

바이오가스 기술의 사회적 수용과정 분석

송 위 진*

이 글에서는 신기술의 사회적 수용과정을 분석·평가하기 위한 틀을 개발하고 그에 입각하여 바이오가스 기술의 수용과정을 분석한다. 분석의 틀에서는 기술·조직·제도의 공진화론에 입각해서 신기술이 사회에 수용되기 위해서는 기술적·경제적 문제만이 아니라 신기술의 사회적 위험에 대한 관리가 이루어져야 한다는 점을 논의할 것이다. 이와 함께 기술·경제적 문제해결을 위한 기술학습활동과 기술의 정당성을 향상시키기 위한 기술정치활동이 필요하다는 점도 강조할 것이다. 다음으로 바이오가스 플랜트 기술의 특성과 개발·운영현황을 살펴본 후, 제시된 분석틀을 활용하여 바이오가스 플랜트 기술의 사회적 수용과정에서 나타나는 문제점을 검토하고 사회적 수용을 촉진하기 위한 방안을 제시한다.

【주제어】 기술의 사회적 수용, 바이오가스 기술, 기술정치, 기술학습, 기술과 제도의 공진화

* 과학기술정책연구원 선임연구위원
전자메일: songwc@stepi.re.kr

1. 서론

신기술이 기존 기술을 대체하거나 그것과 보완 관계를 형성하면서 사회에 뿌리를 내리는 것은 생각한 것만큼 쉽지 않다(Geels, 2004; Kemp, Schot and Hoogma, 1998). 기존 기술시스템과 그것을 지원하는 제도가 새로운 기술의 수용을 방해하는 경우가 많기 때문이다. 신기술의 '사회적 수용'은 기술의 "social embedding"을 말한다(Deuten, Rip and Jelsma, 1997).¹⁾ 새로운 기술이 사회에 널리 활용되어 안정하고 당연한 기술로서 받아들여지는 과정을 의미한다. 시민사회가 신기술을 일상 기술로 받아들이기 위해서는 그 기술이 공급자와 사용자에게 경제성이 있어야 하고, 안전·환경·위생 문제들이 해결되어 위험성이 제거되어야 한다.

근래에 기후변화와 에너지 문제가 핵심적인 정책 의제로 부상하면서 재생가능에너지 기술에 대한 관심이 증대하고 있다. 그동안 화석에너지 기술시스템이 강고하게 지배하던 구조에 균열이 생기면서 재생가능에너지에 대한 새로운 기회의 창이 열리고 있기 때문이다.

일반적으로 재생가능에너지 기술은 환경친화적인 좋은 기술이면서 고도의 첨단 기술이 아니기 때문에 경제적 조건만 충족된다면 쉽게 개발되어 경제적·사회적으로 수용될 것으로 파악되고 있다(이유진 외, 2007). 그러나 재생가능에너지 기술은 기존 기술과 다른 궤적을 형성하는 새로운 기술이기 때문에 사회적으로 수용·확산되는데 여러 문제에 직면하게 된다. 특히 화석연료에 기반한 사회·기술시스템이 공고히 구축되어 있기 때문에 더욱 어려운 측면이 있다.

1) 사회적 수용은 social acceptance를 의미하는 경우가 많다. 이는 시민사회가 신기술의 안전성과 문화적 친화성을 받아들이는 것을 의미한다. 즉 신기술을 사회·정치적인 측면에서 받아들이는 것을 강조하는 개념이다(Create Acceptance, 2007). 따라서 신기술의 경제적 지속가능성은 주된 관심의 대상이 아니다. 반면 social embedding에서는 사회·정치적 측면만이 아니라 경제적 측면까지 고려하여 신기술의 공급과 관련된 주체, 제도 등도 중요한 변수로 파악한다. 이는 신기술의 등장과 함께 새로운 부문혁신체제(sectoral innovation system)가 형성된다는 관점에서 문제에 접근하는 것이다(Bergek, Jacobsson, S. and Sanden, 2008).

이 글은 신기술의 사회적 수용과정을 분석·평가하기 위한 틀을 개발하고 그에 입각하여 바이오가스 기술의 수용과정에서 나타나고 있는 문제점과 과제들을 파악하는 데 초점을 맞춘다. 바이오가스 기술은 가축분뇨나 음식쓰레기와 같은 폐기물을 처리하면서 동시에 에너지와 비료를 생산하는 자원순환형 기술로서 녹색기술의 전형적인 특성을 지니고 있다. 이렇게 여러 장점이 있고 정부의 녹색성장 정책에 따라 다양한 지원이 이루어지고 있지만 사회적 수용과정은 수월하게 이루어지지 않는 것으로 보인다.

글의 구성은 다음과 같다. 제2절에서는 신기술의 사회적 수용과 관련된 분석틀을 개발한다. 기술·조직·제도의 공진화 관점에서 신기술이 사회에 수용되기 위해서는 기술적·경제적 문제만이 아니라 신기술의 사회적 위험에 대한 관리가 이루어져야 한다는 점을 논의할 것이다. 이는 바이오가스 플랜트의 사회적 수용을 평가하는 관점과 이슈들을 제공해줄 것이다. 제3절에서는 바이오가스 플랜트 기술의 특성과 개발·운영현황을 살펴보고 제4절에서는 앞의 분석틀을 활용하여 바이오가스 플랜트 기술의 사회적 수용과정에서 나타나는 문제점을 검토하고 대응 방안을 제시한다.

2. 기술의 진화와 사회적 수용

1) 기술과 조직·제도의 공진화²⁾

새로운 기술이 등장하고 확산되어 사회에 자리 잡는 과정은 기술만의 진화 과정이 아니다. 기술의 진화와 함께 그와 관련된 조직과 제도도 공진화하게 된다.

기술과 조직·제도의 공진화를 다룬 논의들은 주로 조직공동체(organization

2) 이에 대한 좀 더 자세한 논의는 송위진(1999)을 참조할 것.

community) 수준에서 이루어진다. 이 조직공동체는 특정 영역에서 기술을 개발하며 활동하는 기업뿐만 아니라, 기술을 상업화하는 데 일정 기능을 담당하는 여러 다른 주체들 즉 부품공급자, 사용자, 대학이나 정부와 같은 자원 공급자, 협회 등을 포괄한다(Wade, 1996; Van de Ven and Garud, 1989). 이들은 기술과 관련된 조직공동체라고 할 수 있으며, '기술공동체'로 부를 수 있다. 예를 들어 아이폰을 개발·공급하는 기업, 그것을 사용하는 사용자, 관련 기술을 공급하는 부품업체나 대학, 아이폰에 유리한 규제 개혁을 수행하는 정부 부처 등이 아이폰의 기술공동체라고 할 수 있다.

이 기술공동체는 고정되어 있는 집단이 아니다. 기술의 진화가 이루어지면서 기술공동체 구성원과 각 구성원 사이의 관계도 변화하게 된다. 그리고 기술을 공급하는 기업이나 연구소만이 아니라 기술을 사용하고 활용하는 사용자들도 기술공동체의 구성원으로 참여하게 된다. 사용자들도 혁신능력을 바탕으로 혁신을 수행할 수 있기 때문이다(von Hippel, 2005).

기술이 진화하는 과정에서 기술공동체는 기술정치 활동과 기술학습 활동을 수행한다. 즉 자신들이 개발하고 지원하는 기술이 사회에 받아들여지도록 정당성을 확보하는 '정치' 활동과 기술지식을 창출하고 문제를 해결하는 '학습' 활동을 수행하면서 기술을 진화시키게 된다. 제도형성과 기술지식 창출을 동시에 수행하는 것이다.

