기술 첨부 자료

기후 변화와 관련된 위험과 기회 정보 공개에 대한 시나리오 분석의 사용

TCFD | TASK FORCE ON CLIMATE-RELATED FINANCIAL DISCLOSURES

2017년 6월

목차

A 도입1

B 시나리오 분석 2

1. 왜 시나리오 분석이 유용합니까? 2
2. 시나리오란 무엇입니까? 2
3. 조직에서는 어떻게 기후 변화 관련 시나리오 분석을 사용할 수 있습니까? 3

C 시나리오 분석 개발 및 적용 4

1. 기후 변화를 시나리오 분석에 적용하는데 필요한 고려사항 5
2. 시나리오 분석에서의 분석적 선택 8
3. 도구 및 데이터 10
4. 도전과제 및 혜택 10

부록 1: IEA 및 IPCC 기후변화 시나리오28F 12

1. 전환 시나리오 15
   a. IEA 전환 시나리오 15
   b. 2°C 전환 시나리오 16
   c. 국가 결정 기여 및 2°C 시나리오의 중요성 19
   d. 관련 매개변수 및 이정표 비교 20
   e. 전환 시나리오로 얻은 예상 결과 24
2. 물리적 위험 시나리오 24
   a. 공공 활용 물리적 시나리오 24
   b. 관련 이정표 비교 26
   c. 물리적 위험평가 도구 및 자원의 종류 28

부록 2: 용어 해설 30

부록 3: 참고 자료 33

부록 4: 추가 참고 자료 35

1. 범지구적 기후 변화 모델 및 시나리오 35
2. 시나리오 분석 – 방법 35
3. 시나리오 분석/기후 변화 모델링/회복탄력성 계획 – 도구 및 데이터 36
4. 시나리오 분석 및 정보 공개 – 기타 기업 사례 37
5. 섹터 관련 기후 변화 영향 37
6. 기후 변화의 일반 비즈니스 및 경제적 영향 40

본 첨부 자료를 위해 연구, 조사 및 도움을 주신 자문회사 ERM(www.erm.com)의 찰스 앨리슨(Charles Allison), 제임스 스테이시(James Stacey), 리 솔스베리(Lee Solsbery) 및 아담 페어스(Adam Peirce)에게 감사를 표합니다.

A 도입

많은 조직이 중장기적으로 기후 변화로 인해 상당한 영향을 받을 것으로 생각하지만, 그 영향의 정확한 시기와 강도는 아직 불확실한 상황입니다. 개별 조직에 대한 이러한 불확실성은 기후 변화가 기업 운영, 전략 및 재무 능력에 어떤 잠재적 영향을 주게 될지 이해하는 데에 상당한 도전이 됩니다. 기후 변화의 잠재적 영향을 계획 과정에 적절하게 적용하기 위해서는 기후 변화 관련 위험과 기회가 어떻게 변화되고 다른 조건에서 잠재적으로 비즈니스에 어떤 영향을 주는지 고려할 필요가 있습니다. 이러한 영향을 평가할 수 있는 한 가지 방법은 시나리오 분석의 사용입니다.

시나리오 분석은 다양한 미래의 상태에 관한 유연성 또는 회복탄력성 계획 강화를 위한 전략적 계획의 의견을 발전시킬 때 자주 사용되는 확립된 방법입니다. 그러나, 기후 변화 관련 위험과 기회를 평가하고 이로 인한 잠재적 비즈니스 영향 평가에 시나리오 분석을 사용하는 것은 상대적으로 최근의 일입니다. 기후 변화 관련 위험의 미래예측적 평가의 중요성에 비추어, 태스크포스는 시나리오 분석이 조직에서 기후 변화 관련 위험과 기회의 전략적 영향을 이해하고 이러한 위험과 기회를 고려하여 조직의 방향성을 어떻게 잡아갈 것인지를 이해 관계자에게 알려주는 데에 사용될 중요하고도 요긴한 도구라고 생각합니다. 또한, 이는 투자자, 대출기관 및 보험업자에게 유용한 미래예측적 정보를 제공할 수 있습니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

기후 변화 관련 시나리오 분석을 사용하여 기후 변화와 관련된 재무 정보 공개를 위한 태스크포스의 권고 사항과 뜻을 같이하여 정보 공개의 개발을 지지하는 기구를 지원하기 위해 본 기술 첨부 자료에서는 다음의 내용을 정리하고 논의합니다.

- 시나리오 분석 사용
- 시나리오 분석 적용 시 고려 사항
- 시나리오 분석에 관련된 분석적 선택
- 기후 변화 관련 시나리오의 종류
- 국제 에너지 기구(IEA), 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 및 기타 기업, 산업, 섹터 시나리오에 맥락과 근거를 제공할 수 있는 기관에서 제공하는 공공 활용 기후 변화 관련 시나리오

기술 첨부 자료는 다음과 같이 구성되었습니다. 섹션 B는 왜 시나리오 분석이 유용한지, 시나리오란 무엇인지, 선택된 기업이 시나리오를 어떻게 사용했는지를 논의합니다. 섹션 C는 시나리오 분석의 적용, 조직에서 시나리오 분석을 시행할 때 고려해야만 하는 주요 매개 변수, 가정 및 분석적 선택과 주요 혜택 및 도전 과제의 일부를 논의합니다. 부록 1은 조직 특정의 시나리오 개발의 출발점이 되어 유용하게 쓰일 IEA와 IPCC 시나리오를 더 자세하게 논의합니다. 부록 2는 주요 용어의 용어 해설을 제공하고, 부록 3은 본 첨부 자료에서 인용된 자료를 정리하며, 부록 4는 추가 참고 자료로 유용한 기타 자료를 제공합니다.

현재의 기후 변화 관련 위험과 기회 관련 시나리오 분석의 제한적 사용과 엄격한 기후 변화 관련 시나리오 분석 프로세스 시행에 관련된 도전 과제 두 가지 모두를 고려할 때, 조직에서 시간이 지남에 따라 역량이 좋아질 것이라는 기대 하에 시나리오 분석을 사용하고 지원 역량 개발을 시작하는 것은 매우 중요한 일입니다.

B 시나리오 분석

1. 왜 시나리오 분석이 유용합니까?

시나리오 분석의 목적은 기업이 다른 미래 상황(회복탄력성/강인성과 같은)에서 어떻게 대응하는지를 고려하고 더 잘 이해하는 데에 있습니다.[1] 기후 변화의 경우, 기후 변화 관련 시나리오는 시간이 흐르면서 기후 변화의 물리적 및 전환 위험과 기회가 기업 운영에 어떤 영향을 미치게 될 것인가를 탐구하고 개발하는 데 도움이 됩니다. 따라서 시나리오 분석은 주어진 가정과 제한 사항을 전제로 여러 가지 일어날 만한 미래 상황(시나리오)을 고려하여 다양한 가정 결과를 평가합니다.

시나리오 분석의 중요한 점은 유리한 결과 및 불리한 결과 모두를 합리적인 미래 예상 결과로 포함하는 시나리오 세트를 선정한다는 것입니다. 거의 무한의 시나리오가 있겠지만, 조직에서는 원하는 여러 상황을 제공하는 제한된 범위의 시나리오를 사용할 수 있습니다. 이러한 점에서 태스크포스는 조직에서 최소한으로 사용해야 할 시나리오로 2°C 시나리오를 권장하는 바이며, 국가 결정 기여(NDC)에 관련된 시나리오, 현상유지(2°C 이상) 시나리오, 물리적 기후 변화 시나리오 또는 기타 도전적인 시나리오와 같은 조직의 상황에 가장 밀접한 관계가 있는 다른 시나리오를 사용하기를 권장합니다.[2,3]

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

2. 시나리오란 무엇입니까?

시나리오는 특정 결과로 이어지는 개발의 경로를 묘사합니다. 시나리오는 미래에 대한 상세한 묘사를 목적으로 하는 것이 아니라, 실현 가능한 미래의 중요한 요소를 강조하고 미래 개발을 이끌어 갈 주요 요인에 집중하고자 하는 것입니다. 여기서 기억해야 할 점은 시나리오는 예측 또는 예견이나 민감도 분석이 아닌 가설적 구성 개념이라는 것입니다.[4]

시나리오 분석은 중요한 전략적 사고 강화를 위한 도구입니다. 시나리오의 주요 특징은 미래에 대해서 사회적 통념에 도전해야 한다는 것입니다. 불확실성의 세계에서 시나리오는 "현상유지" 가정의 근거를 대대적으로 변화시킬만한 대안 모색에 의미를 둡니다.

[1] 이러한 맥락에서 회복탄력성/강인성은 붕괴 상태를 견디거나 조직의 업무 수행에 영향을 줄 수 있는 비즈니스 환경의 변화나 불확실성에 대응하고 다양한 상황과 조건 속에서 효과적으로 존속하기 위한 조직의 영업 또는 투자 전략의 역량을 의미합니다.

[2] 2°C 시나리오는 특정 확률에서 평균 지구 온도 상승을 산업화 이전 수준에서 2°C 이내로 제한하는 것과 일치하는 탄소 배출 궤적 및 경로를 제시합니다.

[3] 국가 결정 기여(NDC)는 파리 협정을 비준한 모든 국가가 이루고자 약속한 온실가스(GHG) 배출 감축을 위해 유엔 기후 변화 협약(UNFCCC)에서 사용되는 용어입니다. 비준 이전에는 자발적 국가 결정 기여(INDC)로 불렸으며, 비준되면서 "자발적" 부분을 삭제하였습니다. NDC 시나리오에 관한 부분은 부록 1을 참고하십시오.

[4] 시나리오 분석은 민감도 분석, 예측 또는 최대예상손실액(VaR)과 같은 기법에 따라 다릅니다. 민감도 분석은 특정 변수의 영향을 결정하기 위해 대체 가정하에 결과를 재산정하는 과정입니다. 예측은 과거와 현재 데이터 및 추세 분석을 기반으로 합니다. 종종 미래에 가장 발생할만하고 미래로 이어질 단일 추세를 예상하는 형태를 취합니다. 최대예상손실액(VaR)은 특정 포트폴리오가 일정 기간 동안 특정 변수에 의해 겪게 될 수 있는 금전적 손해 규모를 측정합니다. 기후 VaR는 일반적인 재무 VaR의 짧은 보유 기간에 비교하여 장기 분석기간(수년간)입니다.

시나리오는 다음의 특징을 가져야만 합니다.[5]

1. **타당성.** 시나리오에 나오는 이벤트는 가능성이 있고 설명이 신뢰성(즉, 무슨 일이 일어났는지, 왜 그리고 어떻게 일어났고 신뢰할 수 있는지의 설명)이 있어야만 합니다.

2. **특이성.** 각 시나리오는 주요 요인의 다른 조합에 초점을 두고 있어야만 합니다. 시나리오는 구성과 전달 메시지에서 분명한 차별을 두어야 하며, 한가지 테마에서의 변형은 해당하지 않습니다. 어떻게 동일한 주요 요인의 다른 순열 및/또는 일시적 전개가 얼마나 다른 결과를 가져올 수 있는지 다수의 시나리오를 사용해야만 합니다.

3. **일관성.** 각 시나리오는 강한 내적 논리가 있어야 합니다. 시나리오 분석의 목적은 요인의 상호 작용 탐구에 있으며, 각 행동에 맞는 반응이 있어야 합니다. 변화가 해당 시나리오의 주요 부분이라는 논리적 설명이 전제된 것이 아니라면 행위자 또는 외부 요인이 현재 추세와 상태를 완전히 바꿀 수는 없습니다.

4. **관련성.** 각 시나리오 및 시나리오 세트 전체는 기후 변화 관련 리스크와 기회의 전략적 및/또는 재무적 영향과 관련된 미래 상황에 구체적인 통찰력을 더할 수 있어야 합니다.

5. **도전성.** 시나리오는 미래에 관한 일반적인 통념과 단순한 가정에 도전적이어야 합니다. 불확실성의 주요 요소를 생각한다면, 시나리오는 현상유지 가정의 근거를 대대적으로 변화시킬 대안 모색을 시도해야 합니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

태스크포스는 조직에서 미래에 나타날 전환 및 물리적 기후 변화 관련 위험과 기회 모두를 분명히 밝힐 다양한 시나리오를 사용해야 한다고 생각합니다. 가장 효과적인 시나리오를 찾기 위해서 조직은 기존의 공공 활용 시나리오와 모델을 활용하거나 자체적으로 개발한 시나리오를 사용할 수도 있습니다.[6] 접근 방법은 조직의 요구, 자원 및 역량에 따라 달라질 수 있습니다. 태스크포스는 조직에서 사용하는 다양한 시나리오 중에 국제 기후 변화 협약으로 동의한 2°C 경로와 일치하는 시나리오를 포함하는 것이 중요하다고 생각합니다.

3. 조직에서는 어떻게 기후 변화 관련 시나리오 분석을 사용할 수 있습니까?

많은 조직들이 전략적 사고 및 전략 수립을 위해 시나리오 분석을 사용해왔습니다. 비즈니스 맥락에서의 시나리오 분석은 본래 로열 더치 쉘에 의해 만들어졌으며,[7] 1970년대 초부터 기업의 전략적 옵션을 평가하고 생성하기 위한 과정의 일부로 사용되어 왔습니다. 그 이후로 다른 많은 기업이 시나리오 분석을 활용하여 혜택을 받았습니다.

하지만, 기업의 기후 변화 관련 이슈에 관련한 시나리오 분석의 적용은 상대적으로 새로운 현상입니다. BHP 빌리턴, 스태트오일, 코노코필립스 및 글렌코어같은 비금융 기업은 시나리오 분석을 사용하여 어떻게 기후 변화가 기업의 비즈니스에 영향을 미칠지 평가합니다.[8] 예를 들어, 시나리오 분석을 통해 코노코필립스는 여러 온실가스 감축 시나리오 관련 위험의 범위를 이해하고, 이러한 시나리오에 따른 기업의 현재 자산 포트폴리오 및 투자 기회를 테스트하며 어느 부분이 취약한지 평가하여 자본 배분의

[5] J.N. Maack, *Scenario analysis: a tool for task managers*, Social Analysis: selected tools and techniques, Social Development Papers, Number 36, the World Bank, June 2001, Washington, DC.

[6] 다른 공공 활용 시나리오는 부록 1에서 논의됩니다.

[7] Paul J.H. Shoemaker and Cornelius A.J.M. van der Heijden. "Integrating scenarios into strategic planning at Royal Dutch/Shell." *Planning Review*, Vol. 20 Issue: 3, pp.41–46. 1992.

[8] Climate Change: Portfolio Analysis, BHP Billiton, 2015; Views After Paris, BHP Billiton, 2016; Energy Perspectives 2016: Long Term Macro and Market Outlook, Statoil; Scenarios in the capital allocation process, ConocoPhillips; Climate change considerations for our business. Glencore, 2016.

우선순위 결정에 도움을 얻습니다.[9]

금융기관도 시나리오 분석을 통해 기후 변화를 포함하는 다양한 이슈에 따른 기관의 포트폴리오의 회복탄력성을 테스트하고 있습니다. 예를 들어, 캘리포니아 교직원연금(CalSTRS), 뉴욕주 은퇴기금(NYSCRF) 및 환경기관연기금(EAPF)과 같은 연기금과 네덜란드 사회보장기금(PGGM)과 같은 자산운용사도 자사의 투자 위험의 시나리오 분석을 시행합니다. 중국공상은행(ICBC) 또한 최근에 시나리오 분석의 한 형태인 스트레스 테스트 방법을 사용하여 자사 대출의 신용리스크에 대한 환경적 요인의 영향을 평가했습니다.[10] 부록 3 및 부록 4에서 이와 관련한 내용 및 기타 사례 링크를 확인할 수 있습니다.

C 시나리오 분석 개발 및 적용

시나리오 분석을 사용하기 시작하는 조직에서는 정성적 시나리오 서술 또는 줄거리를 선택하여 경영진이 조직에 관련한 잠재적인 기후 변화의 영향 범위를 모색할 수 있도록 돕습니다.11 정성적 시나리오 분석에 익숙해지면, 경로 개발의 시나리오 및 관련 분석으로 정량적 정보를 사용하여 잠재적 경로와 결과를 예상할 수 있습니다. 시나리오 분석 사용에 충분한 경험이 있는 조직에는 데이터 세트, 정량적 모델 및 분석 사용에서 더욱 엄격한 적용과 정교함이 보장될 수 있습니다. 정량적 접근은 기존 외부 시나리오 및 모델(예: 제3자 제공)을 사용하거나 내부 모델링 역량이 있어 자체 개발하는 조직의 것을 사용하여 이루어질 수 있습니다. 접근방법의 선택은 조직의 요구, 자원 및 역량에 따라 달라집니다. 기후 변화 관련 전환 및/또는 물리적 위험으로 큰 영향을 받게 되는 조직은 일정 수준의 정량적 시나리오 분석을 고려해야 합니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

조직은 다음의 형태로 시나리오 분석을 전략 계획 및/또는 기업 위험 관리 프로세스의 일부로 포함하여야 합니다:

- 2°C 시나리오를 포함하여 잠재적 미래 기후 상황의 합당한 다양성을 제공하는 다양한 시나리오를 찾고 정의해야 합니다.
- 다양한 시나리오에 대한 조직의 전략 계획의 잠재적 회복탄력성을 평가해야 합니다.
- 이 평가를 사용하여 전략 및 재무 계획의 조정을 통해 타당한 기후 변화 관련 위험과 기회에 관한 조직의 전략 및 비즈니스 회복탄력성을 증대할 수 있는 옵션을 찾아야 합니다.

시간이 지나면서 조직에서는 다음의 문서화를 통해 정보 공개를 개선할 수 있습니다.

- 기후 변화에 관한 조직의 전략 계획의 회복탄력성에 대한 경영진의 평가
- 주요 의견, 가정 및 분석 방법과 결과(잠재적 비즈니스 영향과 그에 대한 경영진의 대응 포함)를 포함하는 경영진의 평가에 영향을 미친 시나리오의 범위
- 주요 가정에 대한 결과의 민감도

[9] Scenarios in the capital allocation process, ConocoPhillips.
[10] Impact of Environmental Factors on Credit Risk of Commercial Banks, ICBC.
[11] Rounsevell, Mark D. and Marc J. Metzger (2010). Developing qualitative scenario storylines for environmental change assessment. WIREs Climate Change, 1: 606–619.

1. 기후 변화를 시나리오 분석에 적용하는데 필요한 고려사항

시나리오 분석의 혜택과 시행 비용 최소화의 필요성을 인식하여 시나리오 분석을 처음 시도하는 기업은 기후 변화 관련 고려 사항을 시나리오에 포함하기 위한 단순하지만 강력한 프로세스에서부터 시작하길 원할 것입니다.

