탄소 포집 및 저장(CCS) 위험 관리 방안 수립 시 사전예방원칙 적용 필요성과 유용성. 환경정책연구 13(1) : 3~23

탄소 포집 및 저장(CCS) 위험 관리 방안 수립 시 사전예방원칙 적용 필요성과 유용성*

임효숙**

Applicability and Utility of the Precautionary Principle in Developing Measures for CCS Risk Management

Hyosook Yim**

고려대학교 행정학과(Department of Public Administration, Korea University)

제 출 : 2013년 7월 31일 수정: 2014년 1월 27일 승인: 2014년 2월 28일

국 문 요 약

기후변화 대응의 현실적 방안 중 하나로 추진되고 있는 CCS 내에는 다양한 잠재 위험들이 함께 내재되어 있다. CCS 정책 추진에 있어서 이러한 위험들을 규명하고 각 위험 요소들에 대한 적절한 대응 방안을 수립하는 것은 중요한 부분이다. 위험에 적절히 대응하지 못할 경우 심각한 피해 및 사고가 발생할 수 있으며, 안전에 대한 불안감도 해소되지 못하여 결국 사회적 수용성이 현저히 떨어질 수 있다.

사전예방원칙은 CCS 위험 관리 방안 수립 시 기본 원칙으로 고려될 수 있다. 다만 사전예방원칙에 대해서는 당위성의 측면에서는 쉽게 용인되지만 현실 적용의 어려움 등 그 한계에 대한 지적과 비판도 꾸준히 제기되어 왔음을 주지하여 기존 이론적 논의들을 정리하였다. 그 후, 불확실성이 높고 모호한 위험 요소들에 대한 사전예방원칙의 적용 필요성을 확인하고 사전예방원칙의 한계를 극복하기 위한 적용 전략들을 구체화하였다.

CCS를 둘러싼 위험 요소들은 정량화가 가능한 위험 영역뿐 아니라 불확실성이 높고 모호한 위험들도 상당 부분을 차지하고 있다. 따라서 각 위험 범주별로 차별적인 위험 대응이 필요하며 이는 곧 사전예방원칙 적용의 필요성으로 연결된다. 또한 사전예방원칙을 적용한 위험 평가 및 관리는 폭넓은 이해관계자의 참여와 의사소통을 전제로 한 사회적 평가의 형태를 전제하는데 이는 사회적 수용성 증진을 위해서도 매우 유용한 접근법이 될 수 있다.

주제어 탄소 포집 및 저장(CCS), 사전예방원칙, 기술위험, 위험 평가 및 관리, 신기술의 사회적 수용성, 전략환경평가

Abstract

TThe CCS, gathering attention as a practical measure against climate change, has various potential risks within itself. Identifying those risks and developing proper countermeasures for each one, therefore, is essential. Failure to take proper measures against such risks may result in significant damages and

* 이 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2013S1A3A2053959).
** 교신저자 : hyosook2010@empas.com

accidents, causing social anxiety and unwillingness to accept CCS.
This study proposes the precautionary principle as a fundamental principle for CCS risk management. While the justifications for the precautionary principle are acceptable, there have been criticisms on its limitations including its impracticality. The purpose of this study was, therefore, to identify detailed application strategies to overcome those limitations.
The risk factors related to CCS consist of quantifiable risk domains as well as a number of those with high uncertainty and ambiguity. Thus, there is a need to develop differentiated coping measures, meaning that the precautionary principle should be applied. The risk assessment and management applying the precautionary principle has implication of social appraisal based on wide participation and communication among the interested parties, which may be a useful approach for expanding social applicability.

Keywords CCS(Carbon Capture and Storage), Precautionary Principle, Risk Assessment and Management, Social Acceptance of Science Technology, Strategic Environmental Assessment

Ⅰ. 서 론

1. 연구 배경과 현 상태의 문제

탄소 포집 및 저장(Carbon Capture and Storage, 이하 CCS)은 화력발전소, 시멘트 혹은 철강 산업 등과 같은 이산화탄소(이하 CO_2) 대량 배출원에서 발생하는 CO_2를 포집하여 지하 대수층과 같은 지중에 장기 격리시킴으로써 대기 중으로의 배출을 억제하는 일련의 기술들을 총칭한다. CCS는 화석연료 중심의 기존 산업구조를 유지하면서 CO_2의 대기 중 배출을 억제할 수 있는 방안으로 현실적인 기후변화 대응책 중 하나로 주목받고 있다. 한국은 2009년에 국가 중기 감축목표로서 2020년까지 배출전망치 대비 30% 감축하는 것을 국제사회에 천명하였으며, 이러한 감축목표를 달성을 위한 주요 감축 수단 중 하나로 CCS에 주목하였다. 2009년 CCS를 녹색기술로 지정한 후 2010년에는 '국가 CCS 종합계획'을 수립함으로써, 핵심 기술 확보 및 통합 실증 플랜트 가동을 위한 계획을 마련하였다. 현재 수립된 계획에 따르면, 2020년까지 대규모 CO_2 포집 및 저장 플랜트 실증을 추진할 계획이며, 산업계와의 협력 강화를 통해 기술개발 및 상용화를 추진하고자 한다(녹색성장위원회, 2010).

CCS는 CO_2의 포집-수송-저장에 이르는 단계별로 활용되는 기술의 성격이 다른 복합 기술의 성격을 띠며, 특히 수송 및 저장 부분에 대해서는 '어떻게 안전하게 CO_2를 운반 및 반영구 저장·처리할 것인지'를 둘러싼 안전관리 및 환경적 위해성 저감을 위한 세심한 주의

를 필요로 한다. 또한 이러한 위험 관리 측면이 심도 있게 다루어지지 못할 경우, 예기치 못한 사고 발생 혹은 미지의 위험에 대한 두려움 등으로 인해 사회적 불안감이 증폭될 수 있으며 결국 사회적 수용성도 현저히 떨어질 우려가 있다(Bradbury et al., 2009; 이상일 외, 2012). 그럼에도 불구하고 현재 추진되고 있는 국가 CCS 정책 및 계획 내의 환경관리 방안을 보면, 누출 시나리오 분석, 거동 예측, 모니터링 기술, 환경영향평가 및 위험 관리와 같은 환경보호 기술개발에만 초점을 두는 경향이 있다(표 1 참조). 이는 CCS 전주기 환경관리를 위해 핵심적으로 이루어져야 하는 부분인 'CCS 추진 전 과정에 걸쳐 잠재되어 있는 위험 요소들 혹은 발생가능한 부정적 영향들을 어떻게 세부 계획 수립 및 정책 의사 결정 과정 내에 반영할 것인가'의 측면이 배제된 것이기에 본질적인 한계를 갖는 접근 방식이다.

뿐만 아니라 현 추진되고 있는 CCS 정책 내용을 보면, 환경 관리와 사회적 수용성 제고를 두 개의 서로 다른 개별 영역으로 이해하고 있으며, 사회적 수용성 증진 방안으로는 기술 개발 초기 단계부터 다양한 이해관계자들과의 소통 추진 및 안전성에 대한 대국민 교육과 홍보를 주요 방안으로 제시하는 것에 그쳤다(표 1 참조). 이는 과학 기술의 사회적 수용성 확보에 있어 핵심적인 부분으로 고려되어야 하는 기술에 대한 '사회적 통제(social control)' 및 시민 사회와의 상호작용 과정에서 이루어지는 '기술 정치활동'의 측면을 간과한 채 일반 대중에 대한 일방향성의 정보 제공 노력이나 계몽 활동을 사회적 수용성을 높이기 위해 정부가 해야 할 노력으로 이해함으로써 향후 CCS 추진 과정에서 반대 여론의 제기 등 부작용 유발 가능성을 잠재하고 있는 접근 방식이라 생각된다. 따라서 현재의 상태는 이러한 CCS 위험 관리 및 사회적 수용성 제고 방안을 위한 새로운 접근 방식이 요구되는 시점에 처해 있다고 볼 수 있다.