'기술정치'는 서로 다른 기술을 지지하는 기술공동체가 자신들이 지원하는 기술이 지배적 설계(dominant design)로 자리 잡도록 상대편 기술공동체에 직·간접적으로 영향력을 행사하는 과정이라고 할 수 있다. 이와 같은 기술정치과정으로는 특정기술과 그 기술을 지원하는 조직들이 '사회정치적 정당성'을 확보하는 과정과 '인지적 정당성'을 확보하는 과정을 들 수 있다(Aldrich and Fiol, 1994). 사회정치적 정당성이란 그 기술과 관련된 핵심 이해당사자, 일반 공중, 핵심적인 여론 주도 집단, 정부 관료 등이 그 기술을 이미 존재하고 있는 규범과 법규에 비추어볼 때 안전하고 경제성이 있어 정당하다고 받아들이는 것을 의미한다. 사회·정치적 정당성을 확보하면 그 기술을 지원하는

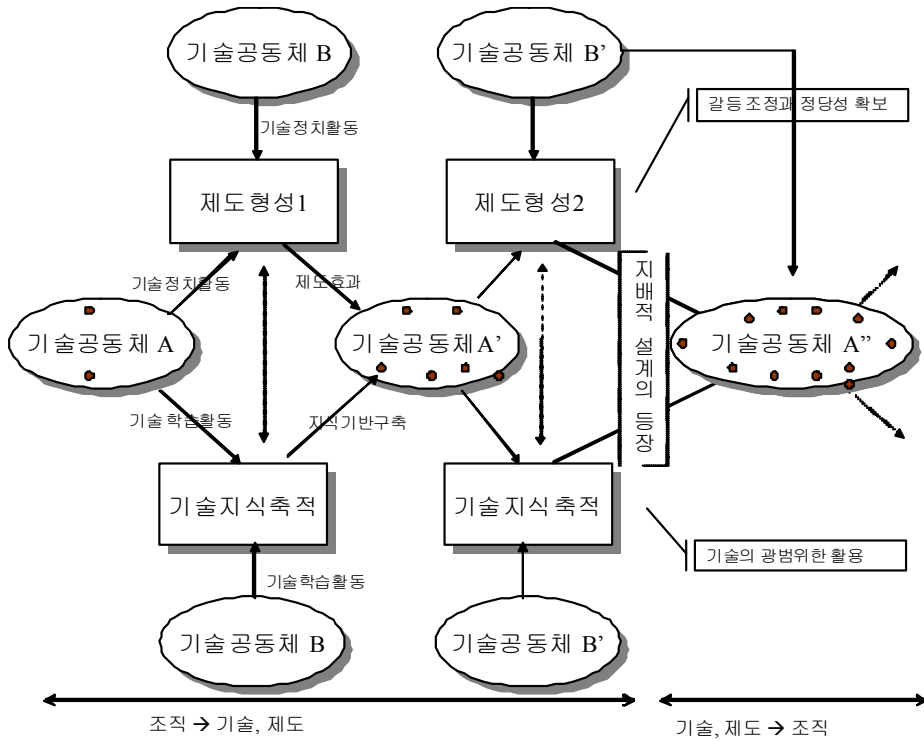
정책이나 제도, 프로그램이 만들어지게 된다. 인지적 정당성이란 새로운 기술에 대한 지식이 확산되고 그 기술이 잘 알려지면서 좋고 바람직한 것으로 인지되는 것을 의미한다. 인지적 정당성을 확보하면 그 기술에 대한 긍정적 '기대'가 형성된다. 이렇게 사회정치적, 인지적 정당성을 확보하게 되면 특정 기술은 그 사회에서 당연한 것으로 받아들여져 제도화된다. 그리고 정당성을 확보한 기술을 지지·개발하는 기술공동체는 경쟁관계에 있는 다른 기술을 그 산업에서 배제하며 우위를 확보하게 된다.

'기술학습'은 기술공동체 내·외부에 축적된 지식기반을 활용하여 경제적·사회적 문제를 해결하고 기술지식을 확장시키는 과정이다(Dosi, 1988). 그리고 기술학습과정을 통해 기술공동체의 지식기반은 더욱 커진다.

기술공동체는 기술학습의 주체이면서 동시에 정당성 확보를 통해 자신들의 이해를 관철시키고자 하는 기술정치활동의 주체이다. 계속되는 기술정치활동과 기술학습과정을 통해 제도들이 형성되고 기술지식이 축적된다. 그리하여 어느 순간 특정 기술이 전사회적인 차원에서 사회정치적 정당성과 인지적 정당성을 확보하고 광범위하게 사용되는 상황이 전개된다.³⁾ 지배적 설계가 등장하게 되는 것이다. 이것이 등장하면 그 이후 이루어지는 기술개발활동은 지배적 설계를 개선하는 방향으로 이루어지게 된다. 즉 제도의 동형화(isomorphism) 효과가 작용하는 조건에서 이미 형성된 지배적 설계를 따라 조직들의 기술개발과 활용이 이루어지게 된다. 기술공동체가 기술학습과 제도형성에 영향력을 행사해오던 상황에서 기술과 제도가 조직의 기술개발활동을 규정하게 되는 상황으로 전환되는 것이다(Rosenkopf and Tushman, 1994).

3) 특정 기술이 정당성을 확보했다고 하더라도 그것이 상용화되지 않는다면 지배적 설계가 될 수 없으며 또 역으로 특정 기술이 상용화되었다 하더라도 정당성을 확보하지 못하면 지배적 설계가 될 수 없다.

<그림 1> 기술정치와 기술학습의 전개과정



이러한 진화과정에서 볼 때, 신기술이 등장하는 시기에는 새로운 기술을 지지하는 집단의 정당성 확보 노력과 기술학습활동이 강도 높게 전개된다. 초기 단계에는 관련 기술을 개발하는 데 필요한 지식이 충분히 축적되어 있지 않고, 기술을 지원해주는 정책과 제도도 미비하며, 기술공동체의 규모와 영향력도 작기 때문이다. 그렇지만 산업이 성숙기에 이르면 기술적 문제가 상당부분 해결되어 불확실성도 낮아지고, 관련 기술을 지원하는 제도들도 안정화되면서 기술학습과 기술정치 활동이 약화된다.

2) 기술위험과 조직·제도의 진화4)

새로운 기술은 사회에 여러 도움이 되는 제품과 서비스를 공급하기도 하지만, 위험을 일으키기도 한다. 즉 "goods"만이 아니라 "bads"도 같이 산출하는

4) 이에 대한 좀 더 자세한 논의는 송위진(2007)을 참조할 것.

경우가 많다. 따라서 새로운 기술이 사회에 수용되기 위해서는 위험을 축소하고 관리하는 활동이 필요하다.

앞서 살펴본 조직과 기술, 제도의 공진화에 대한 논의는 신기술이 초래하는 위험과 사회문제에 대응하기 위한 지식과 제도의 창출과정에도 그대로 적용될 수 있다. 산업이 형성되는 과정에서 기술공동체와 사용자인 시민사회의 상호작용이 이루어지면서, 기술위험에 대응하는 지식창출 활동과 기술공동체가 개발하는 기술의 사회적 수용을 둘러싼 기술정치활동이 이루어진다.

기술의 사회적 위험과 관련된 '기술정치'는 개발하는 기술의 안전성, 환경친화성을 둘러싼 갈등조정 과정으로 볼 수 있다. 이는 기술공동체와 시민사회와의 상호작용과 정치를 필요로 한다. 시민사회와 기술공동체가 합의할 수 있는 안전성의 정의와 기준을 도출하고 그 기준을 준수하는 활동, 기술로 인한 피해가 발생했을 때 피해보상 기준 등을 정하는 활동들이 기술위험과 관련된 정치활동에서 중요한 이슈가 된다. 인지적 측면에서도 개발하는 기술이 사회에 큰 효용이 있는 반면 그 위험은 크지 않으며 충분히 통제될 수 있다는 담론과 그에 반대하는 대항담론이 각축하면서 기술공동체와 시민사회의 정책경쟁이 이루어진다.

이런 면에서 기술위험의 정치는 기술공동체와 시민사회가 개발하는 기술의 수용여부를 둘러싸고 이루어지는 갈등조정 과정이라고 할 수 있다. 물론 시민사회 내에 관련 기술을 찬성하고 도입을 선호하는 집단이 있지만 전체적인 논쟁 구도는 기술공급자인 기술공동체와 수용자인 시민사회의 대립으로 나타나는 경우가 많다. 이 논쟁과정에서 기술 안정성 관련 기준과 정책이 형성되고, 기술에 대한 사회적 정당성이 부여된다(Verbong, Geels and Raven, 2008).

