

발 간 등 록 번 호

11-1541000-000569-01

농림수산식품과학기술위원회

기술분야평가 결과보고서

바이오사업군
바이오에너지 분야

2010. 9



농림수산식품 과학기술위원회
Science & Technology Committee, Agriculture, Forestry & Fisheries

목 차

I. 서 론	1
1. 평가배경 및 필요성	3
2. 평가의 기본방향 및 방법	5
3. 주요 평가항목	10
II. 바이오사업군 개요	31
1. 바이오 정의 및 범위	51
2. 농림수산식품분야의 바이오 영역	9· 1
3. 농림수산식품과학기술육성 종합계획 상‘바이오’분야	12
III. 바이오에너지 분야 현황 및 동향분석	7· 2
1. 바이오에너지 분야 개요	9· 2
2. 바이오에너지 세부분야별 내용	4· 4
2-1. 바이오매스증산	4· 4
2-2. 바이오알코올	6· 4
2-3. 바이오디젤	1· 5
2-4. 바이오가스	9· 5
2-5. 고체연료	4· 6
IV. 바이오에너지 분야 투자와 추진현황	7· 6
1. 투자현황	8
2. 추진현황	11
V. 바이오에너지 분야 과제평가	5· 7
1. 기획	7
1-1. 과제의 적절성	7· 7

1-1-1. 국정·농정 및 상위계획과의 부합성	7
1-1-2. 국내·외 환경변화 및 기술동향 반영	5
1-2. 사업간 차별성	8
1-2-1. 타부처와의 차별성	80
1-2-2. 부·청간 차별성	80
2. 예산	122
2-1 투자의 적절성	21
2-2. 예산규모의 적절성	33
3. 성과	136
3-1. 목표달성 가능성	61
3-2. 기대효과의 실현가능성	93
VI. 평가결과 요약 및 정책적 시사점	141
1. 평가결과 요약	18
2. 정책적 시사점	19
2-1. 기획 및 예산	9
2-2. 성과	7
참 고 문 헌	159
부 록	161
1. 바이오에너지평가대상 과제목록	31
2. 외부 전문가구성	6
3. 기술분야 평가 추진일정	7
4. 농식품부 R&D 로드맵	8
5. 부처별 바이오에너지 분야 세부과제 예산내역	96
6. 세부기술별 기술분류 및 핵심기술 순위	87

표 목 차

표 1-1. 바이오에너지 분야의 평가대상	5
표 1-2. 기술분야 평가일정 및 주요내용	9
표 1-3. 기술분야 평가항목 및 지표	11
표 2-1. 생명과학, 생명공학, 화학의 개념	6
표 2-2. 제2차 생명공학육성기본계획에서 분류한 바이오분야 기술	6
표 2-3. 바이오기술분야 세부기술 분류표	7
표 2-4. 바이오기술을 통한 응용분야	10
표 2-5. 부·청의 바이오분야 R&D 사업현황	11
표 2-6. 5개 분야, 20개 세부분야, 100개 세부기술	3
표 3-1. 바이오에너지 이용의 장·단점	10
표 3-2. 바이오에너지의 종류별 특징	4
표 3-3. 주요국 정부의 바이오에너지 육성정책	7
표 3-4. 주요 국가별 수준 및 기술개발 소요시간 비교	2
표 3-5. 농진청의 바이오에너지 원료작물 생산기술개발 과제 추진계획	5
표 3-6. 바이오에너지 관련 기술개발 수준	1
표 3-7. 연도별 EU 바이오연료 생산추이	3
표 3-8. 국내 바이오에너지 보급 현황(2005년)	6
표 3-9. 바이오디젤 보급 경위	7
표 3-10. 국내 바이오디젤 생산업체 현황	8
표 3-11. 국내 생산 바이오디젤의 생산가격 분석	9
표 3-12. 미국의 유기성 폐기물 통합처리 상용화 기술 보유 기업	9

표 3-13. 미국의 바이오매스 활용 프로그램	0	6
표 3-14. EU의 혐기소화기술의 종류	1	6
표 3-15. EU의 주요 바이오가스 생산기업	2	6
표 3-16. 바이오가스 생산 기술수준 비교	3	6
표 3-17. 국내 주요 바이오가스 설비 생산업체	4	6
표 3-18. 국내·외 시장규모	4	6
표 4-1. 바이오에너지 분야별 투자현황(2009년)	9	6
표 5-1. 이명박정부의 과학기술기본계획 요약	8	7
표 5-2. 7대 중점투자분야 중 농림수산식품분야 중점육성기술/후보기술9.....	9	7
표 5-3. 연도별 농정시책 방향	2	8
표 5-4. 주요 바이오에너지 원료현황	5	8
표 5-5. 세계 특허검색을 위한 분류 및 검색 키워드 결과	2	9
표 5-6. 우리나라 특허검색을 위한 분류 및 검색 키워드 결과	8	9
표 5-7. 바이오에너지 관련 국가별 논문현황	1	01
표 5-8. 바이오에너지 관련 국가별 논문 활동지수	2	01
표 5-9. 바이오에너지 분야 국가별 논문 수준비교	3	01
표 5-10. 국내 바이오에너지 분야 SWOT분석	4	01
표 5-11. 세부분야별 기술수준과 투자액(2010년 기준)	7	01
표 5-12. 부처별 바이오에너지 분야 투자현황(2006년~2008년 합계) ..4...1... 1	4	1
표 5-13. 5개 분야별 세부분야와 세부기술 현황	5	11
표 5-14. 부·청별 세부기술분류	7	11
표 5-15. 부·청 핵심기술의 우선순위	7	11
표 5-16. 부·청간 공통 핵심기술	0	21
표 5-17. 농림수산식품기본육성 종합계획 중 바이오분야	2	21

표 5-18. 바이오매스증산 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년) 2·1

표 5-19. 바이오알코올 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년) 2·1

표 5-20. 바이오디젤 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년) 8·2·1

표 5-21. 바이오가스 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년) 9·2·1

표 5-22. 고체연료 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년) 10·3·1

표 5-23. 부처별 과제당 투자현황(2006년~2008년 합계)4·3·1

표 5-24. 부·청소관 바이오에너지 분야별 투자현황(2010년 기준)7·3·1

표 5-25. 평가대상과제의 목표달성 가능성 평가 요약8·3·1

표 5-26. 평가대상과제의 기대효과 수준 및 실현가능성10·4·1

표 6-1. 평가항목별 주요내용741

표 6-2. 「농림수산식품분야 육성 종합계획」의 바이오매스증산 분야와
기술분야 평가에서 제시한 기술로드맵과의 연계성451

표 6-3. 「농림수산식품분야 육성 종합계획」의 바이오에너지생산시스템개발
분야와 기술분야 평가에서 제시한 기술로드맵과의 연계성451

그림 목 차

그림 1-1. 바이오에너지 분야 기술분야 평가추진도	7
그림 1-2. 기술분야평가 추진체계도	8
그림 2-1. 바이오산업의 근간	9· 1
그림 3-1. 바이오매스로부터 바이오에탄올 생성과정	0· 3
그림 3-2. 바이오매스의 다양성 및 에너지 변환원리	1· 3
그림 3-3. 바이오리파이러니의 개념	2· 3
그림 3-4. 바이오에너지 세계시장 규모	5· 3
그림 3-5. 신재생에너지의 세계시장 규모	5· 3
그림 3-6. 주요국의 바이오에너지 개발 동향	0· 4
그림 3-7. 미세조류와 해조류로부터 생산되는 다양한 바이오에너지	1· 4
그림 3-8. 바이오에너지관련 부처별 투자현황(2006년~2008년)	3· 4
그림 3-9. Henkel방식의 연속식 공정과정	4· 5
그림 3-10. Batch식 공정의 바이오디젤유 합성기술	4· 5
그림 4-1. 농식품부의 농산업 R&D 총괄 기술로드맵	1· 7
그림 4-2. 농진청의 핵심기술별 중장기로드맵	2· 7
그림 4-3. 산림청의 기술로드맵	3· 7
그림 5-1. 2009년 이후 과학기술분야 중장기계획	0· 8
그림 5-2. 국가에너지 기본계획과 농식품부 연구개발사업과의 연계	4· 8
그림 5-3. 바이오에너지 분야 세계 특허등록 현황	2· 9
그림 5-4. 바이오에너지 분야 세계 특허등록 누적현황	3· 9
그림 5-5. 바이오에너지 분야 세계 특허 등고선	4· 9
그림 5-6. 분야별 세계 특허출원 현황	5· 9

그림 5-7. 바이오에너지 관련 도메인별 세계 특허등록 현황5..... 9

그림 5-8. 우선권 주장 국가별 특허등록 현황6..... 9

그림 5-9. 바이오에너지관련 최다 특허보유기관7..... 9

그림 5-10. 바이오에너지 분야 국내 특허등록 현황8..... 9

그림 5-11. 바이오에너지 분야 국내 특허등록 누적현황9..... 9

그림 5-12. 분야별 국내 특허출원 경향001

그림 5-13. 바이오에너지 분야 논문발표 추이(1997년~2007년)1...0... 1

그림 5-14. 바이오에너지 분야 국가별 활동지수 비교2...0 1

그림 5-15. 국가별 논문 수와 수준지수 비교301

그림 5-16. 바이오에너지 분야 장애요인601

그림 5-17. 부처별 바이오에너지 분야 투자현황(2006년~2008년)9...0... 1

그림 5-18. 부처별 바이오매스증산 분야 투자현황(2006년~2008년) ...0...1... 1

그림 5-19. 부처별 바이오알코올 분야 투자현황(2006년~2008년)1...1... 1

그림 5-20. 부처별 바이오디젤 분야 투자현황(2006년~2008년)2...1... 1

그림 5-21. 부처별 바이오가스 분야 투자현황(2006년~2008년)3...1... 1

그림 5-22. 바이오에너지 분야 투자계획321

그림 5-23. 분야별 예산투자 현황(2010년 기준)3...3 1

그림 6-1. 바이오에너지 분야 기술로드맵251

그림 6-2. 바이오매스증산 분야 기술로드맵551

그림 6-3. 바이오 알코올 분야 기술로드맵551

그림 6-4. 바이오디젤 분야 기술로드맵651

그림 6-5. 바이오가스 분야 기술로드맵651

그림 6-6. 고체연료 분야 기술로드맵751

부록 그림 1. 농식품부의 농산업 R&D 총괄 기술로드맵861

부록 그림 2. 농식품부의 농산업 총괄 제품로드맵861



요 약

I. 서 론

□ 평가배경 및 필요성

- 농과위 평가체계의 조기 정착을 위해 대표성을 갖는 기술군으로 「농림수산식품기술 육성 종합계획」의 7대 분야 중 바이오 분야*(바이오에너지 분야, 동물·식의약품 및 소재분야)를 처음으로 심층 평가함

* 본 평가에서 제시하는 ‘바이오 분야’는 일반적인 기준에서 정의하는 ‘바이오’와는 정의와 범위에서 차이가 있음

- ‘바이오 분야’는 사업비 증가율이 높은 핵심분야로서 부·청의 다수 R&D 사업에 분산되어 있어 종합적인 평가가 필요함

II. 바이오에너지 분야 현황

□ 투자현황

- 농식품부(1개 사업), 농진청(2개 사업), 산림청(2개 사업)의 60개 과제, 74.17억원 지원되었음

바이오에너지 분야의 평가대상(2009년 기준)

	농식품부	농촌진흥청	산림청	합 계
과제 수(개)	15	40	5	60
예산(억원)	34.07	23.94	16.16	74.17

- 바이오에너지 분야를 바이오매스증산, 바이오 알코올, 바이오 디젤, 바이오 가스, 고체연료로 분류했을 때 투자액 기준 바이오매스증산분야(55.2%)에 가장 많은 투자됨
- 그러나 과제당 지원된 투자액은 바이오 알코올(217.3백만원)분야가 가장 많아 바이오매스증산(154.6백만원)보다 높게 지원되고 있음
- ※ 투자비중(2009년 기준) : 바이오매스증산(55.2%) > 바이오 알코올(34.5%) > 바이오가스(5.7%) > 바이오디젤(2.7%) > 고체연료(1.9%)

III. 평가결과 및 정책적 시사점

1 기획

가 평가결과

(1) 과제의 적절성

- 국정·농정 및 상위계획과의 부합성
 - 부청소관 바이오에너지 분야의 연구방향은 과학기술기본계획, 국가에너지 기본계획, 기후변화대응기본계획 등과 부합하며 농정시책에서 제시된 신고유가 시대 대비, 기후변화 대응방안 마련 등과도 부합함
 - 또한 평가대상 과제는 전체 바이오에너지 분야의 연구목표와 부합됨을 확인 하였으며 이는 상위계획-농정-과제선정 간 상호 연계성이 있음을 나타냄
- 국내·외 환경변화에 대한 반영여부
 - 지구온난화 극복을 위한 탄소배출량을 규제하는 교토의정서 발효(2005.2.16)로 세계 9위의 탄소배출국인 우리나라는 온실가스 감축의무 이행이 필요한 상황임
 - 해조류매스증산기술, 바이오수소 생산기술, 비발효 기술개발 등은 세계 특허에서 가장 연구가 집중된 분야임에도 불구하고 평가대상과제를 기준으로 보았을 때 과제수행이 되지 않고 있음

- 부·청이 경쟁적으로 지원하여 중복성이 우려되는 기술, 아직까지 선진국에서도 확립되지 않은 기술, 반대로 선진국에서는 거의 완성된 기술도 있어 기술별로 전략적인 접근이 필요함

(2) 사업간 차별성

□ 타 부처와의 차별성

- 바이오에너지 분야에 있어서 기본기술은 타 부처와 동일하기 때문에 기술개발 분야에 있어서 차별성은 모호하지만, 집중 연구영역과 적용분야에 있어서는 부처별로 뚜렷한 차별성이 인정됨
 - 교과부는 바이오에너지 전 분야에 걸쳐 기초기반 기술 육성분야에 지원하고 있으며, 지경부는 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스분야의 대량생산과 효율성 강화분야에 지원이 이루어지고 있음
 - 반면, 농식품부, 농진청, 산림청은 바이오매스증산 분야의 기술개발과 활용분야에 대한 투자액이 타 부처에 비하여 상대적으로 높다는 점은 부처별로 고유임무에 부합됨과 동시에 차별화되는 사업이 진행 중인 것으로 판단됨

□ 부·청간 차별성

- 바이오에너지분야에 대한 농식품부, 농진청, 산림청간의 중복성 논란도 있으나 본 기술분야 평가를 통하여 분석한 결과, 현재 진행 중인 대부분의 과제는 부·청의 핵심역량과 연관성이 높은 과제인 것으로 판단됨
 - 부·청의 핵심역량에 대한 구분이 명확해질수록 상호보완 및 상승효과가 나타날 수 있을 것으로 기대됨
 - 그러나 기획, 관리, 연구개발 기능이 농식품부, 농진청, 산림청에 분산되어 있는 현재의 상황에서는 농과위의 종합·조정 기능이 강화되어야 그 효율성이 높아질 수 있음

나 정책적 시사점

- 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」에 부합되는 과제기획 필요
 - 바이오에너지분야 연구는 국가의 미래 경쟁력 강화와 관련되어 시급하고 중요한 연구 분야이므로 전략적으로 추진되어야 함
 - 가칭 「신규과제 합동기획단」을 운영하여 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」을 포함한 국가상위계획과의 부합성을 바탕으로 부·청이 조화와 균형을 이루는 과제기획이 필요함
 - 바이오에너지 분야는 타 분야에 비하여 실용화가 가능한 분야로서 부·청 별로 추진된 현재까지의 연구결과를 공유하여 후속단계로 진입시킬 수 있는 시스템구축이 필요함
- 부·청의 핵심역량 강화를 위한 과제기획 필요
 - 부·청은 고유 임무를 수행하면서, 동시에 핵심역량을 강화시킬 수 있는 분야의 과제기획을 강화시켜야 함
 - 동일한 기술분야에 경쟁적으로 연구비를 투자하기 보다는 핵심역량을 갖춘 기관과의 협력연구를 통하여 기술을 확보하고, 이를 기반으로 한 공동연구과제발굴도 활성화 시켜야 함
- 민간 연구분야 활성화 방안
 - 국가연구기관(농진청, 산림청)은 공익적 성격의 연구(예, 바이오매스 작물 품종개량, GM작물 활용 등), 대규모 예산이 투입되어야만 하는 연구(설비분야)와 장기간이 소요되는 연구 등에 집중해야 함
 - 민간부문과 경쟁이 되는 영역의 연구는 민간 영역에서 참여할 수 있도록 재조정하여야 함
- 핵심기술의 투자계획에 대한 고려사항
 - 부·청의 핵심역량을 강화시키는 차원에서 핵심기술 중 과제수행이 되지 않은 기술을 우선 선정하여 그 이유를 심층 분석하고, 반드시 필요한 기술이라면 그에 대한 해결방안을 모색해야 함

- 핵심기술 중에서 과거에 과제가 수행된 경우에는 그 성과를 재검토해 보고 필요시에는 재투자하는 전략도 필요함
- 부·청에서 공동(중복) 투자되는 기술의 경우에는 핵심기술의 우선순위가 높은 기관에서 주관할 수 있도록 조정이 필요함
- 논문, 특허 등 정량적 목표달성이 가능한 과제 수행을 지양하고, 원천 기술 확보나 다음단계의 기술발전을 위하여 꼭 극복해야 하는 기술을 차년도 과제기획에 우선적으로 반영해야 함

□ 부·청의 차별성

- 부·청은 본 평가에서 제시한 핵심기술을 중심으로 기술개발에 주력해야 하고 이는 자연스럽게 부·청의 역할을 구분시키는 기준으로 적용되리라 기대함
 - (농식품부) 바이오매스증산기술 중에서도 해조류의 품종개발과 대량 생산 등 3세대 에너지자원 확보기술에 선택과 집중이 필요함
 - (농진청) 바이오매스 중에서도 원료작물의 개발과 품종육성을 비롯하여 재배기술 개발 등이 포함된 분야가 핵심기술로 나타나고 있으므로 기존의 인프라를 활용하여 이 분야의 경쟁력을 더욱 강화시킬 필요가 있음
 - (산림청) 임산자원의 효율적 이용방법을 포함하여 폐자원(산물)의 활용 방안을 제시하는 분야를 핵심역량으로 강화시키기 위해서는 이 분야에 대한 집중적인 지원이 필요함

□ 부·청간 연계분야

- 3기관(농식품부, 농진청, 산림청) 공통 핵심기술인 열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술, 섬유소 분해효소 각테일 개발기술, 부산물 재활용 기술 및 농공산업 폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술은 3기관이 공동 참여하는 연계연구가 필요함
- 농식품부와 농진청의 공통 핵심기술은 기반기술 또는 원천기술 성격이 강하므로 이를 위하여 외부기관(대학 등)과 공동연구가 필요함
- 농식품부와 산림청의 공통 핵심기술은 산림부산물을 이용한 실용화를 전제로 하는 기술로 이를 기준으로 두 기관의 연계연구가 필요함

- 농진청과 산림청의 공통 핵심기술은 품종육성과 같이 장기간이 소요되고 민간분야에서 수행하기 어려운 기술내용으로 사안별로 국가연구 기관간 연계연구가 필요함
- 5개년 실천계획과 부·청별 수립 로드맵의 보완 필요
 - 현재 5개년 실천계획에서는 세부기술까지 다루고 있지 않는 한계점을 가지고 있으며 부·청이 수립하고 있는 로드맵이 유사한 내용을 가지고 있으므로 농식품분야 전반을 반영하는 종합적인 입체적인 로드맵 작성이 필요함
 - 본 평가에서는 부·청 모두 공유할 수 있는 5개 분야(바이오매스증산, 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료)에 대한 기술로드맵을 제안함(보다 세부적인 내용과 분야별 기술로드맵은“VI. 평가결과 요약 및 정책적 시사점”참조)

2 예 산

가 평가결과

(1) 투자의 적절성

- 바이오매스증산과 바이오알코올 분야에 많은 투자가 이루어지고 있음
 - 바이오매스 증산 중 해조류매스증산 기술개발 분야와 신개념 바이오에너지 기술개발 분야는 매우 저조한 것으로 나타남
 - 바이오알코올 중 섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발분야를 제외한 분야는 투자가 이루어지지 않고 있는 실정임
- 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료 분야는 전반적으로 예산투자가 미흡한 상황임
 - 모든 기술에 대한 예산지원은 불가능한 상황이므로 부·청별 핵심기술의 우선순위와 내부역량, 제시된 평가결과를 바탕으로 투자전략이 수립되어야 함

(2) 예산규모의 적절성

- 바이오매스 증산과 바이오알코올의 경우 과제당 예산규모는 적절한 것으로 판단되나 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료는 과제당 예산 규모 뿐만 아니라 전체 투자규모에서 저조함

나 정책적 시사점

- 세부기술 로드맵에 근거한 예산 확보 및 자원배분 필요
 - 바이오에너지 분야의 국가 경쟁력을 높이기 위해서 본 평가서에서 제시한 세부기술은 최대한 빠른 기간 내에 확보해야 할 기술로 판단됨
 - 그러나 한정된 재원을 효과적으로 사용해야 하는 현행 예산지원 시스템을 감안해 볼 때 핵심기술 위주의 투자가 불가피하며, 이러한 경우 우선 순위에 따른 자원배분이 이루어져야 하며 차년도 예산 확보와 자원 배분을 위해 이러한 우선순위가 활용되어야 함

3 성과

가 평가결과

(1) 목표달성 가능성

- 바이오에너지 분야 평가 대상과제(60과제) 중 13과제(바이오매스 증산 12개, 바이오알코올 활용과제 1개)는 목표가 불분명한 것으로 평가됨
- 목표달성이 불가능한 것으로 평가된 과제도 5과제(바이오매스 증산 2개, 바이오알코올 1개, 바이오가스 1개)에 달함

(2) 기대효과의 실현가능성

- 기대효과의 수준
 - 전체적으로 기대효과 수준이 높은 과제는 15개(25%)였으나, 바이오매스 증산 분야에 속한 과제는 기대효과가 낮게 나타남
 - 기대효과 수준이 매우 낮은 과제도 15개(25%)에 달하여, 예산투입의 비효율성에 대한 지적도 우려됨

□ 기대효과 실현 시기

- 3년 내 기대효과가 실현될 수 있다고 판정된 과제는 6과제(바이오매스 증산 분야 4과제, 바이오알코올 분야 1과제, 바이오디젤 분야 1과제)임
- 그러나 기대효과가 실현 불가능할 수 있다는 평가도 6개(10%)로 나타났다으며 이러한 과제는 실패할 가능성이 높은 것으로 예측됨

나 정책적 시사점

□ 기술수준이 반영된 목표설정 필요

- 명확한 목표가 제시되어야 하며, 더불어 달성 가능한 목표치가 설정되어야 함
 - 과제선정 평가 시 유리하게 작용되기 위하여 과도한 목표를 제시하는 관행을 바로잡고, 객관적으로 연구자의 능력과 국내의 현행기술 수준이 고려된 목표가 제시될 수 있도록 선정평가를 강화하여야 함

□ 기대효과의 실현 가능성

- 기대효과에 대한 근거자료를 의무적으로 제시하도록 요구하여야 함
 - 개량화되지 않은 기대효과는 평가의 척도가 없으므로 무의미함

□ 분야별 성과지표의 발굴

- 부·청을 연계한 동일 기술군 분야에 대한 평가와 이를 통한 거시적 연구 방향을 수립함에 있어 표준화된 성과지표의 부재는 평가결과의 신뢰도를 낮출 수 있음
 - 따라서 향후 농식품부, 농진청, 산림청이 공동으로 추진하고자 하는 농림수산식품 R&D 통합DB 구축사업을 진행함에 있어 공통된 평가 지표와 표준화된 양식이 필요할 것으로 판단됨

서론

1. 평가배경 및 필요성
2. 평가의 기본방향 및 방법
3. 주요 평가항목

I. 서론

1. 평가배경 및 필요성

농과위 평가체계의 조기 정착을 위해 대표성을 갖는 기술군으로 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」의 7대 분야 중 ‘바이오 분야’를 심층평가하기로 의결(제4차 농림수산식품과학기술위원회, 2010. 1.)¹⁾

□ 평가의 필요성

- ‘바이오’분야(동물·식의약품 및 소재, 바이오에너지)는 사업비 증가율이 높은 핵심분야로서 농림수산식품부·농촌진흥청·산림청(이하 “부·청”)의 다수 R&D 사업에 분산되어 있어 종합적인 평가가 필요
 - 바이오 TRM 예산(비중) : 2005년 254억원(11%) → 2010년 504(12%) → 2014년 1,458(15%)
 - 부·청의 평가대상 사업 26개 중 14개가 바이오 분야를 포함
- 연구 목표가 국가의 장기적 수요에 부합하였는지 전반적인 평가가 필요함
 - 부처별 예산 관행 및 연구주체의 경로 의존성을 벗어나, 장기적인 목표 달성을 위하여 국가 R&D 기획과 투자가 이루어져야 함
 - 예산배분 관행에 따라 과거에 국가 R&D를 주도하던 연구주체들이 새로운 환경에서도 과거의 역할과 기능을 담당하고 있지 않은지 점검하는 것이 필요함
- 부·청별 임무와 핵심역량을 파악하여 부·청간 중복투자에 따른 감사 기관이나 국회로부터 지적을 사전예방하고, 핵심역량에 투자를 유도하여 농식품분야의 경쟁력을 키워가는 전기를 마련하는데 있음

1) 농과위에서는 기술분야 평가대상으로 중장기 투자확대가 필요한 분야, 미래 성장동력 분야, 국가과학기술 기본계획에서 제시된 국가육성기술에 포함되는 분야, 주요현안 중에서 평가의 필요성이 인정되는 분야를 선정하도록 되어 있음

□ 추진경위

- 농림수산식품과학기술육성법 공포(2009.4.)
 - 농림수산식품과학기술의 발전 기반을 조성하고 체계적인 육성 방안 마련
- 농림수산식품과학기술위원회(이하“농과위”) 발족(2009.4.)
 - R&D 정책방향(연구개발사업 평가 포함) 수립·조정 기능 수행
- 농림수산식품기술기획평가원 설립(2009.10.)
 - 연구개발사업의 기획·관리·평가를 지원하는 전문기구로 설립
- 농림수산식품기술 육성 종합계획 수립(2009.12.)
 - 6대 핵심추진전략의 세부과제로서“평가체계 혁신”방향을 제시
- 농림수산식품과학기술 연구개발사업 평가 기본계획 수립(2010.1.)
 - 기술분야평가로 농식품부청소관 바이오 분야를 평가대상으로 선정하고 현장실용기술 분과위원회에서 평가단을 구성하여 수행하도록 결정

2. 평가의 기본방향 및 방법

□ 평가 기본방향

- 농림수산식품관련 정책 및 R&D 종합계획과 연계·조화할 수 있도록 타사업 및 부·청의 핵심역량을 고려한 입체적 평가
 - 현황분석과 진단 후 해야 할 부분을 하고 있는지 주요하게 평가하고 그에 맞는 부·청의 2011년 과제기획의 방향, 예산배분 시 우선순위, 협조체계 구축 및 제언 등의 기획중심 평가

□ 평가대상 및 범위

- 농림수산식품부(이하 농식품부), 농촌진흥청(이하 농진청), 산림청 소관 바이오에너지 분야를 포함한 사업 내 과제
 - 사업군 현황 : 농식품부(1개 사업), 농진청(2개 사업), 산림청(2개 사업)

표 1-1. 바이오에너지 분야의 평가대상²⁾

	농식품부	농촌진흥청	산림청	합 계
과제 수(개)	15	40	5	60
2009년 예산(억원)	34.07	23.94	16.16	74.17

- 농과위 기술분야 평가는 분야 기술을 기획, 예산, 성과부분으로 나누어 평가하고자 함
 - (기획) 바이오에너지 분야가 국정·농정 등 상위계획과 부합하는지 파악하고 타부처 및 부·청간의 차별성을 분석함
 - (예산) 세부분야별로 투입된 예산규모를 검토하고 타부처와의 과제당 투자규모를 분석함
 - 부·청별 및 세부과제별, 예산투입 부분은 국가과학기술정보지식서비스(NTIS)에서 정보수집이 가능한 2008³⁾년을 기준으로 수행함

2) 바이오에너지평가대상에 대한 부·청별 과제목록은 부록 1 참조

3) 바이오에너지 분야와 관련하여 NTIS상에 이용이 가능한 가장 최근 자료는 2008년 자료로서 2009년 자료는 2010년 하반기가 되어서야 이용이 가능함

- (성과) 평가대상과제(60과제) 중 현재 사업이 진행되고 있는 과제가 43과제이므로 연구가 진행 중인 과제에 대한 성과를 평가하는 것은 적절치 않다는 평가단의 판단에 따라 과제의 목표달성 가능성과 기대효과의 실현가능성을 판단하여 분석함

□ 평가방법

○ 바이오에너지 분야의 현황과악

- 바이오에너지 분야별 국내외 현황, 연구동향, 기술수준, 산업화 동향분석

○ 바이오에너지 분야별 최근 쟁점사항 파악

- 5개 분야(바이오매스 증산, 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료)에 대해서 전문가그룹과 평가단의 견해를 기초로 세부분야를 도출
- 세부 분야별로 관련기술을 선정

○ 세부기술의 분류

- 기술의 정의에 따라 기반기술(Enabling Technology), 전환기술(Interim Technology), 필수기술(Core Technology)로 분류

○ 부·청별 핵심기술 파악

- 핵심기술 선정 : 필수기술 중에서 전문가그룹과 평가단에서 관련기관의 핵심역량과 연관된 기술위주로 선정
- 부·청의 핵심역량 강화 방안제시
- 핵심기술의 중요도와 시급성에 따라 순위 부여하고 이를 투자 우선 순위에 활용

○ 로드맵 작성

- 부·청별 핵심기술을 중심으로 바이오에너지 5개 분야에 대한 연차별 세부로드맵을 작성
- 핵심기술의 순위에 따라 중점지원시기를 결정하여 로드맵을 완성
- 금년도 평가대상 과제를 기술 분야별로 재분류하고 동시에 세부로드맵과 비교하여 우선적으로 기술 확보가 필요한 분야가 무엇인가를 파악하는데 활용

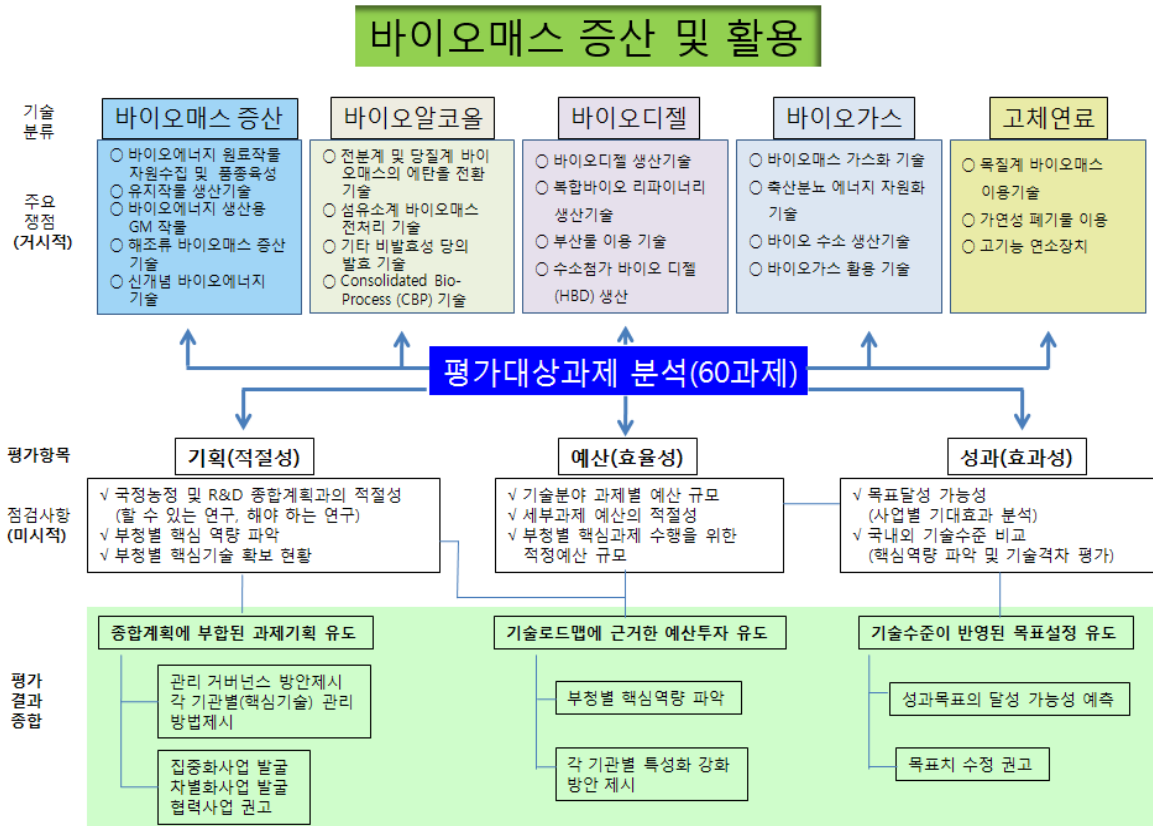


그림 1-1. 바이오에너지 분야 기술분야 평가추진도

□ 평가결과의 활용

- 농림수산물 관련 정책 및 R&D 종합계획과 연계·조화되는 R&D 사업으로의 방향 제시
- 체계적인 조사·분석과 평가를 통해 종합적으로 현황을 파악하여 예산 조정·배분 방향, 정책·사업기획 등의 기초자료로 활용
- 부·청의 연차별 시행계획 등에 반영 및 환류
 - R&D 추진체계 개선, 중복성 조정, 사업간 연계를 통한 공동기획과제 발굴 등 개선사항 제시

□ 평가위원단 구성 및 평가일정

- 녹색성장 신성장동력 분과위원 중에서 관련 분야의 전문가로 선출된 평가위원 5인으로 구성

- 평가단 총괄 운영을 위해 평가위원 중 평가단장 선출
- 평가위원은 필요시 특성에 맞게 평가항목 및 지표개발 등을 조정하고, 이에 따라 사업의 문제점 및 개선사항 등을 도출
- 평가에 필요한 조사·분석, 예비평가서 및 평가위원 결과 취합 등 평가와 관련된 전반적인 지원업무를 위해 간사(평가원 1인)를 둠
- 특정 전문분야에 대한 조사 및 분석을 위해 외부 전문가를 활용하였으며 간사는 이를 총괄 정리하여 평가단에 제공(외부 전문가의 구성과 활동 내용은 부록 2, 3 참조)

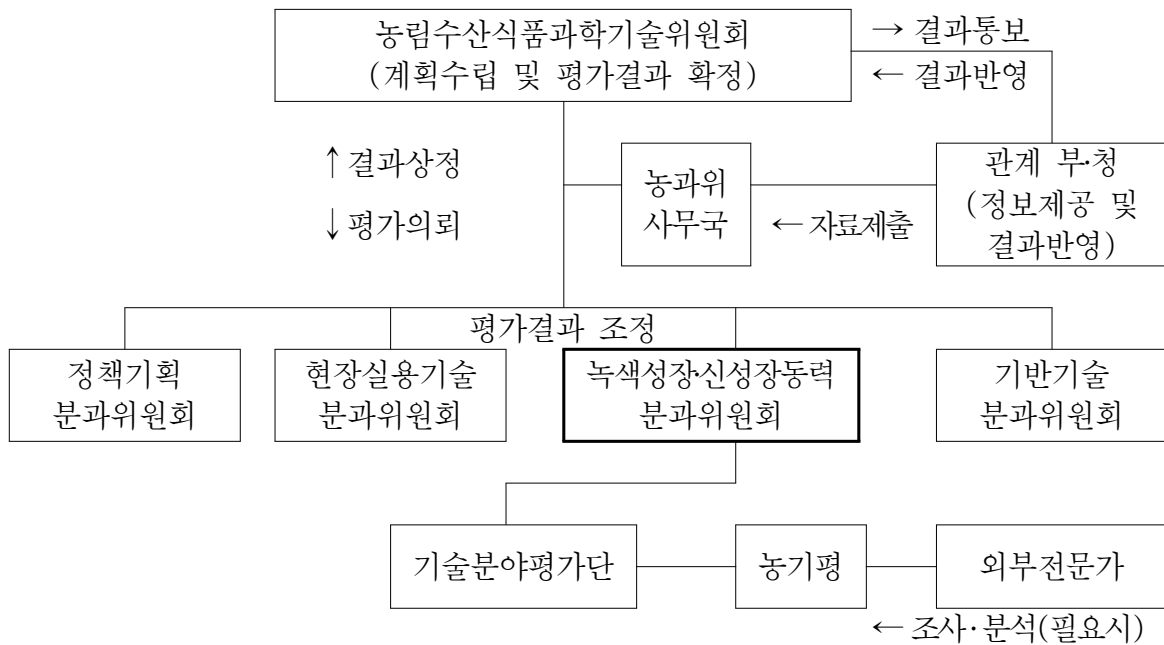


그림 1-2. 기술분야평가 추진체계도

표 1-2. 기술분야 평가일정 및 주요내용⁴⁾

구 분	일 시	장 소	주 요 내 용
녹색성장·신성장 동력분과위		평가원	·평가단구성 및 운영방안 협의
평가단착수회의	'10.02.10.	평가원	·평가추진 방향, 평가추진체계 및 방법 논의
제1차 평가단회의	'10.03.16.	평가원	·바이오에너지 분야 국내외 동향분석 자료검토 ·효율적인 평가방안 협의
제2차 평가단회의	'10.05.18.	평가원	·기초자료 검토 및 보완사항 논의 ·거시적 측면에서 주요쟁점 사항 도출
제3차 평가단회의	'10.06.24.	평가원	·부칭별 핵심기술 도출을 위한 전문가의견 검토 ·제1차 합동회의에 대비한 의견조정
제1차 합동회의1)	'10.07.05.	평가원	·평가결과보고서 작성 양식 및 목차 협의 ·성과평가 방법 논의
제5차 평가단회의	'10.08.18.	평가원	·보고서 초안 검토
녹색성장·신성장 동력분과위	'10.08.30.	평가원	·평가결과보고서(안) 분과위 보고
-	'10.09.06. 주간	-	·이의신청
녹색성장·신성장 동력분과위	'10.09.13. 주간		·최종평가결과보고서(안) 검토
농과위	'10.09.29.	농식품부	·기술분야 평가결과 심의

1) 동물식의약품 및 소재분야 평가단과 평가보고서의 전반적인 사항을 공유하기 위해 합동 회의를 개최함

4) 전문가 그룹회의와 바이오에너지 분야 회의일정 및 내용은 부록3 참조

3. 주요 평가항목

□ 사업목적의 적절성

- 국정·농정목표 및 농림수산물과학기술 육성 종합계획과의 부합성
 - 해당기술이 포함된 사업이 과학기술기본계획, 농정시책, 농림수산물과학기술 육성 종합계획 등의 취지에 부합하여 추진하고 있는가?
- 국내·외 환경변화, 기술동향 등의 반영여부
 - 국내·외 기술동향 및 기술수준을 분석하여 사업내용에 적절히 반영하였는가?
 - 경제·사회적 환경변화를 파악하여 환경변화에 대한 분석내용을 사업에 잘 반영하였는가?
- 유사연구 사업간 차별성 및 연계성
 - 유사한 타 사업은 무엇이며 차별화된 목적 및 내용을 가지고 추진하고 있는가?

□ 추진체계 및 투자의 적절성

- 추진체계의 합리성
 - 효과적인 사업추진을 위한 연계 또는 협력체계가 구성되어 있는가?
- 사업목적 대비 연구분야별 투자의 적절성
 - 분야별 투자의 적절성 여부 및 부족한 부분과 개선해야 할 부분이 있는가?

□ 예상성과

- 당초 계획대비 성과의 달성 가능성
 - 목표가 명확하게 설정되었는가?
 - 실현가능한 목표를 제시하였는가?

○ 기대효과의 실현 가능성

- 새로운 기술영역의 개척, 시장의 확대 또는 창출, 표준화, 국제규격화 (표준정비), 공익적 가치창출, 문화 발전에 이바지 등에 있어 기대효과의 실현 가능성은?

