2025년 3월 18일

보도참고자료

이 자료는 3월 19일 조간부터 취급하여 주십시오. 단, 통신/방송/인터넷 매체는 3월 18일 14:00 이후부터 취급 가능

제 목 : 은행·보험사에 대한 하향식(Top-down) 기후변화 스트레스 테스트 결과

□ 한국은행은 「한국은행·금융감독원 공동 기후금융 컨퍼런스(3.18일(화))」에서 은행·보험사를 대상으로 실시한 기후 스트레스 테스트 결과를 발표

□ 자세한 기후 스트레스 테스트 결과는 붙임을 참조

문의처 : 지속가능성장실 기후리스크분석팀 과장 김재윤,
지속가능성장기획팀 조사역 류기봉
Tel : 02-750-6858, 6746
공보관 : Tel : 02-759-4028, 4016

"한국은행 보도자료는 인터넷(http://www.bok.or.kr)에도 수록되어 있습니다."

한국은행
BANK OF KOREA

<붙 임>

은행·보험사에 대한 하향식(Top-down) 기후변화 스트레스 테스트 결과

2025. 3.

지속가능성장실 기후리스크분석팀

작성자: 과장 김재윤*, 조사역 류기봉**
검토자: 실장 나승호, 팀장 이대건

*(02-750-6858, jkim20@bok.or.kr), **(02-750-6746, g.ryu@bok.or.kr)

목 차

< 요 약 >

Ⅰ. 개요 1

Ⅱ. 스트레스 테스트 시나리오 4

1. 기후변화 대응 경로 4

2. 실물경제 파급 영향 7

Ⅲ. 스트레스 테스트 결과 10

1. 신용·시장·보험위험 변화 10

2. 국내 금융권의 익스포저 현황 14

3. 국내 금융권 건전성 평가 15

Ⅳ. 평가 및 시사점 20

붙임: 1. 산업별 부가가치 변화
2. 신용·시장·보험위험 추정 방법론
3. 산업별 부도율 변화
4. 산업별 주가 변화
5. 금융사 건전성 평가 방법론
6. 미래 기후변화 및 기후피해 심화 관련 논의

< 요 약 >

Ⅰ. 개요

◈ 국내 **최초**로 **한은·금감원·기상청·금융사**가 **협력**하여 **기후 리스크**가 **실물경제** 및 **금융안정**에 미치는 **영향**을 **파악**하고, 이를 바탕으로 금융권의 **기후 리스크 관리 방안**을 **제시**

□ **[실시 목적]** 기후 리스크가 **금융안정**에 미치는 **영향**을 조기에 **파악**하고 국내 금융기관의 **리스크 관리 역량**을 **강화**하고자 기후 스트레스 테스트를 실시

□ **[실시 방식]** 당행·금감원·기상청이 **기후 시나리오**를 **공동 개발**하고, 이를 바탕으로 **당행·금감원**(top-down)과 **국내 금융기관***(bottom-up)이 **양방향**으로 기후 리스크를 **평가**

* 14개 금융기관(7개 은행, 4개 생보사, 3개 손보사) 참여

□ **[기존 stress test 모형과의 차이]** ❶전환 리스크의 **산업간 전이효과***와 ❷**자연재해 영향**을 반영하고 ❸**전환·물리적**(만성 및 급성) **리스크**를 **통합**하여 평가하였다는 점에서 과거 평가모형과 차별화

* 탄소가격 상승의 **직접효과**(1차 효과)뿐만 아니라 고탄소 산업의 비용 상승분 일부를 타 산업에 전가시키는 **산업간 전이효과**(2차 효과)까지 반영

○ 아울러, 14개 대형 금융기관과 협력을 통해 각 **금융기관**의 **미시 data**(익스포저 등)를 활용하여 stress test를 실시

당행 BOK-Climate Stress Test 모형 개선 내용

구 분	기 존('21~'23년)	개 선('24년)
■ 전환 리스크	• 산업별 1차 영향만 평가[1)]	• 산업간 전이효과(2차) 추가
■ 물리적 리스크	• 만성(Chronic) 리스크만 평가 (평균온도 상승 영향 등)	• 급성(Acute) 리스크 평가 추가 (자연재해 영향 등)
■ 리스크 종합	• 부문별(전환·만성) 리스크 별도 추정	• 부문별(전환·만성·급성) 리스크 통합
■ 금융사 협업	• 금융사 참여 없음	• 금융기관 보유 미시 data 활용

주: 1) 에너지산업의 여타 산업에 대한 파급영향은 반영

Ⅱ. 스트레스 테스트 시나리오

◈ **기후 대응정책 도입 강도, 정책 도입시기** 변화에 **따른 영향**을 **평가**하기 위해 **총 4개**의 **시나리오***(탄소감축 경로 및 실물경제 영향)를 설정

* ❶1.5℃ 대응(2050 Net Zero), ❷2℃ 대응, ❸지연대응, ❹무대응 시나리오

□ 2024~2100년 중 **우리나라**의 **온실가스 감축경로**를 설정하고, 각 경로별 기후 리스크의 **실물경제 파급영향**을 시나리오로 설정

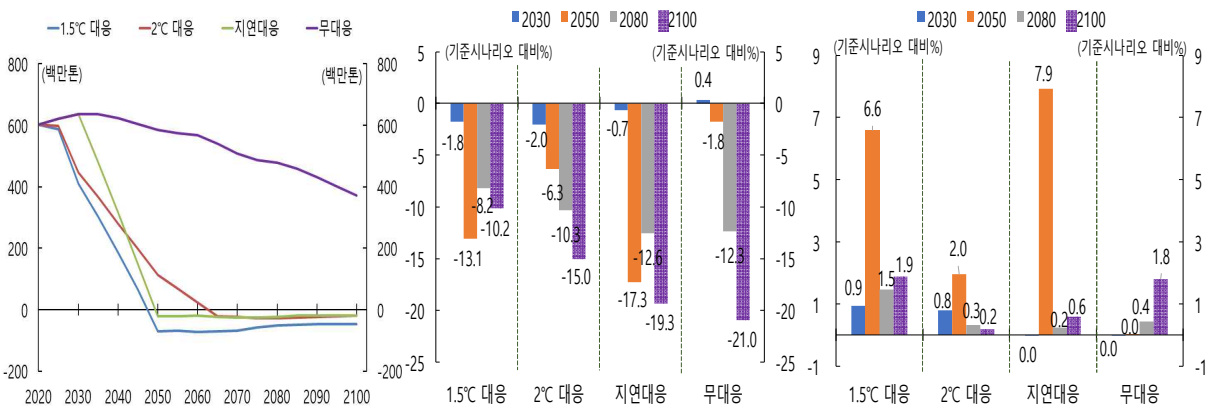
○ **(탄소감축 경로)** 기후대응 정책 도입 강도 및 도입 시기 등에 따라 **4개**의 탄소감축 **경로***를 설정

* **❶1.5℃ 대응**: '50년 탄소중립(Net Zero) 달성, **❷2℃ 대응**: '50년까지 탄소배출을 현재 대비 80% 감축, **❸지연대응**: '30년까지 무대응으로 일관하다 뒤늦게 2050 Net Zero 정책 추진, **❹무대응**: 기후정책 미도입

○ **(실물경제 영향)** 기후 리스크가 GDP에 미치는 **부정적 영향**은 **1.5℃ 대응** 경로가 **가장 작고, 무대응** 경로가 **가장 큰** 것으로 추정

— **생산자물가**에 미치는 영향은 1.5℃ 대응과 무대응 경로가 유사하나 **1.5℃ 대응** 경로는 '**50년 이후 점차 완화**되는 반면 **무대응** 경로는 **시간이 지날수록** 점차 **확대**되어 발산

온실가스 감축경로 **GDP 변화**[1] **생산자물가 변화**[1]



주: 1) 기준시나리오는 기후 리스크 충격이 없이 과거 인구 증가 추세를 반영하여 성장하는 경로(NGFS, 2023)

Ⅲ. 스트레스 테스트 결과

◈ 기후 리스크로 인한 **금융기관**의 **손실규모**를 시나리오 경로별로 보면 **무대응 > 지연대응 > 2℃ 대응 > 1.5℃ 대응*** 등의 순

* 다만, 은행권은 고탄소 산업에 대한 익스포저 비중이 상대적으로 높아 1.5℃ 대응의 손실규모가 2.0℃ 대응보다 소폭 큰 것으로 추정

○ 시점별로 보면, **1.5℃ 대응**의 경우 손실규모가 **2050년경 최고점**을 지나 감소하는 반면, **무대응**의 경우 시간이 지날수록 **지속 확대**

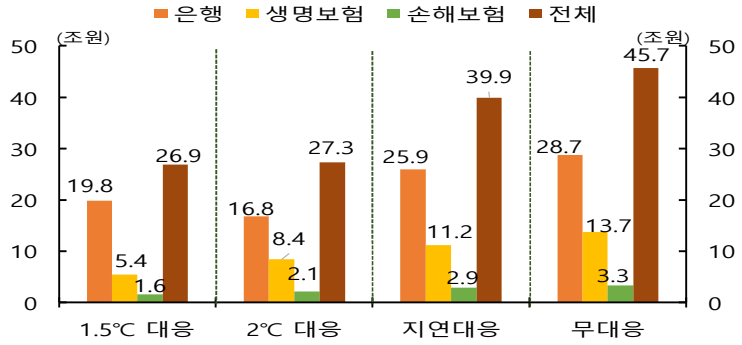
□ **[신용·시장·보험손실 규모]** **기후정책**을 **조기 도입**시, 고탄소 산업 자산의 가치 하락 등으로 **손실**이 발생하나 그 **규모**는 **제한적**인 반면, 기후정책 **도입**을 **지연**하거나, **무대응**으로 일관하는 경우 금융권의 **손실규모**는 **큰 폭 확대**되는 것으로 추정

○ **1.5℃, 2℃ 대응**의 경우, **금융권**(은행 7개사, 보험 7개사 기준) **예상손실 규모**는 **27조원 내외**로 제한

○ 반면, **지연대응**의 경우, 급격한 탄소 감축에 따른 전환 리스크 확대 등으로 인해 금융권 예상손실 규모가 **약 40조원**으로 증가

○ **무대응** 시에는, 물리적 리스크(고온·강수 피해 증가 등)의 영향이 확대되며 금융권 예상손실 규모가 **45.7조원**까지 확대

기후-금융 리스크에 따른 예상손실 규모[1)2)]



주: 1) 분석기간(2024~2100년) 중 누적 예상손실 규모
2) 기준 시나리오(정상 상황시 누적 손실) 대비 변동폭

◈ 기후 리스크 감축을 위해, **은행**은 **신용손실**에 대해, **보험사**는 **시장손실**에 대해 **관리**를 **강화**할 **필요**

○ 업종별로 보면, **기후대응 정책 시행** 시에는 **철강**, **금속가공제품**, **시멘트** 등의 업종에 대해, **무대응** 시에는 **식료품**, **음식점**, **건설, 부동산** 등의 **업종**에 대해 **리스크 관리**를 **강화**할 **필요**

□ **[리스크 유형별 예상 손실]** **은행**의 경우, **신용손실**이 전체 예상손실의 **95% 이상**을 차지하는 반면, **보험사**의 경우 **시장손실**이 **높은 비중**(생보사 76%, 손보사 48% 이상)을 차지

○ 이는 **은행**의 경우 **대출**을 중심으로, **보험사**의 경우 **채권·주식**을 **중심**으로 **자산 포트폴리오**가 **구성**된 데 주로 기인

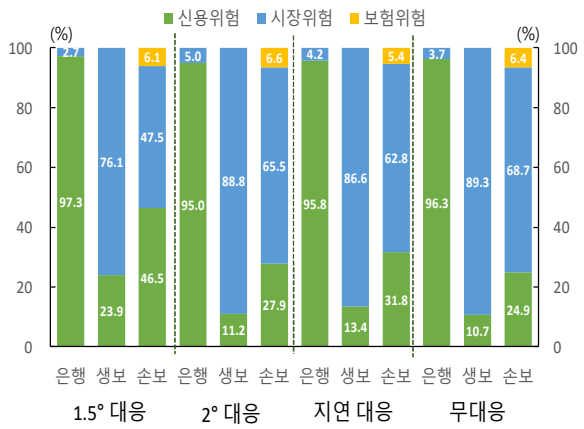
○ 한편, **손보사**의 경우 **보험손실**이 전체 손실의 **6% 내외**를 차지

□ **[업종별 예상 손실]** **은행**의 경우 **기후대응 정책 시행** 시에는 **철강**, **금속가공제품**, **시멘트** 등의 업종 **손실**이 **높은 비중**을 차지하며, **무대응** 시에는 **식료품**, **음식점**, **건설, 부동산** 등의 업종 **손실**이 **확대**

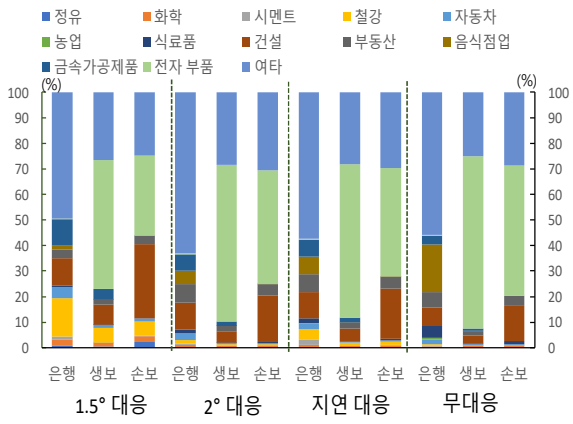
○ 한편, **보험사**의 경우 투자 비중이 상대적으로 높은* **전자부품 제조업** 부문의 **손실**이 대부분의 경로에서 **높은 비중**을 차지

* 전자부품 제조업 비중: 생보사 32%, 손보사 15%

예상 손실의 리스크 유형별 구성



예상 손실의 투자업종별 구성[1)]



주: 1) 신용 및 시장 손실 합계 기준(보험손실 제외)

