

LCC 기법을 통한 가축분뇨처리시설의 경제성 분석

김재환 · 조승희* · 곽정훈 · 최동윤 · 정광화 · 정의수 · 정만순 · 박성균**

농촌진흥청 국립축산과학원

Economic Analysis of the Livestock Manure Treatment System Using Life-Cycle Cost Technique

Kim, J. H., Cho, S. H.*, Kwag, J. H., Choi, D. Y., Jeong, K. H., Chung, U. S., Chung, M. S. and Park, S. K.**

National Institute of Animal Science, R.D.A., Suwon, Korea

Summary

To assess the total cost with all stages of facilities, the feasibility of Life Cycle Cost (LCC) analysis was examined in this study to estimate the livestock manure treatment system and optimal decision making process. For the economic evaluation, the plant/equipment investment and annual operation cost of four Public Livestock Recycling Facilities, whose treatment capacity is 100 ton piggery manure per day, was compared. The initial cost was in the range of 2,699 million won to 3,202 million won, where T and E methods were highest and lowest, respectively. The annual operation cost was in the level of 378 million to 498 million won, which decreased in the following order: T method > J method > E method > B method. For the LCC analysis, 4.7% of interest rate, 3.13% of inflation rate, and 1.52% of net discount rate was considered by the data received from Bank of Korea and Statics Korea in the period of 2000 to 2009. Also, for the calculation of present value factor, the durable years of civil engineering & construction, machinery and electric instrument was 30 years, 10 years and 15 years, respectively. Based on these consideration, operation cost was in the range of 17,570 won/ton to 20,661 won/ton, and E method (17,570 won/ton) was economical and B method (20,661 won/ton) was non-economical. Though initial cost of T method was higher than that of B method, LCC analysis of T method was lower than that of T method due to the lower operation cost. Therefore, LCC analysis, which considers both initial cost and operation cost, is more reasonable evaluation method than either initial cost or annual operation cost. For the change of LCC analysis according to the uncertainty, the sensitivity analysis was carried out using fluctuation magnitude of discount rate in the period of 2000 to 2009. As a result, LCC analysis evaluated by discount rate was stable for the uncertain factors since the cost leadership did not change even though the sensitivity analysis varied. In summary, the economic evaluation using LCC analysis could be an efficient reference to choose the suitable livestock manure treatment plants. Furthermore, standardization of statement calculation for the actual cost analysis should be conducted and more detailed study is necessary to validate this summary. Therefore, the application of comprehensive technology evaluation, which considers LCC analysis, should contribute in obtaining objectivity and enhancing reliability for the 'Evaluation of Livestock Manure Treatment System and its Technology'.

(Key words : Livestock, Livestock manure, Manure treatment, Economic, Life cycle cost)

* 전남발전연구원 (Jeonnam Research Institute)

** 현대엔지니어링 (HYUNDAI ENGINEERING CO.)

Corresponding author : Jae-Whan Kim, Animal Environment Division, National Institute of Animal Science, 77 Chuksan-gil, Gwonsun-gu, Suwon, 441-706, Korea.

Tel: +82-31-290-1641, E-mail: rdakjh@korea.go.kr

2011년 11월 1일 투고, 2011년 12월 30일 심사완료, 2011년 12월 30일 게재확정

서 론

축산업을 둘러싼 대 내·외적인 환경개선 요구에 대해 양축농가의 측면에서는 경영자금 부족과 가축분뇨 처리기술 저위 및 처리시설의 처리효율 저위 등의 문제가 야기되었고 급기야는 설치된 설치시설이 정상적으로 가동이 되지 않거나 처리효율이 낮고 고장 발생시 사후관리가 되지 않는 등의 또 다른 민원이 발생되었으며, 정부측면에서는 시설개선 및 신축자금 지원 등이 적극적으로 이루어졌지만, 현행 가축분뇨 처리지원사업이 비효율적으로 추진된다는 등의 문제 제기가 지속됨에 따라 가축분뇨 관련 대책 추진의 효율성, 적절성 등에 대한 중간점검이 필요하게 된다. 이에 정부에서는 ‘가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률’에 의거 ‘가축분뇨 처리시설 및 관련기술에 대한 평가’를 실시하여 처리시설 업체에 대한 기업 안정성과 시설의 처리효율, 기술의 현장 적용성, 시설관리의 용이성 및 경제성 등에 대한 전문가 평가를 실시토록 하고 평가 결과를 양축농가와 관련 조직에 정보를 제공토록 하였다. 이에 따라 농촌진흥청에서는 '08년부터 매년 평가사업을 수행하여 '08년도에는 10개 업체 13개 시설, '09년도에는 14개 업체 15개 시설, '10년도에는 3개 업체 3개 시설을 평가하였다. 그러나, 경제성 평가에 있어서는 초기 시설비와 연간 운영비를 기준으로 한 횡단면적 경제성분석에 국한되었고(김 등³⁾, 유 등⁹⁾, 허 등¹³⁾), 시설업체에서는 농가의 경제적 부담을 경감하기 위하여 연간 운영비 보다는 초기 시설비를 낮추려고 하는 경향이 있어 장기적으로는 운영비에 대한 부담이 경영의 압박 요인으로 작용할 가능성도 배제하기 어렵다.

