



Second Report 2019

Executive Summary

tpos2020.org

TPOS 2020 2 차보고서

2019. 5

조정 기여저자: William S. Kessler¹, Susan E. Wijffels², Sophie Cravatte³ and Neville Smith⁴

주저자: Arun Kumar⁵, Yosuke Fujii⁶, William Large⁷, Yuhei Takaya⁸, Harry Hendon⁹, Stephen G. Penny¹⁰, Adrienne Sutton¹, Peter Strutton¹¹, Richard Feely¹, Shinya Kouketsu¹², Sayaka Yasunaka¹², Yolande Serra¹³, Boris Dewitte^{3,14}, Ken Takahashi¹⁵, Yan Xue⁵, Ivonne Montes¹⁶, Carol Anne Clayson², Meghan F. Cronin¹, J. Thomas Farrar², Tong Lee¹⁷, Shayne McGregor¹⁸, Xiangzhou Song¹⁹, Janet Sprintall²⁰, Andrew T. Wittenberg²¹, Weidong Yu²², Kentaro Ando¹², Florent Gasparin²³, Dean Roemmich²⁰, Jessica Masich¹, Kevin O'Brien^{1,13}, David Legler²⁴, Iwao Ueki¹², E. Robert Kursinski²⁵, Katherine Hill²⁶, Kim Cobb²⁷, Larry O'Neill²⁸, Lucia Upchurch^{1,13}, Shelby Brunner²⁴

The authors are grateful to Jae Hak Lee for supporting the Korean translation of the Executive Summary.

저자들은 요약집 한국어 번역을 지원해준 이재학께 감사드립니다.

See Appendix C for the complete list of authors, contributors and reviewers. Affiliations for authors listed above appear on the next page. Authors above are listed in chapter order.

저자, 기여자 및 검토자 목록은 부록 C 참조. 저자의 소속기관은 다음 페이지에 명기되어 있습니다. 저자의 순서는 장 순서를 따랐습니다.

This report is GOOS-234, PMEL contribution number 4911 and a JIASO contribution.

본 보고서는 GOOS-234, PMEL 기여 4991 및 JIASO 의 기여가 있었습니다.

Please use the following citation for the full report:

인용은 다음과 같이 하기 바랍니다:

Kessler, W.S., S. E. Wijffels, S. Cravatte, N. Smith, and Lead Authors, 2019: Second Report of TPOS 2020. GOOS-234, 265 pp. [Available online at <http://tpos2020.org/second-report/>.]

Citation for the Executive Summary only:

Kessler, W.S., S. E. Wijffels, S. Cravatte, N. Smith, and Lead Authors, 2019: Executive Summary. Second Report of TPOS 2020. GOOS-234, pp. i-xiv [Available online at <http://tpos2020.org/second-report/>.]

Affiliations

소속 기관

- ¹ Pacific Marine Environmental Laboratory, NOAA, Seattle, WA, USA
 - ² Department of Physical Oceanography, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA
 - ³ LEGOS, Université de Toulouse, IRD, CNES, CNRS, UPS, Toulouse, France
 - ⁴ GODAE Ocean Services, Canterbury, Australia
 - ⁵ Climate Prediction Center, National Centers for Environmental Prediction, NOAA, USA
 - ⁶ Oceanography and Geochemistry Research Department, MRI/JMA, Tsukuba, Japan
 - ⁷ National Center for Atmospheric Research (NCAR), Boulder, CO, USA
 - ⁸ Climate Research Department, MRI/JMA, Tsukuba, Japan
 - ⁹ Bureau of Meteorology, Melbourne, Australia
 - ¹⁰ Department of Atmospheric and Oceanic Science, University of Maryland, College Park, MD, USA
 - ^{11a} ARC Centre of Excellence for Climate Extremes, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia
 - ^{11b} Institute for Marine and Antarctic Studies, University of Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia
 - ¹² JAMSTEC, Yokosuka Research Institute for Global Change, Yokosuka, Japan
 - ¹³ Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, University of Washington, Seattle, WA, USA
 - ^{14a} Centro de Estudios Avanzado en Zonas Áridas (CEAZA), Coquimbo, Chile
 - ^{14b} Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Católica del Norte, Coquimbo, Chile
 - ^{14c} Millennium Nucleus for Ecology and Sustainable Management of Oceanic Islands (ESMOI), Coquimbo, Chile
 - ¹⁵ Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, Lima, Peru
 - ¹⁶ Instituto Geofísico del Peru, Lima, Peru
 - ¹⁷ JPL, California Institute of Technology, Pasadena, CA, USA
 - ¹⁸ School of Earth Atmosphere & Environment, Monash University, Clayton, Australia
 - ¹⁹ Ocean University of China, Physical Oceanography Laboratory, Qingdao, China
 - ²⁰ Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, La Jolla, CA, USA
 - ²¹ Seasonal to Decadal Variability and Predictability Division, NOAA/GFDL, Princeton, NJ, USA
 - ²² National Marine Environmental Forecasting Center/FIO, SOA, Qingdao, China
 - ²³ Mercator-Ocean, Ramonville St-Agne, Toulouse, France
 - ²⁴ Ocean Observing and Monitoring Division, NOAA, Silver Spring, MD, USA
 - ²⁵ University of Arizona, Tucson, AZ, USA
 - ²⁶ Global Climate Observing System and Global Ocean Observing System, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland
 - ²⁷ Georgia Institute of Technology, Atlanta GA USA
 - ²⁸ CEOAS, Oregon State University, Corvallis, OR, USA
-

Executive Summary

개요

This Second Report of the Tropical Pacific Observing System 2020 Project (TPOS 2020) builds on the analysis and conclusions of the First Report, informed by new evidence and/or fresh perspectives on priorities. The report provides further elaboration and refinement of the recommendations and updated or new actions where appropriate, together with additional detail and recommendations in areas not covered in the initial report. Recommendations for a redesigned moored array, that remained fuzzy in the First Report, are now detailed.

열대태평양관측체계 2020(TPOS 2020¹) 프로젝트 제 2 차보고서는 제 1 차보고서의 분석과 결론을 기반으로 새로운 증거 및 우선순위에 관한 새로운 관점을 바탕으로 하였다. 제 2 차보고서에는 권고사항의 정교화와 개선, 개정된 조치 또는 신규 조치와 더불어, 제 1 차보고서에서 다루지 않은 분야에 관한 추가 상세 내용 및 권고사항을 제공하였다. 제 1 차보고서에서 모호하게 남아 있었던 계류체계의 재설계에 관한 권고사항도 상세히 제시하였다.

This Second Report provides a major revision and more comprehensive update for two of the major foci of TPOS 2020, biogeochemical and ecosystem Backbone observations and the eastern Pacific. The western Pacific was revisited in the TPOS OceanObs'19 community white paper and this report includes an analysis of requirements arising from the complex scale interactions from weather to climate over the western Pacific Ocean. Additional consideration of air-sea fluxes and the planetary boundary layers in the tropical Pacific are also included in this report.

제 2 차보고서에서는 TPOS 2020 의 주요 관심사인 생지학적 및 생태학적인 중추 관측과 동태평양에 관한 내용을 주 검토하고 보다 종합적으로 갱신하였다. 서태평양에 대해서는 TPOS OceanObs'19 커뮤니티 백서를 다시 논의하였고, 본 보고서에 서태평양의 기상에서 기후까지 아우르는 복합 규모의 상호작용에서 제기된 요구사항 분석을 포함하였다. 열대 태평양의 대기-해양 교환량과 대기 경계층에 관한 추가 고찰도 본 보고서에 포함되어 있다.

TPOS 2020 sponsors specifically requested further consideration of requirements arising from monsoon and subseasonal timescales; severe storms and any special ocean observing requirements; observations related to Indo-Pacific exchanges; and any requirements emerging from the new class of coupled numerical weather prediction models. This report, supported by the Community White Paper on the TPOS published for OceanObs'19 (Smith et al., 2019; hereafter TPOS OceanObs'19), represents a substantial, but not yet complete, response to this charge.

¹ 'TPOS'라는 용어가 단독으로 사용되면 관측 체계를 의미하며, 'TPOS 2020'은 프로젝트를 의미한다.

TPOS 2020 후원자들은 몬순과 계절 내 시간 크기에서 제시되는 요구사항, 극심한 폭풍과 특별한 해양 관측 요구사항, 인도-태평양 교환과 관련된 관측, 새로운 종류의 기상 예보 결합 모델에서 제기된 요구사항을 추가로 고려하도록 요청하였다. OceanObs'19 에서 발간된 TPOS 에 관한 커뮤니티 백서(Smith et al., 2019, 이하 'TPOS OceanObs'19')가 뒷받침하는 본 보고서는 이러한 요구사항에 완전하지는 않지만 상당한 대응을 제시하고 있다.

New Areas of Review

새로운 검토 영역

Three new topics are reviewed in this Second Report:

- coupled models for subseasonal to interannual predictions;
- observational requirements for coupled weather and subseasonal timescales; and
- TPOS data flow and access (see later in this Summary).

제 2 차보고서에서는 세 가지 새로운 주제를 검토하였다:

- 계절 내 및 경년 예보를 위한 결합 모델
- 기상 및 계절 내 결합 모델을 위한 관측 요건
- TPOS 자료 흐름과 접근(본 요약 보고서 하단 참조)

All three areas were touched on in the First Report but here we provide a deeper review and associated recommendations and actions.

제 1 차 보고서에서도 위의 세 가지 주제를 다루었지만 2 차 보고서에서는 심층 검토와 관련 권고사항 및 조치를 제시하였다.

Coupled models for subseasonal to interannual predictions

계절 내 및 경년 예보를 위한 결합 모델

The review is based on a survey of operational seasonal-to-interannual prediction centers; a US CLIVAR workshop aimed at bridging the knowledge gap between sustained observations and data assimilation for TPOS 2020, including consideration of the models that underlie that process; and the published literature. The First Report noted there is an urgent need to improve the skill, effectiveness and efficacy of the modeling systems that are critical to realizing the impact of an improved TPOS. This report provides further analysis of the main systematic errors but finds that translating that information into model developments to reduce biases has proven difficult and that systematic approaches are not in place. [2.3, 2.4, 2.5]²

² Unless indicated otherwise, the [] references are to sections in the Second Report.

