

《原著》

가축매몰지 조성비용 평가

김미형 · 김건하*

한남대학교 공과대학 건설시스템공학과

Cost Analysis for the Carcass Burial Construction

Mihyung Kim · Geonha Kim*

Department of Civil and Environmental Engineering, Hannam University

ABSTRACT

A lot of burial sites for the disposal of the contagious livestock slaughtered by foot and mouth disease were constructed in a short time for preventing the rapid spread of the virus. More than 4,700 carcass burial sites were constructed in 2011. Approximately 7 million poultry and 3.5 million livestock including head of cattle and swine were buried in farm land. However, the available cost data for a burial site was not provided. This study was to performed in order to understand the economic issues related to carcass burial disposal. The data from a local government was analyzed and the assumption data web based was constructed to evaluate the cost for constructing a carcass burial. The results showed that the local government paid KRW 5,386 for the burial disposal of a mortality (swine). It was estimated that the cost could be reduced through an appropriate measures.

Key words : Animal carcass disposal, Cost analysis, Economic impact, Foot and mouth disease, On-farm burial

1. 서 론

구제역 및 조류독감(AI) 등 가축전염병의 발병으로 인해 전국적으로 2011년 8월 말 약 4,700여개 이상의 가축 매몰지가 조성되었으며, 가금류 약 700만 마리와 소, 돼지 등 가축 약 350여만 마리를 대부분 매몰방식으로 처리하였다. 2010년 11월 28일 경북 안동시에서 구제역 의심축이 최초 신고되어 양성으로 확인된 후 최종적으로 발생한 2011년 4월 21일까지 114일 동안 구제역은 제주도와 전라남북도를 제외한 전국 11개 시·도, 75개 시군구로 확산되는 양상을 보였다. 2010년 12월 2일 하루에 12건이 양성으로 확인되어 최고 발생빈도를 보였고, 2011년 1월 말까지 빠르게 증가하였다(Korea Rural Economic Institute, 2012). 구제역 발생 당시에는 이와 같이 급속한 전파속도로 인해 방역을 위한 관리에 치중할 수밖에 없는 급박한 상황이 전개되었다. 방역당국이 구제역의 확산·전파를 방지할 목적으로 살처분 방법을 선택했을 때에는

살처분 후 사체로부터 병원체가 퍼져 나가지 않도록 안전한 방법으로 사체를 폐기처리하여야 하며, 매몰, 소각, 랜더링, 퇴비화, 알카리 가수분해법, 혐기성소화법 등의 방법 중 신속하게 농장 내에 매몰하는 방식으로 주로 처분되어졌다. 그러나, 시간, 장비, 인력 등이 부족하여 체계적이고 효율적인 매몰지조성 및 관리가 이루어지지 못한 측면이 있어 비용효율적이지 못한 매몰지가 상당수 조성되었을 것으로 예측된다.

가축전염성 발생에 따른 경제적 비용손실은 직접피해와 간접피해 효과로 구분할 수 있다. 직접피해는 정부의 재정지출과 해당 가축의 수급측면 변화에서 발생한 손실액이며, 간접피해 효과는 연관 산업의 판매 및 수요 감소로 인해 야기된 손실과 환경오염으로 인한 피해 등이다(Korea Rural Economic Institute, 2012). 직접피해 항목으로는 생산농가에서 발생한 피해를 보상하기 위한 보상금 및 생계안정지원금 등의 국가 재정지출, 방역비용 및 매몰비용 지출, 수요와 공급 감소에 따른 가격변화, 수출

*Corresponding author : kimgh@hnu.kr

원고접수일 : 2013. 1. 28 심사일 : 2013. 2. 22 게재승인일 : 2013. 2. 22
질의 및 토의 : 2013. 4. 30 까지

감소 등으로 구성되며 간접피해는 사료, 시설, 도축 및 유통업체의 판매 감소를 들 수 있다. 가축전염병 발생으로 인한 경제적 파급효과는 축산물 생산농가와 관련 산업에 유무형의 영향을 미치기 때문에 경제적 파급효과를 파악하기 위하여는 사회전반에 걸친 파급효과를 계측하여야한다. 농림수산식품부의 추정에 의하면 2010년 11월 29일부터 2011년 5월 18일까지 153건의 구제역이 발생하여 3,479,866두를 매몰처분하였으며, 구제역 관련 정부의 재정지출액은 3조 1,759억원으로 추정되었다(Korea Rural Economic Institute, 2012). 세부항목으로는 매몰처분보상금 1조8240억원, 소독약품 및 예방접종 비용 1,200억원, 생활안정자금 232억원, 가축수매비용 3,772억원, 경영안정자금지원비용 315억원, 상수도 4,203억원, 매몰지 환경관리 142억원, 매몰지 정비 121억원 등이 소요된 것으로 나타났다. 비용항목 중 매몰지 조성과 관련된 세부항목별 비용은 구축되어 있지 않았으며, 긴급 발생 시 매몰지를 단시간에 조성해야하는 각 지자체에 긴급행동지침(SOP)와 함께 조성비용과 관련한 체계화된 자료의 제공이 의사결정시 필요할 것으로 판단되었다.

본 연구에서는 해외 매몰지 및 국내 매몰지 비용평가 관련 자료들을 조사하여 분석하고, 국내 대표적인 매몰지인 소규모 농장 내 조성된 매몰지를 대상으로 매몰지 조성비용을 평가하고자 하였으며, 본 연구의 결과를 매몰지 관리를 위한 기초자료로 제공하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 국내 매몰지 현황

2011년 4월 기준 전국 매몰지는 조류독감의 경우 216개소, 구제역의 경우 4,583개소 조성되어 총 4,799개로 집계되었다. 매몰지의 대부분은 경기도(47.4%)와 경상북도(24.8%)에 위치하며, 강원도(10.3%), 충청남도(8.9%) 순으로 위치하고 있다(Table 1).