표 1-3. 기술분야 평가항목 및 지표

평 가 항 목	
1. 기획	
1-1. 과제의 적절성	
	1-1-1. 국정·농정목표 및 상위계획과의 부합성
	1-1-2. 국내·외 환경변화, 기술동향 반영
1-2. 사업간 차별성	
	1-2-1. 타부처와의 차별성
	1-2-2. 부·청간 차별성
2. 예산	
2-1. 투자의 적절성	
2-2. 예산규모의 적절성	
3. 성과	
3-1. 목표달성 가능성	
3-2. 기대효과의 실현가능성	

바이오사업군 개요

1. 바이오 정의 및 범위
2. 농림수산식품분야의 바이오 영역
3. 농림수산식품과학기술육성
종합계획 상 '바이오' 분야

II. 바이오사업군 개요

본 평가는 농림수산물식품과학기술 육성 종합계획에서 분류된 20개의 세부분야 중 '바이오 분야'에 해당되는 기술을 평가하는 것으로 일반적인 기준에서 정의되는 '바이오'와는 개념과 적용 범위가 상이하어 그 대상 및 범위를 설명하고자 함

1. 바이오 정의 및 범위

□ 일반적인 바이오의 정의

- '바이오'는 바이오기술(BT, 바이오테크놀로지)의 준말로 일반적 사용함
- 바이오기술이란 생물체의 기능과 유전정보를 규명하고 이를 이용·활용하여 산업 및 인류복지에 응용하는 과학기술을 총칭하고 있음(제7회 과학기술 관계장관회의(2005.5.26.) 바이오 연구개발의 효율적 추진방향 참조)
 - 이는 생명과학, 생명공학 및 생명공학 활용 신약개발 관련 화학을 포괄하는 광의의 개념임

바이오기술 = 생명과학 + 생명공학 + 화학(신약)

표 2-1. 생명과학, 생명공학, 화학의 개념

분야	정의	비고
생명과학	생명현상이나 생물의 여러 가지 기능을 밝히고 그 성과를 의료 등 인류복지에 응용하는 종합과학	
생명공학	생물체, 생물전자정보를 이용하여 산업적으로 유용한 생산물을 만들거나 개선하는 학문과 기술	「생명공학육성법」(2008.2.29.)
화학	물질의 성질, 조정, 구조 등을 다루는 학문과 기술	최근 신소재개발과 생명현상을 탐구하는 부분에 관심 증대
화합물 신약	전통적인 화학적인 약개발을 말하며 저분자(기존방법) 화합물 위주	
바이오 신약	생명현상의 원리규명에서부터 시작하며 단백질(새로운 방법), 유전체, 줄기세포 등 새로운 개념을 도입한 치료제	바이오신약과 화합물신약 모두 생명공학영역으로 포함하는 추세

자료 : 2009 생명공학백서, 교육과학기술부

□ 바이오의 범위

- 「제2차 생명공학육성기본계획(Bio-Vision 2016)」에서는 생명공학, 보건의료, 농축산·식품, 산업공정/환경·해양수산, 바이오융합으로 분류하고 「국가과학기술표준분류」의 세부기술 목록과 연계하여 객관적 기준을 적용함

표 2-2. 제2차 생명공학육성기본계획에서 분류한 바이오 분야 기술

분야	기본계획 분류	과학기술 표준분류상 기술
생명과학	유전체·단백체, 세포체·대사체, 뇌과학·생체/생화학, 생체네트워크	C6 생화학, D1 생물학, D2 유전공학, D3 단백질·탄수화물·지(방)질 공학, D4 세포·조직공학 등
보건의료	기초 의과학, 임상의과학, 제품화 기술, 인허가	M1 기초의과학, M2 임상의과학
농축산·식품	농생물자원 및 유전체 정보이용기술, 기능성 식품공학기술, 유전자변형 농생물체 개발 및 안전성 평가기술	D8 생물자원 보존·생산·이용기술, L3 축산, L4 수의학수의과학, L5 농공기술, L6 산림관리·조경, L9 식품가공기술
산업공정/환경·해양수산	산업공정기술, 환경생명공학기술 (환경+IT, NT 등 융합기술 포함), 해양수산 생명공학기술	D5 생물공정·대사공학, E6 해양과학, N 환경
바이오 융합	BT-IT 융합기술, BT-NT 융합기술, BT-IT-NT 융합기술	D7 나노바이오, M4 의료공학, M6 의료정보학

자료 : 제2차 생명공학육성기본계획(Bio-Vision 2016), 교육과학기술부, 2008년

- 국가차원에서 관리하고 있는 「미래유망신기술분류체계」는 바이오기술 (BT)분야로 기초·기반기술, 보건의료관련 응용, 농업·해양·환경관련 응용으로 분류하고 있음
 - (기초·기반기술관련 기술) 유전체기반 기술, 단백질체 연구, 생물정보학 기술, 생명현상 및 기능연구, 뇌신경과학연구, 생물공정 기술, 생명공학 산물 안전성 및 유효성 평가기술, 바이오칩 개발기술, 기타 기초·기반기술
 - (보건의료관련 응용) 바이오신약개발기술, 난치성 질환치료기술, 생체 조직 재생기술, 유전자 치료기술, 기능성 바이오소재 기반기술, 한방 응용기술, 의과학·의공학 기술, 식품생명공학기술, 기타 보건의료관련 응용기술
 - (농업·해양·환경관련 응용) 유전자변형 생물체 개발기술, 농업·해양생물 자원의 보존 및 이용기술, 동식물 병해충 제어기술, 환경 생명공학기술, 기타 농업·해양·환경응용기술

표 2-3. 바이오기술 분야 세부기술 분류표

구 분	기술명	분 류 기 준
기초·기반기술	유전체 기반기술	신규 유전체 자원 탐색 및 확보기술, 유전체 서열 고속해독 및 분석기술, 유전체 구조해석기술, 유전자 발현 및 대량생산기술, 화학유전체 기술 등
	단백질체 연구	단백질공학기술, 구조생물학기반기술, 단백질체 구조 및 기능해석기술, 단백질 발현 및 생산기술, 생체내 단백질의 상호네트워크분석기술, 단백질체 고속 분석기술, 질병 치료제 및 진단시약 개발을 위한 신규마커의 탐색 등
	생물정보학 기술	유전체 및 단백질체의 대량 DB 구축 및 관리, 바이오 DB의 mining을 통한 유용생물정보 발굴, 단백질의 3차구조 및 약물 상호작용 연구 등
	생명현상 및 기능연구	노화연구, 유전자발현 조절기술, 극한 환경에서의 생명체 연구, 세포의 증식·분화·사멸·신호전달 연구, 면역 제어 및 세포기능 조절기작 연구, 생체물질의 구조기능연구, 유전정보 및 기능 유전체학을 이용한 질병 유전자 기능연구 등
	뇌신경과학 연구	신경독성 기전 연구, 신경영양인자 및 신경세포재생연구, 뇌신경질환의 역학 연구, 병인기전 연구 및 조기 진단법, 뇌신경질환 치료제 개발 등
	생물공정 기술	대사공학기술, 재조합 미생물을 이용한 단백질, 아미노산 및 대사산물 생산기술, 재조합 동물 세포를 이용한 단백질 생산기술, 고생산성 생물공정 기술, 세포주 개발기술, 단백질 정제기술 등
	생명공학산물 안전성 및	유전자재조합 단백질의약품·세포치료제·유전자치료제의 안전성·유효성 평가기술, 바이오식품·바이오화장품의료기기 등에 대한 안전성·유효성평가

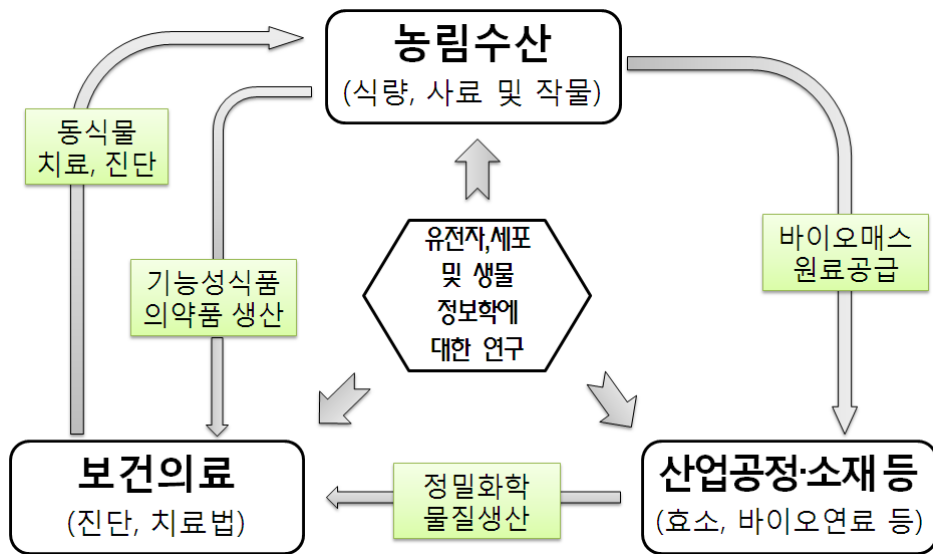
구분	기술명	분류기준
	유효성 평가기술	기술, 유전자 변형 동식물에 대한 안전성·유효성 평가체계 구축 등
	바이오칩 개발기술	DNA chip, protein chip, lab-on-a chip 등
	기타 기초기반기술	physiomics, Bio-MEMS, 생체모방기술, 달리 분류되지 않는 생명공학 기초기반기술
보건의료 관련응용	바이오신약 개발기술	약물전달기술, 신규 질병표지물질 개발, 변환단백질 치료제(치료용 항체, 면역독소 항암제, 치료용 백신)개발, 신약후보물질 초고속 검색기술 등
	난치성 질환 치료기술	난치성 질환극복을 위한 면역조절기술, 퇴행성 질환의 조기진단 및 치료 기술개발, 개인중심의 맞춤치료기술 등
	생체조직 재생기술	세포분화기술, 조직재생유도기술(tissue engineering), 줄기세포 배양, 3차원 세포배양기술 등
	유전자 치료기술	치료 유전자 발굴 및 유전자 전달 벡터개발, 유전자 조절 스위치 개발 및 벡터의 효율 향상, 유전자 치료제 및 DNA 백신 등
	기능성 바이오소재 기반기술	신기능 바이오 촉매 기술, 유용 천연물 탐색·활용 기술, 바이오의약품소재 개발, 신약 후보물질 활용기술 등
	한방응용기술	한약재 안전성 확보, 한의학의 생명자원 산업화, 생명공학기술의 한방 응용기술 등
	의과학의공학 기술	분자의과학 연구, 의료용 생체공학 기술 등
	식품생명 공학기술	기능성 식품개발기술 등
기타 보건의료 관련 응용기술	의료정보체계 기술, 달리 분류되지 않는 보건의료 생명공학기술 등	
농업·해양 환경 관련 응용	유전자 변형 생물체 개발기술	농업·해양형질전환 동식물, 발생생물공학, 육종기술, 생물체 복제기술, 곤충 이용 기반기술, 형질전환 실험동물 모델개발, 형질전환 동식물을 이용한 단백질 생산기술 등
	농업·해양 생물자원의 보존 및 이용기술	생물 다양성 활용기술, 국가 생물다양성 조사·보전, 농업·해양 생물자원 확보 및 유전체 분석·활용기술, 분자표지를 이용한 작물 및 가축의 분자 육종 체계 확립, 해양자원을 이용한 신의약신소재 탐색 개발 및 활용 기술 등
	동식물병해충 제어기술	병충해 관련 유전자 및 단백질 분석기술, 병충해 감염 조기진단 chip 개발 등
	환경 생명공학기술	환경 친화형 생물소재 개발, Bioremediation 등
	기타농업·해양·환경응용기술	실험동물 이용기술, 고유식품개발, 달리 분류되지 않는 농업·해양 관련 생명공학기술

자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

2. 농림수산식품분야의 바이오 영역

□ 바이오산업의 근간

- 농림수산분야는 최종산물을 생산·활용할 뿐만 아니라 기본소재를 유지·관리 및 제공하는 바이오산업의 근간이 되는 것으로 「미래유망신기술 분류 체계」에서 볼 때 기초·기반기술과 농업·해양·환경관련 응용에 해당됨



자료 : 농림수산생명공학 발전방안, 농식품부, 2009

그림 2-1. 바이오산업의 근간

- 농림수산물로부터 기능성을 갖는 소재를 개발하고 추출, 분리, 생산기술을 향상하는 것은 국산 농림수산자원의 활용성을 증대시켜 농어가소득 및 농업 경쟁력을 증진시키는 결과를 창출할 것으로 기대됨
- 바이오산업은 농림수산업에서 보건의료, 산업공정까지 다양한 분야로 확대되고, 향후 각 분야가 서로 통합될 것으로 전망되므로 농림수산식품 분야의 바이오 영역은 확대될 것으로 판단됨

표 2-4. 바이오기술을 통한 응용분야

분 야	내 용	분 야	내 용
생물화학	효소, 생물농약, 화장품 등	바이오식품	기능성식품, 아미노산 등
생물환경	폐수처리용 미생물제제 등	생물전자	DNA칩, 바이오센서 등
생물의약	항생제, 동물약품, 복제장기 등	생물공정	생물반응기, 생체의료기기 등
에너지자원	바이오연료, 실험동물, GM작물 등	생물검정	생물정보서비스 등

자료 : 농림수산생명공학 발전방안, 농식품부, 2009

3. 농림수산식품과학기술육성 종합계획 상‘바이오’분야

□ 바이오의 범위

- 「농림수산식품과학기술육성 종합계획」에서는 7대 분야 20개 부문으로 기술개발 계획을 제시하고 있음
 - 바이오 분야는 7대 분야 중 하나이며 20개 부문 중 2개(동물·식의약품 및 소재와 바이오에너지)가 해당됨
 - 그 외 농림수산식품분야 중 바이오에 해당되는 내용은 목적에 따라 타분야로 분류되어 있어 본 평가에서 제시한 바이오 분야는 일반적인 바이오의 범위 중 일부분에 해당됨
- 본 평가에서 제시한 바이오 분야(동물·식의약품 및 소재와 바이오에너지)는 14개 국가연구개발사업에 과제로 지원되고 있음
 - 동물·식의약품 및 소재 분야는 농림기술개발사업, 바이오그린21, 임업 기술개발사업 등 12개 사업에 212과제로 지원되고 있음
 - 바이오에너지 분야는 바이오그린21, 농업공동연구, 농림기술개발사업, 임업기술연구개발, 산림과학기술개발사업 작물시험연구 등 6개 사업 60과제로 지원되고 있음

표 2-5. 부·청의 바이오 분야 R&D 사업현황

(단위 : 백만원)

사업명	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년
농식품부(6)	8,421	9,937	9,974	10,280	15,019	16,187
농림기술개발	5,308	5,618	6,427	7,801	9,885	10,870
농림바이오기술산업화지원사업	-	-	-	-	1,500	1,500
수의과학기술개발연구	888	2,423	1,751	722	1,047	1,153
수산기술개발사업	509	706	556	742	815	740
수산생명공학기술개발	780	200	140	165	522	544
첨단양식기술개발	936	990	1,100	850	1,250	1,380

사업명	'05년	'06년	'07년	'08년	'09년	'10년
농진청(6)	16,739	16,755	19,040	20,474	27,893	30,332
농업공동연구	3,439	3,443	3,912	4,207	3,970	5,036
원예연구	150	151	171	184	551	600
농업생명공학실용화기술개발	10,138	10,147	11,533	12,400	17,713	18,611
축산연구	2,392	2,393	2,720	2,925	3,154	3,430
작물연구	104	104	118	127	238	190
농업기초연구	516	517	586	631	2,267	2,465
산림청(2)	323	1,367	2,243	3,063	3,574	3,896
임업기술연구개발	-	150	370	1,274	1,535	449
산림과학기술개발	323	1,217	1,873	1,789	2,039	3,447
합계(14개 사업)	25,483	28,059	31,259	33,817	46,486	50,414

□ 바이오에너지 분야의 분류

- 평가의 선행작업으로 평가대상의 현황과 문제점을 도출하기 위하여 가장 먼저 수행한 작업은 바이오에너지의 세부분야를 구체화 및 그룹화하는 것임
 - 이를 위해 전문가 그룹에서는 바이오에너지와 관련된 이슈 또는 쟁점 사항을 자유롭게 도출하고 이를 그룹화하는 브레인스토밍 작업을 실시함
 - 전문가 그룹에서 판단하는 바이오에너지 분야는 5개의 분야(바이오매스증산, 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료)로 구분할 수 있었음
 - 각 분야에 속하는 세부분야(20개)를 다시 분류하고 세부분야에서 주요하게 필요시 되는 기술(100개)을 다시 도출함
- ※ 세부분야에서 매우 중요하게 판단되는 기술만을 도출한 것으로 제시된 기술 외에 다른 기술이 있을 수 있음

표 2-6. 5개 분야, 20개 세부분야, 100개 세부기술

분야(5개)	세부분야(20개)	세부기술(100개)
바이오매스 증산 (5개 세부분야)	바이오에너지 원료자원 수집 및 품종육성 (8개 세부기술)	바이오에탄올용 자원개발 및 품종육성
		바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종 육성
		신자원(비식량) 도입·개발 및 평가
		해외농장 현지적응 품종육성
		생태 친화/복원형 바이오매스 탐색
		바이오매스 생산성우수 수종 선발 및 육종(고성장/저리그닌)
		숲가꾸기 산물 수집
		벌채 및 수집 장비개발 기술
	바이오매스 작물 생산 기술 개발 (8개 세부기술)	원료작물 최대생산 작부체계
		저투입 친환경 기술개발
		바이오매스 형성 및 변환에 관한 연구
		원료(전분, 셀룰로오스, 리그닌) 성분분석
		시스템 생물학을 이용한 대사경로 개선
		원료작물 최대생산 시스템 개발
		원료의 수확, 수집, 운반, 저장 등의 체계적인 기술개발
		원료작물의 전과정 평가(환경성, 경제성 및 편익성)
	바이오 에너지 생산용 GM 작물 개발 (5개 세부기술)	세포벽 성분분석 및 모델링
		형질전환체 개발 및 효율 개선
		논 이모작 적응 및 기후변화대응 GM품종 육성
		GM작물 개발
GMO 안전성 검정(환경·인체)		
해조류매스증산 기술 개발 (5개 세부기술)	유용 해조류 자원탐색 및 품종개발	
	고밀도/외해용 해조류 대량생산기술	
	유기성 폐수(보조 탄소원) 이용 ; 배양조건	
	개방형 또는 밀폐형 광생물 반응기 개발	
신개념 바이오에너지 기술 개발 (4개 세부기술)	개량 연구(생리/생태, 대사공학 및 형질전환)	
	Bio-Alkane 생산용 미생물연구	
	섬유질계 바이오매스를 이용한 연료전지	
	미생물 연료전지 개발	
바이오 알코올 (7개 세부분야)	전분계 및 당질계 바이오매스의 에탄올 전환 기술 (5개 세부기술)	미래수요 예측 및 경제성분석
		물리화학효소 적당화 공정
		동시당화발효공정
		발효부산물의 처리
		전분이외의 화합물을 최소화한 에너지 작물 개발
		공정 최적화
		공정 최적화
	섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발(당화, 발효) (20개 세부기술)	물리화학적 전처리
		열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술
		생물학적 전처리(미생물 연구 및 활용)
		리그닌 분해용 효소의 개발

분야(5개)	세부분야(20개)	세부기술(100개)
		리그닌 분해의 메커니즘 규명
		리그닌을 활용한 소재화 기술개발
		페놀류(BTX) 단량체로의 전환기술
		cellulase 활성 기작 규명
		고농도 셀룰로스 분해효소 개발 생산기술 확립
		cellulase helping protein 개발
		xylanase 개발
		섬유소 분해효소 각테일 개발 기술
		전분 분해효소 대량생산
		5탄당 대사용 유전자 탐색
		5탄당 대사경로의 재설계 기술 개발
		5탄당의 에탄올 전환형 알코올 효모의 개발
		혼합당(예, 포도당+자일로스)의 효율적 에탄올 전환 공정개발
		6 탄당의 에탄올 전환 발효기술
		발효저해제 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발
		에탄올 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발
		기타 비발효성 당의 발효기술 개발 (3개 세부기술)
		세포벽 유래의 유로닉산의 대사경로 개발
		유로닉산의 바이오소재 전환기술 개발
	Consolidated Bio-Process(CBP) (3개 세부기술)	활성형 cellulase의 세포외 분비 및 세포막 고정 기술
		CBP 용 cellulase 및 알코올 생산미생물의 선별
		CBP 공정의 최적화
	해조류 활용 기술개발 (4개 세부기술)	전처리 기술
		당화/발효 공정 기술
		고부가가치 에탄올 생산, 가공 공정
		카로티노이드 등 바이오 소재 이용기술
	바이오에탄올 생산기술 (2개 세부기술)	무수 에탄올 생산용 기술 개발
	에탄올의 연료첨가물(예, ETBE)로의 전환기술	
부산물 활용 기술개발 (1개 세부기술)	발효부산물 처리 기술	
바이오디젤 (3개 세부분야)	바이오디젤 생산기술 (7개 세부기술)	목질계 바이오매스로부터 화학촉매를 이용한 바이오디젤 생산
		폐유지로부터 염기촉매를 이용한 바이오디젤 생산
		환경친화적인 고순도 바이오디젤 분리 정제 기술
		지방산 분해효소를 이용한 바이오디젤 생산
		바이오연료 생산 공정 최적화
		다양한 원료 적용이 가능한 연속식 소규모 바이오디젤 반응공정
		고집적 BT 기술 이용 바이오연료 산업의 원천 기술 확보

분야(5개)	세부분야(20개)	세부기술(100개)
	복합 바이오 리파이너리 생산기술 (3개 세부기술)	나노 바이오촉매 활용 바이오디젤 생산기술
		바이오디젤 생산을 위한 유화 계면활성제, 지질 과산화 억제제 연구
		바이오디젤 전환공정에서 발생하는 글리세롤을 활용한 신규 화학물질 개발
	부산물이용 기술 (4개 세부기술)	부산물 재활용 기술
		식이섬유 분리정제, 접착제, 펠릿 생산
		열처리에 의한 바이오 오일생산
		바이오연료 컨버터제작
바이오가스 (4개 세부분야)	바이오매스 가스화기술 (1개 세부기술)	열적분해를 통한 농어촌지역 폐바이오매스 가스화 기술 개발
	가축분뇨 에너지화 기술 개발 (4개 세부기술)	소화폐액 처리를 위한 폐수처리 기술
		소화슬러지 고품질 퇴·액비 생산 기술
		농공산업폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술
	바이오수소 생산기술 (1개 세부기술)	가축분뇨 바이오 가스 기술
	바이오가스 활용기술개발 (5개 세부기술)	농어촌 폐바이오매스를 이용한 생물학적 바이오수소 생산기술 개발
		매립지 가스수집 및 전처리 기술개발
		바이오가스 정제 국산화 기술개발
		동가형 소형 바이오가스 발전기 개발
		황화수소 등 미량가스 제거
		통합 혐기소화 공정을 이용한 연료전지 기술(2차 전지 전극용 소재 등)
고체연료 (1개 세부분야)	목질계 바이오매스 이용기술 개발 (7개 세부기술)	목탄 제조기술
		펠릿 제조기술
		목재 칩 보관 및 취급 기술
		브리켓 제조기술
		고형 바이오연료 규격화
		고형 바이오연료 연소 시스템
		목질계 연료전지 개발

※ 기술분야 평가를 위해 전문가그룹에서 분류한 내용임

Ⅲ

바이오에너지 분야 현황 및 동향분석

1. 바이오에너지 분야 개요
2. 바이오에너지 세부분야별 내용

III. 바이오에너지 분야 현황 및 동향분석

1. 바이오에너지 분야 개요

가. 바이오에너지 정의 및 필요성

□ 바이오매스

○ 바이오매스란 광합성에 의해 생성되는 식물체·균체 등의 유기물을 포함하는 생물 유기체로서 지구상에서 1년간 생산되는 바이오매스는 석유전체 매장량과 맞먹는 양으로서 고갈 우려가 없는 자원임

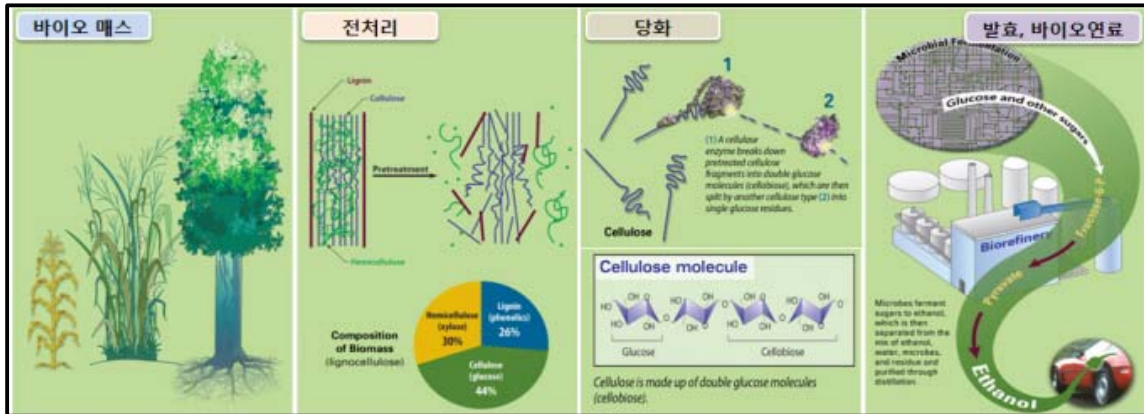
- 섬유소계 바이오매스는 광합성에 의해 연간 약 4×10^9 톤이 생성되는 지상에서 가장 풍부한 재생 가능한 순환자원임

○ 바이오매스는 전분질계(곡물, 감자류 등), 셀룰로스계(초본, 임목, 왕겨 등), 당질계(사탕수수, 사탕무 등) 및 단백질계(가축분뇨, 사체, 미생물 균체 및 이들로부터 유래하는 종이와 음식물찌꺼기 등 유기성자원)로 분류할 수 있음

□ 바이오에너지

○ 바이오에너지는 바이오매스를 이용하여 만들어지는 지속가능한 에너지를 말함

- 바이오매스는 생물학적, 화학적, 물리적 변환과정을 통해 액체연료(바이오에탄올, 바이오디젤), 바이오가스, 고체연료(바이오펠릿)의 형태로 이용하는 바이오연료임



자료 : U.S. Dept. of Energy Office of Science(<http://genomicscience.energy.gov> 재가공)
그림 3-1. 바이오매스로부터 바이오에탄올 생성과정

- 바이오에너지가 주목받는 가장 큰 이유는 지속적으로 재생 가능한 순환 자원을 활용하여 생산하고, 저장성이 좋으며, 탄소 중립적이어서 환경 친화적이고, 부존자원의 양이 충분하기 때문임
 - 바이오매스는 직접 에너지로 이용할 수도 있지만, 바이오매스의 종류에 따라 다양한 형태로 변환하여 활용 가능함
- 바이오에너지의 단점은 바이오매스 자원을 확보하는 데 어려움이 있고, 적용기술이 다양하며, 화석연료에 비해 생산단가가 높다는 문제점이 있음
- 바이오에너지는 탄소 중립적이므로 탄소배출비용을 지불할 필요가 없음
 - 2010년 7월 현재 탄소배출비용은 유럽의 경우 톤당 16유로이며 2020년 31유로에 이를 것으로 전망하고 있음(대표적인 컨설팅회사 포인트 카본 전망)

표 3-1. 바이오에너지 이용의 장·단점

장 점	단 점
·풍부한 자원과 큰 파급효과	·자원의 산재(수집, 수송이 불편)
·환경 친화적 생산시스템	·다양한 자원에 따른 이용기술의 다양성과 개발의 어려움
·환경오염의 저감(온실가스 등)	·과도 이용 시 환경파괴 가능성
·생성에너지의 형태 다양 : 연료, 전력, 천연 화학물 등	·단위 공정의 대규모 설비 투자

자료 : 에너지관리공단



자료 : 에너지관리공단

그림 3-2. 바이오매스의 다양성 및 에너지 변환원리

□ 바이오에너지 생산기술 개발의 필요성

- 화석연료 사용에 의한 환경오염, 지구온난화, 그리고 에너지 자원의 고갈은 인류의 지속가능한 발전을 위해 반드시 해결해야 할 과제임
 - 바이오에너지는 화석연료를 대체하면서 온실가스 감축과 기후변화 문제를 동시에 해결할 수 있는 에너지 자원으로 주목받고 있음
- 세계적으로 바이오연료의 대부분은 곡물(옥수수)을 이용한 바이오에탄올 생산으로 곡물가 폭등을 야기시키고 식량수급의 불안정을 초래함
 - 이에 대한 대안으로 농업부산물 또는 목재의 섬유소를 활용한 바이오에탄올 생산과 유채나 자트로파와 같은 식물성 오일을 이용한 바이오디젤이 있음
- 바이오에너지 생산기술의 개발은 에너지 자급률 증대, 바이오에너지 생산 관련 산업의 발달, 원천 기술의 확보 및 기술이전에 의한 지적재산권 문제에서도 주도권을 유지할 수 있는 중요한 사안임

- 바이오매스는 바이오피라이너리 공정을 거쳐 에너지와 바이오소재로 변환하는 과정을 보이고 있어 열화학공정을 통해 고급 바이오화학제품들이 출현할 것으로 기대하고 있지만 현재까지의 국내연구는 매우 부족한 실정임



자료 : EBN화학정보, 2007년

그림 3-3. 바이오피라이너리의 개념

□ 바이오에너지 관련 국내법률

- 에너지법
- 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법
- 저탄소 녹색성장 기본법

나. 바이오에너지의 종류

□ 바이오에탄올

- 바이오에탄올은 당을 포함하거나 당으로 전환될 수 있는 녹말이나 섬유소를 포함한 바이오매스로부터 생산되며 가솔린의 대체재로 사용할 수 있음
 - 미국은 주로 옥수수를 주원료로, 브라질은 사탕수수를, 유럽은 사탕무, 밀, 보리 등의 곡물과 사탕무를 주원료로 이용하고 바이오에탄올을 생산하고 있음

□ 바이오디젤

- 주원료는 유채(83%), 해바라기(13%), 대두(2%), 야자(1%), 폐식용유(1%)와 기타 어류나 동물성 유지를 사용함
- 바이오디젤은 재생 가능한 연료로서 현재의 경유를 대체할 수 있고 기존의 시설을 통해 운반, 판매가 가능하며 인화점(150℃)이 높아 폭발의 위험성이 적어 안정적임
 - 또한 미생물에 분해되며 독성이 없으며 연료로서 연소될 때 독성이나 기타 배출물이 현저하게 적음
 - 바이오디젤은 경유보다 동결점이 높아서 5℃ 이하에서는 유동성이 떨어져 연료 공급이 원활하지 못하기 때문에 순수 바이오디젤(BD100)을 사용하는 것보다 경유와 혼합하여 사용하게 됨
- 바이오디젤은 보통 경유보다 생산가가 높기 때문에, 이 점이 대중화의 최대 걸림돌로 지적되고 있으며 최근 수소첨가 바이오디젤(HBD)이 바이오디젤 대안으로 부상하고 있음
 - 수소첨가 바이오디젤은 다양한 식물성 기름, 동물성 지방과 폐식용유를 활용하는 대체에너지로서 기존 바이오디젤보다 발열량이 높고 밀도는 낮은 장점이 있음
 - 한국에서는 수소첨가 바이오디젤이 바이오디젤의 범주에 속할 수 있도록 법제화가 시급한 실정임
- 바이오디젤의 생산과 사용은 특히 유럽과 미국, 아시아에서 급격히 증가하고 있지만, 전체 연료 시장에서 차지하는 비율은 아직 미미함

□ 바이오가스

- 유기성 폐자원(가축분뇨, 음식물 쓰레기, 도축 부산물)을 이용해 열과 전기, 천연압축가스(CNG)를 생산하여 차량 연료, 전력 생산 및 열 등으로 에너지화 함
- 열화학 반응을 이용하여 바이오매스로부터 합성가스를 생산할 수 있음

- 이 과정을 통해 만들어진 중간물질들은 직접 연료로 쓰이거나 추가적인 정제 과정을 거쳐 오일, 가솔린, 디젤, 천연가스 등과 대체할 수 있는 연료로 변환이 가능함

□ 고체 바이오매스(바이오 펠릿)

- 바이오매스를 가공하지 않거나 압축 성형과정 등과 같은 1차 가공에 의해 개량한 고체 바이오매스를 직접 연소하여 탄화에너지를 획득
- 가공비용이 소요되지 않거나 비교적 적게 소요되고 농촌이나 산간지역에 난방용으로 보급되고 있음
- 다른 바이오에너지원에 비해 무게 및 부피가 크고 보관공간이 많이 소요되며 난방용으로 사용용도가 국한됨
- 목재원료로서 효용성이 떨어진 것들을 이용하는 것이 바람직함
 - 목재는 MDF, 파티클보드, 펄프와 종이로 이용한 뒤에도 펠릿 형태의 바이오에너지로 사용될 수 있음

표 3-2. 바이오에너지의 종류별 특징

연료	재료	장단점	파급 효과
바이오에탄올	사탕수수, 옥수수, 밀, 해조류	·재생가능에너지 ·이산화탄소 배출감축	·식량부족 ·사료, 계란, 육류가격 상승
바이오디젤	유채, 대두, 야자, 미세조류	·산림파괴 논란	·식물성 기름값 급등 ·식품가격 상승
셀룰로오스 에탄올	나무조각, 풀, 옥수수대, 농업폐기물	·환경친화적 ·윤리적 논란 없음 ·상용화에 최소 5년 소요	·석유대체 ·산림자원이 많은 국가 비교우위
바이오가스	유기성폐기물, 음식물, 하수슬러지	·해양폐기 유기성자원 활용 가능	·신재생에너지 시설 집단화 효율성 제고
고체연료	숯가꾸기 부산물, 폐목재	·다양한 자원의 병합처리 가능	·시설하우스 난방비 절감

자료 : USDE, Energy Efficiency and Renewable Energy 재가공

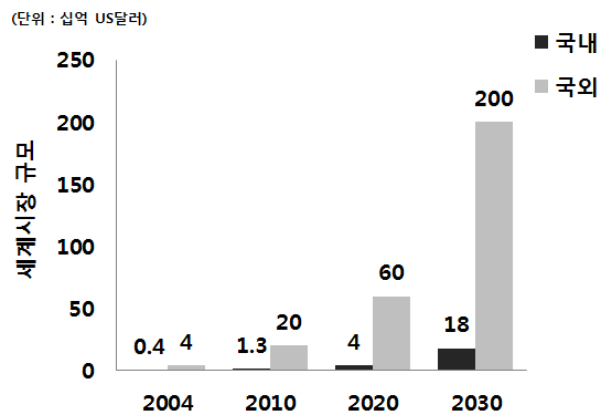
다. 바이오에너지 산업

□ 바이오에너지 시장

○ 바이오시장은 2010년까지 연평균 20% 이상 성장할 것으로 예상되며 대체에너지 확보 및 기후변화 대응을 위하여 국가차원에서 보급·확산을 적극적으로 지원 중에 있음

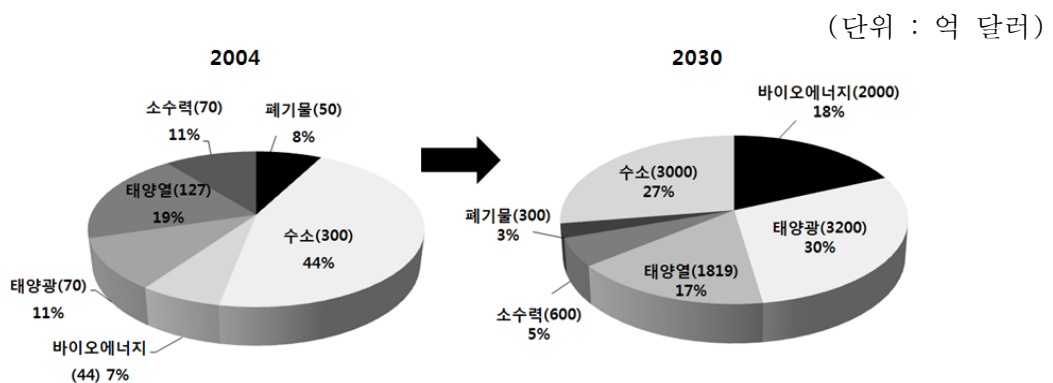
- 세계 바이오에너지 시장은 약 200억달러(2010년) 규모에 달하며 2030년에는 2010년 대비 10배까지 성장하여 전체 에너지 시장의 18%수준까지 확대될 것으로 전망

· 2004년에서 2010년까지의 연평균 성장률 약 29%, 2010년부터 2030년까지의 연평균 성장률은 12%로 예상함



자료 : 신재생에너지TRM(www.energy.go.kr)

그림 3-4. 바이오에너지 세계시장 규모



자료 : 신재생에너지TRM(www.energy.go.kr)

그림 3-5. 신재생에너지의 세계시장 규모

□ 바이오에너지산업 활성화를 위한 국가별 육성정책

○ 인센티브제도 도입

- 미국은 바이오에탄올에 대하여 세액면제 및 소규모에탄올 제조사업에 대한 보조 및 용자사업(고용창출법)을 실시하고 있음

· 미국 농무성 상품금융공사(CCC)의 「CCC 바이오에너지 프로그램」을 통해 바이오 작물재비를 위해 연간 1억5천만 달러의 기금을 제공하고 있음

※ 2005년부터 바이오에탄올에 대해서 리터당 3.2센트 지원하고 있음

- 스웨덴, 스페인, 프랑스, 독일, 영국 등 대부분의 유럽국가들 또한 혼합유에 대한 감세 및 원료작물 재배 시 보조금을 지급하고 있음

· 독일은 석유계 연료에만 환경세(\$0.15/L)를 부과하고 바이오디젤은 비과세과 에너지작물 경작에 대한 보조금(276~429Euro/ha)을 지원하고 있음

※ 이 같은 우대정책을 통해 바이오디젤의 생산원가가 경유에 비해 높으나 소비자가격은 낮게 유지하도록 하고 있음

· 영국은 바이오디젤에 대하여 리터당 약 30유로센트를 지원하고 있으며, 2005년부터 바이오에탄올에도 동일하게 적용하여 바이오연료가 경쟁력을 갖게 될 2009년까지 적용함

- 중국의 경우 에탄올 생산업자의 소비세를 면제해주고 있으며, 간접세를 환급해주고 있음

○ 사용의무화

- 독일, 이탈리아, 미국, 프랑스 등은 공공부문의 바이오연료사용 의무화를 통해 바이오연료의 수요를 창출하고 공급을 유도하는 등 보급확대를 위해 노력하고 있음

· 독일 Hinsberg시의 버스회사는 130대 버스를 모두 바이오디젤유로 교체하였고 택시연합에서도 경유에 비해 가격이 저렴하고 환경친화성이 우수한 바이오디젤유를 적극 사용하고 있음

- 유럽에서 바이오디젤유 소비가 두 번째로 많은 이탈리아는 바이오디젤유 생산량의 50%를 난방유로 사용하며, 인구 십만 이상인 도시에서는 공공운송수단의 경우 바이오디젤 혼합연료를 의무적으로 사용하도록 하고 있음
- 프랑스는 정유업체가 바이오디젤 보급유통에 적극적인 역할을 하며 시내버스 등을 대상으로 BD30(바이오디젤 30%)을 보급하고 있음
- 미국은 연방 관용차량, 주정부 수송차량, 스쿨버스, 국립공원 운행차량 등 대규모 플릿차량을 대상으로 보급하고 있음

○ 수송용 연료 공급자 판매 의무화 방안

- 영국의 신재생 수송용 연료 의무화제도의 경우 모든 수송용 연료 공급자들은 매년 신재생 수송용 연료의 주어진 양을 의무적으로 판매해야 하며 미이행 시 다른 회사로부터 인증서를 구입하거나“Buy-out Price”를 지불하도록 함
- 이는 2005년 11월 도입하였으며, 2008년 4월 1일부터 시행할 계획임
- 영국교통부는 정유회사 및 에너지수입사와의 지속적인 협의를 통해 상호 이해도를 높이고 정책 수용도를 제고하고 있음

표 3-3. 주요국 정부의 바이오에너지 육성정책

국 가	정부 목표	생산 인센티브	수요 인센티브
브라질	· 2005~2010년 에탄올 생산 40%증가	· Oil-Seed 생산 시 세금혜택 · 융차지원 · 공업세 감면	· 에탄올 사용이나 혼합연료 사용차량면제 · 유가변동 시 유류세 혜택
미국	· 2006년 에탄올 2.78% 대체	· 세금공제 · Producer Payments · 무상지원 및 융자 프로그램	· 자동차세 공제, 유류세 면제 · 혼합차량 보조금 지급 · 정부차량 의무 사용 · 융차지원
캐나다	· 2010년까지 에탄올 3.5%	· 일부 지자체 에탄올에 도로세 면제	· 소비세 면제 (CA\$ 0.085/Liter)
스웨덴	· 2005년 3% 사용 (바이오연료/에너지 총량)	· 신규공장 설립 시 세제혜택 · EU 공동농업정책 지향 · 자금 무상지원	· 유류소비세 면제

국 가	정부 목표	생산 인센티브	수요 인센티브
프랑스	· 2008년 5.75% · 2010년 7% · 2015년 10% (바이오연료)	· 신재생에너지 장비세금공제 · 바이오연료 미사용 정유사 가중세 부과 · EU 공동농업정책 지향 · 자금 무상지원	· 유류세 면제(유한)·쿼터제
독일	· 2005년 2% (바이오연료)	· EU 공동농업정책 지향 · 자금 무상지원	· 유류세 면제(100% 혹은 혼합 바이오연료 사용 시)
영국	· 2020년 5%(바이오 연료/에너지 총량)	· EU 공동농업정책 지향 · 자금 무상지원	· 유류소비세 부분 감면
인도	· 5% 계획 (바이오연료)	· 원재료 보조금 지급 · 세금공제 및 융자혜택	· 유류세 면제 · 가격 보장제
일본	· 2010년까지 5억리터	· 없음(에탄올 대부분 수입)	· 없음
중국	· 2020년까지 15% (신재생에너지)	· R&D 2억 달러 지원 융자지원 · 면제혜택 포함 다양한 직접 보조금지원	
태국	· 2010년까지 2% (바이오연료)	· 농가지원 · 에탄올 프로젝트 투자 혜택	· 바이오연료 차량 도로세 50% 감면 · 소비세 및 유류세 면제

자료 : International Energy Agency, 2006년

□ 국내동향

○ 관련법규 정비

- 바이오연료 보급과 관련된 법규로는 바이오디젤 시범보급 및 이용을 위한 지경부 고시와 「석유 및 대체연료 사업법」의 품질기준 항목 개정, 수입·판매부과금의 징수 등에 관한 고시 등이 있으나, 선진국의 사례를 토대로 관련법규의 정비가 필요함

○ 인센티브제도 도입

- 우리나라도 가격경쟁력에서 상대적으로 불리한 바이오연료의 보급 활성화를 위해 세제혜택, 기금조성, 재배작물에 대한 보조 등 인센티브 제도를 실시해야함

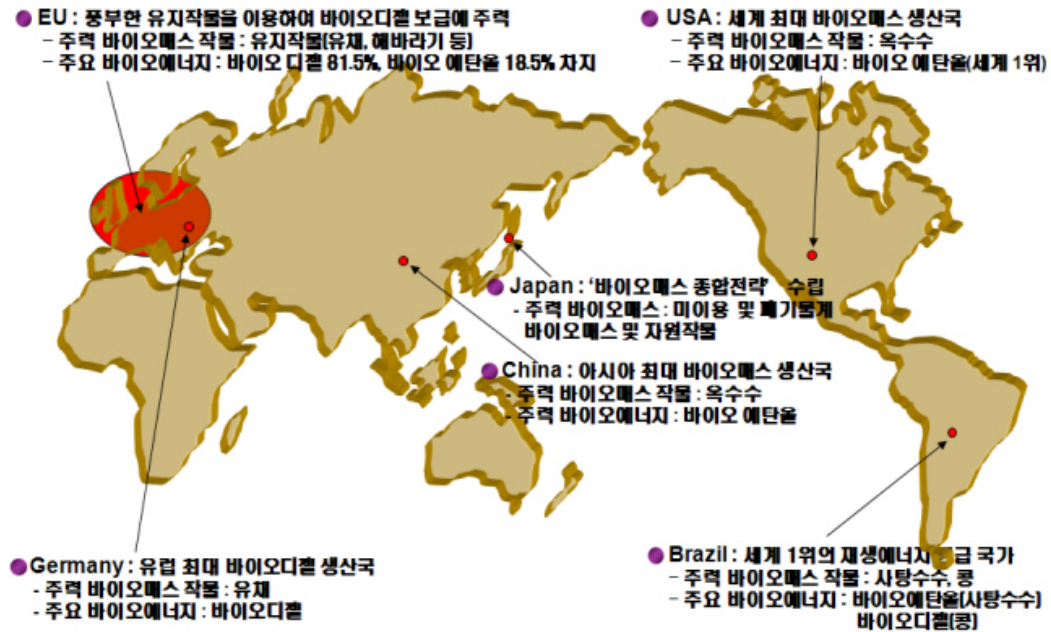
○ 사용 의무화제도 도입

- 해외사례를 토대로 국내 바이오연료 보급 확대를 위해 바이오연료 사용의무화를 부분적으로 도입할 필요가 있으며 먼저 공공부문의 사용 의무화를 고려해 볼 수 있음

라. 바이오에너지의 연구개발 동향

□ 바이오에너지 연구개발 동향

- 1974년 석유과동을 겪으면서 기존의 열에너지원 위주에서 신재생에너지로서의 생산과 보급을 위한 기술개발이 시작됨
- 1980년대에는 저유가가 지속되었고 세계경제도 호황을 유지하였기 때문에 실용화에 소극적인 면을 보임
- 1990년대에는 지구온난화, 대기오염 등 환경문제가 범지구적 이슈가 되면서 청정 바이오에너지의 보급 필요성과 새롭게 상용화를 위한 연구가 진행됨
- 2000년대 들어 다시 고유가가 지속되고 온실가스 저감의 필요성 때문에 미국과 EU를 중심으로 바이오에탄올, 바이오디젤 등 바이오연료의 생산과 보급이 활발히 전개됨
- 미국과 브라질 등에서 상용되고 있는 제1세대 바이오에너지는 옥수수과 사탕수수 수액에서 얻을 수 있는 낮은 수율의 포도당을 발효시켜 얻는 연료였음
 - 1세대 바이오에너지는 화석 연료의 대체성과 환경오염을 낮추는 장점 보다는 농작물 가격상승을 일으켜 식량난의 원인으로 지목되고 있어 미국의 경우 옥수수를 이용한 바이오에탄올 생산량을 점차적으로 줄이고 있음
- 1세대 바이오에너지를 대안으로 섬유소를 활용한 2세대 바이오에너지에 대한 연구가 새롭게 부각되고 있음
 - 미국 이외에도 캐나다, 유럽, 일본, 중국 등에서도 국가적인 프로젝트로 선정하여 섬유소계 바이오에너지 생산기술을 개발하려고 막대한 연구 투자를 하고 있음



자료 : 생명공학정책연구센터, 2008년

그림 3-6. 주요국의 바이오에너지 개발 동향

□ 향후 바이오에너지 연구 방향

○ 섬유소계 바이오에너지 생산을 실용화하기 위해서는 원료가 되는 바이오매스 자원 확보 및 최적화된 물성을 가진 바이오매스를 획득하는 기술개발이 필요함

- 시작공정인 전처리공정은 실용적, 효율적, 경제적 관점에서 가능한 방법으로 개발하고, 전체 프로세스의 효율성 증대를 위한 공정기술을 병행함으로써 바이오에너지를 실용화함

- 바이오매스의 당화 기술개발을 고효성 섬유소 분해효소의 선별, 개량 및 당화(발효)효율 검증, 고효성 섬유소분해효소 대량 생산기술 등을 개발을 해서 섬유소계 바이오에너지 생산을 실용화하여야 할 것임

· 국내 부존 바이오매스 활용을 위한 가용자원 발굴 및 개발

· 바이오매스 활용을 위한 고효율, 경제적 전처리 기술 개발 및 독자적인 특허기술의 개발

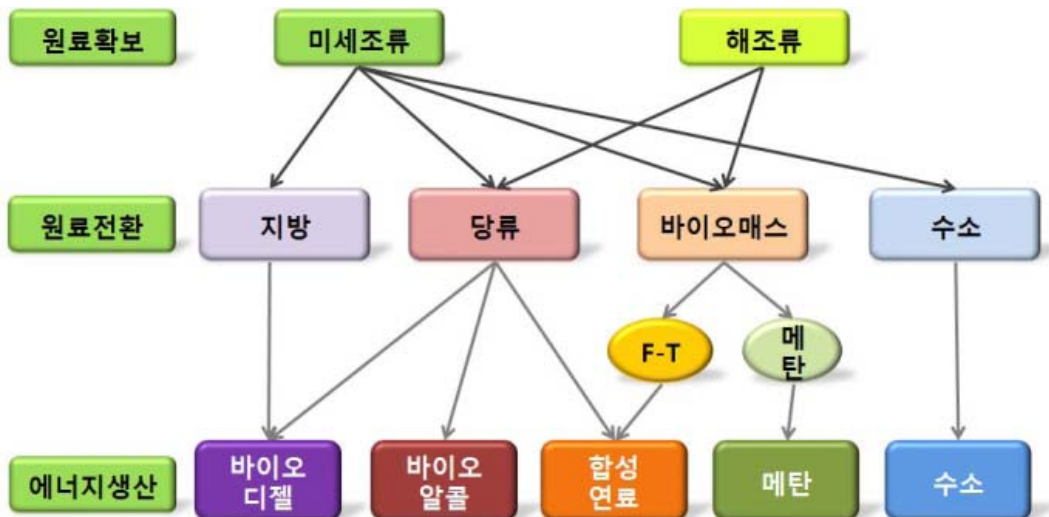
- 바이오매스 효소가수분해에 효율적인 당화 및 발효 시스템 개발 및 고유 생산기술의 확보
- 5탄당, 6탄당 발효공정 기술 개발 및 알코올 분류·정제 기술개발이 요구되어짐

○ 바이오피파이너리 기술 개발 필요

- 바이오플라스틱 등 석유화학제품을 대체할 기술 개발이 바이오에너지 분야의 획기적인 전기가 될 것임

○ 차세대 바이오연료(해조류 및 미세조류 바이오매스)의 개발이 필요함

- 바이오매스자원으로서 해조류 및 미세조류의 장점은 다음과 같음
 - 해양 바이오매스로서 해조류 및 미세조류의 활용 다양성
 - 유전자 변형에 의한 기능향상이 용이
 - 다양한 종류의 유용물질 생산 가능
 - 미세조류는 성장속도 빠르고 연료뿐만 아니라 기타 유용한 화학물질도 제공



※ F-T(Fischer-Tropsch)란 석탄이나 천연가스를 물과 산소에 반응시켜 얻은 합성가스를 촉매와 반응시켜 액체탄화수소를 만드는 기술을 말함

그림 3-7. 미세조류와 해조류로부터 생산되는 다양한 바이오에너지

마. 바이오에너지 분야의 국가별 기술수준 및 기술개발 소요시간

- 바이오에너지 분야 최고기술 보유국인 미국과 비교해보면, 2013년에는 기술수준은 조금 좁혀지지만 기술격차는 오히려 늘어나는 것으로 예측됨
- 현재는 우리나라가 중국과는 상당히 앞서있으나, 기술수준과 기술격차는 단기간 내 매우 좁혀질 것으로 예측됨