◈ 은행들은 기후 리스크가 현재화되는 경우 신용손실로 인해 BIS자본비율이 규제비율을 하회할 가능성에 대비할 필요

○ 특히, 1.5℃ 대응 및 지연대응 경로 하에서는 2050년을 전후하여, 무대응 경로에는 2080년 이후 BIS비율 하락 충격이 심화될 가능성

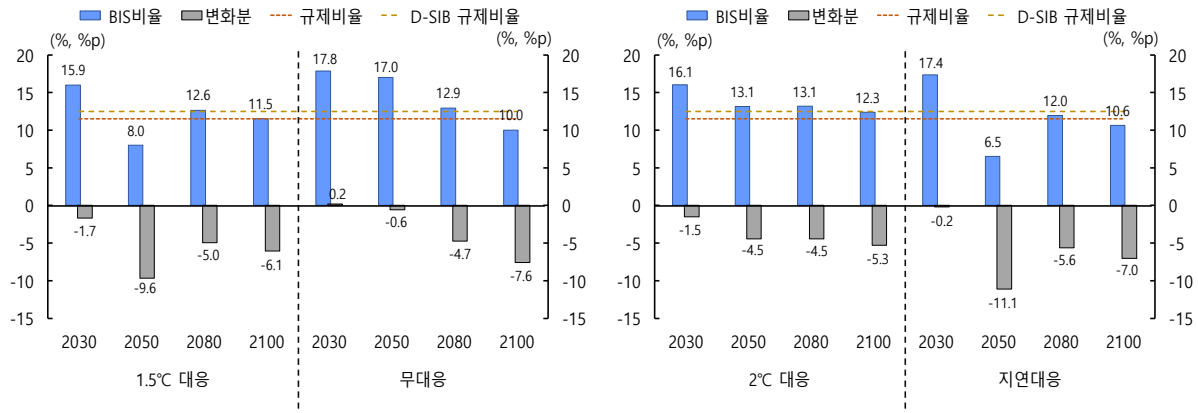
□ [은행 건전성] 신용위험 증대로 시나리오에 따라 일부 또는 모든 은행의 BIS비율이 규제비율(11.5%)을 하회할 가능성

○ (1.5℃ 대응) 고탄소산업 관련 신용손실 확대로 2050년경 8.0%까지 하락하나, 이후 손실 규모가 축소되면서 2100년경 11.5%로 회복

○ (무대응) 2050년경까지는 하락폭이 미미하나, 이후 물리적 리스크 취약산업 관련 신용손실 확대로 2100년경에는 10.0%까지 하락

○ (2℃·지연대응) 2℃ 대응의 경우 하락폭이 제한적(2050년 13.1%, 2100년 12.3%)이나, 지연대응의 경우 2050년 6.5%까지 하락하고 2100년에도 10.6% 수준을 유지

국내은행의 BIS 총자본비율 변화[2)3)]



주: 1) '23년말 대비 변화
2) 규제기준은 11.5%(D-SIB는 12.5%)

◈ **보험사**의 경우 신용위험 노출 규모가 상대적으로 작아 기후 리스크로 인한 **자본적정성 저하 정도**는 **은행권에 비해 제한적**일 것으로 판단

○ 그러나 최근 태풍·홍수 등 **자연재해**가 **예상보다** 더욱 **빈번하고 강하게 발생**하고 있어, 이와 관련한 **보험손실 증가**에 **대비**할 **필요**

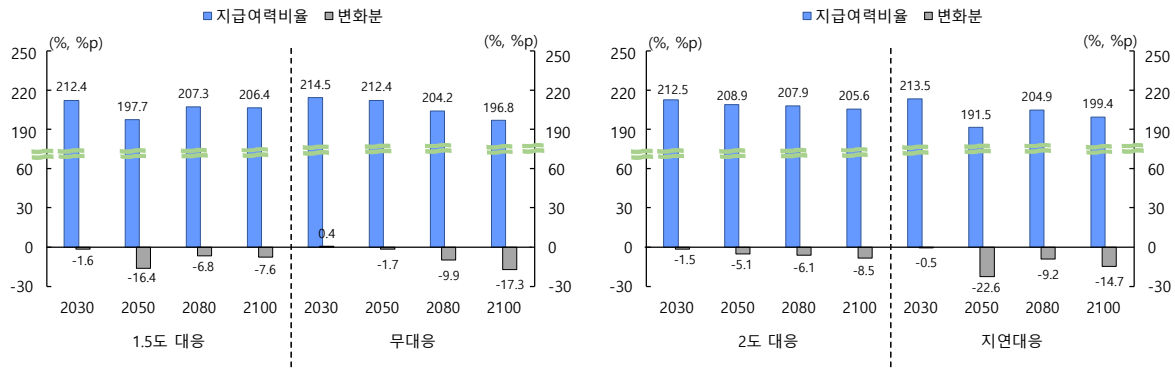
□ **[보험사 건전성]** 고탄소산업과 만성 리스크 취약산업 관련 시장·신용위험, 풍수해 관련 보험위험 등으로 **지급여력비율**이 **하락**하나, **모든 시나리오** 하에서 **규제비율**(100%)을 **상회**

○ **(1.5℃ 대응)** **생보사**와 **손보사**의 지급여력비율이 **2050년경** 각각 **197.7%**, **186.7%**까지 하락하였다가, 이후 점차 회복되어 **2100년경**에는 각각 **206.4%**, **198.7%**로 반등

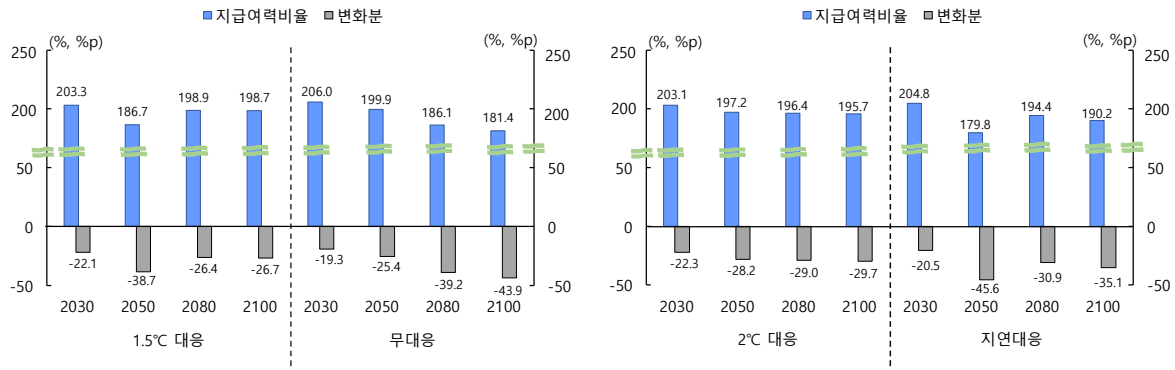
○ **(무대응)** 2050년까지는 큰 변화가 없으나, 만성 리스크 취약산업 주식의 시장손실 확대, 풍수해에 따른 보험손실 확대(손보사 限) 등으로 **2100년경** 각각 **196.8%**(생보), **181.4%**(손보)까지 하락

국내 보험사의 지급여력비율 변화

<생명보험사>



<손해보험사>



Ⅳ. 평가 및 시사점

◈ 기후 스트레스 테스트 결과, 향후 **기후 리스크**는 **은행·보험사**의 **건전성**과 **금융안정**을 훼손시키는 **핵심 리스크**로 작용할 **가능성**이 높은 것으로 판단

⇒ **금융기관**이 기후 리스크에 체계적으로 대응할 수 있도록 ❶**리스크 관리 지침 개선**, ❷**예상외 손실에 대한 대비 강화**, ❸**녹색·적응 투자 활성화** 등을 조속히 추진할 **필요**

□ 향후 **기후 리스크**는 **은행·보험사**의 주요한 **잠재손실 요인**으로 **작용**할 가능성이 높으며, **기후대응 정책**을 **조기**에 **추진**하는 것이 **개별기관**의 **경영건전성** 제고 및 **금융시장 안정**에 **유리**할 것으로 예상

○ **기후대응 정책**은 **시행 초기** 고탄소 산업의 자산가치 하락으로 **금융기관 손실**을 **확대**시킬 수 있으나, 장기적으로 친환경기술 촉진, 기후변화 억제 등을 통해 **손실**을 **일정 수준 이내**로 **관리**하는 데 기여

○ 반면, **기후변화**에 대한 **무대응** 및 **정책 지연***은 고온·강수 피해 증가를 유발하여 **금융기관**이 보유한 농업·식료품·건설업 관련 자산의 **신용·시장 손실**과 **보험손실**을 **크게 확대**시킬 소지

* 최근 기후대응 관련 글로벌 공조 약화(미국의 파리협약 탈퇴 등)로 인해 향후 무대응 및 지연대응 경로 실현 가능성이 높아질 우려가 증대

— 미국의 기후변화협약 탈퇴('25.1월)를 계기로 **글로벌 탄소감축 노력**이 **위축**될 경우 **자연재해**가 더 **빈번**하고 **강력**하게 발생하면서 금융기관의 자본비율 하방 압력이 증대될 가능성

— 아울러, 당분간 **탄소감축** 정책 시행을 **미루다가**, 글로벌 규제환경 변화 등으로 관련 정책을 **급격히 추진해야 하는 상황***에 처할 경우, **고탄소 산업 관련 신용위험**이 **대폭 증대**될 소지

* (사례) '21.1월 미국 바이든 대통령은 취임 직후 트럼프 행정부가 탈퇴한 파리기후협약 재가입을 위한 행정명령에 서명

□ 향후, 은행·보험사가 **기후 리스크**에 **체계적**으로 **대응**하기 위해서는 **❶리스크 관리지침 개선**, **❷예상외 손실에 대한 대비 강화**, **❸녹색·적응 투자 활성화** 등을 조속히 추진할 **필요**

① **(리스크 관리지침 개선)** 금융사 대상 「**기후 리스크 관리 지침**」중 임의규정인 '**기후 시나리오 분석** 및 **스트레스 테스트**'를 **의무화**하여 기후 리스크에 대한 은행·보험사의 인식 및 대응능력 강화를 유도

② **(예상외 손실에 대한 대비 강화)** **기후 리스크**가 예상(탄소가격*, 기온·강수량** 등)보다 더 **빠르게 확대**될 **가능성**에 대비하여 발생 가능한 **잠재리스크**를 **정량화**하고 이에 대한 **대응 방안**을 **마련**할 필요

* 정부는 온실가스감축목표(NDC) 달성을 위해 배출권거래제 강화를 추진하고 있는데, 이 과정에서 탄소가격이 예상보다 빠르게 상승할 가능성

** 본 고는 홍수 피해가 강수량과 정비례하여 증가한다고 전제하였으나, Hansen et al.(2023)은 기존 IPCC 전망보다 온난화 추세가 빨라질 가능성을 제기하였고, 성현민(2023)은 최근 한국의 온난화 추세 감안시 온난화 피해가 예상치 못하게 급증할 수 있다고 평가
< 참고6 > 「미래 기후변화 및 기후피해 심화 관련 논의」 참조

③ **(녹색·적응 투자 활성화)** **금융기관**들이 **에너지** 및 **제조업** 부문의 **저탄소 전환**에 대한 **자금공급**을 **확대**하도록 유도함으로써 전환 리스크로 인한 금융기관의 손실발생 가능성을 축소

— 아울러, **정부**가 **기후적응 인프라 투자**를 확대하고 **금융권**은 관련 **필요자금**을 **공급**함으로써* **물리적 리스크**에 대한 **복원력**을 **강화**할 필요

* 극한 홍수·가뭄에 대응한 수자원 인프라 확충, 농업 등 기후변화 취약산업 보호를 위한 기후보험 확대 등

Ⅰ 개요

□ [실시 목적] **기후 리스크**가 금융안정에 미치는 **영향**을 **조기**에 **파악**하고 **국내 금융기관**의 **리스크 관리 역량**을 **강화**하고자 기후 스트레스 테스트를 실시

○ **우리나라**의 경우 저탄소 전환이 어려운 **제조업 비중***이 **높고**, 폭염일수**가 큰 폭으로 늘어나는 등 **기후변화**도 **심화**되고 있어 기후 리스크가 금융기관 건전성에 미치는 영향이 커질 우려

* 2021년 현재 국내 제조업이 GDP에서 차지하는 비중은 25%로 미국(11%), 일본(21%), 유럽연합(15%) 등에 비해 상당히 높은 수준

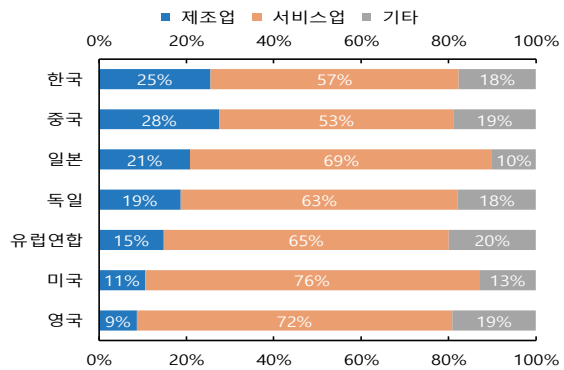
** 2024년 폭염일수는 30.1일로 과거 30년('91~20년) 평균(11.0일)을 대폭 상회

○ 기후 스트레스 테스트를 통해 **기후 리스크**의 영향을 **정량화**하는 한편, 동 분석 결과를 바탕으로 기후리스크 **관리·감독 정책**을 **마련***하고 **금융기관**의 **저탄소 전환계획 수립·추진****을 유도

* '21년말에 마련한 금융사 대상 「기후리스크 관리 지침서」를 보완·개선

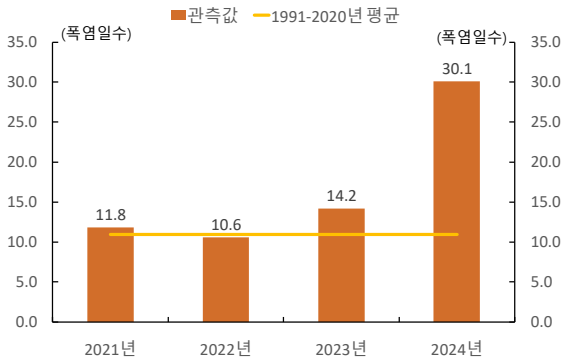
** 고탄소 산업에 대한 익스포저 조정, 녹색금융 공급 확대, 전환금융 도입 등

국가별 제조업 비중[1)]



주: 1) 2021년 기준
자료: World Bank WDI database

최근 국내 폭염일수[1)] 변화



주: 1) 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 연중일수
자료: 기상청 기후정보포털

□ [실시 방식 및 일정] **당행·금감원·기상청**이 **기후 시나리오**를 **공동 개발**하고, 이를 바탕으로 **당행·금감원**(top-down)과 **국내 금융기관***(bottom-up)이 **양방향**으로 기후 리스크의 영향을 **평가**

* 14개 금융기관(7개 은행, 4개 생보사, 3개 손보사) 참여

○ **('24년 상반기)** 당행·금감원·기상청이 협력하여 **한국의 경제구조**와 **국지적 특성**을 반영한 **국내 맞춤형 시나리오**를 개발