표 1 국가 CCS 종합계획 수립 내용

구분	환경보호 기술개발	사회적 인식 제고
계획 내용	◦ 지중저장을 위한 탐사·평가 시 환경보호 관련 DB 구축 - CO_2 누출 시 영향을 받는 대상(지하수, 토양, 육상 및 해양 생태계, 주민 등)의 분포 현황 및 특성 등 DB 구축 ◦ CO_2 수송·저장 시 모니터링, 위해성 평가 및 관리 기술 개발 - (수송) CO_2 수송 시 누출 시나리오 개발, 시나리오별 환경영향 감시·예측·복원 기술 - (육상지중저장) 육상지중구조에 대한 CO_2 누출 시나리오, 거동 예측, 모니터링, 환경영향 평가	◦ (수용성 제고) CCS 기술 실증 및 보급을 위한 사회적 수용성 제고 - 저장소 탐사, 소규모 포집-수송-저장 실증 등 기술 개발 초기 단계부터 관련 지자체, 시민단체 및 대중과의 소통 추진 ◦ (교육·홍보) CCS의 환경적 안전성 증명을 위해 관련 교육프로그램을 마련, 국내외 CCS R&D 성과 정보 제공 - 대중매체, 강연회, 캠페인 등을 통한 국민과의 대화 프로그램 추진 - CCS 체험관 설치 등을 통해 기후변화 대응을 위

구분	환경보호 기술개발	사회적 인식 제고
계획 내용	및 리스크 관리 기술 - (해양지중저장) 해저지중에서 CO_2 누출 시나리오, 해저 거동 예측, 해양환경영향평가 및 리스크 관리 기술	한 CCS 기술의 중요성과 안전성 홍보 - CCS 기술개발 성과 및 국내외 동향 등 관련 정보의 지속적인 제공으로 대국민 신뢰 구축

자료: 녹색성장위원회. 2010. p21.

2. 연구 목적 및 내용

CCS 추진 과정에서 발생할 수 있는 여러 가지 환경적·사회적·경제적 위협 요소들과 부정적 영향들을 우리 사회가 직면할 수 있는 새로운 위험이라 할 때, 이러한 위험에 대응하기 위한 적절한 원칙으로서 '사전예방원칙(precautionary principle)'에 주목할 필요가 있다(Bailey, 2012). 사전예방원칙은 환경 정책의 기본 원칙 중 하나로 CCS를 둘러싼 불확실하고 모호한 잠재 위험들까지 포괄적으로 대응할 수 있도록 하기 때문이다.

사전예방원칙에 대해서는 당위성의 측면에서는 쉽게 합의할 수 있으나 '도대체 사전예방원칙이 무엇인지' 개념의 모호성에 대한 비판과 함께 '실제 현실문제에 어떻게 적용할 수 있을 것인가' 즉, 현실적용가능성과 유용성의 측면에 대해서는 비판을 받아왔다(Majong, 2002; Morris, 2002; Starr, 2003; Sunstein, 2005).

따라서 본 연구에서는 건전한 과학(sound science)에 근거한 정량적 위험 분석(quantitative risk analysis)과 사전예방원칙과의 이론적 대비 및 관계 재설정을 통해 사전예방원칙이 무엇인지에 대해 그 내용과 특징을 보다 명확히 하고, CCS 위험 관리 방안을 수립함에 있어 사전예방원칙을 왜 적용해야 하는지 그 필요성과 어떻게 적용할 수 있을 것인지, 나아가 이를 통해 얻을 수 있는 유익이 무엇인지를 제시하고자 한다.

Ⅱ. 사전예방원칙을 둘러싼 이론적 논쟁

1. 사전예방원칙의 내용과 그에 대한 비판

사전예방원칙은 인류 및 생태계에 심각한 피해가 발생할 가능성이 있다면 비록 그에 대한 과학적 인과관계가 불충분하더라도 필요한 예방 조치를 취해야 한다는 원칙으로서, 최악의 사태에 대한 사전 대비를 최우선해야 한다는 입장이다. 동 원칙은 1987년

북해 보호를 위한 런던 회의에서 처음 제기되었으며, 가장 널리 알려진 사전예방원칙의 내용으로는 1992년 환경과 개발에 관한 유엔회의의 '리우선언(Rio Declaration)'에 언급된 것을 꼽을 수 있다. 동 선언문에는 심각하고 비가역적인 피해 위험이 있을 경우, 충분한 과학적 확실성이 부족하다는 점이 환경 파괴를 예방하는 비용효과적 조치를 연기하는 이유로 사용될 수 없다고 명시하고 있으며, 각 국가들의 역량에 따라 사전예방원칙을 널리 채택할 수 있음을 언급하였다(UN, 1992; Stirling, 2007; Renn, 2007)[1].

사전예방원칙은 과학적 근거가 확립되지 않은 상황에서 위험 방지 대책을 수립할 수 있는 정책적 근거를 제시한다는 점에서 의의를 갖는다. 특히 지구 환경 파괴와 같이 일단 한 번 심각하게 훼손될 경우 다시 원래의 상태로 회복하기 어려운 불가역적 위험을 피하고자 한다는 점에서 기후변화를 비롯한 환경정책의 수립 원칙으로서 강조되어 왔다.

그러나 사전예방원칙의 한계에 대한 비판적 시각도 함께 존재하는데, 사전예방원칙은 그 내용의 해석에 있어 애매모호한 측면이 있으며 실제 현실 적용의 측면에서는 지나치게 이상적이고 규범적이라는 회의적 시각이 그것이다(Majong, 2002; Morris, 2002; Starr, 2003; Peterson, 2007). 정책결정을 함에 있어서는 어느 정도의 위험을 감소할 수밖에 없는 것이 현실임을 인정할 때, 과연 위험의 어느 수위까지 사전예방원칙이 적용될 수 있는 것인지가 모호하며 또한 충분히 안전한 상태에 대한 기준을 정하기 어렵기 때문에 이에 대해서도 구체화가 필요하다는 것이다. 뿐만 아니라, 때로는 사전예방적 관점에서 취한 특정 규제 조치가 예기치 않은 다른 위험을 증가시키기도 하는데 그러한 부분에 대해서는 어떻게 대응할 것인지도 문제가 될 수 있다(Sunstein, 2005).

또 다른 비판은 효율성 측면에 대한 것으로서 사전예방원칙이 대중에게 호소력 있게 다가갈 수 있는 원칙이지만 그러한 측면으로 인해 때로는 사회적 낭비를 초래하기도 한다는 시각이다. 일반 대중에 대한 사전예방원칙의 호소력은 사람들의 위험 인지 특성에 기인한 것으로 볼 수 있는데, 사람들은 위험의 실제 심각성보다는 자주 접하는 언론보도나 과거 경험에 의지하여 위험적 상황을 상상하는 경향이 있으며 위험의 발생확률을 고려하지 않은 채 극단적인 최악의 상황을 지나치게 크게 고려하는 경향을 가질 수 있기 때문이다. 결국 사전예방원칙은 발생확률이 낮은 측면에 대해 과도하게 대응하는 비효율적 결과를 초래할 수 있게 한다는 것이다(Majong, 2002; Sunstein, 2005).

1) 이에 대한 원문은 다음과 같다. "In order to protect the environment, the precautionary approach shall be widely applied by States according to their capabilities. Where there are threats of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty shall not be used as a reason for postponing cost-effective measures to present environmental degradation."

