

人工衛星による地球環境観測 気候変動適応への貢献の観点から

沖 理子

地球観測研究センター
宇宙航空研究開発機構

2023年12月21日
気候変動適応に関する研究会
シンポジウム



環境課題解決に貢献する地球観測衛星

GCOM-C
since 2017

雲/エアロ
ゾル/植生

GOSAT
since 2009

温室効果
ガス

(JAXA-環境省-国環研)

GOSAT-2
since 2018

GCOM-W
since 2012

水循環

GPM-Core
since 2014

(c) NASA

降水
(NASA-JAXA)

ALOS-2 (Radar)
since 2014

災害/
森林

ALOS-4 (Radar)
JFY2023

災害/
森林

EarthCARE
2024

雲/エアロ
ゾル
(ESA-JAXA)

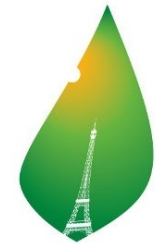
GOSAT-GW
JFY2024

温室効果
ガス (環境省)

水循環
(JAXA)

PMM
JFY2028

降水



パリ協定

PARIS2015
UN CLIMATE CHANGE CONFERENCE
COP21・CMP11



SDGs



UN World Conference on
Disaster Risk Reduction
2015 Sendai Japan

仙台防災枠組

気候変動2023サイト 一般の方への情報発信

- 2023年の世界的な高温を受けて、人工衛星から観測した特徴的な事象を紹介するウェブサイトを開設。

気候変動2023特設サイト

<https://earth.jaxa.jp/climate2023/>

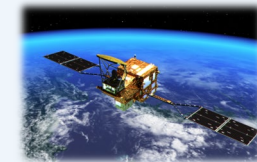


<背景>

「2023年7月は観測史上最も暑い1か月であった」
(WMO:世界気象機関、EUの気象情報機関が発表)

「地球温暖化の時代は終わり、地球沸騰の時代が訪れた」
(国連 グテーレス事務総長)

<観測衛星>



水循環変動観測衛星
「しずく」(GCOM-W)



気候変動観測衛星
「しきさい」(GCOM-C)