— 기후변화 대응 경로별 **국내 산업별 영향**(부가가치, 생산자물가) 등 실물경제 파급영향을 시나리오로 구성*

* 시나리오 방법론과 관련 data 추정치는 '24.11월 BOK 이슈노트(「기후변화 리스크가 실물경제에 미치는 영향」)를 통해 旣 발표

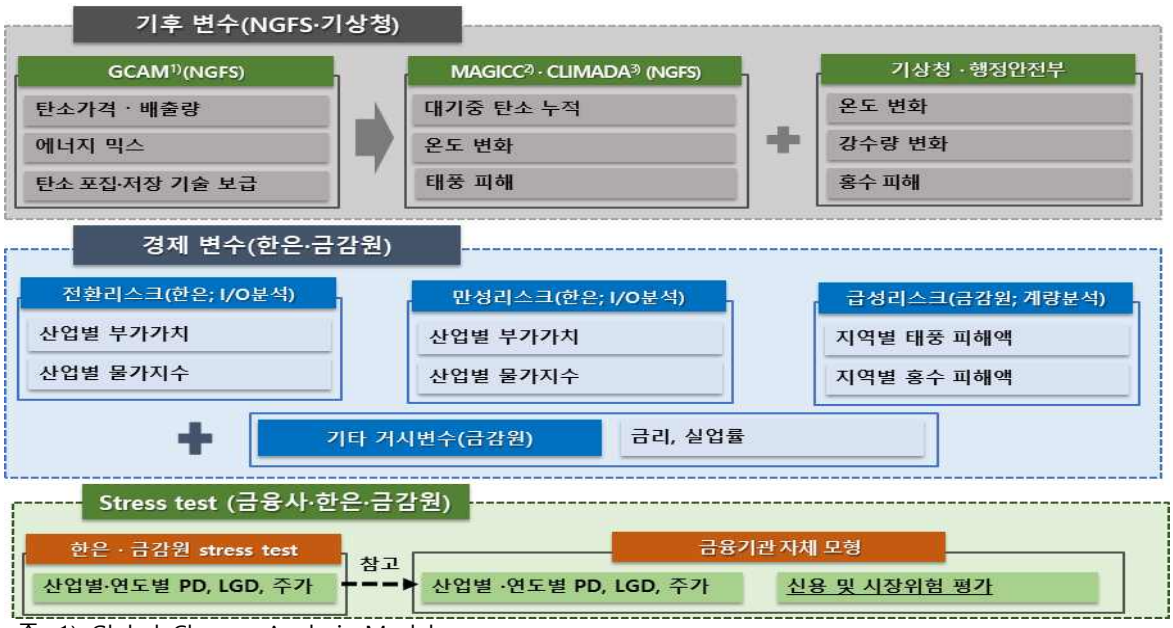
○ **('24년 하반기)** 각 기관은 공통 시나리오를 기반으로 **신용위험**, **시장위험**, **보험위험** 등 기후-금융 리스크를 **추정**

— **당행**은 금융기관 간 비교가 가능하도록 **금융기관별 기후리스크 총량**을 **동일**한 **모형**으로 **추정**하는 한편,

자체 모형개발이 어려운 금융기관을 위해 별도의 모형개발 없이 활용 가능한 **stress test 추정 모형**을 **제공**(신용·시장위험 추정치)

○ **('25년 상반기)** 당행·금감원과 개별 금융기관의 **분석 결과**를 **종합·평가**하여 **금융권**의 **기후 리스크 관리 방향**을 **제시**
(25.3.18일(잠정) 컨퍼런스를 통해 발표 예정)

한은·금감원·금융권 공동 기후 stress test 개념도



주: 1) Global Change Analysis Model
2) Model for the Assessment of Greenhouse gas Induced Climate Change
3) CLIMateADAptation

□ [주요 특징] ❶전환 리스크의 **산업간 전이효과**와 ❷**자연재해 영향**을 **반영**하고 ❸**전환·물리적**(만성 및 급성) **리스크**를 **통합**하여 평가하였다는 점에서 과거 평가 모형과 차별화

○ **탄소가격 상승**의 **직접효과**(1차 효과)*뿐만 아니라 각 산업의 비용 상승분의 일부를 타 산업에 전가시키는 **산업간 전이효과**(2차 효과)까지 **추가 반영**함으로써 전환 리스크의 **산업별 영향**을 **구체화**

* '21.10월에 개발한 BOK-Climate Stress Test 평가 모형은 탄소가격 상승에 따른 산업별 1차 비용 상승효과만을 반영

○ **자연재해**(급성 리스크) **영향**을 리스크 평가모형에 **추가**함으로써 물리적 리스크의 **파급경로**를 **다각화**

○ **전환 리스크**와 **물리적 리스크**는 서로 **상쇄효과**를 가지는 점을 고려하여 각 유형별 리스크를 **통합**하여 **평가**

당행 BOK-Climate Stress Test 모형 개선 내용

구 분	기 존('21~'23년)	개 선('24년)
■ 전환 리스크	• 산업별 1차 영향만 평가[1)]	• 산업간 전이효과(2차) 추가
■ 물리적 리스크	• 만성(Chronic) 리스크만 평가 (평균온도 상승 영향 등)	• 급성(Acute) 리스크 평가 추가 (자연재해 영향 등)
■ 리스크 종합	• 부문별(전환·만성) 리스크 별도 추정	• 부문별(전환·만성·급성) 리스크 통합

주: 1) 에너지산업의 여타 산업에 대한 파급영향은 반영

Ⅱ 스트레스 테스트 시나리오

1. 기후변화 대응 경로

□ [전제] 파리 기후협약*, 우리나라 온실가스 감축 계획**, 기후정책 도입 시기별 영향 등을 비교하기 위해 **4가지 대응경로**를 상정

* 한국 포함 196개국은 지구 평균온도 상승폭을 산업화 이전(1850~1900년) 대비 2℃ 이하로 유지하되, 가급적 1.5℃ 이내까지 축소하기 위해 노력할 것을 합의

** '30년까지 온실가스 배출량을 '18년 대비 40% 감축하고, 2050년 탄소중립을 달성

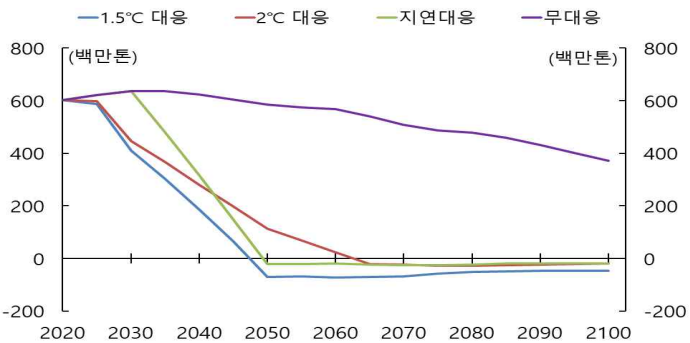
① **1.5℃ 대응:** 지구 **평균온도 상승폭**을 산업화 이전 대비 **1.5℃ 이내**로 억제하기 위해 **2050년**까지 전 세계가 **탄소중립**을 **달성**하는 경로

② **2.0℃ 대응:** 지구 평균온도 상승폭을 **2℃ 이내**로 **억제**하는 경로로, 한국은 **2050년**까지 온실가스 배출량을 **2020년**(6.0억톤) **대비 약 80%**(△5.9억톤) **감축**

③ **지연 대응:** 2030년까지 기후대응 정책을 도입하지 않다가, **2030년 이후** 지구 평균온도 상승폭을 **2℃ 이내**로 **억제**하기 위해 **온실가스 배출량**을 **급격히 감축**하는 경로

④ **무대응:** 한국을 포함한 전 세계가 별도의 **기후대응 정책**을 **시행하지 않는** 경로

한국의 기후대응 경로별 탄소배출량[1)]



주: 1) CO_2 배출량 기준
자료: NGFS(2023)

□ [전환 리스크] 온실가스 감축목표 달성을 위해 **탄소가격**이 **상승**하고, **재생에너지**의 보급이 **확대**

○ **(탄소가격)** **1.5℃ 대응** 경로의 경우, 2050 탄소중립 달성을 위해 우리나라의 **탄소가격**(톤당)은 **2030년 150달러**, **2050년 1,700달러*** 까지 **상승**해야 하는 것으로 추정

* 원화('23년 기준가격)로는 2030년 22만원, 2050년 250만원까지 상승

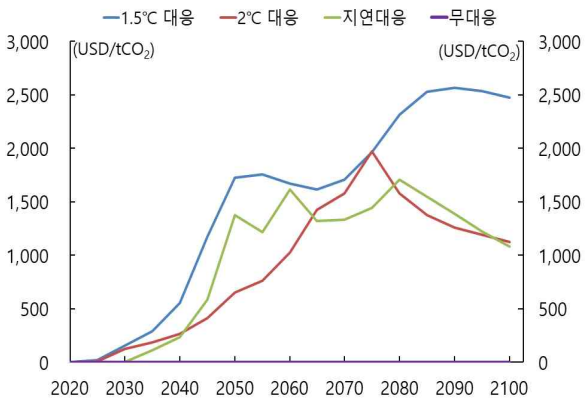
— **2℃ 대응** 경로에서는 탄소가격이 2030년 120달러, **2050년 650달러** 수준으로 제한되는 반면,

지연대응 경로 하에서는 **2030년**까지는 **제로**('0') 수준을 유지하다가 **2050년**경 **1,400달러**까지 급등

○ **(재생에너지)** 재생에너지 설비 가격 하락, 화석연료의 온실가스 배출비용 상승 등으로 인해 **화석연료**(석탄·천연가스 등) **발전 비중**이 **축소**되고 **재생에너지**(태양광·풍력 등) **발전 비중**이 **확대**

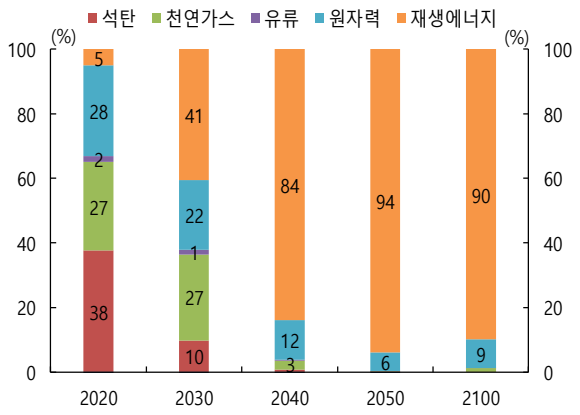
— 1.5℃ 대응 경로 하에서 석탄(가스발전) 비중은 2020년 38%(27%)에서 2040년 1%(3%)로 줄어드는 반면, 재생에너지 비중은 2020년 5%에서 2040년 84%까지 확대

탄소가격 경로



자료: NGFS(2023)

재생에너지 보급 경로[1)]



주: 1) 1.5℃ 대응 시나리오 기준
자료: NGFS(2023)

□ [물리적 리스크] **무대응** 시 **평균기온**이 **큰 폭 상승**하고, **강수량**도 **상당폭 증가**하나 **기후대응 정책**(1.5℃, 2℃ 대응 등) **추진 시**에는 온도 상승폭 및 강수량의 **변동폭**은 **제한**

○ **(평균기온)** 우리나라 연평균 기온은 **무대응** 경로 하에서 **21세기 말**(2081~2100년 평균) **현재**(2000~2019년 평균) **대비 6.3℃ 상승**할 것으로 전망

— **폭염일수***는 현재(2000~2019년 기준) 연평균 8.8일에서 21세기 말(2081~2100년) **70.7일**까지 증가(무대응 시나리오 기준)

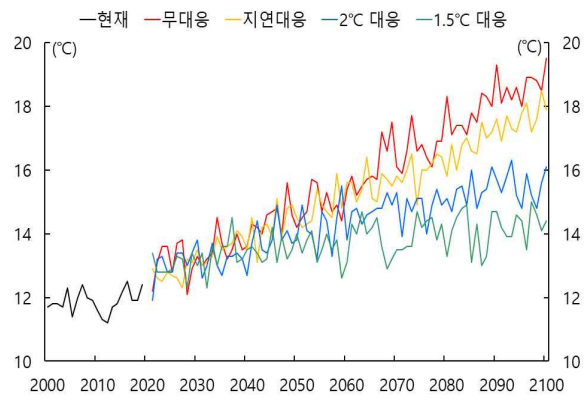
* 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 연중 일수

○ **(강수량)** 우리나라 연평균 강수량은 **무대응** 시나리오하에서 **21세기 말**(2081~2100년 평균) **현재**(2000~2019년 평균) **대비 16% 증가**할 것으로 전망

— **극한 강수량***은 전국 대부분의 지역에서 **현재 대비 40~80% 증가**(무대응 시나리오 기준)

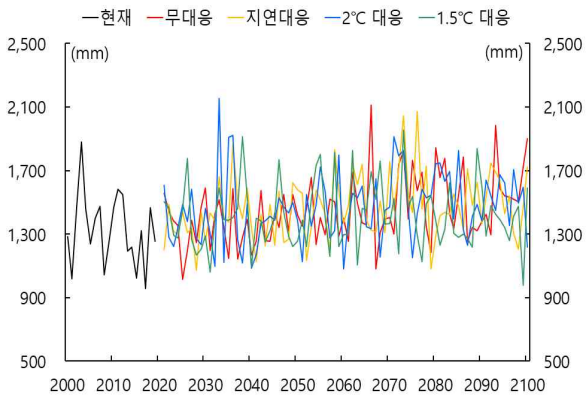
* 100년에 한 번 나타날 수 있는 최대 강수량

연평균 기온 변화 경로



자료: 기상청

연평균 강수량 변화 경로



자료: 기상청

2. 실물경제 파급 영향

□ [파급경로] 기후변화 리스크는 ❶**탄소가격 상승** 및 **친환경 기술 발전**(전환 리스크), ❷**국내외 온도 상승·강수 피해 증가**(만성 리스크), ❸**자연재해 빈도·규모 확대**(급성 리스크) 등을 통해 **국내 실물경제**에 **파급**

