

국외출장 계획서

|        |  |  |  |
|--------|--|--|--|
| 결<br>재 |  |  |  |
|        |  |  |  |
| 협<br>조 |  |  |  |
|        |  |  |  |

| 구 분                         | 내 역                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |              |              |                  |       |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------|--------------|------------------|-------|
| 출장자<br>(Travelers)          | 소속<br>(Dep.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 예측운영과 | 성명<br>(Name) | 유진호          | 직급<br>(Position) | 선임연구원 |
| 출장지<br>(Destination)        | 국가<br>(Country)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 영국    |              | 도시<br>(City) | 레딩               |       |
| 사업명<br>(Project)            | UNEP GCF 기금 프로젝트<br>「태평양 5개 도서국가의 회복력 향상을 위한 기후정보 지식서비스 강화」                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       |              |              |                  |       |
| 출장기간<br>(Period)            | 2026.9.6 - 2026.9.13. (7박8일)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |       |              |              |                  |       |
| 출장목적<br>(Purpose of Travel) | <div><div><input type="checkbox"/> 배경 및 주요 목적</div><div><div>○ 계절내-근미래 기후예측 및 서비스에 관한 제3차 계절내-계절-근미래 예측에 관한 국제 컨퍼런스 (S2S2D conference)가 개최될 예정임</div><div>- 일시: 2026.9.7.-9.11, 장소: Univ. of Reading(레딩), 영국</div><div>○ UNEP CIS-Pac5 사업에서 추진하고 있는 태평양 도서국 대상 기후예측 서비스 개선 등 사업 성과를 발표하여 사업의 국제사회 인지도를 높이고, 기후예측 및 서비스 향상을 위한 최신 정보를 입수하고자 함</div></div><div><div><input type="checkbox"/> 주요 활동</div><div><div>○ 발표 (초록 제출 예정: 마감 2/28)</div><div>- 제목 : From Global Ensembles to Local Decisions: A Seamless Climate Service Value Chain for the Pacific Islands</div><div>○ 학술대회 참석 (4개 주제별 세션 구성 예정, 상세 프로그램 미정)</div><div>- Climate services across timescales</div><div>- Predictability and Prediction Skill</div><div>- Physics based Prediction systems</div><div>- Machine learning methods in S2S2D</div></div></div><div><div><input type="checkbox"/> 출장자 역할</div><div><div>○ 유진호 선임연구원 : 발표(구두) 및 컨퍼런스 참석</div></div></div></div> |       |              |              |                  |       |

|                                |                                                                            |                                               |         |         |                |        |               |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------|---------|----------------|--------|---------------|
| 기대효과<br>(Expectation Effect)   | ○ GCF-UNEP 사업 성과의 국제 기후예측 커뮤니티 대상 가시성 제고<br>○ 최신 기후예측 기술 및 서비스 동향 및 개선점 파악 |                                               |         |         |                |        |               |
| 출장일정<br>(Schedule)             | 일자<br>(Date)                                                               | 방문일정(Schedule of Visit)<br>(방문지역, 기관 및 담당자 등) |         |         | 내 용(Activity)  |        | 비 고<br>(Note) |
|                                | 9/6                                                                        | 부산 → 레딩                                       |         |         | 이동             |        |               |
|                                | 9/7-11                                                                     | 레딩                                            |         |         | 회의 참석 및 발표     |        |               |
|                                | 9/12-9/13                                                                  | 레딩 → 부산                                       |         |         | 이동             |        |               |
| 특이사항<br>(More Information)     | ※ GCF-UNEP 프로젝트 기금 활용<br>※ 항공 일정에 따라서 출장 기간 변경 가능                          |                                               |         |         |                |        |               |
| 출장경비<br>예산<br>(Travel Expense) | 출장자                                                                        | 항공료                                           | 일비      | 식비      | 숙박비            | 기타     | 합계            |
|                                | 유진호                                                                        | 3,000,000                                     | 348,190 | 684,770 | 1,391,310      | 50,000 | 5,474,270     |
|                                |                                                                            |                                               |         |         |                |        |               |
| 국외출장<br>실적                     | 출장자                                                                        | 금년도 국외출장 수행실적                                 |         |         | 최근 2년간 국외출장 실적 |        |               |
|                                |                                                                            | 학회, 세미나                                       | 그 외     | 소계      | 학회, 세미나        | 그 외    | 소계            |
|                                | 유진호                                                                        | -건                                            | 1건      | 1건      | -건             | 13건    | 13건           |
|                                |                                                                            | 건                                             | 건       | 건       | 건              | 건      | 건             |

□ 유진호

▶ 2026년 국외출장

- 2026.3.10.~3.15. Ngerimel 댐 및 Ngerikill intake 현장조사 등(팔라우, 코로르)

▶ 2025년 국외출장

- 2025.2.18.~3.2. KOICA 페루 기후회복력 강화 사업의 일환으로 현지 주요이해 관계자 대상 워크숍 개최 등(페루, 리마 등)
- 2025.4.5.~4.13. GCF-UNEP 태평양 5개 도서국 기후정보 지식서비스 강화사업 관련 프로젝트 운영위원회(PSC) 회의 참석(뉴질랜드, 오클랜드)
- 2025.7.23.~7.30. GCF-UNEP 사업 현지 관계자 협의(팔라우, 코로르 등)
- 2025.10.18.~10.27. PICOF-17 및 부대행사 참석(바누아투, 포트빌라)
- 2025.12.3.~12.10. 태평양 지역기후센터 네트워크 (PRCC-N) 회의참석(뉴질랜드, 웰링턴)

▶ 2024년 국외출장

- 2024.2.16.~3.2. PSC 참여 및 Sector-based Climate Services and Coordination workshop 참석(팔라우, 코로르)
- 2024.4.8.~4.14. 태평양 지역기후센터(Pacific RCC) 노드 회의 및 RCC/PIC\_panel Management meeting 참석(피지, 나디)
- 2024.4.27.~5.5. 기후정보 수요 기관 협업 현황 파악 및 sector별 기후정보 수요 조사 등(마셜제도, 마주로)
- 2024.8.4.~8.11. 기후정보 및 영향 기반 예보 강화(Enhance climate information and impact-based forecasting)' 수행(니우에, 알로피)
- 2024.9.11.~9.21. 7차 태평양 기상위원회(PMC-7) 및 태평양 기후서비스 패널(PICS Panel) 회의 참석(바누아투, 포트빌라)
- 2024.10.11.~10.20. 태평양 5개 도서국 기후정보 지식서비스 강화사업 추진을 위한 제3차 지역교육워크숍 개최 및 운영(통가, 누쿠알로파)
- 2024.11.3.~11.10. WGSIP 25차 회의 및 WGNE-WGSIP joint session 참석(프랑스, 툴루즈)
- 2024.11.16.~12.1. KOICA 페루 기후회복력 강화 사업의 일환으로 현지 주요 이해관계자 대상 워크숍 개최 등(페루, 리마,모루페,푸노)

※ 출장기간 등 세부적인 출장 일정은 변동 가능

※ 학회, 세미나 등 참석을 위한 국외출장은 개별적으로 심의신청서를 작성,  
업무협의를 위한 국외출장은 대표 1인이 심의신청서를 작성

TRAVEL APPROVAL FORM

출장신청서

|    |       |       |       |        |
|----|-------|-------|-------|--------|
| 결재 | 연구원   | 과장    | 본부장   | 원장직무대행 |
|    | 07/16 | 07/16 | 07/16 | 07/16  |
| 재  | 정다은   | 전종안   | 김형진   | 김형진    |
| 협조 | 행정원   |       |       |        |
|    | 07/16 |       |       |        |
|    | 강보라   |       |       |        |

|                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Name & Position of Traveler(s)                                                  | 기후변화분석과 연구원 정다은                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Department                                                                      | Research <input checked="" type="checkbox"/> External <input type="checkbox"/> Management <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Destination                                                                     | 레딩 대학교, 영국 레딩                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Purpose of Travel                                                               | S2S2D Conference 2026 참석 및 발표                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Budget Request                                                                  | Yes <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| More Information<br>(Expenses paid for by Organizer,<br>Registration fee, etc.) | <div>1. 관련<ul style="list-style-type: none"><li>- 기후변화분석과-603(2026.7.14.) 정다은 국외출장 사전품의서</li><li>- 기후변화분석과-608(2026.7.15.) 정다은 국외출장 사전품의서 비용 결제 완료 보고</li></ul></div> <div>2. 출장 일정<ul style="list-style-type: none"><li>- 2026.9.6.(일)-2026.9.13.(일) &lt;8일&gt;</li></ul></div> <div>3. 컨퍼런스 상세 정보<ul style="list-style-type: none"><li>- (붙임1) 컨퍼런스 정보</li><li>- (붙임2) 포스터 발표 지정 안내 메일</li><li>- (붙임3) 발표 세션 정보(9/8, 포스터 세션 A)</li><li>- (붙임4) 발표 초록</li></ul></div> <div>4. 교통<ul style="list-style-type: none"><li>- (붙임5) 항공 여정표</li><li>- (붙임6) 보너스 항공권 조회 결과</li><li>- APCC 공무 항공마일리지 관리 및 활용 지침에 따라 '보너스 항공권 확보'에 우선 활용하려 했으나, 환승 구간의 경우 보너스 항공권 구매가 사용 불가하여 '좌석 승급'에 활용하고자 함</li><li>- 런던(히드로 공항) ↔ 레딩(학회장) 왕복 시외교통비 요청</li></ul></div> <div>5. 숙박<ul style="list-style-type: none"><li>- 숙박비 정액 지급 요청</li><li>- 2026.9.6.(일)-2026.9.12.(토) &lt;6박&gt;</li></ul></div> <div>6. 기타<ul style="list-style-type: none"><li>- 전자여행허가(ETA, Electronic Travel Authorisation) 발급비 16GBP 지급 요청</li><li>- GCF-UNEP 사업에서 출장 경비 지출</li></ul></div> |

|                                    |                                                               |                               |               |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| <b>Use Conference Expenses</b>     | Yes <input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> |                               |               |
| <b>Submission of Travel Report</b> | Yes <input checked="" type="radio"/> No <input type="radio"/> |                               |               |
| <b>Itinerary</b>                   |                                                               |                               |               |
| Date From                          | Date To                                                       | City/Country                  | Activity      |
| 9/6                                | 9/6                                                           | 부산/대한민국→레딩/영국                 | 이동            |
| 9/7                                | 9/11                                                          | 레딩/영국 (레딩대학교 Palmer Building) | S2S2D 참석 및 발표 |
| 9/12                               | 9/13                                                          | 레딩/영국→부산/대한민국                 | 이동            |

**\* Note**

1. If it is to conferences, workshops or meetings, attach the agenda, invitation letter or proving document.
2. After completion of the business trip, the traveler should submit the travel report form within a week.

