KEI 한국환경정책·평가연구원

기후변화 영향평가 및 적응

04. 기후변화 적응 및 취약성

1. 영향

영향(impact)이란 자연 시스템과 인위적 시스템에 대한 기후변화의 결과를 의미하며, 영향에 대한 적응 여부에 따라 잠재적인 영향(potential impact)과 잔여 영향(residual impact)으로 구분할 수 있다. 잠재적 영향이란 적응을 고려하지 않았을 때 나타날 수 있을 것이라 예측되는 기후변화로 인한 모든 영향을 말한다. 잔여 영향이란 적응이 이루어진 이후에 예측되는 기후변화의 영향을 말한다.

또한 기후변화의 영향이 어느 부문에서 나타나는 가에 따라 기후변화의 영향을 시장적 영향과 비시장적 영향(non-market impact)으로 구분하기도 한다. 시장적 영향이란 시장의 거래와 연결되어 있고 국내총생산에 직접적인 영향을 주는 것으로 농산품의 공급과 가격 변화를 그 예로 들 수 있다. 비시장적 영향이란 생태계 혹은 인간의 복지에 영향을 주거나 또는 시장에서 거래되는 것과는 직접적인 연관이 없는 경우를 말한다.

특히 이러한 영향을 모두 합쳐서 집합적 영향(aggregate impact)이라 하는데, 이는 부문 혹은 지역에 걸쳐 나타나는 모든 영향을 통합한 것을 의미한다. 영향의 집합은 서로 다른 부문과 지역에서 나타나는 영향의 상대적 중요성을 인식할 필요가 있다. 예를 들어 집합적 영향의 측정은 영향을 받은 사람의 전체 수, 순일차생산성(net primary productivity)의 변화, 변화를 겪는 시스템의 수, 그리고 경제적인 비용의 총합 등을 포함한다.

2. 취약성

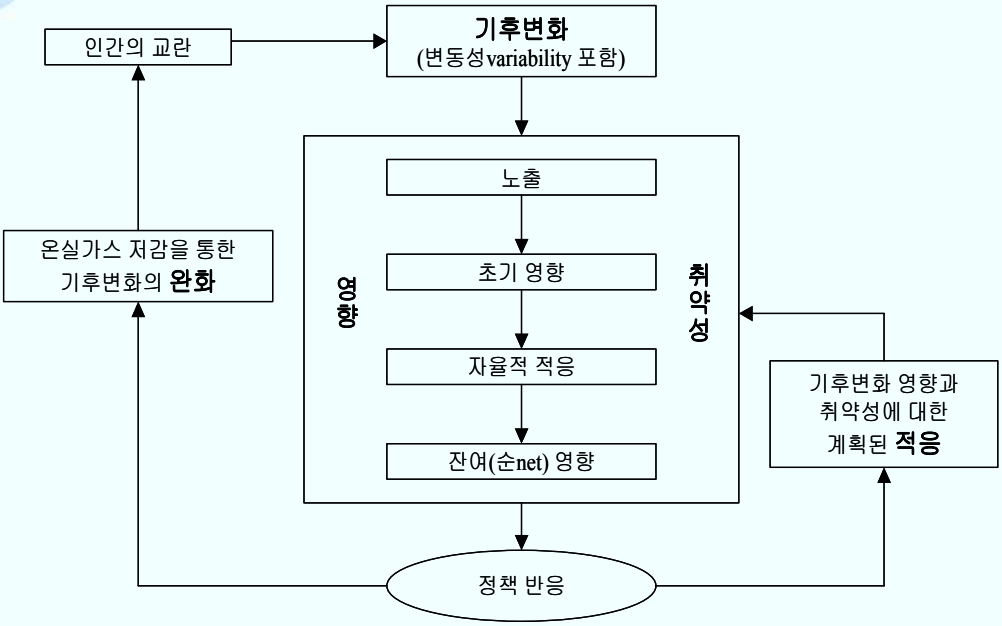
적응을 위해서는 기후변화의 영향에 취약한 부분을 발견하는 노력이 필요하다. 즉 취약성이 큰 부분을 찾아내는 작업은 적응을 위한 선행 단계이다. 취약성(vulnerability)이란 기후 변동성(climatic variability)이나 극단적인 기상 현상을 포함하는 기후변화의 악영향에 대하여 어떤 시스템이 받아들일 수 없는 정도, 혹은 대처할 수 없는 정도로 정의할 수 있다. 취약성은 시스템이 노출된 기후 변동의 크기와 속도, 시스템의 민감도, 그리고 시스템의 적응능력의 함수이다.

