

기본연구
2009-17

충남의 신재생에너지 개발 잠재력과 정책방향

정종관 · 오세은 · 양은영



CDI 충남발전연구원
Chungnam Development Institute

www.cdi.re.kr

기본연구
2009-17

충남발전연구원 신재생에너지 개발 잠재력과 정책방향

2009.12

충남발전연구원

ISBN : 978-89-6124-105-2 03350



기본연구 2009-17

충남의 신재생에너지 개발 잠재력과 정책방향

정종관 · 오세은 · 양은영

발 간 사

18세기 계관시인 윌리엄 블레이크는 「천국과 지옥의 결혼」에서 ‘인간은 영혼과 분리된 육체를 가지지 않으니, 육체라 하는 것은 영혼의 일부이기 때문이다. 이는 오늘의 영혼의 주된 입구인, 오감에 의해 식별되도다. 오직 에너지만이 생명이며, 이는 육체로부터 오도다. 그리고 이성온 에너지의 경계선, 또는 겉모습이니라. 에너지는 영원한 환희이노라.’고 설파하였습니다. 이에 비해 노벨물리학상 수상자이자 과학저술가로 유명한 리처드 파인만은 그의 저서 「물리학강의」에서 에너지를 어떠한 상황에서도 변화되지 않고 수치로 표현되는 양이라고 하여 일을 하는 능력으로서의 에너지 보존법칙을 언급하고 있습니다.

이처럼 에너지는 관점의 차이와 관계없이 인간생활 영위의 필수적인 요소입니다. 우리나라는 전통적으로 국가발전의 동력으로 에너지를 다루었고 1970년대 고도성장기에 중화학공업 중심의 고에너지 사회를 형성해 왔습니다. 그러나 2008년 이명박 정부가 새로운 국가발전의 패러다임으로 저탄소 녹색성장을 지향함으로써 저탄소 사회로의 진입을 눈앞에 두고 있습니다. 세계 각국은 기후변화에 대한 대응 차원에서 산업구조를 ‘클린테크, 그린비즈’로 요약되는 정책을 추진함으로써 신재생에너지를 발굴하고 국가의 경쟁력 확보에 중점을 두고 있습니다.

이러한 상황에서 대한민국의 경제성장을 선도하는 충청남도는 화석연료를 대량으로 사용하는 화력발전시설이 다수 위치하고 있어 상대적으로 환경부하가 적은 신재생에너지의 개발과 보급이 저조합니다. 따라서 전국대비 하위권의 신재생에너지 개발 보급을 확대하여 신성장 동력으로서의 녹색산업을 육성하기 위한 종합적인 방향 설정이 필요합니다.

저탄소 녹색산업의 집적화, 녹색에너지 및 자원순환도시 건설, 공공 및 민간 부문의 탄소저감형 에너지 보급 등 세부 전략 추진을 위해서는 먼저 충청남도의 지역특성과 자연환경 여건을 감안한 신재생에너지 개발 잠재력을 평가하고 정책 방향을 도출할 필요가 있습니다. 왜냐하면 신재생에너지는 현재 사회적 관심은 높으나 생산비용, 기술장벽과 격차, 지역별 실행가능성 등을 감안할 때 화석연료대비 경제성, 환경성, 사회성 등에서 어려운 점이 많습니다. 따라서 신재생에너지 종류별로 지역의 잠재력을 고려한 선택과 집종의 원칙이 적용될 필요가 있습니다.

바로 지금이야말로 종합적인 충남발전의 비전 완성을 위해 자원·에너지·식량·물 문제

해소, 저탄소 사회실현, 지역의 혁신과 발전, 사회의 형평성 달성 차원에서 실행력을 강화한 바람직한 모델을 완성할 시점입니다. 충청남도는 새로운 대한민국의 중심으로, 그리고 국가 발전의 성장엔진으로서 역동적인 지역발전을 거듭하고 있습니다.

이 연구과정에서 공동연구자로서 환경포럼을 통해 연구 방법론을 이끌어내신 한밭대학교 오세은 교수님, 행정실무 차원에서 자문과 협조를 아끼지 않은 충청남도 환경관리과 정종철 사무관님의 노고에 감사드립니다. 금강수계의 수리특성 및 유황분석을 해주신 충남대학교 노재경 교수님, 생활폐기물 소각시설의 기술적 특성을 검토해주신 한국기계연구원 석좌위원 권영배 박사님, 연구보고서의 완성도를 높이기 위해 세부내용에 대해 전문가 검토를 통해 내용을 보완해주신 한밭대학교 산업대학원 윤오섭 원장님, 국립환경과학원 김명진 박사님께도 감사드립니다.

연구과정에서 지역에너지 계획수립과 정책방향 제시를 위해 신재생에너지 개발현장을 확인하고, 실사구시를 모토로 하여 지식정보 생산의 네트워크 매니저로 활약한 우리 연구원의 정종관 연구위원의 노고에 감사의 뜻을 표합니다.

2009년 12월 31일

충남발전연구원장 김 용 응

연구요약

1. 연구 배경 및 목적

녹색성장의 개념은 “기존의 경제성장 패러다임을 환경친화적으로 전환하는 과정 중 파생되는 에너지·환경관련 기술·산업에서 미래 유망품목과 신기술을 발굴해 내고, 기존산업과의 상호융합을 시도해 신성장동력과 새로운 일자리를 창출하는 것”으로 정의하고 있다(저탄소녹색성장기본법, 녹색성장위원회, 2009).

우리나라는 세계적으로 기후변화로 상징되는 환경위기와 고유가로 대표되는 자원위기에 동시에 직면해있기 때문에 이를 극복해가는 과정에서 사업기회를 창출하고 이를 신성장동력으로 삼는 전략을 채택하고 있다. 이러한 국가경영의 큰 틀로서 제시된 정책방향을 토대로 충청남도 차원의 신재생에너지 개발 잠재력을 평가하고 개발방향을 모색하는데 연구 목적을 두고 있다.

지역에서는 중장기적인 관점에서 저탄소 녹색성장 역량구축을 위한 조직, 예산, 인력, 제도 등 인프라를 구축하는 상위개념의 전략계획과 함께 지역의 특성과 잠재력을 고려한 단기전략 사업을 발굴하여 성과를 가시화하는 하위개념의 구체화 전략이 필요하다. 오늘날 청정기술을 상업화하는 과정에서 전체를 보지 않고 부분에 집중함으로써 오류가 발생하기도 한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 기반기술조성, 혁신적인 사업화모델, 시장경제적 접근전략, 정부정책 반영 등의 관점이 필요하다.

따라서 신재생에너지 개발전략은 충청남도 녹색성장 전략계획을 기본으로 구체화하는 복선전략(複線戰略, two-track strategy) 방향을 설정하였다. 이에 따라 충남지역 특성을 고려한 신재생에너지 개발 맞춤형 전략으로 온실가스 감축 잠재력이 크고 지역현안과 연계되는 생활폐기물 고형연료화, 유기성폐자원 바이오가스화, 금강살리기 관련 소수력발전 등을 선정하였다.

특히 국가차원에서 2020년까지 국가 온실가스 감축목표를 배출전망치(BAU) 대비 30% 감축(2005년 배출량 기준으로는 4%)으로 결정되었다. 이를 구체화하기 위해 2010년부터 각 부문별 세부목표를 정해 관리하는 온실가스 및 에너지 목표관리제를 시행하기로 하였다. 국가 녹색성장 5개년계획에서 녹색성장 기본방향이 제시(2009. 8)된 이후 충청남도 녹색성장위원회가 구성되고 충청남도 녹색성장 전략 및 5개년 계획이 수립되었다(2009. 11). 온실가스 배출량 감축 차원에서 충청남도는 신재생에너지 보급률을 2007년 68천TOE에서 2015년 400천TOE로 1차에너지 사용량 대비 0.2%에서 1%로 향상시키기로 목표를 설정하고 있다.

본 연구는 지역단위의 신재생에너지 개발 잠재력을 평가하고 경제, 환경, 사회 등 세 가지 기준관점에서 개발 가능량과 환경경제적 효과를 도출하여 정책시행 우선순위와 의사결정을 지원하는데 중점을 두고 있다. 이를 통해 다양한 관련부문 이해당사자간의 협력을 토대로 통합적인 합의형성 과정을 정립하는 데에도 기여할 수 있을 것이다.

2. 주요 연구내용

본 연구에서 다룬 주요내용은 다음과 같다.

- 충남의 지역여건을 고려하여 시급성이 있고 효과성이 높을 것으로 판단되는 가연성 폐기물, 가축분뇨 바이오가스, 금강살리기 관련 소수력 등 신재생에너지 개발 잠재력을 평가하고,
- 개발에 따른 비용편익 효과, 온실가스 저감효과, 청정개발체제 적용 가능성 검토를 거쳐,
- 충청남도가 목표로 설정한 2015년까지 1차 에너지 공급량의 1%인 400천TOE을 달성하기 위한 전략을 제시한다.

충청남도의 가연성 생활폐기물 에너지화 잠재용량은 발생량 기준 총량으로 104,640.9TOE에 달하고 있다. 그리고 음식물류폐기물은 충청남도내 538.5톤/일로 회수가능한 음식물류의 에너지 총량은 11,731.2TOE/년에 달하고 있다.

2008년말 기준 통계자료를 기초로 축산잠재량을 구해보면 한육우, 젓소, 돼지, 가금류의 축분을 이용한 충남의 바이오가스 에너지 잠재량은 257,088.8TOE/년으로 경기도에 이어 전국 2위로 나타났다. 충남의 16개 시·군 중 홍성군이 14.8%인 38,054.2TOE/년으로 축산분뇨 바이오매스 잠재량이 가장 크고, 그 다음은 당진군이 13.2%인 33,817.6TOE/년으로 나타나고 있다. 음식물류폐기물 전체발생량을 바이오매스 에너지화한다고 가정하고, 자원 잠재량을 산출하면 2008년 기준 충남의 음식물류폐기물을 이용한 바이오매스 에너지 잠재량은 6,232TOE/년으로 회수가능량 대비 53% 수준이다.

금강본류와 주요지천에 설치된 수리시설물을 고려하여 발전용량과 연간전력량을 계산하였다. 최대사용유효낙차 산정을 위한 보의 유효높이는 보 높이의 80% 수준으로 하고, 연간전력량 산정 시 가동률은 65%로 하였다. 그 결과 신설되는 3개 보의 발전용량이 18,598kw, 연간전력량은 105,898Mwh에 달할 것으로 계산되었다.

충청남도내 저수용량 100만톤 이상의 농업용 저수지 65개소에 대해 저수지별 유효낙차와 유량, 유효이용률 35%를 감안한 발전용량 규모는 4,494.3kw, 연간전력량은 13,779.5Mwh 에 달할 것으로 계산되었다. 농업용 저수지를 이용한 신재생에너지 생산은 규모의 경제를 적용하여 발전용량 100kw 이상의 8개소에 대해 우선적으로 검토할 필요가 있다.

3. 결론 및 정책 제언

우리나라의 신재생에너지 개발 활성화와 관련한 대표적인 정책은 발전차액지원제도(FIT)에서 의무할당제도(RPS)로 전환 중에 있으며, 2010년에 RPS를 전면적으로 도입할 예정이다. 이러한 상황에서 온실가스 감축잠재력의 40% 정도가 비용절약 요인인 건물, 교통수단 개선에서 이루어지는 반면, 나머지 60%는 비용수반 감축요인인 화력발전소 탄소포집, 분산된 태양광발전 등이 차지한다. 따라서 이러한 에너지 사용형태, 부문별 감축잠재력을 고려하여 신재생에너지 전략을 강구할 필요가 있다.

현재 충청남도가 목표로 설정한 2015년까지 1차 에너지 공급량의 1%인 400천TOE을 담당하기 위해서는 충청남도에서 발생하는 생활폐기물, 유기성 폐자원 등을 활용전략이 필요하다.

이를 위해 상대적으로 잠재력이 높은 가축분뇨 바이오가스화와 생활폐기물 고형연료화를 지속적으로 추진하고 이에 대한 수요처 개발에도 중점을 둘 필요가 있다. 따라서 에너지원 믹스 차원에서 경제적, 환경적으로 최적의 조합비율을 구성하도록 정책을 발굴한다. 신재생에너지 수요처로서 도내 화력발전 사업자는 의무할당제도(RPS)에 의해 2012년 전력생산량의 3%, 2020년 10% 이상을 목표로 하고 있으므로 자발적 협약(VA)을 통해 이러한 정책을 뒷받침할 수 있도록 협력관계를 구축해 나갈 필요가 있다.

차 례

제1장 연구의 배경 및 목적	1
1. 연구의 배경	1
2. 연구의 목적	3
3. 연구의 범위	3
1) 시간적 범위	3
2) 공간적 범위	4
3) 내용적 범위	4
4. 연구의 방법	4
1) 조사 및 분석 방법	4
2) 연구추진 체계	6
3) 연구의 다년도화 계획	6
5. 용어정의와 개념	7
 제2장 관련정책 및 선행연구	10
1. 녹색성장 및 녹색뉴딜 정책	10
1) 녹색성장의 개념	10
(1) 배경과 정의	10
(2) 녹색성장의 방향	12
(3) 녹색성장의 여건	13
2) 녹색뉴딜 정책	14
(1) 배경과 영역	14
(2) 녹색경제 구상	16
(3) 녹색뉴딜 평가지표	17
2. 에너지 정책	17
1) 국가에너지기본계획	17
(1) 배경과 성격	17
(2) 기후변화 대응역량	22

2) 신재생에너지 보급 확대 및 성장동력화	22
(1) 정책목표 설정: 신재생에너지 보급 확대	22
(2) 정책목표 달성 : 선진국 수준의 기술 수준 확보	24
(3) 정책목표 실현 : 제도 정비 및 전략적 육성	26
3) 충청남도 지역에너지 정책	28
(1) 충청남도 지역에너지계획	28
(2) 충청남도 지역에너지 정책 분석	29
(3) 지역에너지 정책방향과 전략	31
(4) 충남 에너지정책의 목표 및 개념	34
4) 충청남도 신재생에너지 정책	35
(1) 신재생에너지 보급현황	35
(2) 신재생에너지 보급특성	37
(3) 신재생에너지 보급촉진	38
3. 선행연구 및 시사점	38

제3장 신재생에너지 개발여건 분석

1. 생활폐기물	40
1) 폐기물에너지화 정책	40
(1) 기본방향과 여건	40
(2) 폐기물에너지화 정책 필요성	42
(3) 폐기물에너지화 추진 목표	42
(4) 폐기물에너지화 추진 대책	43
2) 폐기물 에너지타운	45
3) 생활폐기물 관리	48
(1) 발생현황	48
(2) 폐자원 에너지 잠재량	51
(3) 폐기물 에너지화 처리기술(MBT)	53
(4) 폐기물 에너지화 RDF 제조	58
2. 유기성 폐자원	62
1) 바이오매스 정책	62
2) 가축분뇨 바이오매스	64
3) 음식물류폐기물 바이오매스	70

4) 하수찌꺼기 바이오매스	76
3. 소수력	80
1) 정의와 특성	80
2) 기존 시설물 잠재량	82
3) 금강수계 주요 지점별 잠재량	84

제4장 신재생에너지 개발 방향과 파급효과 90

1. 정책방향	90
2. 고형연료화시설	93
1) 생활폐기물 발생량 예측	93
2) 생활폐기물 처리량 예측과 시설규모 산정	94
3) 고형연료화의 경제성 분석	97
3. 유기성 폐자원의 에너지 회수	99
1) 가축분뇨 처리방안별 경제성	99
(1) 퇴비화	99
(2) 혐기성 바이오가스	100
(3) 호기성 처리	102
(4) 처리방안별 비교평가	103
2) 바이오가스 시설설치 입지선정	105
(1) 운송거리에 따른 최적 입지	105
3) 도내 바이오가스 경제성 평가	108
(1) 처리비용	108
(2) 바이오가스 설치 운전 비용	109
4) 바이오가스 플랜트 현장 조사	110
4. 소수력 발전	115
1) 발전용량 산정	115
2) 경제성 평가	118
(1) 산정기준	118
(2) 발전원가	119
(3) 경제성평가	120
5. 온실가스 저감효과	123
1) 고형연료화	123

2) 음폐수와 가축분뇨 바이오가스화	125
3) CDM 사업 검토	128
제5장 결론 및 정책 제언	131
1. 결론	131
1) 신재생에너지 관련 정책방향	131
2) 신재생에너지 개발 잠재량	132
3) 온실가스 저감효과	134
2. 정책 제언	135
1) 신재생에너지 개발전략	135
2) 연구의 한계와 향후 과제	136
참고문헌	138
ABSTRACT	141

표 차 례

<표 1-1> 연구대상 신재생에너지 종류와 범위	8
<표 2-1> 에너지부문 녹색성장의 5대 비전	19
<표 2-2> 우리나라 에너지정책의 SWOT	20
<표 2-3> 주요국가의 신·재생에너지 보급률	25
<표 2-4> 연도별 신재생에너지 공급 추세	25
<표 2-5> 신재생에너지 정책 로드맵 요약	28
<표 2-6> 지역에너지 정책 SWOT 분석	32
<표 2-7> 지역에너지 대책 요건	32
<표 2-8> 충남의 신재생에너지 보급규모	36
<표 2-9> 신재생에너지 생산량 보급통계	36
<표 3-1> 폐기물 에너지타운 확충 계획	45
<표 3-2> 충남과 호남권의 투자소요액	46
<표 3-3> 생활폐기물 발생량 변화	48
<표 3-4> 성상별 생활폐기물 발생량	49
<표 3-5> 종량제 봉투내 가연성 생활폐기물 발생량	50
<표 3-6> 생활폐기물 저위발열량	51
<표 3-7> 충청남도의 가연성 폐기물에너지 잠재량	52
<표 3-8> 충청남도의 음식물류 폐기물발생량과 에너지 잠재량	52
<표 3-9> 폐기물 자원화 경제성 비교	56
<표 3-10> MBT시설 도입에 따른 효과	57
<표 3-11> 국내외 MBT시설 가동 및 운영현황	57
<표 3-12> ASTM 방식에 의한 RDF 분류	59

<표 3-13> 국내 바이오매스 부존 및 보급 잠재량	63
<표 3-14> 축종별 축분배출량 및 메탄가스발생량	64
<표 3-15> 시·도별 가축사육 두수	64
<표 3-16> 시·도별 축산분뇨 바이오가스 잠재량	65
<표 3-17> 충청남도 시·군별 가축사육두수	67
<표 3-18> 충청남도 시·군별 가축분뇨 바이오가스 잠재량	68
<표 3-19> 충청남도 시·군별 음식물류 폐기물 바이오가스 잠재량	72
<표 3-20> 유기성 찌꺼기 발생 예상량	76
<표 3-21> 시·도별 하수찌꺼기 처리계획	77
<표 3-22> 전력 1kwh 생산당 CO ₂ 배출량	80
<표 3-23> 기존 시설물의 소수력 잠재량	82
<표 3-24> 기존 시설물의 시·도별 소수력 잠재량	83
<표 3-25> 금강 살리기 사업내용	86
<표 3-26> 충남지역 금강수계 지점별 유황	86
<표 4-1> 세부사업 추진내역	94
<표 4-2> 생활폐기물 처리대상량 예측	95
<표 4-3> 소각로 가동을 고려한 고행연료 생산 가능량 예측	96
<표 4-4> 돼지분뇨 처리용량별 운영비 및 수익	99
<표 4-5> 혐기성 소화공정의 시설용량별 투자비용	100
<표 4-6> 혐기성 소화공정의 시설용량별 운영수익	101
<표 4-7> 호기성 처리공정의 시설용량별 비용 및 수익 산정	103
<표 4-8> 퇴비화와 혐기성 소화공정의 처리용량별 순익	104
<표 4-9> 처리용량별 운송거리에 따른 경제성 평가	106
<표 4-10> 충청남도 돈폐수 처리비용 산정결과	109
<표 4-11> 충청남도 대표 돼지사육농가 규모와 폐수 발생량	110
<표 4-12> 당진, 홍성군 돼지분뇨처리 경제성 평가	110

<표 4-13> 주요지점별 소수력발전 용량	115
<표 4-14> 농업용 저수지 소수력발전 용량	116
<표 4-15> 혐기성 소화시설의 처리용량별 온실가스 감축효과 및 경제성	128
<표 4-16> 신재생에너지 관련사업의 CDM 방법론 적용	129
<표 4-17> 충청남도 고형연료화의 CDM 사업에 따른 온실가스 감축효과 ...	130

그림 차례

[그림 1-1] 연구수행 흐름 및 체계도	9
[그림 2-1] 녹색성장의 출현 배경과 구조	11
[그림 2-2] 녹색성장의 비전과 목표	12
[그림 2-3] 녹색뉴딜의 사업영역	16
[그림 2-4] 에너지 분야 중장기 계획	21
[그림 2-5] 우리나라 에너지 수요공급 (2006년 기준)	21
[그림 2-6] 신·재생에너지 보급 현황	23
[그림 2-7] 신·재생에너지 보급 목표설정	24
[그림 2-8] 충남의 도시가스 보급계획	30
[그림 2-9] 충남 에너지정책의 목표 및 개념	33
[그림 2-10] 공간통합 에너지 기본구상	33
[그림 3-1] 폐기물 관리법상 폐기물 분류	41
[그림 3-2] 폐기물 발생량과 처리량	41
[그림 3-3] 폐기물에너지화 방향	43
[그림 3-4] 폐기물에너지화 패러다임의 변화	44
[그림 3-5] 충남권의 에너지타운 연차별 계획	47
[그림 3-6] 자원순환형 폐기물관리 모식도	54
[그림 3-7] MBT 개념 흐름도	55
[그림 3-8] MBT 공정도	56
[그림 3-9] RDF 생산시설	61
[그림 3-10] RDF 생산 공정도	61
[그림 3-11] 바이오매스와 바이오에너지	62
[그림 3-12] 가축분뇨 에너지 잠재량	66

[그림 3-13] 가축분뇨 혐기성소화 시스템	69
[그림 3-14] 시군별 가축분뇨 에너지 잠재량	70
[그림 3-15] 음식물쓰레기 에너지 잠재량	72
[그림 3-16] 시군별 음식물쓰레기 에너지 잠재량	73
[그림 3-17] 파주시 바이오가스 플랜트	74
[그림 3-18] 가축분뇨와 음식물쓰레기 혼합 처리공정	75
[그림 3-19] 바이오가스 시설	76
[그림 3-20] 음식물류 하수병합처리 혐기성공정	79
[그림 3-21] 시·도별 기존 시설물의 소수력발전 잠재량	84
[그림 3-22] 금강수계 유황곡선	88
[그림 3-23] 금강수계 하상 횡단면	89
[그림 4-1] 비용이 절감되는 온실가스 감축효과	92
[그림 4-2] 비용이 수반되는 온실가스 감축효과	93
[그림 4-3] 이상 혐기성 소화 공정의 개략도	100
[그림 4-4] 혐기성소화 시설용량별 단순 투자회수 기간	102
[그림 4-5] 돼지분뇨 처리방안별 처리용량에 따른 운전비용 변화	104
[그림 4-6] 돼지분뇨 처리방안별 처리용량에 따른 순익 변화	105
[그림 4-7] 처리용량별 운송거리에 따른 운송비 변화	107
[그림 4-8] 운송거리에 따른 처리용량별 순익 변화	108
[그림 4-9] 청양 바이오가스 플랜트 시스템	112
[그림 4-10] 청양 바이오가스 플랜트 주요시설	113
[그림 4-11] 아산 바이오가스 플랜트	114
[그림 4-12] 주요 소수력발전 개발지점	118
[그림 4-13] 발전원가의 구성요소	119
[그림 4-14] 소수력발전 개발가능 지점	123
[그림 4-15] RDF 제조의 에너지 수지 개념도	124

제1장 연구의 배경 및 목적

1. 연구의 배경

- (국내외 여건의 변화) 저탄소 녹색성장 시대의 도래
 - 기후변화에 적극 대응하고 에너지 안보 실현, 신성장동력 발굴, 국민의 삶의 질 향상 등 3대축을 기저로 한 저탄소 녹색성장이 시대적 추세
 - 미국, 일본, 구미 각국은 교토의정서 후속조치의 일환으로 온실가스 배출규제를 강화하고 기술력을 바탕으로 경제, 무역, 환경 등에서 비교 우위를 선도 유지할 전망
 - 녹색 뉴딜의 실행을 위한 지역밀착형 사업발굴이 필요한 상황
- (충남의 신재생에너지 관련 현황) 전국 대비 신재생에너지 보급비율이 낮음
 - 2008년 1차에너지 소비량 가운데 신재생에너지 보급비율은 0.2%로 전국평균 2.4%보다 낮으나 태양광, 태양열, 지열 등 주요 신재생에너지 보급은 양호한 상태
 - 2008년 충남의 신재생에너지 생산량은 전국의 1.3%를 차지하나 타 지역과 비교하여 산업, 재정 등 뒤떨어지는 여건은 없음
 - 충남은 산업구조상 폐기물 중 공급비중이 높은 부생가스, 공정용 보조연료의 보급에 한계가 있으며, 화력발전 비중이 높아 타 지역에 비해 신재생에너지 공급비중을 높이는데 어려움이 있음
 - 따라서 지역여건을 고려하고 투자대비 에너지 공급 잠재량이 높은 생활폐기물 연료화, 폐열에너지 회수, 바이오에너지, 소수력 등 다양한 에너지원의 발굴이 필요
- (충남의 에너지 정책 변화) 저탄소 녹색성장 추진을 위한 기반구축
 - 세계적으로 에너지 정책의 수립과 추진이 중앙정부 주도에서 지방자치단체의 역할과 책임이 증가되는 방향으로 변화
 - 이에 따라 지방자치단체에서는 시대변화에 맞춰 지역여건을 고려하고 지속가능성에

기반을 둔 지역에너지 정책의 발굴과 실행으로 방향 설정

- 충남지역의 에너지 수급과 온실가스 배출량 등 환경여건을 분석하고 향후 에너지 사용량 및 온실가스 배출량을 전망하고 화석에너지 소비 및 온실가스 저감을 위한 목표설정이 필요

○ (향후 전망) 신재생에너지 개발을 위한 지역 잠재력 발굴 필요

- 충남은 화력발전에 의한 전력생산 점유율이 전국의 40%로 온실가스 배출저감을 위해 화석연료 사용 억제 등이 요구되는 시대적 상황임
- 충남의 신재생에너지 생산과 공급 점유율은 전국의 1.3% 수준으로 화석연료를 대체할 수 있는 에너지원 개발 및 보급 확대는 저탄소 녹색성장의 필요충분 조건을 만족하는 수단이 될 수 있음
- 11종의 신재생에너지 가운데 선택과 집종의 원칙에 따라 충남지역의 신재생에너지 개발 여건과 잠재력을 고려한 전략적 판단이 필요
- 그린빌리지 사업 추진 등 신재생에너지 보급 사업이 활발해질 전망이며, 신재생에너지 전문기업 및 관련산업의 투자여건은 지역특화산업인 전자정보기기, 반도체, 액정설비 등 산업기반을 바탕으로 신성장동력 산업으로 육성 가능함

○ (착안사항) 지역단위의 신재생에너지 정책 정립

- 다양한 방법론의 정립과 함께 선진 사례분석 등을 통해 정책적 시사점을 도출할 수 있도록 해야 함
- 녹색사업은 환경부하가 큰 대규모 사업보다 지역의 잠재자원을 최대한 활용하여 지역 차원에서 진행될 수 있는 사업발굴이 필요함

○ (대책) 직접적인 대책 설정 필요

- 신재생에너지 개발잠재력을 평가한 다음 지속성을 이루는 3대축(Triple Bottom Line) 관점인 경제적, 사회적, 환경적 타당성을 고려하여 입지선정, 비용편익분석, 재무적 타당성평가로 내용을 구체화
- 연구성과의 지식정보 확산전파와 함께 지역 에너지 및 환경 정책의 방향을 제시할 수 있도록 연구결과의 범용성 차원에서 세부시책 제시

2. 연구의 목적

- 본 연구는 저탄소 녹색성장을 위한 필요조건인 기후변화 대응과 에너지 안보, 신성장동력창출, 국민의 삶의 질 향상 관점에서 충남의 신재생에너지 개발 잠재력을 평가하고 적절한 방법 및 개발지점 선정, 지역별 평가 등을 통해 지역특성을 반영한 에너지 환경정책 수립에 기여함을 목적으로 함

이를 위한 구체적인 연구목적은 다음과 같음

- 충남의 지역특성을 고려한 중점개발 대상 신재생에너지 분야 발굴
 - 세부 지역별, 종류별 개발 잠재력 평가
 - 충남의 자연자원을 현명하게 이용하기 위해 가능한 한 환경변화의 최소화, 폐기물 자원화를 통한 환경오염 부하를 최소화 할 수 있어야 함
 - 지역 신재생에너지 정책의 효율적인 집행과 운용을 위한 관리수단 확보방안 제시
- 본 연구는 지역단위의 신재생에너지 개발을 위한 추진체계와 다양한 관련부문 이해당사자간의 협력을 토대로 통합적인 합의형성 과정을 정립하는 데에도 기여할 수 있을 것임

3. 연구의 범위

1) 시간적 범위

- 기준년도 : 2008년을 기준으로 하고 데이터 획득이 곤란한 것은 2007년 자료를 적용
- 목표연도
 - 단기 2010년(사업의 시급성을 반영)
 - 중기 2013년(포스트 교토의정서에 따른 국제적 여건 변화 고려)
 - 장기 2020년(신재생에너지 개발사업의 온실가스 저감효과 반영)

2) 공간적 범위

- 충청남도 전지역(16개 시·군)

3) 내용적 범위

- 온실가스 저감을 위한 신재생에너지 개발 국내외 동향과 전략분석
 - 주요 선진국의 기후변화 대응과 신재생에너지 개발 전략
 - 우리나라의 기후변화 대응과 신재생에너지 개발 전략
- 충남의 신재생에너지 부문별 개발실태 현황조사
 - 11개 부문별 개발 잠재력 변화 추세
 - 충남의 신재생에너지 개발 실태
- 신재생에너지 중점개발 부문에 대한 세부 적용 방법론 도출
 - 폐기물 분야는 고형연료화(RDF), 열분해(pyrolysis), 가스화(gasification), 소각열 회수(heat recovery) 이용 방법
 - 축산분뇨, 음식물폐수, 하수슬러지 혼합의 바이오가스는 혐기성소화, 메탄발효에 의한 가스 생산, 정제를 통한 개발 잠재력
 - 소수력발전은 금강살리기와 연계할 수 있도록 수계의 하천시설물, 구조, 낙차, 수량 등을 조사하여 적정 개발위치 도출

4. 연구의 방법

1) 조사 및 분석 방법

- 문헌조사 : 이론 및 선행사례 검토
 - 녹색성장과 신재생에너지 관련 검토 및 선행사례 분석을 토대로 연구방향과 연구가설 도출
 - 제3차 충남지역 에너지계획(2007), 지역에너지 발전전략연구(2008), 국가에너지 기본계

획(2008), 제4차 신재생에너지 기본계획(2008), 녹색성장 5개년계획(2009) 등과 연계

○ 전문가 인터뷰조사 :

- 신재생에너지 개발 국내외 동향분석과 전략은 에너지관리공단 신재생에너지센터의 실태자료 활용과 에너지경제연구원, 에너지기술연구원 전문가 면담 및 자료획득 분석

○ 자료분석과 조사 :

- 기본자료는 환경부, 지식경제부, 충청남도, 각 시군자료 활용
- 분석 기초자료는 기존 조사자료 활용 및 관련 내용은 현장조사 병행 실시
- 충남지역의 신재생에너지 부문별 개발실태 현황조사
- 폐기물 : 발생 및 재활용 통계자료는 환경부 및 도 행정자료 이용, 현장사례는 천안 소각시설 에너지 회수시설
- 바이오가스 : 공정분석은 공동연구(한밭대, 대우건설), 현장사례는 아산하수처리시설과 청양 여양축산농장 가스 발전
- 소수력 : 금강수계 자료는 水利流量年報, 水文資料 이용 분석, 하천시설구조물 설치는 연기군 미호천 농업용 콘크리트보, 공주시 금강하상시설공사 사례 검토와 금산 방우리 서우수력 현장조사
- 세부공정 및 관리대책은 전공 교수 및 실무진과 공동연구
- 선진지 사례 조사를 통해 모범적인 정책 수립 및 대안 발굴

○ 관련 계획 분석과 자료는 부문별로 전문가의 협조

- 금강수계의 수리특성 유황분석(노재경 교수)
- 유기성폐기물 혐기성 소화(오세은 교수)
- 폐기물 소각시설(권영배 박사)

○ 이해당사자의 참여와 지식정보의 확산

- 관련 연구진, 공무원, 지역주민 등 이해당사자간의 공동참여를 통한 합의형성 워크숍을 거쳐 추진

- 푸른충남21 기후에너지분과위원회 공동 워크숍 진행
- 지식정보의 확산전파를 위하여 그린스타트 교육에 활용하여 지역주민에 대한 지식 정보의 전파 추진

2) 연구추진 체계

- 외부전문가 참여를 통해 학제적 연구 추진체계 활용
 - 외부전문가 활용은 연구참여 방식과 자문 등 협의참여 방식으로 구분 운영하고, 전략 과제 발굴과 실천에 중점을 두는 CDI 연구모형 적용
 - 연구자문단 : 연구자문 성격으로서 연구협의회, 자문회의 참여를 통한 내용 검증 및 보완
 - 연구실무단 : 외부연구 공동연구진으로서 발굴된 전략과제에 대해 세부 원고 집필 및 토론 발표
- 외부전문가(연구실무단) 활용계획
 - 활용목적 : 기초연구로서 종합적인 연구수행을 위해 관련 전문가의 적극 활용
 - 활용대상 : 전문가(교수 및 연구기관, 기타)
 - 추진방식 : 연구내용을 구체화하는데 필요한 전략과제 발굴, 원고의뢰

3) 연구의 다년도화 계획

- 1차년도 연구
 - 신재생에너지 개발 잠재력 평가
 - 지역특성과 향후 전망을 고려하여 세부분야 선정은 선택과 집중 적용
 - 추진체계 및 모형 구축
- 2차년도 연구
 - 신재생에너지 개발을 위한 효율적인 제도 운용과 개선
 - 연구분야의 광범위성을 감안하여 기타 신재생에너지 세부 평가
 - 정책 실행효과 모니터링

5. 용어정의와 개념

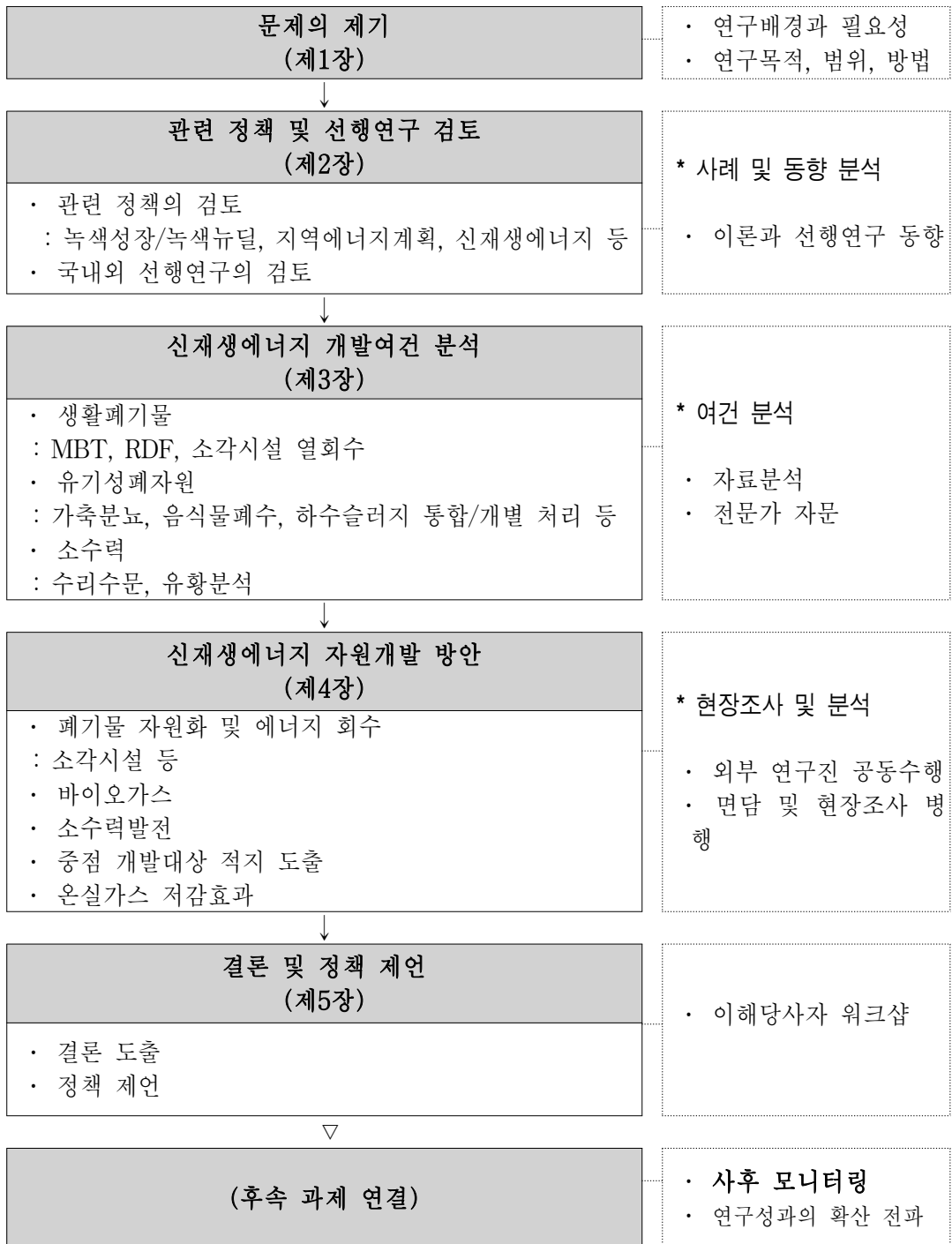
신재생에너지는 「신에너지 및 재생에너지 이용·개발·보급촉진법」 제2조에 의해 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛, 물, 지열, 강수, 생물유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환시켜 이용하는 에너지로 11개 분야가 지정되어 있다. 신에너지는 연료전지, 석탄액화가스화(IGCC), 수소에너지 등 3개 분야이고, 재생에너지는 태양열, 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지 등 8개 분야이다.

바이오매스는 에너지원과 자원으로서의 생물체량을 의미한다. 바이오매스는 구체적으로 농작물과 부산물, 가축분뇨, 산림작업 부산물, 산업폐목재, 음식쓰레기 등을 포함하므로 농림업과 관련이 있다. 바이오가스는 생물체량으로서의 바이오매스가 혐기성 분해에 의해 생성되는 메탄과 이산화탄소가 주성분인 가스상 물질을 말한다.

폐기물에너지는 에너지 함량이 높은 폐기물을 산업생산 활동에 필요한 에너지로 활용하기 위하여 사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성폐기물을 대상으로 가공 및 처리방법을 적용하여 얻는 고체·액체·기체상의 연료와 이를 연소나 변환시켜 발생하는 에너지로 정의한다. 대표적인 폐기물 에너지로 폐기물 고형연료, 고분자폐기물의 열분해 연료유, 가연성폐기물의 가스화 연료, 소각열 등이 있다. 이번 연구에서 다루는 신재생에너지로서의 관련 기준 및 범위는 다음과 같다.

〈표 1-1〉 연구대상 신재생에너지 종류와 범위

종류	구분	내용	연구 대상 여부
바이오 에너지	기준	1. 생물유기체를 변환시켜 얻는 기·액·고체 연료 2. 위 연료를 연소 또는 변화시켜 얻는 에너지 ※ 위 두가지 에너지가 신재생이 아닌 석유제품 등과 혼합한 경우 생물유기체로부터 생산된 부분만을 바이오에너지로 본다.	
	범위	1. 생물유기체를 변환시킨 바이오가스·바이오에탄올·바이오액화유 및 합성가스 2. 쓰레기 매립장의 유기성 폐자원을 변환시킨 매립지 가스 3. 동식물의 유지를 변환시킨 바이오디젤 4. 생물유기체를 변환시킨 펄프·우드칩·펠릿 및 목탄 등의 고체연료	○ × × ×
폐기물 에너지	기준	1. 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물을 변환시켜 얻는 기·액·고체 연료 2. 위 연료를 연소 또는 변화시켜 얻는 에너지 3. 폐기물의 소각열을 변환시킨 에너지 ※ 위 세가지 에너지가 신재생이 아닌 석유제품 등과 혼합한 경우 각종 사업장 및 생활시설의 폐기물로부터 생산된 부분만을 폐기물에너지로 본다.	
	범위	1. 폐가스 2. 산업폐기물 3. 폐목재 4. 생활폐기물 5. 대형도시쓰레기 : 폐기물 소각열을 이용한 전기나 열 생산 6. 시멘트킬른 보조연료 : 폐타이어, 폐합성수지 등 7. RDF/RPF : 공장 등에서 RDF/RPF를 이용하는 업체 8. 정제연료유 : 폐유업체에서 생산판매하는 정제연료유	× × × ○ ○ × ○ ×
소수력 에너지	기준	1. 1만kw 이하의 전력생산용량 수력발전설비 생산 에너지	
	범위	1. 물의 유동에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 설비 (양수발전 제외)	○



[그림 1-1] 연구수행 흐름 및 체계도

제2장 관련정책 및 선행연구

1. 녹색성장 및 녹색뉴딜 정책

1) 녹색성장의 개념

(1) 배경과 정의

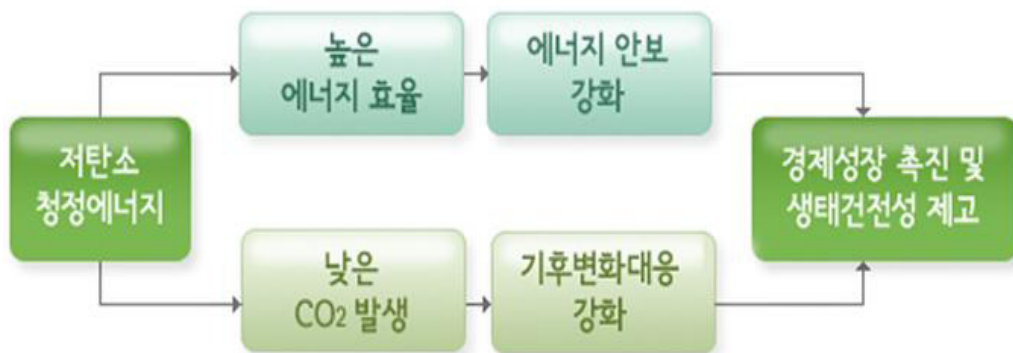
이명박대통령은 2008년 8.15 경축사에서 새로운 국가비전으로 ‘저탄소녹색성장’을 제시하였다. 집권 첫 해에 밝힌 국가적 아젠다이자 국정운영의 큰 틀로서 제시된 정책방향이다. 또한 정부에서는 이를 현재의 극심한 국내외적인 경제불황을 극복하고 우리나라가 미래경쟁력을 확보하는 수단으로 인식하고 있다. 2008년 이후 녹색성과 관련해서 정부에서 발표한 주요 정책과 계획은 다음과 같다.

- 일자리 창출을 위한 녹색뉴딜 사업추진방안, 기획재정부, 2009
- 신성장동력 종합대책, 지식경제부, 2008
- 그린 에너지산업 육성전략, 지식경제부, 2008
- 기후변화대응 종합기본계획, 국무총리실, 2008
- 저탄소녹색성장기본법, 녹색성장위원회, 2008

녹색성장의 개념은 “기존의 경제성장 패러다임을 환경친화적으로 전환하는 과정 중 파생되는 에너지·환경관련 기술·산업에서 미래 유망품목과 신기술을 발굴해 내고, 기존산업과의 상호융합을 시도해 신성장동력과 새로운 일자리를 창출하는 것” (<http://green.korea.kr/>)으로 정의하고 있다. 세계적으로 현재 기후변화로 상징되는 환경위기와 고유가로 대표되는 자원위기에 동시에 직면해있기 때문에 이를 극복해가는 과정에서 사업기회를 창출하고 이를 우리나라의 신성장동력으로 삼자는 것이다.

