

양축농가의 가축분뇨처리에 관한 의사결정 메카니즘

허 덕* 정 민 국**

Abstract

There are so many treatment methods of livestock manure. But from the farmers' perspective, there are many restrictions, also. Environmental externalities from livestock manure can affect livestock farmers' decision making on the continuancy of livestock management and farm location, etc. Environmental internality from manure can affect decision making on livestock breeding management methods. Legal and technical restrictions can widely affect decision making on treatment level and system of livestock manure, the possibility of fund supply, etc.

On the view point of farmer' priority, environmental restrictions can be considered first, followed by legal restrictions, and thirdly technical and economic restrictions. After considering all restrictions, a few methods remain. In the remaining methods, farmers may select the most economic method.

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------|
| 1. 서론 | 5. 축종별·처리방법 및 체계별 비용 비교 |
| 2. 가축분뇨 처리방법 및 운영현황 | 6. 가축분뇨 처리에 있어 규모의 경제성 분석 |
| 3. 가축분뇨 처리에 있어서의 제약 | 7. 요약 및 결론 |
| 4. 가축분뇨 처리방법 선택의 전제조건과 의사결정 메카니즘 | |

1. 서론

지난 십수년 동안 수질오염에 관한 국민

적 관심이 증대되면서 지속적으로 가축분
뇨가 수질오염의 한 요인으로 지적되어 왔
으며, 수질 오염발생원에 대한 규제가 강화
되어 왔다. 양축농가는 가축분뇨가 환경오
염의 원인으로 지적되기 이전부터 줄곧 가
축분뇨를 효과적으로 처리하는 방법을 모
색해 왔으나 정부의 규제가 강화됨에 따라

* 부연구위원

** 전문연구위원

기 시설된 것이 무용지물이 되기도 하고, 시설 후 운영비용이 과다하게 소요되기도 하여 기존시설의 이용을 포기한 채 다른 방법을 찾아보기도 하는 사례가 빈번히 발생하고 있다. 이러한 과정에서 자신이 가지고 있는 농장의 여건이나 처리방법의 경제성에 대한 확실한 검토 없이 무작정 따라서 설치하는 경우가 많았다.

이 연구는 양축농가의 입장에서, 주요 가축분뇨 처리방법들을 도입하는데 있어 제약이 되는 조건들을 검토하고 각 처리방법들의 경제성을 검토함으로써 양축농가가 가축분뇨 처리방법을 선택하는 의사결정에 도움을 주고자 하는데 그 목적을 두고 이루어졌다.

연구의 목적 달성을 위하여 본문에서는 먼저 각종 가축분뇨 처리방법의 장단점과 운영현황을 알아보고, 각 처리방법 도입에 있어서 제약이 되는 요인들에 대해 검토하고자 한다. 아울러, 농가가 가축분뇨 처리방법을 선택하는 과정에서 각종 제약요인들이 의사결정에 어떠한 영향을 미치는가에 대해서도 검토를 한 후, 각 처리방법의 규모에 따른 비용의 변화를 분석하여 농가로 하여금 자신의 농장 여건에 적합한 가축분뇨 처리방법을 용이하게 선택할 수 있도록 하고자 한다.

분석을 위하여 1999년 11월부터 2000년 2월까지 4개월동안 양돈농가 56호, 낙농농가 53호, 한우농가 78호, 양계농가 9호 등 총 190호의 양축농가를 조사하였다. 조사된 양축농가의 평균 규모는 양돈 2,007두, 낙농 60두, 한육우 107두, 양계 30,000수로 전국 평균규모와는 차이가 있는 데, 그 이

유는 가축분뇨 처리비용을 보다 정확히 산정하기 위해 비교적 잘 처리하고 있는 농가를 중심으로 조사되었기 때문이다.

2. 가축분뇨 처리방법 및 운영현황

2.1. 가축분뇨의 처리방법과 특징

가축이 배설하는 분뇨는 처리방법에 따라 분과 뇨가 혼합된 상태로 처리되거나 분리되어 처리되며, 분과 뇨의 분리여부에 따라 이용형태도 달라지게 된다. 분과 뇨를 분리하여 처리하는 경우 분은 대부분 퇴비화하여 이용하고, 뇨는 액비화하거나 정화 방류하는 것이 일반적이다. 반면, 분과 뇨를 혼합하여 처리하는 경우는 액비화 등에 의해 대부분 토지로 환원하고 있다. <표 1>은 일반적으로 소개되어 있는 분과 뇨를 처리하는 방법의 공정과 장단점 그리고 적용조건을 정리한 것이다. 이 중 액비화법을 제외한 뇨 처리방법은 뇨 또는 오수(尿汚水)만을 대상으로 처리하는 경우가 대부분이지만, 분처리방법들은 뇨와 분리된 분뿐만 아니라 분뇨를 혼합하여 처리하는 경우에 적용된다.

뇨처리방법 중 액비화법¹이나 활성오니

¹ 여기에서 말하는 액비화법은 원래 정화조에 의한 방류방법으로 정화조의 형식에 따라 간이정화방식과 정화방식 그리고 액비 방식이 있다. 앞의 두 가지 방법의 경우 처리된 뇨는 방류되지만, 침전된 고형물은 액비로 이용하는 것이 일반적이며, 최근 가축분뇨에 의한 수질오염문제가 사회적 문제로 대두되면서 정화하여 방류되는 것을 꺼려하여, 정화되어 방류되는 출구를 봉쇄하고 전량을 액비화하는 방법이 주로 이용되고 있으므로 액비화법으로 분류하였다.

표 1 가축분뇨의 처리방법과 특징

| 상태 | 처리방법 | 공정 | 적용대상 | 장점 | 단점 | 적용조건 |
|----|-------------------|------------------------------|--------------------|--|---|--|
| 노 | 액비화법 (분+노) | 전처리+투입조+ 저류조+저장조 | 돼지, 소, 말 | 조작이 단순 경비가 저렴 | 취급이 불편 재질적인 문제 | 모든 양축농가처리수를 액비로 이용 또는 방류 |
| | 활성오니법 | 전처리+투입조+ 저류조+저장조+ 폭기조 | 돼지, 소, 말 | 처리효율이 높다 | 유지관리에 기술과 경험이 필요 슬러지 처리문제 | 대규모 양축농가대상 |
| | 살수여상법 | 전처리+투입조+ 저류조+저장조+ 살수여상 | 돼지 소 말 | 소규모 처리에 적합 | 처리효율이 저조 | 도시인근지역 기업형 양축농가 1, 2차처리 (냄새가 적다) |
| | 산화지법 | - | - | 유지관리가 용이 | 시설면적이 크다 | 토지가격 |
| | 토양통과건조법 (토양침투) | 전처리+침전조+ 토양침투여상 | 돼지, 소, 말 | 경비가 저렴 | 증발을 위해 구멍난 파이 프를 2~3년마다 교체 | 지하수오염의 염려가 없는 지역 지하수 수위가 지표면으로부터 1.5m 이하인 지역 |
| 분 | 생분이용법 | - | - | 처리경비가 저렴 | 재질적인 문제 | 환경오염 우려 |
| | 퇴비화법 | 전처리+건조시설 (예비건조)+발효조 | 돼지, 소, 말, 오리 | 처리경비가 저렴 | 퇴비화를 위한 수분조절이 필요 | 퇴비이용가능한 농지, 조지가 확보 |
| | 매립처분법 | 전처리+건조시설+ 매립처분 | 돼지, 소, 말, 닭, 오리 | 처리가 간편 | - | 충분한 매립지 확보 축분의 퇴비화가 곤란한 지역 |
| | 화력건조법 | - | - | 취급이 용이 저장성이 좋다 | 연료비가 필요 | |
| | 온실건조법 | - | - | 경비가 저렴 처리조작이 용이 | 시설면적이 크다 건조가 불량 | |
| | 소각법 | - | - | 보조연료 불필요 | 잘 소각되지 않음 | |
| 기타 | 툽밥발효조사 | - | 돼지 | 분노약취 해소 위생적 사양관리 사고를 저하 폐기물 비료화 | 미생물관리 어려움 기존돈사개조비용 입식적 가생충 구제 툽밥구입 | 중소규모 양돈가 툽밥구입이 용이한 지역 |

자료: 한국농촌경제연구원, 「가축분뇨 및 축산폐수 처리대책에 관한 연구」, 1990.12. p.50

법, 살수여상법 등은 방류를 목적으로 처리하는 방법에 속하며, 산화지법이나 토양통과 건조법 등은 수분을 증발시켜 처리하는 방법으로 볼 수 있다. 액비화법을 제외한 활성오니법이나 살수여상법과 같은 경우는 중소규모보다는 대규모 농가에 적합한 방법이다. 한편, 분과 노를 혼합하여 처리하는 경우는 분만을 처리하는 경우에 비해 처리해야 할 용량이 커지게 되므로, 톽밥과 같은 수분조절을 많이 필요로 하는 퇴비

화 방법이나 화력건조에 의한 방법 등이 많이 이용되고 있다. 생분이용법의 경우 흔히 야적에 의해 처리되기 때문에 특히 유기시 환경오염의 우려가 있으며, 매립처분법이나 온실건조 등의 방법은 비교적 넓은 토지를 필요로 하고, 화력건조법이나 소각법 등은 연료비를 비롯하여 제비용이 많이 소요되기 때문에 중소규모의 양축농가가 도입하기에는 한계가 있다. 따라서 대부분의 양축농가는 퇴비화 방법을 이용하고 있

표 2 액비 살포시 농경지 확보 요구 면적

| 구 분 | 초 지 | 농 경 지 | |
|-------|---|---|---|
| | | 논 | 밭 |
| 한(육)우 | 520m ² 이상/두 (157평 이상/두) | 990m ² 이상/두 (300평 이상/두) | 640m ² 이상/두 (193평 이상/두) |
| 젓 소 | 1,610m ² 이상/두 (487평 이상/두) | 3,080m ² 이상/두 (933평 이상/두) | 1,990m ² 이상/두 (603평 이상/두) |
| 돼 지 | 340m ² 이상/두 (103평 이상/두) | 640m ² 이상/두 (193평 이상/두) | 420m ² 이상/두 (127평 이상/두) |

자료: 환경부고시 제 1999-110호(1999. 7. 8).