따라서, 건물, 시설 등에 있어서 기획, 설계단계에서 운전과 폐기에 이르기 까지 생애 전기간에 걸친 비용을 모두 합한 측면에서 각 대안을 상호 비교분석할 수 있는 생애주

기비용(Life Cycle Cost, LCC) 분석이 요구된다. 우리나라에 LCC 개념이 1980년대 초 도입된 후 정¹²⁾은 LCC 분석 시 의사결정자를 위한 원가분석명세 시스템에 관한 연구에서 현가법에 의한 원가분석명세 시스템의 작성방법을 제시하고 감도분석 영향인자 순위는 에너지비, 운전인건비, 보관비, 상수도비, 수처리비 등의 순인 것으로 보고하였다. 유 등⁸⁾은 경제적 LCC를 위한 생산설비의 내용연수 결정에 관해 연구하였으며, 특히 구 등¹¹⁾은 건축공사의 투자결정을 위한 LCC 분석에 있어서 할인율과 LCC의 변화에 따라 대안의 선택이 결정되고 경제성이 평가되므로 투자 결정시 매우 중요한 역할을 한다고 보고하였으며, 가축분뇨 처리시설과 가장 유사한 하수종말처리시설에 대한 경제성분석이 손 등⁶⁾에 의해 분석되었는데, 표면활성슬러지 방식 적용시설에 국한하였지만 초기 4~5년은 직영 방식으로 운영한 후 위탁방식으로 전환하는 것이 경제적으로 유리하다고 제안하였다. 이 결과는 가축분뇨 공공처리장과 공동자원화시설에 있어서도 적용을 검토해 볼 수 있으리라 사료된다. 이와 같은 설비 시스템의 경제성분석 연구가 주를 이루는 반면 에너지 설비기에 관한 연구도 수행되었는데, 김 등²⁾은 열펌프시스템의 경제성을 분석한 바 있다. 이러한 경제성분석에 관한 연구 이외에도 LCA와 LCC를 고려한 평가방법(이 등¹⁰⁾), VE(Value Engineering Study)에서의 LCC 분석 방법(류 등⁵⁾) 등으로 LCC와 접목된 분석방법에 대해 많은 연구가 수행되고 있다.

위에서와 같이 초기시설비나 연간 운영비와 같은 단편적인 자료가 아니라 시설의 내용연한 등을 고려한 LCC 분석 기법을 가축분뇨 처리 시설에 적용해 봄으로써, 가축분뇨 처리시설의 경제성분석의 객관성 확보와 관련 정보 제공의 폭을 넓혀 양축농가나 자원화 조직체가 합리적인 시설선택의 의사결정에 도움이 될 수 있는 방안으로 제시하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. LCC 분석 절차

가축분뇨 처리시설에 대한 LCC 평가기준을 설정하기 위하여 가축분뇨 공동자원화 시설 공법 중 1일 100톤 처리시설로서 동일한 규모와 유사한 처리공정을 가지고 있는 시설 업체를 대상으로 비용항목 선정과 관련 자료를 수집하였다.

가축분뇨 공동자원화시설은 공공시설의 의미를 갖고 있으며 동일한 규모의 복수의 대체안이므로 수익성은 동일하다는 전제하에 비용측면에 국한하여 비교분석을 실시하였다. 시설 및 기계장비의 내용연수 기준과 할인율 및 분석기간 등의 가정사항을 설정한 후, 현재가치법으로 대안들에 대한 LCC 분석을 실시하였다. 또한 미래여건의 불확실성으로 인한 투자결정 오류의 가능성을 검토하고자 민감도 분석을 실시하였다.

