



# 2026 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 **2차**

전환·물리적 기후위험  
분석모델의 이해





## 주요 일정

| 시간               |               | 내용  |                                                 | 빈고                     |
|------------------|---------------|-----|-------------------------------------------------|------------------------|
| 9월<br>17일<br>(목) | 13:00 ~ 13:05 | 5'  | 개회 및 안내                                         | 조한나 연구위원<br>(KEI)      |
|                  | 13:05 ~ 14:20 | 25' | 통합 기후리스크(전환+물리적위험)에 따른<br>기업의 재무적 영향 분석 및 공시 사례 | 박병호 대표<br>(주)니플러스      |
|                  |               | 25' | 독립 해저드로서의 태풍리스크 모델링과<br>기후공시 활용                 | 명해나 수석연구위원<br>((사)넥스트) |
|                  |               | 25' | 기후변화를 고려한 홍수리스크 평가                              | 김광천 차장<br>(한국수자원공사)    |
|                  | 14:20 ~ 14:25 | 5'  | 질의응답 및 토론                                       |                        |
|                  | 14:25 ~ 14:40 | 15' | 휴식                                              |                        |
|                  | 14:40 ~ 14:55 | 15' | 산업계 취약성평가 및 재무영향 분석 추진<br>현황                    | 이인렬 팀장<br>(KECM)       |
|                  | 14:55 ~ 15:10 | 15' | 물리적 기후위험 분석모델 시범진단 추진<br>현황                     | 유명수 대표<br>(리아)         |
|                  | 15:10 ~ 15:30 | 20' | 종합 토론 및 기업체 의견 수렴                               |                        |



# 목차

2026년 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 2차 자료집

- 01** 통합기후리스크 분석 사례 ..... 1  
박병호 대표((주)니플러스)
- 02** 독립 해저드로서의 태풍리스크 모델링과 기후공시  
활용 ..... 27  
명해나 수석연구위원((사)넥스트)
- 03** 기후변화를 고려한 홍수리스크 평가 ..... 43  
김광천 차장(한국수자원공사)
- 04** 산업계 적응 설비 시설물 현장진단 및 재무영향 분석  
추진 경과 ..... 65  
이인렬 팀장(KECM)
- 05** 물리적 기후위험 분석모델 시범진단 추진 현황 ... 77  
유명수 대표(리아)



2026년 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 2차 자료집

## 발제1



# 통합기후리스크 분석 사례

박병호 대표((주)니플러스)



기후리스크의 재무적 영향 정량화

## 통합기후리스크 분석 사례

**CRISKZ** 기후공시 의무화 및 탄소중립 정책에 대응

2026. 09. 17

박 병 호 대표이사

**NIFLERS**

### CONTENTS

### 목 차

|    |                                  |    |
|----|----------------------------------|----|
| 01 | 기후리스크란 무엇인가                      | 3  |
| 02 | 시장 · 규제 배경                       | 7  |
| 03 | 원천기술 · 방법론                       | 8  |
| 04 | CRISKZ 방법론                       | 9  |
|    | └ 전환리스크 & 물리적 리스크                | 15 |
| 05 | 공시 · 실증분석 사례                     | 22 |
|    | └ (주)락앤락 사례                      | 22 |
|    | └ B기업(석유화학) 사례                   | 28 |
|    | └ 일반기업 실화이슈 · 해외사례 (연결기준·글로벌ETS) | 37 |
| 06 | 재현성 검증                           | 43 |
| 07 | 니플러스(주) 소개                       | 45 |

## 01. 기후리스크란 무엇인가

## 기후리스크를 움직이는 두 가지 힘 — 전환 위험과 물리적 위험입니다

전환위험과 물리적위험을 따로 보면 절반만 보입니다 — 두 위험을 하나의 재무영향으로 통합해 보아야 합니다.

## 1 전환 리스크 Transition Risk

'저탄소 경제'로 전환하는 과정에서 정책·시장·기술이 바뀌며 사업 모형이 흔들리는 위험입니다.

정책·시장·기술 3대 경로

## 2 전환 리스크의 예

탄소가격 상승, 고탄소 제품 수요 감소, 저탄소 기술 전환 투자 부담 등으로 나타납니다.

K-ETS·탄소가격·판매 규제

## 3 물리적 리스크 Physical Risk

태풍·홍수·폭염 등 실제 기후 현상이 자산과 공급망에 직접 피해를 주는 위험입니다.

급성 충격·만성 변화 2대 경로

## 4 물리적 리스크의 예

사업장·설비 침수 손상, 공급망 중단, 해수면 상승에 따른 입지 이전 압박 등으로 나타납니다.

태풍·홍수·폭염·해수면

3

## 01. 기후리스크란 무엇인가

## 전환위험, 물리적위험보다 중대하고 시급한 재무영향입니다

글로벌 공시·신용평가·스트레스테스트 실증이 보여주는 우선순위 — 대응 주체도 재무팀까지 넓어야 합니다

전환위험 : 물리적위험 비중 (사례별 인식된 기후위험의 구성)



출처: CDP Disclosure Dividend 2026(2025년 공시 11,260개사) — 기업이 보고한 기후위험 간수 기준, 전환·물리 = 2.0:1(2018) → 1.7:1(2025)로 전환위험이 예견된 추세  
 CRISKZ 역엔락 실증 — 2050 NZ 시나리오, 세련이이익률 약화 -1.65%p 중 공급망·시장(전환)이 74%(물리 -0.16%p 대비 8배 이상), 전자는 정책·기술·관리 등(기타)

## 왜 전환위험이 더 중대한가

경로 — 수익·원가·신용·기업가치 전반, 공급망 탄소비용 전가·최초자산·금리까지 사업모형 전체에 작용

시점 — 2028년 공시 의무화·탄소가격 상승이 다가옴. 전환위험은 공시 주기 안에 현실화

범위 — 산업 전반위·체계적, 물리위험은 특정 지역·자산에 집중 (ECB 실증)  
 신용등급 — 물리위험 기인 등급조치 1% 미만 (S&P Global Ratings, 2020.4 이후)

국내 전망 — 전환리스크는 2050년 전후 정점 후 축소, 무태풍 시 물리리스크는 2100년 GDP -21% (한국은행 2024)

## 글로벌 전망 실증 소년상

5.6% 넷제로 2050 시나리오, 글로벌 상장사 기업가치 중 전환리스크 노출 (ICE×CDP, 7,818개사)

+20~30% 유정세전환·자연재해 시나리오 시 유로시스템 위험 증가폭 (ECB 2022 스트레스 테스트)

전환위험 중심의 기후 대응은 ESG팀 단독 과제가 아닙니다 — ESG팀과 재무팀이 함께 정량화·공시·자본배분에 반영해야 합니다

기후 공시 = 재무 공시가 되는 2028년, 재무영향 정량화와 공시 준비는 ESG사무국·CFO·사업부서가 협력해야 합니다

4



01. 기후리스크란 무엇인가

통합 기후리스크(전환 · 물리)를 NGFS 5대 시나리오로 탐색합니다



NGFS 5대 시나리오로 미래를 탐색합니다



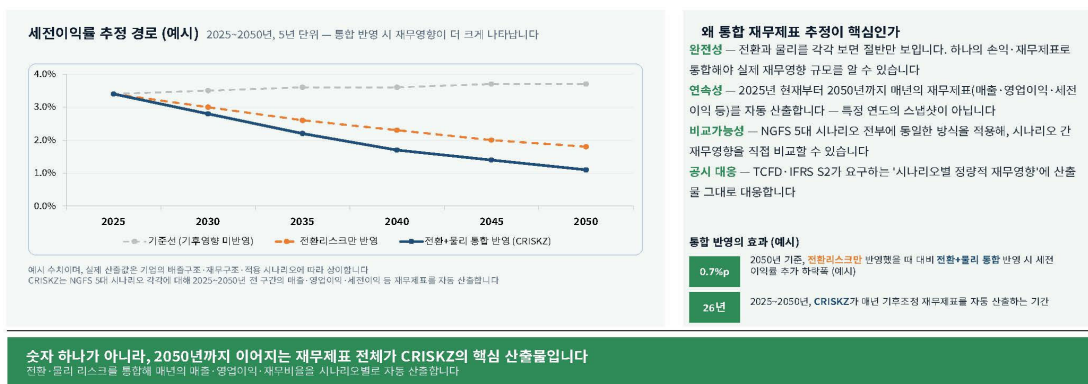
오늘의 재무 · 매출 현황에서 출발해 5개 시나리오를 거치며 매출 · 이익 · 신용 · 기업가치 변화까지 하나의 흐름으로 연결합니다.

5

01. 기후리스크란 무엇인가

핵심은 전환 · 물리 통합 재무영향, 그리고 2050년까지의 재무제표 추정입니다

두 리스크를 각각 보지 않고 하나의 손익 · 재무제표로 묶어야, 시나리오별 재무영향의 실제 크기와 흐름을 알 수 있습니다



6

## 02. 시장 · 규제 배경

### 공시는 의무화되는데, 정량 재무영향을 설명할 기업은 거의 없습니다



핵심은 '규제 대응'이 아니라 **정량화 근거를 갖춘 공시 대응의 공백**을 채우는 것입니다.

7

## 03. 원천기술 · 방법론

### 기후리스크를 공시 가능한 재무영향으로 바꾸는 6단계 파이프라인



**2050년까지 기후조정 재무제표 자동 산출**  
기후조정 매출 · EBITDA · 탄소비용부담율 · 재무비율 · 신용도 · 기업가치 등 시나리오별 기후 핵심 지표를 산출하고,  
50개 산식 재계산으로 모든 결과의 **기후리스크 요인별 근거 추적**이 가능하여 **외부인증, 공시 및 투자자에 대응** 가능

분석에서 끝나지 않고, **검증 가능한 공시 실무 결과물**까지 연결합니다.

8

#### 04. CRISKZ 방법론

### 모든 산출값은 '어디서 왔는가'에 답할 수 있어야 합니다

#### 1 방법론 근거

산식 자체가 학술 논문과 국제표준에서 도출됩니다 — 임의로 만든 공식이 아닙니다.

Weyl-Fabinger · IPCC AR6 · NGFS

#### 2 기초자료

탄소가격·GDP·금리 등 미래 시나리오 경로는 국제기구 공식 산출물을 그대로 사용합니다.

NGFS Phase V · GCAM · NIGEM

#### 3 회사 제시자료

재무제표와 배출량 등은 회사가 공시한 실측 자료입니다 — 회계감사와 동일한 원자료를 씁니다.

DART 전자공시 · 배출량 명세서 · 사업장정보

#### 4 재현성 100%

50개 핵심 산식 전부, 중간값부터 최종값까지 재계산 결과가 산출실제값과 정확히 일치합니다.

재계산값 = 실측값 · 오차 0

판단이 개입하는 곳은 방법론뿐입니다 — 나머지는 전부 국제표준과 회사 입력 자료로 투명하고 일관되게 재현

9

#### 04. CRISKZ 방법론

### 핵심 상세(전환리스크) — 매출 · 비용 · 투자 · 좌초자산

| 구분      | 산식       | 의미                       | 비고             |
|---------|----------|--------------------------|----------------|
| 활동매출    | 매출(경기)   | 기준년매출 × GDP지수 × 탄력성      | 거시경제 기반 성장분    |
| 순탄소부담   | 탄소비용     | S1(직접)+S2(전력)+S3(공급망)    | 3범위 통합 비용      |
| S1 직접배출 | 탄소비용     | Scope1 × 국내탄소가격 × 유상할당률  | K(G)-ETS 직접부담  |
| S2 전력   | 탄소비용     | 전력사용량 × 전력가격상승분 × 전가율    | 전력요금 정책상승분     |
| S3 공급망  | 탄소비용     | Scope3 × 국제탄소가격 × 전가율(ρ) | 공급망 전이비용       |
| 감축투자    | 투자(MACC) | 감축량 × 한계저감비용(MACC)       | 전환 CapEx 산정    |
| 전환감가상각  | 투자(MACC) | 누적투자 ÷ 내용연수              | 손익 반영 감가상각     |
| 좌초자산 손상 | 좌초위험     | 좌초율 × 좌초대상자산 × LGD       | 전환리스크의 자산가치 손상 |

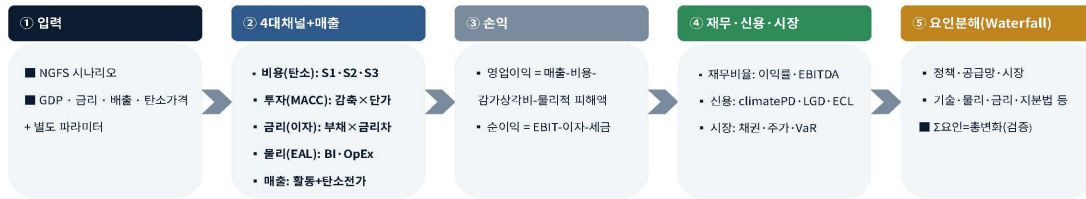
10

#### 04. CRISKZ 방법론

### 업무 플로우 — 공시 요구를 CRISKZ 산출로 연결합니다



#### 재무영향 인과사슬 — 입력에서 요인분해까지



입력에서 요인분해까지 하나의 계산 흐름으로 검증됩니다 — 공시 기준이 요구하는 것을 그대로 산출합니다.

11

#### 04. CRISKZ 방법론

### 손익 구조 — 모든 항목이 영업이익 · 세전이익으로 집결



5개 시나리오(BL·CP·DT·B2·NZ)에 따른 탄소비용 · 감축투자 · 금리 · 물리손상 등이 반영된 재무제표가 산출됩니다.

12

04. CRISKZ 방법론

## 순전가계수 분해 — 가격효과와 수량효과로 보는 순이익 영향

순전가계수의 분해: 가격효과(원시 전가율  $\rho$ )와 수량효과(가격탄력성  $\eta$ )로 나뉘어 봅니다.

| A기업 (통신) - 과점시장                                                                      |                                        | B기업 (제조) - 경쟁시장                                                                                            |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 탄소비용 증가                                                                              | +100,000,000원                          | 탄소비용 증가                                                                                                    | +100,000,000원                              |
| 원시 전가율 $\rho$                                                                        | 0.30                                   | 원시 전가율 $\rho$                                                                                              | 0.62                                       |
| 가격효과 (비용 $\times \rho$ )                                                             | +30,000,000원                           | 가격효과 (비용 $\times \rho$ )                                                                                   | +62,000,000원                               |
| 가격탄력성 $\eta$                                                                         | -0.75                                  | 가격탄력성 $\eta$                                                                                               | -2.00                                      |
| 수량효과 (가격효과 $\times \eta$ )                                                           | -22,500,000원                           | 수량효과 (가격효과 $\times \eta$ )                                                                                 | -124,000,000원                              |
| = 매출 반영분                                                                             | 30,000,000+(-22,500,000) = +7,500,000원 | = 매출 반영분                                                                                                   | 62,000,000+(-124,000,000) = -62,000,000원   |
| 순이익 영향 (비용+매출)                                                                       | -100,000,000+7,500,000 = -92,500,000원  | 순이익 영향 (비용+매출)                                                                                             | -100,000,000+(-62,000,000) = -162,000,000원 |
| 가격에 30%를 반영해도(+3천만원), 상대적으로 비탄력적인 수요( $\eta=-0.75$ )라 수요감소가 2,250만원에 그쳐 손매출은 +750만원. |                                        | 가격에 62%를 반영(+6,200만원)해도, 대체재 풍부한 소비재 특성상 탄력적 수요( $\eta=-2.00$ )로 수요가 2배 감소해 -1억 2,400만원 손실 — 가격효과를 역전시킵니다. |                                            |

가격전가( $\rho$ )만 보면 B기업이 더 많이 회수하지만, 탄력적 수요( $\eta$ )가 그 효과를 두 배로 되돌립니다.

13

04. CRISKZ 방법론

## 물리적리스크: 6개 Hazard의 재무 채널 — 손익 · 자산 반영 구조

Hazard별로 BI(매출 차감) · OpEx(비용 가산) · 자산손상(유형자산 차감) 채널에 연결됩니다

| Hazard     | 강도 지표                             | 채널       | 평가 |
|------------|-----------------------------------|----------|----|
| 홍수(하천침수)   | 침수심(m) · RP별                      | CapEx+BI | ○● |
| 폭풍해일(해안침수) | 침수심(m) · RP별                      | CapEx+BI | ○● |
| 폭염         | mean_work_loss                    | OpEx     | ●● |
| 평균기온 상승    | 냉방도일 CDD (기상청)                    | OpEx     | ●● |
| 가뭄(발전)     | SPEI12 연간 초과 개월수                  | BI       | ●● |
| 물스트레스(발전)  | water_stress + water_supply (WRI) | BI       | ●● |

**연계와 불확실성 (정직한 공시) 예시**

① EAL%는 전수장이 아닌 확률-시나리오 기댓값이며, 영향(위험 있음)과 비단초정을 평가하지 않고 보고합니다.

② 피해영수는 자산유형별 일반 곡선(HAZUS-JRC)으로 개별 설비 보정은 미반영입니다.

③ 도시침수(폭우)는 미평가입니다.

④ 사업장 영업이익들은 모형 미산출로, 사업장 관장은 매출 대비로 제시합니다.

| BI 업무 중단 — 매출 차감 (-)                     |  |
|------------------------------------------|--|
| • P1 가뭄 — 수량각수 부족 → 발전 제약                |  |
| • P2 물스트레스 — 용수 취수 제약 → 발전 제약            |  |
| • A1 홍수(하천침수) — 침수 피해 → 가동중단(downtime)   |  |
| • A3 폭풍해일(해안침수) — 침수 피해 → 가동중단(downtime) |  |
| OpEx 비용 증가 — 영업비용 가산 (+)                 |  |
| • A5 폭염 — work_loss $\times$ 인건비         |  |
| • C2 평균기온 — $\Delta CDD \times$ 냉방 전력비   |  |
| 자산 손상 — 유형자산 차감 (-)                      |  |
| • A1 홍수(하천침수) — 구조 · 내용물 손상률             |  |
| • A3 폭풍해일(해안침수) — 구조 · 내용물 손상률           |  |

14



04. CRISKZ 방법론

물리적리스크: 6개 Hazard의 채널별 반영 상세 — BI · OpEx · CapEx

재무제표 계정으로 연결되는 3개 채널 — 채널 비배타 방식으로 동시 반영 가능합니다

| BI 업무 중단 — 매출 차감 (-)                                                                                                                                                | OpEx 비용 증가 — 영업비용 가산 (+)                                                                          | 자산 손상 — 유형자산 차감 (-)                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>P1 가름</b><br/>수냉각수 부족 → 공장가동 제약률</p> <p><b>P2 물스트레스</b><br/>용수 취수 제약 → 발전 제약</p> <p><b>A1·A3 침수(홍수·폭풍해일)</b><br/>침수 피해 → 가동중단(downtime)</p> <p>분모 : ÷ 매출액</p> | <p><b>A5 폭염</b><br/>work_loss × 인건비</p> <p><b>C2 평균기온</b><br/>ΔCDD × 냉방 전력비</p> <p>분모 : ÷ 매출액</p> | <p><b>A1·A3 침수 CapEx</b><br/>구조 · 내용물 손상률</p> <p>분모 : ÷ 유형자산(토지 제외)</p> |

04. CRISKZ 방법론

5개 Hazard의 재무 채널 반영 결과 — 시나리오 비교

동일한 자산 · 방법론 기준에서 시나리오만 달리 적용 — 저배출(SSP1~2.6, NZ) vs 고배출(SSP5~8.5, CP)



04. CRISKZ 방법론

## 통합기후리스크 Waterfall 요인분해 8대 요인 산식

| 요인        | 산식   | 설명                                               | TCFD 대응          |
|-----------|------|--------------------------------------------------|------------------|
| 기저 (BL)   | 공통   | 기준선 자체 추세                                        | 시나리오 무관 성장분      |
| 정책 · 법률   | 전환위험 | $-(S1+S2)(1-p)/\text{매출}$                        | 국내 탄소비용 순부담      |
| 공급망       | 전환위험 | $-S3(1-p)/\text{매출}$                             | 글로벌 공급망 전가 후 순부담 |
| 기술        | 전환위험 | $- \text{전환감가}/\text{매출}$                        | 감축투자 감가상각 영향     |
| 시장        | 전환위험 | 수요탄력성 · 전가율 반영                                   | 가격전가에 따른 수요변화    |
| 물리적 리스크   | 물리위험 | $-(\text{물리BI}+\text{OpEx}+\text{손상})/\text{매출}$ | 자산피해 · 사업중단 통합   |
| 실물경제 · 금리 | 2차효과 | $-(\text{이자}-\text{기준이자})/\text{매출}$             | 기후조정 금리 상승분      |
| 지분법       | 2차효과 | $(\text{지분법}-\text{기준})/\text{매출}$               | 관계기업 손익 조정       |

8개 요인의 합은 총변화와 잔차 0으로 검증됩니다 — **이익이 왜 변했는지**가 요인별로 완전히 설명됩니다.

17

04. CRISKZ 방법론

## 기업마다 같은 도구, 그러나 다른 리스크 지도

A기업 (통신) — 세전이익률 4.22% → 3.14%



금리 -0.67%p 가 지배. 탄소 배출이 적어도 무질서 전환의 금리 상승이 이익을 누립니다. 물리리스크는 데이터 미입력으로 영향 미산출.

B기업 (제조) — 세전이익률 3.38% → 2.94%



물리 -0.18%p + 금리 -0.20%p 동반. A기업에 없던 물리리스크가 실제로 작동합니다. 제조 사업장이 재해에 직접 노출됩니다.

동일한 산식 · 방법론이 업종과 기업에 따라 전혀 다른 결과를 도출합니다.

18



## 04. CRISKZ 방법론

## 외부인증 대응 — 4중 근거체계

| ① 방법론 근거                         | ② 기초 자료                     | ③ 회사 공시 자료                                         | ④ NIFLERS 계산값               |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
| 모형에 기반이 되는 산식은<br>학술 · 국제표준에서 도출 | 시나리오 경로는 국제기구<br>산출물 그대로    | 재무제표, 탄소배출,<br>에너지사용자료는 실측자료<br>(중견, 중소기업은 대응치 적용) | ①, ②, ③을 결합해 산출한<br>파생 파라미터 |
| Weyt-Fabinger · IPCC · NGFS 방법론  | NGFS Phase V · GCAM · NiGEM | DART 전자공시 · 사내 실측                                  | 전가율p · 전기화율 · 목표레버리지        |

## ⑤ 재현성 (Reproducibility) — 네 근거를 하나로 묶는 마지막 잠금장치

방법론에 기초한 실측값과 가정값으로 일관된 계산값 산출 → 50여개 이상의 핵심 산식 전부가 투명하고 일관되게 재현

외부인증의 핵심 질문은 하나로 모입니다 — "이 숫자의 근거가 무엇이나." 4중의 근거와 재현성으로 답할 수 있어야 합니다.

19

## 04. CRISKZ 방법론

## 인증 요건 대응 매트릭스

| 인증 요구사항    | 요구사항 충족 | 근거                         | 대응                  |
|------------|---------|----------------------------|---------------------|
| 합리적 근거     | ✓       | 입력값이 국제기구 · 학술 · 공시자료에서 도출 | 방법론 · 기초자료 · 회사자료   |
| 추론 과정의 투명성 | ✓       | 셀 주소가 아닌 '의미'로 모든 산식 전개    | 산식 의미표기 · 인과사슬 문서화  |
| 판단의 문서화    | ✓       | 가정 · 변경을 일자 · 근거와 함께 기록    | 결정로그 · 재론조건         |
| 재현 가능성     | ✓       | 추출값 재계산이 실제값과 일치           | 50개 산식 100% 재현검증    |
| 요인별 정량 설명  | ✓       | 이익률 변화를 8대 요인으로 분해         | Waterfall · 잔차 0 검증 |

인증은 '완벽한 예측'이 아니라 '검증 가능한 근거와 투명한 과정'을 봅니다.

20



#### 04. CRISKZ 방법론

## 기초자료 세부 — NGFS 시나리오 경로 상세

**기초 자료 — 시나리오 경로는 국제기구 산출물을 준수한다**

탄소가격·GDP·금리·환율 등 미래 경로는 녹색금융협의체(NGFS)의 공식 시나리오를 따릅니다

| 시나리오        | 구동 대상       | NZ 2050   | 출처         |
|-------------|-------------|-----------|------------|
| GDP 지수      | 매출 활동       | 1,3416    | NIgEM 한국   |
| Scope1 배출지수 | 탄소비용        | 0.0194    | GCAM (IAM) |
| 탄소가격 Korea  | 탄소비용(K-ETS) | 2,543,746 | NGFS·환산    |
| 장기금리        | 이자비용        | 4.15%     | NIgEM      |
| 현물          | 가격·투자 환산    | 1,133.8   | NIgEM      |

## 왜 국제기구(NGFS) 데이터인가

기후 영향은 수십 년에 걸쳐 누적되어 나타나기 때문에 단순히 과거 데이터로 예측할 수 없다. 그래서 각국 중앙은행·감독기구가 함께 만든 **NGFS의 표준 미래경로**를 쓴다.

