

최종결과보고서

발간등록번호

11-1541000-001637-01

지역특성을 고려한 자연순환농업모델 연구

2012.12.14



농림수산식품부
(사)한국경축순환자원화연구원

- 저작권법 136조 1항에 따르면, 저작재산권, 그 밖에 이 법에 따라 보호되는 재산적 권리(제93조에 따른 권리는 제외한다)를 복제, 공연, 공중송신, 전시, 배포, 대여, 2차적저작물 작성의 방법으로 침해에 해당하는 자는 5년 이하의 징역 또는 5천만원 이하의 벌금에 처하거나 이를 병과할 수 있다.

연구진

• 연구책임자

최 홍 립 : 서울대학교 농생명공학부, 연구총괄

임 정 빈 : 서울대학교 농경제사회학부 교수, 공동연구책임

• 학내연구원

이 준 희 : 서울대학교 농생명공학부

이 문 호 : 서울대학교 농경제사회학부

김 규 호 : 서울대학교 농경제사회학부

강 혜 진 : 서울대학교 농생명공학부

박 동 석 : 서울대학교 농생명공학부

강 선 우 : 서울대학교 농생명공학부

이 수 관 : 서울대학교 농생명공학부

배 상 은 : 서울대학교 농생명공학부

옥 승 연 : 전북대학교 지구환경과학과

Rian : 서울대학교 농생명공학부

Sartika : 서울대학교 농생명공학부

• 자문위원

김 완 주 : 논산계룡축협 부장장

김 동 수 : 농협중앙회 차장

이 상 락 : 건국대학교 동물생산·환경학과 교수

이 명 규 : 상지대학교 환경공학과 교수

제 출 문

농수산식품부 장관 귀하

본 보고서를 ‘지역특성을 고려한 자연순환농업모델 연구’
에 대한 최종 결과 보고서로 제출합니다.

2012년 12월

서울대학교 농생명공학부
교수 최홍림

感謝의 말

본 경축순환자원화연구원 (서울대학교 동물환경생체공학연구실 소재)이 2012년 5월 농수식품부 방역관리과로부터 『지역특성을 고려한 자원순환농업 모델연구』에 관한 연구용역을 수주받아 7개월 동안 (2012년 5월 26일~2012년 12월 14일) 한정된 연구환경에서도 불구하고 대과(大過)없이 마무리할 수 있게 됨을 총괄연구책임자들로서 다행스럽게 생각합니다.

어쭙잖은 연구용역결과이긴 하지만 많은 분들의 도움이 없었다면 본 연구보고서에서 정해진 내용을 채우는 데 크게 어려움이 있었을 것입니다. 농수식품부 방역관리과의 이 덕진 주무관은 본 연구용역에 유별난 마음씀으로 빈번한 자료요청, 시도 때도 없는 협의와 토론으로 본 업무에 부담을 줄 정도 이었음에도 불구하고 싫은 기색 한 번없이 도움을 주었을 뿐만 아니라 그 바쁜 와중에도 현장조사시 관련 지자체 관계자들에게 조사협조를 요청하는 등의 배려를 해주신 방역관리과 최 정록 과장님, 김 정주 사무관께 우선 감사의 말씀을 전합니다. 또한 남원시 축산과 서형진 선생님, (사)친환경자연순환농업협회 이 영수본부장, 전북지리산낙농농협 정 풍식, 강 완구선 선생님, 영천시 농축산과 이 정희선 선생님, 최 효임선 선생님, 진주시 농축산과 윤성용 선생님들께도 현장에 동행하며 시료채취 및 대면(對面) 설문조사가 원활하게 수행될 수 있도록 도와주신 데 대해 고마운 마음을 담아 두고 있습니다.

지도교수의 감언에 속아 희희낙락(喜喜樂樂)하며 길을 나선, 지나칠 수 없는 한 무리의 바보들, 이 바보들 때문에 연구책임자는 가슴에 통증을 느낍니다. 서울대학교 동물환경생체공학연구실 이 준희, 강 혜진, 강 선우, 박 동석, 이 수관, 배 상은, 옥 승연, Rian, Sartika 등의 대학원생들에게 진심으로 감사의 말을 전합니다. 또한 제한된 용역비와 기간으로 넉넉하지 않은 연구용역을 기꺼운 마음으로 혼신을 다해 준 농경제사회학부 임 정빈교수, 이 문호, 김 규호 연구원에게 크게 감사하는 마음을 언급해야 최소한의 예를 갖추는 듯합니다.

세상일이 다 그러하듯 개인에게도 개인사(個人史)가 있고 나라에도 역사(歷史)가 있듯이 사업에도 사업사(事業史)가 있을 듯 합니다. 돌이켜보면, 우리 나라에서 경축순환농업체계(耕畜循環農業體系)가 처음 언급한 것은 2004년 2월 24일 서울대학교 축산과학기술연구소와 농업기반공사(당시)가 공동 주관한 국제심포지움 『대규모 친환경농업 지구 조성방안』 중 연구책임자가 발표한 '새만금호 청정수질을 위한 새만금유역내 대규모 친환경농업지구 조성개념 정립(2004년 국제심포지움 발표자료집 49~73쪽)'에서 제시한 '경축순환농업'개념을 친환경농업정책과(당시 정황근과장, 김승환사무관)에서 수용하여 이를 사업화한 것이 '광역친환경농업단지사업'으로,

현재까지도 이어지고 있습니다. 본 연구자는 최근 1998년 독일 괴팅겐대학교 (Uni_Goettingen) Geo_science Center Hans Ruppert교수가 『에너지마을(energy/or green village)』 개념을 제시하였음을 알게 되었습니다. 다만 우리 나라에서는 농업의 시각에서 『경축순환농업』으로, 독일에서는 에너지의 시각에서 『에너지마을』로 이름 붙여진 점이 다르다할 수 있습니다. 우연치고는 지연(遲延)기간이 좀 길긴 하지만, 개념의 내용이 너무 유사하여 스스로 이런 말을 하기가 괜히 쫓기는 듯한 느낌입니다. 그럼에도 불구하고 이 병주(李炳注)의 소설 『산하(山河)』에 쓴 아포리즘(aphorism)에서 "태양(太陽)이 바래지면 역사(歷史)가 되고 월광(月光)이 물들면 신화(神話)가 된다"하였는데 역사도 신화도 되지 못하는 '사(史)'나 '화(話)'는 무엇이 되어야 하나하는 괜한 원념(怨念)에 젖어 봅니다.

2012. 12. 14

총괄연구책임자 최 홍 립

요 약

- 연구과제명 : 지역특성을 고려한 자연순환농업모델 연구
- 연구과제명(영문): Development of Integrated Animal-Crop Farming Models Reflecting Their Regionality
- 주관기관 : (사)경축순환자원화연구원 / 서울대학교
- 연구책임자 : 최홍림(전화 : 02-880-4808 / E-mail : ulsoo8@snu.ac.kr)
- 공동연구책임자: 임정빈(전화 : 02-880-4721 / E-mail : jeongbin@snu.ac.kr)
- 총연구기간 : 2012.05.22~ 2012.12.14.(7개월)

제1장 연구용역의 배경

- 국민소득 증가로 인한 육류소비 증가로 인한 과도한 가축분뇨 발생과 이의 부적절한 관리와 동시에 쾌적한 환경에 대한 국민들의 욕구가 상충하면서 사회적 갈등이 심화되고 있음.
- 2012년 1월 1일부터 가축분뇨의 해양배출이 전면 금지됨에 따라 가축분뇨의 전량(全量) 자원회수형(資源回收型) 육상처리를 위한 자연순환농업 기반이 이의 현실적인 대안으로 제시되고 있음.
- 경종(耕種)-축산농가 간의 자연순환체계 활성화되고 있지 못하므로 이들의 연계성을 개선하기 위하여 그 원인을 분석하고 지역적 특성을 고려한 정책적 개입과 유인을 통해 자연순환농업 체계를 효과적으로 확산시켜야 할 필요성 점증.

제2장 연구용역의 목적

- 본 연구용역의 목적은 자연순환농업이 활성화된 지역의 추동점(推動點)을 인식하고, 부진한 지역의 실태조사를 통한 문제점을 분석하여 이의 개선책을 부진지역에 반영함으로써 자연순환농업의 활성화를 기하고자 함.

제3장 연구용역의 내용 및 방법

- 자연순환농업이 부진한 경남·북 지자체 중 두 지역과 상대적으로 효율적인 운영을 하고 있는 전북의 두 지역을 선정하여 두 권역(圈域)의 현장조사를 통한 자연순환농업의 실태를 과학적으로 분석함. 또한 설문조사를 통한 사례지역의 자연순환농업에 대한 축산 및 경종농가의 인식 등 자연순환농업과 관련된 인문·사회·경제

분야를 조사·분석함. 더불어 네트워크 분석을 통한 사례지역별 밀도분석, 개별 축산농가 간, 경종농가와 축산농가 간의 관계, 작목반, 지자체 사업당자와의 관계, 조합과의 관계 등을 분석·비교하여 부진지역 및 우수지역의 지역적 특성에 바탕을 둔 정책적 시사점을 도출함.

○ 현장 설문조사 결과, 경종농가의 퇴비품질에 대한 불신이 팽배함. 이를 과학적으로 검증하기 위하여 사례지역별 가축분뇨_유래 퇴·액비의 품질분석 및 평가를 수행함. 그 분석항목은 다음과 같음.

- 물리·화학적 : pH, EC, Organic Matter(OM), Organic Carbon(OC), C/N
- 다량원소 (Macro-nutrients) : TN, NH_4^+ -N, NO_3^- -N, TP, PO_4^- , P_2O_5 , K_2O , K, Ca, Mg, S
- 미량원소 (Micro-Nutrient) : B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni
- 중금속 (Heavy Metal) : Pb, Hg, Cd, As, Cr
- 병원성 미생물 : *E coli*, *Salmonella*.
- 악취분석 :
 - ✓ 질소화합물 : NH_3 (TMA), p-cresol, indole, skatole,
 - ✓ 황화합물 : H_2S , Dimethyl Sulfide(DMS), Dimethyl Disulfide(DMDS), Methyl mercaptan(MM),
 - ✓ 휘발산지방산 (VFA) : Acetic acid(AA), Propionic acid(PA), Butyric acid(BA), i-butyric acid(iso-BA), Valeric acid(VA), i-valeric acid(iso-VA)

○ 사례지역별 가축분뇨 퇴·액비의 농경지 이용실태를 파악하기 위해 지역의 가축분뇨 생산 축종(畜種)-퇴·액비화시설 종(種) 및 양(量)- 농경지환원 등으로 이어지는 물류(物流)를 정식화(定式化)하여 분석한다. 특히 지역별 가축분뇨 퇴·액비를 이용하는 농작물 종류, 작물의 시비(施肥)특성, 식부(植付)면적, 작부(作付)체계, 해당 작목(作目)의 생산량 등도 포함함.

○ 경남·북 지역의 자연순환농업 구축에 따른 경제성 분석의 경우, 가축분뇨의 경제적 가치, 즉 화학비료를 완전 대체된다는 전제하에서 가축분뇨의 가치측정, 사례지역의 축산(한우, 양돈, 닭)농가와 경종농가의 순환체계 구축에 따른 경제적 가치분석, 축산농가의 축종별(한우, 양돈, 닭) 가축분뇨처리 시설비, 관리비 등 각종 비용 대비 편익, 경종농가의 가축분뇨 활용에 따른 비용대비편익 분석 등을 수행함.

○ 지역특성에 적합한 맞춤형 자연순환모델(안) 제시는 친환경 복합 축산기반조성

사업 모델개발을 기본 바탕으로 하여 사례지역의 입지특성 (농산촌, 농업진흥지역, 도농지역 등), 축분발생원별 (livestock type) 분류, 사례지역의 작물재배지의 규모(scale), 재배작목(crop type), 작부체계 (cropping system) 등을 분석함.

제4장 연구용역의 결과

1. 사례지역 퇴·액비 품질

가. 사례지역별 액비품질분석

- 가축분뇨의 순환자원화가 상대적으로 부진한 JJ와 YC지역의 경우, 액비 생산공정의 표준화를 위하여 고액분리공정 등 전처리기술을 확립할 필요가 있음. YC과 JJ는 농가별 자체개별시설에서 액비와 퇴비가 생산되고, 공동자원화시설에 공급되는 NS시 돈슬러리는 JJ시의 자체개별 처리시설보다 Total Suspended Solid(TSS)가 낮은 것으로 나타나 1차적으로 고액분리가 잘 되는 것으로 사료됨. 따라서 JJ시의 경우 Suspended Solid(SS)의 제거는 악취의 생성감소로 이어져 액비의 저장성 개선에 도움을 줄 것으로 판단됨.
- NW시의 원수에서 악취가 많이 발생하는 이유를 분석해 본 결과 인돌류(Indole-variant)와 페놀류(Phenole-variant)가 많이 함유되어 있었음. JJ시도 단순 수처리공정을 거친 액비에도 인돌류와 페놀류가 상대적으로 많이 포함된 것으로 분석되었음. 효과적인 고액분리(TSS 삭감)공정은 액비가공 시 악취발생 저감으로 이어짐을 관찰함. 따라서 COD 혹은 BOD를 액비 살포량 설정 시에 주요인자로 포함시켜야 하며 향후 관련연구의 필요성 제기.
- 공동자원화시설 (NW, NS)과 자체개별시설 (JJ, YC)의 액비 내 질소량, 즉 비효성의 측면에서 평가를 해보면 공동자원화시설의 유무(有無)에 상관없이 유의적인 차이점은 없었음. 이는 액비의 비효적인 측면을 높이고 균질화된 비료성분을 포함한 액비를 생산할 수 있는 신공정의 수처리 공정이 필요한 것으로 보임.
- JJ시와 YC시, 두 지역의 액비생산농가에서 채취한 액비샘플에서 *E.Coli.*, *Salmonella*가 검출되었음. 그러므로 안전한 액비생산 공정을 확립하여 반드시 병원성균의 검출이 되지 않도록 해야 함.

나. 사례지역별 퇴비품질분석

- 일반적으로 후숙이 완료된 humus상태 퇴비의 pH는 중성을 띰. 모든 시료들이 pH 6.5~8.0의 범위를 크게 벗어나지 않음. S11¹⁾(JJ시)의 pH는 8.92로 제일 높

1) S1, S2, S3은 NW시, S4, S5는 NS시, S6, S7, S8은 YC시, S9, S10, S11, S12는 JJ시에 해당하는

은 수치를 보이는데 사례지역의 퇴비사 특성에 따른 것으로 사료됨. S11는 우분을 원료로 하여 퇴비사에서 단순 야적을 통한 통풍식 발효를 하고 있는 것으로 깔개로 쓰인 왕겨와 우분의 혼합물을 일정 기간 후 수거하여 퇴비사로 옮겨놓는 체계임. 상대적으로 높은 pH값을 가지고 있는 지역 S4(NS시)와 S11(JJ시)의 경우 높은 pH에서 비롯된 가스 상태의 NH_3 발생 증가를 고려해야 할 것임.

○ S2(NW), S3(NW), S9(JJ), S10(JJ)의 네 지역을 제외하고는 기준 비료 염류농도를 초과함. 먼저 S7 (YC)지역의 NO_3^- 는 2,442.7mg/kg, EC(Electrical Conductivity)값은 36.80ds/m로서 하한값 ($\leq 10\text{ds/m}$)보다 훨씬 높아 NO_3^- 와 EC 상관성이 매우 높음을 알 수 있음. EC값이 19.30ds/m인 S4(NS)의 NH_4^+ 는 1,885mg/kg으로 높은 것을 확인할 수 있음. EC값이 17.85ds/m인 S8(YC)의 경우, NH_4^+ 가 2,754mg/kg, NO_3^- 425.5mg/kg으로서 암모늄태 질소와 질산태 질소의 증가는 EC를 증가시키는 데 주요 원인이 되는 것을 알 수 있음.

○ 지역별 퇴비의 C/N 비를 보면 대체적으로 안정적인 탄질비(약 12)를 가지고 있음. S10(JJ시)의 경우 탄질비는 17로서 완전히 안정화된 퇴비가 되기 위해서는 후숙이 좀 더 필요함. S10(JJ시)지역의 퇴비사 상태를 고려해 볼 때 야적 퇴비단교반문제가 있는 것으로 사료됨. 반면 S7(YC) 역시 야적으로 방치된 형태의 퇴비사이었음에도 불구하고 15에 가까운 탄질비를 보임. 이는 S10(JJ)보다 양호한 통기성 때문으로 이해됨.

○ S3(NW)지역의 경우 모든 퇴비화 공정단계에서 안정화된 탄질비를 가지고 있으나 퇴비화 공정이 진행될수록 탄질비가 10~11에서 13으로 높아지는 경향을 볼 수 있음. S6(YC)은 1차 고액분리된 돈분과 2차 원심분리된 돈분의 혼합처리 공정으로 인한 탄질비가 매우 낮게 나타남. S7(YC)은 야적 방치된 상황으로 탄질비의 변화가 거의 보이지 않음. S9(JJ)은 원활한 퇴비화가 이루어질 수 있는 수준인 19정도의 탄질비로 시작하여 야적을 통한 후숙을 거친 뒤 적정 수준인 12정도의 탄질비를 보이고 있어 안정화된 퇴비화가 이루어졌음을 알 수 있음.

○ 지역별 퇴비 내 총질소(TN)의 함량을 보면, 가장 높은 총질소량을 보이는 곳은 지역이름 S8(YC)으로서 약 26,000mg/kg에 가까우며 다음으로 높은 S3(NW; 돈분+계분)은 24,000 mg/kg 분석됨. 전반적으로 사례지역별 퇴비 내 총질소 함량의 범위는 15,000 mg/kg ~ 26,000 mg/kg로서 큰 차이가 관찰되지 않았음. 가축분뇨가 퇴비화 과정을 거치면서 질소는 주로 암모니아 가스형태로 발산됨.

○ 질산태 질소(NO_3^- -N)의 지역별 퇴비 내 함량을 살펴보면 S3(NW시, 2,442

각 지역(site)을 나타냄.

mg/kg)로 가장 높으며, S9(JJ시, 425mg/kg, JJ), S4(NS시, 90mg/kg, NS)순으로 분석되었음.

○ 사례지역별 퇴비내 총인(TP)을 분석한 결과, S6(YC)와 S7(YC)은 축종의 차이에 따른 퇴비의 성분이 다름에도 불구하고 총인농도가 80,000 mg/kg 이상으로서 다른 지역의 총인 9,000~26,000 mg/kg의 범위보다 매우 높게 분석되었음. 이는 돈슬러리를 퇴비단에 반복적으로 살포함으로써 축적된 때문으로 이해됨.

○ 지역별 칼리(K_2O)의 퇴비 내 함량을 살펴보면, 칼리의 사례지역별 함량은 8,700mg/kg (S6,YC시) ~ 47,000mg/kg (S11, JJ시)범위를 나타냄. Harada et al. (1993)²⁾의 가축퇴비품질에 관한 연구에서 돈분 퇴비의 경우 칼리는 12,100 mg/kg ~ 47,400mg/kg, 우분 퇴비의 경우 19,200mg/kg ~ 23,100mg/kg 범위를 보고하였음. 이 결과는 본 연구의 돈슬러리의 칼리 함량과 크게 다르지 않으며 각 사례지역별 칼리값의 차이는 퇴비의 성분과 축종에 따라 달라지는 것으로 사료됨.

○ 사례지역별 퇴비 내 칼슘(Ca) 함량은 21,000mg/kg ~ 65,000mg/kg의 범위로 존재하며 이는 특별히 칼슘의 과잉이 문제가 되는 농지에 환원되는 것을 제외한다면 각 지역의 퇴비는 작물이 사용할 수 있는 충분한 양의 칼슘을 공급할 수 있는 것을 나타내고 있음.

○ 각 사례지역 별 퇴비 내 마그네슘(Mg) 함량은 S6(YC)과 S8(YC)지역에서 다른 지역에 비하여 약 4~5배 높은 수치를 기록하였고, 그 외 지역은 약 10,000mg/kg 범위에서 비슷한 함량을 보였음. S6(YC)지역과 S8(YC)지역은 돈분을 원료로 하는 퇴비로서 마그네슘의 함량이 높게 나온 이유는 마그네슘 첨가량이 높았을 것으로 사료되나 좀 더 정확한 연구를 필요로 함.

○ 가장 많은 황(S)이 포함된 지역의 퇴비는 S6(YC)지역으로 비료의 3대 원소를 제외한 칼슘, 마그네슘과 비슷한 경향을 보이고 있음. 이는 사료 내 필수 다량원소(Ca, Mg, S)가 다량 포함이 되어 체내에서 사용하고 남은 원소들이 분으로 배출된 것으로 사료됨. 황은 염류기준을 넘어도 독성을 띠지 않으며 식물이 필요로 하는 양을 초과하여 식물체에 남은 황은 황산(sulfate)의 형태로 저장됨.

○ 가축분뇨에는 구리(Cu)와 아연(Zn)함량이 상대적으로 높아 비료로서 농경지 환원 시 주의가 필요함. 따라서 비료공정규격 설정에서 상한값은 구리와 아연이 각각 360mg/kg, 900mg/kg 으로 다른 미량원소보다 높게 지정되어 있음 (농촌진흥청고시 제2012-34호). S8(YC)지역을 제외한 나머지 지역들의 퇴비는 구리의

2) Harada, Y., K. Haga, T. Osada, and M. Koshino. 1993. Quality of compost produced from animal wastes. JARQ 26:238-246.

허용기준을 만족하는 것으로 나타났음. 아연의 경우, 마찬가지로 S8(YC)지역의 퇴비 내 아연함량이 허용기준치(<900mg/kg)을 넘어 이를 저감시킬 수 있는 대책이 필요함.

○ S8(YC)지역 퇴비의 원료는 돈분으로 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 구리(Cu)함량을 보였음. 구리는 일반적으로 구리와 유기질소가 결합하는 유기질토양(histosol)에서, 또는 구리 함유율이 낮은 산성 사토(沙土)에서 쉽게 결핍이 일어남.

○ 모든 퇴비공장의 최종 퇴비제품에서 *E.Coli*는 검출되지 않는 반면 *Salmonella*의 경우, 3개의 퇴비공장의 최종 퇴비생산물에서 검출되었음. 현재 농촌진흥청에서 제시하는 비료 공정규격에서는 *E.Coli* O157:H7와 *Salmonella*가 불검출되어야 함. 하지만 전술한 바와 같이 *Salmonella*가 검출된 3곳의 퇴비의 *Salmonella*의 수치는 비교적 높은 수치임. S6(YC), S7(YC), S8(YC), S10(JJ), S11(JJ)의 경우 농가에서 전처리 과정만 거치고 퇴비공장으로 수송되기 때문에 검출된 *Salmonella*와 *E.Coli*의 수치는 큰 의미가 없긴 하지만 농장주와의 인터뷰에서는 급한 경우 개인 농가에서 이 상태의 퇴비를 바로 가져가 쓰는 경우가 종종 있는 것으로 조사되었음. 이런 경우 퇴비의 안전성이 크게 훼손될 수 있음.

○ 세 지역을 제외하고 대부분 지역의 퇴비는 발아지수 기준치(Germination Index=70)을 만족시켰음. S3(NW)지역은 발아단계 중 싹이 나오는 돌출 단계가 제대로 발현되지 않으며, 발아지수(약 0.5)가 매우 낮음([그림 3-29]). 이 시료의 경우, 중금속 함량이 다른 시료에 비해 2~30배에 해당하는 납(Pb)성분을 함유하고 있었음. 이와 마찬가지로 이 지역의 비소(As)성분 역시 가장 많이 포함하고 있어 중금속으로부터 발아가 저해되었을 가능성이 있음. 하지만 기본적으로 확인된 중금속의 양은 법적 기준치를 넘지 않으므로 중금속 외 다른 요인에 의한 발아저해의 가능성에 대해서도 검토하여야 함. 예를 들면 *phytotoxic*물질로서 phenolic acid 나 volatile fatty acid(VFA)의 상관성을 알아보는 것이 필요함.

2. 사례지역 설문조사결과

○ 사례지역의 실태분석 중 축산농가의 분뇨에 대한 인식을 설문조사한 결과 분뇨를 자원으로 보고 있는 것으로 나타남. 비용이 수반되지만 다른 대안을 찾을 수 없어 자원화를 추진하는 것이라고 답함. 사례지역의 액비처리비용을 설문조사를 통해 산정한 결과 자원화비용(14,357원/톤~18,133원/톤)이 정화처리(12,286원/톤) 및 공공처리시설(13,909원/톤)을 이용하는 경우보다 상대적으로 높은 것으로 나타남.

○ 축산농가의 민원발생시 해결방법으로는 사례지역 모두 개인이 독립적으로 민원을 해결하는 경우가 대부분임. 가축분뇨 자원화의 애로사항으로는 자원화시설 설치

비용 및 분뇨처리 비용문제, 민원발생, 생산된 퇴액비의 유통 및 소비를 담하였음.

○ 사례지역 실태분석 중 경종농가의 자연순환농업에 대한 인지도 및 사용기간은 사례지역을 모두 통합하였을 경우, 자연순환농업이 무엇인지 모르는 경우가 38%를 차지하였음. JJ시는 48%, YC시는 43%가 상대적으로 모르는 비율이 높게 나타나 자연순환농업 부진지역과 일치함. 전체적으로 액비가 무엇인지 모르거나 사용한 적이 없다는 응답이 51% 수준임. 액비를 사용해본 농가의 경우 4년이상 지속적으로 사용하는 경향을 보여 양질의 액비로 생산할 경우 충성도 높은 경종농가가 늘어날 것으로 예측됨.

3. 네트워크 분석결과

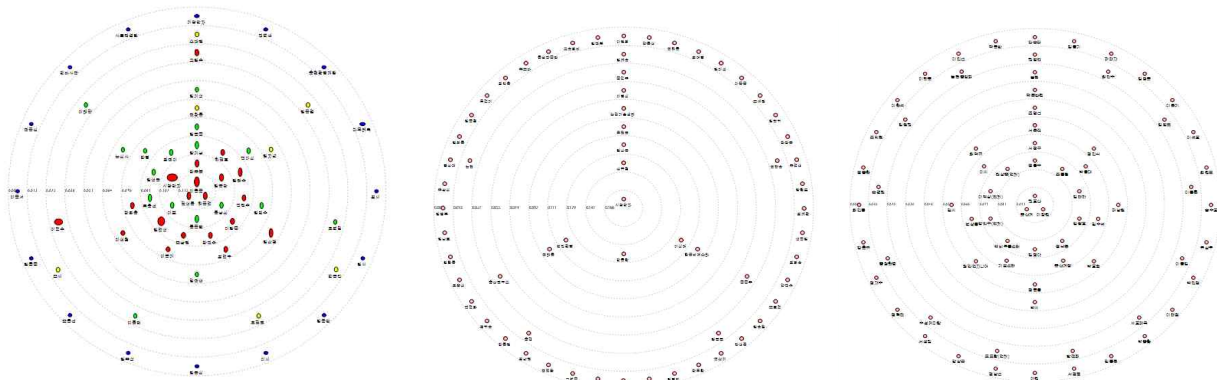
○ 사례지역의 축산농가와 경종농가 개인간, 조직간 구조, 농가 간의 연결망 형태 등을 알아본 결과 네트워크 밀도는 JJ시와 YC시의 밀도와 연결정도가 더 낮게 나타났다. NW시의 경우 특정집단을 중심으로 그물망 형태로 구성되어 있었고, JJ시의 경우 행정기관을 중심으로 퍼져있으나 그 정보전달 거리가 멀고 고립되어 있는 농가의 수가 많음. YC시의 경우 위의 두 지역과는 약간의 차이를 보임. 행정기관 및 축산단체 이외의 분뇨처리 형태가 정화방류의 비중이 타 지역에 비해 높아 시설장비 업체들이 분뇨처리에 많은 도움과 정보를 전달하는 역할을 함.

■ 사례시군별 자연순환농업 네트워크의 크기와 밀도

구분	NW시		JJ시		YC시	
	In-Degree	Out-Degree	In-Degree	Out-Degree	In-Degree	Out-Degree
합계 (총링크수)	89	89	51	51	71	71
평균	1.438	1.483	0.81	0.81	0.973	0.973
표준편차	1.245	2.513	1.552	0.94	1.046	1.552
최소	0	0	0	0	0	0
최대	5	15	9	4	5	7
Network Density	0.025		0.013		0.014	

○ 근접 중심성 분석의 결과 어떤 농가, 단체가 가장 중요한 역할을 하는지 찾고, 네트워크 구조가 얼마나 소수의 중요한 이에게 집중되어 있는지 집중화 정도를 파악할 수 있는 분석임. NW시의 경우 시청의 담당자와 공동자원화센터 관련자,

한돈협회 관련자, 경종농가 중 A영농조합법인 대표 등의 결과값이 높게 나타났음.



■ 사례시군별 근접중심성 결과(왼쪽부터 NW, JJ, YC지역)

4. 모델(안) 제시

○ 자연순환농업은 현장의 필요에 따라 고려하거나 선택해볼 수 있는 사항이 아닌 필수불가결한 화두로 부상함. 자연순환농업체계가 미비하여 가축분뇨 처리 및 자원화에 애로를 겪고 있는 지역이 있는 실정임. 상대적으로 자연순환농업이 활성화된 지역의 경험과 시사점을 두루 참고하여 지역별로 현실적이고 지속가능한 모델(안)을 구축해야 하는 필요성이 대두됨. 따라서 이미 실행되거나 추진되고 있는 사업과 조화를 이루고 시너지를 창출할 수 있는 지역별 모델(안) 제시를 통하여 궁극적으로 자연순환농업의 활성화에 기여할 필요가 있음.

○ 모델(안)의 기본방향은 JJ시와 YC시 자연순환농업 모델(안)의 가장 일차적인 과제는 민원 발생의 소지를 줄이는 것으로 판단됨. 지역 현실과 특징에 대한 철저한 분석에 기반을 둔 모델이 되어야 함. 지역에서 이미 활용하고 있거나 활용 가능한 정책 수단을 모두 고려한 모델이 되어야 함. 향후 가축분뇨 자원화 기술의 발전이나 시장에 대한 전망과 연동하여 일정하게 변용되고 결합될 수 있는 형태의 모델(안)이 되어야 함. 적절한 수준의 경제성이 담보될 수 있는 방향으로 모델이 수립되어야 함.

가. JJ시의 자연순환농업 모델(안)

○ JJ시 양돈농가 및 자연순환농업의 특징을 검토해 보면, 양돈농가의 수가 작고 규모도 작은 한편, 액비살포 대상농지는 상대적으로 충분한 편임. 양돈농가 차원의 자원화 경험 및 인식이 있는 편이며, 액비유통센터가 수거 및 살포를 담당함. 공동자원화시설은 부지선정 및 건립추진 중에 민원으로 인하여 잠정 중단된 상황임. 사례지역 중 인구가 가장 많을 뿐 아니라 인구밀도도 가장 높음. 또한 도시화율도

92%로 타도시가 60% 내외 수준임에 비추어 볼 때 매우 높은 것으로 나타남.

○ JJ시의 자연순환농업 모델(안)은 액비유통센터 활성화 및 공동자원화(에너지화) 시설을 추진하는 two-track 모델이 바람직해 보임. JJ시 한돈협회 운영 액비유통센터의 역할 증대가 필요함. 예를 들어 양돈농가 교육, 경종-축산 농가 간의 유대 증진활동 등을 들 수 있음. 양돈농가 고액분리를 철저히 해야 함. 현재시설은 갖춰져 있으나 노력과 기술이 충분치 않은 것으로 파악됨. 액비유통센터와 농업기술센터 등의 연계 활동으로 지역 양돈 농가의 액비발효 저장시설 용량과 이용률 및 액비 품질 실태 진단 및 대응 활동 활성화 검토가 필요함. 양돈농가 시설과 장비에 대한 상시적인 모니터링과 조치 체계가 구축되어야 할 것으로 판단됨. 가축분뇨 70%와 음식물 등의 혼합 처리를 통해 단순히 가축분뇨처리시설이 아닌 지역의 재생자원 인프라로 자리매김하는 공동자원화시설의 에너지화 모델로 추진하는 것이 필요함. 경종-축산농가 협의체를 범 지역사회 차원의 협의체로 확장하여 축산 농가의 부담 경감 및 민원을 해소할 수 있을 것으로 판단됨. 폐열을 사용한 인근 지역의 난방과 가열수요 등에 대한 공급으로 지역 여론을 개선할 수 있음.

나. YC시의 자연순환농업 모델(안)

○ YC시는 양돈농가의 수가 많고 규모도 큰 편이나 경종부분이 상대적으로 적어 자연순환농업이 활성화될 시 액비살포 대상농지의 확보문제가 대두될 가능성이 높은 것으로 나타남. 양돈농가 차원의 자원화 경험 및 인식이 일천한 수준이며, 오히려 정화방류 처리에 대한 관심과 경험이 더 많은 실정임. ‘유기성 폐기물 에너지화 설치사업’ 및 퇴비생산을 목표로 하는 ‘경축순환자원화센터 건립’을 계획하고 있음. 다만 ‘경축순환 자원화센터’조차 현재 민원으로 인해 추진에 난항을 겪고 있는 실정므로, 이에 비추어 볼 때 ‘공동자원화시설’추진은 더욱 어려울 수도 있음.

○ YC시의 자연순환농업모델(안)은 분산형 공동자원화시설이 바람직해 보임. YC시의 양돈농가가 몇 개의 소수 읍·면에 밀집해 있다는 사실에 착안, 중규모(30톤 내외)의 분산형 공동자원화시설 3~4개를 이들 읍·면에 설치하는 모델을 제시함. 양돈농가들의 고른 접근성 보장 및 운송비 절감, 무엇보다도 양돈농가들 사이에 입지함으로써 민원문제를 해소할 수 있는 장점이 있음. 분산형 공동자원화시설의 설치 및 운영주체로 해당지역 양돈농가들의 출자를 통한 조합형 법인설립이 바람직해 보임. 향후 시기(예:액비의 비수기와 성수기)와 상황(예:액비와 재생에너지의 상품가치 상승 수준)에 따라 가축분뇨 및 액비를 지역 내 에너지화 시설과 자원화 시설 등에 탄력적으로 연계를 시도함.

5. 경제성분석

■ JJ시와 YC시 모델(안) 추진에 따른 비용

단위: 백만원

항 목	JJ시	YC시	비 고
고정비용 (초기시설투자비)	7,000	4,500	· JJ시: 에너지화 공동자원화시설 1개소(100톤/일 처리) · YC시: 분산형 공동자원화시설 3개소(30~40톤/일 처리*3)
연간 운영 비용	인건비	360	500 · JJ시: 운영 1명, 관리 4명, 사무 2명, 운전 및 살포 6명으로 총 13명 · YC시: 운영 1명, 관리 3명, 사무 1명, 운전 및 살포 12명으로 총 17명
	운송비	180	270 YC시의 경우 100톤/일 처리 공동자원시설 1개소 평균 운송비의 150% 적용
	수리 유지비	210	135 유사 기능과 규모의 타 시설 평균 수리유지비 등을 참조하여 초기시설 투자비의 3% 적용
	미생물제 등	68	68 미생물제, 약취저감제, 발효제 등 타 시설의 평균 소요 예산 참조
	전기료	120	120 유사 규모 타 시설 평균 전기료의 150% 적용
	기타 비용	100	50 JJ시의 경우 '에너지화'에 따른 추가 비용 소요

- 앞서 제시한 모델(안)들의 비용 항목을 살펴보면, 초기시설투자비를 뜻하는 '고정비용'과 시설 건립 후 인건비, 수리유지비, 전기료 등을 합한 '연간운영비'로 구분할 수 있음.
- 편익의 경우, 분뇨수거 및 액비판매, 전기판매로 벌어들이는 수입과 관련한 직접편익, 이로 인한 단수 증가 및 화학비료 대체 효과 등의 간접편익, 그리고 정화방류 대체효과 등을 포함한 환경적 편익으로 구분됨.

항 목		JJ시	YC시	비 고
직접편익	액비 살포 및 판매	160	160	· (경작지 400ha*20만원/ha) + 기타 초지 살포 및 액비 상품 판매분으로 산출 · 시나리오 III과 IV의 경우, 6년차 이후부터는 기존 160백만원에서 200백만원으로 증가된 편익 가정
	분뇨자원화 효율증진분	123	175	돈분뇨 톤당 5,000원으로 계산
	전력 판매	111	-	· 유사 규모 시설 참조하여 생산전력을 2,400Kwh/일로 가정 · 2011년 평균 SMP(계통한계가격)인 126.6원/Kwh 적용
간접편익	화학비료 대체	343	343	· 액비에 포함된 질소함량 0.45% 적용 · 요소비료 포함 질소비율 46% 적용 · 요소비료 가격은 1,000,000원/톤을 적용
	화석연료 대체	129	-	· 생산전력에 2010년 평균 천연가스 거래 가격인 147.17원/Kwh 적용
	단수 증가 (5% 가정 시)	213	213	· 논 400ha 액비 살포 가정 (동 면적에서 단수 증가 가정) · 2010~2012년 평균 쌀 단수인 500kg/10a 적용 · 2010~2012년 평균 쌀 가격 17만원/80kg 적용
	단수 증가 (8% 가정 시)	341	341	상 동
환경적 편익	정화방류 대체 (돈분뇨)	541	773	· 돈분뇨 BOD 함량 60,000mℓ/L 적용 · 국내 하수처리장의 BOD 1kg당 평균 처리비 892.8원 중 인건비 등을 제한 순수 처리비 368원 적용
	해양배출 대체 (음식물쓰레기)	472	-	· 음식물 쓰레기 1만 5백톤 해양배출 저감효과 산출 · 음식물 쓰레기 2011년 평균 해양배출비 45,000원/톤 적용
	온실가스 저감	48	-	· 돈분뇨와 음식 폐기물 7:3 비율 1톤 기준으로 바이오가스의 이산화탄소 함유량인 31.2kg 및 메탄 연소 시 발생하는 이산화탄소량 67.2kg을 합한 총 탄소량 98.4kg 적용 · 유럽 기후거래소의 2010~2012년 평균 탄소가격인 10유로/톤 적용

○ JJ시의 경우 모든 시나리오에서 B/C비(Benefit/Cost, 비용편익비율)가 1보다 큰 것으로 나타남. 공공사업의 경우 일반적으로 B/C비가 0.9 이상이면 경제적인 타당성이 있다고 할 수 있으므로 본 모델(안)의 경제적 타당성은 비교적 확실한 것으로 판단됨. 특히 모든 시나리오에서 경제적 편익이 비용을 상회하는 것으로 나타남. 이는 전력 판매로 인한 직접적인 수익 및 환경적 편익 등을 기대할 수 있기 때문임.

○ YC시의 경우 액비 상품화가 진전될 경우를 가정한 시나리오 II와 시나리오 IV의 경우에 경제적 편익이 비용을 상회하는 것으로 나타남. 또한 모든 시나리오에서 B/C Ratio가 0.9 이상인 것으로 나타나 본 모델(안) 역시 JJ시와 마찬가지로 경제적 타당성을 갖고 있는 것으로 판단됨.

■ JJ시 모델(안)의 누적 순편익 (사업 시행 1년~10년차)

항 목	시나리오 I	시나리오 II	시나리오 III	시나리오 IV
NPV(순현재가치)	2,390백만원	3,280백만원	2,528백만원	3,417백만원
B/C Ratio	1.204	1.280	1.216	1.292

■ YC시 모델(안)의 누적 순편익 (사업 시행 1년~10년차)

항 목	시나리오 I	시나리오 II	시나리오 III	시나리오 IV
NPV(순현재가치)	-878백만원	12백만원	-740백만원	150백만원
B/C Ratio	0.929	1.001	0.941	1.012

제5장 시사점 및 정책제안

1. 시사점

- JJ와 YC지역은 공동자원화센터와 같은 처리시설이 없어 분뇨의 자원화에 상대적으로 더 많은 어려움을 겪고 있음. 그러므로 공동자원화센터 건립이 필요함. NS, NW에 비하여 JJ, YC지역은 최근까지 해양배출을 해오면서 자연순환농업에 대한 경험이 상대적으로 미숙한 지역임. 4개 지역이 공통적으로 겪는 문제점과 각 지역별로 겪는 어려움에는 차이를 보이고 있음. JJ의 경우 도시화 비율이 상대적으로 높은 지역으로 일반시민들이 시각을 전환하여 자원화시설에 대한 당위성을 인식할 수 있도록 하는 접근이 필요함. YC의 경우에는 일부 읍/면에 축산산업이 집중되는 현상을 보이고 있고, 3000두 이상의 대농의 경우 정화처리시설을 개별적으로 갖추고 있어 또 다른 접근방법이 요구됨.
- 현재의 자연순환 진행단계, 퇴·액비 품질수준, 지역별 여건 등이 달라 충분한 검토가 필요함. NS-JJ, NW-YC시의 작부체계가 유사 하나 NS, NW의 모델을 그대로 가져오는 것은 무리가 있음. JJ, YC지역의 경우 퇴·액비 품질 및 성분 등에 대한 신뢰도가 낮아 신뢰도 제고를 위한 방안 마련이 필요한 것으로 나타남.
- 조직체계와 조직 간의 역할, 연결관계가 지역별로 차이를 보이고 있으나, 자연순환농업 기반이 약한 지역일수록 정보전달 체계가 부진하여 정책적 지원 및 대책마련이 필요함. JJ시는 행정기관을 중심으로 퍼져있으나 그 정보전달 체계가 약하고 고립되어 있는 농가의 수가 많음. YC는 NW과 그 형태가 유사해 보이나 집중화 정도, 정보전달 체계에서 차이를 보이고 있음.

○ 경종농가를 대상으로 퇴액비 활용 교육·홍보가 필요함. 협의체 구축을 실질화하여 지역내에서 자연순환농업이 자생할 여건조성이 필요함. 가축분뇨 자원화 기술의 교육/홍보가 필요하다면 예산지원은 한돈자조금을 활용하는 것을 검토해 볼 필요가 있음.

2. 정책제안

○ 조직체계와 조직 간의 역할, 연결관계 측면을 고려한 정책적 지원체계를 마련해야 함. 핵심적인 역할을 하고 있는 농업인 또는 단체에 대한 적절한 인센티브 정책이 필요함. 인센티브 정책으로는 선진지 견학, 세미나 및 집담회 등의 활성화를 위한 예산을 지원할 수 있음. 이를 통해 지역 내에서 자연순환농업이 활발히 논의되도록 장려하고 스스로 문제점들을 해결해 갈 수 있도록 장려할 필요가 있음. 농식품부 관련사업 평가요소로 반영하는 것을 예를 들 수 있음.

○ 민원해결을 위한 행정집행 근거를 마련해야 함. 민원접수 시 관련법률에 따라 행정 명령, 과징금 조치를 할 수 밖에 없음. 이는 가축분뇨가 자원화 과정을 거친 것임에도 불구하고 오염원으로 처리할 수 밖에 없는 현실임. 따라서 과학적 근거에 따라 자원화 과정 중 발생하는 냄새나 침출수 오염기준을 객관적으로 제시하는 것이 필요함.

○ 액비를 친환경 농자재로 인정하는 규정을 신설해야 함. 현재는 『친환경농업육성법』상 퇴비만 친환경 농자재로 인정하고 있음. 즉, 액비의 용어 등록을 추진할 필요성이 있음. 친환경 농자재로 등록이 되면 축산농가들의 적극적인 자원화 노력을 유도하는 인센티브가 될 수 있을 것으로 전망함. 액비의 상품화를 촉진하고 수익성을 높이는 계기가 될 것으로 기대됨.

○ 시비처방 체계의 개선이 필요함. 시비처방서를 농업기술센터만 발급하다 보니 행정지연 및 살포 적기를 놓치는 경우가 발생함. 신속한 퇴액비 성분분석장비와 토양분석장비의 점진적인 증가가 필요한 시점임. 더불어 시비처방서 발급처를 농협과 축협 등으로 확대할 필요가 있음. 시비처방서 발급 횟수 축소도 검토 가능하나(유기물 기준으로) 토양 유기물 성분의 변화는 더딘데 비하여 질소와 인산의 경우 비효의 변화가 경시적으로 매우 민감하다는 점을 고려하면 현행 유지가 적절한 것으로 사료됨 (과다 시 오염원 고려).

○ 매뉴얼 개발 및 보급을 통한 퇴액비 품질 개선이 필요함. 경종농가의 신뢰형성을 위해 균일한 퇴액비 생산이 가능하도록 적절한 매뉴얼 개발이 필요함. 매뉴얼 내용으로는 액비생산공정의 표준화를 위한 고액분리 등의 전처리 기술확립, 비료 성분이 높은 균질화된 액비 생산공정 확립, BOD, COD를 액비 살포량 설정 시 중요인자로 고려(약취문제), 토양염류 집적도에 영향을 주는 다른 종류의 염류에 관한 기준 제시, 주기적인 온도측정으로 필요에 따라 추가적 교반 등을 들 수 있음.

이러한 매뉴얼의 개발은 기술적, 환경적 개선과 더불어 축산 농가의 비용, 민원 문제를 일정부분 해소할 수 있을 것으로 기대함.

○ 가축분뇨와 타재생자원의 효과와 활용에 대한 R&D 강화가 필요함. 현재 R&D 활동은 가축분뇨 자체에 집중되어 있으나 향후 가축분뇨 시장은 에너지화의 필요성이 강조될 것으로 예측됨. 따라서 타 재생자원(음식물쓰레기 등)의 혼합 비율 검증 및 효율성 제고, 활용법 개발, 폐열 활용방안 등이 필요함. 더불어 태양열 에너지, 바이오 연료 등과 연계한 R&D도 검토할 필요성이 있음. 이는 곧 가축분뇨 자원의 시장 및 수익 창출 효과를 기대할 수 있음.

○ 경종농가 및 소비자 인지도 제고를 위한 시범포 운영이 필요함. 가축분뇨 자원화의 출발은 일선의 축산농가이며 최종목적지는 경종농가를 포함한 소비자임. 한돈 자조금을 활용한 유희지의 시범포(교육홍보포)운용을 검토해 볼 필요가 있음. 사회적 기업 및 협동조합 등으로 청년들에게 지원을 할 수 있음. 가축분뇨 수거, 처리, 살포되는 과정의 설명회 및 시연회를 통해 퇴액비 성분, 토양, 작물에 미치는 영향에 관한 교육을 해야 함. 농가교육 및 협의 활동지원 예산항목 신설을 통해 농가들의 선진지 견학, 자체적인 세미나 활동, 경종농가와의 협의 등에 수반되는 예산지원근거 마련이 필요함.

목 차

제1장 서론	1
1. 연구필요성	1
2. 연구목적	3
3. 연구방법과 내용	3
제2장 자연순환농업의 현황 및 문제점	6
1. 자연순환농업의 개념 및 필요성	6
2. 자연순환농업 현황 및 추진실태	8
제3장 사례지역별 자연순환농업 분석	34
1. 지역별 자연순환농업 분석	34
2. 사례지역 실태분석	87
3. 사례지역 네트워크 분석	126
4. 정책적 시사점	131
제4장 사례 지역의 자연순환농업활성화를 위한 모델(안) 검토	139
1. 모델(안)의 필요성	139
2. 사례지역의 자연순환농업 모델(안) 제시	142
3. 사례지역 자연순환농업 체계 구축에 따른 경제성 분석	153
제5장 정책제언	159

그림 차례

[그림 2-1] 협의의 자연순환농업 체계도	7
[그림 2-2] 필수원소, 유용원소, 기타 원소분류의 주기율 표	24
[그림 2-3] 자원순환형 농업의 양분 물질순환 투입-산출 모식도	29
[그림 3-1] 가축분뇨자원화 체계 모델의 모식도	35
[그림 3-2] NW시 S2의 퇴비화시설 실상도	39
[그림 3-3] NW시 S2의 퇴비화 과정	40
[그림 3-4] NW시 S3의 퇴비화 시설(좌:교반장, 우:후숙장) 실상도	41
[그림 3-5] NW시 S3 퇴비화 과정	41
[그림 3-6] NS시 퇴비화 공정 (좌:교반장, 우:후숙장) 실상도	43
[그림 3-7] NS시 퇴비화 시설 과정	43
[그림 3-8] S5 퇴비화시설(좌:교반장, 우:적재&후숙장)	44
[그림 3-9] NS시 퇴비화시설의 퇴비화과정	44
[그림 3-10] YC시 농가의 퇴비화 시설	45
[그림 3-11] YC시 양돈농가의 퇴비화 과정	45
[그림 3-12] S7의 퇴비화 시설	46
[그림 3-13] YC시 한우농가의 퇴비화 과정	46
[그림 3-14] S9의 퇴비화 시설(좌:적재장, 우:후숙장) 실상도	47
[그림 3-15] JJ의 퇴비화 과정	47
[그림 3-16] JJ시 양돈농가의 적재식 퇴비화 시설	47
[그림 3-17] JJ의 퇴비화 과정	48
[그림 3-18] JJ시 젃소농가 퇴비화시설 실상도	48
[그림 3-19] JJ시 젃소농가의 퇴비화 공정	48
[그림 3-20] NW시 작물재배현황	50
[그림 3-21] NW시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P ₂ O ₅ , K ₂ O 물질 수지도	55
[그림 3-22] NS시 작물재배현황	56
[그림 3-23] NS시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P ₂ O ₅ , K ₂ O 물질 수지도	57
[그림 3-24] YC시 작물재배현황	58
[그림 3-25] YC시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P ₂ O ₅ , K ₂ O 물질수지도	59
[그림 3-26] JJ시 작물재배현황	60
[그림 3-27] JJ시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P ₂ O ₅ , K ₂ O 수지도	61

[그림 3-28] 가축분 호기성 퇴비화 공정 모식도	71
[그림 3-29] S3(NW)지역의 무(radish)종자발아실험 결과	86
[그림 3-30] S5(NS)지역의 무(radish)종자발아실험 결과	86
[그림 3-31] S10(JJ) 지역의 무(radish)종자발아실험 결과	87
[그림 3-32] 자연순환농업에 대한 인지도	96
[그림 3-33] 돈분뇨 퇴액비 사용유무 및 기간	96
[그림 3-34] 돈분뇨 퇴·액비를 사용하지 않거나 앞으로 사용하지 않으려하는 이유	97
[그림 3-35] 자연순환농업에 대한 인지도(JJ시)	107
[그림 3-36] 돈분뇨 퇴·액비 사용유무 및 기간	107
[그림 3-37] 돈분뇨 퇴·액비를 사용하지 않거나 앞으로 사용하지 않으려하는 이유(JJ지역)	108
[그림 3-38] 자연순환농업에 대한 인지도(YC 지역)	118
[그림 3-39] 돈분뇨 퇴·액비 사용유무 및 기간(YC 지역)	118
[그림 3-40] 돈분뇨 퇴·액비 미사용 이유YC 지역)	119
[그림 3-41] 각 사례지역별 자연순환농업 정보전달 연결분포	128
[그림 3-42] 사례시군별 근접중심성 결과(왼쪽부터 NW, JJ, YC지역)	131
[그림 4-1] JJ시 자연순환농업 모델-공동자원화시설 설치 모델	147
[그림 4-2] JJ시 축산단지 모형-공동자원화(에너지화)시설형	148
[그림 4-3] YC시 자연순환농업 모델-공동자원화시설 설치 모델(분산형)	151
[그림 4-4] YC시 축산단지 모형-공동자원화시설(분산형)	152

표 차례

[표 2-1] 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 주요 개정안(2012년)	11
[표 2-2] 축분뇨 관련 각 부처별 사업 내용 검토	12
[표 2-3] 공공처리시설과 공동자원화 시설 비교	13
[표 2-4] 가축분뇨 발생량 및 자원화 추이	18
[표 2-5] 축종별 가축분뇨 발생량 및 처리 물량(2008년)	19
[표 2-6] 지자체별 가축분뇨 해양배출 물량(2009년)	20
[표 2-7] 축종별 분뇨 주요성분함량	23
[표 2-8] 비료공정규격 설정 및 지정고시	27
[표 2-9] 토성별 액비시용에 따른 벼 수량비교	32
[표 2-10] 벼-보리 작부체계 시 액비시용에 따른 벼와 보리의 수량비교	33
[표 3-1] 사례지역별 사육두수 및 축종별 가축분뇨 발생량	36
[표 3-2] NW시 가축분뇨 처리현황	37
[표 3-3] NW시 가축분뇨 공동자원화사업(액비생산) 추진상황	38
[표 3-4] NW시 S2지역의 가축분뇨 공동자원화사업 추진상황	40
[표 3-5] NW시 S3 지역의 가축분뇨 공동자원화사업 추진상황	41
[표 3-6] NS시 가축분뇨 처리현황	42
[표 3-7] NS시 지역의 가축분뇨 공동자원화사업 추진상황	43
[표 3-8] YC시 가축분뇨 처리현황	45
[표 3-9] JJ시의 가축분뇨 처리현황	46
[표 3-10] NW시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량	54
[표 3-11] NS시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량	56
[표 3-12] YC시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량	59
[표 3-13] JJ시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량	62
[표 3-14] 사례지역별 가축사육두수와 농경지현황 비교	63
[표 3-15] 지역별 액비의 이화학 특성 및 병원성균 분석	65
[표 3-16] 지역별 액비의 다량원소, 미량원소 및 중금속 분석	66
[표 3-17] 각 지역별 액비의 E-coli 함량 기준치 비교	70
[표 3-18] 각 지역별 액비의 Salmonella 함량 기준치 비교	70
[표 3-19] 각 지역별 액비의 유해성분 비교	71
[표 3-20] 지역별 퇴비 내 병원성미생물 검출결과	84

[표 3-21] 설문조사 대상자(양돈농가)의 특성	88
[표 3-22] NW시의 양돈농가 돈사구조	90
[표 3-23] 현재의 돈사구조를 유지하려는 원인	90
[표 3-24] 분뇨처리 방법에 따른 비율 및 톤당 처리비용	91
[표 3-25] 분뇨처리 방법에 따른 처리시설의 유무(NW시)	92
[표 3-26] 자원화시설을 설치한 이유(NW시)	92
[표 3-27] 민원발생시 대처 방법(NW시)	93
[표 3-28] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화) 정착의 애로사항(NW시)	94
[표 3-29] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화)를 위해 가장 필요한 사항(NW시)	94
[표 3-30] 설문조사 대상자(경종농가)의 인문사회적 특성	95
[표 3-31] 돈분뇨 퇴·액비의 최초 사용 경로	97
[표 3-32] 돈분뇨 퇴·액비 사용이유	98
[표 3-33] 돈분뇨 퇴·액비 생산처별 품질수준에 대한 선호	98
[표 3-34] 자연순환농업 정착을 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항	99
[표 3-35] 설문조사 대상자(축산농가)의 특성	101
[표 3-36] JJ시의 양돈농가 돈사구조	101
[표 3-37] 현재의 돈사구조를 유지하려는 원인	102
[표 3-38] 분뇨처리 방법에 따른 비율 및 톤당 처리비용	103
[표 3-39] 분뇨처리 방법에 따른 개별양돈농가의 처리시설의 유무(JJ지역)	103
[표 3-40] 자원화시설을 설치한 이유(JJ지역)	104
[표 3-41] 민원발생시 대처 방법(JJ지역)	104
[표 3-42] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화) 정착의 애로사항(JJ지역)	105
[표 3-43] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화)를 위해 가장 필요한 사항(JJ지역)	105
[표 3-44] 설문조사 대상자(JJ지역 경종농가)의 인문사회적 특성	106
[표 3-45] 돈분뇨 퇴·액비의 최초 사용 경로(JJ지역)	107
[표 3-46] 돈분뇨 퇴·액비 사용이유(JJ지역)	109
[표 3-47] 돈분뇨 퇴·액비 생산처별 품질수준에 대한 선호(JJ지역)	109
[표 3-48] 자연순환농업 정착을 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항(JJ지역) ..	110
[표 3-49] YC지역 설문조사 대상자(양돈농가)의 특성	111
[표 3-50] YC지역의 양돈농가 돈사구조	112
[표 3-51] 현재의 돈사구조를 유지하려는 원인(YC지역)	112
[표 3-52] 분뇨처리 방법에 따른 비율 및 톤당 처리비용	113
[표 3-53] 분뇨처리 방법에 따른 개별양돈농가의 처리시설의 유무(YC지역)	115
[표 3-54] 자원화시설을 설치한 이유(YC지역)	115

[표 3-55] 민원발생시 대처 방법(YC 지역)	115
[표 3-56] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화) 정착의 애로사항(YC 지역)	116
[표 3-57] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화)를 위해 가장 필요한 사항(YC시)	117
[표 3-58] 설문조사 대상자(YC 지역 경종농가)의 인문사회적 특성	117
[표 3-59] 돈분뇨 퇴·액비의 최초 사용 경로(YC시)	119
[표 3-60] 돈분뇨 퇴·액비 사용이유(YC시)	120
[표 3-61] 돈분뇨 퇴·액비 생산처별 품질수준에 대한 선호(YC 지역)	121
[표 3-62] 자연순환농업 정착을 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항(YC 지역)	121
[표 3-63] 사례시군별 자연순환농업 네트워크의 크기와 밀도	128
[표 3-64] 사례시군별 자연순환농업 관련 노드(구성원) 유형	128
[표 3-65] 사례시군별 자연순환농업 관련 노드(구성원)별 특징	129
[표 3-66] 사례시군별 군집계수값 비교	130
[표 4-1] 타 도시와 JJ시의 도시화 수준 비교	144
[표 4-2] JJ시와 YC시 모델(안) 추진에 따른 비용	155
[표 4-3] 공공하수처리시설 운영관리비 세부내역(2010)	156
[표 4-4] JJ시와 YC시 모델(안) 추진에 따른 편익	157
[표 4-5] JJ시 모델(안)의 누적 순편익 (사업 시행 1년~10년차)	158
[표 4-6] YC시 모델(안)의 누적 순편익 (사업 시행 1년~10년차)	158
[부록] 지역별 악취물질 분석 결과	162
[부록] 사례지역별 organic 질소의 시간에 따른 토양 내 잔존하는 양	163

1. 서론

가. 연구필요성

1) 경제발전에 따른 소득증가로 식품소비 패턴의 변화와 쾌적한 환경에 대한 국민들의 요구 증가

- 축산은 농업생산 총액 약 43.5조원 중(2011. 10 현재) 17.5조원을 생산하여 약 40.2%를 점유하며, 상위 10개 품목(26.1조원)중 6개 품목 생산량 17.47조원(67% 점유)으로 지역경제를 실질적 견인하고 있음.
- 1980년대 이후 동물성 단백질 중심의 식품소비 고급화와 사양기술의 발달로 가축사육두수가 크게 증가하여 축산업의 생산형태도 소규모에서 기업형, 전업형으로 규모화되고 있음.
- 규모화된 가축생산방식으로서의 변화에 따라 대량의 가축분뇨가 발생되었으나, 규모 확대에 대응한 농경지확보가 병행되지 않아 가축분뇨의 순환이용이 어려운 실정임.
- 가축분뇨의 부적절한 처리는 지하수나 지표수의 오염, 토양오염, 악취발생 등 환경오염원으로 작용하여 농가간, 비축산농가간 민원이 많이 발생하여 갈등의 요인이 되고 있음.
- 06년 3월 24일 “폐기물 배출에 의한 해양오염 방지에 관한 국제협약”이 발효됨에 따라 2012년 1월 1일부터 가축분뇨의 해양배출이 전면 금지됨.

2) 가축분뇨 자원화 기술의 향상에 따라 이의 자원화는 점차 확대되고 있으나, 자연순환농업의 활성화를 위한 경축농가와의 관계개선

- 가축분뇨 비료화 기술개발의 발전과 다수의 축분자원화시설 건립 등으로 대량의 생산능력을 보유하고 있음에도 불구하고 과다한 생산비, 계절적 수요의 판매부진에 따른 재고(在庫)누증(累增) 등으로 경영압박을 받고 있음.
- 또한 축분뇨비료의 소비자인 경종농가는 높은 축분비료의 가격, 축분비료 사용에 대한 신뢰감 미흡 등의 이유로 사용을 기피하고 있는 실정임.

3) 가축분뇨의 안정적인 해결책이 없는 지속가능한 친환경 선진축산으로 나아갈 수 없음을 강조하며, 정부는 가축분뇨처리시설의 확보, 퇴·액비 품질향상, 경종-축산조직간 협약 등의 지원정책을 강력히 추진하고 있음.

- 정부는 가축분뇨의 육상처리 시설 확보, 퇴액비 품질 향상등을 위해 “가축분뇨

퇴액을 이용한 자연순환농업 활성화 대책”(06. 7)과 “가축분뇨 해양배출 감축 5개년 대책”(‘07. 7) 등을 수립·추진하고 있음.

- 또한 정부는 가축분뇨의 자원화 및 퇴·액비 이용촉진을 위해 개별농가 처리시설과 병행하여 가축분뇨 공동자원화 시설, 액비유통센터 지정, 액비저장조 지원 등의 하드웨어적 부분과 경종 및 축산조직간 협약, 운영자금 지원, 교육 및 컨설팅 등 소프트웨어적 부분에 많은 지원을 하고 있음.

4) 각종 정부지원 정책에 힘입어 가축분뇨자원화 등 육상처리 비용의 절감, 퇴·액비 사용확대에 따른 화학비료 사용 감축, 경종과 축산조직간 자연순환농업 협약체결 확대 등 성과가 나타나고 있음.

- 가축분뇨의 해양투기 물량은 2006년 261만톤 에서 2011년 73만톤 으로 줄어 들었고, 해양투기 농가 또한 2,275호에서 811호로 감소함.
- 액비 연간 36,500톤(1일 100톤) 사용 시 화학비료(요소) 18천포대 대체 가능.
- 그동안 가축분뇨 액비는 주료 벼, 보리, 과수 재배에 사용되어 왔으나 악취없는 양질의 액비 생산·유통의 활성화로 인해 채소류, 과채류 등 적용가능 작목이 점차 확대되고 있음.

5) 가축분뇨의 해양배출이 금지된 현 시점에도 일부지역에서는 불법무단 해양투기, 처리비용 때문에 가축분뇨의 부적절한 관리, 미숙 퇴·액비 유통 및 농경지 과다살포 등의 문제가 여전히 남아 있으며, 자원화 처리시설의 미확보, 공동처리시설의 보강 등의 문제와 축산농가간, 비축산농가 조직간의 불화로 인해 자연순환농업의 활성화를 저해하는 요인이 여전히 존재함

- 일반적으로 태백산맥을 중심으로 서쪽 지방은 자연순환농업체계가 정착되어 가고 있으나 동쪽 지역은 상대적으로 부진함.
- 자연순환농업체계가 미진한 지역의 경우 가축분뇨 저장조 등 농가 자체시설 보강, 공공처리장의 보강 등의 문제, 경종농가와 축산농가, 단체간 발전협의체 구성 등 타 지역에 비해 경종(耕種)과 축산(畜産)이 괴리되어 있어 자연순환농업의 확립을 위한 체계가 미흡한 것으로 판단됨.
- 경남·북 지역의 축산규모(한우, 젓소, 돼지)는 전국 축산규모의 약 25%를 차지하고 있어 자연순환농업 체계가 정착될 경우 타 지역에 비해 그 경제적인 파급효과는 상당히 클 것으로 전망됨.
- 자연순환농업의 확대는 가축분뇨 자원화시설 및 비료화 생산비용과 폐기물 처리비 절감효과, 온실가스 감축효과, 비료, 제초제, 농약 사용의 대체효과 등 편익

이 동시에 발생하므로 이에 대한 엄밀한 경제적 가치분석이 필요함.

6) 따라서 우리 나라의 자연순환농업 현황 및 수준을 파악하고, 상대적으로 부진한 지역의 자연순환농업 체계를 면밀히 검토해, 지역특성에 맞는 전략적인 발전방안을 모색할 필요가 있음

- 기존의 자연순환농업 관련 연구는 전국단위의 연구에 크게 치중되어 있어 지역 특성을 고려한 연구는 미흡한 실정임.
- 자연순환농업이 실행되고 있는 사례지역 4곳을 각각 비교·분석해보고 이를 통해 지역특성을 고려한 자연순환농업 활성화 방안을 수립할 필요가 있음.

나. 연구목적

- 자연순환농업 사례지역의 심층분석을 통해 지역 특성을 고려한 맞춤형 자연순환농업 모델 제시하고, 가축분뇨 자원화가 부진한 지역의 자연순환농업 조기 정착 및 활성화를 위한 대책수립 및 교육자료 등으로 활용을 목적으로 함.
- 가축분뇨 자원화가 부진한 지역의 가축분뇨 적정처리 및 자원화 촉진 등을 통한 자연순환농업 활성화로 지속가능한 축산기반을 마련하려 함.

