

유럽연금·보험감독청의 기후변화 관련 보험 Stress Test 방법

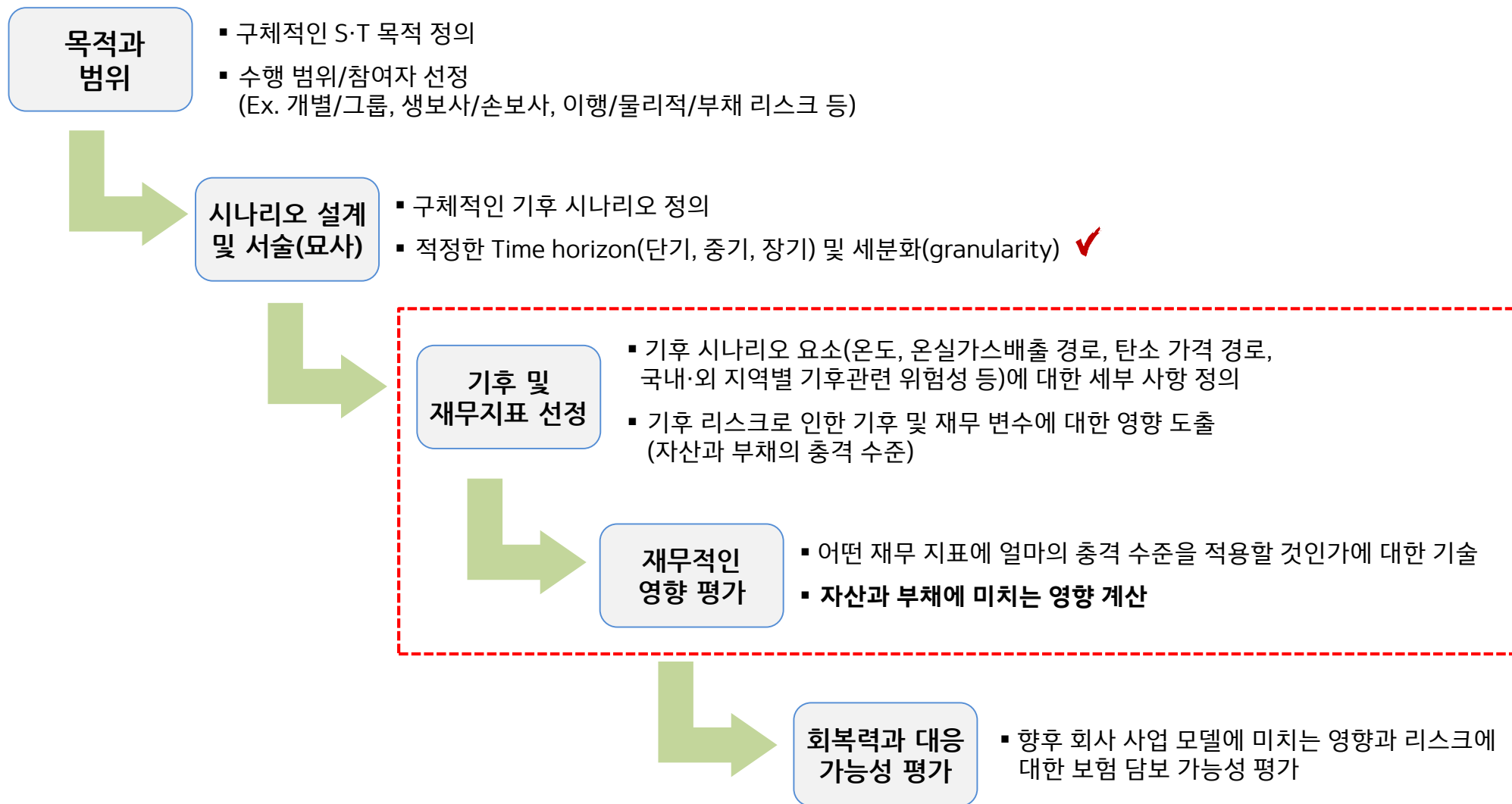
※ 당 자료는 'EIOPA의 기후리스크 관련 자료 중 기후 스트레스 테스트 관련 보고서*'를 정리한 자료이며
교보생명의 공식적인 의견은 아닙니다.

❖ 자료 출처

- Methodological principles of insurance stress testing - Climate change component(EIOPA, 2022.1.27)
- Consultation paper on Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA(21.12.10)

1. 기후변화 Stress Test의 정형화된 프로세스
2. 기후 시나리오의 분석 수준에 따른 점검사항
3. 이행 리스크 Stress Test
4. CARIMA 모형
5. 물리적 리스크 Stress Test
6. 주요 고려사항

