



서울대학교
SEOUL NATIONAL UNIVERSITY

기후변화에 따른 피해 비용의 경제학적 산정방법 및 사례연구

서울대학교 농경제사회학부 김관수

- I 기후변화 피해 계측의 경제학적 의미
- II 적응 정책의 경제학적 평가방법 (비용편익비)
- III 피해 비용의 경제학적 평가방법 (평균-분산 효과)
- IV 적응 정책의 부문별 평가사례
- V. 결론 및 제언

I 기후변화 피해 계측의 경제학적 의미

1. 기후 피해 계측의 경제학적 중요성

기후변화는 경제와 국가경쟁력 제고 차원에서 매우 중요

- 최근, 기후변화 위기 대응에 대한 논의가 국제사회의 핵심 이슈로 제기되고 있음. 기후변화가 특정지역에 국한되지 않고 각종 질병, 생태계 파괴, 물부족, 자연재해 등 사회 전반적으로 많은 영향을 미치기 때문에 국가의 지속적인 발전에 심각한 문제를 일으킬 수 있는 요인으로 작용하고 있음(채여라·조현주 2013).
- 또한, 각국의 기후변화 대응 노력에 따라 새로운 기술 및 산업이 창출되고 있어 향후 이를 선점하기 위한 국가 간 경쟁이 더욱 치열해 질 것으로 예상됨(한국은행, 2009).
- 따라서, 기후변화는 환경적 측면뿐만 아니라 국가경쟁력과도 밀접한 연관을 가지는 경제적 측면에서도 매우 중요함(환경부, 2002).

1. 기후변화 피해 계측의 경제학적 의미

피해비용 계측 및 정책 평가에 대한 국내 연구는 아직 초기 단계

- 한편, 기후변화는 장기간에 걸쳐 발생하고 미래 예측도 어렵기 때문에 우선순위가 높은 가장 시급한 기후변화 적응 정책부터 실행되어야 할 필요가 있음(채여라·조현주 2013).
- 이를 위해 기후변화로 인한 피해 수준이나 수립된 적응 정책의 상태를 계측·평가하는 하는 것이 매우 중요한 과제임(Massey and Bergsma, 2008). 그러나 효율적인 적응 정책 수립 및 시행을 위한 피해비용 계측 및 정책 평가지표와 방법론 등에 대한 국내 연구는 아직 초기 단계임.
 - 기후변화 적응 정책의 효과는 장시간에 걸쳐 광범위하게 나타나기 때문에 기후변화가 급격히 진행되고 있는 상황에서 개별 정책의 효과를 정량적으로 평가하기에는 많은 어려움이 따름.

1. 기후변화 피해 계측의 경제학적 의미

합리적인 정책 수립을 위해 피해 비용에 대한 경제학적 이해 필요

- 합리적이고 시의적절한 기후 대응 정책 수립을 위해서는 기후변화로 인한 피해 비용 산정과 적응 정책의 효과에 대한 경제학적 이해가 필수적임. 기후변화로 인한 피해가 명확히 규정되는 경우 이를 예방하는 적응 정책의 효과성에 대한 정량적 평가가 가능함.
- 예컨대, 각 지자체에서 여름철 강수량 증가로 인한 산사태 위험을 방지하기 위한 적응 정책을 마련한 경우, 체계 도입을 통해 방지된 산사태 위험을 경제적 편익으로 계측할 수 있음.
- 이에 본 고에서는 기후변화의 피해 비용 산정에 대한 방법론에 대해 논의하고, 이를 국내 적응정책 평가에 적용한 사례를 상세히 다루어 보고자 함.

II 적응 정책의 경제학적 평가방법 : 비용편익비 (B-C Ratio)

2.1 적응 정책의 경제학적 평가방법:비용편익비

비용편익분석을 활용한 기후변화 적응 정책의 경제성 평가

- 기후변화 적응 정책의 경제적 타당성을 평가하는 방법으로는 정성적 기법인 다기준분석(Multi-criteria analysis)과 정량적 기법인 비용편익분석(Benefit-Cost Analysis, BCA), 산업 연관효과 분석 등이 존재하는데, 특히 정량적 경제성 평가에는 비용편익분석이 가장 널리 쓰이고 있음.
- 본 연구에서는 기후변화로 인한 적응 정책 도입의 경제성 평가를 위한 비용편익분석 방법을 소개하고자 하며, 적응 정책과 직접적으로 연관된 비용과 편익 항목을 추정·산출함.
 - 피해 비용은 적응 정책별 정책 효과를 반영할 수 있는 정책 변수를 설명변수로 포함한 피해함수 추정을 통해 산출할 수 있으며, 피해함수 추정을 통해 편익을 계측하는 경우 RCPL나 SRES 등 기후변화 시나리오를 반영할 수 있다는 장점이 있음.