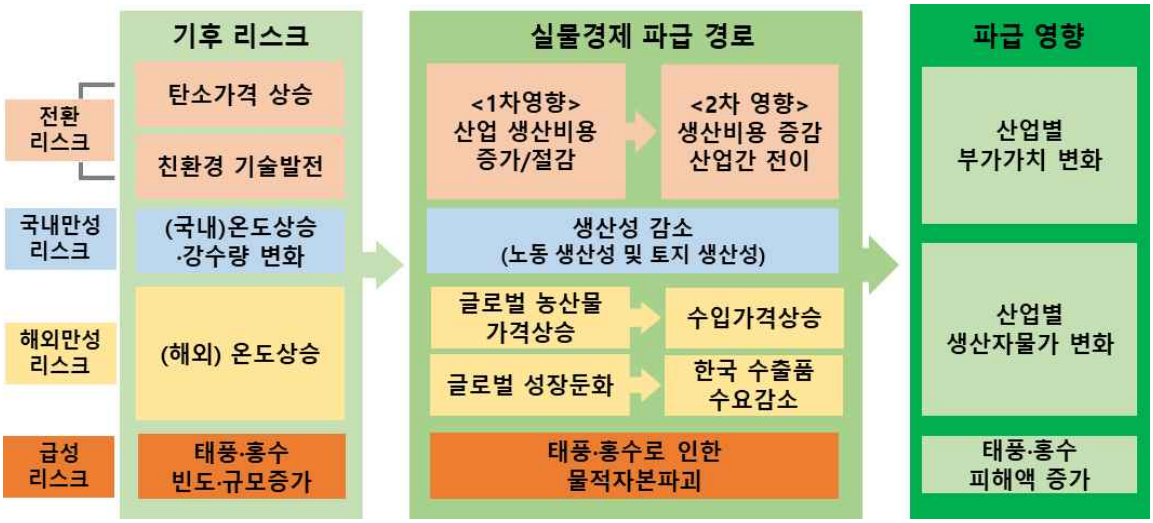
○ **(전환 리스크)** **탄소가격 상승**은 온실가스 다배출 산업을 중심으로 **생산비용 상승요인**((-)공급충격)으로, **친환경 기술 발전**은 **생산비용 하락요인**((+)공급충격)으로 작용

○ **(국내 만성 리스크)** 국내 **온도 상승** 및 **강수량 증가**는 **노동** 및 **토지 생산성 하락**을 등을 통해 실물경제에 파급((-)공급충격)

○ **(해외 만성 리스크)** 기후변화에 따른 **글로벌 농·축·수산물 생산 감소**는 **수입농산물 가격 상승**을 통해 국내경제에 파급되며((-)공급충격), 기후피해 누적에 따른 **글로벌 성장 둔화**는 **한국 수출품**에 대한 **수요 감소**로 이어져 국내경제에 영향((-)수요충격)

○ **(급성 리스크)** **태풍·홍수**로 인한 **물적자본 파괴**는 재해피해 규모를 증가((-)공급충격)

기후변화 리스크의 실물경제 파급경로



□ [성장·물가 영향] 기후 리스크는 장기간에 걸쳐 **성장·물가**에 **부정적 영향**을 미치나, **기후 대응**에 **적극적일수록**(2050 탄소중립 등), 관련 정책을 **조기에 시행할수록** 부정적 영향은 **축소**

○ **(1.5℃ 대응)** 탄소가격 상승의 영향으로 **2050년경 GDP**가 기준시나리오 대비 **13.1% 감소**하고 **생산자물가**는 **6.6% 상승**하나,

그 **이후**에는 친환경 기술발전의 영향으로 **GDP 감소폭**과 **생산자물가 상승압력**이 **완화**(2100년경 GDP 10.2% 감소, 생산자물가 1.9% 상승)

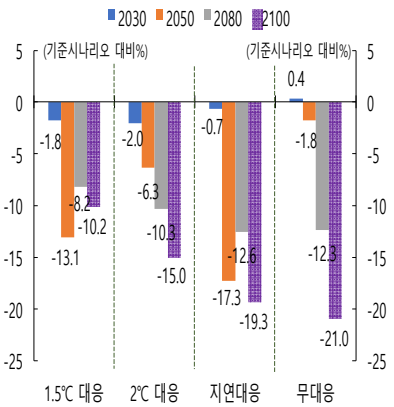
○ **(무대응)** 2050년경까지는 기후 리스크 영향이 미미하나(GDP 1.8%감소, 생산자물가 0.0% 상승), 기후 피해가 지속 확대되어 **2100년경 GDP**가 기준시나리오 대비 **21.0% 감소**하고 **생산자물가**가 **1.8% 상승***

* 생산자물가가 2100년에 다다를수록 비선형적으로 발산하여, 기후대응 정책 추진 시 장기적으로 수렴하는 생산자물가 경로와 상반됨

○ **(2℃·지연 대응)** **2℃ 대응** 시 **GDP**가 **점진적**으로 **감소**하고 **생산자물가** 또한 2050년경 정점을 찍은 후 **안정화**

— 반면, **지연대응** 시에는 **2050년**을 **전후**로 **GDP 감소폭**이 **크게 확대**되며, **생산자물**가도 **큰 폭 상승**

GDP 변화[1)]

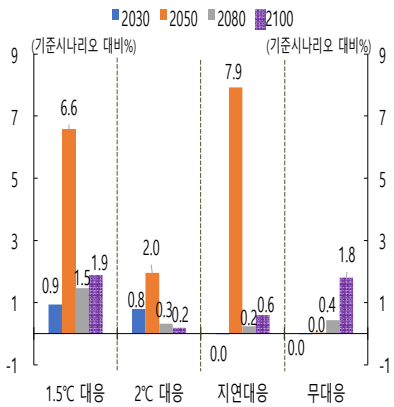


GDP 성장률 변화[1)]

(기준시나리오 대비, %p)

	2024~2100	24~30	31~50	51~80	81~100
■ 1.5℃ 대응	-0.14	-0.26	-0.62	0.18	-0.11
■ 2℃ 대응	-0.21	-0.30	-0.23	-0.15	-0.27
■ 지연대응	-0.28	-0.10	-0.93	0.19	-0.41
■ 무대응	-0.30	0.05	-0.11	-0.38	-0.52

생산자물가 변화[1)]



주: 1) 기준시나리오는 기후 리스크 충격이 없이 과거 인구 증가 추세를 반영하여 성장하는 경로(NGFS, 2023)

□ [산업별 영향*] 고탄소 산업의 경우 전환 리스크에 취약하여 탄소 가격이 상승하는 '24~'50년 중 부가가치가 크게 감소하나 이후 친환경 기술발전의 영향으로 부가가치 감소폭이 점차 축소되며,

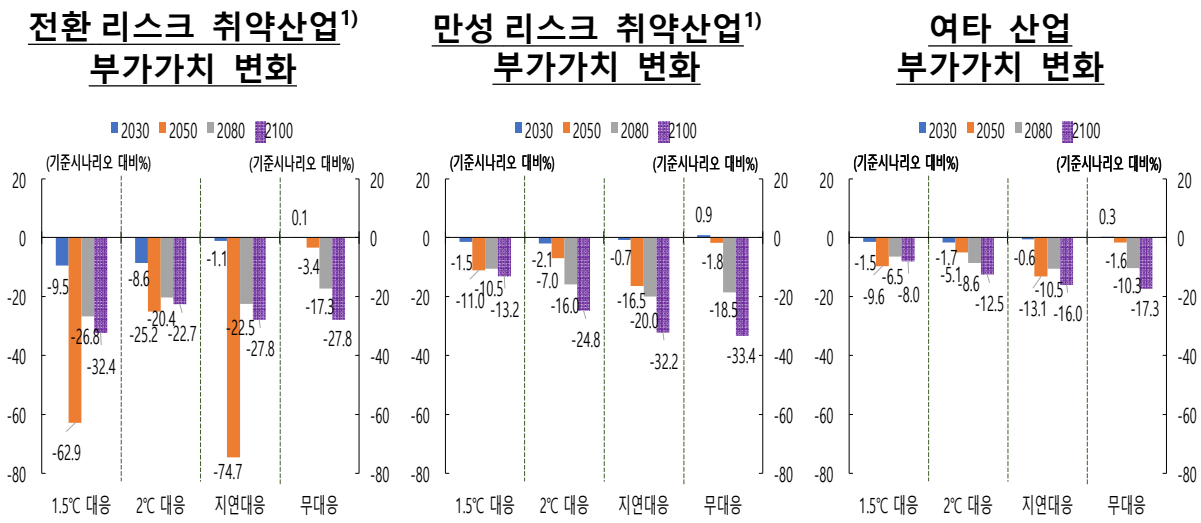
농업·식료품·건설업 등의 경우 만성 리스크에 취약하여 온도 상승·강수 피해가 증가하는 2100년에 다다를수록 부가가치 감소폭이 확대

* 개별 산업의 분석결과는 <붙임 1>「산업별 부가가치 변화」참조

○ (전환 리스크 취약업종) 정유·화학·시멘트·철강·자동차·발전업의 부가가치는 1.5℃ 대응 시 2050년경 기준시나리오 대비 62.9%까지 감소하나 이후 점차 회복*하여 2100년경에는 32.4% 감소로 축소

* 정유·화학·시멘트·철강·자동차업은 온실가스 감축기술이 점차 상용화되는 2050년 이후부터 부가가치 감소폭이 완화되는 반면,
발전업은 태양광·풍력 등 재생에너지 기술이 이미 상용화되어 있어 다른 고탄소 산업보다 빠른 2040년을 전후하여 전환 리스크 충격에서 벗어남

○ (만성 리스크 취약업종) 농업·식료품·건설·부동산·음식점업의 부가가치는 무대응 시 2050년경 기준시나리오 대비 1.8% 감소에 그치지만, 이후 기후피해가 지속적으로 확대되며 2100년경 33.4% 감소



주: 1) 정유·화학·시멘트·철강·자동차·발전업 주: 1) 농업·식료품·건설·부동산·음식점업

Ⅲ 스트레스 테스트 결과

1. 신용·시장·보험위험 변화

* 평가방법론은 <붙임 2>「신용·시장·보험위험 평가방법론」참조

□ [신용위험*] 온실가스 감축 정책이 강화되는 **2050년 전후**에는 **전환 리스크 취약 산업**의 **부도율****이 크게 **상승**하며, 기후변화 피해가 확대되는 **2100년경**에는 **만성 리스크 취약 산업**의 **부도율**이 크게 **상승**

* 개별 산업의 분석 결과는 <붙임 3>「산업별 부도율 변화」참조

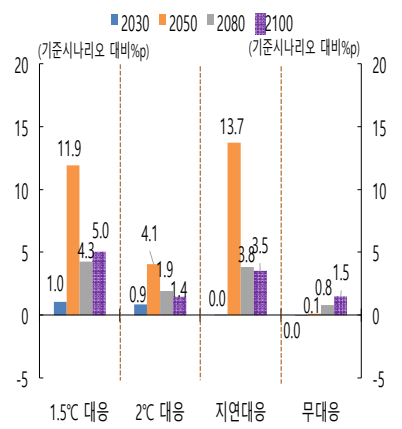
** 향후 1년 이내에 해당 산업의 기업이 부도날 확률

○ **(전환 리스크 취약업종)** **정유·화학·시멘트·철강·자동차·발전업**의 부도율은 탄소가격이 본격적으로 상승하는 **2050년 전후**에 **크게 상승**하였다가, **이후** 친환경 기술발전의 영향으로 **상승폭**이 **축소**

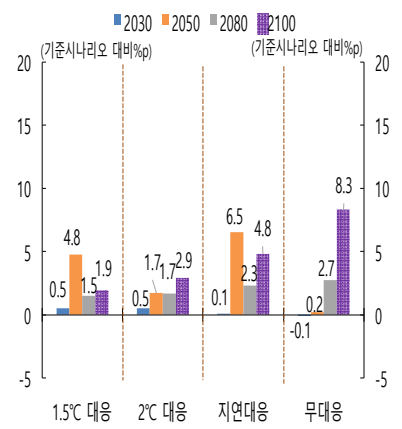
— 1.5℃ 대응 시 동 업종 부도율은 2050년경 기준시나리오 대비 11.9%p 상승한 이후, 2100년경에는 5.0%p 상승으로 완화

— 지연대응 시에는 동 업종 부도율이 2050년경 13.7%p까지 상승했다가 21세기말 3.5%p 상승으로 완화

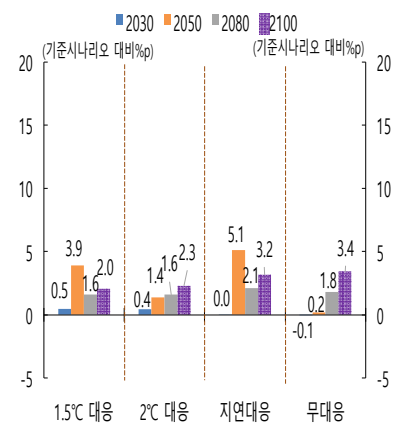
전환 리스크 취약산업[1] 부도율 변화



만성 리스크 취약산업[1] 부도율 변화



여타 산업 부도율 변화



주: 1) 정유·화학·시멘트·철강·자동차·발전업 주: 1) 농업·식료품·건설·부동산·음식점업

○ **(만성 리스크 취약업종)** **농업·식료품·건설·부동산·음식점업**의 **부도율**은 국내 고온·강수 피해와 글로벌 농산물 공급충격이 본격적으로 확대되는 **2080년 이후**부터 **큰 폭 상승**

— 무대응 시 동 업종의 부도율은 2050년까지는 큰 변화가 없다가 이후 점차 상승하여 2100년경 기준시나리오 대비 8.3%p 상승

— 여타 기후대응 시나리오(1.5℃ 대응 등)에서는 동 업종의 부도율이 온실가스 다배출 산업과의 연관관계*로 인해 2050년을 전후로 상당폭 상승한 후 점차 안정화되는 모습을 보이다가, 2100년경 재차 상승

* (예시) 탄소가격 상승으로 인한 시멘트, 철강업 등의 생산비용 상승 충격이 이들 업종의 제품을 중간재로 사용하는 건설업 등에 전이

□ [시장위험: 주가*] 2050년 전후에는 전환 리스크가 확대되어 고탄소 산업의 주가가 큰 폭 하락하고 2100년에 다다를수록 만성 리스크가 확대되어 만성리스크 취약 산업의 주가가 하락

* 개별 산업의 분석결과는 <붙임 4>「산업별 주가 변화」참조

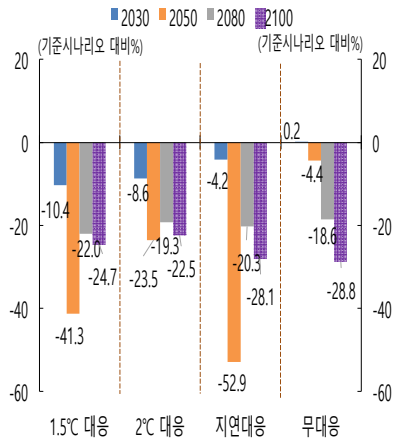
○ (전환 리스크 취약업종) 정유·화학·시멘트·철강·자동차·발전업의 주가는 탄소가격 상승 등으로 2050년경 큰 폭 하락한 이후 친환경 기술 발전에 따른 생산비용 절감으로 점차 회복

