

발 간 등 록 번 호

11-1543000-000685-01

바이오매스 에너지화 추진전략 개발

2014. 12



희망찬 농업, 활기찬 농촌, 행복한 국민

농림축산식품부

제 출 문

본 보고서를 “바이오매스 에너지화 추진전략 개발” (개발기간 : 2014. 08. 01 ~ 2014. 12. 12)과제의 최종보고서를 제출합니다.

2014 . 12 . 12 .

주관기관명 : 한국능률협회컨설팅 (대표자) 김종립 (인)
참여기관명 : 블루이코노미전력연구원 (대표자) 김진오 (인)

총괄책임자 : 한국능률협회컨설팅 김병삼
연구원 : 한국능률협회컨설팅 이채성
연구원 : 한국능률협회컨설팅 황윤주
연구원 : 한국능률협회컨설팅 구승훈
참여기관책임자 : 블루이코노미전력연구원 김진오
연구원 : 블루이코노미전력연구원 신수록
연구원 : 블루이코노미전력연구원 이지현
연구원 : 블루이코노미전력연구원 박은진

Contents

< 목 차 >

요약	10
제1장 서론	17
제1절 연구배경 및 목적	17
제2절 연구내용 및 수행체계	19
제2장 농업부산물 바이오매스 활용가능성 및 기반검토	21
제1절 농업부산물 바이오매스 자원잠재량 분석	21
1. 조사방법	21
2. 조사결과	24
가. 농업부산물 이론적 부존량	24
나. 농업부산물 가채잠재량	25
다. 농업부산물 가용잠재량	30
제2절 농업부산물 바이오매스 기술수준 분석	33
1. 농업부산물 바이오에너지화 기술	33
가. 농업부산물 이용형태	33
나. 기술종류	33
2. 농업부산물 바이오에너지화 기술수준 분석	35
제3절 농업부산물 관련 바이오에너지 산업현황	44
제4절 농업부산물 바이오에너지화 가격경쟁력 비교	49
1. 농업부산물 혼합펠릿 가격경쟁력	49
2. 농업부산물 바이오에탄올 가격경쟁력	51
제5절 농업부산물 바이오에너지 활용가능성 종합검토	54
1. 농업부산물 활용가능성 종합분석	54
2. 농업부산물 활용가능성 결론	57

Contents

제3장 미활용 농업부산물 수거 및 유통방안	59
제1절 수거 현황조사	59
1. 주요 농업부산물 수거현황	59
가. 벼짚	59
나. 왕겨	63
다. 보리짚	63
라. 과수부산물	64
마. 발작물부산물	66
바. 농업부산물 발생장소	67
2. 농업부산물 에너지화 유통현황	68
3. 농업부산물 수거 및 유통가능성 평가	69
제2절 활용을 위한 유통방안 도출	71
1. 유사사례조사	71
가. 영농폐기물수거처리사업	71
나. 임지잔재자원화시범사업	75
2. 벤치마킹 시사점	78
제3절 농업부산물 수거/자원화 모델	79
1. 농업부산물 발생 규모/형태별 수거모델	79
가. 대규모발생지역/에너지작물 수거모델	80
나. 정부(지자체) 농업부산물 수거지원사업 운영	81
2. 농업부산물 자원화 모델	82
가. 단기모델 : 직접연소	83
나. 중장기모델 : 고형연료화	84
다. 중장기모델 : 액체연료화	89
3. 농업부산물 수거·에너지화 시범사업 모델	90

Contents

제4장 바이오매스 에너지화 사례 및 정책적 시사점	92
제1절 국내외 바이오매스 관련 정책 및 사례	92
1. 국내외 바이오매스 관련 정책	92
가. 국내 바이오매스 관련 정책	92
나. 해외 바이오매스 관련 정책	94
2. 국내외 바이오매스 관련 생산량 및 활용사례	101
가. 국외 바이오매스 생산량	101
나. 농업부산물 바이오매스 활용사례	109
3. 국내외 바이오매스 활용 관련 사례	111
가. 국내 농업부산물 바이오매스 활용사례	111
나. 해외 농업부산물 바이오매스 활용사례	118
제2절 정책적 시사점	121
제3절 정책과 연계 가능한 사업모델 도출	125
1. 농업부산물 에너지화로 인한 수익창출 모델	125
2. 신재생에너지 정책과 연계된 농업분야 사업 형태	128
가. RPS제도와 연계한 농업분야 사업형태	128
나. RHO제도와 연계한 농업분야 사업모델	136
다. 기존사용처의 대체재 개발	137
제5장 농업분야 바이오매스 에너지화 추진전략	139
제1절 농업부산물 에너지화의 장애요인	139
1. 기술상의 장애요인	139
2. 정책상의 장애요인	142
제2절 정책 방향 제시	143
1. 기술상의 현안과제 해결방안	143
2. 정책상의 현안과제 해결대안	146
3. 농업(임산)부산물 수거사업 (안)	152

< 표 목차 >

<표 2-1> 주요 농업부산물 발생량 및 농산바이오매스 잠재량 추정 방법	23
<표 2-2> 농업부문 주요 농작물의 이론적 부존량 추정	24
<표 2-3> 주요 농업부산물로부터 연간 바이오에탄올 가채잠재량 추정치(2013)	26
<표 2-4> 주요 농업부산물의 바이오고형연료제품[BIO-SRF]가채잠재량 추정(2013)	28
<표 2-5> 1차 에너지 기준 원별 보급 목표	29
<표 2-6> 농촌지역 이용 가능한 바이오매스 자원 및 에너지 가용 잠재량	30
<표 2-7> 농업부산물 에너지 이용률	31
<표 2-8> 주요 농업부산물의 가용잠재량 추정 (2013)	32
<표 2-9> 바이오에너지 기술조사 연구범위	34
<표 2-10> 우드펠릿과 초본계 펠릿(PKS: Palm Kernel Shell) 비교	39
<표 2-11> 국내외 바이오에탄올 세부기술별 수준 비교	41
<표 2-12> 바이오연료 작물별 상용화 가능성	43
<표 2-13> 국내 목재펠릿 제조사 설치규모 및 현황	45
<표 2-14> 미국과 캐나다 바이오에탄올 생산플랜트 현황	48
<표 2-15> 농업부산물 혼합펠릿 가격경쟁력 분석	50
<표 2-16> 타피오카와 보리짚 활용 시 바이오에탄올 원료구매단가 비교	51
<표 2-17> 바이오에탄올 원료작물별 경제성 비교	52
<표 2-18> 화석연료와 펠릿 및 바이오디젤간의 가격경쟁력 비교	53
<표 2-19> 농업부산물 에너지화에 대한 NET 분석	56
<표 2-20> 농업부산물 펠릿화 활용가능성	57
<표 2-21> 농업부산물 바이오에탄올 활용가능성	58
<표 3-1> 지대별 농가의 볏짚활용 용도	60
<표 3-2> 볏짚 수거단계 및 비용	62

Contents

<표 3-3> 수도권 농가의 볏짚 외 바이오매스 이용 현황	63
<표 3-4> 과수 바이오매스의 이용 현황	64
<표 3-5> 과수부산물 수거단계 및 비용	65
<표 3-6> 농업부산물 수거가능성 평가	70
<표 3-7> 임지잔재 수거단계 및 비용	76
<표 3-8> 국유림 임지잔재 자원화 소요예산	77
<표 3-9> 농업부산물 수거사업 주체별 역할(안)	80
<표 3-10> 농업부산물 수거사업 주체별 역할(안)	81
<표 3-11> 덴마크의 목질펠릿연료 활용현황(2002년도)	85
<표 3-12> 농업부산물 수거시범사업을 통한 데이터 확보 목록	91
<표 4-1> 시나리오별 RFS 혼소비율	92
<표 4-2> 증축 건물에 대한 RHO 연면적 적용과 의무부과비율	93
<표 4-3> 바이오 및 폐기물에너지 RPS REC가중치	93
<표 4-4> RFS 이행을 위한 바이오에너지 및 폐기물 혼소발전 비율 대안	93
<표 4-5> 브라질 10개년 에너지 공급확대 계획	97
<표 4-6> 에탄올 수출 진흥을 위한 브라질의 계획	97
<표 4-7> 미국의 RFS 프로그램	100
<표 4-8> 주요국 농림부산물 바이오매스 자원 생산량	101
<표 4-9> 중국의 농림 바이오매스 생산량	102
<표 4-10> 인도의 농림 바이오매스 자원 생산량	103
<표 4-11> 인도네시아의 농림 바이오매스 자원 생산량	104
<표 4-12> 말레이시아의 농림 바이오매스 자원 생산량	105
<표 4-13> 필리핀의 농림 바이오매스 자원 생산량	106
<표 4-14> 태국의 농림 바이오매스 자원 생산량	107
<표 4-15> 베트남의 농림 바이오매스 자원 생산량	108
<표 4-16> 주요국가의 바이오디젤 혼합비율	109

Contents

<표 4-17> 쌀보리와 소득수준 달성을 위한 유채목표가격 산정	116
<표 4-18> 발전사별 신재생에너지 혼소발전 현황	129
<표 4-19> RPS 적정 의무비율 변경 안	131
<표 4-20> 한국남부발전 혼소비율전망	132
<표 4-21> 한국남동발전 혼소비율 전망	132
<표 4-22> 한국동서발전 혼소비율 전망	133
<표 4-23> 한국중부발전 혼소비율 전망	133
<표 4-24> 한국서부발전 혼소비율 전망	133
<표 4-25> 한국지역난방공사 혼소비율 전망	134
<표 4-26> GS EPS 혼소비율 전망	134
<표 4-27> 포스코 에너지 혼소비율 전망	135
<표 4-28> RHO제도 시행에 따른 연면적 당 평균 열에너지 사용량 추정	137
<표 4-29> RHO제도 시행에 따른 연차별 신·증축 건물 사용량 예측	137
<표 4-30> 주요 농업부산물로부터 연간 셀룰로오스 및 바이오에탄올 생산 잠재량	137
<표 4-31> 연간 석유소비량에 대한 바이오에탄올 대체 비율	138
<표 4-32> 농업부산물의 에너지화로 인한 대체제품 개발	138
<표 5-1> 농업부산물의 화학성분	140
<표 5-2> 농업 부산물의 열량 비교	141

Contents

< 그림 목차 >

<그림 2-1> 주요 농작물의 바이오매스 발생단위 보정	22
<그림 2-2> 2013년 농업부산물 발생량 비율	25
<그림 2-3> 농업부산물 이용형태	33
<그림 2-4> 벼 부산물의 바이오매스 사용 사례	34
<그림 2-5> 농업부산물을 이용한 펠릿	36
<그림 2-6> 농업부산물 펠릿의 발열량 비교	37
<그림 2-7> 임업부산물과 농업부산물 혼합펠릿 발열량	38
<그림 2-8> 임업부산물과 농업부산물 혼합펠릿 회분함량	38
<그림 2-9> 셀룰로오스계 농업부산물 바이오에너지화 기술분류	40
<그림 2-10> 2030년까지 바이오에너지 기술개발 로드맵	42
<그림 2-11> 전 세계 바이오에탄올 생산량	46
<그림 2-12> 2011년 기준 보리와 타피오카 비중별 에탄올 리터당 비용	52
<그림 2-13> 보리와 타피오카 혼합비중 별 에탄올 공급가격 비교	53
<그림 3-1> 과수단지에서 전정 직후 수거와 운반	65
<그림 3-2> 농산가용부산물 시도별 생산현황	67
<그림 3-3> 바이오에탄올 유통과정	68
<그림 3-4> 농업부산물 펠릿 유통과정	68
<그림 3-5> 농업용폐비닐의처리흐름도	72
<그림 3-6> 임지잔재 자원화시범사업 운영모델	75
<그림 3-7> 농업부산물 발생 규모/형태별 수거모델	79
<그림 3-8> 농업부산물 자원화 모델	82
<그림 3-9> 선규사의 왕겨곡물건조기 대만 설치사례	83
<그림 3-10> 국내 임지잔재의 수집 및 제품생산과정	84

Contents

<그림 3-11> 유럽의 목질펠릿연료 공장분포도 (2008)	85
<그림 3-12> 국립산림과학원 산림생산기술연구소 내 구축된 이동식 펠릿 플랜트의 현장 적용성 실험	86
<그림 3-13> 펠릿 난방기 기계실 위치 및 설치 모습	87
<그림 3-14> 농업부산물 수거시범사업 대상지 선정 조건	90
<그림 3-15> 농업부산물 펠릿화를 위한 수거시범사업 모델	91
<그림 4-1> 일본 바이오매스타운 바이오매스 활용 현황	119
<그림 4-2> 일본 바이오매스 타운 바이오매스 활용 기술 현황	119
<그림 4-3> 바이오연료의 종류와 여러 바이오매스 원료	121
<그림 4-4> 벼짚의 자원순환 및 수익창출 모델	125
<그림 4-5> 유채의 자원순환 및 수익창출 모델	126
<그림 4-6> 과수 전정의 자원순환 및 수익창출 모델	126
<그림 4-7> 발작물 줄기의 자원순환 및 수익창출 모델	126
<그림 5-1> U.S. Biomass Facilities	146
<그림 5-2> 농업부산물 주요 발생지역과 수요처(펠릿공장) 매칭	153
<그림 2-3> 농업부산물 수거시스템	154

요 약 문

I. 제목

바이오매스 에너지화 추진전략 개발

II. 연구배경 및 목적

□ 지속적인 국내 신재생에너지 보급 확대 및 산업육성 방안 추진

향후 「제4차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획」에는 보급목표를 재설정하고 산업목표를 새로이 설정할 예정이며, 이를 달성하기 위한 이행수단으로 '12년 RPS 시행, '15년 RFS(수송) 시행 예정, '16년 RHO(열공급 의무화)시행을 위한 법 개정을 진행 중이다.

이러한 신재생에너지 의무화 정책 추진에 따라 전체 신재생에너지 공급량 중 폐기물에너지(67.7%, 2012년 기준) 다음으로 비중이 높은 바이오에너지(15%)의 사용이 증가될 예정이며 신재생에너지 의무화 정책의 효율적인 추진을 위해 바이오에너지의 안정적인 국내 중장기 원료 수급 방안이 절대적으로 필요한 실정이다.

□ 국내 바이오에너지 수요증가에 대한 해결책으로 국내 미활용 바이오매스 잠재량 활용 극대화 필요

국내 바이오에너지 수요증가를 해결하기 위해서는 국내 잠재되어 있는 미활용 바이오매스의 활용을 극대화할 필요가 있으며, 그 중 작물 및 농업 부산물의 경우 잠재량은 높으나 에너지화 비율이 낮아 그 활용증진방안에 대한 검토가 필요하다.

□ 국내 작물 및 농업부산물 바이오매스 활용 방안 도출

농업부산물은 발생하는 시기나 장소 그리고 바이오매스 특성 자체가 다양하기 때문에 이를 활용하기 위해서는 다각도의 분석이 필요하다. 따라서 농업부산물 종류별로 가지고 있는 열량, 발생 시기 및 장소, 발생량, 보관방법, 생산주체 등을 고려하여 이를 활용하기 위한 수거이용방안을 수립해야 한다.

Ⅲ. 연구내용 및 범위

□ 바이오에너지 작물과 농업부산물의 활용 가능성 검토 및 기반분석

- 바이오에너지 작물 및 부산물을 중심으로 자원 잠재량 및 기술수준 등 상용화 방안 및 실효성 분석
- 특히, 보릿짚 등 미활용 농업부산물을 바이오에너지 원료로 사용하기 위한 수거·생산비용 및 유통방안 검토

□ 바이오매스 에너지화 국내외 사례와 정책적 시사점 제시

- 농산 바이오매스 에너지화 정책 활성화 사례 및 폐기물 등 다른 바이오매스 에너지원 관련 국내외 정책 방향 검토
- 신재생에너지 정책(RPS, RFS 등)과 연계 가능한 농업분야의 사업모델 및 소득원 개발 방안 제시

□ 농업분야 바이오매스 에너지화 추진전략 설정

- 현재 산업기반을 고려한 국산 원료 생산 가능성, 경제성 분석을 통한 농업분야 바이오매스 에너지화 관련 정책 방향 제시

Ⅳ. 연구결과 및 활용에 대한 제언

1. 농업부산물 바이오매스 활용가능성 및 기반검토

농업부산물 바이오매스 활용가능성 및 기반을 검토하기 위해 농업부산물 바이오매스 자원잠재량, 기술수준, 산업현황, 가격경쟁력비교를 실행하였으며, 연구결과를 종합하여 최종 활용가능성을 도출하였다.

주요 2013년 농업부산물의 바이오매스 잠재량 분석결과 전체 농업부산물 중 벼부산물(벼짚과 왕겨)이 65%로 가장 많이 발생되었으며, 다음으로 과수부산물 16%, 밭부산물 19% 순으로 발생되었다. 2013년 24종 농업부산물의 이론적 부존량 8,909,489ton에서 함수율을 적용한 가채잠재량(건조중량)은 4,836,747ton이며, 에너지로 환산하면 19,739,147 Gcal 또는 1,973,915 toe에 해당된다.

요 약 문

이중 볏짚(밭벼 볏짚 포함)의 사용량이 가축사료용 등으로 다양하게 이용되고 있어 이를 제외 시킨다고 하더라도 나머지 농업부산물의 잠재량은 1,404,710toe(3,378,371ton) 로 2013년 1차 에너지 소비량 280,290천toe의 0.5%이고, 신재생에너지 공급량 9,879,207toe의 14.2%로 신재생에너지 보급률 향상에 상당히 기여할 수 있는 잠재량을 보유하고 있는 것이다. 그리고 볏짚을 제외한 농업부산물 잠재량 1,404,710toe의 약 20%에 해당되는 280,942toe를 매년 바이오에너지로 활용할 수 있다면, 『제4차 신재생에너지기본계획』에 따른 2015년부터 5년 단위 바이오에너지 보급목표에 근접하게 달성할 수 있게 된다.

그러나 농업부산물을 펠릿 또는 바이오에탄올로 생산할 경우 지속적인 기술개발이 필요하며 기존 화석연료에 비해 가격경쟁력이 낮고 타 바이오매스에 비해 원료비용이 높아 사업화의 장애요인으로 작용되었다. 이와 같은 장애요인의 근본적인 원인은 농업 부산물의 수거체제가 확립되어 있지 않아 발생하는 것으로 분석되었다.

2. 미활용 농업부산물 수거 및 유통방안

볏짚, 왕겨, 과수부산물, 발작물부산물의 이용률, 발생시기, 재배면적, 수거처, 수거비용에 대한 현황을 조사하여 바이오매스 이용가능성 및 장애요인을 도출하였다.

볏짚은 대부분 퇴비, 사료 등으로 이용하고 있어 에너지화 활용가능성이 낮다. 그러나 소규모 농가의 경우 높은 곤포제작 비용에 의해 상당수가 미활용상태이기 때문에 소규모 발생지역에 대한 수거방법을 모색할 필요가 있다. 왕겨도 볏짚과 동일하게 발생량 대부분을 이용하고 있으나, 기존 사용처보다 에너지화하는 것이 기회효과가 더 높을 경우에는 대체재를 개발할 필요가 있다.

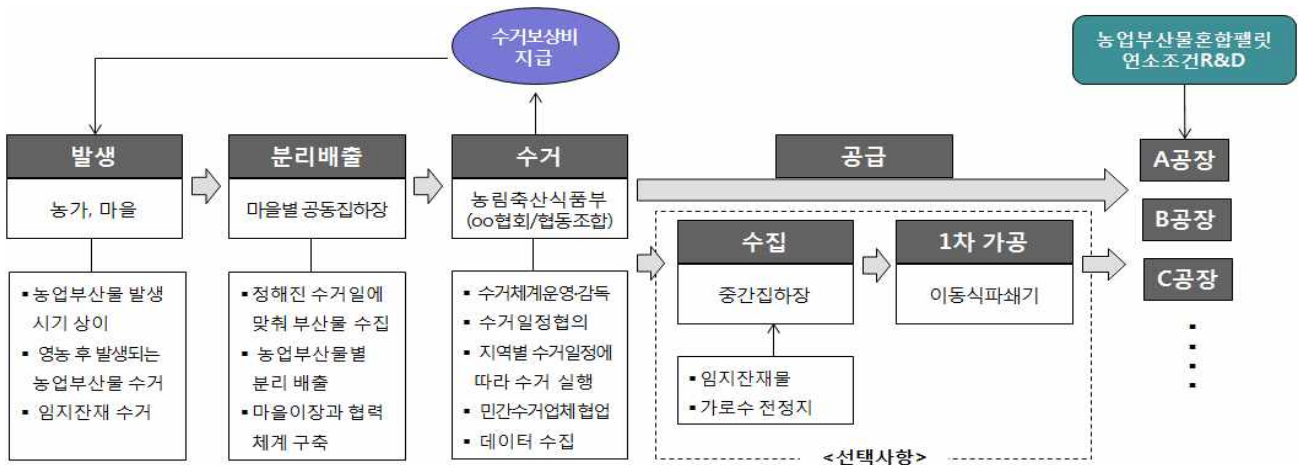
과수 부산물은 퇴비나 땀감으로 사용하지만 약 30%는 소각하거나 방치하고 있어 바이오매스로 활용이 가능하다. 그리고 과수부산물 대부분이 2월 전후 집중 발생되고 대규모로 재배하는 경우가 많아 일시에 대량 수거가 가능할 것으로 판단된다. 발작물부산물의 경우 대부분 소각하거나 방치하고 있어 바이오매스로의 이용가능성이 매우 높으며, 일정기간 노지에 방치되거나 자연 건조되어 건조비용을 절감할 수 있다.

주요 농업부산물의 바이오매스 가능성과 수거 장애요인을 조사한 후 농촌지역의 영농폐기물수거처리사업과 임지잔재자원화시범사업을 벤치마킹하였으며, 효율적인 농업 부산물 유통을 위한 수거모델 및 자원화모델을 도출하였다.

요 약 문

수거시범사업 모델은 개별 농가에서 발생하는 농업부산물을 마을회관과 같은 공동집하장까지 수거해오면 수거를 전담하는 협회 또는 협동조합(시범사업 시 수거전담기관 설립 전이므로 정부에서 직접 수거사업을 진행함)에서 수거보상비를 지급하고 수거된 농업부산물을 모아 수요처(펠릿공장)까지 운반한다. 농업부산물 운반 시 민간수거업체를 적절히 활용하여 최소비용이 될 수 있는 루트를 사전에 분석해야 한다.

수집된 농업부산물은 두 가지 형태로 펠릿공장에 납품할 수 있다. ① 원재료 그대로 펠릿공장에 바로 공급하는 방법과 ② 임지잔재, 가로수 전정지 등 기타 목질계 바이오매스를 추가적으로 확보해 공급량이 증가한다면 중간집하장에 1차 수집한 후 이동식 파쇄기를 이용해 Chip 형태로 가공하여 펠릿공장에 공급할 수 있다.



농업부산물은 수거체계구축 뿐만 아니라 수거하여 자원화 하는데도 전략적으로 체계를 구축해야 한다. 농업부산물 활용한 에너지화 기술수준을 검토한 결과 펠릿은 이미 상용화된 기술이며, 공급처의 수요 니즈도 높아지고 있는 추세이므로 단기 개발과제로 수행하고, 바이오에탄올의 경우 RFS 시행 시 바이오에탄올의 소비 증가가 예상되나 국산화율이 선진국의 70% 이하에 머물고 있어 당장 상용화 길로 나아가기에는 한계가 존재하므로 중장기 발전계획에 포함시키는 것이 합리적이다.

그리고 농림축산식품부에서 시설원예용에 대해 공인기관의 성능시험을 통과한 농업용 목재펠릿 전용난방기에 한해서 '목재펠릿난방기 설치지원'을 운영하고 있는데, 목재를 기준으로 한 보일러 이외에도 농업부산물펠릿도 활용 가능한 조건(연소효율 수정)으로 기준을 수정하거나 농업부산물펠릿을 사용하는 조건을 추가한다면 자연스럽게 보일러업체에서는 기준에 맞게 보일러를 제작하게 되고 농가에서도 농업부산물펠릿을 사용하게 될 것이다.

요 약 문

3. 바이오매스 에너지화 사례 및 정책적 시사점

전세계 각 국에서는 1960년대부터 에너지의 재활용 및 신에너지원 발굴을 위한 노력을 기울이고 있으며, 바이오매스의 에너지화 또한 그 일환으로서 기술개발과 함께 RFS, RHO, RPS, FIT 및 각종 세금공제 혜택, 신재생에너지 설비 지원 등 정책적인 면에서 다양한 지원을 받고 있다. 국내의 경우, 석유정제업자 또는 석유수출입업자에게 일정비율 이상의 신재생에너지연료를 수송용 연료에 혼합하도록 의무화한 제도인 RFS(Renewable Fuel Standard, 신재생연료혼합의무화)가 2013년에 공포되어 2년의 유예기간을 거쳐 2015년부터 시행될 예정이다.

RHO(Renewable Heat Obligation, 신재생열에너지 공급의무화)는 일정 연면적이상 신축건물에서 사용하는 열에너지의 일정비율을 신재생에너지를 이용하여 공급하도록 하는 제도로 현재 관련법 개정 추진 중에 있다. RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생에너지공급의무화)는 에너지 사업자에게 생산하는 에너지의 일정 비율을 신재생에너지로 공급, 판매하도록 강제하는 제도로써 한국에서는 2012년부터 시행 중이다. REC(Renewable Energy Certificate, 신재생에너지 공급인증서)는 발전사업자가 신재생에너지 설비를 이용하여 전기를 생산, 공급하였음을 증명하는 인증서로 공급의무자는 의무공급량을 신재생에너지 공급인증서를 구매하여 충당할 수 있다. REC는 공급인증서 발급대상 설비에서 공급된 MWh 기준의 신재생에너지 전력량에 대해 가중치를 곱하여 부여하는데, 바이오에너지의 경우 1.0의 가중치가 부여되어 있다.

해외의 경우를 살펴보면, 덴마크에서는 에너지의 합리적인 소비를 통해 재생에너지의 활용을 촉진을 위해 에너지 사용료의 60%에 세금을 부과가 있다. 브라질은 1975년부터 에탄올산업 육성프로그램(ProAlcoo)을 시작하여 바이오에탄올의 생산 및 활용에 관하여 세계적인 명성을 얻고 있다. 최근에는 10개년 에너지계획 (Brazilian Decennial Expansion Plan, 2011)을 수립, 970억 헤알(약 601억 달러)을 투자하여 2020년까지 브라질 에너지의 21.8%(현재 17.7%)를 바이오에탄올로 생산하고, 석유와 바이오에탄올을 번갈아 연료로 사용할 수 있는 Flex차량 사용을 대중화하는 것을 목표로 하고 있다.

일본은 지역에서 발생하는 바이오매스에 맞춰 바이오타운을 구축하고 바이오에너지 변환 및 이용기술 개발을 계획한 2005년 교토의정서를 시작으로, 바이오연료기술혁신 계획(2008), 바이오매스 활용추진 기본법(2009), 바이오매스 이활용 교부금 등 다각적인 지원을 아끼지 않고 있다.

요 약 문

미국의 경우, 2007년 미국 에너지부(DOE)는 6개의 목질계 바이오연료 과제를 선정하여 US\$ 3억8천5백만 달러(한화 약 4천억 원)을 지원한 바 있으나 불안정한 원료수급과 충분하지 않은 정부지원금(전체 투자금의 40%)으로 대부분 중단되고, 2011년에 한 개의 공장만 설립된 실정이다.

4. 농업분야 바이오매스 에너지화 추진전략

바이오매스의 에너지화의 수요가 급증하는 반면 아직 해결해야할 기술적인 문제가 남아있다. 농부산물 바이오매스를 펠릿으로 만들 경우, ash melting point가 낮아 slag, clinker가 발생하고, 염화수소와 같은 환경오염 물질이 발생된다. 바이오에탄올로 만들 경우, 발효 과정에서 시간과 효소가 많이 들어 비용이 추가 된다. 목재펠릿의 경우는 위에서 언급한 유해 부산물의 발생률은 낮지만 폐목재를 활용한 목재펠릿의 경우는 마찬가지로 황산화물, 염화수소 등의 환경오염물질이 발생한다.

바이오매스 에너지화에 대한 정책상의 장애요인은, 농부산물을 이용한 초본계 바이오매스에 대한 RPS REC가 부여되어 있지 않아 수요를 진작시키기 어렵다. RFS의 경우 바이오디젤 보급을 위하여 관련업계 생산능력을 120만kl까지 확보하였으나, 혼합률을 2%로 제한함으로써 53만kl을 생산하여, 40만kl만 국내에 공급하고, 13만kl를 수출해야하는 상황이 초래되고 있다.

본 연구에서는 위에서 언급한 문제에 대하여 몇 가지 대안을 제시하면, 첫째 지속적인 기술개발이 원활히 이루어지도록 제도적인 지원을 확대하는 것이다. 예를 들어, 현재 시행 중인 바이오에탄올 2%의 의무 혼합비율을 일시에 5%로 상향 조정하는 것이 어려울 경우 연차적으로 0.5% 씩 점진적으로 늘여감으로써 중소기업들의 바이오에탄올 생산을 보장할 수 있다. 또한 목재펠릿 보일러의 성능 개선을 위한 R&D 연구개발도 지속적으로 수행할 필요가 있다.

농림축산식품부와 산업통상자원부 및 전력거래소는 협업을 통하여 농부산물 및 임지잔재의 바이오 에너지화에 있어서 가장 큰 걸림돌이 되는 수거문제 등의 여러 가지 문제를 해결해야한다.

예를 들어 농림축산식품부에서는 농민들이 미리 지정한 장소로 농부산물을 수거해 오면, 협동조합이나 협회 등을 통하여 이를 수거하고 이에 상응하는 비용을 지불할 수 있다.

요 약 문

산업통상자원부에서는 협동조합이나 협회가 수거한 원재료를 연료 펠릿 제조회사에 계약 판매를 통해 수익을 창출할 수 있도록 제도적 장치를 마련할 수 있어야하며, 전력거래소에서는 농부산물 펠릿 수거 및 생산을 촉진하기 위하여 RPS REC 가중치를 별도로 부여하여 지원해야 한다. 이렇게 함으로써 농가의 소득증대와 실업 상태에 있는 도시근로자들의 일자리창출 뿐만 아니라 순수 국산 에너지 원료 공급을 통한 에너지안보 실현과 기후협약에 따른 온실가스 저감 이행에 크게 기여할 수 있을 것으로 예상된다.

농부산물 바이오매스의 에너지화는 농민들의 수익창출을 위한 대안으로 회자되고는 있지만, 우리나라의 기술수준과 정부와 농민의 인식 부족으로 그 가치가 저평가되고 있다. 따라서 농부산물 바이오매스의 에너지화를 위해서는 별도의 전략 로드맵이 필요할 뿐만 아니라 장기적인 제도 개선 및 기술개발이 병행되어야 할 것이다.

제1장 서론

제1절 연구배경 및 목적

□ 국내 바이오에너지의 사용 필요성 지속증가

- 우리나라의 에너지수입의존도는 96.4%이며, 이중 석유의 비중이 38.2%로 가장 높고 신재생에너지의 비중은 3.0%로 낮은 수준¹⁾이므로 석유중심의 에너지 의존도를 낮게 유지할 수 있는 장기적인 에너지 수급 정책이 요구되고 있다.
- 이에 따라 최근 대체에너지에 대한 관심증대로 바이오매스의 에너지화가 부각되고 있으며 바이오매스를 활용한 에너지가 화석연료대체와 환경문제 해소, 지구 온난화방지등의 효과와 안정적으로 공급이 가능한 에너지원으로 평가 받고 있다.
- 우리나라 신재생에너지 분야 바이오에너지 역사는 1988년 왕겨탄 기술개발 보급으로 시작되었으며, 2002년도 바이오디젤 보급사업 고시, 2006년 석유사업법 전면 개정, 2007년 바이오디젤 중장기 보급계획 수립에 따라 액체바이오 공급이 확대되었다.

□ 지속적인 국내 신재생에너지 보급 확대 및 산업육성 방안 추진

- 1997년 1월에 이용보급을 확대하기 위한 「제1차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획」수립을 시작으로 2006년 기준 1차 에너지의 2%를 신재생에너지로 공급하겠다는 계획을 수립하였고, 2002년 12월에 제2차 국가에너지 기본계획을 수립하면서 에너지 상황변화를 고려하여 신재생에너지 개발·보급목표를 2006년에 3%, 2011년에 5%로 설정하여 2003년 「제2차 신재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획」을 작성하였다.
- 이후 정부에서는 2008년 「제3차 국가에너지기본계획」을 발표하고 저탄소 녹색성장을 위하여 신재생에너지 산업화를 유도하였으며 궁극적으로 2030년까지 전체 에너지의 11%를 신재생에너지로 공급하겠다는 계획을 수립하였다.
- 제3차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획에서는 신재생에너지

1) 지식경제부 2012

보급목표를 1차 에너지 대비 신재생에너지 비중을 2015년 4.3%, 2020년 6.1%, 2030년 11.0% 달성을 제시하고 이와 함께 집중적인 노력을 통해 '20년 이전에 신재생에너지의 Grid Parity(화석연료 수준의 발전단가와 동일수준) 달성을 목표로 하고 있다.

- 향후 「제4차 신재생에너지 기술개발 및 이용보급 기본계획」에는 보급목표를 재설정하고, 이를 달성하기 위한 이행수단으로 '12년 RPS제도시행, '15년 RFS(수송)제도 시행예정, '16년 RHO(열공급 의무화)제도시행을 위한 법 개정을 진행 중이다.²⁾
- 이러한 신재생에너지 의무화 정책 추진에 따라 전체 신재생에너지 공급량 중 폐기물에너지(67.7%, 2012년 기준) 다음으로 비중이 높은 바이오에너지(15%)의 사용이 증가될 예정이며 신재생에너지 의무화 정책의 효율적인 추진을 위해 안정적인 바이오에너지의 국내 원료 수급 방안이 절대적으로 필요한 실정이다.

□ 국내 바이오에너지 수요증가에 대한 해결책으로 국내 미활용 바이오매스 활용 극대화 필요

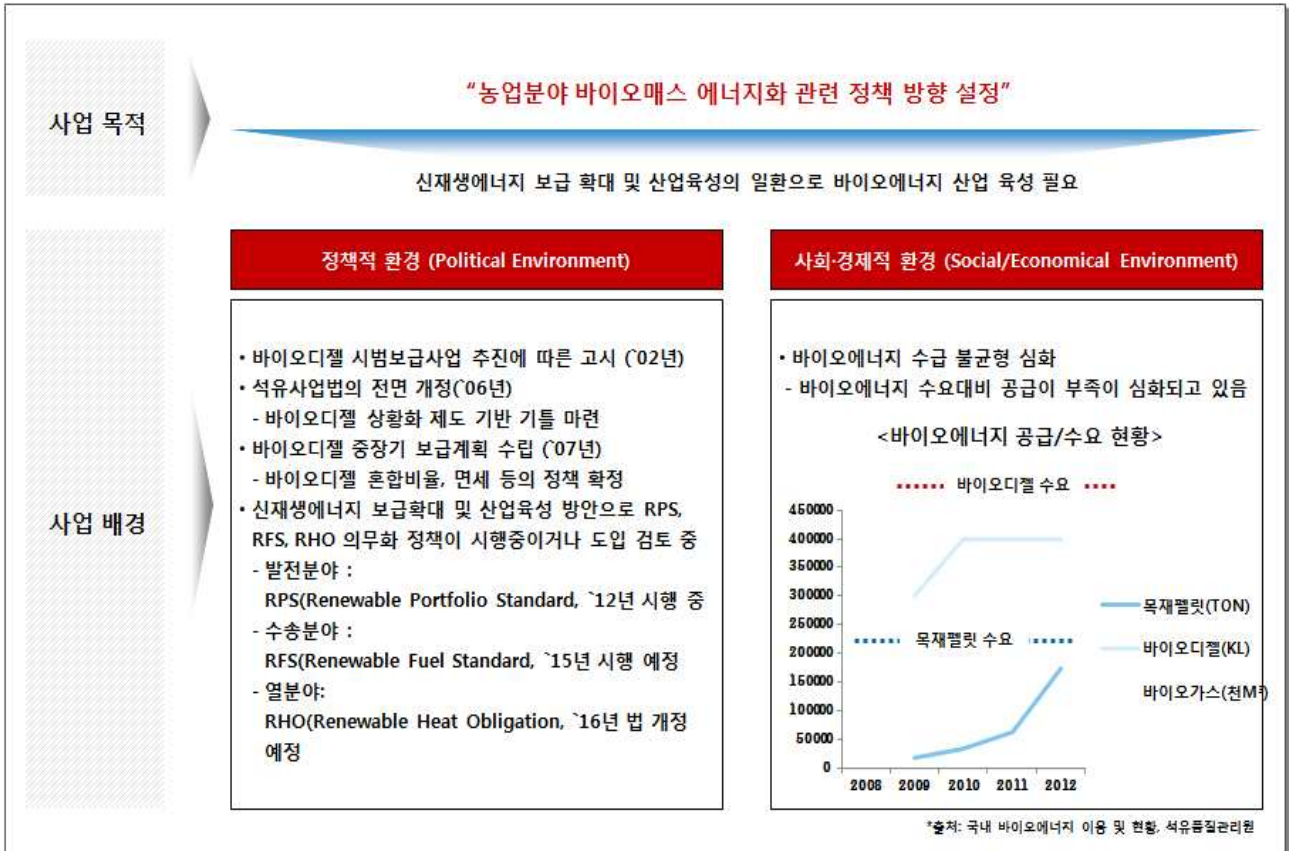
- 국내 바이오에너지 수요증가를 해결하기 위해서는 국내에 잠재되어 있는 미활용 바이오매스의 활용을 극대화할 필요가 있다.
 - 바이오매스 자원은 연간 산지의 임목축적에 의한 임산 바이오매스, 경작지의 작물 부산물을 포함하는 농업부산물 바이오매스, 축산분뇨를 지칭하는 축산 폐기물바이오매스, 가연성분(유기물)의 도시폐기물 바이오매스 자원을 포함하고 있다.
- 특히, 미활용바이오매스 중 작물 및 농업부산물과 같이 잠재량은 높으나 에너지화 비율이 낮은 이유를 찾아 활용을 증진시킬 수 있는 방안이 마련되어야 한다.

□ 국내 작물 및 농업부산물 바이오매스 활용 방안 도출

- 국내 바이오매스를 에너지화하기 위해서는 원료를 수거하여 에너지제품 형태로 가공하는 단계를 거쳐야 하는데 국내 농업부산물은 발생하는 장소가 산재되어 있고, 발생 시기, 발생량 그리고 발생 특성 자체가 다양하기 때문에 수거하는데 어려움이 많다.

2) 2012 신재생에너지백서

- 따라서 농업부산물을 바이오매스로 활용하기 위해서는 종류별로 가지고 있는 열량, 발생 시기 및 장소, 발생량, 보관방법, 생산주체 등을 고려하여 수거이용 방안을 구체적으로 수립해야 한다.



□ 바이오매스 에너지화 국내외 사례와 정책적 시사점 제시

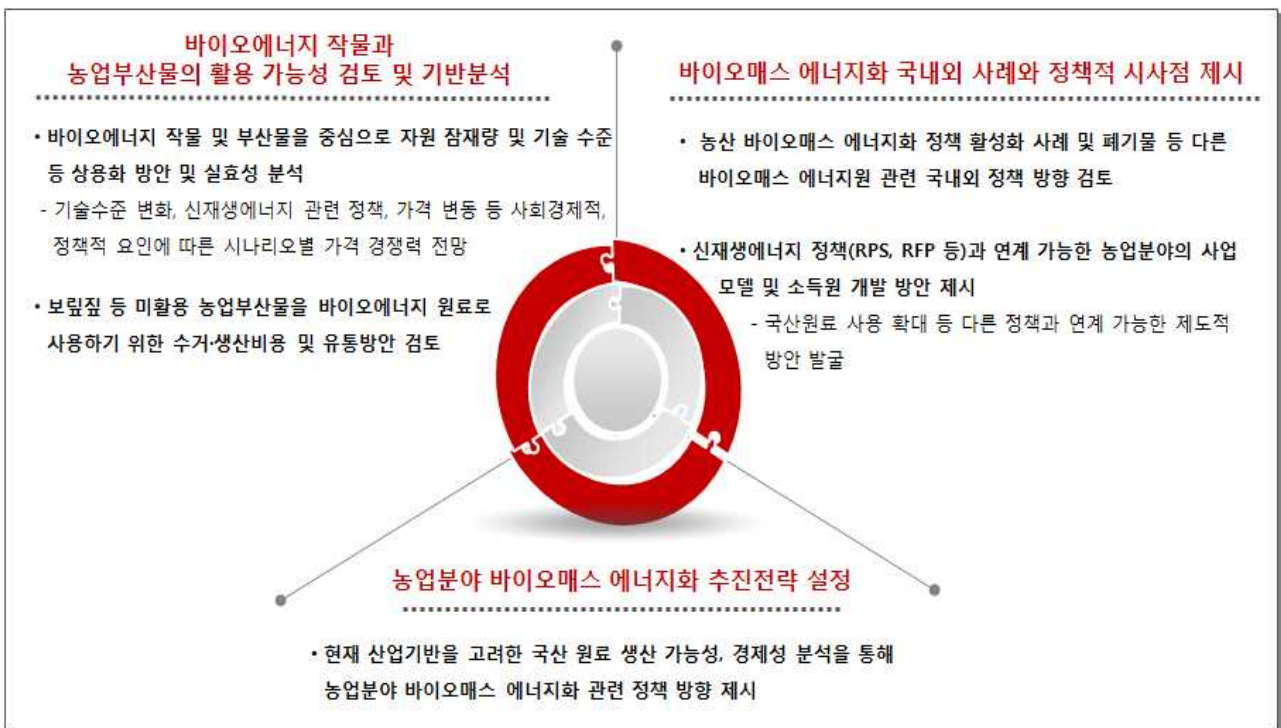
- 농산 바이오매스 에너지화 정책 활성화 사례 및 폐기물 등 다른 바이오매스 에너지원 관련 국내외 정책 방향 검토
- 신재생에너지 정책(RPS, RFS 등)과 연계 가능한 농업분야의 사업모델 및 소득원 개발 방안 제시
 - 국산원료 사용 확대 등 다른 정책과 연계 가능한 제도적 방안 발굴

□ 농업분야 바이오매스 에너지화 추진전략 설정

- 현재 산업기반을 고려한 국산 원료 생산 가능성, 경제성 분석을 통해 농업분야 바이오매스 에너지화 관련 정책 방향 제시

□ 연구수행방법

- 농업부산물의 바이오에너지 잠재량을 도출하기 위하여 부산물량이 상대적으로 많은 미곡, 맥류, 잡곡 등과 과수부산물을 대상으로 조사하였으며, 자료의 수집은 문헌조사, 현장조사, 통계조사 및 정책자료 등을 활용하였고, 현장적용 가능성을 평가하기 위해 관계기관 전문가 및 관련 산업계 종사자와의 인터뷰를 진행하였다.



