

KREI

# 농축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안

이명규 · 김두환 · 김기연 · 고한종 · 한갑원  
박재현 · 지민규 · 홍성하 · 김수량



**KREI**

# 농축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안

이명규·김두환·김기연·고한중·한갑원  
박재현·지민규·홍성하·김수량



## 연구 담당

---

**이명규** | 상지대학교 | 연구책임

**김두환** | 경남과학기술대학교 | 연구위원

**김기연** | 서울과학기술대학교 | 연구위원

**고한중** | 한국방송통신대학교 | 연구위원

**한갑원** | 축산환경관리원 | 연구위원

**박재현** | 축산환경관리원 | 연구위원

**지민규** | 한국환경정책·평가연구원 | 연구위원

**홍성하** | 상지대학교 | 연구원

**김수량** | 상지대학교 | 연구원

## R896 연구자료-1

### 농축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안

---

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2019. 12.

발 행 인 | 김홍상

발 행 처 | 한국농촌경제연구원

우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601

대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 지아이지인

I S B N | 979-11-6149-361-9 93520

※ 이 책에 실린 내용은 한국농촌경제연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

※ 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.

무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

## 제1장 서론

1. 연구의 필요성 ..... 3
2. 연구목적 ..... 6
3. 연구 범위와 주요 연구 내용 ..... 7

## 제2장 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 국내외 정책 현황 분석과 시사점 도출

1. 국내 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 현황(개관) ..... 13
2. 국외 주요국의 가축분뇨 정책 현황 및 국내 정책과의 비교 ..... 21
3. 국내와 국외 주요국의 가축분뇨 정책 분석을 통한 정책적 시사점 도출 ..... 43

## 제3장 가축분뇨에 의한 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 국내 우수사례

1. 농림축산식품부의 광역악취개선사업 우수사례 ..... 51
2. 축산환경관리원의 축산악취 모니터링 시범사업 우수사례 ..... 66
3. 축산악취저감 우수사례 조사를 통한 시사점 도출 ..... 70

## 제4장 축산농가 생태환경적 책임 이행 제고를 위한 정책 개선 방안

1. 가축분뇨 냄새관리 모니터링 시스템 구상(국내외 유사 및 선진사례 분석) .... 77
2. 효과적인 냄새관리를 위한 축산냄새물질 배출원단위 산정 ..... 92
3. 축산농장 악취관리 자체 점검 의무화 및 등급화 방안 ..... 103

## 제5장 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할

1. 가축분뇨 양분 농경지 유입량 산출 위한 양분부하계수(파라미터)산출 개발 .... 119
2. 웹기반 가축분뇨 양분관리 통합운영 프로그램 개발 ..... 125

3. 축산농가 및 중간조직체의 가축분뇨 퇴·액비 부숙도 평가 개발 .....	132
4. 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 축산농가-유통협의체의 역할 정립 연구 .....	136
5. 가축분뇨 활용 관련 제도의 국내 및 해외사례 비교연구 .....	140

## 부록

정책건의 .....	151
------------	-----

참고문헌 .....	163
------------	-----

## 제2장

〈표 2-1〉 본 연구에서 활용된 잠재변수의 구체적 의미 .....	19
〈표 2-2〉 신고·허가대상 배출시설의 분류 .....	22
〈표 2-3〉 정화시설의 방류수 수질기준 .....	23
〈표 2-4〉 일본정부의 축산폐수 방류수수질기준 .....	25
〈표 2-5〉 악취 배출시설의 분류기준 .....	25
〈표 2-6〉 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정 .....	26
〈표 2-7〉 축사거리 제한 권고안(신규비교) .....	28
〈표 2-8〉 국내외 가축사육시설의 이격거리 기준 비교 .....	29
〈표 2-9〉 가축분뇨를 원료로 한 주요 보통비료의 공정규격 .....	34
〈표 2-10〉 가축분뇨의 퇴비·액비화 기준 .....	40
〈표 2-11〉 퇴비 및 액비의 부숙도 판정기준 .....	41

## 제3장

〈표 3-1〉 광역축산악취개선사업 단계별 주요 사업추진 내용 .....	53
〈표 3-2〉 악취저감시설 설치 외 대상농가 조치사항 .....	55
〈표 3-3〉 액비순환시스템을 적용한 돈사 내 암모니아 농도 및 통계분석 .....	63
〈표 3-4〉 퇴비사 밀폐 시 외부 암모니아 농도 및 통계분석 .....	64
〈표 3-5〉 주요 악취저감시설별 악취저감 효과 .....	65

## 제4장

〈표 4-1〉 전자 코(악취감지센서) 시스템의 기준가스에 따른 악취물질 분류 ..	83
〈표 4-2〉 악취확산모델을 이용한 악취물질의 진단 .....	85

〈표 4-3〉 국내 악취감지 시스템 기술의 업체별 특징 .....	90
〈표 4-4〉 조사 대상 양돈 농가의 일반적 특성 .....	96
〈표 4-5〉 돈사 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 실내 농도 분포 .....	99
〈표 4-6〉 돈사 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 배출 원단위(배출계수) ...	100
〈표 4-7〉 한우농장 적용 악취중점관리기준 .....	103
〈표 4-8〉 젖소농장 적용 악취중점관리기준 .....	105
〈표 4-9〉 양돈농장 적용 악취중점관리기준 .....	106
〈표 4-10〉 양계농장 적용 악취중점관리기준 .....	108
〈표 4-11〉 양돈농장 적용 3단계 악취관리등급기준(안) .....	110
〈표 4-12〉 양돈농장 적용 악취관리등급 구분(안) .....	113

## 제5장

〈표 5-1〉 국내 축산농가 기준 양분수지 산정을 위한 핵심 양분부하계수 ...	124
〈표 5-2〉 가축분뇨 발효액 품질관리 사업 발효액 분석 및 검정 사례 .....	135
〈표 5-3〉 네덜란드 MINAS 양분수지 분석모델 및 제도운영 사례 .....	146
〈표 5-4〉 네덜란드 국가 양분수지 관리목표 .....	147
〈표 5-5〉 벨기에 가축분뇨 은행의 운영 체계 .....	149

## 제2장

- 〈그림 2-1〉 국내 가축분뇨 관리 및 처리에 관한 법률의 변천 ..... 16
- 〈그림 2-2〉 「가축분뇨법」을 근거로 한 각 부처의 고시 및 지자체 조례 ..... 17

## 제3장

- 〈그림 3-1〉 광역축산악취개선사업의 추진체계 ..... 54
- 〈그림 3-2〉 액비순환시스템을 적용한 돈사 내부 암모니아 변화 ..... 63
- 〈그림 3-3〉 퇴비사 밀폐 시 외부 암모니아 농도 변화 ..... 65
- 〈그림 3-4〉 축산악취 ICT 기계·장비 모식도 ..... 68
- 〈그림 3-5〉 축산악취 ICT 기계·장비 모식도 실시간 정보관리 현황 ..... 68

## 제4장

- 〈그림 4-1〉 전자 코(악취감지센서) 네트워크 시스템의 구조 ..... 83
- 〈그림 4-2〉 전자 코(악취감지센서) 시스템의 원리 ..... 83
- 〈그림 4-3〉 산업 공정의 유 대기오염물질 통합관리 기술의 기대 ..... 87

## 제5장

- 〈그림 5-1〉 양분수지 산정 시 필요한 양분관리 항목 ..... 121
- 〈그림 5-2〉 상향식 양분수지 산정 시스템 구성 ..... 127
- 〈그림 5-3〉 농가단위 양분수지 산정 프로그램 내 항목의 구성 ..... 128
- 〈그림 5-4〉 미국의 양분관리 방안 (CNMP) ..... 129
- 〈그림 5-5〉 양분수지 산정 프로그램 내 항목의 구성 ..... 129
- 〈그림 5-6〉 가축분뇨 정보은행 개념도 ..... 139
- 〈그림 5-7〉 가축분뇨양분은행 개념을 도입한 지역단위 잉여양분의 관리방향 ..... 140
- 〈그림 5-8〉 가축분뇨 통합관리체계 로드맵 ..... 142
- 〈그림 5-9〉 네덜란드 MINAS 개념도 ..... 145





제1장

서론





# 1

## 서론

### 1. 연구의 필요성

○ 축산물 공급이 부족한 과거에는 가축분뇨에 의한 악취와 수질오염, 토양오염 등 환경오염 문제 등은 사회적인 문제로 크게 부각되지 않았지만, 도시화가 진행되면서 가축분뇨에 의한 악취와 환경오염 문제가 사회적인 이슈로 크게 부각되고 있음(우병준 외 2018).<sup>1)</sup> 정부는 가축분뇨에 의한 환경오염 방지를 위해 대책을 마련하여 가축사육과 환경에 대한 규제를 강화하는 한편, 가축분뇨의 적정 처리를 위해 재정사업을 통해 지원하고 있음(김현중 외 2018).<sup>2)</sup> 정부는 2005년 악취방지법, 2006년 가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률이 제정되었고, 1991년부터 가축분뇨처리지원사업과 1999년부터 유기질비료 지원사업을 추진하고 있음.

1) 우병준 외. 2018. 축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(1/2차년도).

2) 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

- 정부의 각종 대책과 지원사업에도 불구하고 악취에 의한 민원은 빠른 속도로 늘어나고 있고, 가축분뇨 배출시설의 가축분뇨법 위반율은 매년 10% 내외를 기록하고 있음. 기존 축사 주변으로 개발사업(도시개발 등)이 급격히 증가하고 있으며 주요 수계(농업용 저수지 및 수계·상류 지점 등)와 인접하여 축사 시설이 입지하고 있어 가축사육시설로 인한 환경문제(악취 및 수질오염 등)가 심각히 부각되고 있음.
- 이러한 환경적 문제는 국민의 민원 증가와 더불어 관련 부처 간(환경부, 농림부 등) 갈등을 유발시키고 궁극적으로는 축산업의 위상을 낮추는 주요 사유로 대두되고 있음.
- 가축분뇨의 관리(처리) 및 이용에 관한 법·제도 등 정책 전반에 대한 국내외 관련현황의 비교·분석을 통해 국가의 가축분뇨 관리 정책 수준을 면밀히 검토하는 것이 필요하며, 이의 문제 및 보완점 파악하여 정책 개선을 위한 시사점 도출이 필요한 상황임.
- 축산업의 기업화 전업화와 함께 농촌의 도시화에 따라 악취 민원이 지속적으로 증가하는 추세임. 악취민원 건수는 2001년 2,760건에서 2016년 2만 4,748건으로 약 9배 증가하였으며, 최근 들어 악취 민원 증가 속도가 급격히 늘어나고 있음. 2016년 악취 민원 중 축산 악취 민원이 25.9%로 가장 비중을 차지하고 있음(우병준 외 2018).<sup>3)</sup>
- 2005년 악취방지법 시행 이후, 한국환경공단에서 실시한 악취민원 실태조사에 따르면 축산시설 관련 악취 민원의 건수는 2013년 전체 악취 민원 1만 3,103건 중 2,604건(19.9%)이었으나, 2017년 전체 악취 민원 2만 2,851건

---

<sup>3)</sup> 우병준 외. 2018. 축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(1/2차년도).

중 6,112건(26.7%)으로 2013년 대비 3,508건이 증가한 것으로 나타났다. 축산시설 악취 민원이 매년 증가하자 국민권익위원회는 2017년 기간 국민신문고에 접수된 악취 민원 중 축사 악취 민원 1,500여 건 중 중복·반복 민원을 제외한 595건을 분석하고 개선 방안으로 축사 철거·이전, 시설개선, 악취억제제 및 행정지도 강화 등을 제시했음.

- 환경부에서는 축산시설에 의한 악취민원을 최소화 하기 위해 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」과 「악취방지법」의 관련 규제를 강화하는 추세임. 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」에서는 가축사육의 제한 구역확대, 퇴비·액비 관리 강화, 액비 살포 위반자 및 경종농가에 대한 처벌이 강화되었음.
- 또한, 「악취방지법」에서는 악취관리지역 지정요건의 완화, 시료자동채취장치 도입 등이 추진되고 있음. 2015년부터 2018년 상반기까지 가축분뇨 배출시설 특별점검 결과, 2015년 10.7%의 배출시설이 가축분뇨법을 위반하였고, 2016년에는 11.3%, 2017년에는 10.7%, 2018년 상반기에는 8.7%의 위반율을 기록하였음. 위반 내역으로는 부적정 운영, 무허가 미신고, 변경허가 미이행, 방류수 기준 초과 등이 있었음.
- 또한, 한국농촌경제연구원의 조사에 따르면 소비자들은 환경친화적인 축산이 확대되기를 원하지만 농가는 관련한 법률과 규제만 준수하면 된다는 입장임(우병준 외 2018).<sup>4)</sup> 그러나 농가가 법률 규정을 미준수하거나 또는 법률 규제내용이 사회적 요구수준보다 더 낮기 때문에 축산업이 혐오산업으로 인식된다는 의견이 많았음. 따라서 축산업의 사육방식(시설)이나 분뇨처리와 관련한 법률의 규제내용, 규제수단, 규제효과 등이 적절하고 일반 시민들의 눈높이에 맞는지에 대한 과학적·객관적 분석과 검증이 필요함. 이를 바탕으로

---

4) 우병준 외. 2018. 축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(1/2차년도).

합리적 문제 해결책이 제시되어야 하고, 해결책이 효과적으로 집행되기 위한 통합적 관리 프로세스 정립이 필요함.

## 2. 연구 목적

○ 이 연구의 목적은 가축분뇨 관련 민원 발생 저감과 가축분뇨의 적정처리를 통한 친환경축산 정착을 위해, 축산업의 사회적 책임 이행 제고를 위한 과제를 도출하고 정책적인 개선 방안을 마련하는 데 있음.

- 주요 연구 대상은 가축분뇨 관리 정책에 대한 국내외 선진사례를 비교 검토하여 향후 우리나라의 축산환경 정책에 대한 방향성을 도출하며, 환경오염의 최대 문제점인 악취문제, 수질오염문제를 중심으로 국내외 우수사례를 조사 분석, 이에 대한 축산농가의 생태환경적 책임을 이행할 수 있도록 정책적 개선 방안을 제시하여 우리나라의 축산환경 정책의 전환에 참고하기 위함임.

○ 본 연구의 또 하나의 특징은 현장의 문제점과 정부의 정책 방향 설정과 동시에 축산농가로부터의 자발적인 자원화 정책을 구체적으로 제시함에 있음. 즉, 가축분뇨의 고품질화를 위한 기술, 정책 및 지역의 양분관리체계화 전략, 축산농가의 전향적 축산환경사업 수익모델 구축, 친환경 축산농가를 구축하기 위한 인력양성의 대안 제시 등 경쟁력있는 축산업을 위한 축산농가의 역할에 대하여 새롭게 정립함에 있음.

- 연구결과를 통해 국내 축산농가의 사회적 책임을 의무화 할 수 있도록 하며 이에 대하여 정부와 축산농가가 협력, 상호협동체계를 지역단위로 구축할 수 있도록 함에 그 목적을 둠.

### 3. 연구 범위와 주요 연구 내용

#### 3.1. 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 국내외 정책현황(예, 법/제도 등) 분석과 시사점 도출

○ 국내 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 현황(개관)

○ 국외 주요국의 가축분뇨 정책 현황 및 국내 정책과의 비교

- 수질 및 악취 관련 축산농가에 적용되는 각종 규제내용과 수준 비교
- 가축사육시설의 분뇨처리(정화 및 자원화) 관련 국내외 정책 및 연구사례
- 가축사육시설 분뇨처리 적정 기준 관련 국내외 정책 및 연구 사례 소개
- 분뇨 정화 및 자원화 적정 기준 관련 국내외 정책 및 연구 사례 소개

○ 국내와 국외 주요국의 가축분뇨 정책 분석을 통한 정책적 시사점 도출

#### 3.2. 가축분뇨에 의한 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 국내외 우수사례

○ (국내)농림축산식품부의 광역악취개선사업 우수사례

- 사업 추진 배경, 세부사업 내용, 사업 비용
- 구체적인 사업 효과(악취 저감, 민원 감소 등)

○ (국내)축산환경관리원의 악취 모니터링 시범사업 우수사례

- 사업 추진 배경, 세부사업 내용, 사업 비용



- 악취(암모니아) 저감 사례
- (국내)환경오염 방지를 위한 국내 우수사례
  - 가축분뇨 관련 환경오염 방지 사례
- 주요국의 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 정부정책 조사
  - 악취관련 정책 조사
  - 가축분뇨 관련 정책 조사
- 우수사례 조사를 통한 시사점 도출
  - 정책 개선 방향 제시

### 3.3. 축산농가의 생태환경적 책임 이행 제고를 위한 정책 개선 방안

- 가축분뇨 냄새관리 모니터링시스템 구상(ICT 적용 등)
  - 암모니아, 황화수소, 복합악취 중심의 양돈농가 대상 모니터링시스템 구축 방안
- 효과적인 냄새관리를 위한 냄새배출계수 설정 등 관리기준 설정 방안
  - 암모니아 배출계수 선정사례
  - 양돈농가 무창기준, 규모별 (예:3000두 규모) 적용 사례
  - 액비순환시스템 포함

○ 모니터링시스템 구축에 소요되는 비용 분석

- ICT가 적용된 냄새관리 모니터링시스템 구축에 소요되는 비용 분석
- ICT가 적용된 냄새관리 모니터링시스템의 국내 적용 가능성 평가

○ 기타 축산농가의 생태환경적 책임 이행 제고 방안

### 3.4. 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 정책과제와 축산농가의 역할

○ 2019년 퇴액비 부숙도 기준 강화에 따른 정책과제

- 한우 분 퇴비 부숙도
- 양돈분뇨 액비 부숙도
- 퇴·액비 부숙도 평가 필요성 및 평가 방법
- 퇴 액비 부숙도 평가 매뉴얼
- 가축분뇨 고품질 액비 평가법 개발 사례

○ 2021년 지역단위 양분관리제 도입에 따른 정책과제

- 지자체 가축분뇨 관리 계획 정책 및 매뉴얼 작성
- 양분 배출계수 정책화
- 지역단위 양분관리 정책 개발
- 지역단위 가축분뇨 환경관리지수 개발
- 지자체 통합 가축분뇨 양분은행시스템 구축
- 가축분뇨 양분 관리 프로그램 개발 및 적용

- 지자체 가축분뇨 양분 적용 경제성 평가법 개발

○ 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 축산농가의 역할 정립

- 축산농가의 선진형 환경규범 개발
- 경축순환 협동조합 모델구축,
- 친환경축산 인력양성사업 모델 구축

○ 가축분뇨 활용 관련 국내 제도 및 해외사례 비교

- 에너지 자립화 및 토양 비옥도 증진사업 사례
- 펠릿화 양분이동 국가전략 및 축산환경협동조합 개발

○ 가축분뇨의 효과적인 활용 방안(퇴액비 수출 포함)

- 가축분뇨 퇴액비화 양분수출 국가 기구 정책
- 녹색혁명위한 세계양분은행 창설(WNB&GI)
- 가축분뇨 지역별 잉여 양분의 국제 유통 시스템 체계화

## 제2장

# 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 국내외 정책 현황 분석과 시사점 도출





# 2

## 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 국내외 정책 현황 분석과 시사점 도출

### 1. 국내 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 현황(개관)

○ 국내 축산업 시장은 축산물 소비량이 증가함에 따라 2017년 기준 약 20조 원 규모로 성장하였으며, 축산업의 형태가 점차적으로 전업화되어 농가소득 증대, 일자리 창출 등 사회발전에 기여해 왔음(김현중 외 2018).<sup>5)</sup> 그러나 농가당 사육두수 증가 및 밀집사육으로 인해 가축분뇨 발생량이 증가되고, 처리·관리의 문제점 발생에 따른 악취, 수질(지표·지하수) 오염 등의 민원 사례가 급속히 증가하는 등 축산업이 위기를 맞고 있음.

○ 특히, 근래에는 협소한 국토에서의 도시화 현상으로 인해 지역주민과의 갈등이 심화되고 있으며 악취(메탄 및 암모니아 가스 등)를 중심으로 경관/미관, 소음의 문제가 이슈화되고 있음. 축산폐수(가축분뇨)는 일반적으로 생활하수나 산업폐수보다 환경유해성이 약 90~100배가 높고 수질오염총량관리제에

<sup>5)</sup> 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

서 차지하는 비중도 약 60%로 알려져, 수환경 측면에서도 적절한 처리 및 관리가 매우 중요함(성승제 외 2017).<sup>6)</sup>

○ 축산업의 운영에 따른 환경적 영향은 「환경정책기본법」에서 규정하고 있는 자연환경·생활환경에 대한 문제로 대두됨에 따라 ‘가축분뇨의 적정 처리 및 자원화를 통한 쾌적한 (자연·생활)환경 조성’과 관련 산업의 지속적인 발전’을 목표로 각 개별법령 내 규정된 입법목적에 의거하여 축산업의 규제가 시작되었음.

○ 그동안 환경부와 농림축산식품부 등 국가기관에서는 가축분뇨의 관리 및 자원화 이용에 대해 법률의 제 개정과 함께 다양한 정책을 마련하고, 지속적인 지원을 통한 해결방안을 모색하여 왔으나 여전히 환경문제에 대해서는 근본적인 해결방안을 찾지 못하고 있음.

○ 현재 한국은 상당수의 사육농가 및 공공처리, 공동자원화시설 등에서 가축분뇨를 적절하게 처리하지 못함과 동시에 자원화된 퇴·액비의 살포지 부족, 기준량 이상 과대 살포 등 처리·관리 문제의 악순환이 계속되고 있음. 이러한 상황에서 정책·제도 개선을 위한 가장 근본적인 접근방법은 가축사육 이전의 사업계획 수립시 충분한 사전검토 내용을 기반으로 지역 내 환경용량(토양양분, 수질, 악취 등)의 수용가능 여부를 정확히 판단하고, 처리가능 용량 범위 내에서 가축분뇨 발생의 최소화과 최대 자원화 이용을 촉진하도록 하는 것임(김현중 외 2018).<sup>7)</sup>

○ 이의 사항들을 이행할 수 있는 가장 기본적이고 대표적인 제도로는 ‘가축분뇨

---

<sup>6)</sup> 성승제 외. 2017. 축산업 진입규제 현황 및 개선방안 연구.

<sup>7)</sup> 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

배출시설 설치허가/신고제도'가 있음. 그러나 사육시설의 설치면적을 기준으로 시행하는 현행 제도는 적정 사육두수 관리에 일부 어려움이 존재하므로, 가축사육두수를 기반으로 하는 체계를 병행 적용하여 제도를 변형하는 것이 고려될 필요가 있음(한대호 외 2013).<sup>8)</sup>

○ 한편, 런던의정서에 따른 국제 조약으로 2012년부터 가축분뇨의 해양배출이 금지됨에 따라 2000년 중반부터 국내 가축분뇨 정책은 자원화의 방향으로 전환되었음. 한국은 가축분뇨로 인한 수질오염 방지를 목적으로 최초 1987년 「폐기물관리법」을 제정하였으며, 이후 분뇨 배출시설의 범위와 기준 배출량을 고려한 「수질환경보전법」 제정(1990년), 가축분뇨로부터 수질오염 방지를 위한 「오수·분뇨 및 축산폐수의 처리에 관한 법률」 제정(1991년)을 거쳐, 2006년 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」(이하 가축분뇨법) 제정을 계기로 가축분뇨에 의한 환경오염 방지 및 자원화(퇴·액비, 혐기성 소화 후 바이오가스 생산 등)에 중점을 둔 법률이 현재까지 이어지고 있음.

○ 이때부터 축산폐수란 용어대신 가축분뇨라는 용어를 사용하기 시작하였음. 「가축분뇨법」 제정 이후 2013년에는 무허가 축사 관리 강화, 가축분뇨 퇴비·액비화 기준신설, 가축분뇨 전자인계제도 도입 그리고 2015년에는 무허가 축사 적법화의 유예기간(2015~2018년) 설정, 자원화 중심의 공공처리시설의 설치, 가축사육 제한구역 대상 확대, 축산환경관리원 설립 운영 등의 내용이 포함되어 법이 개정되어 왔음.

○ 이외 가축분뇨의 이용, 처리, 관리 등과 관련된 법령으로는 「악취방지법」, 「비료관리법」, 「신재생에너지촉진법」 등이 있음. 이 법들의 주요 사항은 「가축분

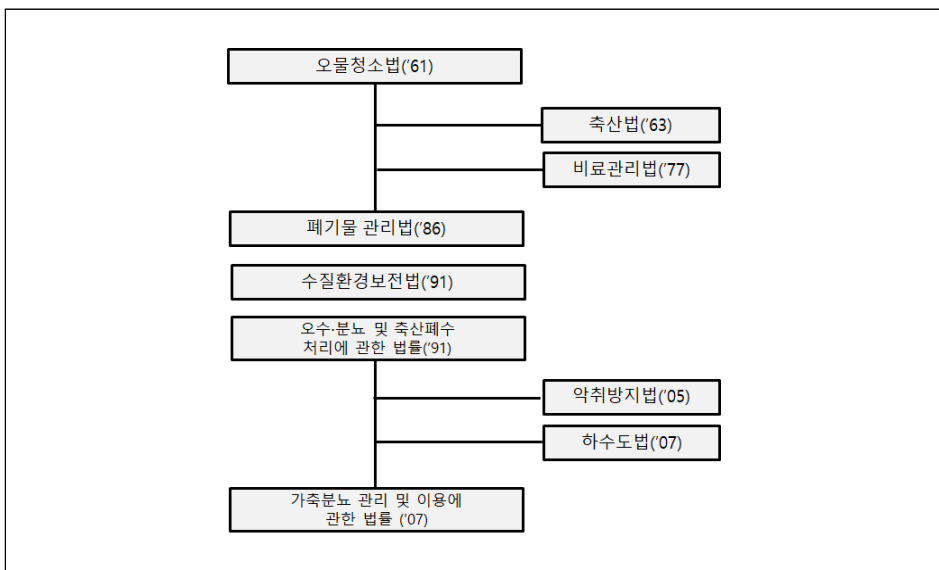
---

<sup>8)</sup> 한대호 외. 2013. 새만금 유역 등의 가축분뇨 관리 선진화를 위한 제도개선 및 관리체계 효율화 방안 연구.



노법」으로부터 규정되고 있으며, 동법을 근거로 한 각 부처의 고시들과 지자체별 조례들이 제정되어 시행되고 있음. 「악취방지법」은 사업장 악취에 대한 규제, 생활 악취 방지, 검사 등에 대한 세부 사항들을 규정하고 있으며, 「비료관리법」은 가축분뇨 관련 규제와의 직접적인 연관성은 크지 않지만, 가축분퇴·액비 등 부숙유기질비료의 기준과 함께 비료공정 규격, 품질검사 등의 내용을 포함하고 있음. 「신재생에너지법」은 가축분뇨로부터 신재생에너지 원료인 바이오가스 생산·사용하는 것으로 친환경적인 에너지 생산과 온실가스 배출 저감에 목적을 두고 있음(성승제 외 2017).<sup>9)</sup>

**그림 2-1** 국내 가축분뇨 관리 및 처리에 관한 법률의 변천<sup>10)</sup>



자료: 친환경자연순환농업협회(2017) 재인용.

○ 「가축분뇨법」을 근거로 한 농림축산식품부, 환경부 등 각 부처의 고시 및 지자체별 조례 현황은 아래와 같이 동법의 법률, 시행령, 시행규칙에 의거하여

<sup>9)</sup> 성승제 외. 2017. 축산업 진입규제 현황 및 개선방안 연구.

<sup>10)</sup> 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

지정되어 있음. 지정 내용으로는 가축분뇨 전자인계관리시스템의 운용 및 절차 등에 관한 고시, 퇴액비화 기준 중 부숙도 기준 등에 관한 고시, 시·군별 가축사육 제한에 관한 조례, 시·군별 가축분뇨 공공처리시설 관리 및 운영에 관한 조례 등 총 10개의 고시, 2개의 조례, 1개의 훈령이 존재함.

그림 2-2 「가축분뇨법」을 근거로 한 각 부처의 고시 및 지자체 조례



자료: 국가법령정보센터 홈페이지. <<http://www.law.go.kr>>. 검색일: 2019. 9. 6.

○ 환경부는 방류수 수질기준 및 배출시설 기준 등 환경규제 중심 관리와 공공처리시설지원 및 바이오에너지화 정책을 담당하고 있으며, 자원화 활용 등 가축분뇨 이용 정책은 농림축산식품부(이하 농림부)가 담당하고 있음.

○ 그동안 농림부는 자연순환농업 활성화란 정책 방향을 목적으로 1991년 가축

분뇨처리지원사업을 계기 삼아 농축산 부산물의 자원화사업을 추진하여 왔으며, 2007년부터 가축분뇨 자원화를 중심으로 공동자원화시설의 운영 및 유기질비료지원사업을 추진해왔음. 2013년 ‘중장기 가축분뇨 자원화 대책’에서 2020년까지 150개소의 공동자원화시설을 추가 설치할 계획을 발표하였으며, 고품질 퇴·액비 생산체계 구축, 민간중심의 사후관리체계 강화와 관련된 제도 개선을 주요 내용으로 하는 가축분뇨 중장기 대책을 수립하여 추진하고 있음(우장명 2018).<sup>11)</sup>

○ 또한, 국내 축산업 관련 법률들에 의한 축산업을 규제하여 왔으며, 규제유형은 축사에 대한 시설규제와 입지규제 그리고 가축분뇨배출에 의한 수질보전 규제와 환경규제로도 구분할 수 있음. 축사 건축물은 토지이용 시 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」(이하 국토계획법) 법령상의 제한이 존재하여 이를 ‘입지규제’라 볼 수 있으며, 건축법상의 일반적인 건축기준 이외에도 축산업 허가 등을 받기 위한 시설 및 방역 등 영업법상의 안전기준 등을 충족하여야 하므로 ‘시설규제’라고 볼 수 있음. 토지이용 제한에 따른 입지규제는 「국토계획법」에 의해, 국토 용도별로 크게 도시지역과 비도시지역으로 구분되며, 좀 더 상세히 구분하면 도시지역은 주거지역, 상업지역, 공업지역, 녹지지역(보전녹지지역, 생산녹지지역, 자연녹지지역)으로 그리고 비도시 지역은 관리지역(계획관리지역, 생산관리지역, 보전관리지역), 농림지역, 자연환경보전지역으로 구분됨.

○ <표 2-1>은 용도지역의 종류 및 해당지역으로의 축사입지 가능 여부에 대한 내용으로 준공업지역, 생산녹지지역, 자연녹지지역, 계획관리지역, 농림지역은 축사시설의 입지가 가능하며, 일반공업지역, 보전녹지지역, 보전관리지역, 생산관리지역은 지자체 조례에 따라 입지여부가 상이할 수 있음. 반면 용

<sup>11)</sup> 우장명. 2018. 국내의 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제.

도지역에 따라 축사 설치가 가능하더라도 「가축분뇨법」상 주거 밀집지역과 관련된 가축사육제한 이격거리가 있으므로 이에 대한 추가적인 입지검토도 필요함. 이외 축산업의 입지규제와 관련하여 토지이용 자체를 금지하는 법률에는 「개발제한구역법」이 있고, 관련 지역 내에서의 가축 사육 및 방목 등을 금지하는 「자연공원법」, 「산지법」, 그리고 건축물로서 축사를 제한하는 「농지법」, 「하천법」, 「건축법」 등의 법률이 있음(성승제 외 2017).<sup>12)</sup>

**표 2-1** 본 연구에서 활용된 잠재변수의 구체적 의미

「국토계획법」	「국토계획법 시행령」
일반공업지역, 보전녹지지역, 보전관리지역, 생산관리지역	지방 자치 조례로 위임
준공업지역, 생산녹지지역, 자연녹지지역, 계획관리지역, 농림지역	축사/가축시설 가능

자료: 국가법령정보센터 홈페이지. <<http://www.law.go.kr>>. 검색일: 2019. 9. 6.

○ 「가축분뇨법」은 가축사육의 거리제한을 목적으로 주거 밀집지역의 생활환경 보전 또는 상수원보호구역 등 수계의 수질보전 내용을 포함하고 있다는 점에서 ‘환경규제’라 판단할 수 있으며, 환경규제 중 가축분뇨로 인해 토양·수질 오염을 발생시키므로 수자원법상 ‘수질보전규제’가 엄격히 적용되고 있음. 축산업에서의 수질보전규제는 보호지역 내에 축사를 설치할 수 없다는 점에서 ‘입지규제’로 보일 수도 있으나, 수자원의 수질보전을 목적으로 한다는 취지에서는 ‘수질보전규제’로 볼 필요가 있음.

○ 수질보전규제와 관련된 법률은 「수도법」(상수원보호구역), 「환경정책기본법」, 「한강수계법」(한강, 낙동강, 금강, 영산강·섬진강수계 물관리 및 주민지원 등에 관한 법률 제5조 관련 수변구역) 등이 있으며 그 외에 행정규칙으로 수질보전특별대책지역(팔당·대청호) 고시를 지정하여 수질보전규제를 시행하고

<sup>12)</sup> 성승제 외. 2017. 축산업 진입규제 현황 및 개선방안 연구.

있음. 이외 환경규제는 「가축분뇨법」, 「환경정책기본법」에 대기, 소음 등에 규제기준도 적용되고 있다(성승제 외 2017).<sup>13)</sup>

- 국내 가축분뇨 관리(처리) 관련 법규들은 2000년 중·후반부터 자원화 제도와 연계되어 규제되어 왔으나, 농경지 확보면적과 가축사육 규모를 연계하는 유럽 국가들의 사례와는 달리 가축분뇨 발생량을 지역환경 용량에 연계하는 제도적 장치가 부실한 것으로 판단됨. 이를 위해 현재 시행되고 있는 국가 정책(양분총량제 등)을 기반으로 적정가축 사육두수 유지 의무화, 퇴·액비화 처리 경로의 다양성 확보 등 개선점 보완이 필요함.
- 환경부의 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 제5조 및 시행령 제3조에 근거하여 시·도지사는 관할구역 안의 가축분뇨 관리에 관한 기본계획을 10년마다 수립하고 2년마다 기본계획의 타당성을 검토하도록 되어있음. 지자체별 지리적 환경과 가축사육 현황, 가축분뇨의 발생량 및 처리현황, 문제점 및 개선 방안 등을 보다 상세하고 면밀히 조사·분석하여 지역 내에서 근본적인 환경적 문제의 개선 방안을 찾는 것이 우선시 될 필요가 있음(이와 관련된 자세한 내용은 시사점 분석시 다루기로 함).

---

<sup>13)</sup> 성승제 외. 2017. 축산업 진입규제 현황 및 개선방안 연구.

## 2. 국외 주요국의 가축분뇨 정책 현황 및 국내 정책과의 비교

### 2.1. 수질 및 악취 관련 축산농가에 적용되는 각종 규제내용과 수준 비교

- 우리나라는 「가축분뇨법」 제11조에 의거 배출시설을 설치하고자 하는 자가 사육시설의 규모에 따라 시장·군수·구청장 등 지자체장으로부터 허가를 받거나, 신고하여야 함. 관련 법에서는 돼지, 소 등 축종별 축사면적에 따라 허가과 신고 대상으로 구분하고 있으며 허가·신고서를 신청한 후 배출시설을 설치하고 운영 전 시설 확인 및 기준부합 여부를 판별하는 과정을 거침.
- 허가대상, 신고대상, 신고미만 규모의 가축분뇨 배출시설을 축종별 사육밀도를 고려하여 두수로 환산하면, 일반지역의 소(한우), 젓소, 말은 허가대상 75두 이상, 신고대상 8~75두, 신고미만 8두 미만이며, 특별지역의 경우 허가대상 38두 이상, 신고대상 8~38두, 신고미만 8두 미만에 해당함. 돼지의 경우는 일반지역 허가대상 715두 이상, 신고대상 36~715두, 신고미만 36두 미만이며, 특별지역은 허가대상 357두 이상, 신고대상 36~357두, 신고미만 36두 미만에 해당함(한영한 2018).<sup>14)</sup>
- 농가수를 기준으로 한 통계수치는 신고미만>신고대상>허가대상 순의 비율이 높으며, 사육두수 기준으로는 신고대상>허가대상>신고미만의 비율이 높은 것으로 확인되었음. 주요 축종의 법적 기준에 따른 신고·허가대상 배출시설 기준은 <표 2-2>와 같음.

<sup>14)</sup> 한영한. 2018. 강원도 가축분뇨 고형연료화 사업 추진방안 연구.

**표 2-2** 신고·허가대상 배출시설의 분류(가축분뇨법 시행령, 별표1, 2)

배출시설 종류	허가대상 규모	신고대상 규모
돼지 사육시설	면적 1,000㎡ 이상. 다만, 수질보전 특별대책지역 등 면적 500㎡ 이상	면적 50㎡ 이상 1,000㎡ 미만. 다만, 수질보전 특별대책지역 등 면적 50㎡ 이상 500㎡ 미만
소(젖소는 제외한다) 사육시설	축사 면적 900㎡ 이상 또는 운동장 면적 450㎡ 이상. 다만, 수질보전 특별대책지역 등 축사 면적 450㎡ 이상 또는 운동장 면적 200㎡ 이상	축사 면적 100㎡ 이상 900㎡ 미만 또는 운동장 면적 200㎡ 이상 450㎡ 미만. 다만, 수질보전 특별대책지역 등 축사 면적 100㎡ 이상 450㎡ 미만 또는 운동장 면적 100㎡ 이상 200㎡ 미만
젖소 사육시설	축사 면적 900㎡ 이상 또는 운동장 면적 2,700㎡ 이상. 다만, 수질보전 특별대책지역 등 축사 면적 450㎡ 이 상 또는 운동장 면적 1,350㎡ 이상	축사 면적 100㎡ 이상 900㎡ 미만 또는 운동장 면적 300㎡ 이상 2,700㎡ 미만. 다만, 수질보 전특별대책지역 등 축사 면적 100㎡ 이상 450 ㎡ 미만 또는 운동장 면적 300㎡ 이상 1,350㎡ 미만
말 사육시설	면적 900㎡ 이상. 다만 수질보전특별 대책지역 등에서는 면적 450㎡ 이상	면적 100㎡ 이상 900㎡ 미만. 다만, 수질보전 특별대책지역 등 면적 100㎡ 이상 450㎡ 미만
닭 또는 오리 사육시설	면적 3,000㎡ 이상	닭 또는 오리는 면적 200㎡ 이상 3,000㎡ 미만 으로 하고, 메추리는 면적 200㎡ 이상
기타 축종	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 메추리, 양, 사슴: 면적 200㎡ 이상</li> <li>• 개: 면적 60㎡ 이상</li> <li>• 방목사육시설: 돼지 36마리 이상, 소·젖소· 말 9마리 이상, 닭·오리 1,500마리 이상 또 는 양·사슴 50마리 이상</li> </ul>

주: “수질보전특별대책지역 등”이란 제12조 제1호부터 제5호까지 및 제8호에 해당하는 지역 또는 구역.  
 -「수도법」 제3조 제17호에 따른 수도시설로부터 유하거리 4킬로미터 이내의 상류지역과 같은 법 제7조에  
 따른 상수원보호구역.  
 -「환경정책기본법」 제38조 제1항에 따른 특별대책지역.  
 -「한강수계 상수원수질개선 및 주민지원 등에 관한 법률」등 제4조제 1항에 따른 수변구역.  
 -「자연공원법」 제2조 제1호에 따른 자연공원.  
 -「지하수법」 제12조에 따른 지하수보전구역 등.  
 자료: 환경부(2018). 『2017년 악취민원실태조사』.

## 1) 수질

○ 한국의 가축분뇨 정화시설 방류수 수질기준은 공공처리시설 및 가축분뇨처  
 리업자가 설치한 정화시설의 기준과 허가대상/신고대상 배출시설을 설치한  
 자가 설치한 처리시설로 구분하며 그 내용은 <표 2-3>과 같음. 허가대상/신  
 고대상 배출시설은 특정지역과 기타지역으로 분류되며 특정지역이란 위에서  
 제시한 “수질보전특별대책지역 등”의 구역과 동일함.

**표 2-3** 정화시설의 방류수 수질기준(가축분뇨법 시행규칙, 별표4)

〈1. 공공처리시설 및 가축분뇨처리업자가 설치한 정화시설의 방류수수질기준〉

구분	생물화학적 산소요구량 (mg/L)	화학적 산소요구량 (mg/L)	부유 물질량 (mg/L)	대장균 군수 (개/mg)	기타(mg/L)
공공처리시설	30 이하	50 이하	30 이하	3,000 이하	총질소 : 60 이하 총인 : 8 이하
가축분뇨처리업 자가 설치한 처리시설	30 이하	50 이하	30 이하	3,000 이하	총질소 : 60 이하 총인 : 8 이하

〈2. 제1호 외의 정화시설 방류수수질기준〉

구분		허가대상배출시설을 설치한 자가 설치한 처리시설	신고대상배출시설을 설치한 자 가 설치한 처리시설
특정지역	생물화학적 산소요구량(mg/L)	40 이하	120 이하
	부유물질량(mg/L)	40 이하	120 이하
	총질소(mg/L)	120 이하	250 이하
	총인(mg/L)	40 이하	100 이하
기타지역	생물화학적 산소요구량(mg/L)	120 이하	150 이하
	부유물질량(mg/L)	120 이하	150 이하
	총질소(mg/L)	250 이하	400 이하
	총인(mg/L)	100 이하	100 이하

자료: 국가법령정보센터 홈페이지.

○ 가축분뇨는 유입수의 농도가 매우 높아 질소, 인을 고도처리 할 수 있는 공법의 선정과 시설 운전조건을 최적화하는 것이 중요함. 정화처리 시설들은 자원화 처리시설에 비해 초기 투자비가 높고 시설의 운전이 어려운 특징도 있음.

○ 개별농가 시설의 경우 처리시설의 부식 등 노후화로 인해 처리효율이 일정하지 않으며 경제적 비용의 부담으로 설비 개선비용 투자가 어려운 상황임. 비록 정화처리 시설을 설치하여 가축분뇨를 처리하는 허가대상/신고대상 배출시설 농가 비율은 높지 않을 것이라 예상되지만, 처리시설의 내구성, 높은 방류수 수질기준, 유지관리의 어려움을 고려한다면 체계적인 가축분뇨 수거체계를 확립하여 공공시설로 유입·처리하는 방향을 적극적으로 유도할 필요가



있음. 특히, 허가/신고대상배출시설의 현 처리수 수질은 총 질소 250~400mg/ℓ 이하, 총인 100mg/ℓ 이하로 그 기준이 매우 높으므로 하천의 일반 수질현황을 고려할 때 방류수수질기준 강화계획을 검토할 필요성이 있음(한대호 외 2013).<sup>15)</sup>

- 국내와는 달리 국외 농가의 관리 정책은 대부분 자원화 위주(농지나 초지 살포)로 실행되어 가축폐수 정화기준의 분류 등의 내용은 미미한 편임.
- 미국은 수질청정법(Clean Water Act: CWA)에서 규정된 배출지침서(Effluent Guidelines)에 해당되는 항목을 확인한 후 국가오염물삭감시스템(National Pollutant Discharge Elimination System: NPDES) 허가 절차를 통해 방류수 수질기준을 설정하는 방법을 이용하고 있음. 미국의 축산폐수 처리는 Oregon주 등 일부 주의 경우 하수처리장 유입을 전제로 처리 기준 설정되어 있으며 이때 질소를 암모니아성질소(NH<sub>4</sub>-N 500mg/ℓ 이하)로 규정하고 이외 BOD 300mg/ℓ 이하, TSS 350mg/ℓ 이하로 정하고 있음.
- 일본은 수질오염방지법에 의해 둔사면적 50m<sup>2</sup> 이상, 우사면적 200m<sup>2</sup> 이상의 농가는 신고의무가 있고, 이중 1일 배수량 50m<sup>3</sup> 이상의 농가 폐수는 BOD 160mg/ℓ 이하로 처리하여 배출하여야 함(표 2-4). 우리나라는 정부 차원에서 규제법이 만들어지면 지방자치단체가 해당 기준을 일률적으로 적용하지만, 일본은 기본적으로 큰 범위만 제시하고 각 지자체마다 지역실정에 맞게 방류수수질기준을 별도로 설정하며 일반적으로는 정부의 기준보다 강화하여 계획하는 편임(우장명 2018).<sup>16)</sup>

---

<sup>15)</sup> 한대호 외. 2013. 새만금 유역 등의 가축분뇨 관리 선진화를 위한 제도개선 및 관리체계 효율화 방안 연구.

<sup>16)</sup> 우장명. 2018. 국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제.

**표 2-4** 일본정부의 축산폐수 방류수수질기준

구분	pH	BOD	COD	SS
기준치	5.6 ~ 8.8 (해역이외의 공공수역)	160mg/L (일평균120mg/L)	160mg/L (일평균120mg/L)	200mg/L (일평균150mg/L)

자료: 우장명 외(2018) 재인용.

