Research article

국내 농가 수준의 폐사가축 처리 가이드라인 개발: 예비 연구

심수민¹ · 김승수¹ · 공다은² · 안정선² · 원승건³ · 나창식^{4*}

¹강원대학교 동물산업융합학과 박사후연구원, ²강원대학교 동물산업융합학과 석사과정생, ³대구대학교 동물자원학과 조교수,

⁴강원대학교 동물산업융합학과 교수

Developing the on-farm livestock carcasses disposal guidelines for Korea: A preliminarily study

Soo Min Shim¹, Seung Soo Kim¹, Da Eun Gong², Jung Sun Ahn², Seung Gun Won³, Chang Six Ra^{4*}

¹Research Professor, Department of Animal Industry Convergence, Kangwon National University, 1 Kangwondaehak-gil, Chuncheon-si, Gangwon-do, 24341, Republic of Korea

²Master's Student, Department of Animal Industry Convergence, Kangwon National University, 1 Kangwondaehak-gil, Chuncheon-si, Gangwon-do, 24341, Republic of Korea

³Assistant Professor, Department of Animal Resources, Daegu University, 201 Daegudae-ro, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-do, 38453, Republic of Korea

⁴Professor, Department of Animal Industry Convergence, Kangwon National University, 1 Kangwondaehak-gil, Chuncheon-si, Gangwon-do, 24341, Republic of Korea

Corresponding author

Chang Six Ra

Kangwon National University,
1 Kangwondaehak-gil, Chuncheon-si,
Gangwon-do, 24341, Republic of Korea

Tel : +82-33-250-8618

Fax : +82-33-259-5572

E-mail : changsix@kangwon.ac.kr

This study present a comparison of prevailing practices of livestock farm carcasses disposal procedures in Korea with the management guideline and regulations of other countries. It has found that there is a significant difference among the guidelines for livestock mortality management based on the livestock feeding and waste disposal. Based on the finding it may require a concrete guidelines and regulation for disposing livestock carcasses considering nutrient balance both in soil and water environment. Conclusively, a centralized treatment plant equipped with highly sophisticated system (specialized knowledge and technology) is required for the final carcass disposal.

Key words : Livestock farm, Livestock mortality, Carcass disposal guideline, Waste regulation, Animal by-product regulation

서론

가축의 사육 시 질병의 감염, 도태, 기후로 인한 스트레스 등 다양한 원인에 의해서 일정 수준으로 꾸준히 발생하는 폐사가축은 축산농가에서 처리해야하는 주요한 폐기물 중 하나로, 국내 축산업이 규모화되어 가축 사육두수가 꾸준히 증가함에 따라 발생량이 증가하고 있어 농가에서 폐사가축의 관리 및 처리가 보다 중요해졌다. 국내 폐사가축 발생 현황에 따르면 연간 가축의 폐사량은 164,000톤으로, 일일 평균 449톤의 폐사가축이 발생하는 것으로 나타났으며, 농가별 사육규모에 따라 차이는 있으나 축종별 평균 폐

사율은 한육우 2.4%, 젖소 4.8%, 돼지 (이유 후) 15.5%, 육계 6.7%, 산란계 5.0%, 오리 3.8%로 조사되었다.

축산업에 대한 부정적인 인식을 확대시켜 축산업의 기반을 약화시키는 축산악취 관련 민원은 2013년 기준 2,604건에서 2018년 기준 6,718건으로 지속적으로 증가해왔다 (MAFRA, 2020). 가축분뇨의 부적절한 처리를 비롯하여 축사 청소 및 관리 미흡, 방역 미흡, 시설 노후화 등이 주원인으로 지적되고 있으며, 폐사가축 관리 미흡도 직·간접적으로 영향을 미칠 것으로 예상된다. 폐사가축의 발생 후 적절한 처리가 이뤄지지 않을 시 사체의 부패로 인해 발생

하는 악취 및 해충 발생, 야생동물에 의한 사체 훼손 등 농가 내 위생문제 뿐만 아니라 폐사가축 유래 질병의 전파로 인한 가축 생산성 저하와 농경지 및 지표수, 지하수 오염이 발생하는 등 환경·방역적 문제 등 지역사회 차원의 문제로 확대될 수 있다(NRF, 2014; Seol and Kim, 2016; MAFRA, 2018).

우리나라에서 높은 전염성으로 인해 가축의 대량폐사가 우려되는 제 1종 가축전염병인 구제역, 조류독감, 돼지열병은 각 질병별 정부부처, 지자체, 농가의 단계별 조치 사항 및 행동요령을 구체적으로 명시하고 있는 긴급행동지침(Standard Operating Procedures, SOP)을 마련하여 국가적 재난으로 중점관리되고 있으나, 일반폐사의 경우 농장에서의 표준화된 관리체계의 구축이나 방안의 제시가 이뤄지지 않아 현재 축산농가에서는 발생된 폐사가축을 대부분 농장 자체적으로 처리하고 있는 실정이다(NRF, 2014). 국내 축산농가에서 발생하는 일반 폐사가축은 「폐기물관리법」상에서 300 kg를 기준으로 생활폐기물과 사업장폐기물로 분리되어 폐기처분이 가능하나 다양한 형태를 지닌 폐사가축의 특성상 종량제 봉투의 이용이 사실상 불가능하고, 가축의 사체를 종량제 봉투에 넣더라도 처리물의 미관 상태와 악취, 야생동물에 의한 훼손 등으로 인해 폐기물 수거업체에서 수거를 하지 않거나 꺼리는 실정이다. 또한 축산농가에서도 비용 문제로 인해서 폐사가축의 폐기물처리를 부담스러워 하고, 각종 폐기물로 인해 매립지가 부족해지는 등 폐사가축을 대상 폐기물 처리 프로세스는 현재 제대로 작동하지 않고 있다고 할 수 있다(Hong, 2010; Seol and Kim, 2016).