**인종 대응**

**"왜 이 경로냐" → "NGFS Phase V 한국 지역  
데이터(GCAM·NiGEM)"로 즉시 방어**

5개 시나리오 모두 국제 표준 경로로 계산한다 → 시나리오 분석에 사용되는 근거를 임의로 생성하면 외부인증이 불가능합니다

## 05. 공시 · 실증분석 사례

## 지속가능보고서 공시 사례- (주)락앤락 (2026.07.24)

공시자료 (KOR)

[illegible]

공시자료 (ENG)

**CLIMATE SCENARIO ANALYSIS**

**Climate Risk Scenario Analysis**

PDF ID: 1759

Page 10 of 10

**CHAPTER 02**     **TRANSITION RISK ANALYSIS**

## Transition Risk Analysis ② — Key Financial Ratio

### Impacts vs. Baseline

Strategy

**① Climate Adjusted EBITDA Margin**

This is a stressed operating capacity that reflects both transition risk (cost increase) and physical risk (business interruption). Even under the most stringent Net Zero pathway, the 2050 margin remains at **4.0%**, up from **3.27%** below the base case scenario (3.23%). Even under Delayed Transition, where transition pressure is concentrated, the decline is 1.4% TnA, demonstrating solid margin defense based on cost-structure flexibility.

| Scenario           | 2020 | 2030 | 2050 |
|--------------------|------|------|------|
| Delayed Transition | 3.27 | 1.87 | 1.87 |
| Net Zero           | 3.27 | 4.0  | 4.0  |
| Net Zero 2050      | 3.27 | 4.0  | 4.0  |

Figure 4. Climate Adjusted EBITDA Margin (Stressful + Delayed TnA)

**② Climate Adjusted Interest Coverage Ratio**

This debt service capacity indicator shows whether operating profit after climate impacts can cover interest expense, and a clearly visible wedge by creditors and financial institutions. Under Net Zero Policies, it stands at **4.4X** in **2030** and **3.9X** in **2050** (vs. 3.2X TnA), demonstrating stable debt service capability.

| Scenario           | 2020 | 2030 | 2050 |
|--------------------|------|------|------|
| Delayed Transition | 3.2  | 2.0  | 2.0  |
| Net Zero           | 3.2  | 4.4  | 4.4  |
| Net Zero 2050      | 3.2  | 3.9  | 3.9  |

Figure 4. Climate Adjusted Interest Coverage Ratio

|                    | Scenario | Climate Adjusted EBITDA | 2040 (%) | 2050 (%) |
|--------------------|----------|-------------------------|----------|----------|
| Current Policies   | 4.1      | 3.3                     | 3.0      |          |
| Delayed Transition | 4.4      | 4.2                     | 3.5      |          |
| Below 2°C          | 4.8      | 3.9                     | 3.6      |          |
| Net Zero 2050      | 4.6      | 3.4                     | 3.6      |          |

|                    | Scenario | Climate Adjusted Interest Coverage Ratio | 40 Scenario | Baseline |
|--------------------|----------|------------------------------------------|-------------|----------|
| Current Policies   | 3.2      | 3.2                                      | 3.2         |          |
| Delayed Transition | 2.0      | 2.0                                      | 2.0         |          |
| Below 2°C          | 4.4      | 3.9                                      | 3.9         |          |
| Net Zero 2050      | 4.4      | 3.9                                      | 3.9         |          |

Table 4. Climate Adjusted Interest Coverage Ratio – 40 Scenario Baseline

**Luckin Climate Resilience Report**  
PDF ID: 1759     Page 10 of 10

**CLIMATE SCENARIO ANALYSIS**

**Climate Risk Scenario Analysis**

PDF ID: 1759

Page 10 of 10

② Transition Risk Analysis

③ Physical Risk Analysis

④ Integrated Analysis & Overall Resilience

Report ID: 1000001-2020-000000

Report Date: 2020-09-01

Report Version: 1.0

Source: Internal Data, Public Information, and Industry Reports     PDF ID: 1759     Page 10 of 10

10/10

국문·영문 공시자료와 상세 분석 보고서를 함께 제공 — 국내외 투자자 모두에게 설명 가능한 형태입니다

[illegible]

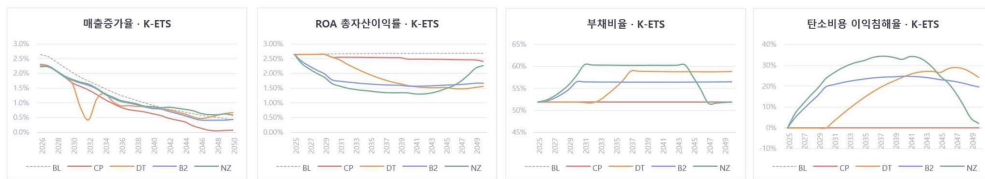
05. 공시 · 실증분석 사례

## 기후재무지표 I – (주)락앤락

① NGFS 시나리오 (연간 2025~2050)



② 핵심 재무지표 영향 – K-ETS 트랙

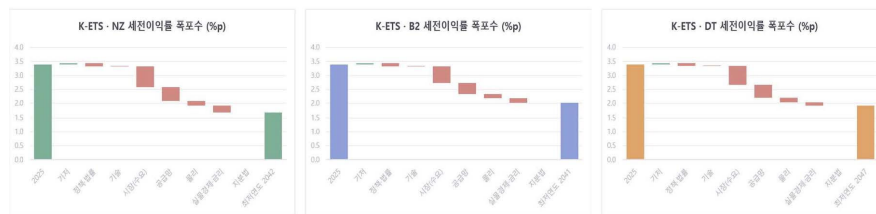


25

05. 공시 · 실증분석 사례

## 기후재무지표 II – (주)락앤락

③ 세전이익률 Waterfall – K-ETS 트랙 (최저연도 = 최저 세전이익률 시점)



④ 신용·시장리스크 – K-ETS 트랙 (→ 회사내부 검토용)



26

05. 공시 · 실증분석 사례

## 락앤락 분석이 보여주는 4가지 시사점

### 1 전환리스크가 압도적

공급망과 시장(수요) 두 요인이 전체 악화폭(-1.65%p)의 74%를 차지합니다  
 — 물리적 리스크(-0.16%p)보다 8배 이상 큰 영향입니다.  
 -1.65%p 중 74%

### 2 공급망(Scope 3)이 최대 변수

World 트랙 기준 글로벌 공급망 탄소비용 전가가 단일 요인 중 가장 큰 악화요인  
 — 국내 K-ETS 직접부담(-0.08%p)보다 8배 큼니다.  
 단일 최대요인 · World 트랙

### 3 물리적 리스크는 상대적으로 제한적

베트남 · 한국 · 중국 6개 사업장 종합 기준 -0.16%p  
 — 생활용품 제조업 특성상 전환리스크 노출이 물리적 노출보다 훨씬 큼니다.  
 EAL · BI · OpEx 종합

### 4 시나리오 전 구간에서 재무영향 존재

NZ 시나리오뿐 아니라 5개 시나리오 전 구간에서 세전이익률이 저하됩니다  
 — 조기 대응이 재무 완충 여력을 만듭니다.  
 5개 시나리오 공통

공급망 · 수요측 전환리스크 관리가 물리적 리스크 대응보다 우선순위가 높다는 것이 락앤락 사례의 핵심입니다.

27

05. 공시 · 실증분석 사례

## C기업(석유화학업) 사례① — 통합 기후리스크 재무영향 분석 흐름

NGFS 시나리오가 물량·가격 경로를 거쳐 기후조정 재무제표·신용리스크로 연결되는 5단계 구조



추정방법 매출(강도법) S1(정유·석화·배출비중 가중합성)S2(전력)S3(원유 업스트림) | 전가 순탄소부담(S1+S2+S3)×p\_own | 좌초 MAX(0, BL물량-시나리오물량)×좌초자산×LGD | 대표연도 최저 세전이익률 시점 자동 산정

28

## 05. 공시 · 실증분석 사례

## C기업(석유화학업) 사례③ — 전환리스크 · 기후조정 손익계산서 (K-ETS · NZ)

각 기후리스크 요인이 세전이익까지 단계적으로 반영 — 5년 단위 (단위: 백만원)

| 항목                    | 2025       | 2030       | 2035       | 2040       | 2045       | 2050       |
|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 영업수익 (매출액)            | 50,000,000 | 50,403,621 | 49,679,071 | 47,916,307 | 45,819,630 | 42,061,402 |
| (-) 물리 BI 매출감소        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| (-) 영업비용 (매출원가 및 판매비) | 48,915,950 | 45,922,106 | 42,826,452 | 38,544,961 | 32,889,234 | 27,338,834 |
| (-) 물리 OpEx 증가        | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| (-) S1 탄소비용           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| (-) S2 탄소비용           | 0          | 126,512    | 191,981    | 229,438    | 188,879    | 132,078    |
| (-) S3 탄소비용           | 0          | 3,331,455  | 5,699,649  | 8,267,441  | 11,981,346 | 13,942,483 |
| (-) 전환 감가상각 증가        | 0          | 856        | 2,199      | 4,460      | 12,104     | 10,794     |
| 영업이익 (EBIT)           | 1,084,050  | 1,022,692  | 958,790    | 870,007    | 748,067    | 637,213    |
| (-) 물리 손상차손           | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          | 0          |
| (+) 자본비용손익            | 13,082     | 13,082     | 13,082     | 13,082     | 13,082     | 13,082     |
| (+) 금융수익              | 2,711,175  | 2,711,175  | 2,711,175  | 2,711,175  | 2,711,175  | 2,711,175  |
| (-) 이자비용              | 177,176    | 186,984    | 182,725    | 173,375    | 160,740    | 141,454    |
| (-) 기타금융비용            | 2,600,340  | 2,600,340  | 2,600,340  | 2,600,340  | 2,600,340  | 2,600,340  |
| (+) 기타영업외수익           | 441,973    | 441,973    | 441,973    | 441,973    | 441,973    | 441,973    |
| (-) 기타영업외비용           | 314,974    | 314,974    | 314,974    | 314,974    | 314,974    | 314,974    |
| 법인세차감전순이익             | 1,157,790  | 1,086,624  | 1,026,981  | 947,548    | 838,243    | 746,675    |

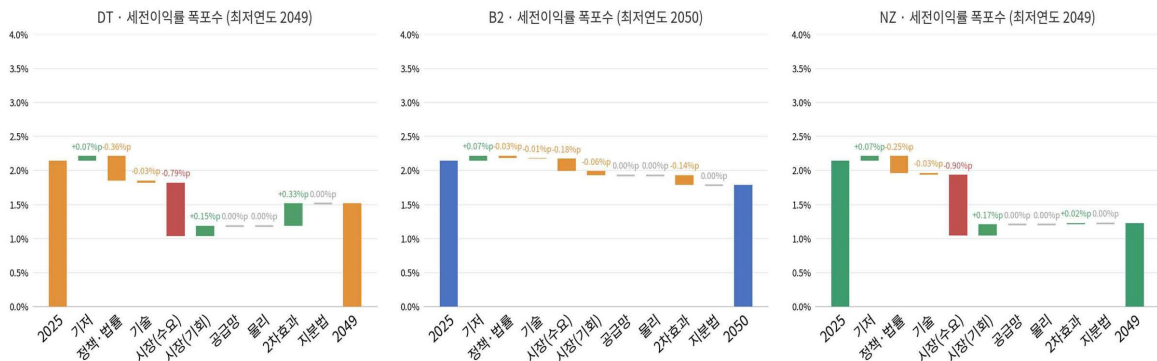
각 기후리스크 요인이 세전이익까지 단계적으로 반영됩니다 — 5년 단위 (단위: 백만원).

29

## 05. 공시 · 실증분석 사례

## C기업(석유화학업) 사례④ — 세전이익률 Waterfall (K-ETS 트랙)

2025년 세전이익률에서 기후요인이 순차 반영되어 최저연도에 도달 (단위: %p)



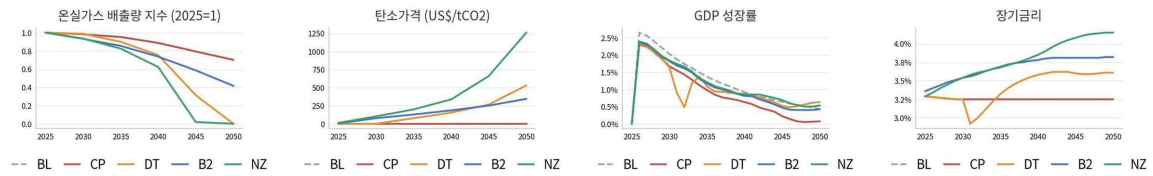
해석: 시장(수요) — 석유제품 수요파괴 — 가 최대 감소요인. 정책·법률(탄소비용+좌초)이 뒤를 이음.

30

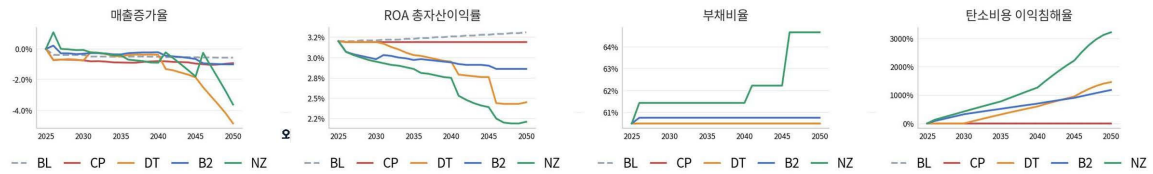
05. 공시 · 실증분석 사례

**C기업(석유화학업) 사례⑤ — 기후리스크 주요 지표 I**

① NGFS 시나리오 변수 (연간 2025-2050)



② 핵심 재무지표 영향 (K-ETS 트랙)



31

05. 공시 · 실증분석 사례

**C기업(석유화학) 사례⑥ — NGFS 시나리오 변수 리스트**

모형에 사용된 IAM(GCAM 6.0) · NiGEM 변수 사용

| 구 분        | 용 도            |
|------------|----------------|
| 배출 S1 (정유) | 정제과정 직접배출      |
| 배출 S1 (석화) | 석유화학 직접배출      |
| 정유 물량 Qo   | 석유제품 생산량       |
| 제품가격 P제품   | 석유제품 판매가       |
| 석유화학 물량 Qc | 석유화학 생산량       |
| 바이오 물량 Qb  | 바이오연료 생산량      |
| 원유가 P원유    | 원유 도입가 (원료비)   |
| 전력 소비      | S2 간접배출 driver |
| 탄소가격       | 탄소비용 단가        |
| GDP (거시)   | 활동 수요 경로       |
| 물리 GDP     | 만성물리 경기침체 보정   |
| 장기금리       | 할인율 이자비용       |
| 환율         | US\$→KRW 환산    |

32

05. 공시 · 실증분석 사례

## 물리적리스크 영향 : C기업(석유화학) 손익에 대한 영향 비교

시나리오 비교 요약 (2050년 기준)

고배출(SSP5-8.5) vs 저배출(SSP1-2.6),

동일한 자산·방법론 기준으로 시나리오만 다르게 적용한 결과입니다.

❖ 녹색 = 저배출에서 개선 /

❖ 진홍색 = 저배출에서도 지속 또는 악화

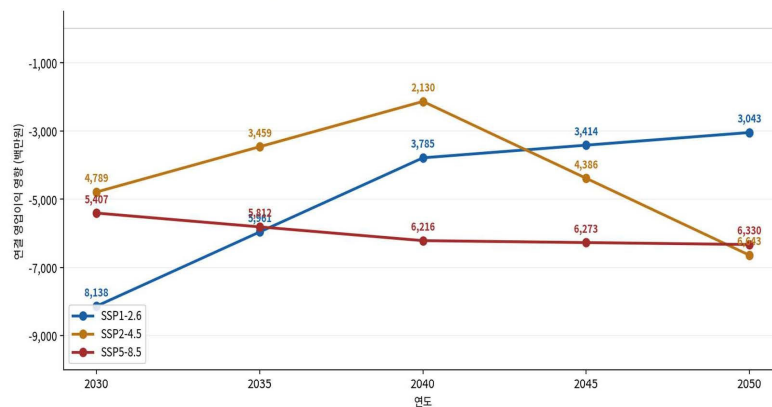
| 항목            | 고배출<br>(SSP5-8.5) | 저배출<br>(SSP1-2.6) | 차이        | 비고                      |
|---------------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------------|
| 영업이익 영향       | -6,330백만원         | -3,042백만원         | ≈ 52% 수준  | 저배출에서 절반 수준으로 감소        |
| 영업이익률 영향      | -7.7bp            | -4.3bp            | +3.4bp 개선 | 영업이익률 수준 안정화            |
| BI(매입채널) 비중   | 71%               | 41%               | -30%p     | 가뭄 완화로 수입 상실 감소         |
| OpEx(비용채널) 비중 | 29%               | 59%               | +30%p ↑   | 폭염 비중 역전 — 저배출에서도 지속    |
| P1 가뭄 (영향액)   | -3,969백만원         | -1,197백만원         | -70% 감소   | 파리협정 대응으로 가뭄 심화 억제      |
| A5 폭염 (영향액)   | -1,720백만원         | -1,732백만원         | 거의 유사     | 저배출에서도 노동손실 지속          |
| P2 물스트레스      | -31백만원            | 0                 | 완전 해소     | SSP1-2.6 2050 공급 증가 → 0 |
| 유형자산 CapEx 영향 | -718백만원           | -59백만원            | -92% 감소   | 태풍 상륙빈도 강도 완화           |

33

05. 공시 · 실증분석 사례

## 물리적리스크 영향: C기업(석유화학) 시나리오 별 영업손익에 대한 영향 비교

연결 영업이익 영향 시계열 (2030~2050, 5년 단위)

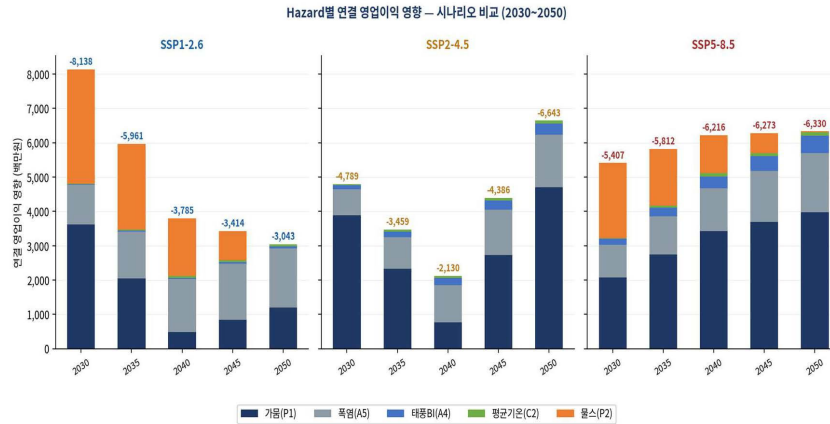


34



05. 공시 · 실증분석 사례

물리적리스크 영향: 시나리오별 & 자연재해별 영업손익에 대한 영향 비교



35

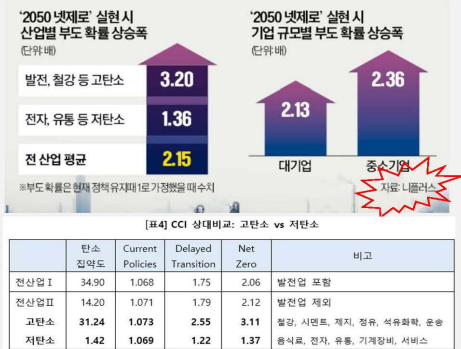
05. 공시 · 실증분석 사례 - 일반기업

Kdata 한국데이터산업진흥원

실증 분석 사례 ②- 산업별 기후리스크 분석 (370개사)

한국경제신문 (2025.11.09)

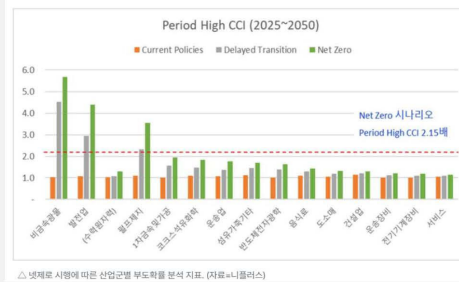
2050 넷제로 강행면 기업 부도위험 2배 된다



조선비즈 (2025.11.10)

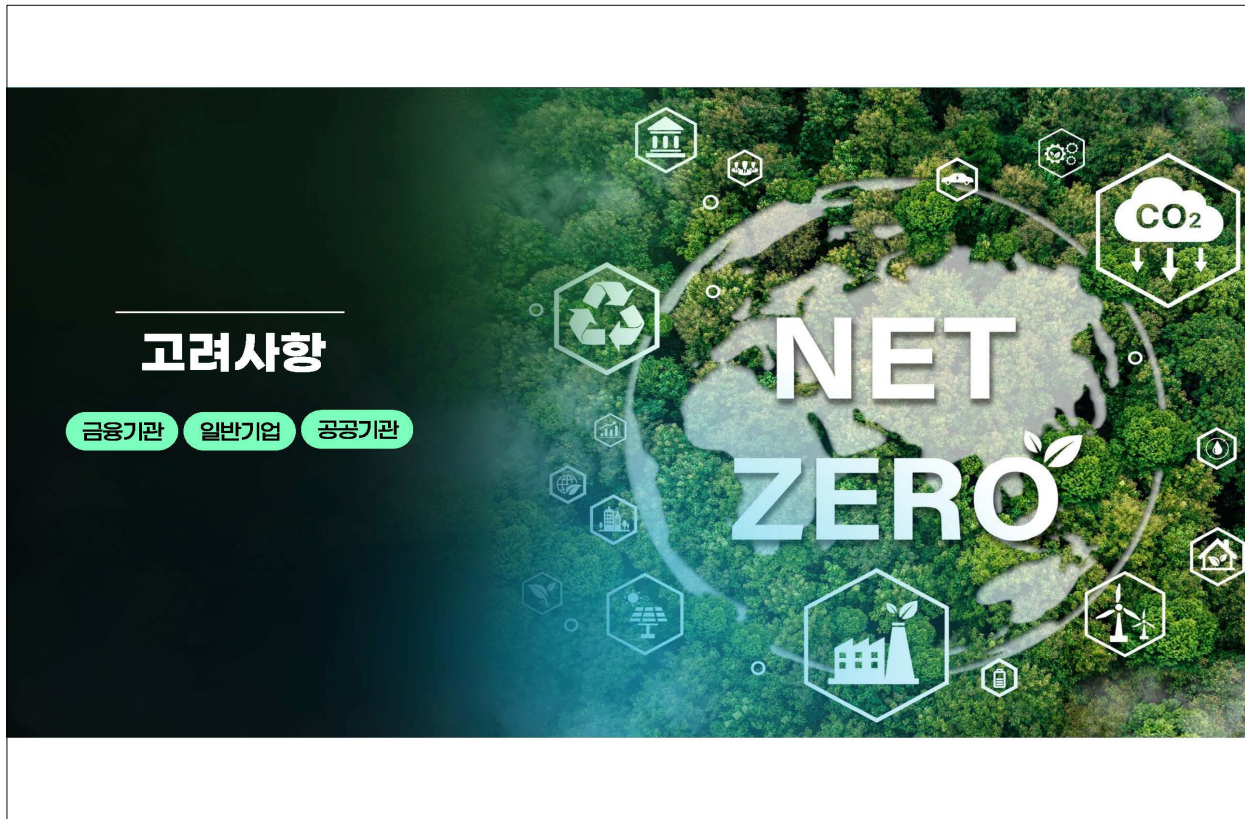
고탄소 업종, 부도 위험 최대 3.2배 상승

발전·철강·시멘트·제지·정유·석유화학·운송 등 고탄소 산업군은 부도 확률이 최대 3.2배까지 높아졌다. 니콜라스는 "에너지 소비 단위당 탄소 배출량이 높은 산업일수록 비용 압박이 크기 때문"이라고 밝혔다.



