우 적다. 이런 조건 때문에 비가 내리지 않는 경우 물이 흐르지 않는 경우가 빈번히 발생한다. 따라서, 수질측정은 비가 내린 후 수량이 일정량 발생하여 유속이 생길 때를 기점으로 조사를 하였다.



<그림 3-6> 홍성 1지점 현장사진

(2) 지점 2(상송리 2구 마을 입구)

지점 1과 지점 3의 중간부분에 위치해 있으며 농경지로부터의 배출수가 들어오는 지점이다. 이 지점도 농번기에는 상류지역에서 하천의 물을 농업용수로 사용하기 때문에 유량이 없는 경우가 빈번히 발생하며 농번기 흙탕물에 의한 혼탁도가 매우 심한 경우가 많다.



<그림 3-7> 홍성 2지점 현장사진

(3) 지점 3(상송리 3구 버스정류장)

홍동저수지로 들어가는 상송천 끝부분 상류쪽에 위치하고 있으며 보를 설치하여 농번기에는 상류 쪽 물을 이용할 수 있게 되어있다. 모내기 시기에는 많은 토사가 발생하여 수질측정이 불가능한 경우가 생기며 물이 흐르지 않는 경우도 종종 발생한다.



<그림 3-8> 홍성 3지점 현장사진

(4) 지점 4(축사밑)

상송천이 저수지로 들어가는 끝부분 하류지역으로 인근에 있는 축사 폐수가 자주 유입되는 지점이며 낮은 보를 설치하여 물의 흐름이 없을 경우에는 축산 폐수 때문에 시각적으로 매우 탁하며 악취가 많이 나는 곳이다.



<그림 3-9> 홍성 4지점 현장사진

(5) 지점 5(도산리 끝)

홍동저수지로 유입되는 신도소하천의 끝지점으로 홍동저수지의 수위가 높을 때는 거의 흐름이 발생하지 않는 지점으로 장곡면의 생활하수 및 축산폐수가 유입되는 지점이다.



<그림 3-10> 홍성 5지점 현장사진

(6) 지점 6(지정리 버스정류장)

홍동저수지로 유입되는 소하천인 지도하천의 끝지점이며 아래와 같이 보를 설치하여 농번기에 물을 저장시켜 인근 논에 용수로 사용되고 있다.



<그림 3-11> 홍성 6지점 현장사진

(7) 지점 7(홍동저수지 원수)

홍동저수지로부터 농업용수로 공급되기 위하여 설치된 관거의 처음지점이며 농번기에는 계속하여 물이 흐르는 상태이며 저수지 유출수는 관거아래 하천으로 흐른다.



<그림 3-12> 홍성 7지점 현장사진

(8) 지점 8(화신교)

홍동저수지 유출수와 농업용 용수가 만나서 하천을 이루는 지점으로 장곡면 지정리와 홍동면 화신리 사이에 있다.



<그림 3-13> 홍성 8지점 현장사진

(9) 지점 9(화문교)

문당리에서 내려오는 농업배수, 생활배수와 상류에서 내려오는 하천이 만나는 지점이다.



<그림 3-14> 홍성 9지점 현장사진

(10) 지점 10(신홍원교)

홍원리에서의 농업배출수 및 축사폐수가 하천으로 유입되는 지점이다. 아래 그림처럼 하천 바닥의 모래에 갈색의 퇴적물이 많이 쌓여 있으며 악취가 발생하기도 한다.



<그림 3-15> 홍성 10지점 현장사진

(11) 지점 11(구홍원교)

홍원리에서 유입된 소하천과 홍동저수지에서 내려오는 삽교천이 만난 후 충분히 혼합되는 지점이다. 유속이 작은 경우에는 홍원리에서 유출된 가축폐수의 침전물이 쌓이기도 한다.



<그림 3-16> 홍성 11지점 현장사진

(12) 지점 12(운월교)

운월교 아래 지점으로 금평리에서 유입되는 소하천과 삼교천 물이 합류되어 충분히 혼합되는 지점이다. 그러나 농업용수로 사용하기 위해서 하천아래 지점에 보를 설치하여 물을 가두어 두어서 이곳까지 물이 항상 정체되어 있는 상태이며 인근의 토사유입 때문에 물이 혼탁한 경우가 많다. 또한 인근의 축사의 영향으로 악취가 발생하기도 한다.



<그림 3-17> 홍성 12지점 현장사진

나) 조사 방법 및 조사 항목

조사방법은 상류지역인 지점 1부터 차례로 아래로 내려오면서 시료를 채취하였다. 또한 각각의 측정지점에서 직접 시료를 채취하여 온도, pH, EC, DO항목에 대해서는 현장 측정기를 사용하여 측정, 기록한 후 미리 준비된 시료보관함에 넣어 실험실로 옮겨 나머지 항목에 대해 분석하였다. 유량은 유속계와 하천단면을 측정하여 측정하였으며 유량이 적어 유속이 발생되지 않는 곳은 측정을 하지 않았다. 분석항목은 pH, EC, COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, TN, TP이며 이지역의 유출특성을 비교하기 위해 BOD항목을 추가적으로 측정하였다.

2) 수질오염도

(1) 하천수질

아래 <표 3-45>는 2004년도 장곡면 및 홍동면에서 측정된 조사지점별 수질 측정 자료이다.

대체적으로 상류에서 하류지점으로 내려갈수록 수질오염이 심해지는 것을 볼 수가 있으며 홍동저수지에 상류에서 발생된 모든 오염원들이 축적되고 저수지 유량이 증가하여 오염물질 농도가 다소 낮아지지만 저수지에서 배수된 하천수가 홍동면 인근에서 발생된 오염물질들에 의해서 상류보다 더 크게 오염되는 것으로 나타났다. <그림 3-18>은 측정지점들에서 측정된 COD, TN에 대한 변화를 나타내고 있다. 이 그림에서 지점 4 지역과 지점 10의 COD 및 TN값이 높게 나타나고 있는데 이는 인근축사에서 배출된 축산폐수에 의한 것이며 수질에 나쁜 영향을 주는 것으로 나타났다.

<표 3-46>는 조사시기별 수질특성을 나타내었다. 강수량에 의한 영향이 매우 크지만 대체적으로 비를 심기 시작하는 5월 6월의 수질이 장마철과 9월의 수질보다 좋지 않은 것을 알 수가 있다.

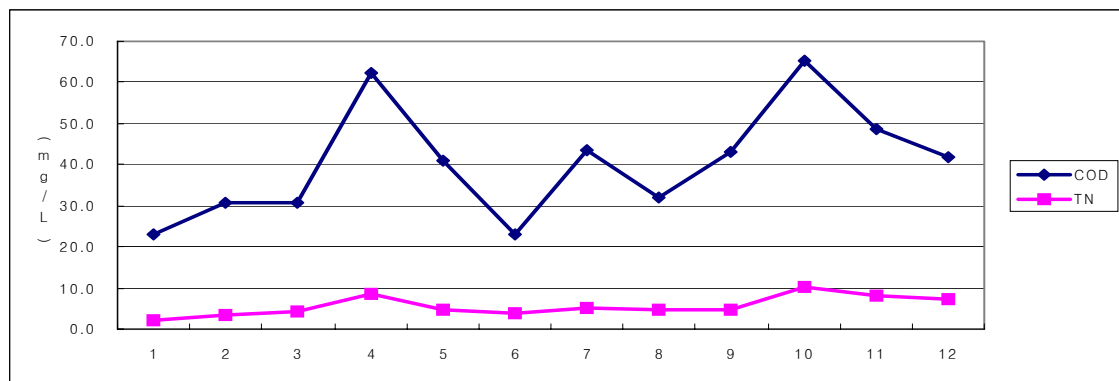
<표 3-45> 조사지점별 수질특성(홍동면, 장곡면)

조사 위치	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	TN	TP	CODcr
		dS/m	mg/L					
1	7.3	0.17	0.10	0.65	0.03	2.30	0.05	23.2
2	7.1	0.37	0.15	1.56	0.03	3.41	0.11	30.5
3	7.3	0.43	0.15	1.65	0.06	4.07	0.13	30.6
4	7.1	0.60	2.15	3.42	0.31	8.53	0.35	62.3
5	7.3	0.52	0.33	2.66	0.10	4.83	0.16	41.0
6	7.2	0.45	0.16	1.77	0.10	3.84	0.14	23.2
7	7.4	0.42	0.75	1.99	0.12	5.31	0.17	43.6
8	7.4	0.40	0.24	1.76	0.12	4.49	0.22	32.0
9	7.5	0.44	0.27	1.77	0.15	4.59	0.24	43.1
10	7.4	0.71	2.54	4.41	0.53	10.26	0.63	65.3
11	7.4	0.51	1.02	2.54	0.27	8.04	0.41	48.7
12	7.6	0.52	0.62	3.08	0.25	7.06	0.41	41.8

주: 1: 발원지(최상류), 2: 상송리 2구 마을입구, 3: 상송리 3구 버스정류장 4: 축사밀, 5: 도산리 끝

6: 지정리 버스정류장, 7: 저수지 원수, 8: 화신교, 9: 화문교, 10: 신흥원교, 11: 구흥원교, 12: 윤월교

자료: 농업과학기술원



<그림 3-18> 조사지점별 COD, TN 농도의 변화

<표 3-46> 조사시기별 수질특성(홍동면, 장곡면)

조사일시	pH	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	TN	TP	CODcr
		dS/m	mg/L					
5월27일	7.4	0.72	1.73	1.86	0.22	7.98	0.35	93.9
6월08일	7.3	0.65	1.06	3.38	0.13	6.76	0.24	41.8
6월23일	7.4	0.36	0.83	2.64	0.15	6.78	0.27	41.5
6월29일	7.5	0.36	0.09	1.36	0.05	4.12	0.15	68.8
7월22일	7.2	0.35	0.32	3.72	0.04	5.33	0.24	39.3
8월8일	7.3	0.42	0.33	1.23	0.05	3.05	0.16	16.9
9월6일	7.3	0.39	0.60	1.80	0.32	4.09	0.32	17.0
9월9일	7.4	0.43	0.15	1.30	0.29	5.47	0.23	23.8
평 균	7.4	0.46	0.64	2.16	0.16	5.45	0.24	42.9

자료: 농업과학기술원

<표 3-47>은 수계별 농업용 지표수의 평균 수질값이다. 이 값과 홍동면, 장곡면에서 측정된 평균값을 비교해보면 모든 항목에서 농도가 높게 나오는 것으로 나타나 오염이 된 상태라는 것을 판단할 수가 있다.

<표 3-47> 2001년 수계별 농업용 지표수의 평균 수질

조사일시	항목	EC	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	CODcr
		dS/m	mg/L			
2001	농도	0.188	0.43	2.05	0.045	17.26

자료: 농업과학기술원

(2) 홍동저수지 수질

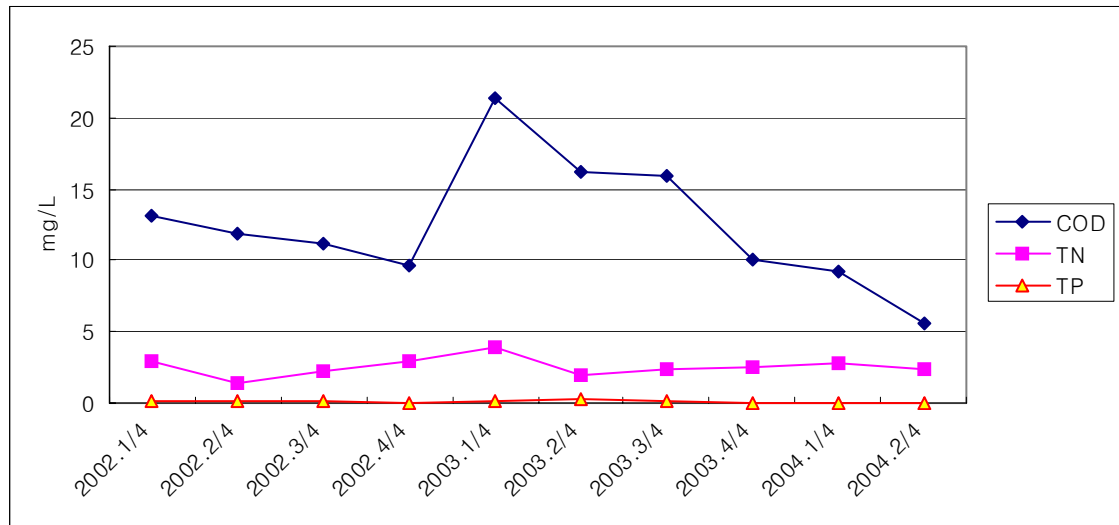
아래 <표 3-48>은 분기별로 측정되어진 홍동저수지의 수질 자료이다.

3년간의 수질평균은 COD 12.42mg/L, TN 2.54mg/L, TP 0.104mg/L로 <그림 3-19>와 같이 COD 인 경우는 2003년 1/4분기에 가장 높은 후 계속 좋아지는 것을 볼 수가 있으나 TN 과 TP는 뚜렷한 개선이 보이지 않고 있다. 따라서 <표 3-49>에 제시되어 있는 부영양화 기준으로 평가해 보면 현재의 홍동저수지는 부영양화 또는 과영양화 상태에 있는 것으로 나타났다.

<표 3-48> 홍동저수지 수질검사 결과

검사분기	검 사 항 목(mg/L)						
	BOD	COD	SS	TN	TP	NO ₃ -N	NH ₃ -N
2002. 1/4	10.8	13.1	10.8	2.888	0.08	-	-
2002. 2/4	6.2	11.9	5.2	1.363	0.1	-	-
2002. 3/4	7.2	11.2	21.5	2.255	0.081	0.361	0.687
2002. 4/4	8.1	9.7	9.2	2.976	0.063	1.262	0.536
2003. 1/4	14.3	21.3	20.0	3.928	0.167	1.333	0.2
2003. 2/4	9.5	16.2	4.0	1.896	0.327	0.024	0.599
2003. 3/4	6.0	15.9	13.0	2.397	0.074	1.37	0.21
2003. 4/4	3.7	10.1	10.4	2.499	0.032	1.295	0.282
2004. 1/4	6.4	9.2	9.6	2.845	0.059	1.522	0.929
2004. 2/4	2.8	5.6	1.6	2.371	0.058	1.608	0.244

자료: 홍성군청 환경도시과



<그림 3-19> 홍동저수지의 수질변화

<표 3-49> 부영양화 판정기준

구 분	영양상태	T-N ($\mu\text{g/L}$)	T-P ($\mu\text{g/L}$)	Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	투명도 (m)
Vollenweider	극빈영양	< 200	< 5	-	-
	빈중영양	200 ~ 400	5 ~ 10	-	-
	중영양	300 ~ 650	10 ~ 30	-	-
	중부영양	500 ~ 1,500	30 ~ 100	-	-
	부영양	> 1,500	> 100	-	-
Forsberg & Ryding	빈영양	< 400	< 15	< 3	> 4.0
	중영양	400 ~ 600	15 ~ 25	3 ~ 7	4.0 ~ 2.5
	부영양	600 ~ 1,500	25 ~ 100	7 ~ 40	2.5 ~ 1.0
	과영양	> 1,500	> 100	> 40	< 1.0
OECD	극빈영양	-	< 4.0	< 1.0	> 12.0
	빈영양	-	< 10	< 2.5	> 6.0
	중영양	-	10 ~ 35	2.5 ~ 8	6.0 ~ 3.0
	부영양	-	35 ~ 100	8 ~ 25	3.0 ~ 1.5
	과영양	-	> 100	25 ~ 75	< 0.7

자료: 농어촌연구원, 농업배수의 수질오염(질소, 인) 저감을 위한 환경친화적 농업기반정비 방안(I), 2002. 12

(3) 지하수 수질

홍동면과 장곡면에는 마을상수도가 설치되지 않은 관계로 다른 지역에 비해 지하수를 음용수로 많이 사용하고 있다. 또한 생활용수 및 농업용수 일부분도 지하수를 사용하고 있다. 따라서 홍동면, 장곡면의 지하수 수질을 알아보기 위해서 정기검사 및 인허가를 위해 측정되었던 수질검사성적서의 data를 활용해 간접적으로 대상지역의 지하수 수질을 나타내었다. 지하수의 용도는 크게 생활용수,

농업용수, 공업용수, 음용수로 구분되어 있으나 홍동면과 장곡면에서 공업용수이용 사례가 없으며 주로 음용수와 농업용수, 생활용수 목적으로 지하수를 이용하고 있다.

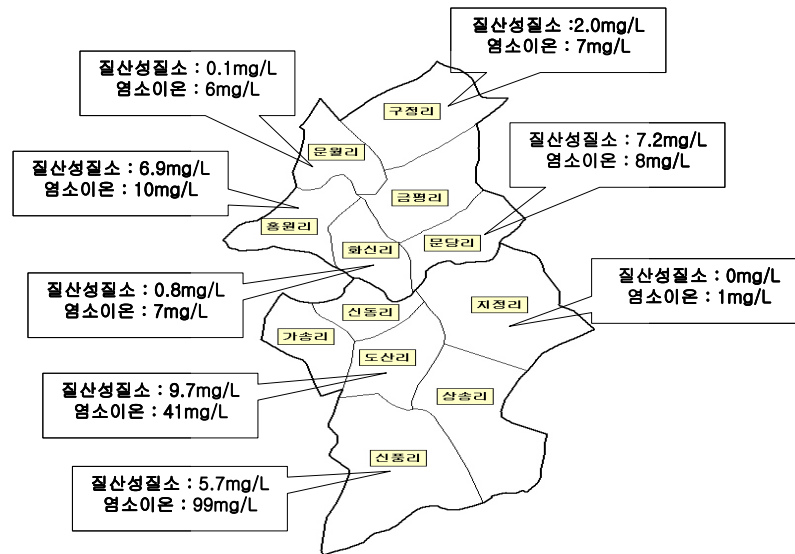
아래 <표 3-50>과 <그림 3-20>은 현재 사용되고 있는 지하수의 수질 결과로, 채수일시와 이용목적에 따라 수질에 많은 변화가 있는 것으로 판단을 된다. 또한 모든 지하수 수질이 수질기준을 만족하고 있는 것으로 나타났다.

<표 3-50>과 같이 생활용수인 경우 축산대단위 시설이 존재하는 홍원리보다 신동리가 질산성질소 성분이 조금 높은 것을 알 수가 있으며 염소이온의 경우 이와는 반대로 홍원리가 크게 높은 것을 알 수가 있다. 농업용수의 경우는 축산이 더 많이 있는 가송리의 질산성농도가 약 2배 높지만 염소농도는 신동리가 훨씬 높은 것을 볼 수가 있다.

<그림 3-20>는 음용수 수질 측정값을 나타내었다. 음용수 수준기준은 질산성질소인 경우 10mg/L 이하이며 염소이온인 경우는 250mg/L로 측정된 값들 모두 기준을 만족하나 도산리, 문당리, 홍원리, 신평리 순으로 질산성질소 농도가 높은 것을 볼 수가 있다. 특히 홍원리보다 문당리의 질산성 질소가 높게 나타나고 있는데 이는 문당리에 흐르는 지하수가 논밭에 유입된 물이 지하로 흘러들어가 생성되는 지하수일 가능성이 커 논밭에 유기물질이나 친환경 퇴비속의 질소성분이 침투가 되어서 약간 높은 농도로 질산성질소가 존재할 가능성이 있는 것으로 판단된다.

<표 3-50> 홍동면, 장곡면의 사용목적에 따른 지하수 수질

사용목적	측정지역	측정치(mg/L)		기준
		질산성질소	염소이온	
생활용수	신동리	19.0	14.0	질산성질소:20mg/L이하 염소이온:250mg/L이하
	홍원리	16.0	34.0	
농업용수	신동리	5.6	116.0	
	가송리	11.1	11.0	



<그림 3-20> 홍동면, 장곡면 음용수 수질

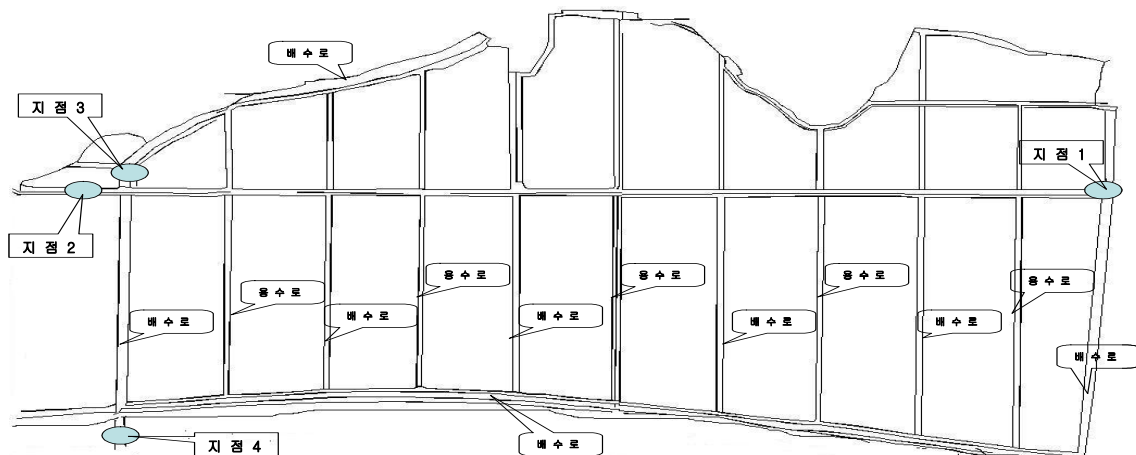
나. 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범마을

1) 조사지역

가) 조사 시기 및 조사 지점

조사시기는 5월 말부터 9월초까지 4회 측정하였다.

조사지점은 농업용수원수 유입구부터 용배수로를 거쳐 배수구까지 친환경마을 전체 65ha중 총 31.59ha의 면적을 가지는 대상지역에 총 4개 지점을 정하여 수질측정을 하였다.



<그림 3-21> 옥천군 청성면 산계리 측정지점

(1) 지점 1

산계 3구로 들어오는 용수로이며 이곳에서 모든 용수가 공급되어진다. 또한 용수, 배수로가 잘 정리되어있어 시료를 채취하기와 현장분석이 매우 용이한 지점이다.



<그림 3-22> 옥천 1지점 현장사진

(2) 지점 2

친환경농업마을의 2/3지점이며 이곳에서 용수로가 갈라지면서 인근 논을 통과해 지점 3, 4로 배수가 된다.



<그림 3-23> 옥천 2지점 현장사진

(3) 지점 3

지점 1에서 일부 유입된 용수가 배수되어서 흐르는 하천으로 산계리 마을과 인근 임야에서 발생하는 물이 흘러 지점 4로 배출되는 지점이다.



<그림 3-24> 옥천 3지점 현장사진

(4) 지점 4

지점 1에서 각 용수로에 유입된 물이 배수구를 통해 이곳에 모아지며 이 모아진 배출수들은 보청천으로 들어간다. 가뭄이 심할 경우 보를 쌓아서 물을 저장하여 사용하기도 한다.