2.1 적응 정책의 경제학적 평가방법:비용편익비

기후변화의 경제적 비용은 '피해비용'과 '위험 저감비용'으로 구분

- 먼저, 기후변화의 경제적 비용은 피해비용(편익, benefit)과 위험 저감비용(비용, cost)으로 구분되며, 아래 표에는 재난재해로 인한 경제적 비용의 유형이 예시로 정리되어 있음.

| 구분 | | 측정대상 | |
|----------------|------------------------------------|---|---|
| | | 유형(tangible) | 무형(intangible) / 비시장(non-market) |
| 피해 비용 | 직접 (direct) | - 자산의 물리적 피해 | - 환경재의 직접적 손실 |
| | 기업휴지 (business interruption) | - 생산시설 파괴 - 근로자 상해로 인한 생산 활동 중단 | - 환경재 손실로 인한 생태계서비스 공급중단 |
| | 간접 (indirect) | - 재해피해를 입은 회사의 산출물을 구매하는 소비자가 입는 피해 - 재해피해를 입은 회사에 투입물을 납품하는 회사가 입는 피해 | - 이재민의 보건 취약성 확대 - 자연재해 복구로 인해 발생하는 불편 |
| 위험 저감 비용 | 직접 (direct) | - 위험저감 목적 사회기반시설 구축비용 - 위험저감 목적 기존 사회기반시설 유지 및 보수비용 | - 위험저감 시설 구축으로 인한 환경피해 |
| | 간접 (indirect) | - 위험저감 시설 구축으로 타 산업부문에서 발생하는 2차 피해 | |

자료: 이동근 외(2021)

2.1 적응 정책의 경제학적 평가방법:비용편익비

비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis) - 1

- 기후변화 적응 정책의 경제성 평가는 개별 정책에 대한 평가보다는 시행 가능한 모든 적응 정책 대안들의 경제성을 비교하고, 이를 바탕으로 기후변화 피해를 효과적으로 저감할 수 있는 정책 우선순위 결정에 도움.
- 즉, 추정된 비용 및 편익 자체에 대한 해석보다도 적응 정책 간 비용편익비(B-C ratio, BCR)를 비교해 볼 필요가 있으며, 상대적으로 경제적 타당성이 높은 정책을 선별하거나 정책 우선순위를 선정할 수 있음.

2.1 적응 정책의 경제학적 평가방법:비용편익비

비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis) - 2

- BCR은 개별 대안 정책별 편익을 비용으로 나눈 값으로 비교대상 가운데 그 값이 가장 큰 적응 정책을 우선적으로 선택할 수 있음:

$$BCR_{i,j} = \frac{\sum_{y=1}^{30} \left(\frac{policy_{i,j,y}^{benefit}}{(1+r)^y} \right)}{\sum_{y=1}^{30} \left(\frac{policy_{i,j,y}^{cost}}{(1+r)^y} \right)} \quad \text{식 (1)}$$

- $policy_{i,j,y}^{benefit}$ 는 y 연도(=1, ..., 10)에서의 i 시군구, j 적응 정책의 편익의 합계, $policy_{i,j,y}^{cost}$ 는 y 연도에서의 i 시군구, j 적응 정책의 예산, r 은 할인율(4.5%), BCR_j 는 j 적응 정책의 비용 대비 편익의 비율임.
- 이 때, 편익이 1년 이상 지속되는 적응 정책의 경우 매년 사업이 새로 시작된다는 가정 하에 할인율을 적용함. 할인율의 차이에 따른 민감도 분석을 위해 할인율은 각각 3.48% (low), 4.5% (reference), 5.43% (high) 등을 사용하였고, 기준(reference) 값은 예비타당성 조사를 위한 사회적 할인율인 4.5%임. 또한, 편익-비용의 지속 기간은 각 정책(사업)의 특성(예, 내구연한)에 따라 상이함.