36





#### 05. 공시 · 실증분석 사례 — 일반기업

### 연결기준에 따른 분석 절차 및 이슈사항

#### 분석 절차 — 연결실체 vs 지분법 적용회사

##### ① 연결 실체 (Consolidated)

- 손익 · BS · CF · 탄소비용 · 물리리스크 100% 정량 반영
- 연결매출 32.4조원 (포스코인더스트리얼 사례)
- Scope 1+2 배출량 6,826,961 tCO<sub>2</sub>e (연결기준, ESG Factbook)



##### ② 지분법 적용회사 (Equity Method)

- 지분법손익 1개 라인만 연결 손익계산서(IS)에 반영
- 23개사 · 장부가 합계 7,636억원
- 개별 매출 · 탄소배출은 비연결 (지분법손익만 세전이익에 반영)

**핵심 요약 —** 편입 기준은 지분율이 아닌 '재무적 중요성 · 투자자 관점' 재무적으로 중요한 자회사 · 관계기업은 지분율과 무관하게 개별 단위로 기후리스크를 먼저 측정해야 함 (KSSB 검토방향 · BASF · Europris 실제사례 공통 확인, 「연결기준 반영 검토보고서」 2026.7)

#### 이슈사항 — '지분율 기준' 처리의 한계

##### ① 자산 집중 · 개별반영 한계

- 상위 2개사(삼척블루파워 · SEAGP)가 지분법 장부가의 87.2% 차지
- 그러나 개별(entity-level) 기후조정 반영은 1개사(삼척블루파워)분

##### ② 기후조정 방식 비대칭

- 나머지 22개사는 그룹 활동매출지수에만 연동
- 개별 업종 · 자산 리스크(좌초자산 등) 미반영

##### ③ Scope 경계 불일치

- Scope 1+2는 연결기준, Scope 3는 모회사 별도기준으로 산정
- → 연결환산 보정계수(v\_S3) 적용 필요

자료: 포스코인더스트리얼 사례 분석(2026) · 「기후리스크 재무영향의 연결재무제표 반영기준 검토」(NIFLERS, 2026.7) — 분석 대상 범위 및 지분법 적용기업 기후리스크 개요 기준

05. 공시 · 실증분석 사례 — 일반기업

## K-ETS vs 글로벌 ETS 이슈 — 실측 자료 비교

실측 탄소가격 비교 (2026년 기준)

K-ETS (국내 · KAU26)  
**28,000원/톤**  
2026.9.1 증가 · 1년 전 대비 약 3.1배 상승

격차  
약 4.6배

EU-ETS (글로벌 벤치마크 · EUA)  
**13만원 (82.5유로)/톤**  
2026.8.29 기준

실측 격차 → 2-Track(K-ETS · Global-ETS) 분석의 근거

C기업 사례 (2050년 기준)

- 부도확률(PD): K-ETS 트랙 0.37% vs Global-ETS(탄소세) 트랙 3.81% — **10.2배 격차**
- 신용등급: K-ETS 트랙 Baa3 유지 vs Global-ETS 트랙 Ba1로 투자등급 이탈
- 해외 투자자는 무상할당 없는 Global-ETS(전량 과세) 기준을 보수적 벤치마크로 사용 — 실측 가격 격차가 근본 원인

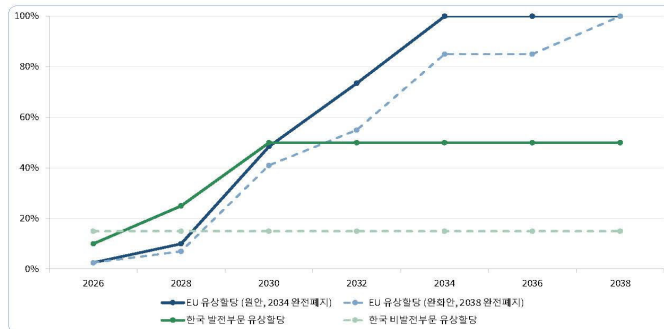
자료: 한국거래소 배출권시장정보플랫폼(KRX ETS) · ESG경제(2026.5.29) · EBN/Investing.com(2026.9.2) · Epignosis Insights EU ETS Price Tracker, ICE 기준(2026.8.29) · 포스코인텔lic세넬 사례 분석

39

05. 공시 · 실증분석 사례 — 일반기업

## 탄소가격 정책, 전 세계가 같아질까 — EU · 한국 유상할당 궤적 비교

유상할당 비율 추이 (%) — EU vs 한국 (2026~2038)



왜 각국이 유상할당을 서두르나

- CBAM은 이미 낸 자국 탄소비용을 공제해 줍니다
- 자국이 먼저 걸지 않으면, 그 세수는 그대로 EU로 유출됩니다

한국 철강업계 사례 (기후솔루션, 2024)

- 유상할당 확대 시 2040년 연 1,410억원의 CBAM 비용을 국내로 환수
- 정부는 누적 약 621조원의 유상할당 세수 수익 확보 가능

방향은 뚜렷한 수렴, 속도는 제각각

EU는 완전 유상할당을 향해 질주 중이나 산업 부담을 이유로 원료 시점을 2034→2038년으로 늦추는 안이 논의 중입니다  
— 한국은 발전 50% · 비발전 15%에 머물러 있습니다.

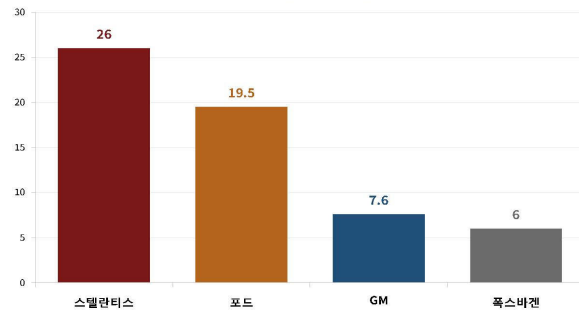
40

05. 공시 · 실증분석 사례 — 일반기업

STELLANTIS

해외 최신사례 — 전환위험은 양방향이다 — 스텔란티스의 260억달러 EV 손상차손

완성차 업계 EV 관련 손상차손 (2025년, 십억달러)



무슨 일이 있었나 (2026.2.6 발표)

- 2025년 실적발표에서 "EV 전환 속도를 과대평가했다"고 인정 — 260억달러(약 222억유로) 손상차손, 전사 순손실 263억달러
- 발표 당일 주가 최대 28% 폭락(밀라노 증시, 기록적 하루 낙폭)
- 손상차손 중 77억달러는 향후 4년간 실제 현금 지급
- 캐나다 배터리 합작사 지분을 LG에너지솔루션에 단돈 \$100에 매각, "Freedom of Choice"(EV·하이브리드·내연기관 병행)로 전략 선회

전환위험은 양방향이다

스텔란티스(2026)는 저탄소 전환을 과속했다가 입은 손실 — 빅3 완성차 손상차손 합계 521억달러로 연간 이익 총합을 초과, 업계 전체의 구조적 현상임

자료: Axios(2026.2.6) · WardsAuto(2026.2.20) · Stellantis 2025년 실적발표 · Bank Policy Institute "Climate Transition Risk Cuts Both Ways"(2026.4) · CBT News

41

05. 공시 · 실증분석 사례 — 일반기업

스텔란티스는 무엇을 놓쳤나 — 전환리스크 관점의 3가지 실패

손실 222억유로, 어떻게 구성되어 있나 (2026.2.6 자체 발표)

① 제품계획 재정보 — 147억유로 (66%)

- 취소 제품 상각 29억유로 — Ram 1500 BEV 등 프로젝트 자체 취소
- 플랫폼 손상차손 60억유로 — 물량 · 수익성 기대치 하향 반영
- 현금 지급분 58억유로 — 향후 4년간, 취소·축소 프로그램 관련

② 기타 운영 변경 — 54억유로

- 품질보증충당금 41억유로 — 전임 경영진 운영선택책 품질저하 · 비용인플레이션
- 구조조정비용 13억유로 — 주로 유럽 인력감축
- → EV 오판과 무관한 별도의 실행 리스크

전환리스크 관점의 3가지 실패

① 단일 시나리오 베팅

- "정책이 EV 수율을 강제할 것"이라는 경로 하나만 가정
- NGFS식 다중 시나리오(순차적 · 무질서 · 지연 전환) 대비 부재

② 정책 리스크 미반영

- 규제 완화 가능성을 자산가치평가에 반영하지 않음
- 美 배출규제 변경 · EU 내연기관 금지 완화가 그대로 손실로

③ 정기 재평가 지연

- 주요 둔화 조정은 2024년말(前CEO 퇴진)부터 있었음
- 2026.2월에야 한번에 전면 손상 인식 — BP식 매년 재검증 부재

다중 시나리오 · 정기 재평가가 없으면, 전환은 어느 방향으로든 기업을 무너뜨립니다  
다중 시나리오와 정기적 재검증이 왜 필요한지를 보여주는 사례입니다

자료: Stellantis 공시 보도자료(2026.2.6) · Bloomberg(2026.2.6) · SupplyChainBrain · TheEVReport

42

## 06. 재현성 검증

## 객관성·투명성·재현성에 기반한 신뢰성 확보

인증의 필수 조건. 50개 핵심 산식을 통한 중간값과 최종 산출값이 전부가 일치

| 항목        | 모형이론       | 솔루션산출      | 검증 |
|-----------|------------|------------|----|
| 매출        | 22,953,020 | 22,953,020 | ✓  |
| 탄소비용 S2   | 162,868    | 162,868    | ✓  |
| 영업이익      | 1,289,020  | 1,289,020  | ✓  |
| 세전이익      | 721,189    | 721,189    | ✓  |
| 순이익       | 374,527    | 374,527    | ✓  |
| ROA       | 0.008946   | 0.008946   | ✓  |
| 부채비율      | 1.34528    | 1.34528    | ✓  |
| climatePD | 0.000529   | 0.000529   | ✓  |

### 50개 핵심 산식

모형이론 = 솔루션 재현 산출

모든 항목에서 모형이론  
값과 산출값이 일치

모든 산식은 학술·규제 근거와 재현 가능한  
산출 경로를 확보

43

## 니플러스(주) 소개

CRISKZ 솔루션  
(www.crisk.co.kr)

44

## 07. 니플러스(주) 조직 · 팀 구성

## 금융 · 기후 도메인 · AI 전문가로 구성된 실행 조직

## 회사 개요

| NIFLERS |                                                                                                       |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 회사명     | 니플러스 주식회사                                                                                             |
| 대표이사    | 박 병 호                                                                                                 |
| 설립일     | 2016년 10월 11일                                                                                         |
| 자본금     | 485백만원                                                                                                |
| 임직원 수   | 6명                                                                                                    |
| 주요사업    | <ul style="list-style-type: none"> <li>빅데이터/머신러닝 기반 기업신용 위험관리 솔루션 제공</li> <li>기후리스크 솔루션 제공</li> </ul> |
| 주소      | 서울특별시 강남구 테헤란로 425, 4층                                                                                |
| 홈페이지    | www.niflers.com                                                                                       |

## 핵심 인력 · 경력 기준

## 박병호 대표이사

FRM · 미 일리노이주립대 재무학 석사  
前 글로벌 신용평가사(S&P Global Ratings) 한국대표  
한국씨티은행·HSBC은행

## 송병운 부대표 · 개발 총괄

연세대 경제학 석사 · 가톨릭대 회계학 박사과정 수료  
前 한국신용평가 CRO/정책평가본부장 · 前 국내 금융정보사(에프앤가이드) ESG 본부장

## 황태식 전문위원 · 기후리스크 총괄

연세대 빅데이터 석사  
前 금융감독원 거시건전성감독 부국장 (18년 근무)

## 연구·개발 인력 3명

NLP/AI(미시간대 석사: 컴퓨터공학) · 빅데이터(MDPI 등재) · 백엔드·프론트

45

## 부록 A. 배경 및 방법론 요약

## 규제 배경 · 방법론 · 실증사례 개요

## 규제 배경

- 2028년(FY27)부터 자산 10조원 이상 코스피 상장사 291개사, **기후 재무영향 정량 공시가 법정 의무화**됩니다
- 2024년 자율공시 204개사 중, 정량적 재무영향과 산정근거까지 공개한 기업은 단 12개사(6%)에 불과합니다
- 정량적으로 전환위험·물리적위험을 통합해 재무영향을 공시한 기업은 현재도 상당히 제한적입니다

## 실증 사례

- 락○○ 실제 **지속가능보고서 공시 서비스**  
추정 재무제표 산출 → 요인분해 (통합분석) → 지속가능성 공시(국문 & 영문) 자료 제공을 완료했습니다
- 과의 비교 검증으로, 업종이 달라도 표준화된 도구로 작동함을 확인했습니다

## 방법론 원칙

- CRISKZ는 3중 검증체계(투명성·추적가능성·재현가능성)로 **공시와 외부인증** 요건을 충족합니다
- NGFS 5대 시나리오 기반으로 재무영향을 정량화하고, 50개 핵심 산식 전부를 100% 재계산 검증합니다
- 국내외 검증된 방법론 및 데이터를 준용하며, 국내외 규제수준에 부합합니다

## 적용 범위 및 향후 일정

- 2029년 공시대상**이 **3,171개사**로 확대됩니다.
- Scope-3 (공급망리스크)에 대한 지속적인 관리가 필요합니다
- 니플러스, SAS 글로벌 및 한국평가데이터와 파트너십을 체결했으며(2025.05), 핵심기술 특허를 출원했습니다

46





부록 B. 기술 · 검증 구조

국내 규제 · 실무 · 재무영향, 세 가지를 모두 다룹니다.

| 비교 항목                                               | CRISKZ | 해외 상용<br>솔루션 | 일반 ESG 컨설팅 |
|-----------------------------------------------------|--------|--------------|------------|
| 전환 + 물리 통합 분석                                       | ●      | ●            | ○          |
| 재무영향 정량화 (EBITDA · PD · LGD · 주요재무비율 · 기업가치)        | ●      | ●            | ○          |
| 재계산 검증 (50개 산식, 투명성 · 재현성)                          | ●      | ○            | ○          |
| 국내 데이터 정합성 (기상청 · KoData · 공공정보 · 기타)               | ●      | ○            | ●          |
| 국내외 규제 대응 (KSSB · 금감원) & 연결기준 (종속회사, 자회사, 해외사업장 포함) | ●      | ○            | ●          |

● 대응 ● 부분 대응 ○ 미대응

Scope-3 공급망 산출

**CRISKZ**

(www.crisk.co.kr)

451,394개

기업 기본정보

기업명 · 등록번호 · 산업분류 · 주소

447,507개

재무데이터 보유기업

1,330,360건 · 2015~2026

495,740개

탄소배출량 보유기업

1,830,075건 · 2017~2025

230,000개

사업장정보 보유기업

380,000건 · 전국 단위

감사합니다.

규제는 이미 정해졌고, 회사는 준비돼 있으며,  
지금 가장 빠르게 실행할 수 있는 자리입니다.

K-기후리스크 AI 표준 플랫폼

플랫폼  
CRISKZ (www.crisk.co.kr)

**NIFLERS** Contact: 니플러스㈜, 박병호 대표  
니플러스 주식회사 010-9032-2308, bhpark@niflers.com

2026년 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 2차 자료집

## 발제2



# 독립 해저드로서의 태풍리스크 모델링과 기후공시 활용

명해나 수석연구위원((사)넥스트)





Find the Next

# 독립 해저드로서의 태풍리스크 모델 구축과 기후공시 활용

명 해 나 (사)넥스트 기후리스크팀장 · 한국에너지공과대학교 연구위원



## 목차

NEXTgroup

- 01 물리적 리스크의 개념 및 중요성
- 02 태풍리스크 모델의 필요성
- 03 KTC-CLIMADA 모형 구축
- 04 미래 리스크 산출 결과 및 향후 계획

Find the Next

PART 01

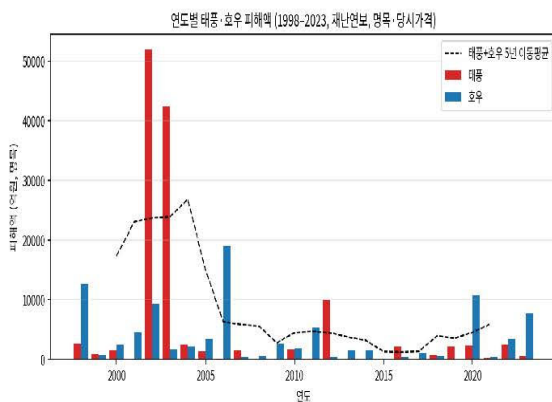
# 물리적 리스크의 개념 및 중요성



## 극한현상 및 경제적 피해

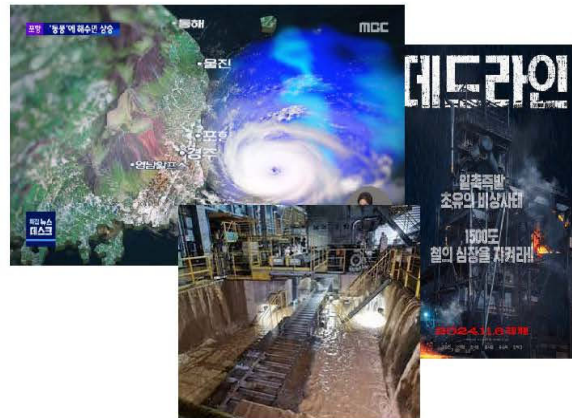


### 재해연보 피해액



- 태풍 루사(2002)와 매미(2003) 피해 각각 5.1조, 4.2조원
- 한남노 태풍 피해는 2천억원대로 실제보다 낮게 집계
- 최근 홍수 피해 증가 경향

### 2022년 한남노 태풍



- 2022년 9월 태풍 한남노로 포스코 인근 냉천이 범람, 18개 공장이 침수
- 포스코 피해 및 매출 감소 약 2조 400억 원, 협력사 피해 약 2,500억 원 등 총 피해 규모가 2조 원을 상회
- 49년 역사상 첫 가동 중단, 재가동하기까지 150일 소요
- 피해 경로는 강풍이 아니라 냉천 범람, 즉 강수

## 물리적 리스크의 개념 및 중요성

NEXTgroup

### 물리적 리스크란

기후변화로 인한 자연재해 및 극한현상으로 인해 사회(개인 및 기업 포함)가 물적 피해를 입게 되는 위험

급성(태풍, 홍수, 산불 등) vs. 만성(해수면상승, 기온 증가 등)

\*전환 리스크: 저탄소·친환경 경제로 전환하는 과정에서 정책, 법규, 기술, 시장 상황이 급격히 변화에 따라 발생하는 금융 및 경제적 손실 위험

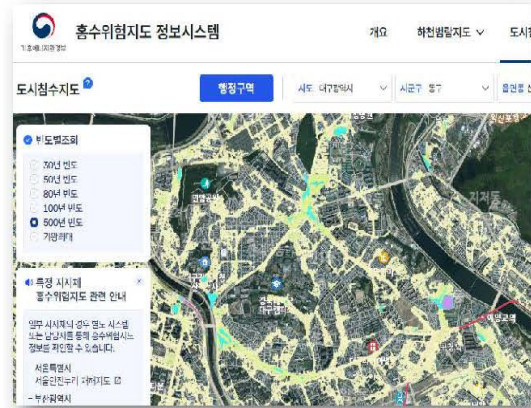
### 물리적 리스크 증가의 이유

- 기온증가 → 대기중 수증기 증가 → 폭우 강도 증가
- 열대·극지역 기온차 감소 → 중위도 대기 흐름 정체 → 폭염 한파 지속기간 증가

### 물리적 리스크 정량화의 중요성



위험지도는 상대적 위험 수준만 제시함



- 금융: 보험료·충당금·스트레스테스트 근거 제공
- 정책: 재난 예산·적응정책 기초자료
- 산업: KSSB\* 등 기후공시 수치 보고 대응

해외 모델: 풍속 기반 피해함수 → 국내 강수 피해 과소추정 우려

\*국내 기후공시 의무화 단계 적용 예정(금융위 로드맵안, 2028년 사업연도 1차 대상부터)

Find the Next

## PART 02

# 태풍리스크 모델의 필요성

NEXTgroup

## 홍수 vs. 태풍 리스크 모델링

NEXTgroup

## 태풍 피해 규모

- 국내 자연재해 중 단일 사건 기준 경제적 손실 1~2위
- 사회·경제 시스템에 가하는 충격이 단시간에 집중되는 복합 재난
- 미래 위험도 증가: 강한 태풍 증가 및 발생 위치 북상 경향

## 홍수 모델링의 한계

- **현행 많은 홍수리스크 모델이 태풍을 홍수 이벤트로 가정**
- 풍해·해일 피해 구조적 과소추정
- 태풍 구현은 고해상도 지역기후모델로 가능→일반적 기후변화 시나리오 활용 시 **미래 태풍 변화에 대한 별도 고려 필요**

## 태풍리스크 ≠ 홍수리스크

| 구분         | 홍수리스크      | 태풍리스크                                                                    |
|------------|------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 주요 위험인자    | 강수·침수심     | 강풍·해일·강수 복합                                                              |
| 피해함수       | 침수심 단일 변수  | 다중 변수 필요                                                                 |
| 기후 시나리오 적용 | 평균 강수량 변화율 | 빈도·강도·경로·속도 별도 분석                                                        |
| 방법론        | 수문모델 중심    | GCM + 역학적 상세화(Dynamical Downscaling)<br>+ 합성경로(Synthetic Track) 전용 파이프라인 |

## 시사점

태풍은 홍수의 '강한 사례'가 아니라 **별도 해저드** → 독립 모델링 필요

7

## 해외 표준 모델과 KTC-CLIMADA 비교

NEXTgroup

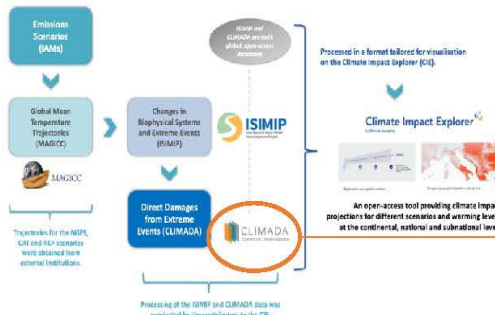
CLIMADA(ETH Zurich 개발 **오픈소스** 재해 리스크 정량화 모델, NGFS·UNEP·Swiss Re 등 사용)

- 글로벌 표준 도구이나, 기본 설정은 **바람 기반**이라 국내 강수 지배형 피해를 반영하지 못함
- 한국형 CLIMADA 태풍 모형 개발(**KTC-CLIMADA**: Korean Tropical Cyclone model based on CLIMADA)



녹색금융협의체  
(Network Greening  
the Financial System)

## NGFS 기후리스크 산출 방법론



| 구분         | NGFS CLIMADA(기준모형) | KTC-CLIMADA    |
|------------|--------------------|----------------|
| 해저드 변수     | 최대풍속               | 태풍 강우 6시간 최대   |
| 피해함수(IF)   | 복서태평양 단일(WP4)      | 시도별 보정         |
| 노출도        | LitPop(야간광도+인구수)   | GRDP 기반        |
| 검증         | 국내 최적화 없음          | 재해연보 1998-2023 |
| 시군구 AAL 상환 | -0.08              | <b>0.73</b>    |

CLIMADA 모델의 한국화

8

Find the Next

PART 03

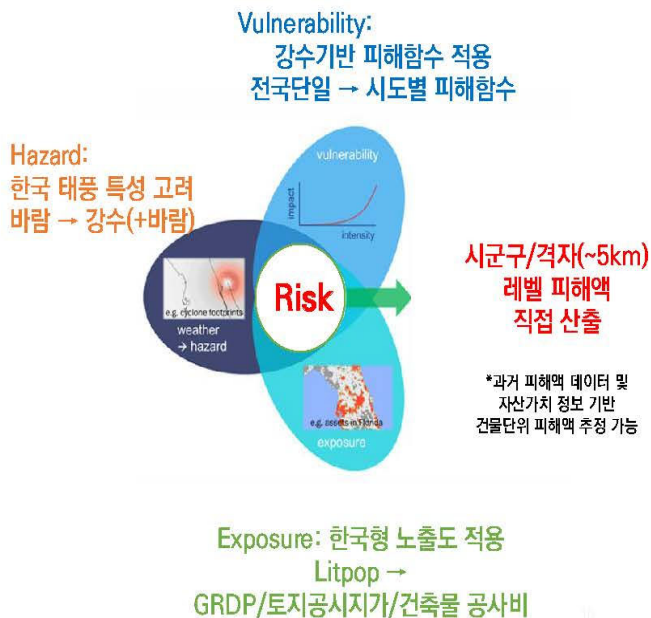
# KTC-CLIMADA 모형 구축



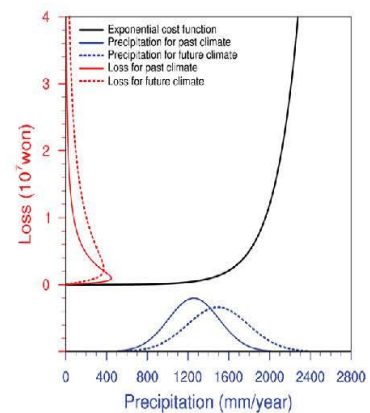
## 물리적 리스크 추정 방법론



### 방법론 및 한국 특화 방안



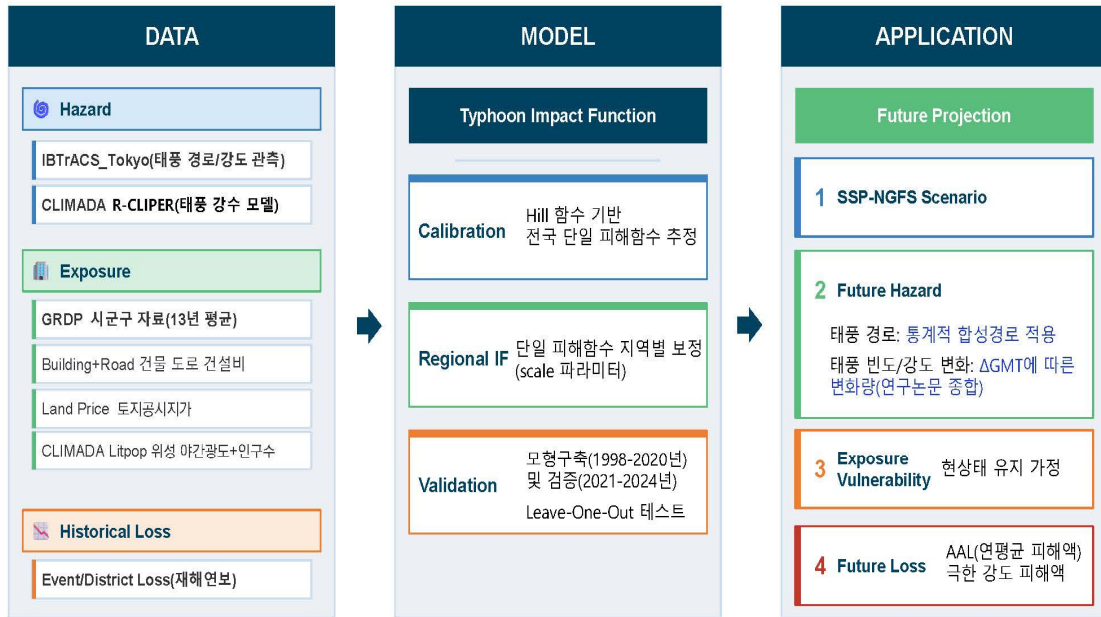
$$\text{기후리스크} = \text{취약성(해저드)} \times \text{노출도} = \text{비용함수(해저드)}$$