## 국외출장 변경 사유서

|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                       |                  |                |                                                        |        |        |        |                                                   |        |                                                        |                                                |        |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------|----------------|--------------------------------------------------------|--------|--------|--------|---------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|------|------------|------------------|----------------|---------------------------------------------------|--|------|------|---------------------------------------------------|--|--------------------|------------------------------------------------|--|---------------------|--|--|--|--|--------------------------------------------------------|--|--|--|--------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|-----------|
| 사업명     | UNEP GCF 기금 프로젝트<br>태평양 5개 도서국가의 회복력 향상을 위한 기후정보 지식서비스강화                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                       |                  |                |                                                        |        |        |        |                                                   |        |                                                        |                                                |        |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
| 변경내용    | 변경 전                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 출장자 : 유진호<br>출장일정(안) : 2026.9.6.~9.13 |                  |                |                                                        |        |        |        |                                                   |        |                                                        |                                                |        |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
|         | 변경 후                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 출장자 : 정다은<br>출장일정(안) : 2026.9.6.~9.13 |                  |                |                                                        |        |        |        |                                                   |        |                                                        |                                                |        |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
| 변경사유    | <p>○ 유진호 선임연구원이 S2S2D conference(2026.9.7.-9.11)에 참석하여 UNEP GCF 사업 성과를 발표할 계획이었으나 9월 하순으로 예정되었던 PMC(태평양 기상위원회) 일정이 9.7-9.16으로 변경됨(7.10 통보). 일정 중복으로 유진호 선임연구원은 S2S2D conferernce 참여가 불가능함. (아래 일정표 참고)</p> <table><tr><td>Sat</td><td>Sun</td><td>Mon</td><td>Tue</td><td>Wed</td><td>Thu</td><td>Fri</td><td>Sat</td><td>Sun</td><td>Mon</td><td>Tue</td><td>Wed</td><td>Thu</td><td>Fri</td><td>Sat</td></tr><tr><td>5-Sep</td><td>6-Sep</td><td>7-Sep</td><td>8-Sep</td><td>9-Sep</td><td>10-Sep</td><td>11-Sep</td><td>12-Sep</td><td>13-Sep</td><td>14-Sep</td><td>15-Sep</td><td>16-Sep</td><td>17-Sep</td><td>18-Sep</td><td>19-Sep</td></tr><tr><td>Arrival</td><td>Rest</td><td>PMC Panels</td><td>Liaison Platform</td><td rowspan="2">Media Training</td><td colspan="2">8th Meeting of the Pacific Meteorological Council</td><td rowspan="2">Rest</td><td rowspan="2">Rest</td><td colspan="2">8th Meeting of the Pacific Meteorological Council</td><td>Ministers Briefing</td><td colspan="2">4th Pacific Ministerial Meeting on Meteorology</td><td rowspan="2">Leadership Training</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="2">Summit Events<br/>Private Sector Dialogue<br/>Side Event</td><td></td><td></td><td colspan="2">Summit Events<br/>Private Sector Dialogue<br/>Side Event</td><td></td><td></td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Departure</td></tr></table> <p>○ S2S2D conferernce는 기후예측에 초점을 맞춘 학회로 사업 성과의 확산 및 국제적인 기후예측 서비스 현황을 파악할 수 있는 좋은 기회이므로 공저자인 정다은 연구원이 대신 참석하여 사업 성과를 발표하고 기후예측 관련 연구 및 서비스 동향을 파악하고자 함.</p> |                                       |                  |                |                                                        |        |        |        |                                                   |        |                                                        |                                                |        |                     | Sat | Sun | Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun | Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | 5-Sep | 6-Sep | 7-Sep | 8-Sep | 9-Sep | 10-Sep | 11-Sep | 12-Sep | 13-Sep | 14-Sep | 15-Sep | 16-Sep | 17-Sep | 18-Sep | 19-Sep | Arrival | Rest | PMC Panels | Liaison Platform | Media Training | 8th Meeting of the Pacific Meteorological Council |  | Rest | Rest | 8th Meeting of the Pacific Meteorological Council |  | Ministers Briefing | 4th Pacific Ministerial Meeting on Meteorology |  | Leadership Training |  |  |  |  | Summit Events<br>Private Sector Dialogue<br>Side Event |  |  |  | Summit Events<br>Private Sector Dialogue<br>Side Event |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | Departure |
| Sat     | Sun                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Mon                                   | Tue              | Wed            | Thu                                                    | Fri    | Sat    | Sun    | Mon                                               | Tue    | Wed                                                    | Thu                                            | Fri    | Sat                 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
| 5-Sep   | 6-Sep                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 7-Sep                                 | 8-Sep            | 9-Sep          | 10-Sep                                                 | 11-Sep | 12-Sep | 13-Sep | 14-Sep                                            | 15-Sep | 16-Sep                                                 | 17-Sep                                         | 18-Sep | 19-Sep              |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
| Arrival | Rest                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | PMC Panels                            | Liaison Platform | Media Training | 8th Meeting of the Pacific Meteorological Council      |        | Rest   | Rest   | 8th Meeting of the Pacific Meteorological Council |        | Ministers Briefing                                     | 4th Pacific Ministerial Meeting on Meteorology |        | Leadership Training |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                       |                  |                | Summit Events<br>Private Sector Dialogue<br>Side Event |        |        |        |                                                   |        | Summit Events<br>Private Sector Dialogue<br>Side Event |                                                |        |                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |
|         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                       |                  |                |                                                        |        |        |        |                                                   |        |                                                        |                                                |        | Departure           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |       |       |       |       |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |      |            |                  |                |                                                   |  |      |      |                                                   |  |                    |                                                |  |                     |  |  |  |  |                                                        |  |  |  |                                                        |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |           |

2026년 7월 13일

출장자 : 유진호

(인)

출장자 : 정다은

(인)

심의위원회 위원장 : 김형진

(인)

TRAVEL REPORT FORM

출장보고서

|        |       |       |       |       |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| 결<br>재 | 연구원   | 과장    | 본부장   | 원장    |
|        | 09/22 | 09/22 | 09/22 | 09/23 |
| 협<br>조 | 정다은   | 전종안   | 김형진   | 하경자   |
|        |       |       |       |       |

I. Travel Overview 출장개요

1. Traveler(s) 출장자

|               |                 |         |         |
|---------------|-----------------|---------|---------|
| Department 소속 | Position 직위(직급) | Name 성명 | Note 비고 |
| 기후변화분석과       | 연구원(연구원)        | 정다은     |         |

2. Travel Period 출장기간

- 2026.9.6.(일)-2026.9.13(일) <8일>

3. Occasion and destination 행사 및 출장지

- 행사: S2S2D Conference 2026
- 출장지: Palmer Building, University of Reading, Reading, UK

II. Major Activities 주요업무 수행내용

1. Main Contents and Activities 주요내용 및 활동

- 컨퍼런스 참석 및 학계 동향 파악 (붙임 1)
- UNEP CIS-Pac5 과제 성과 발표 (붙임 2)



---

## 2. Relevance to APEC Climate Center's Activities 결론 및 소감

- AI/ML 기반 예측이 역학 모델과 대등하거나 이를 보완하는 수준까지 발전하였음을 확인함.
- 유럽 및 캐나다 중심으로 Decadal 예측은 응용 서비스로 확장되는 성숙 단계에 접어들었음.
- 다양한 기후 응용 서비스 사례를 접하며 타 기관의 접근법을 벤치마킹할 수 있었으며 OCP-4의 기후 응용 서비스 개발 표준화 흐름을 고려해 APCC의 축적 성과를 홍보할 기회가 마련되었으면 함.
- 각 발표마다 요약뿐만 아니라 센터 업무에 대한 시사점을 함께 정리하였으니, 상세 내용은 불임 참조

## 3. Suggestions and Remarks 건의사항

- AI/ML 모델의 약진에 따라 향후 AI/ML 기후예측의 우세 시대 도래에 대비, 센터 내 GPU 등 연구 자원 지원을 미리 검토할 필요가 있음.
- APCC 업무와 관련성이 높은 기후 관련 현업 및 연구 중심의 국제 행사에는 최소 2인 이상 참석을 적극 지원해 센터의 장기 계획 수립에 기여할 필요가 있음.
- 상세 내용은 불임 참조

## III. References (Presented and Collected Materials) 주요 수집자료

(with attachment of any information or report in case of attendance of conferences, workshops and meetings) 학술대회, 워크숍, 회의 등 참석 시 관련 정보 및 문서 첨부

- 발표자 동의 하에 컨퍼런스 웹페이지에 발표 자료가 공유될 예정이니 필요시 참조 (2026.9.22.(화) 기준, 발표 자료 미업로드)
- 컨퍼런스 웹페이지: <https://www.wcrp-esmo.org/activities/s2s2d-conference-2026>

# S2S2D Conference 2026 참석 보고서

【 2026. 9. 22.(화) / 기후변화분석과 정다운 】

## □ 행사 개요

- 행사 명: S2S2D Conference 2026: Advancing climate predictions from weeks to decades to benefit society
- 장 소: Palmer Building, University of Reading, Reading, UK
- 기 간: 2026.9.7.(월)~2026.9.11.(금) <5일>
- 세션 주제
  - Physics-based Prediction Systems
  - Climate Services Across Timescales
  - Machine Learning Methods in S2S2D
  - Predictability and Prediction Skill

## □ 출장 개요

- 출 장 자: 기후변화분석과 연구원 정다운
- 발표세션: 포스터 세션 A (2026.9.8.(화))
- 발표제목: From Global Ensembles to Local Decisions: A Seamless Climate Service Value Chain for the Pacific Islands

## □ 세션별 주요 내용

1

### Physics-based Prediction Systems

세션 소개: S2S2D predictions are operational at a growing number of centres worldwide, but with numerous methodological choices and no clear consensus on optimal prediction system characteristics such as ensemble size, reforecast methods, observational inputs and initialization, or model resolution. This session will bring together researchers and operational providers to communicate new developments and future directions in physics-based S2S2D prediction systems to better optimize their design. Themes can include:

- Forecast system development:
  - Initialisation (e.g., data assimilation, reanalysis methods, observing systems, data rescue)
  - Model formulation (e.g., resolution, coupling, physics)
  - Ensemble generation and reforecast methodology
  - Post-processing
  - Evaluation and verification
- Sensitivity studies (e.g., resolution, land properties, atmospheric composition)

## (1) (Frederic Vitart, ECMWF) Sub-seasonal prediction at ECMWF: Advances, Challenges and Opportunities

### • 시사점

- 현재 APCC BSISO 예측에 참여 중인 ECMWF 모델(Cycle48r1)이 향후 Cycle50r1으로 대체될 가능성이 있으므로 이에 대한 대비가 필요함.
- ECMWF의 ML 기반 sub-seasonal 예측 발전이 돋보였으며 AI 모델을 MME 구성원 중 하나로 추가하는 하이브리드 접근 또한 유효할 가능성이 엿보임.

### • ECMWF sub-seasonal 예측 시스템 변화 (2004→2026)

|             | 2004                     | 2026                    |
|-------------|--------------------------|-------------------------|
| Real-time   | - TL159 (~110km)         | - Tco319 (~36km)        |
|             | - 42 vertical levels     | - 137 vertical levels   |
|             | - 32-days integrations   | - 46-days integrations  |
|             | - Once a week            | - Daily                 |
|             | - 51 ensemble members    | - 101 ensemble members  |
|             | - Model Version: CY28R3  | - Model Version: CY50R1 |
|             | - 1° Ocean               | - 1/4° Ocean            |
|             |                          | - Active sea-ice        |
| Reforecasts | - 12 years               | - 20 years              |
|             | - 5 ensemble members     | - 11 ensemble members   |
|             | - Once a week            | - Every odd day         |
|             | - Initialized from ERA40 | - Initialized from ERA5 |

### • 성능 개선 및 한계

- 개선: 예측 유효기간(유의상관 유지일수)이 증가함(예: MJO +9일, SSW +4일, PNA +5일, NAO +5일). Tropics에서는 뚜렷한 개선이 보이나 N. Extratropics의 week3에서는 제한적 개선이 있고 week4에서는 개선이 여전히 어려움.
- 한계: MJO 원격상관 모사에는 여전히 오차가 나타나며 이는 열대발(remote) 원인뿐 아니라 국지적(local) 원인 때문이기도 함.

### • Experimental ML sub-seasonal 예측 시스템<sup>1)</sup>

- (2025.9.~2026.8. 해면기압 예측성능) ML모델 및 역학모델 다중앙상블<sup>2)</sup> > ML모델 다중앙상블<sup>3)</sup> > 후처리된 역학 모델<sup>4)</sup> > ML 모델 단일<sup>5)</sup>

1) 본 보고서 14쪽 Machine Learning Methods in S2S2D의 Johua Talib 발표 참조

2) ECMWFmulti = IFS + AIFSgaia + AIFShera + AIFSthalassa

3) AIFSmulti = AIFSgaia + AIFShera + AIFSthalassa

4) Post-processed IFS = MicroDuet

5) AIFSgaia

## (2) (Stephanie Johnson, ECMWF) Highlights of ECMWF's next seasonal forecast system: SEAS6

### • 시사점

- 모델 · 앙상블 · 발표 주기 등을 전면 개편한, 약 10년 주기의 ECMWF 계절 예측 모델 세대 교체가 예정되어 있음.

### • 개요

- 약 10년에 걸친 SEAS6 prototype 개발 및 실험 결과 발표
- 최종 성능 분석은 operational hindcast set 완성 후 실시 예정

### • SEAS6 소개

- 구성 모델

|                                   | SEAS5        | SEAS6 prototype       |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------|
| Atmosphere cycle                  | Cy43r1       | Cy49r2                |
| Stochastic physics                | SPPT         | SPP                   |
| Atmosphere res.                   | TCO319, L91  | TCO319, L137          |
| Ocean/sea ice model <sup>6)</sup> | NEMO3.4 LIM2 | NEMO4 SI <sup>3</sup> |
| Ocean/sea ice model res.          | ORCA025 L75  | eORCA025 L75          |

- 개선 사항

- 실시간 예측 앙상블 확대: 51→101
- 발표 주기 확대: 월 1회→2회(매월 1일/16일 초기화)
- ENSO 예보 확대: 분기별→월별 발표, 13개월→연 2회 24개월
- 북극 해빙 개선: 신규 해빙모델 SI<sup>3</sup> 사용

## (3) (Fanglin Yang, NOAA) Development of the NOAA Unified Forecast System and Its Application to Subseasonal and Seasonal Predictions

### • 시사점

- 현재 APCC MME 계절예측에 참여 중인 NCEP CFSv2가 2027년 말 퇴역 예정이므로 이에 대한 로드맵을 미리 준비할 필요가 있음.

### • UFS<sup>7)</sup> 통합 물리 스킴 개발 (Scale-Aware Unified Physics)

- NOAA UFSR20 개발팀이 land, PBL, microphysics, 대류, 복사 등 물리 스킴을 여러 단계에 거쳐 발전시켜 왔음.

6) Introduction of a new ocean and sea-ice model based on NEMO4-SI3  
ECMWF's next ensemble reanalysis system for ocean and sea ice: ORAS6

7) Unified Forecast System

- 이 물리 스킴을 GFSv17(9km), GCAFSv1 & GEFSv13(25km), SFSv1(50km), WAM(100km) 등 전 시스템에 적용
- 모델 종류

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GFSv17            | - NOAA 최초의 Medium-range 예측을 위한 완전 결합 지구시스템 모델                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| GEFSv13           | - NOAA 최초의 완전 결합 앙상블 sub-seasonal 시스템                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| SFS <sup>8)</sup> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- CFSv2의 차세대 후속</li> <li>- 준실시간 예측: 2026년 3월부터 시작(월 1회, 1년 선행시간, 31개 앙상블 멤버)</li> <li>- On-the-fly reforecast: 11개 앙상블 멤버, 1991-2025</li> <li>- 2027년 말까지 WCOSS3<sup>9)</sup>/NIMBUS로 이관하는 것을 목표로 하며 CFSv2는 WCOSS2의 운영 종료 시점에 함께 퇴역</li> <li>- SFS-beta1 성능: 3~7월 IC에서 CFSv2 대비 뚜렷한 개선이 있으며 ECMWF SEAS5와 대체로 동등한 수준</li> </ul> |

#### (4) (Andrea Molod, NASA) GEOS-S2S-3: Coupled Assimilation and Seamless Sub/Seasonal Prediction System at NASA's Global Modeling and Assimilation Office

##### • 시사점

- 현재 NASA 모델은 APCC MME 계절예측에 참여 중이므로 관련 내용은 필요시 업무 참고 자료로 활용할 수 있음.