2.2. 연구목적 및 범위

본 연구에서는 구제역발생시 사체가축을 처분하는 방법 중 가축매몰지 조성비용을 정량적으로 평가하고자 하였다. 국내에서 발생한 구제역은 신속하게 전파되는 구제역바이러스 특성과 국내 축산농가의 밀집된 분포상황으로 인하여 방역 위주의 조치를 할 수밖에 없는 상황으로 대부분의 매몰지가 농장 내 매몰방식으로 조성되었다. 또한 대규모 구제역 발생으로 인해 인력, 자금, 장비 등의 부족으로 긴급조성된 매몰지가 상당수 있었을 것으로 보여진다. 그러나 직접비용 중 매몰지 조성에 관한 세부적인 비용평가는 이루어지지 않은 상황으로 체계적인 비용자료가 구축되어 있지 않은 실정이다. 본 연구는 매몰에 의한 구제역 사체처분 방법의 비용 중 직접비용인 매몰지 조성비용을 조사였다.

2.3. 연구방법

매몰지 한 개당 조성비용 및 매몰가축 한 마리당 소요되는 비용을 평가하기 위하여 지자체 비용자료와 웹기반 시장자료를 이용하여 매몰지 한 개의 조성비용을 분석하였다.

연구절차는 Fig. 1과 같은 순서로 수행되었다.

자료의 출처 및 수집방법은 다음과 같다.

- 1) 지자체 비용자료 - 지자체 담당자와의 설문에 의해 실제 지출된 비용 평균자료 수집(2011 구축 매몰지 조성자료)
- 2) 웹기반 시장자료 - 인터넷사이트 구축된 시장자료 수집(2013 시장자료)

2.4. 연구대상 매몰지

본 연구의 연구대상 매몰지는 E시에 위치하고 있으며, 구제역 발생 시 가축매몰지 환경관리 지침에 따라 농장 내 조성된 매몰지로서 국내 농장 내 조성된 대표적인 매몰지 규모인 폭 5m(상부 5.5m, 하부 5m), 길이 12m,

Table 1. Current status of the carcass burial sites in Korea (Korea Rural Community Corporation, 2011, recitation)

Province/City	Sum	FMD	AI	Province/City	Sum	FMD	AI
KyeongGi	2,277	2,202	75	Incheon	64	64	-
GyeongBuk	1,135	1,124	11	JeonBuk	6	2	4
GangWon	470	470	-	Ulsan	6	6	-
ChungNam	417	407	10	Gwanju	3	-	3
ChungBuk	229	229	-	Daegu	3	3	-
JeonNam	112	-	112	Pusan	2	2	-
GyeongNam	74	73	1	Daejeon	1	1	-
Total: 4,799			FMD: 4,583				AI: 216

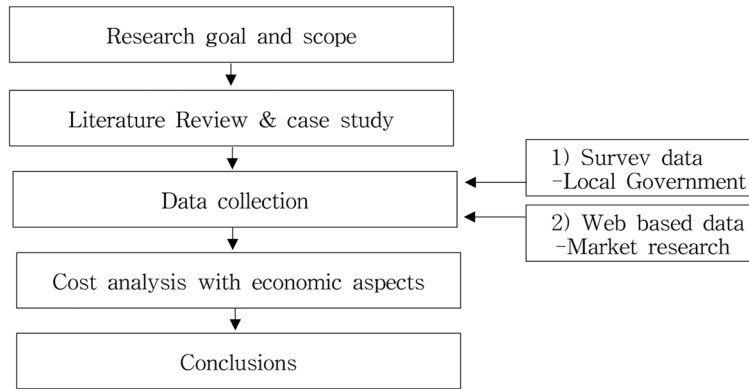


Fig. 1. Schematic diagram of the procedures for this study.

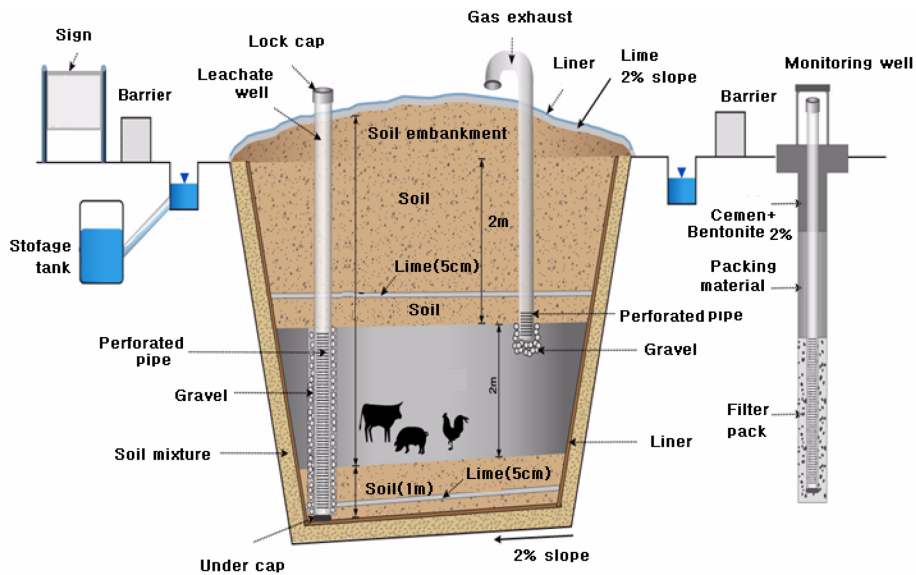


Fig. 2. Schematic description of mortalities burial (Source : Ministry of Environment, Korea, 2010.11).

깊이 5m인 매몰지이다. 매몰 가축종은 돼지이며, 2,000두가 2011년 1월 매몰되었다.