제2장 농업부산물 바이오매스 활용가능성 및 기반검토

제1절 농업부산물 바이오매스 자원잠재량 분석

1. 조사방법

□ 주요 농업부산물 발생량 통계 현황

- 현재 바이오매스 발생량에 대한 통계는 각 품목을 관리하는 법에 의해 집계되고 있으나 농업부산물에 대한 관리는 관련 법률이 없어 공식적인 통계자료가 조사되지 않고 있는 실정이다.
 - 유기성 폐기물은 『폐기물관리법』, 가축분뇨는 『가축분뇨 관리 및 이용에 관한 법률』, 그리고 임산 바이오매스는 『산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률』에 의해 관리되고 있으나, 농산 바이오매스는 별도의 관리 법률이 마련되어 있지 않다.
 - 농산 바이오매스의 활용 실태는 통계작성 체계의 부재로 사실상 파악이 불가능한 상황이며, 일부 볏짚 정도가 가축의 조사료로 이용되고 있어 활용 실태가 집계되고 있는 실정이다.
 - 또한 농산 부산물의 경우 전분질계, 셀룰로오스계, 리그닌계(목질계)바이오매스가 다양하게 발생하여 바이오매스의 특성에 따라 구분해야하며, 작물별, 지역별 발생 단위가 상이하여 바이오매스별 발생단위를 어떻게 설정하느냐에 따라 잠재량에서 큰 차이를 나타낼 수 있어 체계적인 발생잠재량 통계구축이 필요한 실정이다. (운영만, 2014)

□ 주요 농업부산물 발생량 조사방법

- 우리나라 농촌지역에서 발생되고 있는 농업부산물 바이오매스 자원으로는 미곡, 맥류, 서류, 잡곡 및 과수부산물 등이 있다.
- 기존 농업부산물 잠재량분석에 대한 문헌자료조사 결과 작물별로 생산단위면적당 부산물 발생량을 추정하였으나³⁾ 이는 품종, 영농방법, 토양조건, 기상 상태에 따라 바이오매스 양도 변하는 문제점이 발생한다.

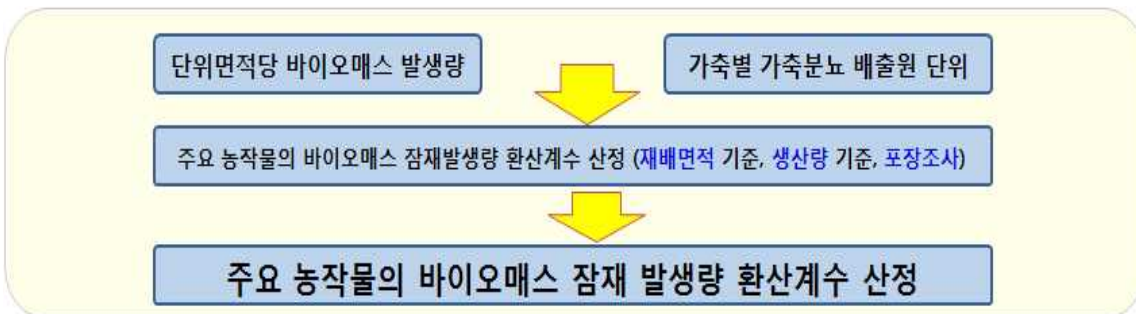
3) Hong(2004)은 농업부산물 바이오매스잠재량을 단위발생량 원소조성비 단위중량당 발열량 등의 자료를 실측 수집 및 분석하여 농촌지역의 바이오매스 잠재량을 추정하는 연구를 보고하였으며 Kim 등 (2009)은 통계자료를 바탕으로 바이오매스자원DB 구축 및 분포도를 작성하였는데 농업부산물의 경우 일부에 한정되어 다양한 농업부산물의 발생량 추정에 어려움이 있음

- 최근 이를 해결하기 위해 농작물 생산량을 기준으로 바이오매스 잠재발생량 환산계수를 산정하여 농업부문 바이오매스 자원 잠재량을 추정하였다. (박우균, 2012)

$$\text{바이오매스 잠재발생량(천톤/년)} = \text{작물 생산량(톤)} \times \text{바이오매스 환산계수}$$

- 농작물 생산량은 '2013년 농작물생산통계'를 활용하였다.
 - 농작물생산통계: 작물별 재배면적(ha), 10a당 생산량(kg)데이터를 활용하여 최종 생산량을 도출하였다.4)
 - 작물선정조건: 2013년 기준 경작량이 비교적 많아 바이오매스로 활용가능한 부산물 발생량이 상대적으로 많은 작물 위주로 조사하였다.
- 농작물의 바이오매스 잠재발생량 추정을 위하여 단위면적당 부산물발생량에서 농작물 생산량(2004~2008년의 5년간 평균값)을 기준으로 바이오매스 환산계수를 산정하였다.

<그림 2-1> 주요 농작물의 바이오매스 발생단위 보정



* 농촌지역바이오매스자원의순환활용기술개발, 국립농업과학원, 2013

- 농작물바이오매스의 에너지단위 산정은 바이오매스의 발열량과 단위중량으로 열량환산계수를 결정하였는데 초분류의 에너지단위는 바이오매스kg당 약3,800~4,500kcal범위를 보였으며, 목질계의 에너지단위는 바이오매스kg당 약4,100~4,300 kcal범위를 보였으며 밤나무 전정가지는 6,200kcal로 다소 높은 경향을 보였다.5)
- 기존의 재배면적 기준 바이오매스 환산계수는 외부 환경인자의 영향을 고려하지 않았기 때문에 생산량 기준 환산계수보다 높게 나타났으며 농촌진흥청의 연구결과 생산량을 고려한 농업부산물 바이오매스 산정이 적절한 것으로 판단하고 있어 본 연구에서도 생산량 기준 환산계수를 활용하여 바이오매스 잠재량을 산정하였다.

4) 농업부산물의 발생량을 추정하는데 있어 대부분 재배면적을 기준으로 발생량을 산정하고 있어 비교적 정확한 통계를 산정하는데 한계 발생

5) * 출처: 농촌지역 바이오매스 자원의 순환활용기술 개발, 국립농업과학원, 2013

□ 농업부산물 가용잠재량 산정

○ 통계자료를 이용해 작물별 생산량에 부산물 발생량 환산계수를 적용하여 이론적 부존량을 산정하였으며, 이론적 부존량에서 함수율을 제외한 건조중량을 가채잠재량으로 추정하였다. 그리고 가채잠재량은 실질적으로 다른 용도로 사용되거나, 사용의 용이성 등에 따라 100%활용할 수는 없으므로 현실적으로 에너지화 할 수 있는 에너지이용률을 적용하여 최종 가용잠재량을 추정하였다.

- 이론적 부존량 : 연간 발생하는 바이오매스 총량
- 가채잠재량 : 이론적 부존량에서 함수율을 제외한 건조중량
- 가용잠재량 : 가채잠재량에서 에너지이용률을 적용한 양

<표 2-1> 주요 농업부산물 발생량 및 농산바이오매스 잠재량 추정 방법

이론적 부존량	작물별 생산량	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2013년 농작물 생산통계 - 작물 선정조건: 2013년 기준 경작량이 비교적 많아 바이오매스로 활용가능한 부산물 발생량이 상대적으로 많은 작물 위주로 조사 - 농작물 생산통계는 작물별 재배면적(ha), 10a당 생산량 (kg)데이터를 활용하여 최종 농작물 생산량을 도출6)
	부산물 발생량 환산계수 적용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 부산물 발생량계수는 '농업부문 바이오매스 잠재량 및 에너지잠재량과 지역별 분포특성, 농촌진흥청, 2013'의 생산량 기준으로 산정한 환산계수 적용
가채잠재량	바이오에탄올 잠재력	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 벳짚, 밀짚, 보리짚 발생량(생체 중)으로부터 함수율(w.b.)을 15%로 가정하여 건조중량을 추정 ▪ 바이오에너지작물센터의 시험자료를 활용하여 벳짚, 밀짚, 보리짚의 셀룰로오스 함량을 건물중 기준 36.3% , 35.2% 및 34.8%로 가정 ▪ 문헌자료로부터 최대 당화율 0.90, 환원당으로부터의 에탄올 이론 수득률 0.511 및 최대발효수율 0.81을 적용하여 벳짚, 밀짚, 보리짚의 바이오에탄올 생산 잠재력을 추정
	농업부산물 펠릿 잠재력	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 바이오매스의 발열량을 분석하고 단위중량으로 열량환산계수 산정 - 농업부문 바이오매스 잠재발생량 및 에너지 잠재량과 지역별 분포 특성(농촌진흥청 국립농업과학원, 2013) 문헌참조 - 초본류는 벳 등 17작물을 대상으로 21종에 대하여 에너지 원단위를 산정한 결과 바이오매스 건조중량 kg당 약3,800~4,500kcal범위 - 바이오고형연료제품 [BIO-SRF(Biomass-Solid Refuse Fuel)] 기준 3,000이상kcal/kg를 적용하여 잠재력 추정
가용잠재량	부산물 에너지 이용률 계수 적용	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 한국에너지기술연구원에서 운영하고 있는 '신재생에너지자원 지도 시스템'의 추정 가용잠재량 산정에 적용된 에너지이용률 계수 적용

6) 농업부산물의 발생량을 추정하는데 있어 대부분 재배면적을 기준으로 발생량을 산정하고 있어 비교적 정확한 통계를 산정하는데 한계 발생

2. 조사결과

가. 농업부산물 이론적 부존량

- 농작물 생산량과 환산계수를 활용하여 2013년 주요 농작물의 바이오매스 연간 이론적 부존량을 추정하였다.

<표 2-2> 농업부문 주요 농작물의 이론적 부존량 추정

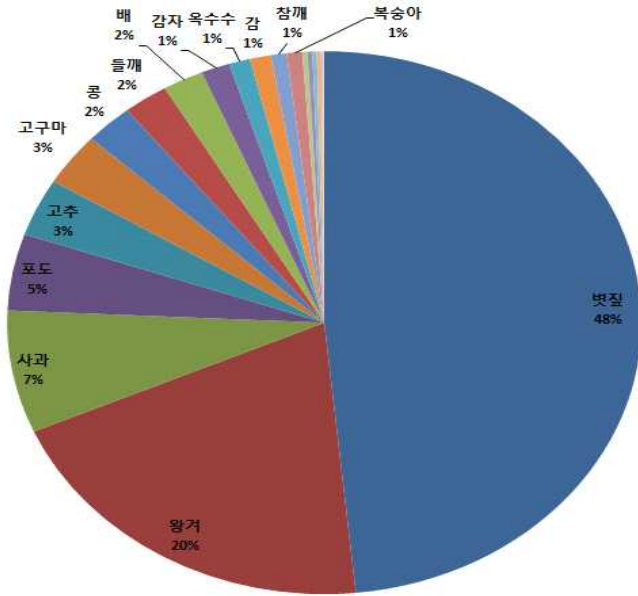
	작물별	생산량(톤)	부산물	환산계수	이론적부존량(ton)
미곡	논벼	4,227,359	벼짚	1.02	4,311,906 ⁷⁾
			왕겨	0.177	1,783,945
	밭벼	2,653	벼짚	1.062	2,817
			왕겨	0.236	626
맥류	겉보리	18,429	보리짚	1.23	22,668
	쌀보리	29,986	보리짚	0.662	19,851
	맥주보리	12,046	보리짚	0.69	8,312
	밀	27,130	밀짚	0.708	19,208
잡곡	옥수수	80,465	줄기	1.189	95,673
	메밀	1,923	줄기	1.278	2,458
두류	콩	154,067	줄기	1	154,067
			각지	0.417	64,246
유지류	땅콩	10,875	줄기	1.78	19,358
			각지	0.278	3,023
	참깨	12,392	줄기	5.8	71,874
	들깨	33,347	줄기	6.14	204,751
서류	감자	727,438	줄기	0.18	130,939
	고구마	329,516	줄기	0.85	280,089
조미채소	고추	117,816	줄기	2.6	306,322
과수	사과	493,701	전정가지	1.316	649,711
	배	282,212	전정가지	0.656	185,131
	감	351,990	전정가지	0.27	95,037
	포도	260,280	전정가지	1.562	406,557
	복숭아	193,243	전정가지	0.367	70,920
합 계					8,909,489

- 농작물 생산량과 환산계수를 활용하여 2013년 주요 농업부산물의 이론적 부존량을 추정한 결과, **8,909,489ton**으로 그 중 벼짚(4,314천 톤)이 가장 많이 발생되었다.

7) '2013년 농작물생산통계'에는 농업부산물 중 논벼 벼짚생산량만이 통계되고 있으며 2013년 논벼 벼짚생산량은 5,152,15톤으로 본 연구에서 추정된 논벼 벼짚 생산량 4,311,906톤과는 약 84만 톤 정도 차이가 발생하였다.

○ 2013년 농업부산물 발생량 비율은 <그림 2-2>와 같다. 전체 농업부산물 중 벼부산물이 가장 많이 발생되었으며, 과수부산물, 밭부산물 순으로 발생되었다.

<그림 2-2> 2013년 농업부산물 발생량 비율



- 전체 농업부산물 중 벼짚이 45%로 가장 많이 발생되었으며, 그 다음 왕겨가 20%로 벼농사 이후 발생하는 부산물이 전체 65%로 대다수를 차지하였다.
- 벼 부산물 다음으로 과수부산물이 전체 16%를 차지하며, 사과 7%, 포도 5%, 배 2%, 감 1%, 복숭아 1% 순으로 발생되었다.
- 밭 부산물의 경우 고추, 고구마가 3%, 콩, 들깨 2%, 감자, 옥수수, 참깨는 전체 발생량의 1%이내 발생되었다.

나. 농업부산물 가채잠재량

1) 농업부산물 바이오에탄올 가채잠재량

□ 13종 농업부산물의 바이오에탄올 생산 잠재력 추정⁸⁾

- 농업부산물로부터 건조중량을 추정하기 위해 각각의 발생량(생체중)으로부터 함수율을 가정하여 건조중량을 추정하였다.⁹⁾
- 바이오에너지작물센터의 시험자료를 활용하여 벼짚, 밀짚, 보리짚의 셀룰로오스 함량을 건조중량 기준 36.3% , 35.2% 및 34.8%로 가정하였으며 나머지 작물은 해당 값의 평균값 35.43%를 적용하였다. 그리고 바이오에탄올 생산 잠재력을 추정하기 위해 문헌자료로부터 최대 당화율 0.90, 환원당으로부터의 에탄올 이론 수득률 0.511 및 최대 발효수율 0.81을 적용하여 잠재량을 추정하였다.

8) * 출처 : 셀룰로오스계 농업부산물 이용 바이오에탄올 생산기술개발, 국립식량과학원 (2013)의 바이오에탄올 생산 잠재력 추정식을 인용하여 재산정

9) 국립식량과학원, 2013년도의 보고서에는 함수율 15%를 기준으로 바이오에탄올 생산잠재력을 산정하였으나, (생)벼짚을 유통시키기 위한 품질등급 및 평가기준은 아직까지 정확하게 규정되어 있지 않으며 함수율에 따른 중량 변동을 확인할 수 있는 기준도 제시되어 있지 않은 상태임. 벼짚을 거래할 때 수분 65%정도를 가지고 거래를 하며 함수율에 따라 중량 편차가 상당히 큰 상황임. 따라서 보수적인 산정식을 위해 함수율 데이터는 홍성구(2005년) 연구보고서의 함량을 인용

<표 2-3> 주요 농업부산물로부터 연간 바이오에탄올 가채잠재량 추정치(2013)

작물	부산물	부산물생산량 (ton)	함수율 (%)	건조중량 (ton)	셀룰로오스함량 (%)	바이오에탄올생산 잠재량(ton)
논벼	벼짚	4,311,906	66.2	1,457,424	36.30	197,079
밭벼	벼짚	2,817	66.2	952	36.30	129
겉보리	보리짚	22,668	59	9,294	34.80	1,205
쌀보리	보리짚	19,851	59	8,139	34.80	1,055
맥주보리	보리짚	8,312	59	3,408	34.80	442
밀	밀짚	19,208	59	7,875	35.20	1,033
옥수수	옥수수대	95,673	61.1	32,433	35.43 ¹⁰⁾	4,281
참깨	줄기	71,874	16.3	60,158	35.43	7,940
들깨	줄기	204,751	16.3 ¹¹⁾	171,376	35.43	22,619
고추	줄기	306,322	16.3	256,391	35.43	33,839
사과	전정가지	649,711	32.8	436,605	35.43	57,625
배	전정가지	185,131	35.1	120,150	35.43	15,858
포도	전정가지	406,557	22.9	313,456	35.43	41,371
합계		6,304,781	-	2,877,661	-	384,476

○ 2013년 기준 13종 농업부산물로부터 연간 바이오에탄올 잠재량을 추정한 결과 **384,476ton**의 바이오에탄올을 생산할 수 있다.

□ 바이오에탄올 생산을 위한 농업부산물(원료) 공급기준 마련 필요

○ 산정된 바이오에탄올 생산량은 작물별 함수율 및 셀룰로오스 함량에 따라 상당한 차이가 발생되므로 향후 바이오에탄올 생산량을 위해 농업부산물을 원료로 공급하기 위해서는 함수율 등이 포함된 품질등급 및 공급기준을 규정할 필요가 있다.

10) 옥수수대, 참깨, 들깨, 고추, 사과, 배, 포도의 셀룰로오스함량은 벼, 보리, 밀의 함량을 적용

11) 들깨, 고추의 함수율을 참깨의 함수율 데이터를 적용

2) 농업부산물 바이오고형연료제품 가채잠재량 추정

□ 24종 농업부산물의 바이오고형연료제품[BIO-SRF(Biomass-Solid Refuse Fuel)] 생산 잠재력 추정

- 2013년에는 고형연료제품에 관한 내용을 대폭 개정하여 바이오 고형연료제품과 일반 고형연료제품의 두 가지로 구분하였으며 농업부산물을 활용하여 바이오 고형연료제품을 생산 할 경우 저위발열량 기준 3,000이상kcal/kg을 제시하고 있다.
 - 바이오고형연료제품[BIO-SRF(Biomass-Solid Refuse Fuel)]은 『폐기물관리법』 제2조 제4호의 지정폐기물이 아닌 다음의 가연성 고형폐기물을 사용(다음의 폐기물¹²⁾을 서로 혼합하는 경우를 포함)하여 제조한 것을 말한다.(동법 시행규칙 제2조 별표1)
- 임산물 기준 목재 펠릿 기준은 『국립산림과학원 고시 제2009호-2호』를 통해 목재펠릿의 품질기준을 1급과 2급 펠릿은 4,300kcal/kg, 3급과 4급 4,040kcal/kg으로 기준을 고시하였다.
- 법적으로 산림청 산하 산림과학원 “목재펠릿 품질기준”을 적용받는 우드펠릿은 목질류만 사용해야하므로 농업부산물은 바이오고형연료 기준으로(제품기준 3,000이상 kcal/kg(저위발열량기준)) 제조할 경우를 분석하였다.
 - 주요 농업부산물의 함수율을 제외한 건조중량에서 건조중량 발열량을 곱해 연간 부산물별 발열량을 산정한 후, Bio-SRF로 생산할 경우 잠재량을 추정하였다.
- 24종 농업부산물의 이론적 부존량 8,909,489ton에서 함수율을 적용한 가채잠재량(건조중량)은 4,836,747ton이다.
- 4,836,747ton의 가채잠재량에 부산물별 건조중량 기준 발열량을 곱해 에너지로 환산한 결과, 19,739,147 Gcal 또는 1,973,915 toe에 해당된다.
- 이를 바이오고형연료제품[BIO-SRF] 기준으로 단순 환산하면 6,578백만ton에 해당하는 제품을 생산할 수 있다.

12) 1)폐지류 2)농업폐기물(왕겨, 쌀겨, 옥수수대 등 농작물의 부산물을 말함) 3)폐목재류(원목으로 된 폐가구류 및 제재부산물을 포함하며, 철도용으로 사용된 침목과 전신주로 사용된 것은 제외함) 4)식물성 잔재물(땅콩껍질, 호두껍질, 팥껍질, 코코넛껍질, 굴껍질 등) 5)초본류 폐기물 6) 그 밖에 에너지로 사용이 가능하다고 환경부장관이 인정하여 고시하는 바이오매스 폐기물

<표 2-4> 주요 농업부산물의 바이오고형연료제품[BIO-SRF]가채잠재량 추정(2013)

작물별	건조중량 (ton)	부산물별 발열량환산 (kcal/kg건중량)	농업부산물잠재량 (Gcal)	농업부산물잠재량 (toe) ¹³⁾	Bio-SRF잠재량 (백만ton)
논벼(벚짚)	1,457,424	3,903	5,688,326	568,833	1,896
논벼(왕겨)	1,605,551	4,061	6,520,143	652,014	2,173
밭벼(벚짚)	952	3903 ¹⁴⁾	3,716	372	1
벼(왕겨)	563	4061	2,286	229	1
겉보리	9,294	3,946	36,674	3,667	12
쌀보리	8,139	3,790	30,847	3,085	10
맥주보리	3,408	3,868 ¹⁵⁾	13,182	1,318	4
밀	7,875	4,049	31,886	3,189	11
옥수수	32,433	4,104	133,105	13,311	44
메밀	833	4,576	3,812	381	1
콩(줄기)	52,229	4,081	213,147	21,315	71
콩(깍지)	21,779	3,971	86,484	8,648	29
땅콩(줄기)	16,202	4,059	65,764	6,576	22
땅콩(깍지)	1,025	3971 ¹⁶⁾	4,070	407	1
참깨	60,158	4,077	245,264	24,526	82
들깨	171,376	4,195	718,922	71,892	240
감자	44,388	4,107	182,302	18,230	61
고구마	94,950	4,133	392,428	39,243	131
고추	256,391	4,301	1,102,738	110,274	368
사과	436,605	4,421	1,930,231	193,023	643
배	120,150	4,306	517,366	51,737	172
감	67,738	4,210	285,177	28,518	95
포도	313,456	4,156	1,302,723	130,272	434
복숭아	53,828	4,246	228,554	22,855	76
합계	4,836,747	-	19,739,147	1,973,915	6,578

13) TOE(티오이) : 에너지의 양을 나타내는 단위로 석유환산톤(tonnage of jaoil equivalent)이라고 하며 원유(석유) 1톤을 연소하였을 때 발생하는 열량으로 1TOE는 10,000,000kcal에 해당.

14) 논벼(벚짚) 발열량 적용

15) 겉보리, 쌀보리 발열량 평균값 적용

16) 콩(깍지) 발열량 적용

□ 신재생에너지의 잠재 에너지 비율

- 농업부산물과 과수 바이오매스를 통한 단순 바이오고형연료의 에너지량은 1,973,915 toe이며, 이는 2013년 1차 에너지 소비량 280,290천toe의 0.7%이고, 신재생에너지 공급량 9,879,207toe의 20%로 신재생에너지 보급률 향상에 상당히 기여할 수 있는 잠재량을 보유하고 있는 것이다.
- 이중 볏짚(밭벼 볏짚 포함)의 사용량이 가축사료용 등으로 다양하게 이용되고 있어 이를 제외 시킨다고 하더라도 나머지 농업부산물의 잠재량은 1,404,710toe로 2013년 1차 에너지의 0.5%를 차지하고, 신재생에너지 발생량의 14.2%를 차지하는 거대한 양이 잠재되어 있다.
- 또한 볏짚을 제외한 농업부산물의 잠재량 1,404,710toe은 2012년 바이오에너지 공급량 1,334,724toe의 105%, 2013년 바이오에너지 공급량 1,558,492toe에 90%에 달하는 수치이다.

□ 바이오에너지 보급목표에 대한 농업부산물 에너지 기여도

- 볏짚을 제외한 농업부산물 잠재량 1,404,710toe의 약 20%에 해당되는 280,942toe를 매년 바이오에너지로 활용할 수 있다면, 『제4차 신재생에너지기본계획』에 따른 2015년부터 5년 단위 바이오에너지 보급목표에 근접하게 달성할 수 있게 된다.

<표 2-5> 1차 에너지 기준 원별 보급 목표

(단위 : 천TOE, %)

	2012		2014		2015		2020		2025		2030		2035		연평균 증가율 ('14-'35)
	공급량	비중	공급량	비중	공급량	비중	공급량	비중	공급량	비중	공급량	비중	공급량	비중	
태양열	26	0.3	50	0.5	67	0.6	220	1.4	934	3.7	1,802	5.6	2,853	7.9	21.2
태양광	238	2.7	504	4.9	648	6.0	1,805	11.7	3,214	12.9	4,388	13.7	5,110	14.1	11.7
풍 력	193	2.2	267	2.6	340	3.2	977	6.3	3,896	15.6	5,965	18.7	6,616	18.2	16.5
바이오	1,335	15.2	1,379	13.3	1,450	13.5	2,895	18.8	4,744	19.0	5,905	18.5	6,529	18.0	7.7
수 력	815	9.3	1,001	9.7	1,007	9.4	1,019	6.6	1,033	4.1	1,047	3.3	1,062	2.9	0.3
지 열	65	0.7	94	0.9	118	1.1	412	2.7	1,103	4.4	2,031	6.4	3,074	8.5	18.0
해 양	98	1.1	119	1.1	121	1.1	389	2.5	389	1.6	461	1.4	461	1.3	6.7
폐기물	5,999	68.4	6,942	67.0	6,988	65.1	7,670	49.8	9,689	38.8	10,336	32.4	10,597	29.2	2.0
계	8,768		10,357	0.0	10,740		15,387		25,002		31,935		36,301		6.2

* 『제4차 신재생에너지기본계획』 1차 에너지 기준 원별 비중목표에 따른 공급량 예측

다. 농업부산물 가용잠재량¹⁷⁾

□ 농촌지역 이용 가능한 바이오매스 자원 및 에너지 이용률

- 농촌진흥청의 농업부문 바이오매스 잠재량 연구(2013)보고서에서는 농촌지역에서 발생하는 이용 가능한 바이오매스 자원 및 에너지 가용잠재량을 파악하기 위해 기존의 통계자료 및 문헌조사를 실시한 결과, 농업부산물은 연간 1,185만 톤의 부존자원에서 약 25%정도인 300만 톤의 가용잠재량을 가지고 있는 것으로 보고하고 있다.
- 이는 <표2-6>과 같이 에너지이용률이 하수슬러지 50%, 음식물, 종이 및 목질계폐기물 30%, 임목폐기물 17%, 축산분뇨 3%를 보이는 것과 비교할 때 비교적 높은 수준인 것을 알 수 있다.
- 하지만 해당 결과는 상당기간이 경과된 연구 자료이며 최근에는 임목폐기물, 축산분뇨의 에너지이용률을 높이기 위한 법적 근거 및 시범사업을 적극적으로 추진 중에 있다.

<표 2-6> 농촌지역 이용 가능한 바이오매스 자원 및 에너지 가용 잠재량

Biomass type	Natural resources		Available		References
	wet weight (ten thousand ton/year)	Energy (ten thousand ton/year)	wet weight (ten thousand toe/year)	Energy (ten thousand toe/year)	
Agricultural waste	1,185	400	300	105	Hong et al,(1991)
Livestock manure	4,684	90	156	30	Lee et al,(1999)
Food waste	430	17	130	5	Lee et al,(1999)
Forest resource	1,200	510	200	85	Hong et al,(1991)
Paper & wood waste	540	108	160	32	Lee et al,(1999)
Wastewater sludge	169	3	85	2	Lee et al,(1998)
Total	8,208	1,128	1,031	231.6	

* 농업부문 바이오매스 잠재량 연구(2013)

□ 한국에너지기술연구원의 농업부산물 에너지 이용률

- 한국에너지기술연구원에서 운영하고 있는 ‘신재생에너지자원지도시스템’에는 농산부산물량과 함께 농산바이오매스의 총 잠재량에서 실제 이용 가능량을 추정한 가용잠재량 데이터를 공개하고 있다.

17) 농업부산물 가용잠재량은 각 부산물의 건조중량에 에너지이용률을 적용한 잠재량으로서 에너지이용률에 따라 가용잠재량의 양이 큰 폭으로 변동하게 된다. 따라서 본 연구에서는 연구기관에서 도출한 6종의 농업부산물 에너지이용률을 적용하여 가용잠재량을 도출하였다.

- 시스템 상에서 가용잠재량은 1980년 조사결과를 바탕으로 추정하였으며 현재는 에너지로의 이용률이 거의 zero로 추정되지만 만약 에너지 이용 인프라 등이 구축되면 각 작물별 부산물의 출하시기, 수집의 용이성, 타 용도 이용률 등을 감안하여 참고문헌을 고려한 이용률을 적용하여 추정하고 있다.
- (사)한국축산경제연구원의 에너지잠재량 추정방법은 한국에너지기술 연구원의 신재생에너지자원 데이터센터의 잠재량 추정방법을 인용하여 산정하였으며, 2013년 기준의 이용률을 비교하면 쌀보리, 대두줄기, 고구마 줄기는 동일하나 벳짚, 왕겨, 사과전정지의 이용률은 더 높은 것으로 나타났다.

<표 2-7> 농업부산물 에너지 이용률

	연구기관1*	연구기관2**
논벼(벳짚)	2.4%	14.6%
논벼(왕겨)	7.3%	30.2%
맥류(쌀보리)	25.2%	25.2%
대두(줄기)	59.8%	59.8%
고구마(줄기)	0.6%	0.6%
사과 (전정지)	41.85%	100%
평균	19.74%	33.20%

* 출처 : 신재생에너지자원지도 및 활용시스템 구축사업, 한국에너지기술연구원, 2013

** 출처 : 우리나라 바이오매스이용실태에 관한 기초조사, (사)한국축산경제연구원, 2010

□ 농업부산물 가용잠재량

- 기존에 농업부산물 에너지이용률을 연구한 두 연구기관의 결과를 적용하여 2013년 발생한 6종 농업부산물의 가용잠재량을 산정한 결과 최저 368,756ton, 최고 1,168,119ton 으로 약 3배정도 차이가 발생된다.
- 에너지이용률은 농업부산물마다 매우 상이하므로 평균값이나 타 농업부산물의 이용률을 적용 시 데이터의 신뢰도가 매우 낮아질 것을 우려해 본 연구의 주요 농업부산물의 가용잠재량 추정은 기존에 에너지이용률이 도출된 농업부산물(논벼의 벳짚, 왕겨, 쌀보리, 콩줄기, 고구마 줄기, 사과 전정가지)만 산정하였다.
- 2013년 발생한 주요 농업부산물의 가용잠재량을 에너지로 환산하면 최저 155,787 toe에서 최고 486,739toe이며, 두 연구기관의 평균 에너지이용률인 26.47%를 적용하면 391,097toe에 달한다.

- 이 수치는 2013년 신재생에너지보급량 중 가장 높은 비중(24%)을 차지하는 바이오디젤 369,081toe에 버금가는 양이다.

<표 2-8> 주요 농업부산물의 가용잠재량 추정 (2013)

작물별	건조중량 (ton)	연간 부산물별 발열량(Gcal)	연구기관1			연구기관2		
			에너지이용률	가용잠재량 (ton)	가용잠재량 (toe)	에너지이용률	가용잠재량 (ton)	가용잠재량 (toe)
논벼(벼짚)	1,457,424	5,688,326	2.4%	34,978	13,652	14.6%	212,784	83,050
논벼(왕겨)	1,605,551	6,520,143	7.3%	117,205	47,597	30.2%	484,876	196,908
쌀보리	8,139	30,847	25.2%	2,051	777	25.2%	2,051	777
콩(줄기)	52,229	213,147	59.8%	31,233	12,746	59.8%	31,233	12,746
고구마(줄기)	94,950	392,428	0.6%	570	235	0.6%	570	235
사과 전정가지	436,605	1,930,231	41.85%	182,719	80,780	100%	436,605	193,023
합계	3,654,898	14,775,122	19.74%	368,756	155,787	33.20%	1,168,119	486,739

- 향후 에너지로 이용 가능성이 높은 주요 농업부산의 에너지이용률에 대한 연구가 진행된다면 좀 더 정확한 농업부산물의 가용잠재량을 추정할 수 있을 것으로 판단된다.
- 농업부산물은 절대적인 발생 잠재량도 많으며 에너지로 이용할 수 있는 양도 신재생에너지보급량을 충족시킬 수 있을 정도로 상당량을 보유하고 있다.
- 모든 농업부산물을 에너지로 활용하는 데는 적용기술 확보, 경제성 확보 문제 등으로 어려움이 있으므로, 전체 농업부산물 중 실질적으로 활용 가능한 농업부산물 종류, 공급량 등을 파악하여 이에 맞는 농업부산물 수거 및 활용방안을 구축하는 것이 필요하다.
- 따라서 본 연구에서는 기술적, 경제적으로 확보가 가능하며, 보급목표에 기여할 수 있는 상당량의 잠재량을 보유하고 있는 농업부산물을 선정해 수거방법과 자원화 방법에 대해 분석하였다.

제2절 농업부산물 바이오매스 기술수준 분석

1. 농업부산물 바이오에너지화 기술

가. 농업부산물 이용형태

□ 농촌지역의 농업부산물 이용형태

- 농촌지역의 농업부산물을 환경 친화적 농자재로 사료화, 퇴비화, 토양환원, 직접연소로 사용하고 있으며 나아가 펠릿, 바이오에탄올, 메탄가스 등 연료화 등으로 사용 범위가 점차 확대되고 있다.

<그림 2-3> 농업부산물 이용형태



사료화 보리짚 토양환원 보리짚 소각 옥수수대 펠릿 바이오에탄올 가스화

- 환경 선진국들은 농업생산과정에서 발생하는 다량의 농업부산물을 활용한 바이오에탄올, 바이오가스 생산기술을 추진하고 있으며 일부 국가는 상용화 단계에 있으나, 국내의 경우 아직 이러한 산업이 활발하게 전개되고 있지 않는 실정이다.

나. 기술종류

□ 식물바이오매스의 주요 구성 성분에 따라 활용기술 차등

- 식물의 성상에 따라 사람이 식량으로 사용할 수 있는 사탕수수, 고구마, 옥수수, 콩과 같은 전분질(녹말)계 바이오매스와 식량으로 사용할 수 없는 나무, 볏짚 등 섬유소계 바이오매스로 구분된다.
- 식물바이오매스의 주요 구성 성분은 바이오매스형태에 따라 탄수화물 및 리그닌으로 구성되어 있다.
 - 탄수화물은 주로 섬유질을 지지하는 리그닌과 식물체구조를 강화하는 셀룰로오스

그리고 hemi-cellulose 섬유질로 구성되어 있어 유채대, 벧짚, 보리짚과 같은 식물체 잔사물은 대체연료자원으로 활용이 가능하다.

- 원료 바이오매스의 성상에 따라 각각 다른 활용기술이 적용되고 있으며 그 중 농업부산물에 포함되고 있는 섬유소계 바이오매스는 효소당화를 거쳐 바이오에탄올을 생산하고, 가스화를 통해 메탄올 생성이 가능하며 왕겨탄, 펠릿 등과 같은 고형연료화, 또는 직접 연소를 통해 연료로 사용되고 있다.

<그림 2-4> 벼 부산물의 바이오매스 사용 사례



□ 바이오에너지 기술조사 연구범위

- 농업부산물 바이오에너지 중 실용단계이거나 향후 발전가능성이 높은 기술 중심으로 기술조사를 실시하였다.

<표 2-9> 바이오에너지 기술조사 연구범위

		바이오매스 종류	자원화 가능분야	현재 단계	연구대상
농산	수도작	벧짚, 왕겨, 미강, 쉐미 등	<ul style="list-style-type: none"> 왕겨숯 등 친환경재 퇴비, 사료 바이오에탄올 가스화를 통한 열에너지 	실용단계 실용단계 시험단계 시험단계	X X ● X
	과수	전정가지	<ul style="list-style-type: none"> 펠릿 가스화를 통한 열에너지 	실용단계 시험단계	● X
에너지작물		유지계(유채 등)	<ul style="list-style-type: none"> 바이오디젤 	실용단계	X
		당질계(쌀 등)	<ul style="list-style-type: none"> 바이오에탄올 	실용단계 (주정용)	●
임산		폐잔재	<ul style="list-style-type: none"> 목재칩, 펠릿 가스화를 통한 열에너지 전기 	실용단계 시험단계 시험단계	● X X

* 출처 : 농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략 (2007) 내용을 업데이트함

** ●는 연구대상 포함, X는 연구대상에서 제외

2. 농업부산물 바이오에너지화 기술수준 분석

1) 펠릿

□ 장단점¹⁸⁾

○ 장점:

- ① 높은 밀도와 낮은 습도 : 장거리 운송이 용이하며, 저장 또한 용이하다.(부피가 작을 뿐만 아니라 타 형태의 바이오매스와 달리 잘 썩지 않음)
- ② 사용자가 쉽고 표준화된 형태 : 버너에 자동적으로 공급하기가 기술적으로 쉬우며, 투자비용이 적게 소요됨으로써 시장이 화석연료에 대한 대안으로 쉽게 받아들일 수 있다. 일반적인 바이오매스는 특별한 취급과 연소장치를 필요로 하지만, 초본계 혼합펠릿은 표준화된 형태로 생산이 용이하다.
- ③ 혼합이 가능 : 펠릿연료는 주어진 범위의 특성 내에서 쉽게 조절되며 목질계 바이오매스와 혼합이 가능하다. (ex, 축분+왕겨)

- 단점 : 농업부산물과 같은 초본계 혼합펠릿(Mixed biomass pellets, MBP)의 경우 현재 유럽 내에서 다양한 형태로 여러 생산자들로부터 제조되고 있으나 품질이 매우 불균일하고, 제품생산에 따른 변이가 많은 실정이다.

□ 현 기술 수준

- 목질계 펠릿의 경우 목재 섬유를 펠릿의 형태로 만드는 것은 비교적 단순한 기계적 공정이나 건조와 분쇄같은 전처리과정이 필요하다.
- 왕겨, 볏짚 펠릿 : 회분함량은 보통 13%로 볏짚과 왕겨에 포함되어 있는 실리카(규사) 성분 때문에 연소 시 회분량이 많아 재가 많이 발생되므로 가정용으로는 부적합하고 대량으로 쓰이는 소각로 등의 산업용 및 유동충발전소 등에 적합한 제품이다.
 - 효율을 높이기 위해서는 <그림 2-5>와 같이 농업부산물(왕겨, 등)과 목질계(툽밥)을 혼합해서 사용하는 방법이 가장 많이 쓰인다.

18) * 출처: 국가별 목재펠릿 정책 및 유럽의 시장동향, 국립산림과학원, 2011

<그림 2-5> 농업부산물을 이용한 펠릿



옥수수대펠릿



옥수수봉펠릿



왕겨펠릿



옥수수봉슬러지펠릿



옥수수대+땅콩피펠릿



목질+옥수수대 (6:4)펠릿

- 펠릿이외 왕겨나 볏짚에서 얻어지는 규소는 모래에 비해 간단한 공정으로 순도가 높은 소재를 얻을 수 있어 선진국에서는 처리된 규소에서 얻어지는 탄화규소, 탄화규소 휘스커, 실리콘, 실리콘 나노분말 등 고가의 정밀산업용 소재로 개발하고 있다.

□ 농업부산물 목재칩 및 펠릿 가능성 분석

- 농업부산물을 목재칩 또는 펠릿으로 제작할 경우 목질계와 유사한 사과전정지, 고추대가 펠릿으로 이용될 수 있다.
- 그러나 농업부산물 펠릿의 경우 우드펠릿에 비해 발열량이 낮아 동일한 품질 조건은 어려운 상황이다.
 - <그림 2-6>에서 보는 바와 같이 목재 펠릿의 발열량은 일반적으로 4,500kcal/kg 정도인데 비해 유채줄기, 유채씨, 귀리, 볏짚, 왕겨를 원료로 한 농산부산물 펠릿은 목재펠릿 대비 평균 83.6% 정도의 발열량을 보였다.
 - 유채줄기와 유채씨는 발열량이 거의 비슷하였으며, 5가지 농산부산물 중 귀리를 원료로 한 펠릿의 발열량이 가장 높았고, 왕겨의 발열량이 가장 낮아 목재 펠릿 발열량의 50% 수준으로 나타났다. (강연구, 2009)

<그림 2-6> 농업부산물 펠릿의 발열량 비교

(단위 : kcal/kg)



* 출처 : 농림부산물의 처리 및 에너지자원화 기술개발, 2009

- 따라서 농업부산물을 펠릿화하기 위해서는 목질계 바이오매스와 혼합하여 발열량을 높이고 회분함량을 낮출 필요가 있다.
 - 아래 그림과 같이 소나무와 전나무 부산물을 원료로 한 펠릿은 평균 발열량이 4,405kcal/kg으로 일반적인 펠릿 발열량 4,500kcal/kg과 거의 유사하였다.
 - 반면 혼합 펠릿은 톱밥의 혼합비율이 감소할수록 발열량이 감소하여 톱밥 7+ 볏짚 3, 톱밥 7+왕겨 3으로 혼합한 펠릿에 비해 톱밥 3+ 볏짚 7, 톱밥 3+ 왕겨 7로 혼합한 펠릿의 발열량이 모두 약 9% 감소하였다. (강연구, 2009)

<그림 2-7> 임업부산물과 농업부산물 혼합펠릿 발열량

(단위 : kcal/kg)

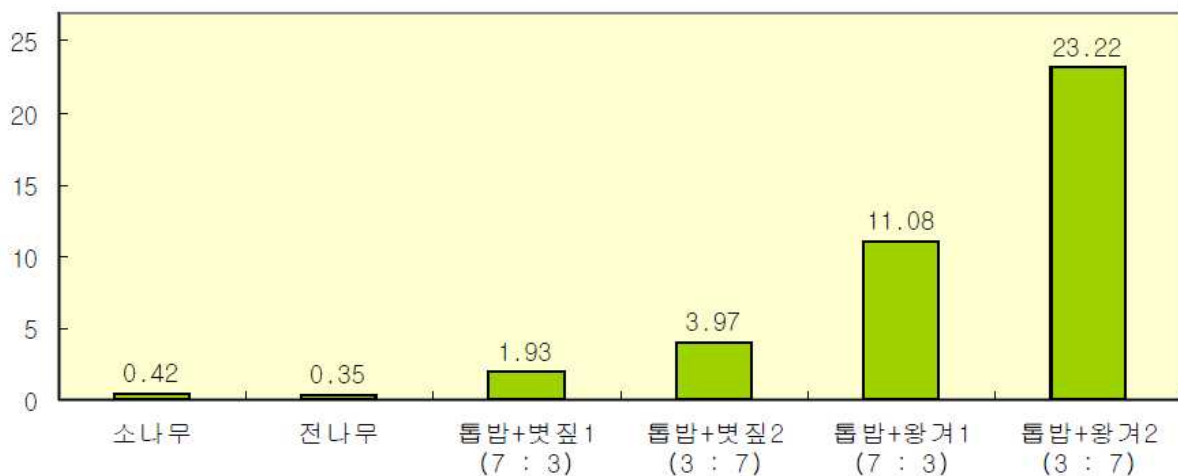


* 출처 : 농림부산물의 처리 및 에너지자원화 기술개발, 2009

- 또한 소나무와 전문 펠릿의 회분함량은 각각 0.42, 0.35로 매우 낮았으나, 농업 부산물인 벚짚과 왕겨의 혼합율이 높아질수록 회분함량도 높았다.
- 특히 왕겨가 섞여 있는 혼합펠릿에서 회분함량이 높았으며, 이는 왕겨 자체가 회분을 많이 포함하고 있기 때문인 것으로 사료된다. (강연구, 2009)

<그림 2-8> 임업부산물과 농업부산물 혼합펠릿 회분함량

(단위 : %)



* 출처 : 농림부산물의 처리 및 에너지자원화 기술개발, 2009

- 위 연구와 같이 농업부산물을 펠릿화하기 위해서는 농업부산물별 목재와의 최적 혼합비율을 찾는 연구과정이 필요할 것이다.

□ 우드펠릿과 초본계 펠릿: PKS(Palm Kernel Shell) 비교¹⁹⁾

- PKS는 우리나라 발전소의 97%를 차지하는 미분탄발전소에는 사용이 불가하고 3%정도인 유동층발전소²⁰⁾에 사용이 가능하다.
 - PKS는 형상 때문에 유동층보일러만 사용가능하므로 실제 발전회사 소요량은 많지 않다.
- PKS는 발전소, 시멘트 소성로, 집단에너지 등 열원시설을 보유한 업체 중 환경방지시설을 설치하여 환경부로부터 신고필증을 발급받은 시설에서만 사용이 가능하다.
 - 기본적으로 폐기물이기에 환경방지시설이 미흡한 화훼단지, 목욕탕, 개인용도 등으로 사용할 수 없다.
- PKS는 폐기물에 기인한 수입 고형연료제품이므로 PKS를 사용 가능토록 신고필증을 취득한 업체와 계약한 업체만 수입이 가능하다.