우리나라에서 대표적으로 사용되고 있는 농가 내 관리방안으로는 폐사가축을 그대로 혹은 분쇄, 습식 열균처리 후 가축분뇨와 함께 퇴비화하거나, 농장 소유지 내 매물, 자체 연소 등이 있다. 「폐기물관리법 시행규칙」 별표 4의3에서 가축 사체는 재활용 유형 R-5-1, R-5-4에 따라 비료원(퇴비 포함)이나 자가 이용 퇴비로 사용 가능하다고 명시되어 있으나, 현재 비료공정규격 상 가축의 사체가 비료원으로 추가되어있지 않기 때문에 비료원으로 사용할 수 없어 법령 간 연계가 원활하지 않은 것으로 판단된다. 다만 「비료관리법 시행령」에서 축산농가에서 발생한 물질을 이용하여 1일 평균 1.5톤 이하의 부산물비료를 생산·판매하는 것을 예외적으로 허용하고 있어 농가 내 퇴비화는 현재 문제가 없으나 그 외에 방법은 합법적이지 않은 방법이라고

할 수 있다(Seol and Kim, 2016). 또한 농장 내에서 폐사가축 유래 질병원을 사멸시키기 위한 다양한 전처리 기술의 운영은 운전조건 미충족, 처리 후 부산물의 처리방안 미비, 처리시설 관리 및 유지 부실 등으로 인해 환경·방역학적 측면에서 최종적인 처리방법이라고 할 수 없어 추가적인 처리 과정이 요구된다. 무엇보다 축산농가의 경제성 측면에서 큰 영향을 미치지 않아 농장주가 적절한 처리의 필요성을 인지하지 못함에 따라 농가 수준의 폐사가축 관리방안에 대한 표준화 및 관리 감독 체계의 구축이 요구된다.

외국의 경우 1990년도 후반부터 각 국에서 발병한 병원성 조류 인플루엔자와 구제역, 돼지설사병으로 인해 대량으로 폐사한 가축의 처리방안에 대한 연구가 꾸준히 이뤄져왔으며(Costa and Akdeniz, 2019), 이와 동시에 농가에서 일상적으로 발생하는 폐사가축에 대한 법령과 관리 표준안, 축산농가의 처리방법 등이 보급되고 있다. 본 연구에서는 국내 농가 수준의 폐사가축 처리 가이드라인을 개발하기 위한 예비 연구로써 해외 국가들의 처리체계와 농가 내 폐사가축의 관리방안을 조사하고, 국내의 농업 환경 및 폐사가축 처리 실정을 고려한 폐사가축 관리 방향을 제시하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 해외의 가축 폐사가축 처리시스템 선진 국가인 미국, 캐나다, 영국, 네덜란드, 일본을 대상으로 폐사가축을 관리하기 위해 각국에서 시행되고 있는 법 제도와 관련 규정들을 조사하였으며, 축산농가에서 폐사가축의 발생 후 농가 내 이송·보관 방법, 농가 수준의 폐사가축 관리기술, 재활용 기술 등에 관련된 정부와 유관기관들의 지침 및 연구보고서, 학술논문을 조사·분석하여 국내의 현행 폐사가축 처리방법과 비교하였다. 이를 바탕으로 현재 국내 농업 환경과 가축 사육조건, 폐사가축 처리 실정, 정부 지원 방안 등을 고려하여 각국의 폐사가축 처리방안 및 시스템의 국내 적용 가능성과 적절성을 분석하였고, 우리나라의 농가 수준 폐사가축 관리 방향과 시스템 구축 방안을 제시하였다.

결과 및 고찰

1. 폐사가축의 처리체계

미국의 축산농가 내 폐사가축의 처리는 각 주에서 정하고 있는 동물보건법 혹은 위생 및 질병 관리법에 따르며, 각 주마다 세부적으로 상이한 내용을 포함하고 있으나 폐사가축을 일반적으로 발생하는 폐기물과는 분리하여 관리하고 있다. 소비를 위해 도축된 가축을 제외한 가축의 사체는 72시간 이내에 처리되어야한다고 명시되어있으며, 폐사가축의 처리를 위한 처리기술로 매몰, 소각, 렌더링, 퇴비화 또는 기타 승인된 처리방법의 사용이 가능하다고 제시하고 있다 (NABC, 2004; State of Minnesota, 2020). 미국의 폐사가축 관리·감독은 미국 농무부 (United States Department of Agriculture, USDA) 산하 미국동식물검역소 (Animal and Plant Health Inspection Service, APHIS)에서 수행하며, 농가 내 폐사가축 발생 시 농가 내 처리방법으로 시설 내 퇴비화, 시설 외 퇴비화, 에어커튼식 소각, 농장 내 매몰, 이동식 처리기를 활용하고, 농가 외 처리방법으로는 매립, 렌더링, 소각 방법을 이용하여 처리하는 것을 제안하고 있다 (APHIS, 2017).

캐나다에서는 폐사가축을 가축질병법, 폐기물관리법, 환경법 등 주마다 각기 다른 법주에 포함시켜 재활용 혹은 폐기물 처리하고 있으며, 주로 제안되는 처리방안은 렌더링, 매몰, 퇴비화, 소각, 자연처리 방안이 제시되고 있으나 자연처리는 대부분의 주에서는 추천하지 않으며 특정 조건이 충족된 경우에만 사용하도록 하고 있다.