2.5. 매몰지 조성 절차

연구대상 매몰지는 ‘가축매몰지 환경관리지침(환경부, 2010.11)’에서 제시한 방법에 의해 조성되었다. 지침에 의하면 지하수(지하수위와 1m 이상), 하천, 수원지, 집단가옥으로부터 이격(하천·수원지 등과 30m 이상)한 곳으로 선정하여 매몰하며, 매몰지별 크기는 가급적 바닥 폭 4~5m, 상부 폭 5~6m, 깊이 5m를 넘지 않도록 하며, 지하수위·관정·하천·주거지 등 주변환경을 고려하여 조성하도록 하고 있다. 매몰지 설치모식도는 Fig. 2와 같으며, 매몰방법을 요약하면 다음과 같다.

- ① 매몰구덩이 설치(바닥면 2% 이상 경사도 유지, 매몰 사체량 및 매몰지내 흙 투입량을 감안한 크기)
- ② 매몰구덩이 바닥과 측면에 벤토나이트 등 점토광물 혼합토 포설(바닥 30cm 이상, 측면 10cm 이상)
- ③ 매몰구덩이에 2중 비닐, 고강도의 불침투성 차수재 질로 설치(매몰처리 작업 시 2중 비닐 등 차수재의 훼손 방지 조치)
- ④ 매몰구덩이 경사진 바닥면 하단에 침출수 배출용 유공관 설치(하부 유공관 부위 주변에는 자갈 등을 둘러쌓아 유공관의 막힘 방지)
- ⑤ 구덩이 바닥에는 차수재로부터 1m의 흙을 투입하되, 흙의 중간부위(약 50~60cm 구간)에 생석회(5cm) 투입

- ⑥ 매몰대상 사체를 2 m 높이로 투입하고, 사체 상부에 가스배출관 설치(매몰지 면적을 감안하여 가스배출관은 균등 분포, 가스배출관 지상부 끝부분은 “ㄱ” 형태로 설치)
- ⑦ 사체 위에 0.4 m 높이로 흙을 투입하고 5 cm 두께로 생석회를 포설한 후 지표면까지 복토, 계속해서 지표면에서 상부 1.5 m 이상 성토
- ⑧ 매몰지 성토부 표면 및 주변에 생석회 포설
- ⑨ 매몰지 주변에 배수로 및 경사 아래쪽에 저류조 설치(용량 0.5 m³ 이상)
- ⑩ 매몰지 경고표지판 설치
- ⑪ 매몰지 경계의 외부 이격거리 5 m 이내(지하수 흐름 방향)에 깊이 10 m 내외의 매몰지 관측정 설치

3. 결과 및 토의

3.1. 해외 사례연구

매몰의 주요 비용은 인건비와 장비사용으로부터 발생한다. 자연발생적 가축사체의 매몰에 관한 2002년 연구결과 농장 내 사체매몰 직접비용으로 인건비는 시간당 10달러, 장비사용료는 시간당 35달러로 조사되었다(Sparks Companies Inc, 2002). 이 비용은 소 한 마리당 15달러, 돼지 한 마리당 7.5달러에 해당한다(Table 2).

Schwager et al.(2001)은 2001년 인건비, 장비사용비용, 위탁비용, 토지이용료 등 매몰에 의한 비용을 분석한 결과 100마리당 198달러였으며 굴착비용으로 시간당 50~75달러 필요한 것으로 조사하였다. 반면, 구제역 등 응급상황 시 발생하는 비용에 관한 자료는 거의 없는 실정이다. 1984년 버지니아에서 AI가 발생하였을 때 약 5,700톤의 가금류(1,400만마리)가 희생되었다. 이중 85%에 해당하는

4,845톤의 가금류가 트랜치 방식으로 매몰되었으며 톤당 25달러의 비용이 소요된 것으로 추정된다(Brglez, 2003). 2001년 영국 구제역 발생 시 대량매몰로 인한 비용은 Birkshaw Forest의 사체 두당 약 20.41파운드에서 Tow Law의 337.77파운드까지 매몰지 별로 다양하였으며, 5개 대량매몰지 평균비용은 두당 90.26파운드였다.

2002년 출판 보고서인 ‘Foot and mouth disease 2001: Lessons to be learned inquiry report(Anderson, 2002)’에 따르면 2002년 5월 24일까지 비용을 추정한 결과 Table 3과 같이 약 2,797백만파운드의 비용이 소요되었으며, 이 비용을 2013년 1월 현재 환율을 단순 적용하면 4조 7,737억원으로 계산된다.

구제역 등 동물사체를 매몰함으로써 환경오염과 토지이용 가치에 영향을 미치게 되어 간접비용을 유발한다. 매몰의 환경영향으로는 고농도 유기오염물질이 포함된 침출수의 유출로 인한 지하수와 지표수의 환경오염과 이로 인한 자연환경 및 인체위해성을 들 수 있다. 연구결과에 의하면 동물사체로부터 기인한 침출수는 2,000 mg/L의 암모니아, 100,000 mg/L의 COD, 3,000 mg/L 이상의 K를 함유하며 다양한 소독제, 항생제 등 화학제 함유가능성이 높고 병원균의 가능성이 높은 것으로 분석되었으며, 사체 분해에 걸리는 시간은 5~10년 소요되며, 침출수는 20년 이상 발생하는 것으로 보고하였다(Watkiss and Smith, 2001; Engel et al., 2004). 또한 사체 분해시 발생하는 메탄은 지구온난화에 기여하게 되며, 악취를 유발하고, 매몰지표면이 노출되면 조류 또는 야생동물에 의해 바이러스 전파 가능성이 증가하게 되며, 이로 인한 환경비용이 발생한다. 또한 혐기성분해로 인한 황화수소의 발생으로 인체영향을 미칠 수 있다. 경관피해와 토지이용가치에 영향을 미칠 수 있으며, 이와 같은 환경피해가 발생할 경우,

Table 2. Costs associated with on-farm trench burial of daily mortalities (Sparks Companies, Inc., 2002)