1. 기후변화 Stress Test의 정형화된 프로세스



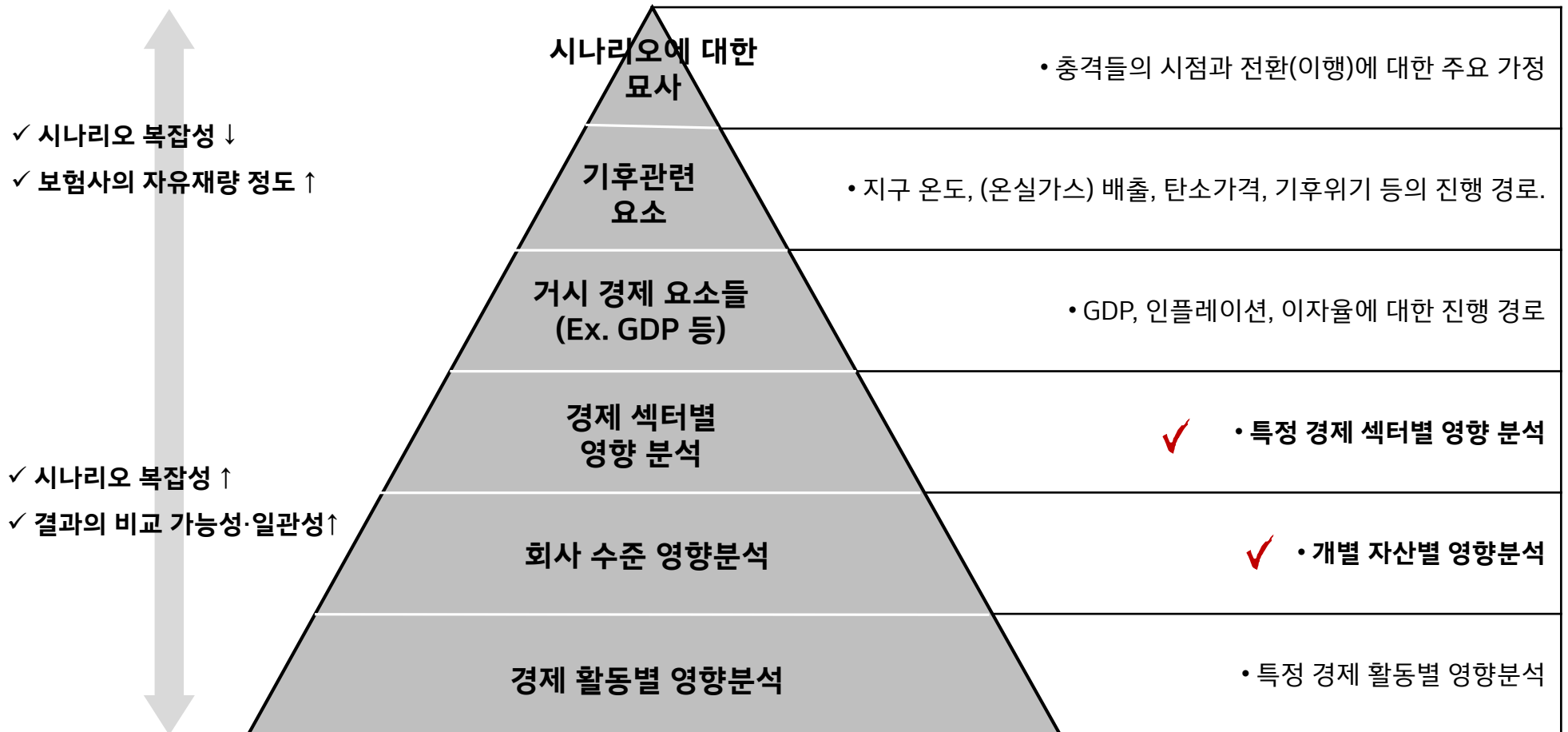
2. 기후 시나리오의 분석 수준에 따른 점검사항

□ EIOPA의 분석 수준별 세부 점검항목

○ 회사채, 주식, 부동산 자산: 섹터별(실물 부동산의 경우 지역별)

○ 정부채(지방채 포함): 국가별

○ 기후관련 요소(온도, 온실가스배출 경로, 국내 지역별 기후관련 위험성): 지역별



3. 이행리스크 Stress Test(1/5)

□ EIOPA가 정의한 기후 S·T 시나리오의 주요 변수들

기후 변수		재무 변수	
물리적 리스크	전환(이행) 리스크	거시 경제 측면	금융 시장 측면
✓ ■ 세계적인 또는 지역적인 온도 경로 ✓ ■ 지역별 기후관련 위험간 상관관계수, 빈도, 심도(생보사 경우) ■ 사망률과 질병 발생률(생보사 경우)	■ 온실가스 배출 경로 (전 세계 지역들 그리고 산업 섹터의 탄소 배출 개별 또는 합계) ■ 탄소(Carbon) 가격 경로 ■ 원자재와 에너지 가격(에너지 원천) ■ 에너지 Mix	■ GDP(산업 섹터와 국가별 개별 및 합계) ■ 무위험 이자율 ■ 인플레이션 ■ 주거용 및 상업용 부동산 가격	■ 정부채권 수익률 ■ (개별 또는 업종별) 회사채 수익률 ■ (개별 또는 업종별) 주식 인덱스 · 충격 수준

□ 이행리스크가 보험산업에 전이되는 리스크 및 영향

○ 발생 근거: 온실가스, 저탄소 산업 성장 → 고탄소업종의 생산비용 증가에 기인

전이되는 리스크	대차대조표 영향	사 례
시장 리스크	자 산 (주식, 부동산, 인프라 금융 등)	- 저탄소 경제로 이행되면서 좌초자산(Stranded Assets), 보유 ‘Brown’ 부동산, 고탄소업종의 자산 등의 가치 손상 Ex) 상장주식 충격(Shock)
신용 리스크	자 산 (국채(지방채 포함) , 회사채, MBS, 대출 등)	- 이행리스크를 적절히 대처하지 못한 차주/채권/거래 상대방(기관 등)의 신용도 하락에 따른 Credit Cost 발생 Ex) 채권가격/이자율 충격(Shock)

※ 부채(liability)는 생보사의 경우 해당사항 없음

※ 자료 출처: Methodological principles of insurance stress testing - Climate change component(EIOPA, 2022.1.27)

3. 이행리스크 Stress Test(2/5)

□ 자산별 재무영향 산출 방법론

○ CLIMAFIN, NiGEM, PACTA는 경제통합모형에 근거하고 CARIMA는 자본시장 데이터를 활용한 Factor Model를 사용함

자산(Assets)	방법론(Methodology)	자산 분류 기준(Granularity)
Government bonds	CLIMAFIN(Battiston and Monasterolo,2019)	• Country-level
	NiGEM/Gaussian VAR(BdF)	• Country-level
Corporate bonds	CARIMA(Gorgen et al.)	• Asset level, Sector level or country level
	CLIMAFIN(Battiston et al.)	• Asset or Sector level
	NiGEM(DNB and BdF)	• Sector level
	PACTA(2dii)	• Asset or technology level
Equity	CARIMA(Gorgen et al.)	• Asset level, Sector level or country level
	CLIMAFIN(Battiston et al.)(2019)	• Asset or Sector level
	NiGEM(DNB and BdF)	• Sector level
	PACTA(2dii)	• Asset or technology level
Property(부동산)/Real Estate (실물 부동산, Mortgages)	CARIMA(Gorgen et al.)	• Firm-level
	PACTA(2dii)	• Individual Property level
Infrastructure investments (인프라 투자)	회사채 또는 지분투자 (depending on the type of infrastructure exposures)	

※ 자료 출처: Methodological principles of insurance stress testing - Climate change component(EIOPA, 2022.1.27)

3. CLIMAFIN & NiGEM model & PACTA model_(3/5)

□ CLIMAFIN

○ 목 적

- 정부의 재정 손익을 평가하여 궁극적으로 정부 채권에 영향을 미치는 **정부의 순자산가치와 부도율** 계산

○ 두개의 통합 평가 모델(IAMs) 사용 : GCAM and WITCH

- 개별 회사와 에너지 섹터의 시장 점유율과 총 부가가치(GVA)변화를 계산하여 수익성에 미치는 영향 분석
- 2°C 기후 감축 시나리오 관련한 정책을 **무질서한 전환 과정을 가정할 경우** 정부 채권의 가치에 미치는 영향이 초점

→ 확장 : 이행 리스크 측정 시 에너지 섹터의 총 부가가치(GVA)를 사용하여 회사채와 주식 평가에 적용 가능

○ 방법론

- 고탄소 섹터와 저탄소 섹터로 구분하기 위해 NACE* 2차 산업 분류에서 에너지 관련 5개의 하위 섹터**를 재 매핑하여 고탄소 섹터의 금융 상품 투자 규모를 산출하여 S·T 실시

** Nomenclature of Economic Activities ** 1. 에너지 생산 2. 전기 생산 3. 화석 연료 대용물 4. 원자력 5. 신재생에너지 기술

→ 국가별 총 전기 생산량 점유율과 각 기술 수준별 총부가가치(GVA)를 산출함(Battiston and Monasterolo, 2019)

○ 장 · 단점

- 장 점: 기후 변화에 민감한 섹터(회사채와 주식)와 기후변화에 민감한 정부 채권에 적용에 유리
- 단 점: 1. 채권 발행자에 대한 세부 충격 수준 산출에 한계가 있음
2. IAMs의 구조와 산출물은 정책의 적절성을 평가하는 것이므로 **시나리오 분석에는 적합하지 않음(IMF, 2019)**

3. CLIMAFIN & NiGEM model & PACTA model_(4/5)

□ NiGEM model

○ 모 델

- De Nederlandsche Bank(DNB) and Banque de France 가 **거시경제 모델 NiGEM**를 사용하여 에너지 전환 리스크 S·T모델로 설계

○ 기후변화 시나리오 가정

- **DNB** → 지연된 정책 대응(온실가스 가격의 급진적 & 갑작스러운 증가)과 불균형적인 기술 발전 가정
- **Banque de Franc** → 파리 협정의 목적을 도달하기 위한 시기(Timing), 탄소세, 유통 경로 등을 고려한 다양한 전환(이행) 경로 가정