표 3-4. 주요 국가별 수준 및 기술개발 소요시간 비교

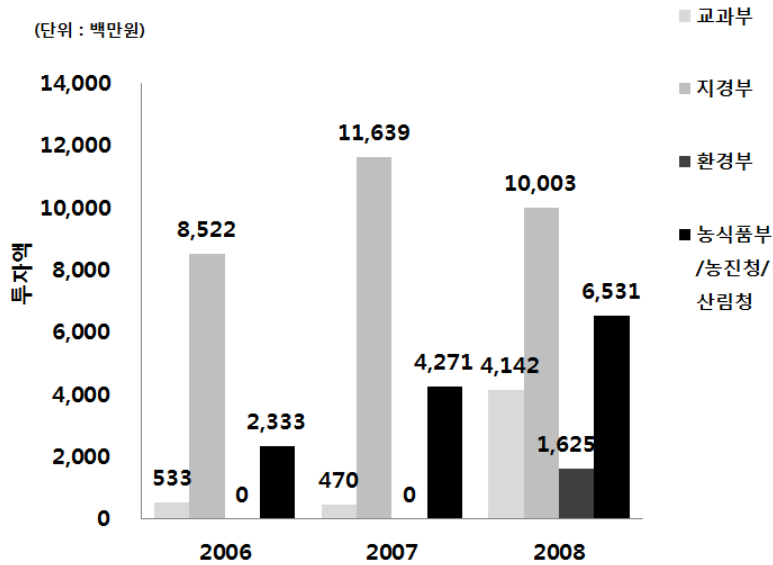
국가	2008년			2013년		
	기술수준 (%)	소요시간 (년)	기술격차 (년)	기술수준 (%)	소요시간 (년)	기술격차 (년)
한국	54.4	15.6	6.7	61.2	14.2	7.4
미국	80.7	8.9	0.0	83.8	6.8	0.0
일본	63.7	12.7	3.7	71.3	10.7	3.9
중국	46.6	17.2	8.3	57.0	15.2	8.4
EU	78.4	9.3	0.4	80.4	7.7	0.9

자료 : 국가 Total Road Map(NTRM)

바. 부처별 R&D 투자 현황

□ 부처별 R&D 투자현황

- 투자규모에서는 지경부에 이어 농식품부·농진청·산림청이 두 번째로 높은 투자비율을 보이고 있으며, 연도별로 매년 50% 이상씩 증가하는 추세를 나타내고 있음
- 세부과제별 분석결과 농식품분야는 바이오매스 증대를 통한 원료확보를 위한 연구에 타부처에 비하여 투자비중이 매우 높은 경향을 보이고 있음



자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)

그림 3-8. 바이오에너지관련 부처별 투자현황(2006년~2008년)

□ 바이오매스증산 및 활용분야 등에서 부·청의 역할

- 바이오연료관련 기술개발 및 생산시설 투자는 국가적 차원에서 지속적으로 확대될 것으로 전망되며, 보다 경제적이고 저렴한 원료를 확보하는 것이 관심사가 될 것이라 측면에서 부·청의 역할은 더욱 확대될 것으로 전망함
- 바이오연료 산업은 원료 농산물을 생산하는 농림수산업인에게 소득 창출 기회를 제공하고, 농촌부문의 고용을 증가시켜 지역 경제 활성화에 기여할 것으로 판단함
 - 프랑스는 2007년~2013년 사이 2천여 농가를 폐업에서 보호하였고 미국은 2010년~2014년 사이 옥수수 농가의 순소득이 3.68%, 밀 농가 1.95%, 수수농가 2.88%의 증가에 기여할 것으로 전망하고 있음
- 한반도의 기후변화에 대응한 신규 바이오매스자원의 개발 및 재배기술 확립이 필요
 - 생명공학기법을 이용한 획기적인 바이오매스 증대 기술 개발 등 국내 바이오매스 자원확보를 위한 적극적인 대응자세가 필요함

2. 바이오에너지 세부분야별 내용

바이오에너지 분야를 바이오매스증산, 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료로 분류하였고 이를 토대로 각 분야별 내용을 설명하고자 함

2-1. 바이오매스증산

□ 에너지별로 유망한 원료현황

○ 바이오에탄올 유망 원료작물

- 전분질계 : 카사바(열대, 아열대), 고구마(열대, 아열대, 온대), 보리 및 트리 티케일(이모작재배 가능지대)
- 당질계 : 단수수(아열대, 온대), 사탕무(냉온대)
- 셀룰로오스계 : 억새, 갈대, 스위치그래스(온대, 아열대)
- 농업부산물(셀룰로오스계) : 볏짚, 보릿짚, 옥수수대, 단수수대, 유채대, 목화대, 밀짚, Babassu(팜오일, 사탕수수 등) 등

○ 바이오디젤 유망 원료

- 기름작물 : 팜오일, 자트로파(열대, 아열대), 유채, 콩(온대), 해바라기, 홍화(건조기후대)
- 동물성기름 : 소, 돼지기름(우제류), 닭, 오리기름(조류)

□ 국내 동향

- `농진청은 바이오에너지 작물에 대한 품종을 개발하고 생산을 증대시키기 위한 추진계획을 수립하고 추진하고 있음

표 3-5. 농진청의 바이오에너지 원료작물 생산기술개발 과제 추진계획

연구 분야	추진 계획									
	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18
바이오디젤 및 에탄올 생산을 위한 원료작물 품종 개발										
신 바이오 에너지 작물자원 개발 및 생산 연구										
비식량 최적 셀룰로오스계 바이오매스 작물자원 개발										
바이오매스 원료용 영양번식작물 유전자원 선발 및 보존										
바이오에너지 작물 최대 생산시스템 개발										

자료 : 2010년 중장기연구개발계획, 농진청

- 부산물 및 새로운 경작을 통한 바이오매스증산 대책을 수립하고 있음
 - 농업부산물로는 볏짚, 과수목, 유채줄기 등이 활용될 수 있으며 산림 부산물의 경우 공급가능 잠재력은 연간 최대 13백만m³이나 수집 운반비 과다로 안정적인 공급이 곤란할 것으로 보고 있음
 - 2020년까지 소규모 목질계 바이오매스 에너지를 활용하기위한 시설 (화목 보일러 6만5천대) 및 펠릿 등 16개 원료 제조시설을 설치 지원할 예정임
 - 60~70년대 조성된 82만ha의 연료림을 활용하는 방안과 전체 농경지의 7%에 해당하는 유휴농경지, 4대강(한강, 낙동강, 금강, 영산강) 강변의 1km이내 지역 내 수변구역을 바이오매스 경작지로 전환되는 방안을 강구하고 있음
 - 도로 접근성이 용이한 야산지역을 바이오순환림으로 개발하고 속성수 식재를 활용할 예정임(2012년까지 1만ha, 2020년까지 4만ha의 바이오순환림 조성 계획)
 - 연구용역과 시범사업을 통해 단계적으로 확대할 계획임(2012년까지 35천ha로 확대 예정)
 - 전체 수변구역은 그린벨트면적(39.6만ha)의 30%에 해당되며 강 인근에 유채단지 조성과 인근 산림지역에 바이오 순환림 조성방안을 강구하고 있음

- 해조류와 미세조류의 대량 생산공정을 확립하여 바이오연료로 활용하고자 하는 방안이 모색되고 있음
 - 육상농업의 한계에 따른 해양식물자원의 활용을 확대하고 해양식물의 생산주기가 짧은 점을 활용하면 단기간 내 원료확보가 용이할 것으로 판단함
 - 미세조류의 대량배양기술 개발로 상용화 : 2011년부터 50ha 규모로 미세조류 대량배양을 위한 시범사업 추진하고 2013년까지 7천ha의 바다숲을 조성할 계획임
 - 2020년까지 연근해와 배타적 경제수역에 50만ha 규모의 해조류 양식장을 조성(연간 23억리터 에탄올 생산)할 계획임

2-2. 바이오알코올

□ 미국

- 연료용 바이오에탄올 생산은 1980년대부터 증가하기 시작했으며 2001년부터 가파르게 증가하여 2005년 이후 생산량이 브라질을 앞서고 있음
- 섬유질계 바이오매스의 물리, 화학적 전처리와 효소사용을 병행하는 연속당화 공정을 개발하고 있음
 - 분자진화 기술, 유전자 셔플링, 단백질 공학, 유전자 재조합 기술발전에 따른 보다 신속하고 정확한 분자마커 기반 육종기술 개발
 - 유전자 재조합 기술을 통한 높은 알코올 농도에서도 자랄 수 있는 효모 균주 개발
 - 섬유질계 매스(농임산 부산물)를 이용한 에탄올 생산기술 개발에 집중 투자
- 셀룰로오스계 바이오에탄올 생산에 의한 수송용 연료 대체에너지 개발에 주력하고 있음
 - 일종의 순환작물 또는 전 국토 내에서 함께 수용할 수 있는 바이오에너지 연구를 위해 미국 내 18개 대학과 7개의 정부연구소를 한데 묶어 3개의 Bioenergy Research Center를 설립함

- 옥수수 전분을 이용한 바이오에탄올 생산에 필요한 생산기술이 지난 10년간 빠르게 성장함
- 학계나 공공연구기관을 중심으로 이루어지는 BT, NT 등 기초분야와는 달리 정부와 산업계의 공동출자 연구를 장려하고 있음
- 바이오에너지 기술개발 및 보급을 위한 다양한 지원정책이 수립되고 있음
 - 이와 관련하여 생산자에게 설비시설 투자 보조금 지급을 통한 인센티브 제공, 세금공제를 통한 소비자의 이용장려, 연방정부 관련 품목을 공공조달 시 우선 구매하도록 법제화 등이 있음

□ EU

- EU는 전통적으로 바이오디젤에 중심을 두고 있으며 바이오에탄올은 전체 수송용 에너지의 두 번째로 많이 생산되나 18%에 불과함
- 프랑스, 스페인, 스웨덴에서 밀과 사탕수수를 주원료로 하여 약 50만 톤 (전 세계 생산량의 약 3% 차지, 2004년)의 바이오에탄올을 합성하고 있음
 - 스페인은 EU회원국 가운데 가장 많은 바이오에탄올을 생산(24만 톤, 2005년 기준)하고 있음
 - 그 밖에 스웨덴이 13만 톤으로 2위, 핀란드, 독일 순으로 이루어짐
- EU의 R&D로드맵은 미국과 같이 셀룰로오스 바이오매스 확보를 통한 바이오에탄올 생산에 집중하고 있음
 - 바이오에탄올 생산을 위한 효소개발 연구추진
 - 덴마크 Novozyme사는 고온, 강알칼리성 탈지용 효소개발로 공정의 효율성 증대 연구를 추진하고 있음
 - 제지산업에서는 펄프중의 리그닌을 제거하기 위해 laccases를 이용한 공정 개발 연구를 수행하고 있음
- “Biofuel vision for 2030”(2006년도 3월)에서는 섬유질계 바이오매스 확보 및 에탄올 생산을 강조하고 있음
 - 유럽의 운송연료의 25%까지 바이오연료 사용량 증가

- Phase I(2006년~2010년) : 기존의 기술의 증가 및 섬유질계 바이오에탄올 생산기술을 위한 기술개발
- Phase II(2010년~2020년) : 섬유질계 바이오에탄올 생산기술 확보 및 안정적인 섬유질계 바이오매스 확보
- Phase III(2020년 이후) : 대단위 섬유질계 바이오에탄올 생산기술 기반 확보

□ 캐나다

- 캐나다 연방정부는 2010년까지 30억리터(가솔린 소비의 5%)의 바이오연료와 14억리터(에탄올 소비의 35%)의 바이오 에탄올 생산 계획을 추진 중에 있음
- IGPC사의 공장은 15천리터 바이오에탄올 생산이 가능하며, 이는 캐나다 연방정부의 연간 생산목표의 11%에 달하는 대규모 생산라인임
- Iogen Co.사는 캐나다 산업부에 등록돼 있는 바이오연료 생산업체 중 가장 높은 매출액을 기록하며 바이오에탄올, 펄프, 섬유에 이르기까지 다양한 바이오제품을 생산하고 있음

□ 브라질

- 1975년 석유파동이후로 바이오연료 사용 증진을 위한 "The Brazil Ethanol Fuel Program"을 수립하고 바이오에탄올 연구개발을 착수함
 - 주요 내용으로는 가솔린 가격의 65% 이하로 에탄올 가격을 보증하고, 5% 내외의 감세 혜택 및 생산자를 위한 저리 융자, 전국 주유소의 에탄올 판매 의무화가 있음
- 작물, 부산물(사탕수수 찌꺼기) 활용 및 바이오 에탄올 생산기술 개선, 인프라 구축에 투자를 강화함
- 경작면적 확대를 통한 바이오매스의 지속적인 확보를 추구하고 있음
- 바이오에탄올 생산 주요국으로 2004년까지 세계 최대 생산국이었으며 전 세계 바이오에탄올의 30%를 생산하고 있음

- 2005년도 기준 자동차 연료의 15%, 승용차 연료의 40% 정도를 바이오에탄올로 충당할 계획임
- 에탄올 혼합비율에 관계없이 운행 가능한 플렉스차를 적극 보급하고 있음
 - 2003년 3%, 2004년 33%, 2005년 54% 증가함
- 정유회사 페트로브라스는 올해부터 2013년까지 24억 달러를 투자해 바이오디젤과 에탄올 생산량을 확대할 계획임
 - 그 중 80%는 에탄올이며 20%는 바이오디젤에 증산 투자할 계획임

□ 일본

- 신규 에너지 작물선정을 위한 초본식물 및 속성활엽수 개발을 연구하고 있음
- 신규 섬유질계 작물활용을 통해 바이오에탄올 생산목표 10~20만kL, 단가 40엔/L 수준을 목표로 연구하고 있음
 - 에탄올 발효기술로는 연속발효기술, 5탄당·6탄당 동시 이용기술, 고온 내성 균주개발, 함수고체 발효장치 개발이 있음
 - 목질계 바이오에너지 개발을 위한 분자생물학, 작물 영양학 등 생명공학적 관점에서 공동연구를 모색하고 있음
- 2030년까지 자동차 연료의 10%를 바이오에탄올로 대체할 계획임
- 원료자원이 풍부한 국가들과의 협력을 활발하게 추진하고 있음
 - 브라질의 세계 최대 연료용 에탄올 공급기업인 페트로브라스 및 태국 에탄올 생산모델 사업과의 합작 추진

□ 중국

- 바이오부탄올 생산기술(아세톤-부탄올 발효공정)이 산업적 수준에서 운영되고 있음
 - 전분 설탕, 셀룰로오스로부터 아세톤, 부탄올, 에탄올 생산을 위한 대규모 실용화기술을 적용하고 있음

- 세계적으로 산업적 수준에서 부탄올생산이 가능한 나라는 중국이며, 국내 수요의 50%를 공급하였음

□ 한국

- 전분질계 바이오에탄올 생산기술은 효모균주 개발, 연속발효, 초임계, 막분리 등의 개발연구를 1980년대 후반부터 시작함
- 이미 높은 산업기반을 갖춘 바이오디젤 분야에 비해 바이오에탄올 생산 기술 및 공정에 관한 연구는 미비한 실정임
- 바이오에탄올 생산기술은 현재 실증 연구개발 중에 있음
 - 주정생산으로 상용화된 바이오에탄올 발효생산 기술은 비교적 높은 기술수준을 보유하고 있음
 - 신기능 효소개발을 위한 단백질 설계, 분자진화 등 단백질공학 분야에서 상당한 경쟁력을 확보하고 있음
 - 섬유계 바이오에탄올 생산을 위한 전처리/당화기술과 화학적 전처리 공정을 배제한 리그노셀룰로오스 전처리 공정은 개발 중에 있음
- 그러나 2006년도 바이오디젤 생산업체는 16개 생산능력은 314,300kL로 이미 상용화에 성공한 반면 바이오에탄올 생산업체는 국내에 전무한 실정임
- 셀룰레이즈는 음료, 섬유, 염색분야에서 부분적으로 사용되고 있으나 당화목적의 생산 기반은 취약한 실정임

표 3-6. 바이오에너지 관련 기술개발 수준

종 류		기술수준	비 교
바이오매스 작물개발기술	유전자발굴기술	90%	· 다양한 환경내성 유전자 발굴 · 개화, 노화 관련 유전자 발굴 · 식물생산성 증대 관련 유전자 발굴
	형질전환기술	60%	· 벼, 유채, 포플러 등 형질전환 기술 확보 · 기타 작물의 형질전환 기술미비
	작물품종 개량기술	60%	· 벼, 고추 등 작물 육종기술 확보 · 기타 품종은 기술 경험 부족
바이오매스 활용기술	효소발굴 및 개량기술	90%	· 미생물유전체, 메타게놈 기술 확보
	재조합 생산기술	80%	· 다양한 발현시스템의 체계적 통합 및 활용 필요
	당화기술	60%	· 섬유질계 당화기술 경험 부족
	발효기술	90%	· 전분질 분해 효소공정 및 발효공정의 기술 확보
	바이오연료 정제기술	80%	· 주정 정제경험 보유

자료 : 바이오매스에너지 연구개발 사업기획 연구보고서, 농식품부, 2008년

2-3. 바이오디젤

□ 미국

- 바이오 연료정책은 2000년 이전까지 바이오디젤보다는 휘발유를 대체 하는 바이오에탄올 보급에 많은 역량을 기울여 왔음
 - 그러나 1990년 말부터 다음과 같은 이유로 바이오디젤 산업을 적극적으로 활성화하고 있음
 - 교토 협약 미비준으로 인한 국제적 압력도 세금혜택만으로 바이오디젤의 경쟁력 확보가능
 - 유전자변형작물의 대량재배로 유지 생산량의 급속한 증대(콩, 유채 등)
 - 브라질 등 3국의 농업정책 전환으로 미국의 주요작물(콩 등)의 과잉 우려로 새로운 활용처 모색 중
- 미국의 바이오디젤 사용량은 1999년의 50만 갤런에서 2003년에 2,500만 갤런으로 증가하였고 그 보급량이 더욱 확대될 것으로 전망

- 하이브리드 바이오디젤 생산을 위한 방법 개발
 - 전통적인 에스테르교환반응 보다 높은 수율로 하이브리드 지질/셀룰로오스 바이오디젤을 생산할 수 있는 방법을 개발함
 - 탄수화물뿐만 아니라 식물성 유지작물(대두, 해바라기, 자트로파, 카메리나, 홍화 및 캐놀라 등)에 모두 적용이 가능함
- 바이오디젤 연료소비와 배출을 감소시키는 엔진제어시스템 개발
 - 바이오연료를 사용할 때 연기를 야기하는 산화질소가 디젤엔진에서 다량 배출되는 것을 막기 위한 진보된 폐회로 제어 시스템을 개발함
- 저비용 비식량계 바이오디젤 촉매의 개발
 - 미국 수요량의 5%를 제공하기에 충분한 바이오디젤의 생산비용을 절감할 수 있는 촉매의 구성식을 발견함
- 시아노박테리아 바이오디젤 연구 프로젝트 착수
 - 최근 바이오디젤 생산의 원료로 이용될 시아노박테리아 남조식물을 최적화하는 연구 프로젝트를 착수함

□ 캐나다

- 바이오연료의 보급을 촉진하기 위하여 CRFA(Canadian Renewable Fuels Association, 1994년)을 설립하였고, 2003년 12월에는 바이오디젤 보급 활동지원을 위해 BAC(Biodiesel Association of Canada)가 설립됨
- 주요 바이오연료 제조업체인 BIOX Corp.사는 연간 6700만리터 규모의 바이오디젤 생산라인을 가지고 있으며, 바이오디젤 생산 특허기술을 소지함
- 고농도 유리지방산이 포함된 원료에서 바이오디젤을 생산하는 고품 산촉매 공정에 성공함
 - 고농도 유리지방산을 함유한 원료에서 바이오디젤을 생산할 수 있는 공장 규모의 단일 단계 고품 산 촉매 공정의 가능성을 입증하는데 성공함

□ EU

- 2005년 바이오연료 생산량은 390만 톤(바이오디젤 318만 톤, 바이오에탄올 72만 톤)으로 2000년에 비해 312% 증가하였으며 연평균 32.8%의 증가율을 보임

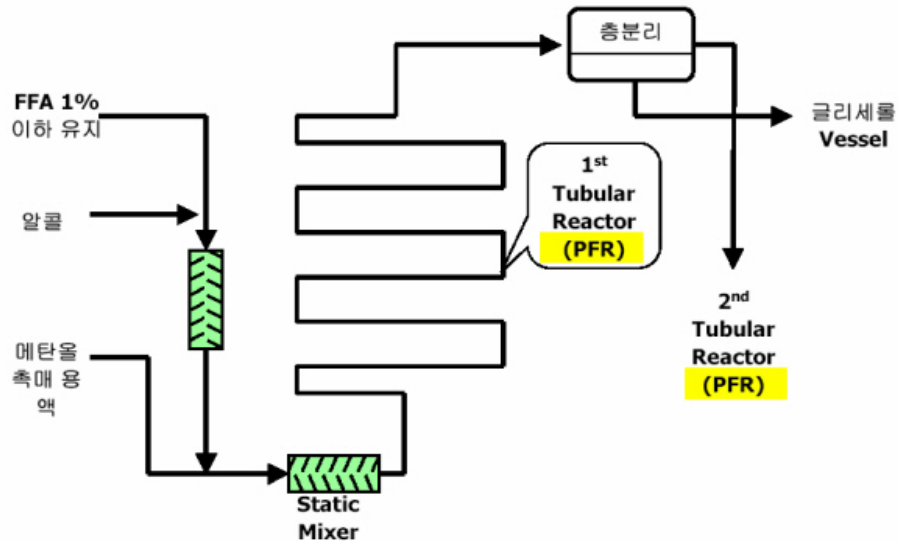
표 3-7. 연도별 EU 바이오연료 생산추이

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장률
합 계	947	1,071	1,383	1,869	2,356	3,905	32.8
바이오디젤	715	803	1,000	1,445	1,933	3,184	34.8
바이오에탄올	234	268	383	424	423	721	25.5
바이오디젤	75.5	74.9	72.3	77.3	82.1	81.5	-

자료 : 유럽공동체, 2006년

- 풍부한 유지작물(유채, 해바라기 등)을 이용한 바이오디젤 보급에 주력하고 있음
 - 주요 바이오에너지원으로 바이오 디젤이 전체 대비 81.5%(318만 톤, 2005년)로 가장 많은 점유율을 보이고 있음
 - 프랑스, 이탈리아, 오스트리아, 독일, 벨기에, 체코 등 각국에서 연간 4백만 톤 규모의 바이오 디젤을 생산하여 상용화하고 있음
- 온실가스 저감차원에서 기술개발 및 실증시험 사업과 이미 상당히 발전되고 있는 바이오 에너지(바이오디젤, 발전사업자) 공급사업자를 중심으로 보급 확대가 일어나고 있음
 - 현재 바이오디젤 보급이 활발(110만 톤, 프랑스 2003년)하여, LFG (Land Fill Gas) 이용도 400개소, 670MW(1999년)에 달함
- (독일) 유럽 최대 바이오 디젤 생산국으로 주력 바이오매스 작물은 유채임
 - 100% 순수 유채기름을 바이오디젤로 판매하는 주유소만 1,800여개가 있으며 200만 톤의 바이오디젤과 40만 톤의 바이오에탄올을 생산 및 활용하고 있음
 - “2010년까지 약 6% 수송연료를 바이오연료로 대체할 것”이라고 전망하고 있음

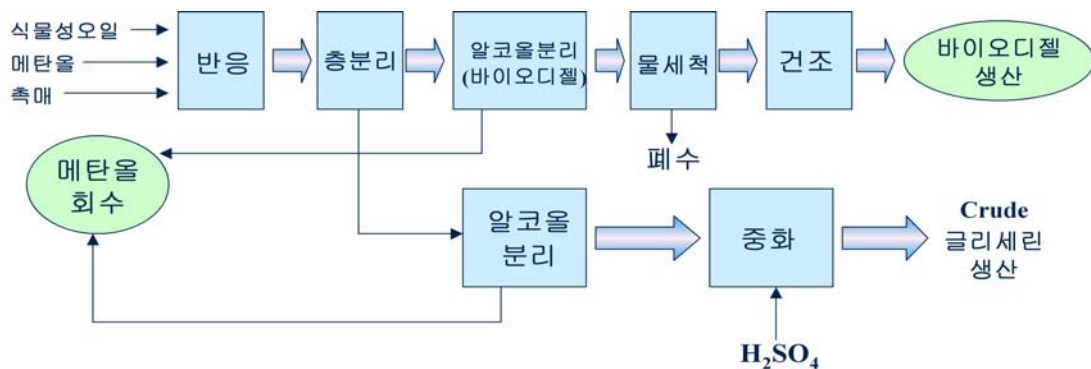
- 연속식 공정은 원료유지의 성상이 비교적 일정한 대규모 바이오디젤유 생산에 적합하며 대표적인 공정으로서 Henkel 공정과 CD 공정기술을 확보하고 있음



자료 : 환경부, 2007년

그림 3-9. Henkel방식의 연속식 공정과정

- (프랑스) 회분식 공정은 반응조에 식물유, 메탄올 및 염기촉매를 동시에 첨가하여 반응시킨 후 글리세린의 분리공정을 거친 다음 알코올을 제거하고 물로 세정 탈수하여 제조함
- 회분식은 효율성, 생산성, 반응성 등이 연속식에 비해 떨어지기 때문에 소규모 공정에 주로 사용함



자료 : 환경부, 2007년

그림 3-10. Batch식 공정의 바이오디젤유 합성기술

- 프랑스에서는 3년 동안 280만 유로의 예산을 Shamash 프로그램에 배정하여 해조류 활용에 대한 활발한 연구를 추진 중에 있음
- Shamash 프로그램은 국립연구청이 실현 가능한 생산모델의 개발을 위해서 프랑스 대학의 7개 연구팀으로 구성하여 미세조류에서 나온 지방산의 생산과 이를 바이오연료로 변형하는 연구를 수행하도록 지원하는 것임
- (오스트리아) 세계 최초로 바이오디젤의 상용화 공정을 개발하였으며 2004년 45,000톤의 생산 용량을 확보하고 있음
- (이탈리아) 연간 35만 톤(2004년)정도의 바이오디젤 생산설비를 확보하고 있음

□ 브라질

- 정유회사 페트로브라스는 올해부터 2013년까지 24억 달러를 투자해 바이오디젤과 에탄올 생산량을 확대할 계획임
- 그 중 80%는 에탄올이며 20%는 바이오디젤에 증산 투자할 계획임

□ 일본

- 축매를 사용하지 않는 "무축매 과일 메탄올 증기법" 실증시험 시설 (일 제조량 0.4kL)의 파일럿 규모의 바이오디젤연료 제조에 성공함
- 사막녹화용 식물을 이용한 바이오디젤 생산
 - 일본 식품무역상사인 신와쇼지는 중국 내륙부에 황사의 비산방지를 위해 심은 장미과 식물인 사모모를 바이오디젤의 원료로 활용하여 실용화를 위한 기술을 개발함
 - 사막화 방지를 위한 녹화사업과 바이오디젤 생산을 가능하게 하는 식물자원으로 연구개발에 대한 기대가 높음
- 어묵 부산물로 바이오디젤 생산
 - 어묵제조 때 배출되는 폐유를 바이오디젤로 전환하는 사업이 주목받고 있음
 - 이 사업은 바이오디젤의 가격이 1리터 당 1백5엔으로 경유보다 싸다는 점에서 충분한 가능성을 제시해주고 있음

○ 바이오디젤의 항공제트유 사용

- 녹조와 식물의 기름으로 만든 바이오디젤을 항공제트유로 사용하여 시험비행에 성공함(아시아 항공사로는 최초 시도이고, 세계적으로는 4번째임)

○ 폐식용유의 재활용

- 폐식용유를 경유와 혼합해 바이오디젤연료로 전환하기 위한 프로젝트를 시범적으로 추진 중에 있음

□ 한국

- 보일러 가열 방식에 비해 약 10배 빠르며 에너지도 1/2만 사용해 연속적으로 대두유, 유채유, 야자유 등 식물성 기름을 바이오디젤로 전환할 수 있는 새로운 녹색 융합기술로 생산원가를 낮추는데 일조할 것으로 기대됨

- 경유에 20%정도의 바이오디젤을 혼합하여 사용하는 법령을 제정, 시범 보급 사업을 진행 중이나 유통상의 문제와 정유사와의 갈등 등으로 시행이 늦춰지고 있는 실정임

- 에너지원별로는 폐기물과 수력(95.5%)위주로 구성되어 있으며, 태양열 및 태양광(0.8%), 풍력(0.7%), 바이오(2.9%) 등은 아직 낮은 상황임

- 실제 국내에 보급된 바이오에너지는 유기성 폐기물의 혐기 소화에 의한 메탄 생산 및 이용, 성형탄, LFG 이용 발전과 바이오디젤임

표 3-8. 국내 바이오에너지 보급 현황(2005년)

구분	업체 수	toe/년	현황
고형 연료(대체탄)	9개	42,000	
유기성 폐기물, 폐수의 혐기 소화(메탄)	97개 시설	41,000	폐수, 음식 쓰레기 등 처리
LFG	13개소	83.2MW	수도권, 전국매립지에서 전기 및 열에너지 생산
바이오디젤	16개 업체 (2007년)	30,000	수도권, 전라북도 등에서 시범 보급

자료 : 한국에너지기술연구원, 2006년

- 바이오디젤(BD5, BD20)은 2006년부터 전국적으로 보급을 개시함

표 3-9. 바이오디젤 보급 경위

	시 기	내 용
바이오 디젤	2002. 05.	수도권과 전북 지역 73개 주유소를 대상으로 4년간 BD20의 판매를 허용하는 시범보급사업 착수
	2004. 10.	‘석유 및 석유대체 연료 사업법’을 개정하여 바이오 연료 보급을 위한 기반을 정비
	2006. 07.	바이오 디젤(BD5, BD20)의 전국 보급 개시

자료 : 한국에너지기술연구원, 2006년

○ 수송용 바이오디젤 생산시설

- 2007년 6월 현재 국내에는 가야에너지, 에코에너지 등 16개의 바이오 디젤 생산기업이 있음(수도권8, 충북1, 전북4, 전남3)
- 가야에너지는 10만 톤/년의 생산 설비를 보유하고 있으며, 최근 애경유화 및 SK 케미칼과 같은 대기업도 참여하고 있음

<국내 바이오디젤 업체의 해외 원료기지 개척 사례>

- (소마시스코리아) 한국의 대순진리회가 운영하는 연해주 농장과 20년간 연간 30만~100만 톤의 콩을 독점 공급받는 계약 체결
- (오디코프) 인도네시아에 212만2천ha 카사바농장 무상임차(60년간)
- (B&D에너지) 라오스 내에 20만ha(약 6억 5천만평)의 자트로파 농지를 소유하고 있는 코라오그룹과 바이오디젤 원료 공급계약을 체결
- (삼성물산) 인도네시아 수마트라섬에 위치하고 있으며 총 면적이 서울시 면적의 40%인 2만4천ha에 달함
 - 이곳에서 생산한 팜유를 전 세계의 바이오디젤 업체에 공급할 계획이며, 바이오원료 공급사업을 시작으로 농장 추가 확보 및 정제시설 확대, 자체 바이오디젤 생산체제 구축, 물류 및 글로벌 판매망 강화 등을 추진하고 있음

표 3-10. 국내 바이오디젤 생산업체 현황

번호	업체명	공장 소재지	연간생산능력(톤)		동향
			최대 (설계)	2006년 실적	
1	가야에너지	평택	200,000	16,000	·30~40만 톤 규모 공장 건설 중 ·2006년 작물연구원 목포시험장과 유채꽃 종자개발 협정 체결
2	BDK	정읍	35,000	3,000	·2007년 7월 10만 톤 규모 공장 증설 예정
3	에코에너지	정읍	33,000	0	·6만6천 톤 생산설비 준공(평택) ·말레이시아 팜오일위원회와 기술제휴
4	바이오 대체에너지	군포	-	-	·사업등록만 완료
5	B&D에너지	순천	70,000	27,000	·10만 톤 규모 공장 건설 중
6	쓰리엠 안전개발	제천	40,000	-	·10만 톤 규모 공장 건설 중(충주) ·2005년 러시아 연해주 농장과 대두 및 유채의 재배, 가공, 판매 등에 관한 MOU 체결
7	단석산업	시흥	60,000	건설 중	·2006년 독일 Westfalia사로부터 바이오디젤플랜트 도입
8	무등 바이오에너지	나주	39,000	-	·주로 폐식용유를 이용하여 생산
9	씨엔지오일	순천	6,000	-	
10	넥스오일	군산	100,000	-	·2006년 9월 생산시설 완공
11	삼우유화	양주	12,000	12,000	·2007년 생산업체 등록
12	에너지	평택	60,000	건설 중	
13	SK케미칼	울산	30,000	등록 신청 중	·10만 톤 규모 생산시설 설립 검토
14	바이오 독일코리아	인천	-	-	·생산시설건설을 추진 중
15	애경유화	서울	-	-	·생산제품에 대한 품질성능평가를 통과
16	비엔디에너지	군산	-	-	

※ 1~11번은 (구)산업자원부에 바이오디젤 생산업체로 등록된 기업임

자료 : CEO Focus 제170호, 2007년

- 국내 생산 바이오디젤 생산가격의 비교는 아래 표와 같음

표 3-11. 국내 생산 바이오디젤의 생산가격 분석

(단위 : 원/리터)

구 분	원료 가격	생산 비용	최종생산 단가	비 고
대두유(미국산)를 사용한 경우	700~750	200	900~950	
유채유를 사용한 경우(보조금 지급)	1,300~1,400	200	1,500~1,600	종자개량이 되지 않은 상태로 계산
유채유를 사용한 경우 (보조금 지급 없음)	700	200	900	종자개량이 되지 않은 상태로 계산

※ 유채에 대한 보조금(170만원/ha)을 지급할 경우 원료 자체에 대한 비용이 높아지므로 생산단가가 높아짐

자료 : 한국에너지기술연구원, 2006년

2-4. 바이오가스

□ 미국

- LFG 재활용을 포함하는 바이오가스화는 2000년 15억달러에서 2010년 60억달러, 2015년 80억달러로 성장이 지속될 것으로 예측하고 있음
- 미국에서 상용화가 완료되어 보급·운영되고 있는 유기성폐기물 통합처리 기술은 혐기소화 기술이 주를 이루고 있음

표 3-12. 미국의 유기성 폐기물 통합처리 상용화 기술 보유 기업

기 업	기술분류/자체기술	대상 폐기물	협력사	기 타
Biogas Energy Inc.	혐기소화/ Flow-storage Process	축산분뇨, 윤활유, 농업 부산물, 음식류폐기물	Biogas Nard(독일)	유기성 폐기물처리
POWER-X	혐기소화/ Enhanced anaerobic Treatment	축산 폐기물, 축산분뇨, 해양폐기물, 농산폐기물	Cambridge Energy Group	메탄생산, 발전
Microgy, inc.	혐기소화/ Microgy system	축산분뇨, 축산폐기물	-	메탄생산, 발전

자료 : Biogas Energy Inc.(www.biogas-energy.com 인용)

- 혐기소화기술의 적극적인 이용과 보급을 위해서 축산 농가에서 발생하는 축산분뇨를 자체적으로 처리하여 에너지를 생산하도록 하는 AgSTAR Program을 USDA, USDOE, USEPA의 공동 주관으로 운영

표 3-13. 미국의 바이오매스 활용 프로그램

프로그램	사업목표 및 내용	부처
AgStar Program(1994년~)	·축산분뇨로부터의 메탄가스 배출량 저감 ·농장단위의 혐기성소화 바이오가스 생산시설 보급 ·바이오가스의 에너지원 이용 확대	USDA USDOE USEPA
Biomass Program(2000년~)	·바이오매스 이용을 통한 화석연료 의존도 감소 ·미국 바이오매스 산업의 발전	USDA USDOE
EnergyStar Program(1992년~)	·에너지 효율 향상 및 에너지 절약 ·온실가스 배출량 저감	USDOE USEPA

자료 : 한국에너지기술연구원, 2006년

□ 캐나다

- 1986년까지 소규모 농장형 혐기성소화에서는 많은 노동력과 대규모 자본으로 비경제적이라는 의견이 나왔으나 최근에 에너지비용의 상승과 온실가스 방출의 증가, 축산분뇨 내 악취와 병원균의 위협 등으로 관심이 증가하고 있음
 - 또한 유럽에서의 저 투자비용과 저렴한 운영비로도 소화조 운영을 성공적으로 수행할 수 있는 경험으로 캐나다 농업 관련자로 하여금 소화조에 대한 인식을 새롭게 하는 계기를 제공
- 축산 폐기물을 혐기성 소화공정을 이용하여 메탄가스를 생산하며 캐나다 국립 연구위원회에서 주관하고 있음
 - 혐기성 공정으로 발생하는 바이오가스를 정화한 후 직접 천연가스 배관망에 연결하거나 바로 전력을 생산하여 인근 지역에 판매하는 연구를 수행하고 있음

□ EU

- 현재 EU에서 널리 사용되고 있는 혐기소화 기술은 크게 아래 표에 제시한 바와 같이 분류할 수 있음

표 3-14. EU의 혐기소화기술의 종류

기술명	특징	체류시간	실규모 시설
완전혼합형반응기 (CSTR)	부유상 미생물의 완전교반 반응	10~40일	Toomebridge, Northern Ireland(1989)
상향류식 혐기성슬러지층상반응기(UASB)	혐기미생물의 입상 슬러지층 형성	6.5~24일	Tilburg, Netherlands (1994)
관 흐름형 반응기(PFR)	유입물의 흐름을 유지하며 반응진행(플러그 흐름)	5~15일	Farm Fed, Coleraine, Northern Ireland (1992)

자료: Feasibility Study Concerning Anaerobic Digestion in Northern Ireland, Eunomia Rresearch & Consulting, 2006년

- 유기성폐기물의 통합처리기술은 혐기성 소화에 집중되고 있으며 덴마크와 독일은 혐기소화시설 건설 및 운전분야에 주력하고 있음
 - (독일) 2,700개 이상의 소규모 및 대규모의 바이오가스 플랜트가 설치되어 있고, 소규모 농가형 메탄화 장치(전체 메탄화장치의 71.2%)를 사용하여 2.4Mtoe 바이오가스를 생산하고 있음
 - (덴마크) 대규모 시설을 선호하며, 20개 이상의 바이오가스 플랜트가 운전되고 있으며 주로 축산분뇨를 주 원료로 이용 중에 있음
- 혐기소화에 의해 생산된 전력과 같은 신재생에너지는 환경 친화적인 에너지이지만 발전비용 측면에서 볼 때 기존의 화석연료에 비해 상대적으로 높음
 - 따라서 유기성폐기물의 혐기소화에 의한 전력생산 시장 동향은 정부의 적극적인 지원책에 의해 육성되어야만 자생력을 가질 수 있음
- EU의 주요 바이오가스 생산기업을 살펴보면 아래 표와 같음

표 3-15. EU의 주요 바이오가스 생산기업

회사명	국 가	처리 과정	폐기물 종류	공장 수	생산능력 (천 톤/년)
Linde AG Wies-baden	독일	Linde BRV/KCA	습윤폐기물과 건조폐기물	24	1,000
Kompogas AG	스위스	Kompogas	건조폐기물	24	416
Organic Waste Systems	벨기에	Dranco	건조폐기물	14	750
Schmack Biogas AG	독일	Euco/Coccus	습윤폐기물	약 100	미공개
Valorga International	프랑스	Valorga	건조폐기물	12	1,047
Biotechnische Abfallverwertung GmbH & CoKG	독일	BTA	습윤폐기물	27	625

자료 : EurObserv' ER, 2006년

□ 일본

- 음식물류 폐기물 통합소화 처리기술을 적용한 상용화시설은 유럽에서 도입된 혐기성소화 기술을 이용하고 있음
 - 현재 음식물류 폐기물에 축산분뇨, 유기성슬러지, 분뇨 등을 혼합하여 처리하는 15개 시설과 분뇨에 다른 유기성폐기물을 혼합하여 처리하는 9개 시설이 가동 중에 있음
 - 해당 통합처리 시설은 모두 유기성폐기물로부터 메탄가스를 생산하여 에너지로 사용하고 있으며, 슬러지를 포함한 잉여 고형물은 퇴비화를 통해 처리하고 있음

□ 한국

- 현행 해양투기⁵⁾되고 있는 유기성폐자원을 2012년까지 25%, 2020년까지 100% 바이오가스화 또는 고형연료화로 전환하는 기술개발이 시급함
 - (하수 슬러지 에너지화) 2012년까지 하수슬러지 고형연료화 시설4개소 (1,280톤/일)를 확충하고 해양투기 중인 하수슬러지의 20%(38만 톤/년)를 에너지화 하기로 계획함

5) 런던협약에서는 하수슬러지와 가축분뇨를 2012년까지, 음폐수는 2013년까지 해양배출을 금지하고 있음

- 2020년까지 약 88%(168만 톤/년)를 바이오가스 또는 고품연료화 하기로 계획함
- ※ 전국 347개 하수 처리장에서 발생하는 하수슬러지(278만 톤/년) 중 69%(191만 톤/년)를 해양투기로 처리하고 있음
- (유기성 폐자원 병합처리 에너지화) 바이오 가스화 효율성을 높이기 위해 음식물 쓰레기, 가축분뇨, 하수 슬러지의 병합처리가 필요함
- 선진국에 비해 기술수준이 낮고 소화액(폐수)의 처리문제, 부처(부서)별 기능 분산으로 실적이 저조한 실정임
- 2012년까지 12개소(1,580톤/일)의 음식물쓰레기와 가축분뇨 병합처리 시설을 확충할 계획임
- 바이오매스의 열분해 및 가스화를 통해 건조한 바이오매스 무게의 12~17%수소생산 기술을 확보함
- CFBG(Circulating Fluid Bed Gasifier) 시스템으로 저열량 연료가스 생산이 가능하게 됨

표 3-16. 바이오가스 생산 기술수준 비교

구 분	선진국 대비 기술수준	국 내	외국(덴마크)
바이오가스 생산 공정	50%	공정 도입 단계	현장보급, 확립단계
바이오가스 생산시설운영기술	70%	현장 적용 및 소수 플랜트, 운전 단계	실플랜트 운전 단계
바이오가스 이용기술	60%	이용분야연구, 정책 조정단계	가스이용 발전 사용화 단계

자료 : 환경친화형 바이오 대체에너지 기술개발 및 정책, 강원대 주최 심포지엄 자료집

표 3-17. 국내 주요 바이오가스 설비 생산업체

업체명	주요 생산품목과 특징
서희건설	음식물 쓰레기를 혐기성 소화하여 메탄가스생성(Dranco Process)
대우건설	축산분뇨, 음식물발생폐수의 이상혐기소화공정을 이용한 바이오가스 생산 공정(DBS Process)
효성에바라	하수슬러지, 음식물 통합소화를 위한 기존 소화조 개선 및 열병합 발전기술
유니슨	축산분뇨 바이오가스 전환기술(독일형 재래식 혐기성 소화기술)
소화코리아	메탄발효처리시스템
(주)지엘이엔지	혐기성 소화조에 의한 연료화시설
한라산업개발	이상혐기성중온소화공정(과주시 축산분뇨공공처리장)

자료 : 바이오(폐기물)전문위원회, 2007년

표 3-18. 국내·외 시장규모

구분	현재 시장규모(2005년)	예상 시장규모(2010년)
세계시장	메탄 : 800,000억원 수소 : 33,600억원 * 미국 550억원	메탄 : 1,300,000억원 수소 : 48,200억원 * 미국 18,000억원
한국시장	메탄 : 6,500억원 수소 : 300억원	메탄 : 10,500억원 수소 : 500억원

자료 : 바이오(폐기물)전문위원회, 2007년

2-5. 고체연료

□ 농산부산물의 고형연료화

○ 농업부산물, 숲가꾸기 부산물, 폐목재

- 공급가능 잠재량은 최대 13백만(m³/년)이나, 수집 및 운반비 과다로 안정적인 공급에 어려움이 있음
- 2008년 농가를 대상으로 750대 시범보급
- 2009년 1사1촌을 통해 화목보일러 지원 운동 전개
- 2012년까지 수집체계 정비로 1,560천m³(12%) 에너지화를 추진할 계획임
- 2020년까지 소규모 목질계 바이오매스 에너지 활용시설(화목보일러 등 6만 5천대 보급) 및 펠릿 등 제조시설(16개소) 설치를 지원할 계획임

□ 가연성자원의 고품연료화

- 2007년 기준 국내 가용 폐기물(470만 톤/년)의 1.2%만을 고품연료로 제조하였으며 2012년까지 39%를 2020년까지 100% 고품연료화 할 계획임
- 생활폐기물을 고품연료(RDF)로 제조
 - 종량제봉투로 배출되어 매립되는 가연성 폐기물을 고품연료로 제품화
 - 2012년까지 RDF시설 20개소(5,840톤/일) 전용보일러/발전시설 10개소(2,800톤/일) 확충
- 사업장 폐기물을 고품연료(RPF)로 제조
 - 건설현장, 산업체에서 발생하는 폐플라스틱류를 고품연료로 제품화
 - 2020년까지 370톤/일 규모의 RPF시설 확충

□ 유기성자원의 고품연료화

- 현재 해양투기 되고 있는 유기성폐자원을 2012년까지 25%, 2020년까지 100% 바이오가스화 또는 고품연료화 할 계획임
- 2012년까지 음식물폐수 바이오가스화 시설 11개소(2,690톤/일)를 확충하여 해양 투기중인 음폐수의 50%(899만 톤/일)를 에너지화 할 계획임
 - ※ 음식물 쓰레기(488만 톤/년)를 재활용과정에서 발생하는 폐수(331만 톤) 중 54%(178만 톤)를 해양투기 처리하고 있음
- 가축분뇨 에너지
 - 총 발생량(4,515만 톤) 가운데 83%는 퇴·액비화 되고 12%는 공공처리시설 등에서 처리되며 5%(202만 톤)는 해양투기되므로 에너지화가 필요함
- 하수슬러지 에너지화
 - 2012년까지 하수슬러지 고품화 시설 4대소(1,280톤/일)를 확충하고 해양투기 중인 슬러지의 20%(38만 톤)를 에너지화 할 계획임
 - ※ 전국 347개 하수처리장에서 발생하는 하수 슬러지(278만 톤/년) 중 69%(191만 톤/년)를 해양 투기하는 실정임

