

일본의 가축분뇨처리 기술 동향*

이 셋 벨
(일본 국립정책연구대학원 석사)

1. 들어가면서

축산업은 급격한 소득 증대와 그로 인한 생활양식 및 소비 습관의 변화로 1970년대 이후 발전을 지속하여 왔다. 소득이 증대됨에 따라 인류의 식단에서 육류가 차지하는 비중이 증가하였고, 사육 가축의 수 또한 증가하여 축산업 규모 확대가 이루어졌다. 축산업은 농업 생산액 측면에서도 전체 농업의 3분의 1이상을 차지하면서(통계청 2016) 곡물 등 전통 농업분야 소득의 감소분을 상쇄하였다. 축산업이 성장하면서 축산 농가들은 각자 사육하고 있는 가축이나 생산하는 축산물에 특화된 시설 및 기술 개발에 투자를 시작하면서 전업화 형태로 발전하였다.

<표 1>에서 보는 바와 같이 국내 축산업 생산액 또한 지난 6년간 증가추세를 보였다. 구제역 등 축산 농가에 큰 타격이 있었음에도 불구하고 축산업이 계속 성장할 수 있었던 것은 크게 두 가지 요인으로 나누어 살펴볼 수 있다. 첫 번째는 소득 증가로 인해 육가공제품에 대한 수요가 전반적으로 증가한 것이다. 기존 소비규모가 컸던 돼지고기는 구제역을 겪으면서 2011년 잠시 주춤했지만 이후 계속해서 안정적인 증

* (cette.belle@gmail.com) 일본 농림수산성 자료와 각 현 정부(아오모리, 미야자키, 이시카와 현) 발표자료 및 기술 동향 관련 자료를 참고하여 작성함.

가세를 보였다. 한우와 육우 또한 2011년 감소세에서 반등하여 계속 성장하고 있다. 이와 같이 돈육과 한육우 생산액이 증가할 수 있었던 것은 농가별 양축 규모가 계속 확대되어 전업화 형태를 이루었기 때문이다. 구제역, 광우병 등의 큰 타격이 있었지만 양축 규모의 경제화를 통해 위기를 극복하고 공급 역량을 확대했다. 축산 농가의 생산 규모가 커지면서 생산 효율화를 추구하게 되고, 이는 기술 발전, 경영효율화로 이어졌다.

표 1. 국내 축산업 생산액 규모 추이

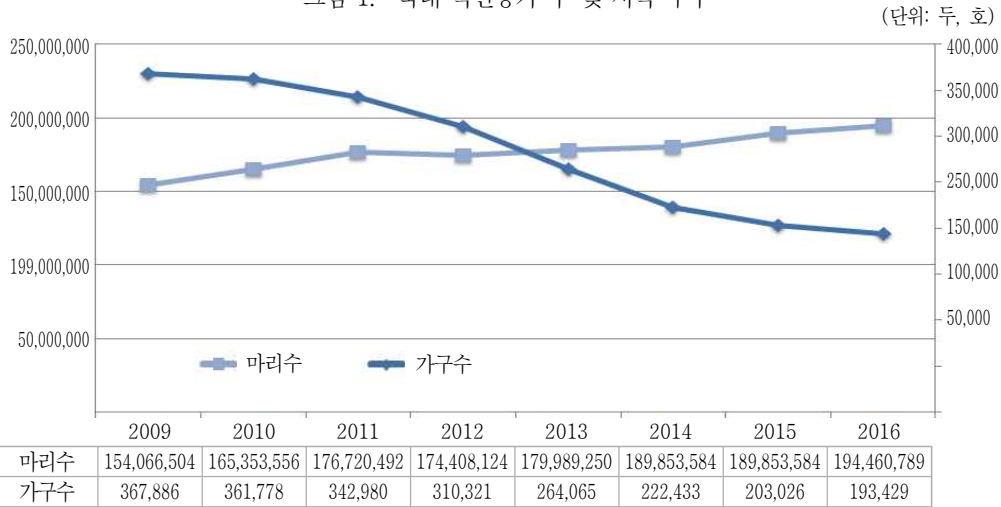
(단위: 십억 원)

구분	2010	2011	2012	2013	2014	2015
축산업	17,471.4	14,990.9	16,022.5	16,232.8	18,781.9	19,125.7
가축	13,752.2	11,277.1	12,123.7	12,040.4	14,158.1	14,533.1
- 한육우	4,863.3	3,052.7	3,473	3,682.3	4,285.3	4,707.7
- 한우	4,582	2,839.3	3,263	3,506.2	4,025.5	4,440.9
- 육우	281.3	213.4	210	176.1	259.7	266.8
- 젖소	24.1	-19	76.7	59.4	50.6	30.6
- 돼지	5,322.7	4,544.6	5,348.2	5,009.5	6,615.1	6,967.1

자료: 농림축산식품부(2016),

축산농가가 전업화됨에 따라 대규모 축산농가만이 살아남아 축산농가 수는 점차 줄어들었지만 가축 사육두수는 증가하게 되었다. 구체적으로 2009년부터 2016년까지 축산농가수와 가축 사육두수의 추이를 보면 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 소규모 농가수를 모두 포함한 전체 축산농가 수는 계속해서 감소하는 추세를 보이고 있는 반면, 가축 수는 계속 증가 추세를 보이고 있다. 이는 축산 농가의 전업화를 증명하는 것으로 적은 수의 축산농가가 더욱 많은 가축을 기르고 있음을 나타낸다. 실제 <표 2>를 통해 구체적으로 살펴보면 2016년 전국 축산 농가 수(소규모 포함)는 19만 3,429호로 2015년(20만 3,026호) 대비 4.7% 감소한 반면 전체 사육두수는 1억 9,446만 789두로 2015년(1억 8,985만 3,584두) 대비 2.4% 증가했다. 이와 같이 국내 축산업은 전업화 형태로 발전해가고 있으며 가구 수는 줄어들고 있지만, 축산 생산액과 가축 마리수를 통해 본 산업규모는 더욱 증가하고 있다.

그림 1. 국내 축산농가 수 및 사육 두수



자료: 통계청(2016),

표 2. 국내 축산농가 축종별 사육 가구수 및 사육 두수

(단위: 호, 두)

구분	2009		2010		2011		2012	
	가구수	마리수	가구수	마리수	가구수	마리수	가구수	마리수
한육우	174,637	2,634,705	172,069	2,921,844	162,929	2,949,664	146,930	3,058,601
한우	169,011	2,477,043	166,226	2,761,576	157,559	2,819,674	141,495	2,932,815
육우	5,970	157,662	6,185	160,268	5,693	129,990	5,853	125,786
젖소	6,767	444,648	6,347	429,547	6,068	403,689	6,007	420,113
돼지	7,962	9,584,903	7,347	9,880,632	6,347	8,170,979	6,040	9,915,935
닭	3,539	138,767,543	3,604	149,199,689	3,403	149,511,309	3,144	146,835,639
오리	-	-	-	-	981	12,735,187	852	11,161,324

구분	2013		2014		2015		2016	
	가구수	마리수	가구수	마리수	가구수	마리수	가구수	마리수
한육우	124,218	2,917,929	103,837	2,759,273	94,360	2,676,425	89,879	2,716,876
한우	119,056	2,810,187	99,285	2,670,031	89,403	2,561,179	85,040	2,585,211
육우	5,372	107,742	4,847	89,242	5,130	115,246	5,023	131,665
젖소	5,830	424,202	5,693	430,678	5,498	411,342	5,354	404,293
돼지	5,636	9,912,204	5,177	10,090,286	4,909	10,186,898	4,574	10,366,779
닭	3,087	151,337,054	2,989	156,410,352	3,004	164,130,962	2,993	170,146,939
오리	866	10,898,806	605	7,539,388	722	9,771,532	566	8,109,026

주 1) 닭은 3,000마리 이상 사육가구만 전수 조사함.