다. 연구방법과 내용

1) 연구방법 및 내용

- 농가개별자체시설을 통한 자연순환농업을 실행하고 있는 경남·북 지자체중 두 곳과 (경북 YC시, 경남 JJ시)과 공동자원화시설을 위탁처리 하고 있는 두 곳 (전북 NW시, 충남 NS시)을 선정하여 두 권역(圈域)의 현황을 조사·비교·분석하여 자연순환농업 활성화의 기반을 마련코자 함.
- 사례지역별 자연순환농업 분석
 - 사례지역의 자연순환농업 실태파악
 - 설문조사를 통한 사례지역의 자연순환농업 부진사유, 자연순환농업에 대한 축산 및 경종농가의 인식 등 자연순환농업과 관련된 전반적인 부분을 사례지역별로 조사·분석함.
 - 네트워크 분석을 통한 사례지역별 밀도 분석
 - 개별 축산농가간, 경축농가 및 축산농가간의 관계, 작목반, 지자체 사업당자와의 관계, 조합과의 관계 등을 분석·비교함

□ 자연순환농업 부진지역 및 우수지역의 비교분석을 통해 시사점 도출

2) 가축분뇨처리형태 분석

- 사례지역별 가축분뇨처리형태 분석
- 축종별 축분뇨 발생특성 (우분 혼합물, 젖소 혼합물, 젖소슬러리, 돈슬러리, 계분 등)
- 부자재 수분조절제 (왕겨, 톱밥 등)
- 처리형태 (퇴비화, 액비화, 정화 등)
- 처리주체 (지역형, 단지형, 개별형 등)

3) 사례지역별 가축분뇨 퇴·액비의 품질수준

- 사례지역의 축분 퇴·액비화공장의 퇴·액비의 생산특성분석
- 사례지역의 축분 퇴·액비공장 전수조사 (축분종, 생산용량, 수분조절제 종류와 양, 부자재양 등) 및 물류(物流)분석
- 사례지역 표본 축분퇴비공장 퇴비의 품질특성 분석 및 평가

가) 물리·화학적 : pH, EC, Organic Matter(OM), Organic Carbon(OC), C/N

나) 다량원소 (Macro-nutrients) : TN, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$, TP, PO_4^- , P_2O_5 , K_2O , K, Ca, Mg, S

다) 미량원소 (Micro-Nutrient) : B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Ni

라) 중금속 (Heavy Metal) : Pb, Hg, Cd, As, Cr

마) 병원성 미생물 : *E coli*, *Salmonella*.

바) 악취분석 :

- ✓ 질소화합물 : NH_3 (TMA), p-cresol, indol, skatol,
- ✓ 황화합물 : H_2S , Dimethyl Sulfide(DMS), Dimethyl Disulfide(DMDS), Methyl mercaptan(MM),
- ✓ 휘발산지방산 (VFA) : Acetic acid(AA), Propionic acid(PA), Butyric acid(BA), i-butyric acid(iso-BA), Valeric acid(VA), i-valeric acid(iso-VA)

4) 사례지역별 가축분뇨 퇴·액비의 농경지 이용실태

- 사례지역의 축분 퇴·액비화공장 퇴·액비의 생산특성분석

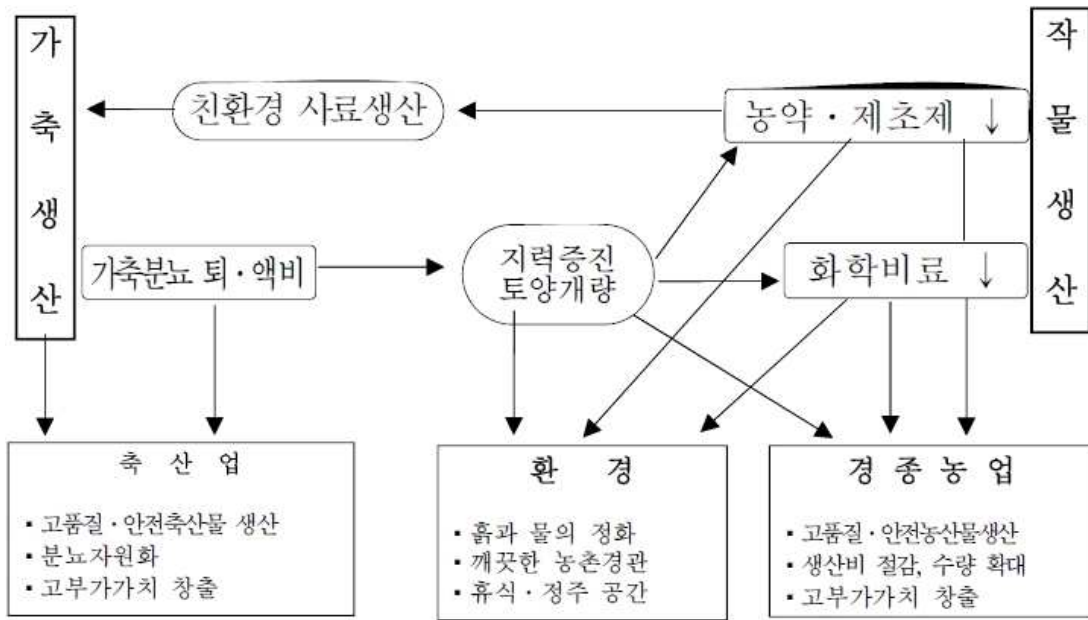
- 가) 사례지역의 축분 퇴·액비공장에서 생산되는 퇴·액비의 물류분석
 - 나) 농경지 재배작물과 퇴·액비의 상관성 분석
- 5) 사례지역별 가축분뇨 퇴·액비를 이용하는 농작물 종류
- 사례지역별 축분 퇴·액비를 이용하는 작목특성 분석
 - 가) 농작목 및 식부(植付)면적, 작부(作付)체계 조사
 - 나) 해당 작목(作目)의 생산량 및 이의 물류(物流; Mass Balance) 분석
- 6) 경남·북 지역의 자연순환농업 구축에 따른 경제성 분석
- 가축분뇨의 경제적 가치 분석
 - 가) 가축분뇨의 비료성분과 화학비료의 성분이 완전 대체된다는 전제하에서 가축분뇨의 가치측정
 - 나) 사례지역의 축산(한우, 양돈, 닭)농가와 경종농가의 순환체제 확립에 따른 경제적 가치분석
 - 다) 축산농가의 축종별(한우, 양돈, 닭) 가축분뇨처리 시설비, 관리비 등 각종 비용 대비 편익
 - 라) 경종농가의 가축분뇨 활용에 따른 비용 대비 편익 분석
- 7) 자연순환농업 활성화를 위한 정책제안
- 지역별 설문조사 및 경제성 분석을 통한 시사점 및 발전방향 제시
- 8) 지역특성에 적합한 맞춤형 자연순환모델제시
- 친환경 복합 축산기반조성사업 모델 개발
 - 가) 사례지역의 입지특성 (농산촌, 농업진흥지역, 도농지역 등)
 - 나) 축분발생원별 (livestock types) 분류
 - 다) 사례지역의 작물재배지의 규모(scale), 재배작목(crop types), 작부체계(cropping systems)
 - 라) 사례지역의 지역특성 × 축분종(種) × 작물포 특성 조합에 따른 경축순환체계 모델개발

제2장 자연순환농업의 현황 및 문제점

1. 자연순환농업의 개념 및 필요성

가. 자연순환농업의 개념

- 광의(廣義)의 자연순환농업은 농업부문은 물론 비농업부문까지 포괄하여 지역 전체 환경을 염두에 둔 물질순환체계임.
- 즉, 현대 경제순환과 물질순환의 모순인 폐기물을 가능한 한 저감시키며 재이용과 재생자원화를 위해 인간이 강제로 순환시스템을 만들어가는 것으로, 가축분뇨 및 지역 내 음식물 쓰레기 등의 퇴비화나 발전 용도로의 사용을 증진하고 이를 통해 생산된 농축산물을 지역 소비자가 구입함으로써 지역 내 물질순환의 균형을 이루고 자연환경과 상생하는 농업·농촌을 만들고자 하는 지역상생의 농업방식을 뜻함.
- 협의(狹義)의 자연순환농업은 물질순환 환경을 농업에 국한하여 농업 내부의 물질순환체계에 집중하는 것으로, 농업생산의 부산물(가축분뇨, 볏짚, 버섯 배지 등)을 농업생산 내부에서 다시 활용함으로써 농업 환경 및 생태계를 보전하고 지역 내 농산업간 연계를 높여 지역 자립구조를 확립하고자 하는 농업임.
- 즉, 농업부산물은 폐기하면 환경오염을 유발하거나 경관을 해치며 지역경제에 음(-)의 효과를 야기하지만, 자원으로 활용한다면 환경오염을 방지하여 양(+)의 효과를 가져올 수 있다는 개념임.
- 구체적으로 축산 부문에서는 오염발생원인 가축분뇨를 퇴비나 액비로 자원화하여 경종농가에 환원함으로써 자원의 재활용과 수질환경 개선에 기여하고, 가축분뇨 처리비용의 일부를 회수할 수 있는 장점이 있음. 또한 이와 연계하여 경종부문으로부터 쌀겨와 볏짚 등의 부산물을 공급받아 가축의 조사료나 깔개로 활용하면 사료수입을 줄이고 안전한 축산물 생산에 탄력을 받게 되는 것임.
- 경종농가의 입장에서든 경종에 필요한 양분을 화학비료 대신 퇴·액비로 공급함으로써 토양미생물 활성화 조건을 제공하여 지력 증진 및 토양 개량에 도움이 되는 장점이 있음. 또한 이러한 지력증진과 토양개량의 효과는 농약사용 감소로 이어져 친환경적인 안전 농산물 생산에 기여하게 되는 체계임.
- 따라서 협의의 자연순환농업의 핵심은 축산과 경종부문의 유기적인 연계로 인해 시너지 효과를 발생시키는 데 있음.



[그림 2-1] 협의의 자연순환농업 체계도

자료: 농림수산식품부 자연순환농업팀, “가축분뇨를 활용한 자연순환농업 추진대책”, 2006.3

- 본 연구에서는 지역 여건에 따른 축산농가와 경종농가의 선순환시스템 구축 방안이라는 목표에 집중하기 위하여 협의의 자연순환농업 개념에 초점을 맞춰 검토·분석을 진행함.

나. 자연순환농업의 필요성

- 자연자원을 공급하고 폐기물을 정화하는 환경의 본원적 기능을 최대한 활용하는 자연순환농업은 농업환경자원의 지속가능한 이용과 건전한 농업생태계 유지를 위해 필수적이라 할 수 있음.
- 특히 전(全) 세계적 기후협약 발효로 인해 가축분뇨로부터의 온실가스 발생방지 및 저감, 감축 등에 대한 관심이 커지고 있으며, 나아가 가축분뇨를 자원으로 활용하여 천연자원 고갈에 대응하려는 움직임 역시 가속되고 있는 실정임.
- 국내 소비자의 농축산물 소비 트렌드를 보더라도 최근 환경친화적이며 쾌적한 환경조성에 부응하는 지속가능한 축산이 요구되고 있을 뿐 아니라, 친환경 농산물에 대한 수요증가 및 농산물 안전성에 대한 국민적 관심이 높아짐에 따라 가축분뇨 퇴·액비 품질향상 및 효율적 자원화, 안정적 축산-경종순환체계 확립 및 기술개발 필요성이 증대하고 있음.
- 국내 축산현실에 초점을 맞춰 보면, 수질오염 총량관리제 실시 및 지역단위 양분 총량제와 가축사육 총량제의 도입 움직임 등으로 개별농가 및 지역단위에서의

가축분뇨 관리 및 이용을 조속히 체계화하여 자연순환농업을 조기 정착·확산시켜야 할 필요성이 커진 실정임.

- 또한 2006년 3월 ‘폐기물 배출에 의한 해양오염 방지에 관한 국제협약’(런던의 정서)이 발효됨에 따라 우리나라에서도 2012년 1월부터 가축분뇨의 해양배출이 전면 금지되며 가축분뇨의 친환경적 관리를 위한 자연순환농업 기반확대가 긴요함.
- 한편, 이렇듯 중요한 자연순환농업을 무리없이 정착시키기 위해서는 유럽이나 미국 등의 농업강국과는 다른 우리나라 경종-축산 현실의 특성에 맞는 정책을 수립·추진할 필요가 있음.
- 예를 들어 구미 각국의 경우 넓은 경작지가 있어 가축분뇨의 단순처리 후 유기질 비료로의 이용이 일반화되어 있음. 하지만 우리나라의 경우 경작지가 상대적으로 좁고, 사람의 주거지가 인접해 있으며, 가축분뇨를 활용한 유기질 비료에 대한 인식 역시 아직 낮은 편이므로 이를 해소할 수 있는 적극적 대책이 필요함.
- 또한 자연순환농업이 비교적 잘 이뤄지는 선진국에서는 가축분뇨를 경작지에 살포하고 경작지에서 재배된 밀과 보리 등의 사료작물을 축산농가에 공급하는 체계가 갖춰진 반면, 우리나라는 경작지에서 사료작물을 재배하는 비중이 높지 않은 문제가 있음.
- 게다가 축산농가가 대부분 조사료 기반의 경종농가를 겸하고 있는 구미의 선진 각국과 달리 우리나라의 축산은 경종부문과 유리(遊離)되어 자가 경영권 내에서의 가축분뇨순환 이용이 어려운 측면이 있음.
- 따라서 이러한 우리나라의 특성을 고려한 정책적 개입과 유인을 통해 경종-축산 현장에서의 자연순환농업을 효과적으로 확산시켜갈 필요성이 있음.

2. 자연순환농업 현황 및 추진실태

가. 자연순환농업 관련 법령 및 정책 현황

1) 자연순환농업 관련 법령의 연혁 및 현황¹⁾

- 가축분뇨는 산업폐수나 생활하수에 비하여 유기물 및 질소, 인 등의 농도가 높을 뿐 아니라 다양한 규모의 축산 농가가 전국에 고르게 산포(散布)해 있으므로, 1990년대 초반부터 기존의 산업폐수 및 폐기물 관리체제로부터 분리하여 별도로

1) 자연순환농업 자체는 별도의 독자적인 법적 근거를 갖고 있지 않음. 따라서 본 소절에서는 우리나라 자연순환농업의 실질적인 관건이라 할 수 있는 ‘가축분뇨’ 처리와 관련한 법령 위주로 법적 근거에 대한 검토를 수행함.

관리되고 있음.

- 이전까지는 오물관리법(1961년, 보건사회부), 환경보전법(1981년, 환경청), 폐기물관리법(1986년, 환경청) 등에 의하여 다양한 산업폐수나 폐기물과 함께 관리되어 왔음.
- 그러나 1991년 3월에 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」(이하, 「오분법」)이 제정되어 가축분뇨를 본격적으로 관리하기 시작하였음.
- 다만 「오분법」은 가축분뇨로 인한 수질오염 방지에 주안점을 두고 정화 위주의 법제로 운영되었기 때문에 ‘가축분뇨’라는 용어보다는 ‘축산폐수’라는 용어를 사용하고 그러한 시각에서 자원화보다는 정화방류 측면에서 축산폐수를 처리한 한계가 있음.
- 가축분뇨를 단순한 폐기물이 아닌 자원 개념으로 보게 된 것은 1999년 동 법령에 ‘축산폐수’ 외에 ‘가축분뇨’ 용어의 정의를 추가하면서부터임. 이후 액비 살포면적 고시 및 액비 살포면적 확보 의무 명기(1999년), 퇴비저장시설 의무화(2003년) 등의 조치가 잇따르면서 점차 자원화 대상으로서의 가축분뇨 입지가 공고해져 왔음.
- 2006년 9월, 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(이하, 「가축분뇨법」)이 제정되면서 축산폐수라는 용어는 가축분뇨로 완전 대체되기에 이르렀음.
 - 이는 특성과 배출원이 서로 다른 오수, 분뇨, 가축분뇨를 특성에 맞게 효율적으로 관리하기 위해 오수와 분뇨에 관한 내용은 「하수도법」에 통합하여 규정하고, 가축분뇨에 관하여는 환경과 조화시키면서 지속가능한 축산업 및 자연순환농업의 발전과 환경보전을 실현시키기 위한 내용을 반영한 조치의 결과임. 따라서 본 법령은 가축분뇨 이용 확대로 자원순환형 친환경축산 기반을 구축하고 가축분뇨 적정 처리로 하천 수질을 1~2급수로 개선하는 것을 목표로 하고 있음.
 - 구체적으로 「가축분뇨법」에서는 발효되지 않은 퇴비와 액비의 이용을 금지하고 있음. 또한 생산된 퇴비와 액비를 비료로 사용하지 않고 버리는 행위 역시 금지하고 있으며, 퇴·액비의 생산자와 경종 농가의 연계 체계를 구축하기 위한 퇴·액비 이용 촉진계획을 2년마다 기초지자체장이 수립하도록 규정하고 있음.
 - 특히 액비의 경우, 특정지역에 집중적으로 살포되는 것을 방지하기 위해 액비 살포기간을 설정하여 운영할 수 있도록 하였음. 또한 살포된 액비가 수계로 유입되는 것을 방지하기 위하여 강우 및 토양이 동결된 시기에는 액비를 살포할 수 없으며, 경사지 및 주거시설과 200미터 이내로 근접한 지

역에서는 액비살포를 금지하고 있음.²⁾

○ 최근에는 「가축분뇨법」 개정안이 입법예고(2012년 5월)된 바 있음. 이번 개정의 주요골자는 가축분뇨가 하천 등지의 주요 오염물질로 작용하고 있다는 인식에 기초하여 가축분뇨 발생에서부터 최종처분까지 전 과정의 관리를 강화하는 것으로 축산업계의 강력한 반발에 부딪치고 있는 실정임(표 2-1 참조).

- 환경부는 기본적으로 축산농가의 대형화·기업화로 고농도·난분해성 오염물질인 가축분뇨 발생량이 급격히 증가하고 있음에도 관리수준이 이를 뒤따라하지 못하고 있다는 문제의식을 갖고 있는 것으로 파악됨.
- 이에 상수원 관리지역에서 오염이 심각한 경우 환경부장관이 해당 지자체 장에게 ‘가축사육제한 조례’를 정하도록 하였으며, 가축사육제한구역 지정대상에 주거밀집지역 및 과밀사육지역을 추가하고 있음.
- 나아가 전국 무허가·미신고 축사에 대해 폐쇄조치 등의 행정처분을 신설하고, 개정된 가축분뇨법 내에 퇴비·액비의 검사방법 및 기준과 절차 등을 마련한 것으로 나타남. 이를 위해 향후 자치단체 환경·축산부서와 환경감시단과의 합동점검을 정례화하고, 오염원인 축사밀집지역에 대해서는 특별관리를 강조하고 있는 실정임.
- 또한 2020년까지 공공처리시설 보급률을 현재의 17.2%에서 50%로 확대할 수 있도록, 처리시설을 지자체 설치 중심에서 지역농협중심으로 단계적으로 전환하는 내용 역시 개정안에 포함되어 있음.
- 그러나 축산농가는 본 개정안에 명시된 액비의 품질기준이 현재의 액비화기반과 기술력으로 불가능한 수준이라는 점, 작년부터 본격화된 전국 지자체의 조례 개정으로 인하여 축산업의 기반이 무너지고 있다는 점, 현재의 축산환경의 문제를 모두 농가의 책임으로 전가하고 있다는 점, 향후 농업보조금 축소 및 폐지 전망에 따라 현실적 실천이 쉽지 않다는 점 등을 들어 개정안에 강력하게 반발하고 있는 상황임.

2) 이는 가축분뇨를 자원 개념으로 보는 정책적 선회가 있었음에도 불구하고 사용되지 않을 경우 오염원으로서의 우려를 완전히 불식시키기 어렵다는 사정이 반영된 결과인 것으로 풀이됨. 특히 민원이 제기되면 환경부 관할인 동 법령에 의해 지방 공무원이 조치를 취하지 않을 수 없고, 이는 현장에서 가축분뇨의 효과적인 자원화에 가법지 않은 걸림돌이 되고 있는 실정임.

[표 2-1] 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 주요 개정안(2012)

구분	현행	개정안	비고
무허가 및 미신고 배출시설 등에 대한 행정처분	설치허가 또는 변경허가 취소	- ‘폐쇄’ 또는 ‘사용중지 명령’ 신설 - 위반시 행정처분 강화 예정 (시행령)	- 무허가/미신고 시설을 보유한 축산농가가 다수 - 일선 지자체에서 신규 축사에 대한 허가가 까다로워지면서 현장과의 괴리 존재
방류수 수질기준 강화	T-N(총질소): 260ppm T-P(총인): 200ppm	T-N(총질소): 120ppm T-P(총인): 100ppm	- 허가대상 배출시설 기준임. - 기존시설에 대한 처리공정 수정과 막대한 재투자 불가피
과밀사육지역 추가 고시	주거밀집지역 및 상수원 지역	가축분뇨로 인해 수질오염이 현저하게 악화될 우려가 있는 지역을 환경부장관이 추가 고시 권고	- 정의 모호 - 축산업에 대한 신규투자제한 우려
퇴·액비 검사방법 등 기준 마련	배출시설은 가축분뇨를 ‘방류수 수질기준 이하’로 처리할 수 있도록 운영해야 함.	‘방류수 수질기준 이하’ 또는 ‘비료관리법’에 따른 퇴·액비 기준에 맞게 운영해야 함.	- 비료관리법이 규정하는 상품화된 퇴·액비 수준을 농가 수준에서 맞추기 어려움. - 실제 비료관리법에서도 퇴·액비를 일일 1.5톤 이하 판매 혹은 무상 제공 시 법 적용을 예외로 하고 있음.
공공처리시설 설치 및 운영주체	지역자치단체	지자체 및 지역농협	- 현재 축협이 운영하는 퇴비 사업장 대부분이 적자인 실정

2) 자연순환농업 관련 정책의 주요 현황

○ 중앙정부에서 가축분뇨의 관리와 관련된 부서는 농림수산식품부와 환경부임. 두 부서는 현재의 「가축분뇨법」을 공동으로 마련하여 시행하고 있는 주체임.

□ 특히 가축분뇨의 자원화에는 농림수산식품부가 상대적으로 적극적인 입장임. 2005년에 처음 ‘자연순환농업팀’을 발족하여 이듬해에 ‘가축분뇨를 활용한 자연순환농업 추진대책’을 수립하였으며, 이는 2007년에 신설된 ‘축산자원순환과’와 이후의 ‘방역관리과’로 이어져 관련 정책의 추진 주체가 되고 있음. 또한 2007년에는 ‘가축분뇨 해양배출 감축 5개년 대책’을 수립하여

현재에 이르고 있음.

- 환경부의 경우, 2007년 11월에 발표한 ‘한-미 FTA 발효 대비 가축분뇨 관리대책’의 연장선상에서 현재 가축분뇨 정책을 추진하고 있는 것으로 판단됨.
- 이밖에도 국토해양부, 농촌진흥청 등이 가축분뇨와 관련된 정책 및 사업을 실시하고 있는 것으로 조사됨.

[표 2-2] 축분뇨 관련 각 부처별 사업 내용 검토

구 분	소관부처	담당업무	비 교
가축분뇨 관리	환 경 부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 관리 총괄 ○ 축산농가 인허가 및 지도·단속 업무 ○ 공공처리시설 지원 	가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률
	농식품부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 자원화 및 이용 분야 총괄 ○ 공동자원화시설 및 개별처리시설 지원 ○ 액비유통센터·저장조 등 지원, 퇴·액비 이용 촉진 	
			<ul style="list-style-type: none"> ○ 축산업등록제 시행, 가축분뇨 관리
해양배출	국 토 부 (해경청)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 해양배출위탁업소 등록 등 관리 ○ 폐기물 해양배출 정보관리시스템(DMS) 운영 	해양환경 관리법
비료 관리	농 진 청	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 퇴·액비 공정규격 관리 	비료관리법
처리 기술	농 진 청	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 처리시설 및 관련기술 평가 	가축분뇨 관리법
		<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 처리기술 개발 및 보급 	농촌진흥법
	환 경 부	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가축분뇨 처리 신기술 인증 및 검증 	환경기술 개발 및 지원에 관한 법률

- 이하에서는 농림수산식품부의 ‘가축분뇨를 활용한 자연순환농업 추진 대책’ 과 ‘가축분뇨 해양배출 감축 5개년 대책’ 및 환경부의 ‘한-미 FTA 발효 대비 가축분뇨 관리대책’을 중심으로 우리나라의 자연순환농업 관련 정책 주요 현황을 정리하고자 함.

○ 농림수산식품부의 자연순환농업 추진대책에 따르면, 2013년까지 토양 유기물 함량은 2.5%, 퇴·액비 살포 면적은 전체 농경지의 약 40%인 70만ha가 목표인 것으로 나타남.

- 이를 위하여 2012년까지 약 4,000억원의 예산을 투입하여 공공처리시설 16개소와 공동자원화시설 70개소를 확충하고, 중규모 이하(돼지 2,000두 이하) 농가 가축분뇨의 60%를 처리한다는 계획임. 대규모 농가의 경우 자체처리시설 활용에 대한 지원을 포함함³⁾.

- 공공처리시설의 경우 고양시, 평택시, 김포시 등 돈분뇨가 다량 발생하는 지역이 해당되며, 공동자원화시설은 해양배출이 많은 지역, 중·대규모 양돈 농가, 가축사육 밀집지역 중 감축 노력 및 자원화 계획이 수립된 지역에 우선 설치되어 일일 평균 7,000톤 이상을 처리하는 것이 목표임.

[표 2-3] 공공처리시설과 공동자원화 시설 비교

구 분	공공처리시설	공동자원화시설
주 관	환경부	농수식품부
운영주체	지자체	민간(농업법인)
주처리방법	정화처리(자원화 병행)	자원화(퇴비, 액비)
규 모	80~250톤/일	100톤/일
시설	60~160억원	14~30억원
톤당 시설비	6~12천만원	1.5~3천만원
사업방식	지자체에 국고보조	농업법인 등에 민간보조
사업비 지원한도 (백만원)	지역의 처리물량 및 공사의 타당성 유지 범위 내로 산정	4,000 (보조 80%, 용자 20%)

- 또한 가축분뇨 퇴·액비 유통 및 이용체계를 개선하기 위하여 기초지자체장, 농협 및 축협, 축산 및 경종농가로 구성된 유통협의체 구성을 권고하고 있으며, 액비 처리방법별 시설 기준을 구분하여 적용하고 있음. 나아가 현재 전국 각지의 액비유통센터에 액비 운반 및 살포에 필요한 장비와 살포비를 지원하고 있으며, 이에는 민간 살포업체 역시 포함됨. 이는 양질의 퇴·액비를 생산·유통하여 경종 농가의 퇴·액비에 대한 인식을 제고하고, 퇴·액비 사용을 촉진하기 위해서임.
- 공공처리시설의 수거 및 처리를 위한 비용 지원과 효율성 제고정책 역시 펼쳐지고 있음. 우선 4대강 수계기금으로 공공처리시설 운영비 지원 대상 및 금액을 확대하고 있으며, 소규모 농가에 대한 지원 및 관리를 강화하여 공공처리시설로의 반입을 유도하고 있음. 즉, 농가 단위, 마을 혹은 밀집지역 단위로 가축분뇨 분리 배출시설, 공동저장조 등의 설치를 지원하고 있으며, 신고미만 시설도 공공처리시설로 가축분뇨를 반입할 수 있도록 강력한 단속 활동을 펼치고 있는 것임. 또한 5년 주기로 공공처리시설 기술진단 및 노후시설 보강 등을 지원함.

3) 환경부 관할의 '공공처리시설'은 가축분뇨 처리시설 설치 의무가 없는 소규모 축산농가(신고대상 미만)의 가축분뇨에 의한 수질오염 방지를 목적으로 지자체에서 하수종말처리장과 연계 또는 단독으로 설치하는 시설이다. 한편 농림수산식품부가 관할하는 '공동자원화시설'은 가축분뇨의 해양배출 중단 대비와 자원화 촉진을 위해 농업법인(농축협, 양돈협회 등)에 설치비를 지원하여 2007년부터 건립하기 시작한 시설이다.

○ 한편 가축분뇨 자원화 기술개발 부문의 경우, 퇴·액비화 공정에서 발생하는 문제점들을 개선하고자 하는 노력과 가축분뇨를 활용한 바이오에너지화에 초점을 맞춰 추진되고 있는 것으로 판단되며, 크게 아래와 같이 4가지 유형으로 나눌 수 있음.

- 가축분뇨 처리시스템의 유형별 효율성 제고 및 비용절감 기술개발
- 액비제조 및 시용 시의 악취저감은 물론, 시용기준 및 기술정립 등을 포함한 퇴·액비의 자원화이용 개선기술 개발
- 환경친화형 가축사육기술 개발도 포함됨. 즉, 가축분뇨 중 질소나 인의 배설을 최소화하는 기술개발, 축산 내·외 및 분뇨처리 시설의 악취 제어방법 개발, 축산부문 온실가스 배출량 저감기술 개발 등을 포괄함.
- 돈분뇨와 유기성 폐자원을 활용한 바이오에너지화 연구

○ 이밖에도, 가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼 및 작물별 시비처방기준 마련 및 보급, 지방자치단체 담당 공무원 및 공동자원화 조직체, 관련농가 등에 대한 교육 및 컨설팅, 시·군 단위 농업기술센터에 액비성분분석기와 부숙도 판정기 보급, 경종과 축산 조직 간의 자연순환농업협약체 체결 유도 및 운영자금 지원 등의 정책이 현재 시행 중에 있음.

3) 해외 자연순환농업 관련 정책 및 현황

○ 국외의 자연순환농업 사례를 살펴보면 일반적으로 농업선진국가는 분뇨처리유형의 정착화로 발전해 가고 있으며 가축사육두수 제한규제 강화로 인한 가축사육두수 감소로 분뇨처리 부담이 감소되고 있음.

○ EU위원회에 의한 축산환경정책에 따라 유럽국가들은 가축분뇨 저장시설의 설치 의무화를 통해 일정 저장능력을 갖춘 농가를 확보하고 이와 더불어 가축분뇨 살포시기를 제한하고 있음⁴⁾.

○ 농경지 면적당 가축분뇨와 화학비료 사용량의 상한도 설정되어 있음. 예를 들면 가축분뇨의 경우 가축분뇨 살포량은 1999년까지 질소기준으로 210kg/ha, 이후는 170kg/ha를 상한치로 정함⁵⁾. 질소의 경우 NO_3^- 의 지하수 유출이 문제가 되기 때문에 지하수의 NO_3^- 농도가 특정농도 이상 또는 우려가 있는 특정지역에 대해서는 NO_3^- 민감지역으로 지정하여 NO_3^- 의 침출방지와 이와 관련한 가축사육을 제한하고 있는 실정임.

4) 강진영. 2011. 『제주지역 특성에 맞는 가축분뇨 적정관리 로드맵 수립』 제주발전연구원.

5) Henkens, P.L.C.M., and H. Van Keulen. 2001. Mineral policy in the Netherlands and nitrate policy within the European Community. Netherlands Journal of Agricultural Science 49:117-134.

○ 덴마크

- 농수식품부의 방역체계 개선 및 축산업 선진화 T/F 회의내용(2011)에 따르면, 덴마크는 농가별로 가축분뇨를 살포할 수 있는 농경지를 확보해야 축산업을 할 수 있도록 규제하고 있음. 모든 300두 이하의 축사는 발생분뇨의 처리할 수 있는 자가 토지 비율이 25% 이상이어야 하며 750두 이상은 최저 60%를 소비할 수 있는 농경지를 확보해야 함. 또한 시비계획서 작성이 의무화 되어 있어 보다 정확한 양분 시비량이 가능함.
- 덴마크의 축사관련법규를 살펴보면 250LU⁶⁾이상의 축산시설의 신설 및 확장은 허가를 받아야 함. 덴마크의 축산농가들은 9개월 이상 분뇨를 저장할 공간도 확보해야 함. 저장된 가축분뇨는 주로 옥수수 등 조사료 작물을 재배 시 사용됨. 이때 토양에 질소가 과다하게 축적되는 것을 막기 위해 사용량이 10a(300평)당 17kg을 넘지 못하도록 규제하고 있음⁷⁾.
- 축산업이 주요 산업인 만큼 질산염에 의한 지하수 오염 및 호소의 부영양화가 문제로 대두되고 있음. 음용 지하수원 중 18%가 질소농도 25mg/L 이상이고 8%가 50mg/L 이상으로 보고되고 있음⁸⁾.
- 가축사육두수제한을 통해 가축분뇨의 오염원을 줄이고자 함. 성숙한 수태지의 경우 1ha 당 5.2마리, 비육돈은 17.6마리, 젖소는 2.3마리로 농경지 면적당 가축사육두수를 제한하고 있음⁹⁾.

○ 네덜란드

- 네덜란드는 축산환경 규제정책을 엄격하게 다루고 있음. 1984년 11월 “양돈과 양계업 제한에 관한 잠정법”을 제정해 신규가축 사육을 금지하고 증산을 억제하는 정책을 도입함. 더불어 1987년의 분뇨생산쿼터, 1994년의 분뇨생산권, 2002년의 분뇨이전계약제도 등의 법 규제를 통해 가축분뇨생산량 감소를 위한 정책으로 설정함¹⁰⁾.
- 네덜란드는 덴마크와 마찬가지로 약 가축분뇨를 저장할 공간 확보 (약 6개월간 저장할 수 있는 시설)를 의무화 하도록 하고 있으며, 개방형이 아닌

6)Livestock Unit(LU): 600kg 체중의 젖소 또는 연간 3,000L 우유를 생산하는 젖소 1두를 1 unit의 LU로 정의함.

7)Henriette Hossy and Helga Hjort. 2012. Dealing with Nitrates in Denmark. Danish Environmental Protection Agency, The Danish Ministry of the Environment.

8)The GSI Groundwater Newsletter. 1991. Nitrate: Situation in European Community Groundwaters.

9)환경부. 2008. 액비살포에 필요한 농경지확보 완화 등 규제개선에 관한 연구.

10)Ada Wossink. 2003. The dutch nutrient quota system: past experience and lessons for the future. Depart. Agricultural and Resource Economics, North Carolina State University & Dept. Social Sciences, Wageningen University, The Netherlands.

밀폐형으로서 악취발생 및 질소성분 유지를 보다 효율적으로 하고 있음¹¹⁾.

- 무분별한 기업적 축사의 신설이나 증축을 금지하고 있으며 각 농가로부터 가축분뇨 발생량과 농지환원 시비량에 대한 기록을 보관하는 것을 의무화함으로써 가축분뇨 물질수지를 추적할 수 있는 발판을 마련하고 있음¹³⁾.
- 가축분뇨의 농지환원에 관해서는 동절기인 9월에서 이듬해 2월까지 가축분뇨 살포금지기간으로 정하고 있음. 부득이 가축분뇨를 슬러리 형태로 살포해야만 하는 경우, 축산농가는 경종농가에게 일정액(1톤당 10유로 정도)의 비용을 지불하는 정책을 쓰고 있음¹²⁾.
- 정부의 가축분뇨 지원을 살펴보면 대규모 가축분뇨 처리시설에 대해서 총 투자액의 35%를 보조하고 있고 환경대책 투자지원금 조성액 35세 이하에 해당하는 사람들에게는 추가보조를 하고 있음¹³⁾.

○ 독일¹³⁾

- 독일은 한정된 면적에 많은 가축사육두수를 가진 집약적 축산시스템으로 인한 대량의 가축분뇨가 발생하는 것에도 불구하고 가축분뇨의 농경지 환원에 대한 환경적 측면의 규제 강화로 국지적인 분뇨 과잉이 문제 되고 있음.
- 하지만 넓은 농지면적과 작물의 양분요구량을 고려하면 다른 국가에 비하여 크게 문제가 될 정도는 아님. 독일의 축산관련 법규에서는 연방폐기물법에서 분뇨조례를 제정할 수 있는 권한을 각 주에 위임하고 있고 대규모 가축분뇨저장시설은 허가제를 도입하고 있으며 최소 6개월 이상의 저장시설을 확보토록 하고 있다.
- 또한 동절기 11월15일부터 이듬해 1월15일까지 가축분뇨 살포를 금지하고 있으며 특히 동절기의 얼은 토양과 염류집적(대표적으로 인산 및 칼륨함량)이 높은 토양은 살포대상에서 제외함. 추가적 제한지역으로 경사지, 토양품질과 표층수와의 이격거리에 따른 지역을 들 수 있음.

○ 일본

- 일본의 자연순환농업을 살펴보면 발생하는 가축분뇨의 90% 이상을 농경지에 환원하고 있음. 일반적으로 가축분 유래 퇴비 비율이 액비 비율보다 약 5:1 정도로 많고, 액비의 경우 젖소나 돼지와 같이 슬러리 분뇨형태를 가지고 있는 축종을 대상으로 가공을 함. 일본에서 연간 가축분뇨로 배출되는

11) <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/lead/toolbox/Tech/21Mansto.htm>

12) Oene Oenema and Paul B.M. Berentsen. Manure policy and minas: regulating nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture of the Netherlands.

13) 강진영. 2011. 『제주지역 특성에 맞는 가축분뇨 적정관리 로드맵 수립』 제주발전연구원.

총 질소량은 70만톤 정도로 추산되며, 그 가운데 83% 정도가 농지에 환원되는 것으로 조사됨¹⁴⁾.

□ 일본의 가축분뇨 자원화 정책의 기본바탕은 공해대책기본법과 환경오염방지관리법을 들 수 있음. 축산관련사항을 다루는 법에는 수질오탁방지법, 악취방지법, 폐기물의 처리 및 청소에 관한 법률, 하천법, 호소수질보전특별조치법, 대기오염방지법 등이 있음¹⁶⁾.

□ 1997년 7월 일본 농림부는 축산의 규모화, 전업화로 인한 토질약화를 우려하여 가축분뇨 관리의 적정화 및 이용촉진에 관한 법률에서 양분균형을 강조함¹⁵⁾. 폐기물처리 및 청소에 관한 법률에서는 산업폐기물 사업자에 의한 처리의 의무화, 불법투기의 금지, 발효, 건조 등을 통한 분뇨 사용방법에 대해 다루고 있음. 또한 수질오염방지법에 의하면 둔사면적 50m² 및 우사면적 200m² 이상의 농가에 대해서 신고의무를 적용하고, 공공수역은 50m² 이상의 배수를 할 경우 BOD 160mg/L 이하로 정하고 있음.¹⁶⁾

○ 위의 해외사례를 통해 자연순환농업이 안정적으로 운영되기 위한 국내에 도입해야 할 정책으로 크게 두 가지로 요약해볼 수 있음. 첫 번째로 지역단위 양분총량제와 가축사육두수 제한도입을 추진해야 할 것으로 보임. 유럽국가 중 네덜란드나 덴마크의 경우 다른 축산선진국에 비해 적은 면적의 농경지에서 축산업을 주요산업으로 운영하고 있는 만큼 국내 실정과 비슷한 조건이므로 이 두 나라의 사례를 바탕으로 가축사육두수 제한은 일방적이고 일괄적인 규제로 시작하지 말고 가축분뇨를 환원할 수 있는 농경지 확보, 양분의 농경지 투입량에 따른 규제부터 시작해 (양분총량제를 기반으로) 장기적으로 사육두수제한으로 전환하는 것이 바람직할 것으로 판단됨.

○ 환경오염이 높은 지역을 우선 순위를 두어 시작하고, 중앙정부와 지방자치단체의 지원이 함께 아우를 수 있는 구체적인 계획으로 우리 나라 실정에 맞는 정책 설정이 필요함.

○ 더 나아가 선진국의 가축분뇨_유래 바이오가스 생산에 주목할 필요가 있음. 온실가스 저감은 축산에도 적용이 되고 있음. 바이오가스를 이용한 환경에너지 확보 및 온실가스 저감에 한 몫을 담당하고 있음. 미국의 경우 AgSTAR 프로그램을 통해 111개의 바이오가스 시설을 가동하고 있으며 유럽의 경우, 독일 1900기, 덴마크 55기, 이탈리아 50기 등 상용화되어 운영되고 있음¹⁷⁾.

14) 농민신문. 2009. 농업정책. 녹색성장의 기본 '자연순환농업'

15) 환경부 농림부 합동. 2004. 가축분뇨 관리·이용대책.

16) 강진영. 2011. 『제주지역 특성에 맞는 가축분뇨 적정관리 로드맵 수립』 제주발전연구원.

17) 최동윤. 2012. 가축분뇨 분야. 농촌진흥청 국립축산과학원.

○ 유럽국가들은 가축분뇨에서 양질의 가스를 생산해 신재생에너지 또는 대체에너지로서 활용하고 있으며, 열병합발전기를 통한 전기(電氣)를 만드는 기술이 보편화됨. 특히 독일은 축산농가의 가축분뇨를 사용한 바이오가스(메탄)를 만드는 시설이 농촌의 이차적이고 안정적인 소득을 가져다주는 역할을 하고 있음¹⁸⁾.

나. 가축분뇨 발생 및 자원화 현황

○ 2006년 이후 가축분뇨 발생량과 자원화 물량이 지속적으로 늘고 있는 반면, 해양투기 물량은 계속 감소하여 2011년 현재 79만 4천 톤 수준(국토해양부 해양보전과 추산)인 것으로 나타남.

□ 2010년 기준, 가축분뇨 총 발생량 4,653만톤(100%) 중 4,029만톤(86.6%)가 퇴·액비로 자원화되었으며, 415만톤(9.0%)은 정화처리, 107만톤(2.3%)이 해양투기, 102만톤(2.2%)이 자연증발 등 기타 방법으로 처리된 것으로 나타남.

□ 특히 2006년에 정점을 찍었던 해양투기 물량은 이후 2012년 가축분뇨 해양투기 전면 금지 방침 등이 미리 알려지면서 꾸준히 감소해왔으며, 이는 자원화나 정화방류를 통한 분뇨 처리를 촉진하는 중요한 계기가 되었음.

[표 2-4] 가축분뇨 발생량 및 자원화 추이

연도	발생량	자원화			정화방류		해양투기	기타
		소계	퇴비	액비	개별농가	공공처리장		
2006	40,255 (100)	33,298 (82.7)	31,998 (79.5)	1,300 (3.2)	870 (2.2)	2,784 (6.9)	2,607 (6.5)	696 (1.7)
2007	41,417 (100)	34,656 (83.7)	32,862 (79.3)	1,794 (4.3)	894 (2.2)	2,871 (6.9)	2,019 (4.9)	977 (2.4)
2008	41,743 (100)	35,208 (84.3)	32,912 (78.8)	2,295 (5.5)	1,184 (2.8)	2,907 (7.0)	1,460 (3.5)	985 (2.4)
2009	43,702 (100)	37,396 (85.6)	34,742 (79.5)	2,654 (6.1)	1,199 (2.7)	2,973 (6.8)	1,171 (2.7)	964 (2.2)
2010	46,534 (100)	40,286 (86.6)	37,220 (80.0)	3,066 (6.6)	1,427 (3.1)	2,727 (5.9)	1,070 (2.3)	1,024 (2.2)

자료: 환경부, “축산폐수 처리통계”, 2012.7

□ 2008년 자료를 기준으로 이를 다시 축종별로 구분하여 살펴보면, 해양배출 물량의 대부분이 돈분뇨에서 유래함을 알 수 있음(표 2-5 참조).

18) 농민신문. 2009. 농업정책. 녹색성장의 기본 ‘자연순환농업’

- 이는 소와 닭의 분뇨가 고형물이 많아 퇴비로 자원화하기 용이한 데 비해, 돼지는 액상물(90% 이상)이 많아 퇴비화만으로 처리하는 데 한계가 있기 때문인 것으로 분석됨.
- 따라서 해양배출 금지 및 가축분뇨 자원화 관련 정책 추진 시 사실상의 정책 대상은 양돈분뇨라고 할 수 있음.

[표 2-5] 축종별 가축분뇨 발생량 및 처리 물량(2008년)

축 종	연간 발생량	자원화	정화방류	해양배출	기 타
소·말	18,413	18,413	-	-	-
돼 지	16,511 (100)	10,206 (61.8)	3,861 (23.4)	1,460 (8.9)	984 (5.9)
닭·오리	5,707	5,707	-	-	-
기타가축	1,112	1,112	-	-	-
계 (%)	41,743 (100)	35,438 (84.9)	3,861 (9.2)	1,460 (3.5)	984 (2.4)

자료: 국무총리실, “가축분뇨 처리실태 분석 평가결과”, 2010.7

- 한편 2009년 자료를 기준으로 해양배출 물량을 지자체별로 구분하여 살펴 보면, 경남과 경북 지역에서 전체 해양배출 물량의 약 70%가 발생한 것으로 파악됨.
- 즉, 가축분뇨의 해양배출 금지로 인해 자연순환농업 체계의 정착 및 확산이 가장 긴급해진 양돈농가는 주로 경남과 경북지역에 상대적으로 밀집해 있을 것이라는 추정이 가능함.
- 경제발전에 따른 소득증가로 식품소비 패턴의 변화와 친환경에 대한 국민적 관심이 증가하고 있음. 경제적 발달과 더불어 축산식품의 소비가 늘어나면서 수요의 적절한 충당을 위한 규모화 및 전업화 된 축산업 생산시스템으로의 변화가 보이고 있는 실정임. 규모화 된 가축생산시스템에서의 가축분뇨의 대량생산은 피할 수 없는 현상이며, 2012년 1월 1일을 기점으로 가축분뇨의 해양배출이 금지됨으로서 대량의 가축분뇨 처리방법을 강구해야 하는 시점임. 가축분뇨의 재활용을 위한 국가적 차원의 지원을 통한 방법들이 모색되고 있으나, 하지만 지역특성에 따른 가축분뇨를 이용한 자연순환농업의 활성화 편차가 심하여 이를 위한 연구가 필요함.
- 공동자원화시설 및 공공처리시설 등 재활용시설의 확충 및 신설이 전국적으로 이루어지고 있으나 그 효과 및 지역주민의 민원 등 문제점이 많음. 공동자원화시설에서는 가축분뇨의 퇴·액비화에 목적을 두고 있음. 반면 공공처리화시설에서는 주로 돈분(슬러리형태)의 액비화 또는 방류수 수질에 초

점을 두고 재활용 및 처리 가능성을 모색하고 있음.

- 현재 퇴비화시설의 문제점은 단기간에 급격한 시설 설치 및 보급에 따른 부작용을 들 수 있음. 예를 들어 미숙한 시설관리, 그로 인한 부숙질의 저하, 불량퇴비 유통으로 인한 농가의 부정적 인식, 자원화 제품의 수요처 확보의 어려움 등 악순환의 고리를 이어가고 있음.
- 이를 해결하기 위한 방법으로 안정적인 가축분뇨의 처리 및 재활용을 위한 부숙토의 기존 수요처의 확대 및 새로운 수요처의 발굴을 통해 공급과 수요의 적절한 균형을 유지 할 수 있도록 해야 할 것임.

[표 2-6] 지자체별 가축분뇨 해양배출 물량(2009년)

지자체	해양배출 농가수	배출물량 (천톤)	지자체수	배출량 상위 30개 지자체(천톤)
강 원 도	9	5.3	3	
경 기 도	124	71.4	16	김포(13), 이천(11)
경상남도	400	495.4	20	김해(102), 고성(54), 합천(40), 사천(37), 산청(32), 창녕(31), 양산(28), 거창(28), 함안(26), 밀양(24), 하동(21), 창원(19), 마산(15), 진주(14)
경상북도	304	318.6	20	고령(63), 영천(48), 경주(39), 군위(34), 의성(32), 성주(30), 상주(12), 칠곡(12)
광주광역시	1	0.7	1	
대구광역시	7	2.8	1	
대전광역시	0	0.0	0	
부산광역시	1	0.2	1	
서울특별시	0	0.0	0	
울산광역시	14	9.5	3	
인천광역시	19	14.4	3	
전라남도	152	115.9	18	무안(27), 화순(22), 순천(15), 나주(15),
전라북도	80	89.3	10	완주(25), 남원(22)
제 주 도	5	1.9	1	
충청남도	71	28.1	13	
충청북도	17	17.1	7	
총 계	1,204	1,170.6	117	117개 지자체 중 30개 지자체가 전체배출량의 77% 차지

다. 가축분뇨처리 형태 및 가축분뇨 퇴·액비의 품질수준

- 전 세계적으로 가축사육수의 증가로 인한 농가당 가축분뇨발생 증가와 이를 수용할 수 있는 농경지 등 적정한 살포면적의 제한성으로 인한 환경오염의 심각성이 대두되고 있음. 이를 해결하고자, 현재 각 나라 지역별 특성에 맞는 가축분뇨 처리 방안이 활발히 모색(摸索) 되고 있음.

- 우리나라의 경우 축종별 가축분뇨 발생량을 비교해보면 국내에서 발생하는 가축분뇨 중 돈분뇨가 가장 많은 양을 차지함. 최근에 조사된 자료에 따르면(농림수산식품부, 2011), 2010년 국내 가축분뇨 발생량은 4,653만 톤이며 이중 양돈분뇨가 38%를 차지한 것으로 나타남.
- 발생된 대부분의 가축분뇨(86.6%)는 자원화 과정을 거쳐 퇴·액비화 처리되며, 정화처리(9.0%), 해양투기(2.3)의 순으로 각각 처리되었음(농림수산식품부, 2011). '05년부터 '10년까지의 국내돼지사육 현황을 보면 돼지사육두수는 증가하고 있는 반면, 사육농가 호수는 줄어들고 있음. 이는 양돈농가의 집약적 규모화를 의미하며, 이로 인한 가축분뇨발생 증가와 농경지 한계로 토양 및 수질오염, 병원성균의 오염, 더불어 악취 민원은 피할 수 없는 실정임(농림수산식품부, 2011).
- 해양투기가 금지된 현재 가축분뇨 처리시설은 크게 4가지로 나뉠 수 있음. **농가자체개별자원화시설, 공동자원화시설, 농가자체정화처리시설, 공공처리시설(환경부)**이 지역별 특성에 맞추어 각각 다른 구성과 분포와 운영되고 있음. 추가적으로 가축분뇨 에너지화사업(농수식품부) 일부 지역에서 추진되고 있음.
 - **농가개별시설**로는 축산농가, 축산단지, 축산계열사업주체, 농업법인, 지역 농축협이 해당됨. 공동자원화시설이 없는 지역은 주로 농가에서 개별적으로 가축분뇨를 처리하며 전문 유통주체인 액비유통센터의 액비의 저장, 수거 및 살포를 통해 가축분뇨를 처리함. 또한 전문 유통주체의 액비저장시설과 축산농가의 액비화시설, 액비저장조시설을 사용하여 농경지 등에 액비를 살포함.
 - **공동자원화시설**은 농업법인, 지역 농축협, 민간위탁기업 등이 해당됨. 공동자원화시설은 가축분뇨를 수거하여 고상물과 액상물로 분리를 한 후 발효 과정을 거쳐 퇴비와 액비를 생산하는 체계임.
- 퇴비의 또 다른 처리공법으로 기계식교반을 통한 자가발열 고온호기 방식을 들 수 있음. 교반과정 중 퇴비 내 최대 온도는 약 70°C 까지 올라가 퇴비 내 병원성균, 기생충 알 등을 사멸하게 되며 일정기간 동안 호기성 부숙과정을 거치며 더 이상 냄새가 나지 않고 분해되지 않는 상태인 휴머스(humus)화 되어 취급이 용이할 수 있도록 만들어 줌.
 - 양돈농가에서 발생하는 분뇨는 대부분 슬러리 형태로서 처리되고 있음. 양돈분뇨는 고농도 유기물질로서 분뇨처리과정에서 악취를 동반하게 되어 주변 주민들의 민원의 대상이 되고 있음. 대부분의 양돈농가의 경우, 고액분리를 거친 후 퇴·액비화로 자원화하여 활용하고 있으나 미숙 퇴·액비로 인해 악취가 발생하고 있고, 이를 사용한 경종농가들의 가축분뇨_유래 퇴·액

비의 불신이 쌓이는 악순환이 이루어지고 있는 사례도 많이 보고되고 있음.

- 가축분뇨의 처리는 축종별로 조금씩 차이를 보이고 있음. 일반적으로 **돈분뇨**의 경우, 분과 뇨의 분리 후 퇴·액비화, 정화방류 등의 형태로 처리함. 분뇨가 혼합되어 액상형태로 있는 슬러리 분뇨는 오염도가 높고 심한 악취 등으로 가축분뇨중 처리가 가장 어려움.
- 분뇨내 암모니아, 황화수소, 메틸머캅탄 등의 부식성 물질로 인하여 교반기 등 처리시설의 빠른 부식으로 유지관리 비용이 과다함. 일부 미숙액비 과다 살포로 인한 작물피해는 경종농가의 액비 사용을 저해하고 있음.
- 고농도 유기물질을 포함한 돈슬러리는 정화처리과정에서도 어려움이 따름. 자원화가 어려운 농가나 지역에서는 정화처리시설을 통한 방류처리를 하고 있으나 일반하수나 공장폐수와 비교했을 때 상대적으로 고농도 유기물질을 함유하고 있어 보다 고도기술이 필요하며, 이는 경제적인 운영을 힘들게 만들 수 있음. 이를 반증하듯, 농가에서는 관리 소홀 및 부적절한 정화처리로 무단방류 등이 적발되는 사례가 많이 발생하고 있음. 그 결과로 수도작(水滲作)으로 환원되는 양이 적어 양돈액비 이용 활성화가 늦어지고 있는 추세임.
- 돈사에서 나오는 돈슬러리는 규모에 따라 처리방법이 나뉘는데 전업규모의 경우 개별시설 위주로 퇴·액비화의 농지환원 또는 정화방류를 하고 있음. 중소규모는 자체 단순 퇴·액비시설을 거친 후 농경지 살포하는 경우, 공동자원화 시설을 이용하여 자원화하는 경우, 공공처리장에 위탁 정화처리하는 경우의 크게 3가지로 나뉠 수 있음.
- **한우**의 경우, 규모가 크고 톱밥이 혼합된 축분처리 농가위주로 유기질 비료원료로 수거·처리되고, 소규모는 자경농지 위주로 자체 처리경향을 보임. 톱밥 등 수분조절제로 혼합처리되어 수분함량이 적은 건조형태로서 처리가 용이하고, 비교적 악취가 적어 주민의 관용적 경향이 많아 민원발생이 적은 편임.
 - 최근에는 점점 규모화가 이루어지고 있어 주거밀집지역에서는 악취, 해충 등으로 민원이 빈발하고 있음. 보통 축사에서 나온 우분은 단순 퇴비사를 거쳐 유기질 비료공장의 원료로 쓰이거나 단순 퇴비사에서 직접 농경지에 살포하고 있음.
- **계분**은 함수율이 낮으므로, 단순 농경지 살포보다 주로 유기질 비료원료로 이용됨. 대형 산란계농장은 자체유기질 비료화시설로서 퇴비화 함.
 - 육계는 농가형태에 따라 연 2~3회 수거하나 산란계분은 수거 주기가 짧음.

육계의 경우 축사 바닥에 발효제와 혼합되어 오래 쌓이게 되며 발효 부숙이 자연적으로 이루어짐. 육계는 주로 왕겨와 혼합된 건계분 형태로 축사내 바닥에서 직접 유기질비료 원료로 활용 또는 농경지에 직접 살포함.

□ 산란계의 경우 수분조절제 없이 축사내에서 직접 또는 퇴비사에 단순보관 후 유기질 비료원료로 주로 사용됨.

○ **젓소의 경우** 조사료를 경작하는 경우가 대부분으로 옥수수 등 사료포 위주로 환원하나 일부 살포지 면적 미확보 농가는 자체처리가 불가능하여 외부에 위탁하고 있음. 비용부담이 과중하여 수분조절제를 적게 사용하는 경우 액상 분뇨가 축체에 붙어 비위생적이며, 전반적인 축사환경이 불결함.

□ 재래식 축사의 경우 비위생적 축사 운동장 관리로 악취, 축분 주변유출 등으로 주위환경 저해요인으로 작용하여 주민불편을 초래하고 있음. 젓소에서 나온 우분은 단순퇴비사를 거쳐 유기질 비료공장의 유기질 비료원료로 반출처리하는 경우가 있고, 한우와 달리 착유시 세척수가 부수적으로 발생되어 저장정화시설(저장성이 강함)을 거쳐 간이형태로 저장 후 자가 사료포 등 농지에 살포함.

[표 2-7] 축종별 분뇨 주요성분함량

구분	주요성분	분(%) ¹⁹⁾	뇨(%)	평균
한우	N	0.50	0.68	0.59
	P ₂ O ₅	0.60	0.07	0.34
	K ₂ O	0.18	0.60	0.39
젓소	N	0.33	1.02	0.68
	P ₂ O ₅	0.49	0.27	0.38
	K ₂ O	0.49	0.27	0.38
돼지	N	0.96	0.80	0.88
	P ₂ O ₅	0.83	0.09	0.46
	K ₂ O	0.42	0.53	0.48
산란계	N	1.39		1.39
	P ₂ O ₅	0.62		0.62
	K ₂ O	0.68		0.68
육계	N	1.19		1.19
	P ₂ O ₅	0.29		0.29
	K ₂ O	0.50		0.50
닭·오리 ²⁰⁾	N	1.29		1.29
	P ₂ O ₅	0.46		0.46
	K ₂ O	0.59		0.59

19) 가축분뇨 발생량 및 주요성분 재설정연구(농촌진흥청, 2008) 참조.

20) 가축사육두수의 통계자료는 일반적으로 산란계와 육계를 분리하여 사용하지 않고 산정하기 때문에 닭·오리와 같이 산란계와 육계의 주요성분 값을 평균 내어 사용하였고, 오리도 양계와 비슷한 값을 가질 것이라는 가정 하에 성분 값을 산정함.

- [표 2-7]에 나타나 있듯이, 한우의 분과 뇨에 포함되어 있는 질소의 양은 각각 0.5%, 0.68% 로 크게 다르지 않지만, 인산은 분에 더 많이 포함되어 있고, 칼리의 경우 반대로 뇨에 칼리가 더 많이 포함되어 있음.
- 계분의 경우 다른 축종에 비해 질소농도(1.29%)가 높아 향후 퇴비로서 토양에 자원화 될 경우 비료의 역할을 충실히 할 수 있음. 하지만 상대적으로 적은 양이 생성되고 고품분의 형태로서 배출된다는 점이 질소비료로서 사용될 수 있는 이득을 상쇄시키는 요인이 될 수 있음.
- 돈분뇨 내에는 작물이용가능 영양분이 포함되어 있음. [표 2-7]을 보면, 돼지 분과 뇨의 비료성분은 질소가 각각 0.96, 0.80%, 인산 0.83, 0.09%, 칼리 0.42, 0.53% 으로서 적절한 방법으로 사용되거나 가공되면 양질의 액비 또는 퇴비로 재 활용될 수 있음을 보여줌.
 - 하지만, 돈분뇨는 병원균, 기생충 알 등이 함유되어 잘못 사용할 경우 분뇨와 직접적인 접촉이 가능한 축사 내 돼지들뿐만 아니라 농작물 섭취를 통한 먹이사슬의 간접적인 경로를 통하여 인체의 안전성에도 위협을 줄 수 있음.
 - 따라서 돈분뇨의 병원성 미생물사멸은 필수적임. [표 2-8]에 의하면 대표적인 병원성 미생물인 대장균과 살모넬라는 검출되지 않아야 퇴비로서 사용할 수 있는 자격이 주어짐.

H	Essential and Beneficial Elements in Higher Plants																He
Li	Be	<ul style="list-style-type: none"> ■ Essential Mineral Element ■ Beneficial Mineral Element ■ Essential Nonmineral Element 										B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar										
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Lr	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									
		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb		
		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		

[그림 2-2] 필수원소, 유용원소, 기타 원소분류의 주기율 표

출처: <http://www.soils.wisc.edu/~barak/soilscience326/listofel.htm>

- 자연발생적으로 얻을 수 있는 90가지 이상의 수많은 원소들이 식물체의 구성요소로 사용되어 짐. 이 중에서 16가지 내외의 원소들만이 식물의 성장에 필수적으로 필요한 원소라 알려져 있음. 이들 원소를 식물 필수원소(essential element)라 부르며, 필수원소의 보다 정확한 정의는 Arnon and Stout(1939)²¹)에 의해서 기

술된 바 있음.

- 그 원소가 결핍되면 식물의 성장, 생존, 번식 등 전체 라이프 사이클(life cycle)이 완성되지 않음.
- 그 원소의 결핍은 그 원소를 공급함으로써 회복되고 다른 원소와 대체되지 않음.
- 그 원소가 식물체의 필수적인 구성성분이거나 체내의 생화학적 반응에 반드시 필요함.
- 특정 식물에만 해당하는 것이 아니라 식물계 전반에 대한 보편성이 요구됨.

○ [그림 2-2]에 따르면, 필수원소는 질소(N), 인(P), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 마그네슘(Mg), 황(S), 붕소(B), 염소(Cl), 철(Fe), 망간(Mn), 아연(Zn), 구리(Cu), 몰리브덴(Mo), 니켈(Ni)을 들 수 있음. 필수원소 외에도 유용원소(beneficial mineral element)로 분류할 수 있는 원소가 있음. 유용원소는 식물의 성장 사이클에 있어서 절대적으로 필요하지는 않지만 식물의 성장을 촉진시킬 수 있는 원소를 일컫음. 알려진 유용원소는 실리콘(Si), 나트륨(Na), 코발트(Co), 셀레늄(Se)임. 그 밖에 공기와 물에서 얻을 수 있는 H, C, O를 essential non-mineral element로 분류함. 퇴비 내 필수원소 즉, 다량원소, 미량원소의 함량과 유해한 영향을 미칠 수 있는 중금속의 정량을 분석하기 위한 화학적 접근은 퇴비의 품질을 판단하는데 있어서 중요한 역할을 함.

○ [표 2-8]의 비료공정규격 설정 및 지정고시(농촌진흥청 고시 제2012-34호)에 따르면 가축분퇴비의 함유할 수 있는 유해성분이 성분별로 지정이 되어 있음. 비소는 45mg/kg, 카드뮴 5mg/kg, 수은 2mg/kg, 납 130mg/kg, 크롬 200mg/kg, 구리 360mg/kg, 니켈 45mg/kg, 아연 900mg/kg 임. 이 중 아연과 구리의 함량 최대치가 상대적으로 가장 크며, 크롬, 납이 그 뒤를 따르고 있음. 그 외 유해성분은 2~45mg/kg의 상대적으로 적은 유해성분 최대치 범위를 가짐.

○ 가축분이 함유하고 있는 유기물은 토양의 지력을 높여주는 중요한 역할을 함. 퇴비 내 유기물 함량이 건물(糞物) 중 약 55%에 해당할 때 적당하다고 고시([표 2-8])하고 있으며, 퇴비화과정에서 분해가능한 유기물이 분해되면서 안정적인 상태, 즉 부숙(humus)된 상태로 바뀌게 됨. 퇴비화 과정 시 분해 가능한 또는 감소되는 유기물은 용해성 유기탄소 또는 수용성 유기탄소로서 올리고당, 다당류, 단백질, 펩타이드, 아민-당 중합체 등이 해당함. 미부숙된 퇴비의 유기물은 종자발아를 저해하고 작물의 생육저해를 가져올 수 있어 유기물 함량의 지정은 매우 중요한 역할을 하고 있음.

□ 유기물의 함량과 관련하여 유기물대 질소의 비율은 퇴비의 비료로서의 품

21) Arnon, D. I. and P.R. Stout. 1939. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. Plant Physiology 14: 371-375.

질을 평가하는데 중요한 지침이 되고 있음. 비료공정규격 설정 및 지정고시에 따르면 탄질비(C/N) 비율은 40 이하로 규격을 정하고 있음. 이는 유기물이 40일 때 질소함량이 1에 해당하는 비율이며 이 비율보다 높은 경우 유기물질의 미생물에 의한 분해가 더디게 이루어짐을 의미하고, 반대로 탄질비가 낮을 경우에는 상대적으로 많은 질소로 인한 암모니아 방출이 많아지게 되어 악취가 발생하는 것을 의미함.

- 실제로 높은 탄질비로 인한 미생물 활동의 저하로 미부숙된 퇴비가 토양에 사용되었을 경우 문제가 생길 수 있음. 미부숙된 퇴비 사용 시 유기물질의 과다공급과 불충분한 발효과정으로 인한 병원성 미생물의 토양 내 유입으로 토양의 질소성분까지 소진하게 되는 경우도 발생함. 반대로 탄질비가 너무 낮으면 암모니아 가스의 휘산으로 질소가 소실됨과 동시에 악취를 발생시켜 민원의 대상이 되기도 함.