## 2) 악취

○ 축사시설은 「악취방지법」 제3조에 의거하여 축종별 시설규모를 기준으로 악취배출시설로 분류하며<표 2-5>, 동법 제8조에 의해 복합악취 및 지정악취물질에 대해 배출허용기준과 해당 기준의 범위(<표 2-6>)를 명시하고 있음. 「악취방지법」에서는 22개 물질을 기준으로 설정되어 있지만 해당 기준은 공업지역을 포함한 광범위한 악취물질에 대한 기준이므로 가축분뇨 공동자원화시설에서 발생하는 특정 악취물질에 대한 분류선별이 필요하다는 의견들도 전문가들로부터 제시되고 있음. 특히, 축산농장의 축종, 사료, 축사형태, 분뇨처리 방법 등 상황별 악취발생 특성에 따른 악취물질 분류가 필요한 실정임.

**표 2-5** 악취 배출시설의 분류기준(악취방지법 시행규칙, 별표2)

시설 종류	시설 규모의 기준
가. 축산시설	사육시설 면적이 돼지 50㎡, 소·말 100㎡, 닭·오리·양 150㎡, 사슴 500㎡, 개 60㎡, 그 밖의 가축은 500㎡ 이상인 시설
터. 비료 및 질소화합물 제조시설	1) 「대기환경보전법 시행규칙」 별표 3에 따른 대기오염물질 배출시설 중 화학비료 및 질소화합물 제조시설을 포함하는 시설 2) 「비료관리법 시행령」 별표 2에 따른 비료생산업의 공동시설 및 생산시설
구. 하수·축산폐수 처리시설	1) 「하수도법」에 따른 공공하수처리시설, 개인하수처리시설 중 오수처리시설, 분뇨처리시설 2) 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따른 처리시설 및 공공처리시설

자료: 국가법령정보센터 홈페이지.

표 2-6 배출허용기준 및 엄격한 배출허용기준의 설정 위(악취방지법 시행규칙, 별표3)

〈복합악취〉 구분	배출허용기준 (희석배수)		엄격한 배출허용기준의 범위 (희석배수)	
	공업지역	기타 지역	공업지역	기타 지역
배출구	1000 이하	500 이하	500~1000	300~500
부지경계선	20 이하	15 이하	15~20	10~15
〈지정악취〉 구분	배출허용기준 (ppm)		엄격한 배출허용 기준의 범위(ppm)	적용시기
	공업지역	기타 지역	공업지역	
암모니아	2 이하	1 이하	1~2	2005년 2월 10일부터
메틸메르캅탄	0.004 이하	0.002 이하	0.002~0.004	
황화수소	0.06 이하	0.02 이하	0.02~0.06	
다이메틸설파이드	0.05 이하	0.01 이하	0.01~0.05	
다이메틸다이설파이드	0.03 이하	0.009 이하	0.009~0.03	
트라이메틸아민	0.02 이하	0.005 이하	0.005~0.02	
아세트알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05~0.1	
스타이렌	0.8 이하	0.4 이하	0.4~0.8	
프로피온알데하이드	0.1 이하	0.05 이하	0.05~0.1	
뷰틸알데하이드	0.1 이하	0.029 이하	0.029~0.1	
n-발레르알데하이드	0.02 이하	0.009 이하	0.009~0.02	
i-발레르알데하이드	0.006 이하	0.003 이하	0.003~0.006	
톨루엔	30 이하	10 이하	10~30	2008년 1월 1일부터
자일렌	2 이하	1 이하	1~2	
메틸에틸케톤	35 이하	13 이하	13~35	
메틸아이스뷰틸케톤	3 이하	1 이하	1~3	
뷰틸아세테이트	4 이하	1 이하	1~4	2010년 1월 1일부터
프로피온산	0.07 이하	0.03 이하	0.03~0.07	
n-뷰틸산	0.002 이하	0.001 이하	0.001~0.002	
n-발레르산	0.002 이하	0.0009 이하	0.0009~0.002	
i-발레르산	0.004 이하	0.001 이하	0.001~0.004	
i-뷰틸알코올	4.0 이하	0.9 이하	0.9~4.0	

자료: 국가법령정보센터 홈페이지.

○ 미국, 유럽 및 일본 등 국외의 악취 관리는 표준으로 정한 악취측정법에 따라 지역에 맞는 수용체 중심의 허용농도와 배출원에서 허용농도를 지정하고 있는 추세에 있으며, 축산시설로부터의 악취를 가축 생산성, 인체 유해성 및 주

민 민원과 연계하고 사료조절, 축사의 발효환경 개선 등 악취저감 기술 연구와 병행하고 있는 것이 특징임(친환경자연순환농업협회 2017).<sup>17)</sup> 몇몇 국외 국가와 관련된 축사시설의 악취에 관련된 규제는 다음과 같음.

○ 독일은 악취평가지침(GIRL, GOAA)에 따라 악취빈도에 따른 허용기준을 제시하고 있으며, 지방정부에서는 이를 실질적인 악취관리 규정으로 적용하고 있음. 신규 사업장이 설치시 예상되는 추가오염도와 기존 악취오염도의 합이 총 악취허용기준을 초과하지 않을 경우 인·허가를 해주는 형태임. 가중악취 농도가 0.02를 넘지 않는다면 총 악취노출도가 한계노출도를 초과해도 등록을 허가하며, 0.02 수치 초과시에는 기존 악취노출도가 한계노출도의 50% 이내에서 악취노출도 평가를 면제받고, 50% 이상이라면, 악취노출도 평가를 실시함. 한편, 산출된 총 악취노출도가 한계노출도보다 높으면, 최상가용기법(BAT)을 통해 예상 가중악취 노출도를 저감 후 인·허가를 받을 수 있음(우장명 2018)<sup>18)</sup>.

○ 일본은 「악취방지법」에 의해 부지 경계선 상에서 측정한 암모니아 농도가 5ppm 이하가 되도록 악취물질(암모니아 등)의 배출을 규제하고 있으며 이는 돈사 50㎡ 이상, 우사 200㎡ 이상, 마사 500㎡ 이상의 사업장에 해당함. 일본은 22종 악취물질의 배출규정을 통한 관리를 실시하고 있으며 우리나라와 관리 항목과 농도 기준 범위가 비교적 유사함. 한편 일본의 연구자료에 의하면 돼지에서 발생하는 악취만 230종이 있는 것으로 분석되고 있음(문난경 외 2013; 우장명 2018).<sup>19), 20)</sup>

---

17) 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

18) 우장명. 2018. 국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제.

19) 문난경 외. 2013. 악취영향을 고려한 악취 관리 가이드라인 마련.

20) 우장명. 2018. 국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제.

○ 위에서는 가축사육시설의 방류수수질기준 및 악취물질 배출허용기준에 대해 알아보았다면, 아래의 내용은 가축사육시설로 인해 자연환경과(수환경)과 생활환경(주거시설)에 미치는 영향을 고려하여 도입된 가축사육 제한구역에 대하여 알아보았음.

○ 2011년 환경부의 축사시설 사육 제한 권고안은 지방자치단체의 환경·경제적 특성을 고려하여 정책적 판단에 맡기도록 입법재량을 열어놓았음. 2014년 기준 ‘가축사육의 제한’과 관련된 조례를 갖는 지자체의 수는 211개소로 보고된 반면 최근 국가법령정보센터(www.law.go.kr: 2019. 9. 4.) 검색결과 는 총 162 시·군으로 확인됨. 2011년 권고안에 이어 2015년 신규 권고안을 기준으로 조례의 재·개정이 진행되었으며(성낙원 외 2015)<sup>21)</sup>, 기존 권고안 과 신규 권고안의 차이점은 축종별 이격거리가 달라진 점 이외에도 사육두수 를 구분하여 기준을 설정했다는 점임. 관련 내용들은 주거시설과 연관된 축사 시설의 이격거리 내용이 주요사항이며, 이외 수계의 수질을 보전하기 위한 지 역 제한사항이 제시되어 있음.

**표 2-7** 축사거리 제한 권고안(신규비교)<sup>22)</sup>

구분	기존 권고안 (11. 10. 14.)	새 권고안 (15. 3. 31.)		비고
한·육우	100m	400마리 미만	50m	* 신규입지 시설, 허가 및 신고한 기존시설의 증· 개축을 관리하기 위함
		400마리 이상	70m	
젖소	250m	400마리 미만	75m	* 악취저감을 위해 노력하 는 축산농가는 축사 신축 및 증·개축시 거리제한 완화
		400마리 이상	110m	
돼지	500m	1,000마리 미만	400m	
		1,000~3,000마리	700m	
		3,000마리 이상	1,000m	
닭·오리	500m	2만 마리 미만	250m	
		2만~5만 마리	450m	
		5만 마리 이상	650m	

자료: 성낙원 외(2015) 재인용.

21) 성낙원 외. 2015. 가축사육 제한구역 거리 재설정 연구.

22) 성낙원 외. 2015. 가축사육 제한구역 거리 재설정 연구.

○ 양돈농가를 기준으로 미국의 주거시설간 이격거리는 한국과 유사하게 사육 두수별로 구분하여 차등적용방식을 제시하고 있으며, 기타 국가의 경우에는 사육 규모 이외에도 토지용도, 축사시설 주변 인구수(가구수)를 규모별로 구분하여 제한거리를 차등적용하고 있음. 일부 독일 등 유럽국가에서는 가축사육 제한거리를 악취발생량의 지수함수로 개발하여 적용하고 있음. 아래의 표에 제시된 국내 제한거리는 미국 Missouri주에서 설정하고 있는 기준치보다 일부 확대된 반면에, Illinois주 주거 밀집지역에 해당하는 기준치보다는 축소된 기준임. 이외 타 국가들은 440~1000m 이상까지 각기 다른 기준에 의해 가축사시설로부터 제한거리의 범위를 두고 있음(성낙원 외 2015).<sup>23)</sup>

○ 한국은 국토가 협소하고 도시지역과 농촌지역의 인구밀도 차이가 매우 크므로 지역별, 노출 인구별 등의 기준으로 가축사육 제한 거리를 설정하는 조례안도 필요할 것으로 사료됨. 이외 주변지역의 지형, 산림 현황과 추가 악취 시설물(공장 등) 등도 고려할 필요가 있음.

**표 2-8** 국내외 가축사육시설의 이격거리 기준 비교<sup>24)</sup>

축종	한국	미국			호주	뉴질랜드 독일 덴마크	덴마크
		Missouri	Illinois				
			주거 밀집	기타주거			
돼지	1,000마리 미만	400m	300m (2,500마리 이상)	800m (125마리 이상)	400m (125마리 이상)	500m (20인 이상 거주지)	500m
	1,000~3,000마리	700m	600m (7,500마리 이상)	800m 이상 <sup>1)</sup> (2,500마리 이상)	400m 이상 <sup>2)</sup> (2,500마리 이상)	750m (100인 이상 거주지)	2,000m <sup>3)</sup> (도시 주거지역)
	3,000마리 이상	1,000m	900m (1만 7,500마리 이상)	1,600m (1만 7,500마리 이상)	800m (1만 7,500마리 이상)		

주: 1) 130m씩 구간할증, 2) 65m씩 구간할증, 3) 뉴질랜드만 해당.  
자료: 성낙원 외(2015) 재인용.

<sup>23)</sup> 성낙원 외. 2015. 가축사육 제한구역 거리 재설정 연구.

<sup>24)</sup> 성낙원 외. 2015. 가축사육 제한구역 거리 재설정 연구.

○ 가축사육 제한구역과 관련된 상수원 수질보전 지역은 「수도법」 제7조의 규정에 따른 상수원보호구역, 「환경정책기본법」 제38조에 따른 특별대책지역 및 그 밖에 이에 준하는 수질환경보전이 필요한 지역, 「환경정책기본법」 제12조에 따른 환경기준을 초과한 지역 등으로 지정하고 있음.

○ 각 지자체의 조례에서는 환경부 고시의 내용과 함께 시·도별로 상수원보호구역 상류지점 100m, 200m 500m, 4km 이내, 마을상수도 100m, 200m, 500m 이내 및 지방/국가 하천 경계로부터 100m, 200m, 800m, 1000m 이내 등으로 다양하게 적용(www.law.go.kr: 2019. 9. 6.)하고 있으며 환경부의 권고안만 적용된 지자체도 비일비재하는 등 관련 기준의 일관성을 찾기 어려움.

○ 국외의 사례로 뉴질랜드의 경우 돈사시설은 급수용 저수지로부터는 800m, 수로 20m, 가정용 우물 30m로 최소 이격거리를 제시하고 있음. 축산업이 발달한 덴마크에서는 분뇨저장시설을 설치할 경우 지하수(음용수) 이용 개인취수원으로부터 25m, 지역취수장 50m이상 거리를 두어야 함을 규정하고 있음. 이외 프랑스에서는 돈사 및 분뇨 저장탱크를 설치시 우물, 하천지역을 포함한 급수지역, 지하 취수지역 등으로부터 취수지역으로부터 적어도 30m 이상 이격거리를 두어야 함을 규정하고 있음(성낙원 2015; 우장명 2018).<sup>25),26)</sup> 상수원 수질보호를 위한 국내와 국외의 기준을 비교하는 것은 다소 무리가 있지만 국내의 제한기준이 좀 더 강화되어 있는 것을 확인할 수 있음.

---

25) 성낙원 외. 2015. 가축사육 제한구역 거리 재설정 연구.

26) 우장명. 2018. 국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제.

## 2.2. 가축사육시설의 분뇨처리(정화 및 자원화) 관련 국내외 정책 및 연구 사례

- 환경부의 가축분뇨 처리 통계자료(2016)<sup>27)</sup>에 의하면 국내 가축 가축분뇨 발생량은 증가 추세에 있음. 가축분뇨 정화처리는 국외와 비교하여 정화 기준 및 범위가 체계화되어 있으며 방류수 수질기준도 점진적으로 강화되고 있음. 대부분의 국외 국가는 정화처리 기준이 국내보다 미흡하며 정화처리보다는 자원화에 중점이 맞추어져 있으므로 본 연구에서는 가축분뇨의 자원화에 기반하여 정책 및 연구사례 내용을 제시하였음.
- 정부는 그동안 가축분뇨로부터 자원화되는 비료·액비의 시비·살포 인한 토지의 토양양분 과잉 현상과 비점오염원 유출 등 환경오염 문제를 해소하기 위해 양분관리의 필요성을 인식하여 왔음. 근래 발표한 자료<sup>28)</sup>에 의하면 최근 한국은 OECD 40개 국가 중 ha당 질소 초과량 1위(248kg), 인 초과량 2위(46.4kg)로 보고되고 있을 정도로 토양의 영양 과잉 문제가 심각함. 이에 따라 환경부에서는 2021년부터 지역별 농경지의 환경용량 범위 내에서 관리하는 양분관리제(양분총량제)를 도입할 예정이나, 양분수지 등에 대한 자료의 정확성 부분에서 의문이 제시되고 있어 이의 후속 연구도 필요한 것으로 야기되고 있음(김현중 외 2018).<sup>29)</sup>
- 향후 양분관리제가 도입되면 지역별 상황에 따라 퇴·액비를 공급할 농경지가 더욱 감소할 것이며 지속적인 누적영향으로 인해 처리가 곤란할 것으로 예상됨. 이에 퇴·액비화 처리의 정책방향에 있어 살포지 확대 및 활용도의 효율성

27) 환경부 홈페이지. <<http://www.me.go.kr>>. 검색일: 2019. 9. 6.

28) 환경부. 2018. 2018년도 성과관리 시행계획.

29) 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.



을 증진시키기 위해 가축분뇨 퇴·액비 수요처 확대 및 정화처리와 연계한 축분자원의 에너지화가 필요하다는 의견들이 제시되고 있음.

○ 특히, 수요처 확대의 경우 벼, 보리, 사료작물 등으로 한정되어 있던 액비 수요처를 시설채소, 과수, 원예작물까지 확대하는 방향이 거론되고 있음. 이외, 화학비료 대체 방안, 농경산업이 발달한 국가로의 퇴·액비 수출 및 대북지원 방안 강구 등의 대안이 도출되고 있음(서대석 외 2017).<sup>30)</sup> 한 연구사례로 김태성(2011)<sup>31)</sup>은 가축분뇨의 비료 성분별 화학비료 대체율을 질소 87%, 인산 54%, 칼리 53%로 산정하였고, 비료가치 및 작물 생산량 증대, 환경오염 저감 효과까지 고려하여 그 경제적 가치를 1조원 이상으로 예상한 바 있음.

○ 국내 가축분뇨 자원화 정책의 변화를 살펴보면 환경부는 토양 영양분 과잉공급으로 인한 환경오염을 방지하기 위해 2014년 퇴·액비의 살포 기준을 신설하였음. 이후, 퇴·액비 부숙도 기준을 강화하여 품질향상 및 악취저감에 노력해 왔고 액비는 2019년 3월, 퇴비는 2020년 3월부터 해당 기준이 적용됨.

- 그러나 퇴·액비의 부숙도 기준이 강화될 경우 소규모 농가에서 기준 충족 가능 여부가 불분명하여 위탁처리시설로의 수요가 집중될 것으로 예상됨. 동 공공처리시설이 일반인들에게 기피·혐오시설인 것을 감안하면 향후 기존시설의 증설과 신규부지의 확보에 있어 주민들과의 마찰이 불가피할 것으로 예상되며, 이러한 상황을 고려하여 지자체에서는 공동시설구축에 대한 적극적인 노력과 농가, 지역주민 등 상호 간의 이해관계를 형성시키는 것이 매우 중요함. 대부분의 개별농가 처리시설들은 강화된 부숙도 기준을 충족시키기 어려울 것으로 예상되므로 기존 처리시설들에 대한 보완대책도 절대적으로 필요함.

30) 서대석 외. 2017. 농축산 폐자원의 효율적 자원화 방안연구(2/2차년도).

31) 김태성. 2011. 가축분뇨 자원화 이용현황과 당면과제.

○ 한편으로는 일본의 사례처럼 공동자원화시설 등 위탁처리시설을 대폭 확충하고 지역단위 통합관리시설(바이오에너지, 정화, 액비, 퇴비)과 연계하여 가축분뇨 발생부터 최종처리 단계까지 고려하는 환경순환형 개념의 사업을 추진할 필요가 있음(한대호 2013).<sup>32)</sup> 반면, 공동자원화시설은 가축분뇨 수거의 단가비용 문제 및 시설의 장기운용으로 인한 개보수 유지비용 등에 대한 경제적 어려움이 있으므로 단가 상승 및 재정 보조지원 등의 개선 방안도 필요할 실정임. 이외, 가축분뇨 자원화 촉진을 위해 유기질비료지원사업 내 유박비료 등 보조비율을 낮추고 가축퇴비를 증가시키는 조정도 고려할 필요가 있으며, 수요자를 고려한 맞춤형(고품질)액비 생산과 관련해서도 「비료관리법」의 개정이 필요함(김현중 외 2018).<sup>33)</sup>

○ 일본은 비교적 국토가 협소하고 도시와 농촌이 혼주되어 있어 퇴비처리 및 정화처리 등 다양한 방법들이 적용되고 있으며 주로 「가축분뇨법」과 「비료취급법」에 의해 행해지고 있음. 일본은 축산환경대책 추진에 따라 2004년 말 퇴비화, 액비화 중심의 비율이 90%까지 증가하였으며, 2014년 기준으로 347개소의 퇴비생산 시설이 운영되어 왔음. 가축분뇨의 농지환원에 따라 일부 지역에서는 질소 함량이 초과된 곳도 있어 지역별 상황에 따라 타 지역으로의 이동 확대하거나 바이오매스 활용추진 기본법(2009년 법률 제52호)에 근거한 축분 메탄발효 후 열이용 발전 또는 소각 탄화 후 토양개량제 이용 등의 활용방안을 추진하고 있음. 한국과는 달리 일본의 비료취급법은 비료의 이용을 촉진하기 위해 일반비료에 가축분뇨를 혼합하여 제조가 가능하다는 점임. 일본은 가축분뇨를 원료로 한 보통비료를 가공가금분비료, 혼합유기질비료, 화성비료, 배합비료, 혼합동물분뇨복합비료, 혼합퇴비 복합비료 등으로 다양하게 구분함(일본 농림수산성 2018).<sup>34)</sup>

<sup>32)</sup> 한대호 외. 2013. 새만금 유역 등의 가축분뇨 관리 선진화를 위한 제도개선 및 관리체계 효율화 방안 연구.

<sup>33)</sup> 김현중 외 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

**표 2-9** 가축분뇨를 원료로 한 주요 보통비료의 공정규격

규격	규격의 개요	비교
가공가금분비료	가금분을 건조시킨 것	
혼합유기질비료	유기질비료에 계분의 탄화물 등을 혼합한 것	
화성비료	질소질비료 등에 계분의 탄화물, 계분 또는 계분과 우분의 혼합물의 연소재 등을 배합하여 조립한 것	2016년 추가
배합비료	질소질비료 등에 계분의 탄화물, 계분 또는 우분의 혼합물의 연소재 등을 배합한 것	2016년 추가
혼합동물성분뇨 복합비료	질소질비료 등에 건조한 소·돼지 분뇨를 혼합(상한 70%)해 조립 등을 한 것	2012년 신설
혼합퇴비·복합비료	질소질비료 등에 분뇨 퇴비 등을 혼합(상한 50%)해 조립 등 및 건조한 것	2012년 신설

주: 보통비료는 질소질비료, 요소질비료 등 화학비료를 말하며, 가축분뇨와 보통비료를 혼합한 경우도 보통비료에 포함.

○ 프랑스의 가축분뇨 정책은 RDS(Departmental Health Regulations)와 ICPE(Classified Installations for Environmental Protection) 프로그램에 의해 관리되고 있으며, 많은 축산농가에서 발생하는 퇴비는 초지로 환원하고, 일부 유기질비료의 원료로도 사용하고 있음. 축산농가의 가축분뇨 처리공정에 질산화 및 탈질 처리시설과 혐기성 소화 처리시설을 적용하면 이산화탄소 배출량의 70%를 감축받을 수 있는 제도도 있음(Loyon 2017).<sup>35)</sup>

○ 미국은 가축분뇨의 자원화를 위해 환경보호청(EPA)과 미국농림성(USDA)의 연합 프로그램인 AgSTAR 프로그램을 20년 동안 운영하고 있으며, 경제적이고 친환경적인 가축분뇨 처리를 위해 혐기성 소화 처리 시설구축에 중점을 두고 있음. 2000년 15개소의 혐기성 소화 처리시설이 구축된 이후 2018년 기준 253개의 혐기성 소화 처리시설이 운영되고 있음.<sup>36)</sup> 미국은 신재생에너지

<sup>34)</sup> 일본 농림수산성. 2018. 축산환경을 둘러싼 정세.

<sup>35)</sup> Loyon, L. 2017. Overview of manure treatment in France.

의무할당제(RPS)에 의해 신재생에너지를 의무적으로 생산해야 하며, 혐기성 소화 처리시설로부터 발생하는 바이오가스는 의무할당제에 포함이 됨.

○ 독일은 비료법령(Fertiliser Ordinance: FO)에 따라 농업분야에서 배출되는 질소와 인의 배출을 제한하고 있으며 이는 EU의 질산염법(Nitrates Directive)에 근거하여 이행되고 있음. 비료생산 계획에서 중요한 사항은 비료 시비시 가축분뇨와 바이오가스 잔여물을 의무적으로 포함해야 함. 독일은 바이오가스를 이용한 전기 생산을 선도해왔으며 바이오가스의 주원료로 가축분뇨를 사용하고 있음. 약 8,700개의 바이오가스 발전소 중 가축분뇨를 주원료로 발전소는 560개소(2016년 기준) 정도이며 대부분이 소규모(75kW이하) 발전소임. 약 8,200개의 농업원료를 이용한 발전소 중 약 2,500개소는 가축분뇨 사용비율이 50%를 초과하고 있음(김현중 외 2018).<sup>37)</sup>

○ 네덜란드는 발생량의 절반가량이 축산농가 소유의 농경지에 환원되고, 26%는 경종농가 소유 농경지에 살포, 기타 나머지는 국외 반출 등으로 처리하고 있음. 네덜란드는 가축분뇨에 의한 환경문제를 해결하기 위해 1980년 중반부터 2005년까지 총 3단계에 걸쳐 비료관리법, 가축분뇨법, 토양보전법 등을 통해 수질오염 방지, 작물별 양분 투입량 규제, 가축분뇨 생산쿼터제(livestock production quota system), 양분회계시스템(MINeral Accounting System: MINAS), 가축분뇨이동계약제 등의 양분감축정책을 추진해 왔음. 퇴·액비를 살포시에는 토양의 양분 상태와 작물의 양분 요구량에 따라 각각 다른 질소/인 성분의 기준이 제시되어 있음. 2015년 이후에는 가축분뇨 배출량과 처리량의 균형을 맞추는 데 정책의 초점을 두고, 국외 반출, 자가 농장처리, 토양에 인 농도 저감, 퇴액비화 등을 추진하여 왔음. 농가들이 농장 확대를 위해서는 연소

<sup>36)</sup> EPA 홈페이지. <<https://www.epa.gov/agstar/agstar-data-and-trends>>. 검색일: 2019. 9. 6.

<sup>37)</sup> 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

및 수출 등을 통해 가축분뇨를 완전하게 처리하거나 추가적으로 경지를 구입해야 한다는 점이 특징적임. 네덜란드는 2018년 1월부터 낙농가에게 인 소유권(Phosphate Production Rights)을 부여하고 시장에서 낙농업인간 인 거래를 허용하고 있음. 매년 말에 농가들은 가축분뇨로부터 배출된 인의 양을 담보하는 인 소유권을 가지고 있음을 입증해야 하며 새롭게 진입하는 농가들은 시장에서 인 소유권을 구입해야 함(김현중 외 2018).<sup>38)</sup>

○ 한국도 가축사육 시설의 퇴·액비 발생에 따른 농지환원 처리시 농경지 면적을 의무적으로 확보하는 방안이 필요하며, 확보가 불가할 경우 지역 환경 용량에 맞는 적정가축 사육두수 유지를 의무화하거나 타 자원이용 등으로의 대안이 있는 경우에 한하여 시설을 운영하는 것이 바람직한 것으로 판단됨(친환경자연순환농업협회 2017).<sup>39)</sup> 한국은 수질오염이나 대기오염 문제의 심각성을 인식하고도 오염총량제를 실행하기까지는 상당한 시간이 걸렸음. 축산업도 현재의 상황을 즉시하고 앞으로 이해당자간의 지속적인 협의를 통해 사육두수 총량제와 같은 강한 규제대책의 도입을 적극적으로 고민할 필요가 있음.

○ 문헌으로 조사된 국외의 가축분뇨 처리는 규제의 관점에서 바라보는 경향이 있음. 특히 유럽은 토지에 질소와 인의 함유량을 제한하는 제도들(질산염법, 농지조화법, 인 시비 상한제 등)을 시행하였거나 시행 중에 있음. 이 제도들은 토지현황 및 가축 종류에 따라 적용되어지는 기준이 상이하며 특히, 사육 농가가 가축분뇨를 시비할 수 있는 경작지를 의무적으로 확보해야 한다는 네덜란드의 규정이 주목할 만한 점임.

- 향후 국내에서도 지역 단위 양분관리제의 도입을 고려하여 유럽 등 선진국 제도의 면밀한 분석이 요구되며, 일부 필요성이 높은 사항에 대해서는 국

38) 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

39) 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

내 실정에 맞게 도입되어야 할 필요가 있음. 또한, 네덜란드는 규제 측면 이외에도 시장경제를 도입하여 가축 사육권과 인 소유권을 자유롭게 거래할 수 있는 제도를 구축하였고 이 부분은 축사의 환경개선 및 유지관리 측면에서 사육두수를 확실히 통제할 수 있는 방법이라 판단됨. 일본은 우리나라와 유사한 국토 여건(경지면적 감소 등) 특성을 가지고 있으며, 가축분뇨 발생 현황 및 처리 방향도 일부분 유사하다고 할 수 있음. 현재 일본은 퇴·액비의 단순 자원화 이외에도 광역유통, 메탄발효, 소각, 탄화 등 고도처리 방식을 적극 활용하고 있고 국내에서도 이러한 사항들을 적극 확대할 필요가 있음. 또한, 일본은 가축분뇨를 비료로 활용하기 위해 분뇨가 포함된 비료를 공정 규격화하여 활용되도록 지원하고 있음.

○ 그러나 한국은 가축분뇨 발효액비에 화학비료를 혼합하여 비료공정규격에서 제시한 주성분의 최소량과 함유할 수 있는 유해 성분의 최대량 등을 모두 충족하더라도, 보통비료에 가축분뇨 발효액비를 혼합하였다는 이유로 비료 등록이 허가되지 않고 있음. 부숙유기질비료(가축분뇨발효액, 가축분퇴비, 퇴비 등)에 보통비료를 혼합할 수 없으면, 질소 등 비료 성분이 부족한 가축분뇨 발효액(액비)의 경우 시설원예농가 등으로의 수요처 확대가 제한됨. 현 한계를 극복하기 위해서는 비료관리법에서 가축분뇨 발효액비에 화학비료(보통비료)를 혼용하는 것이 우선적으로 해결되어야 함.

- 농축산산업의 활성화와 자원순환을 고려한 지속가능한 사회구현을 위해 국외의 사례와 같이 혼합 제품을 허용하는 제도적 장치를 마련하는 것이 시급하며, 기존 화학비료산업의 이해관계자와 정부부처 담당자와의 지속적인 논의로 가축분뇨를 기반으로 한 기능성 비료개발과 보급시스템이 구축될 수 있도록 비료관리법의 변화가 요구됨(친환경자연순환농업협회 2017).<sup>40)</sup>

<sup>40)</sup> 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

- 미국, 독일, 프랑스, 일본 등은 가축분뇨로부터 발생한 바이오매스를 신재생 에너지 자원으로 활용하여 친환경적인 전력을 생산하는 데 큰 관심을 보이고 있음. 대표적으로 독일은 토양 시비시 가축분뇨와 바이오가스 잔여물을 의무적으로 포함하도록 하여 가축분뇨의 이용을 촉진하고 있으며 8,000개가 넘는 혐기성 소화시설에서 가축분뇨가 신재생에너지 자원으로 활용(2016년 기준으로 32.3TWh 전력 생산)되고 있음(Daniel-Gromke et al. 2018).<sup>41)</sup>
- 우리나라도 가축분뇨를 주원료로 한 바이오가스 에너지화 시설을 대폭확충하여 국가의 3020 신재생에너지 정책(총 발전량의 20%를 신재생에너지로 부터 생산)에 부흥할 필요가 있음. 이외 한국은 미국의 사례와 같이 퇴액비 공급처와 수요처 간의 원활한 연결고리를 위해 온라인 중개 시스템을 도입 및 활성화 방안을 강구하는 계획도 신속히 구축할 필요가 있음(김현중 외 2018).<sup>42)</sup>

## 2.3. 가축사육시설 분뇨처리 적정 기준 관련 국내외 정책 및 연구 사례 소개

- 한국의 가축분뇨 정화처리 기준은 국외와 비교하여 그 체계가 잘 정립되어 있음. 국내 정화처리시설의 방류수 수질기준은 공공처리시설, 가축분뇨처리업자가 설치한 처리시설, 허가 및 신고 대상배출시설을 설치한 자가 설치한 처리시설로 구분할 수 있으며, 이중 허가/신고 대상 시설은 특정지역과 기타지역으로 세분화함. 공공처리시설 또는 처리업자가 설치한 처리시설은 BOD, COD, SS, 대장균군수, 총질소, 총인을 방류수수질기준 항목으로 설정하고 있으며 허가/배출시설의 대상자보다 방류수수질기준이 강화되어 있고 기준

<sup>41)</sup> Daniel-Gromke et al. 2018. "Current Developments in Production and Utilization of Biogas and Biomethane in Germany."

<sup>42)</sup> 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

항목이 세분화되어 있음. 국내 정화처리시설의 비중(약 8%)은 높지 않지만, 그 비율은 지속적으로 유지되고 있음.

- 가축분뇨 정화처리와 관련되어 개선되어야 할 점은 방류수 수질기준이 높은 허가/신고 대상의 처리수질기준이 강화되어야 하고 좀 더 안정적으로 처리될 수 있는 공공처리시설로 유도되어야 한다는 것임. 또한, 가축폐수 유입 농도 자체가 산업폐수나 생활하수보다 오염부하량이 상당히 크고 폐수종말처리장 및 공공하수처리장의 방류수 수질과 비교하여 크게 높으므로 추가적인 오염농도 저감의 대안이 필요한 실정임. 예를 들어, 기존 시설 공정의 고도화를 통한 방류수 수질기준 강화 또는 인근 공공처리장 유입가능 부하량을 고려하여 연계 처리하는 방안 등을 고려할 수 있음.
- 한편, 가평군, 홍성군, 횡성군, 제주시 등 일부 지자체의 가축분뇨공공(정화)처리시설의 경우, 방류수계의 수질을 고려하여 BOD(1.0~5.0mg/L), COD(12~39mg/L), SS(2~15mg/L), TN(11~42mg/L), T-P(0.1~1.0mg/L)로 강화하여 폐수를 배출하고 있으므로 이를 벤치마킹하는 것도 좋은 방법임.<sup>43)</sup> 한국의 가축폐수 정화기준은 선진국 계열에 포함된다고 판단되므로 국외의 사례는 이전 chapter를 참조하기로 함.

○ 별도로 정화기준의 경우 수질오염총량제의 관리 항목 변화에 맞춰 가축분뇨 유래 난분해성유기물질을 관리할 수 있도록 COD 항목기준이 TOC로 변경될 예정(공공기관 2021년, 민간기관 2022년)임.

○ 2012년 가축분뇨의 해양투기가 전면 금지되면서 대부분의 가축분뇨 처리는 자원화로 전환되었으나 양분총량제의 시행으로 자원화 이용 가능량이 감소되어 이에 대한 대책 마련이 시급한 상황이다. 환경부는 퇴·액비의 관리 강화

---

<sup>43)</sup> 한국환경산업기술원. <<http://www.konetic.or.kr>>. 검색일: 2019. 8. 6.



계획으로서 2014년 「가축분뇨법」을 개정하여 ‘퇴비액비화기준’을 신설(「가축분뇨법」 제13조의 2)하였다. 퇴·액비는 비료공정 규격 중 퇴비 또는 액비의 공정규격에 적합해야하며, 그 기준은 <표 2-10>과 같다.

**표 2-10** 가축분뇨의 퇴비·액비화 기준(가축분뇨법 시행령, 별표3)

퇴비화 기준			액비화 기준		
축종	항목	기준	축종	항목	기준
모든 가축	부숙도	환경부와 농식품부 장관이 협의하여 정한 고시 기준에 적합할 것	돼지·젖소	부숙도	환경부와 농식품부 장관이 협의하여 정한 고시 기준에 적합할 것
	함수율	70% 이하		함수율	돼지: 95% 이상, 젖소: 93% 이상
돼지	구리	500mg/kg 이하		구리	70mg/kg 이하
	아연	1,200mg/kg 이하		아연	170mg/kg 이하
소·젖소	염분	2.5% 이하		염분	2.0% 이하

자료: 국가법령정보센터 홈페이지.

○ 퇴비와 액비 부숙도 기준은 별도의 고시(환경부 고시 2018-115호)로 규정하고 있으며 동 고시에서는 퇴비·액비의 부숙도 정의, 측정방법 및 판정기준 등에 관하여 규정하고 있음. 퇴비의 부숙도 기준은 배출시설 규모에 따라 다른 기준을 적용하며 2020년 3월 25일부터 사육면적 1,500㎡ 이상의 배출시설은 부숙후기 또는 부숙완료 단계까지 퇴비를 부숙시켜야 하고, 1,500㎡ 미만은 부숙중기까지 부숙시켜야 한함. 액비의 경우는 2017년 3월 25일부터 허가대상, 재활용신고자, 가축분뇨처리업자가 설치한 자원화시설을 대상으로 부숙완료 단계까지 부숙시켜야 함이 적용되어 왔으며, 이외 배출시설은 2019년 3월 25일부터 적용되고 있음.

**표 2-11** 퇴비 및 액비의 부숙도 판정기준

퇴비 부숙도 기준			액비화 기준	
구분	콤팩 (CoMMe-100)	솔비타 (Solvita)	구분	기계적 분석법
미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태	1	미부숙	부숙이 거의 진행되지 않은 상태
부숙 초기	부숙이 진행되는 초기 상태	2	부숙 중기	부숙 기간이 좀더 필요한 상태
부숙 중기	부숙 기간이 좀 더 필요한 상태	3		
부숙 후기	퇴비의 부숙이 거의 끝나가는 상태	4-6	부숙 완료	액비의 부숙이 완료됨
부숙 완료	퇴비의 부숙이 완료됨	7-8		

자료: 국가법령정보센터 홈페이지.

○ 퇴비 및 액비의 부숙도 기준이 강화됨에 따라 앞의 chapter에서 언급하였듯이 자원화시설이 미흡하게 설치된 농가들은 부숙도 기준을 충족시키기 어려울 것으로 예상되며 이를 위해 처리시설을 정비보완하거나 공동자원화시설, 퇴비공장 등 시설에 위탁처리를 계획하여야 함.

○ 한편, 농림식품부를 주관으로 가축분뇨 자원화조직체(공동자원화시설, 액비유통센터)의 운영 실태를 조사한 결과, 액비화시설과 액비유통센터에서 각각 49% 및 33%의 부숙으로 평가되어 액비품질의 관리가 미흡한 것으로 확인되었음. 이는 가축분뇨 자원화의 확산에 장애가 되고 있는 주요 원인 중 하나임 (김현중 외 2018).<sup>44)</sup>

- 연구보고 사례에 의하면 전국 가축분뇨 공동자원화 시설 및 액비유통센터 (150개소)에서 생산된 액비의 이화학적 특성을 분석한 결과 산도, 부유물질, 총질소, 총인, 전기전도도 등의 분석항목에서 지역 및 시설별로 농도편차가 매우 크고, 액비의 균질도 또한 매우 낮은 것으로 확인되었음(전상준

<sup>44)</sup> 김현중 외. 2018. 가축분뇨처리 사업군 심층평가.

외 2012).<sup>45)</sup> 타 연구보고에서도 가축분뇨발효액의 공정규격과 돈분액비의 특성을 비교 평가한 결과, 조사된 전체 101개 시료 중 비료공정 규격(질소전량, 인산전량, 칼리전량의 성분 합계량 0.3% 이상)을 충족하는 시료는 45개로 전체 시료의 약 44.6%이며 0.2% 이상은 약 74.3%, 그리고 0.1% 이상은 전체시료의 약 96%를 차지하고 있음(Lee et al. 2016).<sup>46)</sup>

○ 그동안 관련 부처에서 가축분뇨공동자원화시설 및 액비유통센터 등의 자원화 시설기반을 조성하고, 액비 성분분석기, 액비 부숙도판정기 개발 등 가축분뇨 자원화 확대를 위한 중장기적인 대책을 추진해오고 있으나 성상이 일정하지 않은 불균질한 제품 생산에 따라 경종농가의 사용이 기피되어 왔음. 따라서 액비제조 표준공정매뉴얼의 농가 보급 및 고품질 액비관리를 위한 ‘품질인증제’의 도입이 시급히 필요함(친환경자연순환농업협회 2017).<sup>47)</sup>

○ 상지대학교의 연구사례에서는 가축분뇨 액비 품질의 등급화 및 상품화 수준과 관련하여 목표요소로 비효성, 위해성, 안정성, 균질성으로 구분하고 평가요소로 N 농도, N-P-K 성분합계량, 병원성미생물, 중금속 최대함유량, 부숙도, 악취, 총고형물(TS), 전기전도도(EC), 원료의 종류, 성분 표시로 상세히 구분하여 제시하고 있음. 반면, 국외에서의 액비기준은 최소품질기준, 중금속 함량(납, 비소 등 7항목), 위생(최소 부숙온도 및 기간), 병원성미생물, 악취, 영양원(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Mg, Ca), 건물중, 유기건조물, pH, 염분함량, 총질소(T-N), C/N 비, 암모늄태 질소 등을 포함하고 있음(Lee et al. 2016).<sup>48)</sup>

45) 전상준 외. 2012. 국내 돼지분뇨의 액비 성분 특성 비교조사.

46) Lee et al. 2016. Establishment scheme for official standards of liquid swine manure fertilizer.

47) 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

48) Lee et al. 2016. Establishment scheme for official standards of liquid swine manure fertilizer.

### 3. 국내와 국외 주요국의 가축분뇨 정책 분석을 통한 정책적 시사점 도출

- 우리나라는 축산업의 지속적인 발전과 자연·생활환경과의 공존을 위해 관련 법률의 재개정 및 부처별 정책을 지속적으로 개선하여 왔으나 문제점들의 근본적인 해결책은 찾지 못하고 있음.
- EU에서는 가축분뇨 발생 및 처리의 규제·감독과 함께 보조금 지원 등을 통해 분뇨 배출을 제한하고, 바이오가스 생산 등 고도자원화를 촉진·장려하는 정책을 추진하고 있음. 이러한 정책들은 자원 활용을 촉진하면서 환경오염을 최소화하는 방안이므로 한국을 비롯한 많은 국가들을 대상으로 모범사례가 될 수 있음. 특히, 유럽 국가들은 토양의 양분관리를 체계화하기 위해 질산염법, 농지조화법, 인 시비 상한제 등 질소와 인의 함유량을 제한하는 정책을 장기간 추진하였으므로 이들의 운영 사례를 면밀히 분석하여 수용가능한 점에 대해서는 2021년 도입 예정인 지역단위 양분관리제에 포함시킬 필요가 있음.
- 유럽은 경축순환농업을 촉진시키기 위해 가축사육권 등의 거래제도를 도입하고 있으므로 향후 우리나라도 지역현황 및 환경수용능력(악취, 수질 등)을 고려하여 가축사육 두수 제한제도 도입을 적극 장려하는 것도 바람직함. 사육 시설 면적을 기준으로 허가 또는 신고 대상/신고미만을 규정한 현 국내의 법 제도는 불법 밀식사육으로 인한 초과 가축분뇨 발생, 가축질병의 확산 등에 원인이 될 수 있음. 물론 축산업 등록자들로 하여금 단위면적당 적정사육두수를 규정하고 준수토록 하고 있으나 이를 잘 지키지 않은 축사도 다수 있으므로 사육두수를 통제(농가간의 형평성 문제를 고려한 축종별 양분 배출정도를 규제)할 수 있는 근본적인 방안마련도 필요함.

- 특히, 신고미만 대상은 가축사육 및 분뇨 발생·처리의 사각지대에 놓여 있으므로 지역단위로 보다 적극적인 관리방안이 요구됨. 이렇듯 축종단위별·농가별 양분총량제와 가축분뇨 배출권 거래제도의 결합 등 다양한 방안 모색이 필요하며 이때 가축분뇨배출 및 처리시 과학적인 연구결과가 축종별로 뒷받침되어야 함.
- 현 우리나라의 가축분뇨의 비료화 자원정책을 촉진하기 위해서는 일본의 사례와 같이 화학비료와 가축분뇨의 혼합이용을 허용하는 것이 바람직하며 점진적으로 그 비율을 증가시킬 필요가 있음. 한국은 지역단위 양분관리제 도입시 부속유기질비료인 가축분퇴비가 우선 사용되도록 제도화할 필요가 있으며 전국적으로 확대되기 위해서는 관련 법의 개정이 필요함. 독일에서 비료를 생산할 때 가축분뇨와 바이오가스 잔여물을 포함하도록 제도화한 사례는 우리나라의 가축비료 이용 활성화 및 신재생에너지 생산 정책 취지에 부합되는 것이라 볼 수 있음.
- 한편 우리나라에서는 잔여물(소화액)이 액비의 성분 기준(비료 성분 합계량 0.3% 이상)을 맞추기 어렵고, 액비 살포시 일시적인 악취(암모니아) 발생 문제로 정화방류 방법을 활용하여 처리하기로 한함. 또한, 가축분뇨의 고품질 액비 생산은 다양한 농경산업으로의 액비 이용을 확대한다는 측면에서 매우 중요함.
- 현재 국내 비료관리법상의 “가축분뇨 발효액비”의 규정에는 상품화 및 등급화에 대한 규정이 없어 농가 및 시장에 최적화된 제품을 제조하지 못하고 있는 실정임. 특히 시설원예, 관비 등 고소득 작물재배를 위해 집약적으로 화학비료가 사용되고 있는 분야에서 액비의 이용이 활성화되기 위해서는 액비의 품질이 안정적이며 비료로서의 생산규격 규정도 필수적임. 상지대학교에서

는 이러한 취지하에 가축분뇨 비료로서의 인증을 받기 위한 액비품질인증제도(LFQC)를 추진 중에 있음(친환경자연순환농업협회 2017).<sup>49)</sup>

- 독일, 프랑스, 일본 등 선진국들은 가축분뇨로부터 발생한 바이오매스를 신재생에너지원으로 인식하고 전력을 생산하는 데 큰 관심을 보이고 있음. 사업자들은 기존 자원화시설에 에너지화 시설을 연계시 폐열, REC, 탄소배출권 등 새로운 수익원을 확보할 수 있어 수익구조가 개선될 수 있음.
- 우리나라의 가축분뇨 자원화 정책은 퇴·액비 위주로 계획되어 있으나 자원화의 한계성이 보여지므로, 강원도 홍천군의 사례와 같이 퇴·액비화 시설+정화 시설+바이오가스화 시설과 연계한 친환경에너지 타운조성을 지자체별로 적극 장려하는 것이 필요함. 이는 가축분뇨 유래 바이오가스 생산과 함께 해당 마을 주민의 가스비 절감 및 악취 저감, 인근 하천 수질개선, 주민의 혐오시설에 대한 인식개선 등 사회적·환경적·경제적으로 큰 효과를 누릴 수 있을 것이라 예상됨. 강원도 홍천 이외에도 청양군, 여양농장, 안성시 광일농장 등 민간 시설과 고창 바이오가스 발전소, 공주시 가축분뇨 공공처리시설 등 공공기관에서 가축분뇨를 이용하여 바이오에너지를 생산해오고 있으며, 이와 같은 시설들을 지속적으로 확대할 필요가 있음(서대석 외 2017).<sup>50)</sup>
- 한편, 한국은 가축분뇨의 고체연료화를 위한 법률(가축분뇨법에 근거하여 「가축분뇨 고체연료시설의 설치 등에 관한 고시」(환경부 고시 제 2015-110호)를 제정) 및 제도가 마련되어 있고, 정책 지원사업도 추진하고 있지만 동처리방법에 의한 가축분뇨 사용 물량 비중은 미미한 실정임. 신재생에너지 데이터센터(2013)에 의하면, 우리나라 바이오에너지 잠재량은 총 14.1천만

49) 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

50) 서대석 외. 2017. 농축산 폐자원의 효율적 자원화 방안 연구(2/2차년도).