첫째, 조직에서는 IEA와 IPCC에서 개발된 관련 시나리오에 익숙해지길 원할 수 있습니다.[12] 이 두 조직에서 개발된 시나리오는 기후 변화에 관한 미래 취약성 평가를 위해 과학자 및 정책 분석가가 오랜 기간 사용해 왔습니다. 이러한 시나리오를 작성하는 데에는 미래 인구 수준에 대한 예상, 경제활동, 거버넌스 구조, 사회적 가치 및 기술적 변화의 양상이 필요하며, 이러한 시나리오는 "메타 시나리오"로 사용되어 기업 또는 섹터 특정 시나리오의 개발을 위한 전체적인 맥락과 거시적 추세를 제공할 수 있습니다. 부록 1은 IEA와 IPCC 시나리오에 관한 보다 심층적인 논의 내용을 제공합니다.

둘째, 조직에서 맞닥뜨리게 될 기후 변화 관련 위험과 기회의 본질을 이해할 필요가 있습니다. 각 조직은 각각 다른 조합의 기후 변화 관련 위험과 기회를 직면하고 있습니다. 기후 변화 관련 비즈니스 영향은 조직이 운영되고 있는 산업 및 경제 섹터/하위 섹터에 따라 크게 달라질 수 있습니다. 비즈니스 영향은 다음 사항에 따라서도 크게 달라질 수 있습니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

- 조직 가치 사슬(업스트림 및 다운스트림 모두)의 지리적 위치
- 조직의 자산 및 운영 속성
- 조직의 공급 및 수요 시장의 구조 및 원동력
- 조직의 고객층
- 조직의 기타 주요 이해관계자

투자자에게는 시나리오 분석이 고려되는 자산의 성격에 따라 다른 방식으로 적용될 수 있습니다. 예를 들어, 일부 투자자는 최적 및/또는 활용할 만한 에너지 전환 경로를 개발할 수 있고, 이러한 경로를 사용하여 개별 잠재 투자 측정하고 참여 활동을 견인할 수도 있습니다. 다른 투자자는 특정 부문, 지역 및 자산 종류의 장래 수행능력에 관련하여 기후 변화가 어떤 영향을 줄 것인지를 고려할 수 있습니다. 포트폴리오 일부에서 특정 시나리오로 이득을 볼 수 있는지, 아니면 가치 손실을 가져올지를 결과에서 보여주기도 합니다. 확정적인 것은 아니지만 이러한 결과는 위험 관리 활동에서 어느 부분을 우선시해야 할지, 어느 부분에 추가 배분을 해야 할지를 결정하는 데에 유용한 추가 팩터가 될 수 있습니다.

많은 조직이 이미 기후 변화 관련 위험과 기회에 관한 높은 수준과 양질의 견해를 공개하고 있습니다. 태스크포스의 최종 보고서는 위험과 기회에 관한 정보 공개를 다수 포함하는 기후 변화 관련 정보 보고를 위한 여러 프레임워크를 간단하게 설명합니다. 이러한 정보는 시나리오 분석과 향후 정보 공개를 위한 출발점을 제공합니다.

[12] 이 시나리오는 크게 다음의 두 카테고리로 나뉠 수 있습니다. (1) GHG 배출의 궤적 또는 특정 수준과 대기권 내 GHG 농도의 결과를 가져오는 에너지와 경제 시스템에서의 다른 경로를 설명하는 시나리오(전환 시나리오) 및 (2) 다른 GHG 농도 수준에서 일어나는 물리적 변화를 설명하는 다른 경로를 설명하는 시나리오 (물리적 위험 시나리오)

도표 1은 조직에서 시나리오 분석을 적용할 때 고려해야 할 기후 변화 관련 위험과 기회의 전형적인 카테고리 요약을 제공합니다. 도표 2(7페이지)는 기후 변화 관련 위험과 기회를 반영하는 기후 변화 관련 시나리오 분석의 적용에 필요한 지표적 프로세스를 제공합니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석개발 및 적용

부록

도표 1

기후 변화 관련 위험과 기회의 전형적인 카테고리

시장 및 기술 변화

저탄소 배출 경제 실현을 위한 정책 및 투자

- 고탄소 상품/원자재에 대한 시장 수요 감소
- 에너지 효율, 저탄소 상품 및 서비스에 대한 수요 증가
- 시장을 와해시키는 신기술

평판

투자자, 여신기관, 소비자를 포함하는 이해관계자의 책임감 있는 행위에 대하여 높아지는 기대치

- 평판 및 브랜드 가치를 향상시키는 기회
- 경영에서 신임 및 신뢰 손실의 위험

정책 및 법률

국제, 국가 및 주 차원에서 진화하는 필수항목의 패치워크

- 고탄소 활동에 대한 투입/운영 비용의 증가
- 고탄소 활동 운영을 위한 라이선스 확보에 대한 위협
- 새롭게 부상하는 부채에 대한 우려

물리적 위험

기후의 빈번해지며 심해지는 극단적 및 만성적 변화

- 투입 비용, 수익, 자산 가치 및 보험금 청구의 결과로 오는 운영 및 공급망 전 부분에서의 영업 정지 및 손실 증가

출처:
CDP, "Climate Change Questionnaire," 2017.
기후 변화와 관련된 재무 정보 공개를 위한 태스크포스, Final Report: Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures, June 2017.

도표 2

기후 변화 관련 위험과 기회에 시나리오 분석을 적용하는 과정

1 **지배구조 시행 보장:** 전략 계획 및/또는 기업 위험 관리 프로세스에 시나리오 분석을 통합합니다. 관련 운영 위원회/하위 운영위원회에 감독권을 배정합니다. 어느 내부 (및 외부) 이해 관계자가 어떻게 관여할지 결정합니다.

2

기후 변화 관련 위험의 중요성 평가

시장 및 기술 변화	평판
정책 및 법률	물리적 위험

기후변화 관련 위험 및 기회에 대한 현재 그리고 앞으로 예상되는 조직의 노출은 무엇입니까? 미래에 중요하게 될 잠재적인 가치가 있습니까? 조직의 이해관계자는 우려하고 있습니까?

3

시나리오 범위 확인 및 정의

조직에 관련된 다양한 전환 및 물리적 위험을 포함하는 시나리오

주어진 노출 정도에서 어떤 시나리오(및 설명)가 적절합니까? 투입 매개 변수, 가정 및 분석적 선택을 고려합니다. 어떤 참조 시나리오가 사용되어야 합니까?

4

비즈니스 영향 평가

영향을 미치는 분야:

- 투입 비용
- 운영 비용
- 수익
- 공급망
- 영업 정지
- 시점

각 정해진 시나리오 설정하에 조직의 전략 및 재무 상태에 관한 잠재적 영향을 평가합니다. 주요 민감도를 확인합니다.

5

잠재적 대응 확인

대응에 포함될 수 있는 예:

- 비즈니스 모델의 변경
- 포트폴리오 구성의 변경
- 역량 및 기술에의 투자

결과를 사용하여 적용 가능한 현실적인 결정을 찾아 확인된 위험과 기회를 관리합니다. 전략/재무 계획에 필요한 조정사항은 무엇입니까?

6 **문서 및 정보 공개:** 과정을 문서화하고 관련 당사자와 교신하며 주요 입력 내용, 가정, 분석 방법, 결과 및 잠재적 경영진 대응을 공개할 준비를 합니다.

2. 시나리오 분석에서의 분석적 선택

시나리오를 작성하고 시나리오 분석을 실시하는 경우, 조직은 많은 선택과 고려사항에 직면합니다. 이는 시나리오가 일관적으로 적용되었는지, 분석과 공개 내용이 비슷한지, 프로세스는 효율적으로 적용되었는지에 영향을 미치게 됩니다.

고려사항의 주요 카테고리 3가지:

- **사용된 매개** 변수 (예: 할인율, GDP, 기타 거시 경제적 변수, 인구통계학적 변수)
- 수립된 가정 (예: 정책 변경, 기술 개발/사용, 에너지 구성, 주요 상품 또는 입력 사항의 가격, 전환적 및 물리적 영향의 지리학적 조정, 잠재적 영향의 시기)
- **분석적 선택** (예: 시나리오, 분석기간, 지원 데이터 및 모델)

기후 변화 관련 시나리오를 포함하는 모든 시나리오는 시나리오의 기간 중의 주요 동인 및 경로 개발을 정의하는 일련의 결정적 매개 변수 및 가정을 포함합니다. 조직은 자신의 비즈니스 성과의 주요 동인을 확인하고 이해하는 노력을 해야 하고, 시나리오에 적용할 방법을 고려해야 합니다. 도표 3 (9페이지)은 조직의 비즈니스 성과에 중대한 영향을 줄 수 있는 여러 기후 변화 매개 변수의 개요를 설명합니다. 도표 3(9페이지)은 또한 투자자와 다른 이해 관계자에게는 시나리오 분석에 관한 조직의 정보 공개 내용을 분석하는 데에 로드맵으로 사용될 수도 있습니다.

조직에서는 신중하게 주요 매개 변수, 가정 및 시나리오 분석 중에 수립한 다른 분석적 선택뿐 아니라 확인된 효과 및 잠재적 영향을 고려하고, 해당 결과를 경영진은 어떻게 생각하는지도 고려해야 합니다. 조직은 적절한 상황에서 이 정보를 공개하는 것을 고려해야 합니다. 특히 조직에는 사용한 시나리오를 선택하는데 사용했던 접근 방법과 각 시나리오가 어떻게 특정 경로로 전개될지(예: 주요 기술의 출현과 사용, 정책 개발 및 시기, 기후 정책에 관련한 지정학적 환경)에 관한 기본 가정을 공개하는 것을 권장합니다. 이 정보는 탄소 가격, 투입 금액, 고객 선호도 등의 주요 매개변수 변화에 대한 다양한 가정의 민감도를 포함하는 내용에 관해 정보를 조직이 공개하고 논의하는 데에 중요하며 이를 통해 투자자와 다른 이해 관계자는 각 시나리오가 설명하는 결과뿐 아니라 해당 결과를 도출하게 된 조직에서 원했던 경로(해당 결과가 도출된 방법과 이유)를 포함하는 시나리오 프로세스를 정확히 이해할 수 있습니다.

주요 매개변수, 가정 및 분석적 선택에 대한 투명성은 조직 내부 및 타 조직에서 사용된 다른 시나리오 간의 결과 비교 가능성을 지지하는 데에 도움이 됩니다. 결과적으로 이는 분석가와 투자자에 의해 타당한 영향의 범위 전반에서 조직 전략의 강인성 평가를 지원할 것이며 그렇게 함으로써 위험 및 자본 배분 결정을 더 잘 할 수 있도록 지원하게 됩니다.

시나리오 분석에 주어진 변수와 분석적 접근 방법의 개수를 볼 때, 다양한 결과를 설명할 폭넓은 범위의 시나리오가 있을 수 있습니다. 이렇기 때문에 타 조직 간의 직접적인 비교 가능성은 매우 현실적 도전일 것입니다. 이는 고려사항 3개 카테고리 부분에서 투명성의 중요성을 뒷받침합니다. 기억할 것은 개선된 정보 공유 및 투명성은 비교 가능성에 중요한 것이며, 조직은 이러한 고려사항 중 공개할 수 있는 만큼 최대한 많이 공개하는 것을 고려해야 하고 시간이 지남에 따라 정보 공개 수준을 높이는 노력을 해야만 합니다.

도표 3

주요 고려사항: 매개변수, 가정, 분석적 선택 및 영향

매개변수/가정	분석적 선택	비즈니스 영향/효과
할인율 – 조직에서 미래 가치 할인에 어떤 할인율을 적용합니까?	**시나리오** – 조직이 전환 영향 분석에 어떤 시나리오를 사용했으며, 중심/기본 사례 및 민감도 분석 모두에 대한 물리적 영향 평가에 어떤 근거를 사용했습니까?	**수익** – 수익에 주는 영향에 대하여 조직은 어떤 결론을 도출할 수 있고 그 영향(예: EBITDA, EBITDA 마진, EBITDA 기여, 배당금)을 어떻게 표현하고 있습니까?
탄소 가격 – 탄소 가격이 시간에 따라 어떻게 전개될지(세금 및/또는 배출권 거래 프레임워크 내), 지리적 이행 범위, 탄소 가격이 이윤에만 적용되는지 아니면 기본 원가로 적용되는지, 특정 경제 부문에 적용될 것인지 또는 경제 전반이라면 어느 지역에 적용될 것인지 등에 대한 가정이 수립되었습니까? 공통된 탄소 가격이 (기간에 여러 번) 사용되었습니까 아니면 차별된 가격이 적용되었습니까? 세금이나 거래제를 통한 CO_2 가격의 범위와 양식에 관한 가정은 무엇입니까?	**정량적 vs. 정성적 또는 "지향성"** – 시나리오가 전체적으로 정량적인 구성입니까 또는 정량 및 정성적 혼합 구성입니까?	**비용** – 시간이 지남에 따라 발생하는 조직의 운영/생산 비용 및 그 전개를 위한 영향에 대하여 조직은 어떤 결론을 도출합니까?
에너지 수요 및 구성 – 석탄, 석유, 가스, 원자력, 신재생 에너지(하위 범주)와 같은 주요 에너지의 다른 출처 전반에서의 총에너지 수요 및 에너지 구성의 결과는 무엇입니까? 이는 시간이 흐름에 따라 공급/최종용도 효율성 개선의 가정하에 어떻게 전개됩니까? 시간이 흐름에 따라 각 출처 카테고리의 **에너지 전환 효율**과 각 카테고리에서의 최종용도 효율성에 어떤 요인을 사용했습니까?	**시기** – 조직은 시나리오 하에 영향의 시기를 어떻게 고려합니까 예: 2020, 2030, 2040, 2050의 10년 단위로 고려합니까?	**매출** – 조직의 주요 원자재/상품/서비스 및 시간이 지남에 따른 개발에서 오는 수익에 미치는 영향에 관해 도출한 결론은 무엇입니까?
주요 원자재/상품의 가격 – 조직의 투입 매개변수/가정을 기반으로 시간이 흐름에 따라 주요 입력내용, 에너지(예: 석탄, 석유, 가스, 전기)에 대한 시장 가격의 발전에 관련하여 도출해 낸 결과는 무엇입니까?	**적용** 범위 – 분석이 전체 가치 사슬(투입, 운영 및 시장)에 적용되었습니까 또는 특정 비즈니스 부분/운영에 직접적인 영향을 주었습니까?	**자산** – 다양한 시나리오의 자산 가치에 대한 영향은 무엇입니까?
거시 경제적 변수 – 어떤 GDP 성장률, 취업률 및 기타 경제적 변수가 사용되었습니까?	**기후 모델/데이터 세트** – 어떤 기후 모델 및 데이터 세트가 기후 변화 관련 리스크 평가를 지지합니까?	**자본 배분/투자** – 자본지출 및 기타 투자에 대한 영향은 무엇입니까?
인구통계학적 변수 – 인구 증가 및/또는 이동에 관한 가정은 무엇입니까?	**물리적 위험** – 물리적 위험을 평가할 때, 어떤 특정 위험과 심각성이(예: 기온, 강수량, 홍수, 폭풍 해일, 해수면 상승, 허리케인, 물 유효성/ 가뭄, 산사태, 산불 또는 기타) 포함되었습니까? 조직의 포트폴리오(예: 가장 큰 자산, 가장 취약한 자산)에 미치는 물리적 영향을 어느 정도까지 평가해왔으며, 투자 심사 및 장래 비즈니스 전략에 물리적 위험이 어느 정도까지 포함되었습니까?	**시기** – 시기별(예: 5/10/20년) 비용, 매출 및 수익에 대해 조직이 어떤 결론을 도출했습니까?
효율성 – 시나리오와 비즈니스 계획에 효율성 개선/청정에너지 전환/물리적 변화의 긍정적인 부분이 어느 정도까지 포함되었습니까?		**대응** – 조직에서 잠재적 영향(예: 자본지출 계획에 대한 의도적 변경, 인수 및 투자회수를 통한 포트폴리오 변동, 자산 제각, 신 시장 진입, 새로운 가동능력 개발 등)에 관련하여 어떤 정보를 제공합니까?
전환 영향의 지리학적 조정 – 지역, 국가, 자산 위치 및 시장 전반의 투입 매개변수에서의 잠재적 차이에 대해 조직은 어떤 가정을 수립했습니까?		
기술 – 시간의 흐름에 따른 다양한 주요 공급 및 수요 방면의 기술(예: 태양광 PV/CSP, 풍력, 에너지 저장, 바이오 연료, CCS/CCUS, 원자력, 비재래식 가스, 전기차 및 산업 및 사회기반시설을 포함하는 기타 주요 섹터에서의 효율성 기술) 사용에서의 성과/비용의 개발과 결과 수준에 대해 조직은 어떤 가정을 수립했습니까?	공급자, 운송자, 사회기반시설 및 고객에의 접근성에서의 파급효과를 포함하여 가격 및 **전체 가치 사슬**에서의 유효성에 대한 영향이 어느 정도까지 고려되었습니까?	**물리적 영향으로 인한 영업 정지** – 조직 자체 자산에 직접적으로, 그리고, 공급망/상품 배달 중단에 간접적으로 둘 다에 영향을 주는 물리적 영향으로 인한 잠재적 영업 정지/생산성 손실에 대한 조직의 결론은 무엇입니까?
정책 – 다른 정책 신호 및 시간 흐름에 따른 정책의 개발(예: 국가 헤드라인 탄소 배출 목표, 주요 섹터에서의 에너지 효율성 또는 기술 기준 및 정책, 화석연료에 대한 보조금, CCS/CCUS와 신재생 에너지 자원에 대한 지원 또는 보조금)의 장점에 대한 가정은 무엇입니까?		
기후 민감도 가정 – CO_2 증가에 따른 기온 상승에 대한 가정?		

3. 도구 및 데이터

현재 조직에서 기후 변화의 영향을 평가하기 위해 시나리오 분석을 사용할 수 있는 도구가 많이 있습니다. 이 섹션은 조직이 유용하게 사용할 만한 일부 선택된 도구에 대하여 간단히 논의합니다. 도구와 데이터 출처의 전체 목록은 부록 4를 참고하십시오.

다양한 도구와 데이터를 제공하는 포탈의 두 예로는 국제응용시스템 분석연구소(IIASA)와 유럽 기후 정보 포털(CLIPC)이 있습니다. IIASA는 폭넓고 다양한 토지, 에너지, 전환 및 물 관련 도구와 온라인 데이터베이스를 제공합니다.[13] 일부 온라인 데이터베이스는 에너지, GHG 경감 전략 및 2°C와 IPCC 시나리오와 일치하는 기후 정책에 대한 시나리오 데이터베이스를 포함합니다.

CLIPC는 자문위원, 정책 입안자, 민간 부문 의사 결정자 및 과학자와 같은 사용자와 관심 있는 일반 대중에게 직접적인 관련이 있는 기후 정보에 대한 접근을 제공합니다.[14] 이 "원스톱 쇼핑" 플랫폼은 기후 변화와 기후 영향에 관련한 질문에 대한 답변을 찾을 수 있게 합니다. CLIPC 정보는 위성 및 원위치 관측, 기후 모델, 데이터 재분석 및 기후 변화 영향 지표를 평가할 수 있게 하는 변형된 데이터 상품으로부터의 데이터를 포함합니다.
또한 CLIPC는 지표를 생성, 비교, 조작 및 통합하는 도구 상자를 제공합니다.