海洋：海面水温の上昇とエルニーニョ現象

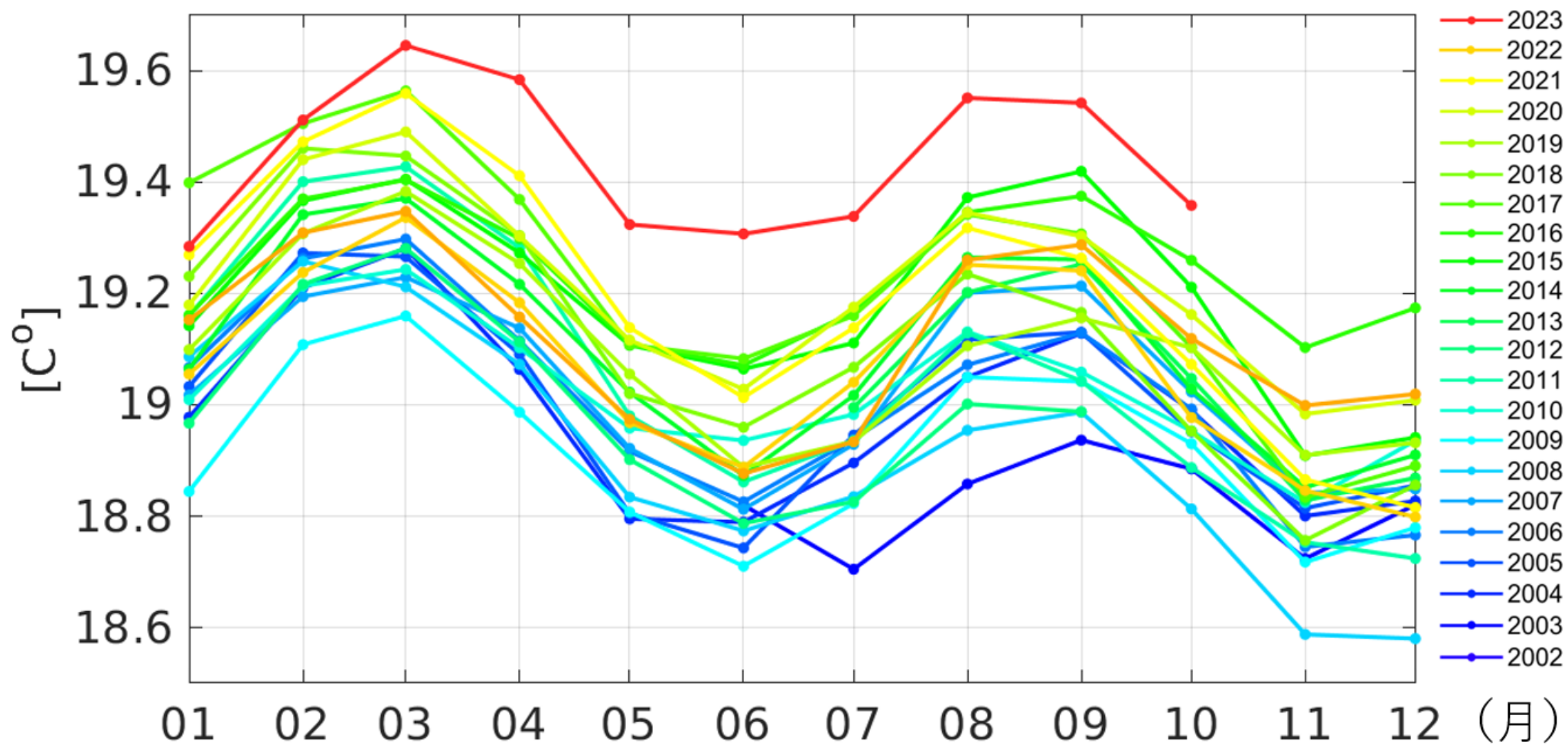
極域：南極域の冬季海水面積が最小記録を更新

陸域：熱波・森林火災(近日掲載予定)

JAXAトップページ(<https://www.jaxa.jp/>)からもリンク



海洋：海面水温の上昇



