

일본의 계분 자원화 사례와 시사점*

정민국

1. 서론

가축분뇨 처리 문제를 해결하기 위해 일본 축산 관계자들은 계분을 연료로 하는 바이오매스 발전 사업을 시작하였다.

일본 미야자키현(畜産縣)에서는 가축·가금류의 사육두수 과다로 가축분뇨 처리에 어려움을 겪고 있다. 2004년 11월부터 시행되고 있는 “가축분뇨 관리의 적정화 및 이용 촉진에 관한 법률”에 의해 가축분뇨의 적정한 처리를 위해 가축분뇨를 쌓아 보관하거나 파묻는 것 등의 행위가 금지되었다. 가축분뇨 처리 문제를 해결하기 위해 축산 관계자들은 계분을 연료로 하는 바이오매스 발전 사업을 시작하였다.

2005년 5월, 미야자키 바이오매스 순환 발전소가 현 내의 양계 조합, 육계 회사, 전력 관련업체의 공동 출자에 의해 설립되었으며, 계분을 이용하여 전력을 공급하는 화력 발전소이다. 이 발전소는 계분을 연료로 하는 바이오매스 발전시설로써 일본내에서 최대 규모의 전력을 공급하고 있으며, 계분을 이용한 전력 발전과정에서 생성되는 소각재는 비료 원료로 판매하고 있다. 이러한 형태의 발전소는 계분을 적절히 이용함으로써 전력, 비료를 생산할 뿐만 아니라 고용도 창출하고 있다.

본 원고에서는 이러한 발전소가 어떻게 운영되고 있으며, 육계 경영 안정에 어떠한 기여를 하는지 알아보려고 한다. 이러한 사례는 가축분뇨 처리 문제의 해결책을 제시하는데 적지 않은 시사점을 줄 수 있을 것이라 판단된다.

* 본 원고는 농촌진흥청 “가축분뇨의 자원순환 모델 개발” 연구과제 수행의 일환으로 작성되었으며, 일본 조사정보부(調査情報部)의 자료를 참고하여 한국농촌경제연구원 정민국 연구위원이 작성하였다.

2. 가축분뇨 발생 연왕 및 이용 실태

가축분뇨 발생량 증가 전망

미야자키현에서는 2006년도 가축 및 가금류 사육두수와 분뇨 발생량을 기준으로 10년 후인 2016년도 가축·가금류의 분뇨 발생량을 전망하였다. 2006년도 미야자키현의 가축분뇨 발생량은 448만 톤이며, 비육우와 돼지로부터 발생하는 분뇨량이 큰 비중을 차지하고 있다. 2016년에는 2006년보다 30만 톤 증가한 477만 톤으로 전망되고 있다. 돼지, 육계 사육과정에서 발생하는 분뇨량은 다소 감소하지만 비육우, 젖소에서 발생하는 분뇨량은 증가할 것으로 전망된다.

2009년 2월 1일 가축 분뇨 발생량은 2006년보다 17만 톤 증가한 464만 톤으로 추정하고 있다. 이러한 추세로 증가한다면 6년 동안 30만 톤 이상의 가축분뇨가 증가할 것으로 예상된다.

2009년 2월 1일 가축 분뇨 발생량은 2006년보다 17만 톤 증가한 464만 톤으로 추정하고 있다.

표 1 미야자키현의 가축분뇨 이용현황과 전망

구 분	① 2006년				② 2016년				② - ① 분뇨 증가량
	분뇨의 양 (만톤/년간)				분뇨의 양 (만톤/년간)				
	마리수	분	뇨	계	마리수	분	뇨	계	
젖소(천두)	20	21	8	29	21	22	9	31	2
비육우(천두)	271	198	-	198	313	229	-	229	31
돼지(천두)	903	69	124	193	892	68	122	190	-3
산란계(만수)	401	6	-	6	410	6	-	6	0
육계(만수)	10,958	22	-	22	10,698	21	-	21	-1
말(천두)	0	0	-	0	0	0	-	0	0
계	-	315	132	448	-	346	131	477	29

주: 육계는 도계수수임.

자료: 미야자키현 농정수산부 축산과(2008년 3월).