○ 방법론: 탄소가격 등이 모델의 투입요소로 거시 경제와 금융 시장에 대한 충격을 부여하여 S·T 실시

- **업종별 배출량 지표**(Transition Vulnerability Factor, TVFs) 산출하여 탄소가격 상승 시 섹터별 부가가치 및 매출액에 미치는 영향 분석
→ 섹터 내에서 회사간 탄소집약도에 대한 차이를 각 회사의 **Credit risk rating Model**에 반영하여 **Winner**와 **Loser**를 구별함
- NiGEM에서 예측한 주가지수와 무위험 수익률을 특정 산업의 주가지수 및 채권 수익률로 전환함
✓ 섹터의 주식 수익률: 추정 CAPM 모형과 배당평가 모형 사용, 채권 수익률 = '프랑스 금감원의 무위험 수익률 + 산업의 Credit Spread' 산출

○ 장 · 단점

- [장점]
1. GDP, 인플레이션, 이자율 등 경제적인 요소들과 탄소 집약도에 근거한 업종별 충격 수준을 제공
 2. 거시 경제 모델과 산업별 온실가스 배출량, 투입산출표를 사용하여 산업 전반에 걸쳐 리스크에 노출된 취약점을 고려
- [단점]
1. 충격 계수에 산업내 **개별 회사의 다양한 리스크를 반영하지 못하고** 충격 계수가 **거시 경제모델(IAM)의 투입 변수로써 적합(Customization)해야 한다는 한계**가 있음
 2. 일정 시점의 금리(장·단기 금리) 대신에 **만기별 무위험 수익률 곡선을 산출할 수 있는 역량의 보유 여부**
 3. **채권 수익률의 충격 수준이 기후 관련 시나리오·정책과 일관성을 유지하는지 여부**

3. CLIMAFIN & NiGEM model & PACTA model_ (5/5)

□ PACTA(Paris Agreement Capital Transition Assessment) model

○ 목 적

- 미래 예상되는 고·저 탄소 산업의 노출 규모를 평가하여 5년 이내에 2°C 시나리오의 이행 여부를 평가하는 것

○ 방법론

- **각각의 기술 수준에서** 특정 자산군이 2°C 시나리오에 도달한 벤치마크(포트폴리오)에서 차지하는 투자 규모를 계산하여 현재 포지션과의 Gap를 해소하기 위해 현재 및 미래의 물리적 생산량(Physical production)을 조정하는 방법론
 - 투입 변수: 기업 정보 데이터에 근거한 **현행 및 계획된 생산량(화석연료 및 자동차 섹터)**과 **현재 및 미래 추가 설비(에너지 섹터)** 규모
 - 고려 요소: **기술 수준에 따른 자산의 노출 규모, 분포 지역, 각종 시나리오 추세선**
- Model Time Horizon: 5년

○ S·T 시 자산 충격 수준

- 2°C 시나리오를 도달하기 위한 **물리적 생산량(Physical production)** 조정에 따른 **현금흐름(당기 순이익, 배당 등) 증감으로 상장주식과 회사채의 가치**에 영향을 줌
- ‘Late and sudden’ 유형의 정책 시나리오에 근거하여 ‘언제 정책이 시행할 것인가’ 또는 시행되는 정책의 강도가 결정됨 (얼마나 빠르게 탈 탄소화(decarbonize)를 할 것인가?)

○ 장 · 단점

[장점] 개별 회사의 리스크 노출 정도와 실제 물리적인 생산량(Physical production)을 감안하여 충격 수준 조정

[단점] 1. 상향식 S·T의 경우 측정 대상 자산이 **ISIN에 근거하여 매우 정교한 개별 자산의 세부정보를 요구함**
(상장된 주식이나 회사채는 가능) → Coverage가 매우 제한적 Ex. 캘리포니아 보험회사의 경우 주식과 채권의 28% 측정

2. **미래 회사 사업계획의 불확실성 존재** → 5년 이내에 중·장기 사업계획의 경우 변경될 가능성이 매우 높음

4. CARIMA 모형(1/10)_총괄

□ 목 적

- 금융자산과 포트폴리오의 'Carbon Risks'와 '금융 배출량(Financed Emissions)'을 자본시장 데이터(Capital Market Data)에 근거하여 측정, 관리, 보고하는 것

□ 프로젝트 수행기관 : 독일 아우크스브르크 경영대학, VfU(CSR*, ESG 등 에 대한 서비스를 제공하는 금융·재정 연구소)

* Corporate Social Responsibility

□ Carbon Risk 정의

- 고탄소·Brown 경제에서 저탄소·Green경제로 전환(이행)하는 과정에서 발생할 수 있는 불확실성으로 금융 자산과 개별 포트폴리오의 가치가 하락할 리스크(기회 포함)
- 측정 대상 자산: 이행과정에서 가치하락이 예상되는 좌초 자산(Stranded asset)

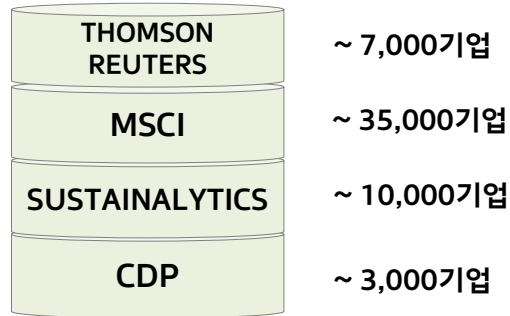
□ 주요 가정

- 기업에 관련된 모든 정보가 지체 없이 시장에서 형성되는 금융자산 가격에 포함 되었다는 “**효율적 시장 가설**”를 가정
- 주가 등 금융자산 가격은 Carbon Risk를 관리하는 회사의 기본 정책, 탄소 배출량 등 기후 관련 모든 정보가 포함되어 리스크를 평가할 수 있는 **지표(Indicators)**로 적절
- **장점** : Green 경제로의 이행과정에서 발생하는 리스크와 기회를 복잡한 기후 변화 시나리오나 불확실한 회사의 정보에 근거하지 않고 보다 쉽게 이행리스크를 설명 할 수 있는 방법론
 - 리스크 측정 대상인 개별 금융 자산 또는 포트폴리오의 과거 수익률 시계열 데이터 필요
- ➔ CARIMA 모형에 의해 측정되는 *Carbon Beta*가 '**자산유형별 기후변화 민감도**'로써 *Carbon risk*의 **종합적인 측정 지표**임
- **단점** : 'Real' 시장 포트폴리오가 존재하지 않음(CAPM 근거한 모델의 공통된 한계점)

4. CARIMA 모형(2/10)_ 전체 프로세스

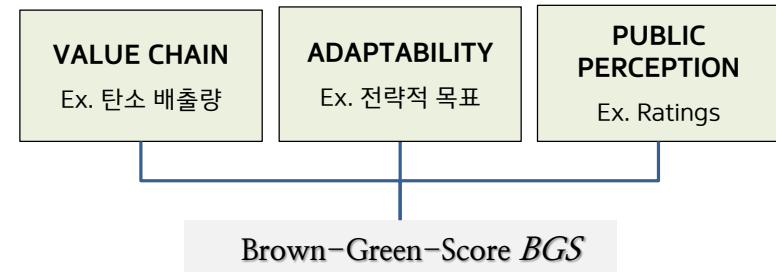
□ 1단계) 주요 Dataset : 4개 Dataset

- 785 ESG 변수
- 10개 자본시장 변수
- 40,000 기업 수



□ 2단계) Scoring Concept

- 55개 Carbon Risk Proxy(대응) 변수
- 19개 value chain
 - 26개 adaptability
 - 10개 public perception



