

가축 사체 매몰지 주변 토양 및 지하수의 오염도 평가

김계훈* · 김권래¹ · 김혁수 · 이군택² · 이근화³

서울시립대학교 환경원예학과, ¹고려대학교 생명과학대학 환경생태공학부, ²서울대학교 농생명과학공동기기원
³제주대학교 의과대학 미생물학교실, 환경보건센터 (환경부지정)

Assessment of Soil and Groundwater Contamination at Two Animal Carcass Disposal Sites

Kye-Hoon Kim*, Kwon-Rae Kim¹, Hyuck-Soo Kim, Goon-Taek Lee², and Keun-Hwa Lee³

Department of Environmental Horticulture, The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

¹*Division of Environmental Science and Ecological Engineering, Korea University, Seoul 136-701, Korea*

²*National Instrumentation Center for Environmental Management, Seoul National University, Seoul 152-742, Korea*

³*Department of Microbiology and The Environmental Health Center, School of Medicine, Jeju National University, Jeju 690-756, Korea*

Outbreak of contagious diseases to livestock animals is becoming prevalent worldwide and consequently, tremendous numbers of the infected or culled stocks are buried on the ground as the most common disposal method. The buried animals can generate a wide range of detrimental components such as leachate, nutrient salts, and pathogenic bacteria, consequently contaminating the surround environment. This implies that regular investigations are required to monitor any possible detrimental environmental aspect occurred around burial sites. Therefore, the current study was conducted to investigate whether the soil and groundwater nearby the burial sites had been contaminated by the substances originated from the burial sites, which can be applied for the establishment of the ideal burial site construction design and post management scheme. For this, two different burial sites located in Cheonan and Pyeongtaek were selected. Cheonan and Pyeongtaek sites were constructed in 2004 and 2008, respectively and both contained dead poultry infected by avian influenza (AI). Soil and groundwater samples were collected around the sites followed by determination of the nutrient concentrations and bacteria (*Salmonella*, *Camphylobacter*, and *Bacillus*) existence in both soil and groundwater. Some of the soil samples showed higher EC, NH₄-N, NO₃-N concentration compared to those of the background (control) soils. Also the concentration of NH₄-N in some of the groundwater samples appeared to exceed the USEPA guideline value for drinking water (10 mg L⁻¹). These results indicated that the soil and groundwater were influenced by the burial site originated nutrients. In the soil, *Bacillus* was isolated in most soil samples while there were no detections of *Salmonella* and *Camphylobacter*. Due to the *Bacillus* existing mainly as a spore in the soils, it was considered that the frequent detection of *Bacillus* in the soil samples was attributed to the nutrients originated from the burial sites.

Key words: Animal carcass, Burial, Contamination, Soil, Groundwater

서 언

근래에 전 세계적으로 조류인플루엔자 (AI) 및 구제역 (FMD)과 같은 가축전염병의 만연으로 각 국가는 경제적 손실 및 국민의 건강과 직결된 사회적 부담을 안고 있다. 이에 국제수역사무국 (World Organisation for

Animal Health, OIE)에서는 매년 세계 각국에서 신고한 가축전염병을 토대로 방역 및 질병 전염 관리를 하고 있다. OIE에 등록되어 있는 가축전염병의 종류는 2008년 현재 다종동물인 소, 면양, 산양, 말, 돼지, 가금, 꿀벌 및 기타 가축 등을 대상으로 한 118종이다 (World Organisation for Animal Health, 2010). 우리나라에서도 농림수산식품부령에 64종의 가축전염병이 고시되어 있는데, 여기에는 즉각 살처분을 명할 수 있는 1종 가축전염병 15종, 2종 가축전염병 31종, 3종 가축전염병 18종이 포함된다 (농림수산식품부, 2010a).