— 1.5℃, 2℃ 및 지연대응 시 동 업종의 주가는 2050년경 기준시나리오 대비 각각 41.3%, 23.5%, 52.9% 하락한 이후 점차 회복

○ (만성 리스크 취약업종) 농업·식료품·건설·부동산·음식점업의 주가는 2050년까지는 큰 변화가 없다가 2100년에 다다를수록 기후피해가 늘어나면서 하락폭이 확대

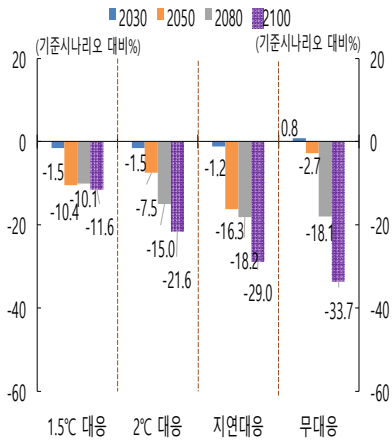
— 무대응 시 동 업종의 주가는 2050년 이후부터 점차 하락하여 2100년경 기준시나리오 대비 33.7%까지 하락

전환 리스크 취약산업[1] 주가 변화



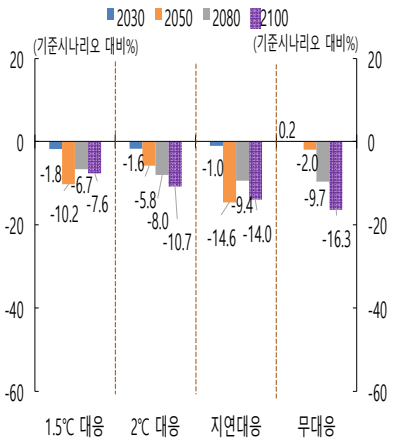
주: 1) 정유·화학·시멘트·철강·자동차·발전업

만성 리스크 취약산업[1] 주가 변화



주: 1) 농업·식료품·건설·부동산·음식점업

여타 산업 주가 변화



□ [시장위험: 금리] 금리는 **2050년 전후**하여 물가 상승압력이 강해짐에 따라 **상당폭 상승**하였다가 **점차 안정화**되나, **2100년**에 다다를수록 국내외 농산물 가격 상승 등으로 인한 물가 상승압력으로 **재차 반등**

○ 1.5℃, 2℃, 지연대응 시나리오에서 금리는 2050년 전후로 각각 21bp, 9bp, 54bp 상승(기준시나리오 대비)하며 정점을 찍은 이후 점차 안정화

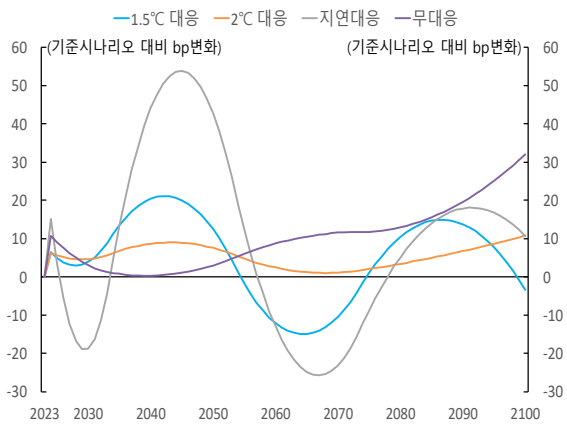
○ 무대응 시나리오에서 금리는 2050년 이후부터 점차 상승하여 2100년경 기준시나리오 대비 32bp까지 상승

□ [보험위험] 태풍 및 홍수에 따른 **보험손실** 금액은 기후 대응에 소극적인 **무대응** 시나리오에서 **가장 크게 증가**하며, **기후 대응**에 **적극적**일수록(1.5℃ 대응 등) **손실금액** 증가폭이 **제한**되는 모습

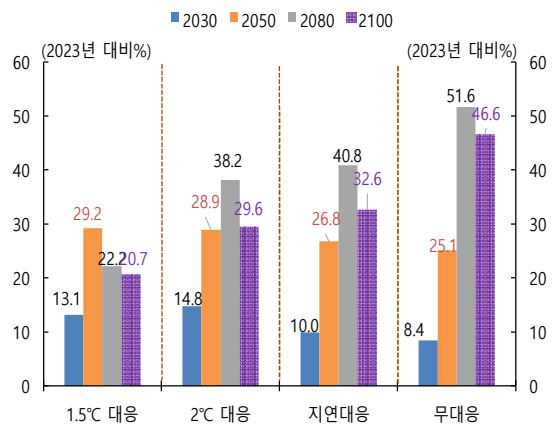
○ 무대응 시나리오에서는 풍수해에 따른 보험손실 금액이 기후변화 심화로 인해 2100년경 2023년대비 46.6% 증가

○ 1.5℃, 2℃, 지연대응 시나리오에서도 지속되는 기후변화로 인해 풍수해 보험손실 금액이 증가하나, 증가폭은 2100년경 각각 20.7%, 29.6%, 32.6%로 제한되는 모습

금리 변화



태풍·홍수에 따른 보험손실 변화[1)]



주: 1) 전국 태풍 및 홍수 피해규모 변동폭과 동일

2. 국내 금융권의 익스포저 현황

※ 기후 스트레스 테스트 TF에 참여하여 기후 리스크 평가에 필요한 미시데이터를 제공한 **14개 금융기관**(7개 은행, 4개 생보사, 3개 손보사)을 **대상**으로 **평가**(이하 동일)

□ [자산 유형별] 은행은 대출 비중이 높아 신용위험에 취약하며, 보험사는 주식·채권* 비중이 높아 시장위험에 취약한 구조

* 채권은 시장위험과 신용위험 모두에 노출

○ 은행의 대출·채권·주식 보유 비중('23.12월말 기준)은 각각 93.2%, 6.4%, 0.4%로 대출 자산이 대부분을 차지

○ 생보·손보사의 시장성자산(주식+채권) 보유 비중은 각각 68.4%, 65.8%로 대출채권 보유 비중(31.6%, 34.1%)을 크게 상회

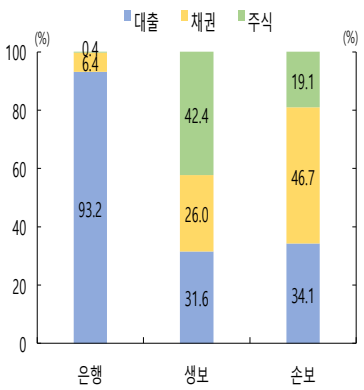
□ [업종별] 은행·생보·손보 모두 서비스업에 대한 익스포저가 높은 비중을 차지하고 있으나, 제조업*, 전기가스공급업 등에 대한 익스포저로 인해 2050년 전후에 전환 리스크에 노출될 가능성

* 제조업 익스포저 비중: 은행 22.6%, 생보 39.0%, 손보 21.8%

○ 아울러, 만성 리스크에 취약한 건설업 등에 대한 익스포저*는 물리적 리스크에 노출될 소지

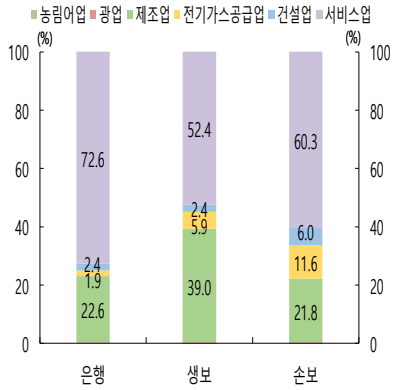
* 만성 리스크 취약 업종 비중: 은행 22.8%, 생보 14.2%, 손보26.0%

은행·보험사 익스포저의 자산별 구성[1)]

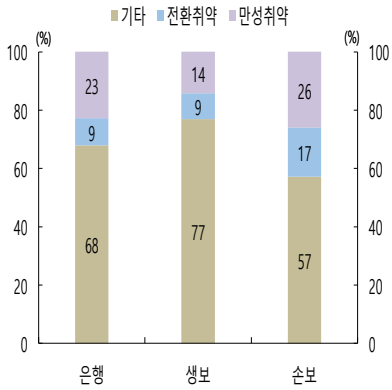


은행·보험사 익스포저의 산업별 구성[1)]

<표준산업분류 기준>



<기후변화 취약업종 기준>



주: 1) 기업 익스포저 기준. 가계 및 정부 익스포저는 분석대상에서 제외.

3. 국내 금융권 건전성 평가*

* 평가 방법론은 <붙임 5>「금융사 건전성 평가방법론」 참조

□ [신용·시장·보험손실 규모] **기후정책**을 **조기 도입** 시 고탄소 산업의 자산가치 하락으로 **금융권**에 **손실**이 **발생**하나 **규모**가 **제한적**인 반면, **기후정책 도입**을 **지연**하거나, 기후변화에 **무대응**으로 일관할 경우 금융권의 **손실규모**는 **큰 폭 증가**

○ **1.5℃, 2℃ 대응** 등 기후정책을 조기에 도입하는 경우, **금융권**(은행 7개사, 보험 7개사) **예상 손실**이 **27조원 내외** 규모로 **증가**하는 반면, **지연대응** 시, 급격한 탄소 감축에 따른 전환 리스크 확대 등으로 인해 금융권 예상 손실이 **약 40조원** 증가

— **1.5℃, 2℃** 및 **지연 대응** 시 금융권 **예상외 손실***은 대출자산**을 중심으로 각각 **28.4조원**, **22.4조원**, **32.2조원** 증가

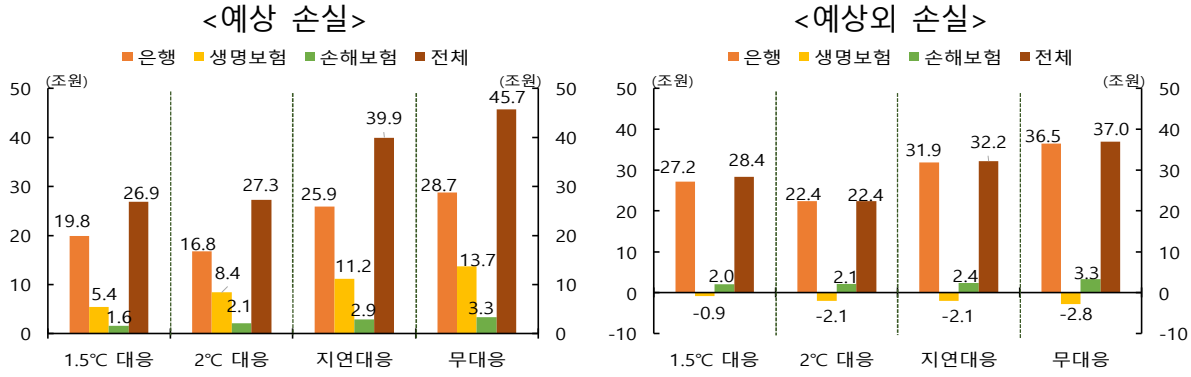
* 발생 가능성은 낮으나 발생 시(1% 이내 확률) 예상 손실을 초과하는 잠재 손실

** 일부 보험사의 경우, 기후 리스크로 인해 보유 주식의 가격이 하락함에 따라, 주가 추가 하락에 따른 예상외 손실규모가 기준시점보다 축소되어 음(-)의 값을 가짐

○ **무대응** 시, 고온·강수 피해 증가 등 물리적 리스크가 확대되며 금융권 **예상 손실**이 **45.7조원** 증가

— 금융권 **예상외 손실**은 **37.0조원** 증가

기후-금융 리스크에 따른 예상 손실 및 예상외 손실 증가규모[1)2)]



주: 1) 분석기간(2024~2100년) 중 누적 손실 규모
2) 기준 시나리오(정상 상황시 누적 손실) 대비 변동폭

○ **(리스크 유형별 예상 손실)** **은행**의 경우, 모든 시나리오에서 **신용손실**이 **전체 손실**의 **95% 이상**을 차지하는 반면, **보험사**의 경우 **시장손실**이 **높은 비중**(생보사 76%, 손보사 48% 이상)을 차지

— 이는 **은행**의 경우 **대출 중심**의 자산구성, **보험사**의 경우 **채권·주식 중심**의 **자산구성**에 기인한 것으로 평가

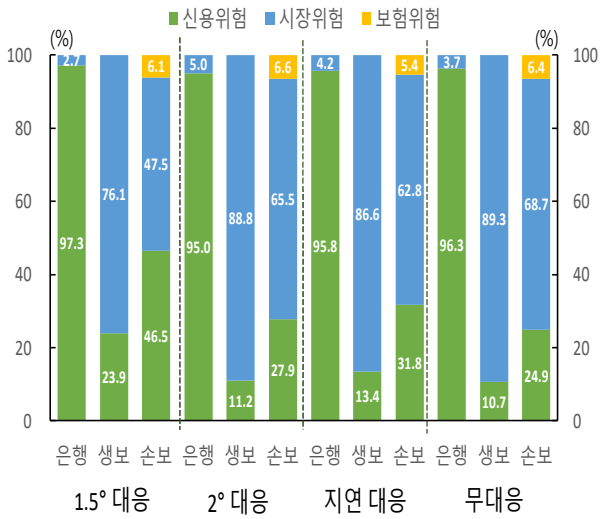
— 한편, **손보사**의 경우 태풍·홍수로 인한 **보험손실**이 전체 손실의 **6% 내외**를 차지

○ **(업종별 예상 손실)** **은행**의 경우 **기후대응 정책 시행 시**에는 **철강·금속가공제품·시멘트** 등의 업종 **손실**이 **높은 비중**을 차지하며, **무대응 시**에는 **식료품·음식점·부동산·건설업** 관련 **손실**이 **확대**

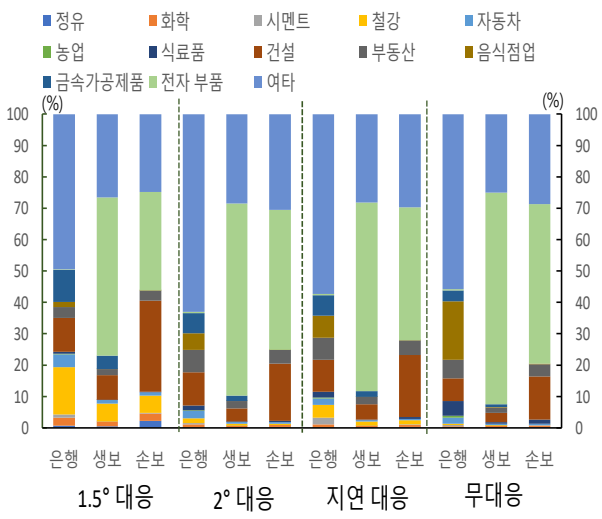
— **보험사**의 경우 투자비중이 상대적으로 큰* **전자부품 제조업** 부문의 **손실**이 대부분의 경로에서 **높은 비중**을 차지