2. LCC 분석 모형

- 시설비 환산 : $PV = F_t \times 1 / (1+d)^t$
- 운영비 환산 : $PV = A_0 \times \sum (1/(1+d)^t)$
- 시설교체비 환산 : $PV = F_t \times 1 / (1+d)^t$
- 잔존가치평가 : $1 - (\text{사용년수}/\text{내용연수})$

여기서, PV : Present Value

F_t : 미래가

d : 실질이자율

3. 분석을 위한 기본 전제

가. 내용연수

분석기간은 시설의 생애주기를 얼마로 산

정할 것인가에 대한 가정이다. 시설물에 대한 내용연수는 사업종류, 성격, 공사방법 그리고 구조물의 종류에 따라 상이하다. 정부에서는 법인세법 시행규칙 등에서 각 품목의 법정 내용연수를 구체적으로 명기하고 있지만 가축분뇨 처리 또는 상하수도분야에서는 구체적으로 명기되지 않아 현재 사업내용 및 각 기관에 따라 서로 다른 기준을 사용하고 있는 실증이다. 그 중 법인세법 시행령의 건축물 등의 기준내용연수 및 내용연수 범위표(제15조 제3항관련)를 적용함에 있어서 폐수 및 폐기물처리용 건축물과 기타 진동이 심하거나 부식성 물질에 심하게 노출된 것은 기준 내용연수를 각각 10년, 20년으로 하고, 내용연수 범위를 각각 8년~12년, 15년~25년으로 하여 신고 내용연수를 선택 적용할 수 있다고 명시하고 있으며, 지방공기업법에서는 건축물 등의 내용연수표(제19조 제1항 제1호관련) 상하수도사업의 경우 토목시설 및 그 밖의 수도시설은 30년으로 정하고 하수처리장시설의 경우 슬러지 처리시설은 20년, 그 밖의 수처리 시설은 30년으로 정하고 있다. 또한 하수관거시설의 구조물시설은 30년으로 정하고 있어 본 연구에서는 토목시설의 내용연수를 30년으로 가정하였다. 기계장비에 대한 내용연수는 가축분뇨 처리시설에서 발생하는 대기오염물질이 많아 부식이 쉽다는 특성을 고려하기 위하여 농촌진흥청에서 실시하는 ‘가축분뇨 처리시설 및 관련기술 평가’를 이행한 30개 업체의 전문가 의견을 설문조사를 통해 청취하여 기준을 10년으로 정하였으며, 전기계장은 일반적인 15년을 기준으로 하였다(Table 1).

특히 시설 유지관리비의 경제성 산정 연수는 토목건축의 내용연한을 30년으로 산정한다

Table 1. Standard for the durable years

(unit : year)

Civil/construction	Machinery	Electricity/instrument
30	10	15

※ Year of the facilities maintenance : 20 years

반면, 위에서도 밝혔듯이 가축분뇨 처리시설과 같은 폐수 및 폐기물처리용 구축물과 기타 진동이 심하거나 부식성 물질에 심하게 노출된 것은 20년의 적용이 가능하기 때문에 이를 고려하였다. 따라서 기계시설의 잔존가치는 유지관리비 산정기준 연수인 20년이 끝나는 해에 발생하는 비용으로 산정하였다.

나. 실질할인율

LCC 분석에는 미래의 발생비용을 현재의 가치로 환산하는 과정을 포함한다. 그런데 화폐는 시간이 지나면 그 가치도 변화하는 특성을 가지고 있다. 따라서 발생시점이 다른 화폐의 객관적 비교를 위해서는 특정 시

점으로 화폐의 시간가치를 환산해야 하며 이때 환산을 하기 위해서는 할인율이 이용된다. 따라서 한국은행의 정기예금 금리 및 통계청의 소비자 물가지수를 바탕으로 실질할인율을 계산하였다. 본 연구에서는 Table 2와 같이 최근 10년간('00~'09년)의 시계열 자료를 이용하여 이자율 4.7%와 물가상승율 3.13%를 적용하고, 실질할인율을 1.52%를 기준정하였다.