마지막으로 다양한 산업에서 사용될 수 있는 다양한 주제나 섹터별 특정 도구가 있습니다.

- 세계자원연구소(WRI)는 기업, 투자자, 정부 및 지역사회가 전 세계에서 물 위험이 어디서 어떻게 일어나고 있는지를 더 잘 이해하기를 바라면서 애퀴덕트(Aqueduct)로 알려진 도구/데이터베이스를 구축했습니다(부록 1 섹션 2.c에서 애퀴덕트에 대한 더 자세한 내용을 확인할 수 있습니다).
- 미국환경보호청(EPA)은 기후 회복탄력성 평가 및 인식 도구(CREAT)로 알려진 도구를 제공하며 이는 유틸리티기관들이 현재 및 장래 기후 조건을 더 잘 이해함으로써 극단적인 기상 상태에 적응하도록 하는 위험 평가 애플리케이션입니다. 미국 EPA는 또한 수도 유틸리티 회복탄력성 창출(CRWU)이라 불리는 수도 유틸리티를 위한 도구와 안내를 제공합니다. CRWU는 수도 유틸리티에 기후 변화 회복탄력성 향상과 장기적 적응 옵션 이해를 위한 실용적인 도구를 제공합니다.
- 유엔환경계획(UNEP) 및 에너지 효율성 코펜하겐 센터의 산업용 에너지 효율성 개선을 위한 모범 사례와 사례 연구
- 유엔식량농업기구의 기후 변화의 농업 영향을 위한 모델링 시스템(MOSAICC)

4. 도전과제 및 혜택

시나리오 분석은 다양한 미래의 상태에 대하여 더 유연하고 강력한 전략 계획을 발전시킬 때 자주 사용되는 확실한 방법입니다. 매우 불확실하고, 중장기적으로 발생하며 잠재적으로 파괴적일 수 있는 가능한 결과가 동반될 문제를 평가하는 데 특히 유용합니다. 시나리오 분석은 기구가 전략적 문제의 틀을 잡고, 필요할 수도 있는 잠재적 관리 행동의 범위를 평가하며

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

[13] IIASA는 국제적인 과학 협회로써 21세기의 범지구적 환경, 경제, 기술 및 사회 변화에 대한 중요한 문제를 다루는 연구를 진행합니다.
[14] CLIPC 컨소시엄은 유럽연합의 제7차 프레임워크 프로그램(FP7)으로부터 자금 지원을 받고 기후 관찰 및 모델링과 영향 분석에 대한 이용 가능한 데이터 세트를 개발하고 만드는 유럽의 주요 기관을 통합한 것입니다.

전략적 대화에 더 생산적으로 참여할 수 있도록 하고, 외부 환경 모니터를 위한 지표를 확인하는 데에 도움을 줄 수 있습니다. 중요한 것은, 기후 변화 관련 시나리오 분석은 조직의 전략 및 비즈니스 회복탄력성에 대한 투자자의 더욱 효과적인 참여를 위한 기초를 제공할 수 있다는 점입니다.

하지만, 기후 변화 관련 시나리오를 사용하는 것은 도전 없이 쉬운 것이 아닙니다. 첫째, 대부분의 시나리오는 과학자와 정책 입안자에게 정보를 주기 위한 목적으로 잠재적 기후 변화 영향의 범지구적이고 거시적인 평가를 위해 개발되어 왔습니다. 이러한 기후 변화 관련 시나리오는 비즈니스 또는 투자 문맥에서의 활용될 만한 이상적인 수준의 투명성, 데이터 결과 범위 및 도구의 기능성을 항상 제공하지 않습니다. 예:

- 대부분 전환 시나리오는 미래의 주어진 상황에서의 에너지 구성에 대한 결과를 제공하지만, 대부분의 경우에서 섹터 또는 활동에 특정한 결과를 제공하지 않습니다.
- IPCC 프레임워크 범위 내에서 착수된 물리적 시나리오의 기후 모델링 결과는 현재 다수의 조직이 쉽게 접근하기 어렵습니다.

둘째, 데이터의 이용 가능성 및 세분성은 다른 관할권과 지리적 위치에서의 여러 에너지 및 기술 경로 또는 탄소 제한에 접근하고자 하는 조직에는 어려움이 될 수도 있습니다.

셋째, 기후 변화의 잠재적 비즈니스 영향 평가를 위한 기후 변화 관련 시나리오 분석의 사용은 아직은 초기 단계에 있습니다. 소수의 세계 대형 기업 및 투자자들이 기후 변화 관련 시나리오 분석을 자사의 전략 계획 및 위험 관리 프로세스의 일부로 적용하고는 있다고 하지만, 다른 많은 조직은 그 사용법에 대해 알아가고 있는 수준입니다. 따라서 조직들 사이에 걸쳐 시나리오 분석에 대한 경험과 접근을 나누는 것은 시나리오 분석의 사용을 발전시키는 데 매우 중요합니다. 조직은 조직 간에 정보와 경험의 교환을 활성화하고, 도구, 데이터 세트, 방법론을 종합적으로 개발하며 기준을 세우는 데 노력함으로써 중요한 역할을 수행할 수 있을 것입니다.

이러한 도전을 다루는 데에는 산업 그룹들, NGO 및 공식 기구의 개별적 및 집합적인 노력이 더욱 필요하며 그 노력들은 다음과 같습니다.

- 섹터 및 지리적 수준에서 적용 가능한 2°C (또는 더 낮은) 시나리오를 개발하고 기후 변화 관련 시나리오 입안자 및 사용자를 위한 산업별(금융 및 비금융) 안내서 작성
- 조직이 더 세분화된 산업, 지리적 수준 및 시기적인 부분에서 더욱 효과적으로 전환 및 물리적 위험의 시나리오 기반 분석을 사용할 수 있도록 방법론, 데이터 세트 및 도구에의 접근 방법을 개발 및 개선
- 시나리오 기반의 기후 변화 관련 재무 정보 공개에 대하여 용인된 좋은 관례를 개발 및 개선하고 기후 변화에 가장 큰 영향을 받는 섹터에서의 활용 도모
- 시나리오 분석에 대한 관련 더 나은 정보 공개를 위해 더 강력한 표준 구축
- 투자자가 시나리오 관련 정보 공개를 더 잘 이해하고 사용할 수 있도록 안내서 개발

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

부록 1: IEA 및 IPCC 기후 시나리오[15]

기후에 영향을 주는 미래 배출량 및 기타 인적 요인을 예상하는 것은 어려운 일이기 때문에, 과학자는 미래의 경제, 사회, 기술 및 환경적 조건에 대한 다양한 가정으로 다양한 시나리오를 사용합니다. 이러한 시나리오는 과학자가 세계 기후 변화의 가능한 영향을 조사하고 정책 입안자가 경감 및 적응 옵션을 평가하는 데 매우 유용하게 사용되어 왔습니다. 그러나 지역 또는 산업 부문 수준에서 기후 변화의 비즈니스 영향을 평가하는 데는 한계가 있기도 했습니다. 그럼에도 불구하고 세계 기후 변화 관련 시나리오는 시나리오 분석을 사용하는 기구에 중요한 맥락 및 방법론적 출발점입니다. 이 부록은 국제 과학계에서 사용되는 일반적인 세계 기후 변화 관련 시나리오의 일부를 기술합니다.

기후 변화 관련 시나리오는 과학자와 정책 입안자에 의해 기후 변화에 대한 미래 취약성 평가를 위해 오랫동안 사용되어 왔습니다. 이러한 시나리오를 작성하는 데는 미래 인구 수준, 경제 활동, 거버넌스 구조, 사회 가치 및 기술 변화의 패턴이 필요하며, 경제 및 에너지 모델링 또한 기후 변화에서의 동인 영향을 분석하고 계량화하기 위해 종종 사용됩니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

이 시나리오는 크게 다음의 두 카테고리로 나뉠 수 있습니다. (1) 다른 정책 결과(즉, 기온 상승 수준)와 약간의 확률로 원하는 결과 수준의 기온 상승을 이룰 수 있는 에너지 및 경제적 경로를 설명하는 시나리오(전환 시나리오) 및 (2) 대기 GHG 농도의 범위에서 시작하여 일어날 만한 결과론적 기후 범위까지 설명하는 시나리오 IEA 시나리오는 첫 번째 접근 방법을 따르는 편이고, IPCC 시나리오는 두 번째 접근 방법을 따르는 경향이 있습니다.

온난화에 국한하여 시나리오 경로를 제공하는 것은 일반적으로 "**전환 시나리오**"라고 불립니다. 전환 시나리오는 일반적으로 GHG 배출 제한을 위한 기후 정책의 개발 및"기후 친화적" 기술의 배치에 대한 타당한 가정을 제시합니다. 전환 시나리오는 에너지 공급 및 GHG 배출과 관련해 정책 및 기술이 경제 활동, 에너지 소비, GDP 및 다른 주요 요인들과 어떻게 상호작용을 하는지에 대한 결론을 모델링에 기반하여 도출하기도 합니다. 이러한 시나리오는 경제의 특정 섹터의 기구에 단기, 중기 및 장기적으로 중대한 결과를 초래할 수도 있습니다. 이 시나리오는 주요 매개변수(예: 기술 개발 및 배치의 속도, 주요 정책의 변경 및 시기 등)의 다른 변화 속도에 따른 빠르거나 느린 전환을 반영할 수 있습니다. IEA와 다른 기관에서는 수많은 전환 시나리오를 작성합니다.

기후 변화의 원인이 되는 물리적 영향 패턴은 "**물리적 기후 시나리오**"로 불립니다. 물리적 기후 시나리오는 일반적으로 지구의 기후가 대기 GHG 농도의 변화에 보이는 대응을 나타내는 세계 기후 모델의 결과("일반순환모델"로 불림)를 제시합니다. "대표 농도 경로(RCP)"에 기반을 둔 IPCC 시나리오는 제5차 IPCC 평가보고서(AR5)에서 채택된 물리적 기후 변화 시나리오의 예입니다.[16]

[15] 본 부록을 위해 연구, 조사 및 도움을 주신 자문회사 ERM의 찰스 앨리슨(Charles Allison), 제임스 스테이시(James Stacey), 리 솔스베리(Lee Solsbery) 및 아담 피어스(Adam Peirce)에게 감사를 표합니다.

[16] 대표 농도 경로(RCP)는 특정 장기적 농축 결과 및 시간을 두고 해당 결과까지 도달하는 궤적 모두에 대한 시간 종속 대기 GHG 농도 예측치를 제공하는 주된 목적을 강조하기 위한 경로로 불립니다. 이 경로는 비슷한 복사력 및 배출 성질을 갖고 통합 시나리오 준비를 촉진할 의도로 사용될 다른 시나리오 일부를 대표합니다. IPCC의 현재 RCP는 가능성 있는 미래 기후 네 가지를 묘사하며, 이 모든 경우가 미래의 온실가스 배출량에 따라 달라집니다. RCP 2.6은 현저한 배출 저감을 통해 2010~2020년 사이의 세계 연간 GHG 배출(CO_2 환산 기준) 최댓값을 가정한 것,

모델 결과는 지역 수준에서의 잠재적 기후 변화를 추론하기 위해 자주 "하향조정"되기도 합니다. 이러한 결과는 기후 변화로부터 받는 영향(홍수 또는 가뭄의 일차 영향, 농작물 생산 손실의 이차 영향, 기근과 같은 삼차 영향)에 대한 시나리오를 작성하는 데 사용됩니다.[17]
물리적 위험 시나리오는 다음과 같은 질문에 관한 탐색에 도움을 줍니다.

- 어떤 종류의 물리적 영향이 있을 수 있습니까?
- 기후 변화의 물리적 결과가 더 심각해지면 어떻게 됩니까?
- 언제, 어디서, 누구에게, 어느 정도까지 느껴질 수 있는 겁니까?

일부 조직은 전환 위험로 인해 더 많은 영향을 받고(예: 화석 연료 및 에너지 집약적 제조업자), 다른 조직은 물리적 기후 위험로 인해 더 많은 영향을 받을 것(예: 농업에 의지하거나 오래된 사회 기반시설)입니다. 그러나 전환 및 물리적 고려사항 모두 기후 변화 관련 영향을 평가할 때는 상호 보완적이며 기후 변화의 전체 영향과 그 영향에 대한 조직의 회복탄력성을 이해하는데 둘 다 필요합니다. (도표 A1 및 도표 A2, 14페이지)

도표 A2
예를 들어, 기후 변화에서 낮은 전환 위험은 높은 물리적 위험의 결과를 가져올 수 있습니다. 그러므로 조직은 조직의 전략 및 재무 계획에 대한 다양한 잠재적 전환 및 물리적 영향을 고려할 수 있고 이러한 영향이 다른 공공 활용 시나리오 및 국가의 목표와 어떻게 다른지 비교할 수 있는 시나리오를 사용해야만 합니다.

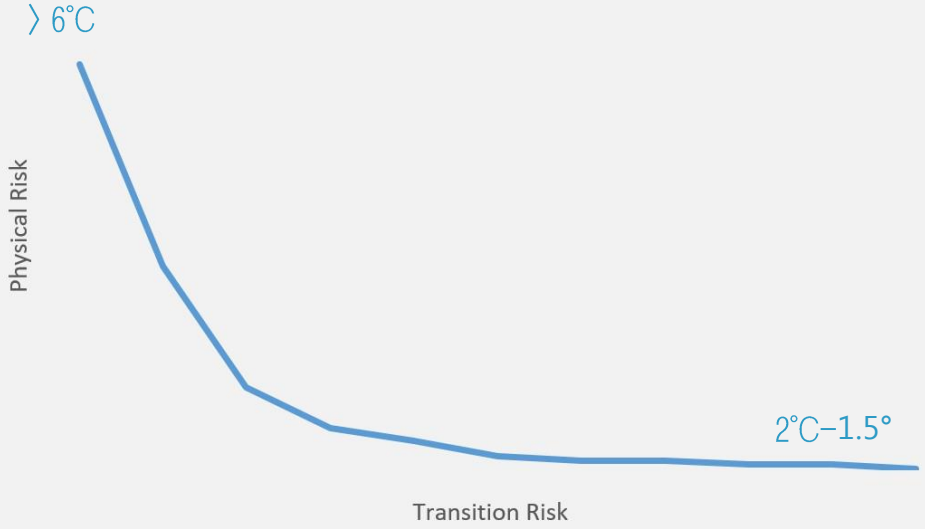
A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

도표 A1
전환–물리적 위험의 개념적 교환



그리고 RCP 4.5는 2040년 즈음의 감소한 배출량 최댓값을 가정한 것, RCP 6는 2080년 즈음의 감소한 배출량의 최댓값을 가정한 것이며, RCP 8.5는 21세기 동안 계속 배출량이 증가할 것이라고 예상한 것입니다. (기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC), "Towards new Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies," September, 2007. IPCC 전문가 회의 보고서).

[17] Wilby, R.G., et al., "Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods." 예시 참조

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

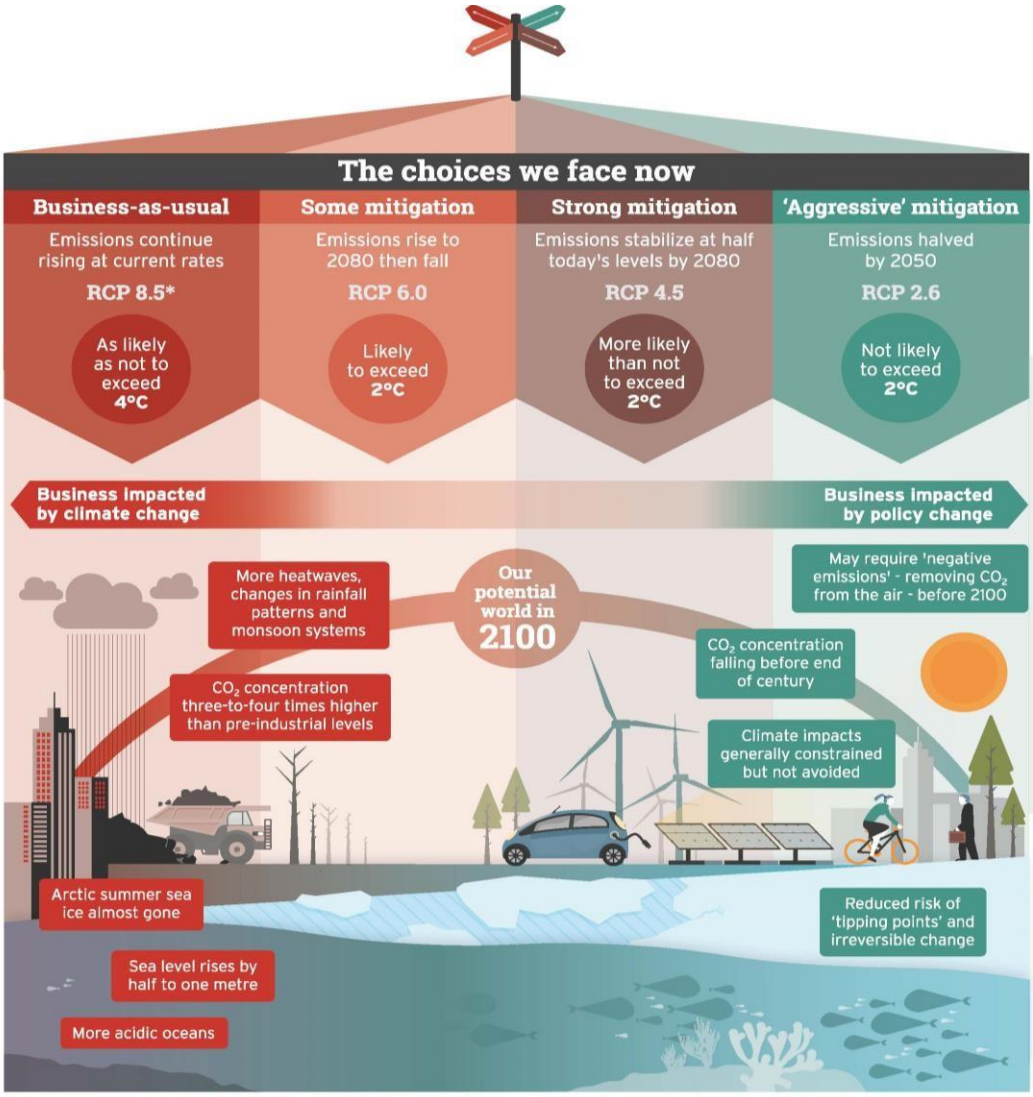
부록

도표 A2

전환 및 물리적 영향 간의 상호 작용

탄소 교차로

기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)는 정부가 어떤 정책을 채택하여 배출량을 저감하는 지에 따른 잠재적 미래 네 가지를 살펴봅니다.