* 전자부품 제조업 익스포저 비중: 생보사 32%, 손보사 15%

예상 손실 증가액 리스크 유형별 구성



예상 손실 증가액의 투자업종별 구성[1)]



주: 1) 신용 및 시장손실 합계 기준(보험손실 제외)

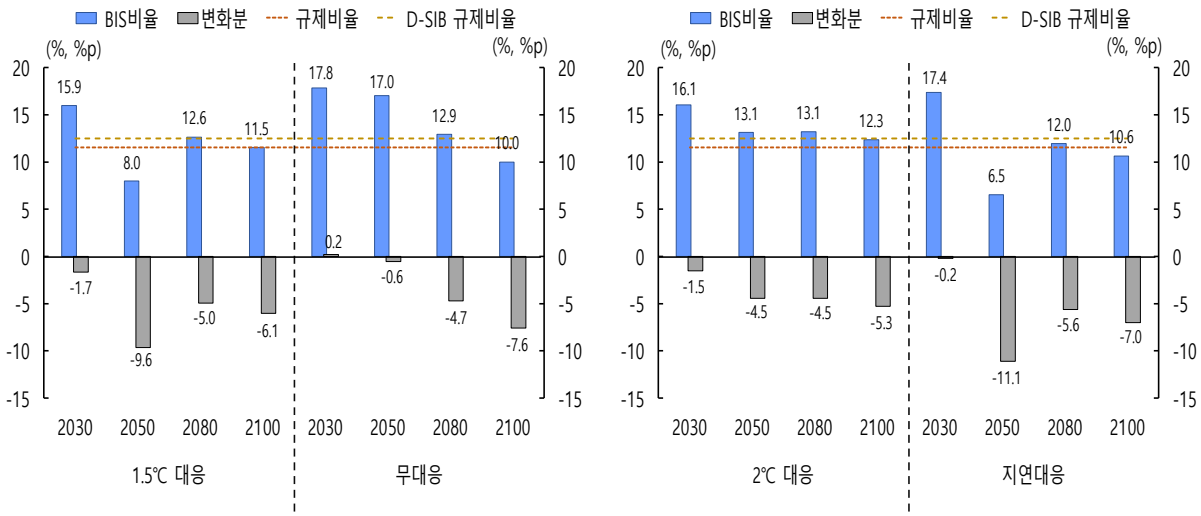
□ [은행 건전성(7개사)] 고탄소산업 및 만성 리스크 취약산업 관련 대출의 신용위험 증대로 시나리오에 따라 일부 또는 모든 은행의 BIS비율이 규제비율(11.5%)을 하회할 가능성

○ (1.5℃ 대응) 고탄소산업 관련 대출의 신용손실 확대로 2050년경 8.0%까지 하락하나, 이후 신용손실 규모가 축소되면서 2100년경에는 11.5% 수준으로 회복

○ (무대응) 기후피해 심화에 따른 신용손실 확대로 2100년경 규제비율보다 낮은 10.0% 수준까지 하락

○ (2℃·지연대응) 2℃ 대응의 경우 하락폭이 제한적이나(2050년 13.1%, 2100년 12.3%), 지연대응의 경우 2050년 6.5%까지 하락하고 2100년에도 10.6% 수준에 머무는 것으로 추정

국내은행의 BIS 총자본비율 변화[1)2)]



주: 1) '23년말 대비 변화
2) 규제기준은 11.5%(D-SIB는 12.5%)

□ [생보사 건전성(4개사)] 고탄소산업과 만성 리스크 취약산업 관련 **시장·신용 위험**으로 인해 **지급여력비율**이 **악화**되나, **모든 시나리오** 하에서 **규제비율**(100%)을 **상회***

* 은행은 대출 비중이 높아 부도율 상승에 따른 예상# 및 예상외## 손실이 크게 늘어나는 반면, 보험사는 주식·채권 비중이 높아 예상 및 예상외 신용손실 규모가 은행보다 상대적으로 적게 추정

부도율 x 부도시손실률 x 익스포저(대출규모)

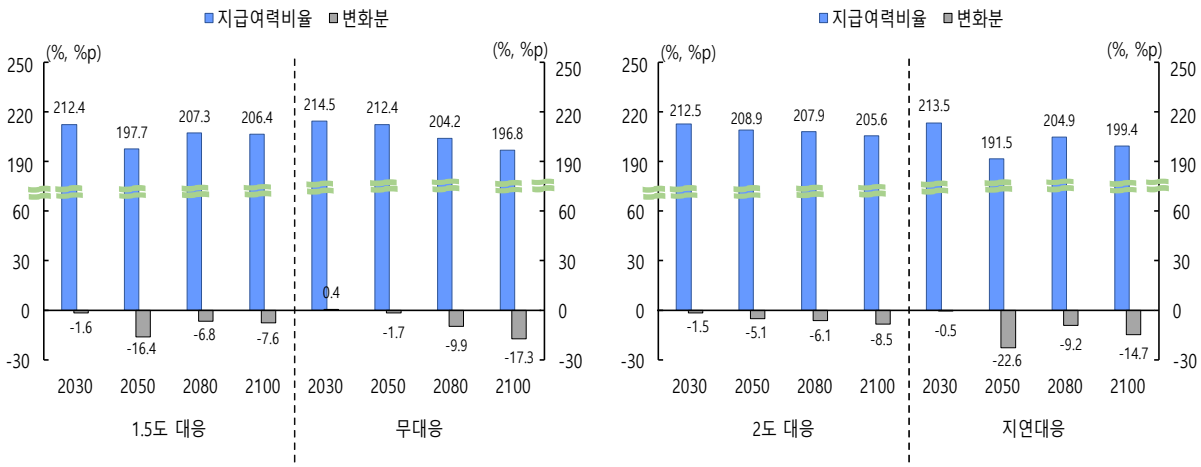
99.9% 유의수준에서 발생 가능한 최대손실(VaR)을 감안한 손실

○ **(1.5℃ 대응)** 고탄소산업 주식·대출의 시장·신용손실 확대로 **2050년**경 **197.7%**까지 하락하였다가, 이후 점차 회복되어 **2100년**경에는 **206.4%**로 반등

○ **(무대응)** 만성 리스크 취약산업 주식의 시장손실 확대 등으로 **2100년**경 **196.8%**까지 하락

○ **(2℃·지연대응)** **2℃ 대응**의 경우 **하락폭**이 **제한적**(2050년 208.9%, 2100년 205.6%)이나, **지연대응**의 경우 고탄소산업 자산의 가치하락으로 **2050년**경 **191.5%**까지 하락

국내 생명보험사의 지급여력비율 변화[1)2)]



주: 1) '23년말 대비 변화
2) 규제기준은 100%

□ [손보사 건전성(3개사)] 모든 시나리오 하에서 지급여력비율이 규제비율(100%)을 상회할 것으로 추정되나, 신용 및 시장 위험 외에 풍수해 관련 보험위험이 가세하여 생보사보다 더 크게 하락

○ (1.5℃ 대응) 고탄소산업 대출·채권·주식의 신용·시장손실 확대로 2050년경 186.7%까지 하락하였다가, 2100년경에는 198.7%까지 회복

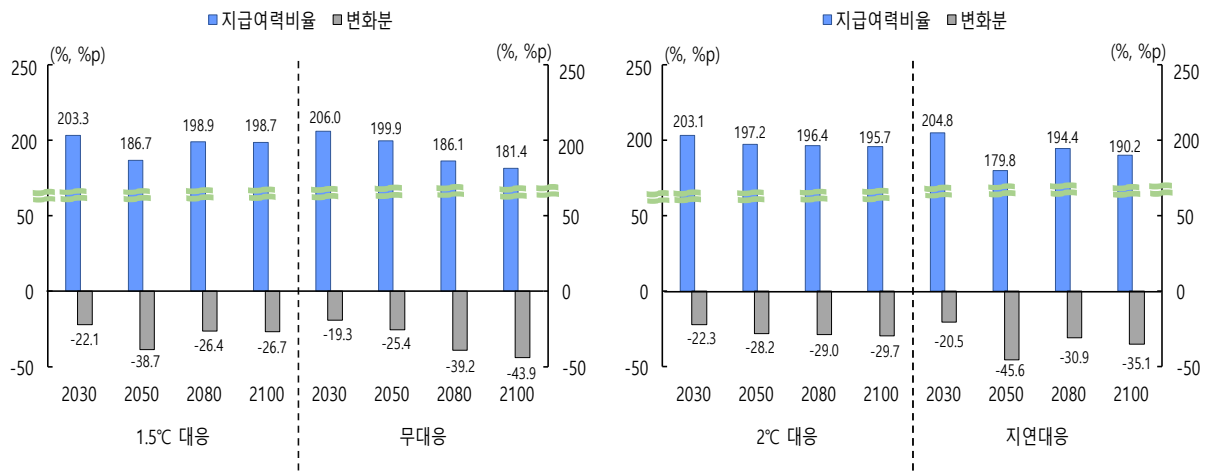
○ (무대응) 만성 리스크 취약산업 주식의 시장손실 확대, 풍수해에 따른 보험손실 확대 등으로 2100년경 181.4%까지 하락

— 다만, 국내 보험시장의 경우 풍수해 관련 보험이 발달하지 않아 대규모의 풍수해가 발생하더라도 손보사가 부담해야 할 보험금 규모가 급격히 늘어나지는 않는 것으로 추정

○ (2℃·지연대응) 2℃ 대응의 경우 하락폭이 제한되어 규제비율을 상당폭 상회(2050년 197.2%, 2100년 195.7%)하나,

지연대응의 경우 고탄소산업 자산의 신용·시장손실로 인해 2050년경 179.8% 수준까지 하락

국내 손해보험사의 지급여력비율 변화[1)2)]



주: 1) '23년말 대비 변화
2) 규제기준은 100%

Ⅳ 평가 및 시사점

□ 향후 **기후 리스크**는 **은행·보험사**의 주요한 **잠재손실 요인**으로 **작용**할 가능성이 높으며, **기후대응 정책**을 **조기**에 **추진**하는 것이 **개별기관**의 **경영건전성** 제고 및 **금융시장 안정**에 **유리**할 것으로 예상

○ **기후대응 정책**은 **시행 초기** 고탄소 산업의 자산가치 하락으로 **금융기관 손실**을 **확대**시킬 수 있으나, 장기적으로 친환경기술 촉진, 기후변화 억제 등을 통해 **손실**을 **일정 수준 이내**로 **관리**하는 데 기여

○ 반면, **기후변화**에 대한 **무대응** 및 **정책 지연**은 고온·강수 피해 증가를 유발하여 **금융기관**이 보유한 농업·식료품·건설업 관련 자산의 **신용·시장 손실**과 **보험손실**을 **크게 확대**시킬 소지

— 미국의 기후변화협약 탈퇴('25.1월)를 계기로 **글로벌 탄소감축 노력**이 **위축**될 경우 **자연재해**가 더 **빈번**하고 **강력**하게 발생하면서 금융기관의 자본비율 하방 압력이 증대될 가능성

— 아울러, 당분간 **탄소감축** 정책 시행을 **미루다가**, 글로벌 규제환경 변화 등으로 관련 정책을 **급격히 추진해야 하는 상황***에 처할 경우, **고탄소 산업 관련 신용위험**이 **대폭 증대**될 소지

* (사례) '21.1월 미국 바이든 대통령은 취임 직후 트럼프 행정부가 탈퇴한 파리기후협약 재가입을 위한 행정명령에 서명

□ 향후, 은행·보험사가 **기후 리스크**에 **체계적**으로 **대응**하기 위해서는 **❶리스크 관리지침 개선**, **❷예상외 손실에 대한 대비 강화**, **❸녹색·적응 투자 활성화** 등을 조속히 추진할 **필요**

① **(리스크 관리지침 개선)** 금융사 대상 「**기후 리스크 관리 지침**」중 임의규정인 '**기후 시나리오 분석** 및 **스트레스 테스트**'를 **의무화**하여 기후 리스크에 대한 은행·보험사의 인식 및 대응능력 강화를 유도

② **(예상외 손실에 대한 대비 강화)** **기후 리스크**가 예상(탄소가격*, 기온·강수량** 등)보다 더 **빠르게 확대**될 **가능성**에 대비하여 발생 가능한 **잠재리스크**를 **정량화**하고 이에 대한 **대응 방안**을 **마련**할 필요

* 정부는 온실가스감축목표(NDC) 달성을 위해 배출권거래제 강화를 추진하고 있는데, 이 과정에서 탄소가격이 예상보다 빠르게 상승할 가능성

** 본 고는 홍수 피해가 강수량과 정비례하여 증가한다고 전제하였으나, Hansen et al.(2023)은 기존 IPCC 전망보다 온난화 추세가 빨라질 가능성을 제기하였고, 성현민(2023)은 최근 한국의 온난화 추세 감안시 온난화 피해가 예상치 못하게 급증할 수 있다고 평가
< 참고6 >「미래 기후변화 및 기후피해 심화 관련 논의」참조

③ **(녹색·적응 투자 활성화)** **금융기관**들이 **에너지** 및 **제조업** 부문의 **저탄소 전환**에 대한 **자금공급**을 **확대**하도록 유도함으로써 전환리스크로 인한 금융기관의 손실발생 가능성을 축소

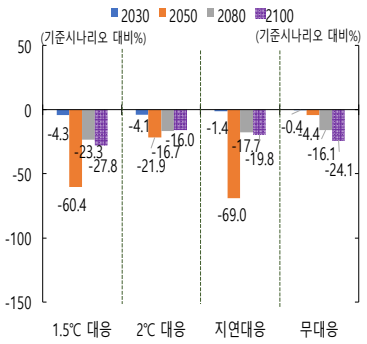
— 아울러, **정부**가 **기후적응 인프라 투자**를 확대하고 **금융권**은 관련 **필요자금**을 **공급**함으로써* **물리적 리스크**에 대한 **복원력**을 **강화**할 필요