<표 2-10> 우드펠릿과 초본계 펠릿(PKS: Palm Kernel Shell) 비교

	우드펠릿	PKS
관할	산림청	환경부
성분	목질계	초본계
발전소 사용	발전소에서 미분화가능 100% 사용가능	섬유질때문에 발전소에서 미분화 어려움 사용가능한 발전소는 전체 3%
REC	가중치 1.5	가중치 1.0
발열량	3,800~4,200kcal/kg	3,500~3,900kcal/kg
염소성분	0.05wt%이하	0.1~0.2wt%
수분함수량	10%미만	10~25%
비중	0.60~0.70	0.55~0.65
원료비용 DDU ²¹⁾ 도착기준	180~220\$/ton	120~150\$/ton
수입부과세	10%	없음
수입처	사용처 확정없이 수입가능	사용시설 인증받은 사용자와 계약 후 수입신고가능
보관	수분흡수때문에 기술적으로 옥외보관 불가	기술적으로 옥외보관가능하나 법적으로 옥내보관
보일러	미분탄보일러 및 유동층보일러	유동층보일러
생산지	전 세계	인도네시아, 말레이시아

19) * 출처 : 동서발전, 노서균

20) fluidized bed boiler : 공기와 석회를 동시에 주입시켜 순환 연소시킴으로써 질소 산화물, 황산화물 등 오염물질 배출을 크게 줄이는 친환경 발전설비이다.

21) Delivered Duty Unpaid : 매도인이 수입 절차를 마치지 않은 상태의 물품을 보세 창고에 반입하여 매수인에게 인도할 때까지 드는 일체의 비용을 지불하는 조건 또는 가격을 말한다.

2) 바이오에탄올

□ 섬유소계 바이오매스로부터 바이오에탄올 생산 공정

- 1. 당화 저해 물질(리그닌)을 제거하고 셀룰로오스의 접근 가능성을 증가시키기 위한 전처리 공정 (Pretreatment), 2. 셀룰로오스의 가수분해를 통해 발효 가능한 당류로 변환하는 당화 공정 (Saccharification), 3. 생성된 당을 효모 및 박테리아를 이용하여 알코올로 전환 시키는 발효 공정(Fermentation), 4. 발효액으로부터 에탄올을 증류시키고 물을 제거하는 정제공정 (purification)으로 구성된다.



<그림 2-9> 셀룰로오스계 농업부산물 바이오에너지화 기술분류

□ 현 기술 수준

- 바이오에탄올 기술은 선진국대비 72.7% 수준이며, 국산화율 수준은 설계 69.3%, 제작 및 생산 69.9%이다.
- 바이오디젤, 전분질계 에탄올 연료, 유기성 폐기물 메탄 발효, 바이오 고형연료 생산 분야에서만 상업 적용이 가능한 기술을 확보하고 있으며, 목질계 에탄올 연료기술은 개발 활동이 지속되고 있다.(중기청,2013)
- 국내 주요업체 : 에탄올은 창해에탄올, 바이올 시스템즈, 부탄올은 GS 칼텍스 등에서 공정 기술 개발 중이다.
 - 해외 주요업체: 에탄올 - POET (미), ADM (미), Sun energy (미), Abengoa (스), 부탄올 - Butamax (미)

- CO₂감축과 화석연료(가솔린)의 대체품으로서 바이오알코올이 관심을 받고 있으며, 비식량자원 원료개발과 고효율 플랜트의 개발의 필요성이 대두됨에 따라 농업부산물을 이용한 에너지화 기술개발이 활발히 진행 중이다.
 - 특히 효율적인 전처리 및 당화기술의 개발, hemicellulose 유래 pentose류를 효율적으로 에탄올로 변환시킬 수 있는 균주의 개발 등이 극복해야 할 과제이다.
- 바이오에탄올 업체 중 부품소재 업체는 20여개로서 비중은 약 80%이며, 국내 시장이 음료용 에탄올 생산에 집중되어 연료용 에탄올 및 부탄올에 대한 기술 개발은 미미한 실정이다.
- 특히 에탄올 탈수 공정의 경우 차세대 기술인 막 이용 탈수 공정은 국내 기술 기반이 매우 취약하여 국내 연료용 알코올의 보급이 시작되면 대부분 탈수 공정 기술은 해외에 의존하게 될 것으로 예상되며 이에 따른 로열티 부담이 커질 것으로 판단된다.

<표 2-11> 국내외 바이오에탄올 세부기술별 수준 비교

바이오에탄올	전처리	효소생산	당화	발효	정제	시스템
국내	◐	◑	◑	●	●	◐
선진국	●	●	◐	●	●	●

●:기술확립, ◐:선진국수준, ◑:개발단계, ◒:기술부족, ○:미개발

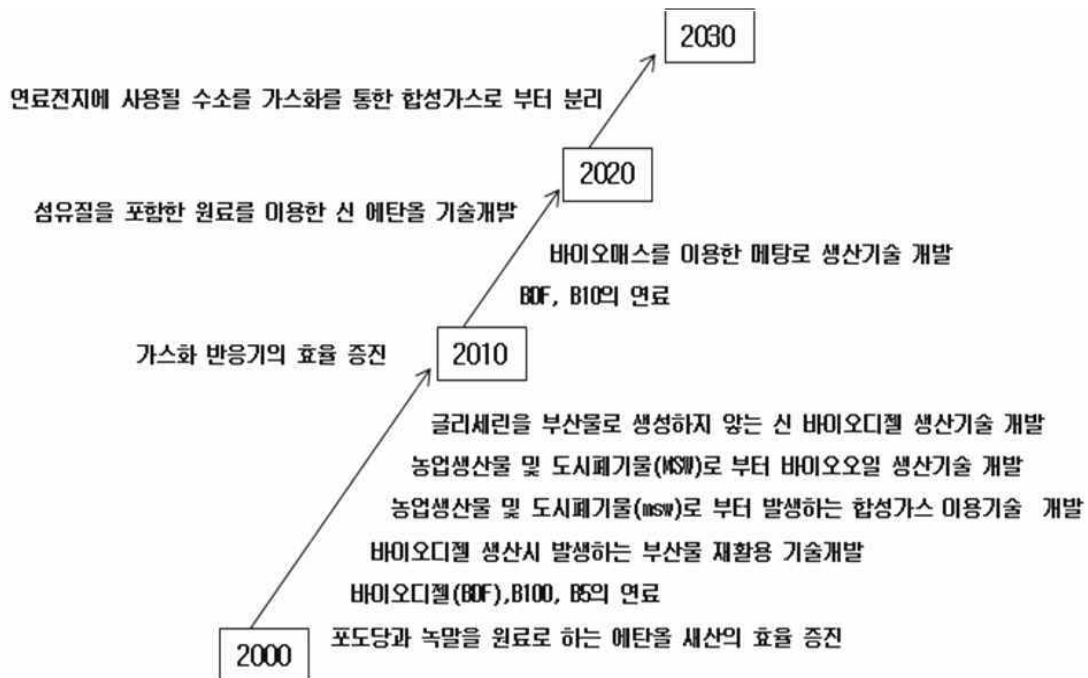
* 출처: 지식경제부, 바이오·폐기물에너지 산업발전전략, 2012 및 에기평 전문가 재조정

- 또한 바이오에탄올 생산을 위해서는 전처리 공정을 통한 바이오매스의 분리 및 당화공정을 거쳐 발효성 당으로 전환하여야 하는데 이 과정에서 상당한 비용이 소요된다.
 - 일본의 벼 부산물을 이용한 바이오에탄올 생산시스템 처리규모는 현미 15,000톤을 처리하여 6,700kl의 에탄올을 생산하는 정도이다.
 - 바이오에탄올과 바이오디젤은 기존의 화석연료를 대체하는 성격이 강하기 때문에 상업화되기 위해서는 무엇보다 가격 경쟁력이 필요하다. 따라서 값싼 대량의 원료를 얼마나 안정적으로 조달하느냐 여부가 상업화의 최대관건이다.
 - 우리나라와 자원 여건이 비슷한 일본이 사탕수수 기반 에탄올을 확보하기 위해 브라질 국영 기업과 제휴한다거나, 또 다른 바이오매스 원료를 얻기 위하여 인도네시아 등 동남아시아에 진출하는 것이 좋은 예이다. (김경연, 2006)

□ 농업부산물 바이오에탄올 가능성 분석

- 현 기술수준으로는 농업부산물을 통해 바이오에탄올을 생산하는 데는 어려움이 있다.
- APEC에서 전망한 바이오에너지 기술개발 로드맵 <그림2-10>에 따르면, 2020년까지는 바이오매스를 이용한 메탄올 및 셀룰로오스를 이용한 에탄올을 생산하는 기술이 개발될 것으로 전망하고 있다.

<그림 2-10> 2030년까지 바이오에너지 기술개발 로드맵



* 출처: APEC, 2006, Biofuel Task force Working Paper 번역문(김연중, 한국농촌경제연구원 농산업정책연구본부, 2009, 주요국의 바이오에너지 개발 동향과 보급정책, Bioin 스페셜 Zine 2009.11)

- 볏짚 등 벼 부산물은 리그닌 함량이 낮고 50%이상이 셀룰로오스 등 섬유질로 구성되어 있으며 화학적 구조도 목질계보다 느슨하여 바이오에탄올, 바이오오일 등 다양한 바이오연료의 생산에 유리하나 회분이 문제된다.
- 현재까지 알려진 바에 의하면 바이오디젤은 대두와 유채를 이용하여 생산하는 것이 가장 유력하며, 바이오에탄올은 쌀(재고현미)을 이용하는 것이 유력하다. 그러나 이 모두 식용작물이기 때문에 상용화 가능성에도 불구하고 높은 보급률을 시현하기에는 제약이 따른 것이다.
- 따라서 비식용작물인 농업부산물을 이용한 바이오연료 생산에 R&D를 집중하고 보급률을 높이려는 정책적 의지와 노력이 필요한 시점이다.

<표 2-12> 바이오연료 작물별 상용화 가능성¹⁾

바이오 디젤	Oil 함량 (kg/종자 100kg)	품종 수준	생산 수준	제약요인	생산비	기술 수준	상용화 가능성
대두	14	△	X	유채에 비하여 바이오디젤 수율이 낮음. 가격경쟁력 열위	◎	◎	◎
땅콩	42	◎	X	국내 연구사례 없음	X	X	X
유채	37	△	X	디젤연료에 비해 높은 생산원가	◎	◎	◎
해바라기	32	△	X	국내 연구사례 없음. 생산효율이 떨어짐.	△	X	△
바이오 에탄올	수득량 ²²⁾ (무수에탄올)	품종 수준	생산 수준	제약요인	생산비	기술 수준	상용화 가능성
고구마 (절간)	412 l /톤	△	△	제조공정이 복잡하고 제조비용이 비쌈	X	X	△
쌀 (재고현미)	441 l /톤	◎	△	수입산과 가격경쟁력 열위	△	△	◎
쌀보리	379 l /톤	◎	△	수입 원료와의 가격차 향후 생산 감소예측	X	X	△
옥수수	-	X	X	국내 연구사례 없음. 생산농가 의욕저하	X	△	X

* 주: 높음(◎), 중간(△), 낮음(X)

* 출처 : 산업자원부 (2005) 참조

작물별 상용화 가능성은 정부, 업체, 관련 단체 등의 전문가 의견을 종합하여 연구진이 최종분석 후 전망

22) 산업자원부(2005) 참조

제3절 농업부산물 관련 바이오에너지 산업현황

□ 목재펠릿시장의 공급부족 현상

- 목재펠릿의 경우 연료로서 우수성을 인정받아 수요가 급증하고 있으나 목재를 이용한다는 점에서 전 세계적으로 공급과 수요관점에서 심각한 불균형을 이루고 있으며, 절대적으로 부족한 임목자원에 대한 업계 간의 원자재 쟁탈전이 이미 심화되고 있다.
- <표 2-13>와 같이 2014년 기준 국내 펠릿공장은 총 21개소로 각개소별 가동률은 매우 상이하다.
- 전국 21개 펠릿공장(14개소 산림청 설비지원업체) 가운데 국내실정에 맞는 규모의 공장(2톤 이상)은 14개소이며, 이 중 일부는 3교대 인력부족, 원료 저장공간 미확보, 추가적인 부대시설 확장공사 기피 등으로 생산중단 상태이고, 나머지 0.5~1 톤 규모는 낮은 경제성으로 운영이 어려운 상황이다.
 - 연간 펠릿 생산 규모가 확대됨에 따라 생산비는 감소하는데, 연간 20,000 t/y 규모까지는 생산비가 현저하게 감소하는 경향을 보인다.
 - 국내 2 t/h 규모의 설비로 연간 10,000 톤을 생산하고 있는 펠릿공장을 4 t/h 규모로 확대하면 연간 펠릿 생산량은 20,000 톤이 되며, 펠릿 생산비는 277,394원/t 에서 242,148원/t 으로 12.7% 줄어들 것으로 예측한다. (신두식, 2014)
 - 유럽 및 북미에서의 펠릿생산비 분석에서는 연간 7,500~8,000시간의 가동시간을 적용(가동률로는 85~91%)하고 있으나, 우리나라에서는 2012년 현재 5,000시간(가동률 57%) 정도에 불과한 실정으로 2t/h 규모를 4t/h 로 확대하는 동시에 가동시간을 5,000시간에서 7,500시간으로 늘리면, 펠릿 생산비는 277,394원/t 으로부터 235,085원/t 으로 15.3% 줄어들 것으로 예측한다.
 - 결론적으로, 생산규모를 확대하는 동시에 가동률을 높임으로써 생산비를 크게 줄일 수 있다. (신두식, 2014)
- 또한 국내 펠릿공장의 가동률이 낮은 이유는 현실적으로 우리나라 펠릿 공장에서는 값싼 원료 확보가 어려울 뿐만 아니라 지역적인 차이로 인해 원료의 종류별 선택도 제한적일 수밖에 없어 다양한 원료를 이용해야만 가동률을 높일 수가 있다.

○ 이러한 공급의 한계 대응책으로 축분 및 초분계부산물을 활용한 펠릿생산에 대한 필요성이 높아지고 있다.

<표 2-13> 국내 목재펠릿 제조사 설치규모 및 현황

구분	제조업체명	설치 년도	규모		누적 생산량(톤)	가동률	현황
			년t	시간당t			
자가 소비형	개명목재 (거창)	2011	2,500	0.5	1,135	45.4%	▪기 운영 중인 소규모 제재소의 부산물(톱밥) 이용 생산
	서귀포 산림조합	2012	2,500	0.5	538	21.5%	▪기 운영 중인 목재집하장 부산물 이용 생산
	화천군	2012	2,500	0.5	247	9.9%	▪기 운영 중인 제재소 집성제가공 부산물 이용 생산
지역 소비형	청림(태백)	2011	5,000	1.0	526	10.5%	▪탄광광목 생산업체로 자체 부산물이용 계획이었으나 설비미비(건조라인)로 2012년 하반기 생산중단
	무주군	2012	10,000	2.0	1,015	10.2%	▪당초 기계설비보다 건축전기등에 많은 사업비 배 ▪주간생산, 지자체 직접운영, 주민소비량 한정생산
	산청산림조합	2011	5,000	1.0	3,284	65.7%	▪주간 한정 생산, 기존 톱밥생산 라인 병행 ▪비수기 톱밥생산주력
	세온엔텍 (장성)	2013	5,000	1.0	-	0.0%	▪장성지역 잔디부산물이용 계획이었으나 부산물펠릿에 대한 제도정비 지연 및 생산기술미흡으로 목재펠릿 으로 전환 중
수익 창출형	경기아스콘	2012	10,000	2.0	2,847	28.5%	▪펠프목 이용설비 및 운영 노하우 미흡으로 가동율 낮음
	단양산림조합	2010	10,000	2.0	16,400	164.0%	▪주로 펄프목 이용하나 1등급 품질유지를 위해 별도 낙엽송원목 반입 ▪24시간 가동 흑자유지
	대현우드 (광양)	2012	10,000	2.0	2,613	26.1%	▪자체부산물(톱밥, 토막 등)이용, 8mm한정 생산하여 농업용으로 공급
	산림조합 중앙회	2009	10,000	2.0	36,006	360.1%	▪자체부산물 및 펄프목 혼합 1등급 생산
	세종산림조합	2011	10,000	2.0	6,280	62.8%	▪펠프목(리기다소나무) 이용 주간 생산 ▪1등급 품질유지 어려움
	신영이엔피 (청원)	2010	10,000	2.0	34,216	342.2%	▪펠프목 및 외부톱밥 등 이용 생산 24시간 가동
	아주녹화개발 (김해)	2011	10,000	2.0	12,870	128.7%	▪펠프목 및 외부톱밥 등 이용 생산 탄력적 가동
	양평산림조합	2010	10,000	2.0	6,710	67.1%	▪침엽수(리기다) 및 외부톱밥 생산 ▪비수기 톱밥생산보급 주력
	포항산림조합	2011	10,000	2.0	7,094	70.9%	▪펠프목 및 최근 재선충 피해목 이용 생산
	풍림(괴산)	2010	10,000	2.0	12,289	122.9%	▪기존 침엽산업체로 수피펠릿 별도 생산 주력 ▪펠프목 이용
무지원 자력	그린에코(평택)	2011	10,000	2.0	5,285	52.9%	▪폐파렛트 원료로 이용 건조설비 없이 생산
	SK임업(화순)	2009	10,000	2.0	12,525	125.3%	▪지자체 조달원료 이용계획이었으나 원료부족으로 인해 생산량 미미, 13년 하반기 생산중단, 14.8월 매각 ▪대성바이오와의 설비보완으로 정상가동중
	우주그린 (정선)	2011	20,000	4.0	7,530	37.7%	▪강원도지역 원료확보 용이 추진하였으나 설비미비 및 운영 미숙, 차입금 과다로 경매진행 ▪14년 8월 규원테크에서 인수해 설비 보완 중이며, 11월 부터 본격 생산
	일도바이오 (동해)	2009	5,000	1.0	3,666	73.3%	▪동해시 공단에 위치 소규모시설로 설비 미흡 ▪생산성 미흡으로 생산 중단

* 출처 : 중부목재유통센터 신두식

□ 제 2세대 원료로 생산한 바이오에탄올 니즈 증가

○ 세계 바이오에탄올의 생산 추이를 보면 2010년 이후 정체 되고 있다.

<그림 2-11> 전 세계 바이오에탄올 생산량



* 출처 : ISO, World Fuel Ethanol Outlook to 2020, 2012.

- 브라질의 경우는 글로벌 금융위기에 의한 경기위축, 설탕가격 상승으로 브라질 바이오에탄올의 원료인 사탕수수가 설탕생산에 많이 투입되어 바이오에탄올 생산량이 감소되었다.
 - 미국의 경우는 제도적 혼합 비율인 E10의 수요가 거의 한계에 도달한 'Ethanol Blend Wall' 현상이 나타나 가격이 정체되었고, 생산원료인 옥수수의 가격상승으로 수익성이 악화되었기 때문이다.
- 이러한 정체 현상으로 세계 시장 규모는 2000년대와 같은 고성장은 어렵지만, 2013년 761억 달러에서 2017년 972억 달러 수준으로 연평균 5.0%의 성장을 이룰 수 있을 것으로 예측된다.²³⁾
- 미국과 브라질 양국의 사례에서 보듯이 바이오에탄올은 대부분 당질(사탕수수) 및 전분질계(옥수수) 원료를 사용하므로 식품을 원료로 사용하는데 기인하는 원료 수급 불안, 가격 상승의 경제적 문제점뿐만 아니라 식량가격상승의 원인이라는 문제점을 가지고 있다.
- 이에 식용으로 사용이 불가능한 목질계(셀룰로오스)나 조류(Algae)를 원료로 활용하는 차세대 에탄올에 대한 관심이 높아지고 있는 추세이다.

23) * 출처 : IEA-Renewable energy medium term market report, 2013.

- 갈대, 목재, 팜 부산물과 같은 목질계(셀룰로오스) 바이오에탄올은 식물체의 주 성분인 셀룰로오스를 사용하므로 그 생산 잠재량은 크지만, 셀룰로오스를 분해하여 당으로 전환하는 과정이 필요하여, 고비용이라는 단점이 있다.
- 미국의 경우 목질계 에탄올의 생산 비용은 옥수수계 에탄올의 2배 정도인 것으로 평가한다.
- 미국의 경우 RFS에 의해 2022년에 옥수수에탄올 150억 갤런(568억 리터), 목질계 에탄올 160억 갤런(605억 리터)을 생산하는 것을 목표로 하고 있으며, 이러한 움직임에 따라 미국 정부는 R&D지원, 세제지원 등을 통해 목질계 에탄올 생산을 장려하고 있다.
- 미국 최대의 바이오에탄올 업체인 POETLLC는 농업부산물(옥수수대)을 활용하여 바이오에탄올을 생산하는 상용화 데모공정을 건설, 운전 중이다.

□ 효소 가수분해를 이용한 첫 상업적 셀룰로오스 에탄올 생산설비

- 2014년 국제적인 바이오에탄올 생산업체인 Abengoa사가 미국 캔사스 주 휴고튼에 연 생산량 9,460만 리터 규모의 셀룰로오스 에탄올 공장을 설립하였다.
- 공장설립을 위해 미국 에너지부가 970만 달러를 지원했으며, 2세대 바이오매스만을 이용해 에탄올을 생산하다.
- 이 공장은 독점적인 효소 가수분해 기술을 상업적으로 적용한 첫 사례이다.
- 바이오매스를 발효시킬 수 있는 당으로 전환하여 최종적으로 에탄올을 생산하며, 셀룰로오스를 당으로 전환하는데 필요한 효소를 생성하는 미생물을 조직하여 활용하고 있다.
- 셀룰로오스 에탄올의 상업적 가능성을 증명하였으며, 석유의 사용을 감소시키고 바이오플라스틱, 바이오화학물질 및 제트 연료 등 다른 바이오제품을 개발하기 위한 플랫폼을 성공적으로 제공할 예정이다.
- 이 공장에서 적용하는 효소 가수분해 기술은, 바이오연료 및 바이오제품을 생산하는데 사용할 수 있는 원재료 공급의 범위를 다양화하고자 하는 노력에서 시작되었다.
- 거의 가치가 없는 농작물 폐기물을 원재료로 사용하였으며, 효소 칵테일을 이용해 도시 고형 폐기물로부터 셀룰로오스 당을 추출하는데 할애함으로써 농촌에서 도시로 이르기까지 재생연료 산업의 범위를 확대하였다.

<표 2-14> 미국과 캐나다 바이오에탄올 생산플랜트 현황

Name	City	Country	Feedstock	Cellulosic	State	Capacity (MMgy)
Abengoa Bioenergy Biomass of Kansas LLC	Hugoton	US	Corn stover, straw, switchgrass	25	Existing	25
Advanced Biofuels Corp. - Moses Lake	MosesLake	US	Cellulosic waste	6	Under Construction	20
American Process Inc./Alpena Biorefinery	Alpena	US	Wood sugarss	0.8	Existing	0.08
American Process Inc./Thomaston Demonstration Plant	Thomaston	US	Bagasse, woody biomass	0.3	Under Construction	10
Atlantic Ethanol Inc.	Providence	US	Wood waste	10	Proposed	19
BlueFire Renewables Fulton LLC	Fulton	US	Wood waste	9	Under Construction	1.40
BP Biofuels Demonstration Pant - jennings	Jennings	US	Energy grasses	1.4	Existing	20
Canergy LLC - Rockwood	Brawley	US	Energy cane	28	Proposed	10
Chemtex International Inc. - Project Alpha	Sampson County	US	Energy grasses	20	Proposed	30
Dupont Cellulosic Ethanol LLC - Nevada	Nevada	US	Corn stover	30	Under Construction	0.25
Dupont Cellulosic Ethanol LLC - Vonore	Vonore	US	Switchgrass corn stover	0.3	Existing	10
Enerkem Alberta Biofuels LP	Edmonton	CA	Sorted MSW	10	Under Construction	1.32
Enerkem Inc. - Wesbury	Westbury	CA	Waste utility poles. sorted MSW	1.3	Existing	10
Enerkem Mississippi Biofuels LLC	Pontotoc	US	Sorted MSW, wood residue	10	Proposed	10
Enerkem/GreenField - Varennes Cellulosic Ethanol LP	Varennes	CA	C&D debris	10	Proposed	1
Fiveright Demonstration Plant	Lawrenceville	US	MSW	0.5	Existing	6
Fiveright of Blairstown LLC	Blairstwon	US	MSW	6	Existing	2
Freedom Pines Biorefinery	Soperton	US	Woody biomass	2	Proposed	10
Fulcrum BioEnergy Inc. /Sierra Biofuels Plant	McCarran	US	MSW	10	Proposed	8
ICM Inc. Pilot Integrated Cellulosic Biorefinery	St. Joseph	US	Corn fiber, energy sorghum, switchgrass	0.3	Existing	0.53
Indian River Bioenergy Center	Vero Beach	US	Vegetative & ag waste, MSW	8	Existing	0.20
Iogen Corp.	Ottawa	US	Wheat, oat, & barley straw, bagasse	0.5	Existing	20
Mascoma Corp. Demo Plant	Rome	US	Mixed hardwood	0.2	Existing	20
Mascoma Corp. Drayton Valley	Drayton Valley	CA	Mixed hardwood	19	Proposed	26
McDowell County WV Patriot Facility #2	Welch	US	Biomass crops	TBD	Proposed	20
Mendota Bioenergy LLC = Pilot	Tranquillity	US	Energy Beets	1	Proposed	5
Mingo County WV Patriot Facility #1	Williamson	US	Cellulose	TBD	Proposed	40
Pike County WV Patriot Facility #3	Pikeville	US	Energy beets, waste sugar	2	Proposed	40
Poet-DSM Advanced Biofuels LLC -Project Liberty	Emmetsburg	US	Corn cobs, stover	25	Under Construction	40
Quad County Cellulosic Ethanol Plant	Galva	US	Corn fiber	2	Under Construction	0.50
Sunset Ethanol Inc.	Fernely	US	Switchgrass, forage sorghum	5	Proposed	20
ZeaChem Boardman Biorefinery LLC	Boardman	US	Poplar, wheat straw	25	Proposed	0.13
ZeaChem Inc. - demo	Boardman	US	Poplar, wheat straw, stover	0.3	Existing	20

* 출처 : Fuel Ethanol Industry Directoyr. 2014

제4절 농업부산물 바이오에너지화 가격경쟁력 비교

1. 농업부산물 혼합펠릿 가격경쟁력

□ 볏짚의 펠릿화에 따른 생산비 추정

- ① 볏짚의 펠릿생산비를 추정하면,
 - 2014년 9월 현재 원료대가 톨당(500kg) 58,000원, 톤당(1000kg)은 95,000원으로 시중 판매 중이다.
 - 이 경우 기준함수율을 25% 내외를 가정하면 볏짚펠릿 생산에 약 1.2톤의 원료가 소요되므로 $95,000 \times 1.2 = 114,000$ 원/톤이기 때문에 우드펠릿 122,200원/톤에 비해 1만 원 정도가 저렴하다.
- ② 볏짚을 파쇄반입의 경우 목재 보다 비용이 약간 저렴할 것으로 판단된다. (약 30% 1만 원 정도 저렴하다.)
- ③ 건조의 경우 목재와 비교할 때 약 40% 절감이 가능하다.(1만 원 정도 저렴하다.)
- ④ 기타 밀도가 낮은 원료의 특성상 공장내부에서의 보관·이동 등은 목재에 비하여 약간 고비용 구조가 예상된다.
 - 전체 생산원가는 6,000톤/년 규모 공장의 목재펠릿 생산원가 317,000원/톤에 비하여 약 3만 원 정도 저렴한 287,000원/톤 정도 될 것으로 추정된다.
 - 목재펠릿과의 열량 4,300kcal/kg기준과 볏짚발열량 3,903kcal/kg을 비교하면 거의 90% 수준을 유지하고, 생산원가도 볏짚펠릿은 목재펠릿의 90% 수준에 이를 것으로 평가되고 있어 용량기준의 생산비 가격경쟁력은 거의 동일수준을 유지할 것으로 전망된다.
 - 볏짚의 다소 낮은 발열량 때문에 그에 해당되는 볏짚펠릿의 소비처 확보에 대한 문제가 발생한다. (왜냐하면 펠릿의 품질(등급 및 원료 종류)에 따라 연소기의 적합성 여부가 좌우되기 때문이다.)
 - 그러나 농업부산물의 원료성분에 대한 시험분석이 선행되고 목재와 적절한 혼합이 이루어지면 경제성은 유지될 수 있을 것으로 판단된다. (환경부 자원절약 및 재활용 촉진에 관한 법률에 의하면 Bio-SRF의 경우 폐목재와 같은 바이오성분의 혼합사용도 인정하고 있기 때문이다.)

- 벧짚펠릿은 낮은 열량과 Ash Melting과 같은 기술상의 애로점 때문에 단순한 경제성만으로 평가하기 어려운 점이 있기는 하나 환경적 측면과 자원의 재활용 측면에서 정부가 보완책을 만들어 줄 수 있다면 보급 활성화에 크게 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

□ 농업부산물 혼합펠릿 가격경쟁력 분석

<표 2-15> 농업부산물 혼합펠릿 가격경쟁력 분석

펠릿	원료당 생산열 (kcal/kg)	기술 수준	상용화 가능성	계약조건	원료 구매단가 (원/ton)	생산비 (원/ton)	판매단가 (원/ton)
목재	4500	◎	◎	-	150,000	170,000	350,000 (이익3만원)*
농업부산물+목재 (3:7)	4300	◎	△	Ash melting, Clinker, Chlorine(부식), Surfer, Nitrogen (대기환경)	-	150,000	320,000

높음 (◎), 중간 (△), 낮음 (X)

* 중부목재유통센터 인터뷰 결과, 2ton/hr, 2014년 9월 기준

- (총 생산비 = 원료구매단가+생산비) 목재펠릿의 이익단가, 3만원과 동일 조건을 형성하기 위해서는 농업부산물혼합펠릿의 판매단가 32만원에서 동일하게 이익금 3만원을 제외하고 총 생산비가 29만원일 때 가능하다.
- (생산비) 목재펠릿의 시간당 2ton규모의 공장에서 톤당 생산비는 17만원으로 농업부산물혼합펠릿은 앞서 추정된 벧짚의 펠릿화에 따른 생산비 결과와 같이 목재펠릿에 비해 파쇄비 1만원과 건조비 1만 원 정도 저렴하여 15만원으로 추정된다.
- (원료구매단가) 생산비가 29만원이 되기 위해서는 원료구매단가가 14만원/톤 이하일 경우 목재펠릿과 동일한 수준의 경제성을 확보할 수 있을 것으로 분석된다.

2. 농업부산물 바이오에탄올 가격경쟁력

□ 농업부산물 바이오에탄올 활용시 가격경쟁력 분석

<표 2-16> 타피오카와 보리짚 활용 시 바이오에탄올 원료구매단가 비교

연료용 바이오에탄올	원료당 생산량 (ℓ/ton)	기술 수준	상용화 가능성	계약조건	원료 구매단가 (원/ton)	원료 (원/ℓ)	판매단가
타피오카	453	◎	△	원료 공급의 한계 (수입원료) 브라질산 사탕수수 에탄올과의 가격 경쟁력	280,000 (순수 물품대/제반비용 제외)	618	(국내 시장 미형성으로 인한 가격측정 불가능)
보리짚	150~160	X	△	원료공급의 시기적 차이, 수량한계, 수거비용증가, 원료당 적용기술 차등	80,000 ¹⁾ 200,000 ²⁾	533 1340	(국내 시장 미형성으로 인한 가격측정 불가능)

* 높음 (◎), 중간 (△), 낮음 (X)

* 출처 : 창해에탄올 연구진 인터뷰 결과

1) 미국사례

2) 가파도 청보리짚을 사료화하기 위해, 보리짚 구매, 수확, 운송비용 등 5000만원을 투자해 56ha의 257ton의 청보리짚 수거. 청보리 1ton당 약 20만원 소요

- 국내에서 타피오카로 바이오에탄올 생산할 경우 1ℓ당 618원의 원료비가 소요되고, 미국에서 보리짚을 원료로 생산할 경우 1ℓ당 533원의 원료비가 소요된다.
- 그러나 가파도 청보리짚 수거비용 데이터를 적용하여 보리짚으로 바이오에탄올을 생산할 경우 1ℓ당 1,340원으로, 국내에서 타피오카를 원료로 사용할 때보다 2배정도 원료비가 소요된다.
- 바이오에탄올을 생산에 농업부산물을 원료로 사용하기에는 타 원료와 비교해 경제성이 확보되지 않아 원료로 채택되는데 어려움이 있다.
- 그러므로 농업부산물의 수거비용, 구매단가를 최소화할 수 있는 방법을 모색해, 최소한 타피오카 구매비용 이하로 형성되어야만 바이오에탄올 원료로 사용될 수 있을 것이다.

□ 바이오에탄올 원료작물별 경제성 비교

- 바이오에탄올 원료작물별 경제성을 분석한 문헌자료를 살펴보면, 가장 많이 원료로 사용되고 있는 옥수수를 기준으로 사탕수수 원료비는 옥수수대비 33% 수준이며, 한국에 수입된 카사바는 97% 수준이다.
- 2008년 에너지기술연구원 연구결과 섬유질계 원료로 바이오에탄올을 생산할

경우 옥수수 원료비 대비 130~167%로 높은 수준이다.

- 따라서 경제성 때문에 국내 주종업계에서는 사탕수수, 카사바와 같은 값싼 원료를 선택할 수밖에 없는 구조이다.
- 국내 바이오매스를 바이오에탄올 원료로 사용하기 위해서는 국산원료 사용에 대한 인센티브 또는 의무제도가 필요한 실정이다.

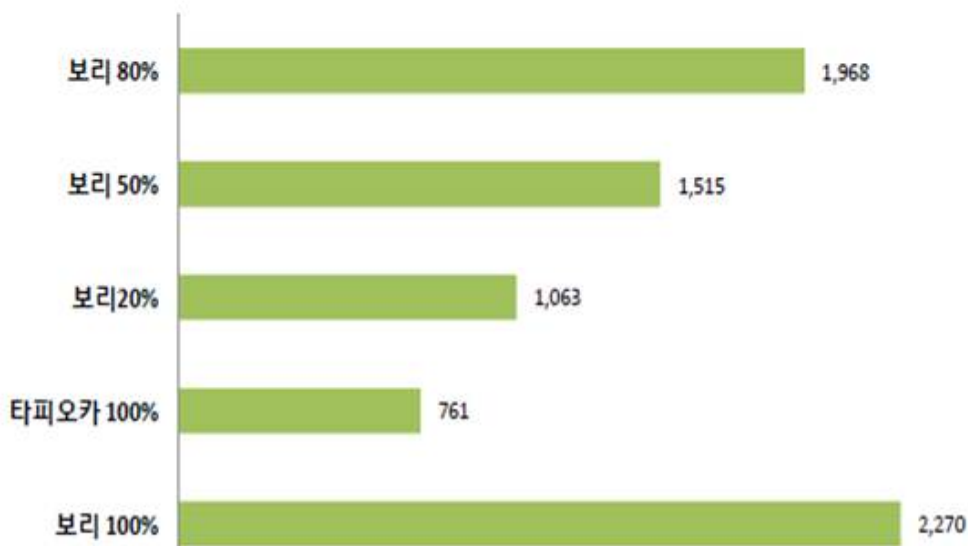
<표 2-17> 바이오에탄올 원료작물별 경제성 비교

작물종류	단가(\$/L)	상대비율(%)
옥수수(미국)(2007 DOE 자료)	0.6	100
사탕수수(브라질)(2007 Embrapa)	0.2	33
한국(카사바 국외생산)	0.58	97
2세대 섬유질계 원료작물(2008 예기원)	0.8~1.0	130~167

□ 보리와 타피오카 혼합별 원료 및 공급가격 비교

- 보리와 타피오카 비중을 각각 20:80, 50:50, 80:20, 타피오카 100%, 보리 100%인 경우 원료비는 에탄올 리터당 761~2,270원으로 추정된다.

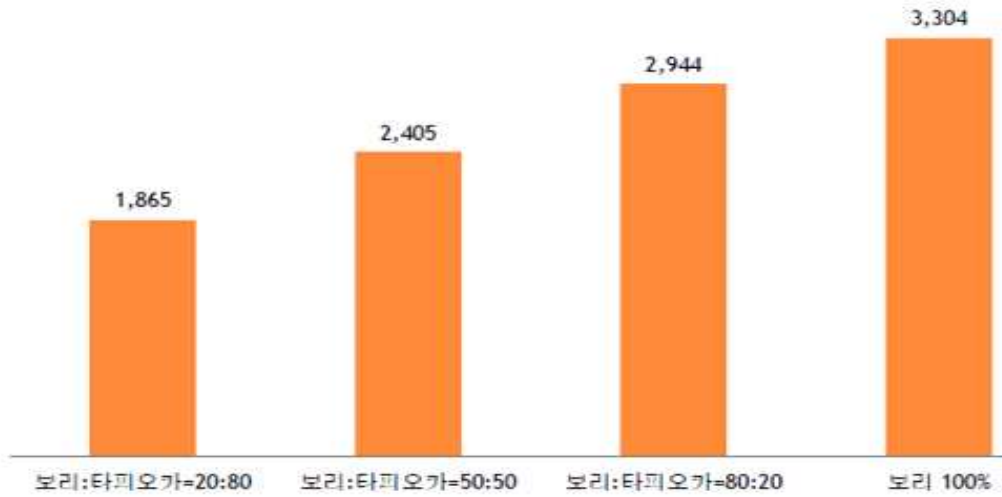
<그림 2-12> 2011년 기준 보리와 타피오카 비중별 에탄올 리터당 비용



* 출처 : 바이오에탄올의 적정 공급방안에 관한 연구, 2013

- 혼합방식별 국산에탄올 공급가격을 추정한 결과 리터당 1,865~3,304원으로 추정된다. (무수화 가공비 150원 기준)

<그림 2-13> 보리와 타피오카 혼합비중 별 에탄올 공급가격 비교



* 출처 : 바이오에탄올의 적정 공급방안에 관한 연구, 2013

- 상기 연구결과와 같이 한 가지 원료로 바이오에탄올을 생산하는 것보다 적정비율로 타 원료를 혼합하는 것이 경제성이 높게 나타난다.
- 따라서 농업부산물과 혼합하여 활용할 수 있는 타 원료를 개발하고 적정 혼합비율에 대한 기술개발이 필요하다.

□ 화석연료와 펠릿 및 바이오디젤간의 경제성 비교

<표 2-18> 화석연료와 펠릿 및 바이오디젤간의 가격경쟁력 비교

구분	단위당 화석연료비교열원(A)	단위당 바이오에너지원비교(B)	TOE로 환산한 가격비교 A/B (원/TOE)
고체 바이오에너지	석탄 153,600원/톤	우드 펠릿 228,546원/톤	341,333원 /531,502원
액체 바이오에너지	경유 859원/ℓ (정유사 세전 가격)	바이오디젤 1,000원/ℓ (정유사 납품가격)	953,385원 /1,233,197원

- 고체바이오매스의 경우 비교열원을 발전소에서 석탄(국내무연탄)과 우드펠릿을 혼소했을 경우, 우드펠릿이 석탄보다 1.56배 비싼 것으로 나타난다.
- 액체바이오에너지의 경우 비교열원을 수송용 경유와 혼합했을 경우, 바이오디젤이 정유사 경유 생산가격 보다 1.3배 높아 경쟁력을 갖추지 못하는 것으로 판단된다.

제5절 농업부산물 바이오에너지 활용가능성 종합검토

1. 농업부산물 활용가능성 종합분석

농업부산물의 바이오에너지화 활용가능성에 대해 잠재량, 관련정책, 산업동향, 기술수준, 경제성으로 분석한 결과, 농업부산물은 비교적 많은 잠재량을 가지고 있으며 최근 관련정책 및 산업동향도 농업부산물 활용에 대한 니즈가 높아지고 있는 추세이다.

그러나 농업부산물을 이용한 펠릿 또는 바이오연료화는 추가 기술적 보완이 필요하며 경제성확보를 위해서는 정부의 지원책 마련이 필요한 시점이다.

□ RPS제도 도입에 의한 대형발전설비에서의 폐기물 고품연료 수요 확대

- 소규모의 가정용 보일러나 스토브에서 사용하는 연소 장비가 품질이 우수한 목재펠릿을 요구하는 것과는 달리 대규모발전소 등에서는 다소 품질이 떨어지는 초본계 혼합펠릿 사용이 가능하여 높은 수요가 예상된다.

□ RFS제도 시행에 의한 가격경쟁력 향상

- 바이오에탄올의 경우 휘발유를 대체할 수 있으며 화석연료와의 혼합비율에 따라서 E10, E20, E100 등 다양한 혼합연료로 사용가능할 수 있다.
 - 전 세계적으로 바이오 에탄올 10%를 함유한 E10 휘발유가 널리 사용되며 바이오 연료가 발달한 브라질의 경우는 22%~25% 정도의 혼합을 의무화 하고 있다.

□ 바이오에너지는 정부에서 추진 중인 신재생에너지 장기보급계획을 충족시킬 수 있는 가장 유력한 방안임

- 2008년 기준으로 470만TOE/년 폐기물 에너지의 신재생에너지 비중(73.7%)을 2030년 까지 1,100만TOE/년 수준까지 끌어올리기 위해서는 바이오에너지 분야, 그 중 폐기물 에너지 분야 중에서 경제성이 가장 높은 폐기물고형연료의 제조 및 이용설비에 대한 기술개발과 대량보급이 필요하다.

□ 『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 시행개정

- 2014년 7월, 『자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률』 과 시행령 개정으로 생활폐기물, 폐고무류, 농업부산물, 식물 잔재물 등 다양한 폐기물에서 가연성의

고형연료 성분을 추출할 수 있도록 제조 원료 기준이 확대됐으며 팜 껍질 등 동남아시아에서 주로 발생하는 바이오매스도 수입할 수 있도록 허용되었다.

- 상기 법 개정으로 인해 기존에 농업부산물을 활용하기 위해서 운반하여 파쇄 할 경우 폐기물로 취급되어 폐기물 처리업의 허가를 받아야하는 문제점이 해결된다.

□ 초본계 혼합펠릿의 품질기준

- 표준 CEN/TC 335 고형바이오연료 규격의 물리적·화학적 변수 정의에 따라서 활용가능성이 크게 변동될 수 있다.
- 예를 들면 펠릿의 재의 함량은 펠릿의 활용에 영향을 줄 수 있는 의미 있는 변수가 될 수 있다. 발전소와 같은 대규모 플랜트에서는 다양한 형태의 펠릿연료 사용이 가능하지만, 가정용 보일러나 스토브와 같은 소규모 단위에서는 순수한 목재를 원료로 사용한 펠릿을 사용하여야 한다. (안병준, 2011)

□ 바이오에탄올의 기존연료체계와의 호환 용이성

- 기존 태양광, 지열, 풍력과 같은 신재생에너지와 달리 바이오연료의 경우 석유에 맞추어진 내연기관에 사용가능하거나 약간의 개조만으로도 사용비율을 높일 수 있어 기존 에너지 체계와 호환이 용이하다는 장점이 있다.

□ 펠릿, 바이오에탄올 생산 시 다양한 농업부산물을 원료로 사용 가능

- 이론적으로는 다양하게 발생하는 농업부산물을 활용하여 펠릿, 바이오에탄올로 생산이 가능하다.
- 그러나 혼합하는 원료 및 비율에 따라서 펠릿은 연소조건, 바이오에탄올은 당화조건을 개발해야한다.