사전예방원칙에 대한 이러한 비판적 시각을 취하는 학자들은 모호하고 비효율적인 사전예방원칙이 아닌 비교적 명료하고 과학적인 정량적 위험 분석에 근거한 위험 대응이 유용함을 주장한다. 그러나 정량적 위험 분석도 적절한 대안으로 보기는 어려울 듯 보이는데, 이는 정량적 위험 분석이 갖는 한계가 꽤 치명적이기 때문이다.

2. 정량적 위험 분석의 내용과 그 한계

사전예방원칙을 비판하는 입장은 위험 평가 및 대응방안 수립에 있어서 '건전한 과학적(sound scientific)' 방법론들이 더욱 유용하다고 보았다. 즉, 위험을 수치화하여 정책 판단 및 의사결정의 근거로 삼도록 하는 '정량적 위험 분석(quantitative risk analysis)'을 기본 원칙으로 하여 위험에 대응할 것을 주장한다. 정량적 위험 분석은 '기대 효용(expected utility)'에 따라 위험의 기댓값을 산정하는 방식으로서 위험 발생시 예상되는 '잠재적 피해 규모(magnitude)'와 해당 위험의 '발생 확률(probability)'을 추정하여 이 둘의 곱으로 위험 기댓값을 산정한다. 위험에 대한 구체적 규모와 발생 가능성에 대해 수치화하고 이를 근거로 정책 결정 및 판단을 한다는 점에서 정량적 위험 분석의 접근법은 비교적 명료한 정책 결정의 근거를 제시한다.

하지만 위험에 대한 정량적 분석에는 큰 맹점이 있는데, 이는 해당 위험에 대한 불확실성이 높은 경우에는 적용자체가 불가능한 접근이라는 것이다. 즉, 과거 유사한 경험들이 누적되어 객관적 정보 및 지식으로 구축되어 있을 경우에는 해당 위험을 분석하고 정량화할 수 있지만 해당 위험에 대한 정보와 지식이 부족한 경우 즉, 위험의 규모와 발생 확률 중 어느 한 가지 요소라도 파악이 어려운 경우에는 분석할 수가 없게 된다(이정전, 2000; Stirling, 2007). 그런데 실제 현실 상황에서 발생할 수 있는 다양한 위험들의 상당 경우는 위험의 규모와 발생 확률을 쉽게 파악할 수 없는 경우에 해당한다.

또한, 과거에 축적된 정보 및 지식이 충분하더라도 이를 근거하여 위험을 예측하고 분석하는 과정 그 자체에도 측정오차 및 과학적 모델의 예측 한계 등이 있을 수 있다. 보다 근본적으로는 분석에 참여하는 전문가들도 가치 판단의 상황에 노출되어 있음을 간과할 수 없기 때문에 과학적 판단 과정도 결코 객관성을 확보하기 어렵다는 데에 문제가 있다(Rayner and Cantor 1987; Fairbrother and Bennett, 1999; Stirling, 2007; 하대청, 2010).

3. 소결

앞선 논의와 같이 그 동안의 이론적 논의들은 사전예방원칙과 정량적 위험 분석에 대해 서로 대립된 원칙으로 대비시켜 논의해 왔다. 하지만 현실세계에서 맞닥뜨리게 되는 위험요소들에 대해 적절히 대응하기 위해서는 이 두 원칙을 별개의 것으로 상정하기 보다는 상호보완적 관점에서 적용하는 것이 필요할 것이며, 이는 충분히 가능한 접근방법이라 생각된다(김은성, 2011, p.144). 특히 다음 장에서 논하는 서로 다른 위험의 범주에 근거하여 볼 때, 사전예방원칙하에서 대응 가능한 위험의 영역은 불확실하고 모호한 영역의 위험들까지 비교적 넓고 포괄적이다. 반면 정량적 위험 분석의 관점에서는 잠재위험의 크기 및 발생확률에 대한 지식이 어느 정도 누적되어 있는 경우에 한에 대응 가능하며, 이는 사전예방을 위한 위험 대응의 한 요소로서도 수행 가능하다. 실제로 사전예방원칙에 대한 비판과 한계를 극복하기 위한 노력 즉, 사전예방원칙의 현실적용 방안을 고민한 여러 학자들(Stirling, 1999; Renn and Klinke, 2002; Kristensen et al., 2006; Stirling, 2007; 하대청, 2010)의 논의 내용을 보면, 사전예방적 위험 평가 전략 내의 한 부분으로 정량적 위험 분석의 적용을 추구하고 있음을 알 수 있다.

Ⅲ. 위험 분류로 본 사전예방원칙

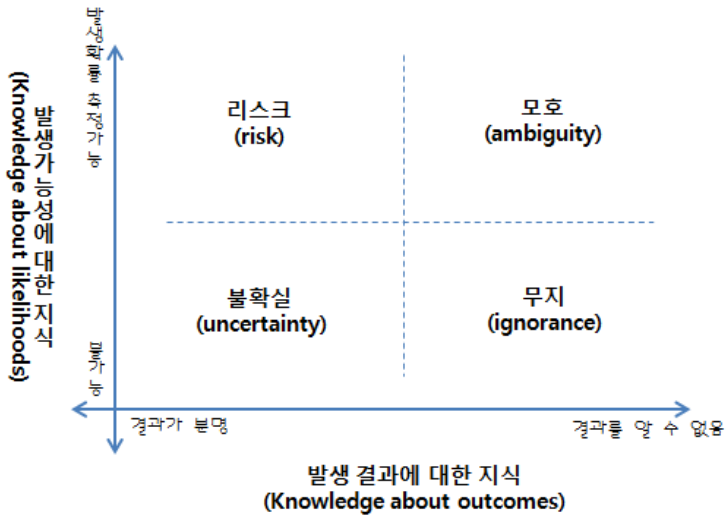
1. 서로 다른 위험의 범주

위험은 다의적(polythetic) 개념으로서 서로 다른 특성을 가진 이질적인 종류들로 구성된다(Rayner, 1987). 그러하기에 위험 특성에 따라 위험의 범주를 구분하고 범주별로 차별적인 대응을 필요로 하게 된다(하대청, 2010). 이러한 위험의 다의성에 주목한 선행 연구자들은 위험의 다양한 범주 구분을 시도하였는데 먼저, Klinke and Renn(2002)는 위험의 종류를 위험의 규모와 발생가능성의 높고 낮음에 따라 여섯 가지로 분류하였으며, Kristensen et al.(2006)도 위험의 잠재적 결과들 및 해당 피해들에 대한 불확실성의 정도를 상·중·하로 구분하여 총 일곱 가지의 위험 규모로 세분화하는 분류 체계를 제시한 바 있다.

서로 다른 위험 범주의 구분 중 단순하면서도 사전예방의 원리가 적용될 수 있는 위험의 영역을 극명하게 보여주는 분류체계로서 아래 그림과 같은 Stirling(1999)의 위험 분류 체계가 있다. 이는 위험을 구성하는 요소로서 '위험한 결과들에 대한 지식의 정도' 및

'발생가능성에 대한 지식의 정도'를 상정하고 위험을 네 가지로 분류하였다. 우리가 갖고 있는 지식의 정도에 근거하여 분류하였다는 점은 불확실성의 개념을 위험 분류 내 포함하고자 한 것으로 볼 수 있다.

그림 1. 위험의 범주 구분



자료: Stirling. 1999. p.122의 내용을 재정리.