출처: Choi et al. (2024)



## KTC-CLIMADA 추정 방법론(요약)



공간해상도: 150 Arcsec(약 5km)

KTC-CLIMADA: Korean Tropical Cyclone model based on CLIMADA

11

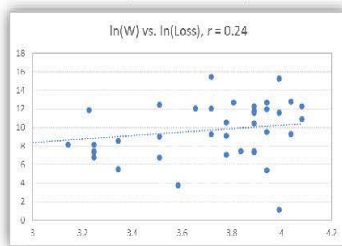
NEXTgroup

## 위험도(Hazard) 개선

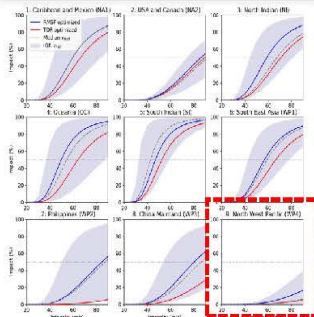
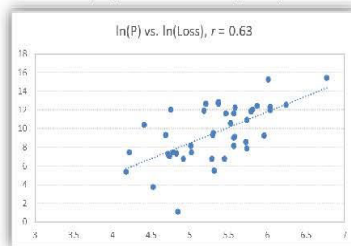
NEXTgroup

### 태풍별 관측 피해액 상관관계

태풍별 최대 풍속  
(재해연보 기준 최대)



태풍별 1일 강수  
(태풍기간 59개 ASOS 중 최대)



### 최적 지수/모델 선정

| 항목     | 후보                  | 선정 기준     | 채택                          |
|--------|---------------------|-----------|-----------------------------|
| 피해 지표  | 최대풍속 / 일강수          | 관측 피해액 상관 | 강수 ( $r = 0.63$ vs $0.24$ ) |
| 강수모델   | R-CLIPER / TCR      | 재원상-계산비용  | R-CLIPER                    |
| 시간 해상도 | 6h / 12h / 24h / 누적 | IF 적합도    | 6시간 최대(6hmax)               |

12

## 노출도 개선

NEXTgroup

### 노출도 구성 요소: 총액 & 분포

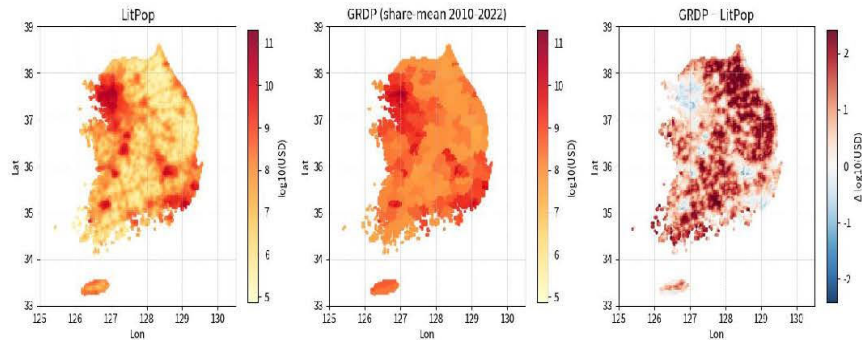
#### 노출도 총액(노출 자산 가치)

- 대한민국 2020년 생산자본(PC) 사용
- 재해연보 피해액과 연관이 가장 높은 변수 채택

#### 노출 자산 분포

- 2010~2022년(13년) 연도별 정규화 GRDP 비중의 평균 분포 적용
  - 연간 GRDP 변동 영향 제거
  - PC 공간분포 GRDP 공간분포와 비례 가정

| 데이터               | 약어     | 활용 목적                       |
|-------------------|--------|-----------------------------|
| 야간광도+인구수(CLIMADA) | LitPop | 전세계 경제 규모를 야간광도와 인구수로 추정    |
| 지역총생산             | GRDP   | 13년 평균 GRDP 경제규모 기반 자산가치 추정 |



야간광도(LitPop)는 도시에 자산이 집중 측정되어 농촌·산간 자산을 구조적으로 과소평가 → GRDP로 개선

13

## 취약성(Vulnerability) 개선

NEXTgroup

$$MDR(R) = 0, R \leq I_{thresh}$$

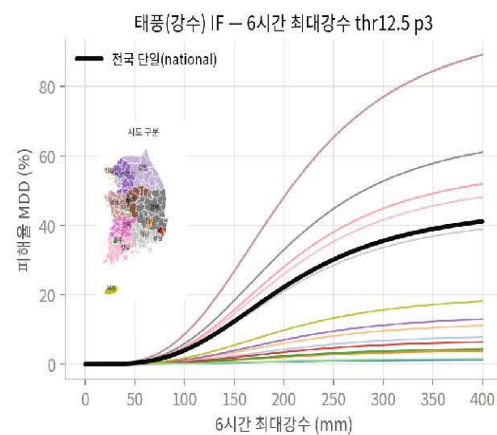
$$MDR(R) = Scale \times \frac{(R - I_{thresh})^p}{(R - I_{thresh})^p + (I_{half} - I_{thresh})^p}, R > I_{thresh}$$

MDR(평균피해율): 자산가치 대비 피해 비율  
AAL(연평균기대손실) · RP100(100년 재현빈도 손실)

#### 피해액 데이터 출처

##### R-Cliper 태풍 강우 6hmax

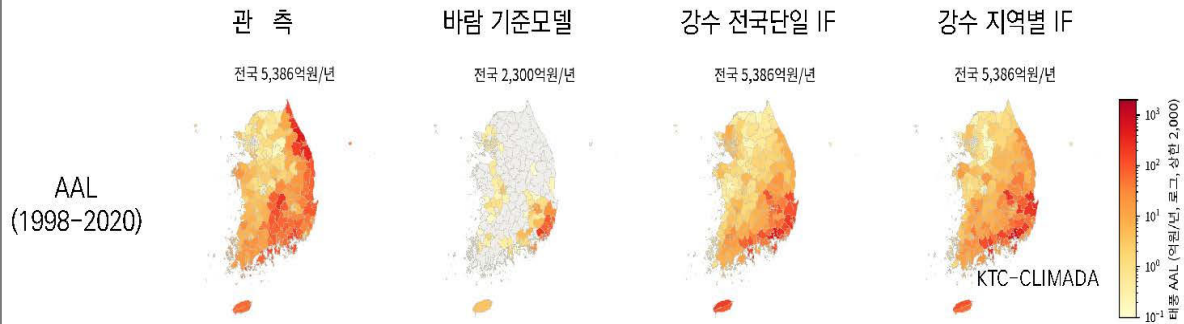
- $I_{thresh}$ =12.5mm
- $I_{half}$ =205mm
- $p$ =3
- Scale: 0.46(National)



14

## 단계별 모의실험 성능 비교

NEXTgroup



해의 표준인 바람 기준모델은 시군구 피해 분포를 설명하지 못함(상관 -0.08) → 강수 기반·시도별 IF 적용 시 0.73로 개선

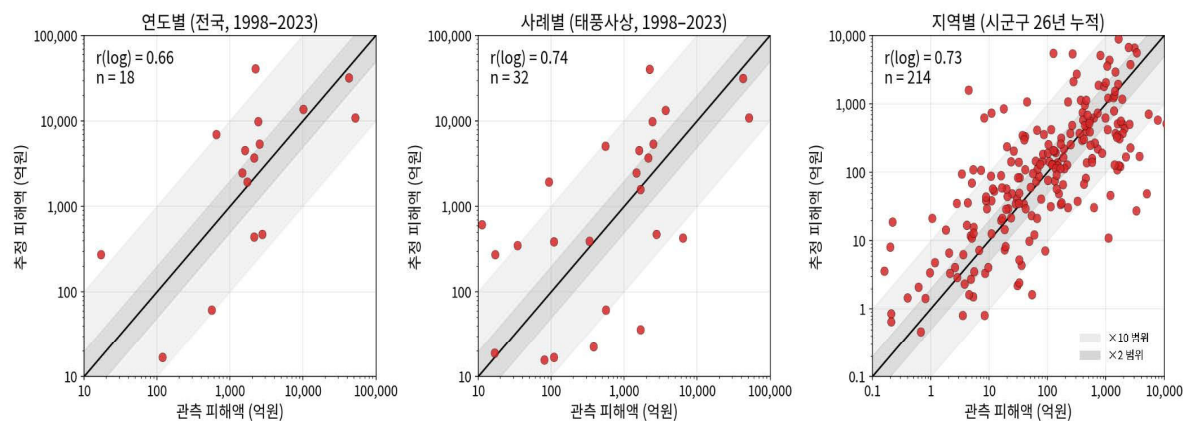
| 모형                   | 피해함수 (IF)     | 노출도     | 개선의의                  |
|----------------------|---------------|---------|-----------------------|
| 기준모형 (Baseline)      | 풍속 기반, WP4 단일 | LitPop  | 글로벌 표준, 한국 미최적화       |
| 전국 단일 모형             | 강수 기반, 전국 단일  | GRDP_BR | 강수 피해 특성 및 한국형 노출도 반영 |
| KTC-CLIMADA (지역별 IF) | 강수 기반, 시도별    | GRDP_BR | + 시도별 피해 특성 차이 반영     |

| 피해액 상관지수             | 태풍사례별 | 연도별  | 시군구 AAL |
|----------------------|-------|------|---------|
| 기준모형 (Baseline)      | 0.45  | 0.15 | -0.08   |
| 전국 단일 모형             | 0.71  | 0.62 | 0.40    |
| KTC-CLIMADA (지역별 IF) | 0.74  | 0.65 | 0.73    |

15

## 피해함수(IF) 보정 및 검증

## 최종 태풍 피해함수 피팅 검증 — 관측 vs 추정

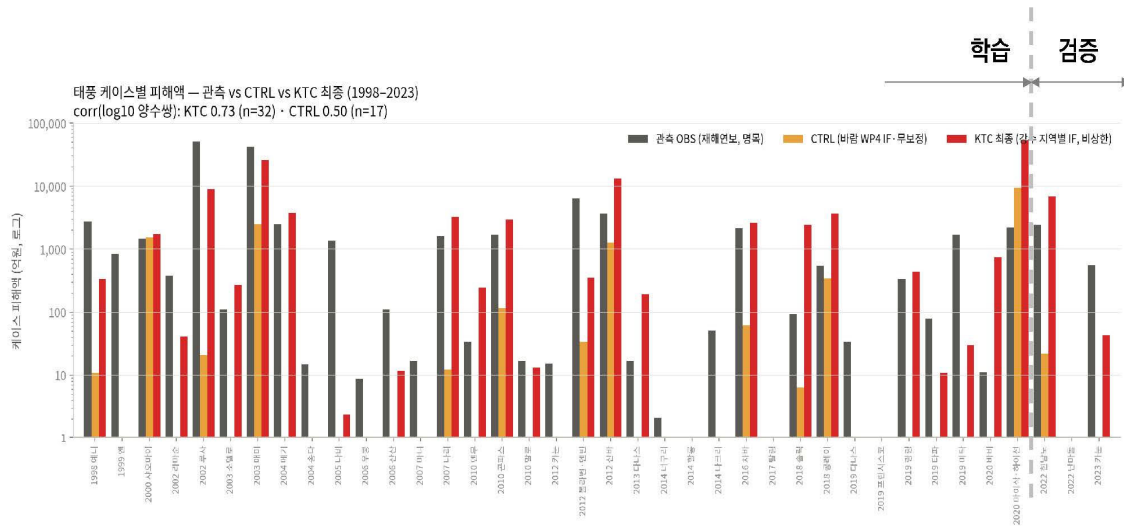


16

NEXTgroup



## 태풍 사례별 검증 및 외삽



기존 방식(CTRL) 0.45 → KTC-CLIMADA 0.74, 학습 구간 외 태풍에서도 재현(한남노, 카눈 등)

17

NEXTgroup

Find the Next

### PART 04

## 미래 리스크 산출 결과 및 향후 계획

NEXT  
group

## 미래 태풍리스크 산출 방법론

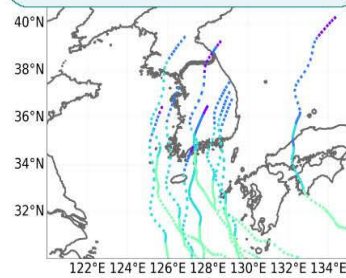
NEXTgroup

최종 산출 = ① 트랙 중대(확률론적 보수성) + ② 빈도(강도별) 및 강수 변화(시나리오 반영) → 미래 리스크

### ① 통계적 트랙 중대 (과거)

과거 장기 태풍 트랙을 통계·물리적 방법으로 중대 유사 트랙 추가로 단일관측 편향 제거

예시: 50년 과거 트랙 1개 → 유사 트랙 9개 추가  
• 원 트랙 발생확률: 1개 / 50년  
• 중대 후 개별 확률: 1/500년 (기존의 1/10)  
→ 경로 불확실성 고려



### ② 기후변화 시나리오 적용 (미래)

#### 미래 기후경로 시나리오

전구평균기온(GMT) 기반으로 정규화 적용

예시: 강도 4 태풍 빈도 +5% (RCP4.5, 2100년)  
• 2050년 예측 시: GMT 비례 적용  
• 2050년 기온변화 = 2100년의 절반 가정  
→ 조정계수 =  $5\% \times 1/2 = 2.5\%$  적용

#### 미래 태풍 위험 시나리오

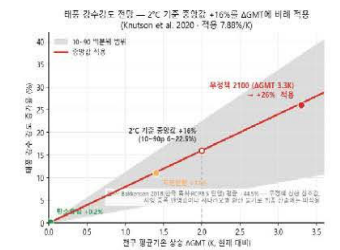
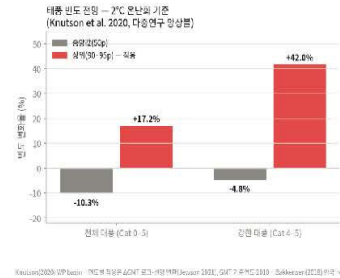
GMT 변화에 따라 태풍 빈도 및 강수 강도 적용

T\_S1: 빈도 50p X 강수강도 고려 안함

T\_S2: 빈도 50p X 강수강도 50p

T\_S3: 빈도 90p X 강수강도 50p

+ 최적 IF 함수 3종

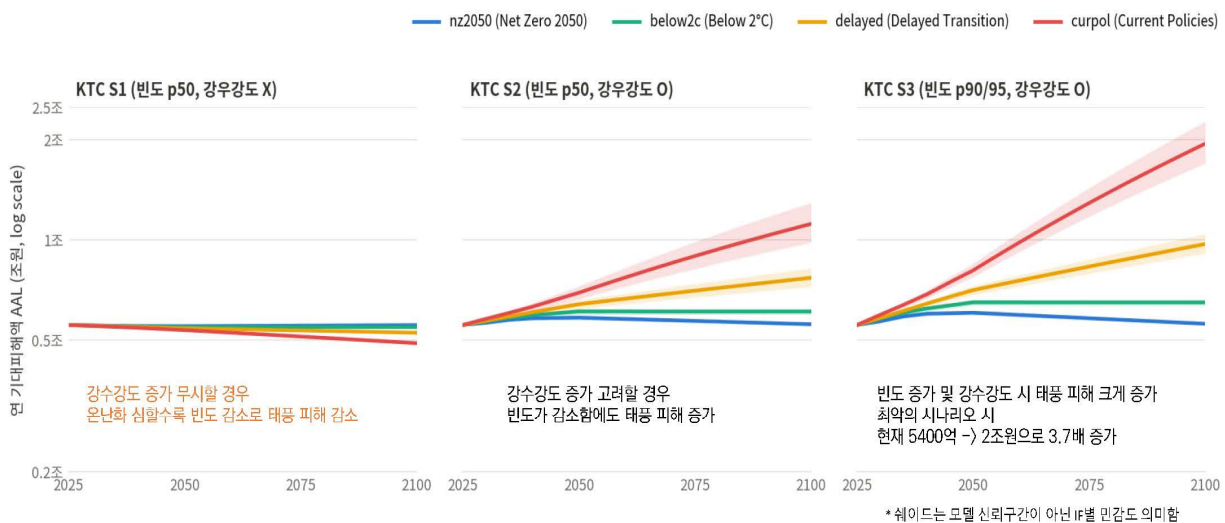


CLIMADA 초기버전 태풍 빈도 & 강도 변화 중복적용 이슈 해결

19

## 미래 태풍 피해액 전망(시계열)

NEXTgroup

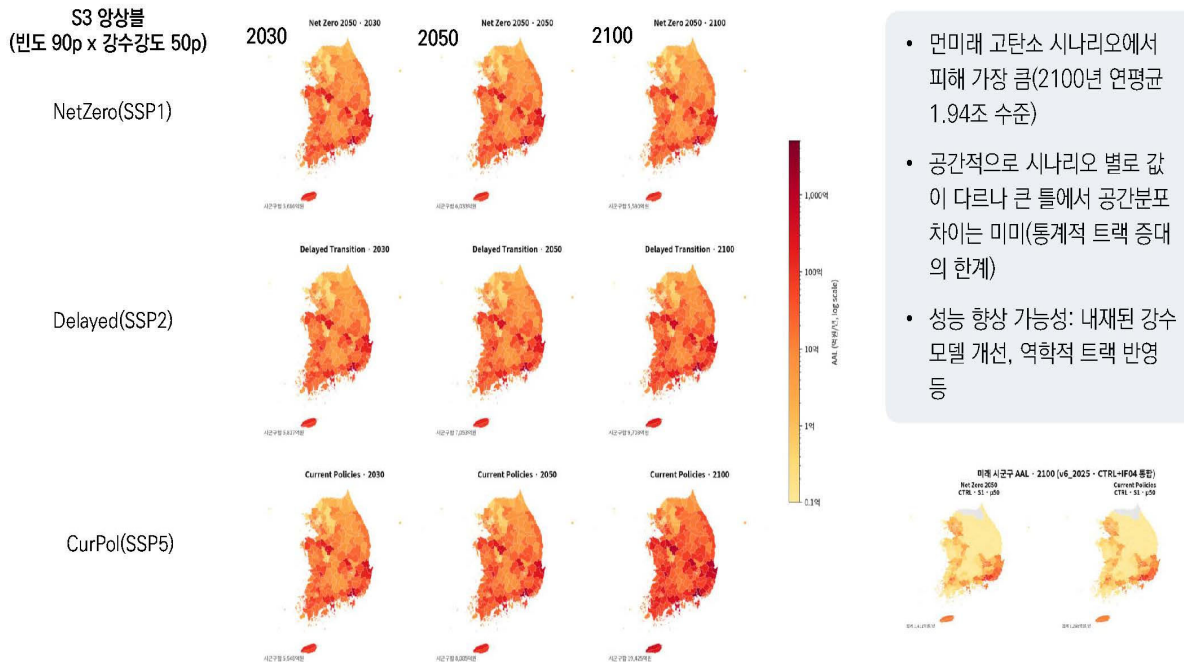


강수 증가 반영 시 기후변화의 영향 뚜렷

20

## 미래 태풍 피해액 전망(공간분포)

NEXTgroup



21

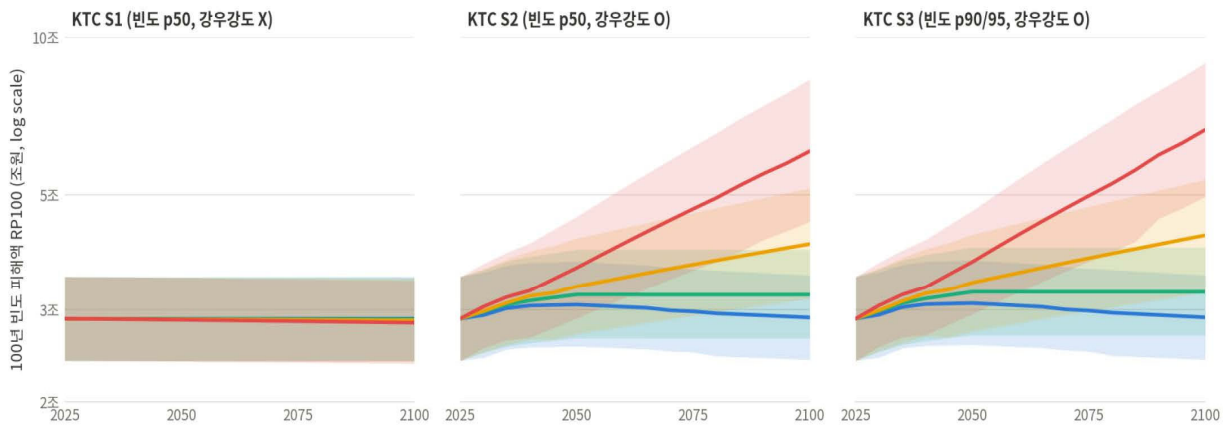
## 극한빈도 태풍 피해 전망

NEXTgroup

### 전국 태풍 100년 빈도(RP100) 피해액 전망 — KTC S1-S3

KTC = 태풍 강우 최종 IF 3종(r1·r3·r7, 시도 scale+adj\_coef 정편) 앙상블 — 실선 mean, 음영 영역 min-max · RP100 = 연최대 parametric fit  
단위 조원(nominal, 1300 KRW/USD) · 2025-2100 5년 단위 · y축 log, 3패널 공통 2-10조 · empirical은 전 구간 tail\_thin 플레그로 제외

— nz2050 (Net Zero 2050)    — below2c (Below 2°C)    — delayed (Delayed Transition)    — curpol (Current Policies)



\* 웨이드는 모델 신뢰구간이 아닌 IF별 민감도 의미함

22

## 맺음말

NEXTgroup 

## 연구 성과

- 국제 표준(CLIMADA)에 정합한 한국형 태풍리스크 모형(KTC-CLIMADA) 구축
  - 한국 피해 특성 반영: 바람 기반 → 강수 기반 피해함수 전환(시군구 피해액 상관 -0.08 → 0.73)
  - 한국형 노출도(GRDP+건축물·도로 공사비) 및 시도별 취약성 함수 적용
  - 동일 프레임으로 아시아 확장 가능(바람 기반 글로벌 태풍 리스크 모형의 한계 극복)

## 주요 결과

- 검증: 관측 피해액과 상관 0.65~0.74(연도별·태풍별·지역별)
- 전망: 무정책(SSP5-8.5) 기준 2100년 연평균 1.94조 원 - 현재(5,400억 원) 대비 약 3.7배
- 증가 요인: 태풍 빈도는 평균적으로 감소하나 태풍당 강수 증가가 빈도 감소를 상쇄·초과

## 향후 확장 계획 - 기업 기후공시 대응력 강화

- 기업 보유 피해 데이터 기반 맞춤 산출 - 사업장 좌표·자산가치·피해 이력 확보 시
- 침수심 데이터 결합(예, 홍수위험지도) - 사업장 단위 정밀도 향상
- 아시아 지역 확장 - 동일 프레임 적용 가능(국가별 태풍 피해액 데이터 부족으로 신뢰도 제한적임)
- 강수+바람 인자 통합 - 두 인자의 영향을 함께 확인