2.1 적응 정책의 경제학적 평가방법:비용편익비

비용-편익분석(Cost-Benefit Analysis) - 3

- 적응 정책의 선정은 전문가 설문을 바탕으로 한 정성적 평가를 통해서도 가능하나, 이는 주관적인 의견이 반영되거나 지자체별 차이점을 명확히 보여주기 어렵다는 한계가 있음.
- 따라서 **B-C ratio**를 토대로 한 경제성 평가 결과는 정량적인 측면에서 객관적인 의사결정의 **참고자료로 활용될 수 있고**, 기후나 사회경제적 특성이 다른 지역에서 시행되는 개별 적응 정책간 비교가 가능하다는 장점이 있음.

2.2 적응 정책의 피해 비용(편익) 산출

피해 함수 추정을 통한 '편익' 산출 - 1

- 먼저, 기후변화 적응 정책의 피해비용(편익) 산출은 **정책 투입에 따른 피해액 감소분으로 도출**할 수 있으며, 이를 위해 **피해함수를 추정**하는 방법을 제안함.
- 피해함수의 설명변수는 위험(hazard), 민감도(sensitivity), 적응능력(capacity) 등으로 구분되며, 편익은 설명 변수가 기후변화 피해(손실)액에 미치는 영향을 분석하여 도출됨.

| 구분 | 변수 설명 | 자료 예시 | |
|------|------------------|-----------------------------|---------------------|
| 종속변수 | 기후변화로 인한 피해(손실)액 | 홍수 피해액, 질환 치료비용 | |
| 설명변수 | ① 위험 | 기후변화에 영향을 받는 기상-기후변수 | 평균 기온, 강수량 |
| | ② 민감도 | 피해 수준에 영향을 주는 국가 또는 지자체별 특성 | 국가 또는 지자체별 취약계층 인구수 |
| | ③ 적응 | 국가 또는 지자체별 적응정책 시행 수준 | 의료인력 인원, 불투수면 면적 |

자료: 이동근 외(2021)

2.2 적응 정책의 피해 비용(편익) 산출

피해 함수 추정을 통한 '편익' 산출 - 2

- **위험(hazard) 변수**는 기후변화로 인해 영향을 받는 기상변수이며, 예컨대 폭염일수, 홍수 발생 일수 등 기상청의 종관기상관측소 실측값을 수집·가공하여 분석 자료로 활용함.
- 다음으로, **민감도(sensitivity) 변수**는 지자체별 사회경제적 수준이나 이외의 기후변화에 대한 취약성의 차이 등 지역 간 이질성을 반영하기 위한 변수임.
- 마지막으로, **적응(capacity) 변수**는 적응 정책의 시행 정도에 따라 상이한 지자체별 적응 수준을 반영하는 정책 변수를 의미하며, 각 정책 변수가 피해액에 미치는 한계 효과를 계측하는데 의의를 가짐.

2.2 적응 정책의 피해 비용(편익) 산출

피해 함수 추정을 통한 '편익' 산출 - 3

- 피해함수를 통해 편익을 계측하는 경우, 기후변화 시나리오(예, RCP, SSP 등)를 반영할 수 있다는 장점이 있음.
 - 이는 현재 시점(예, 2000~2022년)을 기준으로 도출한 적응 정책별 비용-편익에 기후변화 시나리오를 반영하여 미래시점(예, 2023~2030년)의 비용편익을 도출하는 것을 의미함.
 - 현재 및 미래시점의 분석 결과를 바탕으로 단기 적응정책 우선순위 선정에 위한 경제적 기준을 제시할 수 있음.
- 피해함수에 기후변화 시나리오를 활용하는 경우, 기상학적인 측면에서의 지역적 이질성을 반영하여 보다 현실성 있는 경제성 평가 결과를 도출할 수 있음.

2.3 적응 정책의 위험 저감 비용(비용) 산출

사업 예산을 토대로 한 '비용' 산출

- 기후변화 적응 정책의 저감비용은 각 정책 시행을 위해 투입된 정책별 예산(단위당 비용)이나 사업비용을 토대로 산정됨.
- 지자체별 유사 정책 예산자료를 우선적으로 사용하고, 만약 자료 수집이 어려운 경우에는 관련 선행연구에서 사용한 산출 방법을 참고하여 저감비용을 계량화하는 방안을 고려할 수 있음.
- 이를 바탕으로 적응 정책 도입 정도(예, 기후변화 적응 및 완화 설비 설치 또는 제거 면적)와 특성을 반영하는 가장 합리적인 저감비용을 산출하게 됨.