□ 3단계) Carbon Risk Factor BMG 산출

624개 “Brown” 기업들/ 484 “Green” 기업들

$$BMG_t = \text{Return „Brown“ Firms}_t - \text{Return „Green“ Firms}_t$$

□ 4단계) Factor Model

$$er_{i,t} = \alpha_i + \beta_i^{mkt} er_{M,t} + \beta_i^{smb} SMB_t + \beta_i^{hml} HML_t + \beta_i^{wml} WML_t + \beta_i^{bmg} BMG_t + \varepsilon_{i,t}$$

★ Carbon Beta(자산유형별 기후변화 민감도)
→ Carbon Risk 측정

□ 5단계) 적용(Applications)

- | | | | | | | | |
|------------------------|----------------|---------|--------------------------|-------------|----------------|------------|------|
| · Equity | · 채권 | · Loans | · Portfolios | · 주식과 채권 펀드 | · 지역별 배분 | ✓ · 섹터별 배분 | · 보고 |
| · Fundamental Analysis | · Stress Tests | · 요인 투자 | · Best-in-class Approach | · Hedging | · Case Studies | · 기타 | |

4. CARIMA 모형(3/10)_ Factor Model

□ CARIMA 모형에서 사용되는 Factor Model

- 기존 Carhart four-factor 모델에 Carbon Risk 측정 지표인 BMG를 Factor로 추가하여 'Carbon Beta' 산출

$$er_{i,t} = \alpha_i + \beta_i^{mkt} er_{M,t} + \beta_i^{smb} SMB_t + \beta_i^{hml} HML_t + \beta_i^{wml} WML_t + \beta_i^{bmg} BMG_t + \epsilon_{i,t}$$

Example: Carhart Model
Carbon Risk Factor
→ Brown-Minus-Green

Example: CAPM
Carbon Beta

- $er_{i,t}$ = t시점 i자산의 초과수익률(i 자산의 수익률 - 무위험수익률(1개월 국고채 수익률))
- $er_{M,t}$ = t시점 시장포트폴리오의 초과수익률(i 시장포트폴리오 수익률 - 무위험수익률(1개월 국고채 수익률))
- SMB_t = t시점 **글로벌 규모 Factor**의 수익률
- HML_t = t시점 **글로벌 가치 Factor**의 수익률
- WML_t = t시점 **글로벌 모멘텀 Factor**의 수익률
- BMG_t = t시점 **글로벌 Carbon 리스크 factor** BMG의 수익률
- $\alpha_i, \beta_i^{mkt}, \beta_i^{smb}, \beta_i^{hml}, \beta_i^{wml}$ = Carhart 모델의 α_i, β_i^x

□ CARIMA 모형을 이용하여 Carbon Beta를 산출 위해 필요한 Data

- 측정 대상 금융자산의 과거 수익률 데이터
- Factor Model에서 사용하는 요소(SMB, HML, WML)의 과거 시계열 데이터 → 인터넷에서 필요한 자료 검색 가능
- 한번의 회귀분석을 통해 금융자산의 Carbon Beta를 산출

4. CARIMA 모형(4/10)

□ Carbon Beta(β) 해석

- Carbon Beta $\gg 0 \rightarrow$ 예상하지 못한 전환 시나리오가 지속될 경우 다른 자산에 비해 **가치 하락**
- Carbon Beta $\sim 0 \rightarrow$ 전환 시나리오가 지속될 경우 자산에 미치는 효과는 “0” (**범위: 0.1 ~ $\Delta 0.1$, 범위는 선택 가능**)
- Carbon Beta $\ll 0 \rightarrow$ 예상하지 못한 전환 시나리오가 지속될 경우 다른 자산에 비해 **가치 상승**

□ CARIMA 모형 下에서 충격 계수

- CARIMA모형에서 금융 자산의 변동성

$$\sigma_f^2 = \beta_{mkt}^2 \sigma_{mkt}^2 + \beta_{smb}^2 \sigma_{smb}^2 + \beta_{hml}^2 \sigma_{hml}^2 + \beta_{wml}^2 \sigma_{wml}^2 + \beta_{bmg}^2 \sigma_{bmg}^2 + \sigma_{\varepsilon_f}^2$$

- 잔차($\sigma_{\varepsilon_f}^2$)는 비체계적인 위험으로 분산투자자로 소멸되고

Factor 모델 내에서 각 요인들 간의 상관관계가 없다고 가정하므로 **Carbon Risk Factor(BMG_f)**의 체계적 위험은 Carbon Beta임

\rightarrow 충격계수는 **Carbon Risk Factor인 BMG 의 변동성(σ_{bmg})**에 충격(Shock)를 주어 계산

- **충격 계수 산출식**: $Shock_{f_t} = \beta_{bmgi} \times R_{bmgi}$ (**Percentile을 반영한 BMG 수익률**)

4. CARIMA 모형(5/10)

□ Carbon Risk Factor인 BMG 산출 방안

- 수익률 유형 : 이산적 수익률(Discrete returns) and Total Return
- 과거 수익률 측정 기간: 베타 요소들의 보다 안정적인 평가를 위한 기간(5년, 60개월)
- 데이터 사용 주기: Monthly
- 초과수익을 계산하기 위해 사용된 무위험 수익률: 1개월 국고채 수익률(필요 시, Call 금리 등으로 변경 가능)
- Factor Model에서 사용할 투자 universe 변수 → Global vs. Regional vs. sector 변수 중 Global 변수 사용
- Factor Model에서 사용된 통화(Currency): 달러(\$)기준 → 필요한 경우 Local 통화 수익률을 달러 수익률로 전환하여 사용
$$r(EUR)_{i,t} = r(USD)_{i,t} \times (1 + r(EUR/USD)_{i,t})$$

□ Carbon Beta가 적용되는 자산군

- 상장주식, 주식형 펀드 및 포트폴리오
 - 上記 소개된 Carhart Model를 적용
- 회사채(채권형 펀드 및 포트폴리오 포함): 별도의 Factor Model 적용('CARIMA 모형_회사채' 15page 참고)
- 대출(Loans) : Proxy Carbon Beta 적용('대출(loans)의 적용 원칙' 16page 참고)

✓ ○ 국가별 · 섹터별 Carbon Risk 산출

4. CARIMA 모형(6/10)_ 회사채

□ 원 칙

▪ 회사채 Carbon Beta 산출식

$$er_{i,t} = \alpha_i + \beta_i^{mkt} er_{M,t} + \beta_i^{smb} SMB_t + \beta_i^{hml} HML_t + \beta_i^{term} Term_t + \beta_i^{def} Def_t + \beta_i^{bmg} BMG_t + \varepsilon_{i,t}$$

▪ 결과 : 개별 회사채의 Carbon Betas

※ 실제 사용된 산출식

$$er_{i,t} = \alpha_i + \beta_i^{mkt} er_{M,t} + \beta_i^{1-3-CB} 1-3-CB_t + \beta_i^{3-5-CB} 3-5-CB_t + \beta_i^{5-7-CB} 5-7-CB_t + \beta_i^{7-10-CB} 7-10-CB_t + \beta_i^{10+-CB} 10+-CB_t + \beta_i^{1-10-HY-CB} 1-10-HY-CB_t + \beta_i^{1-10-GB} 1-10-GB_t + \beta_i^{bmg} BMG_t + \varepsilon_{i,t}$$