##### • GMAO GEOS-S2S 발전 역사

- pre-GEOS(1990년대 후반, NSIPP) → GEOS-S2S-1(2012) → GEOS-S2S-2(2017.11) → GEOS-S2S-3(2026년 3월부터 준실시간 운영)

##### • GMAO GEOS-S2S 개발 배경

- GMAO 계절예측팀은 coupled Earth-System 모델 및 분석장을 위성 및 관측과 함께 사용해 sub/seasonal부터 decadal 시간 규모 현상을 연구 및 예측해 왔음.
- 개발 핵심 동기는 NASA 위성자료의 혁신적 활용을 통한 예보스킬을 개선하는 것임.

##### • GEOS-S2S-3 AOGCM · ODAS · AODAS 특징(\*: GEOS-S2S 고유 특징)

- AOGCM: 상호작용형 에어로졸\*, 해양 해상도 향상(~50km→~25km), 대기-해양 경계층\*, Green's functions 방법론 기반 모델 튜닝\*
- ODAS: 현장 · 위성 해양관측 오차 개선, 해수면염분(SSS) 동화 신규 도입

8) <https://vlab.noaa.gov/web/osti-modeling/seasonal-forecast-system>

9) Weather and Climate Operational Supercomputing System: NOAA/NCEP이 GFS, GEFS, CFS 등 모든 예보 모델을 돌리는 슈퍼컴퓨터 시스템

- AODAS: One-way 결합 동화, 해양 해상도 향상 반영, 대기 에어로졸 Replay\*<sup>10)</sup>, 기존 Replay 방식\*<sup>11)</sup> 수정
- GEOS-S2S-3 Coupled Assimilation 특징
  - 준실시간 및 과거 예측: 9개월 coupled 예측, GEOS-S2S-3 reforecast는 1991-2024(GEOS-S2S-2는 1982-2020), 2026년 3월 GEOS-S2S-2를 대체
  - 앙상블: 첫 3개월 45개 lag/burst, 이후 6개월 10개 선택, 5일마다 lagged 초기 조건, 준실시간 및 과거 예측 모두 동일

## 2

## Climate Services Across Timescales

세션 소개: S2S2D predictions are vital for informing near-term adaptation to extremes in our rapidly changing climate. This session will bring together practitioners and providers of S2S2D climate services to assess current capabilities and present exciting avenues for future development. Themes can include:

- Sector specific applications (e.g. agriculture, health, energy, water)
- Postprocessing for policy and decision making (e.g. calibration, multi-model combination, downscaling)
- Verification for building trust
- Data and software (e.g. open data and tools, data streams, reference data sets, curation)
- Explaining, attributing and communicating forecasts
- Formulating and communicating risks of extremes
- Good practices for engaging users

### (1) (Ángel G. Muñoz, WGSIP) Outcomes of the recent Fourth WMO Workshop on Operational Climate Prediction (OCP-4)

#### • 시사점

- UNEP CIS-Pac5 과제의 국가별 영향예보 개발은 거의 마무리 단계이며 한-PIF 과제의 태도국 영향예보 개발 또한 수년 내 개발 완료될 예정이지만, 향후 영향예보 공동 생산 시에는 본 워크숍의 권고안(공동 생산의 표준 관행화)을 사전에 참조하는 것이 바람직함.
- (대외협력과-436(2026.07.28)) 한-PIF 전문가 워크숍(2026.7.7.-8.)에서도 다수 제기되었던 ‘불확실성에 대한 사용자의 해석 어려움’ 문제를, WMO 역시 권고안으로 낼 만큼 명확히 인지하고 있음을 확인함. 이는 향후 영향예보 개발 시 반드시 고려해야 할 항목임.
- (예측운영과-1669(2022.10.04)) 2022년에 개최된 OCP-3의 권고사항과 동일한

10) Buchard et al.

11) Takacs et al. 및 Orbe et al.

권고사항(공동 개발)이 여전히 제기되었음. 공동 개발에 대한 필요성이 여전히 중요함에도 실질적 진척은 더디다는 점을 보여줌. 한편 OCP-3에서는 ML/AI에 대한 논의가 거의 없었던 반면 이번에는 비중 있게 다뤄짐. 짧은 기간 내 관련 논의가 빠르게 발전 및 확산되었음을 알 수 있음.

- 일시 및 장소: 2026.6.29-7.1, 탄자니아 아루샤
- 주요 권고안<sup>12)</sup>
  - 공동 생산(Co-production) 및 영향기반예보(Impact-based forecast) 제도화
    - 현재 공동 생산은 대부분 프로젝트에 의존하는 상태이므로 표준 운영 관행으로 제도화(NMHS-RCC-RCOF의 공동 생산) 하고 RCOF를 합의 형성 플랫폼으로 강화하는 것이 필요함.
    - 영향 기반 예보 운영 확대
    - 예측을 의사결정으로 전환하는 후처리에 투자
    - 불확실성을 결정론적 수치가 아닌 사용자 중심 언어로 소통
  - AI/ML: Hybrid by design, governed by default
    - 워크숍의 일관된 입장: AI는 전문가 판단과 물리를 대체하는 것이 아니라 보완하는 것
    - 단순 다중모델 평균을 넘어선 AI 기반 예보 결합
    - 역학 모델 · AI · 통계적 후처리를 결합한 하이브리드 접근 촉진
    - NMHS의 AI 역량 확대
    - 책임 강조: 투명성, 물리적 정합성, 불확실성 정량화, 인간의 감독, 검증
    - AI/ML을 “beautiful beast”에 비유하며, 강력하지만 통제되지 않으면 위험할 수 있는 만큼 하네스를 채우듯 책임감 있게 다뤄야 함을 강조
    - 후속 조치: NMHS의 AI 도입 가이드라인, CSIS<sup>13)</sup> 규제 프레임워크 마련
- 워크숍 개최 및 권고안 도출 절차(5단계)

| OCP-4 개최      | 권고안 초안<br>도출            | 합동 전문가 검토                                | 통합<br>(현재 진행 중)                      | 거버넌스                                           |
|---------------|-------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| 2026.6.29-7.1 | 20개 이상의<br>권고안 초안<br>도출 | ET-CIDS/ET-OCPS<br>합동 세션<br>2026.7.2-7.3 | 그룹 토론<br>결과를 반영하여<br>단일 문서로<br>우선순위화 | SERCOM-4(2026.10)<br>및 INFCOM04(2026.11)<br>제출 |

12) 주제 및 권고안 전체는 OCP-4 웹페이지 및 최종 보고서에서 확인 가능

<https://wmo.int/events/workshop/fourth-wmo-international-workshop-operational-climate-prediction>

13) Climate Service Information System (기후서비스정보시스템)

## (2) (Linda Hirons, University of Reading) Advancing locally-owned Meningitis Early Warning for Africa

### • 시사점

- 본 도구의 개발 프레임워크(예측 신뢰성 확보-공동 생산-선제적 대응)는 UNEP CIS-Pac5 및 한-PIF 사업의 영향 예보 설계를 위한 참조 모델이 됨.
- 현지 기관의 직접 소유·운영을 명확한 목표로 설정한 점은 기술 이전 시 현지 역량과 자율성 확보를 염두에 둔 실용적 접근법으로 보임.

### • 아프리카 뇌수막염 발병의 기후 driver

- 먼지, 고온, 건조
- 아프리카 뇌수막염 발병률은 건기(1~6월)에 집중
- S2S 예측 모델과 실시간 데이터 발전으로 이 조건들을 수 주 전에 신뢰성있게 예측하는 것이 가능해짐.

### • 예측 방식

- 3단계 프레임워크(예측 신뢰성 확보-공동 생산-선제적 대응) 안에서 개발하였음.

| Vigilance Warning                                                                                                                                                                                                                                 | Risk Severity                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 온도·상대습도·지표먼지농도의 임계값 조합으로 Vigilance Warning 등급(High/Moderate/Low/None) 산출</li> <li>- S2S 예보의 각 앙상블 멤버마다 개별 수행 → 100개 실현치 생성</li> <li>- 검증(Brier Skill Score, ERA5 대비): 2~3월 (수막염 정점 시즌)에 스킬 최고</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vigilance Warning 등급(Yellow(Low)=1, Orange(Moderate)=3, Red(High)=5)에 확률값(0~1)을 곱함 → 0~5점의 Risk Severity 점수로 통합 시각화</li> </ul> |

### • 향후 계획

- ACMAD<sup>14)</sup>가 2027년 건기 파일럿 기간 동안 본 도구를 직접 소유·운영하는 것을 목표로 함.
- 공동 생산의 지속성을 강조하였으며 Anticipatory action value chain (백신접종-감시-예보-신속대응) 구축을 통한 통합 대비 체계 강화를 목표로 함.

14) African Centre of Meteorological Applications for Development – Climate Health Desk. 2026년 3월 13일 공식 출범하였으며 대륙 차원의 기후과학-공중보건 연계 허브로 University of Reading/NCAS, ACMAD, WMO/UNECA 산하 협력으로 이루어짐.  
<https://acmad.org/index.php/official-launch-of-african-climate-health-desk/>

### (3) (Emily Ball, BSC) EpiOutlook<sup>15)</sup>: a seasonal forecasting platform for climate-sensitive infectious disease risk

#### • 시사점

- 한-PIF 과제의 섹터별 응용 서비스 개발 시 참고할 만한 인터페이스임.
- 해당 모델의 성능은 실제 발병률이 아닌 관측 기반 적합도(suitability)와의 비교로 검증되었다는 점에서, 실제 발병 자료를 활용한 검증 대비 적합도 활용 방식이 갖는 장단점이 있는 것으로 보임.

#### • 기후에 민감한 감염병 위험을 계절 규모로 예측하는 플랫폼 개발

#### • 자료 및 방법

- ECMWF SEAS5.1 예측(온도 · 상대습도 · 강수량) 및 ERA5-Land 관측
- 인덱스 계산 시 기후 임계값을 모두 충족하는 경우에만 TRUE를 부여하는 이진(TRUE/FALSE) 마스크를 모든 앙상블에 대해 생성 후 TRUE를 예측한 멤버의 비율로 확률값 산출
- 단순 기후 변수 예보가 아니라, 매개체(모기) 서식에 필요한 기후 임계값 조건을 이진화하고 앙상블 전체에 적용하여 확률적 형태로 감염병 위험도 제공

#### • 질의응답

- 예측 및 성능 정보를 중첩하여 표출하는 인터페이스 개발 추천
- 모델 성능 계산은 관측 자료로 계산한 적합도(suitability)와 모델 자료로 계산한 적합도를 비교하는 방식이며 발병률 자체를 사용한 것은 아님.
- 현재는 ECMWF 단일 모델로 개발되었으나 향후 다중모델앙상블 활용을 고려 중임.

### (4) (Anca Brookshaw, ECMWF) Climate Services Bring Challenges and Opportunities to Climate Prediction Science and Research

#### • 시사점

- APCC가 검토 중인 Relative Nino Index 전환 방향이 사용자 수요에 부합하면서 국제적으로도 유효한 흐름임을 확인함.
- C3S가 자료 단순 제공부터 Atlas 및 EQC 기능까지 풀패키지로 서비스하는 점은 APCC 예측 서비스 또한 사용자 대상 종합 서비스로 발전해 나가는 방향을 고려할 필요가 있음을 시사함.
- Decadal 예측 시 광범위 지역의 범용 기후 변수 예측보다 특정 유역 · 인프라 단위의 실용적 산출물 제공이 사용자 요구 사항 만족도를 높일 수 있을 것임.

15) epioutlook.bsc.es

- 사용자의 다양한 요구 충족을 위한 C3S 구성 요소

| Data products                       | Applications/graphical products | Tools                                    |
|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| - 계절예측(9개 모델)                       | - 계절예측 차트                       | - 계절 예측 workflow                         |
| - Decadal 예측 <sup>16)</sup> (5개 모델) | - C3S Atlas                     | - C3S Atlas user tool                    |
| - Projection                        | - 부문별 응용 정보                     | - EQC(Evaluation and Quality Control) 기능 |

- 핵심 메시지: “사회는 사용자 관련성을 요구한다.”
  - “Society requires user-relevant output/products; user relevant evaluation metrics; services around the products.”
  - 예1: Long-range prediction의 가치는 단순 예측뿐만 아니라 enhanced event set<sup>17)</sup> 및 attribution(원인 규명)에도 존재함.
  - 예2: 연구에서 드러나지 않던 특징이 실시간 예보 과정에서 새롭게 확인되는 경우가 있음. 예를 들어, 전혀 없이 강한 엘니뇨 예측되었음에도 이에 상응하는 대기 반응이 나타나지 않는 현상으로 사용자들은 새로운 지수(예: Relative Niño Index)에 대한 필요성을 제기함.
  - 예3: C3S Hydrological Seasonal Forecasts 개발 중
  - Forecast-relevant impact model이 필요함.
- C3S Decadal 예측의 부문별 적용 사례
  - 강수 예측(2021-2030): 유럽 3개 유역의 앙상블평균 강수 편차 전망
  - SPI 예측(2021-2023): 독일 Wupper 유역의 인프라(댐 수위) 부문 수요 대응

##### (5) (Daniel J. Befort, ECMWF) Development of products based on bias-corrected seasonal forecasts

- 시사점
  - 기후값에 대한 체감적 반응에 관한 선행 연구를 계절예측에 직접 응용 및 확장한 사례
  - "과학적으로 적합한 고정 기준기간"과 "사용자가 실제로 체감하는 기준기간" 사이의 간극을 정량적으로 보여주고, 이동 기준기간이 그 간극을 좁힐 수 있는 대안이 될 수 있음을 보여줌. 다만 검증 스킬에 따른 트레이드오프가 있을 수 있음.
  - 현재 ECMWF는 본 방법론을 현업화할 계획은 없다고 하나, 향후 센터의 서비스 확장 가능성을 고려해 해당 연구의 동향을 지속적으 모니터링할 필요가 있음.