다. 이 외에 톱밥발효돈사와 같이 분뇨를 혼합하여 처리하는 방법이 있다.

2.2. 가축분뇨 처리방법별 운영현황

가축의 분과 노를 액비로 이용하기 위해서는 충분한 부숙이 이루어져야 한다. 액비 화법의 경우 저장액비의 시설용량이 최소한 6개월 이상 저장 보관할 수 있어야 하지만², 현재 사용중인 대부분의 시설은 3개월~4개월 미만의 저장용량에 불과하여 충분한 부숙이 이루어지지 않은 채 액비로 사용되고 있는 경우가 많다. 또한, 저장액비화 시설을 설치한 후 시설관리를 하지 않고 방치하고 있는 경우도 자주 볼 수 있으며, 고품분 처리시설을 이용하지 않고 생분을 방치하고 있어서 우천시 주변환경 오염의 원인이 되고 있다. 법규에서는 저장액비화 시설을 설치한 농가는 일정한 액비살

포면적을 확보하도록 되어 있으나(표 2 참조), 실제로 이를 확보하고 있는 농가는 그리 많지 않다.

정화처리 방법에는 활성오니 처리, (간이) 정화조 처리, 톱밥 토양 여과 방법 등이 있으나 톱밥 토양 여과 방법을 사용하는 농가는 매우 드물다. 간이 정화조 처리 방법은 방류수질이 강화되어 농가의 이용률이 낮아지고 있다.

활성오니 처리방법의 경우에는 운영비가 많이 소요된다는 점에서 중소규모 농가의 이용이 제약된다. 이 방법을 사용하는데 있어서 희석수를 과다하게 사용함으로써 한꺼번에 처리하여야 할 양이 많아져 시설용량을 초과하는 경우가 있지만, 관리가 제대로 되고 있지 않은 실정이다. 양축농가의 무지 또는 시설 운영일지를 제대로 쓰지 않고 있는 등 사후관리가 곤란한 경우도 발생하고 있다.

간이 정화조에 의한 처리방법의 경우에는 노오수 처리시설인 간이 정화조를 설치하고 퇴비사는 설치되어 있지 않은 경우가 많다. 분과 노가 분리되지 않고 유입되며,

² 축산폐수처리시설의 설치대상인 자가 저장액비화방법으로 가축분뇨를 처리하고자 하는 경우 6개월 이상 저장할 수 있는 저장조와 1개월 이상 저장 및 저류할 수 있는 저장조를 설치해야 하고, 축종별 두당 일정 규모의 초지 또는 농경지를 확보해야 한다(오분법 시행규칙 제53조, 제76조).

회석수 없이 분뇨가 유입되어 정화의 기능을 못하는 경우가 많아 처리효율이 낮은 실정이다. 또한, 시설 설치후 관리를 하지 않아 정상적인 가동이 되지 않고 있는 곳도 자주 찾아 볼 수 있다.

툽밥+토양여과 방법의 경우, 겨울철에는 정상가동이 어려운 점이 있고, 겨울철에 살포장치인 파이프가 동결되어 가동을 하지 못하거나, 분뇨가 여과상 외부로 유출되어 환경오염을 유발하기도 한다. 이 방법은 툽밥과 토양을 일정한 주기로 교체를 해주어야 하나 인력으로는 어렵고 중장비를 투입하여야 한다는 단점이 있다.

가축분뇨를 퇴비화 하는 방법에는 간이 퇴비화, 교반식 퇴비화, 통풍식 퇴비화, 안정화방법 등이 있다. 간이 퇴비화는 퇴비사를 이용하여 가축분뇨를 퇴비화하는 방법으로 수분조절제인 툽밥의 구입이 곤란하고, 곤죽상태로 보관하여 퇴적할 경우 파리, 악취 등이 발생하여 주변 환경오염의 원인이 되고 있다. 또한, 퇴비사 설계시 침출수가 나올 수 있도록 설계하여야 하나 배수구가 없어 침출수가 퇴비사 밖으로 유출되고 있는 실정이다.

교반식 퇴비화는 가축분을 뒤집어 발효를 촉진시키는 방법으로 시설용량이 부족할 경우 가축분이 발효가 되지 못하는 경우가 발생하기 때문에 퇴비 후숙을 위한 저장 창고 확보가 필요하다. 교반기는 고장이 잦지만 A/S가 미흡하여 방치되는 경우도 있으며, 슬러리 상태의 분뇨를 무리하게 퇴비화함으로써 수분조절제 과다사용과 퇴비의 품질을 저하시키는 원인이 되고 있다.

겨울철에는 슬러리 상태의 축분뇨 처리효율이 20~30% 정도 저하되어 전량 처리를 못하고 인근 농경지에 액비로 살포하는 경우가 많다. 교반식 발효시설은 고품분의 처리에는 적합하나 뇨오수와 함께 처리하는 것은 어려운 실정이다.

통풍식 퇴비화의 경우는 분처리에는 문제가 없으나, 분뇨가 혼합된 상태로 처리하기는 곤란하여, 분과 툽밥을 혼합하기 위한 장비나 기계장치가 필요하다. 안정화 방법에 있어 신선한 분뇨를 수거하여 처리하는 경우 활용상의 문제점은 거의 없지만 부숙이 진행된 돈분뇨는 안정화에 문제가 있다. 화학 반응후 천일 건조시 넓은 부지가 필요하고, 화력건조기 이용시 유류비가 과다하게 소요되는 단점이 있으며, 석회의 품질에 따라 안정화 반응에 차이가 있다.

가축분뇨를 건조시키는 데에는 일반적으로 화력건조와 하우스건조 방법이 있다. 화력건조 방법은 툽밥, 연료, 전기비용이 과다하게 소요되며, 일반적으로 수분만 증발시키고 2차 부숙시설이 없다.

하우스 건조는 분뇨 건조장으로 시설을 설치하고 효율적으로 관리를 해야 한다. 그러나 관리가 제대로 이루어지지 못하여 유기시 수질오염의 원인이 되기도 한다.

툽밥발효돈사는 질병관리의 어려움으로 사용농가가 감소되고 있다. 툽밥발효 돈사의 문제점을 극복하기 위하여 깔짚돈사 형태로 전환한 농가는 발생되는 분을 직접 농경지도 환원하고 있다. 툽밥발효 돈사의 방법을 응용하여 우사에 적용하고 있는 툽밥발효우사가 있으나, 실제로 우분뇨의 수

분조절 정도에 그치는 경우가 대부분이다. 이러한 방법은 톱밥우사라 할 수 있다.

톱밥우사는 대부분 양호하게 운영되고 있는 편이다. 그러나 낙농의 경우 젖소가 대부분 운동장에서 머물고 있는 시간이 많아 톱밥축사의 기능을 못하고, 운동장은 젖소분뇨와 흙이 끈죽이 되어 주변 환경오염의 원인이 되고 있다.

3. 가축분뇨 처리에 있어서의 제약

3.1. 제약의 종류

가축의 분뇨로 초래되는 외부 불경제 때문에 가축분뇨 처리에는 각종 환경적 그리고 제도적인 제약이 있다. 수질오염 방지법이 그 대표적인 예이다. 그렇지만, 보조나 용자 등의 지원제도도 있다.

경영내적인 제약으로는 가축분뇨처리방법의 기술적 적응조건 즉, 기술적 제약과 경제적 제약이 있다. 지역적 그리고 입지적 조건에 따라 그 처리방법 또는 체계가 상이해지며, 축사구조에 따라서도 달라진다.

양축농가는 가축분뇨처리문제에 관한 환경적 영향의 크기에 따라 분뇨의 처리를 어디까지 할 것인가를 결정한다. 이 결정은 분과 뇨를 분리하여 처리할 것인가 아니면 혼합하여 처리할 것인가 하는 의사결정에 영향을 미치게 된다. 아울러, 처리방법이나 체계를 선택할 때 수분조절제(톱밥 등) 등의 공급조건 등을 비롯하여 지역적 조건, 제도적 제약, 기술적 제약조건까지 생각하

여 경제성을 고려하게 된다.

축산농가가 분뇨처리방법 또는 처리체계를 선택할 때 이상과 같은 각종 제약 하에서 자기가 가지고 있는 토지의 면적이나 자본액, 퇴비 판매가능성, 수익성 등 그 경제성을 고려하여 선택하게 된다. 축산농가의 입장에서 주어진 조건 하에서 고려할 수 있는 처리방법 또는 처리체계는 극히 제한된 숫자 내에서 선택하게 된다. 이 때도 분뇨처리의 적정규모와 경영관리의 적정규모와의 차가 발생하기 때문에 효율적인 방법이나 체계를 선택하는 데는 더욱 제약이 된다.