<그림 3-25> 옥천 4지점 현장사진

나) 조사 방법 및 조사 항목

물의 흐름에 따라 지점 1, 지점 2, 지점 3, 지점 4 순으로 시료를 채취하여 온도, pH, EC, DO항목에 대해서는 현장 측정기를 사용하여 측정 기록한 후 미리 준비된 시료보관함에 넣어 실험실로 옮겨 나머지 항목에 대해 분석하였다. 유량은 유속계와 하천단면을 측정하여 계산하였다.

분석항목은 pH, EC, COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, TN, TP이며 이지역의 유출특성을 비교하기 위해 BOD 항목을 추가적으로 측정하였다.

2) 수질오염도

<표 3-51>과 같이 조사 위치에 따른 수질변화는 항목간에 많은 차이가 있으나 유입수인 지점1과 최종배출수 지점인 지점4 값을 비교하면 TN, COD, 질산성질소는 농도가 낮아지며 암모니아성질소와 인의 경우는 높아지는 경향을 볼 수가 있다.

<표 3-51> 조사지점별 수질특성(옥천)

조사 위치	pH	EC	$\text{NH}_3\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{PO}_4\text{-P}$	TN	TP	CODcr
		dS/m	mg/L					
1	7.6	0.33	0.05	2.21	-	3.45	0.05	32.0
2	7.5	0.33	0.06	2.10	-	3.46	0.05	29.7
3	7.5	0.30	0.05	1.63	0.02	3.32	0.07	26.9
4	7.5	0.32	0.11	1.83	0.02	3.13	0.11	22.8

주: 1: 원수유입지점, 2: 원수최종지점, 3: 지천(마을), 4: 배출지점

자료: 농업과학기술원

<표 3-52>는 조사시기별 수질특성을 나타내고 있다. 홍성측정과 마찬가지로 논농사가 시작되는 5월보다는 9월에 수질이 양호해지는 것을 알 수가 있으며 COD_{Cr}값과 EC값이 2001년 수계별 하천수의 수질농도보다 높으며 기타 항목에서는 매우 양호한 것으로 나타났다.

<표 3-52> 조사시기별 수질특성(옥천)

조사 일시	pH	EC	NH ₃ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	TN	TP	COD _{Cr}
		dS/m	mg/L					
5월 24일	7.6	0.37	0.10	3.74	0.01	4.35	0.16	41.9
6월 11일	7.5	0.36	0.00	1.61	0.00	3.05	0.03	26.0
6월 23일	7.3	0.35	0.13	2.01	0.01	4.32	0.04	32.2
9월 08일	7.8	0.20	0.03	0.42	0.02	1.65	0.04	11.3
평 균	7.5	0.32	0.07	1.94	0.01	3.34	0.07	27.9

주: 1: 원수유입지점, 2: 원수취종지점, 3: 지천(마을), 4: 배출지점

자료: 농업과학기술원

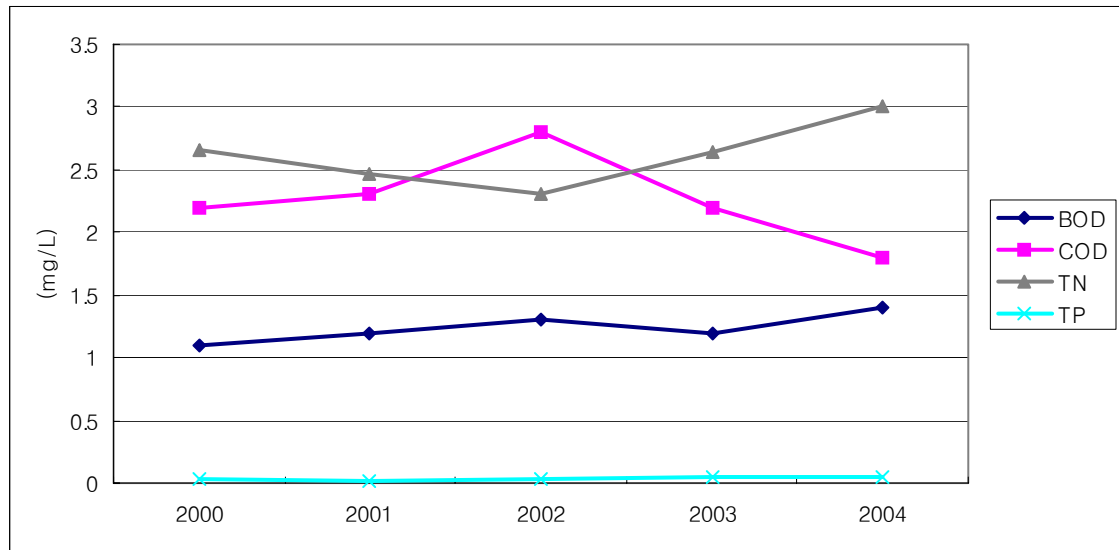
<표 3-53>는 산계리 친환경농업 마을 농업용수로 사용되는 보청천의 수질변화를 인근에 위치한 환경부 수질측정망 자료를 이용하여 나타내었다. 2000~2004년까지 보청천은 수질등급 2등급을 유지하는 것으로 나타났다. 또한 <그림 3-26>을 통해 2002년을 기점으로 COD_{Mn}농도는 매년 감소되고 있으나 다른 항목들은 증가되고 있는 것을 볼 수가 있다.

사례지역 원수에 대한 수질측정값이 <표 3-53>에 나타난 수질에 비해 높게 나오는 경향이 있다. 이는 사례지역 원수가 인근의 농업지역을 거친 후 유입되고 있으며 COD인 경우 COD_{Cr}법을 사용하여 측정하였기 때문에 더 높은 값을 나타내고 있다.

<표 3-53> 보청천 수질변화

연도	BOD	COD _{Mn}	NH ₄ -N	NO ₃ -N	TN	TP
	mg/L					
2000	1.1	2.2	0.023	2.287	2.664	0.026
2001	1.2	2.3	0.014	1.96	2.471	0.023
2002	1.3	2.8	0.07	1.679	2.306	0.032
2003	1.2	2.2	0.015	1.888	2.633	0.04
2004	1.4	1.8	0.007	1.899	3.007	0.044
평 균	1.2	2.3	0.026	1.943	2.616	0.033

자료: 환경부 홈페이지 <http://water.nier.go.kr/>



<그림 3-26> 보청천 수질변화(2000~2004년)

제4장 친환경농업 시스템의 환경오염부하의 종합평가

본 장에서는 친환경농업 사례지역으로 선정된 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구와 관행 농업지역인 홍동저수지 인근의 장곡면 일대, 충청북도 옥천군 청산면 산계리 친환경농업 시범마을에 대한 오염부하량 산정 및 오염원 분석 결과를 토대로 사례지역의 유출특성을 평가하였으며 수질, 생물다양성, 토양오염, 농자재사용량등에 대한 비교를 통해 관행농업과 친환경농업이 환경에 미치는 영향을 평가하여 친환경농업체계로의 전환에 따른 환경영향을 종합적으로 분석하였다.

1. 사례지역의 오염부하량 산정

부하량이란 수질오염의 원인이 되는 오염물질들의 총량이며 이런 오염물질을 최초로 생성하는 원인자 또는 원인행위를 수질오염원이라한다. 또한 이로부터 발생하는 오염물질의 양인 발생부하량과 오염원으로부터 발생한 오염물질 일부가 오수처리시설, 종말처리시설 등의 각종처리시설을 거쳐 수계로 배출되는 오염물질의 양을 배출부하량이라 한다. 이와 같이 발생부하량 및 배출부하량의 총합을 부하량이라하며 사례지역에서 발생하는 오염원에는 인구에 의한 생활 오·폐수, 산업, 축산, 논·밭에서 발생하는 비점오염들이 포함된다. 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구와, 장곡면, 충북 옥천군 청산면 산계리 친환경농업 시범 마을은 실측 원단위가 없기 때문에 환경부에서 제시한 원단위를 사용하였으며 부하량 계산은 「오염총량관리계획수립지침」 환경부고시 제1999-143호에 따라 산정하였다.

가. 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구

1) 발생부하량⁴⁾⁵⁾

가) 인구에 의한 발생부하량

인구에 의한 대상물질 발생부하량은 해당지역에 거주하는 인구에 발생원단위를 곱하여 산정하며 해당 인구 발생원단위는 <표 4-1>과 같다. 따라서 홍동면 삼교천 유역은 비시가화 지역으로 구분되며 해당 지역의 인구 형태가 모두 가정에 해당하기 때문에 다음 <표 4-1>의 인구 발생원단위를 사용하면 다음과 같이 계산된다.

4) 환경부, 「한강수계 오염총량관리제 시행방안 연구 최종보고서」, 2000. 1

5) 환경부, 「오염총량관리계획수립지침(안)」 환경부고시 제1999-143호, 1999. 9

<표 4-1> 인구 발생원단위

구 분 (g/인·일)		BOD	총질소(TN)	총인(TP)
시가화	가정	50	10.5	1.2
	영업	26	8.0	0.7
비시가화	가정	49	13.2	1.5
	영업	26	8.0	0.7

(1) BOD에 의한 발생부하량

홍동면 친환경농업지구 삼교천 유역에 거주하는 인구는 <표 3-6> 홍동면 친환경농업지구 삼교천 유역의 인구에 나타난 것처럼 총 2,115명이며 이 인구에 대한 BOD 발생부하량은 다음과 같이 계산하면 1일 103.64kg이 발생한다. 또한 장곡면 지역의 인구는 총 1,993명이며 이 인구에 대한 BOD 발생부하량은 1일 97.66kg이 발생한다. 따라서 홍성지역의 총 BOD 발생부하량은 201.29kg/일이다.

구 분			인구(명)	원단위(g/인·일)	발생부하량(kg/일)
비시가화	가정	홍동면	2,115	49	$2,115 \times 49 = 103.64$
		장곡면	1,993		$1,993 \times 49 = 97.66$

(2) 총질소(TN)에 의한 발생부하량

BOD 계산과 동일하게 아래와 같이 계산하면 인구에 의한 총질소(TN)의 발생부하량은 1일 54.23kg이며 홍동면은 27.92kg/일, 장곡면은 26.31kg/일이 발생한다.

구 분			인구(명)	원단위(g/인·일)	발생부하량(kg/일)
비시가화	가정	홍동면	2,115	13.2	$2,115 \times 13.2 = 27.92$
		장곡면	1,993		$1,993 \times 13.2 = 26.31$

(3) 총인(TP)에 의한 발생부하량

총질소(TN) 계산과 동일한 방법으로 총인(TN) 원단위를 곱해주어서 총인(TP)의 발생부하량을 구하면 홍동면은 3.17kg/일, 장곡면은 2.99kg/일로 총 1일 6.16kg가

발생한다.

구 분			인구(명)	원단위(g/인·일)	발생부하량(kg/일)
비시가화	가정	홍동면	2,115	1.5	$2,118 \times 1.5 = 3.17$
		장곡면	1,993		$1,993 \times 1.5 = 2.99$

따라서, 홍동면 삼교천 유역의 인구에 의해 발생하는 부하량은 1일 BOD는 103.64kg, 총질소(TN)는 27.92kg, 총인(TP)은 3.17kg이며 장곡면 1일 BOD 부하량은 97.66kg, 총질소는 26.31kg, 총인은 2.99kg이며 홍성 사례지역의 총 발생부하량은 BOD, TN, TP, 각각 201.29kg/일, 54.23kg/일, 6.16kg/일이 된다.

나) 축산에 의한 발생부하량

아래 <표 4-2>는 축종별 발생원단위를 나타내었다. 이 원단위를 이용하여 <표 4-3>에 나타낸 홍동면 친환경농업지구 삼교천 유역의 축산두수와 장곡면 지역을 대상으로 발생부하량을 계산하면 다음과 같이 계산할 수 있다.

<표 4-2> 축종별 발생원단위

축종 항목	구분	한우	젓소	돼지	양	사슴	가금
BOD (g/두·일)	합계	528	556	109	17	17	5
	분	485	516	96	12	12	5
	노	43	40	13	5	5	0
TN (g/두·일)	합계	116.8	161.8	27.7	9.5	9.5	1.1
	분	80.8	115.6	16.0	2.6	2.6	1.1
	노	36.0	46.2	11.7	6.9	6.9	0.0
TP (g/두·일)	합계	36.1	56.6	12.2	1.4	1.4	0.4
	분	34.3	54.1	11.2	1.1	1.1	0.4
	노	1.8	2.5	1.0	0.3	0.3	0.0

<표 4-3> 홍동면 친환경농업지구 삼교천유역 및 장곡면 축산현황

지역	축종(두)	한우	젓소	돼지	산양	사슴	가금	
							닭	오리
홍동면		2,816	852	26,280	157	127	100,155	30,567
장곡면		1,629	-	25,414	179	46	97	17,343
합계		4,445	852	51,694	336	173	100,252	47,910

(1) BOD에 의한 발생부하량

아래와 같이 계산하면 홍동면 친환경농업지구에서 축산에 의해 발생하는 BOD 발생부하량은 1일 5,483.52kg이 된다. 또한 장곡면지역에서 발생하는 BOD 발생부하량은 홍동면의 67.86%인 3,721.26kg/일이다. 따라서 홍동면, 장곡면 대상지역에서 발생하는 총 BOD부하량은 9,204.78kg/일이다.

홍동면, 장곡면에서 오리사육으로 발생하는 BOD부하량은 전체 부하량의 1.66%, 0.94%로 총 2.60%의 비율을 차지하고 있어 전체 발생부하량 발생에 기여율 정도가 낮은 것을 알 수가 있다.

합계(kg/일)	종류	소계(kg/일)	축종별 발생부하량(g/일)	
5,483.52	분	4,985.29	한우	$2,816(\text{두}) \times 485(\text{g/두} \cdot \text{일}) = 1,365,760$
			젓소	$852 \times 516 = 439,632$
			돼지	$26,280 \times 96 = 2,522,880$
			산양	$157 \times 12 = 1,884$
			사슴	$127 \times 12 = 1,524$
			가금	닭 $100,155 \times 5 = 500,775$
				오리 $30,567 \times 5 = 152,835$
	노	498.23	한우	$2,816 \times 43 = 121,088$
			젓소	$852 \times 40 = 34,080$
			돼지	$26,280 \times 13 = 341,640$
			산양	$157 \times 5 = 785$
			사슴	$127 \times 5 = 635$
			가금	닭 $100,155 \times 0 = 0$
				오리 $30,567 \times 0 = 0$

(2) 총질소(TN)에 의한 발생부하량

위 축종별 발생원단위 TN값을 가축수에 곱해서 위의 BOD에 의한 발생부하량 계산과 같이 하면 홍동면에서 발생하는 TN 발생부하량은 1일 1,341.21kg이며 장곡면에서 발생하는 TN 발생부하량은 1일 915.56kg로 홍성지역에서 1일 총 2,256.77kg의 TN이 발생된다. 또한 오리사육이 미치는 영향은 전체 부하량의 2.34%를 차지하는 것으로 나타났다.

(3) 총인(TP)에 의한 발생부하량

총인(TP)도 총질소와 동일한 방법을 이용하여 계산하면 홍동면에서 1일 523.18kg, 발생하며 장곡면에서는 1일 376.15kg의 총인이 발생된다.

따라서 홍동면, 장곡면의 축산에 의해서 발생하는 총 BOD 부하량은 9,204.78kg/일, TN은 2,256.77kg/일, TP는 899.33kg/일이다.

다) 산업폐수에 의한 발생부하량

홍동면에 설치되어 운영되고 있는 시설은 2곳이지만 폐수가 발생되지 않는 시설인 (주)대흥 비닐제조공장을 제외하면 바른식품 1곳만 산업폐수를 배출하여 오염부하량을 발생시킨다.

(1) BOD에 의한 발생부하량

아래의 계산과 같이 하루에 발생하는 산업폐수에 의한 BOD 발생부하량은 1일 3.84kg이다.

업소명	업종	주요생산품	폐수량 (m ³ /일)	발생원단위 (g/m ³)	발생부하량 (g/일)
바른식품	조미료 및 식품첨가물 제조시설	된장, 고추장	2m ³	1,920	3,840

(2) 총질소(TN)에 의한 발생부하량

BOD에 의한 발생부하량과 동일한 방법으로 아래에 같이 계산한 총질소 발생부하량은 1일 0.19kg이다.

업소명	업종	주요생산품	폐수량 (m ³ /일)	발생원단위 (g/m ³)	발생부하량 (g/일)
바른식품	조미료 및 식품첨가물 제조시설	된장, 고추장	2m ³	93.9	187.8

(3) 총인(TP)에 의한 발생부하량

총질소와 동일한 방법으로 총인의 발생부하량을 산정하면 1일 0.03kg의 총인 발생부하량이 생성된다.

따라서 홍동면 친환경지구 삼교천유역에 인접한 산업시설에서 삼교천으로 배출되는 산업 발생부하량은 BOD 3.84kg/일, 총질소 0.19kg/일, 총인 0.03kg/일이다.

라) 비점오염원에 의한 발생부하량

토지로부터 발생하는 부하량은 해당지역의 지목별 토지면적에 따른 발생원단위를

적용하여 추정하며 비점오염원에 의한 발생부하량에 사용되는 발생원단위는 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 토지이용 목적별 발생원단위

구분 (kg/km ² · 일)	BOD	TN	TP
논	2.3	6.56	0.61
밭	1.6	9.44	0.24
임야	1.0	2.20	0.14
대지	85.9	13.69	2.10
목장	35.1	5.37	1.72
기타	1.0	0.06	0.03

(1) BOD에 의한 발생부하량

<표 4-4>의 토지이용 목적별 발생원단위 중 BOD원단위를 이용하여 홍성면 친환경농업지구에 대한 비점오염원에 의한 발생부하량을 계산하며 다음과 같이 1일 129.45kg의 발생부하량이 생성된다. 또한 장곡면에 대한 1일 발생부하량은 128.12kg이다. 따라서 이 지역의 총 BOD발생부하량은 257.57kg/일이다.

구분	면적 (km ²)	BOD발생원단위 (kg/km ² · 일)	BOD 발생량 (kg/일)
논	4.48	2.3	4.48×2.3 = 10.30
밭	3.27	1.6	3.27×1.6 = 5.23
임야	4.69	1.0	4.69×1.0 = 4.69
대지	1.21	85.9	1.21×85.9 = 103.94
목장	0.12	35.1	0.12×35.1 = 4.21
기타	1.07	1.0	1.07×1.0 = 1.07
합계	14.84		129.45

(2) 총질소(TN)에 의한 발생부하량

위 BOD에 의한 발생부하량계산과 동일한 방법을 사용하여 토지로부터의 총질소 발생부하량을 계산하면 홍동면의 경우 1일 87.85kg이 발생하며 장곡면의 경우는 89.04kg/일이 발생된다.

(3) 총인(TP)에 의한 발생부하량

총인도 총질소와 동일한 방법으로 계산하면 홍동면의 경우 1일 6.95kg의 발생부하

량이 생성되며 장곡면의 경우 7.21kg/일이 발생한다.

따라서 <표 4-5>과 같이 홍동면의 발생원별 발생하는 총 발생부하량은 BOD는 5,720.42kg/일, TN은 1,457.17kg/일, TP는 533.33kg/일이며 축산에 의한 오염부하 BOD는 전체의 95.86%, TN은 92.04%, TP는 98.10%가 생성된다. 한편 장곡면의 경우 BOD는 3,947.04kg/일, TN의 경우 1,030.91kg/일, TP인 경우에는 386.35kg/일로 발생함을 알 수가 있다. 장곡면의 경우도 홍동면과 같이 축산에서 대부분의 오염물질이 발생된다.

<표 4-5> 홍동면 친환경농업지역의 오염원별 총 발생부하량

구분, 항목	발생원	인구 (Kg/일)	축산 (Kg/일)	산업 (Kg/일)	비점오염원 (Kg/일)	합계 (Kg/일)
홍동면	BOD	103.64	5,483.49	3.84	129.45	5,720.42
	TN	27.92	1,341.21	0.19	87.85	1,457.17
	TP	3.17	523.18	0.03	6.95	533.33
장곡면	BOD	97.66	3,721.26	-	128.12	3,947.04
	TN	26.31	915.56	-	89.04	1,030.91
	TP	2.99	376.15	-	7.21	386.35

2) 배출부하량

가) 인구에 의한 배출부하량

인구에 의한 배출부하량을 계산하기 위해 <표 4-6>과 같이 홍동면 친환경농업 지역에서 배출되는 하수의 처리 상황을 살펴보았다. 홍동면 친환경농업지역은 하수미처리구역으로 각 가구마다 단독정화조를 설치하여 하수를 배출하는 경우와 무처리로 배출하는 경우가 있는 것으로 조사되었지만 정화조 처리를 하는 곳은 매우 적은 것으로 나타났다.

단독정화시설이 설치된 지역에서의 배출부하량은 {단독정화조인구 × 발생원단위 × 분뇨부하비 × (1 - 기준처리율/100)} + {단독정화조인구 × 발생원단위 × (1 - 분뇨부하비)}으로 계산되고 무처리 인구에 의한 배출부하량은 무처리인구 × 발생원단위를 사용한다.

(1) BOD에 의한 배출부하량

홍동면의 대상지역의 총 인구는 2,115명이다. 이중 <표 4-6>에서처럼 단독정화조 인구가 269명이고 무처리 인구가 1,846명이다.

• 단독정화조 처리에 의한 BOD 배출부하량 = {269(인)×49(g/인·일)×0.35×(1 - 50/100)}

- + {269(인) × 49(g/인 · 일) × (1 - 0.35)} = 10,874.33g/일 = 10.87kg/일
- 무처리 인구에 의한 BOD 배출부하량 = 1,846(인) × 49(g/인 · 일) = 90,454g/일 = 90.45kg/일

따라서 총 배출부하량은 1일 101.33kg으로 발생부하량 103.64kg/일의 2.23%정도 제거가 되는 것으로 나타났다. 또한 장곡면의 경우 총 1,993명에 대하여 <표 4-7>을 이용하여 배출부하량을 계산하면 총 96.22kg/일의 부하가 배출된다. 따라서 홍성지역의 총 배출 BOD부하는 197.55kg/일이다.

<표 4-6> 홍동면 친환경농업지역 삼교천유역의 하수처리 현황

행정리	운월리	홍원리	화신리	문당리	금평리	구정리	합 계
정화조(개)	41	13	5	11	9	12	91
단독정화조인구(명)	123	40	15	30	28	33	269
무처리 인구(명)	448	468	172	223	227	308	1,846

<표 4-7> 장곡면 하수처리 현황

행정리	신동리	가송리	도산리	신평리	상송리	지정리	합 계
정화조(개)	3	8	23	8	13	9	64
단독정화조인구(명)	8	22	62	20	32	23	167
무처리 인구(명)	213	283	386	318	340	286	1,826

(2) 총질소(TN)에 의한 배출부하량

BOD 배출부하량과 동일한 방법으로 계산하면 홍동면의 경우 총 총질소 배출부하량은 27.63kg/일이고 장곡면의 경우의 질소 부하량은 26.13kg/일로 두 지역의 총 총질소 배출부하량은 53.75kg/일이다

(3) 총인(TP)에 의한 배출부하량

BOD 배출부하량과 동일한 방법으로 계산하면 홍동면의 경우 총 총인 배출부하량은 3.15kg/일이고 장곡면의 경우의 질소 부하량은 2.97kg/일로 두 지역의 총 총질소 배출부하량은 6.12kg/일이다

따라서 두면의 인구에 의해 발생하는 배출부하량은 BOD가 1일 197.55kg, 총질소(TN)는 53.75kg, 총인은(TP)은 6.12kg으로 배출됨을 알 수가 있다.