Gcal/년으로, 이중 가축분뇨는 1.6천만 Gcal/년으로 약 11.4%를 차지하고 있음.

○ 그러나 한국은 축분 연료화시설 수요처 미확보(포천군), 지역주민 반대(횡성군 축분바이오매스 발전소) 등 다양한 사유로 사업이 시도되지 못하거나 가동 중 중단한 사례가 대부분임. 가축분뇨의 고형연료화사업은 기술적·경제적 타당성에 대한 세밀한 검토결과 및 환경적인 효과를 종합하여 공공기관의 적용성 검증(사업화 가능성 등)을 우선적으로 시도하고 것이 필요하며 이후 지역주민과의 이해관계 조율을 통해 보급을 장려해 나가는 것이 바람직함. 일본에서도 계분 위주의 소각연소 발전시설중심으로 가동 중에 있으며, 최근에는 홋카이도를 중심으로 우분 펠릿을 이용한 농가형 발전시설을 보급 중에 있음. 일본은 우분 등 가축분뇨 고체연료 관련 품질기준 등에 관한 사항들은 아직 제도화되지 않은 상황이며 계분소각시설과 관련된 법률은 「폐기물 처리와 청소에 관한 법률」, 「다이옥신 대책 특별조치법」, 「대기오염방지법」, 「소음 규제법」, 「노동안전위생법」, 「열공급사업법」 등이 있다(한영한 2018).<sup>51)</sup>

○ 우리나라의 가축분뇨 공동처리시설은 낮은 경제성으로 인한 시설의 유지개보수 및 관리 등에 많은 어려움을 겪고 있어 수거·처리 단가 증대 또는 정부의 보조지원 확대를 고민해야 함. 환경문제에 대한 사회적 관심의 지속적인 확대와 가축분뇨법에 따라 퇴·액비 부숙도 기준이 강화된 상황을 감안하면 공동자원화시설에 대한 수요 증가는 앞으로도 지속될 수 있음. 따라서 기존 시설을 확대하거나 신규 대상지를 정해야하는 상황이 머지않아 도래할 것으로 예상되며, 신규 대상부지의 확보 계획시에는 지역 주민 등 이해관계들과의 협의와 정확한 수요예측, 재정지원 방안 마련이 필요함.

---

<sup>51)</sup> 한영한. 2018. 강원도 가축분뇨 고형연료화 사업 추진방안 연구.

- 이외, 2015년 가축분뇨법이 개정되면서 공공정화처리시설과 농협조합이 설치하는 공동자원화시설도 정부가 지원할 수 있도록 하였지만, 영농법인이나 민간업자가 설치하는 공동자원화시설은 제외된 것도 개선되어야 할 상황임. 지자체는 가축분뇨법에 의해 10년마다 가축분뇨 관리 기본계획을 수립하고 5년마다 그 세부계획의 타당성을 검토하여야 하므로, 지역 내 가축분뇨 처리 여건 등을 면밀히 분석하여 최적의 처리계획을 수립·시행하는 것이 필요하며, 추가적으로 축산업의 발전을 위해서는 지역별 진단부서를 설치하여 시설 담당자, 관련 전문가, 부처 관계자, 시민단체 등을 중심으로 한 운영 및 관리 내용, 개선·보완점에 대한 활발한 의사교류가 있어야 함.
- 현 시점에서는 위에서 제시한 대안 이외에도 가축분뇨의 적절한 처리를 통한 환경개선을 위해 비료·액비 대북지원 및 농업국가 수출, 퇴·액비 광역유통망 활성화, 폐수고도처리, 바이오가스에 대한 REC 가중치를 상향조정의 방안도 고민할 필요가 있음.
- 특히, 북한은 농경지 양분 부족량이 질소 기준으로 19만 2천 톤이고, 인 기준으로는 14만 3천 톤으로 추정되므로 남북 간 경제협력이 원활하게 추진될 수 있는 여건이 조성된다면, 부숙유기질비료와 관련한 협력사업을 적극적으로 추진해야 함(김창길 외 2015).<sup>52)</sup> 또한, 가축분뇨 관리 패러다임의 변화에 부합하고 지역의 양분총량 특성을 고려하여 자원화 분류를 선택적으로 적용하는 것도 중요함.
- 기타 시사점으로 가축사육시설의 입지 이슈임. 환경부 고시에 근거하여 각 지자체 별로 조례를 제정하여 운영하고 있으나, 악취 및 수환경 등을 고려한 주거지역 및 주요 수계와의 이격거리 설정 범위기준이 매우 상이하여, 기준이

---

<sup>52)</sup> 김창길 외. 2015. 양분총량제 도입방안 연구.



부재한 지역도 있는 등 일관성이 없음을 확인하였음. 지역 주민의 경제적 이해관계에 민감한 지자체에만 모든 권한을 부여하는 것은 바람직하지 않으므로 이 부분에 대해서는 향후 정부의 세분화된 지침 수립이 필요할 것으로 사료됨.

○ 가축사육으로 인해 가장 문제시 되는 악취 및 수질 영향을 최소화하기 위해 가축분뇨 발생, 수집, 이동, 처리 경로의 철저한 관리와 함께 축사시설에서 발생하는 비점오염원이 수계로 직유입되지 않도록 식생저류지, 식생수로, 인공습지 등 실효적인 저영향개발(LID) 시설의 구축도 반드시 필요함. 이외 입지규제 이전에 설치된 축사시설은 시설의 개보수 및 사후 관리가 보다 철저히 이루어질 필요가 있음.

○ 근래 도시화 지역의 확산으로 인해 가축시설, 공공처리시설 인근에 공동주택 시설들이 지속적으로 들어서 악취로 인한 민원사례가 급격히 증가하고 있음. 이는 국민의 주거에 있어 삶의 질을 좌우할 수 있는 만큼 중요하므로 위에 제시된 다양한 시사점들을 종합적으로 고려하여 축산업의 상생발전을 위해 대책 수립이 요구됨(김연제 외 2009).<sup>53)</sup>

---

<sup>53)</sup> 김연제 외. 2009. 소규모 가축분뇨 처리시설의 효율적 관리체계 구축에 관한 연구.

## 제3장

# 가축분뇨에 의한 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 국내 우수사례





# 3

## 가축분뇨에 의한 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 국내 우수사례

### 1. 농림축산식품부의 광역악취개선사업 우수사례

#### 1.1. 광역악취개선사업 추진배경 및 현황

○ 국내 축산업의 경우 국민소득 증가에 따라 축산물 수요가 증가되었고 이에 따라 축산물 생산량도 증가함. 1인당 육류 소비량은 2005년 31.7kg에서 2018년 53.9kg으로 증가하였으며, 축산업 생산액의 경우도 2008년 13조 5,920억 원에서 2017년 20조 1,770억 원으로 급속히 증가함.

○ 이러한 양적성장에도 불구하고 환경문제(수질·대기오염, 악취 등)로 인해 축산업 자체가 위축되고 있는 실정임. 특히, 축산악취 민원의 경우 2013년 2,604건에서 2017년 6,112건으로 2배 이상 증가하였으며(환경부 2018),<sup>54)</sup> 이에 따라 다양한 형태의 지원정책 및 규제정책이 만들어지고 있음. 그 중 농

<sup>54)</sup> 환경부. 2018. 2017년 악취민원실태조사.

림축산식품부의 광역축산악취개선사업의 경우 대표적인 지원정책 중 하나로 서, 2016년부터 축산악취 민원이 다량 발생하는 축산단지의 개선을 위해 기 획되어 추진됨.

- 축산단지에서 발생하는 악취의 경우 10여개 이상의 축산농가가 모여 있다 보 니, 1~2개소의 농가만 개선해서는 축산악취가 줄어들지 않으며 악취의 원인을 파악하기도 쉽지 않음. 특히 축산악취의 경우 눈에 보이지 않는 악취가 원인으 로서 단지 내 축산농가는 그 책임성을 서로에게 미루며 ‘내 농장은 아니다’라는 인식이 강해 상황이 점점 더 악화되는 경우가 발생함. 이에 농림축산식품부는 기존의 개별농가 개선을 위한 사업에서(시·군 내 2~3개소 농가 지원/년) 시·군 또는 마을, 축산단지를 개선할 수 있는 산업을 새롭게 만들어 지원함.
- 광역축산악취개선사업은 '16년 5개 지역을 시작으로 매년 5~6개소를 지원 하여 추진하고 있으며, 사업대상자(사업주체)는 시·도지사 또는 시장·군수가 신청하고, 지원대상자는 사업대상 지역내 축산농가, 농업 법인·단체 등이 대 상으로 농림축산식품부장관이 선정함.
- 선정방법은 시·도에서 신청한 지역을 대상으로 악취민원의 심각성, 사업계획 실행 가능성, 지자체의 사업추진 의지 등을 종합평가하여, 연간 3개소 내외를 선정함. 사업기간은 2~3년을 계획하고 있으며, 개소당 지원한도의 경우 35억 원 내외를 설정하여 지원함. 사업비의 경우 평가 및 컨설팅 결과를 반영하여 농림축산식품부에서 최종 확정하며, 지원조건은 국비보조 20%, 지방비 보조 20%, 용자를 60%(연 2%, 3년 거치 7년 균분상황)의 조건으로 지원함.
- 지원된 자금의 용도는 축산악취저감에 필요한 시설·장비 등에 사용이 가능하 며, 1순위가 악취저감시설, 2순위 가축분뇨의 자원화 및 정화시설, 3순위가 가축분뇨 처리를 위한 기계·장비 구입 등에 사용이 가능하며, 사업자 선정 후

축산환경관리원의 컨설팅 후 최종 사업비를 확정함. 광역축산악취개선사업의 추진 우수사례로는 사업이 완료된 경상남도 고성군의 양돈농가('16년 사업자)가 있으며, 주요 지원사업으로 돈사 액비순환시스템, 폐사축처리기, 미생물 배양기 설치 등으로 지원됨.

- 광역축산악취개선사업은 총 4단계로 나누어 추진되고 있음<표 3-1><그림 3-1>. 초기단계의 경우 개별농가의 현황을 축산환경관리원을 중심으로 조사하였으며, 1단계에서는 농가 교육을 실시하고 월별 퇴액비 부속도 검사를 실시함. 2단계에서는 집중관리 대상 농가 주1회 방문 지도 및 점검을 추진하고, 퇴액비 반출신고제를 도입 적용하였음. 3단계에서는 분기별 가축분뇨(퇴·액비) 검사를 추진하고 있으며, 양돈농가 분뇨처리장(퇴·액비) 및 돈사를 중심으로 축산악취 ICT 기계·장비를 설치하여 실시간 악취발생 정도를 측정함.

**표 3-1** 광역축산악취개선사업 단계별 주요 사업추진 내용

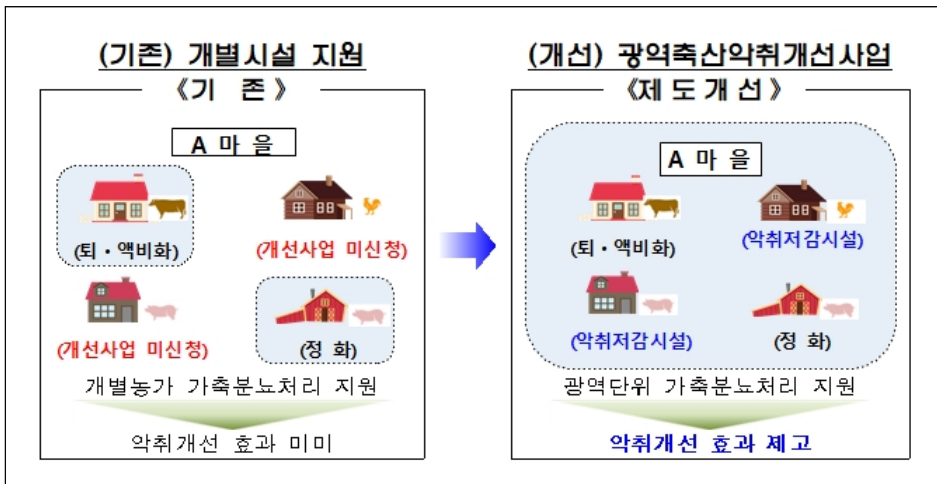
단계	단계별 주요 사업추진 내용	
초기단계	주요	· 개별농가(축종별) 조사실시(축산환경관리원) · 조사 시 개별농가 홍보(관리 및 점검 시스템)
	세부	· 기본조사(사육두수, 분뇨처리시설, 처리방법, 폐사율 등) · 축사 기본현황 조사(축사형태) · 농가 의지도 의견(악취저감시설 투자의지, 악취에 대한 인식)
1단계	주요	· 농가 교육실시 · 월별(분기별) 퇴·액비 부속도 검사 실시
	세부	· 주기적 농가(분기별 교육실시) 교육실적 제출 · 개별농가 퇴·액비 생산수준 점검 · 퇴·액비 생산수준 미달 농가 집중관리 대상 농가 지정 · 체크리스트 작성(퇴·액비 반출 및 부속도 검사내용)
2단계	주요	· 집중관리 대상 농가 주 1회 방문 지도 및 점검 · 일정규모 이상 농가는 액비 주1회 부속 및 성분검사 의무실시 · 퇴·액비 반출신고제 도입
	세부	· 축산환경관리원 퇴·액비생산 컨설팅 실시 · 반출시 행정유선통보(집중관리대상 농가에 대한 현장점검) · 체크리스트(농가 관리용) 작성 및 악취민원 해결 · 반출: 검사 년 4회 이상 실시한 농가에 대한 반출허용 · 자가 조사료포 및 농지살포 시 연 4회 검사 의무실시(검사실적 제출)

(계속)

단계	단계별 주요 사업추진 내용	
3단계	주요	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 분기별 가축분뇨(퇴·액비)검사기관 의뢰 실시</li> <li>· 인력총원 1~2명 검사 및 신고제 업무담당(공무원 및 공무원직)</li> <li>· 현장 맞춤형 인력육성 추진</li> <li>· 양돈농가 분뇨처리장(퇴·액비) 실시간 악취 모니터링시스템 의무설치</li> </ul>
	세부	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지자체 간이검사 실시 가능</li> <li>· 지자체 담당자 퇴·액비생산 기술습득</li> <li>· 지자체 및 축산환경관리원 컨설팅 및 점검용</li> </ul>

자료: 농림축산식품부. 2018. 2019년 광역축산악취개선사업대상자 선정계획.

그림 3-1 광역축산악취개선사업의 추진체계



자료: 농림축산식품부. 2018. 2019년 광역축산악취개선사업대상자 선정계획.

○ 해당 사업은 악취저감을 위해 단순 시설 설치뿐만 아니라 농가에서 발생할 수 있는 악취저감에 대한 다양한 컨설팅(〈표 3-2〉)이 이루어지며, 최종적으로 사업 완료 이후 축산환경관리원을 중심으로 연 2회 현장점검 및 ICT장비를 설치하여 실시간 악취관리 등을 포함한 사후관리를 지속적으로 추진됨.

**표 3-2** 악취저감시설 설치 외 대상농가 조치사항

구분	조치사항
수세	· 주1회 이상 수세 실시 · 비육사는 돼지가 있는 상태에서 수세하고, 축사 거미줄 및 먼지 제거는 월 1회 이상 실시(수세기 미생물 첨가)
사육밀도	· 1두당 1㎡ 이상 유지
슬러리 피트	· 여유공간 : 20~30cm 유지 · 슬러리제거를 통한 암모니아 및 황화수소 발생 감소
평사축사	· 분은 제거 후 미생물 수세 또는 액비로 수세
퇴비사	· 퇴비사 내에 있는 분뇨처리(간이 저장조) 및 퇴비사 퇴비처리 - 퇴비 속에 있는 폐사축 냄새 제거
밀폐화	· 퇴비사 및 고액분리기 설치 장소 밀폐
인허가 간소화	· 개발행위 미허가 및 액비재활용신고 없이 악취시설로 신고
기타	· 개 사육 모두 처분(반려견 제외)

자료: 농림축산식품부. 2018. 2019년 광역축산악취개선사업대상자 선정계획.

## 1.2. 광역악취개선사업 우수사례


○ 광역축산악취개선사업을 추진한 대부분의 대상농가에서 악취가 저감되었으며, 액비순환시스템 등 돈사 내부 환경을 개선하는 악취저감시설을 설치한 농가의 경우는 특히 가축의 생산성이 증가하는 것을 확인할 수 있었음. 아래에는 해당 사업을 추진한 다양한 농가 중 우수인사례인 경남 고성시 소재의 개별농가(위탁농, 개방형 돈사) 및 2개의 축산단지 개선효과에 대하여 정리하였음.<sup>55)</sup>

<sup>55)</sup> 축산환경관리원. 2018. 깨끗한 축산농장 및 광역축산악취개선사업 우수사례.



**글상자 1** 광역악취개선사업 우수사례(1) 개별농가 개선

**글상자 표 1** 농장현황

구분	현황	
농장명	00농장(경남 고성소재)	
사육두수	1,600두(양돈)	
돈사형태	총4동	

**글상자 표 2** 악취저감시설 설치내역

설치내역	설치사양	설치완료일
액비순환시스템	액비저장조 1,000㎡, 배관공사	2017. 4.
미생물배양기	MT550M, 600L	2017. 4.
고속데칸타	원심 고액분리기, 무한기술	2017. 4.
<b>액비화시설 설치</b>	<b>브로워 및 전기판넬 설치</b>	<b>액비순환 분배기 설치</b>
		
<b>액비순환 배관 설치</b>	<b>미생물배양기 설치</b>	<b>고속 데칸타 설치</b>
		

**글상자 표 3** 약취저감을 위한 조치사항 및 개선노력

구분	관리 및 약취지도 전	관리 및 약취 지도 후
지도점검	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 지도 및 교육시 약취저감요구</li> <li>· 개선방향 없음</li> <li>· 년 2~3회 약취점검</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 스스로 약취저감 실천</li> <li>· 개선방향 제시 및 실천</li> <li>· 주2~3회 점검지도</li> </ul>
조치사항	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 축사면적 600.38㎡ ⇒ 650두 사육</li> <li>· 두당 0.92㎡</li> <li>· 폐사율 12%</li> <li>· 폐사두수 78두</li> <li>· 사료요구율 3.5kg</li> <li>· 슬러리 피트 여유공간 5cm 이하</li> <li>· 슬러리 피트 약취발생</li> <li>· 폐사축처리 퇴비사 이용</li> <li>· 미생물 배양 미실시</li> <li>· 생분뇨 반출(위탁)</li> <li>· 약취민원 주2~3회 발생</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 축사면적 600.38㎡ ⇒ 500두 사육</li> <li>· 두당 1.2㎡</li> <li>· 폐사율 2.1%(폐사율1% 추진중)</li> <li>· 폐사두수 11두</li> <li>· 사료요구율 2.8kg</li> <li>· 슬러리 피트 여유공간 20cm 이상</li> <li>· 슬러리 피트 분뇨 제거</li> <li>· 축사세척 실시 및 폐사축처리기 이용</li> <li>· 미생물 배양 후 축사 및 퇴비사 살포</li> <li>· 액비생산, 간헐적 순환시스템 가동</li> <li>· 최종 액비순환시스템 가동계획</li> <li>· 약취민원 2018년까지 없음</li> <li>· 액비부숙도 검사완료(부숙)</li> </ul>

**글상자 표 4** 사업효과

구분	2010년	2017년	분석 및 실천내용
액비 성분 검사	N(0.51) P(0.13) K(0.51)	N(0.05~0.1) P(0.05) K(0.1)	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기간제 근로자 1명 채용</li> <li>· 2016년 공무원전환 관리체계 구축</li> <li>· 액비검사 주1회 이상 의무 실시</li> <li>· 주기적 교육 및 홍보(매년 6회 실시)</li> <li>· 액비생산 월 2~3회 지도 및 점검</li> <li>· 미숙액비 살포시 약취민원 발생</li> <li>· 2017년 중숙사유 액비생산과정(지도용 검사)</li> <li>· 액비살포 후 약취민원 발생시 제재강화</li> <li>· 보조사업 참여제한 및 농가 교육시 공개</li> <li>· 액비살포 지역 약취발생으로 타농가 피해발생</li> <li>· 설치업체 액비생산 평가</li> <li>· 자체 약취관리시스템 가동</li> </ul>
부숙도 검사	검사 406건 부숙 160건 중숙 198건 미숙 24건	검사 523건 부숙 389건 중숙 134건 미숙 0건	
액비 약취 강도	70% 이상 약취 발생	10% 미만 약취 발생	

**글상자 표 5** 전국 및 일반농가·약취저감 농가 비교분석

구분(해당농가)	전국평균 및 약취저감 전	약취저감 및 실천 후	비교분석
사료요구율 감소	3.57kg	2.8kg	0.77kg*85kg*1,000두*500원 =32,725,000원
폐사율 감소	10% (100두 폐사)	2.1% (21두 폐사)	100두-21두(79두)*400,000원 =31,600,000원
출하일수 감소	140일 최대	120일 최대	20일*1일사료섭취량 3kg*1,000두*500원 =30,000,000원
약품값 절감	4개월 1500,000원	3개월 800,000원	700,000원
분뇨처리 절감	위탁 톤당 40,000원 140일 : 714톤 발생	톤당 15,000원 120일: 612톤 발생	처리비용(전) : 40,000원*714톤 =28,560,000원 자가처리(후) : 15,000원*612톤 9,180,000원 차액 : 19,380,000원
약취관리	심한약취 발생	약취 미발생	약취 및 사육환경 개선
민원발생 건수	주 2~3회 이상	미발생	주민과 상생역할
암모니아 수치(비육사)	40~50ppm	10~15ppm	가스 미발생
합계	-	-	총 114,405,000원 경영비 감소 및 소득증대

주 1) 육성돈(30kg) ⇒ 출하시(115kg) 85kg 기준 및 1,000두 출하시 비교분석

2) 대상농가: 2016년 광역축산약취개선사업 참여 2017년 4월 완공. 약취저감시설 설치이후 1년간 비교분석한 자료임.  
노후화가 심각한 축사시설도 농가의 관심과 노력만 있으면 약취저감 및 농가소득이 증대될 수 있음.

**글상자 2** 광역약취개선사업 우수사례(2) 양돈단지 개선

□ 사업선정 개요

- 사업대상자 선정: '16년 10월
- 사업비: 1,478백만 원
- 사업신청농가: 15개 축산농가 및 시설(양돈농가 13개소, 공동자원화 1개, 영농조합법인 1개)
- 추진배경: 주변 인근 마을과 인접(300m)한 지역으로 양돈장의 시설 노후화 및 유기질 비료공장에서 발생하는 약취로 민원이 지속적으로 제기됨에 따라 00양돈단지의 약취저감을 위하여 사업을 추진함.

**글상자 표 1** 사업대상 양돈단지 현황

구분	현황	민원발생
양돈단지	○ 조성시기 : 1991~1993년 ○ 양돈농가 : 9호 ○ 부지면적 : 55,872㎡ ○ 사육두수 : 22,000두	11건

(계속)

구분	현황	민원발생
축협 유기질 비료공장	○ 운영주체 : 00축협 ○ 설립연도 : 1993년 ○ 부지면적 : 15,582㎡ ○ 일일처리량 : 88톤 ※ 인근 부지 가축분뇨 공동자원화시 설 설립 예정	3건
인근마을	○ 00 1, 2, 3리 마을과 인접 ○ 거주인구 : 567명 ○ 주요 악취민원 제기 처 ○ 인근마을과의 최단거리 : 300m ○ 00시내와의 최단거리 : 4.5km	인터넷 카페 다수

**글상자 표 2** 양돈단지 악취저감시설(바이오커튼 등) 설치

구분	악취저감시설
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 축사 외벽에 위치한 환기팬을 통해 돈사에서 발생하는 분뇨, 돼지 냄새가 외부로 배출되어 악취를 유발함에 따라 축사 외벽에 바이오커튼을 설치하여 악취 및 분진 차단</li> <li>· 액비순환시스템과 연계하여 미생물제 생산시설, 밀폐탈취시설 등 생물학적, 물리·화학적 방법으로 급이 및 살포함으로써 악취 저감효과 극대화</li> </ul>
설계방향	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 축사 외벽에 바이오커튼 설치시 축사온도 조절 및 환기를 감안하여 개폐가 가능하도록 설치</li> <li>· 기존 배양시설을 보유한 농가는 살포라인만 추가 설치로 비용절감</li> <li>· 기존 설치된 미생물 배양기를 통해 배양된 미생물을 돈사 및 슬러리 피트에 살포하여 가축에게 무해한 환경친화적인 방법으로 악취저감 추진</li> </ul>
설계내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 바이오커튼 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 악취저감을 위하여 환기팬이 있는 축사 외벽에 처마에서부터 약 30~50cm 정도의 철골로 된 프레임 설치 후 이중으로 차단막(커튼) 설치</li> <li>· 설치 후 커튼사이로 물이 분사되는 살포라인을 설치하여 악취 및 분진 제거(농가 자부담으로 추진)</li> <li>· 돈사 구조상 설치가 필요없는 농가는 제외</li> </ul> </li> <li>○ 미생물살포시설 <ul style="list-style-type: none"> <li>· 돈사 내 슬러리피트로 배양된 미생물을 살포하는 기계·장비 설치</li> <li>· 기존 배양시설 보유 농가의 경우 살포라인 및 부대·장비만 추가 설치</li> </ul> </li> <li>○ 그 외(양돈단지 경계선 펜스 설치 및 방풍목 식재) <ul style="list-style-type: none"> <li>· 시각적으로 보여지는 부정적인 인식 개선을 위한 단지 외부 펜스 설치 및 방풍목 식재로 양돈단지의 이미 지 제고</li> </ul> </li> </ul>

○ 00축협(공동자원화시설) 분뇨처리장 밀폐 및 탈취설비 설치

기대효과

- 퇴·액비화 시설을 밀폐화하여 악취 확산을 방지하고, 탈취설비를 통해 적정처리함으로써 쾌적한 주민생활환경 조성
- 설계방향
- 개방형 액비화시설을 밀폐하여 액비화 과정에서 발생하는 악취의 확산 방지
  - 신축되는 공동자원화시설과 연계하여 기존에 사용하던 퇴비화시설은 내부시설을 철거하고, 저장 창고로 용도 변경하여 생산된 가축분퇴비 완제품을 저장
  - 액비화 과정 및 퇴비완제품에서 발생하는 악취를 차단하기 위하여 시설의 완전 밀폐화 및 탈취설비(액비화시설) 설치

설계내용

○ 액비화시설

- 액비화시설은 H빔 설치 후 지붕과 벽체를 완전밀폐하여 악취가 외부로 확산되는 것을 방지
- 액비화시설에 별도의 탈취설비를 설치함으로써 액비 생산과정에서 발생하는 악취를 안정화시켜 2차 오염 방지
- 시설의 완전밀폐로 내부 온도변화를 최소화하여 호기성 생물의 활성화 유도
- 과도한 산·알카리계 악취원인물질의 발생으로 흡수액이 지정된 pH농도보다 높거나 낮아질 경우 센서에 의해 황산과 수산화나트륨이 자동 주입되도록 하여 악취의 제거능을 일정하게 유지
- 악취를 함유하고 있는 더운 공기가 상승하는 대류 작용을 고려하여 액비화시설 상부에 메인 덕트 설치

○ 퇴비화시설

- 기존 퇴비화시설의 내부 기계·장바·시설물 철거
- 노후화된 H빔 녹 제거 및 보완공사를 통해 철골 보완
- 벽과 지붕을 FRP 등으로 제작하여 악취확산 방지
- 퇴비화시설을 완전 밀폐시키고 퇴비 완제품 창고로 활용

○ 악취저감을 위한 조치사항 및 개선노력

양돈단지농가

- 악취저감커튼 설치로 환풍구에서 배출되는 분진확산 방지
  - 악취저감커튼 내부 분무시설에서 타이머에 의한 주기적 악취탈취제 분사
- 농장 2개소는 축사구조를 반영하여 악취저감커튼 대신 악취저감용 안개분무기 설치
  - 악취탈취제를 혼합한 안개분무시설에서 타이머에 의한 주기적 악취탈취제 분사
- 액비순환시스템 월평균 2회 순환
  - 액비는 단지와 인접한 가축분뇨 공동자원화시설에서 생산되어 단지로 투입
- 기존 미생물 배양시설을 활용하여 미생물 배양 후 돈사 및 슬러리 피트 살포
  - 450 ℓ / 주 생산·소요
- 악취저감용 환경개선제 자체적으로 구입하여 사료 톤당 1kg 혼합하여 급여
- 주 1회 이상 주기적인 바닥청소

00축협(공동자원화)

- 기존 퇴비 야적에 따른 악취발생을 최소화하기 위하여 밀폐한 기존 퇴비화시설에 공동자원화시설에서 생산된 퇴비를 보관하는 창고로 활용
- 2시간 단위 악취탈취제 살포
- 미생물 배양시설을 활용하여 미생물 배양 후 액비, 퇴비 생산시 살포
  - 퇴비 : 1,200 ℓ / 주, 액비 : 4,400 ℓ / 주 생산·소요
- 일과 후 매일 청소 실시, 매주 금요일 대청소 실시
- 사업장 주변 식수식재, 울타리 조성(예정), 화단정리 등 환경개선

### 글상자 3 광역악취개선사업 우수사례(3) 양돈단지 개선


#### □ 사업선정 개요

- 사업대상자 선정: '16년 10월
- 사업비: 3,900백만 원
- 사업신청농가: 15개 축산농가

**글상자 표 1** 사업대상 양돈단지 현황

설 치 내 역	농가수	비고
액비순환시스템 구축	2	돈사액비시스템 기대효과: 고품질의 액비를 생산하여 돈사 피트내에 순환함으로써 악취저감 및 사육환경 개선 도모 돈사액비순환시스템 설계방향: · 액비 생산 체계 및 순환시스템 우선 조건 · 악취 저감 서약 및 농가 관리 의지력 강화 · 암모니아가스 제거, 악취저감, 분진 제거, 공기정화 원칙 · 액비순환시스템 배관은 아연 도금 배관으로 하고, 펌프에 유량계 설치
액비순환 저장조 설치(600톤)	1	
고액분리기 설치	7	
바이오커튼 설치	3	
퇴비사, 저장조 밀폐	10	
탈취설비 설치	7	
음수투약기 시스템 설치	3	
기타(이산화염소 공급장치, 안개분무시설 등)	5	

**글상자 표 2** 농장현황

구분	현황	
농장명	A농장(경북 영천소재)	
사육두수	3,130두 (모돈수 230두)	
돈사형태	총 7동 (슬러리돈사 7동 2,674.5㎡)	

**글상자 표 3** 악취저감을 위한 조치사항 및 개선노력

설치내역	설치사항	설치완료일
액비순환시스템 증설	액비화시설 증설(601.4㎡)	'18. 3.
퇴비사 밀폐 및 탈취	퇴비사 밀폐 후 탈취탑 (세정식 탈취) 설치	'18. 3.
돈사 내외부 악취저감	돈사 내 안개분무시설 및 밀폐(탈취) 설치 돈사 환기시설 방향 조정 후 밀폐 (지붕→벽체)	'18. 3.

### 1.3. 광역축산악취개선사업으로 설치된 주요 악취저감 시설 및 효과<sup>56)</sup>

- 광역축산악취개선사업과 축산악취 ICT 기계·장비와의 연계 효과는 다양한 형태로 축산농장의 악취저감 및 환경개선에 효과적임. 축산농가의 경우 다양한 악취저감시설을 고비용의 사업비를 투입하고도 악취 저감효과에 대해 체감만으로 시설의 성능을 평가하였으나, ICT 장비를 포함한 센서를 추가 설치함으로써 시설 운영의 적절성, 운영 기술 방법, 악취저감 정도를 정량적 수치로 판단하여 효과적인 악취저감의 추진이 가능함.

#### 1.3.1. 액비순환시스템 사례

- 광역축산악취개선사업 및 축산악취 ICT기계·장비 설치사업을 활용하여 액비순환시스템을 적용한 무창돈사와 개방형돈사의 악취를 측정하였음<표 3-3><그림 3-2>.
- 개방형돈사의 경우 시설설치가 완료된 '18년 4월부터 가동이 시작되었으며, 창이 개폐되는 5월 중순부터 악취발생량(NH<sub>3</sub>)이 현저하게 줄어드는 것을 알 수 있음. 특히, 액비순환시스템을 운영하기 전에는 평균 암모니아(NH<sub>3</sub>) 수치가 10~50ppm으로 측정되었으나, 액비순환시스템 적용후 암모니아(NH<sub>3</sub>) 수치가 10ppm을 넘지 않았으며, 창문이 개방되는 여름철 온도가 증가함에도 암모니아 수치는 비교적 감소하는 경향을 나타냄.
- 무창돈사의 경우 액비순환시스템 적용 후 암모니아 수치가 급격하게 줄어 '18년 7월 평균 발생 암모니아(NH<sub>3</sub>)는 평균 2ppm까지 감소하였으나, 여름철 급격한 온도 상승으로 액비관리 착오로 인해 8월부터 암모니아 수치가 증가

<sup>56)</sup> 축산환경관리원. 2019. 악취측정 ICT 기계·장비 설치사업 현장점검 결과보고.

함. 7월 평균 온도가 31℃까지 증가함에 따라 혹서기 운영 경험이 없는 농장 주의 액비 관리에 어려움이 발생함에 따라 액비순환시스템 적용 전과 같이 암모니아(NH<sub>3</sub>) 수치 증가(8월 액비저장조 보수 공사 진행)함.

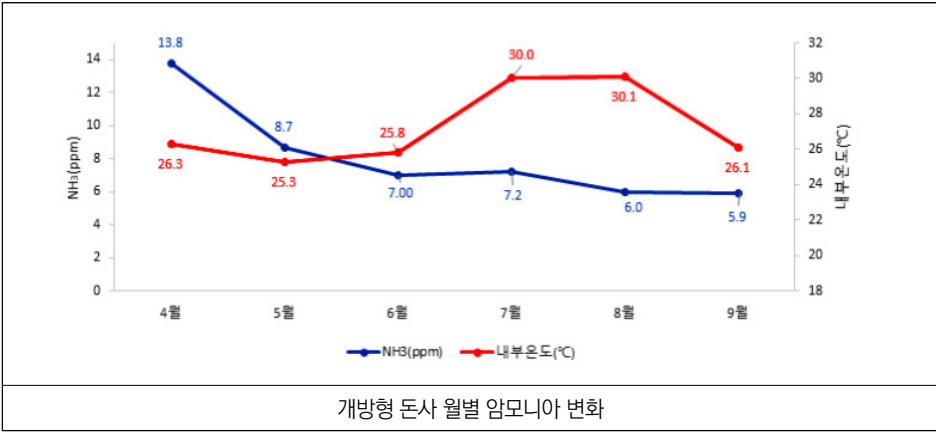
○ 액비순환시스템은 축사환경에 비교적 영향을 적게 받았으며, 온도와 습도가 증가함에도 암모니아(NH<sub>3</sub>) 수치가 꾸준히 감소하여 혹서기에도 우수한 악취 발생 저감효과를 보였으나, 급격한 온도변화에 따라 액비를 구성하고 있는 미생물 관리에 세심한 관찰이 필요하는 등 액비순환시스템을 운영하는 운영관리자의 세심한 관리가 필요한 것으로 판단됨.

**표 3-3** 액비순환시스템을 적용한 돈사 내 암모니아 농도 및 통계분석

구분	암모니아(NH <sub>3</sub> ) 측정값 (ppm)					
	4월	5월	6월	7월	8월	9월
액비순환시스템 (개방형돈사)	13.8±4.6a	8.7±0.5b	7.0±1.9b	7.2±0.8b	6.0±0.3b	5.9±0.3b
액비순환시스템 (무창돈사)	12.9±2.6a	8.4±1.8b	2.5±0.8c	2.0±0.1c	8.7±2.3b	11.8±2.8ab

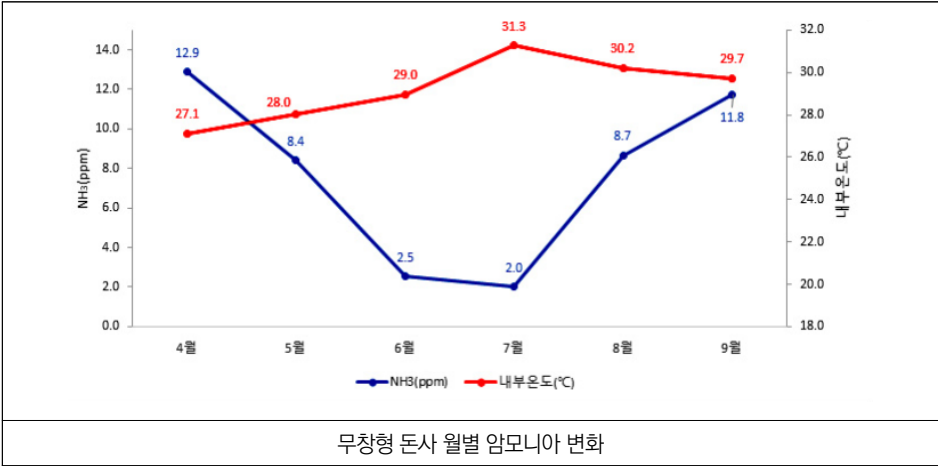
주: a-c Means with different superscript in the same column are different (p<0.05).

**그림 3-2** 액비순환시스템을 적용한 돈사 내부 암모니아 변화





(계속)



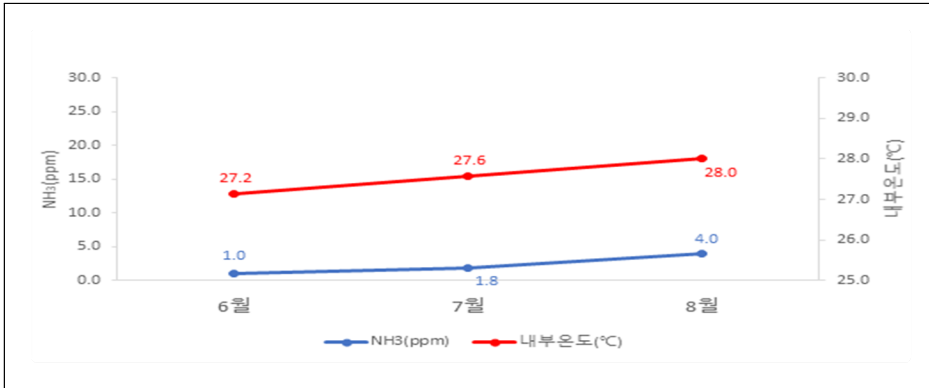
1.3.2. 퇴비사 밀폐 사례

○ 퇴비사 밀폐의 경우 퇴비사 외부에서 발생하는 암모니아 수치를 측정하였음.  
퇴비사 밀폐가 완료된 '18년 6월부터는 암모니아 수치가 평균 5ppm 이하로 발생함에 따라 축산관련 악취 저감에 효과가 있었으나, 기온이 증감함에 따라 내부 퇴비사 관리에 어려움이 발생하여 악취 발생이 증가<표 3-4><그림 3-3>.

구분	암모니아(NH3) 측정값 (ppm)		
	6월	7월	8월
퇴비사 밀폐	1.0±0.42b	1.8±1.15b	4.0±0.31a

주: a-c Means with different superscript in the same column are different (p<0.05).

**그림 3-3** 퇴비사 밀폐 시 외부 암모니아 농도 변화



- 퇴비사의 경우 밀폐화가 퇴비사 외부 악취저감에 효과적이었으나, 내부 퇴비 상태도 중요함에 따라 적절한 수분조절제 투입, 고액분리 등을 활용하여 악취를 저감시키는 것이 효과적임.

### 1.3.3. 주요 악취저감시설별 악취저감 효과

- 돈사 외부의 악취저감효과를 규명하기 위해, 광역축산악취개선 사업대상농가(115개소)를 대상으로 서면조사를 실시하였고, 그중 사업추진이 완료된 축산농가 35개소를 중심으로 주요 악취저감시설별 악취저감효과(<표 3-5>)를 확인한 바 있음.

**표 3-5** 주요 악취저감시설별 악취저감 효과

항목	개소(n)	설치 전 NH3(ppm)	설치 후 NH3(ppm)	t	자유도	유의확률(p)
바이오커튼	31	11.5	5.3	5.0	30	0.000**
안개분무시설	20	10.9	7.1	2.6	19	0.018*
액비순환시스템	20	13.9	2.8	3.8	19	0.001**
퇴비사밀폐	14	14.1	4.4	2.3	13	0.041*
액비저장조	2	37.5	2.5	2.7	1	0.226
탈취탑	7	10.0	6.0	1.3	6	0.234

## 2. 축산환경관리원의 축산악취 모니터링 시범사업 우수사례

### 2.1. 축산악취 모니터링 시범사업 추진배경 및 현황

- 축산악취의 경우 실시간 관리가 이루어져야 하나, 악취의 경우 다양한 요인과 기상적 요건에 따라 수시로 변화하여 실제 관리에 어려움 발생함. 이에 축산악취를 측정하여 관리할 수 있는 다양한 사업을 고려 중 ICT 장비와 센서를 설치하여 실시간 악취를 관리할 수 있는 악취 모니터링사업을 추진('17년)함.
- 해당 사업의 목적은 ICT(정보통신기술)를 활용하여 악취다량발생 축사시설 등을 대해 실시간 모니터링하여 악취확산을 사전 예방하고, 악취민원을 신속하게 대응하는 등 악취를 체계적이고 투명하게 관리하는 것에 있음.
- 축산악취 모니터링사업은 농림축산식품부와 축산환경관리원이 연계하여 추진하는 사업으로 정확한 사업 명칭은 '악취측정 ICT 기계·장비 지원사업'임. 축산환경관리원은 '17년 악취관리지원센터를 신설하여 농가에서 측정된 악취정보를 수집할 수 있는 관제시스템을 구축하고 현재('19년 8월 기준) 전국에 76개소 농장을 대상으로 운영 중에 있음.
- 악취측정 ICT기계·장비 설치사업의 사업대상은 광역축산악취개선사업 참여 농가 및 악취민원이 잦은 농가를 대상으로 주로 광역축산악취개선사업 대상 지역에 지원하여 사후관리로 활용됨. 해당 사업의 대상농가는 '17년 42개소(5개 시·군)를 시작으로 총 145개소('18년 50개소, '19년 53개소)를 사업자로 선정하여 사업을 추진중이며, 현재('19년 8월 기준) '17년 및 '18년 사업자 92개소 중 76개소가 설치되어 운영 중에 있음. 지원비율은 국비보조 40%, 지방비 보조 30%, 자부담 30%이며, 지원한도액은 2,000두 기준으로 1,6백만 원 또는, 농가당 50백만 원임.