- 따라서 퇴비품질 평가항목 중 부숙도 측정이 추가되어 있음. [표 2-8]에서 볼 수 있듯이 퇴비의 부숙도는 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정방법과 종자발아법을 이용한 부숙도 측정방법을 제시하고 있음.

[표 2-8] 비료공정규격 설정 및 지정고시

비료의 종류	규격의 함량(%)	함유할 수 있는 유해 성분의 최대량	그 밖의 규격
가축분퇴비 ²²⁾	1.건물중에 대하여 유기물 : 55	1.건물중에 대하여 비 소 45mg/kg 카드뮴 5mg/kg 수 은 2mg/kg 납 130mg/kg 크 롬 200mg/kg 구 리 360mg/kg 니 켈 45mg/kg 아 연 900mg/kg 2.다음 병원성미생물은 불검출 -대장균O157:H7 (<i>Escherichiacoli O157:H7</i>), -살모넬라(<i>Salmonella spp.</i>)	1. 유기물대 질소의 비 40이하 인 것 2. 건물중에 대하여 염분(NaCl) : 1.8%이하 3. 수분(H ₂ O) : 55%이하 4.부숙도는 암모니아와 이산화탄소 발색반응을 이용한 기계적 부숙도 측정기준(부숙완료 또는 부숙된 것으로 판정)에 적합하거나 종자발아법의 경우 무 발아지수 70이상
가축분뇨발효액	질소전량, 인산전량, 칼리전량 각각의 성분 함계량 0.3%이상, (각 성분별 함량 보증할 것)	1.비 소 5mg/kg 카드뮴 0.5mg/kg 수 은 0.2mg/kg 납 15mg/kg 크 롬 30mg/kg 구 리 50mg/kg 아 연 130mg/kg 니 켈 5mg/kg 2. 다음 병원성미생물은 불검출 -대장균 O157:H7 (<i>Escherichia coli O157:H7</i>), -살모넬라(<i>Salmonella spp.</i>)	○ 염분(NaCl) : 0.3%이하 ○ 수분함량 : 95% 이상

□ 가축분 퇴비의 부숙도를 측정하는 방법으로 생물학적 접근인 종자발아법을 사용하고 있음. 이는 작물의 성장과 종자발아에 퇴비의 부숙도가 영향을 미친다는 것을 근거로 분석하는 것으로서 퇴비내 독성물질로 인한 유해성을 판단할 수 있음. 발아지수(germination index)는 종자의 발아율과 뿌리길이를 측정해 부숙도를 측정하는 방법으로 퇴비의 발아지수(G.I.)가 70 이상일 때 부숙도 기준에 적합하다고 판정함. 선행연구에 의하면 종자의 발아율과 뿌리길이 측정의 조합은 식물에 미치는 악영향을 측정하는 좋은 수단으로 보고되고 있음 (Tiquia et al., 1996)²³⁾.

○ 가축분뇨 퇴·액비 품질에 관해 정리를 해보면, 가축분뇨는 식물의 필수원소 중

22) 농촌진흥청 고시 제2012-34호 자료 참고.

23) Tiquia, S.M., N.F.Y. Tam, and I.J. Hodgkiss. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. Environ. Pollut. 93:249-256.

에서 다량원소인 질소, 인, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨과 미량원소인 철, 망간, 아연, 붕소 등을 포함하고 있어 적절한 관리와 처리를 하면 비료로서의 가치가 높은 자원임. 또한 가축분이 퇴비로 사용될 경우 유기물이 토양에 첨가되면서 미생물 활동이 증가해(Martyniak and Wagner, 1978; Dick et al., 1988)²⁴⁾²⁵⁾ 토양의 구조 즉, 폐알구조가 형성이 됨. 토양의 구조가 개선됨에 따른 통기성(通氣性)과 보수성의 향상으로 식물의 뿌리가 성장할 수 있는 적절한 환경적 조건이 만들어지고, 토양 내 유효수분량이 증가함으로써 가뭄 등의 환경적 제한으로부터의 손실을 경감시킬 수 있음.

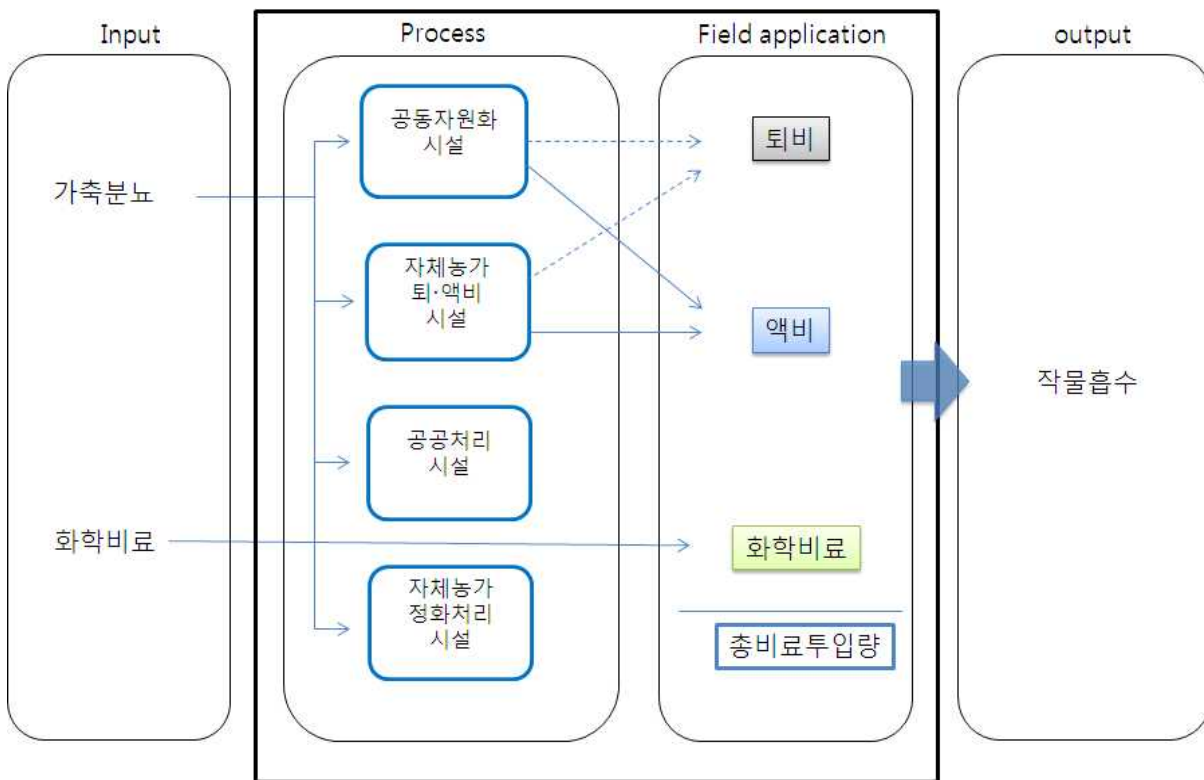
- 경종농가들의 액비사용이 미진한 주원인으로 퇴·액비의 품질 문제를 들 수 있음. 작물의 생산성에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 퇴·액비가 만족스러운 작물의 생산성을 보여줄 수 있다는 확신이 들지 않는다면 앞으로의 퇴·액비의 농가로부터의 수요는 크지 않을 것임. 퇴·액비의 고품질화는 앞으로의 퇴·액비 활성화를 위하여 반드시 고려해야 할 요소임.

라. 가축분뇨 퇴·액비를 이용하는 농작물의 종류 및 이용실태

- 유기농식품에 대한 소비자의 수요와 더불어 안전하고 건강한 식품에 대한 요구가 높아지면서 유기농법에 대한 관심이 높아지고 있음. [그림 2-3]와 같이, 일반적으로 국내 많은 지역에서 가축분뇨 퇴·액비가 화학비료와 함께 농작물에 사용되고 있음.

24) Martyniak, S. and G.H. Wagner. 1978. Quantitative and qualitative examination of soil microflora associated with different management systems. Soil Sci 125:343-350.

25) Dick, R.P., P.E. Rasmussen, and E.A. Kerle. 1988. Influence of long-term residue management on soil enzyme activities in relation to soil chemical properties of a wheat-fallow system. Biol Fertil Soils 6:159-164.



[그림 2-3] 자원순환형 농업의 양분 물질순환 투입-산출 모식도

- 가축분뇨_유래 퇴·액비는 풍부한 유기물질 및 식물에 필요한 다량, 미량원소 함유로 인하여 적절히 쓰이면 작물생육과 토양개선에 효과가 있는 것으로 알려져 있음. 하지만, 부적절한 사용, 즉 토양특성 및 작물특성을 파악하지 않고 사용하거나 매년 과잉 영양분이 한정된 토양면적에 축적이 되거나 유실되는 경우 등으로 인하여 환경문제가 발생되고 있음.
- 규모화되는 축산과 함께 발생하는 가축분뇨는 더 이상 해양배출이 되지 않아 전량 육상처리해야 하는 시점에서 경제적이고 환경 친화적인 과학적 시비관리가 필요함. 특히, 가축분뇨의 비료성분은 축종, 이의 성장단계, 사료의 종류와 양 등에 따라 변화의 폭이 넓은 뿐 아니라 가축분뇨를 저장하고 관리하는 방법에 따라 서로 달라질 수 있어 정확한 성분분석을 통한 토양시비가 결정되어야 함.
- 시설재배지 작물, 노지작물, 밭작물 등 여러 종류의 농작물에 가축분뇨 퇴·액비가 사용되고 있음. 이 중에서 시설재배 작물의 경우 일반적으로 연중 다작을 하고 있는데 비하여 일정량의 표준시비량, 즉 매 작기마다 표준 작물시비량에 해당하는 화학비료와 가축분 퇴·액비의 투입으로 작물이 필요로 하는 양을 초과한 질소나 인산 등의 유실 또는 지하수 유출을 일으키고 있어 사용 시 주의가 요구됨.
- 양분의 과다 투입뿐만 아니라, 미부숙 액비를 작물에 사용되었을 경우 작물의

생육억제, 생육저해를 일으킬 수 있음.

- 미부숙 액비, 즉 분해가능한 유기물이 많이 함유되어 있는 상태로 토양에 환원되면 이들 물질은 미생물에 의하여 급격한 분해가 일어나게 됨. 이 과정에서 산소가 대량으로 소모되고 미부숙 액비가 살포된 토양은 일시적 산소결핍상태가 되어 이는 곧 작물의 생육저해로 이어짐.
- 혐기상태인 토양은 혐기조건에서의 과정 중 하나인 유기산이 생성되고 토양의 산성화를 일으켜 작물뿌리의 갈변, 뿌리썩음 병을 유발함. 급격하게 분해된 무기화된 질소(암모니아태 질소)의 토양 내 농도가 높아짐에 따라 일시적 생육억제를 가져올 수 있음.

○ 가축분 유래 퇴비를 사용하기 전 토양검정을 통해 토양 내 유기물질 및 비료성분을 확인하여 퇴비의 시용량을 결정해야 함. 퇴비의 시용량은 유기물질, 질소, 또는 인의 함량을 기준으로 정해지고 있음.

- 가축분 유래 퇴비는 파종 15일 전까지 시용을 마쳐야 함. 만약 파종이나 정식(定植)시기가 늦어질 경우 적어도 3일 전까지 퇴비를 시용하여 종자의 발아나 생육에 지장 없도록 해야 함.
- 살포지역의 지형, 토양조건을 분석한 후 살포하여야 하며 살포 당일의 날씨도 따져보고 시용하여야 함. 지형을 고려하지 않은 퇴비의 불균일한 토양살포는 고르지 못한 작물생육을 가져올 수 있음. 경사밭에서는 퇴비위주 또는 퇴비와 액비를 혼용하여 사용하는 것이 바람직하며 경사로 인한 유실이 생기지 않도록 2~3회 정도 나누어 소량 살포해야 함.
- 퇴비의 토양 내 투입 후 바로 경운하거나 로터리를 치는 것이 좋음. 바로 경운하지 않을 경우 기후에 따라 발산될 수 있는 질소가 공중으로 소실될 수 있고, 강우시 토양과 함께 쓸려 내려갈 수 있음.
- 퇴비의 특성상 비료성분은 완효성을 띄므로 양분이 분해되는 속도와 작물의 생육시기를 잘 맞추어야 할 것임. 예를 들어 봄에 양분요구량이 많은 작물의 경우 미리 퇴비를 토양에 살포하여 무기화를 통한 질소성분이 필요로 하는 시기에 사용될 수 있도록 해야 할 것임.

○ 위에서 언급하였듯이, 충분한 부숙을 마친 액비가 사용되어야 함. 생육에 나쁜 영향을 미치는 것뿐만 아니라 살포 시 악취를 발생시켜 민원제기를 야기시킬 수 있음. 따라서 액비는 살포 전 액비의 부숙도 판정을 받고, 더불어 액비 성분함량을 측정하여 액비 시비량을 결정하는데 참고하여야 함.

- 액비는 퇴비와 다르게 속효성을 띄는 양분을 함유하고 있음. 이는 가축분뇨

_유래 액비의 액상형태 비료성분이 작물에 쉽게 이용될 수 있는 형태이기도 한 동시에 쉽게 용탈되어 수질과 토양을 오염시킬 수 있는 형태로 이루어져 있기 때문임. 따라서 액비의 최대 사용량은 화학비료와 마찬가지로 액비에 함유된 질소비료 성분을 기준으로 작물별 시비적량을 정해 사용하고 있음.

- 액비의 살포는 살포지역의 지형을 특히 고려해서 살포하도록 보고되고 있음. 동절기의 언 토양이나 경사가 급한 지형에서는 액비를 사용 하지 않는 것이 좋음. 강수량이 많은 지역이나 토양의 종류가 입자가 큰 사질(沙質)일 경우에도 액비살포를 금지하여 양분의 유출을 막는데 유의해야 함.
- 액비의 주요 살포대상 작물은 벼이고 지역에 따라 고추, 배추 등 밭작물에 이용되는 경우가 많음. 밭작물 중 양파, 마늘 등을 비롯해 수도작, 총채보리, 수단그라스 등 사료작물 등에도 액비를 살포함으로써 화학비료 절감효과를 얻고 있음. 이와 더불어 액비를 사용한 친환경 농산물과 조사료를 생산하는데도 기여를 하고 있음.
- 가축분뇨 퇴·액비 사용기준은 작물별로 조금씩 다르게 제시되고 있음. 먼저 논작물인 벼의 경우 퇴비는 보통 인산함량을 기준으로 살포량을 결정하고 있음.
 - 토양검정을 마친 후 벼의 표준 인산시비량인 4.5~6.4kg/10a 에 맞는 가축분 퇴비 살포량은 500~1000kg/10a 범위임²⁶⁾. 퇴비는 벼이앙(移秧)하기 1개월 전에 가을철에서 봄철에 걸쳐 살포하도록 제시하고 있음.
 - 액비는 위에 언급한대로 액비의 성분분석을 통한 질소량을 기준으로 액비 사용량을 설정하도록 하고 있음. 토양검정 후 액비의 질소함량을 고려해 벼 재배 시 적당한 질소량인 7~10 kg/10a 에 해당하는 액비를 살포함.
 - [표 2-9]에 따르면, 쌀수량은 액비의 사용방법에 따라 달라짐. 질소전량 기비를 하고 액비 150%를 사용했을 때 화학비료와 비슷한 쌀수량을 보였으며, 반대로 액비를 70% 기비로 쓰고, 30% 화학비료를 사용하였을 때 화학비료대비 쌀수량이 증가하는 것을 볼 수 있음.

26) 농촌진흥청 (2010) “가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼”의 내용을 참고함.

[표 2-9] 토성별 액비사용에 따른 벼 수량비교

토성	처리내용	쌀수량(kg/10a)	지수(%)
사양질	무비	317	68
	화학비료	469	100
	질소전량기비 액비150%	467	100
	질소전량기비 액비 100%	400	85
	액비 100% + N,K 30% 추비	473	101
	액비 70% + N,K 30% 추비	485	103
	액비 50% + N,K 30% 추비	492	105
식양질	무비	299	59
	화학비료	510	100
	질소전량기비 액비 150%	436	85
	질소전량기비 액비 100%	416	82
	액비 100% + N,K 30% 추비	496	97
	액비 70% + N,K 30% 추비	555	109
	액비 50% + N,K 30% 추비	580	114

자료: 농촌진흥청(2010) “가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼”

○ 벼-보리의 작부체계에서 퇴비의 살포량은 퇴비 중 인산함량으로 결정함. 벼의 인산 시비량은 위와 동일하고 보리의 칼리 시비량은 3~3.9kg/10a 로서 각각에 해당하는 토양 중 인산 및 칼리 검정시비량으로 산출하여 시용함.

- 질소기준으로 살포할 경우 보리재배 시 기준량의 70~100%을 밑거름으로 살포하고 후작으로 벼 재배 시에는 퇴비를 살포하지 않음.
- 부족한 질소분은 웃거름으로 화학비료나 액비를 함께 사용함. 퇴비는 보리 파종 5일전에 살포하고 경운을 실시함.²⁷⁾
- 벼-보리 작부체계에서 액비살포는 액비의 성분분석을 먼저 한 후 액비의 질소량을 기준으로 시비량을 산정함. 벼는 7~10kg/10a, 보리는 8~9kg/10a, 청보리의 경우는 13~15kg/10a의 기준으로 산정함.
- 보리는 100% 해당하는 질소 시비량을 살포하고 후작 벼는 70% 수준으로 살포해야 쌀 품질이 우수한 것으로 보고되고 있음.
- 보리-벼 이모작 재배 시 퇴비 또는 액비의 사용은 년 1회로 제한 사용해야 작물의 생육에 영향을 적게 미치고 양분의 초과공급을 막아 부영양화를

27) 보리 파종 보름정도 전에 퇴비를 살포하는 것이 바람직하나 벼-보리 작부체계에서 벼 수확 직후 보리를 파종해야 하므로 적어도 5일 전까지는 서둘러서 살포를 마무리해야 한다.

방지할 수 있다는 연구결과가 있음.

[표 2-10] 벼-보리 작부체계 시 액비사용에 따른 벼와 보리의 수량비교

작물	처리내용	수량(kg/10a)	지수(%)
벼	무시용	258	54
	화학비료	474	100
	화학+액비	490	103
	액비+화학	495	104
	액비+액비	543	114
보리	무시용	51	-
	화학비료	355	100
	화학+액비	359	101
	액비+화학	361	102
	액비+액비	357	101

자료: 농촌진흥청(2010) “가축분뇨 퇴·액비 이용기술 매뉴얼” 내 작물과학원 자료참조

- [표 2-10]을 보면, 벼-보리 작부체계에서 화학비료 대비 화학비료와 액비의 혼합사용이 벼 수량이 비슷하거나 더 많은 것으로 보고되었음. 액비와 액비의 조합은 화학비료만 사용했을 때보다 14%정도 수량 증가를 보였음. 보리의 경우 화학비료와 액비, 액비와 액비조합으로 시용했을 경우 화학비료와 거의 비슷한 결과를 보였음.
- 액비를 사용하는 국내 밭작물에는 배추가 가장 많이 사용하는 것으로 조사되었고, 그 뒤를 고추, 감자, 무가 뒤따르고 있는 것으로 나타남.
- 대표적인 밭작물인 옥수수의 경우, 가축분 유래 퇴비 살포량은 퇴비 중 인산함량을 기준으로 산정함. 인산기준 퇴비 시비량은 총 500~1000kg/10a 의 범위를 가짐.

제3장 사례지역별 자연순환농업 분석

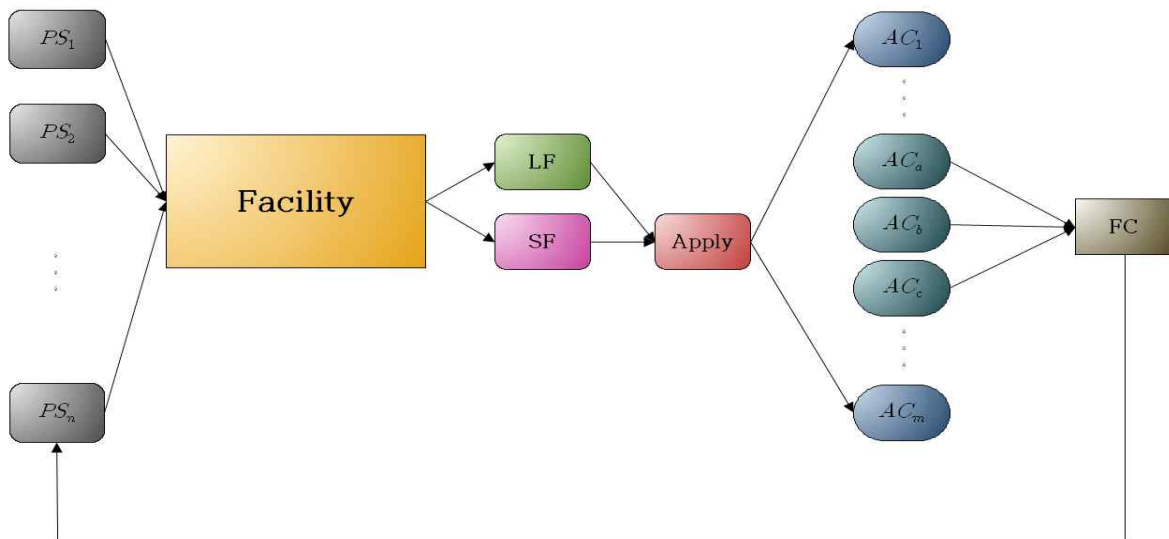
1. 지역별 자연순환농업 분석

- 가축분뇨 공동자원화시설 설치유형을 크게 두 가지로 나눌 수 있음. 하나는 운영주체가 부지를 확보하여 공동자원화시설을 설치하고 축산농가에서 수거한 가축분뇨를 퇴·액비로 자원화한 후 경종농가에 살포하는 유형과 다른 하나는 운영주체가 별도의 부지를 확보하지 않고 10개 내외의 중규모 축산농가에 퇴·액비 등 자원화시설을 설치하여 운영·관리하고 축산농가에서 제조된 퇴·액비를 수거하여 경종농가에 살포하는 유형임(농림수산식품부, 2007).
- 2012년 1월1일부터 해양배출 전면 금지가 이루어짐에 따라 국내에서는 정부나 관련단체의 지원을 통한 가축분뇨 육상처리준비를 꾸준히 하였으나 가축분뇨의 육상처리는 아직 자리를 잡지 못하고 있는 실정임. 정부, 지자체, 양축농가들 모두 정확한 해결책을 제시하지 못하고 있으며, 특히 정부 및 지자체의 이해관계 등의 문제로 정책혼선이 빚어지고 있음.
- 일반인들 및 농가에서는 여전히 가축분뇨의 자원화시설을 혐오시설로 인식하고 있음. 님비(NIMBY)현상으로 인한 자원화시설의 부지선정 조차 어려움이 많은 것이 현실임. 이는 애초에 정부에서 자원화시설로 시작하지 않고 방류하는 것에 초점을 맞추어 시작한 것이 발단이라고 볼 수 있음. 방류를 목적으로 둔 처리시설에서는 가축분뇨는 재활용할 수 없으며 생화학적 수처리를 통해 방류해야만 하는 폐수라는 인식을 기반으로 한 체계임.

가. 지역별 자연순환농업 현황분석

1) 지역별 가축분뇨 발생량

- 가축분뇨 자원화시설을 통한 가축분뇨 내 양분수지를 파악하기 위하여 [그림 3-1]과 같이 간단한 모식도로 표현하였음. 가축분뇨자원화시설에서의 공급량과 수요량을 분석하여 농경지 환원 시 비료 공급량과 농경지 비료수요량, 비료 과부족량 등에 대한 분석과 현재 가축분뇨 처리시설의 현황분석, 이를 바탕으로 해당 지역의 양분공급량에 대한 관리를 보다 수월하게 만들어 줄 수 있는 제도적 장치를 위한 기반조성이 필요함.
- 가축분뇨자원화시설을 기반으로 한 비료성분의 수지에 영향을 미칠 수 있는 추정 가능한 변인들을 사용한 표현식은 다음과 같음.



[그림 3-1] 가축분뇨자원화 체계 모델의 모식도 (자료: 동물환경생체공학실 내부자료)

Where PS_i : Production site ; 가축분뇨가 생성되는 지점
 Facility : 자원화 시설
 LF : 액비
 SF : 퇴비
 AC_i : Applied Crop ; 비료 살포 작물
 FC : Feed Crop ; 사료 작물

○ 시군별로 수거되는 가축분뇨의 양은 각 농가의 사육두수와 연평균 분뇨 발생량으로부터 구할 수 있음. 축종별 분뇨발생량은 분뇨발생 원단위(환경부 고시 제 1999-109호, 1999.7.8.)를 바탕으로 '08년도에 재산정된 결과를 적용하였음.¹⁾ 이를 식으로 나타내면 [식-1]과 같다. 총 분뇨발생량(T)은 i 지역의 가축사육두수(f_i)와 발생원 단위(mp)를 곱하여 산정됨. 각 사례지역별 총 분뇨 발생량은 [표 3-1]과 같음. FC를 축산농가로 되돌릴 경우, 경축순환지수²⁾를 산정할 수 있음.

1) '99년도부터 가축분뇨 발생량 산정 등을 위해 축종별 가축분뇨 배출원단위를 고시(제1999-109호, 1999.7.8.)을 적용해 왔으나, 사육여건과 가축관리기술의 변화와 향상에 따라 이를 '08년도에 재산정하였음. 소와 말의 경우 기존의 14.6L/두·일에서 13.7L/두·일, 젖소는 기존 45.6L/두·일에서 37.7L/두·일, 돼지는 기존 8.6L/두·일에서 5.1L/두·일, 닭은 1,000수 기준으로 산란계 124.7L/두·일, 육계 85.5L/두·일로 산정되었음.

2) 부록III 참고.

[표 3-1] 사례지역별 사육두수 및 축종별 가축분뇨 발생량

축종	NW		NS		YC		JJ	
	사육두수 ³⁾	발생량 (톤/년)	사육두수	발생량 (톤/년)	사육두수	발생량 (톤/년)	사육두수	발생량 (톤/년)
한우	37,309	186,564	22,029	110,156	43,350	216,772	11,372	56,866
젖소	2,711	37,305	4,283	58,936	2,839	39,066	2,251	30,975
돼지	110,304	205,331	188,357	350,627	199,269	370,939	61,107	113,751
닭, 오리	6,599,495	289,058	4,610,270	201,930	1,698,411	74,390	1,340,014	58,693
총계	6,749,819	718,257	4,824,939	721,649	1,943,869	701,167	1,414,744	260,284

자료: 동물환경생체공학실. 각 시별 통계연보 자료를 참고하여 축종별 가축분뇨 발생량 산출.

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{a_1} f_{b_1} f_{c_1} f_{d_1} \\ f_{a_2} f_{b_2} f_{c_2} f_{d_2} \\ \vdots \\ f_{a_n} f_{b_n} f_{c_n} f_{d_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} mp_a \\ mp_b + mp_c + sd_b + sd_c \\ mp_d \end{pmatrix} \dots\dots\dots [1]$$

Where f_{a_i} ; 돼지 사육 두수
 f_{b_i} ; 육우 사육 두수
 f_{c_i} ; 젖소 사육 두수
 f_{d_i} ; 조류 사육 두수
 mp_a ; 돼지 총 생산 분뇨량(ton/년/두)
 mp_b ; 육우 총 생산 분뇨량(ton/년/두)
 mp_c ; 젖소 총 생산 분뇨량(ton/년/두)
 sd_b ; 톱밥 포함한 육우 총 생산 분뇨량(ton/년/두)
 sd_c ; 톱밥 포함한 젖소 총 생산 분뇨량(ton/년/두)
 mp_d ; 조류 총 생산 분뇨량(ton/년/두)

○ 위의 행렬에서 모든 T_i 들을 더하면 $T_{man} = \sum_i^n T_i$; 자원화 facility로 반입되는 또는 농가에서 처리되는 manure 총량이 됨. 또한, $a_i = f_{a_i} \times mp_a$ 는 i 농가에서 1년 동안 생성되는 돈분뇨의 총량이며, $b_i = f_{b_i} \times (mp_b + sd_b)$ and $c_i = f_{c_i} \times (mp_c + sd_c)$; i 농가에서 1년 동안

3) 사육두수는 각 시별 2011년 통계연보를 참조하였음.

생성되는 우분(한우+젓소)의 총량, $d_i = f_{d_i} \times mp_d$; i 농가에서 생성되는 계분의 총량임.

- 수분조절을 위한 톱밥량은 본 연구의 사례지역에서는 통계자료가 없었으며, 톱밥 가격의 상승에 따른 각 농가에서의 사용량이 감소함에 따라 제외하고 산정하였음.

2) 지역별 자연순환농업 여건 및 현재수준

가) NW시

- 액비는 ha당 20만원의 액비살포 지원사업이 시행되고 있었음. NW 내 살포를 대행하고 있는 3개의 액비유통센터가 현재 운영 중임. 3개소의 총 액비살포 점유율은 41.5% (2011년 말 기준)임. 액비 저장조는 2011년말 185기가 설치운영 중이고, 26기가 추가되어 총 206기의 액비저장조가 설치·운영될 전망이다. 한 기(基)당 200톤의 저류할 수 있으며 해양배출 없이도 충분한 액비관리가 가능한 상황임. 액비를 생산하고 저장하는 과정에서 발생하는 악취를 저감하기 위하여 미생물 제재가 이용되고 있으며 1리터당 10,000원에 해당하는 미생물 사업지원을 시행하고 있음.
- NW시의 가축분뇨 처리현황은 [표 3-2]과 같음. 농가자체 퇴비화(43%), 위탁처리(41%), 농가자체 액비화(14%), 농가자체 정화처리(2%)로 구성되어 있으며 NS시와 마찬가지로 농가자체 퇴비화시설과 공동자원화시설이 총 84%로서 주를 이룸. 공공처리장이 없어 가축분뇨의 정화·방류처리는 소수의 농가자체 정화방류시설을 통해 하천으로 방류됨.

[표 3-2] NW시 가축분뇨 처리현황

축종	농가			처리현황 (톤/년)				
	축종별 가축사육 두수 (마리)	발생량 (톤/년)	총발생량 (톤/년)	농가자체 퇴비화	농가자체 액비화	농가자체 정화방류 처리	공공 처리장	위탁처리
한우	37,309	186,564	718,257 (100%)	308,851 (43%)	100,556 (14%)	14,365 (2%)	0	294,485 (41%)
젓소	2,711	37,305						
돼지	110,304	205,331						
닭 오리	6,599,495	289,058						

자료: 동물환경생체공학실 내부자료.

- NW시에 위치한 공동자원화시설은 돈슬러리의 액비생산을 목적으로 설립되었음. 2010년 4월부터 본격적인 시설 가동에 들어갔으며, (사)친환경자연순환농업협

회에서 관리하고 있으며 전국연합중 하나의 시설임.

- 이 시설은 자율적 규제를 위한 ‘자연순환 협의회’를 설립하였음. 이는 광역 단위의 자연순환농업단지 형성을 통합하여 운영하려는 정부의 움직임에 맞추어 자율적 통제기관을 설립하게 된 것이라 볼 수 있음
- 하지만, 지역 내 가축분뇨 문제를 지역 스스로 해결하기엔 미흡한 점이 많고, 특히 관행적 단순 분뇨처리업에서 자원순환농업으로의 인식변화가 필요함. 이를 해결하기 위한 방법으로 액비의 품질 및 이의 신뢰도를 높여 경종농가들로 액비수요가 있도록 유도하여야 함. 무상으로 액비를 사용하게 될 경우 오히려 경종농가에게 있어서 축산유래 액비의 가치를 떨어뜨려 경종농가의 액비사용 요구가 줄어들 수 있음을 우려함. 현재까지는 거의 무상에 가까운 비용으로 이루어지고 있으나 향후 5년 안에 경종농가의 비용부담에 대한 인식변화가 예상된다고 보고함.

[표 3-3] NW시 가축분뇨 공동자원화사업(액비생산) 추진상황

처리용량	양돈분뇨 100톤/일
부지	11,603m ² (3516坪)
시설용량	시설용량: 21,890 m ³
처리공법	3-way system (용도적합형 액상비료 제조방법)
시설특징	100% 액비자원화 체계로 정화방류 및 퇴비화시설이 없고 탈취설비를 완비한 친환경 처리시설임

- 분뇨수거 및 액비반출 장비는 분뇨수거용 차량 (17톤/1대), 액비살포용 차량(7.5톤/1대), 액비살포용 트랙터(1대/55마력, 1대/80마력)를 보유하고 있음. 직원 수는 총 8명으로 평균연령은 38세임.
- 가축분뇨를 공공자원화시설에서 수거 및 처리시 농가당 비용부담은 2만원으로 책정되어 있음. 또한 배송거리에 따라 추가적 비용 발생함 (10.5km 까지 2만원; 이후 500원 추가/km). 비용의 구성을 보면 수거비용(30%), 수처리공정비용(40%), 환원비용(30%)의 비율로 이루어져 있음.
- NW지역의 공동자원화시설의 참여농가수는 총 19농가로 총 32,800두의 돼지로부터 167.8톤/일 의 분뇨발생량을 수거할 수 있음. 농가에서 가축분뇨의 1차적 고·액 분리작업을 거쳐서 공공자원화 시설에 반입되는데 이는 경사면(슬라이드)를 활용한 간단한 고·액 분리작업을 통한 거의 raw 상태의 액비 형태로 반입됨.
- 공동자원화시설의 액비 처리방법은 전처리(드럼스크린+고속고액분리기),

주처리(호기/혐기 액상발효방법), 후처리(고농도/저농도 액비저장)을 통해 이루어지고 있으며 악취발생을 경감시키고자 약액세정방식(산, 알칼리 2중 탈취)을 도입하여 주변 민원을 최소화하려 노력하고 있음.

- 반입되는 액비의 생물학적산소요구량(BOD)은 약 30,000mg/L 정도이며, 고·액분리공정을 다시한번 거친 액비의 수처리공정 후 BOD는 평균 900mg/L 수준임. 발효기간은 약 35일 ~ 48일 정도의 수리학적 체류시간(HRT)를 기준으로 함.

○ NW시(S2)에 위치한 퇴비공동자원화시설은 1994년 설립되어 육우 및 젓소 1200두 규모를 가지고 있고, 현재 400두의 젓소 및 육우를 보유하고 있음.

- 사육두수가 줄어드는 이유로 낙농업계의 규모화가 가장 큰 영향을 미친 것으로 봄. 소규모는 경쟁력에서 밀릴 수 밖에 없고, 더불어 최근 들어 흰 우유 소비가 감소함으로써 소규모 낙농업 운영이 더욱 어려워지고 있음.
- 특징적인 체계로 쿼터제 도입을 들 수 있음. 농가당 개별 쿼터량이 있어 일정량을 분배받는 제도임 (2000년도부터 시작).
- 이 시설의 우분의 원료는 깔개 (왕겨, 톱밥)과 함께 스크레이핑(scraping)한 분뇨를 사용하여 퇴비화시킴. 축사에서 스크레이핑은 40일 정도 지난 후에 3월~4월 중 한번, 9~10월 중 한번씩 1년에 2번 수거함. 깔개비용은 약 100,000원 /두/년 이 소요됨.
- 이 시설의 퇴비화 공정은 다음과 같으며 전처리 6개월, 퇴비화공정 2개월, 후숙단계가 3개월 소요됨으로써 우분이 퇴비로 만들어져 포장·출하되기까지 총 11개월 내지는 1년 정도를 필요로 함.

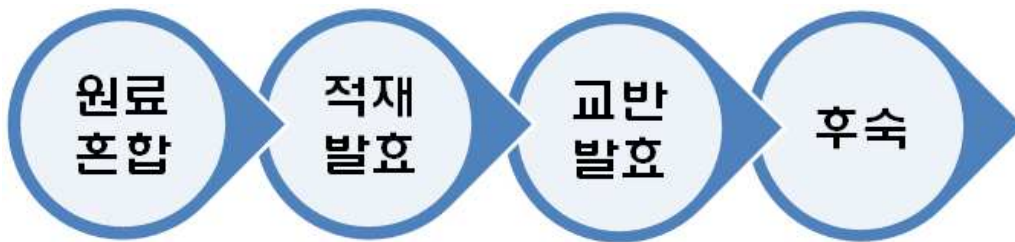


[그림 3-2] NW시 S2의 퇴비화시설 실상도

- 가축분뇨의 수분조절은 퇴비화의 중요한 과정 중에 하나이며, 크게 3단계를 거치면서 조절됨. 원료 투입시 수분은 약 70% 정도이며 전처리 과정에서 60%까지 떨어짐. 이후 교반기에서 통풍식 기계교반(에스칼레이터 방식)을

거치며 55% 정도까지 조절한 후 저장과정을 거치며 마지막 포장 생산에는 40~45%까지 떨어뜨려 최적화된 수분함량으로 퇴비를 출하함.

- 이 지역의 가축분뇨 퇴비화시설은 부분 개방형 시설(원치커튼)로 이루어져 있으며 교반시설이 중간에 통로를 두고 양쪽으로 분리되어 있는 것이 특징임. 퇴비화 과정은 [그림 3-3]에 나타나 있음.



[그림 3-3] NW시 S2의 퇴비화 과정

[표 3-4] NW시 S2지역의 가축분뇨 공동자원화사업 추진상황

처리용량	우분, 계분, 수피 60톤/일
부지	790,000m ² (시설용량: 270,000m ² , 미개발임야: 520,000m ²)
시설용량	1,509평
처리공법	통풍식 기계교반(에스컬레이터) 및 미생물처리(전처리-퇴비화공정-후숙단계)
시설특징	조합원 100농가로부터 우분수거, 스테비아, 유용 미생물 첨가로 과일저장성, 당도를 높여줌

- NW시 Site 3(S3;지역3)의 퇴비화시설은 75톤/일의 처리량을 가지고 있으며, 실제로는 50톤/일의 처리를 하고 있음. 원료로 쓰이는 가축분은 우분, 돈분, 계분이며 수분조절제로 수피를 사용하여 최종적으로 생산되는 퇴비의 성분은 우분 또는 돈분과 계분을 섞어 목적에 맞게 만들어 내고 있음.



[그림 3-4] NW시 S3의 퇴비화 시설(좌:교반장, 우:후숙장) 실상도

- 퇴비공정은 1차 전처리에서 계분, 우분, 돈분, 왕겨, 수피 등을 각각 적재한 후 2차 전처리 과정으로 넘어가는 과정에서 퇴비의 비율대로 섞어 수분 조절을 함. 총 전처리 과정은 4개월 정도이며 이후 퇴비화공정에서는 에스컬레이터 방식으로 15~20일 동안 기계교반 함. 퇴비화를 마친 퇴비는 후숙과정으로 넘어가 약 3개월 동안 부숙단계를 거침. 이후 적절한 온도와 수분함량을 확인한 후 최종 포장을 하여 출하함.
- 이 지역의 가축분뇨 퇴비화시설은 외부 개방형 시설로 이루어져 있음. 퇴비화 과정은 [그림 3-5]와 같음.



[그림 3-5] NW시 S3 퇴비화 과정

[표 3-5] NW시 S3 지역의 가축분뇨 공동자원화사업 추진상황

처리용량	우분, 돈분, 계분, 수피 50톤/일
처리공법	통풍식 기계교반(에스컬레이터) 및 미생물처리(전처리-퇴비화공정-후숙단계)
시설특징	퇴비의 목적에 따라 성분을 달리 하여 생산(우분+계분 또는 돈분+계분)

나) NS시

- NS의 가축분뇨 처리현황은 [표 3-6]와 같음. 농가자체 퇴비화는 전체의 46%, 농가자체 액비화는 5%, 농가자체 정화처리는 4%, 공공처리장은 10%, 위탁처리 공동자원화시설은 35%의 비율로 나누어져 처리·관리되고 있음. 대부분의 NS시 가축분뇨자원화는 위탁처리의 공동자원화시설과 농가자체 퇴비화시설을 통해(전체의 약 81%) 처리되고 있음. 농가자체 액비화 시설을 통한 가축분뇨 처리가 상대적으로 적다는 것은 함수율이 높은 돈분뇨는 대부분 공동처리시설을 통해 자원화 처리되고 있는 것으로 풀이됨.
- 액비처리는 [표 3-7]에서 볼 수 있듯이, 가축분뇨, 고액분리, 유량조절조, 액비화생산조를 거쳐 액비가공이 이루어지고 액비저장조에 옮겨진 후 필요에 따라 농경지 환원을 하고 있음.

[표 3-6] NS시 가축분뇨 처리현황

축종	농가			처리현황 (톤/년)				
	축종별가축사육두수(마리)	발생량(톤/년)	총발생량(톤/년)	농가자체 퇴비화	농가자체 액비화	농가 자체 정화방류 처리	공공처리장	위탁처리
한우	22,029	110,156	721,649 (100%)	331,958 (46%)	36,082 (5%)	28,866 (4%)	72,165 (10%)	252,577 (35%)
젖소	3,999	58,936						
돼지	188,357	350,627						
닭오리	4,610,270	201,930						

자료: 동물환경생체공학실 내부자료.

- NS의 가축분뇨 퇴비화시설은 연간 2만7천톤의 가축분뇨를 처리하며 20kg의 퇴비를 65만포 생산하고 있음. 외부와는 차단된 밀폐식 퇴비사이며 3단계 퇴비화과정(통풍발효-교반발효-후숙)을 통한 고효율 퇴비화를 유지하고 있음.

[표 3-7] NS시 지역의 가축분뇨 공동자원화사업 추진상황

처리용량	<ul style="list-style-type: none"> 퇴비:우분, 돈분, 계분, 톱밥 27천톤/년 액비: 45천톤/년
처리공법	<ul style="list-style-type: none"> 퇴비:통풍식 기계교반(로터리방식) (통풍식 발효조 전처리-기계교반식 발효조 퇴비화공정-후숙단계) 액비:가축분뇨-고액분리-유량조절조-액비화생산조-액비저장조-농경지 액비공급
시설특징	<ul style="list-style-type: none"> 퇴비: 밀폐형 퇴비공정으로 악취포집과 악취방지시설을 통해 민원해결 액비: 토양분석을 통한 시비검정으로 액비살포량 결정, 24시간 폭기하여 악취제거



[그림 3-6] NS시 퇴비화 공정 (좌:교반장, 우:후숙장) 실상도



[그림 3-7] NS시 퇴비화 시설 과정

○ NS시의 또 다른 가축분뇨퇴비화시설은 연간 20kg의 퇴비를 120만포 생산하고 있으며 앞의 시설과는 달리 개방형 시설로 이루어져 있음. 퇴비화과정은 [그림 3-9]와 같다.



[그림 3-8] S5 퇴비화시설(좌:교반장, 우:적재&후숙장)



[그림 3-9] NS시 퇴비화시설의 퇴비화과정

다) YC시

- YC시의 가축분뇨 처리현황은 [표 3-8]에 나타나 있음. 공동자원화시설이 없어 대부분의 가축분뇨는 농가자체 자원화시설에서 퇴·액비로 자원화 처리되고 있고 (퇴비와 액비 각각 18% 와 66%; 총 84%), 나머지는 농가자체 정화처리 (7%)를 통한 방류 또는 공공처리장(9%)을 통해 하천으로 정화·방류되고 있음. YC시에서 발생하는 가축분뇨 중 돈분뇨의 발생량이 가장 많으며 농가자체 액비화시설을 통해 주로 처리되고 있음을 확인할 수 있음.
- 농가자체 액비화시설을 통해 주로 액비가 생산되며, 주공정은 가축분뇨의 고액분리, 생물학적 호기성 처리체계를 거쳐 액비가공 후 액비저장조에 저장, 마지막으로 필요에 따라 농경지에 환원되는 순서로 이루어 짐.

[표 3-8] YC시 가축분뇨 처리현황

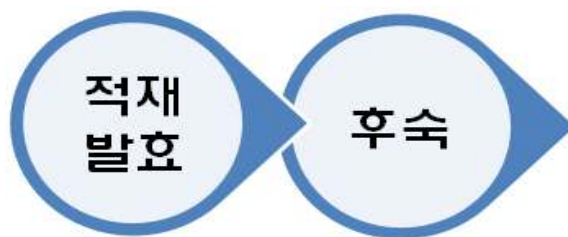
축종	농가		처리현황 (톤/년)					
	축종별 가축사육 두수(마리)	발생량 (톤/년)	총발생량 (톤/년)	농가자체 퇴비화	농가자체 액비화	농가자체 정화방류 처리	공공처리장	위탁처리
한우	43,350	216,772	701,167 (100%)	126,210 (18%)	462,770 (66%)	49,082 (7%)	63,105 (9%)	0
젖소	2,839	39,066						
돼지	199,269	370,939						
닭, 오리	1,698,411	74,390						

자료: 동물환경생체공학실 내부자료.

○ YC시의 한 농가는 양돈 5,000두 규모의 양돈장과 함께 퇴비사를 운영하고 있으며 교반시설 없이 고액 분리한 분뇨의 고상물만 적재시켜 발효함. 퇴비화 과정은 [그림 3-11]과 같음. 분뇨의 고액분리가 제대로 되지 않아 고체에 액체가 많이 섞인 형태로 적재되어 있으며 적재 퇴비 내에 구더기가 많이 있을 정도로 위생상태가 좋지 않았음.



[그림 3-10] YC시 농가의 퇴비화 시설



[그림 3-11] YC시 양돈농가의 퇴비화 과정

○ YC시의 350두의 한우를 기르는 농가로서 퇴비화 과정은 [그림 3-13]과 같음. 원료 혼합의 과정은 육우가 밟고 다니는 것을 의미하며 깔개와 섞여진(왕겨+우분

뇨) 원료는 퇴비공장으로 이송되어 완성된 퇴비로 생산됨.



[그림 3-12] S7의 퇴비화 시설



[그림 3-13] YC시 한우농가의 퇴비화 과정

라) JJ시

○ JJ시의 가축분뇨 처리현황은 [표 3-9]와 같음. JJ시도 YC시와 마찬가지로 공동자원화시설이 없어 농가자체 자원화시설에서 가축분뇨의 대부분이 퇴·액비로 처리되고 있으며 특히 액비의 비율이 높음. 이는 가축사육두수에서도 나타남. 약 6만두에서 발생하는 돈분뇨는 연간 총 113,751톤으로 다른 축종에 비해 많은 양을 차지함. 구성비율을 보면, 농가자체 퇴비화(15%), 농가자체 액비화(83%), 농가자체 정화처리(2%)이며 공공처리장은 설치·운영되고 있지 않음.

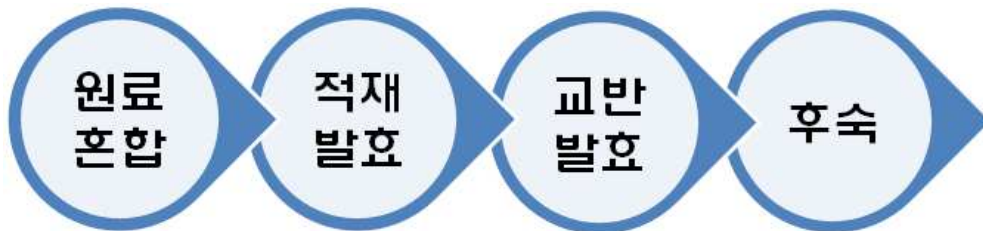
[표 3-9] JJ시의 가축분뇨 처리현황 (자료: 동물환경생체공학실 내부자료)

축종	농가		처리현황 (톤/일)					
	축종별 가축사육 두수(마리)	발생량 (톤/일)	총발생량 (톤/일)	농가자체 퇴비화	농가자체 액비화	농가자체 정화방류 처리	공공 처리장	위탁처리
한우	11,372	56,866	260,284 (100%)	39,043 (15%)	216,036 (83%)	5,206 (2%)	0	0
젖소	2,251	30,975						
돼지	61,107	113,751						
닭 오리	58,693	58,693						

- 앞서 YC과 마찬가지로 가축분 유래 액비가공의 주공정을 살펴보면 가축분뇨의 고액분리, 생물학적 호기성처리공정을 거쳐 액비저장조에 저장, 마지막으로 필요에 따라 농경지에 환원되는 순서로 이루어짐.
- JJ시 한 농가의 가축분뇨 퇴비화시설은 1만두 농가에서 배출되는 돈분뇨의 고액분리된 원료를 주원료로 삼아 톱밥과 섞어 퇴비화 시킴. 퇴비화 과정은 [그림 3-15]와 같음.



[그림 3-14] S9의 퇴비화 시설(좌:적재장, 우:후숙장) 실상도

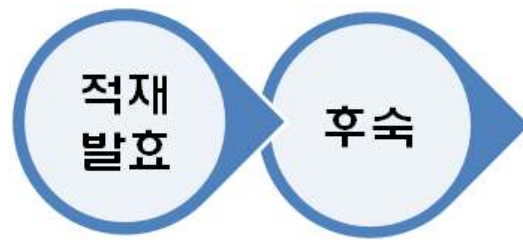


[그림 3-15] JJ의 퇴비화 과정

- JJ시 한 농가의 퇴비화시설은 1500두 규모의 돈사에서 생산되는 돈분뇨를 고액분리하여 나오는 고체를 적재하여 퇴비화 시킴. 퇴비화 과정은 [그림 3-17]과 같음.



[그림 3-16] JJ시 양돈농가의 적재식 퇴비화 시설



[그림 3-17] JJ의 퇴비화 과정

○ JJ시의 젓소농가 가축분뇨 퇴비화시설은 착유우 120두 우사에서 발생하는 깔개를 적재·발효하여 퇴비공장으로 이송되어 퇴비화 됨. 퇴비화 과정은 [그림 3-19]과 같음.



[그림 3-18] JJ시 젓소농가 퇴비화시설 실상도



[그림 3-19] JJ시 젓소농가의 퇴비화 공정

3) 가축분뇨 퇴·액비를 이용하는 농작물의 종류 및 이용실태

가) NW시

- NW은 크게 3개의 지형, 동부고랭지, 중부중간지, 서부평야지로 나뉠 수 있음.
 - 동부고랭지는 운봉, 인월, 아영, 산내의 4개 읍면으로 구성되어 있으며 총 면적은 246.7km² 임. 여름철 선선한 기후를 활용한 고랭지에 적합한 작물로는 단경기 과채류, 화훼류, 과수단지를 들 수 있고, 전국규모의 고사리단지 가 입지하여 있음. 고품질 수출작물로 파프리카, 백합, 스타치스, 토마토,

상추 등이 적합함.

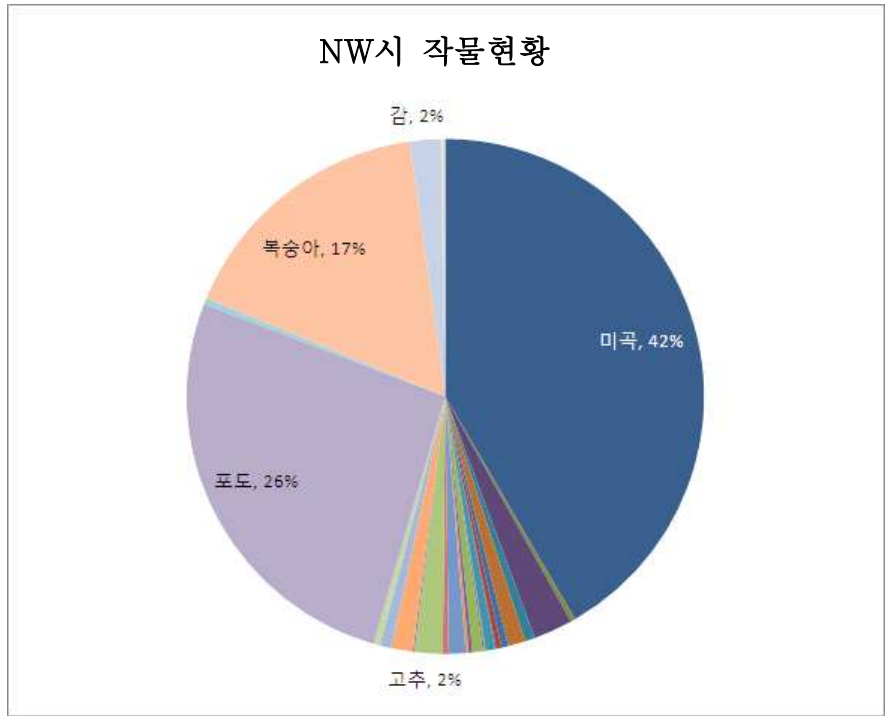
- 중부중간지와 서부평야지역은 풍부한 수자원과 일조량을 바탕으로 여러 종류의 농작물이 생산되고 있음. 중부중간지는 주천, 수지, 사매, 덕과, 보절, 산동, 이백 (총 281.4km²) 의 총 7개면으로 구성되어 있으며, 지형특성에 맞는 작물로 밭작물, 사과, 배, 친환경 채소, 인삼 등이 적합하며, 수출항목으로서 배, 오이, 토마토 등이 발달되어 있음.
- 서부평야지는 동지역, 송동, 주생, 금지, 대강 대산의 총 5개면(面)과 동(洞)지역으로 이루어져 있으며(224km²), 섬진강 유역을 중심으로 딸기, 감자, 아스파라거스, 포도, 복숭아 등이 농작물로 적합하며, 메론, 파프리카, 딸기, 복숭아 등의 수출 단지화를 이루고 있음. 도시근교에 위치하여 근교 농업과 신선 농산물 등이 발달하였음.
- NW의 한 축분퇴비공장에서의 퇴비는 주로 양과, 오이, 매실 등 밭작물에 사용되고 특히 NW지역에서는 딸기와 과수에 주로 사용되는 것으로 나타남.
- NW의 또 다른 축분퇴비공장에서는 스테비아를 첨가하여 기능성을 더한 퇴비를 생산함. 스테비아 가축분퇴비는 과채류(수박, 메론, 딸기 등)에 사용할 경우, 열과(裂果)현상⁴⁾ 감소, 변형(變形)과 낙과(落果)가 적음, 섬유질이 적어 과육이 부드럽고 맛이 좋아짐 등이 보고되고 있고, 엽채류(상추, 양상치, 배추)등에 사용되었을 때 당(糖)함량이 증가되고 저장성이 좋아진다고 알려짐. 근채류(당근)에 사용되었을 때 카로틴 함량이 증가하여 빛깔을 좋게 해주며, 과실류(사과, 복숭아, 포도 등)에 사용되면 과색이 좋아지고 육질이 단단해지며 향미가 풍부해진다고 보고되고 있음.
- 스테비아 가축분퇴비 사용법⁵⁾으로 1,000m³ 기준으로 살포할 경우 근채류는 200~400kg, 곡물류 200~400kg, 엽채류 300~400kg, 과수류 400~500kg, 과채류 200~300kg, 특수작물 200~500kg, 시설원예 160~300kg, 노지특용작물 160~300kg 을 제시하고 있음.
- 주로 사용되고 있는 NW시 총 농경지면적⁶⁾ (25,995ha) 중 주요 작물의 분포도는 [그림 3-20]에 나타나 있음. 미곡이 42%(10,821ha)로 가장 많고, 포도가 26%(6,854ha), 복숭아가 17%(4,305ha), 고추와 감이 2%(453ha), 2%(501ha) 순으로 각각 차지하고 있음. 가축분뇨_유래_퇴·액비의 품질이 예전보다는 향상되면서 농작물의 종류에 상관없이 사용되고 있는 경향을 전제조건으로 가정하면 퇴·

4) 껍질이 벌어져 안의 씨가 흩어지는 현상.

5) 전북지리산낙농농협 스테비아 가축분퇴비 내부자료 참조.

6) 총 농경지면적은 통계연보(2011)의 식량작물생산량을 참고하였으며, 기타에 해당하는 작물은 제외하고 산정한 면적이므로 실제 총 농경지 면적과 그 값이 다를 수 있음.

액비 살포 농경지는 대부분이 논과 과수지역(총 농경지 면적 대비 약 85%)이 이용될 수 있는 지역적 특성을 보이고 있음.



[그림 3-20] NW시 작물재배현황

- 그렇다면 이러한 농경지에 얼마만큼의 퇴·액비가 살포되었는지에 대한 정량적 분석을 살펴볼 필요가 있음. 일반적으로 농가로부터 수거되는 또는 발생하는 한옥우분과 계분은 함수율이 낮은 형태로 처리됨. 한옥우 분뇨는 깔개를 투입시켜 줌으로써 함수율을 낮추고, 계분은 그 자체로 함수율(70~80%)이 낮아 고상물의 형태로 처리되어 퇴비의 제조에 주로 이용됨.
- 반면에 돈분의 경우 함수율이 약 96%로 높기 때문에 돈분뇨로부터 생성되는 비료는 고액분리를 통해 액비와 퇴비로 나뉨. 즉, 액비는 수거되는 돈분뇨의 액상분을 가공한 것이고, 퇴비는 수거되는 가축분뇨의 고형분을 가공한 것임.
- 수거된 돈슬러리는 고액분리를 통해 액상과 고형분으로 나뉨. 액상의 비율을 p 라 가정하면 다음(식[2])과 같음. T_{LF} 는 액비의 총량을 의미하며 총 액비량은 발생한 돈슬러리량과 고액분리비율 중 액상의 비율(p)를 곱하여 산정함.

$$T_{LF} = p \sum_i^n a_i \dots\dots\dots [2]$$

고액분리비율은 고상물과 액상물 비율이 각각 1:9로 분리된다는 가정 하에 계산식에 적용하였음. 따라서 p 값은 0.9 에 해당함.

○ 돈분의 고품분, 우분과 계분은 퇴비를 만드는데 함께 이용됨. 일반적으로 퇴비 화공정 중 첫 번째 단계인 전처리과정에서 수분조절의 목적으로 톱밥 또는 왕겨가 추가되나 현장조사에 따르면 고액분리가 잘 된 가축분은 함수율이 적당하여 수분조절을 위한 톱밥을 거의 사용하지 않는 것으로 나타났음.

$$T_{SF} = (1-p) \sum_i^n a_i + \sum_i^n b_i + \sum_i^n c_i + \sum_i^n d_i + SD \dots\dots\dots [3]$$

where SD ; 연간 톱밥투입량

위의 정의들에 의해 T_{LF} 는 1년에 생산되는 해당지역의 액비 총량이고, T_{SF} 는 1년에 생산되는 해당지역의 퇴비 총량임.

○ 일반적으로 분뇨에 포함된 원소 X에 대해서, 각 분뇨의 종류마다 원소 X가 얼마만큼 포함되어 있는지 알 수 있다면, 생성되는 원소 X의 총량을 다음과 같이 계산할 수 있음.

$$\begin{pmatrix} T_{1,X} \\ T_{2,X} \\ \vdots \\ T_{n,X} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{a_1} f_{b_1} f_{c_1} f_{d_1} \\ f_{a_2} f_{b_2} f_{c_2} f_{d_2} \\ \vdots \\ f_{a_n} f_{b_n} f_{c_n} f_{d_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} mp_a(X_{a,l} + X_{a,s}) \\ mp_b X_b + mp_c X_c + sd_b X_{sd} + sd_c X_{sd} \\ mp_d X_d \end{pmatrix} \dots\dots\dots [4]$$

where X_{sd} ; 톱밥 내 영양소 함량

$X_{a,b,c,d}$; 각 분뇨에 포함된 원소 X의 비율

○ 각 농가에서 생성되는 가축분뇨에 포함된 주요 원소의 총량은 다음과 같이 나타낼 수 있음.

$$\begin{pmatrix} T_{1,N} \\ T_{2,N} \\ \vdots \\ T_{n,N} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{a_1} f_{b_1} f_{c_1} f_{d_1} \\ f_{a_2} f_{b_2} f_{c_2} f_{d_2} \\ \vdots \\ f_{a_n} f_{b_n} f_{c_n} f_{d_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} mp_a(N_{a,l} + N_{a,s}) \\ mp_b N_b \\ mp_c N_c \\ mp_d N_d \end{pmatrix} ; N \dots\dots\dots [5]$$

$$\begin{pmatrix} T_{1,P} \\ T_{2,P} \\ \vdots \\ T_{n,P} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{a_1}f_{b_1}f_{c_1}f_{d_1} \\ f_{a_2}f_{b_2}f_{c_2}f_{d_2} \\ \vdots \\ f_{a_n}f_{b_n}f_{c_n}f_{d_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} mp_a(P_{a,l} + P_{a,s}) \\ mp_bP_b \\ mp_cP_c \\ mp_dP_d \end{pmatrix}; P \dots\dots\dots[6]$$

$$\begin{pmatrix} T_{1,K} \\ T_{2,K} \\ \vdots \\ T_{n,K} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{a_1}f_{b_1}f_{c_1}f_{d_1} \\ f_{a_2}f_{b_2}f_{c_2}f_{d_2} \\ \vdots \\ f_{a_n}f_{b_n}f_{c_n}f_{d_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} mp_a(K_{a,l} + K_{a,s}) \\ mp_bK_b \\ mp_cK_c \\ mp_dK_d \end{pmatrix}; K \dots\dots\dots[7]$$

따라서 돈분뇨로부터 생성된 액비 내의 원소 X의 총량을 구해보면,

$$T_{LX} = r_{x,l}pX_{a,l}mp_a \sum_i^n f_{a_i} = r_{x,l}pX_{a,l} \sum_i^n a_i \dots\dots\dots[8]$$

퇴비 내의 원소 X의 총량은

$$T_{SX} = r_{a,s}[(1-p)X_{a,s}mp_a \sum_i^n f_{a_i} + (X_bmp_b) \sum_i^n f_{b_i} + (X_cmp_c) \sum_i^n f_{c_i} + X_dmp_d \sum_i^n f_{d_i}] \dots\dots\dots[9]$$

○ 여기서 $r_{a,l}$ 은 돈분뇨의 액상분 가공과정에서의 손실을 보정해주는 계수 (correction factor)이고 $r_{a,s}$ 은 돈분뇨의 고형분 가공과정에서의 손실보정계수임. 액상분과 고형분에서의 손실은 분뇨의 종류에 관계없이 동일하다고 가정함. 따라서 이하 보정계수는 r 로 통일하여 사용함.

○ 액비의 호기성 처리과정중 질소손실은 약 32%로 가정함. 돈사 체계에 따라 질소 손실율이 달라지는데 슬래터에서 깔개를 넣어 키우는 돈사가 각각 25%, 50%의 질소손실을 보임(Rotz, 2004)⁷⁾. 다음 단계인 저장단계에서 약 10% 추가적인 질소 손실을 보였음. 이는 돈사에서 처리되는 과정까지 평균 30%의 질소손실을 보인다고 가정할 수 있음. 이와 더불어, 현장조사에서 나온 데이터 (처리과정 전의 질소량과 처리후의 질소량) 역시 비슷한 수치를 나타냈는데 이를 적용해 질소 손실을 산출해보면 약 34%의 질소 손실을 보임. 따라서 평균 32%의 질소성분이 액비화공정중에 공기 중으로 휘산 된다고 가정하고 나머지 값을 계산하였음.

7) Rotz, C.A. 2004. Management to reduce nitrogen losses in animal production. J. Anim. Sci. 82:119-137.