IV

바이오에너지 분야 투자과 추진현황

1. 투자현황
2. 추진현황

IV. 바이오에너지 분야 투자와 추진현황

1. 투자현황

□ 전체현황

- 바이오에너지 분야는 바이오매스를 생물학적, 화학적, 물리적 변화과정을 거쳐 바이오에탄올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료로 이용할 수 있으므로 이를 바탕으로 구분하여 제시함
- 투자액은 바이오매스증산이 55.2%로 가장 많은 비중을 차지하였고 바이오 알코올 34.5%, 바이오가스 5.7%, 바이오디젤 2.7%, 고체연료 1.9% 순으로 구성됨
 - 그러나 과제당 지원된 투자액은 바이오 알코올(217.3백만원) 분야가 가장 많아 바이오매스증산(154.6백만원)보다 높게 지원되고 있음

표 4-1. 바이오에너지 분야별 투자현황(2009년)

(단위 : 백만원)

5개 분야		투자 현황	농식품부	농진청	산림청	합 계
바이오 에너지	바이오 매스 증산	과제 수	8	28	0	36
		투자액(%)	2,598(25.8)	2,966(29.4)	0(0)	5,564(55.2)
		투자액/과제	324.8	105.9	0	154.6
	바이오 알코올	과제 수	4	8	4	16
		투자액(%)	1,197(11.9)	856(8.5)	1,423(14.1)	3,476(34.5)
		투자액/과제	299.3	107	355.8	217.3
	바이오 디젤	과제 수	1	2	0	3
		투자액(%)	96(1)	174(1.7)	0(0)	270(2.7)
		투자액/과제	96	87	0	90
	바이오 가스	과제 수	2	2	0	4
		투자액(%)	263(2.6)	315(3.1)	0(0)	578(5.7)
		투자액/과제	131.5	157.5	0	144.5
고체 연료	과제 수	0	0	1	1	
	투자액(%)	0(0)	0(0)	193(1.9)	193(1.9)	
	투자액/과제	0	0	193	193	
합 계		과제 수	15	40	5	60
		투자액	4,154(41.2)	4,311(42.8)	1,616(16)	10,081(100)
		투자액/과제	276.9	107.8	323.2	168.0

1) 각 기관별 과제당 투자액에 대한 평균값을 나타냄

□ 분야별 투자현황

(바이오매스증산 분야)

- 바이오매스증산 분야의 투자액만을 기준으로 보았을 때, 농진청은 53.3%의 비중을 차지하였으며 농식품부는 46.7%를 차지하고 있음
 - 과제당 투자액은 농식품부가 324.8백만원으로 농진청(105.9백만원)보다 2배 이상의 높은 예산지원을 하고 있음

(바이오알코올 분야)

- 바이오알코올 분야의 투자액만을 기준으로 보았을 때, 산림청이 40.9%로 가장 많은 비중을 차지하였으며 농식품부 34.4%, 농진청 24.6%를 차지하고 있음
 - 전체 과제당 투자액은 217.3백만원이며 산림청(355.8백만원)에서 가장 높은 투자를 하였으며 농진청(107백만원)은 평균 이하의 투자를 보이고 있음

(바이오디젤 분야)

- 바이오디젤 분야의 투자액만을 기준으로 보았을 때, 농진청이 64.4%로 가장 많은 비중을 차지하였으며 농식품부는 35.6%를 차지하고 있음
 - 전체 과제당 투자액은 90백만원으로 타분야보다 예산 지원규모가 적음

(바이오가스 분야)

- 바이오가스 분야의 투자액만을 기준으로 보았을 때, 농진청이 54.5%로 가장 많은 비중을 차지하였으며 농식품부는 45.5%를 차지하고 있음
 - 전체 과제당 투자액은 144.5백만원으로 바이오디젤 활용분야 다음으로 적으며 농진청(157.5백만원)이 농식품부(131.5백만원)보다 다소 높게 나타남

(고체연료 분야)

- 고체연료 분야의 투자액만을 기준으로 보았을 때, 산림청만이 유일하게 지원하고 있음

2. 추진현황

□ 농식품부

○ 농식품부는 2007년부터 2017년까지 농산업 R&D 로드맵(기술로드맵과 제품로드맵⁶⁾)을 만들어 추진하고 있으며 식품가공·유통, 농업생산시스템, 동물육종 번식·동물건강, 식물육종 번식·이용으로 구분하고 세부로드맵을 각각 제시하고 있음

- 각 분야별 기술은 10년 동안 계속 지원되어야 하며 목표로 하는 제품들은 모두 3단계로 나누어 제시되고 있는 점이 특징임



자료 : 농산업 R&D 로드맵, 농림수산식품부

그림 4-1. 농식품부의 농산업 R&D 총괄 기술로드맵

6) 제품로드맵은 부록 4 참조

□ 농진청

- 농식품부가 농산업을 중심으로 로드맵을 제시하였다면 농진청은 어젠다 중심의 관련 기술을 로드맵(2009년~2017년)으로 제시하고 있음
 - 친환경 에너지 절감기술 및 바이오 대체 에너지개발에 대한 어젠다를 제시하고 이에 대한 세부 계획을 제시하고 있음
 - (비전) 화석에너지 ZERO형 녹색 농업시설 조성 인프라 구축
 - 5개 분야(에너지절감 절감기술, 바이오에너지 원료작물생산, 바이오 에너지 생산공정기술, 신재생 에너지, 농림부산물 에너지화)로 나누어 계획을 제시하고 있음
 - 농진청에서 수행하고 있는 연구를 중심으로 제시한 계획으로 연도별로 구체성을 가지고 있다는 점이 특징임



자료 : 어젠다중심 제5차 농업과학기술 중장기연구개발계획
그림 4-2. 농진청의 핵심기술별 중장기로드맵

□ 산림청

○ 가치 있는 산림자원 조성과 이용분야 중에서 목재자원의 효용가치 증진을 위한 것으로 3단계로 구성하고 있음

- (1단계) 목질 신소재를 발굴하고 목질탄화물의 특성 구명, 대체 에너지를 위한 목질 성분변환 연구를 수행하는데 있음
- (2단계) 환경 저부담의 목재성분을 분리하는 기술을 개발하고 목질탄화물의 기능 향상, 변화된 목질성분을 분석하는데 있음
- (3단계) 목질계 폴리머를 합성하고 탄화물의 고부가가치화, 목질 바이오에너지의 실용화 가능성을 향상시키는 연구에 중점을 두고 있음



자료 : 산림과학기술기본계획

그림 4-3. 산림청의 기술로드맵

V

바이오에너지 분야 과제평가

1. 기획
2. 예산
3. 성과

V. 바이오에너지 분야 과제평가

1. 기획

1-1. 과제의 적절성

1-1-1. 국정·농정 및 상위계획과의 부합성

가. 현황분석

1) 과학기술기본계획⁷⁾

□ 과학기술기본계획 개요

- 과학기술기본계획은 과학기술관련 국가 최상위 계획으로 각 부처의 과학기술관련 중장기계획은 이와 연계되어 추진 중임

7) 과학기술기본법(제7조)에 따라 정부는 5년마다 과학기술 관련 계획과 시책 등을 종합한 과학기술기본계획을 수립 및 시행하고 있음(제1차 과학기술기본계획('02~'06), 제2차 과학기술기본계획('08~'12), 이명박정부의 과학기술기본계획('08~'12))

표 5-1. 이명박정부의 과학기술기본계획 요약

구 분	이명박정부 기본계획(2008~2012)
비전 및 목표	<ul style="list-style-type: none"> ○ 선진일류국가(잘 사는 국민, 따뜻한 사회, 강한 나라) ○ 7대 과학기술강국 실현
과학기술정책	<ul style="list-style-type: none"> ○ 7대 중점과학기술 개발에 역점 <ul style="list-style-type: none"> - 주력기간산업 기술 고도화 - 신산업 창출을 위한 핵심기술개발 강화 - 지식기반서비스 산업 기술개발 확대 - 국가주도기술 핵심역량 확보 - 현안관련 특정분야 연구개발 강화 - 글로벌 이슈관련 연구개발 추진 - 기초기반·융합기술 개발 활성화
연구개발	<ul style="list-style-type: none"> ○ 총 GDP투자를 GDP대비 5%로 확대 <ul style="list-style-type: none"> - 정부 R&D 투자를 1.5배로 확대, 민간부문의 R&D투자 확대 지원 등 ○ 투자 효율화 강조 <ul style="list-style-type: none"> - 연구자 친화적 R&D 관리제도 개편, 연구관리전담기관 전문화·효율화 등
과학기술인력	<ul style="list-style-type: none"> ○ 우수과학기술인력 양성과 함께 효율적 활용을 강조 <ul style="list-style-type: none"> - 과학영재 육성, 고등교육과 연구개발 연계를 통한 우수인재 양성, 이공계 진로 다양화 등
지역기술 혁신	<ul style="list-style-type: none"> ○ 지역의 자생적 혁신역량 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 지역 연구주체의 역량 강화 - 지역혁신거점과 클러스터 구축강화 - 지역의 자발적인 연구개발투자 환경조성
과학기술 국제화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술의 국제화 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 국제기구·국제프로그램 참여 강화 - 글로벌 공동연구의 전략적 확대 - 과학기술 국제화 투자 확충과 효율성 제고 등
과학기술 대중화	<ul style="list-style-type: none"> ○ 과학기술의 생활화 <ul style="list-style-type: none"> - 민간 주도의 과학기술문화 산업기반 육성 - 타 분야 전문가 대상 과학기술문화 확산 등 ○ 과학기술의 사회적 역할 증대 <ul style="list-style-type: none"> - 과학기술과 사회의 커뮤니케이션 체제 구축 등

□ 과학기술기본계획과 농림수산식품분야 관련기술

- 이명박정부의 과학기술정책에서 제시한 7대 중점과제 중 농림수산식품 분야에 관련된 기술이 포함된 과제는 3개 과제가 있음
 - 신산업 창출을 위한 핵심기술 개발 강화, 현안관련 특정분야 연구개발 강화, 글로벌 이슈관련 연구개발 추진

표 5-2. 7대 중점투자분야 중 농림수산식품분야 중점육성기술/후보기술

중점과제	중점육성기술	중점육성후보기술
신산업 창출을 위한 핵심기술 개발 강화	해당사항 없음	<ul style="list-style-type: none"> · 생물소재 및 공정기술 · 해양생물자원 보존 및 해양생명 공학이용기술 · 유전체 응용 기술
현안관련 특정분야 연구개발 강화	<ul style="list-style-type: none"> · 에너지이용 고효율화 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 식품자원 활용 및 관리기술 · 동식물 병해충 예방 및 방제 기술
글로벌 이슈 관련 연구개발 추진	<ul style="list-style-type: none"> · 수소에너지 생산·저장기술 · 차세대전지 및 에너지 저장 변환기술 · 신재생에너지 기술 (태양, 풍력, 바이오) · 에너지·자원 개발기술 · 해양영토 관리 및 이용기술 · 해양환경조사 및 보전 관리기술 · 지구 대기환경 개선기술 · 환경(생태계) 보전 및 복원기술 · 수질관리 및 수자원보호기술 · 기후변화 예측 및 적응 기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 자원활용 고효율화 기술 · 친환경 공정기술 · 자원순환 및 폐기물 안전처리 기술 · 환경정보 통합 관리 및 활용 기술

□ 농림수산식품분야 관련 계획의 위상

- 농림수산식품분야 관련 계획은 생명공학육성기본계획의 하부에 위치하며 2008년까지 농림과학기술기본계획과 농업과학기술R&D기본계획이 있었음
- 2009년 농림수산식품분야의 종합적인 방향제시와 연계성을 강화하기 위해 농림수산식품분야 최초의 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」(2009.12.23.)을 수립

- 종합계획에 따라 해당 부처는 연도별 시행계획⁸⁾을 수립·추진하며 이는 종합계획과 시행계획과의 일관성을 확보하여 정부 R&D 투자의 효율성을 제고시킬 수 있을 것으로 기대하고 있음

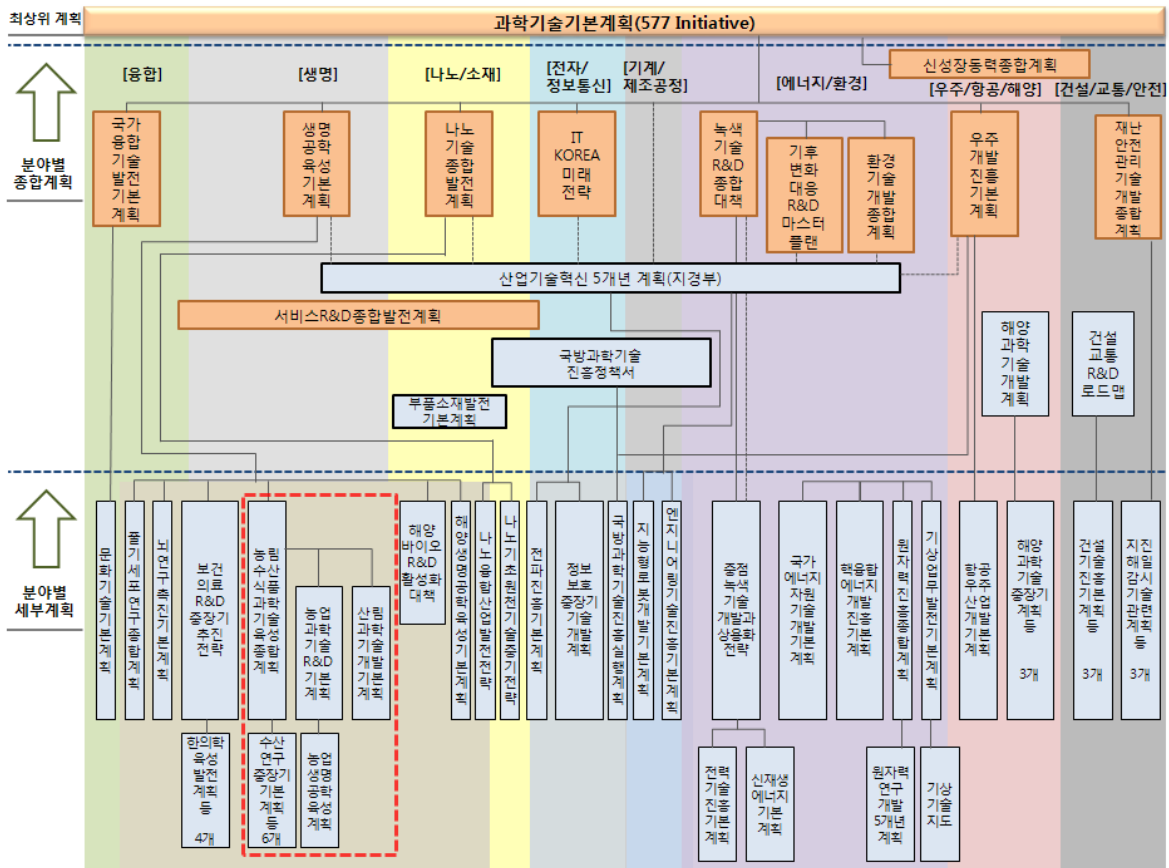


그림 5-1. 2009년 이후 과학기술분야 중장기계획

2) 농정시책

□ 주요변화

- 2009년부터 녹색성장 기반조성에 중점을 두고 있으며 이는 바이오에너지 관련 분야에 대한 관심으로 이어지고 있음
- 현재 우리나라는 온실가스의 중기 감축목표를 2020년 온실가스를 배출 전망치(BAU) 대비 30% 감축하기로 함(2009년 11월)

8) 연도별 시행계획은 전년도 추진실적 점검과 함께 당해연도의 기관별 R&D 목표와 정책과제별 세부 실천계획을 제시하고 있음

□ 2008년 농정(비전 : 4,800만 국민의 먹을거리를 책임지는 성장산업)

- (정책목표) 돈 버는 농어업, 살 맛 나는 농어촌
- 거대 경제권과의 FTA 협상 등으로 개방이 확대되고 국제곡물과 유류 가격의 급등으로 농어업자재 가격이 상승하여 농어업 경영비가 증가하고 있음
 - 이에 국내 농식품분야의 경쟁력 강화를 위하여 농식품 유통혁신추진, 식품산업 육성, 핵심인력 양성, 규제 완화를 중점과제로 추진함

□ 2009년 농정(비전 : 위기를 넘어 새로운 농식품의 시대로)

- (정책목표) 농정변화와 개혁, 농어업 역량 강화, 농수산식품 수요창출, 농어촌 삶의 질 향상
- FTA, WTO/DDA 등으로 농어업분야 경쟁이 가속화되고 국제 원자재 값은 하락추세이나 원화가치 하락으로 인해 농자재 가격이 불안요인으로 존재함
 - 국내 경쟁력을 강화하고 자원에 대한 확보를 위해 녹색성장 기반조성, 농식품 R&D 개편, 해외농림어업 개발 및 자원 확보를 중점과제로 추진함
- 환율 인상, 식품안전, 한식에 대한 관심증대로 농식품 수출에 긍정적 측면이 발생하여 농식품 수출확대와 식품산업 육성을 중점과제로 수립함

□ 2010년 농정(비전 : 매력적인 농수산식품산업)

- (정책목표) 경영혁신·소득증대, 체질개선·미래준비, 안전식품·안정공급, 지역 경제 활성화
- 고유가 시대에 따른 농업 에너지절감 문제가 야기되고 이에 대한 에너지절감을 중점과제로 추진함
- 농식품 산업 육성을 통한 녹색성장과 일자리 창출로 국민 소득에 기여 하고자 식품산업 육성 및 수출확대, 투자촉진 및 일자리 촉진 등을 중점과제로 추진함
- 이상기후에 따른 글로벌 애그플레이션(agflation) 등 국제 곡물가 상승에 대비하여 농식품 수급안정 및 유통구조 개혁과 쌀 수급안정 및 식량자급률 제고 등을 중점과제로 추진함

표 5-3. 연도별 농정시책 방향

	2008년		2009년		2010년
비전	4,800만 국민의 먹을거리를 책임지는 성장산업	⇒	위기를 넘어 새로운 농식품의 시대로	⇒	매력적인 농림수산식품산업
전략 목표	· 돈 버는 농어업 · 살 맛 나는 농어촌	⇒	· 농정변화와 개혁 · 농어업 역량 강화 · 농수산식품 수요창출 · 농어촌 삶의 질 향상	⇒	· 경영혁신·소득증대 · 체질개선·미래준비 · 안전식품·안정공급 · 지역경제 활성화
중점 과제	· 식품산업 육성 · 농식품 유통혁신 · 핵심인력 양성 · 규제 완화	⇒	· 식품산업 육성 · 유통구조 개혁 · 농식품 수출 확대 · 농식품 R&D 개편 및 녹색성장 기반조성 · 해외농림어업 개발 및 자원 확보 · 협동조합 및 공공기관 개혁 · 농어가 경영안정 · 농어촌 생활 및 복지여건 개선 · 위기극복 및 경제 살리기	⇒	· 농어업 경영혁신·비용절감 · 농어업 에너지 절감 · 농어가 소득·경영 안정 · 농식품 수급안정 및 유통구조 개혁 · 녹색성장 및 농식품 R&D 혁신 · 종자생명산업 육성 · 농정추진체계 개편 · 수산업 재도약 기반구축 · DDA/FTA 대응 · 친환경 안전 농식품 공급 · 쌀 수급안정 및 식량 자급률 제고 · 식품산업 육성 및 수출 확대 · 해외 농림어업 협력강화 · 농어촌산업 육성 · 지역공동 경영체 활성화 · 농어촌 복지생활여건 개선 · 농림어업 생산기술 확충 · 투자촉진 및 일자리 창출

나. 평가결과

□ 농림수산식품분야 종합계획 부재

- 평가대상년도인 2009년을 기준으로 보았을 때, 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」이 2009년 12월에야 수립되었으며, 부·청별 시행계획은 2010년 4월 이후에 수립되어 부·청의 계획을 종합적으로 아우르는 계획 수립은 이루어졌다고 보기 어려움
 - 2009년까지는 농식품부는 농업·농촌종합계획과 농림과학기술진흥 종합계획을 수립하였으며 농진청은 농업과학기술 중장기 연구개발계획을, 산림청은 산림과학기술기본계획을 각각 수립하였음

<외부지적사항 주요내용>

국회, 감사원, 기획재정부, 교과부 등은 농식품부의 농정방향과 농림부문 연구개발 정책방향 또는 개별 연구개발사업의 추진방향이 일관성과 체계성을 유지할 수 있도록 종합적으로 검토하는 체계가 마련될 필요가 있음을 지적함

□ 상위계획, 관련세부계획 및 농정방향과 부합성

(과학기술기본계획)

- 과학기술기본계획의 내용은 타 분야를 포함하는 매우 포괄적인 계획으로 부·청소관 바이오에너지 분야와 같은 세부사항에 대한 부합성을 평가할 수는 없으나 연구방향설정에 대한 기준은 제시하고 있음
 - 본 평가대상인 부·청소관 바이오에너지 분야 사업의 목표는 이명박정부의 신산업 창출을 위한 핵심기술개발 강화, 현안관련 특정분야 연구개발 강화에 해당됨

(국가에너지기본계획)

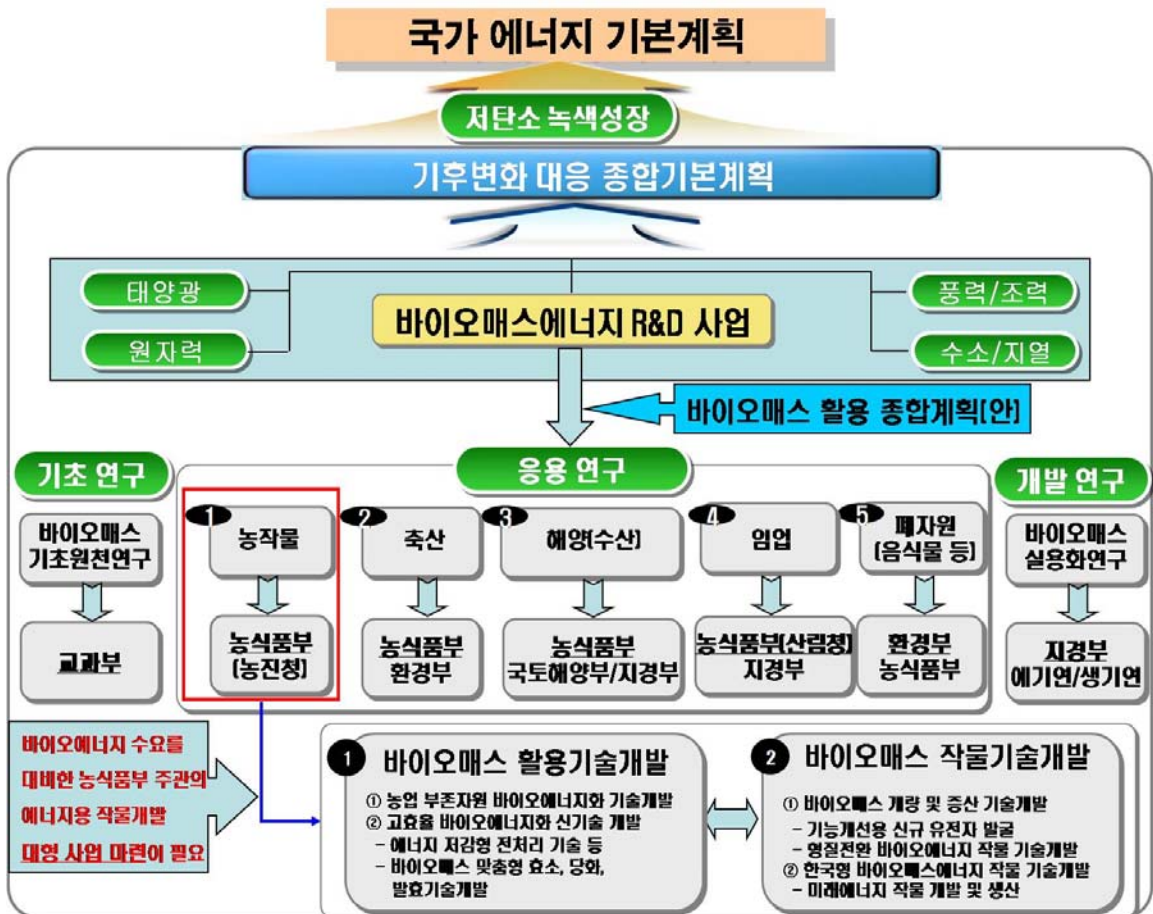
- 에너지정책관련 최상위 국가전략으로서“저탄소 녹색성장 구현”등 미래 지향적 에너지정책 방향을 제시하고 있음

- 국민경제의 건전한 발전에 필요한 에너지자원의 확보, 국내수급안정 및 공급인프라 확충, 에너지 이용의 합리화 등에 체계적으로 대응하기 위한 기본방향과 주요내용을 담고 있어 부청소관 관련연구와 부합성을 가지고 있는 것으로 판단됨

(기후변화대응 종합기본계획)

- 기후변화가 글로벌 최우선 아젠다로 급부상함에 따라 범국가적 대책 수립이 필요하여 핵심과제로“기후변화 및 에너지 대책”, 중점과제로 “신재생에너지 산업육성”이 포함된 국정과제를 개발함

- 본 평가대상인 부청소관 바이오에너지 분야 연구가 추구하는 목표와 방향도 에너지기본법과 기후변화대응 종합기본계획의 내용과 조화되는 범위에서 설정되어 있는 것으로 판단됨



자료 : 농식품부, 2008년

그림 5-2. 국가에너지 기본계획과 농식품부 연구개발사업과의 연계

(농정시책)

- 농정시책 또한 비R&D 분야까지 모두 포괄적이긴 하지만 본 사업은 아래와 같은 분야와 조화를 이루고 있음
 - 신고유가 시대와 관련하여 에그플레이션 등 곡물가 상승에 대비하는 분야와 부합되며 기후변화 대응방안으로 온실가스 감축목표 달성과도 일치되고 있음
 - 매년 농정시책이 환경변화에 따라 변경되고 있으므로 바이오에너지 분야 연구내용도 세부목표 수정 등 변화에 부응하는 능동적 자세가 필요함

1-1-2. 국내·외 환경변화 및 기술동향 반영

가. 현황분석

1) 국내·외 환경변화

□ 바이오매스증산 분야

- 국제적으로 에너지원으로 활용 가능한 원료의 발굴과 활용범위 확대를 위해 연구하고 있음

표 5-4. 주요 바이오에너지 원료현황

바이오에탄올 유망 원료		바이오디젤 유망 원료	
전분질계	카사바, 고구마, 보리 및 트리티케일	기름작물	팜오일, 자트로파, 유채, 콩, 해바라기, 홍화
당질계	단수수, 사탕무		
셀룰로오스계	억새, 갈대, 스위치그라스	동물성기름	소, 돼지기름, 닭, 오리기름
농업부산물	벼짚, 보릿짚, 옥수수대, 단수수대, 유채대, 목화대, 밀짚, 팜오일, 사탕수수		

- 국내에서는 기후변화 대응 종합기본계획 중 기초, 응용, 개발연구로 구분하고 관련 부·청의 역할을 분담하여 추진하고 있음
 - 이 중 농식품부, 농진청, 산림청은 농작물, 추산, 수산, 임업, 폐자원 분야에서 응용연구를 수행하도록 되어있음

- 세부적으로 농진청에서는 바이오원료작물 생산에 관한 추진계획을 수립하여 추진하고 있음
- 산림 부산물이나 새로운 경작지(유휴 농경지, 수변구역)를 활용하여 바이오매스증산노력을 하고 있음
- 미세조류의 대량배양기술 개발과 해조류의 대량 양식기술 개발로 바이오매스증산노력을 하고 있음

□ 바이오알코올 분야

- (미국) 섬유질계와 셀룰로오스계 매스를 통한 알코올 생산기술에 집중 투자하고 있음
 - 학계나 공공연구기관 중심의 기초연구와는 달리 정부와 산업체간의 공동출자 연구로 추진하고 있음
 - 생산자에게 설비시설 투자 보조금 지급을 통한 인센티브 제공, 세금공제를 통한 소비자의 이용 장려 등의 지원정책을 추진하고 있음
- (EU) 프랑스, 스페인, 스웨덴은 밀과 사탕수수를 이용하여 약 50만 톤 (전 세계 생산량의 3%, 2007년 기준)의 알코올을 합성하고 있음
 - 미국과 같이 섬유질계와 셀룰로오스계 매스를 활용하여 알코올을 생산하고자 추진하고 있음
- (브라질) 1975년 석유파동 이후 바이오연료 사용 증진을 위한 대책을 수립하고 관련 연구 및 지원정책을 추진함
 - 2001년 이후 에탄올 혼합량을 20~25%까지 증가하였으며 2003년에는 85%까지 증가시킴
 - 작물과 부산물을 활용하는 방안, 바이오 에탄올 생산기술 개선, 인프라 구축, 경작면적 확대 등을 추진함
- (일본) 초본식물, 활엽수 중 신규 에너지작물 선정을 위한 연구를 수행하고 있으며 섬유질계 작물을 활용하여 바이오에탄올 생산증진에 힘쓰고 있음

- 연구분야로는 연속발효기술, 5, 6탄당 동시 이용기술, 고온 내성 균주개발, 함수고체 발효장치 개발 등이 있음
 - 2030년까지 자동차 연료의 10%를 바이오에탄올로 대체할 계획임
- (중국) 셀룰로오스로부터 아세트, 부탄올, 에탄올 생산을 위한 대규모 실용화 기술이 적용되고 있음
 - 세계적으로 산업적 수준에서 부탄올생산이 가능한 나라임
- (우리나라) 1980년대 후반부터 전분질계 바이오에탄올 생산기술을 위한 효모균주 개발, 연속발효, 초임계, 막분리 등의 개발연구를 수행하고 있으나 16개의 바이오디젤이 상용화되고 있는 반면 바이오에탄올 생산업체는 전무한 실정임
- 현재 주정생산으로 상용화된 바이오에탄올 발효생산 기술이 높은 기술을 보유하고 있으며 섬유계에서 생산하기위한 전처리/당화 기술과 리그노셀룰로오스 전처리 공정에 대한 연구를 진행 중에 있음

□ 바이오디젤 분야

- (미국) 2000년 이전까지 바이오디젤보다는 휘발유를 대체할 수 있는 바이오에탄올 보급에 역량을 기울여 왔으나 최근 들어 바이오디젤 산업을 활성화하기 위해 노력하고 있음
 - 그 이유는 교토협약 미비준으로 인한 국제적 압력, 세금혜택만으로도 바이오디젤의 경쟁력 확보 가능, 유전자변형작물의 대량재배와 과잉 생산으로 활용처 필요 등이 복합적으로 작용하였기 때문임
 - 하이브리드 지질/셀룰로오스 바이오디젤 방법 개발, 디젤의 연료소비와 배출을 감소시키는 엔진제어시스템 개발, 저비용 비식량계 바이오디젤 촉매 개발 등의 연구가 진행 중에 있음
- (EU) 바이오에너지원 중 바이오디젤의 점유율(81.5%)이 가장 높은 곳으로 이미 상당한 수준의 기술과 관련 사업자를 보유하고 있음
 - 이 중 독일은 유럽 최대의 바이오디젤 생산국으로 주요 작물은 유채임

- 프랑스는 해조류를 활용한 연구를 수행하고 있음
- 오스트리아는 세계 최초로 바이오디젤의 상용화 공정을 개발하였으며 45,000톤(2004년)의 생산용량 확보
- (캐나다) 바이오디젤 보급활동 지원을 위해 캐나다 바이오디젤 협회 (2003년)가 설립되었으며 고농도의 유리지방산이 포함된 원료에서 디젤을 생산하는 기술을 개발함
- (브라질) 정유회사 페트로브라스를 내세워 석유에 대한 의존도를 낮추기 위한 전략적 차원에서 바이오디젤 개발을 서두르고 있으며 농산물이 풍부하여 막대한 양의 생산이 가능할 것으로 전망함
 - 페트로브라스는 2013년까지 24억 달러를 투자하고 그 중 20%를 바이오디젤증산에 투자할 계획임
- (일본) 축매를 사용하지 않는 무축매 과일 메탄올 증기법을 개발하여 바이오디젤연료 제조에 성공함
 - 또한 사막화 방지를 위한 녹화사업과 바이오디젤 생산을 가능하게 하는 장미과 식물인 사모모를 활용하여 실용화하는 기술을 개발함
 - 어묵 부산물(폐유), 폐식용유를 바이오디젤로 전환하는 사업이 추진 중에 있으며 녹조와 식물기름을 항공제트유로 사용하는 등 디젤의 사용 확대를 위해 다양한 방면에서 추진하고 있음
- (우리나라) 보일러 가열 방식에 비해 약 10개 빠르며 에너지도 기존의 절반만 사용해 연속적으로 식물성 기름을 바이오디젤로 전환할 수 있는 기술개발로 생산원가를 낮추는데 일조할 것으로 기대됨
 - 경유에 20%정도의 바이오디젤을 혼합하여 사용하는 법령을 제정 관련 사업을 진행 중이나 유통 상, 정유사와의 갈등으로 시행에 어려움을 겪고 있음
 - 2007년 기준 약 16개의 바이오디젤 생산기업이 있으며 해외에서 원료를 개척하는 사례가 증가하고 있음

□ 바이오가스 분야

- (미국) 혐기소화기술의 적극적인 이용과 보급을 위해서 축산 농가에서 발생하는 축산분뇨를 자체적으로 처리하여 에너지를 생산하도록 AgSTAR 프로그램을 만들어 USDA, USDOE, USEPA 공동주관으로 운영
 - 현재 상용화가 완료되어 보급 및 운영되고 있는 유기성폐기물 통합 처리기술은 혐기소화기술이 주를 이루고 있음
- (EU) 유기성폐기물의 통합처리기술은 혐기성 소화에 집중되고 있으며 덴마크와 독일은 혐기소화시설 건설 및 운전분야에 주력하고 있음
 - 독일은 주로 소규모 농가형 메탄화 장치(전체 메탄화장치의 71.2%)를 사용하고 있으며 덴마크는 대규모 시설을 선호하고 있음
- (캐나다) 축산폐기물을 혐기성 소화공정을 이용하여 메탄가스를 생산하며 캐나다국립 연구위원회에서 주관하고 있음
 - 혐기성 공정으로 발생하는 바이오가스를 정화한 후 직접 천연가스 배관망에 연결하거나 바로 전력을 생산하여 인근 지역에 판매하는 연구를 수행하고 있음
 - 1986년까지 소규모 농장형 혐기성 소화에서는 많은 노동력과 대규모 자본으로 비경제적이라는 의견이 나왔으나 최근에 에너지 비용의 상승, 온실가스 방출의 증가, 축산분뇨 내 악취와 병원균의 위협 등으로 관심이 증가하고 있음
- (일본) 음식물류 폐기물 통합소화 처리기술을 적용한 상용화 시설은 유럽에서 도입된 혐기성 소화기술을 이용하고 있음
 - 현재 음식물류 폐기물에 축산분뇨, 유기성 슬러지 등을 혼합하여 처리하는 15개 시설과 분뇨에 다른 유기성 폐기물을 혼합하여 처리하는 9개 시설이 가동 중에 있음
 - 해당 통합처리 시설은 모두 유기성 폐기물로부터 메탄가스를 생산하여 에너지로 사용하고 있으며 슬러지를 포함한 잉여 고형물은 퇴비화를 통해 처리하고 있음

- (우리나라) 2012년까지 하수슬러지 고품연료화 시설 4개소를 확충하고 해양투기⁹⁾ 중인 하수슬러지의 20%(38만 톤/년)를 에너지화하고 2020년까지 약 88%(168만 톤/년)를 바이오가스 또는 고품연료화 할 계획임
 - 유기성 폐자원 병합처리 에너지화에 대한 기술수준은 선진국에 비해 낮으며 소화액(폐수)의 처리문제, 부처(부서)별 기능분산으로 추진이 다소 저조함
 - 2012년까지 12개소(1,580톤/일)의 음식물쓰레기와 가축분뇨 병합처리 시설을 확충할 계획임

□ 고체연료 분야

- (우리나라) 농산부산물, 가연성 자원, 유기성 자원으로 나누어 볼 수 있음
 - (농산부산물의 고품연료화) 공급가능 잠재력은 최대 13백만(m^3 /년)이나 수집 및 운반비 과다로 안정적인 공급에 어려움이 있음
 - 2008년 농가를 대상으로 나무껍질을 사용하는 화목보일러 750대 시범보급 실시
 - 2009년 1사 1촌을 통한 화목보일러 지원운동 전개
 - 2012년까지 수집체계 정비로 1,560천 m^3 (12%)를 에너지화 할 계획임
 - 2020년까지 소규모 목질계 바이오매스 에너지 활용시설(화목보일러 등 65천대) 및 펠릿 등의 제조시설(16개)을 설치 지원할 계획임
 - (가연성 자원의 고품연료화) 2007년 기준 국내 가용 폐기물(470만 톤/년)의 1.2% 만을 고품연료로 제조하고 있음
 - 2012년까지 국내 가용 폐기물의 39%, 생활폐기물의 고품연료 제조시설 20개소(5,840톤/일), 전용보일러 및 발전시설 10개소(2,800톤/일)를 확충할 계획임
 - 2020년까지 국내 가용 폐기물을 100%, 사업장 폐기물의 고품연료

9) 런던협약의 의해 하수슬러지와 가축분뇨는 2012년까지, 음폐수는 2013년까지 해양배출이 금지되어짐

제조시설(370톤/일)을 확충할 계획임

- (유기성 자원의 고품연료화) 현재 해양투기되고 있는 유기성 폐자원을 2012년까지 25%, 2020년까지 100% 바이오가스화 또는 고품연료화 하고자 계획하고 있음
- (음식물 쓰레기 에너지화) 2012년까지 음식물폐수 바이오가스화 시설 11개소(2,690톤/일)을 확충하여 해양 투기 중인 음폐수의 50%(899만 톤/일)을 에너지화 할 계획임
- (하수슬러지 에너지화) 2012년까지 하수슬러지 고품화 시설을 4개소 (1,280톤/일) 확충하고 해양투기 중인 슬러지의 20%를 에너지화 할 계획임

2) 국내·외 기술동향

기술분야 평가단은 국내·외 기술동향을 분석하기 위하여 국가 간 비교 가능한 공통성과(특허와 논문)를 기준으로 조사를 실시하고자 하였으며 이는 특정 기술분야의 특성을 충분히 설명할 수는 없는 한계점은 있음

가) 특허동향 분석

국외특허

분석방법

- 검색기간 : 1991년 1월 1일~2010년 6월 30일
- 검색범위 : 제목, 주제, 청구항(Claim)
- 검색 도메인 : 삼국 특허(일본, 미국, 유럽), 국제 특허(PCT)
- 특허검색을 위해 바이오에너지를 5개 중분류체계(바이오매스, 바이오 알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료)로 나누고 각각을 잘 포함 할 수 있는 영어 키워드를 선정하여 검색함
- 검색결과 총 1,846개 특허가 검색되었으며 분야별로는 바이오매스에서 가장 많은 특허가 등록된 것으로 나타남

표 5-5. 세계 특허검색을 위한 분류 및 검색 키워드 결과

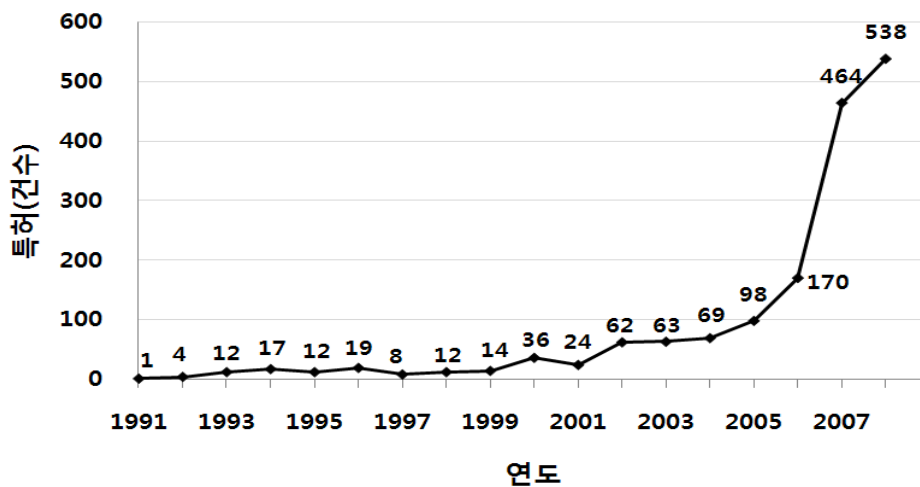
대분류	중분류	검색키워드	검색결과
바이오 에너지	전체	bioenergy or Bio-energ* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel**"	1,846
	바이오매스	(bioenergy or Bio-energ* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel**") and (biomass or "GMO Crop**" or (GMO near crop*) or algae)	585
	바이오알코올	(bioenergy or Bio-energ* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel**") and ("Bio alcoh*" or Bio-alcohol or Bioalcohol or Bio-ethanol or Bioethanol or "Bio ethanol" or "Bio buthanol" or Biobuthanol or Bio-buthanol or Biomethanol or "Bio methanol" or Bio-methanol or ((Separate Hydrolysis) near Ferment*) or SHF)	50
	바이오디젤	(bioenergy or Bio-energ* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel**") and Biodiesel or bio-diesel or (bio near diesel) or HBD or (Hydrogenat* near biodiesel) or Biorefinery or Bio-refinery or (Bio near refinery)	310
	바이오가스	(bioenergy or Bio-energ* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel**") and biogas or bio-gas or (bio near gas)	43
	고체연료	(bioenergy or Bio-energ* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel**") and ((solid near fuel*) or solid-fuel* or solidfuel* or (combustible near waste*))	29
	기타	위의 중분류에서 검색된 것을 제외한 나머지 특허	1,035
검색기간(공개년월일 기준):		검색범위:	검색도메인:
19910101 to 20100630		Title, Abstract, Claim	PCT/일본 공개, 미국/유럽 공개 및 등록

※ 기술분류간 중복특허가 있을 수 있음

(분석결과)

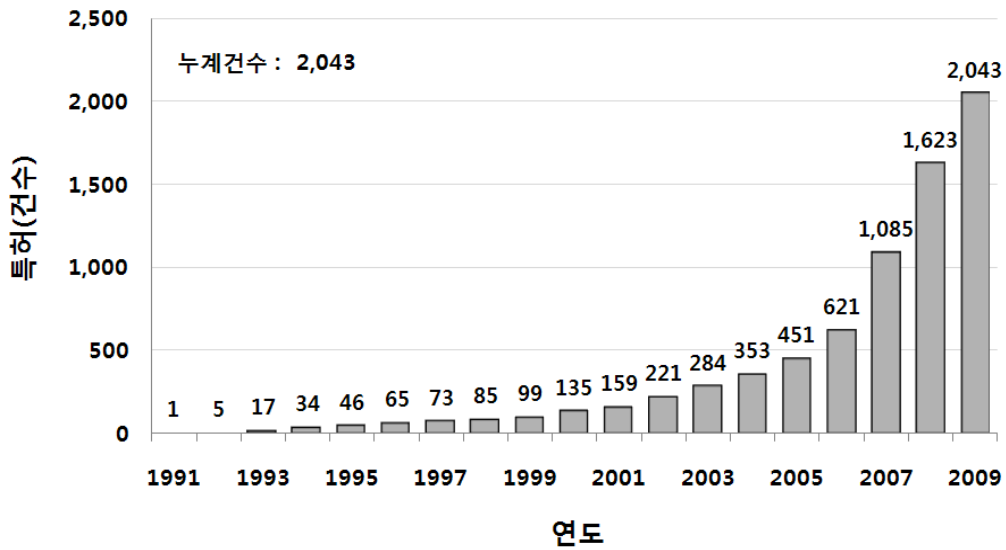
○ 2000년대 이후 환경문제에 대한 관심고조와 고유가 시대에 대비한 대체 에너지 개발의 필요성이 강조되면서 바이오에너지 연구개발 분야에 투자가 확대되었으며, 그 결과 관련특허의 출원과 등록이 증가함

－ 특히 바이오에너지 분야 세계특허는 2002년 이후부터 최근까지 급증하는 추세를 보이고 있음



자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

그림 5-3. 바이오에너지 분야 세계 특허등록 현황



자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

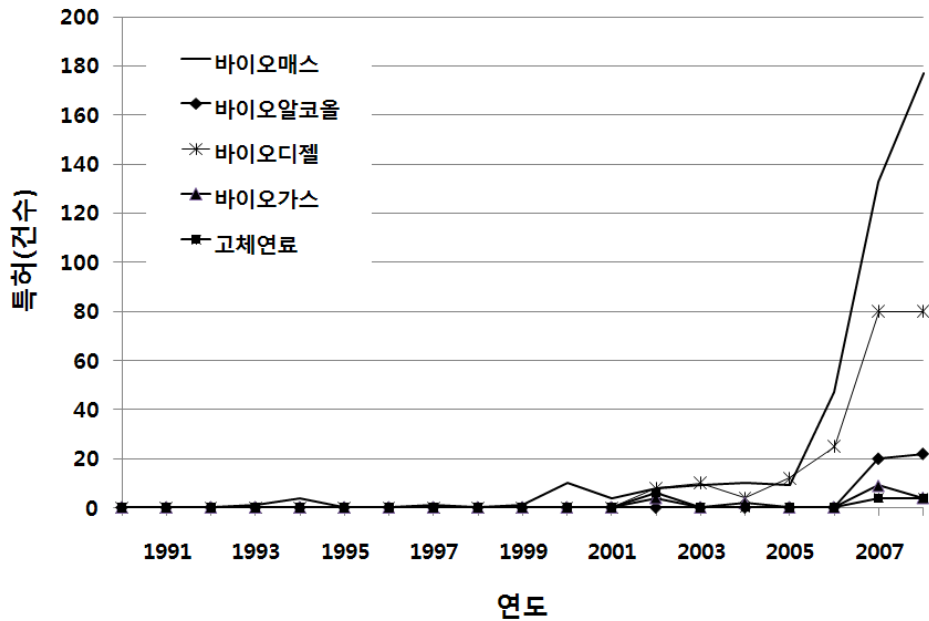
그림 5-4. 바이오에너지 분야 세계 특허등록 누적현황

- 특허 등고선을 분석한 결과, 지방산으로부터 알코올 생산, 바이오매스 발효 및 당화, 부산물 활용체계 개발, 수소가스 활용, 폐기물 연소장치 개발, 조류 대량배양 체계구축, 형질 전환체 개발방법 등에 특허 등록이 집중되고 있음