이하에서는 이러한 제약들을 환경적 제약, 제도적 제약 그리고 기술적·경제적 제약으로 분류하여 각 제약의 내용들을 검토해 보기로 한다.³

3.2. 환경적 제약

가축분뇨로 인한 환경오염 때문에 인근 주민의 민원이 빈번하게 발생하고 있다. 축산 중에서도 양돈에서 가장 심각하게 나타나고 있으며, 그 주요 원인은 수질오염과 악취이다.

최근 농촌 시가지화, 혼주화의 진전, 환경보전 의식의 고취, 가축 사육규모의 확대

³ 가축분뇨가 환경오염원으로 지적되고 있기 때문에 다양한 관련 법률적 규제사항들이 있다. 이러한 사항들은 본 연구에서 분류하는 환경적 제약과 제도적 제약으로 확실히 구분하기는 어렵다. 이 연구에서는 환경을 오염시키는 기준에 대한 사항들을 중심으로 환경적 제약의 범주로 분류하며, 이러한 환경적 제약에 의해 오염의 발생자에게 부과되는 각종 사항에 관계되는 것들은 제도적 제약의 범주로 분류하였다.

등 환경오염 문제와 연계된 요인이 점점 많아지고 있다. 이러한 경영 외부로부터의 환경적 요인 때문에 경영의 성장·발전은 크게 제약받게 된다. 특히, 정화처리와 관련해서는 정화처리시설물을 축산폐수공공처리시설, 축산폐수처리시설 등으로 분류하고 있고, 정화처리한 후 방류수 수질기준은 일반지역과 특정지역을 구분하여 규정하고 있다. 집단으로 가축을 사육하는 지역의 양축농가에서 발생하는 축산폐수를 처리하는 시설을 축산폐수공공처리시설이라 하며(오수·분뇨 및 축산폐수 처리에 관한 법률(약칭하여 오분법) 제2조제10항), 방류수수질은 생물화학적산소요구량(BOD) 30ppm 이하와 총질소 60ppm이하, 총인 8ppm이하로 규제된다. 개별 양축농가의 축산폐수 정화처리시설 방류수수질의 BOD기준은 일반지역에서 허가대상 규모의 경우 150ppm 이하, 신고대상 규모의 경우 500ppm이하이고, 특정지역에 있어서는 허가대상의 경우 50ppm이하, 신고대상의 경우 350ppm이하이다. 액비살포시에도 기상 또는 토지의 결빙여부·경사도 등 모든 조건을 고려하여 부수적인 환경오염이 발생하지 않도록 하

여야 하고, 필요시에는 경운을 실시해야 한다.

가축분뇨를 이용하여 축분비료를 생산·판매하고자 할 경우에는 비료관리법 제11조에 따라서 등록해야 하며, 비료관리법에서는 유기질 비료와 부산물 비료의 공정규격을 구분하여 관리하고 있다. 「비료공정규격」에 따르면, 유기질 비료는 보통비료에 포함되어 있다. 부산물비료는 비료성분을 고려하지 않고 비료 중의 유기물함량과 유해성분을 규제하고 있다. 축분비료는 부산물비료로 분류되며, 유기질 비료와 달리 비료성분을 규제하지 않는 반면 유기물 함량과 유기물 대 질소비율을 공정규격으로 설정·관리하고 있다.

3.3. 제도적 제약

우리나라 공해규제의 원칙은 발생자 부담원칙이다. 사업자는 공해 방지에 협력할 의무가 있으며, 축산농가도 가축분뇨를 적정하게 처리할 의무가 있다. 관련 법규를 살펴보면 다음과 같다.

현재 가축분뇨처리는 1999년 2월에 개정되어 8월 9일부터 시행되어 오고 있는 ‘오

표 3 규제대상별 축산폐수배출시설 및 사육두수 규모

| 축 종 | 신고대상 미만 | 신 고 대 상 | 허 가 대 상 |
|-----|------------------------|------------------------|------------------------|
| 소 | 100㎡ 미만 (8두 미만) | 100~900㎡ (8~75 두) | 900㎡ 이상 (75두 이상) |
| 돼 지 | 50㎡ 미만 (35두 미만) | 50~1,000㎡ (35~715두) | 1,000㎡ 이상 (715두 이상) |
| 닭 | 150㎡ 미만 (1,500수 미만) | 150㎡ 이상 (1,500수 이상) | - |

* ()는 면적에 상응한 참고두수임
자료: 농림부

수·분뇨 및 축산폐수 처리에 관한 법률(오분법)에 의해서 규제되고 있다. 축산폐수배출시설인 축사면적기준으로 축산농가의 가축사육규모에 따라 허가대상과 신고대상으로 단계적인 규제가 이루어지고 있다.

개정된 법규에서는 신고대상 미만의 소규모 축산농가에도 적절하게 가축분뇨를 처리하지 않고 공공수역으로 무단방류하는 행위는 할 수 없도록 관리의무가 부과되었다. 불가피하게 가축분뇨를 축산폐수의 형태로 배출하는 경우 분과 뇨의 분리는 물론 저장시설 설치를 의무화하였으며, 시·군이나 민간의 위탁처리업체가 수거하여 축산폐수공공처리장에서 처리토록 한다.

한편, 공해방지에 대한 기본적이고 종합적인 시책의 실시는 국가와 지자체가 담당하여야 할 몫이며, 국가나 지방자치체는 지도사업의 실시 그리고 공동이용시설의 설치·조정을 한다. 이러한 것은 축산환경정책에 있어서도 변함이 없다. 그런데, 가축분뇨의 환경오염 부하량이 타 산업의 그것보다 높고, 수익성도 낮기 때문에 기업단위로서의 경영에 압박요인이 되고 있다. 따라서 가축분뇨처리에 관한 제도적 지원은 비교적 많다.

그러나, 가축분뇨는 유기물을 많이 포함하고 있기 때문에 리사이클 이용을 진전시킬 필요가 있다. 이러한 인식은 환경보전 및 자원의 효율적 이용이라는 국가적 관점뿐만 아니라 경영을 안정화시킨다는 경제적 관점에서도 중요하다.

이상의 인식으로 우리나라의 축산환경

보전대책도 지역축산농가의 조직화, 집단화를 통해 축산농가와 경종농가와의 제휴를 촉진하고, 가축분뇨의 효율적 처리를 도모할 수 있도록 추진되고 있다.

3.4. 기술적·경제적 제약

축산농가는 분뇨처리방법을 선택할 때, 분과 뇨를 분리하여 처리할 것인지 아니면 혼합하여 처리할 것인지에 대한 의사결정을 하여야 한다. 이러한 선택은 다양한 조건이나 제약 하에서 이루어지겠지만, 어느 방법을 선택하는가에 따라 처리방법과 함께 비용도 차이가 나게 된다.

축사의 구조나 일상 사양관리, 분뇨의 분리여부에 따라서도 처리하여야 할 용량이 달라진다. 특히, 청소수나 음수의 혼입 여부에 의해 처리용량은 크게 좌우된다. 발효를 촉진시키기 위해 사용하는 수분조절제를 사용할 경우 처리해야 할 용량은 커지게 된다. 같은 방법이라 할지라도 실제 적용하는 방법과 기술에 따라 처리비용의 차이가 발생하게 된다.

분처리방법이나 분뇨 혼합처리방법에 있어 퇴비화 방법을 사용할 경우에도 분 또는 분뇨를 강제 발효하여 퇴비화할 것인지 아니면 건조처리(자연발효 또는 화력건조)하여 퇴비화할 것인지의 두 가지 방법이 있을 수 있지만, 어떠한 방법을 선택하든지 간에 그 기술적 특성에 따라서 적용을 위한 조건이 달라지게 된다. 그 중에서도 관심이 큰 것은 경제성과 관계가 있는 소요 경지 면적이나 수분조절제의 필요성 등인데, 방법에 따라 고정비와 변동비 면에서 차이가

있다. 다음 <표 4>는 주요 분뇨처리 방법의 적용조건과 장단점을 비교한 것이며, 그 중에서도 퇴비화방법의 특징과 선택의 전제조건을 표시한 것이 아래 <표 5>이다.

가축분뇨를 처리하는 시설을 설치하는 과정에서 양축농가가 어떠한 의사결정을 하여

야 하며 그러한 결정을 하기 위해 어떠한 정보가 필요한지에 대해 예를 들어 알아보자.