본 보고서의 검토 내용은 운영 중인 계절별 내지 경년 예보 센터 조사, TPOS 2020 을 위한 지속적 관측 및 자료 동화 사이의 지식 격차를 해소하기 위한 미국 CLIVAR(기후변동성 및 예측성 연구사업) 워크숍 및 해당 과정의 기저를 이루는 모델에 관한 고착 및 발간된 문헌을 바탕으로 한다. 제 1 차보고서에서는 TPOS 개선의 영향을 실현하는 과정에서 핵심적인 모델링 체계의 기술과 효과, 효능 개선이 시급하다는 점을 언급하였다. 제 2 차보고서에서는 주요 체계 오류를 심층 분석하고 있으나, 이러한 정보의 편차를 줄일 수 있는 모델 개발로 전환하기 어렵다는 점과 체계적 접근법이 마련되지 않았다는 점을 발견하였다. [2.3, 2.4, 2.5]³

We propose building from the experiences of the numerical weather prediction community and the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP) to establish such a systematic approach, with a regular cycle of three parallel lines of development: (a) an agreed community-planned set of experiments; (b) studies based on a set of common diagnostics and metrics; and (c) a series of process studies to bridge the observations and modeling communities. [**Action 2.1**; 2.7]

본 보고서는 수치 기상예보 커뮤니티와 결합모델 상호비교 프로젝트(CMIP)의 경험을 바탕으로 체계적인 접근법을 구축하고, (가) 커뮤니티에서 계획한 합의된 실험, (나) 공통적인 진단과 지표를 바탕으로 한 연구, (다) 관측과 모델링 커뮤니티 사이를 연결하는 과정 연구라는 세 가지 발전 노선을 나란히 일정한 주기로 추진할 것을 제안한다. [**조치 2.1**, 2.7]

The community survey indicated a cycle of around five years might be workable, with a timetable for planning, commitment, execution and publication, and concluded by an independent assessment of progress. This report concludes that without such a commitment to a systematic process, the seasonal-to-interannual prediction community may never realize its full potential, nor that of TPOS observations. [2.7]

커뮤니티 조사 결과 약 5년 주기가 계획, 투입, 실행 및 발간 일정과 함께 운용 가능하며, 독립된 진행 평가로 종결할 수 있는 것으로 나타났다. 본 보고서는 체계적인 과정에 대한 노력 없이는 계절별 내지 경년 예보 커뮤니티와 TPOS 관측은 결코 잠재력을 완전히 실현할 수 없다는 결론을 밝히고 있다. [2.7]

Recommendation 2.1. Establish a systematic and planned cycle of work among the participants in seasonal prediction, including (i) a planned and systematic cycle of experimentation; (ii) a coordinated set of process and/or case studies, and (iii) routine and regular real-time and offline system evaluation. An independent assessment should occur across all elements every five years. [2.7]

권고사항 2.1. 계절 예보 참여자 사이에 (1) 계획적이고 체계적인 실험 주기, (2) 과정 및 사례 연구의 조정된 집합, (3) 일상적이고 정기적인 실시간 및 오프라인 체계 평가가 포함된 체계적이고 계획적인 업무 주기를 설정한다. 모든 요소 전반에 대한 독립된 평가가 5년마다 이루어져야 한다. [2.7]

³ 별도로 표시되지 않는 한, 꺾쇠 괄호 표시된 숫자는 제 2 차 보고서의 참조 절을 의미한다.

We provide two additional recommendations to promote innovative observing system sensitivity experiments and reanalyses to guide the evolution of the observing system.

본 보고서에서는 혁신적인 관측 체계 민감도 실험을 촉구하기 위한 두 가지 추가 권고사항을 제시하고, 재분석을 통해 관측 체계의 발전 방향을 제시하였다.

Recommendation 2.2. Increase support for observing system sensitivity and simulation experiments to identify observations that constrain models most effectively and have high impact on forecasts. Correspondingly, development of infrastructure for exchanging information about data utilization and analysis increments should be supported. [First Report; 3.3.3.2, 6.1.6]

권고사항 2.2. 가장 효과적으로 모델을 제약하고 예보 영향력이 높은 관측을 파악하기 위한 관측 체계 민감도와 모의 실험 지원을 확대한다. 이에 부합하여 자료 활용과 분석 증분에 관한 정보를 교환하는 인프라 개발 지원도 뒷받침되어야 한다. [1 차 보고서, 3.3.3.2, 6.1.6]

Recommendation 2.3. Increase support for the validation and reprocessing of ocean and atmospheric reanalyses; conduct TPOS regional reanalyses and data reprocessing to guide observing system refinement and to enhance the value of TPOS data records. [2.7]

권고사항 2.3. 해양 및 대기 재분석의 검증과 재처리 지원을 확대하고, 관측 체계의 개선 방향 제시와 TPOS 자료 기록의 가치 향상을 위하여 TPOS 지역 재분석과 자료 재처리를 수행한다. [2.7]

Observational requirements of coupled weather and subseasonal prediction

기상 및 계절 내 결합 예보를 위한 관측 요건

The science around coupled weather and subseasonal prediction is advancing rapidly and several recent publications have reviewed progress and considered ocean observation needs in a general way. Key processes include heat and water fluxes in and between the atmospheric and oceanic boundary layers. At a general level, the First Report included a trend toward requirements with enhanced spatial resolution and finer temporal resolution, specifically to capture features such as fronts and the diurnal cycle and to avoid aliasing in air-sea flux estimates [First Report; Chapter 3]. The conclusion drawn in this report is that further research is required before we can be more specific or detailed in terms of essential variable spatiotemporal requirements; such research is underway. [**Recommendation 3.3**]

기상 및 계절 내 결합 예보와 관련된 과학은 빠르게 발전하고 있으며, 최근 여러 발간물에서는 발전 내용을 검토하고 해양 관측 필요를 전반적으로 고찰하였다. 주요 과정으로는 대기과 해양 경계층 내 및 사이의 열속과 유량이 포함된다. 제 1 차보고서에서는 구체적으로 전선이나 일변화와 같은 특징을 포착하고 대기-해양 교환량 측정치의 중복(aliasing)을 방지하기 위한 공간 분해능 향상과 시간 분해능 정교화가 요구되는 추세를 전반적으로 다루었다. 본 보고서에서는 더욱 구체적이고 상세한 핵심 변수의 시공간 요구사항을 마련하려면 추가 연구가 필요하다는 결론을 도출하였고, 이러한 연구는 현재 진행되고 있다. [**권고사항 3.3**]

Two process studies are supported, one focused on the eastern edge of the west Pacific warm pool, and the other on equatorial upwelling and mixing.

두 가지 과정연구를 지원하고 있는데, 그 중 하나는 서태평양 난수역 동안 경계역에 중점을 둔 것이며, 다른 하나는 적도 용승과 혼합에 관한 것이다.

Observations of sea surface temperature and salinity must be complemented by observations of near-surface winds, ocean surface waves, surface currents and vertical structure in the ocean mixed layer if we are to constrain/initialize processes in models on monthly and shorter timescales. The high temporal resolution of the Tropical Moored Buoy Array (TMA) and the move toward measuring more complete flux variables aligns with such needs and we conclude will almost certainly benefit coupled data assimilation and coupled model development.

모델 내 과정을 월별 또는 더 짧은 시간 크기로 제한하거나 초기화할 경우, 해수면 온도와 염분 관측은 수면 부근 바람과 해양 표층 파랑, 표층 해류 및 해양 혼합층의 연직 구조 관측으로 반드시 보완될 것이다. 열대계류부이체계(TMA)의 높은 시간적 분해능과 더욱 완전한 교환량 변수를 측정하려는 추세도 이러한 필요와 궤를 같이 한다. 본 보고서에서는 이러한 노력이 결합 자료 동화와 결합 모델 개발에 도움이 될 것이 거의 확실하다는 결론을 내렸다.

The following recommendations would advance these goals:

다음 권고사항을 통해 이러한 목표를 더욱 진전시킬 수 있다.

Recommendation 3.1. Where feasible and practical, promote observing approaches that jointly measure the ocean and marine boundary layers, and air-sea flux variables, principally to support model development, as well as testing and validation of data assimilation methods and systems. [3.3.3.1, 3.3.3.2, 7.2.1.1]

권고사항 3.1. 가능하고 실제적인 수준에서 해양 경계층과 대기-해양 교환량 변수를 함께 측정하는 관측 방식을 권장하여, 일차적으로는 모델 개발을 지원하는 한편 자료동화 방법과 체계도 시험 및 검증한다. [3.3.3.1, 3.3.3.2, 7.2.1.1]

Recommendation 3.2. Encourage and promote process studies that will improve the representation of key processes and allow further testing of the ability for observations to constrain the coupled system; to address biases in observations and models; and to improve CDA observation error estimates. [3.2, 3.3.1, 3.3.2].

권고사항 3.2. 결합 체계를 구축하고, 관측과 모델의 편차를 해소하며, CDA 관측 오류 추정치를 개선하기 위한 주요 과정의 재현성 증진과 관측 능력을 심화 검사할 수 있는 과정연구를 장려 및 촉구한다. [3.2, 3.3.1, 3.3.2].

The international Subseasonal-to-Seasonal project hindcast and real-time database is supporting research and model development. Studies on initialization of an intraseasonally-varying ocean are being supported, including sensitivity to ocean observation, and provide insight on common errors that need to be addressed. One subproject aims to provide ocean outputs from the forecast models for analysis.

국제 아계절-계절(S2S) 프로젝트의 재현과 실시간 데이터베이스는 연구 및 모델 개발을 뒷받침하고 있다. 해양 관측 민감도를 포함하여 계절 내에서 변화하는 해양의 초기화에 관한 연구도 지원하고 있으며, 이러한 연구는 해결해야 할 공통적인 오류에 관한 통찰을 제공한다. 이 연구의 하위 프로젝트 중 하나는 예측 모델에서 얻은 해양 결과물을 분석용으로 제공하는 것을 목표로 한다.

Recommendation 3.3. Promote and engage with the Working Group on Numerical Experimentation-WCRP Subseasonal-to-Seasonal subproject on Ocean Initialization and Configuration. [3.4]

권고사항 3.3. WCRP 아계절-계절 해양 초기화 및 구성에 관한 하위프로젝트인 수치모델 실무그룹을 촉진하고 관여한다. [3.4]

Requirements: The First Report Reprised and Extended

요구사항: 1 차보고서의 반복 및 확장

Biogeochemical and ecosystem Backbone observations

생지화학적 및 생태학적 기반 관측

We report on further refinement of biogeochemical (BGC) and ecosystem observational requirements, including estimates of critical time and space scales, and the implications for the Backbone. Key processes that drive variability in biogeochemistry and ecosystem and thus determine biogeochemical requirements are: (i) the response to long-term climate change; (ii) seasonal to decadal variability of the tropical Pacific biological pump; (iii) seasonal to decadal variability of the tropical Pacific CO₂ flux and implications for the global carbon cycle ; (iv) the upper ocean carbon budget, including carbon export below the mixed layer and sources of anthropogenic carbon for upwelled water; and (v) volume and nutrient fluxes into the Equatorial Undercurrent.

