

수소경제로 이행을 위한 사회경제적 영향평가 방법론¹⁾

김 호석²⁾

Methodological Issues in Socio-Economic Assessment of the Hydrogen Economy Development

Hoseok Kim

Key words : 수소경제, 에너지기술, 에너지모형, 기술평가, 사회경제적 영향평가.

Abstract : 우리나라는 에너지의 안정적 공급과 에너지이용 과정에서 발생하는 환경적, 안보적 외부성을 최소화하는 에너지수급 구조를 마련하기 위해 2003년 12월 '제2차 신재생에너지 기술 개발 및 이용보급 기본계획(2003~2012)'을 발표하였다. 이 계획에서는 2011년까지 전체 TPES의 5%를 신재생에너지로 공급하는 것을 정책목표로 수립하고 수소, 태양광 그리고 풍력기술을 중점적으로 추진하기로 하였다. 특히 수소부문에서는 주택 및 건물용, 발전용, 수송용 연료전지의 개발을 중심으로 개발하여 세계 기술시장의 20%를 확보한다는 계획을 발표하였다. 이러한 기술 잠재력을 기반으로 우리 정부도 미국이나 일본과 같이 수소경제로의 전환을 준비하고 있으며 2020년대 이후 우리나라의 에너지부문은 새로운 국면에 접어들 것으로 전망된다.

에너지나 환경기술의 효과적인 개발을 위해서는 이들 기술의 직접적인 비용측면에 대한 분석, 즉 경제성 평가와 새로운 기술변화로 인한 중장기적인 사회경제적 영향평가가 선행되어야 한다. 이러한 평가는 대상 기술의 사회경제적 파급효과가 광범위할수록 더욱 복잡한 분석이 요구된다. 본 연구의 주제인 수소에너지기술은 지금까지 이용되던 것과는 전혀 새로운 에너지캐리어(carrier)를 개발하는 것으로 에너지부문 및 여타 다른 산업부문이 공유하고 있는 에너지 관련 인프라의 전면적인 조정이 요구되며 에너지 이용과 관련된 사회경제적 측면의 급속한 변화를 수반한다. 본 연구는 수소경제로의 이행에 대한 사회경제적 영향평가의 방법론적 요소들과 기법을 제시한다.

1. 서 론

수소에너지는 환경과 에너지안보의 측면에서 큰 장점을 가지고 있는 신재생에너지이다. 수소에너지는 최종 사용단계에서 환경오염 배출이 거의 없기 때문에 대기오염으로 인한 사회적 비용을 유발하지 않고 기술발전에 따라 다양한 방식으로 공급이 가능하기 때문에 에너지와 관련된 가장 큰 부정적 외부효과인 환경오염과 에너지안보 두 가지 문제를 동시에 해결할 수 있는 대안으로 제시되고 있다. 하지만 수소에너지는 기존 에너지 관련 기반시설에 크게 의존하는 다른 신재생에너지와는 달리 생산, 공급, 저장, 전환, 이용 등의 과정에서 새로운 기술의 개발이 요구되기 때문에 그 현실성에 대해서 회의적인 시각이 제기되고 있다. 많은 논란과 기술적 어려움에도 불구하고 수소에너지의 이용은 지속적으로 확대될 것으로 보인다. 이미 미국, 일본, EU 등이 수소경제로의 이행을 위한 로드맵을 마련해 수소

에너지의 보급 확대와 이를 위한 사회경제적 기반의 구축을 지원하고 있으며 우리나라도 이와 유사한 중장기 수소에너지 보급계획을 수립하고 있다.

최근 '수소경제' (hydrogen economy)라는 용어를 많이 사용하고 있는데, 이는 수소에너지의 이용 확대와 함께 에너지와 관련된 많은 사회경제적 요소가 수소에너지의 활용과 부합하도록 조정되어야 함을 내포하고 있는 표현이다. 즉 수소에너지의 이용 확대는 풍력이나 태양에너지 등의 신재생에너지와는 달리 에너지부문은 물론 이와 관련된 광범위한 사회경제적 요소의 변화가 수반되어야 하는 것이다. 수소에너지의 보급을 확대

1) 본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업의 지원을 받았음.

2) 연세대학교 동서문제연구원.