농가가 퇴비화시설을 설치하려고 한다면, 먼저 기본계획을 검토할 것이다. 이 때 자신의 토지를 어떻게 이용할 것인가, 자신이 생산한 퇴비를 경종농가에게 공급하려

표 4 주요 분뇨처리방법의 비교

| 처 리 방 법 | 적 용 조 건 | | | 장 점 | 단 점 | | |
|------------------|------------|------------|---------------------|-------------|--------------------|--------------------------------------|----------------------|
| | 필수 | 축종 | 지역 | | | | |
| 액비화 (액상컴포스트) | 환원가능경지 확보 | 주로 낙농 | 전국 | 조작 단순, 경비저렴 | 살포시 유출, 악취 | | |
| 정화방류 (오수정화처리) | 방류가능지역 | 주로 양돈 | 전국 | 조작 단순 | 배수기준, 생물처리는 계절적 제약 | | |
| 건조 처리 | 화력건조 | 특히 없음 | 주로 양계 | 전국 | 취급간단, 저장성 양호 | 경비 높고, 악취 | |
| | 천일건조 | 햇볕이 잘 드는 곳 | 전축종 | 온난 지역 | 처리간단, 경비저렴 | 경지 많이 필요, 악취, 계절적 제약 | |
| 퇴 비 | 퇴적 발효 | 간이 퇴적 | 소량 처리, 수분조절(70% 이하) | 전축종 | 전국 | 경비저렴, 트러블 거의 없음 | 발효기간 장기, 퇴비품질 불안정 |
| | | 통기 발효 | 수분조절(70% 이하) | 전축종 | 전국 | 시설비 비교적 저렴, 트러블 거의 없음 | 통기방식에 따라 발효 차이 발생 |
| 화 | 교반통 기발효 | 개방형 발효 | 수분조절(70% 이하) | 전축종 | 전국 | 생력화 가능, 단기간 퇴비화, 대량처리가능, 퇴비품질 안정 | 고장빈번, 생산비 높음, 악취의 우려 |
| | | 밀폐형 발효 | 수분조절(60% 이하) | 주로 양계 | 전국 | 생력화 가능, 단기간 퇴비화, 필요부지 소규모, 위생적, 탈취용이 | 높은 경비, 악취 유출 |

자료: 代永道裕, "汚水處理對策の基本," 「畜産の研究」, 44(2), 養賢堂, 1990.2, p.65을 수정·보완

표 5 퇴비화처리·용방식 선택의 전제조건

| 검 토 사 항 | 검 토 내 용 | 비 고 |
|----------|--|-----------------------------|
| 입지, 기후조건 | 지형, 기후, 온도, 일사량, 강우(설)량, 풍향과 풍량 등 | 특히 천일건조 병행의 경우 겨울철 기상조건에 제약 |
| 사회적 조건 | 주변의 환경(주택, 기타) 등 | 특히 악취대책 |
| 퇴비이용계획 | 연간 필요량과 이용시기, 부숙정도, 이용형태 및 판매가격 등 | 봄가을, 완숙도, 판매형태 (벌크 또는 포장) |
| 퇴비 생산계획 | 퇴비원료의 종류와 형상, 연간처리량, 퇴비의 수분과 품질, 생산량 | 축종, 수분, 계절성 |
| 부자재의 확보 | 종류와 연간 필요량, 가격, 확보의 난이성, 향후 수급·가격 전망 | 톱밥, 왕겨 등, 잔류물질의 퇴비이용 여하 |
| 시설 및 기계 | 구조, 기능 및 성능, 취급의 난이도, 내구성 및 가격, 러닝 코스트 | 생산코스트와 판매가격 |
| 노동력과 자금 | 관리운영체제와 노동력, 투자가능액 | 생산코스트와 판매가격 |
| 생산비 | 상각비, 수리비, 원료 및 부자재비와 전기료, 인건비 등 | 판매가격(수지계획) |

자료: 上野克美, "牛の糞尿處理方法の選定," 「畜産の研究」, 44(1), 養賢堂, 1990을 수정·보완

고 할 경우 경종농가의 협력체제는 잘 구축되어 있는가, 퇴비화 시설을 어떻게 관리·운영할 것인가 하는 점들이 고려되어야 할 것이다. 일단 퇴비화 방법을 도입한다는 결정을 하게 되면, 도입하기 위해 도입의 전제조건들을 고려하여야 할 것이다. 즉, 입지와 기상조건, 퇴비의 원료 및 부자재의 종류, 퇴비 이용 및 생산계획, 자금 및 노력 그리고 생산 비용 등에 관한 조건들을 검토하여야 한다. 이러한 검토를 거친 후에 비로소 교반식 퇴비화 방법이나 아니면 통기발효식 퇴비화 방식이나 하는 등의 처리 방식을 결정하게 된다.

방식이 결정된 다음에는 어느 회사의 기계를 구입하여 설치할 것이냐 하는 의사결정을 하게 되고, 이어 시설규모의 산정, 용

지의 선정 등이 이루어지고 나서야 기본설시를 위한 설계에 들어가게 되는 것이다.

아울러 처리방식의 선정에서 용지의 선정에 이르기까지의 과정에서 기 설치된 사례를 조사하거나 부속의 정도를 어느 정도로 할 것인가, 주변의 환경은 어떤가, 퇴비화 시설의 사용조건은 어떠한가 등등에 대한 고려가 이루어지게 된다. 이처럼 하나의 가축분뇨 처리시설을 설치하는 데에도 양축농가는 기술적이고도 경제적인 측면에서 복잡하고도 다양한 의사결정을 위한 정보를 필요로 하고 여러 단계의 의사결정을 하게 된다.

각종 환경적, 제도적, 기술적, 경제적인 제약은 각각의 노처리·이용방법을 적용할 때도 영향을 미친다. 다음 <표 6>과 <표 7>은 뇨오수 처리방법 선택의 전제조건과

표 6 주요 뇨오수 처리·이용방법 선택의 전제조건

| 처리이용방법 | | 액비화 처리 (액상컴포스트처리) | 건조처리 (중발·농축처리) | 방류 (정화처리) | 비고 |
|-----------|---------|-------------------------|------------------------|--------------------------------|-----------------|
| 환경적 제약 | 입지환경 | 주변에 주택이 없는 지역 | 주변에 주택이 없는 지역 | 특히 없음 | 악취발생 |
| | 적용지역 | 전국 | 남부 온난지역 | 전국 | |
| | 환원경지 | 필요 (성우 1두당 15-40a) | 불필요 (겨울철에는 확보 필요) | 불필요(잉여오니 환원경지 확보) | |
| | 처리수의 방류 | 불필요 | 방류 어려운 지역 | 방류 가능지역 | |
| 기술적 제약 | 주요 대상축종 | 젖소, 돼지 | 돼지, 젖소 | 돼지, 젖소 | |
| | 규모조건 | 소~대규모 | 소~중규모 | 중~대규모 | 소규모에서는 비용 커질 우려 |
| | 처리수 | 소량~다량 | 소량~중량 | 중량~대량 | |
| | 처리노동력 | 다(특히 살포노동력) | 소 | 다 | |
| | 처리기술 | 특히 없음 | 특히 없음 | 운전기술 | |
| | 시설면적 | 소 | 중~대 | 소~중 | |
| 경제적 제약 | 시설비 | 소~중 | 중~다 | 다 | |
| | 유지관리비 | 소~중 | 중~다 | 다 | |
| 문제점 | | 악취대책, 살포시 유출 (특히 우기) | 악취대책, 증발능력 (특히 겨울철) | N,P의 제거, 시설·유지비 과다소요, 잉여오니의 처리 | |

자료: 上野克美, "牛の糞尿處理方法の選定," 「畜産の研究」 44(1), 養賢堂, 1990을 수정·보완

표 7 주요 뇨오수 정화처리방법의 비교

| 처리 방법 | 적용규모 | 처리목표 | BOD제거율 | 필요경지규모 | 유지 관리 | | 건설비용 |
|---------|---------|-------|--------|----------------|-------|----|------|
| | | | | | 기술 | 비용 | |
| 활성오니법 | 연속식:대-소 | 방류 | 90~95% | 소 (산화구법은 중) | 어려움 | 대 | 대 |
| | 회분식:소-중 | | | | | 중 | 중-대 |
| 생물막법 | 살수여상법 | 소-대규모 | 방류 | 80~90% | 소 | 중 | 중 |
| | 회전원판법 | 소-대규모 | 방류 | 80~90% | 소 | 중 | 소 |
| | 접촉산화법 | 소-대규모 | 방류 | 80~90% | 소 | 중 | 중 |
| 폭기식 라군법 | 소-대규모 | 방류 | 80~90% | 대 | 쉬움 | 중 | 대 |

자료: 代永道裕, “汚水處理對策の基本,” 「畜産の研究」 44(2), 養賢堂, 1990.2, p.65

그 중 뇨오수 정화처리법을 비교한 것이다.

뇨나 분뇨의 혼합물에서 분리된 액체물 또는 축사에서 나온 잉여수 등은 동시에 뇨오수로 저류조를 거쳐 각각 다른 방법을 통해 오니를 제거, 회석(조정, 폭기나 침전 등의 공정)시켜 법적 기준 이하의 농도로 방류 또는 이용한다. 또한 남아있는 오니와 고형분은 다른 처리를 거쳐 이용된다.

그러나 이상과 같은 제약 이외에도 일상 사양관리 방법에 따라서도 처리하여야 할 뇨오수의 양은 크게 달라진다. 즉, 돈사의 바닥이나 분뇨구의 구조, 분뇨의 반출방법, 깔짚의 종류나 사용량 등 분뇨분리의 양호성, 급수기의 구조나 급수기에서부터 흘린 물의 혼입량 정도, 세정수, 빗물의 혼입 등 잉여수의 혼입량, 특히 여름철 돈사내 환경이나 사육밀도 또는 급여 사료와 급여·급수 방법 등의 차이가 처리하여야 할 뇨오수의 양을 크게 좌우하며 처리경비의 차를 가져오게 된다. 따라서, 적절한 가축분뇨 처리방법의 선택, 경영관리방법 개선의 중요성은 강조하지 않을 수 없다.

4. 가축분뇨 처리방법 선택의 전제조건과 의사결정 메카니즘

가축분뇨에 의한 외부 불경제는 다음과 같이 농가의 의사결정에 영향을 미친다. 첫째, 폐업하느냐 아니면 계속하느냐, 둘째, 계속할 경우 농가의 입지를 이동할 것인가 아니면 분뇨처리장의 입지를 이동할 것인가, 셋째, 분뇨를 처리할 때 개별적으로 처리할 것인가 공동으로 처리할 것인가 등에 관한 의사결정을 한다. 한편, 가축분뇨를 처리하는 데 있어서 내부 불경제는 주로 사양관리방법의 개선에 관한 의사결정에 영향을 미친다.