녹색은 환경을 상징하는 색깔이다. 오염물질을 감축하는 전통적 의미에서의 환경문제뿐 아니라 생태효율성을 높이고 인류의 지속가능 발전을 위한 경제성과 환경성을 조화시키자는 개

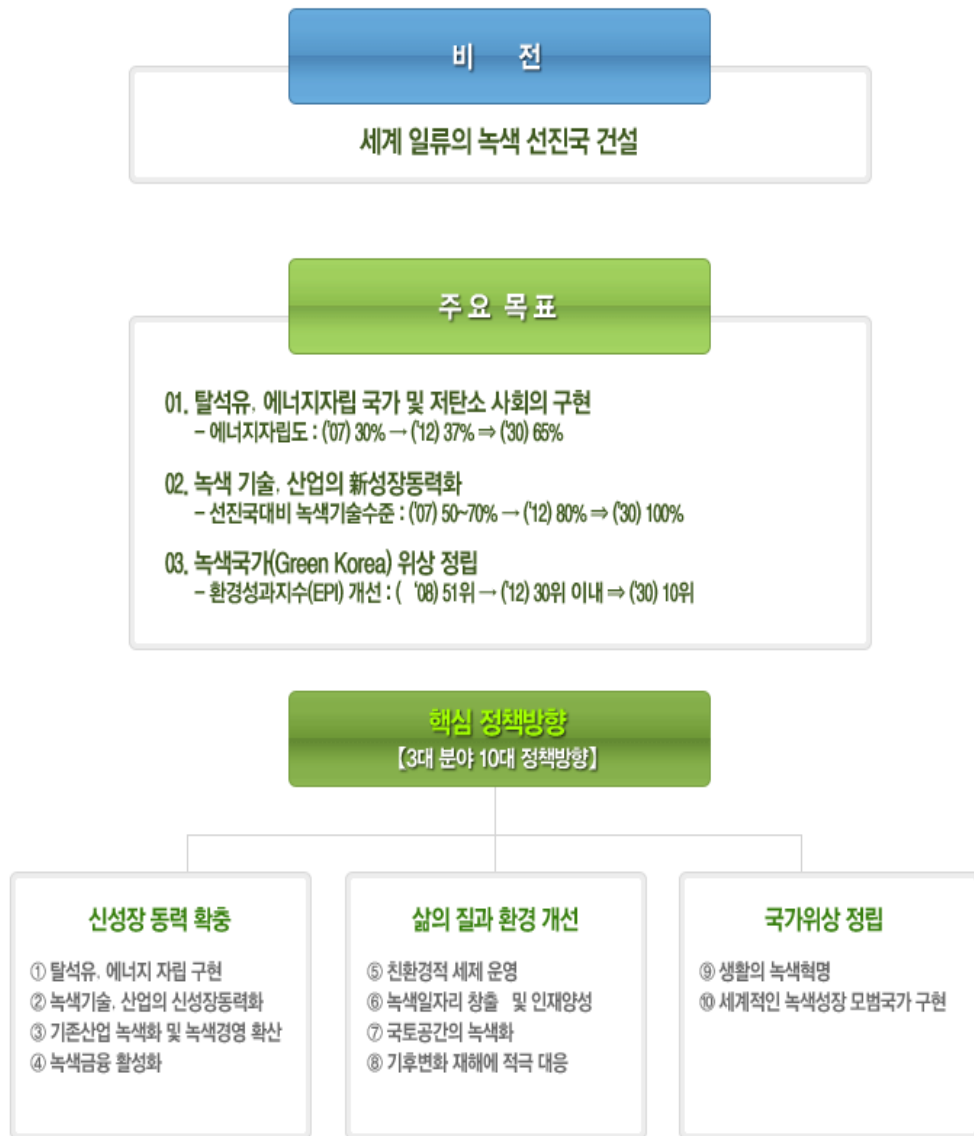
념을 녹색으로 표현해 왔다. 따라서 통상적으로 녹색은 경제성장의 반대되는 개념으로, 즉 생산과 소비를 최소화하는 의미로 사용되어왔기 때문에 일견 ‘녹색’과 ‘성장’의 조합은 상충되는 의미로 보인다. 하지만 ‘녹색’의 방향이 지구환경 문제를 해결하고 인류의 지속가능성을 보장하는 것이라고 한다면 그 과정에서 경제적 기회가 생기게 될 것이고 우리나라는 그 기회를 선점해야 할 것이다. 이미 유럽이나 일본 등 선진국에서는 표현상의 차이는 있을지언정 이 방향으로 많은 노력을 기울이고 있다.



[그림 2-1] 녹색성장의 출현 배경과 구조

덴마크나 독일이 전세계 풍력발전 시장을 주도하는 것이라든지 일본이 태양광발전이나 하이브리드 자동차에서 선도적 입장을 점하고 있는 것도 이런 노력의 결실이다. 상대적으로 뒤처진 미국에서조차 오바마정부가 들어섬과 동시에 신재생에너지 개발계획 등 녹색산업의 육성에 대한 많은 비전을 발표하고 있다.

우리나라처럼 좁은 국토에 산업활동 대부분을 무역에 의존하는 국가로서는 대안이 없는 선택으로 봐야 한다. 환경보호를 위해 근검절약만을 주장한다는 것은 우리나라 경제의 근간이 흔들리는 결과를 초래할 수도 있다. 한편으로는 환경을, 그러나 다른 한편으로는 경제를 고려해야하며 이것이 바로 지속가능 발전의 실체이다. 일례로 1973년 이래 1, 2차 오일쇼크 시기에 “한 등 끄기” 운동에 머물렀던 우리나라와는 달리 일본은 새로운 조명기술개발에 착수했으며 그 결과 조명신기술에서 일본이 세계시장을 주도하는 계기가 만들어진 것을 들 수 있다.



자료 : 녹색성장위원회, 저탄소녹색성장기본법안 설명자료, 2008

[그림 2-2] 녹색성장의 비전과 목표

(2) 녹색성장의 방향

다행히 우리나라는 나름 몇가지 강점을 가지고 있다. 녹색성장의 사업기회가 신기술이 선진국에서 개발도상국으로 이전되는 형태로 진행된다고 볼 때 후발공업국으로서 그 중간에서 매개역할을 할 수 있다는 점을 우선 꼽을 수 있겠고, 이미 세계적인 경쟁력을 보유하고 있는 IT

기술을 앞세워 아예 원천 신기술을 확보해 갈 수도 있을 것이다. 특히 거의 모든 산업분야에서 우리나라는 이미 세계 최고수준으로 에너지효율을 향상시켜왔기 때문에(산업전체의 에너지 의존도는 높으나 개별산업의 에너지효율은 높음) 이 경험과 기술을 녹색산업화 하는 것도 가능할 것이다. 가령 현재 대표적인 녹색산업인 풍력발전이나 태양광 발전설비에 있어서도 원천 기술은 선도국에 비해서 뒤지지만 제작, 설치, 운영부분에 있어서는 충분히 경쟁력을 갖출 수 있으며 연료전지나 전력저장장치와 같은 부분도 국제적인 주도권을 확보할 수 있는 기술로 평가되고 있다. IT기술과 융합해서는 전력망의 효율을 높일 수 있는 Smart Grid기술, 주거공간의 에너지사용량을 최소화 할 수 있는 u-City 기술 등에서의 잠재성을 충분히 갖추고 있다.

현재 정부에서 밝히고 있는 녹색성장의 10대 정책 추진방향은 다음과 같다.

- ① 온실가스를 줄이는 저탄소정책: 생태효율성 향상
- ② 녹색기술의 성장동력화: 기후친화적 산업을 집중육성
- ③ 고도의 융합기술 정책: IT, BT, NT 기술 등의 융합 녹색기술의 개발
- ④ 새로운 일자리 창출: 2030년까지 약 95만명의 일자리창출
- ⑤ 기업의 경쟁력강화: 세계 친환경시장을 선점
- ⑥ 국토·도시·건축·교통개조: 콤팩트 시티형 저탄소공간구조를 지향
- ⑦ 소비패턴까지 바꾸는 생활혁명: 탄소라벨링 및 에코효율성 지표를 개발
- ⑧ 녹색성장은 교육·환경정책: 컴퓨터그래픽, 디지털가상세계, 원격학습, 방송통신융합, 가상현실 등 5대 융합형 콘텐츠개발
- ⑨ 환경친화적인 세제정책: 환경오염에 대한 세금은 강화하되, 법인세 일부감면 등을 통해 조세중립성 유지
- ⑩ 국가브랜드를 높이는 외교정책: 그린코리아 마케팅, 그린리더십 제고

(3) 녹색성장의 여건

우리나라는 후발 공업국가로서 그 동안 낮게 유지되어 온 자원의 가격과 자유무역의 확대추세, 그리고 정부의 강력한 중화학공업 육성정책에 힘입어 선진국 문턱에 도달할 수 있었다. 그러나 대내외적인 상황은 바뀌었으며 이러한 상황에 걸맞는 정부의 새로운 리더십이 필요하게 되었고 녹색성장이 새로운 비전으로 제시되었다. 방향은 확실해 보인다. 지구온난화와 자원고갈은 이미 현실화한 문제이고 녹색산업 이외의 대안은 없어 보인다.

녹색성장을 실천하는 전략으로 정부에서는 녹색기술 연구개발투자를 지금보다 2배 이상 확대하고 그린홈 100만가구 공급, 세계 4대 그린카 생산국 진입 등 구체적인 청사진을 만들고 있다. 또한 녹색성장을 에너지·환경문제뿐만 아니라 일자리와 성장동력 확충, 기업경쟁력과 국토개조, 생활혁명을 포괄하는 개념으로 보고 있는데, 교통, 건축, 문화 등 모든 사회·경제활동과 사회시스템을 포함하며, 심지어 개인의 라이프 스타일도 포함하는 광범위한 변화를 꾀하고 있는 것이다. 이런 과정을 통해서 우리나라가 국제사회의 책임있는 일원으로서 인류의 지속가능한 발전에도 기여하고 개도국지원 등을 통해 국가품격과 브랜드를 높이는 한편 우리나라의 미래 먹거리를 확보해가는 계기도 만들 수 있다.

2) 녹색뉴딜 정책

(1) 배경과 영역

녹색뉴딜은 정부의 역할을 전제로 환경분야 공공 투자와 이를 통한 일자리 창출을 의미한다. 녹색뉴딜은 경제를 시장 메카니즘으로 복원시키기 위한 비상 조치로 사회간접자본과 환경기반 강화에 기여할 수 있어야 하며, 경제적 위기에 처해 있기 때문에 환경만의 논리를 주장할 수만은 없는 상황인식을 전제로 하고 있다. 또한 녹색뉴딜 성공을 위해서는 첫째, 녹색뉴딜은 환경성을 전제로 이루어져야 하고, 둘째, 녹색뉴딜의 연속성이 보장되어야 한다. 즉, 경제가 조금 호전되었다고 해서 녹색뉴딜 사업이 중도에 포기된다면 진정한 의미의 녹색뉴딜을 이룰 수 없을 것이다. 녹색뉴딜을 통하여 경제와 환경의 선순환 또는 병행 발전을 이룰 수 있어야 한다.

녹색뉴딜 사업은 저탄소·친환경·자원절약 등 녹색성장 전략에 고용창출 정책을 융합한 사업으로 녹색경제 구현을 통한 일자리 창출을 목표로 하고 있다. 주력분야로는 녹색 SOC, 저탄소·고효율 산업기술, 친환경·녹색생활 분야가 있으며, 9개 핵심사업과 27개 연계사업으로 구성되어 있다. 녹색 SOC 분야의 경우 4대강 살리기 및 주변 정비사업, 녹색 교통망 구축, 녹색 국가 정보인프라 사업 등이, 저탄소·고효율 산업기술 분야에는 대체 수자원 확보 및 친환경 중소 댐 건설, 그린카·청정에너지 보급, 자원 재활용 확대 사업 등이 포함되어 있다. 또한, 친환경·녹색생활 분야에는 산림 바이오매스 이용 활성화, 에너지 절약형 그린 홈·오피스 및 그린스쿨 확산, 쾌적한 녹색 생활공간의 조성사업 등이 포함되어 있다. 정부에서는 2012년까지 50조

492억 원을 투입하여 95.6만개의 일자리를 만든다는 계획인데 녹색 SOC 추진에 29조 8,811억 원, 저탄소·고효율 산업기술에 6조 7,695억 원, 친환경 녹색생활에 13조 3,986억 원을 투자할 예정이다. 이에 따른 일자리 창출효과는 녹색 SOC 분야에서 45만 8,171명, 저탄소·고효율 산업기술 분야에서 10만 886명, 친환경 녹색생활 분야에서 39만 7,363명 등 총 95.6만 개의 일자리를 만들 수 있다.

국가발전 아젠다로서 「녹색성장」 비전 선포이후, 각 부처별로 관련 정책들을 적극 입안하고 있는데 각 사업간 연계를 확보하고 중복투자를 방지하기 위한 전략적 실천방안의 마련이 필요한 시점에서 국민들이 구체적으로 손에 잡히는 정책으로 인식할 수 있도록 재정과 연계하여 정책 패키지화가 필요하다. 이 경우 녹색과 뉴딜을 함께 추진함으로써 잠재적 성장동력 뿐만 아니라 일자리 창출 등 구체적 성과를 얻을 수 있는 정책으로 승화·발전되어야 하는데, 저탄소·친환경·자원절약 등 녹색성장 전략에 고용창출 정책을 융합하여 녹색뉴딜 사업을 구성하게 된다. 이를 위해서는 분야별로 중복되고 지향점이 불분명한 녹색사업들을 체계적으로 통합하여 정책 효과를 극대화하고, 녹색경제 구현과 지구환경 보전을 선도할 수 있어야 한다.

정책이 실제로 작동·집행될 수 있도록 효율적 역할분담의 예로는 녹색성장위원회 및 기획단은 정책방향·전략 설정 및 평가에 중점을 두고, 기획재정부는 부처간 중복사업 조정과 연계사업간 우선순위를 설정하는 재정조정·지원체계 운용에 중점을 두고 있다. 실행부서로서 각 부처는 녹색뉴딜 사업의 발굴 및 선정된 사업의 집행을 맡고 있다.

녹색뉴딜의 포괄범위는 녹색경제로의 이행을 촉진하고 성장과 일자리를 창출할 수 있는 사업을 중점으로 선정하는데 주요 사업은 다음의 범주로 구분된다.

- ① 에너지 절약, 자원재활용 및 청정 에너지 개발 등 자원절감형 경제 구축 사업
- ② 녹색 교통망 구축, 맑은 물 공급 등 편리하고 쾌적한 생활환경 및 삶의 질을 높이기 위한 사업
- ③ 탄소 저감, 수자원 확보 등 지구 장애와 차세대 안전을 위한 선제적·예방적 사업
- ④ 산업·정보 인프라 구축, 기술개발 등 미래 대비와 에너지 효율을 높이기 위해 필수적인 사업

다른 정책·전략과의 관계를 고려하여 녹색뉴딜 사업은 한국형 뉴딜과 신성장동력 사업 중 녹색 연관성과 성장·일자리 창출 효과가 큰 사업, 기타 녹색사업 중 일자리 창출 효과가 큰

사업을 중심으로 구성한다. 뉴딜사업이 일자리 창출용 대규모 공공투자 사업이라는 점을 감안하면 공공부문의 투자사업을 중심으로 선정하게 된다.



자료 : 녹색성장위원회, 녹색뉴딜 설명자료, 2009

[그림 2-3] 녹색뉴딜의 사업영역

(2) 녹색경제 구상

2008년 10월 국제연합 환경계획(UNEP)은 세계 저명 경제전문가들과 협력하여 녹색경제 구상(GEI; Green Economy Initiative)을 출범하였고, 향후 2년간 녹색경제 연구 수행하여 2010년에 연구를 완료할 예정이다. GEI의 목적은 청정기술 및 산림 · 토양 등 자연 인프라 투자로 세계 경제의 초점을 이동하고, 실질성장 · 기후변화 대응 · 고용증대 달성을 이끌어 내기 위한 시도에 중점을 두고 있다. 이를 위해 화석연료에 대한 의존에서 탈피, 청정 · 지속가능한 에너지 자원을 개발하여 기존 경제성장 모델을 친환경적인 신경제성장 모델로 바꾸기 위해 적극적인 정부 개입을 도모할 예정이다. 이는 1930년대 미국 경제공황을 극복하기 위한 루스벨트대통령의 뉴딜에 착안하여 전세계적인 3F(food, fuel, financial crisis) 위기를 해결하기 위한 전세계의 녹색뉴딜로 자리매김할 예정이다. 이를 통해 2010년까지 녹색산업 시장, 공공지출 및 정책에 대한 재조명 작업을 통해 각국의 경제위기 극복 및 녹색 경제성장 전략 수립 지원을 포함하고 있다.

세부 추진 계획으로는 전지구적 녹색뉴딜을 위한 5대 이행분야 중점요소로 다음과 같이 제시하고 있다.

① 재생에너지를 포함한 친환경 청정에너지 및 친환경 기술

- ② 유기농법을 포함한 지속가능한 농업
- ③ 생태계 인프라 투자
- ④ 토양 및 산림 난개발로 인한 오염 감소
- ⑤ 도시계획, 운송, 건축 등 녹색성장을 감안한 지속가능 도시

(3) 녹색뉴딜 평가지표

정부에서는 녹색뉴딜 사업으로 에너지 절약, 자원재활용 및 청정에너지 개발 등 자원 절감형 경제 구축 사업, 녹색교통망 구축, 맑은 물 공급 등 편리하고 쾌적한 생활환경 및 삶의 질을 높이기 위한 사업, 탄소 저감, 수자원 확보 등 지구 장애와 차세대 안전을 위한 선제적·예방적 사업, 산업·정보 인프라 구축, 기술개발 등 미래대비와 에너지 효율을 높이기 위해 필수적인 사업 등을 설정하고 있다. 이러한 분류체계에서 볼 때 정부에서 발표한 사업은 ‘녹색성장 비전’을 보다 구체화한 것이지만 일부 언론에서는 녹색뉴딜 사업을 대규모 토목사업이라고 평가를 받는 이유는 녹색성장 사업임을 인식할 수 있는 지표가 함께 제시되지 못했기 때문이다.

경제위기를 타개하기 위해 추진하고 있는 4대강 살리기 등 녹색뉴딜 사업이 얼마의 온실가스를 저감하는지, 그에 따른 환경비용 감소효과는 얼마인지 등의 녹색성장지표의 개발과 적용을 통해 사업효과를 홍보한다면 훨씬 설득력을 가질 수 있다. 녹색성장이라는 패러다임의 전환에 따라 추진되는 사업들이 국제적으로 공인받을 때 사업성과를 보다 객관화시킬 수 있을 것이다.

2. 에너지 정책

1) 국가에너지기본계획

(1) 배경과 성격

에너지 분야는 화석연료 자원의 고갈, 기후변화 등 인류사적 도전에 직면하고 있으며, 각국은 미래지향적 에너지정책을 국가적 과제로 추진하고 있다. 중장기적 관점에서 에너지정책의 기본방향을 설정하여 국민경제의 건전한 발전에 필요한 에너지자원의 확보, 국내 수급안정 및 안정적 공급 인프라 확충, 에너지 이용의 합리화 등에 체계적인 대응이 요구되고 있다. 특

히 미래지향적 정책방향을 제시하여 에너지 관련 환경 피해요인을 최소화하고, 에너지관련 기술의 개발촉진에 관한 국가에너지 정책목표를 효과적으로 달성하기 위하여 우리나라는 제1차 국가에너지기본계획(2008~2030)을 수립하였다. 이는 에너지정책 관련 최상위 국가 전략계획으로 에너지 관련 모든 분야를 대상으로 하며, 다른 에너지 관련 계획과 체계적으로 연계하고 거시적인 관점에서 조정하는 기본계획의 성격을 갖고 있다. 즉, 에너지원별, 부문별 등 다른 에너지 관련 계획에 대하여 원칙과 방향을 제시하는 성격을 가지는 상위 계획이며, 작성단계부터 이해당사자인 각 부처, 에너지공급자, 시민의 참여 및 공론화를 거쳐 다양한 의견 수렴 및 계획 실현 과정에서의 정당성을 확보하는데 중점을 두고 있다.

에너지기본법 제6조1항에서 20년을 계획기간으로 하는 국가에너지기본계획을 5년마다 수립·시행하도록 규정하고 있다. 국가에너지기본계획의 주요 내용은 다음과 같다(에너지기본법 제6조3항).

- 국내외 에너지수급의 추이와 전망
- 에너지의 안정적 확보·도입·공급 및 관리를 위한 대책
- 신재생에너지 등 환경친화적 에너지의 공급 및 사용에 관한 대책
- 에너지이용합리화와 이를 통한 온실가스 배출 감소대책
- 에너지의 안전관리를 위한 대책
- 에너지 관련 기술의 개발 보급
- 에너지관련 전문인력 양성
- 에너지 정책 및 관련 환경정책의 국제적 조화와 협력
- 국내 부존 에너지자원 개발 및 이용

〈표 2-1〉 에너지부문 녹색성장의 5대 비전

5대 비전	지표	2006년	2030년
에너지자립사회 구현	자주 개발율	3.2%	40%
	신재생에너지 보급률	2.2%	11%
	폐자원 및 바이오에너지 보급률	1.8%	7%
에너지 저소비사회로 전환	에너지 원단위(TOE/GDP천\$)	0.347	0.185
탈석유사회로 전환	석유 의존도	43.6%	33%
더불어 사는 열린 에너지사회 구현	에너지빈곤층 비율	7.8%	0%
에너지설비 및 기술수출국 도약	에너지기술 수준	60%*	100%

자료 : 국무총리실, 국가에너지기본법안 설명자료, 2008

주 : 에너지기술 수준은 선진국=100 기준

에너지부문 녹색성장의 5대 비전 실현을 위해 지속적인 경제성장을 뒷받침하고 미래세대의 수요를 고려한 에너지안보(Energy Security), 에너지효율(Energy Efficiency) 및 친환경(Environmental Protection)을 에너지 정책의 목표로 설정하고 있다.

① 에너지안보 : 지속적 경제성장을 위한 에너지의 안정적 공급

- 전략적 해외자원개발을 통해 에너지·자원의 자주개발을 제고
- 석유비축 등 위기를 대비한 안정적 에너지 공급 인프라 확충

② 에너지 효율 : 세계 최고 수준의 에너지효율 시스템 구축을 통한 에너지 수요 적정 관리

- 설비·기기의 효율향상, 에너지 사용 적정화 및 총소요 에너지 최소화를 위한 제도·시스템 확충
- 에너지 분야 R&D 투자확대를 통한 성장잠재력 제고

③ 에너지 환경 : 환경친화적 에너지 시스템 구현

- 신재생에너지의 보급 확대 및 전략적 산업화 추진
- 국민경제적 부담을 최소화하고, 국제적으로 수용가능한 감축목표 수립 및 배출권 거래

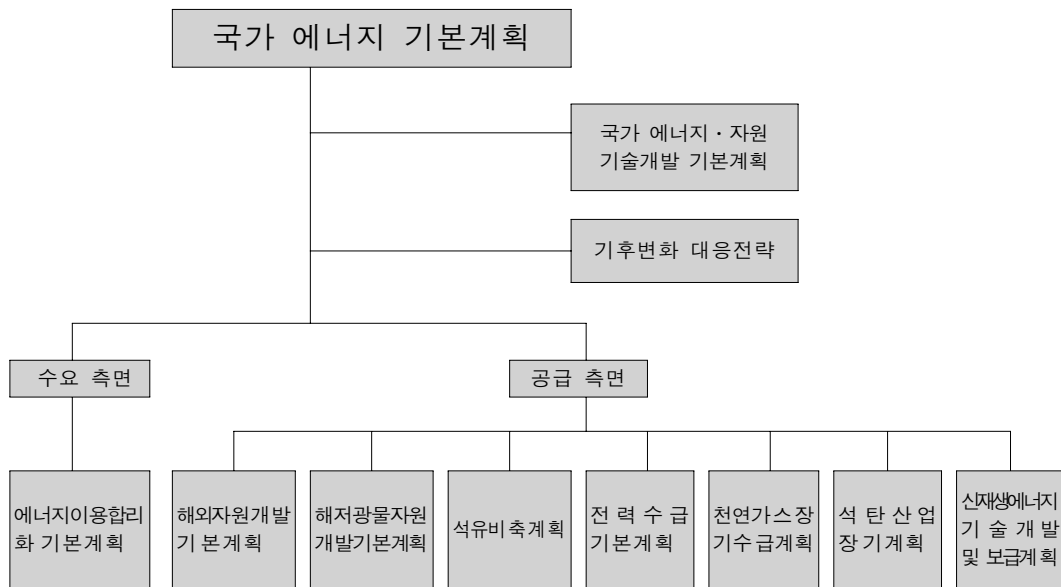
제도를 통한 탄소시장 활성화

- 탄소중립을 위한 그린스타트 실천 등 “국민참여형 에너지절약 실천운동”을 통해 에너지절약적, 환경친화적 생활양식 확산

〈표 2-2〉 우리나라 에너지정책의 SWOT

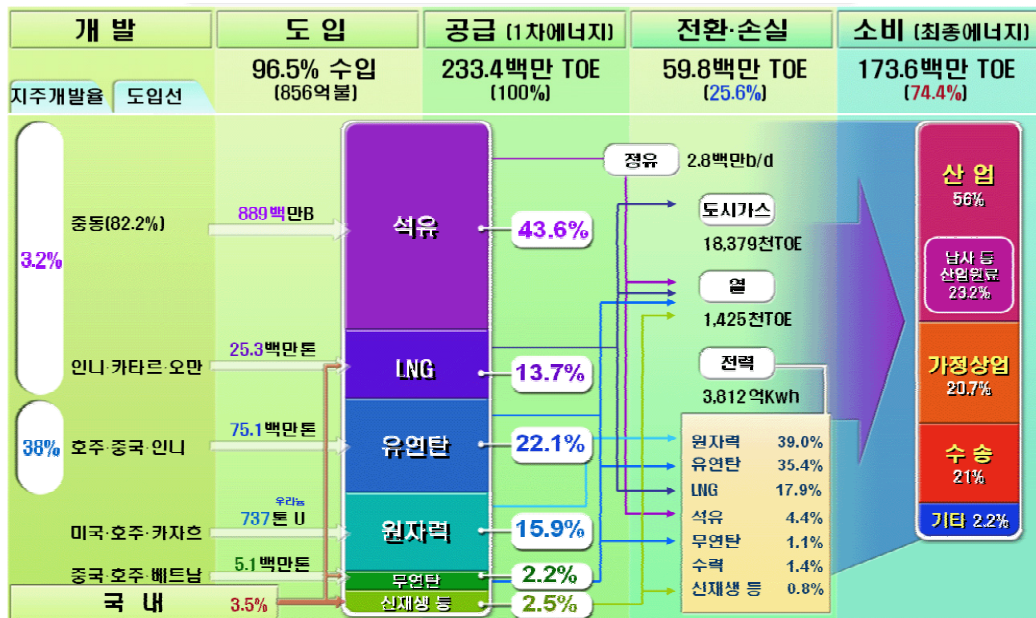
강점	약점
<ul style="list-style-type: none"> · 원전 등 전력부문 자체 기술력 축적 · 산업부문의 높은 에너지효율 · 총 에너지사용량 대비 낮은 탄소집약도 · 에너지수요증가 모멘텀 약화 전망 · 에너지 인프라 구축, 운영 	<ul style="list-style-type: none"> · 높은 에너지자원 대외 의존도 · 성장잠재력 저하 · 양극화 심화 · 높은 제조업 비중 · 국민권리의식 증대 · 쾌적한 환경에 대한 욕구 증대
기회요인	위협요인
<ul style="list-style-type: none"> · 브릭스의 경제성장 · 에너지시장 글로벌화 · 동북아 에너지협력의 중심국가 · 자원이 풍부한 북한과의 자원협력 	<ul style="list-style-type: none"> · 장기 고유가 시대 · 온실가스 감축 현실화 · 에너지자원 접근 한계성 · 에너지서비스 시장 개방 압력 증대

자료 : 국무총리실, 국가에너지기본법안 설명자료, 2008



자료 : 국무총리실, 국가에너지기본법안 설명자료, 2008

[그림 2-4] 에너지 분야 중장기 계획



자료 : 국무총리실, 국가에너지기본법안 설명자료, 2008

[그림 2-5] 우리나라 에너지 수요공급 (2006년 기준)

(2) 기후변화 대응역량

국가에너지기본계획에서는 기후변화가 인류의 화석연료 사용 증가에 따른 지구온난화 효과에 기인하였다는데 공감하고, 온실가스 감축을 위한 범지구적 노력에 동참하여 저탄소형 경제구조로 전환 추진을 목표로 하고 있다. 기후변화 대응을 위해 우선 경제적·사회적 비용을 고려한 국가 감축목표를 수립하고, 온실가스 감축을 추진하기 위해 산업계의 자발적 감축노력을 지속 지원하며, 인센티브 제공 등 시장메커니즘 확충을 통해 탄소시장을 활성화하는 한편, 발전부문을 중심으로 부분적인 신재생에너지 공급의무제도 도입을 반영하고 있다. 특히 온실가스 배출량과 관련하여 우리나라의 경제 여건, 산업구조, 기술수준 등을 고려하여 최적화된 국가 감축목표를 수립하고, 감축기술별 비용분석, 대내외 여건 등을 고려하여 단계적 감축목표를 수립하도록 하고 있다.

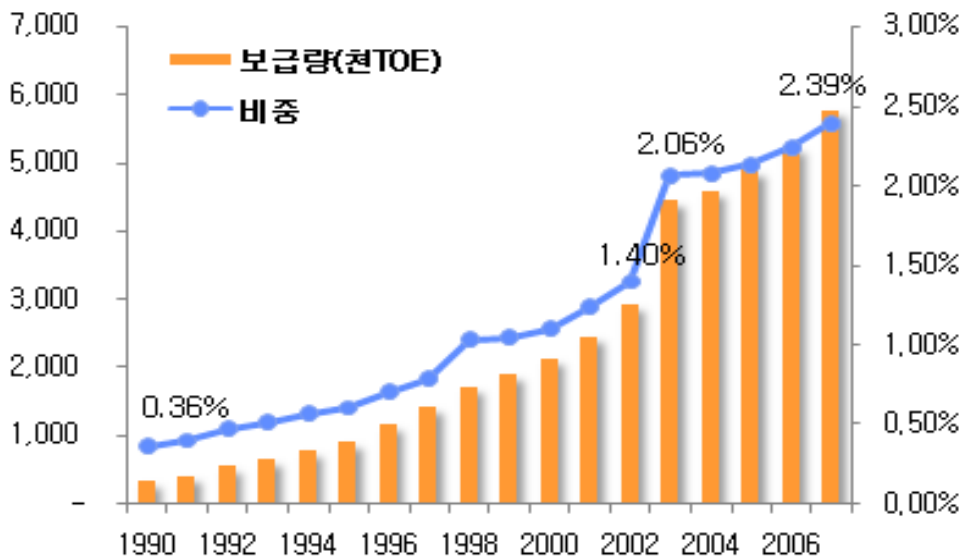
탄소중립 프로그램 등을 통한 감축실적 구매수요 창출, 탄소펀드 조성을 통한 원활한 자금조달, 전문기관의 컨설팅 제공 및 배출권 전문거래기업 육성을 통한 탄소시장 활성화와 기존의 자발적 협약에 근거한 산업계의 자발적 감축노력을 강화하고 발전회사에 대해 신재생에너지 전력생산 할당량 협약(RPA)을 의무화하는 등 부분적 규제정책을 도입하고 있다. 또한 기후변화 대응을 계기로 온실가스 감축을 위한 기술개발에 선도적 역할을 부여하고, 기술경쟁력 제고를 통해 신규 수요를 창출하고 새로운 성장동력으로 육성한다. 선진국과의 기술정보 교류, 공동 기술개발을 통해 선진기술을 도입하고 개도국 등 신흥시장 진출거점 마련을 위한 전략적 기술협력을 추진하도록 한다.

2) 신재생에너지 보급 확대 및 성장동력화

(1) 정책목표 설정: 신재생에너지 보급 확대

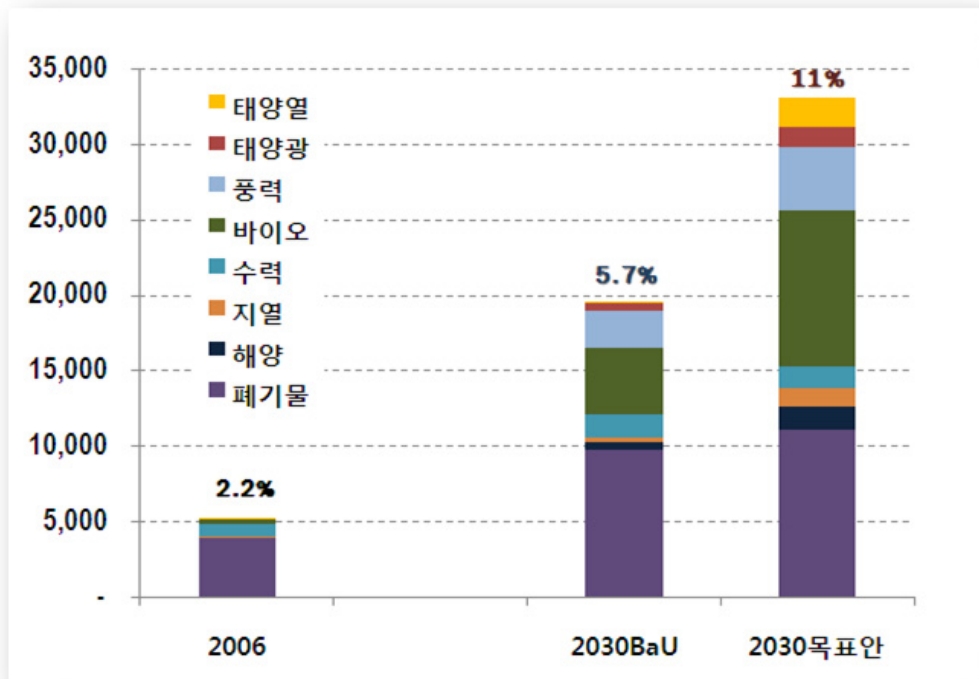
고유가가 구조적으로 지속될 수 있다는 전망과 개도국 중심의 수요증가, 공급의 한계 등 어려운 에너지 수급 여건 속에 에너지 자립을 위한 대안으로 신·재생에너지 보급 확대 필요성이 대두되고 있다. 대외여건의 변화요인으로는 EU의 배출권 거래제도 시행과 교토의정서 발효(2005) 등 본격적인 환경경제시대가 도래함에 따라 청정에너지원인 신·재생에너지의 중요성 강조되고 있다.

이러한 에너지 관련 여건 변화에 대응하기 위해 최근 세계 각국이 신·재생에너지 보급을 확대함에 따라 신·재생에너지 시장이 급속히 성장하고 있어 신성장 산업으로 부각되고 있다. 따라서 풍력 등 빠른 시일 내에 경제성이 확보될 것으로 예상되는 에너지와 바이오에너지, 해양에너지 등 투자대비 보급효율이 높은 신·재생에너지원을 바탕으로 대량보급체제를 구축할 필요가 있다. 태양광, 풍력, 수소·연료전지 등 산업 파급효과와 시장 잠재력이 큰 분야에 대한 전략적 R&D를 강화하고 정부지원을 지속하여 수출산업화 함으로써 차세대 성장동력으로 육성할 필요가 있다.



자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급현황, 2008

[그림 2-6] 신재생에너지 보급 현황



자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급현황, 2008

[그림 2-7] 신·재생에너지 보급 목표설정

(2) 정책목표 달성 : 선진국 수준의 기술 수준 확보

2006년 한국의 신·재생에너지 보급률은 1차 에너지 대비 2.24%로 선진국들에 비해 저조한 실정인데, 2007년 신·재생에너지 보급량은 5,757 천TOE으로 총 에너지 사용량의 2.37%를 차지하고 있다. 특히 폐기물에 대한 의존도가 높으며(2006년 기준 76.1%), 태양광, 풍력 등 자연 재생에너지원의 비중이 낮은 구조적 문제점을 안고 있다. 우리나라의 신·재생에너지 기술 수준은 약 71% 수준으로 평가되고 있으며 국산화율은 이보다 다소 낮게 평가된다.

〈표 2-3〉 주요국가의 신·재생에너지 보급률

구 분	한국	미국	독일	일본	영국	프랑스	덴마크
공급비중(%)	2.24	4.4	4.6	3.0	1.6	5.7	15.1

* 한국은 2006년, 외국은 2005년 실적임 (IEA 기준)

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급현황, 2008

〈표 2-4〉 연도별 신재생에너지 공급 추세

연도	태양열	태양광	바이오	풍력	수력	연료 전지	폐기물	지열	합계	1차에너지 (kTOE)	비율 (%)
1996	32,016	639	50,421	87	20,349	0	1,056,440	0	1,159,952	165,209	0.70
1997	45,543	775	67,582	202	22,451	0	1,282,457	0	1,419,010	180,639	0.79
1998	43,957	949	63,178	369	27,228	0	1,577,194	0	1,712,875	165,932	1.03
1999	42,105	1,143	64,949	1,460	27,123	0	1,760,510	0	1,897,290	181,365	1.05
2000	41,689	1,321	82,004	4,171	20,456	0	1,977,662	0	2,127,303	192,888	1.10
2001	37,174	1,546	82,457	3,148	20,933	0	2,308,001	0	2,453,259	198,410	1.24
2002	34,777	1,761	116,790	3,720	27,645	0	2,732,515	122	2,917,330	208,636	1.40
2003	32,914	1,938	131,068	6,216	1,225,587	0	3,039,312	393	4,437,428	215,067	2.06
2004	36,143	2,468	134,966	11,861	1,082,341	0	3,313,273	1,355	4,582,407	220,238	2.08
2005	34,729	3,600	181,275	32,472	918,504	526	3,705,547	2,558	4,879,211	228,622	2.13
2006	33,018	7,756	274,482	59,728	867,058	1,670	3,975,272	6,208	5,225,192	231,520	2.24
2007	29,375	15,325	370,159	80,763	780,899	1,832	4,319,309	11,114	5,608,776	236,454	2.37

신재생에너지 보급확대의 주요 변수로는 타 에너지원에 비해 경제성이 낮아 민간주도의 시장창출 및 보급 확대에는 한계가 있으므로 정부의 지원확대와 이를 위한 예산 확보가 중요하며, 신·재생에너지 보급에 대한 대국민 홍보 및 교육을 지속하여 사회적 수용성을 높일 필요가 있다.

우리나라의 2030년 신·재생에너지 11% 보급목표는 해외 선진국에 비해 크게 뒤지지 않는 목표 수준으로 EU는 2020년까지 최종에너지 기준 20%를 목표로 제시하고 있으나 회원국별로 각국의 여건에 맞는 다양한 목표를 설정하고 있다. 미국, 일본은 보급목표를 제시하지는 않고 있으며 시나리오 설정을 통해 신·재생에너지 공급비중을 전망하고 있다.

신·재생에너지 11% 보급 목표는 2030년까지 보급률을 선진국 수준으로 제고하고 내수기반을 갖추 수 있는 수준으로, 핵심분야를 바탕으로 하여 선진국 수준의 기술 수준을 확보함으로써 해외시장으로 진출하고 신성장동력으로 육성할 수 있는 기반을 마련하는데 정책목표를 두고 있다. 5대 중점보급분야인 태양광, 수소연료, 풍력, 석탄가스화(IGCC), 바이오에너지를 중심으로 한 대량보급체계 구축은 하드웨어 및 소프트웨어 인프라 확충, 신·재생에너지 산업의 자생력 확보를 위한 시장메커니즘 도입이 필요한 상황이다.

신·재생에너지산업을 차세대 성장동력으로 육성하기 위해 시장 성장성과 산업과급효과가 큰 4대 핵심분야를 중심으로 한 전략적 R&D 강화와 에너지원별 특성을 고려한 산업화 지원 정책 추진을 통해 수출산업으로 육성하여 세계 시장 주도권 확보에 정책 목표를 두고 있다.

(3) 정책목표 실현 : 제도 정비 및 전략적 육성

중기적으로는 신·재생에너지 재원을 확충하고 예산대비 보급효과가 큰 바이오에너지, 해양에너지, 폐기물에너지 보급에 대한 지원을 강화하고, 장기적으로는 새로운 신·재생에너지 발굴, RPS 제도 등의 시장 메커니즘 도입, 청정개발사업과의 연계 등을 통해 민간참여를 활성화하고 신·재생에너지 시장의 자생력을 확보한다. 시장 성장 가능성이 높고, 우리나라가 경쟁력을 확보할 수 있는 핵심분야에 대한 전략적 R&D 및 차별화된 투자전략을 통해 차세대 성장동력으로 육성한다. 이러한 정책실현을 위한 세부적인 로드맵은 다음과 같이 설정하고 있다.

신·재생에너지 보급 지원 강화를 위해 관련 재원 확충은 전력산업 기반기금 확대 조성, 기타 교통·에너지·환경세에서 에특회계로 전입된 자금의 경우 원래의 목적에 부합되게 신·재생에너지 부문에 지원을 확대하도록 한다. 이를 위해 관련부처 협의체를 마련하여 각 기관의 신·재생에너지 관련 보급계획 및 예산확보 계획을 협의하도록 한다. 예산지원 효과가 큰 바이오 연료, 폐기물 연료 등에 대한 지원 강화방안으로 바이오디젤 혼합비율을 확대하고 원료의 안정적 공급 기반 구축을 위해 국산 유채종 개발 및 해외플랜테이션 추진한다. 생활폐기물

및 가축분뇨를 이용한 열병합 발전과 수송용 바이오가스 생산 등 폐기물의 에너지 자원화 지원하고, 목질계 바이오매스를 이용한 열병합 발전의 활성화를 위해 숲가꾸기 부산물 및 폐목재 활용, 순환림 조성 등을 통한 목질계 바이오매스 공급체계 구축한다.

새로운 신·재생에너지 분야 발굴·지원을 위해 파력, 조류, 온도차 발전 등 잠재력이 큰 해양에너지의 기술개발 및 보급 지원방안으로 해조류(micro-algae, macro-algae) 등 바이오 연료 및 수소 대량 제조원 개발을 지원한다.

신·재생에너지 확산을 위한 제도적 기반 구축방안으로 시장기능 강화를 위한 제도의 시행은 RPS 도입을 통해 에너지 사업자에게 일정비율의 신·재생에너지 공급을 의무화함으로써 신·재생에너지 보급 확대에 기여하고, 업계의 자율경쟁을 유도하여 신·재생에너지 가격이 시장 메커니즘 하에서 작동할 있도록 인증서 거래(TREC)를 활성화 한다.

기후변화 저감대책의 일환으로 청정개발사업(CDM)과의 연계, 녹색가격제도(Green Pricing) 도입 등 다양한 제도를 통한 신·재생에너지 수요 창출을 유도한다.

신도시, 공동주택 건설시 신·재생에너지 보급 의무화 방안으로 혁신도시, 신도시와 일정규모 이상의 공동주택 단지 건설시 신·재생에너지 공급을 의무화 한다.

장기적으로 수소경제로의 이행 기반 조성을 위해 수소·연료전지의 산업화 기반 조성 등 수소·연료전지 보급 확대를 위해 관련 제도를 정비하고, 수소제조·저장·공급 등 안정적 인프라를 구축한다.

신·재생에너지 분류체계 정비 및 표준화를 위해 현행 신·재생에너지 분류체계를 IEA, OECD 등 국제기준에 부합하도록 재조정하여 정보의 비교가능성 및 신뢰성을 제고한다. 이렇게 하여 수출산업화 잠재력이 큰 품목에 대해 국제 표준화를 지원하여 세계시장 확보를 위한 기반을 마련한다.

전략적 지원을 통한 신성장 산업 육성방안으로 태양광, 풍력, 수소·연료전지 등 산업적 파급효과가 큰 핵심분야를 중심으로 신성장 산업화에 중점을 둔다. 전략분야 R&D지원 강화를 통해 2006년 선진국대비 70% 수준인 기술수준을 2030년까지 선진국 수준으로 향상시키고, 대기업 및 기술력을 가진 기업들에 대한 정부지원을 통해 참여를 유도함으로써 반도체, 기계 분야의 축적된 기술을 바탕으로 수출 산업화를 도모한다.

〈표 2-5〉 신재생에너지 정책 로드맵 요약

	지속 또는 강화	신규 검토
중기 (2008-2012)	<ul style="list-style-type: none"> · 핵심분야 전략적 R&D 지원 강화 및 산업화 촉진 · 법제도 정비를 통한 수소·연료전지의 상업화 기반조성 · 발전차액지원제도의 개선 	<ul style="list-style-type: none"> · 수송용 바이오연료의 안정적 원료 확보 방안 · 목질계바이오매스 및 자원순환형 에너지의 이용 확대 · 해상풍력 및 석탄IGCC 기술개발 및 보급 촉진
장기 (2013-2030)	<ul style="list-style-type: none"> · 4대 핵심분야의 해외시장 진출 및 주도권 확보 · 수소 제조, 운반, 저장 및 이용 인프라 구축 · 신·재생에너지 의무화(RPS) 제도 도입 	<ul style="list-style-type: none"> · Green Power Market 도입 · 배출권거래제와 연계한 신규시장 진출 · 해양에너지, 해조류 등 공급 잠재량이 큰 신·재생에너지 개발 및 보급

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급현황, 2008

3) 충청남도 지역에너지 정책

(1) 충청남도 지역에너지계획

충청남도 지역에너지계획조사연구(2007)는 충남의 에너지 수급, 온실가스 배출 현황과 전망 분석을 토대로 지역에너지사업 도출을 제시하고 있다. 세부적으로 온실가스 저감방안은 대기오염물질 배출과 연계 감축하는 연료전환, 저공해기술 보급, 신재생에너지 확대 등을 제시하고 있으며, 지역에너지 사업으로 청천지 소수력사업, 제로에너지타운(ZET) 조성, 지열에너지사업 등이 있다.