Email: hoskim@yosei.ac.kr

Tel: (02) 2123-2462 Fax: (02) 393-9027

하기 위해서는 해당 기술에 대한 투자와 함께 수소에너지의 이용에 필요한 대규모의 기반시설 구축에 대한 투자가 요구된다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 석유제품과 천연가스는 이미 이러한 기반시설이 존재하기 때문에 수소에너지에 비해 상당기간 비용적 측면에서 우위를 차지할 것으로 예상되며, 화석에너지와 수소에너지 간의 상대적인 비용경쟁력은 기술개발의 속도와 기술의 경제성 및 개발에 영향을 미치는 정책의 유형에 따라 결정될 것이다. 수소에너지기술에 대한 정부의 투자는 관련 기술의 개발을 촉진하여 보다 빠르게 수소에너지 이용과 관련된 비용을 줄이는데 기여할 것이며, 환경오염 배출에 대한 규제는 기존 화석에너지 관련 기술 이용의 비용을 상승시켜 수소에너지의 상대적 비용경쟁력을 향상시킬 것이다.

결국 경제적 관점에서 탄소경제(carbon economy)에서 수소경제로의 이행은 수소에너지 관련 기술이 화석에너지에 대해 얼마나 빨리 비용 경쟁력을 확보하는지에 따라 그 이행 속도가 결정될 것이며, 이는 정부와 인간의 기술개발과 관련 사회경제적 기반시설에 대한 투자계획에 큰 영향을 받을 것이다. 따라서 수소에너지기술이나 수소경제로의 이행을 위한 정책 의사결정은 해당 기술의 개발과 보급 확대가 유발하는 다양한 사회경제적 파급효과에 대한 분석에 근거하여 이루어져야 할 것이다. 즉 수소경제로의 이행이 효율적이고 효과적으로 이루어지기 위해서는 개발되는 기술이 에너지, 환경, 비용의 측면에서 어느 정도의 영향을 미치는지를 사전적으로 평가하여야 하며, 정부는 기술개발에 대한 지원과 함께 수소에너지의 이용확대가 유발하는 파급효과를 평가하고 그 긍정적 영향을 극대화하기 위한 사회경제적 기반을 구축하여야 한다.

본 연구는 기술평가의 유형을 간략하게 살펴보고 수소에너지와 같이 광범위한 사회경제적 변화를 수반하는 기술의 개발과 정책적 의사결정과정에서 활용될 수 있는 평가방법론을 설명한다.

2. 에너지기술의 평가

2.1 기술평가의 유형

새로운 기술은 단순히 생산에서의 공학적 과정을 변화시킬 뿐만 아니라 여타 사회경제적 활동의 변화를 수반하기 때문에 기술변화의 파급효과를 평가하는 방식 또한 다양하다. 기본적으로 기술평가는 대상 기술이 일정한 기준을 만족시키는 정도를 측정하는 것이다. 예를 들어, 특정 기술이 환경오염의 배출량의 측면에서 어떤 속성을 가지고 있는지를 평가한다면 우리는 이를 '환경적 영향 평가'라 부를 수 있다. 기술평가와 관련된 용어는 사용되는 맥락에 따라 다양하게 사용되고 있으며, 간혹 평가의 방식에 적합하지 않은 용어가 사용되기도 한다.

기술평가는 크게 세 가지로 구분할 수 있다.³⁾ 첫 번째 유형은 '기술적 특성 평가'(technology evaluation)로 이는 해당 기술이 요구되는 특성에 부합하는 정도와 이때 기술을 묘

사하는 속성들을 평가한다. 예를 들어, 특정 연료전지의 '기술적 특성 평가'에는 효율성, 장치의 물리적 특성, 용량, 자본비용, 운전비용 등의 속성이 평가된다.

두 번째 유형은 '기술의 경제적 가치 평가'(technology valuation)로 이는 기술이 가지고 있는 경제적 가치를 평가한다. 기술의 경제적 가치평가는 무형자산으로서의 기술의 가치를 평가하려는 것으로 기술의 시장가치, 지적재산권 가치, 기술개발 프로젝트의 경제적 가치 등을 평가할 때 적용된다. 예를 들어, 기술 도입자가 기존 기술을 새로운 기술로 교체함으로써 프로젝트 기간에 10억의 화폐적 편익을 얻을 수 있다면 새로운 기술에 대한 지불의사가격(WTP)은 10억이 될 것이다. 따라서 이 기술에 대한 기술도입자의 경제적 가치는 10억이 될 것이고, 이를 개발한 투자자는 기술시장에서 판매를 통해 얻는 편익 전체가 기술의 경제적 가치가 될 것이다. 다음 그림은 기술도입의 비용 및 편익 결정요인과 이로부터 결정되는 경제적 가치 및 도입의사결정요인을 나타낸 것이다.