영국 등 EU에서는 폐사가축을 위한 규정 (EC 1069/2009, EU 142/2011)을 제정하여 관리하고 있으며, 과거 광우병으로 인해 축산업에 큰 타격을 입었던 경험을 가지고 있어 폐사가축이 공공, 가축의 건강에 미치는 위험도에 따라 카테고리 1, 2, 3으로 구분하여 관리하고 있다. 카테고리 1은 전염성 질병에 대한 위험이나 수의 약물의 잔류물이 포함되어 있으며, 소의 뇌, 두개골, 눈, 혀, 척추, 편도, 회장원위부 등을 지칭하는 광우병 특정 위험물질 (Specified Risk Materials, SRM) 등이 해당되고 반드시 폐기처리되어야 한다. 카테고리 2는 일반적인 질병이나 자연폐사, 도태 등으로 인한 폐사가축 등이 해당되며 다양한 처리방법을 통해 생산된 부산물을 비료, 바이오에너지 생산, 화학제품의 재료 등으로 활용할 수 있다. 카테고리 3은 사람이 섭취가능한 부위와 도축 부산물이 포함되며, 카테고리 2 부산물

의 활용방안을 포함하여 추가적으로 동물성 사료원으로도 활용이 가능하다 (Kalbasi et al., 2008; EC, 2009, 2011).

일본의 「폐기물 처리 및 청소에 관한 법률 (시행령 제2조)」에 의하면 폐사축은 산업폐기물로 분류하며, 산업폐기물의 수집·운반·처리방법과 기준에 따라 폐기물이 처리되어야 하기 때문에 축산농가 자체에서 처리가 불가하다. 주요 폐사가축 처리방법으로는 소각 및 매몰 방법이 있으며, 화제장 내에서 렌더링 방법을 이용하여 육골분, 유지 등을 비료와 사료의 원료로 재이용하는 방법을 이용하고 있다.

2. 폐사가축 발생 시 행동요령

야생동물이 사체를 처리하도록 놓아두거나, 썩도록 방치하는 것이 자연적인 처리방법일 수 있지만, 질병 전파, 지표수와 지하수의 오염 가능성, 악취로 인한 민원 등의 우려로 인해 가능한 빠른시간 내 적절한 처리방안을 적용하는 것이 필요하다.

미국에서는 일반적인 가축의 폐사의 경우 농가 자체적으로 퇴비화 및 농가 내 소각을 적용하고 이를 처리하기 전까지 임시 보관하는 것으로 보고되었으며, 전염성 질병에 의해서 농장 내 대량 폐사가 발생했을 시 관리를 위해 자연 자원보호청에서는 질병발생 고지 - 살처분 - 운송 - 처리 등 단계별 표준 행동요령을 지침으로 제공하고 있다 (APHIS, 2017).

캐나다에서는 농장주가 폐사가축이 자연적으로 냉동될 수 있는 온도까지 떨어지는 겨울철 외부에 보관하지 않는 한 7일 이내에 처리해야 하며, 냉동실에 보관하거나 주 정부의 「동물보건법」에 따라 선임된 수의검사관의 처분 지시를 모든 준수하도록 명시하였다. 만약 약물이나 다른 화학물질로 안락사된 동물의 소유자는 화학성이 약해지는 시점에 야생동물이 폐사가축에 접근하지 못하도록 조치를 취해야 한다 (Alberta Government, 2015).

3. 농장 내 임시보관

미국 농무부의 미국자연자원보호청 (Natural Resources Conservation Service, NRCS)에서는 Animal Mortality Facility (Code 316)과 Emergency Animal Mortality Management (Code 368)에서 각각 일반 폐사와 대량 폐사 시 보관방법 및 시설 표준을 제시하고 있으며, 주변 자연환경으로의 오염을 감소시키고 악취 및 병원체의 확산을 주요 목

적으로 하고 있다. 발생한 폐사가축의 경우 농장 내 혹은 위탁처리를 통해서 처리되어지며, 이때 처리하기 전이나 수거차량이 도착할 때까지 폐사축을 임시로 보관할 수 있는 창고, 냉장장치 등의 저장시설이 요구된다(NRCS, 2015a, 2015b). 기본적으로 임시 저장시설은 벽, 지지구조물, 지붕 및 덮개 구조를 가지고 있어 비와 눈, 야생동물을 차단하며, 외부인과 생축의 안전을 위해서 저장시설의 주변에 접근 경고 표시를 하고 울타리, 잠금장치 등을 설치하여 저장시설을 보호해야 한다(NRCS, 2016). 발생한 폐사가축을 위탁처리할 경우 농가 내 지정된 보관장소에 플라스틱 등의 큰 용기에 단단히 포장하여 보관해야 한다. 또한 보관온도가 8~20°C인 경우, 폐사가축을 72시간 이상 보관할 수 없다(Mukhtar, 2015). 기본적인 임시보관 외에 폐사가축의 적절한 처리방법을 적용하기 전까지 사체가 분해되는 과정을 억제하는 역할을 하는 냉장장치는 후단의 폐사가축 처리방법에 따라 보관온도의 조절이 필요하며, 강우 및 직사광선으로부터 보호되어야 하고, 내구성 있는 재료를 사용하여 누수가 방지되어야 한다. 냉장보관 온도로는 처리방법에 따라 상이하하며, 기본적으로 7°C 미만의 보관온도에서 7일 이상 보관할 수 있고(Mukhtar, 2015), 렌더링 시 -5~-3°C, 퇴비화 및 연소, 소각 시에는 처리 시 필요한 연료량을 감축하기 위해서 동결보다 약간 더 높은 온도로 보관한다(NRCS, 2015a). 냉장장치의 규모는 예상되는 최대 사망률을 수용할 수 있도록 조정하며, 일일 사망률, 동물의 평균 체중 및 부피, 저장기간을 고려해야 하고, 가축의 체중 대비 부피비에 대한 자료가 없을 시 체중 대비 부피는 720 kg/m³를 기준으로 설정한다. 또한 장치의 안전성을 유지하기 위해 대체 전원의 공급이 필요하며, 불가할 시 운영 및 유지 보수 계획에서 폐사가축 처리를 위한 비상체제를 마련하도록 하고 있다(NRCS, 2015a).