가축분뇨의 이용: 기본 토대는 농지로의 환원

발생되는 가축분뇨는 퇴비화, 액비화, 에너지화, 정화 후 방류 등으로 처리되고 있다. 미야자키현은 「가축분뇨의 이용을 촉진하기 위한 계획(2008년 3월)」을 수립하여 자원순환형 축산을 추진하고 있다. 가축분뇨 활용에 있어서 농지로의 환원을 기본 토대로 하며, ①가축분뇨의 에너지화 ②소비자의 요구에 맞는 퇴·액비의 생산을 위한 대책을 마련하여 추진하고 있다.

2006년 기준으로 가축분뇨의 퇴비 이용 양이 60% 이상을 차지하고 있으며, 정화처리 비중이 18%를 차지하고 있다. 액비 이용량이 10%, 에너지 이용량은 5%를 차지하고 있다. 2016년에는 가축분뇨의 퇴·액비로 이용량이 다소 줄어든 대신 에너지로의 활용량이 증가할 것으로 전망된다.

표 2 미야자키현의 가축분뇨 이용 현황과 전망

구 분	2006년		2016년	
	분뇨양(만톤)	비율(%)	분뇨양(만톤)	비율(%)
퇴비	275	61.5	287	60.3
위탁처리	21	4.6	18	3.8
액비	46	10.3	37	7.8
소계(가축분뇨 비료)	342	76.4	342	71.9
정화처리(방류 등)	82	18.2	91	19.1
에너지 이용(소각 등)	24	5.4	43	9.0
계	448	100.0	477	100.0

자료: 미야자키현 농정수산부 축산과(2008년 3월).

2. 미야자키 바이오매스 순환 발전소

일본 최대 바이오매스 발전 시설

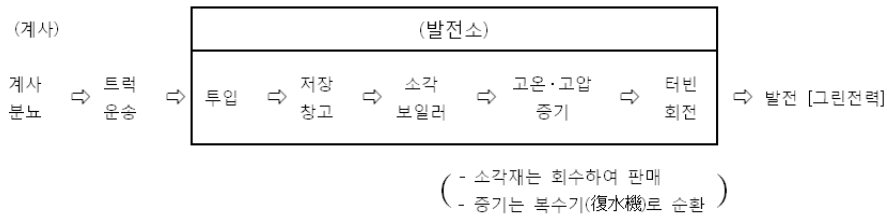
미야자키 바이오매스 순환발전소는 계분을 연료로 활용하여 발전소를 운영하는 일본내 최대 규모의 바이오매스 발전 시설이다.

미야자키 바이오매스 순환발전소는 계분을 연료로 활용하여 발전소를 운영하는 일본내 최대 규모의 바이오매스 발전 시설이다. 발전소는 미야자키현 중부의 천남정(川南町)에 위치하여, 계사분뇨를 북부의 고천수(高千穂) 방면, 남부의 도성(都城) 방면에서 수거한다. 수거범위가 미야자키현 전역이기 때문에 물류비용 측면에서 볼 때 가장 좋은 입지에 위치해 있다.

발전소는 미야자키현의 양계 조합(3개의 조합), 육계 회사(4개사), 전기 관련 회사가 출자(출자금: 1억 엔, 출자비율: 조합 및 육계 회사 58%, 전력 관련업체 42%)하여 설립하였으며, 2005년 5월부터 전력을 공급하고 있다.

발전소는 지속적인 계사분뇨 공급에 의해 운영되고 있다. 발전소에 반입되는 계사분뇨는 하루에 약 440톤, 여기에서 11,350KW의 전력이 생산되고 있다. 또한 소각에 의해 발생하는 연간 약 13,000톤의 소각재를 비료 원료로 판매하고 있다. 발전소 내에서도 전력을 소비하기 때문에 생산한 전력 중 발전소에서 소비하는 전력을 제외한 약 9,000KW가 판매되고 있다.

그림 1 계사분뇨에서 발전까지의 흐름



발전소의 소각 보일러는 24시간 가동되며, 연간 가동률은 90% 전후로 높은 수준을 유지하고 있다. 계분은 30미터 높이의 소각 보일러에서 연소되며, 전력은 소각 보일러에서 발생하는 고온, 고압의 증기(압력 6메가 파스칼, 온도 450도)로 터빈을 회전시켜 만들어진다.

소각 보일러의 온도는 바닥에서 천장까지의 높이에 따라 1,000도에서 850도로 차이가 있으며, 연소의 효율성 향상을 위해 계분의 수분 함유율은 43% 정도가 적당하다. 계분을 실은 트럭이 반입될 때, 검사를 시행하여 계분의 수분 함유율이 50%를 초과하는 경우에는 반입이 허용되지 않는다.