○ 악취측정 ICT기계·장비 설치사업은 매년 사업량이 증가하고 있으며, 지속적으로 확대할 계획임. 사업지원 내용의 경우 ICT 융복합 시설장비 및 정보시스템을 중심으로 지원하고 있음. 세부적으로는 악취감지센서(암모니아(NH<sub>3</sub>)), 내부환경(온도, 습도, 환기량 등)의 센싱을 위한 모니터링 장비, 축사의 악취 모니터링, 분석 및 제어를 위한 정보시스템으로 구성되어 있음<그림 3-4><그림 3-5>.

○ 사업의 신청에 있어 신청자(농가)는 축산환경관리원의 규격 및 서비스 기준을 준수하여, 먼저 축산환경관리원의 컨설팅 결과를 반영한 사업계획서를 시·군에 제출함. 이후 시·도지사가 사업대상자를 최종 선정하여 해당 시·군에 통보하고, 농림축산식품부와 축산환경관리원에 명단 제출하여 선정하는 절차를 가지고 있음.

○ 해당 사업의 추진 시 고려사항은 다음과 같음.

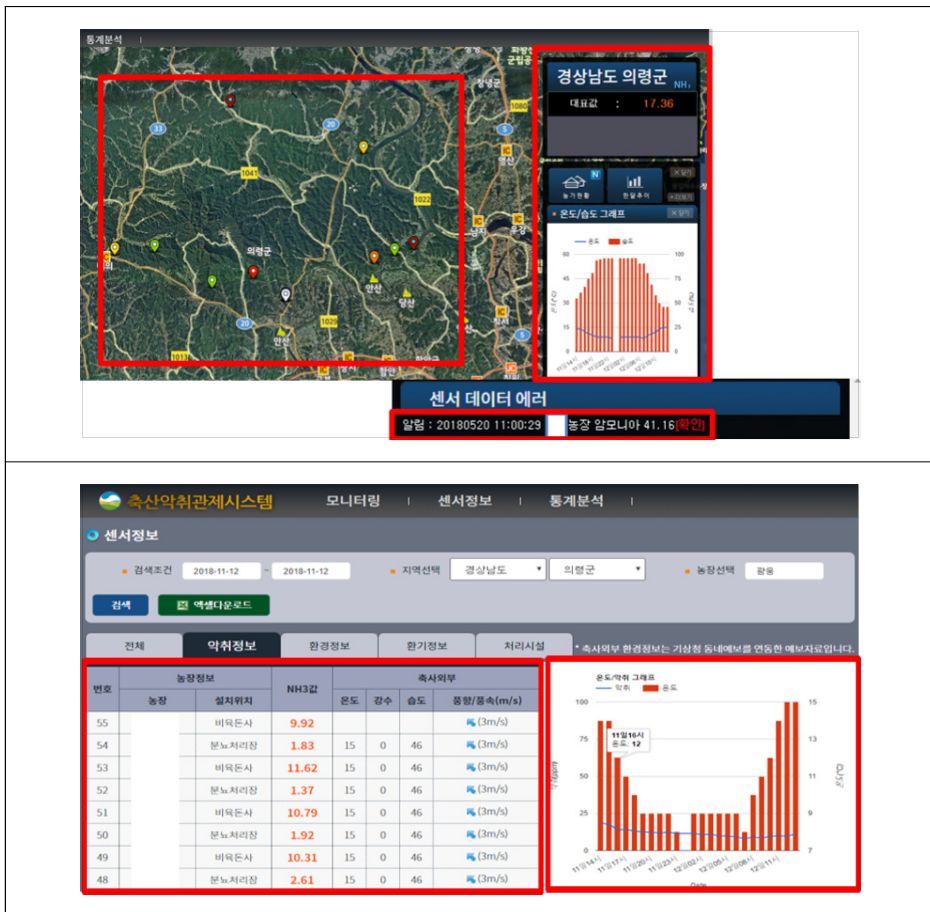
- 시·군 사업 신청대상자 컨설팅 결과
- 광역축산악취개선사업에 참여하여 악취저감시설을 설치한 농업경영체
- 우수한 시설현대화 조건을 갖추고, 전산관리를 통해 생산·경영관리를 하고 있는 농업경영체
- ICT 융복합시설 설치 준비 및 사업 지속성 등의 컨설팅 결과가 우수한 농업경영체
- 사업대상자는 보조금 교부결정 후 최대한 빠른 시일 이내에 사업을 개시할 수 있는 업체를 선정하여야 함
- 선정 취소 또는 사업포기자 발생시 우선순위에 따라 지원
- 농가 임의로 사업량을 결정하여 신청할 경우 제외(축산환경관리원의 컨설팅 결과에 따라 설치)

그림 3-4 축산악취 ICT 기계·장비 모식도



자료: 축산환경관리원. 2017. ICT활용 축산악취 모니터링시스템(설치장비 규격 및 서비스 기준(안).

그림 3-5 축산악취 ICT 기계·장비 모식도 실시간 정보관리 현황



자료: 축산환경관리원. 2019. 악취측정 ICT기계·장비 기업간담회 자료.

## 2.2. 축산악취 모니터링 시범사업 우수사례

- 축산악취 ICT기계·장비는 농가별 주요 악취 발생 요인이 될 수 있는 지점(농가당 3~4point)에 악취측정 센서를 설치하고 설치된 센서에서 30분 단위로 악취를 측정해 다음 축산환경관리원의 서버로 실시간 정보를 전송하여 악취 발생 현황을 관리함.

### 글상자 4 축산악취 모니터링 시범사업 우수사례

- 축산악취 ICT 기계·장비 설치농가 개요 및 추진내용
  - 대상: 경남 고성 광역축산악취개선사업 대상농가 2개소
  - 사업비: 16백만 원/개소

#### 글상자 표 1 사업대상 양돈단지 현황

구분	축산악취 ICT 기계·장비 설치 장소
개방형 축사 (1,500두, 위탁농가)	비육사 내·외부, 액비저장조
무장형 축사(1,800두, 일관사육)	비육사 내·외부, 액비저장조

- 사업효과
  - 액비순환시스템 최초도입 시기 돈사에서 발생할 수 있는 악취발생 유발무기기체 등을 체크하기 위해 ICT장비를 비육돈사 내 설치하여 운영하였고, 향후 악취저감현황을 정량적으로 확인하고 수치가 더 이상 상승하지 않도록 관리

- 축산악취 ICT기계·장비는 축산악취의 발생현황을 객관적으로 판단하고, 일시적 악취발생(분뇨처리, 예방접종, 청소, 돼지 출하 등)과 지속적인 악취발생 요인을 구분하여 축산환경관리원 및 지자체 축산과에서 효과적인 악취 관리 추진이 가능함. 특히, 축산악취 ICT기계·장비 설치사업으로 측정된 악취발생 현황을 축산농가가 객관적(기존의 주관적인 악취에서 농장주 및 관리인에게 객관적인 악취수치를 제공함으로써 악취저감효과 향상)으로 활용함으로써 효율적인 관리 체계의 구축이 가능함.

### 3. 축산악취저감 우수사례 조사를 통한 시사점 도출

○ 현재 국내 축산악취의 경우 급격히 늘어나는 민원 등으로 인해 무인악취포집 장치설치(악취방지법), 전자인계관리시스템(가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률), 제2차 악취방지종합시책(환경부) 등 규제 중심의 각종 제도적 장치가 이미 마련되어 있거나 준비중에 있음.

- 그러나 악취는 실시간 등으로 측정하기가 쉽지 않고, 악취발생 원인에 대한 명확한 인과관계를 밝혀내기가 쉽지 않은 만큼, 현재의 행정 구조 및 인력으로는 생겨나는 각종 규제에 대한 단속 등에서도 한계(유명무실한 법령 발생 및 불필요한 행정 소모 발생 가능)가 있음(국립환경과학원 2018).<sup>57)</sup>

○ 한편, 미국의 경우 규제 대상 악취의 유형을 다음과 같은 세가지인 불법방해법, 악취에 대한 불만, 대기중의 악취기준을 기초로 분류·규정하고 있음. 특히, 대기중의 악취기준을 기초로 한 규정은 대부분 주(state)에 달리 규정하고 있으며, 대부분 주거지역이나 상업지역에 희석배수 7배를 한도로 정한 주가 대부분임. 미국 환경보호청(EPA)은 악취를 지역적인 문제로 간주하여 중앙차원의 규제는 없음. 가축분뇨의 경우 청정수법(CWa)에 의해 국가오염물질 배출제거시스템(NIPDESS)에서 축산농가의 오염물질 배출허가/승인을 운영하고 있으며, 환경장려프로그램(EOIP)을 기반으로 축산농가의 환경보존에 대한 기술지원, 비용분담 지불금, 인센티브 지불금 등을 같이 지원하고 있음(국립환경과학원 2018; 한국농촌경제연구원 2015).<sup>58), 59)</sup>

---

57) 국립환경과학원. 2018. 제2차 악취방지 종합시책 수립을 위한 연구.

58) 국립환경과학원. 2018. 제2차 악취방지 종합시책 수립을 위한 연구.

59) 한국농촌경제연구원. 2015. 양분총량제 도입방안 연구.

○ 네델란드는 Green Label 인증제도를 운영하여 암모니아 배출기준치 이하 환경 친화적 축산에 대한 Green Label 인증을 부여하고, 사육두수 및 질소 배출을 관리하고 있으며, 특히, 악취를 정량적으로 평가하여 관리하고 있음. 국립분뇨은행 분뇨생산권시스템(MPR)을 구축하여 축산농가의 분뇨생산에 대한 요금부과, 분뇨사용에 대한 거래제도를 활성화하여 운영 중임. 악취정량적 평가 방법은 폐널에 의한 현지 측정, 전화 앙케이트에 의한 주민 피해 조사, 대기질 가이드라인에 의한 조사 등 3가지 수단에 의해 악취평가, 확산 모델과 연관된 배출원에서의 olfactometry 측정을 통해 평가함(김창길 외 2011).<sup>60)</sup>

○ 일본은 우리나라와 가장 유사한 정책을 운영 중으로 1973년 세계 최초의 엄격한 악취규제 제도를 마련하여 운영하고 있음. 부지경계선과 배출구에 대한 악취농도를 규제(후각 측정법, 악취판정사 제도로 관능측정/6단계 냄새표기법)하고 있으며, 배출구로부터 확산되어 부지경계선 밖의 지표면 1.5m 높이에서 최대농도가 해당 부지경계선상에서의 규제 악취농도를 넘지 않도록 규제 하고 있음. 가축분뇨의 경우 「가축분뇨의 관리의 적정화 및 이용촉진에 관한 법률」을 제정하여 분뇨의 야적, 저장금지, 퇴비 등 특수비료의 적절한 사용을 규정하고 있음. 축분비료와 농산물 등 이용 촉진 협의회를 설립·운영하여 가축분뇨와 농산부산물 등의 유기성 자원을 농토로 환원시키는 네트워크를 구축하였으며, 메탄발효처리 등의 에너지 이용시설 정비를 추진하고 있음(국립환경과학원 2018).<sup>61)</sup>

○ 국외 주요국과의 비교 시 우리나라 축산악취문제는 관련 법규 및 제도의 실

---

<sup>60)</sup> 김창길 외. 2011. 농업환경지표를 활용한 농업환경자원 관리시스템 구축 연구.

<sup>61)</sup> 국립환경과학원. 2018. 제2차 악취방지 종합시책 수립을 위한 연구.



효성 여부와는 별개로 보다 정확한 기술을 지도해주는 관계 전문가 및 기관 등의 부족 그리고, 분뇨관리가 소홀하거나 이를 불법적으로 처리하는 일부 농가로부터 전체 축산업 문제로의 확대인식이 큰 걸림돌(산업적인 손실까지 초래)이라 판단됨(한국축산경제연구원 2011).<sup>62)</sup>

○ 또한 축산업의 기업화, 환경에 대한 국민의 인식 증가 및 생활권 개선 등의 복합적으로 작용하여 근래에 들어 다양한 문제가 발생함에도 무창돈사 등으로 인한 기술적인 해결 방안이 실제 축산농가의 현장상황을 따라가지 못하는 것도 주요 문제로 지적되고 있음(축산과학원 2017).<sup>63)</sup> 현재 이러한 문제를 해결하기 위해서는 축산농가, 정부, 학계, 산업계 등의 다양한 분야에서 전문적 역할이 필요함.

○ 축산악취저감을 위한 사업은 지역민원인들과의 관계 개선에도 도움이 되는데, 실제로 경북지역의 영천시에서 광역축산악취개선사업 후 주민간담회를 가진 결과 대부분의 주민들이 긍정적인 반응을 나타냈음. 당시, 해당 지자체와 15개 양돈농가는 지역주민의 민원제기 및 격렬한 항의로부터 악취문제의 심각성을 인지하고, 광역축산악취개선사업에 참여하였음. 이후 관련 전문가, 축산환경관리원 및 지자체의 협력 아래 농가별로 적합한 악취저감시설을 설치·운영하고 악취저감을 위한 조치사항을 추진하였음. 농가의 노력뿐만 아니라, 지자체 및 축산환경관리원과의 긴밀한 협조를 통해 현장시설을 유지·관리하는 한편, 지역감담회 등을 지속적으로 개최하여 소통의 장을 마련하였음. 그 결과 해당농가의 악취발생이 완벽히 제거된 것은 아니었으나 지역주민들 대부분은 사업 전과 비교시 악취저감 경과에 대해 대체로 만족한

62) (사)한국축산경제연구원. 2011. 가축분뇨의 효율적 관리를 위한 민간관리기구 설립방안 연구.

63) 국립축산과학원. 2017. 미생물 기질과 미생물의 융·복합 기술을 활용한 돈사 악취저감 효율 증진 연구.

다는 평가를 하고 있음. 이에 해당 농가는 악취를 더욱 저감시키기 위해 악취 측정센서를 자발적으로 설치하여 사후관리를 하는 등의 노력으로 지역의 극심한 갈등을 점차 해소시키고 있음.

- 이와 같이 광역축산악취개선사업 등 다양한 사업지원 및 개발을 통해 악취저감 모델사례를 확대 발굴하는 동시에 악취저감을 포함한 축산환경 개선의 노력이 지속되어야 함.



## 제4장

# 축산농가의 생태환경적 책임 이행 제고를 위한 정책 개선 방안





# 4

## 축산농가의 생태환경적 책임 이행 제고를 위한 정책 개선 방안

### 1. 가축분뇨 냄새관리 모니터링 시스템 구상(국내외 유사 및 선진사례 분석)

#### 1.1. 국내 축산악취 현황 및 국외 주요국의 악취관련 규제 동향

##### 1.1.1. 국내 축산악취 현황

○ 악취는 발생 물질의 종류와 배출원이 다양하고, 여러 물질이 복합적으로 작용하며, 주변 지형과 기상상태 등에 따라 오염도에 대한 인식과 반응이 달라지는 특성이 있음. 대기오염물질로 분류되어 관리되었던 악취물질에 대해 2005년 「악취방지법」이 제정·시행되면서 별도의 체계적 관리를 갖추어 나가고 있으나 악취와 관련된 민원제기 건수는 지속적으로 증가 추세를 보임. 특히 공장 등 산업시설에서 발생하는 악취민원보다 생활주변 악취에 대한 민원

이 늘어나는 추세가 뚜렷하게 나타나고 있으며, 그중에서 축산시설로 인한 악취민원의 증가세는 두드러지게 나타남.

○ 2015년 전체 악취 관련 민원 1만 898건 중 축산시설에 대한 민원이 4,323건(39.7%)을 차지하고 있으며, 전체 악취 민원이 2013년에서 2015년까지 19.5% 증가하는 동안 축산시설 관련 악취민원은 같은 기간 66% 증가함.<sup>64)</sup> 축산악취 민원의 증가 원인과 양상으로는 도시화, 혁신도시 조성 등으로 인해 가축사육지역과 주거지역 간의 거리가 인접되는 사례가 늘어나고 있는 측면과 함께 과거 가축사육 과정에서 불가피한 것으로 인식되었던 악취 발생에 대한 관용적 태도에 점차적인 변화를 보이고 있음. 더불어 시설 개선 등을 통해 악취 저감이 가능한데도 불구하고 축산시설 운영자 등이 악취 저감 노력에 소홀하다는 점에 대한 일반인의 시각이 반영된 결과로도 볼 수 있음.

○ 축산시설의 악취 발생은 발생 범위 및 배출경로, 배출되는 악취 물질이 매우 다양하나, 대표적인 악취 발생공정은 가축사육 공간과 가축분뇨 처리공정에서 발생함. 환경부에서 전국 기초지자체를 대상으로 축산악취 민원에 대한 현황을 조사결과, 축산악취의 78%가 축산농가에서 발생하고 있으며, 가축분뇨 처리를 위한 처리시설이 8%, 액·퇴비 살포지가 12%로 주요 축산 악취 배출원인 것으로 나타났고, 시기별로는 축산 관련 악취 민원의 대부분인 54.7%가 하절기인 6~9월에 집중적으로 접수됨.<sup>65)</sup>

○ 한편, 축산농가와 지역주민 간에 자율적으로 악취 민원을 해결할 수 있는 소통 채널이 부족하고 이로 인해 당사자 간 감정 대립으로 발전해 악취 민원 갈등이 더욱 심화되는 사례도 있고, 환경부 조사에서도 동일 시설에 대해 3회

---

<sup>64)</sup> 환경부. 2016. 2015년 악취민원 실태조사 보고서.

<sup>65)</sup> 환경부. 2016. 2015년 악취민원 실태조사 보고서.

이상 반복하여 악취 민원이 제기된 축산 관련 시설이 200여개에 이르고, 한 해 동안 50건 이상의 악취 민원이 지자체에 접수된 경우도 있음<sup>66)</sup>.

### 1.1.2. 국외 주요국의 악취관련 규제 동향

- 일본은 환경법상 ‘대기에 관련되는 법령’과는 별도로 1971년 6월 ‘생활환경에 관한 법령’에 「악취방지법(Offensive Odor Control Law)」을 제정하는 등 오래전부터 악취방지 규제에 관한 노력을 통하여 성공적인 추진 성과를 얻음. 즉, 일본은 세계 최초로 악취에 관련된 법을 제정하였고, 그 이후 3차례(1976년, 1993년, 1995년)의 개정을 통해 수정하고 보완됨. 이 법에 따르면, 사업장에서 발생하는 특정악취물질을 포함하는 가스는 해당 사업장 부지 경계선(boundary line)을 중심으로 부지 경계선 지표, 연돌 또는 기타는 악취 배출구 지표 그리고 폐수(waste water) 지표 등 3가지 형태의 규제기준을 적용됨. 일반적인 부지경계선의 경우, 대기 중 특정악취물질의 허용 농도로 정해지고, 배출구는 사업장의 굴뚝, 기타 배출시설에서 배출되는 특정악취물질의 유량 또는 배출가스 중의 특정악취물질의 허용 농도를 규제함. 그러나 생활환경을 보전하는 것이 충분하지 않다고 인정되는 지역에서는 부지경계선에서의 규제 기준은 대기 중의 악취 지수의 허용 한도로 규제하고, 배출구에 대한 규제 기준은 악취배출강도 또는 배출가스의 악취 지수의 허용한도를 별도로 규정함. 즉 좀 더 관리가 필요한 악취관리지역은 관능법에 의한 방법으로 규제하고 있음.
- 미국 환경보호청(U.S. EPA)은 악취는 지역적인 문제로 중앙정부 차원의 오염 매체가 아니라고 주장하며, 지역적인 악취 문제와 규제에 깊숙이 관여하지 않음. 이에 따라 주정부 또는 지방정부에 따라 지역적으로 다양한 형태의 악취

---

<sup>66)</sup> 환경부. 2016. 2015년 악취민원 실태조사 보고서.



규제가 이루어짐. 현재 미국은 악취 측정과 관련하여 과학적 및 기술적인 진전이 거의 없으며 미국EPA에서도 악취 오염과 관련된 연구는 거의 지원하지 않고 있고, 주정부 및 지방정부에서 사용하고 있는 악취 규제의 유형은 크게 개별 악취 성분을 대기오염물질(air pollution)으로 규정하는 경우, 불법 방해(nuisance)로 규제하는 경우, 그리고 후각에 의한 불쾌함(objectionable)로 규제하는 경우로 구분함. 1995년을 기준으로 보면, 50개 주 중 31개 주에서 악취 규제 법규를 제정하고 있으며, 13개 주에서는 특별한 악취규제법이 없고 11개 주에서는 scentometer를 사용한 희석 역치(dilutions to threshold: D/T) 값으로 표현하는 관능법을 규정함<sup>67)</sup>.

- 유럽에서 악취 규제를 공식적으로 시도한 나라는 스위스, 독일, 네덜란드, 영국 등이며, 이들 국가들은 악취 샘플링과 연간 악취 빈도에 기초하여 악취를 관리하고 있음. 악취의 특성 규명을 위해 여러 가지 방법들이 이용되고 있지만, 네덜란드에서는 분산모델링과 악취농도기준을 결합한 악취 역치를 이용하여 특성을 규명하고 있고 독일, 덴마크, 프랑스 등은 후각측정기에 기초한 정량적 방법을 점점 확대 적용하고 있는 상황임.

## 1.2. 악취 모니터링 시스템의 개요

### 1.2.1. 전자 코(악취감지센서) 시스템<sup>68)</sup>

- 전자 코(e-nose)기반의 네트워크 시스템<그림 4-1>이 가축 농장과 그 주변의 냄새를 원격감시하기 위해 개발되고 있음. 전자 코는 농장 내의 다양한 위

<sup>67)</sup> EPA 홈페이지. <<https://www.epa.gov/agstar/agstar-data-and-trends>>. 검색일: 2019. 9. 6.

<sup>68)</sup> 한국환경공단. 2017. 이천시 악취발생 원인 분석 및 개선방안.

치에 설치된 무선 네트워크를 통해 전달되고 컴퓨터에서 서버데이터를 분석함. 해당 시스템은 전자 코 네트워크 시스템을 통해 가축 농장 및 주변 환경과 냄새 프로필에 대한 일관성 있는 실시간 데이터를 제공함으로써 보다 효율적인 운영을 위한 효과적인 악취 관리를 가능하게 함.

- 센서 선택과 센서 어레이 경우 주위 공기의 구성요소 및 환경 조건을 측정하는 2개의 센서, 악취 화합물 측정에 사용되는 가스 센서가 사용됨. 이러한 4개의 센서는 축산 농장 및 악취 주요 가스 화합물의 대부분을 측정 가능함. Chamber에는 센서 어레이가 위치하며 악취 공기의 흐름을 조절하여 흐르게 함. 이때 챔버 내에 들어있는 냄새 공기는 어레이를 향함. 센서의 적절한 작동을 위해 특정한 공기 흐름에 맞는 공기 속도를 제어하기 위해 펌프가 사용됨. 전자 코에 의해 수집된 아날로그 센서 신호는 데이터 수집 보드에 의해 디지털 신호로 변환됨. 전자 코 네트워크 농장 주위에 배치된 노드는 무선 LAN을 게이트웨이에 전달하고 이는 센서 신호를 수집하고 인터넷을 통해 제어 센서에 입력함. 게이트웨이 통신을 위한 인터넷 연결을 제공하는 전송 제어 프로토콜 데이터로 원격 통신할 수 있음. 무선통신 능력은 센서 데이터 및 상태 정보가 네트워크를 통해 통신하는 것을 가능하게 할 뿐만 아니라 네트워크 노드의 원격 제어도 가능하게 함. 데이터 처리와 분석 데이터를 수집하고 분석하여 데이터의 규칙과 패턴을 파악함. 냄새의 분산 깃털은 일반적으로 농장 주변의 환경 및 건물의 영향을 받음. 예를 들어, 필드에서 높은 작물은 바람막이 역할을 하여 냄새의 분산을 감소시킴. 건물에서 구멍이 있을 경우 바람의 흐름을 타고 공기가 재순환되며 이러한 장소에 센서 노드를 배치하여 주변의 냄새 정보를 이용할 수 있도록 하는 것이 중요함.

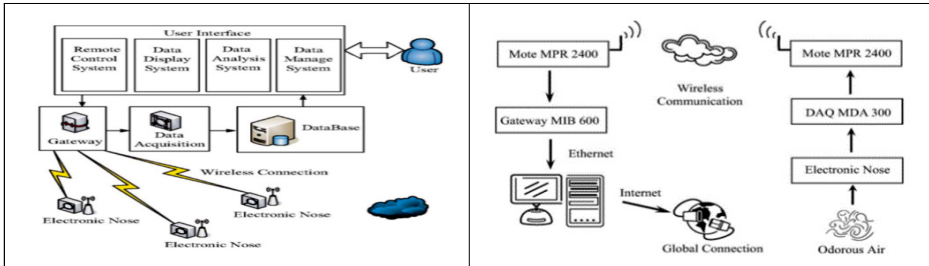
- 냄새분석시스템은 데이터의 규칙과 패턴을 식별하고 냄새가 어디 있는지, 냄새의 제어 방법을 알려주거나 냄새의 제어 수단이 적용된 경우 냄새의 강도를 예측하기 위해 사용됨. 악취 강도 분석 인공지능기술을 사용하여 악취 농도

및 강도를 계산함. 또한 냄새확산분산율 분석 시스템은 악취 배출 속도, 위상 및 기상 정보를 사용하여 냄새 분산 모델을 계산함.

○ 최근 개발된 전자 코의 기술은 다중 악취 모니터링 제공이 가능함(기존의 전자 코는 단일 위치에서만 악취 모니터링을 제공함). 냄새의 농도는 공급 구성, 농장 주변 경관 및 공급원까지의 거리에 따라 변화하는데, 다중 악취 모니터링 전자 코 시스템은 하나의 전자 코 시스템보다 포괄적인 냄새 깃털 프로파일을 제공하며, 여러 감지구를 갖는 전자 코 네트워크 시스템은 센서의 고장 및 소음에 대해 더 강함. 다중 악취 모니터링 전자 코 네트워크 시스템은 원격 다점 악취 모니터링을 할 수 있으며 통합된 소프트웨어는 악취 관리에 관한 의사 결정을 지원하는 데이터 분석 기능에 적합함. 이는 환경과 악취에 대한 자동적이며 정확하고 종합적인 정보를 통해 가축 농장 안이나 주위의 보다 정확한 악취 제어 능력을 가능하게 함.

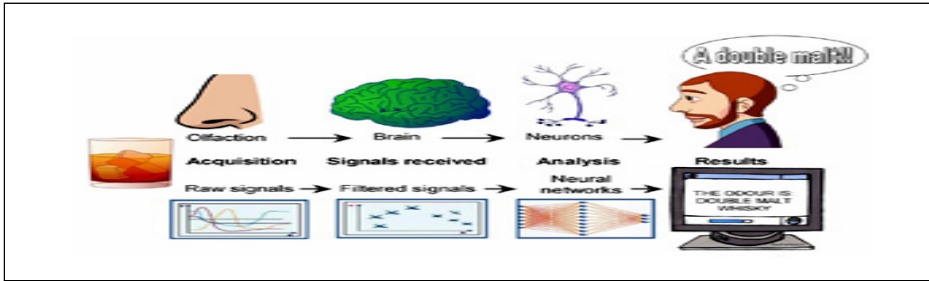
○ 전자 코의 작동과정 <그림 4-2>를 보면, 시료채취 및 탐지에 관계되는 물리화학적 단계, 신호 변환 및 증폭에 관계되는 전자회로단계, 패턴 인식과 소프트웨어 알고리즘에 관계되는 정보처리단계로 구성됨. 산화물 반도체 가스 센서의 동작 원리는 냄새 분자와 센서 표면에서 발생하는 산화 반응에 의하여 센서 내부의 전도성이 변하는 것을 이용하며, 장착되어 있는 센서는 모체의 금속 또는 촉매 및 제조 조건 등의 특성에 따라 냄새물질과의 응답 특성이 서로 다른 것을 선택하여 사용함. 전자 코는 측정 결과를 분석하기 위하여 기준 가스 자료와 시료 가스 자료를 비교(<표 4-1>)함으로써, 냄새의 질과 세기를 수치화하는 절대치 표현 해석 방법을 도입함.

**그림 4-1 전자 코(악취감지센서) 네트워크 시스템의 구조**



자료: 한국환경공단. 2017. 인천시 악취발생 원인 분석 및 개선방안.

**그림 4-2 전자 코(악취감지센서) 시스템의 원리**



자료: 전기석 외. 2010. 전자코 시스템을 이용한 악취사업장에서 발생하는 악취평가 방법에 관한 연구.

**표 4-1 전자 코(악취감지센서) 시스템의 기준가스에 따른 악취물질 분류**

기준가스 (Standard gas)	분류 (Class)
황화수소	황성분
메틸머캅탄	유황계
초산부틸	에스테르계
톨루엔	방향족계
헵탄	탄화수소계
트리메틸아민	아민계
부틸알데히드	알데히드계
프로판온산	유기산계
암모니아	황성분

자료: 전기석 외. 2010. 전자코 시스템을 이용한 악취사업장에서 발생하는 악취평가 방법에 관한 연구.

○ 악취를 측정하기 위한 전자 센서는 고정식 측정망에 비해 신속하게 악취물질의 측정 및 검출이 이루어지는 장점이 있지만, 센서 자체에 대한 신뢰성 검증

이 우선적으로 요구되고 있으며, 악취 복합 센서가 악취 종류에 따라 검출 정도가 매우 상이하게 나타나기 때문에 악취 배출 특성에 따른 악취 센서의 선정이 가장 중요한 요소로 작용함.

### 1.2.2. 국외의 전자 코(악취감지센서) 기술 개발 동향<sup>69)</sup>

- 전자 코는 주로 일본, 캐나다 등에서 개발되어 도입되고 있음. 일본의 Shimadzu사의 FF-2A는 10개의 반도체 가스 센서를 가지고 있으며, 10차원의 공간을 형성하면서 감지되는 물질의 벡터 방향 및 크기로 악취 물질의 종류 및 강도를 결정함. 일본 오사카 대학에서는 SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> 등의 환경오염 가스를 감지할 수 있는 센서를 개발함. 고체 전해질을 이용하여 신뢰성이 높고 가볍고 소형이며 저가이기 때문에 활용도가 높을 것으로 예상됨.
- Canada ACAT사의 O-CEMS은 16개 센서가 부착된 패턴 인식에 의한 전자 코 시스템 방식으로 Olfactor meter에 의한 OU/m<sup>3</sup>를 입력 자료로 하는 ISC3 이용하며 악취 모델링 시스템과 연동되어 사용됨.
- 미국 등에서 금속나노입자와 탄소나노튜브의 결합에 대한 응용으로 H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, NO 등의 가스 형태의 물질을 탐지하는 연구가 활발히 진행되고 있음.
- 영국 맨체스터 대학교에서는 공방이나 가정에서 독성 폭발성 가스의 검출이나 알코올 기체, CO 등의 검출에 사용될 수 있는 정확성이 높은 흑연판 센서를 개발함. 기존에 개발된 가스센서들은 크게 단일 센서와 전자 코(electronic nose)로 알려진 다중 센서로 분류됨.
- 환경오염에 대한 규제가 강화되면서 이를 측정하기 위한 계측 시스템의 필요성에

---

<sup>69)</sup> 전정현. 2015. 듀얼 센서를 활용한 냄새 종류 판별에 관한 연구.

따라 반도체의 기술과 접목시킨 전자 코 센서기술 현황으로는 영국의 Aromasean PLC, Bloodhound Sensors Ltd., 독일의 Airsesnse Analysis Gmbh, HKR-Sensorsystem Gmbh 등 선진국에서 상용화 되어 고가에 판매되고 있음.

### 1.2.3. 환경통합관리 시스템(악취확산모델, 공기질 진단 평가 등)<sup>70)71)</sup>

○ 악취 모델링을 실시하기 위해서는 대상지역 내 지형을 고려한 기상장 생성과 악취 배출원 자료가 입력 자료로 요구됨. 기상 자료는 기본적으로 기상청에서 제공하고 있는 기상예보자료 지역에서 측정한 기상자료를 근거로 작성되며, 예보 및 시간 부지 측정자료를 이용하여 대상지역의 3차원 바람장을 계산하는 방법은 대기질 예보 시스템에서 많이 응용되었기 때문에 검증된 기술을 사용하면 용이하게 구축 가능함. 악취는 대기 중 난류 eddy에 의해서 악취 농도가 시간에 따라 급격히 변하는 것으로 나타나기 때문에 악취의 시간 평균 농도가 아니라 순간적으로 피크를 나타내는 첨두 농도를 계산하기 위한 모델링 방법이 필요함. 현재까지 악취 모델링은 주로 CALPUFF 모델이 가장 적합한 것으로 알려져 있음<표 4-2>.

**표 4-2** 악취확산모델을 이용한 악취물질의 진단

확산 모델	특징	적용 사례
ICS3	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 가우시안 플룸모델로 입자의 중력침강, 건성 침착, 오염 물질의 반감기가 고려됨</li> <li>· 입력 자료 간단하여 사용이 용이</li> <li>· 배출량, 기상조건이 시간에 따라 변하지 않는 정상 상태를 가정하기 때문에 변하는 대기 흐름을 반영하지 못함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 김성근 등은 공단지역 H2S 배출량과 실측된 복합악취를 비교함</li> <li>· 김미숙 등은 시화공단에서 VOCs의 화학반응에 의한 mass fraction 영향을 검토함</li> </ul>
CTDMPLUS	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 복합지형 적용을 위한 안정 및 비안정 조건에서 모사가 가능한 점</li> <li>· 착지점마다 지정 보정계수 설정함</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 홍현수 등은 매립장 주변지역의 악취 현상을 모의함</li> </ul>

70) 한진석 외. 2008. 악취관리지역 실태와 감시 시스템 구축.

71) 전북발전연구원. 2016. 전북혁신도시 악취관리 중장기 정책방향 연구.

(계속)

확산 모델	특징	적용 사례
INPUFF	· 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 악취연기를 잘게 잘라서 각각의 연기 덩어리를 이동, 확산시켜 농도를 계산한 후, 모든 연기덩어리의 농도를 종합하여 대상지역의 농도분포와 시간 변화를 계산	· 이종범 등은 시화반월지역에 대한 고농도 악취 현상을 설명 함
CALPUFF	· 굴뚝에서 연속적으로 배출되는 연기가 작게 나누어진 각각의 연기 덩어리(puff)로 배출된다고 가정함 · 퍼프가 공간적 확산도를 갖는 바람장을 따라 이동 및 확산될 때 퍼프가 미치는 영향을 종합하여 농도를 계산함	· 구윤서 등은 공단지역에서 실시한 악취 영향권을 관능 악취도로 환산, 악취 감지시스템 구축방안을 제시함
오일러리안 대기확산모델	· 3차원 대상공간을 고정 좌표계의 여러 격자로 세분하여 격자별로 이류, 확산, 화학 반응 과정을 계산하여 오염농도의 3차원 분포와 시간 변화를 계산하는 수치 모델임	· 송동웅 등은 시화공단에서 해륙풍의 국지 순환에 의한 악취의 이동 및 확산 과정을 규명함
유적선 모델	· 지표상에서 바람의 이동을 역추적하여 악취의 이동경로를 따라 악취 발생원 추적	· 나경호 등은 악취 연속 측정망과 악취 추적 적용성 연구에 적용함

자료: 윤희영 외. 2013. 확산 모델을 이용한 악취배출허용기준 개선 필요성 연구.

○ 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)은 매우 작은 크기의 독립된 무선센서들을 건물, 도로, 인체 등의 물리적 공간에 배치하여 주위의 온도, 빛, 오염도 등의 정보를 무선으로 감시하고 관리하는 기술로 센서는 컴퓨팅(computing), 센싱(sensing), 무선통신(wireless communication) 기능을 가지고 있어, 사람이 일일이 또는 직접 감지하고 측정해야 하는 정보를 사람을 대신하여 얻게 해 줌. USN 기술 중 가장 중요한 부분이 '센서 기술'로 이는 실내 공기질 측정 및 모니터링의 기본이 됨. 정밀하고 신뢰성 있는 데이터를 수집하기 위해서는 환경 모니터링 센서의 개발 및 동작 특성을 도출하는 연구가 요구됨.

○ 국내에서도 대기질 예보 시스템을 개발하여 운영 중이며 악취 발생원이 다량으로 밀집되어 있는 공단 등을 대상으로 실시간 악취 감시 시스템도 구축되어 현업에서 운영됨. 복합악취센서를 활용하여 악취 발생을 측정하고, 고농도 악취가 발생하거나 악취 민원이 접수된 경우에 발생지점에서 악취 배출원을 역추적하여 관리하는 차세대 대기 환경 관리 시스템임. 향후 이와 같은 시스템의 활용성을 제고하기 위해서는 센서의 개발, 센서 network system, 모델링 기법, 위해성 평가, action plan 등의 요소기술을 검증 개발하여 차세대 통합

대기환경 시스템의 구축이 필요함.

- 향후 연구개발을 통해 요소 기술인 유해대기오염물질 측정 진단 기술과 통합 관리 기술인 산업 공정 진단평가 기술이 확보된다면, <그림 4-3>에 나타난 바와 같이 크게 5가지 측면에서 효과가 기대됨. 연구개발을 통해 산업 공정에서 유해대기오염물질의 측정진단기술과 환경 통합관리 시스템이 개발된다면, 원유 정제업, 화합물 및 화학제품제조업, 연소, 하수처리·폐기물 처리 등의 산업 공정에 적용하여 산업단지 주변의 대기질 향상에 직접적으로 기여할 수 있음. 이 기술을 이용한 가스 측정 센서·장비, 미세입자 측정장비, VOC·악취 측정장비, 실내환경 측정 센서, 환경 통합관리 시스템 등의 제품화를 통해 녹색성장의 전인차 역할을 할 수 있을 것으로 기대됨.

**그림 4-3** 산업 공정의 대기오염물질 통합관리 기술의 기대<sup>72)</sup>

유해대기오염물질 측정진단기술(요소기술)	대기오염 방지에 의한 국민건강보호
가스상 대기환경규제물질	오존생성 억제에 의한 기후변화 적응
입자상 오염물질	실내오염 방지에 의한 책임자 건강보호
휘발성유기오염물질/악취물질	원료 소비량 감소에 의한 비용절감
기후생태계변화유발물질	진단평가 원천기술 확보에 의한 환경기술 선진국진입
실내환경	
산업 공정 진단평가기술(통합관리기술)	
환경 통합관리 시스템	

#### 1.2.4. 국내 악취감시(경보) 시스템 연구동향 및 기술수준<sup>73)</sup>

- 악취감시시스템에 대한 관심과 수요가 증대되고 최근 들어 연구가 활발히 진행

<sup>72)</sup> 김성태 외. 2013. 한국대기질 예보시스템 운영 평가 및 개선 방향.

<sup>73)</sup> 한진석 외. 2008. 악취관리지역 실태와 감시 시스템 구축.



되고 있는 상황이나 연구진의 수는 미흡한 현실임. 대전대 김선태 교수가 센서의 독자개발에 대하여 약 6~7년 동안 지속적으로 연구를 수행하였으며, 우송대 박상진 교수는 개발 센서들을 이용한 센서의 특성과 현장 적용평가 등의 연구를 수행한 바 있음. 악취 민원으로 고민하고 있는 여러 지방자치단체에서 악취 정보 시스템에 대한 수요가 태동하고 있어 약 6~7개의 관련 업체들이 기술 개발을 수행하고 있고 어느 정도 가시적인 결과물들이 나오고 있는 상황임<sup>74)</sup>.

○ 우송대학교 박상진 교수팀이 A시에서 경질계와 중질계 sensor를 이용하여 주민의 악취 민원 발생 시점과 악취 모니터링 센서반응 결과를 조사함. 고농도 악취 발생시 주민들로부터 실시간으로 문자 메시지를 보내도록 하였고, 주민이 신고한 시간대에 측정된 실시간 연속 악취측정기의 황화수소 측정결과를 분석하여 상관관계를 조사함. 그 결과 주민이 악취를 감지할 때 거의 동시에 실시간 연속악취측정기 역시 동일하게 악취를 감지하고 있는 것으로 평가되었음<sup>75)</sup>.

○ 악취 감시 시스템 개발업체인 B사는 악취 측정용 센서 4~7종류가 장착된 센서 시스템을 개발, 악취 강도와 센서 측정값과의 상관관계를 도출한 결과 매우 상관성이 높은 것으로 평가됨. 각 센서들의 측정값(signal pattern)을 변화, 즉 패턴 인식 기술을 적용한 전자 코 시스템을 도입하여 악취물질의 Odor Print DB를 구축함. DB를 바탕으로 악취경보시스템을 개발하여 시화공단, 인천 남동공단, 부산 사하구 공단 지역 등에 현장 적용 평가를 실시하였으며, 약 1주일간의 관찰 결과로 센서의 signal 값들이 반응을 하였음. 악취 강도와 악취의 지문 등에 관한 정성적인 평가와 검증과정이 필요하며, 장기간에 걸친 센서의 안정성과 예측 및 경보시스템의 검증 등의 많은 연구개발이 지속적으로 필요한 것으로 판단됨.

○ 이외에도 외국 기술의 도입을 통한 악취 감시 시스템을 개발하는 여러 업체들

74) 노은주. 2014. 악취센서자동측정망의 운영실태평가 및 활용방안 연구.

75) 박상진. 2013. 악취센서의 악취자동측정망 활용 가능성.

이 있으며, 시스템의 구성 등 기술 수준은 유사한 것으로 판단됨<표 4-3>. 각 업체들이 사용하는 센서들은 다르지만, 기본적으로 전자 코 개념의 도입과 악취 모니터링시스템과 관리시스템의 구성이 거의 유사함. 자체 개발한 센서를 적용하거나 외국의 기술을 도입한 경우로 외국에 비하여 기술 수준 차이는 크지 않은 것으로 판단됨. 국내의 현장 적용 평가를 종합해 볼 때 아직은 현장 적용 평가 실적이 미흡하여 현장 적용 대상지의 악취 특성에 따라 측정 시스템의 보정 작업 관련 DB구축 등 보다 많은 know-how의 축적이 필요함. 또한 고농도의 악취에 대한 모니터링은 감각적인 악취 농도와 매우 양호하게 일치하는 것으로 평가되었으나 저농도의 경우 관능적 악취농도와 상관계수에 대한 평가가 미흡함. 악취 농도가 강하고 민원이 심한 지역의 경우 악취 감시 시스템의 도입시 악취 예보와 관리에 많은 도움이 될 것으로 사료됨.

## 글상자 5 축산악취 모니터링 연구사례

### □ [연구사례1] 사업장복합악취에 대한 악취측정 센서의 활용 가능성 조사 (우송대학교 박상진 교수팀)

- 사업장 악취 관리를 위한 자가 측정수단으로서 악취센서 사용이 증가하고 있으나 단일 성분과 달리 현장 복합악취에 대한 악취 센서의 반응 패턴이 불확실하며 조사 사례도 미흡하여 6개 업종 9개 공정의 현장 복합악취시료에 대한 센서에 제품별 반응도와 센서 출력치와 희석배수 간 상관성 유무를 조사함.
- 휴대용 센서로는 3종류를 대상으로 실험을 진행함. S-1은 센서 소자가 1개, S-2는 2개, S-3에는 4개가 설치되어 있으며 센서 소자는 각각 상이한 것으로 구성되어 있음. 사업장 복합 악취는 연필 제조 사업장, 금속 제조 사업장, 고무 제조 사업장, 화학제품 제조 사업장, 사료 제조 사업장, 판상엽 제조 사업장의 방지시설 출구, 도장 공정, 주물 공정, mixing 공정, Gel coat 공정, 필러 공정, 원료 창고 초지 공정 등 다양한 공정에서 배출되는 악취가스에 대해 악취센서의 Log 희석배수(x)와 센서 출력치(y)간의 상관관계식을 구하였음.
- 연구 결과에 의하면, 휴대용 악취측정 센서는 사업장에 따라 악취배출공정에 따라 측정결과치의 신뢰성이 매우 다양하게 나타나므로, 사업장에서 휴대용 악취측정센서를 활용하는 경우 구매 제품이 사업장의 복합 악취에 적합한지 사전에 충분한 검토가 필요한 것으로 조사됨. S-1의 센서는 연필 제조 사업장의 도장 공정, 금속 제조 사업장의 주물공정 및 화학약품 제조 사업장의 Gel Coat 공정에서 R2값이 0.9 이상으로 상당히 높은 상관성을 보여 활용가능성이 있는 것으로 판단됨. S-3의 센서는 연필 제조 사업장의 도장 공정에서 R2값이 0.92로 높은 상관 값을 보였으나 나머지 8개 공정에 대해서는 R2값이 0.8 이하로 그다지 좋은 상관 값을 보이지는 않았으며, S-2의 센서는 R2값이 0.8~0.01까지 매우 낮은 상관성을 보여, 현장복합악취 측정용 센서로는 부적합한 것으로 연구되었음.