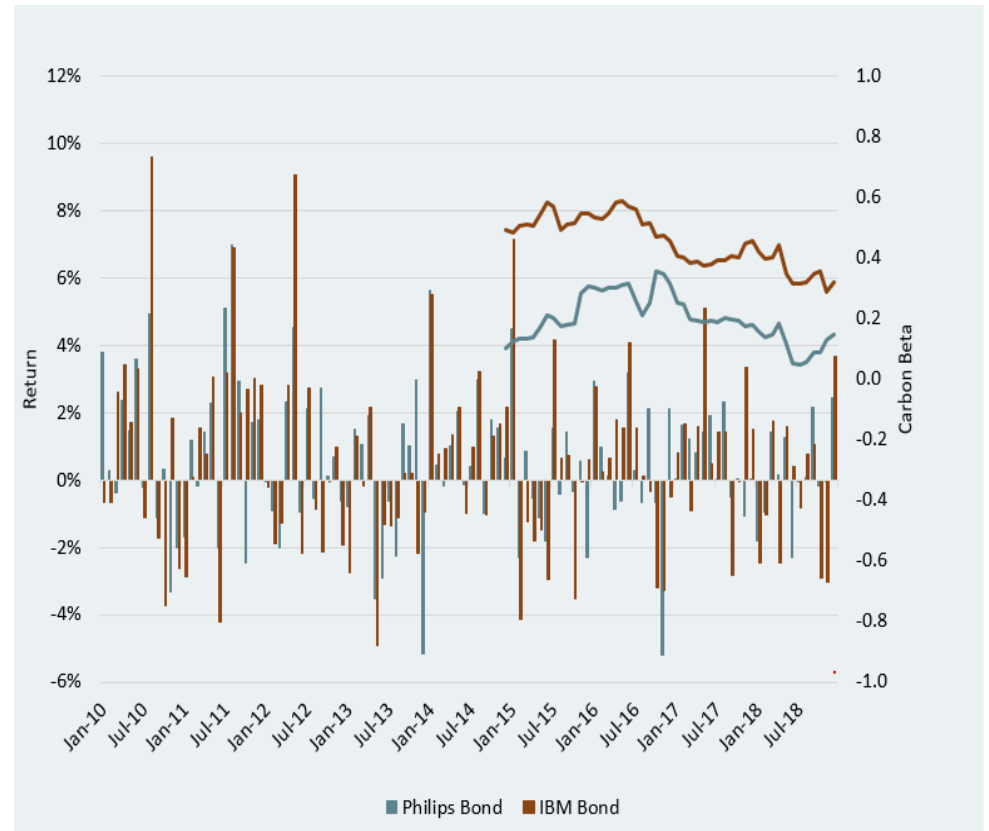
□ 실제 적용 범위(Points of contact)

- 회사채의 Carbon Beta 계량화
- Green and Brown 채권의 식별
- 투자 기준(criterion) 선택

□ 변형/논리의 확장 가능성

- Merton model 적용 가능성

평가 사례(Exemplary evaluation)



4. CARIMA 모형(7/10)_대출(loans)의 적용 원칙

	동일 회사 주식의 Carbon Beta 알고 있는 경우(known)	동일 회사 주식의 Carbon Beta 모르는 경우(unknown)
동일 회사 회사채의 Carbon Beta 알고 있는 경우(known)	비교 대상 회사(comparable firms)의 대출(loans) Beta를 사용	회사채 Carbon Beta를 대출 Beta로 사용
동일 회사 회사채의 Carbon Beta 모르는 경우(unknown)	주식 Carbon Beta를 대출 Beta로 사용	비교 대상 회사(comparable firms)의 대출(loans) Beta를 사용

4. CARIMA 모형(8/10)_ 섹터별 Carbon risk 산출

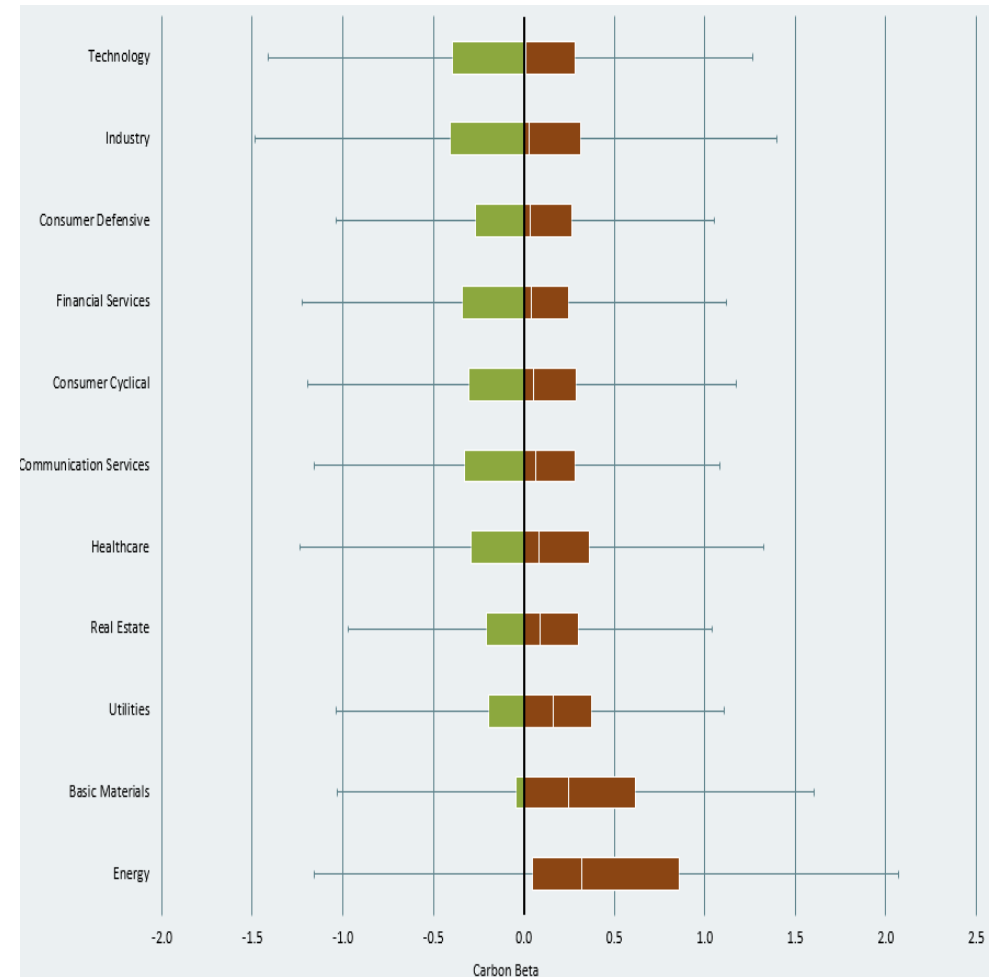
□ 순서

- 단계1 : 분석할 섹터를 명시
- 단계2 : 섹터에 관련된 주식들을 선택
- 단계3 : 선택된 주식들의 Carbon Beta를 산출
- 단계4 : 섹터 내에서 산출한 Carbon Beta를 취합
- 단계5 : 도표와 Box-and-whisker plot를 사용하여 시각화
- 단계6 : 특정 섹터의 Carbon Beta 분석과 적절한 대응방안 도출

□ 실제 적용범위(Points of contact)

- 정치적인 대응방안 마련
- 포트폴리오 배분 전략과 비교 및 분석

평가 사례(Exemplary evaluation)