나) 축산에 의한 배출부하량

홍동면 삼교천 유역 및 장곡면에서 발생하는 축산 배출부하량은 크게 축산폐수처리시설을 거쳐 직접 방류되는 경우와 처리된 슬러지가 비점오염원으로 전환되어 배출되는 경우, 신고미만의 축사에서 직접 배출되는 경우와 농지 또는 토지 살포된 양 중 실제 농지나 초지에서 흡수 또는 분해되고 나머지 배출되어 강우시 비점오염원의 형태로 배출되는 경우로 나눌 수가 있다.

(1) 축산폐수처리시설을 거쳐 직접 방류되는 경우의 배출부하량

<표 4-8>, <표 4-9>는 홍동면 친환경농업지역과 장곡면의 허가 및 신고대상 가축사육두수를 나타내었다. 표에 나타난 허가·신고 대상 축사는 자체 축산폐수 배출시설을 거쳐 직접 방류되고 있다. 따라서 배출부하량은 축종별 사육두수에 축산폐수 발생원단위와 (1-기준처리율/100)을 곱하여 산출한다. 각 항목에 대한 계산 방법은 다음과 같다.

<표 4-8> 홍동면 친환경농업지역의 허가·신고대상 사육두수

사육두수		법적규제	폐수처리
축 종	두수(두)	여부	
한우	299	허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	489	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
젖소	84	허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	592	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
돼지	12,784	허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	12,144	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
산양		허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	3	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
사슴	27	허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	10	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
닭	40	허가대상	건조시설
	100,034	신고대상	건조시설

<표 4-9> 장곡면의 허가·신고대상 사육두수

사육두수		법적규제	폐수처리
축종	두수(두)	여부	
한우		허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	486	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
젖소		허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
		신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
돼지	8,780	허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	7,071	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
산양		허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	9	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
사슴		허가대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
	8	신고대상	퇴비화, 톱밥발효, 저장액비
닭		허가대상	건조시설
	18	신고대상	건조시설

(가) BOD에 의한 배출부하량

아래의 계산과 같이 닭을 제외한(닭은 분만 발생시킨다.) 흥동면 축산폐수시설에서 배출되는 배출부하량은 허가 시설이 1일 14.73kg, 신고시설이 37.72kg으로 총 1일 52.46kg의 BOD 배출부하가 생성된다. 또한 장곡면은 허가 시설이 1일 9.69kg, 신고시설이 19.30kg으로 총 1일 28.99kg의 BOD 배출부하가 생성된다.

항목	축종	구분	
		허가	신고
BOD	한우	$299(\text{두}) \times 67(\text{g/두} \cdot \text{일}) \times (1-98.55/100)$ = 290.50g/일	$489(\text{두}) \times 67(\text{g/두} \cdot \text{일}) \times (1-96.62/100)$ = 1,108.57g/일
	젖소	$84 \times 117 \times (1-96.68/100)$ = 326.37g/일	$592(\text{두}) \times 117 \times (1-92.25/100)$ = 5,530.11g/일
	돼지	$12,784 \times 32 \times (1-96.55/100)$ = 14,103.24g/일	$12,144(\text{두}) \times 32 \times (1-91.96/100)$ = 31,244.08g/일
	산양	$0 \times 5 \times (1-97.50/100)$ = 0g/일	$3 \times 5 \times (1-94.17/100)$ = 0.87g/일
	사슴	$27 \times 5 \times (1-97.50/100)$ = 3.38g/일	$10 \times 5 \times (1-94.17/100)$ = 2.92g/일
	닭	기준 발생원단위가 0g/두·일이다.	

(나) 총질소(TN)에 의한 배출부하량

위 계산과 동일한 방법으로 총질소의 배출부하량을 계산하면 홍동면의 허가시설이 1일 98.72kg, 신고시설이 130.03kg으로 총 228.75kg의 총질소를 배출시킨다. 또한 장곡면의 경우 허가시설이 1일 64.95kg, 신고시설이 66.58kg으로 총 131.53kg의 총질소를 배출시킨다.

(다) 총인(TP)에 의한 배출부하량

BOD와 총질소 배출부하량과 동일한 방법으로 계산하면 홍동면의 허가시설에서 1일 7.95kg, 신고시설에서 10.89kg으로 총 18.84kg의 총인을 배출한다. 또한 장곡면의 경우 허가시설이 1일 5.23kg, 신고시설이 5.58kg으로 총 10.81kg의 총인을 배출시킨다.

(2) 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량

축산폐수처리시설의 슬러지가 비점오염원화되어 배출되는 부하량은 폐수배출시설의 슬러지 배출계수에 농지배출계수를 곱한 부하가 비점오염원화되어 강우시 배출되는 것으로 한다. 즉, 축종별 사육두수 × 축산폐수 발생원단위 × 축산폐수 배분비 × (축산폐수처리시설 처리율/100) × 슬러지 배출계수 × 농지배출계수 × 비점오염원배출계수를 곱해서 계산하게 된다. 이 식을 이용하여 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량을 계산하면 홍동면의 경우 다음의 <표 4-10>과 같이 BOD는 1일 9.78kg, TN은 13.22kg, TP는 2.29kg이 발생된다. 또한 장곡면의 경우는 <표 4-11>과 같이 BOD는 1일 5.40kg, TN은 7.45kg, TP는 1.29kg이 발생된다.

<표 4-10> 홍동면 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량

항목	구분(kg/일)		합계 (kg/일)
	허가	신고	
BOD	3.06	6.72	9.78
TN	6.55	6.67	13.22
TP	1.14	1.15	2.29

<표 4-11> 장곡면 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량

항목	구분(kg/일)		합계 (kg/일)
	허가	신고	
BOD	1.95	3.45	5.40
TN	3.95	3.50	7.45
TP	0.71	0.58	1.29

(3) 신고미만 축사에서 폐수처리시설을 거치지 않은 축산배출에 의한 배출 부하량

<표 4-12>, <표 4-13>은 홍동면, 장곡면 축산폐수처리시설이 설치되어있지 않을 신고미만의 축사에서 사육되어지고 있는 가축수를 나타내었다. 이 가축들에서 발생하는 분뇨는 직접 하천으로 배출되거나 농지에 퇴비로 투입되어 강우에 의해 유출되는 경우가 있으나 직접배출의 경우는 매우 적으며 대부분 농지 살포, 자원화, 액비화, 해양배출 등으로 처리되고 있는 것으로 조사되었다. 따라서 신고미만의 축사에서 배출되는 부하량은 <표 4-14>와 같이 나타나며 이중 60%에 해당하는 부분이 비점오염원으로 배출되는 것으로 나타났다.

<표 4-12> 홍동면 축산폐수처리시설 설치 없이 사육되고 있는 가축수

구 분 (마리)		계	홍동면					
			운월리	홍원리	화신리	문당리	금평리	구정리
계		42,382	12,474	16,906	2,686	6,738	3,165	413
소	한우	2,280	384	1,105	150	133	133	123
	젖소	176	-	-	-	-	-	176
돼지		1,352	1,080	179	-	-	35	58
산양		154	33	7	37	14	7	56
사슴		90	16	62	5	-	7	-
가 금	닭	8,052	15	6,000	2,000	28	9	-
	오리	30,530	10,946	9,553	494	6,563	2,974	-

자료: 홍동면사무소 통계

<표 4-13> 장곡면 축산폐수처리시설 설치 없이 사육되고 있는 가축수

구 분 (마리)		계	홍동면					
			신동리	가송리	도산리	신평리	상송리	지정리
계		28,328	5,587	9,080	3,723	457	5,058	4,423
소	한우	1,143	127	95	139	142	205	435
	젖소	-	-	-	-	-	-	-
돼지		9,563	2,881	6,290	-	300	92	-
산양		170	6	143	-	15	6	-
사슴		38	23	2	-	-	3	10
가 금	닭	79	-	-	60	-	19	-
	오리	17,335	2,550	2,550	3,524	-	4,733	3,978

자료: 홍동면사무소 통계

<표 4-14> 폐수처리시설을 거치지 않은 축산배출에 의한 배출부하량

지역	항목	구분(kg/일)							합계 (kg/일)
		한우	젖소	돼지	닭	오리	산양	사슴	
홍동면	BOD	96.37	8.81	13.26	3.62	13.74	0.24	0.14	136.18
	TN	56.85	6.83	8.99	2.13	8.06	0.35	0.21	83.41
	TP	4.39	0.6	0.99	0.19	0.73	0.013	0.008	6.93
장곡면	BOD	54.32	0.00	93.81	0.04	7.80	0.26	0.06	156.28
	TN	32.04	0.00	63.57	0.02	4.58	0.39	0.09	100.69
	TP	2.48	0.00	7.00	0.00	0.42	0.014	0.003	9.91

따라서 홍동면, 장곡면 삼교천유역에서 발생하는 총 배출부하량은 다음과 같다.

<표 4-15> 홍동면, 장곡면 삼교천유역에서 발생하는 축산 배출부하량

구 분		BOD (kg/일)	TN (kg/일)	TP (kg/일)
홍동면	처리시설 처리 후 배출	52.46	228.75	18.84
	슬러지의 비점오염화	9.78	13.22	2.29
	처리되지 않는 축사에서 배출	136.18	83.41	6.93
	합계	198.41	325.39	28.06
장곡면	처리시설 처리 후 배출	28.99	131.53	10.81
	슬러지의 비점오염화	5.40	7.45	1.29
	처리되지 않는 축사에서 배출	156.28	100.69	9.91
	합계	190.68	239.67	22.02

다) 산업폐수에 의한 배출부하량

홍동면 친환경농업 삼교천 유역의 1개의 산업시설(폐수량 $2\text{m}^3/\text{일}$)은 폐수처리 없이 직접 방류하는 경우이기 때문에 배출부하량은 폐수배출시설 방류량 $\times$ 폐수배출시설 배출허용기준이 적용된다. 폐수배출시설 배출허용기준은 다음 <표 4-16>와 같이 적용되며 홍동면 삼교천유역은 나 지역에 속한다.

<표 4-16> 폐수배출시설 배출허용기준

구분	BOD (mg/ℓ)		TN (mg/ℓ)	TP (mg/ℓ)
	2000 $\text{m}^3/\text{일}$ 이상	2000 $\text{m}^3/\text{일}$ 미만		
청정지역	30	40	30	4
가 지역	60	80	60	8
나 지역	80	120	60	8

(1) BOD에 의한 배출부하량

<표 4-16>을 기준으로 처리시설 실측치가 없는 경우이므로 BOD 배출부하량은 $2\text{m}^3/\text{일} \times 120\text{g}/\text{m}^3$ 이므로 $240\text{g}/\text{일}$ 이 된다.

(2) 총질소(TN)에 의한 배출부하량

BOD 배출부하량과 마찬가지로 총질소 배출부하량은 $120\text{g}/\text{일}$ 이 된다.

(3) 총인(TP)에 의한 배출부하량

총인 배출부하량은 $16\text{g}/\text{일}$ 이 된다.

라) 비점오염원에 의한 배출부하량

비점오염원에서 배출되는 부하량은 강우시에 대부분이 발생되기 때문에 비점오염원에 대한 배출부하량은 평수기 비점오염원배출계수(0.6) $\times$ 각각의 토지이용별 발생부하량이다. 따라서 이식을 이용하여 BOD, 총질소, 총인에 대한 배출부하량을 산정하면 다음과 같다.

(1) BOD에 의한 배출부하량

아래의 계산은 홍동면과 장곡면 비점오염원에서 발생하는 발생부하량이며 따라서 배출부하량은 이 발생부하량에 비점오염원 평수기 배출계수인 0.6를 곱해준 $77.67\text{kg}/\text{일}$ 의 배출부하량이 홍동면에서 생성된다.($0.6 \times 129.45\text{kg}/\text{일}$) 또한 장곡면은 1일 76.87kg 의 BOD가 배출된다.

구분		면적(km^2)	BOD발생원단위 ($\text{kg}/\text{km}^2 \cdot \text{일}$)	BOD 발생량($\text{kg}/\text{일}$)
홍동면	논	4.48	2.3	$4.48 \times 2.3 = 10.30$
	밭	3.27	1.6	$3.27 \times 1.6 = 5.23$
	임야	4.69	1.0	$4.69 \times 1.0 = 4.69$
	대지	1.21	85.9	$1.21 \times 85.9 = 103.94$
	목장	0.12	35.1	$0.12 \times 35.1 = 4.21$
	기타	1.07	1.0	$1.07 \times 1.0 = 1.07$
	합계	14.84		129.45
배출부하량				$129.45 \times 0.6 = 77.67$
장곡면	논	4.27	2.3	$4.27 \times 2.3 = 9.82$
	밭	2.42	1.6	$2.42 \times 1.6 = 3.87$
	임야	9.88	1.0	$9.88 \times 1.0 = 9.88$
	대지	1.16	85.9	$1.16 \times 85.9 = 99.94$
	목장	0.09	35.1	$0.09 \times 35.1 = 3.07$
	기타	1.55	1.0	$1.55 \times 1.0 = 1.55$
	합계	19.36		128.12
배출부하량				$128.12 \times 0.6 = 76.87$

(2) 총질소(TN)에 의한 배출부하량

위의 계산과 마찬가지로 계산하면 홍동면의 총질소의 배출 부하량은 52.71kg/일이며 장곡면의 배출부하량은 53.42kg/일이다.

(3) 총인(TP)에 의한 배출부하량

홍동면 지역에 발생하는 총인 배출 부하량은 4.17kg/일이며 장곡면의 경우 4.32kg/일의 총인 배출 부하량이 생성된다.

따라서 1일 홍동면 친환경지구 삼교천유역 및 장곡면에서 발생하는 배출부하량은 <표 4-17>과 같으며 BOD는 축산, 생활오수, 비점오염원 순으로 기여도가 크며 TN과 TP의 경우는 축산, 비점오염원, 생활오수 순으로 기여도가 큰 것으로 나타나고 있다. 또한 홍동면 및 장곡면에서 가장 큰 배출원은 축산인 것으로 나타났다.

<표 4-17> 홍동면 친환경지구 및 장곡면에서 1일 발생하는 배출부하량

항목		오염원 (kg/일)				총합 (kg/일)
		생활오수	축산	산업	비점오염	
홍동면	BOD	101.33	198.41	0.24	77.67	377.65
	TN	27.63	325.39	0.12	52.71	405.85
	TP	3.15	28.06	0.02	4.17	35.4
장곡면	BOD	96.22	190.68	-	76.87	363.77
	TN	26.13	239.67	-	53.42	319.22
	TP	2.97	22.02	-	4.32	29.31

나. 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범 마을

1) 발생부하량

가) 인구에 의한 발생부하량

산계리 친환경농업 시범마을은 산계1구와 산계3구 거주구역과 인접하고 있기에 인구에 의한 발생부하량은 직접 영향을 미치는 산계1구와 산계3구 인구수인 256명에 대해서만 발생부하량을 구하였다.

(1) BOD에 의한 발생부하량

아래와 같이 계산한 결과 산계리에서 발생되는 BOD 부하는 12.54kg/일이다.

구 분		인구(명)	원단위(g/인·일)	발생부하량(kg/일)
비시가화	가정	256	49	$256 \times 49 = 12.54$

(2) 총질소(TN)에 의한 발생부하량

BOD에 의한 발생부하량 산정과 동일한 방법으로 계산하면 총질소 발생부하량은 3.38kg/일 이다.

(3) 총인(TP)에 의한 발생부하량

총질소와 마찬가지로 총인의 발생부하량을 계산하면 총인부하량은 0.38kg/일 이다.

나) 축산에 의한 발생부하량

산계 1구와 3구에는 한우가 117마리, 산양 87마리, 닭 57마리가 사육되고 있으며 오리는 732마리가 논에 사육되고 있다.

(1) BOD에 의한 발생부하량

아래의 계산과 같이 산계리에서 가축에 의해서 발생되는 BOD부하는 1일 67.03kg이며 오리에 의해서 5.46%가 발생된다.

합계(kg/일)	종류	소계(kg/일)	축종별 발생부하량 (g/일)	
67.03	분	61.73	한우	$117(\text{두}) \times 485(\text{g/두} \cdot \text{일}) = 56,745$
			산양	$87 \times 12 = 1,044$
			가금	닭 $57 \times 5 = 285$
				오리 $732 \times 5 = 3,660$
	노	5.30	한우	$117 \times 43 = 5,031$
			산양	$87 \times 5 = 265$
			가금	닭 $57 \times 0 = 0$
				오리 $2,980 \times 0 = 0$

(2) 총질소(TN)에 의한 발생부하량

위의 BOD 발생부하량과 동일한 방법으로 계산하면 1일 총 15.36kg의 총질소(TN)가 발생되며 오리에 의해서 발생하는 발생부하량이 전체의 5.24%를 차지하고 있다.

(3) 총인(TP)에 의한 발생부하량

총질소 계산과 마찬가지로 하면 산계리에서 1일 발생하는 총인 발생부하량은 4.72kg이다.

다) 산업폐수에 의한 발생부하량

산계리에는 산업폐수를 생성할 수 있는 산업시설이 없다.

라) 비점오염원에 의한 발생부하량

(1) BOD에 의한 발생부하량

아래의 계산식을 이용하여 BOD에 의한 발생부하량을 구하면 12.47kg/일이 발생된다.

구분	면적(km ²)	BOD발생원단위 (kg/km ² · 일)	BOD 발생량(kg/일)
논	0.736	2.3	0.736×2.3 = 1.69
밭	0.437	1.6	0.437×1.6 = 0.70
임야	1.880	1.0	1.880×1.0 = 1.88
대지	0.087	85.9	0.087×85.9 = 7.51
목장	0.007	35.1	0.007×35.1 = 0.26
기타	0.430	1.0	0.430×1.0 = 0.43
합계	3.578		12.47

(2) 총질소(TN)에 의한 발생부하량

BOD 발생부하량과 같은 방법으로 계산하면 14.36kg/일의 총질소 발생부하량이 생성된다.

(3) 총인(TP)에 의한 발생부하량

BOD 발생부하량과 같은 방법으로 계산하면 0.38kg/일의 총인 발생부하량이 생성된다.

따라서 산계리 친환경농업마을에서 발생하는 총 발생부하량은 <표 4-18>과 같이 1일 BOD부하량은 92.04kg, TN은 33.10kg, TP는 5.48kg이다.

<표 4-18> 산계리 친환경마을에서 1일 발생되는 발생부하량

항목	오염원 (kg/일)			총합 (kg/일)
	생활오수	축산	비점오염	
BOD	12.54	67.03	12.47	92.04
TN	3.38	15.36	14.36	33.10
TP	0.38	4.72	0.38	5.48

2) 배출부하량

옥천 친환경농업 시범마을 유역에 해당되는 곳은 산계 1구와 산계 3구이므로 이 지역에 대한 배출부하량을 다음과 같이 산정 하였다.

가) 인구에 의한 배출부하량

아래 <표 4-19>는 청성면 친환경농업마을의 하수처리 현황을 나타내었다. 이를 바탕으로 배출부하량을 산정하면 다음과 같다.

<표 4-19> 청성면 친환경농업마을의 하수처리 현황

행정리	산계 1구	산계 3구	합 계
정화조(개)	31	13	44
단독정화조인구(명)	68	27	95
무처리 인구(명)	140	21	161

(1) BOD에 의한 배출부하량

<표 4-19>에서처럼 단독정화조 인구가 95명이므로

- 단독정화조 처리에 의한 BOD 배출부하량 = $\{95(\text{인}) \times 49(\text{g/인} \cdot \text{일}) \times 0.35 \times (1 - 50/100)\} + \{95(\text{인}) \times 49(\text{g/인} \cdot \text{일}) \times (1 - 0.35)\} = 3,840.54\text{g/일} = 3.84\text{kg/일}$
 - 무처리 인구에 의한 BOD 배출부하량 = $161(\text{인}) \times 49(\text{g/인} \cdot \text{일}) = 7,888.80\text{g/일} = 7.89\text{kg/일}$
- 따라서 총 배출부하량은 1일 11.73kg/이다.

(2) 총질소(TN)에 의한 배출부하량

BOD 배출부하량과 동일한 방법으로 계산하면 단독정화조 처리에 의해 발생하는 총질소 배출부하량은 1.15kg/일이고 무처리 인구에 의한 총질소 부하량은 2.13kg/일로 발생되고 총 총질소 배출부하량은 3.28kg/일이다

(3) 총인(TP)에 의한 배출부하량

BOD 배출부하량과 동일한 방법으로 계산하면 단독정화조 처리에 의해 발생하는 총인 배출부하량은 0.13kg/일이고 무처리 인구에 의한 총인 부하량은 0.24kg/일로 발생되고 총 총인 배출부하량은 0.375kg/일이다.

따라서 인구에 의해 발생하는 배출부하량은 BOD가 1일 11.73kg, 총질소(TN)는 3.28kg, 총인은 (TP)은 0.375kg으로 배출됨을 알 수가 있다.

나) 축산에 의한 배출부하량

(1) 축산폐수처리시설을 거쳐 직접 방류되는 경우의 배출부하량

아래의 <표 4-20>와 같이 산계리에는 신고대상 축사가 하나뿐이며 톱밥발효로 가축폐수를 처리하고 있다.

<표 4-20> 허가·신고대상 사육두수

사육두수		법적규제	폐수처리
축종	두수	여부	
한우	15	신고대상	톱밥발효

아래와 같이 축산폐수처리시설을 거쳐 직접 방류하는 배출부하량은 1일 BOD가 33.97g, TN이 117.24g, TP가 9.74g이다.

항목	축종	구분
		신고
BOD	한우	$15(\text{두}) \times 67(\text{g/두} \cdot \text{일}) \times (1-96.62/100)$ $= 33.97\text{g/일}$
TN		$15(\text{두}) \times 40(\text{g/두} \cdot \text{일}) \times (1-80.46/100)$ $= 117.24\text{g/일}$
TP		$15(\text{두}) \times 3.5(\text{g/두} \cdot \text{일}) \times (1-81.45/100)$ $= 9.74\text{g/일}$

(2) 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량

축산폐수처리시설의 슬러지가 비점오염원화되어 배출되는 부하량은 폐수배출시설의 슬러지 배출계수에 농지 배출계수를 곱한 부하가 비점오염원화되어 강우시 배출되는 것으로 한다. 즉, 축종별 사육두수 $\times$ 축산폐수 발생원단위 $\times$ 축산폐수 배분비 $\times$ (축산폐수처리시설 처리율/100) $\times$ 슬러지 배출계수 $\times$ 농지배출계수 $\times$ 비점오염원 배출계수를 곱해서 계산하게 된다. 이 식을 이용하여 축산폐수처리시설 슬러지가 비점오염원으로 전환되는 배출부하량을 계산하면 BOD는 1일 20.39g, TN은 28.97g, TP는 1.28g이 발생된다.