*4가지 RCP(대표 농도 경로) 시나리오는 각각 2100년까지 배출되는 탄소의 일정량을 예상하고 그에 따른 인류에 의한 기후 변화의 다른 정도를 보여줍니다. 기후 변화는 2100년 이후에도 계속되며 인류의 CO2 배출이 멈춘 다음에도 상승한 기온은 수 세기 동안 유지될 것입니다.

출처: 기후 변화에 관한 정부 간 협의체, 5차 평가 보고서 (AR5), Climate Change: Action, Trends, and Implications for Business, Cambridge University Press, 2013.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

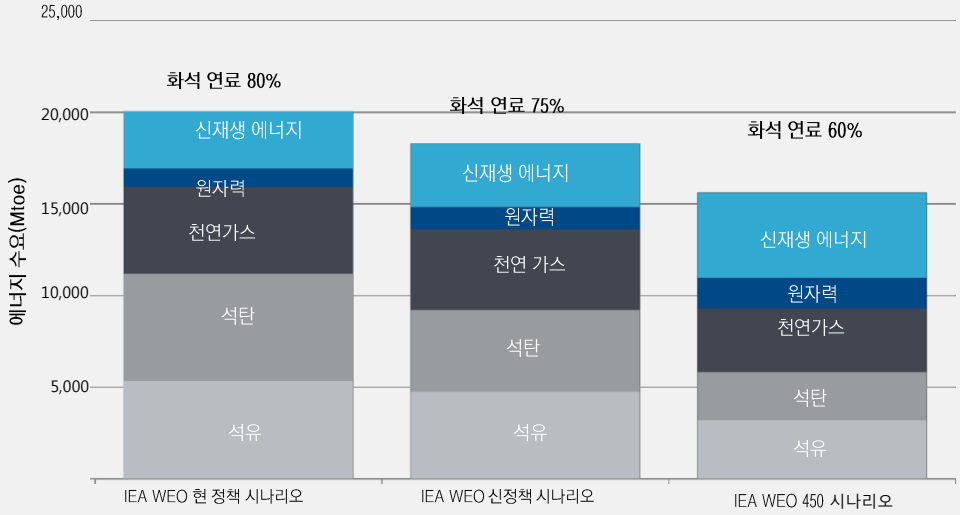
부록

1. 전환 시나리오

기구에 미치는 저탄소 경제에 대한 전환의 잠재적 영향에 대한 시나리오를 구성할 때, 공공 활용의 기후 변화 관련 시나리오 하나 또는 그 이상을 출발점으로 삼을 수도 있습니다. 특정 목표 결과로의 여러 타당한 경로를 제시하는 발표된 많은 시나리오가 사용 가능합니다(예: 특정 온도 상승 또는 CO2 농도 수준). 이러한 시나리오는 정책 변경의 적절한 시기, 기술 도입, 에너지 구성의 변화 및 기업이 자체 시나리오 분석을 사용하는 데 유용할 기후 친화적 경제를 만들기 위한 기타 요인에 대한 다양한 가정이 있습니다. 예를 들어,

도표 A3

2040년 IEA 세계 에너지 전망(WEO) 시나리오



상자 도표 A1(17페이지) 및 상자 도표 A2(18페이지)는 여러 발표된 전환 시나리오와 관련 목표 경로를 요약하며 다음을 포함합니다.

- 경로와 온도 상승에 대한 여러 가정에 관한 6개의 다른 IEA 시나리오 및
- 국제신재생에너지기구(IRENA) REmap, 그린피스 선진 에너지 혁명, 심층 저탄소화 경로 국제 공동 연구 사업(DDPP)와 같은 다양한 대안 공공 활용 2°C 시나리오 및 도구.

그러므로 조직들에게 자체 시나리오 분석을 수행할 때 참고할 만한 타당한 미래 개발 경로 선택의 폭이 넓습니다.

a. IEA 전환 시나리오

저탄소 경제로의 전환을 위해 가장 많이 알려지고 널리 사용되며 검토된 시나리오는 IEA에서 작성한 시나리오입니다. 대부분 분석은 학계 및 산업 분석가가 IEA 시나리오를 기반으로 작성하거나 비교하여 작성한 것입니다. IEA 데이터 및 시나리오는 전체 에너지 망을 포함하지만, 토지이용/토지이용변화/임업(LULUCF) 및

연료 연소와 관련하지 않는 산업으로부터의 배출 프로세스의 '비에너지' 섹터는 포함하지 않습니다. 이 시나리오는 다른 경로와 관련된 리스크를 정성적으로 평가하는데 사용될 수 있지만, 정확한 추정치를 얻기에는 적합하지 않습니다.[18]

b. 2°C 전환 시나리오

전환 시나리오의 한 종류 중 2°C 시나리오라 불리는 이 시나리오는 특정 확률에서 평균 지구 온도 상승을 산업화 이전 수준에서 2°C 이내로 제한하는 것과 일치하는 탄소 배출 궤적 및 경로를 제시합니다.[19] 실질적으로, 2°C 시나리오는 "세계가 2°C 또는 미만으로 온난화를 제한한다면, 그 목표를 이루기 위한 경로는 무엇입니까?"를 묻고 있습니다. [20] 대체 시나리오에 대한 비교에 유용합니다. 다양한 2°C 시나리오가 있으며, 조직이 자체 2°C 시나리오를 개발할 수 있습니다.

자발적 국가 결정 기여(INDC)와 가교 시나리오에서 2°C를 정책 목표로 인정하기는 했지만, IEA 시나리오에서 IEA 450ppm과 2DS 시나리오만 2°C 미래를 모델로 했다는 점을 알아야 합니다.[21] IEA 450 및 2DS 시나리오에 더하여 다른 대체 2°C 시나리오와 도구가 많이 있으며 이 대체안은 가능성 있는 미래 전환 경로를 이해하려는 조직에 잠재적으로 도움이 될 것입니다.

2°C 시나리오를 작성하는 데 있어, 조직은 (1) 독립된 기관에서 사용되고, 참고되며 발행되었으며, (2) 공공 활용 데이터 세트가 가능한 한 지원되며 (3) 주기적으로 업데이트가 되고 (4) 기능적 도구(예: 시각화 도구, 계산기, 매핑 도구)에 연결되어 조직에서 적용할 수 있는 공공 활용 시나리오의 활용을 고려해봐야 할 것입니다. 현재 이 기준에 가장 많이 부합하는 2°C 시나리오는 IEA 2DS, IEA 450, DDPP 및 IRENA 시나리오입니다. 이 공공 활용 시나리오는 조직의 자체 시나리오 개발에 도움이 될 수 있고 또한 전략 계획 논의를 위한 프레임워크로 직접 사용될 수도 있습니다. 그러나 이 시나리오는 모든 관할권 또는 섹터에 대한 충분한 세부적 수준에의 영향을 고려하지 않는다는 것이 중요합니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

[18] 최근 몇년 사이에 IEA 시나리오의 신재생 에너지 배치 예상이 심각하게 과소평가된 것으로 나타났으며 증명된 바 있습니다(Sergey Paltsev, "Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis," MIT CEEPR WP 2016-007, 2016).

[19] 온도 상승을 2°C(산업화 이전 수준 기준) 이내로 제한하는 것은 2015년 UNFCCC 파리 협정에서 세워진 목표로 2016년 11월 4일에 발효되었습니다.

[20] 이 접근 방법은 산업화 이전 수준을 기준으로 대기 내 GHG 농도 값을 정하고 다양한 미래 시점(2035년까지, 중기(2046-65년), 말기(2081-2100))에서의 지구 온도 변화 결과를 분석하는 IPCC 시나리오에서 사용된 접근 방법과 대비될 수 있습니다.

[21] IEA 450 시나리오는 2°C 이하로 유지하는 50% 가능성을 전제로 합니다.

상자 도표 A1

IEA 시나리오

IEA WEO 현 정책 시나리오(온난화 6°C 발생 예상)

현 정책 시나리오는 정부에서 공식적으로 채택된 정책만을 고려합니다. UNEP에 따르면, "정부가 법률 제정으로 지지 또는 기타 기본 사항 적용을 해야만 하는 정책 제안을 완수하는 데 실패하고 에너지 섹터에 영향을 줄 만한 다른 정책을 준비하지 못했을 때의 현상 유지 미래"를 다룹니다. [22] 이 "새로운 정책 없음" 시나리오는 새로운 정책을 평가할 수 있는 비교점을 제공합니다.

IEA WEO 신정책 시나리오(온난화 4°C 발생 예상)

신정책 시나리오는 WEO의 핵심이 되는 시나리오입니다. 발효하기까지는 필요한 특정 방법이 완전히 개발되어야겠지만, 이미 채택되어 에너지 시장에 영향을 주는 정책과 시행 방법을 관련 정책 제안과 함께 고려합니다. WEO 보고서는 어떤 정책 제안이 시행될지에 대한 개별 판단(신중하기도 한)을 세웁니다. 이는 존재하는 다수의 제도적, 정치적 및 경제적 장애물뿐 아니라 일부 경우에는 어떻게 시행될지 발표한 의도의 부족한 부분까지 고려하여 작성되었습니다.

IEA INDC 파리 협정 시나리오(온난화 2.6°C 제한 예상)

INDC 시나리오는 파리 협정의 기반인 COP21 이전에 제출된 INDC의 영향을 평가합니다. "세계 에너지 구성에서 화석 연료 점유율이 하락하고 있으나 2030년에도 여전히 75% 정도입니다. 석탄 및 석유 수요에 대한 성장률이 느려지고 있으나 수요는 감소하지 않고 있으며, 가스 사용은 더 증가하고 있습니다. 신재생 에너지는 2030년까지 주요 전기 공급원이 되지만, 미임계 석탄 화력 발전량은 아주 조금 감소합니다. 발전 섹터의 탄소 집약도는 30% 개선됩니다." [24] 탄소 포집 및 저장(CCS)은 2030년까지 미미한 침투 수준에 밖에 이르지 못합니다. 섹터 전반에서 향상된 효율성 정책은 서비스 자체를 축소하지 않으면서 에너지 서비스를 제공하는 데 사용되는 에너지를 축소합니다.

IEA 가교 시나리오(세계가 2025년까지 2°C 제한 경로를 유지하고 2025년 이후에 더 필요)

IEA는 가교 시나리오(Bridge Scenario)를 개발하는 정책 입안자 및 비즈니스 기획자 가운데 단기 GHG 경감 옵션에 대한 실질적인 논의에 이바지하기 위해 노력했습니다. 가교 시나리오의 목적은 각국 또는 각 지역이 개별적으로 글로벌 에너지 관련 GHG 배출의 정점으로 나아가는 움직임을 이룰 수 있도록 하는 방법의 채택을 촉진하게 하는 것입니다. 이 가교 시나리오는 본질적으로 2°C 목표로의 경로는 아니며, 그러한 경로를 위해 WEO 450 시나리오에서 정리된 추가적인 기술 개발 및 정책 요구사항입니다.

IEA WEO 450ppm 시나리오 (온난화 2°C로 제한 예상)

WEO 450 시나리오는 다른 접근법을 시도합니다. "명시된 결과: 장기적으로 평균 지구 온도 상승(50% 가능성)을 2°C로 제한하기 위해 에너지 섹터에서 필요한 행동 달성을 채택하고, 그 목적을 달성할 수 있도록 각 단계를 제안합니다." [25] 2015년부터 2040년까지 에너지 관련 CO2 배출을 감소하기 위해서는 배출 감소의 60%에 달하는 결과를 가져올 현재 상업 구조에서 친숙하고 사용 가능한 더 강력한 기술 배치, 상당한 추가 원자력 발전 시설 건립 및 1990년에서 2010년 사이의 가스연료 발전의 확장 속도에 맞춘 2025년 이후의 신속한 CCS 확장을 포함하는 많은 개별적인 노력이 필요합니다.

IEA ETP 2DS 시나리오 (온난화 2°C로 제한 예상)

IEA는 별개로 매년 "에너지 기술 전망(ETP)"을 발표하며 다양한 섹터에서의 저탄소 기술 개발 및 배치의 시나리오 분석을 제공합니다. ETP 2016은 에너지 시스템 개발 경로와 평균 지구 온도 상승 2°C 제한의 최소한 50% 확률과 일치하는 배출 궤적을 제시합니다. 2DS는 2050년(2013년과 비교하여)까지 거의 60%의 CO2 배출을 감소하는 목표를 설정하며 2050년 이후 탄소 중립이 이루어질 때까지 지속적인 저감 목표를 설정합니다. 2DS는 장기적으로 안정적이고 적절한 비용의 에너지 시스템 확보를 돕는 변화를 확인하고 에너지 섹터의 변화가 매우 중요하며 자체적인 것으로는 충분하지 않다는 것을 강조합니다.

[22] UNEP, *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement*. February, 2016.
[23] IEA, World Energy Model Documentation 2015 Version, 2015.
[24] IEA, "Energy and Climate Change," 2015.
[25] 상게서.

상자 도표 A2

기타 2°C 시나리오

국제신재생에너지기구(IRENA) REmap (2016)

이 시나리오는 2030년까지 세계 에너지 구성에서 신재생에너지 점유율을 2배로 늘리기 위한 계획을 제시합니다. 신재생에너지 생산 점유율이 현 18%에서 2030년까지 36%가 되어야 하며, 바이오매스(예: 연료목) 에너지의 전통적 사용이 단계적으로 폐지되기 때문에 "현대" 신재생에너지의 4배로 증가되어야 합니다. "REmap은 국가 전문가와의 협력으로 개별 국가 분석부터 시작하여 범지구적 수준까지 모든 결과를 통합하여 국가, 지역 및 세계에서 신재생에너지 규모 확대를 할 수 있도록 현실적인 잠재력을 결정합니다. 이 분석은 세계 에너지 사용 80%를 대표하는 40개국을 포함합니다. 로드맵은 신재생에너지 발전 기술뿐 아니라, 난방, 냉방 및 운송 관련 기술 옵션에도 초점을 두고 있습니다. 신재생에너지 규모 증대를 위한 잠재력 판단에 있어 REmap은 가능한 기술 경로에 초점을 둡니다." [26]

그린피스 선진 에너지 혁명(5판)

이 시나리오는 2050년까지 완전한 탈탄소 에너지 시스템을 향한 야심 찬 경로를 제시합니다. 시나리오는 기본 에너지 혁명 시나리오(그린피스의 *선진 에너지 혁명의* 최신판에서도 다뤄짐)에 상당한 추가적 노력을 더하였습니다. 신재생에너지, 바이오연료의 대규모 통합 및 수소를 에너지 구성에 포함시키는 것과 에너지 효율성에 대한 기회 활용을 위한 상당한 노력을 포함하는 기본 시나리오에 기반을 두고 있습니다. 선진 시나리오는 100% 신재생 에너지 공급으로 이루어진 에너지 시스템을 향한 더 강력한 노력을 요구합니다. 소비 경로는 현 수준을 유지하지만, 완전한 탈탄소를 위해 이러한 기술은 더 빠르게 도입되는 것입니다. IEA의 세계 에너지 전망 2014 현 정책 시나리오가 기본 사례로 사용됩니다.

심층 저탄소화 경로 국제 공동 연구 사업(DDPP)

DDPP는 심층 저탄소화 경로(DDP)의 형태로 2°C 제한의 동일 선상에서 배출 감소를 위해 국가에 요구되는 것이 무엇인지에 대한 분명하고 구체적인 이해를 제공하여 기후 정책 대화에서의 간극을 메우는 역할을 합니다. "DDPP 프레임워크는 지속가능발전 국제관계연구소(IDDRI)와 지속가능발전해법네트워크(SDSN)가 이끄는 컨소시엄에서 개발 및 활용되어 왔습니다. DDPP는 세계 최대 온실가스 배출 국가인 호주, 브라질, 캐나다, 중국, 프랑스, 독일, 인도, 인도네시아, 이탈리아, 일본, 멕시코, 러시아, 남아프리카 공화국, 대한민국, 영국 및 미국의 16개국 선진 연구 기관에서 온 과학 연구팀의 국제적 협력으로 이루어졌습니다." [27] 이 연구팀은 각국의 배출 저감 목표를 이루기 위한 기술 및 비용적 요구 사항의 다른 옵션을 의사 결정자에게 알려주기 위해 섹터별 및 시간이 흐름에 따른 16개국 개별 사회 기반 시설의 변화를 위한 청사진을 개발했습니다. DDP는 2050년 배출 목표를 시작으로 해당 목표에 도달하기 위한 절차를 확정합니다. 따라서 이 도구는 사용자가 다양한 2°C 경로를 생성할 수 있도록 해줍니다.

IPCC RCP 2.6

IPCC는 세계적으로 학문적 시나리오 개발에 권위 있는 그룹을 활용하며 이중 다수는 통합 평가 모델링 컨소시엄(IAMC)의 구성원입니다. 이 팀은 다양한 온난화 결과를 가져온 여러 GHG 농도 시나리오를 작성한 바 있습니다. 관련 시나리오는 최신 IPCC 보고서(AR5)에서 찾을 수 있으며, 입력 및 출력 변수를 담은 온라인 데이터베이스 및 스프레드시트도 찾아볼 수 있습니다. 이 다양한 범위의 모델은 중기까지 발전 섹터의 저탄소화, 에너지 서비스의 전화, 운송, 건축 및 산업 섹터에서의 잔여 화석연료 사용을 바이오 연료 대체, 말기까지 토지사용 섹터('탄소 싱크')에서의 역배출 달성을 포함하는 온난화를 2°C로 제한할 수 있는 다수의 경로가 있음을 보여줍니다. 이 시나리오는 또한 효율성 향상 및 행동 변화를 주요 경감 전략으로 강조합니다.

[26] 국제신재생에너지기구(IRENA), Remap, 2016.
[27] 심층 저탄소화 경로 국제 공동 연구 사업(DDPP), "About," *DDPP*, 2016.

상자 도표 A2 에서 IEA 시나리오를 능가하며 2°C 시나리오와 공통적인 점은 다음과 같습니다.

- 공공 활용, 상호 심사 및 널리 사용되고 참조되었습니다.
- 범지구적, 권역적 및 국가적 수준의 데이터를 제공하는 공공 활용 데이터 세트로 지원됩니다.
- 일부 경우, 조직에서 사용되는 기능적 도구(예: 시각화 도구, 계산기 및/또는 지도제작 도구)와 연계되어 있습니다.

c. 국가 결정 기여 및 2°C 시나리오의 중요성

전환 리스크에 대한 회복탄력성을 고려할 때, 조직의 경영진, 주주 및 분석가는 정부의 NDC 계획에 명시된 방법과 결과를 출발점으로 하여 고려해야만 합니다. 일부 사례에서 NDC는 에너지 안보 요구사항을 고려한 저탄소 경제를 향한 실질적이고 건실한 경로를 구성할지에 관한 국내 정책 고려사항에 기반하여 수립되었습니다.

시나리오 분석에 NDC 목표를 고려하는 것은 실질적인 첫걸음이며 다음의 내용에 주의해야 합니다.