본 보고서는 핵심 시공간 규모 측정과 기반관측에 대한 함의를 포함하여 생지화학적 및 생태학적 관측 요구사항의 추가 개선에 관한 내용을 기술하였다. 생지화학적 및 생태학적 변동성을 주도하고 따라서 생지화학적 요구사항을 결정하는 주요 과정들은 (1) 장기 기후 변화에 대한 반응, (2) 열대 태평양 생물 펌프의 계절에서 십년단위 주기 변동성, (3) 열대 태평양 이산화탄소 교환량의 계절에서 십년단위 주기 변동성 및 전 세계 탄소 순환에 대한 시사점, (4) 혼합층 아래로의 탄소 이동과 용승해수의 인위적 탄소 배출원을 포함한 해양 상층의 탄소 수지 및 (5) 적도잠류로의 체적 및 영양염 이동이다.

This phenomenological basis permits an analysis of relevant biogeochemical Essential Ocean Variable (EOV) measurements, including for oxygen, nutrients (e.g., nitrate, phosphate and silicate), inorganic carbon, particles, chlorophyll and transient tracers. We considered new analyses of space and time decorrelation scales of some of these variables which may allow characterization of seasonal to interannual variability, including for oxygen minimum zones.

이러한 현상학적 근거를 통해 산소, 영양염(예: 질산염, 인산염, 규산염), 무기 탄소, 입자, 엽록소 및 단기 추적자 등 관련된 생지화학적 핵심 해양 변수 측정치를 분석할 수 있다. 본 보고서에서는 산소극소대역을 포함하여 계절에서 경년 변동성의 특성을 파악할 수 있는 변수들중 일부의 시공간적 비상관 크기에 관한 새로운 분석을 고려하였다.

These advances, along with TPOS 2020 pilot projects (Saildrone[®] and BGC-Argo) and further input from the community have led to refinement and extension of the conclusions from the First Report. The main points are:

이러한 진전은 Saildrone[®] 및 BGC-Argo 등 TPOS 2020 의 시범 사업과 커뮤니티의 추가 자료와 더불어 1 차보고서에서 내린 결론을 개선하고 확장하였다. 주요 요지는 다음과 같다.

- Maintain and extend the $p\text{CO}_2$ climate record [4.3.1; First Report, Rec. 12; **Action 7.6**]
- Address the broader goals of the Biogeochemical Argo community through 31 BGC-Argo float deployments per year in the 10°N to 10°S band.
- 이산화탄소 분압 기후 기록을 유지 및 확장할 것[4.3.1; 1 차 보고서, 권장사항 12, **조치 7.6**]
- 생지화학 Argo 커뮤니티의 광범위한 목표를 달성하기 위해 매년 10°N~10°S 수역에 BGC-Argo 플로트 31 기를 투하한다.

Recommendation 4.1. TPOS 2020 recommends a target of 124 BGC-Argo floats with biogeochemical sensors (specifically nitrate, dissolved oxygen, pH, chlorophyll fluorescence, particulate backscatter and downwelling irradiance) for the 10°N-10°S band. [4.3, 4.4]

- Re-institute CTD and bottle sampling on mooring servicing cruises - CTDs should be performed to 1000 m along each TMA line.

권고사항 4.1. TPOS 2020 에서는 생지화학 센서(특히 질산염, 용존산소, pH, 엽록소 형광 및 미립자 후방 산란, 하향광량 센서)가 탑재된 BGC-Argo 플로트 124 기를 10°N~10°S 수역에 투하하는 것을 목표로 권고한다. [4.3, 4.4]

- 계류 목적 항해시 CTD 및 병 시료채취를 재도입한다. CTD 조사는 각 TMA 라인을 따라 1,000 m 까지 수행하여야 한다.

Recommendation 4.2. TPOS 2020 recommends CTDs with dissolved oxygen and optical sensors (chlorophyll fluorescence, particulate backscatter, transmissometer) and water samples (at a minimum for chlorophyll and nutrients) should be performed to 1000 m along each TMA line by servicing cruises, at every degree of latitude between 8°N and 8°S and every 0.5° between 2°N and 2°S at a frequency of at least once per year. Twice per year sampling is optimal and could be augmented by GO-SHIP and other ships of opportunity. [4.3.2, 4.4; **Recommendation 7.3**]

- Continued coverage of satellite ocean color and CO₂ observations [4.2.5, 4.3.1, First Report, Rec. 13]

- Develop a coordinated and long-term observation strategy for the low-latitude western boundary current region [4.4, 7.4.5.1; TPOS OceanObs'19]
- Continue pilot studies for technology development to expand autonomous capabilities – especially for Oxygen Minimum Zones [4.3, 9.2.5, 9.2.3]
- Promote process studies to understand the impact of El Niño and long-term change on carbon export and ecosystems [4.1.1, 4.3, 4.4]

권고사항 4.2. TPOS 2020에서는 용존산소 및 광학 센서(엽록소 형광, 미립자 후방 산란, 광투과도 센서)가 탑재된 CTD와 권고하며, 각 TMA 라인 항해시 1,000 m까지 적어도 연 1회 빈도로 8°N~8°S 수역에서는 위도 1도마다, 2°N~2°S 수역에서는 위도 0.5도마다 엽록소와 영양염 측정을 위한 최소한의 물 시료를 채취하여야 한다. 연 2회가 최적의 시료 채취 빈도이며, GoSHIP 및 기타 관측 선박 지원을 통해 빈도가 늘어날 수 있다. [4.3.2, 4.4; 권고사항 7.3]

- 위성 해색 및 이산화탄소 관측을 지속할 것 [4.2.5, 4.3.1, 1차 보고서 권고사항 [13]]
- 저위도 서안경계류 해역의 조직화된 장기 관측 전략 수립할 것 [4.4, 7.4.5.1, TPOS OceanObs'19]
- 특히 산소극소대역에 대한 무인 관측 역량을 확대를 위한 기술 개발 시범 연구를 지속할 것 [4.3, 9.2.5, 9.2.3]
- 엘니뇨와 장기 변화가 탄소 이동과 생태계에 미치는 영향을 이해하기 위한 과정 연구를 촉구할 것 [4.1.1, 4.3, 4.4]

Eastern Pacific observing system

동태평양 관측체계

The eastern Pacific region has high societal impact and is among the most problematic for climate modeling, as oceanic processes, low-cloud physics, and tropical deep convection have complex interactions in this region. The sharp property gradients of the eastern Pacific form a key distinction from the rest of the basin and a major challenge to both observing and modeling. The Second Report revisits the phenomenological basis and requirements of the region, including the coastal waveguide, and extends the discussion of atmospheric processes and observations to the extent they are relevant for an integrated approach to the TPOS. We map a course for addressing outstanding science questions through both engagement with regional efforts, as well as pilot and process studies.

동태평양 지역은 사회적인 영향이 높고 기후 모델링에서 가장 문제가 많이 발생하는 지역 중 하나인데, 이 지역에서 해양 과정, 하층운 물리 및 열대성 강한 대류의 복합적인 상호작용이 나타나기 때문이다. 동태평양 지역은 특성 구배가 가파르다는 점에서 다른 태평양 지역과 크게 구분되며, 관측과 모델링에도 주요 난관이다. 제 2차 보고서에서는 동태평양 연안의 도파 등 현상학적 근거와 요구사항을 재논의하고, TPOS에 대한 통합된 접근과 관련되도록 대기 과정 및 관측에 대한 논의를 확장시켰다. 본 보고서는 지역적 노력에 참여하는 것은 물론 시범 및 과정 연구를 통해 미해결된 과학적 질문들을 해결하기 위한 방향을 제시하였다.

The following provide the overarching scientific motivation for an eastern Pacific observing system:

다음 내용은 동태평양 관측 체계에 최상의 과학적 동기를 부여한다.

- Monitoring and predicting the El Niño-Southern Oscillation, including the evolution in understanding of tropical instability waves, the influence of tropical Atlantic SST, and the nature and spread of convection in the region;
 - Understanding and addressing ocean model biases, including Kelvin wave dissipation processes, systematic errors in the vicinity of upwelling and the equatorial thermocline, and modelling of interaction with coastal upwelling dynamics;
 - Understanding atmospheric and coupled model biases through a focused effort to better observe cold tongue and Inter-tropical Convergence Zone dynamics and associated cloud feedbacks, including the atmospheric thermodynamic and dynamic vertical structure; and
 - Oxygen minimum zone dynamics and equatorial and coastal upwelling that brings cold nutrient-rich waters toward the surface resulting in phytoplanktonic blooms (see also the biogeochemistry discussion above).
- 열대 불안정파 이해의 진전, 열대 대서양 해수면온도의 영향, 그리고 이 지역의 대류 속성 및 확산을 포함한 엘니뇨-남방진동 모니터링 및 예측
 - 켈빈파 소산 과정, 용승 및 적도 수온약층 주변의 체계적 오류, 연안 용승 역학과의 상호작용 모델링 등 해양 모델 편향에 관한 이해와 해결
 - 저수온해역 및 열대 수렴대 역학과 이와 관련하여 대기 열역학과 동적 연직 구조 등 구름이 기후에 미치는 영향을 더욱 정확하게 관측하기 위한 중점적인 노력을 통해 대기 및 결합 모델의 편향 이해
 - 산소극소대역 및 영양염이 풍부한 냉수가 표층으로 이동하여 식물플랑크톤의 대증식을 유발하는 적도 및 연안 용승(위에서 다룬 생지화학적 논의 참고)

Recommendation 5.1. The existing TMA line along 95°W should be maintained and updated to full-flux sites. [7.3.1]

권고사항 5.1. 기존 95°W 의 TMA 라인을 유지하고 완전한 교환량 관측 장소로 갱신함. [7.3.1]

Recommendation 5.2. Increase Argo density for the eastern Pacific as soon as possible. A coordination of South American countries to execute the doubling of Argo will be required. [**Recommendation 4.1** and **Action 7.9**].

권고사항 5.2. 동태평양의 Argo 밀도를 최대한 빨리 증가시킨다. Argo 를 두 배로 늘리기 위해 남미 국가와의 조정이 필요할 것임. [**권고사항 4.1** 및 **조치 7.9**].

TPOS 2020 reaffirms its support for pilot projects to evolve and strengthen observing capability in the region. The equatorial- coastal waveguide and upwelling system (**Action 5.2**) and Inter-tropical Convergence Zone/cold tongue/stratus system (**Action 5.3**) pilot studies are reaffirmed as high priority. A third pilot on atmospheric monitoring from eastern Pacific islands is recommended to test our ability to monitor: (a) vertical profiles of atmospheric winds, temperature and moisture variability; (b) surface conditions in the near-offshore region; and (c) atmospheric vertical structure and cloud radiative forcing in the core stratus deck region (**Action 5.4**).

TPOS 2020 은 이 지역에서의 관측 역량을 발전시키고 강화하는 시범 사업에 대한 지원을 재확인한다. 적도 연안 도파와 용승 체계(**조치 5.2**) 및 열대수렴대/저수온 해역/층운계(**조치 5.3**) 시범 연구는 우선 순위가 높은 것으로 다시 확인되었다. 동태평양 섬에서 대기 모니터링을 실시하는 세 번째 시범 연구는 (a) 대기 바람의

연직 구조, 온도 및 습기 변동성, (b) 연안 근해역의 표층 조건, 그리고 (c) 중심 층운 마루 영역에서 대기 연직 구조와 구름 복사 강제력(조치/5.4)을 모니터링하는 역량을 시험하기 위해 권장된다.