※ 바이오에너지 분야 기술분야 평가를 위해 기술분야 평가단에서 작성함
 그림 5-5. 바이오에너지 분야 세계 특허 등고선

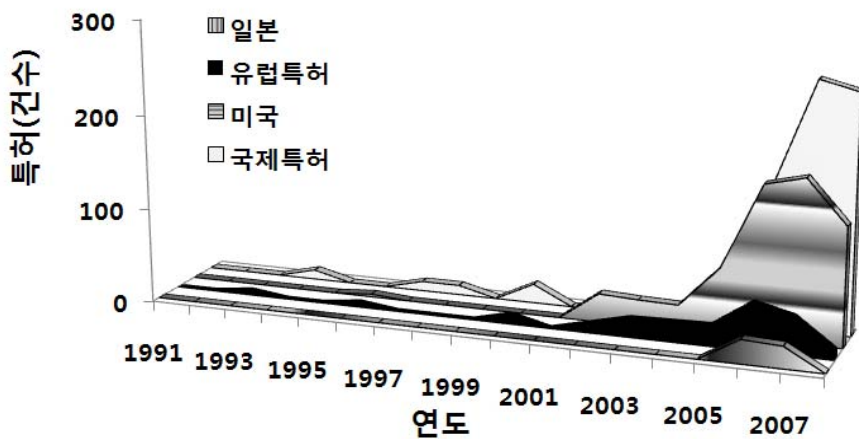
- 바이오에너지 분야별 특허등록 경향을 분석해보면, 바이오매스 분야(414건)가 가장 많았으며, 바이오디젤(219건), 바이오알코올(42건), 바이오가스(19건), 고체연료(14건) 순으로 등록되고 있음
- 2005년 이후 바이오매스 활용분야의 연구개발이 활발히 추진되었음을 추정해 볼 수 있으며, 특히 제2세대 바이오에너지원으로서 목질계 바이오매스로부터 에탄올 생산 효율을 높이는 연구에 세계적인 관심과 지원이 되고 있는 것으로 해석됨



자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

그림 5-6. 분야별 세계 특허출원 현황

- 대부분의 특허출원과 등록은 국제특허와 미국에 집중되어 있는 추세이며, 이는 바이오에너지 분야 산업이 활성화된 미국에서 기술독점 권리를 인정 받고자 하는 경향으로 해석됨

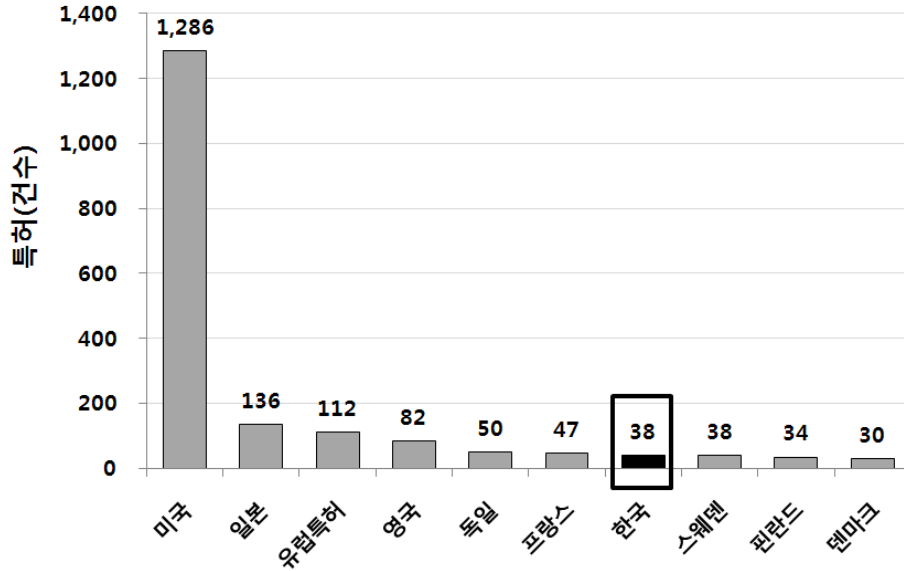


자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

그림 5-7. 바이오에너지 관련 도메인별 세계 특허등록 현황

- 전 세계적으로 바이오에너지관련 특허를 가장 많이 보유한 국가는 미국으로 전체의 69%를 차지함

- 1위(미국)와 2위(일본)는 그 격차가 매우 크며, 한국은 7위를 기록 중이나 선두와 격차는 매우 큰 현실임

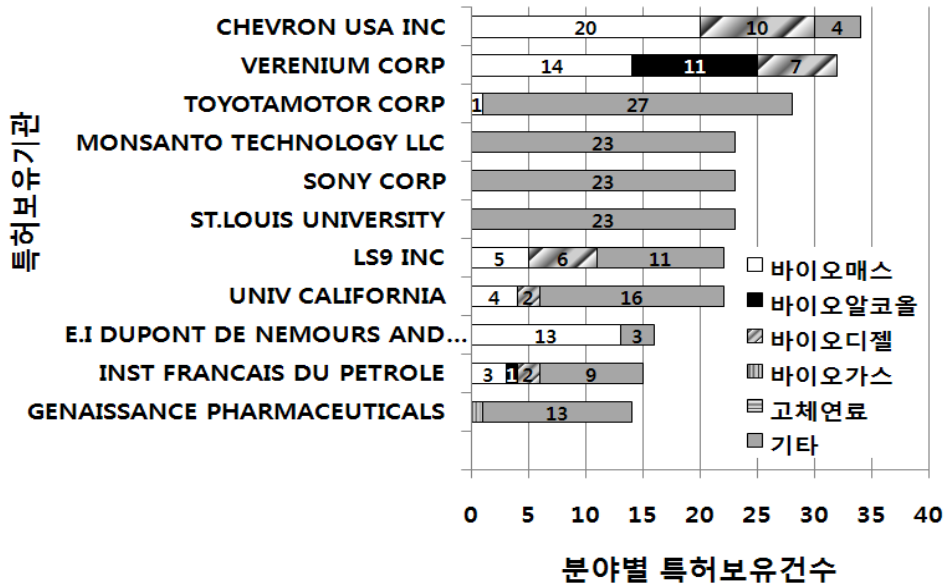


자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

그림 5-8. 우선권 주장 국가¹⁰⁾별 특허등록 현황

- 세계적으로 10건 이상의 특허를 보유한 11개 기관의 특허내용을 분석해 본 결과, 전반적으로 바이오매스 분야와 관련된 특허가 가장 많은 것으로 나타남
- Chevron USA INC는 바이오매스, 바이오알코올, 바이오디젤 순으로 특허를 보유하고 있으며, Vernium Corp는 바이오매스, 바이오알코올, 바이오디젤 순으로 연구개발을 추진하였을 것으로 추정됨

10) 우선권 주장 국가란 우선권을 가지는 특허가 출원된 국가를 말하며, 대다수의 경우 자국에 출원된 특허를 우선권으로 지정함



자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

그림 5-9. 바이오에너지관련 최다 특허보유기관

□ 국내특허

○ 분석방법

- 검색기간 : 1991년 1월 1일~2010년 6월 30일
- 검색범위 : 제목, 주제, 청구항(Claim)
- 검색 도메인 : 한국 출원 및 등록
- 국내 특허검색의 경우에도 바이오에너지를 5개 중분류체계(바이오매스, 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료)로 나누고 각각을 잘 포함할 수 있는 한국어 키워드를 선정하여 검색함
- 총 133개 특허가 검색되었으며 분야별로는 바이오매스에서 가장 많은 특허가 등록된 것으로 나타남

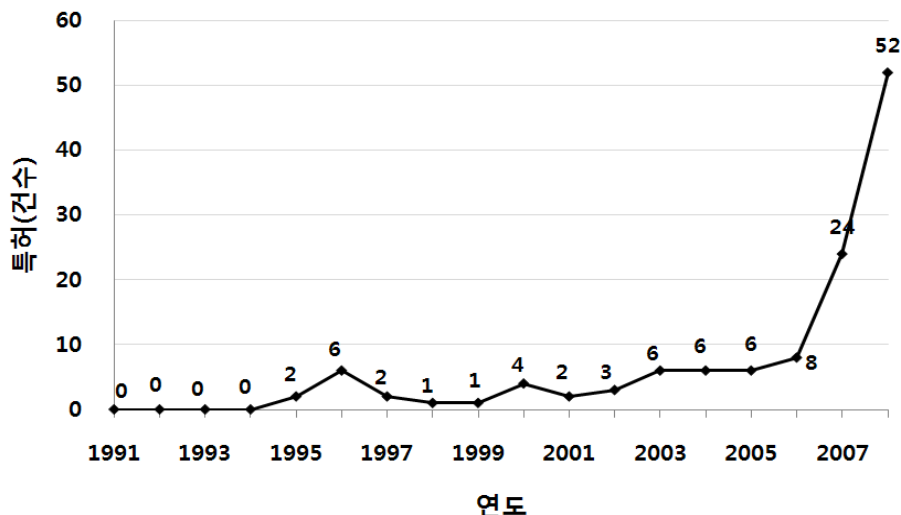
표 5-6. 우리나라 특허검색을 위한 분류 및 검색 키워드 결과

대분류	중분류	검색키워드	검색결과
바이오 에너지	전체	바이오에너지 OR bioenergy or Bio-energy* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel*" OR 바이오연료	133
	바이오매스	(바이오에너지 OR bioenergy or Bio-energy* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel*" OR 바이오연료) AND (바이오매스 OR 바이오메스 OR 당화발효 OR "분리 당화발효" OR biomass or bio-mass)	25
	바이오알코올	(바이오에너지 OR bioenergy or Bio-energy* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel*" OR 바이오연료) AND (바이오알콜 or Bioalcohol OR 바이오에탄올 or Bioethanol or Bio-ethanol OR 바이오부탄올 or Biobuthanol OR 바이오메탄올 or Biomethanol)	8
	바이오디젤	(바이오에너지 OR bioenergy or Bio-energy* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel*" OR 바이오연료) AND (바이오디젤 OR 수소첨가바이오디젤 OR "수소첨가 바이오디젤" OR biodiesel or bio-diesel or HBD or "Hydrogenated biodiesel")	19
	바이오가스	(바이오에너지 OR bioenergy or Bio-energy* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel*" OR 바이오연료) AND (바이오가스 OR biogas or bio-gas)	4
	고체연료	(바이오에너지 OR bioenergy or Bio-energy* or "bio energy" or biofuel* or bio-fuel* or "bio fuel*" OR 바이오연료) AND (고체연료 OR "고체 연료" OR 고체매스 OR "가연성 폐기물")	1
검색기간(공개년월일 기준):		검색범위:	검색 도메인:
19910101 to 20100630		Title, Abstract, Claim	한국 출원 및 등록

※ 기술분류간 중복특허가 있을 수 있음

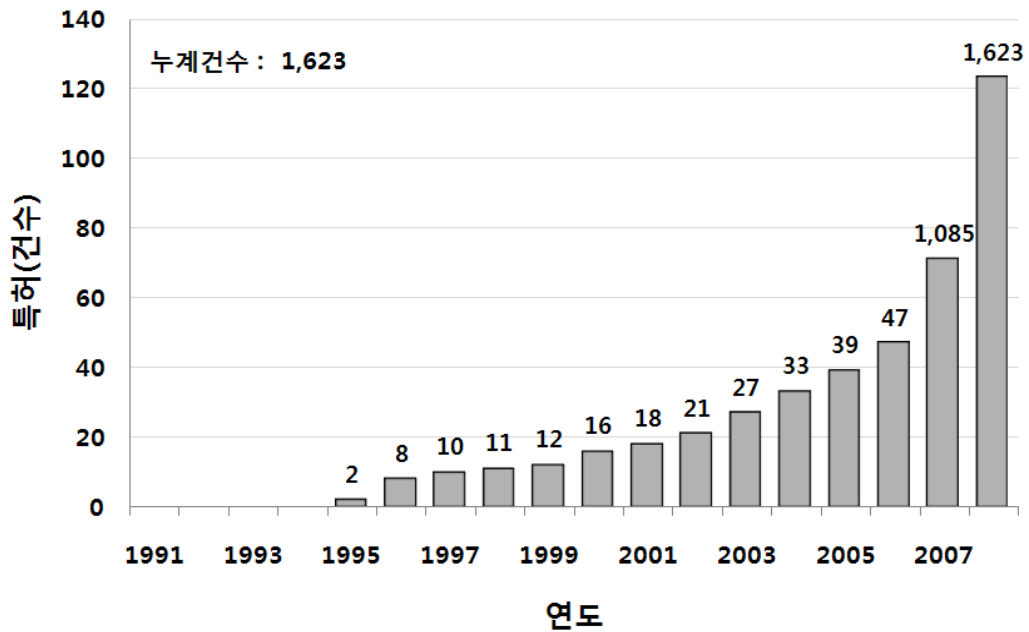
(분석결과)

- 1990년대 초반에 활성화되기 시작하여, 중반부터 관련기술 개발이 시작되어 2006년을 기점으로 특허등록이 급격하게 증가되고 있음
- 국내외 지원정책에 힘입어 관련 기술에 대한 특허는 지속적으로 증가될 것으로 전망함



자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

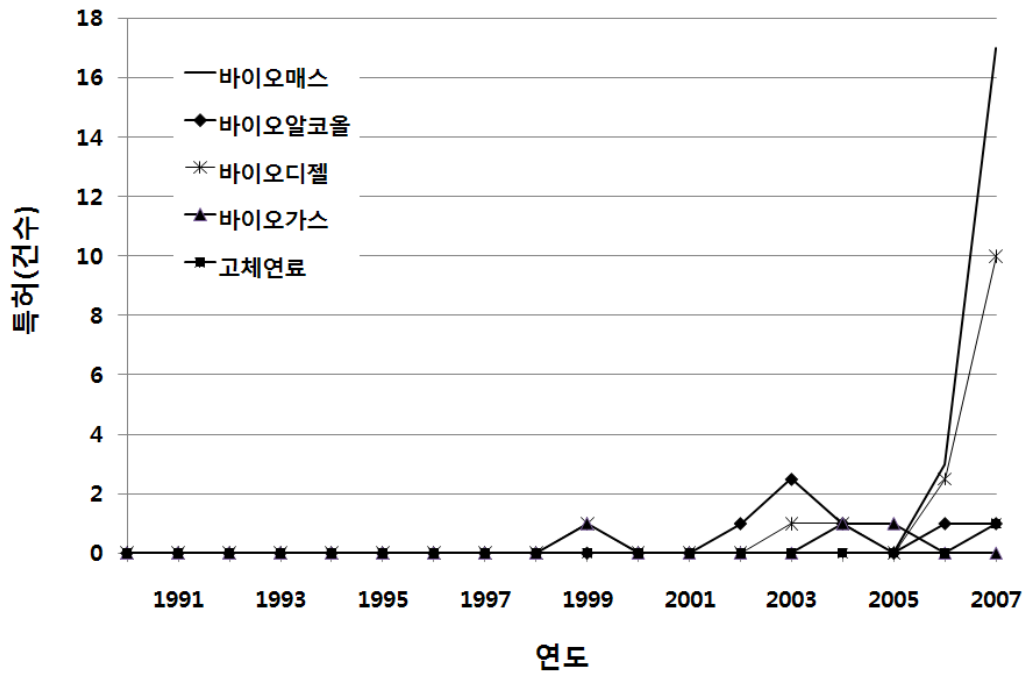
그림 5-10. 바이오에너지 분야 국내 특허등록 현황



자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

그림 5-11. 바이오에너지 분야 국내 특허등록 누적현황

- 국내 특허동향은 세계적 특허추이와 비슷하며, 바이오매스와 바이오디젤 분야에 가장 많은 특허등록이 이루어지고 있음
- 현재까지 바이오디젤 분야에 특허 출원과 등록이 많은 것은 바이오디젤 분야에 국내연구가 집중되었음을 나타냄
 - 향후 바이오알코올 분야의 연구가 크게 활성화되고 있기 때문에 추후 등록건수에 변화가 있을 것으로 예측함



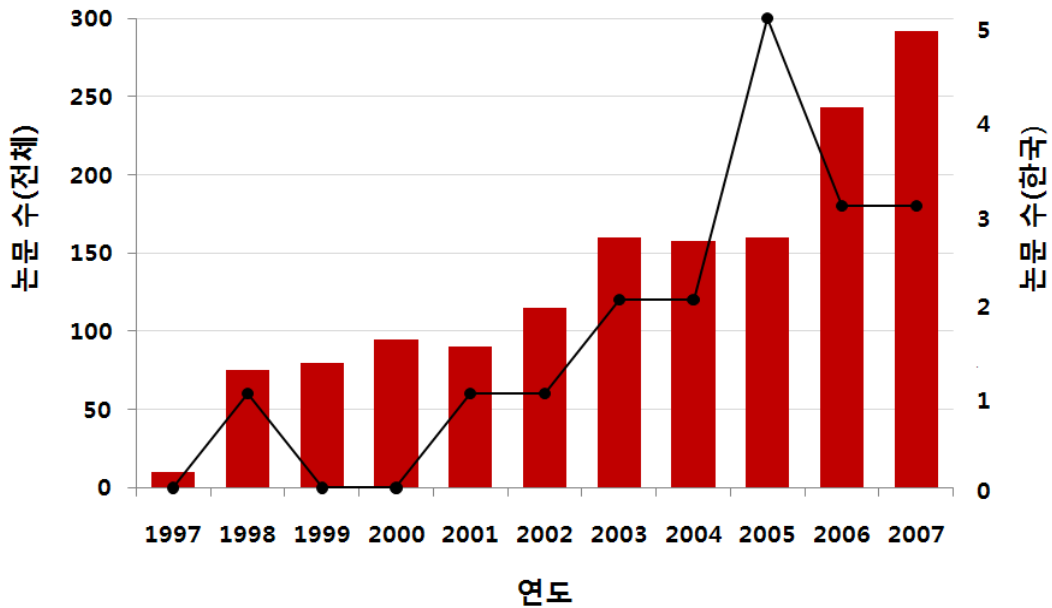
자료 : Thomson사 Aureka, 2010년

그림 5-12. 분야별 국내 특허출원 경향

나) 논문동향 분석

□ SCI 논문

- (전체 추이) 세계적 추세를 보면, 2003년과 2006년도를 기점으로 논문게재 건수가 급증하고 있으나 우리나라에서 투고하는 논문건수는 2005년부터 급락하는 경향을 보이고 있음



※ 막대그래프는 전체 논문수를 말하며 꺾은선은 우리나라에서 발표한 논문수를 말함
 자료 : Thomson Scientific사의 SCI-E(논문) 데이터베이스에 수록된 정보검색 결과
 그림 5-13. 바이오에너지 분야 논문발표 추이(1997년~2007년)

- (나라별) 논문저자의 국적분석 결과, 미국이 전체 1,736편 중 13.5%(235편)를 점유하여 가장 많은 논문을 발표하였으며 우리나라는 18편을 점유하여 20위를 기록함

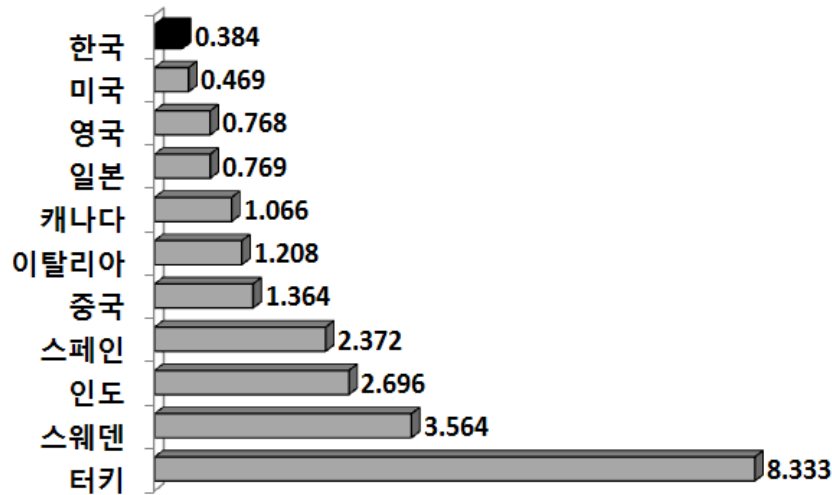
표 5-7. 바이오에너지 관련 국가별 논문현황

순 위	국 가	논 문 수	비 중(%)
1	미국	235	13.54
2	중국	113	6.51
3	터키	104	5.99
4	일본	103	5.93
5	스웨덴	102	5.88
6	스페인	97	5.59
7	영국	88	5.07
8	이탈리아	82	4.72
9	인도	78	4.49
10	캐나다	70	4.03
20	한국	18	1.04
	기타	646	37.21
	합 계	1,736	100.00

- (활동지수¹¹) 활동지수를 보면 터키가 8.333으로 가장 높게 나타난 반면, 한국은 0.384로 해당 기술분야의 집중도가 상대적으로 낮음을 나타냄
 - 활동지수가 낮다는 의미는 바이오에너지 분야의 국내기술의 집중도가 상대적으로 낮다는 것을 의미함

표 5-8. 바이오에너지 관련 국가별 논문 활동지수

국 가	바이오에너지 분야 논문(건)	전 기술분야 논문(건)	활동지수
터키	104	11,322	8.333
스웨덴	102	25,962	3.564
인도	78	26,243	2.696
스페인	97	37,090	2.372
중국	113	75,133	1.364
이탈리아	82	61,565	1.208
캐나다	70	59,572	1.066
일본	103	121,495	0.769
영국	88	103,926	0.768
미국	235	454,783	0.469
한국	18	42,575	0.384



자료 : 국가R&D기술산업정보서비스(www.techinfo.ntis.go.kr) 인용

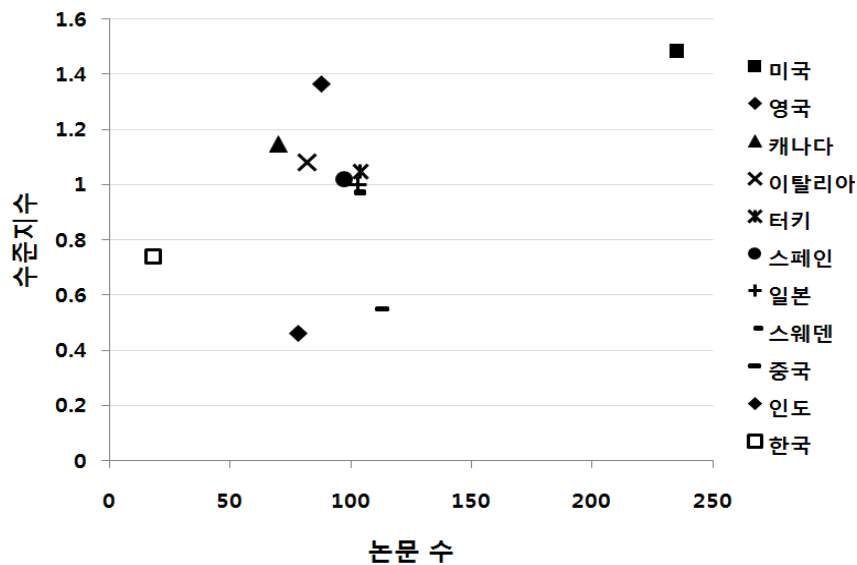
그림 5-14. 바이오에너지 분야 국가별 활동지수 비교

11) 국가별 활동지수란 특정 기술 분야에서 특정 국가의 논문 점유율을 모든 기술 분야에서 해당 국가의 점유율에 비교하여 나타낸 지수로서 그 값이 1 이상일수록 그 국가의 해당 기술분야로의 연구 집중도가 높다는 뜻임 (활동지수 = (특정 기술분야에서 특정 국가의 논문 수/특정 기술분야의 총 논문 수)/(특정 국가의 총 논문 수/모든 기술분야의 총 논문 수))

- (수준지수¹²⁾) 논문 수 기준 상위 10위권 국가에 대한 논문의 수준지수 분석결과, 미국이 1.484로 피인용관점에서 질적수준이 가장 우수한 것으로 나타남
- 평균이상의 수준을 보이는 국가로는 미국, 영국, 캐나다, 이탈리아, 터키, 스페인이 있으며, 우리나라의 수준지수는 0.740으로 질적 수준에서 세계 평균 이하임

표 5-9. 바이오에너지 분야 국가별 논문 수준비교

국 가	논문 수	논문 당 피인용 수	수준지수
미국	235	11.251	1.484
영국	88	10.352	1.366
캐나다	70	8.700	1.148
이탈리아	82	8.183	1.080
터키	104	7.942	1.048
스페인	97	7.722	1.019
일본	103	7.563	0.998
스웨덴	102	7.373	0.973
중국	113	4.168	0.550
인도	78	3.500	0.462
한국	18	5.611	0.740



자료 : 국가R&D기술산업정보서비스(www.techinfo.ntis.go.kr) 인용
그림 5-15. 국가별 논문수와 수준지수 비교

12) 수준지수란 특정 기술분야 전체 논문의 평균 피인용 수에 대한 특정 국가발표 논문의 평균 피인용수의 비를 나타낸 수치로서 질적 수준평가의 지표로 사용. 수준지수가 1인 경우 특정국가가 발표한 논문의 평균 피인용수가 전체 논문의 평균 피인용수와 같음을 의미하며, 1을 초과하는 경우는 해당분야 평균 피인용수에 비해 높음을 의미함

나. 평가결과

1) 현황분석 종합

여건변화의 수용

화석에너지 대체기술 개발의 시급성

- 해양투기금지, 폐기물 매립제한, 교토의정서에 따른 기후변화 대응 등 국내·외 규제가 강화되고 있음
- 세계적으로 친환경 바이오에너지 이용기술의 개발 및 보급 확대 추세 지속 등 위기와 기회가 공존하는 상황 인식이 필요함

표 5-10. 국내 바이오에너지 분야 SWOT분석

기 회	위 험
<ul style="list-style-type: none"> · 고유가로 재생에너지자원 확보경쟁 심화 · 온실가스 감축의 이행 · 농가소득 창출 및 고용증대 · 고부가가치 산업창출의 기회 	<ul style="list-style-type: none"> · 국내·외 폐기물 정책규제 강화 · 산림훼손, 작부체계 변화 · 식량 수급 불균형 발생 · 선진국의 관련분야 연구개발투자확대
강 점	약 점
<ul style="list-style-type: none"> · 바이오에너지 연구기반 및 인프라 확보 · 시장개방 확대에 따른 유희농지 확대 · 풍부한 농림업 부산물 보유 · 녹색성장, 환경위기에 대한 사회적 공감 	<ul style="list-style-type: none"> · 바이오에너지 관련 핵심기술 수준취약 · 제도 및 재정적 지원 저조 · 연구개발 주체의 분산으로 통합연구체계 미흡

※ SWOT분석은 「III. 바이오에너지 분야 현황 및 동향분석」의 내용과 함께 검토하여 제시함

2) 환경변화와 기술수준

평가의 접근방법

- 앞서 제시한 바이오에너지의 5개 분야를 다시 20개의 세부분야로 분류하고 이에 해당되는 부·청의 투자현황을 파악함
- 부·청의 투자현황 조사와 더불어 국내·외 기술수준을 파악하기 위하여 전문가 그룹을 통해 델파이¹³⁾ 기법을 수행함
- 연구방향과 관련 기술의 수준을 종합하여 평가수행

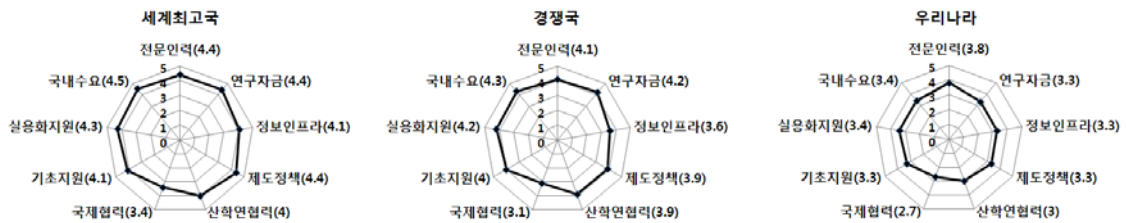
13) 델파이 기법(Delphi method)은 전문가의 경험적 지식을 통한 문제해결 및 미래예측을 위한 기법임

□ 평가결과

- 평가대상과제의 분류결과를 보면 세계특허 등고선 상에서 현재까지 연구가 집중되고 있는 분야에 대한 국내연구는 부진했음을 파악할 수 있음
 - 예로써 해조류매스증산기술, 바이오수소 생산기술, 비발효 기술개발 등은 중요한 분야임에도 불구하고 평가대상과제를 기준으로 보았을 때 과제수행이 되지 않고 있음
- 선진국과의 기술수준 비교에서는 바이오매스증산과 바이오가스 분야에서 가장 큰 격차가 나타나고 있음
 - 특히 앞서 제시한 해조류매스증산기술(바이오매스증산 분야)과 바이오 수소 생산기술(바이오가스)은 기술수준에서도 선진국과 큰 격차를 보이고 있음
 - 또한 바이오가스 활용기술 개발의 기술수준 격차가 큼에도 불구하고 지원이 되지 않고 있음
 - 그 외에도 바이오알코올 분야 중 해조류 활용기술 개발의 경우 기술 격차가 큼에도 불구하고 연구가 지원되지 않고 있음
- (바이오알코올 분야) 섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발분야는 부처이 경쟁적으로 지원하고 있으나, 이는 중복성 우려가 있으므로, 차년도 과제 기획 시 핵심역량의 우선순위를 고려하여 전략적인 접근이 필요함
- (바이오알코올 분야) 기타 비발효성 당의 발효기술 분야와 섬유소 가수분해와 발효를 동시에 수행시키는 기술(Consolidated Bio-Process, CBP)은 선진국에서도 확립되지 않은 기술로서 전략적 접근 시 원천기술 확보가 가능한 분야로 판단됨
- (바이오가스 분야) 바이오매스 가스화기술은 선진국에서는 거의 완성된 기술로 판단되므로 초기단계에서는 기술도입을 우선적으로 검토해 볼 필요성이 있음

○ 기술수준은 분야별(세부분야별)로 선진국 대비 큰 격차를 보이고 있으며, 이는 연구자금, 산·학·연 협력, 기초지원, 실용화지원 분야에 지원이 저조한 결과에서 기인되는 것으로 분석됨

- 현재까지는 기술력 약세와 주변환경 등이 위협적인 요소로 보이지만, 연구기반과 관련 인프라가 잘 구축되어 있고 풍부한 농림수산 부산물을 보유하고 있으므로 적절한 투자가 뒷받침된다면 큰 잠재력을 발휘 할 수 있을 것으로 판단함



※ 전혀 기여하지 않음(1), 별로 기여하지 않음(2), 보통(3), 약간 기여(4), 매우 크게 기여(5)

자료 : 국가R&D기술산업정보서비스(www.techinfo.ntis.go.kr) 인용

그림 5-16. 바이오에너지 분야 장애요인

표 5-11. 세부분야별 기술수준과 투자액(2010년 기준)

5개 분야	20개 세부분야 ¹⁾	기술수준(%) ²⁾		농식품부	농진청	산림청
		국외	국내			
바이오 매스증산	바이오에너지 원료자원수집 및 품종육성	84	58	692	563	0
	바이오매스 작물 생산기술 개발	79	64	34	841	0
	바이오에너지 생산용 GM작물 개발	90	71	843	21	0
	해조류 매스증산기술 개발	79	52	0	0	0
	신개념바이오 에너지 기술 개발	74	46	0	84	0
			81	58	1,569	1,425
바이오 알코올	전분계 및 당질계 바이오매스의 에탄올 전환기술	88	69	0	10	0
	섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발 (당화, 발효)	67	47	1,197	776	1,423
	기타 비발효성 당의 발효기술 개발	40	28	0	0	0
	Consolidated Bio-Process(CBP)	53	37	0	0	0
	해조류 활용기술 개발	86	66	0	0	0
	바이오에탄올의 생산기술	90	75	0	0	0
	부산물 활용기술 개발	88	73	0	0	0
			73	56	2,766	2,211
바이오 디젤	바이오디젤 생산기술	77	66	0	0	0
	복합 바이오 리파이너리 생산기술	75	63	96	0	0
	부산물 이용기술	78	61	0	27	0
			77	63	2,862	2,211
바이오 가스	바이오매스 가스화 기술	90	50	162	0	0
	가축분뇨 에너지화 기술 개발	81	60	0	72	0
	바이오수소 생산기술	70	45	0	0	0
	바이오가스 활용기술 개발	82	55	0	0	0
			81	53	3,024	2,283
고체연료	목질계 바이오매스 이용기술 개발	82	66	0	0	193
				3,024	2,394	1,616

- 1) 바이오에너지 5개 분야를 세분화해서 세부기술을 도출하기 위하여 전문가그룹과 평가단에서 분류함
- 2) 전문가판단에 의해 기술의 최종 목표수준을 100으로 판단하고 산출한 수치임
- 3) □ : 2010년 기준 부청에서 투자되고 있지 않는 기술을 말함
- 4) 투자된 금액은 평가대상과제만을 파악한 것으로 그 이전에 투자된 과제의 현황은 파악되지 않은 한계점을 가지고 있음

1-2. 사업간 차별성

1-2-1. 타부처와의 차별성

가. 현황분석

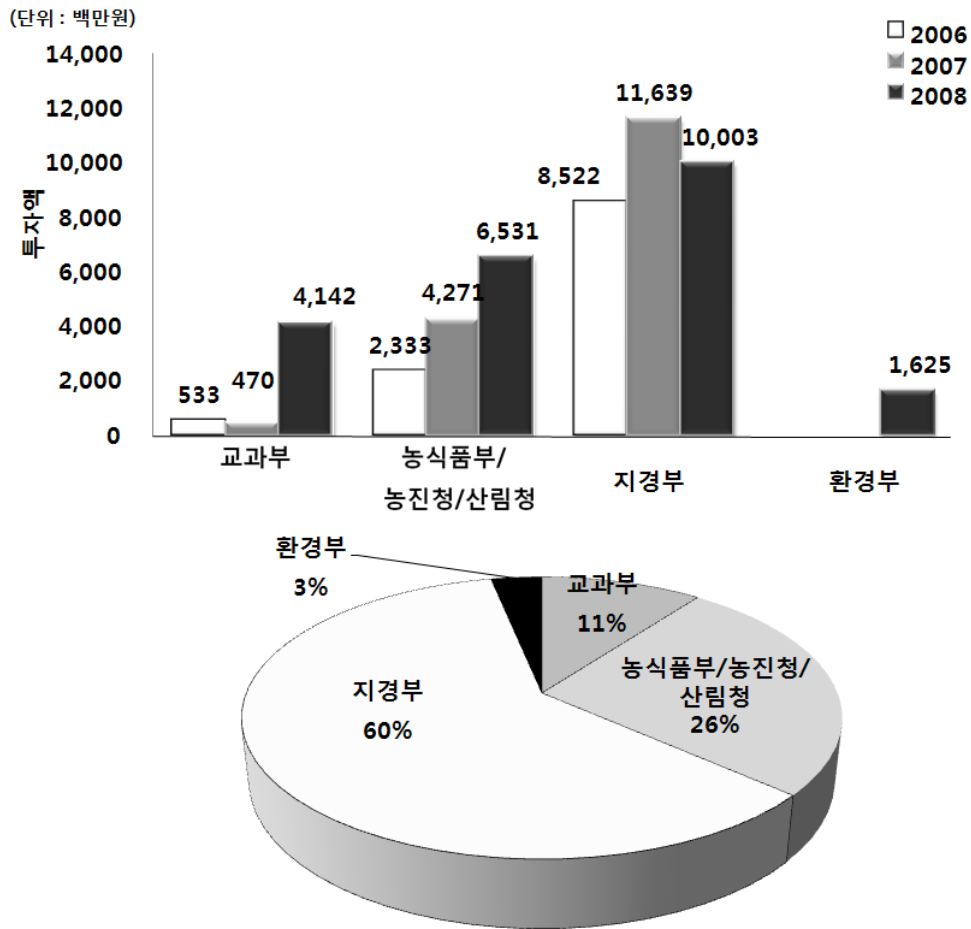
□ 분석방법

- 평가대상인 바이오에너지에 대한 관련 부처의 현황을 파악하기 위하여 국가과학기술표준분류나 미래유망 신기술(6T)분류체계 상에서 해당되는 기술을 파악하고 이를 분석함
 - 미래유망 신기술(6T)분류의 ET 분야 세부기술 중 바이오에너지기술(코드값 050216)이 있었으며 이에 해당되는 최근 3년간(2006년~2008년)의 자료를 국가과학기술정보서비스(NTIS)에 요청하여 수집함
 - 제공받은 자료는 전문가 그룹을 통하여 직접적인 관련이 있는 과제만을 선별하였음¹⁴⁾
- 미래유망 신기술분류체계를 바탕으로 산출한 자료는 본 기술평가대상으로 제시한 바이오에너지의 현황과 차이가 있으므로 전체적인 경향만을 예측하는데 사용해야 함

□ 부처별 투자현황

- 바이오에너지 분야관련 지경부의 정부연구비의 비중(60%)은 매우 높으며 증가추세에 있음
 - 2006년 8,522백만원에서 2007년 11,639백만원, 2008년에는 10,003백만원임
- 농식품부/농진청/산림청의 정부연구비 비중은 26%로 2007년에 4,271백만원, 2008년 6,531백만원으로 증가함
- 교과부와 환경부는 각각 11%와 3%를 차지하고 있음

14) 부처별 과제현황은 부록 5참조



※ 아래 그림은 2006년부터 2008년 합계에 대한 각 부처별 투자점유율을 나타냄
 자료 : 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)
 그림 5-17. 부처별 바이오에너지 분야 투자현황(2006년~2008년)

□ 분야별 투자현황

(바이오매스증산 분야)

- 교과부는 2007년에 1.11억원에서 2008년 24.94억원으로 투자를 획기적으로 늘리고 있으나, 전반적으로 보면, 농식품부에서 그동안 일관되게 투자하고 있음
- 이는 농식품부의 역할이 타부처와 중복되지 않는 범위에서 이미 정립되었음을 의미하며, 부처간의 역할분담이 자연스럽게 형성된 사실을 확인할 수 있음

- 농식품부/농진청/산림청의 정부연구비 비중(60%)은 매우 높으며 2007년 32.68억원으로 증가했으나 2008년 23.42억원으로 감소함
- 지경부(17%)는 2007년 8.89억원, 2008년 11.85억원으로 증가추세를 보임

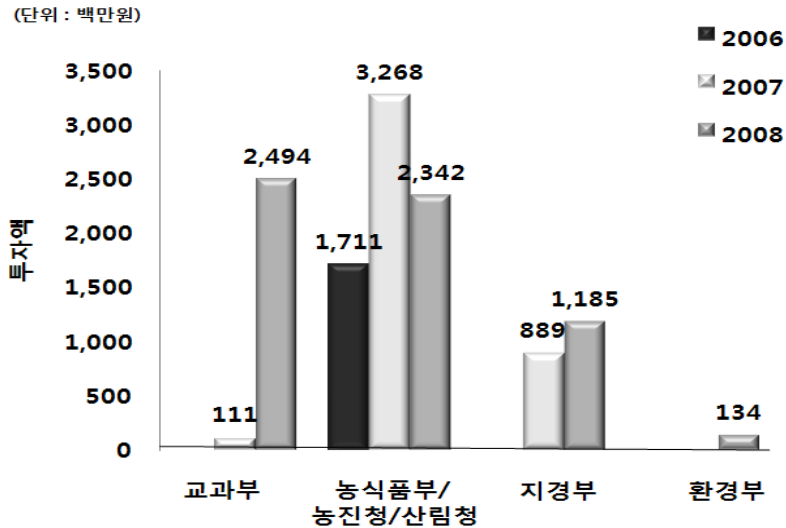


그림 5-18. 부처별 바이오매스증산 분야 투자현황(2006년~2008년)

(바이오알코올 분야)

- 지경부에서 주도적으로 관심을 가지며 산업화를 위한 다양한 투자가 이루어지는 분야이지만, 파일럿규모를 벗어나 연구결과의 조기 산업화를 위한 획기적인 투자가 필요한 분야임
 - 지경부의 정부연구비 비중(60%)은 가장 크며 2006년 22.27억원에서 2007년 30.29억원, 2008년 34.52억원으로 증가추세를 보임
- 농식품부/농진청/산림청(28%)은 2007년 4.5억원에서 2008년 36억원으로 약 8배의 증가율을 보임
- 교과부(12%)는 2006년에 2.86억원을 투자한 후 2007년에 주춤하는 듯했으나 2008년에 12.72억원으로 증가하였음

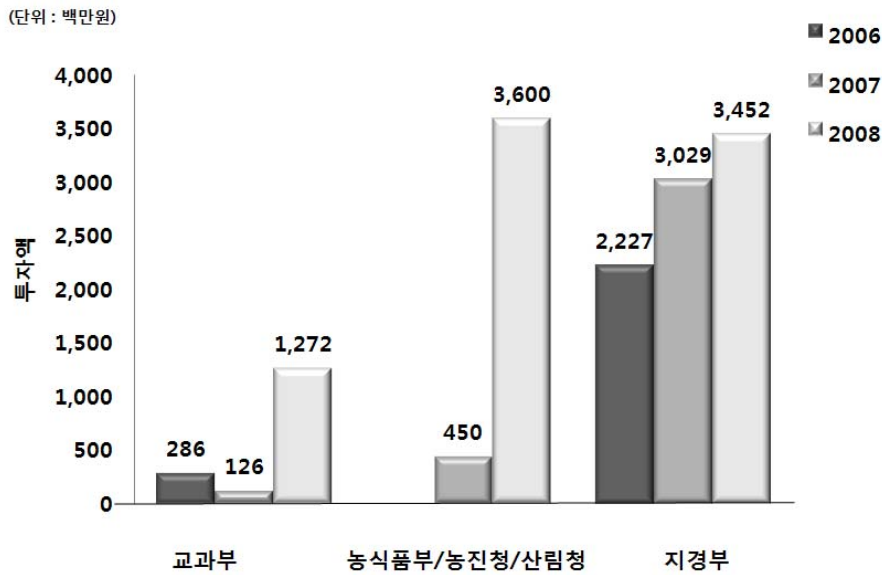


그림 5-19. 부처별 바이오알코올 분야 투자현황(2006년~2008년)

(바이오디젤 분야)

- 지경부의 역할과 비중(전체 대비 88%)은 크지만, 년차별 투자액은 감소되고 있으며, 섬유소계를 이용하는 제2세대 바이오에너지 분야가 활성화되면서 바이오알코올개발 분야로 투자가 이전될 가능성이 있음
 - 2006년 37.79억원에서 2007년 21.01억원, 2008년 12.43억원으로 점차 감소함
- 교과부와 농식품부/농진청/산림청의 정부연구비 비중은 각각 8%, 4%를 차지함
 - 교과부는 2006년 1.64억원, 2007년 1.86억원, 2008년 2.66억원으로 증가추세를 보임
 - 농식품부/농진청/산림청은 2007년에만 3.45억원의 투자를 한 것으로 나타남

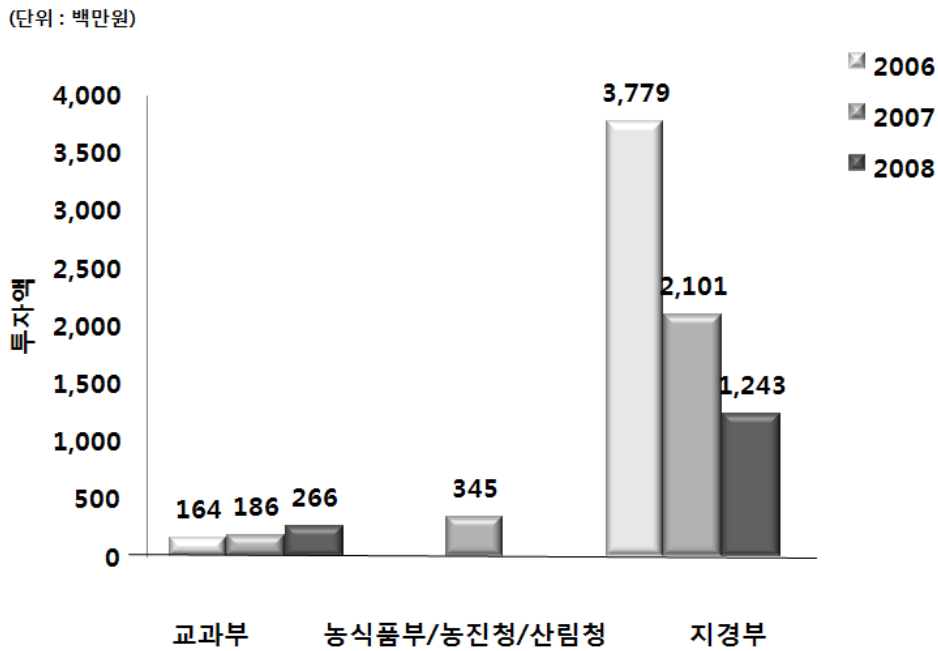


그림 5-20. 부처별 바이오디젤 분야 투자현황(2006년~2008년)

(바이오가스 분야)

- 지경부 외에 환경부에서 관심을 가지고 새롭게 투자하는 분야로서 양부처의 협조체계가 필요한 영역으로 생각되며, 축산폐기물의 해양투기 금지에 따라 농식품부에서도 해결책 제시를 위한 투자확대가 예상됨
 - 지경부의 정부연구비 비중(78%)이 가장 크며 2007년에 45.7억원으로 증가하였다가 2008년 41.23억원으로 감소하는 양상을 보임
- 농식품부/농진청/산림청(10%)과 환경부(10%)는 비슷한 비중으로 투자됨
 - 농식품부/농진청/산림청은 2006년 6.22억원에서 2007년 2.08억원으로 주춤하는 듯 했으나 2008년 5.89억원으로 다시 증가함
 - 환경부는 2007년까지 투자가 이루어지지 않다가 2008년 14.91억원의 투자를 한 것으로 나타남