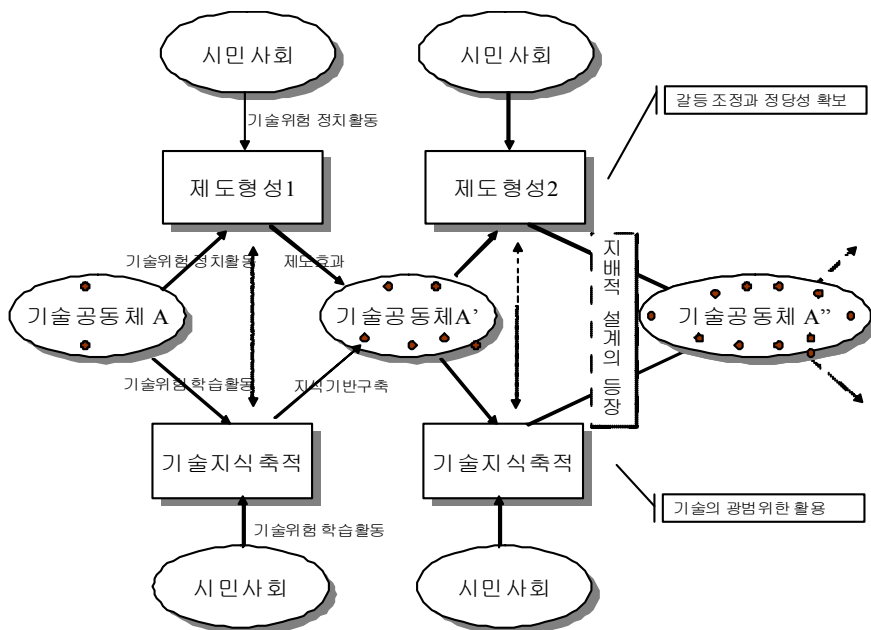
한편 기술위험과 관련된 학습은 기술공동체와 시민사회의 상호작용을 통해 지식이 창출되고 확산되는 사회적 학습 과정이다. 이를 통해 그 기술이 가져올 수 있는 위험에 대한 다양한 논의가 이루어지고 안정성을 평가하고 안전문제를 해결하기 위한 기술지식이 창출된다. 이와 같은 활동은 공공재적 성격

을 지니는 지식창출 활동이기 때문에 민간 기업들에 의해 자발적으로 행해지지는 않는다. 따라서 정부 연구기관이나 대학 등 공공기관 등을 통해 지식창출이 이루어진다. 물론 제품의 안전성이 경쟁우위 요소가 되면 기업들도 기술영향평가를 조직수준에서 수행하게 된다.

기술위험 정치와 기술위험 학습 활동은 서로 밀접한 상호작용을 통해 진행된다. 기술위험 정치를 통해 규제 기준과 범위, 피해보상 제도가 도입되면, 이를 뒷받침하기 위한 연구개발 활동이 수행되며 이를 통해 위험에 대응하는 지식의 수준이 높아지게 된다. 또 지식수준의 향상은 불확실성을 감소시켜 사회갈등의 조정 가능성을 높인다.

물론 이 과정은 자동적으로, 또 단선적으로 이루어지는 것은 아니다. 어떤 기술들은 효과적인 기술위험 학습과 정치를 수행하지 못해 사회에 수용되지 못하고 사라지기도 한다. 또 DDT와 같이 기술위험 학습과 정치를 통해 사회에서 널리 사용할 수 있게 되었지만 후일 그것이 가지고 있는 위험성이 발견되어 사회에서 퇴출되거나, 새롭게 수정·보완되는 기술이 나타나기도 한다.

<그림 2> 기술위험정치와 기술위험학습의 전개 과정



3) 종합: 신기술 등장기의 학습과 정치, 기술공동체의 발전

이상의 논의를 종합하면 신기술의 사회적 수용이 이루어지기 위해서는 신기술이 등장할 때 기술이 직면하는 기술·경제적 문제를 해결하고 그 기술이 초래할 수 있는 사회적 위험을 관리해야 한다. 또 이를 위해 기술의 창출과 활용을 촉진하는 기술정치 활동과 기술학습 활동이 수행되어야 한다. 그리고 기술정치 활동과 학습 활동을 효과적으로 추진하기 위한 기술공동체 네트워크가 형성·발전되어야 신기술이 사회적으로 착근할 때까지 이런 활동이 지속적으로 전개될 수 있다(Geels et al., 2008).

‘기술학습’의 측면에서 볼 때, 신기술이 개발·수용되는 과정에서 발생하는 기술·경제적 불확실성을 해결하기 위해서는 원천기술과 함께 그 기술이 널리 활용되는 데 필요한 보완기술, 그리고 원천기술 개발을 지원해주는 기술정보와 분석기술 확보가 필요하다. 예를 들어, 전기자동차가 널리 활용되기 위해서는 자동차 기술과 함께 전지와 같은 새로운 유형의 부품기술, 전기 충전소 등과 같은 인프라 관련 기술이 개발되어야 한다. 이와 함께 사회적 위험 해결을 위해 기술의 안전성을 평가하고 담보할 수 있는 기술개발이 필요하다. 전차 운행 중 감전 사고를 막을 수 있는 장치와 그것의 안전성 평가기술들이 확보되어야 하는 것이다. 한편 이런 기술들이 효과적으로 개발되기 위해서는 기술개발을 수행하는 혁신주체들이 발전해야 하고 이들 간의 집합적 혁신을 촉진할 수 있는 네트워크 관계가 형성되어야 한다. 새로운 기술궤적을 형성·발전시키기 위한 혁신네트워크가 발전해야만 신기술의 사회적 수용이 촉진된다(Bergek, Jacobsson and Sanden, 2008).

<표 1> 신기술과 기술학습, 기술정치, 기술공동체 형성

	‘학습’을 통한 기술개발	기술공동체의 발전	‘정치’를 통한 법·제도·문화 구축
기술적·경제적 불확실성 대응	<ul style="list-style-type: none"> · 원천기술 확보 · 보완기술 개발 및 확보 	<ul style="list-style-type: none"> · 집합적 기술학습을 촉진하기 위한 공급업체, 연구기관 및 대학, 사용자와 같은 혁신주체 및 네트워크의 형성 	<ul style="list-style-type: none"> · 정부구매, 보급사업, 규제 개혁 등 시장 관련 제도 도입 · 연구개발 사업 형성 · 신기술의 경제성에 대한 공급자, 수요자의 비전과 기대 형성
사회적 위험 대응	<ul style="list-style-type: none"> · 안전성 평가 기술 확보 · 안전성 확보를 위한 기술개발 	<ul style="list-style-type: none"> · 기술 우호적인 정책과 제도 형성을 위한 기술 사용자 및 정부, 공급업체가 참여하는 정책 네트워크 형성 	<ul style="list-style-type: none"> · 기술영향평가와 환경영향평가 · 안정성 평가제도 및 기준 도입 · 피해발생 시 보상제도 도입 · 신기술의 안전성에 대한 기대 형성

‘기술정치’의 측면에서 보았을 때에는 신기술의 수용을 촉진할 수 있는 사회·정치적 제도 구축이 중요하다. 규제조치나 정부 구매 사업 등을 통해 새로운 제품이 판매될 수 있는 장을 형성하는 정책이 필요한 것이다. 그리고 인지적 측면에서 그 기술이 새로운 효용이 있으며 생활을 윤택하게 할 것이라는 기술에 대한 ‘기대(expectation)’를 형성해나가는 것도 매우 중요한 활동이 된다(Geels and Raven, 2006). 전기자동차가 널리 활용되기 위해서는 탄소배출량에 대한 규제나 전기자동차에 대한 정부 공용차 구매 사업과 같은 전기차 육성정책이 이루어져야 한다. 이와 함께 전기자동차의 안전성을 보장하기 위한 제도들, 전기자동차의 안전성 인증제도, 피해보상 제도, 보험제도, 그리고 전기차의 안전함·안락함에 대한 사회문화적 분위기 형성이 필요한 것이다. 이에 더해 새로운 궤적을 형성하는 기술에 우호적인 정책과 제도가 형성되기 위해서는 기술공급자, 사용자의 이해관계를 효과적으로 반영하고 조정할 수

있는 정책네트워크가 필요하다(Creat Acceptance, 2007).