위 연구는 신·재생에너지사업 발굴이라는 의의가 있으나, 지역에너지정책 측면에서는 장래

목표나 비전, 전략 등을 제시하지 못하고 있다. 구체적인 부문별 종합적인 에너지 정책의 제시가 미흡하며, 국지적이고 개별적인 에너지사업 열거, 제시에 한정하고 있다.

(2) 충청남도 지역에너지 정책 분석

① 에너지 과소비형 시스템

충남은 전국적인 전력생산기지로 국가경제에 기여하고 있으나, 우리나라가 2013년 Post-Kyoto 체제에 가입하여 국제적인 온실가스저감 의무를 질 경우 기후변화에 취약한 발전체제로 인한 경제적 위협요인으로 작용할 우려가 있다. 특히 석탄화력 위주의 발전시스템으로 구성된 전국 최대의 온실가스 배출지역이다. 국내·외적으로 중앙집권적 에너지체계가 지자체 책임과 중심의 분권적 시스템으로 점차 전환되는 추세임을 감안할 때, 현행 에너지 수급체계로는 향후 더 큰 위협으로 작용할 수 있다.

지역산업 구조는 에너지 다소비 중심으로 충남의 1인당 최종에너지 소비는 8.29TOE로 전국 평균의 2.3배에 달하고 있고, 부문별로는 산업부문이 78%인 6.46TOE로 전국평균(=2.01TOE)의 3.2배로 에너지 소비의 절대량 차지한다. 화합물및화학제품제조업의 경우 연료·전력 소비가 65%를 차지한다.¹⁾ 가정·상업, 수송, 공공 기타 부문에서도 1인당 에너지 소비량(=1.84TOE)이 전국평균인 1.58TOE를 초과하고 있는데, 충남의 전 경제부문에서 에너지 소비가 전국평균을 초과하는 것은 지역적 특수성이 있을 수 있으나, 에너지 소비를 줄이는 수요관리정책의 시급성이 대두되고 있다.

② 지속가능성과 에너지정책

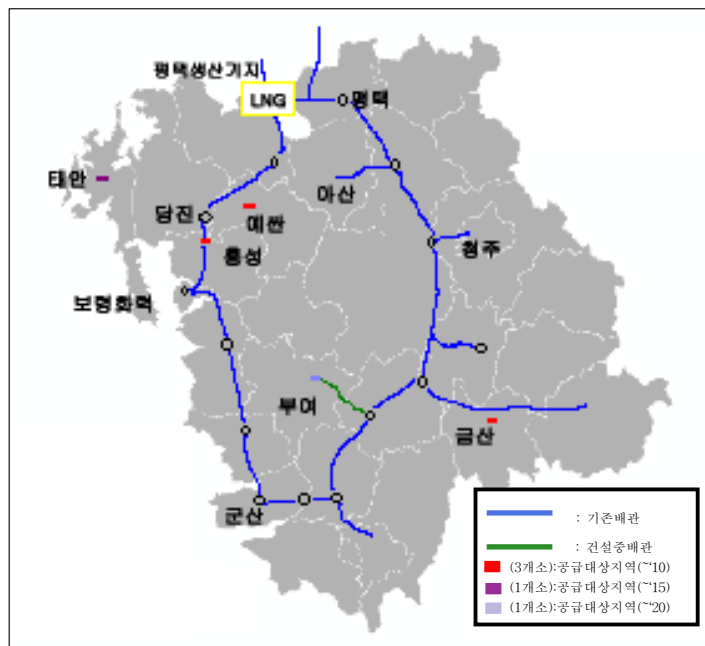
현재의 전력수급계획은 화석연료공급 위주로 중앙정부는 증대되는 수도권지역 전력수요를 충남지역 화력발전시설로 충당할 계획이 추진되고 있어 과도한 온실가스 배출이 계속적인 석탄화력 발전설비 증설로 더욱 심화될 예정이다. 제3차 전력수급계획(2006)은 충남의 화석연료 의존성을 심화시켜 장기적으로 에너지 지속가능성을 악화시킬 우려가 있다.

에너지 지속가능성을 향상시키기 위한 정부정책 부재상태에서 화력발전소 증설에 따른 주변지역 주민에 대한 보상은 있으나, 온실가스 배출관리 차원의 대책은 충남도와 3개 발전회사

1) 통계청(www.kosis.kr) (시도/산업분류별 연료 및 전력사용량)

간의 자발적 협약으로 2013년까지 2007년 대비 5% 감축을 목표로 하고 있다. 그러나 발전시설 증설을 주도하는 중앙정부와 한전 차원에서 온실가스 배출에 상응한 청정에너지 개발·보급 지원 등은 태안화력에 300MW 규모의 IGCC 발전을 추진하는 정도로 규모대비 미흡한 상황이다. 그리고 기초에너지 사용 보장차원에서 추진되는 도시가스 보급은 2006년 기준으로 서울 95.1%, 경북48.8%, 강원 49.9%인데 비해 충남 37.3%로 상당히 낮은 수준인데, 향후 공급계획은 2015년까지 태안, 2020년까지 부여로 설정되어 있다.

그리고 신·재생에너지 확대를 위한 대책으로는 충남지역 신·재생에너지 투자자금 지원은 전국 대비 2.9%로 16개 시·도 중 12위에 불과하며, 신·재생에너지 생산비율도 1.4%로 전국 11위로 정책추진이 미미한 수준이다. 충남 차원의 장기 에너지관리계획도 장기목표나 비전, 전략을 담은 종합대책이기보다는 단기간 부분적인 시설 설치중심으로 구성되어 있다. 다만, 기후변화 대응과 신·재생에너지 정책의 필요성을 인식하고 이를 주도하기 위한 정책적 움직임은 바람직한 상황이다.



자료 : 충청남도, 행정자료에서 재작성, 2009

[그림 2-8] 충남의 도시가스 보급계획

③ 지역 에너지계획 수립

중앙정부 계획 대비 충남의 계획목표를 수립하고 지속가능성 원칙, 실행수단과 가이드라인 구체화를 위해 지속가능성에 대한 정의와 명확한 지표를 설정하고 E4(에너지, 환경, 경제, 형평성) 모델에 기초한 부문별 장·단기 전략 수립이 요구된다.

기후변화에 대응하는 국가 장·단기 전략을 반영한 각 실행수단별 사업 가이드라인 및 평가 방법으로 충남지역의 공간적 특성과 유형을 토대로, 현재와 미래의 에너지 공급 및 수요량과 그 잠재량을 추출·분석하여 통합적 사업계획을 수립할 필요가 있다. 여기에는 기존의 화석에너지 및 신·재생에너지 잠재량을 포함한 에너지공급 전반에 대한 분석과 에너지 절약, 효율향상 등 에너지 수요관리 전반에 대한 상호 유기적인 분석이 포함된다. 온실가스 규제, 환경규제, 에너지 기술 변화 및 에너지 수급 분야(주거, 상업, 산업 등)별 영향요인을 고려하도록 한다.

충남지역 공간통합에너지 계획이 각종 토지이용계획, 지역 성장관리계획 등에 반영되고 피드백 될 수 있도록 평가시스템 구축을 통해 각종 공간계획, 개발계획 정보에 대한 대중의 접근과 이용이 용이하도록 개방하고 의사결정자(정부 등 공공기관, 주민, 상업, 산업시설 분야) 및 에너지 공급·생산자의 참여를 보장하도록 한다.

(3) 지역에너지 정책방향과 전략

국제사회의 지구온난화에 대한 대응전망으로 중앙정부뿐 아니라, 지방정부 차원에서도 온실가스 배출억제를 위한 규제가 강화되고 2013년 Post-Kyoto 체제에서는 우리나라 등 OECD 가입국 및 선발개도국에 대한 압력으로 산업·경제부문에서도 온실가스 배출규제 움직임이 확산될 전망이다.

국내적으로는 행정, 경제, 사회의 지방분권화 확대로 과거 중앙정부 기능이 단계적으로 지자체로 이동하는 분권화 추세로 지자체 차원의 에너지관리 필요성이 증대된다. 특히, 우리나라가 발리합의(COP13, 2007)에 따라 온실가스 의무감축국 지정여부에 관계없이 각국의 경제여건을 감안하여 자발적인 감축계획(NAMA)을 수립하도록 하고 있는데다가 지방분권화에 따른 지자체별 책임감이 증대되고 있다. 청정에너지 개발에 대한 인식 제고로 고유가, 환경 위기 등을 거치면서 신·재생에너지 인식 개선과 수요가 커질 것이다.

국내·외적인 위기와 여건변화를 고려할 때, 충남지역에 에너지 체계가 지닌 SWOT 분석 및 지역에너지대책 요건 검토는 다음과 같다.

〈표 2-6〉 지역에너지 정책 SWOT 분석

강점	약점
<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 인프라 구축, 운영에 유리한 지형적 이점 향유 • 신·재생에너지 잠재성 <ul style="list-style-type: none"> - 태양광(열), 풍력, 조력, 소수력, 지열 및 바이오가스 등 잠재력 풍부 	<ul style="list-style-type: none"> • 화석연료 중심의 경제 체제 <ul style="list-style-type: none"> - 화석연료 소비가 큰 발전, 산업체밀집 • 수도권 에너지 공급지로의 역할로 인한 지역에너지계획 수립에 대한 중앙정부의 간섭과 규제
기회	위협
<ul style="list-style-type: none"> • 신·재생에너지산업은 성장초기로서 신속한 신재생에너지 사업 주도권 확보 시 신성장동력화 전망 	<ul style="list-style-type: none"> • 장기 고유가 시대 정착 시 지역의 산업기반 약화 우려 • 온실가스감축 현실화 시 지역경제 부담 가중예상

자료 : 충청남도, 제3차 충청남도 지역에너지계획, 2008

〈표 2-7〉 지역에너지 대책 요건

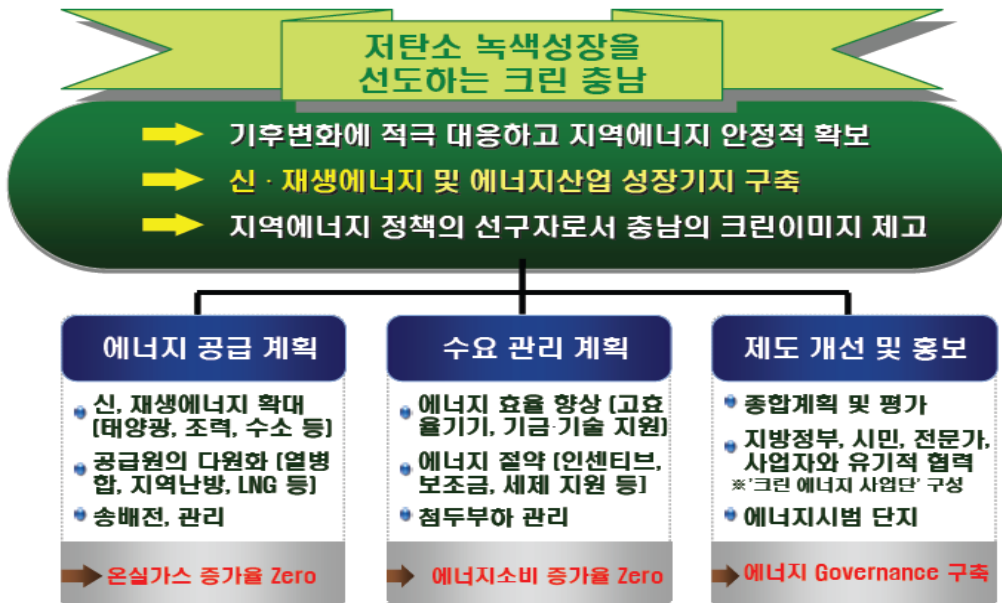
<ul style="list-style-type: none"> ■ 지역 여건 및 에너지 수급 현황, 전망에 대한 비판적 분석 ■ 에너지 수급구조 개선을 위한 중·장기 목표, 비전 제시 ■ 에너지시스템 개선을 위한 단기 및 중·장기 전략 제시 ■ 환경 및 경제대책과 연계, 환경과 경제를 함께 살리는 Win-Win 실현 ■ 민·관이 함께 참여할 수 있는 거버넌스(Governance) 구현 ■ 국가 및 범지구적 에너지, 기후변화문제 해결에 기여



- 공간통합 충남에너지 자원 정책 방향 및 계획 수립
- 녹색성장을 통한 지역경제 발전과 자족적 에너지 서비스 구현

자료 : 충남발전연구원, 지속가능한 충청남도 에너지 정책방향연구, 2008

[그림 2-9] 충남 에너지정책의 목표 및 개념



자료 : 충남발전연구원, 지속가능한 충청남도 에너지 정책방향연구, 2008

[그림 2-10] 공간통합 에너지 기본구상

(4) 충남 에너지정책의 목표 및 개념

① 저에너지 클린생산 구조 정착

신·재생에너지를 활용한 에너지생산 확대를 위해 충남지역 개발잠재력이 큰 태양광 및 풍력, 바이오매스(폐기물, 가축분뇨, 농림 부산물), 소수력, 지열 등 신·재생에너지원에 대한 정밀조사를 토대로 중·장기 개발계획 수립을 추진한다. 단기적으로는 기 조사된 청천지 소수력사업, 제로에너지타운(ZET) 조성, 지열에너지사업 및 사업타당성이 있다고 판단되는 지역에 대한 신재생에너지 개발사업을 추진한다. 개발사업 추진에 필요한 자원과 관련하여 단기적으로는 지식경제부가 정책적으로 지원하는 “지역 신·재생에너지 개발사업비”를 최대한 확보 추진하되, 장기적으로는 한국전력(자회사) 등 화석연료 사용량이 높은 기관 등과 협력하여 민간 차원의 신·재생에너지 개발을 활성화하거나 중앙정부와 협의하여 별도 재원을 마련할 필요가 있다.

신·재생에너지 개발 이외에도 현행 석탄중심의 발전시스템을 LNG 발전 증대 등을 통한 저탄소화 방안은 장기적으로 건설예정인 석탄화력발전소 계획은 단순히 시설용량이나 연료 전환 문제가 아닌 추가발전의 필요성을 재검토한다. 발전소 증설이 필요한 경우도 LNG 복합 화력이나 열병합발전 방식 등을 적용하는 방안을 포함한다. 아울러, 산업부문별 최적에너지를 발굴하여 부적절한 에너지 선택으로 인해 전환 과정에서 낭비가 최소화되도록 관리해야 한다.

② 에너지 수요관리

에너지절약 정책으로 전국평균을 초과하는 1인당 에너지 소비량을 점차 줄여 중기적으로는 전국평균 규모로, 장기적으로는 전국평균보다 10%이상 줄이는 정책을 발굴하여 추진한다. 각종 에너지 정책에서 소외되는 서민들을 대상으로 주택 단열 개선, 저전력 소비형 가전기기 보급 지원 등도 포함된다.

부문별 에너지절약기술로 충남은 타 시·도에 비해 산업체의 에너지소비 정도가 크므로, 이들 산업체를 대상으로 기기·공정에 대한 에너지 진단과 개선지원을 추진하여 에너지 소비절약을 유도하고 노후 건축물 등을 중심으로 조명 및 난방에너지 효율 진단과 개선을 추진한다.

③ 제도개선 및 홍보

전체 발전량 중 일정부분을 신재생에너지가 담당토록 하는 신재생에너지 공급기준(RPS; Renewable Portfolio Standards)²⁾을 충남차원에서 현실화 할 필요가 있다. 충남은 화석연료에 의한 발전량이 타 시·도에 비해 많으므로 동 제도가 정착될 경우 신·재생에너지 생산증가에 크게 기여할 수 있다. 이 제도 도입 시, 전력회사는 화석연료 발전량에 비례하여 일정량의 신·재생에너지를 자체 생산하거나 시장에서 구매해야 한다. 그러면 충남도내에 대규모 신재생에너지 시장이 형성되어 지역경제 성장동력으로 지역발전에 기여할 수 있다.

민간부문의 에너지 시장진입을 위해 민·관 협력의 “클린 에너지 사업단” 구성이 필요한데, 여기서는 RPS 충족을 위한 사업 발굴 및 추진방향 협의와 전력회사는 클린에너지 생산시설 설치사업 지원 및 생산전력 매입 등 협력관계를 구축할 수 있다.

에너지 저소비 건축물 지침 마련과 적용방법으로 새로운 건축물 설치 시 단순한 미적, 경제적 측면뿐만 아니라 에너지소비 절약도 반영하는 지침 마련 및 시행이 요구된다. 예를 들어 에너지 소비를 최소화하는 ‘3L 하우스(연간 단위 면적 m^2 당 난방유를 3L 이내로 소비)’ 등의 제도 도입이 요구된다. 이처럼 충남지역의 신·재생에너지 잠재량을 산정하고 경제성 분석과 향후 적용가능한 신·재생 에너지 기술 발전을 고려한 연구사업을 실시하여 중·장기 개발계획을 수립할 필요가 있다.

4) 충청남도 신재생에너지 정책

(1) 신재생에너지 보급현황

충남의 신재생에너지 보급 점유율은 전국대비 1.1~1.2% 수준으로 상당히 낮은 편이나 최근에 점유율이 꾸준히 증가하고 있다. 충남의 신재생에너지 보급규모는 2006년은 56,729TOE로 전국 5,225,192TOE의 1.09%(그 중에 폐기물 48,119TOE로 84.8%)이고, 2007년은 67,687TOE로 전국 5,608,779TOE 의 1.21%(그 중에 폐기물 57,198TOE로 84.5%)를 점유하고 있다.

2) RPS는 전력공급자 등에게 화석연료 사용에 비례하는 일정량의 신·재생에너지 생산비용을 의무화하는 것으로, 동 제도 도입시 충남지역은 화석연료를 이용한 전력생산이 크므로 신재생에너지 생산이 크게 증가하여 이로 인한 에너지 청정성 확대, 신경제 동력으로 작용할 것으로 예상됨

〈표 2-8〉 충남의 신재생에너지 보급규모

항목	태양열	태양광	바이오 매스	풍력	수력	연료 전지	폐기물	지열	합계
에너지 (TOE)	2,762	835	3,184	1	2,514	0	57,198	1,193	67,687
점유율(%)	4.08	1.23	4.70	0	3.71	0	84.50	1.76	100.00

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급통계, 2009

〈표 2-9〉 신재생에너지 생산량 보급통계 (2007년 기준, 단위: TOE)

항목	전국	충남
합계	5,608,779	67,687
태양열	29,374	2,762
태양광	15,326	835
사업용	5,530	66
자가용	9,796	769
바이오	370,158	3,184
바이오가스	81,537	114
매립지가스(전기)	66,068	0
매립지가스(열)	42,468	0
바이오디젤	95,663	0
우드칩	0	0
성형탄	35,269	2,354
임산연료	43,411	716
풍력	80,762	1
사업용	79,679	0
자가용	1,084	1
수력	780,898	2,514
사업용	780,804	2,485
자가용	94	29
연료전지	1,832	0
사업용	421	0

자가용	1,410	0
폐기물	4,319,309	57,198
폐가스	1,890,015	26,138
산업폐기물	796,017	3,283
생활폐기물	35,128	10,271
폐목재	224,921	3,632
대형도시쓰레기	607,833	11,451
시멘트킬른보조연료	375,621	0
RDF/RPF	42,984	0
정제연료유	346,794	2,424
지열	11,114	1,193

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급통계, 2009

(2) 신재생에너지 보급특성

2005년 이후 신재생에너지 보급량이 크게 증가하였으나 가용량에 비해 활용이 부족하여 지속적인 기술개발과 보급이 필요하고, 2012년부터 유기성폐자원의 해양투기가 금지되므로 이에 대한 처리문제가 시급한 상황이다. 주요 항목별 보급 및 처리특성으로는

- 하수슬러지 : 2011년까지 하수슬러지의 해양투기율 0을 목표로 하고 있으며, 현재 하수슬러지 처리여건은 에너지 투입과다 처리공정으로 소화조 효율 개선사업 추진 중
- 음식물 쓰레기 : 사료화, 퇴비화를 통해 처리되고 있으나 환경기준 강화, 생산제품의 수요처 부족 등으로 인하여 다양한 자원화 방법이 필요한 상황. 자원화를 위한 대안으로 혐기성 소화에 대한 관심 고조
- 가축분뇨 : 대부분 수질정화 위주시설이나, 자원화를 위한 인식변화와 대체에너지의 필요성 증대로 관심이 증가. 관련 부처간 협의가 필요한 사안으로 정책 지원을 위한 협의가 이루어져야 함
- 매립지가스 : 유기성폐자원과 함께 최근 관심이 집중되는 분야로 현재의 사용량은 미미하나 선진국에 대응할 수 있는 기술확보로 앞으로 시장 확대가 기대

(3) 신재생에너지 보급촉진

우리나라의 신재생에너지 보급촉진정책에는 일반보급 보조사업, 태양광주택 보급사업, 지방보급사업, 발전차액지원사업(FIT), 공공기관 설치의무화사업, 신재생에너지개발공급협약(RPA) 등이 있다.

일반보급 보조사업은 신규 개발 기술의 보급기반 조성 및 상용화 설비의 시장 조성, 확대를 위해 설치비의 일부를 보조하는 사업으로서 보조율은 최대 80%에서 최소 50%까지이다. 일반 보급 보조사업을 통하여 충남지역에서는 1998년부터 2007년까지 총 77억 원의 국고보조금을 지원받아 53개의 설비를 설치하였다. 태양광주택 보급사업은 태양광기업의 안정적 투자환경을 조성하고, 관련 산업을 수출전략산업으로 육성하기 위하여 2012년까지 주택용 태양광발전 설비 10만호를 보급하기 위한 사업으로서 설치비의 60%를 국가에서 보조하고 있는 사업이다. 태양광주택 보급사업을 통하여 충남지역에서는 총 574호의 주택에 1,489kW의 주택용 태양광 발전설비를 보급하였다.

지방보급사업은 지역특성에 맞는 환경친화적인 신재생에너지 공급체계 구축을 위하여 지방자치단체가 주관하여 실시하는 사업으로서 국비 지원비율은 설비투자는 70%, 기획홍보 및 타당성 조사사업은 80%~100%이다. 충남지역에서는 1999년부터 2007년까지 총 34건의 사업에 74억 원의 국비와 32억 원의 지방비가 투자되어 기반구축사업, 그린빌리지 조성사업, 정책기획 사업 등을 수행하였다. 발전차액지원사업(FIT)은 신재생에너지 설비의 투자경제성 확보를 위해 신재생에너지를 이용하여 전력을 생산할 경우 기준가격과 계통한계가격(SMP)과의 차액을 지원하는 사업으로서 전국적으로 2007년까지 248개소의 신재생에너지이용발전소 345MW가 설치되었다. 2008년말 현재 충남지역의 발전차액 지원 대상 상업용 발전소는 수력과 태양광발전소 총 25개소로 시설용량 3,511kW가 가동 중에 있다.

3. 선행연구 및 시사점

선행연구는 ① 중장기적인 관점에서 저탄소 녹색성장을 위한 역량구축을 위한 조직, 예산, 인력, 제도 등 인프라를 구축하는 상위개념의 전략계획과 함께, ② 지역의 특성과 잠재력을 고려한 단기전략 사업을 발굴하여 성과를 가시화하는 하위개념의 구체화 전략으로 구분하여 검토하였다. 따라서 상위개념으로서 충청남도 녹색성장 전략계획 관련 연구는 기후변화 대응

관련 국가 정책방향, 국가에너지 기본계획, 녹색뉴딜을 기본으로 다루고 있으나 전략적 개념 위주로 구체적인 세부사업 도출과 연계하여 평가하는 데에는 한계가 있다. 따라서 본 연구는 이러한 상위 전략의 원론적 연구내용을 검토한 후 지역에서의 구체화 전략을 도출한다는 데 차별화를 두고자 한다.

이에 비해 지역 특성을 고려한 신재생에너지 개발을 위한 연구는 맞춤형 전략 중심으로 온실가스 감축 잠재력을 평가하고, 지역현안과 연계되는 생활폐기물 고형연료화, 유기성폐자원 바이오가스화, 금강살리기 관련 소수력발전 등에 대해 검토하였다. 특히 관련 선행연구가 대부분 세부 공정개발, 비용효과적인 환경부하 저감, 수리적 해석 등 공학적인 접근 방법이 많았으나, 본 연구에서는 지역 환경문제와 에너지 문제를 통합하여 문제해결 중심으로 연구를 추진한다는 점에서 차별화된다.

기후변화 대응 종합계획 관점에서 다룬 연구로는 기후변화대응종합기본계획(2008-15)를 중심으로 추진되었다. 여기서는 기후친화 산업을 신성장동력으로 활용하여 기후변화 대처를 위한 국제사회의 대응과 패러다임의 변화를 추진과제로 제시하고 있다. 저탄소사회 실현을 위한 전략연구로는 전세계 자치단체국제환경협의회(ICLEI)의 기후보호도시(CCP) 캠페인과 성공사례, 각 지역별 기후변화 대응 사례 등을 다루고 있다. 연구대상으로는 교토체제이후 국토관리 전략, 저탄소사회의 달성, 생활방식과 사회의 변화패턴 등을 다루고 있다. 저탄소 사회형성을 위한 지역의 실천전략 연구에서는 각 부문별로 지역의 12대 전략을 제시하고 있다.

지역에너지계획 연구 등에서는 안정적인 에너지 확보와 신재생에너지의 수요공급 관점에서 에너지 전략을 다루고 있으나 상위개념에서 접근할 경우 구체적인 로드맵 제시가 미흡한 경우가 많았다.

본 연구대상으로 주로 다루고자 하는 가연성 폐기물 고형연료화, 바이오가스, 소수력 발전 확대를 위한 제도 도입방안 등에 대한 연구 등은 환경부하의 처리와 함께 생산물이 갖는 환경경제적인 의미가 있다. 따라서 신재생에너지 개발은 법, 제도, 정책, 공학 등을 통합하여 다루는 학제적 접근 방법이 요구되므로 선행연구 검토에서도 이러한 사례에 대한 시사점을 고려하였다.

제3장 신재생에너지 개발여건 분석

1. 생활폐기물

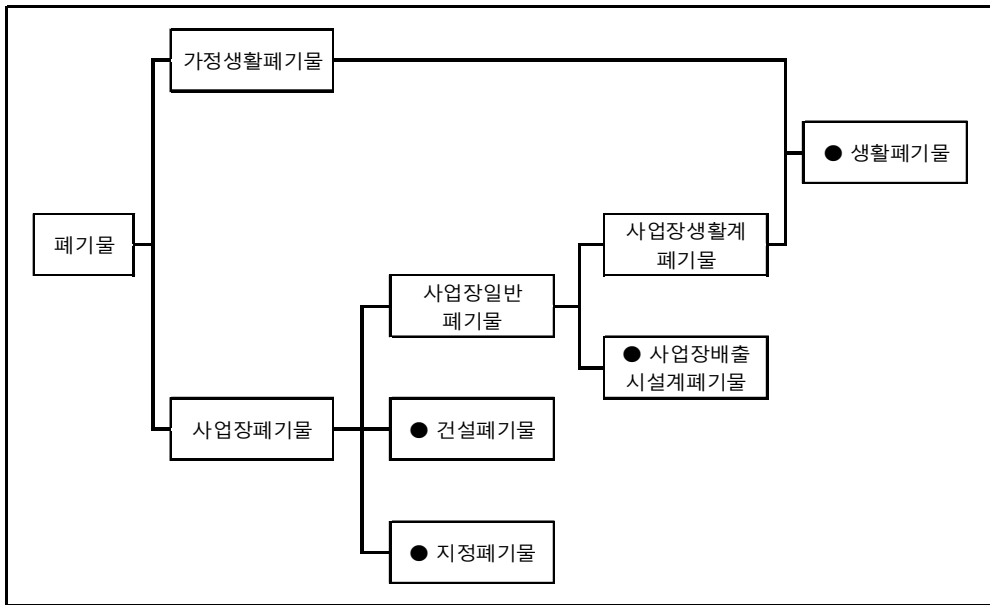
1) 폐기물에너지화 정책

(1) 기본방향과 여건

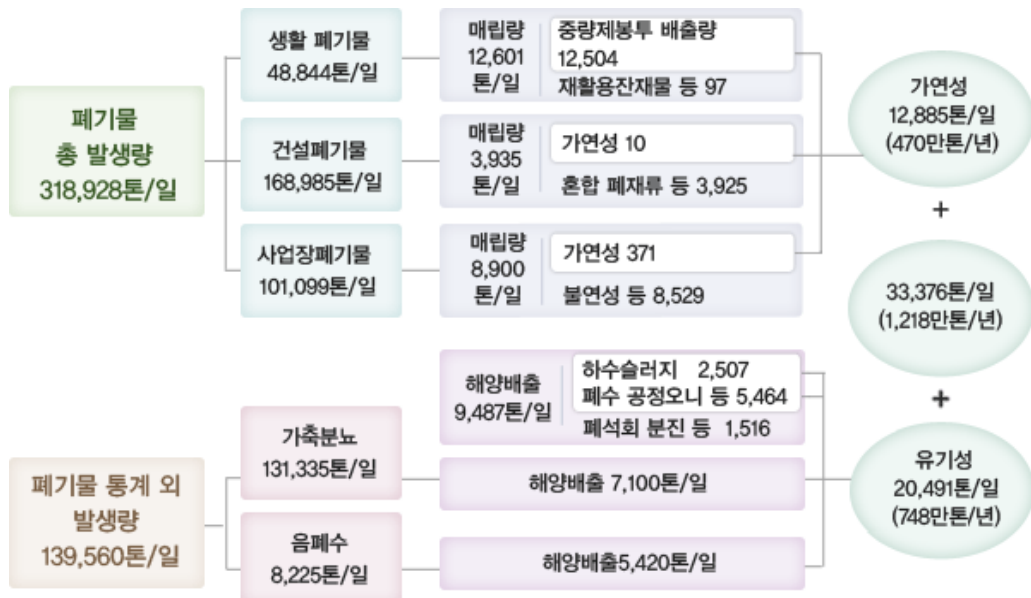
폐기물정책의 기본목표는 폐기물 발생량 자체를 줄이고 발생한 폐기물을 최대한 재사용 및 재활용 자원화하며, 처리가 불가피한 폐기물을 환경적으로 안전하게 처리하는 자원순환형 폐기물관리체계를 구축하는 데 있다. 2008년 8월 발표된 저탄소 녹색성장을 위한 국가비전의 실현을 위하여 기존의 3R정책인 감량화(Reduce), 재사용(Reuse), 재활용(Recycle)에 에너지화(Recovery)를 추가한 4R정책을 통하여 자원순환적인 관리체계 구축에 중점을 두고 있다. 저탄소 녹색성장의 기본목표 가운데 신재생에너지 사용 확대를 위한 장기보급목표를 20%(2050) 중 10%를 폐자원 바이오매스 에너지화 사업으로 달성할 계획으로 되어 있다.

폐기물관리법에서 처리 관점의 폐기물은 생활계, 사업장배출시설계, 건설계, 지정폐기물 등 4가지로 구분된다. 우리나라의 2006년 폐기물 총 발생량은 318,928톤/일이며 생활폐기물이 48,844톤/일, 건설폐기물이 168,985톤/일, 사업장폐기물이 101,099톤/일을 차지하고 있다. 생활폐기물 매립량 12,601톤/일(종량제봉투 배출량 12,504톤/일, 재활용잔재물 등 97톤/일), 건설폐기물 매립량 3,935톤/일(가연성 10톤/일, 혼합 폐재류 등 3,925톤/일), 사업장폐기물 매립량 8,900톤/일(가연성 371톤/일, 불연성 등 8,529톤/일), 폐기물 통계 외 발생량은 139,560 톤/일이며 가축분뇨가 131,335 톤/일, 음폐수가 8,225 톤/일을 차지한다.

해양배출량은 가축분뇨 7,100톤/일과 유기성자원 9,487톤/일(하수찌꺼기 2,507톤/일, 폐수 공정오니 등 5,464톤/일, 폐석회 분진 등 1,516톤/일), 음폐수 5,420톤/일을 포함하여 20,491톤/일에 이르고 있어 런던협약에 따라 2012년 이후 해양투기가 금지될 것이므로 이에 대한 대책이 시급히 요구되고 있다. 가연성 폐기물 배출량은 12,885톤/일(470만톤/년), 유기성 폐기물 배출량은 20,491톤/일(748만톤/년)을 포함하여 총 33,376톤/일(748만톤/년)에 이르고 있다.



[그림 3-1] 폐기물 관리법상 폐기물 분류



자료 : 환경부, 폐기물 에너지화 종합대책, 2008

[그림 3-2] 폐기물 발생량과 처리량

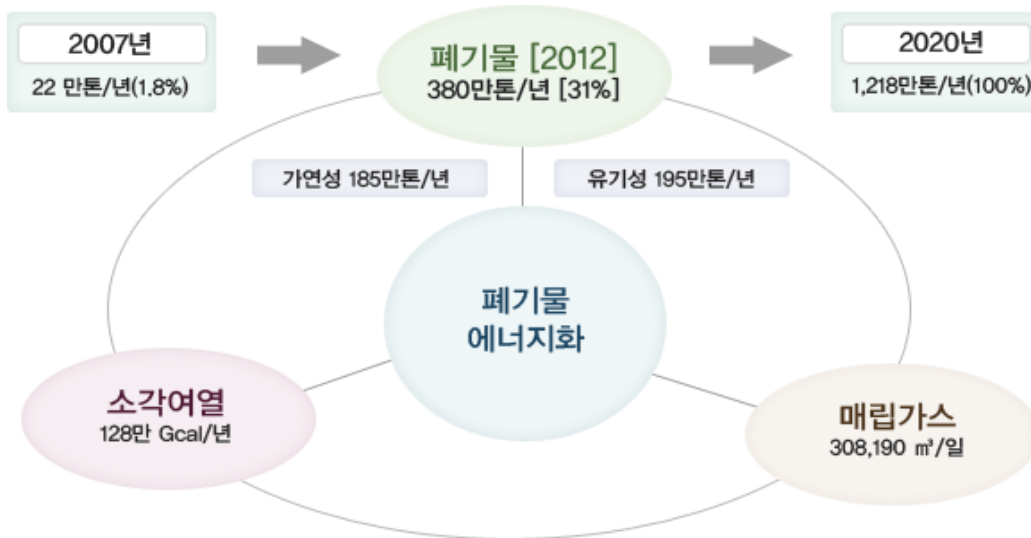
(2) 폐기물에너지화 정책 필요성

원유가격 상승에 따른 대안으로 신·재생에너지 확보, 기후변화협약에 따른 온실가스 감축 의무화 전망, 폐기물 해양배출 기준강화 및 배출금지가 추진 중에 있다. 한편 유럽, 미국, 일본에서는 지속가능 국가발전의 원동력을 에너지 안보로 규정하고 “지속가능한 경쟁력 있는 에너지 확보”를 목표로 기후변화협약과 연계한 재생에너지 정책을 추진하고 있다. 유럽연합은 지구온난화와 자원고갈 문제를 동시에 해결할 수 있는 과제로 폐기물 직매립 억제를 통한 에너지화를 유도하고 있다. 독일은 가연성폐기물을 이용한 고형연료(RDF)를 연간 300만톤 생산, 일본은 유기성폐기물의 「바이오매스타운」 건설을 통하여 2010년까지 2.8MTOE의 에너지 생산 및 760만톤의 CO₂ 감축을 계획하고, 기존의 중소형 소각로를 RDF시설로의 대체 추진하고 있고, 미국은 RDF와 석탄을 혼합 사용하는 발전소를 30여개소 가동 중에 있다.

2006년 폐기물 처리현황을 토대로 에너지화 가능물량을 분석하면, 총 33,376톤/일(1,218만톤/년)으로 산정되고 있다. 매립대상 폐기물(25,436톤/일) 중 가연성 12,885톤/일, 해양배출 폐기물(9,486톤/일) 중 유기성 7,971톤/일이 에너지화가 가능하며, 폐기물 통계 외의 가축분뇨와 음폐수 중 해양배출되는 12,520톤/일을 에너지화 가능 폐기물로 분류할 수 있다.

(3) 폐기물에너지화 추진 목표

우리나라에서는 2012년까지 가용폐기물 1,218만톤/년의 31%(380만톤/년)를 에너지화하여 소각열 128만Gcal/년 및 매립가스 308,160m³/일 회수하고, 2020년에는 가용폐기물 1,218만톤/년 전량을 에너지화로 설정하고 있다. 녹색성장을 위한 폐기물 관련 패러다임은 2E Goal 시대(Environment, Economy)에서 3E Goal 시대(Environment, Energy, Economy)으로 변화하고 있다. 발전전략은 폐기물-에너지 분리접근(미시적 접근)에서 폐기물-에너지 통합접근(거시적 접근)으로, 성장동력은 물질재활용/자원절약에서 잠재에너지 개발/신자원확보로, 경쟁력은 저비용/저효율에서 실비용/고효율로, 국가목표는 폐기물 적정처리로 쾌적한 생활환경 조성에서 자원순환형 사회기반 조성으로 변화하고 있다.



자료 : 환경부, 폐기물 에너지화 종합대책, 2008

[그림 3-3] 폐기물 에너지화 방향

(4) 폐기물에너지화 추진 대책

○ 폐기물 에너지화 추진기반 마련

- 폐기물 에너지화 종합대책 수립·추진
- 사업추진에 따른 협조 및 지원체계 구축
- 폐기물 에너지화 촉진을 위한 정책방향 및 관계법령 정비계획
- 대국민 홍보를 통한 인식전환

○ 기술개발 촉진 및 CDM사업 활성화

- 환경정책, 에너지 효율성, 환경적 안정성에 부합하는 기술개발 추진
- 지자체·환경부 및 산하기관의 협조·지원을 통한 CDM사업 활성화

○ 폐기물 에너지화시설 확충계획(2008~2012년)

- 2012년까지 가연성폐기물 고형연료화(RDF)시설 및 발전시설, 하수찌꺼기 건조·고형 연료화시설, 음폐수·유기성 병합 바이오가스화 및 발전시설 등 총 57개시설(14,190톤/일) 확충
- 지자체 매립장 매립가스 회수시설 27개(214m³/분), 지자체 소각여열 회수시설 42개(63만Gcal/년) 확충

- 전국 4대 권역별(중부권, 동부권, 호남권, 영남권) 『폐기물 에너지타운』 건설을 통해 시설계획 물량의 50% 정도 유치
- 2012년까지의 기대효과
 - 경제적 효과 : 연간 1조 3,373억원의 경제가치 창출 및 기후변화협약에의 적극 대처
 - 사회·환경적 효과 : 1만7천개의 일자리 창출, 환경부하 감소, 주민 민원·납비현상 해소, 해양배출금지 등 당면 국제문제 해결에도 큰 기여
- 2020년까지의 기대효과
 - 원유 대체효과 : 1조176억원(1천2백만배럴, 수입량의 1.4%)
 - 전기 및 소각열 판매 : 5,349억원
 - CO₂ 감축효과 : 1,137억원/년(834만톤 감축 및 CERs 확보)
 - 폐기물 처리 절감 : 2조 9,490억원으로 연간 4조 803억원의 경제효과 및 5만명의 고용 효과 창출 가능



자료 : 환경부, 폐기물 에너지화 종합대책, 2008

[그림 3-4] 폐기물에너지화 패러다임의 변화

2) 폐기물 에너지타운

환경부는 기후변화에 대응차원의 전략으로 폐기물에너지화 종합대책을 발표(2008. 5)하였고, 여기에서는 전국을 4대 권역으로 나누어 폐기물에너지타운 건설을 명시하고 있다. 폐기물 에너지타운은 각 권역내 지역특성에 따라 소규모 지역형 개별 시설을 확충(각 타운내 열병합 발전시설과의 수요공급 관계형성)하는 개념인데 폐기물 에너지타운 후보지는 매립시설, 침출수 처리시설 등이 설치된 생활폐기물 매립장을 우선적으로 검토하고 관련시설의 집단화로 물류비용을 절감하며, 전후방 시설간 정보공유 및 연계로 효율을 극대화하도록 하고 있다. 이곳에 2012년까지 폐자원 에너지화 사업물량의 51%를 유치하여 찌꺼기 연료화 4개소, 음폐수 가스화 11개소, 병합가스화 12개소 등 폐자원·바이오매스 에너지화 시설 27개소 설치계획이 있다. 이와 함께 유기성폐기물을 종합처리하는 발전시설을 설치하여 통합 환경에너지 타운 조성 계획이 포함된다.

폐기물 에너지타운은 독일의 본에서 교토의정서의 성실한 이행을 위하여 그 전략이 수립되었고 조성계획이 공표되었다(2006. 3). 일본의 폐기물 에너지타운 조성계획은 전략적 산업육성, 바이오매스를 활용한 새로운 산업과 일자리 창출 등 농어촌 지역의 경제활성화에 중점을 두고 있다.

〈표 3-1〉 폐기물 에너지타운 확충 계획 (2008-12)

구 분		계	타 운	개 별
계(개소)		14,190 (57)	7,180 (16)	7,010 (41)
시 설 별	RDF 제조	5,840 (20)	2,400 (4)	3,440 (16)
	발전시설	2,800 (10)	1,400 (4)	1,400 (6)
	유 찌꺼기연료화	1,280 (4)	1,000 (1)	280 (3)
	음폐수가스화	2,690 (11)	1,820 (4)	870 (7)
	병합가스화	1,580 (12)	560 (3)	1,020 (9)

주: 타운내 음폐수와 병합가스화 시설은 하나의 시설로 설치(4개 시설)

() 내의 숫자는 개소수.

자료 : 환경부, 폐기물 에너지화 종합대책, 2008

충남지역의 시설 종류별 에너지타운 조성규모는 다음과 같다. 고형연료화시설 및 발전시설은 포함되어 있으나 유기성폐기물연료화시설, 매립가스 정제시설 및 바이오리액터 시설은 계획에 포함되어 있지 않다. 이는 충남지역의 유기성폐기물 처리용량이 작고 지역적으로 분산되어 있어 규모의 적정성이 부족한 데에서 기인한다고 볼 수 있다.

- 가연성폐기물 고형연료화(RDF) 생산시설: 200톤/일
- RDF 발전시설: 200톤/일
- 유기성폐기물연료화시설: 0톤/일
 - 하수찌꺼기건조·고형연료화시설: 0
 - 음폐수바이오가스화시설: 0
 - 병합가스화시설: 0
- 매립가스자원화시설: 7m³/분
 - 발전시설: 0
 - 정제시설: 공주(3), 보령(2), 서산(2)
 - 바이오리액터시설: 0
- 소각열회수시설: 천안, 공주, 보령, 논산

〈표 3-2〉 충남과 호남권의 투자소요액

(단위: 억원)

구분	계	2008	2009	2010	2011	2012
계	4,177	-	518	1,320	1,608	731
국고보조	1,340	-	200	419	495	226
지방비	1,370	-	180	424	538	228
민자유치	1,467	-	138	477	575	277

자료 : 환경부, 폐기물 에너지화 종합대책, 2008

사업내용	연도별				
	'08	'09	'10	'11	'12
○ RDF 제조시설					
- 기본 및 실시설계		나주,순천,곡성,대전	전북, 충남		
- 시설 설치	전북 부안		나주,순천,곡성,대전	전북, 충남	
- 운영			전북 부안		나주,순천,곡성,대전
○ RDF 발전시설					
- 기본 및 실시설계		나주	충남		
- 시설 설치			나주	충남	
- 운영				나주	충남
○ 바이오가스화					
- 기본 및 실시설계			호남1,2,3,4,5,6		
- 시설 설치				호남1,2,3,4,5,6	
- 운영					
○ 건조·고형연료화					
- 시설 설치		익산, 순천			
- 운영				익산, 순천	
○ 매립가스 자원화					
- 시설 설치			전주,목포 발전 공주,익산 정제	보령,서산,광양 정제 전주, 목포 바이오리액터	익산, 광양 바이오리액터
- 운영			전주,목포 발전, 공주,익산 정제	보령,서산,광양 정제 전주, 목포 바이오리액터	
○ 소각여열 회수					
- 시설 설치		충남천안,공주,보령 논산, 제주산남	대전대덕,광주상무, 전북전주		제주산북
- 운영			충남천안,공주,보령, 논산, 제주산남	대전대덕,광주상무,전북전주	

자료 : 환경부, 폐기물 에너지화 종합대책, 2008

[그림 3-5] 충남권의 에너지타운 연차별 계획

3) 생활폐기물 관리

(1) 발생현황

1일 생활폐기물 발생량은 2000년 1,655.6톤, 2003년 1,797.9톤, 2008년도에는 1,825.5톤으로 서서히 증가하는 양상을 보이고 있다. 시군별로는 인구와 도시규모 장이 빠른 천안, 아산, 서산 등은 생활폐기물 발생량도 대체로 증가추세를 보이고 있다.