접수 : 2010. 6. 1 수리 : 2010. 6. 12

*연락처 : Phone: +82222102605

E-mail: johnkim@uos.ac.kr

우리나라 농림수산식품부령의 ‘가축전염병예방법’에는 제 1종 가축전염병 발생 시 전염병의 확산 방지를 위하여 해당 가축을 살처분하고 신속히 처리할 것을 고시하고 있다 (농림수산식품부, 2010a). 이와 같이 각 나라에서는 자국이 정하는 법령하에 가축전염병 발생 시 안전성 확보 및 전염병의 확산 방지를 위해서 살처분에 의한 처리를 명시하고 있다. 이와 같이 각 국가는 확보하고 있는 기술, 사회적 여건, 환경적 부하 등을 고려하여 살처분된 가축 사체를 자국의 환경에 적합한 방법으로 처리를 하고 있으며, 이 중 소각 및 매립이 가장 일반적으로 행해지고 있다 (USDA/NRCS, 2002; USDA/ APHIS, 2004; USEPA, 2000).

우리나라에서도 가축전염병예방법에 따라 살처분 한 가축사체에 대해 신속히 소각 및 매몰을 하게 되어 있으나, 국내 여건상 소각의 어려움 때문에 대부분 상대적으로 신속하고 효율적으로 처리할 수 있는 매몰방법에 의한 처리방법을 택하고 있다. 예를 들어 2008년 기준 AI로 인해서 살처분 한 팔백만 마리의 가금류 사체가 전국 381개 지점에 매몰되었다 (환경부, 2008a).

매몰된 가축 사체에는 병원성 전염균이 존재할 수 있고 사체 자체는 약 70% 수분을 함유한 부패성 유기 물질이기 때문에 사체 매몰 후 부패 과정에서 흘러나오는 침출수와 여기에 함유되어 있는 각종 오염 물질의 영향으로 매몰지 주변의 토양 및 수계 환경은 오염의 위험성을 안고 있다 (Davies and Wray, 1996; Det Norske Veritas, 2003; Glanville, 1993). 몇몇 국가에서는 오염 발생을 최소화 하기 위해서 사체 매몰을 위한 규정된 공정 방법을 공시하고 있으나 (Ollis, 2002; USDA/NRCS, 2003) 대부분의 경우 매몰 공정 적용에 따른 환경 위해도에 대한 과학적 검증이 이루어지지 않았다. 우리나라의 경우도 규정된 매몰 방법이 있긴 하나 ‘가축전염병예방법 시행규칙’, ‘조류인플루엔자 긴급행동지침’, ‘구제역 긴급행동지침’ 등 관련법에 따른 매몰 규정이 서

로 상이한 부분이 있어 적용에 혼란을 야기하기도 한다 (농림부, 2004; 농림부, 2007; 농림수산식품부, 2010b). 게다가 병 발생 후 최대한 신속히 조치하기 위해서 사체 매몰이 대부분 사육장 인근에서 서둘러 이루어지는데, 이 때 매몰 대상지의 입지 및 환경인자 (영양염류, 중금속, 세균 등)에 대한 고려나 사후 관리가 충분히 이루어지지 않아서 매몰에 따른 토양 및 지하수의 오염 등 2차 환경 피해 가능성이 존재한다.

따라서, 과학적 근거를 바탕으로 현행 매립 규정을 보완하고 통일하여 환경적 부담을 최소화하는 노력이 필요하다. 본 연구는 이와 같은 노력의 일환으로 기존의 매립 규정에 따라 조성된 가축 매몰지 주변의 토양 및 지하수를 대상으로 환경오염인자들을 조사하고 환경적 위해성을 검토하여 매립지 조성 및 관리방안을 모색하는데 있어 추후 고려해야 할 사항들을 제안하고자 수행하였다.

재료 및 방법

조사 대상 매몰지 현황 본 연구는 2004년과 2008년에 각각 조성된 두 곳의 매몰지를 대상으로 실시하였으며, 각 매몰지의 세부 현황은 Table 1에 나타내었다. 두 곳 모두 조류인플루엔자에 감염된 닭의 사체를 ‘조류인플루엔자 긴급행동지침’에 따라 매몰한 지역으로 매몰 후 경과 시간에 따른 오염 기여 정도의 차이를 알아보고자 조성 시기가 다른 두 곳을 대상으로 하였다.