(3) 신고미만 축사에서 폐수처리시설을 거치지 않은 축산배출에 의한 배출부하량

산계리의 경우 축사에서 발생하는 모든 분뇨가 퇴비화 되기 때문에 폐수처리시설에 의해서 처리되지 않는 가축에 의해서 발생하는 BOD 발생부하량은 다음과 같이 계산되며 BOD 발생부하는 1일 58.16kg, TN은 13.61kg, TP는 4.12kg이다. 그러나 실제 발생부하량 전부가 농지에 배출되는 경우는 발생하지 않는다. 따라서 발생부하량 전체가 아닌 강우에 의한 비점오염원 형태와 농지에 살포되었을 때를 고려한 값을 구해 주어야한다.

합계(kg/일)	종류	소계(kg/일)	축종별 발생부하량(g/일)	
58.16	분	54.46	한우	$102(\text{두}) \times 485(\text{g/두} \cdot \text{일}) = 49,470$
			산양	$87 \times 12 = 1,044$
			가금	닭 $57 \times 5 = 285$
				오리 $732 \times = 3,660$
	뇨	3.70	한우	$102 \times 43 = 3,268$
			산양	$57 \times 5 = 435$
			가금	닭 $57 \times 0 = 0$
				오리 $732 \times 0 = 0$

따라서 농지배출계수 및 비점오염원배출계수를 고려하여 산계리에서 1일 발생하는 비점오염원으로 전환되는 배출부하는 1일 BOD는 5.23kg, TN은 3.27kg, TP는 0.25kg이 발생한다.

이와 같이 축산에 의해서 배출되는 부하량의 양은 다음과 같다.

<표 4-21> 축산에 의해서 1일 발생되는 배출부하량

구 분	BOD (g/일)	TN (g/일)	TP (g/일)
처리시설 처리 후 배출	33.97	117.24	9.74
슬러지의 비점오염화	20.39	28.97	1.28
처리되지 않는 축사에서의 배출	5,234.58	3,265.92	247.18
합계	5,288.94	3,412.13	258.2

다) 산업폐수에 의한 배출부하량

청성면 산계리 친환경농업마을에는 산업시설이 존재하지 않기 때문에 배출부하량이 없다.

라) 비점오염원에 의한 배출부하량

비점오염원에 의한 배출부하량은 발생부하량에 평수기 비점오염원배출계수 0.6를 곱해주면 되기 때문에 BOD 배출부하량은 7.48kg/일이며 총질소는 8.61kg/일이 발생되며 총인은 0.23kg/일이 발생된다.

따라서 산계리 친환경마을에서 배출되는 총부하량은 1일 BOD는 24.5kg/일, TN은 15.3kg/일, TP는 0.87kg/일이다.

<표 4-22> 산계리 친환경마을에서 1일 발생되는 배출부하량

항 목	오염원 (kg/일)			총합 (kg/일)
	생활오수	축산	비점오염	
BOD	11.73	5.29	7.48	24.5
TN	3.28	3.41	8.61	15.3
TP	0.375	0.26	0.23	0.87

2. 사례지역의 오염원 분석 및 유출특성 평가

가. 오염원별 부하량

1) 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구

가) 인구에 의한 오염부하량

<표 4-23>과 같이 홍동면에서 인구에 의한 1일 BOD 발생부하량은 총 103.64kg이며 TN은 27.92kg, TP는 3.17kg으로 나타났다. 이중 실제 유역으로 유출되거나 배출될 수 있는 배출부하량은 BOD는 1일 101.33kg, TN은 27.63kg, TP는 3.15kg으로 BOD는 발생부하량의 97.78%, 총질소(TN)은 98.96%, 총인(TP)은 99.37%로 발생하였다. 따라서 홍동면 지역 세대별 정화시설이 제대로 설치되어있지 않아 발생부하량 대부분이 배출되고 있는 것을 알 수 있다. 이와 마찬가지로 장곡면의 경우도 배출부하량 BOD는 1일 96.22kg, TN은 26.13kg, TP는 2.97kg으로 각각 BOD는 발생부하량의 98.52%, 총질소(TN)은 99.32%, 총인(TP)은 99.33%로 정화시설을 통한 처리 없이 인근하천으로 직접 배출되는 것을 알 수가 있다.

<표 4-23> 홍동면의 인구에 의한 1일 오염부하량 및 면적당 배출부하량

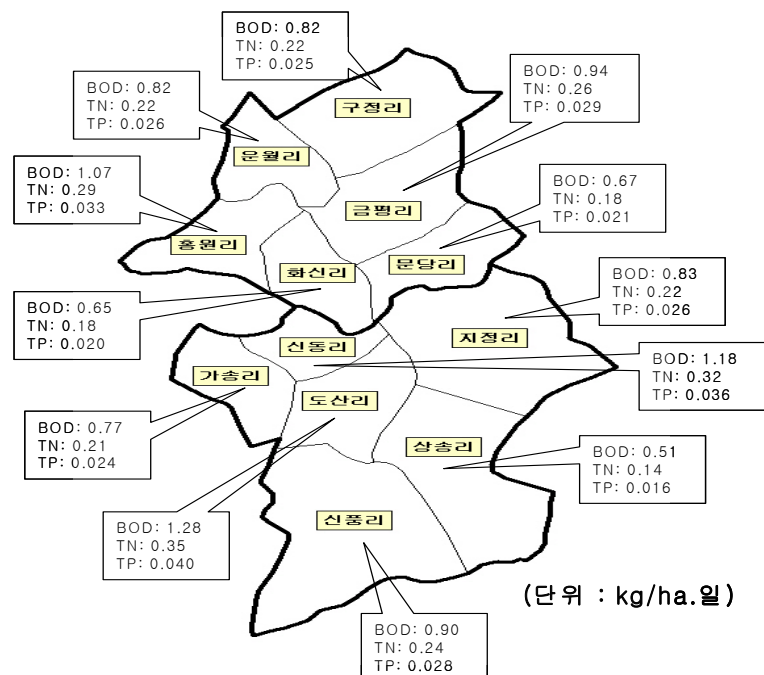
행정리	대지면적 (ha)	발생부하량 (kg/일)			배출부하량 (kg/일)			면적당 배출부하량 (kg/ha · 일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
운월리	33	27.98	7.54	0.86	26.92	7.40	0.85	0.82	0.22	0.026
홍원리	23	24.89	6.71	0.76	24.55	6.66	0.76	1.07	0.29	0.033
화신리	14	9.16	2.47	0.28	9.03	2.45	0.28	0.65	0.18	0.020
문당리	18	12.40	3.34	0.38	12.14	3.31	0.38	0.67	0.18	0.021
금평리	13	12.50	3.37	0.38	12.26	3.34	0.38	0.94	0.26	0.029
구정리	20	16.71	4.50	0.51	16.43	4.47	0.51	0.82	0.22	0.025
합계	121	103.64	27.92	3.17	101.33	27.63	3.15	4.97	1.35	0.15

<표 4-24> 장곡면의 인구에 의한 1일 오염부하량 및 면적당 배출부하량

행정리	대지면적 (ha)	발생부하량 (kg/일)			배출부하량 (kg/일)			면적당 배출부하량 (kg/ha · 일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
신동리	9.11	10.83	2.92	0.33	10.76	2.91	0.33	1.18	0.32	0.036
가송리	19.14	14.95	4.03	0.46	14.75	4.00	0.46	0.77	0.21	0.024
도산리	16.75	21.95	5.91	0.67	21.42	5.85	0.67	1.28	0.35	0.040
신평리	18.27	16.56	4.46	0.51	16.39	4.44	0.51	0.90	0.24	0.028
상송리	35.05	18.23	4.91	0.56	17.96	4.88	0.56	0.51	0.14	0.016
지정리	18.03	15.14	4.08	0.46	14.95	4.05	0.46	0.83	0.22	0.026
합계	116.35	97.66	26.31	2.99	96.22	26.13	2.97	5.47	1.48	0.17

<그림 4-1>는 인구에 의한 각 리별 오염배출기여도를 나타내었다. 각 리별 비교를 위해 거주지역에 따른 배출부하량을 계산하였으며 홍동면 보다는 장곡면에서 인구에 의한 오염배출이 높은 것을 볼 수가 있다. 따라서 이런 생활오염원들은 인근 홍동저수지의 주요오염원으로 작용하게 되는 것으로 보인다.

각 리별 오염기여도는 장곡면의 도산리가 가장 큰 오염원 배출지역이며 신동리, 홍동면 홍원리 또한 배출량이 큰 것으로 나타났다. 이와 반대로 장곡면 상송리가 2개면 중 가장 적은 오염원을 배출하며 홍동면에서는 화신리와 문당리가 가장 적은 오염원 배출지역으로 나타났다.



<그림 4-1> 인구에 의한 각 리별 오염배출기여도

나) 축산에 의한 오염부하량

<표 4-25>와 같이 홍동면에서 축산에 의해 발생하는 발생부하량중 실제 배출가능한 배출부하량 비율은 BOD는 3.62%, TN은 24.26%, TP는 5.36%, 장곡면의 경우 각각 5.12%, 26.18%, 5.57%로 축산 시설에 설치된 처리시설을 통해 대부분의 BOD와 TP는 처리 가능하지만 TN의 경우는 두 개의 항목과 비교하면 매우 높은 농도로 배출되어 인근의 수질에 영향을 주는 것으로 나타났다. 따라서 질소를 처리할 수 있는 시설의 보완이 필요한 것으로 나타났다.

<표 4-25> 홍동면, 장곡면의 축산에 의한 1일 오염부하량

행정리		발생부하량 (kg/일)			배출부하량 (kg/일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
홍동면	운월리	924.87	225.00	90.41	43.99	60.58	5.36
	홍원리	3,046.59	736.87	291.32	93.61	177.81	15.20
	화신리	390.84	90.02	33.81	11.30	14.15	1.21
	문당리	103.42	22.92	7.46	9.31	5.50	0.45
	금평리	521.61	135.29	52.98	18.65	37.21	3.25
	구정리	496.19	131.11	47.21	21.56	30.14	2.58
소계		5,483.52	1,341.21	523.18	198.41	325.39	28.06
장곡면	신동리	429.43	106.31	44.29	36.24	25.76	2.65
	가송리	1,194.16	297.54	124.80	76.34	73.29	7.32
	도산리	317.65	74.85	124.80	12.44	17.86	1.53
	신평리	403.29	100.06	41.82	16.14	29.58	2.60
	상송리	130.57	29.24	9.64	12.86	7.84	0.64
	지정리	1,246.17	307.56	127.59	36.65	85.33	7.28
소계		3,721.26	915.56	376.15	190.68	239.67	22.02
합계		9,204.78	2,256.77	899.33	389.09	565.05	50.08

홍성지역에서 발생하는 축산부하오염원량을 평가하기 위해서 2002년도 경기도 광주시 경안천유역에 대한 부하량산정 결과와 비교하였다. <표 4-26>에서 나타난 것처럼 단지 홍동면 대상지역 6개 리의 BOD 부하량이 총경안천지역의 89.96%, TN은 93.22%를 나타내고 있으며 TP인 경우는 홍동면 대상지역이 더 큰 것으로 나타나 매우 많은 부하량이 발생함을 알 수가 있으며 장곡면까지 고려를 하면 더 큰 부하량이 발생하는 것을 알 수가 있다. 또한 배출부하량의 경우도 홍동면과 장곡면이 더 높게 배출되고 있는 것으로 나오는데 이는 홍동면과 장곡면에 적용되는 축산폐수배출 기준이 광주시에 적용되는 기준보다 낮아 축산폐수시설의 효율이 떨어지는 시설들이 설치되어 있기 때문이며 홍성지역이 돼지 및 한우의 사육이 큰 반면 광주시의 경우 닭사육수가 많아 차이가 발생하게 된다. 또한 홍성 사례지역이 가축의 분뇨를 퇴비화 또는 자원화되어 생산된 비료를 농경지에 많이 살포하여 비점오염화되는 부하량이 많기 때문이다.

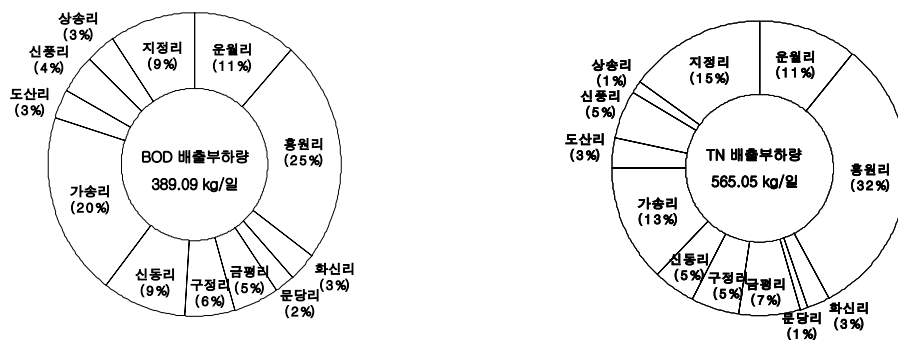
<표 4-26> 2002년 광주시 축산계 오염부하량

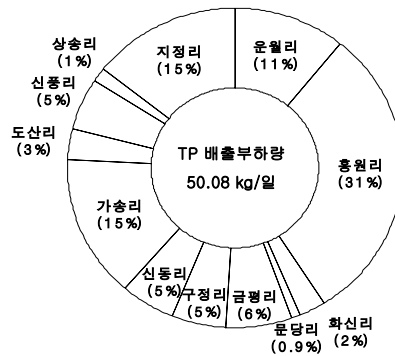
구 분	발생부하량 (kg/일)			배출부하량 (kg/일)		
	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
광주·경안·매산	1,479.1	341.3	121.0	19.1	13.4	1.7
곤지암·만선	3,124.5	748.4	270.7	44.5	31.5	4.5
오포	306.1	67.4	24.4	0.4	0.3	0.0
도적	1,144.7	272.6	96.8	18.8	13.1	1.8
배수구역외	41.3	9.0	3.2	0.2	0.0	0.0
총 합	6,095.7	1,438.7	516.1	83.0	58.3	8.0

자료: 경기도 광주시, 경기도 광주시 수질오염총량관리계획, 2004. 7

아래 <그림 4-2>는 홍동면 및 장곡면의 대상 리별 오염기여도를 나타내고 있다. 각 리별 비교를 위해서 전체 배출되는 부하량에 대한 각 리별 배출량의 백분율을 구해서 표시하였다. 먼저 BOD 배출부하량을 살펴보면 홍원리가 전체 배출부하량 중 25% 차지하고 있어 가장 오염기여도가 큰 지역이며 장곡면보다는 홍동면이 더 큰 오염물질을 배출하는 것으로 나타났으나 그 차이는 적은 것으로 나타났다. 또한 홍동면의 문당리가 가장 적은 오염부하량을 발생시키며 홍동면의 화신리, 장곡면의 상송리, 도산리지역이 오염배출기여도가 작은 것으로 나타나고 있다.

이와 함께 TN배출부하량은 BOD배출부하와 마찬가지로 홍원리에서 전체 부하량의 32%로 가장 많이 발생하며 BOD부하와 마찬가지로 문당리와 상송리가 가장 적은 오염물질을 배출하는 것으로 나타났다.





<그림 4-2> 축산에 의한 각 리별 오염배출기여도

TP인 경우도 TN과 같이 홍원리가 가장 크며 문당리, 상송리 순으로 배출기여도가 작다.

<표 4-27>은 홍동면 및 장곡면의 축사시설 규모에 따른 배출부하량을 나타내었다. 허가 시설 및 신고시설에서 발생하는 배출부하량 중 TN, TP량이 신고미만 시설보다 많이 배출되고 BOD인 경우는 적게 배출되는 것을 알 수가 있다. 특히, TN과 TP는 허가, 신고시설이 신고미만의 시설 배출량보다 각각 약 2.1배, 2배 높게 배출되는 것으로 나타난다. 이는 사육두수와 사육면적, 축산폐수처리시설이 적절하게 조절되지 않은 결과 발생한 것으로 생각되어진다. 따라서 허가, 신고 축산폐수처리시설에 질소와 인을 적절하게 처리할 수 있는 처리시설의 설치 및 보완이 필요하다.

<표 4-27> 축산규모에 따른 1일 배출부하량

행정리	허가, 신고시설 배출부하량 (kg/일)			신고미만의 시설 배출부하량 (kg/일)		
	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
홍동면	62.24	241.97	21.13	136.18	83.41	6.93
장곡면	34.39	138.98	12.11	156.28	100.69	9.91
합계	96.63	380.95	33.24	292.46	184.10	16.84

다) 산업에 의한 오염부하량

<표 4-28>와 같이 홍동면 친환경농업지구에서 산업에 의해 발생하는 오염부하량은 매우 낮으며 산업시설이 위치한 지역이 삽교천 하류지역이기 때문에 친환경농업에 미치는 영향이 미미한 것으로 나타났다.

<표 4-28> 홍동면 친환경농업지구에서 산업에 의한 1일 오염부하량

항 목	발생부하량(kg/일)	배출부하량(kg/일)
BOD	3.84	0.24
TN	0.19	0.12
TP	0.03	0.02

라) 비점오염원에 의한 오염부하량

<표 4-29>은 홍동면 친환경농업지구에서 비점오염원에 의해 발생하는 오염부하량을 나타내었다. 비점오염원 오염물질의 배출량은 강우지속시간, 지형, 토양의 성질, 토지이용 등에 영향을 많이 받기 때문에 다소 차이는 있겠지만 아래 <그림 4-3>과 같이 BOD 부하는 전체의 14%를 배출하는 상송리와 13%인 운월리가 높으며 TN은 흥원리와 상송리, TP는 상송리와 흥원리가 높게 배출되는 것으로 나타나 가장 비점오염원이 많이 발생하는 곳은 상송리인 것으로 나타났다.

한편 홍성지역의 경우 가축분뇨의 농지 살포와 우박과 같은 비료 대체재가 논과 밭에 많이 살포되어 계산된 값보다 더 큰 비점오염을 나타낸다.

따라서 축산분뇨가 농토에 퇴비로 투입되어 발생하는 축산기인 비점오염을 고려하면 BOD인 경우 345.22kg/일, TN의 경우 237.25kg/일, TP인 경우 22.16kg/일로 매우 큰 오염원으로 작용하게 되며 강우시 인근수계 수질에 주요오염원으로 작용하게 된다.

<표 4-29> 홍동면 친환경농업지구에서 비점오염원에 의한 1일 오염부하량

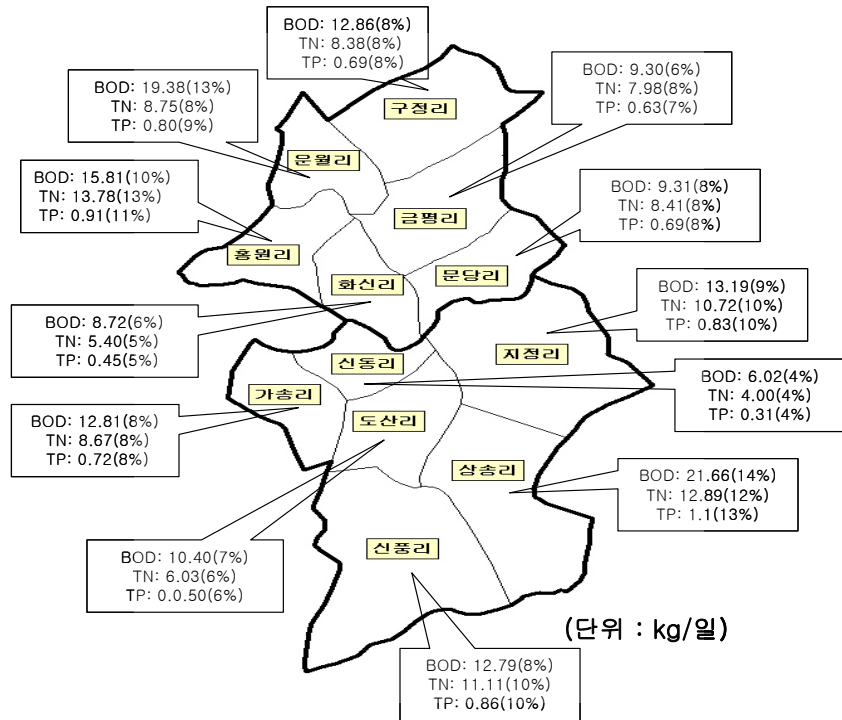
행정리	구분	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)			배출부하량 합계(kg/일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
운월리	논	1.52	4.33	0.40	0.91	3.38	0.24	19.38	8.75	0.80
	밭	0.78	4.63	0.12	0.47	7.08	0.07			
	임야	0.43	0.95	0.06	0.26	1.29	0.04			
	대지	28.35	4.52	0.69	17.01	1.89	0.42			
	목장	1.05	0.16	0.05	0.63	0.13	0.03			
	기타	0.17	0.01	0.01	0.10	0.01	0.00			
흥원리	논	1.98	5.64	0.52	1.19	2.13	0.31	15.81	13.78	0.91
	밭	2.00	11.80	0.30	1.20	1.76	0.18			
	임야	0.98	2.16	0.14	0.59	0.33	0.08			
	대지	19.76	3.15	0.48	11.85	1.15	0.29			
	목장	1.40	0.21	0.07	0.84	0.03	0.04			
	기타	0.23	0.01	0.01	0.14	0.01	0.00			
화신리	논	1.24	3.54	0.33	0.75	3.23	0.20	8.72	5.40	0.45
	밭	0.50	2.93	0.07	0.30	2.10	0.04			
	임야	0.25	0.55	0.04	0.15	1.60	0.02			
	대지	12.03	1.92	0.29	7.22	1.48	0.18			
	목장	0.35	0.05	0.02	0.21	0.00	0.01			
	기타	0.16	0.01	0.00	0.10	0.01	0.00			
문당리	논	1.89	5.38	0.50	1.13	3.31	0.30	11.60	8.41	0.69
	밭	0.59	3.49	0.09	0.36	2.38	0.05			

	임야	1.21	2.66	0.17	0.73	1.16	0.10			
	대지	15.46	2.46	0.38	9.28	1.07	0.23			
	목장	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00			
	기타	0.18	0.01	0.01	0.11	0.01	0.00			
금평리	논	1.93	5.51	0.51	1.16	2.99	0.31	9.30	7.98	0.63
	밭	0.67	3.96	0.10	0.40	2.44	0.06			
	임야	0.88	1.94	0.12	0.53	1.24	0.07			
	대지	11.17	1.78	0.27	6.70	1.64	0.16			
	목장	0.70	0.11	0.03	0.42	0.06	0.02			
	기타	0.15	0.01	0.00	0.09	0.01	0.00			
구정리	논	1.75	4.99	0.46	1.05	17.63	0.28	12.86	8.38	0.69
	밭	0.69	4.06	0.10	0.41	18.52	0.06			
	임야	0.94	2.07	0.13	0.56	6.19	0.08			
	대지	17.18	2.74	0.42	10.31	9.94	0.25			
	목장	0.70	0.11	0.03	0.42	0.39	0.02			
	기타	0.18	0.01	0.01	0.11	0.04	0.00			