〈표 3-3〉 생활폐기물 발생량 변화

(단위 : 톤/일)

구 분	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년	2008년
충청남도	1,655.6	1,753.7	1,797.9	1,743.3	1,787.5	1,833.1	2,279.4	1,825.5
천안	515.0	547.0	564.0	537.4	556.1	581.5	813.8	612.2
공주	92.0	105.0	115.7	116.6	119.1	114.6	126.4	119.7
보령	97.0	99.8	111.1	109.6	112.7	115.9	95.5	84.7
아산	172.0	174.9	193.8	206.9	216.2	228.9	279.5	202.7
서산	138.0	139.0	138.0	137.0	139.0	150.6	210.3	167.2
논산	138.0	124.0	125.7	125.1	124.9	118.4	148.9	144.5
계룡	23.0	24.0	25.0	25.9	24.8	30.2	41.2	31.9
금산	32.0	34.0	36.0	42.3	43.3	52.5	39.0	34.9
연기	59.0	57.3	65.2	39.3	39.4	60.0	78.3	52.9
부여	75.0	72.0	71.2	71.2	71.3	71.8	58.2	38.1
서천	33.5	35.0	34.2	35.1	34.8	35.6	42.1	39.0
청양	24.8	60.5	55.4	35.7	34.5	33.7	48.9	18.0
홍성	45.0	45.4	47.0	47.7	51.5	62.0	81.0	65.5
예산	80.0	77.3	76.3	73.5	71.0	69.5	51.4	64.0
태안	54.0	70.6	62.0	62.7	64.0	32.4	72.9	70.7
당진	77.3	60.0	77.3	77.3	84.9	75.5	92.2	79.6

자료 : 충청남도 제2차 폐기물처리 기본계획 2002,

환경부·국립환경과학원, 2003~2008 전국폐기물 발생 및 처리현황, 2004~2008.

충청남도, 행정자료, 2009

성상별 발생량은 가연성 45.0%, 재활용 24.3%, 불연성 12.9%, 남은 음식물류가 17.8%를 차지하고 있다. 가연성폐기물 825.3톤/일 중 음식물류가 18.5%로 상당량을 차지하며, 이 중 충청남도 인구의 26.6%가 밀집한 천안시에서 21.3%인 175.4톤/일 발생하는 등 인구규모와 상당히 밀접한 관계를 갖고 있다.

〈표 3-4〉 성상별 생활폐기물 발생량

(단위 : 톤/일)

구 분		충청남도	천안	공주	보령	아산	서산	논산	계룡
계		1,833.1	581.5	114.6	115.9	228.9	150.6	118.4	30.2
가 연 성	소 계	825.3	175.4	43.6	53.6	124.1	47.5	78.7	12.1
	음식물류	152.8	5.0	7.5	1.0	15.4	0.0	2.8	0.0
	종 이 류	198.9	55.6	7.8	8.0	50.0	17.1	15.8	2.9
	나 무 류	66.4	7.3	9.0	0.6	3.0	4.9	13.0	1.3
	고무/피혁	42.3	3.6	0.5	0.3	2.3	3.0	8.8	1.0
	플라스틱류	159.9	46.6	6.1	1.8	38.2	3.8	30.1	1.4
	기 타	205.0	57.3	12.7	41.9	15.2	18.7	8.2	5.5
불 연 성	소 계	236.1	103.7	23.1	7.0	18.0	20.7	6.3	3.4
	연 탄 재	36.3	24.3	0.9	0.1	3.2	2.2	0.6	0.1
	금속초자류	60.5	35.0	3.2	0.1	11.6	1.9	0.5	0.5
	토 사 류	34.0	6.9	6.7	0.1	2.3	1.3	4.1	1.2
	기 타	105.2	37.5	12.3	6.7	0.9	15.3	1.0	1.6
재 활 용 품	소 계	445.9	162.4	25.9	32.8	29.8	45.4	24.9	4.2
	종 이 류	130.2	57.9	7.2	11.0	2.7	16.0	6.8	2.1
	병 류	83.1	10.8	0.9	9.2	14.8	5.0	6.0	0.4
	고 철 류	126.3	75.6	7.9	1.9	3.5	16.6	0.7	0.2
	캔 류	26.6	4.3	3.3	1.9	2.1	2.6	1.7	0.3
	플라스틱류	40.3	7.1	1.5	3.5	5.4	1.1	6.8	0.8
	기 타	40.5	6.7	5.1	5.3	1.3	4.1	4.1	0.4
남은 음식물류 배출		325.8	140.0	22.0	22.5	57.0	37.0	8.5	10.5

구 분		금산	연기	부여	서천	청양	홍성	예산	태안	당진
계		52.5	60.0	71.8	35.6	33.7	62.0	69.5	32.4	75.5
가 연 성	소 계	31.0	48.2	37.3	16.9	17.9	26.5	40.2	13.8	58.5
	음식물류	16.5	34.6	14.8	2.9	7.2	2.5	22.3	0.3	20.0
	종 이 류	1.0	4.5	4.4	7.6	2.8	8.1	2.8	3.8	6.7
	나 무 류	1.0	3.3	3.7	0.4	0.6	1.2	2.2	1.3	13.6
	고무/피혁	3.2	1.5	3.3	1.1	1.1	4.2	1.9	2.5	4.0
	플라스틱류	3.2	1.3	5.2	2.2	3.4	4.2	4.2	3.1	5.1
	기 타	6.1	3.0	5.9	2.7	2.8	6.3	6.8	2.8	9.1
불 연 성	소 계	13.5	5.8	1.9	5.6	2.5	7.8	4.2	0.1	12.5
	연 탄 재	1.1	0.2	0.3	0.5	0.2	0.5	1.3	0.0	0.8
	금속초자류	2.2	0.8	0.1	1.8	0.7	1.1	0.9	0.1	0.0
	토 사 류	5.1	0.8	0.0	1.4	0.3	0.0	0.4	0.0	3.4
	기 타	5.1	4.0	1.5	1.9	1.3	6.2	1.6	0.0	8.3
재 활 용 품	소 계	8.0	6.0	32.6	11.8	12.2	14.5	25.1	5.8	4.5
	종 이 류	2.0	0.6	4.2	2.0	2.8	6.3	7.5	0.3	0.8
	병 류	2.0	1.4	18.5	0.8	2.5	1.0	5.7	2.0	2.1
	고 철 류	2.0	0.6	0.8	6.4	3.1	3.1	2.9	0.5	0.5
	캔 류	0.0	1.1	3.8	0.7	1.7	0.2	1.4	1.5	0.0
	플라스틱류	2.0	1.1	2.2	1.0	1.5	0.1	4.2	1.1	0.9
	기 타	0.0	1.2	3.1	0.9	0.6	3.8	3.4	0.4	0.1
남은 음식물류 배출		0.0	0.0	0.0	1.3	1.1	13.2	0.0	12.7	0.0

자료 : 환경부·국립환경과학원, 2006 전국폐기물 발생 및 처리현황, 2007

〈표 3-5〉 종량제 봉투내 가연성 생활폐기물 발생량 (단위 : 톤/일)

		종량제 총계	가연성 소계	음식물 채소류	종이류	나무류	고무피혁	플라스틱	기타	
충청남도	발생량		983.6	680.3	110.1	199.4	62.0	52.5	116.5	139.7
	처리 방법	매립	493.0	214.8	40.0	52.9	16.5	7.8	15.6	82.0
		소각	471.0	462.3	69.7	146.0	45.5	44.7	98.9	57.5
		재활용	19.6	3.2	0.5	0.5	0.0	0.0	2.0	0.2
천안	발생량		297.0	170.1	33.4	45.3	15.0	13.7	45.7	17.0
	처리 방법	매립	140.0	21.8		3.9	0.9			17.0
		소각	157.0	148.3	33.4	41.4	14.1	13.7	45.7	
		재활용	0.0	0.0						
공주	발생량		51.2	40.0	8.2	6.9	8.0	0.7	6.5	9.7
	처리 방법	매립	11.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		소각	40.0	40.0	8.2	6.9	8.0	0.7	6.5	9.7
		재활용	0.0	0.0						
보령	발생량		50.0	42.8	0.0	24.8	1.0	1.0	1.0	15.0
	처리 방법	매립	7.2	0.0						
		소각	42.8	42.8		24.8	1.0	1.0	1.0	15.0
		재활용	0.0	0.0						
아산	발생량		108.8	74.7	4.0	41.0	2.0	15.0	6.0	6.7
	처리 방법	매립	31.1	2.0						2.0
		소각	72.7	72.7	4.0	41.0	2.0	15.0	6.0	4.7
		재활용	5.0	0.0						
서산	발생량		88.4	68.2	0.0	22.6	11.1	1.0	5.9	27.6
	처리 방법	매립	81.2	61.0		20.2	8.5	1.0	4.9	26.4
		소각	7.2	7.2		2.4	2.6		1.0	1.2
		재활용	0.0	0.0						
논산	발생량		70.8	43.3	7.6	7.2	3.6	4.5	11.5	8.9
	처리 방법	매립	27.5	0.0						
		소각	43.3	43.3	7.6	7.2	3.6	4.5	11.5	8.9
		재활용	0.0	0.0						
계룡	발생량		13.8	13.5	0.0	2.8	2.6	1.0	3.8	3.3
	처리 방법	매립	0.3	0.0						
		소각	13.5	13.5		2.8	2.6	1.0	3.8	3.3
		재활용	0.0	0.0						
금산	발생량		30.4	21.3	11.3	0.7	0.7	2.2	2.2	4.2
	처리 방법	매립	30.4	21.3	11.3	0.7	0.7	2.2	2.2	4.2
		소각	0.0	0.0						
		재활용	0.0	0.0						
연기	발생량		38.6	32.4	18.4	3.1	2.2	1.6	1.7	5.4
	처리 방법	매립	38.6	32.4	18.4	3.1	2.2	1.6	1.7	5.4
		소각	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		재활용	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
부여	발생량		25.6	20.7	6.5	3.5	3.5	0.5	0.7	6.0
	처리 방법	매립	25.6	20.7	6.5	3.5	3.5	0.5	0.7	6.0
		소각	0.0	0.0						
		재활용	0.0	0.0						
서천	발생량		23.0	15.8	0.0	8.3	0.4	1.3	2.4	3.4
	처리 방법	매립	15.4	8.2		3.0	0.2	0.9	1.5	2.6
		소각	7.6	7.6		5.3	0.2	0.4	0.9	0.8
		재활용	0.0	0.0						

청양	발생량		13.1	13.1	2.7	2.1	0.3	0.5	2.5	5.0
	처리 방법	매립	1.5	1.5						1.5
		소각	10.9	10.9	2.2	2.1	0.3	0.5	2.5	3.3
		재 활용	0.7	0.7	0.5					0.2
홍성	발생량		43.4	11.5	3.8	1.2	1.0	2.5	1.0	2.0
	처리 방법	매립	23.2	0.0						
		소각	11.5	11.5	3.8	1.2	1.0	2.5	1.0	2.0
		재 활용	8.7	0.0						
예산	발생량		41.5	34.9	10.3	3.6	3.3	0.0	14.2	3.5
	처리 방법	매립	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		소각	33.6	33.6	10.3	3.6	3.3		12.9	3.5
		재 활용	1.6	1.3		0.0			1.3	
태안	발생량		31.1	30.9	0.2	7.3	6.8	5.4	6.1	5.1
	처리 방법	매립	0.2	0.0						
		소각	30.9	30.9	0.2	7.3	6.8	5.4	6.1	5.1
		재 활용	0.0	0.0						
당진	발생량		56.9	47.1	3.8	19.0	0.5	1.6	5.3	16.9
	처리 방법	매립	53.3	45.9	3.8	18.5	0.5	1.6	4.6	16.9
		소각	0.0	0.0						
		재 활용	3.6	1.2	0.0	0.5	0.0	0.0	0.7	

자료 : 충청남도, 폐기물관리 행정자료, 2009

(2) 폐자원 에너지 잠재량

폐자원 에너지 잠재량을 구하기 위해 적용한 우리나라 생활폐기물의 물리적 조성을 고려한 저위발열량은 다음과 같다.

〈표 3-6〉 생활폐기물 저위발열량

(단위: kcal/kg)

	비닐플라 스틱류	종이류	섬유폐혁류	나무류	음식물 채소류	기타 가연성	산술평균	가중평균
저위발열량	8,195	2,915	4,031	2,552	920	1,500	3,723	4,604

자료 : 수도권매립지관리공사, 2006년 성상조사보고서, 2007

이를 적용한 충청남도의 가연성 생활폐기물의 폐기물 에너지화 잠재용량은 발생량기준으로 플라스틱류, 종이류, 고무폐혁류, 기타가연성, 나무류, 음식물류 순이며 총계는 104,640.9 TOE에 달하고 있다. 그리고 음식물류폐기물은 충청남도내 538.5톤/일 중 20.4%는 종량제 봉투로 배출되고 매립과 소각으로 처리되는 부분을 제외하면 319.3톤/일이며, 사업장생활계로서 음식물류를 포함한 자원화시설 반입총량은 349.4톤/일이다. 별도의 음식물 자원화시설로 수집운반되어 처리되는 회수가능한 음식물류의 에너지 총량은 11,731.2TOE/년에 달하고 있다.

〈표 3-7〉 충청남도의 가연성 폐기물에너지 잠재량 (단위: TOE/년)

	구분	음식채소	종이류	나무류	고무피혁	플라스틱류	기타	합계
가정계	발생량	3,698.2	21,216.7	5,778.9	7,724.4	34,841.2	7,650.8	80,910.2
	매립기준	1,342.5	5,629.5	1,540.7	1,147.6	4,660.3	4,490.6	18,811.2
	소각기준	2,340.5	15,534.0	4,238.2	6,576.8	29,582.7	3,148.1	61,420.4
	재활용	15.1	53.2	-	-	598.2	12.0	678.6
사업장		570.9	1,840.7	9,355.5	250.1	7,148.9	4,564.7	23,730.7

주 : 충청남도 폐기물관리 행정자료(2009)에서 계산

〈표 3-8〉 충청남도의 음식물류 폐기물발생량과 에너지 잠재량 (단위: 톤/일, TOE/년)

	음식물류 발생량	음식물류자 원화시설반 입량	생활계자원 화총량	생활계자원 화회수총량	자원화잠재 총량	시설자원화회 수가능총량
충청남도	428.42	319.25	14,386.3	10,720.4	15,743.0	11,731.2
천안시	154	129	5,171.3	4,331.8	5,339.2	4,499.7
공주시	20	11.2	671.6	376.1	1,067.8	752.2
보령시	23	15	772.3	503.7	906.7	604.4
아산시	53.3	53.3	1,789.8	1,789.8	2,189.4	1,998.0
서산시	45.4	27.2	1,524.5	913.4	1,585.0	973.8
논산시	29.7	17.7	997.3	594.4	1,000.7	597.7
계룡시	11.2	11.2	376.1	376.1	396.2	396.2
금산군	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
연기군	4.3	0	144.4	0.0	174.6	30.2
부여군	9	0	302.2	0.0	302.2	0.0
서천군	4.3	1.3	144.4	43.7	144.4	43.7
청양군	1.8	1.8	60.4	60.4	161.2	60.4
홍성군	14.12	13.75	474.1	461.7	514.4	502.0
예산군	14.4	4.1	483.6	137.7	486.9	141.0
태안군	24.7	19.7	829.4	661.5	829.4	661.5
당진군	19.2	14	644.7	470.1	644.7	470.1

주 : 충청남도 폐기물관리 행정자료(2009)에서 계산

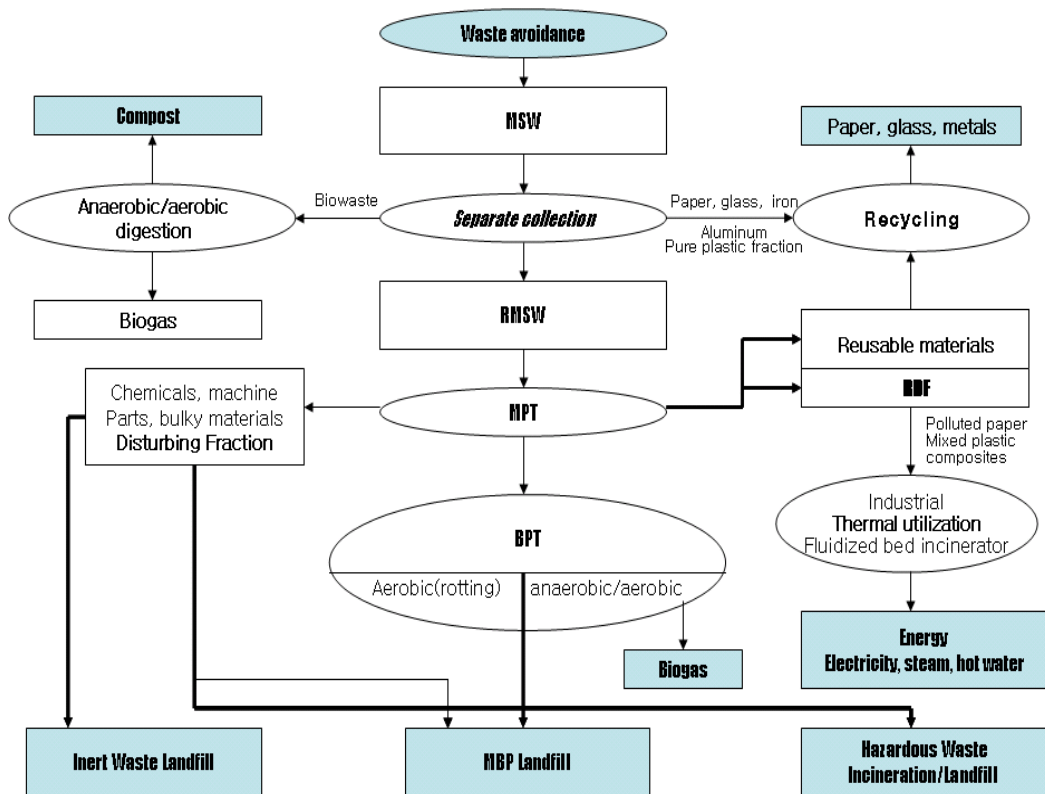
(3) 폐기물 에너지화 처리기술(MBT)

폐기물 에너지화를 위한 대표적인 전처리기술 가운데 기계생물학적처리(MBT) 기술은 혼합 폐기물 퇴비화 공정에서 발전해왔다. 이 기술은 기존의 생활폐기물 처리방법인 단순 소각 및 매립방식의 기술적, 경제적, 환경적 한계를 극복하기 위한 새로운 대안으로 생활폐기물 중의 물질을 기계적 생물학적으로 전처리하여 자원 및 에너지를 회수하고 최종 처리하는 양을 감량화하여 자원순환형 폐기물관리체계 구축을 목적으로 한다.

MBT는 처리순서에 따라 MBT 또는 BMT로 구성할 수 있으며, 기계적 선별과 생물학적 공정 또는 물리적 공정을 이용하여 종량제 봉투 내의 유가자원을 회수할 수 있는 처리방식이다. 기계적 공정은 선별과정을 통해 자원화 할 수 있는 물질의 성상별 분리를 하며, 생물학적 공정은 건조, 호기성 퇴비화, 혐기성 소화를 통해 감량화한 후 재이용 또는 매립지 복토재 등으로 이용하는 것이며 종이, 플라스틱, 비닐, 목재류 등으로부터 물질회수 또는 고형연료를 회수할 수 있다. 또한 재활용폐기물 대상물질에 따라 RDF(복합 : 플라스틱, 비닐, 목재, 종이류 등) 및 RPF로 되는데, 현재 국내에서는 RDF와 RPF에 대한 품질기준이 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률(2007)로 규정되어 있다.

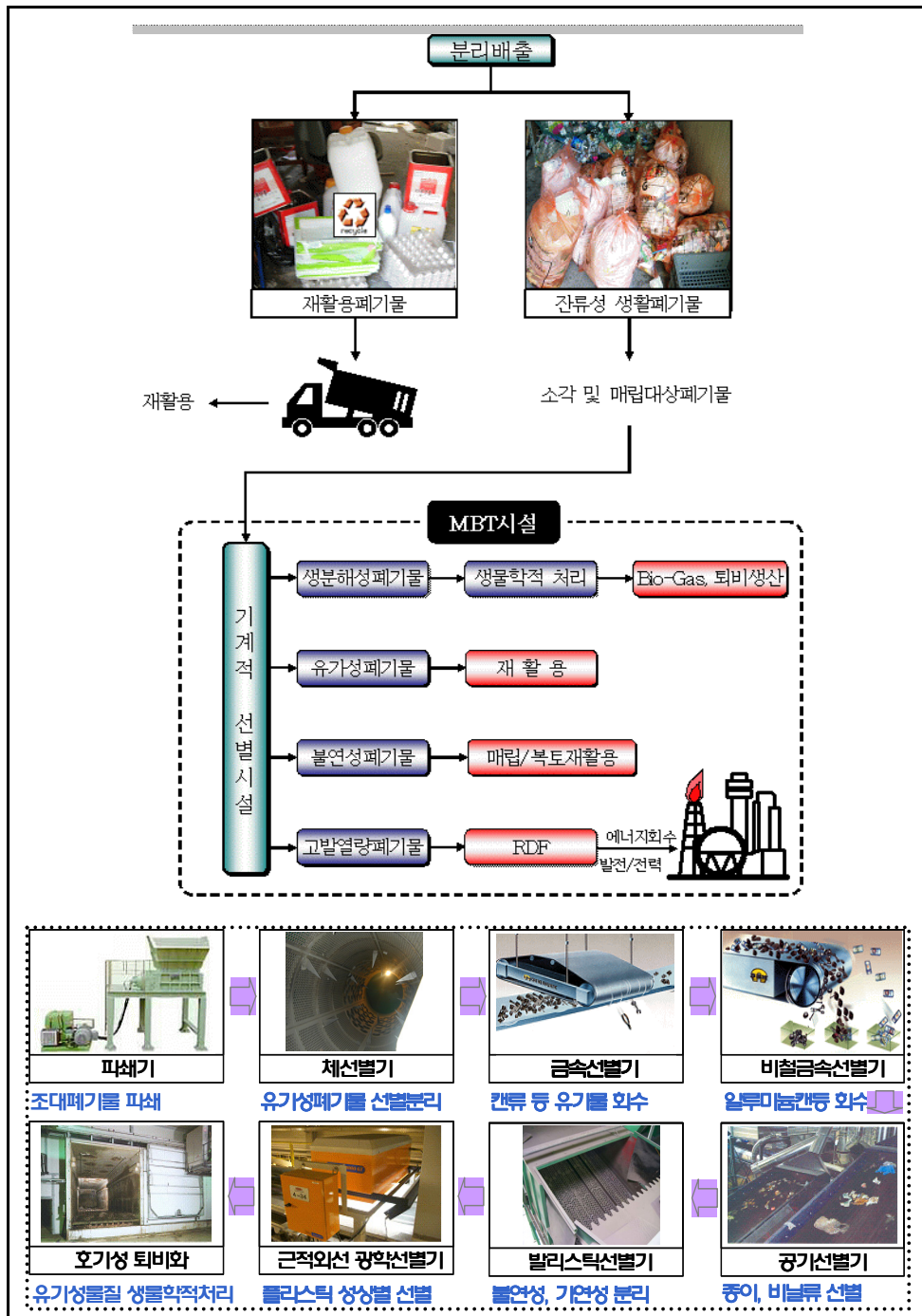
유럽(EU)을 중심으로 한 선진국에서는 이미 생활폐기물 중에서 물질 및 자원을 회수, 재활용, 재이용 후 폐기물을 처리하여 그 양을 최소화하고 있다. 국내에서도 폐기물의 완벽한 분리배출이 이루어지지 않는 점, NIMBY현상에 의한 시설설치 곤란, 종량제 실시 이후 발열량 증가에 의한 소각로 효율저하문제, 기존 매립시설의 사용연한 부족 및 각종 국제협약 관련 이행에 따른 폐기물 처리의 한계봉착 등 대안이 필요한 상황이다. MBT 도입을 위해 선결되어야 할 사항으로는 관련 법제의 정비(RDF 품질기준 설정, 사용가능지역 고시 등), RDF, 생분해 부산물, 재활용 물질, 비반응성 물질 등에 대한 대책이나 생산된 RDF 및 생분해 부산물의 수요처 확보 등의 중간생성물 관리방안 그리고 기술개발 및 인프라의 구축이라 할 수 있다.

전체공정은 생활폐기물 중의 미세 유기성물질 분리, 유기물회수, 불연물질 제거를 위한 체선별, 금속선별, 공기선별, 발리스틱선별, 수선별, 광학선별 공정 등으로 구성되고, 체선별기에서 선별된 미세 유기성물질은 생물학적 안정화 처리를 기본으로 한다.



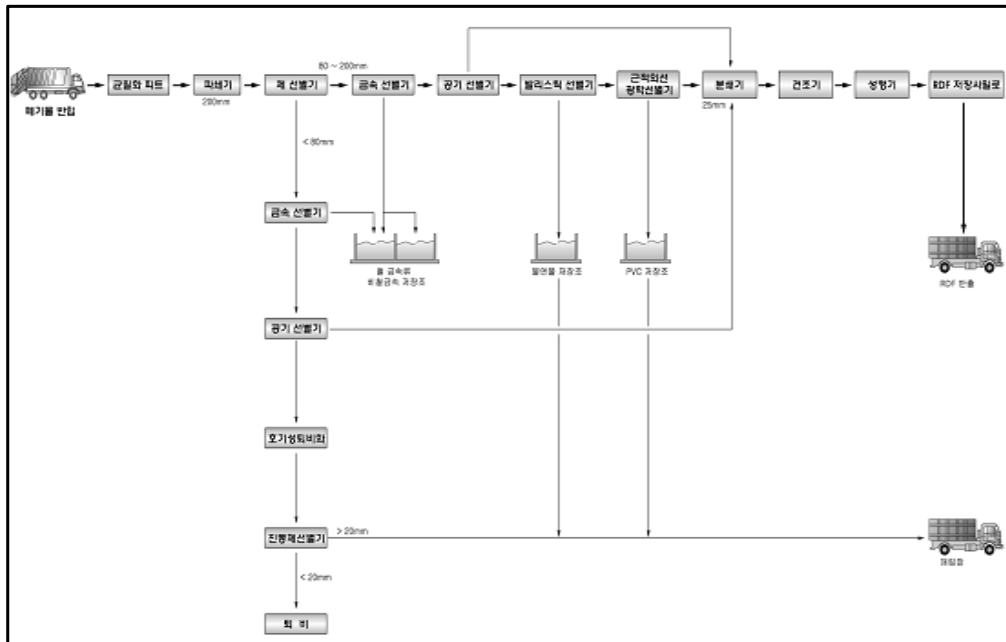
자료 : 윤오섭, 폐기물처리공학, 2007

[그림 3-6] 자원순환형 폐기물관리 모식도



자료 : 윤오섭, 폐기물처리공학, 2007

[그림 3-7] MBT 개념 흐름도



자료 : 윤오섭, 폐기물처리공학, 2007

[그림 3-8] MBT 공정도

〈표 3-9〉 폐기물 자원화 경제성 비교

처리 시설별	스토카 소각	열분해/용융	MBT+ 시멘트소성로(RDF)	MBT+ 자체 RDF발전
평가 내용	- 검증성 우수 - 환경성, 경제성 불리	- 환경성 우수 - 기술성, 경제성 가장 불리	- 환경성, 기술성, 경제 성 가장 우수 - 자원순환 가장부합	- 환경성, 기술성, 경제성 우수 - 자원순환 부합
시설비 (억원/톤)	2.5 ~ 3.0	3.5	1.0	3.5
처리단가 (만원/톤)	10.6	17.3	3.5	7.0

자료 : 환경부, 생활폐기물 전처리시설(MBT) 도입 추진 보도자료, 2006

〈표 3-10〉 MBT시설 도입에 따른 효과

효 과	내 용
기 술	<ul style="list-style-type: none"> · 유럽(EU) 및 선진 외국에서 이미 검증된 기술 · 자원 및 에너지회수를 통한 자원절약 효과 · EU는 매립지침에 생분해성 폐기물의 감량목표 달성 수단으로 인식
환 경	<ul style="list-style-type: none"> · 화석연료의 사용억제를 통한 온실가스 배출량 최소화 · 각종 생물학적 처리공정(혐기성 소화)에 의한 메탄가스 회수 가능 · 유기자원의 회수뿐만 아니라 처분량 감소로 인한 매립지 사용연한 연장 · 종량제 봉투 내 유가자원(플라스틱, 종이류 등)의 회수, 발열량 저감
경 제	<ul style="list-style-type: none"> · 공정이 단순, 기존의 소각시설에 비해 소요비용이 적음 · 단순공정으로 운전이 용이하며, 운영비용을 최소화할 수 있음

자료 : 환경관리공단, 폐기물 자원화 선진사례, 2009

〈표 3-11〉 국내외 MBT시설 가동 및 운영현황

지 역	처리능력	처 리 방 식
경남 남해시	15 톤/일	호기성 처리
강원 원주시	80 톤/일	RDF 소각시설
경기도 파주시	80 톤/일	혐기성소화(발전) 및 호기성 안정화
Frankfurt(독일) 유기성폐기물 처리시설	100 톤/일	혐기성소화(발전) 및 호기성 안정화
Neumuenster(독일) MBP + RDF소각발전시설	700 톤/일	기계/생물학적처리 (MBP)+RDF/석탄혼합발전 (CFB소각보일러)
Lomellina(이탈리아) MBP + RDF소각발전시설	460 톤/일	MBP+순환형 유동상소각(발전/난방)

자료 : 환경관리공단, 폐기물 자원화 선진사례, 2009

(4) 폐기물 에너지화 RDF 제조

RDF(Refuse Derived Fuel)는 다양하게 정의되고 있으나 원천이 폐기물에서 회수되는 것과 성상이 고발열량을 지닌 가연성폐기물이라는 것이다. 생활폐기물은 물론 산업폐기물에서 회수된 것과 하수찌꺼기, 유해폐기물, 바이오매스 등이 이 범주에 속한다. RDF는 생활폐기물이나 산업폐기물, 상업폐기물 등을 처리하는 과정에서 분리 회수된 고발열량 물질을 연료화한 것으로, 다른 유사용어는 다음과 같다.

REF(Recovered Fuel)

PDF(Packaging Derived Fuel)

PPF(Paper & Plastic Fraction)

PEF(Processed Engineered Fuel)

SF(Secondary Fuel or Substitute Fuel)

SLF(Substitute Liquid Fuel)

SRF(Secondary Recovered Fuel)

RPF(Refuse Plastic Fuel)

WDF(Waste Derived Fuel)

〈표 3-12〉 ASTM 방식에 의한 RDF 분류

분류	약 칭	종류별 정의
RDF-1		대형 폐기물만을 제거한 통상의 폐기물로서 연료로 이용이 가능한 것
RDF-2	Coarse-RDF (C-RDF)	150×150 mm 규격의 스크린 통과분 95%의 입도로 선별된 폐기물(불연성 물질 분리여부에 무관)
RDF-3	Fluff-RDF (F-RDF)	50×50 mm 통과 95%의 입도로 분쇄한 후 불연성 물질을 제거한 것
RDF-4	Powder-RDF (P-RDF)	10 mesh(2 mm) 스크린 통과 95%의 입도로 분쇄한 후 불연성 물질을 제거한 것
RDF-5	Densified-RDF (D-RDF)	폐기물을 분쇄한 후 Pellet, Cube 및 Briquette상으로 압축 성형 한 것
RDF-6	Liquid Fuel	폐기물로부터 얻어진 액상 연료
RDF-7	Gaseous Fuel	폐기물로부터 얻어진 기체 연료

자료 : 환경관리공단, 폐기물 자원화 선진사례, 2009

국내에는 폐기물의 고체연료화 기술이 생활폐기물을 이용한 성형 RDF 기술로서 알려져 있지만, 광의의 RDF는 매우 다양하게 분류되고 있다. 미국의 ASTM에서 규정하는 RDF 분류에 의하면 RDF-1부터 RDF-3까지는 가공을 전혀 하지 않았거나 단순가공을 한 소각용 폐기물에 가까우나 RDF-3부터 RDF-7까지는 연료의 형태를 갖추어 다른 화석연료와 같이 수송이나 저장이 가능하며 산업용 연료로서 충분한 가치가 있다.

고형연료제품의 단면 형상은 원형인 펠렛형으로서 직경 30mm 이하 및 길이 100mm 이하이고 길이 전체에 걸쳐서 단면적 모양이 일정하도록 규정하고 있다. 고형연료의 저위발열량은 3,500kcal/kg 이상이어야 하고, 폐플라스틱 고형연료제품은 6,000kcal/kg 이상, 수분함량은 평균 10%(무게비)이하, 회분 함유량은 20%(건기준, 무게비) 이하로 정하고 있다.

고형연료제품을 사용하려면 해당 지역이 「대기환경보전법 시행령」 제36조제1항에 따른 고체연료 사용금지 지역인지를 확인하여 고체연료 사용금지지역인 경우 관할 시·도지사의 고

체연료사용승인 절차 등을 거쳐야 한다.

국내에서는 원주시에서 매립장 인근 11,300여㎡ 부지에 115억원을 들여 1일 80톤 처리 규모의 RDF 제조시설인 생활폐기물 연료화시설을 건립해 2006년 11월부터 가동 중이다. 이 시설은 가연성 폐기물을 파쇄, 건조, 분쇄, 압축, 성형의 공정을 거쳐 고형연료를 생산하며 생활폐기물 처리문제를 해결하고 대체에너지 개발 및 보급 촉진에도 기여하고 있다. 또한 MBT와 연계하여 수도권매립지관리공사(200톤/일)와 강릉시 및 부안군과 부천시에서 RDF 제조시설에 대해 설치 중에 있다.



폐자원고형연료(RDF)



폐플라스틱고형연료(RPF)



부천시 MBT 시설



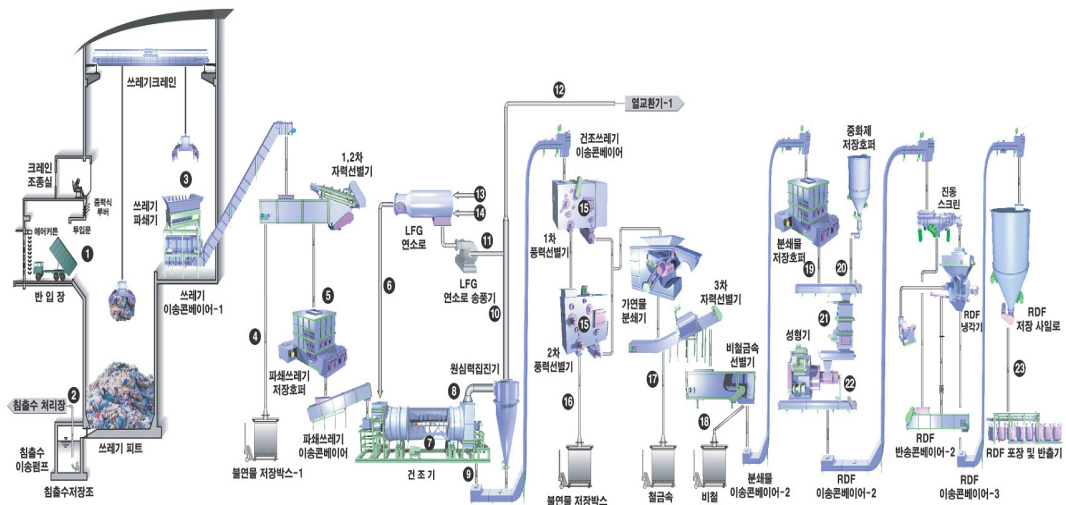
원주시 RDF 생산시설



수도권매립지 RDF 생산시설

부산 생곡에너지팜

[그림 3-9] RDF 생산시설



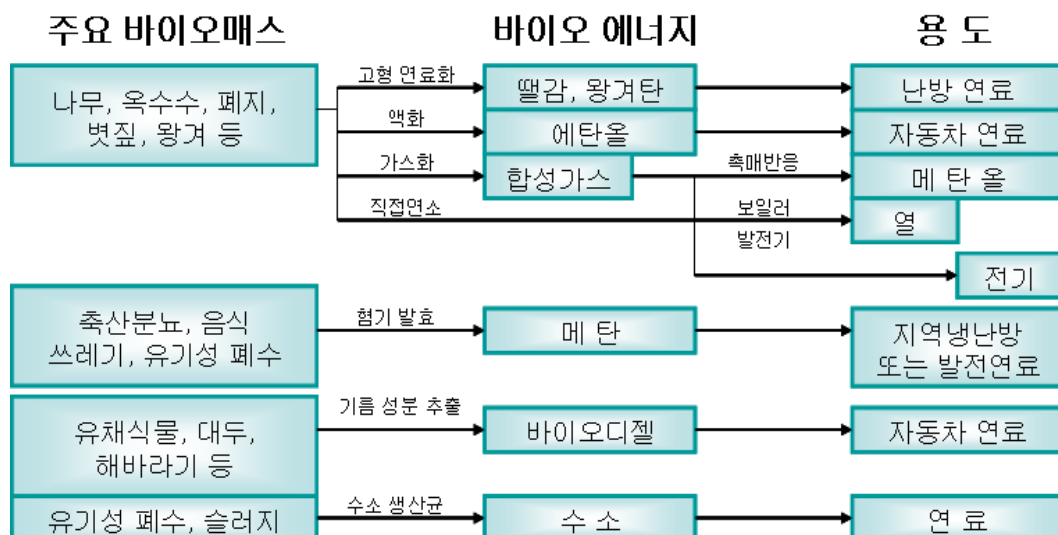
[그림 3-10] RDF 생산 공정도

2. 유기성 폐자원

1) 바이오매스 정책

신재생에너지 가운데 바이오매스는 우리나라의 부존 여건과 기술수준, 낮은 경제성, 열악한 산업기반 등을 극복하고 원활한 개발·보급을 위해서는 일관성 있는 정책을 추진할 필요가 있다. 안정적 투자환경을 조성하고, 선택과 집중에 따른 전략적 투자로 기술개발과 상용화가 필요하다. 신성장 동력으로서 기술력 확보가 필요한 산업(수소·연료전지, 태양광, 풍력)분야보다 지역여건을 고려하여 향후 비교우위가 가능한 분야를 선별하여 ‘선택과 집중’에 의한 재원 배분 효율화방안을 마련할 필요가 있다.

우리나라는 바이오매스를 “신에너지 및 재생에너지 이용·개발·보급 촉진법 제2조”에서 규정하고 있는 8개 분야의 재생에너지에 포함하고 있으나 바이오매스는 넓게는 유기성폐자원, 하·폐수찌꺼기, 가축분뇨 및 폐기물, 임산폐기물, 농산폐기물 등을 포함한다고 볼 수 있다.



[그림 3-11] 바이오매스와 바이오에너지

〈표 3-13〉 국내 바이오매스 부존 및 보급 잠재량

자원별	부존자원		보급 잠재량(가용자원)		산출 근거
	습증량 (만톤/년)	에너지 (만TOE/년)	습증량 (만톤/년)	에너지 (만TOE/년)	
임산자원	1,200	510	200	85	부존 : 임목축적량 가용 : 실제 생산량
농업 부산물	1,185	400	300	105	1991년 실사결과 추정
음식 쓰레기	430	17	130	5.1	부존자원의 30% 수준
폐목재	540	108	160	32	부존자원의 30% 수준
가축분뇨	4,684	90	156	3.0	1/30정도 처리
찌꺼기	169	3	85	1.5	부존자원의 50%
합계		1,128		231.6	부존자원의 21%

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급통계, 2009

충청남도의 바이오에너지 생산량은 2007년 기준 3,184TOE로 전국 370,158TOE의 0.9%를 차지하고 있을 정도로 미미하지만 가축사육두수가 많아 수질오염방지, 에너지회수, 온실가스 저감 등의 향후 경제·사회·환경적 수요증가를 고려하면 바이오가스 분야는 지역 특화에너지로 부상할 수 있다. 현재 충남에서 생산되고 있는 바이오에너지는 고체형인 성형탄 2,354TOE, 임산연료 716TOE, 기체상의 바이오가스 114TOE이며, 고체상의 우드칩, 액체상의 바이오디젤, 기체상의 매립지 가스의 생산량은 전혀 없는 상태다.

음식물류폐기물, 하수찌꺼기 뿐 아니라 가축분뇨의 발생량이 많아서 유기성폐기물을 연계한 바이오가스 생산설비의 설치·운영을 통하여 신재생에너지의 활용을 적극 추진할 수 있는 여건이 충분하다고 볼 수 있다. 이런 점에서 유기성 폐자원을 이용한 바이오에너지의 개발과 이용은 화석연료의 대체에너지로서 향후 매우 중요한 과제가 될 전망이다. 충청남도가 충분한 활용 잠재력을 가지고 있는 유기성 폐기물계 바이오매스를 중심으로 잠재량을 분석하고 효율적으로 이용할 수 있는 시스템 및 추진전략이 필요하다.

2) 가축분뇨 바이오매스

가축 사육두수중 대표적인 축종인 한·육우, 젖소, 말, 돼지, 유제류(有蹄類), 가금류(家禽類)에 대한 농림수산식품부의 가축사육두수 통계로 살펴본 시·도별 사육현황을 조사하였다. 유제류는 편의상 축분발생 특성이 비슷한 산양, 면양, 사슴, 개를 포함하였고, 가금류는 닭, 오리, 칠면조, 거위를 포함하였다. 한편 축종별 축분 및 메탄가스발생량은 다음과 같다.