Species	Total annual mortalities	Labor required for burial per mortality ^a	Total hours required for burial	Estimated costs (USD)			Estimated cost per mortality ^b (USD)
				Total labor cost (\$10/hr)	Equipment cost (\$35/hr)	Total cost	
Cattle (over 500 lbs)	1,721,800	20 min ea	573,930	5,739,300	20,087,670	25,827,000	15.00
Calves	2,410,000	10 min ea	401,660	4,016,600	14,058,330	18,075,000	7.50
Weaned hogs	5,860,000	10min ea	1,143,330	11,433,330	40,016,670	51,450,000	7.50
Pre-weaned hogs	11,067,700	10 min per group of 10	184,460	1,844,610	6,456,100	8,300,780	7.50 per group of 10
Other	832,700	10 min ea	138,780	1,387,830	4,857,300	6,245,250	7.50
Total	22,892,200		2,442,160	24,421,670	85,476,070	109,898,030	

^aLabor = time in minutes to excavate trench, deposit carcass, and backfill trench

^bEstimated cost per mortality = total cost/total annual mortality

Table 3. Expenditure on FMD by Government1 to 24 May 2002 (Anderson, 2002; NAO, 2002)

Activity		Actual expenditure (million)
Payment to farmers	Compensation paid to farmers for animals culled and items seized or destroyed	1,130
	Payments to farmers for animals slaughtered for welfare reasons ²	211
Total payments to farmers		1,341
Haulage, disposal and additional building work		
Cleansing and disinfecting		
Extra human resource costs		
Direct costs of measures to deal with the epidemic	Administration of the Livestock Welfare (Disposal) Scheme, including operating costs, disposal changes and slaughter fees	
	Payments to other Government departments, local authorities, agencies and others	
	Miscellaneous, including serology, slaughters, valuers, equipment and vaccine	
	Claims against the Department	
	Total direct costs of measures to deal with the epidemic	1,074
Other costs	Cost of government departments' staff time	100
	Support measures for businesses affected by the outbreak ³	282
Total other costs		382
Total costs		2,797

¹All costs are provisional pending completion of a DEFRA project to investigate the full costs of the outbreak.

²Includes payments of 205.4 million under the Livestock Welfare (Disposal) Scheme and 5.3 million under the Light Lambs Scheme.

³Includes money available under European Union market support measures for agri-monetary compensation in respect of currency movements.

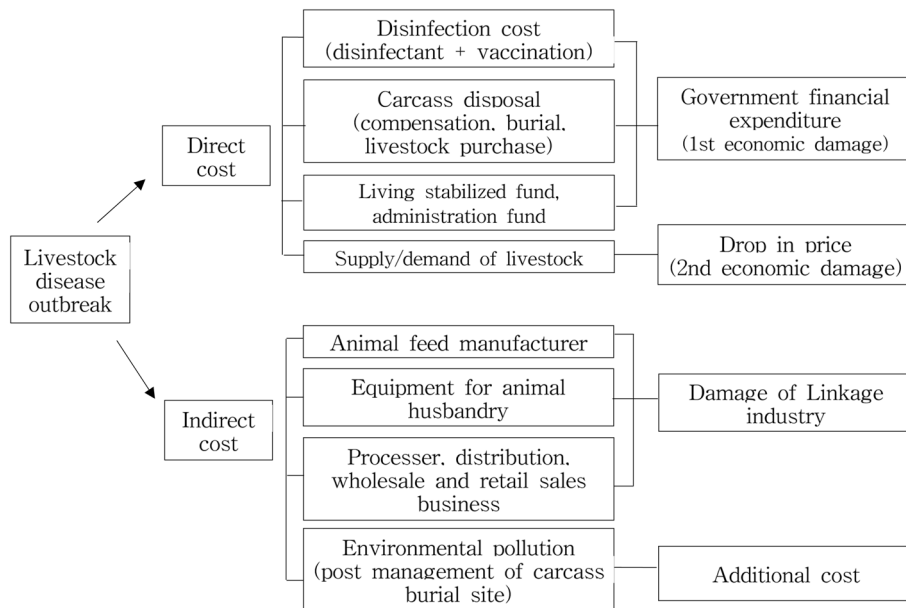


Fig. 3. Economic cost of infectious disease in domestic animals (source: Korea Rural Economic Institute, 2012).

오염의 처리 및 환경복원을 위한 환경비용을 유발하게 된다(UK Environmental Agency, 2002; Cho, 2005).

미국 USDA(McClaskey, 2004)는 2004년 문헌조사를 통해 사체 처리 방법별 직접비용 및 간접비용을 분석하였으며 결과를 요약하면 Table 4와 같이 정리된다.

3.2. 국내 사례연구

구제역과 관련된 비용자료로 방역의 사회적비용을 추계한 한국농촌경제연구원(2011)은 구제역 방역현황 및 재정지출액을 산정하였다. 기축전염병 발생으로 인한 경제적 피해 구조는 Fig. 3과 같이 직접비용 및 간접비용으로 분류된다.