시료채취 및 전처리 시험 시료의 채취는 2008년 10월에 실시하였다. 천안매몰지의 토양 시료는 매몰지의 중심에서 경사면 아래 방향으로 15 m와 30 m, 두 지점에서 채취하였고, 평택매몰지에서는 매몰지 중심에서 15 m, 30 m, 45 m 떨어진 지점에서 토양시료를

Table 1. Description of two burial sites used in the study.

Burial site	Description	Note
Cheonan	Location	Cheonan, Chungnam
	Year of burial	2004
	Dimension of burial	10 m × 9 m × 4 m
	Type of buried animal	Chicken
	Number of buried animal	18,600
Pyeongtaek	Location	Pyeongtaek, Gyeonggi
	Year of burial	2008
	Dimension of burial	10 m × 5 m × 4 m
	Type of buried animal	Chicken
	Number of buried animal	74, 914

Five monitoring wells were prepared by Environmental Management Corporation

Five monitoring wells were prepared by Environmental Management Corporation

채취하였다. 토양 시료의 채취를 위해서 Geoprobe system (Geoprobe 4220, Geoprobe)을 이용하였으며 천안매립지에서는 토심 2 - 2.5 m 깊이에서, 평택매립지에서는 4 - 4.5 m 깊이에서 각각 채취하였다. 또한 각 매립지에서 200 m 떨어진 지점의 토양을 대조구 시료로 이용하기 위해서 매립지 시료와 동일한 깊이의 토양을 채취하였다. 채취한 토양 시료 약 1 kg을 아이스박스를 이용하여 실험실로 운반한 후, 일부는 세균 동정을 위해서 수분을 함유한 상태로 4°C에서 보관하였고 나머지는 화학성 분석을 위해서 풍건한 후 2 mm 체로 걸러서 상온에서 보관하였다.

지하수 시료는 매립지 조성 당시 설치된 조사용 관정에서 베일러 시료 채취기를 이용하여 채취하였다. 평택 지역에서는 2008년의 계속된 가뭄으로 관측정에 지하수가 수직되지 않아 시료를 채취하지 못하였고 천안매립지에서만 2곳의 관정에서 지하수 시료를 채취할 수 있었다. 시료는 살균된 수질 시료 채취용 병에 채취하여 아이스박스를 이용하여 실험실로 운반한 후 여과지(Whatman No. 6)로 여과하여 분석용 시료로 이용하였다.

화학성 분석 토양 시료의 분석은 농업과학기술원 토양 및 식물체분석법(NIAST, 2000)에 준하여, 토양 pH는 토양과 증류수를 1:5로 추출 후 pH meter (US/550A, Orion)로 측정하였으며, EC는 포화추출액을 EC meter (US/Orion 720, Orion)를 이용하여 측정했다. T-P, T-N, NH₄-N, NO₃-N는 Methods of soil analysis (Sparks, 1996)에 준하여 T-P는 유도결합 플라즈마 발광광도기 (ICPS-1000IV, Shimadzu)를 이용하였고, T-N 및 NH₄-N, NO₃-N는 단백질/질소 자동분석기 (Kjeltec auto 1035/1038 System, Tecator AB)를 이용하여 분석하였다. 수질시료는 수질오염공정 시험법에 준하여 pH는 pH meter (US/550A, Orion), EC는 EC meter (US/Orion 720, Orion), T-P는 유도결합 플라즈마 발광광도기 (ICPS-7500, Shimadzu), T-N와 NH₄-N는 단백질/질소 자동분석기 (Kjeltec auto 1035/1038 System, Tecator AB), NO₃-N는 이온크로마토그래프 (US/ICS-2500, Dionex)를 이용하여 분석하였다.