16) 곧 공개 예정

17) Merryfield and Lee (2023): 관측에서보다 더 극단적인 엘니뇨/라니냐가 발생할 확률 추정

- 연구 배경
  - 2024년 여름 기온 사례 (ERA5)
    - 1993-2016(30년) 기준기간: 유럽 전역이 뚜렷한 고온
    - 2014-2023(10년) 기준기간: 편차가 음으로 이동
    - 어떤 기준기간(baseline)을 쓰느냐에 따라 다른 판단을 내리게 됨.
  - 고정 기준기간의 한계
    - 현재 대부분의 C3S 모델들의 hindcast 기간이 1993-2016으로, 마지막 해가 2016년이며 최근 해가 없음.
    - 이는 다양한 사용자 요구를 충족하지 못할 뿐만 아니라(Goodess et al. 2019) 고정 기준기간은 사용자의 실제 인식(perception)과 맞지 않을 수 있음(Moore et al. 2019<sup>18)</sup>).
    - 고정 기준기간으로 계산되는 편차는 과학적으로는 적절해도 일반 사용자의 체감과의 사이에 괴리를 만들. ‘평년보다 덥다’는 표현이 사용자에게는 이미 무더진 기준이 되어, 그들은 최근 몇 년을 기준으로 덥다/춥다를 판단하게 됨.
  - 기준기간 사용법에 따라 달라지는 계절 예측

| Model-reference products       | ERA5-reference products <sup>19)</sup>                                                                      |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - 모델 기준기간 동안의 모델 자료로 편차 계산     | - Step 1: 모델 자료의 systematic bias를 관측 자료로 보정 <sup>20)</sup><br>- Step 2: Step 1에서 보정된 모델 자료에 관측 자료를 빼서 편차 계산 |
| - 모델 자료의 가용 기간으로 인해 기준기간 선택 제약 | - 기준기간 선택이 오직 관측자료 가용성에만 의존하므로 더 유연                                                                         |

- 민감도 테스트
  - 실험 종류
    - 고정 기준기간: 1993-2024
    - 이동 기준기간1: 과거 30년(예측 연도 기준 매번 갱신)
    - 이동 기준기간2: 과거 10년(예측 연도 기준 매번 갱신<sup>21)</sup>)

18) Rapidly declining remarkability of temperature anomalies may obscure public perception of climate change (PNAS)

19) 현재 ECMWF Forecast User Guide, Section 8.3.4.1절에 따라 Nino Plumes 현업 생산에서 쓰이고 있는 방법 <https://confluence.ecmwf.int/spaces/FUG/pages/673551557/Section+8.3.4.1+Nino+Plumes> 및 [https://charts.ecmwf.int/products/seasonal\\_system5\\_nino\\_plumes](https://charts.ecmwf.int/products/seasonal_system5_nino_plumes) 참조

20) Mean additive bias correction 기법이며 모델 분포를 바꾸는 것은 아님.

21) 예: 2012년 편차 계산시 기준기간은 2002-2011년, 2013년 편차 계산시 기준기간은 2003-2012년.

- 검증

- SEAS5의 1993-2024 여름철 기온에 대한 앙상블평균 및 확률 예측

| 앙상블 평균 예측                                                                                                                                               | 확률 예측 (하위 3분위)                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동 기준기간 사용시 상관관계 하락</li> <li>• 이동(고정) 기준기간으로 만들어진 편차 자료에서는 추세가 작기(크기) 때문</li> <li>- 유럽에서의 하락이 두드러짐.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동 기준기간을 쓰면 하위 3분위(BN) 사건 비율이 작아짐(특히 30년 이동기준에서 두드러짐).</li> <li>• 온난화 추세로 ‘최근 30년으로 계산된 BN 경계’ 보다 따뜻할 확률이 높아지기 때문</li> <li>- 이동 기준기간을 쓰면 많은 지역에서 하위 3분위 예측 스킬이 향상되며 상위 3분위 예측에서는 스킬 변화가 나타나지 않음.</li> </ul> |

• 요약

- 현재 쓰이는 기준기간 선택 방식(모델 자료를 사용한 고정 기준기간)은 모델 자료의 가용성으로 인해 기준기간 선택에 제약이 있음.
- 관측 자료로 편향 보정한 모델 자료의 편차 및 확률 계산 시 관측 자료를 기후값으로 쓰게 되므로 기준기간을 유연하게 선택할 수 있음.
- 기준기간 사용 방식에 따라 예측자료 특성 및 검증 결과가 달라짐.
- 본 방식의 현업화에 대한 질의에 아직 확정된 바 없다고 답변함.

## (6) (Julia Velletta, ECCC) Calibrating Multi-Year Temperature and Precipitation Forecasts

• 시사점

- CRPSS 기반으로 seasonal 예측자료 분포 보정 기법을 decadal 규모에 적용한 사례는 APCC의 A2D 예측 후처리 과정에서도 참고할 만한 방법론임.

• 배경

- Decadal 규모의 예측은 농업, 에너지, 인프라, 보험 등 의사결정 · 자원계획 · 리스크 관리에 활용됨.
- WMO LC for ADCP<sup>22)</sup> 참여: ECCC의 CCCma는 WMO 지정 GPC<sup>23)</sup>로 참여 중(CanESM5.0p2, 초기화 1961년~현재, 10년 예보, 20 앙상블 멤버, CMIP6 historical+SSP2-4.5 강제력)
- ECCC decadal 예측 서비스<sup>24)</sup>
  - 변수: 기온 및 강수

22) Annual-to-Decadal Climate Prediction

23) Global Producing Centre

24) ClimateData.ca

- 예보 기간: Year 1-5, Year 6-10 (연간, MJJAS, NDJFM)
- 자료: CanESM5(40 앙상블 멤버, 초기화 1961-2026) 및 ERA5
- 예측성 향상을 위한 보정(Calibration) 기법
  - 방법론
    - Seasonal 적용법을 decadal로 확장<sup>25)</sup>: raw anomaly 계산 → 분포 fitting → CRPSS를 최소화하도록 분포 보정(보정계수 사용)
    - 시계열 교차검증: Year 1-5는 및 Year 6-10을 out-of-sample hindcast로 스킵 평가
    - 공간 스무딩(Spatial Smoothing)
      - 노이즈를 줄이기 위해 보정계수에 구면 가우시안 스무딩( $\theta$ ) 적용
      - 변수 · 리드타임 · 계절별로 최적  $\theta$  값이 다름.
  - 결과

|          | Uncalibrated | Calibrated | Calibrated+Smoothed |
|----------|--------------|------------|---------------------|
| 기온 CRPSS | 0.425        | 0.412      | <b>0.487</b>        |
| 강수 CRPSS | -0.045       | -0.031     | <b>0.028</b>        |

- 스무딩은 특히 육지 영역의 CRPSS를 개선
- 2026년 초기화 예측 사례에서도 원자료 대비 보정 · 스무딩 후 공간 패턴이 더 관측과 유사하게 변화함.
- 결론
  - 계절예측 보정기법을 CanESM5 decadal 기온 · 강수 예측에 적용 후 시계열 교차검증으로 실시간 운영 상황 모사
  - 보정계수의 공간 스무딩을 통한 예측 성능 향상
  - 충분히 긴 hindcast와 적절한 공간 스무딩을 통한 decadal 예측의 효과적 보정 가능
  - 2026년 11월부터 현업 운영 예정

25) Kharin et al. (2017): WMO Technical Guidance에 등재된 기법이며 ECCO 계절 예측 현업에서도 사용 중

- (7) (Carlos Delgado-Torres, BSC) Seamless climate information from months to multiple years: constraining decadal predictions with seasonal predictions and past observations, and their comparison to multiannual predictions<sup>26)</sup>

- 시사점

- 추가 모델 실행 없이 기존 decadal 및 historical 자료와 매월 발표되는 계절예측 자료만으로 다년예측 성능에 근접한 연속적 예측 정보를 생산할 수 있어 향후 현업화가 가능하다면 자원이 제한된 기관에 효율적인 대안이 될 수 있음.

- 배경

- 기후 민감 분야(농업, 수자원, 에너지, 재난관리 등)는 수개월에서 수년 규모의 기후정보가 필요함.
- 현재는 초기 몇 개월은 계절예측(SP), 이후는 십년예측(DP)을 분리하여 사용하는데 두 예측은 시스템, 앙상블 크기, 초기화 기법, 발표 주기(SP 매월, DP 연 1회)가 달라 transition 시점에 예측 불연속이 발생함.

- 해결 방안

- MP(Multi-annual Prediction, 다년예측)
  - EU ASPECT<sup>27)</sup> 프로젝트에서 생산
  - 연 2회 초기화, 2-3년 예측, 대규모 앙상블
  - 큰 계산·저장 비용
- TC(Temporal constraining/merging/shadowing) → 본 연구 주제
  - DP·HIST 앙상블 멤버 중 최근 관측·SP와 일치하는 멤버 선택
  - 단기 예측성을 장기로 전달하는 방식
  - 모델 실행이 필요 없으며 새로운 관측·SP가 나올 때마다 갱신 가능

- 자료 및 방법

- 자료: 모델(SP, MP, DP, HIST) 및 재분석(ERA5) 자료
- 멤버 선택(constraining) 기준
  - DP·HIST 앙상블 멤버 중 직전 수 개월의 관측 및 SP 자료와의 일치도<sup>28)</sup>를 기준으로 상위 30개 멤버를 추려 Best 앙상블 구성

26) Delgado-Torres et al., 2026

27) Adaptation-oriented Seamless Predictions of European Climate. 유럽연합의 연구 프로그램인 Horizon Europe의 지원을 받아 진행되는 기후 변화 적응 프로젝트로 향후 최대 30년을 아우르는 연속적인 기후 예측 시스템을 구축하여 사회·경제적 의사결정을 지원하는 것을 목표로 함.

28) 공간상관, RMSE(기온·강수·해면기압), 평균절대오차(Niño3.4·NAO)

- 검증: ACC 및 residual correlation
- 결과
  - MP의 성능이 전반적으로 가장 높지만 TC는 계산 비용이 훨씬 낮으면서 성능은 MP에 근접하는 장점이 있음.
  - MP 및 TC 모두 DP · HIST(unconstrained ensemble)보다 넓은 지역에서 우수한 성능을 보임.
  - 예측월 1-6개월(SP와 겹치는 기간)에 TC 예측성이 SP와 비슷하므로 예측 시작점부터 TC 양상블로 정보 제공이 가능함.

### 3

## Machine Learning Methods in S2S2D

세션 소개: Earth-system prediction across time scales is undergoing a revolution as machine learning methods are showing comparable skill and much greater computational speed than traditional physics-based formulations. This session will survey ML methods for forecasting, post-processing, and other aspects of S2S2D prediction to highlight these exciting new developments and point towards where we might be heading next. Themes can include:

- Application of ML models to S2S2D prediction and research
- Emulators (e.g., uncertainty quantification, representation of rare extremes)
- Explainable AI
- ML-based postprocessing (e.g., bias correction, calibration)
- ML-based downscaling
- Challenges and opportunities for AI/ML in S2S2D prediction

### (1) (Joshua Talib, ECMWF) A multi-model comparison of machine learning and dynamical sub-seasonal forecast skill: Insights from the AI Weather Quest<sup>29)</sup>

- 시사점
  - 프로젝트의 규모 및 공식화 수준을 토대로 subseasonal ML 예측이 개별 연구 단계를 넘어 국제 표준화 및 벤치마킹 체계로 확장하고 있음을 알 수 있음.
  - ML 성능의 변수 간 비대칭성 및 공간적 편차는 변수 및 지역별 맞춤형 방법론 설계 및 보정이 필요함을 시사함.

#### • AI Weather Quest 소개

- ECMWF의 국제적 · 장기적 AI/ML 기반 subseasonal 예보 벤치마킹 프레임워크이며 WMO WIPPS 파일럿 프로젝트로 승인됨.

29) 주소는 [aiweatherquest.ecmwf.int](https://aiweatherquest.ecmwf.int)이며 2026.9.24.(목) 13UTC에 본 프로젝트의 주요 내용 및 시사점뿐만 아니라 후속 단계에 대한 웨비나가 있을 예정임.