Table 4. Technology costs of constructing a burial site (McClaskey, 2004)

Technology	Range of cost estimates per ton of carcass material disposal ^a (USD)	Direct cost indicators				Indirect cost indicators			Creates valuable of beneficial by-products
		Initial capital ^b	Transportation ^c	Labor	Inputs	Environment/public health	Public perception	Other cost considerations	
Burial (on-and off-site)	15~200	\$	\$	\$\$\$	\$	\$\$\$	\$\$\$\$	Land use and values Predator activity	
Landfill usage	10~500	\$\$	\$\$\$	\$	\$	\$\$	\$\$\$	Municipal costs Management costs	
Open burning	200~725	\$	\$	\$\$\$	\$\$\$\$	\$\$\$	\$\$\$\$	Disposal of ash Permit fees	
Fixed-facility incineration	35~2,000	\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$	\$\$	\$\$\$	Disposal of ash Permit fees	
Air-curtain incineration	140~510	\$\$	\$\$	\$\$	\$\$\$	\$\$	\$\$\$	Disposal of ash Permit fees	
Bin- and in-vessel composting	6~230	\$\$	\$	\$\$\$	\$\$\$	\$	\$\$	Land use Time efficiency	v
Windrow composting	10~105	\$	\$	\$\$\$	\$\$\$	\$	\$\$	Land use Time efficiency Predator activity	v
Rendering	40~460	\$\$	\$\$\$	\$	\$\$	\$	\$\$	Biosecurity risk	v
Fermentation	65~650	\$\$\$\$	\$	\$\$	\$\$	\$	\$	Time efficiency	v
Anaerobic digestion	25~125	\$\$\$\$	\$	\$\$	\$\$	\$	\$	Time efficiency	v
Alkaline hydrolysis	40~320	\$\$\$	\$\$	\$	\$\$	\$	\$	Disposal of effluent	

^aThese estimates are the result of an extensive literature review which utilized numerous sources. The data available is based on a variety of assumptions, including differing circumstances, cause of death, scale of disposal efforts, species, dates, and geographical locations. In addition, different cost estimates do not consistently incorporate capital, transportation, labor or input costs.

^bIncludes capital costs directly associated with carcass disposal only.

^cTransportation costs depends on the locaton of the technology. These indicators assume minimal transportation for more likely available technologies.

\$: low; \$\$: intermediate; \$\$\$: high; \$\$\$\$: very high.

2011년 2월 시점에서 살처분된 가축수와 축종별 표준농가의 방역단계별 처리비용을 기준으로 구제역 발생의 긴급방역을 위한 사회적 비용 규모를 계산하면 소는 약 1조 8천억원, 돼지는 약 2조 2천억원으로 추정되어 총 피해액이 약 4조원인 것으로 추정된다. 농림수산식품부 내부자료에 의하면 구제역의 발생으로 인한 전염병의 전파 및 피해규모는 긴급방역을 위한 재정지출액 즉 사회적 비용이 2000년 약 3천억원, 2002년 약 1천5백억원, 2010년 약 1천6백억원으로 지난 10년 동안 약 6천억원이 소요된 것을 알 수 있다(Table 5).

구축된 비용자료 중 매몰지 조성에 관한 세부자료는 거의 없는 실정이다. 경상북도 가축 매몰지 관리백서(2011)에 의하면 경산시 내 매몰지 조성에 38개반 1,203명(공무원 499, 군인 174, 민간인 530)의 인력이 투입되었으며, 매몰지 조성비용(자재구입, 장비임대)으로 7억원이 소요된

것으로 보고 되었다. 2011년 경산시 살처분 매몰두수는 31,777두(돼지 31,313, 소 27, 염소 437)인 것으로 보고 되고 있다.

3.3. 매몰지 비용자료 구축

본 연구에서는 농장내 매몰의 대부분을 차지하는 평균 규모로서 상부 폭 5.5 m(하부 폭 5 m), 길이 15 m, 깊이 5 m의 매몰지를 대상으로 매몰지 조성에 소요된 비용을 조사하였으며, 매몰가축종은 돼지, 매몰량은 2,000두가 매몰된 규모이다. 매몰지는 '가축매몰지 환경관리 지침'의 절차를 따라 조성된다. 본 연구에서는 매몰지 조성비용만을 대상으로 하였으며, 방역비, 보상비 등의 직접비용과 환경비용은 제외하였다(Kang, 2004; Kim et al., 2012).

1) 지사체 비용자료

연구대상 매몰지 조성에 소요된 비용을 E시 업무담당

Table 5. Status for Preventive FMD and financial expenditure of Korea (Internal data, Korea Rural Economic Institute, 2011)

Outbreak				Preventive measure	Financial costs (billion KRW)	Period for recovery to FMD-free nation after the end (day)
Year	Period	Number	Region			
2000	2.24~4.15	15	3 Province 6 City/ County	Slaughter + vaccination	Total: 300	503
				Slaughter: 182 farm 2,216 head	Compensation paid: 7.1 Living stabilized fund: 0.27 Supply/demand of livestock: 242(444,000 head) Administration of livestock: 30 Disinfectant/vaccination: 20	
2002	5.2~5.23	16	2 Province 4 City/ County	Slaughter	Total : 143	108
				Slaughter: 162 farm 160,155 head	Compensation paid: 53 Living stabilized fund: 0.75 Supply/demand of livestock: 33.7(142,000 head) Administration of livestock: 40.4 Disinfectant/guard post: 15.4	
2010 (Pocheon)	1.2~1.29	6	2 City/ County	Slaughter	Total: 29	-
				Slaughter: 55 farm 5,956 head	Compensation paid: 9.3 Living stabilized fund: 0.1 Supply/demand of livestock: 13(2,651 head) Administration of livestock: 3(loan) Subsidy: 1	
2010 (Ganghwa)	4.8~5.6	11	4 Province 4 City/ County	Slaughter	Total: 126	101
				Slaughter: 395 farm 74 head	Compensation paid: 68.1 Living stabilized fund: 1.3 Supply/demand of livestock: 9.5(4,515 head) Administration of livestock: 22.2(loan) Disinfectant/guard post: 23.1 Subsidy: 2.5	

자와의 설문에 의한 방법으로 자료를 수집하였다. 구제역으로 인한 매몰과 관련되어 수집된 직접비용 자료에는 백신을 포함한 방역비, 재료비, 인건비 등 대략적인 연간 총 지출액만을 알 수 있었고, 매몰지 조성비용의 세부항목의 자료는 구축되어 있지 않았다.