<표 4-30> 장곡면 비점오염원에 의한 1일 오염부하량

행정리	구분	발생부하량(kg/일)			배출부하량(kg/일)			배출부하량 합계(kg/일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
신동리	논	0.62	1.76	0.16	0.37	1.06	0.10	6.02	4.00	0.31
	밭	0.40	2.38	0.06	0.24	1.43	0.04			
	임야	0.55	1.22	0.08	0.33	0.73	0.05			
	대지	7.82	1.25	0.19	4.69	0.75	0.11			
	목장	0.19	0.03	0.01	0.12	0.02	0.01			
	기타	0.44	0.03	0.01	0.27	0.02	0.01			
가송리	논	1.86	5.31	0.49	1.12	3.19	0.30	12.81	8.67	0.72
	밭	0.71	4.21	0.11	0.43	2.52	0.06			
	임야	0.96	2.11	0.13	0.58	1.27	0.08			
	대지	16.44	2.62	0.40	9.86	1.57	0.24			
	목장	1.26	0.19	0.06	0.76	0.12	0.04			
	기타	0.12	0.01	0.00	0.07	0.00	0.00			
도산리	논	1.04	2.97	0.28	0.62	1.78	0.17	10.40	6.03	0.50
	밭	0.51	3.01	0.08	0.31	1.80	0.05			
	임야	0.79	1.73	0.11	0.47	1.04	0.07			
	대지	14.39	2.29	0.35	8.64	1.38	0.21			
	목장	0.26	0.04	0.01	0.16	0.02	0.01			
	기타	0.35	0.02	0.01	0.21	0.01	0.01			
신평리	논	2.24	6.40	0.59	1.35	3.84	0.36	12.79	11.11	0.86
	밭	0.76	4.50	0.11	0.46	2.70	0.07			
	임야	2.31	5.08	0.32	1.39	3.05	0.19			
	대지	15.69	2.50	0.38	9.41	1.50	0.23			
	목장	0.11	0.02	0.01	0.07	0.01	0.00			
	기타	0.19	0.01	0.01	0.11	0.01	0.00			
상송리	논	2.24	6.39	0.59	1.34	3.84	0.36	21.66	12.89	1.10
	밭	0.72	4.22	0.11	0.43	2.53	0.06			
	임야	2.75	6.05	0.39	1.65	3.63	0.23			
	대지	30.11	4.80	0.74	18.07	2.88	0.44			
	목장	0.05	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00			
	기타	0.23	0.01	0.01	0.14	0.01	0.00			
지정리	논	1.81	5.17	0.48	1.09	3.10	0.29	13.19	10.72	0.83
	밭	0.76	4.51	0.11	0.46	2.70	0.07			
	임야	2.52	5.54	0.35	1.51	3.32	0.21			

	대지	15.49	2.47	0.38	9.29	1.48	0.23			
	목장	1.19	0.18	0.06	0.71	0.11	0.03			
	기타	0.22	0.01	0.01	0.13	0.01	0.00			



<그림 4-3> 홍동면, 장곡면에서의 비점오염원에 의한 1일 배출오염부하

마) 총 오염부하량

(1) 발생부하량

<표 4-31>과 같이 홍동면 및 장곡면에서 발생하는 전체 부하량중 축산에서 가장 큰 오염원들이 생성되며 비점오염원, 생활오수등 순으로 많이 발생하는 것을 볼 수가 있다.

<표 4-31> 홍동면 친환경농업지구, 장곡면에서의 오염원별 발생부하량

행정리	BOD (kg/일)					TN (kg/일)					TP (kg/일)				
	인구	축산	산업	비점 오염 원	합계	인구	축산	산업	비점 오염 원	합계	인구	축산	산업	비점 오염 원	합계
홍동면	103.64	5,483.52	3.84	129.45	5,720.45	27.92	1,341.21	0.19	87.85	1,457.17	3.17	523.18	0.03	6.95	533.33
장곡면	97.66	3,721.26		128.12	3,947.04	26.31	915.56		89.04	1,030.91	2.99	376.15		7.20	386.34
합계	201.30	9,204.78	3.84	257.57	9,667.49	54.23	2,256.77	0.19	176.89	2,488.08	6.16	899.33	0.03	14.15	919.67

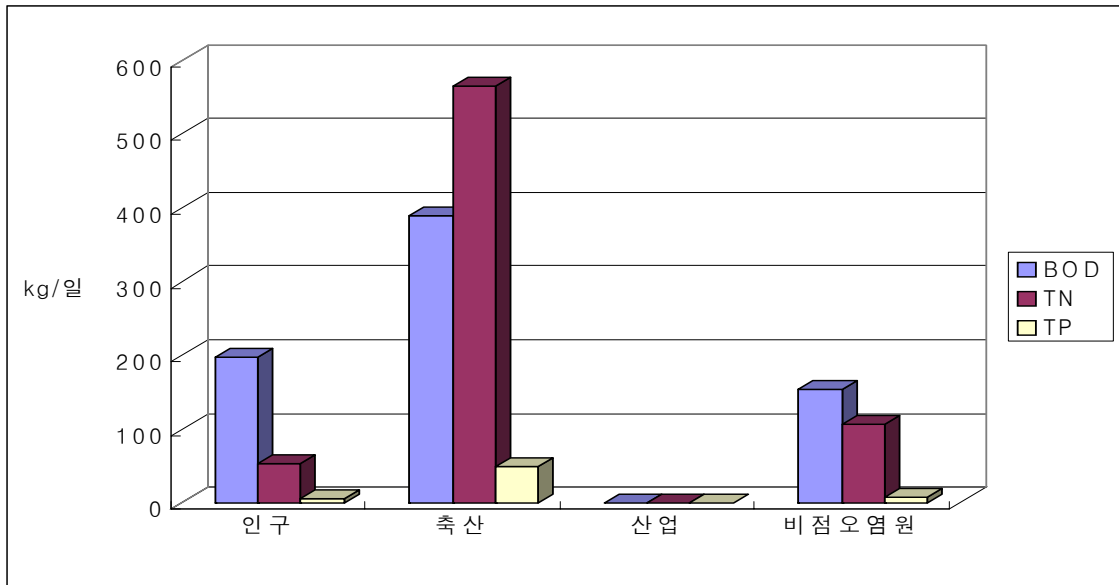
(2) 배출부하량

<표 4-32>은 흥동면 친환경농업지구 및 장곡면에서의 오염원별 배출부하량을 나타내었다. 흥동면 친환경농업지구 및 장곡면에서 가장 큰 오염부하량을 발생시키는 오염원은 <그림 4-4>와 같이 축산이며 전체 BOD 배출부하량의 52.48%를 차지하고 있으며 TN의 경우는 전체 발생 TN의 77.93% TP는 전체 발생 TP의 77.35%로 영양염의 대부분이 축산에 의해서 배출됨을 알 수가 있다. 또한 BOD의 경우 인구에 의한 배출이 비점오염원보다 높은 것으로 나타났으나 TN과 TP의 경우 비점오염원에 의해 배출되는 것이 더 큰 것으로 나타나 전체적인 오염원 배출은 인구보다는 비점오염원에 의한 영향이 더 큰 것을 알 수가 있다.

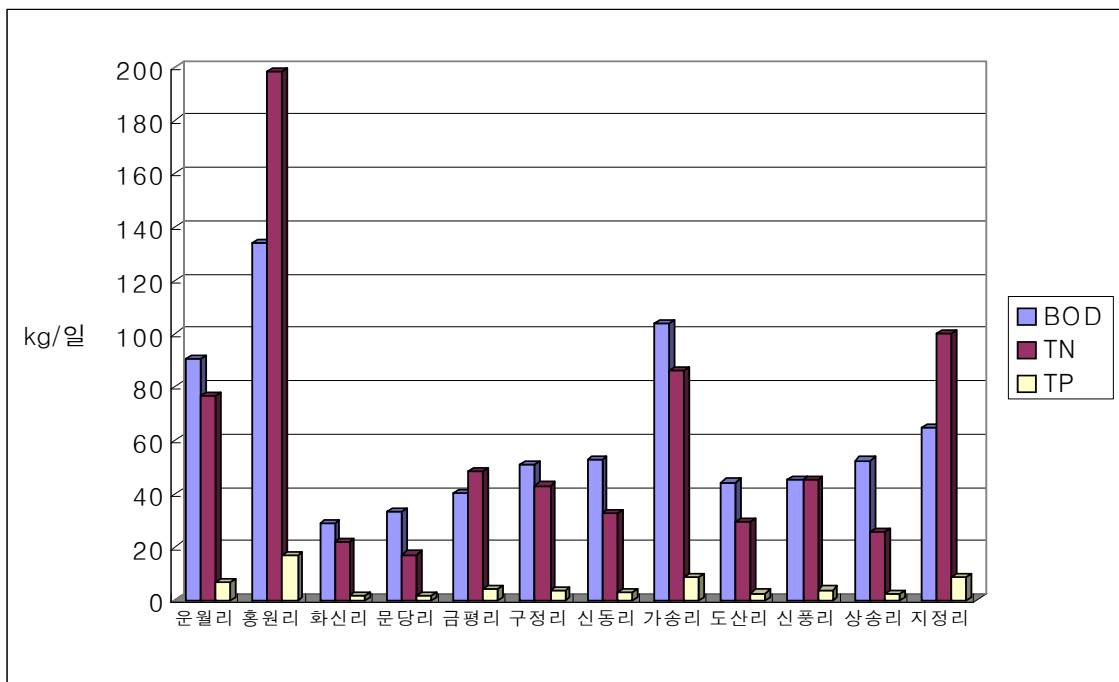
이와 함께 리별 오염원 배출 정도를 살펴보면 <그림 4-5>와 같이 흥원리이며 가송리, 운월리, 지정리 순으로 배출정도가 높은 것으로 나타났다. 이와 반대로 가장 오염원이 적은 곳은 문당리로 나타났다.

<표 4-32> 흥동면 친환경농업지구, 장곡면에서의 오염원별 배출부하량

행정리		BOD					TN					TP				
		(kg/일)					(kg/일)					(kg/일)				
		인구	축산	산업	비점 오염 원	합계	인구	축산	산업	오염 원	합계	인구	축산	산업	오염 원	합계
흥 동 면	운월	26.92	43.99	0.24	19.38	90.53	7.40	60.58	0.12	8.75	76.85	0.85	5.36	0.02	0.80	7.03
	흥원	24.55	93.61		15.81	133.97	6.66	177.81		13.78	198.25	0.76	15.20		0.91	16.87
	화신	9.03	11.30		8.72	29.05	2.45	14.15		5.40	22.00	0.28	1.21		0.45	1.94
	문당	12.14	9.31		11.60	33.05	3.31	5.50		8.41	17.22	0.38	0.45		0.69	1.52
	금평	12.26	18.65		9.30	40.21	3.34	37.21		7.98	48.53	0.38	3.25		0.63	4.26
	구정	16.43	21.56		12.86	50.85	4.47	30.14		8.38	42.99	0.51	2.58		0.69	3.78
소계		101.33	198.42	0.24	77.67	377.66	27.63	325.39	0.12	52.70	405.84	3.15	28.05	0.02	4.17	35.40
장 곡 면	신동	10.76	36.24		6.02	53.02	2.91	25.76		4.00	32.67	0.33	2.65		0.31	3.29
	가송	14.75	76.34		12.81	103.90	4.00	73.29		8.67	85.96	0.46	7.32		0.72	8.50
	도산	21.42	12.44		10.40	44.26	5.85	17.86		6.03	29.74	0.67	1.53		0.50	2.70
	신평	16.39	16.14		12.79	45.32	4.44	29.58		11.11	45.13	0.51	2.60		0.86	3.97
	상송	17.96	12.86		21.66	52.48	4.88	7.84		12.89	25.61	0.56	0.64		1.10	2.30
	지정	14.95	36.65		13.19	64.79	4.05	85.33		10.72	100.10	0.46	7.28		0.83	8.57
소계		96.23	190.67		76.87	363.77	26.13	239.66		53.42	319.21	2.97	22.02		4.32	29.33
합계		197.56	389.09	0.24	154.54	741.43	53.76	565.05	0.12	106.12	725.05	6.15	50.07	0.02	8.49	64.73



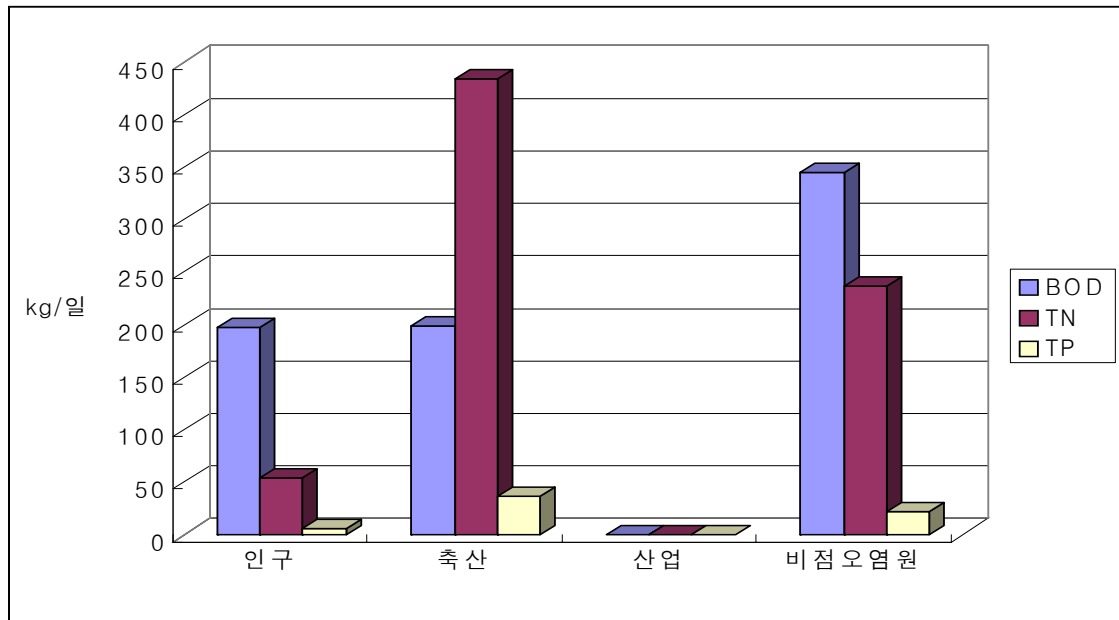
<그림 4-4> 오염원별 배출부하량



<그림 4-5> 리별 배출부하량

그러나 비점오염의 경우 축산에서 생성되는 분뇨 및 액비가 농경지로 살포되는 경우에 발생하는 비점오염들을 함께 고려해야 하기에 축산에서 배출되는 부하량 중 비점오염부하량 부분을 비점오염원으로 옮기면 <그림 4-6>과 같이 BOD인 경우는 전체 20.84%에서 46.56%로 TN의 경우는 14.64%에서 32.72%로 TP인 경우는 13.12%에서 34.27%로 증가하여 BOD의 경우 비점오염원에서 발생하는 양

이 가장 크며 축산 다음으로 비점오염에서 배출되는 TN, TP량이 매우 큰 것을 알 수가 있다. 따라서 농경지로 유입되는 축산기인 퇴비의 적절한 관리가 필요하다.



<그림 4-6> 축산에 의한 비점오염을 고려한 배출부하량

2) 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범 마을

가) 인구에 의한 오염부하량

산계리 친환경농업 시범마을은 산계 1구와 산계 3구 거주구역과 인접하고 있어 이곳에서 발생하는 생활하수가 직접 배출되고 있다. 따라서 산계 1구와 산계 3구 인구수인 256명에 대한 부하량을 산정하였다.

<표 4-33> 청성면 친환경 시범마을에서 인구에 의한 오염부하량

행정리	대지면적 (ha)	발생부하량 (kg/일)			배출부하량 (kg/일)			면적당 배출부하량 (kg/ha.일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
산계리	8.7	12.54	3.38	0.38	11.73	3.28	0.375	1.35	0.38	0.04

<표 4-33>과 같이 BOD 배출부하량이 발생부하량의 93.54%, TN은 97.04%, TP는 98.68%로 거의

대부분의 생활하수가 정화시설을 거치지 않고 직접 유입되는 것을 알 수가 있다. 또한 주거면적당 배출부하량을 구하여 홍동면과 비교하였을 때 단위면적당 큰 배출부하를 가지는 것을 알 수 있다.

나) 축산에 의한 오염부하량

<표 4-34>은 산계리에서 축산에 의해 발생하는 발생부하량 및 배출부하량을 나타내었다. 산계리 지역은 홍동면지역과 달리 축산업이 많이 존재하지 않기 때문에 가축에서 발생하는 오염원이 상대적으로 적으나 발생부하량은 가장 큰 것으로 나타났다.

<표 4-34> 산계리 친환경농업 시범마을에서 축산에 의한 1일 오염부하량

구 분	발생부하량 (kg/일)			배출부하량 (kg/일)		
	BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
산계리	67.03	15.36	4.72	5.29	3.41	0.26

<표 4-35> 신고·허가 및 신고미만 축산에 의한 1일 배출부하량 비교

구 분	축사면적/ 사육면적 (ha)	신고 시설 배출부하량 (g/일)			신고미만 배출부하량 (g/일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
산계리	0.022	54.36	146.21	11.02	5,234.58	3,265.92	247.18

위의 <표 4-35>은 산계리 친환경농업 시범마을에서 축산에 의한 1일 배출부하량을 신고시설과 신고 미만의 배출부하량으로 나누어 나타내었으며 이 결과로 산계리에서는 신고미만의 배출부하량이 신고시설보다 배출부하량에 기여하는 정도가 매우 큰 것으로 나타났다.

다) 비점오염원에 의한 오염부하량

<표 4-36>은 산계리 친환경농업 시범마을에서 비점오염원에 의해서 1일 배출되는 부하량을 나타내었다. 산계리의 경우에는 비점오염원에서 배출되는 부하량이 축산에 의한 부하량보다 큰 것으로 나타났으며 산계리의 경우 신고, 허가 축산에서 발생하는 분뇨를 퇴비화하여 농경지에 배출되는 경우가 너무나 적기 때문에 실제로 살포되는 퇴비는 신고미만의 시설에서 농경지로 배출되는 것이 대부분인 것으로 파악되었다. 따라서 실제 농경지에서 발생 가능한 최대 비점오염량은 BOD 경우

10.64kg/일, TN의 경우, 10.60kg/일, TP의 경우 0.38kg/일로 계산되었다.

<표 4-36> 산계리 친환경농업 시범마을에서 비점오염원에 의한 1일 오염부하량

행정리	구분	발생부하량 (kg/일)			배출부하량 (kg/일)		
		BOD	TN	TP	BOD	TN	TP
산계리	논	1.69	4.83	0.17	1.02	2.90	0.10
	밭	0.70	4.13	0.04	0.42	2.48	0.02
	임야	1.88	4.14	0.10	1.13	2.48	0.06
	대지	7.51	1.20	0.07	4.51	0.72	0.04
	목장	0.26	0.04	0.00	0.15	0.02	0.00
	기타	0.43	0.03	0.00	0.26	0.02	0.00
	합계	12.47	14.36	0.38	7.48	8.61	0.23

라) 총 오염부하량

(1) 발생부하량

산계리의 경우 인구수가 매우 적고 면적이 작아 상대적으로 가축사육두수가 많지 않음에도 불구하고 <표 4-37>과 같이 축산에 의한 오염부하 발생량이 전체 발생부하량의 BOD 72.82%, TN 46.40%, TP 86.13%를 차지하여 가장 많은 부하량이 생성되는 것으로 나타났다. 또한 축산을 제외한 BOD인 경우는 인구에 의한 오염발생이 비점오염원보다 약간 더 발생시키며 TN은 비점오염원이 TP는 두오염원이 값은 부하량을 발생시키는 것으로 나타났다.

<표 4-37> 산계리 친환경농업 시범마을에서의 오염원별 발생부하량

행정리	BOD (kg/일)				TN (kg/일)				TP (kg/일)			
	인구	축산	비점오염원	합계	인구	축산	비점오염원	합계	인구	축산	비점오염원	합계
산계리	12.54	67.0	12.47	92.01	3.38	15.36	14.36	33.10	0.38	4.72	0.38	5.48

(2) 배출부하량

<표 4-38>는 산계리 친환경농업 시범마을의 오염원별 배출되는 오염부하량을 나타내었다.

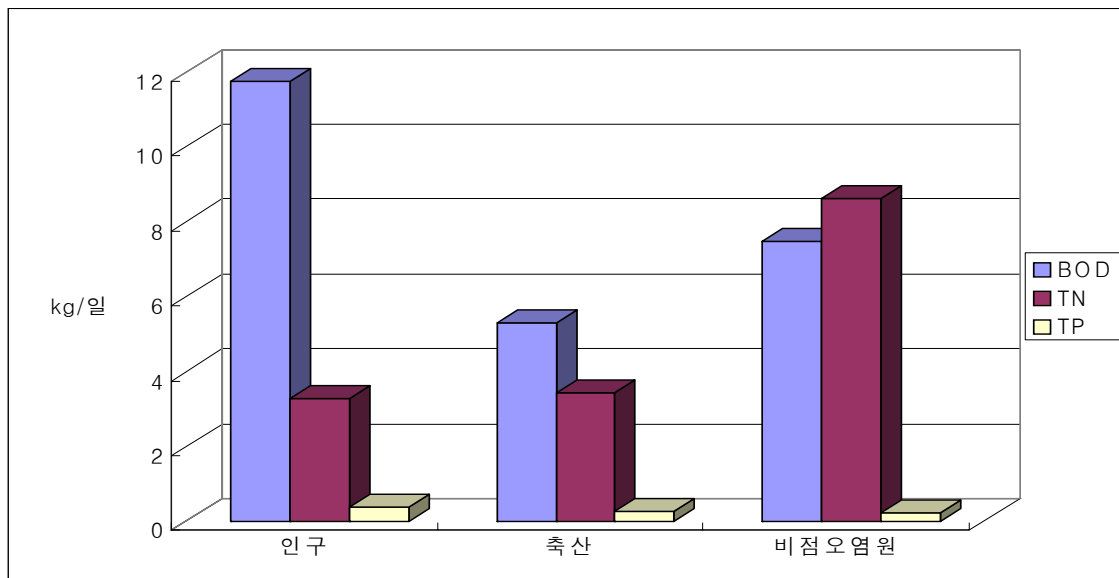
산계리에서 BOD, TP의 경우 가장 큰 오염 배출원은 <그림 4-6>에서 나타나듯이 인구에 의한 생활하수로써 현재 산계리에서 생활하수가 직접 유입되는 것을 예방할 수 있는 정화시설의 설치 및 생활

하수 저류조를 설치하여 하천 및 농지에 생활하수가 직접 하천과 농지로 유입되는 것을 막아야 한다. 또한 TN의 경우는 비점오염원에 의한 배출이 가장 큰 것으로 나타나 농경지내의 영양물질 배출 관리가 필요하다.