네 가지 위험 범주의 구체적 내용을 보면, 첫 번째 분류군은 위험 발생 결과 및 가능성 모두가 잘 알려져 있는 것으로서 정량적 위험 분석이 가능한 '리스크(risk)' 영역이다. 둘째로는 발생 가능성에 대해서는 알 수 있으나 결과들에 대해서는 알 수 없는 경우에 해당하는 '모호(ambiguity)'의 영역이다. 발생 결과에 대한 애매모호함은 관련 정보의 부족뿐만 아니라 특정 내용에 대해 다양한 해석과 주장이 난무하여 합의된 위험의 범위나 형태를 정할 수 없는 경우도 포함된다. 새로운 의학적 수술법 적용이나 유전자 조작 식품의 섭취 등 과학기술과 관련한 미래 위험들이 이러한 분류군에 해당할 것이다. 세 번째로는 피해가 발생할 경우의 결과에 대해서는 알 수 있지만 그러한 결과가 발생할 가능성에 대해서는 지식이 충분하지 않은 경우이며 이를 '불확실(uncertainty)' 영역으로 분류한다. 마지막으로 발생 가능성 및 결과 모두 알지 못하는 위험 범주가 있는데 이를 '무지(ignorance)'로 구분한다. 현실 세계에서는 이러한 네 가지 범주의 위험들이 다양하고 복잡하게 뒤엉켜

있다. 즉, 위험 분류는 이산적(discrete)이지도 상호배타적(mutually exclusive)이지도 않은 것으로 이해해야 한다(Stirling, 1999).

이러한 위험 분류는 정량적 위험 분석에서 활용되는 위험에 대한 정의(발생가능성 및 규모에 근거한 위험 산출) 그 자체에 내재되어 있는 불확실성을 직접적으로 드러나게 함으로써, 정량적 위험 분석의 한계를 정확히 보여준다. 정량적 위험 분석을 통해 대응가능한 위험의 영역은 '리스크' 범주에 불과하다. '모호·불확실·무지'의 영역에 대해서는 여러 가정(assumptions)하에서 제한적으로 정량화하고자 하거나 혹은 정량화 자체가 어려운 경우는 분석 대상에서 제외하게 함으로써 실제의 위험 본질을 왜곡하는 결과를 초래할 수 있다(Stirling, 1999; Stirling 2007; 하대청, 2010).

또한 위험 범주를 통해 볼 때, 서로 다른 위험의 특성들을 고려하지 않은 채 본질적으로 동일한 방법론들을 적용하려고 하는 접근 방식은 한계를 가질 수밖에 없다. 즉, 각 위험의 성격과 특성에 맞게 차별화된 접근 방식을 취할 수 있는 개방적 자세가 필요하다. 이러한 측면에서 볼 때, 사전예방원칙 하의 위험 평가 및 위험 대응 방안 수립 절차는 리스크 영역뿐 아니라 그 외의 다양한 위험들에 대해서도 가능한 적절히 대응할 수 있도록 해 준다는 점에서 더욱 적절한 접근 방식이 된다.

2. 사전예방원칙과 정량적 위험 평가의 관계 재정립

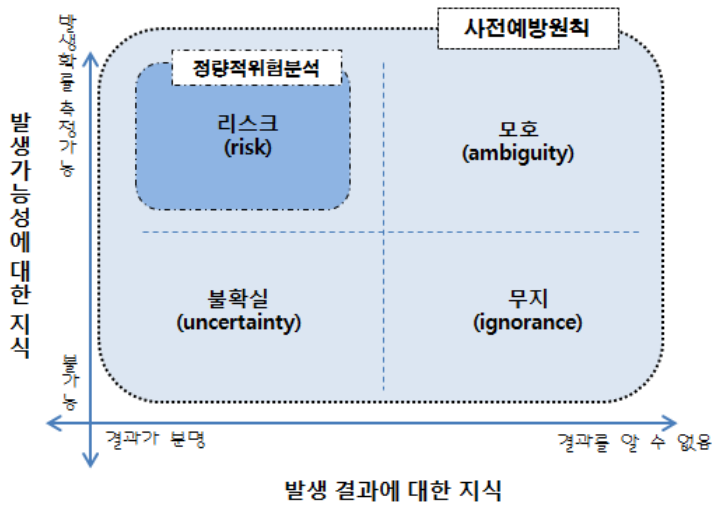
사전예방원칙에 따라 분석되고 평가되어야 하는 위험의 영역은 <그림 2>와 같이 포괄적이다. 반면 정량적 위험 분석에 따른 접근은 한정된 위험을 분석하고 대응하는 것에 그친다. 사전예방원칙을 실현하기 위해 발생가능한 위험을 미리 분석하고 예측한다는 측면에서 정량적 위험 분석은 사전예방원칙 실현을 위한 한 수단으로 이해하는 것이 가능하다.

그런데 현실에서 사전예방원칙 실현을 위한 제도들이 실제로는 정량적 위험 분석적 측면에 더 큰 비중을 두고 운영되고 있으며, 위험의 범주 중 모호, 불확실, 무지의 측면에 대해서는 간과하는 경향이 있는 것 같다. 이는 사전예방원칙을 위한 제도임에도 실제로는 사전예방원칙의 본래 의미를 충분히 반영하지 못한 채 운영되고 있다는 것을 뜻한다.

대표적인 제도들로는 새로운 과학기술에 대한 '기술영향평가(technology assessment)'와 개발 정책이나 계획 혹은 사업 등에 대한 '전략환경평가(strategic environmental assessment)'와 '환경영향평가(environmental impact assessment)'로 운영되는 환경평가제도들이 있다. 이들은 사전예방적 관점에서 해당 기술 혹은 사업 등으로 인해 발생가능한 위험요소들(환경,

경제, 사회 등에 대한 영향들)을 조사·분석·예측·평가하고, 더 나은 계획으로의 수정·보완을 지원하는 일종의 의사결정 지원 장치들이다. 즉 그 취지 및 방향의 측면에서는 사전예방원칙을 충실히 반영하고자 한 제도들이다. 그런데, 과거 국내에서 수행되었던 기술영향평가들의 실제 운영 내용과 효과를 검토한 결과, 기술에 대한 사회적 통제 및 수용성 제고에 실패하였다는 결론에 도달되기도 하였으며(이영희, 2001), 전략환경평가의 의미에 대해서도 지속가능성을 달성하기 위해 사회적·경제적 측면을 함께 고려하기 보다는 단지 개발 계획 수립 초기 단계에서 환경적 영향을 사전 평가하기 위한 단계로 축소 이해되고 있다는 지적이 있다(신경희 외, 2011A). 개별 사업 단위의 환경영향평가에 대해서는 실제의 평가 운영과 내용상의 부실로 인해 무분별한 개발 계획·사업 추진 과정에서 해당 사업을 정당화하는 면죄부 역할로 오용될 수 있다는 비판이 지속적으로 제기된 바 있다. 이는 동 제도들이 설치 목적에는 사전예방원칙을 추구하고 있으나 실제 운영상에서는 정량적 위험평가를 중심으로 한 접근과 일부 좁은 범위의 의견수렴 등으로 축소 운영됨에 따른 것이라 생각된다.

그림 2. 사전예방원칙과 정량적 위험 분석의 관계



Ⅳ. CCS 위험관리 방안 수립 시 사전예방원칙 적용 필요성과 유용성

1. CCS 위험의 특성

CCS 추진 과정에서 발생할 수 있는 다양한 위험 이슈들을 Stirling(1999)의 위험 범주 구분에 따라 볼 때, 위험의 정량화가 가능한 리스크 영역에 비해 '모호·불확실·무지'의 범주에 해당하는 위험 요소들이 상당 부분을 차지할 것으로 생각된다. 먼저, CCS는 이산화탄소의 포집-수송-저장이라는 각기 다른 세 가지 측면에 대해 서로 다른 기술들이 적용되어야 하며, 각 단계별 과정이 유기적으로 통합·운영되어야 하는 특징을 갖는다. 이는 기술결함, 사고발생 등의 위험 요소가 다방면으로 내재되어 있음을 뜻한다. 더욱이 CCS 각 단계별로 활용되는 기술들 중 상당수는 연구개발(R&D) 및 실증 단계에 머물러 있기에 기술 검증의 기간이 확보되어야 한다는 부담을 갖고 있다. CCS에 활용되는 기술들에 대해 충분한 지식과 정보가 축적되지 않았기에 사고 발생가능성 및 사고 발생 결과에 대한 예측에 어려움이 있다.