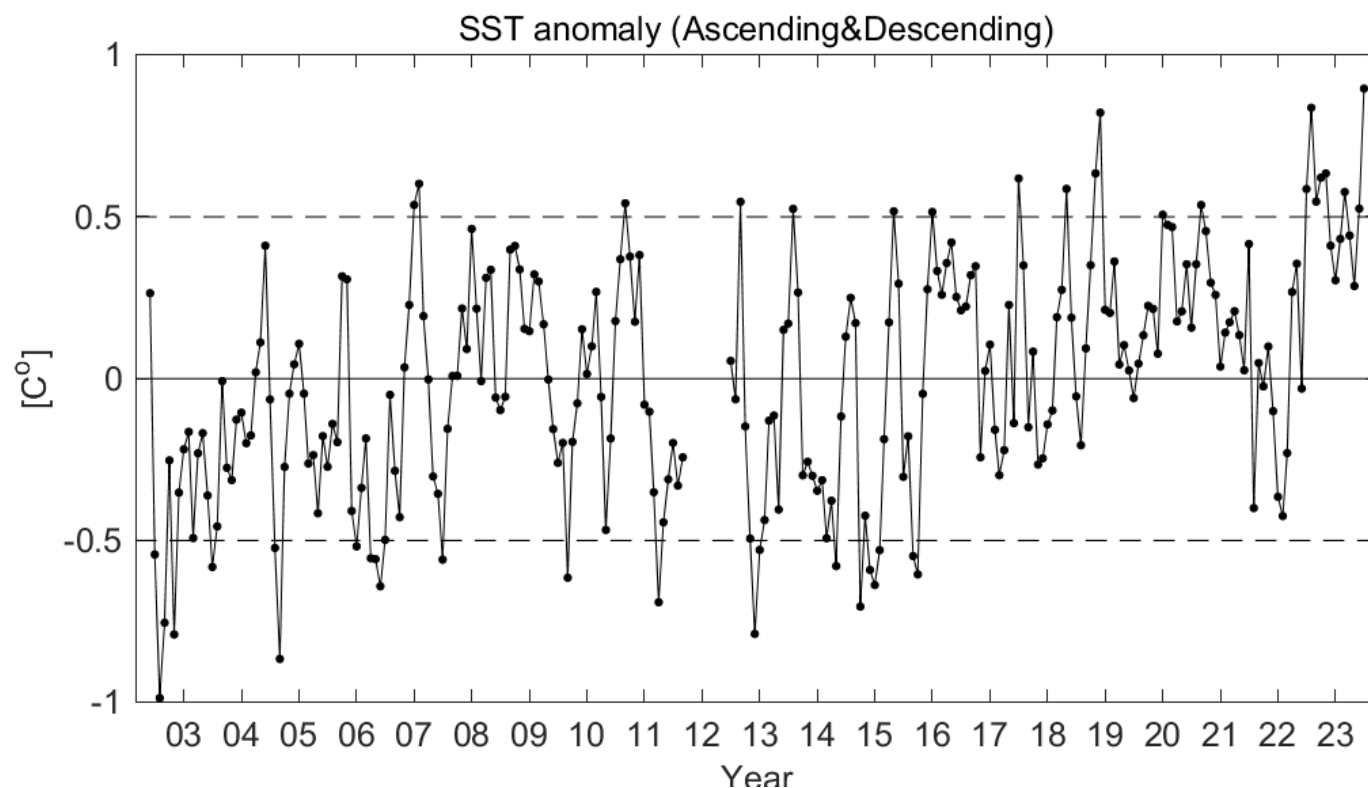
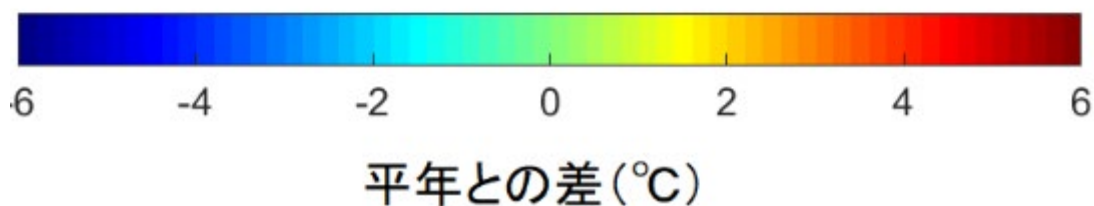
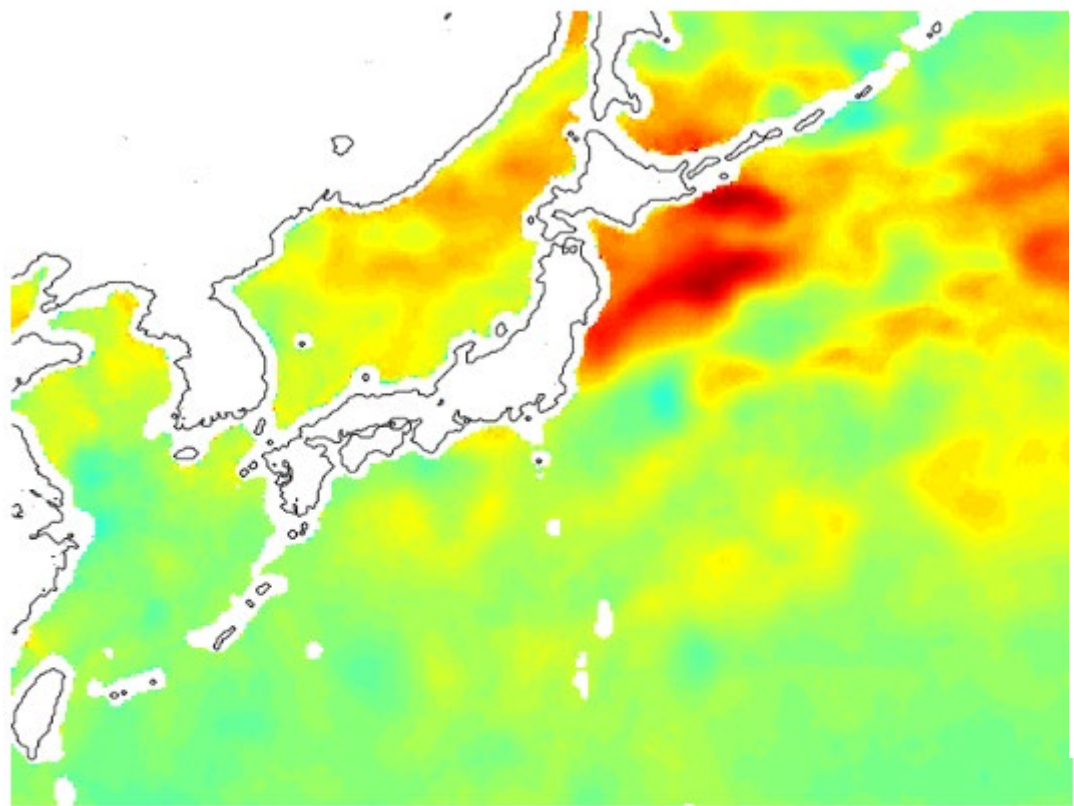
図：全球（南緯60-北緯60度）の月平均海面水温の季節変化の推移