세균 분석 수거한 토양 및 침출수에 있는 세균의 DNA를 추출한 후 연쇄증합반응 (PCR)법을 이용하여 세균의 분자유전학적 동정 및 분류에 사용하는 세균의 16S rDNA 유전자를 증폭하였다. 증폭된 유전자의 산물은 TA 클로닝 벡터를 이용하여 클로닝한 후, 16S rDNA가 들어있는 세균 집락 (Colony)중 20개를 무작위로 고른 후 클로닝된 16S rDNA 분리하였다. 분리한 16S rDNA

에 대해서 자동염기서열분석을 이용하여 클로닝한 16S rDNA 유전자의 염기서열을 결정하였다. BLAST program을 이용하여 분석한 16S rDNA 유전자에 대해서 라이브러리를 구축하였다.

토양 및 지하수 중 세균 DNA 추출

토양 및 지하수 중 세균 DNA 추출은 Power soil DNA Isolation kit (Cat. 12888-100, MO BIO Lab)를 사용하여 추출하였다.

연쇄증합반응(PCR) 및 자동 염기서열 분석

토양 및 침출수에서 분리한 세균의 DNA에서 세균의 16S rDNA 염기서열 증폭은 기준에 알려져 있는 대부분의 세균의 16S rDNA 유전자를 증폭시킬 수 있는 프라이머 (primer)인 27f (5'-AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG-3'), 1492r (5'GGT TAC CTT GTT ACG ACT T-3')를 이용하였다 (Lane, 1991). 각 Primer 20 pmol과, 토양 및 침출수에서 분리한 세균 DNA를 멸균수를 이용하여 최종부피가 되도록 맞춘 후 PCR-premix을 이용하여 PCR을 수행하였다. PCR을 이용하여 증폭된 16S 유전자 산물을 1.2% agarose gel에 전기영동한 후, Quiaex를 이용하여 분리하였다. 증폭 산물은 QIAEX II gel extraction kit (Qiagen)로 정제하여 자동 염기서열 결정에 사용하였다. 염기서열은 정확성을 기하기 위하여 Applied Biosystems automated sequencer (3100 Genetic Analyzer, ABI PRISM)와 BigDye Terminator Cycle Sequencing kit (Perkin-Elmer Applied Biosystems)을 사용하여 정방향과 역방향으로 확인하였다. Sequencing reaction은 이미 보고된 방법 (Suzuki and Giovannoni, 1996)에 따라 정제한 PCR 증폭 산물 30 ng, 각 프라이머 2.5 pmol 그리고 BigDye Terminator RR mix (part no. 4303153, Perkin-Elmer Applied Biosystems) 4 μL를 넣고 증류수로 최종 부피가 10 μL가 되게 하였다. Reaction (95°C 15초, 50°C 5초, 그리고 60°C 4분)은 30 cycle을 시행하였다. 자동 염기서열분석은 이미 보고된 방법 (Suzuki and Giovannoni, 1996)에 따라 정제된 16S rDNA PCR 증폭 산물 30 ng, 프라이머 2.5 pmol 그리고 BigDye Terminator RR mix (part no. 4303153, Perkin-Elmer Applied Biosystems) 4 μL를 넣고 증류수로 최종 부피가 10 μL가 되게 하였다. 반응은 Perkin Elmer Cetus 9600을 사용하였으며 (95°C 15초, 50°C 5초, 그리고 60°C 4분) 30 cycle을 시행하였다. 반응이 끝난 시료는 Quick Spin Columns for DNA purification (Sephadex G-50 (fine), 1 273 973, Roche Diagnostics Corporation) kit를 이용하여 정제한 후 6.75% acrylamide

gel을 이용하여 1X TBE buffer에서 40 W로 12시간동안 전기영동을 실시하였다.

세균의 16S rDNA 유전자 염기서열 결정

자동염기 서열로 확보하는 염기서열은 BLAST program을 이용하여 분석하였다 (Fig. 1).