<표 2-19> 농업부산물 에너지화에 대한 NET 분석

구분	촉진요인	저해요인	시사점
잠재량	<ul style="list-style-type: none"> 농업부산물 가체잠재량은 2011년 신재생에너지의 30%로 높은 잠재량 보유 부산물 생산량은 벼부산물, 과수 부산물, 밭부산물 순으로 발생 	<ul style="list-style-type: none"> 전체 잠재량 중 가용이용률은 20~30%로 낮음 	<p style="text-align: center;">↑</p> <ul style="list-style-type: none"> 농업부산물의 이용률을 높일 수 있는 방안이 절대적으로 필요함
정책	<ul style="list-style-type: none"> RPS 바이오매스 가중치 도입에 따라 대형발전설비에서의 폐기물 고형연료 수요 확대 RFS제도 도입에 의한 바이오에탄올 혼소비를 확정시 수요 확대 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률'개정으로 농업부산물을 재활용 시 폐기물 처리적용 대상에서 제외되어 활용도 증가 	<ul style="list-style-type: none"> 농업부산물 활용에 대한 의무 및 인센티브제 부재 '자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법'개정 (14.7)으로 인해 목재펠릿 수입 이외 식물성 잔재물(짚갈집)로 제조한 고형연료도 수입이 전면 허용되어 국내 수입증가예상 	<p style="text-align: center;">↑</p> <ul style="list-style-type: none"> 국내 정책(RFS, RPS, 신재생에너지보급계획)에 따라 농업부산물과 같이 마할용바이오매스의 활용 필요성은 높아지나 국산 원료를 활용해야 하는 의무가 없어 미자인 상태 → 국산원료사용의무·인센티브제도 필요성 대두
산업환경	<ul style="list-style-type: none"> 지속적인 화석연비용 증가에 의한 대체연료로서의 폐기물고형연료의 가치증가 목재펠릿 시장의 공급부족 현상 국제적으로 곡물계 바이오에탄올 생산에 대한 해결책으로 비곡물계(농업부산물) 선호 추세 	<ul style="list-style-type: none"> 산재된 원료로 인한 수거의 어려움 현재는 바이오에탄올 생산원가가 휘발유가격보다 높고 음료용 에탄올과는 경합관계에 있어 수송용 에탄올 생산이 없는 상황 	<p style="text-align: center;">↑</p> <ul style="list-style-type: none"> 목재펠릿 곡물계 바이오에탄올 대체하기 위한 농업부산물바이오매스 에너지화 방안 필요
기술수준	펠릿	<ul style="list-style-type: none"> 국내 펠릿업체는 중소기업수준으로 기술개발 및 장치추가에 대한 리스크에 취약 벼부산물 펠릿의 경우 규소함량이 높아 재 대량 발생 초본계 펠릿은 품질이 낮으며 목재펠릿에 비해 발열량이 낮음 	<p style="text-align: center;">↑</p> <ul style="list-style-type: none"> 현시점에서 펠릿, 바이오에탄올 순으로 수요처 확보 여러 부산물의 혼합 가능성 검토
	바이오에탄올	<ul style="list-style-type: none"> 바이오연료의 경우 기존연료체계와의 호환용이 다양한 종류의 농업부산물 활용 가능 	<p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> 함수율, 섬유질함량, 회분 함량에 따라 에탄올 생산량의 차이 발생 바이오에탄올의 경우 상대적으로 미흡한 대기업의 기술개발 노력과 중소기업의 핵심기술 역량부족 상황, 2020년 상용화 예상 효소비용, 전처리용 폐수처리 비용 등 곡물계 바이오에탄올 대비 추가비용 발생
경제성	<ul style="list-style-type: none"> 농업부산물 혼합펠릿의 경우 비교적 우드펠릿 수준의 경제성 확보 가능성 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 바이오에탄올의 원료에 따라 경제성차이 사탕수수(0.2\$/ℓ), 섬유질계(0.8~1.0\$/ℓ), 화석연료와 비교해 국제가격은 1.3배 높음 	<p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> 농업부산물 수거업자 및 활용기업의 경제성과 이용률을 높이기 위한 지원제도 필요

2. 농업부산물 활용가능성 결론

□ 농업부산물 펠릿화 활용가능성

<표 2-20> 농업부산물 펠릿화 활용가능성

<p>경제성</p>	<ul style="list-style-type: none"> 농업부산물 혼합펠릿이 목재펠릿의 이익단가(3만원)와 동일 조건을 형성하기 위해서는 총 생산비가 29만원이 되어함 → 32만원(농업부산물혼합펠릿의 판매단가)-3만원 이익= 29만원(총 생산비) 농업부산물 혼합펠릿 생산비 15만 원에 원료비를 추가하여 29만 원이 되기 위해서는 원료비가 14만 원/톤 이하일 경우 목재펠릿과 경제성이 같음
<p>원료선정</p>	<ul style="list-style-type: none"> 이론적으로는 대부분의 초본계 농업부산물을 펠릿화할 수 있음 현실적으로는 고추대, 과수전정지 등 목질계 농업부산물을 펠릿화하는 것이 더 가능성이 높음 임지잔재 + 가로수 전정지 + 과수전정지 + 기타 농업부산물 → 시기적, 양적으로 안정된 원료공급방안 필요 이동식 칩제조기를 활용하여 칩(chip)형태로 납품 시 판매단가가 올라가고 생산자 입장에서는 저장 공간, 전처리 비용의 감소로 총 생산비 down 가능
<p>기술조건</p>	<ul style="list-style-type: none"> 현 펠릿공장은 투입원료별 연소조건이 매우 상이하므로 각 공장의 상황에 맞게 자체 특허기술을 보유하고 운영하고 있는 실정 농업부산물 혼합펠릿을 연소하기 위한 자체 기술개발이 필요함 (실증사업을 통해 투입비율별 최적의 연소조건을 파악해야 함) 업체는 기술상의 문제 해결을 위하여 판매가격에 반영해 줄 것을 요구하고 있으나, R&D의 문제는 원가에 반영하기보다 산업부의 원가저감을 위한 기술과제에 신청하여 해결하는 것이 합리적임 초본계 펠릿은 우드펠릿에 비해 회분 대량배출, 일산화탄소 2배, Nox 3배, 분진 10배 발생 → 기술개발 필요
<p>제작소선정</p>	<ul style="list-style-type: none"> 기존의 펠릿공장과 협업하여 농업부산물 혼합펠릿을 생산하도록 지원하는 것이 유리함
<p>기타 조건</p>	<ul style="list-style-type: none"> 국내 농업부산물 혼합펠릿에 대한 품질시험성적서 필요 (목재펠릿 3~4등급 예상) - 최근 수입 옥수수대 펠릿 시험성적서에 대한 품질기준조건이 마련되지 않은 상태

□ 농업부산물 바이오에탄올 활용가능성

<표 2-21> 농업부산물 바이오에탄올 활용가능성

경제성	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내 보리짚을 원료로 생산할 경우 1ℓ 당 1,340원, 타피오카로 생산 시 618원의 원료비 소요 → 농업부산물 활용 시 원료비용 증가로 경제성 낮음 ▪ 농업부산물로 생산할 경우 현재 기술력 미확보로 인해 생산비 증가 예상
원료선정	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 같은 초본계 내에서도 작물별 전처리기술 및 효소당화 기술 차등 → 바이오에탄올 원료로 적합한 작물 및 부산물을 선택하여 집중지원 ▪ 농업부산물과 혼합하여 활용할 수 있는 타 원료를 개발하고 적정 혼합비율에 대한 기술개발이 필요 ▪ 동절기에 보리, 밀을 열매에서부터 부산물까지 전체를 활용하여 에너지화할 수 있는 기술 개발 중
기술조건	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농업부산물 즉 2세대 원료는 전처리공정(화학적 처리로 인해 폐수도 발생됨)이 추가되며 당화발효공정은 국내기술력으로는 미흡한 수준 ▪ 초본계 농업부산물의 경우 주정용 에탄올 생산 보다 효소를 추가 투입해야 하므로 비용이 증가됨
공급조건	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 바이오에탄올 생산업체의 원료 저장고 크기에 따라 제품생산량이 결정됨 → 공급하는 원료의 크기를 최소화 할수록 생산량 증가 ▪ 수분함량은 15%가 적합함 ▪ 원료를 1차 가공하여 2~3cm 크기로 공급 시 저장에 유리함 : 타피오카는 1톤당 453ℓ가 발생되나 보리짚은 1톤당 150ℓ가 발생되므로 더 많은 저장 공간이 필요함

□ 본 연구에서 기술수준을 검토한 바 농업부산물을 소재로 에너지화할 수 있는 범주는 바이오에탄올과 연료펠릿화가 적합할 것으로 예상

- 농업부산물을 활용한 펠릿, 바이오고형연료화 기술수준은 선진국수준에 결코 미달되지 않으므로 단기 개발과제로 수용하여 수행함이 적절하다.
- 다만 바이오에탄올의 경우 RFS 시행 시 바이오에탄올의 소비 증가가 예상되나 차량 사용 등의 기술수준이나 국산화율이 선진국의 70% 이하에 머물고 있어 당장 상용화 길로 나아가기에는 한계가 존재하므로 중장기 발전계획에 포함시키는 것이 합리적이다.

제3장 미활용 농업부산물 수거 및 유통방안

제1절 수거 현황조사

현재까지 국내 농업부산물의 활용을 위한 수거현황 연구는 농촌진흥청, 바이오에너지 작물센터 등 일부 농업관련 기관에서 바이오에탄올 생산을 위한 부산물 수거체계에 대한 연구(구본철, 2013)를 수행하였으며, 농업부산물을 바이오에너지로 활용 때 가장 큰 장애요인인 산재된 부산물의 수거에 대해 논의하였다.

하지만 농업부산물의 종류별 생산량, 발생 시기, 발생장소, 현재의 활용처가 다양하여 일원화된 수거체계 확립에는 어려움이 있다는 연구결과가 도출되었으며, 농업부산물별 펠릿, 바이오에탄올, 가스화, 오일화 등 바이오에너지로 활용할 수 있는 방법이 다양함에 따라 수요처에서 요구하는 형태에 따라 수거방법을 모색해야하는 어려움이 존재하고 있다.

농업부산물 활용을 위해서는 수거장비 및 집하장 위치를 포함한 수거방법을 구축하고 해당 단계별 수거비용을 분석하여 수거체계 확립이 필요하다. 수거 및 유통체계구축 방안을 도출하기 위해 농업부산물의 주 사용처, 발생 시기, 수거처, 수거방법, 수거비용 등을 조사하여 바이오매스 활용가능성을 평가하였다.

1. 주요 농업부산물 수거현황

가. 볏짚

□ 주 사용처

- 볏짚에는 비료성분이 함유되어 있어 퇴비로 이용하는 농가의 비율이 약 60%로 가장 높으며, 25%는 가축사료로 활용, 외부에 판매하는 비율은 약8%를 차지하고 있다.
- 2013년 기준 농산부산물 중 48%를 차지하는 볏짚은 대부분 이용하고 있으며 이용량을 제외하고 바이오매스로 사용할 수 있는 볏짚은 전체 7%인 302,031톤에 불과하다.
- 그러나 축산농가의 볏짚 수요 증가에 대응하여 볏짚을 볏짚곤포로 만들어 이용하는 비율이 증가하고 있으나, 볏짚을 결속하기 위한 트랙터 구동형 결속기가 고가여서 소규모 농가가 쉽게 곤포를 만들어 판매하기 어려운

실정(박헌태, 2008)이므로 소규모로 발생하는 볏짚은 활용하고 있지 않는 상황이다.

<표 3-1> 지대별 농가의 볏짚활용 용도

(단위 : %)

	자가는, 밭에 퇴비로 이용	본인가축사료로 이용	외부에 무상공급	외부에 판매	과수원 등에 이용	계
도시근교	66.0	-	4.0	28.0	2.0	100
평야지	62.8	18.6	-	18.6	-	100
산간지	46.0	39.0	5.0	-	10.0	100
준산간지	62.6	26.5	2.3	4.3	4.3	100
평균	59.3	25.1	2.7	8.2	4.7	100

* 출처 : 한국농촌경제연구원 통신휘(수도작) 조사결과, 2006.

□ 발생 시기 및 재배면적

- 볏짚은 9월 하순부터 11월 중순에 걸쳐 생산된다.

□ 수거처 및 수거단계

- 볏짚수거방법은 콤바인으로 벼를 수확하여 2~3일이 지나면 레이크 (rake)작업, 베일러(baler)작업 후 논에서 베일을 1주일 정도 건조시킨 다음 래핑(Lapping)한다. 래핑한 볏짚을 논둑 부근까지 트랙터로 이송한 후 논에 방치해두고 필요에 따라 창고까지 트럭으로(1톤 트럭 당 2roll) 운송하여 사료로 이용한다.

- 베일의 크기는 직경 1.3m, 높이 1.2m로 무게는 350~400Kg 정도이다.
- 한우 사육 농가는 베일 4만원~4.7만원으로 구입하여 이용하는 것으로 조사되었다.

- 농업부산물 수거 작업기의 종류, 사양, 및 가격동향은 다음과 같다.

- 트랙터(tractor) : 트랙터는 자체적으로 주행하면서 비초기, 베일러, 랩 피복기, 로더 등의 작업기에 동력을 공급하는 기본기계로서 농작업에 필수적으로 요구되는 운반기구이다.
- 집초기(rake) : 집초기는 콤바인 작업 후 넓게 분포되어 있는 볏짚 등을 베일 작업에 용이 하도록 미리 큰 규모로 모아주는 작업기로서 트랙터의 부속작업이다.
- 원형 베일러(baler) : 원형 베일러는 집초기에 의하여 모아져 있는 볏짚을 그대로

또는 일정한 길이로 절단한 후 압력을 가하면서 원주형 형태로 성형시켜주는 작업기로서 트랙터의 부속작업기이다.

- 사각 베일러(baler) : 사각 베일러는 콤바인으로 수확한 볏짚을 직육면체 형태로 성형시켜주는 작업기로서 트랙터의 부속작업기이다.
 - 랩 피복기(lapping machine) : 랩 피복기는 성형된 베일을 강우에 의한 흡습 방지 또는 기타 곤충 등으로부터 보호하기 위하여 베일의 외부를 비닐로 피복시켜주는 작업기로서 트랙터의 부속작업기이다.
- 원형베일은 원주형의 베일로 베일 1개당 약 300kg의 무게(함수율 50%)를 가지며 1ha당 30개정도 생산되며, 사각베일은 약 15kg의 무게를 가지며 1ha당 600개정도 생산된다.
- 원형 베일 수거는 콤바인에 의하여 벼를 수확한 다음 집초, 베일, 래핑, 포장, 이동 상차, 도로이동, 하차의 순서로 진행된다.
 - 도로 운송은 일반적으로 1톤, 또는 4.5톤 트럭을 이용하고 있으며 도로운송 후보관창고에서 하역작업은 트랙터 부속작업기(로더+집게) 또는 스킵로더를 이용한다.
 - 도로운송 1톤 트럭을 이용하는 경우에는 원형베일 2개 또는 4개를 적재하여 운반하는 경우가 많으며 4.5톤 구형 트럭의 경우 2층으로 탑재하여 1층에 8개, 2층에 4개, 모두 12개 탑재하여 운반하고 있으며, 신형 트럭의 경우 1층에 10개, 2층에 5개, 모두 15개의 원형베일을 탑재하여 운반하고 있다.
- 사각 베일 수거는 콤바인에 의하여 벼를 수확한 다음 집초와 래핑과정 없이 베일 포장해서 상차 도로로 이동하고, 하차의 순서로 진행한다.
- 베일은 트랙터 부착 작업기를 이용하며, 포장 내 상차 및 창고 하역은 수작업에 의존하며, 운송은 동력경운기 트레일러(사각베일 40개 이동가능)를 이용한다.

□ 수거단계별 비용

- 농축산물에 대한 LCI(Life Cycle Inventory), LCA(Life Cycle Assessment)분석을 통한 비용분석 연구는 찾아보기 어려우며, 미국, 유럽과 같은 일부 국가에서는 농업부산물 활용 비용에 대한 연구가 진행되고 있으나 국내는 지리적 특성과 농업부산물 생산지의 규모에 차이가 있어 적용하는데 어려움이 있다.

- 국내 연구자료(구본철, 2013)²⁴⁾ 중 고흥지역의 논에서 생산되는 볏짚의 수거비용을 조사한 결과를 단위면적당, 볏짚 베일 톤당 수거비용으로 재산정한 결과 평균 1ha당 70만 8천원, 베일1톨 당 3만6천원, 톤당 11만9천원의 수거비용이 소요되는 것으로 나타났다.
- 그러나 본 연구자료는 다양한 용도로 이용되는 트랙터, 상차에 이용되는 포크레인, 하역작업에 이용되는 스키드로더는 볏짚의 수거에만 이용되는 것이 아니며 다른 용도로 활용한다면 위 장비의 고정비 비용이 낮아지므로 볏짚의 생산단가는 더 낮아질 것으로 예상하고 있다.

<표 3-2> 볏짚 수거단계 및 비용*

작업 단계		사용장비명	단위면적당 수거비용 (천원/ha)	베일 톤 당 수거비용 (천원/베일1톨**)	중량당 수거비용 (천원/ton)
수거비용	잡초	트랙터A(60ps)+집초기	43~77(60)	1~3(2)	6.67
	베일	트랙터B(100ps)+베일러	130~177(153)	4~6(5)	17.04
	래핑	트랙터C(80ps)+랩피복기	60~108(84)	2~4(3)	9.36
	포장 내 운송	트랙터A(60ps)+로더+집게	18~22(20)	1	2.25
	상차	포크레인	26~87(56)	1~3(2)	6.26
	하차	전용 로더	15~41(28)	1	3.14
구매비용	볏짚구매		36	13	44.44
운송 및 재료비용	도로운송		150	5	16.67
	래핑재료		120	4	13.33
합계			708	36	119.16

* 수거비용 조사를 위해 211ha, 1,055ha의 면적에서 생산되는 베일 및 소요비용을 산정하였으며 1,055ha의 경우 작업능률이 가장 높은 포크레인을 기준으로한 수거비용임

** 베일은 원형베일 기준이며 베일 1개당 약 300kg의 무게(함수율 50% 기준), 30개/1ha 생산

□ 저장의 용이성

- 베일을 함수율 40%이하로 잘 건조하여 보관하는 경우에는 래핑작업을 수행하지 않고 바로 창고로 이동하여 보관이 가능하나 기상조건 때문에 볏짚을 충분히 건조하기가 쉽지 않고, 보관창고가 없는 경우가 많아 래핑작업이 필수이며 이후 창고 또는 노지에서 보관하고 있다.

24) * 출처 : 셀룰로오스계 농업부산물 이용 바이오에탄올 생산기술개발, 2013

나. 왕겨

□ 주 사용처

- 벼를 도정하는 과정에서 발생하는 왕겨는 퇴비로 이용하는 비율이 82.9%로 가장 높고 이외 가축사료 및 깔개로 9.8%정도 사용되고 있다.
- 왕겨의 경우 상당량이 이미 사용되고 있어 에너지 생산을 위한 바이오매스로서의 활용가능성이 매우 희박하다.

<표 3-3> 수도작 농가의 볏짚 외 바이오매스 이용 현황

단위: %

	퇴비로 활용	가축사료/깔개	식용활용	정미소에 두고음	계
왕겨	82.9	9.8	-	7.3	100
미강	41.0	48.7	-	10.0	100
쇄미	-	80.0	10.0	10.0	100
청미	-	76.9	19.2	3.9	100

* 출처: 한국농촌경제연구원 통신휘(수도작) 조사결과, 2006.

□ 발생 시기

- 왕겨의 발생은 특정시기에 집중되지 않고 대부분 연중 일정하게 이루어지고 있다.

□ 수거처 및 수거단계

- 왕겨의 경우 농협자체에서 처리하거나 대부분 수거업자에 의해서 처리되고 있다.

다. 보리짚

□ 주 사용처

- 보리짚의 경우 축산농가가 근처에 있을 경우에는 축산농가가 무상으로 수집하여 가축사료로 활용하지만 축산농가가 없을 경우에는 후속 벼농사를 위한 경운작업 전에 소각하는 경우가 많다.

□ 발생 시기 및 재배면적

- 보리를 6월에 수확하여 이후 보리짚이 발생한다.

라. 과수부산물

□ 주 사용처

- 과수부산물 중 가지는 파쇄하여 퇴비로 이용하는 경우가 42~61%로 가장 많다.
- 그러나 소각하여 버리는 경우도 25%, 방치하는 경우도 3~8%를 차지하고 있어 미활용 부산물량이 많은 상황이므로 에너지 생산을 위한 바이오매스로서 활용 가능성이 높다.

<표 3-4> 과수 바이오매스의 이용 현황

단위: %

	퇴비로 활용	방치	소각	떨감	계
굵은 가지	42.5	3.8	25	28.7	100
잔가지	61.2	8.8	25	5.0	100

* 출처: 한국농촌경제연구원 현지조사결과, 2006.

□ 발생 시기 및 재배면적

- 과수농가의 전정된 가지는 휴면기인 동절기, 대부분 2월 전후에 집중 발생한다.
- 포도의 경우는 11월부터 2월 중하순까지 전정이 이루어지며, 복숭아는 1월 이후에 전정 시작하여 3월까지 진행된다.
 - 대부분 2월 전후에 바이오매스 발생이 집중된다.
- 농가당 재배면적은 과수의 종류에 따라서 다소차이가 있지만 최소 500여 평에서 최대 25,000평까지 다양하게 나타난다.

□ 수거처 및 수거단계별 비용

- 과수전정지는 일부 농가 또는 주변마을 사람들이 수거하여 떨감으로 사용하고 있어 수거 비용을 산정하기 위해서는 수거단계를 파악하여 추정해야한다.
- 과수단지에서 전정 직후 수거와 운반관련 단계는 <그림 3-1>와 같다.

<그림 3-1> 과수단지에서 전정 직후 수거와 운반



- 국내 연구자료(홍성구, 2005)²⁵⁾ 중 과수단지에서 전정직후 수집과 운반관련 비용조사를 위해 현장조사를 실시한 결과를 하루 인건비 6만원, 근로시간 10시간으로 가정하여, 단위면적당 수거비용으로 재산정한 결과 1ha당 평균 183만4천원이며 톤당 평균 11만9천원의 수거비용이 소요되는 것으로 나타났다.
- 과수부산물의 중량당 수거비용은 톤당 평균 11만9천원으로 벚짚과 동일했으나, 단위면적당 수거비용은 벚짚은 1ha당 평균 70만8천원, 과수부산물은 1ha당 평균 183만4천원으로 약 2.6배 정도 차이가 발생되었다. 이와 같은 결과는 벚짚은 단위면적당 발생량이 과수부산물보다 많아 전체 수거비용을 절감할 수 있는 것으로 분석된다.

<표 3-5> 과수부산물 수거단계 및 비용

작업 단계		사용장비명	단위면적당 수거비용 (천원/ha)	중량당 수거비용 (천원/ton)
수거비용	수거+묶기	인력*	1,111	72
	수거 (과수원 밖)	인력	231	15
	상차	집게차+트럭	23.4	1.5
	운송		21.4	1.4
	하차		15.2	1
구매비용	-	-	-	-
기계 임대료	기사비 포함	3.5톤 트럭+4명	345.5	22.3
		집게차+1명	518	33.5
합계			1,748~1,920 (1,834)	113~124(119)

* 하루 인건비 6만원 10시간 가정

* 출처 : 농촌지역 바이오매스자원의 최적이용 기술개발, 2005 자료를 인용

25) * 출처 : 농촌지역 바이오매스자원의 최적이용 기술개발, 2005

마. 발작물부산물²⁶⁾

□ 주 사용처

- 발작물은 고추, 깨, 옥수수, 콩 등이 있으며 옥수수와 콩은 사료 등으로 활용하는 반면 고추와 깨는 대부분 농지에 그대로 방치하고 수확 후 소각처리하고 있다.
- 고추의 부산물은 대부분 가지이며 농지에 방치하고 있는 상태이며, 깨는 묶어서 탈립한 후 한 곳에 모아둔 상태가 대부분이다.
- 고추나 깨와 같이 열매만을 수확하고 가지의 활용성이 거의 없는 발작물은 현재 대부분 소각처분 하고 있기 때문에 에너지 생산용 농업부산물로서 가능성이 높다.

□ 발생 시기 및 재배면적

- 들깨는 대체로 개화시기가 9월 5일에서 20일경으로, 10월 하순에 수확하여 탈립작업 이후 11월에 부산물이 발생된다. 건조될 수 있도록 시간적 여유를 더하면 11월 하순부터 에너지원으로 사용이 가능할 것으로 판단된다.
- 참깨는 단작인 경우 8월 하순에서 9월 상순에 이모작인 경우는 9월 상순에서 중순경에 수확이 이루어지므로 건조시간까지 감안하더라도 10월 중순이후에는 부산물활용이 가능하다.
- 참깨, 들깨 재배면적은 비교적 작았으며 농가당 최대 300평 내외이다.
- 고추는 재배양식에 따라서 수확기간이 다르나 대체로 6월 이후부터 10월 상순 까지이며 재배면적은 유지작물과 유사하게 농가당 300여 평 내, 작은 규모가 대부분이나 1,000평 이상의 면적으로 재배하는 곳도 있다.

□ 저장의 용이성

- 고추나 유지작물은 가을철 수확 후 노지에 방치되기 때문에 동절기에는 함수비가 20% 미만으로서 매우 낮게 나타난다.
- 특히 고추가지와 같은 부산물은 모아서 소각하고 있기 때문에 농지에서 일정기간 자연건조 시킨 다음 체계적인 수집·수거체제를 갖추어 활용한다면 건조비용을 절감할 수 있어 이용 가능성이 매우 높다.

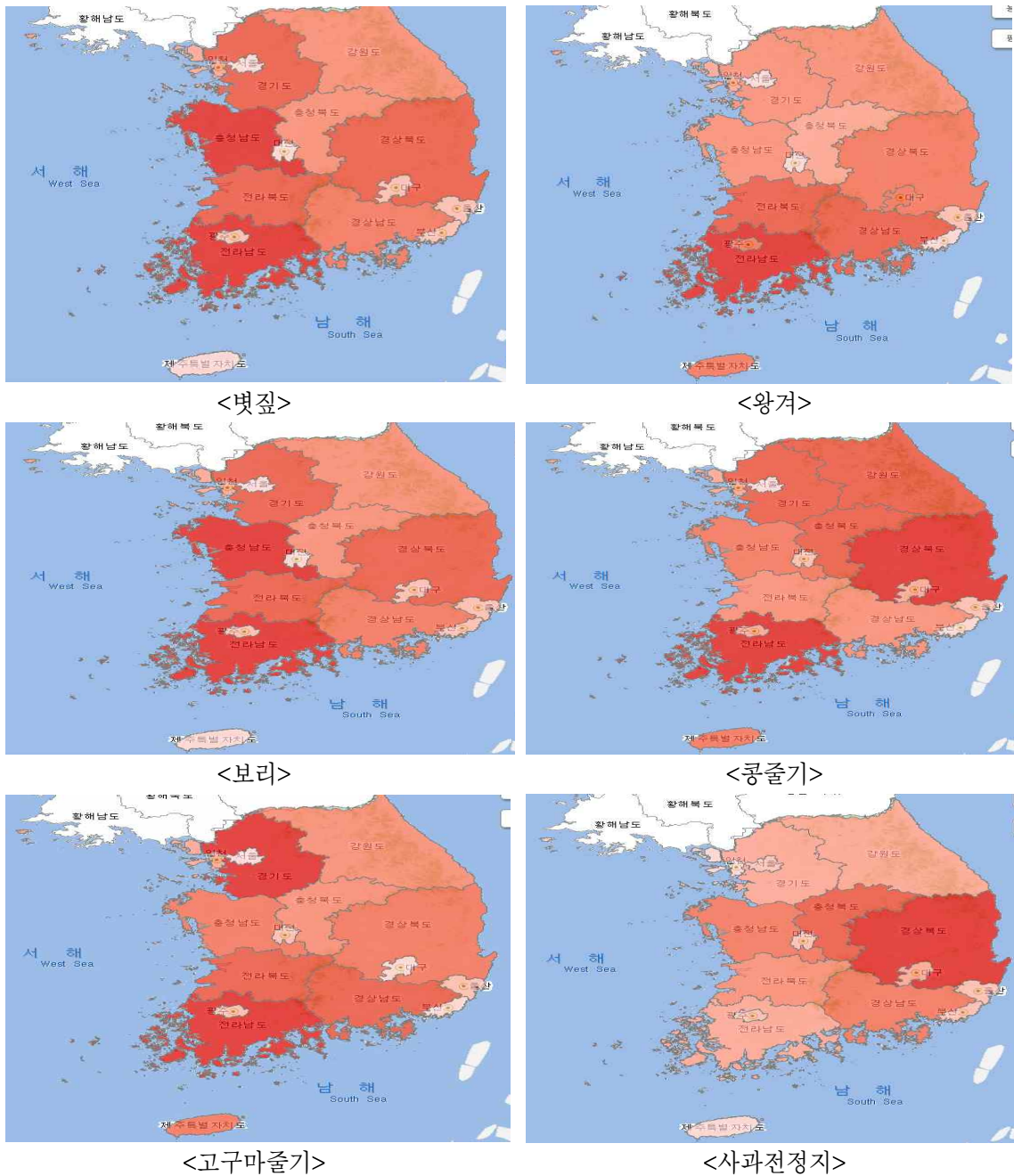
26) 농촌지역 바이오매스자원의 최적이용기술개발. 2005

바. 농업부산물 발생장소

□ 주요 농업부산물의 시도별 생산현황

- 벧짚은 충남과 전남지역, 왕겨는 전남, 보리는 충남과 전남, 콩줄기는 전남과 경북, 고구마 줄기는 전남과 경기도, 사과전정지는 경북에 다량발생하고 있어 발생량이 높은 지역 중심으로 에너지화 특화사업을 실행하는 것이 바람직하다.

<그림 3-2> 농산가용부산물 시도별 생산현황



* 출처 : 신재생에너지 자원지도시스템, 2010년 생산량기준

2. 농업부산물 에너지화 유통현황

□ 바이오에탄올 유통과정

<그림 3-3> 바이오에탄올 유통과정



□ 펠릿 유통과정

<그림 3-4> 농업부산물 펠릿 유통과정



3. 농업부산물 수거 및 유통가능성 평가

□ 벼짚

- 벼짚은 우리나라에서 생산되는 농업부산물 중 가장 많은 양을 차지하고 있으나 대부분 가축사료나 축사 깔짚 등으로 재이용되고 있는 측면이 높기 때문에 실제 바이오매스 에너지원으로서의 활용측면은 낮을 것으로 예상된다. 다만 축산농가의 수가 매우 적거나 가격이 저렴한 중국산 조사료 수입비중이 높아지는 경우에는 제한적으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

□ 과수부산물

- 과수전정가지를 바이오매스로 이용하기 위해서는 일정한 장소에 수거해야하나 이용에 따른 효과보다는 수거작업이 번거롭고 이에 따른 비용이 발생하는 문제점이 나타난다.
- 이용을 높이기 위해서는 현장에서 파쇄 하여 퇴비로 사용하거나 칩(Chip)을 만들어 펠릿공장에 납품하는 방안을 도입하는 것이 좋으나 농가의 파쇄기 구입비용에 대한 부담감과 연간 이용일수가 짧은 점이 장애요인으로 분석되었다.
- 인근 과수농가 간의 공동구입, 공동사용도 고려할 수 있으나 농가간의 이동, 관리상의 문제를 해결해야 한다.

□ 원료 공급 부족 예상시기에 대한 대안

- 농업부산물의 발생 시기는 작물별로 차등이 있어 일정한 원료공급이 어려움이 있을 것으로 예상된다.
- 따라서 농업부산물 사용처에 따라서 혼합사용이 가능한 작물을 발생시기별로 사용하여 원료부족을 해소하는 방안을 모색해야 한다.
 - 벼짚의 경우 9월부터 11월 중순에 생산되므로 6월에 발생하는 보릿짚과 옥수수대를 확보하여 원료부족을 해소할 수 있다.

<표 3-6> 농업부산물 수거가능성 평가

농업 부산물	미 활용률	발생 시기	재배 면적	수거처	바이오매스 이용가능성	장애요인
볏짚	▪ 대부분 활용 중	9월 하순~11월 중순	-	농협	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대부분 이용 상태 →에너지화 활용가능성 낮음 ▪ 소규모 농가의 경우 높은 곤포제작 비용에 의해 상당 수 미활용 상태 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 소규모 발생지역 수거방법모색 ▪ 작업능률이 높은 기기 (포크레인) 사용에 따라 비용 차이발생
왕겨	▪ 미활 7.3%	9월 하순~11월 중순	-	농협/ 대부분 수거 업체	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대체재 도입 시 활용가능 ▪ 기존 활용처보다 활용 효과가 높은 제품으로 대체가능성 존재(왕겨탄) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 왕겨 대체재 개발 필요
과수 부산물	<굵은 가지> ▪ 소각 : 25% ▪ 방치 : 3.8% <잔가지> ▪ 소각 : 25% ▪ 방치 : 8.8%	대부분 2월 발생 (포도제외)	500~ 25,000평 다양함	없음/ 농가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대부분 2월 전후 집중발생 ▪ 미 활용량 30%으로 높음 →바이오매스로 활용 가능성 높음 ▪ 벼농사 다음으로 대규모 재배단지가 많아 단위면적당 농업부산물 발생량 많음 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 과수부산물의 중량당 수거비용은 볏짚수거 비용과 유사하나 면적당 수거비용은 2.6배 높음 →볏짚은 단위면적당 발생량이 과수 부산물보다 많아 전체 수거비용을 절감할 수 있음
발작물 부산물	▪ 대부분 소각, 방치	<들깨/참깨> 10~11월 하순 <고추> 6월~10월	300평 내외 300~ 1,000평	없음/ 농가	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 일정기간 자연 건조 → 건조 비용저감가능 ▪ 현재 일정기간 모아서 소각 → 수거에 유리해 바이오매스 이용 가능성이 매우 높음 ▪ 들깨/참깨 재배지 소규모/고추재배지의 경우 대규모 존재함 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 집게차, 일반트럭에 따라 비용 차이발생 →농업부산물에 따라 효율적인 수거 방법 구축 필요 ▪ 과수/발부산물은 수거처가 없는 상황

제2절 활용을 위한 유통방안 도출

1. 유사사례조사

앞서 제2장에서는 국내의 바이오매스 잠재량과 기술수준, 가격경쟁력을 분석하였으며, 제3장에서는 관련문헌과 전문가 자문, 현장조사를 통해 농업부산물의 수거현황 및 활용가능성을 평가하여 활용 시 발생하는 장애요인을 도출하였다.

도출된 장애요인을 해결하여 효율적인 농업부산물의 유통방안을 도출하기 위해 농촌지역의 영농폐기물수거처리사업과 임지잔재자원화시범사업의 수거방법에 대해 조사하여 벤치마킹 시사점을 도출하였다.

가. 영농 폐기물수거처리사업²⁷⁾

□ 사업목적

- 환경부와 한국환경자원공사(현, 한국환경공단)는 환경오염을 예방하기 위하여 영농과정에서 발생하는 폐농약봉지 및 볏짚사료포장용(곤포사일리지) 폐비닐의 수거·처리를 위해 영농폐기물수거처리사업을 실시하였다.

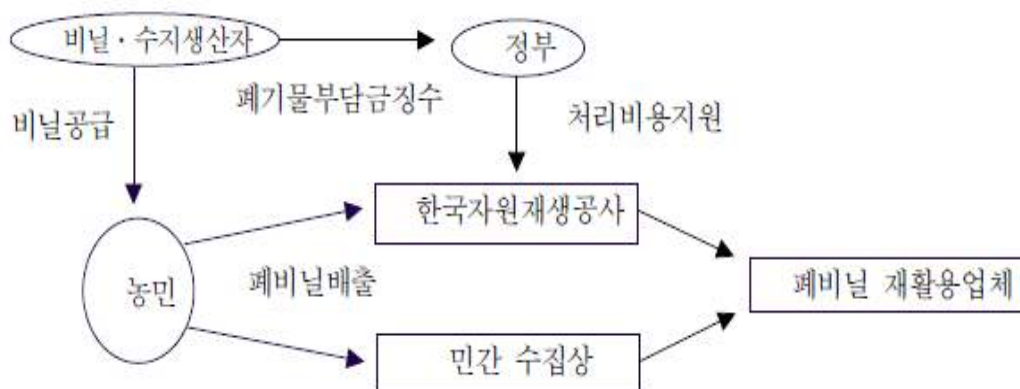
□ 운영모델

- 폐농약봉지 수거·처리사업은 지난 2007년 9월부터 12월까지 4개월간 시범사업을 실시하였고, 2008년 1월부터 전국적으로 본 사업을 추진하고 있으며, 볏짚사료포장용 폐비닐은 2007년 5월부터 수거를 실시하고 있다.
 - 정부에서는 조직적인 농업용 폐비닐의 관리와 처리를 위해 1979년「합성수지폐기물처리사업법」을 만들었으며 1980년 9월 농업용 폐비닐의 수거·처리전담 기관으로서 한국자원재생공사(현, 한국환경공단)를 설립하였다.
- 2012년 7월부터는 폐비닐 내에 이물질 함유도에 따라 3등급(A, B, C)으로 분류하여 등급별 수거보상금 지급단가 적용기준을 각각 20%정도 차등지급하고 있다.

27)* 출처 : 농업용 폐비닐의 농가처리 및 수거제도 개선방안. 2003 강창용

- 농가에서 보관하고 있거나 농경지 등에 버려진 폐농약봉지 또는 볏짚사료 포장용 폐비닐은 이물질 제거하여 마을별 공동 집하장으로 가져오면 한국환경자원공사에서 수거하여, 폐농약봉지는 전문소각처리업체에서 안전하게 처리하고, 볏짚사료포장용 폐비닐은 재활용 업체에 공급하여 자원순환을 위하여 재활용하고 있다.
- <그림 3-5>의 농업용 폐비닐의 처리흐름도와 같이 농장에서 자체적으로 처리하는 부분을 제외할 경우 두 가지 경로를 통해서 배출된 농업용 폐비닐이 처리되고 있다.²⁸⁾
- 하나는 한국자원재생공사(현, 한국환경공단)를 통한 폐비닐 처리이며 전체 농업용 폐비닐 처리의 중심적 역할을 수행한다. 이것과 달리 민간인들에 의한 수거와 처리경로도 있다. 폐비닐을 재활용하는 업체가 직접수거하기도 하지만 대부분은 위의 두 경로를 통해 농업용 폐비닐이 수거 처리된다.
- 농업용 폐비닐이 처리되는 경로에 따라 처리되는 폐비닐의 재질이 약간 다르다. 민간인들이 처리하는 폐비닐은 수거의 용이성과 수거 후 처리 및 비용의 효율성이 상대적으로 높은 하우스용 비닐이 많다. 반면 멀칭용 폐비닐은 수거에 따른 수익성이 상대적으로 낮기 때문에 민간인들이 수거하지 않는 경향이 강하며 따라서 한국자원재생공사에서 전량을 수거 처리한다.

<그림 3-5> 농업용폐비닐의처리흐름도



* 출처 : 농업용 폐비닐의 농가처리 및 수거제도 개선방안. 2003 강창용

28) 일반적으로이두가지경로를통한농업용폐비닐의처리를“적정처리”라고 하는데 이 는이경로를통한처리는재활용혹은법적요건하친 환경적처리가전제되기때문임

□ 지원예산

- 폐농약봉지 등의 수거·처리는 한국환경공단에서 기존의 영농폐기물수거처리 사업으로 추진하고 소요비용은 정부, 지자체 및 작물보호협회에서 공동으로 부담한다.
- 수거농민에게 폐농약봉지는 개당 30원, 벗짚사료포장용 폐비닐은 1킬로그램에 30원에서 300원(지자체별 차이)의 수거보상금을 지급한다.
- 농업용 폐비닐은 합성수지제품의 하나로 분류되기 때문에 「자원의절약과 재활용촉진에 관한법률」시행령에 따라 농업용 비닐생산의 원료가 되는 수지생산업자는 공급가액의 0.7%에 해당하는 법적인 부담금요율을 정부에 납부한다.
- 정부는 수거된 부담금으로 농업용 폐비닐의 수거 처리업무를 수행하고 있는 한국환경공단에 필요한 비용을 지원하고 있다. 그러나 폐비닐수거특별행사, 혹은 폭설피해 등의 경우 한국환경공단의 자체예산에 의해 일정한 보상금을 지급하기도 한다.

□ 최대 수거목표량 설정 방법

- 폐비닐 수거량을 제외한 자연유실, 소각, 매몰 등으로 수거가 불가능한 폐비닐 양에 대한 자료가 없어 최대 수거 가능량을 파악하기 위한 명확한 자료가 없는 상황이다. 그래서 본 사업에서는 현행 농약빈병 수거목표량 설정방식을 준용하여 향후 영농폐비닐의 수거 목표량을 설정, 매년 1%씩 상향 설정하는 방식으로 운영하고 있다.

□ 수거조직체계

- 운영인력 : 2007년 1월 기준 한국환경자원공사(현, 한국환경공단) 직영수거 운영인력 241명, 민간위탁 사업자는 49명
- 인력배정기준
 - 수거업무 : 수거목표량에 따라 민간위탁 사업자 배정을 기본원칙으로 하였으며 전체 수거목표량 중 민간위탁 수거목표량의 비율을 정하여 민간위탁 수거사업자를 배정하고 그 나머지 수거목표량은 공사 직영 수거인력을 배정하였다.

- 이송업무 : 공사 직영 인력 배치를 기본원칙으로 하고 향후 이송 처리시설 등의 변동이 없다는 가정 하에 현재(2007년) 인력 수준을 적용하였다.
- 총무업무 : 각 사업소별로 1명 배정을 기본원칙으로 적용하였다.
- 사업소장 : 공사의 장기 인력운용계획(2007년부터 중간처리시설을 운영하는 사업소 외에는 사업소장을 배치하지 않음)을 반영하여 배정하지 않는 것을 원칙으로 적용하였다.
- 수거업무 인력 배정을 위한 민간위탁 수거목표량의 비율은 민간위탁수거 확대라는 기본원칙에 따라 점차적으로 상향 설정하여 2010년 이후에는 100%가 되도록 실시하였다.
 - 2008년: 50% , 2009년: 75% , 2010년 이후: 100%
- 또한 단위인력 배정기준은 민간위탁 수거와 공사직영 수거로 구분하였으며 각각의 배정기준은 다음과 같이 하였다.
 - 민간위탁 수거인력 : 연간 1인당 1,200톤 수거 기준
 - 공사직영 수거인력 : 연간 1인당 1,017톤 수거 기준(2006년 1인당 평균 수거량)

□ 영농폐비닐 수거 활성화 방안

- 수거의 주체가 되는 각 지자체 및 한국환경공단, 행정기관, 새마을 협의회, 마을 부녀회 등에서는 영농 폐비닐의 수거율을 높이기 위해 다음과 같은 방안을 운영하고 있다.
 - 수거장려금제도의 개선(수거장려금의 차등 지급, 외부차량 수거량에 대한 인센티브 제공 등)
 - 다각적인 홍보방안 마련(여론 지도자층 형성 및 홍보, 홍보대상 조직의 구분 등)
 - 마을 공동집하장의 설치 지원
 - 현재 시행중인 폐비닐 집중수거활동의 강화
 - 지자체에서 시행하는 친환경농업, 농촌 환경 가꾸기 등 농촌지역에 대한 각종 지원 사업에서 대상지역 선정 시 폐비닐 적정배출 우수지역에 혜택 부여방안 마련

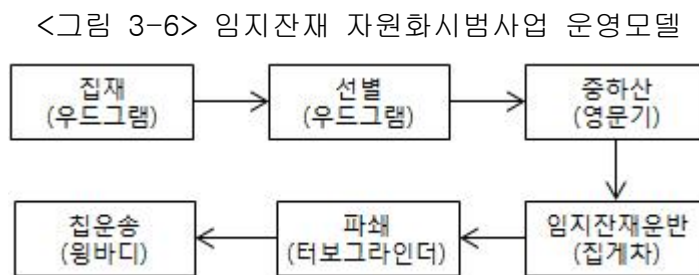
나. 임지잔재²⁹⁾자원화시범사업

□ 사업목적

- 기존 임목수거방식으로 수확 시 원목 생산량 대비 약 45%의 자원화가 가능한 임지잔재가 버려지고 있어 2010년 임지잔재의 자원화를 위해 북부지방산림청과 동화사업은 수원국유림관리소에서 ‘신(新산)산림사업 부산물 처리방법 개선 시범사업’을 체결하고 리기다소나무림 8ha를 대상으로 시범사업을 실시하였다.