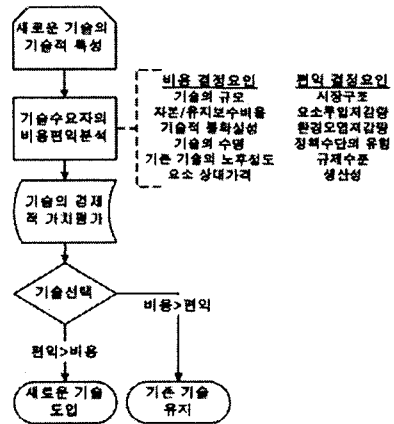


Fig. 1 기술의 경제적 가치와 기술선택

세 번째 유형은 '기술의 영향평가'(technology assessment)로 이는 해당 기술이 유발하는 화폐적, 비화폐적 영향에 대한 평가를 의미하는 경우에 사용된다. 기술적, 비용적 특성이나 경제적 가치를 평가하는 다른 평가유형과는 달리 기술영향평가는 새로운 기술의 도입으로 유발되는 파급효과를 분석하여 그 영향을 평가한다. 에너지기술의 경우 기술 확산에 따른 영향평가는 크게 에너지부문, 환경부문, 사회경제부문 등 세 부문에 미치는 파급효과를 분석한다. 새로운 에너지기술 도입 및 확산이 에너지부문에 미치는 영향은 특정 부문이나 경제 전체의 에너지 소비량 및 에너지소비구조에 미치는 파급효과를 통해 평가되며, 환경부문에 미치는 영향은 오염

3) 설성수(2000)는 기술평가의 유형을 'evaluation', 'assessment', 'cost benefit analysis', 그리고 'valuation'으로 구분한다. 본 연구에서는 'cost benefit analysis'를 'valuation'의 특수한 형태로 고려한다.

물질별 배출량 변화를 분석하여 평가된다. 사회경제부문에 대한 영향평가는 새로운 기술로 인한 GDP, 산업구조, 분배, 실업률 등의 변화를 분석함으로써 이루어진다.

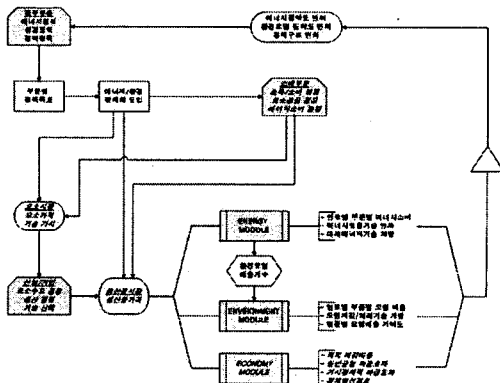


Fig. 2 에너지기술 변화의 파급효과 경로

즉 '기술의 영향평가'는 특정한 속성과 경제적 가치를 갖는 대상 기술의 보급이 유발하는 다양한 화폐적, 비화폐적 영향을 평가하는 것으로, 이는 기술과 관련된 복잡한 기술적, 제도적, 경제적 관계를 일반화하여 묘사한 정형화된 인과관계를 이용하여 이루어진다. 기술이 유발하는 영향의 인과관계는 평가하고자하는 영향의 유형이나 평가의 목적에 따라 선택적이고 차별적으로 묘사된다. 이른바 '영향평가 방법론'이라 함은 개별적이고 다양한 형식의 인과관계를 일정한 방식으로 일반화하여 분석하는 방법을 개발하는 것이다. 따라서 기술의 영향평가는 평가하고자하는 영향의 유형에 따라 세분화하여 개발된 평가방법론을 이용하여야 한다. 일반적으로 에너지기술에 대해서 평가되는 영향은 에너지, 환경, 경제 등 세 측면이며, 각각의 영향은 기술의 변화가 유발하는 인과관계를 대상으로 일반화한 '모형' (models)을 통해서 평가되고 있다.