2) 오리는 2011년부터 2,000마리 이상 사육가구를 대상으로 전수 조사함.

자료: 통계청(2016),

축산농가의 전업화는 축산 능력 발전과 축산물의 품질 개선, 농가 운영기술 발전 등의 긍정적 효과가 있는 반면에 큰 부작용을 야기했다. 사육규모의 대형화로 인해 한정된 지역에서 다량의 가축분뇨가 발생하게 되었으며, 그로 인해 가축분뇨의 저장 및 처리 시설에 관한 논의가 주요 관심사로 부각되었다. 특히 물 사용량이 많고 배합 사료 위주의 운영 형태를 가진 양돈농가의 경우는 분뇨의 오염지수가 높고, 액상 분뇨양이 많아 이를 스스로 저장하여 처리하기에 기술적으로나 비용 측면에서 역부족이라는 목소리가 제기되어 왔다.

아래 <표 3>은 2014년까지 국내 가축분뇨 발생량 및 처리현황을 나타낸다. 축산업의 규모화가 진행됨에 따라 우리나라의 가축분뇨는 2012년 크게 증가한 바 있지만, 이를 완전히 육상에서 처리하는 데 어려움을 겪고 있다. 통계청(2016)에 따르면, 돼지, 가금류의 사육 마리수가 증가함에 따라 2014년도 전국 가축분뇨 발생량은 17만 5,600 m³/일로 전년(17만 3,000m³/일) 대비 증가하였다. 그러나 신고가 완료된 농가, 일정 규모 이상 농가에서의 2014년도 분뇨 처리 방법별 현황을 살펴보면 자원화(퇴비, 액비) 처리율(89.3%), 정화처리율(1.0%), 위탁처리 등의 처리율(9.7%)로 작년과 동일한 수준으로 머물렀다.

표 3. 국내 가축분뇨 발생량 및 처리현황

(단위: 호, 천 두, m³/일, %)

구분	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
축산농가수 (호)	189,666	212,143	223,988	233,355	212,794	213,607	
가축사육두수 (천 두)	179,219	208,274	215,499	224,208	235,144	240,176	
가축분뇨발생량 (m ³ /일)	135,761	135,653	128,621	177,105	173,052	175,651	
가축분뇨 처리현황	가축분뇨처리 가구 계	71,050	72,998	76,731	81,080	77,008	80,053
	자원화 가구	63,236	65,688	69,277	73,530	68,731	71,519
	(자원화 구성비,%)	89	90	90.3	90.7	89.3	89.3
	정화처리 가구	1,658	1,366	763	808	791	804
	(정화처리 구성비,%)	2.3	1.9	1	1	1	1
	기타(위탁처리 등) 가구	6,156	5,944	6,691	6,742	7,486	7,730
(기타 구성비,%)	8.7	8.1	8.7	8.3	9.7	9.7	

주 1) 축산농가수는 소규모 축산농가 포함.

2) 가축분뇨처리현황은 신고, 허가 대상 규모의 처리현황임(소규모 처리 제외).

3) 2014년 기준 입력일: 2016년 하반기.

자료: 환경부(2016),

이는 2012년 이전까지는 일정량 정화 후 해양방출을 통해 해소 가능했으나, 2012년 이후 전면 금지되어 모두 육상처리를 해야 하기 때문에 다음과 같은 문제점을 야기한다. 우선 가축분뇨는 악취가 심해 숙성 또는 처리 없이 바로 퇴비로 사용될 경우 작물을 오히려 죽일 수도 있어 처리 시설이 필수적이다. 두 번째로 기존 화학비료의 가격이 점점 하락해 농가에서 이를 고수하게 될 경우 가축분뇨에 대한 수요가 정체되어 토양 양분 과잉과 수질 오염을 유발할 수 있다.

이러한 문제의식에 착안하여 본고는 우선 가축분뇨의 특성에 대해 알아보고, 가축분뇨 처리 기술 활용이 대두된 배경을 알아보고자 한다. 분뇨 처리기술 활용 필요성이 대두된 배경을 친환경 축산의 측면과 자원 활용의 측면에서 살펴봄으로써 다각도에서 가축분뇨 활용의 필요성을 제기하고자 한다. 다음으로 기술 동향에 대한 인식 및 이해를 제고하기 위해 가축분뇨 처리기술의 원리와 종류를 간략하게 알아보도록 한다. 마지막으로 가축분뇨를 처리하여 활용하고 있는 일본의 선진사례를 살펴보고 주요 쟁점 도출을 통해 국내 기술 확대에 대해 현실적으로 검토해보는 계기를 마련하고자 한다.

2. 가축분뇨 처리기술

2.1. 분뇨 처리기술 활용의 필요성

2.1.1. 친환경 축산

최근 국내외 환경에 대한 관심이 높아짐에 따라 이산화탄소 감축 정책, 탄소세 도입 등 국제적 차원에서 오염물질 및 가스에 관한 통제 정책이 강화되고 있다. 실제 2010년 집계된 국내 온실가스 발생량은 6억 6,900만 톤으로 OECD 선진국 내 높은 순위를 차지하고 있으며 특히 그중 농업분야가 2,126만 톤으로 3.2%를 차지하고 있다(환경부 2010).

가축분뇨는 대기오염의 원인뿐만 아니라 토양오염과 하수오염의 주원인으로도 인식되고 있으며, 이 부분에 있어서도 규제가 강화되고 있다. 관련 규제의 흐름을 살펴보면 다음과 같다. 친환경 축산업 구현을 통해 자연 순환 업 기반을 다지고자 국내 가축분뇨에 대한 통제를 강화하기 시작한 것을 2012년 가축분뇨 해양배출 금지(12.1.1) 제도일 것이다. 가축분뇨 해양배출 금지를 통해 연도별 해양배출량을 2006년에는 261만 톤, 2008년에는 146만 톤, 2010년에는 107만 톤으로 점차 감소시키고 2012년에 비로소 0톤으로 전면 통제된 것이다. 이를 통해 연간 해양배출 물량은 154만 톤

으로 감소하였고, 처리비용 154억 원을 절감하는 효과를 거둔 바 있다. 이와 더불어 논산, 김제, 진천, 파주, 영광, 경주, 청원 등 우수 사례를 선정하고 전파하는 활동을 통해 자연순환 농업의 필요성 인식을 제고하고자 하였다. 또한 2016년 새롭게 개정된 바 있는 가축분뇨법은 배출시설 허가·신고 의무가 종전에는 신규로 설치하려는 자에게만 있었으나, 이번에 이미 설치하여 운영 중인 자까지 확대된 것을 주요 내용으로 하고 있으며, 가축분뇨 처리에 대한 인센티브 개선 등을 통해 환경오염의 원인으로서 가축분뇨에 대한 통제를 강화하고자 했다.

2.1.2. 가축분뇨 자원화

가축분뇨를 자원 활용 측면에서 고려하면 시장 논리에 의해 설명할 수 있다. 가축분뇨는 기존에 불가피하게 발생하는 폐기물로 인식되었으나 그 규모가 많지 않아 농가의 걱정거리가 그칠 뿐만 부의 통제 대상으로 간주하지 않았다. 그러나 사육 가축이 더욱 증가함에 따라 환경에 해를 끼치지 않는 범위 내에서 처리하는 것 이외에도 효율적으로 활용할 수 있는 방안에 대해 강구하게 되었다. 이에 따라 가축분뇨는 처리해야 되는 폐기물이 아닌 농가의 비료 등 고정 생산비용을 감소시킬 수 있는 또 다른 형태의 친환경 비료로서 인식 전환에 성공했다.