다. 잔존가치 및 폐기비용

시설 및 기계장비의 잔존가치는 유지관리비 산정 기준연수 20년이 끝나는 시점에서 발생하는 비용으로서 초기시설투자비에 잔존

Table 2. Standard for present worth factor and annuity present worth factor

Interest rate*	Inflation rate**	Net discount rate
4.7%	3.13%	1.52%

* annual rate of time deposit from the Bank of Korea

** consumer price index from the National Statistical Office



Fig. 1. Process charts of construction method for the treatment of livestock manure.

가치계수를 곱한 후 현재계수를 반영하였다. 폐기비용은 본 연구의 유지관리비 산정기간 즉, 경제성분석 기간이 20년이므로 시설의 내용연수 보다 짧기 때문에 생략하였다.

라. LCC의 비교분석을 위한 가축분뇨 공동자원화시설 공법

농식품부 지원사업으로 추진된 가축분뇨 공동자원화시설 (100톤/일) 설치 4개업체 공법에 대해 공사견적서를 수집하여 분석에 활용하였다. 처리공법에 따라 공정에서는 각기 차이가 있었으나 전반적인 운전형태는 액비 생산 위주이며, 최종 산물의 이화학적 성상과 품질은 동일하다고 전제하였다.

결과 및 고찰

1. 공법별 LCC 분석 비교

4개 공법을 대상으로 초기 시설투자비와 유지관리비를 조사하고, 각 자료의 일치성을 고려하여 항목 기준에 의거 조정한 바, Table 3에서와 같이 초기 시설투자비는 2,699~3,202 백만원 수준으로 E공법, J공법, B공법, T공법의 순으로 유리하였으며, 연간 유지관리비는

378~498 백만원 수준으로 T공법, J공법, E공법, B공법 순으로 유리하였다.

공법 대안별 LCC 분석을 실시한 결과 시설비, 유지관리비 및 시설교체비는 Table 4와 같으나, 잔존가치부분에 있어서는 위에서 언급한대로 토목건축은 내용연수 30년을 기준한 반면 경제성분석 기준을 20년으로 하였으므로 잔존가치가 있으나, 기계는 내용연수를 10년으로 하였으므로 2차 교체 시점과 경제성기준 시점이 일치하여 잔존가치의 발생이 없는 것으로 하였다.

이렇게 분석한 톤당 운영비로 보면 Fig. 2에서와 같이 17,570~20,661 원/톤 수준으로서 E공법이 17,570 원/톤으로 가장 낮은 반면, B공법이 20,661 원/톤으로 가장 높아 상대적으로 가장 비경제적이었다. 특히 초기투자비가 높더라도 연간 운영비가 낮은 T 공법 (17,896 원/톤)이 초기투자비는 T 공법보다 낮으나 연간 운영비가 상대적으로 높은 B 공법 (20,661 원/톤)에 비해 LCC가 낮게 평가되어 상대적으로 경쟁력이 있음을 나타내었다.

따라서 가축분뇨 처리시설의 경제적측면에서의 대안 공법 선택에 있어서는 초기시설투자비 또는 연간 운영비 중 어느 한쪽만 평가하여 결정하기 보다는 LCC 분석을 적용하여

Table 3. Comparison of construction and maintenance cost according to the construction method

(unit : million won)

Item		Construction method (100 ton/day)			
		J	T	E	B
Initial construction cost	Civil/construction	1,266	1,767	1,959	1,530
	Machinery	1,434	1,313	550	1,023
	Electricity/instrument	150	122	190	410
	Total	2,850	3,202	2,699	2,963
Annual Operation & maintenance cost	Labor costs	54	24	126	110
	Electrical bills	64	33	62	77
	Material cost	36	9	79	108
	Maintenance	241	294	137	125
	Administration cost	31	18	35	78
Total		425	378	439	498

Table 4. Comparison of LCC analysis according to the construction method

(unit : million won)

Item		Construction method (100 ton/day)			
		J	T	E	B
Construction cost	Civil/construction	1,266	1,767	1,959	1,530
	Machinery	1,434	1,313	550	1,023
	Electricity	150	122	190	410
	Total	2,850	3,202	2,699	2,963
Operation & maintenance cost		7,290	6,473	7,527	8,535
Replacement cost	Machinery	1,413	1,293	542	1,008
	Electricity	118	96	149	322
	Total	1,530	1,389	691	1,330
Residual value	Civil	△ 176	△ 246	△ 273	△ 213
	Machinery	—	—	—	—
	Electricity	△ 72	△ 59	△ 91	△ 197
	Total	△ 248	△ 305	△ 364	△ 410
Total LCC		11,399	10,738	10,542	12,397
LCC/ton (won)		18,998	17,896	17,570	20,661