제도적, 기술적 제약은 처리의 정도, 처리방법 및 체계뿐만 아니라 자금조달의 가능성까지 분뇨처리에 관련된 매우 광범위한 의사결정에 영향을 미치게 된다. 다양한 처리방법 또는 체계 중에는 제도적, 기술적 제약을 만족하는 방법 또는 체계는 많지 않다. 농가는 가능한 처리방법 또는 체계를

대상으로 각각의 경제성을 고려하여 선택하게 된다. 물론 각각의 제약조건은 서로 물려있어 선택은 보다 어려워진다. 먼저 환경적 영향과 제약을 고려한 후에 제도적, 기술적 제약을 거쳐 경제성을 따지게 되는 것이 일반적일 것이다(표 8).

이상의 검토로부터 다음과 같은 점을 알 수 있다. 첫째, 환경적 제약 특히, 외적 제약은 주로 경영의 존폐, 입지에 관한 의사결정에 영향을 미치며, 둘째, 제도적 제약은 주로 관련 기술체계의 선택과 자금조달에 관련된 의사결정에 영향을 미친다. 셋째, 기술적 제약은 주로 규모와 비용에 관한 의사결정에 넷째, 경제적 제약은 주로 투자와 수익성에 관한 의사결정에 영향을 미친다는 것이다.

5. 축종별 · 처리방법 및 체계별 비용 비교

5.1. 분석 모형

이하에서는 각 처리방법 체계의 경제성, 특히 비용의 비교분석을 중심으로 살펴보고자 한다. 각 농가들의 규모는 다양하기 때문에 일정 규모에서 단순한 비용의 비교는 의미가 없다. 농가들이 자신의 농장 여건에 적합한 가축분뇨 처리방법을 선택하는 의사결정을 하는데 도움이 될 수 있도록 하려면, 규모의 변화에 따라 각 처리방법체계들의 비용이 어떤 변화를 보이는 지까지 알아볼 필요가 있다.

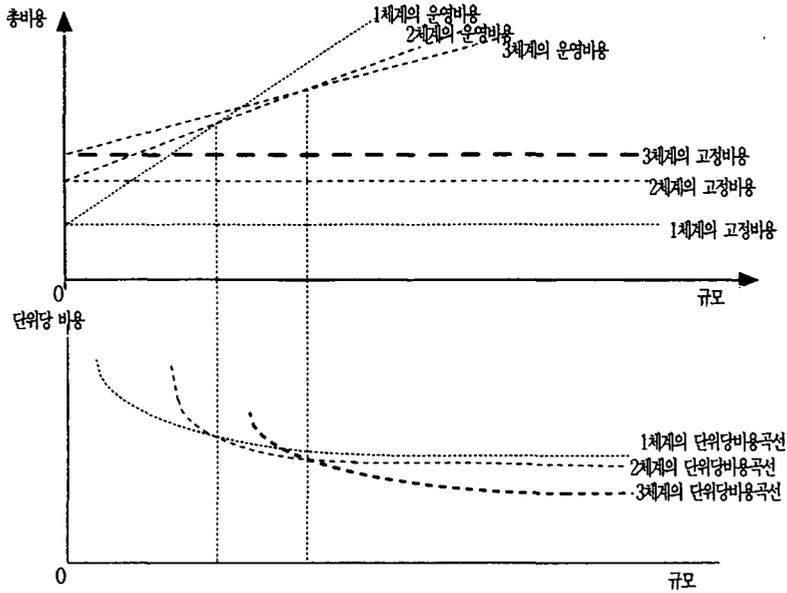
두 가지 이상의 기술체계에 대한 비용의 비교를 위한 방법으로는 손익분기점 분석 방법이 흔히 이용된다. 두 가지 이상의 기

표 8 각종 제약이 경영성장 · 발전을 둘러싼 의사결정에 미치는 영향

| | | |
|------------------|----------------|--|
| (1) 환경적 제약 | 내적 제약(내부불경제) | 사양관리방법의 개선에 관한 의사결정 |
| | 외적 제약(외부불경제) | 주변환경(경지주변인지 또는 주거활동 밀집지역인지)→입지에 관한 의사결정(농장의 입지, 처리장의 입지, 공동처리에 관한 의사결정) |
| (2) 제도적 제약 | 법규, 제도, 사업 | 처리의 정도, 처리체계의 결정, 자금조달의 가능성 |
| (3) 기술적 제약 | 축사구조(처리방법과 체계) | 분뇨의 분리 또는 혼합처리 ← 환경적 제약 |
| | 수분조절제의 공급조건 | 지역적 조건 또는 경제적 조건 ← 기술적 조건(수분조절제 사용여부의 결정) → 선택된 방법의 제약 → 방법·체계의 선택 |
| | 지역적 조건 | 제도적 제약 → 기술적 제약 → 규모 결정 |
| (4) 경제적 제약 (경제성) | 토지, 자본, 판로 | 투자, 퇴비 판매 가능성(판로) → 수익성 ← 지역적 조건 → 투자를 위한 의사결정의 범위 → 경제성(비용, 수익), 환경적, 제도적, 기술적 이용가능성과 외부로의 영향 → 제약조건 하에서의 투자의 효율성 |

주: 화살표의 방향은 영향의 방향을 나타냄.

그림 1 가축분뇨 기술체계의 손익분기점 분석도



술체계를 선택할 경우의 손익분기점 분석도를 그려보면 다음 <그림 1>과 같다.

각 비용선을 직선의 형태로 가정하면, 각 기술체계의 총비용함수와 단위당 비용함수는 다음과 같이 표시할 수 있다. 단위당 평균비용함수는 우하향 반곡선의 L자 형태를 띤다.

$$TC = a + b X$$

TC : 총 비용

a : 고정비(시설비)

b : 변동비(운영비)

X : 규모

⁴ L자형 비용함수는 기업경영에서 흔히 이용되고 있으며, 실버스톤(R. Silverstone) 곡선이라고도 한다. 경제학에서 설명하는 비용곡선인 U자형과는 다르지만, U자형에서 우측 상향부분이 실제로는 나타나지 않는다는 점을 감안하면 유사한 형태라 볼 수 있다. 그러나, 비용 최저점을 찾기 어렵다는 단점을 가진다. 일정한 판단기준을 적용하여 비용 최저점과 유사한 개념인 비용 효율점을 선택할 수는 있다. 예를 들면, 단위 규모의 확대에 따라 비용이 1% 이하로 절감되는 점을 찾을 수 있을 것이다.

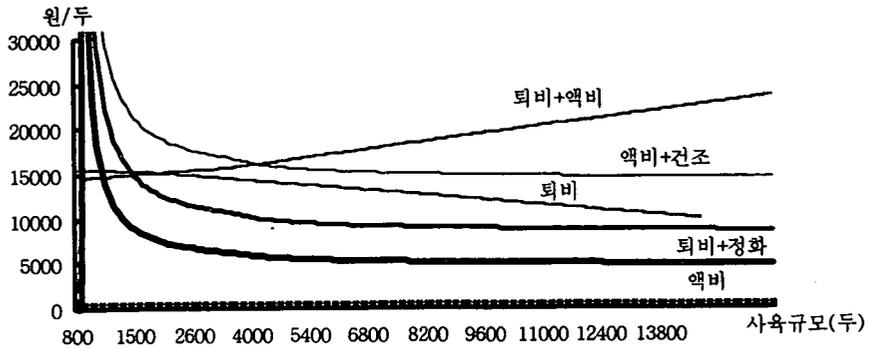
$$AC = \frac{TC}{X} = b + \frac{a}{X}$$

AC : 단위당 비용

5.2. 양돈부문

양돈농가 56호를 조사하여 가축분뇨 처리 방법별 규모에 따른 비용변화를 그래프로 나타낸 것이 <그림 2>와 <그림 3>이다. 양돈분뇨처리에 있어 허가대상규모에서 퇴비화와 액비화 방법을 병행하여 처리하는 경우 규모가 커짐에 따라 두당 처리비용이 오히려 증가하고 있는 양상을 보인다. 허가대상의 경우 양돈분뇨를 처리하는 데에 있어 규모에 관계없이 액비화 방법이 비용면에 있어서 효율적이며, 다음은 퇴비화와 정화방류를 병행하는 방법이 경제적인 것으로 나타났다. 신고대상규모의 경우, 액비화방법이 가장 효율적이며, 다음으로 액비화와 건조방법이 경제적인 것으로 분석된다.

그림 2 허가규모의 가축분뇨처리방법의 단위당 비용 비교(양돈)



농가의 입장에서 분석결과를 해석해 보면, 농가는 자신의 농장 규모가 2,000두일 경우 가장 적은 비용인 두당 7,000원 수준에서 액비화 방법에 의해 가축분뇨를 처리할 수 있다. 그러나 이 농가가 인근의 경종 농가와 협력체계를 갖추지 않아 액비를 시비할 수 없는 경우 차선책으로 두당 12,500원 정도의 비용이 예상되는 분은 퇴비화하고 노는 정화하여 배출하는 방법을 선택할 수 있다. 그런데 이 농가의 위치가 수질보전 특별지역인 경우 액비화 방법과 퇴비+정화 혼합방법 보다는 두당 15,000원 정도의 비용이 소요되는 퇴비화 방법을 선택하는 것이 경제적인 것으로 해석할 수 있다.