또한 CCS 추진으로 인한 환경적 위험에서 가장 주된 이슈는 액화된 CO_2를 반영구 저장해야 한다는 점인데, 이에 대해서도 액체 상태의 이산화탄소가 대기 중 혹은 저장지층 내에서 갖는 물리적 및 화학적 특성을 파악할 수 있는 충분한 기존 유사 사례 및 경험이 부족하여 과학자들의 합의된 견해가 확립되지 못하고 있는 실정이다. 이와 관련된 일화로서 2000년부터 CO_2 저장이 이루어진 바 있는 캐나다 서스캐처원주(Saskatchewan)의 웨이번(Weyburn)에서는 지역 주민이 CO_2 누출 의혹을 제기한 사건이 있다(신경희 외, 2011A). 웨이번 주민은 CO_2 누출로 인해 지하수가 마치 탄산수와 같이 변화되었고 폐사한 동물들을 있다며 정부에게 정밀 조사를 의뢰 하였다. 하지만 이러한 주변 환경의 변화가 CO_2 누출에 따른 것인지에 대한 과학적 인과관계는 확인되지 않았으며 CO_2 누출은 없었다는 반박도 동시에 제기되었다. 이는 저장되었던 고농도의 CO_2가 지상으로 방출될 경우 어떠한 양태의 피해가 나타날 것인지에 대해 불분명한 상황에서 지역주민과 사업자 사이의 서로 다른 주장이 대비되었던 사건으로 보인다.

한편 CO_2의 반영구적 저장을 목표로 하는 CCS에 대해서는 우리 사회가 파악하지 못하는 '무지' 측면의 위험요소들도 포함될 수밖에 없을 것으로 보이는데, 이는 장기적 저장이라는 시간적 광활함에서 비롯된다. 성공적으로 반영구적인 CO_2 저장이 이루어지기 위해서는 미래에 일어날 수 있는 다양한 변화 요소들을 모두 제거해야 한다는 부담이 존재한다.

이에 국제 환경단체인 그린피스(Greenpeace)는 대대적인 CCS 반대 운동을 펼치고 있는데, CCS가 경제적·시기적 측면에서 기후변화 대응수단으로서 실효성이 없을뿐더러, 무엇보다도 CO_2를 영구적으로 저장하는 것 자체가 불가능하며 CO_2 누출 시 인간 건강 및 생태계에 미치는 영향도 불확실하다는 입장이다(Greenpeace, 2008). 이러한 CCS 반대 입장은 CCS 기술 및 시장이 갖는 불확실성 그리고 현재의 과학기술 수준으로서 미처 파악하지 못하는 미지의 위험에 대한 우려, 그리고 미래세대로의 위험 전가 등을 근간으로 한 주장이라 할 수 있다.

이처럼 CCS 추진과정에서 우리 사회가 대응해야 할 위험 요소들에는 '모호·불확실·무지'의 영역이 상당 부분 존재할 것으로 보이며, 이는 결국 사전예방원칙이 적용된 위험 평가 및 관리 노력이 필요하다는 것을 의미한다. 또한 CCS 위험 관리에 사전예방원칙을 적용하고자 하는 것은 사회적 수용성의 측면과도 연결되는데, 불확실하고 모호한 범주의 위험요소들에 대해 적극적으로 대응하지 못할 경우 CCS에 대한 사회적 수용성이 현저히 떨어질 우려가 있기 때문이다.

2. CCS 위험 관리 방안 수립 시 활용가능한 제도적 장치들

그렇다면 CCS 정책 추진으로 인해 발생할 수 있는 환경적·사회적·경제적 영향들을 분석하고 이를 예측 및 평가하여 대응할 수 있도록 하는 제도적 방안으로는 어떤 것들을 고려할 수 있을까? 이는 평가대상 및 수준을 어떻게 설정하느냐에 따라 달라질 수 있는데, 먼저는 CCS를 새롭게 개발되어 추진되는 '과학기술'로 상정하여 '기술영향평가'의 수행을 고려할 수 있을 것이다. 기술영향평가는 해당 기술 추진으로 인한 긍정적 영향 및 부정적 영향들을 상정하여 부정적 영향을 최소화하고 긍정성을 극대화하기 위한 노력으로 이해되며, 주된 평가 주체가 누구냐에 따라 전문가 중심의 기술영향평가와 참여적 기술영향평가로 구분하기도 한다(이영희, 2001; 2007). 그 중 참여적 기술영향평가(participatory technology assessment)는 전문가들의 지원하에 일반 시민들이 평가를 주도하는 형태를 띤다(조공장 외, 2012).

참여적 기술영향평가는 CCS에 대한 국가적 차원의 추진 여부 및 추진 형태와 규모에 대해 논의하는 '정책 및 전략 수립의 단계'에서 활용가능한 의사결정 지원 제도이며, 이를 통해 CCS 기술개발 및 상용화를 추진하는 기술공동체와 시민사회를 중심으로 하는 일반 대중들이 함께 합의할 수 있는 안전성의 정의와 기준을 도출하는 과정인

‘기술 정치 활동’이 이루어짐으로써 사회적 수용성의 측면에서도 긍정적 효과를 기대할 수 있는 방안이다(송위진, 2011).

그 외에도 CCS 추진이 정부 주도가 수립한 국가 종합 계획에 의해 추진됨에 따라 CCS ‘정책 및 계획’을 평가 대상으로 할 경우에는 ‘전략환경평가’와 같은 환경 평가 제도를 활용할 수 있을 것이다. 전략환경평가는 정책, 계획, 프로그램 수준에서 환경적 영향 및 사회·경제적 영향을 규명하고 이를 예측 및 평가하여 부정적 영향을 최소화하는 체계적인 의사결정 과정으로 정의된다(Sadler, 1996; 신경희, 2011). 다양한 참여자 그룹의 의견 수렴을 바탕으로 추진되기에 그 개념상 참여적 기술영향평가와 유사한 부분이 있으며, 이를 근거로 선행연구(조공장 외, 2012)에서는 참여적 기술영향평가의 주요 방법론 중 하나인 ‘시나리오 워크숍’을 활용한 CCS 정책의 전략환경평가 방안을 제시한 바 있다.

3. CCS 위험평가 및 관리 방안 수립 시 사전예방원칙 적용 방향

사전예방원칙에 근거한 위험 평가는 기존의 정량화를 근간으로 하는 위험 분석(analysis) 혹은 평가(assessment 또는 evaluation)와는 다른 차원의 접근이 요구된다. 정량적인 평가가 어려운 ‘모호·불확실·무지’ 영역의 위험들을 평가하고 이에 대한 대응 방안을 수립하기 위해서는 ‘사회적 평가(social appraisal)’가 이루어져야 하기 때문이다(Stirling, 2007; 하대청, 2010).