One of the motivations for revisiting the eastern Pacific in this report was to enable and generate greater regional activity. Several opportunities are identified, including (a) enhanced data sharing and cooperation, to include improved transmission and quality of data, using regional mechanisms where appropriate, (b) direct participation in profiling float enhancements, (c) participation in a regional reanalysis project that would better resolve processes and fields relevant to Eastern Pacific stakeholders, and (d) assistance to establish collaborative frameworks so that greater regional value could be obtained from their observing efforts (*Action 5.1*). [5.2]

본 보고서에서 동태평양을 다시 다룬 동기의 하나는 지역 활동의 확대 및 가능성 확보다. 이를 통해 확인된 여러 가지 기회로는 (a) 적절한 지역 메커니즘을 통한 자료 전송 및 품질 개선을 포함하는 자료 공유 및 협조 증진, (b) 관측 플로트 확대에 직접 참여, (c) 동태평양 이해관계자와 관련된 과정 및 분야를 더욱 효과적으로 해석할 수 있는 지역 재분석 프로젝트 참여, (d) 관측 활동을 통해 더 큰 지역 가치 획득할 수 있도록 협력 틀의 구축 지원이다(조치 5.1). [5.2]

Recommendation 5.3. A pilot study along 95°W installing dissolved oxygen sensors to 200 m and an ADCP is recommended at the equator, with additional dissolved oxygen and current sensors on 2°N and 2°S if at all possible. [5.1.4]

권고사항 5.3. 95°W 상 관측의 시범연구에서는 적도에 수심 200 m 까지 용존산소 센서들과 ADCP 설치와 가능한 경우 2°N 및 2°S 위치에 추가 용존산소 및 해류 센서 설치를 권장한다. [5.1.4]

Recommendation 5.4. TPOS 2020 recommends planning and execution of a reanalysis project for the eastern Pacific, making use of past and current data sets, as well as hydrographic sections between the Galapagos Islands and the coast. This reanalysis effort should include high-resolution regional atmospheric products that resolve important coastal winds, and ensembles for estimating uncertainty. [5.2]

권고사항 5.4. TPOS 2020에서는 과거 및 현재 자료를 활용하여 동태평양은 물론 갈라파고스섬과 연안 사이의 단면들을 재분석하는 프로젝트를 기획하고 실행할 것을 권고한다. 이러한 재분석에는 중요한 연안풍을 해석하기 위해 고해상도의 지역 대기 산출물과 및 불확실성 추정을 위한 앙상블이 포함되어야 한다. [5.2]

TPOS 2020 strongly encourages stakeholders to advocate for and support an eastern Pacific focus for the United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030), given the benefits will be relatively large for this region (*Action 5.5*).

TPOS 2020에서는 이 지역에 상대적으로 큰 유익을 가져다 준다는 점에서 이해관계자들이 '지속가능발전을 위한 UN 해양과학 10 개년 계획(2021-2030)'을 위해 동태평양에 관심을 갖도록 촉구하고 지원하도록 독려한다(조치 5.5).

Tropical Pacific decadal variability and long-term trends

열대 태평양 십년 변동성 및 장기 추세

Consultations after the publication of the First Report strongly encouraged TPOS 2020 to revisit the requirements arising from decadal variability, long-term climate trends and the climate record. This report provides a comprehensive update, including a review of historical studies of decadal variability; implications from global climate change and other external-forcing for tropical Pacific climate; and an analysis of modeled and observed past changes in the El Niño-Southern Oscillation and potential future changes. [6.1.2-6.1.5]

제 1 차보고서가 발간된 후의 협의들은 TPOS 2020 에서 십년 변동성, 장기 기후변화 추세 및 기후 기록에서 발생하는 요구사항을 다시 논의할 것을 강력히 촉구하였다. 본 보고서에서는 십년 변동성에 관한 역사적 연구 검토, 열대 태평양 기후에 작용하는 지구 기후변화와 기타 외부 강제력에 따른 함의, 모델과 관측에 의한 엘니뇨-남방진동의 과거 변화 및 잠재적 향후 변화의 분석 등 포괄적으로 갱신하여 제시하였다. [6.1.2-6.1.5]

Key findings include the need for better observational constraints for estimates of surface heat fluxes, and for improved understanding of the subsurface circulation, thermal structure, and heat budget of the upper ocean along the equator; and the need for sustained reliable observations and reanalyses of both the on- and off-equatorial winds and air-sea fluxes. Long-term sustained monitoring and high-quality reanalyses are highlighted as priorities. [6.1.6] We also discuss the potential role of TPOS for better calibrating and understanding paleo-proxy data records, a topic that should be considered for the coming years.

주요 결과는 표층 열속 측정에 대한 관측 제약의 개선, 적도상 아표층 순환, 열구조 및 상층 열수지 이해의 증진, 적도 및 아적도 바람 및 대기-해양 교환량을 지속적으로 신뢰할 만한 수준으로 관측하고 재분석할 필요성 등이다. 장기적이고 지속적인 모니터링과 양질의 재분석을 우선순위로 조명되었다. [6.1.6] 본 보고서는 향후 수 년간 고려해야 할 주제인 과거지시자 자료 기록을 더욱 정확하게 보정하고 이해하기 위한 TPOS 의 잠재적 역할도 논의하였다.

We stress the challenge of detecting multi-decade signals and the importance of maintaining a reference set of longstanding, continuous climate records, with quantified uncertainties, that can bridge any future changes in the observing system and confirm or refute any shifts that may coincide with the introduction of observing system or data processing changes. Such references must have enough coverage and sufficient quality and reliability to (1) detect and identify small dec-cen signals, (2) enable cross-checks for consistency, and (3) be able mitigate risks from unexpected failures of individual elements. [6.1.6]

본 보고서는 수십 년의 신호를 감지하는 도전과 불확실성의 정량화와 더불어 장기적이고 지속적인 기후 기록 기준 세트의 유지 중요성을 강조하였다. 이를 통해 향후 어떠한 관측망 변화시에도 가교 역할을 하고 관측망 도입 또는 자료처리의 변경에 수반될 어떠한 변화도 확정하거나 거부할 수 있다. 이러한 참조자료는 충분한 범위를 확보하고, (1) 십년에서 백년 주기의 작은 신호를 감지 파악하고, (2) 일관성을 상호 확인하며, (3) 개별 요소의 예상치 못한 실패에 따른 위험을 충분히 완화할만한 품질과 신뢰성을 확보해야 한다. [6.1.6]

The Northwestern Pacific Ocean

북서태평양

The TPOS OceanObs'19 Community White Paper provided recommendations for a low-latitude western Pacific boundary current monitoring system, including consideration of the Indonesian Throughflow. This report supplements that work with an analysis of complex interactions over a range of timescales in the northwestern Pacific Ocean, including stochastic forcing of El Niño and involvement in the delayed-action oscillator and discharge-recharge mechanisms.

TPOS OceanObs'19 커뮤니티 백서에서 인도네시아통과류를 고려하여 태평양 저위도서안경계류 관측망에 관한 권고사항을 제시하였다. 본 보고서는 엘니뇨의 확률 강제력과 지연진동자, 방출-재충전 기작의 관여 등 북서태평양의 다양한 시간적 크기의 복합 상호작용 분석을 추가하였다.

The boreal summer intraseasonal oscillation, an elemental part of the Asian summer monsoon system, provides one example of potentially predictable signals on subseasonal to seasonal timescales in the northwestern Pacific Ocean, with likely far-reaching impacts (e.g., extreme rainfalls and droughts) of significant societal relevance for the region. The region also hosts the most intensive typhoon/cyclone hot spot according to observations over the last fifty years. Improved understanding may allow typhoon prediction to be extended beyond seven days.

아시아 여름 몬순계의 요소 부분인 여름철 계절내 진동은 해당 지역에 중요한 사회적 관련성을 갖는 강한 영향(예, 극심한 강우 및 가뭄)과 함께 북태평양의 계절내 내지 계절 주기의 신호를 예측할 수 있다는 하나의 사례를 제공한다. 지난 50 년 간의 관측에 따르면 이 지역은 가장 강력한 태풍의 핵심지역이기도 하다. 이해 증진에 따라 태풍 예보를 7 일 전까지로 확대할 수 있다.

An enhanced observing capability is needed to meet requirements in the northwestern Pacific Ocean arising from these complex scale interactions and their associated links between the tropics and subtropics. These enhancements are proposed as part of the evolution of the Backbone.

이러한 복잡 규모의 상호작용과 열대 및 아열대 사이 연관성에 따라 북서태평양에 제기되는 요구사항에 부합하려면 관측 역량의 강화가 필요하다. 이러한 개선은 기반관측망 진전의 일환으로 제안되었다.

Air-sea fluxes and the planetary boundary layers

대가-해양 플럭스 및 대기 경계층

One purpose of the Backbone is to provide in situ time series for comparisons with satellite-based measurements and validating gridded synthesis products, including for those of wind stress and air-sea heat and water fluxes. The Second Report discusses how the TPOS might better support these goals.

기반관측망 목적의 하나는 위성 관측치와 비교 및 바람 응력, 대가-해양 열속 및 유속 등 격자화된 합성 자료들의 검증을 위한 현장 시계열 자료를 제공하는 것이다. 제 2 차보고서에서는 TPOS 가 어떻게 이러한 목표를 더 효과적으로 지원할 것인지를 논의하였다.

Wind stress

바람 응력

The First Report design takes advantage of the revolution in broadscale wind estimation over the ocean enabled by space-based scatterometers, but combined with and complemented by in situ measurements, particularly from moorings. If space-based vector wind sampling could be increased and better spread across the diurnal cycle, the outlook is for greatly improved wind estimation. However, some questions remained about the differences between wind estimates from moorings and satellites, about errors in blended gridded wind products, and about the best approach to monitoring decadal-scale variability and detecting climate change. An Annex to the Second Report is devoted to these issues and to errors arising from sampling (space and time). Further research is needed to better understand these errors in gridded wind products and the impacts of sampling differences between satellite and buoy winds (**Action 6.1**). There are also outstanding issues around directional dependence of buoy and scatterometer wind differences (**Action 6.3**).