결과 및 고찰

토양 화학성 2008년에 조성된 평택매몰지는 매몰지의 중심에서 15 m와 30 m 떨어진 지점의 토양에서는 30 m 지점의 NO₃-N 함량이 대조구에 비해서 2배 정도 높은 것을 제외하고는 각 화학성 조사 항목의 수치가 대조구와 유의한 차이를 보이지 않았다 (Table 2). 그러나 45 m 떨어진 지점에서는 대조구와 비교해서 EC는 3.4배, T-N는 4.6배, NO₃-N는 8.7배 높게 조사되었다. 매몰 후 4년이 경과한 천안매몰지의 경우 30 m 지점의 각 화학성 분석 항목은 대조구와 차이가 없었으나 15 m 지점에서 NH₄-N 함량이 대조구 (1.1 mg L⁻¹)에 비해서 월등히 높은 것으로 (87.6 mg L⁻¹) 조사되었고 EC 또한 대조구에 비해서 높았다.

지하수의 수질 평가 항목 중 pH와 NO₃-N는 천안매몰지 2곳의 관정에서 모두 ‘지하수의 수질보전 등에 관한 규칙’ 제 11조 (환경부, 2008b)에 근거한 농업용 지

하수 기준에 부합하는 수준이었다 (Table 3). 반면에, 2번 관정에서 NH₄-N는 USEPA가 정하는 음용수 기준 10 mg/L을 초과하였다.

지중에 매몰된 가축 사체는 부패과정을 거치면서 침출수가 발생하는데, 이 때 다양한 영양염류들이 침출수와 함께 환경으로 흘러들어올 수 있다. 따라서 매몰지 주변 환경의 영양염류 조사는 가축 사체 매립지에 의한 환경영향을 평가하는 중요한 지표가 될 수 있다. 영국 및 미국에서는 매몰지 주변 환경 조사를 통해서 BOD, NH₄-N, Cl⁻ 등이 매몰지에서 유래한 환경오염 평가 인자로 사용될 수 있음을 보고하였다 (Ritter and Chirnside, 1995; UK Environment Agency, 2001; United Kingdom Department of Health, 2003). Glanville (1993)은 무게 75 kg의 돼지 사체를 매립했을 때 침출수에 740 mg L⁻¹의 NH₄-N가 발생함을 보고하며, 그 양은 85000 L의 물을 USEPA 음용수 기준인 10 mg NH₄-N/L 수준으로 오염시킬 수 있는 양에 달하며 또한 4047 m² (1 에이커)의 농경지에 231 kg의 질소를 공급할 수 있는 양이라고 하였다. 이와 같이 침출수에 포함된 고농도의 영양염류는 침출수와 함께 유출되어 지하수를 비롯하여 주변 토양을 오염시킬 수 있다. 본 조사에서 천안매몰지 15 m 지점에서 고농도의 NH₄-N가 나타난 것과 평택매몰지에서 지하수의 EC 및 NH₄-N가 높게 조사된 것도 이와 같은 가설을 뒷받침

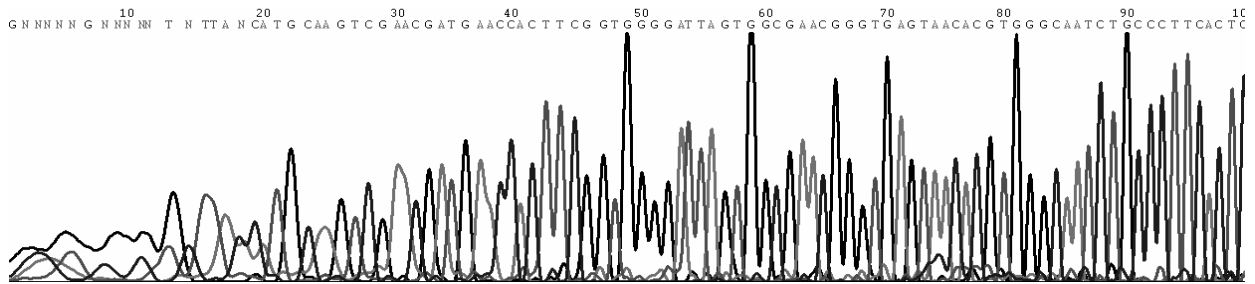


Fig. 1. An example of sequencing analysis for 16S rDNA of bacteria.