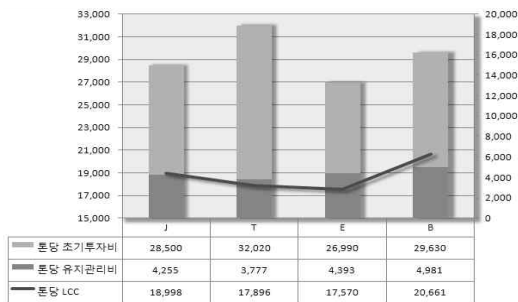


Fig. 2. LCC analysis according to the construction method.

총합적으로 평가하는 것이 합리적임을 알 수 있다.

2. LCC 민감도 분석 결과

LCC 분석에서 중요한 기준이 되는 할인율은 분석기간 동안에 발생하는 비용을 예측함에 있어 그 영향이 매우 큰 요소 중의 하나이며, 물가 및 금리의 변동을 고려하여 산정된다. 더욱이 LCC 분석은 현재의 가치를 가지고 미래의 가치를 예측하는 것이므로 할인율과 같은 불확실한 요소로 잘못된 결과를

초래할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 자료의 변화에 따른 영향 정도를 파악하기 위해 '00~'09년 간의 할인율 변동폭 0.14~4.67% 범위를 적용하여 민감도분석을 실시한 결과, Fig. 3과 같이 J, E, B 공법은 거의 같은 변동폭으로 나타나지만, T공법의 경우는 할인율이 높아질수록 다른 공법들에 비해 비용이 증가함을 알 수 있는데 이는 초기투자비가 가장 높았다는 점에 기인한다고 사료된다. 종합적으로 봐서 할인율이 변동범위 안에서 변화하더라도 각 대안별 경제적 비용우위에

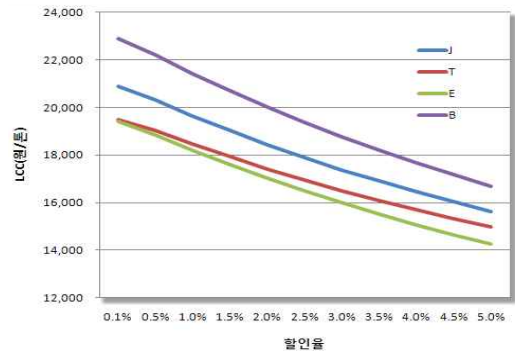


Fig. 3. LCC sensitivity analysis according to the change of discount rate.

대한 변화는 크게 달라지지 않았기 때문에 불확실한 요소들의 변동에 대해 안정적인 분석이라고 할 수 있다.

이상에서와 같이 가축분뇨 처리시설의 경제성에 대해 LCC 분석의 적용 가능성을 검토해 본 결과, 기계·시설 및 운영비의 생애 전기간에 걸친 비용평가에 따라 경제성이 달라질 수 있기 때문에 가축분뇨 처리시설 및 관련기술 평가 또는 농식품부 지원사업으로 추진되고 있는 가축분뇨 공동처리시설 선정 시 LCC 분석을 실시하여 의사결정 지원 정보로 제공한다면 양축농가와 전문경영체에 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

본 분석에는 다양하고 세분화된 자료수집에 한계가 있었으나, 향후 분석의 신뢰성 제고와 활성화를 위해서는 각 비용요소들에 대해 공신력 있는 데이터베이스 구축이 대단히 중요하며, 아울러 시설평가 시 수익성과 정성적인 요인도 고려할 수 있는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 가축분뇨 처리시설의 평가 및 최적 선택의 의사결정에 있어서, 시설물은 내구성이 있는 자산이므로 내용연수 전 기간에 걸친 비용측면에서의 경제성이 고려되어야 하는 바, 이를 위하여 LCC (Life Cycle Cost) 기법의 적용 가능성을 검토하고자 수행하였다. 경제성의 비교 분석을 위해 양돈 분뇨 1일 100톤 처리규모의 공동자원화시설 설치 공법들 중 4개 공법에 대한 시설투자 및 연간 운영비를 조사하였는데, 초기 투자비는 2,699~3,202 백만원 수준으로 T 공법이 가장 높았고 E 공법이 가장 낮았다. 연간 운영비에 있어서는 378~498 백만원 수준으로 T 공법, J 공법, E 공법, B 공법 순으로 유리한 것으로 조사되었다.