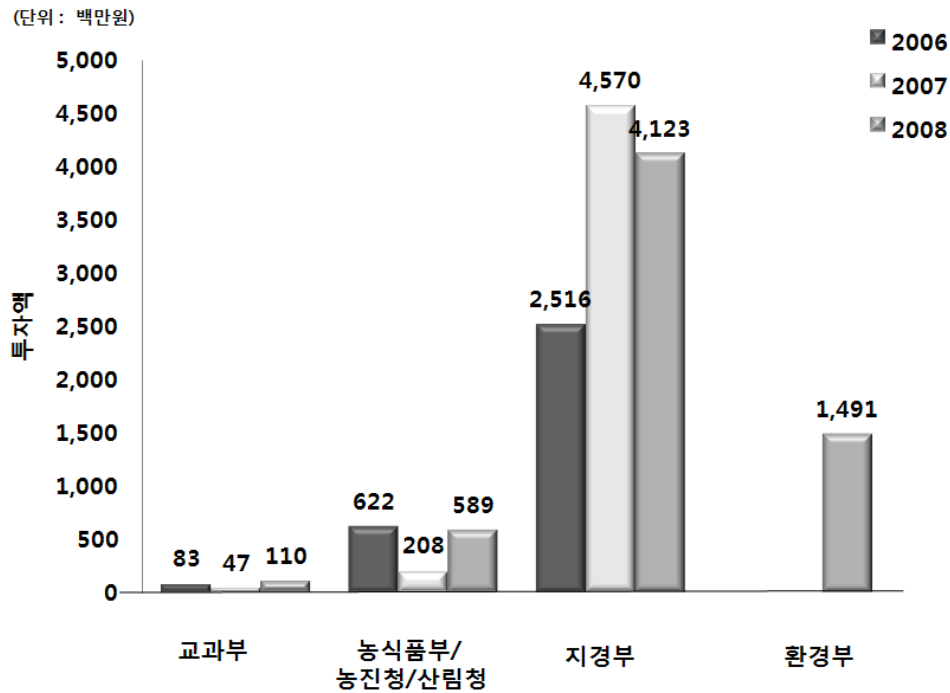


그림 5-21. 부처별 바이오가스 분야 투자현황(2006년~2008년)

(고체연료 분야)

- 2007년 지경부의 1과제(1,050백만원)가 지원된 것으로 파악되었으나 이는 해당되는 과제가 없는 것이 아니라 국가과학기술정보서비스(NTIS)에 과제의 등록범위의 한계가 있어 나타난 것으로 현상으로 판단됨
- 국가과학기술정보서비스(NTIS)에는 대과제까지 입력하도록 되어 있으며 부처에서 대과제 안에 세부과제나 세세부과제로 지원하고 있다면 현황분석 자료에 나타나지 않을 수 있음

나. 평가결과

□ 농림관련 부·청(농식품부, 농진청, 산림청)의 역할정립

- 분야별 투자예산 중 농식품부/농진청/산림청은 바이오매스 분야에 예산 (7,321백만원)이 집중 투입되고 있음
 - 농식품부/농진청/산림청만을 기준으로 보았을 때 55.7%를 차지함
- 더불어 2세대 바이오에너지원인 셀룰로오스계 바이오에탄올 연구분야에 2008년부터 급격한 예산투입이 이루어지고 있는 것은 바람직한 투자방향으로 판단됨
 - 농림부산물을 활용하는 2세대 바이오에너지연구의 기본재료를 생산·공급하는 측면에서 향후 역할의 확대가 예견됨
- 3세대 자원으로서 각광받고 있는 해조류 자원의 개발과 생산기술 분야는 영역의 확대가 기대되며 신산업 창출과 연계하면 그 전망과 가능성은 매우 클 것으로 판단됨
- 미래에너지 자원의 수급에 장기적인 대책마련이 요구되므로 농식품부/농진청/산림청은 타 부처와 중복되거나 경쟁을 피할 수 있는 독자영역 구축이 가능할 것으로 판단됨

표 5-12. 부처별 바이오에너지 분야 투자현황(2006년~2008년 합계)

(단위: 백만원, %)

분 야	농식품부/농진청/산림청	교과부	지경부	환경부
바이오매스증산	7,321(55.7)	2,605(50.6)	2,074(6.9)	134(8.2)
바이오알코올	4,050(30.8)	1,684(32.7)	8,708(28.9)	0(0)
바이오디젤	345(2.6)	616(12.0)	7,123(23.6)	0(0)
바이오가스	1,419(10.8)	240(4.7)	11,209(37.2)	1,491(91.8)
고체연료	0(0)	0(0)	1,050(3.5)	0(0)
전체	13,135(100)	5,145(100)	30,164(100)	1,625(100)

※ 제시된 통계자료는 국가과학기술정보서비스(NTIS)를 통해 분석한 것으로 기술분야평가 대상으로 제시한 바이오에너지 분야의 현황과는 투자 금액에서 차이가 있음

1-2-2. 부·청간 차별성

가. 현황분석

□ 평가의 접근방법

- 부·청 사업간 차별성을 제시하기 위해서는 부·청의 역할수행에서 중요한 기술을 발굴하고 적절한 예산지원이 이루어졌는지 분석하는 일이 선행되어야 함
 - 본 평가에서는 해당 분야의 기술을 세분화하고 부·청 역할에 따른 핵심 기술을 도출하고 세분화된 기술에 지원된 투자현황을 점검하는 전체적인 과정을 거침
- 평가단 회의를 통하여 5개 분야(바이오매스증산, 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료)별로 20개 세부분야와 그에 필요한 100개 세부기술을 도출하였음

표 5-13. 5개 분야별 세부분야와 세부기술 현황

(단위: 개수)

5개 분야	세부분야	세부기술
바이오매스증산 분야	5	30
바이오알코올 분야	7	38
바이오디젤 분야	3	14
바이오가스 분야	4	11
고체연료 분야	1	7
합 계	20	100

※ 세부분야 및 세부기술은 바이오에너지에 대한 분야별 전문가 델파이기법을 통하여 도출하였음

- 전문가 그룹은 각 세부분야별로 도출한 세부기술(100개)을 부·청별 역할에 따라 핵심, 필수, 전환, 기반기술로 분류함

<판단기준>

- 세부기술의 성격이 실용화산업화 영역인 경우 민간분야가 주도적으로 이끌어 나아가야 할 것으로 판단되며 이 부분은 사업비중이 높은 농식품부의 핵심 또는 필수기술에 해당됨
- 세부기술의 성격이 공익적이며 기초·원천·현장실용 연구여서 국가가 주도적으로 이끌어 나아가야 할 분야는 농진청과 산림청의 핵심 또는 필수기술에 해당됨

기술(Technology)의 정의

- 핵심기술(Core Technology)
 - 지속적 경쟁우위의 주요 원천이거나 또는 전략적 목표의 성취 수단이 되어 세계적 리더가 될 수 있도록 하는 기술
- 필수기술(Underlying Technology)
 - 주어진 전문적 역량에 의해 창출된 제품 및 프로세스를 생산하는데 반드시 필요한 연구, 제조 및 지원까지 관련된 일련의 기술 및 서비스
- 전환기술(Interim Technology)
 - 단기적인 경쟁우위의 주요 원천이거나 또는 전략적 목표를 충족시키는 수단이 되는 기술
 - ※ 한국산업기술진흥협회 기술로드맵에 따르면 과도기술로 되어 있으나 의미전달에 있어 용어의 부정확성을 기술분야 평가단에서 제시하여 전환기술로 명명함
- 기반기술(Enabling Technology)
 - 단기 또는 장기적으로도 경쟁우위를 제공하지 않으며, 전략적인 이유로 내부적으로 통제되지 않아도 되는 기술

자료 : 한국산업기술진흥협회 기술로드맵 인용

- 분석된 결과 중 부·청의 핵심기술을 중심으로 부·청간의 차별성을 제시함

표 5-14. 부·청별 세부기술분류¹⁵⁾

(단위: 개수)

	농식품부	농진청	산림청
핵심기술	32	31	24
필수기술	29	20	18
전환기술	13	18	14
기반기술	26	31	44
총 계	100	100	100

※ 하나의 세부기술에 대하여 전문가 그룹의 판단기준에 따라 부청에 해당하는 기술의 종류를 각각 명시한 것으로 총합은 100개 세부기술에 대한 부·청별 100개 기술이 도출됨

- 전문가 그룹은 도출된 핵심기술을 현시점에서 시급성과 중요성을 감안하여 부·청별 우선순위를 제시함

표 5-15. 부·청 핵심기술의 우선순위

우선 순위	농식품부(32개 기술)	농진청(31개 기술)	산림청(24개 기술)
1	고밀도/외해용 해조류 대량생산기술	바이오에탄올용 자원개발 및 품종육성	숲가꾸기 산물 수집
2	유용 해조류 자원탐색 및 품종개발	원료작물 최대생산 작부체계	물리화학적 전처리
3	열화학적 전처리 및 당화동시수행 기술	바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종육성	바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종육성
4	가축분뇨 바이오 가스 기술	고농도 셀룰로스 분해효소 개발 및 생산기술 확립	바이오에탄올용 자원개발 및 품종육성
5	cellulase helping protein 개발	cellulase helping protein 개발	리그닌 분해용 효소의 개발
6	xylanase 개발	리그닌 분해용 효소의 개발	부산물 재활용 기술
7	섬유소 분해효소 콕테일 개발 기술	리그닌 분해의 메커니즘 규명	리그닌 분해의 메커니즘 규명
8	전분 분해효소 대량생산	xylanase 개발	열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술
9	바이오매스 형성 및 변환에 관한 연구	동시당화발효공정	고농도 셀룰로오스 분해 효소개발 및 생산기술 확립
10	동시당화발효공정	저투입 친환경 기술개발	펠릿 제조기술
11	부산물 재활용 기술	생물학적 전처리 (미생물 연구 및 활용)	목재 칩 보관 및 취급 기술
12	고부가가치 에탄올 생산, 가공 공정	열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술	브리켓 제조기술

15) 세부적인 기술분류 내용은 부록 6 참조

우선 순위	농식품부(32개 기술)	농진청(31개 기술)	산림청(24개 기술)
13	다양한 원료 적용이 가능한 연속식 소규모 바이오디젤 반응공정	시스템 생물학을 이용한 대사경로 개선	목탄 제조기술
14	고집적 BT 기술 이용 바이오연료 산업의 원천기술 확보	섬유소 분해효소 각테일 개발 기술	섬유소 분해효소 각테일 개발 기술
15	지방산 분해효소를 이용한 바이오디젤 생산	오탄당 대사용 유전자 탐색	고형 바이오연료 규격화
16	바이오 연료 생산 공정 최적화	논 이모작 적응 및 기후변화대응 GM품종 육성	고형 바이오연료 연소 시스템
17	열적분해를 통한 농어촌지역 폐바이오매스 가스화 기술 개발	형질전환체 개발 및 효율 개선	저투입 친환경 기술개발
18	농공산업폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술	GM작물 개발	발효저해제 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발
19	비발효성 당의 발효성 당 전환기술 개발	고부가가치 에탄올 생산, 가공 공정	생물학적 전처리 (미생물 연구 및 활용)
20	소화슬러지 고품질 퇴·액비 생산 기술	발효저해제 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발	물리화학효소 적당화 공정
21	섬유질계 바이오매스를 이용한 연료전지	부산물 재활용 기술	농공산업폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술
22	공정 최적화	농공산업폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술	세포벽 유래의 유로닉산의 대사경로 개발
23	무수 에탄올 생산용 기술 개발	열적분해를 통한 농어촌지역 폐바이오매스 가스화 기술 개발	섬유질계 바이오매스를 이용한 연료전지
24	에탄올의 연료첨가물 (예, ETBE)로의 전환기술	전분이외의 화합물을 최소화한 에너지 작물 개발	열처리에 의한 바이오 오일 생산
25	목질계 바이오매스로부터 화학 촉매를 이용한 바이오디젤 생산	GMO 안전성검정(환경·인체)	
26	매립지 가스수집 및 전처리 기술개발	물리화학효소 적당화 공정	
27	고형 바이오연료 연소 시스템	Bio-Alkane 생산용 미생물연구	
28	나노 바이오촉매 활용 바이오디젤 생산기술	신작물 도입·개발 및 평가	
29	펠릿 제조기술	원료작물 최대생산 시스템 개발	
30	원료의 수확수집운반저장 등의 체계적인 기술개발	미생물 연료전지 개발	
31	원료작물의 전과정 평가 (환경성 경제성 및 편익성)	혼합당의 효율적 에탄올 전환 공정개발	
32	미래수요예측 및 경제성 분석		

나. 평가결과

□ 부·청의 차별성¹⁶⁾

- 부·청은 바이오에너지 영역 중에서도 바이오매스증산 기술개발에 주력해야 함은 부처 간 역할에서도 확인된바 있으나, 부·청 핵심기술의 우선순위에서도 부·청의 역할을 적절히 반영된 결과가 표출되고 있음
 - 따라서 부·청은 핵심기술을 중심으로 제시된 기술개발에 주력해야하고 이는 자연스럽게 부·청의 역할을 구분시키는 기준으로 적용할 것으로 기대함
- (농식품부) 바이오매스증산기술 중에서도 해조류의 품종개발과 대량생산 등 3세대 에너지자원 확보기술에 선택과 집중이 필요함
 - 앞의 표에서 제시한 최우선순위의 핵심기술이 해조류 관련 기술에 집중되어 있음은 분명한 시사점이라 볼 수 있음
- (농진청) 바이오매스 중에서도 원료작물의 개발과 품종육성을 비롯하여 재배기술 개발 등이 포함된 분야가 핵심기술로 나타나고 있으므로 기존의 인프라를 활용하여 이 분야의 경쟁력을 더욱 강화시킬 필요가 있음
 - 자원개발과 품종육성, 작부체계 확립 등 민간부문이 참여하기 어려운 장기투자 연구와 그간에 수행되어온 청 고유업무와 관련되는 기술이 핵심기술로 나타남
- (산림청) 임산자원의 효율적 이용방법을 포함하여 폐자원(산물)의 활용 방안을 제시하는 분야를 핵심역량¹⁷⁾으로 강화시키기 위해서는 이 분야에 대한 집중적인 지원이 필요함

□ 부·청간 연계분야

- 열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술, 섬유소 분해효소 콕테일 개발 기술, 부산물 재활용기술 및 농공산업 폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술은 농식품부/농진청/산림청 공통으로 핵심기술로 선정됨

16) 핵심기술은 “VI. 평가결과 요약 및 정책적 시사점”부분에서 기술로드맵의 주요 연구분야를 제시하는 주요 항목이 되는 것으로 부·청의 연구의 차별성을 제시하는데 중요함

17) 핵심역량(Core competence)란 경쟁기업에 대해 절대적인 경쟁우위 창출을 가능하게 하는 기업의 독특한 자원과 능력의 조합을 의미함

- 이러한 기술은 특정기관에 국한되지 않는 기술로서 필요에 따라서는 경쟁연구도 필요한 분야이면서 시급히 해결되어야 하는 성격의 기술로 판단됨
- 농식품부와 농진청의 공통 핵심기술은 기반기술 또는 원천기술 성격이 강하므로 이를 위하여 외부기관(대학 등)과 공동연구가 적극적으로 필요한 기술로 추정됨
- 농식품부와 산림청의 공통 핵심기술은 산림부산물을 이용한 실용화를 전제로 하는 기술임
- 농진청과 산림청의 공통 핵심기술은 품종육성과 같이 장기간이 소요되고 민간분야에서 수행하기 어려운 기술내용으로서, 국가연구기관이 자체로 혹은 대학, 출연연구소 등과 공동으로 수행해야 할 성격의 기술이 주를 이룸

표 5-16. 부·청간 공통 핵심기술

관련 부·청	세부기술명
농식품부·농진청·산림청 공통	·열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술 ·섬유소 분해효소 각테일 개발 기술 ·부산물 재활용 기술 ·농공산업폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술
농식품부·농진청 공통	·cellulase helping protein 개발 ·xylanase 개발 ·열적분해를 통한 농어촌지역 폐바이오매스 가스화 기술 개발
농식품부·산림청 공통	·목탄 제조 기술 ·고형 바이오연료 연소 시스템
농진청·산림청 공통	·바이오에탄올용 자원개발 및 품종육성 ·바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종육성 ·저투입 친환경 기술개발 ·물리화학효소 적당화 공정 ·생물학적 전처리(미생물 연구 및 활용) ·리그닌 분해용 효소의 개발 ·리그닌 분해의 메커니즘 규명 ·고농도 셀룰로스 분해효소 개발 생산기술 확립 ·발효저해제 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발

※ 기술분야 전문가를 통해 도출된 내용임

□ 부·청별로 해야 할 일

- 부·청의 핵심역량을 강화시키는 차원에서 핵심기술 중 과제수행이 되지 않은 기술을 우선 선정하여 그 이유를 심층 분석하고, 반드시 필요한 기술이라면 그에 대한 해결방안을 모색해야 함
- 핵심기술 중에서 과거에 과제가 수행된 경우에는 그 성과를 재검토해보고 필요시에는 재투자하는 전략도 필요함
- 부·청에서 공동(중복) 투자되는 기술의 경우에는 핵심기술의 우선순위가 높은 기관에서 주관할 수 있도록 조정이 필요함
- 논문, 특허 등 정량적 목표달성이 가능한 과제 수행을 지양하고, 원천 기술 확보나 다음단계의 기술발전을 위하여 꼭 극복해야 하는 기술을 차년도 과제기획에 우선적으로 반영해야 함

2. 예산

2-1 투자의 적절성

가. 현황분석

□ 농림수산물식품분야 R&D 예산

- 농림수산물식품 R&D 규모는 2009년에 7,212억원으로 전체 농림수산물식품예산 16.7조의 4.3%를 차지하고 있음
- 국가전체 R&D예산 12.3조원의 5.9%를 차지하고 있음
 - 2000년 국가전체 R&D의 6.3%를 차지한 이후 2005년까지 비율이 계속 감소하였고 현재까지 5%대를 유지하고 있음
 - 2008년 정부 조직개편에 따라 수산분야가 이관되어 2007년 대비 26.9% 예산규모의 증가를 나타냄

□ 중장기 투자계획 및 7대 산업별 포트폴리오

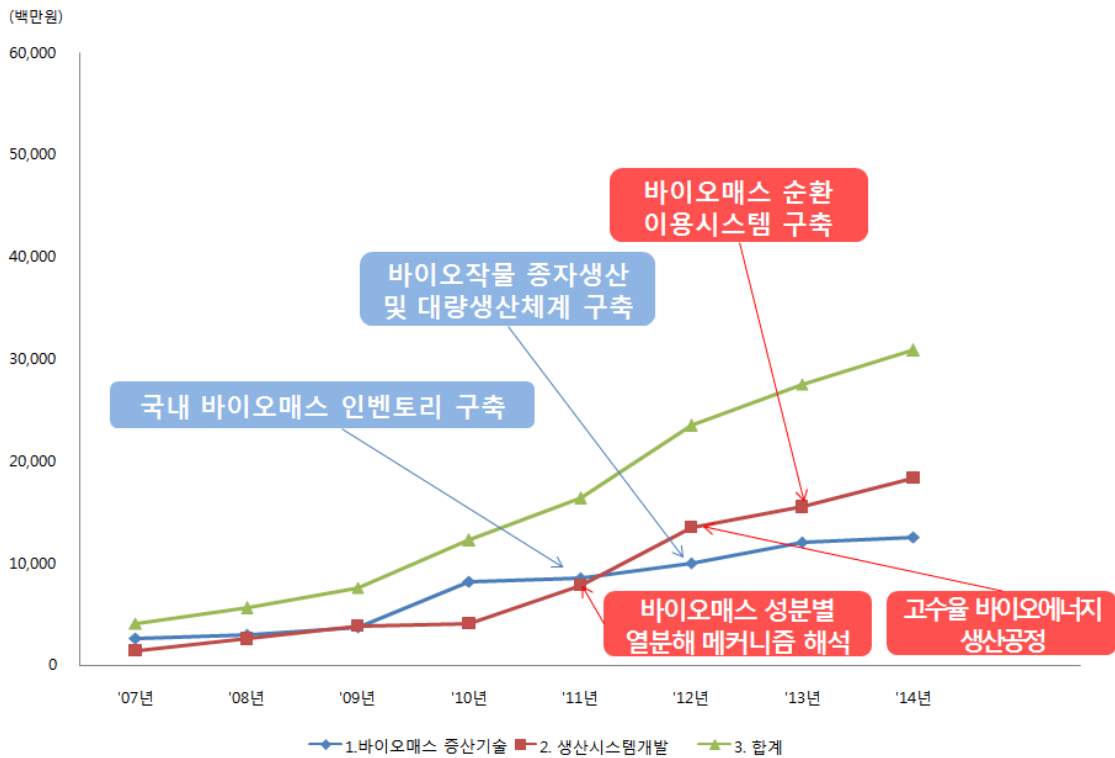
- 지난 5년간의 투자 총액(2005년~2009년, 1조 5,127억원) 대비 2.6배 확대계획
 - 2010년~2014년 투자 총액 : 3조 8,804억원 규모
- 바이오분야는 동물·식의약품 및 소재와 바이오에너지가 해당됨
 - 본 평가대상인 바이오에너지 분야의 투자실적 및 계획은 2005년부터 2009년까지 248억원이었으며 향후 2010년부터 2014년까지 1,071억원으로 늘려나갈 계획임

표 5-17. 농림수산물식품기술육성 종합계획 중 바이오 분야

(단위 : 억원)

분야	세부 산업	2014년 비전	투자실적 및 계획	
			'05~'09	'10~'14
바이 오	동물·식의약품 및 소재	新 성장동력으로 농림수산물바이오산업 육성	1,403	4,048
	바이오에너지	청정에너지 생산 및 보급의 중추적 기반으로서의 농림산업 육성	248	1,071
합 계			1,651	5,119

자료 : 농림수산물식품기술육성 종합계획 및 5개년 실천계획, 2010년



자료 : 농림수산물식품기술육성 종합계획 및 5개년 실천계획, 2010년
그림 5-22. 바이오에너지 분야 투자계획

□ 분야별 투자현황

○ 바이오에너지의 5개 분야에 따른 세부분야별 투자현황을 농식품부, 농진청, 산림청으로 나누어 분석하였음

(바이오매스증산 분야)

○ 바이오에너지 원료 자원 수집 및 품종 육성, 유지작물 생산 기술 개발 등 5개 세부분야에 대해 총 55.64억원의 투자지원이 이루어졌으며 바이오에너지 원료 자원 수집 및 품종 육성(19.4억원)에 가장 큰 비중을 두고 있음

- 이 중 농진청(53%)이 가장 높았고 농식품부(47%)가 뒤를 이었으며 산림청은 전혀 투자하지 않고 있음

- 구체적으로 농식품부는 바이오에너지 생산용 GM 작물 개발(12.26억원)에 주로 투자(47%)하고, 농진청은 바이오매스 작물 생산 기술 개발(14.71억원)에 가장 높게(50%) 투자하고 있음

표 5-18. 바이오매스증산 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년)

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
바이오에너지 원료자원 수집 및 품종 육성	바이오에탄올용 자원개발 및 품종육성	필수	핵심	핵심	-	3(260)	-
	바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종육성	필수	핵심	핵심	1(301)	4(492)	-
	신자원(비식량) 도입개발 및 평가	기반	핵심	기반	1(692)	2(195)	-
	해외농장 현지적응 품종 육성	필수	전환	전환	-	-	-
	생태 친화/복원형 바이오매스 탐색	기반	기반	기반	-	-	-
	바이오매스 생산성 우수 수종 선발 및 육종(고성장/저리그닌)	필수	필수	필수	-	-	-
	숲가꾸기 산물 수집	기반	기반	핵심	-	-	-
	벌채 및 수집 장비개발 기술	전환	전환	필수	-	-	-
바이오매스 작물 생산기술 개발	원료작물 최대생산 작부체계	기반	핵심	필수	-	3(78)	-
	저투입 친환경 기술개발	필수	핵심	핵심	-	1(27)	-
	바이오매스 형성 및 변환에 관한 연구	핵심	필수	필수	-	2(250)	-
	원료(전분, 셀룰로오스, 리그닌) 성분분석	기반	기반	기반	-	-	-
	시스템 생물학을 이용한 대사 경로 개선	필수	핵심	기반	1(34)	1(108)	-
	원료작물 최대생산 시스템 개발	기반	핵심	기반	-	4(400)	-
	원료의 수확, 수집, 운반, 저장 등의 체계적인 기술개발	핵심	기반	기반	-	1(458)	-
	원료작물의 전과정 평가(환경성, 경제성 및 편익성)	핵심	기반	기반	-	1(150)	-
바이오에너지 생산용 GM작물 개발	세포벽 성분분석 및 모델링	기반	기반	기반	-	-	-
	형질전환체 개발 및 효율 개선	필수	핵심	필수	1(603)	2(259)	-
	논 이모작 적응 및 기후변화 대응 GM품종 육성	필수	핵심	기반	-	-	-
	GM작물 개발	필수	핵심	기반	2(623)	1(138)	-
	GMO 안전성 검증(환경·인체)	필수	핵심	기반	-	-	-
해조류 매스증산 기술 개발	유용 해조류 자원탐색 및 품종 개발	핵심	기반	기반	-	-	-
	고밀도/외해용 해조류 대량생산 기술	핵심	기반	기반	1(300)	-	-
	유기성 폐수(보조 탄소원) 이용; 배양조건	기반	기반	기반	-	-	-
	개방형 또는 밀폐형 광생물 반응기 개발	필수	기반	전환	-	-	-

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
	개량연구(생리/생태, 대사공학 및 형질전환)	전환	기반	기반	-	-	-
신개념 바이오 에너지 기술 개발	Bio-Alkane 생산용 미생물연구	필수	핵심	전환	-	-	-
	섬유질계 바이오매스를 이용한 연료전지	핵심	필수	핵심	1(45)	-	-
	미생물 연료전지 개발	기반	핵심	기반	-	1(19)	-
	미래수요 예측 및 경제성분석	핵심	필수	필수	-	2(132)	-

- 1) 세부분야 및 세부기술은 바이오에너지에 대한 분야별 전문가 델파이기법을 통하여 도출하였음
- 2) 평가대상과제는 동일한 세부분야에서 여러 세부기술과 중복될 수 있어 제시된 과제수와 투자액은 원래의 과제수와 투자액보다 높게 나타날 수 있음(평가단 회의를 통해 결정)
- 3) 제시된 세부기술은 모두 중요한 기술이며 현 시점에서 핵심역량을 강화하기 위한 부처별 역할을 바탕으로 분류한 것임

(바이오알코올 분야)

○ 전분계 및 당질계 바이오매스의 에탄올 전환 기술, 섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발(당화, 발효)의 2개 세부분야에 대해 총 33.96억원이 투자됨

- 이 중 산림청(41%)이 가장 높았고 농식품부(34%)가 뒤를 이었으며 농진청(25%)이 가장 낮았음
- 구체적으로 보면 농식품부, 농진청, 산림청은 섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발(33.96억원)에 100%, 91%, 100%로 집중 투자한 것으로 파악됨

○ 기타 비발효성 당의 발효 기술 개발, Consolidated BioProcess(CBP), 해조류 활용 기술개발, 바이오에탄올의 제품화, 부산물 활용 기술개발에는 부처 모두 전혀 투자하지 않고 있음

표 5-19. 바이오알코올 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년)

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
전분계 및 당질계 바이오	물리화학효소 적당화 공정	필수	핵심	핵심	-	-	-
	동시당화발효공정	핵심	핵심	전환	-	1(70)	-
	발효부산물의 처리	필수	기반	전환	-	-	-

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
매스의 에탄올 전환 기술	전분이외의 화합물을 최소화한 에너지 작물 개발	필수	핵심	필수	-	1(10)	-
	공정 최적화	핵심	필수	필수	-	-	-
섬유소계 바이오 매스 전처리 기술 개발 (당화, 발효)	물리화학적 전처리	전환	기반	핵심	1(547)	1(20)	-
	열화학적 전처리 및 당화 동시 수행 기술	핵심	핵심	핵심	-	-	1(723)
	생물학적 전처리 (미생물 연구 및 활용)	기반	핵심	핵심	2(515)	2(333)	1(133)
	리그닌 분해용 효소의 개발	필수	핵심	핵심	-	-	1(542)
	리그닌 분해의 메커니즘 규명	필수	핵심	핵심	-	-	-
	리그닌을 활용한 소재화 기술개발	기반	기반	필수	-	-	-
	페놀류(BTX) 단량체로의 전환기술	기반	기반	기반	-	-	-
	cellulase 활성 기작 규명	기반	기반	기반	-	-	-
	고농도셀룰로스 분해효소개발 생산기술 확립	기반	핵심	핵심	-	-	1(25)
	cellulase helping protein 개발	핵심	핵심	기반	-	2(353)	-
	xylanase 개발	핵심	핵심	필수	1(135)	-	-
	섬유소 분해효소 콕테일 개발 기술	핵심	핵심	핵심	-	-	-
	전분 분해효소 대량생산	핵심	필수	기반	-	-	-
	5탄당 대사용 유전자 탐색	전환	핵심	전환	-	-	-
	5탄당 대사경로의 재설계 기술 개발	전환	필수	전환	-	-	-
	5탄당의 에탄올 전환형 알코올 효모의 개발	필수	필수	기반	-	-	-
	혼합당(예, 포도당+자일로스)의 효율적 에탄올 전환 공정개발	필수	핵심	기반	-	1(70)	-
	6탄당의 에탄올 전환 발효기술	전환	기반	기반	-	-	-
	발효저해제 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발	기반	핵심	핵심	-	-	-
	에탄올내성 유전자탐색 및 내성균주 개발	필수	필수	필수	-	-	-
기타 비발효성 당의 발효성 당 발효기술 개발	비발효성 당의 발효성 당 전환기술 개발	핵심	전환	기반	-	-	-
	세포벽 유래의 유로닉산의 대사경로 개발	필수	기반	핵심	-	-	-
	유로닉산의 바이오소재 전환 기술 개발	기반	필수	필수	-	-	-
Consolidated BioProcess	활성형 cellulase의 세포외 분비 및 세포막 고정 기술	기반	필수	필수	-	-	-

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
(CBP)	CBP용 cellulase 및 알코올 생산미생물의 선별	필수	기반	필수	-	-	-
	CBP 공정의 최적화	전환	기반	필수	-	-	-
해조류 활용 기술개발	전처리 기술	기반	전환	기반	-	-	-
	당화/발효 공정 기술	필수	필수	기반	-	-	-
	고부가가치 에탄올 생산, 가공 공정	핵심	핵심	기반	-	-	-
	카로티노이드 등 바이오 소재 이용기술	필수	전환	기반	-	-	-
바이오 에탄올 생산기술	무수 에탄올 생산용 기술 개발	핵심	필수	필수	-	-	-
	에탄올의 연료첨가물 (예, ETBE)로의 전환기술	핵심	필수	기반	-	-	-
부산물 활용 기술개발	발효부산물 처리 기술	기반	기반	기반	-	-	-

- 1) 세부분야 및 세부기술은 바이오에너지에 대한 분야별 전문가 델파이기법을 통하여 도출하였음
- 2) 평가대상과제는 동일한 세부분야에서 여러 세부기술과 중복될 수 있어 제시된 과제수와 투자액은 원래의 과제수와 투자액보다 높게 나타날 수 있음(평가단 회의를 통해 결정)
- 3) 제시된 세부기술은 모두 중요한 기술이며 현 시점에서 핵심역량을 강화하기 위한 부·청별 역할을 바탕으로 분류한 것임

(바이오디젤 분야)

- 복합바이오 리파이너리 생산기술, 부산물 이용 기술의 2개 세부분야에 대해 총 2.7억원이 투자됨
 - 농진청(64%)의 투자율이 가장 높았고 그 다음으로 농식품부(36%)이었으며 산림청은 전혀 투자하고 있지 않음
 - 가장 많이 투자된 부산물 이용 기술(1.74억원)에는 농진청만 집중 투자(100%)하였고, 복합 바이오 리파이너리 생산 기술(0.96억원)에는 농식품부만 집중 투자(100%)하였음
- 바이오 디젤 생산기술에는 부·청 모두 투자하지 않고 있음

표 5-20. 바이오디젤 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년)

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
바이오디젤 생산기술	목질계 바이오매스로부터 화학 촉매를 이용한 바이오디젤 생산	핵심	기반	기반	-	-	-
	폐유지로부터 염기촉매를 이용한 바이오디젤 생산	필수	기반	기반	-	-	-
	환경친화적인 고순도 바이오디젤 분리 정제 기술	필수	전환	기반	-	-	-
	지방산 분해효소를 이용한 바이오디젤 생산	핵심	필수	전환	-	-	-
	바이오 연료 생산 공정 최적화	핵심	필수	전환	-	-	-
	다양한 원료 적용이 가능한 연속식 소규모 바이오디젤 반응공정	핵심	전환	전환	-	-	-
	고집적 BT기술 이용 바이오연료 산업의 원천기술 확보	핵심	전환	전환	-	-	-
복합 바이오 리파이너리 생산기술	나노 바이오촉매 활용 바이오디젤 생산기술	핵심	전환	전환	1(96)	-	-
	바이오디젤 생산을 위한 유화 계면활성제, 지질과산화 억제제 연구	필수	기반	기반	-	-	-
	바이오디젤 전환공정에서 발생하는 글리세롤(glycerol)을 활용한 신규 화학물질 개발	필수	필수	기반	-	-	-
부산물 이용기술	부산물 재활용 기술	핵심	핵심	핵심	-	-	-
	식이섬유 분리정제, 접착제, 펄릿 생산	기반	기반	전환	-	1(27)	-
	열처리에 의한 바이오 오일 생산	전환	전환	핵심	-	1(147)	-
	바이오연료컨버터제작	전환	전환	전환	-	-	-

- 1) 세부분야 및 세부기술은 바이오에너지에 대한 분야별 전문가 델파이기법을 통하여 도출하였음
- 2) 평가대상과제는 동일한 세부분야에서 여러 세부기술과 중복될 수 있어 제시된 과제수와 투자액은 원래의 과제수와 투자액보다 높게 나타날 수 있음(평가단 회의를 통해 결정)
- 3) 제시된 세부기술은 모두 중요한 기술이며 현 시점에서 핵심역량을 강화하기 위한 부·청별 역할을 바탕으로 분류한 것임

(바이오가스 분야)

- 바이오매스 가스화 기술, 가축분뇨 에너지 자원화 기술개발, 바이오 가스 활용 기술개발의 3개 세부분야에 대해 총 5.78억원의 투자가 이루어짐
 - 농진청(54%)의 투자율이 가장 높았고, 그 다음은 농식품부(46%)였으며 산림청은 전혀 투자하지 않고 있음
 - 구체적으로 보면 농식품부는 바이오매스 가스화 기술(1.62억원)에 가장 많은 투자(62%)를 하였고 농진청은 가축분뇨 에너지 자원화 기술개발(3.15억원)에 집중적 투자(100%)를 하였음
- 바이오수소 생산기술에 대해서는 부·청 모두 투자하지 않았음

표 5-21. 바이오가스 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년)

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
바이오매스 가스화 기술	열적분해를 통한 농어촌지역 폐바이오매스 가스화 기술 개발	핵심	핵심	기반	1(162)	-	-
가축분뇨 에너지화 기술개발	소화폐액 처리를 위한 폐수처리 기술	전환	필수	기반	-	-	-
	소화슬러지 고품질 퇴·액비 생산 기술	핵심	기반	기반	-	1(72)	-
	농공산업폐기물과 가축분뇨 통합 소화 기술	핵심	핵심	핵심	-	-	-
바이오 수소 생산기술	가축분뇨 바이오 가스 기술	핵심	기반	기반	-	1(243)	-
	농어촌 폐바이오매스를 이용한 생물학적 바이오수소 생산기술 개발	기반	기반	기반	-	-	-
바이오 가스활용 기술개발	매립지 가스수집 및 전처리 기술개발	핵심	기반	기반	-	-	-
	바이오가스 정제 국산화 기술개발	기반	전환	필수	-	-	-
	농가형 소형 바이오가스 발전기 개발	전환	기반	기반	1(101)	-	-
	항화수소 등 미량가스 제거	기반	기반	기반	-	-	-
	통합 혐기소화 공정을 이용한 연료전지 기술(2차전지 전극용 소재 등)	전환	전환	기반	-	-	-

- 1) 세부분야 및 세부기술은 바이오에너지에 대한 분야별 전문가 델파이기법을 통하여 도출하였음
- 2) 평가대상과제는 동일한 세부분야에서 여러 세부기술과 중복될 수 있어 제시된 과제수와 투자액은 원래의 과제수와 투자액보다 높게 나타날 수 있음(평가단 회의를 통해 결정)
- 3) 제시된 세부기술은 모두 중요한 기술이며 현 시점에서 핵심역량을 강화하기 위한 부·청별 역할을 바탕으로 분류한 것임

(고체연료 분야)

- 목질계 바이오매스 이용 기술 개발의 1개 세부분야에 대해 총 1.93억원이 투자됨
 - 이 세부분야에 대해서 산림청만 집중적으로 투자(100%)하고 있고 농식품부와 농진청은 전혀 투자하고 있지 않음

표 5-22. 고체연료 분야 세부기술에 따른 평가대상과제현황(2009년)

세부분야	세부기술	기술분류			과제 수(투자액, 백만원)		
		농식품부	농진청	산림청	농식품부	농진청	산림청
목질계 바이오매스 이용 기술개발	목탄 제조기술	기반	전환	핵심	-	-	-
	펠릿 제조기술	핵심	필수	핵심	-	-	1(193)
	목재 칩 보관 및 취급 기술	기반	전환	핵심	-	-	-
	브리켓 제조기술	기반	전환	핵심	-	-	-
	고형 바이오연료 규격화	필수	필수	핵심	-	-	-
	고형 바이오연료 연소 시스템	핵심	전환	핵심	-	-	-
	목질계 연료전지 개발	전환	전환	필수	-	-	-

- 1) 세부분야 및 세부기술은 바이오에너지에 대한 분야별 전문가 델파이기법을 통하여 도출하였음
- 2) 평가대상과제는 동일한 세부분야에서 여러 세부기술과 중복될 수 있어 제시된 과제수와 투자액은 원래의 과제수와 투자액보다 높게 나타날 수 있음(평가단 회의를 통해 결정)
- 3) 제시된 세부기술은 모두 중요한 기술이며 현 시점에서 핵심역량을 강화하기 위한 부·청별 역할을 바탕으로 분류한 것임

나. 평가결과

□ 부·청별 예산 투입현황 분석

- 그동안 바이오에너지 분야 연구는 기초기반 성격의 분야에 주로 연구 개발비가 투입되었기 때문에 농진청 주도의 품종개발과 재배방법 개선 등의 연구분야에 지원이 많았음
 - 그러나 국내외적으로 최근 바이오에너지 분야 기술은 기초기반 단계를 지나 실용화·산업화를 위한 경쟁단계로 접어들었기 때문에 최근에는 농식품부 주도의 민간분야지원이 활성화되는 현상으로 나타남

- 바이오에너지 분야의 산업화연구는 그간의 연구성과를 바탕으로 후속연구를 진행하는 형태가 바람직하기 때문에 지금까지의 연구성과 중 산업화 가능성이 높은 연구결과에 획기적 지원을 하는 방식으로 추진되어야 효율성을 높일 수 있음
- 산림청의 경우 국내 산림자원의 활용을 통한 바이오매스 자원 확보와 폐자원의 활용도를 높이기 위한 분야에 지속적인 관심과 투자가 요구됨
- 미래에 대비한 해외 바이오매스자원 확보를 위하여, 적극적인 해외자원 발굴과 더불어 그 지역에서 활용 가능한 우수 품종개발 및 재배법 개선 등에도 획기적으로 지원이 필요함
- 부·청의 핵심역량을 강화시키는 차원에서 핵심기술 중 과제수행이 되지 않은 기술을 우선 선정하여 그 이유를 심층 분석하고, 반드시 필요한 기술이라면 그에 대한 투자방안을 모색해야함
 - 또한 핵심기술 중에서 과거에 과제가 수행된 경우에는 그 성과를 재검토 해보고 필요시에는 재투자하는 전략도 필요함

□ 분야별 예산 투입현황 분석¹⁸⁾

(바이오매스증산 분야)

- (바이오에너지 원료 자원수집 및 품종육성) 산림청은 바이오에탄올 자원 개발 및 품종육성기술과 바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종육성 기술에 중요도를 감안하여 예산지원이 필요하리라 판단됨
 - 그 외 부·청의 역량 강화에 필요하다고 판단되는 기술에 대해서는 이를 검토하여 추진할 필요가 있음
- (유자작물생산 기술 개발) 산림청은 저투입 친환경 기술개발에, 농식품부는 원료의 수확, 수집, 운반, 저장 등의 체계적인 기술개발과 원료작물의 전과정 평가기술에 대한 지원이 필요하리라 판단됨

18) 평가대상과제를 중심으로 제시한 결과로 평가대상연도 이전에 이미 과제가 지원되어 종료될 수 있으므로 내부의 투자현황자료와 제시된 평가의견을 바탕으로 부·청에서는 전략을 수립해야 함

- 원료작물 최대생산 작부체계는 농진청의 핵심역량에 해당되는 기술로서 3과제 모두 농진청에서 지원되고 있는 것은 바람직한 결과로 해석됨
- (GM 작물개발) 논 이모작 적응 및 기후변화 대응 GM품종 육성기술과 환경·인체에 대한 GMO안전성 검정기술의 예산지원은 미흡한 것으로 판단되면 이에 대한 지원이 필요하리라 판단됨
- (해조류매스증산 기술개발) 농식품부 1과제만 지원되고 있는 상황이며 이에 대한 농식품부의 전반적인 예산지원이 필요하리라 판단됨
- (신개념 바이오에너지 기술개발) 부·청별 핵심기술로 판단되는 기술에 대한 지원이 전반적으로 이루어지지 않고 있으며 이에 대한 투자전략이 필요함
(바이오알코올 분야)
- (전분계 및 당질계 바이오매스의 에탄올 전환기술) 농진청과 산림청은 물리화학효소 적당화 공정기술을 위한 지원이 필요하며 농식품부는 공정 최적화에 대한 지원이 필요하리라 판단됨
- (섬유소계 바이오매스 전처리 기술 개발) 열화학적 전처리 및 당화 동시 수행 기술, 섬유소 분해효소 콕테일 개발 기술은 부·청 모두 지원해야할 분야로 차년도 과제기획 시 우선 고려되어야 할 기술로 판단됨
 - 그 외 부·청의 역량 강화에 필요하다고 판단되는 기술에 대해서는 이를 검토하여 추진할 필요가 있음
- 기타 비발효성당의 발효기술 개발, Consolidated BioProcess(CBP), 해조류 활용 기술개발, 바이오 에탄올의 제품화, 부산물 활용 기술개발 분야는 핵심기술 중 과제수행이 되지 않은 기술을 우선 선정하여 그 이유를 심층 분석하고, 반드시 필요한 기술이라면 그에 대한 투자방안을 모색해야함
(바이오디젤, 바이오가스, 고체연료 분야)
- 전반적으로 예산투자가 미흡한 상황이며 모든 기술에 대한 예산지원은 불가능한 상황이므로 부·청별 핵심기술의 우선순위¹⁹⁾와 내부역량, 제시된 평가결과를 바탕으로 투자전략이 수립되어야 함

19) 부·청별 핵심기술의 우선순위내용은 「1-2-2. 부·청간 차별성」을 참조

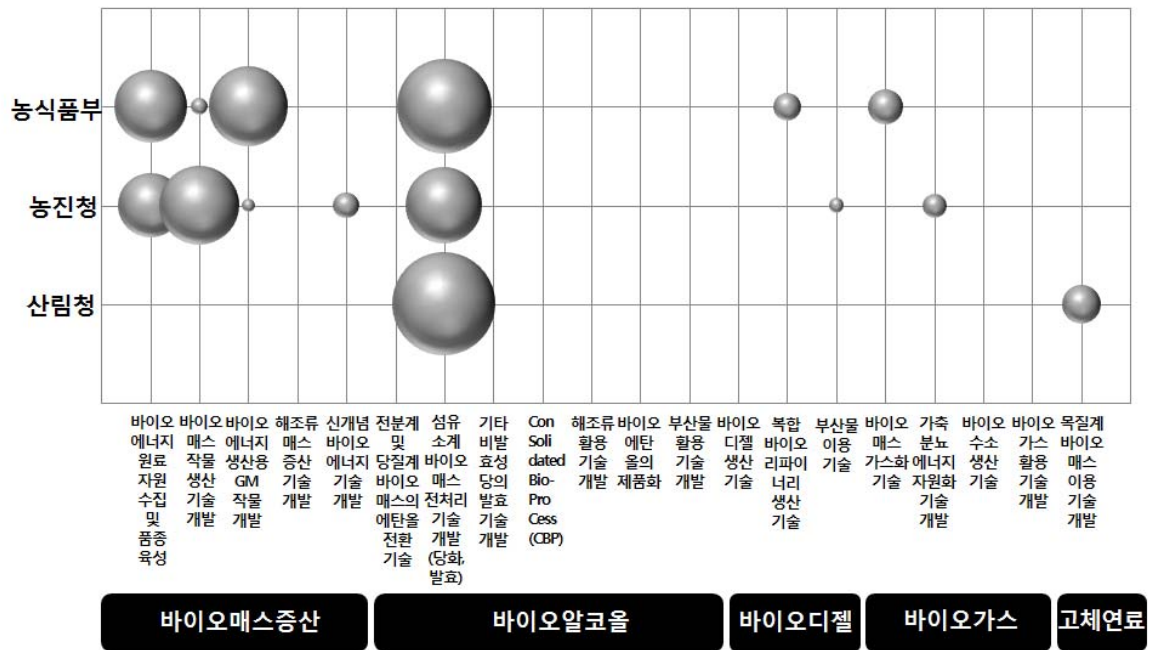


그림 5-23. 분야별 예산투자 현황(2010년 기준)