- 현 NDC는 파리 협정의 제2조에 명시되고 195개 협약 당사국이 동의한 "지구 평균 온도 상승을 산업화 이전보다 2°C 높은 수준의 훨씬 아래로 억제하고, 산업화 이전 수준 대비 온도 상승을 1.5°C로 제한하는 노력을 추구한다"라는 목적을 달성하기에는 부족합니다.
- 현 NDC는 2030년(2030년 조금 이전)에 종료되며 예상된 2.7°C 온난화 제한 수준만을 성취합니다.[28]
- 파리 협정 제4조는 국가가 강화된 NDC를 5년마다 논의하기 위해(산업화 이전 대비 2°C 높은 수준보다 낮게 유지하는 협정의 목표를 달성하기 위해 현재 노력하고 있는 것보다 더 적극적으로 참여해야 한다) "진전하는 노력"의 요구사항을 도입했습니다.

따라서 조직의 분석에서 2°C 시나리오를 고려하는 것이 매우 중요합니다. 2°C 시나리오는 파리 협정의 목표와 일반적으로 연계되어 있으며 분석가와 투자자의 개별 조직, 섹터별 조직 전반 및 다른 섹터 전반에서의 전환 관련 영향에 대한 정도와 시기에 대한 잠재적 평가를 지지할 것이라는 공통 참고점을 제공합니다.

이러한 맥락에서, 그랜덤 기후변화 환경연구소에서 태스크포스에 제출한 문서에서 유용한 몇 가지를 강조하고자 합니다:[29]

> *...모든 비즈니스 전략을 예를 들어 (대부분 회고적인 태도로) 정치적 의지 부족의 이유로 인해 대규모 탈탄소화가 이루어지지 않을 것이라는 가정에 맞추는 것은 기업에 점점 더 큰 위험이 되고 있습니다.*
>
> *모든 기업이 "야심 찬 기후 정책이 준비되었을 때 어떤 전략이 전환 비즈니스 모델에 있어 여전히 가치 있는 것으로 남을 것인가"와 같은 주요 질문에 대해 대답을 해야만 할 것입니다. 물리적 위험과 미래 보장 비즈니스 모델에의 노출과 관련한 비슷한 질문이 작성되어야 하고, 이는 다른 섹터의 노출에 따라 달라져야 합니다.*

A 도입
B 시나리오 분석
C 시나리오 분석 개발 및 적용
부록

[28] 유엔기후변화협약, "The Paris Agreement," 2015.12.
[29] Dimitri Zenghelis and Nicholas Stern, The importance of looking forward to manage risks: submission to the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures, Policy Paper, 2016.06.

회복탄력성은 미래예측적 위험 관리 및 헤지 전략의 존재를 필요로 합니다. "가장 가능성 있는 시나리오는 무엇입니까?"라는 질문에 대한 답변과 더불어 투자자는 "순 배출량 제로의 세계와 같은 대체 시나리오에서 무엇을 할 것인가?"라는 질문을 해야 할 것입니다. 이 질문에 대한 답은 시장 참가자를 시가 총액 평가에서 우위에 서게 합니다.

d. 관련 매개 변수 및 이정표 비교

IEA와 기타 시나리오, 관련 모델과 도구 및 근본적인 가정에 대한 비교는 도표 A4(21페이지)에 나와 있습니다. 이 도표는 저탄소 경제로의 전환을 분명히 모델링하지 않기 때문에 IEA WEO 현 정책 및 신정책 시나리오를 포함하지 않는다는 점에 유의해 주시기 바랍니다. 대신에 "현상 유지"의 대체 버전을 모형화합니다.

IEA, DDPP, IRENA 및 그린피스에서 작성한 2°C 및 기타 전환 시나리오의 범위를 분석할 때, 기구에서 다양한 시나리오를 작성, 사용 및 평가할 때 많은 주요 동인 또는 이정표를 고려해야 하는 것으로 나타났습니다.(도표 A5, 22페이지) 이 동인과 이정표는 조직이 다른 전환 경로의 발생 및 변화와 이 지표에 관련한 조직에의 영향을 측정하기 위해 모니터하고자 할 때 주요 지표의 역할을 할 수도 있습니다. 예를 들어, 이런 모니터링에서 얻은 정보는 조직의 전략 계획 과정에 중요한 입력 사항이 될 수 있으며, 발생하는 추세와 조건을 반영하기 위한 시나리오의 계속적인 조정에 기여할 수 있습니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

도표 A4

전환 시나리오 요약 및 근본적인 가정

	시나리오 설명		모델 상세 정보				
시나리오	기온 영향 범위 및 % 가능성	출처 및 데이터 시각화	모델	근본적인 가정: 인구	근본적인 가정: 경제	상세 정보: 비에너지 배출원[30] 43F	상세 정보: 기간
IEA WEO 450 시나리오	2°C, 50% 정도의 가능성	IEA 특별 보고서: 에너지 및 기후 변화 및 WEO 2014	IEA 세계 에너지 모델 (WEM)	세계 인구 매년 0.9%씩 증가, 2012년 중반 70억 명에서 2040년 90억 명 (WEO 2014, 42~44페이지)	2012~2040년 세계 GDP 3.4%의 성장률로 성장하는 가정 (WEO 2014, 39~42페이지)	아니요(35페이지)	2012~2040년
ETP 2DS 시나리오	2°C, 50% 정도의 가능성(29페이지)	ETP(에너지 기술 전망) 2016	ETP 모델	2013년 71억 명에서 2050년 94억 명으로 인구 증가(385페이지)	2013~2050년 평균 세계 GDP 성장 3.2%(385페이지)	예(29페이지)	2013~2050년
심층 저탄소화 경로 국제 공동 연구 사업(DDPP)	"절반 이상" 가능성의 2°C 이하 온난화 정책과 일치	DDPP 2015 보고서		2010~2050년 16개국에서 17%의 확대된 인구 증가(6페이지)	세계 평균 GDP 성장률 매년 3.1%로 성장(4~5페이지)	"일부 개별 국가 분석은 에너지 외에 탄소 배출원을 고려합니다."(4페이지)	2010~2050년
IRENA REmap	2°C, CO2 배출 감축의 하향 목표 달성(42페이지)	IRENA: 신재생 에너지 미래를 위한 로드맵(Remap): 2016판 & IRENA 조사 보고서: Synergies between Renewable Energy and Energy Efficiency		IRENA '시너지' 보고서 표3에서 2010~2030년 8개 주요 국가에서의 인구 증가	IRENA '시너지' 보고서 표3에서 2010~2030년 8개 주요 국가에서의 GDP 변화	"농업, 삼림 및 어업의 에너지 사용 및 비에너지 사용은 배제되었습니다." 2016 REmap 보고서 27페이지	2010~2030년
그린피스 선진 에너지 혁명	온도 상승 2°C 이하로 유지하는 목표(59페이지)	그린피스 에너지 혁명(5판)		2015~2050년 매년 0.8%의 평균 인구 증가 예상, 2009년 73억 명에서 2050년 95억 명	2012~2050년 평균 연간 GDP 성장률 3.1%	예 – 비에너지 사용을 포함한 최종 에너지 수요(317페이지)	2012~2050년
IEA WEO 가교 시나리오	에너지 전환기에 "2°C 목표에 대한 가능성 열어두기"를 목표로 합니다. 주의: 그 자체로 2°C 시나리오는 아닙니다.	IEA 특별 보고서: 에너지 및 기후 변화	IEA 세계 에너지 모델 (WEM)	매년 0.9%의 인구 증가 예상, 2012년 중반 70억 명 정도에서 2040년 90억 명(WEO 2014, 42~44페이지)	2012~2040년 세계 GDP 3.4%의 성장률로 성장하는 가정 (WEO 2014, 39~42페이지)	아니요(35페이지)	2012~2030년
IEA WEO INDC 시나리오	2040년까지 2°C의 50% 변화를 위해 남은 모든 탄소 예산이 사용될 예정입니다. 2030년 이후 더 강력한 행동이 취해지지 않는다면, 2100년까지 2.6°C 상승 및 2200년까지 3.5°C 상승이 예상됩니다. (12페이지)	IEA 특별 보고서: 에너지, 기후 변화 및 데이터/표	IEA 세계 에너지 모델 (WEM)	매년 0.9%의 인구 증가 예상, 2012년 중반 70억 명 정도에서 2040년 90억 명(WEO 2014, 42~44페이지)	2012~2040년 세계 GDP 3.4%의 성장률로 성장하는 가정 (WEO 2014, 39~42페이지)	아니요(35페이지)	2012~2030년

[30] 주의: 주요 비에너지 배출원의 하나는 일부 국가에 매우 심한 영향을 줄 수 있는 토지 사용, 토지 사용 변화 및 삼림으로부터 오는 GHG 예상 배출 기여도입니다.(IEA, "Energy and Climate Change: Special Briefing for COP21." 2015).

도표 A5

전환 시나리오 내 관련 매개 변수 및 이정표 비교

			시나리오				
			IEA WEO 450 시나리오	ETP 2DS 시나리오	심층 저탄소화 경로 국제 공동 연구 사업(DDPP)	IRENA REmap	그린피스 선진 에너지 혁명
주요 동인/이정표	정책 & 수요	에너지 효율성	– 정책 행동 관련한 강한 효율성	- 신규 가용량의 약 5100GW가 2016년부터 2050년 사이에 방지됩니다. - 2013~2050년에 거의 2/3의 에너지원 단위 감소가 있다고 가정합니다.(31페이지)	- 전체적으로 볼 때 DDPP 16개국에 대한 GDP의 평균 에너지 원단위는 2010년 대략 8.2MJ/$에서 2050년 3MJ/$로 64% 감소합니다.(9페이지) - 평균 전기의 탄소 집약도는 2010년 대략 530 gCO2/kWh에서 2050년 대략 40gCO2/kWh로 감소합니다.(9페이지)	- 건축업 섹터에서 가장 큰 에너지 감축이 실행되었습니다. (27페이지, 시너지 보고서) - REmap 배치로부터의 효율성은 세계 1차 에너지 총 소비량을 2010년 대비 5% 낮은 수준으로 유지할 수 있게 합니다. (27페이지, 시너지 보고서)	– 산업, 주거지, 서비스 섹터에서의 효율성 측정은 약 16,700 TWh/a의 생산을 방지합니다. (2050년까지) (13페이지)
		CO_2 가격	- 2020년 이후, CO2 가격이 OECD 국가에서 채택됩니다. - 2035년까지 중동 지역을 제외한 모든 지역에서 화석 연료 보조금 지원이 중단됩니다. 대부분 OECD 시장에서 CO2 가격이 2020년 $20/ton 정도에서 2040년 $140/ton에 도달할 것으로 보고 있습니다.(45페이지, WEO 2014)	미국 탄소세가 2020년 $35/tCO2에서 시작되어 2050년까지 $210/tCO2 수준까지 선형으로 증가한다는 가정입니다. – 현 과세 수준이 이보다 큰 경우, 본 일정이 해당 수준에 도달할 때까지 세금이 유지됩니다.	– 주의: "정책 도구의 선택은 사회 선호도에 의존"하기 때문에 DDPP에서 탄소 가격의 중요성이 전체적으로는 중요하지만 서로 다를 수 있습니다.	– USD 17–80/t CO2의 범위가 탄소 가격으로 가정되었습니다.(26~27페이지, 2016 REmap 보고서)	– 2012년과는 다르게, 2015년 에너지 혁명 분석에서는 CO2 가격이 별도로 구분되었습니다.(67페이지)
		에너지 수요	– 세계 에너지 수요는 매년 평균 0.6%씩만 증가할 것이며 2012년 수준의 17%의 수요가 2040년에 증가할 것입니다.	– 최종 에너지 수요는 2014년 390EJ 대비 2050년까지 455EJ까지 증가할 것으로 보입니다. (32페이지)	- 중간 배출/중산층 국가: 에너지 소비 최대치 2030~2040년 2050년 화석연료 소비 = 2010년 수준(15페이지) - 다량 배출/고소득 국가: 최종 에너지 수요 2050년까지 2010년 수준의 10% 이하로 감소 (17페이지)	– 현재 수준과 비교하여 2030년에 세계 에너지 수요가 30% 증가합니다.(14페이지, Remap 2016보고서)	- 1차 에너지 소비 현재 수준 534,870 PJ/a에서 2050년에 433,000 PJ/a까지 감소(비에너지 소비 제외)합니다. (92 페이지) - 2020년에 도달하는 최대 최종 에너지 수요는 355,000 PJ/a입니다. (12~13페이지)
	신생 기술	태양열 PV 배치		– 2050년에는 도시 옥상 태양열 PV는 세계 전력 생산의 47%가 태양열 PV에 의해 생산되고 도시에서 전력 소비의 9%를 차지할 것으로 가정되고 있습니다. (284페이지)	– 모든 DDPP에서의 태양열 PV로부터 탈탄소화된 에너지(GW)의 누적 생산량은 다음과 같이 성장합니다. 2010년 1GW, 2020년 275GW, 2030년 823GW, 2040년 1725GW, 2050년 3254GW (29페이지)	- 태양열 PV 전력 생산력이 2014년 180GW에서 2030년까지 1760GW가 되며, 기본 사례에서는 780GW입니다. (67페이지, 2016 REmap 보고서) - 태양열 PV 전력은 2012~2030년 99GW/년의 속도로 증가합니다.	- 태양열 PV는 2030년까지 총 전력 생산의 14%를 제공하며 1030만 명을 고용합니다. - 총생산은 2020년 1,090 TWh에서 2025년 2,659 TWh로 증가하여 2030년 5,067 TWh까지 증가합니다. (202페이지)
		EV 배치	- EV의 판매는 2040년에 전 세계 승용차 총판매의 40%를 넘습니다. (109페이지, WEO 특별 보고서) - 선진 바이오 연료와 EV로 2040년에 유류 소비를 13.8 mboe/일 만큼 감소합니다. (123페이지, WEO 특별 보고서)	- EV는 2016년 1백만 대에서 2030년까지 1억 대까지 증가합니다. (253페이지) - EV 연간 매출 증가는 2014년 53%에서 2020년까지 66%까지 오르고, 2025년에는 39% 증가하는 추세가 유지될 것이라 가정됩니다.(104페이지)	– EV 생산(백만 대당): 2010년 0, 2020년 32, 2030년 134, 2040년 333, 2050년 650 (29페이지)	– 전기 자동차의 수는 Remap 시나리오에서 기본 사례의 6천만 대와 2013/14년의 80만 대에서 증가하여 2030년 1억 6천만 대까지 도달합니다. (102페이지, 2016 REmap 보고서)	

도표 A5

전환 시나리오 내 관련 매개 변수 및 이정표 비교 (계속)

			시나리오				
			IEA WEO 450 시나리오	ETP 2DS 시나리오	심층 저탄소화 경로 국제 공동 연구 사업(DDPP)	IRENA REmap	그린피스 선진 에너지 혁명
주요 동인/이정표	신생 기술	CCS 배치	- 2025년까지 CCS 기술이 적용된 석유 및 가스 발전 설비 80GW을 운영합니다. 2030년에서 2040년 사이에 580GW의 석탄 화력 발전 설비에 CCS 기술을 적용합니다. - 신정책 시나리오에서의 4%와 비교하여 2040년까지 석탄 화력 발전 설비의 80%에 CCS 기술이 적용됩니다.	- 2025년에는 매년 540Mt의 CO2가 저장될 것으로 가정합니다. (96 페이지) - 2050년에는 CCS 기술로 누적 배출 12% 감소, 전 세계 3.5Gt의 CO2를 포집할 것이라 가정합니다. (39페이지)	– CCS 배치 증가율이 2020년 약 3GW에서 2030년 약 20GW, 2040년에 약 56GW 및 2050년 76.7GW까지 상승할 것으로 가정합니다. (37페이지)	(CCS가 중요하다고 믿지만, 시나리오에서 특정 영향을 논의하지는 않습니다.)	- 'CCS 기술이 이행되지 않았습니다.' (60페이지) - 가격, 효율성 및 환경적 영향에 관한 가정의 사변적 성격 때문에 CCS 기술은 에너지 혁명에 포함되지 않았습니다. (67페이지)
		바이오에너지	– 연료 구성은 2040년까지 더욱 다양화되며, 바이오 연료가 세계 운송 수요의 17%를 구성할 것입니다. (124페이지, WEO 특별 보고서)	– 2025년까지 568억 리터의 바이오 연료 생산을 가정합니다.(108페이지)	– 바이오매스로부터의 탈탄소화된 에너지(GW) 누적 생산은 모든 DDPP 국가에서 2010년 1GW에서 2020년 26GW, 2030년 105GW, 2040년 221GW, 2050년 270GW까지 증가할 것입니다.	- 모든 REmap 옵션이 이행된다면, 2030년에 액체 바이오 연료에 대한 수요가 매년 5천억 리터에 달할 것으로 예상합니다.(108페이지, 2016 Remap 보고서) - 바이오에너지 발전용량은 2030년까지 430GW가 될 것입니다. (67페이지, 2016 REmap 보고서)	– 바이오매스 화력 발전이 2020년 31,404PJ에서, 2025년 34,909PJ 및 2030년 36,623PJ까지 증가합니다. (203 페이지)
	에너지 구성	% 신재생에너지	– 다양한 신재생에너지가 2015년 세계 전력 생산의 3%에서 2040년까지 20% 이상 증가할 것입니다.(109페이지, WEO 특별 보고서)	– 전기 CO2 집약도는 2013년 528g CO2/kWh에서 2050년 40g CO2/kWh 이하로 감소합니다. 저탄소 발전의 배치를 통해 이룹니다.	– GDP(%) 일부로써의 저탄소 기술에 대한 연간 투자는 전 DDPP 국가에서 2020년 0.8%에서 2030년 1.2%, 2040년 1.3% 및 2050년에 1.3%로 성장할 것으로 예상합니다. (32페이지)	– REmap 시나리오에서 2030년에는 발전량의 45%가 신재생에너지 기술을 사용(2014년 23%에서 증가)할 것으로 예상하며 참조 사례의 30%와 비교될 수 있습니다. (54페이지 2016 REmap 보고서)	– REmap 시나리오에서 2030년에는 발전량의 45%가 신재생에너지 기술을 사용(2014년 23%에서 증가)할 것으로 예상하며 참조 사례의 30%와 비교될 수 있습니다. (54페이지, 2016 REmap 보고서)
		원자력	- 세계 원자력 설비는 2040년에 862GW까지 두 배 이상 증가하며, 신정책 시나리오 수준보다 38%가 높습니다. (406페이지) - 개발은 2014~2040년 동안 새로운 원자력 발전소에 대한 투자 810억 달러/년의 일정 부분에 의존합니다. (406페이지)	– 세계 원자력 설비는 2016년 403GW에서 2025년 553GW까지 증가하리라 가정합니다. (90페이지)	– 원자력 기술로부터의 탈탄소화된 에너지(GW) 누적 생산은 모든 DDPP 국가에서 2010년 2GW, 2020년 53GW, 2030년 259GW, 2040년 632GW, 2050년 1053GW까지 증가할 것입니다.(29페이지)	– REmap 시나리오에서 원자력 발전 설비는 2014년 370GW에서 2030년까지 600GW로 증가할 것으로 예상하지만, 기본 사례의 2030년 650GW보다는 낮습니다. (67페이지, 2016 REmap 보고서)	– 에너지 혁명 시나리오에서는 전 세계적으로 새롭게 건설되는 원자력 발전소는 없습니다.(122페이지)
결과	CO2 배출		– 에너지 관련 CO2 배출 최대치는 2020년 이전에 33Gt이며 2030년에 25.4Gt로 다시 감소하여 2040년에 19.3Gt로 감소할 것입니다(신정책 시나리오보다 거의 50% 낮음).	– 2DS에서의 CO2 배출은 2050년에 15Gt까지 감소하며 현재 수준의 절반 미만입니다. (28페이지)	– 누적 에너지 관련 배출의 범위는 2050년까지 805~847Gt CO2입니다. (17~18페이지)	– 이 범위(CO2 감축)의 하향 목표는 세계가 2°C 경로를 유지하는데 충분합니다. (41~42페이지, 2016 REmap 보고서)	- 100% 신재생 에너지– 2050년까지 전체 에너지 시스템의 탈탄소화입니다. - 세계 CO2 배출은 2020년까지 안정화된 후에 계속 감소합니다. - 2012년에서 2050년 사이의 총누적 CO2 배출은 667 Gt CO2입니다. (15페이지)

e. 전환 시나리오로 얻은 예상 결과

위에 요약된 전환 시나리오는 범지구적 및 권역적 수준과 종종 특정 국가와 섹터 수준에 대한 주요 매개변수에 대한 분석과 결론을 제시하는 데이터와 그래픽 결과를 제공합니다.