사회적 평가가 이루어져야 한다는 것의 의미는 여러 가지 특징으로 정리할 수 있는데, 먼저는 기존의 고전적인 위험 평가에 비해 평가의 대상과 범위를 확대하도록 한다는 특징을 갖는다. 즉, 정량화가 어렵거나 과학적 지식이 미비한 영역에 대해서도 평가 대상으로 규정할 수 있으며 직접적으로 발생하는 위험뿐 아니라 간접적·누적적인 위험과 일정 기간 후에 발생할 수 있는 미래의 위험 요소들도 평가 대상 내에 포함시킬 수 있다. 또한 개별적 이슈들을 따로 구별하여 평가하는 것이 아니라 전체적 관점을 견지하여 이슈들 간의 상호작용 측면도 함께 고려하고, 서로 다른 이슈들의 위험 우선순위를 비교하는 등 대안적 접근법을 활용할 수 있도록 하는 특징을 갖는다. 나아가 평가에 참여하는 행위자의 범위도 유연하도록 하는데, 평가에 참여하는 전문가들은 특정 학문 중심이 아닌 학제적 접근(interdisciplinary approach)이 이루어질 수 있도록 하며, 전문가들 중심의 평가뿐 아니라 이해당사자를 포함한 평가나 위험 피해와 직접

적 연관이 없는 일반 시민의 참여를 통한 것들까지 고려하도록 한다(Stirling, 2007).

물론 이러한 사회적 평가의 특징과 개념을 현실에 적용함에 있어서는 물리적인 어려움이 있을 수 있다. 평가 대상의 범위 및 평가 주체를 확대한다는 것은 시간적·경제적인 부담이 따르기에 한정된 자원을 가지고 신속한 정책 판단이 요구되는 상황에서 이러한 접근법은 비효율적인 방법으로 치부될 수도 있다. 그럼에도 불구하고 위험 평가를 수행하는 본질적 목적 즉, '위험에 대한 대응'이라는 관점에서 볼 때 이러한 사회적 평가에 근거한 위험 평가의 수행이 필요함을 인식하는 것이 중요하며 이를 적용하기 위한 노력이 요구된다. 그러한 의미에서 여기서 논하는 사전예방적 위험 평가는 위험 대응을 위한 하나의 방법론이라기보다는 평가가 지향해야 할 방향 및 전략으로 이해하는 것이 더욱 타당할 것이다. 구체적인 평가 제도의 형태는 기술영향평가 및 전략환경평가 혹은 개별 사업 수준에 대한 환경영향평가 등 서로 제도를 통해 다양한 수준에서 수행될 수 있겠으나 관련 위험에 대한 평가에 있어서는 사전예방적 위험 평가 및 대응이라는 관점을 견지한 평가가 이루어져야 하는 것이 본질이 된다.

위험 평가의 구체적인 방법론에 대한 결정은 '스크리닝(screening)'을 통해 위험 범주를 분류한 후 해당 위험군의 특성에 맞게 차별적으로 선택하여 적용할 수 있을 것이다. 스크리닝이란, 환경평가 제도에서 주로 논의되는 개념으로서 '해당 정책 및 사업으로 인한 영향 요소들을 고려하여 각 정책 및 사업의 실시 여부 및 평가 정도(degree)를 개별적으로 판단하는 절차'를 의미한다(신경희 외, 2011B: 136). 즉, 비교적 간단한 예비 조사 및 검토를 통해 위험 범주를 분류하고 범주별 평가에 대한 세부적 계획을 수립하는 하나의 절차적 단계로 이해할 수 있다.[2)]

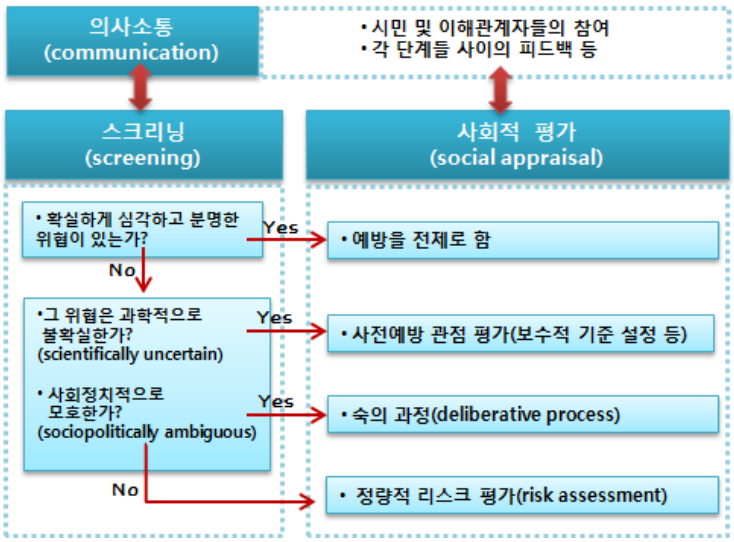
앞서 위험 범주를 제안한 Stirling(2007)은 스크리닝의 방식 및 분류 결과별 접근법에 대한 예시를 아래의 그림과 같이 제시하였다. 즉, 위험의 확실성과 심각성을 근거로 하여 비교적 심각하고 확실한 위험들에 대해서는 예방을 전제로 한 접근을 취하도록 하고, 위험의 결과가 과학적으로 불확실한 경우(발생 결과가 논쟁적이고 모호한 위험들)에 대해서는 숙의 과정(deliberate process)을 통해 위험을 구체화하고 안전성 기준을 도출하는 것이 요구된다. 그 외에도 발생 빈도나 확률에 대한 정보가 부족한 경우는

2) 국내 CCS 정책추진 과정에서, 과연 스크리닝 추진 주체는 누가 되어야 할까? 이에 대해서는 '국가 CCS 종합계획(2010)'에서 제시되었던 'CCS 환경센터 정도가 될 수 있을 것으로 생각된다. 종합계획 에 따라 원천기술 확보와 관련하여 '코리아 CCS 2020' 사업단이 출범하였으며, 상용화에 대해서는 '한국이산화탄소 포집 및 저장협회(KCCSA)'가 창설되었다. 이를 통해 CCS 기술개발 및 상용화에 대해서는 계획 추진이 가시화되었다. 그러나 CCS 환경적 측면을 위해 설치하기로 되어 있었던 'CCS 환경센터'는 여전히 수립되지 않고 있다.

더 넓은 범위에 걸쳐 다양한 유사 사건 및 증거들을 확보하기 위해 노력해야 한다. 발생 가능성에 대한 기존 지식이 충분치 않을 경우는 발생 확률 예측에 있어 보수적 규정을 적용하는 등 사전예방원칙에 입각한 평가가 이루어질 수 있도록 한다.

평가 과정의 전 영역에 대해서는 서로 간의 의사소통의 측면이 확보되어야 하는데, 이는 우리 사회가 명확히 규명하기 어려운 '무지' 영역의 위험 이슈들에 대해서도 대응할 수 있는 여지를 남겨두기 위한 개방성 확보의 측면에서도 중요하다. 또한 이러한 평가 방식은 위험의 평가가 곧 위험 관리로 자연스레 연계 강화될 수 있도록 하는 장점을 갖는다. 평가 단계의 내용 구분을 명확히 하는 것이 아니라, 전 단계에서는 후 단계의 내용들을 함께 고려하고 전후 피드백을 통해 유기적으로 평가할 수 있게 함으로써 관리적 측면이 평가 내에 자연스레 반영될 수 있으며 궁극적으로는 실질적인 위험 대응 역량을 높일 수 있는 형태가 된다.

그림 3. 위험 스크리닝과 차별적 평가 방법론



자료: Stirling, 2007, p.313.

사회적 평가에서는 위험의 성격, 범위, 관리 방안들을 상정함에 있어서 사람들의 위험 인지(risk perception)가 중요한 요소로 작용하게 된다. 위험에 대한 대응은 결국 위험에 직면하게 되는 해당 사회의 몫이기에 사회구성원들 그 자체도 중요한 고려 대상이 되는데, 사전

예방적 위험 평가 및 관리 전략은 위험 요소 규명과 평가 내에 이러한 사회적 측면을 적극 반영하고자 한다. 따라서 규명된 위험들에 대한 관리 및 대응은 비교적 용이하게 달성될 수 있으며 사회적 수용성측면도 동시에 증진될 수 있다.