□ 운영모델

- 기존 임목수거방식(수관부와 가지를 제거한 다음 나무의 원줄기만 생산)에서 전수체 수거방식(원줄기, 큰 가지, 잔가지, 잎, 뿌리)으로 수거하여 현지에서 나무의 모든 부분을 칩(Chip)으로 만들 수 있는 이동식 기계장비를 이용해 칩을 생산한 후 대형 화물차에 실려 가공시설로 운반하거나 가까운 공장으로 운반하여 파쇄된 후 파티클보드 원료, 에너지원료, 축사 깔개 등으로 공급한다.
- 본 시범사업에서는 가장 근거리에 위치한 폐목재 처리전문업체(100km거리)로 운송한 후 공장에서 파쇄하여 칩 생산 후 파티클보드 제조업체, 그린팔레트 제조업체, 에너지업체로 공급한다.³⁰⁾



□ 수거비용

- 본 시범사업 결과 임지 8ha에서 생산되는 임지잔재 및 임지잔재칩의 수거비용을 조사한 결과 평균 1ha당 786만 5천원, 톤당 9만9천원의 수거비용이 소요되는 것으로 나타났다.

29) 임지잔재: 벌기령이 도래되어 모두베기 또는 간벌작업에서 생산된 원목을 제외한 부산물로 기존에는 벌채 임지내 정리 후 방치하는 방식으로 처리하고 있어 산불위험 및 확산요인, 조립 공간 감소의 문제점을 발생시키고 있어 부산물 수거의 필요성이 대두되고 있음

30) 국내의 임목 수확 작업 대상지가 될 수 있는 많은 지역이 경사가 심하거나 인접지역에 농경지가 연결하여 임지 내에서 이동식 파쇄기를 활용한 임지잔재 파쇄 칩을 생산할 수 없는 조건이며 생산된 칩을 선별하는 선별기 설치가 어려워 생산물인 목재 칩에 들, 흙 등 이물질이 함유되고 표준 크기보다 큰 조대 칩(Sliver)발생이 많아 품질저하현상발생

<표 3-7> 임지잔재 수거단계 및 비용

작업단계		사용장비명	단위면적당 수거비용(천원/ha)	중량당 수거비용(천원/ton)
수거비용*	집채	포크레인 1대	800	9.513
	중하산	포크레인 2대 영운기1~2대	1,244	14.789
	운반	트럭	3,532	42
	식대		71	0.84
	숙박비		50	0.595
	관리비		188	2.230
합계			5,884	69.967
가공운송**	공장파쇄		871	11
	칩 운송		1,109	14
합계			7,865	99.270***

* 임지 8ha에서 수거시험사업을 통해 임지잔재 672.79톤이 발생되었으며

** 가공운송 단계에서는 임지잔재를 파쇄하여 633.80톤의 칩이 생산됨

*** 최종 중량당 수거비용은 임지잔재 칩 기준(633.80톤)으로 산정함

- 임지잔재로 만든 파쇄칩의 경우 2,867kcal/kg³¹⁾의 발열량으로 열병합발전소의 연료로 사용되어 중유대체 효과를 볼 수 있다.

□ 임지잔재의 자원화를 위한 보조금 제도 신설 필요성 제시

- 본 시험사업의 결과 반출된 임지잔재의 자원화를 위해서는 안정적인 수요처(펠릿, 중밀도섬유판, 파티클보드)확보가 전제 되어야하며 또한 원목으로 생산한 칩과 임지잔재 칩의 생산원가 차이를 일부 또는 전부를 보조해 주는 제도의 필요성을 언급하였다.

- 원목생산원가(70,915원/톤), 임지잔재칩 생산원가(99,270원/톤)로 28,355원/톤 차이가 발생하였다.

○ 보조금사업 프로세스 가안

- 국유림의 경우 국유림관리소에서 입목매각 계약체결 시 임지잔재 처리계약 확인을 위해 [폐기물위·수탁운반·처리계약서]사본을 함께 접수한 후 처리완료 후 폐기물 정보관리시스템 (Allbaro)³²⁾에 입력된 실적보고를 근거로 보조금을 지급한다.

31) 시험사업 내 화학시험연구원의 발열량 시험결과

32) 올바로시스템(Allbaro)이란 한국환경공단에서 구축, 보급한 프로그램으로서 폐기물의 배출부터 운반 최종처리까지의 전 과정을 인터넷을 통해 실시간으로 투명하게 관리하는 폐기물종합관리시스템임

- 사유림의 경우 지자체에서 산림경영계획신청 접수 시 임지잔재 처리계약 확인을 위해 [폐기물위·수탁운반·처리계약서]사본을 함께 접수한 후 처리 완료 후 폐기물 정보관리시스템(Allbaro)에 입력된 실적보고를 근거로 보조금을 지급한다.

○ 보조금 예상 소요예산

- 국유림의 경우 수종 갱신 후 경제림 조성 시 톤당 4만원 수준에서 임내 정리를 보조하고 있는데 이러한 임내 정리를 임지잔재 수확을 위한 보조금으로 전환하여 운영하고 약 23억을 추가지원하면 전체 벌채예상량 400,000m³의 30%인 120,000톤의 임지잔재 발생량을 모두 자원화 할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

<표 3-8> 국유림 임지잔재 자원화 소요예산

국유림 벌채량	400,000m ³ (2010년도 계획)
임지잔재 발생량	120,000톤(벌채량의 30%)
현재 국유림 임내 정리비	40,000원/톤(ha당 120만원, 30톤 발생 기준)
임내 정리비를 임지잔재 자원화 예산으로 전환 시 추가적으로 필요한 예산	99,270원/톤(자원화 비용) 40,000원/톤(매출) 40,000원/톤(임내 정리비) 19,270원/톤(추가 필요예산) → 연간 23억 원

* 출처 : 신(新)산림사업 부산물 처리 방법 개선시범사업 실증연구, 북부지방산림청, 2010

2. 벤치마킹 시사점

	영농폐기물 수거처리사업	임지잔재자원화사업 시범사업
사업목적	폐농약봉지 및 폐비닐을 수거보상금제도를 통해 수거	기존 임목 수거방식으로 인해 45%의 임지잔재가 벌어지고 있어 자원화를 위한 시범사업 실시
운영부처	환경부	산림청 (북부지방산림청+동화산업+수원국유림관리소)
기간	<ul style="list-style-type: none"> 2007년 9월~12월 시범사업 2008년 1월 본 사업 2012년 7월 수거등급제 실시(3등급, 20%차등지급) 	<ul style="list-style-type: none"> 2010년 MOU체결
운영모델	<ul style="list-style-type: none"> 농약병 150원/kg 봉지류 2,760원/kg 플라스틱병 800원/kg 	<ul style="list-style-type: none"> 국유림: 임목매각 계약체결 시 임지잔재 처리 확인을 위해 [폐기물위·수탁운반·처리계약서] 사본을 함께 접수한 후 처리완료 후 폐기물정보 관리시스템(Albaro) 실적보고를 근거로 보조금 지급 사유림: 지자체에 산림경영계획신청 접수 시 제출
운송비용	<ul style="list-style-type: none"> 수거단가 44,000원/ton(민간위탁 수거방식) 	<ul style="list-style-type: none"> 7,865,000/ha 99,270원/임지잔재칩ton
소요처비용	<ul style="list-style-type: none"> 118,000원/ton(폐비닐처리공장, 중간가공, 펠릿/파쇄압축품) 	<ul style="list-style-type: none"> 원목생산원가(70,915원/톤)와 임지잔재칩 생산원가(99,270원/톤)는 28,355원/톤 차이발생
지원예산	「자원의 절약과 재활용 촉진에 관한 법률」 시행령에 따라 농업용 비닐생산의 원료가 되는 수지생산업자는 공급가액의 0.7%에 해당하는 법적인 부담금요율을 정부에 납부하고 있어 해당금액을 사업에 활용함	국유림 수종 갱신 후 경제림 조성 시 지원받는 임내정리비(4만원/톤)와 23억의 추가 지원금을 확보하면 임지잔재수거비로 활용가능할 것으로 예상하고 있음
수익성	수익을 낼 수 있는 가능성이 매우 낮아 대부분 정부 지원금 충당	연간 23억 원 추가지원 시 경제성 확보가능
농업부산물과 유사성	영농폐기물과 농업부산물은 발생지역이 농가라는 공통특성이 존재하므로 영농폐기물의 수거체계를 벤치마킹 가능	임목부산물과 과수부산물은 목질계 공통특성이 존재하므로 임목부산물의 수거방법 및 비용데이터, 수요처 벤치마킹 가능
벤치마킹 포인트	<ol style="list-style-type: none"> 기존 수거는 한국환경자원공사 직영 또는 민간수거업체에 의해 수거하고 있었으나 최근 민간위탁으로 전환(수거량14%향상, 수거비용31%절감) 수거목표량설정 후 배정 수거장려금의 차등지급, 외부차량수거량에 대한 인센티브 제공 다각적인 홍보방안 마련(여론 지도자층 형성 및 홍보, 홍보대상 조직의 구분 등) 마을 공동집하장의 설치 지원 현재 시행중인 폐비닐 집중수거활동의 강화 지자체에서 시행하는 친환경농업, 농촌환경 가꾸기 등 농촌지역에 대한 각종 지원사업에서 대상지역 선정 시 폐비닐 적정배출 우수지역에 혜택 부여방안 마련 	<ol style="list-style-type: none"> 임지잔재 수거, Chip생산비용에 대한 보조금제도 필요성 언급 시범사업을 통해 총 수거가능량, 보조금액, 필요예산액 등을 파악 시범사업 시 '정부+민간기업+수요처'MOU체결 농업부산물 공급량을 늘리고 지속적 공급을 위해 임목부산물과 함께 유통하는 방안 강구필요 임목부산물 민간수거업체와 수요처(펠릿, 파티클보드 제조업체, 그린팔레트 제조업체, 에너지업체 이용)를 농업부산물 수거사업에 적용가능

제3절 농업부산물 수거/자원화 모델

1. 농업부산물 발생 규모/형태별 수거모델

<그림 3-7> 농업부산물 발생 규모/형태별 수거모델

대규모 발생지역	에너지작물 재배지역	소규모 발생지역
<p>대규모 재배단지 농업부산물의 수거 후 수요처 수송</p>  	<p>유희부지, 휴경지, 수변지역의 에너지작물 수거 후 수요처 수송</p>  	<p>농민의 농업부산물도 수거 시 무게 및 상대당 수거비 지원</p>
<주요컨셉>		
농업부산물 수거조직의 직접수거모델	농업부산물 배출자의 직접수거모델	
<해결사항>		
<ul style="list-style-type: none"> 재배지역 인근 수요처 확보 지속적인 부산물 확보 (기간단위계약) 민간수거업체를 통한 수송 최소비용 방안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 수요처 인근에 재배지역 확보 바이오에너지작물 수요처 확보 후 농가의 재배 홍보 	<ul style="list-style-type: none"> 농가의 수거의향 지원제도 운영비 지원제도 운영기관 및 시스템 민간수거업체의 수거의향조사 필요

가. 대규모발생지역/에너지작물 수거모델

□ 목적 및 필요성

- 농업부산물을 효과적으로 수거하기 위해서는 농업부산물의 발생량에 따라 수거모델을 구축해야한다. 농작물 재배면적이 넓어 농업부산물이 대규모로 발생하는 지역이나, 에너지작물 재배지역은 일시에 단일 농업부산물이 대량 발생되고 있어 해당특성에 맞는 수거모델을 도출해야 할 필요성이 있다.

□ 운영방안

<표 3-9> 농업부산물 수거사업 주체별 역할(안)

주체	역할
농업부산물 생산자	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농업부산물 판매
협회/협동조합	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대규모로 발생하는 농업부산물의 활용처 컨택 ▪ 농업부산물 수요니즈가 있는 업체 조사 후 수거계약 ▪ 농업부산물 발생지에서 수요처까지 직접수거/유통 ▪ 농작물 수거비용 절감방법 연구
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 펠릿, 파티클보드, 팔레트, 에너지업체, 바이오에탄올업체 등과 대량공급계약서 체결
농림축산식품부	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농업부산물 수거사업 운영지침 제정 및 제도 운영 ▪ 협회/협동조합 지원 및 감독 ▪ 홍보 및 교육

- (대규모 농작물 재배지역) 대규모 발생하는 농작물을 활용할 수 있는 수요처를 파악하여 수거 후 판매한다.
 - 농업부산물 발생량이 많기 때문에 단위면적당 수거비용을 절감할 수 있어 규모의 경제효과가 있으므로 직접수거체계를 도입하는 것이 유리하다.
- (에너지작물 재배지역) 인근 농업부산물 수요처의 니즈를 파악해 필요로 하는 농작물을 휴경지, 유휴부지에 재배하도록 농가에 유도한 후 직접 수거 후 판매한다.
- 농업부산물 수거를 위해서는 수거조직(협회)을 구성하여 수거모델을 운영한다.
 - 원료판매수익과 인력활용에 따른 정부지원금(청년인턴제도) 등을 활용하여 수거 인력을 확보한다.

나. 정부(지자체) 농업부산물 수거지원사업 운영

□ 목적 및 필요성

- 단위 농가당 소량으로 발생하는 농업부산물은 판매수익대비 수거하는 비용이 높아 경제성이 떨어지므로 수거하려는 주체가 부재인 상황이다.
- 과거 연구에서는 지역단위/지역농협에서 수거체계를 구축하여 활용하도록 권장하고 있으나 지자체에서 수행하기에는 비용 및 인력이 많이 소요되고, 전문성이 부족하다.
- 따라서 농업부산물이 소규모로 산재되어 발생하고 있는 경우 정부에서 수거사업을 주도적으로 운영하여 공급자와 수요자를 연결할 수 있는 체계를 구축하고 지원 사업을 통해 점차적으로 민간수거업자가 주도적으로 운영할 수 있도록 기초를 마련해야한다.

□ 운영방안

- 주체별 역할 : 환경부에서 운영하고 있는 ‘영농폐기물수거사업’과 같이 국가에서는 전국의 농업부산물 수거체계를 관리·감독하는 컨트롤타워 역할을 수행하고, 수거사업의 실행·세부지원·농가홍보, 수요처까지의 운반은 협회 또는 협동조합을 설립하여 추진하도록 하되, 공동집하장까지는 수거자는 농가가 스스로 수거할 수 있는 시스템을 도입할 필요가 있다.

<표 3-10> 농업부산물 수거사업 주체별 역할(안)

주체	역할
농업부산물 생산자	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 활용 가능한 농업부산물 공동 집하장까지 분리배출 ▪ 소규모마을의 경우 중간 수집자 역할 수행 (예: 마을이장/마을회관)
협회/협동조합	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공동 집하장 관리운영 ▪ 보조금 지원제도 운영 ▪ 수거사업 홍보 및 교육 ▪ 공동 집하장에서 수요처까지 수거·운반
수요처	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 펠릿, 파티클보드, 팔레트, 에너지업체, 바이오에탄올업체 등과 구매계약서 체결
농림축산식품부	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 농업부산물 수거사업 운영지침 제정 및 제도 운영 ▪ 홍보 및 교육

가. 단기모델 : 직접연소

□ 목적 및 필요성

- 현재 농업부산물은 수거하더라도 수요처를 찾기 어려운 상황이다.
 - 농업부산물 혼합펠릿은 연소기술개발이 필요하며, 초본계 바이오에탄올 생산은 경제성이 확보되지 않아 상용화되지 않는 상태이다.
- 현지점에서 농업부산물을 수거한다면 직접연소용으로 활용하는 것이 가장 현실이다.
 - 임지잔재 수거시범사례의 경우, 수거사업을 통해 임지잔재를 수거하였으나 활용처를 찾지 못해 인근 마을에 땔감용으로 제공하였다.

□ 운영방안

- 농업부산물을 화목보일러 원료로 공급하거나, 기타 신규 사용처를 찾아 공급방안을 마련한다
- 예로, 기존 열풍건조시스템에 왕겨연소곡물건조시스템을 적용하면 에너지 절감이 가능하며, 건조시스템에 왕겨뿐만 아니라 옥수수대, 목편, 나뭇가지 등의 바이오매스 활용가능하다.
 - 국내 미곡종합처리장에서 발생하는 총 건조비용이 2008년 기준 350억원, 미곡 종합처리장 1개소마다 1.2억 원의 유류비가 발생한다.
 - 면세유 약 1,100원/ℓ, 왕겨 50원/kg일 때 경유 소모량의 약 25%의 비용으로 건조할 수 있다.

<그림 3-9> 선큐사의 왕겨곡물건조기 대만 설치사례



- 선큐사에서 개발한 왕겨 곡물건조기는 2002년 대만의 유니온 라이스(Union rice)사에 공급되어 연간 약 120일 정도 곡물건조에 사용하고 있으며 2014년 현재까지 부품교체 없이 운영하고 있다.

나. 중장기모델 : 고품연료화

□ 목적 및 필요성

- 농업부산물 자원의 에너지 활용도를 높이기 위해, 적지적소 개념으로 미활용 농업부산물 자원이 발생하는 현지에서 에너지로 활용하거나 이동식 또는 중간 거치식으로 활용할 수 있는 기기를 도입하여 산재된 소비처로의 이동 및 저장 비용을 절감하고 에너지의 독립화를 실현할 수 있다.
- 또한 농촌지역의 부가적인 수익창출과 더불어 연료제조 전문 인력을 양성할 수 있어 사회적 파급효과가 발생한다.

□ 운영방안

○ 지역단위 중간가공시설 도입

- 임지잔재 시범사업과 같이 중간에 임지잔재 원재료를 공급하기보다 지역단위로 중간지점에 Chip형태로 가공시설을 도입하여 저장비용 및 운영비용, 판매단가를 높이는 방안이다.
- 다만, 펠릿, 바이오에탄올, 가스화 등과 같이 에너지화 하기 위해서는 바이오매스의 성분에 따라서 생산량 및 품질에 상당한 차이가 발생되므로 수요처에 납품하기 위해서는 함수율, 섬유 질량, 크기 등이 포함된 품질등급 및 공급기준을 규정할 필요가 있다.

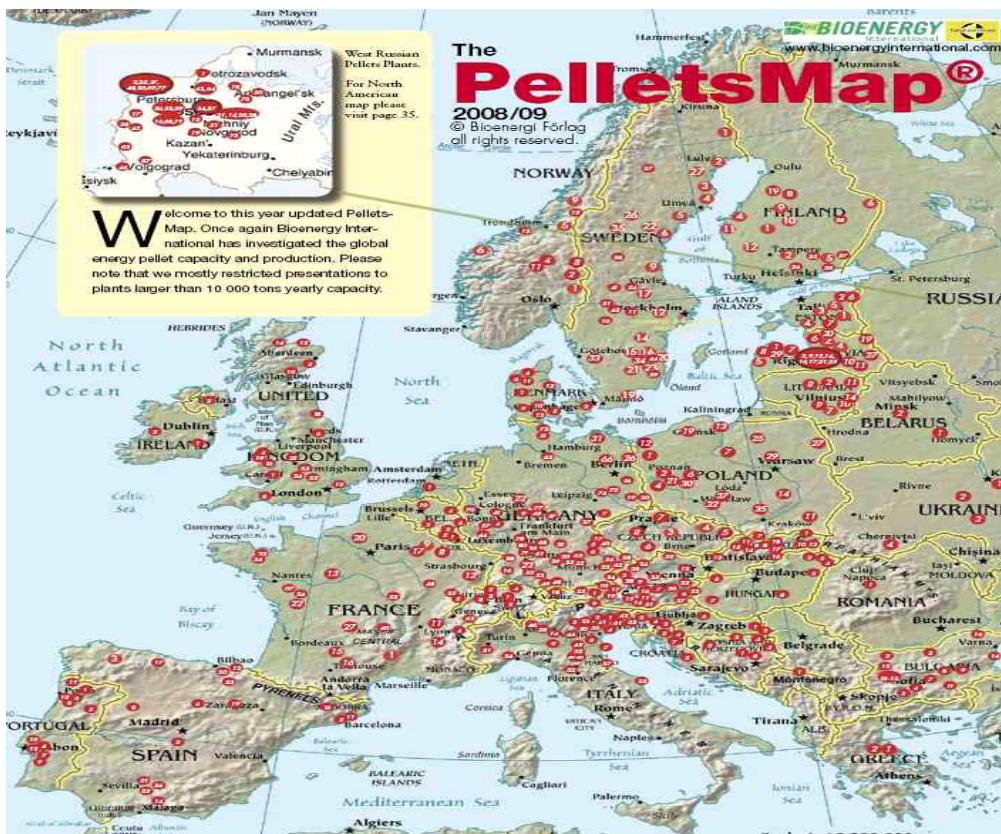
<그림 3-10> 국내 임지잔재의 수집 및 제품생산과정



○ 지역단위 에너지활용시설 도입 : 이동식 소형펠릿제조기

- 농업부산물의 에너지화를 위한 수요처는 상대적으로 적으며(펠릿제조업체 21개소, 14년 기준) 전국에 산재되어 있으므로 효율적으로 바이오매스를 이용하기 위해서는 일본의 바이오매스타운과 같이 지역단위의 농업부산물 바이오매스 사용방안을 모색하는 것이 바람직하다고 판단된다.
- 덴마크의 2002년도 분야별 목질펠릿연료 활용현황으로 가정 난방을 위한 소형 시스템과 발전용 대형시스템이 전체 목질펠릿연료 소비량의 80%를 차지하고 있다.

<그림 3-11> 유럽의 목질펠릿연료 공장분포도 (2008)



<표 3-11> 덴마크의 목질펠릿연료 활용현황(2002년도)

활용분야	비율(%)
가정 난방	48
발전	32
지역난방	12
산업	8

- 국립산림과학원과 강원대학교에서는 엔진이 부착된 5톤 트럭기반의 이동식 펠릿생산 시스템을 구성하였다.

<그림 3-12> 국립산림과학원 산림생산기술연구소 내 구축된 이동식 펠릿 플랜트의 현장 적용성 실험



엔진 부착형 펠릿 제조기



상차작업



상차 후 임도 주행 모습



설치된 이동식 펠릿 생산 시스템



설치된 목재 파쇄기



2인 1조 펠릿 생산 작업

○ 적용가능 지역

- 이동식 소형 펠릿플랜트의 경우 소량의 목질자원이 지속적으로 나오는 농가에 적합하다.
- 이동식 펠릿제조기의 경우도 제조된 곳으로부터 100km 까지 가능할 것으로 보이나, 생산지역에서 소비하는 것을 기본으로 하였기 때문에 지역에서 자체

소비하는 것을 기준으로 하며, 농촌지역 즉 마을단위 정도의 구획에서의 평균 가구수가 188가구이므로 이동식 펠릿제조기를 기준으로 지역 내 생산된 목재 펠릿은 전체가구를 100%지원하기 보다는 일부를 지원하는 개념으로 접근한다.

- 고정식 플랜트와 같이 많은 인력이 필요로 하는 생산시스템이 아니기 때문에 트럭운전수를 포함 2~3명의 작업 원으로도 충분히 작업가능하다.

○ 경제성³³⁾

- 펠릿제조단가는 이동식 펠릿제조기의 생산능력에 따라 1,037원/kg에서 272원/kg까지 변화하는 것으로 분석되었다.
- 이 금액에서 실제 소비처까지 100km 기준으로 운송하는 비용 17천원/ton (최영섭, 2009)을 합하면 1,054/kg~289원/kg이다.
- 비용만으로 보면 현실적으로 이동식 펠릿 생산시스템이 사업화되기 위해서는 기존 300kg/h에서 500kg/h 이상이 되어야 타당하지만, 본 시스템 적용의 근본적인 목적은 분산되어 있는 미 이용 자원들을 적지적소에 이동식 소형 펠릿 생산시스템을 통해 현지에서 소비 가능토록 하기 위한 공공적인 목적을 두고 있기에 충분히 경제성을 가지고 있다고 판단된다. (차두송, 2012)

□ 농업부산물혼합펠릿 수요처

○ 1순위 : 농업용 펠릿보일러/난방기 연료

- 농림축산식품부에서 시설원예용에 지원되는 목재펠릿 난방기 설치지원을 활용해서 농업부산물 펠릿을 활용하도록 하는 시스템을 구축한다.

<그림 3-13> 펠릿 난방기 기계실 위치 및 설치 모습



* 출처 : 농림부산물의 처리 및 에너지자원화 기술개발

33) * 출처 : 산림탄소순환마을의 바이오에너지 공급을 위한 이동식 소형펠릿 생산 플랜트 개발. 국립산림과학원. 2013

- 농림축산식품부에서 시설원예용에 대해 공인기관의 성능시험을 통과한 농업용 목재펠릿 전용난방기에 한해서 '목재펠릿난방기 설치지원'을 운영하고 있는데, 이 조건을 목재를 기준으로 한 보일러 이외에도 농업부산물펠릿도 활용 가능한 조건으로 기준을 수정하거나 농업부산물펠릿을 사용하는 조건을 추가한다면 자연스럽게 보일러업체에서는 기준에 맞게 보일러를 제작하게 되고 농가에서도 농업부산물펠릿을 사용하게 될 것이다.
- 농업부산물 펠릿은 회분양이 많고 열량이 낮음을 고려해서 보일러를 제작해야 하며, 목재펠릿 난방기 설치지원사업의 조건 중 열효율(기존 조건 :온수 80%, 온풍 70% 이상) 부분도 농업부산물 펠릿 보일러 열효율에 맞춰 수정이 필요하다.

<목재펠릿난방기 설치 지원 사업>

- 시설 내에서 채소·화훼·과수류를 재배하는 농업인(법인 포함)
 - 버섯분야는 목재펠릿난방기 설치지원
- 시설원예용 목재펠릿난방기(온풍기·보일러)
 - 공인기관의 성능시험을 통과하여 농기계공업협동조합이 홈페이지에 게시한 농업용 목재펠릿 전용 난방기(열효율이 표시된 제품)에 한해 보급
- 지원형태 : 예특회 계 국고(보조 30%, 융자 20%), 지방비 30%, 자담 20%
 - 융자금리 : 3% (3년 거치 7년 분할상환)
 - 대출취급기관 : 농협은행(농·축협 포함)
 - 사업주관기관 : 시장·군수

세부사업	단 가	지 원 내 용
목재펠릿 난방기 (온수형, 온풍형)	* 온수형·온풍형 난방기 가격(한국농기계공업협 동조합 가격집 가격기준) 적용 * 설치비는 300만원까지 /661m ²	○설치비 지원 목록 -온실외부 : (공통) 연료저장탱크, 기계장치 연결밸브, 전기배선, 인건비, (온수) 축열 탱크(필요시) -온실내부(온수) : 급수분배기(해다), 배관, 흰코일, 송풍기, 온도센서, 순환모터 ○열효율 : 온수 80%, 온풍 70% 이상 * 단가는 난방기가격과 설치비를 합산하여 적용하되, 온실 내 미설치된 목록에 대해서는 지원 제외

다. 중장기모델 : 액체연료화

□ 목적 및 필요성

- 미국, 브라질의 경우 거대한 농장 한가운데 바이오에탄올 생산 플랜트를 설치하여 원료조달비용을 최소화할 수 있는 반면, 국내에서는 이와 같은 조건구비가 어려워 규모의 경제가 실현되지 않고 있다.
- 농업부산물을 원료로 바이오에탄올을 생산하기 위해서는 **최소비용으로 대규모 원료를 확보할 수 있는 방안**이 필요하다.
- 바이오에탄올 생산원료별로 공정과정이 달라지므로 단일원료를 선택해 생산과정을 일원화해야 할 필요가 있으며, 경제성을 확보하기 위해서는 **특정 원료를 집중적으로 공급할 수 있는 방안** 마련이 필요하다.

□ 운영방안

- 농업부산물을 활용해 바이오에탄올을 생산하기 위해서는 플랜트 인근에 특정원료를 지속적이고 대량으로 공급할 수 있어야한다.
- 바이오에탄올 생산업체의 인터뷰 결과, 보릿짚, 밀짚, 거대억새와 같은 초본계 부산물을 활용하여 바이오에탄올 생산기술을 연구하고 있었다.
 - 창해에탄올에서는 전주에 있는 본사의 특성상 인근에서 보리를 생산하여 조달할 수 있는 조건이 형성되어 있으며 사대강 수변지역의 억새를 공급받을 예정이다.
- 국내 보리는 수요가 없어 농가에서 많이 생산하고 있지 않으며, 일부 청보리 형태로 재배해 사료로 공급하고 있는 실정이다. 따라서 정부차원에서 보리를 에너지작물로 선정해 적극적으로 지원한다면 농가에서 재배를 하게 될 것이다.
 - 보리나 밀을 에너지작물로 선정해 동절기에 재배한 후 열매부터 대까지 전체를 활용해 에너지화할 수 있도록 지원하는 방안을 도입한다.
- 초본계 내에서도 작물마다 전처리기술 및 효소당화기술이 차등이 발생되므로 바이오에탄올 작물로 적합한 작물을 3~4개 정도 선택하여 집중 지원해야 특화된 작물에 해당되는 기술을 개발할 수 있다.
 - 거대억새(1월~3월), 보리짚(6월), 벼짚(10월) 등 계절별로 대상원료를 3~4개정도 확보해 바이오에탄올 원료로 활용한다.

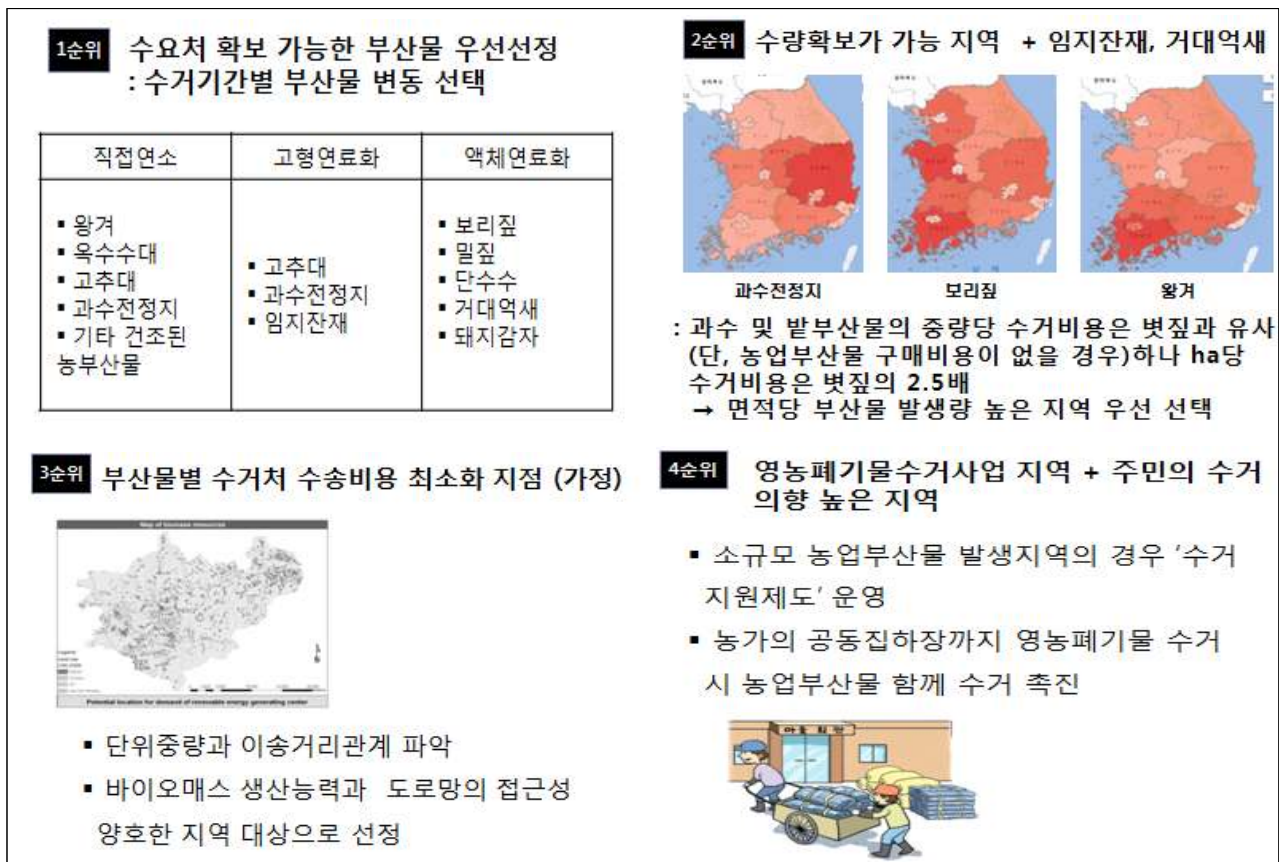
3. 농업부산물 수거·에너지화 시범사업 모델

□ 농업부산물 수거·에너지화 시범사업 모델

○ 시범사업 대상지 선정 조건

- 앞서 연구결과와 같이 농업부산물을 에너지화 하기 위해서는 수요처를 찾는 것이 가장 중요하다.
- 따라서 ① 수요처에서 필요로 하는 농업부산물을 수거대상으로 선정하고, ② 수거량이 많고, ③ 수송거리가 짧아 비용을 최소화할 수 있는 최적지를 찾아 매칭 한다.
- 농업부산물이 대규모·집중적으로 발생할 경우에는 시범사업 실행기관에서 인력을 투입하거나, 민간수거업체를 활용하여 수거사업을 진행할 수 있으나, 발생지역이 분산적일 경우 ④ 농업부산물 발생 지역으로부터 마을별 공동 집하장까지는 농가의 수거의향이 높은 지역을 선택하는 것이 적합하다.

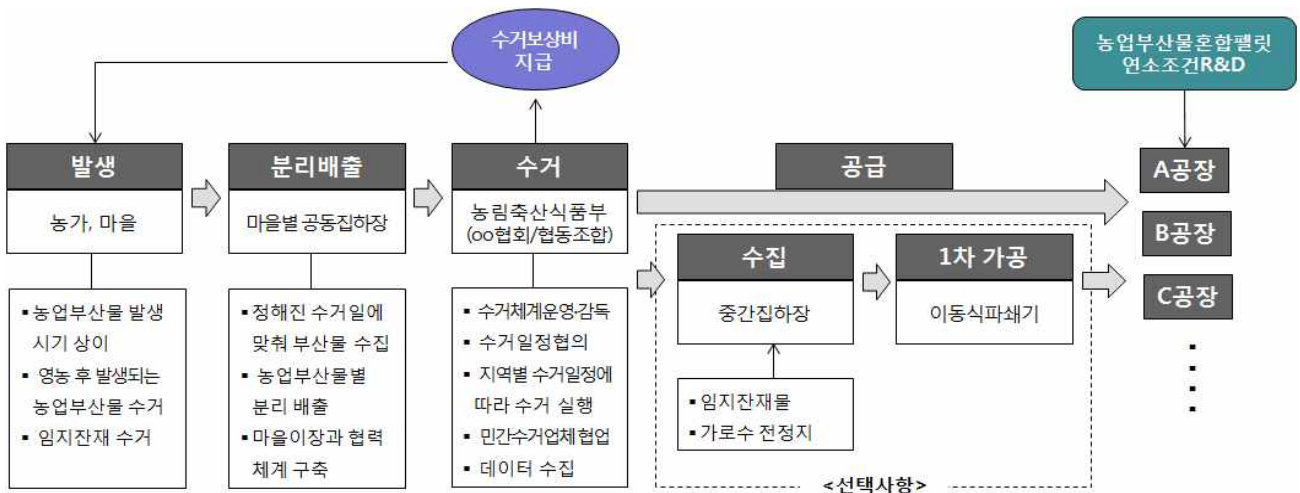
<그림 3-14> 농업부산물 수거시범사업 대상지 선정 조건



○ 시범사업 모델

- 개별 농가에서 발생하는 농업부산물을 마을회관과 같은 공동집하장까지 수거해오면 수거를 전담하는 협회 또는 협동조합(시범사업 시 수거전담기관 설립 전이므로 정부에서 직접 수거사업을 진행함)에서 수거보상비를 지급하고 수거된 농업부산물을 모아 수요처까지 운반한다. 농업부산물 운반 시 민간수거업체를 적절히 활용하여 최소비용이 될 수 있는 루트를 사전에 분석해야 한다.
- 수집된 농업부산물은 두 가지 형태로 펠릿공장에 납품할 수 있다.
 - ① 원재료 그대로 펠릿공장에 바로 공급하는 방법
 - ② 임지잔재, 가로수 전정지 등 기타 목질계 바이오매스를 추가적으로 확보해 공급량이 증가하면 1차 중간집하장에 수집한 후 이동식 파쇄기를 이용해 Chip 형태로 가공하여 펠릿공장에 공급할 수 있다.

<그림 3-15> 농업부산물 펠릿화를 위한 수거시범사업 모델



○ 시범사업을 통한 데이터 확보 목록

<표 3-12> 농업부산물 수거시범사업을 통한 데이터 확보 목록

<ol style="list-style-type: none"> 1. 농업부산물별 실제 수거가능량 (경제적 잠재량) 2. 단위중량/면적당 수거비용 3. 농가수거지원비용 및 전체 소요예산·인력 4. 부산물별 수거방식 및 최적장비 선택 5. 부산물 발생 시기적 차이 해결을 위한 중간 적재소 위치 선정 6. 기타 수거 시 발생하는 문제점
<p>시범사업을 통해 데이터 확보 후 본 사업 추진</p>

제4장 바이오매스 에너지화 사례 및 정책적 시사점

제1절 국내외 바이오매스 관련 정책 및 사례

1. 국내외 바이오매스 관련 정책

가. 국내 바이오매스 관련 정책

□ RFS (바이오디젤과 바이오에탄올 혼소비율)

- RFS(Renewable Fuel Standard, 신재생연료혼합의무화) : 석유정제업자 또는 석유수출입업자(혼합의무자)에게 일정비율 이상의 신재생에너지 연료를 수송용 연료에 혼합하도록 의무화한 제도로 2013년 7월 30일 공포되어 2년간의 유예기간을 거쳐 2015년 7월 31일부터 시행될 예정이며 이미 미국, 브라질, 유럽에서도 시행중인 제도이다.

<표 4-1> 시나리오별 RFS 혼소비율

구분	1단계				2단계				3단계
	연도	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
시나리오 1	BD2	2.5	2.5	3.0	3.5	4	4.5	5	최대 7% 검토
	BE				3	3	4	5	최대 7% 검토
시나리오 2	BD2	2.5	2.5	2.5	3	3	3.5	4	최대 7% 검토
	BE				3	3	3	4	최대 7% 검토

* BD : 바이오디젤
 ** BE : 바이오에탄올

□ RHO(신재생열 에너지 공급의무화 제도)

- RHO(Renewable Heat Obligation, 신재생열에너지 공급의무화) : 일정 연면적 이상 신축 건축물에서 사용하는 열에너지의 일정 비율을 신재생에너지를 이용하여 공급하도록 하는 제도로, 이는 태양열, 지열, 바이오매스, 연료전지 등 신재생 열에너지산업의 활성화를 위해 준비 중이며 관련 법 개정 추진 중에 있다.
- 연면적 일정률 이상의 신축 또는 신증축 건물대상에 의무부과 비율을 정한다.

<표 4-2> 증축 건물에 대한 RHO 연면적 적용과 의무부과비율

구분	1단계	2단계	3단계
	2016~2019	2020~2024	2025~2030
연면적 적용	10,000㎡	5,000㎡	3,000㎡
의무 부과 비율	10%	11~15%	16~20%

□ RPS 가중치 (바이오 및 폐기물에너지 RPS REC 가중치)

- RPS(Renewable Portfolio Standard, 신재생에너지공급의무화) : 에너지 사업자에게 생산하는 에너지의 일정 비율을 재생에너지로 공급, 판매하도록 강제하는 제도이다.
- 일본, 미국, 호주, 영국, 스웨덴 등에서 시행 중이며 한국에서도 2012년부터 시행된다.

<표 4-3> 바이오 및 폐기물에너지 RPS REC가중치

구분	공급인증서 가중치	대상 에너지 및 기준
바이오 및 폐기물 발전	0.25	부상가스
	0.5	폐기물, 매립지가스
	1.0	바이오에너지, RDF 전소발전, 폐기물 가스화 발전
	1.5	목질계 바이오매스 전소발전

- 바이오에너지 및 폐기물 혼소발전
 - 적용기술 : 바이오에너지 및 폐기물을 화석연료 발전소에 연료로 투입하는 경우
 - 적용대상 : 에너지원간 포트폴리오 구성이 가능한 Group1 사업자(5000MW 이상 설비 보유자)
 - 적용방식 : 정책적 단일 목표 방식, 단계별 연착륙 방식
 - 한계설정 : 국내 잠재량을 감안하여 RPS 의무량 중 일정규모의 이행실적 상한 설정

<표 4-4> RFS 이행을 위한 바이오에너지 및 폐기물 혼소발전 비율 대안

구분	대상자	기간	대안			비고
			1안	2안	3안	
바이오에너지 연료를 활용하는 경우	Group 1	2015 ~ 2017	30%	25%	20%	정책목표 (연착륙 유무)
		2018 ~ 2020	25%	20%		
		2021 ~	20%	15%		

□ REC(Renewable Energy Certificate) 발급제한

- 대상 : 목질계 바이오매스 자원으로 활용되는 폐목재 및 임지잔재 등
- 방향 : 목질 재활용이 가능한 자원이 무분별하게 에너지원으로 활용되는 것을 원칙적으로 봉쇄한다.
- 적용 : 목질계 바이오매스 중 REC 발급대상 제외항목을 추가한다.
- 기 반영 : 건설 폐목재 및 사업장 폐목재 중 신축현장 폐목재, 목재 팔레트, 목재포장재, 전선드럼 등 재활용 가능한 폐목재 경우에는 공급인증서 발급 가중치를 적용하지 않는다.
- 추가반영 : 벌채, 숲가꾸기 등 산림사업을 통해 발생한 원목 등이 재활용 가능한 경우에는 공급인증서 발급가중치를 적용하지 않음으로써 타 연관 산업으로의 영향을 최소화한다.

나. 해외 바이오매스 관련 정책

1) 덴마크

가) 덴마크의 에너지 정책 목표

- 덴마크는 ① 에너지 안보(Energy Security), ② 경제성장 (Economic Growth), ③ 환경의 지속가능성(Environment Sustainability)의 3E 정책 간 균형·발전을 달성한다는 장기 목표를 세우고 에너지 생산증가를 통한 에너지 자급수준 제고, 화석연료 의존 탈피 및 재생에너지로의 대체를 통한 에너지 공급원 다변화와 친환경 에너지 여건 조성, 시장 친화적 에너지 소비 절감 정책 및 신기술 도입을 통한 에너지 효율성 제고 등을 도모하고 있다.

나) 덴마크의 에너지 소비절감정책 사례

- ① 에너지세(Energy Package) : CO₂ 세, SO₂ 세 및 Green Tax로 구성되며 통상 에너지 사용료(구입비)의 60%를 상회한다.
- ② 에너지 관리표준(Danish Standard for Energy Management) : 기업별 에너지 사용등급평가를 발급하여 에너지 절감기업에게 감세 혜택을 부여한다.