2011년 E시 구제역 발생 시, 급속도로 전파되는 바이러스 특성상 방역위주의 사체처분을 할 수 밖에 없는 상황에서, 효과적인 비용관리가 어려울 뿐 아니라 체계적인 비용자료가 구축되지 못하였다. 연구대상 매몰지는 환경관리 지침에 의해 조성된 것으로 기록되어 있다. E시의 내부자료를 검토한 결과 세부항목의 정확한 비용지출 자료가 남아있지 않았으며, 지출항목은 재료비 63%, 식비 및 방역비 34%, 인건비 2%, 석유 및 전력 에너지 사용 1%인 것으로 추정되고 있다.

E시의 내부자료를 정리하면 가로 15 m, 세로 5 m, 높이 5 m 규모인 한 개의 매몰지 조성에 소요된 평균단가는 Table 6과 같다.

- 일반자료 : E시 내부 자료에 의하면, 매몰지 조성단계에서 필요한 재료 및 에너지는 비닐(12 m × 10 m) 3 장, 천막 1장, 저류조(5톤) 1통, 가스관 4개, 유공관 1개, 케이블 및 연결소켓 등이 필요하며, 에너지는 전기 및 석유연료가 소비되었다. 에너지사용은 터파기 작업에 필요한 굴삭기 등 장비연료, 야간작업시 조명을 위한 전력, 초소용 난방기기 이용을 위한 연료사용량으로 구분된다.
- 에너지소비량 자료 : 전기 설치를 포함한 전력비용 및 석유연료비용은 용역업체에 각각 100만원 씩 일괄지급된 것으로 나타났다.
- 장비사용 비용자료 : 굴삭기는 2대(6W, 8W)를 이용하여 주야 약 24시간 연속 사용한 것으로 조사되었다. 야간작업은 주간작업의 1.5배가 적용된다. 굴삭기 이용료에는 장비사용료, 인건비, 연료비용 등이 포함된 비용으로 용역업체에 일괄지급되었다. 지출된 굴삭기 시간당 평균 사용료는 6W와 8W 굴삭기 각각

Table 6. Real cost of the FMD carcass burial pit construction process (International data in E City, 2011)

Items	Cost (KRW)	Quantity	Note
Vinyl	1,000,000	3 piece	
Canopy	930,000	1 piece	
Gas pipe, drain pipe, socket, cable, ancillary materials	350,000	5 pipes, etc	
Water tank	1,000,000	1 piece (5 ton)	
Transportation	80,000		Transportation of raw materials
Energy			Subcontract company, a lump-sum payment (including installation)
Electricity	1,000,000		
Diesel	1,000,000		Subcontract company, a lump-sum payment
Excavators rental	4,312,500		Two excavators (6W, 8W) for 24 hours operation (Cost including diesel usage)
Labor costs	1,100,000		Subcontract company, a lump-sum payment
Sum	10,772,500		

Table 7. Market prices for the construction of the carcass burial pit by web search

Input	Price (KRW)	Quantity & size	Note	Source
Vinyl	234,000	3 piece vinyl (7 m*7 m/ea) including 3 piece tape (14 (W) cm/ea)	Free delivery (> KRW100,000)	Korea Price Information Corp. (www.kpi.or.kr)
Canopy	692,500	1 piece	Delivery & installation fee included Area (> 60 m ²)	Korea Price Information Corp. (www.kpi.or.kr)
Raw material				
PVC pipe	117,800	5 pipes (4 gas, 1 leachate) Socket, cable, bond including ancillary materials	4 gas pipes, 1 leachate pipe needed delivery not included VAT included	Korea Price Information Corp. (www.kpi.or.kr)
Perforated pipe	43,800	5 pipes	Delivery not included VAT included	Korea Price Information Corp. (www.kpi.or.kr)
Quicklime	450,000	5 ton	Delivery not included	Korea Price Information Corp. (www.kpi.or.kr)
Water tank	220,000	1 piece (volume 2 ton) round shaped PE tank	Delivery not included labor cost (20%) included	Korea Price Information Corp. (www.kpi.or.kr)
Warning sign	90,000	1 piece	Delivery fee included	Experts survey
Transportation	63,640	Material transportation		Korea Price Information Corp. (www.kpi.or.kr)
Energy	800,000		Cost including installation and diesel usage	Experts survey
Excavators rental	3,840,900	Two excavators 6W: KRW58,546/hr 8W: KRW69,484/hr	Cost including diesel usage	Standard estimate
Labor costs	3,802,584	KRW97,283/person (skilled work) KRW75,608/person (normal field work)	24 labors (4, skilled work, 20 field work) for 2days	Standard estimate
Total costs	10,355,224			

62,500원/hr, 81,250원/hr으로 조사되었다.

- 인건비 자료 : 구제역 발생시 공무원, 군인 등 인력지원으로 인해 인건비지출은 민간 용역업체에 일괄지급

된 비용만 기록으로 남아 있고 지원인력의 명세는 자료를 이용할 수 없었다. 민간 환경용역업체에 일괄지불된 인건비는 110만원으로 조사되었다.

- 관측정은 매몰지 조성완료 이후 전문기관에 의뢰하여 설치하도록 하므로, 매몰지 조성비용평가를 목적으로 한 본 연구에서는 제외하였다.

매몰지 한 개 조성에 소요된 비용은 재료비 3,280,000 원, 운반비 80,000원, 에너지비용 2,000,000원, 장비이용료 4,312,500원, 인건비 1,100,000원 등 총 10,772,500원으로 조사되었으며, 돼지 한 마리 매몰처분비용은 5,386원으로 산정되었다. 매몰가축이 성돈 200 kg(160~240 kg)일 경우로 가정하면, 톤당 처분비용은 26,931원으로 계산된다. 이설의 경우 이설매몰지 조성비용은 1.5~2배 더 소요될 것으로 추정된다.