- 고상물의 퇴비화과정의 경우 질소소실은 약 **29%**로 가정함. 20-40% 질소가 퇴비화 과정 중에 소실되고, Sommer(2001)⁸⁾의 실험에 의하면 가축분뇨의 퇴비화과정에서 약 28%의 질소소실이 발생했다고 보고하였음. 따라서 대략 평균 **29%**의 질소가 퇴비화과정 중에 소실된다고 가정하고 계산에 임하였음.
- 가공된 퇴액비의 농경지 환원 시 농지표면에 바로 살포하는 방식이 주가 된다고 가정하면 액비의 질소소실 발생량은 약 **33%**로 기준을 잡고 계산하고, 퇴비는 약 **20%**의 질소성분이 지표면 살포시 소실될 것으로 가정함(Rotz, 2004; University of Minnesota Fact Sheet).
- 가축분뇨 자원화과정에서 인산과 칼리의 자원화 활용률은 인산 90~100%, 칼리 90~100%를 참고하였고, 이 중에서 최저 활용률을 적용해, 인산과 칼리 약 10%가 미활용된 90%를 각각의 보정계수로 적용하였음(MWPS 1993⁹⁾).
- NW시의 사례를 예를 들면, **액비 내 주요 원소총량**을 구해보면 식[10]과 같음.

$$T_{LN} = rpN_{a,l}mp_a \sum_i^n f_{a_i} = rpN_{a,l} \sum_i^n a_i \dots\dots\dots[10]$$

여기서 $\sum_i^n a_i = 205,331$ (톤)이고, $N_{a,l} = 0.008$, $p = 0.9$, $r = (0.68 \times 0.67) = 0.4556$ 이므로,

$$T_{LN} = 0.4556 \times 0.9 \times 0.008 \times 205,331 = 673.55(\text{톤})$$

마찬가지로, $P_{a,l} = 0.0009$ 이므로,

$$T_{LP} = 0.9 \times 0.9 \times 0.0009 \times 205,331 = 149.7(\text{톤})$$

마찬가지로, $K_{a,l} = 0.0053$ 이므로,

$$T_{LK} = 0.9 \times 0.9 \times 0.0053 \times 205,331 = 881.5(\text{톤})$$

- 퇴비 내 주요 원소 총량을 구해보면 식[11]과 같음.

$$T_{SN} = r(1-p)N_{a,s}mp_a \sum_i^n f_{a_i} + rN_bmp_b \sum_i^n f_{b_i} + rN_cmp_c \sum_i^n f_{c_i} + rN_dmp_d \sum_i^n f_{d_i} \dots\dots[11]$$

$N_{a,s} = 0.0096$, $N_b = 0.005$, $N_c = 0.0033$, $N_d = 0.0129$ 이므로,

8) Sommer, S.G. 2001. Effect of composting on nutrient loss and nitrogen availability of cattle deep litter. European Journal of Agronomy 14:123-133.

9) Midwest Plan Service. 1993. Livestock Waste Facilities handbook. MWPS-18.

$$T_{SN} = (0.568 \times 0.1 \times 0.0096 \times 205,331) + (0.568 \times 0.005 \times 186,564) + (0.568 \times 0.0033 \times 37,305) + (0.568 \times 0.0129 \times 289,058) = 2,829.71 \text{ (톤)}$$

- 앞서 [표 3-2]의 NW시 가축분뇨처리현황을 참고해보면, 공동자원화시설은 전체의 41%를, 자체농가 자원화시설은 전체의 57%를 차지함. 따라서 1년간 생산되는 가축분뇨가 자원화시설을 거쳐 NW시 농경지에 환원되는 퇴비 내 질소량은 2,769톤/년이며, [표 3-10]에 나타나 있음.
- $P_{a,s} = 0.0083, P_b = 0.006, P_c = 0.0049, P_d = 0.0046$ 이므로, 같은 방법으로 계산하면 $T_{SP} = 2,459$ (톤)의 인산이 발생함.
- $K_{a,s} = 0.0042, K_b = 0.0018, K_c = 0.0049, K_d = 0.0059$ 이므로, 위와 같은 방법으로 계산하면 $T_{SK} = 2031$ (톤)의 칼리가 발생함.
- 따라서 1년간 생산되는 가축분뇨가 자원화시설을 거쳐 NW시 농경지에 환원되는 퇴비와 액비 내 질소, 인산, 칼리의 양은 [표 3-10]과 같음.
- 가축분뇨_유래 인산과 칼리가 질소에 비해 상대적으로 많이 발생하는 NW지역의 특성상 고구마, 토마토, 오이 등 인산과 칼리의 양분요구량¹⁰⁾이 많은 작물을 확대 재배하는 것이 양분순환측면에서 좋을 것으로 사료됨.

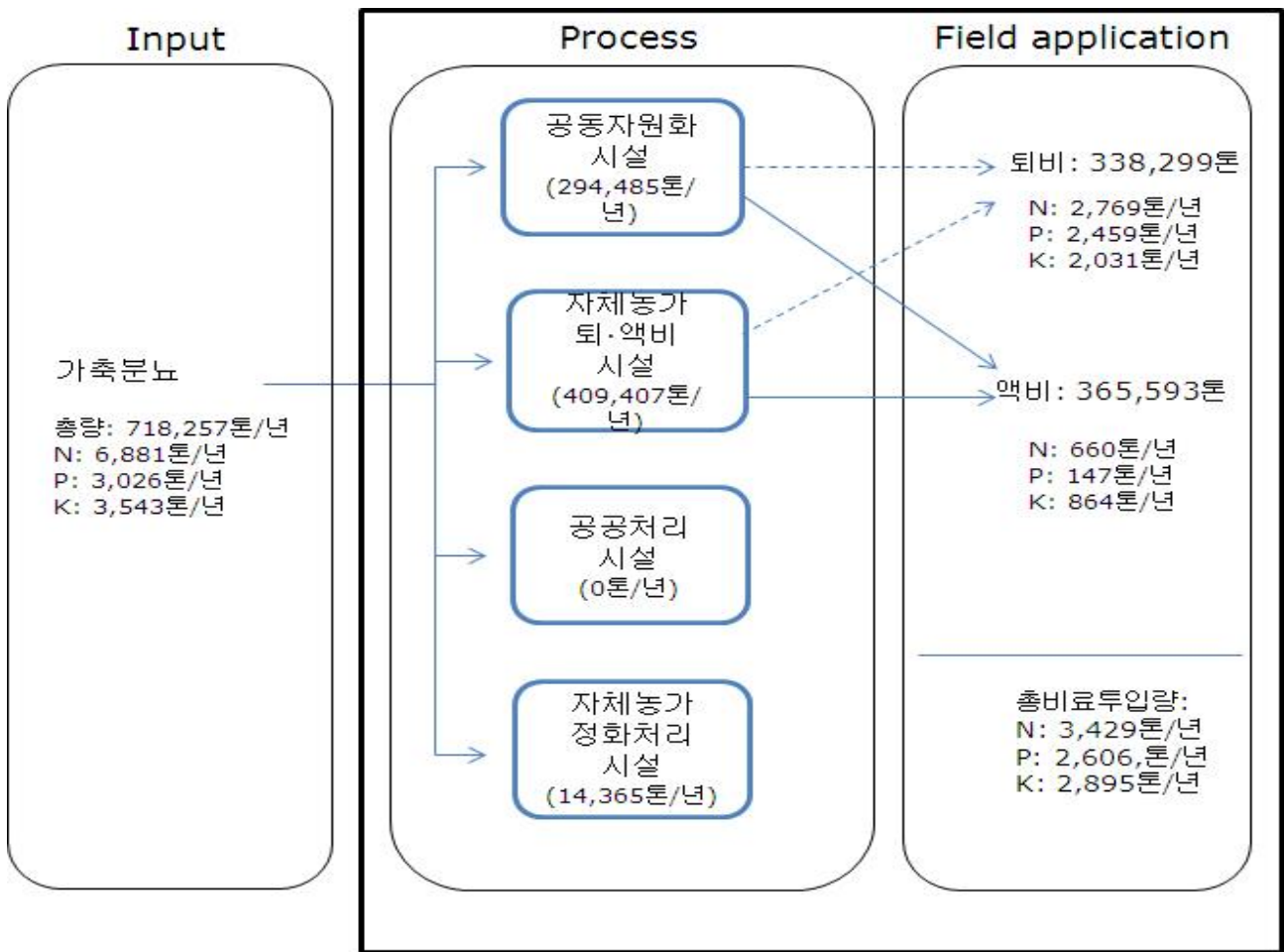
[표 3-10] NW시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량 (단위: 톤/년)

	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
퇴비	2,769	2,459	2,031
액비	660	147	864
가축분뇨 퇴액비 총계	3,429	2,606	2,895

자료: 동물환경생체공학실 내부자료.

- 퇴비에 포함된 질소의 경우 대부분 유기질소로 이루어진 것이 대부분이어서 완효성을 띄게 됨. 퇴비를 토양에 살포할 때 무기화율을 고려해 토양내 잔존량을 계산한 결과는 ‘부록 II’를 참고.

10) 성분별 표준시비량에 관한 자료는 작물별 시비처방 기준 (국립농업과학원, 2010)에서 제시된 자료를 참고함.

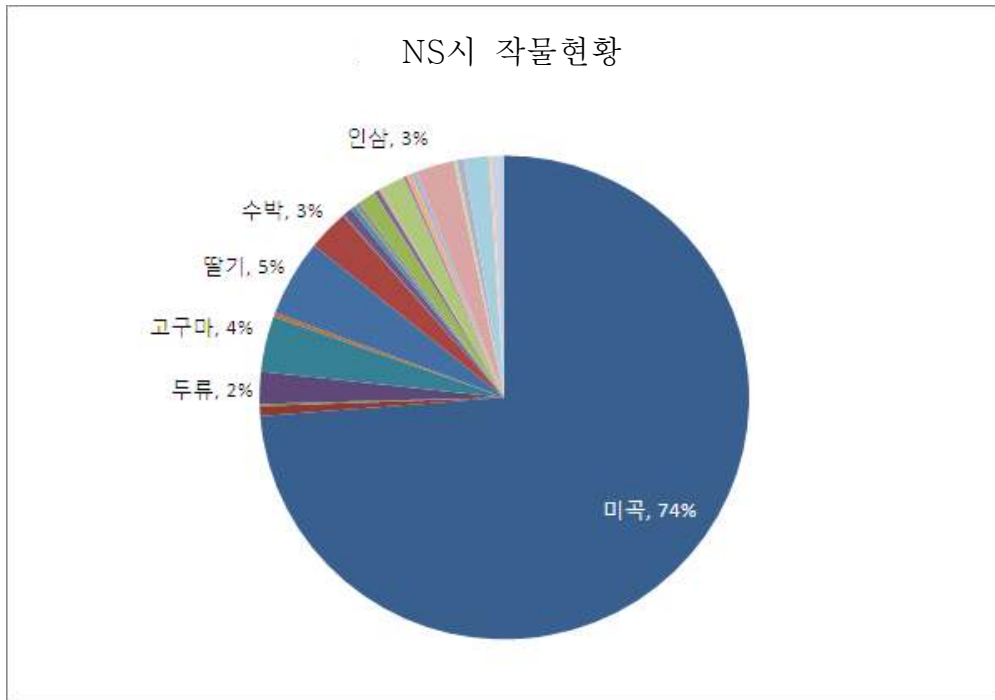


[그림 3-21] NW시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P₂O₅, K₂O 물질 수지도

나) NS시

○ NS시는 동고서저형(동남부의 산악지역, 서부의 해발표고 60m 내외의 저 평야 구릉지)지형으로 크게 나누어 볼 수 있음. NS천을 끼고 발달한 서북평야 지역은 금강에 유입되는 지역으로 곡창지대를 형성하고 있음.

□ [그림 3-22]에서 볼 수 있듯이, 주로 사용되고 있는 NS시 총 농경지면적 (17,586ha) 중 미곡이 무려 74%(12,973ha)로 가장 많은 비율을 차지하고 있고, 쌀이 5%(900ha), 고구마가 4%(654ha), 인삼(3%; 442ha)과 수박 (3%; 482ha) 등의 순으로 각각 차지하고 있음. NS의 경우 가축분뇨_유래 퇴·액비는 농작물의 종류에 상관없이 두루 사용되고 있으므로, 작물 분포현황 자료를 토대로 퇴·액비는 대부분이 논에 살포·활용할 수 있고, 쌀, 수박, 고구마 등 밭작물 및 하우스 작물에 주로 사용되고 있는 것으로 나타남.



[그림 3-22] NS시 작물재배현황

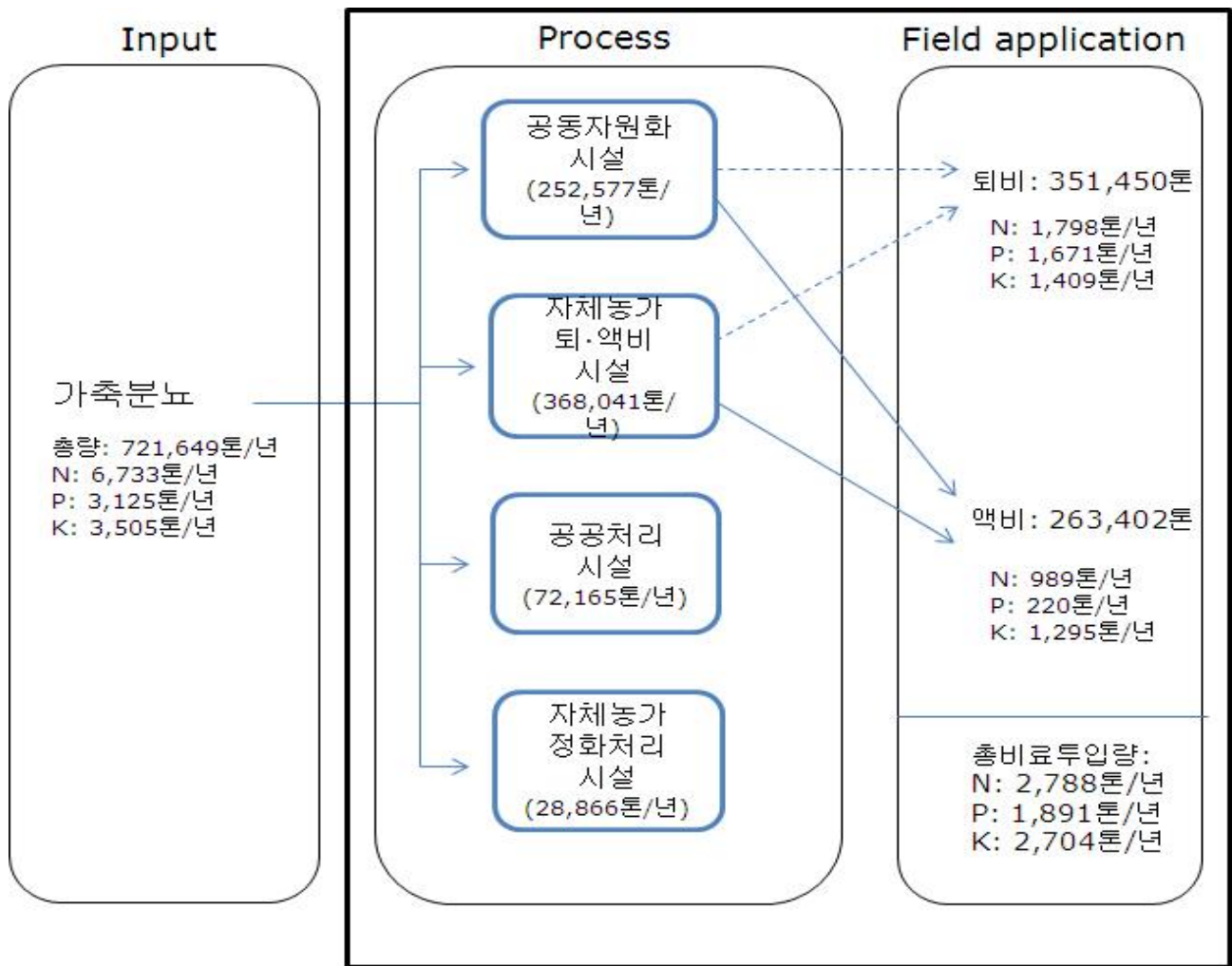
○ [표 3-11]을 보면 NS시의 가축분뇨_유래 퇴·액비가 함유하고 있는 질소, 인산, 칼리의 농경지 환원되는 양을 나타내고 있음. [표 3-6]의 NS시에서의 자원화 처리현황을 살펴보면 공동자원화는 35%를 차지하고, 자체농가 퇴·액비시설은 51%를 차지함. 나머지 가축분뇨는 정화·방류처리되어 하천으로 빠져나가는 것을 고려하여 가축분뇨 퇴·액비의 농경지 환원 비료성분을 식[10]과 식[11]을 사용하여 계산하였음.

□ 가축분뇨_유래 질소와 칼리성분이 인산에 비하여 상대적으로 많이 발생하므로, 토마토, 오이, 호박, 고추, 사과, 감 등의 질소와 칼리 요구량이 많은 작물위주로 확대재배하는 것을 고려해볼 필요가 있음.

[표 3-11] NS시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량 (단위: 톤/년)

퇴액비 형태	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
퇴비	1,798	1,671	1,409
액비	989	220	1,295
가축분뇨 퇴액비 총계	2,788	1,891	2,704

자료: 동물환경생체공학실 내부자료.



[그림 3-23] NS시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P₂O₅, K₂O 물질 수지도

다) YC

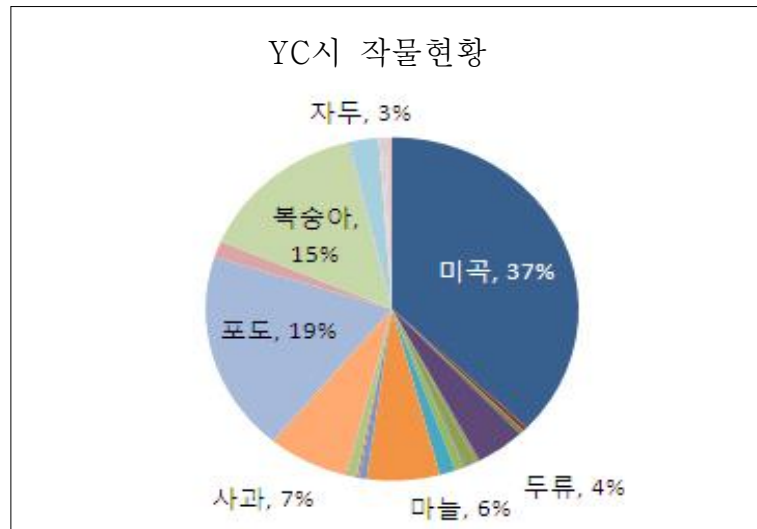
○ 태백산맥으로부터 뻗어 나온 보현산과 서쪽의 팔공산, 동쪽의 운주산이 YC시를 둘러싸고 있음. 남천과 북천이 합류하여 금호강의 상류를 형성하여 금호강 유역 일대가 곡창지대로 이루어져 있음. 구미와 포항사이에 중간지점 역할을 하며 전형적인 도·농복합형 도시임.

○ 주로 사용되고 있는 YC시 총 농경지면적 (11,559ha) 중 주요 작물의 분포도는 [그림 3-24]에 나타나 있음.

□ 미곡이 37% (4,293ha)로 가장 많은 비율을 차지하고 있고, 포도가 19%(2,183ha), 복숭아가 15% (1,701ha), 사과 7%(812ha), 마늘 6%(732ha), 두류 3%(493ha), 자두3%(291ha) 순으로 각각 차지하고 있음. 농작물의 종류에 상관없이 가축분뇨_유래 퇴·액비가 사용된다는 가정 하에서 살펴보면, 퇴·액비 살포 농경지는 논과 과

수지역(총 농경지 면적 대비 약 68%)이 주로 이용될 수 있는 지역적 특성을 보이고 있고, 이는 NW시의 작물 분포와 매우 흡사함.

- YC의 한 액비유통센터에서는 주로 과수농가 위주로 액비를 살포함. 과수는 복숭아, 포도가 주요 작물이며 밭작물인 깻잎에도 살포하고 있음. 깻잎의 경우 액비를 많이 사용하면 좋다는 현장에서의 경험상 생육기간 동안 여러 차례에 걸쳐 뿌리는 것으로 나타남. 11월부터 3월까지 액비살포 성수기이며 4월부터 10월까지 비수기임.
- YC의 한 자체 자원화시설을 갖춘 양돈농가에서는 성수기 동안 액비는 액비유통센터에서 수거해 살포처리하고, 비성수기 동안의 액비나 퇴비는 주로 하우스 작물인 마늘, 양파, 토마토 등의 재배지에 사용됨.



[그림 3-24] YC시 작물재배현황

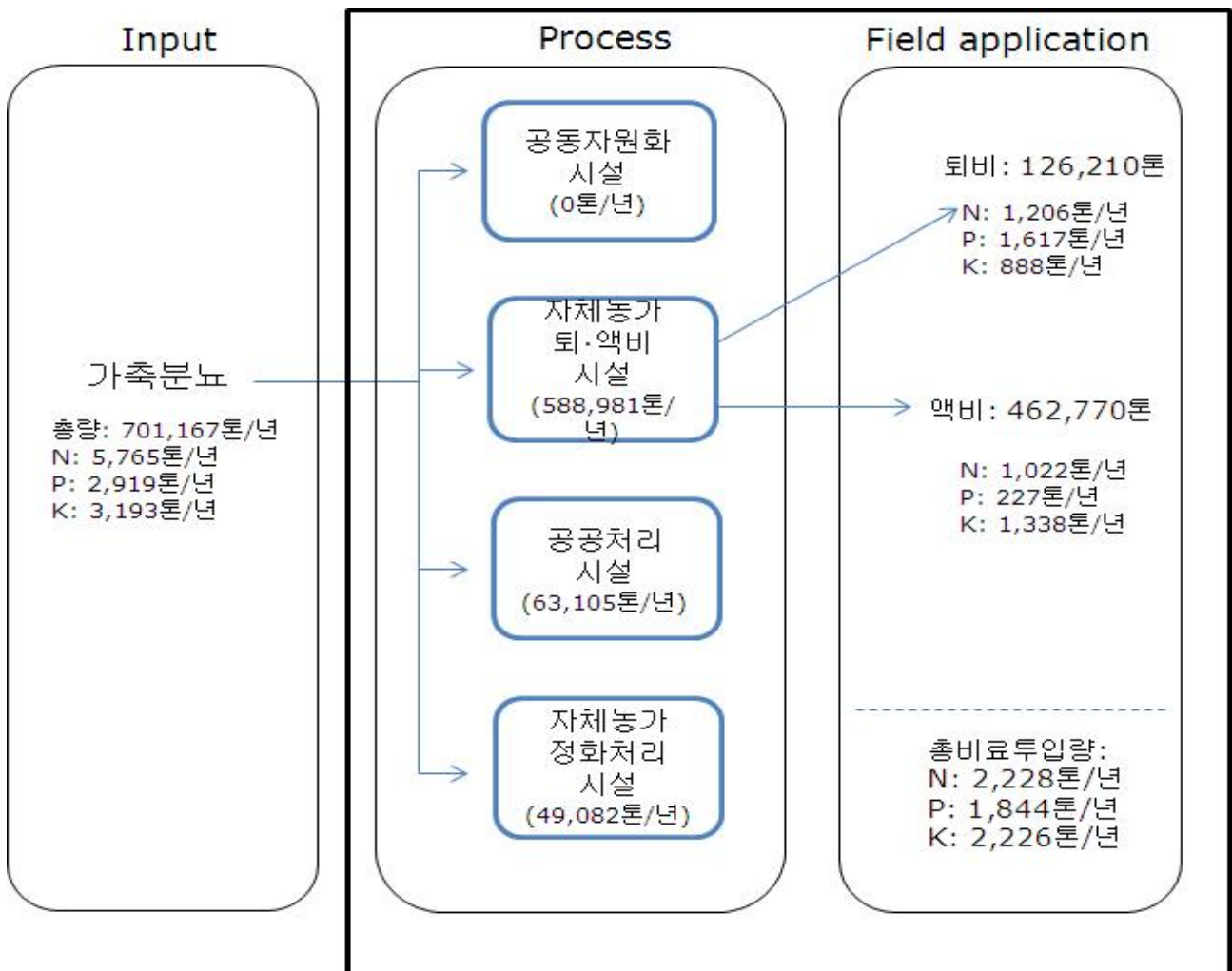
○ 앞서 [표 3-8]의 YC시 가축분뇨처리현황을 참고해보면, 공동자원화시설이 운영되지 않는 자체농가 자원화시설만을 통한 가축분뇨 자원화 처리를 하고 있었으며, 전체 대비 84%를 차지함. 이를 고려하여 1년간 생산되는 가축분뇨가 자원화시설을 거쳐 YC시 농경지에 환원되는 퇴비와 액비 내 질소, 인산, 칼리의 양은 다음과 같음[표 3-12].

- 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리가 전반적으로 고르게 발생하고 있어 토마토, 오이, 호박, 미나리, 마늘 등의 N, P, K 요구량이 많은 작물위주로 확대 재배하는 것을 고려해 볼 필요가 있음.

[표 3-12] YC시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량 (단위: 톤/년)

퇴액비 형태	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
퇴비	1,206	1,617	888
액비	1,022	227	1,338
가축분뇨 퇴액비 총계	2,228	1,844	2,226

자료: 동물환경생체공학실 내부자료.



[그림 3-25] YC시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P₂O₅, K₂O 물질수지도

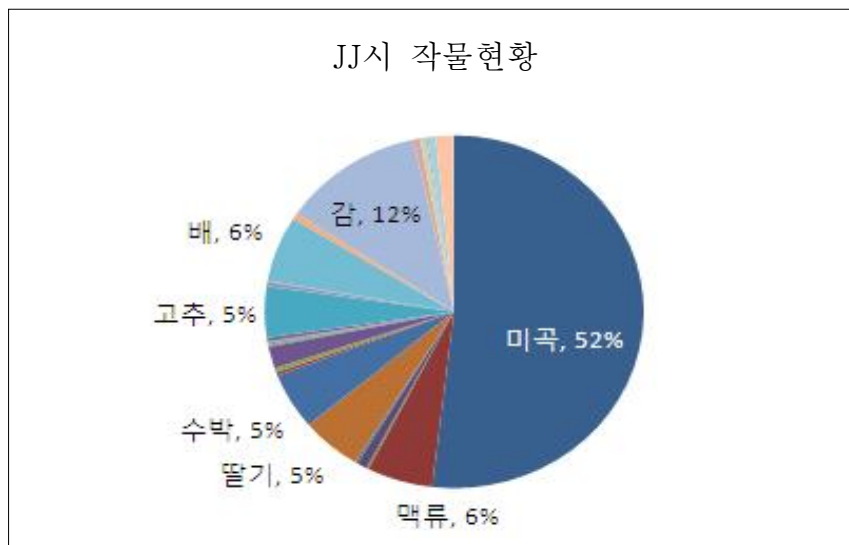
라) JJ시

○ JJ시의 논 토양은 약산성(pH 5.0)에 적당량의 유기물과 치환성 양이온이 함유되어 있음. 2011년도 12월 기준으로 유효인산은 기준치(100mg/kg)보다 약간 더 많은 123mg/kg을 나타냈음. 밭 토양은 약산성(pH 5.8)과 적당량의 유기물, 치환

성양이온을 함유하고 있음. 유효인산의 양은 10년 전 보다 260mg/kg 더 증가하였고 이는 기준치보다 60mg/kg 더 많은 것으로 조사됨.

- JJ시의 주요 과수 수출항목으로는 감과 배를 들 수 있음. 채소는 파프리카, 파리고추, 딸기가 수출이 되고 있으며 신선농산물 수출도 증가하고 있는 추세임.
- JJ시의 액비유통센터에 따르면, 성수기인 10월 하순에서 4월 말까지 수도작 액비살포가 60%정도의 비율로 이루어지고, 나머지 40%는 과수에 20%, 정원수에 20% 비율로 살포되고 있음. 비수기인 4월에서 7월 기간에는 하우스 작물에 주로 액비가 살포되고, 나머지 8월에서 10월 동안의 비수기에는 정원수 중 생육이 더딘 지역을 중심으로 재살포를 하는 것으로 나타남.
- 주로 사용되고 있는 JJ시 총 농경지면적 (11,786ha) 중 주요작물의 분포도는 [그림 3-26]에 나타나 있음.

□ 미곡이 52% (6,112ha)로 가장 많은 비율을 차지하고 있고, 감이 12%(1,426ha), 맥류 6%(663ha), 배 6%(711ha), 고추 5%(549ha), 수박 5%(609ha), 딸기 5%(609ha) 순으로 각각 차지하고 있음. 농작물의 종류에 상관없이 가축분뇨_유래 퇴·액비가 사용된다는 가정 하에서 살펴보면, 퇴·액비 살포 농경지는 논과 과수지역(총 농경지 면적 대비 약 70%)이 해당지역으로 나타났음.

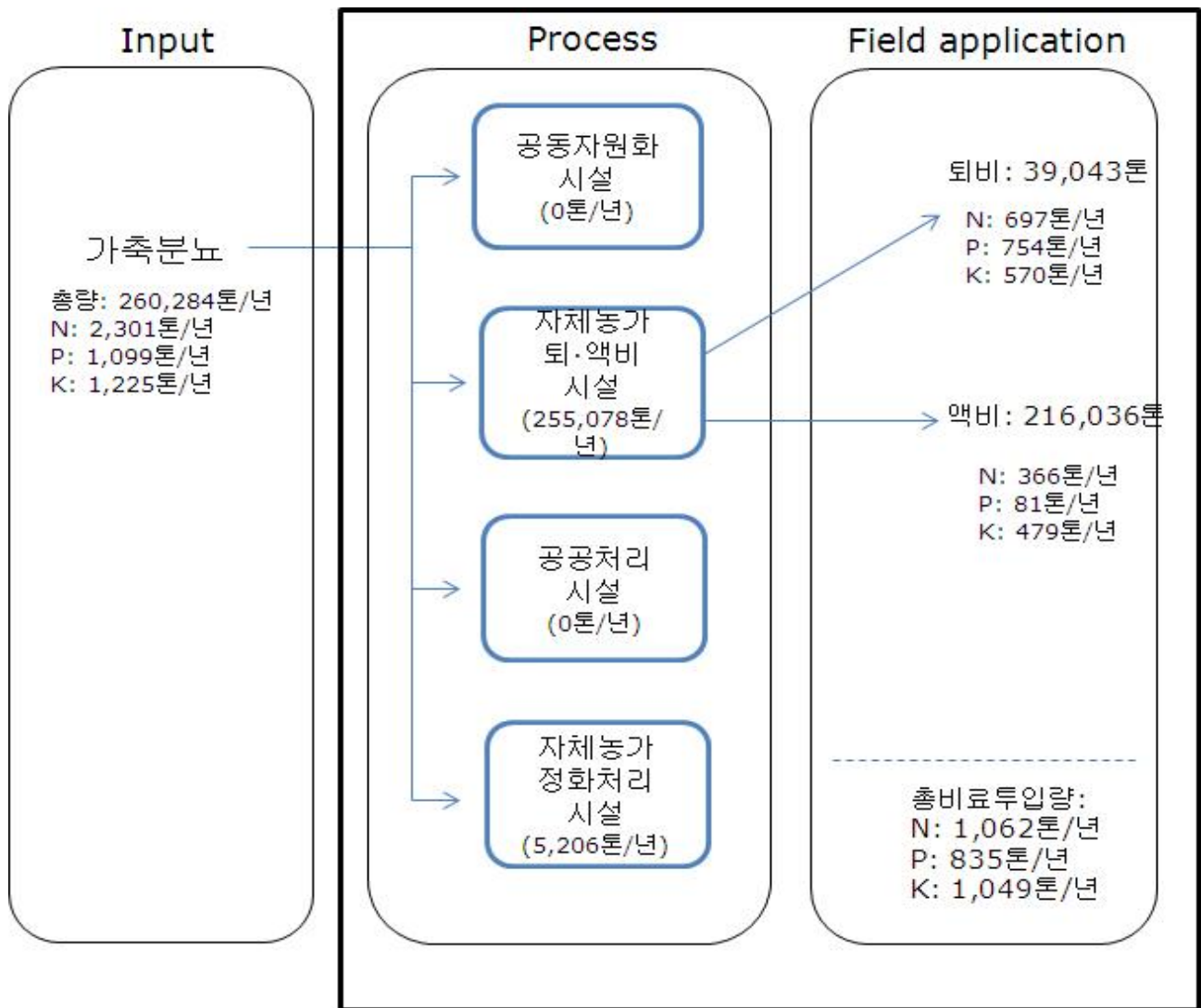


[그림 3-26] JJ시 작물재배현황

- JJ시의 농경지에 환원되는 가축분뇨 내 양분의 양은 [표 3-13]에 나타나 있음. [표 3-9]의 JJ시에서의 자원화 처리현황을 살펴보면 공동자원화는 설립이 되어 있지 않고, 오로지 자체농가 퇴·액비시설을 통해 자원화가 이루어지고 있음. 자

원화율은 전체 대비 98%이며 나머지 2%는 정화·방류처리되어 하천으로 빠져나감. 이를 고려하여, 가축분뇨 퇴·액비의 농경지 환원 비료성분을 식[10]과 식[11]을 사용하여 계산하였음.

- 가축분뇨_유래 질소와 칼리성분이 인산에 비하여 상대적으로 많이 발생하므로, 토마토, 오이, 고추, 가지 등의 질소와 칼리 요구량이 많은 작물위주로 확대재배하는 것을 고려해 볼 필요가 있음.



[그림 3-27] JJ시 가축분뇨_유래 퇴·액비 내 N, P₂O₅, K₂O 수지도

[표 3-13] JJ시 가축분뇨_유래 질소, 인산, 칼리의 화학비료 대체가능 발생량 (단위:톤/년)

퇴액비 형태	질소(N)	인산(P ₂ O ₅)	칼리(K ₂ O)
퇴비	675	754	570
액비	441	81	479
가축분뇨 퇴액비 총계	1,116	835	1,049

○ [표 3-14]은 사례지역별 가축사육두수와 농작물재배면적¹¹⁾을 나타내고 있음. 위 해외사례에서 잠시 언급했듯이 가축단위(LU)개념을 적용해 LU당 농경지면적을 산출하였음.

- YC시는 0.13 ha/LU로서 상대적으로 가장 적은 가축단위당 농경지면적을 가지고 있음. 이는 YC시 지역의 축산규모는 가축의 수가 많고 규모도 크나 경종부분이 상대적으로 적어 자연순환농업이 활성화될 시 액비살포 대상농지의 확보문제가 대두될 가능성이 높음.
- JJ시는 0.34ha/LU로서 다른 지역보다 가장 큰 가축단위당 농경지면적을 가지고 있는 것으로 조사됨. 이는 JJ시의 축산규모가 작은 반면 액비 살포대상농지는 상대적으로 충분한 편으로 중앙 집중형이고 큰 규모의 자연순환농업모델이 적합할 것으로 사료됨
- NS지역과 YC지역이 상대적으로 비슷한 가축규모와 농경지면적을 보이고 있으며 NW시와 JJ지역의 경우가 상대적으로 비슷한 가축규모와 농경지면적을 나타내고 있음.

11) 작목별 토지면적은 각 지역별 통계자료(2011)자료를 이용함.

[표 3-14] 사례지역별 가축사육두수와 농경지현황 비교

구분	NW			NS			YC			JJ		
	사육두수	가축단위 (LU)	작물경지 (ha)	사육두수	가축단위 (LU)	작물경지 (ha)	사육두수	가축단위 (LU)	작물경지 (ha)	사육두수	가축단위 (LU)	작물경지 (ha)
한우	37,309	27,982	미곡 (10,821)	22,029	16522	미곡 (12,973)	43,350	32,513	미곡(4,293)	11,372	8,529	미곡 (6,112)
젖소	2,711	2,711	포도 (6,854)	4,283	4283	딸기 (900)	2,839	2,839	포도(2,183)	2,251	2,251	감 (1,426)
돼지	110,304	18,752	복숭아 (4,305)	188,357	32020	고구마 (654)	199,269	33,876	복숭아 (1,701)	61,107	10,388	배 (711)
닭,오리	6,599,495	65,995	감 (453)	4,610,270	46102	인삼 (442)	1,698,411	16,984	사과 (821)	1,340,014	13,400	수박, 딸기 (1,218)
총계 (LU)	6,749,819	115,439	25,995	4,824,939	98927	17,586	1,943,869	86,211	11,559	1,414,744	34,568	11,786
ha/LU			0.23			0.18			0.13			0.34

자료: 동물환경생체공학실 내부자료(각 시별 2011 통계연보를 참조하여 산출함).

4) 가축분뇨 퇴·액비의 품질수준 비교 분석

가) 사례지역별 액비품질 분석

- 가축분뇨는 오염부하량이 높은 고농도 오염물질이기 때문에 유출시 수질 및 토양오염에 미치는 영향이 큰 반면에, 작물생육에 필요한 영양분과 미량원소를 다량 포함하고 있어 적절하게 처리하면 비료로서의 가치가 매우 높음. 경종-축산이 연계한 경축순환자원화의 필요성이 증대되고 있는 반면, 지난 여름(2012. 7월)에 장마철 불법처리시설 125곳이 적발되는 등 시급한 문제점 또한 노출되고 있음. 이는 점검대상의 13.8%로 2004년 이래 최고 수치로 보고됨(연합뉴스 12. 08. 2012).
- 액비가 과다 투입될 시에는 작물의 병해충 발생 및, 도복(倒伏) 등 생육저하가 우려되기 때문에 액비의 비료성분 분석이 반드시 필요함. 액비의 성분함량은 원료, 부숙 방법, 부숙 기간 등에 따라 다른데, 현재 표준화된 액비화기술이 정립되어 있지 않고 개별 축산농가마다 액비 제조방법이 다르기 때문에 적절한 시비량 결정에 어려움이 있음.
- 대부분의 농가들이 액비를 사용하기 전 액비의 비료성분을 분석하여 재배작물에 맞는 살포량을 결정하기 보다는, 관행대로 액비를 살포하며 결과적으로 토양에 액비를 과다 살포하여 토양오염 및 작물피해를 유발할 수 있는 것으로 나타났음(최동윤 외, 2004)¹²⁾.
- 경축순환자원화가 잘 이루어지기 위해서는 경종농가의 액비에 관한 인식이 좋아져야 하는데, 적절한 액비 살포량 결정이 어려운 상황에서 액비사용으로 인해 농작물에 피해를 입게 되면 경종농가의 액비에 대한 불신이 커질 수 있음.
- 액비 살포시 악취에 의한 민원발생이 60.7%로 가장 많은 것으로 보아(최동윤 외, 2004) 농가들이 액비를 충분히 부숙시킬 수 있는 액비화 관련 기술이 부족하거나 경제적인 이유로 충분히 부숙하지 않은 액비를 살포하는 것으로 사료됨. 충분히 부숙되지 않은 액비는 악취를 유발할 뿐 아니라 영양물질 농도의 과잉과 병원성 균으로 인한 2차 오염의 우려도 낡음. 따라서 액비의 안정성과 악취문제를 해결할 수 있는 표준화된 기술의 개발이 필요함.
- 본 연구에서는 전북 NW시, 충남 NS시, 경북 YC시, 경남 JJ시의 여러 조건의 액비 제조시설을 조사하고, 각 시료의 이화학적, 생물학적 특성을 분석하였음. 액비 제조시설의 운전 조건에 따른 액비의 특성의 비교를 통하여 안정화된 액비 생산기술의 개발을 위한 기초자료를 제공하고 경축순환자원화의 안정화를 위한 발판을 마련하고자 하였음.

12) 최동윤, 곽정훈, 박치호, 정광화, 전병수, 최희철, 강희섭, 양창범, 최홍림. 2004. 경종농가에서의 액비이용 실태조사. 축산시설환경학회지, Vol. 10(3):155-162.

[표 3-15] 지역별 액비의 이화학 특성 및 병원성균 분석

(자료: 동물환경생체공학실 내부자료)

	pH	TS (mg/L)	VS (mg/L)	TSS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	tCOD _{Cr} (mg/L)	sCOD _{Cr} (mg/L)	COD _{Mn} (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₃ (mg/L)	TN (mg/L)	C/N Ratio	TP (mg/L)	E-coli (CFU/1mL)
S1(I) ¹³⁾	9.25	33,096	17,136	18,521	1,135	27,500	5,800	21,400	2	0	1,860	3,100	8.9	1,915	0
S1(E)	8.80	19,928	10,200	13,832	1,427	18,100	4,600	11,300	1.5	190	1,780	2,450	7.4	380	0
S4(I)	7.60	39,599	28,322	28,567	32,800	77,600	36,400	24,500	12	70	3,210	3,800	20.4	2,600	4,750
S4(E)	8.48	16,938	5,745	3,943	158.2	8,550	6,450	7,200	13	50	1,700	3,500	2.4	580	0
S5(I)	7.66	23,049	14,211	14,985	1,740	41,300	14,800	29,050	1	70	2,350	2,400	17.2	1,345	0
S5(E)	8.60	20,437	7,595	8,763	282	12,200	6,550	8,850	3	240	190	1,000	12.2	1,310	0
S6(E)	8.89	24,427	9,479	7,694	145	14,900	7,900	12,900	231	480	30	1,200	12.4	510	0
S8(E)	8.50	18,715	9,034	7,852	93	14,700	4,800	11,300	49	130	120	1,400	10.5	240	0
S9(I)	7.37	23,027	16,042	16,932	7,960	37,900	12,300	35,000	1	45	1,405	2,350	16.1	1,350	11,350
S9(E)	8.75	21,659	11,335	10,987	635	16,600	8,000	16,200	8	40	1,585	2,150	7.7	930	0
S10(I)	6.98	64,859	44,071	50,188	37,740	136,400	57,700	83,100	2	40	4,640	9,800	13.9	4,590	100
S10(E)	9.19	36,975	17,245	17,957	1,310	27,800	12,300	21,700	4	0	1,445	2,600	10.7	1,900	0
S12(I)	8.65	61,334	38,135	35,398	5,970	68,700	23,200	51,900	10	0	2,500	5,550	12.4	4,010	0
S12(E)	8.18	36,052	17,756	10,544	667.5	29,200	21,600	17,300	25	370	1,400	3,700	7.9	1,360	0

13) S1은 NW, S4,S5는 NS, S6,S8은 YC, S9,S10,S12는 JJ 각각에 해당하는 농가를 나타냄. I는 액비처리공정 처리 전의 시료, E는 액비처리공정 처리 후의 시료를 나타냄.

[표 3-16] 지역별 액비의 다량원소, 미량원소 및 중금속 분석

	PO ₄ ³⁻	Ca	Mg	K	Ni	Cu	Zn	Mn	Mo	Fe	B	Cr	Pb	Cd	Hg	As
----- mg/L -----																
S1(E)	344.82	639.7	49.4	3,165.1	0.4	18.5	118.0	8.1	0.4	65.1	3.0	0.1	0.1	nd ¹⁴⁾	nd	nd
S4(E)	154.14	603.7	103.4	2,649.0	0.3	6.3	65.6	10.1	0.6	61.1	3.5	0.1	0.1	nd	nd	nd
S5(E)	343.74	871.6	223.2	3,862.1	0.4	11.8	93.5	15.7	0.6	95.2	3.5	0.1	0.0	nd	nd	nd
S6(E)	410.23	389.9	78.9	4,876.1	0.4	19.0	100.2	5.7	0.5	56.3	6.0	0.1	nd	nd	nd	nd
S8(E)	159.37	485.0	138.1	2,705.4	0.3	17.6	69.1	8.9	0.3	86.4	7.3	0.1	nd	nd	nd	nd
S9(E)	72.96	1,035.2	237.5	2,792.6	0.4	7.5	39.8	17.0	0.3	15.0	2.6	0.1	nd	nd	nd	nd
S10(E)	309.92	2,181.4	294.7	7,651.6	0.8	16.1	81.0	29.8	0.6	120.5	6.0	0.3	0.0	nd	nd	nd
S12(E)	457.58	1,152.0	148.8	5,458.0	0.6	10.1	31.6	18.5	0.3	95.5	4.0	0.2	0.1	nd	nd	nd

(자료: 동물환경생체공학실 내부자료)

14) nd: non-detected; 검출되지 않음

○ 각 지역별 액비의 이화학적 특성, 병원성균, 다량원소, 미량원소, 중금속의 분석 결과는 [표 3-15], [표 3-16]와 같음.

○ 먼저 각 지역별 액비의 총고형물(TS : Total Solid), 휘발성고형물(VS : Volatile Solid), 총부유물질(TSS : Total Suspended Solid) 함량은 [표 3-15]에 나타나 있으며, 고형성분은 유기폐수 또는 가축분뇨에서 부유하거나 용해되어 있는 물질들의 총합을 의미함. 고형성분의 분석은 유기폐수와 오염수에서 중요하며, 오염의 정도를 알아내는 지표임.

- 휘발성고형물은 유기물을 칭량하는 것으로 미생물, 지방, 지질 등을 함유하고 있어 유출 시 하천에서 부영양화의 원인이 됨.
- 총부유물질은 용액에 현탁형태의 작은 고체입자들을 의미하며 오염원으로 작용할 뿐만 아니라 병원체(미생물)의 존재 시에 토양, 혹은 작물의 표면에 붙어서 이동하기 때문에 병원성 물질의 이동에 관여할 수도 있음.
- 돈 분뇨의 총고형물은 약 4%(40,000mg/L) (Suresh et al., 2009)¹⁵⁾ 정도의 평균값을 보이는데, S10(I)와 S12(I)는 고액분리를 거친 후임에도 불구하고 slurry의 TS가 6%가 넘는 것으로 분석됨.
- 고액분리기의 성능, 분뇨저장조의 형태, 세척수의 사용량, 축분의 종류에 따라 TS의 값이 달라질 것으로 사료됨.
- TSS로 표현될 수 있는 난분해성 유기물의 함량이 증가하면 액비처리과정 동안 분해되지 못한 유기물이 저장기간 동안 혹은 액비의 살포 후 서서히 분해되며 악취가 유발될 수 있음(Sneath, 1988)¹⁶⁾.
- 사례별 TS의 차이가 상이해 표준화된 액비 생산을 위해서는 고액분리 기술 확립이 필요하고 최대한 TSS를 제거해서 액비의 처리와 처리 후 저장을 용이하게 하면 액비생산비용을 절감할 수 있을 것으로 기대됨.
- S10(E)시료는 1,7957(mg/L)의 TSS값을 보여, 액비의 저장 시 혹은 살포 후 악취¹⁷⁾가 유발될 가능성이 많을 것으로 사료됨.

○ 생화학적산소요구량(BOD₅ : Biochemical Oxygen Demand), 화학적산소요구량(COD : Chemical Oxygen Demand): 생화학적 산소요구량은 물에 있는 유기생물들에 의해 사용되는 용존산소의 소모율을 측정하는 화학적 절차임.

- 폐수에서, 화학적 산소요구량(COD)은 오수 내 유기화합물의 양을 간접적으로

15) Suresh, A., Choi, H. L., Oh, D. I., Moon, O. K. 2009. Prediction of the nutrients value and biochemical characteristic of swine slurry by measurement of EC-Electrical conductivity. Bioresource technology. 100 : 4683-4689.

16) Sneath, R. W. 1988. Centrifugation for separating piggery slurry 3. Economic effects on aerobic methods of odour control. Journal of agricultural engineering research, 39 : 199-208.

17) 지역별 악취분석결과는 부록I을 참고.

로 측정하기 위해 일반적으로 사용되고 있음. 대부분 COD는 물표면(유수나 강, 하천 등)의 유기오염원의 양을 결정하기 위해서 적용되며 수질의 유용한 측정지표로서 COD가 이용됨. 생화학적산소요구량(BOD₅)과 화학적산소요구량(COD)의 분석결과는 [표 3-15]에 나타나 있음.

- 액비는 화학비료에 비해 유기물 함량이 많아 유용한 유기물원이 되지만 유기물 함량이 너무 많은 경우 강수 등에 의해 유출(runoff)이 발생할 때 주변 하천을 오염시켜 하천의 용존산소를 소모할 수 있음(Burton, 1992)¹⁸⁾.
- 시료마다 총질소의 양과 COD값의 비율에 큰 편차가 있음. 질소를 기준으로 시비량을 결정하게 되면 농경지에 적용된 과도한 유기물의 유출이 발생하여 주변 수계를 오염시킬 수 있음.
- 액비 살포량 결정에 COD 또한 고려되어야 할 요소로 판단되며 질소 손실이 크게 일어나는 호기처리의 특성을 고려할 때, 적절한 COD의 범위에 대한 연구가 있어야 할 것으로 사료됨. 경축순환자원화에 앞서 가축분뇨의 적용을 통해 나타날 수 있는 부작용을 예상해 환경오염의 위험도를 낮추는 것은 매우 중요함.
- tCOD와 sCOD혹은 BOD의 차이는 슬러리 내의 불용성 유기물에 기인함. 이 차이가 크게 되면 액비의 장기 저장 시 불용성 유기물이 서서히 분해되며 악취를 유발하게 됨. 액비 생산 전 고액분리를 통해 고형 유기물을 분리해주는 것이 악취를 고려할 때, 액비생산의 경제성 확보에 유리함(Sneath, 1988)¹⁹⁾.

○ 총질소(T-N : Total Nitrogen), 암모니아성질소(NH₃-N : Ammonia), 질산성질소(NO₃-N : Nitrate), 아질산성질소(NO₂-N : Nitrite): 산성질소(NO₂-N)는 [표 3-15]와 같음.

- 질소는 생물의 생육에 필수적인 영양소이면서 암모니아와 아산화질소 등의 대기 오염원이 되며, 질산염의 용출(leaching)로 지하수의 오염원이 되기도 함. 따라서 액비의 질소 관리는 작물의 생육 뿐 아니라 환경오염 측면에서도 신중하게 다루어져야 함.
- 폭기가 이루어지면 pH가 상승하고 교반작용으로 인해 암모니아의 휘산량이 증가함. 폭기가 이루어지고 충분한 수의 질산화균이 증식하기 위해서는 3일이 걸리기 때문에(Evans et al.,1986)²⁰⁾ 질산화가 이루어지기 위해서는

18) Burton, C. H. 1992. A review of the strategies in the aerobic treatment of pig slurry : Purpose, theory and method. Journal of agricultural engineering research, 53 : 249-272.

19) Sneath, R. W. 1988. Centrifugation for separating piggery slurry 3. Economic effects on aerobic methods of odour control. Journal of agricultural engineering research, 39 : 199-208.

20) Evans, M. R., Smith, M. P. W., Deans, E. A., Svoboda, I. F., Thacker, F. E. 1986. Nitrogen

지속적인 폭기가 요구됨. 폭기가 지속적으로 이루어지지 않으면 암모니아의 회산으로 인한 질소의 손실이 클 수 있음.

- 폭기량이 낮으면(Dissolved Oxygen 1~15% of saturation)질산화와 탈질이 동시에 일어나게 되어 질소의 손실이 커질 수 있음. 안정적인 액비의 생산을 위해서는 질산염이 생성되고 보존될 수 있는 폭기량의 설정이 중요할 것으로 사료됨. 지속적이지 않은 폭기는 질산화균의 증식을 방해하기 때문에, 암모니아 회산으로 인한 질소의 손실이 크게 나타남.
- 각 지역의 시설마다 질소의 존재형태가 상이한 것을 확인할 수 있음. S6같은 경우 매우 큰 규모의 액비유통센터로 따로 미생물을 배양하여 투입하였고, 주기적인 폭기로 인하여 암모니아성질소는 거의 없고, 질산성질소, 아질산성질소로 순환된 것을 확인 할수 있음. 그러나 나머지 대부분의 농가가 액비처리를 개별적으로 하고 있었는데, 현장조사 당시 폭기를 주기적으로 하면 운영비용이 너무 많이 들기 때문에 제대로 하지 않는 것으로 확인됐음.
- S1의 경우 고온발효를 통하여 액비를 처리하였는데, 고온으로 인하여 질산화균(*Nitrosomonas*, *Nitrobacter* 등)이 번식하지 못하여 질산화가 일어나지 않았을 것으로 사료됨.

○ 총인(TP : Total Phosphorus), 유효인산(PO_4^{3-} : Available Phosphate): 각 지역별 액비의 총인과 유효인산은 [표 3-15]에 나타나 있음.

- 가축분뇨 같은 유기성 폐기물은 인화합물을 많이 함유하고 있음. 인은 미생물의 성장에 이용되는 영양분으로서 인의 함량이 많은 유기성 폐기물이 하천수에 유출될 경우 조류증식의 원인이 되고 음용수의 냄새 및 맛에 문제를 유발하기 때문에 방류에 있어서 필수 제거 항목임. 또한, 유효인산은 수생식물이 직접 영양분을 이용하여 부영양화를 빠르게 진행시킴. 하지만 액비에서의 인은 작물의 필요 영양요소 중 하나로 매우 중요함.
- 총인은 처리효율적인 면까지 논의하기 위하여 분석하였지만 유효인산은 작물이 액비 내에서 실질적으로 사용할 수 있는 인을 의미하기 때문에 Effluent만 분석하였음.

○ 생물학적 변수: 각 지역별 액비의 *E-coli* 함량은 [표 3-15]와 같음. 농촌진흥청에서는 병원성미생물의 기준치를 불검출로 지정(가축분뇨발효액 유해성분기준, 농촌진흥청고시 제 2012-34호)²¹⁾하고 있음.

- 각 지역별 액비의 *E-coli*의 함량은 [표 3-17]에서와 같이 불검출되어 문제가 없는 것으로 확인됨.

and aerobic treatment of slurry. Agricultural wastes, 15 : 205-213.

21) 농촌진흥청고시 2012-34호. 『비료 공정규격설정 및 지정』.

[표 3-17] 각 지역별 액비의 *E-coli* 함량 기준치 비교

	E-coli (CFU/1mL)	기준치
s1(E)	0	불검출 (농촌진흥청 고시 제2012-34호)
s4(E)	0	
s5(E)	0	
s6(E)	0	
s8(E)	0	
s9(E)	0	
s10(E)	0	
s12(E)	0	

자료: 동물환경생체공학실 내부자료

- 각 지역별 액비의 *Salmonella*의 농도는 [표 3-15]와 같음. *Salmonella*도 *E-coli*와 같이 불검출로 지정하고 있으며, 각 지역별 액비의 *Salmonella* 기준치 비교는 [표 3-18]에서와 같음.
- s8(E)와 s9(E)는 각각 3.6, 7.3(MPN/1mL)으로 검출되었으며, 이는 액비로써 사용하게 되면 사람이나 동물에 티푸스성 질환을 일으키고, 식중독의 원인이 되고, 2차적인 감염의 원인이 될 수 있기 때문에 액비로써의 사용을 중단하고 원인을 찾아내어 제대로 된 공정이 이루어져야 할 필요가 있음.

[표 3-18] 각 지역별 액비의 *Salmonella* 함량 기준치 비교

	<i>Salmonella</i> (MPN/1mL)	기준치
s1(E)	0	불검출 (농촌진흥청 고시 제2012-34호)
s4(E)	0	
s5(E)	0	
s6(E)	0	
s8(E)	3.6	
s9(E)	7.3	
s10(E)	0	
s12(E)	0	

자료: 동물환경생체공학실 내부자료

- 다량원소 분석: 각 지역별 액비의 Ca, Mg, K은 [표 3-16]과 같음.
 - 다량원소에 대해서 정확한 기준치는 없으나 축분발효액 공정규격 설정 및 지정(농촌진흥청 고시)에 따르면 칼리전량이 0.3%(3000mg/L) 이상 되어야 한다고 함. 각 지역의 K₂O가 기준치 이상의 값을 가짐.
- 미량원소 및 중금속 분석: 각 지역별 액비의 미량원소와 중금속은 [표 3-28]과 같음.

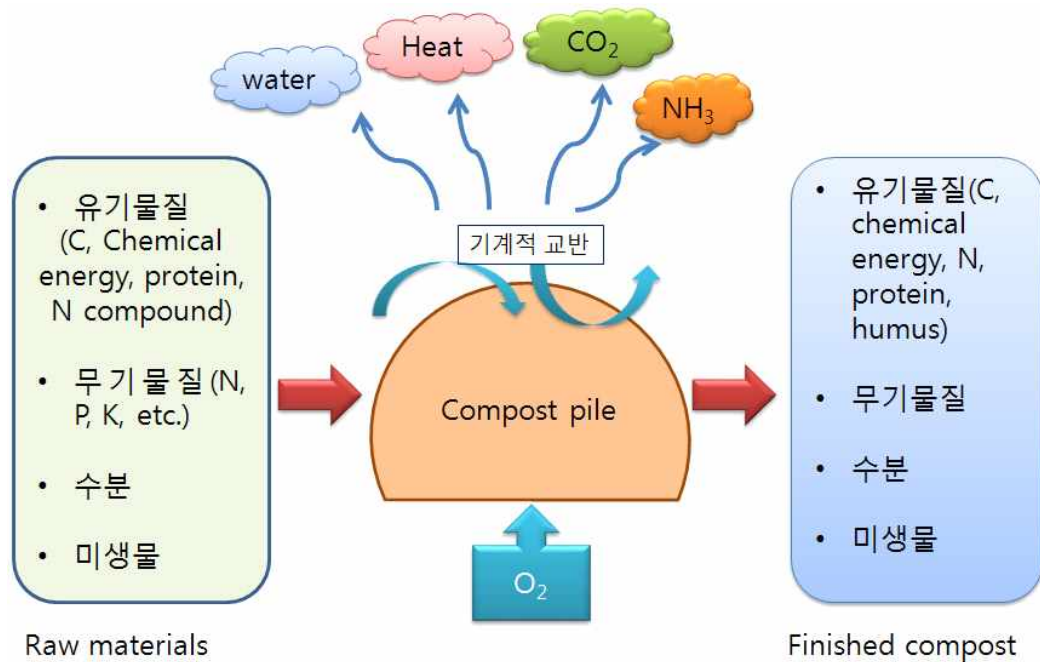
[표 3-19] 각 지역별 액비의 유해성분 비교

	Ni	Cu	Zn	Cr	Pb	Cd	Hg	As
s1(E)	0.4	18.5	118	0.1	0.1	nd*	nd	nd
s4(E)	0.3	6.3	65.6	0.1	0.1	nd	nd	nd
s5(E)	0.4	11.8	93.5	0.1	0	nd	nd	nd
s6(E)	0.4	19	100.2	0.1	nd	nd	nd	nd
s8(E)	0.3	17.6	69.1	0.1	nd	nd	nd	nd
s9(E)	0.4	7.5	39.8	0.1	nd	nd	nd	nd
s10(E)	0.8	16.1	81	0.3	0	nd	nd	nd
s12(E)	0.6	10.1	31.6	0.2	0.1	nd	nd	nd
기준치	5	50	130	30	15	0.5	0.2	5

*nd: non detected; 검출되지 않음. (자료: 동물환경생체공학실 내부자료)

나) 사례지역별 퇴비 품질 분석

- 가축분은 퇴비화 공정을 통하여 냄새가 나지 않고 더 이상 분해되지 않는 상태인 humus 로 성질변화를 가지게 됨. 가축분 원료에 포함되어 있는 유기질, 무기질, 수분, 미생물 등은 퇴비화공정을 거치면서 수분, 열, 이산화탄소, 암모니아 가스 등이 발생하여 손실되고 휴머스 상태의 유기물질, 무기물질, 적당한 수분, 유해하지 않은 미생물 등을 포함한 퇴비가 만들어 짐([그림 3-28]).



[그림 3-28] 가축분 호기성 퇴비화 공정 모식도

- 현재 농진청 고시 2012-34호의 비료 공정규격설정 및 지정에 의하면 가축

분 퇴비는 유기물이 55% 이상 포함되어야 하고 미량원소 및 중금속의 최대량(%)은 지정되어 있음. 그 밖에 C/N ratio 가 40 이하, 염분이 1.8% 이하, 수분 55% 이하, 생물학적 부숙도 판정 등을 통해 가축분 퇴비의 품질을 설정하고 있음.

□ 가축분뇨자원화 시설에서 생산된 퇴비에 관해 경종농가의 신뢰를 확보하는 것이 무엇보다도 급선무임. 이는 미부숙 가축분퇴비가 작물의 생산성에 나쁜 영향을 주었던 경험, 가축분 퇴비의 생산공정을 알지 못함으로 인하여 가축분 퇴비 내 물질에 대한 의구심 등 잘못된 인식과 짧은 경험에서 비롯된 것이라 사료됨. 따라서 본 연구에서는 가축분 퇴비의 물리·화학·생물학적 특성을 고려하여 퇴비품질의 관한 과학적 근거를 제시함으로써 자연순환농업모델을 위한 기초자료 확보를 목표로 함.

○ pH: 퇴비화는 여러 유기물질이 섞인 혼합물의 화학적, 생물학적 반응에 기반을 두고 있어 pH와 관련이 높음. 퇴비 내 pH에 따라 다양한 미생물의 활동범위가 제한을 받음. 일반적으로 퇴비의 적정 pH는 6.5~8.0이지만 자연적인 완충작용으로 인하여 범위의 제한이 완화될 수 있음. 따라서 퇴비화는 pH 범위 5.5~9에서 효과적이나 중성에 가까울수록 안정적인 퇴비화 공정이 이루어질 수 있음.

□ 질소성분이 많은 물질에 있어서 pH는 중요한 역할을 함. 가축분 퇴비는 가스 상태의 NH_3 질소와 이온형태로 녹아있는 NH_4^+ 형태의 질소를 포함하고 있음. 암모늄태 질소(NH_4)와 암모니아(NH_3)가스의 비율이 같아지는 pH 값은 9.2로서 보통 pH 7보다 낮은 산성조건에서는 암모늄태 질소가 주를 이루게 되고, 8.5 이상의 pH조건에서는 질소화합물이 암모니아(NH_3)로 전환되어 암모니아 가스로 휘산 됨. 여기서 생겨난 암모니아는 알칼리성을 증가시키게 되어 더 많은 암모니아 가스를 발생 시킬 수 있는 환경을 제공하게 됨. 따라서 퇴비공정의 pH 모니터링과 관리는 퇴비의 중요한 품질 중에 하나인 질소가 암모니아로 휘산되어 소실하지 않고 유지하는 것은 비료학적인 관점에서 볼 때 중요함.

□ 일반적으로 후숙이 완료된 humus상태 퇴비의 pH는 중성을 띰. 모든 시료들이 pH 6.5~8.0의 범위를 크게 벗어나지 않음. S11(JJ시)의 pH는 8.92로 제일 높은 수치를 보이는데 사례지역의 퇴비사 특성에 따른 것으로 사료됨. S11는 우분을 원료로 하여 퇴비사에서 단순 야적을 통한 통풍식 발효를 하고 있는 것으로 깔개로 쓰인 왕겨와 우분의 혼합물을 일정 기간 후 스크레이핑(scraping)하여 퇴비사로 옮겨놓는 체계임. 하지만 단계별 또는 체계적인 관리를 통하지 않아 후숙단계의 우분이 아닌 비닐에 덮여 야적된 시료를 채취해 온 것으로 사료되어 pH 값이 높은 것으로 보아짐. 완전히 부숙이 되지 않은 퇴비는 퇴비화과정에서 유기물 분해 및 성상의 변화로 유기

산 생성으로 인한 일시적 pH의 감소가 나타나고 퇴비화 공정 후기에는 질소 화합물에서 암모니아가 생성되어 pH가 높아지는 경향을 보임. 부숙이 완료된 퇴비는 초기 pH에 상관없이 중성에 가까운 pH를 나타냄.

- 따라서 상대적으로 높은 pH값을 가지고 있는 지역 S4(NS시)와 S11(JJ시)의 경우 높은 pH에서 비롯된 가스 상태의 NH_3 발생 증가를 고려해야 할 것임. 후숙단계 이후에도 pH가 높게 측정이 될 경우 퇴비의 성분을 달리하여 혼합을 시키는 등의 방법을 통하여 적절한 pH로 조정하는 것이 암모니아의 유실을 감소시키는데 중요하다고 볼 수 있음.

○ EC(Electrical Conductivity)는 일반적으로 토양의 염류와 관계가 있음. 수용성 유기성분, 즉 양이온과 음이온의 양에 따라 EC 값이 결정됨. EC는 퇴비의 유기물이 토양이 수용할 수 있는 적합한 형태로 분해되었는지 알 수 있는 유용한 지표임(De Neve et al., 2000)²²⁾.

- 일반적으로 가축분 비료의 유기물은 작물 이용가능한 형태로 분해됨. 나머지는 토양의 여러 성분과 결합되어 토양 속에 집적되거나 유실됨. 질소는 30~40%, 인산은 10~20%, 칼리는 40~50% 정도가 작물에 흡수됨. 염류 집적의 가장 큰 피해는 뿌리발육의 부진임. 일정 수치를 넘는 EC는 과다 영양으로 작물의 정상적인 생리기작에 위해(危害)를 끼침.
- NO_3^- 와 EC의 상관성은 다른 세 항목보다 높아 염류의 집적도에 미치는 영향이 큰 항목으로 사료됨. NH_4^+ 는 NO_3^- 다음으로 유의성이 높음. 본 연구에서는 EC와 상관성이 높은 NH_4^+ 와 NO_3^- 두 항목을 살펴보기로 함.
- S2(NW), S3(NW), S9(JJ), S10(JJ)의 네 지역을 제외하고는 기준 비료 염류농도를 초과함. 먼저 S7(YC)지역의 EC(Electrical Conductivity) 값은 36.80ds/m로 다른 곳보다 월등히 높은 수치를 가지며 기준의 약 3.5배를 초과함. 이에 상응하는 NO_3^- 수치가 2,442.7mg/kg으로 질산태 질소의 증가는 EC의 증가로 이어짐을 관찰함. EC값이 19.30ds/m인 S4(NS)의 NH_4^+ 는 1,885mg/kg으로 높은 것을 확인할 수 있음. EC값이 17.85ds/m인 S8(YC)의 경우, NH_4^+ 가 2754mg/kg, NO_3^- 가 425.5mg/kg으로 상대적으로 높은 수치를 보여 암모늄태 질소와 질산태 질소의 증가는 EC를 증가시키는 데 주요 원인이 되는 것을 알 수 있음.
- 질소의 과다 시비는 작물의 암모늄태 질소와 질산태 질소의 토양 내 증가로 인한 과다 흡수를 일으켜 식물의 병해충에 대한 저항성을 감소시키고, 작물에 축적된 질소성분은 2차 소비자인 동물과 사람에게로 흡수되어 유해

22) De Neve S, Van de Steene J, Hartmann R, Hofman G. 2000. Using time domain reflectometry for monitoring mineralization of nitrogen from soil organic matter. European Journal of Soil Science 51: 295-304.