Ⅲ 피해 비용의 경제학적 평가방법

: 평균-분산 효과

3.1 피해 비용의 경제학적 평가방법: 평균-분산효과

기후변화 불확실성의 정량화

- 앞 장에서는 기후변화 적응 정책 시행에 따라 창출될 것으로 기대되는 연도별 편익을 추정하고, 이를 통하여 B-C ratio를 도출하는 방법에 대해 논의하였음.
- 그러나, 일반적인 **B-C ratio**는 **평균 수준에서의 분석결과**로서 기후변화 불확실성(예, 기후변화에 따른 가뭄 및 홍수 발생 위험의 증대) 등 **위험 효과를 명시적으로 고려하기 어렵다**는 한계점을 가짐.
- 본 장에서는 적응 정책의 위험 프리미엄을 추정하여 기후변화 불확실성의 경제적 가치를 정량화하는 방법을 소개하고자 함.

3.1 피해 비용의 경제학적 평가방법: 평균-분산효과

STEP 1. 적응정책별 편익의 분포 추정: MBME 추정방식

- 먼저, Wu and Wang(2011)의 최대 엔트로피 확률밀도 추정방식(Moment-Based Maximum Entropy, MBME)을 활용하여 적응 정책별 예상 편익의 분포를 추정하였음.

$$H(f) = - \int f(y) \ln f(y) dy \quad \text{식 (2)}$$

- 이 때, H 는 엔트로피 함수, y 는 연속확률변수, f 는 확률변수의 밀도함수를 나타냄.

$$f = \operatorname{argmax}_f H(f) \quad \text{식 (3)}$$

$$\int f(y) dy = 1, \int y^j f(y) dy = \mu_j, j(= \text{적률}) = 1, 2, 3, \dots, J \quad \text{식 (4)}$$

- 위 식에서 확률밀도 추정방식은 적률 제약조건을 만족시키는 밀도함수 중 엔트로피 함수(H)를 극대화시키는 밀도함수를 찾는 것을 의미함(김용준, 2018).

3.1 피해 비용의 경제학적 평가방법: 평균-분산효과

STEP 2. 분산 피해비용(위험 프리미엄) 추정

- 다음으로, 위의 MBME 방식을 통해 추정된 적응 정책별 편익 분포를 활용하여 위험 프리미엄을 추정할 수 있음(Chavas and Shi, 2015).
- 일반적으로 확률자산을 X 라고 할 때, 기대효용가설(expected utility hypothesis, EUH) 하에서 개인의 위험선호(risk preference)는 폰노이만 효용함수의 기댓값으로 대표될 수 있으며, 개인별 위험회피정도는 아래와 같은 위험 프리미엄을 통해 식별됨.

$$EU(X) = U(\bar{X} - R) \quad \text{식 (5)}$$

- 여기서 위험 프리미엄 R 은 확률자산(X)을 평균값(\bar{X})으로 변경하기 위한 개인의 지불용의 금액이고, 이 때 기대효용과 동일한 수준의 효용을 보장하는 금액을 확실성등가(certainty equivalent, CE)라고 함. 위험 프리미엄은 확률자산의 기댓값(\bar{X})에서 확실성 등가를 차감한 값임.

3.1 피해 비용의 경제학적 평가방법: 평균-분산효과

STEP 2. 분산 피해비용(위험 프리미엄) 추정

- 또한, 상대적 위험프리미엄(\bar{R})은 확률자산(X)과 $(1 - \bar{R})\bar{X}$ 를 무차별하게 만들어주는 비중을 의미하며, 아래와 같이 정의될 수 있음.

$$EU(X) = U(1 - \bar{R})\bar{X} \quad \text{식 (6)}$$

- 상대적 위험프리미엄을 활용하면 측정 단위로부터 자유로운 지표를 얻을 수 있다는 장점을 가짐.