농가의 사육규모가 500두로 신고대상일 경우, 가장 경제적인 방법은 액비화방법이며 두당 처리비용이 6,000원 정도 예상되지만, 토지확보가 어려울 경우 두당 8,000원 정도가 소요되는 노는 액비화하고 분은 건조하는 방법이 유리할 것이다.

5.3. 낙농부문

낙농가 53호를 조사하여 가축분뇨 처리 방법별 규모에 따른 비용변화를 그래프로 나타낸 것이 <그림 4>이다. 젖소 분뇨처리에서 신고대상규모의 경우 35두 미만의 경우 퇴비화 방법이 가장 효율적인 것으로 분석되었으며, 그 이상의 규모에서는 퇴비

그림 3 신고규모의 가축분뇨처리방법의 단위당 비용 비교(양돈)

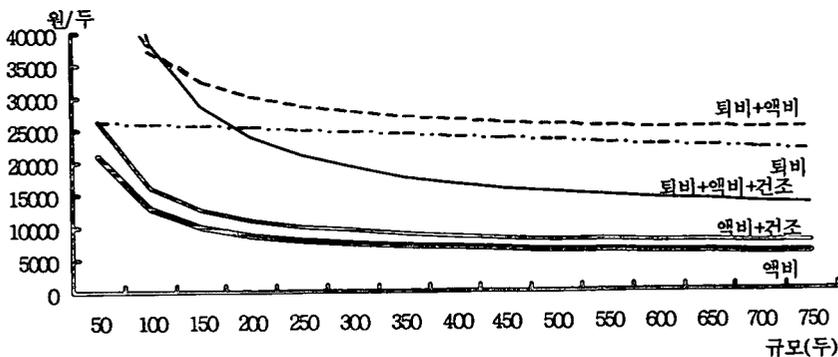
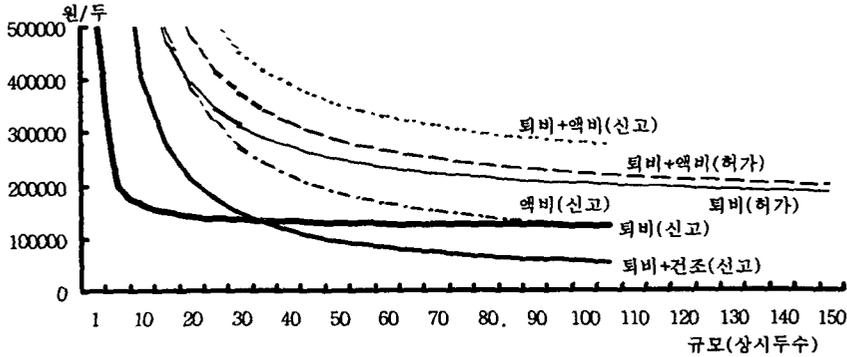


그림 4 신고 및 허가규모의 가축분뇨처리방법의 단위당 비용 비교(낙농)



화와 건조시설을 병행하여 처리하는 방법이 경제적인 것으로 분석되었다. 허가대상의 경우 퇴비화 방법이 가장 경제적인 것으로 분석되었다.

낙농의 경우 같은 신고대상이라 하더라도 40두 미만에서는 퇴비화방법이 유리하지만, 그 이상에서는 퇴비+건조의 방법이 유리하게 나타났다는 점이다.

5.4. 한육우 및 양계부문

한우농가 78호를 조사하여 가축분뇨 처리방법별 규모에 따른 비용변화를 그래프로 나타낸 것이 <그림 5>이다. 한우농가의

신고대상규모(60두 미만)에서는 가축분뇨를 퇴비화와 정화방류를 병행하여 처리하는 방법이 효율적이지만 그 이상 규모에서는 퇴비화하는 방법이 더 경제적인 것으로 분석되었다. 허가대상규모에서는 퇴비화하는 것보다는 퇴비화와 정화방류를 병행하여 처리하는 것이 경제적인 것으로 분석되었다. 양계의 경우는 계분을 퇴비화하는 것보다 건조시키는 것이 비용면에서 가장 효율적인 것으로 분석되었다(그림 6 참조).

분석결과에 의하면, 한육우의 경우 같은 신고대상이라 하더라도 90두 미만에서는 퇴비+정화의 방법이 유리하지만, 그 이상

그림 5 신고 및 허가규모의 가축분뇨처리방법의 단위당 비용 비교(한우)

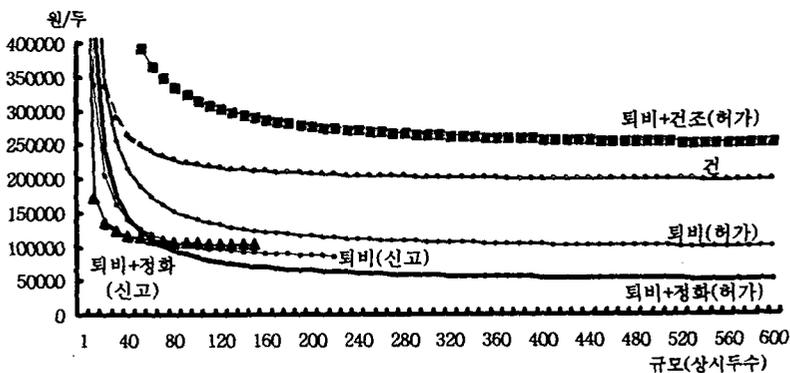
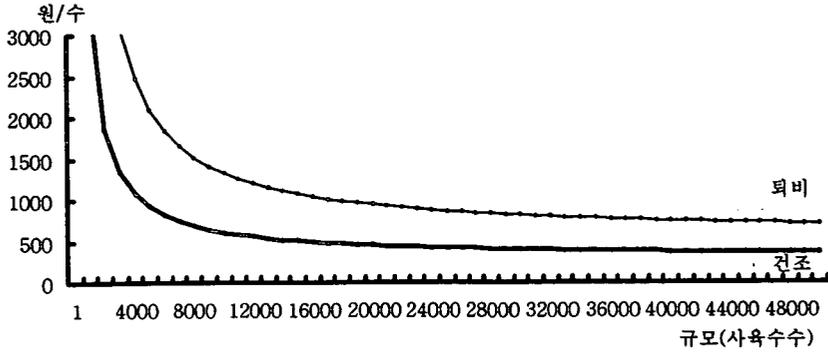


그림 6 신고 및 허가규모의 가축분뇨처리방법의 단위당 비용 비교(양계)



에서는 퇴비화 방법이 유리하게 나타났다.

우 500두 정도의 신고대상 규모는 가축분뇨를 액비화할 경우 두당 6,000원 정도 비용이 소요되지만 2,000두 규모에서는 같은 방법이라 할지라도 두당 7,000원 정도가 소요되는 것으로 나타나 규모의 경제성 여부에 대해 알아볼 필요가 있다. 이하에서는 축종별 처리방법별로 가축분뇨 처리에 있어 규모의 경제성이 있는지에 검토해 보고자 한다.

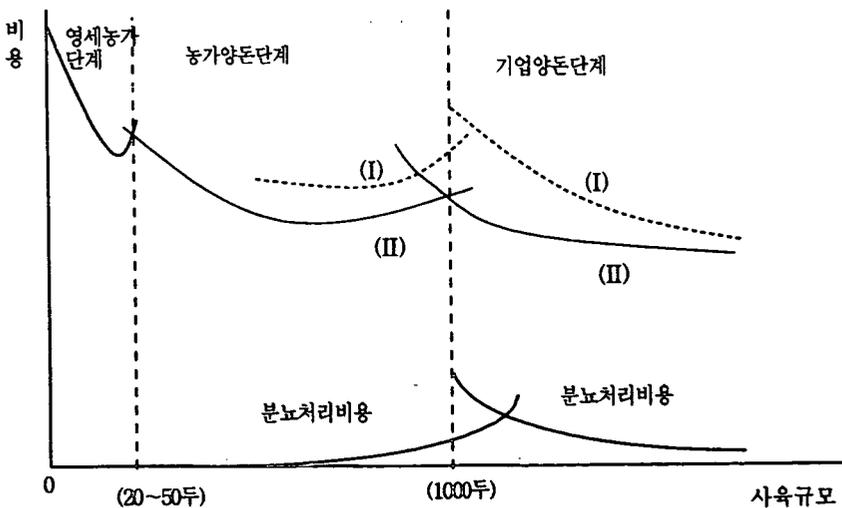
6. 가축분뇨 처리에 있어 규모의 경제성 분석

6.1. 분석모형

가축분뇨 처리방법별 비교에서 양돈의 경

가축분뇨처리의 경제성을 논할 때 가장

그림 7 일본 양돈에 있어서 가축분뇨 처리비용과 평균비용곡선(무리타 모델)



주: (I)은 분뇨처리비용을 포함한 평균비용곡선
(II)는 분뇨처리비용을 제외한 비용곡선

자료: 村田富夫, "養豚經營", 磯部秀俊編, 「新編畜産經營學」, 恒星社厚生閣, 1974, p.157.

관심을 가지는 부분이 규모의 경제성 존재 여부이다. 만일 규모의 경제성이 존재하는 경우라면 대규모 처리가 유리할 것이며, 현재의 구조개선 정책의 방향과도 조화될 수 있을 것이다. 또한 공동처리의 진전도 예상할 수 있다. 그렇지만, 만일 규모의 경제성이 없다면 비용을 낮출 수 있는 규모를 찾아 보아야 할 것이다. 이 때 적정규모가 현재의 규모보다 적을 경우, 분뇨처리 때문에 농지의 규모를 축소하기는 어려울 것이므로, 가축분뇨 처리시설을 분할하여 처리하는 방법도 생각해 볼 수 있을 것이다.