시스템의 민감도는 해로운 영향이든 유익한 영향이든 기후의 교란에 의해 시스템이 받는 영향의 정도를 말한다. 즉, 유익한 영향과 해로운 영향을 포함한 다양한 주어진 환경에서 변화가 있을 경우, 시스템이 변화에 순응할 수 있는 정도를 말한다. 여기서 영향이란 직접적(예를 들면 평균온도, 온도범위, 온도변이성 등의 변화에 대한 반응으로 인한 작물 생산량의 변화)이거나 간접적(예를 들면 해수면 상승 때문에 나타나는 연안 범람의 빈도수 증가로 인한 피해)인 것을 모두 포함한다.

적응능력이란 기후변화의 영향에 적응할 수 있는 시스템, 지역 또는 사회의 능력을 뜻한다. 적응능력의 확충은 다양하고 극단적인 이상기후 현상을 포함한 기후의 변화와 불확실성에 대항할 수 있는 실제적인 수단이다. 즉 적응능력을 키움으로써 취약성을 줄이고 지속가능한 발전을 촉진할 수 있다. 한편, 적응능력은 적응조치의 개발과 확산을 촉진 또는 억제하는 경제적, 사회적, 제도적, 기술적 조건에 따라 달라진다. 따라서 기후변화에 적응하는 능력과 기후변화의 위험에 대한 취약성에 영향을 미치는 사회, 국가 및 지역의 특성에 대해 점차 많은 관심이 모아지고 있다.

취약성을 파악하는 이유는 기후변화의 위협이 모든 지역에서 공통적으로 나타나지 않는다는 점에서 기인한다. 어떤 지역은 대홍수에 고통을 받기도 하고, 어떤 지역은 수자원 부족에 직면할 수도 있다. 또 어떤 지역은 가뭄의 빈도와 강도가 커지기도 하고, 다른 어떤 지역은 폭풍우, 눈사태 등과 같은 극한의 기상상황에 시달리기도 한다. 이러한 자연재해는 도시의 교통망을 교란시키고 경제활동에 영향을 줄 수도 있다. 따라서 취약성 평가는 취약성이 큰 부문(sector)과 지역(장소)을 중심으로 적응 전략을 세우는 것을 가능하게 한다. 즉, 기후변화의 영향에 저항하고 자

율적으로 적응하는 능력이 각각의 생태계와 인간 사회의 역량에 따라 달라지기 때문에 취약성이 각각 다르게 나타나고, 그에 맞는 적응 전략도 차이를 둘 수밖에 없다(<그림 4-1> 참조).



<그림 4-1> 기후변화의 영향, 취약성, 적응

자료: IPCC(2001).

3. 적응

적응의 정의

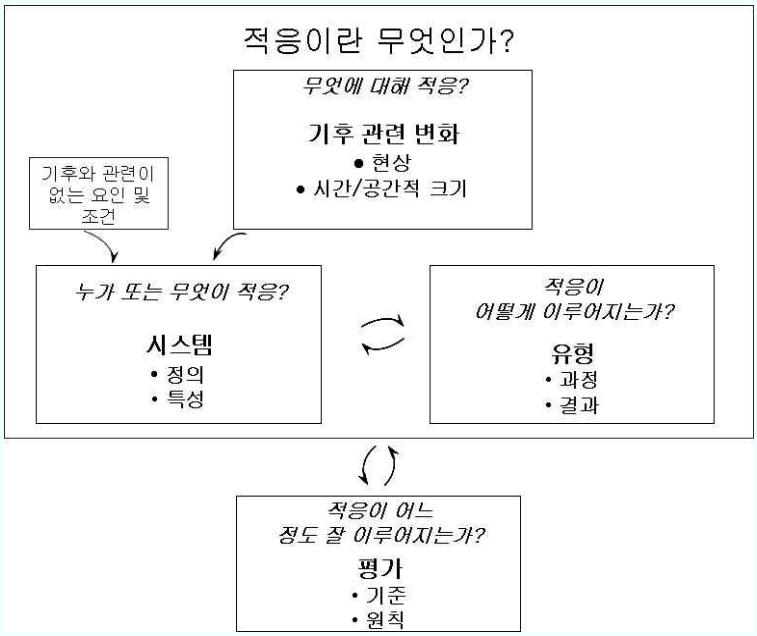
적응(adaptation)은 현재 나타나고 있거나 미래에 나타날 것으로 보이는 기후변화의 파급효과와 영향에 대해 자연·인위적 시스템이 조절을 통해 피해를 완화시키거나 더 나아가 유익한 기회로 촉진시키는 활동으로 정의할 수 있다. 즉, 적응은 발생할 가능성이 있는 피해를 줄이거나 기후변화로 인한 기회를 활용하기 위한 과정, 관행 또는 구조상의 변화를 말한다. 예를 들면 기후변화에 대한 사회와 지역의 취약성을 줄이기 위한 조정 또는 기후변화에 대한 대응 활동 등이 이에 해당한다.