캐나다의 식품검사청(CFIA, 2018)에서는 폐사가축의 수거·보관 시 방역적 위험을 완화하기 위해 폐사가축이 최대한 빨리 농가에서 제거되어야 하며, 가축 생산시설 및 사료, 깔짚, 장비 보관장소에서 충분히 떨어져 있어 폐사가축 수거차량이 농장시설과 접촉하지 않아야 한다고 제안하고 있다. 또한 폐기물의 보관은 밀폐된 누수 방지 용기에 보관하고, 대형가축의 경우 야생동물의 접근과 폐사축으로 인한 환경오염을 방지하기 위해 주위에 펜스가 설치된 콘크리트 패드에서 일시적으로 보관해야 한다. 캐나다 온타리오주 정부는 폐사가축의 냉동보관(약 -18°C 이하)

시 가축이 폐사한 후 최대 240일까지 보관이 가능하다고 제시하였다.

EU의 경우 폐사가축의 발생 시 대중의 신뢰를 얻을 수 있는 안전한 방식으로 처리해야하며, 이를 위해서 EU의(EC) 1069/2009 21조에서는 모든 동물의 부산물과 마찬가지로 ‘지체없이’ 폐사축을 수거, 운송할 것을 요구하고 있다. 가능한 빠른 처리가 이루어질 수 있도록 폐사가축의 보관 온도와 기후, 처리여건 등 다양한 요인들을 고려해야 한다. 미국과 마찬가지로 폐사가축의 보관시설은 야생동물 및 조류 등이 접근할 수 없는 구조여야 하며, 이를 위해 임시 보관 용기를 사용할 수 있다. 이때 보관용기의 조건으로는 폐사가축이나 침출수가 외부로 유출되지 않도록 덮개가 있어야 하며 주기적인 청소와 소독으로 청결한 상태를 유지해야 한다. 또한 사육중인 가축이 접근할 수 없어야 하고, 위탁처리 시 수거차량이 농장 부지 내 생축의 사육공간을 침범하지 않으면서 폐사가축을 수거하고 퇴장할 수 있는 곳에 보관해야 한다(EC, 2009).

EU 회원국 중 네덜란드는 2016년 기준 돼지 1,240만 마리, 소 320만 마리, 닭 9,440만 마리 이상이 밀집 사육되고 있으며(Statista, 2021), 이에 따른 가축전염병의 취약성이 있어 국가차원에서 방역의 중요성을 강조하고 있다. 네덜란드는 폐사가축 보관 시 중대형가축의 경우 별도의 보관함 없이 불침투성의 바닥을 가진 지면에 폐사가축을 놓고 그 위에 돔 형태의 덮개를 덮어 임시로 보관하는 방법을 사용하고, 무게가 25 kg 미만이거나 수거차량의 짐게로 짐을 수 없는 작은 폐사가축일 경우 원통형의 용기 혹은 보관함에 보관하는 방법이나 냉장·냉각 기능을 갖춘 저장고를 설치하여 폐사가축을 보관하는 방법, 냉장·냉동창고 저장 방법 등 폐사가축의 크기 및 농가 상황에 맞는 보관방법을 이용하고 있다. 폐사가축은 10°C 이하의 온도에서 최대 2 주까지 보관할 수 있으며, 순수한 가금류의 경우 5°C 이하에서 최대 4주의 법정 저장기간이 적용된다.

축산농가 자체에서 폐사가축의 처리가 불가한 일본도 축종별 폐사가축의 특징에 따라 보관방법을 달리 제시하고 있다. 자돈과 닭의 경우 운송업자에게 신고 후 폐사축은 냉장보관 해야하며 보관창고는 농장 입구와 가장 가깝게 배치한다. 산업폐기물에 해당하는 폐사가축은 최대한 단기간 보관되어야 하며, 보관장소에서 오염물질의 비산, 유출, 악취 발생, 야생동물 및 해충 방지 조치를 취해야 한다. 소의 경우 냉장보관이 어려운 관계로 즉시 수거하여 처리

하며, 이력추적시스템에 신고하고 소해면상뇌병증 (bovine spongiform encephalopathy, BSE) 검사 후 신속하게 위탁 처리 해야 한다.

4. 농장 내 처리

각 국의 폐사가축 체계에 따르면 폐사가축을 처리하는 여러 방법들의 적용이 가능하도록 법적으로 허용하여 폐

사가축을 폐기하거나 비료, 에너지화하고 있으나 농장 내에서 처리까지 가능하게 하는 것은 국가별 농장의 유형과 가축사육 환경, 환경·방역적 관리시스템 등에 따라 상이하다 (Table 1).

미국에서는 가축의 일반폐사 시 표준 (Animal Mortality Facility (Code 316))에 따라 폐사가축 처리 시 계획, 설치, 운영, 유지관리의 모든 측면에서 방역적 문제를 해결해야

Table 1. Comparison of carcass disposal guidelines/procedures in different countries.