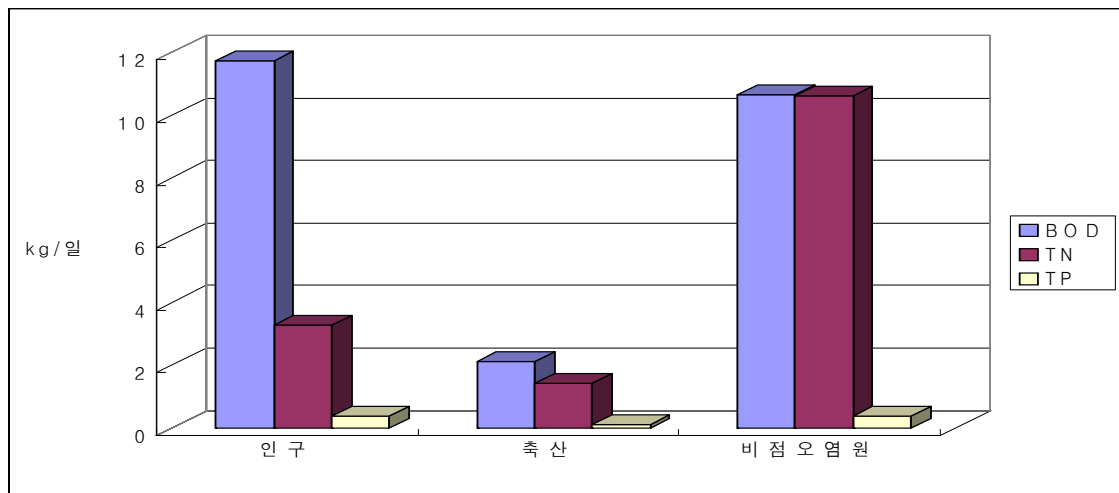
<표 4-38> 산계리 친환경농업 시범마을에서의 오염원별 배출부하량

행정리	BOD (kg/일)				TN (kg/일)				TP (kg/일)			
	인구	축산	비점오 염원	합계	인구	축산	비점오 염원	합계	인구	축산	비점오 염원	합계
산계리	11.73	5.29	7.48	24.50	3.28	3.41	8.61	15.30	0.375	0.26	0.23	0.87

또한 <그림 4-8>과 같이 축산에서 발생하는 분뇨를 퇴비화하여 농경지로 살포시 발생하는 비점오염들을 고려시 비점오염원에 의한 오염원 배출이 산계리에서 가장 커다란 오염원으로 작용하는 것으로 나타나 강우시 이 오염원들이 유출되지 않게 하기 위한 방안들을 고려하여야한다.



<그림 4-7> 산계리 친환경농업 시범마을에서의 오염원별 배출부하량



<그림 4-8> 산계리 지역에서 축산에 의한 비점오염을 고려한 배출부하량

나. 사례지역의 유출특성

1) 사례지역의 유출특성

가) 충청남도 홍성군 홍동면 친환경농업지구

사례지역의 유출특성을 알아보기 위해 강우가 내린 후 유출된 토사가 침전되고 유량이 일정하게 유지 될 때에 시료를 채취하여 사례지역의 특성을 살펴보았다. 홍성의 경우는 강우에 의한 유량의 증가가 없을 경우에는 상류지역 하천에 물이 흐르지 않기 때문에 시료채취가 불가능하며 강우 진행 시에는 흙탕물에 의한 영향으로 분석에 어려움이 발생한다. 따라서 강우가 발생된 후 일정시간 지난 후 시료를 채취하여 분석하게 되었다.

측정지점은 강우에 의해 축산폐수 및 하천수가 모두 저류되어 물이 흐르지 않는 지점4, 홍동저수지 아래를 흐르는 하천의 하류부분에 보를 막아서 저류된 물이 상류까지 혼합되는 지점12를 제외하고 10개 지점에 대한 조사를 실시하였다.

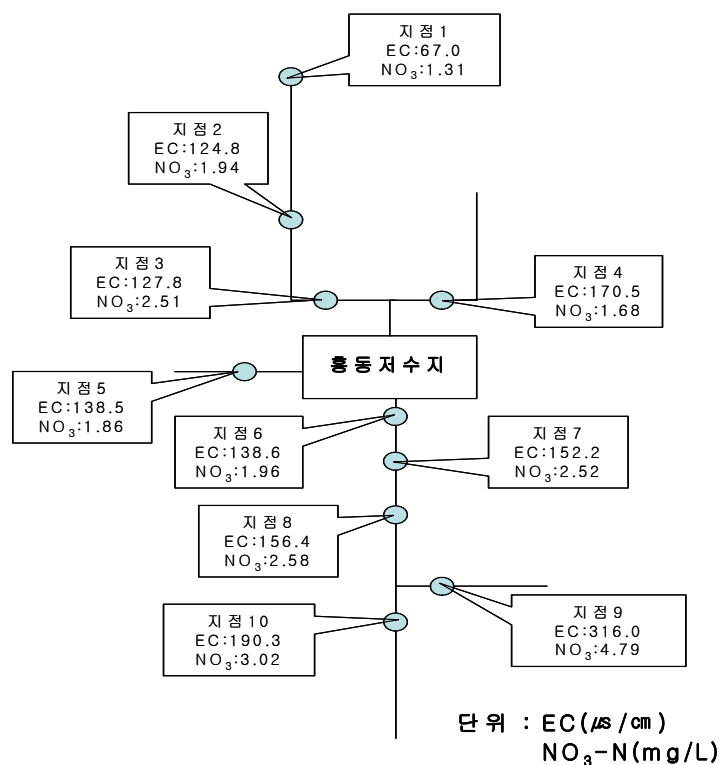
홍성의 경우 강우가 내린 직후인 2004년 6월 23일, 7월 22일, 9월 9일, 3번에 걸쳐 조사를 실시하였으며 조사전의 강우사상별 강수량은 다음 <표 4-39>와 같다.

<표 4-39> 홍성사례지역 강우사상별 강수량

강우사상	측정일	강우기간	강수량(mm)
1	2004. 6. 23	6.19 ~ 6.22	188
2	2004. 7. 22	7.15 ~ 7.21	151
3	2004. 9. 9	9.6 ~ 9.7	28

먼저 수질 항목 중 현장에서 가장 쉽게 측정이 가능하고 현장의 오염도를 쉽게 판별 할 수 있는 전기전도도(EC)와 영양염류의 오염정도를 잘 나타내주는 질산성질소($\text{NO}_3\text{-N}$)를 사용하여 3번의 강우 후 측정된 시료에 대한 결과를 측정지점 상류부터 하류까지 그림으로 나타내었다.

<그림 4-9>는 2004년 6월 23일 측정된 값을 도식화하였다. 비가 4일간 188mm 내린 후 측정한 결과이며 강우사상이 일어나기 전 19일간 이 지역에 비가 오지 않아서 많은 비가 내린 후에도 질산성질소 농도가 대체적으로 높게 유출되고 있다. 가장 유출농도가 적은 곳은 지점1로, 이 지역은 마을이나 논, 가축사육이 없는 지역이지만 장기간 비가 오지 않아서 오염원들이 많이 축적되어 있어 장기 유출이 발생한 것으로 생각되어진다. 또한 지점3과 지점4를 비교했을 경우 지점3의 질산성농도가 높는데 이는 질소오염원이 먼거리에서 발생된다는 것을 뜻하며 암모니아성 질소 농도를 통해 확인할 수가 있다. 즉, 지점4의 암모니아성질소가 0.62mg/L로 지점3의 0.41mg/L보다 크다는 것을 보아 신도소하천인근에 질소오염원들이 존재하는 것을 알 수가 있다. 특히, 지점1, 2, 3지역은 장곡면중 가장 오염도가 낮은 지역으로 다른 지역보다는 비점오염원에 의한 오염도가 높았던 것으로 판단하면 농사로 인하여 논에서 질소성분이 많이 유출된 것으로 생각되어진다. TP인 경우는 질소와 다르게 지점4가 0.22mg/L로 지점3의 0.13mg/L보다 크다.



<그림 4-9> 1차조사시 EC 및 질산성질소 농도

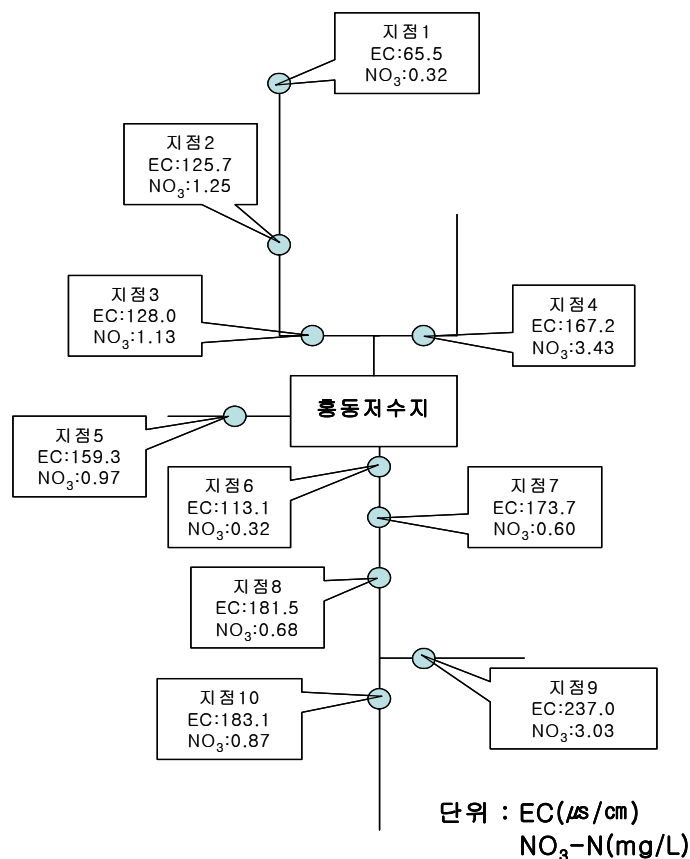
홍동저수지 하류부분의 오염도는 아랫부분으로 흘러갈수록 오염이 증가하는 것을 잘 볼 수가 있

며 지점9에서 매우 높은 질소오염이 발생하는 것으로 나타났다. 이는 홍원리 인근의 가축폐수의 유입에 의한 것으로 생각되어지며 TN 및 COD, TP등 가장 높은 농도를 나타내고 있다.

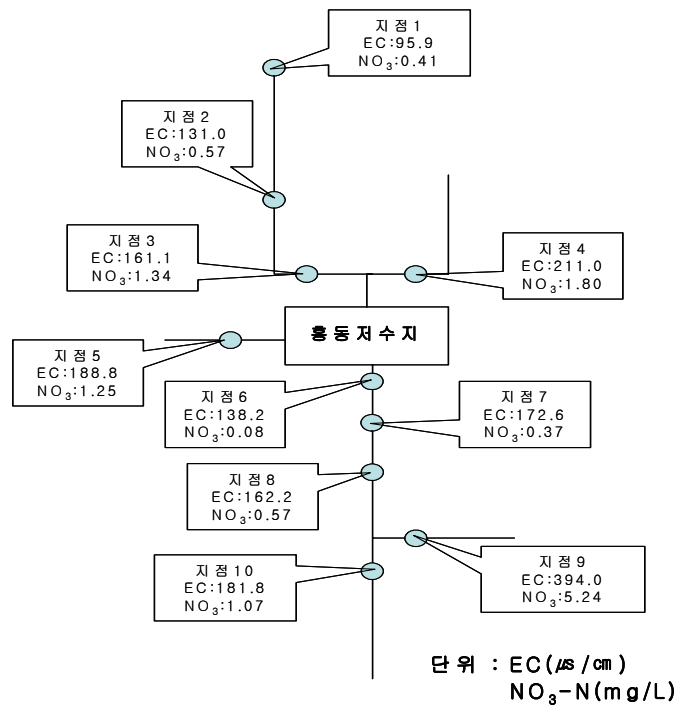
지점10은 지점9와 지점8이 합류되는 곳으로 유량의 증가 및 하류 저류에 의한 영향으로 농도가 다소 낮지만 EC값이 높은 것으로 보아 오염이 많이 된 것을 알 수가 있다.

<그림 4-10>은 2차 조사시 EC 및 질산성질소 농도를 나타낸 것이다. 1차 조사시와 비교하면 질산성질소 농도가 많이 낮아진 것을 알 수가 있다. 이는 6월에 비해 자주 비가 와서 유출이 많이 이루어진 결과인 것으로 판단된다. 또한 1차조사시와 달리 지점4의 질산성질소 농도가 지점3보다 많이 높아진 것을 볼 수가 있으며 다른 항목의 농도도 높게 나타났다. 지점9는 1차조사시기와 마찬가지로 이지역에서 가장 높은 농도의 유출이 이루어지는 것을 다시 확인할 수 있다.

<그림 4-11>은 3차 조사시 EC 및 질산성질소 농도를 나타낸 것이다. 1차, 2차와 같이 상류지역에서 하류지역으로 내려갈수록 오염도가 커지는 경향을 볼 수가 있다.



<그림 4-10> 2차조사시 EC 및 질산성질소 농도



<그림 4-11> 3차조사시 EC 및 질산성질소 농도

<표 4-40> 1차, 2차, 3차 동안 측정지점별 측정된 BOD, TN, TP 농도이다. 표기되지 않은 농도는 현장측정시 또는 분석시 제대로 처리가 되지 않아서 올바른 측정값이 나오지 않은 경우이다.

<표 4-40> 홍성 사례지역의 지점별 BOD, COD, TN, TP 농도

항목	구분	지점1	지점2	지점3	지점4	지점5	지점6	지점7	지점8	지점9	지점10
BOD (mg/L)	1차	1.91	-	-	-	-	4.56	-	-	4.20	3.36
	2차	0.56	-	1.09	1.91	1.86	5.83	5.82	4.16	9.15	8.08
	3차	0.74	0.89	1.50	1.33	0.61	6.54	6.41	6.32	6.22	5.06
	평균	1.07	0.89	1.30	1.62	1.24	5.64	6.12	5.24	6.52	5.50
COD (mg/L)	1차	36.80	33.60	36.80	28.00	26.40	33.60	59.20	51.20	54.40	-
	2차	6.8	9.2	10.4	16.8	11.2	30.4	21.6	20.4	18.4	13.6
	3차	14	21.6	8.8	11.6	17.6	26.4	28.4	32.8	48	24
	평균	19.20	21.47	18.67	18.80	18.40	30.13	36.40	34.80	40.27	18.80
TN (mg/L)	1차	4.13	4.85	6.93	5.29	6.16	5.22	6.33	7.79	11.24	-
	2차	2.47	3.15	3.41	4.62	3.44	4.12	5.32	5.38	9.45	9.30
	3차	1.47	2.75	2.78	3.21	3.28	3.66	4.36	2.79	13.69	13.45
	평균	2.69	3.58	4.37	4.37	4.29	4.33	5.34	5.32	11.46	11.38
TP (mg/L)	1차	0.03	0.10	0.13	0.22	0.18	0.17	0.34	0.39	0.63	-
	2차	0.08	0.11	0.13	0.13	0.12	0.04	0.22	0.21	0.57	0.58
	3차	0.02	0.06	0.06	0.07	0.06	0.11	0.17	0.15	0.78	0.61
	평균	0.04	0.09	0.11	0.14	0.12	0.11	0.24	0.25	0.66	0.60

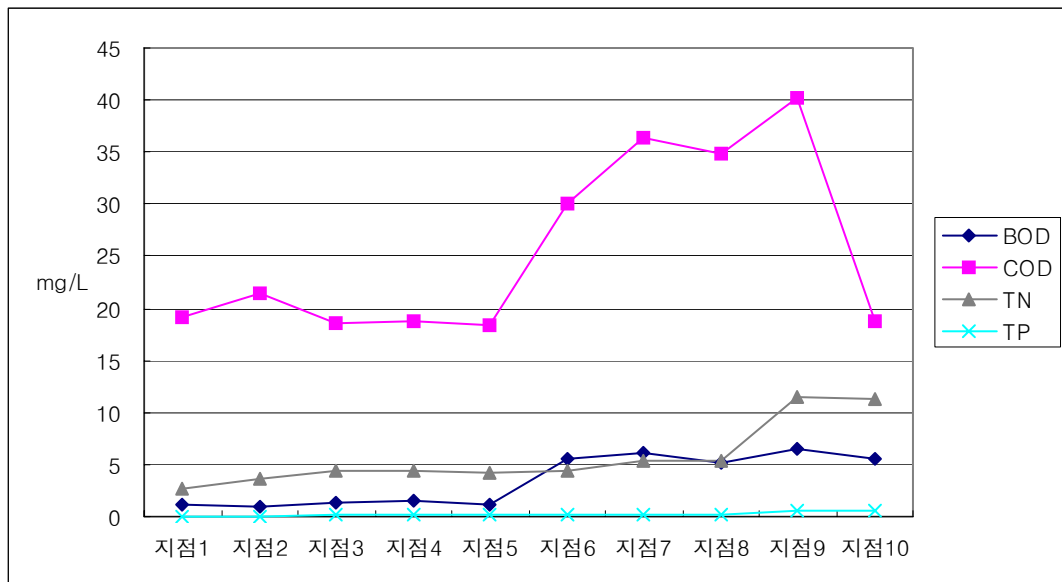
<그림 4-12>는 <표 4-40>의 평균값들을 그래프로 나타내었다.

BOD인 경우 홍동저수지 상류쪽이 홍동저수지 아래쪽보다 양호한 것을 알 수가 있으며 측사가 많이 밀집해 있는 홍원리 인근 지천에서 가장 높은 농도를 보이고 있다. 또한 저수지에서 BOD와 COD가 높아지는 것을 보아 상류지역에서 내려온 유기물들이 저수지에 누적되어 배출되고 있는 것을 알 수가 있다. 또한 측정 지점들에 대한 COD값이 대체적으로 높게 나타나고 있으며 BOD 농도와 COD 농도를 비교시 BOD 농도가 매우 낮은 농도를 유지하는 것을 보아. 하천인근으로 많은 난분해성 유기물이 유출되는 것을 살펴볼 수가 있으며 장곡면 보다는 홍동저수지 아래 지역인 홍동면에서의 오염이 더 큰 것을 살펴볼 수가 있다.

TN의 경우는 상류에서 하류로 갈수록 계속 증가되는 것을 볼 수가 있으며 다른 항목과 마찬가지로 홍원리에서 유입되는 지천에서 가장 높은 수치를 나타내며 이 지천이 합류된 후 하류지역 수질도 계속 악화되는 것을 알 수가 있다.

TP는 다른 항목에 비해 매우 적게 유출되는 것을 볼 수가 있는데 TP 또한 하천하류로 갈수록 증가되는 것을 볼 수가 있다.

따라서 강우시 장곡면에서 발생되는 대부분의 오염물질들은 홍동저수지에 누적되어 오염농도가 많이 높아지며 높아진 하천수는 홍동저수지 하류부분인 홍동면을 흐르면서 인근의 논경지나 측사에 의해서 발생, 유출되는 오염물질들을 다량 포함하게 되고 장곡면보다는 홍동면에서 더 큰 오염물질 유출이 발생되는 것을 알 수가 있다.



<그림 4-12> 지점별 BOD, COD, TN, TP 농도

아래 <표 4-41>은 장곡면, 홍동면에 대한 통계자료 및 환경부 원단위로 계산된 배출부

하량과 실제 하천의 지점10에서 측정한 수질자료와 유량자료를 통해 계산된 유출부하량을 나타내고 있다. 항목별 배출부하량 모두 원단위를 사용한 배출부하량이 실제 유출되는 부하량보다 더 큰 것을 알 수가 있으며 TN의 경우에는 상당히 비슷한 값을 유지하는 것으로 나타났다. 따라서 강우의 지속시간에 따라 부하량의 차이가 많이 발생하지만 홍성지역에 매우 많은 오염원이 배출되고 있다는 것을 확인할 수가 있다.

<표 4-41> 홍성 사례지역의 원단위 배출부하량과 유출부하량과의 비교

구 분	원단위 배출부하량 (kg/일)	유출부하량 (kg/일)
BOD	741.43	499.67
TN	725.05	691.41
TP	64.73	36.94

나) 충청북도 옥천군 청성면 산계리 친환경농업 시범 마을

옥천 사례지역의 유출량을 측정하기 위해 <표 4-42>와 같이 6월 24일과 9월 8일 2번의 시료를 채취하였다. 1차시에는 16일 동안 비가 없다가 5일간 많은 비가 내렸으며 2차 시기에는 9일간 비가 내리지 않다가 2일간 12mm가 내렸다.

<표 4-42> 옥천 사례지역 강우사상별 강수량

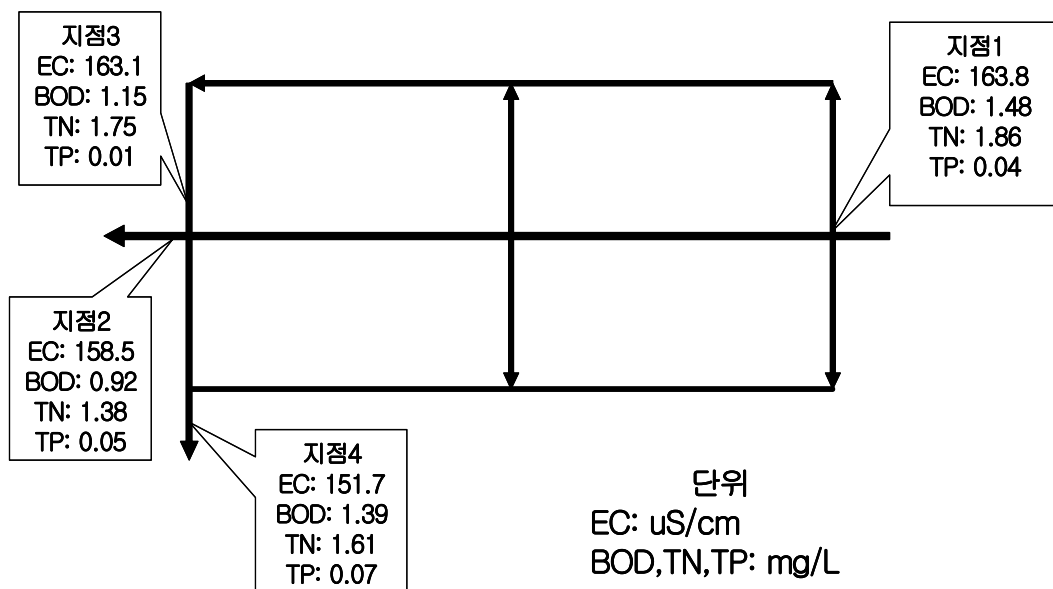
강우사상	측정일	강우기간	강수량(mm)
1	2004. 6. 24	6.19 ~ 6.23	362
2	2004. 9. 8	9.6 ~ 9.7	12

<표 4-43>에서 보이는 것처럼 BOD인 경우는 비가 많이 내린 1차시기에 최종배출지점인 지점4의 농도가 높아 분해 가능한 유기물이 인근 농경지에서 배출되는 것을 볼 수가 있으며 2차 시기에는 반대로 배출수가 낮아지는 것을 볼 수가 있다. 따라서 BOD인 경우는 배출수가 약간은 증가하지만 많은 양은 아니며 강우강도에 따라 차이가 발생하는 것으로 생각되어진다. 반면 COD, TN의 경우는 원수보다 배출수의 농도가 낮아지는 뚜렷하게 볼 수가 있으며 농도 감소가 많은 것으로 나타났다. 마지막으로 TP인 경우는 다소 증가는 하지만 농도가 낮아 평가하기 어렵다고 생각되어진다.