- 국제팀들이 매주 제출하는 예보를 준실시간 평가 후 리더보드에 공개
- 예보: 2025SON, 2025DJF, 2026MAM, 2026JJA 기간의 Week3(19-25일), Week4(26-32일)에서 기온·강수·해면기압을 1.5° 해상도의 전지구 확률적 quintile 정보
- 검증: ERA5 기반 RPSS(Ranked Probability Skill Score) 평가
- 참여 현황
  - 59개 팀 및 105개 모델 참여
  - 모델 유형: Post-processing(후처리), Data-driven(데이터기반), Hybrid(하이브리드), Unknown이 있으며 data-driven 모델이 약 30개로 가장 많음.
- 평가 결과
  - 가장 스킬이 좋은 모델은 dynamical 예보를 활용함.
    - 예: MicroDuet(Post-processinng) 및 FengshunHybrid(Hybrid)
  - IFS 대비, data-driven 모델은 강수에서만 유의미한 개선을 보임.
    - 단, 최근 몇 달간 기온 예측 성능이 IF 및 ML 모두에서 상승하였는데 이는 ENSO와 관련된 것으로 보임.
  - 스킬 향상에 공간적 편차가 존재함.
    - 적도 지역: 기온·강수 모두 스킬 향상
    - 아열대 지역: 개선이 주로 강수에 국한되고 기온 스킬은 오히려 저하
  - MJO가 비활성일 때 대부분 시스템의 스킬이 저하됨.
    - 가장 큰 스킬 저하는 data-driven 모델에서 발생
- 질의응답
  - 향후 사용자들이 간편하게 개인 자원(랩톱 등)에서 모델을 구동하고 검증까지 할 수 있는 서비스로 고도화되었으면 함.
  - 본 프로젝트 설계 단계에서는 기온·강수·해면기압 등 널리 쓰이는 지표변수를 우선 검증 타겟으로 삼았으며, 후속 프로젝트가 있다면 상층 고도 변수 등에 대한 검증도 추가되었으면 함.

(2) (Chris Kent, Met Office) Skilful global data-driven seasonal forecasts; results and current developments for moving beyond a proof-of-concept<sup>30)</sup>

• 시사점

- 재분석자료만으로 학습해도 GloSea6와 유사한 성능을 보였다는 점은 대규모의 hindcast 자료 확보 없이 재분석자료 기반 ML 모델만으로도 실용적 계절 예측이 가능함을 시사함.

• ACE2-ERA5(Ai2 Climate Emulator 2) 모델 소개

- 6시간 간격 autoregressive ML 모델, ERA5(1940-2022)로만 학습
- 계절 규모에서 안정적으로 구동되며 현실적인 ENSO 원격상관을 재현

• ACE2 및 ACE2-hybrid 비교

- 핵심 질문: 재분석자료로만 학습한 모델이 계절 예측에서도 유의미한 스킬을 낼 수 있는가?

| ACE2 ( <u>persisted</u> SST · 해빙)   | ACE2-hybrid ( <u>predicted</u> SST · 해빙) |
|-------------------------------------|------------------------------------------|
| - GloSea와 성능 비교                     | - 겨울철 NAO 예측성: ACE2 < ACE2-hybrid        |
| • 겨울철 NAO 예측성 유사                    | - 열대 태평양 SST를 제거하면 NAO 및                 |
| • 앙상블 스프레드 및 ENSO 합성장 유사            | 지표 기후 스킬 저하 → ENSO 신호가                   |
| • persistence 및 ENSO 선형회귀 예측보다 우수   | ACE2 스킬의 핵심 원천                           |
| • 2025/26 북대서양 패턴(+/-) 예측 유사        |                                          |
| → “promising real-time performance” |                                          |

(3) (Bobby Antonio, University of Oxford) Seasonal prediction using the GenCast<sup>31)</sup> probabilistic machine learning model<sup>32)</sup>

• 시사점

- Medium-range ML 모델을 계절 규모로 확장한 연구이자 ML 대기모델(ACE2)을 역학 해양모델(NEMO)에 결합한 최초의 연구
- CPU 기반 전통 모델과 GPU 기반 ML 모델 간 연산 자원 및 타임 스텝 불일치는 하이브리드 시스템 구축의 장벽으로 남아있음을 보여줌.

• 연구 동기

- Medium-range ML 모델이 계절 규모에서도 잘 작동하는지 확인
- ML 모델을 계절 규모의 예측에 적용하려면 현실적인(realistic) 해양과의 결합이 필요

30) Watt-Meyer et al. 2025 (npj Climate and Atmospheric Science)

31) 구글 딥마인드가 개발한 AI 기반 medium-range 날씨 예측 모델 (Price et al. 2025, Nature)

32) Antonio, Strommen & Christensen (2026) Climate Dynamics; Antonio, Strommen, Ortega & Christensen (2026) ACE2-NEMO, arXiv:2603.28704.

- 실험 1: GenCast를 이용한 계절 예측 성능 분석
  - GenCast-Persisted(11월 1일 SST anomaly persist) 및 GenCast-Forced(reanalysis SST forcing) 비교
  - ENSO(2015/16 엘니뇨 및 2010/11 라니냐)
    - GenCast-Forced가 GenCast-Persisted보다 관측(GPCP/SEAS5)과 더 유사하게 예측함.
  - NAO
    - GenCast-Forced 상관계수 > GenCast-Persisted 및 SEAS5 상관계수
  - GenCast가 해양에 대한 적절한 반응을 학습했음을 의미
- 실험 2: ACE2 + NEMO 결합
  - ML 대기모델과 기존의 역학 해양모델의 결합 실험으로서 기존 조합<sup>33)</sup>과는 다른 미개척 분야
  - 기존에 보이지 않았던 ACE2의 잠재적 문제들이 드러남(예: 약한 ENSO 피드백 메커니즘, 대기-해빙 flux 문제 등).
  - 장점: out-of-sample 테스트 가능, plug-and-play
  - 단점: 속도 저하 및 구현 난이도

#### (4) (Jakob Schloer, ECMWF) AIFS<sup>34)</sup>-SUBS: Extending Data-Driven Forecasting to Sub-Seasonal Timescales

##### • 시사점

- AIFS-SUBS는 medium-range용으로 설계된 AIFS를 sub-seasonal 규모로 확장한 시도로 IFS보다 낮은 편향 및 유사하거나 높은 스킬을 보이며 SSW와 같은 성층권 이벤트도 어느 정도 포착 가능함을 보임.

##### • 연구 동기: “왜 딥러닝 기반 sub-seasonal 예측이 어려운가?”

- 초기 조건 정보는 시간이 지날수록 소실되며(chaos) 제한된 자료로는 신호와 노이즈를 구분하기 어려움.
- 딥러닝 날씨 예측 모델은 자기회귀(autoregressive) 구조로 몇 스텝만 최적화 가능

##### • AIFS-SUBS 설계

- 모델: Encoder-Processor-Decoder 구조의 Graph Transformer,

33) Observed SST(GenCast 및 AIFS), Slab Ocean(ACE2-SOM), ML Ocean(SamudrACE)

34) Artificial Intelligence Forecasting System: 관측→자료동화→데이터기반 예보→후처리 및 배포 흐름에서 데이터 기반 예보 부분을 담당 (Lang et al. 2024a)

24시간 타임스텝, almost-fair CRPS loss function

- 자료: ERA5/ERA5.1 및 operational analysis(지표 및 기압면 전지구 변수, MJO, 성층권)
- 학습: Pre-training(ERA5로 1-step 사전학습) → ERA5+operational analysis 자료로 최대 3일 rollout fine-tuning
- AIFS-SUBS 예측 성능
  - 전지구
    - AIFS-SUBS가 IFS보다 유의하게 낮은 편향(bias)을 보임.
    - fCRPS는 Week2 이후 IFS와 대등한 수준
  - MJO
    - Multivariate RMM 상관계수: AIFS-SUBS와 IFS가 유사하게 감소함.
    - OLR 상관계수: AIFS-SUBS가 IFS보다 더 높음.
    - Amplitude bias: AIFS-SUBS의 편향이 IFS보다 작음.
  - 성층권
    - 2009년 1월 SSW<sup>35)</sup> 사례에서, AIFS-SUBS 및 IFS 모두 급격한 풍속 약화 이벤트 포착

## 4

## Predictability and Prediction Skill

세션 소개: The sources and mechanisms of S2S2D predictability are only partially understood and are incompletely represented in our climate prediction models. This session will bring together theoretical, modelling, and observational results to highlight current understanding and modelling capabilities and to inform future research and development of S2S2D climate predictions. Themes can include:

- Modelling, theoretical and observational studies
- Sources of predictability (e.g., modes of variability, teleconnections, ocean-, sea ice-, land-atmosphere interaction)
- Interactions across temporal and spatial scales
- Model representation and predictability of extremes
- Predictability and prediction of monsoons
- Predictability and prediction skill across Earth system components
- Windows of opportunity, when and where might forecasts have skill?
- Model errors and their impact on forecast quality

35) Sudden Stratospheric Warming

(1) (Matthew Newman, NOAA) Seasonal Precipitation Skill in Current Climate Forecast Models is Due to Initial Tropical Conditions Alone<sup>36)</sup>

• 시사점

- 열대 태평양 SST가 예측성의 주요 소스임은 이미 널리 알려진 사실이나 본 연구는 모델 및 초기화자료를 통제된 비교 실험 및 AI 학습이라는 두 독립적 방법으로 열대 태평양 SST의 기여도가 대부분임을 정량적으로 재확인함.

• 연구 배경

- 핵심 질문: “현재 기후예측 모델들의 계절 강수 예측성은 어디에서 오는가?”
- 예측성의 원천은 대기(~7일), 육지(~30일), 해양(장기)이며 계절 규모에서는 해양이 지배적임이 정설이나 이를 정량적으로 규명하고자 함.

• 방법론

- MA<sup>37)</sup>: 전통적인 초기화 예보(SMYLE<sup>38)</sup>) 대신, CESM2의 1200년 장기 control run 라이브러리에서, 초기 조건(SST/SSH)과 가장 유사한 상태(analog)를 평균제곱오차 기준으로 찾아 그 이후의 궤적을 앙상블 예보로 사용하는 예측 기법
- SMYLE(CESM2 기반)과 CESM2-MA를 동일 기간(1979-2019)에서 비교

• 결과

- 3개월 예측 선행시간 기준, CESM2-MA와 SMYLE의 스킬이 유사 → MA가 초기화 모델을 효과적으로 모사함을 의미
- Analog 선정 기준에 Z500 및 토양수분을 추가해도 MA 스킬이 유의하게 개선되지 않음 → 열대 SST 외 추가 정보는 강수 예측성에 실질적으로 기여하지 못 함.
- 긴 선행시간에서는 33개 CMIP6 모델 기반 MA MME의 강수 예측성이 NMME의 강수 예측성보다 높음.
- U-Net 기반 AI-optimized MA 연구 추가 소개 (Toride et al., 2025)
  - U-Net 신경망을 CMIP6로 학습시킨 뒤 SST/SSH 초기 조건을 입력 후 analog 선정(평균제곱오차 기준)에 사용할 지역별 가중치 산출
  - 사전 가정 없이 학습된 가중치가 열대 태평양에 뚜렷하게 집중

36) Amaya et al. 2026, J. Appl. Meteor. Climatol., doi:10.1175/JAMC-D-25-0235.1  
Toride et al. 2025, Artif. Intell. Earth Syst., doi:10.1175/AIES-D-24-0045.1

37) Model-Analogs

38) Seasonal-to-Multiyear Large Ensemble

- 지역별 zero-out(masking) 실험에서도 열대 태평양만으로 거의 전체 스킬이 재현되며 대서양 및 인도양 정보를 제거해도 스킬 손실이 거의 없음. → 열대 태평양이 예측성의 핵심이며 나머지 해역은 부가적인 정보를 거의 주지 않음.
- 결론
  - 현재 기후예측 모델의 계절 강수 예측성은 초기 열대 태평양 조건만으로 대부분 설명되며 이는 두 접근법(MA 및 AI 기반 가중치 학습)을 통해 확인됨.

## □ 포스터 발표 주요 내용

※ 포스터 발표는 세션 구분이 없어 임의로 나열하였음.

### (1) (SAGE<sup>39</sup>) Energy Task Team) WWRP SAGE Energy Task Team: Useful, Used and Usable Subseasonal Forecasts for Energy

- S2S 프로젝트(2016-2023)는 예측성 원천 및 예측시스템 이해를 발전시켰으나 의사결정 지원으로의 실제 활용(uptake)은 제한적이었음.
- 이에 S2S 예측을 농업·재해위험경감·보건·에너지 4개 분야에 실질적으로 활용할 수 있도록 WWRP SAGE를 출범하였으며 본 발표는 에너지 분야에 대한 소개임.
- 4대 목표
  - 의사결정 지원에서 S2S 예측 정보의 활용성에 대한 이해 증진
  - S2S 예측의 성능 및 불확실성에 대한 이해 증진
  - 예측 정보의 불확실성을 의사결정에 반영하는 방법론 개발
  - 교육·워크숍·컨퍼런스 등을 통한 과학자-실무자 커뮤니티 구축

### (2) (Verónica Torralba, BCS) Advancing Seamless Climate Information for vineyard management

- ASPECT 프로젝트 안에서 BSC와 스페인 와이너리가 공동 개발한 사용자 맞춤형 기후 정보 서비스
- 봄철 서리일수, 성장 적산온도, SPEI, 폭염지수 등 산업 특화 지표를 생산하여 계절·연년·10년 예측을 시간적으로 결합(temporal merging<sup>40</sup>)
- 서리 방지 및 물 관리에 대한 향후 수개월-10년 예측 지도 및 해석 가이드

39) Subseasonal Applications for Agriculture and Environment

40) Solaraju-Murali et al. 2025, Delgado-Torres et al. 2026, Abid et al. submitted

- StraTREEgy라는 결정 트리 도구를 개발하여 경제적 의사결정 지원을 통해 비용 최소화 및 이익 최대화를 위한 전략 제시

### (3) (Elise Olson, ECCC) Development of Marine Heatwave Seasonal Forecasts at ECCC

- ECCC의 계절 MHW 현업 예보체계 개발 진행 상황 및 계획 소개
- 주요 결과
  - CanSIPsv3의 계절 SST reforecast 자료로 12개월 선행시간까지 MHW 예측성 진단
  - NMME와 유사한 성능을 보이며 일부 지역 및 6개월 선행시간에서는 NMME 능가
  - Parametric calibration 적용을 통해 확률적 MHW 예측의 신뢰도 개선
- 향후 ECCC Canadian Centre for Climate Services 홈페이지를 통한 서비스 개시 예정
- 시사점
  - MHW의 원래 정의는 일평균 SST가 특정 백분위 임계값을 최소 5일 이상 연속으로 초과하는 사건이지만 본 연구 및 관련 연구(Jacox et al. 2022)는 월평균 SST 예측자료를 사용함.
  - MHW의 발생과 지속을 좌우하는 메커니즘이 계절 스케일(ENSO, 해양 열용량 등)이므로 월평균 자료로도 MHW 예측 정보를 포착할 수 있음.
  - 해양 관련 예측 및 극한기후, 해양 생태계에 미치는 영향 정보 등에 대한 태평양 도서국의 수요가 늘고 있으며 MHW도 그 중 하나임. 한-PIF 사업에서 기후 응용 정보를 개발할 때 계절 SST 자료만으로 개발할 수 있는 MHW 지표도 후보 항목으로 고려할 만함.