- ③ 에너지 라벨링 제도(Energy Labelling) : 건물과 전기제품에 대해 에너지 효율등급을 지정 및 공시한다.
- ④ 자발적 에너지 절감 협약 : 가입회원사에게 CO₂ 세를 감면한다.
- ⑤ 건축법상 규제: 건물의 설립연도에 따라 차등적인 에너지 효율을 요구한다.
- ⑥ 쓰레기 분리수거 정책을 시행한다.

다) 덴마크 에너지정책 비전 2025(2007)

- 2025년까지 ① 화석연료 소비를 현 수준보다 15% 감축하고, ② 에너지 소비 수준을 2007년 현재 수준으로 억제한다는 목표를 설정하였다.
 - 2007년 덴마크의 화석연료 의존도 : 전체 에너지 소비의 85%
 - 덴마크는 1972년 1차 석유파동이후 일정한 에너지 소비 수준을 유지하고 있다.
- 이를 위해 ① 시장원리에 기반을 둔 에너지 절감 정책 시행을 통해 에너지 저축 규모(Energy Savings Initiative)*를 매년 1.25% 늘리고, ② 2025년까지 재생에너지 비중을 전체 소비의 최소 30%(현재 약 15%)까지 두 배로 확대하며, ③ 2020년까지 자동차 연료 중 바이오연료(Biofuel)의 비중을 10%까지 확대한다는 세부 목표를 설정하였다.
 - 2005년 덴마크 정부는 에너지 저축 방안(Energy Savings Initiative)을 마련하였으며, 동 방안에 따라 저축 규모를 매년 1.25% 증가시키면 2025년까지 에너지 소비의 15% 감축이 가능할 것으로 예상하였다.
- 상기 목표달성을 위해 덴마크 정부는 다양한 에너지 효율화 및 재생 에너지 사용 확대 방안을 제안하였다.³⁴⁾
 - ① 2010년부터 가정 및 기업을 대상으로 에너지 절약 증명서(Energy Saving Certificate) 발급 제도를 시행하였다.
 - ② 고에너지 효율 건물(low energy building)의 확대를 위해 건물의 에너지 효율 최소 기준 요구 제도, 건물 에너지 라벨링 제도 등의 시행을 확대하였다.
 - 정부는 이를 위한 캠페인 목적으로 2007~2010년까지 매년 2천만 크로나(약 4백만 불) 할당 제안
 - ③ 재생에너지의 단위당 생산 비용 절감을 위해 재생에너지 보조금 지원 계획

34) * 자료; 덴마크의 에너지 정책 사례 연구, 주 덴마크대사관, 2008

(Renewable Energy Subsidy Scheme)을 개정하였다.

- 재생에너지 활용 시 단위당 생산비용이 크다는 문제점을 감안하여 경제성·경쟁 도입·투명성 강화 등을 통해 단위당 생산비용을 2007년 현재 수준 이하로 억제하는 방향으로 개정을 추진하였다.
- ④ 바이오매스, 바이오가스, 풍력 발전, Solar Cell, Fuel Cell 등 재생 에너지 개발 지원을 확대하였다.
 - 폐기물을 활용한 발전 및 바이오 가스 사용 촉진, 풍력 발전소 설비의 전략적 확대, 2010년까지 생물 연료 사용 관련 대규모 시범시설 건설, 수소 동력 차량에 대한 면세 조치, 연료전지(fuel cell)를 이용한 열복합 발전시설의 시범 프로젝트 개발 등을 추진하였다.
- ⑤ CO₂ 배출 절감 및 재생에너지 사용 유인 확대를 위한 세제를 개편하였다.
- ⑥ 낙후된 가정용 기름보일러를 에너지 효율이 높은 열펌프 (Heat Pump)로 대체 추진하였다.
 - 덴마크 정부는 이를 위한 캠페인 목적으로 2007~2008년 예산으로 15백만 크로네(약 3백만 불)를 확보 하였다.
- ⑦ 연료사용 관련 규제 완화를 통해 열병합 발전소 (Combined Heat and Power Plant)등에서의 폐기물 연료 사용을 확대하였다.
- ⑧ 전기 및 천연가스 공급망의 효율성을 제고하였다.
 - 북해 덴마크 영역(Danish Sector of North Sea)의 천연가스 매장량 고갈로 2015년이 되면 덴마크도 천연가스를 수입해야 할 것으로 예상된다.

2) 브라질

□ 에탄올산업 육성 프로그램(ProAlcool, 1975년)³⁵⁾

- 바이오에탄올 시장 진흥을 위해 (1) 에탄올 가격 보상, (2) 가솔린에 에탄올 혼합 의무, (3) 국영 석유회사 페트로브라스(PETROBRAS)사에 에탄올 판매 독점과 일부 유통 독점 부여, (4) 함수 에탄올 100%로 달리는 알코올 차에 대한 우대 세제와 가솔린 가격보다 에탄올 가격을 저렴하게 우대 조치하는 제도 등이 채택되었다.
- 2002년에 알코올차, 에탄올차에 대한 세제 우대를 확대하고 1000~2000CC급 승용차세를 큰 폭으로 인하하였다.
- 2003년에 에탄올과 가솔린을 혼합한 연료 사용이 가능한 플렉스차가 처음 도입되었다.

35) *출처: 브라질의 바이오에탄올을 둘러싼 동향 (KIET, 해외산업정보), 2012

□ 에탄올 수출 진흥을 위한 브라질 정부의 노력³⁶⁾

- 브라질 10개년 에너지 공급확대(PDE 2010·2019, 광물에너지부(MME)2010)를 계획하였으며, 에너지 공급 확대를 위한 10년간 투자액은 9,510억 BRL이다.(약 5,300억 달러)
- 에탄올의 연간 생산량이 2009년에 260억 갤런이었으나, 2019년 생산 목표치는 640억 갤런이다.

<표 4-5> 브라질 10개년 에너지 공급확대 계획

(단위: 10억 BRL)

부문	투자액	비중(%)	비 고
석유 및 가스	671	70.6%	개발, 생산 및 유통 포함
전기	214	22.5%	전기 생산 175, 전기송전 39
바이오연료	66	6.9%	
계	951	100%	

* 출처: 외교통상부 에너지보좌관 분석보고서, 2010.5.

** 주: 1USD = 2.84BRL(Brazilian real)

<표 4-6> 에탄올 수출 진흥을 위한 브라질의 계획

구분	주요 내용	
다자 및 지역 간 협력	<ul style="list-style-type: none"> • IBSA(브라질, 남아공, 인도 대화포럼) 이종연료 사용 Task Force 설립(2006.9) • 미주에탄올위원회(IEC) 설립(2006.12) : 미주지역 에탄올 사용 촉진을 도모하기 위해 미국과 브라질 주도로 설립 • 상파울루 사탕수수산업연맹(UNICA) 주도로 바이오에탄올 정산 회담 개최(2007.6.4~5) • 국제 바이오 연료 포럼(IBF) 창설(2007.7) <ul style="list-style-type: none"> -목적 : 바이오 연료의 국제시장 형성 촉진 -2개의 실무그룹 형성 : 정보교환 및 국제 표준 및 규범 개발 -2008년 세계 바이오에너지 회의 개최 	
양자 협력	미국	<ul style="list-style-type: none"> • 바이오에너지 협력 양해각서 체결(2007.3.9) <ul style="list-style-type: none"> -바이오에너지 R&D 협력 -바이오 연료의 중미와 카리브 지역 등 제 3 국으로의 보급 및 확산 -미주개발은행(IDB), 미주가구(OAS), UN 차원에서 협력 강화 -국제 바이오 연료 포럼(IBF), G-8의 '글로벌 바이오 에너지 파트너십' 등을 통한 다자 협력 확대
	일본	<ul style="list-style-type: none"> • 일본국제협력은행(JBIC), 13억 달러 투자 협력 <ul style="list-style-type: none"> -주요 투자 분야 : 기술개발, 사탕수수, 생산업체, 바이오에탄올 및 바이오디젤 생산시설 설립
	인도	<ul style="list-style-type: none"> • 에탄올과 석유 및 디젤 혼합기술 공유에 대한 양해각서 체결(2002.4) • 에탄올 생산 기술 이전 협정 체결(2006.9)

36) *출처: 브라질 바이오에너지 산업 정책, 정보통신산업진흥원, 2012.3.

□ 10개년 에너지계획(Brazilian Decennial Expansion Plan, 브라질 에너지공사(EPE), 2011)³⁷⁾

- 에탄올은 2020년까지 브라질 에너지 생산의 21.8%를 담당할 것이며(현재 17.7%), 바이오에탄올 소비량은 지난해 연 270억 리터에서 2020년에는 730억 리터로 늘어날 것으로 보인다.
- 에탄올 생산 분야의 급성장으로 페트로브라스가 에탄올 생산 시장에 뛰어 들 전망이며, 약 970억 헤알(610억불 상당)이 향후 9년간 동 분야에 투자될 전망이다.
- 한편, 에탄올 생산 증가는 석유와 바이오에탄올을 번갈아 연료로 사용할 수 있는 Flex차량 사용 대중화로 이어질 것이다. (브라질 가솔린은 보통 에탄올 25%를 포함)

3) 일본³⁸⁾

□ 바이오매스 일본 종합전략(2002)

- 2010년 목표는 폐기물계 바이오매스 80%이상, 미 이용 바이오매스 25%이상으로 설정한다.

□ 교토의정서 목표달성 계획(2005)

- 운송연료를 포함한 바이오연료 보급을 2010년까지 50만kl가 되도록 추진한다.
- 바이오매스 타운을 구축하며, 바이오에너지 변환 및 이용기술을 개발한다.

□ 바이오연료기술혁신 계획(2008)

- 셀룰로오스계 에탄올 기술을 개발하며, 2015년 제조비용 목표설정과 보급을 확대하며 자국 내 미 이용 바이오매스(¥100/L)의 혁신적 기술을 이용한다.

□ 바이오매스 활용추진 기본법(2009년)

- 바이오매스 활용추진 회의를 설치한다.(7개 부처의 담당정부)

37) * 출처: 외교통상부 에너지보좌관 분석보고서, 2011.6.

38) * 자료: 일본농림수산성, 2012

□ 에너지기본계획(2010개정)

- 2020년까지 1차 에너지 공급에서 차지하는 재생에너지 비율 10%를 달성하고, 바이오연료는 가솔린 총 소비량의 3%를 사용한다.

□ 에너지 공급구조 고도화 법에 근거한 비 화석 에너지원 이용관련 석유 정제업자의 판단기준(2010)

- 석유정제업자에 대하여 일정량의 바이오연료의 도입을 부과한다. (2010년 21kl→ 2017년 50만 kl)

□ 바이오매스 활용추진 기본계획(2010)

- 2020년 바이오매스의 활용 목표는 약 2,600만 탄소 톤으로 설정한다.

□ 일본의 떡거리와 농림어업의 재생을 위한 기본방침(2011)

- 에너지 생산에 농어촌의 자원을 활용하도록 추진하며 농어촌자원을 활용한 분산형 에너지 공급체제를 형성한다.

□ 전기 사업자에 의한 재생에너지 전기의 조달관련 특별 조치법(2011)

- 재생에너지의 고정가격매취제도(FIT)를 시행한다.

□ 바이오매스 이활용 교부금

- 바이오매스 이활용 교부금은 바이오매스타운의 구상 및 실현을 위한 지원금으로 소프트사업과 하드(hard)사업으로 구분하여 지원한다.
 - 소프트사업은 바이오매스타운의 구상과 책정 등 바이오매스 타운의 실현을 위한 지역의 창의적이고, 주체적인 조직화를 지원하는 것으로 총 사업비의 50%를 지원한다.
 - 하드사업은 바이오매스 발생시설, 이용시설 등 바이오매스 활용에 관여하는 시설정비에 총 사업비의 50%를 지원한다. (민간사업자 1/3지원)
 - 업무는 시정촌(市頂村)의 축산기획과와 농촌진흥과(중산간지영진흥과)에서 담당한다.

4) 미국

□ 미국의 재생연료관련 제도³⁹⁾

- 미국의 경우 개인주의 성향이 강하여 정부가 주도적으로 정책을 추진하는 것이 아닌 각 주 단위로 정책을 수립한 후 연방정부 차원에서 지원하는 형태이다.
- 1978년 Energy Tax Act : 에탄올 소비세 감면(\$0.40/gal), 가솔린 (E10) 소비세 감면(40.04/gal) 정책이다.
- Energy Policy Act : E85 사용 차량에 대한 세금 감면 정책이다.
- 2006년 Energy Policy Act : 재생연료 생산기준 2006년 40억 갤런에서 2012년 75억 갤런 생산을 목표로 설정하였다
- 에너지부(DOE)에서 6개의 바이오에탄올 식물 프로젝트에 3억 8천 5백만 달러 지원하고 있으며 휘발유와 혼합한 바이오에탄올 1리터당 0.135달러, 휘발유와 혼합한 바이오디젤 1리터당 0.264달러의 세금 혜택을 부여한다.
- “에너지독립 및 안보에 관한 법률(2007)”에서는 2022년까지 1,360억 리터의 재생에너지 사용을 목표로 설정한다.
- 미네소타 주에서는 RFS(Renewable Fuel Standard)를 시행해 에탄올은 10% 혼합한 휘발유의 경우 갤런 당 \$0.052의 연방정부 소비세를 면제한다.

□ 미국의 RFS 프로그램

<표 4-7> 미국의 RFS 프로그램

구 분	내 용
시행시기	- RFS 1 program : 2007. 9. 1 ~ 2010. 11. 30 종료 - RFS 2 program : 2010. 12. 1 ~
목 표	목표연도(2020) : 수송용 연료의 20% 바이오연료 혼합의무
의무대상자	수송용 화석연료 공급업자 - 정제사업자, 수입사업자, 혼합업자(blender)
대상연료	에탄올, 바이오디젤 등의 바이오연료
의무기간	1년 단위
감독기관	환경보호청(Environmental Protection Agency, EPA)

* 출처: 녹색기술센터, 2014

39) * 자료: 한국바이오안전성정보센터, 바이오화학산업동향, 2013.12

2. 국내외 바이오매스 관련 생산량 및 활용사례

가. 국외 바이오매스 생산량⁴⁰⁾

□ 동남아시아 농림바이오에너지 생산량

<표 4-8> 주요국 농림부산물 바이오매스 자원 생산량

(단위: 백만 톤)

구분	중국	인도	인도네시아	말레이시아	필리핀	태국	베트남	총계
사탕수수	73.63	206.29	15.62	0.49	17.79	57.22	11.29	382.33
벼	139.52	103.31	46.74	1.91	12.21	25.59	29.56	358.84
팜 부산물	2.25	-	351.98	303.96	1.84	37.30	-	697.33
코코넛	0.22	8.41	14.33	0.47	12.63	0.88	1.00	37.94
카사바	0.40	0.71	2.11	0.00	0.20	1.98	0.86	6.26
옥수수	56.85	5.75	5.29	0.01	2.02	1.31	1.31	72.54
땅콩	5.45	1.87	0.23	0.00	0.00	0.01	0.15	7.71
대두	34.09	30.62	2.27	-	0.00	0.48	0.47	67.93
합계	312.41	356.96	438.57	306.84	46.69	124.77	44.64	1,630.88

- <표 4-8>에서 볼 수 있듯이 인도네시아에서 가장 많은 양(438.57백만 톤)의 바이오매스 자원을 생산하고 있으며, 주요 생산 작물은 351.98백만 톤의 팜 부산물이다.
 - 인도에서는 356.96백만 톤의 바이오매스 작물(사탕수수 206.29백만 톤)을 생산한다.
 - 중국에서는 321.41백만 톤의 바이오매스 작물(벼 139.52백만 톤)을 생산한다.
- 작물별로는 팜 부산물(697.33백만 톤)이 중국과 동남아시아 6개국에서 가장 많이 생산되고 있다.
 - 사탕수수가 382.33백만 톤으로 두 번째로 많이 생산된다.
 - 벼가 358.84백만 톤으로 세 번째로 많이 생산된다.

40) 한국과 농업 생산구조가 비슷한 아시아 지역의 농업부산물 생산량을 조사함

<표 4-9> 중국의 농림 바이오매스 생산량

(단위: 톤)

종류	2012년 생산량	부산물 종류	부산물생산 비율(RPR)	부산물 생산량	
사탕수수	124,170,500	바가스	0.291	36,133,616	73,633,107
		Top&Trashier	0.302	37,499,491	
벼	206,085,000	왕겨	0.230	47,399,550	139,519,545
		벼짚	0.447	92,119,995	
팜 오일 열매	650,000	EFB	0.428	278,200	2,249,650
		섬유	0.147	95,550	
		PKS	0.049	31,850	
		잎	2.604	1,692,600	
		Male bunch	0.233	151,450	
코코넛	282,000	겉껍질	0.362	102,084	224,472
		껍데기	0.160	45,120	
		Empty Buch	0.049	13,818	
		잎	0.225	63,450	
카사바	4,574,500	줄기	0.088	402,556	402,556
옥수수	208,258,000	옥수수대	0.273	56,854,434	56,854,434
땅콩	16,875,700	껍데기	0.323	5,450,851.10	5,450,851
대두	12,800,145	줄기, 잎, 껍데기	2.663	34,086,786.14	34,086,786
합계	573,695,845			312,421,401	

○ 우리나라와 가장 근접한 중국의 경우, 2012년에 옥수수를 208,258,000톤으로 가장 많이 수확하였다.

- 옥수수에서 생산되는 부산물은 옥수수대이며, 부산물 생산비율은 0.273%이고, 부산물 생산량은 56,854,434톤이다.

○ 가장 많이 생산되는 농업부산물은 왕겨로 139,519,545톤이 생산되었다.

<표 4-10> 인도의 농림 바이오매스 자원 생산량

(단위: 톤)

종류	2012년 생산량	부산물 종류	부산물 생산 비율(RPR)	부산물 생산량	
사탕수수	347,870,000	바가스	0.291	101,230,170	206,286,910
		Top&Trashier	0.302	105,056,740	
벼	152,600,000	왕겨	0.230	35,098,000	103,310,200
		벼짚	0.447	68,212,200	
팜 오일 열매	-	EFB	0.428	-	-
		섬유	0.147	-	
		PKS	0.049	-	
		잎	2.604	-	
		Male bunch	0.233	-	
코코넛	10,560,000	겉껍질	0.362	3,822,720	8,405,760
		껍데기	0.160	1,689,600	
		Empty Buch	0.049	517,440	
		잎	0.225	2,376,000	
카사바	8,076,000	줄기	0.088	710,688,	710,688
옥수수	21,060,000	옥수수대	0.273	5,749,380	5,749,380
땅콩	5,779,000	껍데기	0.323	1,866,617	1,866,617
대두	11,500,000	줄기, 잎, 껍데기	2.663	30,624,500	30,624,500
합계	557,445,000			356,954,055	

○ 인도의 경우, 2012년에 347,870,000톤의 사탕수수를 생산했으며, 사탕수수의 부산물이 206,286,910톤으로 가장 많이 생산되었다.

- 그 다음이 벼의 생산이며 왕겨와 벼짚의 생산량도 103,310,200톤이다.

<표 4-11> 인도네시아의 농림 바이오매스 자원 생산량

(단위: 톤)

종류	2012년 생산량	부산물 종류	부산물 생산 비율(RPR)	부산물 생산량	
사탕수수	26,341,600	바가스	0.291	7,665,406	15,620,569
		Top&Trashier	0.302	7,955,163	
벼	69,045,141	왕겨	0.230	15,880,382	46,743,560
		벼짚	0.447	30,863,178	
팜 오일 열매	101,700,000	EFB	0.428	43,527,600	351,983,700
		섬유	0.147	14,949,900	
		PKS	0.049	4,983,300	
		잎	2.604	264,826,800	
		Male bunch	0.233	23,696,100	
코코넛	18,000,000	겉껍질	0.362	6,516,000	14,328,000
		껍데기	0.160	2,880,000	
		Empty Buch	0.049	882,000	
		잎	0.225	4,050,000	
카사바	23,922,075	줄기	0.088	2,105,143	2,105,143
옥수수	19,377,030	옥수수대	0.273	5,289,929	5,289,929
땅콩	712,874	껍데기	0.323	230,258	230,258
대두	851,647	줄기, 잎, 껍데기	2.663	2,267,936	2,267,936
합계	259,950,367			438,569,095	

○ 인도네시아에서는 2012년에 팜 오일 열매 101,700,000톤을 생산하였으며, EFB, 섬유, PKS, 잎, male-bunch 등의 부산물을 351,983,700톤을 생산하였다.

<표 4-12> 말레이시아의 농림 바이오매스 자원 생산량

(단위: 톤)

종류	2012년 생산량	부산물 종류	부산물 생산 비율(RPR)	부산물 생산량	
사탕수수	820,000	바가스	0.291	238,620	486,260
		Top&Trashier	0.302	247,640	
벼	2,820,000	왕겨	0.230	648,600	1,909,140
		벼짚	0.447	1,260,540	
팜 오일 열매	87,825,000	EFB	0.428	37,589,100	303,962,325
		섬유	0.147	12,910,275	
		PKS	0.049	4,303,425	
		잎	2.604	228,696,300	
		Male bunch	0.233	20,463,225	
코코넛	585,000	겉껍질	0.362	211,770	465,660
		껍데기	0.160	93,600	
		Empty Buch	0.049	28,665	
		잎	0.225	131,625	
카사바	42,500	줄기	0.088	3,740	3,740
옥수수	52,000	옥수수대	0.273	14,196	14,196
땅콩	650	껍데기	0.323	210	210
대두	-	줄기, 잎, 껍데기	2.663	-	-
합계	92,145,150			306,841,531	

○ 말레이시아에서도 2012년에 87,825,000톤에 달하는 팜 오일 열매를 가장 많이 생산하였다.

<표 4-13> 필리핀의 농림 바이오매스 자원 생산량

(단위: 톤)

종류	2012년 생산량	부산물 종류	부산물 생산 비율(RPR)	부산물 생산량	
사탕수수	30,000,000	바가스	0.291	8,730,000	17,790,000
		Top&Trashier	0.302	9,060,000	
벼	18,032,422	왕겨	0.230	4,147,457	12,207,950
		벼짚	0.447	8,060,493	
팜 오일 열매	531,294	EFB	0.428	227,394	1,838,809
		섬유	0.147	78,100	
		PKS	0.049	26,033	
		잎	2.604	1,383,490	
		Male bunch	0.233	123,792	
코코넛	15,862,386	겉껍질	0.362	5,742,184	12,626,459
		껍데기	0.160	2,537,982	
		Empty Buch	0.049	777,257	
		잎	0.225	3,569,037	
카사바	2,223,144	줄기	0.088	195,637,	195,637
옥수수	7,406,830	옥수수대	0.273	2,022,065	2,022,065
땅콩	29,134	껍데기	0.323	9,410	9,410
대두	567	줄기, 잎, 껍데기	2.663	1,510	1,510
합계	74,085,777			46,691,839	

○ 필리핀에서는 2012년에 30,000,000톤으로 사탕수수를 가장 많이 생산하였다.

- 바가스, Top & Trashier 등의 부산물을 17,790,000톤을 생산하였다.
- 벼와 코코넛 생산이 각각 18,032,422톤과 15,862,386톤이며 부산물도 12,207,950톤과 12,626,459톤을 차지하였다.

<표 4-14> 태국의 농림 바이오매스 자원 생산량

(단위: 톤)

종류	2012년 생산량	부산물 종류	부산물생산 비율(RPR)	부산물 생산량	
사탕수수	96,500,000	바가스	0.291	28,081,500	57,224,500
		Top&Trashier	0.302	29,143,000	
벼	37,800,000	왕겨	0.230	8,694,000	25,590,600
		벼짚	0.447	16,896,600	
팜 오일 열매	10,776,848	EFB	0.428	4,612,491	37,298,671
		섬유	0.147	1,584,197	
		PKS	0.049	528,066	
		잎	2.604	28,062,912	
		Male bunch	0.233	2,511,006	
코코넛	1,100,000	겉껍질	0.362	398,200	875,600
		껍데기	0.160	176,000	
		Empty Buch	0.049	53,900	
		잎	0.225	247,500	
카사바	22,500,000	줄기	0.088	1,980,000	1,980,000
옥수수	4,813,000	옥수수대	0.273	1,313,949	1,313,949
땅콩	45,700	껍데기	0.323	14,761	14,761
대두	180,000	줄기, 잎, 껍데기	2.663	479,340	479,340
합계	173,715,548			124,777,421	

- 태국에서도 2012년에 57,224,500톤의 사탕수수를 가장 많이 생산하였다.
 - 바가스, Top & Trashier 등의 부산물을 96,500,000톤을 생산하였다.
- 팜 오일과 벼의 부산물은 각각 37,298,671톤과 25,590,600톤을 차지하였다.

<표 4-15> 베트남의 농림 바이오매스 자원 생산량

(단위: 톤)

종류	2012년 생산량	부산물 종류	부산물 생산 비율(RPR)	부산물 생산량	
사탕수수	19,040,799	바가스	0.291	5,540,873	11,291,194
		Top&Trashier	0.302	5,750,321	
벼	43,661,570	왕겨	0.230	10,042,161	29,558,883
		벼짚	0.447	19,516,722	
팜 오일 열매	-	EFB	0.428	-	-
		섬유	0.147	-	
		PKS	0.049	-	
		잎	2.604	-	
		Male bunch	0.233	-	
코코넛	1,250,000	겉껍질	0.362	452,500	995,000
		껍데기	0.160	200,000	
		Empty Buch	0.049	61,250	
		잎	0.225	281,250	
카사바	9,745,546	줄기	0.088	857,608	857,608
옥수수	4,803,196	옥수수대	0.273	1,311,273	1,311,273
땅콩	470,622	껍데기	0.323	152,011	152,011
대두	175,295	줄기, 잎, 껍데기	2.663	466,811	466,811
합계	79,147,028			44,632,779	

- 베트남에서는 2012년에 벼를 가장 많이 수확(43,661,570톤)하여, 29,558,883톤의 부산물을 생산하였다.
- 사탕수수 생산량은 19,040,799톤이고, 그 부산물은 11,291,194톤이다.

□ 주요국가의 바이오디젤혼합율

<표 4-16> 주요국가의 바이오디젤 혼합비율

영국	프랑스	스페인	이태리	오스트리아	체코
2013~, 5.26(%)	2010~, 7(%)	2013~, BD7, BE4.1	2014~, BD5(%)	2012~, BD6.3(%)	2010~, BD6(%)
미국	독일	폴란드	라트비아	불가리아	스웨덴
2009~, BD5~10(%)	2014~, 6.25(%)	2014~, BD 7.55(%)	2010~, BD5(%)	2012~, BD5(%)	2013~, BD5.75(%)
말레이시아	태국	뉴질랜드	인도네시아	중국	한국
2011~, BD5.0(%)	2009~, BD5.0(%)	2009~, BD5,BE8.5	2013~, BD10(%)	2010~, BD5(하남)	2010, BD2(%)

* 자료 1) Global Biofuel Center, September 2012

자료 2) Hart Energy's Global Biofuels Center, December,2012

- 세계적으로 바이오매스 에너지에 관한 정책을 살펴보면, 인도네시아에서 2013년부터 BD 10을 채택하고 있다.
 - 폴란드에서 2014년부터 BD 7.55를, 미국에서는 2009년부터 BD 5~10을 채택하였다.
 - 한국에서는 BD 2를 2010년부터 시행하고 있으나, 기술적인 문제로 일반 승용차용 연료 적용은 보류 중인 상태이다.

나. 농업부산물 바이오매스 활용사례

□ 덴마크의 볏짚을 활용한 지역난방시스템

- 덴마크 정부가 전력생산 업체에게 1.4백만 톤 규모의 바이오매스를 사용토록 한 이후 바이오매스를 이용한 열병합 발전은 급속히 증가하고 있다.
 - 현재 총 63개의 열병합발전소와 총 212개의 지역난방공장이 바이오매스 또는 바이오가스를 연료로 사용하고 있다.
- 바이오매스(특히 밀짚)를 이용한 에너지 생산은 석탄이나 석유, 천연가스로부터 에너지를 생산하는 것보다 효율이 낮기 때문에 덴마크 전력생산업체들은 바이오매스 연소기술에 관한 폭 넓은 연구를 진행하고 있다.
- 이러한 노력의 결과로 덴마크의 대표적인 에너지 생산업체인 Energi E2와

Elsam은 소형발전소의 경우 25~32%의 열효율을, 대형발전소의 경우 42~50%의 열효율을 얻는데 성공하였다.

- 코펜하겐 근교에 위치한 Avedøre 2 열병합 발전소의 경우 570MW의 전력과 570MW의 열을 생산하고 있으며 94%의 총 효율성 실현하였다.

□ 덴마크의 바이오 가스발전

- 덴마크에는 20여개의 바이오가스 발전소가 건립되어 있으며, 이는 1984년에서 1998년간에 건설된 것으로 바이오가스를 이용한 발전소 건립을 위해 정부는 당시 건설에 필요한 20~40%의 투자금을 보조하였다.
- 2003년 기준, 대규모의 바이오가스 발전소 외에도 60여개 이상의 소형 바이오가스 발전시설이 덴마크 내에 분포하였으며, 20여개의 바이오가스 발전소는 연간 1.1백만 톤의 동물 배설물과 40만 톤 규모의 산업 폐기물을 처리하였다.
- 바이오가스를 이용한 발전은 전력 생산과 함께 CO₂ 배출을 줄여 환경오염을 줄이는 두 가지의 장점을 가지고 있어 덴마크 정부는 가능한 범위 내에서 바이오가스 발전시설을 확충하려 노력 중이다.
- 2007년 10월 세계최대의 바이오가스 연구 시설(Research Centre Foulum)이 덴마크에 건설되었다. 앞으로 에너지 생산, 유기농 폐기물 처리, 영양소 재배분 등의 종합적 역할 수행이 기대된다.

□ 일본 이와테현의 목질 펠릿 생산시스템 건설

- 2011년 동일본대지진 이후 이와테현은 '지구온난화대책실행계획'의 일환으로 2020년까지 전력수요의 35%를 재생에너지로 제공하는 계획을 추진 중이다.
- 일본 내 두 번째로 큰 삼림의 규모를 가진 지역적인 특성을 살려 목질계 바이오매스의 혼소발전에 성공하였으며 미 이용 산림 잔재물을 분쇄하여 칩(chip)이나 펠릿(pellet)으로 제조하여 사용한다.
- 이와테현 내 칩(chip) 제조공장 55개 소, 펠릿(pellet)제조공장 3개소가 가동 중이다.
 - 新日鐵住金(Nippon Steel)의 가마이제철소 목질계 바이오매스 석탄혼소발전시설(岩手縣 釜石市 소재)에서 15만 kW의 전력을 생산하고 있다. (목질계 바이오매스 2% 혼합)
 - 현재, 학교와 공공시설에서도 칩(chip)이나 펠릿(pellet)을 이용한 난방과 온수를

확대하여 공급하고 있다.

- 추후, 민간기업의 도입을 계획 중이며, 국내외 바이오매스 관련 정책을 실현할 예정이다.

3. 국내외 바이오매스 활용 관련 사례

가. 국내 농업부산물 바이오매스 활용사례

1) 국내 바이오디젤 유채생산 시범사업 실패사례 분석⁴¹⁾

가) 시범사업 배경 및 목적

□ 추진배경

- 화석연료 고갈과 환경오염 문제 등으로 대체 에너지에 대한 관심이 증가하고 있는 가운데 바이오에너지가 대안으로 대두되고 있다.
 - 시범사업을 통하여 신재생 에너지원으로서의 가능성을 모색 중이다.
- 2012년 정부의 보리 수매제도 폐지*에 대비하여 겨울철 유희농경지를 이용한 대체소득 작물 개발이 필요하다.
 - * 정부수매 보리 재고누적 및 정부 결손액 발생으로 폐지되었다.

□ 목적

- 정부는 2007년 10월부터 2010년 6월까지 3개년에 걸쳐 신재생에너지원 및 겨울철 농가소득원 개발을 위한 바이오디젤용 유채의 국내생산 확대 및 경제성 확인을 위한 시범사업을 전개하였다.
 - 3개년동안 매년 1,500ha씩 4,500ha에 78억 원(국비 55억 원, 지방비 23억 원)을 지원하였다.
 - 유채재배로 쌀보리 재배 시 보다 낮은 소득 발생을 고려하여 유채 재배농가에 대하여 170만원/ha씩 지원하였다.

41) 바이오디젤 유채생산 시범사업 종합평가, 농림수산식품부, 2010

나) 시범사업 추진결과 분석

- (목표대비 낮은 생산성) 당초 생산목표 대비 1/4수준으로 매우 낮음
 - (목표) 4,000kg/ha → (결과) 평균 835kg(1년차 913, 2년차 920, 3년차 574)
 - 재배·관리기술 부족, 겨울철 재해, 벼와의 작부체계 부적합 등 복합적인 원인으로 유채 생산량이 저조하였다.

- (목표대비 낮은 착유수율) 바이오디젤 착유수율은 목표 대비 80% 수준(3년 평균)
 - (목표) 40%(ℓ/kg) → (결과) 31.8%(519,528 ℓ / 1,550,716kg)
 - 유채 품질저하로 인한 착유수율이 감소하였다.

- (쌀보리 재배보다 낮은 수익성) 생산량 저조로 쌀보리 조수입의 62% 수준
 - (유채) 205,042원/10a → (쌀보리) 330,000원/10a(전남·북 평균)
 - 참여 농가들이 불만을 제기함에 따라 지자체 별로 추가지원(80천 원 ~ 160천 원/10a)하여 쌀·보리·조 수입 수준에 도달하였다.

- (가공업체의 낮은 수익성) 채산성 악화로 3년차 수매참여 포기
 - 생산량 감소, 품질저하에 의한 착유수율 저조, 유채 수매단가 인상 등의 이유로 가공업체의 경영 실적을 어렵게 하였다.
 - 수매단가 : (계획) 350원/kg → (2010년산) 전남북 500원, 제주 440원
 - 사업포기 현황 : (1년차) 제주퓨렉스, (2년차) SK케미컬, (3년차) M에너지(3개 업체 모두 포기)

다) 시범사업의 장애요인 발굴

- 환경, 재배기술 등 외부요인이 악화
 - 유채엽 바구미, 응애 등 병해충 피해확산으로 품질저하와 유채종실 과다손실로 인해 바이오디젤 생산량이 감소하였다.
 - 제주지역 유채엽 바구미 및 응애 피해손실 : 해당포장 생산 예상량의 최대 30%(2009, 바이오에너지작물센터)

- 유채 수확 시 기계수확에 대한 안정화된 기술 미비와 수확기(콤바인) 운용미숙(속도, 수확적기 판단 등)으로 수확 시 손실이 과다 발생하였다.
 - 수확기에 의한 손실을 : 22%(2009, 바이오에너지작물센터)
- 가뭄 지속(파종기~월동기)으로 인한 발아 불량, 봄철 이상저온 및 강수량 증가 등으로 인해 습해가 발생하였고, 이에 따른 생육지연과 고사(枯死)로 생산성이 저하되었다.
- 벼농사 중심의 영농일정 운용으로 유채 수확량 감소 및 품질저하를 초래하였다.

□ 제도적 보완장치 미흡

- 국내산 바이오디젤에 대한 의무사용할당제(RPS : Renewable Portfolio standard) 미 도입으로 납품 시 최저가 낙찰제를 적용함으로써 업체의 경영악화를 초래하였다.
 - 바이오디젤업체 가동율(2009, 한국바이오디젤협회) : 43%(21개 업체 중 9개만 가동)
- UR 협정에 의거하여 재배면적 기준으로 보조금을 지급함에 따라 농가들의 생산량 증대 의욕이 미흡하였고 성실재배에 대한 의식이 부족하였다.
 - 바이오디젤용 유채재배 보조금은 감축대상 보조금으로 분류되어 생산비 보조를 통한 유채 재배면적 확대나 농가소득 보전에 어려움을 초래하였다.

□ 시범사업에 대한 농가 인식부족 및 정부의 지속적 추가지원 불투명

- 재배면적에 대한 보조금 지급 등에 대한 이해 부족으로 파종 후 사후관리에 소홀하여 단위수확량의 극심한 편차와 전체적인 수확량의 감소를 초래하였다.
 - 부안지역 단위수확량 편차(2009) : 상위 2톤 내외, 하위 0.5톤 내외/ha
- 파종기 보조금을 지급한 농가의 수확포기로 사업목적 달성에 어려움을 초래하였다.
 - 파종기와 수확기가 다른 유채재배 특성(월동작물)을 감안하여 파종기(30%)와 수확기(70%)로 보조금을 분할 지급하였으나 일부 농가에서는 파종 후 관리 소홀로 수확을 포기하여 파종기 분 보조금 지원효과가 퇴색되었다.
 - 수확포기 면적 : (1년차) 649ha, (2년차) 414.2ha, (3년차) 232.6ha
- 생산물 판매에 의한 소득비율 저하로 농가에서 적기파종과 적기수확·건조 등 수확량 증대 및 품질향상에 대한 노력이 소홀하였다.
 - 유채소득비율 : 보조금 89%, 판매수익 11%

- 지자체의 재정형편으로 추가지원이 불가능 할 경우, 겨울철 동기(同期)작물인 쌀보리나 밀, 청보리보다 수입이 낮아 매년 사업 참여율이 감소하였다.
 - 파종면적 : (2007년) 1,443ha(100%) → (2008년) 1,350(93%) → (2009년) 777(54%)
 - 조 수입(2009, 부안) : 유채(추가지원 제외) 232천원/10a, 쌀보리 366천원/10a, 경관용 밀 445천원/10a, 경관용 청보리 320천원/10a

□ 농가들의 수매단가 인상요구로 가공업체 경영악화

- 바이오디젤업체 영세성으로 자체 착유시설이 없어 외주에 착유를 의존하였고 그에 따른 착유경비와 제품운송료 등 바이오디젤 생산비가 증가하였다.
 - 대두나 미강 등 종합착유시설을 이용함에 따라 착유수율이 저하하였다.
- 단위면적당 생산성의 저하로 농가들이 소득이 떨어질 것을 우려하여 매년 수매단가 인상 요구를 수용하였고 그 결과 가공업체의 경영악화를 초래하였다.
 - 수매단가 : (계획) 350원/kg→(2008년산) 400원(제주 420), (2009) 500원(제주 420), (2010) 500원(제주 440) ⇨ 3년차의 경우, 수매참여 희망업체가 없어 한국바이오디젤협회에서 수매하였다.

라) 시범사업의 성과 및 해결대안

(1) 시범사업의 성과

□ 시범사업은 본 사업 추진의 필요성을 파악하기 위해 실시한 것으로 사업의 타당성, 경제성 등을 확인하는 계기

- 1, 2년차 사업의 문제점들을 보완하여 3년차 사업까지 추진한 결과, 유채 생산성, 경제성 등이 저조한 것으로 나타났다.

□ 바이오디젤 수입대체 효과 : 544백만 원

- 600백 ℓ [1,899.3톤(유채생산량)× 31.8%(착유수율)× 0.90(정제율)× 1.15(부피계수)] × 870원[0.78\$(국제경유가)× 1,116원(환율)], (국제경유가 및 환율은 2010.10.8자료 적용)

□ 유채 전용기계 지원을 통한 농촌의 고령화와 인력난 해소

- 수확기, 건조기 구입 지원으로 효율적인 수확작업이 이루어졌다. 다만, 손 수확에 비해 손실률(20%)이 높고, 파종기를 지원하지 않아 단위수확량이 감소하는 문제가 발생하였다.

(2) 해결대안

□ 조숙성, 다수확성, 내한성의 답리작 전용 유채품종 개발

- 벼와 2모작 유지가 가능한 조숙계(早熟系), 동계재배에 따른 내한성(耐寒性) 및 다수확성의 답리작(畝裏作)전용 품종개발이 필요하다.

□ 연관 산업에 대한 육성방안 마련 필요

- 바이오에너지 작물 보급 시 관련 농기계(파종기, 수확기, 건조기 등), 착유 및 정제시설 등 연관 산업에 대해서도 동시 육성이 필요하다.

□ 바이오에너지 보급 활성화를 위한 제도정비 필요

- 국내산 바이오에너지에 대한 의무사용할당제(RPS), 가격경쟁력 확보를 위한 면세제도 등 제도마련과 정비가 필요하다.

□ 동계재배용 쌀보리, 밀, 청보리 등 재배에 준하는 수익률 보장 장치 필요

- 쌀보리와 소득수준 달성을 위해서 유채목표 가격을 산정하고 차액보전 장치를 마련하여 유채시범사업보조금을 170만원/ha씩 지원해야 한다.

마) 유채 시범사업 보조금[170만원/ha] 산출근거

□ 총수입, 경영비 요소를 고려하여 유채소득과 쌀보리 소득이 동일해지는 수준으로 보조금 책정

- 쌀보리와 소득이 동일해지는 유채목표가격 : 759원/kg
- 유채 국제거래 가격 : 320원/kg
 - kg당 가격차액 : 759원/kg - 320원/kg = 440원/kg
 - ha당 유채생산량 : 4,000kg [농진청 목포 시험장] ⇨ 보조금은 'kg당 가격차액'과 'ha당 생산량'을 곱하여 산정 즉, 440원/kg × 4,000kg = 176만원/ha(약 170만원/ha)

<표 4-17> 쌀보리와 소득수준 달성을 위한 유채목표가격 산정

(단위 : 원/10a, %)

구 분	쌀보리	유 채	유채/쌀보리
총 수 입	352,468	303,600	86.1
경 영 비	170,113	121,106	71.2
소 득	182,355	182,494	100.0
생 산 량	401	400	99.8
가격(kg)	879	759	86.4

* 자료 : 산업용원료로 사용가능 농작물 경제성 분석 및 정책적 지원방안 연구(미래농정연구원)

바) 종합평가

□ 바이오유채생산 시범사업을 추진(2007.10~2010.6, 3년간)한 결과 생산성과 경제성이 낮은 것으로 분석

○ 재배·관리기술 부족, 겨울철 재해, 사업에 대한 농가인식 부족, 답리작 재배에 대한 품종적응성 저조 등 복합적인 요인이 작용한 것으로 판단된다.

▪ 생산성 : (목표) 4,000kg/ha → (결과) 평균 835kg(1년차 913kg, 2년차 920kg, 3년차 574kg)

▪ 경제성 : (목표) 1,656 ℓ /ha → (결과) 275 ℓ /ha

· 275 ℓ = 835kg/ha(유채량) × 31.8%(착유수율) × 0.90(정제율) × 1.15(부피계수)

○ 시범사업은 본 사업 추진의 필요성을 파악하기 위해 실시한 것으로 사업의 생산성, 경제성 등을 확인하였으므로 본사업의 실현가능성이 희박하여 지속적인 실시는 곤란한 것으로 평가되었다.

○ 녹색성장을 위한 바이오에너지 개발·이용은 불가피하므로 향후 비식용 바이오매스 또는 농업부산물을 이용한 펠릿이나 바이오에탄올의 생산 쪽으로 활용방안의 검토가 필요하다.