### □ [연구사례2] 모니터링용 악취센서의 적용 타당성 평가 (우송대학교 박상진 교수팀)

- 모니터링용 악취 센서의 적용 타당성을 평가하기 위하여 악취 모니터링 시스템을 개발하여 보급하고 있는 3개사의 센서 시스템의 가동률 및 자료관리 시스템 등 운영결과를 운영함. 지역주민과 우송대 모니터링원에 의한 현지악취강도를 측정하고 모니터링원에 의한 악취 강도 측정치와 참여사별 센서치와의 비교 분석함. 민원지역의 악취현상의 구현 정도를 파악하고 센서 측정치를 조사함으로써 배출되는 악취에 대한 참여사의 센서 성능 파악을 수행하였음.
- 연구결과 현장 모니터 요원(민원인) 측정결과와의 일치도와 악취센서 모니터링 시스템의 측정 결과치는 악취 민원 지역의

악취 발생 실태를 신뢰성 있게 반영하지 못하는 것으로 조사됨. 준비기간 1주일, 시범사업 1개월이라는 짧은 기간의 결과 이므로 단정적인 평가는 어려운 것으로 조사되었으나, 현장의 악취 특성을 표현할 수 있는 검량선 자료가 확보되는 경우 신뢰성은 상당부분 보완될 수 있을 것으로 판정되었음. 또한 악취 모니터링 시스템의 가동률 및 자료처리능력은 3사 모두 90% 이상으로 높게 나타남.

- 측정 결과치를 처리·해석하는 자료 관리능력은 회사마다 약간의 차이를 나타내고 있었음. 현재 시범사업에 참여한 악취센서 모니터링 시범사업의 운영결과만을 토대로 악취센서 모니터링 시스템의 현장설치 방안에 대해 종합적으로 판단해 볼 때, 1개월이라는 짧은 기간의 결과만으로 평가하기 어려우므로 장기간 테스트가 필요함. 악취 모니터링시스템은 비용면에서 볼 때 On-line GC 분석 시스템과는 비교시 매우 저렴하여 동일한 예산으로도 여러 지점에 센서 시스템 설치 가능함. 악취센서 시스템을 이용하여 절대 측정치를 얻는 데 한계가 있더라도 악취발생정도에 대한 trend가 충분히 파악되므로 1~2년 후 현장에서 충분히 활용 가능한 기술로 평가하였음.

**표 4-3** 국내 악취감지 시스템 기술의 업체별 특징<sup>76)</sup>

업체	악취센서특징	DATA 전송방식	악취 모니터링 및 관리시스템	적용사례	비고
A사	· 열선형 반도체(다양한 센서 부착 가능) · 환경변화에 대한 영향 적고, 긴 센서수명(5년) · 센서교정주기: 3개월 · 200~500 °C	무선통신 (CDMA)	· 실시간 모니터링 · Data 수집, 저장, 분석 · 악취 확산 모델/오염원 역 추적	· 안산공단 · 부산 사하구	· 일본 원천 기술
B사	· Electronic nose 개념 · Multiple sensor (4~7종) · 악취측정과 보정을 동시 진행 · 검정가스 불필요	무선통신 (CDMA)	· Wdb GIS 기반 실시간 모니터링 · Data 수집, 저장, 분석 · 악취 확산 모델/오염원 역 추적	· 시화지구 · 남동공단 · 부산 사하구	
C사	· Electronic nose 개념 · MOS 16종 · 악취측정과 보정을 동시 진행 · 검정가스 불필요	무선통신 (CDMA)	· 악취 확산 모델/오염원 역 추적 · 실시간 모니터링 · Data 수집, 저장, 분석	· 캐나다: 트리야 제리첸아이 BFI 매립장/몬트리올 하수처리장 · 프랑스: 파리 크리에솔리 매립장/돌루제 하수처리장 · 스페인: 바르셀로나 에코파크 I 퇴비화 설비	· 캐나다 기술 · 국내 적용 사례 없음
D사	· 중질유/경질유 악취센서 · 센서 2종 배치 (센서 표면 악취 고착상태 보정) · 자동시료 포집 장치	무선통신 (CDMA)	· 실시간 모니터링 · Data 수집, 저장, 분석 · 악취 확산 모델/오염원 역 추적	· 춘천 음식물 자원화시설 · 시화공단 · 부산 사하구	· 국내 자체 개발 센서

<sup>76)</sup> 이형돈. 2011. USN기반의 실시간 악취 감지 모니터링 시스템.

## 글상자 6 축산악취 모니터링 연구사례

□ [실증사례] 유비쿼터스 악취 모니터링 시스템 (인천대학교 환경기술지원사업단)

- 순간적으로 발생하고 소멸하는 악취 특성을 고려한 악취 민원에 신속 대응할 수 있는 시스템 필요하여 공단 내 악취 배출업체가 밀집되어 악취 유발 의심 업체 파악이 어려우므로 체감 악취를 중심으로 악취배출과 주변 관계기관이 유기적으로 실시간 관리, 감시할 수 있는 과학적이고 실용적인 시스템.
- 기존 지도점검업무의 비효율성 해결을 위한 공단 악취 통합관리 시스템 필요성을 제기함. 악취 전자센터와 주민 모니터 요원의 실시간 자료, 기상측정 자료, 바람장(악취) 추적모델링을 접목하여 실시간 악취발생 정도 및 악취 발생 위치를 역추적하는 시스템으로 관공서의 악취 및 대기 지도단속요원과 연계하여 악취 발생에 대한 실시간 대처하기 위함임.

글상자 표 1 사업대상 양돈단지 현황

악취 모니터링 시스템			
웹서버 / 모바일	통합관리 시스템	악취 모델링	기상 및 악취 측정 망
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주민 모니터링 웹 서버</li> <li>· 지리정보시스템(GIS)구축</li> <li>· HMI/SCADA 기반 구축</li> <li>· 지도/환경감시단 모바일 시스템</li> <li>· GPS 정보 활용</li> <li>· 보안관리체계 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기상 자료 수집</li> <li>· 악취 측정 정보 수집</li> <li>· 데이터 수집 서버</li> <li>· 계측값 및 시뮬레이션 결과 저장 관리</li> <li>· 계측장비 상태 감시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· CALMET을 이용한 바람장모델 구동</li> <li>· 바람장 결과와 HYSPLIT을 이용하여 악취 추적 실시</li> <li>· CALPUFF모델을 이용한 악취 확산 모델 구동</li> <li>· 모델링 결과의 웹서버 및 통합관리 시스템 연동</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 기상장비와 네트워크</li> <li>· 무인 악취장비와 네트워크</li> </ul>

악취 모니터링 시스템 흐름



악취 모니터링 시스템 흐름

대전 산업단지 악취 모니터링 시스템	부산 사하구청 신평/장림산업단지 악취 모니터링 시스템	경기도 평택시 포승산업단지 악취 모니터링 시스템
<p>대전 산업단지 악취 모니터링 시스템 구성도는 다양한 센서와 데이터 수집 장치, 그리고 이를 연결하는 네트워크를 보여줍니다. 시스템은 실시간으로 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 악취 발생 위치와 정도를 모니터링합니다.</p>	<p>○ 위치: 부산광역시 사하구 신평/장림 산업단지 (2009년 7월 - 현재)</p> <p>○ 시설: 악취 모니터링 14대, ARMS 기상장비 2대, 실시간 악취 모니터링 시스템</p> <p>부산 사하구청 신평/장림산업단지 악취 모니터링 시스템 지도는 산업단지의 위치와 악취 발생 지점을 표시하고, 실시간으로 모니터링하는 시스템을 보여줍니다.</p>	<p>○ 위치: 경기도 평택시 '평택시 신평산업단지' (2009년 7월 - 현재)</p> <p>○ 시설: 악취 모니터링 2대, ARMS 기상장비 2대, 무인 악취 모니터링 1대, 실시간 악취 모니터링 시스템</p> <p>경기도 평택시 포승산업단지 악취 모니터링 시스템 지도는 산업단지의 위치와 악취 발생 지점을 표시하고, 실시간으로 모니터링하는 시스템을 보여줍니다.</p>

자료: 김진한. 2014. 남동산단 악취실태 및 개선방안.

## 2. 효과적인 냄새관리를 위한 축산냄새물질 배출원단위 산정

### 2.1. 축산냄새물질 배출원단위 산출의 중요성

- 현재 우리나라의 축산업은 집약화 형태로 변모됨에 따라 가족 단위로 운영되던 예전의 소규모 작업 형태에서 농장주가 근로자를 고용하여 관리 운영하는 대규모 형태의 작업장으로 계속 전환되어 가고 있음. 중·대규모의 축산 농가는 우리나라에 약 9,000여 개가 있고 농가당 사육 마리수는 매년 증가 추세임. 우리나라 축산업에 종사하는 작업자 수 및 근로 실태에 관한 정확한 통계 자료가 아직 제시되지 못하고 있지만, 자체 현장 조사에 의하면 중규모 축산 농가는 1~3인, 대규모 축산 농가는 5~10인까지의 작업자를 고용하고 있었으며, 후자의 경우 축산업이 노동 집약적 업종인 까닭에 대부분 외국인 작업자들에 의해 운영되고 있는 것으로 파악됨.
- 축사 작업장 내부의 공기오염물질은 크게 가스상, 입자상, 생물학상(bioaerosol) 물질로 구분됨(김기연 외 2003). 이 중 축사내 가스상 오염물질들은 가축들에 의해 배설된 분뇨가 혐기성 미생물에 의해 분해되는 경우가 주요 발생 과정이며, 가축의 호흡 및 환기시스템의 작동시에도 발생됨(Chang et al. 2001). 축사 내 주요 가스상 오염물질들 중 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 메탄(CH<sub>4</sub>), 그리고 아산화질소(N<sub>2</sub>O)는 발생량이 상대적으로 경미하여 일반적으로 작업장 노출기준을 초과하지 않는 것으로 보고됨(Verstegen et al. 1976; Noblet et al. 1989). 하지만, 축사 작업장 내 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 황화수소(H<sub>2</sub>S)의 농도 및 발생량은 다른 작업장에 비해 상대적으로 높으며, 특히 외부 기온이 극단적으로 저하되는 동절기시 실내 온도 유지를 위해 최소 환기율을 적용하는

경우 노출기준을 초과하여 작업자의 체내 유해물질로 작용할 수 있음(Nordstrom et al. 1976; Coleman et al. 1991).

○ Bruce et al.(1981)의 연구에 따르면 암모니아 노출에 따른 작업자의 신체적 증상은 5~50ppm 범위에서 후각 감지, 100~500ppm 범위에서 눈의 염증, 2,000~3,000ppm 범위에서 재채기 및 침 흘림, 그리고 10,000ppm 이상의 농도에 노출되면 즉시 사망함. 한편, 황화수소는 1시간 동안 50~100ppm 범위에 노출되면 눈의 염증 및 호흡기의 이상이 발견되고, 8~48시간 동안 150ppm에 노출시에는 사망할 수 있으며, 700~2,000ppm에서는 즉사하는 것으로 보고됨.

○ 또한 암모니아와 황화수소는 축사, 특히 돈사에서 유래하는 냄새 발생의 주요 원인 물질로서(Hartung et al. 1994; Heber et al. 1997) 외부로 방출시 인근 주민들에게 심미적 불쾌감을 일으켜 악취 관련 민원을 야기시키기 때문에 현재 미국과 유럽은 양돈업자들에게 엄격한 환경 규제를 강화하고 있는 실정임(Wathes et al. 1998; Gay et al. 2003). 돈사 내에서 외부로 방출된 암모니아는 지구 온난화의 원인 물질일뿐만 아니라, 비를 통해 육지와 수계에 도달하면 토양의 산성화 및 하천의 부영양화를 초래하는 물질이기도 함(Harssema et al. 1981; van Breemen et al. 1982; Buijsman and Erisman 1988). 이러한 문제의 심각성 때문에 미국과 유럽에서는 암모니아와 황화수소의 작업자 노출 정도를 파악하기 위한 현장 조사를 상당수의 돈사 작업장을 대상으로 수행하고 있으며(Crook et al. 1991; Duchaine et al. 2000), 대기 및 토양 환경을 보호하기 위한 측면에서 외부로 방출되는 암모니아와 황화수소의 발생량 정량화를 위한 배출원단위(배출계수) 산정에 관한 연구도 동시에 수행(Koerkamp et al. 1998; Gay et al. 2003)함.

- 그러나 우리나라의 경우 돈사 내 암모니아와 황화수소에 대한 기초적 분석 자료의 현장 조사마저도 거의 수행되지 않고 있는 상황이라 돈사 작업장의 근무 환경 조건을 개선하기 위한 관리 대책을 세우는 것은 현재로서는 불가능함. 따라서 현장 조사를 통해 우리나라의 돈사 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 실내 농도를 분석하여 실제 돈사 작업자의 노출 정도를 구명하고, 외부로 배출되는 냄새물질의 발생량 정량화 산정을 통해 환경 규제자 및 양돈업자가 활용할 수 있는 기초적 연구 자료가 시급히 제시될 필요가 있음.

## 2.2. 축산냄새물질 배출원단위 국외 연구사례

- 유럽 및 북미의 축산 선진국들은 20여 년 전부터 효과적인 제어 대책을 강구하기 위해 주로 돈사에서 발생하는 냄새 원인 물질들 중 암모니아와 황화수소를 대상으로 배출 원단위(배출계수)를 설정하는 기초 현장 조사를 이미 수행함 <표 4-4>.
- 1998년도에 영국, 독일, 네덜란드, 덴마크 북유럽 4개 국가들이 정부차원에서 공동으로 축사에서 발생하는 대기오염물질 발생으로 인한 환경 피해를 억제한다는 측면에서 전체 329개 축사를 대상으로 암모니아, 분진, 부유 세균에 대한 현장 기초 조사를 수행(Wathes et al. 1998)함. 축사 형태 중 돈사의 경우, 암모니아의 평균 농도와 배출 원단위는 바닥 형태가 슬랫의 경우 20ppm과 400 mg h<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>, 깔개의 경우 14ppm과 340 mg h<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>로 조사됨(Koerkamp et al. 1998). 그 외 나라에서도 냄새 원인 물질 중 암모니아를 대상으로 배출 원단위를 정량화함과 동시에 비료로서 재활용되는 가축분뇨의 질소 성분이 암모니아로 대기 중으로 휘발되어 손실되는 비율을 산출하는 연구를 수행함(Hayes et al. 2006).

○ 축사에서 기인하는 여러 종류의 대기오염물질 발생 실태를 전반적으로 조사한 유럽의 경우와는 달리 미국에서는 축산업 행위로 인한 주변 악취 문제를 근본적으로 해결하고자 하는 목적에서 축사 악취의 주요 발생원인 암모니아와 황화수소 등의 가스상 물질에 대한 정량화 연구들이 주로 수행되었음. 돈사의 경우 암모니아의 실내농도가 0.2~19ppm의 범위를 보였고, 배출 원단위는 0.29~1,066mg h<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>으로 연구자들마다 상당한 결과 차이를 보였음(Ni et al. 2000; Zhu et al. 2000). 황화수소의 실내농도는 90~620ppb의 범위를 보였고, 배출 원단위는 0.6~65mg h<sup>-1</sup>m<sup>-2</sup>으로 암모니아와 마찬가지로 상당한 범위를 나타내는 것으로 조사됨(Zhu et al. 2000).

### 2.3. 축산냄새물질 배출원단위 국내 연구사례

○ 축산업에서 유래하는 냄새물질의 배출계수를 산정한 국내 연구는 돈사를 대상으로 축산냄새의 주요 원인 물질인 암모니아와 황화수소를 시설 유형별로 산정화한 김기연 외(2006)<sup>77)</sup>의 결과가 유일하며, 본 자료를 가지고 고찰하고자 함.

#### ○ 연구대상

- 본 연구에서 조사된 돈사는 분뇨 처리 시스템, 환기 방식, 돼지 성장 단계라는 세 가지 기준에 근거하여 5개의 돈사 유형을 조사 대상으로 하였음(표 4-4).
- 분뇨 처리 시스템의 형태를 기준으로 우리나라의 돈사 유형을 세 가지로 분류하면 슬랫 돈사(Deep-pit manure system with slats), 스크레이퍼 돈사(Manure removal system by scraper), 톱밥 돈사(Deep-litter bed

<sup>77)</sup> 김기연 외. 2006. 돈사 작업장 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 실내 농도 및 발생량에 관한 현장 조사.



system)이며, 환기 방식 측면에서는 주로 측벽 배기를 적용하는 밀폐형 강제 환기와 측벽에 윈치 커튼(winch-curtain)을 설치하여 환기를 유도하는 개방형 자연 환기로 구분할 수 있는데, 우리나라의 톱밥 돈사의 경우 대부분이 개방형 자연 환기 돈사 형태를 취하고 있음.

- 또한 돼지 성장 단계 측면에서는 평균 체중 50~100kg의 육성/비육돈을 사육하고 있는 농가를 대상으로 하였고, 이를 종합하여 각 돈사 유형별로 15개소를 선정하여 경기, 충북, 충남에 위치하고 있는 총 75농가를 방문하였으며, 조사 시기는 2002년 5월과 6월, 9월과 10월 사이에 수행됨.

**표 4-4** 조사 대상 양돈 농가의 일반적 특성

돈사 유형		조사대상 농가수
분뇨 처리 시스템	환기 방식	
슬랫 돈사(Deep-pit manure system with slats)	자연환기(윈치커튼)	15
	강제환기(측벽)	15
스크레이퍼 돈사(Manure removal system by scraper)	자연환기(윈치커튼)	15
	강제환기(측벽)	15
톱밥 돈사(Deep-litter bed system)	자연환기(윈치커튼)	15

자료: 김기연 외. 2006. 돈사 작업장 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 실내 농도 및 발생량에 관한 현장조사.

#### ○ 측정방법

- 암모니아와 황화수소의 돈사 내 농도는 지역시료로서 복도 중앙의 세 지점에서 측정한 값들의 기하 평균을 대표값으로 하였으며, 발생량은 내부 공기 배출구 지점에서 측정한 농도 값에 유량을 곱하여 산출함.
- 배출 공기 유량은 강제환기 방식의 밀폐형 돈사의 경우 배기팬 면적에 유속을 곱하여 측정하였고, 자연 환기 방식의 개방형 돈사의 경우 작업장 내부와 외부의 온도 및 CO<sub>2</sub> 농도를 직독식 측정기(No 21C, Gastec, Japan)를 이용하여 측정한 후 내부와 외부 간의 차이를 근거로 열 평형 및 CO<sub>2</sub> 평형 방법을 병행하여 측정함.

- 발생량에 대한 배출 원단위(배출계수) 산정을 위해 조사 대상 각 돈사의 면적과 사육되는 돼지의 총 무게를 조사하였고, 돈사의 사육 면적은 줄자를 사용하여 직접 측정하거나 돼지 전염병 확산을 우려한 농가의 경우 농장주로의 협조를 받았으며, 돼지 무게의 경우 현실적으로 사육되는 돼지들의 총 무게를 측정한다는 것은 불가능했기 때문에 이 또한 농장주로부터 자료를 받아 75kg을 돼지 한 마리의 무게로 설정한 후 산정함.
- 암모니아와 황화수소의 측정 방법은 NIOSH에서 제시한 분석 방법에 근거함(NIOSH 1998). 암모니아의 경우 황산 흡수액 10ml를 넣은 임핀저(impinger)를 폴리에틸렌 튜브로 공기 흡입 펌프(Model 71G9, Gilian Instrument Corp., Wayne, N.J.)에 연결한 후 1.5~2.0 l/min의 유량으로 돈사 내 농도 수준에 따라 15~45분 동안 공기 시료를 포집한 후 UV-spectrophotometer (UV-1601, SHIMADZU, Japan)를 통해 흡광법으로 측정함.
- 황화수소는 고체 활성탄관으로 시료를 포집한 후 Ion Chromatography (761 Compact IC, Metrohm, Switzerland)를 통해 측정하였으며, 그 밖의 분석 과정은 암모니아의 경우와 동일함. 작업자의 유해물질 장기간 노출기간(TWA)인 8시간에 근거, 돈사 작업자의 근무 시간인 오전 9시부터 오후 5시 사이에 3회(오전 9시, 오후 1시, 오후 5시) 시료를 채취하여 분석한 값들의 평균을 대표값으로 제시함.
- SAS Institute Inc.(1999)를 이용한 ANOVA 및 Duncan의 다중 비교 분석 방법을 통해 각 돈사 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 농도 및 배출량의 통계적 차이를 입증함.

#### ○ 돈사 유형에 따른 암모니아( $\text{NH}_3$ )와 황화수소( $\text{H}_2\text{S}$ )의 실내농도 분포

- 암모니아의 경우 돈사 유형에 관계없이 돈사 작업장 내부의 암모니아 평균

농도는 7.5ppm, 범위는 0.8~21.4ppm으로 조사됨. 자연환기 방식의 슬랫 돈사 작업장의 평균 농도와 범위는 6.9ppm과 2.1~10.2ppm인 반면, 강제환기 방식의 슬랫 돈사 작업장의 경우 12.1ppm과 7.3~21.4ppm을 보이는 것으로 나타남. 스크레이퍼 방식으로 분뇨 처리를 하는 돈사 작업장의 암모니아 농도는 자연환기 방식이 적용되는 경우 평균 5.1ppm, 3.1~9.5ppm의 범위를 나타냈고, 강제환기 방식이 적용되는 경우 평균 11.4ppm, 8.1~15.2ppm의 범위를 나타내는 것으로 분석됨. 자연환기 방식을 취하고 있는 톱밥 돈사 작업장은 평균 2.2ppm, 0.8~5.1ppm 범위의 암모니아 농도를 보임. 환기 방식 측면에서는 강제환기가 적용되는 돈사 작업장의 암모니아 농도가 자연환기가 적용되는 돈사 작업장보다 높은 것으로 나타났으며( $p<0.05$ ), 분뇨 처리 형태 측면에서는 톱밥 돈사 작업장이 다른 돈사 작업장에 비해 상대적으로 낮은 것으로 분석됨( $p<0.05$ ).

- 황화수소의 경우 돈사 작업장 유형에 관계없이 평균 농도는 286.5ppb였으며, 45.8~1,235ppb의 범위를 보임. 자연환기 방식의 슬랫 돈사 작업장은 296.3ppb와 74.2~672.4ppb, 강제환기 방식의 슬랫 돈사 작업장은 612.8ppb와 121.6~1,235ppb의 평균 농도 및 범위를 나타냄. 스크레이퍼 돈사 작업장은 자연환기 방식의 경우 115.2ppb와 46.8~313.1ppb, 강제환기 방식의 경우 270.3ppb와 86.9~912.5ppb의 평균 농도와 범위를 나타낸 반면, 자연환기 방식으로 운용되고 있는 톱밥 돈사의 경우 평균 137.8ppb, 45.8~289.2의 농도 범위를 나타내는 것으로 조사됨. 가장 높은 농도를 나타낸 돈사 작업장은 암모니아와 마찬가지로 강제환기 방식의 슬랫 돈사였고, 자연환기 방식의 스크레이퍼 돈사가 가장 낮은 농도를 보이는 것으로 분석됨( $p<0.05$ ).
- 또한 조사대상 모든 돈사 작업장이 암모니아(25ppm)와 황화수소(10ppm)의 장시간 노출기준을 초과하지 않는 것으로 나타남<표 4-5>.

표 4-5 돈사 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 실내 농도 분포

돈사 유형		암모니아(ppm)		황화수소(ppb)	
분뇨처리 시스템	환기방식	평균(표준편차)	범위	평균(표준편차)	범위
슬릿 돈사	자연환기	6.9(3.2)a	2.1~10.2	296.3(180)a	74.2~672.4
	강제환기	12.1(5.4)b	7.3~21.4	612.8(483)b	121.6~1,235
스크레이퍼 돈사	자연환기	5.1(2.7)a	3.1~9.5	115.2(96)c	46.8~313.1
	강제환기	11.4(3.5)b	8.1~15.2	270.3(321)a	86.9~912.5
톱밥 돈사	자연환기	2.2(2.8)c	0.8~5.1	137.8(96)c	45.8~289.2
평균		7.5(8.2)	0.8~21.4	286.5(367)	45.8~1,235

○ 돈사 유형에 따른 암모니아(NH<sub>3</sub>)와 황화수소(H<sub>2</sub>S)의 배출 원단위(배출계수)

- 배출 원단위의 경우 암모니아의 평균값은 75kg 육성돈 돼지 한 마리 기준으로 250.2mg/h/pig(8.2~826.5mg/h/pig), 단위 면적(m<sup>2</sup>) 기준으로 336.3mg/h/m<sup>2</sup>(23.3~1,068mg/h/m<sup>2</sup>)로 분석됨. 자연환기 방식의 톱밥돈사(84.9mg/h/pig, 114.1mg/h/m<sup>2</sup>)가 상대적으로 다른 유형의 돈사에 비해 매우 낮은 배출 원단위를 보인 것으로 분석되었으나(p<0.05), 나머지 네 유형의 돈사는 통계적으로 차이가 없었음(p>0.05).
- 황화수소의 경우 평균 배출 원단위는 37.8mg/h/pig(6.2~192.5mg/h/pig), 50.9mg/h/m<sup>2</sup>(6.3~224.3mg/h/m<sup>2</sup>)로 분석됨. 가장 낮은 배출 원단위 수치를 나타낸 돈사는 암모니아와 동일하게 자연환기 방식의 톱밥돈사(18.5mg/h/pig, 24.9mg/h/m<sup>2</sup>)였고(p<0.05), 그 밖의 돈사들은 통계적 차이(<표 4-6>)가 없는 것으로 분석됨(p>0.05).

**표 4-6** 돈사 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 배출 원단위(배출계수)

암모니아					
돈사 유형		mg/h/*pig		mg/h/m <sup>2</sup>	
분뇨처리 시스템	환기방식	평균(표준편차)	범위	평균(표준편차)	범위
슬랫 돈사	자연환기	284.1(137)a	52.5~482.1	381.9(158)a	81.1~514.3
	강제환기	320.1(294)a	24.2~826.5	430.3(402)a	113.8~1,068
스크레이퍼 돈사	자연환기	263.5(188)a	38.2~524.2	354.1(214)a	123.6~678.2
	강제환기	298.3(256)a	83.3~725.6	400.9(237)a	213.4~820.4
톱밥 돈사	자연환기	84.9(78)b	8.2~210.1	114.1(106)b	23.3~352.3
평균		250.2(316)	8.2~826.5	336.3(426)	23.3~1,068
황화수소					
돈사 유형		mg/h/pig		mg/h/m <sup>2</sup>	
분뇨처리 시스템	환기방식	평균(표준편차)	범위	평균(표준편차)	범위
슬랫 돈사	자연환기	42.1(38)a	8.0~120.2	56.5(29)a	19.2~93.2
	강제환기	53.4(46)a	18.6~192.5	71.7(54)a	24.2~224.3
스크레이퍼 돈사	자연환기	36.0(35)a	6.2~92.2	48.4(38)a	11.2~108.2
	강제환기	39.2(41)a	10.2~112.3	52.7(44)a	16.3~186.3
톱밥 돈사	자연환기	18.5(24)b	8.3~73.3	24.9(18)b	6.3~64.3
평균		37.8(52)	6.2~192.5	50.9(78)	6.3~224.3

## ○ 고찰

- 조사대상 돈사 내부의 암모니아와 황화수소 농도 모두 분뇨 처리 시스템의 경우 슬랫>스크레이퍼>톱밥 돈사 순이었으며, 환기 방식의 경우 자연환기 보다는 강제환기 적용시 높은 값을 나타내는 것으로 분석됨. 슬랫 돈사 내부의 암모니아와 황화수소의 농도가 다른 분뇨처리 방식을 적용하는 곳보다 상대적으로 높게 나타난 이유는 돈사 바닥이 슬랫(slat)으로 이루어져 바닥 밑에 설치된 피트(pit) 표면적을 완전히 차단하지 못하기 때문이라 판단됨. 따라서 피트에 저장된 돼지 분뇨로부터 발생하는 가스 물질들이 용이하게 돈사 내부의 공기 중으로 쉽게 휘발될 수 있기 때문이며, 이는 이전의 연구 보고들에서도 언급한 바 있음(Muck and Steenhuis 1982; Swierstra et al. 1995; Aarnink et al. 1996). 톱밥 돈사의 경우 바닥에 톱밥을 깔아주기 때문에 돼지가 배설하는 분뇨와 혼합되어 질산화나 탈질화 같은 미생물

에 의한 분뇨의 분해 과정이 용이하게 진행됨(Groenestein 1993). 그 결과 배설된 분뇨 내 암모늄 이온( $\text{NH}_4^+$ )이 암모니아 형태보다는 질소 형태로 전환되어 공기 중으로 방출되기 때문에 내부의 암모니아 농도가 상대적으로 낮게 분석된 이유라 사료됨. 하지만 연구 분석 결과를 종합적으로 고찰해 보면, 돈사 작업장 내부의 암모니아와 황화수소의 농도 수준은 분뇨 처리 형태보다는 환기 방식에 의해 영향을 받는다고 판단됨.

- 암모니아와 황화수소의 배출 원단위(배출계수)의 경우 분뇨 처리 시스템 측면에서는 톱밥 돈사가 상대적으로 낮은 수치를 나타내었을 뿐 슬랫과 스크레이퍼는 차이가 없는 것으로 조사되었으며, 환기 방식 측면에서는 대체로 강제환기와 자연환기 간의 통계적 차이가 없는 것으로 분석됨. 이처럼 환기 방식의 차이에 따른 암모니아와 황화수소의 배출 원단위가 통계적으로 차이가 없는 것으로 분석된 이유는 현장 조사가 극단적인 기후 조건을 보이지 않는 봄과 가을에 수행되어 배기팬에 의한 강제 환기율보다는 자연 대류에 의한 자연 환기율이 상대적으로 더 높았기 때문이라 추정됨.
- 돈사로부터 발생하는 가스상 오염물질의 발생량은 공기 배출구에서 측정된 농도 수치에 유량을 곱하여 산정되고, 일반적으로 유량은 강제환기 돈사의 경우 돈사 내부와 외부의 정압 차이 및 환기팬 작동 데이터를 이용하며, 자연환기 돈사의 경우 추적 가스(tracer gas), 열 평형, 이산화탄소 평형 등의 방법 등을 이용하여 산정함(Gay et al. 2003). 하지만, 돈사 내부에는 돼지의 행동성, 배기팬 내부의 분진 집적, 정압의 급격한 변화 등과 같은 공기 흐름에 영향을 주는 요인들이 많기 때문에 정확한 유량을 산정한다는 것은 현재로서는 거의 불가능함(Bicudo et al. 2002). 따라서 본 연구 결과에서 나타난 돈사로부터 암모니아와 황화수소의 배출 원단위를 비교 평가할 때에는 위에서 언급한 사항을 고려해야 할 필요가 있음.

## ○ 국외 선행연구와의 비교

- 본 연구 결과를 외국의 선행 연구 결과와 비교해보면, 돈사 내 평균 농도는 외국의 경우보다 암모니아는 낮고 황화수소는 높은 것으로 나타났고, 배출 원단위의 경우 외국의 경우와 비슷한 수준을 보이는 것으로 분석됨. 외국의 선행 연구 자료들과 이번 연구 결과를 비교했을 시 나타난 차이는 다음과 같은 세 가지 이유로 고찰할 수 있음.
- 첫째, 조사 당시의 계절 및 기후의 영향임. 측정 당일의 외부 온도 조건에 따라 강제환기 돈사의 경우 내부 온도를 적정 수준으로 유지하기 위해 배기 팬을 조작하여 환기율을 전환할 수 있기 때문에 이는 돈사 내 암모니아와 황화수소의 농도 및 발생량에 영향을 줄 수 있음.
- 둘째, 암모니아와 황화수소의 측정 및 분석 방법의 차이임. 각 연구자들마다 암모니아와 황화수소를 측정하는 데 있어 동일한 분석 방법을 적용한 것이 아니기 때문에 분석 절차 및 분석 기기의 오류로 인한 분석 데이터의 오차는 발생할 수 있음.
- 셋째, 각 나라마다 서로 다른 환기 시스템을 돈사에 적용한다는 사실임. 우리나라 돈사의 경우 측벽 배기 시스템을 주로 적용하는 반면, 미국의 경우 피트 배기 시스템을, 유럽의 경우 굴뚝 배기 시스템을 주로 적용하고 있음. 이러한 환기 시스템의 차이로 인해 공기 배출구의 위치가 다르고, 작업장 내부의 공기 유동 현상에도 변화를 주기 때문에 암모니아와 황화수소의 농도 및 배출량에도 동시에 영향을 미칠 수 있음.

### 3. 축산농장 악취관리 자체 점검 의무화 및 등급화 방안

○ 축산악취는 특정 발생지점에서 집중적으로 발생하는 특성이 있으며, 발생 원점에서 집중적으로 악취물질 발생을 제어하는 것이 가장 현실적인 접근임. 축종별 악취발생 원점의 파악과 발생 원점에 대한 중점관리기준(〈표 4-7〉〈표 4-8〉〈표 4-9〉〈표 4-10〉) 적용 및 축종별 악취관리 중점관리기준<sup>78)</sup>에 의거하여 주 1회 자체점검 및 점검결과 기록 보관을 의무화하는 등의 제도개선이 필요하다고 사료됨.

**표 4-7** 한우농장 적용 악취중점관리기준

한우농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
사료관리	1. 사양표준 준수	(1) 농후사료효율 극대화 (2) 분뇨 배설량 및 악취물질 발생 최소화 (3) 사양표준에 준한 단계별 정량 급여 (4) 사료 및 사일리지 이취 및 변질 방지
	2. 급이 및 급수 관리	(1) 농후사료하실 최소화 (2) 음수통 및 사료통 청소(주 1~2회 세척) (3) 사육두수에 충분한 급이 및 급수 시설 확보 (4) 자가사료 급여시 배합기 청소 (5) 연 1회 이상 수질검사 실시하여 설사 방지
우사 및 환경관리	1. 우사내부 청결 및 악취물질 농도	(1) 개방형 환기시설 이용 권장 (2) 환기팬 및 선풍기 정상작동 유지 (3) 우사 내 분, 깔짚 등을 모두 제거 권장 (4) 물 세척 후 적정 소독 후 충분히 건조 (5) 우사 지붕 투광재 설치 권장
	2. 우사바닥 관리	(1) 쾌적한 바닥 상태 유지 (2) 깔짚이나 톱밥등의 발효상태 확인 및 교환 (3) 우사 바닥의 분변은 상시 제거 (4) 분뇨 투입구 찌꺼기 제거

<sup>78)</sup> 친환경자연순환농업협회. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.



(계속)

한우농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
분뇨관리 분뇨관리	1. 위탁처리 요령	(1) 전량 위탁처리 권장 (2) 위탁처리시설로 정기적인 배출 및 기록
	2. 자가처리 요령	(1) 가축분뇨처리시설 설치기준 준수 (2) 사육두수 및 분뇨 배설량에 적합한 처리능력 확보 (3) 경종농가 방출 시 발효상태 확인
	3. 퇴비장 관리	(1) 오염수 외부유출 방지 (2) 처리장 바닥 방수처리 (3) 적정 퇴적용량 준수 및 통기성 확보를 이용한 호기성발효 (4) 수분조절재를 이용한 수분함량 조절 권장 (5) 퇴비장 지붕 투광재 설치 권장
	4. 배수관리	(1) 우사, 분뇨처리장, 액비장 사이 배수로 설치 (2) 웅덩이 제거
	5. 깔짚 관리	(1) 깔짚 보관소를 설치하여 습기침투 방지 (2) 깔짚의 변색 및 곰팡이 방지
폐사축 처리	폐사축처리	(1) 시·도 가축위생시험소 등 방역기관에 신고 (2) 폐사축 매몰기준 준수 (3) 폐사축 발생장소, 수송 및 작업기구 오염 제거 및 소독
출하 관리	출하 관리	(1) 출하 전 체표 세척 (2) 출하대와 출하차량 출하 전·후 세척 및 소독 (3) 출하 수 출하차량 톱밥 및 깔짚 전량 회수
기본관리	1. 농장 내·외부 청결 관리	(1) 우사 내·외부 청소 철저 (2) 우사 내 주요이동통로 및 배수로 포장 관리
	2. 농장 경관 및 미적 조화	(1) 방풍림 및 주변과의 미적조화 상태 유지
경영, 기록관리	기록 관리	(1) 분뇨처리실태 기록 (2) 소독 및 방역 실시 기록 (3) 정기적인 수질 검사 실시
교 육	친환경축산 교육 이수	(1) 친환경축산 교육 이수 (2) 연간 3회 이상 교육 참석

표 4-8 젖소농장 적용 악취중점관리기준

젖소농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
사료관리	1. 사양표준 준수	(1) 농후사료효율 극대화 (2) 분뇨 배설량 및 악취물질 발생 최소화 (3) 사양표준에 준한 단계별 정량 급여 (4) 사료 및 사일리지 이취 및 변질 방지
	2. 급이 및 급수 관리	(1) 농후사료하실 최소화 (2) 음수통 및 사료통 청소(주 1~2회 세척) (3) 사육두수에 충분한 급이 및 급수 시설 확보 (4) 자가사료 급여시 배합기 청소 (5) 연 1회 이상 수질검사 실시하여 설사 방지
우사 및 환경관리	1. 우사내부 청결 및 악취물질 농도	(1) 개방형 환기시설 이용 권장 (2) 환기팬 및 선풍기 정상작동 유지 (3) 우사 내 분, 깔짚 등을 모두 제거 권장 (4) 물 세척 후 적정 소독 후 충분히 건조 (5) 우사 지붕 투광재 설치 권장
	2. 우사바닥 관리	(1) 쾌적한 바닥 상태 유지 (2) 깔짚이나 톱밥등의 발효상태 확인 및 교환 (3) 우사 바닥의 분변은 상시 제거 (4) 분뇨 투입구 찌꺼기 제거
	3. 착유실 관리	(1) 소독시설 확보 (2) 천장 및 벽과 바닥은 상시 청결상태 유지 (3) 착유 후 발생하는 폐기물 세척 및 소독 (4) 착유 대기장 정기적인 청소 실시 (5) 착유기 및 우유냉각기 정상작동 여부 확인
분뇨관리	1. 위탁처리 요령	(1) 전량 위탁처리 권장 (2) 위탁처리시설로 정기적인 배출 및 기록
	2. 자가처리 요령	(1) 가축분뇨처리시설 설치기준 준수 (2) 사육두수 및 분뇨 배설량에 적합한 처리능력 확보 (3) 경종농가 방출시 발효상태 확인
	3. 퇴비장 관리	(1) 오염수 외부유출 방지 (2) 처리장 바닥 방수처리 (3) 적정 퇴적용량 준수 및 통기성 확보를 이용한 호기성발효 (4) 수분조절재를 이용한 수분함량 조절 권장 (5) 퇴비장 지붕 투광재 설치 권장
	4. 정화처리	(1) 착유세척수 이동 배수로 설치 (2) 정화조 밀폐권장 (3) 정화처리 미생물 생존여부 점검 (4) 방류수 수질 기준 준수
	5. 배수관리	(1) 우사, 분뇨처리장, 액비장 사이 배수로 설치 (2) 웅덩이 제거
	6. 깔짚 관리	(1) 깔짚 보관소를 설치하여 습기침투 방지 (2) 깔짚의 변색 및 곰팡이 방지

(계속)

젖소농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
폐사축 처리	1. 폐사축처리	(1) 시·도 가축위생시험소 등 방역기관에 신고 (2) 폐사축 매몰기준 준수 (3) 폐사축 발생장소, 수송 및 작업기구 오염 제거 및 소독
출하 관리	1. 출하 관리	(1) 출하 전 체표 세척 (2) 출하대와 출하차량 출하 전·후 세척 및 소독 (3) 출하 수 출하차량 톱밥 및 깔짚 전량 회수
기본관리	1. 농장 내·외부 청결 관리	(1) 우사 내·외부 청소 철저 (2) 우사 내 주요이동통로 및 배수로 포장 관리
	2. 농장 경관 및 미적 조화	(1) 방풍림 및 주변과의 미적조화 상태 유지
경영, 기록관리	기록 관리	(1) 분뇨처리실태 기록 (2) 소독 및 방역 실시 기록 (3) 정기적인 수질 검사 실시
교육	친환경축산 교육 이수	(1) 친환경축산 교육 이수 (2) 연간 3회 이상 교육 참석

표 4-9 양돈농장 적용 악취중점관리기준

양돈농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
사료관리	1. 단계별 급여, 사양 표준 준수	(1) 사료효율 극대화 (2) 분뇨 배설량 및 악취물질 발생 최소화 (3) 사양표준에 준한 단계별 급여 (4) 이유자돈~비육돈 구간 집중관리 (5) 사료교체로 인한 스트레스 최소화 방안 마련
	2. 비육돈 사료급여 비중	(1) 비육돈 구성 비율에 맞는 비육돈 사료 구매 (2) 소화율 최대화 (3) 40% 이상 목표 설정 (4) 최소한 20% 이상 유지
	3. 사료용 환경개선제 활용	(1) 용도에 맞는 환경개선제, 악취저감제 활용 (2) 적정 기준 준수 (3) 환경개선제, 악취저감제 특성 파악, 효과 이해 (4) 지속적인 사용 권장
	4. 급여 및 급수 관리	(1) 사료허실 최소화 (2) 급이기 및 급수기 정상 작동 (3) 수질 체크 및 적정 수압 유지

(계속)

양돈농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
돈사 및 환경관리	1. 돈사형태	(1) 밀폐 가능한 무창돈사 권장 (2) 4계절에 따라 환기량 조절 및 강제환기 실시
	2. 돈사내부 청결 및 악취물질 농도	(1) 평상 시 돈사 내 청결상태 유지 (2) 악취물질 농도 기준치 이하 유지
	3. 악취저감시설, 장비설치 및 정상가동	(1) 축사면적, 사육두수 및 악취발생량 고려 (2) 정상가동 유지
	4. 악취저감제 활용	(1) 악취저감 시설과 병행한 환경개선제 사용 권장 (2) 악취저감 원리 및 효능에 대한 이해 (3) 환경개선제 투입 후 결과 기록
	5. 올인, 올라웃	(1) 돈사 내 악취물질 제거 용이 (2) 수세, 건조 및 소독 작업 권장
	6. 돈사바닥 관리	(1) 평바닥보다는 슬랏 형태의 바닥구조 권장 (2) 분뇨적체방지를 위한 청소 및 관리 (3) 돼지 청결상태 유지
	7. 적정 사육밀도	(1) 가축사육 최소면적 기준보다 10% 이상 저밀도 유지 (2) 휴식 및 배설자리 구분
	8. 돈사 피트 관리	(1) 슬러리 혹은 스크레퍼 배출 관리 (2) 피트 깊이, 분뇨 적체 및 발효상태 확인 (3) 액비순환시스템 적용 권장
분뇨관리	1. 위탁처리 요령	(1) 전량 위탁처리 권장 (2) 위탁처리시설로 정기적인 배출 및 기록
	2. 자가처리 요령	(1) 가축분뇨처리시설 설치기준 준수 (2) 사육두수 및 분뇨 배설량에 적합한 처리능력 확보
	3. 고액분리	(1) 밀폐식 고액분리장 권장 (2) 분뇨는 빠른 기간 내에 고액분리 권장
	4. 퇴비장 관리	(1) 충분한 수분조절제 사용 (2) 고기압 상태에서 교반작업 실시
	5. 폭기시설 및 저장조 관리	(1) 밀폐형 고온폭기장 및 액비 저장조 설치 (2) 개방형 살수식 액비처리장 사용 자제
기본관리	1. 농장 내 · 외부 청결관리	(1) 돈사 내 · 외부 청소 철저 (2) 돈사 및 분뇨처리시설 악취물질 누출 방지 (3) 돈사 내 주요이동통로 포장 관리
	2. 농장 경관 및 미적 조화	(1) 방목림 및 주변과의 미적조화 상태 유지
경영, 기록관리	기록 관리	(1) 분뇨처리실태 기록 (2) 소독 및 방역 실시 기록 (3) 정기적인 수질 검사 실시
교육	친환경축산 교육 이수	(1) 친환경축산 교육 이수 (2) 연간 3회 이상 교육 참석

표 4-10 양계농장 적용 악취중점관리기준

양계농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
사료관리	1. 단계별 급여, 사양 표준 준수	(1) 사료효율 극대화 (2) 분뇨 배설량 및 악취물질 발생 최소화 (3) 사양표준에 준한 단계별 급여 (4) 사료빈 내 오래된 잔류사료 확인 및 제거 (5) 급여 사료 기호성 확인
	2. 사료 및 음수용 환경 개선제 및 생균제 활용	(1) 용도에 맞는 양계용 환경개선제, 생균제 및 음수첨가제 활용 (2) 적정 기준 준수 (3) 환경개선제, 생균제 및 음수첨가제 특성 파악, 효과 이해 (4) 지속적인 사용 권장
	3. 급이 및 급수 관리	(1) 사료허실 최소화 (2) 사료통 및 니플 급수라인 정상 작동 (3) 수질 체크 및 적정 수압 유지
계사 및 환경관리	1. 계사형태	(1) 밀폐 가능한 무창계사 권장 (2) 시설관리가 용이한 측면 배기 권장 (3) 4계절에 따라 환기량 조절 및 강제환기 실시
	2. 계사내부 청결 및 악취물질 농도	(1) 육계 출하 후 계사 청소 및 소독, 훈증 실시 (2) 전원 차단 후 분무 소독 및 먼지 제거 (3) 충분한 건조 실시 (4) 악취물질 농도 기준치 이하 유지 (5) 집란실은 작업종료 후 매일 청소 실시
	3. 악취저감 시설, 장비 설치 및 정상 가동	(1) 계사면적, 사육두수 및 악취발생량 고려 (2) 환풍기 시설 정상작동 유무 확인 (3) 계사 내 전등 주기적으로 교체 (4) 방풍막을 설치하여 먼지 확산 방지 권장
	4. 악취저감제 활용	(1) 악취저감 시설과 병행한 환경개선제 사용 권장 (2) 악취저감 원리 및 효능에 대한 이해 (3) 환경개선제 투입 후 결과 기록
	5. 계사바닥 관리	(1) 출하 후 깔짚 반출 및 물청소 실시 (2) 고압세척기를 이용한 바닥 청소 권장 (3) 먼지 발생이 적고 보습성이 좋은 깔짚 사용
	6. 적정 사육밀도	(1) 가축사육 최소면적 기준보다 10% 이상 저밀도 유지 (2) 스트레스로 인한 폐사율 감소
분뇨관리	1. 위탁처리 요령	(1) 전량 위탁처리 권장 (2) 위탁처리시설로 정기적인 배출 및 기록
	2. 자가처리 요령	(1) 가축분뇨처리시설 설치기준 준수 (2) 사육두수 및 분뇨 배설량에 적합한 처리능력 확보
	3. 퇴비장 관리	(1) 처리장 바닥 방수처리 (2) 적정 퇴적용량 준수 및 통기성 확보를 이용한 호기성발효 (3) 먼지가 적은 수분조절재를 이용한 수분함량 조절 권장 (4) 퇴비장 지붕 투광재 설치 권장

(계속)

양돈농장 적용 악취중점관리기준		
분 야	관리항목	관리 목표 및 방법
분뇨관리	4. 폐사게처리	(1) 시·도 가축위생시험소 등 방역기관에 신고 (2) 폐사게 매몰기준 준수 (3) 폐사게 발생장소, 수송 및 작업기구 오염 제거 및 소독 (4) 폐사게 퇴비장 매립 금지
기본관리	1. 농장 내·외부 청결 관리	(1) 계사 내·외부 청소 철저 (2) 계사 및 분뇨처리시설 악취물질 누출 방지 (3) 계사 내 주요이동통로 포장 관리
	2. 농장 경관 및 미적 조화	(1) 방풍림 및 주변과의 미적조화 상태 유지
경영, 기록관리	기록 관리	(1) 분뇨처리실태 기록 (2) 소독 및 방역 실시 기록 (3) 정기적인 수질 검사 실시
교 육	친환경축산 교육 이수	(1) 친환경축산 교육 이수 (2) 연간 3회 이상 교육 참석

#### ○ 양돈농장 악취관리 강화 방안

- 축종에 따라 악취 민원 발생은 큰 차이를 나타내고 있으며, 양돈장 악취 민원이 대부분을 차지함. 이에 양돈농장의 악취관리 강화 및 의무화 필요성 대두되는 실정이며, 양돈농장의 악취관리등급제<sup>79)</sup> 적용(〈표 4-11〉〈표 4-12〉)으로 보다 적극적이고 실질적인 악취관리 유도해야 함.