2-2. 예산규모의 적절성

가. 현황분석²⁰⁾

□ 부처별 과제당 투자현황

- (바이오매스증산 분야) 과제당 평균예산을 분석한 결과, 농식품부/농진청/산림청 193백만원 > 교과부 186백만원 > 지경부 160백만원 > 환경부 34백만원 순이었음
- (바이오알코올 분야) 과제당 평균예산을 분석한 결과, 지경부 396백만원 > 농식품부/농진청/산림청 368백만원 > 교과부 73백만원 순이었음
- (바이오디젤 분야) 과제당 평균예산을 분석한 결과, 농식품부/농진청/산림청 345백만원 > 지경부 246백만원 > 교과부 51백만원 순이었음

20) 국가과학기술지식정보서비스(NTIS)에서 제공한 관련부처의 과제 및 예산은 2008년도 자료를 가장 최근 자료로 활용할 수 있어 2006년부터 2008년도를 합산하여 금액을 기준으로 분석함

- (바이오가스 분야) 과제당 평균예산을 분석한 결과, 지경부 387백만원 > 환경부 373백만원 > 농식품부/농진청/산림청 129백만원 > 교과부 48백만원 순이었음
- (고체연료 분야) 과제당 평균예산을 분석한 결과, 지경부만 1,050백만원을 투자하고 있음

표 5-23. 부처별 과제당 투자현황(2006년~2008년 합계)

(단위: 백만원, 개)

분 야		농식품부/농진청 /산림청	교과부	지경부	환경부
바이오매스증산	투자액	7,321	2,605	2,074	134
	과제 수	38	14	13	4
	투자액/과제	192.7	186.1	159.5	33.5
바이오알코올	투자액	4,050	1,684	8,708	0
	과제 수	11	23	22	0
	투자액/과제	368.2	73.2	395.8	0
바이오디젤	투자액	345	616	7,123	0
	과제 수	1	12	29	0
	투자액/과제	345	51.3	245.6	0
바이오가스	투자액	1,419	240	11,209	1,491
	과제 수	11	5	29	4
	투자액/과제	129	48	386.5	372.8
고체연료	투자액	0	0	1,050	0
	과제 수	0	0	1	0
	투자액/과제	0	0	1,050	0
전 체	투자액	13,135	5,145	30,164	1,625
	과제 수	61	54	94	8
	투자액/과제	215.3	95.3	320.9	203.1

- 1) 투자액/과제의 평균을 나타냄
- 2) 제시된 통계자료는 국가과학기술정보서비스(NTIS)를 통해 분석한 것으로 본 평가대상과제로 제시한 바이오에너지 분야의 투자 금액과는 차이가 있음

나. 평가결과

□ 바이오매스증산

- 가장 많은 투자를 하고 있는 부처는 농식품부/농진청/산림청이지만, 과제당 예산규모는 교과부, 지경부와 유사하여 과제당 예산규모는 타부처 대비 적절한 것으로 판단됨

□ 바이오알코올

- 가장 많은 투자를 하고 있는 부처는 지경부이며 과제당 예산규모(395.8백만원) 또한 가장 높게 나타나고 있음
 - 농식품부/농진청/산림청의 투자규모는 지경부에 비해 절반정도의 규모이지만 과제당 예산규모는 368.2백만원으로 적절한 것으로 판단됨

□ 바이오디젤

- 가장 많은 투자를 하고 있는 부처는 지경부이며 다른 부처는 상대적으로 매우 저조한 실정임
 - 농식품부의 1개의 과제만이 지원되어 있어 투자의 확대가 필요함

□ 바이오가스

- 지경부는 타부처에 비해 투자규모와 과제당 투자액 모두 매우 높게 나타나고 있음
 - 농식품부/농진청/산림청의 투자규모는 지경부에 비해 약8배 정도 낮은 수준이며 지원되고 있어 과제당 투자의 확대가 필요함

□ 고체연료

- 지경부의 1개 과제를 제외한 타부처 모두 투자가 되지 않고 있음

3. 성과

3-1. 목표달성 가능성

가. 현황분석

□ 평가의 접근방법

- 60개 평가대상과제가 대부분 현재 수행중인 과제이므로 성과평가를 하기에는 부적절하다는 평가단의 결정에 따라 과제계획서에 제시된 목표의 명확성여부와 목표의 달성가능성을 전문가 그룹에서 정성적으로 평가함
 - 그러나 기술분야 평가는 과제평가가 아니며 평가결과로 인한 과제수행자의 불이익을 방지하고자 개별 과제가 아닌 과제가 속한 세부분야로 그룹화하여 평가하고자 함
 - 평가기준은 제시된 목표가 불명확한 과제와 목표는 명확하지만 과제 연구비와 수행기간을 고려하여 달성 가능성이 낮은 과제로 구분하여 평가한 후 분야별로 재정리하여 결과만 제시함
- 평가방법은 전문가 그룹의 평가결과(응답자 기준)를 집계하여 과반수 이상의 의견만을 유효하게 인정하였으며, 추후 평가단 검토를 거쳐 최종 확정하였음
 - ※ 과제별 평가결과는 보고서에 수록하지 않음
- 연구내용과 목표를 바탕으로 수행하는 평가는 예상성과를 달성할 수 있는지를 점검하는 것으로 평가의 내용과 수준이 다소 포괄적일 수 있다는 한계점을 가지고 있음

표 5-24. 부·청소관 바이오에너지 분야별 투자현황(2010년 기준)

분야	세부분야	농식품부	농진청	산림청
바이오매스 증산	바이오에너지 원료자원수집 및 품종육성	2(993)	9(947)	-
	유지작물 생산기술 개발	1(34)	13(1,471)	-
	바이오에너지 생산용 GM작물 개발	3(1,226)	3(397)	-
	해조류매스증산기술 개발	1(300)	-	-
	신개념바이오 에너지 기술 개발	1(45)	3(151)	-
바이오 알코올	전분계 및 당질계 바이오매스의 에탄올 전환기술	-	2(80)	-
	섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발 (당화, 발효)	4(1,197)	6(776)	4(1,423)
	기타 비발효성 당의 발효기술 개발	-	-	-
	Consolidated Bio-Process(CBP)	-	-	-
	해조류 활용기술 개발	-	-	-
	바이오에탄올 생산기술	-	-	-
	부산물 활용기술 개발	-	-	-
바이오디젤	바이오디젤 생산기술	-	-	-
	복합 바이오 리파이너리 생산기술	1(96)	-	-
	부산물 이용기술	-	2(174)	-
바이오가스	바이오매스 가스화 기술	1(162)	-	-
	가축분뇨 에너지화 기술 개발	-	2(315)	-
	바이오수소 생산기술	-	-	-
	바이오가스 활용기술 개발	1(101)	-	-
고체연료	목질계 바이오매스 이용기술 개발	-	-	1(193)
총 계		15(4,154)	40(4,311)	5(1,616)

1) 평가대상과제는 동일한 세부분야에서 여러 세부기술과 중복될 수 있어 제시된 과제수와 투자액은 원래의 과제수와 투자액보다 높게 나타나고 있음(평가단 회의를 통해 결정)

나. 평가결과

□ 평가결과 분석

○ 60개 평가대상과제 중 13과제(바이오매스증산 12개, 바이오알코올 활용과제 1개)는 목표가 불분명한 것으로 평가함

- 목표달성이 불가능한 것으로 평가된 과제도 5과제(바이오매스증산 2개, 바이오알코올 1개, 바이오가스 1개)에 달함
- 목표설정 시 세부기술별로 우리나라의 현재 기술수준을 충분히 고려하여, 현실성 있는 목표를 제시하여야 함

- 품종개발 등 연구기간 내 달성이 어려운 목표제시는 지양하고 실현 가능한 단계별 세부목표를 제시하여야 함
- 연구기간 또는 연구비 대비 객관적으로 실현 불가능한 목표를 제시한 경우 과제 선정평가 시 지적·보완되어야 함

표 5-25. 평가대상과제의 목표달성 가능성 평가 요약

분 야	목표달성 가능성(과제 수, %)		
	가능	불가능	목표자체의 불명확
바이오매스증산	22(36.7)	2(3.3)	12(20)
바이오알코올	13(21.7)	2(3.3)	1(1.7)
바이오디젤	3(5)	0(0)	0(0)
바이오가스	3(5)	1(1.7)	0(0)
고체연료	1(1.7)	0(0)	0(0)
합 계	42(70)	5(8.3)	13(21.7)

※ 기술분야 평가를 위한 전문가 그룹의 정성적 평가로 이루어짐

<기술분야 평가 시 제출자료에 관한 보완사항>

- 평가자료 제출 시 양식의 표준화 필요
 - 부·청별로 또는 사업별로 제출양식이 상이하여, 목표나 기대효과 등을 객관적으로 비교분석하는 데 어려움이 있음
 - 목표나 기대효과 설정 시 구체적인 수치와 지표를 사용해서 객관화할 수 있도록 유도해 가야 함
 - 서술방법도 개조식으로 통일하는 등 표준 예시를 설정할 필요가 있음
- 부·청은 과제협약서등 관련자료 작성 시 동일 양식을 사용토록 권고함
- 과제평가 시 또는 협약서 작성 시에 관련분야의 특허동향과 기존 논문검토 자료를 필수적으로 제출토록 하고, 미제출자에게는 페널티를 부과하여, 과제관리에 효율을 높여가야 함

3-2. 기대효과의 실현가능성

가. 현황분석

□ 접근방법

- “3-1. 목표달성 가능성”항목과 더불어 과제에서 제시한 기대효과를 바탕으로 성과의 실현가능성을 평가하고자 함
- 투입 연구비와 연구기간을 고려하여 과제별 기대효과의 수준과 실현가능성을 전문가 그룹에서 평가한 후 이를 분야별로 재정리함
- 평가방법은 전문가 그룹의 평가결과(응답자 기준)를 집계하여 과반수 이상의 의견만을 유효하게 인정하였으며, 추후 평가단 검토를 거쳐 최종 확정하였음

나. 평가결과

□ 기대효과의 수준

- 전체적으로 기대효과 수준이 높은 과제는 15개(25%)였으나, 바이오매스 증산 분야에 속한 과제는 기대효과가 낮게 나타남
- 기대효과 수준이 매우 낮은 과제도 15개(25%)에 달하여, 예산투입의 비효율성에 대한 지적도 우려됨

□ 기대효과 실현 시기

- 3년 내 기대효과가 실현될 수 있다고 판정된 과제는 6과제(바이오매스 증산 분야 4과제, 바이오알코올 분야 1과제, 바이오디젤 분야 1과제)임
- 기대효과가 실현 불가능할 수 있다는 평가도 6개(10%)로 나타나, 이러한 과제는 실패할 가능성이 높은 것으로 예측됨

표 5-26. 평가대상과제의 기대효과 수준 및 실현가능성

(단위 : 개, %)

분 야	기대효과의 수준			실현가능성		
	상	중	하	3년내	5년내	불가
바이오매스증산	8(13.3)	20(33.3)	8(13.3)	4(6.7)	29(48.3)	3(5)
바이오알코올	6(10)	6(10)	4(6.7)	1(1.7)	13(21.7)	2(3.3)
바이오디젤	1(1.7)	2(3.3)	0(0)	1(1.7)	2(3.3)	0(0)
바이오가스	0(0)	1(1.7)	3(5)	0(0)	3(5)	1(1.7)
고체연료	0(0)	1(1.7)	0(0)	0(0)	1(1.7)	0(0)
합 계	15(25)	30(50)	15(25)	6(10)	48(80)	6(10)

※ 기술분야 평가를 위한 전문가 그룹에서 정성적으로 평가한 결과임

평가결과 요약 및 정책적 시사점

1. 평가결과 요약
2. 정책적 시사점

VI. 평가결과 요약 및 정책적 시사점

1. 평가결과 요약

□ 과제의 적절성

<국정·농정 및 상위계획과의 부합성>

- 부·청소관 바이오에너지 분야의 연구방향은 상위계획인 과학기술기본계획, 국가에너지기본계획, 기후변화대응기본계획 등과 부합하며 농정시책에서 제시된 신고유가 시대에 대비하며, 기후변화 대응방안 마련 등과도 부합함
 - 또한 평가대상 과제는 전체 바이오에너지 분야의 연구목표와 부합됨을 확인하였으며 이는 상위계획-농정-과제선정 간 상호 연계성이 있음을 나타냄
- 평가의 대상시기인 2009년의 경우 부·청이 개별 로드맵을 가지고 그에 따라 추진하고 있었으나 현재 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」에 따라 바이오에너지 분야 기술로드맵이 완성되어 있음
 - 따라서 기술로드맵에 근거하여 부·청이 독립적으로 사업을 기획·추진하고 있는 상황임

<국내·외 환경변화에 대한 반영여부>

- 지구온난화 극복을 위한 탄소배출량을 규제하는 교토의정서 발효 (2005.2.16)로 세계 9위의 탄소배출국인 우리나라는 온실가스 감축의무 이행이 필요한 상황임
 - 이에 바이오매스 확보 등 우리나라의 농업 기술력과 인프라를 활용하는 방향의 연구개발 투자전략 수립은 주변여건과 환경변화에 적절하게 대응하는 조치로 평가됨

- 그러나 해조류매스증산기술, 바이오수소 생산기술, 비발효 기술개발 등은 세계특허에서 가장 연구가 집중된 분야임에도 불구하고 평가대상과제를 기준으로 보았을 때 과제수행이 되지 않고 있음
 - 또한 선진국과의 기술수준 비교에서 해조류매스증산기술(바이오매스 증산분야)과 바이오수소 생산기술(바이오가스)은 기술수준에서도 선진국과 큰 격차를 보이고 있음
 - 그 외에도 바이오알코올 분야 중 해조류 활용기술 개발의 경우 기술격차가 큼에도 불구하고 연구가 지원되지 않고 있음
- 그 외에서도 부·청이 경쟁적으로 지원하여 중복성이 우려되는 기술, 아직까지 선진국에서도 확립되지 않은 기술, 반대로 선진국에서는 거의 완성된 기술도 있어 기술별로 전략적인 접근이 필요함(1-1-2. 국내·외 환경변화 반영부분 참조)

□ 사업간 차별성

<타부처와의 차별성>

- 바이오에너지 분야에 있어서 기본기술은 타부처와 동일하기 때문에 기술 개발 분야에 있어서 차별성은 모호하지만, 집중 연구영역과 적용분야에 있어서는 부처별로 뚜렷한 차별성이 인정됨
 - 교과부는 바이오에너지 전 분야에 걸쳐 기초기반 기술 육성분야에 지원하고 있으며, 지경부는 바이오알코올, 바이오디젤, 바이오가스 분야의 대량생산과 효율성 강화분야에 지원이 이루어지고 있음
 - 반면, 농식품부, 농진청, 산림청은 바이오매스증산 분야의 기술개발과 활용분야에 대한 투자액이 타 부처에 비하여 상대적으로 높다는 점은 부처별로 고유임무에 부합됨과 동시에 차별화되는 사업이 진행 중인 것으로 판단됨
- 2세대 바이오에너지원인 셀룰로오스계 바이오에탄올 연구분야에 2008년 부터 예산투입이 이루어지고 있는 것은 바람직한 투자방향으로 사료됨

- 농림부산물을 활용하는 2세대 바이오에너지연구의 기본재료를 생산·공급하는 측면에서 향후 역할의 확대가 예견됨
- 3세대 자원으로서 각광받고 있는 해조류 자원의 개발과 생산기술 분야는 영역의 확대가 기대되며 신산업 창출과 연계하면 그 전망과 가능성은 매우 클 것으로 판단됨
- 미래에너지 자원의 수급에 장기적인 대책마련이 요구되므로 농식품부/농진청/산림청은 타 부처와 중복되거나 경쟁을 피할 수 있는 독자영역 구축이 가능할 것으로 판단됨
- 특히 바이오에너지 분야의 경우 연구개발 투자 경향이 부처간 차별화되어 있다는 점이 매우 긍정적인 현상으로 판단되지만, 한편으로 이러한 부처별 특성이 연계되어 질 수 있는 프로그램의 발굴과 예산지원 등 적극적인 노력이 필요한 시점임

<부·청간 차별성>

- 바이오에너지 분야에 대한 농식품부, 농진청, 산림청간의 중복성 논란도 있으나 본 기술분야 평가를 통하여 분석한 결과, 현재 진행 중인 대부분의 과제는 부·청의 핵심역량과 연관성이 높은 과제인 것으로 판단됨
 - 부·청의 핵심역량에 대한 구분이 명확해질수록 상호보완 및 상승효과가 나타날 수 있을 것으로 기대됨
 - 그러나 기획, 관리, 연구개발 기능이 농식품부, 농진청, 산림청에 분산되어 있는 현재의 상황에서는 농과위의 종합·조정 기능이 강화되어야 그 효율성이 높아질 수 있음

□ 투자 및 예산규모의 적절성

<투자의 적절성>²¹⁾

- 바이오매스증산과 바이오알코올 분야에 많은 투자가 이루어지고 있음

21) 평가대상과제를 중심으로 제시한 결과로 평가대상연도 이전에 이미 과제가 지원되어 종료될 수 있으므로 내부의 투자현황자료와 제시된 평가의견을 바탕으로 부·청에서는 전략을 수립해야 함

- 바이오매스증산 중 해조류매스증산 기술개발 분야와 신개념 바이오에너지 기술개발 분야는 매우 저조한 것으로 나타남
- 바이오알코올 중 섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발분야를 제외한 분야는 투자가 이루어지지 않고 있는 실정임(세부내용은 2-1. 투자의 적절성 부분 참조)

○ 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료 분야는 전반적으로 예산투자가 미흡한 상황임

- 모든 기술에 대한 예산지원은 불가능한 상황이므로 부·청별 핵심기술의 우선순위와 내부역량, 제시된 평가결과를 바탕으로 투자전략이 수립되어야 함

<예산규모의 적절성>

○ 바이오매스증산과 바이오알코올의 경우 과제당 예산규모는 적절한 것으로 판단되나 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료는 과제당 예산규모 뿐만 아니라 전체 투자규모에서 저조함

□ 목표달성의 가능성

○ 60개 평가대상과제 중 13과제(바이오매스증산 12개, 바이오알코올 활용과제 1개)는 목표가 불분명한 것으로 평가함

- 목표달성이 불가능한 것으로 평가된 과제도 5과제(바이오매스증산 2개, 바이오알코올 1개, 바이오가스 1개)에 달함
- 목표설정 시 세부기술별로 우리나라의 현재 기술수준을 충분히 고려하여, 현실성 있는 목표를 제시하여야함
- 품종개발 등 연구기간 내 달성이 어려운 목표제시는 지양하고 실현 가능한 단계별 세부목표를 제시하여야함
- 연구기간 또는 연구비 대비 객관적으로 실현 불가능한 목표를 제시한 경우 과제 선정평가 시 지적·보완되어야함

□ 기대효과의 실현 가능성

○ 기대효과의 수준

- 전체적으로 기대효과 수준이 높은 과제는 15개(25%)였으나, 바이오매스증산 분야에 속한 과제는 기대효과가 낮게 나타남
- 기대효과 수준이 매우 낮은 과제도 15개(25%)에 달하여, 예산투입의 비효율성에 대한 지적도 우려됨

○ 기대효과 실현 시기

- 3년 내 기대효과가 실현될 수 있다고 판정된 과제는 6과제(바이오매스 증산 분야 4과제, 바이오알코올 분야 1과제, 바이오디젤 분야 1과제)임
- 기대효과가 실현 불가능할 수 있다는 평가도 6개(10%)로 나타나, 이러한 과제는 실패할 가능성이 높은 것으로 예측됨

표 6-1. 평가항목별 주요내용

항 목	긍정적인 면	부정적인 면
과제의 적절성		
국정 및 상위계획과의 부합성	<ul style="list-style-type: none"> · 부청소관 바이오에너지 분야의 연구 방향은 상위계획인 과학기술기본계획, 국가에너지 기본계획, 기후변화대응 기본계획 등과 부합함 · 2010년부터 부·청이 함께 수립한 농림수산식품과학기술 육성 종합계획 중 바이오에너지 분야 기술로드맵으로 인하여 종합적인 추진체계가 갖추어질 것으로 기대함 	<ul style="list-style-type: none"> · 부청이 독립적으로 사업을 기획·추진 하므로 종합조정을 하는데 한계가 있음
국내외 변화 반영여부	<ul style="list-style-type: none"> · 온실가스 감축을 위한 우리나라의 연구개발 투자전략은 매우 적절한 대응 조치로 평가됨 	<ul style="list-style-type: none"> · 해조류매스증산기술, 바이오수소 생산기술, 비발효 기술개발 등은 특허동향과 선진국과의 기술수준에서 볼 때 과제수행이 되지 않고 있음 · 그 외에도 국내외 환경변화에 따라 필요함에도 불구하고 수행하지 못한 분야가 많음

항 목	긍정적인 면	부정적인 면
사업간 차별성		
타부처와의 차별성	· 농식품부, 농진청, 산림청은 바이오매스 대량생산을 위한 기술개발과 활용분야 사업에 지원함으로써 부처별로 고유임무에 부합됨과 동시에 차별성이 인정됨	
부·청간 차별성	· 농식품부, 농진청, 산림청간의 중복성 논란도 있으나, 현재 진행 중인 대부분의 과제는 부청의 핵심역량과 연관성이 높은 과제인 것으로 판단됨	· 기획, 관리, 연구개발 기능이 농식품부, 농진청, 산림청에 분산되어 있는 현재의 상황에서는 농과위의 종합조정 기능이 강화되어야 그 효율성이 높아질 수 있음
투자 및 예산규모의 적절성		
투자의 적절성		· 바이오매스증산과 바이오알코올 분야에 많은 투자가 이루어지고 있으나 특정분야에 집중되어 있음 · 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료 분야는 전반적으로 예산투자가 미흡함
예산 규모의 적절성	· 바이오매스증산과 바이오알코올의 경우 과제당 예산규모는 적절함	· 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료는 과제당 예산규모 뿐만 아니라 전체 투자규모에서 저조함
성과		
목표 달성의 가능성		· 연구기간내 달성이 어려운 목표를 제시하여 실패가 예견되는 과제가 8%에 이룸
기대 효과의 실현 가능성		· 기대효과 수준이 미흡하며, 실현 불가능한 과제도 10%에 이룸

2. 정책적 시사점

2-1. 기획 및 예산

가. 추진방향

- 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」에 부합되는 과제기획 필요
 - 바이오에너지 분야 연구는 국가의 미래 경쟁력 강화와 관련되어 시급하고 중요한 연구분야이므로 전략적으로 추진되어야 함
 - 가칭 「신규과제 합동기획단」을 운영하여 「농림수산식품과학기술 육성 종합계획」을 포함한 국가상위계획과의 부합성을 바탕으로 부청이 조화와 균형을 이루는 과제기획이 필요함
 - 바이오에너지 분야는 타 분야에 비하여 실용화가 가능한 분야로서 부청 별로 추진된 현재까지의 연구결과를 공유하여 후속단계로 진입시킬 수 있는 시스템구축이 필요함
- 부청의 핵심역량 강화를 위한 과제기획 필요
 - 부청은 고유 임무를 수행하면서, 동시에 핵심역량을 강화시킬 수 있는 분야의 과제기획을 강화시켜야함
 - 과제기획 시 핵심기술 중에서 현재 투자가 이루어지지 않은 기술에 우선적으로 투자하고 관리부서도 핵심역량을 가진 부서가 주관토록 하여 국가 경쟁력 확보를 위하여 꼭해야 할 일은 반드시 수행하는 전략적 접근이 요구됨
 - 과제기획 시 특정기술의 현행기술 수준을 명확히 파악하여 실현가능한 목표설정과 사업내용이 되도록 선정평가가 강화되어야함
 - 또한 동일한 기술분야에 경쟁적으로 연구비를 투자하기 보다는 핵심역량을 갖춘 기관과의 협력연구를 통하여 기술을 확보하고, 이를 기반으로 한 공동연구과제발굴도 활성화 시켜야함

□ 민간 연구분야 활성화 방안

- 국가연구기관(농진청, 산림청)은 공익적 성격의 연구(예, 바이오매스 작물 품종개량, GM작물 활용 등), 대규모 예산이 투입되어야만 하는 연구(설비분야)와 장기간이 소요되는 연구 등에 집중해야함
- 기타 민간부문과 경쟁이 되는 영역의 연구는 민간 영역에서 참여할 수 있도록 재조정하여야 함
 - 최근 국·내외적으로 바이오에너지 분야 기술은 기초기반 단계를 지나 실용화산업화를 위한 경쟁단계로 접어들었기 때문에 최근에는 농식품부 주도의 민간분야지원이 활성화되는 현상으로 나타나고 있음

□ 핵심기술의 투자계획에 대한 고려사항

- 부·청의 핵심역량을 강화시키는 차원에서 핵심기술 중 과제수행이 되지 않은 기술을 우선 선정하여 그 이유를 심층 분석하고, 반드시 필요한 기술이라면 그에 대한 해결방안을 모색해야함
- 핵심기술 중에서 과거에 과제가 수행된 경우에는 그 성과를 재검토해보고 필요시에는 재투자하는 전략도 필요함
- 부·청에서 공동(중복) 투자되는 기술의 경우에는 핵심기술의 우선순위가 높은 기관에서 주관할 수 있도록 조정이 필요함
- 논문, 특허 등 정량적 목표달성이 가능한 과제 수행을 지양하고, 원천기술 확보나 다음단계의 기술발전을 위하여 꼭 극복해야 하는 기술을 차년도 과제계획에 우선적으로 반영해야 함

나. 부·청별 역할

□ 부·청의 차별성

- 부·청은 본 평가에서 제시한 핵심기술을 중심으로 기술개발에 주력해야 하고 이는 자연스럽게 부·청의 역할을 구분시키는 기준으로 적용되리라 기대함

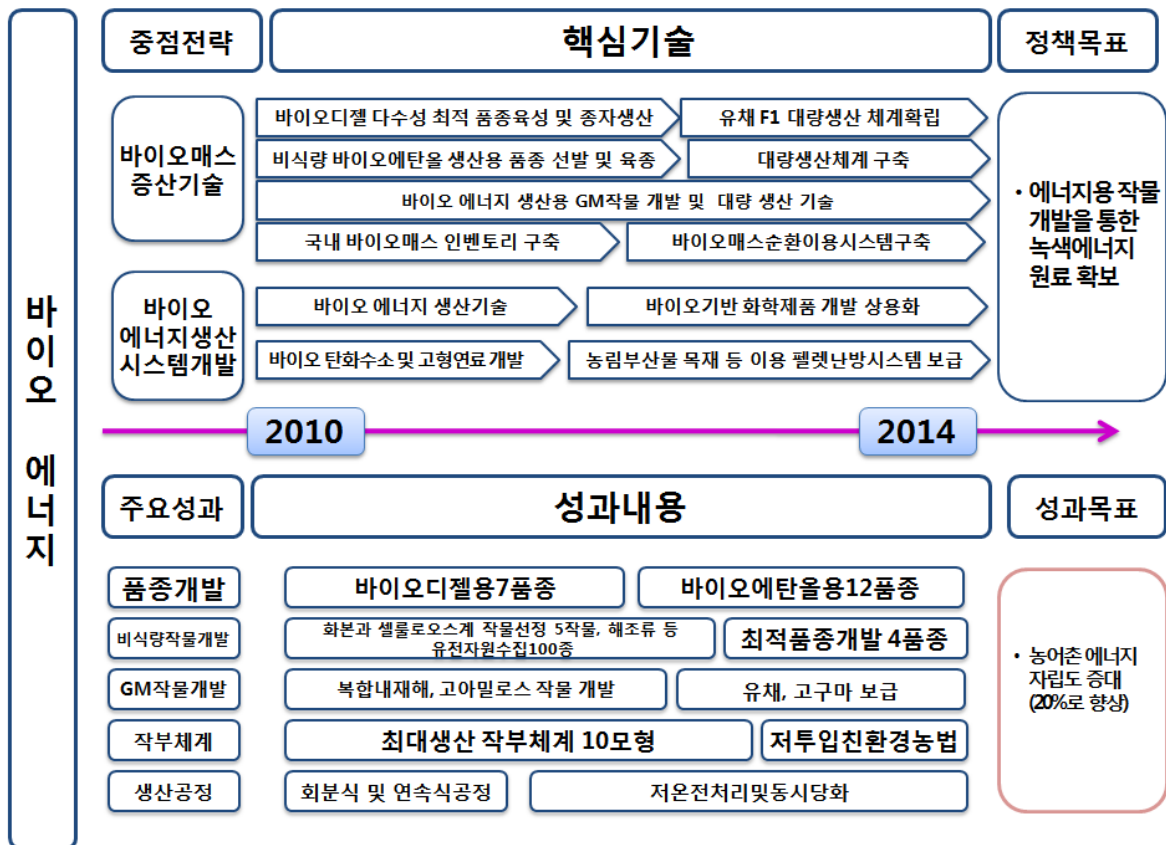
- (농식품부) 바이오매스증산기술 중에서도 해조류의 품종개발과 대량생산 등 3세대 에너지자원 확보기술에 선택과 집중이 필요함
 - “1-2-2. 부·청간 차별성”에서 제시한 최우선순위의 핵심기술이 해조류 관련 기술에 집중되어 있음은 분명한 시사점이라 볼 수 있음
 - (농진청) 바이오매스 중에서도 원료작물의 개발과 품종육성을 비롯하여 재배기술 개발 등이 포함된 분야가 핵심기술로 나타나고 있으므로 기존의 인프라를 활용하여 이 분야의 경쟁력을 더욱 강화시킬 필요가 있음
 - 자원개발과 품종육성, 작부체계 확립 등 민간부문이 참여하기 어려운 장기투자연구와 그간에 수행되어온 청 고유업무와 관련되는 기술이 핵심기술로 나타남
 - (산림청) 임산자원의 효율적 이용방법을 포함하여 폐자원(산물)의 활용 방안을 제시하는 분야를 핵심역량으로 강화시키기 위해서는 이 분야에 대한 집중적인 지원이 필요함
 - 국내 산림자원의 활용을 통한 바이오매스 자원확보와 폐자원의 활용도를 높이기 위한 분야에 지속적인 관심과 투자가 요구됨
- 부·청간 연계분야²²⁾
- 열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술, 섬유소 분해효소 콕테일 개발 기술, 부산물 재활용기술 및 농공산업 폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술은 농식품부/농진청/산림청의 연계연구가 필요함
 - 이러한 기술은 특정기관에 국한되지 않는 기술로서 필요에 따라서는 경쟁연구도 필요한 분야이면서 시급히 해결되어야 하는 성격의 기술로 판단됨
 - 농식품부와 농진청의 공통 핵심기술은 기반기술 또는 원천기술 성격이 강하므로 이를 위하여 외부기관(대학 등)과 공동연구가 필요함
 - 농식품부와 산림청의 공통 핵심기술은 산림부산물을 이용한 실용화를 전제로 하는 기술로 이를 기준으로 연계연구가 필요함
 - 농진청과 산림청의 공통 핵심기술은 품종육성과 같이 장기간이 소요되고

22) 언급된 기술은 “1-2-2. 부·청간 차별성” 중 부·청간 공통 핵심기술 내용을 참조

민간분야에서 수행하기 어려운 기술내용으로 국가연구기관간 연계연구가 필요함

□ 5개년 실천계획과 부·청별 수립 로드맵의 보완 필요

- 농식품부, 농진청, 산림청은 「농림수산식품분야 육성 종합계획」 (2009. 12.)을 수립하는데 합의하였고 이에 따라 5개년 실천계획을 수립하였음
- 그러나 현재 5개년 실천계획에서는 일부 세부기술까지 다루고 있지 않는 한계점을 가지고 있으며 부·청이 수립하고 있는 로드맵의 내용이 유사한 내용을 가지고 있는 실정임
- 농식품분야 전반을 반영하는 종합적인 입체적인 로드맵 작성이 필요함



자료 : 농림수산식품과학기술 5개년 실천계획, 2010년 그림 6-1. 바이오에너지 분야 기술로드맵

- 본 평가에서는 부·청 모두 공유할 수 있는 5개 분야(바이오매스증산, 바이오

알코올, 바이오디젤, 바이오가스, 고체연료)에 대한 기술로드맵을 제안함

- 예산이 확보된다면 핵심기술은 동시에 지원해야 효과적이지만, 한정된 재원으로 효율을 높이기 위해서는 세부로드맵에 근거한 투자계획과 우선순위에 따라 예산 투입이 이루어져야 함

□ 분야별 세부로드맵 작성(핵심기술 위주)

- 핵심역량 조기 확보를 위하여 필수기술을 포함한 핵심기술은 예산이 확보된다면 동시에 지원해야 하지만, 제한된 예산을 활용해야 하는 경우에는 우선순위에 따라 계획적으로 투자하기 위하여 지원시기를 구분함

(집중 지원시기 결정 방법)

- 핵심기술 우선순위 5위까지 : 2012년부터 지원강화
- 핵심기술 우선순위 10위까지 : 2013년부터 집중지원
- 핵심기술 우선순위 15위까지 : 2014년부터 집중지원
- 핵심기술 우선순위 15위이후 : 2015년부터 집중지원

- 「농림수산식품분야 육성 종합계획」의 로드맵과는 상호 연계되도록 작성
 - (농림수산식품분야 육성 종합계획 중 바이오매스증산 기술) 「농림수산식품분야 육성 종합계획」의 바이오매스증산 중점전략 내 5개 핵심기술은 본 평가에서 제시한 기술로드맵상의 11개 기술과 연계 가능한 기술임

표 6-2. 「농림수산식품분야 육성 종합계획」의 바이오매스증산 분야와 기술분야 평가에서 제시한 기술로드맵과의 연계성

농림수산식품분야 육성 종합계획		기술분야평가 기술로드맵상의 기술
중점전략	핵심기술	
바이오매스증산	바이오디젤 다수성 품종육성 및 종자생산 및 유채 F1 대량생산 체계 확립	· 바이오에탄올 자원개발 및 품종육성 · 바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종육성
	비식량 바이오 에탄올 생산용 품종 개발 및 대량 생산체계 구축	· 원료작물 최대 생산 작부체계 · 고밀도/외해용 해조류 대량생산기술
	바이오에너지 생산용 GM작물개발 및 대량생산기술	· 논 이모작 적응 및 기후변환 대응 GM 품종 육성 · 형질전환체 개발 및 효율개선 · GM작물 개발 · 시스템생물학을 이용한 대사경로 개선
	국내 바이오매스 인벤토리 구축	· 원료작물 최대 생산 시스템 개발
	바이오매스 순환 이용 시스템 구축	· 섬유질계 바이오매스를 이용한 연료전지 · 미생물 연료전지 개발

○ 바이오에너지 생산 시스템개발

- 농식품부의 중장기 계획의 바이오에너지 생산 시스템 개발 중점전략 내 핵심기술(4가지)은 로드맵상의 7개 기술과 연계가능 기술임

표 6-3. 「농림수산식품분야 육성 종합계획」의 바이오에너지생산시스템개발 분야와 기술분야 평가에서 제시한 기술로드맵과의 연계성

농림수산식품분야 육성 종합계획		기술분야평가 기술로드맵상의 기술
중점전략	핵심기술	
바이오에너지 생산 시스템 개발	바이오 에너지 생산기술 및 바이오기반 화학제품 개발 상용화	· 바이오리파이너리 생산기술
	바이오 탄화수소 및 고형연료 개발	· 브리켓 제조기술 · 목탄 제조기술 · 고형 바이오연료 규격화
	바이오기반 화학제품 개발 및 상용화	· 바이오리파이너리 생산기술
	농림부산물 목재 등 이용 펠릿 난방시스템 보급	· 펠릿 제조기술 · 고형 바이오연료 규격화

구분	분야	세부 분야	연도								기술수준		핵심기술 확보 부(정)1)	과제 수행 현황	
			'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20			국외
바이오매스 증산	바이오 에너지 원료자원 수집 및 품종육성	바이오에탄올용 자원개발 및 품종육성	[기술로드맵]								90	70	농진청/산림청	농진청(3)	
			[기술로드맵]								85	60	농진청/산림청	농진청(4)/농식품부(1)	
		바이오에탄올용 원료자원 수집 및 품종육성	[기술로드맵]								80	65	산림청	-	
			[기술로드맵]								85	60	농진청	농진청(2)/농식품부(1)	
		바이오매스 작물 생산기술 개발	바이오에탄올용 작물 생산기술 개발	[기술로드맵]								80	75	농진청	농진청(3)
				[기술로드맵]								80	60	농식품부	농진청(2)
			바이오에탄올용 작물 생산기술 개발	[기술로드맵]								75	50	농진청	농진청(1)/농식품부(1)
				[기술로드맵]								75	60	농진청/산림청	농진청(1)
			바이오에탄올용 작물 생산기술 개발	[기술로드맵]								85	65	농진청	농진청(4)
				[기술로드맵]								80	65	농식품부	농진청(1)
	바이오에탄올용 작물 생산기술 개발		[기술로드맵]								75	55	농식품부	농진청(1)	
			[기술로드맵]								90	80	농진청	-	
	바이오매스 증산 기술개발		바이오 에너지 생산용 GM작물 개발	[기술로드맵]								95	75	농진청	농진청(2)/농식품부(1)
				[기술로드맵]								90	75	농진청	농진청(2)/농식품부(1)
		[기술로드맵]								95	65	농진청	-		
		[기술로드맵]								95	65	농진청	-		
		해조류 바이오매스 증산 기술개발	[기술로드맵]								80	55	농식품부	농식품부(1)	
			[기술로드맵]								95	70	농식품부	-	
		신개념 바이오 에너지 기술개발	[기술로드맵]								60	40	농식품부/산림청	농식품부(1)	
			[기술로드맵]								80	50	농진청	-	
[기술로드맵]								65	35	농진청	농진청(1)				
[기술로드맵]								90	60	농식품부	농진청(2)				

1) 농식품부에는 산하기관인 국립수의과학검역원과 국립수산물품질관리원을 포함하고 있음
 ※ 기술분야 전문가 그룹과 평가단에 의해 도출된 결과임

그림 6-2. 바이오매스증산 분야 기술로드맵

구분	분야	세부 분야	연도								기술수준		핵심기술 확보 부(정)1)	과제 수행 현황
			'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20		
바이오알코올	전분계 및 당질계 바이오매스의 에탄올 전환기술	[기술로드맵]								85	70	농식품부/농진청	농진청(1)	
		[기술로드맵]								90	70	농진청/산림청	-	
		[기술로드맵]								95	70	농식품부	-	
		[기술로드맵]								80	60	농진청	농진청(1)	
	바이오알코올 (당화, 발효)	전분계 바이오매스 전처리 기술개발	[기술로드맵]								90	70	산림청	농식품부(1)/농진청(1)
			[기술로드맵]								80	60	농식품부/농진청/산림청	산림청(1)
			[기술로드맵]								70	45	농진청/산림청	산림청(1)
			[기술로드맵]								60	35	농진청/산림청	산림청(1)
		섬유소계 바이오매스 전처리 기술개발	[기술로드맵]								60	40	농진청/산림청	-
			[기술로드맵]								55	35	농식품부/농진청	농진청(2)
			[기술로드맵]								70	40	농식품부/농진청	농식품부(1)
			[기술로드맵]								80	35	농식품부/농진청	-
		기타 비발효성당의 발효기술개발	[기술로드맵]								80	65	농식품부	-
			[기술로드맵]								80	60	농진청/산림청	농진청(2)/산림청(1)/농식품부(2)
			[기술로드맵]								65	45	농식품부	-
			[기술로드맵]								50	40	농진청/산림청	-
	바이오 에탄올의 제정화	[기술로드맵]								65	50	농진청	농진청(1)	
		[기술로드맵]								40	25	농식품부	-	
		[기술로드맵]								40	30	산림청	-	
		[기술로드맵]								85	70	농식품부/농진청	-	
바이오 에탄올의 제정화	[기술로드맵]								90	75	농식품부	-		
	[기술로드맵]								90	75	농식품부	-		

1) 농식품부에는 산하기관인 국립수의과학검역원과 국립수산물품질관리원을 포함하고 있음
 ※ 기술분야 전문가 그룹과 평가단에 의해 도출된 결과임

그림 6-3. 바이오 알코올 분야 기술로드맵

구분	분야	쟁점	연도								기술수준		핵심기술 확보 부·정(1)	과제수행 현황	
			'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20			국외
바이오	바이오디젤 생산기술		다양한 원료 적용이 가능한 연속식 소규모 바이오디젤 반응공정								70	65	농식품부	-	
			고집적 BT 기술 이용 바이오연료 산업의 원천기술 확보								80	60	농식품부	-	
			지방산 분해효소를 이용한 바이오디젤 생산								75	65	농식품부	-	
			바이오 연료 생산 공정 최적화								80	70	농식품부	-	
			목질계 바이오매스로부터 화학축매를 이용한 바이오디젤 생산								75	60	농식품부	-	
			폐유지로부터 염기축매를 이용한 바이오디젤 생산								80	75	농식품부	-	
	디젤	복합 바이오 리파이너리 생산기술		나노 바이오축매 활용 바이오디젤 생산기술								70	60	농식품부	농식품부(1)
				바이오디젤 생산을 위한 유화계면활성제, 지질과산화억제제 연구								80	70	농식품부	-
	부산물 이용기술			부산을 재활용 기술								75	60	농식품부/농진정/산림청	-
				식이섬유 분리정제, 집착제, 펠릿생산								80	70	산림청	농진정(1)
바이오연료 컨버터 제작								75	55	산림청	-				
열저리에 의한 바이오 오일생산								80	60	산림청	농진정(1)				

□ 농식품부 ■ 산림청 ■ 농식품부/농진정/산림청

1) 농식품부에는 산하기관인 국립수의과학검역원과 국립수산물품질관리원을 포함하고 있음

※ 기술분야 전문가 그룹과 평가단에 의해 도출된 결과임

그림 6-4. 바이오디젤 분야 기술로드맵

구분	분야	쟁점	연도								기술수준		핵심기술 확보 부·정(1)	과제수행 현황	
			'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20			국외
바이오	바이오매스 가스화기술		열적분해를 통한 농어촌지역 폐바이오매스 가스화 기술개발								90	50	농식품부/농진정	농식품부(1)	
			가축분뇨 바이오 가스 기술								85	55	농식품부	농진정(1)	
	가축분뇨 에너지 자원화 기술개발		농공산업폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술								80	55	농식품부/농진정/산림청	-	
			소화슬러지 고품질 퇴·액비 생산 기술								80	65	농식품부	농진정(1)	
			소화폐액 처리를 위한 폐수처리 기술								80	65	농진정	-	
	바이오수소 생산기술		농어촌바이오매스를 이용한생물학적바이오수소 생산기술개발								70	45	농식품부/농진정	-	
			매립지 가스수집 및 전처리 기술개발								80	65	농식품부	-	
	바이오가스 활용기술 개발			바이오가스 정제 국산화 기술개발								85	30	산림청	-
				농가형 소형 바이오가스 발전기 개발								80	55	농식품부/농진정/산림청	농식품부(1)
				활화수소 등 미량가스 제거								85	65	농식품부/농진정/산림청	-
통합 혐기소화 공정을 이용한 연료 전지 기술								80	60	농식품부/농진정/산림청	-				

□ 농식품부 □ 농진정 ■ 산림청 ■ 농식품부/농진정 ■ 농식품부/농진정/산림청

1) 농식품부에는 산하기관인 국립수의과학검역원과 국립수산물품질관리원을 포함하고 있음

※ 기술분야 전문가 그룹과 평가단에 의해 도출된 결과임

그림 6-5. 바이오가스 분야 기술로드맵



1) 농식품부에는 산하기관인 국립수의과학검역원과 국립수산과학원을 포함하고 있음
 ※ 기술분야 전문가 그룹과 평가단에 의해 도출된 결과임

그림 6-6. 고체연료 분야 기술로드맵

□ 세부기술 로드맵에 근거한 예산 확보 및 자원배분 필요

- 바이오에너지 분야의 국가 경쟁력을 높이기 위해서 본 평가서에서 제시한 세부기술은 최대한 빠른 기간내에 확보해야할 기술로 판단됨
 - 그러나 한정된 재원을 효과적으로 사용해야하는 현행 예산지원 시스템을 감안해 볼 때 핵심기술 위주의 투자가 불가피하며, 이러한 경우 우선순위에 따른 자원배분이 이루어져야 하며 차년도 예산 확보와 자원 배분을 위해 이러한 우선순위가 활용되어야함

2-2. 성과

□ 기술수준이 반영된 목표설정 필요

- 명확한 목표가 제시되어야 하며, 더불어 달성 가능한 목표치가 설정되어야함
 - 과제선정 평가 시 유리하게 작용되기 위하여 과도한 목표를 제시하는 관행을 바로잡고, 객관적으로 연구자의 능력과 국내의 현행기술 수준이 고려된 목표가 제시될 수 있도록 선정평가를 강화하여야 함

□ 기대효과의 실현 가능성

- 기대효과에 대한 근거자료를 의무적으로 제시하도록 요구하여야 함
 - 개량화 되지 않은 기대효과는 평가의 척도가 없으므로 무의미함

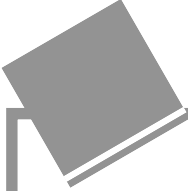
□ 분야별 성과지표의 발굴

- 부·청을 연계한 동일 기술군 분야에 대한 평가와 이를 통한 거시적 연구 방향을 수립함에 있어 표준화된 성과지표의 부재는 평가결과의 신뢰도를 낮출 수 있음
 - 따라서 향후 농식품부, 농진청, 산림청이 공동으로 추진하고자 하는 농림수산식품 R&D 통합DB 구축사업을 진행함에 있어 공통된 평가지표와 표준화된 양식이 필요할 것으로 판단됨