Categories	USA	Canada	EU	Japan	South Korea
Laws and Regulations (regulatory)	- State regulations - Animal Mortality Facility (Code 316)	State regulations	- EC 1069 - EU 142	Waste treatment and cleaning act	- Waste control act - Act on the prevention of contagious animal diseases
Classification	- Animal by-product - Agricultural waste	- Animal by-product - Agricultural waste	- Animal by-product *Divide category 1, 2, 3 by health risks	Industrial waste	- Animal by-product - Agricultural waste
Carcasses storage	- Storage facility (normal, cold), refrigerator *Off-farm treatment: stored in an airtight, leak-proof container or facility • 8~20°C: within 72 hours • Below 7°C: more than 7 days • Temperature control of cold storage facility after treatment	- Stored in an airtight, leak-proof container or facility • Freezing (below -18°C): maximum 240 days *Large livestock: temporary storage in the concrete pad installed with fence - Sufficiently separated from livestock production facilities and feed, bedding material, and equipment storage areas	- Transfer/dispose without delay - Separate storage by category - Localized/designation area collection (No contact of vehicle and production area) - Use of sealed leak-proof storage container • Large Livestock: Cover • Small and medium-sized livestock: Cylindrical airtight container or refrigeration	- Transfer/dispose without delay or short-term storage *Cattle: report and dispose immediately after BSE test/inspection - No entrance from farm side - Control of contaminants and odor leakage, wildlife and pest	Not available
Disposal	Composting, burial, burning (approved), mobile processing device	Composting, burial, burning (approved), natural disposal	Prohibition on-farm disposal (rendering, incineration, landfill) *Exception: UK-allow the burial, and burning in inevitable situation (geographic or natural disasters)	Prohibition of on-farm disposal (rendering, incineration, burial)	Composting, incineration, landfill
Recycling	Compost, fertilizer, animal feed, bio-energy and chemicals		- Category 1: incineration and landfill - Category 2: bio-energy, fertilizer, chemicals etc. - Category 3: feed, bio-energy, fertilizer, chemicals etc.	Fertilizer, feed	Compost (on farm)

하며, 지자체의 허가를 받아야 한다. 처리장소는 악취의 확산 가능성을 최소화하고 외부에 노출되지 않도록 차단될 수 있어야 한다. 또한, 홍수 및 범람원에 의한 침수 가능성, 수자원으로부터의 격리 여부, 지표면 및 지하로의 유출수 관리가능 여부, 농가 내·외부차량의 이동경로 등을 고려하여 처리 위치를 선정한다. 일반폐사 시 농장 내 처리방법으로는 퇴비화 및 소각이 제시되고 있다 (NRCS, 2015a).

캐나다에서 발생한 폐사가축은 동물보건법에 따라 사망 후 7일 이내에 허용 가능한 방식으로 처리되어야 하며, 퇴비화, 소각, 매장, 렌더링 또는 자연처리될 수 있다 (Alberta Government, 2011). 이 중 농장 내 처리를 위해 사용가능한 방법은 매물과 소각, 퇴비화가 있으며, 폐사가축 폐기 규정에 명시하고 있다. Cleary et al. (2010)에 따르면 캐나다는 렌더링 처리가 대부분의 주에서 선호되었으나 2007년 캐나다 식품검사항청 (Canadian Food Inspection Agency, CFIA)에서 폐사가축의 렌더링을 통한 사료화를 금지하였으며, 렌더링을 대체하기 위한 비용 대비 가장 효율적인 방안으로는 퇴비화 또는 매물과 같은 농장 내 처리방안인 것으로 보고하였다 (Cleary et al., 2010).

이와 대조적으로 EU에서 BSE/TSE (transmissible spongiform encephalopathy) 등 ((EC) 1069/2009 8조) 고도의 위험요소가 포함된 가축 및 부산물인 카테고리 1은 소각 등 열처리, 매물 처리해야 하고, 기타 질병으로 인한 폐사나 자연적으로 폐사한 가축의 경우 폐사가축의 농장 내 매물 및 연소로 인한 가스 및 침출수 등 유해요소로부터 환경 및 인간과 동물의 건강을 보호하기 위해서 2003년 이후로 모든 EU 회원국에서 금지되었으며, 렌더링, 알칼리 가수

분해 등 허가받은 폐기물 수집업체를 이용한 위탁처리가 우선시되고 있다 (EC, 2009; Gwyther et al., 2011). 특히 네덜란드의 경우 지형적인 특징으로 인해 폐사가축의 농가 내 퇴비화와 매물을 엄격하게 금지하고 있으며, 농가 내 설치되어 있는 보관시설에 임시 보관한 후 렌더링 업체에 연락하여 수거하는 국가적 차원의 시스템이 갖춰져 있다. 운영되고 있는 2개의 렌더링 공정은 최대 2,000 톤/일의 처리 용량을 가지고 있으며, GPS를 통한 실시간 폐사가축의 처리현황을 모니터링하고 있다. 한편 영국에서는 애완동물의 사체, 지정된 지역 (지리 및 기후적 요인), 안전 혹은 자연재해 등으로 인해 폐기물 수거를 위한 접근이 용이하지 않은 경우 등 피치못할 상황에서 농장 내 매물 및 연소를 허용하고 있다 (DEFRA and APHA, 2014).

일본 또한 폐사가축의 농장 내 처리를 금지하고 있으며, 농장에서 임시 보관 후 산업폐기물로서 소각 후 매립하거나 비료 및 사료원으로 재활용하기 위해 렌더링 처리하는 체계를 가지고 있다. 폐사가축의 재활용은 「비료단속법」과 「사료의 안전성 확보 및 품질 개선에 관한 법률」에 근거하여 수행되어야 하며, 비료와 사료 원료로 사용되는 각 물질의 주요성분의 최소 함량, 유해 성분의 최소 함량 등의 기준이 제시되어 있다.

5. 농장 내 처리방법

각 국의 폐사가축 처리관련 법률 및 규정을 종합해보면 농장 내 처리방법으로 크게 매물, 퇴비화, 소각 방안이 제안되고 있으며, 각 처리방법별 처리 시 이행해야하는 규정을 명시하고 있다 (Table 2).

Table 2. Guidelines and regulations for on-farm treatment of livestock mortalities in USA, Canada and South Korea.