한 영향을 미칠 수 있음.

- 전반적으로 사례지역의 EC는 높은 편으로 퇴비의 사용 시 주의가 요구되며 특히 EC가 높은 지역인 S3의 퇴비가 농지로의 환원 시 질소성분의 토양 내 염류집적으로 인한 피해를 유의하여 할 것으로 보임.
- **유기물질(Organic matter):** 퇴비화는 유기폐자원이 지니고 있는 유기물을 토양이 수용할 수 있는 적합한 유기 형태로 분해하는 과정임.
 - 경중에 적용하는데 있어서 가장 중요한 점은 퇴비의 안정성과 부숙화(humus)임. 안정성과 부숙 정도가 떨어지는 퇴비는 발아를 저해하고 유기물에 의해 미생물에 의한 생분해저해로 작물의 생육저해를 가져옴. 퇴비화 과정에서 감소되는 용해성 유기탄소 또는 수용성 유기탄소(WEOC)는 퇴비의 안정화를 가늠할 수 있는 지표임(Bernal et al., 1998; Chefetz et al., 1998; Iannottiet al., 1994; Zmora-Nahum et al., 2005)²³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾. 미생물의 유기물분해 과정은 수용성과정에서 일어남. 이러한 이유로 용해성 유기물인 올리고당, 다당류, 단백질, peptide, 아민-당 중합체 등이 퇴비화의 Energy로 이용되는 것으로 볼 수 있음(Said-Pullicino et al., 2007)²⁷⁾. 리그닌 등의 난분해성 물질은 퇴비의 공극율을 높여주고 함수율 조절에 도움을 줄 수는 있지만 유기물함량에 큰 영향을 주지 못함.
 - 부숙이 완료된 양질이 퇴비는 건물 60%이상의 유기물 함량을 가지고 있음. 건물(建物)기준 55%이하의 가축분 퇴비는 비료공정규격에 벗어남. S2(NW시), S3.1(NW시), S3.2(NW시), S8(YC시), S11(JJ시)은 기준 규격에 적합함. S6(YC시), S7(YC시)는 규격에 미달되는 유기물 함량을 가지고 있음.
- **수분함량:** 수분은 미생물의 대사과정 유지에 필수적임. 수분 함량이 15% 미만일 경우에 생물학적 활성이 완전히 멈추게 됨.
 - 퇴비화 물질은 보통 40~65%의 수분함량을 유지하는 것이 일반적이고,

23) Bernal M. P., C. Parcedes, M.A. Sanchez-Monedero, J. Cegarra. 1998. Maturity and stability parameters of compostes prepared with a wide range of organic wastes. *Bioresource Technology*. 63: 91-99.

24) Chefetz, B., Hadar, Y., and Chen, Y. 1998. Dissolved organic carbon fractions formed during composting of municipal solid waste: properties and significance. *Acta hydrochim. Hydrobiol.* 26: 172-179.

25) Iannotti, D.A., E.M. Grebus, B.L. Toth, L.V. Madden, and H.A.J. Hoitink. 1994. Oxygen respirometry to assess stability and maturity of composted municipal solids waste. *J. Environ. Qual.* 23:L 1177-1183.

26) Zmora-Nahum, S., O. Markovitch, J. Tarchitzky, and Y. Chen. 2005. Dissolved organic carbon(DOC) as a parameter of compost maturity. *Soil Biol. Biochem.* 37:2109-2116.

27) Said-Pullicino, D., F.G. Erriquens and G. Gigliotti. 2007. Changes in the chemical characteristics of water-extractable organic matter during composting and their influence on compost stability and maturity. *Bioresource Technology* 98:1822-1831.

40%이하 일 때는 미생물 활동의 저감으로 인해 퇴비화에 문제를 일으키게 됨. 수분함량이 65%이상일 경우 수분은 퇴비화 물질의 공극 내 공간부피의 대부분을 차지하여 혐기적 상태가 됨.

- 대부분 퇴비혼합물에 있어서 습한 상태의 물질은 수분조절제 혼합하여 수분함량이 50~60%가 되도록 수분조절을 해야 함. 이후 퇴비화가 진행되는 동안 수분 함량은 감소하게 되고, 최종적으로 40~45%의 수분함량이 대부분 퇴비화 공정에서 권장되고 있는 기준으로 알려져 있음. 비료공정규격 설정 및 지정(농진청고시 2012-34호)에 의하면 가축분 퇴비의 수분함량 기준을 55%이하로 규정하고 있음.
- 공정비료법의 기준치를 초과하는 곳으로 63% S6(YC시)가 있고 58%의 S7(YC시), 56%의 S9(JJ시), 63%의 S10(JJ시), 72%의 S11(JJ시) 총 5곳을 들 수 있음. 64%의 S6(YC시)는 돈분을 고액 분리하여 야적한 곳임. 퇴비의 위생상태가 좋지 않고 사육 규모에 비해 조악한 면적의 퇴비장을 가지고 있었음. 58%의 S7(YC시)은 우분을 야적하여 쌓아 놓아 일정 시간 야적 후 유기물 원료로서 퇴비공장으로 보내는 체계임을 감안하면 아직 후숙이 완료되지 않은 상태여서 수분함량이 비료공정법의 기준을 초과하는 것으로 사료됨. S9(JJ시) 지역 역시 퇴비를 야적된 형태로 관리되어 총 3단계로 퇴비화를 하는 곳으로 기준보다 1%정도 차이가 나지만 공정이나 처리과정의 큰 문제점은 없었음. 63%의 S10(JJ시)는 고액분리 후 야적되는 형태로 공극과 호기성을 좋게 하는 처리는 하지 않았음. 퇴비화 되기 어려운 65%를 초과한 72%의 S11(JJ시)는 최종 산물이 아닌 비닐로 포장되어 단순 야적을 통한 부숙 과정이 원인으로 보임.

○ C/N 비율은 퇴비화 공정에서 미생물에게 이용 가능한 영양분이(질소와 탄소) 얼마나 함유되어 있는지를 가늠하는 지표가 됨.

- 일반적으로 탄소는 미생물에 있어서 에너지원으로 쓰이고, 질소는 미생물의 세포질에서 단백질 합성의 중요한 역할을 함.
- 퇴비화 공정에서 알맞은 탄질비는 보통 26~35로 알려져 있음. 탄질비가 큰 유기물질 또는 가축분뇨는 유기물질의 분해가 더디게 이루어져 미생물이 이용가능한 질소가 생성되기 힘들게 되고, 미생물 활동이 적어져 부숙이 이루어질 수 없음. 이렇게 미부숙된 퇴비가 토양에 사용되었을 경우 여러 가지 문제를 일으킬 수 있음. 먼저 미부숙된 퇴비로 인한 유기물질 즉 탄소가 공급이 됨에 따라 토양 내 미생물의 활동이 활발해져 토양 내 잔존하던 질소성분까지도 오히려 가져와 사용할 수 있게 됨. 두 번째로 미부숙된 퇴비는 발효과정 중 고온에서 충분한 시간이 유지되지 않은 상태를 의미하므로 병원성 미생물, 특히 *E.coli* 나 *Salmonella* 의 유해성에 노출되게 됨. 반

대로 탄질비가 너무 작으면 질소는 암모니아 가스로 휘산되어 소실됨과 동시에 악취를 발생시켜 민원의 대상이 되기도 함.

□ 탄소는 미생물의 에너지 생산에 이용되고 질소는 미생물체를 이루는 단백질과 미생물의 생식에 주로 이용됨. 일반적으로 25~30정도의 탄질비는 미생물이 활발한 활동을 하여 퇴비화가 원활히 일어날 수 있는 최적의 조건임. 질소가 적게 함유된 퇴비는 비료로서의 가치가 떨어지는 것을 의미하므로 퇴비화 과정 중 질소의 손실율을 줄이기 위해서는 미생물의 활동을 적절히 조절하는 것이 필요 함.

□ 높은 탄질비는 암모니아 손실을 줄일 수 있음. 탄질비가 높을수록 유기물질이 미생물에 의해 분해되는 속도가 늦어져 암모니아의 발생이 줄어드는 것을 의미함. 반대로 탄질비가 낮을 경우에는 상대적으로 많은 질소로 인해 암모니아 방출 역시 많아지게 되어 악취가 발생함. 일반적으로 퇴비화가 진행되는 동안 탄질비는 낮아져 안정한 상태에 이르게 되는데 이는 미생물로부터 사용된 탄소가 이산화탄소 형태로 방출되기 때문임. 대개 퇴비화 과정에서 잃게 되는 전체 탄소량은 질소의 소실량을 초과하게 됨. 하지만 탄질비가 15 이하로 낮을 경우 질소의 소실은 전체 탄질비에 영향을 미치지 않게 됨. 따라서 안정화된 퇴비의 탄질비는 15정도로 알려져 있음.

□ 지역별 퇴비의 C/N 비를 보면 대체적으로 안정적인 탄질비(약 12)를 가지고 있음. S10(JJ)의 경우 15을 초과하는 17로서 완전히 안정화된 퇴비가 되기 위해서는 후숙이 좀 더 필요할 것으로 보임. S10(JJ)지역의 퇴비사 상태를 고려해 볼 때 야적된 형태의 자연통기성 발효방법은 퇴비화가 일어나기에 충분한 산소공급이나 공극부족 등의 문제가 있는 것으로 사료됨. 반면 S7(YC) 역시 야적으로 방치된 형태의 퇴비사이었음에도 불구하고 15에 가까운 탄질비를 보임. 이는 S10(JJ)보다 통기성이 좋은 퇴비사의 환경적 요인이 크게 작용한 것으로 사료됨.

□ S3(NW)지역의 경우 모든 퇴비화 공정단계에서 안정화된 탄질비를 가지고 있으나 공정이 진행될수록 탄질비가 10~11에서 13으로 높아지는 경향을 볼 수 있음. S6(YC)은 1차 고액분리된 돈분과 2차 원심분리된 돈분의 혼합처리 공정으로 인한 탄질비가 매우 낮게 나타남. S7(YC)은 야적 방치된 상황으로 탄질비의 변화가 거의 보이지 않음. S9(JJ)은 원활한 퇴비화가 이루어질 수 있는 수준인 19정도의 탄질비로 시작하여 야적을 통한 후숙을 거친 뒤 적정 수준인 12정도의 탄질비를 보이고 있어 안정화된 퇴비화가 이루어졌다 볼 수 있음.

○ 지역별 퇴비 내 총질소(TN)의 함량을 보면, 가장 높은 총질소량을 보이는 곳은 지역이름 S8(YC) 으로서 약 26,000 mg/kg에 가까우며 다음으로 높은 site는

S3(NW; 돈분+계분)으로 24,000 mg/kg의 결과를 나타냄. 전반적으로 사례지역별 퇴비 내 총질소 함량의 범위는 15,000 mg/kg ~ 26,000 mg/kg 로서 큰 차이가 관찰되지 않았음. 가축분뇨가 퇴비화 과정을 거치면서 질소는 주로 암모니아 가스형태로 휘발됨.

- 일정한 온도와 습도가 유지된 가운데 퇴비화과정(부숙) 중 암모니아 휘발량을 측정하기 위해 질소 형태별 포함량을 분석한 결과 약 35%의 암모늄태 질소함량이 있었고, 총질소량에는 유의적으로 큰 변화가 없는 것으로 보고되었음 (Stone et al., 1975)²⁸. 또 다른 연구에서는 처음 질소량의 46.8~77.4% 에 해당하는 질소가 암모니아 가스형태로 휘발이 되었고, 소량의 (<5%) 질소가 NO_x 가스 형태로 휘발된 것으로 보고 하였음 (Martins and Dewes, 1992)²⁹. 이와 같이 질소가 암모니아 가스로 휘발되어 유실됨에도 불구하고 총질소량이 유지가 되는 것은 퇴비 내 다른 유기물질이 분해되면서 질소를 공급하기 때문인 것으로 보고되었음(서정윤, 1988)³⁰.
- 암모늄 태 질소량을 보면 지역별로 편차가 심한 것을 볼 수 있음. 암모늄태 질소는 평균 TN의 최대 약 14%를 차지하며 사례지역, 특히 S3(NW시), S5(NS시), S6(YC시), S8(YC시), S10(JJ시) 의 경우 암모늄태 질소가 약 1900 mg/kg ~ 2700 mg/kg 범위로 비교적 높게 나타났으며 그 외 지역의 퇴비는 약 600 mg/kg 이하의 암모늄태 질소를 포함하는 것으로 나타났음.
- 암모늄태 질소량이 많은 지역의 퇴비는 유기물질 분해가 활발하여 암모늄태 질소의 생성이 많은 것으로 판단됨. 반대로 암모늄태 질소가 적었던 곳의 퇴비는 유기물 분해가 활발하지 못하여 암모늄태 질소의 생성보다 질산태 질소로의 변환이 더 많았기 때문인 것으로 사료됨(서정윤, 1988). 암모늄태 질소는 pH에 많은 영향을 받음. 즉, 퇴비의 산도가 pH7보다 낮으면 주로 암모늄태 질소가 주로 생성이 되고, pH9.2를 중심으로 암모니아(NH₃)와 평형이 유지됨. 따라서 pH가 증가함에 따라 암모늄태는 감소하고 암모니아 가스는 증가해 휘발로 인한 질소유실이 예상됨. 퇴비화과정 중 공기의 주입에 따른 호기성 환경이 이루어짐에 따라 미생물의 활동이 활발해져 암모늄태 질소가 많이 발생함. 부숙이 진행됨에 따라 질산화과정으로 인한 질산태 질소의 생성으로 퇴비내 pH가 낮아지고, 결과적으로 암모니아

28) Stone, M.L., J.M. Harper, and R.W. Hansen. 1975. Decomposition rates of beef cattle wastes. Managing livestock wastes P. 344-346. In proc. 3rd Int. Symp. on Livestock Wastes, Urbana-Champaign, IL.

29) Martins, O., and T. Dewes. 1992. Loss of nitrogenous compounds during composting of animal wastes. Bioresource Technol. 42:103-111.

30) 서정윤. 1988. 폐기물의 퇴비화 과정중 물질 변화. Korea J Environ. Agric. 7:146-152.

가스의 발생 감소를 가져오게 되고 후숙단계의 마지막에는 pH의 안정화를 이루게 됨.

□ 따라서 암모늄태 질소가 많이 함유된 지역의 퇴비는 최종 부숙기간을 만족시키지 않은 상태를 말하며, 퇴비시료의 샘플링 과정이 후숙단계 중에서 이루어진 것으로 미루어 보아 언급된 4군데 사례지역의 퇴비는 후숙기간을 완전히 마치지 않은 단계에서 시료가 채취된 것에 의한 결과로 사료됨.

□ 질산태 질소($\text{NO}_3^- \text{N}$)의 지역별 퇴비 내 함량을 살펴보면 S3(2,442 mg/kg, NW)으로 가장 높은 질산태 함량을 나타내었고, S9(425 mg/kg, JJ), S4(90 mg/kg, NS) 순으로 분석되었음. 암모늄태와 질산태 질소가 많이 포함된 퇴비는 작물에 살포되었을 시 식물에게 이용 가능한 형태로서 짧은 시간 안에 작물의 흡수가 가능함. 하지만 토양에 이용 시, 특히 질산태 질소는 음이온을 띄고 있어 토양 내 이동이 용이하여 쉽게 유출될 수 있다는 단점이 있어 강우 등 환경적인 요인에 의한 손실을 최소화 할 수 있는 사용 시 각별한 주의가 요구됨.

○ 인은 작물의 생장에 필요한 필수원소중 하나로서 식물체의 각 부위에 함유됨. 질소와 더불어 식물체 내 세포핵의 구성성분이며 ATP/ADP 에너지 수송과 에너지 저장을 위한 화합물로 쓰이고 있음. Phospholipids는 세포 멤브레인의 중요한 구성요소이며, phosphoproteins 는 생명체의 생명유지에 필수적인 기능을 함. 인이 부족하면 보통 식물의 생육이 더디게 되고, 결핍이 심해지면, 특히 초종(草種)의 경우 잎이 붉게 변하는 것을 볼 수 있음.

□ 사례지역별 퇴비내 총인(TP)을 분석한 결과, S6(YC)와 S7(YC)은 축종의 차이에 따른 퇴비의 성분이 다름에도 불구하고 총인농도가 80,000 mg/kg 이상으로서 다른 지역의 총인 9,000~26,000 mg/kg의 범위보다 매우 높게 분석되었음. S6(YC시)의 퇴비는 양돈농가에서 발생된 돈분이 원료였고, S7(YC시)지역의 퇴비원료는 육우농가에서 발생하는 우분이었음. 돈분에는 인의 함량이 0.83% 정도로 질소와 더불어 상대적으로 많이 함유되어 있음. 따라서 사례지역 S6(YC시)에서는 돈분이 주원료인 만큼 높은 총인의 결과가 예측이 가능하나, S7(YC시)지역의 경우 우분이 원료로 사용되어 높은 총인이 나온 결과는 다른 각도에서의 해석이 필요함. 우분에는 적은 인량(0.6%)이 퇴비 내에 함유되어 있어 총인은 적게 검출되는 것이 일반적이나 퇴비내 총인의 양은 사료의 종류, 퇴비화과정, 저장방식 등에 따라 달라질 수 있음 (Sharpley and Moyer, 2000)³¹⁾. 퇴비화 공정만을 보면 퇴비 내 총인의 함량은 축종의 종류, 수분조절제의 종류 및 함량에 따라 그 값이 상

31) Sharpley, A., and B. Moyer. 2000. Phosphorus forms in manure and compost and their release during simulated rainfall. J. Environ. Qual. 29:1462-1469.

당히 달라질 수 있음 (Harada et al., 1993)³²⁾.

- 유효인산(P_2O_5)의 경우 총인과 마찬가지로 사례지역 S6과 S7에서 많이 함유하고 있는 것을 볼 수 있음.
 - 다른 지역보다 상대적으로 퇴비 내 유효인산 함유량이 많은 S6과 S7 지역의 퇴비는 사용 시 주의가 요구됨. 퇴비사용 전 살포지역의 토양검정을 통한 토양 내 인의 양을 확인한 후 퇴비의 공급량을 맞추어 주는 것이 좋음. 특히 살포지역이 하천, 호수 등과 가까이 위치한 곳이라면 퇴비의 양을 줄여 사용하거나 나누어 살포하는 것이 지하수로 또는 강우로 인한 인 유실을 막아 수질오염, 즉 부영양화를 방지하는 데 도움을 줄 것이라 사료됨.
 - 가축을 통해 배설되는 인의 양을 줄이는 것이 첫 번째로 필요함. 가축의 사양기술 또는 사료급여의 체계적 관리 등을 통해 가축분뇨의 인 함량을 조절해야 할 것임. 인의 양은 칼슘과 연관성이 있을 수 있으며(김원호 등, 1997)³³⁾, 선행연구에 따르면 칼슘의 양이 많으면 배설되는 인의 양도 증가한다는 보고를 미루어 보아 퇴비 내 칼슘과의 상관성을 살펴보는 것도 필요할 것으로 사료됨. 사료급여는 가축의 성장에 맞추어 인의 과부족 없이 단계별로 공급하는 것이 인의 과다배출을 막는데 도움이 될 것으로 보임 (Kornegay and Harper, 1997)³⁴⁾.
- 칼륨(K^+)은 양이온을 띠고 있는 필수원소중 하나로서 식물이나 동물의 부산물, 또는 화학비료를 통하여 토양에 공급을 하고 있음. 칼륨은 독성이 없어 식물이나 토양이 함유한 칼륨의 양이 식물의 성장을 위한 최소 요구량을 넘어서도 크게 문제 되지 않음. 이렇게 공급된 칼륨은 작물이 재배되거나 강우 시 지하수로의 유실 가능성, 또는 표토에서의 유실 또는 유출 가능성에 의해 토양 내 함량이 줄어듬.
- 칼륨은 작물의 탄소동화작용의 효율을 높여주고 질소의 신진대사에 촉매 작용으로 관여함. 칼륨이 결핍되면 작물의 새순의 성장이 저하되고, 과수의 경우 가지가 가늘어 짐. 또한 칼륨이 부족하면 잎 주위와 잎줄기 사이가 노란색으로 변하게 됨. 반대로 칼륨이 과다하면 과실의 껍질이 두꺼워지고 산이 증가해 감미비를 떨어뜨리는 것으로 보고되고 있음.
 - 지역별 칼리(K_2O)의 퇴비 내 함량을 살펴보면, 칼리의 사례지역별 함량은 S6(YC)지역의 8,700mg/kg부터 S11(JJ)지역의 47,000mg/kg 까지 나타났음. Harada et al. (1993)의 가축퇴비품질에 관한 연구에서 돈분 퇴비의 경우 칼

32) Harada, Y., K. Haga, T. Osada, and M. Koshino. 1993. Quality of compost produced from animal wastes. JARQ 26:238-246.

33) 김원호, 제등수, 정광화, 신동은, 고응규, 양철주. 1997. 돼지사료에 있어서 Ca 수준이 질소와 인의 소화율, 배설량 및 축적량에 미치는 영향. 축산시설환 경학회지 3:97-104.

34) Kornegay, E.T. and A.F. Harper. 1997. Environmental nutrition: Nutrient management strategies to reduce nutrient excretion of swine. Prof. Anim. Sci. 13:99-111.

리는 12,100 mg/kg ~ 47,400mg/kg, 우분 퇴비의 경우 19,200mg/kg ~ 23,100mg/kg의 범위로 보고하였음. 이 결과는 본 연구의 돈슬러리의 칼리 함량과 크게 다르지 않으며 각 사례지역별 칼리 값의 차이는 퇴비의 성분과 축중에 따라 달라지는 것으로 사료됨.

○ 칼슘(Ca^{++})은 비료의 3대원소인 질소, 인, 칼륨을 포함하여 필수 4대원소로 불리우고 있음. 칼슘의 생리적 작용으로는 식물의 세포질에 머무르며 생체막의 구조와 기능을 유지하고 각종 대사과정 조절을 통해 식물의 기능을 유지하는 역할을 함.

□ 식물체 내의 이동성이 제한되어 어린 세포에 공급되지 않으면 결핍증상이 나타나게 됨. 칼슘은 광합성의 산물인 당과 전분의 운반을 담당하고 유기산의 중화로 인하여 식물체내 pH의 항상성을 유지하는데 중요한 역할을 함.

□ 사례지역별 퇴비 내 칼슘(Ca) 함량은 최소 약 21,000mg/kg부터 최대 65,000mg/kg의 범위로 존재하며 이는 특별히 칼슘의 과잉이 문제가 되는 농지에 환원되는 것을 제외한다면 각 지역의 퇴비는 작물이 사용할 수 있는 충분한 양의 칼슘을 공급할 수 있는 것을 나타내고 있음.

○ 마그네슘(Mg^{+})은 엽록소의 중심에 존재하는 원소로 결핍되면 광합성 작용에 문제를 일으켜 잎이 노랗게 변하고, 아랫잎부터 황화작용이 일어남.

□ 주기율표에 의하면 마그네슘은 알칼리 금속에 속하며, 이는 물에 용해되었을 경우 강한 알칼리 성질을 가지고 있어서 산성토양의 pH를 높여주는 역할도 함. 산성토양의 pH 개선은 인산의 비효를 높여 식물의 인 이용을 용이하게 해줌.

□ 각 사례지역 별 퇴비 내 마그네슘(Mg) 함량은 S6(YC)과 S8(YC)지역에서 다른 지역에 비하여 약 4~5배 높은 수치를 기록하였고, 그 외 지역은 약 10,000mg/kg 범위에서 비슷한 함량을 보였음. S6(YC)지역과 S8(YC)지역은 돈분을 원료로 하는 퇴비로서 마그네슘의 함량이 높게 나온 이유는 마그네슘 첨가량이 높았을 것으로 사료되나 좀 더 정확한 연구를 필요로 함.

○ 황의 생리학적 역할은 작물의 탄수화물 대사와 엽록소 생성에 간접적으로 관여를 하고 있음. 과실에 있어서는 당도와 관련하여 맛을 좋게 해주는 성분임. 황은 토양용액에서 SO_4^{2-} 형태로 존재하며 작물에 이용됨.

□ 황이 결핍이 주로 발생하는 토양은 유기물 함량이 적은 곳이거나 황이 포함된 화학비료가 오랫동안 주어지지 않은 곳에서 주로 발생함.

□ 지역별 퇴비 내 황의 함량을 살펴보면, 약 2400mg/kg에서 14000mg/kg 까지의 분포를 보이고 있으며 농지로 환원 시 충분한 양의 황이 공급될 것으로 보여짐.

- 가장 많은 황(S)이 포함된 지역의 퇴비는 S6(YC)지역으로 비료의 3대 원소를 제외한 칼슘, 마그네슘과 비슷한 경향을 보이고 있음. 이는 사료 내 필수 다량원소(Ca, Mg, S)가 다량 포함이 되어 체내에서 사용하고 남은 원소들이 분으로 배출된 것으로 사료됨. 황은 염류기준을 넘어도 독성을 띠지 않으며 식물이 필요로 하는 양을 초과하여 식물체에 남은 황은 황산(sulfate)의 형태로 저장됨.
- 미량원소는 식물체의 필수원소임. 다량원소가 보통 식물의 구조적인 부분-아미노산, 핵산, 세포벽-을 담당한다면 미량원소는 좀 더 마이크로적인 관점, 즉 효소의 활성부분을 주로 맡고 있기 때문에 다량원소보다 상대적으로 적은 양을 필요로 함.
 - 가축분뇨에는 구리(Cu)와 아연(Zn)함량이 상대적으로 높아 비료로서 농경지 환원 시 주의가 필요함. 따라서 비료공정규격 설정에서 상한값은 구리와 아연이 각각 360mg/kg, 900mg/kg 으로 다른 미량원소보다 높게 지정되어 있음(농촌진흥청 고시 제2012-34호). S8(YC)지역을 제외한 나머지 지역들의 퇴비는 구리의 허용기준을 만족하는 것으로 나타났음. 아연의 경우, 마찬가지로 S8(YC)지역의 퇴비 내 아연함량이 허용기준치(<900mg/kg)을 넘어 이를 저감시킬 수 있는 대책이 필요함.
 - S8(YC)지역 퇴비의 원료는 돈분으로 다른 지역에 비해 상대적으로 높은 구리함량을 보였음. 구리는 일반적으로 구리와 유기질소가 결합하는 유기질토양(histosol)에서, 또는 구리 성분 함유율이 낮은 산성 사토(沙土)에서 쉽게 결핍이 일어남.
 - 선행연구(Harada, et al., 1993)에 의하면 축종에 따른 구리(Cu)와 아연(Zn)의 가축분 퇴비 내 함량이 달랐으며 특히 돈분에서 가장 많이 검출되었음 (구리 100mg/kg 이상, 아연 200mg/kg 이상). 아연과 구리 등 중금속의 퇴비 내 공급원으로서 사료를 그 이유로 고려할 수 있음.
 - 니켈(Ni)은 1975년에 urease 효소의 구성요소로 알려지기 시작해 식물의 생장에 영향을 미치는 것으로 보고되어 지고 있음. 니켈의 결핍증상으로는 식물의 성장저하 및 대사작용에 영향을 미침. 니켈의 허용기준치는 45mg/kg 으로서 본 연구에서 채취한 각 사례지역의 퇴비는 허용기준을 만족하는 것으로 나타났음.
 - 비료 공정규격설정 및 지정에 명시되어진 미량원소(Ni, Cu, Zn)를 제외한 기타 미량원소로는 망간(Mn), 몰리브덴(Mo), 철(Fe), 붕소(B)이다.
 - 몰리브덴은 주로 이온화된 형태로(MoO_4^{2-}) 토양용액에 존재하여 금속이온임에도 불구하고 미량원소로 분류함. 일반적으로 몰리브덴의 결핍은 사토(沙土)를 제외하고는 거의 일어나지 않음. 그만큼 식물에게 필요한 필수미

량원소 가운데 요구량이 가장 적다는 것을 의미함. 몰리브덴은 일반식물이 주로 흡수하는 형태인 질산태 질소와 콩과식물의 질소고정효소와의 동화작용을 위한 질소 환원효소의 구성요소로 쓰이고 있음.

- 철(Fe)은 식물체 내에서 산화환원반응 맡고 있는 수송체의 구성요소임. 철의 토양 내 형태는 이온화형태로서 Fe^{3+} 와 Fe^{2+} 로 식물에게 이용됨.
- 망간(Mn)은 생리학적 역할은 식물의 엽록소 합성과 식물체 구조적 역할 및 여러 종류의 효소를 활성화 시키는 것으로 알려져 있음. 망간이 결핍되면 새잎의 담록색으로의 변화를 볼 수 있고 잎의 성장에 저하를 가져옴.
- 붕소(B)는 유기물질이 적은 토양, 즉 비석회질(noncalcareous) 또는 산성사토(沙土)에서 주로 결핍을 보임. 일반적으로 붕소는 반건성토양 또는 염분을 많이 포함한 물을 사용한 토양에서 유해함유량을 초과하는 것으로 알려져 있음.
- 붕소는 식물의 성장 및 여러 생리적 기능이 제대로 작동할 수 있도록 도와주는 역할을 함. 토양용액에서 $H_2BO_3^-$ 형태로 존재하며 식물체 내 이동이 원활하지 않음. 붕소가 과다시비되면 표층에의 집적으로 생육장애가 나타날 수 있음.
- 지역별 퇴비 내 망간, 몰리브덴, 철, 붕소의 함량을 보면 S8지역의 퇴비에서 각각의 기타 미량원소 함량이 가장 높게 측정이 되었음.
- 중금속의 토양 내 집적은 농업관련 사업으로부터 많은 영향을 받음. 화학비료의 남용 또는 가축분뇨를 비료로서 사용했을 경우 중금속의 토양 내 공급에 주원인이 된다고 보고함(Martin et al., 2006)³⁵⁾. 과다시비한 화학비료와 가축분뇨의 발작물 노지와 온실 작물토양에 미치는 중금속의 영향을 살펴본 결과 토양 속 중금속 집적이 생긴 것을 확인하였음 (Huang and Jin, 2008)³⁶⁾.
- 납, 비소, 크롬의 퇴비 내 함량은 허용기준치보다 훨씬 적은 양이 검출됨으로서 대체적으로 사레지역별 퇴비는 중금속의 유해성으로부터 안전한 것으로 보여짐. 그 외의 중금속(카드뮴과 수은)은 지역에 상관없이 검출되지 않았거나 아주 적은 소량이 검출되었음.

○ 가축분뇨에는 박테리아, 바이러스 그리고 원생동물을 포함한 다양한 병원성 미생물이 포함되어 있음. 이 미생물의 양은 가축의 종류, 건강 상태, 그리고 분뇨의 저장 및 처리 방법에 따라 다르며 퇴비로 사용될 경우 특별히 주의해야 함. 퇴비

35) Martin, J.A.R., M.L. Arias, and J.M.G. Corbi. 2006. Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geostatistical methods to study spatial variations. Environmental Pollution 144:1001-1012.

36) Huang, S.W., and J.Y. Jin. 2008. Status of heavy metals in agricultural soils as affected by different patterns of land use. Environmental Monitoring and Assessment 139:317-327.

로 사용 될 경우 병원성 미생물에 대한 노출 경로는 다음과 같으며 위해 정도는 퇴비 내 미생물의 양과 노출의 정도 또는 강도에 비례함.

- 병원성 미생물의 노출 경로
 - 직접적인 노출
 - 오염된 퇴비 또는 시비 후 물리적인 접촉
 - 간접적인 노출
 - 오염된 지하수 또는 오염 음식물의 섭취
 - 부유 미생물로서 주변 지역으로의 이동
- 인간의 건강에 해가 되는 대표적인 병원성 미생물은 *Salmonella* sp., *E.Coli* O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *C. perfringens* 등이 있음. 이 중 *Salmonella*와 *E.Coli*는 일반 환경에 널리 퍼져있으며 2000개가 넘는 항원형을 포함함. 이 항원형들은 가축분뇨의 가장 주된 병원성 미생물이며 장티푸스, 파라티푸스열, 위장염 등을 일으킴. *Salmonella*의 경우 열, 메스꺼움과 설사를 일으키는 내독소를 분비하며 항생제로 치료하지 않을 경우 치명적일 수도 있음.
- 퇴비화 과정을 거치고 나면 대부분의 병원성 미생물들은 사멸되는 것으로 보고되고 있으나, 사멸 조건(기간, 온도)은 매우 다양함. Turner(2002)는 50°C에서 *E.Coli*의 사멸은 수분 함량과 퇴비의 특성에 따라 다를 수 있지만 55°C에서는 사멸화가 급격히 일어났으며 대부분의 샘플에서 2시간 내에 검출되지 않을 양 이하로 사멸되었음을 보고하였음. 시간 경과에 따른 병원성균의 감소에 대한 보고도 있음. Droffner와 Brinton (1995)³⁷⁾은 음식물 쓰레기 퇴비에서 높은 온도에 따라 병원성 미생물이 사멸되는 저장 기간이 감소되는 효과를 보고했는데 60°C에서는 59일, 60°C~70°C에서는 9일 소요됨. 또한 Turner(2002)³⁸⁾는 병원성 미생물의 불활성화는 온도와 시간 외에 퇴비의 수분 함량과 물리. 화학적 성질과도 연관성이 있음을 보였음.
- 일반적으로 병원성 미생물의 사멸은 퇴비화의 가장 큰 효과이긴 하지만 위에서 살펴본 바와 같이 병원성 미생물의 사멸과 여러 조건(기간, 온도, 수분 함량, 또한 물리. 화학적 성질)과의 상호관계 때문에 퇴비화 과정을 병원성 미생물의 완전 사멸로 단정 짓기에 힘들며 각 농장마다 퇴비화 조건이 매우 다양하기 때문에 퇴비 품질 중 한 요인으로 병원성 미생물의 존재 여부를 확인할 필요가 있음.

37) Droffner, M.L., and W.F.Brinton. 1995. Survival of *E.Coli* and *Salmonella* populations in aerobic thermophilic composts as measured with DNA gene probes. Zentralbl. Hyg. Umweltmed. 197:387-397.

38) Turner, C. 2002. The thermal inactivation of *E.Coli* in straw and pig manure. Bioresour. Technol. 84:57-61.

□ 모든 퇴비공장의 최종퇴비 제품에서 *E.Coli*는 검출되지 않는 반면 *Salmonella*의 경우 3개의 퇴비공장의 최종 퇴비생산물에서 검출되었음. 현재 농촌진흥청에서 제시하는 비료 공정규격에서는 *E.Coli* O157:H7와 *Salmonella*가 불검출 되어야 함. 하지만 위의 표에서 살펴본 바와 같이 *Salmonella*가 검출된 3곳의 퇴비의 *Salmonella*의 수치는 비교적 높은 수치임. S6(YC), S7(YC), S8(YC), S10(JJ), S11(JJ)의 경우 농가에서 전처리 과정만 거치고 퇴비공장으로 수송되기 때문에 검출된 *Salmonella*와 *E.Coli*의 수치는 큰 의미가 없긴 하지만 농장주와의 인터뷰에서는 급한 경우 개인 농가에서 이 상태의 퇴비를 바로 가져가 쓰는 경우가 종종 있는 것으로 조사되었음. 이런 경우 퇴비의 안전성이 크게 훼손될 수 있음.

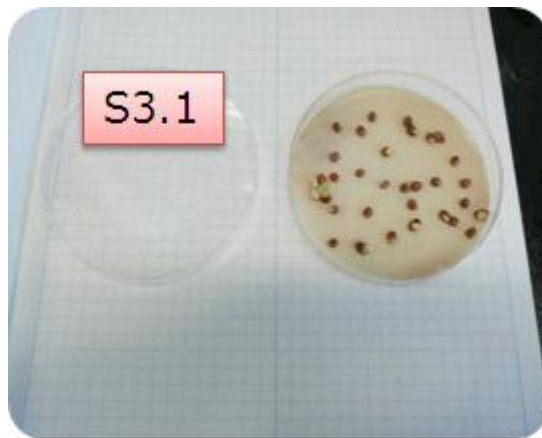
[표 3-20] 지역별 퇴비 내 병원성미생물 검출결과 (자료: 동물환경생체공학실 내부자료)

장소	공정단계	<i>Salmonella</i> (MPN/g)	<i>E. Coli</i> (CFU/g)	
s2	전처리	0	0	
	발효	23	0	
	후숙	23	0	
s3	원재료	계분 수피	6.5×10^3	
		우분	4.4×10^4	
	전처리	0	0	
	발효 (돈. 계)	0	0	
	후숙 (우. 계)	6	0	
	최종	계. 돈	0	0
		우. 계	1.5×10	0
s4	전처리	0	0	
	발효	0	0	
	후숙	93	0	
s5	전처리	3.6	0	
	발효	23	0	
	후숙	0	0	
s6	1차 전처리	$>2.4 \times 10^3$	9.75×10^4	
	2차 전처리	23	0	
s7	전처리	$>2.4 \times 10^3$	0	
s8	1차 전처리	93	0	
	2차 전처리	42	0	
s9	전처리	$>2.4 \times 10^3$	8.5×10^4	
	발효	53	4.5×10^3	
	후숙	3.6	0	
s10	1차 전처리	6	0	
	2차 전처리	23	0	
s11	1차 전처리	1100	5.8×10^3	
	2차 전처리	39	0	

- S3(NW)와 S4(NS)의 경우 특이하게 전처리 또는 발효 단계에서는 *salmonella*와 *E.Coli*가 검출되지 않는 반면 후숙 단계에서 오히려 검출되는 경향이 있었음. 이 현상을 봤을 때 병원성 미생물의 재증식 또는 외부로부터의 오염이 가장 유력한 요인들로 추정되는데 이에 대한 자세한 내용은 다음 부문에서 살펴볼 것임.
- 장내 세균의 경우 퇴비의 후숙 단계에서 재성장하는 경우가 있음. 이 현상은 *total coliform*, *fecal coliform*, *salmonella*와 *fecal streptococcus bacteria*가 주로 해당되는데 이는 퇴비 내의 검출되지 않은 양의 세균 또는 외부 오염원으로 유입된 세균이 재증식한 것으로 볼 수 있음. 외부 오염원으로는 직원들의 장화 또는 트랙터로 인한 초기와 후기 단계의 퇴비 간의 cross-contamination으로 볼 수 있음.
- *Salmonella*의 가장 활발한 재증식은 멸균된 퇴비에서 주로 관찰된 반면, 멸균되지 않은 퇴비에서는 토착 미생물군과의 경쟁 때문에 *salmonella*의 재증식이 어느 정도 억제되는 것으로 보고되고 있음. Burge et al. (1987)³⁹⁾는 70°C에서는 *salmonella*의 재성장이 억제되지 못했으며, 55°C에서는 어느 정도, 주변온도에서는 완전히 억제되는 것으로 보고하였음. 즉, 다양한 미생물의 군집이 재형성된, 충분히 부숙된 퇴비에서는 *salmonella*가 재접종되더라도 문제가 되지 않는다는 것을 의미함.
- 발아지수(G.I): 가축분퇴비의 부숙도 판정을 위해서는 크게 두 가지 방법이 쓰이고 있음. 하나는 기계적 부숙도 측정법으로 암모니아(NH₃)와 이산화탄소(CO₂) 발생에 따른 발색반응을 이용함. 다른 방법으로는 생물학적 부숙도 측정법으로 종자발아법을 이용함(농촌진흥청, 2010). 농촌진흥청고시 2012-34호의 비료 공정규격설정 및 지정에 따르면 이 두 가지 방법 중 최소 하나의 방법으로 부숙도 측정을 하여 적합성을 따져보도록 지정하고 있음. 본 연구에서는 종자발아법을 이용하여 부숙도를 측정해 보았음.
 - 발아지수(G.I.)가 70 이상일 때 부숙도 기준에 적합하다고 판정함. 선행 연구에 의하면 종자의 발아율과 뿌리길이 측정의 조합은 식물에 미치는 악영향을 측정하는 좋은 수단으로 보고되고 있음(Tiquia et al., 1996).
 - 세 지역을 제외하고 대부분 지역의 퇴비는 발아지수 기준치(Germination Index=70)을 만족시켰음. S3(NW)지역은 매우 낮은 발아지수(약 0.5)를 보임. 발아단계 중 싹이 나오는 돌출 단계가 제대로 발현되지 않았음([그림 3-29]). 이 시료의 경우, 중금속 함량이 다른 시료에 비해 2배~30배에 해

39) Burge, W.D., Millner, P.D., Enkiri, N.K., and Hussong, D. 'Regrowth of *Salmonella* in composted sewage sludge,' report of the U.S. EPA water engineering research laboratory.

당하는 납(Pb)성분을 함유하고 있었음. 이와 마찬가지로 이 지역의 비소(As)성분 역시 가장 많이 포함하고 있어 중금속으로부터 발아가 저해되었을 가능성이 있음. 하지만 기본적으로 확인된 중금속의 양은 법적 기준치를 넘지 않으므로 중금속 외 다른 요인에 의한 발아저해의 가능성에 대해서도 검토하여야 함. 예를 들면 phytotoxic 물질로서 phenolic acid 나 volatile fatty acid(VFA)의 상관성을 알아보는 것이 필요함.



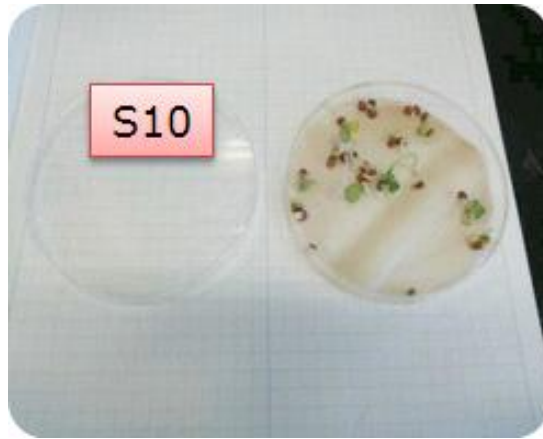
[그림 3-29] S3(NW)지역의 무(radish)종자발아실험 결과



[그림 3-30] S5(NS)지역의 무(radish)종자발아실험 결과

- S5(NS)지역의 퇴비여과액은 다른 지역에 비해 짙은 색을 띄고 있어 염류가 높았을 것이라 추정함. 발아지수는 13으로서 허용기준치에 못 미치며 중금속 함량과 비교해봤을 때 크롬의 양이 가장 높게 포함되어 있는 것으로 미루어 보아 중금속, 특히 크롬의 양이 상대적으로 높아 크롬의 영향이 있었을 것으로 추정되오나 이 역시 크롬의 허용기준치를 만족시키는 수준에서의 양이기 때문에 다른 저해인자의 영향을 고려해 보아야 할 것임.
- S10(JJ)지역의 무(radish) 종자 발아실험 결과 발아지수는 42로서 허용기준치를 넘지 못하였음. 중금속과의 상관성을 비교해 보면 납성분이 많이 함

유하고 있는 것을 확인할 수 있었으며 이는 지역 S3.1과 같이 납의 영향을 받아 발아가 저해되었을 가능성이 있음. 다른 저해인자들 특히 penolic acid 중에서 p-hydroxy benzoic acid, p-coumaric acid, vanillic acid 같은 물질들의 영향성을 고려해 보아야 할 것임.



[그림 3-31] S10(JJ) 지역의 무(radish)종자발아실험 결과

2. 사례지역 실태분석

가. NW시

1) 설문조사 개요

- 설문 대상: NW시 축산농가 및 경종농가
- 설문 표본: NW시 거주 54농가(축산농가 21, 경종농가 33)
- 설문조사 기간: 2012년 8월 13~15일(2박 3일)

가) 조사 방법

- 축산농가와 경종농가를 대상으로 면접조사를 실시하였음. 조사 대상자들의 이해를 돕기 위하여 면접원이 우선 설문의 취지에 대한 충분한 설명을 하고 순서에 따라 개별적으로 문답하는 방식으로 조사를 수행하였음.
- 본 조사는 서울대학교 농경제사회학부 “지역특성을 고려한 자연순환농업 모델 연구” 용역팀의 주관하에 이루어졌으며, 면접원들이 조사대상자를 접촉하여 동의를 얻어 면대면(face-to-face) 조사 방식으로 진행되었음. 설문조사가 일관성 있게 진행 될 수 있도록 하기위해 이 조사에 참여하는 면접원들을 대상으로 조사의 취지와 목적, 조사 진행 방식 등에 대한 사전 교육을 실시하였음.

2) 분뇨자원화에 대한 축산농가의 인식

가) 설문대상자의 특징

○ NW시 지역 축산농가 총 47농가 중 21농가가 설문에 응하였음.

□ 연령별로는 40대 이하가 9.5%, 40~50대가 23.8%, 50~60대가 38.1%, 60세 이상이 28.6%로 나타남.

□ 지역별로는 송동면, 아영면, 운봉읍, 인월면 등 축산농가가 상대적으로 많이 분포한 지역의 표본이 전체의 85.6%에 달함.

- 양돈규모별로는 1,000두~5,000두 규모의 양돈농가가 57.1%로 가장 높은 비중을 차지하였음. 다음으로는 1,000두 이하를 사육하는 농가가 38.1%로 나타났으며, 5,000두 이상의 대규모 양돈농가는 4.8%에 그쳤음.

□ 대부분의 양돈농가는 설문조사를 위한 농가 방문에 상당히 민감한 반응을 보였으며, 특히 대규모 양돈농가의 경우 흑시라도 발생 가능한 구제역 등의 질병 문제에 극도로 예민한 것으로 나타남.

[표 3-21] 설문조사 대상자(양돈농가)의 특성

	구 분	농가수	비 율(%)
연령 분포	30~40대	2	9.5
	41~50대	5	23.8
	51~60대	8	38.1
	61세 이상	6	28.6
	합 계	21	100
지역 분포	송동면	5	23.8
	수지면	1	4.8
	아영면	5	23.8
	운봉읍	4	19.0
	이백면	1	4.8
	인월면	4	19.0
	주생면	1	4.8
	합 계	21	100.0
사육두수	1,000두 이하	8	38.1
	1,001~3,000두	8	38.1
	3,001~5,000두	4	19.0
	5,000두 이상	1	4.8
	합 계	21	100

나) 가축분뇨에 대한 양돈농가 인식

○ 농가들은 대부분 분뇨를 ‘단순 폐기물’이 아닌 ‘자원’으로 인식하고 있으며, 이에 따라 분뇨를 폐기물, 혹은 오염원으로 바라보는 환경부의 인식 전환 및 규제 완화가 필요하다는 입장을 보임.

- 모든 양돈 농가가 가축분뇨를 ‘단순 폐기물’이 아닌 ‘자원’으로 본다고 응답함.
- 또한 대다수의 농가가 농림수산식품부와 환경부가 분뇨처리에 대해 서로 다른 입장을 가진 것으로 생각하고 있음. 즉, NW지역 양돈농가들은 농림수산식품부는 분뇨를 자원으로 보는 데 반해 환경부는 환경오염원으로 여기는 것으로 인지하고 있음.
- 실제로, NW시 양돈농가의 건의사항 대부분은 환경부에서 제한하고 있는 축사의 신·증축, 오폐수 처리규정 등과 관련하여 규제완화가 필요하다는 의견이 다수임.

다) 돈사구조

○ 돈사구조의 경우 대부분 슬러리 돈사인 것으로 확인됨. 또한 돈사의 개보수 필요성에 대해 많은 농가가 공감함에도 불구하고 대체로 현재의 돈사구조를 유지할 계획인 것으로 나타남.

- 설문에 응한 양돈농가 중 85.7%가 슬러리 돈사⁴⁰⁾ 구조인 것으로 확인되며, 이밖에 슬러리·스크레이퍼 돈사 혼합구조가, 9.5%, 스크레이퍼 돈사⁴¹⁾가 4.8%인 것으로 나타남.
- 분뇨의 자원화를 위해 가장 적절하다고 생각되는 돈사의 구조에 대해서는 슬러리 돈사로 답한 농가가 76.2%로 가장 많았으며, 스크레이퍼 돈사가 적절하다고 응답한 농가도 14.3%로 조사되었음.
- 돈사의 구조에 따라 분뇨의 자원화나 정화처리에 차이점이 있으므로 이러한 조사 결과는 주의를 요함. 일반적으로 정화처리를 할 경우 슬러리 돈사보다는 스크레이퍼 돈사가 상대적으로 비용이 저렴한 것으로 알려짐. 예를 들어 3,000두 기준 정화처리 시설 순수 견적은 스크레이퍼 돈사가 3억 6천만원, 슬러리 돈사가 4억 8천만원 수준으로 스크레이퍼 돈사가 더 저렴하였음. 그러나 슬러리 돈사의 경우, 스크레이퍼 돈사보다 BOD(생물학적 산소요구량)와 SS(부유물질)를 낮은 농도로 방류할 수 있는 장점이 있음(이명규, 2010)⁴²⁾.

40) 슬러리 돈사는 돈사 바닥에 돼지의 대소변을 모아두었다가 분뇨가 차오르면 밸브를 열어 중력 또는 수압에 의해 분뇨가 떨어나가는 힘으로 분뇨를 처리하는 방식의 돈사구조를 말함.

41) 스크레이퍼 돈사는 돼지의 대소변을 스크레이퍼 삽날을 이용하여 처리하는 방식으로 넓은 삽날(스크레이퍼)이 기계적으로 이동하여 돈사 하부의 분뇨를 처리하는 방식의 돈사구조를 말함.

[표 3-22] NW시의 양돈농가 돈사구조

구분	현재의 돈사구조		분뇨 자원화가 용이하다고 생각되는 돈사구조	
	농가수	비율(%)	농가수	비율(%)
슬러리 돈사	18	85.7	16	76.2
스크레파 돈사	1	4.8	3	14.3
슬러리 스크레파 혼합	2	9.5	0	0
톱밥 돈사	0	0	1	4.8
평사 ⁴³⁾	0	0	1	4.8
합계	21	100.0	21	100

□ 돈사 신(증)축 또는 개보수의 필요성에 공감하는 농가가 95.2%로 절대 다수를 차지함. 그러나 52.4%의 농가가 그럼에도 현재의 돈사구조를 그대로 유지하겠다는 견해를 보이고 있는데, 이는 과중한 시설비용에 대한 부담이나 돈사구조를 변경하여도 분뇨자원화가 더 용이해지지 않는 것으로 예상하기 때문인 것으로 파악됨.

- 이밖에도 신(증)축에 따른 민원 발생 소지나 사육두수와 분뇨 배출량 등에 대한 환경부 기준의 까다로운 제약 등으로 인해 현재의 돈사구조를 그대로 유지할 수밖에 없다는 기타 의견이 있었음.

[표 3-23] 현재의 돈사구조를 유지하려는 원인

구분	농가수	비율(%)
▪ 과중한 시설투자비용이 부담되기 때문에	4	36.4
▪ 돈사구조 변화는 자원화와 큰 차이가 없기 때문에	4	36.4
▪ 후계농이 없어서 투자에 미온적임	1	9.1
▪ 기 타(제도적 제약 때문에)	2	18.2
합계	11	100.0

라) NW시의 분뇨처리 방법 및 비용

○ 분뇨처리 방법은 민간 퇴액비 생산업체를 통하는 경우가 가장 많으며, 이어 자체 액비화, 자체 퇴비화의 순으로 나타남.

□ NW시의 분뇨처리 방법은 크게 양돈농가 자체적으로 퇴비화, 액비화하여 분뇨를 처리하는 방법과, 민간퇴액비 생산업체(NW양돈협회 액비유통센터,

42) 이명규. 2010. 양돈정책세미나.

43)돈사에서 분을 직접 굽어내는 형태의 돈사

공동처리시설((주)에코바이오))를 통한 방법, 그리고 축협이 액비유통센터를 통해 분뇨를 처리하는 방법 등으로 구분됨.

- 설문에 응답한 양돈농가에 국한하였을 때, 스스로 퇴비화하여 처리하는 비율은 9.3%, 액비화 처리는 평균 25.7%, 민간처리가 평균 60.2%, 축협이 액비유통센터를 이용하는 경우가 4.8% 수준인 것으로 나타나며, 농가에서 자체적으로 정화처리하거나 공공처리시설을 이용하는 경우는 없는 것으로 조사됨.

○ 분뇨처리 방법에 따라 톤당 분뇨처리 비용은 다르게 나타나며, 액비는 전량 무상으로 인근농가에 공급되고 있음.

- 농가 자체적으로 퇴비화한 경우 톤당 평균 처리비용이 17,600원, 자체 액비화한 경우 16,000원으로 조사되었으며, 민간 퇴액비 생산업체를 이용하여 분뇨를 처리하는 비용은 평균 18,990원으로 상대적으로 높게 나타남.
 - 농가 스스로가 액비화하는 비용이 공동처리시설이나 액비유통센터를 이용해 분뇨를 처리하는 비용에 비해 낮은 것으로 조사되었는데 이는 액비유통센터나 공동처리시설에서 부과하는 운반비용이나 수거비용이 소요되지 않은 것으로 사료됨. 또한, 액비유통센터나 공동처리시설을 통해 분뇨를 처리할 경우 거리병산제를 적용하기 때문에 농가당 부담하는 처리비용은 농가마다 차이가 발생함.
 - NW시의 경우, 이러한 비용 항목에서 한 걸음 더 나아가 민간 퇴액비 생산업체가 사실상 양돈농가들의 출자 형태로 설립되어 일정한 고비용 구조를 가진다는 점도 주목을 요함.
 - 즉, 이들 양돈농가들이 민간 퇴액비 생산업체에 다소 비싼 비용으로 분뇨처리를 맡기는 대신, 민간 퇴액비 생산업체가 액비 생산과 살포 등을 책임지고 부담하는 구조를 갖고 있는 것임. 또한 각 양돈농가가 정해진 킬터량 이상의 분뇨를 위탁하려면 더 비싼 단위 가격을 치러야 하는 규정 역시 존재하는 것으로 확인됨.

[표 3-24] 분뇨처리 방법에 따른 비율 및 톤당 처리비용

구분	자체 퇴비화	자체 액비화	자체 정화방류	민간 퇴액비 생산업체	농축협 퇴액비 생산시설	공공 처리시설	합계
분뇨처리 평균비율	9.3%	25.7%	-	60.2%	4.8%	-	100%
톤당평균 처리비용	17,600원	16,000원	-	18,990원	13,000원	-	-

- 자체퇴비화나 자체 액비화로 처리되는 분뇨는 거의 전량 인근농가에 무상으로 공급되고 있음. 자체 퇴비생산에 있어 대규모 양돈농가일수록 퇴비로

판매하는 경우가 있었으나 대부분 양돈농가가 소유한 논, 밭을 통해 소비하고 있었으며, 자체 액비의 경우는 인근 농가에 100% 무상 보급하고 있는 것으로 조사됨.

마) NW시의 분뇨처리 시설

○ 분뇨처리를 위해 대부분의 농가가 자원화 시설을 보유하고 있는데, 이는 NW시의 자연환경 및 여건 등을 고려한 시 당국의 가축분뇨 처리 관련 정책에 따른 것으로 추측됨.

[표 3-25] 분뇨처리 방법에 따른 처리시설의 유무(NW시)

자원화 시설	정화방류 시설	둘 모두 설치	설치 않음(위탁)
90.5%	-	-	9.5%

[표 3-26] 자원화시설을 설치한 이유(NW시)

구분	1순위(%)	2순위(%)
• 사육규모, 지역여건 등에 따라 적절하기 때문에	33.3	13.3
• 분뇨처리가 상대적으로 간편하기 때문에	27.8	33.3
• 분뇨처리비용이 저렴하기 때문에	22.2	20.0
• 상대적으로 악취발생이 적기 때문에	-	13.3
• 분뇨를 자원화 하겠다는 본인의 의지	11.1	20.0
• 정부에서 많은 보조를 하기 때문에	5.6	-
합계	100.0	100.0

□ NW시 양돈농가에 자원화 시설(퇴·액비화)과 정화방류 시설 등 어떠한 시설을 하였는가에 대한 질문에 90.5%의 농가가 퇴·액비화하는 자원화시설을 설치하였다고 응답하였으며, 설치하지 않고 위탁한다는 농가는 9.5%로 조사되었음.

- 자원화 시설을 설치하지 않고 위탁한다고 응답한 농가는 사육규모 1,000두 이하의 중소규모 양돈농가임.

- 그러나, 일정규모 이상의 사육두수를 유지하는 양돈농가 대부분은 액비 저장조나 고액분리기와 같은 자원화 시설을 모두 갖추고 있는 것으로 조사되었음.

□ 자원화 처리시설을 설치한 첫 번째 이유는 시 정책상 사육규모 등에 따라 적절한 시설을 선택하였다고 응답한 비율이 33.3%로 가장 높았고, 분뇨처리가 간편하기 때문이라는 응답과 처리비용이 저렴하기 때문이라는 응답 역시, 각각 27.8%와 22.2%로 높게 나타남.

- NW시는 지리산 자락의 청정지역으로 가축분뇨를 정화하여 강에 방류하기 위해서는 상당히 높은 정화기준을 따라야 하고 악취에 따른 민원의 소지가 크며, 무엇보다도 지역자체가 청정지역이라는 자부심을 가지고 있어 NW시에서도 정화방류 보다는 자원화시설을 적극 유도함.

바) 민원 발생 시 해결방법

○ 민원 발생 시에는 혼자 알아서 처리하는 경우가 과반수 이상으로 나타났으며, 다음으로 시의 축산담당자에게 도움을 요청하는 것으로 조사됨.

- 민원이 발생할 경우 어떻게 처리를 했는지, 또는 앞으로 민원이 발생한다면 어떻게 처리 할 것인지 묻는 질문에 혼자 알아서 처리한다는 응답이 57%로 가장 많았고, 시·군의 축산담당자에게 도움을 요청한다는 의견이 19.0%로 그 뒤를 이었음.
- 면접 결과 많은 양돈농가들이 민원 발생 및 개인적인 해결의 잦은 반복 속에서 다소간 피해의식을 갖고 있는 것으로 조사됨. 경종농가와 융화하려는 양돈농가의 노력이 없지 않고, 일반적으로 양돈 등 축산업이 지역농업GDP에서 차지하는 비중 역시 적지 않음을 고려할 때, 향후 법과 규정을 준수한 양돈농가들의 경우 공공 차원에서의 정기적인 점검 이외에는 민원을 덜 의식하고 본업에 당당히 종사할 수 있도록 하는 정책적 배려가 필요할 것으로 사료됨.

[표 3-27] 민원발생시 대처 방법(NW시)

구 분	1순위(%)	2순위(%)
▪ 혼자 알아서 처리	57.1	15.4
▪ 시군 축산담당자에게 도움요청	19.0	38.5
▪ 축산단체 도움요청	9.5	15.4
▪ 컨설팅업체에 도움요청	9.5	15.4
▪ 주변 축산농가에 도움요청	4.8	15.4
합 계	100.0	100.0

사) 가축분뇨 자원화 애로사항

○ 가축분뇨 자원화 정착의 가장 큰 어려움(애로사항)으로 NW시는 시설비용과 민원해결 문제를 꼽음.

- 자원화시설을 개별 양돈농가마다 설치하는데 소요되는 비용 및 분뇨처리 비용(47.6%)과 악취발생에 따른 민원(33.3%)이 분뇨의 자원화를 정착시키는데 가장 큰 애로사항인 것으로 조사되었음.

- NW시의 경우, 생산되는 퇴·액비의 유통문제나 우수한 퇴·액비 생산을 위한 기술력 부분은 위의 두 가지 애로사항에 비해 상대적으로 문제가 덜한 것으로 조사됨.

[표 3-28]가축분뇨 자원화(퇴·액비화) 정착의 애로사항(NW시)

구 분	1순위(%)	2순위(%)
• 자원화 시설설치비용 및 처리비용 부담	47.6	25.0
• 악취발생에 따른 민원발생	33.3	43.8
• 생산된 퇴·액비의 유통문제	14.3	25.0
• 퇴·액비 생산 기술력 부족	4.8	6.3
• 자원화와 부적합한 축사시설 구조	-	-
합 계	100.0	100.0

아) 자연순환농업 확대를 위한 개선 사항

○ 자연순환농업 또는 가축분뇨의 자원화를 확대하기 위해 가장 시급히 개선해야 할 사항은 분뇨자원화시설 확충과 퇴액비 품질향상기술 및 민원해결 기술 보급인 것으로 나타남.

□ 가축분뇨의 자원화 확대를 위해서 NW시 양돈농가들은 공동처리시설 등 농가가 공동으로 이용하는 분뇨자원화 시설의 확충(42.9%)을 가장 필요한 것으로 꼽았으며, 퇴액비의 품질향상 기술이나 민원해결 기술의 보급을 1순위로 언급한 농가도 23.8%에 달했음.

- 또한 퇴·액비를 이용하는 경종농가들의 인식전환을 위한 교육이 가장 필요하다고 응답한 농가 역시 19.0%로 적지 않게 나타남.

[표 3-29] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화)를 위해 가장 필요한 사항(NW시)

구 분	1순위(%)	2순위(%)
• 공동처리시설 등 공동으로 이용하는 분뇨자원화 시설의 확충	42.9	20.0
• 퇴액비 품질향상 및 민원해결기술의 보급	23.8	30.0
• 퇴액비를 사용하는 일반농가의 인식전환 교육	19.0	25.0
• 축산, 경종, 지역의 농축협, 지자체의 유기적 협력체제 구축	-	15.0
• 농지 이외의 퇴액비 소비처 발굴	14.3	10.0
합 계	100.0	100.0

3) 자연순환농업에 대한 경종농가의 인식

가) 설문대상자 분포

- 설문에 응한 경종농가 및 축산·경종 복합농은 총 33농가로, 조사 대상지역 읍·면 별로 집중되는 현상을 피하고 NW시 전체 경종농가의 의견을 반영하고자 하였음.
- 영농형태는 논농사와 과수 등 복합농이 전체의 54.5%로 가장 많았으며, 논농사만을 주작목으로 하는 영농형태가 33.3%, 과수가 12.1% 순으로 조사되었음.

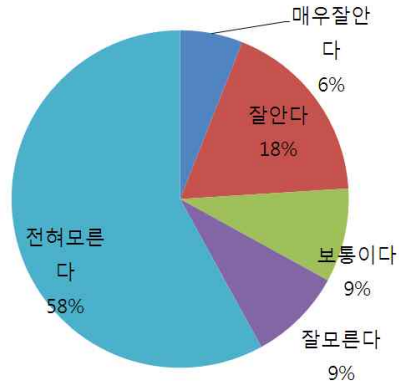
[표 3-30] 설문조사 대상자(경종농가)의 인문사회적 특성 * ()는 비율을 나타냄

구분		응답수	구분		응답수*	구분		응답수
거주 지역	금지면	4	영농 형태	논농사	11	연령	40세 이하	2(6.1)
	번안면	2		과수	4		41~50세	6(18.2)
	보절면	3		복합농 ⁴⁴⁾	18		51~60세	12(36.4)
	산동면	2		무응답	0		61~70세	8(24.2)
	송동면	5	연간 소득 (백만원)	20 이하	6(11.5)		71세 이상	5(15.2)
	수지면	3		21~40	5(15.2)	2000평 이하	5(15.2)	
	아영면	4		41~60	10(30.3)	2001~3000평	7(21.2)	
	운봉읍	3		61~100	1(3.0)	3001~5000평	7(21.2)	
	이백면	2		101~200	2(6.0)	5001~10000평	7(21.2)	
	인월면	2		201 이상	2(6.0)	10001~20000평	4(12.1)	
주천면	3	무응답	7(21.2)	20001평 이상	3(9.1)			
합계	33	합계	33(100)	합계	33(100)			

나) 자연순환농업에 대한 인식

- 자연순환농업에 대해 73%의 농가가 알고 있으며, 주로 주변농가를 통해 알게 된 것으로 확인됨.
 - 자연순환농업에 대해 알고 있거나 들어본 적이 있다고 응답한 사람이 72.7%를 차지하였고, 잘 알지 못하거나 전혀 들어본 적이 없다고 응답한 비중은 27.2%였음.
 - 자연순환농업에 대해서 알고 있다고 응답한 사람들은 주변사람(54.5%), 지자체의 관련교육(18.2%), 신문, TV 등의 언론매체(3%)를 통해서 알게 되었다고 응답함.