* 극한 홍수·가뭄에 대응한 수자원 인프라 확충, 농업 등 기후변화 취약산업 보호를 위한 기후보험 확대 등

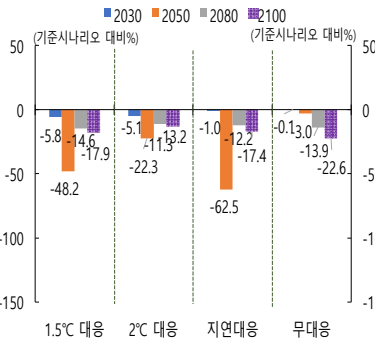
< 붙임 1 >

산업별 부가가치 변화

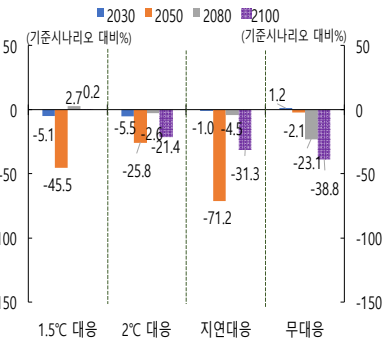
정유



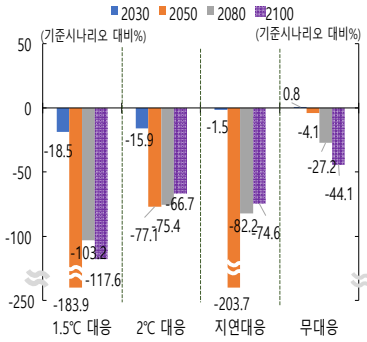
화학



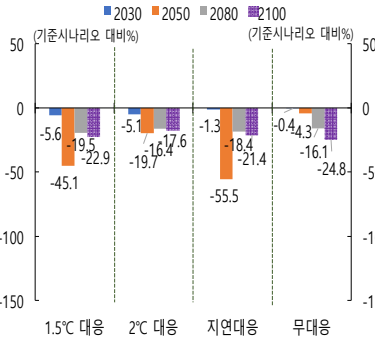
시멘트



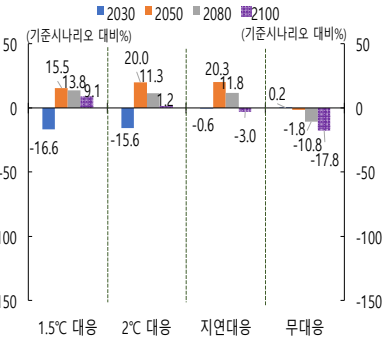
철강



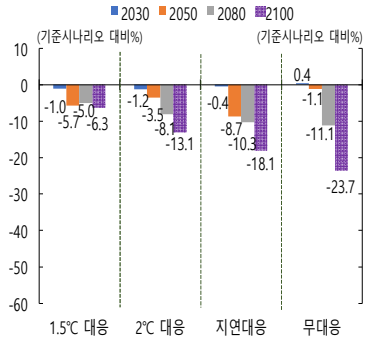
자동차



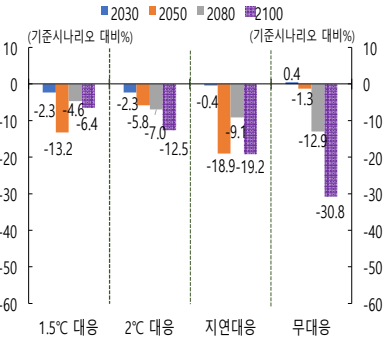
발전



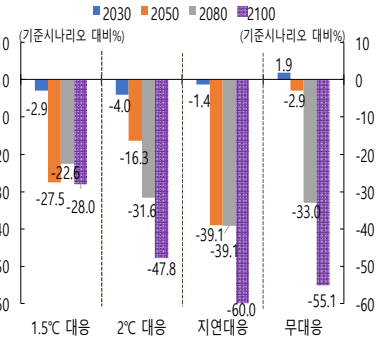
농업



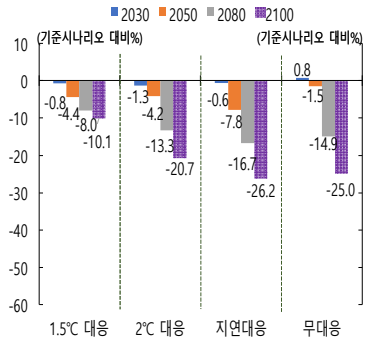
식료품



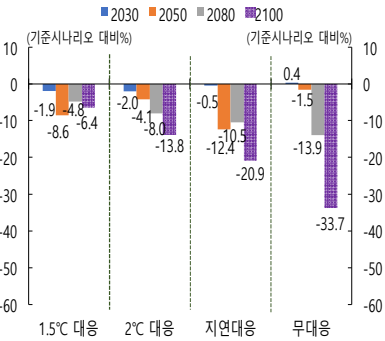
건설



부동산



음식점업



< 붙임 2 >

신용·시장·보험위험 추정 방법론

□ **(신용위험)** 27,423개 외감기업을 대상으로 기후 리스크에 따른 생산 및 생산비용 변화가 각 기업의 수익성 및 재무 건전성에 미치는 영향을 파악하여 부도율 변화를 추정

○ **(전환리스크 영향)** (i) (배출권거래제 限) 탄소비용 직접 부담에 따른 생산비용 상승(a), (ii) 탄소비용 상승의 전산업 파급에 따른 생산비용 증가(b), (iii) 탄소비용 상승으로 초래된 수요 감소에 의한 생산 감소(c) 영향을 다음과 같이 각 기업에 적용

— $\text{영업이익}_t = (1+c) \times \text{매출액}_t - (1+a+b+c) \times \text{비용}_t$

— $\text{총자산}_t = \text{총자산}_{t-1} + \Delta\text{이익잉여금}_t$

○ **(물리적리스크 영향)** (i) 국내 만성리스크에 따른 생산감소(a), (ii) 해외 만성리스크에 따른 생산감소(b), (iii) 글로벌 농산물 가격 상승에 따른 생산비용 증가(c), (iv) 풍수해 피해 복구비용 증가(d) 영향을 다음과 같이 각 기업에 적용

— $\text{영업이익}_t = (1+a+b) \times \text{매출액}_t - (1+a+b+c+d) \times \text{비용}_t$

— $\text{총자산}_t = \text{총자산}_{t-1} + \Delta\text{이익잉여금}_t$

○ **(부도율 추정)** Zmijewski(1984)의 부도확률 모형*을 활용하여 기후리스크에 의한 수익성(영업이익/총자산) 및 재무 건전성(총부채/총자산) 변화가 부도위험에 미치는 영향을 추정

* Zmijewski(1984)는 수익성, 재무 건전성, 유동성이 부도위험에 미치는 영향을 추정#한 연구로 미국 data를 활용한 점이 한계로 꼽히나 부도위험 연구서 흔히 발생할 수 있는 sample selection bias(부도표본 과다·과소 추출)를 상당폭 해결하여 인용이 활발한 연구

\# $\Pr(Default) = \Phi(\alpha + \beta \times Profitability + \gamma \times Leverage + \delta \times Liquidity)$, Φ : 표준누적정규분포함수

— $\Delta\text{부도위험} = \phi(\hat{\alpha} + \hat{\beta}\frac{\text{영업이익}}{\text{총자산}} + \hat{\gamma}\frac{\text{총부채}}{\text{총자산}} + \hat{\delta}\frac{\text{유동자산}}{\text{유동부채}}) \times \left\{\hat{\beta} \times \Delta\frac{\text{영업이익}}{\text{총자산}} + \hat{\gamma} \times \Delta\frac{\text{총부채}}{\text{총자산}} + \hat{\delta} \times \Delta\frac{\text{유동자산}}{\text{유동부채}}\right\}$

ϕ : 표준정규분포의 확률밀도함수, $\hat{\alpha} = -4.803$, $\hat{\beta} = -3.599$, $\hat{\gamma} = 5.406$, $\hat{\delta} = 0$

— 기업별 추정치를 해당 기업의 부채잔액 비중을 가중치로 가중평균하여 업종별 부도위험 추정치를 산출

□ **(시장위험)** 기후 리스크에 의한 부가가치, GDP, 생산자물가 변화가 각 산업의 주가와 회사채 금리에 미치는 영향을 추정

○ **(주가)** 기후 리스크에 의한 영업잉여 변동을 각 산업의 미래 현금흐름 변동으로 인식하고, 이를 다음과 같이 할인하는 방식*으로 추정

— $P_{i,t} = \sum_t \frac{\alpha_i \times \beta_i \times Value\,added_{i,t}}{(1+r_i)^t}$

(i : 산업, t : 연도, α_i : 배당성향, β_i : 영업잉여율, r_i : 자기자본비용)

* 할인율(자본비용)은 (1) 과거 수익률의 평균을 활용하여 산출하거나, (2) 미래 수익의 현재가치가 현 시점 주가와 동일하게 만드는 기대수익률인 내재 자본비용 산출을 통해 추정 가능. 금번 stress test에서는 분석의 단순화를 위해 과거 수익률을 할인율로 적용

○ **(금리)** Nelson, Siegel (1987), Diebold, Li (2006)의 Yield curve 추정 방법론을 활용하여 국고채 금리(3년물 등)를 추정하되,

기후 시나리오별 성장·물가에 의거 금리가 결정되도록 주요 파라미터(금리 수준 등)를 기후 리스크에 의한 GDP 성장률 및 소비자물가 상승률의 함수로 설정하여 추정

— **(Step 1)** 과거 금리 data를 활용하여 Nelson, Siegel (1987) 모형*의 파라미터(수준(L_t), 기울기(S_t), 곡률(C_t), 람다(λ))를 추정

* $무이표채수익률_t = L_t + S_t\left(\frac{1-e^{-\lambda 만기}}{\lambda 만기}\right) + C_t\left(\frac{1-e^{-\lambda 만기}}{\lambda 만기} - e^{-\lambda 만기}\right)$

— **(Step 2)** 상기 파라미터(수준(L_t), 기울기(S_t), 곡률(C_t), 람다(λ))와 CPI, GDP 성장률 간 관계를 회귀분석을 통해 추정*한 후, 2024~2100년중 CPI, GDP 성장률 추정치를 대입하여 국고채 금리(3년물 등) 변화를 산출

* (수준) $L_t = \alpha_L + \beta_L CPI_t + \gamma_L GDP_t + \delta_L GDP_t^2$

(기울기) $S_t = \alpha_S + \beta_S CPI_t + \gamma_S GDP_t + \delta_S GDP_t^2$

(곡률) $C_t = \alpha_C + \beta_C CPI_t + \gamma_C GDP_t + \delta_C GDP_t^2$

— **(Step 3)** 상기에서 추정한 국고채 금리(3년물*)에 회사채(3년물) 신용등급별 스프레드를 더하여 각 산업의 회사채 금리를 추정

* 금융사 보유 회사채 평균 만기를 3년으로 가정

□ **(보험위험)** 2024~2100년 중 전국의 태풍과 홍수로 인한 피해 규모를 추정한 후, 이를 풍수해 보험의 손해율에 적용하여 보험손실을 측정

○ **(전국 풍수해 피해)** (1)홍수 피해는 Gumbel 분포*를 활용하여 산출한 2024~2100년 중 일 최대 강수량을 바탕으로 추정**하고, (2)태풍 피해는 NGFS(2023)가 국내 평균온도 및 풍속 변화를 통해 산출한 추정치를 적용

* Gumbel 분포는 자연재해와 같은 극값(Extreme value) 추정에 주로 활용되는 확률분포. 본 고에서는 Gumbel 분포의 주요 파라미터를 평균기온 및 강수강도(연 강수량/강수일수)로 설정하고, 시나리오별 평균기온·강수강도와 Gumbel 분포에 따라 일 최대 강수량을 추정

** $\text{홍수피해}_t = \text{홍수피해}_{2023년} \times \Delta\text{일최대강수량}$

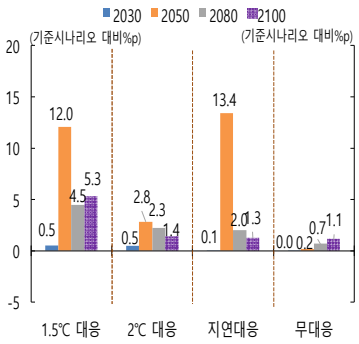
○ **(풍수해 보험 손해율)** 상기에서 추정한 전국 풍수해 피해 변화를 손보사의 일반손해보험 계약 중 풍수해를 담보로 하는 보험계약*의 손해율 변화에 적용하여 태풍·홍수에 따른 보험금 지급액 변화를 추정