2.2 에너지기술 영향평가 모형

에너지기술의 영향평가는 영향의 범위와 인과관계의 분석방식에 따라 개별평가, 종합평가, 그리고 통합평가로 구분할 수 있다. 4) 개별평가(individual assessment)는 하나의 요인이 유발하는 하나 이상의 영향을 평가하는 것을 의미한다. 에너지기술의 변화는 다양한 변화의 요인을 포함하고 있으며 이는 다시 다양한 유형의 영향을 유발하는데, 개별평가는 이 중에서 특정한 변화의 요인이 유발하는 영향을 중심으로 평가한다.

종합평가(synthetic assessment)는 기술도입에 따른 둘 이상의 변화요인이 유발하는 영향을 평가한다. 예를 들어, 연료전지를 이용한 발전기술은 발전원가를 변화시켜 전력가격에 영향을 주는 동시에 발전연료 믹스를 변화시켜 대기오염 배출에 영향을 준다. 만약 연료전지를 이용한 발전기술이 전력시장의 균형과 대기오염

배출에 미치는 영향을 평가하였다면 이는 '연료전지 기술이 전력시장과 환경에 미치는 파급효과에 대한 종합평가'가 될 것이다.

통합평가(integrated assessment)는 특정 기술로 인한 영향이 다시 새로운 변화의 요인으로 작용하거나 개별평가나 종합평가에서 외생변수로 가정하는 파라미터들의 값이 내생적으로 결정되도록 인과관계를 일반화하여 평가하는 방식을 말한다.

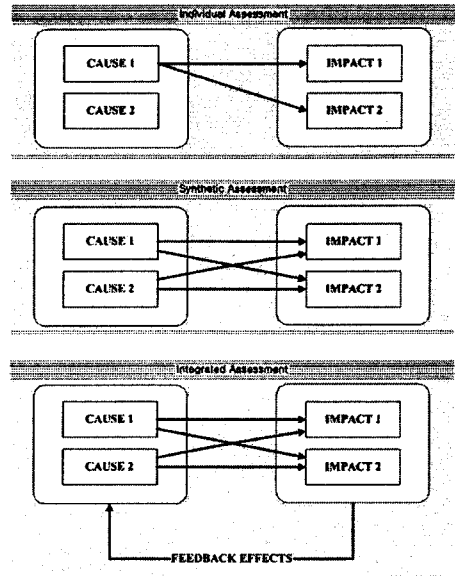


Fig. 3 영향의 범위에 따른 평가방법론

기술평가는 개별평가에서 통합평가로 갈수록 현실을 보다 잘 반영할 수 있는 장점이 있지만 그렇다고 종합평가나 통합평가가 개별평가에 비해 정확한 평가결과를 제시한다고 볼 수는 없다. 종합평가나 통합평가는 복잡한 현실을 강한 가정이나 일반화를 통해 단순화하기 때문에 오히려 현실을 왜곡할 수 있는 위험이 있으며, 평가절차나 방법론이 평가목적에 비해 지나치게 복잡해져 평가의 효율성을 떨어뜨리는 경우도 있다. 5) 따라서 평가유형의 선택은 평가의 목적과 관련된 자료의 이용가능성 등을 고려하여 선택하는 것이 바람직할 것이다.

이처럼 에너지기술이 유발하는 파급효과를 쉽게 평가하기 위해서 개발된 모형을 이른바 '에너지모형' (energy models)이라 부른다. 에너지모형은 에너지부문에 가해지는 기술변화나 정책 등 외생충격이 에너지부문에 미치는 다양한 유형의 영향을 분석하기 위해 고안되었으며 1, 2차 석유위기 이후 전 세계적으로 개발되기 시작했다. 에너지기술의 변화는 기본적으로

4) Kates et al. (198)5

5) 최근 평가에 필요한 자료나 계산기법의 발전에 따라 평가방법이 복잡해지고 있는 추세를 보이고 있다.

에너지소비와 환경오염 배출량에 직접적인 영향을 미친다. 신재생에너지기술, 대체에너지기술, 에너지효율 기술 등의 새로운 에너지기술은 모두 에너지소비 구조를 변화시켜 환경오염 배출과 에너지상대 가격에 영향을 미치며 이는 에너지부문 및 경제 전체의 시장균형에 영향을 주며 복잡한 파급효과를 유발한다. 다양한 에너지모형들은 바로 이러한 파급효과를 분석하고 예측하기 위해서 개발된 것이며, 따라서 분석의 목적과 범위에 따라 차별적인 방법론을 이용하여 에너지기술 변화의 영향을 평가한다.