일본의 무라타(村田)⁵는 축산경영, 특히 양돈에 있어서 비용함수의 형태에 대하여 영세양돈단계(소규모), 농가양돈단계(중규모), 기업양돈단계(대규모)로 나누어, 각 규모 단계마다 최소비용규모가 존재한다는 점을 지적한 모델을 제시한 바 있다. 분뇨처리 비용에 관련하여 중소규모에서는 규모가 커질수록 단위당 분뇨처리비용이 상승하며 대규모 구간에서는 적어지는 모델을 제시하였다(그림 7).

무라타 모델에서 가축분뇨 처리비용곡선에 주목하여 보면, 일정한 영세규모 즉, 환경규제의 대상 이하 농가의 가축분뇨 처리비용은 거의 0에 가깝지만, 농가양돈단계 즉, 가족농규모를 넘어서게 되면 가축분뇨의 처리비용이 점차 증가하며, 기업양돈의 경우에도 규모가 커질수록 가축분뇨의 처

리비용은 감소하지만, 어느 정도의 규모까지는 농가단계의 규모보다도 가축분뇨 처리비용이 높다는 것이다. 즉, 무라타 모델에서는 가축분뇨 처리비용에 있어서 규모의 경제성이 있다는 점에 대해 부분적으로 부정하고 있다.

이 연구에서는 단계적 비용함수를 추정하여 우리나라 축산업의 가축분뇨 처리에 있어서도 무라타 모델이 적용되는지 알아보기로 한다. 단계적 비용함수의 추정방법으로는 선형 스폰라인 분석(linear spool-line analysis) 방법을 이용하였다. 이 모델을 적용한 이유는 무라타 모델과 같이 규모단계별로 다른 함수의 형태로 표현하는 데 효과적인 방법이기 때문이며, 아울러 손익분기점 분석과 관련하여 경영의 현실을 잘 반영할 수 있을 것으로 판단되기 때문이다.

단, 무라타 모델에서는 영세농가단계의 경우 분뇨처리 비용이 0에 가까우므로, 일정 규모까지는 분석대상에서 제외하는 것이 바람직하다. 대신 농가양돈단계에서부터 기업양돈단계까지를 3단계로 나누어 보았다. 즉, 구분점이 되는 규모를 X_1 , X_2 , X_3 로 한다면, 0에서 X_1 규모까지의 구간은 분석대상에서 제외하고, X_1 에서 X_2 구간, X_2 에서 X_3 구간 그리고 X_3 이상의 규모 구간으로 나누어 보았다. 이렇게 3구간으로 나누어 보는 데는 함수 추정결과를 그래프로 나타낼 경우 가축분뇨 처리비용이 급격히 변화하는 수준을 확실히 알 수 있기 때문이기도 하지만, 현실적으로 기업규모라 하더라도 그 내부의 인력의 수 및 구성이 크게 다르기 때문이다.

⁵ 村田富夫, “養豚經營,” 磯部秀俊編, 「新編畜産經營學」, 恒星社厚生閣, 1974, p. 157 및 村田富夫, “中小家畜の規模問題-養豚規模を主題にして-,” 「農業經營學研究」 第23集, 日本農業經營學研究會, 1974

단계적 가축분뇨 처리비용 함수의 추정 모형의 구조는 다음과 같다.

$$TC = \alpha + \beta H + \gamma I + \delta J$$

$$\text{단, } H = A D_1 + B \times G$$

$$I = C \times D_2 + E \times D_3$$

$$J = F \times D_3$$

$$A = (X_t - X_0), X_0 = 0$$

$$B = X_1 - X_0$$

$$G = D_2 + D_3$$

$$C = X_t - X_1$$

$$E = X_2 - X_1$$

$$F = X_t - X_2$$

D_1, D_2, D_3 는 더미변수이며,

만일, $X_1 \leq X_t < X_2$ 이면, $D_1 = 1$, 그 이외는 0

$X_2 \leq X_t < X_3$ 이면, $D_2 = 1$, 그 이외는 0

$X_3 \leq X_t$ 이면, $D_3 = 1$, 그 이외는 0

분뇨처리방법 또는 체계의 선택 즉, 시설 투자에 관한 효율성을 검토함에 있어 수익성이 중요하다. 그런데, 가축분뇨처리에 있어서의 투자에 관해서는 수익이 정(正)인 경우는 매우 드물며 부(負)의 경우 즉, 비용으로 처리되는 경우가 많고, 설사 수익이 발생한다 하더라도 대개는 매우 낮다. 이러한 점

에서 일반적인 투자의 경우와 차이가 있고, 축산농가가 직면한 경영 외부조건, 특히 농장 주위의 조건이나 강한 환경적 규제는 과잉투자를 초래하기도 한다.

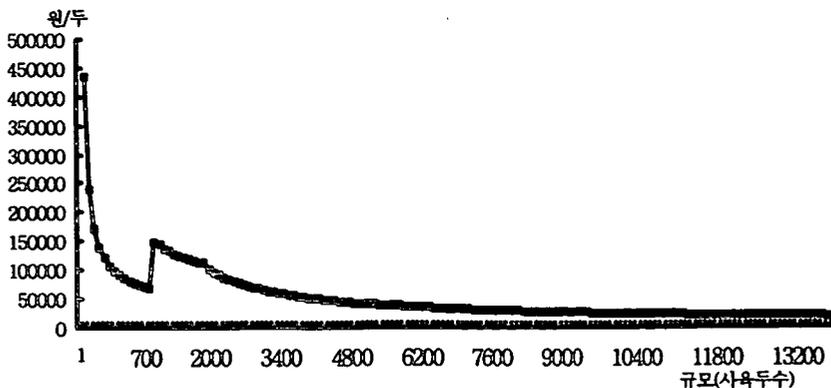
분석에 있어서 이러한 모든 조건을 고려하기란 매우 어려우므로, 투자의 효율성과 비용함수 분석에 있어서는 이상과 같은 외부조건을 주어진 것으로 가정할 수밖에 없다. 즉, 지역의 여건에 따라 퇴비의 판매정도가 다르고 퇴비가격의 수준도 달라 이하의 분석에서는 퇴비 판매수입 부분을 제외하고 순수비용 부분만을 대상으로 계산하였다. 한편, 현재 사용하고 있지 않은 것 등은 계산에서 제외하는 등, 과잉 투자된 부분은 가능한 한 제외하였다.

6.2. 분석결과

6.2.1. 양돈부문

양돈부문의 가축분뇨 처리비용에 대한 스플라인 함수의 추정결과는 다음과 같으며, 이를 그래프화하여 보여주는 것이 <그림 8>이다.

그림 8 돼지 분뇨처리 스플라인 비용함수의 계속결과



$$TC = 19755739 + 41097.39 H + 81365.95 I + 7500.085 J$$

(0.431) (0.551) (3.440) (2.227) $R^2 = 0.67$

따라서,

$X_1 \leq X_t < X_2$ 에서의 선형함수식은

$$TC=19755739+41097.39 X_t$$

$X_2 \leq X_t < X_3$ 에서의 선형함수식은

$$TC=50578489+81365.95 X_t$$

$X_3 \leq X_t$ 에서의 선형함수식은 $TC=166214449 + 7500.085 X_t$ 이 된다.

분석결과 무라타가 제시한 모델은 우리나라에도 적용되었으며, 750두($X_1 \leq X_t < X_2$) 이하의 소규모에서는 규모의 경제성이 나타나지만, 750두 이상 1,800두 규모($X_2 \leq X_t < X_3$)에서는 오히려 그 이하의 규모보다 높게 나타났으며, 1,800두 이상 규모($X_3 \leq X_t$)에서는 규모의 경제성이 나타났다.

돼지 분뇨의 처리비용은 소규모에서 최저 69,000원, 중규모에서 최저 100,000원(1,800두), 대규모에서 소규모의 최저치인 69,000원 수준에 달하는 규모는 2,700두 규모인 것으로 나타났으며, 11,000두 규모에서 양돈분뇨의 처리비용이 두당 22,600원으로

로 나타나 효율적인 규모인 것으로 판단되어, 현실적으로 최대로 절감 가능한 두당 처리비용은 18,000원(15,000두) 정도인 것으로 분석된다.

6.2.2. 낙농부문

낙농부문의 가축분뇨 처리비용에 대한 스플라인 함수의 추정결과는 다음과 같으며, 이를 그래프화하여 보여 주는 것이 <그림 9>이다.

$$TC = 2551982 + 107411.9 H + 23770.8 I + 58764.1 J$$

(0.338) (0.645) (3.308) (3.106) $R^2 = 0.61$

따라서

$X_1 \leq X_t < X_2$ 에서의 선형함수식은

$$TC=2551982+107411.9 X_t$$

$X_2 \leq X_t < X_3$ 에서의 선형함수식은

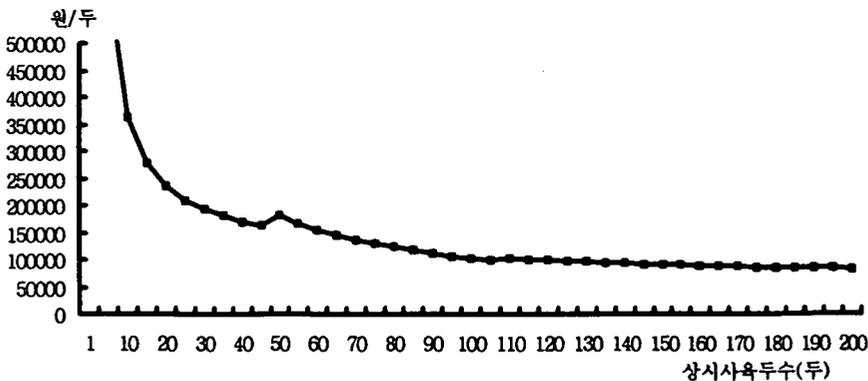
$$TC=7922577+23770.8 X_t$$

$X_3 \leq X_t$ 에서의 선형함수식은

$$TC=4810208+58764.1 X_t$$
 이 된다.