Table 2. Results of the soil analysis of the samples from two burial sites.

Burial site	Sampling location (Distance from the burial site; m)	pH	EC _e dS m ⁻¹	T-P mg kg ⁻¹	T-N %	NH ₄ -N ----- mg kg ⁻¹ -----	NO ₃ -N
	30	5.7	0.6	221	0.005	ND	15.8
	45	4.4	1.7	151	0.023	ND	75.4
	Control	4.4	0.5	182	0.005	ND	8.5
	15	4.9	0.9	536	0.080	87.6	0.8
Cheonan	30	5.7	0.4	548	0.036	3.0	ND
	Control	5.2	0.5	468	0.051	1.1	ND

[†]Not detected.

Table 3. Results of the groundwater analysis of the sample from Cheonan burial site.

Burial site	Monitoring well	pH	T-P	T-N	mg L ⁻¹		EC μS cm ⁻¹
					NH ₄ -N	NO ₃ -N	
Cheonan	1	7.3	0.54	10	ND	7.0	645
	2	7.4	0.40	59	28	3.9	1141
	Guideline	6.0 - 8.5 [†]	-	-	10 [†]	20 [†]	

[†]Rules on Preserving the Groundwater Quality (Article 11), Agricultural groundwater guideline.

[†]USEPA drinking water guideline.

하는 결과로 사체에서 유래한 영양염류가 지하수를 통해서 토양으로 유입된 탓으로 볼 수 있다. 또한 천안매몰지 조사 결과는 매몰 후 장기간 (4년)이 지난 시점에도 매몰지에서 유래한 물질이 토양 및 지하수에 영향을 미치고 있음을 보여 주고 있다. 이와 같은 사례는 외국의 연구에서도 보고된 바 있는데, 칠면조 매몰지에서 9년이 지난 후에도 매몰지에서 유래한 NH₄-N와 TDS가 주변 지하수 수질 악화의 원인으로 조사되었다 (Glanville, 2000).

평택매몰지에서는 예상과 달리 매몰지 중심부와 가장 멀리 떨어진 지점에서 대조구에 비해서 높은 EC와 NO₃-N가 분석되었다. 이 결과는 오염원과 오염물질의 거리 분포간 관계를 감안할 때, 매몰지의 직접적 영향으로 판단할 수는 없다. 다만, 지하수의 흐름 방향과 각 토양시료 채취 지점간의 상호 영향거리를 고려해 볼 때, 45 m 지점의 토양 채취 부위가 지하수와 가장 근접한 지점이었을 것으로 추정할 수도 있다. 또한 평택매몰지에서는 매몰 후 5개월 만에 본 조사가 이루어졌기 때문에 아직 매몰된 닭이 부패 과정을 충분히 거치지 않아서 침출수의 발생이 천안매몰지에 비해서 상대적으로 적은 탓일 수도 있다.

토양 중 세균 장티푸스균 (*Salmonella enterica* serotype Typhi)과 *Salmonella enterica* serotype Paratyphi (*S. paratyphi*)와 같은 살모넬라균 및 캄필로박터균 (*Camphylobacter jejuni*, *C. coli*, *C. fetus*)은 동물 (특히 가금류)에서는 질병을 일으키지 않지만 (상재균; normal flora로 존재) 음식물이나 물을 통해서 인체에 들어오게 되면 위장염 (gastroenteritis) 또는 식중독 (food poisoning), 패혈증 (septicemia), 장열 (enteric fever)을 일으킨다 (Murray et al., 2009). 또한 이들 세균들의 주요한 특성은 수중에서 오랫동안 생존이 가능하다는 점이다 (Davies and Wray, 1996; Murray et al., 2009). 이중 살모넬라균 (*Salmonella*)은 가금류 (poultry), 파충류, 가축, 설치류, 애완동물, 조류 등을 비롯한 거의 모든 동물에서 분리되는 것으로 알려져 있다 (Murray et al., 2009). 이와 같은 결과

는 가금류를 포함한 이들 가축 유래 세균들은 가축 매몰지에서 인체 위해성 환경영향평가를 (세균에 의한 전염병) 위한 조사 대상 세균으로 활용할 수 있음을 시사한다. 본 연구에서는 가금류 매몰지의 내부토양 및 지하수 중 살모넬라균 (*Salmonella*) 및 캄필로박터균 (*Camphylobacter*)의 존재 여부를 파악하는 것으로부터 시작하였다.