Table 1 에너지모형의 분류 (Bosello et al., 1998)

	국가모형	지역/지구모형
Input-Output Models:	MIS MEPA	
LP/NLP Models:	MARKAL, ETSAP MESSAGEIII	HERMES-MIDAS MARKAL, IEA
IAMs:		ESCAPE DICE, R&DICE, PRICE, SLICE, CETA, Yobe, Gjerdet et. al, IMAGE 2.0, RICE, FUND, PAGE, MERGE, IAM, ACAM, MINTCAN
CGE/AGE Models:	Concord Bovenberg-Goulder Jorgenson-Wilcoxon	GEME3, Boehringet et. al LEAN ERM, MIT-EPPA, SGM, GREEN, G-CUBED, Whalley-Wigle
Econometric Models:	LEAP	QUEST, WARM, E3 ME WORLDSCAN, POLE

에너지모형은 분석 목적에 특화되어 개발되기 때문에 분석의 대상이 되는 이슈와 경제 및 에너지부문의 구조에 따라 다양한 기법을 이용하여 구축된다. 에너지모형은 크게 계량경제모형, 거시경제모형, 경제균형모형, 최적화모형 등으로 구분된다.⁶⁾ 계량경제모형 (econometric models)은 과거의 행태를 통해서 미래의 행태를 분석하는 통계학적 모형이다. 주로 총량자료를 이용하여 에너지부문과 경제부문의 상호연관성을 분석할 때 사용한다. 단점은 여러 가지 기술적 대안을 동시에 고려하지 못한다는 것과 과거의 자료를 이용하기 때문에 경제주체의 행태가 불안정한 경우에는 적절한 결과를 제시하지 못한다는 것이다.

거시경제모형 (macroeconomic models)은 경제 전체 또는 각 부문간의 상호관계를 분석하기에 적합한 모형이다. 따라서 에너지부문을 구체적으로 다루지 않고 경제 전체의 일부로서 다룬다. 따라서 기술적 잠재력과 에너지공급기술을 구체적으로 고려하지 않는다.

경제균형모형 (economic equilibrium models)은 에너지부문을 경제 전체의 일부로 정의하고 에너지부문과 다른 경제부문과의 상호관계를 분석한다. 경제균형모형은 일반적으로 완전시장균형의 가정을 도입하고 있으며 분석대상 부문의 범위에 따라 일반균형모형과 부분균형모형으로 구분된다.

최적화모형 (optimization models)은 내생적인 최적 에너지투자 결정에 이용된다. 국가 에너지계획 수립에 있어서 에너지시스템의 변화를

분석할 때 이용된다. 모형과 관련된 모든 경제주체는 주어진 제약 하에서 합리적으로 행태 한다는, 즉 자신의 목적함수를 극대화한다는 가정을 하고 있다.

에너지모형을 구분하는 방식은 모형의 수만큼이나 다양하다. 모형의 특성은 기본적으로 모형구축의 목적에 따라서 상이한 특성을 갖게 되는데, 그 중 모형의 결과에 상당한 영향을 미치는 특성으로는 시간과 지리적 범위, 고려되는 경제부문의 범위, 기술변화의 처리방식, 변수의 집계 및 내생화 정도, 그리고 분석적 접근방식(analytical approach) 등이 있다. 이 중에서 모형의 결과에 가장 큰 영향을 미치는 기준은 분석적 접근방식이다. 대부분의 에너지모형은 에너지가격 및 수급(혹은 에너지부문)과 경제주체의 행태를 묘사하는 관계를 일반화하여 모형으로 구축하고 기술이나 정책의 변화가 이들 변수 및 관계에 미치는 영향을 분석한다.

에너지모형의 분류에 있어서 가장 널리 알려진 기준인 '분석적 접근방식'이란 모형의 기본적 변수를 선택하는 방식을 말하는데, 크게 '하향식 접근' (top-down approach)과 '상향식 접근' (bottom-up approach)으로 구분된다. 하향식 접근은 거시계량모형이나 CGE모형처럼 집계된 변수(aggregated variables)를 이용하여 경제 전체 GDP, 물가, 소비, 투자, 고용 등의 변화를 계산하는 접근방식이다. 반면 상향식 접근은 개별 에너지사용자의 행태와 관련된 기술을 세부적으로 묘사하여 정책이 이들 변수에 미치는 효과를 분석하는 방식이다.