<sup>79)</sup> 농림축산식품부. 2017. 통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서.

표 4-11 양돈농장 적용 3단계 악취관리등급기준(안)

분야	심사항목	배점	평가기준	점수	특점	평가방법
사료 관리 (30점)	단계별 급이, 사양표준 준수 여부	8	i) 5종 이상 급여	8		(1) 일관경영 기준 (2) 사료표시 및 조단백질 함량 기준 (3) 사료 구매 내역 확인 (4) 최소 1주일 이상 급여 기준
			ii) 3종 이내 급여	5		
			iii) 2종 이내 급여	3		
	비육돈 사료 급여 비중	8	i) 30% 이상	8		(1) 일관경영 기준 (2) 사료표시 및 조단백질 함량 기준 (3) 사료 구매 내역 확인 (4) 최소 1주일 이상 급여 기준
			ii) 20~30%	5		
			iii) 10~20%	3		
			iv) 10% 이하	1		
	사료 및 물 관리	7	i) 관리 상태 양호	7		(1) 급이, 급수시설 청결 및 관리 상태 (2) 사료허실 정도 확인
			ii) 관리 상태 보통	4		
			iii) 관리 상태 미흡	1		
	사료용 환경 개선제 활용	7	i) 정기적 및 적정 사용, 활용 양호	7		(1) 환경개선제 성분, 효과에 대한 이해도 등 확인 (2) 구매기록, 장부 확인 (3) 현장 확인
			ii) 활용 보통	5		
			iii) 미사용, 활용 미흡	3		
기본 관리 (50점)	농장 전체 및 돈사 외부의 청결 및 정리 정돈 상태	10	i) 양호(5개 이상 양호)	10		(1) 농장의 전체적인 청결 및 정리정돈상태 ① 돈사 주변 제초 ② 이동통로 포장 ③ 외 부 분뇨노출 ④ 사료빈 주변 사료허실 ⑤ 폐사 축 처리 ⑥ 전반적인 외관 (2) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 보통(3~4개 양호)	7		
			iii) 미흡(2개 이하 양호)	4		
	농장 경관 및 미적 조화	15	i) 양호(5개 이상 양호)	15		(1) 농장 외관의 주변과의 조화, 시각적인 효 과 확인 (2) 식재 수종, 경관, 시설물, 녹음 공간, 농장 경계 등의 적절성 평가 ① 조경수(꽃나무 포함) ② 초지 ③ 잔디 ④ 화분 ⑤ 벽화 ⑥ 기타 인공 조형물 등 (3) 농장 경계부와 울타리 등 환경조화 확인 (5) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 보통(3~4개 양호)	11		
			iii) 미흡(2개 이하 양호)	7		
	폐사축 처리	8	i) 처리시설 설치, 정상 관리	8		(1) 폐사축 처리를 위한 별도의 시설 설치 및 관리상태 확인
			ii) 처리시설 설치, 관리 미흡	6		
			iii) 처리시설 미설치	4		
	분뇨처리 등 기록 관리	5	i) 기록관리 양호 (매일 기록)	5		(1) 기록여부와 기록내용의 성실성 등 확인 ① 퇴액비 관리대장 ② 가축분뇨 정화처리 관리대장
			ii) 기록관리 보통 (주간 기록)	3		
			iii) 기록관리 미흡	1		

(계속)

분야	심사 항목	배점	평 가 기 준	점수	득점	평 가 방 법
기본 관리  (50점)	친환경축산 교육 이수	5	i) 연간 3회 이상 교육 이수	5		(1) 교육 이수 여부 확인(수료증, 관련 문서 등) ① 농림부 주관 교육 이수 ② 농촌진흥청 주관 교육 이수 ③ 지방자치단체 주관 교육 이수 ④ 농·축협 주관 교육 이수 ⑤ 컨설팅, 기술지도
			ii) 연간 2회 교육 이수	4		
			iii) 연간 1회 교육 이수	3		
	민원, 부적정 사례 발생 여부	7	i) 민원, 부적정 사례 없음	7		(1) 최근 1년 이내 상황 (2) 불법행위 처분사례, 민원발생, 주민의견 등을 행정기관 또는 인근주민을 통하여 확인
			ii) 민원, 부적정 사례 2~3건 발생	5		
			iii) 민원, 부적정 사례 3건 이상 발생	3		
돈사 및 환경 관리  (60점)	사육밀도	8	i) 10% 이상 저밀도	8		(1) 축산업 허가제 기준 (2) 축사면적 및 사육마리수 현장 확인 (3) 사육두수 및 축사면적은 시·군, 농관원 등의 객관 자료 활용
			ii) 5~10% 미만 저밀도	6		
			iii) 최소면적 기준	4		
			iv) 최소면적 기준 초과	0		
	돈사 내부 청결 및 관리상태	10	i) 청결, 관리상태 양호(5개 이상 양호)	10		(1) 청결 및 관리상태 확인 ① 급이시설 ② 급수시설 ③ 천정 ④ 벽 ⑤ 먼지 ⑥ 밝기 ⑦ 장구류 (2) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 청결, 관리상태 보통(3~4개 양호)	7		
			iii) 청결, 관리상태 미흡(2개 이하 양호)	4		
	악취저감제 활용	7	i) 악취저감제 특성, 활용 요령 이해 및 활용 양호	7		(1) 축사면적·사육두수·악취발생 정도 등 을 고려한 악취저감제 사용실태 확인 (2) 구매영수증 등 확인 (3) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 활용 보통	5		
			iii) 활용 않거나 활용 미흡	3		
	돈사바닥 관리상태	10	i) 청소 및 관리 상태 양호(4개 이상 양호)	10		(1) 수세 및 관리상태 확인 ① 건조 ② 분뇨적체 ③ 바닥경사, 슬랫 면 적 ④ 돼지 몸 청결상태 ⑤ 주기적인 물청 소 여부 (2) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 청소 및 관리 상태 보통(2~3개 양호)	7		
			iii) 청소 및 관리 상태 미흡(1개 이하 양호)	4		
	비육돈사 내부 악취 물질 농도	7	i) 복합악취, 암모니아 양호	7		(1) 복합악취는 직독식 측정기로 측정 (2) 암모니아는 감지관과 직독식 측정기로 측정 (2) 실내 권장기준은 별도 기준 적용
			ii) 복합악취, 암모니아보통	5		
			iii) 복합악취, 암모니아미흡	3		



(계속)

분야	심사 항목	배점	평 가 기 준	점수	득점	평 가 방 법
돈사 및 환경 관리  (60점)	비육돈사 배출구 악취 물질 농도	7	i) 복합악취, 암모니아 양호	7		(1) 복합악취는 직독식 측정기로 측정 (2) 암모니아는 검지관과 직독식 측정기로 측정
			ii) 복합악취, 암모니아 보통	5		
			iii) 복합악취, 암모니아 미흡	3		
	올인, 올아웃	6	i) 전면 실시	6		(1) 일지, 전산기록 확인 (2) 올인, 올아웃 실시 확인
			ii) 부분 실시	4		
			iii) 미실시	2		
	돈사형태	5	i) 전체 밀폐형 무창돈사	5		(1) 농장 현장에서 무창돈사 또는 개방식 돈사 설치 여부와 환기 방식 등 확인 (2) 돈사면적 대비 밀폐형 무창 비율 (3) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 밀폐형 돈사 70% 이상, 강제 환기	4		
			iii) 밀폐형 돈사 50% 이상, 강제 환기	3		
			iv) 개방식돈사50%이상, 자연, 강제 환기 병행	2		
			v) 개방식돈사70%이상, 자연, 강제 환기 병행	1		
분뇨 관리  (60점)	적정 분뇨처리	20	i) 적정 분뇨처리 양호	20		(1) 가축분뇨법에 의거, 가축분뇨처리시설의 설치기준 및 관리기준 준수여부 및 정상가 동 여부 확인 (2) 사육두수 및 분뇨 배설량에 적정하게 처리 능력 확보 여부 (3) 가축분뇨법에 의한 배출시설 허가증 확인 (4) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 적정 분뇨처리 보통	16		
			iii) 적정 분뇨처리 미흡	12		
	고액분리 관리	7	i) 관리 양호	7		(1) 저류장 및 고액분리장 밀폐 확인 (2) 고액분리기 가동시간 등 관리실태 확인 (3) 고액분리 않을 시 보통 적용 (4) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 관리 보통	5		
			iii) 관리 미흡	3		
	폭기 혹은 퇴비 관리	7	i) 밀폐, 관리 양호	7		(1) 밀폐, 폭기 및 교반 여부 확인 (2) 수분조절재 사용, 교반 여부 확인 (3) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 밀폐, 관리 보통	5		
			iii) 개방, 관리 미흡	3		
	돈사 내 분뇨관리	20	i) 피트 관리 양호	20		(1) 슬러리 혹은 스크래퍼 피트 관리상태 확인 (2) 피트 깊이, 상부 여유공간, 배출간격 등 확인 (3) 사진촬영 등 입증자료 확인
			ii) 피트 관리 보통	16		
			iii) 피트 관리 미흡	14		
	저장조 관리	6	i) 밀폐 양호	6		(1) 분뇨 및 액비 저장조 밀폐 상태 확인 (2) 사진 촬영 등 입증자료 확인
			ii) 밀폐 보통	4		
			iii) 밀폐 미흡	2		

**표 4-12** 양돈농장 적용 악취관리등급 구분(안)

구분	점수	비율	악취관리등급기준에 따른 평가결과에 대한 조치
1등급	181점 이상	90% 초과	· 자율관리
2등급	161~180점	80% 초과	· 축산환경컨설턴트 등 전문가 컨설팅 연 1회 이상 의무화
3등급	141~160점	70% 초과	· 축산환경컨설턴트 등 전문가 컨설팅 연 2회 이상 의무화. 컨설팅 결과 반영 시설 및 관리 개선 보고
4등급	121~140점	60% 초과	· 6개월 이내 개선 명령, 컨설팅 연 3회 이상, 컨설팅 결과 반영. 시설 및 관리 개선 보고
5등급	120점 이하	60% 이하	· 3개월 이내 개선 명령, 컨설팅 연 3회 이상, 컨설팅 결과 반영. 시설 및 관리 개선 보고



## 제5장

# 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할





# 5

## 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할

- 정부는 ‘지속가능한 친환경축산종합대책(2014)’을 통해 분뇨악취, 환경부담 최소화, 친환경축산물 공급 활성화, 환경친화적 생산기반 조성 등 친환경축산업 육성을 지원하고 있음. 기존의 가축분뇨 대책은 정화처리, 퇴·액비화, 메탄가스화, 농경지 비료 활용 등 단위기술 중심으로 관리하고 있었으나 지속적인 농경지 과잉살포로 토양이나 수질오염의 원인이 제기되고 있음.
- 지금까지 가축분뇨 자원화는 농지환원 체계를 기반으로 가축분뇨 퇴·액비 이용이 주를 이루고 있어, 가축사육 밀집지역의 경우 농경지 양분요구량이 가축분뇨 유래 비료성분 발생량을 초과하는 경우 농업환경 오염의 우려가 있었음. 따라서 가축분뇨 퇴·액비의 품질 향상 및 상품화 개발을 통해 가축분뇨 퇴·액비의 수요를 확대하는 동시에 양분총량 초과지역과 양분총량 비초과지역 간 양분의 이동·분배 활성화를 위한 새로운 양분관리 통합시스템이 필요함.
- 정부의 친환경적 축산업을 위해서는 종합적인 접근 즉 양분초과지역에서의 사육두수 관리, 사전예방제도, 축산업 허가제도, 가축분뇨 잉여양분물

질에 대한 회수, 가축분뇨의 에너지화 및 자원활용 지원제도 등 양분관리를 위한 지역협업체계 구축이 필요함.

○ 국내에서 가축분뇨의 양분관리는 행정조직을 통한 오염원조사 체계 및 조사 기법이 발달하지 않아 아직은 양분총량관리 계획을 시행하기에 미흡한 실정임. 따라서 지역단위 양분관리에 필요한 가축별 사육두수 현황, 양분 총발생량, 가축분뇨 양분의 타 지역 이동량, 소비량 포함 양분관리 모니터링 기법의 개발이 필요함.

- 가축분뇨는 주로 정부의 정책에 근거한 사업으로 정부의 제도 및 관련 로드맵이 작성되어 있지 않아 농림축산식품부의 향후 양분관리정책, 환경부의 유역별 양분관리정책에 기여할 것으로 사료됨. 최근 축산환경관리원의 설립으로 향후 가축분뇨 관련 정보서비스(분뇨발생량, 처리량, 지역분포 통계 현황, 위치정보)등이 새로운 환경서비스산업으로 육성될 것으로 사료됨.

○ 본 장에서는 상지대학교(2019)에서 최근 연구된 ‘가축분뇨 통합 운영프로그램 구축’<sup>80)</sup>의 연구 결과를 중심으로 다음과 같이 정리함.

- 가축분뇨 양분의 농경지 유입량 산출을 위한 양분부하계수 산출 개발
- 웹 기반 가축분뇨 양분관리 통합운영 프로그램 개발
- 축산농가 및 중간조직체의 가축분뇨 퇴·액비 부숙도 평가 개발
- 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 축산농가-유통협의체의 역할 정립 연구
- 가축분뇨 활용 관련 제도의 국내 및 해외사례 비교연구

---

<sup>80)</sup> 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축.

## 1. 가축분뇨 양분 농경지 유입량 산출 위한 양분부하계수 (파라미터) 산출 개발<sup>81)</sup>

- 우리나라는 OECD 회원국 중 질소와 인에 대한 국가 양분수지가 높아 농경지 투입양분의 환경영향이 우려되고 있어, 하천 등으로 유출되는 양분의 오염부하 관리가 요구되는 실정임. 2009년 기준 우리나라 양분수지는 질소 214.8 kg/ha, 인 43.8 kg/ha로서 OECD 국가 중 질소 수치 1위, 인 수치 2위의 양분잉여를 나타내고 있음.<sup>82)</sup>
- 국내 농경지의 양분 수지가 높은 이유는 질소, 인의 경우 모두 농경지에 투입되는 양분 중 화학비료와 가축분뇨가 과잉되게 투입되기 때문으로 비료의 종류에 대한 문제보다 토지에 투입되는 양분의 양을 관리해야 하는 정책적 판단이 필요한 상황임을 시사하고 있음.
- 양분관리 정책을 추진함에 있어서 가축분뇨의 관리는 양분의 배출특성을 중심으로 파악해야 하나 아직 우리나라의 경우 축분뇨 처리 과정 중의 양분 배출특성이 밝혀지지 않은 상태이므로 양분의 배출량 계산이 적절하지 않을 경우 축산농가에 많은 혼란을 가져다 줄 수 있음. 이에 축산농가측면에서 보면 가축분뇨의 발생량, 처리과정중의 양분부하계수, 일명 파라미터의 산출이 매우 중요한 과제임.
  - 이에 대한 대안으로서 향후 전국 가축분뇨 배출량, 이용량 통계시스템의 구축, 가축분뇨 퇴·액비 자원화 단계별 양분함량 이력 추적 및 퇴비 중 양분함량 표시제도 도입 등이 필요함.

81) 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. pp. 71-81.

82) 한경대. 2016. 양분총량제 도입을 위한 기반조성 연구.

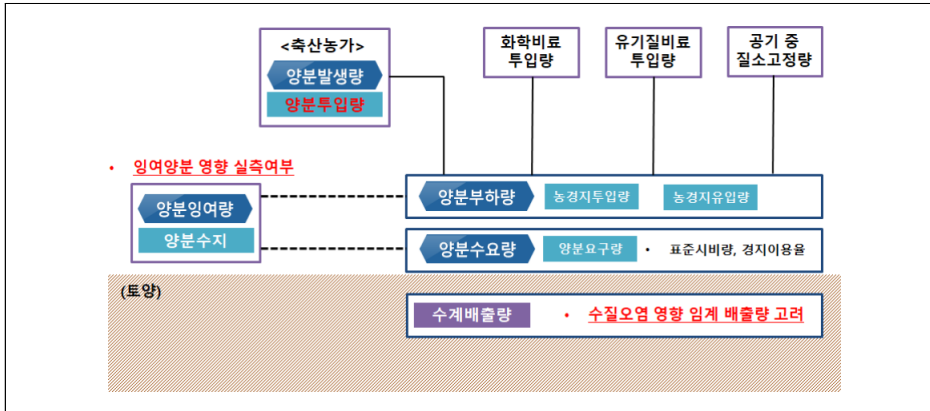


○ 정확한 토양의 양분수지를 계산하기 위해서는 양분의 발생과 토양으로의 유입, 유출에 관련된 상세항목들을 확보해야함. 축산분야에서 가장 작은 규모인 농장에서부터 지역·국가로 이어지는 양분수지관리를 위해서는 다양한 최소한의 필요정보들이 있음.

○ 토양의 양분관리를 위해서 ‘양분발생량’, ‘양분부하량’, ‘양분수요량’, ‘양분잉여량’으로 프로그램을 구성할 수 있으며 각 항목별 고려사항은 다음과 같음 <그림 5-1>.

- 양분 발생량: 가축의 사육시 배설되는 분뇨 내 양분의 양으로 대기중으로의 휘발과 외부로의 유실이 고려되지 않은 양분의 양
- 양분 부하량: 발생된 가축분뇨의 토양 적용을 위해 자원된 후 최종 남아있는 양분의 양으로 국내 가축분뇨의 처리시설 및 환경을 고려하여 각 자원화 방법에 따라 소실되어지는 양분의 양이 제외된 실제 토양에 적용되어지는 양분의 양
- 양분 수요량: 경제작물 및 사료작물 재배시 토양과 작물에 요구되어지는 양분의 합으로 토양의 개량을 위한 유기물 투입과 시비된 비료물질의 소실량도 고려하여 산정되는 양분의 양
- 양분 잉여량: 양분부하량에서 양분수요량을 뺀 후 남은 양분의 양으로 일정 토양 내 양분잔고를 확인할 수 있으며, 양분관리 방안 마련을 위한 기준으로 양분수지표로 이용할 수 있음

그림 5-1 양분수지 산정 시 필요한 양분관리 항목<sup>83)</sup>



자료: 상지대, 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축.

○ 환경부 소속 국립환경과학원은 국내 가축분뇨 퇴비, 액비, 정화처리 등의 처리현황을 고려한 양분수지 산정법 및 모델을 개발했다 밝힌 바 있음. 이 모델은 당 과학원이 수행 중인 ‘가축분뇨 실태조사를 위한 양분수지 산정법 및 모델 개발’ 연구사업의 하나로 추진된 과제와 관련하여 12월 5일(2017년) 특허등록을 마쳤다 보고하고 있음.<sup>84), 85)</sup>

- 양분수지 산정법 및 모델은 다양한 양식의 자료 입력과 확인을 통해 관리 효율성을 높인 것으로 주요 방법으로는 가축분뇨 처리현황을 고려한 축종별 퇴비화 증량감소율(미생물 활동으로 인해 유기질 분해 등이 발생하여 감소된 원료의 증량 비율을 의미) 적용방법으로 질소손실량을 계산하는 방식을 채택하고 있음.
- 양분수지 산정법 및 모델은 자료입력, 자료확인, 산정식, 계수산정, 계산, 출력 등 총 6단계로 구성되며, 자료입력 단계에서 공공기관에서 제공하는

<sup>83)</sup> 상지대, 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. p. 32

<sup>84)</sup> 환경부 홈페이지. <<http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=828640&menuId=286>>. 검색일: 2019. 8. 30.

<sup>85)</sup> (주)지오시스템리서치, 2017. 가축분뇨실태조사를 위한 양분수지 산정모델 개발.

다양한 자료들을 양식에 따라 입력하도록 하고 있음.

- 경제협력개발기구(OECD)의 양분수지 산정법은 암모니아 배출계수를 이용해 질소대기 배출량을 산정했으나 이번 모델을 사용하면 퇴비·액비화 시 가축분뇨의 중량감소 방법을 이용해 질소 대기 배출량을 산정할 수 있다 설명하고 있음.
- 이번 양분수지 산정법 및 모델은 ‘가축분뇨 실태조사’사업에 활용되며, 2021년 도입 예정인 지역양분관리제(지역별 농경지 양분 투입과 처리를 파악해 환경용량 범위의 수준으로 관리하는 제도)의 기술기반에도 적용할 예정이라 보도한 바 있음.

○ 개선된 양분수지 산정식을 이용한 양분수지 산출 연구 사례(한국축산경제연구원 2018)<sup>86)</sup>

- 한국축산경제연구원은 2015년의 국내 통계를 적용하여 개선된 양분수지 산정식을 이용, 국가·도 단위 양분수지를 파악하고 OECD의 양분수지와 비교하였음.
- Land budget 기준, 국내의 양분 유입량은 64만 5,551ton N/년, 10만 8,743ton P/년으로 나타났으며, 양분 유출량은 11만 616ton N/년, 1만 6,484ton P/년으로 나타남에 따라 총 양분수지는 53만 4,936ton N/년, 9만 2,260ton P/년으로 산출되었음.
- 국내의 양분잔고의 경우 총 대기질소잔고는 25만 8,570ton N/년으로 나타나 총 질소잔고 중 48.0%의 질소가 대기중으로 소실되는 것으로 확인되었으며 물 및 토양 환경에 영향을 미치는 총 수계 잔고는 27만 6,366ton N/년, 9만 2,260ton P/년으로 산출되었음.

---

<sup>86)</sup> (사)한국축산경제연구원. 2018. 양분관리매뉴얼 개발.

- 면적당 양분수지의 경우 312ton N/ha, 54ton P/ha로 OECD 양분수지와 동일한 값이 산출되었는데, 이는 동일 계수를 이용하여 양분수지를 산출하였기 때문임. 현재 2018년 기준으로 보고되고 있는 OECD의 국내 양분수지는 222ton N/ha, 46ton P/ha로 개선된양분수지(Land budget)에 비해 낮았는데 이는 유기질비료 생산량 등 OECD 양분수지 산정식의 모든 항목을 고려하지 못했기 때문인 것으로 판단됨.
- 대기 잔고를 제외하고 토양과 물 환경에 영향을 미치는 총 수계 잔고를 기준으로 ha당 양분수지를 파악할 경우 164ton N/ha·년, 54ton P/ha·년으로 나타나 OECD 양분수지에 비해 질소는 27.3% 낮았고, 인은 17.1% 높은 값을 나타내었음.
- Soil budget 기준, 국내의 양분 유입량은 49만 2,881ton N/년, 8만 6,224ton P/년으로 나타났으며, 양분 유출량은 11만 616ton N/년, 1만 6,484ton P/년으로 나타남에 따라 총 양분수지는 38만 2,266ton N/년, 6만 9,741ton P/년으로 산출되었음.
- Soil budget 기준 ha당 양분수지는 225kg N/ha·년, 40kg P/ha·년으로 OECD에서 제시한 양분수지와 유사하게 산출되었으며, 총 수계잔고 기준 ha당 양분수지는 164kgN/ha·년, 40kg P/ha·년으로 나타나 총 잔고만을 고려하는 OECD 양분수지에 비해 수계(물+토양)에 영향을 미치는 양분을 정밀하게 확인할 수 있음.
- Land budget과 Soil budget 모두에서 우리나라의 양분수지는 양의 값을 나타내어 수용할 수 있는 양분의 양을 초과하는 것으로 나타났으며, 적절한 양분 삭감 방법의 적용을 통한 양분관리가 요구됨.
- 양분수지 산출 시 Land budget과 Soil budget 산정법의 가장 큰 차이는 가축분뇨 생산량(처리된 가축분뇨 생산량)에서 나타나 총 양분수지 및 수계 양분수지에 반영되었음. Land budget과 Soil budget의 총 잔고를 비

교한 결과, 질소와 인 모두에서 Soil budget의 양분수지가 Land budget에 비해 질소 수지는 약 28.5%, 인 수지는 24.4% 낮게 나타났으며, 이는 가축분뇨의 처리과정 중 소실된 양분량의 고려에 따른 결과임.

- Land budget와 Soil budget의 수계 잔고를 비교한 결과 질소는 동일한 수지를 나타냈으나, 인의 경우 Soil budget에서 현저히 낮은 값을 나타냄. 이는 가축분뇨 자원화과정 중소실된 인은 농업환경으로 유입되지 않지만, Land budget의 경우 자원화 과정 중 인의소실을 고려할 수 있는 항목이 없기 때문임. Soil budget의 경우 양분 유입 내 처리된 가축분뇨 생산량 항목에서 자원화 과정 중 인의 소실량을 고려해주기 때문에 보다 정확히 수계(토양+물)로 유입되는 양분량을 파악할 수 있는 것으로 판단됨.

○ 국내 농가와 지역, 국가수준의 토양 내 양분관리를 위해서는 <표 5-1>에 나타난 것과 같이 크게 축산부문 정보, 발생량 및 물질의 특성, 양분량 및 양분 농도, 연구자료 및 기준

도, 연구자료 및 기준으로 나누어 핵심정보들이 구성되어야 함. 이를 체계화하기 위해서는 각 항목별 정보들의 정확한 계산식 확보와 연구 및 통계자료의 정리가 필요함.

**표 5-1** 국내 축산농가 기준 양분수지 산정을 위한 핵심 양분부하계수

축산부문 정보		발생량 및 물질의 특성		양분량 및 양분 농도		연구자료 및 기준	
항목	기호	항목	기호	항목	기호	항목	기호
사육두수	A1	분뇨발생량	B1	양분발생량	C1	발생원단위(분뇨)	D1
수분조절재 사용량	A2	고형물발생량	B2	고형분 내 양분발생량	C2	발생원단위(분)	D2
액비화조 표면적	A3	고형분발생량	B3	수분조절재 내 양분발생량	C3	발생원단위(뇨)	D3
액비화조 개수	A4	액상물발생량	B4	고형물 내 양분발생량	C4	분뇨 내 양분농도(분뇨)	D4
농경지 면적	A5	분뇨 내 수분함량	B5	액상물 내 양분발생량	C5	분뇨 내 양분농도(분)	D5
화학비료사용량	A6	고액분리 후 고형물 함수율	B6	퇴비 내 양분부하량	C6	분뇨 내 양분농도 (뇨·폐수)	D6
		퇴비 발생량	B7	액비 내 양분부하량	C7	수분조절재 내 양분농도	D7

(계속)

축산부문 정보		발생량 및 물질의 특성		양분량 및 양분 농도		연구자료 및 기준	
항목	기호	항목	기호	항목	기호	항목	기호
		액상물증발량	B8	양분요구량	C8	양분부하계수(퇴비화)	D8
		토양 개량용 퇴비량	B9	퇴액비 유래 양분량	C9	양분부하계수(액비화)	D9
		퇴비의 사용비율 (토양 개량용)	B10	퇴액비 유래 양분소실량	C10	중량감소율	D10
		퇴비 발생량	B11	토양 개량용 퇴비 내 양분량	C11	퇴비화 후 중량감소율	D11
		액비 발생량	B12	퇴비내 양분부하량	C12	액비화방법별 증발량	D12
				화학비료 유래 양분소실량	C13	작물별 표준시비량	D13
				작물별 양분요구량	C14	작물별 퇴구비(퇴비) 시비량	D14
				화학비료 유래 양분량	C15	화학비료 내 양분농도	D15
				양분소실량	C16	퇴액비 양분소실율	D16
				양분수요량	C17	화학비료 양분소실율	D17
				양분부하량	C18	고액분리 효율	D18
				양분잉여량	C19		

자료: 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축.

## 2. 웹기반 가축분뇨 양분관리 통합운영 프로그램 개발<sup>87)</sup>

○ 가축분뇨에서 발생한 양분 중 질소와 인은 토양에 다량으로 집적되어 토양 내 영양염류 증가로 인한 식물 생산성 감소, 토양의 수계 유실로 인한 부영양화 유발, 녹·적조 발생 등 환경적 문제를 야기시키기 때문에 전 세계적으로 토양 내 질소와 인의 수치분석 및 투입 기준 설정을 통해 관리되어지고 있음.

○ 가축분뇨 유래 질소는 배출과 동시에 공기 중으로의 NH<sub>3</sub> 휘산, 자원화과정에서의 N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> 배출, 유거 및 용탈로 인한 수계로의 NH<sub>4</sub>, NO<sub>x</sub> 유출, 식

<sup>87)</sup> 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. pp. 134-164.

물의 NO<sub>x</sub> 흡수 등 다양한 방식으로 소실되어지며, 이 중 토양으로 유입되는 실질적인 질소량의 파악이 중요함.

○ 가축분뇨 유래 인은 배출되어 공기중으로 유실되지 않는 특징을 지녀 일반적으로 사라지지 않고 축적되어진다고 알려져 있으나, 여러 선행연구에 따르면 가축분뇨의 저장, 이동시 관계시설의 노후화 및 미비로 인한 자연소실, 액비 자원화 및 정화처리시 폭기조 내 Ca, Mg, Fe 등 기타 양이온과의 결합으로 인한 struvite 결정화로 유출되는 인의 양이 감소하기 때문에 정밀한 양분관리를 위해서는 인의 양분변화량도 면밀히 관찰해야함.

○ 양분수지를 관리하는 기본 방법은 양분의 입·출 분석을 통해 균형을 유지하는 것임. 농업분야 특히 축산분야 내 이상적인 양분관리를 위해서는 축산농가에서부터의 양분 발생과 농경지로의 부하가 정확히 산정되어야 하며 양분수요량과의 비교를 통한 잉여양분량 산출이 우선시되어야 함.

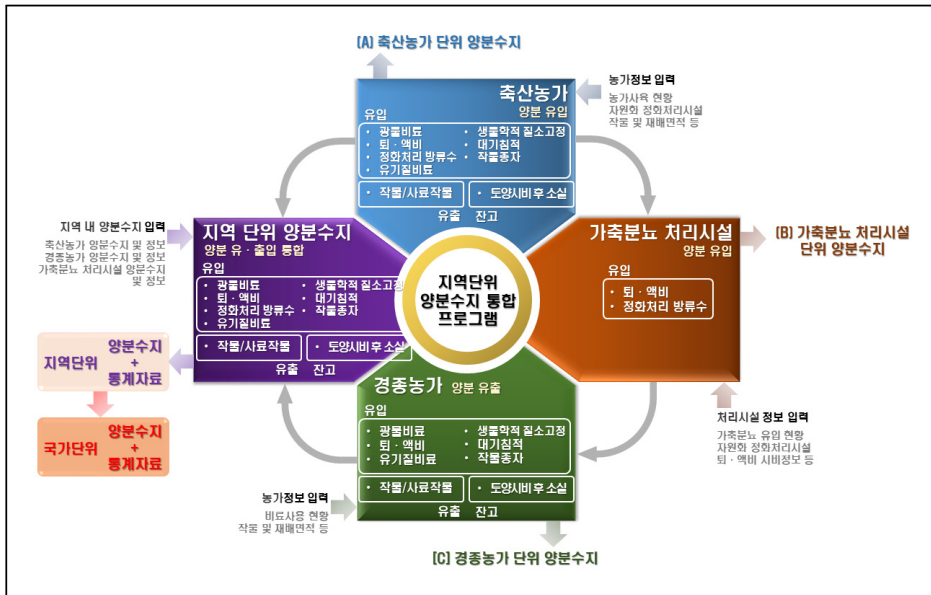
- 효율적인 양분관리를 위해서는 축산농가 단위에서 잉여양분을 최대한 삭감하고 최소한의 잉여양분을 수용하기 위한 방안을 스스로 선택할 수 있는 프로그램 개발이 필요한 실정임. 따라서, 빅데이터를 활용한 개별농가 가축분뇨 양분관리 프로그램 마련 및 보급이 중요함.

○ 궁극적으로 양분수지의 관리를 위해서는 농가 → 지역 → 국가로 이어지는 상향식 양분수지 산정 시스템 구축이 필요하며, 우리나라의 적용시 지자체 주도의 양분관리를 먼저 운영하고 양분수지 산정 프로그램 및 정책 확보시 농가 주도 양분관리를 실시하는 단계적 접근 필요함<그림 5-2><그림 5-3>.

- 양분수지 산출 및 양분관리를 위해서는 지자체 내 축산농가 및 경종농가를 모두 고려할 수 있는 양분수지 산정 프로그램의 개발이 요구되며, 최근 국내에서는 양분부하량 산정 프로그램 등이 개발되고 있는 실정임.

- 축산농가 단위 양분관리를 위해서는 기 개발된 양분부하량(축산농가 유래 최종 양분량) 산출 프로그램 활용 가능여부 및 축산농가의 특성을 반영해야 함. 또한 복합(축산+경종)농가 단위 양분관리 프로그램은 양분유출량(작물생산량 등)을 추가적으로 고려해야 함.

그림 5-2 상향식 양분수지 산정 시스템 구성<sup>88)</sup>

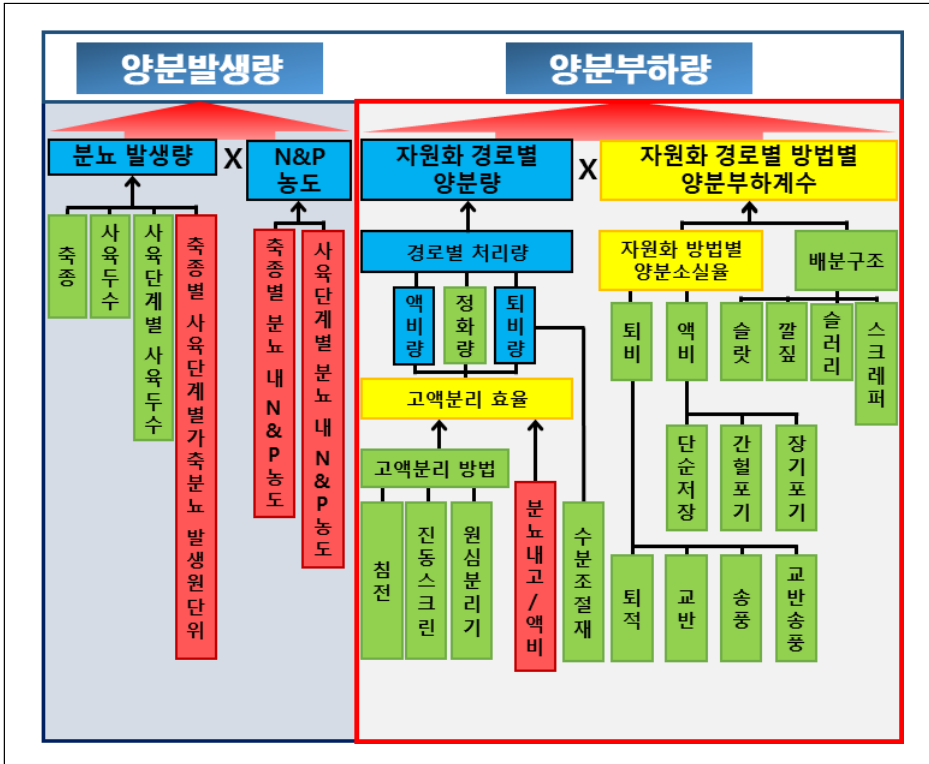


자료: 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축.

88) 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. p. 112.



그림 5-3 농가단위 양분수지 산정 프로그램 내 항목의 구성<sup>89)</sup>

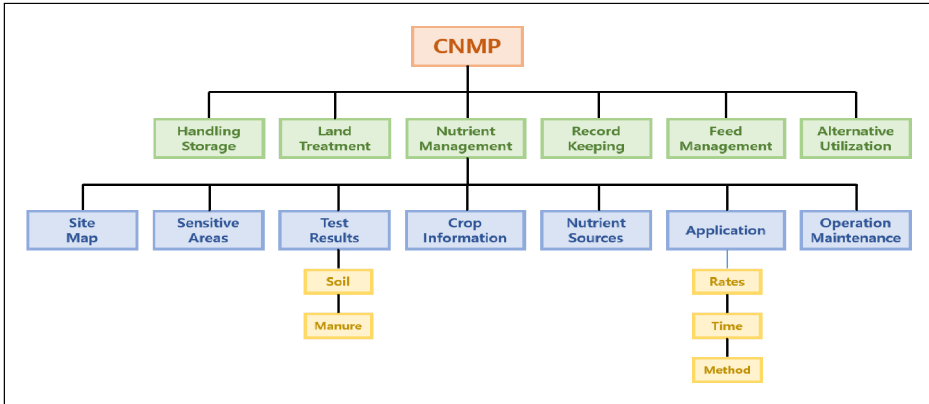


자료: 강원대 내부자료.

○ 미국(Comprehensive Nutrient Management Plan: CNMP)의 경우 분뇨 및 오수관리, 토양관리와 활용, 양분관리, 통계의 확보, 가축 사료관리 등 선택적으로 활용할 수 있는 윈도우 기반 소프트웨어의 개발·보급으로 양분관리를 위한 세부수치를 제공함<그림 5-4>.

<sup>89)</sup> 강원대. 2018. 내부자료

그림 5-4 미국의 양분관리 방안 (Comprehensive Nutrient Management Plan: CNMP)

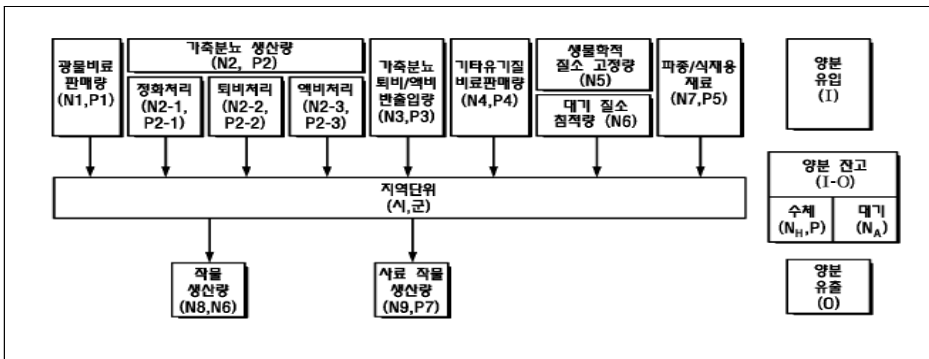


자료: Oklahoma State University 홈페이지. 검색일 2019. 8. 28.

○ 국립환경과학원의 양분수지산정프로그램(그림 5-5)의 경우, OECD Land budget의 수정 된 산정법을 이용하여 우리나라에 적합한 산정법을 개발하였으나 각 처리 공정에 대한 구분과 구체적인 배출계수에 대해서 자료가 다소 미흡함.

- 대기→토양으로 유입되는 대기침적량, 생물학적 질소고정량을 고려하나, 토양→대기로 유출되는 비료시비 후 휘발·탈질(소실)량을 고려하지 않음.

그림 5-5 양분수지 산정 프로그램 내 항목의 구성



자료: 환경부 홈페이지(보도자료). 검색일 2019. 8. 30.; 임도영 외(2017).

○ 국내 토양의 양분수지 분석을 위한 개선사항

- OECD 양분수지 산정시 IPCC 가이드라인의 기본 양분 배설계수를 적용하고 있으나, 국내의 가축분뇨 발생원 단위와 분뇨 내 양분농도 자료를 이용해 산정함으로써 국내 농·축산업 상황을 적절히 고려한 양분수지 계산이 가능함.
- 토양수지(Soil budget) 산정법의 적용을 위해서는 ‘가축분뇨의 생산량’이 ‘가축분뇨 유래 양분부하량’으로 변경되어야 하며 이를 위해서는 가축분뇨 생산량 산정식에 축종별 양분부하계수를 적용해줘야 함. 또한 농경지에 있어서 양분의 수요량은 유럽과는 달리 논과 밭의 특성상 물 공급량(연간 1,440톤/ha)의 영향과 여름철 집중 호우에 의한 양분 유실량 등 많은 세부 산정요소가 필요함. 이러한 우리나라의 기후환경을 고려하지 않고 단순히 농지 내 양분의 투입과 배출량으로만 잉여양분의 부하를 계산하면 오류가 발생하기 쉬우므로 수정이 필요함.
- 현 산정법 내의 가축분뇨 유입량, 발생량, 처리량 부문에서 가축분뇨의 자원화 후 양분(N, P) 변동량을 산정하여 가축분뇨 생산량에서 제외하는 항목이 존재하나 산출근거의 부족으로 인해 산정되어지지 않음. 따라서 본 항목을 사용하여 양분수지를 산출하기 위해서는 축종별·자원화 방법별로 세분화된 양분부하계수의 산정이 요구됨.

○ 양분부하계수 도출을 위한 부하계수 INDEX위원회(가칭) 필요성

- OECD 양분수지 산정식의 개선을 통한 보다 정확한 국가단위 양분수지 산출은 국가적 차원의 양분관리 정책 입안 및 규제시 농·축산농민들의 불신을 거둘 수 있으며, 토양 내 양분집적 문제에 적절히 대응할 수 있는 방안 마련의 기본 데이터로 활용될 것으로 기대됨.
- 또한 정확한 양분수지 산정을 위해 주기적으로 정밀한 축종별·자원화경로별 가축분뇨 양분부하계수 산정과 세부 통계자료의 확보 및 선별작업이 요

구됨. 따라서 통계자료 및 계수 선별과 확보를 위한 가칭 INDEX위원회를  
축산환경 전문가들로 구성하여 운영할 필요가 있음.