3.1 피해 비용의 경제학적 평가방법: 평균-분산효과

STEP 2. 분산 피해비용(위험 프리미엄) 추정

- 절대적 위험프리미엄(R)은 상대적 위험프리미엄(\bar{R})에 확률자산의 기댓값(\bar{X})을 곱하여 도출할 수 있으며, 테일러 근사법을 통해 평균 주위에서의 국소적인 위험프리미엄이 도출됨.

$$\bar{R} = \frac{R}{\bar{X}} \approx -\frac{1}{2} \frac{U''}{U'} \cdot \bar{X} \cdot Var(\bar{\alpha}), \text{ where } \bar{\alpha} = \frac{X}{\bar{X}} \quad \text{식 (7)}$$

- 이 때, 상대적 위험기피정도가 전체 부(wealth)의 수준과 무관하게 일정한 일정상대위험회피(constant relative risk aversion, CRRA)를 가정하면, 상대적 위험회피계수(relative risk aversion coefficient)는 상수 γ 로 일정함. 따라서, 상대적 위험프리미엄은 $\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot var(\bar{\alpha})$ 와 같이 계산됨.
- 종합하면, 기후변화로 극단적인 이상 기후(예, 고온 및 대기오염물질 증가 등)의 빈도가 증가하는 경우, 평균적인 피해비용 이외에도 위험프리미엄 증가로 계측되는 분산 피해비용이 추가로 발생하게 됨(김호 외, 2017).

IV 적응 정책의 부문별 평가 사례

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 피해 비용에 대한 경제학적 분석

- 본 장에서는 물관리(홍수) 부문의 기후변화 적응 정책 및 피해비용에 대한 경제학적 평가 분석 사례를 소개함.
- 향후 지구 온난화가 가속화됨에 따라 강수량의 변동성이 더욱 증가할 것으로 예상되며, 이에 따라 재현기간(return period)을 기준으로 극한 홍수 발생의 가능성도 높아짐(이동근 외, 2021).
- 특히, 경제발전 수준이 높은 지역에 홍수가 발생하는 경우에 경제적 피해가 상대적으로 클 것으로 예상되며, 이를 대응할 수 있는 **하드웨어 위주의 시설투자가 필요함**.

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 피해 비용에 대한 경제학적 분석

- 홍수 관련 적응 정책 가운데 (1) 하천 홍수방재 시설물 확충, (2) 도시 홍수방재 시설물 확충, (3) 우수유출저감 시설 확충 등 3개 정책이 하드웨어 시설 투자(시설물 보강)을 통해 홍수에 대비하는 적응 정책에 해당함.
 - 홍수 발생량이 하천의 계획홍수량 보다 높을 경우 주변 지역이 침수되면서 피해가 발생함. 위 3개 적응 정책은 하천주변의 제방을 높이거나 보수하여 홍수 피해를 예방하는 형태이며, 즉 예상되는 홍수 재현기간에 맞게 설계홍수량 수준을 높이는 방식임.
- 따라서, 시설물 보강을 통해 홍수피해를 저감할 수 있으며, 즉 홍수 발생에 따른 인명, 건물, 재산상의 피해를 예방하는 편익을 의미함.

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 피해 비용(편익) 산출

- 먼저, RCP 기후변화 시나리오의 시뮬레이션 설정이 필요함. 기준시점(2001-2010년)에서의 지역(시군구)별·월별 평균 강수량 대비 RCP 기후변화 시나리오에서의 시군구별 월별 평균 강수량의 비중으로 홍수 발생 정도를 추정함.
 - 이 때, 지역별·월별 가뭄 및 홍수의 발생 정도는 용수량 단위(m^3)로 산정하였음.

$$Flood_{i,t} = design_i \times ratio_{i,t}^f \quad \text{식 (8)}$$

- 여기서, i 는 시군구 230개, t 는 2011년부터 2040년 동안의 월별 시점, $Flood_{i,t}$ 는 지역별·시점(월)별 홍수 발생 정도(m^3), $design_i$ 는 시군구별 주요 하천의 계획홍수량(m^3), $ratio_{i,t}^f$ 는 홍수기의 기준 시점 평균 강수량 대비 시나리오 구간에서의 평균 강수량 비중(ratio)임.

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 피해 비용(편익, benefit) 산출

- 앞선 식(8)을 통해 홍수 발생정도(m^3)를 기준으로 적응 정책별 홍수 피해 저감 편익을 다음과 같이 산정할 수 있음.

$$policy_{i,j,t}^f = Flood_{i,t} \times budget_j \times \{benefit_j\} \quad \text{식 (9)}$$

- 여기서, i 는 시군구 230개, j 는 적응 정책, t 는 2011년부터 2040년 동안의 월별 시점, $policy_{i,j,t}^f$ 는 t 시점 홍수기의 i 시군구, j 적응 정책의 편익가치(원), $Flood_{i,t}$ 는 지역별·시점(월)별 홍수 발생 정도(m^3), $budget_j$ 는 적응 정책 예산 비중, $\{benefit_j\}$ 는 적응 정책이 홍수 피해 저감에 대해 가지는 단위당 경제적 가치(원/ m^3)임.
- 본 연구에서는 홍수 발생과 관련된 개별 적응 정책의 경제적 편익 수준을 월(monthly) 단위로 도출하였으며, 비용편익 분석 수행을 위해 월 단위로 계측된 편익을 연(yearly) 단위로 합산함.