Table 2 하향모형과 상향모형의 특성 비교

	Top-Down	Bottom-Up
기술의 묘사	각각 에너지요구량설(AEEI)	모형의 계수
기술변화	외생적 혹은 내생적	외생적
가격연관성	수요 및 공급 변화를 반영	상수로 가정
시계열자료	충분한 자료가 요구됨	시나리오로 대체 가능
분석방법론	계량경제, 시시경제, 경제균형, 최적화	계량경제, 경제균형, 최적화, 시시경제, 시시경제
부문의 범위	총량모형, 다부문모형	다부문모형, 다부문모형
주요 변수	AEEI, 가격연관성, 내생연관성	기술 연인, 에너지 수급 연인
장점	일반균형효과 분석, 거시적 과잉/결핍 분석	기술평가
단점	기술변화의 외생성, 충분한 시계열자료 요구	일반균형 분석 불가, 거시적 과잉/결핍 분석 불가

각 모형은 분석의 목적, 이용 가능한 자료, 분석의 범위 등에 따라 서로 다른 장단점을 갖기 때문에 효과적인 모형분석을 위해서는 분석에 적합한 모형의 선택이 중요하다. 일반적으로 개별적인 기술변화가 에너지수급구조나 환경오염 배출에 미치는 영향을 평가할 때에는 모형 내부에 다양한 에너지기술을 세부적으로 묘사하는 상향모형을 사용하는 것이 바람직하며,

6) 에너지모형의 분류와 특성에 대해서는 IEA(1998)을 참고.

에너지기술이나 정책의 변화로 인한 중장기적인 사회경제적 파급효과를 평가하는 경우에는 하향모형을 사용하는 것이 적절하다. 최근에는 이 두 접근방식을 하나의 모형체계에서 분석하려는 '상하향통합모형' (integrating bottom-up and top-down models)이 많이 개발되어 사용되고 있다.)

3. 수소경제 이행의 사회경제적 영향평가

3.1 수소경제 이행의 파급효과

수소경제(hydrogen economy)란 수소에너지가 기존의 화석에너지를 대체하여 에너지부문의 핵심적인 에너지로 활용되는 경제를 말한다. 따라서 수소경제로의 이행을 위해서는 현재 탄소경제(carbon economy)에서 지배적으로 사용되고 있는 에너지의 대체와 에너지이용기술 및 관련 기반시설의 대폭적인 교체가 요구된다. 수소경제로의 이행은 다음과 같은 단계를 거쳐 이루어질 것이다.

- 정부의 수소에너지 관련 기술개발 지원 정책
- 수소의 생산, 저장, 배송, 전환, 활용기술의 개발
- 수소에너지기술의 비용경쟁력 향상
- 수소에너지 관련 기술의 보급/확산

정부는 에너지부문에서 발생하는 환경, 에너지안보, 온실가스 등의 부정적 외부효과를 해결하고 경제 전체에 장기적으로 에너지를 안정적으로 공급하는 방안으로 수소경제로의 이행을 추진하고 있다. 만약 이러한 정부의 정책과 투자를 통해 수소에너지 기술이 일정 기간 동안에 기존의 화석에너지 혹은 여타 신재생에너지에 대해 적절한 비용경쟁력을 확보하지 못한다면 수소경제로의 이행은 전면적으로 재검토될 것이다. 따라서 수소경제로의 이행을 효과적으로 추진하기 위해서는 효과적인 수소에너지 기술 개발을 통한 비용절감과 이를 직·간접적으로 지원하는 정책방안의 수립이 요구된다.

수소에너지의 이용은 생산, 저장, 배송, 전환, 활용 등의 과정을 통해 이루어지며 각 과정에서의 기술개발 수준 모두가 수소에너지의 비용경쟁력을 결정하는 요소가 된다. 예를 들어 수소에너지의 생산 기술이 급속히 개발되어 생산비용이 상당히 낮아지더라도 저장이나 배송단계에서의 기술개발이 충분히 이루어지지 않는다면 수소에너지 이용과 관련된 전체 비용경쟁력은 충분히 제고되지 않을 것이다. 또한 수소에너지의 저장, 배송, 전환단계에서의 기술 중에서 상당 부분은 에너지 관련 인프라 구축을 통해서 제공되어야 하기 때문에 수소에너지의 이용 확대를 위해서는 기존의 에너지 관련 인프라가 수소 중심으로 점차 개편되어야 하며 이 과정에서 정부의 중장기적인 인프라 구축 계획이 수립이 필요하다.