23

Find the Next

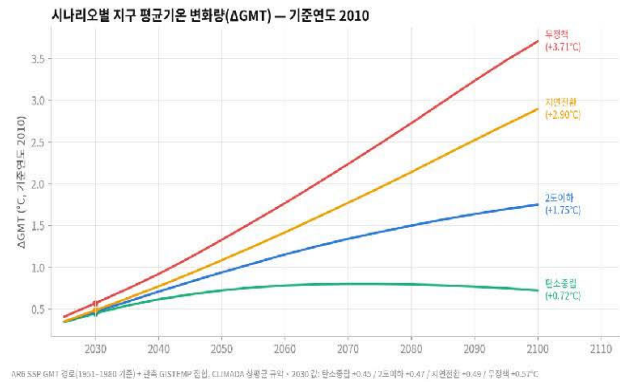
감사합니다

NEXT  
group 

## 미래 기후변화 시나리오 설정

NEXTgroup

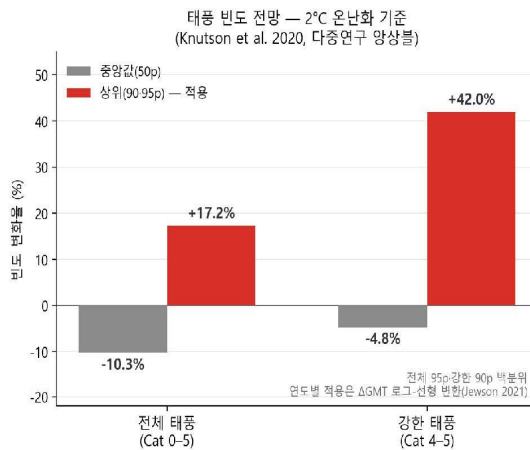
| NGFS               | SSP      | 국문    |
|--------------------|----------|-------|
| Net Zero 2050      | SSP1-2.6 | 탄소중립  |
| Below 2° C         | SSP2-4.5 | 2도 이하 |
| Delayed Transition | SSP3-7.0 | 지연전환  |
| Current Policies   | SSP5-8.5 | 무정책   |



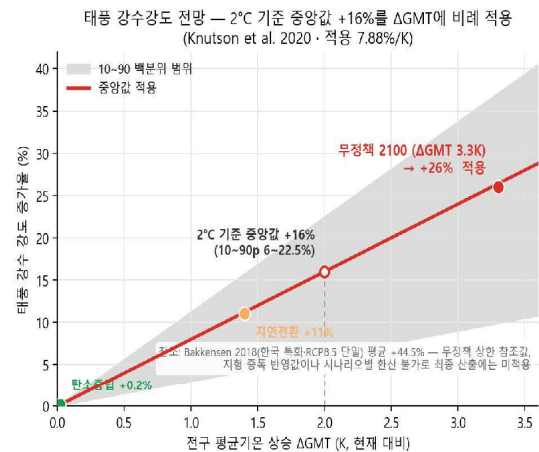
25

## 미래 태풍 해저드 전망

NGFS 방법론 기반 — 태풍 빈도-강수강도 변화율(문헌 양상, 2°C 기준)을 ΔGMT에 비례해 적용



빈도 감소 주요 원인: 대기안정도 증가 + 중층 건조화 + 대기대순환 약화



강수 강화 주요 원인: 대기중 수증기량 증가

26

NEXTgroup



2026년 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 2차 자료집

## 발제3



# 기후변화를 고려한 홍수리스크 평가

김광천 차장(한국수자원공사)



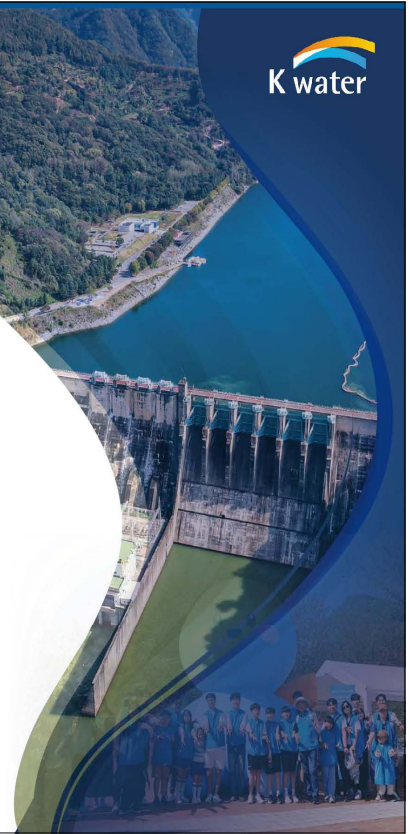


2026 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 (2차)

# 기후변화를 고려한 홍수 리스크 평가

2026. 9. 17.

K-water 수자원기획처 김 광 천 차장  
(kckim@kwater.or.kr)



## Contents

- 1 | K-water 소개
- 2 | 기후변화와 홍수 리스크
- 3 | 기후변화를 고려한 홍수 리스크 평가 기법
- 4 | 향후 추진 계획



## 01



## K-water 소개

## 1-1. K-water의 역사

01. K-water 소개

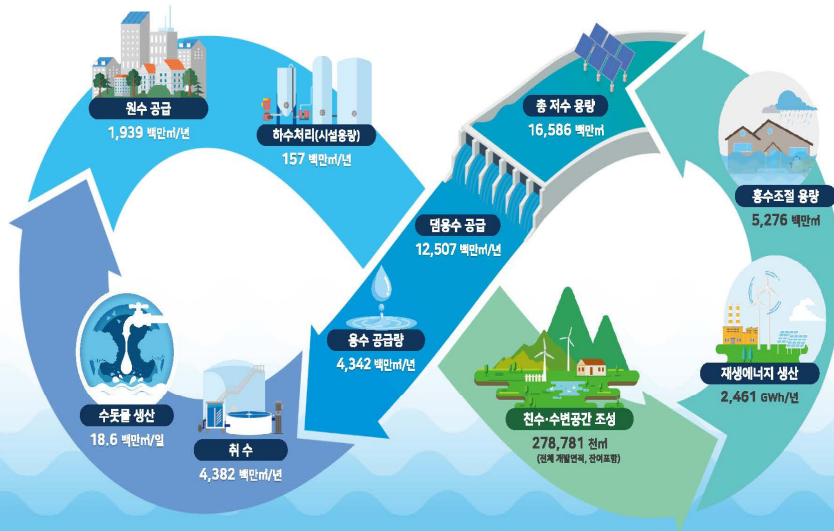
K-water는 대규모 프로젝트 수행·관리 역량을 바탕으로  
물 순환 전반의 사업영역을 보유한 '물 종합 서비스 기업'으로 성장



## 1-2. K-water 주요 사업

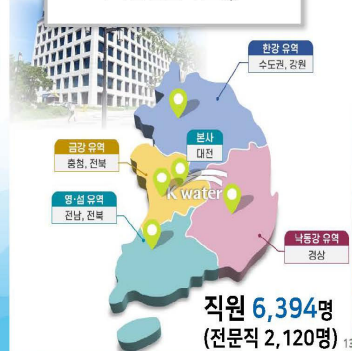
01. K-water 소개

**국내 1위** 물(홍수조절 94%, 용수공급 61%, 수도시설유량 51%, 재미용 37%), **재생에너지(5.8%), 스마트시티**



## K-water

- ◉ 댐 이용 홍수조절
- ◉ 생활·공업·농업용수 확보
- ◉ 안정적 수돗물 공급
- ◉ 재생에너지 생산
- ◉ 국가산업단지 조성



## 1-3. 수자원 사업

01. K-water 소개

홍수, 가뭄피해 대응을 위한 **전국 17,343개 댐 및 저수지**  
 K-water는 **57개** 수자원시설(0.3%) 운영을 통해 국내 전체 **용수공급의 61%, 홍수조절의 94%** 담당





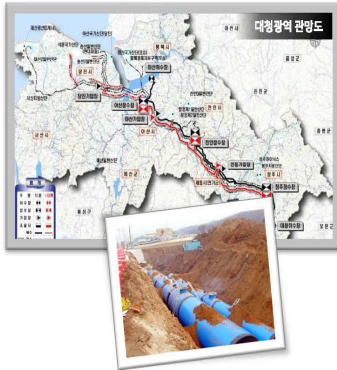
## 1-4. 수도 사업

01. K-water 소개

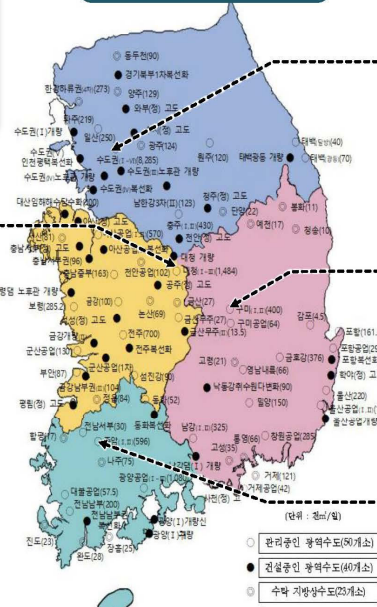
국가 전체 **수도시설의 51%**(1,942만톤/일)를 담당하며, 취수부터 수돗물 공급까지 프로세스 고도화 추진

- 50개 광역상수도-공업용수도
- 23개 지방상수도 운영효율화
- 116개 현대화사업 수탁

전국 수도관로 35,000km



전국 수도시설 위치도



팔당취수장



성남정수장



해평취수장



구미정수장



주암취수장



화순정수장

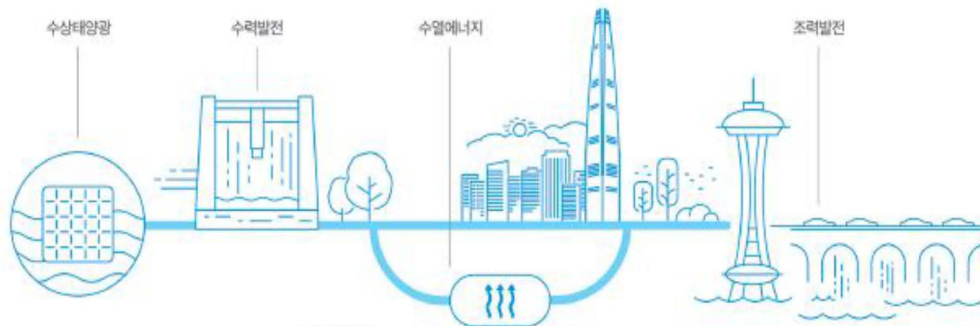


- 관리중인 광역수도(50개소)
- 건설중인 광역수도(40개소)
- 수탁 지방상수도(23개소)

## 1-5. 물에너지 사업

01. K-water 소개

국내 1위 재생에너지 사업자로 1,431MW 시설 관리(약 70만 가구가 1년 사용 가능한 전력량)



수상태양광



수력발전



시화조력



- 64개 수력발전소
- 1개 조력발전소
- 43개 태양광발전소(육상 37, 수상 6)
- 3개 풍력발전소

## 1-6. 물 특화도시 사업

01. K-water 소개

### 미래지향적 첨단 산업단지, 친환경 물 특화도시 및 혁신기술 기반 스마트도시 조성



## 1-7. 해외 사업

01. K-water 소개

### 물-에너지-도시를 아우르는 역량과 글로벌 네트워크 기반 해외사업 개척 및 디지털 물관리 기술 수출





## 02



# 기후변화와 홍수 리스크

## 2-1. 기후변화 현실화로 글로벌 물 위기 확산

## 02. 기후변화와 홍수 리스크

2024년 기후재앙의 마지노선(1.5°C 상승) 돌파, UNEP는 NDC 달성시에도 2.3~2.5°C 상승 전망  
지구 온난화·열대화 → 물순환 변동 (① 증발산량 증가 → 가뭄 확산, ② 대기 중 수증기 증가 → 홍수 증대)



## 2-2. 기후변화와 우리나라 자연재해 현황

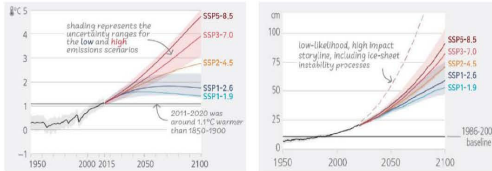
## 02. 기후변화와 홍수 리스크

기후변화에 따른 위기가 심화되고 있으며, 자연 재해 주요 원인은 **호우 피해**

< 지구온도, 해수면 상승 등 기후위기 심화, 자연 재해 중 홍수(호우, 태풍)피해가 지난 10년 평균 88% 차지>

## 기후변화 현황

기후위기 심화, 인간과 자연에 광범위한 손실과 피해 야기

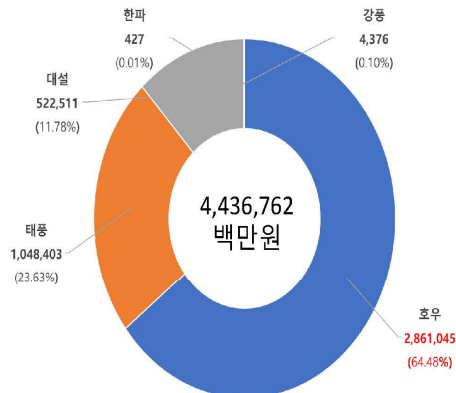


|                   |                                                                                                                         |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>지구온도</b><br>상승 | 지속되는 온실가스 배출로 인해 온난화가 심화<br>대부분의 시나리오는 가까운 미래(21~40년)에<br>1850~1900년 대비 지구온도가 1.5℃ 상승 예상                                |
| <b>해수면</b><br>상승  | 온난화로 인해 지구 해수면 상승속도가 점차 가속화*<br>우리나라 해수면은 2100년까지 최대 82cm 상승 예상<br>* 평균해수면상승속도(mm/년): (1901~71) 1.3~(2006~18) 3.7(2.8배) |
| <b>기후위기</b><br>심화 | 인간이 초래한 기후변화 악영향은 계속해서 심화,<br>인간 및 자연시스템에 광범위한 영향과 손실·피해 야기                                                             |

[출처] IPCC AR6 종합보고서(기상청, 2023년)

## 자연재해 피해 현황

지난 10년 자연재해 원인별 피해 중, 호우-태풍 피해가 지배적



[출처] 재해연보(행정안전부, 2015~2024년)

## 2-3. 기업이 직면한 기후 리스크

## 02. 기후변화와 홍수 리스크

기후 리스크는 단순한 문제가 아니라 신용 · 시장 · 운영 리스크 등  
전통적 금융 리스크에 직결되는 핵심 관리요인으로 부각

“기후 리스크를 신용, 운영리스크와 같은 금융 리스크에 포함 필요” Green Swan, BIS(국제결제은행) 발간

## 기후변화 리스크 심화

## 기업 투자자 직접적 영향 확대

‘26.8월 거제 역대급 호우기록  
(654mm/일, 8.17일)  
(950mm/일, 8.15~17일)



21세기 후반, 홍수량  
최대 50% 증가 전망



‘22년 POSCO 1조 3,400억원  
‘21년 中 허난성·산시성 43조원 손실



홍수 리스크에 대하여  
기업 재무영향을 고려한 분석·관리 필요





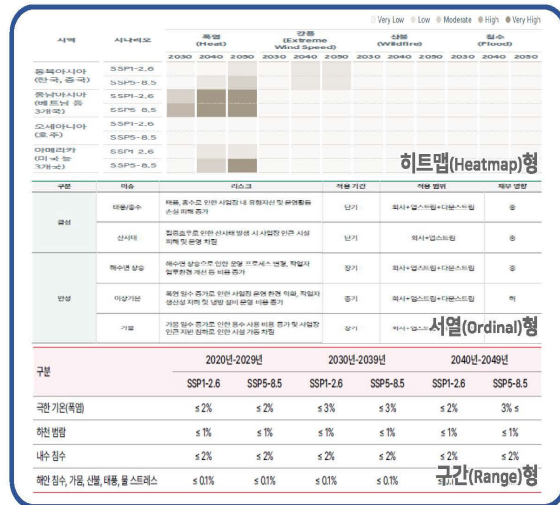
## 2-4. 기후 리스크 평가 국내 여건

## 02. 기후변화와 홍수 리스크

대부분 해외 전문기관을 통해 통계기반의 저해상도(25km×25km) 평가기법 적용 중,  
사업장에 대한 정밀한 분석 결과 확인 및 세부적인 리스크 대응 방안 수립 어려움

## 물리적 리스크 분석 결과

## 재무영향 분석 결과



## 2-5. 기후 리스크 평가 국내 여건

## 02. 기후변화와 홍수 리스크

사업장 내 실제 피해예상 구역 파악이 어려워,  
사업장 전체에 대한 포괄적이고 정성적인 대응 방안 수립 중

## 대응방안 수립

## 시사점

| 목우/습수                                                                                               | 강종 - 태생지(하천/사계곡)분류/계곡/조수 등                                                          | 구분                                                                                                   | 한재노력                                                                                | 해상노력 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|
|                  |  | <b>강성</b><br>- 위가노력 TF 운영 및 제재 복구(DR) 시스템 전환 완료 실시<br>- 가파 사나노력 분기 가자 제재노력 노도 평가 및 위가 지노력 포트폴리오노력 평가 | - 사나노력 기반 후지 제재노력 수질 및 물리적 위험 관리 강화                                                 |      |
| <b>한재노력</b><br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력 | <b>한재노력</b><br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력 | <b>한성</b><br>- 가파 사나노력 분기 가자 제재노력 노도 평가 및 위가 지노력 포트폴리오노력 평가                                          | - 포트폴리오노력 사계곡 사계곡 제재노력 물리적 위험 관리 제재노력                                               |      |
| <b>한재노력</b><br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 강성지 사계곡 사계곡 제재노력 | <b>한재노력</b><br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력 | <b>한성</b><br>- 가파 사나노력 분기 가자 제재노력 노도 평가 및 위가 지노력 포트폴리오노력 평가                                          | <b>한재노력</b><br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력<br>- 사계곡 사계곡 제재노력 |      |

- 정량적인 피해규모 파악
  - 광범위한 분석 범위로 인해 실제 피해발생 여부 및 피해규모 파악 어려움
  - 비공간적 데이터 포괄로 인한 시각적인 체감도 부족으로 위험도 파악 어려움
- 재무 영향 정확도 및 신뢰도
  - 사업장 내 세부 공정 및 설비 단위의 정밀한 재무영향 분석이 어려움
  - 재무손실 추산에 산정 절차가 포괄적이라 정확도 및 신뢰도가 낮음
- 사업장별 맞춤형 대책 수립
  - 사업장 전체에 대한 정상적인 대책 외에 정량적이고 세부적인 대책 수립 불가

## 2-6. 기후 리스크 평가 국내 여건

## 02. 기후변화와 홍수 리스크

정부에서 제공 중인 홍수위험 정보는 기후변화 시나리오 및 복합분석 결과 미반영,  
일부 기업에서는 해외 전문기관의 위험등급 정보 활용

## 국내외 자료기반의 기후리스크(홍수)

## 실효적인 기후리스크(홍수) 평가 체계

## 국내

과거 기후사상 기반 범람해석을 통해 하천범람·도시침수지도 각각 제공  
기후변화 시나리오 적용한 하천/도시 침수영향 복합분석 결과 미제공

## 하천범람지도



## 도시침수지도



## 해외

기후변화 시나리오 분석, 현재 대비 미래 홍수위험등급 정보만 제공  
도시 침수해석 미실시, 하천범람 영향에 대한 단순 결과 제공

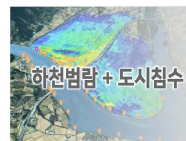
| 주요 사업장 | 위치       | 발생시점 | 공정    |       |      |       |
|--------|----------|------|-------|-------|------|-------|
|        |          |      | 하천 홍수 | 해안 홍수 | 대중   | 하천 범람 |
| 각종현    | 대한민국, 충청 | 단기   | 0.30  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
|        |          | 중기   | 0.50  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
|        |          | 장기   | 0.70  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
| 각 세종   | 대한민국, 세종 | 단기   | 0.30  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
|        |          | 중기   | 0.40  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
|        |          | 장기   | 0.60  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
| 1704   | 대한민국, 양남 | 단기   | 0.30  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
|        |          | 중기   | 0.40  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |
|        |          | 장기   | 0.60  | 0.00  | 0.00 | 0.00  |

[출처] NAVER TCFD보고서 (S&P Trucost 활용, 2024)

미래 기후변화  
시나리오 반영

## 최신 기후변화 시나리오 기반

## 확률강우량 자료 구축

내·외수침수를 고려한  
복합 범람영향 해석지형, 건축물 정보 구축 및  
DT기반 범람영향 시각화 등

## 03



## 기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 3-1. ESG 기후공시 대응 기후 리스크 평가 협력

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 공공 - 민간 기술협력 기반의 기후 리스크 분석 사업 추진

NAVER 주요사업장에 대한 기후변화 리스크 첫 평가를 시행 ('25.10 ~ '26.6월)

공공·민간기업 협력 MOU('25.4)

초격차 기술 기반의 수자원 운영·관리 역량 보유



NAVER 공간 정보 및 IT 인프라 보유

- 기후변화 시나리오 기반 홍수위험도 분석
- 분석 결과 디지털 트윈 활용 시각화

- 3D객체(공간정보) 및 IT인프라 제공
- ESG공시, 기술 홍보 및 서비스 지원 등



※ K-water의 물관리 DT 플랫폼이란? 수재해 예방 및 물관리 의사결정 체계 고도화 도구  
세계 최초 디지털트윈 물관리 플랫폼 개발 (全國토 구축 完), '사우디아라비아 DT플랫폼 구축 사업' 네이버와 공동 참여('23.11~)

## 3-2. 기후 리스크 평가절차

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법





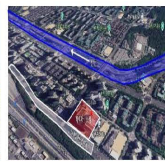
## 3-3. 대상지 선정 및 기초자료 수집

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 1. 대상지 선정

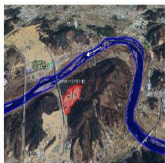
- ☑ 입지와 유역특성이 각기 다른 NAVER 사업장 3개소(본사, 데이터센터 2) 선정

본사 (NAVER1784)



경기 성남시(탄천)  
설계빈도 :  
(내수) 30~50년  
(하천) 100년  
지장물이 많은 도심지

데이터센터 (각세종)

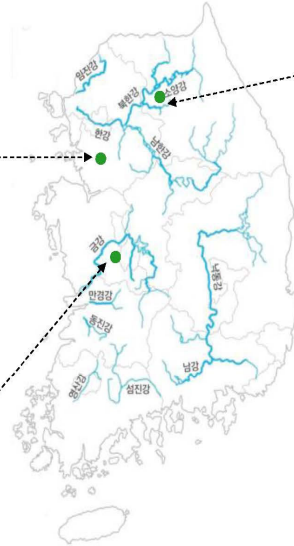


세종시(금강)  
설계빈도 :  
(내수) 30년  
(하천) 100년  
지장물이 적은 고지대

데이터센터 (각춘천)



강원 춘천시(소양강)  
설계빈도 :  
(내수) 30년  
(하천) 200년  
지장물이 적은 고지대



## 3-4. 대상지 선정 및 기초자료 수집

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 2. 기초자료 수집 및 현장조사

- ☑ 사업장 소재 관련 지자체, 정부기관 등 협력을 통한 분석 자료 수집

## ① 기상 및 수문자료

■ 관측강우, 하천수위, 하천유량, 관망수위 등

## ② 지형자료

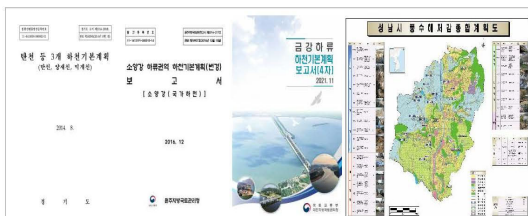
■ 유역도, 토지피복도, DEM, 하천네트워크 등

## ③ 하천범람(외수)

■ 하천정비기본계획, 하천단면, 조도계수 등

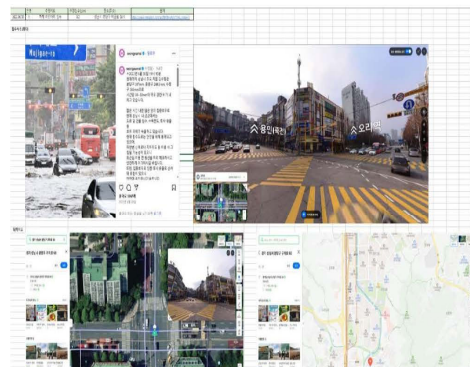
## ④ 도시침수(내수)

■ 하수관망도, 건물위치도, 펌프장, 침수흔적도 등



- ☑ 과거 침수사례

| 날짜         | 연번 | 추정지표         | 추정침수심(m) |
|------------|----|--------------|----------|
| 2022.08.08 | 1  | 차체 하단까지 침수   | 0.2      |
| 2019.09.10 | 2  | 차체 하단까지 침수   | 0.2      |
| 2022.08.09 | 3  | 차량 바퀴 완전 침수  | 0.66     |
| 2022.06.30 | 4  | 차량 바퀴 50% 침수 | 0.36     |
| 2023.11.06 | 5  | 도로 연석 침수     | 0.2~0.3  |
| 2022.06.30 | 6  | 차체 하단까지 침수   | 0.2      |