결국 이러한 위험 평가 및 관리의 과정에 근거하여 본다면 '위험 평가 및 관리'와 '사회적 수용성 제고'를 위한 노력은 별개의 것이 아닌 본질적으로 동일한 성격의 것이 된다. 위험 평가 과정 전 영역의 의사소통 측면이 적극적으로 포함되고 참여자의 범위가 확장된다는 것은 해당 기술 및 정책에 대한 사회적 통제가 이루어지는 상태로 이해할 수 있다. 즉, 그 사회가 허용하는 적정 위험의 수준이나 대응해야 할 위험의 내용들이 다양한 이해관계자들의 상호작용이라는 정치활동을 통해 설정되게 되며 이를 통해 결과적으로는 사회적으로 잘 수용될 수 있는 상태로 진화하게 된다.

4. 사전예방적 CCS 위험 평가 및 대응 예시

본 절에서는 사전예방적 위험 평가 및 대응 전략을 CCS 추진 과정에 적용할 경우 어떠한 형태로 적용하게 되는지를 다루고자 한다. CCS 관련 위험들은 복잡하고 다양하다. 선행연구(신경희 외, 2011A)에서는 CCS의 개별 사업 단위에서 CO_2 관련 위험 이슈들로서 아래의 표와 같은 위험들이 제기될 수 있다고 보았다. CO_2 누출 위험은 포집, 수송, 저장 과정별로 각기 달리 발생할 수 있으며, 시간적으로는 사전 조사, 운영, 사후 관리와 같이 시기별로 고려되어야 할 위험 요소들이 다르다.

표 2. CCS 추진에 있어 CO_2 관련 위험들

구 분	관련 위험 이슈
공 통	▪ CO_2 누출 위험 - CO_2가 지표로 유출될 가능성(최악의 사고에 대한 가능성)을 충분히 평가하였는가 - CO_2 누출 시 인간 건강에 미치는 영향을 충분히 고려하고 있는가(관련 직종 종사자들의 건강, 일반 시민들의 건강) - CO_2 누출 시 생태계에 미치는 영향을 충분히 고려하고 있는가(동물들의 집단 죽음 등) - 누출 전 상태(베이스라인)에 대한 조사를 실시하고 있는가 ▪ 모니터링 시스템 구축 - 사고에 대한 알람시스템을 구축하고 있는가 - 응급대처 계획(저장장치 중지절차, 대중공지, 보호절차 등)을 수립하고 있는가 - 안전교육, 근로자대피규율 등 훈련 계획을 수립하고 있는가 - 위험에 대해 지속적이며 정기적인 평가를 계획하고 있는가

구 분	관련 위험 이슈
포 집	▪ CO_2 포집의 안전성 - 스트림 속에 불순물이 포함되지 않도록 적절히 통제되고 관리될 수 있는가 - 처리수 유출(SO_2, H_2S 등) 가능성을 충분히 평가하였는가 ▪ 플랜트의 안전한 운영 - 적절한 환기 시스템을 마련하고 있는가 - 화재에 대한 보호 장치를 마련하고 있는가
수 송	▪ 수송 파이프의 관리 - 파이프의 균열로 인한 사고의 위험은 없는가
저 장	▪ 저장 시 발생가능한 위험 요소 - 저장 장소의 물리적, 지질학적, 화학적, 생물학적 특성들을 파악할 수 있는가 - 미확인된 지리적 구조의 존재 여부를 파악하였는가 - 주입된 CO_2로 인해 지층의 지질적 특성이 변형될 가능성은 없는가 - 지진의 발생가능성을 충분히 고려하고 있는가 - 시추공(wells) 안에서 CO_2의 유동성이 적절히 평가되었는가

자료: 신경희 외. 2011A. p.135.

복잡하고 다양한 CCS 위험 이슈들을 스크리닝을 통해 위험 이슈들을 범주화하고 분류 결과에 따라 후속 평가 방식을 차별하기 위해서는 스크리닝 기준을 설정해야 한다. 스크리닝의 기준으로는 '해당 위험의 발생 가능성을 정량화 할 수 있는가' 혹은 '해당 위험의 발생 결과에 대한 사회적 모호함이 있는가'와 같이 불확실 및 모호의 측면을 선정할 수 있을 것이다. 또한 '사회적으로 심각한 위험인가' 혹은 '예상되는 피해는 불가역적인(회복이 어려운) 것인가'와 같이 피해의 심각성과 회복성의 측면도 스크리닝의 적용 기준이 될 수 있다. 이는 여러 위험 이슈들 간의 사회적 우선 순위를 규명하기 위한 기준으로 이해된다.

스크리닝을 통해 어느 정도 확실하고 분명한 위험이 예상되는 경우는 정량적 위험 평가를 적용할 수 있겠다. 예를 들어, 저장이 이루어지는 특정 지층(예. 해양 염대수층)에 대해 최대 저장가능한 CO_2 양 이상의 주입이 이루어져 누출이 발생하는 경우를 생각할 수 있다. 이러한 경우는 발생확률 및 결과에 대해 관련 전문가들의 분석 및 예측에 근거하여 위험 규모 및 정도를 분석하고 이에 대한 대응을 할 수 있을 것이다. 위험 발생 결과에 대해 논쟁적인 것들, 예를 들어 사회적 형평성 측면에서 CO_2 저장소 인근 주민들의 건강 및 소득에 대한 피해 위험에 대한 것은 숙의적 과정을 적용하여 전문가 및 정부 관계자, 인근 주민들과 같은 이해당사자들까지 평가 행위자로 포함될 수 있겠다. 나아가 지진과 같은 천재지변으로 인해 CO_2 누출이 일어날 가능성과 같이 불확실

한 위험에 대해서는 발생확률 예측에 있어 보수적 규정을 적용하고, 최대한 다양한 관련 사례들에 대한 의견수렴을 거쳐 위험 평가가 이루어지도록 한다.

CCS 위험 평가의 대상 범위 설정의 측면에서는 보다 광범위한 영역에 대한 적용을 시도해야 할 것이다. CO_2 누출에 따른 생태계 및 인간 건강에 대한 위협을 고려함에 있어서도 일시의 대량 누출과 같은 일회적이고 심각한 위험뿐 아니라 소량씩 지속적인 누출 발생으로 인한 위험도 함께 고려되어야 한다. 또한 CO_2 누출로 인한 직접적 피해뿐 아니라 파생적으로 발생하는 간접적 위험들에 대한 고려도 필요하다. 때로는 누출 위험은 사회집단 간 형평성의 문제로도 확대 논의될 수 있을 것인데, CO_2 수송이나 저장 단계에서의 누출은 위험에 노출되기 쉬운 예상 피해 집단들과 CO_2 배출원 집단 사이의 사회적 불평등에 대한 문제제기도 있을 수 있다.

CCS 위험 대응을 위한 평가 대상의 범위를 확대한다는 것은 주요한 평가 주체도 전문가 그룹 및 일반 대중까지 아우르도록 확대하는 것을 뜻한다. 전문가들은 일반 대중들의 문제제기에 대한 과학적 지식을 제공하기 위해 노력해야 하며, 이를 위해서는 다양한 학문적 배경을 가진 전문가들이 평가에 참여해야 할 것이다. 또한 모든 일련의 평가 과정은 일회적인 것으로 이해되기 보다는 행위자들의 의사소통 및 평가 내용상의 피드백이 지속적으로 이루어지는 일종의 '과정(process)'으로 이해되어야 한다. CCS 위험 대응 방안 수립에 있어 다양한 사회 참여자들의 역할이 중요해진다는 것은 위험 요소의 규명 및 평가와 위험 관리 및 대응 방안 수립이 유기적으로 연계되며, 나아가 전 과정이 곧 사회적 수용성 증진을 위한 과정이 됨을 의미한다.