Treatment Guidelines/Regulation	Burial			Composting		
	USA	Canada	South Korea [†]	USA	Canada	South Korea
Maximum weight per pit (kg)	700, 2,500	700, 2,500	500,000	-	-	-
Minimum cover area (m)	0.6~1.8	0.6~1.0	1.0	-	-	-
Minimum distance from pit bottom to groundwater (m)	0.3~2.4	0.6~4.0	1.0	-	-	-
Required moisture content	-	-	-	40~60	40~65	-
Required C:N ratio	-	-	-	15:1~40:1	25:1~40:1	-
Minimum temperature. and required days (°C, d)	-	-	-	55, 5	54~60, 3	-
Minimum distance to watercourse (m)	30~90	15~100	30	60	15~100	-
Minimum distance to well (m)	30~90	30~300	75	60	30~100	-
Minimum distance to residence (m)	30~90	-	-	60	100~600	-

[†] Burial guidelines for livestock (stamping out).

매물은 가장 전통적인 폐사가축 처리방법으로 환경적 조건이 적합한 토양에 일정한 크기의 구덩이를 파고, 방수 처리를 한 후 폐사한 가축을 묻어 외부환경과 격리시키는 기술이다. 매물 시 처리장소의 위치에 대한 기준은 미국과 캐나다에서 주마다 상이하다. 캐나다 알버타주의 동물보건법에 따르면 매물의 경우 대규모 폐사 (2,500 kg 미만), 소규모 폐사 (100 kg 미만)으로 나누고 있으며, 두 경우 모두에서 농장 내 토지에 매물할 수 있다. 대규모 폐사의 경우 물 유입구, 하천, 연못, 강 등 수원지와 주거지, 타인 토지의 경계로부터 100 m 이상, 하천 제방의 가장자리로부터 25 m 이상, 다른 농장 매물지로부터 최소 10 m 이상 대상과 거리를 두어야 하고, 소규모 폐사의 경우 수원지로부터 50 m 이상, 제방의 가장자리로부터 25 m 이상, 모든 주거지 및 타인 토지의 경계로부터 100 m 이상 이격되어야 한다. 또한 모든 매물 시 폐사가축의 무게 10 kg 당 0.5 kg의 생석회를 도포해야 하며, 매물 후 최소 1 m 이상의 흙을 덮어주어야 한다 (Alberta Government, 2011). 폐사가축의 매물 시 토양 내 미생물에 의한 흡착, 여과 (Beal et al., 2005), pH, 물의 유속, 기질 입자의 크기 (John and Rose, 2005) 등에 의해서 수원지로 유출되는 병원균의 양이 적을 것으로 보고되었으며, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 첨가 시 병원균의 생존과 외부 병원체 전이 가능성을 효과적으로 감소시키는 것으로 나타났다 (Sánchez et al., 2008). 그러나 EU에서는 매장된 폐사가축 유래 물질이 토양과 수원지를 오염시키고, 인간의 음식, 동물의 먹이사슬에 유입되어 질병을 유발할 가능성 때문에 농장 내 폐사가축의 매물을 금지하고 있다 (EC, 2009).

폐사가축의 퇴비화는 호기적인 조건에서 미생물이 자연적인 생물학적 분해과정을 통해 물질을 안정화시키는 처리방법으로 미국과 캐나다 모두 농장 내 퇴비화를 권장하고 있으며, 미국 농무성에서는 퇴비화 시 저투과성 토양이나 콘크리트, 기타 방수재료를 이용하여 토양으로의 유출 최소화하고 해수면 대비 60 cm 이상의 높이, 수원지로부터 60 m 이상 (USDA, 2017) 떨어진 곳에서 수행해야 하며, 퇴비의 원료의 양과 성상, 장비, 노동력, 시간, 이용 가능한 토지 및 가축의 사망률에 근거하여 퇴비화 방법 및 시설 규모를 선정해야 한다고 제안하고 있다. 또한 퇴비화 중 전체 퇴비단에 걸쳐 평균 5일 동안 온도가 55°C 이상을 유지해야 하고, 퇴비단 온도가 하강 후 다시 상승하는 2차 퇴비화를 진행해야 하며, 윈드로우 퇴비화를 적용한 경우 퇴

비의 온도는 최소 5회 교반회수로 15일 동안 55°C 이상을 유지해야 한다고 명시하고 있다. Kalbasi et al. (2005)에 따르면 폐사가축의 퇴비화 과정에서 1차 고온성 단계에서 수주동안 70°C까지 온도가 상승하였으며, 이후 수개월간 30~40°C를 유지하는 2차 중온성 단계를 나타냈다고 보고하였으며, 국내에서는 구제역으로 예방적 살처분되어 매몰되었던 돼지 사체를 대상으로 돈분과 퇴비를 혼합하여 퇴비화를 실시한 결과 50°C 이상에서 39일간 지속되어 99.7%의 분해율을 나타내었다 (Won et al., 2016).

소각은 폐사가축을 850°C 이상의 온도에서 열처리하는 방법 (EC, 2009)으로 농장 내 소각을 위해 미국에서는 농장 내 폐사가축의 소각이나 가스화 시 반드시 지자체로부터 승인된 장치를 이용해야 하며, 재연소 장치를 통해 각 주에서 제한하는 대기오염물질의 배출요건을 충족시킴과 동시에 모든 시설을 기준으로 최소 6 m 이상 이격되어야 한다고 규정하고 있다. 일일 가축의 폐사율과 냉장시설을 연계 설비하여 연료 사용 효율을 향상시킬 수 있으며, 처리 후 생산되는 재는 농경지의 양분관리를 위해 살포하거나 매립 등 폐기할 수 있는 수단을 확보해야 한다 (NABC, 2004). 농가 수준에서는 폐사가축을 농업부산물이나 식물성 연료원을 이용하여 태우는 연소 방법을 이용해왔으나 야외연소 시 발생하는 미세먼지 (PM 10)와 불충분한 온도로 인한 다이옥신, 퓨란 등 대기오염 및 발암물질 발생으로 인해 영국에서는 야외 연소방법을 중단하였다 (Scudamore et al., 2002). 그러나 규정에 맞춰 처리할 시 효과적으로 변형 프리온 단백질까지 파괴할 수 있으며 (NABC, 2004), 재는 매립 혹은 토양개량제로 사용할 수 있다 (Paisley and Hostrup-Pedersen, 2005).