적응 문제는 기후변화 이슈와 관련하여 다음과 같은 두 가지 측면에서 중요성을 갖는다. 하나는 영향과 취약성의 평가와 관련된 것이고 다른 하나는 대응 방안의 개발과 평가에 관한 것이다. 기후변화의 영향과 취약성, 그리고 기후변화의 비용 또는 위험을 정확히 추정하기 위해서는 적응이 미래에 어떠한 식으로 이루어질 것인가를 정확히 이해하는 것이 대단히 중요하다. 기후변화협약 제2조는 기후변화협약의 목적을 기후체계가 위험한 인위적 간섭을 받지 않는 수준으로 대기 중 온실가스 농도를 안정화시키는 것이며, 그러한 수준은 생태계가 자연적으로 적응하고 식량생산이 위협받지 않으며 경제발전이 지속가능한 방법으로 진행될 수 있는 것이어야 한다고 명시하고 있다. 생태계, 식량공급, 지속가능한 발전이 취약해지거나 또는 위험을 받게 되는 수준은 이들이 기후변화에 따른 자연재해에 대항하는 정도와 적응능력에 따라 달라진다. 따라서 기후변화의 위험성을 올바로 평가하기 위해서는 영향의 크기와 취약성 정도를 측정할 때 자생적

(autonomous) 적응 가능성을 고려하지 않으면 안 된다.
적응은 적응을 하는 과정과 적응이 이루어지는 조건을 둘 다 의미한다. 그러나 적응은 사용하는 분야에 따라 해석이 달라질 수 있는데, 예를 들면, 생태학에서 적응이란 생물체 또는 생물종이 자신을 둘러싼 환경에 맞추어 가는 변화를 의미하는 반면 사회과학에서 적응은 개인과 사회경제 시스템의 집합적 행위에 의한 조정의 의미로 사용이 되고 있다.

적응의 구성요소

적응은 다음과 같은 세 가지 요소로 구성이 된다. 첫째, 누가 또는 무엇이 적응을 하는가, 둘째, 어떤 기후변화의 현상에 대해 적응이 이루어지는가, 셋째, 적응 과정과 형태는 어떠한가 등이다. <그림 4-2>는 이러한 요소들을 보여주고 있다.



<그림 4-2> 적응 구성요소 및 형태

적응의 대상

기후변화의 영향 및 적응에 관한 지금까지의 연구는 대부분 실제로 일어날 가능성이 있는 몇 가지 미래의 기후변화 시나리오에 국한하여 이루어져 왔다. 예를 들면, 기온 또는 습도와 같은 연평균 조건 같은 것들이다. 그러나 적응의 대상이 되는 기후변화 관련 현상에는 연평균 조건의 변화 뿐 아니라 기후조건의 가변성(可變性) 및 이와 관련된 극단적 현상까지도 포함되어야 한다. 평균 조건의 변화는 실제로 극심한 이상 기후를 비롯한 특정 연간 조건의 특성과 발생 빈도의 변화를 통해 감지가 된다. 따라서 기후변화에 대한 적응은 반드시 가변성에 대한 적응도 포함해야만 한다. 특히 일반적인 경우와는 달리 이상 현상의 규모와 발생 빈도 변화에 취약한 시스템의 경우 가변성에 유의를 할 필요가 있다.
자연과 인간 시스템은 기후의 공간적 차이에 적응해왔으며, 기후가 연평균 값에서 벗어나는 시간적 변동에도 성공적으로 적응하기도 한다. 농업, 산림, 주거지역, 산업, 수송, 인간의 건강, 수자원관리 등 많은 사회적, 경제적 시스템은 기후가 정상적인 조건에서 다소 벗어나는 경우 이에 적응을 해 왔으나 극단적인 조건이 발생하는 경우에는 대부분 적응에 실패 해왔다. 매년 기후조

건 변화에 적응을 할 수 있는 능력은 시스템 또는 지역마다 상이하며, 시간이 지남에 따라 변화할 수도 있다. 따라서 기후변화에 대한 적응능력은 대응 가능한 일정 범위내의 기후조건 변화에 적응을 하는 능력뿐 아니라 새로운 방법 또는 기존 방법의 변화를 통해 성공적으로 대응을 할 수 있는 기후 조건의 범위를 확대시키는 능력, 즉 과거에는 적응에 실패했으나 성공을 할 수 있도록 대응 능력을 배양하는 것도 포함한다.