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 위험 저감 비용(비용, cost) 산출

- 저감 비용의 경우, 국가기후변화적응센터(<http://climateadapt.kei.re.kr>)에서 제시한 2009 - 2017년 광역지자체 기후변화 적응 세부시행계획의 사업별 예산을 활용하였음.
- 홍수 피해 저감의 모수 값으로는 직접 추정 대신 한국개발연구원(2003)이 제시한 2,983.72 m^3 을 사용하였음.

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 적응 정책 시행에 따른 BCR 도출 결과

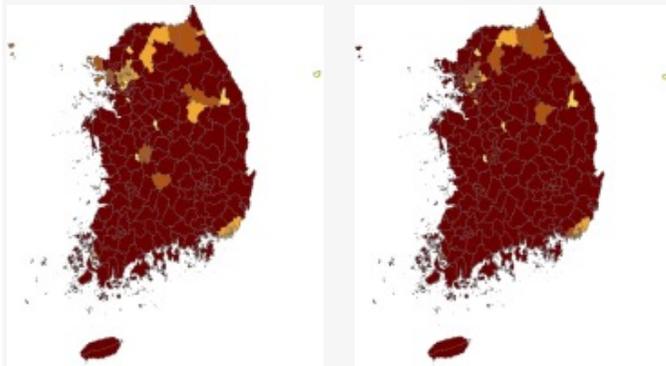
- 다음으로, RCP 기후변화 시나리오별 30년(2011~2040년) 동안의 개별 적응 정책 수행에 따른 BCR 도출 결과를 제시하고자 함.
- 시군구별 BCR 값의 색깔이 연할수록 비용 대비 편익이 낮다는 것을 의미하며, B-C ratio의 수준은 ① 0~1, ② 1~2, ③ 2~3, ④ 3~4, ⑤ 4 이상 등 5단계로 구분하였음. 색깔이 가장 진한 영역의 경우 B-C ratio가 4 이상으로 경제성이 매우 높은 지역임.
- 적응 정책별 BCR은 상이 하였으나 기후변화 시나리오에 따라서는 큰 차이를 보이지는 않았고, 이를 통해 분석결과의 강건성(robustness)을 확인하였음.

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 적응 정책 시행에 따른 BCR 도출 결과

- 홍수 관련 적응 정책 중에서 하천 홍수방재 시설물 확충, 우수유출저감 시설 확충의 비용편익비가 상대적으로 높게 나타남. 기준 시점(2001~2010년) 대비 시나리오 시점(2011~2040년)에서의 강수량 변동폭이 크거나 적응 정책의 적용범위가 넓어 적응 정책 수행에 따른 편익이 많은 경우 BCR 값이 크게 나타날 수 있음.

(1) 하천 홍수방재 시설물 확충



RCP 4.5

RCP 8.5

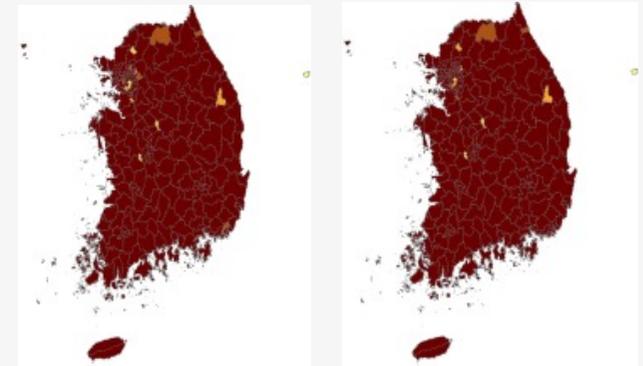
(2) 도시 홍수방재 시설물 확충



RCP 4.5

RCP 8.5

(3) 우수유출저감 시설 확충



RCP 4.5

RCP 8.5

* 지면 분량상 RCP 4.5와 8.5 결과만 수록함.