최근에는 이를 넘어서 가축분뇨 비료에 대해 냄새가 없고, 농가에서 키우는 작물 별로 조건에 맞는 생산이 가능한 첨단 기술 도입을 통해 맞춤형 퇴액비 수요가 크게 증가하고 있다. 더 나아가 향후 유용성분을 첨가한 기능성 액비를 생산하는 데 성공할 시에는 국내뿐만 아니라 세계적인 수요 확보가 가능할 것으로 각광받고 있다. 농협경제연구소(2011)에 따르면 이러한 실제 처리 기술이 발전함에 따라 가축 분뇨를 질소, 인산, 칼리 등 비료 성분이 가지는 경제 가치로 환산하면 약 4,206억 원으로 추정된다. 또한 김동민(2015)은 작물증수와 환경오염 방지 등 효과까지 고려하면 그 경제적 가치는 약 1조 원 이상으로 가축 분뇨를 활용한 퇴·액비가 화학비료의 많은 부분을 대체할 수 있을 것으로 전망했다.

이를 종합하여 살펴보았을 때 가축분뇨의 자원 활용 가능성에 대한 국내의 공감대 형성은 이미 공고히 되어 있다고 할 수 있다. 이러한 공감대를 바탕으로 농림축산식품부는 가축분뇨 자원화 중장기 대책 등을 발표 및 시행하여 향후 친환경 축산 및 농업을 시행하기 위한 대체자원으로서 활용 가능하다는 인식적 배경을 형성했다. 이러한 측면에서 가축분뇨 처리기술 발전에 대한 필요성은 더욱 증가하고 있으며 이를 이해하고 선진 기술 동향을 살펴봄으로써 국내 도입을 확대하는 것은 더 이상 선택

이 아닌 필수가 되었다.

2.2. 가축분뇨 처리기술의 종류

가축분뇨를 소극적 의미에서는 환경오염을 줄이고 적극적 의미에서는 또 다른 자원으로서 활용하기 위해 가축분뇨 처리기술은 발전해왔다. 가축분뇨 처리기술의 종류는 그 단계에 따라 수거, 처리, 이용으로 요약해 살펴볼 수 있다. 그러나 본 절에서는 그 원리에 따라 퇴비화, 액비화, 정화처리, 바이오가스화의 4가지 기술의 요약과 동향을 간략하게 살펴보고자 한다.

2.2.1. 퇴비화

2007년 5월 최초 제정된 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에 따라 퇴비는 가축분뇨를 발효시켜 만든 비료 성분이 있는 물질 중 액비를 제외한 물질로서 농림부령이 정하는 기준에 적합한 것을 말한다. 다시 말해, 퇴비화(Composting)란 가축분뇨를 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질 중 액비를 제외한 물질로서 통상적으로 유기물이 미생물에 의하여 분해되어 안정화되는 과정이다(국립축산과학원 N.A.). 퇴비화 과정은 유기물 중 포함되어 있는 탄소/질소비율을 조절함과 동시에 유해 성분을 미리 분해 및 분리배출하기 위한 과정이다.

퇴비화는 현재 유럽, 일본뿐만 아니라 국내 농가에서 가장 많이 활용되고 있으며, 비용이 적게 들고 높은 기술 수준을 갖춘 전문 설비를 보유하지 않아도 된다는 장점이 있다. 또한 초기 시설투자 비용도 적은 편이며 장기적 관점에서 봤을 때 다른 기술에 비해 비교적 관리 비용도 적은 편이다. 더불어 취급하기 쉽고 안전하게 사용할 수 있다는 장점이 있다.

퇴비화 과정에서 양질의 퇴비를 제조하려면 먼저 수분을 60-70%로 조정해야 한다. 수분 조절 과정에서 고려해야 하는 것은 부자재의 안전성, 비용, 수분 흡수성, 통기성, 탄소/질소 비율 등이 있으며, 일반적으로는 톱밥이 가장 많이 활용되고 있다. 그 외에도 포도, 복숭아, 배 등 가지나 잎 찌꺼기, 멜론, 무청 등의 찌꺼기 및 부산물, 유자, 표고버섯, 커피, 게 껍질 등 주로 지역 특산물을 재활용하기 위한 부자재 실험이 이루어지고 있다. 숙성된 퇴비를 퇴비화하는 과정에서는 수분 조절과 미생물에 의한 탈취가 이루어져야 하는데, 톱밥 등을 통해 가능하지만 동시에 염류 농도를 낮춰야 한다.

더불어 가축 배설물의 퇴비화에 의해서 발생하는 악취를 탈취하는 방법으로서 생물 탈취, 연소, 흡착, 약물 처리 등이 있다. 비용 측면에서 가장 보편적인 방법은 생물

탈취로, 일정한 수분을 유지하고 퇴비화 과정에서 발생하는 악취를 제거할 수 있다. 숙성된 퇴비에는 다양한 미생물이 존재하기 때문에 이를 이용하여 퇴비화 초기 2주일에 발생하는 암모니아 등의 강한 악취 성분을 완숙 퇴비에 흡착시켜서 질소 성분을 많이 포함한 퇴비를 제조할 수 있다. 이외에도 미생물 탈취법은 생물 탈취법보다 비용이 적게 들지만, 일정 농도 이상의 악취 처리가 불가능하기 때문에 소규모 농가에서 활용되고 있다.

대개 일반적인 퇴비화 과정에서는 퇴적한 가축 배설물 아래에 배관 파이프에서 공기를 내보내고 호기성 발효를 촉진하는 방법을 사용하지만, 최근에는 파이프를 통해 악취를 사전 흡입하는 기술에 대한 실험도 활발히 이루어지고 있다. 흡입한 기체를 탈취 장치를 이용해 탈취하면 퇴비화 과정에서 발생하는 암모니아 등의 악취를 주변으로 방출할 일이 적어지기 때문이다.

2.2.2. 액비와

「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에서는 액비를 가축분뇨를 액체상으로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질로서 농림부령이 정하는 기준에 적합한 것으로 정의하고 있다. 액비화(Liquid manure)란 가축분뇨를 액체상으로 발효시켜 만든 비료성분이 있는 물질로서 유기물이 미생물에 의하여 분해되어 안정화되는 과정이다. 액비화하기 위한 조건으로는 균일성이 높고 액상화가 가능해야 하며 접착력이 낮고 악취가 없어야 한다. 또한 비료로 사용했을 시 작물에 대한 피해가 없어야 하기 때문에 반드시 발효처리가 이루어져야 한다. 따라서 관리 및 노동력 측면에서 퇴비화보다 쉽게 접근하는 농가가 많지만 저장조 설치와 저장 기간 등 고려 요소가 많은 편이다.

2.2.3. 정화처리

축산분뇨의 정화처리는 크게 두 가지 처리공정으로 나누어 살펴볼 수 있다. 우선 생물학적 처리과정이 있다. 축산분뇨는 생물학적으로 분해가 충분히 가능하기 때문에 이 과정이 주로 이루어지고 있으며, 효율성을 높이기 위해 다른 방법이 추가되는 방식으로 이루어지고 있다. 생물학적 처리공정이란 축산 분뇨, 오수 중에 포함되어 있는 탄소화합물, 질소, 인 등의 오염성 물질을 미생물이 섭취하게 하고 이들 미생물이 작은 덩어리 형태로 뭉쳐서 반응조 바닥으로 침전되어 생성된 슬러지를 반응조 외부로 제거함으로써 분뇨중의 오염성 물질을 제거하여 정화하는 공정이다¹⁾. 생물학

1) 국립축산과학원 자료를 직접 인용.