#### ○ 양분관리 프로그램의 연구개발 사례

- 상지대학교 이명규교수팀은(상지대학교 2019)<sup>90)</sup> 농가단위에서 가축분뇨를 자원화할 경우 퇴·액비의 양과 양분 부하량 결과를 예측할 수 있는 소프트웨어(Web 기반)를 개발 중에 있음.
- 축종은 양돈, 농가 단위로 한정하며 자원화 적용 공법은 전량 고액분리 후 자원화하는 공법으로 함. 소프트웨어는 양돈 농가의 퇴비생산량과 액비생산량, 양분 부하량을 예측할 수 있는 알고리즘을 내장하고 있으며, 농가단위로 산정내용을 저장하고 볼 수 있으며 수정이 가능함. 약 200여 개의 파라미터 계수를 근거로 함.

#### 글상자 7 양분관리 프로그램 연구개발 사례

- 가축분뇨 양분관리 프로그램 S/W 기초 툴의 개발 및 모의실험(상지대학교 2019)
- 다양한 S/W 툴을 이용한 가축분뇨 양분관리 프로그램의 모의실험
- 가축분뇨 발생량을 정량적으로 예측하기 위하여 가축 사육두수를 다양한 S/W 툴 기반에서 입력하면 자동으로 가축분뇨 발생량을 산출하고, 이를 바탕으로 100평당 NPK 비료 3요소의 필요 소요량을 계산하는 등의 모의실험을 실시하였음. 작물별 양분요구량 및 대상 농경지의 토양 양분현황 대입하면 액비를 살포할 농경지에 정확한 액비 시비량을 산출할 수 있으며 다양한 S/W 툴 기반에서 가축분뇨 유래 양분수지 등을 산출하여 그 가능성을 제시하고자 하였음.
  - 향후 정확한 파라미터의 통계데이터가 완성되면, 누구나 간단하게 언제 어디서나 다양한 S/W 툴 기반에서 가축분뇨 유래 양분수지 산출은 물론이고, 사용하고자 하는 대상 농경지에 대하여 액비 살포량 등을 자동으로 결정할 수 있는 소프트웨어가 개발될 수 있을 것으로 사료됨.
- WEB기반 가축분뇨 양분 통합관리 시스템 연구개발 사례(상지대학교 2019)
- WEB기반 가축분뇨 통합 양분관리 프로그램 S/W의 개발 구조
- 시스템 제작을 위하여 축산농가 데이터와 산정계수를 계산하여 결과를 도출하는 과정을 시스템 흐름도에 따라 작성하였음. 시스템 흐름도를 작성하는 과정에서 변수(variable)들을 찾고, 해당 변수들은 데이터베이스에 저장되어 변수마다 다른 결과를 출력할 수 있도록 해 줌.
  - 축산농가의 축종, 두수, 처리공법 산정계수의 양분농도, 양분부하계수 등이 데이터베이스에 저장되어야 할 변수에 해당됨. 데이터베이스에 데이터를 저장하려면 데이터 모델링 작업이 필요함. 모델링 작업은 농가정보, 산정계수, 결과 데이터 등 필수 변수들을 구조화하여 데이터베이스를 구성하는 테이블을 생성하기 위한 작업임.

90) 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. pp. 134-164.

### 3. 축산농가 및 중간조직체의 가축분뇨 퇴·액비 부숙도 평가 개발

- 정부는 돼지 사육으로 발생하는 가축분뇨 발효액에 대하여 부숙도 기준을 2019년 3월 25일부터 적용 시행 중에 있으며, 한우 등 대가축 사육으로 발생하는 퇴비에 대해서도 2020년 3월 25일부터 퇴비 부숙도 검사 의무화를 시행 예정 중에 있음.
- 여러 축종 중 한우의 경우 상대적으로 정부와 지자체, 한우생산자 모두 준비가 미흡한 상황임. 한우사육농가는 전체 가축사육농가 중 약 82.3%인 85천 농가를 차지하고 있으며 이 중 50두 이하의 사육농가가 83.9%로서 농장내부에 퇴비사 확보가 부족할 뿐 아니라 퇴비화기술이 미흡하여 발효퇴비 생산이 어렵고, 확보하고 있는 퇴비사만으로는 퇴비화가 어려움.<sup>91)</sup>
  - 2020년 3월25일 강화될 가축분뇨이용에 대한 법률의 부숙도 측정에 대하여 사전에 축산농가의 피해를 예측하고 이를 예방할 수 있는 발전된 부숙도 지표 체계를 개발할 필요가 있음.
- 상지대학교 이명규 교수팀은 돈분뇨 액비의 경우, 돈분뇨 퇴비화에 따른 수분 조절재의 소요량 및 분뇨 원료 혼합배율과 퇴비종자발아법에 따른 시료 희석 배율을 통하여 ‘액비종자발아지수(LFGI) 평가법 시료량 산정표’와 ‘액비종자발아지수(LFGI) 평가법’을 도출하였음(상지대학교 2018).<sup>92),93)</sup>

91) (사)한우협회. 내부회의자료(한우 퇴비 부숙도 검사 의무화 단기적 대응 방안연구)

92) Halder, J. N., et al. 2016. Establishing a method to evaluate the maturity of liquid fertilizer by liquid fertilizer germination index(LFGI).

93) 특허 제10-1859167호. 가축분뇨 액비의 부숙도 측정방법.

- 액비종자발아지수(LFGI) 평가법 시료량 산정표는 시험자의 편의를 돕기 위하여 액비시료의 총고형물함량 또는 수분함량에 대하여 액비종자발아지수(LFGI) 평가법 시험시 취해야 하는 시료량 (A)mL을 100mL 기준으로 환산하였음. 액비종자발아법(LFGI)와 퇴비종자발아법의 가장 큰 차이는 종자발아 시험시 취해야 하는 액비시료의 양이며 이후 전처리 및 시험방법은 기존의 퇴비종자발아법과 동일함.
- 가축분뇨 유래 액상시료의 생물학적 부숙도평가(액비종자발아법)는 기본적으로 「비료관리법」 중 「비료의 품질검사방법 및 시료채취기준」의 비료의 이화학적 검사방법 등(별표 1)에 제시된 퇴비종자발아법을 근거로 하였음.
- 선행연구를 통하여 도출된 액비의 이화학적성상과 다양한 종자발아법을 적용한 결과를 기초로 하여 ① 돈분뇨 퇴비화에 따른 수분조절재의 소요량 및 분뇨 원료 혼합배율 검토 ② 퇴비종자발아법에 따른 시료 희석배율 검토를 통해 최종적으로는 ③ 액비종자발아법 시료량 산정표 및 ④ 액비종자발아지수(Liquid Fertilizer Germination Index: LFGI) 평가법(안)을 도출하였음.

○ 또한 동 연구팀은 상기 액비종자발아지수(LFGI)을 기반으로 농축산업 각 분야의 전문가와 공동자원화 운영주체에 대한 설문조사 등 다양한 현장의 의견을 수렴하여 액비품질인증(LFQC)(안)<sup>94)</sup>을 연구개발하였으며, 현행의 가축분뇨발효액(비료 공정규격설정 및 지정)과 친환경유기농자재 공시 및 품질인증 기준(퇴비기준)을 기초로 한 고품질(프리미엄) 액비의 품질규격을 제시함.

- LFQC\_1(프리미엄 액비)은 현행 가축분뇨발효액의 기준 항목인 N·P·K합계량, 중금속 8종, 병원성미생물 2종, 염분, 수분함량에 추가적으로 친환경

<sup>94)</sup> Halder et al. 2018.

유기농자재 공시 및 품질인증 기준(퇴비기준)의 항목인 병원성미생물(황색 포도상구균, 리스테리아 모노사토제네스, 바실러스 세레우스 각각 불검출) 및 항생물질(테트라사이클린계, 베타락탐계, 설파계, 마이크로라이드계, 아미노글리코사이드계 각각 불검출) 기준을 포함함. 또한 기계적부속도측정기(부속판정), 액비종자발아법(LFGI 70 이상), 전기전도도(EC), 총고형물(TS), pH, 악취(악취강도 1 이하) 기준을 설정하였음.

- 현행의 가축분뇨발효액급에서 친환경유기농자재급으로 고품질화를 유도하였음. 특히 N, P, K, 전기전도도(EC), 총고형물(TS), pH의 경우에는 각각 성분표시를 필수적으로 표시하도록 하여 철저히 수요자 중심의 품질인증 시스템을 구축하고자 하였음.
- LFQC\_2(프리미엄 액비 점수화)는 LFQC\_1의 기준을 만족하는 액비 대상으로 5가지 항목(NPK합계량, N, 액비종자발아(LFGI), TS, EC)에 대해 각각 적합한 농도 범위로부터 차등화된 점수(1~5점)를 부여하여 총 25점 만점으로 설정하였음.
- 이는 비효성(NPK합계량, N), 안정성(액비종자발아지수(LFGI), EC), 기능성(TS)을 근거로 한 액비상품화를 유도하고자 하였으며, 액비생산 운영주체 등 생산자로 하여금 고품질액비 생산에 대한 동기부여 및 수익성창출(브랜드화), 수요자는 고품질 액비에 대한 신뢰성 및 선택의 폭 확대를 기대할 수 있을 것으로 사료됨.

○ 이를 기반으로 최근 공동자원화센터 등 가축분뇨 중간조직체의 액비 품질을 평가하는 연구를 수행, 품질에 따른 차등화를 수행하였음. 향후 국내 액비의 품질 개선을 위한 중요한 평가시스템으로 자리 잡을 것으로 사료됨<표 5-2>.

표 5-2 가축분뇨 발효액 품질관리사업 발효액 분석 및 검정 사례

번호	도	시군	비료공정규격	LFQC_1	LFQC_2 (점수화)	LFQC_3 (등급화)	비고 (부적합 사유)
1	경기	용인	적합	부적합	-	-	부속도, LFGI
2		여주	적합	적합	22	A	
3		포천1	적합	부적합	-	-	부속도
4		연천	적합	적합	17	B	
5		포천2	적합	적합	17	B	
6	강원	횡성	적합	적합	11	C	
7	충북	괴산	적합	적합	13	C	
8		제천	부적합	부적합	-	-	NPK. 부속도, LFGI
9		진천	적합	부적합	-	-	부속도, LFGI
10	충남	논산	적합	부적합	-	-	부속도, LFGI
11		공주	부적합	부적합	-	-	Zn, 부속도, LFGI
12		예산	적합	적합	14	C	
13	경북	고령	적합	적합	13	C	
14		성주	적합	부적합	-	-	부속도, LFGI
15		안동	적합	적합	20	B	
16	전남	보성	적합	적합	16	B	
17		영광	적합	부적합	-	-	LFGI
18		장성	적합	부적합	-	-	부속도, LFGI
19		해남	부적합	부적합	-	-	NaCl
20		나주	부적합	부적합	-	-	Zn
21	전북	남원	적합	부적합	-	-	부속도, LFGI
22		정읍	적합	부적합	-	-	부속도, LFGI
23		김제	적합	적합	14	C	
24		부안	부적합	부적합	-	-	NaCl
25	제주	제주1	적합	적합	12	C	
26		제주2	부적합	부적합	-	-	NPK
27		제주3	적합	적합	16	B	
28		서귀	적합	부적합	-	-	LFGI
합계			적합:22/28 부적합: 6/28	- 적합:12/28 - 부적합:16/28	-	-	

자료: (사)한국축산환경학회. 2019. 가축분뇨 발효액 품질관리 사업 발효액 검정 용역.



## 4. 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 축산농가- 유통협의체의 역할 정립 연구

○ 지자체의 가축분뇨 통합관리를 위해서 퇴·액비 수요처인 경작농가와 연계를 강화하며 자연순환형 축산체계를 구축을 현실화하기 위하여 유통협의체의 활성화가 필수적임. 가축분뇨 퇴·액비의 화학비료 대체 등 친환경 농업과 연계하기 위하여 퇴·액비 품질에 대한 신뢰와 이용하는 데 있어 편의성이 제공되어야 함

- 국내 퇴비·액비 유통협의체 대부분이 구성원의 역할이 불분명하며, 강제성 결여, 지역의 특성 반영이 부족한 점 등의 구성·운영에서 발생하는 문제 개선이 필요함.
- 지역 내 가축분뇨 퇴비·액비의 자원화 및 이용촉진을 위하여 경작농가, 축산농가, 전문유통주체, 생산자단체, 시장·군수(농업기술센터 포함) 등 참여주체가 준수해야 할 사항을 규정하여 가축분뇨 처리문제를 해소하고 자연순환형 친환경농업 확산을 위해 유통협의체의 활성화가 필요함.

○ 축산농가-경종농가의 경축순환 사례로 최근 철원군의 양돈분뇨 추비용 맞춤형 액비를 이용한 관비재배 사례는 주목할 필요가 있음(강원, 철원).<sup>95)</sup>

- 매년 7월과 8월에는 철원의 토마토와 파프리카가 서울 가락동 농산물시장에 점유율이 70% 이상이 될 정도로 많이 생산됨. 특히 토마토와 파프리카를 가장 많이 생산되는 지역이 철원 김화지역임. 또한 이 지역 파프리카는 일본으로 수출되어 호평을 받고 있어 지역사회로부터 많은 관심을 받고 있음. 그러나 전국에서 동시에 생산되면서 과잉 생산으로 인한 가격 하락으로 생산자

---

<sup>95)</sup> 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. pp. 209-213.

소득이 낮아 큰 우려를 하고 있는 상황임.

- 2018년 대부분의 농가들이 시설하우스에서 관비기로 파프리카와 토마토를 양액재배하고 있으며 이로 인한 양액비용의 절감과 과실증수 및 품질향상은 농가의 소득과 직결되는 문제임. 이를 위해 철원군에서는 파프리카의 수출농업 확대를 통해 내수시장의 불안을 해소하고 기술력 향상을 통한 수출농업단지로 발전시켜 농업인의 소득을 증대시키고자 도모하고 있지만 가장 기본이 되는 것은 품질 좋은 파프리카의 생산과 증산 그리고 생산비의 절감임.
- 철원지역 일부농가의 경우 공동자원화시설에서 생산된 발효액비를 이용하여 자원화 및 잉여양분의 시설하우스 관비용 추비로 활용한 사례가 있음. 유기자원의 농지환원을 통한 자연 순환농업의 활성화를 도모하고 시설농가의 재배비용의 절감과 토양의 이화학적 성상의 개선효과를 기대하여 고품질 친환경 농산물의 생산에 기여함을 목적으로 추비용 맞춤 발효액비 제조와 각종 작물의 재배에 적합한 맞춤액비 적용기술을 조사하였음.
- 추비용 맞춤액비 시용에 따른 경제성 분석 결과, 3년간의 농가 실증을 통하여 평균 10a당 508,000원의 농가 경영비를 절감한 것으로 나타났음.
- 2017년 참여한 김0철 농가는 토마토(T-59도태랑; 다끼종묘)를 실면적 930평에 6,500주(7주/평)를 4월 18일 정식하여 작물 수확량을 평년 평균과 2016년 수확량으로 비교하였음. 결과적으로 평균 대비 133%의 증산효과를 본 것으로 나타났음. 본 농가의 시비처방은 액비 35톤에 멀티피트(25kg/포) 3포 그리고 요소 1포를 시비 처방하여 관주 2회 옆면살포 2회 실시하였음.
- 경종 농가 측면에서의 경제적 효과를 2016년~2017년 2개년을 통하여 평균시용 면적 172ha 에 646.5톤의 맞춤액비를 사용하였음. 이를 토대로 공급 가능 액비(150톤/ha/120일)가 4,500톤으로 추정되고 공급 가능 면적

을 30ha로 확대할 경우 1억 5,240만 원의 화학비료 대체 효과를 기대할 수 있으며, 가축분뇨 처리비용(6,000원/톤)을 계상할 경우 2,700만 원이 추가적으로 절감되어 총 1억 7,940만 원의 절감이 예상됨.

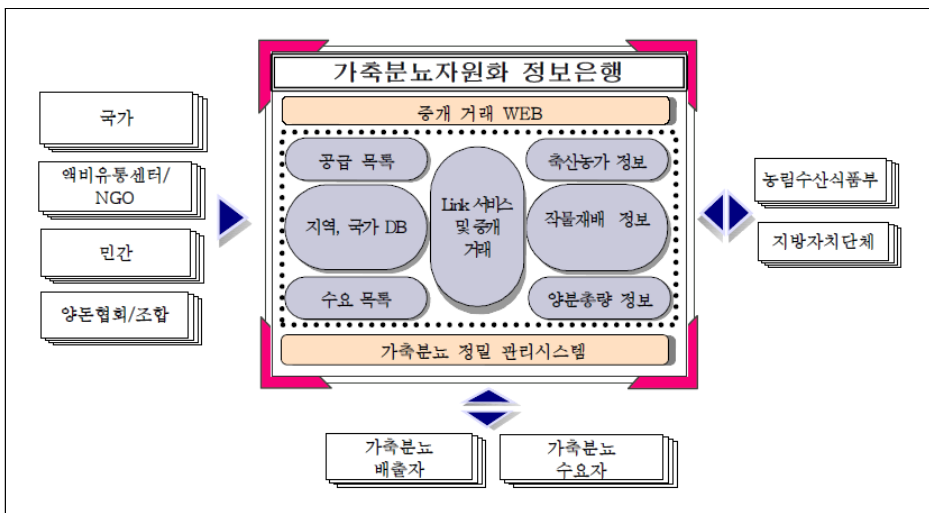
- 2015년~2017년 3년 동안의 실증을 통해 추비용 맞춤형액비사용에 따른 화학비료 대체효과로 경제성이 입증되었고, 농가별 작물별 액비의 사용과 성과가 각종 분석을 통하여 안정적으로 사용할 수 있는 자재로 판단되었음. 따라서 안정적인 액비공급기간의 구축과 시료분석의 신속성이 확보될 필요성이 있으며, 기비 사용량과 종류에 대한 농가 지도 등 정식 전 토양관리의 필요가 요구됨.
- 맞춤형 액비는 가축분뇨를 고액 분리와 침전 과정을 거쳐 시설재배 점적 관수에 적합하도록 제조되었으며, 농작물의 양분 요구량 특성에 맞게 액비에 부족한 비료 성분을 첨가해 만들어지기 때문에 영농현장에 우수한 양분을 공급할 수 있는 기술임. 특히 가축분뇨를 효과적으로 자원화 할 수 있어 경종과 축산농가가 상생할 수 있는 기술로 조명되고 있음.

#### ○ 가축분뇨 양분 통합관리를 위한 중간조직체의 가축분뇨은행제도 전환

- 가축분뇨 통합관리 및 양분관리를 가축분뇨 생산부터 자원화, 판매 단계까지 유통협의체의 판매 조직망을 이용해 관리할 수 있으나, 이를 인터넷 네트워크 시스템으로 데이터베이스를 구축해 가축사육, 작물생산, 양분관리, 분뇨저장 등 양분관리하기 위해 통합적으로 정보를 관리하는 가축분뇨 은행제도 시스템이 필요함.
- 또한 가축분뇨 양분 고부하 지역에서 저부하 지역으로 이동을 통한 고질적 문제를 해결할 수 있는 지속적이고 실효성 있는 양분관리를 위해 지역의 양분수지를 관리할 수 있는 가축분뇨관리 정보화 시스템이 필요함<그림 5-6>.

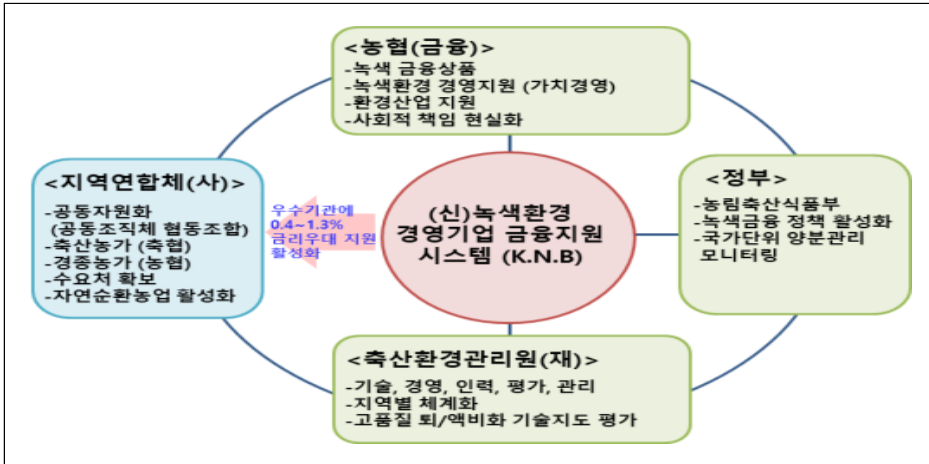
- 가축분뇨은행제도의 역할로서 가축분뇨의 처리, 비료(무기질비료 및 유기질비료)의 사용실태 등을 주기적으로 파악, 지역단위 양분수지를 산출, 이를 통해 과잉양분을 지역단위로 관리할 수 있으며, 양분의 관리·감시 통제를 통해 과태료 부과, 보상금 지불 등 제도적 수단과 함께 비료성분 유통관련 신고, 등록, 허가 사항 등 행정적 수단도 적용할 수 있음.
- 가축분뇨 은행제도 도입을 위한 전제조건으로 지자체 가축분뇨 양분관리 프로그램이 구축되어야 하고 개별농가 및 공동자원화의 퇴·액비의 품질관리가 필요, 이를 위해 지역별 액비유통센터, 공동자원화시설의 역할이 우선 강화되어야 함<그림 5-7>.

**그림 5-6** 가축분뇨 정보은행 개념도



자료: 상지대. 2013. 가축분뇨 자원화 정보은행 구축 및 활용방안에 관한 연구.

그림 5-7 가축분뇨양분은행 개념을 도입한 지역단위 잉여양분의 관리방향



자료: (사)한국축산환경학회. 2018. 가축분뇨 양분총량 관련 대응 용역. 재인용.

## 5. 가축분뇨 활용 관련 제도의 국내 및 해외사례 비교연구<sup>96)</sup>

### 5.1. 가축분뇨 활용을 위한 가축분뇨 통합관리체계 로드맵

#### ○ 제도 도입여건 조성

- 가축분뇨 통합관리체계 구축을 통해 지역 내 가축분뇨의 이동 및 관리를 위해서는 우선 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제23조 가축분뇨 통합관리 조항에 퇴비·액비 유통협의체를 포함하여 유통협의체 활성화를 위한 제도적 기반을 마련해야 함. 또한 지역 내 가축분뇨 및 화학비료로 인한 양분과잉을 방지하기 위해 가축분뇨법과 비료관리법 등 양분관리 적용 가

<sup>96)</sup> 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. pp. 16-33.

능 법률 검토가 필요함<그림 5-8>.

- 가축분뇨 및 양분 발생을 원단위로 재산정하여 지역 내 가축분뇨 발생량과 양분 발생량을 정확히 파악할 필요가 있으며, 양분부하·수요 계수 설정을 통해 가축분뇨 자원화시 자원화 방법에 따른 계수 적용이 필요함.
- 통계자료를 보완하여 지자체 담당자가 지역 내 가축분뇨, 화학비료 유래 양분의 토양 유입량과 유출량을 관리할 수 있는 ‘지역단위 양분관리 프로그램’을 개발하고, 이를 이용해 지역 양분관리를 담당할 인력을 확보해야 함.

#### ○ 제도 도입 준비

- 양분관리 관련법 개정 입법예고와 동시에 양분관리 체계를 시범 구축하여 양분관리 관련법 시행 전 애로사항을 파악해야 할 필요성이 있음.
- 지자체에서는 양분관리 항목별 D/B 구축을 통해 지자체 양분관리를 위한 기반을 마련하고, 양분관리 전담기관 지정을 통해 양분관리 실태 개선 전문인력을 양성하여 양분관리 정보시스템 구축 및 홍보를 실시함.

#### ○ 제도 도입

- 양분관리 관련법 시행을 통해 지자체에서는 지자체별 양분관리 기본계획을 수립·보고하며 이를 통해 가축분뇨 통합관리를 실시하고, 지자체 가축분뇨 통합관리를 위해 퇴·액비 유통협의체 운영활성화를 지도하고 양분관리 정보시스템 교육 및 훈련을 통해 지역 내 양분관리 실태 조사 및 개선을 지도함.

그림 5-8 가축분뇨 통합관리체계 로드맵<sup>97)</sup>

	제도 도입여건 조성	제도 도입 준비	제도 도입
	1~2 년차	3 년차	4 년차
법률체계	<ul style="list-style-type: none"> <li>가축분뇨법 제23조의 조항 개정</li> <li>양분관리 적용 가능 법률 검토</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양분관리 관련법 개정 입법예고</li> <li>양분관리 체계 시범 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양분관리 관련법 시행</li> </ul>
통계보완	<ul style="list-style-type: none"> <li>가축분뇨 및 양분 발생 원단위 재산정</li> <li>양분부하·수요 계수 설정</li> <li>지역단위 양분관리 프로그램 개발</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>가축분뇨 및 양분 발생 원단위 재산정</li> <li>양분부하·수요 계수 설정</li> </ul>	
운영/관리	<ul style="list-style-type: none"> <li>지자체 전달조직 및 인력 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지자체 양분관리 항목 D/B 구축</li> <li>양분관리 전달기관 지정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>지자체 가축분뇨 통합관리 실시</li> <li>지자체 별 양분관리 기본계획 수립</li> </ul>
교육·홍보	<ul style="list-style-type: none"> <li>양분관리 매뉴얼 제작·보급</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>양분관리 정보시스템 구축·홍보</li> <li>양분관리 실태 개선 전문인력 양성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>퇴·액비 유통협의회 운영활성화 지도</li> <li>양분관리 정보시스템 교육 및 훈련</li> <li>양분관리 실태 조사 및 개선 지도</li> </ul>

자료: 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축.

## 5.2. 국외 양분관리제도 현황

### 5.2.1. EU 양분관리(질산염) 지침<sup>98)</sup>

○ 질산염 지침은 농민들이 자발적으로 구현할 질소균형시비를 포함하여, 바람직한 농업 관행 규정을 수립하고, 질산염 취약지구를 지정하며, 질소시비 한도를 포함하여, 취약지구 내 의무적 수단을 포함하는 활동 프로그램 수립 등을 제시함.

- EU 회원국들은 질소취약 지역인 질산염취약지역(Nitrate Vulnerable Zones: NVZ)을 지정하여 감시할 수 있도록 해야 하며, 오스트리아, 덴마크, 핀란드, 독일, 네덜란드의 국토 전체가 질산염 취약지역으로 지정되어 있음.

97) 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축.

98) 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축.

- EU는 유럽 국가 및 지역의 환경오염을 줄이기 위한 질소와 인의 지침 및 법안을 가지고 있으며 이는 각 회원국마다 구속력을 가짐.

○ EU의 질산염 지침 (91/676/EEC)(1991년 공표)은 농업에서 지하수와 지표수로 유입되는 질산염의 부하를 줄여 오염을 예방하는 목적을 가진 물 기본 지침 (Water Framework Directive)의 일부임.

- 과잉 영양소, 특히 질소와 인의 환경적 영향에 초점을 맞추며, 동물 비료 및 화학 비료 사용에 대한 규칙이 포함되어 있음. 지침의 핵심은 농작물에 의한 양분의 수요와 공급의 균형을 이루기 위해 가축분뇨의 최대 투여량에 대한 표준을 지정한 것임.
- EU의 회원국은 수질오염 및 부영양화에 대한 정보를 기반으로 지정된 취약 지역으로 보고되어 있으며, 이 지역의 약 38%가 벨기에, 프랑스, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 스페인, 포르투갈, 스웨덴 및 영국임. 토지로의 양분 배출 허용 지역의 질소 최대 허용치는 경작지 기준 170kg/ha, 초지 기준 250kg/ha임.
- 질소와 인의 관리를 위해 일부 유럽 국가 및 지역에서 법규가 제정되었으며 개별 기준을 가지고 있지 않은 국가의 경우 질산염 지침을 활용하고 있음. 그러나 인의 경우 다량의 인이 집적되어 있는 영국, 웨일즈, 폴란드, 프랑스 등 일부 국가들도 제한 법률을 가지고 있지 않음 (Amery & Schoumans 2014).<sup>99)</sup>

---

<sup>99)</sup> Amery, F., & Schoumans, O. F. 2014. Agricultural phosphorus legislation in Europe. Institute for Agricultural and Fisheries Research(ILVO).



### 5.2.2. 네덜란드 양분기장제도(MINAS)<sup>100)</sup>

○ 네덜란드는 유럽에서 가장 집약적인 농축산업 경영체계를 유지하고 있는 국가로서 국내 양분유출을 EU의 질산염 지침(91/676/EEC)에 부합하도록 하는 방안으로 양분관리시스템(MINAS)을 1998년 도입함.

- 농가 단위 양분수지 분석에 기초하는 MINAS는 네덜란드 특유의 양분관리 제도로서 다른 EU국가들이 가축분뇨 자원화를 위한 농경지를 의무적으로 확보하는 가축사육규제를 채택하고 있는 상황에서 가축사육규제보다는 농장의 양분관리를 통해 양분의 수계유출을 저감하고자 하는 취지에서 도입된 제도임.
- 이러한 완화된 형태의 네덜란드 양분관리제도는 EU 위원회에서 EU가 공동으로 채택하고 있는 질산염 지침(Nitrate directive)에 부합하지 않는 것으로 판결되어 2006년에 제도가 폐지됨.

○ 네덜란드의 MINAS에서의 양분수지 분석모델 <그림 5-9>는 농장을 경계로 하여 농장 내로 유입되는 화학비료와 유기질비료, 농후사료 및 조사료, 각종 잔물잔사 등에서 기인하는 질소와 인을 양분유입 인자로 고려하고 있으며, 농장 밖으로 유출되는 축산물(고기, 우유), 농산물, 가축분뇨 등에서 기인하는 질소와 인을 양분유출 인자로 고려함<표 5-4>.

- OECD의 농업환경지표는 농지(단위지역)을 경계로 유입·유출되는 양분의 수지를 분석하는 데 반하여 네덜란드의 MINAS는 농장을 경계로 하여 유입·유출되는 양분의 수지를 분석하고 있어, 두 양분수지 분석에서 모델의 경계조건에 차이가 있음.
- 이러한 경계조건의 차이는 양분수지의 분석모델에서 유입·유출의 고려 인

---

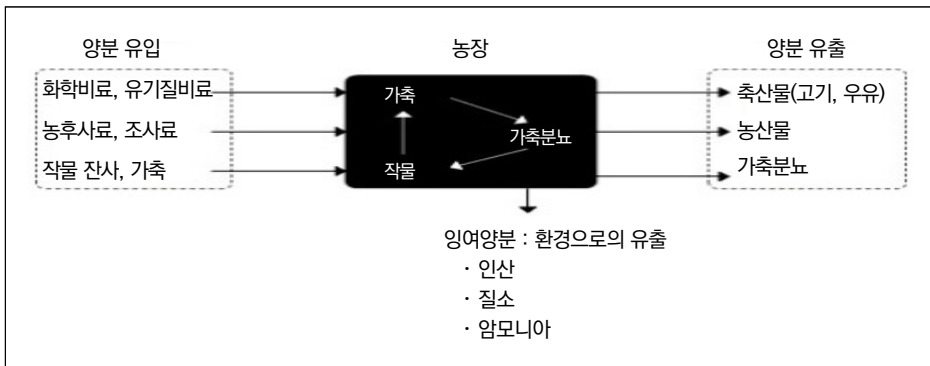
<sup>100)</sup> 한국농촌경제연구원. 2015. 양분총량제 도입방안 연구.

자에 차이를 나타내게 되며, 최종적으로 분석된 양분수지의 의미에도 차이를 나타냄.

○ 네덜란드는 농장단위의 양분수지 분석을 통해 국가 양분수지 관리목표에 부합하도록 관리함으로써 양분감축을 추진하였으며, MINAS는 이러한 국가양분관리의 기술적 수단으로 활용됨<표 5-3>.

- 네덜란드는 다른 유럽 국가들과는 달리 좁은 경작지에서 집약적 영농방식을 채택하고 있어, 가축분뇨 환원을 위한 충분한 농경지 확보에 어려움이 있었으며, 이러한 농업여건에서 MINAS는 네덜란드의 양분관리를 위해 독자적으로 강구한 수단이었음.
- EU의 가축사육규제와 네덜란드의 양분관리제도의 차이는 가축분뇨의 농경지 사용 및 가축분뇨 유래 양분 이동의 파악이 가능한지에 있으며, MINAS는 농장 내에서의 가축분뇨 이용 및 처리 사항을 구체적으로 파악할 수 없다는 점에서 EU의 질산염 지침(Nitrate directive)에 부합도가 낮은 것으로 평가됨.

**그림 5-9** 네덜란드 MINAS 개념도<sup>101)</sup>



자료: Ondersteijn, C. J. M. et al. 2002.

<sup>101)</sup> 상지대. 2019. 가축분뇨 통합 운영프로그램 구축. p. 254.

표 5-3 네덜란드 MINAS 양분수지 분석모델 및 제도운영 사례

항목	네덜란드 MINAS(Mineral Accounting System)
분석 모델	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농장(farm) 경계 기준 양분수지 분석 모델</li> <li>- 농장경계를 기준으로 유입(비료, 사료, 가축 등), 유출(축산물, 농산물, 가축분뇨 등) 양분의 수지분석에서 잉여양분을 환경유출로 간주</li> <li>- 농장 내에서의 양분 처리 및 이동은 고려하지 않음(농장=black box)</li> <li>- 대기강하물, 생물학적 질소고정 등 자연적인 현상에서 기인하는 질소 유입은 고려하지 않음</li> </ul>
경과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 1987년: 인산(P2O5)기준(kg/ha) 가축분뇨 최대 사용량 관리, 가축분뇨 장부기장 실시</li> <li>○ 1990년: MINAS를 농업환경건설링 관리도구로 개발, 농장경영비교 등 건설링 기술로 활용</li> <li>○ 1993년: MANAS를 환경정책 관리도구로 활용하는데 정부와 농가간의 동의 형성</li> <li>- 양분수지 분석 모델 보완 및 시범사업을 거쳐 농장 도입 시작</li> <li>○ 1998년: 전체 농장에 MINAS 도입(2년의 유예기간, 잉여양분지표 설정, 양분과잉 세금 부과)</li> <li>○ 2003년: EU 법정에서 MINAS가 EU 질산염 지침(Nitrate directive)에 부합하지 않는 것으로 판결(네덜란드와 EU위원회 간)</li> <li>- MINAS가 가축분뇨 사용량을 충분히 해석하지 못함</li> <li>- EU 질산염관리목표 시행과 부합하지 않음(달성 목표 지연)</li> <li>○ 2006년: 가축분뇨 최대 사용량(kg/ha) 관리로 전환</li> <li>○ 2015년: 인 수치 관리 제도(P-cycle manager) 도입(MINAS 재도입 추진)</li> </ul>

자료: 한경대. 2016. 양분총량제 도입을 위한 기반조성 연구.

○ 이와 같이 양분수지분석을 통한 양분관리제도는 양분수지지표를 통한 합리적인 양분 관리 방안이라는 점에서 장점이 있으나 가축분뇨와 같은 비료 투입원의 농경지 이용 사항을 정량적으로 파악하는 데 어려움이 있었음.

- 그러나 MINAS는 농경지 양분부하 저감 및 농가단위 양분관리의 효율적인 수단으로 인정되고 있으며, 양분관리를 위해 농장경영의 새로운 대안 발굴, 가축분뇨 비료 시장 창출 측면에서 장점이 있는 것으로 평가되고 있음, 이러한 이점으로 인하여 최근에는 인 수치 관리를 통한 양분관리제도의 새로운 도입을 추진하고 있는 상황임.

**표 5-4** 네덜란드 국가 양분수지 관리목표<sup>102)103)</sup>

연도	질소		인산
	일반경작지	초지	
1998~1999	175	300	40
2000~2001	125	250	35
2002~2004	110	220	30
2005~2007	100	190	25
2008 이후	100/601)	180/1401)	20

자료: Oenema, O., & Berentsen, P. B. M. 2004.

### 5.2.3. 미국의 양분크레딧(Nutrient Credit Trading Program) 제도<sup>104)</sup>

○ 미국은 수질개선을 위한 시장지향적 양분관리 수단으로 환경보전처와 미국 농무부가 공동으로 양분 크레딧 거래프로그램(Nutrient Credit Trading Program: NCTP)을 수립하여 추진하고 있음.

○ NPDES(National Pollutant Discharge Elimination System)에서 제시한 허용 방출량 대비 감축량이 환경보전부(Department of Environment Protection)의 승인과 인정을 받아 크레딧이 되며, 크레딧 거래를 위해서는 각 주의 양분거래 경매 프로그램에 등록해야 하고, 이곳을 통해 경매가 이루어지게 됨.

- 양분크레딧 거래(Nutrient Credit Trading)는 오염원들 간 오염물질 방출 할당량과 관련된 시장 지향적인 정책수단으로 농장에서 규정을 지킨다면 금전적인 보상을 받을 수 있는 수단으로 사용되며 전체적인 오염물질을 줄이는 데도 도움이 되는 제도임.

<sup>102)</sup> Oenema, O., & Berentsen, P. B. M. 2004. Manure policy and MINAS: Regulating nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture of the Netherlands (No. 67).

<sup>103)</sup> 한경대. 2016. 양분총량제 도입을 위한 기반조성 연구.

<sup>104)</sup> 한국농촌경제연구원. 2015. 양분총량제 도입방안 연구.

- 당초 양분크레딧 거래제는 수질 개선에 주요 목적을 두고 있어 수질 거래로 불리며, 생산자들은 그들의 자연자원 보존 활동에 관한 대가를 받았으며, 오폐수를 처리하는 시설에서 생산자들이 자연자원 보존 활동을 통해 모았던 크레딧을 구입하고, 이러한 시설에서는 국가 오염물질 제거 시스템(National Pollutant Discharge Elimination System: NPDES)에서 제정한 규정을 지켜야하기 때문에 새로운 오염물질 저감 장치를 설치하는 것보다 다른 사람으로부터 크레딧을 구입하는 것이 규정 준수에 도움이 됨.

○ 이러한 방식을 최적관리기법(Best Management Practices: BMPs)으로 칭함. 양분크레딧 거래는 자발적인 방식으로 이루어지며, 농업인들은 오염물질 저감활동에 참여해야만 하는 의무는 없음.

- 법이나 규정은 없지만 오수 처리시설들은 토지소유주들이 참여하도록 하여 발생된 크레딧을 구입하고자 하며, 이러한 활동은 미국 농무부(US Department of Agriculture: USDA)나 미국 환경보전청(USEPA)의 지원을 받음.

#### 5.2.4. 벨기에의 가축분뇨은행(Manure Bank)제도<sup>105)</sup>

○ 벨기에는 국가적인 양분관리 차원에서 가축분뇨를 효과적으로 관리하기 위해 가축분뇨은행(Manure Bank)을 설치하여 운영하고 있으며<표 5-5>, 가축분뇨 은행의 주요한 업무는 양축농가의 신고 및 등록업무, 축분퇴비와 액비의 유통업무, 부과금 부과와 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무, 통제와 감시업무, 허가권, 환경관리 업무 등을 담당함.

<sup>105)</sup> 한국농촌경제연구원. 2015. 양분총량제 도입방안 연구.

○ 과잉 양분문제를 효과적으로 해결하기 위해서는 가축분뇨처리 및 비료(화학비료, 유기질비료 등)의 사용실태를 정확하게 파악하는 것이 필수적이므로, 매년 농가들의 관련정보(평균 가축사육두수, 농가 경작면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고 저장용량 및 연말 기준 저장된 가축분뇨량 등)을 상세하게 기록하고 관리함.

**표 5-5 벨기에 가축분뇨 은행의 운영 체계<sup>106)</sup>**

구분	운영 사항
신고 및 등록	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농민들은 전년도에 농장(축산농가)운영 실태에 관해 상세한 연차 신고서를 제출</li> <li>○ 분뇨은행은 농가들의 정보(예: 평균 가축 사육두수, 농가 경작면적 및 위치, 작부체계, 화학비료 및 기타 비료 사용량, 창고저장용량 및 연도말 저장된 가축분뇨량 등)을 기록·관리(기타 비료(퇴비 등) 생산자, 저장고(depots), 비료 처리 및 제조 단위 등에 관한 정보도 요구)</li> <li>○ 이들 정보를 이용하여 인산 및 질소의 총생산량과 지역 내 분뇨판매량 등을 계산하며, 분뇨 잉여는 회사 단위(company level), 지구(local) 단위, 또는 지역(regional) 단위 및 도(provincial) 단위 등 다양한 단위로 고려 가능함</li> </ul>
유통	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지역에서의 가축분뇨 유통경로를 추적하며, 모든 가축분뇨 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해년도 농가 간 분뇨 판매 현황을 기록·관리</li> <li>○ 가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 분뇨 판매 중계 업무를 수행하며, 양분 잉여분에 대한 판로가 없는 업체에 대한 안전망(safety net) 역할을 수행</li> </ul>
제정	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무 담당하며, 신고를 통해 농민들은 업체에서 사용하는 사료, 인공 비료 및 기타 비료에 포함된 무기물(질소, 인산)의 양을 추적하고, 이에 대해 세금 또는 기본 세금을 청구</li> <li>○ 전년도에 분뇨은행에 양분 잉여분을 제공한 생산자들에 대한 공탁금(deposit levy)과 전년도 허용된 양을 초과하여 양분을 생산한 농민, 그리고 가축분뇨의 가공 및 반출과 관련한 요구조건을 충족하지 못한 농민에게 부과금(super levy)을 적용</li> </ul>
통제	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 행정상 통제 업무에는 신고서 점검, 행정상 과태료와 관련된 서류 점검, 가축분뇨 판매 및 공식적으로 허가된 분뇨 수송업자에 대한 수송 규정 점검 등 수행</li> </ul>
면허	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 특별 자치기구의 기관장과 지역대표자는 영농업체에게 환경 면허를 수여하고, 면허 양도 및 변경을 승인하기 전에 분뇨은행의 협조로 하며, 비료 수송업자와 저장소에 대한 모든 공식적인 인허가 신청 업무를 관장</li> </ul>
관리업무	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 농민 또는 영농단체를 대상으로 정보제공 서비스, 서비스 및 통신 제공, 농업 및 원예 교육, 지역 의회 등 개최</li> <li>○ 또한 여행, 기자회견, 워크숍, 전시회 등의 서비스도 제공하며, 과학적 연구에 대한 지원(follow-up) 및 행정 당국에 권고 및 양분관리 정책 평가 업무 등 수행</li> </ul>

<sup>106)</sup> 농촌경제연구원. 2015. 양분총량제 도입방안 연구.

○ 기록된 자료를 기초로 관리영역에 따라서 조합단위, 지구단위(또는 지역단위) 및 도 단위 등 다양한 단위로 양분수지 산출과 과잉양분을 관리하며, 비료 유통경로를 추적할 수 있도록 모든 비료 이동 및 저장고에 대한 체계적인 도표 작성 및 당해 년도 농가 간 비료 판매 현황까지도 기록하여 관리함.

- 가축분뇨 수요 촉진 및 생산자와 사용자 간의 비료판매 중계 업무도 수행하며, 비료 잉여분에 대한 판로가 없는 업체에 대해서는 판로확보를 위한 역할도 수행함.

- 과세 및 행정상 과태료 수금, 보상금 지불 업무도 담당함. 이밖에도 행정상 점검 및 확인 업무로 각종 신고서 점검, 행정상 과태료와 관련된 서류점검, 비료판매 및 공식적으로 허가된 비료 수송업자에 대한 수송 규정점검 등의 업무도 담당하며, 농민 또는 영농단체를 대상으로 관련정보를 제공하는 업무와 경제적·과학적 연구에 대한 지원업무도 담당함.