〈표 3-14〉 축종별 축분배출량 및 메탄가스발생량

	한·육우	젖소	말	돼지	유제류	가금류
축분배출량 (kg/d)	4.0	4.5	5.0	0.7	0.3	0.03
메탄가스발생량 (Nm ³ /d)	0.325	0.325	0.35	0.40	0.30	0.45

자료 : 경기개발연구원, 경기도 바이오매스에너지 이용체계 구축방안, 2008

〈표 3-15〉 시·도별 가축사육 두수

(2007년말 기준)

구분	사육두수(마리)					
	한·육우	젖소	말	돼지	유제류	가금류
서울	284	99	33	0	158,828	87
부산	1,516	689	944	10,926	44,565	97,740
대구	17,869	3,080	76	30,234	29,220	452,567
인천	16,334	3,545	111	59,038	84,503	743,469
광주	4,630	671	37	7,770	25,381	402,729
대전	6,128	13	46	3,140	25,830	64,474
울산	24,949	1,088	65	54,341	23,739	471,480
경기	195,647	183,370	2,854	1,873,973	446,912	28,002,769
강원	176,077	17,317	393	462,050	160,751	4,541,688
충북	159,935	22,032	154	549,533	219,395	8,432,299
충남	294,268	78,097	229	1,758,754	282,758	22,103,129
전북	233,921	34,286	539	1,118,242	232,503	19,355,915

전남	339,595	30,492	164	908,076	214,367	18,170,067
경북	458,559	40,737	413	1,166,770	193,841	18,436,427
경남	245,164	29,130	259	1,166,213	213,643	7,417,956
제주	25,697	4,915	18,634	436,771	27,031	1,210,258
전국	2,200,573	453,403	24,951	9,605,831	2,383,267	129,903,054

자료 : 농림수산물부, 가축통계(<http://www.mifaff.go.kr>), 2009. 7 검색 재구성

주 : 유제류에는 산양, 면양, 사슴, 개를 포함

가금류는 닭, 오리, 칠면조, 거위를 포함

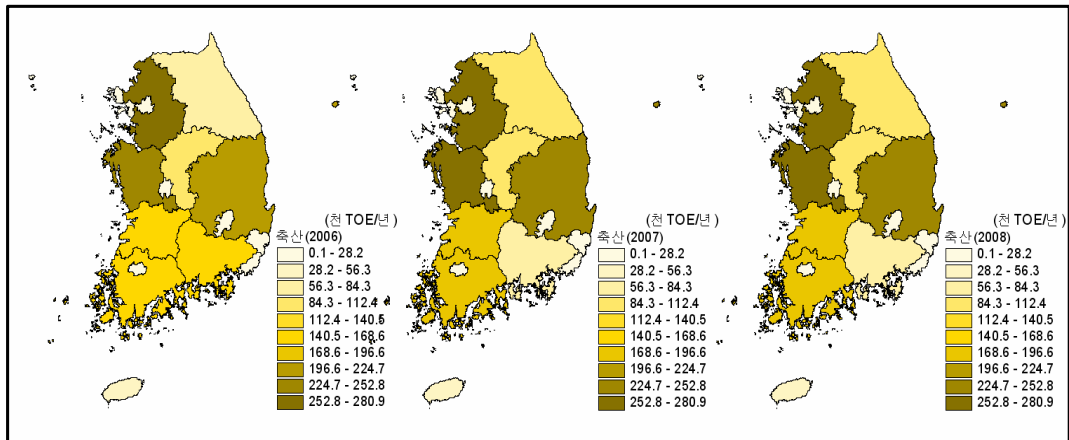
〈표 3-16〉 시·도별 가축분뇨 바이오가스 잠재량 (단위 : TOE/년)

	한·육우	젖소	말	돼지	유제류	가금류	합계
서울	74.1	29.1	11.6	0.0	2,869.6	0.2	2,984.6
부산	395.6	202.3	331.6	614.2	805.2	264.9	2,613.8
대구	4,663.4	904.3	26.7	1,699.5	527.9	1,226.5	9,048.2
인천	4,262.8	1,040.8	39.0	3,318.5	1,526.8	2,014.9	12,202.7
광주	1,208.3	197.0	13.0	436.8	458.6	1,091.4	3,405.1
대전	1,599.3	3.8	16.2	176.5	466.7	174.7	2,437.1
울산	6,511.1	319.4	22.8	3,054.5	428.9	1,277.8	11,614.5
경기	51,059.0	53,836.9	1,002.6	105,336.0	8,074.6	75,891.0	295,200.1
강원	45,951.7	5,084.2	138.1	25,971.8	2,904.4	12,308.5	92,358.7
충북	41,739.0	6,468.5	54.1	30,889.2	3,963.9	22,852.6	105,967.4
충남	76,796.6	22,929.0	80.5	98,859.6	5,108.7	59,902.2	263,676.6
전북	61,047.5	10,066.3	189.4	62,856.4	4,200.7	52,456.9	190,817.2
전남	88,625.8	8,952.4	57.6	51,043.0	3,873.1	49,243.2	201,795.0
경북	119,672.4	11,960.3	145.1	65,584.1	3,502.2	49,965.0	250,829.2
경남	63,981.7	8,552.5	91.0	65,552.8	3,860.0	20,103.6	162,141.6
제주	6,706.3	1,443.0	6,546.4	24,550.9	488.4	3,280.0	43,014.9
합계	574,294.5	131,989.7	8,765.6	539,943.8	43,059.7	352,053.5	1,650,106.8

자료 : 농림수산물부, 가축통계(<http://www.mifaff.go.kr>)로부터 축종별 원단위 적용계산

주 : 유제류에는 산양, 면양, 사슴, 개를 포함

가금류는 닭, 오리, 칠면조, 거위를 포함



[그림 3-12] 가축분뇨 에너지 잠재량

가축분뇨는 소·돼지·닭 등 가축의 분뇨와 축사 세정수가 혼합되어 발생되는 폐수를 합한 것으로 수질환경오염 부하가 높다. 제대로 처리되지 않은 가축분뇨가 하천으로 방류될 경우 상수원 및 농업용수 수질악화와 악취, 해충으로 농촌 생활환경을 해치는 요인으로 작용한다. 따라서 가축분뇨를 활용한 바이오매스 에너지 생산은 수질오염방지, 유기성 폐기물 처리, 신재생에너지 확보라는 다목적성을 갖는다. 가축분뇨 발생량은 평균 169,000m³/일로 전체 오폐수의 0.6%에 불과하나 오염부하량은 25.8%를 차지한다.

단위면적당 가축분뇨 발생부하량은 충청남도가 58.29 BODkg/km²·일로 가장 높고, 경기, 전북, 제주도 순이며, 서울이 0.34 BODkg/km²·일로 가장 낮다. 이러한 결과는 충청남도 지역이 단위면적당 가축에 의한 오염발생부하량이 가장 높아 공공수역의 수질오염 가능성이 비교적 높다. 축산분뇨 발생현황을 살펴보면, 2007년 기준 전국의 축산분뇨 발생량은 130,746m³/일이며 이 중 충남의 발생량이 29,008m³/일로 전체 발생량의 14.5%를 차지하고 있다. 가축분뇨 발생량은 사육가축의 종류와 두수 등에 따라 크게 변화하며 다음과 같은 공식을 이용하여 신재생에너지 잠재량을 산정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{축산 잠재량(TOE/년)} &= \text{두수} \times \text{일평균 축분 배출량(kg/d)} \times \text{메탄가스 발생량(Nm}^3\text{/kg)} \\ &\quad \times 365 \times 5,500(\text{kcal/Nm}^3) \times 10^{-7}(\text{TOE/kcal}) \end{aligned}$$

이 식을 이용하여 가축별 축산잠재량을 산출하는데, 말과 유제류는 통계자료가 없어서 제외

하고 시·군별 축산분뇨 바이오매스 총 잠재량은 가축별 잠재량을 합산하여 산출하였다. 2008년말 기준 통계자료를 기초로 축산잠재량을 구해보면 한육우, 젖소, 돼지, 가금류의 축분을 이용한 충남의 바이오가스 에너지 잠재량은 257,088.8TOE/년으로 경기도에 이어 전국 2위로 나타났다. 충남의 16개 시·군 중 홍성군이 14.8%인 38,054.2TOE/년으로 축산분뇨 바이오매스 잠재량이 가장 크고, 그 다음은 당진군이 13.2%인 33,817.6TOE/년으로 나타나고 있다.

〈표 3-17〉 충청남도 시·군별 가축사육 두수

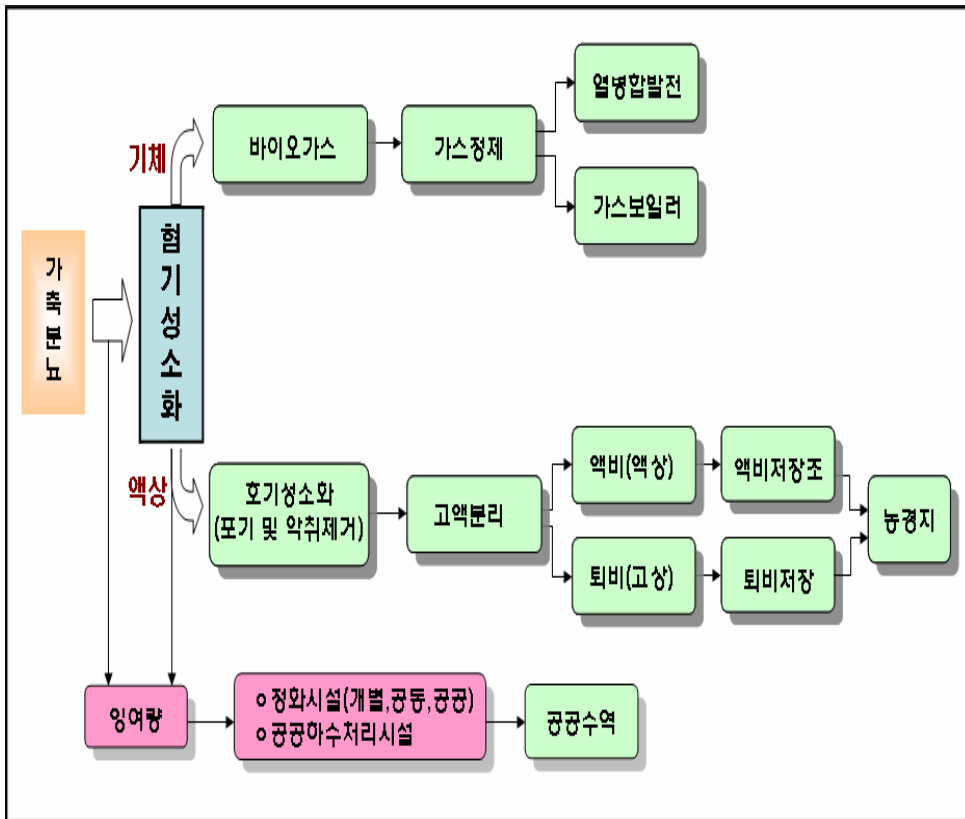
	한·육우	젖소	돼지	가금류
충청남도	308,312	81,711	1,683,808	21,397,602
천안시	9,790	14,027	111,120	2,224,835
공주시	39,071	5,031	80,703	1,576,636
보령시	16,766	3,761	169,582	1,717,977
아산시	14,051	10,184	133,582	2,148,591
서산시	25,842	3,388	48,295	897,303
논산시	14,604	4,504	151,020	1,851,785
계룡시	478	0	2,722	1,249
금산군	6,893	1,774	17,873	188,191
연기군	15,739	3,555	53,212	997,655
부여군	17,141	2,835	72,877	1,820,807
서천군	9,230	1,568	16,118	928,629
청양군	17,397	510	38,811	1,016,005
홍성군	48,829	4,902	359,149	1,359,368
예산군	38,643	11,108	144,739	1,384,882
태안군	8,732	2,732	11,455	157,865
당진군	25,106	11,833	272,551	3,125,824

자료 : 충청남도, 행정자료, 2009

〈표 3-18〉 충청남도 시·군별 가축분뇨 바이오가스 잠재량 (단위 : TOE/년)

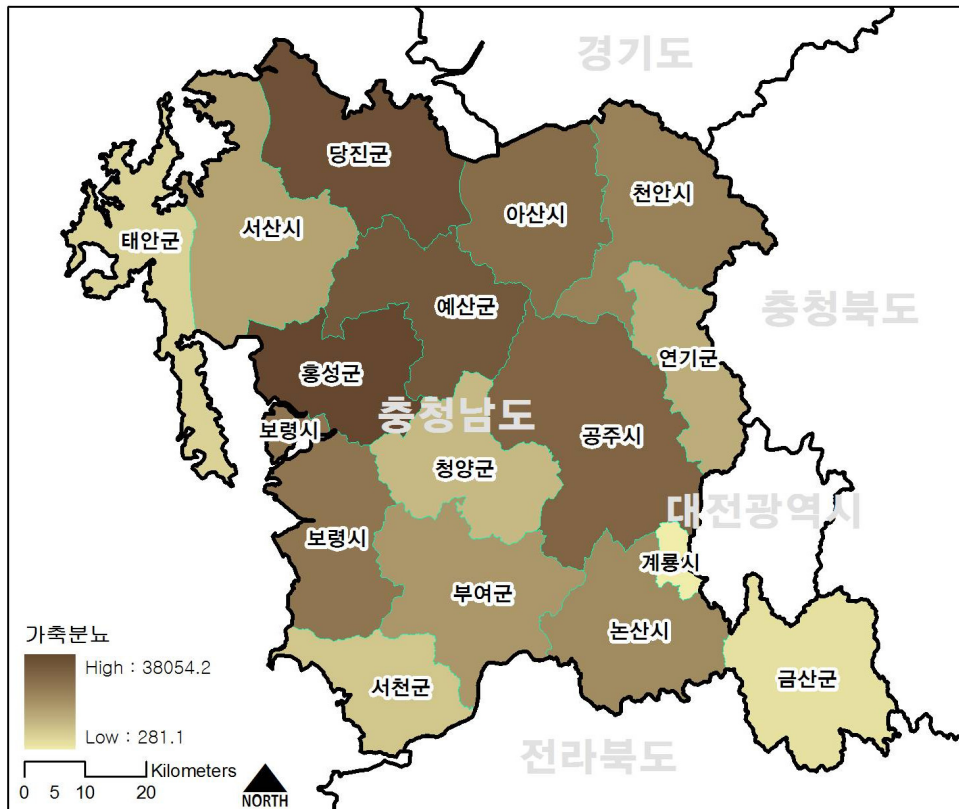
	한·육우	젖소	돼지	가금류	합계
충청남도	80,461.7	23,990.1	94,646.8	57,990.2	257,088.8
천안시	2,554.9	4,118.3	6,246.1	6,029.6	18,948.9
공주시	10,196.6	1,477.1	4,536.3	4,272.9	20,482.8
보령시	4,375.5	1,104.2	9,532.2	4,655.9	19,667.9
아산시	3,667.0	2,990.0	7,508.6	5,823.0	19,988.5
서산시	6,744.1	994.7	2,714.7	2,431.8	12,885.3
논산시	3,811.3	1,322.4	8,488.8	5,018.6	18,641.0
계룡시	124.7	0.0	153.0	3.4	281.1
금산군	1,798.9	520.8	1,004.6	510.0	3,834.4
연기군	4,107.5	1,043.7	2,991.0	2,703.8	10,846.0
부여군	4,473.4	832.3	4,096.4	4,934.6	14,336.8
서천군	2,408.8	460.4	906.0	2,516.7	6,291.9
청양군	4,540.2	149.7	2,181.6	2,753.5	9,625.0
홍성군	12,743.1	1,439.2	20,187.8	3,684.1	38,054.2
예산군	10,084.9	3,261.3	8,135.8	3,753.2	25,235.1
태안군	2,278.8	802.1	643.9	427.8	4,152.7
당진군	6,552.0	3,474.1	15,320.1	8,471.4	33,817.6

주 : 충청남도, 가축사육두수 행정자료(2009)에서 계산



자료 : 윤오섭, 폐기물처리공학, 2007

[그림 3-13] 가축분뇨 혐기성소화 시스템



[그림 3-14] 시군별 가축분뇨 에너지 잠재량

3) 음식물류 폐기물 바이오매스

음식물류 폐기물이 체류 시간 20일의 혐기성 소화 과정을 거칠 경우 메탄가스 생산량은 $0.4\text{m}^3 \text{ Gal/kg} \cdot \text{VSad/d}$ 이므로 음식물류폐기물 1톤의 CH_4 가스 함량과 에너지는 다음과 같다.

$$1000\text{kg} \times 0.169 \times 0.4\text{m}^3\text{Gal/kg} \cdot \text{VSad/d} \times 0.53 = 35.8\text{m}^3 \text{ CH}_4 / \text{톤}$$

이 식에서 0.169는 mole 환산비이고, $0.4\text{m}^3\text{Gal/kg} \cdot \text{VSad/d}$ 는 20일 체류시 소화조 단위 체적당 CH_4 생산량이며, 0.53은 시스템 효율을 나타내는 상수이다. 이 경우 저위 발열량은 $8,769\text{kcal/m}^3$ 이므로 음식물류폐기물 1톤은 314,176kcal의 메탄가스를 발생시킴을 알 수 있다.

음식물류폐기물 전체발생량을 바이오매스 에너지화한다고 가정하고, 위 식을 이용하여 자원 잠재량을 산출한 결과, 2008년 기준 충남의 음식물류폐기물을 이용한 바이오매스 에너지 잠재량은 6,232TOE/년임을 알 수 있다.

음식물류폐기물의 처리에 가장 문제가 되는 것은 음식물류폐기물을 자원화하거나 기타 처리할 때 발생하는 음폐수이다. 2013년부터 음폐수의 해양배출이 금지됨에 따라 음식물류폐기물의 처리만큼 음폐수 처리도 이슈화되고 있으며, 따라서 음폐수를 이용한 바이오매스 에너지화에 대한 고려가 필요하다. 또한 현재 발생하는 음식물류폐기물은 대부분이 자원화 처리되고 있으며, 매립 및 소각 처리되는 양을 제외하면 실제 바이오에너지로 이용 가능한 양은 전체 발생량의 2% 정도이다. 따라서 음식물류폐기물을 이용한 바이오 에너지량을 음식물류 폐기물의 시장 잠재량으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 공공 및 민간부문 음식물류폐기물 처리시설의 통계자료를 바탕으로 음식물류폐기물의 바이오매스 잠재량을 산출하였다. 음식물류폐기물 바이오가스 발생량 $84\text{Nm}^3/\text{톤}$ (자원화사업 기본계획, 수도권매립지관리공사, 2008), 바이오가스 메탄함량은 50%, 처리시설 가동일수 300일/년, 메탄(CH_4)의 발열량은 국제에너지기구(IEA) TOE 환산표에서 $10,550\text{kcal}/\text{m}^3$ 를 적용한다. 음식물류폐기물을 이용한 바이오매스 잠재량을 산출하는 식은 다음과 같다.

음식물류폐기물 바이오매스 잠재량(TOE/년)

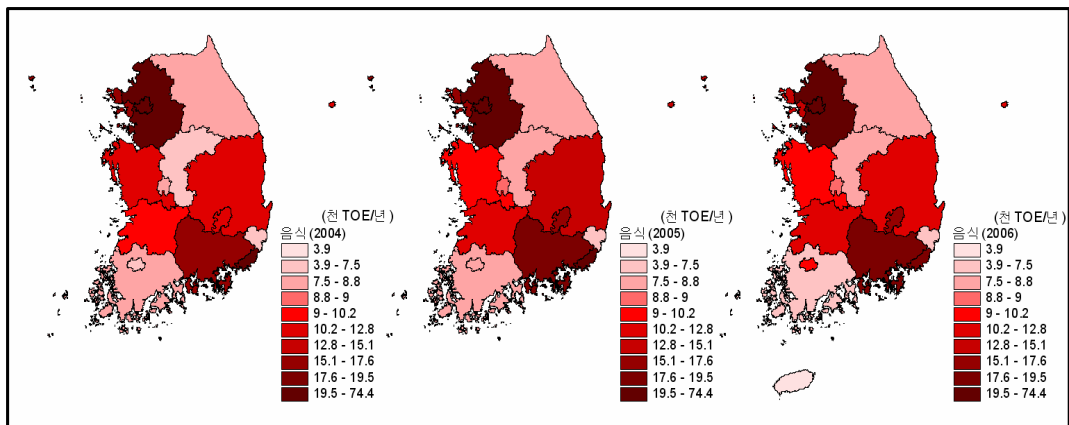
$$= \text{음식물류폐기물 발생량(톤/일)} \times 84\text{Nm}^3/\text{톤} \times 0.50 \times 300\text{일/년} \times 10,550\text{kcal}/\text{Nm}^3 \times 10^{-7}\text{TOE}/\text{kcal}$$

충남의 음식물류폐기물 처리시설 통계자료를 바탕으로 일반음식물류와 사업장 음식물류를 합한 음식물류폐기물량은 468.82톤/일이고, 그에 따른 잠재량은 6,232TOE/년으로 나타났다. 시·군별 음폐수 바이오매스 에너지량을 살펴보면 천안시가 전체의 33.9%인 2,114TOE/년으로 가장 높은 잠재량을 나타냈다.

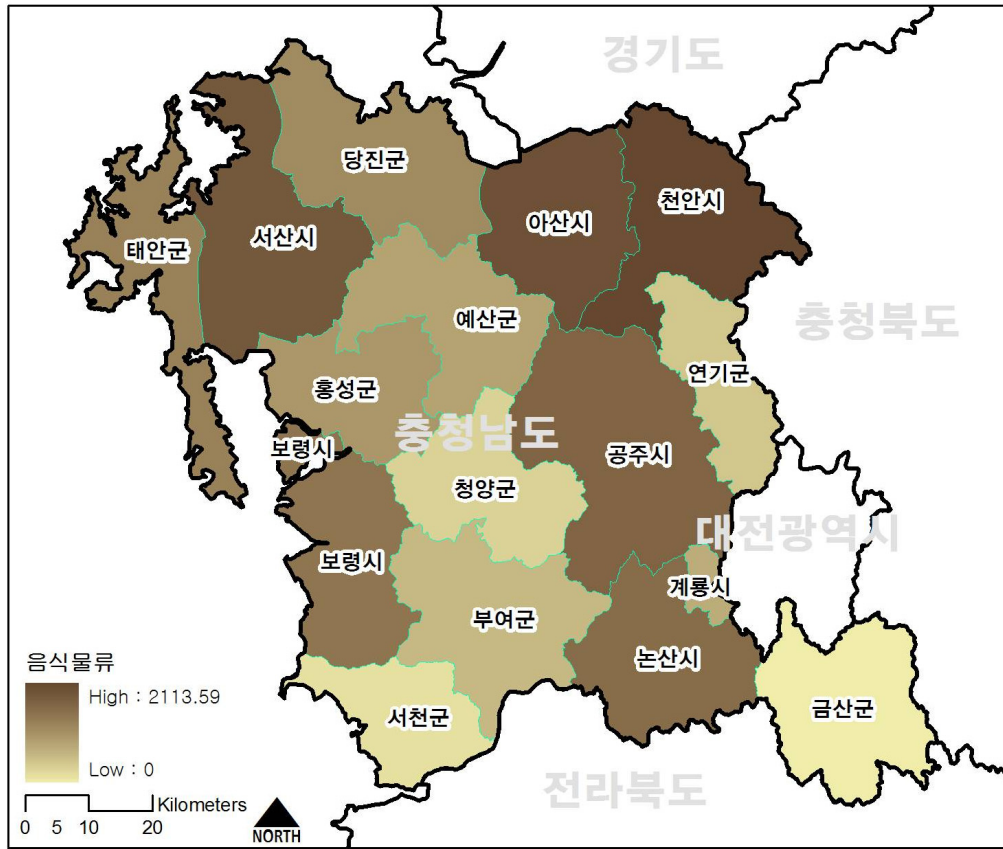
〈표 3-19〉 충청남도 시·군별 음식물류 폐기물 바이오가스 잠재량 (단위 : TOE/년)

	생활음식물류 (톤/일)	사업장음식물류 (톤/일)	합계 (톤/일)	바이오매스 (TOE/년)
충청남도	428.42	40.40	468.82	6,232.02
천안시	154.00	5.00	159.00	2,113.59
공주시	20.00	11.80	31.80	422.72
보령시	23.00	4.00	27.00	358.91
아산시	53.30	11.90	65.20	866.70
서산시	45.40	1.80	47.20	627.43
논산시	29.70	0.10	29.80	396.13
계룡시	11.20	0.60	11.80	156.86
금산군	0.00	0.00	0.00	0.00
연기군	4.30	0.90	5.20	69.12
부여군	9.00	0.00	9.00	119.64
서천군	4.30	0.00	4.30	57.16
청양군	1.80	3.00	4.80	63.81
홍성군	14.12	1.20	15.32	203.65
예산군	14.40	0.10	14.50	192.75
태안군	24.70	0.00	24.70	328.34
당진군	19.20	0.00	19.20	255.23

자료 : 충청남도, 행정자료, 2009

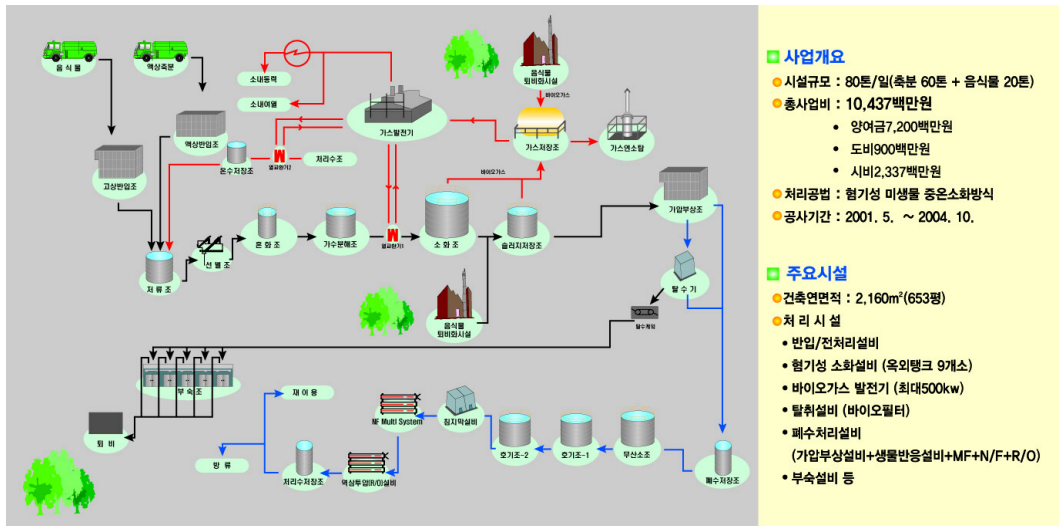


[그림 3-15] 음식물쓰레기 에너지 잠재량



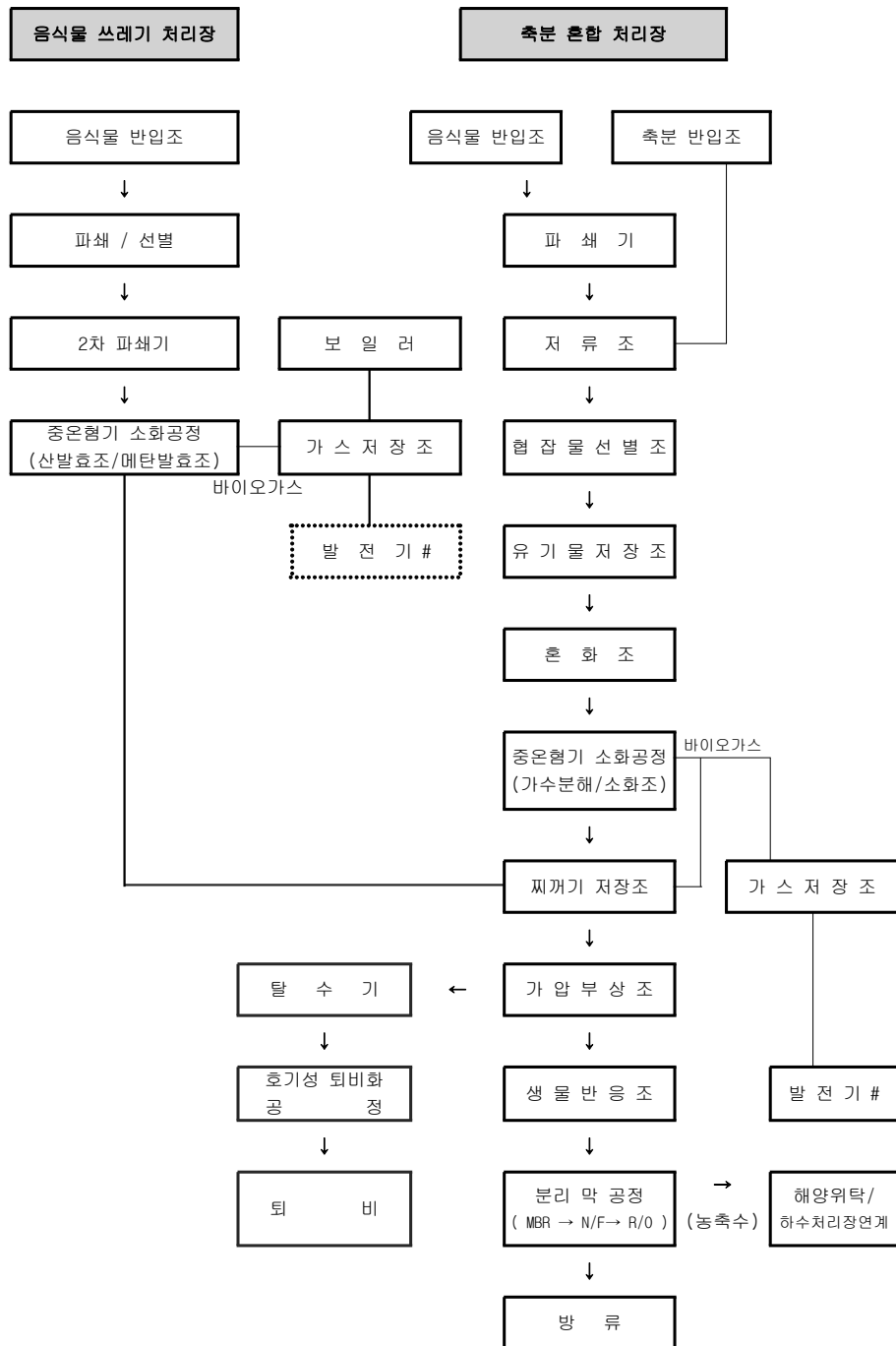
[그림 3-16] 시군별 음식물쓰레기 에너지 잠재량

유기성폐기물에 대한 혐기성소화 기술은 독일, 네덜란드, 덴마크 등이 선도적인 기술수준을 보유하고 있다. 고농도 유기성 폐수와 가축분뇨, 음폐수에 대한 혐기성소화과정에서 유효 에너지원인 메탄을 얻을 수 있어 전세계적으로 플랜트 사업이 증가하고 있다. 가축분뇨, 음식물 쓰레기, 분뇨, 하수찌꺼기 등 다양한 유기성 폐기물을 혐기성 미생물을 이용하여 분해시킴으로써 메탄(CH_4)과 이산화탄소(CO_2)로 구성된 바이오가스를 얻을 수 있으며, 가축분뇨와 음폐수를 혼합한 처리시설도 설치 운영되고 있다. 그 결과 바이오가스로부터 전기와 열에너지를 생산하고 메탄발효 후 남는 소화액은 액비로 이용할 수 있다. 경기도 파주시에 가축분뇨와 음식물쓰레기 혼합 처리시설은 80톤/일(축분 60톤/일, 음식물 20톤/일)규모로 운영 중이며, 500 KW 전력을 생산할 수 있다.



자료 : 파주시, 유기성 폐자원 에너지화 계획, 2007

[그림 3-17] 파주시 바이오가스 플랜트

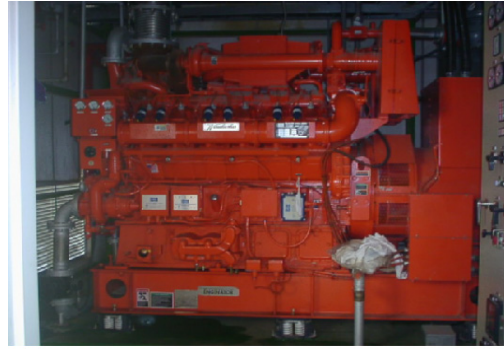


자료 : 파주시, 유기성 폐자원 에너지화 계획, 2007

[그림 3-18] 가축분뇨와 음식물쓰레기 혼합 처리공정



중온 혐기소화조



바이오가스 발전기

[그림 3-19] 바이오가스 시설

4) 하수찌꺼기 바이오매스

유기성 찌꺼기(汚泥, sludge)란 물 속에 있는 오염물질을 미생물체내로 축적시키는 생물학적 처리 후 남는 고형물을 말한다. 그러므로 고형물 안에는 미생물이 흡수한 물속의 오염물질들이 포함되어 있고, 미생물덩어리이기 때문에 유기물함량도 높은 편이다. 유기성찌꺼기란 고형물 중 유기성물질의 함량이 40% 이상인 것을 말한다. 유기성물질의 함량이 40% 이하인 것은 무기성찌꺼기라고 말한다.

〈표 3-20〉 유기성 찌꺼기 발생 예상량

(단위 : 톤/일)

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년
계	19,549	20,269	20,747	21,002	21,346
하수찌꺼기	8,158	8,907	9,414	9,698	10,071
폐수찌꺼기	11,391 (814)	11,362 (911)	11,333 (1,034)	11,304 (1,158)	11,275 (1,232)

자료 : 환경부, 유기성 찌꺼기 처리 종합대책, 2006

(주) : ()는 폐수종말처리시설 발생 찌꺼기임

하·폐수종말처리시설 증설 등으로 유기성찌꺼기는 지속적으로 증가하는 추세를 보일 것으로 예상되며, 2011년에는 1일 21,346톤이 발생할 것으로 예측된다. 현재 운영 중인 하수처리시

설의 찌꺼기발생량은 2,922톤/일 임을 감안할 때 앞으로 하수처리시설에서 발생하는 찌꺼기만 고려했을 때에 7,253톤/일의 찌꺼기를 처리할 수 있는 신규시설 설치가 필요하다.

〈표 3-21〉 시·도별 하수찌꺼기 처리계획

(단위:톤/일)

구 분	합 계		해양배출		매립		소각		재 활용	
	2005	2011	2005	2011	2005	2011	2005	2011	2005	2011
합계	7,052	10,071	5,418	0	78	273	805	3,088	749	6,710
서울	1,919	2,059	1,152	-	44	-	305	304	418	1,755
인천	188	275	183	-	-	-	-	-	-	275
부산	463	682	439	-	-	-	24	682	-	-
대구	420	477	420	-	-	-	-	0	-	477
울산	141	248	141	-	-	-	-	248	-	-
광주	237	330	237	-	-	-	-	330	-	-
대전	203	250	203	-	-	250	-	-	-	-
경기	1,917	3,102	1,384	-	16	3	370	844	147	2,255
강원	166	200	155	-	1	12	-	-	10	188
충북	205	244	89	-	1	-	59	74	57	170
충남	208	368	145	-	-	-	-	79	63	289
전북	232	398	230	-	-	-	-	80	2	318
전남	137	273	118	-	9	1	-	81	10	191
경북	292	417	255	-	2	-	17	127	19	290
경남	280	665	224	-	4	-	30	239	23	426
제주	44	83	43	-	1	7	-	-	-	76

자료 : 환경부, 유기성 찌꺼기 처리 종합대책, 2006

충남의 2008년 하수찌꺼기 발생량 239.4톤/일 가운데 해양투기 186.7톤/일로 78.0%가 해양투기 되었고 소각 3.0%, 재활용 19.0%를 차지하였으나, 2011년까지 해양투기로 처리했던 양을 소각 20.6%, 재활용 79.4%로 처리할 계획이다. 2011년에 발생할 하수찌꺼기는 2008년도의 발

생량에 대비하여 1.57배 증가한 375.0톤/일로 예측된다.

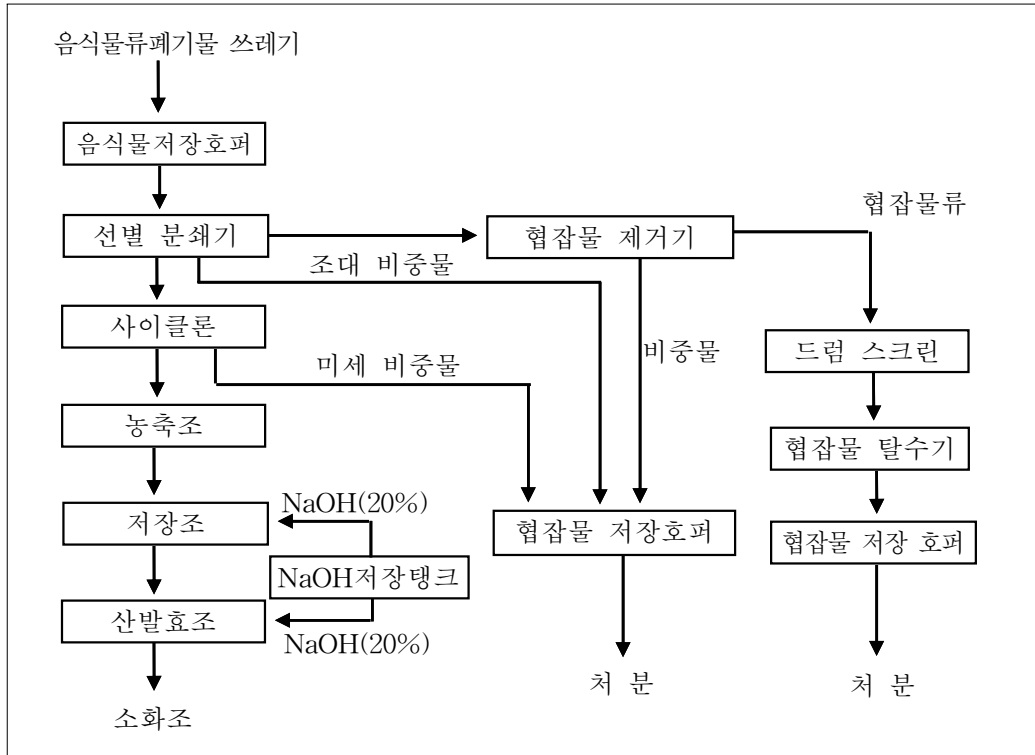
혐기성 소화법은 호기성소화법에 비하여 유기물의 산화·분해에 용존산소가 별도로 필요하지 않으므로 폐수중의 유기물을 처리하는데 있어 경제적인 처리방법이나 혐기성처리법의 단점은 초기 시설투자 비용이 많고, 메탄생성균의 증식속도가 다른 조건의 미생물에 비하여 느리다. 반응기의 용량증대(기존 소화법의 체류시간 15~30일) 및 낮은 유기물부하율(0.5~2.0 kg COD/m³-day)과 유기물 제거율이 낮아 고농도의 유기물 폐수 및 찌꺼기(하수찌꺼기, 가축분뇨, 생분뇨 등 고농도의 유기물을 함유한 폐수)처리 시에는 재처리해야 하는 문제점을 가지고 있으며, 반응기의 조건에 따라서 반응기 내의 미생물은 민감하여 처리에 있어 문제점을 안고 있다.

음식물폐기물과 유기성 찌꺼기 병합처리는 기존 하수처리장의 시설을 이용하여 음식물 쓰레기를 병합처리 함으로써 음식물 쓰레기 처리와 하수 찌꺼기 소화조의 효율증대 및 메탄가스를 회수하여 에너지 비용을 절감하기 위한 처리기술이다. 음식물류폐기물은 반입차량에 의해 기존 하수처리장내 계량대에 의해 계량된 후 음식물 저장호퍼에 반입되며, 반입 저장된 음식물류 폐기물은 음식물 이송 설비에 의해 선별분쇄기에 공급되어 가수된 후 혼합, 분쇄 및 파쇄 과정을 거쳐 음식물, 비중물, 헤파물 등으로 분류되어 별도의 통로로 배출된다.

선별분쇄기에서 분리·분쇄된 음식물은 사이클론에서 다시 정선된 후 농축조에서 농축되어 저장조로 거친 후 산발효조로 이송된다. 음식물은 저장조에서 NaOH에 의해 pH 조정과 가수분해 된 후 산발효조에서 유기산으로 전환한다. 유기산으로 전환된 음식물은 소화조 투입펌프에 의해 정화찌꺼기 농축액 이송관에 연결하여 하수 찌꺼기와 연계처리 되도록 한다. 공정 중에 발생하는 가수에 의한 침출수는 여액저장탱크에서 포집 후 선별분쇄기에 전량 재사용하고 음식물과 분리된 헤파물 및 비중물은 헤파물 저장호퍼에 집하된 후 반출된다.

유기성 찌꺼기 병합처리에 의한 특징으로 처리유입수의 유기물 함량이 클수록 바이오가스가 증가하는 현상에 따라, 음식물폐기물과 유기성찌꺼기를 병합처리 할 경우에는 메탄 또는 수소의 수율이 높아진다. 혐기성소화를 이용하면 공정 중 생기는 찌꺼기와 폐수는 다시 반송되어 처리되기 때문에 2차 오염부하가 기존의 다른 찌꺼기 처리에 비해 적은 편이다. 그리고 생성되는 메탄이나 수소의 경우 모두 청정에너지에 속하며, 비산재가 날리지 않기 때문에 열을 회수하기 위해 연소시켜도 2차 오염물질이 나오지 않으므로 민원이 거세지 않을 것이다. 한 지역 사회 안에서 생성된 음식물폐기물과 하·폐수 찌꺼기를 처리한 뒤, 생성된 연료들은

다시 지역 사회에서 소비되거나 전력선을 이용해 팔 수 있기 때문에 자원순환 개념을 만족할 뿐만 아니라, 지역 경제에 도움이 된다.



자료 : 윤오섭, 폐기물처리공학, 2007

[그림 3-20] 음식물류 하수병합처리 혐기성공정

3. 소수력

1) 정의와 특성

수력발전은 높은 위치에 있는 하천이나 저수지의 위치에너지인 낙차를 이용하여 수차에 회전력을 발생시키고 수차와 직결되어 있는 발전기에 의해서 전기에너지로 변환시키는 시설을 말한다. 수차를 회전시킬 수 있는 유량이 많고 낙차가 클수록 발전설비용량이 커지고 생산되는 전력량도 그 만큼 많아진다. 신재생에너지로서 수력은 2005년 이전에는 설비용량 1만kw를 기준으로 소수력과 수력으로 구분하였으나 개정된 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 시행규칙(2005)에서는 설비용량을 삭제하여 물의 유동에너지를 변환시켜 전기를 생산하는 설비로 일원화되었다. 수력부문의 보급대상은 주로 1만kw 이하의 소수력발전을 대상으로 하고 있으며, 다양한 수력조건에 적용할 수 있는 환경친화적인 에너지의 개발, 발전설비의 설계 및 제작, 자동화 및 최적운영, 표준화 및 간소화, 발전설비 자동화 등의 기술을 포함하고 있다. 수력발전은 운전 중에 질산화물이나 황산화물을 배출하지 않으며 온실가스 배출량도 화석연료에 비해 매우 낮은 청정에너지로 온난화방지에도 적합한 에너지라 할 수 있다.

〈표 3-22〉 전력 1kwh 생산당 CO₂ 배출량

구분	석탄화력	석유화력	LNG화력	원자력	태양광	풍력	지열	수력
gCO ₂ /kwh	975.2	742.1	607.6	28.4	53.4	29.5	15.0	11.3

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 보급기본계획, 2008

하천의 일정지점 유량은 그 지점의 유역면적내에 내린 강수량에 의해 결정된다. 하천 유량은 유역의 상태, 강우상태 등에 따라 다르나 우리나라의 경우 경험식으로 사용할 수 있다.

$$Q = (A \times 10^3 \times B \times 10^6 \times K) / (86400 \times 365)$$

여기서 Q: 연평균 유량(CMS), A: 연강수량(mm), B: 유역면적(km²), K: 유출계수(0.5~0.7)

하천의 유량을 구하는 방법은 ① 그 단면에서의 평균유속을 측정하여 그 값에 단면적을 곱하는 방법, ② 독의 월류량에서 구하는 방법, ③ 수위-유량곡선을 사용해서 관측수위로 구하는 방법, ④ 상류의 발전소의 사용유량이나 댐의 방류량 등에서 추정하나 보통 ③의 방법을 사용한다. 유황곡선을 구하려면 수위유량연표에서 동일 유량이 일어나 도수를 구하여 이것을 작은 유량에서부터 크기순으로 배열하고 1년의 총 일 수에서 차례로 도수의 누계를 빼내어 각 유량에 대한 일수를 산출한 것을 유황표라 하고 이것을 도시한 것이 유황곡선이다.

소수력발전에서 이용하는 최대유량은 유황곡선에서 15~25% 시간 값을 갖는 유량을 취하며, 최저유량은 최대유량의 30%를 취한다. 사용하는 수차가 고정날개형 프로펠러 수차일 경우 최저유량을 최대유량의 50%로 취한다. 최대유량을 더 크게 잡고 최저유량을 작게 잡아 큰 유량 범위에서 발전량을 많이 취하려면 수차갯수를 1대 이상으로 늘려야 한다. 이 경우 수차갯수 증가에 따른 비용과 발전량 증가로 인한 편익을 고려한 경제성 분석결과로 결정한다. 우리나라의 기상과 강수량 특성상 유량변화가 심하므로 최대 사용유량을 크게 잡을 수 없으며, 25% 시간에 대한 유량인 풍수량 Q_{95} 를 보통 적용한다.

발전의 이론출력은 사용유량 $Q(m^3/s)$, 낙차 $H(m)$ 인 지점에서 얻어지는 에너지량을 전력량으로 표시하여 출력이라 한다. 출력에는 손실을 무시한 출력을 이론출력이라 하며 다음과 같이 표시한다.

$$P_t = \rho g Q H / 1000 = 9.8 Q H$$

여기서 P_t : 이론출력, ρ : 물의 밀도($1,000kg/m^3$), g : 중력가속도($9.8m/s^2$)

실제 수력발전소에서 수차 발전기로부터 얻어지는 출력을 발전용량이라 하며 다음 식으로 표시된다.

$$P_r = 9.8 Q_m \cdot H_m \cdot \eta$$

여기서 P_r : 발전용량, Q_m : 최대사용유량, H_m : 최대사용유효낙차, η : 발전시스템효율

발전시스템효율은 댐식 발전의 경우 일반적으로 수차발전기 효율 및 수위변동에 대한 낙차의 감소 등을 고려하여 0.77을 대푯값으로 사용한다. 수로식 발전의 경우는 최대사용유효낙차 대신에 평균유효낙차를 사용한다. 시스템효율은 발전기의 용량에 따라 차이가 있으므로 이론 출력에 따라 0.75~0.82를 적용하는데 출력이 클수록 큰 값을 사용한다.

2) 기존 시설물 잠재량

기존 시설물을 이용한 자원조사결과는 농업용 저수지, 보, 대댐 등을 이용한 수력발전잠재량은 다음과 같다. 기존 시설물을 이용하여 소수력을 개발 보급할 경우 연간 에너지 포텐셜은 698,816Mwh에 이를 것으로 예상한다. 충남은 대형 화력발전소 온배수량이 커서 기존 시설물을 이용한 소수력 개발 잠재량이 전국에서 가장 높은 비중을 갖고 있다. 예를 들어 당진화력의 경우 냉각수로 사용후 방류되는 유량이 98CMS에 이를 정도이다.