제 1 차보고서 설계는 공간 기반 산란계로 해양에서 대규모 바람 측정이 가능해진 혁신을 활용하였으나, 특히 계류를 활용한 현장 측정이 결합 보완되었다. 공간 기반 바람 벡터 측정이 증가하고 일변화 전반에 확산되었다면 바람 측정이 훨씬 개선될 것이다. 그러나 계류 관측 및 위성 관측 바람 측정치의 차이, 격자형 혼합 바람 산출물의 오차, 십년 변동성 모니터링 및 기후 변화 감지를 위한 최선의 접근 방식에 관한 몇 가지 질문은 여전히 남아 있다. 제 2 차 보고서의 부록에서는 이러한 문제들과 측정에서 발생하는 (시간 및 공간) 오류를 따로 다루었다. 격자형 바람 산출물의 이러한 오류와 위성 및 부이 바람 자료 차이의 영향을 더욱 정확히 이해하기 위한 추가 연구가 필요하다(**조치 6.1**). 부이의 방향 의존 및 산란계 바람 차이에 관해서도 미해결된 문제가 있다(**조치 6.3**).

The First Report noted the many different approaches to producing gridded wind products (including uncertainty estimates), ranging from reanalysis products to specialized blended products using wind observations from different scatterometers and in situ data. The effect of surface currents remains an issue. Dedicated analyses have been started (as discussed in Annex A of the Second Report) to better document error sources from both moorings and satellites, to understand their differences, and distinguish the issues of measurement versus sampling errors (**Action 6.2**).

제 1 차보고서에서는 재분석자료에서부터 여러 산란계와 현장 자료로부터 얻은 전문적 합성 치까지 격자화된 바람 산출물(불확실성 측정치 포함)을 생산하는 다양한 접근 방식을 언급하였다. 표층 해류 영향은 여전히 문제로 남아 있다. (제 2 차보고서 부록 A 에서 논의된 바와 같이) 계류 및 위성의 오류 원인을 효과적으로 기록하고, 그 차이를 이해하며, 측정과 측정 오류 문제를 구별하기 위한 상세 연구가 시작되었다(**조치 6.2**).

Heat and moisture fluxes

열속과 수분속

In the First Report, it was noted that the satellite-based estimates of heat and moisture flux variables were either non-existent or subject to large uncertainties. The Second Report revisits this assessment based on recent progress in these efforts.

제 1 차보고서에서는 열속과 수분속 변수의 위성 측정치는 존재하지 않거나 큰 불확실성이 대상이라고 기술되었다. 제 2 차보고서에서는 이들의 최근 진전된 내용을 바탕으로 평가를 다시 논의하였다.

For radiative fluxes, the report analyses studies that have looked at the bias and standard deviation of satellite derived downwelling shortwave and longwave products with encouraging results. There remain uncertainties that need to be better quantified and understood. The pathways for progress include more in situ radiation data, together with the development of standards that ensure their measurements and processing led to the highest possible quality. They also include the deployment of some highly instrumented Super Sites (section 7.4.7) in selected regions.

복사속에 관하여서는 본 보고서에서 위성을 활용한 하한 단파 및 장파 산출물의 편차 및 표준 편차를 다룬 연구를 분석하였으며 고무적인 결과를 얻었다. 여전히 정량화와 이해를 증진해야 할 불확실성이 남아 있다. 진행되어야 할 방향은 더 많은 현장 복사 자료와 더불어 측정과 처리가 최상의 품질로 이어지도록 하는 기준 개발이다. 또한 특정 지역에 장비가 밀집된 슈퍼사이트 설치도 포함된다(7.4.7).

Satellite products of turbulent fluxes relying on surface state variables and bulk algorithms have also been continuously improved, even if satellite retrievals of near-surface temperature and humidity need further refinement. Documented errors in these variables have regional and regime dependencies, for example in the vicinity of large-scale atmospheric convergence/ divergence fields and associated cloud properties. In situ data sites within each of these regimes (with meridional extensions) will help improve near-surface temperature and humidity estimates. Additional measurements at “Super Sites” such as in situ directly measured fluxes using direct correlation flux observations and atmospheric boundary layer temperature and humidity profiles would also provide guidance for improving satellite retrievals.

표층 부근 온도와 습도의 위성 관측은 개선할 여지가 있지만, 표층 상태의 변수와 벌크 알고리즘에 의존하는 위성 난류속 산출은 지속적으로 향상되었다. 이러한 변수에서 기록된 오류는 지역 및 체제 의존성을 보이는데, 예를 들어 대규모 대기 수렴/발산장 주변과 관련 구름 특성들이다. (남북방향 측정선 확장과 함께) 이러한 각 체제 내에서 현장 자료 관측점을 통해 표층 부근 온도와 습도 측정치를 개선할 수 있다. 직접 상관 플럭스 관측을 통한 현장 측정 교환량과 대기 경계층 온도 및 습도 프로파일 등 “슈퍼사이트”에서의 추가 측정치는 위성 관측을 개선하는 방향을 제시할 것이다.

Freshwater fluxes

담수 유속

As in Recommendation 9 from the First Report, increasing the number of in situ rain gauges would provide better statistics for satellite comparisons. The TPOS community should continue discussion with the satellite and in situ precipitation experts to examine to what extent and in what regions increased rain gauge density would be of value, and whether additional measurements (for instance a Super Site with radar) could be incorporated (**Action 6.4**).

제 1 차보고서의 권고사항 9 에서와 같이 현장 우량계가 더 많이 배치되면 위성 비교를 위한 통계를 더 정확하게 제시할 수 있다. TPOS 커뮤니티에서는 위성 및 현장 강수 전문가와 함께 우량계 밀도를 어느 정도로, 어느 지역에 증가시키는 것이 좋을지와 추가 측정(예컨대 레이더가 설치된 슈퍼사이트)이 포함되어야 할지 논의를 지속하여야 한다(조치 6.4).

Other considerations

기타 검토사항

The Second Report reaffirms the importance of surface currents for improving surface fluxes; the evaporation rate, and latent and sensible heat fluxes depend on the wind speed relative to the ocean current.

제 2 차보고서는 표층 플럭스 산출의 개선을 위해 표층 해류의 중요성을 재확인하였다. 잠열속 및 현열속은 해류에 상대적인 풍속에 좌우된다.

The Second Report confirms the priority placed on the requirement for more extensive measurements of the full suite of flux variables which are currently only made at a few sites on the equator. It also confirms the priority to extend surface sampling across the tropical convergence zones and into the subtropical trade wind regime and other key regimes. [6.5]

제 2 차보고서에서는 현재 적도의 몇몇 지점에서만 실행되고 있는 전체 플럭스 변수의 광범위한 측정이 우선적으로 필요하다는 점을 확인하였다. 또한 열대 수렴대 전반과 아열대 무역풍 체제 및 기타 주요 체제로의 표층 관측 확장을 우선순위로 확인하였다. [6.5]

The Second Report also reaffirms the increased requirements for mean sea level pressure measurements based on recent sensitivity experiments. Near the equator, where rapid divergence can hinder effective sampling from drifters, sensors on the TMA (5°S – 5°N) could help meet the requirement.

제 2 차보고서에서는 또한 최근 민감도 실험을 바탕으로 평균 해수면 기압 측정에 관한 요구사항이 증가했다는 점을 재확인하였다. 적도 부근은 급속한 발산으로 인해 뜰개를 이용한 관측 효과가 저하될 수 있으므로 TMA(5°S ~ 5°N)에 설치된 센서가 이러한 요구사항에 부합할 수 있다.

The Backbone Observing System

기반 관측 체계

The Second Report updates, and as necessary modifies, the Backbone observing system recommendations provided in the First Report, taking advantage of recent consultation and feedback, new dedicated studies and technical progress, and results from recent pilot studies. We recap the design and multiple functions of the Backbone and more fully explain some of the reasoning behind the Backbone recommendations where the First Report left uncertainty, or where issues have been raised subsequent to the publication of the initial Report.

제 2 차보고서에서는 최근의 논의 및 피드백과 전담 연구, 기술 진전, 그리고 최근 시범연구의 결과를 활용하여 제 1 차보고서에서 제시한 기반 관측 체계를 갱신하고 필요한 경우 수정하였다. 본 보고서는

기반관측망 설계와 다양한 기능을 간략히 설명하고, 제 1 차보고서에서 여전히 불확실했거나 발간 이후 문제가 제기된 기반관측망 권고사항을 뒷받침하는 일부 추론을 더욱 상세히 설명하였다.

In general, the recommendations of the First Report remain valid, with the underlying logic and evidence strengthened by the review. The major changes remain renewal and reconfiguration of the mooring array, and a doubling of Argo sampling in the tropical zone (10°N – 10°S), now including BGC-Argo sensors on 1/6th of the floats.

제 1 차보고서의 권고사항은 전반적으로 유효하며, 검토에 따라 바탕이 되는 논리와 증거가 보강되었다. 주요 변경 내용으로는 부이 계류체계의 갱신 및 재구성과 열대 해역(10°N~10°S) Argo 관측의 배증이며, 이제 플로트 6 기 중 하나마다 BCG-Argo 센서를 포함한다.

The reconfiguration of the tropical moored buoy array is now described in greater detail, including tiered parameter suites (7.3.1.1), and a refocused spatial configuration that maintains and enhances the focus on the equator while retaining a grid-like structure for detecting and validating basin-wide decadal and longer-term flux changes (7.3.2; Figure 7.4). The 3 tiers include a widely deployed and enhanced base level (Tier 1), with some that will include rainfall, pressure and mixed layer salinity (**Action 7.1**); a velocity-enhanced mooring that will be deployed at select sites/lines (Tier 2) (**Action 7.2**); and a small number of very highly instrumented “Super Sites” (Tier 3).

열대 계류 부이망의 재구성을 더욱 상세히 기술하였으며, 여기에는 차등 파라미터 조합(7.3.1.1)과 적도에 대한 초점을 유지 및 발전시키는 한편 태평양 전체의 십년 및 장기 플럭스 변화를 감지하고 검증하기 위해 격자와 비슷한 구조를 유지하는 공간 구성 재조명도 포함된다(7.3.2, 그림 7.4). 세 가지 차등 단계로는 일부는 강수와 압력, 혼합층 염분 측정을 포함하는 넓게 배치되고 향상된 기본 수준(1 단계)(**조치 7.1**), 일부 지점 또는 라인에 배치될 유속 측정이 보강된 계류(2 단계)(**조치 7.2**), 장비가 밀집된 소수의 “슈퍼사이트”(3 단계)가 있다.

Consistent with identified requirements and priorities, the new moored array design focuses on [7.3.1]:

새로운 계류 부이 설계는 확인된 요구사항 및 우선순위의 일관성을 유지하고, [7.3.1]을 중점적으로 고려한다.

- 1) expanding the sampled surface meteorological regimes through poleward extension of some meridional spines;
- 2) markedly expanding the spatial coverage of variables for heat and water flux estimates, adding short and longwave radiation to Tier 1, and rainfall (**Action 6.4**);
- 3) complementing (2), resolving near surface and mixed layer diurnal variability across the domain (denser vertical resolution of temperature in the upper 50m);
- 4) systematically measuring near surface currents;
- 5) expanding surface barometric pressure measurements;
- 6) better resolving the near equatorial flow field in the central Pacific; and
- 7) sustaining and enhancing $p\text{CO}_2$ measurements.