적 처리 과정에서 탄소성 물질, 질소, 인 등 오염물질을 처리하는 폭기조는 반드시 포함되어야 하며, 혐기조나 무산소조는 상대적으로 선택사항으로 간주된다. 폭기조에서는 주로 호기성 미생물이 유기물을 섭취하여 분해하고, 질소의 분해가 이루어진다. 이후 혐기조에서 혐기 과정을 거친 분해물 중 함유되어 있던 오염성 물질이 폭기조에서 대부분 분해된다(국립축산과학원).

이와 더불어 물리적 처리는 주로 고액분리 목적으로 사용되고 있으며, 비용이 적게 든다는 장점이 있지만 제거 가능한 물질이 제한적이고 효율이 낮은 편이라 생물학적 처리와 화학적 처리 과정의 부수적 과정에 그친다. 화학적 처리는 용해성 유기물질과 무기물질을 제거하는 데 활용하고 있지만, 화학약품 사용 때문에 슬러지가 발생할 수 있으며 약품 구입 등 운영비도 높은 편이라 인 성분 제거 과정에만 활발히 활용하는 곳이 대부분이다.

최근 정화 처리방법과 관련되어 연계처리 시스템 도입 등이 농가의 관심을 받고 있는 추세이다. 독일, 프랑스 등 가축분뇨 처리기술에 있어 선진사례라 할 수 있는 유럽의 국가들은 하수종말처리장 등과 같이 가축분뇨의 정화처리를 위한 단독처리 설비에서 그치지 않고 연계 시스템을 개발하여 기술의 효율적 활용을 추구하고 있기 때문이다. 단독처리 시에는 방류수질 등을 고려한 처리시설을 갖추어야 하고, 투자비용이 든다는 점과 유지관리의 어려움 등이 있으나, 이에 비해 연계처리는 비교적 처리시설이 단순하고 투자비가 저렴하며 유지관리가 쉽다는 장점이 있다. 우리나라에서는 비용, 설치허가 등 현실적 제약이 존재하는 것은 사실이나 위와 같은 연계처리 시설 및 기술의 확대를 고려해볼 수 있다.

2.2.4. 바이오가스화

신재생에너지 및 재생에너지 개발, 이용, 보급 촉진법 제2조는 ‘바이오가스란 생물 유기체를 변환시켜 얻은 기체’라고 정의하고 있다. 바이오가스의 종류는 혐기성소화가스와 매립가스의 두 가지가 있으며 동력을 가지는 연료로 활용 가능하거나 CDM 사업 추진이 가능하다는 장점이 있다.

바이오가스는 순수한 메탄이 약 60%, 나머지 약 40%는 이산화탄소로 이루어져 있으며, 기타 미량 성분으로 포함되어 있는 것은 황화수소, 수소, 질소 등이다. 황화수소가 포함되기 때문에 바이오가스 이용을 위해서는 탈유처리가 필요하다. 발열량은 m^3 당 보통 5,000~6,000kcal이며, 도시가스의 5~6A 규격에 가깝기 때문에 대체연료로 이용 가능하다.

지금까지의 연구에 따르면 상온 발효할 경우 소 한 마리 당 하루 바이오가스 생산량이 700-1,300리터, 돼지 한 마리 당 150-250 리터로 알려져 있다. 그러나 사료 성분의 변화와 메탄 발효 기술의 진보로 지속적으로 증가하고 있는 추세이다. 닭 분뇨의 경우에는 질소가 적으나 무기물이 많기 때문에 메탄 발효에는 주로 소와 돼지의 분뇨가 사용된다. 또한 가축 분뇨의 발효는 보통 35℃ 정도의 상온에서 이루어지는 경우가 많다.

2.3. 가축분뇨 활용의 주의점

2.3.1. 에너지원으로 활용하는 경우

일반적으로 화력 발전에 활용되는 석탄, 목재 등과 비교하여 가축 배설물은 연소 시 많은 수분을 발생시킨다. 재료에 포함된 수분은 연소 과정에서 수증기가 되고 휘발하긴 하지만, 이 때 약 600kcal/kg의 에너지가 소모되기 때문에 그대로 에너지원으로 이용하기에 적절하지 않다는 단점이 있다. 따라서 분뇨처리 과정에서는 분뇨 에너지원의 수분이 약 25%이하가 되도록 건조시키는 기술이 그 핵심이라고 할 수 있다.

또한 가축 배설물 연소 시 다량으로 발생하는 재의 활용도 미리 고려해보아야 한다. 목재를 연소시키는데 발생하는 재의 양은 통상 1% 이내이다. 하지만 가축 배설물에는 칼륨, 나트륨, 석회 등의 무기물이 많이 포함되어 있어 약 10%이상의 재가 발생한다. 재 안에는 비료 성분이 많이 함유되어 있어 유기성 비료로 활용할 수 있지만, 불가능한 경우에는 매립 등 역으로 처리 비용이 더욱 많이 발생하게 된다. 따라서 분뇨 연소 이전에 연소 과정에서 발생하는 재를 어디에 사용할지 확보하는 것이 중요하다. 현재 일본에서는 이 재를 처리하여 해외에 수출하는 기술 및 방안에 대해 적극적으로 검토 중이다.

가축 배설물에는 사료 등에 포함되어 있는 질소, 황, 염소가 다량 포함되어 있어 연소할 때 염화수소 등이 발생하므로 설비 도입지역의 규제에 따라 개별적인 대책이 마련되어야 한다. 또한 다이옥신에 관한 규제 및 처리 시설에 관한 대책도 마련되어야 하는데, 다이옥신 수치 등의 검사에도 연간 많은 비용이 발생하고 있어, 지방자치단체, 정부의 지원책을 잘 살펴보고 도입하는 것이 필요하다.

2.3.2. 퇴비로 활용하는 경우

가축분뇨는 적은 양으로도 많은 오염물질을 포함하고 있다. 특히, 소변에 비해 대변의 오염성분량이 많고 농도가 비교적 높은 편이다. 오염농도를 나타내는 BOD를 기준으로 살펴보았을 때, 돼지의 소변은 5,000ppm, 분뇨는 2만 4,000ppm으로 도시하수 농도인 200ppm 보다 25배에서 120배까지 높은 것을 알 수 있다. 이러한 오염물질은 체내에서 생성되는 가스 등도 포함하고 있지만, 그보다 일정 기간 숙성되었을 때 발생하는 오염 부하량이 높은 편이라 저장 및 사전 처리단계에서 오염성분 농도를 제거하고 오수에 흘려보내지 않기 위한 별도의 시설을 확보하는 것이 관건이다. 돼지, 소 등이 사람과 비슷한 양의 분뇨를 발생시킨다고 해도 훨씬 더 높은 오염 부하량을 가지기 때문에 같은 양의 분뇨 처리를 위해 5-6배 많은 저장 및 처리 시설을 갖춰야 한다.

그러나 가축분뇨는 도시 하수 등과 달리 BOD가 CDO, TOC에 비해 높은 편으로 생물학적으로 분해 가능한 물질을 많이 포함하고 있기 때문에 생물학적 처리가 가능하다는 장점이 있다. 또한 질소 농도가 높기 때문에 비료로서의 가치가 매우 높아서 위의 요인들을 통제하여 전통적인 방식의 거름에서 더 나아가 화학 비료를 대체할 중요한 자원으로 각광받고 있다.