〈표 3-23〉 기존 시설물의 소수력 잠재량

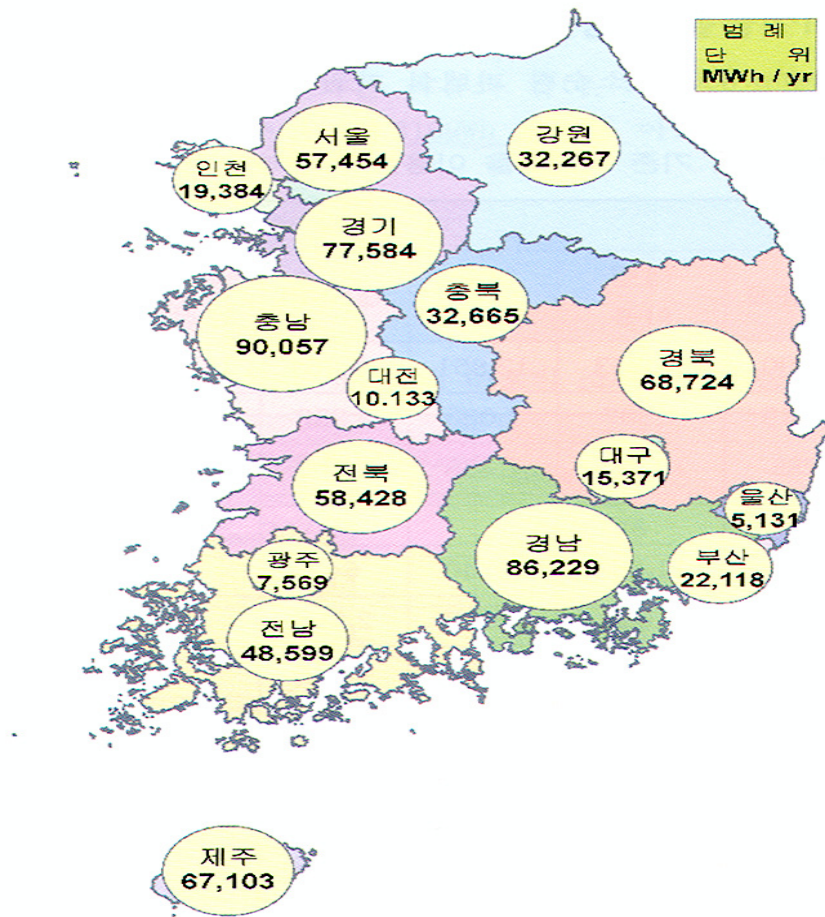
구분	지점수	개발가능량(kw)	연간 에너지 포텐셜(Mwh)	비고
농업용 저수지	180	30,064	92,176	
농업용 보	232	46,843	164,137	고무댐 3m
대댐	20	15,800	55,363	
양식장	129	8,442	66,558	유효낙차 6m
정수장	70	17,641	131,360	유효낙차 10m
하수처리장	59	8,385	62,437	유효낙차 5m
화력발전소 냉각수	6	24,122	126,785	가동률 60%
합계	691	151,297	698,816	

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 소수력 R&BD전략, 2008

〈표 3-24〉 기존 시설물의 시·도별 소수력 잠재량 (단위: Mwh/년)

구분									
	농업저수지	농업용보	대댐	하수처리장	정수장	화력발전소	양식장	합계	비율(%)
서울				19,626	37,828			57,454	8.2
부산				5,843	16,275			22,118	3.2
대구				3,684	11,687			15,371	2.2
인천				1,993	17,391			19,384	2.8
광주				2,431	5,138			7,569	1.1
대전				3,041	7,092			10,133	1.5
울산			1,752	1,552	1,827			5,131	0.7
경기	5,461	15,390	11,353	12,851	16,761	15,768		77,584	11.1
강원	9,529	17,919	1,507	1,030	2,282			32,267	4.6
충북	9,422	7,285	13,315	1,435	1,208			32,665	4.7
충남	18,681	4,625				66,751		90,057	12.9
전북	8,741	34,742	11,563	2,740	642			58,428	8.4
전남	10,900	28,193	5,606	1,337	2,563			48,599	6.9
경북	24,445	30,989	6,763	2,212	4,315			68,724	9.8
경남	4,890	24,994	3,504	2,224	6,351	44,266		86,229	12.3
제주	107			438			66,558	67,103	9.6
전국	92,176	164,137	55,363	62,437	131,360	126,785	66,558	698,816	100.0

자료 : 에너지관리공단, 신재생에너지 소수력 R&BD전략, 2008



[그림 3-21] 시·도별 기존 시설물의 소수력발전 잠재량

3) 금강수계 주요 지점별 잠재량

금강수계의 4대강 살리기 사업은 백제 문화유산과 연계한 지역발전을 비전으로 제시하고 있다. 주요 사업으로는 물확보, 홍수방어, 수질개선과 생태복원, 복합공간 창조, 강 중심의 지역발전 등이 포함된다. 4대강 살리기 사업에는 금강본류 구간에 금남보, 금강보, 부여보 등 3개의 보를 건설할 계획으로 수문이 설치된 가동보(可動洑, flexible dam) 형태로 평균적인 보의 높이는 4~7m 수준이다. 이와 연계한 저류량 확보와 신재생에너지 개발을 위해서 주요지점

별 유황특성을 고려할 필요가 있다.

- 물확보 방안 : 보 3개 설치(0.5억 m^3), 농업용저수지 30개 증고(0.6억 m^3)를 통해 용수확보량 1.1억 m^3 증대
- 홍수방어 대책 : 하도정비(0.5억 m^3), 농업용저수지 증고(0.5억 m^3), 노후 제방보강(117km)을 통해 홍수조절용량 1.0억 m^3 증대
- 수질개선과 생태복원 : 수질개선과 생태복원 주요 사업으로
 - 환경기초시설 확충 및 고도화 : 하·폐수처리장(63개), 마을하수도(133개), 가축분뇨처리시설 신·증설(6개), TP 처리시설 보강(110개), 하수관거 확대(68개)
 - 비점오염원 관리대책 : 빗물침투 저류시설, 생태유수지 등(9개), 농촌 둠벙 및 생태습지 등(21개)
 - 하천 내 농경지 정리 및 생태습지 조성(6개소, 10km)
 - 수계 내 국가하천을 생태하천(199km)으로 조성하고 지천(8개소) 및 도심하천(1개소)을 복원
- 지역주민과 함께하는 복합공간 창조 : 상하류를 연결하는 자전거길(248km)을 설치하고 신설보 주변을 지역의 랜드마크로 조성
- 강 중심의 지역발전을 위해 금강에 직접 유입되는 지방하천(94개소, 588km)을 단계적으로 정비
 - 제방축조·보강(335km), 하도준설(117km), 생태하천 조성(136m)
 - 공주·부여 등을 연결하는 뱃길복원(67km)으로 문화관광루트 마련

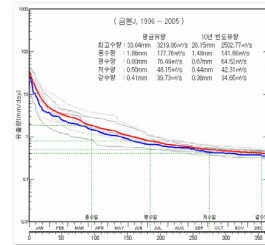
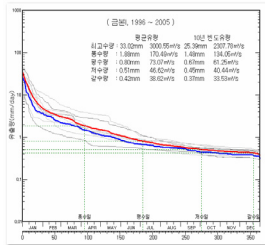
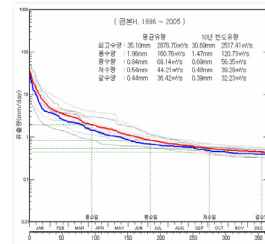
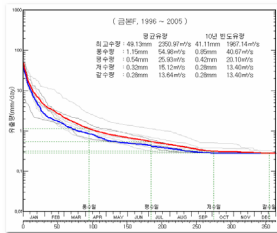
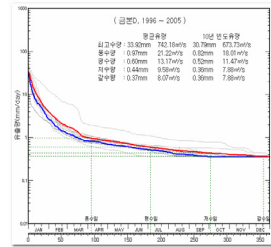
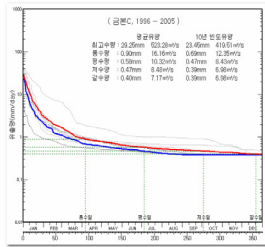
〈표 3-25〉 금강 살리기 사업내용

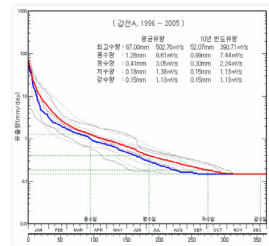
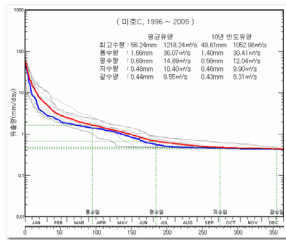
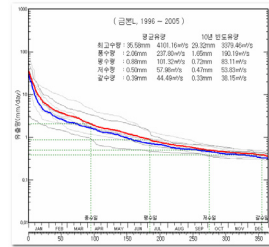
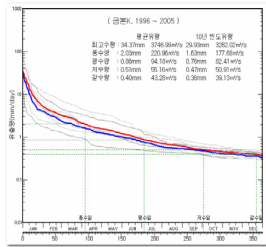
구간	길이 (km)	보높이 (m)	관리수위 (EL. m)	저류량(백만m ³)		
				전	후	증가
하구둑~부여보	58.6	-	1.0	136.0	152.3	16.3
부여보~금강보	23.4	5.3	4.2	5.4	23.5	18.1
금강보~금남보	18.7	7.0	8.8	4.9	15.3	10.4
금남보~미호천	8.0	4.0	11.4	2.5	3.8	1.3
미호천~역조정지	21.7	-	-	3.0	3.0	-
계	130.4			151.8	197.9	46.1

자료 : 국토해양부, 금강살리기 사업추진현황, 2009

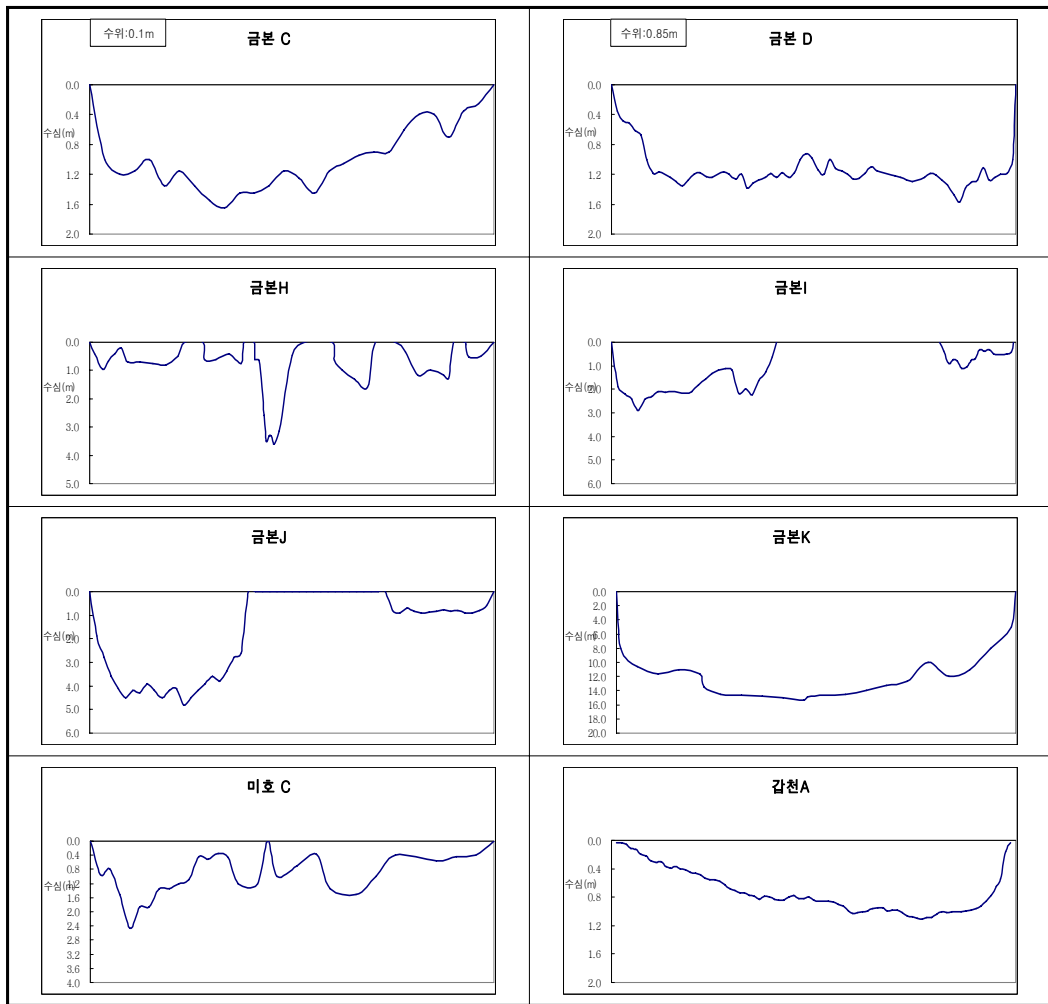
〈표 3-26〉 충남지역 금강수계 지점별 유황

단위유역명	평균풍수량 (Q ₉₅ , CMS)	10년빈도풍수량 (Q ₉₅ , CMS)	경계지점	금강살리기
금본C	16.16	12.35	무주-금산	
금본D	21.22	18.01	금산-영동	
금본F	54.98	40.67	대청댐 조정지	
금본H	160.76	120.73	연기-공주	금남보
금본I	170.49	134.05	공주-청양	금강보
금본J	177.76	141.68	청양-부여	부여보
금본K	220.96	177.68	부여-익산	
금본L	237.80	190.19	금강하구둑	
갑천A	9.61	7.44	갑천-금강본류	
미호C	36.07	30.41	미호천-금강본류	





[그림 3-22] 금강수계 유황곡선



[그림 3-23] 금강수계 하상 횡단면

제4장 신재생에너지 개발 방향과 파급효과

1. 정책방향

저탄소 사회로의 전환을 위해서 분야별 실천 방안은 매우 다양하므로 지역의 여건과 자원의 잠재력을 고려한 차별화된 접근이 필요하다. 국가 녹색성장 5개년계획에서 녹색성장 기본방향이 제시(2009. 8)된 이후 충청남도 녹색성장위원회가 구성되고 충청남도 녹색성장 전략 및 5개년 계획이 수립되고 있다. 특히 2020년까지 국가 온실가스 감축목표를 배출전망치(BAU) 대비 30% 감축(2005년 배출량 기준으로는 4%)으로 최종 결정되었다. 이를 구체화하기 위해 2010년부터 각 부문별 세부목표를 정해 관리하는 온실가스 및 에너지 목표관리제를 시행하기로 하였다. 이러한 국가 전략과 목표는 공간적으로 지역에서 구체화되므로 지역의 역할이 강조된다. 지역에서는 중장기적인 관점에서 저탄소 녹색성장 역량구축을 위한 조직, 예산, 인력, 제도 등 인프라를 구축하는 상위개념의 전략계획과 함께 지역의 특성과 잠재력을 고려한 단기전략 사업을 발굴하여 성과를 가시화하는 하위개념의 구체화 전략이 필요하다.

따라서 신재생에너지 개발전략은 충청남도 녹색성장 전략계획을 기본으로 구체화하는 복선 전략(複線戰略, two-track strategy) 방향을 설정하였다. 이에 따라 충남지역 특성을 고려한 신재생에너지 개발 맞춤형 전략으로 온실가스 감축 잠재력이 크고 지역현안과 연계되는 생활폐기물 고형연료화, 유기성폐자원 바이오가스화, 금강살리기 관련 소수력발전 등을 선정하였다. 이는 사회경제적 편익비용 분석 차원에서 지역내의 부존자원 잠재력을 발굴하는 의미가 있으며, 선택과 집중 원리를 적용하여 관련사업의 우선순위를 도출하는 것과 같다.

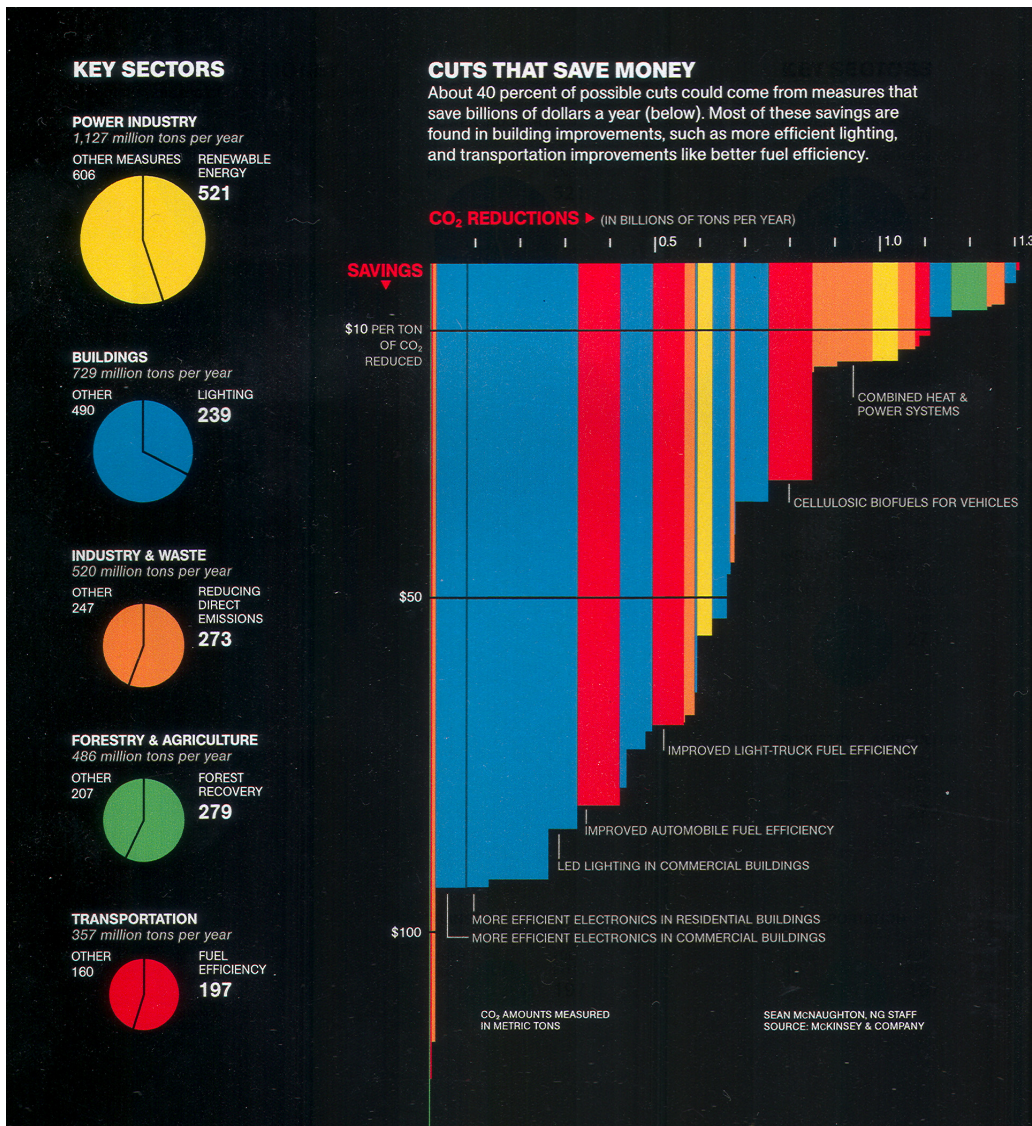
신재생에너지 개발을 위해 어떤 분야를 온실가스 감축수단으로 활용할지에 대한 판단기준은 경제적 효율성과 미래 신성장동력 창출의 두 가지로 나눌 수 있다.

우리나라의 신재생에너지 공급정책은 상대적으로 경제적 효율성보다 신성장동력 창출에 중점을 두고 있으나, 에너지효율과 경제성이 낮고 온실가스 감축효과가 크지 않은 문제가 있다. 따라서 신재생에너지 개발 활성화와 관련한 대표적인 정책은 의무할당제도(RPS; Renewable Portfolio Standard)와 발전차액지원제도(FIT; Feed-in-Tariff)를 들 수 있다. RPS는 전기사업자

가 일정비율을 신재생에너지로 공급을 의무화하는 제도이며, FIT는 신재생에너지에 의한 발전 비용과 시장가격의 차이(SMP)를 장기계약에 의해 지원하는 제도이다. 이 제도에서는 전기사업자가 신재생에너지로 생산된 전력을 규정한 가격에 의해 의무적으로 매입해야한다. 미국, 일본, 영국, 이탈리아, 호주 등이 RPS를 채택하고 있는 반면, EU, 독일, 네덜란드, 덴마크, 스페인 등은 FIT제도를 운영하고 있다. 우리나라는 FIT에서 RPS로 전환 중에 있으며, 2010년에 RPS를 전면적으로 도입할 예정이다. 2008년 현재 신재생에너지에 의한 발전설비 비율은 1.1%에 불과하나 2012년 전력생산량의 3%, 2020년 10% 이상을 목표로 하고 있다. FIT는 정부가 가격을 결정하면 시장에서 발전량을 결정하는 것이지만, RPS는 정부가 발전량을 결정하고 시장에서 가격을 결정하게 된다. 이를 위해 정부는 공공건물 신축 시 총공사비의 5% 이상을 신재생에너지 설비를 의무화하도록 하고 있다. 특히 충청남도는 화력발전에 의한 전력생산 비중이 커서 지역내의 신재생에너지 개발잠재력을 산정하고 에너지 조례 개정을 통해 향후 적극 대응 준비가 필요하다. 이를 위해 전력사업자가 RPS에 의한 신재생에너지 공급의무화, 그리고 신재생에너지 설비 의무화 대상 시설을 공공시설물과 연간 에너지 소비 20,000TOE 이상의 대형에너지 소비처 등으로 점차 확대할 필요가 있다.

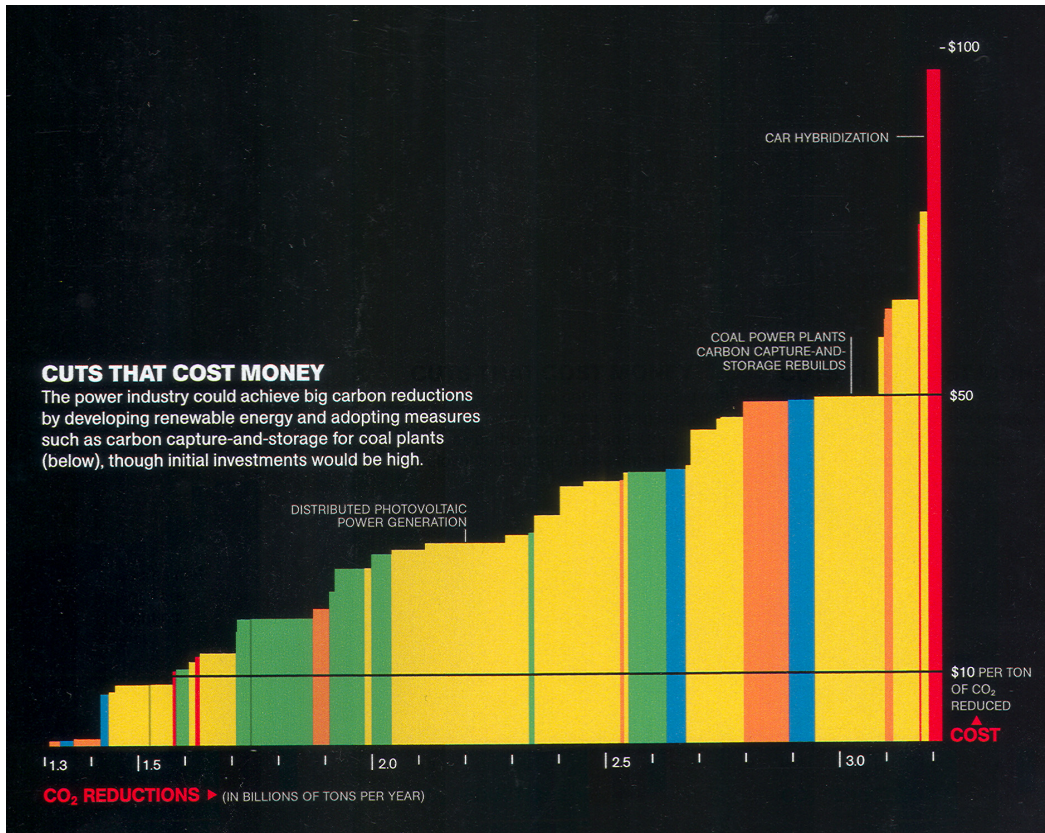
미국의 경우 온실가스 감축잠재력은 연간 3,219백만톤인데 그중의 약 40%가 비용을 절약하는 요인인 건물, 교통수단 개선에서 이루어진다. 나머지 60%는 비용을 수반하는 감축요인인 화력발전소 탄소포집, 분산된 태양광발전, 하이브리드 자동차 보급 등이다. 부문별로는 전력산업 가운데 신재생에너지에 의한 비중이 가장 커서 521백만톤(전체의 16.2%)에 달하고 있다. 따라서 우리나라도 이러한 에너지 사용형태, 부문별 감축잠재력을 고려하여 신재생에너지 전락을 강구할 필요가 있음을 알 수 있다.

포스트 교토 체제 아래에서 개도국도 자발적 온실가스 감축(NAMA) 적용을 받을 경우 철강·정유·석유화학 등 에너지 사용이 많은 산업은 큰 타격을 받을 수 있다. 코펜하겐 기후변화협약 당사국총회(COP15)를 신호탄으로 저탄소 경제로의 이행을 위해 각 지역단위에서도 탄소 배출을 할당받게 될 경우 산업 및 경제 영향에 적극 대응할 필요가 있다.



자료 : National Geographic, Saving Energy, 2009. 3

[그림 4-1] 비용이 절감되는 온실가스 감축효과



자료 : National Geographic, Saving Energy, 2009. 3

[그림 4-2] 비용이 수반되는 온실가스 감축효과

2. 고형연료화 시설

1) 생활폐기물 발생량 예측

장기적 관점의 생활폐기물 관리차원에서 에너지화 기본계획을 수립하기 위해서는 정확한 발생량과 성상에 대한 예측이 필요하다. 생활폐기물의 발생량을 예측하는 데에는 과거추세연장법, 다중선형회귀모델, 동적모의모델 등을 적용할 수 있다. 과거추세연장법은 과거 생활폐기물 발생자료를 수식모델에 대입하여 과거의 경향을 가지고 장래를 예측하는 방법이며, 성상변화보다 시간을 변수로 선정한다. 다중선형회귀모델은 생활폐기물 발생량이나 조성은 지역적 특성을 반영하는 것이므로 단순상관 관계만을 고려하는 것이 아니라 여러 인자를 복합적으로 나타내는 방법인 시스템분석법으로 사용할 수 있다. 동적모의모델은 생활폐기물 발생과 조성

에 영향을 주는 영향인자를 시간에 대한 함수로 나타낸 후 시간함수로 표현된 각 인자들 간의 상관관계를 수식화 하는 방법이다.

부여와 예산의 경우 기존추세를 감안하면 사업장생활계폐기물이 감소할 것으로 전망되나, 산업활동은 지속적으로 유지될 것이므로 이 경우 기존추세 평균값을 구하여 자료값으로 적용할 수 있다.

도내 가연성폐기물의 고형연료화(RDF) 사업은 현재 공주, 서산, 금산, 부여, 서천, 도청신도시, 당진 등에서 추진되고 있다. 도청이전 신도시(홍성, 예산)는 광역시설로 추진하고, 지역에서 생산된 고형연료를 신도시내에서 소비할 수 있는 폐기물 에너지타운 조성사업을 추진하고 있다. 사업시행에 따른 경제적 비용절감 효과는 연간 7,980백만원으로 추산한다. 도내 전체 시설 규모는 7개소에 전용보일러 1개소 240톤/일을 포함하여 705톤/일이다.

〈표 4-1〉 세부사업 추진내역

(단위: 백만원)

시·군	용 량(톤/일)	사 업 비	사업기간	비 고
계	705	212,772		7개소
공주시	100	40,000	2014~16	
서산시	90	24,869	2009~11	
금산군	25	10,000	2011~13	
부여군	30	8,200	2011~13	
서천군	20	8,000	2012~14	
당진군	80	24,000	2010~12	
도청신도시	120	30,527	2010~12	홍성, 예산
	240	67,176	2010~12	전용보일러

2) 생활폐기물 처리량 예측과 시설규모 산정

생활폐기물 발생과 조성 특성을 조사한 후 처리량을 추계하기 위해서는 매립, 소각, 재활용 등 처리 방법별 물질균형흐름(mass balance flow)을 감안하여 적용한다.

현재 가동중인 충남의 소각시설의 1일 용량은 천안 200, 공주 50, 보령 50, 논산 50, 계룡 25, 연기 45, 서천 15, 청양 15, 홍성 36, 예산 40톤, 태안 45톤 등 총 11개소 561톤이며, 2012년부터 천안 200, 아산 200톤이 추가로 가동하게 된다.

재활용률은 충남 평균 48.3%로 2012년까지 이 비율을 적용하고 2013년부터 50.0%로 상향치

를 적용하여 추계하였다. 이에 따라 고형연료 생산량은 경험적으로 처리대상 폐기물에서 56%를 차지하므로 이를 적용하여 생산 가능량을 추계하였다.

고형연료 생산 규모와 관련하여 소각로 가동과 재활용률 고려한 폐기물 에너지생산 가능량을 예측하면 충청남도내 총량은 460~530톤 정도이며, 현재 계획된 공주, 서산, 당진 등의 용량보다 낮다. 고형연료 생산 규모와 관련하여 소각로 가동만 고려할 경우 폐기물 에너지생산 가능량을 예측하면 충청남도내 총량은 890-1,070톤 정도이며, 현재 계획 중인 서산, 당진 등은 용량을 만족하나 공주의 용량보다 낮다. 전체적으로 천안, 아산 등 인구증가와 산업생산 규모가 커서 사업장폐기물 발생량이 많은 지역은 추가적인 시설이 필요하고, 서산, 당진은 기존계획 추진이 가능한 반면, 기타 시군에서는 폐기물 고형연료 생산용량 규모를 조정하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 따라서 기존의 생활폐기물 발생추세와 향후 인구 및 산업활동의 변동 추세를 반영한 소각시설 증설계획, 재활용률 향상계획 등 통합폐기물관리계획 실행여건을 감안하여 폐기물 고형연료의 생산시설계획은 종합적인 정책 판단이 필요하다.

〈표 4-2〉 생활폐기물 처리대상량 예측

지역/연도	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
충청남도	2,480.8	2,551.0	2,628.0	2,696.9	2,772.7	2,850.7	2,930.7
천안	900.4	933.1	936.8	1,001.1	1,036.4	1,072.5	1,109.7
공주	121.5	121.0	120.4	119.9	119.3	118.9	118.4
보령	117.3	117.5	117.9	117.8	118.3	118.5	118.8
아산	338.0	357.8	378.1	398.8	420.1	441.9	464.3
서산	188.9	192.1	195.3	198.6	201.8	205.0	208.3
논산	136.1	136.8	137.6	138.5	139.2	140.1	140.9
계룡	46.9	51.3	56.0	61.0	66.5	72.4	78.6
금산	46.9	46.5	46.0	45.7	45.3	44.8	44.4
연기	90.3	92.7	95.1	97.4	99.8	102.2	104.4
부여	73.4	72.0	70.6	69.3	68.1	66.8	65.6
서천	38.2	38.2	38.2	38.1	38.1	38.1	38.0
청양	48.1	48.5	48.8	49.2	49.5	49.9	50.4
홍성	63.9	65.0	66.2	67.4	68.6	69.9	71.1
예산	70.1	69.1	68.1	67.1	66.1	65.1	64.2
태안	66.5	67.0	67.5	68.0	68.5	69.0	69.3
당진	134.4	142.4	150.6	158.8	167.2	175.6	183.0

〈표 4-3〉 소각로 가동을 고려한 고형연료 생산 가능량 예측

지역/연도	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
충청남도	1,064.7	1,101.5	898.4	953.5	993.1	1,033.4	1,074.0
천안	392.2	410.6	300.6	336.6	356.4	376.6	397.4
공주	40.0	39.7	39.4	39.1	38.8	38.6	38.3
보령	37.7	37.8	38.0	38.0	38.2	38.4	38.6
아산	189.3	200.4	99.7	111.3	123.3	135.5	148.0
서산	105.8	107.6	109.4	111.2	113.0	114.8	116.7
논산	48.2	48.6	49.1	49.5	50.0	50.5	50.9
계룡	7.4	7.4	7.4	7.4	7.3	7.3	7.3
금산	26.3	26.0	25.8	25.6	25.4	25.1	24.9
연기	25.4	26.7	28.0	29.4	30.7	32.0	33.3
부여	41.1	40.3	39.5	38.8	38.1	37.4	36.7
서천	13.0	13.0	13.0	13.0	12.9	12.9	12.9
청양	18.6	18.7	18.9	19.1	19.3	19.6	19.8
홍성	15.6	16.3	16.9	17.6	18.3	19.0	19.6
예산	16.9	16.3	15.7	15.2	14.6	14.1	13.6
태안	12.0	12.3	12.6	12.9	13.1	13.4	13.6
당진	75.2	79.7	84.3	88.9	93.6	98.3	102.5

3) 고형연료화의 경제성 분석

우리나라에서는 1990년대 초반에 RDF 플랜트가 건설되었으나, 기술성, 생산된 제품의 안전성, 판로 미개척 등으로 정상적인 조업이 이루어지지 않았다. 경제성 분석을 위한 건설비, 유지관리비 등의 자료는 기존 시설의 사례와 관련 업체의 조사에 바탕을 두는 것이 바람직하지만, 이용할 수 있는 자료가 부족하다. 2007년 원주시에서 80톤/일 규모(16시간 운전 기준)의 생활폐기물 RDF플랜트 건설이 진행되어 2008년부터 가동되고 있으므로 이 시설의 기본설계 자료를 토대로 경제성 분석방법을 원용하였다.

RDF 제조시설의 규모에 따른 건설비 단가는 원주시와 일본의 실적치를 참고로 하여 80t/d RDF시설의 건설비 단가는 각각 156백만원/t, 40.5백만원/t이었으므로 환율(1:10으로 가정)을 고려한 양자의 비(156백만원/405백만원=0.385)를 일본의 시설규모별 건설비 단가(환율고려)에 곱해서 구했다. 50t/d이하(배치식, 8시간 운전), 50t/d~150t/d(준 연속식, 16시간 운전), 150t/d 이상(연속식, 24시간 운전)의 건설비 단가는 큰 차이가 있었으며, 불연속이다.

배치식으로 운전하는 RDF 제조시설의 건설비 단가는 50t/d 미만의 경우에는 293백만원/t 이상으로 50t/d 이상인 시설보다 2배 이상 높게 나타났다. 이것은 50t/d이상의 시설에서는 운전시간이 길어짐으로서 설비의 활용도가 높아지고, 또한 규모의 경제(scale merit)효과 때문인 것으로 생각된다. 건설비(C)에 대한 감가상각비(D)는, 내구연수(E) 15년, 잔존가치(R) 10%, 가동 일수 300일/년으로 설정하고, $D = C(1 - R)/E$ 로 산출한다.

유지관리비 항목으로는 인건비, 선별잔사 처리비, 기타경비 등을 들 수 있다. 인건비는 일본의 문헌 및 원주시의 설계치를 고려하여 설정했다. 또한 인건비는 원주시의 자료를 참고하여 그 평균인 3,000만원/년·인으로 설정한다. 기타경비로서 유지보수비 및 관리비는 문헌치와 원주시의 설계치를 참고하였다.

선별잔사 처리비는 RDF 제조시설의 선별기에서 제거된 잔사 및 연료화 부적합물의 처분 비용은 선별잔사 발생율 6%, 선별잔사 처분비 17,754원/m³(매립조성비+유지관리비, 전국 평균치)를 적용하여 설정한다.

RDF 제조시설 규모는 우리나라에서 활용도가 높다고 판단되는 20t/d, 40t/d, 100t/d, 200t/d, 400t/d의 5개 시설규모에 대한 RDF 제조비용을 산출하여 비교할 수 있다. 시설의 규모가 커질수록 처리 비용은 낮아지는 경향이 있으며, 준 연속식으로 운전하는 80t/d 이상의 규모에서는 폐기물 톤당 10만원 전후의 비용이 소요되는 것으로 나타났다.

RDF 제조시설의 규모별 처리비에 대한 항목별 비율을 고려하면, 건설비에 대한 감가상각비, 인건비, 경유 사용료가 전체 비용의 80%를 차지하고 있다. 규모별 처리비용의 특징은 규모가 작을수록 감가상각비가 차지하는 비율이 커지고, 규모가 커질수록 건조 열원으로 사용되는 경유비용이 차지하는 비율이 급증하는 것으로 나타난다. 기타비용은 시설의 규모에 관계없이 20% 정도로 나타난다.

이와 같이 RDF 시설의 처리비용을 낮추는 방법은 설비의 효율을 높이거나 (배치식 → 준연소식) 건설비를 낮추는 방법과 건조효율을 높이는 방법을 생각할 수 있다. 우리나라는 RDF 시스템 재도입단계로 건설비를 낮추는 것은 어렵고, 앞으로 설비의 추가 및 시설의 고급화 등으로 건설비가 상승할 가능성도 많다. 그래서 처리비 중에서 30% 이상 높은 비율을 차지하고 있는 건조용 연료의 사용량을 낮추는 방안에 대하여 검토할 필요가 있다. 건조용 연료 사용량과 폐기물의 함수율에서, 건조효율의 영향은 건조기의 열 수지를 세워 폐기물을 20℃에서 100℃까지 가열시켜 증발시킨다고 가정하여 경유 사용량(L/t 폐기물)은 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{경유 사용량} &= \text{증발 잠열량} + \text{물 및 폐기물의 가열에 필요한 열량} \\ &= [Q_w/Q_0 \times 539 + \{0.33(1-w) + w\}(100-20)](103/8,900 \times \varepsilon) \end{aligned}$$

여기에서

Q_0 : 폐기물량(t)

Q_w : Q_0 중 건조기에서의 수분 증발량(t)

w : 함수율(-)

ε : 건조효율(-)

3. 유기성 폐자원의 에너지회수

1) 가축분뇨 처리방안별 경제성

(1) 퇴비화

농가들이 사용하고 있는 가축분뇨의 처리방법은 여러 가지 유형이 있으며, 같은 유형이라도 설치 및 운영상의 기술 등이 제각기 다르다. 이에 처리방법을 일정한 유형별로 분류하고 비용을 산출하여 비교하기 위하여 가급적 최신 연구결과를 바탕으로 각 방안별 비용을 산정하였다. 현재 농가에서 돈분의 약 80%는 퇴비화로 처리하고 있으나, 대부분 기존의 재래식 시설을 활용하고 있어 기존시설을 활용한다는 측면에서 시설비설치 대상에서 제외하고 운영비만을 평가하였다. 퇴비화 방법을 이용하는 양돈농가의 경우 신고대상 규모(750두 미만)의 평균 운영비(표본수 14개)는 연간 비육돈 마리당 17,688원으로 조사되었으며, 허가대상 규모(750두 이상)는 13,215원으로 규모가 커짐에 따라 마리당 운영비는 감소하는 것으로 나타났으나, 본 연구에서는 중간 값 15,452원으로 통일하였다(한국농촌경제연구원, 2000). 또한, 퇴비화를 통하여 얻을 수 있는 퇴비판매 수익은 기존 연구결과 마리당 3,816원으로 산정하였으며, 퇴비화 처리를 통한 위탁처리비용(해양배출기준) 절감액은 톤당 30,000원으로 산정하였다. 이상과 같은 기준으로 산정한 처리규모별 산정비용은 다음과 같다.

〈표 4-4〉 돼지분뇨 처리용량별 운영비 및 수익

항목	내용	시설규모(m ³ /d)			
		10	20	50	100
비용	운영비 (원/일)	49,226	98,452	246,129	492,259
	합계 (원/일)	49,226	98,452	246,129	492,259
수익	위탁처리 대체비용 (원/일)	300,000	600,000	1,500,000	3,000,000
	퇴비 판매 (원/일)	12,155	24,310	60,776	121,551
순익	총 수익 (원/일)	262,929	525,859	1,314,646	2,629,293
	연간 총 순익 (백만원/년)	95.97	191.94	479.85	959.69

(2) 혐기성 바이오가스

돼지분뇨를 처리하기 위한 공정으로 이상(二相, two phase) 혐기성 소화공법은 기존의 단일 혐기성 반응조에서 산생성과 메탄생성을 동시에 일어나게 하는 반응의 결점을 보완한 것으로 반응조 시스템을 산생성조와 메탄생성조로 분리하여 운영하는 방법이다.



[그림 4-3] 이상 혐기성 소화 공정의 개략도

이상 혐기성 소화조 시설은 신규로 설치하는 것으로 하였고, 연간 투입비용 산출을 위하여 시설 내구연한은 15년으로 정하였다. 시설은 퇴비화 공정과 마찬가지로 일처리 용량 기준으로 10, 20, 50톤 및 100톤 기준으로 산정하였으며, 시설비에는 전처리시설, 고율혐기반응조, 가스 저장소 및 열병합 발전설비에 필요한 비용이 포함되어 있다. 시설 용량별 투자비용을 <표 4-5>에 나타내었다.

<표 4-5> 혐기성 소화공정의 시설용량별 투자비용

	시설용량 (m ³ /d)				
	10	20	50	100	비고
시설비, 백만원	500	700	2,000	3,000	사용연한 15년
연간 유지관리비, 백만원	52	65	135	233	
연간비용, 백만원	85	112	268	433	
톤당처리비용, 원/m ³	23,379	15,297	14,703	11,863	

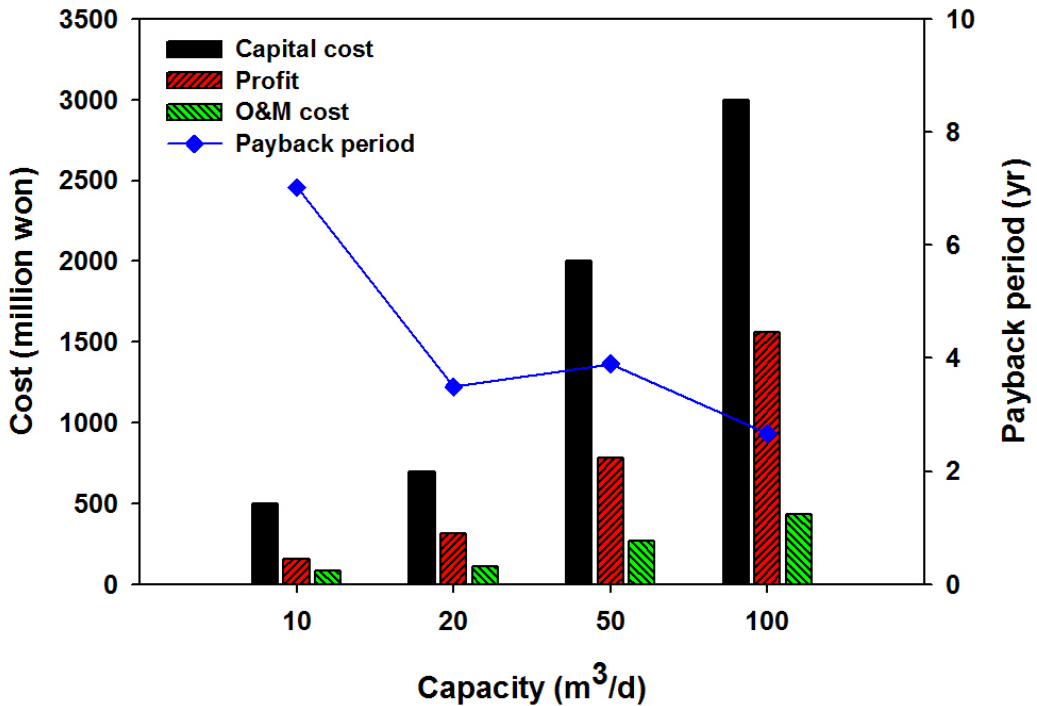
자료 : 이상혐기공정의 축산폐수적용을 통한 바이오가스 생산 및 에너지이용기술 실증연구, 2006.

시설운영을 통한 수익은 위탁처리비, 발전보조금, 온수공급비, 그리고 퇴비판매 수익으로 구성된다. 먼저, 돼지분뇨로 부터의 메탄가스 생산량 결정을 위하여, 돼지분뇨의 기준 농도를 평균 47,774 kg COD/m³로 정하였으며, 메탄가스 생산량은 약 70%의 효율로 0.25m³/kg COD로 산정하였다(전국 축산분뇨 적정관리 대책연구, 1990). 대체처리(해양투기) 비용절감은 톤당 30,000원, 전력생산에 따른 발전차액 보조금(feed-in-tariff)은 85.7원/kWh으로 산정하였다. 전력생산 효율은 35%를 적용하였으며, 발전시 부가적으로 생산되는 온수의 열효율은 50%로 예상하였다. 퇴비 생산량은 유입 돼지분뇨의 총 고형물 농도(TS) 5% 중 20% 회수를 가정하였고, 퇴비 판매가는 20kg 한포에 2,000원으로 산정하였다.