<표 4-43> 옥천 사례지역의 지점별 BOD, COD, TN, TP 농도

항 목	구분	지점1	지점2	지점3	지점4
BOD (mg/L)	1차	1.19			1.58
	2차	1.48	1.15	0.92	1.39
	평균	1.34	1.15	0.92	1.49
COD (mg/L)	1차	38.8	38.5	32.0	19.6
	2차	12.0	11.6	11.6	10.0
	평균	25.4	25.05	21.80	14.80
TN (mg/L)	1차	4.53	4.79	4.65	3.30
	2차	1.86	1.75	1.38	1.61
	평균	3.20	3.27	3.02	2.46
TP (mg/L)	1차		0.06	0.03	0.07
	2차	0.04	0.01	0.05	0.07
	평균	0.04	0.04	0.04	0.07

아래 <그림 4-13>는 2차측정시기에 측정된 수질 결과로 원수가 논경지를 통과한 후 수질이 좋아지는 결과를 볼 수가 있다. 이런 경향은 1차 측정시기도 같은 결과를 나타내고 있다. 따라서 홍성처럼 인근의 오염원이 많이 존재하는 지역과 다르게 논경지가 오염원을 걸러주어 정화시키는 역할을 하고 있는 것을 볼 수가 있다.



<그림 4-13> 옥천 친환경농업마을 지점별 수질농도

<표 4-44>는 옥천지역에 대한 원단위 배출부하량과 실제 측정된 측정값을 사용하여 계산한 부하량

을 나타내고 있다. 실제측정된 부하량이 원단위를 사용한 측정량보다 BOD를 제외하고 모두 높게 나타났다. 이는 강우에 의한 유출이 발생되어서 논경지에 존재하던 오염물질이 더 많이 배출되어 이런 결과를 나타낸 것으로 TN과 TP인 경우는 원단위에 의한 계산보다는 실제 측정을 통한 부하량산정을 해야 오염부하에 대한 과소평가를 예방할 수 있을 것으로 생각되어진다.

<표 4-44> 옥천 사례지역의 원단위 배출부하량과 유출부하량과의 비교

구 분	원단위 배출부하량	유출부하량
	(kg/일)	(kg/일)
BOD	24.50	22.03
TN	15.30	25.55
TP	0.87	1.11

3. 관행농법과 친환경농법이 환경에 미치는 영향 비교

가. 수질

관행농법과 친환경농법이 환경에 미치는 영향을 비교하기 위해서 첫 번째로 사례지역 유역내에 흐르고 있는 하천의 수질변화를 비교하였다. 홍성의 경우 인근축사에 의한 영향이 너무 크기 때문에 관행농법과 친환경농법의 비교가 사실상 불가능하며 하천의 물이 계속 흐르지 않고 저수지에 저류되거나 건천인 경우가 많기 때문에 더더욱 어렵다. 따라서 보청천이 계속 유입되고 용수로와 배수로가 잘 정비되어 있는 옥천을 대상으로 비교하였다.

먼저 유입수의 수질을 파악하기 위해서 친환경마을 상류에 위치한 환경부 수질측정망 수질자료를 살펴보았다. <표 4-45>는 이 지역에서 2002년부터 2004년까지 시료 채취 기간과 동일한 5월부터 9월 까지 측정된 평균농도 값이다.

<표 4-45> 산계리 보청천 수질오염도

측정 항목 측정망	pH	BOD	COD _{Mn}	NH ₃ -N	NO ₃ -N	TN	TP
	mg/L						
보청천3	7.8	1.3	2.3	0.022	1.78	2.53	0.035

<표 4-46> 자료는 산계리 친환경농업이 시작된 2002년부터 2004년까지의 마을 용수로와 배수로를 대상으로 측정된 수질 Data이다. 환경부에서 측정된 수질 data와 측정치가 많이 차이가 발생하고 있

는데 이는 측정기관에 따른 측정오차와 측정시점, 측정장소의 차이에 의해 생긴 것으로 판단된다.

2002년과 2003년, 2004년 모두 유입수보다 유출수가 더 낮은 pH를 가지는 것을 알 수가 있으나 변화 폭이 매우 작은 것을 보아 토양에 의한 영향으로 판단되어 수질오염과는 관련성이 적으며 환경 부 자료와도 비슷한 값을 유지하고 있다.

COD 농도, 암모니아질소, 인의 경우 측정된 농도가 유입수보다 유출수가 더 높다는 것을 볼 수가 있다. 암모니아질소 같은 경우는 휘발에 의해 대기중으로 배출될 수 있어 설명이 어렵지만 COD, 인산염인의 경우 매년 그 증가 정도가 높아지는 것으로 보아 경작지에서 오염원이 증가되고 있는 것으로 판단된다.

질산성질소의 경우 유입수보다 유출수의 농도가 낮아지는데 이것은 암모니아성 질소의 증가에 의한 결과로 해석될 수 있다.

<표 4-46> 옥천 친환경마을 논외 관개수 유입수와 유출수의 수질 변화

측정년도	구분	pH	Cl ⁻	COD _{Cr}	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	TN	TP
			mg/L						
2002	유입	7.77	13.36	11.82	0.12	0.91	0.02	-	-
	유출	7.66	14.83	14.74	0.41	0.88	0.04	-	-
	증감	0.11(▽)	1.47(△)	2.92(△)	0.29(△)	0.03(▽)	0.02(△)		
2003	유입	7.67	7.97	7.33	0.07	2.25	0.03	-	-
	유출	7.30	7.76	10.53	0.21	1.64	0.06	-	-
	증감	0.37(▽)	0.21(▽)	3.2(△)	0.14(△)	0.61(▽)	0.03(△)		
2004	유입	7.80	7.29	10.08	0.04	2.58	0.03	10.78	0.096
	유출	7.46	9.38	15.23	2.05	2.23	0.16	13.87	0.271
	증감	0.34(▽)	2.09(△)	5.15(△)	2.01(△)	0.35(▽)	0.13(△)	3.09(△)	0.18(△)
평 균	유입	7.75	9.54	9.74	0.08	1.91	0.03	10.78	0.096
	유출	7.47	10.66	13.50	0.89	1.58	0.09	13.87	0.271
	증감	0.28(▽)	1.12(△)	3.76(△)	0.81(△)	0.33(▽)	0.06(△)	3.09(△)	0.18(△)

자료: 충북 농업기술원 자료

아래 <표 4-47>는 충북농업기술원에서 보청천을 농업용수로 사용하고 있는 산계리 친환경마을과 인근의 청성면 하서리에 대한 3번의 수질검사 결과이다.

pH인 경우 친환경지역에서는 유입수보다 유출수가 낮아진 반면 인근에서는 유출수가 높아진 것을 알 수가 있다. 또한 염소이온, COD, NO₃-N, TP인 경우 친환경농업쪽에 더 좋은 결과를 나타내지만 암모니아성질소, TN, 인산염인의 경우 인근농업지역이 더 유리한 결과를 나타내고 있다.

따라서 친환경 농업지역에서 유기물과 인의 배출이 인근지역보다 작지만 질소같은 경우는 인근지역보다 더 많이 배출이 되는 것으로 나타나 친환경농업지역에 가축분뇨 퇴비나, 자체생산된 퇴비의 살포가 영향을 주는 것으로 판단된다.

<표 4-47> 옥천 친환경마을 및 인근지역에 대한 수질 변화 비교

측정지역	구분	pH	Cl ⁻	COD _{Cr}	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P	TN	TP
			mg/L						
친환경	유입	7.80	7.29	10.08	0.04	2.58	0.033	10.78	0.096
	유출	7.46	9.38	15.23	2.05	2.23	0.164	13.87	0.271
	증감	0.34(▽)	2.09(△)	5.15(△)	2.01(△)	0.35(▽)	0.13(△)	3.09(△)	0.18(△)
인근	유입	7.61	7.24	8.99	0.02	2.43	0.035	10.55	0.152
	유출	7.85	12.85	17.78	0.46	3.27	0.127	9.31	0.371
	증감	0.24(△)	5.61(△)	8.79(△)	0.44(△)	0.84(△)	0.09(△)	1.24(▽)	0.22(△)

자료: 충북 농업기술원 자료

사례지역과의 수질을 비교하고 위해서 1999-2001년까지 친환경농업지역으로 지정되어 수질분석이 행하여졌던 양평지역에 대한 수질 측정자료를 <표 4-48>과 같이 나타내었다.

양평지역에서 측정된 Data를 산계리에서 측정된 수질과 비교하였을 때 양평지역에서도 유출수의 pH가 다소 감소됨을 알 수가 있다. 또한 COD 농도가 옥천과 동일하게 유출수가 높아짐을 볼 수가 있으나 그 증가량정도가 훨씬 더 크며 NO₃-N 농도 또한 감소됨을 알 수가 있다. 그러나 양평에서는 암모니아질소의 농도가 감소되는데 비해 옥천에서는 증가하는 모습을 보면 옥천지역 논에 퇴비, BB 비료의 첨가 또는 동물의 분뇨에 의하여 암모니아질소가 발생될 가능성이 커 보인다.

<표 4-48> 시범마을 논외 관개수 유입수와 유출수의 수질 변화(양평)

구 분	측정년도	pH	Cl ⁻	COD _{Cr}	NH ₄ -N	NO ₃ -N
			mg/L			
유입	1999	6.7	37	2.0	0.7	5.0
	2000	8.3	13	13.0	0.3	2.5
	2001	8.4	9	5.7	0.2	3.8
	평균값	7.8	20	6.9	0.4	3.8
유출	1999	7.7	28	17.0	0.3	1.0
	2000	7.7	12	12.0	0.1	1.4
	2001	7.3	13	11.4	0.2	0.7
	평균값	7.6	18	13.5	0.2	1.0

주: 시료 채취일은 각년도의 5월 28-29일 사이이다.

자료: 농업과학기술원, 2001, 농업환경연구

옥천의 경우 친환경농업으로 오리를 사육하여 벼를 경작하고 있다. 따라서 논에서 오리사육이 수 질에 미치는 영향을 알아보기 위해 2002년도에 INM, IPM을 시행해오던 필지 일부가 2003년도에는

오리를 사육하는 필지로 전환된 경우를 조사하여 오리사육이 수질에 어떤 영향을 주는지를 조사하였다. 조사 방법은 오리가 사육되는 논으로 들어가는 유입수와 유출수에 대한 수질 측정을 하여 이를 평가하였다.

<표 4-49>은 이 논에 대한 측정값이다. 오리를 사육하기 전과 후 모두 pH는 낮아지는 것을 볼 수가 있으며 2003년도의 변화율이 더 큰 것으로 나타났다. 또한 염소이온에 대한 농도는 사육전에는 유출수의 농도가 더 낮았지만 사육 후에는 농도가 약간 높아지는 것을 볼 수가 있으며 COD 농도와 암모니아성 질소 농도가 일부 증가를 하지만 변화 농도가 낮아 오리사육전과 커다란 변화는 없는 것으로 보인다. 또한 질산성질소는 사육전보다 더 많이 감소를 하지만 유입농도가 높아서 오리사육에 의한 변화로 보기 어렵다. 따라서 오리사육이 수질에 미치는 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

<표 4-49> 오리사육에 따른 논의 관개수 유입수와 유출수의 수질 변화

측정년도	구분	pH	Cl ⁻	COD _{Cr}	NH ₄ -N	NO ₃ -N	PO ₄ -P
			mg/L				
2002	유입	7.75	12.73	13.87	0.06	0.81	0.02
	유출	7.47	10.56	16.30	0.34	0.94	0.06
	증감	0.28(▽)	2.17(▽)	2.43(△)	0.28(△)	0.13(△)	0.04(△)
2003	유입	7.57	7.70	8.67	0.08	2.29	0.05
	유출	7.00	8.80	10.87	0.27	2.12	0.09
	증감	0.57(▽)	1.10(△)	2.2(△)	0.19(△)	0.17(▽)	0.04(△)

자료: 충북 농업기술원 자료

나. 생물다양성

친환경농업이 인근의 생물다양성에 어떠한 영향을 주는지 살펴보기 위해서 <표 4-50>과 같이 곤충계, 환경동물, 갑각류의 개체수 및 우점도를 알아보았다. 특히 친환경농업과 관행농업에 따른 비교를 위해서 홍동저수지 인근의 친환경농업이 행하여지는 농경지와 관행농업이 행하여지는 농경지에 대해서 조사를 실시하여 결과를 비교하여보았다.

친환경농업이나 관행농업 모두 곤충계, 환경동물, 갑각류 순으로 개체수 및 우점도가 높은 것을 알 수가 있으며 1, 2지점에서는 관행농업의 개체수가 더 많은 것을 볼 수가 있지만 3지점의 경우 전체 개체수가 관행농업의 12.56배 더 많은 것을 볼 수가 있다.

모든 지점들에 대한 평균값으로 보았을 때 관행농업에 비해 친환경농업에서의 곤충계는 1.26배, 환경동물은 1.5배, 갑각류는 1.17배 친환경농업쪽의 개체수가 더 풍부한 것으로 나타나 농약에 의한 개체수의 감소가 적고 생물들의 먹이 풍부도면에서 친환경농업의 경우가 더 유리한 것으로 판단되었

다.

<표 4-50> 홍동저수지 유역의 하천수중 생물상 조사

지 역	지 점		곤충계	환형동물	갑각류	계
친환경농법	1	개체수	3,110	544	443	4,097
		우점도	0.759	0.133	0.108	1.0
	2	개체수	2,293	532	2	2,827
		우점도	0.811	0.188	0.001	1.0
	3	개체수	9,443	6,242	-	15,685
		우점도	0.602	0.398		1.0
	평균	개체수	4,949	2,439	222	7,534
		우점도	0.724	0.240	0.036	1.0
관행농법	1	개체수	4,822	4,068	-	8,890
		우점도	0.542	0.458		1.0
	2	개체수	6,018	519	190	6,727
		우점도	0.895	0.077	0.028	1.0
	3	개체수	934	287	-	1,220
		우점도	0.764	0.235		1.0
	평균	개체수	3,925	1,625	190	5,610
		우점도	0.734	0.256	0.009	1.0

자료: 농업과학기술원(2004)

친환경농업에 의한 생태계의 변화정도를 더 자세하게 알아보기 위해서 옥천지역과 양평지역에서 수행된 시험포장내 처리별로 수서 무척추동물의 개체수를 조사한 결과(<표 4-51>)와 친환경시범마을과 인근마을의 수서 무척추동물의 개체수를 비교한 결과(<표 4-52>)를 살펴보았다.

조사를 해본결과 시험구 처리별 수서곤충, 환형동물, 패류, 갑각류 등의 수서 무척추동물의 개체수는 농가 관행구 100에 대하여 토양검정시비구 293, 토양검정과 개량제 혼용구 276, 무비구 90으로 토양검정시비구에서 가장 많았다. 이와 같은 결과는 토양검정에 의한 적정시비로 토양양분의 유출방지와 더불어 농경지내 생물상까지도 유지시키는 결과를 나타냄을 알 수가 있었다.

이와 함께 친환경 지역에서의 생물다양성을 알아보기 위해서 시범마을과 인근 일반농가 마을 전체를 대상으로 수서생물을 조사한 결과 <표 4-52>와 같이 수서 무척추 동물의 종 개체수는 시범마을중 옥천지역이 4,171마리/6ℓ, 양평지역이 540마리/6ℓ 이며 일반농가 지역은 옥천지역이 1,723마리/6ℓ, 양평지역이 122마리/6ℓ로 양평지역에 비하여 옥천지역에서 개체수가 많았다. 또한 전체의 평균 개체수를 보면 친환경농업을 수행하고 있는 지역을 100으로 볼 때 인근마을은 34로 INM과 IPM을 실천하는 시범마을에서 생물종이 다양하고 그 개체수가 많은 것으로 나타났다. 따라서 친환경농법을 수행하는 경우에 식물개체수의 증가 및 생물다양성이 증가하는 것으로 나타났다.

<표 4-51> 시험포장에서의 수서 무척추동물의 개체수

처리	곤충 (마리)	환형동물 (마리)	패류 (마리)	갑각류 (마리)	Total (마리)	Index
농가관행구	62	1	16	225	304	100
토양검정시비구	224	15	18	635	893	293
토양검정과 개량제 혼용구	155	10	40	636	841	276
무비구	138	2	12	123	275	90

<표 4-52> 친 환경 지역에서의 수서 무척추동물의 개체수

위 치	구 분	곤충 (마리)	환형동물 (마리)	패류 (마리)	갑각류 (마리)	Total (마리)	Index
옥천	친환경농업	623	2.6	115	3,431	4,171	100
	관행농업	288	1.3	337	1,102	1,723	44
양평	친환경농업	127	1.6	21	390	540	100
	관행농업	31	5.3	3	83	122	23
모든 지역	친환경농업	189	6.1	89	1,279	1,563	100
	관행농업	82	1.2	78	370	531	34

주 : 2001년 8월 3일부터 9월 13일 동안에 옥천과 양평에서 시료 6L에 포함된 개체수를 나타낸다.

자료: 농업과학기술원, 2001 농업환경연구

친환경농업 시범마을과 인근마을의 지상부 곤충의 개체수를 조사한 결과는 <표 4-53>와 같다. 시범마을은 인근 일반농가 마을에 비하여 천적이나 해충의 수가 증가되는 것으로 나타났다. 이는 일반 농가에 비하여 시범마을에서는 정밀 예찰로 적기에 방제를 하기 때문에 농약방제 회수가 50%정도 적어 이로 인해 곤충들이 생활하기에 유리했기 때문으로 생각되어진다.

따라서 생물다양성은 친환경농업에서 더 유리한 것으로 나타났다.

<표 4-53> 친환경지역에서의 지상부 곤충의 개체수

위 치	구 분	천적 (마리)	해충 (마리)	기타 (마리)	Total (마리)	Index
옥천	친환경농업	11	12	12	34	100
	관행농업	6	9	8	25	65
양평	친환경농업	24	11	53	88	100
	관행농업	7	7	40	53	60
모든 지역	친환경농업	17	252	15	284	100
	관행농업	8	52	12	72	25

주: 2001년 8월 3일부터 9월 13일 동안에 옥천과 양평에서 10번 채취한 개체수이다.

자료: 농업과학기술원, 2001 농업환경연구

다. 토양오염

<표 4-54>는 청성면 산계리 논 토양 속에 함유된 중금속 농도를 나타내고 있다. 토양측정은 3·4월 사이에 측정되었다.

<표 4-54>를 살펴보면 2002년 친환경 농업이 시행되기 전과 2003년 시행된 후의 토양속 중금속 함량은 많은 차이를 보이는데 가장 뚜렷한 변화는 납과 구리 농도가 친환경농업이후 급격하게 감소된 것을 알 수가 있다. 또한 비소를 제외한 모든 항목의 금속들이 감소됨을 볼 수가 있다. 이런 현상이 발생한 이유는 관행농업에서 사용되었던 농약과 비료의 양을 줄인 것에 기인한 것으로 생각되어진다. 따라서 친환경농업이 중금속에 의한 오염을 예방해준다는 것을 알 수가 있다.

<표 4-54> 청성면 산계리 논토양의 중금속 평균함량 및 범위

항목 연도		Zn	Pb	Cd	As	Cu	Ni	Cr
2002	평균 (mg/kg)	2.292	5.903	0.070	0.083	2.031	0.297	0.661
	최고 (mg/kg)	5.534	21.531	0.240	0.193	5.888	0.623	0.984
2003	평균 (mg/kg)	0.953	0.177	0.015	0.122	0.093	0.040	0.115
	최고 (mg/kg)	7.522	0.257	0.050	0.236	0.145	0.066	0.188

주: 2002년은 34지점에 대한 분석결과이며 2003년은 20개지점에 대한 분석결과이다.

자료: 충북농업기술원 측정결과치

친환경농업에 따른 중금속의 영향을 더 살펴보기 위해 1999년에 조사된 우리나라 논토양의 중금속 평균함량과 산계리의 토양 함량을 비교해보았다.

<표 4-55>와 같이 친환경농업이 시행되기 전에는 납의 농도가 전국 평균치보다 높게나와 농약 또는 비료에 포함된 납성분이 토양 일부에 잔류되었던 것으로 생각되어진다. 그러나 2003년 친환경농업이 시행된 후 납성분의 함량이 매우 낮아짐을 볼 수가 있으며 전항목에서 전국평균보다 낮은 결과 값을 나타내고 있으며 토양환경보전법에서 제시한 우려기준과 대책기준을 모두 만족시키는 것을 알 수가 있다.

<표 4-55> 우리나라 논토양의 중금속 평균함량 및 범위

항목 연도		Zn	Pb	Cd	As	Cu	Ni	Cr
1999	평균 (mg/kg)	4.47	4.84	0.105	0.59	4.70	0.67	0.338
	최고 (mg/kg)	96.70	66.44	1.099	5.62	41.59	60.24	4.918
기준치 (mg/kg)	우려기준	300	100	1.5	6	50	40	4
	대책기준	700	300	4	15	125	100	10

주: 1999년 3-5월에 4,047지점에 대한 분석결과이다.

자료: 농업과학기술원, 「농업환경변동조사사업」, 2003. 5

<표 4-56> 토양오염 우려기준 및 대책기준

오염물질	토양오염 우려기준 (mg/kg)		토양오염 대책기준 (mg/kg)	
	농경지	공장·산업지역	농경지	공장·산업지역
카드뮴	1.5	12	4	30
구 리	50	200	125	500
비 소	6	20	15	50
수 은	4	16	10	40
납	100	400	300	1,000
6가크롬	4	12	10	30
유기인화합물	10	30	-	-
PCB	-	12	-	30
시안	2	120	5	300
페놀	4	20	10	50
유류(동식물성제외)	-	80	-	200

아래 <표 4-57>은 산계리 친환경마을 4개 지점 농토양과 인근 관행농업지역의 5개지점 농토양과의 시기별 토양특성변화를 나타낸 것이다.