또한, 다수의 발표된 전환 시나리오는 조직이 그들에게 관련된 최적의 정보에 접근할 수 있도록 하는 기능적 도구와 대시보드가 동반됩니다. 예를 들어, DDPP 도구(및 영국 정부에서 개발한 Global Calculator[31])는 사용자가 특정 입력 변수와 가정을 수정하여 "가정(what if)" 분석을 사용하도록 합니다. 그러나, 지원 도구 및 사용자 인터페이스의 추가 개발은 조직의 시나리오 분석 활용 도모, 시나리오 분석의 비용 절감과 투자자들의 비교 가능성 보장을 돕기 위해 필요합니다.

2. 물리적 시나리오

또한, 범지구적 기후 변화 모델의 과학 및 결과는 기후 변화의 폭넓은 물리적 영향(예: 기온, 강수 및 가뭄) 및 관련 재무적 영향에 대한 조직의 평가를 지원할 수 있습니다. 일례로서, MIT의 6개 통합 평가 모델(기후 체계에서의 인류 발생의 온실가스 배출과 사회 경제적 체계에의 기후 변화 영향의 상호작용을 제시)에 대한 최근 분석에서 전 모델에서 지구 기온과 같은 기후 변화 결과가 매우 비슷한 것을 발견했습니다. MIT 연구 및 여타 경우에서 비즈니스 기획자, 금융 전문가와 다른 관련자가 물리적 기후 변화의 영향에 관한 다양한 결과를 평가하기 위해 시나리오 분석에서 범지구적 기후 변화 모델의 결과를 효과적으로 사용할 수 있을 것이라 제안합니다.

그러나, 이러한 범지구적 기후 변화 모델을 지역에의 영향으로 축소하는 것은 아직 진행 중입니다. 몇몇 정부와 국제 금융 기관은 새로운 사회 기반 시설 프로젝트 평가를 위해 범지구적 기후 변화 모델의 "축소된" 데이터를 현재 사용하고 있습니다. 그러나 다수의 범지구적기후 변화 모델은 아직 지역 수준에서 극한 날씨(예: 홍수, 강수 패턴 및 가뭄)를 정확하게 예상하는 데에 어려움을 겪고 있습니다.

a. 공공 활용 물리적 시나리오

IPCC의 4개 RCP는 IPCC의 AR5를 뒷받침하는 기후 변화 모델에 입력값을 제공하는 시나리오의 최신 버전입니다. 이 시나리오는 많은 가능한 미래 GHG 배출 및 대기 GHG 농도의 결과 궤적에 대한 기후 변화 영향을 설명합니다(상자 도표 A3, 25페이지).

RCP 시나리오는 대기 GHG 농도의 수준을 조정하고 산업화 이전 수준에 대비하여 다양한 미래 시점에서(2035년까지, 중기(2046~65년), 말기(2081~2100년)) 지구 기온의 변화를 분석합니다.

도표 A6(25페이지)는 IPCC의 AR5에 입력한 배출 경로와 기온 모델 결과 및 대기 CO2 농도 결과와 지구 평균 기온 변화를 설명합니다.

[31] 영국 정부의 국제 기후 변화 기금, EU's Climate-KIC, "The Global Calculator tool," The Global Calculator.

상자 도표 A3

IPCC 대표 농도 경로(RCP) 시나리오

RCP8.5는 고배출 시나리오로 배출 감축에 대한 정책 변화가 없는 미래에 일치하며, GHG 배출 증가로 인한 대기 GHG 농도 상승의 특징을 보여줍니다. 현 정책 또는 현상 유지 시나리오와 많은 부분이 연계됩니다.

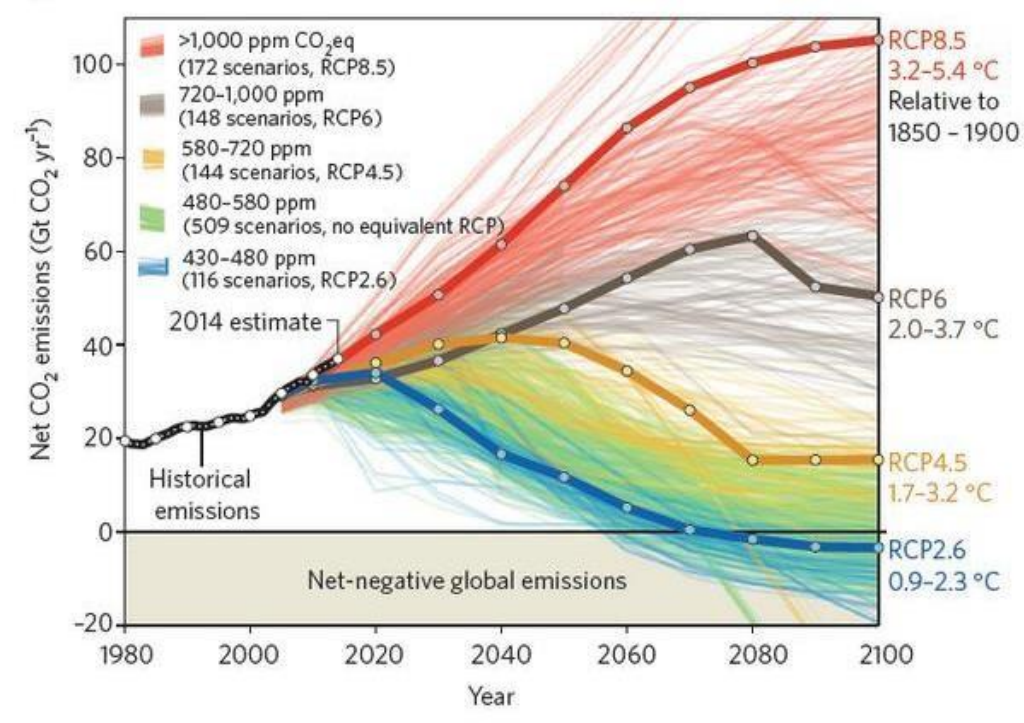
RCP6.0은 중간-고배출 시나리오로 2060년 정도에 GHG 배출 최대치를 예상하며 그 후에는 남은 세기 동안 감소하는 내용입니다.

RCP4.5는 중간 배출 시나리오로 비교적 야심 찬 배출 감축 및 GHG 배출이 약 2040년부터 감소하기 전까지는 조금씩 증가할 것으로 예상하는 미래에 일치합니다. 이러한 비교적 야심 찬 배출 감축 조치에도 불구하고, RCP4.5는 파리 협정에서 동의한 2°C 제한/1.5°C 목표 수준에는 미치지 못합니다. 2015 NDC(2030년까지) 이행의 결과인 GHG 감축 개요 및 뒤이어 최대치를 경신하고 2080년까지 세계 배출을 50%까지 감축하는 내용과 연계됩니다.

RCP2.6은 파리 협정에서 정해진 2°C 제한/1.5°C 목표와 일치하는 유일한 IPCC 시나리오입니다. 이 RCP는 2020년경에 최대치를 예상하고 후에 선형 경로로 감소하기 시작하여 2100년 전까지 마이너스 순배출이 된다는 야심 찬 GHG 배출 감축 내용과 일치합니다.

도표 A6

IPCC AR5 RCP 시나리오에서의 CO2 배출 경로 및 기온 결과



이 모델링의 데이터와 결과는 접합모델 상호비교 프로젝트 5(CMIP5)에서 확인 가능합니다.[32] CMIP5요약은 상자 도표 A4에서 제공합니다. 이 데이터는 공공 활용이 가능하며 기후 변화의 잠재적인 1차, 2차, 3차 영향에 대한 평가를 위해 다수의 조직, 학술적 연구기관 및 전문 상담가와 운영자에 의해 사용되고 있습니다.

b. 관련 이정표 비교

물리적 시나리오 또는 IPCC의 AR5 RCP는 다양한 GHG 배출 및 농도 경로, 결과부 기온 수치를 반영합니다. CMIP5 기록에 포함된 이러한 모델링 결과는 각각의 RCP에 관한 다양한 변수에 대한 예상된 기후 데이터를 제공합니다.

상자 도표 A4

CMIP5 요약

CMIP5는 최근 과거를 시뮬레이션하여 모델이 얼마나 현실적인지를 평가하고, 단기(약 2035년까지) 및 장기(2100년 이후)의 두 시점에 대한 미래 기후 변화 예측치를 제공하며, 구름 및 탄소 주기와 같은 일부 주요 피드백의 수치화를 포함하여 모델 예측치에서 차이점을 가져온 요인 일부를 이해하기 위한 모델 시뮬레이션의 표준 세트를 추구합니다.[33]

CMIP5 데이터 세트로부터 얻은 다중 모델 평균 결과는 물리적 기후 변화 영향 평가에도 사용될 수 있습니다. 데이터를 사용하여 조직은 다음과 같은 변수에 대한 2030년, 2050년 및 그 이후의 결과를 확인할 수 있습니다.[34]

- 기온
- 강수
- 가뭄
- 폭풍 해일
- 산불
- 허리케인/사이클론
- 태풍
- 홍수
- 물 공급 및 수요
- 해수면 상승
- 산사태

지금부터 중기까지의 시간에서 타당한 물리적 기후 변화 리스크에 대한 스트레스 노출을 이해하기 원하는 조직에 가장 도움이 될만한 것은 RCP8.5(NDC 이행이 실패하는 내용과 일치하는 현상 유지 경로를 가장 잘 반영)와 일치하는 시나리오를 고려하는 것입니다.

이러한 두 RCP 시나리오로부터 얻은 지표적 결과는 도표 A7(27페이지)에서 표시됩니다. 이는 사용자 친화적 매핑 도구 개발을 위해 IPCC 자체 및 여타 조직에서 사용한 IPCC 모델링 데이터에 대한 조직이 이용 가능한 세계 매핑 자원을 보여줍니다. 물리적 기후 변화 관련 시나리오 분석을 시작할 때, 조직은 이러한 지도에서 얻은 고급 데이터와 CMIP5 데이터 세트로부터 얻은 특정 장소, 지역 또는 권역별 데이터의 보충자료, IPCC 연구에 관해 이야기하는 다수의 학술적 연구 보고서로부터 얻은 관련 연구 결과를 유용하게 사용할 수 있을 것입니다. 이는 개별 권역 또는 국가, 극한 날씨의 정도와 빈도를 포함하는 개별 기후 영향/변수, 특정 산업에 대한 영향(예: 특정 국가 내 농업 생산에의 영향)에 관한 연구 보고서를 포함할 것입니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

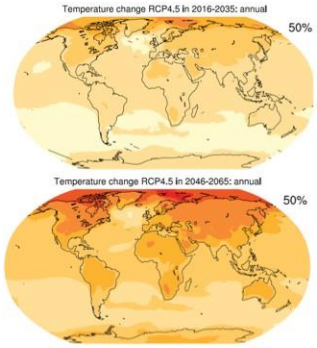
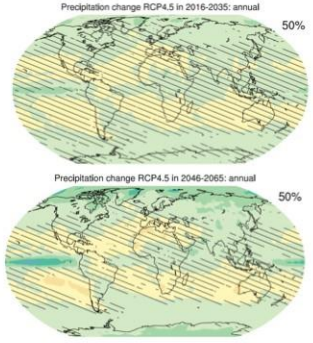
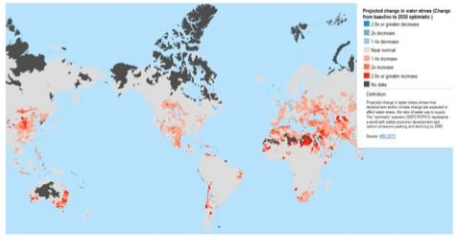
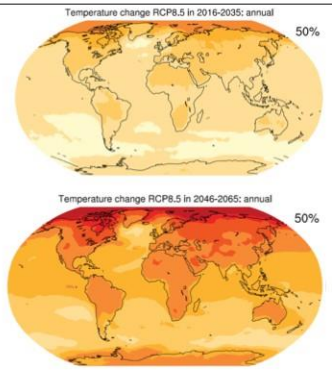
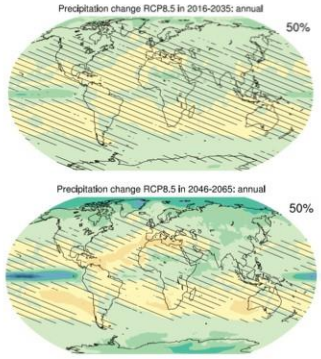
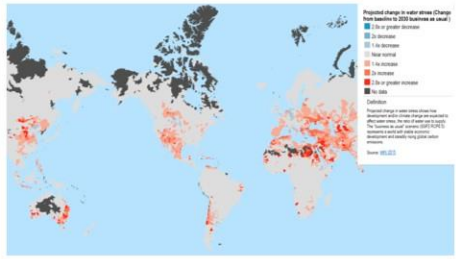
[32] CMIP는 새로운 세트의 조정된 기후 모델 실험을 도모하기 위해 1995년 세계 선두 기후 변화 모델링 그룹으로 구성되었습니다. CMIP5는 각 RCP의 미래 기후 변화 예측치를 제시한 IPCC 5차 평가 보고서를 뒷받침하는 28개 모델링 센터의 데이터에 대한 주요 결과 및 접근법을 제공합니다(세계 기후 연구 계획, CMIP5, 2016).

[33] 상게서.

[34] 산불과 같은 일부 변수는 CMIP5 외 개별 데이터 세트 사용에 의존합니다.

도표 A7

물리적 기후 시나리오 범위 내 관련 이정표 비교

	Key Drivers / Signposts			
	Surface Temperature Change	**Precipitation & Water Supply**		**Sea Level Change**
	Indicative change in average surface temperature (2016-2035 and 2046-2065)	**Indicative precipitation maps (2016-2035 and 2046-2065)**	**Indicative water supply and demand map 2030**	**Projected ensemble mean sea level change (model projection averages) from 1986-2005 to 2081-2100**
IPCC 5AR RCP 4.5			 Taken from: WRI (2016), Aqueduct Water Risk Atlas (www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/)	Maps detail global variations in sea level rise, with darker indicating the largest increase. In RCP 4.5, sea level rise peaks at 0.3m in some regions. Increases are particularly concentrated around the 30° regions, while Antarctic region shows the smallest change.
IPCC 5AR RCP 8.5			 Taken from: WRI (2016), Aqueduct Water Risk Atlas (www.wri.org/applications/maps/aqueduct-atlas/)	Maps detail global variations in sea level rise, with the darkest colours indicating the largest increases. In RCP 8.5, sea level rise peaks at 0.8m in some regions. Increases are particularly concentrated in the Southern Hemisphere. There are some small areas which experience reductions in sea level.
Scale				

출처: IPCC, Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 and RCP 8.5 [van Oldenborgh, G.J., M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. 2013. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)].

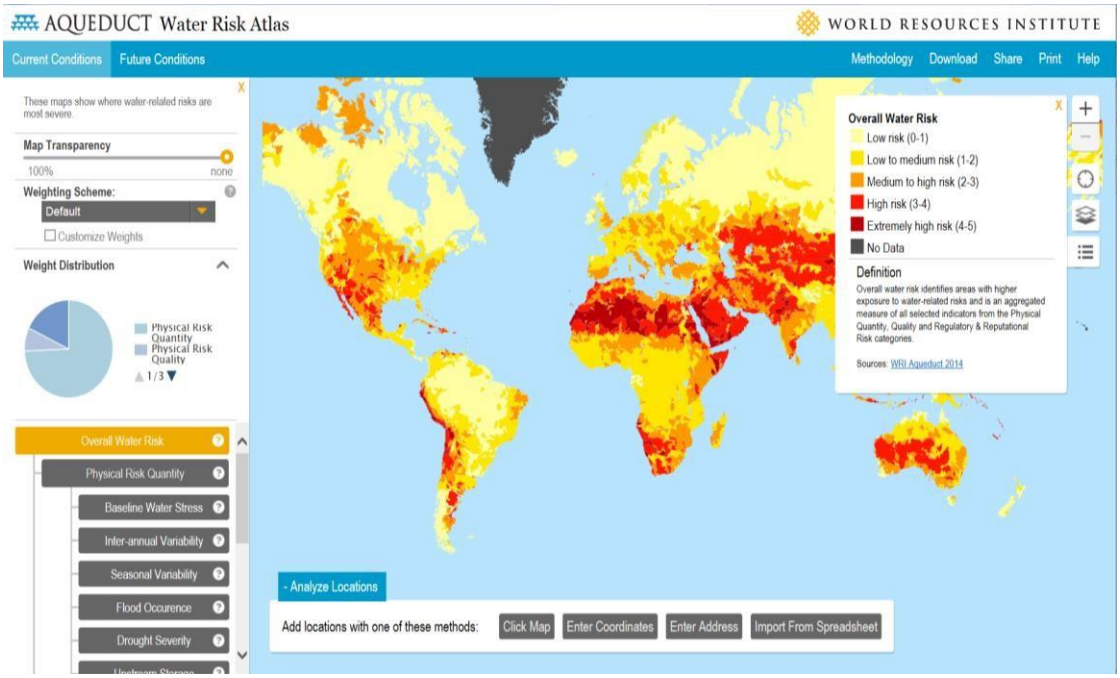
c. 물리적 위험 평가 도구 및 자원의 종류

CMIP5 데이터 세트에서 도출한 위에 표시된 IPCC RCP 시나리오 적용에서 얻은 모델링 결과에 추가하여, 범지구적, 권역적, 국가 및 지역 수준에서의 물리적 기후 변화 영향 및 리스크의 평가를 지원하기 위해 조직이 사용할 수 있는 다른 도구도 많습니다.