계분을 이용한 발전 방식은 고도의 기술이 요구되는데, 특히 소각 보일러 관리에 있어 주의를 요한다. 이 발전소는 영국의 계분 발전소를 모델로 하고 있다.

그림 2 발전소에 반입되는 계분



지구 온난화 대책에 공헌하는 「그린전력」

태양 에너지, 풍력 등과 같은 재생 가능 에너지에서 발생하는 전력은 순환형 사회구축과 지구 환경 보전에 기여하고 있어 “그린전력”이라고 불린다. CO₂를 절감한다는 환경적인 가치는 단순한 전력생산의 가치보다 높게 평가되고 있다.

미야자키 바이오매스 순환 발전소에서는 석탄 등의 화석 연료를 사용하지 않고, 탄소 뉴트럴(CO₂의 증감에 영향을 주지 않는 성질)이 되는 계분(바이오매스 자원)을 소각함으로써 전력을 생산하고 있다. 이에 따라 지구 온난화의 원인이 되는 CO₂ 배출을 줄일 수 있으며, CO₂ 배출의 삭감 효과는 연간 65,000~70,000톤에 달한다. 발전소에서는 법률(RPS법)에 따라 CO₂ 배출 삭감 효과와 환경가치를 별도로 분리하여 전력 요금에 포함시켜 판매하고 있다.

또한 발전소는 고용 창출에 기여하고 있다. 직원은 36명(중 외부 위탁 23명)이며, 총무, 영업, 현장 관리에 대해서는 지역 주민을 중심으로 고용한다. 전문성이 요구되는 운전 업무, 관리 업무, 기술 관리 부문 등 전력산업에 대해서는 출자자인 서일본 환경 에너지 주식회사(큐슈 전력 주식회사를 모기업으로 하는 100% 출자 자회사)에서 파견한 직원들이 담당하고 있다. 미야자키 바이오매스 순환 발전소는 운영 4년째가 되는 2009년도에 경영의 흑자를 목표로 하였으며, 향후 3년을 분기점으로 누적 손실 해소라는 목표 달성을 위하여 사업을 추진하고 있다.

표 3 미야자키 바이오매스 순환 주식회사 기업 개요

명 칭	설립 등	소각수량	발전출력	용 도	참 고
미야자키 바이오매스 순환(주) (미야자키현 카와미나미쵸)	설립 2003년 운전 2005년	하루에 440톤 연간 132,000톤	11,350KW	판매용 시설동력	국내최대의 계분발전 설비, 연간 17~18천 가구상당의 가정용 전력량을 공급

주: 보조사업명) 생산진흥종합대책사업(국가), 바이오매스 이활용 프론티어 추진사업(현).
자료: 미야자키현 농정수산부 축산과 (2008년 3월).

가축분뇨 발전의 계기

계분을 이용한 발전은 1999년 11월 가축분뇨법 시행과 지구 온난화 방지를 위한 사회적 관심이 증가되면서 시작되었다.

계분을 이용한 발전은 1999년 11월 가축분뇨법 시행과 지구 온난화 방지를 위한 사회적 관심이 증가되면서 시작되었다. 2002년 1월에 새로운 에너지로서 바이오매스 발전이 시작¹⁾되어, 2003년 4월에는 전력회사 등 전력 소매사업자에게 바이오매스와 같은 새로운 에너지에 의한 발전량을 할당하여 자가발전 또는 구매를 의무화²⁾하였다.

- 1) 신에너지 이용 및 촉진에 관한 특별 조치법(2002년 1월 시행령 개정)
- 2) 전기사업자에 의한 신에너지 등의 이용에 관한 특별조치법(RPS법) (2003년 4월 시행)

발효 퇴비화시설, 탄화시설 등의 처리시설 설치가 추진된 적도 있다. 발전소 측에서는 「앞으로 양계농가가 감소할 경우, 발전 유지에 필요한 계분을 안정적으로 수거할 수 있는가」, 생산자 측에서는 「지속경영(지속 가능성)과 기업경영을 함께 추구할 수 있는 것인가」 등과 같은 고민을 하고 있다. 또한 투자 금액이 많이 소요되므로 발전소 건설에 대한 새로운 투자 결정을 내리기가 쉽지 않은 상황이다.

그러나 궁극적으로 발전소 건설이 지연되고 있는 것은 지속적인 경영안정을 추구하는 생산자의 위기의식이 강하게 작용하고 있기 때문이다.