참 고 문 헌

- Biodiesel 2020, Algae 2020 : advanced Biofuels and Biomass Markets, A new market study from biofuels consulting firm Emerging Markets Online(www.emerging-markets.com)
- Feasibility Study Concerning Anaerobic Digestion in Northern Ireland, Eunomia Rresearch & Consulting, 2006
- R. L. Bain, World Biofuels Assessment(Worldwide Biomass Potential: Technology Characterizations), Milestone Report NREL / MP-510-42467 2007. 12
- Rudolf BRAUN, Biogas from Energy Crop Digestion, IEA Bioenergy, 2009
- 과학기술정책연구원, 독일 신재생에너지 정책의 시사점 : 산업 중심의 에너지 공급정책, 2010교육과학기술부, 생명공학백서, 2009
- 교육과학기술부, 제2차 생명공학육성기본계획(Bio-Vision 2016), 2008
- 농림부, 2007년도 농정시책, 2007
- 농림부, 2007년 부·청소관 바이오에너지분야사업 시행계획, 2007
- 농림수산식품부, 제1차 농림수산식품과학기술 육성 종합계획(2010~2014)
- 농림수산식품부, 농림수산식품기술육성 종합계획 및 5개년 실천계획, 2010
- 농림수산식품부, 2008년도 농정연차보고서
- 농림수산식품부, 2009년도 농정연차보고서
- 농림수산식품부, 농림수산식품 농산어촌 비전 2020, 2010
- 농림수산식품부, 농산업 R&D 분야별 기술로드맵, 2009
- 농림수산식품부, 농림수산식품 분야 저탄소 녹색성장 추진전략 2009
- 농림수산식품부, 농림수산생명공학 발전방안, 2009
- 농림수산식품부, 바이오매스에너지 연구개발 사업기획 연구, 2008

- 농촌진흥청, 2010년 중장기연구개발계획, 2010
- 농촌진흥청, 어젠다중심 제5차 농업과학기술 중장기연구개발계획
- 농협, 바이오연료 산업의 성장과 농협의 대응과제, CEO Focus 제170호, 2007
- 안두현 외, 바이오에너지 연구개발 동향과 시사점, 과학기술정책연구원, 2007
- 오희목, 미세조류로부터 바이오디젤 생산 현황 및 전망, Bioin, 2009. 11
- 외교통상부, 바이오에너지 시장 진출가이드, 2007
- 이명박정부의 과학기술기본계획(2008~2012), 2008.8
- 이진석, 2세대 바이오연료 기술 개발 현황과 전망, Bioin, 2009. 11
- 이철균, 해양바이오에너지 개발 필요성 및 동향, Bioin, 2009. 11
- 바이오(폐기물)전문위원회, 2007
- 박현태 외, 주요국의 바이오에너지 개발 및 보급 동향, 한국농촌경제연구원, 2008
- 산림청, 산림과학기술기본계획
- 삼성경제연구소, 한국형 바이오 연료의 가능성 평가 및 시사점, 2007
- 삼성경제연구소, 해외 에너지 효율화 기술과 정책 동향, 2008
- 신재생에너지 바이오에너지 유기성폐기물 분야 기술 및 시장 동향분석 보고서, 바이오(유기성 폐기물) 전문위원회, 2007
- 지식경제부, 2030 국가에너지기본계획, 2008
- 한국농촌경제연구원, 농업부문 바이오매스의 이용 활성화를 위한 정책방향과 전략(2/2차연도), 2007
- 한국농촌경제연구원, 목재펠릿의 이용 활성화 방안, 2009
- 한국생명공학연구원, 바이오에너지 기술-산업 프론티어 분석(목질계 바이오 연료를 중심으로), 2010
- 한국산업기술진흥협회, 기술로드맵
- 한국환경산업기술원, 바이오에너지-지속가능하고 신뢰할 수 있는 에너지원, 2010
- 환경부, 바이오연료의 환경·경제성분석 및 보급 확대방안 연구, 2007
- 환경친화형 바이오 대체에너지 기술개발 및 정책, 강원대 주최 심포지엄 자료집



부 록

1. 바이오에너지평가대상 과제목록
2. 외부 전문가구성
3. 기술분야 평가 추진일정
4. 농식품부 R&D 로드맵
5. 부처별 바이오에너지 분야 세부과제 예산내역
6. 세부기술별 기술분류 및 핵심기술 순위

부 록

1. 바이오에너지평가대상 과제목록

□ 농식품부

과제명(사업관리기관명)	수행년도	총 연구비 (1년차)
바이오디젤 원료용 유채 품종 및 생력화 기술, 기계 연구(농기평)	'05 ~ '08	1,202(301)
비메탈론산 터핀 생합성 유전자 과발현을 통한 식물 바이오매스 증대(농기평)	'09 ~ '12	135(34)
생산성 증대를 통한 바이오디젤 생산용 콩과 유채 형질전환체 개발(농기평)	'09 ~ '12	960(240)
당화가 용이한 형질전환 바이오에너지 작물 및 재조합 셀룰라제 저가생산기술 개발(농기평)	'08 ~ '13	2,300(383)
바이오매스 생산용 형질전환 식물 개발(농기평)	'09 ~ '14	3,620(603)
해조류 바이오매스 대상종 및 대량생산 기술개발(국립수산과학원)	'09	300(300)
목질자원을 이용한 휴대용 전자제품 배터리 전극소재개발(농기평)	'05 ~ '08	180(45)
비목재 자원을 활용한 바이오 신소재 개발(농기평)	'10 ~ '15	4150(692)
바이오매스 활용을 위한 전처리·당화 공정 시스템 개발(농기평)	'09 ~ '14	3,284(547)
농산 폐자원을 이용한 당알코올 생산기술 개발(농기평)	'08 ~ '11	540(135)
농림부산물(반섬유소)이용 젖산 생산기술(C5-SSF) 개발(농기평)	'09 ~ '12	1,100(275)
미생물 디스플레이: 바이오매스 분해효소를 표면 발현하는 바이오에너지 생산 플랫폼 호스트 개발(농기평)	'09 ~ '12	960(240)
바이오디젤 부산물인 유채박 및 유채대를 이용한 바이오 리파이너리 공정 개발(농기평)	'09 ~ '13	480(96)
축산분뇨로부터 고열량 고체연료 생산 및 바이오가스 생산 효율 증대기술 개발(농기평)	'09 ~ '12	648(162)
20kwh급 Biogas와 디젤 혼소형 발전기의 연료공급시스템개발 및 축산 상용화시스템 기술개발(농기평)	'05 ~ '08	402(101)

□ 농진청

과제명	수행년도	총 연구비 (1년차)
바이오에탄올 생산을 위한 원료작물 품종 개발	'06 ~ '09	885(221)
비식량 화분과 바이오매스용 식물 선발 및 성분분석을 통한 최적 셀룰로스계 바이오매스 식물 개발	'09 ~ '11	80(27)
바이오 연료용 섬유작물 품종선발 및 생산기술 개발	'09 ~ '11	37(12)
비식량 에너지작물 품종선발 및 생산·응용기술 개발	'09 ~ '11	95(32)
신바이오에너지 작물개발 및 생산연구	'07 ~ '09	490(163)
유채 신품종 육성 연구	'09 ~ '11	50(17)
바이오디젤 생산을 위한 원료작물 품종 개발	'07 ~ '10	1,100(275)
바이오메스 증대 및 안전생산을 위한 작물보호기술개발	'07 ~ '09	65(22)
간척지 이용 유채 바이오매스 생산기술 연구	'09 ~ '11	105(35)
안정적 유채생산을 위한 습해 및 염해 방지기술 개발	'09 ~ '10	41(21)
유채를 이용한 신소득 자원화 기술 개발	'09 ~ '11	80(27)
바이오에너지 원료작물 에너지원별 성분 생합성 기작 조절 및 함량 증진	'07 ~ '09	325(108)
Cellulosic 바이오매스 작물 생산체계화 및 Bioethanol 고효율 추출기술 개발	'07 ~ '09	115(38)
단수수 등 바이오매스 원료작물 선발 및 저비용 생산기술 개발	'09 ~ '11	75(25)
바이오에너지 작물 최대생산 시스템 개발	'07 ~ '09	935(312)
유채·벼 이모작의 생산성 제고를 위한 재배기술 개발	'09 ~ '11	75(25)
유채재배 전과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA)의 환경성 및 경제성 평가 연구	'08 ~ '09	300(150)
유채에서의 비생물학적 환경 스트레스 관련 유전자 네트워크 진단 및 맞춤형 신품종 개발에의 응용	'07 ~ '09	715(238)
한계농지에서 바이오에탄올 생산을 위한 형질전환 고구마 품종 개발	'07 ~ '09	415(138)
리그닌 Metabolic engineering에 의한 신바이오 에너지 식물 Miscanthus 개발	'09 ~ '11	63(21)
바이오에너지의 미래 수요 예측 및 원료작물별 경제성 분석	'07 ~ '09	200(67)
축산분뇨를 이용하는 미생물연료전지 개발	'10 ~ '12	56(19)
기계수확 적응 내탈립 및 올레인산 고함유 유채계통 조기육성	'10 ~ '12	100(33)
바이오에너지 생산을 위한 동하절기 원료작물 선발 및 이용기술 개발	'10 ~ '12	500(167)
한국형 바이오에너지 원료작물 선발 및 이용기술 개발	'10 ~ '10	458(458)
바이오에너지 작물의 자원순환 체계 및 연료 활용도 제고기술 개발	'10	150(150)

과제명	수행년도	총 연구비 (1년차)
화력발전소 폐열을 이용한 온실 냉난방시스템 개발	'10 ~ '11	130(65)
농촌 바이오매스 자원의 순환활용기술 개발	'10 ~ '12	300(100)
고효율 바이오에너지 맥류 품종 개발	'09 ~ '12	40(10)
혐기성 미생물 유래 셀룰라아제 복합체 셀룰로좀의 오믹스(유전체 및 단백질체) 및 고효율 농업부산물의 바이오에탄올 생산화	'08 ~ '10	100(33)
바이오에탄올 생산공정 기술 및 품질등급 선정 연구	'07 ~ '09	210(70)
농업부산물을 이용한 cellulosic 바이오에탄올 생산기술 개발	'08 ~ '10	210(70)
바이오에탄올 수율 향상을 위한 원료작물 전처리 기술 개발	'09 ~ '11	60(20)
Biomass의 생물공학적 전환을 위한 cellulose 자가가수분해 시스템을 이용한 실용화연구	'07 ~ '10	1,280(320)
섬유질계 바이오매스를 이용한 바이오-나노 에너지 변환 시스템 개발	'08 ~ '10	100(33)
셀룰로스계 농업부산물 이용 바이오에탄올 생산기술 개발 연구	'10	300(300)
유채유를 활용한 농민용 바이오연료 및 컨버터 개발	'09 ~ '11	80(27)
농업부문 바이오에너지 변환기술 개발 및 적용연구	'07 ~ '09	440(147)
바이오에너지 이용체계 구축 연구	'07 ~ '09	730(243)
가축분뇨 이용 Biogas생산시스템 개발 연구	'09 ~ '11	215(72)

□ 산림청

과제명	수행년도	총 연구비 (1년차)
목질계 바이오에탄올 생산을 위한 enzyme platform 연구	'07 ~ '10	100(25)
목질에탄올 생산을 위한 전처리 효소의 대량생산 시스템 개발	'09 ~ '12	2,169(542)
목질 바이오매스 에너지 원천기술 연구 사업단	'07 ~ '10	530(133)
산림바이오에너지 산업화기술 개발	'09 ~ '13	3,615(723)
목재펠릿용 산림바이오매스 이용증대 연구	'10 ~ '12	580(193)

2. 외부 전문가구성

성명	소속
김시욱	조선대 환경공학과
박용철	국민대 발효융합학과
장영석	농진청 바이오 에너지 작물센터
이종규	포항산업과학연구원 에너지자원연구본부
배한홍	영남대 생명공학부
김은정	KISTEP 기술예측센터
허남효	한라산업개발
이오규	산림청 국립산림과학원 바이오에너지 연구센터
홍석환	전남대 응용생물공학부

3. 기술분야 평가 추진일정

일 정		기술분야 평가	비 고
바이오 에너지 분야	동물· 식의약품 및 소재분야		
'10. 1. 29.		녹색성장·신성장동력 분과위원회 회의	· 평가단 구성 및 운영방안 협의
'10. 2. 10.	'10. 2. 8.	평가단 착수회의	· '10년도 평가추진방향 소개 · 평가추진체계 및 평가방법 논의
'10. 3. 16	'10. 4. 1.	1차 평가단 회의	· 평가 주안점 논의 · 추가요구자료 파악
'10. 4. 2.	'10. 4. 13.	전문가 그룹회의	· 기술분야평가 소개 및 추진내용 설명 · 거시적 평가 항목 기초자료 작성
-	'10. 4. 27.	전문가 그룹회의	· 연구, 산업, 정책동향 논의 · 분야별 이슈 및 핵심기술 발굴 논의
-	'10. 5. 4.	전문가 그룹회의	· 핵심기술별 과제분류 및 평가방법, 필요 정보 내용 논의
'10. 5. 18.	'10. 6. 1.	2차 평가단 회의	· 평가항목별 세부지표설정 · 추가요구자료 파악
-	'10. 6. 8.	전문가 그룹회의	· 국내외 특허분석 결과 논의 · 분야별 미시적 평가 시행 논의
-	'10. 6. 25.	전문가 그룹회의	· 세부항목별 평가 내용 논의
'10. 6. 24.	'10. 7. 5.	3차 평가단 회의	· 중간 평가결과(안) 도출
'10. 7. 5.		4차 평가단 회의	· 평가보고서 작성 양식 및 목차 협의 · 성과평가에 대한 방법 논의
'10. 7. 13.	'10. 7. 23.	전문가 그룹회의	· 타부처 예산 현황 분석 및 차별성 논의 · 부처별 필수/핵심/전환/기반기술 종합 고찰
'10. 8. 20.	'10. 8. 23.	5차 평가단 회의	· 중간평가결과와 평가단 의견을 종합 · 최종 평가결과(안) 도출
'10. 8. 30.		소관 분과위원회 회의	· 최종 평가결과(안) 조정·검토
'10. 9. 6. 주간		부·청 이의신청	· 최종 평가결과(안) 이의신청 접수
'10. 9. 13. 주간		소관 분과위원회 회의	· 이의신청내용 반영여부 논의
'10. 9. 29.		평가결과(안) 농과위 상정	· 소관 분과위원장이 평가결과(안)상정

4. 농식품부 R&D 로드맵



자료 : 농산업 R&D 로드맵, 농림수산식품부
부록 그림 1. 농식품부의 농산업 R&D 총괄 기술로드맵



자료 : 농산업 R&D 로드맵, 농림수산식품부
부록 그림 2. 농식품부의 농산업 총괄 제품로드맵

5.부처별 바이오에너지 분야 세부과제 예산내역

□ 2006년

○ 바이오매스

부처명	세부과제명	예산(백만원)
농식품부	바이오디젤 원료용 유채품종 및 생력화기술, 기계 연구	300
	농림부산물처리 및 에너지 자원화기술 개발	130
	바이오연료 생산기술 연구	180
	목재분해균의 효소시스템에 의한 농림폐자원 biomass의 당화기술개발	90
	바이오매스의 에너지변환기술 개발	410
	전남지역 바이오디젤 원료용 유채지역 실증재배 연구	20
	제주지역 바이오원료용 유채 실증재배 연구	20
	형질전환 작물 및 축산자원을 이용한 바이오에너지 생산기술 개발	351
Bio-energy 개발에 대한 연구	210	

○ 바이오알코올

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	에너지저장/전환효율을 혁신하기 위한 새로운 나노소재의 설계 및 공정개발과 바이오-에탄올 생산	250
	전처리 기술개발을 통한 목질계섬유소 바이오매스 자원을 이용한 바이오에탄올 생산	36
지경부	고성능 혐기성생물 전환기술을 이용한 바이오에너지 및 동력생산의 향상	85
	바이오에탄올 혼합연료유 도입을 위한 실증평가 연구	1,499
	연료용 바이오에탄올 탈수용 투과증 발막 분리기술 개발	348
	유기성폐기물과 음식물 탈리액 혼합처리를 위한 고효율 고온 혐기성 소화공정 개발	295

○ 바이오디젤

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	바이오디젤 연료를 사용한 소형 디젤엔진의 연소특성 평가	44
	효소와 나노구조와의 결합 및 이를 이용한 전기화학적 촉매반응 연구	120

부처명	세부과제명	예산(백만원)
지경부	대두 바이오디젤 혼합연료(BD20)의 기관차 연료로 적용 연구	224
	동물성 지방을 이용한 바이오디젤 생산기술	257
	모듈화 바이오디젤 생산공정의 중국적용을 위한 한중 공동연구	202
	글리세롤 및 유도체의 생물전환을 통한 광경화형 아크릴계 유도체 생산기술 개발	222
	바이오오일 유래 친환경 윤활유 첨가제 및 연료유 첨가제 개발	170
	바이오오일 유래 친환경 화학소재 생산기술 개발	55
	BT기반 친환경 지방산 알킬에스테르 생산기술 개발	410
	기능성 콜로이드소재 개발	1,480
	차세대 하이브리드 통합소화공정 개발	110
	초임계에 의한 바이오디젤 생산기술 개발	415
	팜유 유래 바이오디젤의 문제점을 해결하여 응고점이 획기적으로 -15℃까지 낮아진 경쟁력있는 팜유 유래 바이오디젤의 경제적 생산 공정 개발	145
	Ferritin 단백질을 기반으로 한 바이오나노 전지개발	89

○ 바이오가스

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	집단 취사시설 바이오가스 연료전지 연구	61
	바이오매스 가스화를 이용한 열화학적 전환공정 개발	22
지경부	고농도 유기성 바이오매스의 선택적 고율 혐기성 공정적용을 통한 바이오가스 발전	1197
	농가형 축산분뇨처리를 통한 바이오가스화 처리공정 개발 실증	342
	바이오매스 가스화 열병합 시스템 개발	200
	바이오매스로부터 가스화에 의한 합성가스 제조기술 개발연구	192
	축산폐기물 Bio-Energy를 이용한 마이크로가스 터빈분산 발전 시스템 실용화기술 개발	375
	하이브리드형 반응기를 이용한 분뇨, 축산폐수, 하수슬러지 및 음식물 쓰레기의 고효율 바이오가스 생산 및 재활용기술개발	210
농식품부	20kwh급 Biogas와 디젤 혼소형 발전기의 연료공급 시스템 개발 및 축산 상용화시스템 기술개발	100
	가압열수법을 이용한 농림부산물로부터 바이오연료 제조기술 실증화	90
	유기성 농산 폐자원 처리 및 에너지 생산	90
	돈분뇨 및 음식물류 폐기물 혼용처리에 따른 대체 바이오에너지 및 바이오 비료개발	30
	Bioenergy 생산을 위한 유기성 폐기물 활용 연구	312

□ 2007년

○ 바이오매스

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	미생물 연료전지의 biofilmanode에서의 전기화학적 에너지 물질 대사와 율속단계에 대한 고찰	20
	미생물전지(Microbial Fuel Cell)를 이용한 유기성 폐수로부터의 질소 및 유기물제거와 효율적인 전기생산	26
	미세조류를 이용한 바이오에너지 생산기술	14
	바이오디젤 원료생산용 유채 유용형질개량 효율증진 연구	14
	바이오매스 유도화합물의 촉매전환	14
	에너지작물로서 리그닌 변형형질전환 포플러의 분자, 생화학적 특성 규명	23
지경부	리기다 소나무 활용을 위한 경제성 분석 연구	144
	미세조류에 의한 바이오디젤원료(Biocrude) 양산기술 연구 개발	350
	바이오매스에 의한 열공급 부문 지원방안	49
	바이오에너지 생산을 위한 B2B yeast 개발	76
	차세대 연료생산/이용을 위한 복합기술 개발	190
	탄화공정을 이용한 복합 Biomass로부터 에너지자원물질 회수기술	30
	해조류를 이용한 바이오에너지 생산 타당성 연구	50
농식품부	유기성 농산 폐자원 처리 및 에너지 생산	90
	고활성 셀룰라제 - 식물 세포벽 확장단백질 복합 생물 촉매제를 이용한 식물성 바이오매스로부터 바이오에너지의 생산	150
	Bioenergy 생산을 위한 유기성 폐기물 활용 연구	436
	바이오디젤 원료용 유채종자 건조 및 정선기계 기술개발	416
	바이오매스의 에너지 변환 기술개발	180
	농업부문 바이오에너지 변환기술 개발 및 적용 연구	145
	농업시설용 바이오매스 열병합 발전시스템 개발	110
	바이오에너지 이용체계 구축연구	255
	바이오에너지의 미래수요 예측 및 원료작물별 경제성 분석	110
	바이오에탄올 생산을 위한 원료작물 품종 개발	340
	신바이오에너지 작물개발 및 생산 연구	180
	형질전환작물 및 축산자원을 이용한 바이오에너지 생산기술 개발	351
	Bioenergy 개발에 관한 연구 - 목재분해균의 효소시스템에 의한 농림폐자원 biomass의 당화기술 개발	90
	Biomass의 생물공학적 전환을 위한 cellulose 자가 가수분해 시스템을 이용한 실용화 연구	300
	단기순환립 수종육성, 재배기술 및 에너지 이용기술 개발에 관한 연구	115

○ 바이오알코올

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	식물성 바이오매스로부터 바이오에탄올을 생산하기 위한 전자빔 처리공정의 개발	30
	전처리 기술 개발을 통한 목질계 섬유소 바이오매스 자원을 이용한 바이오에탄올 생산	36
	한국형 바이오에탄올 생산시스템 및 total 자원화 기술 개발	60
지경부	고성능 혐기성 생물전환기술을 이용한 바이오에너지 및 동력생산의 향상	76
	바이오에탄올 혼합연료유 도입을 위한 실증평가연구	997
	연료용 바이오에탄올 탈수용 투과증발 막분리기술 개발	298
	바이오부탄올 고효율 발효 및 분리정제 기술 개발	706
	부탄올 연료 고생산 균주 개발 기술	141
	부탄올 연료생산을 위한 목질계 바이오매스 전처리 기술 개발	311
	Biomass 기반 바이오 부탄올 제조기술개발	500
농식품부	바이오디젤 원료용 유채품종 및 생력화기술, 기계연구	300
	Systematic 및 combinatorial 접근방법을 이용한 바이오에탄올 생산 최적균주 재설계	50
	목질계 바이오에탄올 생산을 위한 enzyme platform 연구	100

○ 바이오디젤

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	바이오디젤 연료를 사용한 소형 디젤엔진의 연소 특성평가	48
	바이오디젤-천연가스 혼소엔진시스템에 관한 연구	24
	바이오디젤 제조를 위한 바이오 박막 반응기 모듈 개발	90
	Biodiesel-Ethanol 혼합연료를 적용한 디젤엔진의 연소성능 향상과 배출가스 저감기술 개발	24
지경부	동물성 지방을 이용한 바이오디젤 생산기술	300
	모듈화 바이오디젤 생산공정의 중국적용을 위한 한중 공동연구	148
	바이오매스 유래 중간원료물질로서 푸마르산 및 이타콘산 생산을 위한 에너지절약형 통합공정 개발	247
	글리세롤 및 유도체의 생물전환을 통한 광경화형 아크릴계 유도체 생산 기술 개발	224
	바이오나노촉매를 이용한 글리세롤카보네이트/유도체 합성 공정 개발	197
	바이오오일 유래 친환경 화학소재 생산기술 개발	55
	바이오오일유래 친환경 윤활유 첨가제 및 연료유 첨가제 개발	170
	BT기반 친환경 지방산 알킬에스테르 생산기술 개발	410
	바이오디젤 생산공정에서 발생하는 글리세린 부산물의 고부가가치화 기술 개발	200
	팜유 유래 바이오디젤의 문제점을 해결하여 응고점이 획기적으로 -15℃까지 낮아진 경쟁력 있는 팜유 유래 바이오디젤의 경제적 생산공정 개발	150
농식품부	바이오디젤 생산을 위한 원료작물 품종 개발	345

○ 바이오가스

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	집단취사시설 바이오가스 연료전지 연구	47
지경부	고농도 유기성 바이오매스의 선택적 고율 혐기성공정 적용을 통한 바이오가스 발전	1223
	농가형 축산분뇨 처리를 통한 바이오가스화 처리공정 개발 실증	267
	바이오가스 액화공정을 통한 LNG 생산 및 CO ₂ 회수기술	700
	바이오매스 가스화 열병합 시스템 개발	200
	분산전원용 바이오매스 가스화기술개발	140
	바이오매스 가스화 발전플랜트 상용화 개발 기획연구	328
	유기성 폐기물과 음식물 탈리액 혼합 처리를 위한 고효율 고온 혐기성 소화공정 개발	109
	고함수 바이오매스 가스화를 위한 전처리기술 개발	166
	바이오 합성가스로부터 BTL 합성원유 제조 기술 개발	441
	Biomass 가스화에 의한 청정 Biosyngas 제조공정 개발	706
	차세대 하이브리드 통합소화공정 개발	120
농식품부	축산 폐기물 Bio-Energy를 이용한 마이크로 가스터빈 분산발전 시스템 실용화 기술개발	170
	20kwh급 BIOGAS와 디젤 혼소형 발전기의 연료공급시스템 개발 및 축산 상용화 시스템 기술개발	100
	가압열수법을 이용한 농림부산물로부터 바이오연료 제조기술 실증화	80
	돈분뇨 및 음식물류 폐기물 혼용처리에 따른 대체 바이오에너지 및 바이오 비료 개발	28

○ 고체연료

부처명	세부과제명	예산(백만원)
지경부	목재 펠릿 전용보일러 및 목재 펠릿 제조설비 실증사업	1,050

□ 2008년

○ 바이오매스

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	바이오일렉트로닉스 기반 에너지 회수용 미생물연료전지 기술	200
	바이오에너지 생산 슈가플랫폼을 위한 전자빔 및 생물학적 통합형 바이오매스 전처리공정 개발	30
	목질계 바이오연료 핵심원천기술개발	1895
	바이오연료 생산 미세조류 선별 및 생합성 유전 자 연구	30
	위성영상 정보를 이용한 우리나라 산림 바이오매스와 탄소저장량의 추정 기법 개발	38
	축산폐수 처리를 위한 미생물연료전지 적용 시 발생 파워 향상을 위한 인자 연구	123
	폐수에서 전기 생산을 위한 Hollow MEA(Membrane Electrode Assembly)형 미생물 연료 전지 개발	78
	폐자원을 이용한 바이오 연료 생산 및 친환경 화학원료 생산 기술 개발	100
지경부	당화 바이오매스를 이용한 탄화수소계 바이오에너지 생산 균주 및 공정 최적화 원천기술 개발	288
	미세조류에 의한 바이오디젤 원료(biocrude) 양산 기술 연구 개발	500
	바이오에너지 생산을 위한 B2B yeast 개발	80
	섬유소계 바이오매스 분별/당화를 위한 연속공정 및 장치 개발	78
	동남아시아 해양조류의 탄소원 자원화 기술개발(2/2)	60
	차세대 연료 생산/이용을 위한 복합기술 개발	179
농식품부	바이오에너지 유용작물 개발 및 효율적 당화기술 개발	400
	오존기술을 기반으로 한 폐콩기름 활용에너지 고효율 국산재 wood pellet의 생산 및 생산성 향상 방법의 개발	90
	유기성 농산폐자원 처리 및 에너지 생산	90
	바이오디젤원료용 유채종자 건조 및 정선기계기술개발	203
	Bioenergy 생산을 위한 유기성 폐기물 활용 연구	321
	농업부문 바이오에너지 변환기술 개발 및 적용연구	107
	미세조류 대량생산을 이용한 에너지 자급형 농업생산 시설개발	140
	바이오디젤 생산을 위한 원료작물 품종개발	236
	바이오에너지 이용체계 구축 연구	200
	바이오에너지의 원료작물별 경제성 분석 및 미래수요 예측	37
	바이오에탄올 생산을 위한 원료작물 품종 개발	207
	신 바이오 에너지 작물 개발 및 생산 연구	115
	유채재배 전과정 평가(Life Cycle Assessment, LCA)의 환경성 및 경제성 평가 연구	111
	단기순환립 수종육성, 재배기술 및 에너지 이용기술 개발에 관한 연구	85

부처명	세부과제명	예산(백만원)
환경부	광주광역시에서 발생하는 폐바이오매스 현황 및 친환경 바이오 에너지시스템 기반기술개발	30
	대전광역시 하천변 유체자원 활용방안에 관한 연구	10
	CDM(청정개발체계)을 위한 제주지역 biomass발생량 조사 및 biomass의 자원화 방안	21
	생물전기화학적 방법을 이용한 바이오매스 생산기술 및 온실가스 제어기술의 개발	73

○ 바이오알코올

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	농산폐기물 바이오에탄올을 이용한 DEFC 시스템 최적화 기술 개발	81
	오믹스 융합 바이오에탄올 생산 통합공정용 초우량 균주 개발	280
	통합 기능유전체 기반 바이오에탄올 생산 모사 in silico 효모 모델링 및 활용 연구 : 전사체 프로파일링 기반 조절 회로 분석 및 모델링	70
	섬유소계 바이오매스의 효과적인 전처리 기술 및 바이오에탄올 생산 공정 개발	23
	셀룰로오스계 연료용 바이오에탄올 공정 개발	89
	셀룰로오스 분해성 점액세균의 셀룰로오스 분해효소에 관한 연구	28
	암모니아 처리 백합나무 효소가수분해 및 바이오 에탄올 생산을 위한 동시당화 발효에 미치는 영향 및 제한 요인 분석	24
	전처리 기술 개발을 통한 목질계 섬유소 바이오매스 자원을 이용한 바이오 에탄올 생산	36
	목질바이오매스로부터 발효성당과 바이오에탄올 생산을 위한 미생물 메타게놈 유래 효소 개량	80
	반추위 혐기곰팡이 유래 섬유소 분해효소 발현 형질전환 미생물 제조를 통한 목질계 bioethanol 생산 및 부산물의 사료화 연구	120
	한국형 바이오에탄올 생산시스템 및 total 자원화 기술 개발	80
	표현형질 분석기법을 이용한 하이브리드 포플러 클론의 바이오 에탄올 생산 적용성 평가 연구	26
	에너지 저장/전환 효율을 혁신하기 위한 새로운 나노소재의 설계 및 공정개발과 바이오-에탄올 생산	160
	해저 미생물 유래의 셀룰레이즈들을 이용한 바이오에탄올 생산	23
	해조류 유래 당으로부터 5-하이드록시 메틸 푸르푸랄의 생산	48
	감마선 이용 남세균의 hox 오페론 조절을 통한 수소생산효소 활성증진 연구	50
	효모에서 S-adenosylmethionine 축적과 에탄올저항성에 관한 연구	27
	Clostridium cellulovorans의 셀룰로솜 소단위 당화효소 유전자	27

부처명	세부과제명	예산(백만원)
	(engB 및 engD)와 그 유사 유전	
지경부	목질계 바이오매스의 전처리공정(ARP : Ammonia Recycle Percolation)을 이용한 바이오 에탄올 생산기술 개발	135
	목질계 에탄올 생산 공정의 상용화를 위한 기반 구축 방안 도출	156
	미생물 발효공정에서 Ljungdahl 경로 및 유전자 제어를 통한 합성가스로부터 에탄올 생산기술개발	188
	갈락토오스 기반 바이오부탄올 생산기술개발	335
	비식용 섬유소 분해효소 정제기술개발	20
	연료용 바이오에탄올 탈수용 투과증발 막분리기술 개발	302
	바이오부탄올 고효율 발효 및 분리정제 기술 개발	638
	부탄올 연료생산을 위한 목질계 바이오매스 전처리	281
	부탄올 연료 고생산 균주 개발 기술	127
	홍조류 유래 바이오에탄올 생산기술 개발	1,000
	Biomass 기반 바이오 부탄올 제조기술 개발	270
농식품부	섬유질계 바이오매스를 이용한 바이오-나노 에너지 변환 시스템 개발	50
	혐기성 미생물 유래 셀룰라아제 복합체 '셀룰로솜'의 오믹스(유전체 및 단백질체) 및 고효율 농업부산물의 바이오에탄올 생산화	50
	Biomass의 생물공학적인 전환을 위한 cellulose 자가 가수분해 시스템을 이용한 실용화 연구	500
	Systematic 및 combinatorial 접근방법을 이용한 바이오에탄올 생산 최적균주 재설계	50
	농업부산물을 이용한 cellulosic 바이오에탄올 생산기술 개발	85
	cellulosic 바이오매스 생산체계화 및 bio-ethanol 고효율 추출 시스템 체계화	30
	목질 성분변환을 통한 산업화 이용기술 연구	2,735
목질계 바이오에탄올 생산을 위한 enzyme platform 연구	100	

○ 바이오디젤

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	전자빔 처리기술을 이용한 바이오디젤의 품질개선	30
	바이오 리파이너리 시스템을 위한 설계, 최적화 및 제어	23
	바이오디젤 연료를 사용한 소형 디젤엔진의 연소 특성평가	44
	조류(algae)배양을 통한 바이오디젤 원료유 생산 및 고속 고정화된 whole cell과 lipase가 경사 담지된 생물반응 시스템을 이용한 바이오디젤 연속 생산	25
	바이오디젤제조를 위한 바이오 박막 반응기 모듈 개발	120
	Biodiesel-Ethanol 혼합연료를 적용한 디젤엔진의 연소성능 향상과 배출가스 저감 기술 개발	24

부처명	세부과제명	예산(백만원)
지경부	동물성 지방을 이용한 바이오디젤 생산기술	300
	바이오디젤 생산공정에서 발생하는 글리세린 부산물의 고부가가치화 기술 개발	280
	바이오오일 유래 친환경 윤활유 첨가제 및 연료유 첨가제 개발	170
	금속 나노입자에 고정화된 효소를 이용한 바이오디젤 생산	57
	바이오매스 유래 중간 화학원료물질로서 푸마르산 및 이타콘산 생산을 위한 에너지 절약형 통합공정 기술 개발	243
	바이오디젤 제조용 미세메조세공복합소재개발	120
	새로운 해수 미세조류의 대량배양 공정개발을 통한 경제적인 바이오디젤 생산기술 개발	73

○ 바이오가스

부처명	세부과제명	예산(백만원)
교과부	바이오 합성가스 생산을 위한 초단열 스파크 점화개질기 개발	30
	폐바이오매스를 활용하여 전력생산 가능한 고발열량, 고순도 producer gas 생산 가스화 시스템 특성 연구 및 최적화 연구	80
지경부	고농도 유기성 바이오매스의 선택적 고율 혐기성공정 적용을 통한 바이오 가스 발전	216
	바이오가스 액화공정을 통한 LNG 생산 및 CO2 회수 기술	1200
	분산전원용 바이오매스 가스화기술개발	110
	가압 유동층 Biomass 가스화 복합 발전 시스템 설계 기술 개발	60
	소형 가스화기 및 가스발전 엔진을 통한 폐기물 처리 혼합가스의 발전 최적화 연구	97
	Biomass 가스화에 의한 청정 Biosyngas 제조공정 개발	638
	고함수 바이오매스 가스화를 위한 전처리 기술개발	150
	바이오합성가스로부터 BTL 합성원유 제조 기술 개발	399
	축산바이오가스 발전시스템 규격 표준화 사업	550
	폐목재를 이용한 가스화 열병합 발전 실증 기술 개발(100kWe)	335
	LFG 생산효율 향상을 위한 한국형 Bioreactor 기술 실증 연구	368
농식품부	바이오가스 생산 공정 연계 농가형 가축분뇨 통합자원화 공정 시스템 개발 및 실증화	500
	돈분뇨 및 음식물류 폐기물 혼용처리에 따른 대체 바이오에너지 및 바이오 비료 개발	30
	농업시설용 바이오매스 열병합 발전시스템 개발	59
환경부	대전시 하수슬러지의 Biogas 신재생에너지화 타당성 연구	11
	농산촌형 시범 에코에너지타운(바이오매스타운)적용 시스템 개발	295
	매립지의 CH4 고효율 정제 및 CLG 활용기술 개발	200
	유기성폐기물 병합처리 및 바이오가스 발전시스템 개발	985

6. 세부기술별 기술분류 및 핵심기술 순위

분야별 (5)	세부분야 (20)	세부기술(100)	기술분류 (핵심기술 순위)			
			농식품부	농진청	산림청	
바이오 에너지 증산	바이오 에너지 원료 자원 수집 및 품종 육성	바이오에탄올용 자원개발 및 품종육성	필수	핵심 (1)	핵심 (4)	
		바이오디젤 원료용 유지자원 확보 및 품종육성	필수	핵심 (3)	핵심 (3)	
		신자원(비식량) 도입·개발 및 평가	기반	핵심 (28)	기반	
		해외농장 현지적응 품종 육성	필수	전환	전환	
		생태 친화/복원형 바이오매스 탐색	기반	기반	기반	
		바이오매스 생산성 우수 수종 선발 및 육종 (고성장/저리그닌)	필수	필수	필수	
		숲가꾸기 산물 수집	기반	기반	핵심 (1)	
		벌채 및 수집 장비개발 기술	전환	전환	필수	
	바이오 매스 증산	바이오 매스 작물 생산 기술 개발	원료작물 최대생산 작부체계	기반	핵심 (2)	필수
			저투입 친환경 기술개발	필수	핵심 (10)	핵심 (17)
			바이오매스 형성 및 변환에 관한 연구	핵심 (9)	필수	필수
			원료(전분, 셀룰로오스, 리그닌) 성분분석	기반	기반	기반
			시스템 생물학을 이용한 대사경로 개선	필수	핵심 (13)	기반
			원료작물 최대생산 시스템 개발	기반	핵심 (29)	기반
			원료의 수확, 수집, 운반, 저장 등의 체계적인 기술개발	핵심 (30)	기반	기반
	바이오 에너지 생산용 GM 작물 개발	바이오 에너지 생산용 GM 작물 개발	세포벽 성분분석 및 모델링	기반	기반	기반
			형질전환체 개발 및 효율 개선	필수	핵심 (17)	필수
			논 이모작 적응 및 기후변화대응 GM품종 육성	필수	핵심 (16)	기반
			GM작물 개발	필수	핵심 (18)	기반
			GMO 안전성 검정(환경·인체)	필수	핵심 (25)	기반

분야별 (5)	세부분야 (20)	세부기술(100)	기술분류 (핵심기술 순위)			
			농식품부	농진청	산림청	
	해조류 매스 증산 기술 개발	유용 해조류 자원탐색 및 품종개발	핵심 (2)	기반	기반	
		고밀도/외해용 해조류 대량생산기술	핵심 (1)	기반	기반	
		유기성 폐수(보조 탄소원) 이용; 배양조건 개방형 또는 밀폐형 광생물 반응기 개발	기반	기반	기반	
		개방형 또는 밀폐형 광생물 반응기 개발	필수	기반	전환	
		개량 연구(생리/생태, 대사공학 및 형질전환)	전환	기반	기반	
	신개념 바이오 에너지 기술 개발	Bio-Alkane 생산용 미생물연구	필수	핵심 (27)	전환	
		섬유질계 바이오매스를 이용한 연료전지	핵심 (21)	필수	핵심 (23)	
		미생물 연료전지 개발	기반	핵심 (30)	기반	
		미래수요 예측 및 경제성분석	핵심 (32)	필수	필수	
	바이오 알코올	전분계 및 당질계 바이오 매스의 에탄올 전환 기술	물리화학효소 적당화 공정	필수	핵심 (26)	핵심 (20)
			동시당화발효공정	핵심 (10)	핵심 (9)	전환
			발효부산물의 처리	필수	기반	전환
			전분이외의 화합물을 최소화한 에너지 작물 개발	필수	핵심 (24)	필수
공정 최적화			핵심 (22)	필수	필수	
섬유 소계 바이오 매스 전처리 기술 개발 (당화, 발효)		물리화학적 전처리	전환	기반	핵심 (2)	
		열화학적 전처리 및 당화 동시수행 기술	핵심 (3)	핵심 (12)	핵심 (8)	
		생물학적 전처리 (미생물 연구 및 활용)	기반	핵심 (11)	핵심 (19)	
		리그닌 분해용 효소의 개발	필수	핵심 (6)	핵심 (5)	
		리그닌 분해의 메커니즘 규명	필수	핵심 (7)	핵심 (7)	
		리그닌을 활용한 소재화 기술개발	기반	기반	필수	
		페놀류(BTX) 단량체로의 전환기술	기반	기반	기반	
		cellulase 활성 기작 규명	기반	기반	기반	
고농도 셀룰로스 분해효소 개발 생산기술 확립	기반	핵심 (4)	핵심 (9)			
cellulase helping protein 개발	핵심 (5)	핵심 (5)	기반			

분야별 (5)	세부분야 (20)	세부기술(100)	기술분류 (핵심기술 순위)		
			농식품부	농진청	산림청
		xylanase 개발	핵심 (6)	핵심 (8)	필수
		섬유소 분해효소 콕테일 개발 기술	핵심 (7)	핵심 (14)	핵심 (14)
		전분 분해효소 대량생산	핵심 (8)	필수	기반
		5탄당 대사용 유전자 탐색	전환	핵심 (15)	전환
		5탄당 대사경로의 재설계 기술 개발	전환	필수	전환
		5탄당의 에탄올 전환형 알코올 효모의 개발	필수	필수	기반
		혼합당(예, 포도당+자일로스)의 효율적 에탄올 전환 공정개발	필수	핵심 (31)	기반
		6탄당의 에탄올 전환 발효기술	전환	기반	기반
		발효저해제 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발	기반	핵심 (20)	핵심 (18)
		에탄올 내성 유전자 탐색 및 내성균주 개발	필수	필수	필수
	기타 비발효성 당의 발효기술 개발	비발효성 당의 발효성 당 전환기술 개발	핵심 (19)	전환	기반
		세포벽 유래의 유로닉산의 대사경로 개발	필수	기반	핵심 (22)
		유로닉산의 바이오소재 전환기술 개발	기반	필수	필수
	Consolidated Bio Process (CBP)	활성형 cellulase의 세포외 분비 및 세포막 고정 기술	기반	필수	필수
		CBP 용 cellulase 및 알코올 생산미생물의 선별	필수	기반	필수
		CBP 공정의 최적화	전환	기반	필수
	해조류 활용 기술개발	전처리 기술	기반	전환	기반
		당화/발효 공정 기술	필수	필수	기반
		고부가가치 에탄올 생산, 가공 공정	핵심 (12)	핵심 (19)	기반
	바이오 에탄올의 제품화	카로티노이드 등 바이오 소재 이용기술	필수	전환	기반
		무수 에탄올 생산용 기술 개발	핵심 (23)	필수	필수
		에탄올의 연료첨가물(예, ETBE)로의 전환기술	핵심 (24)	필수	기반
	부산물 활용 기술개발	발효부산물 처리 기술	기반	기반	기반

분야별 (5)	세부분야 (20)	세부기술(100)	기술분류 (핵심기술 순위)		
			농식품부	농진청	산림청
바이오 디젤	바이오 디젤 생산기술	목질계 바이오매스로부터 화학축매를 이용한 바이오 디젤 생산	핵심 (25)	기반	기반
		폐유지로부터 염기축매를 이용한 바이오디젤 생산	필수	기반	기반
		환경친화적인 고순도 바이오디젤 분리 정제 기술	필수	전환	기반
		지방산 분해효소를 이용한 바이오디젤 생산	핵심 (15)	필수	전환
		바이오 연료 생산 공정 최적화	핵심 (16)	필수	전환
		다양한 원료 적용이 가능한 연속식 소규모 바이오 디젤 반응공정	핵심 (13)	전환	전환
		고집적 BT 기술 이용 바이오연료 산업의 원천기술 확보	핵심 (14)	전환	전환
	복합 바이오 리파이 너리 생산기술	나노 바이오축매 활용 바이오디젤 생산기술	핵심 (28)	전환	전환
		바이오디젤 생산을 위한 유화 계면활성제, 지질과 산화 억제제 연구	필수	기반	기반
		바이오디젤 전환공정에서 발생하는 글리세롤(glycerol)을 활용한 신규 화학물질 개발	필수	필수	기반
	부산물 이용기술	부산물 재활용 기술	핵심 (11)	핵심 (21)	핵심 (6)
		식이섬유 분리정제, 접착제, 펠릿 생산	기반	기반	전환
		열처리에 의한 바이오 오일생산	전환	전환	핵심 (24)
바이오연료컨버터제작		전환	전환	전환	
바이오 가스	바이오 매스 가스화 기술	열적분해를 통한 농어촌지역 폐바이오매스 가스화 기술 개발	핵심 (17)	핵심 (23)	기반
	가축분뇨 에너지 자원화 기술개발	소화폐액 처리를 위한 폐수처리 기술	전환	필수	기반
		소화슬러지 고품질 퇴·액비 생산 기술	핵심 (20)	기반	기반
		농공산업폐기물과 가축분뇨 통합소화 기술	핵심 (18)	핵심 (22)	핵심 (21)
	가축분뇨 바이오 가스 기술	핵심 (4)	기반	기반	
바이오 수소 생산기술	농어촌 폐바이오매스를 이용한 생물학적 바이오수소 생산기술 개발	기반	기반	기반	

분야별 (5)	세부분야 (20)	세부기술(100)	기술분류 (핵심기술 순위)		
			농식품부	농진청	산림청
바이오 가스활용 기술개발		매립지 가스수집 및 전처리 기술개발	핵심 (26)	기반	기반
		바이오가스 정제 국산화 기술개발	기반	전환	필수
		농가형 소형 바이오가스 발전기 개발	전환	기반	기반
		황화수소 등 미량가스 제거	기반	기반	기반
		통합혐기소화공정을 이용한 연료전지기술 (2차 전지 전극용소재 등)	전환	전환	기반
고체 연료	목질계 바이오 매스이용 기술개발	목탄 제조기술	기반	전환	핵심 (13)
		펠릿 제조기술	핵심 (29)	필수	핵심 (10)
		목재 칩 보관 및 취급 기술	기반	전환	핵심 (11)
		브리켓 제조기술	기반	전환	핵심 (12)
		고형 바이오연료 규격화	필수	필수	핵심 (15)
		고형 바이오연료 연소 시스템	핵심 (27)	전환	핵심 (16)
		목질계 연료전지 개발	전환	전환	필수

<기술분야 평가단>

■ 바이오에너지 분야 평가

평가위원 : 이용욱(평가단장) 젠닥스 대표이사
김성일 서울대학교 산림자원학과 교수
목일진 한국생명공학연구원 초빙연구원
박상도 한국에너지기술연구원 이산화탄소사업단장
이지훈 SK경영경제연구소 산업연구실 수석연구원

간사 : 김용환(정) 농림수산식품기술기획평가원 책임연구원
노세나, 이수지(부) 농림수산식품기술기획평가원 연구원