적응의 유형과 형태

적응은 매우 다양한 형태를 지니고 있다. 적응 유형, 즉 적응이 이루어지는 방법은 적응의 여러 가지 다양한 속성에 따라 구분이 된다. 일반적으로는 적응이 의도적으로 이루어졌는지 여부와 대응 시점 등을 기준으로 구분된다(<표 4-1> 참조). 우선 의도성을 기준으로 보면, 자생적 또는 내부적으로 자연히 일어나는(spontaneous) 적응은 기후변동의 초기 영향이 나타난 이후에 직접적인 정부기관의 개입이 없이 반사적으로 대응하여 이루어지는 적응을 의미한다. 이러한 자생적 적응에 대한 추정치는 현재 기후변화의 영향과 취약성을 평가하는 데 사용되고 있다. 이에 비해 계획된 적응은 기후변화 영향이 뚜렷하게 나타나기 이전에 그 영향을 미리 예상하고 이에 대응하여 이루어지는 적응을 뜻한다.

계획된(planned) 적응이란 조건이 변화할 것이라는 또는 변화했다는 인식, 그리고 이에 대응하여 손실을 최소화하거나 기회를 최대한 활용하기 위해서는 어떤 행동이 필요하다는 인식을 바탕으로 공공기관이 의도적으로 수행하는 정책적 의사결정의 결과로 해석이 되고 있다. 자생적 적응은 실제 또는 예상된 기후변화로 시장 또는 후생이 변화하는 데 대응하여 주로 민간부문에 의해 이루어지는 활동으로 해석이 되고 있다. 자생적 적응은 또한 계획된 적응이 “개입 전략(intervention strategies)"이라고 불리 우는 것과 달리 공공기관에 의한 개입 없이 ‘자연적’으로 발생하는 것이라는 개념도 제기되고 있다. 따라서 자생적 적응은 민간 부문에 의해, 계획된 적응은 공공 부문에 의해 이루어지는 것으로 정의가 된다.

<표 4-1> 기후변화에 대한 적응의 특성별 구분

특성	용어		
의도성 (Purposefulness)	자생적 (Autonomous)	↔	계획적 (Planned)
	자발적 (Spontaneous)	↔	목적에 의한 (Purposefulness)
	자동적 (Autonomous)	↔	의도적 (Intentional)
	자연적 (Natural)	↔	정책 (Policy)
	수동적 (Passive)	↔	능동적(Active) 전략적(Strategic)
시점 (Timing)	예상에 의한 (Anticipatory)	↔	대응적 (Responsive)
	사전 행동적 (Proactive)	↔	반응에 의한 (Reactive)
	사전적 (Ex ante)	↔	사후적 (Ex post)
시간 범위 (Temporal Scope)	단기 (Short term)	↔	장기 (Long term)
	전술적 (Tactical)	↔	전략적 (Strategic)
	순간적 (Instantaneous)	↔	누적적 (Cumulative)
공간적 범위 (Spatial Scope)	지역적 (Localized)	↔	광범위한 (Widespread)
기능/효과 (Function/Effects)	후퇴(Retreat)-조절(Accommodate)-보호(Protect) 예방(Prevent)-인내(Tolerate)-확산(Spread)-변화(Change)-복구(Restore)		
유형 (Form)	구조적(Structural)-법적(Legal)-제도적(Institutional)- 규제적(Regulatory)-금융적(Financial)-기술적(Technological)		
성과 (Performance)	비용-효과성(Cost-Effectiveness)-효율성(Efficiency)- 이행가능성(Implementability)-형평성(Equity)		

자료 : IPCC. 2001. 「Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability」. pp.884.

적응의 주체

적응과 관련한 다양한 의사결정자들을 구분하는 것도 중요한 문제이다. 아프리카 농업 및 수자원의 경우, 적응 이해당사자와 잠재적 적응 주체는 기후변화로 인해 피해를 받기 쉬운 소비자에서부터 재난 지원과 조사를 담당하는 국제기구까지 다양하다. 가난하고 토지가 없는 가계는 재산이 없어 적응을 할 수가 없기 때문에 심각한 질병, 사망 등의 문제에 직면할 수밖에 없다. 물 공급 적응에 관한 문제에 있어서는 토지소유자, 민간부문 상업종사자, 지방 정부당국, 물과 관련한 비즈니스, 중앙정부, 그리고 국제기구 등이 연관되어 있다. 각 관련자들은 이해관계, 정보, 위험, 재원 등이 각기 상이하고, 따라서 필요하다고 생각하는 적응 대응 조치의 유형도 각각 다를 수밖에 없다.