4. CARIMA모형(9/10)_ A “brown” portfolio 스트레스 테스트(Carbon Beta=1)

□ 원 칙

- 시나리오와 민감도 분석 Ex. Historical simulation
- Risk management 기법 사용

※ 산출물

- 시장 충격에 대한 포트폴리오에 대한 민감도 정보

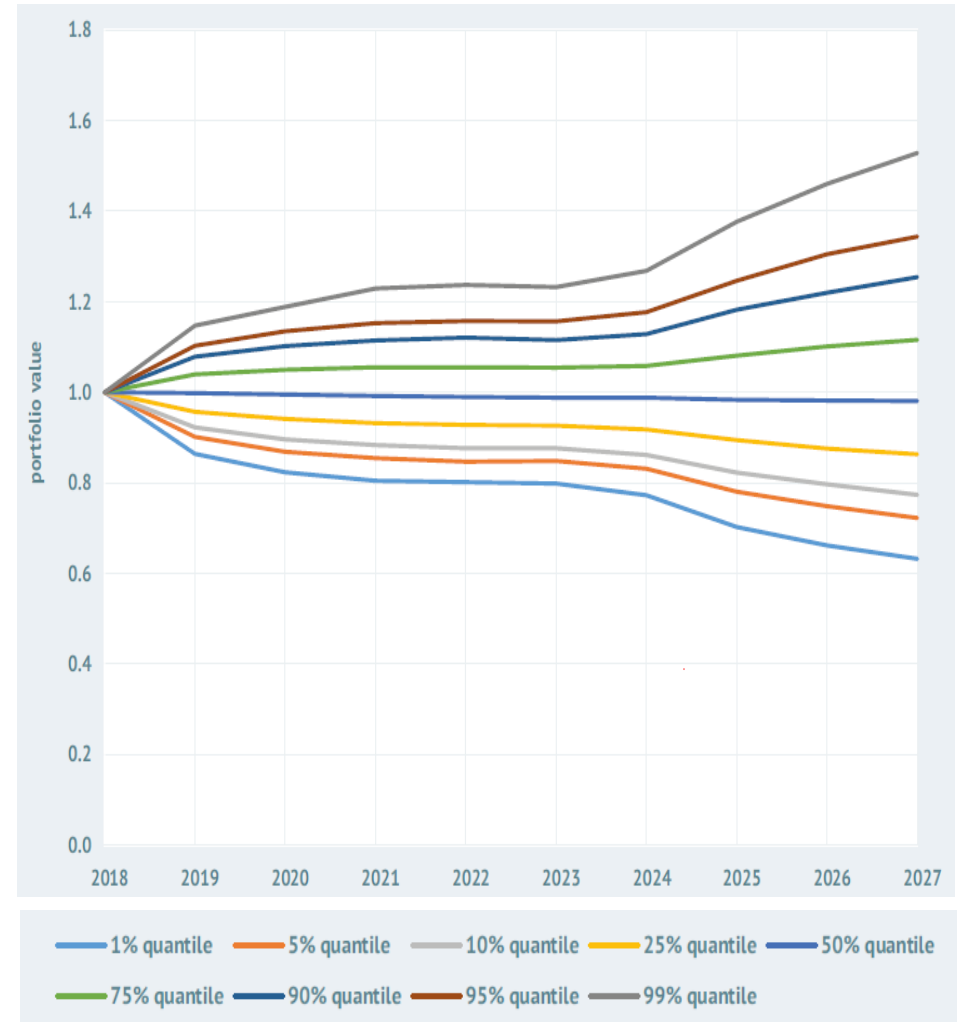
□ 실제 적용범위(Points of contact)

- 리스크관리에 사용
- 포트폴리오 가치에 미치는 영향 분석
- 포트폴리오의 리스크 감내 능력 점검 (Risk-bearing capacity)

□ 변형/논리의 확장 가능성

- Hedging 전략의 결정
- 시장 Carbon risk 분석

평가 사례(Exemplary evaluation)



4. CARIMA 모형(10/10)_ 적용 방안

❖ NiGEM model(1 ~ 2단계) + CARIMA 모형(2단계 ~ 6단계), 투자 universe 변수 : Global 변수

- 1단계) 한국은행의 ‘업종별 온실가스 배출량 지표’(TVF, Transition Vulnerability Factor) 산출
- 2단계) TVF지표의 크기에 따라 **높은·중간·낮음** 로 분류
 - 높음: Brown Portfolio, 중간: neutral 낮음: Green Portfolio로 매칭
 - ※ **측정대상 자산 : 고탄소 업종**
- 3단계) 고탄소 업종으로 분류된 ‘표준산업분류코드(KSIC)의 중분류’를 GICS의 ‘업종별 주가지수 Index’에 매핑
- 4단계) 고탄소 업종으로 분류된 업종별 주가지수 수익률을 사용하여 ‘Carbon β ’를 산출
 - ※ **해외: S&P500 업종별 주가지수 사용**
- 5단계) Global 투자 univers기준으로 산출된 BMG 시계열의 ‘평균과 분산’ 산출(기간: 2010년 ~ 2019년 월간 데이터 사용)
 - **추천: Historical Simulation 방법론 적용(필요시, 결정론적 시나리오 사용)**
- 6단계) 고탄소 업종의 Carbon β 를 가지고 Percentile별 충격 계수(Shock) 산출

※ 고탄소 산업(업종) 분류기준 (자료 출처: 기후변화와 한국은행의 대응방향(2021.10))

- 산업별 온실가스 배출량 통계와 산업별 투입산출표를 결합하여 부가가치 한 단위를 창출하기 위해 직·간접적으로 배출하는 **업종별 온실가스 배출량 지표(Transition Vulnerability Factor)**를 산출(상대적인 지표)

- TVF 지표*의 크기에 따라 중분류 77개 업종을 3단계(‘높음·중간·낮음’)로 구분하여 ‘높음’에 속하는 업종을 ‘고탄소 산업’으로 분류

* 네덜란드 중앙은행(DNB 2018)의 산출 방식과 동일

- 1차 금속(철강 등), 화학물질·화학제품(석유화학 등), 석유 정제품(정유 등), 비금속 광물 제품(시멘트 등), 전기공급(석탄 발전 등), 기타 운송장비 제조업(선박 등), 금속광업(철, 비철금속 등), 섬유제품 제조업(방직, 직조 등), 금속가공제품 제조업(금속 구조물 등) 이상 9개 업종(77개 업종 중 17.7%)이 고탄소산업에 해당

[참고] KSIC & BICS & GICS Mapping Rule

□ Mapping Rule 설정 프로세스

표준산업분류코드(KSIC)