〈표 4-6〉 혐기성 소화공정의 시설용량별 운영수익 (단위: 백만원/년)

항목	시설용량 (m ³ /d)				비고
	10	20	50	100	
위탁 처리비	7.6	15.2	38.1	76.2	해양투기 30,000원/m ³
발전차액 보조금	109.5	219.0	547.5	1,095.0	85.7원/kWh, 35% 전력전환
온수 공급비	2.6	5.2	13.1	26.2	65% 온수전환 (50% 열효율)
퇴비 판매비	36.5	73.0	182.5	365.0	2,000원/20kg, 유입수 20%
합 계	156.2	312.5	781.2	1,562.4	

앞서 산출한 투자비용과 운영수익을 기준으로 단순 투자회수 기간을 시설 용량별로 도출하였다. 시설비용은 각 용량별 시설설치에 소요되는 초기투자비용으로 10톤 규모의 시설은 5억 원 정도이며, 100톤 규모에서는 30억원 정도 예상된다(대우건설, 2006). 운영수익은 연간 처리 용량별 예상되는 수입과 연간 유지관리비의 차액으로 10톤 처리시 71백만원/년, 100톤 처리시 1,129백만원/년이 운영 순익으로 판단된다.



[그림 4-4] 혐기성소화 시설용량별 단순 투자회수 기간

초기 투자비용과 연간 절감액으로부터 유도된 예상 투자회수기간은 10톤 시설의 경우 7.02년, 20톤 시설은 3.49년, 50톤 시설의 경우 다소 증가하여 3.9년, 100톤 시설은 2.66년으로 예상되며, 50톤 시설의 경우 열병합 발전 및 가스 저장소 등의 초기 투자비용이 많아 투자회수 기간이 비교적 길게 예상된다.

(3) 호기성 처리

돼지분뇨 처리를 위해 하수처리장 내 호기성 생물학적 처리공정을 이용하는 것으로 시설비는 제외하였다. 고농도의 돼지분뇨를 처리하기 위한 산소 요구량은 $0.44 \text{ gO}_2/\text{gCOD}$ 로 예상하였지만, 낮은 산소 전달률을 고려하여 10배 과잉 폭기하는 것으로 설정하였다. 폭기를 위한 전력 사용량은 $1.5\text{kgO}_2/\text{kWh}$, 전력비는 농업용 기준단가인 36.4원/kwh를 적용하였으며, 호기성 처리공정에서 필연적으로 발생하는 슬러지량은 $0.39\text{g cell}/\text{gCOD used}$ 기준으로 산정하였다(Metcalf & Eddy, 1998). 발생한 슬러지는 탈수 전 90%의 함수율을 기준으로 탈수 후 80%의 함수율을 가정할 때 부피가 절반으로 감소하며, 이는 전량 해양투기로 처리하는 것으로 가정

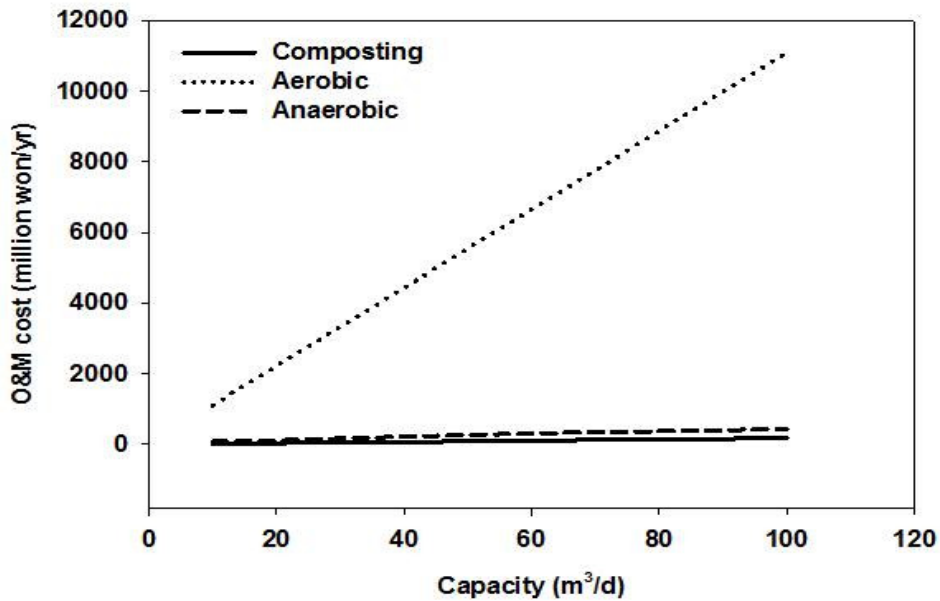
하였으며, 호기성 처리를 통한 수익은 전체 돼지분뇨의 위탁처리(해양투기) 대체비용 외에는 없는 것으로 예상하였다. 시설비를 제외한 운전비용과 수익산정 결과, 전력비보다는 생산된 슬러지 처리 비용이 전체 운영에서 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났으며, 이로 인하여 시설비를 제외하였음에도 불구하고 시설 운영에서 수익은 전혀 발생하지 않으며 오히려 적자가 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 4-7〉 호기성 처리공정의 시설용량별 비용 및 수익 산정

경제성	항목	시설용량 (m ³ /d)			
		10	20	50	100
비용	산소 요구량 (kg O ₂ /d)	2,102.07	4,204.13	10,510.34	21,020.67
	전력비 (원/일)	242,906	485,811	1,214,528	2,429,056
	슬러지 발생량 (kg/d)	186	373	932	1,863
	슬러지 처리비용 (원/일)	2,794,794	5,589,588	13,973,971	27,947,941
	합계	3,037,700	6,075,399	15,188,499	30,376,997
수익	위탁처리 대체비용 (원/일)	300,000	600,000	1,500,000	3,000,000
순익	합계 (백만원/년)	- 999	- 1,999	- 4,996	- 9,993

(4) 처리방안별 비교 평가

돼지분뇨 처리를 위한 3가지 방안 중 퇴비화와 호기성 공정은 기존 시설의 사용을 전제로 하여 시설비는 고려하지 않았다. 따라서, 운전비용만을 고려했을 때, 퇴비화보다 혐기성소화가 약간 큰 것으로 나타났으며, 호기성 처리의 경우 앞선 두 공정보다 운전비용이 높을 뿐만 아니라 시설 용량이 커짐에 따라 이에 비례하여 증가하는 것으로 나타났다. 이는 고농도 유기물 처리에 필요한 과잉 산소공급을 위한 폭기비용과 발생된 방대한 슬러지 처리에 따른 비용인 것으로 나타났다.

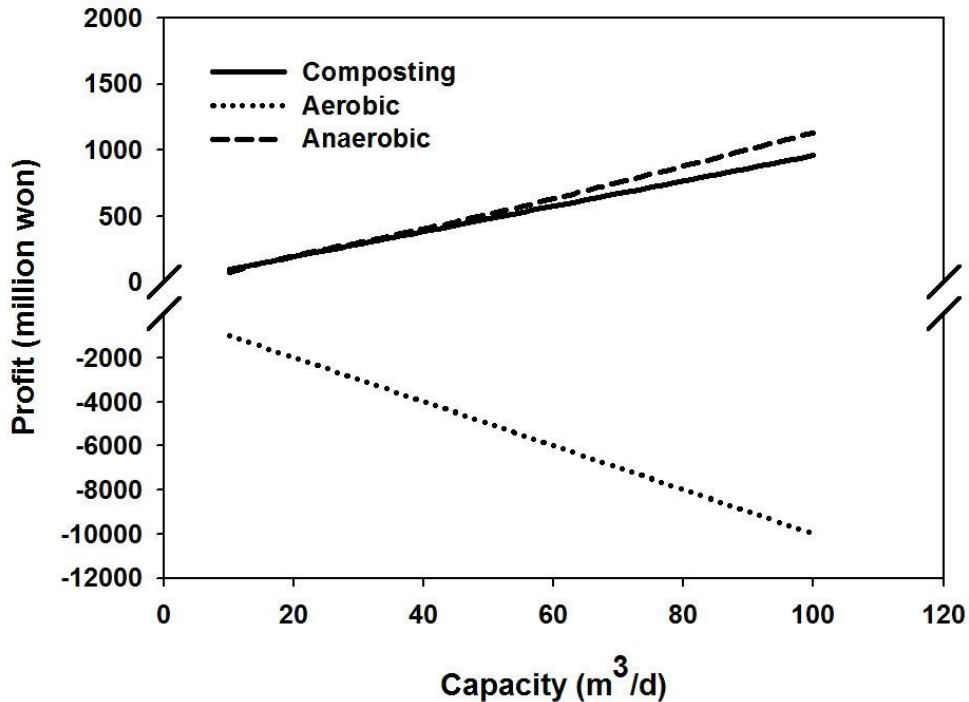


[그림 4-5] 돼지분뇨 처리방안별 처리용량에 따른 운전비용 변화

처리방안별 처리용량에 따른 순익을 살펴보면, 앞서 언급한 바와 같이 호기성 처리공정의 경우 과다한 운전비용으로 인하여 전혀 수익이 발생하지 않는 것으로 나타났으며, 혐기성 소화공정의 경우 일일 처리용량이 10m³보다 큰 경우에는 퇴비화보다 순익이 큰 것으로 나타났다. 본 평가에서는 퇴비화의 경우 기존 시설의 사용을 전제로 하여 초기 시설비용이 제외되어 상대적으로 높은 경제성을 나타내나, 혐기성 소화공정의 경우 높은 초기 시설설치 비용에도 불구하고 처리용량이 20m³/일 규모에서부터 순이익이 퇴비화보다 높은 것으로 나타났다. 이는 보다 다양한 경로에서 수익을 얻는 혐기성 소화공정이 처리용량이 증가함에 따라 보다 많은 수익을 내기 때문이다.

〈표 4-8〉 퇴비화와 혐기성 소화공정의 처리용량별 순익 (단위: 백만원/년)

시설용량 (m³/d)	10	20	50	100
퇴비화	96.0	191.9	479.9	959.7
혐기성 소화	71.0	200.5	513.2	1,129.4



[그림 4-6] 돼지분뇨 처리방안별 처리용량에 따른 순익 변화

돼지분뇨의 경우 기존의 처리방법인 호기성퇴비화나 호기성 수처리공법을 이용하여 기존처리공정에서 처리한다 하더라도 혐기성소화공정을 신설하여 운영하는 것보다 훨씬 비용이 많이 소요됨을 알 수 있다. 특히 기존의 호기성퇴비화시설 및 호기성 수처리공정은 대부분 재래식 공정으로 처리 효율이 매우 낮으며, 특히 악취 등을 고려할 때 최신형 시설로의 교체가 시급히 요구되는 상황을 고려하면, 그 비용 효과는 더 크게 벌어질 것으로 사료된다.

2) 바이오가스 시설설치 입지선정

(1) 운송거리에 따른 최적 입지

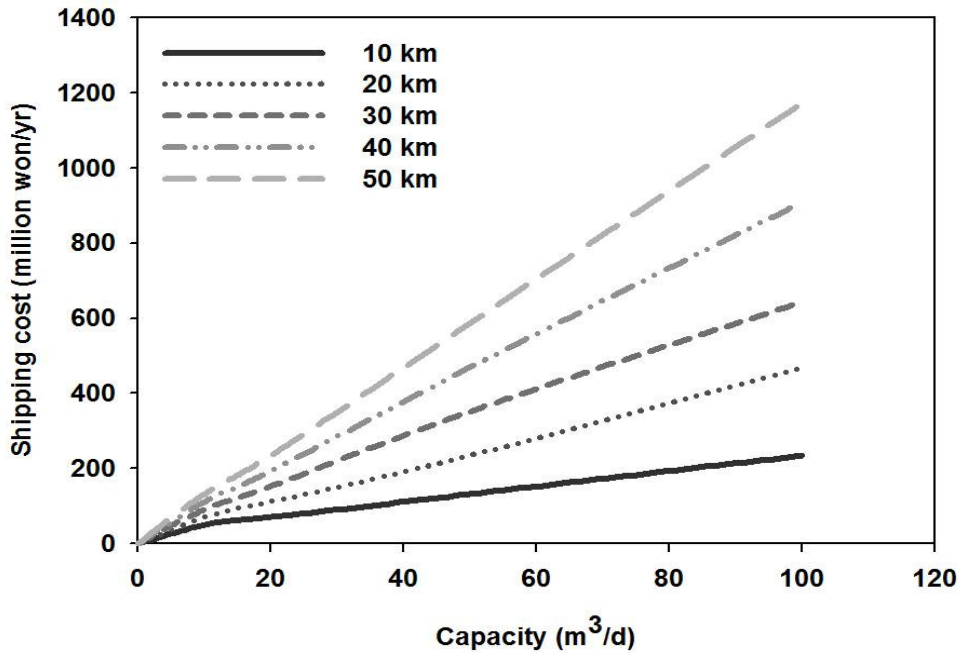
국내 대부분의 축산분뇨는 농가로부터 발생되며 이들 농가는 지역적으로 매우 분산되어 있어 경제적인 혐기성바이오가스시설 설치를 위해서는 농가지역의 이격거리에 따른 용량별 규모를 평가하여야 한다. 따라서 이를 위해서는 발생농장으로부터 바이오가스시설까지의 운송

거리를 고려한다. 운송비 산정을 위하여 5톤 덤프트럭을 기준으로 연비는 5km/L, 경유 가격은 2009년 9월 기준 약 1,400원으로 계산하였으며, 인건비와 트럭 유지비는 합산하여 연간 3천만원의 비용을 산정하였다. 처리장을 기준으로 반경 10에서 50km 까지를 운송거리로 고려하였으며, 앞선 시설 용량별 산출 이익을 기준으로 운송비를 고려하여 순이익을 계산하였다. 운송비 산정결과, 처리용량이 커질수록 이에 해당하는 만큼의 돼지분뇨를 수거하기 위한 이동빈도가 증가하므로 전체 운송거리가 짧다고 하더라도 운송비용은 비례적으로 증가하며, 수거농가의 거리가 멀수록 운송비용이 비례하여 증가하는 것으로 나타났다.

〈표 4-9〉 처리용량별 운송거리에 따른 경제성 평가 (단위: 백만원/년)

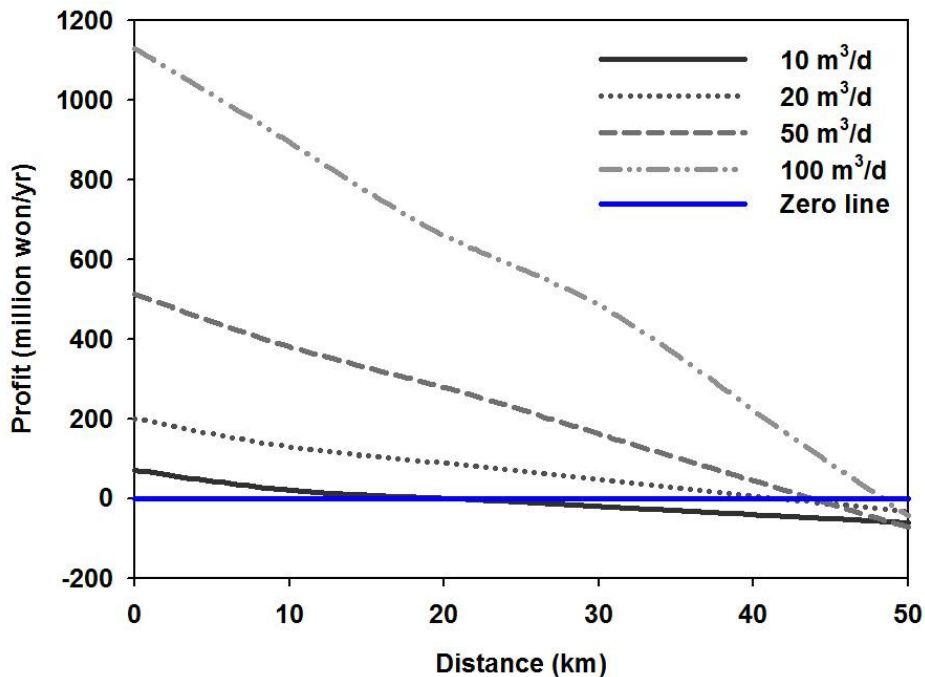
시설용량 (m ³ /d)		운송거리 (km)				
		10	20	30	40	50
10	연간비용	50.4	70.9	91.3	111.8	132.2
	연간수익	71.0	71.0	71.0	71.0	71.0
	순익	20.6	0.1	- 20.3	- 40.8	- 61.2
20	연간비용	70.9	111.8	152.6	193.5	234.4
	연간수익	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
	순익	129.1	88.2	47.4	6.5	- 34.4
50	연간비용	132.2	234.4	351.6	468.8	586.0
	연간수익	513.0	513.0	513.0	513.0	513.0
	순익	380.8	278.6	161.4	44.2	- 73.0
100	연간비용	234.4	468.0	643.2	907.6	1,172.0
	연간수익	1129	1129	1129	1129	1129
	순익	894.6	660.2	485.8	221.4	- 43.0

자료 : 이상협기공정의 축산폐수적용을 통한 바이오가스 생산 및 에너지이용기술 실증연구, 2006.



[그림 4-7] 처리용량별 운송거리에 따른 운송비 변화

따라서, 경제적인 처리장 입지선정을 위하여 처리용량별로 운송거리에 따른 수익변화를 평가하였다. 평가 결과, 하루 처리용량이 $10m^3$ 인 경우, 농가로부터의 20km 이상 떨어진 곳에 처리장을 설치하게 되면 운송비용이 수익을 상회하여 경제성이 없는 것으로 나타났다. 일일 처리용량이 $20m^3$ 인 경우, 40km 이상의 운송거리는 경제성이 없는 것으로 나타났으며, 일일 처리용량이 최대 $100m^3$ 인 경우에도 운송거리가 50km에 이르면 경제성이 없는 것으로 나타나, 배출원으로부터 50km 이내인 지역에 처리장 설치가 요구된다.



[그림 4-8] 운송거리에 따른 처리용량별 순익 변화

3) 도내 바이오가스 경제성 평가

(1) 처리비용

현재 충청남도에서 사육 중인 돼지는 2008년 통계 기준 1,683,808 마리며, 발생하는 돈사폐수량은 분뇨와 세정수를 합하여 매일 9,243m³이 발생하고 있다. 운전 중인 충남도내 가축분뇨공공처리시설의 전체용량은 1,130m³이며, 가동률 70%를 가정하고 가동 중인 용량의 50%를 돈폐수 처리에 사용한다고 하였을 때, 396m³를 처리 가능한 것으로 나타났다. 따라서 나머지 8,847m³는 전량 퇴비화하는 것으로 예상하고 현재 충남도에서 돈폐수를 처리하는데 드는 비용을 산정하였다.

먼저, 공공처리시설에서는 가장 보편적으로 사용하고 있는 액상부식법으로 처리하는 것을 예상하였으며, 기존 처리시설을 이용하므로 시설설치비용을 제외한 운전비용만을 감안하여 BOD kg당 684원의 처리비용을 산정하였다(가축분뇨 공공처리시설 성능평가 및 운영기술지

원, 2007). 따라서 공공처리시설에서 일일 돈폐수 396m³ 처리를 위하여 3,147,147원이 비용이 드는 것으로 나타났다.

퇴비화처리의 경우 앞선 퇴비화 비용산정과 같은 기준을 적용하였으며 기존 시설의 이용을 전제로 시설설치 비용을 제외한 운영비용만을 산정하였다. 계산 결과, 일일 돈폐수 8,847m³ 처리를 위하여 43,550,126원의 운전비용이 드는 것으로 나타났다. 따라서 현재 충청남도에서 발생하는 돈폐수를 공공처리와 퇴비화 방안으로만 처리하는 경우 시설비를 제외한 순수 운전비용이 매일 46,687,272원에 달하는 것으로 나타났다.

〈표 4-10〉 충청남도 돈폐수 처리비용 산정결과

	공공처리시설 (호기성처리)	퇴비화
처리용량 (m ³ /일)	396	8,847
처리비용 (원/일)	120,292,908	43,550,154
수익합계 (원/일)	11,880,000	276,163,617
순익 (원/일)	- 108,412,908	232,613,463
순익 (백만원/년)	- 39,570	84,904
순익 합계 (백만원/년)	45,333	

(2) 바이오가스 설치 운전 비용

2008년 현재 기준 충청남도에서 돼지 사육규모가 가장 큰 곳은 홍성군과 당진군으로 각각 359,149두와 272,551두를 사육하고 있다. 따라서 가장 대규모인 위의 두 지역에서 발생하는 돼지분뇨를 전량 혐기성 소화조로 처리했을 경우의 경제성을 비교 평가해 보았다. 혐기성 소화시설의 건설과 운전비용은 앞서 언급한 기준을 따라 평가하였으며, 일일 100톤 처리 규모의 소화조 건설을 기준으로 산정하였다.

당진군과 홍성군에서 일일 발생하는 돈폐수 3,623톤을 전량 혐기성 소화로 처리하는 경우, 시설비를 고려하더라도 연간 순익이 약 240억원 가량이 증가하는 것으로 나타나 혐기성 소화조를 신설하여도 충분히 경제성을 갖는 것으로 나타났다. 또한, 퇴비화 공정을 혐기성 소화공

정으로 전환하는 경우, 온실가스 감축효과로 인하여 그 경제성을 더욱 커질 수 있을 것으로 전망된다.

〈표 4-11〉 충청남도 대표 돼지사육농가 규모와 폐수 발생량

	사육두수(마리)	폐수 발생량(m ³ /일)
당진군	272,551	1,321
홍성군	359,149	2,302

〈표 4-12〉 당진, 홍성군 돼지분뇨처리 경제성 평가

	공공처리시설 (호기성)	퇴비화	혐기성 소화
처리용량 (m ³ /일)	396	5,224	3,623
처리비용 (원/일)	120,292,908	25,715,610	61,972,384
수익 (원/일)	11,880,000	163,069,824	223,615,825
순익 (원/일)	- 108,412,908	137,354,214	161,643,441
순익 (백만원/년)	- 39,571	50,134	59,000
순익 합계(백만원/년)	69,563		

4) 바이오가스 플랜트 현장 조사

- ① 위치: 충청남도 청양
- ② 시공: 유니슨(주)
- ③ 처리량: 일일 20톤, 돼지 4,000두
- ④ 소화조 시스템: 2단 CSTR (700톤 + 500톤)

⑤ 가스 분압: 메탄 60%, 이산화탄소 40%, 기타 미량의 암모니아, 황화수소

⑥ 특징: 국내 최초로 바이오가스 시설로부터 생산된 전력을 한전에 판매

⑦ 장점

- 저류조를 설치하여 일일 일정량 투입
- 바이오가스 홀더내로 공기를 주입하여 탈황
- 소화조내 효율적 혼합 시스템

⑧ 문제점

- 긴 체류 시간 (60일)
- 부정확한 물질 수지
- 퇴비화 및 저류 시설에서 심한 악취 발생
- 소화액 후처리 공정의 비효율성 (10일 이상의 HRT 및 과다 폭기)

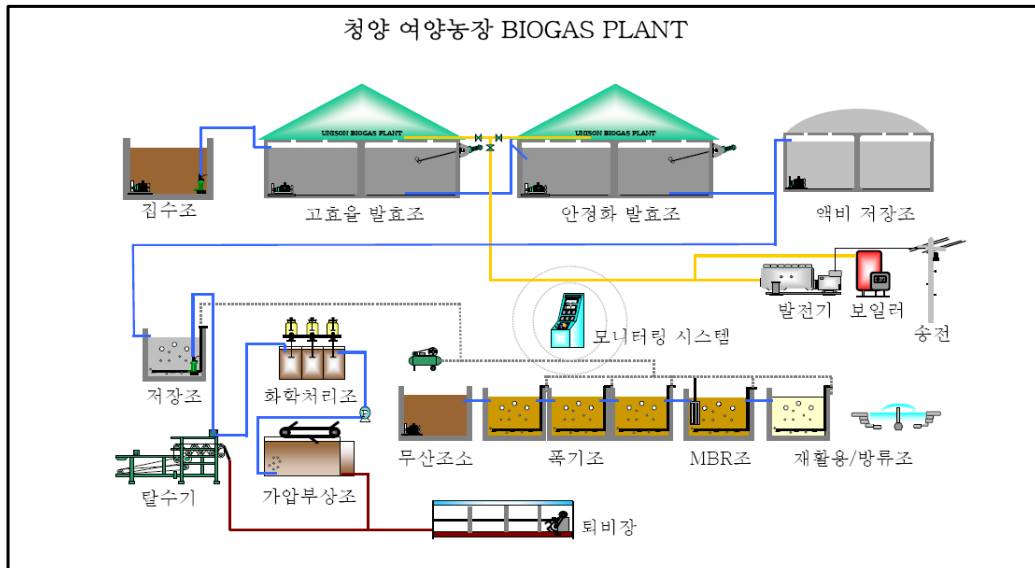
⑨ 플랜트 운영자의 의견

- 혐기성 소화액은 훌륭한 액비로 쓰일 수 있지만, 농민들이 의식적으로 기피함. 이에 따라 의식 전환을 위한 교육이 필수.
- 음식물쓰레기를 포함한 유기물의 추가 투입이 바이오가스 생산 증대에 꼭 필요할 것으로 사료됨.

청양 바이오가스 플랜트는 일반적인 재래식 공법으로 저부하($1\text{kgCOD}/\text{m}^3$ 이하)시스템으로 수리학적 체류시간(HRT) 60일로 동일한 양을 처리하는데, 아산 바이오가스 플랜트에 비해 반응조 부피가 4배 이상 커야하므로 이에 따른 에너지 비용이 추가로 소요된다. 장점으로는 재래식 방법이므로 유입기질을 분리하지 않고 전부 반응조로 투입하게 되므로 더 많은 바이오가스를 얻을 수 있는 장점이 있다. 또한 처리반응을 단일반응조에서 처리함으로 시스템이 간단하지만, 산생성과 메탄생성을 동시에 발생시킴으로서 메탄가스 함량이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 청양 바이오가스 플랜트의 경우 소규모 농장에 설치가 바람직하다.

이에 비해 아산 바이오가스 플랜트는 고율 시스템으로 고부하($5\text{kgCOD}/\text{m}^3$)에서도 처리가 가능한 공법이고 HRT 1주일로서 매우 짧은 특징을 갖고 있다. 단점으로는 고부하율로 인해 가축분뇨내 함유된 고형물질을 전처리로 제거한 후 처리해야 한다. 또한 유기물을 산생성조와

메탄조로 분리하여 운영함으로 발생된 메탄가스 함량이 높은 특징이 있습니다. 따라서 아산 바이오가스 플랜트공정은 처리규모가 중대형인 곳에 유리한 시스템이다.



[그림 4-9] 청양 바이오가스 플랜트 시스템



여양농장 바이오가스 플랜트



바이오가스 플랜트 배치도



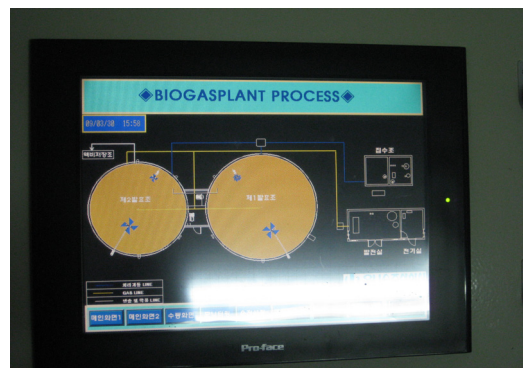
바이오가스 플랜트 액비저장조



바이오가스 플랜트 퇴비사



바이오가스 플랜트 분리시설



바이오가스 플랜트 공정도

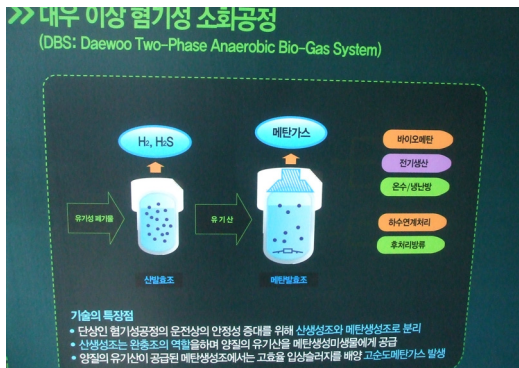
[그림 4-10] 청양 바이오가스 플랜트 주요시설



바이오가스 처리공정도



바이오가스 플랜트 메탄발효조



혐기성 소화공정



바이오가스 저장탱크

[그림 4-11] 아산 바이오가스 플랜트

4. 소수력발전

1) 발전용량 산정

소수력발전은 물의 낙차에 의한 위치에너지로 수차의 회전력을 발생시키고 수차와 연결된 발전기에 의해 전기에너지를 생성하는 발전방식으로 수차를 회전시키는 수량이 풍부할수록 낙차가 클수록 전력생산량이 그만큼 증가한다. 따라서 충남지역의 소수력발전 개발잠재력은 유량이 큰 주요하천의 수리시설물, 농업용저수지, 화력발전 온배수시설 등이 주요 대상이 될 수 있다.

도내 가동중인 소수력 발전시설은 금산 방우리 서우수력 2.1MW 이외에 화력발전 온배수 방류구에 설치된 소수력으로 당진 5MW, 보령 7.5MW, 태안 2.2MW의 규모의 발전을 하고 있어 전체 용량은 16.8MW에 이르고 있다. 금강본류와 주요지천에 설치된 수리시설물을 고려한 발전용량과 연간전력량은 다음과 같다. 최대사용유효낙차 산정을 위한 보의 유효높이는 보 높이의 80% 수준으로 하고, 연간전력량 산정 시 가동률은 65%로 하였다. 그런데 현재의 수리시설물이 금강살리기 사업에 의해 금남대교는 금남보로, 공주대교와 백제큰다리는 금강보에 의해 잠기게 되면 잠재 소수력 개발용량은 감소할 수 있다.

충청남도내 저수용량 100만톤 이상의 농업용 저수지 65개소에 대해 저수지별 유효낙차와 유량, 유효이용률 35%를 감안한 발전용량 규모는 4,494.3kw, 연간전력량은 13,779.5Mwh에 달할 것으로 계산되었다.

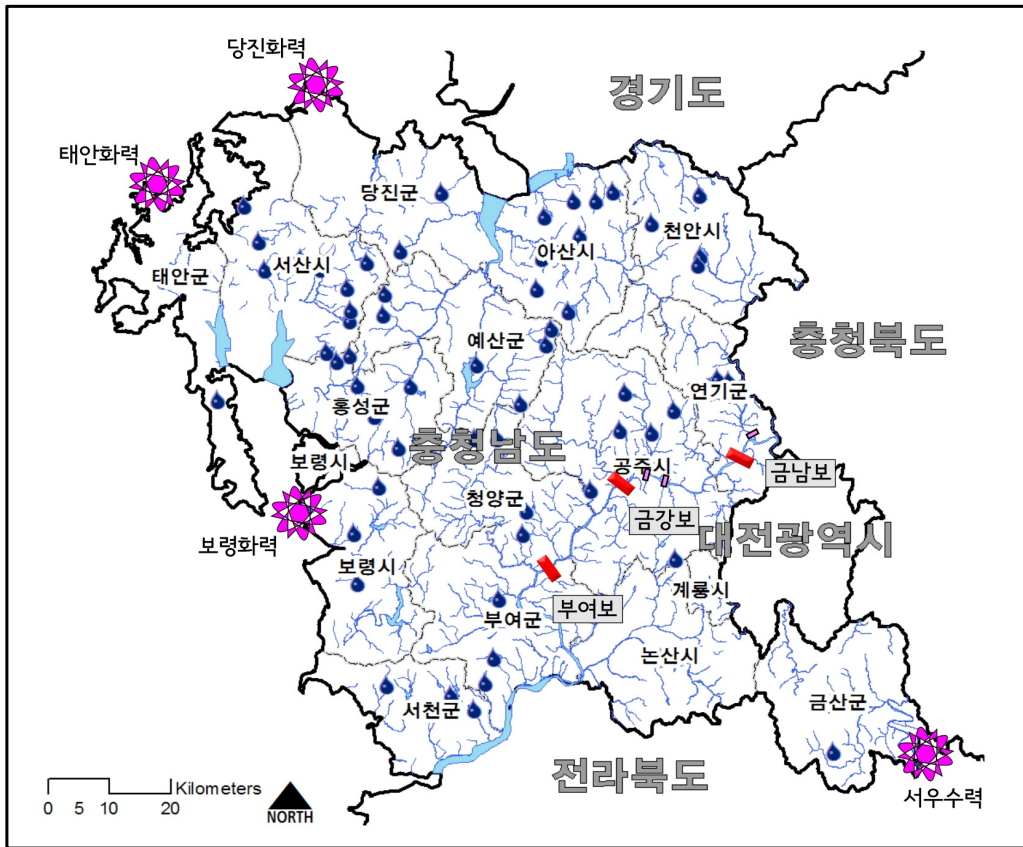
〈표 4-13〉 주요지점별 소수력발전 용량

	미호천	금남대교	공주대교	백제큰다리	금남보	금강보	부여보
풍수량 (Q ₉₅ , CMS)	36.07	159.71	170.39	170.40	160.76	170.49	177.76
보 높이 (m)	2.2	2.2	2.3	3.5	4.0	7.0	7.0
발전용량 (kw)	479	2,121	2,366	3,600	3,882	7,204	7,512
연간전력량 (Mwh)	2,728	12,078	13,471	20,500	22,104	41,022	42,772

〈표 4-14〉 농업용 저수지 소수력발전 용량

지역	시 설 명	위 치		총저수량 (천ton)	제 당			발 전 용 량 (kw)	연간전력량 (Mwh)
		읍면	동리		장(m)	폭(m)	고(m)		
평균				3,919.9	417.4	5.8	16.7	67.9	208.3
천안	업성		업성동	1,083.7	405.0	5.0	10.0	11.2	34.4
천안	용연	목천읍	교촌리	1,839.0	545.0	6.0	13.8	26.3	80.6
천안	천호		신부동	1,396.0	471.0	5.5	12.8	18.5	56.8
천안	풍년	입장면	시장리	1,269.3	230.0	5.0	14.4	18.9	58.1
공주	경천(양화)	계룡면	양화리	2,029.7	160.0	6.0	17.2	36.2	110.9
공주	계룡	계룡면	하대리	3,413.1	288.0	6.0	14.3	50.7	155.5
공주	영천(한천)	우성면	한천리	1,210.2	186.5	6.0	23.0	28.8	88.4
공주	요룡	의당면	요룡리	1,495.3	220.0	6.0	30.8	47.7	146.2
공주	우목	우성면	용봉리	1,452.7	176.0	6.0	18.0	27.1	83.1
공주	정안	정안면	고성리	1,571.8	205.0	6.0	21.6	35.2	107.8
공주	중흥	의당면	중흥리	1,772.8	300.0	6.0	30.0	55.1	168.9
보령	성연	청소면	성연리	1,789.0	260.0	4.0	19.7	36.5	111.9
보령	옥서	남포면	옥서리	1,420.0	296.0	5.5	13.3	19.6	60.0
보령	청천		죽정동	20,728.0	306.0	13.0	23.0	493.9	1,514.4
아산	가혜	염치읍	동정리	3,495.2	276.0	6.0	11.6	42.0	128.8
아산	궁평	송악면	궁평리	7,030.0	307.0	6.0	19.0	138.4	424.3
아산	도고	도고면	석당리	4,666.8	288.0	6.6	13.7	66.2	203.1
아산	마산		방축동	2,930.0	247.3	5.5	10.7	32.4	99.2
아산	봉재	둔포면	봉재리	1,520.0	250.0	5.5	9.7	15.3	46.8
아산	상성	영인면	상성리	1,193.0	460.0	5.0	10.1	12.5	38.3
아산	성내	영인면	성내리	1,367.0	460.0	5.4	10.1	14.3	43.9
아산	신희	음봉면	신희리	1,411.0	643.0	4.5	5.3	7.7	23.8
서산	고남	성연면	고남리	1,072.6	274.0	5.6	14.8	16.4	50.4
서산	고풍	운산면	고풍리	8,360.0	227.5	6.0	33.2	287.9	882.7
서산	산수	해미면	산수리	3,445.4	295.0	6.0	22.7	81.1	248.6
서산	성암	음암면	성암리	3,157.2	655.0	5.0	10.3	33.7	103.3
서산	신송	고북면	신송리	3,220.2	573.0	5.5	15.0	50.0	153.4
서산	신창	운산면	신창리	1,835.4	205.0	6.0	22.7	43.2	132.5
서산	잠흥		잠흥동	1,509.0	690.0	5.5	9.7	15.2	46.5
서산	중왕	지곡면	중왕리	1,138.0	6,390.0	3.0	4.0	4.7	14.5
서산	풍전	인지면	풍전리	2,622.8	648.0	5.5	12.3	33.4	102.5
서산	황락	해미면	황락리	1,038.5	167.0	7.0	26.4	28.4	87.1
논산	탑정	부적면	탑정리	31,927.0	573.0	6.0	17.8	588.8	1,805.2
금산	석동	남이면	석동리	1,083.0	174.0	7.0	27.6	31.0	94.9
연기	용암	서면	고북리	4,440.0	226.0	6.0	16.8	77.0	236.2
부여	반산	규암면	석우리	6,090.0	907.0	6.0	12.6	79.5	243.7
부여	복심	충화면	복금리	3,173.0	317.0	4.4	7.0	23.0	70.6
부여	옥산	옥산면	봉산리	2,682.0	548.0	5.0	11.2	31.1	95.4
부여	덕용	충화면	가화리	4,111.0	294.0	6.0	15.7	66.9	205.0

서천	동부	시초면	봉선리	12,182.0	126.0	7.2	11.5	145.1	445.0
서천	서부	관교면	홍림리	8,162.0	298.0	7.3	17.7	149.6	458.6
서천	중천	관교면	상좌리	2,122.0	195.0	6.0	18.0	39.6	121.3
서천	축동	한산면	축동리	1,707.0	397.0	4.5	5.9	10.4	32.0
청양	관산	비봉면	관산리	1,169.9	168.0	6.0	31.0	37.6	115.2
청양	도립	장평면	적곡리	3,303.3	171.0	6.0	37.0	126.6	388.2
청양	신대(운곡)	운곡면	신대리	1,986.9	203.0	6.0	18.6	38.3	117.4
청양	적누	청양읍	적누리	2,626.0	212.0	6.0	31.6	86.0	263.6
청양	천장	정산면	천장리	2,882.0	244.0	6.0	31.4	93.8	287.5
홍성	가곡	갈산면	가곡리	1,575.0	234.0	6.0	22.5	36.7	112.6
홍성	공리	구항면	공리	1,454.0	152.0	5.0	16.0	24.1	73.9
홍성	대사	갈산면	대사리	1,376.2	240.0	6.0	21.5	30.7	94.0
홍성	장곡	장곡면	죽전리	1,317.0	521.0	6.0	12.2	16.6	51.0
홍성	천태	장곡면	천태리	1,488.0	108.0	6.0	15.0	23.1	70.8
홍성	홍동	장곡면	지정리	1,084.1	191.0	6.0	8.7	9.8	30.0
홍성	홍양	금마면	장성리	2,243.0	153.0	6.0	10.3	23.9	73.4
예산	방산	대술면	방산리	2,065.0	330.0	5.5	19.0	40.6	124.6
예산	봉림	봉산면	봉림리	1,074.0	246.3	6.0	13.9	15.4	47.4
예산	송석	대술면	송석리	1,450.0	270.0	5.5	19.9	29.9	91.7
예산	여래미	신양면	여래미리	1,366.2	184.0	7.0	27.1	38.4	117.6
예산	예당(대흥)	대흥면	노동리	47,103.0	314.5	6.0	13.3	649.0	1,990.0
예산	옥계	덕산면	옥계리	3,051.0	178.0	5.0	18.0	56.9	174.4
태안	미포	안면읍	창기리	1,221.4	895.0	4.0	11.0	13.9	42.7
태안	수룡(근흥)	근흥면	수룡리	1,286.7	211.0	5.0	7.5	10.0	30.7
당진	순성	면천면	원동리	1,428.0	464.0	5.0	8.9	13.2	40.4
당진	초대	신평면	초대리	1,080.0	279.0	5.0	8.2	9.2	28.1
계	65개소							4,494.3	13,779.5



[그림 4-12] 주요 소수력발전 개발지점

2) 경제성평가

(1) 산정기준

발전원가는 연간 발전소 운영비를 연간발전량으로 나눈 값으로 소수력 발전소의 일반적인 경제적 타당성 검토의 기준이 되고 있다. 따라서 소수력발전 사업의 경제적 타당성을 검토하기 위하여 발전원가 산정 및 경제성평가 산정기준을 설정하였다. 경제성을 평가하는데 있어 분석기간은 당해 사업 또는 시설물의 내용연수(내구연한)와 같거나 그보다 짧은 것이 통례이다. 토목부분은 「댐 시설기준 (1993, 건설부)」의 50년으로 결정하고, 기전부분은 현행법령집의 전기, 기계편에 기타 사용기별 부속품에 따라 내용연한이 최소 5년에서 최고 40년까지 나누어 명시하고 있으나, 경제성평가 시 사용기기 및 장치부속품별로 세분화되지 않아 30년으로 설정

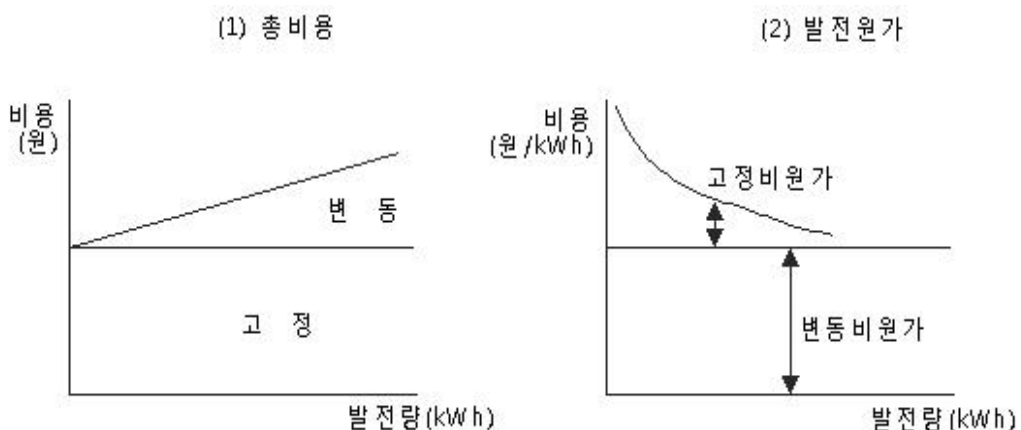
하였다.

할인율(Discount Rate)은 정부에서 지원되는 소수력 시설지원금에 대한 국고이자율 4.25%로 적용하였다. 경제적 타당성 분석에서 유지보수비(Operation and Maintenance)는 투자사업의 완공 후 그 사업시설의 운영비와 수선유지비 그리고 사업시설을 가동함에 따라 수혜자가 부담하는 비용을 모두 포함하는 것으로 유지관리비와 제세는 댐 시설기준에 따라 2.00%와 0.42%를 적용한다.

(2) 발전원가

발전원가란 발전에 소요되는 비용으로 여러 가지 요소가 포함되어 있다. 이러한 구성요소에 따른 발전원가의 분류 및 계산 방법은 국가마다 서로 다르다. 그러나 편의상 발전에 소요되는 비용의 기본 구성요소는 크게 고정비와 변동비의 두 가지로 분류할 수 있다. 발전원가의 산출 방법으로는 연간발전비용법, 누계발전비용법, 균등화 발전비용법 및 계통비용분석법 등 4가지 방식이 있다. 여기에서는 일반적으로 많이 사용되고 있는 균등화 발전비용법을 적용하였다.

균등화 발전비용법(Levelized Generation Cost Method)이란 연도별로 불규칙하게 발생하는 비용과 발전량을 화폐의 시간적 가치를 고려하여 연도별로 균등하게 배분한 후, 이렇게 산출된 발전량을 이용하여 발전원가를 산출하는 방식이다.