적응의 주체는 "system of interest", "unit of analysis", "exposure unit", "activity of interest" 또는 "sensitive system"이라 할 수 있다. 적응은 관리되지 않는 자연시스템 내에서는 자생적이고 반응적으로 이루어지며, 생물 종 및 사회의 조건변화에 대한 대응 수단이다. 인간 시스템에서 적응은 사적 이익을 위한 것일 수도 있고 공적 이익을 위한 것일 수도 있다. 민간 부문은 개인, 가계, 기업 등이, 공공부문은 정부가 적응에 관한 의사결정의 주체가 된다. 인간 시스템 내에서 민간부문과 공공부문이 수행하는 적응의 역할은 분명하지만 서로 연결이 되어 있지는 않다. 시점, 자연 또는 인간 시스템, 공공 또는 민간 의사결정자 등 적응의 주체로 구분된 적응 유형의 차이는 <표 4-2>와 같다.

<표 4-2> 기후변화에 대한 부문별 적응 유형

		예비적 조치	반응
자연 시스템		-	- 경작 시즌 기간의 변화 - 생태계 구성의 변화 - 습지 이동
경제 (인간) 시스템	민간	- 보험 증가 - 가옥 및 정주구조 변화 - 오일 채굴 방식 변화	- 농업 양식 변화 - 보험요율의 변화 - 냉방 및 공기정화기 구매
	공공	- 조기경보체제 구성 - 새로운 건물 설계 및 건축방식 도입 - 재정착에 대한 유인제도 시행	- 보상금 및 보조금 지급 - 건물 코드 강화 - 해안 양식 증대

자료: Jan Corfee-Morlot, Martin Berg and Georg Caspary. 2003."Exploring Linkages between Natural Resource Management and Climate Adaptation Strategies," OECD Working Party on Global and Structural Policies on Development Co-operation and Environment.

기후변화와 적응

위에서 언급한대로 기후변화는 실제로 나타나고 있는 현상이다. 그 결과 수자원, 농업 생산, 연안지역, 에너지 공급, 인간 정주지의 문제, 보건 부문 등과 같은 다양한 부문에서 전 세계적으로 위협을 받고 있다. 하지만 기후변화에 의한 위협은 세계의 모든 지역에서 똑같이 나타나는 것은

아니다. 어떤 지역은 문자 그대로 대홍수에 고통을 받기도 하고, 어떤 지역은 수자원 부족에 직면할 수도 있다. 또 어떤 나라들에서는 홍수의 빈도와 강도가 커지고, 연안지역은 완전히 물에 잠기기도 한다. 하지만 다른 어떤 지역은 이미 건조하게 되어 가뭄의 빈도와 강도가 커지기도 한다. 폭풍우, 진흙사태, 눈사태 등과 같은 기타 극단적인 기상현상에 고통을 받는 국가들도 있다. 따라서 모든 도시들과 교통망과 경제적인 부분이 위험에 처하게 된다.

최근 기후변화의 영향과 관련된 것으로 보이는 징후들이 극명하게 드러나고 있음에도 현재로서는 이러한 적응 진행 과정을 어떻게 관리해야 할지에 대한 경험이 사실상 존재하지 않는다. 또한 누가, 언제 영향을 받는지를 예측하는 체계적인 위험 평가 방법도 없다. 하지만 확실한 것은 기후변화의 영향이 적응능력이 가장 떨어지는 사람들에게 더욱 극명하게 나타날 것이라는 것이다. 왜냐하면 빈곤 국가는 물론 심지어 선진국의 빈곤층들도 재정적인 능력과 기술적 능력이 부족하기 때문이다. 이러한 이유로 개발도상국들은 기후변화에 책임을 가지고 있는 산업화된 국가들에게 적응 조치를 계획하고 시행하기 위한 강화된 지원을 요구하고 있는 것이다. 마찬가지로 선진국 내부에서도 적응능력이 낮은 사람들은 기후변화 영향의 피해에 '민감하게' 반응할 수 있다. 이러한 점에서 우리나라의 경우에도 특히나 기후변화 영향에 취약한 지역과 집단 등을 찾아내어 적응대책을 마련하는 것은 중요하다. 이는 사회적 통합과 형평성, 그리고 지속가능발전을 위해 필수적인 요소일 것이다. 즉 국가적 지속가능발전을 고려하여 적응전략을 마련하는 노력이 필요하다. 따라서 기후변화의 악영향을 완화하기 위한 정책은 기후변화 영향과 취약성에 대한 계획된 적응을 의미한다.