매몰지 내부 지하수에서 분류한 세균들의 16S rDNA 유전자 분석결과, 이들 분리된 균들이 대부분 토양에서 주로 발견되는 균들이며, 예상과는 달리 살모넬라균 및 캄필로박터균은 발견되지 않았다. 한 가지 특이점은 평택 매몰지 내부 토양에서 높은 빈도 (89%)로 바실러스균속 (*Bacillus*)이 확인되었다는 사실이다. 바실러스균속 (병원성균인 탄저균, 식중독균이 포함)의 가장 큰 특징은 세균이 증식하기 좋은 환경이 아닌 토양 (영양분 및 산소 부족한 상태)에서는 아포상태로 존재하다가 산소 및 양분의 공급이 이루어지면 발아, 증식하여 외독소를 생성 병원성을 띠게 된다는 것이다 (Davies and Wray, 1996; Murray et al., 2009; Turnbull, 2001). 토양에서 아포로 존재하는 바실러스균속이 매몰지 내부 토양에서 많이 발견된 사실은 매몰지 내 가금류 사체가 부패하는 과정에서 다른 토양에 비해서 영양분이 풍부해지고, 그로 인해서 아포 상태의 바실러스균속이 매몰지 내부토양에서 발아했다고 볼 수 있다. 이와 같은 결과는 바실러스균속의 존재 유무를 동물사체에 의한 토양 오염 척도 및 지표로 사용할 수 있음을 시사한다. 그러나 본 연구의 시험조사는 두 곳의 매몰지에 국한되어 실시되었기 때문에 본 가설을 뒷받침할 수 있는 추가연구가 필요하다.

또 한 가지 고려해야 할 점은 본 시험조사는 2008년 10월 (저온기)에 토양을 채취하여 실행하였다는 점이다. 살모넬라균이나 캄필로박터균에 의한 식중독이 여름철에 주로 발병하는 사실에서 알 수 있듯 이들 균은 낮은 온도에서는 증식을 잘하지 못하는 것으로 알려져 있다. 따라서 매몰지의 토양 및 지하수를 온도가 높은 여름철에 채취하여 이들 균들이 매몰지에서 나오는지를 반드시 확인하고, 또한 실험실에서 인위적으로 온도를 다르게

했을 때 살모넬라균 및 캄필로박터균의 증식여부 확인도 필요하다. 만약 여름철에 채취한 매몰지 토양 및 침출수에서 살모넬라균이나 캄필로박터균이 확인되고 이들 균들의 증식이 온도에 민감하다면 여름철에 매몰지 토양 및 침출수에 의해서 주변의 지하수가 오염될 수 있으며, 오염된 물을 사람이 섭취할 경우 이들 균에 의한 감염성 질환이 발생할 수도 있다.

결 론

매몰된 가축은 여러 가지 전염성 병원균을 가지고 있고 부패과정에서 다양한 환경오염 물질이 발생하기 때문에 환경 및 인체에 미칠 영향을 최소화하기 위해서 매몰 과정 및 사후 관리 방안이 합리적으로 잘 마련되어야 한다. 우리나라에서는 ‘가축전염병예방법 시행규칙’, ‘조류인플루엔자 긴급행동지침’, ‘구제역 긴급행동지침’ 등 관련법에 따라 매몰 규정이 마련되어 있으며, 지금까지 본 규정에 의거하여 많은 수의 가축이 전국 각지에 매몰되었다. 그러나 규정된 방법 간에 서로 상이한 부분이 있으며, 또한 과학적 근거를 바탕으로 한 검증이 이루어지지 않았다. 조사 대상지가 두 곳에 국한되어 있기는 하나, 본 조사 결과는 지금까지 조성된 매몰지가 주변 환경에 오염부하를 증가시킬 수 있다는 것을 보여주고 있다. 따라서 지금까지 조성된 각 매립지에 대한 환경오염도 평가가 필요하며, 이를 바탕으로 사후 관리 방안을 모색하고 매몰관련 규정의 보완이 이루어져야 한다.