* 지급여력제도(K-ICS)에서 일반손해보험위험액의 대재해위험액 중 풍수해위험액 측정대상 계약

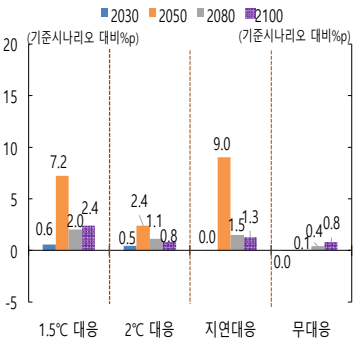
< 붙임 3 >

산업별 부도율 변화

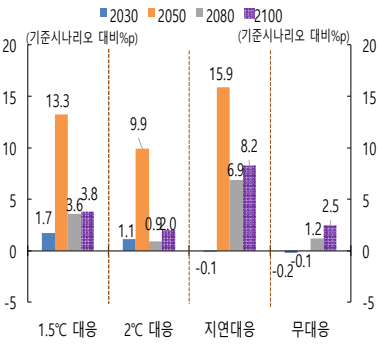
정유



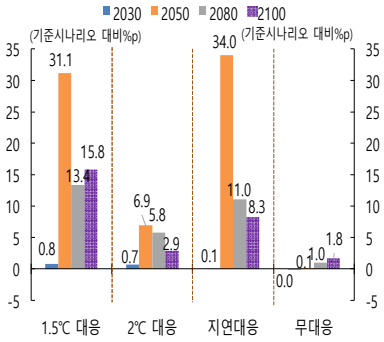
화학



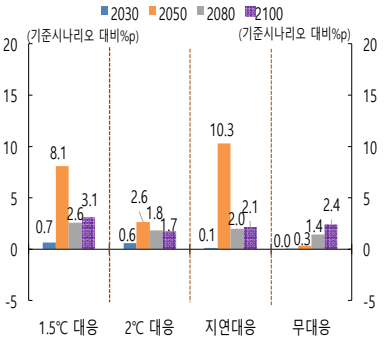
시멘트



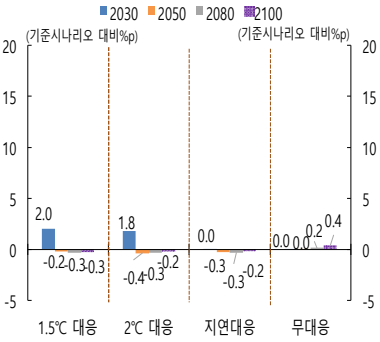
철강



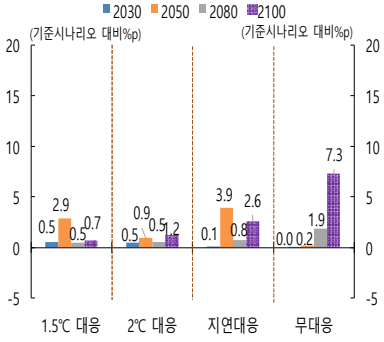
자동차



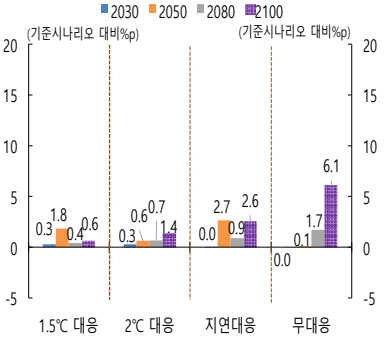
발전



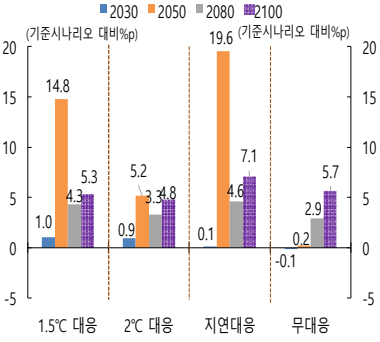
농업



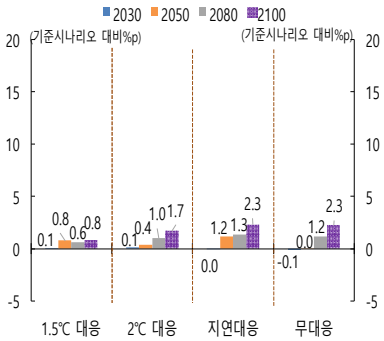
식료품



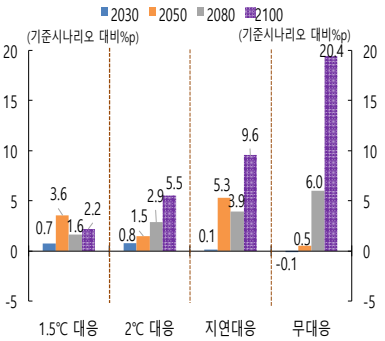
건설



부동산



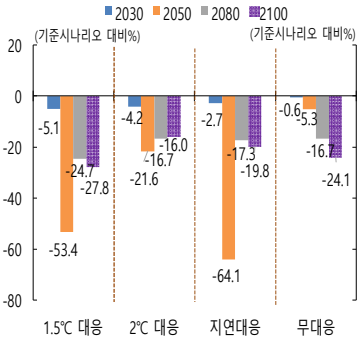
음식점업



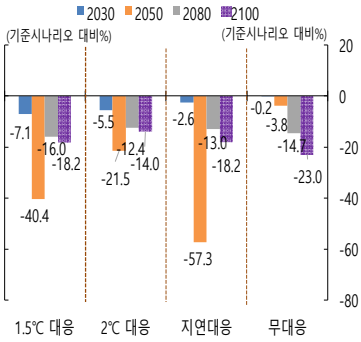
< 붙임 4 >

산업별 주가 변화

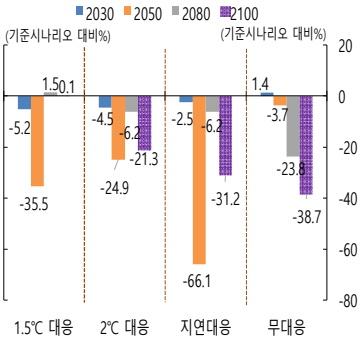
정유



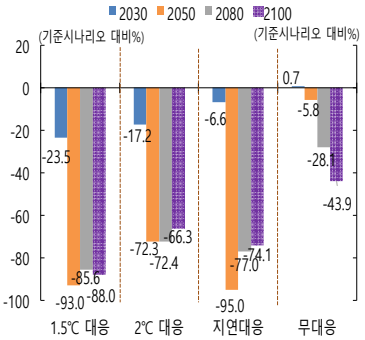
화학



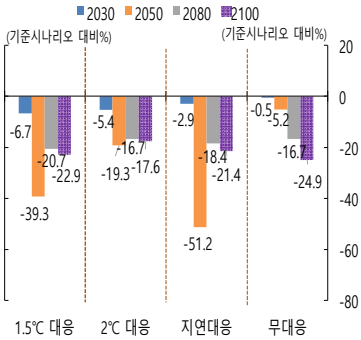
시멘트



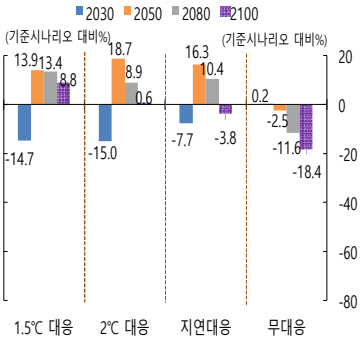
철강



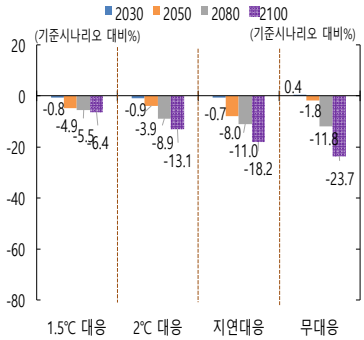
자동차



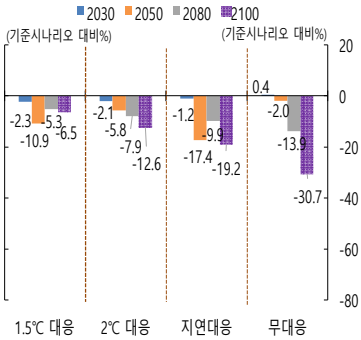
발전



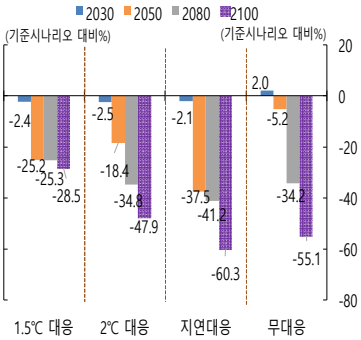
농업



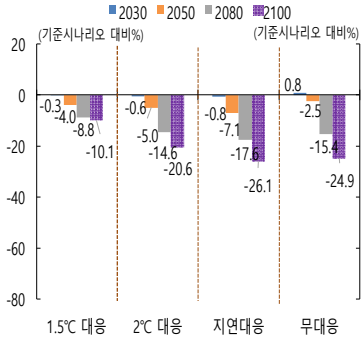
식료품



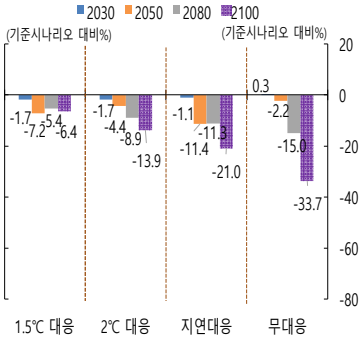
건설



부동산



음식점업



< 붙임 5 >

금융사 건전성 평가 방법론

□ **(은행)** 은행이 보유한 대출·채권·주식(기업 익스포저 限)의 신용 및 시장위험 변화가 자기자본(분자) 및 위험가중자산(분모)에 미치는 영향을 파악하여 BIS 총자본비율을 산출

○ **(자기자본)** 기준시점('23년말)의 자기자본에 기후 리스크에 따른 대출·채권·주식의 평가손익(예상손실)을 적용

— **(대출·채권)** Δ 부도율 x 부도시 손실률 x 대출·채권 익스포저

— **(주식)** Δ 주가변화율 x 주식 익스포저

○ **(위험가중자산)** 기후 리스크에 따른 예상외 손실을 반영하여 신용위험 및 시장위험 가중자산을 산출

— **(신용위험가중자산)** 대출·채권을 대상으로 99.9% 유의수준에서 부도율 상승에 의해 발생 가능한 예상외 손실(VaR)을 고려하여 산출

■ Δ신용위험가중자산 = 부도율 변화에 따른 예상외 손실 × 12.5 × 대출채권 익스포저

— **(시장위험가중자산)** 주식을 대상으로 주가 하락에 의해 발생 가능한 예상외 손실을 반영하여 산출

■ Δ시장위험가중자산 = 주가 하락에 따른 예상외 손실 × 12.5 × 주식 익스포저

□ **(보험)** 보험사가 보유한 대출·채권·주식의 신용 및 시장위험 변화와 풍수해 보험의 보험위험* 변화가 지급여력금액(분자) 및 지급여력기준금액(분모)에 미치는 영향을 파악하여 지급여력비율(K-ICS 비율)을 산출

* 보험위험은 손해보험사에 한정하여 산출. 생명보험사는 신용 및 시장위험만 고려

○ **(지급여력금액)** 기준시점('23년말)의 지급여력금액에 기후 리스크에 따른 대출·채권·주식의 평가손익(예상손실)과 풍수해에 따른 보험지급액을 적용

— **(대출·채권)** Δ 부도율 x 부도시 손실률 x 대출·채권 익스포저

— **(주식)** Δ 주가변화율 x 주식 익스포저

— **(풍수해 보험)** Δ 풍수해에 따른 손해율 x 위험보험료

○ **(지급여력기준금액)** 기후 리스크에 따른 예상외 손실을 반영하여 신용·시장·보험 위험액을 산출

— **(신용위험액)** 대출·채권을 대상으로 신용등급 변화에 따른 위험액 변동을 산출

■ Δ신용위험액 = Δ신용등급별 위험계수 × 대출채권 익스포저

— **(시장위험액)** 주식·채권을 대상으로 99.5% 유의수준에서 주가 변화와 금리 변동에 의해 발생 가능한 예상외 손실(VaR)을 고려하여 산출

■ Δ주식위험액 = 주가 하락에 따른 예상외 손실 × 주식 익스포저

■ Δ금리위험액 = 금리 변동에 따른 예상외 손실 × 채권 익스포저

— **(손해보험위험액)** 풍수해 보험을 대상으로 99% 유의수준에서 풍수해 피해 증가에 따라 발생 가능한 예상외 손실*(VaR)을 바탕으로 산출

* 미래 기후변화 심화로 인한 자연재해 피해 확대 가능성을 반영하고자, K-ICS(新지급여력제도)에서 규정한 최대추정손실액(보험가입금액의 0.08%)과 달리 스트레스 테스트 시나리오의 태풍·홍수 99분위 피해규모를 적용하여 산출

■ Δ손해보험위험액 = 풍수해 피해 증가에 따른 예상외 손실 × 풍수해 보험 익스포저

금융사별 고려 대상 위험

업권	건전성 지표	신용위험 대상자산	시장위험 대상자산	보험위험 대상자산	기타위험 (운영위험 등)
■ 은행	■ BIS 총자본비율	대출, 채권	주식	X	X
■ 생명보험	■ 지급여력비율	대출, 채권	주식, 채권	X	X
■ 손해보험	■ 지급여력비율	대출, 채권	주식, 채권	풍수해 보험	X

<붙임 6>

미래 기후변화 및 기후피해 심화 관련 논의

□ **[Hansen et al. (2023)]** 기존 기후 모델에 **온난화를 가속하는 핵심 요인***을 **반영**하는 경우, 현재 온실가스 농도로 추정한 **온난화 수준**(장기 평형)이 **최대 10℃**에 달하는 등 향후 기후변화 추세가 **IPCC 예측보다 심화****될 것으로 전망

(「Global warming in the pipeline」, Oxford Open Climate Change, 3(1), kgad008.)

* 빙하 및 영구동토층 붕괴, 대기 중 에어로졸 농도 감소 등

** IPCC(2021)는 강력한 탄소감축을 통해 1.5℃ 목표 달성이 가능하다고 보았으나, 이미 예정된 온난화로 인해 2020년대에 1.5℃를 초과하고, 2050년 이전에 2℃를 초과할 것으로 평가

○ 또한 **온실가스 배출**과 실제 **기온 상승 시점 간 시차*** 감안시, 미래 배출경로와 상관없이 **향후 수십 년간**은 **현재 수준 이상**의 **기후변화**를 경험하게 될 가능성

* 대기가 열을 가두었다 방출하거나, 해양이 열을 천천히 흡수하는 등 피드백 효과로 시차 발생

□ **[Kotz et al. (2024)]** 세계 각 지역에서 향후 26년 내 **연평균기온 상승**으로 **1인당 GDP 13%**의 **경제적 손실**이 발생하며, **일별기온변동성, 극한 강수** 등의 영향을 추가 반영할 시 **손실 규모가 19%*까지 증가**할 것으로 추정

(「The economic commitment of climate change」, Nature, 628(8008), 551-557)

* SSP2(중도성장 경로) 시나리오 기준 약 38조달러(2005년 국제달러 기준)에 달하는 규모로, 다른 지역으로의 피해 확산효과(spill over)까지 고려 시 실제 피해규모가 더욱 증폭 가능

□ **[성현민 외, (2023)]** 향후 **우리나라 연평균기온**이 **전 세계 평균**보다 **큰 폭**으로 **증가**할 전망*인 가운데, 최근의 한반도 **온난화 추세 가속화****로 예상치 못한 기후 리스크가 발생할 가능성 상존

(「기후변화 적응지원을 위한 미래전망 연구」, 한국기후변화학회지, 14(6-2), 929-939.)

* 2100년까지 지구온도 상승폭을 2℃로 제한하더라도 한국 연평균기온은 0.7~1.9℃도 추가 상승하고 연평균 강수량은 4% 증가할 가능성이 있으며, 극한 고온, 호우 등 이상기후도 심화될 전망

** 최근 10년('11~'20년)의 평균기온이 평년('91~'20년)보다 더 큰 폭 상승했으며, 최근 10년간 일최저·일최고기온 상승폭, 평균강수량 증가폭 등도 평년의 기후변화 대비 더 크게 나타남

□ **[Tol, (2024)]** 최근 **다수의 실증연구**(Tol, 2024 등)에서 **기후 피해**가 **온난화 수준** 뿐 아니라 **온난화 속도**의 **함수**이며, **온난화 진행**이 **빨라지면** 그 **영향도 비선형적**으로 **증가**할 수 있다고 경고

(「A meta-analysis of the total economic impact of climate change」 Energy Policy, 185, 113922.)