그리고 기술정치와 기술학습은 기술공동체의 활동을 통해 연계된다. 기술정치활동을 수행하는 기술공동체는 자신들이 개발하고 지지하는 기술들이 정당성을 확보할 수 있도록 제도형성을 위해 노력한다. 이렇게 기술정치 과정을 통해 설정된 제도는 동형화(isomorphism) 효과를 통해 그 공동체에 속하지 않았던 다른 조직들이 특정 기술을 채택하도록 하여, 특정 기술을 수용하는 기술공동체의 구성을 변화시킨다. 동시에 기술공동체를 구성하는 조직들의 조직간 관계도 변화시킨다(DiMaggio and Powell, 1983; Rosenkopf and Tushman, 1994). 기술정치 활동을 통해 나타나는 이러한 변화는 기술학습에 영향을 미친다. 즉 구성원의 변화는 기술공동체 지식기반의 변화를 가져오며 조직간 관계의 변화는 집합적 기술학습의 조정방식 변화를 가져온다. 이는 결국 기술공동체 차원에서의 기술학습 활동에 변화를 가져오게 된다. 그리고 기술학습을 통해 좋은 성과가 나타나면 기술정치 활동이 강화되어 그 기술에 대한 기대와 지원이 확대된다.

한편 기술공동체의 발전과정에서 신기술의 미래에 대한 구성원들의 합의된 비전형성은 매우 중요한 역할을 담당한다(Geels et al, 2008; Kemp et al, 1988). 이런 비전은 신기술에 대한 기술적·인지적·사회적 전망을 그 내용으로 담고 있다. 이 비전은 기술공동체의 활동에 정당성을 부여하고 각 구성원들의 기술학습 활동을 정렬(align)하여 기술공동체의 활동을 사회적 힘으로 승화시키게 된다.

3. 바이오가스 기술의 특성과 운영 현황

1) 바이오가스 기술의 특성

바이오가스는 가축분뇨, 음식물류 폐기물, 하수 슬러지 등의 바이오매스

(biomass; 유기물)를 메탄발효시킴으로써 얻을 수 있는 가스로, 주로 메탄과 이산화탄소로 구성된다. 여기서 바이오가스를 생성시키는 설비를 바이오가스 플랜트라고 한다. 바이오가스 플랜트는 가축분뇨, 하수오니와 같은 유기성폐기물, 음식물류 폐기물을 원료로 하여 바이오가스를 생성하는데 이를 활용하여 전기와 열을 얻을 수 있다. 메탄발효 후 남는 소화액은 질소, 인,加里 등의 비료성분이 남아있어서 화학비료를 대체하는 비료로 활용될 수 있다.

바이오가스 기술을 통해 축산분뇨와 음식물 쓰레기, 하수 슬러지와 같은 유기성 폐기물을 효과적으로 처리하여 오염을 방지할 수 있으며 유기질 비료를 생산할 수 있다. 유기성 폐기물은 환경오염 효과가 크기 때문에 그 동안 매립이나 소각 또는 해양투기 등을 통해 처리해왔으며 이 과정에서 상당한 비용이 지불되었다. 게다가 2012년부터 하수 슬러지와 가축분뇨, 2013년부터 음폐수의 해양투기가 금지되어 이들 모두를 육상처리 해야만 한다. 이런 이유로 해서 유럽과 일본은 에너지 자원의 활용보다는 폐기물 처리에 초점을 맞춰 바이오가스 플랜트를 도입했다.

한편 바이오가스의 발열량은 천연가스의 절반에 해당한다. 따라서 바이오가스가 널리 활용되면 화석에너지를 대체하는 재생가능 에너지를 생산할 수 있다. 또 바이오가스의 원천인 바이오매스는 원유처럼 수입하는 것이 아니라 국내에서 확보할 수 있기 때문에, 에너지 자립도를 높이는 데 기여할 수 있다.

이와 함께 바이오가스 플랜트는 온실가스인 메탄을 에너지로 활용하기 때문에 온실가스를 저감한다. 혐기성 소화를 통해 이산화탄소보다 온실효과가 23배 큰 메탄을 에너지로 활용하기 때문이다. 이로 인해 바이오가스 플랜트는 청정개발메카니즘(CDM: Clean Development Mechanism)으로 인정받아 탄소 배출권을 판매할 수 있다.

이렇게 바이오가스 플랜트는 폐기물을 처리하고, 에너지 생산을 통해 화석 에너지를 대체하며, 온실가스를 저감하는 '좋은 기술'이지만 실제로 이 기술이 활용되는 과정에서 냄새와 액체비료 사용에 따른 환경문제, 경제성 문제

등이 발생하게 된다. 따라서 장점들이 제대로 구현되기 위해서는 바이오가스 플랜트 부산물의 안전성을 높이고 경제적 효율성을 향상시키는 작업이 필요하다.

2) 바이오가스플랜트의 운영 현황

한국의 바이오가스 활용은 오랜 전부터 이루어졌다. 1960년대 농촌지역에서 땅을 파고 가축분뇨를 저장해 발효되면서 나오는 가스를 취사에 이용한 적도 있고, 1970년대에는 새마을운동의 일환으로 농촌진흥청이 주도하여 바이오가스 플랜트를 설치·운영하였다. 그러나 플랜트 설계나 관리상의 문제 등으로 인해 대부분이 폐쇄되었다. 기술개발 및 확산의 실패 경험이 존재하고 있는 것이다.

그러나 2012년부터 가축분뇨와 음식물 폐기물의 해양배출이 금지되면서 바이오매스 활용에 대한 관심이 높아지고 있다. 또 기후변화 대응하기 위한 재생에너지 보급·확대가 강조되면서 바이오매스 에너지화 사업의 일환으로 바이오가스 플랜트가 몇몇 지역에서 가동되기 시작했다. 농업과 환경, 에너지 분야에서의 환경 변화가 바이오가스 플랜트 확산에 우호적인 방향으로 나아가고 있는 것이다.

2008년 이전에 설치된 바이오가스 플랜트의 경우 실증플랜트의 특성을 지니고 있다. 실증플랜트의 경우 발효조 용량이 크지 않고 바이오가스 및 소화액 활용방법을 깊이 고려하지 않아 유지관리 문제가 발생하여 가동을 중단하거나 폐쇄된 사례가 많다(서세욱, 2010).

<표 2> 바이오가스플랜트 설치 현황과 계획

지역	시설	처리대상	용도등	완공여부
서울	서남물재생센터	하수처리	차량 연료(버스 30대분)	2009년 12월 상업화
	수도권 매립지	음식물쓰레기등(800톤/일)	전기(50MWh) 차량연료(200대분)	2012년
인천	-	음식물쓰레기	가스(1,000톤/일)	2017년 (1,740억원 투입)
울산	울산 용연하수종말처리장	음식물쓰레기등(180톤/일)	차량연료(13,800Nm ³)	2009년 9월
경기	파주시	가축분뇨와 음식물쓰레기(66톤/일)	전기(5MWh/일)	2004년
	고양시 화해단지	음식물쓰레기(250톤/일) 가축분뇨(10톤/일)	전기, 난방연료	2010년
	안성시 한경대	가축분뇨와 음식물쓰레기(5톤/일)	전기(450kWh/일) 난방연료(500Mcal)	2008년
	이천 모전영농조합	가축분뇨(20톤/일)	전기(480kWh/일)	2008년
	포천시	가축분뇨과 음식물탈리액(300톤/일)	전기, 가스	2011년
	경기도 계획	가축분뇨, 음식물쓰레기	전기, 가스	2020년까지 20기 건설
	안성 광일농장	가축분뇨(20톤/일)	전기(50kWh/일)	2009년
	강원	원주시가현동	음식물탈리액(125톤/일), 가축분뇨(36톤/일) 하수슬러지(14톤/일), 도축장부산물(44톤/일)	가스 차량연료(110대분)
	청양 여양농장	가축분뇨(20톤/일)	전기(960kWh/일)	2007년
충남	아산하수종말처리장	가축분뇨와 음식물쓰레기(100톤/일)	전기(2,867kWh/일) 열(5,734Mcal)	2009년
	당진 송산면 가곡리	가축분뇨(95톤/일)와 음식물쓰레기	전기(1,500kWh/일)	2010년 (167억원 투입)
경남	창녕	가축분뇨와 음식물쓰레기(100톤/일)	전기(9,600kWh/일)	2009년
	장유하수처리시설	하수슬러지	가스(3,000톤/일)	2011년 (190억원 투입)
전남	순천	가축분뇨(20톤/일)	전기(1,000kWh/일)	2008년
	무안, 화순, 함평, 영광	가축분뇨(700톤/일)	전기(33MWh)	2010년
	보성	가축분뇨(60톤/일)	전기(2,000kWh/일)	2011년 (20억원 투입)
	여수 한센병 정착촌	가축분뇨와 음식물쓰레기(395톤/일)	전기(99,000kWh/일)	2011년 (463억원)
전북	고창	가축분뇨(50톤/일)	전기(1,600kWh/일)	2009년11월
	부안 진영농장	가축분뇨(40톤/일)	건조연료	2009년7월
제주	제주	가축분뇨(50톤/일)	전기(1,869kWh/일)	2011년