### (4) (Joanne Couallier, EPOC) Decadal Climate Predictions to Improve Water Management in France

- 프랑스 전역의 decadal 가뭄 위험 예측 및 기후 정보 서비스 제공
- IPSL-CM6A-LR 비초기화 앙상블 자료에서 NAO 및 AMV 지수 기반으로 5개 멤버를 서브샘플링해 8년 평균 강수를 예측하고, GR5J<sup>41)</sup> 수문 모델로 하천유량 추정 후 최종적으로 3분위 가뭄위험 산출

41) 프랑스 INRAE에서 개발한 Hydrological Rainfall-Runoff 모델

(5) (Christopher Goddard, ECMWF) Advancing Multi-System Decadal Climate Prediction within C3S

- C3S decadal 예측 서비스 소개
  - 참여 기관: CMCC, DWD, Met Office, BSC, UiB-NERSC
  - 제공 서비스
    - 표준화된 decadal 실시간 예측 및 hindcast 자료 및 후처리 도구
    - 섹터 맞춤형 산출물<sup>42)</sup> 제공 예정
    - 화산 분출 대응 연습
      - 필요성: 대형 화산 분화는 기후에 영향을 주는 주요 외부 강제 요인 중 하나이지만 예측이 불가능하므로 화산 분화 발생 시 기존의 background forcing의 신속한 업데이트가 필요함.
      - 기후 예측 기관들은 VolRes-RE<sup>43)</sup>를 통해 대형 화산 분화 발생 시 신속하게 대응하여 분화 후 1개월 이내에 새로운 multi-year 전망을 발표하는 것을 연습하고 있음.
- 시사점
  - 유럽 차원의 decadal 예측은 이미 응용 서비스로 확대될 만큼 성숙 단계에 접어들었음.
  - 섹터별 연구를 서비스 설계 단계부터 포함한 점은 decadal 예측 서비스 성공을 위해서는 예측 정확도뿐 아니라 응용 중심 산출물 개발이 병행되어야 함을 시사함.

(6) (Sarah Henze, University of Hamburg) A seamless co-creative approach to decadal prediction: the Coming Decade Project

- Coming Decade 이니셔티브 소개
  - 독일 전역 7개 기관이 참여하는 학제간 협력 프로젝트
  - 목표
    - 차세대 결합 기후 모델인 ICON XPP<sup>44)</sup> 기반 신규 지구시스템모델 개발 (DWD의 현재 decadal 예측시스템(MPI) 대체)
  - 개발 과정
    - 현재 예측시스템 · 분석플랫폼은 pre-operational 단계

42) 농업(BSC), 에너지(CMCC), 임업(DWD), 보험(Met Office), 보건(UiB-NERSC)

43) Volcanic Response Readiness Exercise

44) eXtended Predictions and Projections

- ENSO 편향 개선, 유럽 다운스케일링(80km→5km), 사용자 수요조사 (행태변화 접근법을 통한 수요 이해), 극한값 예측 스킬 개선
- 현업 예측으로의 전환을 위해 DWD와 긴밀히 협력 중
- 시사점: 현업화 성공률을 높이기 위해서는 모델 개발(ICON XPP)과 사용자 요구 파악을 프로젝트 초기부터 병행 추진하는 “co-creative” 방식을 참고할 만함.

## (7) (William Merryfield, ECCC) Collaborative development of S2D climate services for Canada

- 2025년부터 계절예측 정보를 제공 중<sup>45)</sup>
- 사용자 참여를 통한 서비스 공동제작(Co-production)
  - Interactive 지도 인터페이스 설계
  - 제공 정보
    - CanESM5 기반 decadal(Year1-5, 6-10) calibrated 확률 예측<sup>46)</sup>
    - CRPSS 기반 스킬 등급, 저스킬 지역 해칭 표시로 신뢰도 전달
    - Tercile(Expected conditions) 및 Quintile(Unusual conditions)
    - 맞춤형 데이터 다운로드
  - S2D 예보를 사용 가능하고 접근하기 쉽게 만들기
    - 가이드스: Learning Zone, 블로그·소셜미디어를 통한 예측 설명, 리스크평가·의사결정에서 기후 예측 정보를 사용하는 사례 소개
    - 뉴스 스토리: 연간 전지구 평균기온 및 ENSO 예보, 캐나다 전역 지역별 예상 영향
- 향후 계획: 변수 확장
  - 최저·최고기온 및 도일수<sup>47)</sup>,
  - 응용목적별 임계값 기반 강수일수
- 시사점
  - 사용자 참여 기반 co-production으로 decadal 예측을 신뢰성 있게 운영하는 방법을 보여줌.
  - S2D 서비스 개발 시 초기 설계 단계부터 사용자 참여와 UX 설계를 통합하는 전략을 참고할 만함.

45) ECCC 기후정보 포털(ClimateData.ca)

46) 2026년 11월 서비스 개시 예정

47) Degree days: heating, cooling, growing, freezing, thawing

## (8) (David Benson, NOAA) Advancing User-Informed Decadal Prediction in the United States

- 배경

- 수요: 극한 기후 현상(multi-year mega drought, 해수면상승 등)의 빈도 및 강도가 증가함에 따라 수자원, 에너지, 농업, 인프라 등의 분야에서는 Multi-year to decadal (M2D) 시간 규모의 예측 정보에 대한 수요가 발생하고 있음.
- 과제: 현재 미국에는 M2D 예측의 프로토타입은 있으나 운영 프레임워크는 없음.
- 목표: 비용 효율적 방식으로 사용자 맞춤형 decadal 예측을 운영하는 데 필요한 수요 · 역량 · 필요사항 탐색이 필요함.

- 구현 장애물

- 지속적인 3D 해양 관측 공백<sup>48)</sup> 및 예산 미확보
- 기후서비스 소유권 및 관측 · 컴퓨팅 · 기관 간 역할 분담
- 미 연방정부 기본 예측 서비스와 민간 부문 고부가가치 정보의 간극

- 결론

- 미국은 decadal 예측의 프로토타입 및 수요는 있으나 유럽과 캐나다와 달리 운영 프레임워크가 없음. 즉, 과학적 역량보다 제도 · 거버넌스 · 자금 조달이 장애물인 상황임.
- GFDL SPEAR<sup>49)</sup>와 같은 첨단 프레임워크와 지속적인 해양 관측을 활용하면 decadal 규모의 사용자 맞춤 정보 기반 파이프라인을 구축할 수 있을 것임.
- 현재의 자금 및 제도적 장벽을 극복한다면 현재 기후서비스를 proactive resilience로의 패러다임 전환이 가능할 것임.

---

48) 2026년 5월, 미국 국립과학재단(NSF)이 해양관측이니셔티브(OOI)를 해체하기로 하였음. 학계의 반발로 현재는 번복 및 전면 중단되었으나 일부 관측 인프라가 이미 철거된 상황임.

49) Seamless System for Prediction and Earth System Research. GFDL이 개발한 차세대 계절 및 multi-decadal 기후 예측 모델링 시스템

## □ UNEP CIS-Pac5 과제 성과 발표

- 전지구 MME 자료를 태평양 도서 지역 의사결정까지 이음새 없이 연결하는 value chain 구축 과정 및 성과 소개
- PICASO(APCC MME와 현지 관측을 결합한 통계 하이브리드 시스템) 및 CoCO(PICASO 및 다른 예측 시스템을 스کیل 기반으로 병합하여 더 신뢰도 높은 컨센서스 예측을 생산하는 기술) 소개
- 5개국 이해관계자 자문을 토대로 개발한 국가별 섹터 맞춤 응용 예측 서비스(하천유량·산불·댐수위·가뭄 등) 개발 과정 및 산출물 소개

## □ 소감

- (다분야·다시간규모 기후 응용 서비스 벤치마킹 및 APCC 성과 홍보) 다양한 시간규모·분야의 기후 응용 서비스 사례가 소개되어 타 기관의 접근방식 및 산출물 설계<sup>50)</sup>를 벤치마킹할 수 있는 기회가 되었음. 동시에 OCP-4에서 기후 응용 서비스 개발의 표준 관행화를 주요 권고안으로 상정하려는 흐름을 고려하여 APCC가 다년간 축적한 다양한 기후 응용 서비스 성과를 홍보할 수 있는 자리가 마련되면 좋을 것임. 한 기관이 이렇게 폭넓은 분야를 다룬 사례가 드문 만큼 APCC가 이 분야에서 선도적 위치에 있음을 홍보할 기회를 만드는 것이 필요함.
- (AI/ML 모델 확산에 대비한 연구 자원 지원 검토) AI/ML 기반 모델의 약진이 두드러졌음. 과거 역학 모델 MME가 표준이 되었듯 향후 AI/ML 모델을 활용한 기후예측이 대세로 자리 잡고, 나아가 AI/ML MME의 시대까지 도래할 가능성을 염두에 두어 센터 내 GPU 등 연구 자원 지원 방안을 미리 검토할 필요가 있음.
- (현업 중심 국제 행사 참석 인원 확대) 총 135건의 구두 발표와 205건의 포스터 발표가 있었으나 S2S와 S2D 세션이 병렬로 진행되어 발표를 모두 청취하는 것이 물리적으로 불가능했음. 이처럼 수년에 한 번 열리는 현업 논의 중심의 중요한 행사임에도 1인이 충분히 소화하기가 현실적으로 어려운 경우, 최소 2인 이상 연구자의 참석을 적극 독려 및 지원할 필요가 있음. 타 기관의 연구 및 서비스 동향을 효과적으로 파악하여 센터의 장기 연구 계획 및 청사진 수립에 기여할 수 있도록 센터 차원에서 2인 이상의 참석을 적극 지원할 것을 제안함.

50) 단순히 기온 및 강수량 값을 제시하는 것이 아닌 '위험 등급', '서식지 적합도' 등 사용자 편의성을 고려한 산출물

# From Global Ensembles to Local Decisions: A Seamless Climate Service Value Chain for the Pacific Islands

Jin Ho Yoo\*, Daeun Jeong, Jeongmin Han, Hyun-Ju Lee | APEC Climate Center | www.apcc21.org | \* jhyoo@apcc21.org



## History of PICASO<sup>1</sup> under ROK-PI CliPS<sup>2</sup> Project

- Phase 1: The PICASO system was inaugurated in 2017 during the first phase of the ROK-PI CliPS project. Its primary mission was to provide customized seasonal rainfall forecasts for Pacific Island NMHSs<sup>3</sup> by leveraging state-of-the-art MME<sup>4</sup> data from various climate models provided by APCC<sup>5</sup>.
- Phase 2: As the system evolved through ROK-PI CliPS Phase 2, a new feature called CoCo<sup>6</sup> was developed, which combines various forecast information, such as SCOPIC<sup>7</sup>, APCC MME, ACCESS-S model of BoM<sup>8</sup>.

1 Pacific Island Countries Advanced Seasonal Outlook  
2 Republic of Korea-Pacific Islands Climate Prediction Services  
3 National Meteorological and Hydrological Services

4 Multi-Model Ensemble  
5 APEC Climate Center  
6 Consensus Climate Outlook

7 Seasonal Climate Outlooks in Pacific Island Countries  
8 Bureau of Meteorology  
9 Enhancing Climate Information and Knowledge Services for resilience in 5 island countries of the Pacific Ocean

## Roadmap of PICASO under UNEP CIS-Pac5<sup>9</sup> Project

- Duration: 2021.9-2027.9
- Budget: Total \$50 million (APCC portion: \$1.64 million)
- Target Countries: Cook, Niue, Palau, Marshall, and Tuvalu
- Objective: To strengthen national climate services through four key pillars
  - ① Institutional frameworks;
  - ② Observation and prediction systems;
  - ③ Communication and dissemination;
  - ④ Enhanced coordination
- APCC's role: Technical training to enhance in house forecasting and multi-model ensemble prediction capacity; training for early-career scientists through its Young Scientist Support Program; and technical support for the generation of sector tailored climate information in all five countries.