분석결과 무라타가 제시한 모델은 낙농에는 적용되지 않는 것으로 나타났으며, 50

그림 9 젖소 분뇨처리 스플라인 비용함수의 계측결과



두($X_1 \leq X_t < X_2$) 이하의 소규모에서는 규모의 경제성이 나타나고, 50두 이상 55두 규모에서는 다소 높아지지만 55두 이상에서는 규모의 경제성이 나타났다. 전체적으로 볼 때 젓소의 분뇨처리에서는 규모의 경제성이 나타나는 것으로 판단할 수 있다.

젓소분뇨의 처리비용은 소규모에서 최저 164,000원(50두), 중규모에서 최저 106,000원(95두), 대규모에서는 현실적으로 200두 규모에서 젓소분뇨의 처리비용이 두당 82,000원으로 나타났다.

6.2.3. 한육우 부문

한육우부문의 가축분뇨 처리비용에 대한 스플라인 함수의 추정결과는 다음과 같으며, 이를 그래프화하여 보여주는 것이 <그림 10>이다.

$$TC = 990923.8 + 12869.38 H + 16940.46 I + 22250.78 J$$

(0.132) (0.760) (2.374) (6.423)

$R^2 = 0.71$

따라서

$X_1 \leq X_t < X_2$ 에서의 선형함수식은

$$TC = 990923.8 + 12869.38 X_t$$

$X_2 \leq X_t < X_3$ 에서의 선형함수식은

$$TC = 2854774.4 + 16940.46 X_t$$

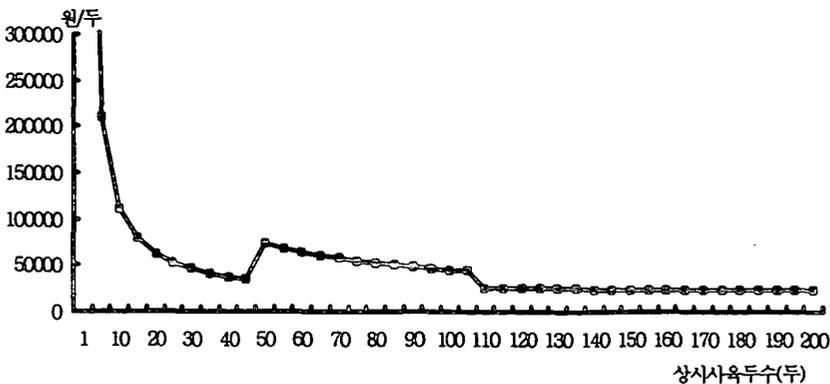
$X_3 \leq X_t$ 에서의 선형함수식은

$$TC = 2856574.4 + 22250.78 X_t$$
 이 된다.

분석결과 무라타가 제시한 모델은 한육우에서도 적용되는 것으로 나타났으며, 50두($X_1 \leq X_t < X_2$) 이하의 소규모에서는 규모의 경제성이 나타나고, 50두 이상 규모에서는 다소 높아지며 이후부터 규모의 경제성이 나타났다. 전체적으로 볼 때 한육우 분뇨처리에서는 신고규모에서 낮은 비용으로 처리 가능하지만, 허가규모가 되면 275두 규모까지는 신고규모의 최소 비용치에 비해 높게 나타났다.

한육우 분뇨의 처리비용은 소규모에서 최저 32,700원(50두), 중규모에서 최저 48,000원(110두), 대규모에서는 현실적으로 275두 규모에서 소규모의 최소치인 48,000원, 이후 비용이 감소하여 최저 31,000원 정도의 처리비용이 소요되는 것으로 나타났다.

그림 10 한육우 분뇨처리 스플라인 비용함수의 계측결과



7. 요약 및 결론

이제 축산업이 환경친화적 또는 환경보전형 산업으로 변모하지 않으면 지속적으로 발전하기 힘든 시점에 있다고 할 수 있다. 환경보전형 축산은 EU를 비롯하여 이미 많은 국가에서 일반화되고 있다. 환경보전형 축산은 가축분뇨의 처리와 직결되며, 이러한 가축분뇨의 효율적 처리는 축산경영의 성장·발전에 있어 매우 중요하다.

많은 농가들이 가축분뇨를 효율적으로 처리하고자 하지만 현실적으로 가축분뇨를 처리하는 데에 있어 환경적, 제도적, 기술적, 그리고 경제적 측면에서 많은 제약에 직면한다. 이러한 제약은 농가로 하여금 가축분뇨처리에 관련된 의사결정을 할 때 다양한 영향을 미친다. 가축분뇨처리에 있어 환경적 제약은 주로 경영의 존폐, 입지에 관한 의사결정에 영향을 미치고, 제도적 제약은 주로 관련 기술체계의 선택과 자금조달에 관련된 의사결정에 영향을 미치며, 기술적 제약은 주로 규모와 비용에 관한 의사결정에 영향을 미친다. 그리고 경제적 제약은 주로 투자와 수익성에 관한 의사결정에 영향을 미친다. 이 연구에서는 기술적·경제적 제약에 초점을 맞추어 가축분뇨의 효율적인 처리방법을 모색하고자 하였다.

농가조사를 통하여 획득된 자료를 분석한 결과, 가축분뇨처리방법에 따라 처리비용의 차이가 매우 크다는 점을 알 수 있었으며, 축산농가의 효율적인 처리방법 선택

은 지속가능한 축산업의 영위와 더불어 경쟁력 제고 차원에서도 그 중요성이 매우 강조된다. 규모의 경제성 유무에 있어서는 가축분뇨처리에 있어서 규모의 경제성이 부분적으로 부정되었다. 특히 무라타 모델을 통해서 볼 때, 양돈과 한육우부문의 경우 중규모에서 분뇨처리비용이 상대적으로 높다는 점이 밝혀졌다.

이러한 의미는 규모의 경제성 획득을 전제로 한 정부의 규모확대 정책에 의해 농가의 사육규모가 확대되고 있지만, 분뇨처리의 관점에서 본다면 오히려 가축분뇨처리비용의 상승을 초래하고 있다는 점을 시사한다. 따라서, 농가의 입장에서 볼 때, 가축분뇨 처리방법을 선택할 때 주변여건과 경제성을 반드시 고려하여야 함은 물론이지만, 가축분뇨 처리시설의 분할에 의한 처리단위의 축소 또는 공동처리에 의한 처리규모의 확대라는 점까지 고려하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 김강식 등. 1995. 「수출돈 생산단지의 분뇨처리 시설 표준화에 관한 조사연구」. 한국육류수출협회.
- 유철호, 정민국. 1995. 「가축분뇨처리 및 이용 실태 조사연구」. 「94 축산분뇨처리에 관한 연구」. 건국대학교동물자원연구센터.
- 한국농촌경제연구원. 1990. 「가축분뇨 및 축산폐수 처리대책에 관한 연구」.
- 한국농촌경제연구원. 1992. 「가축분뇨 액, 퇴비의 생산 및 유통촉진방안에 관한 연구」. 「가축배설물 처리 및 이용에 관한 연구」. C92-14.

- 한국농촌경제연구원. 1994. “가축분뇨를 이용한 유기질비료의 생산과 유통 촉진방안.” 「축산폐수처리에 관한 연구」. C94-5.
- 今村洋. 1997. “環境保全型農業の現状と今後の方向.” 「農業と經濟」. 農業と經濟社.
- 代永道裕. 1990. “汚水處理對策の基本.” 「畜産の研究」 44(2). 養賢堂.
- 佐佐木忠正. 1997. “堆肥の土地還元における地域農業の確立を目指して.” 「農業と經濟」. 富民協會.
- 上野克美. 1990. “牛の糞尿處理方法の選定.” 「畜産の研究」 44(1). 養賢堂.
- 農林水産省, JA全中, JA全農. 1997. 「環境保全型農業」. 家の光協會.
- 兒島俊弘. 1975. “畜産廢棄物の外部不經濟とその内部化の問題點.” 「農業總合研究」. 第29券 第2號.
- 村田富夫. 1974. “養豚經營.” 磯部秀俊編. 「新編畜産經營學」. 恒星社厚生閣.
- 村田富夫. 1974. “中小家畜の規模問題-養豚規模を主題にして-.” 「農業經營學研究」 第23集. 日本農業經營學研究會.
- 許 德. 1995. “經營成長・發展の制約としての糞尿處理の經濟性に關する分析.” 「養豚經營の成長・發展と國際競爭力強化に關する研究」. 日本 京都大學 大學院 博士學位論文.
- de Mol, Rudi M. and van Beek, Paul. 1991. “An OR Contribution to the Solution of the Environmental Problems in the Netherlands Caused by Manure.” *European Journal of Operational Research*, 52: 16-27.
- Park, Chan S. and Gunter P. Sharp-Bette. 1990. *Advanced Engineering Economics*, New York : John Wiley & Sons Inc.