LCC 분석을 위해 한국은행 및 통계청의

10년간 ('00~'09) 자료를 이용하여 이자율 (4.7%), 물가상승율 (3.13%), 실질 할인율 (1.52%)를 기준하고, 현가계수 산정을 위해 내용연수를 토목·건축 (30년), 기계 (10년), 전기계장 (15년) 으로 기준하였다. 이를 바탕으로 한 분석 결과, 톤당 운영비로 보면 17,570~18,998원/톤 수준으로서 E공법이 17,570원/톤으로 가장 낮은 반면, B 공법이 20,661원/톤으로 가장 높아 상대적으로 가장 비경제적이었다. 특히 초기투자비가 높더라도 연간 운영비가 낮은 T 공법이 초기투자비는 T 공법보다 낮으나 연간 운영비가 상대적으로 높은 B 공법에 비해 LCC가 낮게 평가되었다. 따라서 가축분뇨 처리시설의 경제적 측면에서의 공법 선택에 있어서는 초기시설투자비 또는 연간 운영비 중 어느 한쪽만 평가하여 결정하기 보다는 LCC 분석을 적용하여 평가하는 것이 합리적임을 알 수 있다.

또한 경제성 분석에 있어서, 불확실성에 따른 LCC 분석 결과의 변화를 파악하기 위해 '00~'09년 간의 할인율 변동폭을 적용하여 민감도분석을 실시한 결과, 변동범위 안에서 변화하더라도 각 대안별 비용우위에 대한 변화는 달라지지 않아 안정적이라고 할 수 있다. 따라서 LCC를 이용한 경제성 평가는 가축분뇨 처리시설의 선택을 위한 의사결정에 유용한 평가 지표가 될 수 있으리라 판단된다. 향후 분석의 신뢰성 제고와 활성화를 위해서는 각 비용요소들에 대해 공신력 있는 데이터베이스 구축이 대단히 중요하며, 아울러 시설평가 시 정성적인 요인도 고려할 수 있는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것이다.

인 용 문 헌

1. 구본태, 신현식. 1988. 건축공사의 투자결정을 위한 LCC분석에 관한 연구, 대한건축학회학술발표논문집 제8권 제2호,

- pp. 715-718.
2. 김영준, 김성수, 강용태. 2006. LCC 분석에 의한 지열원 열펌프시스템의 경제성 분석, 대한설비공학회 2006동계학술발표대회 논문집 pp. 599-306.
 3. 김창길. 1999. 가축분뇨처리의 경제성 분석, 농촌경제 22권 3호, pp. 53-72.
 4. 대한주택공사. 1999. 건물의 라이프사이클·코스트 분석.
 5. 류시홍, 김양택, 한창택. 2002. 설계VE에서 파트너링을 이용한 LCC 분석절차 개발, 대한건축학회논문집 구조계, 18권 8호 pp. 83-90.
 6. 손명진 등. 2006. LCC 분석을 통한 운영 방식별 하수종말처리시설의 경제성 분석, 대한건축학회학술발표논문집 제26권 제12호, pp. 557-560.
 7. 신은수, 정근채. 2004. 생애주기 비용을 고려한 교량의 경제수명 추정, 건설기술 연구소 논문집 제23권 제1호, pp. 73-86.
 8. 유일근 등. 1992. 경제적 LCC를 위한 생산설비의 사용년수 결정에 관한 연구.
 9. 유철호 등. 1991. 가축분뇨 관리상의 문제점과 시설비용에 관한 연구, 농촌경제 14권 1호, pp. 65-81.
 10. 이관호, 김남규, 이언구. 2003. LCA 및 LCC를 고려한 환경친화적 리모델링의 평가방법에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, 23권 1호, pp. 57-67.
 11. 전찬민. 2003. 건축물의 LCC Database 구축에 관한 연구.
 12. 정순성. 2004. 라이프 사이클 코스트 분석시 의사결정자를 위한 원가분석명세 시스템에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계 20권 3호 (통권185호) pp. 201-210.
 13. 허 덕, 정민국. 2001. 가축분뇨 처리방법별 비용과 규모의 경제성, 농업경영·정책연구 28권 2호, pp. 364-382.