수소에너지 이용 확대를 위한 기술개발과 에너지 관련 인프라의 구축은 수소에너지 이용 관련 비용과 수소에너지기술의 경제적 가치를 결정한다. 따라서 효과적인 기술개발을 위해서는 대상 기술의 특성평가(evaluation)와 경제적 가치평가(valuation)를 통해 기대효과가 가장 큰 기술을 선정해야 할 것이며, 에너지 관련 인프라 역시 이러한 기술에 부합하도록 구축되어야 할 것이다.

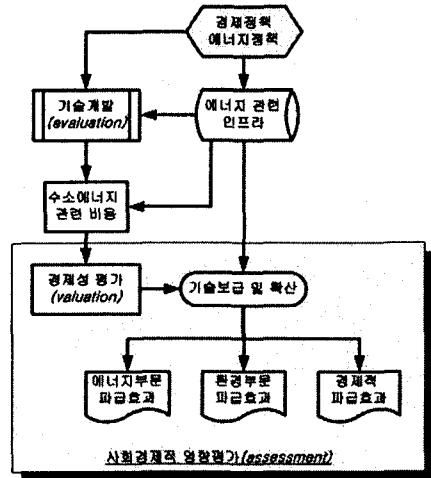


Fig. 4 수소경제 이행의 사회경제적 파급효과

특정 수소에너지기술의 기술적 특성과 관련 인프라 및 정책에 따라 해당 기술의 경제적 가치가 결정되면 에너지부문에서 수소에너지의 보급 및 기술 확산 속도가 결정될 것이다. 이때 기술의 확산은 다른 에너지와의 비용 차이에 의해 결정될 것이고, 보급 수준이 결정되면 에너지부문, 환경부문, 경제부문에서의 파급효과가 발생하게 된다.

3.2 사회경제적 영향평가

사회경제적 영향평가를 기술의 특성에 대한 평가(evaluation)와 경제성 평가(valuation)가 사전에 이루어지며 이를 통해 에너지부문에서 수소에너지의 이용 및 보급 수준에 대한 전망을 수립하여 평가모형에 반영하여야 한다. 수소경제 이행의 사회경제적 영향평가는 기술개발과 정책도입으로 인한 에너지시스템의 변화가 유발하는 파급효과를 분석 대상으로 한다. 수소경제로의 이행이 내포하고 있는 주요한 영향의 요인은 다음과 같다.

- 수소에너지기술의 개발 계획
- 수소에너지 이용 확대 정책
- 수소 이용 관련 인프라 구축 방안

위의 세 가지는 모두 에너지시스템의 구조변화를 유발하고 사회경제적 파급효과를 발생시킨다. 현실적으로 에너지시스템 변화의 파급효과는 매우 광범위하게 발생하지만 분석에 사용되는 모형이 현실을 완전하게 반영하지는 않기 때문에 사회경제적 영향평가에 있어서는 주요한 몇 가지 파급효과만이 분석 대상이 된다. 현재 이용 가능한 평가기법에서 수소에너지 이용확대의 사회경제적 영향평가는 크게 에너지부문, 환경부문, 경제부문 등 세 가지 부문의 영향을 분석하게 된다.

7) 대표적인 모형으로는 MARKAL-Macro, Bohringer (1998), Muller(2000) 등의 연구가 있다.

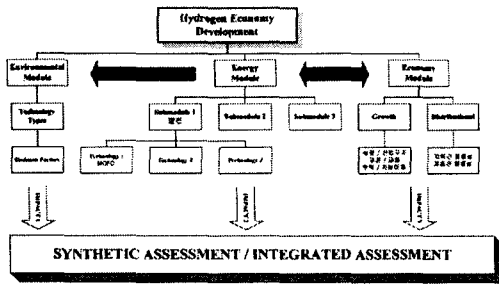


Fig.5 수소경제 이행의 종합/통합평가

에너지부문의 파급효과는 수소에너지의 보급에 따른 에너지시스템의 변화를 통해 분석된다. 에너지부문의 평가에는 에너지시스템을 구성하는 기술을 구체적이고 세부적으로 묘사할 수 있는 상황모형(bottom-up models)이 사용된다. 국내외에서 널리 사용되는 대표적인 상황모형은 EFOM-ENV, LEAP, MARKAL, MESSAGE 등이다.