- 1) 남북방향 관측망 일부를 극쪽으로 확장하여 표층 기상 체제 측정 확대

- 2) 단파 및 장파 복사를 1 단계 장비에 추가하여 열속 및 유속 측정치와 강수의 공간적 범위를 현저하게 확대 (**조치 6.4**)
- 3) (2)를 보완하면서 해당 영역 전반에 표층 부근 및 혼합층의 일 변동성을 분석 (상층 50m 에서 조밀한 연직 온도 분해능 확보)
- 4) 체계적인 표층 부근 해류 측정
- 5) 표면 대기압 측정 확대
- 6) 중태평양 내 적도 부근 흐름장 분해능 강화
- 7) $p\text{CO}_2$ 측정 지속 및 개선

Recommendation 7.1. TPOS 2020 recommends the adoption of and support for a refocused design for the tropical moored buoy array, with a three-tiered approach to instrumentation. These comprise the Tier 1 baseline with enhanced surface and upper ocean measurements over the existing array; Tier 2 with added velocity observations in the mixed layer; and Tier 3, an intensive Super Site that might be used in a campaign mode. [7.3.1].

권고사항 7.1 TPOS 2020에서는 장비에 3 단계 접근 방식을 적용하여 재설정된 열대 계류 부이체계 설계를 채택하고 지원하도록 권고한다. 이 체계는 기존 체계에서 표층과 해양 상층 측정이 개선된 기본 수준인 1 단계와, 혼합층에서 유속 관측을 추가한 2 단계, 특별 관측에서 사용 가능한 집중 슈퍼사이트 3 단계로 구성된다. [7.3.1].

The exact location of the moorings poleward of 8°S under the South Pacific Convergence Zone needs to be further explored, in consultation with community experts and regional partners (**Action 7.3**).

커뮤니티 전문가 및 지역 파트너와 협의하여 남태평양 수렴대에서 8°S 극쪽에 배치된 계류점의 정확한 위치 탐색을 심화하여야 한다(조치 7.3).

Tier 2 sites, in consultation with community experts to specify the priority sites (**Action 7.2**), will include an upward looking near-surface ADCP, measuring velocity in the upper 50m. The “Super Site” concept is still in development but will include additional instruments to provide more detailed or specialized information to refine the observing strategy and take advantage of technological advances. [7.4.7]

2 단계의 경우 커뮤니티 전문가와 협의하여 우선 배치 장소를 규명하고(**조치 7.2**), 이 지점에는 50 m 상층의 유속을 측정하기 위해 상향 ADCP 가 포함된다. “슈퍼사이트” 개념은 여전히 개발 중이지만 추가 장비를 통해 더욱 상세하거나 전문적인 정보를 제공함으로써 관측 전략을 개선하고 기술 진전의 이점을 활용할 것이다. [7.4.7]

Full implementation of the TPOS design will deliver many gains, but also raises the potential for losses; such is inevitable in a process of redesign and reprioritization but is nevertheless regrettable, particularly with respect to some historical off-equatorial mooring sites. This is already the case in the western Pacific, although the new design aims to redress and minimize the loss. The gains and losses are described in detail [7.3.2, 10], including mooring coverage (Figure

7.5), rainfall sampling (Figure 7.6), decadal and longer-term wind (Figure 7.7) and latent heat flux (Figure 7.8) changes, and radiation and evaporation regimes (Figure 7.9). Subsurface impacts from changes to Argo and mooring sampling are also presented (Figures 7.10-15). A full summary is included. [7.3.3]

TPOS 설계를 완전히 이행하면 많은 증가가 예상되지만, 축소 위험도 제기된다. 재설계 및 우선순위 재설정 과정에서 이러한 축소는 피할 수 없지만 유감스러운 일이며, 일부 역사적인 적도 부근 계류지점 관련해서는 더욱 그렇다. 새로운 설계가 축소 최소화를 목표로 하고 있지만 서태평양에서는 이미 이러한 사례가 발생하고 있다. 증가와 축소는 [7.3.2., 10]에 상세하게 기술되었으며, 계류 범위(그림 7.5), 강수 측정(그림 7.6), 십년 및 장기 바람(그림 7.7) 및 잠열속(그림 7.8) 변화, 복사 및 증발 체제(그림 7.9)를 다루었다. Argo 및 계류 관측 변화가 아표층에 미치는 영향도 제시되었다(그림 7.10~15). 전체 요약본이 여기에 포함된다. [7.3.3]

Progress with Implementation

이행 진전 상황

Progress with implementation since the First Report has been very encouraging and TPOS 2020 has achieved significant buy in. We provide a schematic update of the status of the main Backbone Essential Ocean Variables which shows around half are in a satisfactory state (requirements met adequately or better), but for the remainder there is considerable work to do. For wind, and building on Recommendation 1 from the First Report, TPOS 2020 must drive further dialogue with agencies to explore ways to improve data availability and the diurnal spread of sampling by vector wind measuring satellite missions if the TPOS requirements are to be met (**Action 7.4**, 7.4.1, First Report, Rec. 1). For sea surface salinity, the community must continue to highlight the ongoing need and benefits of follow-on satellite missions (**Action 7.5**, First Report Rec. 10). Underway measurements of $p\text{CO}_2$ fall short of requirements and TPOS 2020 must act to establish measurements on all mooring servicing vessels and promote pilots of $p\text{CO}_2$ measurements from autonomous underway vehicles (**Action 7.6**; 4.3.1; First Report, Rec. 12).

제 1 차보고서 이후의 이행 상황은 매우 고무적이며, TPOS 2020 은 상당한 참여 유도를 달성했다. 제 2 차보고서에서는 주요 기반 핵심 해양 변수의 상태를 도식적으로 갱신하였는데, 절반 가량은 만족스러운 상태이지만(요구사항을 적절 또는 우수하게 충족) 나머지는 상당한 작업이 필요하다. 바람에 관하여, 그리고 제 1 차보고서의 권고사항 1 을 발전시키려면, TPOS 2020 은 자료 가용성과 위성 관측에 의한 바람 벡터의 일별 확산을 개선하기 위해 기관과의 추가 대화를 주도하여 TPOS 요구사항을 충족하여야 한다(**조치 7.4**, 7.4.1 제 1 차보고서 권고사항 1). 해양 해수면 염분의 경우 커뮤니티에서 후속 위성 관측의 지속적인 필요와 유익을 계속 강조해야 한다(**조치 7.5**, 제 1 차보고서 권고사항 10). 항행 중 $p\text{CO}_2$ 측정은 요구사항에 미치지 못하는 수준이므로 TPOS 2020 에서는 모든 계류 목적 선박에 측정설비를 구축하기 위해 노력하고, 무인 이동체에서 $p\text{CO}_2$ 를 측정하는 시범 활동을 촉진하여야 한다(**조치 7.6**, 4.3.1, 제 1 차보고서 권고사항 12).

The First Report included recommendations and actions to enhance Argo coverage in the TPOS region; the Second Report reaffirms this strategy and priority. Around 20% of that enhancement is in place currently. This report provides further analysis of deployment strategies and stresses the need for greater international participation.

제 1 차보고서에는 TPOS 지역에서 Argo 범위를 개선하기 위한 권고사항과 조치가 포함되었으며, 제 2 차보고서에서는 이러한 전략과 우선순위를 재확인하였다. Argo 는 현재 약 20 퍼센트 가량 강화할 준비가 되어 있다. 본 보고서는 투하전략에 관한 분석을 심화하고 국제 참여를 확대할 필요성을 강조하였다.

To address requirements in the western and northwest Pacific Ocean, the TPOS 2020 project has convened discussions with key stakeholders. China has outlined plans to contribute moorings and other capability to address these needs, including to track monsoon and typhoon development over the northwestern Pacific Ocean [the so-called Ding "丁" array; 6.2.2, 7.2.1.3]. In-principle support for maintaining the TAO part and the remaining 3 TRITON moorings has been provided by the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) and the Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC), respectively. We reprise and update the incomplete action from the First Report:

- *The TMA sites in the western Pacific within 2°S to 2°N should be maintained or reoccupied.*

These are core sites, and all should be supported.

서태평양과 북서태평양에서의 요구사항을 해결하기 위하여, TPOS 2020 프로젝트는 주요 이해관계자와의 논의를 개최하였다. 중국은 계류 및 북서태평양의 장마 및 태풍 발달 추적을 포함한 요구들을 해결하기 위한 다른 역량에 기여하려는 계획을 개략적으로 수립하였다 [소위 '정(丁)' 배열 관측망[6.2.2, 7.2.1.3]. TAO 부분과 TRITON 계류 3 지점을 유지시키기 원칙적인 지원은 각각 미국 해양대기청(NOAA)과 일본 해양-지구과학기술기구(JAMSTEC)에서 지원해오고 있다. 본 보고서는 제 1 차보고서에 포함된 불완전한 조치를 반복 및 갱신하였다:

- *서태평양 2°S~2°N 수역의 TMA 지점을 유지하거나 재설치한다.*

이는 핵심 지점이며, 전체 지점을 지원하여야 한다.

The Second Report outlines a staged implementation approach [7.4.4; Figure 7.19; TPOS OceanObs'19], with ongoing assessment through to full maturity. Many elements will evolve with global implementation, but with recognition of and advocacy from the TPOS community. Others will require specific actions from the TPOS community, and these are discussed in more detail in the report. The actions, including reconfiguration of the moored array, will need to be carefully coordinated since no single player is able to respond to all requirements. Resource limitations are inevitable but through a cooperative implementation strategy and plan, the TPOS community can jointly meet most requirements and together enjoy the benefits of the whole TPOS.

제 2 차보고서에서는 완전한 성숙 단계에 이르기까지 지속적인 평가를 포함한 단계별 이행 접근 방식을 개략적으로 제시하였다[7.4.4, 그림 7.19, TPOS OceanObs'19]. 전 세계에서 이행을 통해 많은 요소들이 발전할 것이나, TPOS 커뮤니티의 인식과 지원이 필요하다. 다른 요소들은 TPOS 커뮤니티의 구체적인 조치를 필요로 하며, 이러한 내용은 본 보고서에서 상세하게 논의하였다. 부이 계류망 재구성을 포함한 이러한 조치는 신중하게 조정해야 하는데, 단일 주체가 모든 요구사항에 대응할 수 없기 때문이다. 자원의 한계는 불가피하지만 협력적인 이행 전략과 계획을 통해 TPOS 커뮤니티가 공동으로 요구사항을 대부분 충족하고 TPOS 전체의 이익을 함께 누릴 수 있다.

Several specific actions are highlighted:

몇 가지 구체적인 조치를 조명하였다.