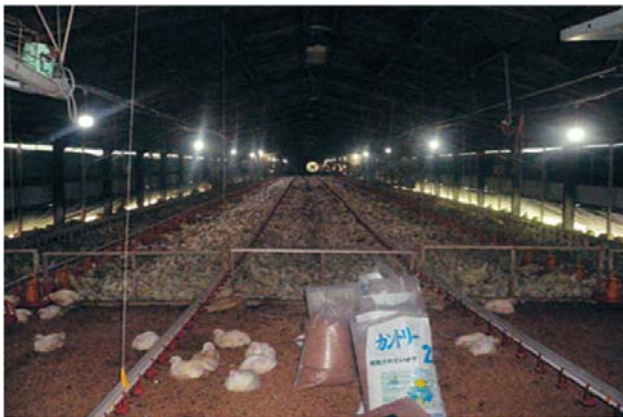
축종에 따른 분뇨의 차이

분뇨는 사육 여건과 축종에 따라 수분함량이 서로 다르다. 분뇨에 수분이 얼마만큼 포함되어 있는냐에 따라 발열량이 차이가 나기 때문에 축종에 따른 분뇨의 차이는 새로운 문제를 야기한다.

육계는 톱밥 위에서 사육(평지 사육)된다. 따라서 분뇨는 톱밥과 섞이기 때문에 수분함유율은 높아도 50% 정도이며, 얻을 수 있는 발열량은 일반 쓰레기보다 높다. 그러나 계분이라 하더라도 여름철에는 계사에 급수시설이 필요하기 때문에 수분 함유율이 타 계절에 비해 높다.

산란계는 케이지에서 사육되기 때문에 분뇨가 케이지 아래에 쌓이며, 수분 함유율은 80%로 높은 수준이다. 수분 함유율이 높은 것은 소각할 때 보일러 온도를 낮추기 때문에 연료로서 적당하지 않다. 비육우 분뇨의 수분함유율은 60% 이상이고, 돼지 분뇨의 경우 80~90%로 대부분이 수분으로 이루어져 있다. 수분 함유율이 높은 분뇨는 다른 소각물과 혼합하여 수분 함량을 낮추거나, 소각 폐열 등과 같은 전처리 과정을 통해 비용을 줄여야 하며, 수분 함유율을 낮출 수 있는 다른 방법들을 고려해야 한다.

그림 3 육계 계사



3. 육계 경영에서 본 계분 발전(發電)

퇴비처리 중심 노지작물 재배, 브로일러 사업의 시작

농업생산법인인 에이안도후는 육계를 사육하면서 발생하는 계분을 발전소에 공급하고, 부산물로 생기는 소각재를 비료로 노지 작물을 재배한다.

농업생산법인인 에이안도후(エイアンドエフ)는 육계를 사육하면서 발생하는 계분을 발전소에 공급하고, 발전소의 전력 생산과정에서 부산물로 생기는 소각재를 비료로 이용하여 노지 작물을 재배하는 유한회사이다.

이 농업생산법인은 미야자키 바이오매스 순환 발전소의 출자자이며, 창업자는 산하수(山下壽) 사장이다. 현재는 그의 아들인 산하영(山下榮) 전무(1972년 생, 1998년 취농)가 법인을 실질적으로 운영하고 있다.

1986년부터 퇴비를 생산하는 야마시타 상사가 설립되었으며 기사에서의 분뇨 처리, 청소 작업 의뢰가 들어오면서 계분을 이용하여 퇴비를 생산하기 시작하였다. 소와 돼지를 기르는 농가에서는 일반적으로 아침·저녁으로 시간에 맞춰 먹이를 주고 발생하는 분뇨에 일대일로 대응할 수밖에 없지만, 통합된 브로일러 산업에서는 기사분뇨 반출·청소작업을 일괄 처리함으로써 생산성을 높일 수 있기 때문에 기사분뇨 반출의뢰가 증가하였다. 브로일러 농가입장에서는 기사분뇨의 반출 및 청소작업을 외부에 위탁함으로써 추가적인 경비가 발생하더라도 보다 효율적인 다른 부분에 집중할 수 있기 때문에 사업 전체적으로 볼 때 추가비용을 줄일 수 있다.

2001년에 계분 처리 및 퇴비 생산과 관련된 농업생산법인을 설립하였고 2008년 현재 직원은 10명이다. 노지 작물로는 봄에 옥수수, 겨울에는 양배추, 브로콜리, 양상추를 재배하고 있다.