환경부문의 파급효과는 에너지시스템의 변화에 따른 오염물질별 배출량 변화를 통해 분석된다. 대부분 에너지모형은 에너지시스템의 변화에 따른 대기오염 배출량 변화를 모형 내부에서 계산해주지 않는다. 대기오염 배출량은 사용되는 에너지와 기술의 유형에 따라 결정되는 배출계수(emission coefficients)를 이용하여 쉽게 계산할 수 있지만 에너지시스템을 구성하는 모든 기술의 개별적인 배출계수를 수집하기는 매우 어렵다. 개별적인 기술의 배출계수를 구할 수 없는 경우에는 대표적인 기술에 대해 평균적인 배출량을 조사하여 개발한 IPCC Guideline이나 EU의 CORINAIR 등의 배출계수를 활용할 수 있다.

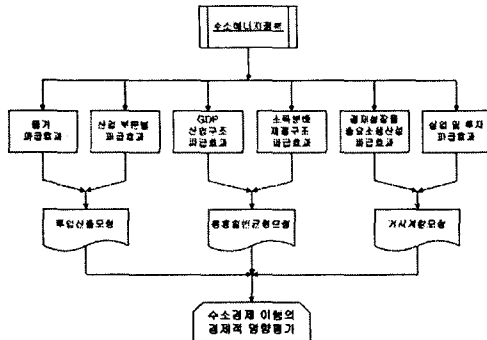


Fig.6 수소경제 이행의 사회경제적 파급효과

에너지시스템의 변화는 에너지수급구조와 에너지시장의 균형 변화로 요약되는데 이러한 변화는 에너지부문과 연관된 경제 내의 다른 시장으로 파급되어 경제적 파급효과를 발생시킨다. 경제부문에 대한 영향은 성장, 분배, 산업구조, 실업, 물가 등을 중심으로 평가되며 평가의 목적에 따라 투입산출모형, AGE모형, 거시계량모형 등을 이용하여 분석된다.

4. 결론

수소경제 이행의 사회경제적 영향평가가 필요한 이유는 명확하다. 수소에너지의 광범위한 이용은 경제 전체의 에너지 관련 인프라의 발전 방향을 바꾸며 이는 에너지, 환경, 경제부문에 다양한 영향을 미친다. 수소경제로의 이행을 위한 기술개발과 정부의 인프라 구축계획은 이러한 파급효과의 사회경제적 영향평가를 통해 사전적으로 그 기대효과와 영향을 분석하여 경제 전체적으로 가장 바람직한 방식으로 수립되어야 한다. 본 연구는 향후 가속화될 것으로 예상되는 수소경제로의 이행에 있어서 수행되어야 할 다양한 측면에서의 평가요소를 지적하고 이때 적용될 수 있는 평가방법들을 제시하였다.

References

- [1] 김호석, 신의순, 2005. 기후변화협약과 기후정책, 집문당.
- [2] 설성수, 2000. "기술가치평가의 분석 틀," 기술혁신학회지 제3권 제1호: 5-21.
- [3] C. Bohringer, 2000. "The Synthesis of Bottom-up and Top-down in Energy Policy Modeling," Energy Economics 20: 233-248.
- [4] F. Bosello, C. Carraro, C. Kemfert, 1998. "Advances of Climate Policy Modeling for Policy Analysis," Working Paper 82.98, FEEM.
- [5] IEA. 1998. Mapping the Energy Future, OECD/IEA.
- [6] R. W. Kates, J. H. Ausubel, M. Berberian, eds. 1985. Climate Impact Assessment, Scientific Committee on Problems of the Environment(SCOPE).
- [7] T. Muller, 2000. "Integrating Bottom-up and Top-down Models for Energy Policy Analysis: A dynamic framework," Centre universitaire detude des problemes de lenergie.

⁸⁾ LEAP모형은 다양한 에너지기술의 오염배출량을 TED(Technology and Environmental Database)라 불리는 데이터베이스로 구축하여 에너지시스템의 개별 기술에 바로 적용할 수 있도록 되어 있다.