44) 복합농은 논농사와 축산(한우), 과수, 채소 복합농을 말함.



[그림 3-32] 자연순환농업에 대한 인지도



[그림 3-33] 돈분뇨 퇴액비 사용유무 및 기간

다) 퇴·액비의 이용수준

○ 돈분뇨 퇴·액비 중 액비의 이용수준은 낮은 것으로 조사되었으며 사용을 해도 주로 화학비료와 혼합하여 사용하는 것으로 나타남. 퇴·액비의 사용기간은 2년 미만이 대다수이며 농업관련 기관을 통해 처음 접하는 것으로 조사됨.

□ 퇴액비 중 액비를 이용하는 농가는 42.3%로 조사되었으며, 사용한 적이 없는 농가가 절반을 넘는 57.7%로 나타났음.

- 조사 농가 중 액비를 사용하기는 하나 화학비료와 혼합해서 사용한다는 농가가 30.3%, 퇴·액비만 사용한다는 농가가 12%였음.

□ 액비를 사용하는 농가 중에 사용해본 기간은 2년 미만이 18.2%로 가장 많았고, 3년(9%), 4년 이상이(9%)였으며 사용기간이 1년미만인 농가가 6.1%로 나타났음.

□ 돈분뇨 퇴·액비를 처음 접하게 된 동기를 묻는 문항에서는 시청, 농업기술센터 등 농업관련 기관의 교육 및 지도에 따른 사용이 42.9%로 가장 많았고, 돈분뇨 퇴·액비를 사용해본 주변농가의 권고로 사용해 보았다는 응답이 35.7%였음. 기타 액비유통센터나 공동자원화시설의 관계자가 권해서 사용하는 것으로 조사됨.

- 양돈과 경종을 복합적으로 운영하는 농가의 경우, 발생하는 분뇨의 자가처리를 위해 퇴·액비화하여 이용한다는 의견이 있었음.

[표 3-31] 돈분뇨 퇴·액비의 최초 사용 경로

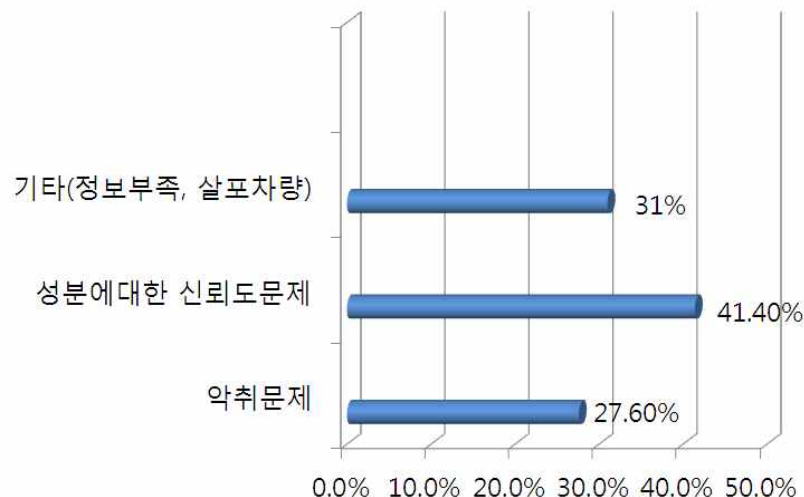
주변농가 권고	농업관련기관 지도	생산업체 권고	분뇨 자가처리	합계
35.7 %	42.9 %	14.2 %	7.1%	100%

라) 퇴·액비 사용을 꺼리는 이유

○ 퇴·액비의 사용을 꺼리는 이유는 퇴·액비 성분 및 효과에 대한 신뢰도가 낮기 때문이며 악취문제와 액비가 무엇인지 몰라서 사용하지 않는 농가도 많은 것으로 나타남.

□ 돈분뇨 퇴·액비를 사용하지 않거나, 또는 현재 사용하고 있으나 앞으로는 사용하지 않을 계획이라면 그 이유가 무엇인가에 대한 문항에 대해서는 액비자체의 성분을 믿을 수 없어 토양오염이나 작물에 해가 될지도 모른다는 생각을 가진 응답자가 전체 응답농가의 41.4%를 차지하였고, 악취가 심하기 때문이라는 의견이 27.6%, 기타의견이 31%를 차지함.

- 성분을 믿을 수 없다는 농가들의 경우, 주로 토양 산성화에 대한 우려나 액비 형성 과정에서 사용된 악취 저감 용도 등의 첨가제 성분에 대한 의구심을 해소할 수 있기를 바라는 것으로 나타남.
- 돈분뇨 퇴·액비를 약 3년간 이용해본 한 농민은 토양이 산성화 되고, 수은, 니켈 등의 중금속이 검출되어 앞으로는 사용하지 않겠다는 의견을 전달함.
- 기타 의견으로는 액비에 대한 정보를 전혀 모르기 때문이라는 응답과 필요성을 느끼지 못한다는 응답, 그리고 뿌리고 싶으나 살포차량이 들어올 수 없어서 사용을 못했다는 응답이 있었음.



[그림 3-34] 돈분뇨 퇴·액비를 사용하지 않거나 앞으로 사용하지 않으려하는 이유

마) 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 이유

○ 퇴·액비를 사용해 본 농가는 경영비 절감과 수확량 증가를 사용이유로 선택했으며, 품질은 공동자원화센터에서 생산되는 액비의 품질을 가장 선호

□ 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 농가의 사용이유를 묻는 문항에서는 1순위, 2순위 모두 경영비 절감을 가장 큰 이유로 꼽았으며, 다음이 돈분뇨 퇴·액비를 사용했을 때 수확량이 증가하기 때문인 것으로 나타났음.

- 이는 현재 액비의 경우 경종농가에서 액비살포 신청을 하고 토양검사(농업기술센터)를 통해 적정 살포량을 허가 받은 뒤 액비유통센터 혹은 공동자원화센터에서 무상으로 살포를 해 주기 때문에 화학비료 구입비나 노동비가 전혀 들지 않아 경종농가의 경영비 절감에 도움이 되기 때문인 것으로 풀이됨.

[표 3-32] 돈분뇨 퇴·액비 사용이유

구분	경영비 절감	수확량 증가	토양 지력향상	주변의 권고	기타	합계
1순위	46.2 %	30.8 %	7.7 %	7.7 %	7.7 %	100%
2순위	44.4 %	33.3 %	11.1 %	11.1 %	0	

□ 개별 양돈농가, 공동자원화시설((주)에코바이오), 액비유통센터에서 생산되는 액비의 품질에 대해서 응답자의 38.5%가 공동자원화 시설에서 생산되는 액비의 품질이 가장 좋다고 응답한 반면, 30.8%의 응답자는 액비의 품질에 대해서는 만족하지 못하는 것으로 조사되었음.

- 이는 현재 생산되고 있는 퇴·액비의 품질이 경종농가의 입장에서 불만족스럽기는 하나 공동자원화 시설에서는 전문화된 시설을 통해 일정정도 균일한 형태의 퇴·액비를 생산하기 때문인 것으로 사료됨.

[표 3-33] 돈분뇨 퇴·액비 생산처별 품질수준에 대한 선호

개별 양돈농가	공동자원화 시설	액비유통센터	모두 불만족	합계
7.7 %	38.5 %	23.1 %	30.8 %	100%

바) 자연순환농업 정착을 위해 개선되어야 할 사항

○ 품질향상과 토양 및 작물에 미치는 영향 홍보, 교육

□ NW시의 자연순환농업의 정착을 위하여 가장 시급히 개선되어야 할 사항은

무엇인가에 대한 응답으로, 응답 대상 NW시 경종농가의 61.3%는 연구개발을 통한 퇴·액비의 품질향상이 가장 필요한 것으로 인식하고 있으며, 퇴·액비가 토양이나 농작물에 미치는 영향 등에 대한 교육과 홍보가 시급하다고 응답한 비율도 22.6%에 달하는 것으로 나타남.

[표 3-34] 자연순환농업 정착을 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항

구분	1순위	2순위
• 연구개발을 통한 돈분뇨 퇴·액비의 품질향상	61.3%	33.3%
• 퇴·액비가 토양/작물 등에 미치는 영향 등 홍보/교육	22.6%	53.3%
• 불량 퇴·액비 차단을 위한 유통구조개선 및 단속강화	9.7%	-
• 퇴·액비 살포절차 등 행정처리 간소화	-	6.7%
• 돈분뇨 퇴·액비로 생산된 작물에 대한 친환경농산물 인증	3.2%	6.7%
합 계	100 %	

나. JJ시

1) 설문조사 개요

- 설문 대상: JJ시 양돈농가 및 경종농가
- 설문 표본: JJ시 거주 44농가(양돈농가 19, 경종농가 25)
- 설문조사 기간: 2012년 9월 20~22일(2박 3일)

가) 조사 방법

- 조사방법은 NW지역과 동일하게 수행하였으나 축산(양돈)농가의 경우 한돈 협회에서 실시하는 축산업등록제 교육일자에 맞추어 설문조사를 실시하였고 경종농가는 JJ시의 각 읍면별 면대면(Face-to-face) 조사를 실시함.

2) 분뇨자원화에 대한 양돈농가의 인식

가) 설문대상자의 특징

- JJ지역 양돈농가 총 51농가 중 19농가가 설문에 응하였음.
- 연령별로는 40대 이하가 10.5%, 40~50대가 31.6%, 50~60대가 31.6%, 60세 이상이 26.3%로 나타남.
- 지역별로는 대곡면, 수곡면이 상대적으로 많이 분포되어 있으나 NW시와는 달리 읍·면별로 양돈농가가 퍼져있는 양상을 보임.

- 양돈규모별로는 1,000두~5,000두 규모의 양돈농가가 68.4%로 가장 높은 비중을 차지하였음. 다음으로는 1,000두 이하를 사육하는 농가가 26.3%로 나타났으며, 5,000두 이상의 대규모 양돈농가는 5.3%에 그쳤음.

나) 가축분뇨에 대한 양돈농가 인식

○ 농가들은 대부분 분뇨를 ‘단순 폐기물’이 아닌 ‘자원’으로 인식하고 있으며, 이에 따라 분뇨를 폐기물, 혹은 오염원으로 바라보는 환경부의 인식 전환 및 규제 완화가 필요하다는 입장을 주로 표명함.

- NW시와는 달리 일부 양돈 농가는 가축분뇨를 ‘자원’이 아닌 ‘단순폐기물’으로 본다고 응답(10.5%)하기도 하였음.
- 또한 대다수의 농가(84.2%)가 농림수산식품부와 환경부가 분뇨처리에 대해서로 다른 입장을 가진 것으로 생각하고 있음. JJ지역 양돈농가들은 농림수산식품부는 분뇨를 자원으로 보는 데 반해 환경부는 환경오염원으로 여기는 것으로 인지하고 있음.

다) 돈사구조

○ 돈사구조의 경우 NW시와 유사하게 대부분 슬러리 돈사인 것으로 확인됨. 또한 돈사의 개보수 필요성에 대해 많은 농가가 공감함에도 불구하고 대체로 현재의 돈사구조를 유지할 계획인 것으로 나타남.

- 설문에 응한 양돈농가 중 73.7%가 슬러리 돈사 구조인 것으로 확인되었으며, 이밖에 스크레이퍼 돈사 10.5%, 슬러리·스크레이퍼 혼합구조가 10.5%, 기타 혼합돈사가 10.5%인 것으로 나타남.
- 분뇨의 자원화를 위해 가장 적절하다고 생각되는 돈사의 구조에 대해서는 슬러리 돈사로 답한 농가가 52.6%로 가장 많았으며, 스크레이퍼 돈사와 톱밥돈사가 적절하다고 응답한 농가도 각각 15.8%로 조사되었음.

[표 3-35] 설문조사 대상자(축산농가)의 특성

구분		빈도	비율
연령 분포	30~40대	2	10.5
	41~50대	6	31.6
	51~60대	6	31.6
	61세 이상	5	26.3
	합계	19	100.0
지역분포	금곡면	2	10.5
	대곡면	4	21.1
	명석면	2	10.5
	미천면	2	10.5
	수곡면	4	21.1
	이반성면	1	5.3
	일반성면	1	5.3
	지수면	1	5.3
	진성면	2	10.5
합계	19	100.0	
사육두수	1000두 이하	5	26.3
	1001~3000두	10	52.6
	3001~5000두	3	15.8
	5001두 이상	1	5.3
합계	19	100.0	

[표 3-36] JJ시의 양돈농가 돈사구조

구분	현재의 돈사구조		분뇨 자원화가 용이한 돈사구조	
	농가수	비율(%)	농가수	비율(%)
슬러리 돈사	14	73.7	10	52.6
스크레파 돈사	2	10.5	3	15.8
슬러리 스크레파 혼합	2	10.5	2	10.5
툽밥 돈사	0	-	3	15.8
기타혼합돈사	2	10.5	0	-
무응답	0	-	1	5.3
합계	19	100.0	19	100.0

□ 설문에 응한 모든 JJ시의 양돈농가가 돈사 신(증)축 또는 개보수가 필요하다고 응답함. 그러나 57.9%의 농가가 그럼에도 현재의 돈사구조를 그대로 유지하겠다는 견해를 보이고 있는데, 이는 과중한 시설비용에 대한 부담

(72.7%)과 고령화에 따른 후계인력 부족(18.2%) 때문인 것으로 파악됨.

[표 3-37] 현재의 돈사구조를 유지하려는 원인

구분	농가수	비율(%)
• 과중한 시설투자비용이 부담되기 때문에	8	72.7
• 돈사구조 변화는 자원화와 큰 차이가 없기 때문에	1	9.1
• 후계농이 없어서 투자에 미온적임	2	18.2
합계	11	100.0

라) JJ지역의 분뇨처리 방법 및 비용

○ 분뇨처리 방법은 NW시와 달리 자체퇴·액비화 하는 경우가 가장 많았으며, 민간 퇴액비 생산업체를 통하는 경우의 순으로 나타남.

□ JJ지역의 분뇨처리 방법은 크게 양돈농가 자체적으로 퇴비화, 액비화하여 분뇨를 처리하는 방법과, 민간퇴액비 생산업체(JJ양돈협회 액비유통센터)를 통한 방법으로 구분됨.

□ 설문에 응답한 양돈농가만을 볼 때, 스스로 퇴비화하여 처리하는 비율은 17.1%, 액비화 처리는 평균 40.3%, 민간처리가 평균 42.6% 수준인 것으로 나타났으며, 농가에서 자체적으로 정화처리하거나 공공처리시설을 이용하는 경우는 없는 것으로 조사됨.

○ 분뇨처리 방법에 따라 톤당 분뇨처리 비용은 다르게 나타나며, 액비는 전량 무상으로 인근농가에 공급되고 있음.

□ 농가 자체적으로 퇴비화한 경우 톤당 평균 처리비용이 13,571원, 자체 액비화한 경우 16,909원으로 조사되었으며, 민간 퇴액비 생산업체를 이용하여 분뇨를 처리하는 비용은 평균 14,250원으로 나타남.

- 농가 스스로가 퇴·액비화하는 비용이 액비유통센터를 이용해 분뇨를 처리하는 비용에 비해 높은 것으로 조사되었는데 이는 자체적으로 퇴·액비화하여 소요되는 운반 및 살포비용이 포함되었기 때문으로 사료됨.

- JJ시의 경우, 양돈협회의 액비유통센터가 유일하게 액비 수거 및 살포의 역할을 하고 있어 각 개별 농가는 분뇨처리에 상당한 어려움을 겪고 있고 공동자원화시설 유치문제도 주민들의 반대에 부딪혀 원활히 진행되지 못하고 있는 실정임.

[표 3-38] 분뇨처리 방법에 따른 비율 및 톤당 처리비용

구분	자체 퇴비화	자체 액비화	자체 정화방 류	민간 퇴액비 생산업체	농축협 액비 생산시설	공공 처리시 설	합계
분뇨처리 평균비율	17.1%	40.3%	-	42.6%	-	-	100%
톤당평균 처리비용	13,571 원	16,909 원	-	14,250원	-	-	-

□ 자체퇴비화나 자체 액비화로 처리되는 분뇨는 거의 전량 인근농가에 무상으로 공급되고 있음. 자체 퇴비생산에 있어 일부 판매하는 경우가 있었으나 대부분 양돈농가가 소유한 논, 밭을 통해 소비하고 있었으며, 자체 액비의 경우는 인근 농가에 100% 무상 보급하고 있는 것으로 조사됨.

마) JJ지역의 분뇨처리 시설

○ 조사에 응한 양돈농가 모두가 분뇨처리를 위해 자원화 시설을 보유하고 있는데, 이는 농가가 스스로 발생한 분뇨를 자원화 하겠다는 의지라기보다는 해양투기가 근절되면서 어쩔 수 없는 방편으로 시설투자를 하고 있는 것으로 사료됨.

□ 자원화 처리시설을 설치한 첫 번째 이유는 해양투기가 금지되면서 다른 방법이 없었기 때문에 자원화 시설을 선택하였다고 응답한 비율이 78.9%로 가장 높았고, 처리비용, 본인의지, 편의성, 정부보조 등에 대해서는 낮은 응답율을 보임.

- JJ시의 양돈농가들은 지난해까지 해양투기를 해오면서 분뇨를 자원화하겠다는 의지가 전혀 없었으나 법적으로 해양투기가 금지되면서 육상처리를 할 수 밖에 없는 처지에서 정부의 정책방향인 자원화를 선택하고 있음. 정화방류는 환경부의 규제가 강화되고 높은 시설투자 비용의 문제로 인해 선뜻 접근하기가 어렵다는 입장을 가지고 있으며 공동자원화 시설이 절대 필요하다는 생각을 가지고 있으나 민원문제로 인해 담보상태에 있음.

[표 3-39] 분뇨처리 방법에 따른 개별양돈농가의 처리시설의 유무(JJ지역)

자원화 시설	정화방류 시설	둘 모두 설치	설치 않음(위탁)
100%	-	-	-

[표 3-40] 자원화시설을 설치한 이유(JJ지역)

구분	1순위(%)	2순위(%)
• 기타(선택의 여지가 없어서, 해양투기 금지 때문)	78.9	-
• 분뇨처리비용이 저렴하기 때문에	5.3	15.8
• 분뇨처리가 상대적으로 간편하기 때문에	5.3	5.3
• 분뇨를 자원화 하겠다는 본인의 의지	5.3	10.5
• 정부에서 많은 보조를 하기 때문에	5.3	-
• 상대적으로 악취발생이 적기 때문에	-	10.5
• 사육규모로 인해 자원화 시설이 적절해서	-	15.8
• 무응답	-	42.1
합계	100.0	100.0

바) 민원발생 시 해결방법

○ 민원 발생 시에는 혼자 알아서 처리하는 경우가 많은 것으로 나타났으며, 다음으로 시의 축산담당자에게 도움을 요청하는 것으로 조사됨.

□ 민원이 발생할 경우 어떻게 처리를 했는지, 또는 앞으로 민원이 발생한다면 어떻게 처리 할 것인지 묻는 질문에 ‘혼자 알아서 처리한다’는 응답이 47.4%로 가장 많았고, ‘시·군의 축산담당자에게 도움을 요청한다’는 의견이 31.6%로 그 뒤를 이었음.

[표 3-41] 민원발생시 대처 방법(JJ지역)

구분	1순위(%)	2순위(%)
▪ 혼자 알아서 처리	47.4	
▪ 시군 축산담당자에게 도움요청	31.6	10.5
▪ 축산단체 도움요청	15.8	21.1
▪ 주변 축산농가에 도움요청	5.3	10.5
▪ 컨설팅업체에 도움요청	5.3	5.3
▪ 무응답	-	52.6
합계	100.0	100.0

사) 가축분뇨 자원화 애로사항

○ 가축분뇨 자원화 정착의 가장 큰 어려움(애로사항)으로 JJ지역은 시설설치비용과 민원해결 문제, 액비의 유통문제를 꼽음.

□ 자원화 시설을 개별 양돈농가마다 설치하는데 소요되는 비용 및 분뇨처리 비용(68.4%)과 악취발생에 따른 민원(26.3%)이 분뇨의 자원화를 정착시키

는데 가장 큰 애로사항인 것으로 조사되었음.

- JJ지역의 경우, 생산되는 퇴·액비의 유통문제 또한 상당히 심각한 것으로 양돈농가들은 인식하고 있음.

[표 3-42] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화) 정착의 애로사항(JJ지역)

구 분	1순위(%)	2순위(%)
• 자원화 시설설치비용 및 처리비용 부담	68.4	15.8
• 악취발생에 따른 민원발생	26.3	5.3
• 생산된 퇴·액비의 유통문제	5.3	63.2
• 퇴·액비 생산 기술력 부족	-	10.5
• 자원화와 부적합한 축사시설 구조	-	5.3
합 계	100.0	100.0

아) 자연순환농업 확대를 위한 개선 사항

- 자연순환농업 또는 가축분뇨의 자원화를 확대하기 위해 가장 시급히 개선해야 할 사안은 분뇨자원화시설 확충과 퇴액비를 사용하는 일반농가들의 인식전환인 것으로 나타남.

[표 3-43] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화)를 위해 가장 필요한 사항(JJ지역)

구 분	1순위(%)	2순위(%)
• 공동처리시설 등 공동으로 이용하는 분뇨자원화 시설의 확충	100	-
• 퇴액비를 사용하는 일반농가의 인식전환 교육		52.6
• 퇴액비 품질향상 및 민원해결기술의 보급		26.3
• 농지 이외의 퇴액비 소비처 발굴	-	15.8
• 축산, 경종, 지역의 농축협, 지자체의 유기적 협력체제 구축		5.3
합 계	100.0	100.0

- 가축분뇨의 자원화 확대를 위해서 JJ지역 양돈농가들은 공동처리시설 등 농가가 공동으로 이용하는 분뇨자원화 시설의 확충(100%)을 최우선 적으로 선택하였고, 퇴액비의 최종수요처인 일반경종농가들의 인식전환과 민원문제 해결의 확대노력이 가장 필요하다고 응답함.

- 공동자원화시설과 2개의 액비유통시설을 갖춘 NW시와는 달리 액비유통센터 1곳만 있는 JJ시의 양돈농가들은 시설측면의 지원이 가장 필요하다고 주장하고 있음.

3) 자연순환농업에 대한 경종농가의 인식(JJ지역)

가) 설문대상자 분포

- 설문에 응한 경종농가는 총 25농가로, 조사 대상지역은 읍·면별로 집중되는 현상을 피하고 JJ지역 전체 경종농가의 의견을 반영하고자 하였음. 금산면의 응답률이 상대적으로 높게 나타난 면이 있음.
- 영농형태는 하우스 채소와 논농사가 전체의 68.0%로 가장 많았으며, 과수와 화훼가 각각 20.0%, 8.0%의 순으로 조사되었음.

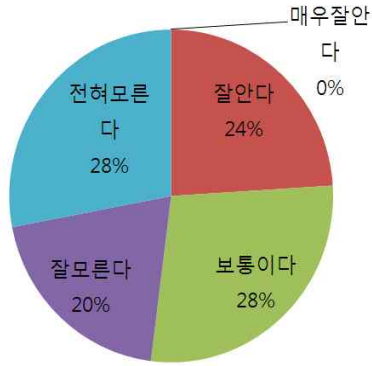
[표 3-44] 설문조사 대상자(JJ지역 경종농가)의 인문사회적 특성

구분		응답수	구분		응답수
거주지역	금곡면	3(12.0)	연간소득 (백만원)	20 이하	2(8.0)
	금산면	12(48.0)		21~40	0
	사봉면	4(16.0)		41~60	3(12.0)
	정촌면	3(12.0)		61~100	12(36.0)
	진성면	3(12.0)		101~200	5(20.0)
	무응답	0		201 이상	0
	합계	25(100.0)		무응답	6(24.0)
영농형태	논농사	6(24.0)	합계		25(100)
	과수	5(20.0)	연령	40세 이하	2(8.0)
	채소	11(44.0)		41~50세	6(24.0)
	화훼	2(8.0)		51~60세	10(40.0)
	기타 ¹⁾	1(4.0)		61~70세	5(20.0)
	무응답	0		71세 이상	2(8.0)
	합계	25(100.0)		합계	25(100.0)

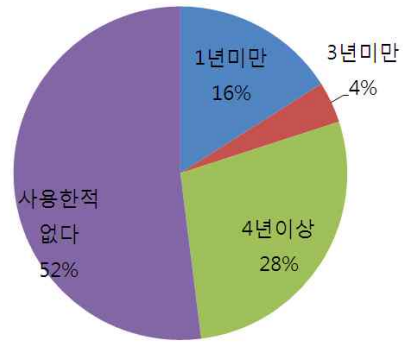
주 1) 기타는 우영 등 기타작물을 말함. ()는 비율을 나타냄.

나) 자연순환농업에 대한 인식

- 자연순환농업에 대해 48%의 농가가 잘 모르거나 전혀 모르고 있으며, 알고 있는 사람들은 주로 주변농가(88.2%)를 통해 알게 된 것으로 확인됨.
 - 자연순환농업에 대해 알고 있거나 들어본 적이 있다고 응답한 사람이 52.0%를 차지하였고, 잘 알지 못하거나 전혀 들어본 적이 없다고 응답한 비중은 48.0%였음.
 - 자연순환농업에 대해서 알고 있다고 응답한 사람들은 주변사람(88.2%), 지자체의 관련교육(11.8%)을 통해서 알게 되었다고 응답함.



[그림 3-35] 자연순환농업에 대한 인지도(JJ시)



[그림 3-36] 돈분뇨 퇴·액비 사용유무 및 기간

다) 퇴·액비의 이용수준

○ 돈분뇨 퇴·액비의 이용수준은 낮은 것으로 조사되었으며 퇴·액비의 사용기간은 4년 이상이 대다수이며 농업관련 기관 보다는 퇴액비를 사용해본 주변농가를 통해 처음 접하는 것으로 조사됨.

□ 퇴액비 중 액비를 이용하는 농가는 48.0%로 조사되었으며, 사용한 적이 없는 농가가 절반을 넘는 52.0%로 나타났음.

- 조사 농가 중 액비를 사용하기는 하나 화학비료와 혼합해서 사용한다는 농가가 24.0%, 퇴·액비만 사용한다는 농가가 24.0%였음.

□ 액비를 사용하는 농가 중에 사용해본 기간은 4년 이상이 58.3%로 가장 많았고, 1년 미만이 33.3%, 3년 미만이 8.3%로 나타났음.

- 액비를 사용해본 농가는 꾸준히 액비를 찾고 있으며 이는 액비를 살포하는 농경지의 지리적여건, 경영주의 인지도에 따라 액비사용의 확대가 탄력적으로 적용 가능함을 의미함.

□ 돈분뇨 퇴·액비를 처음 접하게 된 동기를 묻는 문항에서는 돈분뇨 퇴·액비를 사용해본 주변농가의 권고로 사용해 보았다는 응답이 83.3%로 가장 많았고, 다음이 생산업체(액비유통센터)의 권고가 16.7%인 것으로 나타났음. 농업관련 기관의 지도나 자가처리를 위해서 액비를 처음 사용했다는 응답은 없었음.

[표 3-45] 돈분뇨 퇴·액비의 최초 사용 경로(JJ지역)

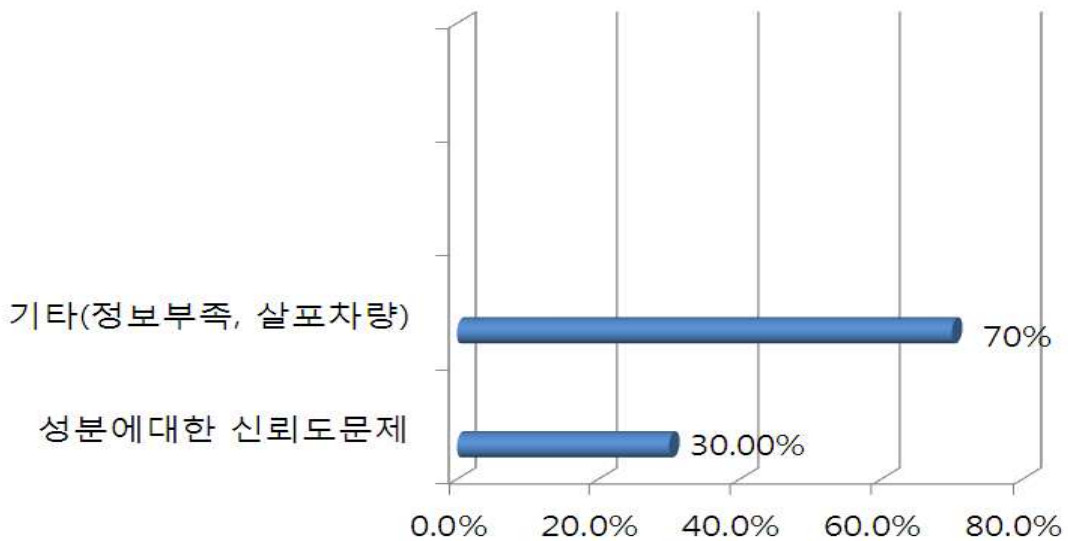
주변농가 권고	농업관련기관 지도	생산업체 권고	분뇨 자가처리	합계
83.3 %	-	16.7 %	-	100%

라) 퇴·액비 사용을 꺼리는 이유

○ JJ지역에서 퇴·액비의 사용을 하지 않는 이유로 가장 많은 사람이 액비가 무엇인지 모르겠다고 응답한 사람이 많았음. 알지만 사용하지 않는 이유는 퇴·액비 성분 및 효과에 대한 신뢰도가 낮기 때문인 것으로 조사되었음.

□ 돈분뇨 퇴·액비를 사용하지 않거나, 또는 현재 사용하고 있으나 앞으로는 사용하지 않을 계획이라면 그 이유가 무엇인가에 대한 문항에 대해서는 액비가 무엇인지 모른다는 응답자가 전체의 70%에 해당되었음. 또한 알고는 있으나 액비자체의 성분을 믿을 수 없어 토양오염이나 작물에 해가 될지도 모른다는 생각을 가진 응답자가 전체 응답농가의 30.0%를 차지하였음.

- JJ시의 경우, 절대적으로 액비에 대한 교육이나 홍보가 필요한 것으로 생각되며, 액비를 사용해 본 농가들 또한 악취는 많이 없어져서 큰 문제가 되지 않는데 액비를 사용했을 때 토양, 또는 작물의 어디에 좋은지 모르는 경우가 대부분임.



[그림 3-37] 돈분뇨 퇴·액비를 사용하지 않거나 앞으로 사용하지 않으려하는 이유(JJ지역)

마) 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 이유

○ 퇴·액비를 사용해 본 농가는 토양의 지력향상과 경영비 절감을 주요 사용이유로 선택했으며, 품질은 공동자원화센터에서 생산되는 액비의 품질을 가장 선호

□ 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 농가의 사용이유를 묻는 문항에서는 1순위, 2순위 모두 토양의 지력향상이 가장 큰 이유인 것으로 나타났으며, 다음이 주변에서 그냥 써보라고 해서 쓴다는 의견이 많았음. 수확량이 증가는 상대적으로 낮게 나타났음.

- JJ시의 경우, 토양의 지력향상이나 경영비 절감 이외에 어디에 좋은지 모르지만 그냥 주변에서 한번 써보라고 하니까 쓴다는 의견이 다른 시군에 비해 상대적으로 많이 나타났는데 이는 액비에 대한 교육, 홍보 등이 상당히 미흡하기 때문인 것으로 판단됨.

[표 3-46] 돈분뇨 퇴·액비 사용이유(JJ지역)

구분	토양 지력향상	경영비 절감	주변의 권고	수확량 증가	합계
1순위	41.7 %	25.0 %	25.0 %	8.3 %	100%
2순위	30.0 %	20.0 %	20.0 %	30.0 %	

- 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 농가를 대상으로 어디에서 공급되는 퇴·액비를 사용하는가에 대한 질문에서 질문에 응답한 농가 대부분은 액비유통센터의 퇴·액비를 사용하는 것으로 조사되었음.
- JJ시는 분뇨의 자원화를 위한 액비 자원화 시설이 액비유통센터 1곳에 불과하여 이용자들이 다른 선택을 할 여지가 없음. 퇴액비의 품질수준에 대한 질문에서도 비교의 대상이 거의 없어 사용해보았거나 현재 사용중인 액비유통센터의 액비가 가장 좋다고 응답(72.7%)하였고, 품질은 만족하지 못한다는 응답이 18.2%로 나타났음.

[표 3-47] 돈분뇨 퇴·액비 생산처별 품질수준에 대한 선호(JJ지역)

개별 양돈농가	공동자원화 시설	액비유통센터	모두 불만족	합계
9.1 %	-	72.7 %	18.2 %	100%

바) 자연순환농업 정착을 위해 개선되어야 할 사항

○ 작물에 미치는 영향 홍보, 교육 및 퇴·액비 품질향상

- JJ지역의 자연순환농업의 정착을 위하여 가장 시급히 개선되어야 할 사항은 무엇인가에 대한 응답으로, 응답 대상 경종농가의 52.0%는 퇴액비가 토양/작물에 미치는 영향 등에 대한 홍보/교육과, 연구개발을 통한 퇴·액비의 품질향상이 가장 필요한 것으로 인식하고 있음. 2순위 또한 이와 비슷한 것으로 나타났음.

[표 3-48] 자연순환농업 정착을 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항(JJ지역)

구분	1순위	2순위
• 퇴·액비가 토양/작물 등에 미치는 영향 등 홍보/교육	52.0%	52.4%
• 연구개발을 통한 돈분뇨 퇴·액비의 품질향상	40.0%	33.3%
• 불량 퇴·액비 차단을 위한 유통구조개선 및 단속강화	8.0%	4.8%
• 퇴·액비 살포절차 등 행정처리 간소화	-	4.8%
• 돈분뇨 퇴·액비로 생산된 작물에 대한 친환경농산물 인증	-	4.8%
합 계	100 %	

다. YC 지역

1) 설문조사 개요

- 설문 대상: YC지역의 양돈농가 및 경종농가
- 설문 표본: YC지역 거주 51농가(양돈농가 30, 경종농가 21)
- 설문조사 기간: 2012년 10월 26~27일(1박 2일)

가) 조사 방법

- 조사방법은 NW, JJ지역과 동일하게 수행하였으나 축산(양돈)농가의 경우 YC지역의 농업기술센터 담당 공무원이 양돈농가를 방문하여 설문지를 배포 및 회수 하였고(약 1개월 소요) 경종농가는 YC지역의 각 읍면별로 방문하여 면대면(Face-to-face) 조사를 실시함.

2) 분뇨자원화에 대한 양돈농가의 인식

가) 설문대상자의 특징

- JJ 지역 양돈농가 총 95농가 중 30농가가 설문에 응하였음.
 - 연령별로는 40대 이하가 3.3%, 40~50대가 30.0%, 50~60대가 50.0%, 60세 이상이 16.7%로 나타남.
 - 지역별로는 고경면, 북안면, 청통면이 상대적으로 많이 분포되어 있는 것으로 조사되었으나 실제로는 고경면, 청통면, 금호읍, 대창면 등에 대규모 양돈농가가 집중되어 분포하고 있음.
 - 양돈규모별로는 1,000두~3,000두 이하 규모의 양돈농가가 66.7%로 가장 높은 비중을 차지하였음. 다음으로는 1,000두 이하를 사육하는 농가가 16.7%로 나타났으며, 3,000두 이상의 대규모 양돈농가는 13.4%로 나타났음.

[표 3-49] YC지역 설문조사 대상자(양돈농가)의 특성

구 분		빈 도	비 율(%)
연령 분포	30~40대	1	3.3
	41~50대	9	30.0
	51~60대	15	50.0
	61세 이상	5	16.7
	합 계	30	100.0
지역분포	고경면	11	36.7
	금호읍	2	6.7
	북안면	9	30.0
	임고면	1	3.3
	청통면	6	20.0
	화북면	1	3.3
합 계		30	100.0
사육두수	1000두 이하	5	16.7
	1001~3000두	20	66.7
	3001~5000두	2	6.7
	5001두 이상	2	6.7
	무응답	1	3.3
합 계		19	100.0

나) 가축분뇨에 대한 양돈농가 인식

○ 설문에 응한 YC지역의 양돈농가들은 모두 분뇨를 ‘단순 폐기물’이 아닌 ‘자원’으로 인식하고 있으며, 분뇨를 폐기물, 혹은 오염원으로 바라보는 환경부의 인식 전환 및 규제 완화가 필요하다는 입장을 주로 표명함.

또한 대다수의 농가(86.7%)가 농림수산식품부와 환경부가 분뇨처리에 대해 서로 다른 입장을 가진 것으로 생각하고 있음. YC지역 양돈농가들은 농림수산식품부는 분뇨를 자원으로 보는 데 반해 환경부는 환경오염원으로 여기는 것으로 인지하고 있음.

다) 돈사구조

○ 돈사구조의 경우 NW, JJ지역과 유사하게 대부분 슬러리 돈사인 것으로 확인됨. 또한 돈사의 개보수 필요성에 대해 많은 농가가 공감함에도 불구하고 대체로 현재의 돈사구조를 유지할 계획인 것으로 나타남.

□ 설문에 응한 양돈농가 중 80.0%가 슬러리 돈사 구조인 것으로 확인되었으며, 이밖에 슬러리·스크레이퍼 혼합구조가 10.0%, 분뇨 분리 및 기타 혼합 돈사가 10.0%인 것으로 나타남.

- 분뇨의 자원화를 위해 가장 적절하다고 생각되는 돈사의 구조에 대해서는 슬러리 돈사로 답한 농가가 53.3%로 가장 많았으며, 톱밥 돈사(20.0%)와 평사(6.7%), 슬러리·스크레이퍼 돈사 혼합(3.3%), 분뇨 분리돈사(16.7%)로 다양한 응답이 있었음.

[표 3-50] YC지역의 양돈농가 돈사구조

구분	현재의 돈사구조		분뇨 자원화가 용이한 돈사구조	
	농가수	비율(%)	농가수	비율(%)
슬러리 돈사	24	80.0	16	53.3
슬러리 스크레이퍼 혼합	3	10.0	1	3.3
톱밥 돈사	-	-	6	20.0
평사(직접 분을 긁어냄)	-	-	2	6.7
분뇨 분리돈사	2	6.7	5	16.7
기타 혼합돈사	1	3.3	-	-
합계	30	100.0	30	100.0

- 설문에 응한 모든 YC지역의 양돈농가가 돈사 신(증)축 또는 개보수가 필요하다고 응답함. 그러나 56.7%의 농가가 그럼에도 현재의 돈사구조를 그대로 유지하겠다는 견해를 보이고 있는데, 이는 과중한 시설비용에 대한 부담(58.8%)과 돈사구조를 바꿔도 큰 차이가 없을 것이라는 의견(17.6%), 사육두수에 따른 불가피성과 고령화에 따른 후계인력 부족이 각각 11.8%로 조사됨.

[표 3-51] 현재의 돈사구조를 유지하려는 원인(YC지역)

구분	농가수	비율(%)
• 과중한 시설투자비용이 부담되기 때문에	10	58.8
• 돈사구조 변화는 자원화와 큰 차이가 없기 때문에	3	17.6
• 사육두수로 인해 현재의 돈사구조가 불가피하기 때문에	2	11.8
• 후계농이 없어서 투자에 미온적임	2	11.8
합계	17	100.0

라) YC지역의 분뇨처리 방법 및 비용

- 분뇨처리 방법은 NW, JJ지역과 달리 자체 정화방류나 공공폐기물처리장을 이용하여 처리하는 방법이 많은 것으로 조사되었음. 자체 퇴·액비화 하는 경우가 가장 높은 비율을 차지(56.6%)하고 있으나, 정화방류와 공공처리의 비율이 타지역에 비해 상대적으로 높은 특징을 보이고 있음.

- YC지역의 분뇨처리 방법은 양돈농가 자체적으로 퇴비화, 액비화하여 분뇨

를 처리하는 방법, 자체적으로 정화처리하는 방법, 민간퇴액비 생산업체(양돈협회 축분비료유통센터, 경북친환경 액비유통센터)를 통한 방법, (주)00위생, 00위생(주), (주)00환경의 공공처리장을 이용하는 방법 등 크게 4가지로 구분됨.

□ 설문에 응답한 양돈농가만을 볼 때, 스스로 퇴비화하여 처리하는 비율은 21.3%, 액비화 처리는 평균 35.3%, 민간처리가 평균 3.0% 수준인 것으로 나타났으며, 농가에서 자체적으로 정화처리후 방류가 14.7%, 공공처리시설 이용이 25.7%로 조사되었음.

- 이는, 톤당 처리비용이 분뇨의 자원화 보다는 정화처리 및 공공처리 시설을 이용하는 경우가 상대적으로 저렴하기 때문인 것과 많은 민원발생에 따른 공동자원화시설설치의 미진함, 액비 폭기시 발생하는 악취에 따른 민원, 액비 소비처 확대의 애로, 지자체의 분뇨관리 정책의 이원화(자원화 및 일반정화) 등이 복합적으로 작용한 것으로 판단됨.

- 실제로, YC지역의 경우, 3,000두 이상의 대규모 양돈농가는 대체적으로 일일 30톤 이상의 정화방류 시설을 자체 보유한 경우가 대다수임.

○ 분뇨처리 방법에 따라 톤당 분뇨처리 비용은 다르게 나타나며, 액비는 양돈농가에서 직접 사용하거나 전량 무상으로 인근농가에 공급되고 있음.

□ 농가 자체적으로 퇴비화한 경우 톤당 평균 처리비용이 14,357원, 자체 액비화한 경우 18,133원으로 조사되었으며, 민간 퇴액비 생산업체를 이용하여 분뇨를 처리하는 비용은 평균 17,500원으로 나타남.

- 농가 스스로가 퇴·액비화하는 비용이 액비유통센터를 이용해 분뇨를 처리하는 비용에 비해 높은 것으로 조사되었는데 이는 자체적으로 퇴·액비화하여 소요되는 개별 처리 및 운반비용이 포함되었기 때문으로 사료됨.

[표 3-52] 분뇨처리 방법에 따른 비율 및 톤당 처리비용

구분	자체 퇴비화	자체 액비화	자체 정화방류	민간 퇴액비 생산업체	농축협 퇴액비 생산시설	공공 처리시설	합계
분뇨처리 평균비율	21.3%	35.3%	14.7%	3.0%	-	25.7	100%
톤당평균 처리비용	14,357원	18,133원	12,286원	17,500원	-	13,909원	-

□ NW, JJ지역과 마찬가지로 자체퇴비화나 자체 액비화로 처리되는 분뇨는 거의 전량 인근농가에 무상으로 공급되고 있음. 자체 퇴비생산에 있어 일부 판매하는 경우가 있었으나 대부분 양돈농가가 소유한 논, 밭을 통해 소비하

고 있었으며, 자체 액비의 경우는 인근 농가에 100% 무상 보급하고 있는 것으로 조사됨.

마) YC지역의 분뇨처리 시설

○ 조사에 응한 양돈농가는 NW, JJ지역의 경우와 달리 분뇨처리를 위해 자원화 시설, 정화방류시설, 두 가지 시설 모두를 보유하거나, 전혀 시설설치 없이 위탁하는 형태를 보임.

□ 자원화 처리시설을 설치한 첫 번째 이유는 해양투기가 금지되면서 분뇨의 육상처리를 위한 다른 방법이 없어 선택의 여지가 없었다는 응답이 50.0%로 가장 높았고, 처리비용, 사육규모가 각각 16.7%, 분뇨를 자원화 하겠다는 본인의지와 자원화의 편의성, 정부보조는 크게 고려하지 않는 것으로 나타남.

- YC지역 또한 JJ지역과 마찬가지로 양돈농가들이 지난해까지 해양투기를 해오면서 분뇨를 자원화 하겠다는 의지가 크게 없었으나 법적으로 해양투기가 금지되면서 육상처리를 할 수 밖에 없게 되어 자원화를 일부 선택하고 있음. 그러나 NW, JJ지역과는 달리 환경부의 규제수준에 맞춘 정화방류시설을 고 비용을 들여 시설을 설치하는 농가가 생겨나고 있음. 공동자원화 시설(경축순환 자원화 센터, 북안농협 예정)이 절대 필요하다는 생각을 가지고 있으나 민원문제로 인해 담보상태에 있음.
- YC지역의 경우 가축분뇨와 일반가정에서 발생하는 음식물 쓰레기를 이용해 에너지화하겠다는 의지를 가지고 “유기성폐기물 에너지화 시설 설치사업”을 추진중에 있음. 2014년 준공을 목표로 300억원의 사업비(국비 70, 민자 30)를 투자해 일일 250톤 처리용량이 가능한 시설설치를 준비중임.
- 앞의 두 지역(NW, JJ)과 차별화 되는 것은 정화처리 및 공공처리시설에 위탁하는 형태가 상대적으로 높다는 것임. YC지역 또한 지역의 남서지역을 제외하고는 청정지역으로 분류되어 정화처리 기준이 높음에도 불구하고 강화된 기준에 맞춘 정화처리시설을 개별축산농가에 설치하고 있음. 이는 초기 투자비용(1일 30톤 처리시설의 경우 4억 5천 만원)이 높음에도 불구하고 정화처리 시설을 설치하여 분뇨처리를 하겠다는 개별농가의 의지와 시설설치 후 톤당 단가가 자원화 보다는 저렴한 것, 자원화 보다는 편리하다는 점, 담당 부서의 지원 등에 따른 것으로 판단됨. 공공처리시설에 위탁하는 경우는 소규모 양돈농가에서 주로 처리하는 방법으로 단가가 상대적으로 저렴하고 시설비용이 따로 소요되지 않기 때문인 것으로 판단됨.

[표 3-53] 분뇨처리 방법에 따른 개별양돈농가의 처리시설의 유무(YC지역)

자원화 시설	정화방류 시설	자원화, 정화방류 시설 모두 설치	설치 않음(위탁)
60%	10%	13.3%	16.7%

[표 3-54] 자원화시설을 설치한 이유(YC지역)

구분	1순위(%)	2순위(%)
• 기타(선택의 여지가 없어서, 해양투기 금지 때문)	50.0	20.0
• 분뇨처리비용이 저렴하기 때문에	16.7	26.7
• 사육규모를 고려했을 때 설치한 시설이 적절해서	16.6	20.0
• 분뇨를 자원화 하겠다는 본인의 의지	10.0	6.7
• 상대적으로 악취발생이 적기 때문에	6.7	-
• 정부에서 많은 보조를 하기 때문에	-	-
• 분뇨처리가 상대적으로 간편하기 때문에	-	-
• 무응답	-	26.6
합계	100.0	100.0

바) 민원 발생시 해결방법

○ 민원 발생 시에는 NW, JJ지역과 마찬가지로 혼자 알아서 처리하는 경우가 많은 것으로 나타났으며, 다음으로 시의 축산담당자에게 도움을 요청하는 것으로 조사됨.

[표 3-55] 민원발생시 대처 방법(YC 지역)

구분	1순위(%)	2순위(%)
• 혼자 알아서 처리	66.7	13.3
• 시군 축산담당자에게 도움요청	23.3	43.3
• 컨설팅업체에 도움요청	6.7	-
• 주변 축산농가에 도움요청	3.3	3.3
• 축산단체 도움요청	-	16.7
• 무응답	-	23.3
합계	100.0	100.0

□ 민원이 발생할 경우 어떻게 처리를 했는지, 또는 앞으로 민원이 발생한다면 어떻게 처리 할 것인지 묻는 질문에 혼자 알아서 처리한다는 응답이 66.7%로 가장 많았고, 시·군의 축산담당자에게 도움을 요청한다는 의견이 23.3%로 그 뒤를 이었음.

사) 가축분뇨 자원화 애로사항

- 가축분뇨 자원화 정착의 가장 큰 어려움(애로사항)으로 YC 지역은 시설설치비용과 액비의 유통문제, 민원해결 문제를 꼽음.
- 자원화 시설을 개별 양돈농가마다 설치하는데 소요되는 비용 및 분뇨처리비용부담(66.7%)과 생산된 퇴·액비의 유통문제(16.7%), 악취발생에 따른 민원(10.0%)이 분뇨의 자원화를 정착시키는데 가장 큰 애로사항인 것으로 조사되었음.

[표 3-56] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화) 정착의 애로사항(YC 지역)

구 분	1순위(%)	2순위(%)
• 자원화 시설설치비용 및 처리비용 부담	66.7	6.7
• 생산된 퇴·액비의 유통문제	16.7	30.0
• 악취발생에 따른 민원발생	10.0	36.7
• 자원화와 부적합한 축사시설 구조	6.7	3.3
• 퇴·액비 생산 기술력 부족	-	20.0
• 무응답	-	3.3
합 계	100.0	100.0

아) 자연순환농업 확대를 위한 개선 사항

- 자연순환농업 또는 가축분뇨의 자원화를 확대하기 위해 가장 시급히 개선해야 할 사안은 분뇨자원화시설 확충과 퇴액비를 사용하는 일반농가들의 인식전환, 품질향상 및 민원해결을 위한 방안 마련인 것으로 나타남.
- 가축분뇨의 자원화 확대를 위해서 YC지역 양돈농가들은 공동처리시설 등 농가가 공동으로 이용하는 분뇨자원화 시설의 확충(96.7%)을 최우선으로 선택하였고, 퇴액비의 최종수요처인 일반경종농가들의 인식전환과 품질향상 및 민원문제해결의 확대노력이 가장 필요하다고 응답함.
 - YC 지역은 2곳의 액비유통센터와 3곳의 공공처리시설, 민원문제로 답보 상태에 있으나 추진 중인 ‘경축순환 자원화센터’(액비생산시설 보다는 퇴비화 시설에 가까움), ‘유기성 폐기물 에너지화 시설’, 개별 양돈농가 시설 지원사업 등 추가적인 시설설치사업이 꾸준히 진행되고 있어 2011년 구제역과동 이후 분뇨처리를 위한 노력을 꾸준히 진행해 가고 있는 실정임.
 - 또한 YC지역은 퇴·액비 생산 및 유통주체, 경종단체, 축산단체, 지역 공무원 등이 참여한 “YC시 퇴·액비 유통협의회”를 구성하여 2012년부터 본격

적인 운영회의를 추진하여 각종 퇴·액비 우수성 홍보방안, 유통·이용에 관한 협약사항 등을 제정하여 퇴·액비 유통확대를 위해 노력중임.

[표 3-57] 가축분뇨 자원화(퇴·액비화)를 위해 가장 필요한 사항(YC시)

구분	1순위(%)	2순위(%)
• 공동처리시설 등 공동으로 이용하는 분뇨자원화 시설의 확충	96.7	3.3
• 퇴액비를 사용하는 일반농가의 인식전환 교육	-	36.7
• 퇴액비 품질향상 및 민원해결기술의 보급	-	36.7
• 축산, 경종, 지역의 농축협, 지자체의 유기적 협력체제 구축	3.3	20.0
• 농지 이외의 퇴액비 소비처 발굴	-	3.3
합계	100.0	100.0

3) 자연순환농업에 대한 경종농가의 인식(YC 지역)

가) 설문대상자 분포

○ 설문에 응한 경종농가는 총 21농가로, 조사 대상지역 7개 읍·면으로 구성됨. 영농형태는 과수가 전체의 66.7%로 가장 많았으며, 논농사와 채소의 순으로 나타났음.

[표 3-58] 설문조사 대상자(YC 지역 경종농가)의 인문사회적 특성

구분		응답수	구분		응답수
거주지역	고경면	2(9.5)	연간소득 (백만원)	20 이하	2(9.5)
	금호읍	2(9.5)		21~40	2(9.5)
	임고면	3(14.3)		41~60	3(14.4)
	청통면	7(33.3)		61~100	1(4.8)
	화남면	2(9.5)		101 이상	1(4.8)
	화북면	1(4.8)		무응답	12(57.1)
	화산면	4(19.0)		합계	21(100)
합계	21(100.0)	연령	40세 이하	1(4.8)	
영농형태	논농사		4(19.0)	41~50세	2(9.5)
	과수		14(66.7)	51~60세	12(57.2)
	채소		2(9.5)	61~70세	4(19.0)
	기타		1(4.8)	71세 이상	2(9.5)
합계	21(100.0)	합계	21(100.0)		

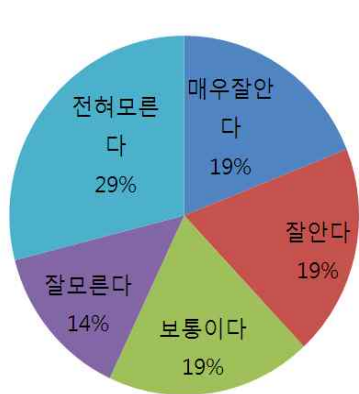
주 ()는 비율을 나타냄.

나) 자연순환농업에 대한 인식

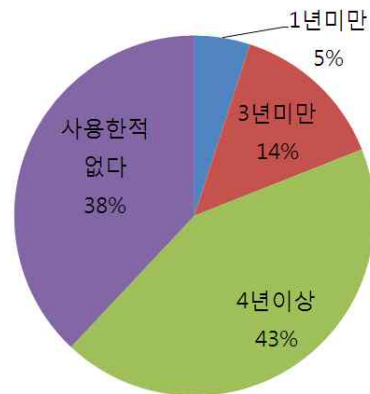
○ 자연순환농업에 대해 43%의 농가가 잘 모르거나 전혀 모르고 있으며, 알고 있는 사람들은 주로 주변농가와 관련 교육(42.8%)을 통해 알게 된 것으로 확인됨.

□ 자연순환농업에 대해 알고 있거나 들어본 적이 있다고 응답한 사람이 57.0%를 차지하였고, 잘 알지 못하거나 전혀 들어본 적이 없다고 응답한 비중은 43.0%였음.

- 자연순환농업에 대해서 알고 있다고 응답한 사람들은 지자체의 관련교육 (23.8%), 주변사람(19.0%)을 통해서 알게 되었다고 응답함.



[그림 3-38] 자연순환농업에 대한 인지도(YC 지역)



[그림 3-39] 돈분뇨 퇴·액비 사용유무 및 기간(YC 지역)

다) 퇴·액비의 이용수준

○ 돈분뇨 퇴·액비의 이용수준은 낮은 것으로 조사되었으며 응답자 중에 퇴·액비를 이용하고 있는 농가의 사용기간은 4년 이상이 다수임. YC시의 경우는 농업 관련 기관, 퇴·액비를 사용해본 주변농가, 액비유통센터와 같은 생산업체를 통하는 등 다양한 경로를 통해 처음 접하는 것으로 조사됨.

□ 퇴·액비 중 액비를 이용하는 농가는 62.0%로 조사되었으며, 사용한 적이 없는 농가는 38.0%로 나타났음.

- 조사 농가 중 액비를 사용하기는 하나 웃비료로 화학비료를 혼합해서 사용한다는 농가가 38.0%, 퇴·액비만 사용한다는 농가가 23.0%였음.

- 논농사를 주로 하는 농가들 중에 한우 및 낙농업을 겸하는 농가는 주로 옥수수, 보리 등과 같은 농후사료를 재배하는 용도로 액비를 사용하고 있으며 만족도가 상당히 높은 편임.

□ 액비를 사용하는 농가 중에 사용해본 기간은 4년 이상이 43.0%로 가장 많았고, 3년 미만이 14.0%, 1년 미만이 5.0%로 나타났음.

- 액비를 사용해본 농가는 꾸준히 액비를 찾고 있으며(주로 축산농가(한우,

낙농 등)의 농후사료 생산), 액비의 효능에 대한 만족도, 악취 저감에도 높은 만족도를 보이고 있음.

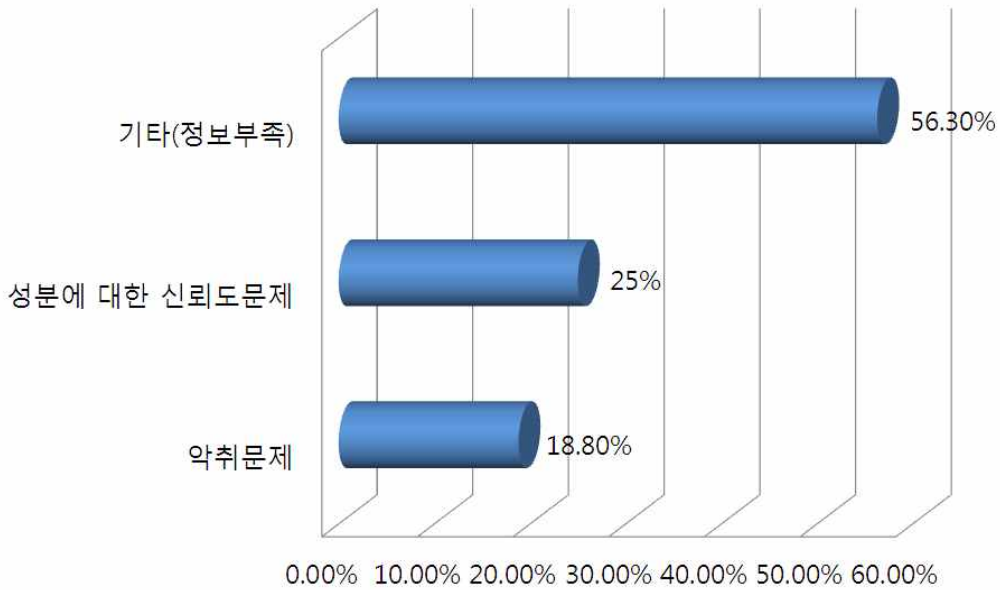
- 돈분뇨 퇴·액비를 처음 접하게 된 동기를 묻는 문항에서는 NW, YC 지역과 달리 다양한 응답이 도출되었음. 돈분뇨 퇴·액비를 사용해본 주변농가의 권고, 농업관련 기관의 지도, 퇴액비 생산업체의 권고로 사용해 보았다는 응답이 고루 나타났음.

[표 3-59] 돈분뇨 퇴·액비의 최초 사용 경로(YC시)

주변농가 권고	농업관련기관 지도	생산업체 권고	분뇨 자가처리	합계
30.8 %	30.8 %	30.8 %	7.6	100%

라) 퇴·액비 사용을 꺼리는 이유

- YC시에서 퇴·액비 사용을 하지 않는 이유로 가장 많은 사람이 액비가 무엇인지 모르기 때문이라고 응답한 사람이 많았음. 알지만 사용하지 않는 이유는 퇴·액비 성분 및 효과에 대한 낮은 신뢰도와 악취 때문인 것으로 조사되었음.



[그림 3-40] 돈분뇨 퇴·액비 미사용 이유 YC 지역)

- 돈분뇨 퇴·액비를 사용하지 않거나, 또는 현재 사용하고 있으나 앞으로는 사용하지 않을 계획이라면 그 이유가 무엇인가에 대한 문항에 대해서는 액비가 무엇인지 모른다는 응답자가 전체의 56.3%에 해당되었음. 또한 알고

는 있으나 액비자체의 성분을 믿을 수 없어 토양이나 작물에 해가 될지도 모른다는 생각을 가진 응답자가 전체 응답농가의 25.0%를 차지하였음.

- YC 지역의 경우 또한 JJ지역과 유사하게 경종농가에 대한 퇴·액비 교육이나 홍보가 우선적으로 필요한 것으로 생각되며, 액비를 사용해 본 농가들 또한 악취는 예전에 비해 많이 없어졌으나 액비가 어떻게 만들어지며 어떤 성분들이 포함되었고 토양 또는 작물의 어디에 좋은지 모르기 때문에 사용하지 않는다는 응답이 많았음.

마) 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 이유

○ 퇴·액비를 사용해 본 YC지역 경종농가는 토양의 지력향상과 경영비 절감을 주요 사용이유로 선택했으며, 품질은 액비유통센터에서 생산되는 액비의 품질을 가장 선호

□ 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 농가의 사용이유를 묻는 문항에서는 토양의 지력향상(38.5 %)과 경영비 절감(30.7%)이 가장 큰 이유인 것으로 나타났으며, 다음이 수확량이 늘어나기 때문에 쓴다는 의견이 많았음. 2순위로 가장 높은 비중을 차지하는 이유는 수확량 증가(61.5%)라고 응답하였음.

- YC지역의 경우 액비를 사용해본 농가 중에 4년 이상 사용한 농가가 많은 것을 비추어 볼 때 정확한 액비의 성분을 파악하지는 못하고 있으나 현재 까지 경험적으로 농작물의 성장에 유익하다는 생각을 하고 있어 앞으로도 꾸준히 사용하겠다는 의견이 다수였음.

[표 3-60] 돈분뇨 퇴·액비 사용이유(YC시)

구분	토양 지력향상	경영비 절감	수확량 증가	주변의 권고	농작물 병해충저감	합계
1순위	38.5 %	30.7 %	23.1 %	7.7 %	-	100%
2순위	-	23.1 %	61.5 %	7.7 %	7.7 %	

□ 돈분뇨 퇴·액비를 사용하는 농가를 대상으로 어디에서 공급되는 퇴·액비를 사용하는가에 대한 질문에서 질문에 응답한 농가 대부분은 액비유통센터의 퇴·액비를 사용하는 것으로 조사되었으나 액비의 품질 자체는 만족하지 못한다는 의견도 다수였음.

- YC 지역은 분뇨의 자원화를 위한 액비 생산시설이 개별농가 외에 액비유통센터 2곳에 불과하여 이용자들이 다른 선택을 할 여지가 없음. 퇴·액비의 품질수준에 대해서 액비유통센터의 퇴·액비가 개별양돈농가에 비해 상대적으로 괜찮다는 의견이 많았으나 품질 자체는 만족하지 못한다는 응답도 25.0%로 조사됨.

[표 3-61] 돈분뇨 퇴·액비 생산처별 품질수준에 대한 선호(YC 지역)

개별 양돈농가	공동자원화 시설	액비유통센터	모두 불만족	합계
16.7 %	-	58.3 %	25.0 %	100%

바) 자연순환농업 정착을 위해 개선되어야 할 사항

○ 퇴·액비 품질향상 및 작물에 미치는 영향 홍보, 교육 강화

- YC 지역의 자연순환농업 정착을 위한 퇴·액비의 가장 시급한 개선사항이 무엇인가에 대한 응답으로, 응답 대상 경종농가의 47.6%는 연구개발을 통한 퇴·액비의 품질향상으로 답하였으며 42.9%는 퇴·액비가 토양/작물에 미치는 영향 등에 대한 홍보/교육이 가장 필요하다고 인식하고 있음. 2순위 또한 이와 비슷한 것으로 나타났음.

[표 3-62] 자연순환농업 정착을 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항(YC 지역)

구분	1순위	2순위
• 연구개발을 통한 돈분뇨 퇴·액비의 품질향상	47.6%	36.8%
• 퇴·액비가 토양/작물 등에 미치는 영향 등 홍보/교육	42.9%	31.6%
• 돈분뇨 퇴·액비로 생산된 작물에 대한 친환경농산물 인증	9.5%	10.5%
• 퇴·액비 살포절차 등 행정처리 간소화	-	10.5%
• 불량 퇴·액비 차단을 위한 유통구조개선 및 단속강화	-	10.5%
합 계	100 %	

라. 사례지역(NW, JJ, YC 지역) 종합비교

1) 지역별 축산농가

○ 가축분뇨에 대한 양돈농가의 인식

- NW, JJ, YC지역의 양돈농가들은 가축분뇨가 토양으로 환원되어 작물 생산에 도움이 될 수 있는 자원으로 여기고 있다고 응답하였으나 수익보다는 지출이 수반되는 자원이므로 양돈농가가 스스로 자원화를 추진하기보다는 다른 대안이 없기 때문에 자원화를 추진한다고 볼 수 있음.

- 이러한 생각은 최근까지 해양투기로 분뇨를 처리해 오던 JJ, YC 지역에서 두드러지는 특징으로, 특히 JJ지역에서는 양돈농가 중 일부는 여전히 분뇨는 어떻게든 처리해야 할 폐기물이라는 생각을 가진 경우도 있었음.

- 양돈농가들이 정부부처에 가지는 인식을 조사한 결과, 세 지역 모두 농식

품부는 분뇨를 자원으로 보고 있는데 반해 각종 분뇨처리 규제를 강화하는 환경부는 가축분뇨를 폐기물로 보고 정책을 추진하고 있다고 인식하고 있는 경우가 대부분임.