참 고 문 헌

농림부. 2004. 구제역 긴급행동지침.
 농림부. 2007. 가금인플루엔자 긴급행동지침.
 농림수산식품부. 2010a. 가축전염병예방법.
 농림수산식품부. 2010b. 가축전염병예방법 시행규칙.
 환경부. 2008a. 환경부 보도자료: AI 매몰지의 체계적 환경관리 방안 마련 및 장마철 대비 사후관리 강화.
 환경부. 2008b. 지하수의 수질보전 등에 관한 규칙.
 Davies, R.H. and C. Wray. 1996. Seasonal variations in the isolation of *Salmonella typhimurium*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus* and *Clostridium perfringens* from environmental samples. J. Vet. Med. B 43: 119-127.
 Det Norske Veritas. 2003. Independent environmental and public health risk assessment of DEFRA Foot and Mouth Disease disposal site (No. 20073900). Oslo, Norway.

Glanville, T.D. 1993. Groundwater impacts of on farm livestock burial. IGWA Quarterly 4:21-22.
 Glanville, T.D. 2000. Impact of livestock burial on shallow groundwater quality. Paper presented at ASAE Mid-Central Meeting, St. Joseph, Mo, USA.
 Lane, D. J. 1991. 16S/23S rRNA sequencing, p. 115-175. In E. Stackebrandt and M. Goodfellow (ed.) Nucleic acid techniques in bacterial systematics. John Wiley & Sons Ltd., London, United Kingdom.
 Murray, P.R., K.S. Rosenthal, and M.A. Pfaller. 2009. Medical Microbiology, 6th ed. Mosby Elsevier, Amsterdam, Netherlands.
 National Agricultural Biosecurity Center, Kansas State University. 2004. Carcass Disposal: A comprehensive Review. Manhattan, Kansas, USA.
 NIAST. 2000. Methods of soil and crop plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon, Korea.
 Ollis, G. 2002. Pre-selecting mass carcass disposal sites. Government of Alberta Agriculture and Rural Development, Alberta, Canada.
 Ritter, W.F. and A.E.M. Chirnside. 1995. Impact of dead bird disposal pits on groundwater quality on the Delmarva peninsula. Bioresour. Technol 53:105-111.
 Sparks, D.L. 1996. Methods of soil analysis (Part 3). Chemical methods. Soil Sci. Soc. Amer. Book Series No. 5. Madison, WI, USA.
 Suzuki, M.T. and S.J. Giovannoni. 1996. Bias caused by template annealing in the amplification of mixtures of 16S rRNA genes by PCR. Appl. Environ. Microbiol. 62: 625-630.
 Turnbull, P. 2001. Guidelines for the surveillance and control of anthrax in humans and animals, 3rd Edition (Rep. No. WHO/EMC/ZDI/98.6). World Health Organization, Switzerland.
 UK Environment Agency. 2001. The environmental impact of the foot and mouth disease outbreak: an interim assessment. Rotherham, United Kingdom.
 United Kingdom Department of Health. 2003. Foot and Mouth Disease. London, United Kingdom.
 U.S. EPA, 2000. Profile of Agricultural Livestock Production Industry. Washington, D.C., USA.
 USDA, NRCS. 2003. Natural resources conservation service conservation practice standard. Animal mortality facility code316. USDA, NRCS, MN, USA.
 USDA, NRCS and Texas State Soil and Water Conservation Board. 2002. Catastrophic animal mortality management (burial method) technical guidance. TX, USA.
 World Organisation for Animal Health (OIE). 2008. OIE listed diseases.