2) 웹기반 시장자료

웹기반 시장자료에 의한 매몰지 조성비용은 Table 7과 같다. 매몰지 규모는 연구대상 매몰지와 동일하게 가로 15 m, 세로 5 m, 높이 5 m이며, '가축매몰지 환경관리 지침(환경부, 2010.11)'에서 제시한 방법에 의해 조성된 것으로 가정하였다.

- 재료비 : 환경부 환경관리지침에서 제시한 매몰지 조성방안에 의거하여 목록을 구성하고 각 재료에 대해 인터넷 기반의 시장자료를 조사하여 저·중·고의 가격범위 중에서 저가의 가격을 선택하여 매몰지 조성비용 목록을 구축하였다. 시장자료 가격은 (사)한국물가정보 자료를 이용하였다. 환경관리 지침상 준비물 중 톱밥과 유공판 하부막힘 방지용 자갈은 목록에서 제외하였다. 웹기반의 시장자료가 구축되어 있지 않은 재료는 전문가 설문을 통해 조사하여 구축하였다.
- 재료운임비 : 재료운임비가 포함되어 있지 않은 항목인 PVC 파이프(개당 3~5 kg, 5개 파이프 무게 평균 20 kg), 소켓 및 케이블 등 기타 재료(약 5 kg), 생석회(5 ton), 저류조(약 100 kg) 등의 재료를 운반하기 위한 운반비를 계산하였다. 운반비는 변동비(연료비, 수선비), 준고정비(감가상각비, 세금 및 보험), 고정비(인건비, 수선비) 등으로 구분된다.

연료비 : 거리 × km 당 유류단가(리터당 단가/차종별 연비)

수선비 : km당 평균 소모수선비(타이어, 오일 등 용품)

세금 및 보험료 : 연간 총금액/(운행일수 × 1일 평균 운행거리)

감가상각비 : 차량가격/(법정내구년수 × 연간운행일수 × 1일 평균운행거리)

인건비 : 1일 건설기계운전사노임/1일 작업시간

운반차량은 6톤 덤프트럭을 사용하는 것으로 가정하

여 표준품셈에 의하여 산정하면 시간당 운반비용은 차량이용료 6,117원, 유류 8 L 사용료 11,968¹⁾원, 경비 4,547원, 대한건설협회 2011년 11월 기준 노임단가 중 화물차운전사 시간당 단가 19,795원을 합산한 42,427원으로 산정된다. 표준품셈의 운반도로와 평균주행속도 기준에 의해 1차선의 교차가 힘든 산간지대로 평균속도인 적재 및 공차 10 km/hr를 적용하고, 10 km 이상 운반거리는 경제성이 없다는 연구결과(한, 2001)를 고려하여 운반거리는 8 km 이내로 가정하였으며, 1.5시간을 운반시간으로 예측하였다. 따라서 재료운임비는 63,640원이 된다.

- 장비사용료 : 굴삭기는 6W와 8W 두 대를 사용하는 것으로 가정하였다. 중기사용단가는 건설기술연구원의 건설공사표준품셈 중 노무비자료를 이용하였다. 대한건설협회 건설기계운전사 노임은 2011년 11월 기준 시간당 21,793원이다. 장비에 의한 에너지 사용량은 표준품셈의 건설장비 표준연료소비율을 사용하였다. 6W 굴삭기의 시간당 사용료 58,546원은 감가상각비를 감안한 시간당 사용료 18,138원, 경유소비량 10.2 L의 연료비 15,259원¹⁾, 기타 재료비 3,356원, 건설기계운전사 1인 노임 21,793원을 합산한 값이다. 8W 굴삭기의 시간당 사용료 69,484원은 감가상각비를 감안한 시간당 사용료 19,768원, 경유소비량 15.3L의 연료비 22,888원¹⁾, 기타 재료비 5,035원, 건설기계운전사 1인 노임 21,793원을 합산한 값이다. 굴삭기는 24시간 연속 사용하였으며, 야간은 주간의 1.5배 지불된다.
- 인건비는 현장노무자 임금 일당 특별인부 97,283원, 보통인부 75,608원을 적용하였다(대한건설협회 노임단가, 2011년 11월 기준). 매몰지조성에 참여한 지자체 담당공무원 2인과 설문조사에 의하여 본 연구의 대상 매몰지 규모의 매몰지 조성에 현장노무자 24인이 필요하다는 결과에 근거하여 인건비를 산정하였다. 가축몰이 업무 20인, 매몰지 조성 업무 4인의 인력이 필요하며, 24인 2일 작업하는 것으로 예상하였다.

매몰지 한 개 조성에 소요된 비용은 재료비 1,848,100 원, 운반비 63,640원, 에너지비용 800,000원, 장비이용료 3,840,900원, 인건비 3,802,584원 등 총 10,355,224원으로 조사되었으며, 돼지 한 마리 매몰처분비용은 5,177원으로 산정되었다. 매몰가축이 성돈 200 kg(160~240 kg)일 경우로 가정하면, 톤당 처분비용은 25,888원으로 계산된다. 이설의 경우 이설매몰지 조성비용은 1.5~2배 더 소요될 것으로 추정된다.