- In preparation for TMA-wide usage, Tier 1 ‘full flux’ moorings from all contributing operators should be piloted, intercompared and assessed, and agreement reached on where salinity, rainfall, and barometric pressure are most needed in addition to the core measurements. Instrument calibration and quality control procedures should be further developed, agreed and documented. [**Action 7.7**]
- TMA 전반의 사용을 위한 준비로서 모든 기여 운영자가 제공하는 1 단계 ‘전 플럭스’ 측정 계류를 시범으로 운영하고, 상호비교 및 평가하며, 핵심 측정과 더불어 염분과 강수, 대기압 측정이 가장 필요한 지역에 관한 합의가 도출되어야 한다. 장비 보정 및 품질 관리 절차를 추가로 개발, 합의 및 문서로 기록하여야 한다. [**조치 7.7**]
- A pilot of enhanced thermocline velocity measurements at established sites at 140 °W, 2 °N/S should be planned, and if successful, extended to include the new sites at 1°N/S. [**Action 7.8**]
- 140 °W, 2 °N/S 의 수립된 지점에서 수온약층 유속 측정을 강화하기 위한 시범 운영을 계획하고, 성공할 경우 새로운 지점인 1°N/S 을 포함하도록 확장한다. [**조치 7.8**]
- Argo float deployments should be doubled over the entire tropical region 10°S-10°N, starting immediately in the western Pacific, followed by the eastern Pacific and extending to the entire region, building to a total annual deployment rate of 170/year. Of these, 31 should be equipped with biogeochemical sensors. [**Action 7.9; Recommendation 4.1**]
- 열대 지역 전체인 10°S~10°N 에 Argo 플로트 투하 수를 두 배로 늘려야 한다. 서태평양에서 시작하여 동태평양으로 이어지고, 전체 지역으로 확장하며, 전체 연간 배치율이 170 기/년가 되어야 한다. 이 중 31 기에 생지화학 센서가 탑재되어야 한다. [**조치 7.9; 권고사항 4.1**]
- TPOS 2020 should develop and detail whole-of-system assessment activities, describing them in the final TPOS report (or earlier). Part of the assessment should include examining the tradeoffs between the number of sites versus the ability to maintain continuous records. [**Action 7.10**]
- TPOS 2020 은 전체 체계 평가 활동을 개발 및 구체화하고 최종 TPOS 보고서에 (또는 그보다 빨리) 이 내용을 기술하여야 한다. 측정 지점의 수와 지속적인 기록 유지 역량 사이의 상충 관계를 검증하는 내용이 평가에 포함되어야 한다. [**조치 7.10**]
- For each specialized data stream or platform, ensure the creation of an engaged team of experts to oversee sensor management, develop quality control (QC) procedures and guide the delayed-mode QC for the TPOS data streams. [**Action 7.11; Recommendation 8.3**]

- 전문적인 자료의 연속성이나 플랫폼을 위해 전문가로 구성된 참여 팀을 조직하여 센서 관리를 감독하고 품질 관리(QC) 절차를 개발하며 TPOS 자료 연속성을 위한 지연모드 QC 를 지도하여야 한다. [**조치 7.11**; **권고사항 8.3**]

The draft schedule attempts to synchronise actions and harmonise actions and assessments, but this will need to be revisited regularly.

일정 초안은 보고서의 조치를 동시에 실행하고 조치 및 평가의 조화를 도모하고자 하나, 정기적인 재논의가 필요할 것으로 보인다.

TPOS needs to be proactive to ensure the climate record and our ability to detect change is at least maintained, if not enhanced.

TPOS 는 기후 기록과 우리의 변화 감지 역량이 발전되지 않더라도 최소한 유지될 수 있도록 적극적으로 노력하여야 한다.

Recommendation 7.2. To ensure that the TPOS observing platforms collect the accurate and interoperable measurements required to detect small [climate or “dec-cen”] signals, a series of actions should be taken, beginning before the rollout and continuing during implementation, to assess the performance and impact of the proposed platform/sensor changes. [7.2.1.2, 7.4.4]

권고사항 7.2. TPOS 관측 플랫폼에서 작은 [기후 및 십년에서 백년 주기] 신호들의 감지에 필요한 정확하고 상호운용 가능한 측정치를 수집하려면 제안된 플랫폼/센서 변경의 성과와 영향을 이행 전에 시작하고 이행 중에 지속적으로 평가하여야 한다. [7.2.1.2, 7.4.4]

Updates are provided for all Pilot Studies and Process Studies proposed in the First Report [7.4.5, 7.4.6; Figure 7.20].

제 1 차보고서에서 제안한 시범 연구와 과정 연구가 본 보고서에서 갱신 제공되었다[7.4.5, 7.4.6, 그림 7.20].

The concept of a Super Site is to provide multi-year specialized and more comprehensive data sets, using a larger and/or more complex suite of measurements than the Backbone observing system offers. TPOS 2020 should further develop and articulate the concept, including possible approaches to determination of appropriate times, locations, and measurements. [**Action 7.12**]

슈퍼사이트의 개념은 기반 관측 체계가 제공하는 것보다 규모가 크고/또는 복합적인 측정을 활용하여 다년간 전문적이고 종합적인 자료세트를 제공하기 위한 것이다. TPOS 2020 은 적절한 시간, 장소, 측정들을 결정하기 위한 접근 방식을 포함하여 이러한 개념을 발전시키고 구체화하여야 한다. [**조치 7.12**]

Several additional actions and recommendations flow from the review of the First Report.

제 1 차보고서를 검토한 결과 여러 추가 조치 및 권고사항이 도출되었다.

For sea surface temperature, Recommendation 3 from the First Report remains valid but additional emphasis is needed on the mix of observations and processing needed to properly resolve the diurnal cycle, incorporating remote microwave measurements, visible–near infrared

sensing data, and in situ data at various depths near the surface. [First Report Rec. 3; **Action 7.13**; 7.5.1]

해수면 온도에 대하여 제 1 차보고서의 권고사항 3 이 여전히 유효하나, 원격 극초단파 측정, 가시-근적외선 탐사 자료 및 해수면 부근 다양한 깊이에서 측정된 현장 자료를 포함하여 일변화의 적절한 해석을 위한 관측과 처리의 혼합이 추가로 강조되어야 한다. [1 차 보고서 권고사항 3; **조치 7.13**, 7.5.1]

The First Report recommendation for sea surface salinity might be misleading, and so has been updated:

Updated First Report Recommendation 10: *Continuity of complementary satellite and in situ SSS measurement networks, with a focus on improved satellite accuracy to augment the spatial and temporal sampling of SSS.*

제 1 차보고서의 해수면 염분에 대한 권고사항에 오해의 소지가 있을 수 있어 다음과 같이 갱신하였다:

1 차 보고서 권고사항 10 갱신: 시공간적 SSS 측정 확대를 위한 위성 관측의 정확도 향상에 초점을 두고 해수면 염분에 보완적인 위성 및 현장 관측망 유지.

Further progress has been made in relation to the First Report recommendation on surface currents (Recommendation 11). Two missions are now in the planning phase which are, in the view of TPOS 2020, potential game-changers with direct measurements of total surface currents, a requirement that has been highlighted with respect to surface wind stress and surface fluxes. [7.5, 9.3.1]

표층 해류에 관한 제 1 차보고서의 권고사항과 관련하여 추가적인 진전이 있었다(권고사항 11). 두 가지 임무가 현재 기획 단계에 있는데 이는 TPOS 2020 의 관점에서 바람 응력 및 표층 플럭스와 관련하여 조명된 요건인 전체 표층 해류의 직접 관측으로 잠재적인 전환점이 될 것이다. [7.5, 9.3.1]

The importance of other in situ capabilities, while recognized in the First Report (Recommendation 21), was not sufficiently highlighted. Thus, a new recommendation from TPOS 2020 is:

Recommendation 7.3. Improvement of dedicated capacities on servicing ships to allow repeated ancillary measurements. Underway measurements such as Shipboard Acoustic Doppler Current Profiler measurements, $p\text{CO}_2$ and sea surface salinity should be systematically acquired. [7.5; **Recommendation 4.2**]

다른 현장 역량들의 중요성은 제 1 차보고서에서 언급되었으나(권고사항 21) 충분히 조명되지 못하였다. 따라서 TPOS 2020 의 새로운 권고사항은:

권고사항 7.3. 서비스 제공 선박에서 반복적으로 보조 측정을 할 수 있는 전담 역량 개선. 선박 장착 ADCP 관측과 $p\text{CO}_2$ 및 해수면 염분과 같은 항행 중 측정은 체계적으로 획득되어야 한다. [7.5; **권고사항 4.2**]

TPOS 2020 continues to advocate for Pilot and Process Studies that will contribute to the refinement and evolution of the TPOS Backbone. [First Report, Action 14]

TPOS 2020 은 TPOS 기반관측망의 개선과 발전에 기여할 시범 연구 및 과정 연구를 지속적으로 지원한다. [1 차 보고서, 조치 14]

Additional Areas of Review

추가 검토 영역

TPOS data flow and access

TPOS 자료 흐름 및 접근

The Second Report proposes that data management should be considered alongside observations in the requirement determination process and that the architecture of our data systems requires greater clarity. We continue to advocate for the necessary investment:

제 2 차보고서에서는 요구사항을 결정하는 과정에서 관측과 함께 자료 관리를 검토하고 자료 체계 구성의 명료성을 확보할 것을 제안하였다. 본 보고서는 아래와 같은 필요한 투자를 지속적으로 지지한다.

Recommendation 8.1. As an underlying principle, around 10% of the investment in the TPOS should be directed towards data and information management, including for emerging and prototype technologies. [First Report, 8.1, 8.2]

권고사항 8.1. 기저 원칙으로서 유망 및 원형 기술을 포함하여 자료 및 정보 관리에 TPOS 투자액의 약 10 퍼센트가 투입되어야 한다. [1 차 보고서 8.1 및 8.2]

This report concludes a distributed approach to data systems promotes agility and efficiency, particularly if the distributed services are built upon commonly used standards and conventions. This report outlines a generalized system that takes advantage of other developments in this area. An important benefit is that the scientists and/or data providers are abstracted from the need to understand the formats required for real-time distribution. The ultimate aim is to have a virtual one-stop set of web services for all TPOS data, suitable for research, production, services, public and privately funded activities or other ad hoc use. [8.3]

본 보고서에서는 특히 공통으로 사용되는 표준 및 규약을 바탕으로 분산된 서비스가 구축될 경우 분산된 자료 체계 접근 방식을 통해 민첩성과 효율성을 증진시킬 수 있다는 결론을 내렸다. 또한 이 분야의 다른 발전 내용을 활용하여 일반화된 체계를 개략적으로 제시하였다. 이러한 방식의 중요한 혜택은 과학자 및/또는 자료 제공자들이 실시간 배포에 필요한 형식을 이해할 필요성을 무시해도 된다는 점이다. 궁극적인 목표는 연구, 생산, 서비스, 정부 및 민간 자금지원 활동 또는 다른 임시 사용에 적합한 TPOS 자료 전체를 위한 가상 원스톱 웹서비스를 확보하는 것이다. [8.3]

This report identifies two other areas where TPOS should be proactive. First, the likely introduction of new partners, particularly for the tropical moored buoys, and new technologies, argues for a TPOS data management plan, initially spanning all TMA contributions and data modes. The second area is around delayed-mode data, data archeology, re-processing and re-analysis. Re-processing for reanalysis is now mainstreamed, to take advantage of knowledge that

was not available in real-time, and/or to exploit improved techniques. One foci for TPOS 2020 is the western Pacific where there is a large cache of data that is for now "lost" to the wider scientific community, and likely to be "found" only through a major international collaborative effort (**Action 8.1**) aimed at retrieving and re-processing such data into a form that is FAIR (findable, accessible, interoperable, reusable).