観測衛星：Aqua/AMSR-E（2002年6月-2011年9月）、「しずく」GCOM-W/AMSR2（2012年7月-）

（2011年10月-2012年6月は観測無し）

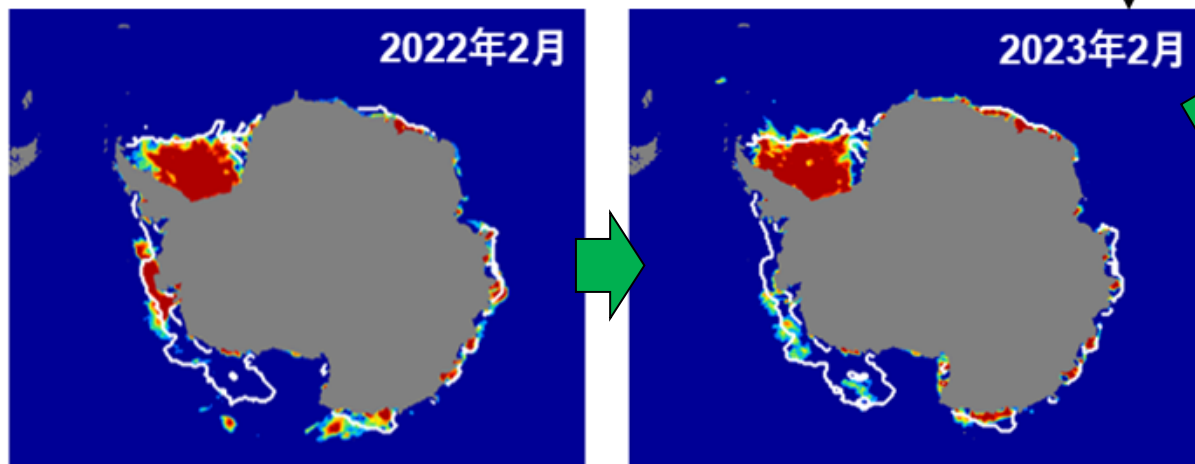
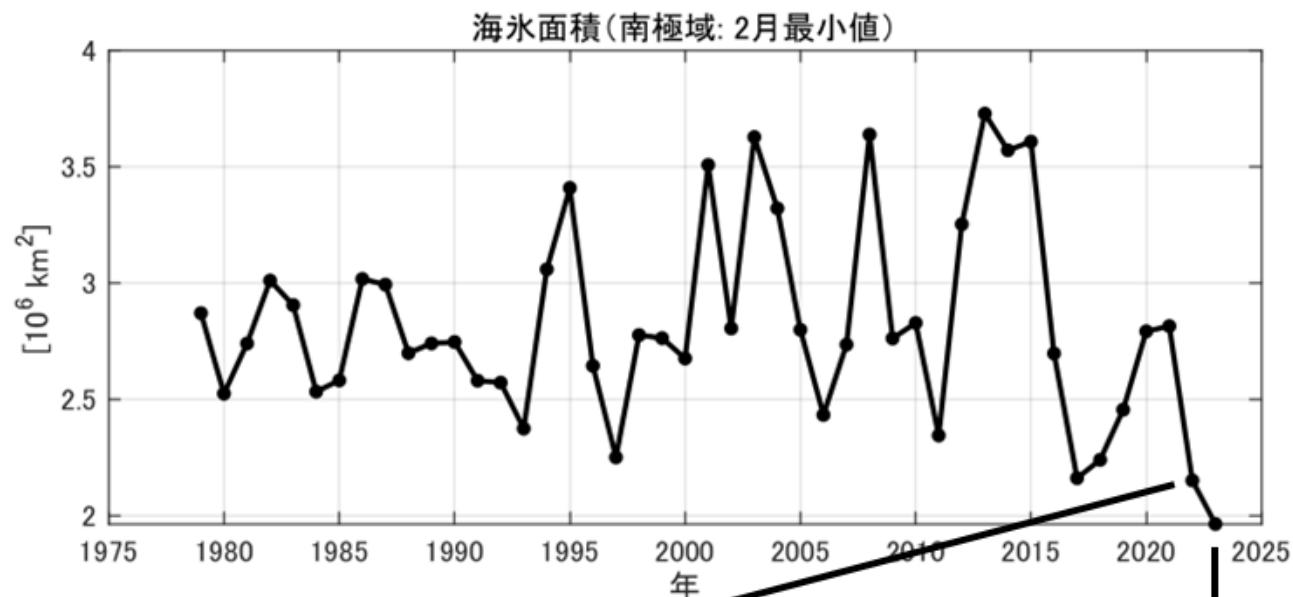


海洋：海面水温の上昇



東北(三陸沖)や北海道の太平洋側：
平年より 5～6 °C程度の高温状態が継続した。
(黒潮続流の北上、北日本の高温の一因)

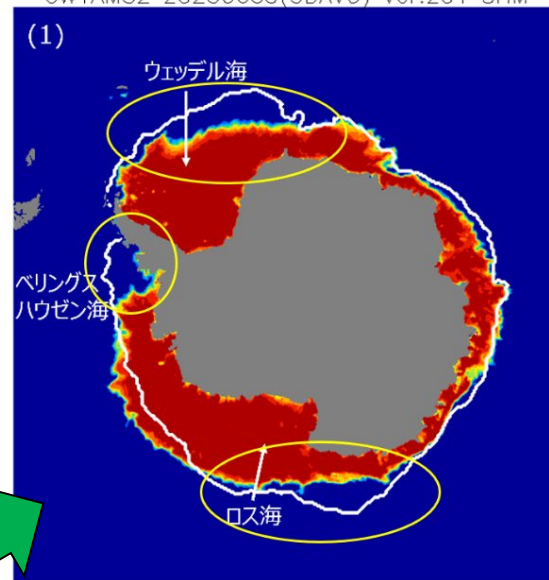
極域：南極域の冬季海水面積が最小記録を更新



JAXA EORC 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 IC (%) median ice edge

2023年6月3日(5日平均)