○ 돈사 구조 및 시설투자

□ 돈사구조는 세 지역 모두 슬러리 돈사가 가장 높은 비중을 차지하고 있으며 분뇨의 자원화를 위해 돈사구조를 신·증축하는 것이 필요하다고 대부분 생각하고 있으나 비용문제와 돈사구조는 분뇨의 자원화에 크게 영향을 주지 않는다고 인식하고 있음.

□ 소규모의 고령 양돈업자의 경우, 양돈업을 이어갈 후계농이 없기 때문에 시설투자 자체에 미온적인 경향이 있음. 이러한 경향은 향후 축산업 자체의 구조적 변화를 불러 올 수 있는 측면임. 현재 추진예정인 축산업등록제의 시행과 더불어 초기투자비용이 상대적으로 높은 양돈산업에는 신규투자가 줄어들 것으로 예상되며, 고령농이 점차 은퇴하면서 상대적으로 규모화가 진행되어 생산성은 증대할 것으로 예상됨.

- 따라서, 개별 양돈농가에 대해 액비저장조 등 시설 지원사업을 추진할 경우, 양돈업의 지속적인 추진이 가능한 농가를 선별하여 지원하는 것이 필요하며 소규모 양돈농가의 분뇨처리는 공동자원화센터나 공공처리시설 등에 위탁 처리케 하고 시설 지원금을 대신하여 처리비용을 일부 지원해 주는 정책 방향이 효율적인 것으로 판단됨. 단, 이러한 정책은 액비생산이 양돈농가의 비용으로 처리되지 않고 수익으로 전환될 경우에 부작용이 적을 것으로 판단됨. 그렇지 않을 경우 대부분의 양돈농가들은 시설지원을 받기보다는 처리비용지원을 받을 가능성이 높아 원래의 정책 취지가 흐려질 위험이 있음.

사례지역의 액비처리 방법과 비용

□ NW 지역: 양돈농가가 자체적으로 퇴·액비화 하여 민간퇴액비 생산업체(액비유통센터 1곳)를 통해 살포하는 방법, 축협액비유통센터를 통한 방법, 1차 고액분리된 분뇨를 공동자원화 센터 1곳에서 가져와 퇴·액비화 하여 처리하는 방법, 공공폐수처리장을 이용하는 방법이 있으며 이 중 민간퇴액비 생산업체를 이용하는 경우가 가장 높음.

□ JJ 지역: 양돈농가가 자체적으로 퇴·액비화 해서 민간퇴액비 생산업체(액비유통센터 1곳)를 통해 검사, 분석, 시비처방서를 발급받아 농경지에 살포하는 방법이 유일함.

□ YC 지역: 양돈농가 자체적으로 퇴·액비화 하여 민간 퇴액비 생산업체(액비유통센터 2곳)를 이용하는 방법, 양돈농가 자체 정화방류 방법, 공공처리시설 이용하여 처리하는 방법이 있음. 이 중 자체 정화방류나 공공처리

장을 이용하는 경우가 타 지역에 비해 상대적으로 높은 비중을 보임.

- NW지역은 세 곳의 지역 중 유일하게 공동처리시설을 갖추고 있는 지역이며, 공동처리시설에서 생산되는 액비에 대한 품질 만족도가 상대적으로 높은 반면 톤당 처리비용은 높게 나타났음. 이는 공동처리시설을 이용하는 양돈농가들이 공동자원화 센터의 운영에 직접 관여하며, 쿼터제를 통해 협동조합형태의 분뇨처리 체계를 구축하고, 거리병산제를 실시하여 차별적인 비용청구 기준을 적용하고 있는 특징이 있어 톤당 처리비용이 다른 처리방법에 비해 높게 나타났으나 분뇨처리는 원활히 진행되고 있음.
- JJ지역은 양돈농가가 개별적으로 퇴·액비화 하는 방법 이외에는 다른 처리 방법이 없는 실정임. 공동처리시설 설치를 추진하고 있으나 지역주민의 반대에 부딪혀 답보상태에 있음. YC지역 또한 마찬가지로 개별적으로 퇴액비화 하여 액비유통센터에서 검사 및 분석, 시비처방서 발급해 살포하는 방법임. 단, YC 지역은 개별양돈 농가가 정화처리를 통해 방류하거나, 소규모 농가의 경우는 3곳의 공공폐기물처리장을 통해 분뇨를 처리하는 방법을 택하고 있음. 공공폐기물 처리장을 통하는 경우 비용부담이 가장 적어 소규모 농가가 많이 이용하고 있으며, 3,000두 이상의 대규모 양돈 농가의 경우 자체적인 정화처리시설(1일 30톤 정화처리, 약 4억 5천만원)을 설치하여 분뇨처리를 해가고 있음. 이는 초기투자비용이 많이 소요되나 분뇨의 처리비용이 자원화나 정화방류보다 저렴한 특징이 있어 대규모 양돈농가가 분뇨처리 방식으로 채택하고 있음.

○ 민원발생시 처리 방법

- 세 곳의 지역 모두 민원이 발생했을 때, 또는 현재는 발생하지 않았으나 앞으로 민원이 발생한다면 어떻게 처리하겠는가에 대해 대부분 혼자서 알아서 처리한다는 것으로 응답하였음.
- 두 번째로 많이 선택한 것이 축산담당자에게 도움을 청하겠다는 의견이 많았으나 결국은 양돈농가 개인이 알아서 처리해야 하는 경우가 대부분임. 양돈산업이 지역의 생산액에서 차지하는 비율 등을 고려할 때 정책적인 배려가 필요한 부분임.

○ 가축분뇨 자원화의 애로사항

- 양돈농가가 느끼는 가축분뇨의 자원화에 가장 큰 애로사항은 세 곳 모두 자원화 시설설치 비용과 처리 비용이었으며, 순위의 차이는 있으나 민원 발생 문제와 퇴·액비를 생산해도 소비가 원활히 이루어지지 않는 유통의 문제를 가장 큰 문제점으로 인식하고 있었음.
- 특이할 만한 점은, 공동자원화 시설 등 분뇨의 자원화가 어느 정도 정착

단계에 있는 NW지역의 경우에는 시설 및 처리비용이 자원화의 걸림돌로 선택된 비율이 JJ, YC 지역에 비해 상대적으로 낮았으며, 이보다는 민원 발생과 유통의 문제에 상대적으로 높은 비율을 보이고 있음.

○ 자연순환농업 및 분뇨의 자원화 확대를 위해 개선되어야 할 사항

□ 자연순환농업이나 자원화 확대를 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항이 무엇인지에 대한 질문에 세 지역 모두 순위의 차이는 약간씩 있었으나 유사한 응답을 하였음.

- 우선 가장 시급하다고 생각되는 것은 공동자원화 시설 등 농가가 공동으로 이용하는 분뇨자원화 시설의 확충으로 보았고, R&D를 통한 퇴·액비의 품질향상과 민원해결 기술의 보급, 그리고 퇴·액비를 이용하는 일반 경종농가에 대한 교육 및 홍보가 시급한 것으로 생각하고 있었음.

□ 공동자원화 시설이 없는 JJ, YC 지역의 경우, 응답한 농가의 거의 100%가 이러한 시설설치가 가장 시급하다고 응답하였고, 일반 경종농가를 대상으로 하는 액비 교육 및 홍보가 시급히 확산 되어야 한다고 지적함.

- 경종 농가를 대상으로 하는 교육뿐만 아니라 양돈농가 및 액비를 살포하는 유통단계에 있는 종사자에게도 액비의 성분 및 효능, 부작용 등에 대한 교육이 필요함. 실제로 액비를 살포하면서 액비의 정확한 성분이 무엇이며 어디에 좋은지 알지 못하고 살포하고 있어 경종농가의 입장에서는 신뢰하기 어려운 구조임.

- 또한 이러한 교육과 홍보는 경종 농가를 대상으로 한 설문조사에서도 그 필요성을 충분히 인식할 수 있는데, JJ, YC지역의 경종농가 대부분은 액비가 무엇인지조차도 모르는 경우가 상당히 많았음.

2) 지역별 경종농가

○ 자연순환농업에 대한 경종농가의 인식

□ NW, JJ, YC지역의 경종농가를 대상으로 자연순환농업에 대한 인식수준이 어떠한지 조사하였는데, NW지역과 JJ, YC지역 간 약간의 차이를 보이고 있음.

- 자연순환농업이 무엇인지 잘 모르거나, 전혀 모른다고 응답한 비율이 JJ, YC지역에서 상대적으로 높게 나타났으며 매우 잘 알고 있다고 응답한 비율도 NW지역이 상대적으로 높게 나타났음.

- 가축분뇨의 육상처리를 위해 오래전부터 준비하여 양질의 퇴·액비를 공급해온 지역인 NW지역과 최근까지도 해양배출을 하면서 퇴·액비로의 자원화를 준비하지 않았던 지역인 JJ, YC지역의 경종농가의 이와 같은 인식은

당연한 것으로 사료됨.

○ 퇴·액비의 이용수준 및 최초 접한 경로

- 퇴·액비를 이용하는 경종농가는 세 지역 모두 낮은 상태인 것으로 조사되었으며, 액비를 사용해도 액비만 사용하기 보다는 액비를 살포한 이후에 비료를 같이 사용하고 있는 것으로 나타났다.
- 액비의 최초 접촉 경로를 묻는 질문에 대해 NW지역은 주로 시청, 농업기술센터 등 농업관련 기관의 교육 및 지도에 따른 사용이 높은 반면, JJ지역은 주변에 액비를 사용해 본 농가의 추천으로 사용한다는 응답이 많은 반면 농업관련 기관의 지도를 통한 경우는 거의 없었음. YC지역은 두 지역과 달리 주변농가, 농업관련 기관, 액비 생산업체의 권고를 통해 처음 접하는 경우가 비슷하게 나타났다.

○ 경종농가가 퇴·액비 사용을 꺼리는 이유

- 경종농가가 퇴·액비 사용을 꺼리는 이유는 NW지역과 JJ, YC지역이 약간의 차이를 보였음. NW지역은 항생제가 투입된 돼지의 분뇨라는 생각과 액비화 하면서 투입되는 성분, 토양산성화 등 액비 성분에 대한 막연한 불신이 자리 잡고 있어 사용하는 것을 꺼리는 경우가 가장 많았음. 또한 불량으로 유통된 액비를 통해 피해를 본 경종 농가를 통해 액비가 좋지 않다는 인식이 있었음.
- JJ, YC지역은 일단 액비가 무엇인지 모르는 경우가 많았고, 다음이 액비의 성분이 무엇인지 확인된 바가 없다는 의견이 많아 쓰기가 꺼려진다고 조사되었음. 면접조사를 하면서 액비의 성분이 정확이 어떤 것이며 어떠한 효과가 있는지 확인이 되면 사용을 하겠느냐는 질문에 성분 및 이용방법이 명확하고 작물 및 토양에 유익하다는 것이 확인되면 비용을 지급하고라도 사용을 하겠다는 의견이 많았음.
- 기타 의견으로 사용하고 싶으나 살포 지역적 특성(산지, 살포차량의 접근성 미흡 등)으로 인해 사용하지 못한다는 의견도 있었음.

○ 경종농가가 퇴·액비를 사용하는 이유

- 경종농가가 퇴·액비 사용하는 이유는 세 지역이 공통적으로 경영비 절감에 큰 도움이 되기 때문으로 응답한 비율이 높았음. 이는 현재 액비를 살포하겠다고 담당기관에 신청을 하면, 토양검증, 액비 부속도 판정 등을 거쳐 적정 살포량이 정해지고 시비처방서가 발급되면 무료로 살포까지 해 주기 때문인 것으로 사료됨.
- 또한, 토양의 지력향상이나 수확량 증가로 이어지기 때문에 사용한다는 의

견이 많은 것으로 나타났음.

○ 경종농가의 입장에서 자연순환농업의 정착을 위한 퇴·액비의 개선사항

□ 퇴·액비를 직접 사용하고 있는 경종농가의 입장에서, 퇴·액비의 소비확산을 위해 가장 시급히 개선되어야 할 사항으로 선택한 것은 세 지역 모두 순위의 차이는 있으나 유사하게 나타남.

- NW, JJ, YC지역 모두 R&D를 통한 퇴·액비의 품질향상과 퇴·액비가 토양/작물에 미치는 영향 등에 대한 교육 및 홍보를 선택하였음.

3. 사례지역 네트워크 분석

가. 네트워크 분석의 연구설계

1) 네트워크 분석의 목적

○ 네트워크 분석의 목적은 분석대상(개인, 단체, 지역 등)의 구조나 연결망 형태의 특징을 도출하고, 서로간의 관계성으로 어떠한 집단의 특성을 설명하거나 집단 체계를 구성하는 단위의 행위를 분석해 의미 있는 결과를 도출하고자 하는 것임.

○ 사회네트워크분석(Social network analysis)는 n 개의 점(노드)과 이들을 연결하는 l 개의 연결선으로 구성된 망(網, 네트워크)의 자료를 바탕으로 근접 중심성, 최단거리 등을 산출하는 사회과학적·통계적 분석임(허명희 등, 2011)⁴⁵).

□ 본 연구에서는 NW지역, JJ지역, YC지역의 양돈농가와 경종농가 개인간의 구조, 농가 간의 연결망 형태, 농가와 지역의 단체, 행정기관 간의 구조와 연결망 특징을 살펴보고, 도출 가능한 정책적 시사점을 찾고자 함.

2) 네트워크 분석 자료수집

가) 분석 단위의 결정

○ 네트워크 자료는 설문조사를 통하여 구축하는 방법과 역사적 사료, 통계자료 등과 같이 객관적인 자료를 통해 만드는 방법으로 구분됨.

○ 본 연구에서는 설문조사를 통해 자료를 구축하였고, 대상 시군의 양돈농가와 경종농가로 분석대상을 한정하였음.

나) 조사 방법 및 내용

○ 축산(양돈)농가와 경종농가를 대상으로 면접조사를 실시하였음. 조사 대상자들

45) 허명희, 이용구. 2011. 사회네트워크분석에서 몬테칼로 방법의 활용. 응용통계연구. 24: 401-409.

중 경종농가는 액비를 사용해본 농가들, 사용하지 않았으나 정보전달 관련 항목에 응답한 농가를 분석대상으로 고려하였음.

- 면접조사를 실시하면서 분석원들이 대상자들에게 직접 속한 단체나 직위 모임의 횟수 그리고 기술적 문제 등에 대해 누구와 상의를 하는지, 분노와 관련된 중앙정부 혹은 시·군의 정책은 누구로부터 듣는지, 누구에게 들은 정보를 전달하는지 등을 문의하여 설문지에 기록하게 하였음.

나. 네트워크 분석 결과

1) 구성원들간의 특성분석

○ 연결분포(Degree Distribution)

□ 노드(node)⁴⁶⁾와 링크(link)⁴⁷⁾로 표현되는 네트워크 분석기법에서 각 노드의 특징을 설명할 때 활용되는 가장 기본적인 지표로서 연결분포(degree distribution)가 있음.

- 노드와 링크를 통해 네트워크를 구성하는데, 노드들의 성격이 같을 경우 이를 Homogeneous Network(1-mode)라고 하고, 성격이 다를 경우 Heterogeneous Network(multi-mode)라고 함.

□ 본 연구에서는 2-mode 네트워크로 데이터 분석을 진행하였음.

- 2-mode라 하는 이유는, 사람과 사람, 사람과 기관의 관계 둘 모두를 고려하였기 때문임.

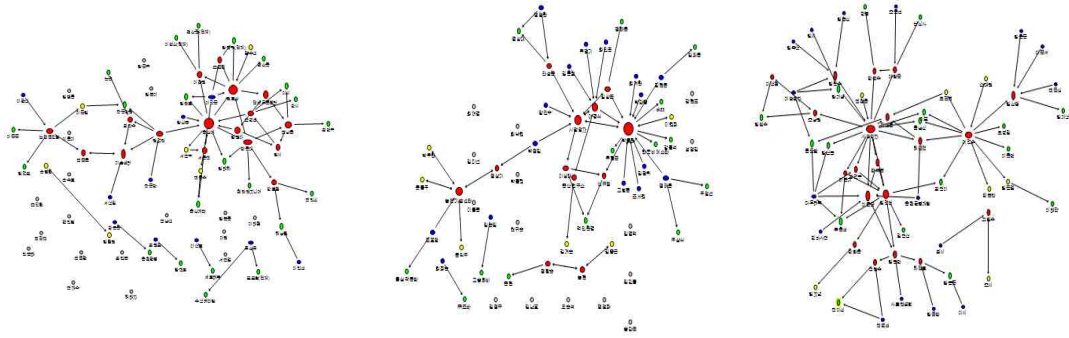
□ 연결정도(degree)는 하나의 노드(양돈농가, 경종농가, 복합농가 등)가 연결되어 있는 이웃노드 수(양돈-양돈1, 양돈2, 양돈3-경종1, 경종-복합3, 복합1 등), 즉 링크의 수를 의미함.

- 특정 노드의 연결정도 수치가 높을수록 특정노드는 지역내에서 자연순환농업과 관련하여 핵심적인 위치에 있다고 말할 수 있으며 지역정책, 또는 중앙정부의 정책수행에 있어 정보전달자 등의 역할을 수행할 수 있는 가능성이 높다고 판단할 수 있음.
- 또한, 링크의 방향성에 따라 외부의 정보를 지역내에 전달하는 정보전달자 역할(transmitter)을 할 수도 있고, 지역내의 정보를 단순히 다른 노드들에게 전해주는 역할(carrier), 정보를 다른 노드들로부터 얻고 또 다른 노드로 전달하는 역할(ordinary), 정보를 단순히 듣기만 하는 역할(Receiver) 등 노드의 유형에 따라 활동적인 인물과 그렇지 못한 인물 등

46) Node는 하나의 점으로 다양한 말로 표현(object, point, agent, actor 등)되나 본 연구에서는 노드로 표현함

47) link는 각 노드들간의 관계 또는 상호작용을 나타내며 방향성과 가중치 등을 나타낼 수 있음.

으로 구분해 볼 수 있음.



[그림 3-41] 각 사례지역별 자연순환농업 정보전달 연결분포
(왼쪽부터 NW, JJ, YC지역)

[표 3-63] 사례시군별 자연순환농업 네트워크의 크기와 밀도

구분	NW시		JJ시		YC시	
	In-Degree	Out-Degree	In-Degree	Out-Degree	In-Degree	Out-Degree
합계 (총 링크수)	89	89	51	51	71	71
Mean	1.438	1.483	0.81	0.81	0.973	0.973
Std.Dev.	1.245	2.513	1.552	0.94	1.046	1.552
Min.	0	0	0	0	0	0
Max.	5	15	9	4	5	7
Network Density ¹⁾	0.025		0.013		0.014	

주 1) 밀도(Density) = $\frac{2L}{N(N-1)}$ *N: 전체 노드수, L: 전체 링크 수

[표 3-64] 사례시군별 자연순환농업 관련 노드(구성원) 유형

구분	Isolate ¹⁾	Transmitter ²⁾	Receiver ³⁾	Carrier ⁴⁾	Ordinary ⁵⁾
NW 지역	0	16	17	7	20
JJ 지역	18	18	12	5	10
YC 지역	18	10	22	6	17

- 주 1) Isolate는 정보를 주고받지 않는 농가를 말함
- 2) Transmitter는 정보를 전달하기만 하는 농가를 말함
- 3) Receiver는 정보를 받기만 하는 농가를 말함
- 4) Carrier는 하나의 정보를 받아서 하나의 정보를 전달하는 농가를 말함
- 5) Ordinary는 여러 개의 정보를 받아서 여러 사람에게 전달하는 농가를 말함

□ 복잡해 보이는 위의 [그림 3-4]는 NW지역의 자연순환농업 관련 노드들 간의 링크가 얼마나 많은지, 구조적으로 밀집되어 있는지, 서로 정보나 도

움을 주고 받는지를 보여주고 있음.

- NW지역의 경우, 특정 노드(행정기관, 관련단체장 등)를 중심으로 그물망 형태로 구성되어 있고, JJ지역은 행정기관을 중심으로 퍼져있으나 그 거리가 상당히 멀어 축산관련 여러 정보들이 전달되기에는 어려움이 있어보임. YC지역의 경우는 두 지역과는 다른 차이점을 보이는데, 분뇨처리 형태가 정화방류를 많이 하는 양상을 보여 고가의 시설장비와 관련된 업체들이 분뇨처리에 많은 도움과 정보를 전달하는 역할을 하고 있음.

- In-degree(정보를 듣는 정도)와 Out-degree(정보를 말해주는 정도)를 노드별로 파악한 것이 아래의 [표 3-17]로 각 지역의 개개인이 지역 내에서 퇴액비 관련 정보에 대해 어떠한 역할을 하는지 알 수 있음.

□ 그러나, 세 지역에서 공통적으로 보이는 양상은, 양돈협회간의 정보흐름 또는 경종농가 중 특정단체 간의 정보의 흐름은 어느정도 원활하나, 양돈부분과 경종부분이 서로 복잡하게 얽혀있는 구조는 아닌 것으로 나타남. 이는, 현재 각 지역마다 지역 차원에서 자연순환농업 협의회가 구성되어 있기는 하나 실질적인 역할을 하지 못하고 있다고 볼 수 있음.

- JJ, YC지역은 액비가 무엇인지 모르는 경종농가가 상당히 많았으며, 액비 살포 역할을 하는 사람들조차 액비의 성분과, 작물 및 토양에 얼마나 좋은 혹은 나쁜 영향을 주는 모르고 있었으며 돈분뇨 퇴액비 확산을 위한 교육 및 전달 체계가 전혀 갖추어져 있지 않았음.

[표 3-65] 사례시군별 자연순환농업 관련 노드(구성원)별 특징

구분	NW시			JJ시			YC시		
	노드 (node)	In degree	Out degree	노드 (node)	In degree	Out degree	노드 (node)	In degree	Out degree
1	이00	5	3	박00	9	4	축00	5	7
2	김00	4	8	신00	6	4	기00	4	1
3	김00	4	1	이00	5	2	권00	4	6
4	김00	4	1	양00	4	2	유00	3	2
5	시00	3	15	김00	2	2	김00	2	0
6	윤00	3	0	정00	2	2	정00	2	1
..
60	최00	2	0	박00	0	0	김00	0	0

○ 군집계수(Clustering Coefficient)

□ 군집계수는 한 노드의 이웃노드들이 서로 연결을 맺고 있는 확률을 계산한 것으로 이 값이 높을 수록 나를 제외한 이웃 노드들간의 연결정도가 높다는

것으로 해석할 수 있으며, 그만큼 네트워크의 밀도가 높게 나타난다고 볼 수 있어 사람들 간의 관계, 또는 조직 간의 관계가 원만히 구성된다고 할 수 있음.

- NW지역의 군집계수 값은 0.232, JJ지역은 0.121, YC지역은 0.181로 도출되었는데, 각 값은 통계적 유의성 검증(significance test)을 거쳐 도출하였음. 각각의 대상시군과 유사한 형태의 네트워크를 수천개 생성하여 그 가운데서 각각의 시가 가지는 값의 신뢰도를 검토함.

[표 3-66] 사례시군별 군집계수값 비교

구 분	NW지역	JJ지역	YC지역
군집계수(C.C)	0.232	0.121	0.181

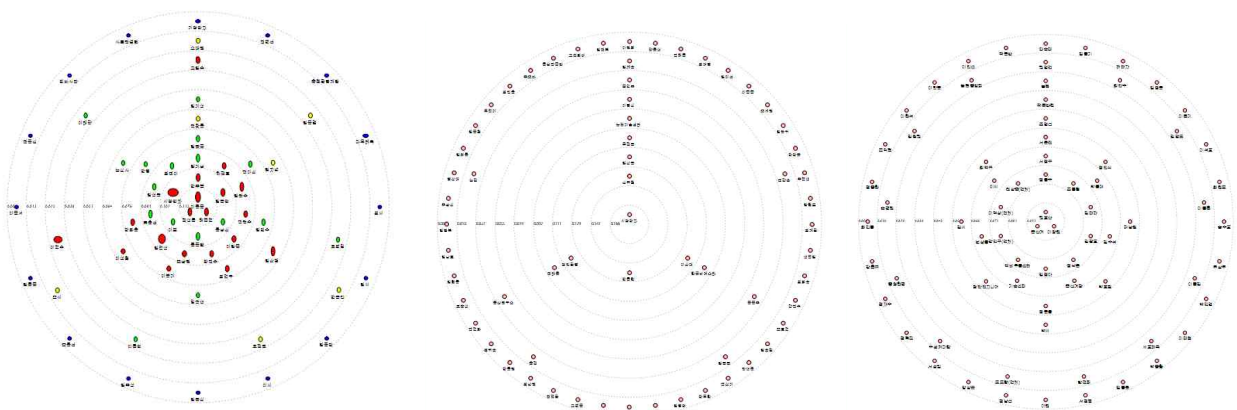
- 군집계수값이 1인 경우 모든 이웃이 하나도 빠짐없이 연결되어 있다고 볼 수 있음. 각 시군의 군집계수값을 비교해 보면, 세 개의 시군 모두 그 값이 상당히 낮음을 볼 수 있음. 상대적으로 NW시의 계수값이 높는데, 이는 서로 연결되어 있는 정보전달체계에서 중간에 한명이 빠져도 그 연결되는 정도가 JJ지역, YC지역 보다는 상대적으로 높다고 해석할 수 있음.

가) 중심구조 분석

- 중심구조분석은 어떤 노드가 가장 중요한 노드인지를 찾고, 네트워크 구조가 얼마나 소수의 중요한 노드에게 집중되어 있는지 집중화 정도를 파악할 수 있는 분석임.

- 중심구조를 분석하는 방법에는 연결 중심성(Degree Centrality), 근접 중심성(Closeness Centrality), 매개 중심성(Betweenness Centrality) 등의 방법이 있으며 각각 나름대로 중심구조를 설명하는 방법에 있어 차이를 보임.
- 평균적으로 다른 노드들과의 거리가 짧은 노드의 중심성이 높으며 근접중심성이 높은 노드는 확률적으로 가장 빨리 다른 노드에 영향을 주거나 받을 수 있음.
- 근접 중심성 분석은 A라는 사람이 B, C, D라는 사람에게 정보전달 하기까지의 단계(예를 들면 B는 2단계, C는 4단계, D는 1단계)와 B라는 사람이 C, D, E라는 사람에게 정보전달 하기까지의 단계가 계산될 수 있는데 이 단계들의 합이 가장 작은 사람을 찾아내는 것임.
 - 따라서, 이 합의 값이 가장 작은 상위 몇 사람에게 정보를 심어줄 경우, 지역내 관련자들에게 가장 빠르게 퍼져나갈 수 있게 되는 것임.

- 이 중 근접 중심성(Closeness Centrality) 분석을 통해 정부나 시군의 가축 분뇨관련 정책들을 가장 빠르고 가장 효과적으로 관련 사람들에게 전달하는 인물을 찾아낼 수 있음.
- NW시의 경우 시청의 담당자와, 공동자원화센터 관련자, 한돈협회 NW시 지부 관련자, 경종농가 중 영농조합법인 대표 등의 결과값이 높게 나타났음.
 - JJ시의 경우는 시청의 축산담당자가 가장 높게 나타났으며 YC시의 경우도 축산 담당자, 한돈협회 YC시지부 관계자가 상대적으로 근접 중심성이 높은 것으로 나타났음.
 - YC시의 경우 특이한 사항은 일반 설비업체들의 근접중심성이 높게 나타났는데, 이는 YC지역의 특성상 가축분뇨를 퇴·액비화하기 보다는 정화처리하거나 공공폐수처리시설을 이용하는 경우가 많아 이러한 시설을 설비하는 업체가 많이 포함된 것으로 판단됨. 실제로, YC지역의 경우 양돈규모가 3,000두 이상인 양돈농가는 자체적으로 일일 20~30톤 규모의 분뇨처리가 가능한 정화방류시설을 대부분 갖추고 있거나 준비 중에 있었음.



[그림 3-42] 사례시군별 근접중심성 결과(왼쪽부터 NW, JJ, YC지역)

4. 정책적 시사점

○ 사례지역은 자연순환농업의 정착을 위한 단계가 서로 상이하어 동일한 정책방향을 제시하는 것은 큰 의미가 없을 것이므로 각 지역의 위치 및 단계에 맞는 적절한 하드웨어 및 소프트웨어적인 부분과, 과학적 증거를 바탕으로 한 기술적 부분에 대한 정책제언이 필요함.

□ NW지역의 경우, 자연순환농업 체제가 어느 정도 자리를 잡아가고 있다고 볼 수 있으나 보완되어야 할 문제점이 있고 JJ, YC지역은 NW지역과 달리 최근까지 해양배출에 의존해 오면서 분뇨의 육상처리 체계를 원활히 구축되지 못한 지역임.

- NW지역의 양돈농가의 수(54 농가)는 JJ지역과 유사하나 상대적으로 규모화 되어 있어 분뇨발생량이 약 1.8배 많고 YC지역에 비해서는 약1/2 수준임. NW지역은 축협에서 운영하는 액비유통센터, 한돈협회 액비유통센터, 공동자원화시설, 위탁처리를 통해 발생하는 돈분뇨를 지역 내에서 소화할 수 있는 여력이 있다고 볼 수 있음.
- 그러나 경종농가에서 필요로 하는 시기가 정해져 있어 수급불균형이 발생하기 때문에 5월~9월 중에 생산되는 액비처리를 위한 다양한 수요처의 확보 등과 같은 문제점을 보완해 나갈 방안을 모색할 필요가 있음. 이러한 문제는 NW지역에만 국한된 것이 아니라 JJ, YC지역 또한 마찬가지로 겪고 있는 문제임.
- 그러나 JJ지역의 경우는 양돈농가가 개별적으로 액비화하고 액비유통센터 1곳을 통해 유통시키거나 위탁업체를 통해 처리하는 방법 외에는 다른 방도가 없어 돈분뇨 처리를 위한 공동자원화센터와 같은 처리시설의 설치가 절실함. 설문조사에서도 알 수 있듯이 가장 시급한 문제가 공동처리시설의 확보로 조사되었음. 이러한 시설설치를 위해서 가장 우선되어야 할 것은 민원 문제의 해결로, 특히 도시화 비율이 다른 사례시군보다 높아 공동처리시설에 대한 민원발생의 소지가 높기 때문에 지역 내에 들어서는 공동처리시설이 일반 시민들 또한 부담해야할 책임이 있다는 당위성을 가지게 하는 등의 다른 시각적 접근이 필요함.
- YC지역은 일부 읍면에 양돈농가들이 집중 분포하는 양상을 보이며 NW, JJ 지역과는 달리 대규모 양돈농가가 많이 분포해 개별적으로 정화처리에 의존하는 경향이 상대적으로 높다는 차이점을 보이고 있음. JJ지역과 마찬가지로 공동처리시설이 없어 농가가 개별적으로 액비를 생산하고 액비유통센터 2곳을 통해 액비를 유통시키는 형태이며 공공폐수처리시설을 통하여 처리하는 비율도 높은 편임. 이러한 지역은 JJ지역과는 다른 문제해결 접근 시각을 가져야 함.
- 자연순환농업이 자리를 잡지 못한 지역의 현황과 문제점을 살펴보고 지역에 맞는 해결책을 제시하는데 있어서 중요한 것 중의 한 가지는 그 지역의 자연자원, 작부체계, 기온, 강수량 등 자연 지리적 특징을 통해 적용 가능한 모델을 생각해 볼 수 있음. 앞서 현황에서 살펴보았듯이 NS지역과 JJ지역이 작부체계가 유사한 형태를 보이고 있고, YC지역과 NW지역이 유사한 형태를 나타냄.
- 그러나 NS 또는 NW의 모델을 JJ, YC에 그대로 가져오기는 무리가 있음. 현재의 경축순환이 진행되는 단계 및 생산되는 퇴액비의 품질이 상이하고

직면한 문제점 또한 다르기 때문임. 따라서 JJ와 YC이 개별적으로 처한 여건과 현재의 상황을 정확히 진단하고 기술적인 부분에는 어떤 차이점이 있는지 충분히 검토한 후 그에 따른 새로운 모델제시가 필요함.

- 자연순환농업 체계가 잘 구축되어 운영되고 있는 지역은 특별히 작부체계가 타 시군과 다르거나 기온이 상대적으로 높거나 혹은 낮거나, 비가 많이 온다거나 하는 것 이외에 중요하게 생각되어야 할 것 중의 다른 한 가지는 조직체계와 잘 연결된 조직간의 역할에서 그 차이점을 찾아볼 수 있다는 것임. 따라서 정부차원에서는 하드웨어적 지원 이외에 어떠한 소프트웨어적인 지원책을 마련해야 할 것인지 고민해 보아야 함.

○ 퇴·액비에 대한 신뢰형성이 무엇보다도 중요하며 그러기 위해서는 R&D를 통한 균일한 액비제품의 생산이 필요하고, 성분에 대한 명확한 표기, 퇴·액비 품질관리 및 평가 등의 체계 확립이 필요함.

- 설문조사 결과를 보면, 모든 개개인의 양돈농가는 가축분뇨를 자원으로 인식하고 있으나 개별적으로 액비화하는데 드는 비용이 NW지역의 경우 톤당 평균 16,000원, JJ지역은 16,900원, YC지역은 18,100원 정도 소요되고 있음. 이렇게 생산된 액비는 양돈농가 또는 액비유통센터에서 무상으로 경종농가에 공급하므로 회수되지 않는 비용임.
- 따라서, 자연순환농업의 완전한 정착을 위해서는 무엇보다도 가축분뇨로 재 생산되는 퇴·액비가 소비자들로부터 화학비료를 대체할 수 있다는 신뢰가 형성되어 시장에서 거래가 이루어 져야 하며, 그러기 위해서는 악취저감이나 비료성분개선 등의 품질향상을 통해 신뢰감 형성이 우선되어야 함.
- 퇴·액비 제조과정에서 사용되는 각종 화학약품에 대해 우려하면서 사용되는 화학약품에 대한 충분한 설명도 없고, 제품화되어 명확히 성분을 표시한 것도 없기 때문에 소비자의 입장에서는 신뢰하기가 어렵다는 입장과 액비 제조과정에서 투입된 화학약품이 결국은 토양으로 전달되어 토양을 좋지 않게 만들 것 이라는 불신감이 만연함.
- 따라서 경종농가의 액비사용을 확산시키기 위해서는 균일한 품질을 갖춘 퇴·액비 생산을 위한 대책마련이 필요함. 이를 위해서는 공동자원화센터를 통한 액비생산이 현실적으로 가장 적절해 보이나 이러한 시설이 갖춰지지 않은 지역은 상당히 오랜 시간이 필요하기 때문에 정부와 지자체가 정책방향을 같이 하여 꾸준히 시행해 가고, 부수적으로 개별 양돈농가에서 생산되는 액비의 품질을 일정수준으로 일치 시킬 수 있는 방안이 마련되어야 함.

○ 퇴·액비의 자원화가 상대적으로 미흡한 JJ와 YC지역의 경우, 액비 생산공정의 표준화를 위하여 고액분리 등의 전처리 기술을 확립할 필요가 있음.

- YC과 JJ는 농가별 자체개별시설에서 액비와 퇴비가 생산됨. NS시의 경우, 공동자원화시설에서 공급되는 액비는 JJ시의 자체개별시설보다 TSS 이 낮은 것으로 보아 1차적으로 고액분리가 잘 되는 것으로 보이고, 따라서 액비가공 시 악취발생이 상대적으로 적은 것으로 나타남. 따라서 JJ시의 경우 Suspended Solids의 제거는 악취의 재발생 감소로 이어져 액비의 저장성 개선에 도움을 줄 것으로 사료됨.
- NW시의 경우 원수에서 악취가 많이 발생하는 이유로 인돌류와 페놀류가 많이 함유되어 있었으며 상대적으로 인돌류와 페놀류가 많이 검출된 지역(NW시, JJ시)의 경우 TSS 와 상관성이 있는 것으로 보여 역시 고액 분리의 효율성에 초점이 맞추어 짐. 결국 고액분리를 잘 해야 액비가공시 악취발생이 적다는 것을 의미함.
- 공동자원화시설(NW, NS)과 자체개별시설(JJ, YC)의 액비 내 질소량, 즉 비효성의 측면에서 평가를 해보면 눈에 띄는 차이점을 찾아보기는 힘든 것으로 보아 비효적인 측면을 높이고 균질화된 비료성분을 포함한 액비를 생산할 수 있는 새로운 공정이 필요할 것으로 사료됨.
 - JJ와 YC 두 지역의 액비생산농가에서 채취한 액비 샘플에서 이콜라이, 살모넬라가 검출된 것으로 보아 정확한 액비 생산 공정을 확립하여 반드시 병원성균의 불검출이 이루어져야 하며, COD 혹은 BOD를 액비 살포량 설정 시에 중요한 인자로서 고려해야 할 필요성이 있고, 이를 위한 연구가 필요함.
 - 또한, 질소와 인의 시비기준량 설정에 작물의 생육 뿐 아니라 환경적 요소도 반드시 고려되어야 함. 따라서 액비 살포량, 살포 시기의 결정에 앞서 질소의 정성분석과 정량분석이 필요함.
- 가축분의 퇴비품질은 원료 축분의 종류와 부자재 종류 및 퇴비화 방식 등에 따라 큰 차이를 보일 수 있음. 제품퇴비 품질이 불량하면 농지환원시 작물생육과 토양 및 수질환경의 저해요인이 되므로 축분퇴비 이용촉진을 위하여 퇴비품질관리 및 품질평가가 수반되어야 함.
 - 이러한 관점에서 볼 때 퇴비품질에 관한 정확한 기준제시가 필요함. 농진청 비료공정규격 및 지정(고시 제1212-34호)에서는 축분퇴비품질 중 물리적·이화학적 특성에 관해 제시해 놓은 유기물, 탄질비, 염분(NaCl), 수분함량 등 이하 다섯 항목임. 따라서 이들 항목을 중심으로 현재 YC과 JJ지역의 퇴비품을 분석하여 보다 나은 개선점을 제시하는 것이 필요함.
 - 유기질 자재를 단순히 장기간 퇴적시킨 것이 아니라, 유기질자재를 미생물 활동을 통하여 작물 생산 환경을 악화치 않고 작물생산에 기여하며 토양, 수질과 같은 환경과 사람에게 위해를 가하지 않아야 한다는 것을 염두 해두

고 퇴비품질 기준을 제시하는 것이 중요함.

- 위의 기준을 바탕으로, 비료공정규격에 지정된 유기물 대 질소 비율(탄질비)은 40이하이나, 선행연구에 의하면 40보다 낮은 탄질비가 적당한 탄질비로 보고되고 있어 범위를 좁히는 것이 옳을 것으로 판단됨. 특히 부숙도와 연관을 지어 탄질비를 사용할 경우, 규정을 벗어나지 않지만 부숙이 덜 된 퇴비의 낮은 탄질비는 악취가 발생할 수 있어 사람과 환경에 위해를 미칠 가능성이 있음. 따라서 최소의 탄질비 규정 역시 필요하다고 사료됨.
 - 토양의 염류는 염류집적도(EC)에 의해 평가됨. 염류집적도에 영향을 주는 것은 Na^+ , Cl^- 뿐만 아니라 NO_3^- , NH_4^+ 등의 이온들임. 이들 이온들이 지나치게 높을 경우 식물 생육저해 및 뿌리발육의 장애가 발생할 수 있음. NaCl뿐만 아니라 다른 종류의 염류와 관련한 기준설정이 필요함.
 - 퇴비는 수분함량이 55%이하의 기준으로 지정되어 있음. 수분함량이 낮을 경우 퇴비의 미생물 활동 저해를 일으켜 미부숙된 퇴비가 생산될 수 있고, 작업자나 주변사람들의 건강에 영향을 미칠 수 있음. 수분이 일정이하(20~30%)일 경우 분진의 발생증가로 퇴비사 내 작업 시 작업자의 건강에 위해를 미칠 수 있음. 따라서 퇴비 내 최소 수분 함유량 규정이 필요함.
 - YC과 JJ의 현장조사 결과 알게 된 사실은, 분뇨 발생량에 비해 지나치게 협소한 퇴비장의 경우 퇴비의 품질에 영향을 미치게 된다는 것임. 자가 축분처리 농가의 경우 가축사육두수에 근거한 퇴비처리장 최소규격 지정이 필요한 것으로 사료됨.
 - 안전성에 관한 관점에서의 퇴비의 미생물학적 분석을 해본 결과, cross contamination의 위험성에 무방비하게 노출된 것을 알 수 있었음. 원료 반입 또는 이동에 사용됐던 트랙터를 후숙단계의 퇴비를 다루기 전에 스팀 세척을 할 것을 권함. 또한 후숙 단계의 병원성 미생물의 재성장을 억제하기 위한 방법으로 온도가 주변 온도까지 내려가도록 후숙 단계에서의 체류 시간을 충분히 할 것을 권함. 주기적인 온도측정으로 필요에 따라 추가적으로 교반을 해주어야 할 것으로 보임.
- 기술적으로 개선된 퇴·액비의 생산여건 향상을 통해 고품질의 균일화된 퇴·액비가 생산되어 원활한 경축순환농업의 정착을 위해서는 유통여건의 향상이나 제도적 뒷받침이 반드시 필요함.
- 퇴·액비 유통을 자연스럽게 확산시킬 수 있는 하나의 방편으로는 퇴·액비를 친환경농자재로 등록시켜 일반경종농가가 스스로 사용하게 하는 것임. 친환경, 웰빙 농산물에 대한 소비 트렌드가 확대되고 있고, 친환경농산물 생산이 크게 증가하고 있는 현상을 비추어 볼 때, 돈분뇨 퇴·액비의 친환경 농

자재 등록이 가능하도록 기술적, 제도적 검토가 반드시 이루어 져야함.

- 현재 농촌진흥청 친환경농자재 목록고시 시스템에 등록된 농자재는 2012년 1월 현재 1,370종으로 이중 퇴비는 다수 있으나, 액비는 단 한건도 없는 실정임. 액비가 친환경농자재로 등록될 수 있도록 R&D를 통한 기술적인 개선이 시급하고, 제도적으로도 액비가 친환경농자재로 등록 가능하도록 검토되어야 함.
 - 또한, R&D를 통한 액비의 품질향상 및 균일화는 지역 내에서 액비를 사용하고 싶으나 지리적으로 액비 살포차량이 접근하기 어려운 장소까지도 이용 가능하게 할 수 있음. 품질향상 및 제품의 균일화로 소포장이 가능하게 될 경우 일반 도시농업지역, 텃밭 등을 비롯해 살포차량이 접근하기 어려운 지역까지도 액비유통이 가능하게 되어 장기적으로 액비유통의 활로 확보의 단초가 될 수 있음.
 - 퇴·액비의 품질수준을 동일하게 하기 위해서 단기적으로 가장 선행되어야 할 것 중의 하나가 퇴·액비생산 매뉴얼 개발 및 보급임. 악취발생을 억제하면서 전국적으로 동일한 수준의 퇴·액비 생산을 가능하게 하는 적절한 매뉴얼의 개발은, 앞서 이야기한 퇴·액비의 기술적, 환경적 개선과 더불어 현재 개인이 시행착오를 겪으면서 발생하는 비용, 민원 등의 문제를 일정부분 해결 할 수 있는 역할을 할 수 있음.
- 돈분뇨 퇴·액비의 성분과 토양에 미치는 영향 등에 대한 체계적인 교육 및 홍보가 필요하며 자연순환농업 정착을 위한 실질적인 협의체 구축과 정부는 협의체가 자생할 수 있는 여건을 조성해 줄 필요가 있음.
- 축산과학원에서 지난 2006년부터 2009년까지 4년간 개발한 가축분뇨 자원화기술을 가지고 있으나 실제 경종농가에서는 이런 기술들이 있는지 전혀 알지 못하고 있음. 많은 시간과 비용을 들여 개발한 기술을 실제 농가에서 적절히 사용할 수 있도록 많은 홍보와 교육이 절실함.
 - 우선, 설문에서도 알 수 있듯이 액비가 무엇인지조차 모르는 경종농가가 상당히 많았으며 알고 있다고 해도 어떻게 하면 액비를 논밭에 살포할 수 있는지 모르는 경우가 많았음. 또한 액비를 살포해 본 농가들은 액비의 정확한 성분과 토양 및 작물의 어떤 면에 좋은지 전혀 알지 못하고 있었음.
 - 특히 JJ, YC지역의 액비유통 확산을 위해서 가장 절실한 것은 시설지원 및 품질제고의 선행과 더불어 소비자(경종농가)들을 대상으로 한 교육과 홍보가 가장 필요한 것으로 사료됨.
 - 자연순환농업의 정착에서 가장 중요한 역할을 하는 조직체의 원활한 네트워크를 분석해 본 결과에서 알 수 있듯이 양돈농가와 경종 농가 간에 중간매

개체 역할을 할 수 있는 조직이 원활히 운영되지 못하고 있어 이 부분에 대한 개선이 필요함. 실제로 NW지역뿐만 아니라 JJ, YC지역 모두 양돈과 경종의 협의체는 구성되어 있으나 전혀 운영되지 않고 있는 실정임.

- 중앙정부의 자연순환농업 관련 정책이나 시군의 정책이 최하위 단위에 있는 농가까지 전달되는데 상당한 시간이 소요되거나 전혀 전달이 되지 않는 경우가 많으므로 지역 내에서 중간매개체 역할을 하는 농민, 단체, 기관, 업체 등을 적절히 파악하고 이런 기능을 하는 사람이나 단체에 대한 인센티브 제도가 필요해 보임. 정책적으로 정부 또는 지자체는 이러한 네트워크가 자생적으로 활발한 활동을 할 수 있도록 운영비 지원 등의 여건을 조성해 줄 필요가 있음.
- 개별양돈농가 또는 공동자원화센터의 분뇨처리 과정에서 문제가 발생할 경우 도움을 줄 수 있는 기관이 사실상 없으며, 체계적인 양질의 퇴·액비 생산지도 체제 및 민원해결을 위한 통합적 지원체계 구축이 필요함.
- 양돈농가 면접조사 결과 퇴·액비 생산에 있어 기술적인 문제가 발생할 경우, 문제를 상의하고 해결해 가도록 도움을 주는 역할을 하는 기관은 없는 것으로 나타났음. 양돈업 자체가 개인이 운영하는 하나의 기업형태이므로 경영주가 해결을 해 나가야 할 부분이라고 볼 수 있으나, 축산업이 지역경제에서 차지하는 비중과 중요성, 일반 기업과는 다른 양돈농가의 특수성, 문제가 발생할 경우 지역마을에 직접적인 피해를 끼칠 수 있다는 점 등을 고려할 때 정부차원 또는 지자체차원에서 문제점을 해결해 갈 수 있는 방안 마련이 필요함.
 - 개별농가나 공동자원화시설 등에서 발생하는 악취로 인해 민원이 발생할 경우, 분뇨의 처리과정이 적법한 과정을 거쳐 진행되고 있다 할지라도 분뇨처리 설비를 일단 멈출 수밖에 없음. 이런 경우에는 분뇨대란이라고 표현할 수 있을 정도로 큰 문제가 발생할 수 있음. 퇴·액비 생산을 위해서는 미생물체 투입이 필수적인데, 한번 가동이 멈출 경우 복구하는데 상당한 시간이 소요되며 그 기간 동안에는 분뇨처리자체가 불가능해 질 수 있어 통합적이고 적절한 민원 대책이 마련되어야 함.
- 원활한 분뇨처리를 위해 공동자원화시설을 확대해 갈 필요가 있으며, 공동자원화시설에는 현재 정화처리 할 수 있는 시설이 없으나, 액비의 수급불균형, 퇴·액비의 품질향상을 위해서도 정화처리 시설 또는 음식물 쓰레기를 동시에 처리하여 에너지화가 가능하도록 시설을 다각화 할 필요가 있음.
- 더운 여름철에는 특히 분뇨의 발생량이 2배 이상 증가하나 수분함량이 상대적으로 높아지는 시기이기도 함. 따라서 발생하는 분뇨에서 퇴액비화하는 전체적인 양을 줄이고 퇴액비의 농도를 높이며, 여과장치를 통해 수분은 정

화처리를 통해 배출하는 것도 수급균형을 위한 하나의 방안이 될 수 있음.

- 또한, 이러한 부분은 공동자원화시설에 대한 지원을 결정하기 전에 지역별 특성을 고려하여 정화처리 시설이 충분한 역할을 할 수 있다고 판단될 경우만 정화처리 시설을 포함하여 지원을 결정하는 것이 옳은 것으로 사료됨.
- 민원으로 인해 자원화 시설 설치가 불가능하게 여겨지는 지역은 특히 분노만을 이용하는 자원화 시설 보다는 음식물 쓰레기 등을 일괄처리하게 하여 일반 시민들에게도 일정부분 책임의식을 가지게 할 필요가 있음. 또한, 현재 농림수산식품부에서 추진 중인 에너지화 사업과도 연계하여 사업의 당위성을 확보하고 서로간의 정책연계, 부처 간 연계의 시너지 효과도 고려해 볼 수 있음.

제4장 사례 지역의 자연순환농업활성화를 위한 모델(안) 검토

1. 모델(안)의 필요성

○ 가축분뇨의 해양배출이 전면 금지된 현재, 자연순환농업은 현장의 필요에 따라 고려하거나 선택해 볼 수 있는 사항이 아닌 필수불가결한 지상 과제로 부상하였음.

□ 이제 양돈 등 축산농가는 생산과 판매에만 집중해도 되었던 과거와는 달리, 법적인 테두리 내에서 ‘자원화’ 등의 방법으로 가축분뇨를 적절히 처리하는 일을 농장 경영 시 중요한 의사결정 사항 중 하나로 고민해야 하는 현실임.

□ 이는 비단 축산농가만의 노력으로 풀릴 수 있는 문제가 아니라, 경종 부문과의 협의, 지역민의 이해, 복잡한 제반 규정 준수 등 여러 난점들을 조정하고 극복해야 하는 문제인 것임.

□ 나아가 일반적으로 지역의 농업 GDP에서 축산 부문이 차지하는 비중을 고려할 때, 이는 지역 행정과 경제에 미치는 영향 역시 적잖은 사안이라는 데 문제의 심각성이 있음.

○ 그럼에도 자연순환농업과 이를 통한 가축분뇨 자원화가 비교적 원활하게 추진되고 있는 지역이 있는 반면, 아직 자연순환농업 체계가 미비하여 가축분뇨 처리 및 자원화에 애로를 겪고 있는 지역도 있는 실정임.

□ 앞서 살펴본 NS 계룡축협외의 경우, 일찍이 1994년부터 공동자원화시설을 운영해온 결과, 2011년 현재 1일 평균 400톤 퇴·액비를 자원화할 뿐 아니라, 1,900ha 면적에 걸친 액비 살포, 도시농업 자재로의 판매, 바이오가스 사업 추진 등 다양한 사업 영역에서 자연순환농업 모델을 선구적으로 개척해가고 있음.

□ NW의 경우에도 공동자원화시설 도입 \단계에서 공청회 등의 여론 수렴 및 설득 활동이 활발했던 것은 물론, 운봉읍 공동자원화시설의 경우 반입 쿼터량에 따른 수익 분배라는 독특한 체계를 양돈 농가들이 스스로 도입하였을 만큼 가축분뇨 자원화에 대한 의지와 아이디어가 돋보이는 지역인 것으로 파악됨.

□ 그러나 해양배출이 비교적 최근까지 계속되었던 경남·북 지역을 중심으로 아직 자연순환농업 체계가 초기 단계에 머물러 있거나 일부 정책적인 혼선 내지는 애로를 겪고 있는 곳도 있는 것으로 나타남.

□ 본 연구에서 주목하고 있는 JJ시와 YC시가 대표적인 사례임. 이들 지역은 특히 ‘공동자원화 시설’ 건립 계획과 관련해 공통적으로 거센 민원의 저항에 직면하고 있는 실정임. 즉 이른바 ‘넘비(NIMBY)’ 현상으로 인하여 시설 대

상 부지를 확정하고도 건설을 추진하지 못 하고 계획을 번복하는 경우가 되 풀이되고 있는 것으로 드러남.

○ 물론 이들 지역에서 자연순환농업이 상대적으로 덜 활성화되었다는 진단이 꼭 이들 지역의 가축분뇨가 부적절하게 처리되고 있다는 의미는 아님. 해양배출 금지 이후 각 지역마다 현실적인 제약이 있음에도 불구하고 축산 농가와 지자체 차원에서 가축분뇨 처리를 위한 각고의 노력을 기울이고 있음은 주지의 사실임.

□ 예를 들어 JJ시의 경우 가축분뇨를 일차적으로 축산 농가 차원에서 최대한 퇴비 및 액비화함으로써 해양 배출의 대안으로 삼고 있음.

□ 또한 YC의 경우, 가축분뇨의 자원화와는 다소 거리가 멀더라도 ‘정화처리 및 방류’를 통하여 오염원이 되지 않도록 노력하는 정책도 시행되고 있음.

□ 물론 이러한 상황이 우리가 달성해야 할 자연순환농업의 수준에 비추어 다소 미흡한 것은 사실임. 그러나 우리나라 전체적으로도 자연순환농업의 여건과 경험이 충분히 무르익지 않았고, 해양배출 역시 올해부터 금지되어 그리 긴 시간이 흐른 것은 아님을 감안할 때, 이들 지역 자연순환농업의 가능성과 성패에 대하여 아직은 단언하기 이를 것으로 판단됨.

○ 따라서 지금은 사례 지역의 제약 요건과 현재 이뤄지고 있는 노력을 전제한 바탕 위에서 상대적으로 자연순환농업이 발달한 지역의 경험과 시사점을 두루 참고하여 지역별로 현실적이고 지속가능한 자연순환농업 모델(안)을 구축해야 할 시점임.

□ 즉 지역별 자연순환농업 모델 구축은 일차적으로 지역별로 자연순환농업이 부진한 이유를 정확히 진단하는 것에서 출발하며, 이러한 분석과 진단은 앞서 다양한 각도에서 수행된 바 본 장에서는 이의 요약과 시사점에 근거하여 해당 지역의 자연순환농업 모델(안)을 제시하게 될 것임.

□ 또한 우수 사례들의 경험과 장점을 기계적으로 도입하기보다는, 본 연구의 대상이 되는 JJ시와 YC시에 적합한 시사점을 차별적으로 도출하여 모델(안)에 반영할 필요가 있을 것으로 사료됨.

○ 특히 사례 지역 지자체와 양돈 등 축산 농가의 입장에서 보았을 때 이미 실행되거나 추진되고 있는 사업 역시 지역 여건에 입각한 명분과 근거가 있는 것이므로, 이와 조화를 이루고 시너지를 창출할 수 있는 지역별 모델(안) 제시를 통하여 궁극적으로 자연순환농업의 활성화에 기여할 필요가 있음.

2. 모델(안)의 기본 방향

○ JJ시와 YC시 자연순환농업 모델(안)의 가장 일차적인 과제는 민원 발생의 소지를 줄이는 것이 되어야 함.

- 이들 지역에서 공동자원화시설 건립 계획이 없는 것이 아니나, 번번이 지역민들의 반대로 무산되거나 지체되고 있는 현실임.
 - JJ시는 최초 미천면 어옥리 일대에 공동자원화시설 건립 계획을 세웠으나 주민들의 반대로 인하여 한 차례 부지를 변경한 후, 이마저도 현재 지역민들의 반대에 부딪혀 난항을 겪고 있는 실정임.
 - YC시의 경우 공동자원화 시설 건립 계획은 현재 없으나 광역친환경농업단지 사업의 일환으로 복안농협이 추진 중인 ‘경축순환 자원화센터’ 건립이 민원 발생 탓에 지체되고 있는 것으로 확인됨.
 - 이는 일반적인 모델(안)이 주로 양돈농가들 간의 거리나 지역의 토지용도, 분뇨 발생량과 액비 살포지의 근접성 등을 감안하여 공동자원화시설의 입지를 정하고 운영 계획을 제시하는 정도로 초점이 맞춰지는 것과는 무척 상이한 상황으로, 결국 근본적인 차원에서 지역민의 반대 여론을 완화할 수 있는 방향에 대한 깊은 고민이 요청된다고 할 것임.
- 다음으로, 지역 현실과 특징에 대한 철저한 분석에 기반을 둔 모델이 되어야 함. 이는 앞서 언급한 민원 해소와도 밀접한 관련성을 갖고 있음.
- 예를 들어 JJ시의 도시화 수준은 YC시는 물론, 우수사례로 살펴 본 NS시나 NW시보다도 훨씬 높은 수준임. 따라서 이 지역의 자연순환농업 모델(안)은 다른 지역과 일정한 차별성을 가질 수밖에 없음.
 - YC시의 경우 대규모 양돈농가가 상대적으로 많고 농가들의 자원화 경험이 일천한 특징이 있으므로, 이러한 현실을 충분히 반영한 모델이 필요함.
- 또한 지역에서 이미 활용하고 있거나 활용 가능한 정책 수단을 모두 고려한 모델이 되어야 함.
- 무엇보다 중요한 것은 ‘가축분뇨’와 ‘축산농가’가 지역에서 천덕꾸러기 신세가 되지 않고 기여만큼의 정당한 평가와 인정을 받을 수 있어야 한다는 점임. 이를 위하여 정부의 각 부처별 사업 구분 이전에, 퇴·액비화, 에너지화, 정화처리 등 각 지역에서 조합 가능한 모든 방식이 고려되어야 할 것임.
- 이는 어느 정도는 단계적이고 순차적으로 완성되어가는 모델(안)이 필요하다는 의미도 됨. 즉, 우선적으로 지역 여건 하에서 자연순환농업에 가장 충실할 수 있는 형태로 행정력과 각 주체의 실천을 집중하되, 향후 가축분뇨 자원화 기술의 발전 양상이나 관련 시장에 대한 전망과 연동하여 일정하게 변용되고 결합될 수 있는 형태의 모델(안)이 되어야 할 것임.
- 나아가 정부 및 지방자치단체, 양돈농가, 경종농가, 지역민, 공동자원화시설 운영 법인체, 양돈협회 등 관련 주체들의 역할과 기능이 명확히 설정될 수 있는 모

델(안)이어야 함.

- 앞서 살펴본 우수사례들에서 가장 주목할 요소는 설비나 시설 등의 하드웨어보다는 오히려 리더십, 행정 지원, 민간 차원의 활력과 아이디어, 상호협력의 체계 등 인력 및 조직 자원의 역할과 연계라고 할 수 있음.
 - 설혹 JJ시와 YC시의 모델(안)이 서로 다른 물론 이들 우수 지역들과도 다르다 하더라도, 이들 소프트웨어적인 요소의 시사점을 각 지역 모델(안)에 맞게 반영하여 관련 주체들의 역할을 분명히 한 후 이의 연계를 통한 시너지를 창출해야 할 것임.
 - 특히 ‘지원’과 ‘권한’은 ‘책임’과 함께 갈 수 있도록 설계되어야 함. 해당 지역 자연순환농업의 활성화를 위해 상대적으로 더욱 큰 책임을 느껴야 할 주체에게 많은 권한과 지원이 주어져야 할 것이며, 마찬가지로 권한과 지원을 받는 주체가 더욱 많은 책임을 져야할 것도 자명한 논리임.
- 끝으로 자연순환농업 모델이 각 주체들의 활발한 참여를 이끌어내고 지속가능한 모델이 될 수 있으려면 적절한 수준의 경제성이 담보될 수 있는 방향으로 모델이 수립되어야 할 것임.
- 물론 이는 우수 지역들에서조차 아직은 쉽지 않은 과제일 수 있음.
 - 그렇더라도 공공 영역은 배후에서 지원할 뿐 엄밀하게는 민간 영역이 이끌어 가야 하는 사업인 만큼 경제성 있는 수익 모델의 당위성은 분명해 보임. 적어도 시장의 동향과 전망이나 향후 예상되는 정책 방향 등을 고려할 때 장기적으로 일정 시점 이후 수익 창출이 기대될 수 있는 모델로 설계되어야 할 것임.

2. 사례지역의 자연순환농업 모델(안) 제시

1) JJ시의 자연순환농업 모델(안)

- 현 시기 JJ시 양돈농가 및 자연순환농업의 특징
 - JJ시는 양돈 농가의 수가 50호 내외, 사육두수가 60,000두 내외인 것으로 파악됨. 연간 분뇨 발생량은 2011년 기준 11만 3천톤 남짓한 수준임.
 - 즉 농가의 수가 적은 편이며, 사육두수 역시 호당 평균 1,000두가 조금 넘는 수준으로 소규모 농가가 많은 특징이 있음.
 - 분뇨의 경우 2011년에 발생량의 6.9% 정도인 약 7,797톤이 해양으로 배출되기는 하였으나, 그 간 꾸준히 농가마다 액비발효저장시설의 설치를 지원한 결과 현재 분뇨처리시설의 총 설치용량이 지역 내 분뇨 발생량을 상회하

는 118,240톤 수준인 것으로 나타남.

- 이처럼 양돈농가가 자체적으로 고액 분리 및 저장 발효 등을 거쳐 퇴·액비를 생산하면, 액비유통센터에서 이를 수거하여 살포를 담당하고 있는 체계임.
- 다행스러운 것은 JJ시의 경우 경종농가와의 자연순환농업 연계 경험이 있을 뿐 아니라, 경지면적이 11,786ha로 YC시(11,559ha)와 비슷한데도 돼지 분뇨 발생량은 NS시나 YC시에 비해 1/3 수준으로 적어 액비 살포 대상 농지가 비교적 충분하다는 점임.
- 또한 경지면적 중 52% 정도가 수도작에 활용되어 잠재적인 액비 수요도 적지 않을 것으로 판단됨.
- 다만 공동자원화시설의 경우, 2011년부터 미천면 어옥리 일대에 1일 평균 100톤의 가축분뇨를 처리할 수 있는 규모로 건립이 추진되고는 있으나 주민의 반대로 인하여 한 차례 대상 부지를 바꾼 데 이어, 여전히 민원의 저항에 직면하고 있는 현실임.

○ JJ시 민원 발생의 원인 : 도시화 수준⁴⁸⁾ 검토를 중심으로

- 어느 지역에서나 가축분뇨에 대한 선입견과 악취 등의 이유로 공동자원화시설 건립 및 운영에 민원이 발생할 수 있는 것은 공통된 사실이지만, JJ시의 경우 특히 여러 사회·경제적 지표로 판단하건대 도시화 수준이 높다는 사정이 이와 밀접한 관련이 있어 보임.
- [표 4-1]에서 알 수 있듯, JJ는 비교 대상이 되는 어떤 도시보다도 인구가 많은 도시임. 특히 단순히 인구만 많은 것이 아니라 인구밀도 또한 다른 도시들의 2~3배 이상 높아 이 지역에서 공동자원화 시설의 입지 선정이 결코 쉽지 않은 문제임을 짐작케 함.
- 또한 도시화율이 92.2% 수준으로 60% 내외에 머무르는 타 지역보다 월등히 높게 나타나 공동자원화시설이 어디에 들어서더라도 적지 않은 민원 저항에 부딪칠 가능성이 큰 것으로 추측됨.
- 더욱이 GRDP에서 농림어업 GRDP가 차지하는 비중이 7.4% 수준에 머무르고 있어 경제적 기여를 감안하면 축산업이나 공동자원화시설의 필요성에 대한 지역민의 여론도 타 지역보다 호의적이기 어려운 여건임.

48) 일반적으로 한 지역의 도시화 수준은 인구, 토지, 경제적 상황, 사회 지표 등 몇 가지 지표를 종합적으로 검토하여 판단하게 됨. 가장 중요한 지표로는 ‘도시화율’이 있으며 이는 지역의 ‘전체인구’ 중 ‘용도지역상 도시지역 인구’의 비율로 도출하게 됨. 이밖에도 인구, 인구밀도, 지역총생산(Gross Regional Domestic Productions;GRDP), 지역 농림어업총생산(농림어업GRDP), 인터넷 보급률, 상하수도 보급률 등이 도시화 수준을 가늠케 하는 주요지표들임. 본 장에서는 이러한 지표들을 두루 염두에 두되, 인터넷 보급률과 상하수도 보급률은 우리나라 대부분의 지역에서 평준화되어 있는 관계로 따로 검토하지 않음.