사례지역이 속한 옥천군 청산면과 청성면이 오염이 적은 곳이라 전국평균값이나 적정치보다 낮은 값을 가지는 것으로 나타났다. 그러나 평균적으로 EC나 암모니아성질소, 질산성질소성분이 인근지역이 더 높은 것으로 나타나 친환경농법이 관행농법보다 다소 영양염류 축적이 크지 않을 것으로 판단되어 토양에서의 영양분 유출의 잠재성이 더 적은 것으로 나타났다.

<표 4-57> 친환경농법과 관행농법의 토양특성변화

측정 시기	구분	pH	OM	P ₂ O ₅	K	Ca	Mg	CEC	EC	NH ₃ -N	NO ₃ -N	SiO ₂
		(1:5)	(%)	(mg/kg)	(Cmol(+)/kg)				(ds/m)	(mg/kg)		
6.30	친환경	6.0	1.08	67.4	0.12	7.11	1.00	11.5	0.17	11.48	5.17	237.3
	인근	5.7	0.87	101.5	0.14	5.54	0.87	9.7	0.18	11.73	5.64	221.3
7.14	친환경	5.6	1.22	122.8	0.09	3.49	0.73	10.3	0.16	8.10	3.60	121.3
	인근	5.7	0.85	103.6	0.09	2.87	0.68	11.2	0.19	6.65	3.32	129.3
7.30	친환경	5.5	1.01	51.8	0.09	4.78	0.95	14.4	0.21	4.60	2.47	90.5
	인근	5.9	1.17	96.4	0.14	4.10	0.87	11.2	0.29	4.19	1.85	118.1
8.25	친환경	5.5	1.26	89.0	0.06	3.90	0.75	10.1	0.16	5.16	2.92	64.9
	인근	5.9	1.01	86.1	0.08	3.37	0.67	7.8	0.20	5.68	2.12	137.4
9.6	친환경	5.5	0.99	375.9	0.10	3.73	0.80	7.1	0.18	2.92	0.86	76.0
	인근	5.5	1.22	221.4	0.10	3.43	0.81	6.3	0.28	8.25	3.45	69.1
9.21	친환경	5.6	0.95	86.0	0.10	3.44	0.74	6.3	0.15	3.43	1.19	102.9
	인근	5.6	0.84	73.5	0.16	2.64	0.55	4.5	0.62	3.25	1.23	72.2
10.18	친환경	5.3	0.68	65.3	0.10	4.17	0.76	7.3	0.22	4.48	2.13	98.1
	인근	5.4	0.91	80.3	0.15	3.78	0.71	6.5	0.37	5.19	2.31	88.8
평균	친환경	5.6	1.03	122.6	0.09	4.37	0.82	9.6	0.18	5.74	2.62	113.0
	인근	5.7	0.98	109.0	0.12	3.67	0.74	8.2	0.30	6.42	2.85	119.4
전국평균		5.7		136	0.32	4	1.4					86
적정치		6.0-6.5		80~120	0.25 ~0.30	5.0 ~6.0	1.5 ~2.0					130 ~180

라. 농자재사용량

1) 비료 사용량

<표 4-58>는 2003년 산계리에서 사용된 비료의 사용량을 관행농법시기와 비교하여 나타낸 것이다. 논 10a당 인산 사용량이 가장 큰 감소를 나타낸 것을 볼 수가 있으며 전체적으로 모든 비료에 대해서 감소하는 것을 알 수가 있다. 따라서 친환경농업을 시행하므로 써 비료의 사용량을 감소시킬 수가 있으며 결과적으로 비료에 의해서 발생하는 영양물질의 과다투입을 줄이므로 써 인근 수계 및 주변 환경에 좋은 결과를 나타냄을 알 수가 있다. 또한 비료 구입비의 감소와 같은 경제적인 면을 고려할 때도 이점을 가지는 것으로 나타났다.

<표 4-58> 10a당 관행대비 비료사용 감소량 분석

구 분	질소 (N kg)	인산 (P kg)	칼리 (K kg)
관행농법	15	11	9
친환경농법	12	3.6	4.4
증감	3(▽)	7.4(▽)	4.6(▽)

2) 농약사용량

홍성의 경우 친환경농업과 관행농업이 인접한 지역에서 시행되고 있기 때문에 농약사용량의 감소를 정확하게 알기 어렵다. 그러나 오리농업의 시행과 함께 무농약인증을 받은 논 재배 면적이 증가하는 추세가 있기 때문에 농약사용량이 감소하는 것으로 판단되며 홍성지역에서 측정된 생물개체수의 증가가 이를 대변해준다. 이에 반해 옥천 산계리 시범마을의 경우 기존의 관행농업에서 행하여지던 농약 평균살포회수인 11회에서 친환경농법으로 전환 후 3회로 줄었으며 올해 2004년은 1회로 농약을 살포한 것으로 나타났다. 또한 무농약 인증을 받은 재배면적이 총 63ha중 2003년은 6ha, 2004년은 52ha로 전체재배면적의 82.54%가 농약을 사용하지 않았다. 따라서 관행농업에서 친환경농업으로 전환에 따라 농약사용량은 90%이상 감소한 것으로 나타났다.

4. 친환경농업체제로의 전환에 따른 오염부하 저감효과 분석

지금까지 사례지역에 대한 오염부하량산정 및 오염원별 오염부하량에 관한 평가 및 유출특성, 농업별 환경에 미치는 영향을 비교해 보았다. 이런 비교를 통해 오염부하 저감효과가 있는지에 대한 분석을 해보면 다음과 같다.

사례지역으로 선정된 홍성 홍동면 친환경농업지구의 경우 하천인근의 축사에서 배출되는 축산오염원부하가 생활오염원 및 논경지에 발생하는 오염부하보다 매우 크기 때문에 주로 비료와 농약의 사용감소에 의한 농경지에서의 오염부하 저감효과를 파악하기 힘들다. 특히 축산에 의한 오염부하량에 대한 적절한 대책이 수행되지 않고 있기 때문에 경작지에서의 부하량감소가 인근하천 수질개선에 미치는 영향이 뚜렷하게 보이지 않는 것으로 파악되었다. 또한 농경지에 화학비료 대신 친환경대체제의 투입과 가축퇴비의 살포, 농약대신 오리의 사육이 시행되고 있기 때문에 오염부하 감소보다는 생물다양성이나 토양의 비옥도가 친환경이전 보다 좋아지고 있는 것으로 나타났다.

옥천 산계리의 경우 인구에 의한 오염원은 친환경농업이 진행된 후 인구의 변화가 미미하였으며 정화시설이 개선되지 않았기 때문에 친환경농업을 하기전과 거의 차이가 없는 것으로 판단되나 옥천의 경우에 주요 오염원으로 나타났다. 또한 가축에 의한 오염원 배출도 이 지역에서 가축 사육두수가

적고 친환경농업시행전과 커다란 변화가 없어 축산에 의한 부하량감소가 나타나지 않았으나 축산분뇨가 퇴비화 되어 농경지에 살포되어 비점오염원으로 작용할 가능성이 커졌다. 마지막으로 경작지에서 배출되는 부하는 친환경농업으로 전환 후 화학비료량의 뚜렷한 감소와 농약의 사용감소로 인해 농경지에서의 부하량이 일부 감소가 이루어졌지만 친환경농업자재의 투입과 퇴비의 사용에 따라 부하량 감소가 줄어 농경지에 유입되어 배출되는 농업용수, 배수의 수질 개선이 뚜렷하게 보이지 않고 비슷한 수준을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 생물의 개체수의 증가 및 토양의 건강성에 친환경농업이 기여하는 것으로 파악되어 관행농업보다는 덜 오염부하를 주는 것으로 나타났다.

아래 <표 4-59>는 관행농업이 시행되고 있는 춘천 정족리에서 측정된 배출 부하량과 옥천지역에서 측정된 부하량을 비교한 결과이다. 두지역의 논, 밭면적이 유사하기 때문에 농경지내에서 발생하는 부하정도를 비교하기 쉽고 감소량을 정량으로 나타낼 수 있다.

관행농업을 시행하고 있는 정족리의 BOD, TN부하가 친환경농업을 시행하는 옥천보다 각각 0.72kg/일, 40.28kg/일 높게 나왔다. 특히 TN의 부하 차이가 많이 발생하는데 이는 화학비료의 투입에 따른 차이와 가축에 의한 영향이 있는 것으로 판단된다. 그러나 TP인 경우 친환경농업을 시행하는 옥천이 0.28kg/일이 높은 것으로 나왔다. 따라서 지역적 특성의 차이가 있기는 하지만 친환경농업을 함으로써 전체적인 오염부하량의 감소가 이루어진다는 것을 알 수가 있다.

<표 4-59> 관행농업 및 친환경농업의 부하량 비교

지점	BOD (kg/일)	TN (kg/일)	TP (kg/일)
관행지역	22.75	65.83	0.83
친환경지역	22.03	25.55	1.11

제5장 결론

홍성과 옥천 사례지역에 대한 친환경농업 시스템의 환경영향 종합평가를 위해서 오염부하량 분석, 유출특성평가, 수질변화, 생물다양성, 토양오염, 농자재 사용량 등을 비교하여 본 결과 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 오염원별 오염부하량분석

홍성 홍동면과 장곡면에서의 오염원은 인구, 가축, 토지이용에 따른 비점오염 등이 주 오염원들이며 이중에서 가축에 의한 오염물질 배출이 인근하천 오염에 가장 큰 부하를 주고 있는 것으로 나타났다. 또한 각 오염원별 특징은 다음과 같다.

첫째 농촌마을에서 발생하는 생활오수는 각 농가마다 정화시설 및 오염제거 시설이 설치되어있지 않아 대부분의 오수가 직접 하천으로 흘러들어가거나 인근 농경지로 유입되는 경우가 대부분이며 BOD부하에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 실제 계산된 홍동면, 장곡면에서의 인구에 의해 발생하는 배출부하량이 전체 BOD 배출부하에 차지하는 비율이 22.65%, TN부하에 차지하는 비율이 7.41%, TP부하에 차지하는 비율이 9.50%로 BOD부하에 차지하는 비율이 다른 항목보다 큰 것을 알 수가 있다.

두 번째로 축산에 의한 부하량 비중은 BOD 52.48%, TN 77.93%, TP 77.35%로 대부분의 오염물이 축산에 의해 배출되는 것으로 나타났다. 따라서 적정 처리시설의 설치와 기존시설의 개선, 강우시 부적절한 가축분뇨의 유출에 대한 대책이 시급한 것으로 나타났다. 또한 축산분뇨의 이동경로에 대한 체계적인 관리 및 축산오염에 대한 교육이 절실하게 필요한 것으로 나타났다.

마지막으로 농경지에서 배출되는 오염원의 비중은 BOD 20.84%, TN 14.64%, TP 13.11%로 나타났다. 친환경농업의 시행으로 첨가되는 비료량과 농약의 사용량이 줄어 오염부하량이 줄어들기는 하였지만 화학비료의 대체재 투입과 퇴비의 살포로 그 감소량이 크지 않는 것으로 나타났으며 축산에서 발생하는 비점오염원들을 고려시 TN, TP의 배출이 매우 커짐을 알 수가 있다. 따라서 퇴비 살포 후 강우에 의한 영양염의 유출을 최대한 줄일 수 있는 방안이 고려되어야한다.

다음으로 옥천의 부하량을 살펴보면 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 옥천의 경우는 홍성과 비교해 축산에 의한 오염이 심각하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 인구에 의한 생활오수 부하량이 BOD부하의 47.88%, TN부하의 21.44%, TP의 경우는 43.35%로 중요한 비중을 차지하고 있는 것으로 나타났다. 이는 농촌지역의 특성상 마을단위 처리시설이나 가구별 정화조 시설이 제대로 설치되지 않은 결과로 이에 대한 고려가 필요하다. 또한 비점오염원의 경우 전체 BOD에 차지하는 비중이 30.53%, TN 부하의 56.27%, TP 부하의 26.57%를 차지하고 있어 오염기여도가 높으며 축산에서 발생하는 비점오염원을 고려시 생활오수보다 더 높은 오염원으로 작용하며 강우시 TN, TP의 중요 유출원으로 작용하게 된다.

2) 유출특성 분석

홍성사례지역의 유출특성을 비교한 결과 다음과 같은 결과를 얻게 되었다. 사례지역의 오염은 상류에서 하류로 갈수록 증가하는 것이 뚜렷하게 보여지며 상류지역인 장곡면의 오염물질은 대부분 홍동저수지에 누적이 되어 홍동저수지의 수질을 악화시키고 있는 것으로 나타났다. 또한 저수지로부터의 농업용수 및 저수지에서 직접 배출되어 흐르는 물은 하류 홍동면으로 내려오면서 인근의 축산 폐수 및 농경지에서의 배수 및 유출수, 인근 농촌마을에서 발생하는 오염물질들에 의해서 급격하게 오염이 가속화되기 시작하는 것으로 나타났다. 특히 축산지역에서 발생하는 폐수에 의해 그 오염정도가 매우 커지는 것을 볼 수가 있으며 원단위를 사용하여 계산된 부하량보다 강우시 유출되는 부하량이 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 강우시 각 오염원들에 대한 유출 관리방안이 필요하다.

대상유역에 오염원이 많이 없는 옥천의 유출 특성은 강우강도와 강우기간에 따라 변동이 심한 것으로 나타났다. 즉 강우초기에 난분해성 유기물의 유입이 증가한 후 일정 강우가 지속된 후에는 난분해성 유기물이 감소하고 분해성 유기물이 증가하여 COD농도는 감소하나 BOD농도가 증가하는 현상을 볼 수가 있으며 TN의 경우는 감소하고 TP인 경우는 증가하는 양태를 가진다. 따라서 옥천의 경우는 인근의 오염원들에 의한 영향이 매우 적게 작용하고 있는 것으로 나타났으며 강우시 인근 농경지나 마을로부터 오염원이 유출되어 통계수치로 계산한 오염부하량보다 더 많은 오염원들이 유출되는 것을 알 수가 있었다. 따라서 강우시 비점오염원들에 대한 대책이 이루어져야한다.

3) 관행농업과 친환경농업이 환경에 미치는 영향

다음은 관행농업과 친환경농업이 환경에 미치는 영향을 비교한 결과, 홍성의 경우 친환경농업이 오래전부터 정착된 곳이며 관행농법과 친환경농법이 가까운 거리에서 병행되고 있어 두 농업간의 차이점을 구별하기가 어려웠다. 또한 주요오염원이 농업에 의한 오염원보다는 가축사육에 의한 오염원이 대다수를 차지하고 있어 농업자체의 변화에 따른 환경영향을 파악하기 힘들다. 따라서 친환경농업이 환경에 미치는 평가는 옥천 산계리 친환경마을을 기준으로 평가되었다.

먼저 친환경농업 자체에 대한 수질 영향을 평가해본 결과 COD농도 및 암모니아성질소, 인산염인의 경우 재배년도가 증가함에 따라 조금씩 증가하는 것을 볼 수가 있었다. 따라서 친환경농업을 수행하여 수질이 급격하게 좋아지는 것은 아니며 농경지에서의 적절한 관리에 따라 영향을 받을 수 있다는 것을 알 수가 있다. 이에 반해 인근의 관행농법과 비교시도 COD, NO₃-N의 경우는 친환경농업이 유리하지만 TN, TP값의 경우 친환경농업이 약간 높아 비료대신 사용되는 퇴비가 영향을 미치는 것으로 판단되었다.

두 번째로 생물다양성을 비교해본 결과 농약과 화학비료를 덜 사용하는 친환경농업지역에서의 개체수가 훨씬 높은 것을 보아 생태계에는 친환경농업이 유리하게 작용하는 것으로 나타났다.

세 번째로 토양오염에 대한 조사를 통해 친환경농업지역에서는 중금속성분이 극히 미량인 것으로 파악되어 친환경농업이 토양오염을 시키지 않는 것을 알 수가 있으며 친환경농업지역 토양이 관행농

업 지역 토양보다 영양염류 함량이 적다는 것을 볼 수가 있어 더 오염이 안된 것을 알 수가 있다.

마지막으로 경작을 위해 투입되는 비료사용량과 농약사용량을 비교했을 경우 친환경농업이 더 적게 사용하는 것으로 나타났다. 특히 농약의 경우 무농약 재배가 활성화됨으로써 사용량의 차이를 확실히 볼 수가 있다. 그러나 비료의 경우 화학비료대신에 축산분뇨 및 친환경 비료, 자체적으로 만든 퇴비의 사용증가로 인해 과다투입시 오염원으로 작용할 가능성이 있는 것으로 나타났다. 그러나 이와 반대로 적정량의 투입은 토양 및 식물, 곤충류 등의 개체수 증가에 유리하게 작용하는 것으로 나타난다.

4) 친환경농업체제로의 전환에 따른 오염부하 저감효과 분석

사례지역에 대한 오염분석을 토대로 관행농업에서 친환경농업으로 전환시 오염부하의 저감효과가 있는지를 분석해본 결과 생활오염원, 축산오염원에 대한 저감효과는 크게 나타나지 않았으며 비점오염원에 대한 부하가 다소 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 홍성의 경우 축산에 의한 비점오염원 발생이 매우 커 감소여부를 판단할 수가 없으며 농민의 경작지 운영형태 및 시기에 따라서 부하변화가 매우 큰 것으로 나타났다. 이에 반해 옥천의 경우 관행농업지역과 비교시 TN의 배출부하량이 관행농업의 약 40%밖에 되지 않아 농업체제 전환시 부하면에서 저감효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 이런 부하의 감소가 인근의 하천수질에 직접적으로 작용하여 수질이 향상되는 데는 오랜 시간이 걸리며 꾸준한 관리가 필요한 것으로 나타났다.

지금까지의 결과를 살펴볼 때 관행농업에서 친환경농업으로 전환시 수질, 생물다양성, 토양오염에 유리한 영향을 주는 면이 강하지만 친환경 퇴비 및 화학비료 대체제 등의 과다투입시 관행농업보다 더 큰 오염을 유발할 가능성도 있다는 것을 볼 수가 있다. 따라서 단순히 먹거리로서의 안전뿐만 아니라 수질, 토양오염, 생물다양성, 경제성, 안전성을 동시에 종합적으로 고려하여 친환경농업을 운영해야 그 효과가 극대화 될 수가 있으며 이런 적정 수준을 유지하기 위한 오염원별 관리방안연구가 진행되어야한다.

참고 문헌

1. 김영철 외 2인, 「농업용 저수지 소하천의 통계학적 수질변화 특성」, 한국물환경학회지, Vol. 19 No. 6, pp. 685-697, 2003
2. 강원지역환경기술개발센터, 「농업지역의 오염원조사 및 유출특성 분석」, 2003. 11
3. 강유선, 「소수계 물관리 시스템 개발을 위한 통합 모델 연구」, 이화여자대학교 석사학위 논문, 2003
4. 경기개발연구원, 「농촌지역의 하천오염도 특성에 관한 연구」, 2002. 11
5. 구본경, 「유역내 토지이용상태가 수질에 미치는 영향에 관한 연구」, 서울대학교 석사학위 논문, 1998
6. 국립환경연구원, 「수계오염총량관리기술지침」, 2002
7. 김창길, 강창용, 「지역단위 농업환경모형의 체계화에 관한 연구」, 한국농촌경제연구소, 2002. 12
8. 김호, 「환경농업 육성정책의 추진현황과 발전과제」 한국유기농업학회지, Vol. 8 No. 3, 77-90, 2000. 12
9. 농림부, 「2003년도 친환경농업 육성정책」, 2003. 4
10. 농림부, 「친환경농업육성 5개년 계획」, 1999
11. 농림부, 「농림통계연보」, 2002. 11
12. 농림부, 「농업용수 수질오염이 벼생육에 미치는 영향연구(1)」, 2002. 12
13. 농업과학기술원, 「농업환경연구」, 2001
14. 농업과학기술원, 「농업환경변동조사사업」, 2003. 5. 7
15. 농업기반공사, 「농업배수의 수질오염(질소, 인) 저감을 위한 환경친화적 농업기반정비 방안 (I)」, 2002. 12
16. 박현태 외 2인, 「EU 및 미국의 환경농업 도입과정과 전망」, 한국유기농업학회지, Vol. 8 No. 2, pp 39-52, 2000. 12
17. 신동석, 「논에서의 질소 및 인의 농도와 유출입」, 서울대학교 석사학위논문, 1990. 1
18. 안미희, 「비점오염원의 원단위 오염부하량에 대한 실험적 연구」, 서울대학교 석사학위논문, 1995. 2
19. 오승영, 「강우시 광역논으로부터의 유출부하 특성」, 충북대학교 석사학위논문, 2000. 8
20. 옥천군농업기술센터, 「친환경농업 시범마을 평가보고서」, 2002. 12

21. 옥천군농업기술센터, 「친환경농업마을 조성사업 중간평가회 자료」, 2003. 8
22. 옥천군농업기술센터, 「2003 친환경농업마을 조성사업 현황」, 2003. 10
23. 옥천군, 「옥천통계연보」, 2002. 12
24. 이명우, 「토지이용을 고려한 소유역의 수질예측모형에 관한 연구」, 서울대학교 박사학위 논문. 1989
25. 이수길, 「농촌지역에서의 비점원 오염물질이 하천수질에 미치는 영향에 관한 연구」, 서울대학교 석사학위 논문, 1991. 8
26. 이천시, 「이천통계연보」, 2002. 12
27. 충북개발연구원, 「충북 다목적댐 상류지역의 비점오염원 관리방안」, 2000. 12
28. 최지용, 신은성, 「농업지역 비점오염원 관리방안 연구」, 한국환경정책·평가연구원, 1998. 12
29. 최지용, 신창민, 「비점오염원 저감을 위한 우수유출수 관리방안」, 한국환경정책·평가연구원, 2002. 12
30. 친환경농업 홈페이지, <http://www.maf.go.kr/envir/envir.htm>, 2003
31. 환경부, 「경기도 광주시 오염총량관리계획 시행방안」, 2003
32. 환경부, 「비점오염원 관리요령」, 2000. 12
33. 환경부, 「비점오염원 조사연구사업」, 1995
34. 환경부, 「수질오염으로 인한 피해의 인과관계 규명 및 배상액 결정에 관한 연구」, 1999. 12
35. 환경부, 「지역특성별 축산폐수관리모델 개발에 관한 연구」, 2001. 5
36. 환경부, 「팔당상수원 비점오염원 최적관리사업 기본계획 및 타당성조사 수립」, 2000. 6
37. 환경부, 「한강수계 오염총량관리제 시행방안 연구 최종보고서」, 2000
38. 한국유기농업협회, 「상수원 보호를 위한 친환경농업 실천기술 사례집」, 2001. 11
39. 홍성 환경농업마을, 「21세기 문당리 발전 백년 계획」, 2000. 12
40. 홍성군, 「친환경농법 쌀 생산을 위한 한·일 세미나」, 2003
41. 홍성군, 「홍성통계연보」, 2002. 12
42. Matthias Stolze et al. the Environmental Impacts of Organic Farming In Europe, Organic Farming in Europe, Economics and Policy 6, 2000