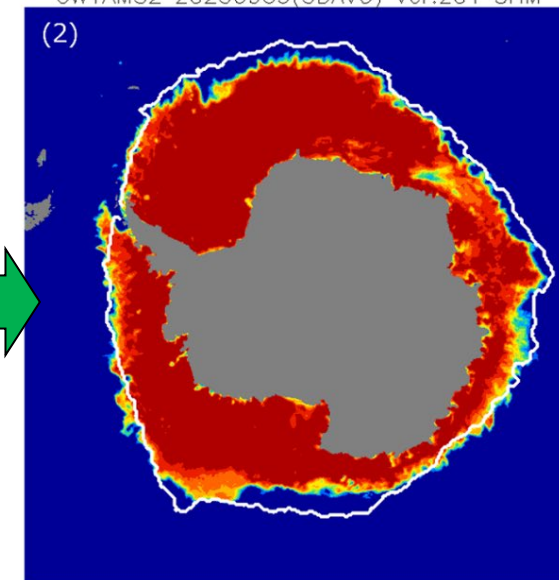
GW1AMS2 20230603(5DAVG) Ver.201 SHM



JAXA EORC 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 IC (%) median ice edge

2023年9月9日(5日平均)

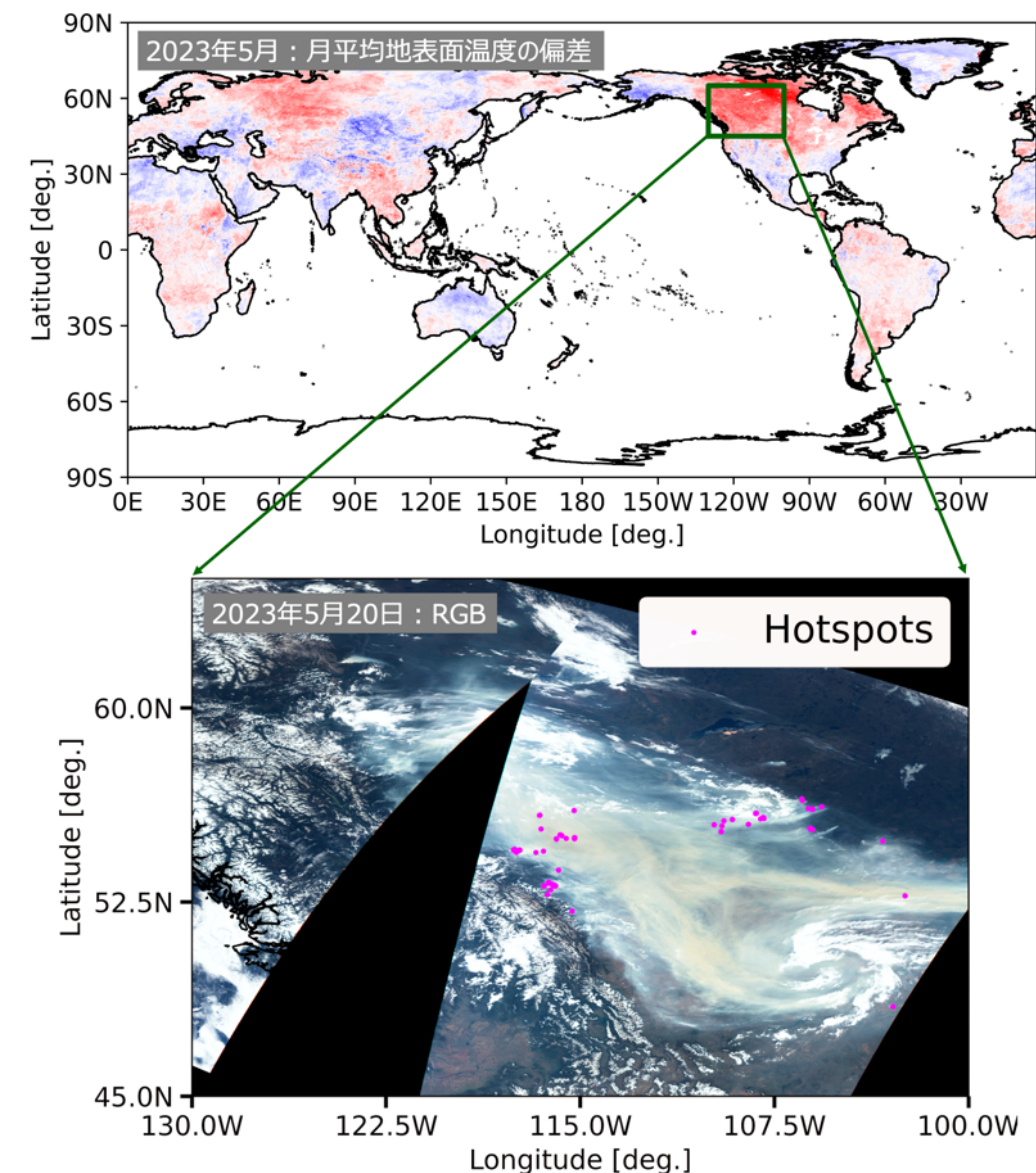
GW1AMS2 20230909(5DAVG) Ver.201 SHM



JAXA EORC 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 IC (%) median ice edge