본 보고서에서는 TPOS 가 적극적인 노력을 기울여야 할 다른 두 분야를 명시하였다. 첫째, 특히 열대 부이 계류를 위한 새로운 파트너 및 신기술의 도입 가능성으로 인해 처음부터 모든 TMA 기여와 자료 방식을 아우르는 TPOS 자료 관리 계획이 필요하다는 주장이다. 두 번째 분야는 지연모드 자료, 자료 고고학, 재처리 및 재분석에 관한 것이다. 이제 재분석을 위한 재처리는 실시간으로는 이용할 수 없었던 지식 및/또는 향상된 기술을 활용하기 위해 주류에 편입되었다. TPOS 2020 의 관심사 중 하나는 서태평양인데, 이 지역은 대규모의 자료가 저장되어 있지만 현재로서는 과학계 전반에서 이러한 자료가 '상실된' 상태이다. 자료를 탐색하고 FAIR(발견, 접근, 상호 운용, 재사용 가능) 원칙에 입각 형태로 재처리하기 위한 주요 국제 협력(**조치 8.1**)만이 이 자료를 '찾는' 유일한 방법이다.

Recommendation 8.2. Data stewardship and the engagement of all TPOS 2020 stakeholders in data management must be a central platform in the sustainability of the TPOS. The FAIR Principles should be adopted as a basis for TPOS engagement. [8.4]

권고사항 8.2. 자료 관리의식(stewardship)을 갖고 모든 TPOS 2020 이해관계자들이 자료 관리에 참여하는 것이 TPOS 지속가능성에서 중요한 기본 방침이 되어야 한다. FAIR 원칙은 TPOS 참여 근거로 채택되어야 한다. [8.4]

Recommendation 8.3. TPOS 2020 should develop a project around the management of all TMA data including, to the extent possible, recovery and re-processing of other relevant mooring data. [8.4]

권고사항 8.3. TPOS 2020 은 가능한 범위 내에서 관련 계류 자료의 복구와 재처리를 포함하여 모든 TMA 자료 관리를 아우르는 프로젝트를 개발하여야 한다. [8.4]

TPOS 2020 supports the global community in its endeavor to establish global information and management systems that will provide cost-effective ways to increase and improve accessibility, interoperability, visibility, utility and reliability; endeavors that will benefit TPOS data, for current TPOS stakeholders and beyond.

TPOS 2020 은 비용 효과적으로 접근성, 상호운용성, 가시성, 활용성 및 신뢰성을 증진할 방안을 제공할 전 세계 정보 및 관리 체계 수립을 위한 국제 사회의 노력과 현재 TPOS 이해관계자와 그 외의 주체를 대상으로 TPOS 자료에 도움이 될 수 있는 노력을 지원한다.

Recommendation 8.4. TPOS 2020 should develop a pilot project, in conjunction with the WMO Information System effort, to explore the global distribution of TPOS data in near-real time. [8.5]

권고사항 8.4. TPOS 2020 은 WMO 정보 체계 활동과 더불어 TPOS 자료를 준실시간으로 전 세계에 배포할 방법을 탐색하는 시범 프로젝트를 개발하여야 한다. [8.5]

Emerging technologies

유망 기술

This report discusses the current state of a selection of emerging technologies that are of potential future relevance to TPOS and introduces an evaluation mechanism to assess readiness and guide integration of new observation techniques/platforms into the Backbone. The discussion includes:

1. NOAA Saildrone^{®4} experiments;
2. Wave Glider[®] experiments;
3. PRAWLER profiler;
4. Ocean gliders;
5. Biogeochemistry, biology, and ecosystems technology;
6. Water isotope observations - applications and technology;
7. Remote sensing of ocean surface currents;
8. Global Navigation Satellite System radio occultations;
9. Microwave and infrared-laser occultations; and
10. Global Navigation Satellite System scatterometry.

본 보고서에서는 향후 TPOS 와 관련성이 있을만한 몇 가지 유망 기술의 현재 상태를 논의하고, 성숙도 평가 및 새로운 관측 기술/플랫폼들을 기반관측망에 통합하기 위한 준비와 방향을 제시하는 평가 메커니즘을 도입하였다. 다음과 같은 내용이 논의되었다:

1. NOAA Saildrone^{®5} 실험
2. Wave Glider[®] 실험
3. PRAWLER 프로파일러
4. 해양 글라이더
5. 생지화학, 생물학, 생태계 기술
6. 물 동위원소 관측 - 응용 및 기술
7. 해양 표층 해류의 원격 탐지
8. 전 세계 위성 항법 시스템(GNSS) 전파 차폐
9. 극초단파 및 적외선 레이저 차폐
10. 전 세계 위성 항법 시스템 산란측정법

Technological innovations were also discussed in the First Report and elsewhere in this report.

제 1 차보고서 및 본 보고서의 다른 부분에서도 기술 혁신을 다루고 있다.

The proposed evaluation framework is an adaptation of that given in the Framework for Ocean Observing, simplified and adjusted for application to potential Backbone contributions (a

⁴ Saildrone and Wave Glider are trademark names; hereafter referred to without ®

⁵ Saildrone 및 Wave Glider 는 상표 이름이며, 이후로는 ® 기호 없이 표시한다.

Backbone readiness level). Preliminary assessments are provided for the emerging technologies discussed in the report, together with an assessment of the Technical Readiness Level.

제안된 평가 기본 방침은 해양 관측을 위한 기본 방침을 각색한 것이며, 기반구축망 기여 가능성(기반구축망 성숙도)에 응용하기 위해 간소화 및 조정되었다. 기술 성숙도 평가와 더불어 본 보고서에서 논의된 유망 기술을 예비 평가하였다.

The report acknowledges that further work is required to ensure the framework can be applied in a consistent manner (e.g., improved documentation) and to determine whether it will meet stakeholder/TPOS sponsor needs. The assessments also need to be extended to cover other potential technologies (*Action 9.1*).

본 보고서는 기본 방침을 지속적으로 적용하고 이해관계자 및 TPOS 후원자의 필요에 부합하는지 결정하려면 추가 작업(예, 문서화 개선)이 필요하다는 점을 인정한다. 또한 다른 잠재 기술로도 평가가 확장되어야 한다(*조치 9.1*).

The report emphasizes that such a framework only provides guidance, and decisions on adoption of new techniques and technology will need to consider other factors, such as roadblocks to/assistance for user uptake, availability of suitable data management facilities, and of course cost and effectiveness. Likewise, the relative impact of potential technologies must factor in actual and prospective model and assimilation sensitivity.

본 보고서는 이러한 기본 방침이 방향을 제시할 뿐이며, 새로운 기법과 기술 채택 여부를 결정하려면 장애물, 사용자 기술 수용 지원, 적절한 자료 관리 시설의 가용성 등의 요소와 비용 및 효과도 당연히 고려해야 한다는 점을 강조한다. 이처럼 잠재 기술의 상대적 영향을 결정할 때에는 실제 및 전향적 모델과 동화 민감도를 반드시 고려해야 한다.

Recommendation 9.1. That the Backbone Readiness Level framework be further developed and refined by TPOS 2020 before adoption. [9.4]

권고사항 9.1. 기반관측망 성숙도 기본 방침은 TPOS 2020 에서 추가 개발 및 개선한 후에 채택할 것이다. [9.4]

Next Steps

다음 단계

The work of implementing the new observing system for the next decades is just gaining momentum. Although the TPOS 2020 project will finish at the end of that year with a final report, much of the implementation of the changes proposed here will just be getting under way. We note the need for additional investment in order to move from where TPOS is today toward the full implementation of this plan [10]. Results of piloting new technology discussed in Chapter 9, and the process studies in Chapters 2 and 3 and in 7.4.6, will become clear over the next few years; these will need evaluation to determine their lessons and readiness for the Backbone.

향후 수십 년 동안 새로운 관측 체계를 이행하고자 하는 작업이 이제 추진력을 얻고 있다. TPOS 2020 프로젝트는 2020 년 말 최종 보고서와 함께 종료되지만, 프로젝트에서 이행하도록 제안된 변화는 계속해서 진행될 것이다. 본 보고서는 TPOS 의 현재의 위치에서 본 계획을 완전히 이행한 상태로

전환하려면 추가 투자를 필요로 한다는 점을 기술하였다[10]. 제 9 장에서 논의한 신기술 시범 결과와 제 2, 3 장 및 7.4.6 에서 다룬 과정 연구는 향후 몇 년 동안 구체화될 것이다. 이러한 기술과 연구가 갖는 의의와 기반관측망 실례 및 준비를 확정하기 위한 평가가 필요하다.

The actions and recommendations of this report already point to substantive issues that will need to be included in the Final Report. More will emerge as TPOS 2020 stakeholders and the TPOS 2020 Resource Forum consider the implications from this report.

본 보고서의 조치와 권고사항은 이미 최종 보고서에 포함되어야 할 실질적인 문제를 지적하고 있다. TPOS 2020 이해관계자와 TPOS 2020 Resource Forum 에서 본 보고서의 함의를 검토할 예정이므로, 더 많은 문제가 발견될 것이다.

As the system evolves, maintenance of the climate record will be an essential consideration. Coordination of the interlocking networks will require regular consultation among the implementing partners.

체계의 발전에 따라 기후 기록 유지를 중점적으로 고려하게 될 것이다. 연동 네트워크를 조정하려면 이행 파트너 사이에 정기적인 협의가 필요할 것이다.

For all these reasons, the need for appropriate governance, and for scientific advice, will continue past this project's sunset; the mechanisms for these are under discussion with our sponsors (TPOS OceanObs'19) and among the international organizations that set the framework for observing systems such as the TPOS (*Action 10.1*).

이 중 어떤 이유로든 적절한 관리, 과학 자문의 필요성이 이 프로젝트 종료 후에도 계속 대두될 것이다. 프로젝트 후원자(TPOS OceanObs'19)와 TPOS 와 같은 관측 체계의 기본 방침을 설정하는 국제 기관에서 관련 메커니즘을 논의하고 있다.