## 정책건의의

### 1. 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법령의 일원화

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안 세부연구: 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 국내외 정책현황(예: 법/제도 등) 분석과 시사점 도출	
건의명	가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법령의 일원화	
주관부처	환경부 물환경정책과, 환경부 자원순환정책관	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 관련사업의 근거법령으로는 환경부의 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률/시행령/시행규칙」과 농림축산식품의 「가축분뇨의 자원화 및 이용촉진에 관한 규칙」이 있음</li> <li>○ 대부분의 법령 내용은 환경부의 주관으로 이루어지나 가축분뇨가 발생된 시점을 기준으로 자원화(비료·액비, 바이오가스, 고체연료) 및 처리(정화)에 있어 행정체계가 이원화되어 있음</li> <li>○ 이는 업무처리의 중복성 문제(통계처리 등)와 더불어 가축분뇨 관리에 있어 효율성을 저하시키므로, 법령의 일원화를 통해 가축분뇨 관리 최적화 계획을 수립하는 것이 필요함</li> </ul> <p>※ 환경부의 물관리일원화 정책을 참조하여 일원화 체계의 구축 방안 모색</p> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 향후 각 부처 간 정책방향을 이관하기 위해 가축분뇨 발생시점의 전후를 기준으로 구분하여 관리하는 방안이 필요함</li> <li>○ 예시) 가축분뇨 발생 전(농림축산식품부): 사육두수 관리, 친환경 사료공급, 축산업협동조합과 연계한 축산업의 진흥 및 홍보 등의 활동 전개</li> <li>○ 예시) 가축분뇨 발생 후(환경부): 가축분뇨 처리시설(퇴·액비, 정화, 에너지화시설 등) 및 농가 기술지원, 공공처리시설의 운영 및 관리를 도모</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 관련 법령의 일원화로 인한 중복투자 비용 감소 및 가축분뇨 발생부터 처리까지 최적화된 통합관리 가능</li> <li>○ 가축분뇨 자원화 및 정화에 있어 지역별 환경 수용 능력을 종합적으로 고려한 처리계획 수립 가능</li> </ul>	



## 2. 지자체 조례의 정비 및 강화 방안 마련

양식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안 세부연구: 가축분뇨 관리(처리) 및 이용에 관한 국내외 정책현황(예, 법/제도 등) 분석과 시사점 도출	
건의명	지자체 조례의 정비 및 강화 방안 마련	
주관부처	환경부 물환경정책과, 환경부 자원순환정책관	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2014년 기준 '가축사육의 제한' 또는 '사육허가'와 관련된 조례를 갖는 지자체의 수는 211개소로 보고됨</li> <li>○ 「가축분뇨법」 제8조에 의하면 시장·군수·구청장은 지역주민의 생활환경보전 또는 상수원의 수질보전을 위하여 해당 지방자치단체의 조례로 정하는 바에 따라 일정 구역을 지정·고시하여 가축의 사육을 제한할 수 있음. 이는 2015년 환경부의 축사시설 사육 제한 권고안을 기준으로 지방자치단체장이 지역의 환경·경제적 특성을 고려하여 정책적 판단에 맡기도록 입법재량을 열어둔 것임</li> <li>○ 또한, 「가축분뇨법 시행령」 제3조(가축분뇨관리 기본계획의 내용)에 의거 각 지자체에서는 가축사육현황, 가축의 마릿수, 가축별 분뇨의 발생량 및 예상발생량, 가축분뇨의 자원화 관련 사항을 파악해야 하는 조례가 있음</li> <li>○ 이러한 조례들은 지역주민의 경제적 이해관계에 민감할 뿐만 아니라 법적 강제력도 약하므로, 관련 계획의 최적 실행을 위해 지자체에만 모든 권한을 부여하는 것은 바람직하지 않음</li> <li>○ 가축사육 제한은 악취 및 수환경 등을 고려한 주거지역 및 주요 수계와의 이격거리 설정 범위기준이 매우 상이하여, 기준이 부재한 지역도 있는 등 일관성이 없음을 확인</li> <li>○ 신고미만 대상 등 가축사육에 관한 농가의 기본 정보들이 부정확한 상황</li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 각 지자체의 현황 조례는 크게 실효적이지 않으므로 상위 계획(「가축분뇨법」 등)의 최적화된 실현가능성을 위해 법제화 또는 보다 세분화된 관리 지침을 수립하여 실행할 필요성이 있음</li> </ul>	
기대효과	○ 조례에 포함된 내용에 있어 보다 정확도 높은 실현가능성이 예상되며 상위법령의 취지와 부합	

### 3. 양돈농가 악취관리등급제 시행 방안

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 축산농가의 생태환경적 책임 이행 제고를 위한 정책 개선 방안	
건의명	양돈농가 악취관리등급제 시행 방안	
주관부처	농림축산식품부 축산환경복지과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축산악취 민원의 대부분은 양돈장에서 발생</li> <li>○ 양돈농가의 악취발생 저감과 악취 민원 해소를 위한 방안은 시설과 관리로 나누어서 접근할 필요가 있음.</li> <li>○ 악취물질 발생을 줄이고 발생된 악취물질의 확산을 방지하기 위한 체계적이고 매뉴얼화된 접근 필요</li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <p>〈양돈농장 악취중점관리기준〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사료관리: 단계별 급이, 비육돈 사료 비중, 환경개선제 활용</li> <li>○ 돈사 및 환경관리: 청소, 청결관리, 오리깎아웃, 돈사바닥 관리, 적정 밀도, 돈사 피트관리, 악취저감제 활용</li> <li>○ 분뇨관리: 자가 및 위탁처리, 고액분리, 퇴비장 관리, 폭기시설 및 저장조 관리</li> <li>○ 기본관리 : 청결관리, 경관 및 미적 조화</li> </ul> <p>〈양돈농장 악취관리등급화〉</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 악취중점관리기준에 의거 1~5등급</li> <li>○ 등급에 따른 컨설팅 및 개선명령 등</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축산농가 생태환경적 책임 이행 제고</li> <li>○ 축산농장 악취중점관리기준 적용으로 획기적인 악취민원 저감 기대</li> <li>○ 축산농장 악취발생 실태 파악 및 맞춤형 저감 전략 수립</li> <li>○ 축산농장 발생 악취물질의 발생 원점에서 차단 및 확산 방지</li> </ul>	

#### 4. 광역축산악취개선사업 확대

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨의에 의한 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 국내외 우수사례	
건의명	광역축산악취개선사업 확대	
주관부처	농림축산식품부 축산환경자원과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축산시설에 의한 악취민원의 경우 '13년 2,604건에서 '17년 6,112건으로 5년 사이 2배 이상 증가</li> <li>○ 축산업의 기업화 및 귀농·귀촌 인구의 증가, 국민의 환경에 대한 관심 증가 등이 주요 원인이 되고 있으며, 향후에도 계속 증가할 것으로 예측</li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축산악취를 줄이기 위해서 다양한 기술 등이 개발·적용되고 있으나, 현장(농가)에서 적용이 어렵고, 주요 민원발생지인 축산단지의 경우 개별 농가별 악취개선으로는 개선이 제한적</li> <li>○ 광역축산악취개선사업의 경우 '16년부터 추진되어 현재 '19년까지 213개소가 지정되어 사업을 추진하고 있으며, 이중 117개소('16~'17년 대상)가 개선사업이 거의 완료되었으며, 나머지는 개선 중에 있음</li> <li>○ 사업이 완료된 117개소 중 35개소를 직접방문하여 악취저감시설별 악취저감효과를 분석 시 평균 암모니아 수치 16.3.2ppm에서 4.68ppm으로 감소하였으며, 일부농가(00농장, 1,600두)의 경우 악취민원 감소와 가축사육 환경 개선으로 생산성 증가 효과 발생(폐사율 12%에서 2.1%로 감소, 사료요구율 3.5에서 2.8로 증가)함에 따라 광역축산악취개선사업 확대 추진 필요(사군 단위 농가 10호 이상 지역 및 축산단지 사업 의무화)</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축산악취개선으로 인한 민원감소로 인한 축산업 이민지 개선</li> <li>○ 사육환경 개선에 의한 축산농가 수익성 증대 효과 기대</li> </ul>	

## 5. 축산악취 측정 ICT 기계·장비 지원사업 확대

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨의에 의한 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 국내외 우수사례	
건의명	축산악취 측정 ICT 기계·장비 지원사업 확대	
주관부처	농림축산식품부 축산환경자원과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축산악취의 경우 실시간 관리가 이루어져야 하나, 악취의 경우 다양한 요인과 기상적 요인에 따라 수시로 변화하여 실제 관리에 어려움 발생</li> <li>○ ICT(정보통신기술)를 활용하여 악취다량발생 축사시설 등을 대해 실시간 모니터링하여 악취확산을 사전 예방하고, 악취민원을 신속하게 대응하는 등 악취를 체계적이고 투명하게 관리</li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 악취측정 ICT기계·장비 설치사업의 사업대상은 광역축산악취개선사업 참여 농가 및 악취민원이 잦은 농가가 대상으로 주로 광역축산악취개선사업 대상지역에 지원하여 사후관리로 활용</li> <li>○ 악취측정 ICT기계·장비 설치 사업의 대상농가는 '17년 42개소(5개 사군)를 시작으로 총 145개소('18년 50개소, '19년 53개소를)를 사업자로 선정하여 사업을 추진 중이며, 현재('19년 8월 기준) '17년 및 '18년 사업자 92개소 중 76개소가 설치되어 운영</li> <li>○ 설치된 축산악취 ICT기계·장비 설치사업의 경우 농가별 주요 악취발생요인이 될 수 있는 지점(농가당 3~4point)에 악취측정 센서를 설치하고 설치된 센서에서 30분 단위로 악취를 측정한 다음 축산환경관리원의 서버로 실시간 정보를 전송하여 악취발생현황을 관리</li> <li>○ 광역축산악취개선사업 및 악취민원 발생지역(10건/년 이상 민원 발생) 설치 의무화 추진. 제3자에 의해 과학적으로 악취를 관리함으로써 축산악취개선 효과가 두드러지며, 축산농가의 악취발생 정보를 실시간 수집함으로써 향후 4차산업 발전의 기초자료로도 활용 가능</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 악취발생 지역을 실시간 관리함으로써 즉각적인 악취민원 조절효과</li> <li>○ 농가별 악취를 실시간 분석함으로써, 악취저감을 위한 기초자료로 활용 가능</li> </ul>	

## 6. 축산악취 측정 ICT 기계·장비 지원사업 및 악취저감시설 연계 시범사업 추진

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨의에 의한 악취 및 환경오염 문제 해결을 위한 국내외 우수사례	
건의명	축산악취 측정 ICT 기계·장비 지원사업 및 악취저감시설 연계 시범사업 추진	
주관부처	농림축산식품부 축산환경자원과	
주요내용 요약	<p><input type="checkbox"/> 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 축산악취를 효과적인 제어를 위해 축산악취 측정 ICT 기계·장비를 지원하고 있으나, 실질적인 악취제어에는 한계발생</li> <li>○ 현행 축산악취 ICT 기계·장비의 경우 악취발생현황을 측정하여 악취발생시 농가 및 지자체에 연락을 추진하여 실시간 악취를 관리하고, 지속악취 발생 농가에 한하여 축산환경관리원에서 컨설팅을 추진하고 있으나, 농장주의 의지에 의해 악취를 관리하고 있음</li> </ul> <p><input type="checkbox"/> 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 광역축산악취개선사업 및 악취측정 ICT기계·장비 설치사업을 동시 추진하고 있는 농가를 대상으로 향후 설치되는 악취저감시설과 ICT 장비를 연계하여 일정 수치 이상의 악취발생시 자동으로 악취저감시설 가동하도록 시범사업 추진</li> <li>○ 악취측정 ICT 기계·장비와 악취저감시설을 연계 가능성을 검토함으로써 악취저감의 효과성 및 경제성을 분석하여 향후 전국사업 등으로 확대 등을 검토</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 악취저감시설의 효과적인 운영을 통한 실시간 악취저감 추진</li> <li>○ 효과적인 악취저감 운영 및 악취저감시설 운영비 등의 절감으로 농가 경제력 향상에 도움</li> </ul>	

## 7. 가축분뇨 양분 농경지 유입량 산출 위한 양분부하계수 산출 개발

양 식	정책건/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할	
건의명	가축분뇨 양분 농경지 유입량 산출 위한 양분부하계수(파라미터) 산출 개발	
주관부처	농림축산식품부 축산환경복지과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 발생량의 90% 이상이 자원화되고 있는 국내 가축분뇨 처리현황을 고려할 때 양돈농가 및 처리시설에서 자원화되어 농경지로 유입되는 양분(퇴·액비 양분)의 양은 발생한 양분량(원분뇨 양분량)에 비해 현저히 낮음.</li> <li>○ 한국의 돼지 사육관행과 자원화 방법을 고려한 가축분뇨 양분부하계수 이용시 가축분뇨 유래 양분부하량의 정확한 산출이 가능. 현재 이러한 양분부하계수가 적용되지 않고 있어 가축분뇨 유래 양분부하량이 실제보다 과다 산출되고 있는 실정임.</li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 유래 양분유입량의 산출시 산출근거에 따른 시나리오를 나누어 계산하였으며, 객관적 지표를 확보하기 위해 분뇨발생량 시나리오(농가정보, 환경부 고시 가축분뇨 발생원단위)와 퇴·액비화 과정 중 중량감소율 시나리오(농가정보, 문헌조사, 인지표(P loss = 0), 건물기준, 실험치 등)를 적용함.</li> <li>○ 양돈분뇨의 퇴비화방법은 송풍교반식과 교반식으로 구분하였으며, 액비화 방법은 장기폭기, 간헐폭기, 단순저장 방법으로 구분하여 양분부하계수를 산출함.</li> <li>○ 퇴비화 방법에 따른 양돈분뇨의 중량감소율은 교반·송풍, 교반을 기준으로 농가정보(64%, 63%), 문헌조사(71%, 67%), 인 지표(농가정보) (59%, 55%), 인지표(환경부 원단위) (16%, 21%)로 조사되었으며, 액비화 방법에 따른 양돈분뇨의 증발률은 4m 액비조(액비조 평균 높이)의 표면적 당 장기폭기, 간헐폭기, 단순저장에서 각각 (8.75, 7.27, 5.14) L/m<sup>2</sup>로 나타남.</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 자원화 경로별 양분부하계수는 가축분뇨 자원화에 의한 국내 농경지 양분집적도 파악</li> <li>○ 지역 내 농경지 양분 잉여 문제 해결을 위한 적정 자원화 방법 제시</li> <li>○ 지역단위의 양분순환 모델 및 체계구축에 활용 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2021년 지역단위 양분관리제 도입에 따른 정책과제</li> <li>- 지자체 가축분뇨 관리 계획 정책 및 매뉴얼 작성</li> <li>- 양분 배출계수 정책화, 지역단위 양분관리 정책 개발</li> <li>- 지역단위 가축분뇨 환경관리지수 개발</li> <li>- 지자체 통합 가축분뇨 양분은행시스템 구축</li> <li>- 가축분뇨 양분 관리 프로그램 개발 및 적용</li> <li>- 지자체 가축분뇨 양분 적용 경제성 평가법 개발</li> </ul> </li> </ul>	

## 8. 웹기반 가축분뇨 양분관리 통합운영 프로그램 개발

양식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할	
건의명	웹기반 가축분뇨 양분관리 통합운영 프로그램 개발	
주관부처	농림축산식품부 축산환경복지과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨의 양분수지의 관리를 위해서는 농가→지역→국가로 이어지는 상향식 양분수지 산정 시스템 구축이 필요하며, 지자체 주도의 양분관리를 먼저 운영하고 양분수지 산정 프로그램 및 정책 확보시 농가 주도 양분관리를 실시하는 단계적 접근 필요함.</li> <li>○ 가축분뇨가 자원화 되는 과정에서 퇴액비의 양적산정과 양분(총질소, 총인) 산정을 함에 있어서 축산농가 정보와 시설장비정보를 웹 기술로 DB화함</li> <li>○ 프로그램은 농가 단위 및 가축분뇨 공동자원화시설에서 가축분뇨를 자원화 할 경우 퇴액비의 량과 양분 부하량 결과를 예측할 수 있는 소프트웨어 (WEB기반 정보데이터 및 알고리즘 소프트웨어 시스템)로 제작</li> </ul>	
	<p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 모든 데이터는 웹 데이터베이스서버(DBMS)에 구조화하여 저장 함</li> <li>○ 사용자 등록 및 권한 설정 등 사용자 관리 기능을 가짐</li> <li>○ 축산농가 정보(상호, 연락처, 축종, 두수, 시설 등)를 DB에 입력할 수 있으며, 입력할 경우 항목을 자유롭게 추가(수정) 가능하고, 이를 읍면별 단위로 분류하고 집계할 수 있도록 함</li> <li>○ 가축분뇨 통합관리에 따른 행정상 필요한 보고서를 다양한 형태로 출력할 수 있도록 함. 관리자는 가축분뇨처리공법의 변화 및 새로운 공법의 도입, 새로운 장비의 도입에 따른 DB 테이블의 항목을 관리자가 수정, 추가, 변경, 삭제할 수 있는 기능을 가짐. 축산 농가는 발생하는 가축분뇨를 자원화하면서 연간 퇴비와 액비의 발생량을 예측할 수 있어야 하며, 수분조절재의 사용량, 수분증발량을 예측할 수 있는 기능을 가짐</li> <li>○ 각종 의사결정 소프트웨어(가축분뇨 발생량 계산기, 수분 조절재 필요량 계산기, 발효퇴비량 계산기, 발효액비량 계산기, 양분발생량 계산기, 양분 부하량 계산기)의 기능이 통합적으로 지원이 가능하도록 함 (단, 양돈, 전량 자체 자원화 방식에 적용)</li> <li>○ 가축분뇨 양분부하량 예측을 위하여 약 130개(연구기관에서 기 제공)에 이르는 파라미터(산정계수)를 데이터세트(data set)화하여야 하며 필요시 계수를 바꾸어 계산할 수 있는 기능을 제공함</li> <li>○ 관리자는 파라미터(산정계수) 데이터세트를 추가·변경·삭제가 가능하도록 설정함. 모든 코딩은 웹표준(html5)에 준함</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 정확한 국가단위 양분수지 산출은 국가적 차원의 양분관리 정책 입안 및 규제시 농·축산농민들의 불신을 거둘 수 있으며, 토양 내 양분집적 문제에 적절히 대응할 수 있는 방안 마련의 기본 데이터로 활용될 것으로 기대됨.</li> <li>○ 가축분뇨의 통합관리 연구를 수행하면서 다양한 용어와 다양한 개념, 다양한 계수(파라미터)를 생산하였으며, 이를 다양한 툴을 이용하여 선행 연구결과를 도출함. 이 연구 결과물을 웹 데이터베이스로 일관되게 재구성함으로써 향후 웹 기반의 통합 서비스를 위한 기초를 마련함.</li> </ul>	

## 9. 축산농가 및 중간조직체의 가축분뇨 퇴액비 부숙도 평가 개발

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할	
건의명	축산농가 및 중간조직체의 가축분뇨 퇴액비 부숙도 평가 개발	
주관부처	농림축산식품부 축산환경복지과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 가축분뇨 총 발생량은 약 4,8000만 톤으로, 한육우분뇨(31%), 돼지분뇨(39.5%)가 중점적으로 많이 발생되고 있음. 축산업으로부터 발생하는 환경오염의 대부분은 악취 민원으로 환경규제 또한 매년 늘어나고 있는 상황임. 양돈의 경우 발생하는 액비는 2019년 3월 25일부터 부숙도 기준을 적용하고 있으나 한우 등 대가축의 경우 2020년 3월 25일부터 퇴비부숙도 검사를 의무화하고 있음.</li> <li>○ 양돈분뇨의 경우 주로 액상물로 이용이 활성화되어 액비의 부숙도 평가가 기계적평가법으로 시행되고 있으나 부숙의 신뢰성이 저하될 경우 종자발아법을 보완책으로 사용하고 있음. 현재 사용하고 있는 양돈분뇨 발효액비의 종자발아법은 액비 검체를 농도에 관계없이 희석하지 않고 종자발아법으로 분석하는 방법을 채택하고 있어 기존 퇴비의 종자발아법과 비교해 볼 때 발아지수가 매우 낮아지는 경향을 보이고 있음</li> <li>○ 한우분뇨의 경우 전체 가축사육농가의 82%인 8만5천농가가 발생하고 있음. 대부분의 농가는 퇴비사를 확보하여 처리하고 있으나 퇴비사가 부족하여 충분히 부숙퇴비를 생산하기 어려움. 일부 부숙되지 않은 불량퇴비가 불법으로 유통되어 작물재배농가에서 퇴비의 사용을 꺼리고 있음</li> <li>○ 한국에서 가축분뇨를 이용하여 자원화할 경우 민원의 발생을 줄이기 위해서는 퇴액비의 부숙도를 반드시 평가받아 주변 경종농가에서 퇴액비에 대한 거부감 없이 농지환원할 수 있도록 부숙도의 통합적인 평가제도가 바람직함</li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 퇴액비의 생산 공정 설비, 공법 조사</li> <li>○ 가축분뇨 퇴액비 부숙도의 관련 법규 및 제도 개선 방안</li> <li>○ 가축분뇨 퇴액비의 비수기 저장 및 관리 방안, 관리 지침</li> <li>○ 가축분뇨 퇴액비의 생산관리대장 기록관리 방안</li> <li>○ 가축분뇨 퇴액비 부숙도 평가 검사절차, 분석기관 현황</li> <li>○ 가축분뇨 퇴액비의 품질평가 우수성 평가 시스템 개발</li> <li>○ 가축분뇨 퇴액비 부숙도 검사, 평가 의무화 제도적 방안</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현장여건에 맞는 축산농가의 부숙도 현장애로 해결</li> <li>○ 법률, 법규에 준수되는 축산농가의 축분뇨 적정 방법 제시</li> <li>○ 지속가능한 축산업 유지로 환경민원 해결 및 농업에 적합한 자원 제공</li> </ul>	



## 10. 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 축산농가-유통협의체의 역할 정립 연구

양식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할	
건의명	가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 축산농가-유통협의체의 역할 정립 연구	
주관부처	농림축산식품부 축산환경복지과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 관리를 위한 제도가 제정되어 있지만 이를 시행하기 위한 실질적인 축산농가와 유통협의체 간의 활성화 방안이 부족. 지역 내에 있어서 경축순환을 위한 축산농가의 양분 관리 책임제도에 한계가 있음. 즉 축산농가의 양분생산권에 대한 아무런 책임제도가 존재하고 있지 않음</li> <li>○ 경종과 축산농가간의 경축순환을 활성화하기 위한 경축협동조합모델을 구축하고자 하나 수요처인 경종농가와 연계가 구성원간의 역할이 불분명하고 강제성도 결여되는 문제가 발생 함. 바람직한 축산농가-유통협의체를 중심으로 지역단위 친환경축산 인력양성사업 모델이 구축됨이 바람직 함</li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 경종농가 참여유도: 가축분뇨 퇴·액비의 이용을 활성화하기 위하여 유통협의체, 지자체에서 퇴·액비의 작물별 이용방법 교육 및 이용 우수사례 홍보, 작물별 액비살포 결과 자료 확보하여 액비 이용 촉진을 위한 홍보 및 교육자료로 사용하며 경작농가 대상 교육시 작물별 액비사용 효과, 이용방법 등 관련 과목을 추가로 만들어 홍보 및 교육</li> <li>○ 통합협의체 기능 강화: 유통협의체에서 지자체 축산농가의 가축분뇨 처리 관련 기기 공급 현황, 소요량 파악 및 보급 등을 지자체에 건의. 지자체에서 유통협의체에서 의결된 사항을 시·군 가축분뇨 처리 계획 수립시 반영을 유도하며 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 22, 23조에 따라 유통협의체 및 통합관리 활성화를 위하여 지원을 해야 함</li> <li>○ 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 제23조 개정- 지자체에서 가축분뇨 통합관리를 효과적으로 하기 위해서는 유통협의체의 활성화가 우선되어야 하기 때문에 가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률 제23조의 개정을 통해 제도적 기반 마련이 필요함.</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 제23조(가축분뇨의 통합관리)의 개정을 통해 지자체에서 가축분뇨를 효율적으로 통합관리하기 위해서는 축산농가와 유통협의체의 역할과 기능을 강화해야 한다는 점을 강조, 자발적인 축산농가-유통협의체 활성화를 기대</li> <li>○ 축산농가-유통협의체 기능의 중요성이 부각되면서, 정부지원을 받기위해 형식적으로 구성·운영되던 기존 축산농가-유통협의체의 각 구성원의 역할이 분명해질 것을 기대</li> <li>○ 기존 「가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률」 제23조(가축분뇨 통합관리)에 공동처리시설을 추가하여 지자체에서 공공처리장 뿐만 아니라 공동자원화시설의 퇴비·액비도 포함하는 통합관리를 하도록 함</li> </ul>	

## 11. 가축분뇨 활용 관련 국내 제도 및 해외사례 비교연구

양 식	정책건의/시행	※ 정부시책, 법령개정, 매뉴얼(지침), 시스템 반영 등
연구용역명	축산업의 악취, 환경오염 문제 저감을 위한 정책 개선 방안	
	세부연구: 가축분뇨 자원화 여건 변화에 따른 과제와 축산농가의 역할	
건의명	가축분뇨 활용 관련 국내 제도 및 해외사례 비교연구	
주관부처	농림축산식품부 축산환경복지과	
주요내용 요약	<p>□ 필요성(현황 및 문제점)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 지역단위 가축분뇨의 관리 어려움               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨와 바이오매스 종합대책</li> <li>- 양분의 이동에 대한 지역별 관리 대책 부존재</li> <li>- 가축분뇨 퇴비의 유효성에 대한 회의, 양분함량, 부속도, 관리성, 편리성 복합발효퇴비비료에 대한 우리나라 적합한 새로운 전략 필요 함</li> </ul> </li> <li>○ 지역단위 가축분뇨와 바이오매스 종합대책과 연계하는 포괄적인 제도의 도입 필요성 대두               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 양분의 이동에 대한 복합발효퇴비비료의 개발로 이동성과 편리성 및 경제성을 도모하는 일본의 정책 분석</li> <li>- 벨기에의 양분은행제도에 대한 지역단위 가축분뇨 관리 정책 비교 분석</li> <li>- 미국의 양분크레딧 이동제도에 대한 우리나라 적용에 대한 새로운 양분상품화 전략과 새로운 양분은행 비즈니스 모델의 개발 및 시범운영</li> </ul> </li> <li>○ 지역단위에 있어서 가축분뇨 자원화와 에너지 자립화 및 토양 비옥도 증진사업 정책화 연구               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 가축분뇨의 고품질화 양분이동에 대한 전략 및 축산협동조합 연계화</li> <li>- 가축분뇨 퇴액비 고품질화 및 해외 양분수출전략과 이를 대비하는 전문적인 가축분뇨양분은행 시스템 구축 시범사업</li> <li>- 가축분뇨 지역별 잉여 양분의 유통 시스템 체계화를 위한 양분 플랫폼 구축 연구</li> </ul> </li> </ul> <p>□ 주요내용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 가축분뇨 관리 기술개발을 위한 지역단위 정책, 전략 개발</li> <li>○ 지역 간의 가축분뇨 유효적 관리를 위한 정보시스템 개발</li> <li>○ 국내 잉여 양분의 효과적인 물류 유통을 위한 외국과의 양분 교류전략</li> <li>○ 새로운 양분 이용체계 구축을 위한 해외 양분 전문 교역 관리 시스템구축</li> </ul>	
기대효과	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 에너지 자립화 및 토양 비옥도 증진사업 사례</li> <li>○ 펠렛화 양분이동 국가전략 및 축산환경협동조합 개발</li> <li>○ 가축분뇨 퇴액비화 양분수출 및 세계양분은행 창설(WNB &amp; GI)</li> <li>○ 가축분뇨 지역별 잉여 양분의 국제 유통 시스템 체계화</li> <li>○ 가축분뇨의 양분관리 전문화로 환경분야의 새로운 일자리 창출</li> </ul>	



- 구윤서·최종혁·김성태. 2006. “실시간 악취모델링 시스템의 응용사례.” 『한국냄새환경학회 춘계학술대회』.
- 구윤서·최종혁·김성태·박상진. 2007. “악취감지시스템 구축 방안.” 『한국냄새환경학회지』.
- 국립축산과학원. 2017. 『미생물 기질과 미생물의 용·복합 기술을 활용한 돈사 악취저감 효율 증진연구』. 농촌진흥청 보고서.
- 국립환경과학원. 2018. 『제2차 악취방지 종합시책 수립을 위한 연구』. 환경부 보고서.
- 김기연·김치년. 2013. “겨울철 밀폐형 돈사작업장에서 발생하는 실내공기 오염물질의 변동.” 『한국산업위생학회지』 13(3): 191-197.
- 김기연·박재범·김치년·이경중. 2006. “돈사 작업장 유형에 따른 암모니아와 황화수소의 실내 농도 및 발생량에 관한 현장조사.” 『한국산업위생학회지』 16(1): 36-43.
- 김성근, 김학민, 김선태. 2000. “동시악취평가를 위한 대기확산모델의 활용.” 『한국대기환경학회 학술대회 논문집』.
- 김성태·조진식·최대련·구윤서. 2013. “한국대기질 예보시스템 운영 평가 및 개선 방향.” 『한국대기환경학회 학술대회논문집』.
- 김미숙·김종호·이종협. 2004. “대기중 VOCs 농도확산모델의 개발.” 『대한환경공학회 춘계학술연구발표회』.
- 김연제·이상협. 2009. 『소규모 가축분뇨 처리시설의 효율적 관리체계 구축에 관한 연구』. 경기개발연구원.
- 김진한. 2014. 『남동산단 악취실태 및 개선방안』. 인천대학교 환경기술지원사업단 결과 보고서.
- 김창길·정학균·김윤희·김태훈·문동현. 2011. 『농업환경지표를 활용한 농업환경자원 관리시스템 구축 연구』. 한국농촌경제연구원.
- 김창길·정학균·임평은·김태훈. 2015. 『양분총량제 도입방안 연구』. 한국농촌경제연구원.
- 김태성. 2011. 『가축분뇨 자원화 이용현황과 당면과제』. 농협경제연구소.
- 김현중·박성진·김태후·강수진. 2018. 『가축분뇨처리 사업군 심층평가』. 한국농촌경제연구원.
- 나경호·박용출·장영기. 2007. “바람장 및 Fingerprint를 이용한 악취추적기법 활용가능성 평가.” 『한국대기환경학회지』.

- 노은주. 2014. 『악취센서자동측정망의 운영실태평가 및 활용방안 연구』. 우송대학교 석사학위논문.
- 농림축산식품부. 2017. 『통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서』.
- 농림축산식품부. 2018. 『2019년 광역축산악취개선사업대상자 선정계획』.
- 문난경·이영수·박소희·서지현·원유라. 2013. 『악취영향을 고려한 악취관리 가이드라인 마련』. 한국환경정책·평가연구원.
- 박상진. 2013. “악취센서의 악취자동측정망 활용 가능성.” 한국냄새환경학회 학술발표회.
- (사)한국축산경제연구원. 2011. 『가축분뇨의 효율적 관리를 위한 민간관리기구 설립방안 연구』. 농림축산식품부 보고서.
- (사)한국축산경제연구원. 2018. 『양분관리 매뉴얼 개발』. 농림축산식품부 최종보고서.
- (사)한국축산환경학회. 2018. 『가축분뇨 양분총량 관련 대응 용역』. (사)대한한돈협회 최종보고서.
- (사)한국축산환경학회. 2019. 『가축분뇨 발효액 품질관리 사업 발효액 검정 용역』. (사)친환경자연순환농업협회 최종보고서
- 상지대학교. 2013. 『가축분뇨 자원화 정보은행 구축 및 활용방안에 관한 연구』. 농림축산식품부 최종보고서.
- 상지대학교. 2019. 『가축분뇨 통합 운영프로그램 구축』. 농림축산식품부 최종보고서.
- 서대석·강창용·김원태·최진용. 2017. 『농축산 폐자원의 효율적 자원화 방안 연구(2/2차년도)』. 한국농촌경제연구원.
- 성낙원·이규정·하현중·이태호·황광식. 2015. 『가축사육 제한구역 거리 재설정 연구』. 환경부·농림축산식품부.
- 성승제·길준규·강문수·최유경. 2017. 『축산업 진입규제 현황 및 개선방안 연구』. 한국법제연구원.
- 송동웅·송창근·김철희. 2003. “반월 사회공단 악취물질의 안산지역 확산연구.” 『한국영향평가학회지』.
- 우병준·김현중·박성진·서강철. 2018. 『축산업의 사회적 책임 이행 실태와 정책과제(1/2차년도)』. 한국농촌경제연구원 보고서.
- 우장명. 2018. 『국내외 가축분뇨 처리·이용 및 악취저감 실천기술 적용과제』. 충북연구원.
- 윤희영·구윤서. 2013. “확산 모델을 이용한 악취배출허용기준 개선 필요성 연구.” 『한국냄새환경학회지』 12(2): 83-90.
- 이종범·김진석. 1998. “INPUFF MODEL을 이용한 시화지구 악취물질 확산모델링.” 『한국대기환경학회 학술대회논문집』.
- 이형돈. 2011. 『USN기반의 실시간 악취 감지 모니터링 시스템』. 강원대학교 석사학위논문.
- 일본 농림수산업성. 2018. 『축산환경을 둘러싼 정세』.

- 임도영·류홍덕·정유진·김용석. 2017. “OECD 인 수지 산정법의 지역단위 적용 연구: 유출입 자료 출처비교.” 『Journal of Environmental Science International』 26(11): 1255-1266.
- 전기석·전경훈. 2010. “전자코 시스템을 이용한 악취사업장에서 발생하는 악취평가 방법에 관한 연구.” 『한국냄새환경학회지』 9(1):23-30.
- 전북발전연구원. 2016. 『전북혁신도시 악취관리 중장기 정책방향 연구』.
- 전상준·김수량·노경상·최동윤·김동균·이명규. 2012. “국내 돼지분뇨의 액비성분 특성 비교조사.” 『한국축산시설환경학회지』 18(3): 221-228.
- 전정현. 2015. 『듀얼 센서를 활용한 냄새 종류 판별에 관한 연구』. 대전대학교 석사학위 논문.
- 김덕우·정유진·김용석·임도영·유홍덕·정유진. 2017. “가축분뇨실태조사를 위한 양분 수지 산정모델 개발.” 『한국물환경학회지』.
- 축산환경관리원. 2019. 『악취측정 ICT 기계·장비 설치사업 현장점검 결과보고』. 축산환경관리원 보고서.
- 축산환경관리원. 2018. 『깨끗한 축산농장 및 광역축산악취개선사업 우수사례』.
- 축산환경관리원. 2017. ICT활용 축산악취모니터링시스템(설치장비 규격 및 서비스 기준(안)).
- 친환경자연순환농업협회. 2017. 『통합형 가축분뇨 자원화 혁신모델 사업단 최종보고서』.
- 환경대학교. 2016. 『양분총량제 도입을 위한 기반조성 연구』. 환경부 최종보고서.
- 한국농촌경제연구원. 2015. 『양분총량제 도입방안 연구』. 환경부/농림축산식품부 최종 보고서.
- 한국환경공단. 2017. 『이천시 악취발생 원인 분석 및 개선방안』.
- 한대호·안종호·현윤정·김호정·양일주·김영민·윤순옥·김선미·이상미. 2013. 『새만금 유역 등의 가축분뇨 관리 선진화를 위한 제도개선 및 관리체계 효율화 방안 연구』. 한국환경정책·평가연구원.
- 한영한. 2018. 『강원도 가축분뇨 고형연료화 사업 추진방안 연구』. 강원연구원.
- 한진석·이민도·임용재·구운서. 2008. “악취관리지역 실태조사와 감시 시스템 구축.” 『실내환경 및 냄새학회지』 7(4): 246-259.
- 홍현수·김선태·김학민. 1997. “CTDMPLUS Model을 이용한 악취 확산 평가.” 『한국대기환경학회 학술대회논문집』.
- 환경부. 2016. 『2015년 악취민원 실태조사 보고서』.
- \_\_\_\_\_. 2018. 『2017년 악취민원실태조사』. 환경부 보고서.
- \_\_\_\_\_. 2018. 『2018년도 성과관리 시행계획』.
- Aarnink AJA, van der Berg AJ, Keen A, Hoeksman P, Verstegen MWA. 1996. “Effect of slatted floor area on ammonia emission and on the excretory

- and lying behavior of growing pigs.” *Journal of Agricultural Engineering Research* 64: 299-310.
- Amery, F., & Schoumans, O. F. 2014. Agricultural phosphorus legislation in Europe. Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO).
- Bicudo JR, Schmidt DR, Gay SW, Gates RS, Jacobson LD, Hoff SJ. 2002. Air quality and emissions from livestock and poultry production waste management systems. National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers, North Carolina State University, Raleigh, N.C.
- Bruce JM. 1981. Ventilation and temperature control criteria for pigs. In *Environmental Aspects of Housing for Animal Production*. Butterworths, London, pp. 197-216.
- Buijsman, E. and Erisman, J. W. 1988. “Wet deposition of ammonium in Europe.” *J Atmos Chem* (6): 265-280.
- Chang CW, Chung H, Huang CF, Su, HJJ. 2001. Exposure assessment to airborne endotoxin, dust, ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide in open style swine houses. *Ann Occup Hyg* 45(6): 457-465.
- Coleman RN, Feddes JJR, West BS. 1991. What is odour and the potential for its control? In *Proceedings Western Branch Meeting*. Canadian Society of Animal Production, Chilliwack(Abstract).
- Crook B, Robertson JF, Glass SA, Botheroyd EM, Lacey J, Topping MD. 1991. “Airborne dust, ammonia, microorganisms, and antigens in pig confinement houses and the respiratory health of exposed farm workers.” *Am Ind Hyg Assoc J* 52(7): 271-279.
- Daniel-Gromke, J., Rensberg, N., Denysenko, V., Stinner, W., Schmalfuß, T., Scheftelowitz, M., ... & Liebetrau, J. 2018. “Current developments in production and utilization of biogas and biomethane in Germany.” *Chemie Ingenieur Technik* 90(1-2): 17-35.
- Duchaine C, Grimard Y, Cormier Y. 2000. “Influence of building maintenance, environmental factors, and seasons on airborne contaminants of swine confinement buildings.” *Am Ind Hyg Assoc J* 61(1): 56-63.
- Gay SW, Schmidt DR, Clanton CJ, Janni KA, Jacobson LD, Weisberg S. 2003. “Odor, total reduced sulfur, and ammonia emissions from animal housing facilities and manure storage units in Minnesota.” *Appl Eng*

*Agric* 19(3): 347-360.

- Groenestein CM. 1993. Animal waste management and emission of ammonia from livestock housing systems: Field studies. In Proceedings of International Livestock Environment Symposium IV, Warwick, England, 6-9 July. ASAE. pp. 1169-1175.
- Halder, J. N., KANG, T. W., KIM, S. R., Yabe, M., & LEE, M. G. 2018. The Application of Liquid Fertilizer Quality Certification (LFQC) for Liquid Manure Fertilizers and Probability of Implementation as a Quality Specification for Business Purposes in South Korea.
- Halder, J. N., Kim, S. R., Kang, T. W., Yabe, M., & Lee, M. G. 2016. "Establishing a method to evaluate the maturity of liquid fertilizer by liquid fertilizer germination index (LFGI)." *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University* 61(2): 417-426.
- Harssema H, van Eerden WJ, Klarenbeek JV. 1981. The relation between intensity of husbandry farming and damage of vegetation. IMAG Report 32, Wageningen, The Netherlands.
- Hartung J, Phillips VR. 1994. "Control of gaseous emissions from livestock buildings and manure stores." *J Agric Eng Res* 57: 173-189.
- Hayes E. T., Curran T. P., Dodd V. A. 2006. "Odour and ammonia emissions from intensive Pig units in Ireland." *Bioresource Technology* 97(7): 940-948.
- Heber AJ, Duggirala RK, Ni JQ, Spence ML, Haymore BL, Adamchuck VI, Bundy DS, Sutton AL, Kelly DT, Keener KM. 1997. Manure treatment to reduce gas emissions from large swine houses. In Proceedings on International Symposium on Ammonia and Odour control from Animal Production Facilities, 2, eds. Voermans JAM, Monteny G. pp. 449-457. The Netherlands: Dutch Society of Agricultural Engineering(NVTL).
- Koerkamp, PWG, Metz JHM, Uenk GH, Phillips VR, Holden MR, Sneath RW, Short JL, White RP, Hartung J, Seedorf J, Schroder M, Linkert KH, Pederson S, Takai H, Johnsen JO, Wathes CM. 1998. Concentrations and emissions of ammonia in livestock buildings in Northern Europe. *J Agric Eng Res* 70: 79-95.
- Lee, D. S., Lee, J.-B., Lee, M.-Y., Joo, R.-N., Lee, K.-S., Min, S.-W., Hong, B.-D., Chung, D.-Y. 2016. *Establishment scheme for official tandards*



- of liquid swine manure fertilizer*. Vol. 43: 360-368.
- Loyon, L. 2017. "Overview of manure treatment in France." *Waste Management* 61: 516-520.
- Morrison WD, Pirie PD, Perkins S, Braithwaite LA, Smith JH, Waterfall D, Doucett CM. 1993. Gases and respirable dust in confinement buildings and the response of animals to such airborne contaminants. In Proceedings of International Livestock Environment Symposium IV, Warwick, England, 6-9 July. ASAE. pp. 735-746.
- Muck RE, Steenhuis TS. 1982. "Nitrogen losses from manure storages." *Agricultural Wastes* 4: 41-54.
- Ni JQ, Heber AJ, Diehl CA, Lim TT, Duggirala RK, Haymore BL. 2002. "Characteristics of hydrogen sulphide concentrations in mechanically ventilated swine buildings." *Can Biosys Eng* 44: 611-619.
- Ni JQ, Heber AJ, Diehl CA, Lim TT. 2000. "Ammonia, hydrogen sulfide and carbon dioxide release from pig manure in under-floor deep pits." *J Agric Eng Res* 77(1):53-66.
- NIOSH. 1998. Sampling and characterization of bioaerosols. In Manual of Analytical Method. Paul AJ. and Schafer MP. (eds). Cincinnati, Ohio, USA.
- Noblet J, Fortune H, Dubois S, Henry V. 1989. Nouvelles bases d'estimation des teneur en energie digestible metabolisable et nette des aliments pour le porc. INRA, Paris, pp. 1-106.
- Nordstrom GA and McQuitty JB. 1976. Manure Gases in the Animal Environment. Department of Agricultural and Engineering, University of Alberta.
- Oenema, O., & Berentsen, P. B. M. 2004. Manure policy and MINAS: Regulating nitrogen and phosphorus surpluses in agriculture of the Netherlands (No. 67). OECD.
- Ondersteijn, C. J. M., Beldman, A. C. G., Daatselaar, C. H. G., Giesen, G. W. J., & Huirne, R. B. M. 2002. "The Dutch mineral accounting system and the European nitrate directive: implications for N and P management and farm performance." *Agriculture, ecosystems & environment* 92(2-3): 283-296.
- SAS Institute Inc. 1999. SAS user's guide. SAS Inst., Inc., Gary, NC.

- Stowell RR, Foster S. 2000. Ammonia emissions from a High-Rise swine finishing facility. ASAE Paper No. 00-4080. St. Joseph, Mich. ASAE.
- Swierstra D, Smits MCJ, Kroodsma W. 1995. "Ammonia emission from cubicle houses for cattle with solid floors." *J Agric Eng Res* 62: 127-132.
- van Breemen N, Burrough PA, Velthorst EJ, van Dobben HF, de Wit T, Ridder TB, Reijnders HFR. 1982. "Soil acidification from atmospheric ammonium sulphate in forest canopy through fall." *Nature* 299: 548-550.
- Verstegen MWA, Vanderhel W, Jongebreur AA, Enneman G. 1976. "The influence of ammonia and humidity on activity and energy balance data in groups of pigs." *Zeitschrift fur Tierphysiologie, Tierernahrung und Futtermittelkunde* 37: 225-263.
- Wathes CM, Jones CDR, Webster AJF. 1998. "Ventilation, air hygiene and animal health." *The Veterinary Record*. pp. 554-559.
- Zhang Y, Tanaka A, Dosman JA, Senthilselvan A, Barber EM, Kirychuk SP, Holfeld LE, Hurst TS. 1998. "Acute respiratory responses of human subjects to air quality in a swine building." *J Agric Eng Res* 70: 367-373.
- Zhu T, Pattey E, Deesjardins RL. 2000. "Relaxed eddy-accumulation technique for measuring ammonia volatilization." *Environmental Science & Technology* 34: 199-203.
- 국가법령정보센터 홈페이지. <<http://www.law.go.kr>>. 검색일: 2019. 9. 6.
- 한국환경산업기술원 홈페이지. <<http://www.konetic.or.kr>>. 검색일: 2019. 8. 6.
- 환경부 홈페이지(보도자료). <<http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?boardMasterId=1&boardId=828640&menuId=286>>. 검색일: 2019. 8. 30.
- 환경부 홈페이지. <<http://www.me.go.kr>>. 검색일: 2019. 9. 6.
- EPA 홈페이지. <<https://www.epa.gov/agstar/agstar-data-and-trends>>. 검색일: 2019. 9. 6.
- Oklahoma State University 홈페이지. <<http://animalwaste.okstate.edu/cnmp/comprehensive-nutrient-management-plan-cnmp>>. 검색일: 2019. 8. 28.