2) 국산 목재펠릿 공급부진 사유분석

가) 목재펠릿 공급부진⁴²⁾

- 산림청에 의하면, RPS 제도시행과 가격경쟁력에 대한 인지도의 확산으로 목재펠릿의 수요량이 급증해 2014년 수요량은 107만 톤으로 전망하고 있다.
 - 반면, 2014년 국내 공급량을 기준으로 수요량의 94%를 수입에 의존하는 것으로 나타났다.
 - 현재 국내 펠릿 제조시설 업체 수는 21개이며 생산용량은 14만4천3백 톤 (2014년 기준)이고 가동률은 4개 년 평균 44.5%이다.
 - RPS 제도의 연도별 신재생에너지 사용 의무비율이 증가함에 따라 해마다 목재펠릿 국내 수요량은 더 늘어날 것으로 예상돼 국내 목재펠릿 생산량 증가와 부족한 공급량에 대한 대책이 시급한 실정이다.
 - 펠릿보일러는 기름보일러보다 연료비가 약 30% 저렴하기 때문에 도시가스가 공급되지 않는 면단위 농촌지역 농민들과 차상위 계층에서 많이 사용한다.
 - 산림청은 그동안 경제적 약자들의 어려움을 덜어주고 친환경에너지 사용 측면에서 펠릿보일러 설치와 홍보에 적극적이었으나, 보일러만 지원해주고 연료공급이 어려워 다시 도시가스나 기름보일러로 바꾸는 사례가 존재한다.
- 이와 같은 펠릿 공급 부족사태는 펠릿의 공급 잠재량이 부족하거나 목재펠릿 제조시설이 부족하기 때문만은 아니다.
- 우드펠릿의 공급부족원인은 다음과 같다.
 - 수거체계상의 문제 : 야산에 가지치기, 벌채 등의 임산 잔재물이 많이 흩어져 있으나, 인건비나 기계화 장비 등 수거비용의 과다로 수거포기상태에 머물러 있기 때문이다.
 - 현재 21개 목재펠릿 제조시설이 소규모 0.5~2톤의 상태이어서 현재와 같은 생산비 구조(350,000원/톤)로는 가격 경쟁력이 부족하다.
 - 펠릿공장의 운영미숙(3교대 운영회피, 저장창고 신설 불가능 등)도 한 몫을 하고 있는 실정이다.

42) 농림수산물식품해양수산위원회의 산림청에 대한 국정감사, 2014.10.13.

나) 해결방안

- 수거체계 개선: 농업부산물 등을 전문적으로 수거할 수 있는 협회 창설을 통한 O&M(Operation and management)강화가 필요하며, 이에 대한 경비는 농림축산식품부에서 일부 지원한다.
 - 환경부의 폐비닐 수거보상금 지원 사업을 벤치마킹하여 수거보상금 지원체제를 확립한다.
- 규모 경제의 이익을 실현할 수 있을 정도로 시설규모를 현재의 2 t/h에서 4 t/h로 확대하여 생산량을 늘리고 가동률을 높인다면, 노무비 및 감가상각비를 상당히 낮출 수 있으므로 총 생산비를 최대 15.3% 절감이 가능할 것으로 전망된다.⁴³⁾
- R&D 개발을 통한 기술을 확보한다.
 - 목재와 농업부산물을 70:30으로 혼합한다.
 - 목재뿐만 아니라 농업부산물을 이용하여 펠릿 제조가 가능하나, 농업부산물 펠릿의 경우, ash melting, clinker 형성 등으로 인한 보일러효율 저하를 막기 위한 R&D를 지원한다.

나. 해외 농업부산물 바이오매스 활용사례

1) 일본 바이오매스타운의⁴⁴⁾ 바이오매스 활용 현황

- 2000년 ~ 2011년까지 일본 내 327개소의 바이오매스타운 형성에 성공
 - 2020년까지 600개의 시정촌에 바이오매스 활용 추진계획을 책정하였다.
 - 약 2,600 toe가 바이오매스 활용을 목표로 한다.
 - 1차 계획에서 활용되지 않았던 임지잔재의 유효활용을 추진 중이다.
 - 바이오매스의 수집·운반부터 가공까지 종합적인 기술체계의 확립을 추진 중이다.
 - 일본 농림수산성의 미이용계 바이오매스의 활용 목표는 25%였으나, 그 활용이 저조한 것으로 평가되었다.

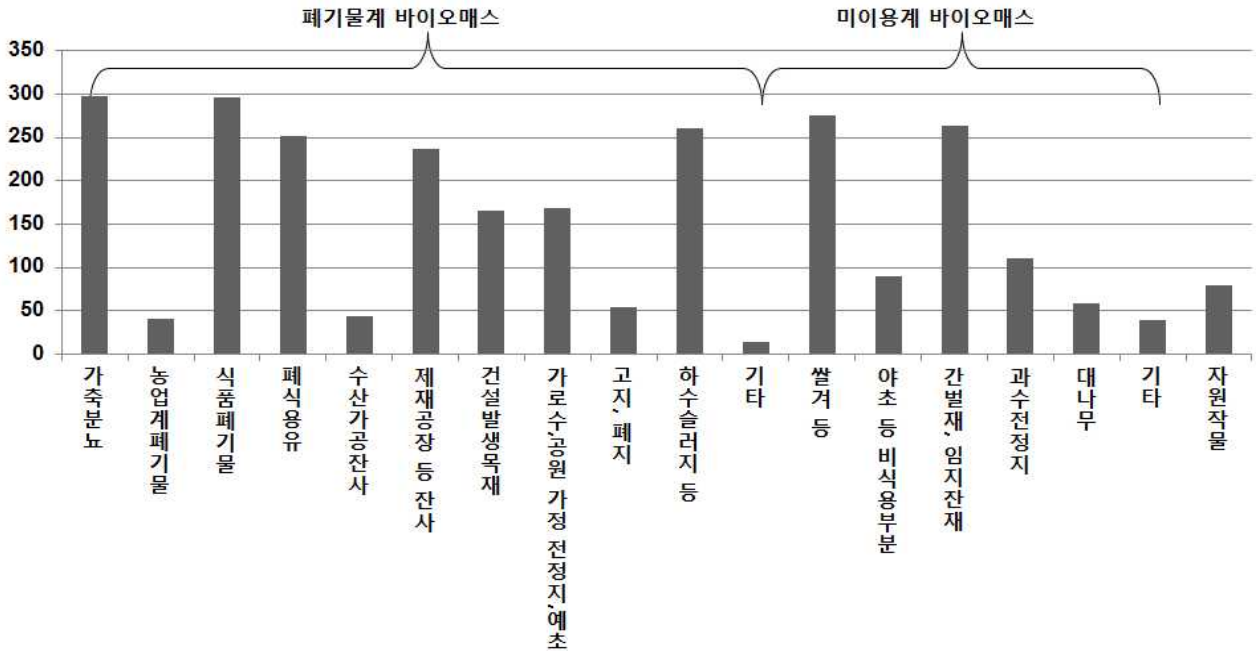
43) 신두식, "우리나라 목재펠릿 제조 생산비 분석", 충북대학교 대학원 석사학위 논문, p.34

44) 일본 바이오매스 활용 정책 및 기술 현황, 운영만 외, p.9

- 미이용계 바이오매스의 효율적인 수집시스템이 확립되지 못하였고 비이용면에서 바이오매스 사업자의 수요를 충분히 이끌어내지 못한 것이 원인인 것으로 분석된다.

<그림 4-1> 일본 바이오매스타운 바이오매스 활용 현황

(단위: toe)



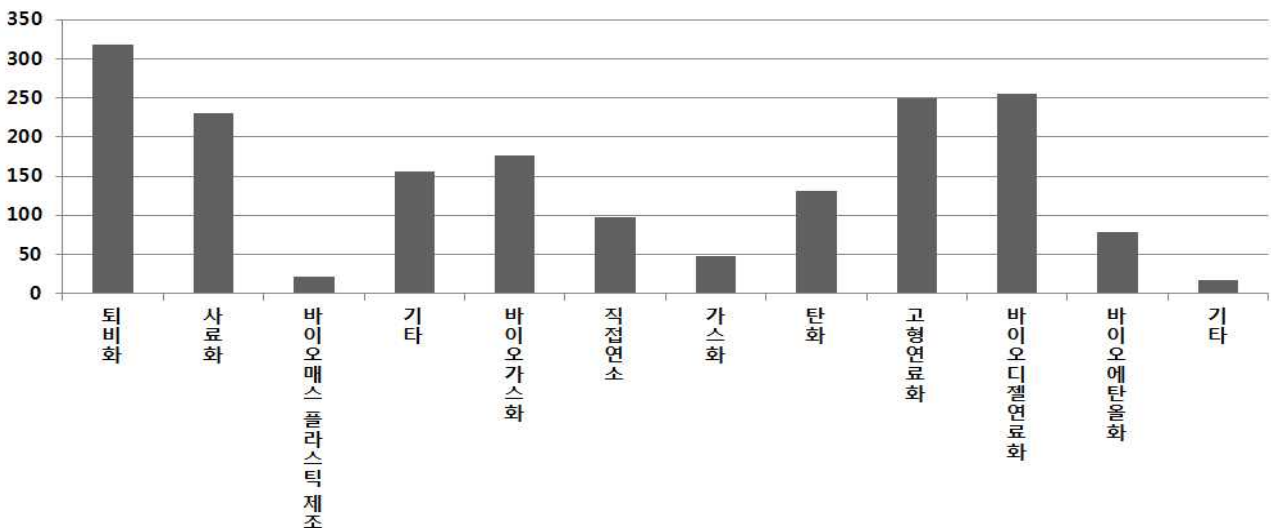
* 자료: 바이오에너지 원료수급 중장기방안 모색을 위한 워크숍, 2014, p.85

* 폐기물 바이오매스 : 일단 바이오자원을 원료로 활용할 수 있는 부분까지 사용하고, 최종적으로 버려진(폐기된)바이오매스군

* 미 이용계 바이오매스 : 일단 바이오자원으로 충분히 사용할 수 있는데도 불구하고, 사용하지 않고 버려지는 바이오매스군

<그림 4-2> 일본 바이오매스 타운 바이오매스 활용 기술 현황

(단위: toe)



* 자료: 바이오에너지 원료수급 중장기방안 모색을 위한 워크숍, 2014, p.86

2) 일본 바이오매스 타운의 해외 수출⁴⁵⁾

□ 일본의 바이오매스타운 컨셉을 사업화하여 해외사업 진출

- 태국 나두앙 (Na Duang Village, Thailand)
 - 볏짚, 왕겨, 옥수수, 옥수수 대, 옥수수 잎, 카사바 줄기, 카사바 잎, 가축분뇨를 활용하여 바이오디젤 생산(100L/tank)을 생산하고 있다.
- 베트남 호치민 (Cu Chi District, Ho Chi Minh City, Vietnam)
 - 가축분뇨, 볏짚, 음식물 쓰레기 활용하여 바이오디젤 생산 (2ton/day)
- 말레이시아 수방자야 (Seradang District, Subang Jaya City, Malaysia)
 - 음식물 쓰레기, 폐식용유, 거리 조경 잔재물을 활용하여 비료와 액화비료 생산하고 있다.
- 인도네시아 팔렘방 (Palembang City, Indonesia)
 - 농업부산물, 음식물 쓰레기, 가축분뇨 활용하여 비료 생산, 바이오에탄올 시범 생산하고 있다.

3) 태국의 농업부산물 활용 바이오에너지 생산 및 이용⁴⁶⁾

□ 장기계획의 일환으로 야자수를 비롯하여 왕겨, 옥수수대, bagasse 등의 부산물을 활용하여 바이오연료를 생산

- 1차 바이오매스의 원료인 야자수는 태국에서 93%를 생산한다.
 - 식용으로 사용되던 야자수를 연료로 활용함으로써 가격상승의 요인이 된다.
 - 2012년 현재, 10.4×10^6 의 농업부산물이 발생되고, 1,140,000,000~3,120,000,000 L/yr의 바이오에탄올을 생산하여 2011년 태국의 수송연료 사용량의 25%-69%를 대체할 것으로 산정되었다.(technical potential of production)
 - 2012년 현재, 1.96 MW의 전력과 4,502 ktoe의 열을 생산하고 있다.⁴⁷⁾

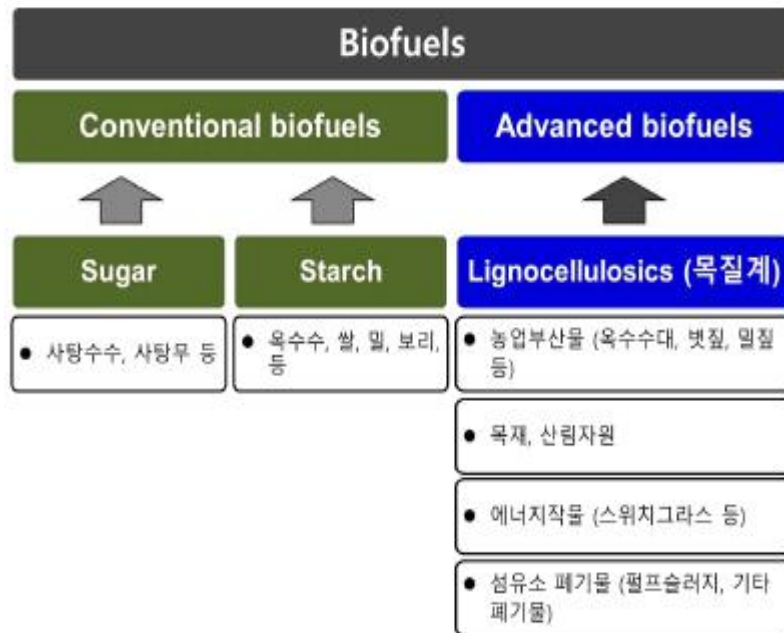
45) Biomass Town Plan, 일본 농림 수산성

46) An Assessment of Thailand's Biofuel Development, S. Kumar 외, 2013

47) Current Status of Biomass and Agricultural Waste Utilization for the Production of Biofuel in Thailand, Aparat Mahakhant, 2013, p.5

4) 미국의 농업부산물 포함 목질계 바이오에탄올⁴⁸⁾

<그림 4-3> 바이오연료의 종류와 여러 바이오매스 원료



□ 바이오연료는 2007년의 EISA(Energy Independence and Security Act)와 RFS(Renewable Fuel Standard)에 분류된 기존 바이오연료(Conventional Biofuel)와 차세대 바이오연료 (Advanced Biofuel)의 두 가지임

- 기존바이오연료는 Lifecycle Greenhouse Gas(GHG) 배출이 휘발유에 비해 50%이하로 저감되었다.
- 차세대 바이오연료의 경우 GHG 배출이 휘발유에 비해 60~80% 이상으로 저감되었다.
 - 기존 바이오연료는 브라질에서는 사탕수수, 미국에서는 옥수수전분 등이 주로 원료로 사용되었다.
 - 차세대 바이오연료는 주로 목질계 바이오매스에서 생산될 수 있으며 대략 농업 부산물, 산림자원, 에너지작물, 기타 섬유소 폐기물(펄프슬러지, 도시생활폐기물) 등이 포함된다.

48) 미국의 목질계 바이오에탄올: 산업화와 문제점, 김태현, 신재생에너지 코리아, 2014. 7.

- 2007년 미국 에너지부(DOE)는 6개의 목질계 바이오연료 과제를 선정하여 US\$ 3억8천5백만 달러(한화로 약 4천억 원)를 지원하였다.
 - 그러나 대부분이 중단되고 2011년에 한 개의 공장만 건설되었다.
 - 안정적인 원료수급이 가장 큰 원인이고, 전체 투자금의 40%에 달하는 정부보조금이 충분하지 못했던 것으로 분석된다.
 - 농업 부산물 목질계 바이오연료의 경우, 옥수수에탄올 공장보다 2~10 배의 설비투자, 2~5 배의 생산비가 들기 때문이다.

5) 시사점

- 성급한 사업화보다, R&D를 통한 목질계 및 농업부산물 바이오매스의 전처리 기술 개발, 효율적인 당화효소 개발, 통합설계와 엔지니어링기술 등의 개발이 선결 과제이다.
- 우리나라의 경우, 농업부산물의 펠릿화 시도는 발열량 저하로 (3000~4000kcal/kg 이하) 발전용 연료사용이 어려운 실정이나, 목질계 바이오매스의 농업부산물 바이오매스의 혼합비율을 70:30으로 했을 경우 사용 가능성이 높아질 것으로 전망된다.
- 한국 펠릿협회의 보고서에 의하면 농업부산물만으로 펠릿을 제조했을 때 보일러의 ash melting point가 낮고, clinker가 형성되어 보일러 기능을 악화시킨다고 한다. 따라서 이에 대한 R&D 개발이 선행되어야 한다.
- 아직도 기존 화석연료와의 가격 경쟁력 확보가 미흡하므로, 정부의 지원이 불가피 할 것으로 판단된다.
 - 일본의 경우도 바이오매스타운 설치에 지원 프로그램을 실시하는 중이다.

제2절 정책적 시사점

- 농산바이오매스 에너지화 정책 활성화 사례 및 폐기물 등 다른 바이오매스 에너지화 관련 국내외 정책방향
 - 인센티브 시스템 구축 : 세금감면, 배출가스 규제, 녹색가격제도(Green Pricing), 생태세, 화석연료 부담금, 재생에너지의무할당 구입제(RPS), 재생에너지 인증제(Renewable certificate), 기후변화부담금(climate Change Levy)을 검토한다.
 - 보급목표 설정: RFS(바이오디젤, 바이오에탄올 혼합비율 : BD5, BE5 등)를 검토한다.
 - 바이오디젤 생산을 위한 국산 바이오원료(유채) 재배를 재개한다.
 - 2007년 10월부터 2010년까지 3년간 농림축산식품부에서 바이오매스 에너지화를 위해 한강이남 남부지방에 동절기 유희농지에 유채를 재배토록 권장하고 18억 원을 지원하였으나 당초 생산목표 대비 23%만 수확하였다.
 - 예산지원에도 불구하고 농민수입이 쌀보리의 78%에 불과하였으며, 사업성이 낮아 시범사업 종료하였다.
 - 이에 대해 시범재배 사업자의 전문성부족, 적극적 생산증대 인센티브 부족 등이 생산량 저하의 원인으로 지적되었다.
 - 실패 사례로 지칭되고 있으나 실패 사례를 정확히 분석하여 보완 후 정책재개를 위한 검토가 필요하다.
 - 해외농장개척 : JC케미칼⁴⁹⁾은 인도네시아 개발을 수입하여 2015년 팜유를 국내 유입할 예정이다.
 - 현재 JC케미칼은 1000억 원을 투자하여 50년간 땅을 조차⁵⁰⁾하여 팜을 생산하고 있다.
 - 발전연료로 BD를 사용하는 것은 바이오디젤 생산하는 과정에서 나오는 부산물 피치를 발전용 연료(바이오중유)로 사용하는 것이어서 일거양득의 효과를 시현할 수 있을 것으로 전망된다.

49) 울산소재, 바이오디젤을 생산·판매하는 신재생에너지 기업

40) 조차하다(租借-) [동사] 1.삿을 물기로 하고 집이나 땅 따위를 빌리다. 2.<법률>특별한 합의에 따라 한 나라가 다른 나라 영토의 일부를 빌려 일정한 기간 동안 통치하다.

□ 정책적 시사점

- 에너지 수입의존도를 낮추기 위하여 원유도입을 줄이고 국산 에너지 비중을 높이기 위한 대책을 마련하는 중에 있는데, 바이오 원료 도입까지 거론되는 것에 상당한 부담을 느끼고 있는 것은 사실이지만 이는 석유수입과 동일하게 보아서는 안 된다.
 - 바이오에너지수입은 CO₂ 감축효과가 있다는 점을 감안해야 하며, 화석연료도 단순 수입이 아니라 해외자원개발을 권장하고 있는 입장이기 때문에 바이오원료의 개발수입은 권장되어야 할 사항으로 판단된다.
- 또한 임지잔재 및 농업 부산물의 에너지화에 걸림돌로 작용하는 수거시스템의 미비로 애로를 겪고 있기 때문에 우리나라 실정에 맞는 수거시스템 개발이 필요한 단계이다.
- 우리나라의 경우, 축분 바이오가스 등은 님비(NIMBY)시설로 인식되고 있어 이를 통한 바이오에너지 확대는 어려운 실정이므로 이를 해결하기 위하여 바이오매스 수익창출모델 개발과 함께 대안 마련이 요구된다.
- 정부의 RPS, RHO, RFS제도의 효율적 운영을 위하여 자원 보유국으로부터 개발 및 수입하는 방안모색도 검토가 필요하다.

제3절 정책과 연계 가능한 사업모델 도출

1. 농업부산물 에너지화로 인한 수익창출 모델

□ 볏짚을 활용을 통한 수익창출 모델

- 볏짚의 용도는 다양하나 비료, 사료, 연료 등이 모두 독립적이어서 한 용도에 사용하고 나면 폐자원을 회수하여 타 용도에 재사용이 곤란하다는 단점이 있다.
- 각 용도 중 가장 경제적 우선순위가 높은 분야부터 우선공급원칙을 적용해야 한다.

<그림 4-4> 볏짚의 자원순환 및 수익창출 모델



통계자료 출처: 농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략, 한국농촌경제연구원, 2007

□ 유채를 활용한 수익창출모델

- 유채를 유채유로 전환할 경우, 일단 식용유로 사용하고, 폐식용유를 회수하여 바이오디젤을 생산할 수 있다.
 - 또 사용 후 남는 유채박을 재활용하면 가축용 사료나 바이오 증유로 전환할 수 있는 장점이 있어 수익창출효과가 높다.
- 유채의 부산물인 유채대는 연료 펠릿으로의 활용도 가능하다.

<그림 4-5> 유채의 자원순환 및 수익창출 모델



□ 과수전정을 통한 수익창출모델

- 과수전정의 경우, 고체의 본 형태로 가정용 난방 및 취사용 연료로 사용이 가능하고, 체계적으로 수집 가능할 경우 목재 펠릿 공장에 운송하여 펠릿화한 후 석탄화력 발전소 등에 석탄과 혼소 사용이 가능하다.

<그림 4-6> 과수 전정의 자원순환 및 수익창출 모델



□ 발작물 줄기를 통한 수익창출모델

- 발작물 줄기 중 고추대의 경우, 발열량이 목재보다는 낮지만 가정용 취사, 난방용 산탄으로 사용이 가능하다.
- 펠릿화하여 대형건물 난방용으로 활용도 가능하다.

<그림 4-7> 발작물 줄기의 자원순환 및 수익창출 모델



2. 신재생에너지 정책과 연계된 농업분야 사업 형태

가. RPS와 연계한 농업분야 사업형태

1) 신재생에너지 연료[바이오·폐기물] 혼소발전 검토

가) 검토배경

□ 바이오·폐기물 에너지는 크게 두 가지 방식으로 발전에 이용

- 기존 화석연료 발전 시 연료 일부를 바이오·폐기물 연료로 혼합하여 사용하는 혼소와 바이오·폐기물로만 발전하는 전소방식으로 구분한다.
- 혼소, 전소 발전은 화석연료 사용과 CO₂ 배출을 줄이는데 긍정적인 효과가 있으나, 연료를 대부분 수입에 의존하는 것과 타 신재생(태양광, 풍력 등)에 비해 국내 산업에 기여하는 부분이 미흡하여 혼소 전소 발전에 대한 다양한 입장차이가 존재한다.
- 특히 혼소발전의 경우 이용의 용이성에 비해 다양한 우려가 존재하는 바, 에너지원으로서 적절히 활용하는 방안을 정밀히 검토해 볼 필요가 있다.

나) 혼소발전 현황

□ 국내 화력발전 5사를 중심으로 RPS 의무이행을 위해 기존 석탄발전기 중 일부에 혼소발전 진행 중

- 의무이행 비율(원초 계획) : (2014) 3.0% → (2015) 3.5%, (2020) 8.0%, (2022) 10.0%
- 의무이행 비율(변경 계획) : (2014) 3.0% → (2015) 3.0%, (2020) 5.5%, (2022) 6.5%, (2027) 10%
- 가동 중인 혼소 발전용량(전소 제외)은 약 287MW이고, 1년간 예상 발전량은 약 1,000GWh 수준이다.(가동 중인 발전기가 1년 동안 가동 시 발전량)
 - 1,000GWh은 2013년도 총 공급의무량 9,210GWh의 10.9%이다.(단, 가중치 1 적용)

<표 4-18> 발전사별 신재생에너지 혼소발전 현황

연료	우드펠릿	우드칩	하수슬러지
발전사	남부(하동 #1~6) 동서(당진 #1,2)	동서(동해 #1,2)	남동(삼천포 #3,4) 서부(태안 #3,4) 동서(당진 #3,4) 중부(보령 #7,8)

다) 혼소발전 잠재량

□ (발전량) 국내 화력발전소에 5~10% 혼소할 경우

○ 2012년 기준 석탄 발전설비 용량은 25,128천 kW이다.

- 예상 잠재 발전량 = 25,128천 kW × 혼소율(5%) × 열량비(100%) × 이용률(50%) × 8,760h/y = 6,934 GWh

○ 2012년 기준 중유 발전설비 용량은 5,293천 kW이다.

- 예상 잠재 발전량 = 5,293천 kW × 혼소율(10%) × 열량비(100%) × 이용률(50%) × 8,760h/y = 2,318 GWh

○ 석탄 및 중유 혼소발전을 통한 발전 잠재량은 9,252 GWh로 2013년 RPS전체 의무량 9,210 GWh를 충족하는 수준이다. (단, 가중치 1 적용)

□ (소요연료) 혼소를 통해 1 kWh발전하기 위해 하수슬러지 0.8kg, 목재칩 0.6kg, 목재펠릿 0.5kg, 바이오 중유 0.24ℓ 소요 예상(농업부산물 0.75kg)

○ 6,934 GWh 생산을 위한 하수슬러지와 목재펠릿 예상 연료량은 다음과 같다.

- 하수슬러지 기준 5,547천 톤, 목재펠릿 기준 3,467천 톤, 농업부산물 5,200천 톤
- 2,318 GWh 생산을 위한 바이오 중유 예상 연료량 : 556,320kl

□ (연료수급) 관련 부처(목재펠릿은 산림청, 하수슬러지는 환경부, 농업부산물은 농림축산식품부) 계획에 따라 연료수급 가능성이 예상

○ (목재펠릿) 2012년 국내 펠릿 연간생산능력은 200천 톤, 국내기업의 해외 펠릿공장의 연간 생산능력은 500천 톤 수준이다.

- 2012년 실제 국내 수입 연료비중은 3 : 7이며, 2020년에 발전용 수요는 2,800천 톤이며, 수입 비중은 80%에 이를 전망이다.

- (하수슬러지) 2014년까지 하수슬러지 건조연료화시설 23개소(5,085톤/일) 설치완료 계획으로 추진 중인 시설이 완공되면 하수슬러지 건조연료 1,017톤/일(371천 톤/년) 생산이 가능할 것으로 예상된다.
 - 2015년까지 인제(10톤/일), 거창(12톤/일), 진천(20톤/일)에 추가 설치할 계획이다.
- (농업부산물) 가용 또는 기술적 잠재량만 고려한다면 우리나라 바이오매스 수요량을 충당하고도 남는 물량을 보유하고 있다고 할 수 있으나 기술상의 애로사항이나 수거체제의 미 확립 등으로 인해 아직도 농업부산물을 이용하여 연료펠릿을 제조하고 있는 기업체는 없는 실정이다.

라) 혼소발전 관련 고려사항

□ 국내 전력수급과 환경에 미치는 영향 파악할 필요

- 어려운 전력수급 관리에 영향을 주지 않도록 신재생연료 혼소에 따른 발전기 출력저하 및 고장증가 가능성을 철저히 파악할 필요가 있다.
- 혼소 사용 연료에 따라 발전기와 환경에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다.

□ RPS제도 의무이행 수단으로 혼소발전 분야에 편중될 우려

- RPS제도 의무이행량이 혼소발전으로 편중되고, 타 신재생전원 투자, REC (신재생인증서) 거래시장 등이 위축될 우려가 있다.
- 화력 5사 입장에서 석탄발전기의 바이오연료 혼소가 RPS제도 의무이행 달성을 위한 가장 용이한 수단이다. (타 신재생과 같은 대규모 건설비 未소요)
 - 대규모 석탄 설비를 보유 중이므로 혼소확대가 용이하다.
- 혼소발전 시 전체 발전량 증대가 없으며 혼소비율만큼 RPS제도 의무이행량이 축소되는 효과가 있다.
 - 혼소발전(혼소율 3%) → 화력발전량 축소(혼소율 3% ↓) → 차년도 의무이행량 감소

□ 대부분의 원료를 수입할 경우 신재생발전의 의의 퇴색

- 수입연료의 경우 우리나라의 직접적인 온실가스 감축효과가 없으며 국내 관련 산업에 미치는 파급효과가 미미하다.

- 또한 기존 화석연료보다 상대적으로 비싸게 수입하여 사용함으로써 전기요금을 인상시킬 필요가 있는지 의문이다.

□ RPS제도 이행비용 보전을 위해 불필요한 연료를 발전용으로 사용

- 발전용 외에 열 공급원으로 충분히 활용 가능한 바이오·폐기물 연료를 RPS제도 의무이행과 이행비용 보전 차원에서 무리하게 발전용 연료로 사용할 우려가 있다.

2) RPS제도와 연계한 농업분야 혼소율 향상 가능성 검토

- 에너지관리공단 신재생에너지센터에서 조사·보고된 우리나라 5개 발전사와 민간단체 발전사를 중심으로 혼소 가능률을 조사한 결과를 살펴보면, 목재펠릿의 경우 전소발전소는 80~100% 사용가능하고 혼소발전소는 대략 3~5%에서 최대 10%까지 가능할 것으로 전망하고 있다.
- 중유발전소의 경우, 전소발전소는 100% 사용이 가능한 반면 혼소발전소는 아직 중유와 혼소비율을 결정하지 못하고 있어 내부적으로 대략 10% 수준을 유지할 것으로 전망하고 있는 상태이다.
- 가스발전의 경우 대부분 바이오가스로 100% 전소발전을 계획하고 있는 상태이며 각 부처 간의 조사내역을 살펴보면 다음과 같다.

□ RPS제도 적용의무비율 (%)

<표 4-19> RPS 적정 의무비율 변경 안

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
계획	3.5	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0					
변경	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	9.0	10.0

- RPS제도 적정의무비율을 처음 계획으로는 3.5%로 시작하여 2022년에 10%까지 확대할 예정이었으나, 여러 가지 사정에 의하여 2015년 3.0%로 시작하여 2027년에 10%까지 확대하도록 계획을 변경하였다.
- RPS제도 적용을 위하여 각 화력 발전소의 혼소상황을 연도 별로 점검한 결과는 다음과 같다.

□ 한국남부발전

<표 4-20> 한국남부발전 혼소비율전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
남부발전	하동화력1~6호기	150	3~5%	우드펠릿	2012
	삼척그린파워1~2호기	200	5~10%	우드펠릿, 팜펠릿 등	2016
	남제주화력발전소 1호기	100		바이오중유	2014
남부발전 (SPC사업)	내포열병합발전소(예정)	66	100%	RPF	2016

○ 한국남부발전은 하동에서 2012년부터 우드펠릿을 3~5% 혼소 발전하고 있으며, 2016년부터는 삼척에서 우드펠릿과 팜 펠릿을 5~10% 혼소할 예정이다.

□ 한국남동발전

<표 4-21> 한국남동발전 혼소비율 전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
남동발전	삼천포화력#3,4 (560MW/기)	56	3%	하수슬러지, 우드펠릿	2012. 08
	삼천포화력#1,2 (560MW/기)	56	3%	우드펠릿	2013. 07
	여수화력#2 (340MW/기)	22.4	10%	우드펠릿	2013. 08
	삼천포화력#5,6 (500MW/기)	50	3%	우드펠릿	2013. 10
	영동화력#1,2	16.3		우드펠릿	2014
	영흥화력#1,2	80		우드펠릿	2014
	영흥화력#1,2	87		우드펠릿	2014

○ 한국남동발전소는 2012년부터 삼천포에서 하수슬러지와 우드펠릿을 3%, 2013년부터 여수에서 우드펠릿을 10% 혼소하고 있다.

□ 한국동서발전

<표 4-22> 한국동서발전 혼소비율 전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
동서발전	동해화력발전처 1,2호기	60	Max. 10%	바이오 우드칩	2012.10
	당진화력본부 3,4호기	25	Max. 3%	하수슬러지	2013.02
	동해화력 바이오 전소	30	100%	바이오 우드칩	2013.06
	울산화력본부	40	-	바이오중유	2014
	울산화력본부	2.4		감압정제유	2014

○ 한국동서발전은 동해에서 2012년부터 최대 10%의 바이오 우드칩을, 당진에서 최대 3%의 하수슬러지를 혼소하고 있다.

□ 한국중부발전

<표 4-23> 한국중부발전 혼소비율 전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
중부발전	보령화력 7,8호기	30	3%	하수슬러지, 우드펠릿	2012.07
	보령화력 3,4,5,6호기	100		우드펠릿	2013
	제주화력발전소 기력3호기	75		바이오중유	2014

○ 한국중부발전은 보령에서 2012년부터 하수슬러지와 우드펠릿을 30MW 급 화력 발전기에서 3% 혼소하고 있다.

□ 한국서부발전

<표 4-24> 한국서부발전 혼소비율 전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소 비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
서부발전	태안발전본부#3,4	80	4%	하수슬러지, 우드펠릿	2012
	태안화력#1,2,7,8	60	3%	우드펠릿	2013
	평택발전본부#1	70		바이오중유	2014
	평택발전본부#2,3,4	10.5		감압정제유	2014
	태안 바이오 콜(예정)	144	4.8%	바이오 콜	2015
	평택포승 우드펠릿(예정)	75	100%	우드펠릿	2016
	신규 우드펠릿(예정)	40	100%	우드펠릿	2019

- 한국서부발전소는 2012년부터 태안에서 하수슬러지와 우드펠릿을 4% 혼소발전하고 있으며, 2015년부터는 태안에서 바이오 콜을 4.8%, 평택에서 2016년부터 우드펠릿을 전소발전 할 예정이며, 2019년 이후부터 신규 가동되는 발전소에서는 우드펠릿을 100% 전소발전 할 계획이다.

□ 한국지역난방공사

<표 4-25> 한국지역난방공사 혼소비율 전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
한국지역 난방공사	강남소각증기활용 열병합발전소	13	전소발전	폐기물	2012.01
	강남소각증기활용 증설 열병합발전소	5	전소발전	폐기물	2013.06
	대구우드칩 신재생시설	3	전소발전	우드칩	2011.12
	난지물재생센터	3	전소발전	바이오가스	2013.03
	서남바이오가스(예정)	5	전소발전	바이오가스	2014.04
	삼송바이오가스(예정)	2	전소발전	바이오가스	2014.06
	동해소성로 폐기물혼소발전소(예정)	6.9	16%	폐기물	2016.01
	중부권 우드칩발전소(예정)	10	전소발전	바이오매스	2017.01
	광주전남 RDF발전소(예정)	20	전소발전	RDF	2017.07
	세종 RDF발전소(예정)	20	전소발전	RDF	2017.12

- 한국지역난방공사는 2012년 1월부터 13MW 급 강남소각증기활용 열병합 발전소에서 폐기물을 전소발전하고, 3MW급 대구 우드칩 신재생시설에서 2011년부터 우드 칩을 전소발전하고 있으며, 2013년 3월부터 난지물재생센터에서 바이오가스를 전소발전하고 있다.

□ GS EPS

<표 4-26> GS EPS 혼소비율 전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
GS EPS	당진4호기바이오매스(예정)	84.4	80%	PKS (Palm, Kernel, Shell)	2015

- GS EPS는 2015년부터 당진에서 PKS를 80% 혼소발전 할 예정이다.

□ 포스코 에너지

<표 4-27> 포스코 에너지 혼소비율 전망

공급 의무자	발전소명	용량 (MW)	혼소비율	혼소 에너지 종류	혼소 가동년도
포스코 에너지	광양부생복합발전소	262	100%	부생가스 전소	2010
포스코 에너지	부산생활폐기물연료화 및 발전시설(예정)	19.5	100%	RDF 전소	2015
포스코 에너지	포항생활폐기물에너지화 시설(예정)	9.5	100%	RDF 전소	2016

- 포스코 에너지는 2010년부터 광양에서 부생가스를 전소발전하고 있으며, 2015년부터는 부산 생활폐기물 연료화 및 발전시설에서 RDF전소를, 2016년부터는 포항 생활폐기물 에너지화 시설에서 RDF전소를 예정하고 있다.

3) 공급물량 확보전략

□ (연료수급) 관련 부처(목재펠릿 산림청) 계획에 따라 연료수급 가능 예상

- (목재펠릿) 2012년 국내 펠릿 연간생산능력은 200천 톤, 국내기업의 해외 펠릿공장의 연간 생산능력은 500천 톤 수준이다.
 - 2012년 실제 국내 : 수입 연료비중은 3 : 7이며, 2020년에 발전용 수요는 2,800천 톤, 수입 비중은 80%에 이를 전망이다.
- 현재로서는 수입이 불가피한 실정이나 농업부산물을 이용한 칩이나 펠릿형태로 제조하여 에너지화할 경우 상당량의 잠재량은 확보된 상태이다.
- 다만 이를 수거하는데 장애요인은 첫째 수거소요 비용이 과다하며, 둘째 벚짚과 왕겨 등과 같은 농업부산물은 타 용도에 유용하게 사용하고 있는 상태이므로 이를 에너지화로 전환할 경우 특별한 인센티브가 부여되어야 하며, 이의 사용으로 인한 대체 제품의 발굴이 전제되어야 한다.
- 이를 위하여 농산 바이오매스의 발전전력에 사용되는 경우 우드펠릿과 같은 전소발전이나 혼소발전에 RPS 가중치를 높여주는 방안을 검토하여 발전연료로 정착시키는 방안 모색이 필요하다.
- 현재 우드펠릿의 국내 생산단가가 톤당 320,000원 수준인데 비하여 수입산

우드펠릿은 190,000원으로 거래되고 있어 이 차액에 대한 생산자 보조지원 없이는 농업부산물의 에너지화 전환도 어려운 상태이므로 검토가 필요하다.

□ (해결대안) 현재의 가중치를 그대로 적용하되 12cm이하의 임지잔재 및 농업부산물은 2.0으로 건의

- 현행 목재 관련 RPS REC가중치가 폐목재의 경우 0.5, 목재펠릿 등 목질계 바이오매스의 경우 혼소 1.0, 전소는 1.5를 부여하고 있으나 산림청에서는 REC조정안을 제시하고 있다..
- 농업부산물의 수거곤란 또는 수거 비용 과다 등의 문제 해소를 위하여 협회나 조합 등을 설립하여 유통단계를 단일화·간편화하고 수요처인 발전소 등에 지속적으로 원료를 공급하는 채널 조성이 필요하다.

나. RHO제도와 연계한 농업분야 사업모델

□ RHO제도 적용의무비율

- 1단계 (2016~2019): 연면적 1만 m²이상의 신축건물 대상 의무부과율 10%
- 2단계 (2020~2024): 연면적 5천 m²이상의 신축건물 대상 의무부과율 11% ~ 15%
- 3단계 (2025~2030): 연면적 3천 m²이상의 신축건물 대상 의무부과율 16% ~ 20%

□ 대상 신재생에너지원

- 공청회 검토 안 : 태양열, 지열 바이오매스(목질계), 연료전지를 적용에너지원으로 하여 각 원별 가중치를 부여한다.
- 추가 검토 안 : 초본계 농업부산물 바이오매스에 대한 가중치 지정이 있어야 이 분야의 재배 활성화에 기할 수 있다.

□ 1차 RHO제도 시행기간(2015~2019)의 수요 분석 결과

- 에너지 총 조사보고서에 따른 대형건물에서의 열에너지 사용량을 바탕으로 연면적당 평균 열에너지 사용량을 추정한 결과,
- 연면적당 평균 열에너지 사용량은(대상열에너지 총 사용량/총 연면적) 96.8Mcal/m²yr 것으로 추정된다.

<표 4-28> RHO제도 시행에 따른 연면적 당 평균 열에너지 사용량 추정

(단위 : Mcal(kWh)/yr)

구분	일반업무	상업용	교육용	호텔	병원	통신	기타	합계
대상열 에너지 사용량	553,518,966 (643,312,041)	757,588,974 (880,486,739)	1,352,912,017 (1,572,384,408)	1,146,962,981 (1,333,025,862)	1,212,102,992 (1,408,733,030)	166,803,016 (193,862,172)	152,068,983 (176,737,951)	5,341,957,929 (6,208,542,199)
연면적 (㎡)	7,233,121	12,380,279	19,376,029	6,784,266	6,126,226	1,539,922	1,751,999	55,191,842

- 1차 RHO 시행기간(2015~2019)에 설치될 신재생에너지 열 설비 용량 : 686,040Gcal/yr
 - (1차 RHO 기간 동안의 신·증축 건물 총 연면적 × 연면적당 평균 열에너지 사용량) × RHO 의무부과율(10%) = 연간 신·증축 건물 신재생에너지 사용량 68.6천TOE)
- RHO 수요에 응할 수 있는 목재 펠릿의 공급량이 충분치 못할 것으로 전망되어 농업부산물을 이용한 펠릿화가 현안 과제로 부상하고 있다.

<표 4-29> RHO제도 시행에 따른 연차별 신·증축 건물 사용량 예측

구분	2015	2016	2017	2018	2019	합계
신증축 건물의 연면적 (㎡)	24,282,198	11,320,679	11,535,772	11,754,952	11,978,296	70,871,898
신증축 건물 (천TOE)	235	109	112	114	116	686

다. 기존사용처의 대체재 개발

□ 농업부산물 기존 사용처에 대한 대체재 개발 필요

- 볏짚, 밀짚, 보리짚을 이용한 바이오에탄올 생산 잠재량은 200,943톤이다.

<표 4-30> 주요 농업부산물로부터 연간 셀룰로오스 및 바이오에탄올 생산 잠재량

작물	부산물	부산물생산량 (ton)	건조중량 (ton)	셀룰로오스함량 (%)	바이오에탄올생산 잠재량(ton)
논벼	볏짚	4,311,906	1,457,424	36.30	197,079
밭벼	볏짚	2,817	952	36.30	129
겉보리	보리짚	22,668	9,294	34.80	1,205
쌀보리	보리짚	19,851	8,139	34.80	1,055
맥주보리	보리짚	8,312	3,408	34.80	442
밀	밀짚	19,208	7,875	35.20	1,033
합계		4,384,762	1,487,092	212.2	200,943

○ 국내 주요 농업부산물인 벼짚, 밀짚, 보리짚의 모든 잠재력을 100% 동원한다면 2% 수준 정도의 휘발유를 대체할 수 있는 상황이다.

- 현재 바이오에탄올을 휘발유에 혼합하고 있지 않지만 RFS에 의한 E3-5% 혼합은 가능한 것으로 전망된다.

<표 4-31> 연간 석유소비량에 대한 바이오에탄올 대체 비율

연도		2010	2011	2012
휘발유	천 톤	8,252	8,209	8,468
바이오에탄올 잠재력	천 톤	200.9	200.9	200.9
휘발유 : 바이오에탄올 비교		100 : 2.4	100 : 2.4	100 : 2.4

○ 단 벼짚의 경우 소의 사료 등으로 사용용도가 다양하여 에탄올 생산으로 전용될 경우 벼짚의 대체품 개발이 문제시될 수 있다.

○ 벼짚 사용의 대체품이 존재하기는 하지만, 아직 미흡한 수준이며 앞으로 대체용품 개발에 박차를 가할 필요가 있다.