자료: 서세욱(2009) 일부 수정

4. 바이오가스 기술의 사회적 수용: 현황과 문제점

다음에서는 앞서 논의한 틀을 바탕으로 바이오가스 플랜트의 사회적 수용 현황을 살펴보기로 한다. 여기에서 다루고 있는 내용들은 특별히 언급하지 않는 한, 2010년 3월 이루어진 바이오가스 플랜트 현장 인터뷰와 전문가 인터뷰에 기반하고 있다.⁵⁾

1) 기술학습의 측면

(1) 기술적·경제적 문제 해결을 위한 기술학습의 측면

가. 원천기술 및 보완기술 확보 문제

바이오가스 기술은 다양한 유기성 폐기물로부터 메탄을 회수하는 기술이기 때문에 여러 기술들의 시스템적 조합이 필요하다. 바이오가스 플랜트의 핵심 기술은 혐기발효 기술인데 신승구·황석환(2009)에 따르면 혐기성 미생물성과 환경의 상호작용이 매우 복잡한 양상을 보이기 때문에 최적화된 운전기술을 확보하기 어렵다.⁶⁾

현재 바이오가스 플랜트의 원천기술은 해외에서 도입하여 소화·개량하고 있는 상황이다. 바이오가스 플랜트를 설치·운영할 때, 시스템을 국지적 상황(local condition)에 적응시키는 것이 중요하기 때문에 시행착오의 과정을 거

5) 당시 방문한 바이오가스 플랜트는 국제축산(경기도시범플랜트), 광일농장(농식품부 시범플랜트), (주)삼울 진영플랜트, 농협 중돈사업소 바이오가스플랜트, 우포월드(이지바이오시스템)이다. 그리고 국회예산정책처의 서세욱 박사, 영남대학교의 정진영 교수를 대상으로 전문가 인터뷰를 했다.

6) 신승구·황석환(2009)에 따르면 바이오가스 생산을 효과적으로 수행하기 위해서는 음식쓰레기나 축분의 성상을 데이터베이스화하는 기술, 가수분해를 효율화하는 기술, 혐기성 미생물의 다양성을 판명하고 혐기소화공정을 근본적으로 이해하는 작업, 원격제어 기술이 중요하다.

치면서 노하우를 축적하는 활동이 이루어지고 있다. 메탄발효를 하는 혐기성균의 관리문제, 가축 분뇨와 음식 폐기물의 성상변화에 대응할 수 있는 능력, 사계절의 온도변화에 대응하여 균일한 운영을 할 수 있는 능력이 매우 중요한 기술로 파악되고 있다.

한편 생산된 바이오가스를 효과적으로 활용하기 위해서는 보완기술의 개발도 필요하다. 현재 생산된 바이오가스를 활용한 발전기술이나 가스 정제기술·활용기술들이 부족하여 외국의 설비를 도입하여 활용하고 있다. 또한 부산물인 액비의 경우 화학비료와 비교할 때 뿌리기 힘들고 시비시 비료 성분을 조정해야 하는 불편한 점이 있다. 이것을 손쉽고 저렴하게 수행할 수 있는 기술개발이 필요하다.

나. 기술개발활동 현황

현재 바이오가스 플랜트와 관련된 연구개발 활동은 바이오가스 플랜트의 실증단계에서 상용화 단계로 넘어가고 있다. 관련 기업들은 외국에서 도입된 기술을 개량하거나 자체 개발활동을 통해 플랜트를 건설하고 실증화하는 작업을 수행하고 있다. 그리고 몇몇 기업들은 실증플랜트 경험을 바탕으로 상용 플랜트를 건설·운영하는 움직임을 보이고 있다.

그러나 바이오가스 플랜트를 구현하려는 시도들이 다양하게 이루어지고 있는 반면, 실증 경험과 시험 운영의 경험을 공유하기 위한 노력은 활발하지 않다. 바이오가스 플랜트는 국지적 조건에서의 운영 노하우 축적이 매우 중요한데 이를 공유하면서 문제를 공동으로 풀어가려는 노력이 활성화되어 있지 않다(바이오 가스 플랜트 기업 U사 엔지니어와 인터뷰, 정진영 교수와의 인터뷰).

<표 3> 기업들의 바이오가스 플랜트 실증 및 운영 현황

주요기업	현황
대우건설	바이오가스 열병합 발전 시설 축산분뇨 바이오가스 열병합 발전 설비
한라산업개발	축분/음식물 쓰레기를 소화하는 플랜트와 발전기 운영 하루 200kW 전력 생산
(주)삼을	전북 부안 가축분뇨 바이오가스 플랜트 준공(규모: 35톤/일)
(주)유니슨	충남 청양 농가형 축산분뇨 바이오가스화 플랜트(규모: 10톤/일)

자료: 정진영(2010).

다. 경제성 확보 문제

사실 바이오가스 플랜트의 운영이 경제성이 있는가에 대해서는 논란이 있다. 바이오가스 플랜트 운영은 유기성 폐기물 수집·처리 서비스에서 발생하는 수입과 에너지 생산·판매에서 발생하는 수입, 온실가스 저감에 따른 수입에 기초하고 있는데 이를 바탕으로 수익 확보가 가능하다는 입장과 그렇지 않다는 입장이 갈리고 있다. 현재 조건에서는 경제성이 없다고 판단하고 바이오가스 플랜트 건설·운영업체는 발생된 에너지를 다른 물질의 감압 증발에 활용해서 새로운 수익원을 확보하는 방안을 고려하고 있다. 또한 축분이나 음식물 쓰레기 외에도 바이오가스에 활용될 수 있는 새로운 원료물질을 발굴하여 바이오가스 발생량을 획기적으로 늘리는 방안에도 연구 중이다.

이런 측면에서 현재 바이오가스 기술의 경제성 확보를 위한 다양한 대안들이 검토되고 있는 단계라 할 수 있다. 발전차액지원제도, 액비의 안전성 및 살포처 확보 문제, 음식물 쓰레기와 축분의 혼합소화와 관련된 안전성 문제도 바이오가스 기술의 경제성 확보에 영향을 미칠 수 있는 요인들이다.

(2) 사회적 위험 해결을 위한 기술학습

바이오가스 플랜트는 유기성 폐기물을 처리하지만 그 과정에서 소화액을

부산물로 남긴다. 이 부산물은 적절히 관리하면 농경지에 뿌릴 수 있는 친환경 액체비료로 활용할 수 있다.