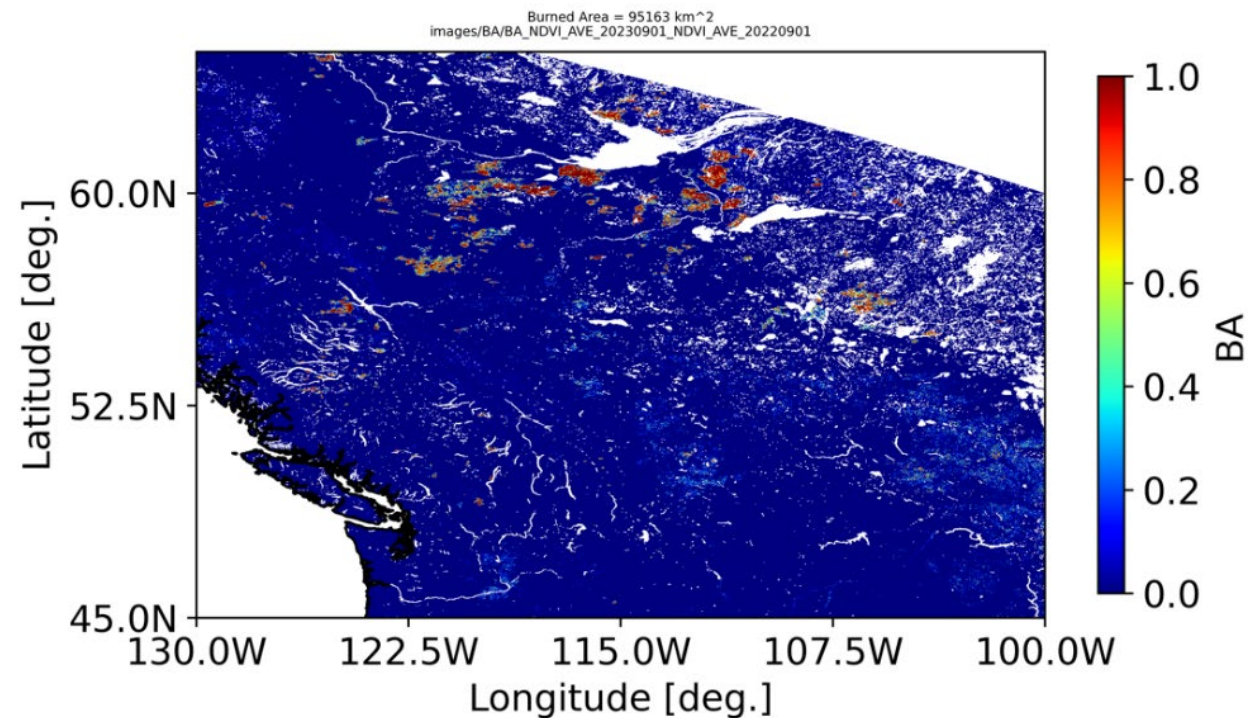
https://kuroshio.eorc.jaxa.jp/JASMES/climate_v3

陸域：熱波・森林火災（近日掲載予定）



15
10
5
0
-5
-10
-15

地表面温度 偏差 [°C]



- ・左：カナダで平年よりも地表面温度が高い場所（赤）が多い。衛星によってホットスポット（森林火災によるものと思われる）を検知。
- ・右上：正規化植生指数（NDVI）の2023年9月と2022年9月の差分を取り、緑色のエリアで約10万km²が焼失したと推定。



最近の取り組み事例の紹介

森林管理：伐採検知、森林バイオマス推定

陸域水循環シミュレーションシステムToday's Earth (TE)