01	농업	중분류
02	임업	중분류
03	어업	중분류
05	석탄, 원유 및 천연가스 광업	중분류
06	금속 광업	중분류
07	비금속광물 광업, 연료용 제외	중분류
08	광업 지원 서비스업	중분류
10	식료품 제조업	중분류
11	음료 제조업	중분류
12	담배 제조업	중분류
13	섬유제품 제조업, 의복 제외	중분류
14	의복, 의복 액세서리 및 모피제품 제조업	중분류
15	가죽, 가방 및 신발 제조업	중분류
16	목재 및 나무제품 제조업, 가구 제외	중분류
17	밀프, 종이 및 종이제품 제조업	중분류
18	인쇄 및 기록매체 복제업	중분류
19	코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	중분류
20	화학 물질 및 화학제품 제조업, 의약품 제외	중분류
21	의약품 물질 및 의약품 제조업	중분류
22	고무 및 플라스틱제품 제조업	중분류
23	비금속 광물제품 제조업	중분류
24	1차 금속 제조업	중분류
25	금속 가공제품 제조업, 기계 및 가구 제외	중분류
26	전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	중분류
27	의료, 정밀, 광학 기기 및 시계 제조업	중분류
28	전기장비 제조업	중분류
29	기타 기계 및 장비 제조업	중분류
30	자동차 및 트레일러 제조업	중분류
31	기타 운송장비 제조업	중분류
38	폐기물 수집, 운반, 처리 및 원료 재생업	중분류
39	환경 정화 및 복원업	중분류
41	종합 건설업	중분류
42	전문직별 공사업	중분류
45	자동차 및 부품 판매업	중분류
46	도매 및 상품 중개업	중분류
47	소매업, 자동차 제외	중분류
49	육상 운송 및 파이프라인 운송업	중분류
50	수상 운송업	중분류
51	항공 운송업	중분류
52	창고 및 운송관련 서비스업	중분류
55	숙박업	중분류
56	음식점 및 주점업	중분류
58	술판업	중분류
59	영상, 오디오 기록물 제작 및 배급업	중분류
60	방송업	중분류
61	오락 및 통신업	중분류
62	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업	중분류
63	정보서비스업	중분류
64	금융업	중분류
65	보험 및 연금업	중분류
66	금융 및 보험관련 서비스업	중분류
68	부동산업	중분류
70	연구개발업	중분류
71	전문 서비스업	중분류
72	건축 기술 엔지니어링 및 기타 과학기술 서비스업	중분류
73	기타 전문, 과학 및 기술 서비스업	중분류
74	사업시설 관리 및 조경 서비스업	중분류
75	사업 지원 서비스업	중분류
76	임대업, 부동산 제외	중분류
84	항공 행정, 국방 및 사회보장 행정	중분류
85	교육 서비스업	중분류
86	보건업	중분류

- 중분류: 77개
- 10차 산업분류코드
- 대상 자산: 국내 자산

BICS

20014	Advertising
20016	Media
20015	Internet
20017	Telecommunications
20019	Apparel
20033	Textiles
20020	Auto Manufacturers
20021	Auto Parts&Equipment
20025	Home Builders
20026	Home Furnishings
20027	Housewares
20030	Office Furnishings
20034	Toys/Games/Hobbies
20028	Leisure Time
20023	Entertainment
20024	Food Service
20029	Lodging
20018	Airlines
20022	Distribution/Wholesale
20031	Retail
20032	Storage/Warehousing
20035	Agriculture
20040	Food
20036	Beverages
20039	Cosmetics/Personal Care
20043	Household Products/Wares
20041	Healthcare-Products
20042	Healthcare-Services
20037	Biotechnology
20044	Pharmaceuticals
20038	Commercial Services
20048	Oil&Gas
20050	Pipelines
20049	Oil&Gas Services
20046	Coal
20047	Energy-Alternate Sources
20045	Holding Companies-Divers
20056	Investment Companies
20060	Private Equity
20052	Closed-end Funds
20053	Country Funds-Closed-end
20051	Banks
20059	Savings&Loans
20054	Diversified Finan Serv
20055	Insurance
20058	Real Estate
20057	REITS
20078	Aerospace/Defense
20080	Electrical Compo&Equip
20081	Electronics
20085	Machinery-Constr&Mining
20086	Machinery-Diversified
20084	Hand/Machine Tools

- 중분류: 79개
- Industry Group 코드
- 대상 자산: 해외자산

GICS

SPX 인덱스	KRX 추가지수
S&P500에너지산업그룹지수	KRX에너지산업그룹지수
S&P500원자재산업그룹지수	KRX원자재산업그룹지수
S&P500자본재산업그룹지수	KRX자본재산업그룹지수
S&P500상업전문서비스	KRX상업전문서비스
S&P500운송산업그룹지수	KRX운송산업그룹지수
S&P500자동차&부품	KRX자동차&부품
S&P500나구소소비재&의류	KRX나구소소비재&의류
S&P500소비자서비스	KRX소비자서비스
S&P500유통산업그룹지수	KRX유통산업그룹지수
S&P500식품&생필품유통	KRX식품&생필품유통
S&P500음식료&담배	KRX음식료&담배
S&P500가정용품&개인용품	KRX가정용품&개인용품
S&P500헬스케어장비&서비스	KRX헬스케어장비&서비스
S&P500제약생명공학&생명과학	KRX제약생명공학&생명과학
S&P500은행산업그룹지수	KRX은행산업그룹지수
S&P500다각화금융	KRX다각화금융
S&P500보험산업그룹지수	KRX보험산업그룹지수
S&P500소프트웨어&서비스	KRX소프트웨어&서비스
S&P500기술하드웨어&장비	KRX기술하드웨어&장비
S&P500반도체&반도체장비	KRX반도체&반도체장비
S&P500정보통신서비스	KRX정보통신서비스
S&P500미디어산업그룹지수	KRX미디어산업그룹지수
S&P500유틸리티산업그룹지수	KRX유틸리티산업그룹지수
S&P500부동산산업그룹지수	KRX부동산산업그룹지수

- 업종별 Index: 24개
- 국내: KRX추가지수
- 해외: S&P500
- 대상 자산
 - 국내 상장주식, 해외 ETF

5. 물리적 리스크 Stress Test(1/3)

□ 물리적 리스크가 보험산업에 전이되는 리스크 및 영향

전이되는 리스크	대차대조표 영향	사 례
계약 인수 리스크 (Underwriting risk)	부 채 (Liabilities)	- 보험 담보 자산의 손상에 따른 예상 대비 지급보험금 증가 - 손보 - 예상 대비 증가하는 사망률(mortality rates) 및 질병 발생률(morbidity rates) - 생보
시장리스크	자 산 (부동산 가치, 수익증권 등)	- 자연재해 로 사업중단, 실물 부동산의 손상이 발생하여 기업의 수익성에 영향을 미치는 재무적 손실인 ‘자산 가치의 손상’ 발생
신용 리스크	자 산 (부동산 담보 대출, 수익증권 등)	- 기후변화 로 인한 재무적인 손실로 인해 차주·채권·거래 상대방·재보험사의 신용도 하락 Ex) 채권가격/이자율 충격(Shock)

□ 부채에 대한 S·T

1. 생명보험사

○ 사망률의 증가는 ‘기간 생명보험 상품’의 경우 불리하나 연금보험의 장수리스크 측면에서 유리하여 부채 포트폴리오를 인구통계적으로 재분류하여 물리적 위험의 존재 여부를 검토한 결과,

→ 인구통계학적 요소는 자연 재해로 인한 사망률 증가에 영향을 미치지 않고 오직 長期적으로 부채에 영향을 미쳐 최선의 추정 부채(BEL)에 우려할 만한 영향은 없을 것으로 예상됨.