그러나 이 소화액은 가축분뇨나 음식물 폐기물을 원료로 사용하기 때문에 안전성 문제가 있다. 축분에 잔류할 수 있는 병원성 세균이나 잡초 씨앗, 중금속, 항생제 그리고 음식 폐기물에 남아 있을 수 있는 세균과 염분 등이 바이오가스 플랜트의 혐기발효 과정에서 충분히 처리되지 않을 수 있다는 것이다.⁷⁾

현재 바이오가스 플랜트를 설치·운영하는 업체들 사이에서 혐기발효를 거치면 여러 위해 요소들이 분해되어 안전하다는 입장과 세균이나 염분이 남아 안전성에 문제가 있다는 입장이 서로 대립되고 있다. 안전성 문제를 지적하는 입장에서는 축분이나 음식폐기물을 투입할 때 덴마크처럼 고온으로 가열하여 병원균을 사멸시키거나, 고온발효를 통해 열로 유해물질을 분해하는 방안을 제시하고 있다. 또 다른 방안으로는 정화처리를 통해 소화액을 처리하는 방안이 있다. 그러나 이 방안들은 비용을 발생시키고 비료로서 활용가능성이 높은 액비를 폐기물로 처리하기 때문에 바이오가스 플랜트의 경제성에 부담을 준다.

한편 액비는 안전성이 확보되어도 살포과정에서 문제가 발생할 수 있다. 그 동안 우리나라는 농경지에 화학비료를 많이 사용해서 비료 성분이 축적되어 과영양화 상태에 있다. 이런 상황에서 과영양화에 의한 농지 오염을 일으키지 않으면서 액비를 살포할 수 있는 농경지를 확보하는 것은 쉬운 일이 아니다. 바이오가스 플랜트의 혐기소화 공정을 통해 발생하는 소화액의 안전성을 확보하고 효과적인 처리방안을 찾는 것은 바이오가스 플랜트의 확산을 위해 해결되어야 할 중요한 과제다.

2) 기술정책의 측면

7) EU 집행위원회는 광우병 발생을 계기로 음식물류 폐기물을 발효하기 전에 섭씨 75도에서 1시간 동안 살균하는 과정을 의무화하고 있다.

(1) 기술적·경제적 불확실성 해결을 위한 제도 형성

2009년 7월 『폐자원 및 바이오매스 에너지 대책』 실행 계획이 입안되어 향후 다양한 형태의 바이오가스 관련 사업이 진행될 것으로 보인다. 특히 '환경 에너지타운 조성 사업'이나 '저탄소 녹색마을 조성 사업' 등은 바이오가스 플랜트 설치가 수반되기 때문에 바이오가스 플랜트에 대한 수요가 확대될 전망이다. 또 기술공급 측면에서도 'Eco-Star 프로젝트' 등 폐자원 에너지화 연구 개발사업이 추진되어 기술공급을 위한 제도적 기반이 구축될 것으로 보인다. 이와 함께 폐자원 에너지화에 특화된 대학을 설립·운영하고 인력을 양성하는 프로그램도 동시에 추진되고 있다. 이런 바이오가스 플랜트 보급 사업과 기술 공급 사업은 바이오가스 플랜트의 사회적 정당성과 기술·경제적 불확실성을 감소시키는 데 상당히 기여할 것으로 보인다. 그리고 부족한 바이오가스 플랜트 관련 인력과 하부구조를 구축하는 데에도 일조할 것이다

그러나 이 사업들은 지역사회의 조건을 반영하여 기획되기보다는 저탄소 녹색성장이라는 상위 수준의 국정과제를 구현하는 과정에서 하향식으로 기획되고 있다. 이 사업들을 통해 바이오가스 플랜트의 필요성과 가능성에 대한 주의를 환기할 수 있지만 지역사회의 여러 조건을 충분히 고려하지 않을 때에는 여러 문제가 발생할 수 있다. 바이오가스 플랜트는 국지적 성향이 매우 강한 기술이기 때문에, 이 사업들을 통해 지원되는 자원과 노력을 효과적으로 지역사회의 조건에 맞게 조직화하지 못한다면 어려움을 겪을 수도 있다.

(2) 사회적 위험 해결을 위한 제도 형성

앞서 살펴본 바와 같이 바이오가스 플랜트의 소화액은 잘 관리되면 환경친화적 비료가 될 수 있지만, 그렇지 못하면 병원성 세균이나 염분을 포함한 위해 물질이 될 수도 있다. 안전성을 확보하지 못하면 액비는 폐기물 처리 방식으로 처리되어야 한다.

또 안전성이 확보된다 할지라도 그것이 지속적으로 안전할 것인지, 갑작스런 요인으로 인해 피해를 입힐 가능성이 없는지를 관리해야 한다. 이를 위해서는 안전성과 관련된 기준을 정립하고 이 기준을 넘지 않도록 관리하는 모니터링 활동과 하부구조가 요구된다. 주기적으로 액비의 성분 검사를 시행하는 제도를 도입하여 액비의 안전성을 점검하는 것도 하나의 방법이 될 수 있을 것이다. 또 액비살포로 인해 나타날 수 있는 피해에 대응하기 위해 피해보상 보험을 개발하는 방안도 고려할 수 있다. 양분의 과잉공급도 사전에 방지해야 할 사회적 위협이기 때문에 이를 위해 양분 총량제를 도입하여 지역별 조건에 대응할 수 있는 방안을 강구하는 것도 필요하다.

그러나 현재 이런 사회적 위협에 대한 대응이 본격적으로 추진되고 있지는 않다. 정책연구자 수준에서 액비의 안전성 확보를 위한 제도와 기술 도입, 양분 총량제 도입이 이야기 되고 있지만 아직 구체적 수준의 정책적 움직임은 보이지 않고 있다. 이는 바이오가스 플랜트가 실증 단계를 넘어 확산되는 단계에 이르지 못하고 있기 때문에 사회적 위협이 직접적으로 인지되지 않아서 나타난 결과로 볼 수 있다. 또한 재생에너지 기술이 온실가스를 감축하는 친환경기술이기 때문에 모든 분야에서 친환경적이라는 이미지가 있어 잘못 설계·관리되면 환경문제를 심화시킬 수 있다는 점이 충분히 고려되지 않는 측면도 있다.⁸⁾

8) 풍력 및 태양광 발전기술과 관련해서 발생하는 사회적 위협과 그것을 둘러싼 갈등은 이희선 외(2009)를 참조할 것.

<표 4> 바이오가스 플랜트의 사회적 수용을 촉진하기 위해 해결해야 할 과제

	학습을 통한 기술개발(기술학습)	정치를 통한 법·제도·문화 구축(기술정치)
경제적 불확실성 해결	<ul style="list-style-type: none"> · 메탄가스 활용기술 개발 및 효율화 · 원천기술의 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 혐기발효 기술(성상 데이터 확보, 가수분해효율 향상, 미생물 진단, 원격제어 기술 등) · 보완기술의 개발 및 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 효율적인 발전기술, 정제기술, 액비살포기술 · 시스템 운영 기술의 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 국지적 조건에서 효율적 운영을 위한 정보 확보 · 기술 인프라 구축(기술정보, 분석 기술 등) 	<ul style="list-style-type: none"> · 재생에너지 지원 제도의 현실화 · 연구개발 사업을 통한 기술공급 · 신기술에 경제성에 대한 합의된 비전과 기대의 형성
안전·환경 등 사회적 위험 해결	<ul style="list-style-type: none"> · 안전성 평가 기술 확보 <ul style="list-style-type: none"> - 액비의 품질 보증기술 · 안전성을 확보하기 위한 기술개발 <ul style="list-style-type: none"> - 염분, 병원성 세균, 항생제, 잡초 등을 제거하기 위한 기술개발 · 양분과잉 문제 해결기술 	<ul style="list-style-type: none"> · 액비의 안전성 확보를 위한 제도 도입 <ul style="list-style-type: none"> - 시범사업 실시 - 안전성 평가기준 제정, 제조물 책임법 · 바이오가스 플랜트 관련 사회적 갈등관리 제도 구축 · 양분 총량제 도입

3) 기술공동체의 형성·발전

(1) 기업간 협력 네트워크 형성

바이오가스 플랜트 기술개발 및 활용이 초기 단계에 있기 때문에 기술공급 업체들의 다양한 기술개발 활동과 노하우 축적이 중요하다. 바이오가스 플랜트 기술은 이미 존재하고 있는 요소 기술들을 종합하는 기술이지만, 국지적 조건에서 실행을 통한 학습이 기술의 안전성과 경제성 확보에 매우 중요하다.