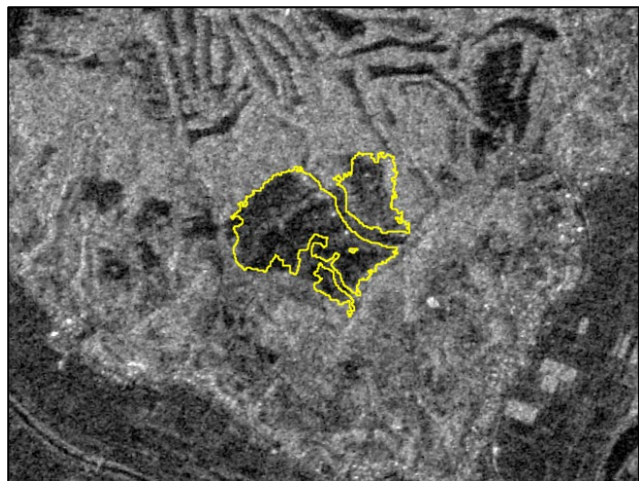
衛星と気候モデルの連携



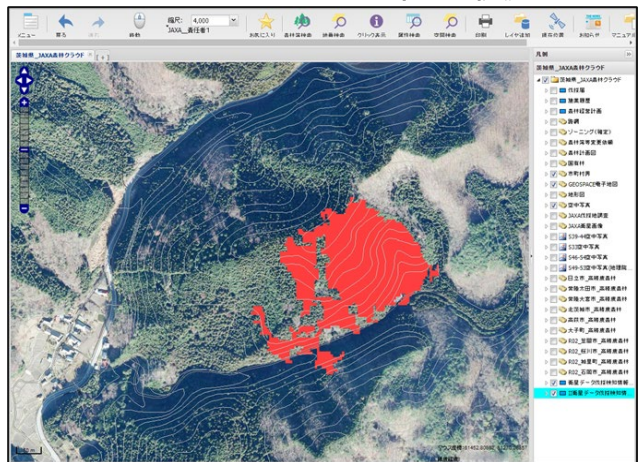
森林管理（伐採検知）



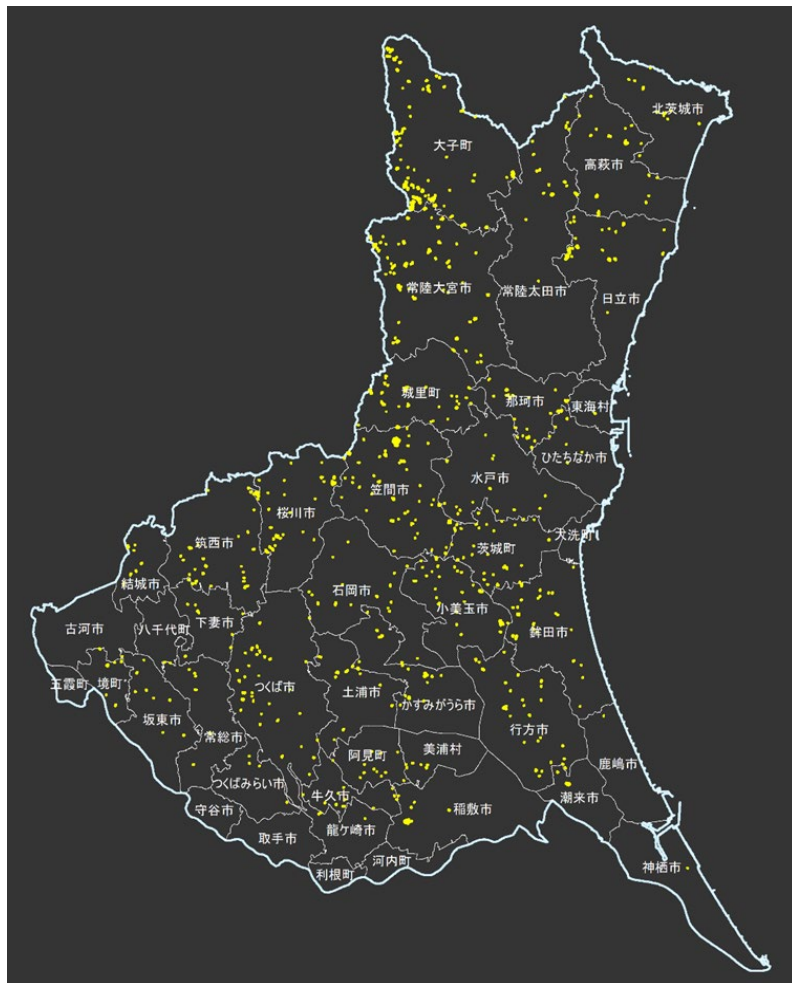
- ❑ 森林管理の効率化に向けた衛星データの利用検討のため、森林総合研究所・茨城県と3者協定を締結
- ❑ 茨城県の森林クラウド*に約3ヶ月間隔で伐採検知情報を登録（全7回1,010ヶ所）、市町村で利用実証中
- ❑ 2023年11月開催の全国育樹祭（茨城県主催、皇嗣殿下ご臨席）で、毛利衛さんよりこの取り組みを紹介