1) 2012년 하반기 유류단가 1,496원/L 적용

4. 결 론

구제역으로 인한 가축사체의 대량발생으로 단기간에 다수의 매몰지가 조성되어 매몰지 조성비용과 관련한 자료는 거의 구축되지 못하였다. 본 연구는 국내 농장 내 조성된 대표적인 매몰지 규모인 폭 5 m(상부 5.5 m, 하부 5 m), 길이 12 m, 깊이 5 m인 매몰지를 대상으로 매몰지 조성비용을 평가하였다. 연구대상 매몰지는 E시에 위치하고 있으며, 구제역 발생시 가축매몰지 환경관리 지침에 따라 농장내 조성된 매몰지로서 매몰가축종은 돼지이며, 매몰두수는 2,000두가 2011년 1월 매몰되었다. E시는 2010년 12월부터 2011년 2월까지 390여개의 매몰지가 조성되어, 세부항목의 비용자료를 구축하기 어려운 여건이었으므로 평균비용을 추정하였다. 세부항목의 비용자료 구축을 위하여 웹기반의 자료를 구축하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 지자체 자료를 분석한 결과, 재료비 항목에서 3,280,000원 지출된 것으로 조사되었다. 반면 (사)한국물가정보(Korea Price Information Corp.) 등을 참고로 웹기반 시장자료를 분석한 결과, 재료비 총액은 1,848,100원으로 산정되어 재료비 항목에서 지출감소가 가능할 것으로 예상되며, 사전 대응방안이 마련될 경우 비용효율적인 매몰지 조성이 가능할 것으로 판단되었다. 웹기반 비용구축자료는 환경관리 지침에 충실하게 작성하였으며, 실제 지자체 매몰지 조성에서 제외된 항목인 생석회, 경고판 등의 재료를 포함하였다.

2) 지자체 자료를 분석한 결과, 공무원, 군인 등 인력동원으로 인하여 인건비 항목은 낮게 지출된 것으로 조사되었다. 업무담당자와의 설문결과 24인의 인력이 요구되어 노임단가 기준을 적용하면 인건비는 약 3.5배 상승하였다.

3) 지자체 자료를 분석한 결과, 에너지 비용 및 장비이용료는 용역업체와 계약에 의해 일괄지급한 것으로 조사되었다. 업무담당자와의 설문결과와 표준품셈을 이용하여 산정한 결과 장비이용료 항목에서 10% 이상 감소가 가능할 것으로 예상되었다.

4) 지자체 자료를 분석한 결과, 구제역 발생과 방역이 우선된 긴급상황에서 경제적인 제약이 발생하게 되어 추가비용이 지불된 것으로 예측되며, 웹기반자료를 구축하여 비교한 결과 사전대응에 의하여 비용효율적인 매몰지 조성을 유도하여 비용감소가 가능할 것으로 판단된다.

본 연구는 매몰지조성 비용자료를 구축하고 평가했다는 점에서 의미를 가질 수 있으며, 예산배정 등 의사결정 시 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나, 본 연구는 다음과 같은 한계점을 가지고 있으며, 후속연구가 필요한 것으로 판단되었다.

1) 지자체 비용자료와 웹기반 구축 비용자료는 비교조건이 일치하지 않으며 향후 연구를 통해 일치시키는 과정이 필요하다.

2) 비용자료의 물가상승률 등 연간요율을 고려하지 않았으므로 후속 연구를 통하여 보완이 필요하다.

3) 매몰지 크기별 분석을 통하여 비용효율 최대화가 가능한 규모 산정이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 환경부 “토양·지하수오염방지기술개발사업”으로 지원받은 과제이며, 이에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

- Anderson, I., 2002, Foot and Mouth Disease 2001: Lessons to be learned inquiry report, The Stationery Office, London, p. 130-139.
- Brglez, B., 2003, Disposal of poultry carcasses in catastrophic avian influenza outbreaks: A comparison of methods, Master thesis, Chapel Hill: University of North Carolina, USA.
- Cho, E., 2005, The Liability on the Damage of Soil Pollution, *J. of Korean society of Soil and Groudwater Environ*, **10**(6), 1-9.
- Engel, B., Lim, K., Choi, J., and Theller, L., 2004, Carcass Disposal: A comprehensive review, Chap 14. Evaluating environmental impacts, National Agricultural Biosecurity Center Consortium, Kansas, p. 1-48.
- Gyeong Sang Buk Do, 2011, A white book-Foot and mouth disease burial site management, Daegu, p. 121.
- Han, J., 2001, Life cycle assessment of sludge management systems: incineration, composting, solidification, Master theses, Seoul National University, p. 26-27.
- Kang, D., 2004, Cost-benefit analysis of conaminated soil remediation, *Proceedings of the Korean Society of Soil and Groudwater Environemnt Conference*, Korean Society of Soil and Groudwater Environment, Jeonju, p. 20-24.
- Kim, D., Choi, J., Jo, S., and Baek, K., 2012, Cost Analysis of Electrokinetic Process for Desalination of Saline Agricultural Land, *J. of Soil & Groudwater Env.*, **17**(4), 91-97.
- Korea Price Information Corp., <http://www.kpi.or.kr>.
- Korea Rural Community Corporation, 2011, A study on the prevention of groundwater contamination by the leachate released from livestock mortality burials, Rural Research Institute,

- Ansan, 41-150.
- Korea Rural Economic Institute, 2011, Agricultural Outlook 2011(I), Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul, p. 860-884.
- Korea Rural Economic Institute, 2012, 2010~2011 A white book- Foot and mouth disease, Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Seoul. p. 53-78.
- McClaskey., 2004, Carcass Disposal: A Comprehensive Review, Chap.9. Economic & Cost Considerations, Kansas, p. 1-30.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, <http://www.mifaff.go.kr>.
- Ministry of Environment, 2010, Environmental management guideline of carcass burial sites, Seoul, p. 1-29.
- Ministry of Environment, <http://www.me.go.kr>.
- NAO, 2002, The 2001 outbreak of foot and mouth disease, The Stationery Office, London, p. 81-102.
- Schwager, M., Baas, T., Glanville, T., Lorimor, J., and Lawrence, J., 2001, Mortality disposal analysis, Iowa State University, Ames, p. 1-8.
- Sparks Companies, Inc., 2002, Livestock mortalities: Methods of disposal and their potential costs, The National Renderers Association, LcLean, p. 1-37.
- UK Environmental Agency, 2002, Assessing the groundwater pollution potential of cemetery developments, Bristol, p. 1-24.
- Watkiss, P. and Smith, A., 2001, CBA of foot and mouth disease control strategies: Environmental impact, AEA Technology Environment, London, p. 1-31.