따라서 운영경험의 교류는 기술공동체의 기술능력을 향상시키는 데 결정적 역할을 한다. 현 단계에서는 바이오가스 플랜트 기술의 지식기반이 취약하기 때문에 다양한 주체들이 협력을 통해 운영경험을 공유하는 것이 필요하다. 그러나 이런 활동을 효과적으로 추진할 수 있는 기술공동체 네트워크가 아직 취약하다. 개별 기업들은 각개약진식으로 플랜트를 설계하고 운영하는 기술 혁신 활동을 수행하고 있다.

최근 일부 기업과 전문가들을 중심으로 바이오가스 플랜트 관련 산업협회를 설립하여 관련 경험을 공유하고 이해를 대변하고자 하는 시도가 있었지만, 아직은 탐색 수준에 있다. 기술공급업체들 간의 공동학습을 촉진하고 기술하부구조를 구축하려는 노력은 여전히 미흡하다.

(2) 지역사회에서의 네트워크 구축

바이오가스 플랜트는 성격상 국지적 조건에 크게 영향을 받는 기술이다. 투입되는 원료도 지역에서 조달되고 액비와 같은 부산물도 지역에서 소화해야 하기 때문이다. 따라서 바이오가스 플랜트가 효율적으로 운영되기 위해서는 지역사회 대학과 같은 혁신주체, 원료를 공급하고 부산물에 의해 영향을 받는 지역시민사회와의 상호작용이 매우 중요하다. 이들의 참여를 통해 바이오가스 플랜트 운영정보의 교류가 활성화되고 바이오가스 플랜트에 대한 사회적 지원이 확대될 수 있기 때문이다.

성공한 바이오가스 플랜트나 재생에너지 마을은 지역사회의 적극적 참여가 이루어진다. 바이오 에너지 자립 마을로 널리 알려진 운데(Juehnde)는 근처에 있는 괴팅겐 대학이 제안한 바이오 에너지 마을 설립 방안을 받아들여, 마을 주민들이 협동조합을 구성해 바이오가스 플랜트를 성공적으로 건설·운영하고 있다. 지역 사회의 지식기반과 자본을 바탕으로 바이오가스 플랜트를 설치하여, 지역의 각종 부산물과 축분을 활용해서 메탄을 생산하고 그것을 태워 전기를 생산·판매하고 있다(진상현, 2007).

이 과정에서 발생하는 정보와 경험은 바이오가스 플랜트를 효과적으로 운

영하는데 필요한 지식으로 활용된다. 또 조합이 발전소를 직접 운영하고 있기 때문에 수익이 외부로 빠져 나가는 것이 아니라 지역에 남게 된다. 이는 바이오가스 플랜트를 지원해주는 사회적 자본이 된다. 이를 바탕으로 액비 문제도 지역사회에서 해결해야 할 문제로 다루어져 지역사회 주체들 간의 협력을 통해 처리된다.

한국의 경우 바이오가스 플랜트는 국고보조나 지역 외부의 민간자본이 투입되어 건설·운영되고 있다. 이로 인해 바이오가스 플랜트를 운영하는 축산농가와 지역 경종 농가의 관계는 상호신뢰에 기반한 관계보다는 원거리 관계 (arm's length market)를 형성하는 경우가 많다. 이런 상황에서 바이오가스 플랜트에 대한 지역사회의 사회적 지지는 높을 수 없다. 더 나아가 바이오가스 플랜트가 지역사회의 고용이나 성장에 도움을 주지 않고 냄새나 안전성이 문제가 되는 액비를 배출하는 곳으로 자리 잡는다면 지속적인 성장을 기약할 수 없다.

초기 단계의 새로운 기술이 기존 기술과 경쟁하며 생존하기 위해서는 관련 혁신주체들의 지지를 확보하고 그들과의 상호작용을 통해 지식을 축적하는 것이 매우 중요하다. 그러나 사회적 신뢰가 약하면 갈등이 생겼을 때 해결하기가 어려우며, 혁신주체들 사이의 '상호작용을 통한 학습'이 활발히 추진되기 어렵다. 이는 결국 액비와 관련된 사회적 위험을 해결하고, 국지적 조건에서 운영경험을 축적하고 활용하는 활동을 제약하게 된다.

현재 지자체를 중심으로 바이오가스 플랜트 설비업체, 운영업체인 축산농가, 지역 경종농가, 지역사회의 협력을 이끌어내기 위한 노력이 탐색 수준에서 이루어지고 있다. 향후 추진되는 '환경에너지타운 조성 사업'이나 '저탄소 녹색마을 조성 사업'에서는 지역사회 혁신주체들의 협의를 통해 바이오가스 플랜트에 대한 출자 및 수익배분, 생산된 열과 가스의 활용, 액비 및 환경 문제에 대한 대응방안이 검토되어야 한다. 더 나아가 지역사회의 장기적 발전에서 바이오가스 플랜트가 어떤 역할을 할 것인지에 대한 비전도 제시될 필요가 있다.

(3) 정책네트워크의 형성

바이오가스 플랜트의 사회적 수용을 촉진하기 위해서는 바이오가스 플랜트를 지원할 수 있는 정책과 제도, 문화형성이 필요하다. 이를 위해서는 바이오가스 플랜트의 확산과정에 영향을 미치는 다양한 혁신주체들이 참여하여 의견을 교환하고 정책과 제도를 조정할 수 있는 정책네트워크 형성이 중요하다. 중앙 정부부처의 재생에너지 확산 정책과 지자체의 지역개발 정책, 그리고 민간 혁신주체들의 이해와 니즈가 반영될 수 있는 거버넌스가 필요한 것이다.

현재 바이오가스 플랜트 확산과 관련해서 중앙부처에서는 환경부, 농림수산식품부, 지식경제부가 정책을 개발·추진하고 있다. 그러나 환경부는 폐기물 처리, 농림수산식품부는 가축분뇨 처리, 지식경제부는 재생에너지 생산에 초점을 맞추고 있기 때문에 각 정책이 체계적으로 연계된 틀을 갖추는 것이 쉽지 않다. 정책을 조정할 수 있는 조정 위원회를 구성해서 운영하고 있지만 각 부처가 공유하는 공통의 비전에 입각한 종합적인 정책개발이 용이하지 않다.

또한 중앙정부와 지자체의 정책조정도 용이하지 않다. 녹색성장이라는 상위수준의 정책에서 추진력을 받아 시작되었지만 상향식 흐름을 좀 더 강화할 필요가 있다. 그리고 실제 지역에서 사업을 전개하고 있는 혁신주체들이 자신들의 지역 조건에 맞는 바이오가스 플랜트의 설계와 운영방식을 기획·개발할 수 있는 토의의 장이 마련되어야 한다.

이런 거시·미시 수준의 거버넌스가 충분히 성숙하지 않으면, 이해관계가 조정된 질 좋은 정책과 제도개발이 제약될 수 있으며, 이는 결국 바이오가스 플랜트 기술의 경제적·사회적 평판과 정당성을 약화시킬 수도 있다.

(4) 장기 비전의 형성

바이오가스 기술은 자원순환을 토대로 하는 녹색기술이기 때문에 경제적·사회적으로 화석에너지 사회·기술시스템을 대체하는 새로운 사회·기술시스템의 근간을 형성하는 기술이 될 수 있다. 이런 장기비전을 갖는다면 현재 이루

어지는 시도들은 새로운 사회·기술시스템을 형성하는 전략적 니치(strategic niche)로서의 의미를 가질 수 있다(Smith, 2003). 다양한 프로젝트와 사업이 새로운 의미를 부여받으면서 녹색사회·기술시스템으로의 전환을 위한 의미 있는 실험이 될 수 있는 것이다.