3. 일본의 가축분뇨 처리기술 동향

3.1. 일본의 가축분뇨 발생량

일본의 가축 사육규모는 대략 젓소가 190만 마리, 육우가 290만 마리, 돼지가 990만 마리 정도이다. 분뇨 현황을 살펴보면 대변이 약 6,600만 톤, 소변이 약 2,900만 톤, 총 9,500만 톤으로 많은 양이 발생하고 있다. 아래 <표 4>는 2016년 기준 일본의 가축 종류별 1마리당 연간 발생하는 가축분뇨량을 나타낸 표이다. 이를 통해 추정된 일본 전체의 연간 가축분뇨 발생량은 약 8,000만 톤 정도로 추정되며, 최근 가축 사육두수가 감소하고 있는 것과 마찬가지로 분뇨 발생량도 감소 추세에 있다. 이를 양적으로 환산하여 면적과 비교하면 일본 최대 돔구장인 도쿄돔의 약 75배에 해당한다. 이는 가축분뇨와 같이 바이오매스 자원으로 간주하고 있는 식품 폐기물(연간 약 2,000만 톤 발생), 임지잔재(간벌재, 피해나무 등을 포함, 연간 약 400만 톤 발생)에 비해 매우 많은 양이며, 일본의 바이오매스 자원 전체(약 3억 4,000만 톤)의 약 25%를 차지하는 양이다.

표 4. 일본 가축분뇨 발생량(2016년 기준)

(단위: 만 톤)

축종	발생량
젖소	2,200
육우	2,300
돼지	2,100
닭	1,300
총계	7,900

자료: 일본 농림수산성(2016).

3.2. 일본의 가축분뇨 관리시스템

가축 배설물 관리(처리·보관) 방법은 가축 배설물의 성상 및 처리 후 이용 형태에 따라 다양한 방법이 있다. 일본의 경우 국토가 좁고, 도시와 농촌의 토지이용 격차 등이 매우 큰 편이라 서양 국가들에서는 일반적이지 않은 퇴비 처리 및 정화 처리가 많이 이뤄지는 등 외국에 비해 다양한 처리, 보관방법을 개발하여 활용하고 있다. 구체적으로 가축 배설물에 포함된 유기물, 질소, 인 등의 성분이 하천과 지하수의 수질 오염, 질소, 인, 칼륨 등 작물의 생육에 필수적인 성분을 포함하고 있다. 따라서 가축 배설물 관리(보관 및 가공)의 방법은 가능한 한 수질 오염과 부영양화의 원인이 되는 물질이 하천이나 지하수로 유출 침투하지 않도록 관리하는 방법과 동시에 가능한 한 토양 개량 자재와 비료로 활용할 수 있는 관리방법을 개발하고자 했다. 또한 도입하는 농가 지역의 자연 조건, 사회 조건, 축산 경영 상황 등을 고려하여 축산 경영환경에 있어 현실적인 요소들을 지원할 수 있는 지원책 등의 마련 또한 함께 발전했다.

3.3. 일본의 가축분뇨 처리기술

배설물 중 질소 함유량은 총 약 740만 톤 정도에 이르는데 이는 일본 내에서 연간 사용하고 있는 비료의 질소 총량이 약 60만 톤인 것을 감안하면 이의 약 12배로 엄청난 양임을 알 수 있다. 따라서 이에 대한 대책을 강구하기 위해 과잉 분뇨를 발생케 하는 집약적 사육지역에서는 외부로 발효퇴비를 유통할 수 있도록 퇴비유통센터, 발효액비를 공급하는 유기액비센터와 정화 처리시설들을 복합적으로 설립하여 운영하고 있으며, 1990년대부터 분뇨 처리기술에 대한 연구가 이루어져왔다.

가축별로 나누어 살펴보면 우선 소의 분뇨 처리는 퇴비화가 주를 이루고 있다. 일본 낙농가의 특징은 대지가 넓은 것이다. 따라서 발생하는 분뇨의 분산율이 높은 편

으로 이를 수집하는 기술의 효율성이 굉장히 높은 편이다. 또한 젖소와 육우를 공동으로 사육하고 있는 축산농가의 비중도 꽤 높아 이를 혼합하지 않고 구별하여 수집, 처리하는 기술 또한 발전해왔다. 특히 소변의 하천 유입 등을 고려하여 연계처리 시스템을 도입하여 하천 유입을 막고 바로 처리장으로 모일 수 있도록 하며 저장조의 기능성 또한 높은 편이다. 돼지의 분뇨도 소와 마찬가지로이지만 수집하여 공동 처리하는 것이 아닌 소규모 수집되어 바로 건조하고 악취를 제거할 수 있는 기술을 활용한 처리장 이용이 주를 이루고 있다. 돼지의 소변 같은 경우에는 악취가 심하고 세균 발생률이 높아 이를 조기에 처리하는 기술 등에 대한 연구가 계속되고 있으며, 액비화 등에는 사용하고 있지 않다. 그 외에 가금류 등의 분뇨는 퇴비화 과정이 주를 이루고 있으며 소변은 소의 경우와 마찬가지로 처리하고 있다.

일본에서 주로 활용하고 있는 퇴비화 처리시설은 퇴적 방식으로 대규모 축산농가가 많은 러시아와 유사한 시스템을 활용하고 있는 것이 특징이다. 특히 퇴비의 수분 처리와 이를 수집하여 유통하는 과정에서 멸균, 악취 제거, 오염 원인물질 제거 등의 기술이 동시에 단계적으로 이루어질 수 있도록 하고 있다.

다음은 일본에서 활용하고 있는 분뇨처리 기술의 예이다.

1) 아오모리형 오염 수리시설

가축의 분뇨 처리에 주로 이용되는 활성 슬러지법은 유속의 저하와 함께 화리 능력도 저하되는 큰 문제점을 가지고 있었다. 최근 이를 개선하기 위해 폭조를 지하에 매설한 아오모리형 오염 수리시설이 일본에서 선진사례로 손꼽히고 있다. 아오모리형 오염 수리시설은 노출되어 있는 수집수조에 터널과 수로를 연결하고 이에 견고성이 높은 콜케이트관을 사용하였다. 이를 통해 지하에 매설된 폭조와 밖의 온도차를 일정하게 조절하고 온도가 영하로 떨어지거나 극도로 더워졌을 때 이에 의한 영향을 줄일 수 있도록 했다. 구체적으로 외부 기온이 영하 5℃정도 되는 겨울철에도 영상 10℃ 이상의 온도를 유지하고 분뇨처리 과정에 전혀 지장이 없다는 것을 실험을 통해 입증한 바 있다. 또한 질산성 질소를 절감시키는 방법을 확립한 바 있다. 또한 눈과 비가 많이 왔을 때에도 별도의 수로를 통해 분뇨가 넘치지 않도록 하고 있으며, 설치 및 관리도 편리하다는 장점이 있다.

2) 식품 가공품을 이용한 젖소 분뇨로부터 바이오가스 생성 기술

젖소의 배설물은 분뇨가 혼합되어 배출되는 경우가 많고 수분이 많아 퇴비화하는

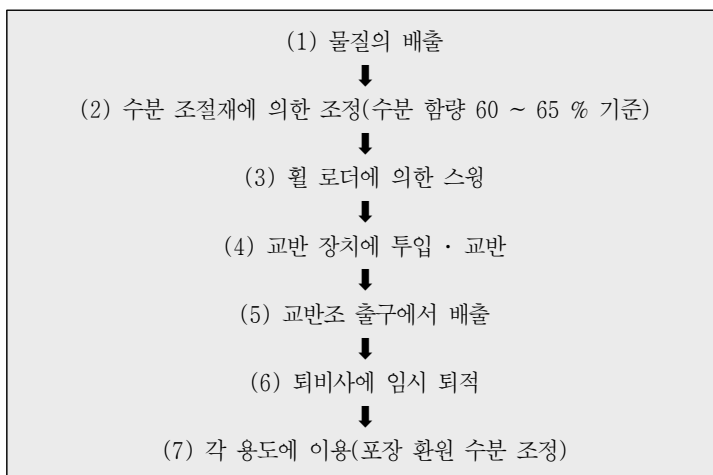
데 더욱 어려움이 있다. 또한 기존의 메탄 바이오가스 생성은 슬러리 발생이 가능하고 분뇨에 수분이 많이 함유되어 있어 한랭지에서는 36℃ 정도를 유지하여 일정량의 바이오가스 생성이 어렵다. 이러한 문제의식에서 출발하여 사과찌꺼기 등 식품가공품이나 음식폐기물 등을 활용하여 바이오가스를 생성하는 방법이 최근 인기이다. 이는 식품폐기물을 효소로서 활용하는 것이 가능하여 두 종류의 폐기물을 동시에 활용할 수 있다는 장점이 있고, 메탄 농도 또한 현저히 저하할 수 있다는 장점이 있다. 또한 온도에 상관없이 바이오가스 획득이 가능하고 이를 에너지원으로 재활용하는 연계 시스템 설치가 용이하며, 비용 또한 저렴하다는 장점이 있다.