육계 사육은 노지에서 채소를 재배하는 것보다 이익이 될 것이라는 판단에서 시작하였다. 육계 사육수수는 당초 1회전 당 3만수 규모였으나, 계분 발전으로 현재 19만수로 증가하였으며, 연간 출하수수는 110만 마리이다.

퇴비 판매의 어려움

수분이 조절된 상태에서 퇴비를 생산하기 위해서는 약 2주일의 발효기간을 거친다. 분뇨 및 퇴비 저장 공간의 제약이 있어 기존에 생산한 퇴비를 판매하지 않고서는 가축분뇨를 수거하기 어렵다.

가축분뇨 수거과정에서 폐기물 처리 비용, 유통비용, 인건비 상당을 포함한 경상비를 받으며, 수거된 가축분뇨는 퇴비로 만들어 판매한다. 퇴비를 판매하면 이익을 얻을 것이라 생각하기 쉽지만, 포장 비용과 같은 새로운 비용이 발생하기 때문에 수익성이 높은 사업은 아니다. 그리고 퇴비를 무상으로 수거하는 사례가 많기 때문에 퇴비를 판매하여 이익을 올린다는 것은 쉬운 일이 아니다.

또한 논밭에 퇴비를 살포할 경우 악취가 발생하고, 질소분이 많이 포함된 퇴비(특히 계분)를 과다 투입되면 지하수를 오염시키는 등 환경 문제를 일으킬 수 있다. 화학 비료와 비슷한 영양분을 토양에 공급하기 위해서는 많은 양이 투입되어야 하므로 고령화된 농촌 지역에서는 활용이 어렵다는 점이 문제점으로 지적되고 있다.

브로일러 경영, 연간 외산수가 승부의 갈림길

육계가 시장에 출하하기까지 2개월 미만(50~55일)이 소요되는데 출하시 체중은 약 3kg이다. 사료요구율(육계 체중 1kg을 증량하기 필요한 사료 급여량)은 2.0으로 3kg의 육계를 생산하기 위해서는 6kg의 사료가 필요하다. 육계 한 마리에서 발생하는 분뇨량은 2.0~2.3kg이다.

육계 사육은 육성률과 사료효율을 높이기 위해 일괄입식·일괄출하(all-in all-out) 방식을 취하고 있다. 한 계사에서 닭을 사육하여 같은 시기에 육계를 출하하는 방법으로, 계사에서 계분을 처리하고 소독한 후에 다음 사육을 할 수 있는 구조이다.

일괄입식·일괄출하(all-in all-out) 방식으로 미야자키현에서 1년에 사육할 수 있는 평균 회수는 5.0~5.5이며 본 농업생산법인은 연간 5.5~5.7회의 육계를 사육한다.

생육 기간은 계절에 따라 약간의 차이가 발생하지만, 육계를 출하한 후 분뇨 처리, 계사 청소, 소독 실시 등 다음 육계 입식에 소요되는 기간은 2~3주 정도이다.

이 지역에서는 평균적으로 계사 1동(200평)당 9천~1만 수가 사육되며, 가구당 육계농가의 규모는 4~5동이다. 계사분뇨의 발생량은 1동당 20톤 정도이며, 1년간 발생하는 분뇨를 개인이 처리하는 데는 한계가 있다. 이와 더불어 주변 주민과의 타협, 분뇨 처리 비용이 분뇨 처리에 어려움으로 작용한다.

그러나 계사분뇨의 발전(發電)을 통해 브로일러 경영은 계사분뇨처리에 대한 부담감이 줄고, 경영에 대한 안정감을 얻어, 사육량 증대 등과 같이 규모를 확장하고 있다. 그리고 이차적인 효과로서 농가 단위에서 계사분뇨를 처리하는 데 드는 설비투자가 감소하고, 환경 문제 등 주변주민의 정신적인 부담도 감소했다.

그림 4 육계 출하 후 계분 처리·수거 후 트럭으로 운반



문제의식을 공유함으로써 경쟁상대간의 악업

발전소는 소각연료인 계사분뇨가 안정적으로 확보되지 않은 경우에 전력을 안정적으로 공급할 수 없다. 따라서 계사분뇨 발전체계에서 가장 주목할 만한 것은 브로일러 생산자가 계사분뇨를 처리해야한다는 문제의식을 함께 공유함으로써 서로의 이해관계를 극복하고 사업 경쟁자와 타협해야한다는 데 있다. 이를 미루어볼 때 브로일러 경영에서 계사분뇨 처리가 얼마나 어려운 문제인지 알 수 있다.