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

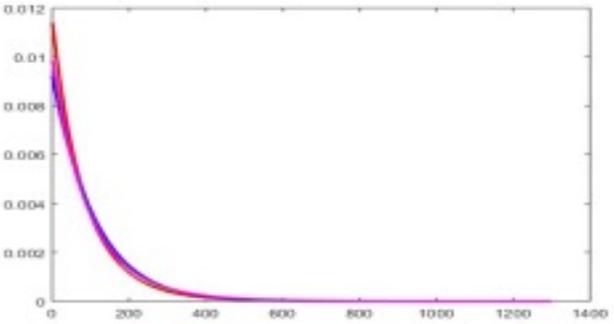
홍수 적응 정책 시행에 따른 위험 프리미엄 도출 결과

- 적응 정책별 평균 편익 대비 위험 프리미엄의 비율은 60% 이상으로 전반적으로 극단적인 홍수 발생에 따른 위험 수준이 높게 추정되었음.
- 따라서 가뭄의 심각성 정도(10%, 20%, 30%)에 따른 민감도 분석이 필요할 수 있음. 단순히 기준 시점(2001-2010) 평균 강수량 대비 시나리오에서의 강수량 감소율을 통해 가뭄을 정의함에 따라 가뭄의 변동성 과대 추정 우려가 있음.

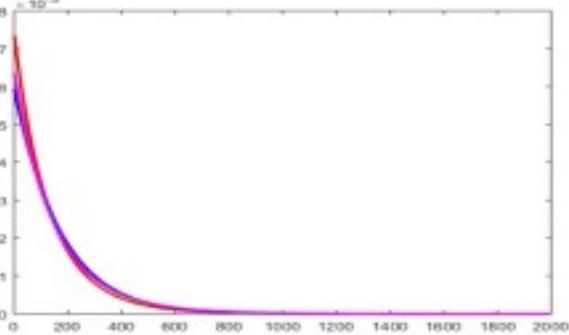
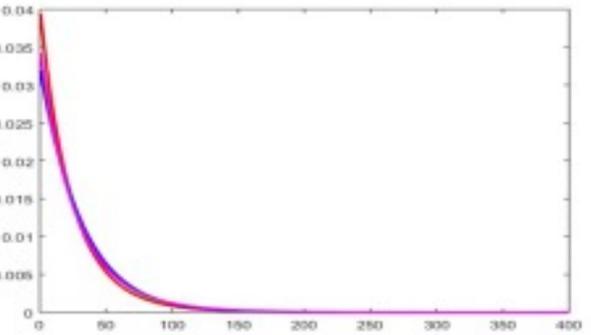
4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

홍수 적응 정책 시행에 따른 위험 프리미엄 도출 결과

- 분석 결과, BCR 값이 상대적으로 높은 적응 정책의 위험 프리미엄 크기가 상대적으로 높게 추정되는 등 비용편익 분석과 상반된 결과가 도출되었으며, 이는 적응 정책의 우선순위 의사결정 시에 기후변화 불확실성 효과에 대한 고려가 필요함을 시사함.

| (1) 하천 홍수방재 시설물 확충 | 시나리오 | 위험프리미엄(백만원) | 평균 대비 위험 프리미엄 백분율(%) |
|--|---------|-------------|----------------------|
|  | RCP 4.5 | 7,656 | 83.68 |
| | RCP 8.5 | 9,106 | 84.37 |

4.1. 물관리 부문의 적응 정책 평가 사례

| (2) 도시 홍수방재 시설물 확충 | 시나리오 | 위험프리미엄(백만원) | 평균 대비 위험 프리미엄 백분율(%) |
|--|---------|-------------|----------------------|
|  | RCP 4.5 | 12,096 | 84.84 |
| | RCP 8.5 | 14,373 | 85.46 |
| (3) 우수유출저감 시설 확충 | 시나리오 | 위험프리미엄(백만원) | 평균 대비 위험 프리미엄 백분율(%) |
|  | RCP 4.5 | 2,066 | 79.20 |
| | RCP 8.5 | 2,468 | 80.19 |

V 결론 및 제언

5.1 결론 및 제언

기후변화 적응 정책 및 피해 비용의 경제학적 평가 시도

- 본 연구에서는 기후변화의 적응 정책 경제학적 평가 방법과 기후변화 피해 비용 산정에 대한 방법론에 대해 논의하고, 이를 물관리 부문의 적응 정책(홍수) 경제성 평가에 적용한 연구 사례를 소개하였음.
- 합리적이고 시의적절한 적응 정책 수립을 위해서는 기후변화로 인한 피해 비용 산정과 적응 정책의 효과에 대한 경제학적 이해가 필수적인데, 기후변화로 인한 피해가 명확히 규정되는 경우 이를 예방하는 적응 정책의 효과성에 대한 정량적 평가를 시도할 수 있음.
 - 다만, 기후변화 적응 정책의 효과는 장시간에 걸쳐 광범위하게 나타나므로 기후변화가 진행 중인 현 시점에서 정책을 정량적으로 평가하기에는 많은 어려움이 따른다는 한계점이 존재함.