3) 미야자키현 목장 분뇨처리시스템

미야자키 목장에서는 로터리식 자동 교반 장치에 의한 가축분뇨의 퇴비화를 실시하고 있다. 원료 저장소에 모인 분뇨(수분함량 약 70~85%)에 수분 조절재로서 SPF돼지 등의 배설물 건조물을 넣고 수분을 60~65% 수준으로 재조정 후 스윙을 실시하고 그 교반조에 투입하는 과정으로 이루어진다.

퇴비는 12개월에 걸쳐 교반되면서 발효 퇴비 및 건조(수분 40% 전후)를 실시하여 교반조 출구에 배출된다. 생산된 퇴비는 ①포장 환원용 ② 수분 조정재용 ③ 가축 깔개료 등 각각의 용도에 맞게 사용하고 있다.

표 5. 미야자키현 목장 가축분뇨 처리 과정



4) 이시카와현 분뇨처리시스템

기본 시스템은 발생량이 많아 처리가 어렵다고 여겨지는 젓소의 분뇨를 대상으로 하고 있다. 외양간에서 배출되는 분뇨의 성상별로 3개의 시스템으로 분류했다. 또한 육우 내용은 젓소 솔리드 형상 분뇨와 같은 처리 방법으로 대응할 수 있는 것으로 했다.

분뇨의 성상은 수분 함량에 따라 솔리드(고체), 세미솔리드(반고체 상태), 슬러리(액체)로 분류할 수 있다. 이에 따라 퇴비화, 액비화 등 방법을 다르게 적용하고 있다.

우선 이시카와현 방식의 퇴비화 방식은 두 가지 수분조정 방법을 활용하고 있다. 하나는 왕겨 또는 톱밥 등 수분조정재를 이용하는 방법이고, 또 하나는 하우스 건조시설 등의 시설·기계를 사용하여 수분을 증발시키는 방법이다.

먼저 수분조정재를 이용하는 경우에는 부료를 풍부하게 사용하는 방식으로 배출되는 분뇨의 수분함량이 70%로 높아 발효가 가능하도록 부자재를 첨가하는 경우이다. 우선 수분 함량을 70% 이하로 조정 한 퇴비 원료를 퇴비사에 높이 2.0m로 퇴적한다. 이것을 프론트 로더 및 휠 로더에서 한 달에 1 ~ 2 회 정도 교반 및 스윙을 실시하고 3개월 정도 부숙 퇴비가 되도록 마무리한다.

두 번째로 하우스 건조시설을 이용하는 경우는 분뇨 건조시설에서 수분을 우선 70% 이하까지 감소시킨다. 이후 퇴비사 위에 높이 2m로 퇴적시킨다. 이후 프론트 로더 및 페이로더로 한 달에 1 ~ 2회 정도 교반 및 스윙을 실시하고 3개월 정도 부숙 퇴비가 되도록 마무리한다. 그러나 수분조정재를 이용하는 경우와 다른 점은 하우스 건조시설을 이용하는 경우는 11월부터 2월까지의 4개월 동안 건조 능력이 크게 저하되어 활용할 수 없으므로 가동을 멈춘다는 것이다. 따라서 주로 이루어지는 시기는 3월 이후나 6월 태풍 등이 지난 이후가 된다.

이시카와현 액비화 기술은 소변액비화 처리시설과 슬러리 처리시설 두가지 형태로 나누어진다. 우선 소변 액비화 처리시설은 외양간에서 배출되는 소변의 처리시설로 고려할 수 있는 정화 처리시설이 건설비, 유지관리비가 높다는 단점에 착안하여 도입된 시설 및 기술이다. 또한 시설 관리를 보다 용이하게 하기 위함이기도 하다. 그래서 기본 시스템은 저장 탱크에서 직접 폭기하는 방식을 채용하고 저비용화를 도모하고 있다. 그 핵심은 살포 전에 20일 정도 폭기 처리를 선행함으로써 악취의 경감을 도모하는 것이다.

두 번째로 슬러리 처리시설의 기본 시스템은 분뇨를 고액 분리하여 고형물은 퇴비사에서, 분리액은 폭기조에서 각각 처리한다. 분뇨 액비화 시설은 원 슬러리 탱크, 고

액 분리기, 폭기조, 저장조로 이루어져 있으며, 수분 처리 및 열처리 등에 강한 견고성이 높은 도관을 사용한다. 슬러리 처리는 고액 분리된 슬러리를 적정 농도로 조정하여 폭기 처리를 우선한다. 폭기 처리를 거친 슬러리는 살포하기 전까지 저장 시설에 저장하고 살포기에서 포장해 환원한다. 이 과정에서 효율적인 고액 분리를 하기 위해 스크류 프레스 방식을 채택한다.

표 6. 이시카와현 분뇨처리시스템의 저비용화 대책 방안

저비용화 대책 분야	저비용화 방안(안)	기존 방안
분뇨 회수량 검토	대변 30kg, 소변 20kg	대변 40kg, 소변 20kg
퇴비 숙성기간의 재검토	90일	165일
하우스 건조시설의 건조 역량 검토	4.5kg/평방미터·일	3.0kg/평방미터·일
저비용 퇴비사의 활용	목조, PT형 하우스, 퇴비관과 퇴비사를 분리, 퇴비관과 측벽 높이가 1.2m미만이 되도록 조정	철골구조, 퇴비관과 퇴비사는 일체화, 퇴비관과 측벽 높이가 2.0m되도록 조정
저비용 건조시설의 활용	철골조, D형 하우스 도입, 처리조 측벽 콘크리트 활용	알루미늄 파이프 구조, 처리조 측벽은 현장타설 콘크리트 사용
퇴비사 저장고 폐지	퇴비 저장시설의 폐지	퇴비사를 6개월 저장
소변처리 폭기 탱크와 저류조의 일원화	폭기 탱크를 폐지하고 저류조에서 폭기를 동시에 실시	폭기탱크와 저류조 별도 설치

자료: 이시카와현 분뇨처리시스템 홈페이지(<http://ishikawa.lin.gr.jp/kankyofun/system/index.html>).

이시카와현 시스템의 최대 장점은 분뇨처리시설의 비용 절감을 위해 처리방법을 정기적으로 재검토하는 연구가 계속되고 있다는 것이다. 구체적으로 분뇨 수거량의 검토, 현장 수준에서의 퇴비화 시험에 의한 부숙 기간의 재검토, 하우스 건조시설의 건조 역량 검토, 저가 건축물의 활용 등을 적극적으로 실시하고 있다.