WRI 애퀴덕트 아틀라스(도표 A8)는 "기업, 투자자, 정부 및 기타 사용자들이 전 세계 어디서 어떻게 물 위험과 기회가 발생하는지를 이해하는 데 도움이 되며, 아틀라스는 강력한 상호 심사 방법 및 최상의 이용 가능한 데이터를 사용하여 물 위험의 고해상도의 맞춤형 세계 지도를 생성"하는 위험 매핑 도구입니다.

도표 A8

WRI 애퀴덕트 워터 리스크 아틀라스



출처: 세계자원연구소(WRI), Aqueduct: Measuring and Mapping Water Risk, 2016.

WRI 애퀴덕트 도구에 추가하여 다른 도구는 다음을 포함합니다.

- WBCSD 물 도구[35]는 기업 물 위험과 기회 확인을 위해 통합문서(장소 목록, 주요 보고 지표 및 측정 기준을 위한), 매핑 기능 및 Google Earth 호환성이 포함된 다기능 자원입니다. 이 도구는 물 관리에 새롭게 접근하거나 장기 회복력 전략의 일부로서 여러 국가에서 사업을 운영하는 조직을 지원하는 것이 목적입니다. 조직은 물 유효성, 위생, 인구 및 생물 다양성에 기반한 장소를 비교할 수 있습니다.
- 유엔식량농업기구 GAEZ 농업 도구 데이터 포털은 전 지구 농업 생태학적 지역(GAEZ) 방법론에 기반하여 농업 자원과 잠재성을 평가합니다.[36] 데이터 포털은 시각화를 위한 옵션을 포함하는 데이터베이스와 연구 결과를 수집한 것입니다. 이 도구는 기후 변화로 인한 사용자가 수확량, 생산량

[35] WBCSD, "Global Water Tool," 2015.
[36] 유엔식량농업기구, "Global Agro-Ecological Zones," 2017.

및 기타 수치를 예상할 수 있도록 하는 IPCC의 AR5를 위해 개발된 RCP를 고려하기 위해 2014년에 업데이트되었습니다.

점점 더 많은 중앙 정부와 기상청이 지역/국가 수준에서의 기후 변화 예측치를 준비하고 있으며, 조직에서 사용할 수 있도록 평가를 진행하고 참조자료가 될 수 있는 툴키트를 준비하고 있습니다. 다음과 같은 예를 들 수 있습니다.

- 영국 기후 영향 프로그램(U.K. CIP)은 역사상의 기후 기록 및 미래 기후 예측치를 한데 모았습니다. 기후 예측치는 저배출, 중간배출 및 고배출 시나리오를 다루며, 온라인 사용자 인터페이스와 관련 간략한 보고서에서 볼 수 있습니다. UKCP09 날씨 발생기는 1961~1995년의 5km 기준 자료를 사용하여 특정 미래 시점에 대한 예측치를 만들어 미래 일일 기후 예상을 제공합니다.
- 미국 축소된 기후 데이터 및 정보 합동 기록 보관소는 역사상 및 미래의 기후학과 수문학의 기록을 제공하며, 로렌스 리버모어 국립 연구소에서 연방 및 비연방 파트너의 컨소시엄을 통해 유지 관리됩니다. 이 기록의 정보는 무료이며 모두가 열람 가능합니다.
- 프랑스에서는 기후 변화의 영향과 관리 프로그램(GICC)에서 기후 연구를 이끌고 있습니다. 프랑스 기상청이 2100년까지 기후 예측치의 1차 제공자이며, IPCC의 RCP에 일치하는 기온, 강수, 풍속을 포함합니다. 중기(2021~2050년)와 장기(2071~2100년)에 대한 예측치가 제공됩니다. 권역화된 모델을 사용하여 최소거리 약 12km에 도달할 수 있었습니다.
- 호주, 캐나다, 독일, 일본, 네덜란드와 남아프리카 공화국에만 제한되지 않고 다른 국가에서도 비슷한 자원을 사용할 수 있습니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

부록 2: 용어 해설

적응: 기후 변화의 부작용을 예측하고 적절한 행동을 취하여 일어날 수 있는 피해를 방지하거나 최소화하거나 발생할 수 있는 기회를 이용하는 것입니다.[37]

현상 유지(BAU): 현상 유지 예측치는 운영 중인 업무와 정책이 현 상태 그대로 유지된다는 가정에 기반한 것입니다. 기준 시나리오는 BAU 시나리오의 일부 특징(예: 특정 기술 금지)을 포함할 수 있지만, BAU 시나리오는 현재 시행 중인 것 외에 다른 업무나 정책을 시사하지는 않습니다.[38]

탄소 포집 및 저장(CCS): 전력 발전 및 산업 프로세스에서 화석 연료 사용으로 인해 배출된 이산화탄소(CO2)를 포집하여 지하 깊은 곳에 CO2를 저장하여 대기 중에 진입할 수 없도록 할 수 있는 기술입니다.[39]

배출 시나리오: 기후에 영향을 줄 수 있는 인간에 의해 배출된 물질(예: 온실가스 및 기타 오염물질)에 대한 타당한 미래 경로입니다. 이 경로는 결정 요소(인구통계학적, 사회경제학적 개발, 기술 변화와 같은)와 주요 관계에 대한 논리정연하면서 내적으로도 일관성을 보이는 가정에 기반을 둡니다.

에너지 전환: 주로 화석 연료 기반 에너지가 두드러지는 현재 시스템에서 저공해 및 신재생 에너지원을 주로 사용하며 에너지 효율성 증가와 에너지 수요의 더 나은 관리를 위한 기회를 최대화하는 시스템으로의 변화입니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

5차 평가 보고서(AR5): IPCC에서 2014년에 발표한 보고서로써 기후 변화의 과학적, 기술적, 사회 경제적 영향에 대한 지식 정보 업데이트를 제공합니다.

일반 순환 모델(GCM): 대기, 바다, 빙하, 지표면에서의 물리적 프로세스를 보여주는 수치 모델입니다.

온실가스(GHG): 대기권에서 배출되었을 때 열을 가둘 수 있는 가스입니다. GHG 프로토콜에 포함되는 온실가스는 이산화탄소(CO2), 메탄(CH4), 아산화질소(N2O), 수소불화탄소(HFC), 과불화탄소(PCF), 육불화황(SF6), 삼플루오르화질소(NF3)입니다.

통합 평가 모델(IAM): 이 모델은 두 개 이상의 전문 또는 학문 영역에서 얻은 지식을 통합하고자 합니다. 대기권 내 온실가스 농도 증가로 인한 배출, 대기 중 온실가스 농도 및 기타 이산화탄소 흡수계, 기온, 기타 기후 변화가 미치는 영향과 기후 변화 영향으로 인한 결과적 피해 추적을 통해 기후 변화에 대해 접근하도록 구성되었습니다. 경제 행동으로부터 오는 배출과 정책 시나리오는 여러 범위에서 배출에 영향을 미칠 것으로 가정될 수 있습니다.

자발적 국가 결정 기여(INDC): INDC는 파리 협정의 실현 가능한 주목표의 하나를 대표하며 유엔 기후변화협약의 목표에 일환에서 저공해 및 기후 회복탄력성 개발을 위한 국가적 노력을

[37] 기후 변화 *대응 유럽연합 집행위원회, Adaptation to Climate Change.* 2016.

[38] 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC), Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. 2014. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117–130.

[39] 탄소 포집 및 저장 협회, "What is CCS?" 2016.

보여줍니다. 파리 협정 비준에 따라, INDC는 이제 NDC로 알려져 있습니다. 파리 협정을 참조하십시오.[40]

국제에너지기구(IEA): 29개 회원국과 다른 국가를 위해 믿을 만하고 알맞은 가격의 청정에너지를 확보하기 위해 일하는 자치기구입니다. IEA에서 집중하는 분야는 에너지 안보, 경제 개발, 환경 인식 및 참여입니다.

IPCC: 기후 변화에 관한 정부 간 협의체. 1988년에 설립된 유엔에서는 기후가 어떻게 변화할 것인지, 어떤 영향이 있을지, 어떻게 대응할 것인지에 대하여 정기적으로 평가하는데 사용하는 전문가들의 국제포럼입니다.[41]

토지이용/토지이용변화/임업(LULUCF): 인간의 토지 이용, 토지 이용 변화 및 삼림 활동으로부터 직접적으로 오는 온실가스의 배출과 감축을 다루는 온실가스 인벤터리 섹터입니다.[42]

경감: 온실가스 배출 감축 또는 방지를 위한 노력을 지칭합니다. 경감은 새로운 기술과 신재생 에너지의 사용, 구식 장비를 에너지 효율적으로 변경하거나, 업무 관리나 소비자 행동을 변화시키는 것을 의미할 수 있습니다.

조직: 이 보고서에서 사용된 "조직"라는 단어는 금융 및 비금융 조직 모두를 지칭합니다.

파리 협정: 2015년에 UNFCCC 당사국이 파리에서 이번 세기 내에 지구 온도 상승을 산업화 이전 보다 2°C 높은 수준의 아래로 유지하고 나아가 온도 상승을 1.5°C로 제한하고자 노력하기로 동의한 협정입니다. 이 합의는 모든 당사국에 "국가 결정 기여(NDC)" 제안을 요구합니다. 협정 목표에 다다르고 있는지 공동체적 발달을 평가하고 당사국에서 취해야 할 추가적인 행동을 알려주기 위해 5년마다 범지구적 상황 점검이 이루어질 것입니다.[43]

물리적 위험: 탄소 자산 및 운영 기업에 영향을 줄 수 있는 기후 변화로 받는 물리적 영향과 관련한 위험입니다. 다양한 날씨 패턴(강한 폭풍, 홍수 및 가뭄과 같은)에서의 "급성" 물리적 피해와 해수면 상승과 사막화와 같은 "만성" 영향을 포함할 수 있습니다.

산업화 이전 수준: 1850~1900년을 기준으로 하여 산업화 이전 평균 온도를 나타냅니다.

대표 농도 경로(RCP): 기후 모델링, 패턴 축적 및 대기 화학 모델링에 입력값으로 쓰이는 복사성 예측치로 구성된 4개 독립적인 경로입니다. 온실가스 촉진 및 기타 촉진제에 기반합니다.

시나리오: 주요 동인 요소(예: 기술 변화의 속도, 가격)와 관계에 대한 논리정연하면서도 내적으로도 일관성을 보이는 가정에 기반을 두고 미래가 어떻게 개발될지에 대한 타당한 설명입니다. 주의할 것은 시나리오는 예측이나 예견이 아니라, 개발과 행동의 영향에 관한 관점을 제공할 때 유용하다는 점입니다.[44]

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

[40] UNFCCC, Synthesis Report on the Aggregate Effect of Intended Nationally Determined Contributions (INDCs), 2013.

[41] 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC), 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117–130.

[42] 상게서.

[43] 유엔 기후 변화 협약(UNFCCC), "The Paris Agreement." 2016.

[44] 기후 변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC), 2014: Annex II: Glossary [Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow (eds.)]. In: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117–130.

단일 간소화 기후 모델: IPCC 2차 평가 보고서에서 '간소화 기후 모델'이라고 불리며 IS92 배출 시나리오와 이산화탄소 안정화 프로필에 대한 지구 평균 온도 및 해수면 변화 예측치 제공에 사용됩니다.

전환 위험: 저탄소 경제로의 전환에 관련된 위험입니다. 이 위험은 정책 및 법적 위험, 기술적 위험, 시장 위험(예: 소비자 선호도) 및 평판 위험의 4개 카테고리로 분류될 수 있습니다.

가치 사슬: 재료 공급, 생산, 소비 및 처리/재활용을 포함하는 제품, 프로세스 또는 서비스의 업스트림과 다운스트림 라이프사이클을 묘사할 때 사용하는 용어입니다. 업스트림 활동은 제품 또는 서비스(예: 재료 공급, 재료 프로세스, 공급자 활동)를 생산하는 초기 단계에 관련한 운영을 포함합니다. 다운스트림 활동은 재료가 완제품이 되며 최종 사용자에게 전달되는 과정(예: 운송, 배급, 소비)에 관련한 운영을 포함합니다.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록

부록 3: 참고 자료

BHP Billiton. *Climate Change: Portfolio Analysis*. 2015. www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2015/bhpbillitonclimatechangeporfolioanalysis2015.pdf?la=en.

BHP Billiton. *Views After Paris*. 2016. www.bhp.com/-/media/bhp/documents/investors/reports/2016/bhpbillitonclimatechangeporfolioanalysis2016.pdf?la=en.

Carbon Capture and Storage Association. "What is CCS?" 2016. www.ccsassociation.org/what-is-ccs/. CDP. "Climate Change Questionnaire." 2017. https://www.cdp.net/en/guidance/guidance-for-companies. ConocoPhillips. "Scenarios in the capital allocation process." *Climate Change Strategy*. 2017. www.conocophillips.com/sustainable-development/environment/climate-change/climate-change-strategy/Pages/default.aspx.

Deep Decarbonization Pathways Project (DDPP). *"About," DDPP*. 2016. deepdecarbonization.org/about/. European Commission Climate Action. *Adaptation to Climate Change*. 2016. ec.europa.eu/clima/policies/adaptation_en.

Fuss, Sabine, et al. "Betting on negative emissions," Nature Climate Change 4 (10), September 2014, pp. 850-853. /www.nature.com/nclimate/journal/v4/n10/full/nclimate2392.html.

Glencore. *Climate change considerations for our business*. 2016. www.glencore.com/assets/sustainability/doc/sd_reports/GLEN-Climate-change-considerations-for-our-business-20160613.pdf.

Industrial and Commercial Bank of China (ICBC). *Impact of Environmental Factors on Credit Risk of Commercial Banks*. March 2016. www.greenfinance.org.cn/upfile/upfile/filet/ICBC 环境压力测试论文_2016-03-19_08-49-24.pdf.

International Energy Agency (IEA). *World Energy Model Documentation 2015 Version*. 2015. www.worldenergyoutlook.org/media/weowebsite/2015/WEM_Documentation_WEO2015.pdf.

IEA. *Energy and Climate Change*. 2015. www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015SpecialReportonEnergyandClimateChange.pdf.

International Renewable Energy Agency (IRENA). "Remap - IRENA's Roadmap for a Renewable Energy Future." *IRENA*. 2016. irena.org/remap/.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Annex I: Atlas of Global and Regional Climate Projections Supplementary Material RCP4.5 and RCP 8.5 [van Oldenborgh, G.J.,* M. Collins, J. Arblaster, J.H. Christensen, J. Marotzke, S.B. Power, M. Rummukainen and T. Zhou (eds.)]. 2013. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. http://www.climatechange2013.org/.

IPCC. Fifth Assessment Report (AR5), Climate Change: Action, Trends, and Implications for Business, Cambridge University Press, 2013. www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-climate-science-business-briefings/climate-science.

IPCC. "Towards new Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies," September, 2007. IPCC Expert Meeting Report. www.ipcc.ch/pdf/supporting-material/expert-meeting-ts-scenarios.pdf.

Maack, J. Scenario Analysis: A Tool for Task Managers. Social Analysis: selected tools and techniques, Social Development Papers, Number 36, the World Bank, June 2001, Washington, DC. siteresources.worldbank.org/INTPSIA/Resources/490023-1121114603600/13053_scenarioanalysis.pdf.

Paltsev, Sergey. "Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis," MIT CEEPR WP 2016-007, 2016.

Rounsevell, Mark D. A. and Metzger, Marc J. Developing qualitative scenario storylines for environmental change assessment. WIREs Climate Change 2010, 1: 606–619. doi: 10.1002/wcc.63, 2010. wires.wiley.com/WileyCDA/WiresArticle/wisId-WCC63.html.

Schoemaker, Paul J.H. "Integrating scenarios into strategic planning at Royal Dutch/Shell." *Planning Review, Vol.* 20 Issue: 3, pp.41-46. 1992. https://doi.org/10.1108/eb054360.

Statoil. *Energy Perspectives 2016: Long Term Macro and Market Outlook*. June 2016. www.statoil.com/content/dam/statoil/documents/energy-perspectives/energy-perspectives-2016.pdf.

U.K. Government's International Climate Fund, EU's Climate-KIC, "The Global Calculator tool," The Global Calculator. www.globalcalculator.org/.

United Nations Food and Agriculture Organization. "Global Agro-Ecological Zones." 2017. www.fao.org/nr/gaez/en/.

United Nations Framework Convention on Climate Change. "The Paris Agreement," December 2015. unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf.

United Nations Environmental Programme. *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Impro vement.* February 2016. www.unepdtu.org/-/media/Sites/energyefficiencycentre/Publications/C2E2%20Publications/Best-Practises-for- Indu strial-EE_web.ashx? la=da.

Wilby, R.G., et al. "Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Statistical Downscaling Methods." Supporting Material of the IPCC, Task Group on Data and Scenario Support for Impacts and Climate Analysis (TGICA). August, 200 4. www.wcrp-climate.org/wgcm/references/IPCC_TGICA_guidelines_sdscenarios_2004.pdf.

World Business Council for Sustainable Development. "Global Water Tool." 2015. http://www.wbcsd.org/work- progra m/sector-projects/water/global-water-tool.aspx.

World Climate Research Programme. "CMIP5." 2016. cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5/.

World Resources Institute (WRI). "Aqueduct: Measuring and Mapping Water Risk." 2016. www.wri.org/our- work/project/aque duct.

Zenghelis, Dimitri and Stern, Nicholas. *The importance of looking forward to manage risks: submission to the Task Force on Climate-Related Financial Disclosures.* Policy Paper, June 2016. www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/wp- content/upload s/2016/06/Zenghelis-and-Stern-policy-paper-June-2016.pdf.

부록 4: 추가 참고 자료

1. 범지구적 기후 변화 모델 및 시나리오

Dowlatabadi, H. *Integrated assessment models of climate change: an incomplete overview*. Energy Policy, 23: 289–296. 1995.

Ercin, A. Ertug and Arjen Y. Hoekstra. *Carbon and Water Footprints: Concepts, Methodologies and Policy Responses*. UN World Water Assessment Program. 2012. waterfootprint.org/media/downloads/Ercin-Hoekstra-2012-Carbon- and-Water-Footprints_1. PDF.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *IPCC Special Report: Emissions Scenarios*. Working Group III of the Interg overnmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. 2000. www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index. php? idp=0.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007). *Towards new Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies: IPCC Expert Meeting Report*. September 2007. www.aimes.ucar.edu/d ocs/IPCC.meetingreport.final.pdf.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). "Annex II: Glossary." *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climat e Change*. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 117–130. 2014. http://ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_Glossary.pdf.

National Center for Atmospheric Research. "International Committee on New Integrated Climate Change Assessment S cenarios (ICONICS)." *Climate & Global Dynamics*. www2.cgd.ucar.edu/research/iconics.