10 Global Climate Model  
11 Pacific Meteorological Council Meeting  
12 Linear Error in Probability Space

13 Probability Density Functions  
14 Kernel Density Estimation  
15 Soil and Water Assessment Tool Plus

16 U.S. Drought Monitoring

## APCC MME Forecast System



- Operational Framework: The APCC seasonal forecast is based on MME prediction system and is published on APCC's website around the 15<sup>th</sup> of every month, freely accessible to users worldwide.
- Participating Centers: 16 operational centers and research institutes from 11 countries worldwide participate in the APCC MME system by routinely providing their predictions as ensembles of global forecast fields.
- Forecast Products: APCC's real-time operational forecasts are issued in both deterministic and probabilistic forms.

## PICASO<sup>1</sup> — Downscaling Global Predictions to Local Decisions

### Why localized prediction?

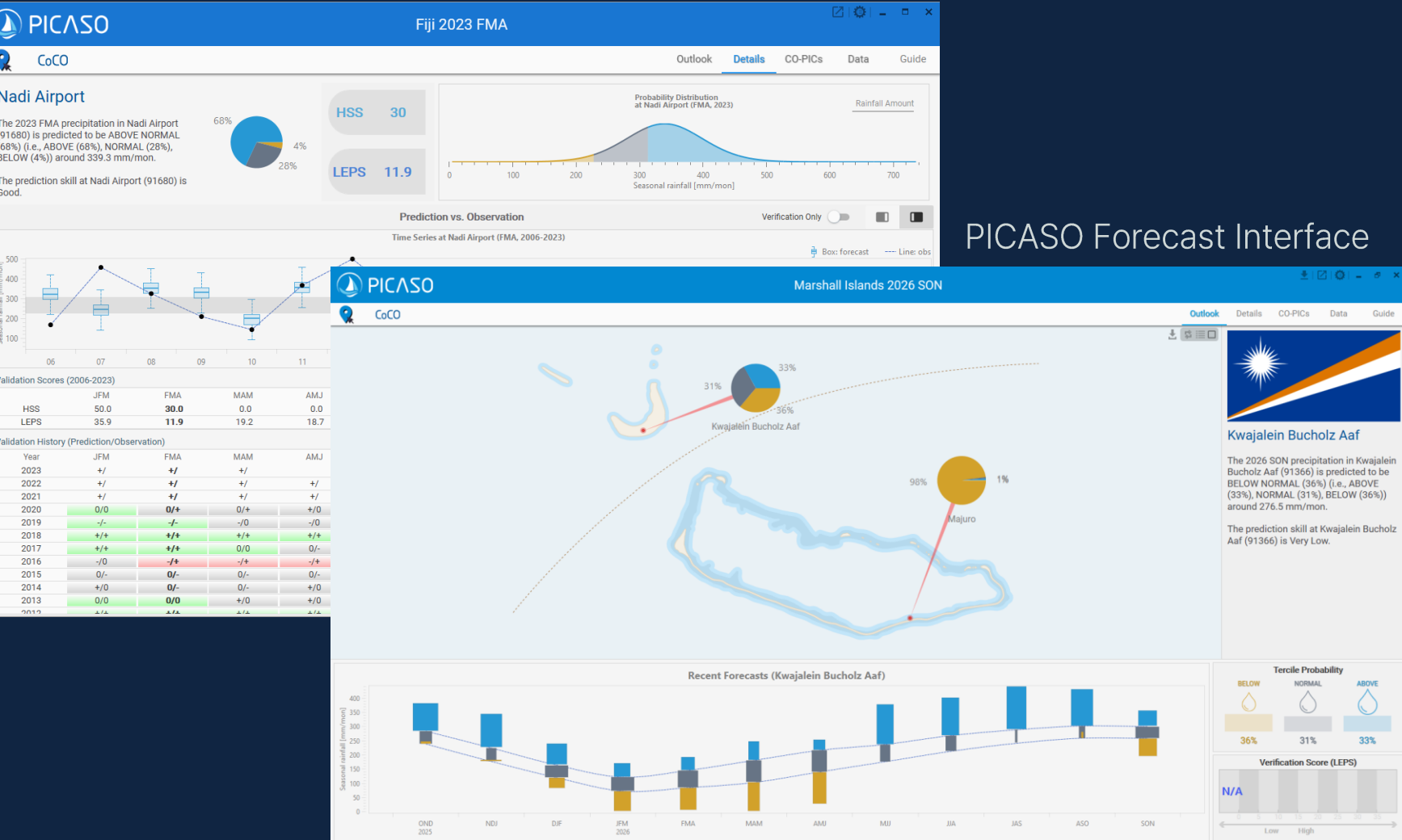
- GCM<sup>10</sup> output from a single grid point cannot resolve local-scale variability — even nearby stations with different topography show different predictability.
- This local heterogeneity is a fundamental limitation of GCM-based prediction and why tailored, station-scale prediction is required.

### Tailoring MME Predictions to Local Climate

- PICASO is a hybrid system: statistically post-processed dynamical seasonal prediction.
- Procedure: Identify predictors by comparing the correlation patterns of observations and MME with local climate → Extract the predictor → Apply Bayesian regression to relate the predictor to local climate

### Beyond Seasonal Rainfall — Adding Monthly and Temperature Forecasts to PICASO

- This multi-scale and multi-variable approach is expected to allow for higher user satisfaction by offering detailed decision-support data that better meets the specific operational needs of various sectors compared to seasonal-only forecasts of rainfall.

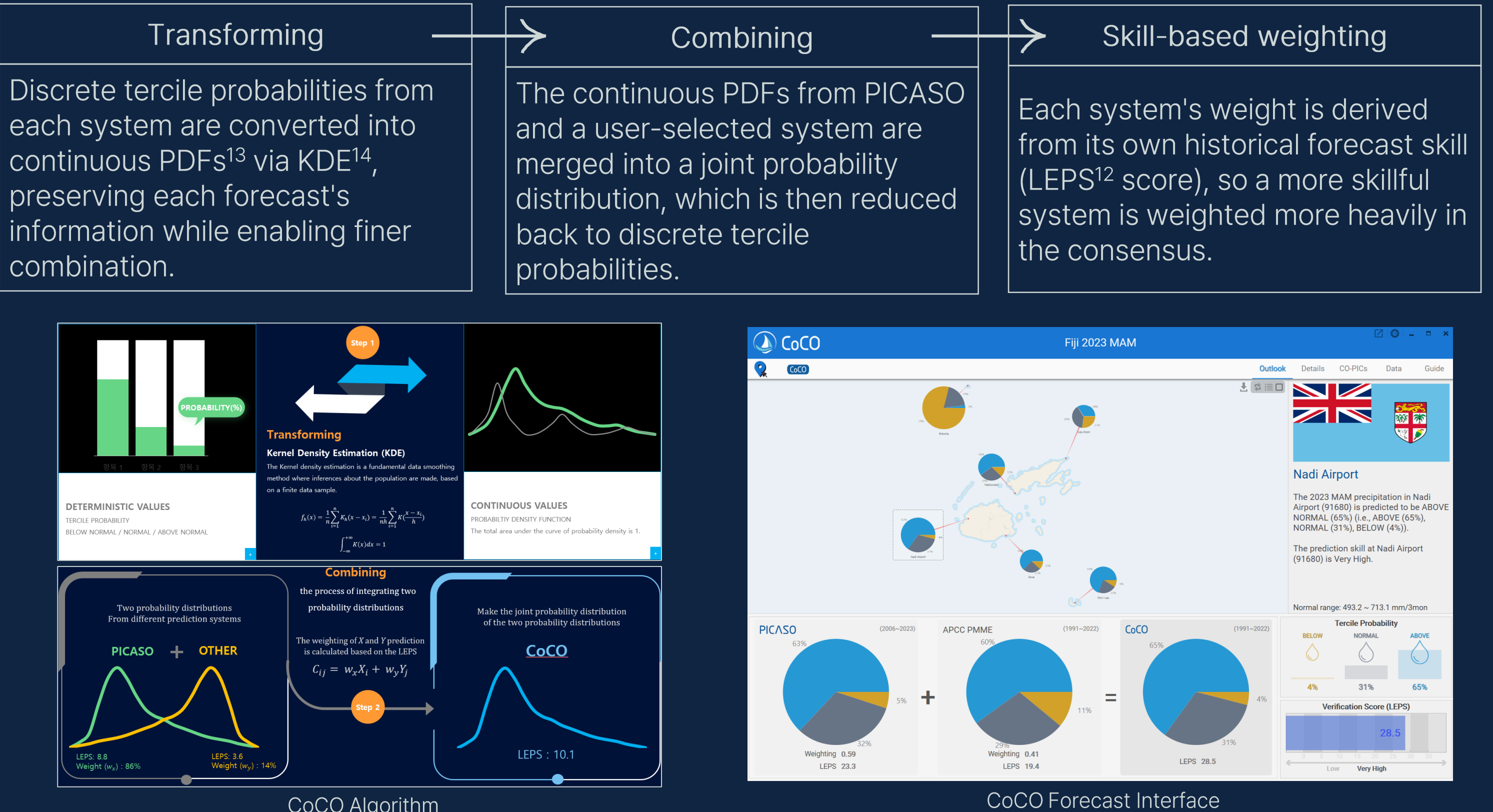


## CoCo<sup>6</sup> — An Integrated Consensus Forecast System

### Why CoCo?

- The 4<sup>th</sup> PMC<sup>11</sup> Honiara Statement (2017) identified a remaining need for a user-friendly, integrated approach to determine the optimal prediction for higher-quality forecast information across the Pacific Islands.
- Under the ROK-PI CliPS 2, PICASO v2.0 was developed to meet the need through the function — integrating PICASO with existing forecast systems.

### How CoCo works



## Sector-Tailored Information — Extending PICASO to National Decision Support

### In-Country Stakeholder Consultation

- APCC conducted multi-year, in-country site visits across the Pacific Islands.
- One-on-one meetings were held with NMSs and relevant agencies (water, agriculture, health, disaster management, etc.)
- APCC assessed, sector by sector:
  - What information each sector needed to act on its own national plans/criteria within its decision-making workflow;
  - What data limitations each sector was facing; and
  - What PICASO could feasibly provide given its station-based forecasts.
- These findings were used to identify the five country-tailored applications shown on the right section.