우유에 대한 수요가 계속해서 증가해 최근까지 젖소에서 배출된 배설물은 40kg, 소변은 20kg 단위로 처리하는 것이 일반적이었다. 또한 대변과 소변을 전량 회수하는 것으로서 시설 규모를 산정했고, 시설규모가 작을수록 분뇨 회수 및 처리 횟수가 많아 비용이 증가하고 비효율성 문제가 제기되어왔다. 그러나 이시카와현 시스템에서 제시하는 방식은 축사에서 배출되는 분뇨의 특성별로 그에 적합한 처리 방법을 개별적으로 적용하는 것이 특징이다. 또한 1회 분뇨 회수량을 각각 30kg, 20kg로 산정하였는데 이는 방목장에서 배출하는 배설물과 소변의 회수가 거의 불가능하다는 점, 겨울철에는 일정시간 가축들을 목장에서 사육한다는 점 등을 감안하여 계산한 것이다.²⁾

또한 퇴비 숙성기간을 기존 165일에서 90일로 재검토하여 조정하였다. 이는 이시카

와현에서 가축을 사육하고 있는 대규모 농장수준에서 퇴비 숙성 실험을 실시한 결과, 일정량 수분 조정이 이루어져 70%로 처리된 분뇨는 60일 동안의 숙성기간을 거치면 충분히 퇴비화가 가능한 것으로 확인되었다. 따라서 퇴비화에 필요한 숙성 기간 및 안전성, 확실성 등을 고려하여 90일로 숙성기간을 재조정하였다.

하우스 건조시설의 건조 역량은 계절의 영향을 많이 받는다. 겨울철과 여름철의 온도 차이, 습도 차이가 심한 편인 이시카와현의 기후를 반영하여 하우스의 연중 평균 건조 역량 실험을 실시하였다. 그 결과, 겨울철 외 평균 건조 역량은 한랭지대에서도 $4.8\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{일}$ 이었다. 이를 반영하여 이시카와현 시스템은 대략 $4.5\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{일}$ 로 하우스 건조 역량을 계산하여 활용하고 있으며, 이는 디자인 설계 등에 중요한 고려조건으로 적용하고 있다.

더불어 기존 퇴비사 시스템은 퇴비판과 퇴비사가 일체되어 있는 시스템이었다. 그러나 새롭게 도입하는 시스템은 퇴비판과 퇴비사를 분리하고, 측벽 높이를 조정함으로써 시스템 도입의 비용을 줄이고자 하였다. 이렇게 새로 도입하는 퇴비사는 농림수산업용 PT형 하우스를 도입함으로써 시설 설비비용을 크게 감축시킬 수 있다는 장점이 있다. 또한 목조 구조로 한 단위 건물 당 면적을 500m^2 이하로 하여 건축 기준법 적용 외의 건축물로 취급 할 수 있어 세금 및 행정비용 감축도 가능하다. 더불어 퇴비판과 분리된 구조를 채택함으로써 시설 정비가 용이해 지는 점 또한 장점이라 할 수 있다.

하우스 건조시설의 건조 역량은 온도가 급격히 떨어지는 11월-2월 경 크게 저하되는 경향이 있다. 따라서 시설 운영 비용대비 효율성을 높이기 위해 이 기간 동안에는 가동을 중단하고, 지붕 등의 피복재를 제거하여 가설 건축물로 취급하도록 함으로써 비용을 절감하였다. 또한 지붕 부분 구조를 아치 구조로 바꾸고 철골조 D형 하우스로 건설하여 시설 설치비용을 절감하였다. 건조 처리가 이루어지는 저장조의 측벽 콘크리트 또한 단가가 낮고 견고성이 높은 제품을 선택하여 효율화를 도모하였다.

기존 퇴비사 저장고는 퇴비사를 6개월 저장하기 위해 별도의 설비를 설치해야 했고, 이를 일정 온도 및 습도로 유지하는 데 드는 관리비용 부담이 큰 편이었다. 그러나 이시카와현의 시스템에서는 이러한 퇴비사 저장용 별도의 저장고를 없애고 대신

2) 조건 1: 방목과 방목장에서 배출되는 배설물과 소변 회수하는 것이 불가능함.

조건 2: 겨울철 최소 1일 6시간 정도는 목장에서 사육된다. 이를 반영하여 다음과 같이 회수 처리량 식을 도출함.

- 대변 : $40 \times (24-6) \div 24 = 30\text{kg} / \text{두}\cdot\text{일}$

- 소변 : $20 \times (24-6) \div 24 + ※ = 20\text{kg} / \text{두}\cdot\text{일}$

환경오염 등의 우려가 있어 일정량 수분 조정 이후 퇴적장에 반출 시트로 덮어 놓는다. 실제 반출 시트 포장이 저장조의 역할을 대체할 수 있을가에 대한 학계의 회의적인 주장이 있었으나, 이시카와현은 실험을 통해 환경 부하 등에 지장이 전혀 없고, 퇴비의 중간 보존 또한 가능한 것으로 입증하였으며 이를 적절히 도입한 성공사례로 선정되었다.

목장, 외양간 등에서 배출되는 가축의 소변은 기존에 폭기 탱크와 저류조로 나누어 관리했다. 유기물이 많은 분뇨는 미리 고형물을 제거하고 활성슬러지를 첨가하여 폭기조로 흘려보냈다. 그 이후 폭기 장치를 거쳐 산소를 충분히 공급하여 미생물에 의한 유기질 분해를 활성화하였다. 그러나 수중에 용해되어 있는 가스를 제거하고 관리를 용이하게 하기 위해 폭기 탱크를 폐지하고 저류조에서 폭기를 동시에 실시함으로써 이중 비용을 절약할 수 있었다.

이상 구체적으로 살펴본 바와 같이 이시카와현의 분뇨처리시스템은 기술의 선진화 측면 이외에도 농장 규모화에 따른 비용 감축 측면에서도 좋은 참고사례로 활용될 수 있다. 현재 비용, 설치 역량 등 현실적인 제약으로 인해 도입을 주저하고 있는 농가와 지방정부 등의 적극적인 검토가 필요하다.

4. 결론 및 시사점

4.1. 요약

지금까지 가축분뇨처리 기술의 필요성과 현황에 주안점을 두고 기술의 요약과 일본 사례를 살펴보았다. 지금까지 우리나라 축산 농가는 전업화 형태로 발전해왔으며 그에 따라 농가 수는 줄어들지만 사육 가축 수는 계속해서 증가하는 추세를 보이고 있다. 이 결과 가축분뇨 발생량 또한 해마다 증가하고 있는 것으로 나타났다.

가축분뇨는 친환경 축산 측면에서 보았을 때 정화되어야 하는 환경 오염물질 중 하나이다. 가축분뇨에는 유기물이 많기 때문에 세균 등의 발생이 용이하고, 전염병 등의 위험 또한 존재한다. 하수로 유입되었을 경우에는 하수의 유기물량이 증가하고, 악취 등으로 인한 생활오염이 심각해진다. 또한 분뇨를 방치했을 경우 발생하는 메탄 가스 등은 대기 오염의 주범이 되기도 한다. 따라서 축산업이 친환경적으로 발전하여 순환농업이 실현되기 위해서는 반드시 정화처리가 되어야 할 폐기물이다.

자원 활용적 측면에서 가축분뇨는 더 이상 폐기물이 아니라 활용대상이 되는 주요

자원이다. 실제 1990년대 후반부터 가축분뇨를 본격적으로 퇴비화하여 사용해왔던 일본, 유럽 등의 선진국에서는 비료로 인한 농업 생산비용을 크게 감축한 바 있으며, 이는 경제적 가치로 환산했을 때에도 상당한 것으로 나타났다. 따라서 국내에서는 가축분뇨를 퇴비화, 액비화하여 비료로서 재활용함으로써 생산 비용을 절감하고, 화학 비료 등의 부작용을 막고자 분뇨처리기술에 대한 관심이 계속되고 있다.