Ⅴ. 결론 및 제언

기존의 CCS 관련 논의들은 주로 기후변화 대응을 위한 수단으로서 CCS의 유용성에 초점을 두어온 반면, 본 논문에서는 CCS가 사회적 위험을 초래할 수 있는 불확실성이 큰 기술이라는 것에 더욱 주목하여 위험 대응 방안 수립에 있어 사전예방원칙 적용의 필요성을 논하였다. 사전예방원칙은 비가역이고 심각한 위험이 초래될 수 있다면 과학적 증거가 불충분하더라도 위험 예비 조치를 취할 수 있다는 것으로서 정량적 위험 평가와 대비되는 입장으로 이해되어 왔으며, 적용상의 애매모호함과 비효율을 근거로 비판이 있어왔다. 그러나 CCS와 같이 불확실성과 모호성이 큰 위험 요소들이 잠재되

어 있는 경우는 사전예방원칙을 적용한 위험 대응이 더 적절한 접근방식이며 정량적 위험 평가는 사전예방원칙을 실현하기 위한 하위 수단으로 활용될 수 있음을 논하였다. 위험의 서로 다른 범주들을 인식하고 그러한 범주별 차별적 대응이 이루어져야 하는 것을 기억하여 사전예방원칙이 CCS 위험대응 정책 수립의 실질적 원칙으로 활용될 수 있도록 하는 것이 필요할 것이다.

사전예방적 관점에서 CCS 위험 대응 전략을 수립한다는 것은 다양한 사람들의 참여를 기반으로 한 위험 규명, 평가가 이루어져야 함을 의미한다. 또한 위험의 평가 범위에 있어서도 좁은 의미의 환경 파괴나 인간 건강 피해뿐 아니라 에너지 수급 미래 전략에 대한 논의, CCS 수혜 집단과 잠재 피해 대상들 간의 형평성 문제, 다소 막연한 안전에 대한 두려움 등 포괄적인 영역에 대해서도 함께 고려해야 한다. 즉, 개별적 위험 분석을 통한 환원적 방법론이 아닌 전체적 관점(holistic perspective)을 취하는 것이 요구된다. 이러한 접근 방식은 현재의 기술 및 지식으로는 파악하기 어려운 무지 역역의 위험들에 대한 대응까지 함께 고려하고자 하는 접근 방식이며, 궁극적으로는 기술에 대한 사회적 통제를 통해 수용성이 높은 상태로 발전하기 위한 전략이다.

현재의 국가 CCS 추진 정책은 환경보호 기술 및 위해 정도의 분석에 초점을 두어 위험 대응을 하고자 하고 있으며, 사회적 수용성 증진에 대해서는 홍보 및 교육을 통한 대중의 인식 개선 노력으로 이해하고 있다고 보인다. 따라서 현 시점에서는 본 논문에서 강조하는 사전예방원칙의 필요성과 유용성에 대해 이해 및 공감하고, 현실에 적용하기 위한 노력이 필요한 시점이라 생각된다. 물론 정책 추진의 효율성 측면에서는 매력적이지 않은 접근 방식일 수 있으나 CCS 위험 대응이라는 본질을 생각할 때 보다 정확한 위험 대응이 이루어질 수 있는 방식이라는 것에 의의가 있기 때문이다.

참고 문헌

김은성. 2011.“사전예방원칙의 정책 유형과 사회문화적 맥락에 대한 고찰: 유럽 및 미국 위험정책을 중심으로”. 「한국행정학보」 45(1): 141-169.

녹색성장위원회. 2010. 「국가 CCS 종합 추진계획」.

송위진. 2011.“바이오가스 기술의 사회적 수용과정 분석”. 「과학기술학연구」 11(1): 1-29.

신경희. 2010. 「CCS 관련 해외 환경관리 제도 및 연구 동향 분석」. 한국환경정책·평가연구원.

신경희 외. 2011. 「CCS 사업의 전략환경평가 추진 방안」. 한국환경정책·평가연구원.

_____. 2011.“스크리닝 도입을 통한 환경평가 절차 효율화 방안”. 「환경정책연구」 10(1): 129-150.

이영희. 2001.“과학기술의 사회적 통제와 수용성 연구: 생명공학을 중심으로”. 「과학기술학연구」 1(1): 71-103.

_____. 2007.“기술의 사회적 통제와 수용”. 「경제와사회」 73: 246-438.

이정전. 2000. 「환경경제학」. 박영사: 서울.

이상일 외. 2012.“이산화탄소 포집 및 저장에 대한 대중의 인식과 수용도”. 「환경영향평가」 21(3): 469-481.

조공장 외. 2012. CCS 사업 추진에 대비한 환경평가 방안(Ⅱ)」. 한국환경정책·평가연구원.

하대청. 2010.“사전주의의 원칙은 비과학적인가? : 위험 분석과의 논쟁을 통해 본 사전주의 원책의‘합리성’”. 「과학기술학연구」 10(2): 143-174.

Bailey, P. 2012. “Can Governments Ensure Adherence to the Polluter Pays Principle in the Long-term CCS Liability Context?”. *Sustainable Development Law&Policy*, 12(2): 46-70.

Bradbury et al. 2009. “The role of Social Factors in Shaping Public Perceptions of CCS: Results of Multi-State Focus group Interviews in the U.S.”. *Energy Procedia*, 1: 4465-4672.

Fairbrother, A., R. S. Bennett. 1999. “Ecological Risk Assessment and the Precautionary Principle”. *Human and Ecological Risk Assessment*, 5(5): 943-949.

Greenpeace. 2008. *Leakages in the Utsira formation and their consequences for CCS policy*.

Kirchsteiger, C. 2008. “Carbon capture and storage - desirability from a risk management point of view”. *Safety Science*, 46: 1149-1154.

Klinke, A., O. Renn. 2002. “A new approach to risk evaluation and management: risk-based precaution-based and discourse-based strategies”. *Risk Analysis*, 22(6): 1071-1094.

Kristensen et al. 2006. “A new perspective on Renn and Klinke’s approach to risk evaluation and management”. *Reliability Engineering and System Safety*, 91: 421-432.

Majong, G. 2002. “What Price Safety? The precautionary Principle and its Policy Implications”. *Journal of Common Market Studies*, 40: 89-109.

Morris, J. 2002. "The relationship between risk analysis and the precautionary principle". Toxicology, 181: 127-130.

Peterson, M. 2007. "The Precautionary Principle Should Not be Used as a Basis for Decision-making". EMBO Reports, 8(4): 305-308.

Rayner, S. 1987. *Learning from the Blind Man and the Elephant, or Seeing Things Whole in Risk Management*. Uncertainty in Risk Assessment, and Decision Making, Covello, V.T. et al. (eds.). New York: Plenum Press. pp.207-212.

Rayner, S., R. Cantor. 1987. "How Fair is Safe Enough? The Cultural Approach to Societal Technology Choice". *Risk Analysis*, 7(1): 3-9.

Renn, O. 2007. "Precaution and Analysis: Two Sides of the Same Coin?". *EMBO Reports*, 8(4): 303-304.

Sadler, B. 1996. *Strategic Environmental Assessment-Status, Challenges and Future Directions*. Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment of the Netherlands.

Starr, C. 2003. "The Precautionary Principle Versus Risk Analysis". *Risk Analysis*, 23(1): 1-3.

Stirling, A. 1999. "Risk at a turning point?". *Journal of Environmental Medicine*, 1: 119-126.

_____. 2007. "Risk, Precaution and Science: Towards a More Constructive Policy Debate". *EMBO Reports*, 8(4): 309-315.