그러나 현재 바이오가스 기술을 둘러싼 장기적 비전을 형성하는 작업은 미흡한 상태다. 각 부처에 의해 시행되는 실험으로서 각 사업들이 추진되고 있기 때문에 한국 사회에서 바이오가스 플랜트가 어떤 기능을 해야 하는지 그리고 앞으로 어떤 위치를 차지할 것인지에 대한 종합적인 틀이 제시되어 있지 않다. 바이오가스 기술과 관련된 활동을 하는 조직과 혁신주체가 공동의 비전을 형성하고 그에 입각해서 현재 이루어지고 있는 다양한 노력들을 재해석하는 작업과 이를 위한 플랫폼⁹⁾이 요구되고 있다.

5. 맺음말

이 글에서는 신기술의 사회적 수용을 분석하기 위한 통합적 분석틀을 제시하고 그것을 바탕으로 바이오가스 플랜트 기술의 사회적 수용 현황을 분석하였다.

여기서 제시된 분석틀은 신기술의 사회적 수용을 포괄적이고 통합적 관점에서 접근하는데 의미가 있다. 기존의 기술혁신연구에서는 기술학습과 기술·경제적 측면에 초점을 맞추었기 때문에 기술정치와 신기술이 초래할 수 있는 사회적 위험의 관리에는 충분한 관심을 두지 않았다. 이 연구에서는 기술학습과 기술정치, 기술·경제적 문제 해결과 사회적 위험 해결이라는 개념을 도입

9) 네덜란드의 에너지 전환 정책에서는 각 분야별로 산학연 등 이해당사자가 참여하는 플랫폼을 형성해서 각 분야의 장기비전을 제시하고 그에 입각한 정책실험을 기획하고 있다. 또 개별적이고 파편화된 사업시행이 아니라 전체적인 차원에서 의미를 부여하고 실행을 통해 정책학습을 수행하는 형태로 시범사업이 시행되고 있다. 이에 대한 좀 더 자세한 논의는 Geels et al(2008)을 참조할 것.

하여 신기술의 사회적 수용과 관련된 다양한 측면들을 고려할 수 있는 분석틀을 제시하였다. 그리고 이 틀을 바탕으로 현재 바이오가스 플랜트의 수용과 관련된 기술정치와 학습의 현황, 기술공동체의 현황을 살펴보았다.

현재 녹색성장이라는 국정 어젠다(agenda)가 제시되면서 바이오가스 플랜트 사업도 탄력을 받고 있다. 그러나 이 기술의 사회적 수용과정에 대한 면밀한 검토 없이 사업이 추진될 경우 과거 재생에너지를 확산시키고자 했던 몇 번의 시도가 실패했던 것처럼 또 다른 실패를 경험할 수 있다. 신기술의 사회적 수용과 관련해서 고려해야 하는 요소들을 종합적으로 파악하는 것은 실패를 회피하기 위해 매우 중요한 작업이다. 향후 이에 대한 좀 더 미시적이고 심도 깊은 논의가 필요하다.

□ 참고 문헌 □

- 서세욱 (2009), 「녹색성장을 위한 바이오매스 에너지화 정책방향과 정책과제」, 『유기물자원화』, 제17권, 제2호, pp. 19-25.
- _____ (2010), 『바이오가스 플랜트 조사 자료』, Mimeo.
- 송위진 (1999), 「기술의 사회적 구성과 기술학습의 상호작용에 관한 이론적 고찰」, 『기술혁신학회지』, 제2권, 제1호, pp. 1-15.
- _____ (2007), 「脫추격형 기술혁신과 기술위험」, 『ELSI연구』, 제5권, 제2호.
- 신승구·황석환 (2009), 「바이오매스의 효과적 에너지 생산을 위한 신기술 전략 및 향후 과제」, 『유기물자원화』, 제17권, 제2호, pp. 13-18.
- 에너지관리공단 신·재생에너지센터 (2008), 『신·재생에너지 RD&D 전략 2030 시리즈 3: 바이오(유기성폐자원)』, 북스힐.
- 이유진·이승지·김희선 (2007), 『바이오에너지 희망을 찾아서: 현황과 전망』, 한국지속가능발전센터.
- 이희선 외 (2009), 『재생에너지의 환경성 평가 및 환경 친화적 개발 I: 태양광 및 풍력에너지를 중심으로』, 한국환경정책평가연구원.
- 정진영 (2010), 「국내외 산업·시장동향 및 상용화 전략」, 『신재생에너지 조찬포럼: 바이오가스 분야 산업 활성화 방안』, 지식경제부·한국에너지기술평가원.
- 진상현 (2007), 「사회생태자본에 기반한 대안적 지역발전모델: 독일 바이오에너지 마을에 대한 사례연구」, 『한국정책학회보』, 제16권, 제4호, pp. 201-222.
- Aldrich, H. and Fiol, M. (1994), “Fools Rush in? The Institutional Context of Industry Creation”, *Academy of Management Review*, Vol. 19, No.

4, pp. 645-670.

Baum, J. and Singh, J. eds. (1994), *Evolutionary Dynamics of Organization*, New York: Oxford University Press.

Bergek, A. Jacobsson, S. and Sanden, B. (2008), "'Legitimation' and 'Development of Positive Externalities': Key Processes in the Formation Phase of Technological Innovation System", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 20, No. 5, pp. 575-592.

Great Acceptance (2007), *Factors Influencing the Social Acceptance of New Energy Technologies*, EU.

Deuten, J., Rip, A., and Jelsma, J. (1997), "Societal Embedding and Product Creation Management", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 9, No. 2, pp. 131-148.

DiMaggio, P. and Powell, W. (1983), "The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organizational Fields", *American Sociological Review*, Vol. 48, pp. 147-160.

Dosi, G. (1988), "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature*, Vol. 26, pp. 1120-1171.

Geels, F. (2004), "From Sectoral Systems of Innovation to Socio-technical Systems Insights about Dynamics and Change from Sociology and Institutional Theory", *Research Policy*, Vol. 33, No. 6-7.

Geels, F. and Raven, R. (2006), "Non-linearity and Expectations in Niche-development Trajectories: Ups and Downs in Dutch Biogas Development(1973-2003)", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 18, No. 3/4, pp. 375-392.

Geels, F. et al., (2008), *The Feasibility of Systems Thinking in Sustainable Consumption and Production Policy: A Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs*, London: Brunel University.

- Kemp, R., Schot, J. and Hoogma, R. (1998), "Regime Shifts to Sustainability Through Processes of Niche Formation: The Approach of Strategic Niche Management", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 10, No. 2, pp. 175-198.
- Rosenkopf, L. and Tushman, M. (1994), "The Coevolution of Technology and Organization", in Baum, J. and Singh, J. eds. (1994), *Evolutionary Dynamics of Organization*, pp. 379-402, New York: Oxford University Press.
- Smith, A. (2003), "Transforming Technological Regime for Sustainable Development: A Role for Alternative Technology Niches?", *Science and Public Policy*, Vol. 30, No. 2, pp. 127-135.
- Van de Ven, A. and Garud, R. (1989), "Framework for Understanding the Emergence of New Industries", *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, Vol. 4, pp. 195-225, JAI Press.
- Verbong, G., Geels, F. and Raven, R. (2008), "Multi-niche Analysis of Dynamics and Policies in Dutch Renewable Energy Innovation Journeys(1970-2006): Hype-Cycles, Closed Networks and Technology-focused Learning", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 20, No. 5, pp. 555-573.
- von Hippel, Eric (2005), *Democratizing Innovation*, MIT Press.

논문 투고일 2010년 12월 29일
논문 수정일 2011년 02월 07일
논문 게재 확정일 2011년 02월 14일

□ ENGLISH ABSTRACT □

The Social Embedding of Biogas Technology in Korea

Song, Wichin

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a theoretical framework to analyze the social processes of embedding new technologies, among others, green technologies, in society, and based on this, to identify problems and challenges in introducing and assimilating biogas technologies in local communities in Korea. Chapter Two strives to develop a framework to analyze the social processes of embedding new technologies in society. A couple of key concepts such as technology community, technology learning and technology politics are introduced and discussed. Chapter Three and Four examine the problems arising from the social processes of embedding biogas plant technologies in local communities in Korea and tries to suggest policy options to tackle these problems.

Key terms

Technology Politics, Technology Learning, Social Embedding of Technology, Biogas Plant