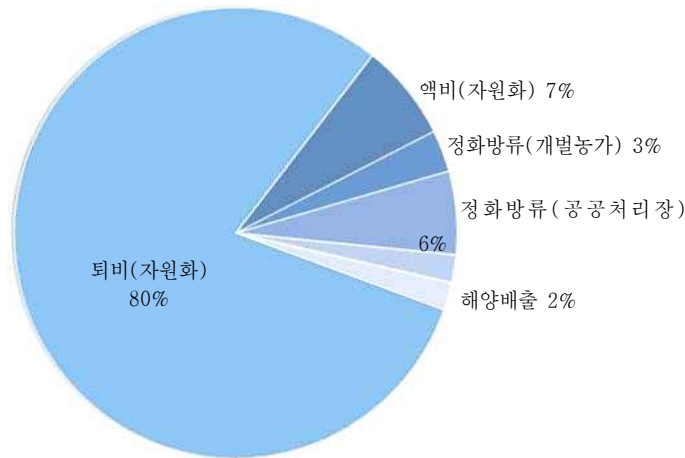
분뇨처리기술은 크게 퇴비화, 액비화, 정화처리, 바이오가스화로 나누어지며 1970년대부터 1990년대 이전까지는 정화처리 기술에 그쳤으나 현재는 퇴비화, 액비화 기술이 주를 이루고 있다. 가축분뇨를 처리하는 데 있어 가장 큰 주안점은 악취 제거 및 수분조정이다. 퇴비화, 액비화 기술은 이에 주안점을 두고 더욱 발전하고 있으며 설비의 최소화 및 설치비용 절약 등의 효율화 방안도 지속적으로 모색 중이다. 바이오가스화 기술은 최근 각광받고 있으며, 온실가스 배출을 줄이고 친환경축산을 보다 적극적으로 실현할 수 있다는 장점이 있다. 또한 이를 동력화하여 에너지 자원으로도 활용이 가능하다. 실제 일본에서는 잘 처리된 분뇨를 바이오가스화하여 동력원으로 활용하는 기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 다른 바이오매스에 비해 지속적으로 꾸준히 많은 원료가 공급될 수 있다는 점에 주목하고 있다.

결론적으로 가축분뇨 처리기술의 도입 확대는 더 이상 선택이 아닌 필수가 되었다. 따라서 기술에 대한 기본적인 이해와 함께 선진사례로써 일본의 이시카와현, 아오모리현 등의 지역 농장 사례를 살펴봄으로써 국내 유사 농가에서도 도입의 필요성을 공감하고 이를 검토해야 한다.

4.2. 국내 도입 확대의 주요 쟁점

최근 국내 분뇨 처리기술 발전은 바이오가스화를 중심으로 이루어지고 있다. 지금까지 기존 분뇨 처리 및 활용 기술은 퇴비화, 액비화 위주에서 다양화될 필요성이 있다. 아래 <그림 2>에서 보는 바와 같이 국내 가축분뇨 자원화 방안의 87%가 퇴비화, 액비화로 이루어지고 있으며 독일, 스웨덴, 프랑스 등의 유럽 국가들이 바이오가스화를 적극 추진하고 있는 것과 최근 일본 및 중국에 비해서도 뒤쳐져 있다. 기존 퇴비화, 액비화 기술의 효율화를 추구해 가축분뇨를 비료로 이용하려는 노력은 지속하되, 바이오가스화를 추진하여 온실가스 배출을 줄이고 보다 적극적으로 환경에 기여할 수 있도록 해야 한다. 또한 이를 동력원으로 활용하는 기술의 발전으로까지 이어질 수 있어 장기적 관점에서의 정부의 노력과 정책이 필요하다.

그림 2. 가축분뇨 자원화 방법별 비중



자료: (https://prezi.com/7twllmen_abx/recycling-system/?webgl=0) 재인용.

그러나 국내 농가에서 이러한 도입 확대의 필요성을 공감하고 있다고 해도 현실적인 제약이 아직 많은 것이 사실이다. 그 중 가축분뇨 처리시설의 설치가 어렵고 설치한다고 해도 시설의 소재가 한정되어 있어 내구성이 취약한 편이 가장 큰 문제점이다. 이로 인해 분뇨가 유입되거나 오래 보관했을 때 고장이 잦고, 이를 관리하는 비용 또한 상당히 많이 발생한다. 또한 가축분뇨 특유의 악취와 벌레 등 문제로 인해 주변의 민원이 잦아 지역의 기피시설로 자리 잡는 것도 지방정부 입장에서 해결해야할 숙제이다.

실제 축산농가에서 정부 측에 요구하고 있는 대안은 다음과 같다. 먼저 허가 및 인증 받은 축산농가의 공공처리장 유입을 허용하는 것이다. 국내 공공처리장 설비는 한정되어 있으나 분뇨 발생량은 해마다 증가하고 있어 설비의 부족 문제가 심각하다. 또한 대규모 농가임에도 불구하고 독자적 처리시설 설치가 어려워 공공처리장의 활용이 적극 검토되어야 한다.

또한 퇴비화, 액비화된 분뇨를 살포할 때 농작물 품종이나 토양의 특성등을 고려하여 살포하여야 하며 살포규정을 어길 시 과태료, 피해보상 등 적극적인 규제책의 마련이 시급하다. 더불어 2012년 가축분뇨의 해양 투기를 전면금지한 바 있으나 이에 대한 대책 마련이 제대로 되어있지 않은 상태이기 때문에 공공처리시설의 반입 기준을 완화하거나 수용 역량을 늘리는 데 투자해야 한다. 마지막으로 퇴비, 액비화된 분뇨의 수요대비 공급이 초과했을 경우의 정부 지원책 등에 대한 고려도 필요하다.

향후 우리나라 축산부문은 환경오염 해소 및 순환농업에 기여하는 방향으로 발전할 것이다. 보다 장기적인 차원에서는 화석연료를 대체하는 재생에너지로서 바이오매스 자원의 일환으로 가축분뇨를 보아야 한다. 이를 수집, 처리하는 기술의 공정성이 요구되는 것과 마찬가지로 상용화하기 위해서는 악취 제거, 수분 재조정 등의 기초공정이 보다 정교화되고 이에 대한 연구 또한 선행되어야 할 것이다. 이를 지원하기 위해서는 대학과 축산농가 간의 연계를 통한 연구를 지원하고, 축산농가 현장에서 도입의 애로사항 등을 적극 수렴하려는 지방정부 차원의 지원책도 마련될 필요가 있다.

참고문헌

- 農林水産省生産局畜産部畜産企画課. 2015. 家畜排せつ物の管理と利用の現状と対策について. 農林水産省.
- 畜産草地研究所. 2007. 低コストな家畜ふん尿処理技術及び堆肥の利用技術習得研修. 畜産草地研究所.
- 杉本和雄 (N.A.). 日本における畜産糞尿処理技術について.
- 薬師堂 謙一. 家畜排せつ物の燃焼エネルギー利用の現状と課題. 農研機構九州沖縄農業研究センター.
- 김동민. 2015. 가축분뇨 혐기소화액을 이용한 미세조류 배양.
- 김태성. 2011. 가축분뇨 자원화 이용현황과 당면과제. 농협경제연구소.
- 박광규. 2011. 가축분뇨 처리시설 종류별 평가를 통한 경제성 분석과 설치, 운영 개선 방안 등에 관한 연구.
- 정광화. N.A. 생산비절감을 위한 친환경 분뇨처리 기술. 국립축산과학원.
- 정연호. 2015. 건조돈분 혼합형 고형연료의 제조 특성에 관한 연구.
- 최성우. 2014. 양돈분뇨와 이탄을 배합한 고형연료 개발.
- 한국환경공단. 2011. 가축분뇨 처리시설 종류별 평가를 통한 경제성 분석과 설치운영 개선 방안 등에 관한 연구. 환경부.

참고사이트

- https://prezi.com/7twllmen_abx/recycling-system/?webgl=0
- <http://www.envitop.co.kr/16chumdan/3/ygbal.htm>
- <https://www.env.go.jp/council/09water/y0917-03/mat03.pdf>