Cook



Palau



Tuvalu

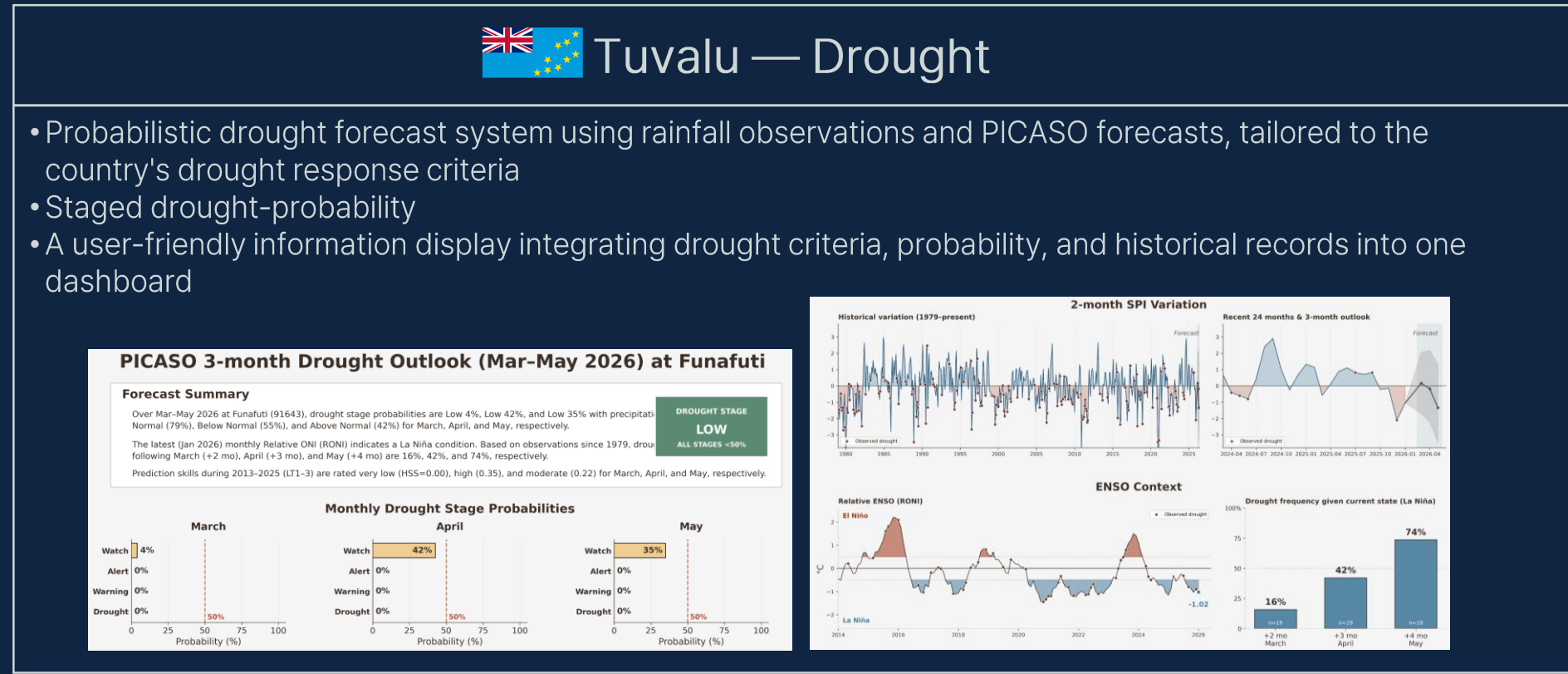
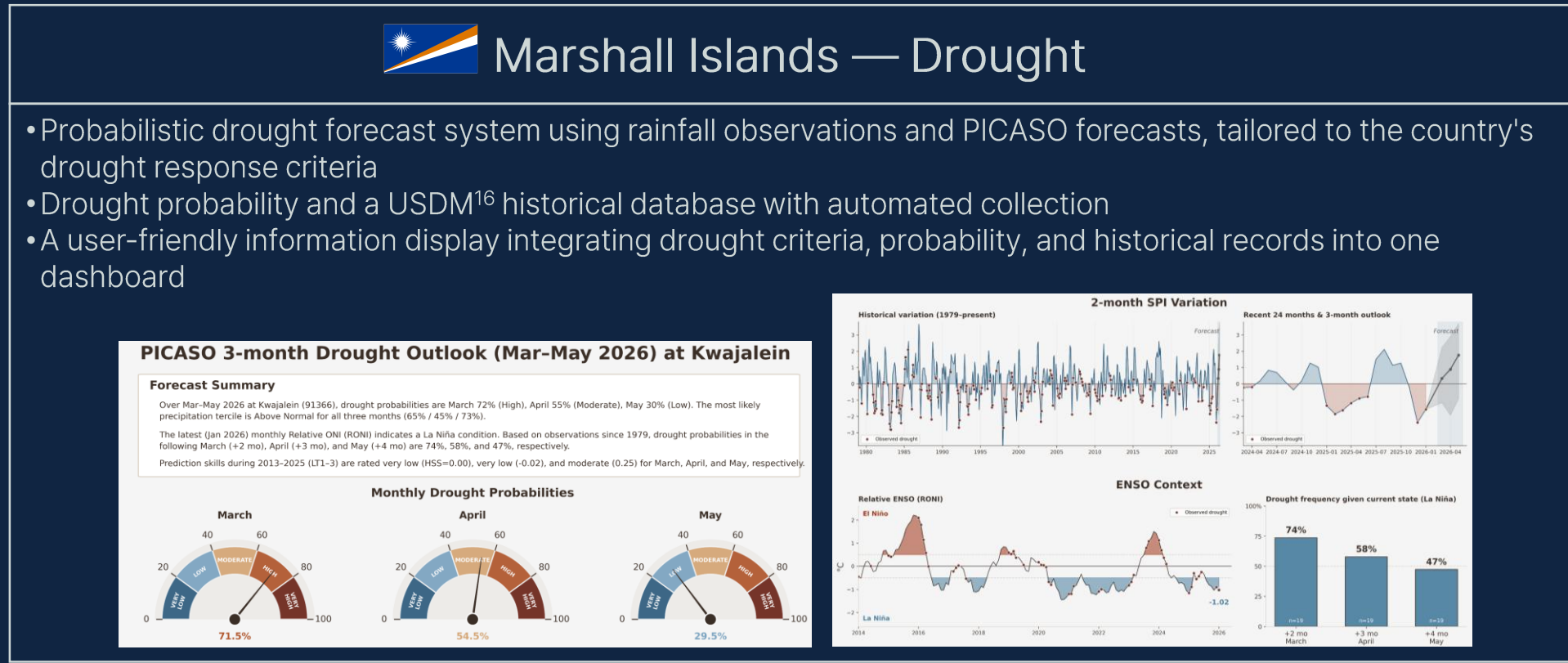
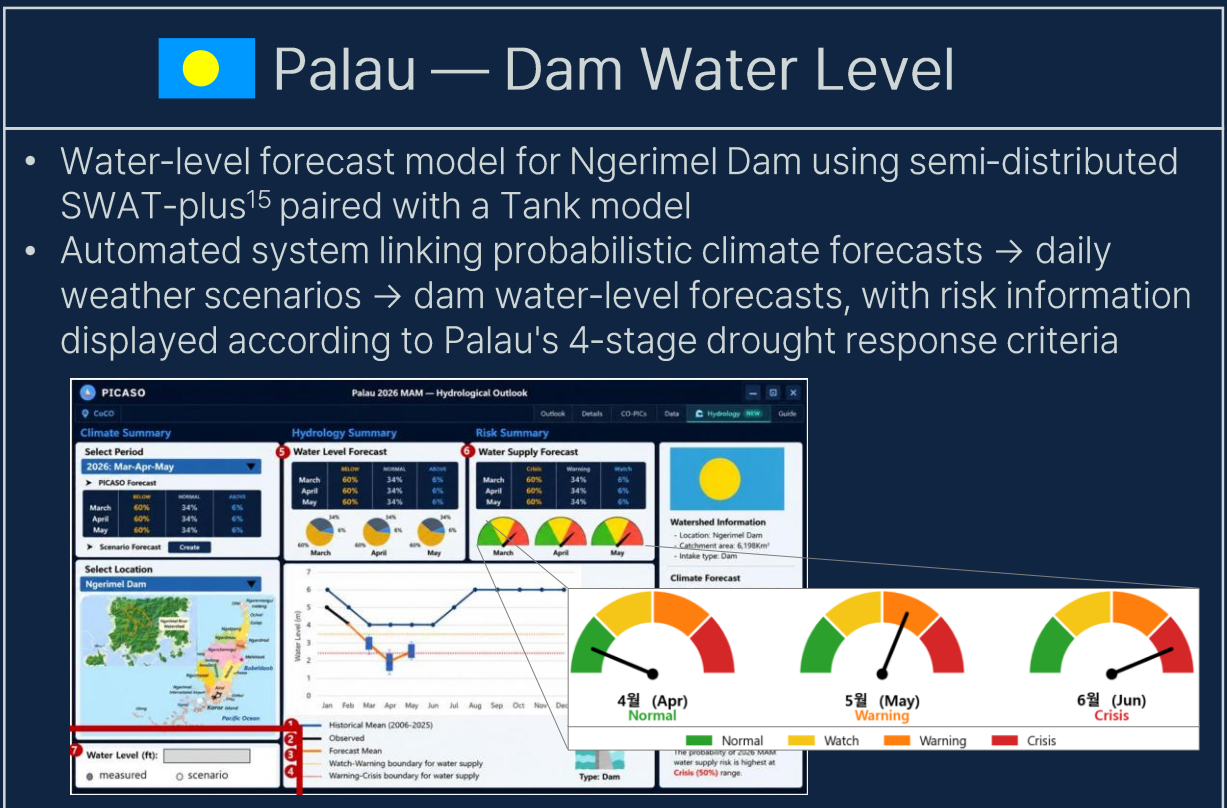
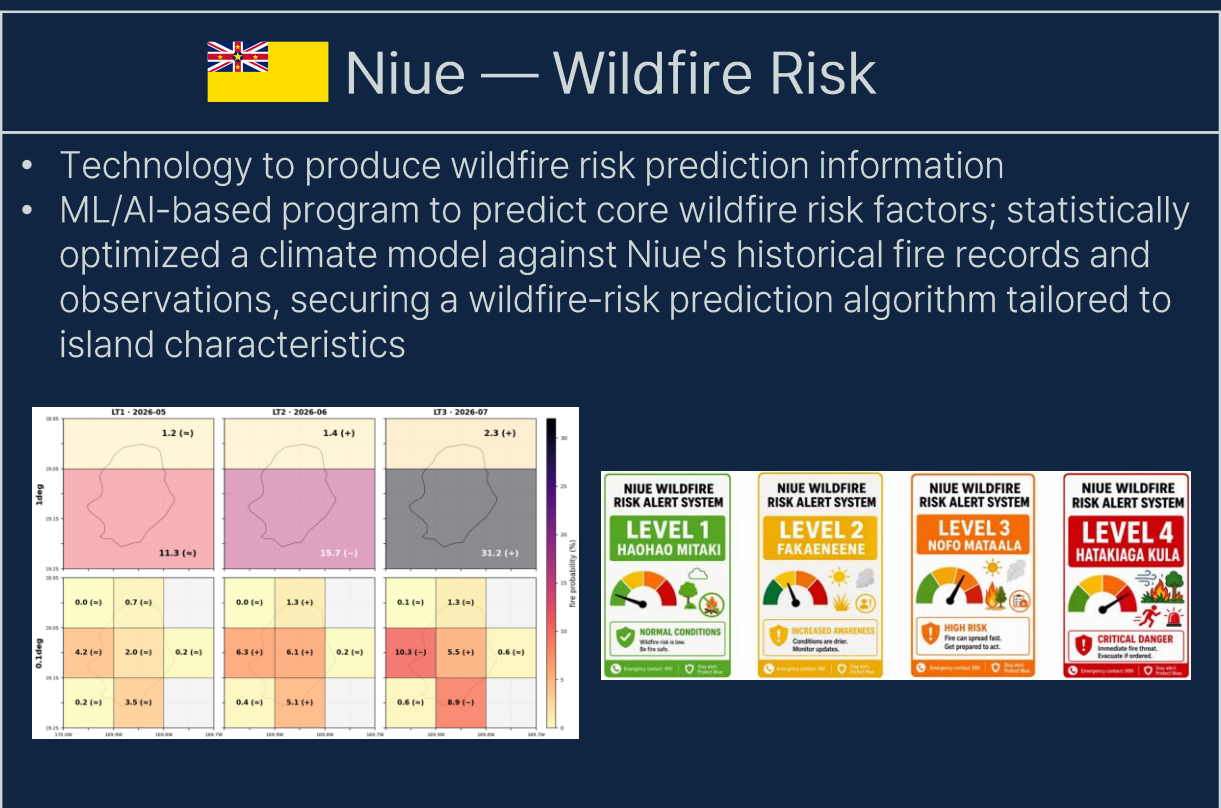
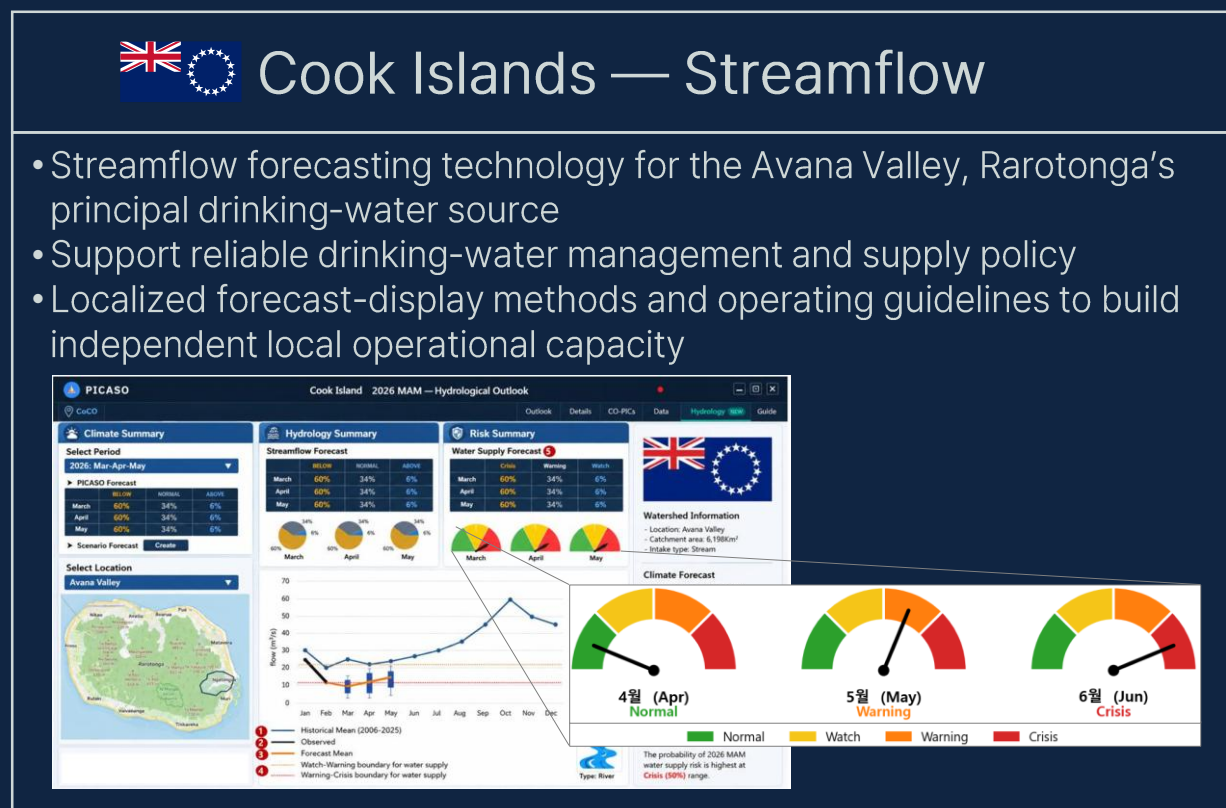


Niue



Marshall

### Sector-tailored Applications in Five Countries



## Implications

### PICASO — Downscaling Global Predictions to Local Decisions

By statistically bridging coarse global model output and station-scale observations, PICASO makes it possible to predict local climate variability that GCMs' low spatial resolution alone cannot capture. This predictor-based approach also extends beyond seasonal rainfall to other timescales and variables, allowing the same underlying framework for more specific information that decision-makers actually need.

### CoCo — An Integrated Consensus Forecast System

By merging PICASO with the other forecast systems that Pacific Island NMSs use, CoCo consolidates multiple, often conflicting forecast products into a single, skill-optimized consensus. The resulting forecast is not just simpler to use but also more reliable than any one product could be on its own.

### Sector-Tailored Information — Extending PICASO to National Decision Support

By translating PICASO's climate prediction information into applications built around each country's own decision workflows, this effort enables working-level use of climate information between Pacific Island NMSs and the sectors. This sector-by-sector approach aligns PICASO's outputs with the warning criteria and response procedures that the sectors already operate by.