## 3-5. 홍수 시나리오 설정 및 확률 강우량·홍수량 산정

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 3. 분석 시나리오 설정

## ☑ 기후변화 고려 조건

- AR6-SSP, CORDEX-EA RCMs(표준시나리오), 미래기간

## ☑ 하천범람 및 도시침수 고려 조건

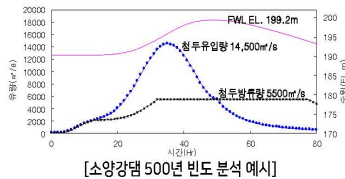
- 강우지속시간, 확률분포형, 확률빈도, 시간분포

| 구분         | 설계적용 빈도   |
|------------|-----------|
| 네이버 본사(분당) | 100년(탄천)  |
| 데이터센터(세종)  | 200년(소양강) |
| 데이터센터(춘천)  | 100년(금강)  |

[하천 설계빈도]

## ☑ 빈도별 상류 댐 방류 시나리오

- 홍수분석모형(Cosfin) 기반 유입 빈도별 방류량 검토



## ☑ 분석시나리오 (외수 160 \* 내수 1,280 = 204,800)

| 구분           | 외수 (하천범람)                                      | 내수 (도시홍수)                |
|--------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| 공유사회<br>경제경로 | SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5         | 4                        |
| 기후모델         | HadGEM3-RA, CCLM, WRF, RegCM, GRIMs            | 5                        |
| 미래기간         | 근미래(~2040), 전제미래(~2100)                        | 2                        |
| 강우<br>지속시간   | 해당 하천 설계 지속시간<br>(탄천 24hr, 소양강 38hr, 금강 48hr)  | 1, 2, 3, 6시간             |
| 확률<br>분포형    | GEV, Gumbel                                    | 2                        |
| 강우<br>확률빈도   | 인근 하천 설계빈도* 및 500년<br>(* 탄천·금강 100년, 소양강 200년) | 50(설계빈도), 100, 200, 500년 |
| 강우<br>시간분포   | Huff 3분위                                       | 1                        |
| 시나리오<br>갯수   | 160개                                           | 1,280개                   |

## 3-6. 홍수 시나리오 설정 및 확률 강우량·홍수량 산정

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 4. 미래 확률 강우량 산정

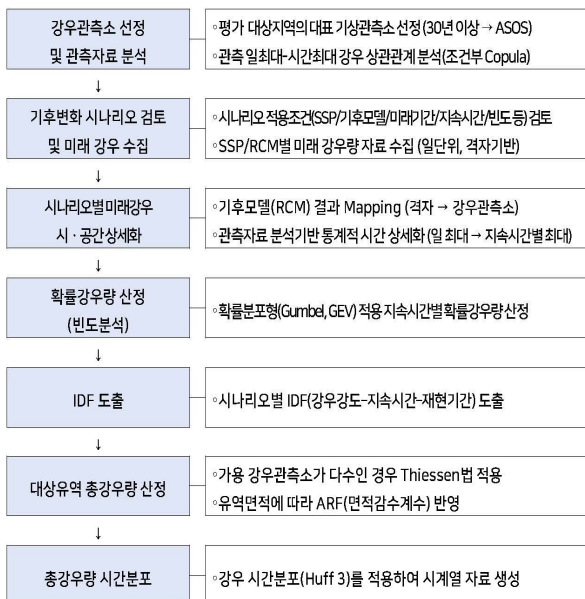
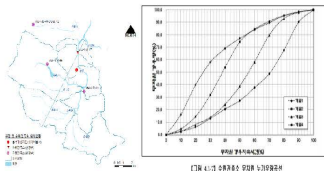
## ☑ 기후변화 시나리오 설정

- IPCC 최신 기후변화 시나리오(AR6) 활용
- RCM 일별 강우량 → 분석대상 ASOS지점 시간강우량

[참고문헌] 시간단위 극치강우 상세화 및 AR6 시나리오 기반 IDF 곡선 산정 (2025, 김윤성 등)

## ☑ 대상유역 시계열 강우량 산정

- 지속기간별 면적강우량 산정을 위한 소구역 분할 및 티센망 구축  
[참고문헌] 설계홍수량 산정요령(2012, 국토교통부)
- 강우시간 분포(Huff 3분위) 및 면적평균 강우량 산정  
[참고문헌] 확률강우량도 개편 및 보완연구(2011, 국토해양부)



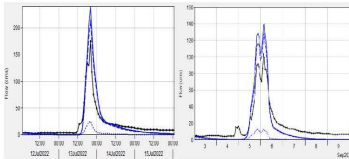
## 3-7. 홍수 시나리오 설정 및 확률 강우량·홍수량 산정

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 5. 확률 홍수량 산정(HEC-HMS)

## ☑ 홍수사상 기반의 매개변수 검보정

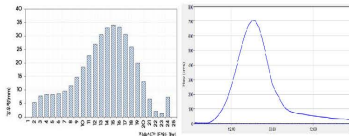
- 홍수도달시간, 유출곡선지수 등 유역 매개변수 산정을 통한 주요 홍수사상 기반 매개변수 검보정



[매개변수 검보정]

## ☑ 확률강우량 적용한 홍수량 산정

- 검보정한 모형에 기후변화 확률강우량을 적용하여 홍수량 산정(재방설계 및 500년 빈도)



[홍수량 산정 분석 예시]



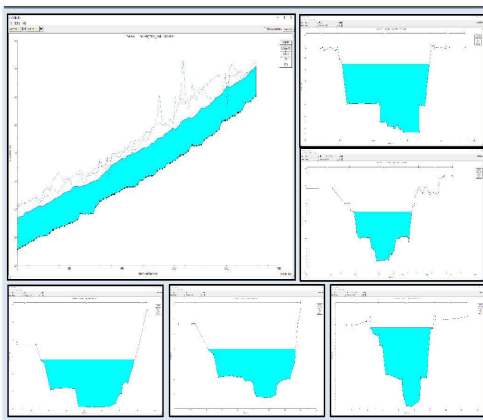
## 3-8. 홍수 해석 및 시각화

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

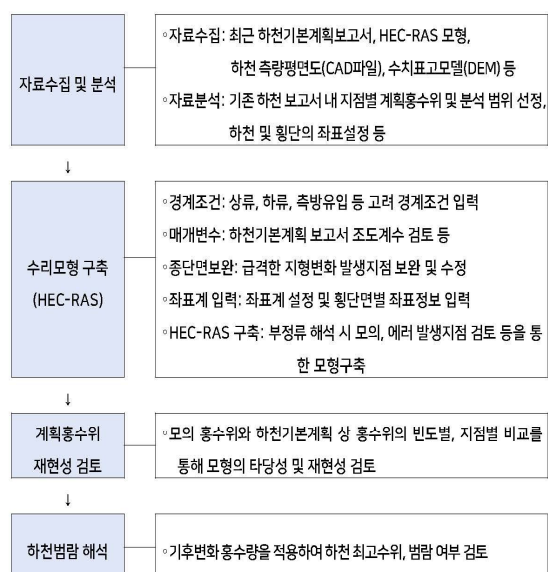
## 6. 외수 영향 분석 (하천범람)

## ☑ 하천범람 해석 모형 (HEC-RAS)

- HEC-RAS 모형 구축
- 확률홍수량 산정 결과 활용, 하천 부정류 해석



[탄천 500년 빈도 분석]





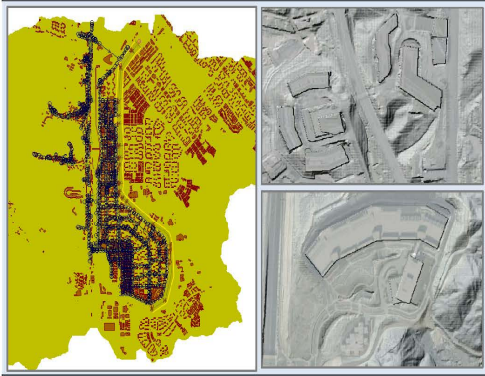
### 3-9. 홍수 해석 및 시각화

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

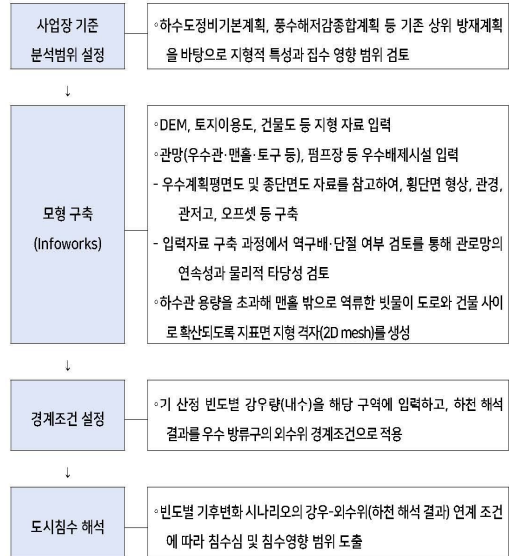
#### 7. 내수 영향 분석 (도시침수)

##### 도시침수 해석 (Infoworks-ICM)

- Infoworks ICM 모형 구축
- 과거 침수사례 기반 매개변수 검토정
- 하천수위 경계조건은 하천범람 해석 결과 활용
- 기후변화 확률강우량 반영, 시나리오별 침수 해석



[도시침수 분석모형]



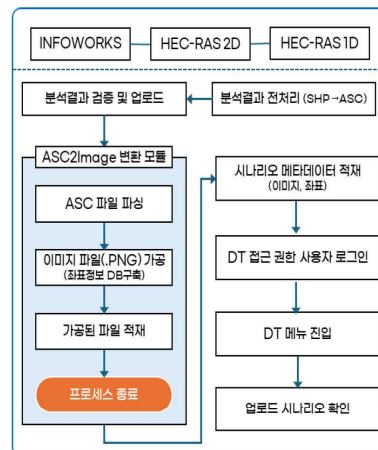
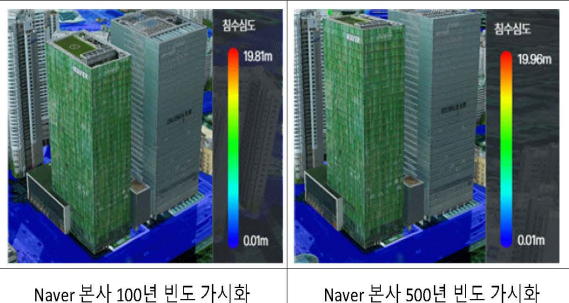
### 3-10. 홍수범람 해석 및 시각화

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

#### 7. 범람영향 시각화(디지털 트윈)

##### 디지털트윈 기반의 하천범람 및 도시침수 해석을 연계한 범람 영향 시각화

- K-water 디지털 트윈 물관리 플랫폼(Digital GARAM+) 시스템 내 대상지역 구축
- 하천범람 및 도시침수 해석을 연계한 홍수 시나리오별 침수영향 시각화



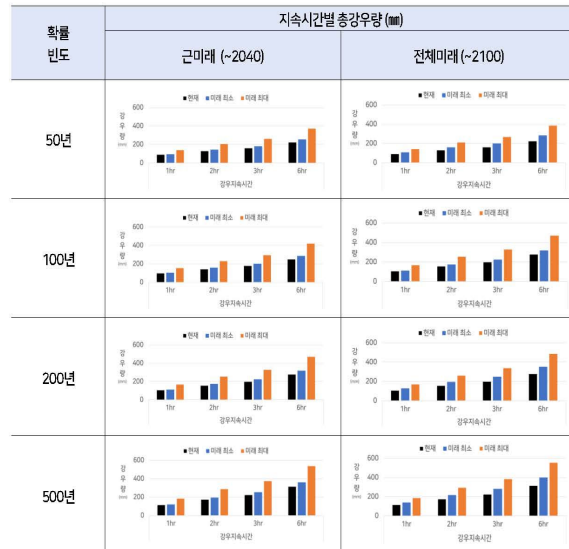
## 3-11. 미래 강우량 평가결과

## 03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 수원관측소 (네이버 1784)

• 미래기간별 영향 ↓, 현재 대비 근미래 강우 106~171% 수준

| 확률<br>빈도 | 강우시점            | 지속시간별 총강우량(mm)  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|          |                 | 근미래 (~2040)     |                 |                 |                 | 전체미래 (~2100)    |                 |                 |                 |
|          |                 | 1시간             | 2시간             | 3시간             | 6시간             | 1시간             | 2시간             | 3시간             | 6시간             |
| 50년      | 현재              | 88.5            | 128.0           | 159.6           | 222.4           | 88.5            | 128.0           | 159.6           | 222.4           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 139.9<br>(158%) | 205.9<br>(161%) | 260.5<br>(163%) | 372.5<br>(168%) | 141.0<br>(159%) | 210.0<br>(164%) | 267.0<br>(167%) | 384.1<br>(173%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 93.4<br>(106%)  | 142.6<br>(111%) | 179.0<br>(112%) | 254.2<br>(114%) | 106.0<br>(120%) | 158.0<br>(123%) | 198.3<br>(124%) | 281.2<br>(126%) |
| 100년     | 현재              | 96.1            | 141.3           | 178.1           | 248.9           | 96.1            | 141.3           | 178.1           | 248.9           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 153.5<br>(160%) | 230.1<br>(163%) | 293.9<br>(165%) | 420.4<br>(169%) | 155.2<br>(162%) | 234.5<br>(166%) | 301.1<br>(169%) | 433.4<br>(174%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 101.4<br>(106%) | 157.8<br>(112%) | 200.2<br>(112%) | 285.0<br>(115%) | 116.0<br>(121%) | 175.4<br>(124%) | 222.1<br>(125%) | 315.3<br>(127%) |
| 200년     | 현재              | 103.3           | 154.6           | 197.0           | 276.1           | 103.3           | 154.6           | 197.0           | 276.1           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 167.0<br>(162%) | 254.2<br>(164%) | 327.9<br>(166%) | 469.4<br>(170%) | 168.8<br>(163%) | 259.1<br>(168%) | 335.9<br>(170%) | 483.8<br>(175%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 109.2<br>(106%) | 173.0<br>(112%) | 221.8<br>(113%) | 316.5<br>(115%) | 125.5<br>(121%) | 192.6<br>(125%) | 246.5<br>(125%) | 350.2<br>(127%) |
| 500년     | 현재              | 112.5           | 172.2           | 222.7           | 313.1           | 112.5           | 172.2           | 222.7           | 313.1           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 183.9<br>(163%) | 286.0<br>(166%) | 374.0<br>(168%) | 536.2<br>(171%) | 186.0<br>(165%) | 291.6<br>(169%) | 383.3<br>(172%) | 552.7<br>(176%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 118.9<br>(106%) | 193.2<br>(112%) | 251.4<br>(113%) | 359.6<br>(115%) | 137.7<br>(122%) | 215.6<br>(125%) | 279.7<br>(126%) | 397.9<br>(127%) |



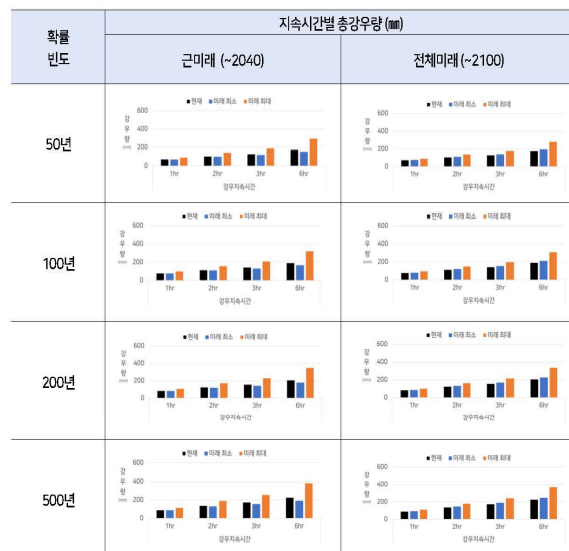
## 3-12. 미래 강우량 평가결과

## 03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## 춘천관측소 (데이터센터 각춘천)

• 미래기간별 영향 ↓, 현재 대비 근미래 강우 85~170% 수준

| 확률<br>빈도 | 강우시점            | 지속시간별 총강우량(mm)  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|          |                 | 근미래 (~2040)     |                 |                 |                 | 전체미래 (~2100)    |                 |                 |                 |
|          |                 | 1시간             | 2시간             | 3시간             | 6시간             | 1시간             | 2시간             | 3시간             | 6시간             |
| 50년      | 현재              | 70.4            | 102.1           | 126.6           | 173.3           | 70.4            | 102.1           | 126.6           | 173.3           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 91.3<br>(130%)  | 142.3<br>(139%) | 187.7<br>(148%) | 294.7<br>(170%) | 88.0<br>(125%)  | 135.3<br>(133%) | 176.9<br>(140%) | 280.1<br>(162%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 69.0<br>(98%)   | 98.1<br>(96%)   | 116.9<br>(92%)  | 152.5<br>(88%)  | 72.6<br>(103%)  | 107.5<br>(105%) | 135.8<br>(107%) | 193.1<br>(111%) |
| 100년     | 현재              | 75.9            | 112.2           | 140.0           | 189.2           | 75.9            | 112.2           | 140.0           | 189.2           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 98.4<br>(130%)  | 156.3<br>(139%) | 207.3<br>(148%) | 320.5<br>(169%) | 94.7<br>(125%)  | 148.3<br>(132%) | 195.5<br>(140%) | 307.7<br>(163%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 74.6<br>(98%)   | 107.1<br>(95%)  | 128.0<br>(91%)  | 164.1<br>(87%)  | 78.6<br>(103%)  | 118.8<br>(106%) | 151.2<br>(108%) | 208.9<br>(110%) |
| 200년     | 현재              | 81.2            | 122.2           | 153.7           | 204.5           | 81.2            | 122.2           | 153.7           | 204.5           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 105.2<br>(130%) | 170.0<br>(139%) | 226.9<br>(148%) | 345.9<br>(169%) | 101.1<br>(125%) | 161.3<br>(132%) | 214.4<br>(139%) | 334.4<br>(164%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 80.0<br>(99%)   | 116.0<br>(95%)  | 139.3<br>(91%)  | 175.4<br>(86%)  | 84.4<br>(104%)  | 130.1<br>(106%) | 166.8<br>(109%) | 224.3<br>(110%) |
| 500년     | 현재              | 87.7            | 135.5           | 172.0           | 224.2           | 87.7            | 135.5           | 172.0           | 224.2           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 113.5<br>(129%) | 188.1<br>(139%) | 253.3<br>(147%) | 380.3<br>(170%) | 109.2<br>(125%) | 178.5<br>(132%) | 241.0<br>(140%) | 368.6<br>(164%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 86.3<br>(98%)   | 127.8<br>(94%)  | 154.5<br>(90%)  | 189.8<br>(85%)  | 91.6<br>(104%)  | 145.0<br>(107%) | 187.7<br>(109%) | 244.1<br>(109%) |



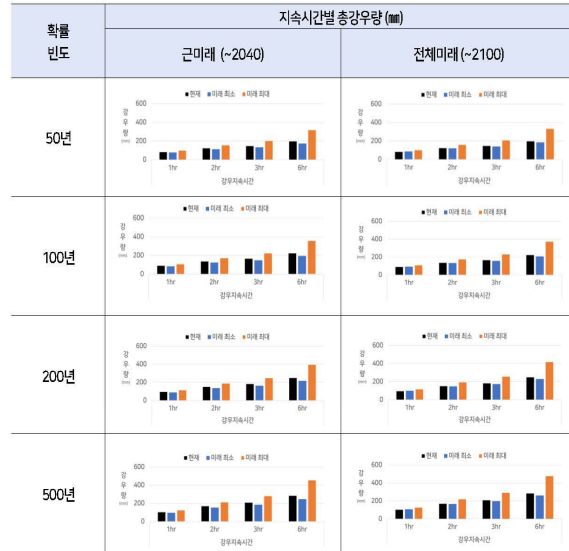
### 3-13. 미래 강우량 평가결과

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

#### ☑ 대전관측소 (데이터센터 각세종)

• 미래기간별 영향 ↓, 현재 대비 근미래 강우 86~160% 수준

| 확률<br>빈도 | 강우시점            | 지속시간별 총강우량(mm)  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|          |                 | 근미래 (~2040)     |                 |                 |                 | 전체미래 (~2100)    |                 |                 |                 |
|          |                 | 1시간             | 2시간             | 3시간             | 6시간             | 1시간             | 2시간             | 3시간             | 6시간             |
| 50년      | 현재              | 82.3            | 121.7           | 146.5           | 197.0           | 82.3            | 121.7           | 146.5           | 197.0           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 98.2<br>(119%)  | 153.8<br>(126%) | 199.1<br>(136%) | 315.7<br>(160%) | 100.0<br>(122%) | 157.6<br>(130%) | 206.1<br>(141%) | 330.6<br>(168%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 76.6<br>(93%)   | 110.5<br>(91%)  | 131.3<br>(90%)  | 172.9<br>(88%)  | 84.6<br>(103%)  | 118.8<br>(98%)  | 139.5<br>(95%)  | 183.5<br>(93%)  |
| 100년     | 현재              | 88.9            | 135.5           | 164.0           | 221.6           | 88.9            | 135.5           | 164.0           | 221.6           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 105.8<br>(119%) | 170.5<br>(126%) | 222.2<br>(135%) | 354.4<br>(160%) | 108.1<br>(122%) | 174.9<br>(129%) | 230.1<br>(140%) | 371.9<br>(168%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 82.1<br>(92%)   | 122.3<br>(90%)  | 146.3<br>(89%)  | 193.1<br>(87%)  | 91.4<br>(103%)  | 131.9<br>(97%)  | 155.6<br>(95%)  | 205.2<br>(93%)  |
| 200년     | 현재              | 95.1            | 149.7           | 182.3           | 247.3           | 95.1            | 149.7           | 182.3           | 247.3           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 113.4<br>(119%) | 187.6<br>(125%) | 246.2<br>(135%) | 395.0<br>(160%) | 115.9<br>(122%) | 192.7<br>(129%) | 255.2<br>(140%) | 415.4<br>(168%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 87.4<br>(92%)   | 134.6<br>(90%)  | 162.0<br>(89%)  | 214.1<br>(87%)  | 97.8<br>(103%)  | 145.5<br>(97%)  | 172.3<br>(95%)  | 227.8<br>(93%)  |
| 500년     | 현재              | 102.9           | 169.2           | 207.5           | 283.0           | 102.9           | 169.2           | 207.5           | 283.0           |
|          | 미래 최대<br>(현재대비) | 122.9<br>(119%) | 211.2<br>(125%) | 279.9<br>(135%) | 452.5<br>(160%) | 125.6<br>(122%) | 217.9<br>(129%) | 290.2<br>(140%) | 476.1<br>(168%) |
|          | 미래 최소<br>(현재대비) | 94.0<br>(91%)   | 151.5<br>(90%)  | 183.8<br>(89%)  | 243.5<br>(86%)  | 105.8<br>(103%) | 164.1<br>(97%)  | 195.5<br>(94%)  | 259.4<br>(92%)  |



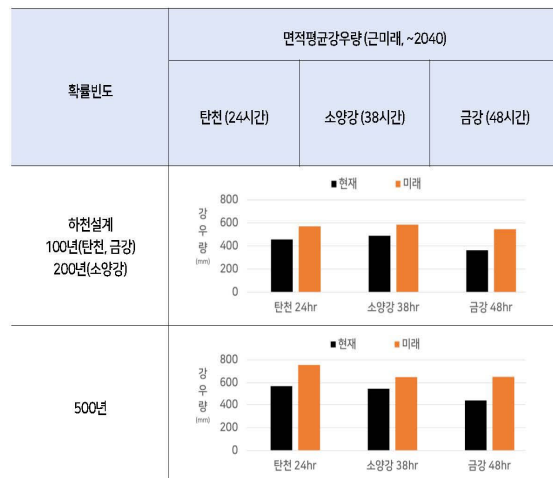
### 3-14. 미래 강우량 평가결과

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

#### ☑ 하천유역

• 현재 대비 강우 탄천 125~132%, 소양강 118~119%, 금강 149~150% 수준

| 확률빈도                              | 강우시점    | 면적평균강우량(근미래, ~2040) |                   |                   |
|-----------------------------------|---------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                                   |         | 탄천 (24시간)           | 소양강 (38시간)        | 금강 (48시간)         |
|                                   |         | 현재                  | 미래                | 현재 대비             |
| 하천설계<br>100년(탄천, 금강)<br>200년(소양강) | 현재      | 455.6               | 489.0             | 362.3             |
|                                   | 미래      | 570.3<br>(125.2%)   | 583.6<br>(119.3%) | 545.8<br>(150.6%) |
|                                   | (현재 대비) |                     |                   |                   |
| 500년                              | 현재      | 570.3               | 547.9             | 436.7             |
|                                   | 미래      | 753.8<br>(132.2%)   | 647.9<br>(118.3%) | 651.0<br>(149.1%) |
|                                   | (현재 대비) |                     |                   |                   |