<표 4-32> 농업부산물의 에너지화로 인한 대체제품 개발

농업부산물	현재의 용도	대체제품 발굴
벼짚	사료	수입건초, 국산 옥수수, 라이그라스, 수단그라스, 보리짚, 호밀
	초가지붕	
	연료	
	농작물 보온 덮개	부직포
	메주의 발효 촉진(바실러 균)	
	나무의 겨울 보온 덮개	
	가마니, 새끼줄	나일론
	공예품	
	거름	유채박 등(유기질 비료)
왕겨	깎개	폴리에틸렌
	왕겨 탄	
	축사 깔개	폴리에틸렌
보릿짚	베개 속	
	연료	
과수 전정지 (사과, 배, 복숭아 등)	퇴비	유채박 등(유기질 비료)
	땀감	유채박 등(유기질 비료)
밭작물 줄기 (대두, 유채, 고구마 등)	비료	유채박 등(유기질 비료)
	땀감	유채박 등(유기질 비료)

제5장 농업분야 바이오매스 에너지화 추진전략

제1절 농업부산물 에너지화의 장애요인

1. 기술상의 장애요인

- 볏짚 등 농업 부산물 펠릿으로 제조할 경우 목재 펠릿과 달리 ash melting과 clinker 형성
 - 연료로서 농업부산물의 이용이 저조한 이유는 볏짚, 왕겨와 같은 농업부산물의 경우 목재와 다른 성분조성으로 인하여 연소 온도가 화목이나 톱밥 등의 고체연료보다 상대적으로 높으며, 불완전연소와 탄화가스물질 및 높은 회분성분으로 인하여 클링커가 형성되기 때문이다.
 - 이와 같이 열분해에 의해 생성되는 탄화가스물질 중 대략 35%정도가 응축물인 목초액과 타르이므로 연소과정에서 이 물질들이 연료공급통로 등에 달라붙어 협착시킴으로써 사용성을 감소시키는 요인이 된다.
 - 대략 20%정도 차지하는 비 응축성 탄화가스물질이 높은 열량을 가지고 있음에도 CO₂ 등의 유해가스 대책이 요구되는 등 사용 안전성에도 다소 문제점이 발견된다.
- 농업부산물의 높음 회분함량으로 인해 펠릿성형의 어려움
 - 현재까지 알려진 바로는 펠릿성 형성은 일반적으로 리그닌 함량이 높을수록 유리하다고 하는데 이런 관점에서 옥수수자루, 옥수수대, 담뱃대, 볏짚의 성형이 다른 바이오매스에 비해 다소 낮아 성형화에 어려움이 있을 것으로 예측된다.
 - 공시재료의 회분함량은 1.67~10.87%로 우리나라 펠릿의 원료로 주로 사용되는 목분(1% 미만)과 비교하여 매우 많은 회분을 함유하고 있으며 특히 왕겨의 경우 10.87%로 가장 높았고 옥수수자루가 가장 낮아 1.67%로 측정된다.⁵¹⁾

51) 농림축산식품부, 농업부산물 활용 펠릿 제조기술개발, H-1543000-000176-01, 2013. 6.30 PP14- 15

<표 5-1> 농업부산물의 화학성분

바이오매스	함수량 (%)	기타 (%)	완전 건조 상태의 화학성분 비율(%)			
			홀로셀룰로오스	목질소	재	기타
고추대	8.06 (0.15)	91.94	61.08 (0.9)	19.21 (0.36)	7.01 (0.18)	12.70
옥수수대	6.29 (0.52)	93.71	70.78 (1.13)	11.67 (0.84)	1.67 (0.06)	15.88
옥수수 줄기	10.83 (0.46)	89.17	62.63 (1.53)	14.87 (0.25)	7.51 (0.16)	14.99
담배 줄기	11.02 (0.14)	88.98	62.31 (1.04)	13.66 (0.92)	9.02 (0.07)	15.01
왕겨	5.59 (0.09)	94.41	65.21 (0.09)	22.00 (1.44)	10.87 (0.16)	1.92
벼짚	6.72 (0.07)	93.28	65.47 (0.50)	12.83 (1.04)	9.44 (0.12)	12.26
보릿짚	12.67 (0.43)	87.33	70.07 (0.27)	17.80 (0.44)	7.57 (0.17)	4.56
밀짚	13.56 (0.21)	86.44	67.19 (1.01)	21.31 (0.38)	7.13 (0.18)	4.37
낙엽송 ¹	10.55 (1.68)	89.45	68.80 (2.92)	28.62 (2.21)	0.34 (0.02)	2.24

¹ larix kaempferi carriere, 일본 잎갈나무

□ 초본계 농업부산물의 상대적으로 낮은 발열량

- 초본계 농업부산물 발열량이 목질계 바이오매스 발열량 보다는 낮아 높은 발열량을 요구하는 사용처에서는 사용하기에 다소 무리가 있다.
 - 초본계 발열량 중 옥수수자루가 가장 높고 다음으로 고추대, 왕겨 그리고 벳짚과 보리짚 순으로 조사되었으며, 옥수수대, 담뱃대, 밀짚이 가장 낮은 것으로 조사되었다.
 - 건조시킨 공시재료간의 발열량 비교에서도, 낙엽송이 가장 높으며 고춧대, 옥수수대 순이었다.
 - 다음으로 왕겨, 담뱃대, 밀짚, 보리짚, 옥수수자루, 벳짚 순으로 나타났으나 통계학적으로는 별로 차이가 없는 것으로 조사되었다.⁵²⁾
- 그럼에도 불구하고 발열량 결과치만 종합하여 보면 농업부산물을 원료로 이용하여 연료펠릿을 제조할 경우 프랑스가 정하고 있는 아그로 펠릿기준이나 유럽펠릿협회의 난방용 목재펠릿 품질인증 기준에는 모두 만족하는 수준이며 우리나라 환경부에서 정하는 Bio-SRF기준에도 통과하고 있다.

52) 농림축산식품부, 농업부산물 활용 펠릿제조기술 개발, H-1543000-000176-01, 2013. 6.30 PP19- 20

- 따라서 초본계 농업부산물을 이용한 연료펠릿을 높은 발열량을 요구하는 석탄 발전소 연료로 사용하는 데는 문제가 있으므로 목질계 바이오매스를 이용한 우드펠릿과 적정량의 혼합방안 시도가 바람직하다.

<표 5-2> 농업 부산물의 열량 비교

바이오매스	발열량 - I ¹ (MJ/kg)	발열량 - II ² (MJ/kg)
고추대	17.18 C	18.59 B
옥수수대	17.56 B	17.28 D
옥수수 줄기	15.91 F	18.01 C
담배 줄기	15.72 F	17.64 D
왕겨	16.67 D	17.83 D
벼짚	16.21 E	17.27 D
보릿짚	16.22 E	17.38 D
밀짚	16.03 F	17.43 D
낙엽송	18.56 A	20.09 A

1 기건(氣乾) 샘플 고위 발열량

2 오븐건조 샘플 고위 발열량

같은 영어 알파벳은 5% 수준에서 서로 다를 수 있다

□ 농업부산물을 이용한 펠릿을 연소할 때 발생할 수 있는 기술적 장애요인은 크게 세 가지로 예측 가능함

- 첫째는 연료 중의 염소성분에 의해 연소기기가 부식을 일으키는 것이다.
- 둘째는 연료에 함유된 회분이 Melting되면서 보일러에 클링커나 슬래그가 부착되어 보일러 효율을 저하시키는 것이다.
- 셋째는 농업부산물 펠릿의 발열량이 목재펠릿에 비해 다소 낮다는 것이다.
- 염소성분의 경우 목재와 혼합에 의해 충분히 감소효과를 얻을 수 있으며 노지에 강우와 일광에 일정기간 폭로될 경우 대부분이 세척되는 것으로 알려지고 있다.
- 보일러 등의 연소기기는 연소특성에 매우 민감하다. 펠릿이 연소되어 발생하는 재는 연소기기 내에서 재차 응집하여 끈적끈적한 물질로 되고 이것이 식어서 딱딱한 덩어리로 되는데 이를 클링커라고 하며 연소기기의 작동을 불량하게 하여 유지관리를 증대시킨다.
 - 또한 펠릿이 연소되면서 발생한 재는 열 교환 파이프에 달라붙는데 이를 슬래그 (Slag)라고 하며, 이는 열 교환 성능을 감소시키며 연소기기의 성능을 떨어뜨린다.

- 따라서 농업부산물 바이오매스를 에너지화하기 위한 전제로 위의 장애요인에 대한 기술개발이 시급하다.
- 초본계 농업부산물을 이용한 연료펠릿은 환경부가 정하는 Bio-SRF의 발열량 3000kcal/kg 보다는 높아 이 수준을 유지해도 되는 용도에 사용할 수 있으며, 발전소의 발전혼합연료로 사용하려면 부득이 우드펠릿과 적정량 (목재70 : 농업부산물 30) 혼합하여 사용하는 방안도 신중한 검토가 필요하다.

2. 정책상의 장애요인

□ 농업부산물 에너지화 대비 RPS제도 REC가중치 미부여

- RPS사업에 목질계 바이오매스는 포함되어 있으나 농업부산물을 이용한 초본계 바이오매스의 경우는 포함되어 있지 않다.

□ RFS 제도 대비 준비사항 미흡

- 산업통상자원부는 바이오디젤 시범보급사업(2002.5~2005.12)의 결과를 토대로 2006년 7월 바이오디젤의 상용화를 개시하였고 서울시는 BD20 보급을 위한 준비기간을 거쳐 2007년 4월부터 보급을 시행하게 되었으나, BD20이 겨울철 동결현상 발생 등 문제점이 발생하여 일반 시중 판매는 중단된 상태이다.
- 정유사는 지역별 혼합비율에 따른 제조시설의 추가 투자 및 공급 수송 시스템 보완이 필요할 것으로 예상된다.
- 바이오디젤 보급을 위하여 관련업계 생산능력 120만kl 확보하였으나 혼합율 2.0%로 제한되어 생산 53만kl중 40만kl(경유전체 공급량 2,000만kl의 2.0%)는 국내에 공급하고, 13만kl는 대만·미국·유럽 등지에 수출(2013년 실적)하는 상황이 발생하였다.
- 혼합율 확대 시(2.0% → 3.0%이상) 환경개선 기여 및 공장가동율 향상(33% → 50%이상)으로 제조업 경영여건의 호조가 가능하다.
 - 바이오디젤은 IPCC(Inter-governmental Panel on Climate Change)에서 인정하는 탄소 중립원으로서 대기환경개선, 온실가스 감축 등 친환경 대체 에너지(경유 대체 시 2.59 CO₂/kl 감축)이다.

□ RHO 제도 대비 준비사항 미흡

- 2014년 5월 30일 RHO가중치 산정방안 수립을 위한 공청회까지 개최한바 있고 2016년부터 2019년까지 연면적 1만㎡이상 신축건물 대상으로 의무부과율 10%를 부여하기로 하였으나, 국회의사당 한 층의 수준인 대형건물이 그렇게 많은 것도 아니고 혹 있다고 하더라도 몇 군데 설치하여서는 당장 RHO제도 실시로 효과를 실현시키기는 곤란하다.

제2절 정책 방향 제시

1. 기술상의 현안과제 해결방안

- 농업부산물을 이용하여 연료용 펠릿화 하는 것은 이미 실현가능한 대안으로 제시된 바 있음
 - 대부분의 농업부산물 바이오매스의 높은 회분함량이 연소과정에서 ash melting을 유발하여 보일러 내부에 clinker를 형성하고 보일러 효율을 떨어뜨리는 장애요인으로 지적되고 있다.
 - 클링커의 슬래그 발생을 최소화하는 방법으로 첫째, 바이오매스의 수거 시 노지에 일정기간 폭로함으로써 회분의 양을 줄일 수 있는 것으로 알려지고 있다.
 - 추수 후 볏짚을 노지에 폭로한 후 약 5주간 경과하면 함수율과 회분을 상당량 감소시킬 수 있음이 밝혀지고 있으며, 이는 펠릿의 품질향상(회분 감소 및 발열량 증대)과 건조비용 절감에 매우 효과적으로 적용될 것으로 기대된다.
 - 둘째, 목재와 농업부산물의 비율을 70:30으로 브랜딩해서 Ash함량을 기준치 이하로 조정하는 것이 최선의 방안이다.
 - 환경부의 자원 활용 및 재활용 촉진에 관한 법률에 의하면 Bio-SRF에 의거하여 혼합이 가능하다.
 - 그렇다고 농업부산물의 Ash melting의 문제가 완전히 해결되는 것은 아니므로 궁극적으로 이 문제를 해결하기 위해서 지속적인 연구개발이 필요하다.
 - 셋째, 가정용이나 소형 펠릿 보일러용이 아닌 대형 또는 열병합발전소용의 저 품질 펠릿제조 원료로서 사용을 검토해 볼 수 있다.

□ 바이오에탄올 의무혼합비율 점진적 확대

- 현재 시행예정 중인 바이오에탄올 2% 의무혼합 비율을 일시에 5%로 상향조정하는 방안이 여건 상 어려울 경우, 연 0.5%p씩 점진적으로 확대하는 방안을 추진함으로써 바이오에탄올을 제조하는 중소기업들의 생산성을 보장 받을 수 있도록 개선하는 방법을 강구해야 한다.

2. 정책상의 현안과제 해결대안

□ 농업부산물관리에 대한 통합관리시스템 구축 필요

- 국내 농업부산물 바이오매스의 에너지화에 가장 관심을 가질 수 있는 분야는 가용잠재량이 높은 벼짚, 고추대, 옥수수대, 콩대, 감자 및 고구마 줄기 등으로 조사되었고, 그 밖에 농촌진흥청 바이오에너지작물센터에 의하여 개발되거나 검토된 바 있는 거대억새, 감귤박, 돼지감자 등도 에너지화의 가능성이 높은 농업부산물로 조사되었다.
- 국내에서 거대억새를 개발하여 바이오에너지작물센터 인근에 148ha 재배하고 있으며 전국적으로 200ha 재배되고 있는 것으로 확인되고 있다.
 - 거대억새는 가수분해해서 당과 리그닌으로, 가스화하여 합성가스로, 혐기 소화하여 바이오가스로, 열분해하여 바이오오일로 발효 정제하여 중간화학물질로 전환 가능하다.
 - 이를 통해 의약품과 합성세제, 섬유, 플라스틱, 페인트 염료를 생산하는 수익창출 모델을 만들어 갈 수 있다.
 - 현재 바이오에탄올의 경제성이 확보되고 있지 않아 상용화 과정에 있지는 못하지만 수거하여 연료 펠릿으로의 사용은 충분히 가능할 것으로 보인다.
 - 문제는 산에 심으면 거대억새에 대한 관리를 산림청이 관할하게 되고, 논과 밭 등 평지에 심으면 농촌진흥청의 관할이 되어 억새에 대한 총체적인 관리가 어려워 질 수 있다. 따라서 이에 대한 통합관리시스템 구축이 필요하다.
 - 통합관리를 거대억새 품종개발의 책임을 맡아 왔던 농촌진흥청으로 이관하여 총체적인 관리체제를 구축해야 한다.
 - 현재 바이오에탄올은 국내산 제조보다는 수입하여 이용되고 있는 상황이어서 거대억새를 이용한 바이오에탄올 생산은 상용화 전 단계에 머물러 있는 상태이다.

- 따라서 현재 이에 대한 경제성을 분석하기에는 관련 자료의 수집이 어려워 판단하기 이른 단계이다.
- 농업부산물 에너지화를 위한 근본적인 문제점은 농민들이 농업부산물 수거를 기피한다는 것이다. 벼짚을 제외한 농업부산물은 밭에 그대로 방치하였다가 2월 중에 태우면 땅 속으로 유기물이 함유되기 때문이다.
 - 그렇다고 태워서 땅 속에 과다한 유기물이 함유되도록 하는 것은 권장할 사항은 아니며 적정량을 제외하고는 수거하는 것이 바람직하다.
 - 문제의 해결방안으로 환경부가 농민들의 폐비닐을 수거할 때 적용하는 수거비용 보전방식을 농림부 또한 원용하도록 검토해 볼 가치가 있다.
 - 여기에도 농림축산식품부와 산업통상자원부가 합동으로 농업부산물의 에너지화 부문에 역할을 분담할 수 있다면 큰 시너지 효과가 시현 가능할 것으로 전망된다.

□ 기관별 역할 분담을 통한 농업부산물 수거체계 구축

- 농림축산식품부 : 농민들이 자가 논이나 밭에 농업부산물을 수거하여 각 지역별로 구성된 해당 협동조합이나 협회 또는 사업 위탁한 민간 사업자에게 가져오면 수거비용으로 일정액을 지불한다.
- 산업통상자원부 : 협동조합이나 협회 또는 위탁 민간사업자는 일정량을 지속적으로 확보하여 연료펠릿제조회사로 하여금 펠릿화한 후 석탄 화력발전 등과 계약 및 판매함으로써 수익을 창출할 수 있도록 제도적 장치를 마련한다.
- 전력거래소 : 농업부산물 펠릿수거 및 생산을 촉진시키기 위하여 RPS REC가중치를 별도로 부여하고 지원하는 체제를 구축하며, 이를 위하여 농림부와 산업부 간 일정부분 역할을 분담할 수 있다.
 - 이러한 시장신호가 있어야 농민들로 하여금 농업부산물 수거협력이 이루어질 가능성이 높다.
 - 즉 수거 및 펠릿제조는 농림부에서 주관하고, 펠릿의 석탄발전소 혼소를 위한 에너지 전환은 산업통상자원부에서 주관하는 것이다.

□ 임지잔재와 농업부산물의 수거 후 혼합사용

- 현재 목재부분 원목을 채취하기 위해서 원목부분은 산지에서 수거하고 가지나

- 우리나라의 경우 거대역세의 개발로 이를 펠릿화하거나 바이오에탄올을 생산하도록 거론되고 있으나 여러 가지 제약조건이 걸려 있어 이의 시정을 위한 기초R&D 연구개발이 절실히 요구된다.
 - Ash Melting으로 인한 Clinker가 형성된다.
 - 보일러에 부착된 염소(Hcl)와 유황성분으로 인한 부식화가 우려된다.
 - 질산유출로 대기환경이 오염 등 이를 해결하기 위한 장기 기술개발의 지속적인 과제 진행이 필요하다.

□ 농업부산물 바이오에너지 경제성 확보

- 목재 펠릿 1톤 당 필요한 목재원료의 톤당 가격은 12만원, 판매가격은 32만원 수준이다.
 - 여기에 벗짚원료의 톤당 가격이 목재 펠릿의 발열량 기준으로 20%수준 하락한다고 가정해보면, 현재 벗짚의 톤당 가격이 목재펠릿가격보다 20%정도 저렴한 9.5만원이고, 계속 가격이 떨어지고 있는 추세이므로 발열량 대비 가격경쟁력은 충분히 확보가 가능할 것으로 보인다.
 - 석탄발전소의 석탄연료와 경쟁은 곤란하나 목재 펠릿과의 가격경쟁력은 확보한 상태이다.
 - 한편 CO₂ 감축, 신재생에너지보급 비중향상, 일자리창출 등의 효과 시현 등으로 사회적 편익이 발생하여 농업 국가 전체의 입장에서는 농업부산물 펠릿의 사용도 유익하고 볼 수 있다. 이와 같은 사례로 유채재배사업이 있으며, 이는 정부가 170만원/ha 지원하여 쌀과 보리를 생산했을 때 얻어지는 소득 수준과 동일하게 재배농가에 대해 보조금을 책정한 바 있다.
 - 반면 식용작물을 바로 에너지화 하는 것은 피하고 일본의 경우와 같이 식용작물은 먹되 남은 폐 식품을 수거하여 재사용할 경우 보조금을 지원해주는 방식으로 전환을 고려해 볼 수 있다.
 - 일본의 경우 유채유나 대두유처럼 식용유 종류는 먹는 식품으로 일차로 사용하고 먹고 버려진 폐식용유를 수거하여 바이오디젤을 생산하는 경우에 한하여 보조금을 지급하는 방식을 채택하고 있다.(자연 순환 모델에 의한 수익창출방안 모색)
 - 또한 폐식용유를 바이오디젤로 제조하고 남은 유채박은 축산용 사료, 유기질 비료,

조류 사료, 도시농업 화분 유기질 비료 등으로 사용한다. (현재 콩박 300원/kg, 유채박 600원/kg에 판매)

- 우리나라의 경우 유채박을 다시 한 번 정제하여 바이오중유를 생산하고 있기 때문에 중유발전소 혼합을 제고에도 기여하고 있다.
- 환경부의 자원절약 및 재활용 촉진에 관한 법률에 의하면 바이오 고형연료제품 [BIO-SRF(Biomass-Solid Refuse Fuel)]은 『폐기물관리법』 제2조제4호의 지정폐기물이 아닌 다음의 가연성 고형폐기물⁵³⁾을 사용(다음의 폐기물을 서로 혼합하는 경우를 포함)하여 제조한 것을 말한다.(동법 시행규칙 제2조 별표 1)
- 농업부산물의 에너지화 이용은 농민들의 소득증대에 기여할 수 있는 수익창출모델이 만들어 졌을 때 행동으로 옮겨질 수 있다.
 - 농업부산물 수익창출 모델로서 유채의 경우 RFS에 준한 바이오디젤 생산에 기여할 수 있으며 RPS에 준하는 유채박을 활용하여 바이오중유를 생산함으로써 중유발전소 혼합율을 제고시킬 수 있다. 또한 비교적 발열량이 높은 유채대(3,970kcal/kg)를 이용한 연료 펠릿을 생산함으로써 석탄발전소 혼합을 향상에도 기여가 가능하다.
 - 농촌진흥청 산하 바이오에너지작물센터에서 개발에 성공한 거대억새를 통하여 바이오에탄올 생산의 길을 개척하고 있어, 산지나 개천 수변지역 등에 가을철 경관용으로 그리고 수확하여 바이오에탄올 생산에 이용할 수 있다면 휘발유 차량의 혼합을 증대로 RFS에 기여할 수 있다. 뿐만 아니라 연료펠릿으로 제조한다면 그것 또한 석탄발전소 혼합을 제고에 기여할 수 있을 것으로 전망된다.
 - 그밖에도 높은 가용잠재량을 확보하고 있는 것으로 조사된 고추대와 사과 등 과수전정지에 나오는 부산물을 이용하여 펠릿으로 제작할 경우 석탄발전소의 혼합연료로 사용될 수 있을 것으로 보이며, 농업부산물의 에너지화는 해외개발 수입에만 의존하여 RPS와 RHO 그리고 RFS제도의 의무할당량을 채우려 했던 신재생에너지 바이오매스 정책에 새로운 비전을 제시하는 희망의 메시지가 될 수 있을 것으로 전망된다.
 - 그러나 농업부산물의 에너지화는 아직 기술개발단계이고 상용화 수준에는 미달되고

53) 1) 폐지류 2) 농업폐기물(왕겨, 쌀겨, 옥수수대 등 농작물의 부산물을 말함) 3) 폐목재류(원목으로 된 폐가구류 및 제재부산물을 포함하며, 철도용으로 사용된 침목과 전신주로 사용된 것은 제외함) 4) 식물성 잔재물(땅콩껍질, 호두 껍질, 팥 껍질, 코코넛 껍질, 굴껍질 등을 말하며, 음식물류폐기물은 제외함) 5) 초분류 폐기물 6) 그 밖에 에너지로 사용이 가능하다고 환경부장관이 인정하여 고시하는 바이오매스(Biomass) 폐기물 따라서 폐목재와 같은 목질계 바이오매스와 농업부산물의 초분류 바이오매스의 각각의 생물 기원성 단일 바이오매스원은 물론이고, 이들의 혼합의 경우에도 Bio-SRF로 분류하여 발열량이 3000kcal/kg이상이면 에너지화하는데 문제가 없음

있어 RPS, RHO 등의 에너지화로 전개하고자 할 때에는 REC 가중치를 높여서 불태워 버리거나, 임의로 버려지거나, 타 용도로의 전용 등 유실율을 최대한 억제하여 에너지화로 전환할 수 있는 제도적 장치를 만들어 주는 정책적 배려가 반드시 필요하다.

□ 신규 바이오매스의 활용 개발

- 돼지감자는 척박한 간척지나 산지, 가물어 물이 흐르지 않는 건천 등에도 재배가 가능하고 이를 통하여 바이오에탄올을 생산할 수 있는 장점이 있으며 변비, 당뇨병, 고혈압과 같은 환자들에게 약용 식품으로도 활용되고 있지만 독성이 있어 주의를 기울여야 하는 식품이다.
 - 또한 국산 돼지감자는 키만 크게 자라고 돼지감자 알맹이는 적어, 이를 바이오에탄올의 원료로 사용하려면 품질 개량하여 키는 작고, 알맹이는 키우는 개량종 생산이 시급한 실정이다.
 - 따라서 재배의 효율성이 떨어져 우리나라에서는 재배를 유보한 적이 있으나 이를 재개할 필요성 있다고 판단하여 바이오작물센터 등에서 개량종 돼지감자를 시험재배하고 있는 중이다.
 - 돼지감자의 품종개량이 이루어진다면 새만금 간척지등에 해바라기, 돼지감자, 포플러 등을 혼합하여 재배하는 방식을 강구할 필요가 있다.

□ 농업부산물 수거방안

- 고추대는 가용잠재량이 높아 거점지역을 만들어 수거만 할 수 있다면 에너지화에 크게 기여할 수 있는 부산물에 속한다.
 - 청양 고추단지에 적용하되 대규모 단지에는 병충해가 심하므로 0.3ha씩 잘라 단지별로 조성하여 재배하게 하고 거점지역을 조성하여 수거하는 시스템을 추천한다.
 - 현재는 고추대 수거에 특별한 인센티브가 없어서 추가적인 노동력을 투입하기 꺼려하며 고추대를 세워놓은 상태에서 2월 중에 불을 놓아 태워서 무기질이 높은 지력을 만들어주므로 토양의 질 회복에 큰 도움이 되는 것으로 파악되고 있다.
 - 그러나 가용잠재량이 높은 고추대를 토양의 질 회복을 위한 비료로 사용하는 것을 제외하고, 나머지 80%이상의 고추대를 수거하여 에너지화로 전환하는 작업의

검토가 필요하다.

- 한 예로 수거체제를 개선하기 위하여 환경부에서 2013년 1월부터 시행하고 있는 영농폐비닐 수거 등급제 운영지침에 의하면 농촌 폐비닐의 수거등급으로 A등급 150원/kg , B등급 130원/kg, C등급 110원/kg으로 나누고 농약봉지인 비료포대는 2,760원/kg 으로 하여 환경공단에서 민간 기업에 위탁해서 보조금을 지원하는 방식의 수거체제를 갖추고 있다.
 - 이를 벤치마킹하여 동일한 방법으로 고추대를 수거해 오면 농축산 식품부가 위탁한 민간기업에서 업무를 수행하되 고추대 수거에 대한 대가로 일정금액을 보조 지원해 주고, 민간 기업은 그것을 에너지화하는 기업에 유상으로 판매할 수 있도록 조정하여 에너지화에 기여가 가능하다.
 - 이 경우 장기적으로는 고추대를 이용한 바이오에탄올 생산도 가능하나, 단기적으로는 임지잔재를 이용하여 우드펠릿을 생산하는 것처럼 고추대 등 목질계 농업부 산물을 이용하여 연료펠릿 생산도 가능할 것으로 판단된다.
- 국내 소의 사료용 볏짚의 수급안정을 위하여 미국FTA(자유무역협정) 수입건초 예비물량 20만 톤을 포함하여 수입쿼터 60만 톤을 정부가 수입을 인정해 주고 있어 2013년 국내 수요량 1,982천 톤 대비 국내용 볏짚 사용량은 대략 1,382천 톤이 될 것으로 추정된다.
- 그러나 국내 볏짚 공급 가능량은 소의 사료수요량의 40% 정도일 것으로 조합이나 협회 등이 예측하고 있어 이를 근거로 환산해 보면 약 800,000톤(1,982천 톤* 0.4= 792,800톤)이 될 것으로 전망된다.
 - 수요량에 부족한 부분은 582,000톤이 될 것으로 예상된다.
 - 이를 해결할 수 있는 부분은 건초 수입량을 늘리거나 아니면 국내 볏짚 공급량을 늘리는 방안의 모색이 필요하다.
 - 현재 수입건초의 가격은 325원 ~ 515원/kg으로 국내 볏짚가격(95,000원/톤)보다 4배 이상 비싼 수준이지만 볏짚에 리그닌 성분이 들어있어 소의 소화기능을 약화시키기 때문에 국산 옥수수, 라이그라스, 수단그라스, 보리짚, 호밀 등을 볏짚 대응품으로 수입건초를 사용한다.
 - 따라서 국내 볏짚의 가용 또는 기술적 잠재량 약 5,000천만 톤 중 남은 잠재량 4,000천 톤가량은 단기적으로는 연료 펠릿으로 전환시켜 석탄발전소 혼합율을

증가시켜 RPS제도에 기여하도록 하고, 장기적으로는 바이오에탄올을 생산하여 휘발유 혼합용으로 RFS제도에 기여하도록 함으로써 신재생에너지의무할당량도 채우고 농가소득 증대에도 도움을 줄 수 있을 것이라 예상된다.

- 다만 한 가지 문제점은 볏짚을 통한 바이오에탄올 생산이 가능하나 석회성분이 많이 함유되어 있기 때문에 이 부분을 제거하는 기술개발이 우선적으로 필요하다.
- 농업부산물 수익창출 모델로서 유채의 경우 RFS제도에 준한 바이오디젤 생산에 기여할 수 있고 RPS제도에 준하는 유채박을 활용하여 바이오중유를 생산하여 중유발전소 혼합율을 제고시키며, 유채대(발열량 3,970kcal/kg)를 이용한 연료 펠릿을 생산하여 석탄발전소 혼합율 향상에 기여할 수 있을 것으로 전망된다.

□ 농업부산물 향후 발전방향

- 베트남을 위시하여 동남아시아 국가들은 원재료 수출하는 것을 제한하는 조치를 취하고 있어 부득이 원재료를 갖고 제품화시킨 후 수출할 수밖에 없는 상황에 직면하고 있다.
- 따라서 바이오에너지 원료의 원활한 공급을 위하여 국내생산을 최대한 이용하되 자급자족이 어렵다고 판단되는 경우에는 개발수입을 원칙으로 하며 Raw Material을 제품으로 가공하여 직도입하는 경우를 고려대상에 포함시켜야 한다.
- 농업부산물을 이용한 에너지화는 농민들의 수익창출을 위한 또 다른 하나의 대안이 되고 있으나 우리나라의 현 기술수준으로나 정부나 농민들의 인식부족으로 높게 평가하고 있지 않아 이를 시정하는 데에는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다.
- 따라서 농업부산물의 에너지화로 전환에는 별도의 전략 로드맵이 필요할 것으로 판단된다.
- 농업부산물을 이용한 바이오에탄올 기술개발은 앞으로 지속적으로 연구진행해야 할 장기성 과제이므로 장기 개발과제로 전환하고, 농업부산물의 연료펠릿은 현재의 우드펠릿 생산과 큰 차이가 없으므로 당장 시행할 수 있는 단기성 과제이기 때문에 차별을 두고 적용하는 것이 합리적이라 판단된다.

3. 농업(임산)부산물 수거사업 (안)

□ 추진배경

- 화석연료 고갈과 환경오염 문제 등으로 대체에너지에 대한 관심이 증가하고 있는 가운데 농업 또는 임산 부산물 등의 바이오에너지화도 대안으로 대두되고 있으나 목재 펠릿이나 농업부산물의 경우, 수거시스템의 미비로 원료 바이오매스를 바이오에너지화로 전환하는데 걸림들로 작용한다.

□ 목적

- 농업·임산부산물의 에너지화 추진에 걸림들로 작용하고 있는 수거시스템을 개선하여 신재생에너지 보급목표 달성에 기여하고 산불이나 홍수 등의 환경재해로부터 산림과 지역주민을 보호한다.

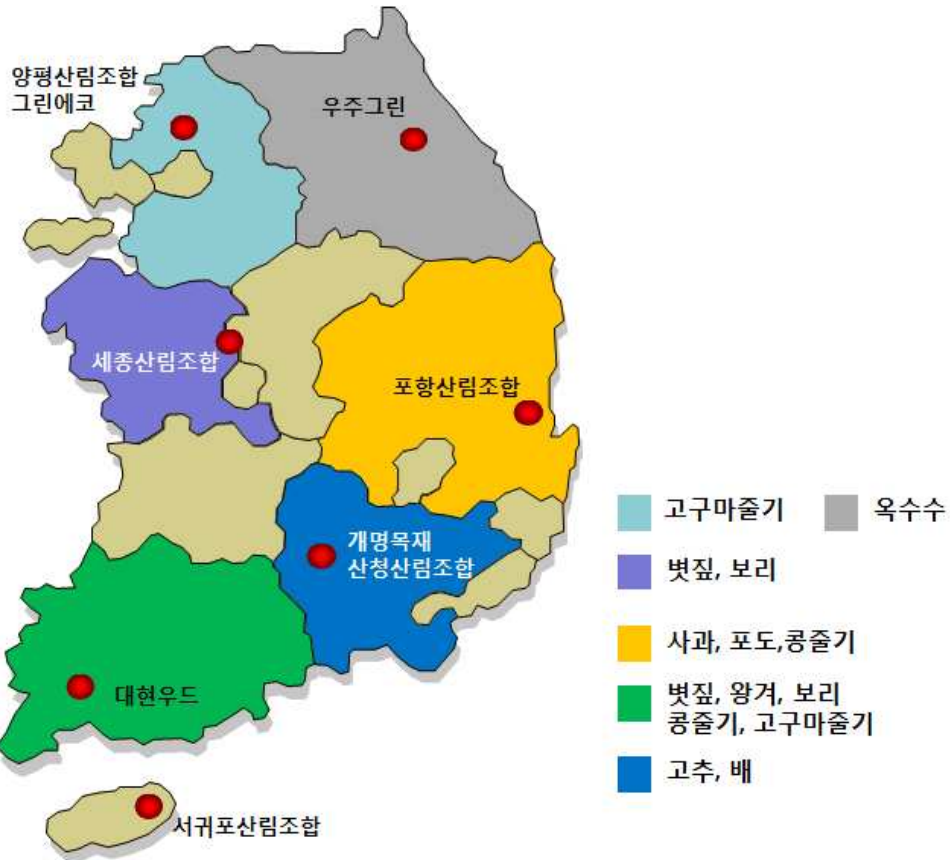
□ 농업(임산)부산물 수거의 문제점

- 임산부산물인 임지잔재는 나무의 정상적인 발육 촉진을 위하여 매년 벌채 또는 가지치기를 하고 있으나 그 임지잔재의 운반이 어려워 산 속에 방치함으로써 산불이나 홍수 시 자연재해의 요인이 되고 있다.
- 농업부산물의 경우, 볏짚을 제외하고는 대부분 알곡 생산 후 부산물을 소각처리하거나 잘게 부셔서 유기질 퇴비로 사용하고 있다.
 - 이로 인한 화재나 토양오염 등이 문제가 되기도 한다.

□ 시범사업 대상지 선정 조건

- 앞서 연구결과와 같이 농업부산물을 에너지화 하기 위해서는 수요처를 찾는 것이 가장 중요하므로 ①수요처에서 필요로 하는 농업부산물을 수거대상으로 선정하고 ②수거량이 많고, ③수송거리가 짧아 비용을 최소화할 수 있는 최적지를 찾아 <그림 5-2>와 같이 매칭한다.
- 농업부산물이 대규모/집중적으로 발생할 경우에는 시범사업 실행기관에서 인력을 투입 하거나, 민간수거업체 활용하여 수거사업을 진행할 수 있으나, 발생 지역이 소규모/분산적일 경우 ④농부산물 발생 지역으로부터 마을별 공동 집하장 까지는 농가의 수거의향이 높은 지역을 선택하는 것이 적합하다.

<그림 5-2> 농업부산물 주요 발생지역과 수요처(펠릿공장) 매칭

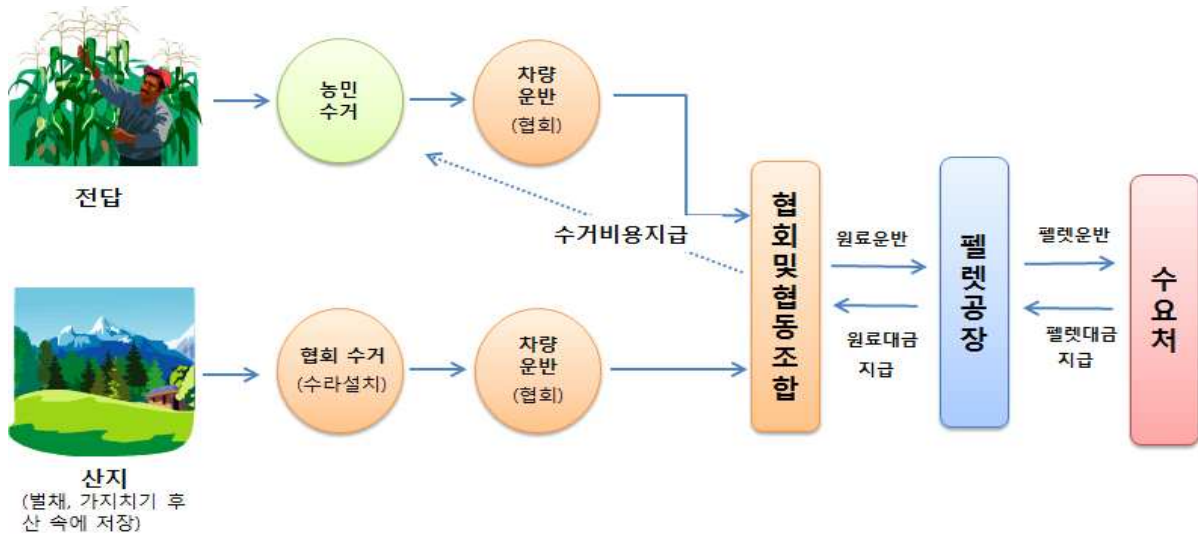


□ 사업화 모델

- 농업부산물은 농민들이 전답에서 수거하여 농로를 거쳐 차량이 들어갈 수 있는 도로변까지 농민들이 운송한다.
 - 수거비용은 협회나 협동조합으로부터 받을 수 있도록 권장한다.
- 운송된 농업부산물을 협회나 협동조합의 차량으로 운반하여 일정분량까지 저장하였다가 필요한 분량만큼을 펠릿공장에 원료로 판매한다.
- 펠릿공장은 바이오원료를 펠릿화한 후 수요처에 판매하는 유통단계를 거친다.
 - 이 경우, 펠릿공장은 수요처에 판매한 펠릿대금 중 수거책임은 맡은 협회나 협동조합과 원료제공 및 수거비용을 보전해주도록 한다.
 - 단, 수거책임은 맡은 협회나 협동조합의 경우 지자체에서 운영하는 사회적 기업 등으로 전환하여 일자리창출에도 기여할 수 있는 기회를 마련한다면, 노동부에서 지원하는 인건비의 혜택도 다음과 같이 받을 수 있다.

- 목재펠릿의 경우도 위의 농업부산물 수거체제와 거의 유사하게 운영이 가능하다.
 - 다만, 산지에서 벌채, 가지치기 후 산 속에 저장되고 있는 임지잔재는 임도가 개설되어 있지 않은 상태가 대부분이기 때문에 수라를 설치하여 산 위에서 산 밑으로 운반하게 하고, 도로변까지만 옮겨 놓는다면, 협회나 협동조합에서 운영하는 차량으로 운송한 후 농업부산물과 동일한 경로에 따라 펠릿공장에 판매하고 원료대금을 회수하는 방법이 동원될 수 있다.
 - 따라서 수라설치와 차량운반 책무는 협회나 협동조합이 사회적 기업 참여근로자나 시간 선택제 일자리 또는 취업인턴 등을 동원할 수 있을 것으로 판단된다.

<그림 5-3> 농업부산물 수거시스템



□ 협회 및 협동조합의 형태

- 농림축산식품부에서 목재나 농업부산물 수거책임을 맡아 인건비 및 수거장비(수라, 차량 등)의 일부를 지원해주는 방식이다.
- 협회(협동조합 포함)를 조직하고 조직형태는 사회적 기업이며, 농업부산물의 합리적인 수거시스템 마련을 통한 일자리 창출에 그 목적을 둔다.

□ 인건비 지원방법

- ① 사회적 기업 참여근로자지원(노동부)
- 사회적 기업의 경우, 사회적 가치를 실현하는 (예비)사회적 기업이 신규 일자리를 창출할 수 있도록 인건비 등을 지원하는 사업으로서 자치단체별로 참여기업을 모집 및 선정한다.
 - 지원수준 : 최저임금수준의 참여근로자 인건비(사회적기업의 경우 1년차 80%,

2년차 60%, 3년차 50% 지원)와 사업주가 부담하는 4대 보험료의 일부(90%) 보조한다.

- 단, 예비 사회적기업의 경우 1년차 90%, 2년차 80%를 지원한다.
- 참고: 2014년 최저 임금기준은 시급 5,200원, 8시간 기준 41,680원으로, 월 1,088,890원으로 환산되며 이에 사회적 기업으로 등록되면 1년차 871,112원/월, 2년차 653,334원/월, 3년차 544,445원/월 지원받을 수 있다.

② 시간 선택제 일자리 지원(노동부)

○ 사업주가 근무체계개편, 새로운 시간 선택제 직무개발 등을 통하여 시간 선택제 일자리를 새로이 만들어 근로 계약기간의 정함이 없는 시간 선택제 근로자를 고용하는 경우, 근로자의 인건비 일부를 지원한다.

- 추진근거 : 고용보험 등 4대 보험에 가입하고, 소정근로시간이 주 15시간 이상 30시간 이하 이면서 기간의 정함이 없는 근로계약을 체결한다.
- 지원수준 : 근로자 1명 당 월 80만원 한도(대기업은 월 60만 원 한도)내에서 사업주가 지급한 임금의 50%를 1년의 기간 내에 지급한다.
- 지원인원의 한도 : 지원을 받은 근로자 수는 사업계획서를 제출한 날이 속한 달의 마지막 날에 그 사업장에 소속된 근로자 수의 30%(우선지원 대상기업은 60%)를 한도로 한다.

③ 취업인턴제 지원(노동부)

○ 미취업 청년에게 중소기업의 인턴십 과정을 통해 정규직으로의 취업 가능성을 제고하고, 기업에게는 인건비의 일부를 최대 1년 간 지원하는 사업이다. 중소기업 인턴십 과정을 통해 경력이 없어 취업에 애로를 겪는 청년층의 경력을 형성해주고, 직업능력 배양 및 취업촉진과 동시에 중소기업 인력의 미스매치를 해소하는 데에 목적을 둔다.

- 약정임금의 50% 지원하되 한도는 80만 원이다.
- 약정 기간 내 1~6개월간 지원하고, 정규직으로 전환 시 65만원을 6개월간 추가 지원한다.

④ 정부 추가지원금 조달

○ 노동부 인건비 지원 금액으로 본 수거사업을 합리적으로 운영하기 어렵다고 판단되는 부분에 관하여 농림축산식품부가 예산에 반영하여 일정 부분 추가 지원금을 조달하는 방법을 강구할 필요가 있다.

< 참고 문헌 >

1. 국립농업과학원, 농촌지역바이오매스자원의순환활용기술개발, 2013
2. 신재생에너지자원지도 및 활용시스템 구축사업, 한국에너지기술연구원, 2013
3. 우리나라 바이오매스이용실태에 관한 기초조사, (사)한국축산경제연구원, 2010
4. 농업부문 바이오매스 잠재량 연구(2013)
5. 신재생에너지 자원지도시스템, 2010년 생산량기준
6. 지식경제부, 바이오·폐기물에너지 산업발전전략, 2012 및 예기평 전문가 재조정
7. BCurtis Energies & Resource Group, 2008
8. APEC, 2006, Biofuel Taskforce Working Paper 번역문, 김연중
9. ISO, World Fuel Ethanol Outlook to 2020, 2012.
10. Fuel Ethanol Industry Directoyr. 2014
11. 바이오에탄올의 적정 공급방안에 관한 연구, 2013
12. 바이오에탄올의 적정 공급방안에 관한 연구, 2013
13. 한국농촌경제연구원 통신원(수도작) 조사결과, 2006
14. 한국농촌경제연구원 현지조사결과, 2006
15. 농업용 폐비닐의 농가처리 및 수거제도 개선방안. 2003 강창용
16. 신(新)산림사업 부산물 처리 방법 개선시범사업 실증연구, 북부지방산림청, 2010
17. 외교통상부 에너지보좌관 분석보고서, 2010.5
18. Global Biofuel Center, September 2012
19. Hart Energy's Global Biofuels Center, December,2012
20. 산업용원료로 사용가능 농작물 경제성 분석 및 정책적 지원방안 연구(미래농정연구원)
21. 바이오에너지 원료수급 증장기방안 모색을 위한 워크숍, 2014, p.85
22. 바이오에너지 원료수급 증장기방안 모색을 위한 워크숍, 2014, p.86
23. www.biomasspowerassociation.com