또한 발전소는 하루에 440톤, 연간 132,000톤의 계사분뇨가 확보되도록 반입 대상농가의 수락이 담보가 되는 대로, 발전소와 반입 대상 간에 공급 계약을 체결하고 있다. 발전소는 전력 공급에 따른 전기 요금, 비료 원료의 소각재 판매 요금, 그리고 출자 비율을 감안한 반입 수량에 따른 취급 수수료 등으로 운영되고 있다.

가축분뇨 소각을 통한 무게 감량

계사분뇨 소각재는 계사분뇨의 1/10 정도까지 무게를 줄일 수 있다. 발전소에서 소각재의 판로를 확보하지 못한 경우도 있고, 계사분뇨 반입자가 반입수량에 맞춰 소각재를 유상으로 수거하기도 한다. 또한 소각재는 1톤 규모의 컨테이너 백에 의해 운반되므로 비용이 발생한다. 하루에 계사분뇨 약 440톤을 소각하여 컨테이너 백 44개 정도의 계분 소각재가 생산된다.

보일러 연소과정에서 계사분뇨 중 질소성분은 소실되고 질소산화물이 남지만, 남은 소각재에는 인산 약 20%, 칼륨 약 15%의 성분이 포함되어 있다. 2008년 7, 8월경부터 소각재를 둘러싼 상황이 호전되자, 2009년 2월경에는 수거 가격이 7배 이상의 최고치에 이르렀다. 비료 원료, 특히 인산의 국제 가격이 상승하고, 비료 성분의 주요 수출국인 중국의 수출규제 영향으로 가격이 인상되었다.

현재 소각재의 이동상태가 둔화되고 있으나 일본의 비료 원료는 수입에 의존할 수밖에 없는 환경에 있기 때문에 이후 판로는 넓을 것으로 판단된다.

계사분뇨 소각재는 계사분뇨의 1/10 정도까지 무게를 줄일 수 있다. 하루에 계사분뇨 약 440톤을 소각하여 컨테이너 백 44개 정도의 계분 소각재가 생산된다.

그림 5 계분 소각 후 생산된 소각재



4. 시사점

일본의 계사분뇨의 발전 사업의 시작은 축산업과 전기산업 각각에 주어진 새로운 법률구조 때문이었지만 미야자키 바이오매스 순환 발전소에서 축산업과 전기 업무는 타 업종의 울타리를 뛰어넘어 공생하고 있으며, 어느 한쪽의 존재 없이는 성립할 수 없는 구도를 보이고 있다.

비즈니스 모델에서 주목할 만한 것은 계사분뇨 발전에 관한 담당자가 기존의 관습에 얽매이지 않는 유연한 발상을 갖고 있다는 점이다. 브로일러 생산자는 계사분뇨를 처리하는 데 있어 문제의식을 공유함으로써 서로의 이해 관계를 극복하고 있으며, 전력 사업자는 계사분뇨를 새로운 재생가능한 에너지 자원으로 인식함으로써 가축분뇨를 처리의 관점에 이용의 관점으로 전환시키고 있다.

또한 전력 사업자는 전력 공급에 있어서 화석 연료를 사용하지 않고 계사분뇨를 소각하여 CO₂ 삭감 의무에 공헌하는 "그린 전력"이라는 새로운 환경 가치를 만들어 내는 등 환경 문제도 풀어나가고 있다.

일본의 사례는 가축분뇨의 수거, 이용, 전력생산 과정에서 이해관계가 다양한 집단의 갈등을 해소시키고 하나의 비즈니스 모델로 정착시킨 점은 현재 국내에서 진행 중인 가축분뇨의 에너지화 사업에 시사하는 바가 크다. 축산경영과 가축분뇨의 발전(發電)을 연계한 다양한 모델의 개발은 저탄소 녹색성장을 추구하는 세계적 흐름에 기여하는 바가 적지 않을 것으로 기대할 수 있다.

일본의 사례는 이해관계가 다양한 집단의 갈등을 해소하고 비즈니스 모델로 정착시킨 점에서 국내 가축분뇨의 에너지화 사업에 시사하는 바가 크다.

참고문헌

調査情報部 調査役 "共生するプロイラー産業と鶏ふん發電 (宮崎縣) - 新たなビジネスモデルが生み出す「グリーン電力、肥料販賣、雇用創出」 -"