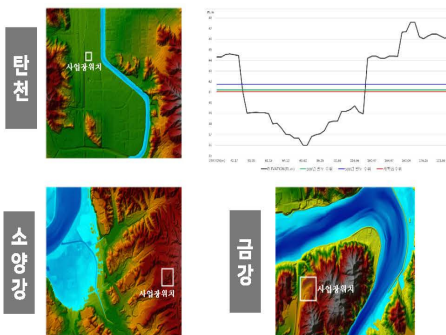
## 3-15. 홍수량 산정 및 하천범람 해석 결과

03.기후 변화를 고려한 홍수 리스크 평가기법

## ☑ 홍수량 분석결과

• 설계빈도에서 탄천 126%, 소양강 172%, 금강 242% 수준 상승

| 유역  | 빈도   | 홍수량 / [증가율] (단위 : m³/초) |               |
|-----|------|-------------------------|---------------|
|     |      | 기준(하천기본계획)              | 미래(기후변화반영)    |
| 탄천  | 100년 | 1,011                   | 1,276 [126%]  |
|     | 500년 | -                       | 1,656         |
| 소양강 | 200년 | 5,775                   | 9,937 [172%]  |
|     | 500년 | -                       | 11,121        |
| 금강  | 100년 | 7,222                   | 17,461 [242%] |
|     | 500년 | -                       | 20,190        |



## ☑ 하천범람 해석 결과

• (설계빈도) 사업장 인근지점 기준 탄천 제방여유 약 3m, 소양강-금강 범람(높이차)

| 유역 | 빈도   | 하천 최고수위 (EL.m) | 제방(좌안) 높이 (EL.m) | 제방 여유고 (m) | 사업장 높이 (EL.m) | 사업장 영향 유/無 |
|----|------|----------------|------------------|------------|---------------|------------|
| 탄천 | 100년 | 41.2           | 44.6             | 3.4        | 44.6          | 無          |
|    | 500년 | 41.8           |                  | 2.9        |               | 無          |

| 유역  | 빈도   | 하천 최고수위 (EL.m) | 제방(좌안) 높이 (EL.m) | 제방 여유고 (m) | 사업장 높이 (EL.m)   | 사업장 영향 유/無 |
|-----|------|----------------|------------------|------------|-----------------|------------|
| 소양강 | 200년 | 77.7           | 77.0             | △0.7       | 168.0 (약 90m ±) | 無          |
|     | 500년 | 78.7           |                  | △1.7       |                 | 無          |

| 유역 | 빈도   | 하천 최고수위 (EL.m) | 제방(좌안) 높이 (EL.m) | 제방 여유고 (m) | 사업장 높이 (EL.m)  | 사업장 영향 유/無 |
|----|------|----------------|------------------|------------|----------------|------------|
| 금강 | 100년 | 27.4           | 24.0             | △3.4       | 68.0 (약 40m ±) | 無          |
|    | 500년 | 28.2           |                  | △4.2       |                | 無          |

## 3-16. 도시침수 분석 결과

04. 기후 리스크(홍수) 평가 결과

## ☑ Naver 사업장 3개소 분석결과

• 재현빈도(50·100·200·500년), 강우지속기간(1·2·3·6시간) 등 다양한 분석 조건 중 가장 보수적인 침수 해석 결과





## 4-7. 시각화

### 04. 기후 리스크(홍수) 평가 결과

#### 100년 빈도



#### 500년 빈도



# 05

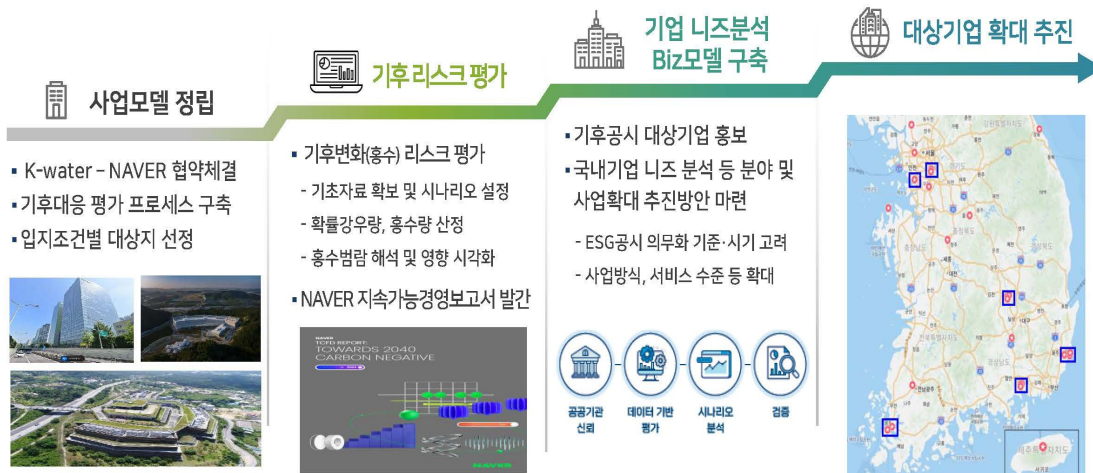


## 향후 추진 계획

## 5-1. 비즈니스 모델 개발 및 평가지원 확대

05. 향후 추진 계획

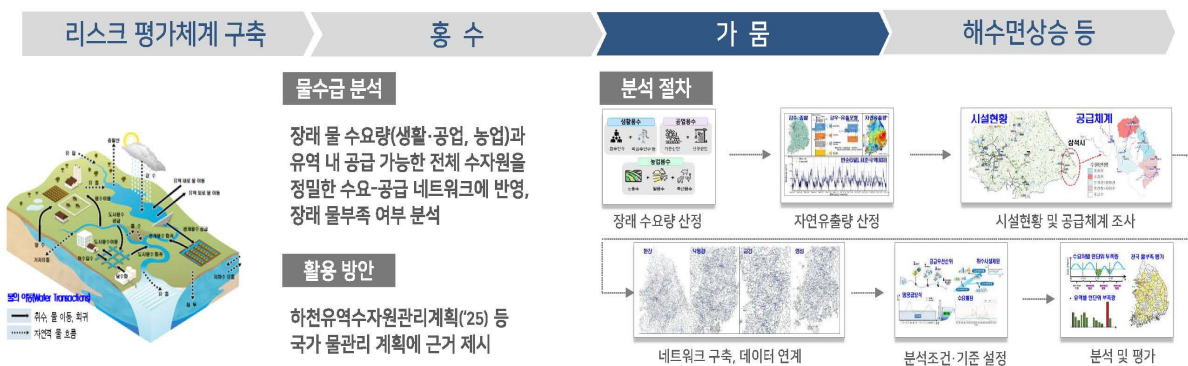
NAVER 사업장 리스크 평가를 통해 비즈니스 모델 구축, 국내 기업 니즈 기반  
홍수 - 가뭄 분석기술 활용하여 기후변화 리스크 평가 및 대상기업 확대 추진



## 5-2. 물리적 리스크(가뭄/용수공급) 평가 확대

05. 향후 추진 계획

물수지 분석모델인 K-MODSIM 활용, 가뭄 리스크 평가분야 확대로 국내 산업계 기업경영 지원 강화 추진



## 2030년 기준 “생·공용수 7.5억㎥ 부족” 전망

수요 '21년 대비 '30년 생활용수는 일부 감소하나, 공업용수 수요 증가로 생·공용수 수요량은 연간 10.4억㎥ 증가 전망

[ '30년 생·공용수 수요량 (단위: 억㎥/년) ]

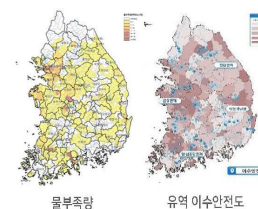
| 구분   | 2021년(A) | 2025년 | 2030년(B) | 증감(B-A) |
|------|----------|-------|----------|---------|
| 합 계  | 95.2     | 100.1 | 105.6    | 10.4    |
| 생활용수 | 76.8     | 75.3  | 76.2     | -0.6    |
| 공업용수 | 18.4     | 24.8  | 29.4     | 11.0    |

부족 과거 최대가뭄시 생·공용수는 연간 7.45억㎥ 물부족 전망, 유역 이수안전도는 2.5등급으로 평가

[ 가뭄 시 권역별 물 부족량 및 이수안전도 (단위: 억㎥/년) ]

| 구분      | 전국    | 한강권역  | 낙동강권역 | 금강권역  | 영산강권역 | 섬강권역  |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 연간 물부족량 | 7.45  | 3.76  | 0.38  | 2.07  | 0.71  | 0.53  |
| 이수안전도   | 2.5등급 | 2.4등급 | 1.9등급 | 2.9등급 | 3.4등급 | 2.4등급 |

\* 이수안전도 : 가뭄 상황에서도 안정적으로 용수를 공급할 수 있는 정도를 나타내는 지표  
물부족률(부족량/수요량) 1등급(0~1%), 2등급(1~5%), 3등급(5~10%), 4등급(10~15%), 5등급(15%~)





**감사합니다.**



2026년 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 2차 자료집

## 발제4



# 산업계 적응 설비 시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

이인렬 팀장(KECM)



산업계 적응협의체 2차 워크숍 / 2026.09.17

## 산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

### CONTENTS 산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

#### 1 현장진단 프로세스 및 추진경과

- 01. 사업 소개
- 02. 과업 프로세스
- 03. 현장진단 추진경과

#### 2 재무영향 분석 방법론

- 01. 재무영향 분석 프로세스
- 02. 산정 Tool 개발
- 03. 기후공시 연계방안

# 1

## 산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

### 현장진단 프로세스 및 추진경과

01. 사업 소개
02. 과업 프로세스
03. 현장진단 추진경과

### 1. 현장진단 프로세스 및 추진경과

## 01 사업 소개

- 국내외 기후공시에서 기후변화 리스크 및 재무영향 공시 요구가 확대됨에 따라, 기업의 공시 대응 지원을 위해 산업부에서 설비·시설물 진단 역량을 기반으로 Bottom-up 방식의 기후변화 리스크 분석 및 재무영향 산정 지원

#### 기후공시 요구 확대

**기후변화 리스크 및 재무영향 공시 요구 중대**

ISSB  
국제 기후  
공시 기준

EFRA  
EU  
기후 공시

미국  
기후 공시

KSSB  
한국  
기후 공시 (초안)

↓

**공통 요구사항**

- 기후변화에 따른 리스크 식별, 평가에 관한 프로세스
- 기후변화 리스크에 의해 발생하는 재무적 영향 공시

↓

**기업의 대응현황 및 이슈사항**

- (대응현황)** 대부분의 기업에서 기후변화 리스크 및 재무영향 산정과 관련한 내부 분석 역량이 충분히 구축되지 않아, 해외 리스크 분석 프로그램을 활용하여 재무영향을 산정
- (이슈사항)** 해외 프로그램의 높은 사용 비용과 재무영향 산정방식을 확인하지 못하는 이슈 존재

#### 산업계 기후공시 대응 지원

지역

↑

기업인자

↑

설비·시설물

산업부의 설비·시설물 진단 역량을 기반으로 Bottom-up 방식의 기후변화 리스크 분석 및 재무영향 산정

↓

#### 설비·시설물 중점 현장진단 및 재무영향 산정

**기후변화 적응 설비·시설물 분석**

↓

**개선방안 도출**

↓

**재무영향 산정**

- 현장진단을 통하여 기후요소에 직접·간접적 영향을 받는 설비·시설물 분석 (생산공정설비, 보일러, 냉난방기 등)
- 기후요소에 취약한 설비·시설물의 적응 능력 향상 방안 도출 (Ex. 고온에 취약한 설비를 내열 설비로 교체)
- 기후변화에 따른 설비·시설물 피해비용 및 적응 능력 향상에 지출된 재무영향 산정

산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

4



## 02 과업 프로세스

- 현장진단은 ① 대상기업 선정, ② 사전조사, ③ 현장진단, ④ 진단결과 분석, ⑤ 재무적 비용 산출 및 개선방안 도출의 5단계 프로세스로 진행하며, 진단 산출물인 진단보고서를 참여 기업에 제공



산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

5

## 03 현장진단 추진경과

- 산업계 기후변화 적응 수립 대책 사업에 참여한 3개 기업(반도체, 석유화학, 산업기계 업종)의 기후변화 시나리오 분석 결과 및 현장진단 현황과 추후 일정 등을 아래와 같이 구분

| 기업별 현장진단 진행 현황 |         |                                    |                   |                                                          |           |                          |
|----------------|---------|------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------|-----------|--------------------------|
| 기업             | 업종      | 진행 상황                              |                   |                                                          |           | 추후 일정                    |
|                |         | 기후변화 시나리오 분석                       | 현장진단 실시 & 담당자 인터뷰 | 현장진단 주요 확인사항                                             | 진단결과 분석   |                          |
| A              | 반도체 업종  | 일 최대 강수량 268.7mm (2037년, RCP 8.5)  | 현장진단 완료 (08/31)   | · 침수 취약 구역·설비 파악<br>· 사업장 우수관로 현황 파악<br>· 과거 침수피해 이력 인터뷰 | 1차 분석 진행중 | 재무적 비용 산출을 위한 자료 요청 (9월) |
| B              | 석유화학 업종 | 일 최대 강수량 1180.3mm (2055년, RCP 4.5) | 현장진단 수행예정 (9월 예정) | 현장진단 수행예정                                                | 현장진단 수행예정 | 현장진단 및 진단결과 분석 예정        |
| C              | 산업기계 업종 | 일 최대 강수량 319.7mm (2094년, RCP 8.5)  | 현장진단 수행예정 (9월 예정) | 현장진단 수행예정                                                | 현장진단 수행예정 | 현장진단 및 진단결과 분석 예정        |

✓ 기후변화 시나리오 분석 시, 사업장 소재지의 2,100년까지의 1일 최대 강수량을 기준으로 RCP 4.5, 6.0, 8.5 시나리오를 활용하여 강수량 분석

산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

6

# 2

산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

## 재무영향 분석 방법론

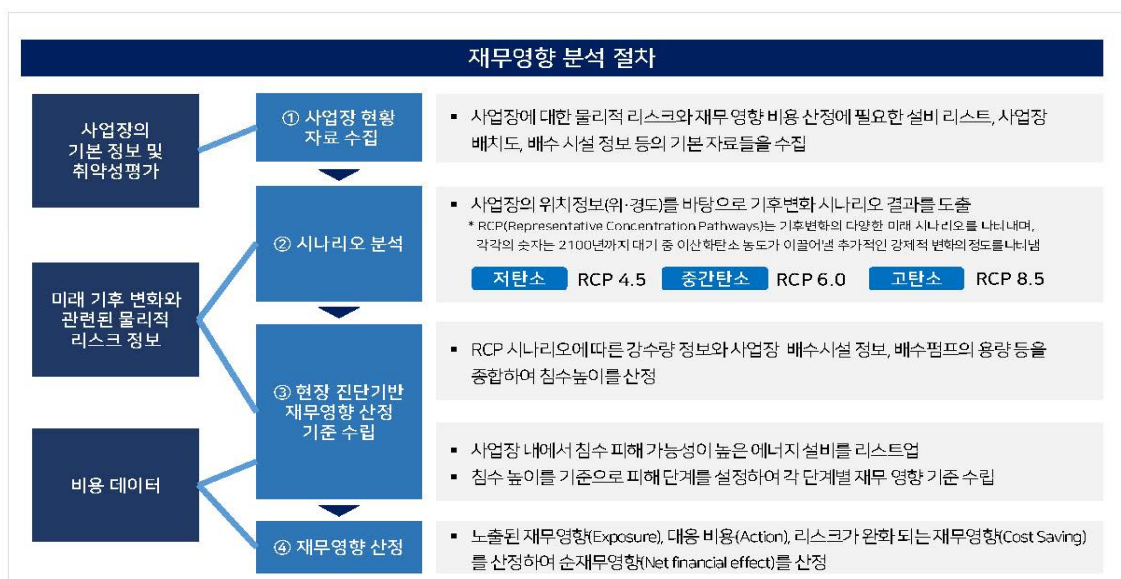
01. 재무영향 분석 프로세스

02. 산정 Tool 개발

03. 기후공시 연계방안

### 01 재무영향 분석 프로세스

- 재무영향 분석은 ①자료 수집, ②시나리오 분석, ③현장 진단기반 재무영향 산정 기준 수립, ④재무비용 산정의 4단계 프로세스로 진행하며, 재무비용은 노출비용, 대응비용, 대응에 따른 리스크 완화비용, 순 재무적 영향으로 구분하여 산정



2. 재무영향 분석 방법론

# 01 재무영향 분석 프로세스-① 사업장 현황 자료 수집

- 사업장 소재지의 과거 집중호우 피해이력과 기후변화 적응대책을 분석하여 지역별 기후리스크를 사전에 파악하고, 사업장 현황조사를 통해 현장진단 시 중점적으로 확인이 필요한 사항을 도출하여 사전 요청자료 List 구성

### 대외환경 조사

- 대상 사업장 위치에 기반한 기후변화 관련 물리적 리스크 발생 요소(집중호우 및 태풍 등)의 발생 및 대응 현황 리서치
- 피해사실 외 향후 중장기적으로 영향이 발생할 것으로 예상되는 지역적 특성 파악
- 극한 기후변화 요소 발생 예상 시나리오

### 사업장 입지환경 조사

- 과거 집중호우 피해이력
  - 과거 집중호우 및 태풍 피해 발생 이력
  - 최근 강수량 및 극한강우 발생 추이
- 소재지 기후변화 적응대책
  - 지역 기후변화 현황 및 미래 기후전망 확인
  - 집중호우 관련 지역 기후리스크 및 취약성 검토
  - 침수 취약지역 및 방재시설 현황
  - 지자체 기후변화 적응사업 및 대응 계획 검토

### 사업장 현황 조사

- 사업장 단위의 **집중호우** 리스크 및 대응 수준을 사전에 파악하기 위한 사업장 현황 조사 수행

### 사전 검토 필요사항

사업장 시설, 생산설비 현황

- 주요 건물 및 생산시설의 배치 현황 파악
- 침수 영향이 큰 핵심 설비 식별
- 주요 생산설비의 침수 취약성 검토

배수체계 및 침수 대응 시설

- 사업장 내 우수 배수 경로 및 배수체계 확인
- 배수시설의 용량 및 설치 현황 검토
- 집중호우 시 침수 취약 구간 파악

과거 침수 이력 및 피해 규모 확인

- 과거 침수 발생 위치 및 피해 규모 확인
- 반복 침수 구역, 시설 파악
- 비상 대응체계 운영 수준 검토

사전 검토 필요사항 확인을 위한 사전 요청자료 List 구성

| 사전 요청자료 List |                     |
|--------------|---------------------|
| 사업장 배치도      | 과거 침수 피해 관련 자료      |
| 배수계통도        | 침수 대응 매뉴얼 또는 비상대응계획 |
| 주요 생산설비 List | ...                 |

산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

9

2. 재무영향 분석 방법론

# 01 재무영향 분석 프로세스-② 시나리오 분석

- 재무영향 분석을 위한 RCP 저, 중, 고탄소 시나리오를 선정하고, 강수 관련 극한기후지수 중 재무영향 산정에 적합한 분석지표를 활용하여 시나리오별 사업장 소재지의 미래 기후변화 수준 분석

### 시나리오 모델 선정

RCP 시나리오

- 미래 온실가스 농도 변화에 따른 기온, 강수량 등 기후변화 영향을 예측하기 위한 대표 농도경로(Representative Concentration Pathway) 시나리오
- 주요 기후공시 내 권고 시나리오

|        |                                                                                                           |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RCP2.6 | <ul style="list-style-type: none"> <li>강력한 온실가스 감축 정책 시행</li> <li>21세기 중반 이후 온실가스 배출량 감소</li> </ul>       |
| RCP4.5 | <ul style="list-style-type: none"> <li>중간 수준의 온실가스 감축 정책 시행</li> <li>온실가스 배출량이 2040년경 정점 이후 감소</li> </ul> |
| RCP6.0 | <ul style="list-style-type: none"> <li>제한적인 온실가스 감축 정책 시행</li> <li>온실가스 배출량이 늦게 정점을 도달</li> </ul>         |
| RCP8.5 | <ul style="list-style-type: none"> <li>별도의 온실가스 감축 정책 미시행</li> <li>화석연료 중심의 경제성장 지속</li> </ul>            |

재무영향 분석은 현실적인 기후변화 발생 가능성을 고려하여 RCP4.5, RCP6.0 및 RCP8.5 시나리오를 적용

### 시나리오 분석요소 선정

극한기후지수 (강수관련)

- 강수량도
- 호우일수
- 최대 무강수 지속시간
- 5일 최대 강수량
- 1일 최대 강수량
- 95퍼센타일 강수일수
- 99퍼센타일 강수일수

1일 최대 강수량

✓물리적 리스크로 인한 재무적 비용 산정을 위해서는 평균값보다 **극한 기후지수**를 활용하는 것이 적절

✓침수 높이 산정을 위해서는 일 최대 강수량을 적용

재무영향 분석 활용 지표

강수량도

강우 발생 시 단위시간당 내리는 비의 양을 의미하며, 집중호우 강도와 배수부하를 판단하는 지표

호우일수

일정 기준 이상의 호우가 발생한 일수를 의미하며, 집중호우 발생 빈도를 판단하는 지표

1일 최대 강수량

하루 동안 기록된 최대 강수량을 의미하며, 극한강우의 규모와 침수 위험성을 평가하는 대표 지표

산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

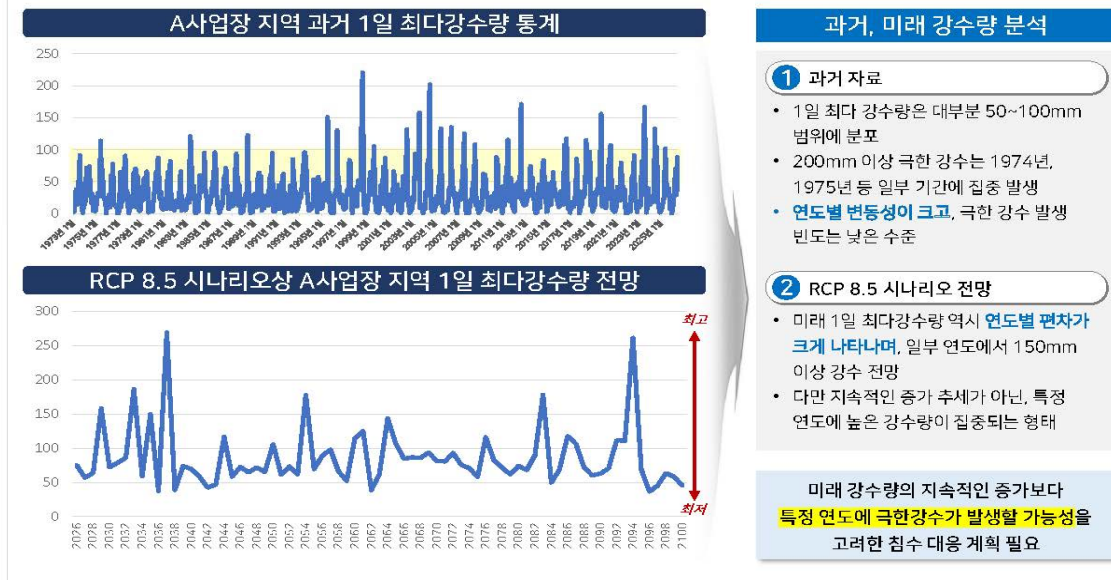
10



## 2. 재무영향 분석 방법론

## 01 재무영향 분석 프로세스-② 시나리오 분석

## [참고] 기업 A사 시나리오 분석 결과



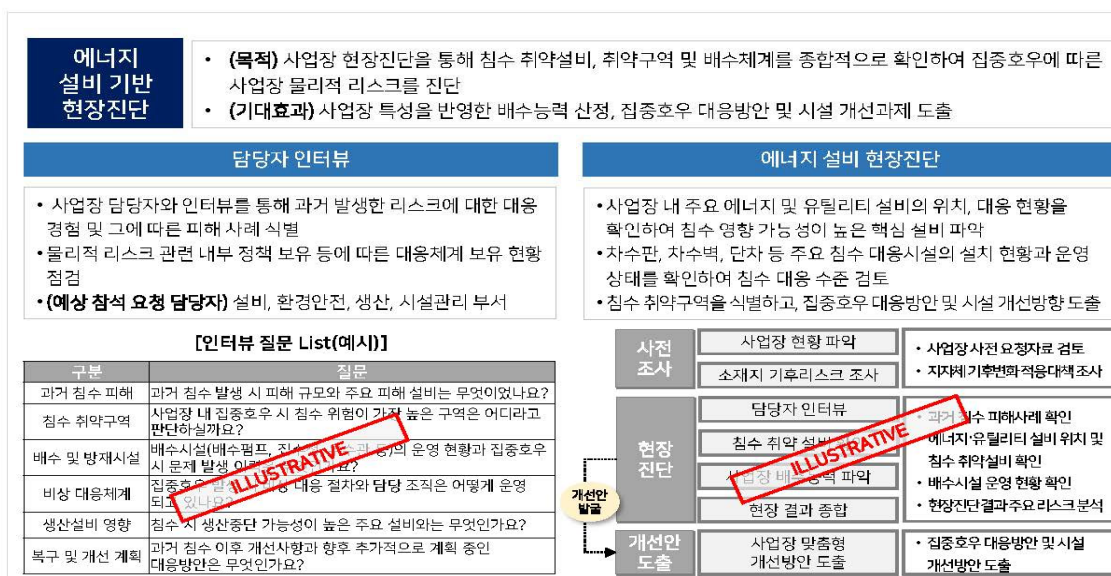
산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