[표 4-1] 타 도시와 JJ시의 도시화 수준 비교

구 분	YC시	JJ시	NS시	NW시
인구	107,701명	333,256명	131,565명	89,898명
인구밀도	117.02명/km ²	467.49명/km²	236.76명/km ²	119.40명/km ²
도시화율	62.66%	92.15%	58.03%	63.20%
GRDP	1,848,495백만원	4,895,640백만원	2,040,316백만원	1,266,952백만원
농림어업 GRDP	196,962백만원	363,396백만원	284,715백만원	226,372백만원
GRDP 중 농림어업 GRDP의 비중	10.66%	7.42%	13.95%	17.87%

주 : 2008년 기준 통계치임(단, 도시화율은 2009년 기준). 물론 각 지자체 연보 등에 최신 자료가 있기는 하나, 국가 차원에서 기준 등을 통일하고 보정하여 제시한 통계치가 각 지역을 비교하는 데는 더 유용하리라고 보아, 본 자료에서는 국가 기관이 생산한 지역별 통계의 최신판을 활용하였음.

자료: ‘도시화율’의 경우 ‘한국도시연감’(행정안전부, 2010), 나머지는 ‘한국도시통계’(행정안전부, 2009)

- 이처럼 JJ시의 상대적으로 높은 도시화 수준은 일반적인 모델로의 자연순환농업 체계 구축을 어렵게 할 뿐 아니라, 행정적으로도 공동자원화시설 건립 및 양돈농가 지원 등의 사안을 과감히 추진하기 어렵게 만드는 주요 요인이 되고 있는 것으로 판단됨.

○ JJ시 자연순환농업 모델(안) : 양돈농가-액비유통센터 활성화 및 공동자원화(에너지화)시설 추진의 Two-track 모델

- 전술한 당면 조건을 감안하면 JJ시의 공동자원화시설은 현 방식으로는 단기간에 추진되기 어렵거나 전략 수정의 갈림길에 서 있는 것으로 볼 수 있음.
- 따라서 ① 우선은 지역 내에서 액비에 대한 경종농가의 인식을 개선하고 액비 품질 향상 제고에 노력을 기울이는 일이 긴요함.
- 이는 무엇보다 현재 JJ시 한돈협회가 운영하고 있는 액비유통센터의 역할이 한층 중요해져야 함을 의미함. 즉 단순히 가축분뇨나 농가가 생산한 액비를 수거하여 살포하는 역할에서 나아가 양돈농가에 대한 가축분뇨 자원화 교육 실시, 지역 양돈농가의 액비발효저장 시설 용량과 이용률 및 액비 품질 등에 대한 실태 진단 및 대응, 경종·축산농가 간의 유대 관계 증진 활동 강화 등의 역할을 적극적으로 수행해야 할 것임.
- 특히 개별 양돈농가는 가축 생육 및 경영에 집중해야 하는 입장에서 아무래도 가축분뇨 처리 및 자원화에 대한 전문성은 상대적으로 떨어질 수밖에 없음. 또한 고액분리기, 액비저장조 등의 시설이나 장비가 고장 날 경우 높은 비용으로 수리를 의뢰하거나 방치할 수밖에 없으므로 액비유통센터가 농업기술센터 등과 연계하여 이에 대한 상시적인 모니터링과 조치가 필요할 것으로 사료됨.

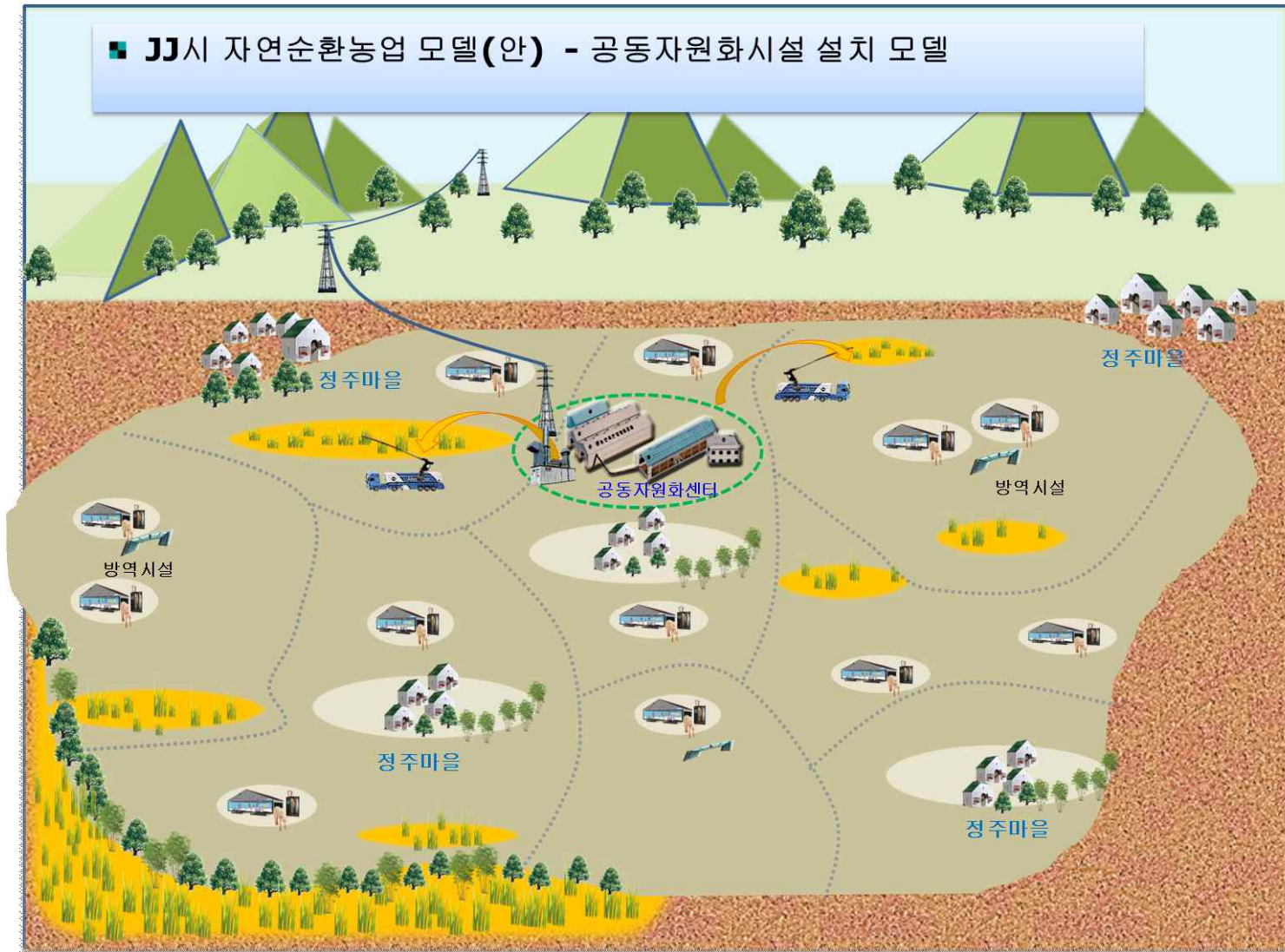
- 물론 양돈농가 역시 가축분뇨 자원화의 출발점이 자신의 농장에서 이뤄진다는 점에 대하여 무거운 책임감을 가져야 함. 실제 고액분리만 제대로 하여도 액비의 품질이 상당히 향상될 수 있다는 것이 전문가들의 중론이며, 이는 설비의 고도화 이전에 현 설비 수준으로도 농가의 적절한 노력 투입 여부에 따라 크게 달라질 수 있는 것으로 판단됨.
- 따라서 본 모델(안)에서는 액비유통센터와 한돈협회, 농업기술센터 등이 철저한 고액분리의 필요성 및 관련 기술에 대하여 양돈농가를 교육하고 관리하여야 함은 물론, 양돈농가는 이를 실천할 책임이 있음.
- 한편 공동자원화시설의 경우 퇴·액비화 모델이 아닌 ② 에너지화⁴⁹⁾ 모델로의 추진이 보다 효과적일 것으로 판단됨.
- 이는 특히 도시화 수준이 높은 JJ시에서 가축분뇨 처리에 대한 유력한 민원 해소 방안이 될 수 있음. 왜냐하면 가축분뇨뿐 아니라 음식물 쓰레기 등을 함께 처리함으로써 지역 사회에 꼭 필요할 뿐 아니라 시민 모두가 관련 주체인 시설로 자리매김할 수 있기 때문임. 예를 들어 기존의 ‘경종-축산 농가 협의체’를 지자체 차원에서 확장하여 농가는 물론, 관련 지자체 부서와 지역의 소비자단체, 환경단체, 산업 협의체 등이 두루 참여하는 ‘(가칭)범시민 재생자원 협의회’ 등을 구성할 수 있다면 양돈 등 축산 농가도 보다 당당히 참여하고 역할을 할 수 있을 것임.
- 관련하여 주목할 사실 중 하나로, 2013년부터 음식물 쓰레기의 해양배출 역시 금지된다는 점을 들 수 있음. 즉 가축분뇨와 음식물 쓰레기 등의 재생자원화는 이제 어느 한 산업 영역의 문제가 아니라 지자체 차원에서 긴급한 인프라 문제로 대두되고 있는 것임.
- 이미 농림수산식품부에서도 2009년 「가축분뇨 에너지화 실행 계획」을 발표할 당시, ‘도시 근교’ 유형의 경우 ‘가축분뇨와 음식 잔재물’을 혼합하는 방식을 고려하고 있으며, 2020년까지 150개의 공동자원화시설을 설치하되 이 중 100곳은 에너지화 시설을 설치할 계획을 제시한 바 있음. 또한 이러한 가축분뇨와 음식물 쓰레기의 혼합 방식은 민원 감소 효과뿐 아니라, 기술적으로 에너지 생산 효율성의 제고도 가능한 것으로 알려져 있음.
- 물론 아직 가축분뇨의 에너지화는 상용화 단계에 도달하지 못 하였으며, 관련 기술이나 수익성의 발전도 더딘 것이 사실임. 그러나 화석 연료의 고갈에 대비하여 재생에너지의 확대는 피할 수 없는 시대적 과제가 되고 있으며, 이에 정부에서도 2012년부터 ‘신재생에너지 의무할당제’를 실시하여 에

49) 에너지화 공동자원화시설은 ‘1일 70톤 이상 가축분뇨(70%) 등을 활용하여 바이오가스, 고체연료 등의 에너지를 생산한 후 퇴·액비 등으로 자원화 할 수 있는’ 시설을 의미함. (2011 농림수산사업 시행지침에 근거)

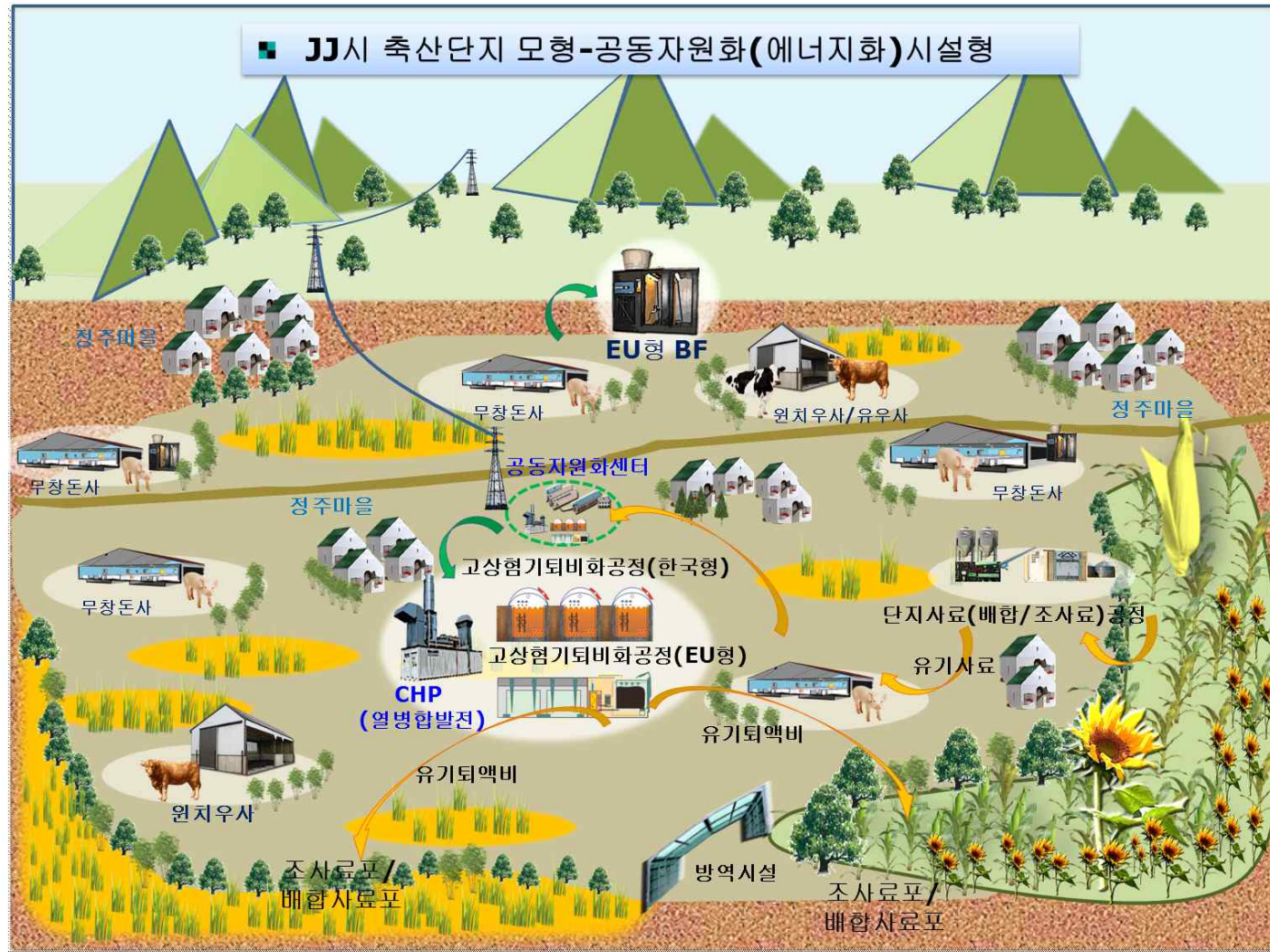
너지 사업자에게 공급량의 일정 비율(2012년 2% → 2022년 10% 계획)을 신재생에너지로 공급하도록 하고 있음. 즉, 당장 경제성이 없다 하더라도 시대적 당위에 따라 시장에서 신재생에너지의 생산 및 거래를 늘려가겠다는 의도인 것임.

- 따라서 공동자원화시설을 에너지화 모델로 구축한다면 민원 저항을 감소시키는 한편으로, 향후 환경부의 지역단위 통합자원화사업과 연계⁵⁰⁾하거나 지역 내 에너지 사업자 등과 연계하여 수익성을 제고할 수 있으리라 판단됨. 또한 전기 생산까지 아니더라도 지역의 난방, 가열 수요 등에 일정하게 공급할 수 있다면 지역 여론 개선에도 일조할 수 있을 것임.
- 나아가 이러한 Two-track 모델의 동시 추진을 통해 향후 양돈 농가와 공동자원화시설의 연계 방식도 더욱 유연해질 수 있을 것으로 기대됨. 즉 시기별 액비와 재생 에너지의 수요 및 상품성 등에 따라 양 쪽의 생산량을 조절할 수 있으며, 가축분뇨 공급 비율도 달리 할 수 있을 것임.

50) 우수사례로 살펴본 지역 중 NS에서 본 사업이 시범적으로 실시되고 있음. NS은 이에 따라 지역내 가축분뇨 100톤과 음식물 30톤을 에너지화하고 최종 소화액은 퇴비와 액비로 농가에 공급한다는 계획임. 이는 일반시민과 농축산인이 상생할 수 있는 모델로 지역내 환경오염을 예방하고 지역단위 자원순환을 촉진하는 계기가 될 것이라는 것이 NS 계룡축협 측의 기대임.



[그림 4-1] JJ시 자연순환농업 모델-공동자원화시설 설치 모델



[그림 4-2] JJ시 축산단지 모형-공동자원화(에너지화)시설형

2) YC시의 자연순환농업 모델(안)

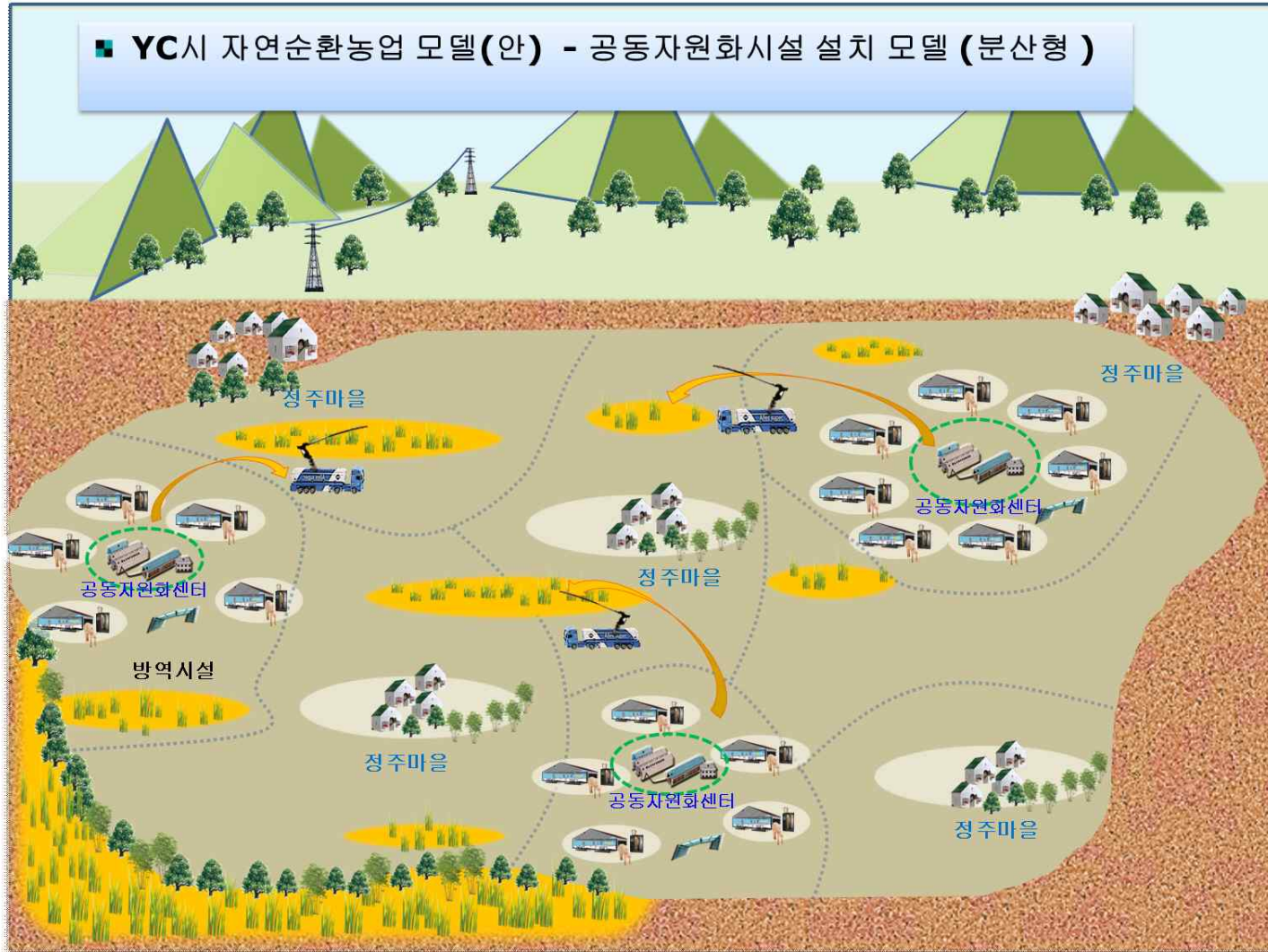
○ 현 시기 YC시 양돈농가 및 자연순환농업의 특징

- YC시는 양돈 농가의 수가 95호 내외, 사육두수가 190,000두 내외인 것으로 파악되며, 연간 분뇨 발생량은 35만 5천톤(1일 평균 972톤) 남짓한 수준임.
- 즉 JJ시와는 달리 양돈 농가의 수가 많은 편이며, 사육두수 역시 호당 평균 2,000두 수준으로 JJ시의 두 배에 이를 만큼 대규모 농가가 많음⁵¹⁾.
- 또한 YC시의 경우 관내 경종 부문이 상대적으로 축산 부문보다 규모가 작은 특징이 있음. 앞서 언급하였듯 경지 면적이 JJ시와 비슷한 수준인 것으로 나타나며, 수도작 비중만 따지면 오히려 JJ시보다도 경지 면적이 작은 것을 알 수 있음.
- 따라서 YC시 양돈농가에서 배출되는 분뇨를 모두 자원화한다 하더라도 이를 살포할 수 있는 농경지가 마땅치 않은 문제가 있음. 인근 시·군을 염두에 두더라도, 현 체제 내에서 타 시·군으로 분뇨, 혹은 액비를 이동하기는 여의치 않다고 할 것임. 왜냐하면 액비 신고 시 이미 살포 대상 농경지 확보 사항 등에 대한 정보를 분명히 해야 하는데 행정 구역을 달리 하여 이에 대한 인가를 받고 실행하기는 현실적인 한계가 있기 때문임.
- 이에 현재 YC시는 액비화는 물론, 퇴비화, 공공처리장에서의 정화방류, 개별농가 차원에서의 정화방류 등 다양한 방식으로 가축분뇨를 처리하고 있는 실정임.
- 특히 정화방류의 비중이 퇴·액비화 이상으로 높은 것이 YC시 가축분뇨 처리의 특징임. 이는 대규모 농가가 많은 사정이 가장 결정적인 것으로 파악됨. 예를 들어 5천두 규모의 농장이라면 1일 평균 25톤 이상의 분뇨가 배출되는데 이를 모두 액비화하기가 쉽지 않다는 입장인 것임. 이러다 보니 액비화 비율이 낮을 뿐 아니라, 액비의 품질도 좋지 않은 것으로 파악됨. 실제 액비 살포 시 악취 민원 발생도 잦은 것으로 나타남.
- YC시 자체적인 향후 가축분뇨 처리 계획을 보더라도 상대적으로 액비화나 자연순환농업에 대한 관심은 낮은 것으로 나타남. 우선 2014년 12월 준공 목표로 추진 중인 ‘유기성폐기물 에너지화시설 설치사업’의 경우 가축분뇨 240톤과 음식물류 폐기물 110톤을 혼합하여 전기를 생산하는 것을 사업 내용으로 하고 있음. 물론 ‘북안농협’을 사업대상자로 하여 우분 50톤과 돈분 110톤의 시설용량을 가진 ‘경축순환 자원화 센터 건립’도 추진하고 있기는 하나 민원이 발생하여 곤란을 겪고 있는 실정임.

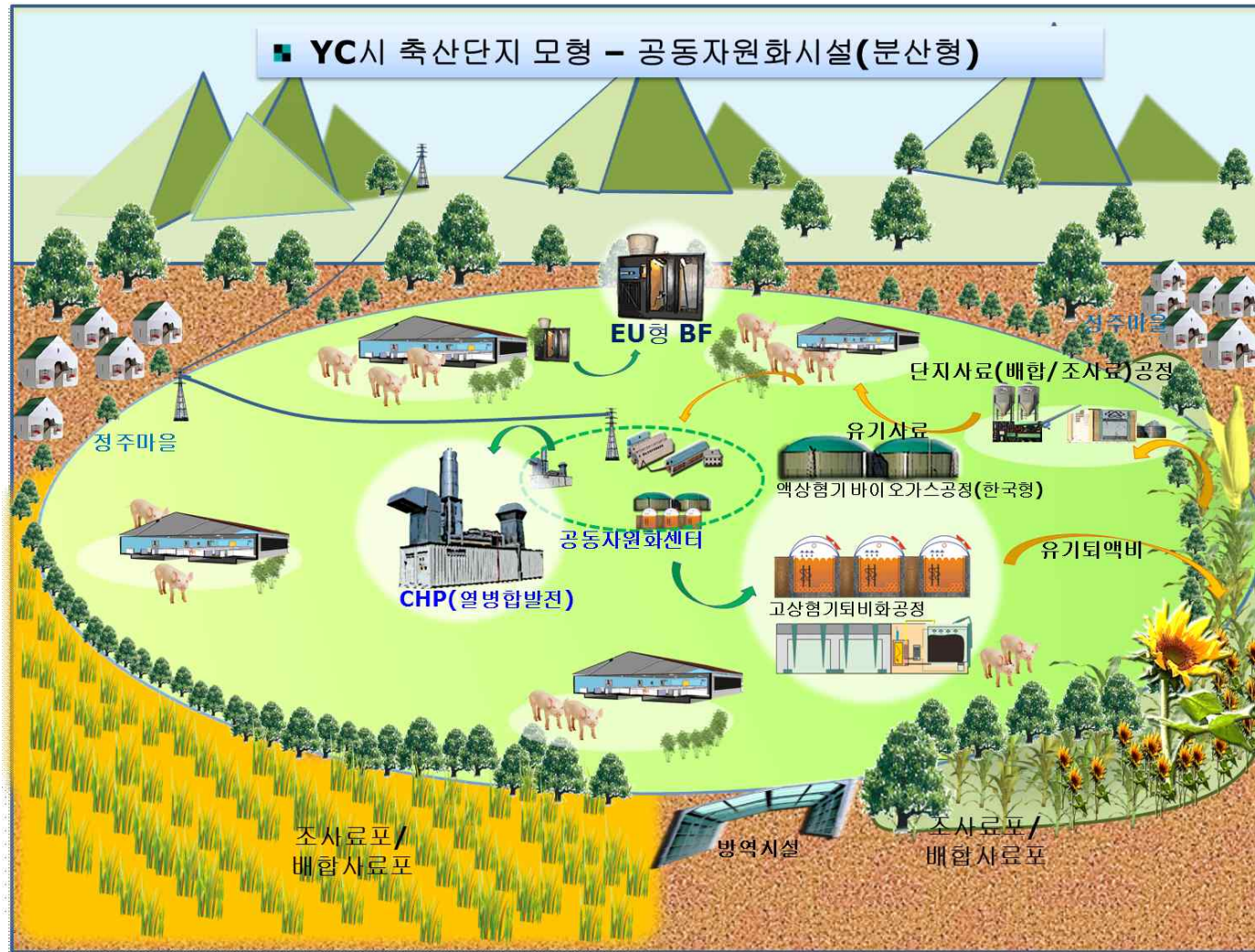
51) 실제 YC시 내부자료에 따르면 5천두 이상의 농가가 6농가, 1천두~5천두 규모 농가가 60여 농가인 것으로 나타나며, 1천두 미만 농가는 서른 가구가 채 안 되는 것으로 파악됨.

○ YC시 자연순환농업 모델(안) : 분산형 공동자원화시설 설치 모델

- YC시가 정화처리 및 에너지화 등으로 일정하게 잡은 방향성은 그것대로 현장의 고충이 반영되어 있으며 나름대로 합리성을 갖춘 대책인 것으로 판단됨. 물론 가축분뇨의 ‘자원화’ 측면에서는 다소 아쉬움이 있으나 YC시 관내 경종 부문의 규모를 고려할 때 모두 액비화하기도 힘들뿐더러 양돈 농가의 입장에서 어떤 방향으로든 가축분뇨를 처리할 수 있다는 사실 자체가 시급한 사안이라는 점이 중요함.
- 그러나 ‘자원화’ 방향과는 다소 상이할 수 있는 이상의 여러 여건에도 불구하고 한 가지 주목할 만 한 점은 YC시의 양돈농가가 몇 개의 소수 면에 밀집해 있다는 사실임.
- 즉, 중규모(30톤 내외)의 분산형 공동자원화시설 3~4개를 이들 양돈농가가 밀집된 면에 설치하는 모델의 가능성을 타진해볼 수 있을 것으로 판단됨. 즉 한 면에서 양돈농가들의 고른 접근성이 보장되는 중심 지역에 중규모 공동자원화시설을 설치한다면 양돈농가들의 이용 효과 증대와 운송비 절감 등의 효과를 가져올 뿐 아니라, 양돈농가 사이에 공동자원화시설이 위치함으로써 민원 발생의 소지도 줄일 수 있을 것으로 판단됨.
- 또한 YC시의 넓은 면적을 감안할 때, 이러한 모델은 저장용량의 대형화에 따른 비용 절감 수준보다 이용자의 분산 입지에 따른 수거, 저장, 살포 시의 빈번한 분뇨 반입과 반출로 과잉 수송비 발생 가능성이 더 큰 점에 대한 우려도 불식시킬 수 있는 방안임.
- YC시는 NS시나 NW시는 물론, JJ시와도 달리 가장 최근까지 가축분뇨의 해양배출이 광범위하게 행해진데다 개별 농가들의 자원화 경험이 일천하고 인식도 낮은 수준임. 따라서 개별 농가의 자원화 수준을 높여 액비유통센터가 수거와 살포를 담당하는 형태보다는 공동자원화시설로 분뇨를 모아서 액비를 제조하고 품질 또한 향상시킬 수 있는 모델이 더욱 적합할 것으로 사료됨.
- 이를 위하여, 특히 ‘분산형 공동자원화시설’ 설치의 사업주체가 될 법인체가 필요한데, NW의 ‘에코바이오영농조합 법인’ 사례가 주요하게 참고될 수 있을 것으로 사료됨. 즉, 공동자원화시설에 분뇨를 공급하게 될 농가들이 조합 형태로 참여하여 법인체를 구성하고 반입 쿠티제 실시, 전문경영인 위탁 등의 체계를 마련할 필요가 있음.
- 물론 YC시 역시 JJ시처럼 현재 계획 중인 ‘유기성폐기물 에너지화 시설’이나 ‘경축순환 자원화센터’ 등과 향후 이러한 분산형 공동자원화시설이 유연하게 연계될 수 있을 것으로 기대됨. 또한 향후 도시농업 자재나 친환경 자재로서 액비의 상품성이 높아진다면 정화처리되는 물량의 일부가 액비 성수기에 활용되고, 비수기에는 에너지화에 가축분뇨가 투입되는 등의 탄력적인 운용이 가능해질 것으로 전망됨.



[그림 4-3] YC시 자연순환농업 모델-공동자원화시설 설치 모델(분산형)



[그림 4-4] YC시 축산단지 모형-공동자원화시설(분산형)

3. 사례지역 자연순환농업 체계 구축에 따른 경제성 분석

가. 분석방법

- 본 절에서는 앞서 제시한 JJ시와 YC시의 모델(안)을 중심으로 각 모델(안) 추진 시의 소요비용과 편익을 산출하여 비용편익분석을 행한 후 각 모델(안)의 경제성을 논하고자 함.
- 경제학적 의미의 비용편익분석(Benefit-Cost Analysis, B/C Analysis)은 사회적 관점 또는 국민경제 전체의 관점에서 비용과 편익을 파악하므로 기업 차원의 재무분석과는 구분됨.
 - 어떤 공공사업의 추진으로 인하여 발생하는 비용과 비교하여 과연 사회적으로 바람직한 편익이 발생할 수 있는가를 판단함. 이 때 편익은 단순히 산출물에 국한되는 것이 아니라 환경적 가치 등 더욱 넓고 융통성 있는 개념이라고 할 수 있으며, 다른 대안과 비교하였을 때 편익의 순증가분을 추정하는 일이 핵심이 됨.
 - 공공사업을 추진하고 운영하는 과정에서 발생할 것으로 기대되는 모든 비용과 편익을 단기적 시각이 아니라 장기적 시각에서 종합적으로 평가
- 본 절에서의 분석 기간은 모델(안) 시행 연도 포함 10년 간으로 설정함. 예를 들어 2014년에 공동자원화시설이 건립된다면, 2014~2023년이 비용 및 편익 발생 기간인 것으로 간주함.
- 또한 구체적인 비용편익분석 방법은 예비타당성 조사 시 일반적으로 선호되는 순현재가치법(Net Present Value, NPV)을 이용함.
 - 이는 각 연도의 편익에서 비용을 제한 순편익을 기준연도의 현재가치로 환산하여 0보다 클 경우 경제성이 있는 것으로 판단하는 방법⁵²⁾으로 다음의 식(1)을 통해 계측함.

$$\text{식(1)} \quad NPV = \sum_{i=1}^n \frac{(B_i - C_i)}{(1+d)^i}$$

where, B_i = i 년도의 편익, C_i = i 년도의 비용, d = 사회적 할인율,
 n =평가기간

- 이 때 사회적 할인율은 현재 국내 공공사업 예비타당성 조사 시 공식적으로

52) 다만 공공사업의 경우 설령 순편익의 현재가치가 0보다 작다 하더라도, B/C Ratio, 즉 비용 대비 편익의 비율이 0.9 이상이면 일반적으로 경제적 타당성이 있는 사업인 것으로 평가하는 것이 관례임.

로 적용되는 5.5%(예비타당성 조사 수행을 위한 일반지침, KDI, 2009)를 적용하였음.

나. 분석 시나리오 및 비용과 편익 항목 제시

○ 분석의 현실성을 제고하고 여건 변화에 따른 순편익의 범주를 파악하기 위하여 다음과 같이 4개의 시나리오를 가정하여 시나리오별로 경제성 분석을 수행함.

- 시나리오 I: 액비 활용 시 (논농사 기준) 단위면적당 수확량 5% 증가
- 시나리오 II: 액비 활용 시 (논농사 기준) 단위면적당 수확량 8% 증가
- 시나리오 III: 액비 활용 시 (논농사 기준) 단위면적당 수확량 5% 증가 및 사업 6년차부터 액비 판매수입 25% 증가
- 시나리오 IV: 액비 활용 시 (논농사 기준) 단위면적당 수확량 8% 증가 및 사업 6년차부터 액비 판매수입 25% 증가

○ 시나리오에서의 ‘단수 증가’의 경우, 액비 살포 시 토양 개량 효과나 작물 영양 공급 효과 등으로 인하여 단위면적당 생산량이 일정하게 증가하는 경향이 있음을 반영한 것임.

- 단수 증가 효과는 작물별로, 그리고 기간별로 달리 나타날 수 있음.
- 예를 들어 A 작물에서 3%의 단수 증가 효과를 기대할 수 있다면, B 작물에서는 8%의 증가 효과가 발생할 수도 있음. 또한 액비 살포 후 초기 연차에는 단수가 크게 증가하나 연차가 흐를수록 안정화되어 이전 연도 대비 증가 효과는 체감할 수도 있음.
- 따라서 본 시나리오에서는 이처럼 작물별 및 기간별 효과의 상이함을 논농사 기준 5% 및 8%의 단수 증가라는 두 개의 가정으로 요약함. 즉 단수 증가는 논으로의 액비 살포 1차 연도에 한 차례 발생(5% 및 8%)하는 것으로 보았으며, 이후 생산량은 일정한 것으로 간주함. 이를 통하여 여러 작물들의 증수 효과를 벼 생산 증대 효과로 평균화함은 물론, 여러 기간에 걸친 증수 효과를 한 차례의 증수 효과로 평균화하였음.

○ 또한 시나리오에서의 ‘액비 판매 수입 25% 증가’의 경우, 현실적으로 아직 액비 시장이 충분히 활성화되지 못한 사정과, 그럼에도 불구하고 향후 친환경농자재화, 다양한 액비 상품의 개발 등을 통한 시장 확대 가능성이 존재함을 두루 고려하여 가정하였음.

- 현재 액비 살포 수입은 거의 정부 및 지방자치단체의 지원에 의존하고 있는 실정
- 그러나 선도적인 공동자원화시설을 중심으로 차츰 액비 시장이 활성화될 기미를 보이고 있는 것도 사실임.

- 이에 본 시나리오에서는 모델(안) 추진 이후 6년차~10년차에는 초기 여건보다 개선된 액비 시장 여건 하에서 액비의 판매 수입이 25% 증가할 것임을 가정함.
 - 물론 이러한 수입 증대 효과 역시 6년차~10년차 기간 연도별로 다를 수 있으므로, 앞서 단수 증가 시와 마찬가지로 최초 25% 증가 후 일정하게 유지되는 방식으로 계산하여 연도별 증대 효과를 평균화하였음.
- 이제 앞서 제시한 모델(안)들의 비용 항목을 살펴보면, 초기시설투자비를 뜻하는 ‘고정비용’과 시설 건립 후 인건비, 수리유지비, 전기료 등을 합한 ‘연간운영비’로 구분할 수 있음([표 4-2 참조]).
- 주지하다시피 JJ시 모델(안)은 ‘에너지화 공동자원화시설’을 기반으로 하고, YC시 모델(안)은 ‘분산형 공동자원화시설’을 기반으로 하기에 구체적인 비용 수치는 다를 수밖에 없으나 비용 항목 자체는 차이가 없을 것으로 판단됨.
 - 각 비용항목은 기본적으로 농림수산식품부의 사업비 한도 및 유사 규모 공동자원화시설들의 설립 및 운영비 자료 등을 참조하여 산출하였음.⁵³⁾

[표 4-2] JJ시와 YC시 모델(안) 추진에 따른 비용

백만원

		JJ시	YC시	비 고
고정비용 (초기시설투자비)		7,000	4,500	· JJ시: 에너지화 공동자원화시설 1개소(100톤/일 처리) · YC시: 분산형 공동자원화시설 3개소(30~40톤/일 처리*3)
연간 운영비용	인건비	360	500	· JJ시: 운영 1명, 관리 4명, 사무 2명, 운전 및 살포 6명으로 총 13명 · YC시: 운영 1명, 관리 3명, 사무 1명, 운전 및 살포 12명으로 총 17명
	운송비	180	270	YC시의 경우 100톤/일 처리 공동자원시설 1개소 평균 운송비의 150% 적용
	수리유지비	210	135	유사 기능과 규모의 타 시설 평균 수리유지비 등을 참조하여 초기시설 투자비의 3% 적용
	미생물제 등	68	68	미생물제, 악취저감제, 발효제 등 타 시설의 평균 소요 예산 참조
	전기료	120	120	유사 규모 타 시설 평균 전기료의 150% 적용
	기타 비용	100	50	JJ시의 경우 ‘에너지화’에 따른 추가 비용 소요

- 편익의 경우, 분뇨수거 및 액비판매, 전기판매로 벌어들이는 수입과 관련한 직접편익, 이로 인한 단수 증가 및 화학비료 대체 효과 등의 간접편익, 그리고 정화 방류 대체 효과 등을 포함한 환경적 편익으로 구분됨(표 4-4 참조).
- 액비 살포 및 판매 비용의 경우, 현재 주로 지원금에 의존하여 엄밀하게는

53) 실제 사업이 확정되어 구체적인 입지 및 규모 등이 정해지지 않은 상황에서 정확한 비용을 추산하는 일은 불가능에 가까움. 따라서 여기서는 현실의 공동자원화시설을 주로 참고하여 모델(안)을 일반적인 수준에서 판단한 수치들로 비용을 산출한 바, 이는 실제 모델(안) 추진 시 이보다 비용이 적거나 많을 수도 있는 가능성을 모두 감안한 평균치라고 할 수 있을 것임.

공공 부문에서 민간 부문으로의 ‘수입 이전’에 해당하나, 여러 정황상 액비 시장이 조금씩 활성화될 것으로 기대되므로 모델(안) 추진 이후 이러한 이전 금액에 해당하는 만큼의 수입이 창출될 것으로 가정하였음.

- 분뇨자원화효율 증진분의 경우, 현재 각 지역별로 12,000~18,000원/톤에 달하는 분뇨수거수입을 감안한 편익임. 다만 이로 인한 수입을 모두 계상하지 않고 톤당 5천원의 편익만 발생하는 것으로 계산하였음. 이는 분뇨수거수입 자체는 양돈농가에서 공동자원화시설로의 ‘수입 이전’일 뿐이므로, 보다 엄밀히는 양돈농가가 자체적으로 자원화를 추진하지 않고 공동자원화시설이라는 ‘규모화’된 체계로 추진하게 됨에 따라 이전에 비해 순수하게 효율성이 증진되는 효과만을 수입의 1/3 수준인 톤당 5천원으로 판단한 결과임.
- 정화방류 대체 편익의 경우, BOD 기준으로 공공하수처리 시설에서 돈분뇨를 정화 처리하는데 드는 비용이 자원화를 통해 절감되는 만큼을 편익으로 보았음. 즉, 아래 [표IV-3]에서 음영처리한 전력비, 슬러지 최종처분비, 약품비를 합한 금액임.

[표 4-3] 공공하수처리시설 운영관리비 세부내역(2010)

	계	인건비	전력비	개보수비	슬러지 최종처분	약품비	기타
톤당처리비 (원/톤)	121.4	30.3	23.4	20.8	18.6	8.1	20.3
BOD1kg당처리비(원)	892.8	222.7	171.9	153.0	136.8	59.3	149.2

자료: ‘2010년도 공공하수처리시설 운영관리 실태 분석결과’, 환경부, 2011.7월

- 끝으로 JJ시 모델(안)의 경우 ‘에너지화 공동자원화시설’을 기반으로 하기 때문에 전력판매, 화석연료 대체, 음식물 쓰레기의 해양배출 대체, 온실가스 저감 효과 등의 추가적인 편익이 발생함. 그러나 돈분뇨와 음식물 쓰레기를 7:3 비율로 섞는 것을 가정하므로 돈분뇨만 100% 활용하는 YC시 모델(안)에 비하여 돈분뇨 수거 등과 관련된 편익은 다소 적게 나타나는 특징이 있음.

[표 4-4] JJ시와 YC시 모델(안) 추진에 따른 편익

단위: 백만원

		JJ시	YC시	비 고
직접편익	액비 살포 및 판매	160	160	· (경작지 400ha*20만원/ha) + 기타 초지 살포 및 액비 상품 판매분으로 산출 · 시나리오 III과 IV의 경우, 6년차 이후부터는 기존 160백만원 에서 200백만원으로 증가된 편익 가정
	분뇨자원화 효율증진분	123	175	돈분뇨 톤당 5,000원으로 계산
	전력 판매	111	-	· 유사 규모 시설 참조하여 생산전력을 2,400Kwh/일로 가정 · 2011년 평균 SMP(계통한계가격)인 126.6원/Kwh 적용
간접편익	화학비료 대체	343	343	· 액비에 포함된 질소함량 0.45% 적용 · 요소비료 포함 질소비율 46% 적용 · 요소비료 가격은 1,000,000원/톤을 적용
	화석연료 대체	129	-	· 생산전력에 2010년 평균 천연가스 거래 가격인 147.17원/Kwh 적용
	단수 증가 (5% 가정 시)	213	213	· 논 400ha 액비 살포 가정 (동 면적에서 단수 증가 가정) · 2010~2012년 평균 쌀 단수인 500kg/10a 적용 · 2010~2012년 평균 쌀 가격 17만원/80kg 적용
	단수 증가 (8% 가정 시)	341	341	상 동
환경적 편익	정화방류 대체 (돈분뇨)	541	773	· 돈분뇨 BOD 함량 60,000mℓ/L 적용 · 국내 하수처리장의 BOD 1kg당 평균 처리비 892.8원 중 인건비 등을 제한 순수 처리비 368원 적용
	해양배출 대체 (음식물쓰레기)	472	-	· 음식물 쓰레기 1만 5백톤 해양배출 저감효과 산출 · 음식물 쓰레기 2011년 평균 해양배출비 45,000원/톤 적용
	온실가스 저감	48	-	· 돈분뇨와 음식 폐기물 7:3 비율 1톤 기준으로 바이오가스의 이산화탄소 함유량인 31.2kg 및 메탄 연소 시 발생하는 이산화탄소량 67.2kg을 합한 총 탄소량 98.4kg 적용 · 유럽 기후거래소의 2010~2012년 평균 탄소가격인 10유로/톤 적용

주 1) 전력 판매 가격 적용 단가인 2011년 평균 SMP는 ‘2011년도 전력시장 통계’(전력거래소, 2012)를 참조

2) 화석연료 대체 가격 산출 시 감안한 2010년 평균 천연가스 가격은 ‘에너지 통계연보’(에너지경제연구원, 2011)를 참조

3) 온실가스 저감 편익 산출 시 바이오가스에서의 이산화탄소 발생량은 남재작 외(2008) 연구를 참조

다. JJ시와 YC시의 자연순환농업 모델(안) 경제성 분석 결과 및 시사점

- JJ시의 경우 모든 시나리오에서 B/C Ratio(비용편익비율)가 1보다 큰 것으로 나타남(표IV-5 참조).

- 공공사업의 경우 일반적으로 B/C Ratio가 0.9 이상이면 경제적인 타당성이 있다고 할 수 있으므로 본 모델(안)의 경제적 타당성은 비교적 확실한 것으로 판단됨.
- 특히 모든 시나리오에서 경제적 편익이 비용을 상회하는 것으로 나타남. 이는 전력 판매로 인한 직접적인 수익 및 환경적 편익 등을 기대할 수 있기 때문임.

[표 4-5] JJ시 모델(안)의 누적 순편익 (사업 시행 1년~10년차)

	시나리오 I	시나리오 II	시나리오 III	시나리오 IV
NPV(순현재가치)	2,390백만원	3,280백만원	2,528백만원	3,417백만원
B/C Ratio	1.204	1.280	1.216	1.292

○ YC시의 경우 액비 상품화가 진전될 경우를 가정한 시나리오 II와 시나리오 IV의 경우에 경제적 편익이 비용을 상회하는 것으로 나타남(표IV-6 참조).

- 또한 모든 시나리오에서 B/C Ratio가 0.9 이상인 것으로 나타나 본 모델(안) 역시 JJ시와 마찬가지로 경제적 타당성을 갖고 있는 것으로 판단됨.

[표 4-6] YC시 모델(안)의 누적 순편익 (사업 시행 1년~10년차)

	시나리오 I	시나리오 II	시나리오 III	시나리오 IV
NPV(순현재가치)	-878백만원	12백만원	-740백만원	150백만원
B/C Ratio	0.929	1.001	0.941	1.012

- 물론 두 모델(안) 모두 비용 부문에서 민원 발생 비용이 계량화되지 못한 측면이 있으며, 이를 고려하면 비용이 더 증가할 가능성이 있음.
- 그러나 본 모델(안)은 다른 방안에 비해 민원 비용을 최소화하기 위한 대안으로 제시된 만큼 이러한 비용을 그나마 절감할 수 있다는 측면에서 본다면 이는 오히려 편익으로 계상될 수도 있는 양면성이 존재한다는 점에 유념해야 함.
- 더욱이 향후 액비 상품화 수준이 제고되고 관련시장이 활성화된다면 편익은 더욱 늘어날 수 있을 것으로 판단됨.
- 나아가 분뇨 처리 및 자원화 문제가 경영상의 큰 어려움으로 작용하는 양돈 농가가 있다면 보조금 등을 별도로 투입하지 않고도 이들의 부담을 덜어주는 만큼의 사회적 편익 역시 발생하는 것으로 보는 편이 합리적임.
- 따라서 종합하면 현재의 경제성 분석 결과로도 두 도시의 모델(안)이 경제적 타당성을 가진 것으로 판단됨은 물론, 향후 액비 시장 여건 및 양돈 농가의 경영 애로 해소 정도에 따라 편익은 더욱 증대될 수 있을 것으로 사료됨.

제5장 정책제언

○ 조직체계와 조직간의 역할, 연결관계 측면을 고려한 정책적 지원체계 마련

- 핵심적인 역할을 하고 있는 농업인 또는 단체에 대한 적절한 인센티브 정책이 필요함. 예를 들면 선진지 견학 등의 예산지원을 검토해볼 필요가 있음.
- 이를 통해 지역 내에서 자연순환농업이 활발히 논의되도록 장려하고 스스로 문제점들을 해결해 나갈 수 있도록 지원할 필요가 있음.

○ 민원해결을 위한 행정집행 근거 마련

- 민원접수 시 관련법률에 따라 행정명령, 과징금 조치를 할 수 밖에 없음. 일선 지자체 공무원은 민원이 접수되면 어떻게든 처리해야 하는 입장임. 이때 근거가 되는 법이 환경부의 '가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률'로, 이에 따라 행정명령이든 과징금이든 조치하게 되는 것임.
- 이는 가축분뇨가 자원화 과정을 거친 것임에도 불구하고 오염원으로 처리할 수 밖에 없는 현실을 나타내고 있음.
- 축산업이 지역경제에서 차지하는 비중, 문제 발생 시 일반 주민들에게 직접적인 피해를 끼칠 수 있는 점 등을 감안해 정부 및 지자체 차원의 지원책 마련을 검토해야 함.
- 이는 민원에 대한 효과적인 대응 및 가축분뇨 자원화의 활성화에 도움을 줄 것으로 기대함.

○ 액비를 친환경 농자재로 인정하는 규정의 신설

- 현행 친환경농업육성법 상 가축분뇨 퇴비만 예외 조항을 통해 친환경 농자재 인정
- 이처럼 '친환경 농자재'의 가능성을 원천적으로 차단하기보다 제조방법과 유해기준 등에 대한 기준을 제시하여 준수하도록 유도할 필요
- 이는 양돈 농가들의 적극적인 자원화 노력을 유도하는 효과적인 인센티브가 될 수 있음.
- 또한 액비의 상품화를 촉진하고 수익성을 높이는 계기가 될 것으로 기대
- 필요하다면 '비료관리법'등을 포함하여 액비의 품질 제고와 현실적인 이용률을 높이는데 상충되는 법제를 민/관이 공동 검토하고 대안 도출

○ 시비처방 체계의 개선 필요

- 토양중의 유기물 함량은 해마다 조사해야 할 만큼 급변하지는 않음. 예를

들어 3년에서 5년에 1회정도로 축소를 검토해야 함

- 또한 시비처방서를 농업기술센터만 발급하다 보니 행정지연 및 살포 적기를 놓치는 경우가 발생함.
- 분석장비만 갖춰진다면 시비처방서 발급처를 농협과 축협 등으로 확대할 필요가 있음.

○ 매뉴얼 개발 및 보급을 통한 퇴액비 품질 개선 필요

- 경종농가의 신뢰형성을 위해 균일한 퇴액비 생산이 가능하도록 적절한 매뉴얼 개발이 필요
- 매뉴얼 내용은 액비생산공정의 표준화를 위한 고액분리 등의 전처리 기술 확립, 비효가 높은 균질한 액비 생산공정, BOD, COD를 액비 살포량 설정시 중요 인자로 고려, 퇴비품질에 대한 정확한 기준제시가 필요, 최소의 탄질비 규정필요, 토양 염류 집적도에 영향을 주는 다른 종류의 염류에 관한 기준 제시 필요, 주기적인 온도측정으로 필요에 따라 추가적 교반이 필요 등을 들 수 있음.
- 이러한 것이 적절히 포함된 매뉴얼의 개발은 기술적, 환경적 개선과 더불어 축산 농가의 비용, 민원문제를 일정부분 해소할 수 있을 것으로 보임.

○ 가축분뇨+타 재생자원의 효과와 활용에 대한 R&D 강화

- 현재 R&D 활동은 가축분뇨 자체에 집중, 그러나 향후 가축분뇨 시장은 ‘에너지화’의 필요성이 강조될 것으로 예측됨.
- 그러나 향후 시장 동향은 ‘에너지화’의 필요성 등에 맞춰 여러 재생자원 중 하나, 혹은 원수(原水) 차원에서 가축분뇨에 주목하게 될 가능성이 큼.
- 따라서 효과적인 자원화 및 에너지 생산 등을 위한 타 재생자원(음식물 쓰레기 등)의 혼합비율 검증 및 효율성 제고, 활용법 개발 등이 필요함. 이를 통해 가축분뇨 자원의 시장 및 수익 창출 효과를 기대할 수 있음.

○ 경종농가 및 소비자 인지도 제고를 위한 시범포 운영

- 가축분뇨 자원화의 출발은 일선의 축산농가이며 최종목적지는 경종농가를 포함한 소비자임.
- 따라서 유희지를 활용한 시범포(교육홍보포)를 활용한 경종농가와 소비자의 홍보 및 교육이 필요함. 시범포 내용으로는 가축분뇨 수거, 처리, 살포되는 과정 설명회 및 시연회, 퇴액비의 성분, 토양, 작물에 미치는 영향에 관한 교육 등을 포함할 수 있음.
- 지역단위 현장에서 방문 및 견학을 통하여 실시하며, 이런 농가교육 및 협의 활동 지원 예산 항목을 신설해야 할 것으로 사료됨.

- 농가들의 선지지 견학, 자체적인 세미나 활동, 경종농가와의 협의 등에 수반되는 예산지원근거를 마련해야 함.

○ 경종농가 인식 개선을 위한 액비 홍보 및 교육

- 한돈 자조금 활용하여 경종농가를 대상으로 한 액비 홍보 사업 검토가 필요함. 2011년 기준 농가 거출 및 정부 지원금 합계 약 170억원의 자조금 중 50%가 '소비홍보'사업으로 쓰임. 대개 '한돈'브랜드 홍보 및 돼지고기 소비촉진 CF 등에 소요되고 있음.
- 한돈 농가의 생산물로 '액비'도 있다는 인식의 전환이 필요할 것으로 사료됨. 대국민 홍보는 아니더라도 경종농가를 대상으로 한 홍보가 필요한 시점임. 홍보 방법으로는 농민신문 등에 광고 및 공동기획기사 (우수사례, 액비의 효용 등 소개) 등을 실어 액비에 대한 인식 개선 유도하는 것이 좋을 것 사료됨.

[부 록 I]

● 지역별 악취물질 분석

[표-1] 지역별 악취물질 분석 결과 (서울대학교 동물환경생체공학실 GC 분석결과, H.Q. Yao et. al, 2011의 odor parameter 참고)

Odor compound		s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11	ave.
N-Compounds(ppm)	Ammonia(ppm)	7.67	12333	420	166.67	81.67	197.22	50.00	60	122	4	1344.22
S-Compounds(ppbv)	DMS(ppbv)	0.63	1.98	0.72	0.897	0.46	0.76	0.42	0.55	0.275	0.32	0.70
	DMDS(ppbv)	0.5	0.115	0.82	0.16	0.105	0.025	0.09	0.035	0.155	0.05	0.21
Volatile Fatty Acids(ppbv)	Acetic acid(ppbv)	10.03	31.45	14.41	10.95	71.14	54.035	21.85	63.025	33.305	76.175	38.64
	Propionic acid(ppbv)	19.67	18.7	18.31	21.38	165.995	17.85	90.315	86.2	23.41	96.445	55.83
	i-butyric acid(ppbv)	30.71	30.36	30.66	30.08	32.545	32.095	47.065	30.7	31.86	30.56	32.66
	Butyric acid(ppbv)	19.27	16.42	16.54	16.42	16.97	16.5	21.495	16.545	16.775	16.655	17.36
	i-valeric acid(ppbv)	26.65	26.48	27.05	26.51	26.68	26.535	26.57	26.51	26.485	26.565	26.60
	Valeric acid(ppbv)	29.31	29.12	29.29	28.95	29.28	29.11	28.945	29.12	30.565	29.115	29.28
Phenolic Compound(ppbv)	P-cresol(ppbv)	4.17	1.905	2.42	2.15	1.89	0.15	1.25	3.06	2.21	0.435	1.96
<i>Indolic Compound(ppbv)</i>	Indole(ppbv)	3.17	1.8	153.87	1.34	0.22	204.435	1.275	0.83	0.47	0.18	36.76
	Skatole(ppbv)	0.18	0.67	1.74	0.55	0.35	0.62	3.305	9.435	1.93	4.095	2.29

[부 록 II]

● 가축분 유래 퇴비 무기화(mineralization)

○ 1년에 토양에 축적되는 양은 $A_{i,X} - A_{i,X}^{\circ}$ (톤)이며, 자연적으로 1년 동안 무기화 되는 비율을 mi_X (mineralization rate)라 할 때, n년 후 토양에 남아있는 양은 다음과 같음.

$${}^{54)} R_{i,x} = (A_{i,X} - A_{i,X}^{\circ})(1 - mi_x)^n \dots\dots\dots(1)$$

○ 화학비료와 액비에 포함되어 있는 질소는 속효성을 띠므로 작물에 빠르게 흡수(uptake)될 수 있음. 반면 퇴비의 경우 대부분의 질소는 유기질소형태로 존재하기 때문에 완효성을 띰. 즉, 토양에 퇴비가 뿌려져도 느리게 무기화가 일어나면서 천천히 분해된다는 것을 의미함.

○ [표-12]는 사례지역별 유기질소의 토양 내 시간에 따른 잔존량을 나타낸 것임. 액비와 화학비료를 제외한 퇴비가 포함한 질소량을 토대로 산정하였으며 과잉 시비로 인한 1년에 토양에 축적되는 양분은 $A_{i,N} - A_{i,N}^{\circ}$ (톤)이고, 액비와 화학비료 내 질소는 제외시킴. USDA(1999)의 자료에 의하면 토양에 뿌려진 유기질소는 1년 뒤 약 12%가 무기화될 수 있다고 보고하였음. 따라서 본 연구에서는 i지역에서의 mi_N 값을 0.12로 가정하고 값을 산정하였음.

○ 따라서 NW의 경우 퇴비가 차지하는 비율은 전체의 50%, NS은 33%, YC은 29%, JJ는 33%를 차지하고 있어, 이 값을 적용하여 시간에 따른 토양에 축적되는 유기질소의 값을 추정해 보았음.

[표-1] 사례지역별 organic 질소의 시간에 따른 토양 내 잔존하는 양 (단위: 톤)

구분	NW시			NS시			YC시			JJ시		
	1년후	2년후	3년후	1년후	2년후	3년후	1년후	2년후	3년후	1년후	2년후	3년후
R	1030	906	797	1010	889	782	731	644	566	111	97	86

54) 서울대학교 동물환경생체공학실 내부자료, 2012.

[부 록 III]

● 경축 순환 지수 (CAFI: Crop-Animal Farming Index)

○ 앞서 [그림 3-1]에서 PS_i 에서 생성된 가축분뇨가 비료로 만들어졌을 때, 이 비료가 사료작물에 적용되고, 이 사료작물이 다시 PS_j 로 돌아가면 순환의 고리가 완성됨. 이때 경축순환지수를 $CAFI$ 라 할 수 있음.

○ AC_a , AC_b , AC_c ,...를 사료작물에 적용되는 비료의 양이라고 가정하면, 사료작물에 적용되는 비료의 총량을 $T_{F,FC}$ 라 설정함. 비료가 적용되는 사료작물의 총 수확량을 FC_{tot} , 사료작물 중에서 PS_j 로 돌아가는 양을 FC_{rt} 라 설정함.

그러면, 경축순환지수 $CAFI$ 는 다음과 같음.

$$55) CAFI = \frac{T_{F,FC}}{T_F} \times \frac{FC_{rt}}{FC_{tot}} \quad (\text{단, } 0 \leq CAFI \leq 1) \dots\dots\dots(2)$$

이 지수가 1에 가까울수록 경축 순환이 원활히 이루어짐을 나타냄.

55) 서울대학교 동물환경생체공학실 내부자료, 2012.

[부 록 IV]

● 설문조사표

지역특성을 고려한 자연순환농업 구축을 위한 설문조사표

안녕하십니까?
 바쁘신 중에도 본 설문조사에 참여해 주셔서 진심으로 감사드립니다.
 본 설문지는 가축분뇨의 자원화 실태를 조사하여 자연순환농업이 각 지역에서 얼마만큼 확대 또는 정착되어 가는지 조사하고, 향후 정부의 가축분뇨 관리정책의 기초자료로 활용하기 위하여 작성된 설문조사 양식입니다.
 다소 시간이 걸리더라도 성심껏 질문에 답변해 주시면 감사하겠습니다.
 귀하의 성실하고 솔직한 답변은 우리나라 가축분뇨 자원화의 정착 및 발전을 위한 귀중한 자료가 될 것이며, 본 설문조사에서 수집되는 자료는 순수 연구 목적으로만 사용됨을 분명히 밝히는 바입니다.
 다시 한번 본 연구에 협조해 주신 것을 감사드리며 귀하의 안녕과 하시는 일이 번창 하시기를 기원합니다.

서울대학교 농업생명과학대학 농경제사회학부
 ■ 연구책임교수 : 임 정 빈
 ■ 연구원 : 이 문 호, 김 규 호

▷ 연락처 : 연구실 (02) 880 - 4736

☐ 기본사항 (빈 칸에 작성해 주시고, 본인과 관련 없는 것은 빈칸으로 두십시오)

성 명		나 이	세	학 력	(초, 중, 고, 대학)졸업
주 소					
주작목 (중복선택가능)	①논농사 ②과수 ③축산 ④채소 ⑤화훼 ⑥기타()				
사육두수	(돼지	마리)	재배면적	(평)
연간소득		천만원	영농기간	(년)

6. 위의 문항 3에서 ②를 선택하셨다면 가장 큰 이유는 무엇인가요?

- ① 사육두수로 인해 현재의 돈사구조가 불가피하기 때문에
- ② 돈사구조를 바꾸고 싶으나 시설비용이 너무 많이 들기 때문에
- ③ 돈사구조를 바꿔도 분뇨처리에 있어서 이전과 별 차이가 없을 것으로 생각되기 때문에
- ④ 양돈사업을 이어받을 후계농이 없어 분뇨처리 시설투자에 미온적이다.
- ⑤ 기타 ()

7. 귀하의 농장에서 발생하는 분뇨는 주로 어떻게 처리하십니까?

※ 처리비율과 톤당 처리비용을 기재해 주십시오 (예: 자체퇴비화 70%, 정화방류 30%)

합계	자체 퇴비화	자체 액비화	자체 정화방류	민간 퇴액비 생산 업체	지자체 및 농축협 운영 퇴액비 생산시설	공공 처리시설	기타 ()
100%	%	%	%	%	%	%	%
톤당 처리비용	원	원	원	원	원	원	원

※ 분뇨처리를 위해 의뢰한 업체명 : ()

7-1. 귀 농장에서 보유중인 가축분뇨 처리장비와 시설은 어떤 것들이 있습니까?

- ① 고액분리기 유무 (예, 아니오)
- ② 액비저장조 유무 (예, 아니오): 저장조 숫자()개, 총 저장 용량()톤
- ③ 퇴비장 유무 (예, 아니오): 퇴비장 면적()평
- ④ 기타 장비 및 시설 : ()

7-2. 자체퇴비화로 처리되는 분뇨는 주로 어떤 용도로 사용되고 있습니까?

자체 사용	인근농가 무상 보급	퇴비로 판매	기타()	합계
%	%	%	%	100 %

※ 퇴비의 자체(자가 농지 및 임대 농지 포함) 시비 면적: ()평

7-3. 자체액비화로 처리되는 분뇨는 주로 어떤 용도로 사용되고 있습니까?

▣ 경종농가 대상 질문 문항 (양돈, 경종 혼합농가도 포함)

※ 귀하께서 속하신 단체가 있으시면 단체명, 직위, 모임의 횟수를 기입해 주십시오.

- 모임 횟수가 두달에 한번정도인 경우 0.5회, 1년에 한번정도인 경우 빈칸으로 두십시오.

속한 단체명	① 예) 000작목반	직위	회원	모임횟수 (한달 기준)	2 회
	②				회
	③				회

자연순환농업 : 가축분뇨 퇴·액비 등 유기질 자원을 토양에 환원하고 화학비료와 농약사
용을 감축하여 토양을 건전하게 유지·보전하면서 농업생산성을 확보하
고자 하는 농업

1. 귀하께서는 위의 자연순환농업에 대해서 알고계십니까?

- ① 매우 잘 안다 ② 잘 안다 ③ 보통이다. ④ 잘 모른다 ⑤ 전혀 모른다

2. 알고계시다면 어떤 경로를 통해서 알게 되셨습니까?

- ① 인터넷 ② 언론매체(신문 및 TV) ③ 주변사람 ④ 관련 교육 ⑤기타()

3. 귀하는 돈분뇨 퇴·액비를 농경지에 어떻게 이용하십니까?

- ① 퇴액비만 살포 ② 퇴액비와 비료를 혼합 사용 ③ 사용한적 없다(→ 질문9 이동)

4. 퇴액비를 사용하신지는 얼마나 되셨습니까?

- ① 1년 미만 ② 2년 미만 ③ 3년 미만 ④ 4년 이상

5. 처음 퇴액비를 사용하게 된 동기는 무엇입니까?

- ① 퇴액비를 사용해본 주변농가의 권고로 ② 농업관련 기관의 지도로
③ 퇴액비 생산업체의 권고로 ④ 분뇨의 자가처리를 위해
⑤ 기타()

6. 돈분뇨로 생산된 퇴·액비를 사용하는 이유는 무엇입니까? 1순위(), 2순위()

- ① 토양의 지력향상에 도움이 되어서 ② 일반비료에 비해 농작물 수확
량이 많아서