Riemann-Campe, Kathrin. Climate Scenarios: An Introduction. Alfred Wegener Institute, Bremerhaven Germany. 2016. www.access-eu.org/contributor/resources/download/access/fichiers_pdf/ WP1_WS_RiemannCampe_Scenarios.pdf.

The Royal Society (2013). *Modeling Earth's future: Integrated assessments of linked human- natural systems*. Science Policy Centre report. October 2013. royalsociety.org/topics-policy/publications/2013/modeling-earths-future/.

Van Vuuren, Detlef P. et al. "The representative concentration pathways: an overview." Climatic Change 109: 5-31, DOI 10.1007/s10584-011-0148-z. 2011.

Wayne, G.P. "The beginner's guide to representative concentration pathways." *Skeptical Science*. 2013. skepticalscience.com/rcp.php.

2. 시나리오 분석 – 방법

2° Investing Initiative (2°ii). *Transition Risk Toolbox: Scenarios, Data, and Models*. November 2016. 2degrees-investing.org/IMG/pdf/2ii_et_toolbox_v0.pdf.

Berkhout, Frans, et. al. Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as 'learning machine s.' Tyndall Centre for Climate Change Research. 2001. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378002000067.

Ceres. *A Framework for 2 Degrees Scenario Analysis: A Guide for Oil and Gas Companies and Investors for Navigatin g the Energy Transition*. January 2017. http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Framework.pdf.

Godet, Michel. "The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls." *Technological Forecasting and Social Cha nge*, 65: 3-22. Elsevier Science Inc. New York, NY. 2000. en.laprospective.fr/dyn/anglais/articles/art_of_scenarios.pdf.

Hallegatte, Stephanie. "Strategies to adapt to an uncertain climate change." *Global Environmental Change*, 19: 240-247. 2009. www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378008001192.

Kosow, Hannah and Gaßner, Robert. *Methods of Future and Scenario Analysis: Overview, assessment, and selection criteria*. Deutsches Institut für Entwicklungspolitik (DIE Studies 39), Bonn Germany. 2008. nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-193660.

Mearns, L.O., et. al. Guidelines for Use of Climate Scenarios Developed from Regional Climate Model Experiments. IPCC. October 2003. www.ipcc-data.org/guidelines/dgm_no1_v1_10-2003.pdf.

North American CRO Council. *Scenario Analysis: Principles and Practices in the Insurance Industry*. North American CRO Council Incorporated. December 2013. crocouncil.org/images/CRO_Council_-_Stress_and_Scenario_Testing_Paper_FINAL.pdf.

Paltsev, Sergey. "Energy Scenarios: The Value and Limits of Scenario Analysis." *MIT CEEPR 2016-007*. MIT Center for Energy and Environmenal Policy Research. April 2016. ceepr.mit.edu/files/papers/2016-007.pdf.

Santoso, Heru, et. al. Climate Scenarios: What *we need to know and how to generate them.* Center for International Forestry Research, Working Paper Number 45. 2008. www.cifor.org/publications/pdf_files/WPapers/WP45Santoso.pdf.

Schoemaker, Paul J.H. "When and How to Use Scenario Planning: A Heuristic Approach with Illustration." *Journal of Forecasting* 10: 549–564. November 1991. onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/for.3980100602/abstract.

Wulf, Torsten, et. al. *A Scenario-based Approach to Strategic Planning: Integrating Planning and Process Perspective of Strategy*. Leipzig Graduate School of Management, Center for Scenario Planning, Working Paper 1. July 2010. www.hhl.de/fileadmin/texte/publikationen/arbeitspapiere/hhlap0098.pdf.

3. 시나리오 분석/기후 변화 모델링/회복탄력성 계획 – 도구 및 데이터

California Energy Commission. "Climate Tools." *Cal-adapt*. 2017. cal-adapt.org/tools/.

Climate and Development Knowldge Network (CDKN). "A guide to climate compatible development tools." *Climate Planning*. www.climateplanning.org/.

European Climate Adaptation Platform. "Observations and Scenarios." *Adaptation Information*. climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/observations-and-scenarios.

European Climate Information Portal. *CLIPC: Constructing Europe's Climate Information Portal*. www.clipc.eu/home. (기후, 지표 및 시나리오 정보 제공)

European Environment Agency. *European Environment Agency*. www.eea.europa.eu/. (토지 피복, 물, 대기 및 기타 환경 데이터 및 지표 제공)

Europe PROVIA / MEDIATION Adaptation Platform. "Scenario Analysis." *PROVIA / MEDIATION Toolbox*. www.mediation-project.eu/platform/tbox/scenario_analysis.html. (기후 변화 적응 방법 및 도구 제공)

Food and Agricultural Organization of the United Nations. "Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change - MOSAICC." *Climate Change*. United Nations. www.fao.org/climatechange/mosaicc/66705/en/.

Global Carbon Project. *The Global Carbon Project*. 2017. www.globalcarbonproject.org/. (생물물리학적 및 인간 차원과 양 차원 간의 상호작용 및 피드백, 탄소와 메탄 예산 및 추세를 포함하는 세계 탄소 순환에 대한 정보 제공)

Government of Canada. "Downscaling Tools." *Canadian Climate Data and Scenarios*. climate-scenarios.canada.ca/? page=dst-intro.

International Institute of Applied Systems Analysis. "Databases." *Models, Tools & Data*. www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/Databases.en.html. (다양한 토지, 에너지, 전환 및 물 관련 도구 포함)

Mendelsohn, Robert, et. al. "Country-specific market impacts of climate change." *Climate Change, 45:* 553–569. 2000. www.researchgate.net/publication/227176953_Country-Specific_Market_Impacts_of_Climate_Change.

NASA. "Climate Effects on Food Supply." *Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC)*. 2017. sedac.ciesin.columbia.edu/data/collection/crop-climate.

Natural Capital Project. "Our Software." *Scenario Support and Other Tools*. www.naturalcapitalproject.org/software/#scenario-generator.

Nature Conservancy. *Climate Wizard*. www.climatewizard.org/index.html.

National Center for Atmospheric Research. "Climate Change Scenarios GIS data portal." *GIS Program. 2017*. gisclimatechange.ucar.edu/.

National Oceanographic and Atmospheric Administration. "Meet the Challenges of a Changing Climate." *U.S. Climate Resilience Tool Kit*. toolkit.climate.gov/.

National Science Digital Library. "Decision Making Using GIS Climate Change Simulation Data." *Using Data in the Classroom*. Carleton College. serc.carleton.edu/usingdata/datasheets/GISclimate.html.

Pyke, Christopher R., et. al. "A decision inventory approach for improving decision support for climate change impact assessment and adaptation." *Environmental Science and Policy,* 10: 610–621. 2007.

UNEP and Copenhagen Centre for Energy Efficiency. *Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement.* 2016. www.energyefficiencycentre.org/publications.

U.S. Department of Agriculture. "Climate Change Tools and Data". *Climate Hubs.* www.climatehubs.oce.usda.gov/content/climate-change-tools-and-data-0.

U.S. Department of the Interior. "Climate Change - Selected Resources, Data, and Tools." *Climate Change.* Office of Insular Affairs. www.doi.gov/oia/climate-change/resources-data-tools.

U.S. Environmental Protection Agency. "Models, Tools, and Databases for Climate Change Research." *Climate Change Research.* www.epa.gov/climate-research/models-tools-and-databases-climate-change-research.

U.S. Environmental Protection Agency. "Climate Resilience Evaluation and Awareness Tool (CREAT)." *Creating Resilient Water Utilities (CRWU).* www.epa.gov/crwu/build-resilience-your-utility.

U.S. Forest Service, USDA. "Scenarios Network for Alaska and Arctic Planning (SNAP)." *Climate Change and Carbon Tools.* www.fs.usda.gov/ccrc/tools/snap.

U.S. Geological Survey. "Climate and Land Use Change." *Data and Tools.* **Error! Hyperlink reference not valid.**.

United States Data.gov. "Climate Model Projections". *Climate.* www.data.gov/climate/portals/.

U.S. Global Change Research Program (USGCRP). "Scenarios." *Scenarios for the National Climate Assessment.* scenarios.globalchange.gov/.

USGCRP. "Scenarios: About Scenarios." *Scenarios for the National Climate Assessment.* scenarios.globalchange.gov/content/scenarios.

World Wildlife Fund (WWF). Water Risk Filter. 2017. waterriskfilter.panda.org/.

4. 시나리오 분석 및 정보 공개 – 기타 기업 사례

BP (2015). "The energy challenge and climate change". *Sustainability Report.* 2015. www.bp.com/content/dam/bp/pdf/about-bp/energy-challenge-climate-change.pdf.

CALStrs and Mercer. *Investing in a Time of Climate Change Study.* 2016. www.calstrs.com/investing-time-climate- change-study.

New York State Common Retirement Fund and Mercer. *Investing in a Time of Climate Change: New York State Common Retirement Fund (NYSCRF) Portfolio Climate Risk Assessment.* September 2015. www.osc.state.ny.us/pension/NYSCRF_climate_change_report.pdf.

OPTrust and Mercer. *OPTrust Portfolio Climate Risk Assessment.* January 2017. www.optrust.com/documents/OPTrust_PortofolioClimateRiskAssessment_Mercer.pdf.

U.K. Environmental Agency Pension Fund (2015). "Tackling Climate Risk." *Climate Change.* 2015. www.eapf.org.uk/investments/climate-risk/climate-risk-strategy.

5. 섹터 관련 기후 변화 영향

농업 및 임산업 섹터

Deschenes, Olivier and Michael Greenstone. "The economic impacts of climate change: evidence from agricultural profits and random fluctuations in weather." Center for *Energy and Environmental Policy Research, Working Paper WP 06-001.* 2006.

Fezzi, Carlo, et. al. "The environmental impact of climate change adaptation on land use and water quality." *Nature Climate Change,* 5: 255–260. 2015.

Fischer, Gunther, et. al. "Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990–2080." Phil. Trans. R. Soc. B. DOI: 10.1098/rstb.2005.1744. 2005.

Gorte, Ross W. and Sheikh, Pervaze *A. Deforestation and Climate Change.* Congressional Research Service, March 2010. crsreports.com/download? hash=4151b8e9b3c446089bac138bf73e0f3d1c651646ac0409ea474d14a5ebe5e024.

Kirilenko, Andrei P. and Sedjo, Roger A. "Climate change impacts on forestry." *Proceedings of the National Academies of Science,* 104: 19697–19702. 2007.

Parry, M.L., et. al. "Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio–economic scenario s." *Global Environmental Change, 14:* 53–67. 2004.

Riley, Jake and Pranjal Srivastava. "Agriculture: An Industry Ripe for Disruption." *Crossings,* Sapient Global Markets. 2016. crossings.sapientglobalmarkets.com/2016/11/03/agriculture–industry–ripe–disruption/.

Sohngen, Brent, et. al. "A global model of climate change impacts on timber markets." *Journal of Agricultural and Resource Economics* 26: 326–343. 2001.

건설업 섹터

De Wilde, Pieter and Coley, David. "The implications of a changing climate for buildings." *Building and* Environment, 5 5: 1–7. 2012.

Hertin, Julia, et. al. "Climate change and the U.K. house building sector: perceptions, impacts, and adaptive capacity." *Building Research & Information,* 31: 278–290. 2003.

전력 섹터

Bartos, Matthew D. and Chester, Mikhail V. "Impacts of climate change on electric power supply in the Western United States." *Nature Climate Change,* 5: 748–752. 2015.

Committee on Climate Change. *Power sector scenarios for the fifth carbon budget.* October 2015. ww w.theccc.org.uk/publication/power–sector–scenarios–for–the–fifth–carbon–budget/.

National Hydropower Asset Assessment Program. *Effects of climate change on* hydropower — The Second 9505 Asse ssment. Oak Ridge National Laboratory. 2016. nhaap.ornl.gov/9505–2.

van Vliet, Michelle T.H., et al. "Power–generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources." *Nature Climate Change* 6 (2016): 375–380. www.nature.com/nclimate/journal/v6/n4/full/nclimate2903.html.

에너지 섹터

Ceres. *A Framework for 2 Degrees Scenario Analysis: A Guide for Oil and Gas Companies and Investors for Navigatin g the Energy Transition.* 2016. www.ceres.org/sites/default/files/reports/2017–03/Framework_Jan%2010%2017.pdf.

Fricko, Oliver et. al. *Energy sector water use implications of a 2° C climate policy.* Environmental Research Let ters, 11: 1–10, 2016. www.cd–links.org/wp–content/uploads/2016/06/Fricko–et–al–2016.pdf.

Heiligtag, Sven, et. al. "From scenario planning to stress testing: The next step for energy companies". McKinsey & Co. February 2017. www.mckinsey.com/business–functions/risk/our–insights/from–scenario–planning–to–stress– testing–the–next–step–for–energy–companies? cid=other–eml–alt–mip–mck–oth–1703.

IIGCC, IGCC, Ceres, and CDP. "Investor Climate Compass: Oil and Gas – Navigating Investor Engagement." 2017. www.iigcc.org/publications/publication/investor–climate–compass–oil–and–gas–navigating–investor–engagement.

International Institute of Applied Systems Analysis. "Energy Multi–Criteria Analysis Tool." *Interactive Tools.* July 2014. www.iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/Energy/ENE–MCA.en.html.

U.S. Department of Energy. *U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather.* DOE/PI–0013. Jul y 2013. energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/20130716–Energy%20Sector%20Vulnerabilities%20Report.pdf.

World Resources Institute. *A Recommended Methodology for Estimating And Reporting The Potential Greenhouse Gas E missions From Fossil Fuel Reserves.* Working Paper. 2016. http://www.wri.org/publication/methodology– calculating –potential–emissions–fossil–fuel–reserves

금융 서비스 섹터

Battiston, Stefano, et. al. "A climate stress–test of the financial system." *Nature Climate Change,* 7: 283–288. 2017.

Blyth, William, et. al. "Investment risks under uncertain climate change policy." *Energy Policy, 35:* 5766–5773. 2007.

Dietz, Simon, et. al. "Climate value at risk of global financial assets." *Nature Climate Change,* 6: 676–679. 2016.

European Systemic Risk Board. "Too late, too sudden: Transition to a low-carbon economy and systemic risk." *R eports of the Advisory Scientific Committee, 6.* February 2016. www.esrb.europa.eu/pub/pdf/asc/Reports_ASC_6_1602.pdf.

Hawker, Michael. "Climate change and the global insurance industry." *The Geneva Papers, 32:* 22–28. 2007.

International Finance Corporation, Mercer, and Carbon Trust. *Climate Change Scenarios - Implications for Strategic Asset Allocation.* 2011. www.ifc.org/wps/wcm/connect/6b85a6804885569fba64fa6a6515bb18/ClimateChangeSurvey_Report.pdf? MOD= AJPERES.

Mercer LLC. *Investing in a Time of Climate Change.* 2015. www.mercer.com/our-thinking/investing-in-a-time-of-climate-change.html.

운송업 섹터

Baker, C.J. et. al. "Climate change and the railway industry: a review." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science,* 224: 519–528. 2010.

Bows-Larkin, Alice. "All adrift: aviation, shipping, and climate change policy." *Climate Policy,* 15: 681–702. 2015. Ca mbridge Econometrics. *An Economic Assessment of Low-Carbon Vehicles.* 2013. europeanclimate.org/documents/Cars-Economic-assessment-vehicles-FINAL.pdf.

IEA. *Global EV Outlook: Beyond One Million Electric Cars.* 2016. www.iea.org/publications/freepublications/publication/Global_EV_Outlook_2016.pdf.

Koetse, Mark J. and Rietveld, Piet. "The impact of climate change and weather on transport: an overview of empirical findin gs." *Transportation Research Part D,* 14: 205–221. doi:10.1007/s12544-013-0089-x. 2009. link.springer.com/article/10.1007/s12544-013-0089-x.

Mamalis, A. G., et. al. "The impact of automotive industry and its supply chain to climate change: Somme techno- econom ic aspects." *Eur. Transp. Res. Rev. 5:1-10.* January 2013.

Mander, Sarah. "Slow steaming and a new dawn for wind propulsion: A multi-level analysis of two low carbon shi pping transitions." *Marine Policy,* 75: 210–216. 2017.

McCarthy, James E. Aviation and Climate Change. Congressional Research Service. 2010. crsreports.com/download? hash=9c475e0a379c3482d9d5f420140c939d30113d594c1917d18d7e1c0eab1625dd.

Vilchez, Jonathan Gomez, et. al. *Energy Use and Emissions Impacts from Car Technologies Market Scenarios: A Multi - Country System Dynamics Model.* Institute for Industrial Production and Graduate School of Energy Scenarios Kar lsruhe-Stuttgart, Karlsruhe Institute of Technology (KIT). 2015. www.systemdynamics.org/conferences/2015/papers/P1252.pdf.

물 섹터

Beverage Industry Environmental Roundtable. Beverage Industry Continues to Drive Improvement in Water and Energ y Use: 2016 Benchmarking Study. 2016. www.bieroundtable.com/blank-c1gkm

CDP. Exploring the Case For Corporate Context-Based Water Targets. 2017. pacinst.org/publication/exploring-case- corp orate-context-based-water-targets/

CDP. "Thirsty *business: Why water is vital to climate action," 2016 Annual Report of Corporate Water Disclosure.* 2016. https://www.cdp.net/en/research/global-reports/global-water-report-2016

Griffiths-Sattenspiel, Bevan and Wilson, Wendy. "The carbon footprint of water." River Network. 2009. www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/CarbonFootprintofWater-RiverNetwork-2009.pdf.

Hoekstra, Arjen Y. "Water scarcity challenges to business." *Nature Climate Change* 4: 318-320. 2014.

Rothausen, Sabrina G.S.A. and Conway, Declan. "Greenhouse-gas emissions from energy use in the water sector." *Nature Climate Change* 1: 210-219. 2011.

Thorne, O.M. and R.A. Fenner. "Risk-based climate-change impact assessment for the water industry." *Water Science an d Technology, 59:* 443–451. 2009.

Tramberend S, Wiberg D, Wada Y, Flörke M, Fischer G, Satoh Y, Yillia P, van Vliet M, et al. *Building global water use scenari os. IIASA Interim Report.* IIASA, Laxenburg, Austria: IR-15-014. 2015.

6. 기후 변화의 일반 비즈니스 및 경제적 영향

Carbon Trust. *Climate change – a business revolution? How tackling climate change could create or destroy company valu e.* 2008. www.carbontrust.com/media/84956/ctc740-climate-change-a-business-revolution.pdf.

Dobbs, Richard, et. al. *Resource Revolution: Meeting the world's energy, materials, food and water needs.* McKinsey Global Institute. November 2011. www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource- productivit y/our-insights/resource-revolution.

Mendelsohn, Robert, et. al. "Country-specific market impacts of climate change." *Climate Change,* 45: 553–569. 2000.

Tol, Richard S.J. "The Economic Effects of Climate Change." *Journal of Economic Perspectives,* 23: 29–51. 2009.

A
도입

B
시나리오 분석

C
시나리오 분석 개발 및 적용

부록