➔ EIOPA는 명확한 S·T를 제시하지 못하고 생명 & 건강 보험섹터 기후변화 충격을 계산하기 위해 기후 과학자와 건강 전문가들의 자문을 받을 예정임

※ 자료출처: - Consultation paper on Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA(21.12.10)
- Methodological principles of insurance stress testing - Climate change component(EIOPA, 2022.1.27)

5. 물리적 리스크 Stress Test(2/3)

2. 손해보험사

○ EIOPA가 제시한 S-T 방법론

구 분	장 점	단 점
Event-based scenario	<ul style="list-style-type: none">• 보험 섹터와 연관된 기후변화의 재난 이벤트 (특별한 태풍 또는 홍수)에 대한 영향(손실)를 평가 할 수 있음	<ul style="list-style-type: none">• 선택한 이벤트가 명확히 기후변화에 연관되지 않을 가능성이 있음• 재난 손실을 계산할 수 있는 내부 모델이 없고 외부 컨설턴트/데이터 공급자에 의존하는 중·소형 손해보험사의 불만 및 경비가 많이 소요되는 방법론• 시나리오에서 설정한 특정 자연 재해가 모든 참가자에게 유사한 충격 강도를 줄 수 없는 경우가 있음• 재무적인 손실이 낮게 평가하는 최신 모델링 방법론이 결과의 비교가능성을 하락 시킴 → 내부 보유 모델의 차이에 기인
<div>✓</div> <div>위험에 대한 변수인 심도, 빈도, 상관 계수에 충격 부여</div>	<ul style="list-style-type: none">• 기후변화의 빈도, 심도 및 특별한(지역의) 위험*간 상관관계 변화를 평가할 수 있음 * 폭우, 홍수, 폭염, 들불, 침하, 폭풍 해일, 가뭄• 충격이 특별한 사건이 아닌 폭넓은 위험 통계에 근거하므로 참가자 모두에게 유사한 충격 강도를 적용 가능	<ul style="list-style-type: none">• 심도, 빈도, 상관계수 증감 폭의 적정성에 대한 이슈 제기• 해당 변수의 충격 수준을 재무적인 손실로 전환하기에 어려움이 있음 (기후변화 시나리오 위험이 예상 손실로 전환되는 과학적인 근거 필요)• 재무적인 영향을 평가 시 참가 회사가 서로 다른 모델링 틀을 사용할 경우 결과의 비교가능성이 하락함

○ 충격 변수 선정 시 고려해야 할 요소(7가지)

1. 손실의 심도에 영향을 주는 변수 선정
2. 선정된 변수의 기후변화에 미치는 영향
3. 변수들의 과거 및 미래 예상 추세
4. 현재 기온의 내재 변동성과 확연히 다른 기온변화의 증거 확보
5. 손실의 심도에 영향을 미치는 자연 재해의 발생 확률 변화 여부
6. 주어진 위험이 영향을 주는 지역의 변화 여부
7. 기존 온실 가스배출 프로젝트 및 IPCC모델에서 사용한 변수·리서치 결과물들과 관련 되었는지 여부

※ 자료출처: Methodological principles of insurance stress testing - Climate change component(EIOPA, 2022.1.27)

5. 물리적 리스크 Stress Test(3/3)

□ 자산에 대한 S·T

○ 물리적 리스크가 자산에 미치는 효과를 정량 분석 시 제기되는 주요 이슈

1. 기후 S·T 시나리오가 장기라는 특성으로 인해 자산가격에 영향을 미치는 시점에 대한 불확실성이 존재

- 자산 가격에 대한 S·T는 수익의 변동성에 근거한 미래 손실을 할인하여 현재 시점의 자산가치 하락폭을 계산하는데
기후 리스크 경우는 자산가치에 영향을 주는 미래 온실가스 배출 경로와 기후변화 추세가 현재의 정책과 배출 경로와 무관하고
S·T로 인한 영향이 자산가격에 미치는 시점도 불확실하여 기후변화 S·T의 정량적 분석에 한계가 있음

2. 섹터별 또는 지역별로 특정회사의 물리적 리스크에 대한 노출 및 피해 규모를 계산하는데 어려움이 있음

- 동일한 자산이라도 자연재해 유형 및 지역에 따라 노출 규모·충격 수준이 상이하므로 이행 리스크 대비 보다 세밀한 정보가 필요함

3. 기후변화로 인한 자연재해 영향과 주식과 채권의 실적 간 상관관계가 매우 제한적이라는 학계 연구 결과

➔ 물리적 리스크가 자산에 충격을 주는 기후변화에 따른 S·T방법론은 추후 개발 예정임

※ 자료출처: Methodological principles of insurance stress testing - Climate change component(EIOPA, 2022.1.27)

[참고] 회사 사업계획과 기후 변화 만기 구조와 비교

	2022	2032	2042	2052	2100
회사 사업계획 만기구조	Short-term	Mid-term	Long-term		
기후변화 만기구조	Short-term		Mid-term	Long-term	

※ 자료출처: Consultation paper on Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA(21.12.10)

[참고] 기후리스크가 미치는 영향에 대한 중요성 평가(유럽연금·보험감독청(EIOPA))

□ 중요도 평가결과(M: 중요, NM: 중요하지 않음)

○ 손보사 : 가장 중요한 리스크는 부채의 급성 물리적 리스크임 ○ 생보사 : 가장 중요한 리스크는 장기 자산의 이행 리스크임

구 분		Time Horizon*주)	Non-Life(손보사)		Life(생보사)	
			Asset	Liability	Asset	Liability
Physical Risk	Acute (급성, 단기)	Short	NM	M	NM	NM
		Medium	NM	M	NM	NM
		Long	M	M	NM	M
	Chronic (만성, 장기)	Short	NM	NM	NM	NM
		Medium	NM	NM	NM	NM
		Long	NM	NM	NM	NM
Transition Risk	Policy	Short	NM	NM	NM	NM
		Medium	NM	NM	M(회사채 및 주식)	
		Long	NM	NM	M(회사채 및 주식)	
	Legal	Short	NM	NM	NM	
		Medium	M	NM	NM	
		Long	NM	M	NM	
	Technology	Short	NM	NM	M	
		Medium	NM	NM	NM	
		Long	NM	NM	NM	
	Reputational	Short	NM	NM	NM	
		Medium	NM	M	M(회사채 및 주식)	
		Long	M	M	M(회사채 및 주식)	
	Market sentiment	Short	NM	NM	NM	
		Medium	NM	NM	NM	
		Long	NM	NM	NM	

※ 자료출처: Consultation paper on Application guidance on running climate change materiality assessment and using climate change scenarios in the ORSA(21.12.10)

*주) ※ 기후리스크 만기구조(Time Horizon): Short(10년 이내), Medium(20년 이내), Long(30년 이상) → 회사 사업계획과 만기 구조와 비교(22page)

6. 주요 고려 사항

○ 개별 회사의 온실가스 배출량 등 기후리스크 관련 Raw Data를 어떻게 확보할 것인가?

※ 국내 환경정보 공시 의무 향후 계획

- 1단계(~`25년) '지속가능경영보고서' 자율 공시
- 2단계(`25년 ~ `30년) 자산 2조원 이상 코스피 상장사(약 211개사) 공시 의무화
- 3단계(`30년 ~) 코스피 상장사 100% 공시의무

* 해외: SFDR(Sustainable Finance Disclosure Regulation, 지속가능금융공시제도) → `23년 시행

○ 'Asset Pricing Model과 'Credit Rating Model'을 보유하지 못한 보험사가 경제통합모형을 이용하여 S·T를 할 경우 업종별 대손율은 어떻게 산출할 것인가?

○ CARIMA모형 적용 시 Factor Model에 자료를 어떤 투자 Universe를 사용할 것인가?

○ Stress Test로 인해 발생하는 예상 손실액은 '손익계산서의 손익 항목'인지 아니면 '리스크량(요구 자본)'인지?

- 경제통합모형의 경우 탄소가격에 대한 민감도 분석과 유사하여 손익 항목의 성향이 강하고 CARIMA모형의 경우 Simulation 방법론을 사용하므로 시장 리스크 산출과 유사