11

## 2. 재무영향 분석 방법론

## 01 재무영향 분석 프로세스-③ 현장 진단기반 재무영향 산정 기준 수립

- 사건조사 결과를 기반으로 사업장 현장진단을 수행하여 침수 취약설비, 배수체계 및 대응 수준을 확인하고, 침수높이 산정과 재무영향 분석을 위한 현장 정보를 확보하여 사업장 맞춤형 개선방안 마련



산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

12

## 01 재무영향 분석 프로세스-③ 현장 진단기반 재무영향 산정 기준 수립

### [참고] 기업 A사 현장진단 결과

|                       |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>방문 목적</b>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>참여 사업장의 집중호우·침수 등 기후변화·물리적 리스크에 대한 현장 여건 확인 및 침수높이·재무영향 산정 입력자료 확보</li> <li>기후변화 적응 관련 거버넌스 보유 현황, 과거 피해 사례 및 대응 관리 현황 담당자 인터뷰</li> </ul>                                                    |
| <b>현장진단 참석자</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>(A사) 유틸리티 설비, 비상대응, 건축·시설관리, 용수설비, 환경·수처리 담당자</li> <li>(수행사) 기후변화 적응 컨설턴트, 에너지·유틸리티 설비 전문가</li> </ul>                                                                                        |
| <b>현장진단 확인사항</b>      |                                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>과거 침수피해 이력</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 담당자 인터뷰 결과, 과거 집중호우로 인한 주요 설비 침수 및 직접적인 피해 이력은 없는 것으로 확인</li> <li>✓ 일부 우수 유입 사례가 있었던 구역은 고정식 차수판 설치를 통해 대응</li> <li>✓ 집중호우 발생에 대비하여 차수판, 수중펌프 등 대응설비를 구비</li> </ul>                        |
| <b>주요 시설 관리 현황</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 주요 생산동과 유틸리티 설비는 약 20cm의 단차를 확보하여 외부 우수 유입에 대비</li> <li>✓ 옥상 등 우수 집적 가능구역에는 이동식 수중펌프를 배치하고 예비 펌프를 추가로 확보하여 비상 배수에 대비</li> <li>✓ 산지 인접구역은 집중호우 시 토사 유입 가능성을 고려하여 관할 지자체와 협조하여 관리</li> </ul> |
| <b>배수 및 비상대응체계 운영</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 집중호우 등 기상특보 발생 시 관련 담당조직을 중심으로 사업장 현황을 모니터링하고 필요 시 현장 대응 실시</li> <li>✓ 유틸리티, 시설관리, 용수 등 담당부서 간 비상대응체계 운영</li> </ul>                                                                        |

**현장진단 결과, 과거 집중호우로 인한 직접적인 침수피해 이력은 없으며, 주요 시설의 단차 확보와 침수 대응설비 구비, 기상특보 발생 시 비상대응체계 운영 등을 통해 집중호우에 대비하고 있는 것으로 확인**

산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

13

## 01 재무영향 분석 프로세스-③ 현장 진단기반 재무영향 산정 기준 수립

- 현장진단을 통해 확인한 사업장 배수시설 및 침수대응시설의 현황, 배수능력을 반영하여 사업장별 배수 상쇄량을 산정하고, 시나리오별 강수량 및 소재지 평균 강우시간과 연계하여 사업장 침수 높이 산정



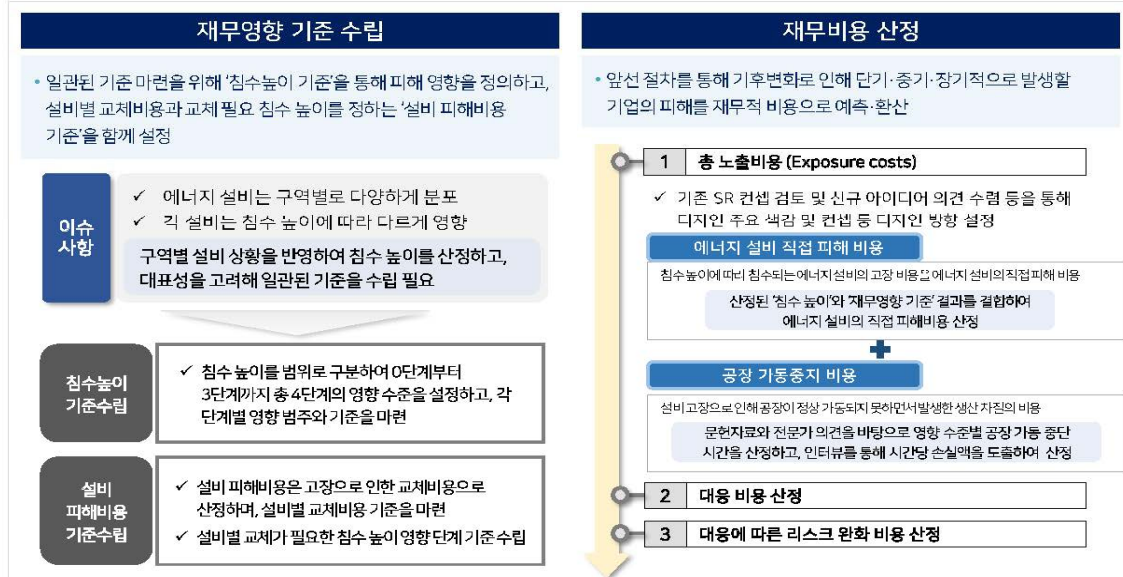
산업계 적응 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

14

2. 재무영향 분석 방법론

# 01 재무영향 분석 프로세스-④ 재무영향 산정

- ‘재무영향 기준 수립’은 침수높이에 따른 피해 결과를 재무적 비용으로 환산하는 과정이며, ‘재무비용 산정’은 이전단계의 결과를 바탕으로 최종 재무적 비용을 계산하는 절차



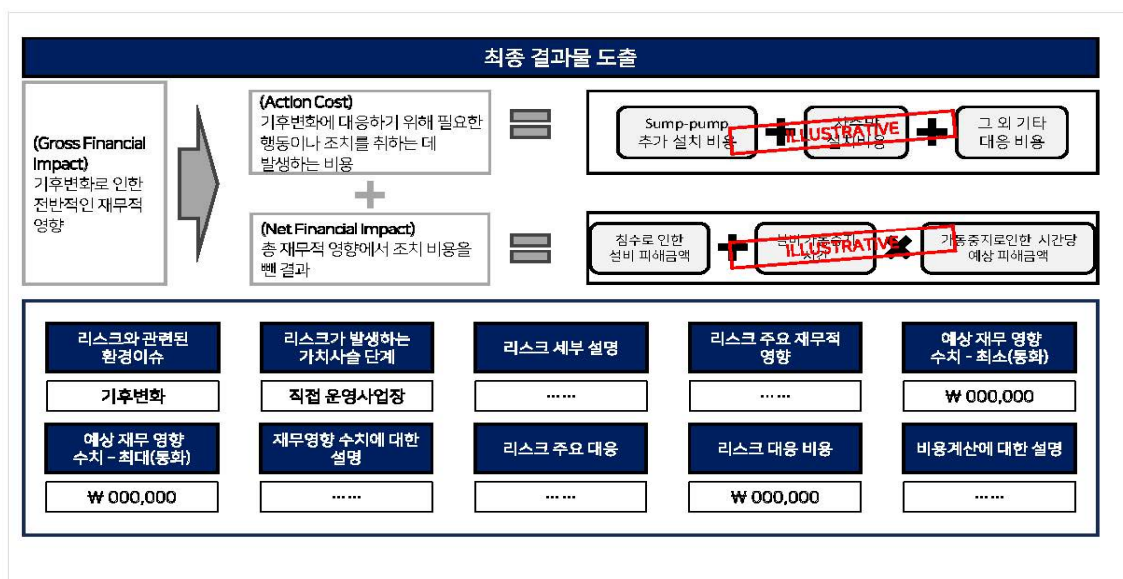
산업계 적용 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

15

2. 재무영향 분석 방법론

# 03 기후공시 연계방안

- 집중호우에 따라 발생하는 재무적 영향을 기업에서 침수를 대비하기 위한 사전적 대응 비용과 침수로 인해 발생하는 피해비용을 산출하고, 기후공시에서 요구하는 물리적 리스크 대응방안 마련



산업계 적용 설비·시설물 현장진단 및 재무영향 분석 추진 경과

16



감사합니다.



2026년 산업계 맞춤형 역량강화 워크숍 2차 자료집

## 발제5



# 물리적 기후위험 분석모델 시범진단 추진 현황

유명수 대표(리아)



# 물리적 기후위험 분석모델 시범진단 추진 현황

(주)리아 유 명 수

2026. 09. 17.

## Contents

- I. 산업계 물리적 기후위험 분석 개요
- II. 사업장 물리적 기후위험 분석 방법
- III. 기후위험 분석·관리 및 활용



# I. 산업계 물리적 기후위험

## 분석 개요

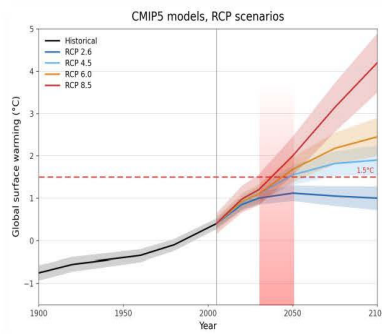
### I. 산업계 물리적 기후위험 분석 개요

#### 1. 왜 분석해야 하는가

극한기후 위험 가속화에 따른 산업계 적응 부담 확대

IPCC 1.5°C 특별보고서 (SR1.5, 2018)

전 지구 평균기온 변화 전망 (1900~2100)



1.5°C 도달  
예상 시점 변화

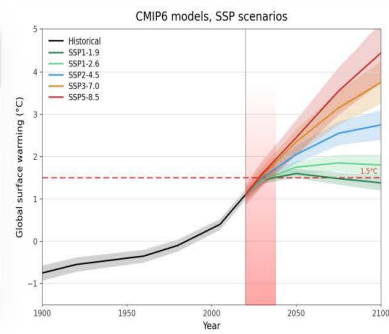
SR1.5 (2018)  
2030~2052년  
(중영점 2040년 전후)

약 10년 이상  
앞 당겨짐

AR6 (2021)  
2021~2040년  
(가까운 미래)

IPCC 제6차 평가보고서 (AR6, 2021)

전 지구 평균기온 변화 전망 (1900~2100)



국제 동향

- SR1.5(2018): 1.5°C 도달 시점 2030~2052년 전망
- AR6(2021): 2021~2040년 가까운 미래로 이동

국내 동향

- 최근 109년간(1912~2020년) 연평균기온 약 1.6°C 상승
- 전 지구 평균 상승 속도 상회

시사점

- 폭염, 집중호우, 가뭄, 태풍 등 극한현상 위험 증가
- 산업계 생산활동, 사업장 공급망 부담 확대

## 1. 산업계 물리적 기후위험 분석 개요

### 2. 무엇을 분석하는가

#### 물리적 기후위험은 기후현상과 사업장 특성으로 결정

- 동일한 폭염·홍수에 노출되더라도 위치·시설·공정·운영조건에 따라 실제 위험 수준은 다르게 나타남



사업장 물리적 기후위험 = 시설피해 · 작업중단 · 노동생산성 저하 · 용수부족 · 에너지사용 증가

**시사점** 기업의 물리적 기후위험 분석은 “기후변화 전망”을 “우리 사업장의 영향”으로 전환하는 과정

5

## 1. 산업계 물리적 기후위험 분석 개요

### 3. 어떻게 분석하는가

#### 기후·재해정보와 기업의 운영정보를 결합하여 사업장 위험을 정량화

- 기업이 모든 기후자료를 직접 생산할 필요는 없으며, 공공정보에 사업장의 실제 운영조건을 연결하는 것이 핵심



분석 결과의 반복 활용

중점위험 선정 → 적응대책 검토 → 투자 우선순위 → KSSB 등 공시 → 매년 업데이트

**시사점** Excel 분석에서 시작해 Dashboard 형태로 구축하면 조건·시나리오 변경과 연도별 재평가를 효율적으로 반복 가능

6

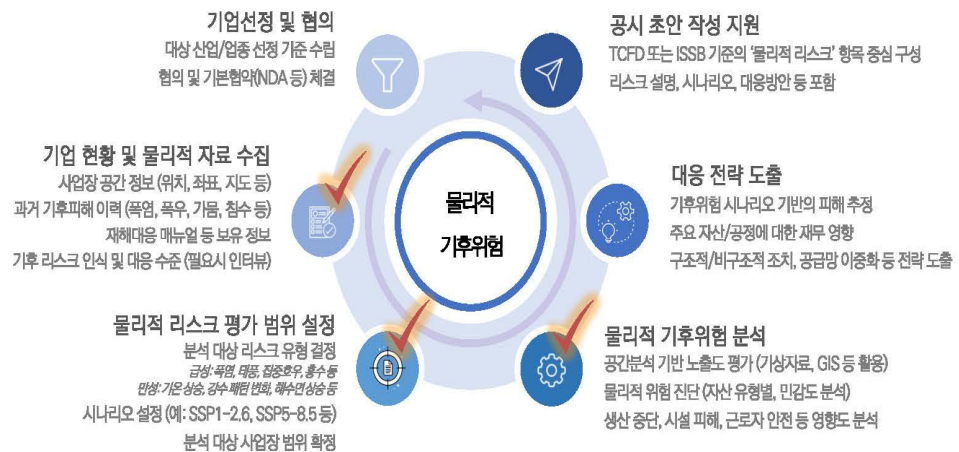
## II. 사업장 물리적 기후위험 분석 방법

### II. 사업장 물리적 기후위험 분석 방법 1. 핵심 분석 절차

#### 물리적 기후위험 분석 절차

##### • 물리적 기후위험 분석 6단계 프로세스를 통해 시범 진단을 추진

- 기후변화로 인한 물리적 리스크(급성·만성)는 산업계에 직접적인 피해를 초래하므로, 과학적 분석과 전략 수립 필요
- 기업의 사업장과 공정에 기반하여 위험을 진단하고, 맞춤형 대응전략과 공시를 지원하는 6단계 절차로 구성



II. 사업장 물리적 기후위험  
분석 방법

## 2. 자료 수집

## 분석자료는 어디에서 확보하는가?

- 기후·재해정보는 공공정보로 확보하고, 기업은 사업장의 실제 운영정보와 영향 판단기준을 준비



## 기업의 핵심 역할

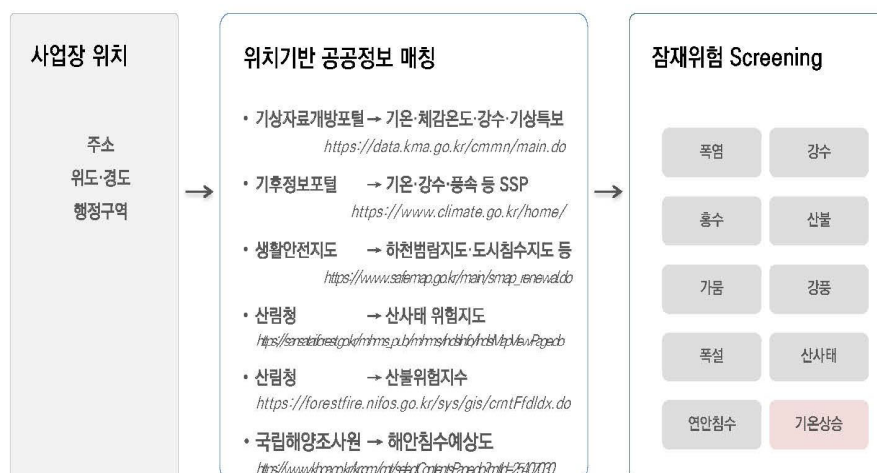
우리 사업장에 어떤 영향이 발생하는가?를 판단할 수 있는 운영정보와 기준 관리

9

II. 사업장 물리적 기후위험  
분석 방법3. 위험요소  
스크리닝

## 공공 기후·재해정보는 어떻게 활용하는가?

- 사업장 위치를 기준으로 공공 기후·재해정보를 중첩하여 잠재적 위험요소를 사전 선별



## 기업의 핵심 역할

모든 위험을 정량 분석하는 것이 아니라, 사업장 입지·과거 피해·미래 변화·운영특성을 종합해 분석대상 확정

10

## II. 사업장 물리적 기후위험 분석 방법

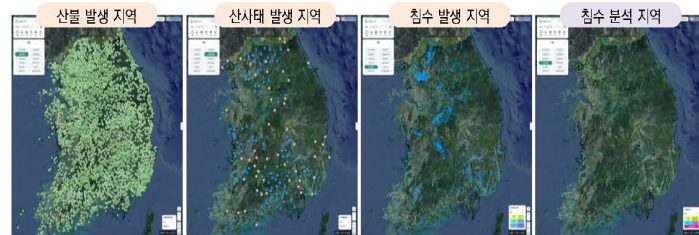
### 4. 위험요소 스크리닝

#### 사업장 위치 기반 과거 공공정보 매칭

- 사업장별 입지 특성과 주변 환경을 고려하여, 과거 피해 사례와 공공기관의 재해정보를 종합 검토하여 주요 위험요소 사전 식별
  - (기업 제공) 기업 위치 및 과거 피해사례
  - (공공 기관) 환경부(하천범람지도, 도시침수지도, 과거 침수이력 정보), 국립해양조사원(해안침수예상도), 산림청(산사태 위험지도, 산사태 및 산불 발생 이력) 등 공공기관 재해 정보를 바탕으로 피해 자료 수집
- 사업장별 검토
  - 과거 피해 사례 분석 결과
    - ☞ 돌풍으로 인한 지붕 파손으로 근로자 안전 확보를 위한 가동 중단(1일)이 발생하였으며, 설비 침수 피해로 인한 가동 중단
  - 공공기관 제공 정보에 의한 피해 사례 분석 결과
    - ☞ 사업장 인근 지역은 산사태 위험지도상 1등급으로 분류되어 있어, 산사태 발생 가능성 존재

사례

사례



출처: 생활안전지도, 행정안전부

11

## II. 사업장 물리적 기후위험 분석 방법

### 4. 위험요소 스크리닝

#### 사업장 위치 기반 기후 시나리오 공공정보 매칭



+



- 평균기온 및 여름철 체감온도 상승
  - 평균기온 및 여름철 체감온도는 21세기 후반까지 지속적으로 상승
    - ☞ 노동생산성 저하, 작업환경 악화, 냉방부하 증가, 전력비용 상승 우려
- 호우일수 증가 및 강수량 변동성 확대
  - 강수량은 일정한 변동성을 보이며 완만히 증가할 것으로 예측
  - 호우일수는 장기적으로 증가하는 경향을 보여, 집중호우 위험이 확대 우려
    - ☞ 침수 및 산사태 위험에 대한 분석과 대응 전략 수립이 필요한 것으로 판단됨



12



II. 사업장 물리적 기후위험  
분석 방법

5. 위험 정량 분석

확보한 자료는 어떻게 분석하는가?

- 기후지표 + 기업 운영정보 + 영향 발생기준을 결합하여 사업장별 실질적 영향을 정량화

| 위험   | 기후·재해 자료   | 기업자료·판단기준            | 정량 분석결과  |
|------|------------|----------------------|----------|
| 폭염   | 3시간 체감온도   | 근무시간·근로자<br>휴식·중단 기준 | 노동손실시간   |
| 강수   | 3시간 누적강수   | 옥외근로자<br>작업중단 기준     | 작업중단시간   |
| 홍수   | 강수량·침수지도   | 사업장 위치<br>과거 침수피해    | 침수위험·빈도  |
| 가뭄   | SPI 등 가뭄지수 | 용수사용량·공급원            | 가뭄 위험등급  |
| 기온상승 | 일평균기온·CDD  | 전력사용량·생산량            | 전력사용 변화량 |

분석 핵심

기후가 얼마나 변하는가?가 아니라 “그 변화가 우리 사업장에 얼마나 영향을 주는가?”를 계산

13

# III. 기후위험 분석·관리 및 활용

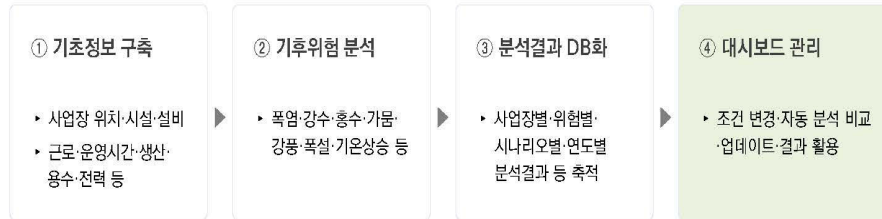


### III. 기후위험 분석·관리 및 활용

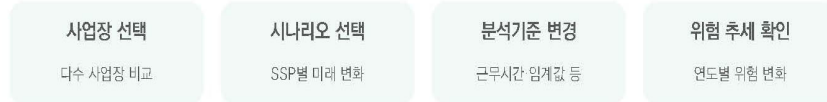
#### 1. 분석결과 관리

##### 분석결과를 일회성 진단에서 반복 가능한 관리체계로 전환

- 분석모델을 표준화하면 최신 기후자료와 기업 운영조건을 반영하여 사업장 위험을 지속적으로 갱신할 수 있음



##### • 대시보드 기반 관리의 핵심 기능



**관리 방향** Excel 기반 분석모델 → 대시보드 기반 반복 분석·업데이트 체계로 확장

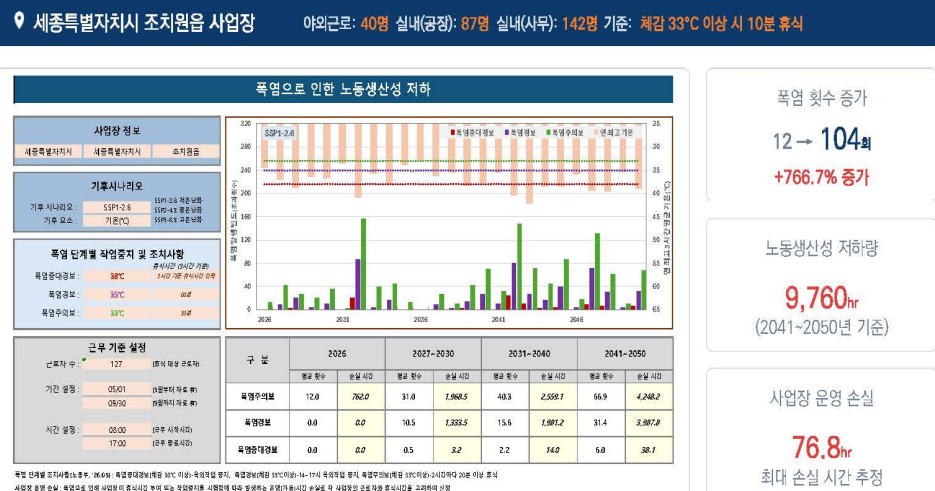
15

### III. 기후위험 분석·관리 및 활용

#### 2. 대시보드 활용

##### 사업장 운영조건과 기후 시나리오를 변경하여 미래 위험을 반복적으로 분석

- (예시) 폭염으로 인한 노동생산성 저하



폭염 횟수 증가

12 → 104회  
+766.7% 증가

노동생산성 저하량

9,760hr  
(2041~2050년 기준)

사업장 운영 손실

76.8hr  
최대 손실 시간 추정

**SSP 시나리오 분석**  
기후변화 시나리오별 폭염 횟수 및 강도 산출

**생산성 저하량 추정**  
열지수 기반 노동 효율성 저하  
데이터 정량화

**운영 손실 산출**  
휴게시간 및 작업 중단에 따른  
경제적 시간 손실

**맞춤형 분석**  
업종 근무형태별(야외/실내)  
차별화된 리스크 진단

16

### III. 기후위험 분석·관리 및 활용

## 2. 대시보드 활용

### 사업장 운영조건과 기후 시나리오를 변경하여 미래 위험을 반복적으로 분석



감사합니다.