[그림 4-13] 발전원가의 구성요소

연간경비는 자본비 및 연간투자 회수비, 연간유지관리비 등으로 나누어 산정하였으며, 연간 투자 회수비는 총자본회수비 현가에 자본회원계수(Capital Recovery Factor, CRF)를 곱하여 산정하고 연간 유지관리비는 산정기준에 따라 유지관리비 2.00%, 제세 0.42%를 각각 적용하였다. 연간편익은 발전량에 2009년 9월 기준 소수력 구매단가 73.69원/kWh를 적용하여 산정하고, 발전원가는 발전소 운영비 즉, 연간경비를 발전량으로 나누어 산정하면 발전원가 측면에서 소수력 구매단가보다 적어 경제성 측면에서 유리하다.

$$\text{자본회원계수(CRF)} = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} = \text{토목 } 0.04856, \text{ 기전 } 0.05960$$

여기서, i = 할인율(4.25%)

n = 내구연한(토목 50년, 기전 30년)

(3) 경제성평가

경제성평가는 발전시설 운영기간 동안 총 투자비용에 대한 얻는 총 수익의 흐름으로 판단하게 된다. 총 투자비용은 초기 건설비와 매년 발전시설 운영에 소요되는 유지관리비를 합하여 산정하고, 총수익은 전력판매단가에 연간발전량을 곱하여 산정한다. 사업비 조달은 유자금(대체에너지 합리화기금)과 시중자금(자체자금)으로 구성하고, 경제성평가 방법은 순현재가(Net Present Value, NPV) 방법과 발전원가를 기준(2008년 판매단가/발전원가)으로 산정한다.

하천소수력 발전용량 529kw에 대해 분석하면

① 연간 수익 산정

연간 수익은 발전량에 한전 소수력 판매단가(2009년 9월 기준 : 73.69원/kWh)를 적용

$$\text{연간 수익} = 4,634,040 \text{ kWh} \times 73.69 \text{ 원/kWh} = 341,482,408 \text{ 을 적용}$$

② 연간 비용 산정

비용 산정을 위한 자본회수계수는 이자율 0.0425 설비수명 30년으로 0.05959를 적용하였으며, 댐시설 기준에 따라 제세금, 운전, 보수비용은 2.42%를 적용

가) 자본회수계수 = 0.05959

$$i \times (1+i)^n / (1+i)^n - 1$$

자본회수 = 총공사비 × 자본회수계수

$$= 1,913,638,600 \times 0.05959 = 114,033,724 \text{ 원}$$

나) 운전, 유지비 = 총공사비 × 2.42%

$$= 1,913,638,600 \times 0.024 = 46,310,054 \text{ 원}$$

다) 보험료 및 제세 = 총공사비 × 2.42%

$$= 1,913,638,600 \times 0.024 = 46,310,054 \text{ 원}$$

라) 계 = 가) + 나) + 다) = 206, 653,832 원

③ 발전원가

발전원가 = 연간 운영비 / 연간 발전량 (원/kWh)

$$= 206,653,832 / 4,634,040$$

$$= 44.59 \text{ 원/kWh}$$

④ 비용 편익차

$$B - C = 341,482,408 - 206,653,832 = 134,828,575$$

⑤ 비용 편익비

$$B / C = 341,482,408 / 206,653,832 = 1.65$$

이에 비해 농업용 소수력의 경우 사업비는 kw당 350만원을 적용하고, 할인율 5.5%, 시설내구연한 30년, 자본회수계수 0.069 발전용량 490kw에 의해 연간 전력생산량 1,438Mwh 에 대해 계산해보면 연간 편익 104.686백만원, 비용 99.584백만원으로 비용 편익비는 1.05 수준이다. 따라서 농업용 저수지를 이용한 신재생에너지 생산은 규모의 경제를 적용하여 발전용량 100kw 이상의 8개소에 대해 우선적으로 검토할 필요가 있다.



태안화력 소수력발전



금산 방우리 서우수력



연기 월산대교



공주대교



공주 백제큰다리



연기 금남보



보령 청천지



청천지 방류구

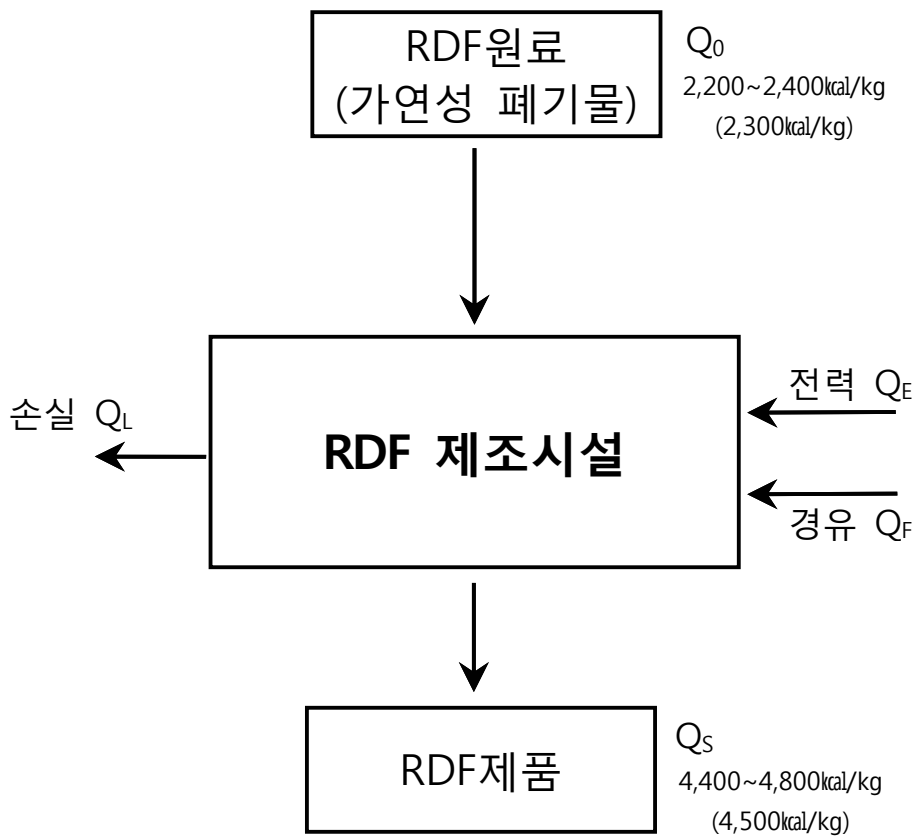
[그림 4-14] 소수력발전 개발가능 지점

5. 온실가스 저감효과

1) 고형연료화

가연성 폐기물로부터 고형연료(RDF) 생산과정에서는 원료 폐기물 중에 포함되어 있는 수분을 증발시키기 위해서 건조공정이 필요하고, 이 때문에 연료가 소비된다. 또한 파쇄, 압축성형 등 각 공정에 동력이 필요하여 전력을 소비하고 RDF의 에너지 회수율은 투입된 RDF 원료, 연료 및 소비전력의 합계와 RDF 에너지 보유량의 비율로 정의할 수 있다. 계산결과 76.6~80.4%의 에너지 회수율이 얻어지는 것으로 나타난다.

그리고 RDF 생산에 필요한 전력과 경유 에너지 대비 생산되는 RDF의 에너지($=Q_s/Q_e+Q_f$)는 2.6배 이상으로 나타난다. 생산된 RDF의 발열량은 4,500~4,800kcal/kg 정도이며, 이 값을 이용하여 경유 환산량(80t/d의 경우)을 계산하면 6,735kL로 약 2,125세대의 연간 경유 사용량에 상당하고, 경유의 CO₂ 배출원단위 0.717kg C/L로부터 CO₂ 배출 감축량을 계산해 보면 4,829kg C/년이 된다.



[그림 4-15] RDF 제조의 에너지 수지 개념도

가연성폐기물 고형연료(RDF)

- ① 폐기물 1톤당 RDF생산량: 0.5톤(환경부, 폐기물에너지화포럼, 2007.)
- ② RDF 발열량: 4,800kcal/kg(수도권매립지관리공사, 『자원화사업기본계획』, 2008.)
- ③ RDF발전소 발전효율: 34% (수도권매립지관리공사, 『가연성폐기물 고형연료의 경제성분석 및 제도도입에 관한 연구』, 2006.)
- ④ 고형연료의 TOE 환산식: 3.883톤/TOE (IPCC 석탄탄소배출계수)
- ⑤ 메탄의 지구온난화지수: 21톤/톤(IPCC 2차보고서, CDM EB 인정지수)
- ⑥ 탄소배출권(CERs) 가격: 8.4€/톤 (2009. 8~10€ ECX평균가격적용, 환경관리공단)
- ⑦ 유로화환율: 1,729.44원/€ (2009. 11. 20 외환은행 기준환율)

충청남도는 폐기물 에너지화 차원에서 2015년까지 가연성 폐기물 665톤을 고형연료화 할 것을 목표로 사업을 추진하고 있다. 가동일수 300일/년을 기준으로 하고 가연성 폐기물에서 RDF 생산비율은 56%이지만 안전율을 고려하여 50%를 적용한다. 이렇게 추진한다면 온실가스 감축량 186,384톤/년, 탄소배출권은 연간 27억원에 달할 것으로 추정된다.

- RDF량: $665\text{톤}/\text{일} \times 0.5 = 332.5\text{톤}/\text{일}$
- 발열량:
 $332.5\text{톤}/\text{일} \times 300\text{일}/\text{년} \times 4,800\text{kcal}/\text{kg} \times 1,000\text{kg}/\text{톤} = 4.8 \times 10^{11} \text{ kcal}/\text{년}$
- 원유대체효과
 -원유량: $4.8 \times 10^{11} \text{ kcal}/\text{년} \div 9,267\text{kcal}/\text{L} \div 158.9\text{L}/\text{배럴} = 325,155\text{배럴}/\text{년}$
 -대체원유가격: $325,155\text{배럴}/\text{년} \times \text{WTI } \$76.72/\text{배럴} \times 1,160.0\text{원}/\$$
 $= 2.89 \times 10^{10} \text{ 원}/\text{년}$
 -석유환산톤(TOE) : $4.8 \times 10^{11} \text{ kcal}/\text{년} \div 10^7 \text{ kcal}/\text{TOE} = 48,000\text{TOE}/\text{년}$
- 온실가스감축
 -감축량: $48,000\text{TOE}/\text{년} \times 3.883\text{톤}/\text{TOE} = 186,384\text{톤}/\text{년}$
 -탄소배출권: $186,384\text{톤}/\text{년} \times 8.4\text{€}/\text{톤} \times 1,729.44\text{원}/\text{€} = 2.70 \times 10^9 \text{ 원}/\text{년}$

2) 음폐수와 가축분뇨 바이오가스화

- ① 음폐수 바이오가스 발생량: $84\text{m}^3/\text{톤}$ (2008. 『자원화사업기본계획』, 수도권매립지 관리공사)
- ② 가축분뇨 바이오가스 발생량: $20\text{m}^3/\text{톤}$ (2007. 『음폐수육상처리및에너지화로드맵』, 환경부)
- ③ 바이오가스 및 매립가스의 메탄함량: 50%(2008. 『자원화사업기본계획』, 수도권매립지관리공사)
- ④ 메탄의 발열량: $10,550\text{kcal}/\text{m}^3$ (국제에너지기구 TOE환산표)

- ⑤ 발전효율: 27.5%(2007. 『수도권매립지 50MW 발전유지보수 및 관리계획』, 수도권매립지관리공사)
- ⑥ CNG버스의 메탄가스 사용량: 47,500m³/년(2007. 『음폐수육상처리 및 에너지화 로드맵』, 환경부)
- ⑦ 메탄부피-질량환산계수: 1,400m³/톤

충남의 음식물류 자원화시설 반입량을 기준으로 음폐수 319.25톤/일 투입될 경우(가동일수 300일/년)의 계산 결과는 다음과 같다.

- 바이오가스발생량: 319.25톤/일×84m³/톤=26,817m³/일(메탄가스량 13,408m³/일)
- 발열량: 13,408m³/일×300일/년×10,550kcal/m³=4.24×10¹⁰kcal/년
- 원유대체효과
- 원유량: 4.24×10¹⁰kcal/년÷9,267kcal/L÷158.9L/배럴=28,820배럴/년
- 대체원유가격: 28,820배럴/년×WTI \$76.72/배럴×1,160.0원/\$=2.56×10⁹원/년
- 석유환산톤(TOE) : 4.24×10¹⁰kcal/년÷10⁷kcal/TOE=4,240TOE/년
- 온실가스감축
- 메탄가스량: 13,408m³/일×300일/년÷1,400m³/톤=2,873톤/년
- 온실가스감축량: 2,873톤/년×21톤/톤 =60,336톤/년
- 탄소배출권: 60,336톤/년×8.4€ /톤×1,729.44원/€ =8.77억원/년

충청남도에서 발생하는 가축분뇨 29,008톤/일 가운데 2013년까지 바이오가스화로 처리할 용량은 490톤/일이다. 이를 고려한 온실가스 저감 계산은 다음과 같다.

- 바이오가스발생량: 490톤/일×20m³/톤=9,800m³/일(메탄가스량 4,900m³/일)
- 발열량: 4,900m³/일×300일/년×10,550kcal/m³=1.55×10¹⁰kcal/년
- 원유대체효과
- 원유량: 1.55×10¹⁰kcal/년÷9,267kcal/L÷158.9L/배럴=10,532배럴/년

-대체원유가격: $10,532\text{배럴/년} \times \text{WTI } \$76.72/\text{배럴} \times 1,160.0\text{원}/\$ = 9.37 \times 10^8\text{원/년}$

-석유환산톤(TOE) : $1.55 \times 10^{10}\text{kcal/년} \div 10^7\text{kcal/TOE} = 1,550\text{TOE/년}$

- 온실가스감축

-메탄가스량: $4,900\text{m}^3/\text{일} \times 300\text{일/년} \div 1,400\text{m}^3/\text{톤} = 1,050\text{톤/년}$

-온실가스감축량: $1,050\text{톤/년} \times 21\text{톤/톤} = 22,050\text{톤/년}$

-탄소배출권: $22,050\text{톤/년} \times 8.4\text{€ /톤} \times 1,729.44\text{원/€} = 3.20\text{억원/년}$

가축분뇨를 퇴비화하거나 액비화 할 경우 처리과정에서 온실가스인 아산화질소(N_2O)와 메탄(CH_4) 등이 대기 중으로 배출된다. 농업부분에서의 온실가스 발생량은 2005년 14.7백만 톤에 이르며, 이는 우리나라 온실가스 배출량의 2.5%를 차지하고 있다. 그 중 18.7%는 가축분뇨의 처리에서 발생하는 것으로 보고되고 있다(EPA, 2008). 1톤의 돈분(톱밥 혼합물)은 퇴비화 과정 중 85.9g의 메탄과 691g의 아산화질소가 발생하는 것으로 보고되었는데(Fukumoto et al., 2003), 이는 216kg의 이산화탄소에 해당하는 온실가스 양이다. 이 때 발생하는 가스의 양과 조성은 퇴비화 조건에 따라 차이가 있을 수 있으나 분명 무시할 수 없는 양이다.

따라서, 기존에 퇴비화를 통하여 처리되고 있는 축산분뇨를 혐기성 소화공정으로 전환, 처리하는 경우, 기존 퇴비화 공정에서 배출되는 온실가스를 저감할 수 있을 뿐만 아니라, 전력생산을 통한 화석연료 사용 저감에 따른 온실가스 저감효과까지 기대할 수 있게 된다.

전력생산을 통하여 1m^3 의 바이오가스 당 이산화탄소 4.043kg CO_2 을 감축할 수 있으며(참고: 축산분뇨 바이오에너지와 온실가스 저감), 감축한 이산화탄소를 탄소시장에 판매할 경우 톤당 약 20유로를 기준으로 할 때 시설용량에 따라 연간 3천만원에서 3.4억원까지 판매수익을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

〈표 4-15〉 혐기성 소화시설의 처리용량별 온실가스 감축효과 및 경제성

항목	시설용량 (m ³ /d)			
	10	20	50	100
CO ₂ 감축량 (kg)	482	965	2,414	4,828
전력생산 및 퇴비화	2,160	4,320	10,800	21,600
연간 수익 (백만원)	34.7	69.5	173.6	347.3

3) CDM 사업 검토

신재생에너지 사업을 CDM과 연계하여 추진하기 위해서는 사업을 수행하여 발생하는 이득이 소요비용보다 적어서 산업적으로 추진이 불가능한 사업이 온실가스 감축실적의 판매 및 환경비용을 반영한다면 상업성이 확보되어 진행될 수 있어야 한다. 신재생에너지 사업으로 CDM 집행위원회에서 승인된 방법론은 다음과 같다. 표에서 가축분뇨처리사업은 AM0006과 AM0016, 음식물류 및 하수찌꺼기는 AM0013, 폐기물고형연료 사업은 AM0025, 소수력발전은 ACM0002의 방법론 적용이 가능하다.

그리고 CDM 사업의 핵심은 추가성(additionality)의 입증에 전제되어야 하므로 추진에 앞서 사업이 추가성이 있는가를 검토하여 사업화 가능성을 판단할 필요가 있다.

법률적 추가성 항목으로 국가 법률에 의한 강제 설치시설은 CDM사업 대상에서 제외되는데, 우리나라는 폐기물관리법에 의거 매립지 시설에 대해 소각처리, 발전 및 자원화 시설 설치를 의무화하고 있다.

경제적 추가성 항목으로 경제성이 있는 사업은 CDM사업 대상에서 제외된다. 발전 및 자원화 시설과 관련한 CDM사업 추진 시에는 해당 시설의 수익성(경제성), 재무적 타당성이 좋지 않다는 논리 입증과 근거를 제시해야 한다. 상용화 실행 여부(common practice)로 국내에서 보편화된 일반기술이 적용된 경우는 CDM사업 대상에서 제외될 가능성이 높다. 국내 매립장 CDM과 달리 기타 환경부문으로 하폐수처리장의 경우 국내에서 이미 적용되고 있는 보편적 기술이 많은 관계로 이에 대한 논리 입증과 근거제시가 사업등록의 관건이 되고 있다.

〈표 4-16〉 신재생에너지 관련사업의 CDM 방법론 적용

방법론 종류	번호	베이스라인 방법론	베이스라인 시나리오
개별방법론	AM0006	축분관리시스템을 통한 온실가스 배출감축	화석연료 발전소에 의한 계통 시스템에 전력공급
	AM0013	유기성폐수 처리시설로부터 메탄추출 및 계통연계발전	노천 라군 폐수처리 시스템에서 메탄이 대기중으로 자연배출
	AM0016	사육시설의 축산폐기물 관리 시스템 개선을 통한 온실가스 배출감축	기존 축분관리시스템 유지
	AM0025	폐기물 처리방식의 변경을 통한 유기성폐기물에서의 배출량 감축	기존폐기물처리시설에서 별도의 처리없이 유기물질의 분해로 인한 가스발생
통합방법론	ACM0002	수력, 풍력, 지열, 파력, 조력 전력계통 연계 신재생에너지 사업에 적용가능하며, 화석연료에서 신재생에너지로의 연료전환은 불가	기존의 실질 배출량을 고려하여 경제적 유인을 조치할 수 있는 배출량

자료 : UNFCCC, Application of CDM Methodology, 2009

따라서 충청남도의 고형연료화 사업에 대한 베이스라인 방법론 적용은 가연성 폐기물 665톤에 대해 매립할 경우 매립가스의 대기방출과 매립면적이 작아 매립가스에 의한 포집이 현실적으로 용이하지 않아 대부분 대기중으로 방출되고 있다. 이러한 조건에서 사업시행과 미시행간의 온실가스 배출량을 비교하여 판단한다. 이 계산을 위해 고형연료의 발열량은 4,500kcal/kg(탄소함량 50.47%), 유연탄 7,000kcal/kg(탄소 함량 72%), 메탄의 지구온난화포텐셜(GWP)은 21을 적용하였다. 그 결과 CDM사업시행 시 CO₂ 환산량으로 3,520톤이 감소하여 46% 저감효과가 있음을 알 수 있다.

〈표 4-17〉 충청남도 고형연료화의 CDM 사업에 따른 온실가스 감축효과

사업 미시행	사업 시행
<ul style="list-style-type: none"> - 매립에 의해 메탄과 이산화탄소 발생 - 발전소의 유연탄 사용에 의한 이산화탄소 발생 	<ul style="list-style-type: none"> - 생활폐기물 매립량이 반감되어 CO₂, CH₄이 1/2로 감소 - 가연성폐기물에서 재생된 고형연료의 연료전환으로 이산화탄소 발생
<ul style="list-style-type: none"> - 가연분 665톤 매립시 CO₂ : 172,291Nm³, CH₄ : 164,957Nm³ - 유연탄 사용 시 CO₂ : 287,280Nm³ 	<ul style="list-style-type: none"> - 가연분 332.5톤 매립시 CO₂ : 86,145Nm³, CH₄ : 82,478Nm³ - 유연탄 사용 시 CO₂ : 313,250Nm³
CO ₂ 환산배출량 3,923,668Nm ³	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ 배출량 399,395Nm³ (미시행시보다 13% 저감) - CH₄ 배출량 82,478Nm³ (미시행시보다 50% 저감)
CO ₂ 환산량 7,707톤	CO ₂ 환산량 4,187톤 (미시행시보다 46% 저감)

제5장 결론 및 정책제언

1. 결론

1) 신재생에너지 관련 정책방향

녹색성장의 개념은 “기존의 경제성장 패러다임을 환경친화적으로 전환하는 과정 중 파생되는 에너지·환경관련 기술·산업에서 미래 유망품목과 신기술을 발굴해 내고, 기존산업과의 상호융합을 시도해 신성장동력과 새로운 일자리를 창출하는 것”으로 정의하고 있다(저탄소 녹색성장기본법, 녹색성장위원회, 2009).

우리나라는 세계적으로 기후변화로 상징되는 환경위기와 고유가로 대표되는 자원위기에 동시에 직면해있기 때문에 이를 극복해가는 과정에서 사업기회를 창출하고 이를 신성장동력으로 삼자는 것이다. 이러한 국가적 아젠다이자 국정운영의 큰 틀로서 제시된 정책방향을 토대로 충청남도 차원의 신재생에너지 개발 잠재력을 평가하고 개발방향을 모색하였다.

지역에서는 중장기적인 관점에서 저탄소 녹색성장 역량구축을 위한 조직, 예산, 인력, 제도 등 인프라를 구축하는 상위개념의 전략계획과 함께 지역의 특성과 잠재력을 고려한 단기전략 사업을 발굴하여 성과를 가시화하는 하위개념의 구체화 전략이 필요하다. 오늘날 청정기술을 상업화하는 과정에서 전체를 보지 않고 부분에 집중함으로써 오류가 발생하기도 한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 기반기술조성, 혁신적인 사업화모델, 시장경제적 접근전략, 정부 정책 반영 등의 관점이 필요하다.

따라서 신재생에너지 개발전략은 충청남도 녹색성장 전략계획을 기본으로 구체화하는 복선전략(複線戰略, two-track strategy) 방향을 설정하였다. 이에 따라 충남지역 특성을 고려한 신재생에너지 개발 맞춤형 전략으로 온실가스 감축 잠재력이 크고 지역현안과 연계되는 생활폐기물 고형연료화, 유기성폐자원 바이오가스화, 금강살리기 관련 소수력발전 등을 선정하였다.

특히 국가차원에서 2020년까지 국가 온실가스 감축목표를 배출전망치(BAU) 대비 30% 감

축(2005년 배출량 기준으로는 4%)으로 결정되었다. 이를 구체화하기 위해 2010년부터 각 부문별 세부목표를 정해 관리하는 온실가스 및 에너지 목표관리제를 시행하기로 하였다. 국가 녹색성장 5개년계획에서 녹색성장 기본방향이 제시(2009. 8)된 이후 충청남도 녹색성장위원회가 구성되고 충청남도 녹색성장 전략 및 5개년 계획이 수립되고 있다. 온실가스 배출량 감축 차원에서 충청남도는 신재생에너지 보급률을 2007년 68천TOE에서 2015년 400천TOE로 1차에너지 사용량 대비 0.2%에서 1%로 향상시키기로 목표를 설정하였다.

우리나라의 신재생에너지 공급정책은 상대적으로 경제적 효율성보다 신성장동력 창출에 중점을 두고 있으나, 에너지효율과 경제성이 낮고 온실가스 감축효과가 크지 않은 문제가 있다. 따라서 신재생에너지 개발 활성화와 관련한 대표적인 정책은 의무할당제도(RPS; Renewable Portfolio Standard)와 발전차액지원제도(FIT; Feed-in-Tariff)를 들 수 있다. RPS는 전기사업자가 일정비율을 신재생에너지로 공급을 의무화하는 제도이며, FIT는 신재생에너지에 의한 발전비용과 시장가격의 차이를 장기계약에 의해 지원하는 제도이다. 우리나라는 FIT에서 RPS로 전환 중에 있으며, 2010년에 RPS를 전면적으로 도입할 예정이다.

2) 신재생에너지 개발 잠재량

충청남도의 가연성 생활폐기물 에너지화 잠재용량은 발생량 기준 총량으로 104,640.9TOE에 달하고 있다. 그리고 음식물류폐기물은 충청남도내 538.5톤/일로 회수가 가능한 음식물류의 에너지 총량은 11,731.2TOE/년에 달하고 있다.

충청남도의 생활폐기물 처리대상량은 2010년 2,480톤/일에서 2016년 2,930톤/일로 크게 늘어날 전망이다. 소각시설 용량은 현재 521톤/일에서 2012년 921톤/일로 증가하나, 소각용량을 고려한 폐기물 고형연료 생산 가능량을 예측하면 충청남도내 총량은 890-1,070톤 정도이다. 현재 계획된 가연성폐기물 고형연료(RDF) 생산용량은 7개소 665톤/일로 따라서 나머지 부분은 재활용 부분에서 처리량을 담당해야 한다.

2008년말 기준 통계자료를 기초로 축산잠재량을 구해보면 한육우, 젓소, 돼지, 가금류의

축분을 이용한 충남의 바이오가스 에너지 잠재량은 257,088.8TOE/년으로 경기도에 이어 전국 2위로 나타났다. 충남의 16개 시·군 중 홍성군이 14.8%인 38,054.2TOE/년으로 축산분뇨 바이오매스 잠재량이 가장 크고, 그 다음은 당진군이 13.2%인 33,817.6TOE/년으로 나타나고 있다.

음식물류폐기물 전체발생량을 바이오매스 에너지화한다고 가정하고, 자원 잠재량을 산출하면 2008년 기준 충남의 음식물류폐기물을 이용한 바이오매스 에너지 잠재량은 6,232TOE/년으로 회수가능량 대비 53% 수준임을 알 수 있다.

2008년 현재 기준 충청남도에서 돼지 사육규모가 가장 큰 곳은 홍성군과 당진군으로 각각 359,149두와 272,551두를 사육하고 있다. 가장 대규모인 위의 두 지역에서 발생하는 돼지분뇨를 일일 100톤 처리 규모의 혐기성 소화조 건설을 기준으로 전량 처리했을 경우 경제성을 비교 평가하였다. 당진군과 홍성군에서 일일 발생하는 돈폐수 3,623톤을 전량 혐기성 소화로 처리하는 경우, 시설비를 고려하더라도 연간 순익이 약 240억원 가량이 증가하는 것으로 나타나 혐기성 소화조를 신설하여도 충분히 경제성을 갖는 것으로 나타났다.

금강분류와 주요지천에 설치된 수리시설물을 고려하여 발전용량과 연간전력량을 계산하였다. 최대사용유효낙차 산정을 위한 보의 유효높이는 보 높이의 80% 수준으로 하고, 연간전력량 산정 시 가동률은 65%로 하였다. 그런데 현재의 수리시설물이 설치된 미호천 월산대교, 금남대교, 공주대교, 백제큰다리는 금강살리기 사업에 의해 신설되는 보에 의해 잠기게 되면 잠재 소수력 개발용량은 감소할 수 있다. 그러나 신설되는 3개 보의 발전용량이 18,598kw, 연간전력량은 105,898Mwh에 달할 것으로 계산되었다.

충청남도내 저수용량 100만톤 이상의 농업용 저수지 65개소에 대해 저수지별 유효낙차와 유량, 유효이용률 35%를 감안한 발전용량 규모는 4,494.3kw, 연간전력량은 13,779.5Mwh에 달할 것으로 계산되었다.

한편 농업용 소수력의 경우 사업비는 kw당 350만원을 적용하고, 할인율 5.5%, 시설내구연한(amortization period) 30년, 자본환원계수 0.069, 발전용량 490kw에 의해 연간 전력생산량 1,438Mwh에 대해 계산해보면 연간 편익 104.7백만원, 비용 99.6백만원으로 비용 편익비는 1.05 수준이다. 따라서 농업용 저수지를 이용한 신재생에너지 생산은 규모의 경제를 적용하여

발전용량 100kw 이상의 8개소에 대해 우선적으로 검토할 필요가 있다.

3) 온실가스 저감효과

충청남도는 폐기물 에너지화 차원에서 2015년까지 가연성 폐기물 665톤을 고형연료화 할 것을 목표로 사업을 추진하고 있다. 가동일수 300일/년을 기준으로 하고 가연성 폐기물에서 고형연료(RDF) 생산비율은 56%이지만 안전율을 고려하여 50%를 적용한다. 이렇게 추진한다면 온실가스 감축량 186,384톤/년, 탄소배출권은 연간 27억원에 달할 것으로 추정된다.

충남의 음식물류 자원화시설 반입량을 기준으로 음폐수 319.25톤/일 투입될 경우 온실가스 감축량 60,336톤/년, 탄소배출권 8.77억원/년이다.

충청남도에서 발생하는 가축분뇨 29,008톤/일 가운데 2013년까지 바이오가스화로 처리할 용량은 490톤/일이다. 이를 고려한 온실가스 감축량 22,050톤/년, 탄소배출권 3.20억원/년이다.

따라서 2015년까지 추진 예정인 가연성 폐기물에서 고형연료(RDF), 가축분뇨, 음식물류 자원화 등 폐기물 에너지화 사업에 의한 온실가스 감축량은 268,770톤/년, 탄소배출권 38.97억원/년에 달하는 규모로 추산된다.

충청남도의 고형연료화 사업에 대한 베이스라인 방법론 적용은 가연성 폐기물 665톤에 대해 매립할 경우 매립가스의 대기방출과 매립면적이 작아 매립가스에 의한 포집이 현실적으로 용이하지 않다. 이러한 조건에서 사업시행과 미시행간의 온실가스 배출량을 비교하여 판단한 결과 CDM 사업시행 시 CO₂ 환산량으로 3,520톤이 감소하여 46% 저감효과가 있음을 알 수 있다.

2. 정책제언

1) 신재생에너지 개발전략

충청남도는 2005년 기준 온실가스 배출량이 85,759천톤으로 전국에서 가장 높은 15.7%를 차지하고 있다. 그 중에 발전부문이 66,413천톤으로 배출량의 77.4%를 점유하고 있다. 게다가 GRDP당 배출량은 2.08 tCO₂/백만원으로 에너지 다소비업종이 지역내총생산의 많은 비중을 점유하여 있어 향후 국가 온실가스 감축목표 할당 시 상대적으로 불이익을 당할 가능성이 높다.

우리나라의 신재생에너지 개발 활성화와 관련한 대표적인 정책은 발전차액지원제도(FIT)에서 의무할당제도(RPS)로 전환 중에 있으며, 2010년에 RPS를 전면적으로 도입할 예정이다. 2008년 현재 신재생에너지에 의한 발전설비 비율은 1.1%에 불과하나 2012년 전력생산량의 3%, 2020년 10% 이상을 목표로 하고 있다.

이러한 상황에서 온실가스 감축잠재력의 40%정도가 비용절약 요인인 건물, 교통수단 개선에서 이루어지는 반면, 나머지 60%는 비용수반 감축요인인 화력발전소 탄소포집, 분산된 태양광발전 등이 차지한다. 따라서 이러한 에너지 사용형태, 부문별 감축잠재력을 고려하여 신재생에너지 전략을 강구할 필요가 있다.

현재 충청남도가 목표로 설정한 2015년까지 1차 에너지 공급량의 1%인 400천TOE를 담당하기 위해서는 충청남도에서 발생하는 생활폐기물, 유기성 폐자원 등을 활용해서 세부전략을 세울 필요가 있다.

충청남도의 2007년 기준 신재생에너지 개발능력은 사업장 산업폐가스 소각 등 폐기물 분야 57천, 태양열 3천, 태양광 1천, 성형탄 바이오 3천, 소수력 3천, 지열 1천 등 총 68천TOE 수준이다. 이에 비해 신재생에너지 잠재력은 가축분뇨 바이오가스화 264천, 생활폐기물 고형 연료화 105천, 음식물류 12천, 소수력 10천 등에서 391천 TOE로 현재의 개발량과 합하면 459천TOE 수준으로 목표치 400천TOE를 달성하려면 잠재량의 87% 수준을 개발하면 가능하다.

이를 위해 상대적으로 잠재력이 높은 가축분뇨 바이오가스화와 생활폐기물 고형연료화를 지속적으로 추진하고 이에 대한 수요처 개발에도 중점을 둘 필요가 있다. 따라서 에너지원 믹스 차원에서 경제적, 환경적으로 최적의 조합비율을 구성하도록 정책을 발굴한다. 신재생에너지 수요처로서 도내 화력발전 사업자는 의무할당제도(RPS)에 의해 2012년 전력생산량의 3%, 2020년 10% 이상을 목표로 하고 있으므로 자발적 협약(VA)을 통해 이러한 정책을 뒷받침할 수 있도록 협력관계를 구축해 나갈 필요가 있다.

2) 연구의 한계와 향후 과제

2010년에 RPS를 전면적으로 도입하고 2012년 FIT를 폐지할 경우 RPS 도입에 따른 수익성 확보와 신재생에너지별 할당 비율 등 에너지원 믹스 차원에서 세부 연구가 필요하나 이에 대해 구체적인 편익과 효과는 검증하지 못하였다. 특히 가축분뇨에 의해 생산된 바이오가스는 수질오염 방지와 자원의 효율적 이용 등 사회적 편익을 고려하여 많은 양이 할당될 수 있도록 경제적 유인책이 요구된다.

바이오 에너지의 매입가격은 현행 85.7원/kwh에서 점차 태양광에너지 가격의 50% 수준인 323원/kwh으로 인상될 예정이다. 따라서 가축분뇨를 이용한 바이오가스 생산을 늘릴 수 있는 기술적, 경제적, 환경적 뒷받침이 요구된다. 그러나 가축분뇨 처리가 퇴·액비화 84.3%, 정화처리 9.8%, 해양처리 3.5%로 이루어지고 있음에도 불구하고 환경적, 경제적 관점에서 어떤 처리방법의 조합이 최적인지 도출하지 못했다.

향후 음식물류 및 가축분뇨의 혼합처리 시 지역적 특성을 반영하여 가축분뇨 전용, 가축분뇨+음식물류, 가축분뇨+농산물부자재 등으로 구분하여 공동자원화시설과 연계한 플랜트 개발이 요구된다.

가연성 폐기물에서 고형연료(RDF)의 수요처 개발과 관련하여 대기환경보전법 시행령 및 시행규칙 검토를 통해 전용보일러 설치, 화력발전 석탄혼합 연소방식 개발 및 적정비율 도출

등도 추가적인 연구가 필요하다.

이처럼 다양한 신재생에너지원 믹스 방법의 조합을 통해 온실가스배출 점유율이 가장 높은 충청남도의 온실가스 감축 잠재력을 높이고 저탄소 녹색성장의 선도자치단체로 자리매김이 요구된다.

참고문헌

- 대한상공회의소, 고체연료 사용제한 규제개선 방안조사, 2009
- 지식경제부, 제4차 전력수급기본계획, 2008
- 국립환경과학원, 유기성폐기물 종합관리기술 구축(III), 2006
- 바이오에너지기술연구회, 바이오에너지 기술 및 동향에 관한 세미나, 2006
- 환경부, 하수슬러지 처리의 문제점 및 추진대책, 2009
- 환경관리공단, 하수슬러지 처리 및 자원화 방안, 2008
- 환경부, 음식물류폐기물 처리시설 운영사례, 2008
- 특허청, 수질오염방지기술 PM보고서, 2008
- 에너지관리공단, 한-독 신재생에너지 공동세미나 자료, 2005
- 에너지관리공단, 신재생에너지 기술개발·보급 기본 계획(안), 2008
- 지식경제부, 신재생에너지 개발 및 이용·보급촉진법 개정안, 2009
- 에너지경제연구원, 에너지 포커스, 2009
- 환경부, 2007년 음식물자원화시설현황, 2008
- 환경부, 환경통계연감, 2009
- 환경부, 가축분뇨현황, 2009
- 환경부, 하수슬러지관리 종합대책, 2008
- 산업자원부, 신재생에너지연구기획보고서 바이오분야, 2007
- 산업자원부, LFG 이용 에너지 설비의 실용화 평가에 관한 연구, 2004
- 환경부, 매립가스 처리 및 이용기술 개발, 2008
- 김태환, 온실가스 분리회수용 탄소분자체 제조 및 PSA 적용 연구, 2006
- 한국과학재단, 고순도 메탄회수를 위한 혐기성 소화공정 개발, 1998
- 국가환경기술정보센터, 매립지가스 자원화, 2002
- 김종남, 매립가스 (LFG) 활용기술, ETIS분석지, Vol 22, pp.17~32, 2005
- 환경관리공단, 국내외 매립가스자원화 동향, 2005
- 산업자원부, 2005년 신재생에너지백서, 2005
- 특허청, 바이오융합산업 특허동향, 2006

바이오가스 실용기술, 2001, Ohmsha

사단법인 일본에너지학회, 바이오매스 핸드북, 2002

국회환경경제연구회, 기후변화 · 고유가 대응에너지 정책토론회 자료집, 2008

산업자원부, 신 · 재생에너지 발전차액지원제도 개선 및 RPS제도와 연계방안
최종보고서, 2006

Emerging technologies for the management and utilization of landfill gas, US
EPA, 1998

International Perspective on energy recovery from landfill gas, IEA
Bioenergy, 2000

Draft Final: Study of the market potential for recovered methane in
developing countries, NEXANT, 2004

Liquid natural gas(LNG): An alternative fuel from landfill gas(LFG) and
wastewater digester gas, David Vandor, 1999

Technical alternatives of landfill gas utilization, Hans C. Willumsen, 2001

Franklin county sanitary landfill-landfill gas(LFG) to liquefied natural
gas(LNG)-project, National Renewable Energy Laboratory, 2005

California LNG transportation fuel supply and demand assessment,
California energy commission, 2002

Introduction to LNG: An overview on liquefied natural gas(LNG), Its
propertis, the LNG industry, safety, considerations, University of Huston
Law center Institute for energy, Law & Enterprise, 2003

Innovative Technologies to remove chlorinated hydrocarbons and CO₂ from
LFG, Richard W. Prosser, 2001

Landfill Methane Outreach Program(LMOP), US EPA

Biogas-Praxis, 2001, Heinz Schulz and Barbara Eder Hrsg.

AgSTAR National Conference Proceedings, U.S. EPA, 2006, Madison

Concourse Hotel, Madison, Wisconsin

AgSTAR Program Conference Proceedings on Anaerobic Digestion of Animal Wastes, U.S. EPA, 2004, St. Louis, Missouri

Winter 2006 AgSTAR Digest, U.S. EPA

Market Opportunities for Biogas Recovery Systems (A Guide to Identifying Candidates for On-Farm and Centralized Systems), U.S. EPA

녹색성장위원회 홈페이지, <http://www.greengrowth.go.kr>

에너지관리공단 홈페이지, <http://racer.kemco.or.kr>

환경공학연구정보센터, <http://dicer.org>

한국 신재생에너지협회 홈페이지, <http://www.knrea.or.kr>

교육과학기술부 홈페이지, <http://www.most.go.kr>

지식경제부 홈페이지, <http://www.mke.go.kr>

환경부 홈페이지, <http://www.me.go.kr/>

특허청 홈페이지, <http://www.kipo.go.kr/>

한국특허정보원 홈페이지, <http://www.kipris.or.kr/>

IEA Bioenergy 홈페이지, <http://www.ieabioenergy.com/>

Cryofuel System, www.cryofuelsystem.com

Acrion Technologies company, www.acrion.com

Gas Technology Institute, www.gastechnology.org

US Environmental Protection Agency AgSTAR Program 홈페이지

ATLAS 홈페이지, <http://ec.europa.eu/energy/atlas/home.html>

ABSTRACT

Policy Initiative and Development Potential of the New and Renewable Energy in Chungnam Province

Ever since on August 15, 2008, President Lee Myung-bak proclaimed "low carbon green growth" strategy as a new development initiative nationwide in Korea. Green growth has become a high priority and even further to a vision of a low carbon society, and it is committed as a part of "Green New Deal" policy.

Green growth has two substantial benefits. It could minimize CO₂ emissions and environmental damage and spur economic growth and create jobs. Low-carbon green growth can create opportunities for national development - increasing the quality of life, protecting the environment and contributing to international efforts to address climate change.

In this regard, green growth strategy in Chungnam Province has three pillars: creating new growth power, minimizing energy resources consumption and reducing CO₂ and other pollutant emissions.

In pursuing the development of new growth power, the essential policies will include R&D investment in green technologies, promotion of green industries to export green products such as renewable energies, and support of international green markets.

To minimize energy resource consumption without impeding steady growth, the industrial structure must be transformed into a more energy-efficient one. It must be led by the knowledge-based service industry, energy efficiency enhancement and moving towards more eco-friendly policies.

Finally, in order to minimize CO₂ and other pollutant emissions, the necessary policy measures include diffusion of renewable energies, development of clean energy, control of CO₂ emissions, development of eco-friendly infrastructure and promotion of green products purchase.

Chungnam Provincial GGSP (Green Growth Strategic Plan) seeks to reduce reliance on fossil fuel and enhance energy self-sufficiency. This includes measures targeted in particular at high-emission industries. Improvements in energy use is expected to enhance energy efficiency from 0.51 (CO₂ ton/million won) in 2008 to 0.39 in 2013 and to 0.19 in 2020 respectively. To make this possible, the GGSP sets measures for the development and dissemination of stringent standards on fuel efficiency, energy conservation, and the promotion of investment in new and renewable energy facilities within the provincial resources and potential capacities.

The development of renewable energy forms an important part of the GGSP. The plan is to increase the share of new and renewable energy in total energy supply from 0.18% (2008) to 1.0 % (2015), and 2.0% (2020). A renewable energy portfolio standard (RPS) will be introduced in 2012, which will make it mandatory for utility companies to produce 3% of their electricity from renewable sources in the next three years, and increasing to 10% in 2020. Along with the RPS, there is a plan to establish a renewable energy certification (REC) system to enable the issuance and trade of certificates between the RPS obligators.

The promotion of waste-to-energy is also part of the GGSP. Energy generated from waste accounts for 85% of the renewable energy in Chungnam Province. The Chungnam Provincial government plans to expand this potential through a "waste and biomass energy development project," which relies on waste-to-energy, agricultural biomass, low-carbon green village construction, and forest biomass. A total of 45 environmental projects will be installed to generate energy out of waste by 2016. By doing these ambitious projects, we can achieve the goal of letting alternative energy account for 1% of the Province's energy supply in 2015.

In this context, basic policy on new and renewable energy has setup two-track strategy under the framework of the GGSP. There are two main reasons for this; Firstly, capacity building for an infrastructure in organization, budget, extension of human resources and institution as an

aspect of upper strategy. Secondly, gear up commitment to invent the schemes considering regional inherent characteristics and potential as of lower program.

Accordingly, we select 3 categories as a custom made measure as follows; RDF (Refuse Derived Fuel) from combustible solid waste, biogas from organic resources, and small hydropower generation in connection with the Geum River Restoration Project. Moreover, it is addressed to reduce GHG potential and linking the longstanding problems.

The economic performance of a renewable energy recovery system, particularly in RDF and heat recovery from combustibles, must also be evaluated to choose between competing systems. RDF refers to solid waste that is processed to serve as a fuel for boilers used to produce steam or electricity. The applied way to compare alternatives is by the use of life cycle costing, which accounts for O&M costs over the life time of the system including environmental benefits as well. Subsequently, GHG mitigation potential which will be promoted until 2015 including RDF from combustibles, biogas from livestock manure and food waste leachate is estimated 268,770 ton per year and it is equivalent to 3.9 billion won of carbon emission rights as well.

Key words:

low carbon green growth, new and renewable energy, GGSP (Green Growth Strategic Plan), RDF (Refuse Derived Fuel), biogas, small hydropower

■ 집 필 자 ■

연구책임 : 정종관 연구위원 충남발전연구원 환경생태연구부

공동연구 : 오세은 교수 한밭대학교 환경공학과
양은영 연구원 충남발전연구원 환경생태연구부

기본연구 2009-17 · 충남의 신재생에너지 개발 잠재력과 정책방향

글쓴이 · 정종관, 오세은, 양은영 / 발행자 · 김용웅 / 발행처 · 충남발전연구원

인쇄 · 2009년 12월 31일 / 발행 · 2009년 12월 31일

주소 · 충청남도 공주시 금홍동 101 충남발전연구원 (314-140)

전화 · 041-840-1200(직통), 041-840-1114(대표) / 팩스 · 041-840-1219

ISBN · 978-89-6124-105-2 03350

<http://www.cdi.re.kr>

©2009. 충남발전연구원

- 이 책에 실린 내용은 출처를 명기하면 자유로이 인용할 수 있습니다.
무단전재하거나 복사, 유통시키면 법에 저촉됩니다.
- 이 연구는 본 연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.