5.1 결론 및 제언

비용편익비를 활용한 적응 정책의 경제학적 평가 방법 제시

- 기후변화 적응 정책의 경제성평가는 비용-편익 분석 방법을 활용하였으며, 이를 위해 적응 정책과 직접적으로 연관된 비용과 편익 항목을 직접 추정 또는 산출함.
- 피해 비용 산출은 적응 정책별 효과를 반영할 수 있는 적응정책 변수를 구축하여 피해함수를 추정하는 방안을 제시하였고, 이를 토대로 정책 투입에 따른 피해액 감소분(편익)을 도출할 수 있었음.
- 또한, 도출된 비용-편익을 토대로 각 적응 정책별 비용편익비(B-C ratio)를 산출할 수 있으며, 적응 정책별로 비용편익비를 비교하여 “상대적으로 경제적 타당성이 높은” 정책을 선별하거나 우선순위를 선정하는데 도움을 줄 수 있음.

5.1 결론 및 제언

기후변화 피해 비용 산정 시 평균-분산 효과를 동시 고려 필요

- 기후변화의 효과는 평균적인 피해 비용을 증대시킬 뿐만 아니라 불확실성에 따른 위험 프리미엄도 증가시키며, 위험 회피적인 성향을 가정할 때 기후변화에 따른 변동성 증대는 불확실성에 대한 (경제적) 위험 비용을 상승시킬 것임.
- 일반적인 비용편익비는 평균 수준에서의 피해비용 분석 방법으로서 기후변화 불확실성(예, 기후변화에 따른 가뭄 및 홍수 발생위험의 증대) 등 위험 효과를 명시적으로 고려하기 어렵다는 한계점을 가지고 있음.

5.1 결론 및 제언

기후변화 피해 비용 산정 시 평균-분산 효과를 동시 고려 필요

- 본 고에서는 일반적인 기후변화 피해비용의 계측(평균 효과)뿐만 아니라 적응 정책의 위험 프리미엄을 추정하여 기후변화 불확실성의 경제적 가치(분산 효과)를 정량화하는 방법을 제시하였음.
 - 구체적으로, MBME 모형을 활용하여 개별 이행과제의 편익 분포를 추정하고, 분포의 형태로부터 위험 프리미엄을 계측하였음. 기후변화 불확실성의 효과를 고려할 경우 다각도에서 적응 정책 우선순위 지원이 가능하다는 장점을 가짐.
 - 향후, 보다 다양한 방법론을 활용하여 평균과 분산을 함께 고려하였을 때 기후변화 적응 정책 시행에 따른 불확실성 변화(예, 리스크 감소 효과)를 측정하고, 분석 결과를 비교해 볼 필요가 있다고 생각됨.

5.1 결론 및 제언

기후변화 피해 비용 산정 시 평균-분산 효과를 동시 고려 필요

- 특히, 분산 비용의 경우 분위수 접근법(quantile approach)을 통해 분포의 꼬리 부분에 해당하는 기후변화의 극단 리스크를 면밀히 분석하는 것이 필요하며, 이를 위해 확률 변수의 분포를 실증적으로 추정하는 것이 중요함.
 - Kim et al.(2014)은 위험 프리미엄(cost of risk)의 80% 이상이 분포의 극단에서 나타난다고 밝힌 바 있으며, 이는 기후변화의 위험 관리는 확률변수의 분포를 기준으로 이루어져야 한다는 것을 의미함. 따라서, 기후변화의 피해비용 추정에 있어 평균 비용과 더불어 분산 비용의 고려가 필요함 (i.e., beyond mean effects).
- 평균 및 분산 효과를 함께 고려함으로써 기후변화 적응 정책의 우선순위 결정이 보다 효율적으로 이루어질 수 있을 것으로 기대함.

감사합니다