6. 국내 축산농가의 폐사가축 처리 방법

국외에서 수행되고 있는 농가 수준의 폐사가축 처리방안 중 매몰과 소각은 폐기, 퇴비화는 비료로 재활용하는 방안으로, 폐기와 비료화의 기준은 해당 국가의 가축사육 환경과 토양 양분 현황을 기준으로 관리 방향을 산정하는 것이 타당하다.

우리나라에서 농가 내 매물은 현재 불법으로 규모화, 전업화된 축산농가들로 인해 다른 국가에서 권장하고 있는 수원지와 주거지, 도로 등과의 이격이 현실적으로 어렵고, 방수 시스템의 미흡으로 인한 토양 및 수 환경의 오염 우려가 높으며, 축산농가 소유의 토지면적도 충분하지 않아 이

를 농가에 제안하기는 어려울 것으로 사료된다.

소각의 경우 초기 설치 및 운영비용, 유지관리가 농가 수준에서는 부담스러울 것으로 판단되며 소각로 내 불완전 연소 시 발생하는 다이옥신과 퓨란 등 인간에게 유해한 오염물질이 발생할 가능성으로 인해 농가수준에서 처리하기보다 대형 소각시설로 위탁하는 방향이 바람직할 것으로 판단된다.

축산농가 내에서 보편적으로 이용하고 있는 퇴비화는 가축분뇨로부터 생산된 퇴비의 일부가 적절한 부숙과정을 거치지 않거나 완숙되지 않은 상태로 토양에 살포되어 왔으며, 환경오염에 대한 우려로 인해 2020년 3월부터는 시행된 ‘퇴비 부숙도 검사 의무화’가 시행되기에 이르렀다. 연 1~2회 퇴비의 부숙도를 측정해야하는 축산농가에서 기존의 가축분뇨에 폐사가축이 함께 퇴비화된다면 퇴비의 부숙도 기준을 충족시키는 것이 보다 어려워질 것으로 예상되며, 미부숙 퇴비 내 잔존하는 폐사가축 유래 병원체로 인해 퇴비의 살포 시 질병의 전파 가능성이 제기되고 있다. 더불어 OECD에서 산출한 우리나라의 농경지 내 양분수치는 질소 212 kg/ha, 인 46 kg/ha로 OECD 회원국 기준 질소는 1위, 인은 2위에 해당하는 양분잉여 최상위국이며 (OECD, 2020), 폐사가축의 경우 다량의 양분을 함유하고 있어 국내의 농경지 양분관리 현실에서 폐사가축의 비료화 시 토양 내 양분의 집적을 더욱 심화시키는 결과를 가져올 수 있다.

따라서 장기적인 관점에서 우리나라는 조사된 국가 중 우리나라와 가축 사육환경이 유사한 EU (영국, 네덜란드 등)와 일본의 처리체계인 전량 전문처리업체로의 위탁이 환경·방역적 측면에서 바람직할 것으로 사료된다. 이를 위해 정부 및 관계부처, 학계에서의 농가 내 폐사가축 처리를 위한 방안 마련 및 지침의 제시가 선행되어야 하며, 농가에서는 폐사가축의 발생 즉시 수거하여 안전하게 보관하는 시설을 운영함으로써 국내 폐사가축 처리시스템의 한 축을 담당해야 한다. 전문처리업체에서는 소각, 매립, 렌더링, 알칼리 가수분해 등 처리기술을 활용하여 폐기 혹은 토양 배제형 재활용 체계를 구축하는 것이 가장 이상적일 것으로 판단된다.

그러나 현재 축산농가의 폐사가축 처리 현실에서 급작스럽게 폐사가축 처리를 위탁처리로 일원화한다면 농가의 경제적 부담과 관리·감독 시스템의 부재로 인한 관행 처리가 지속될 수 있으므로 현재의 농가 내 폐사가축 처리

방안을 환경·방역적으로 안전하도록 개선하고, 점진적으로 위탁처리를 확대하는 단계적 접근이 요구되며, 동시에 보관-수거-운송-처리 체계의 표준화와 현재 축산농가 지원사업으로 보급되고 있는 폐사가축 처리기의 표준화와 위탁처리 시스템 내 연계 방안도 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 해외 국가들의 처리체계와 농가 내 폐사가축의 관리방안을 조사하여 국내 축산농가에서 적용가능한 폐사가축 관리방향에 대해 논하였다. 해외 각 국에서는 법과 주별 규정을 통해 폐사가축을 별도로 처리해야하는 물질로 인식하고 축산업의 특성, 주변 농업환경을 고려하여 농가 내·외 처리와 전량 위탁처리, 폐기와 재활용으로 구분하여 폐사가축을 적절히 처리하기 위한 방안을 지침으로 축산농가와 처리업체에 제공하고 있어 우리나라 또한 국내 축산농가를 위한 명확한 폐사가축 처리체계 및 관리방안의 제시가 반드시 필요하다. 우리나라의 경우 농가 내 폐사가축 및 폐사가축 유래 양분을 수용할 수 있는 토양이 부족한 현실에서 농가 내 퇴비화나 매몰 등 주변 토양으로 유입되는 처리방법 보다 전문적인 지식과 기술, 설비를 갖춘 폐사가축 처리시설로의 위탁처리가 환경·방역적으로 효과적일 것으로 판단되며, 축산농가 내 폐사가축 처리방안을 개선하고, 점진적으로 위탁처리를 확대하는 단계적 접근책이 필요할 것으로 사료된다.

사사

본 연구는 농림수산물식품기술기획평가원 농촌현안해결리빙랩프로젝트사업(과제번호, 120100-03)의 지원으로 수행되었으며, 일부 2021년도 강원대학교 대학회계의 지원을 받았음.

인용문헌

- Alberta Government, 2015. Livestock mortality management (disposal). Agdex 400/29-1. Alberta Agriculture and Rural Development, Edmonton. Canada.
- APHIS, 2017. Emergency carcass management: Desk reference guide. In Foreign Animal Disease Preparedness & Response Plan. USDA Animal and Plant Health Inspection Service,

- Fort Collins, USA.
- Beal, C.D., Gardner, E.A., Menzies, N.W., 2005. Process, performance, and pollution potential: A review of septic tank-soil absorption systems. *Soil Research*, 43, 781-802.
- CFIA, 2018. National biosecurity standard for livestock, poultry and deadstock transportation. Canadian Food Inspection Agency, Hamilton, Canada.
- Cleary, B.A., Gordon, R.J., Jamieson, R.C., Lake, C.B., 2010. Waste management of typical livestock mortalities in Canada: An overview of regulations and guidelines. *Canadian Biosystems Engineering*, 52, 6.11-6.17.
- Costa, T., Akdeniz, N., 2019. A review of the animal disease outbreaks and biosecure animal mortality composting systems. *Waste Management*, 90, 121-131.
- DEFRA and APHA, 2014. Guidance for the animal by-product industry. A collection of guides for anyone working with animal by-products (ABPs), including how to process, transport, store and dispose of them. Department for Environment, Food & Rural Affairs and Animal and Plant Health Agency, London, UK.
- EC, 2009. Regulation (EC) No. 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 laying down health rules as regards animal byproducts and derived products not intended for human consumption and repealing regulation (EC) No. 1774/2002 (animal by-products regulation). *Official Journal of the European Union*, Brussels, Belgium, L300, 1-33.
- EC, 2011. Commission Regulation (EU) No. 142/2011 of 25th February 2011 implementing Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the border under that Directive. *Official Journal of the European Union*, Brussels, Belgium, L54, 1-254.
- Gwyther, C.L., Williams, A.P., Golyshin, P.N., Edwards-Jones, G., Jones, D.L., 2011. The environmental and biosecurity characteristics of livestock carcass disposal methods: A review. *Waste Management*, 31, 767-778.
- Hong, J., 2010. Farm animal mortality management practices in Suncheon-si. *Journal of Livestock Housing and Environment*, 16, 245-252.
- John, D.E., Rose, J.B., 2005. Review of factors affecting microbial survival in groundwater. *Environmental Science & Technology*, 39, 7345-7356.
- Kalbasi, A., Mukhtar, S., Hawkins, S.E., Auvermann, B.W., 2005. Carcass composting for management of farm mortalities: A review. *Compost Science & Utilization*, 13, 180-193.
- Kalbasi, A., Schutz, M.M., Auvermann, B.W., 2008. Carcass rendering systems for farm mortalities: A review. *Journal of Environmental Engineering and Science*, 7, 199-211.
- MAFRA, 2018. Livestock carcass management plans. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, South Korea.
- MAFRA, 2020. Policy Briefing: Intensive management of farms and facilities that cause livestock odor. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Sejong, South Korea.
- Mukhtar, S., 2015. Routine and Emergency Burial of Animal Carcasses. Texas A&M AgriLife Extension Service, College Station, USA., E-599. 03-12.
- NABC, 2004. Carcass disposal: A comprehensive review. Report written for the USDA Animal and Plant Health Inspection Service. National Agricultural Biosecurity Centre, Kansas State University, Manhattan, USA.
- NRCS, 2015a. Animal mortality facility. Code 316 (No.). In Conservation Practice Standard. USDA Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C., USA.
- NRCS, 2015b. Emergency animal mortality management. Code 368 (No.). In Conservation Practice Standard. USDA Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C., USA.
- NRCS, 2016. Waste storage facility. Code 313 (No.). In Conservation Practice Standard. USDA Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C., USA.
- NRF, 2014. A strategy of building an environment-friendly disposal system for animal carcass. National Research Foundation of Korea, Daejeon, South Korea
- OECD, 2020. Nutrient balance. OECD Data. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris, France. (retrieved 2021.4.2.).
- Paisley, L.G., Hostrup-Pedersen, J., 2005. A quantitative assessment of the BSE risk associated with fly ash and slag from the incineration of meat-and-bone meal in a gas-fired power plant in Denmark. *Preventive Veterinary Medicine*, 68, 263-275.
- Sánchez, M., González, J.L., Gutiérrez, M.D., Guimaraes, A.C., Gracia, L.N., 2008. Treatment of animal carcasses in poultry farms using sealed ditches. *Bioresource Technology*, 99, 7369-7376.
- Scudamore, J.M., Trevelyan, G.M., Tas, M.V., Varley, E.M., Hickman, G.A.W., 2002. Carcass disposal: lessons from Great Britain following the foot and mouth disease outbreaks of 2001. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 21, 775-784.
- Seol, S.S., Kim, G.H., 2016. Proposal for carcass recycle center to improve agricultural environment. *Journal of Environmental Policy and Administration*, 24, 121-148.

- State of Minnesota, 2020. Livestock mortalities. 35.815. In Minneste statutes 2020. The State of Minnesota, St. Paul. USA. (retrieved 2021.1.15.).
- Statista, 2021. Number of animals in livestock farming in the Netherlands in 2016. (retrieved 2021.4.8.).
- USDA, 2017. Livestock mortality composting protocol. Composting Livestock 2017. United States Department of Agriculture, Washington, D.C., USA.
- Won, S.G., Park, J.Y., Rahman, M.M., Park, K.H., Ra, C.S., 2016. Co-composting of swine mortalities with swine manure and sawdust. Compost Science & Utilization, 24, 42-53.