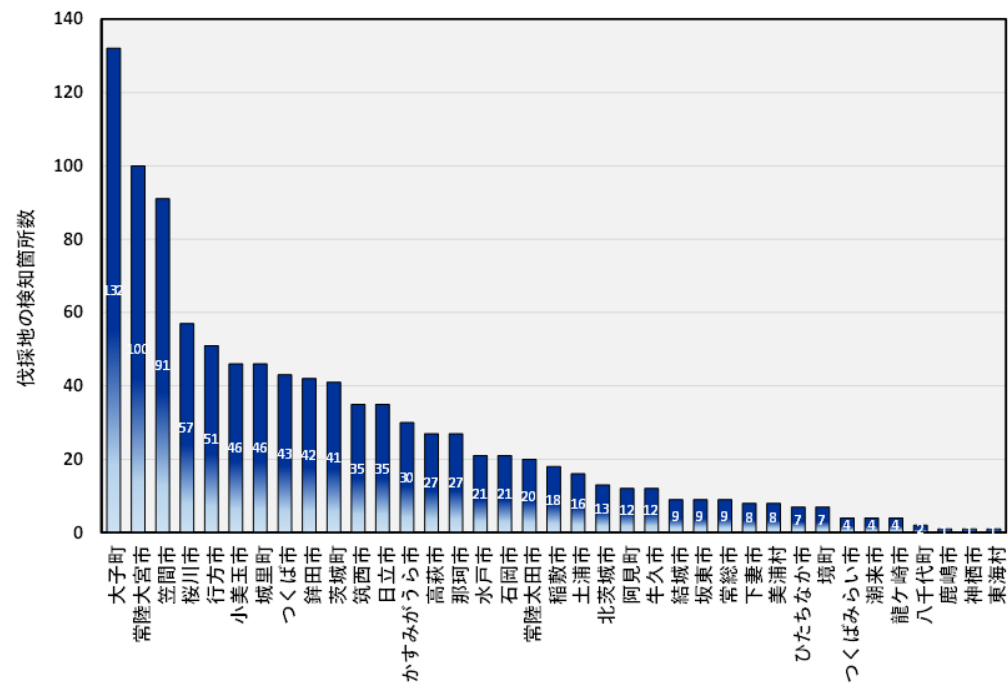
PALSAR-2による伐採検知



茨城県森林クラウドでの利用



茨城県内の伐採検知箇所分布



茨城県内の市町村別の伐採検知数
(2021年1月～2023年7月)

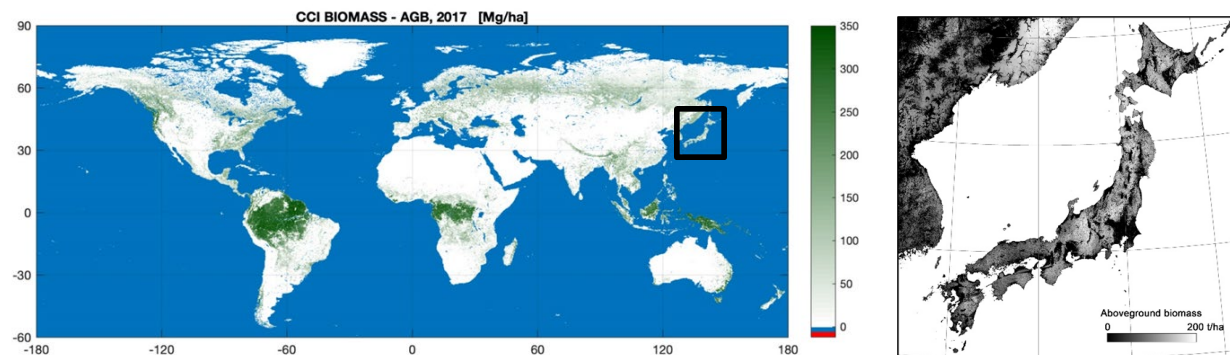
*森林クラウド: クラウド・GISにより森林情報を共有・管理するシステム
(利用者: 自治体、森林組合等)



森林管理(森林バイオマス推定)

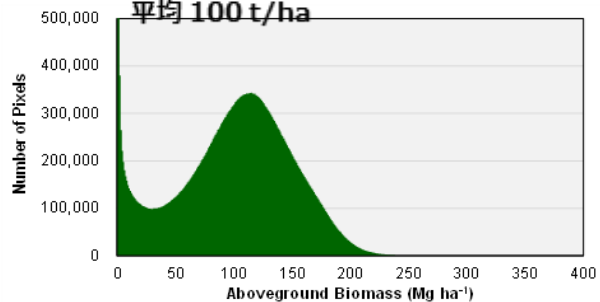


- ❑ 宇宙開発利用加速化戦略プログラム（スターダストプログラム）『森林管理カーボンニュートラルの実現に向けた森林バイオマス推定手法の確立と戦略的実装』（令和5～7年度）
- ❑ 欧州作成マップは日本の森林バイオマスを7割程度に過小推定→日本独自の高精度なマップが必要
- ❑ カーボנקレジットへの利用検討や、東南アジア数ヶ国での森林バイオマスマップ作成も実施

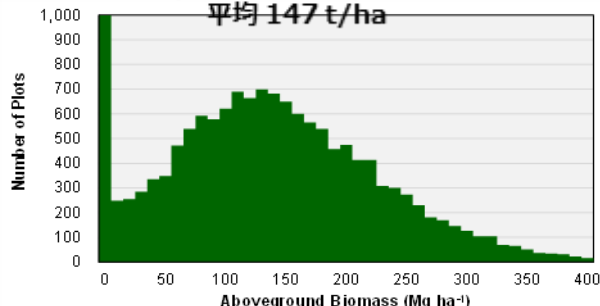


代表的な全球森林バイオマス地図 (ESA-CCI)

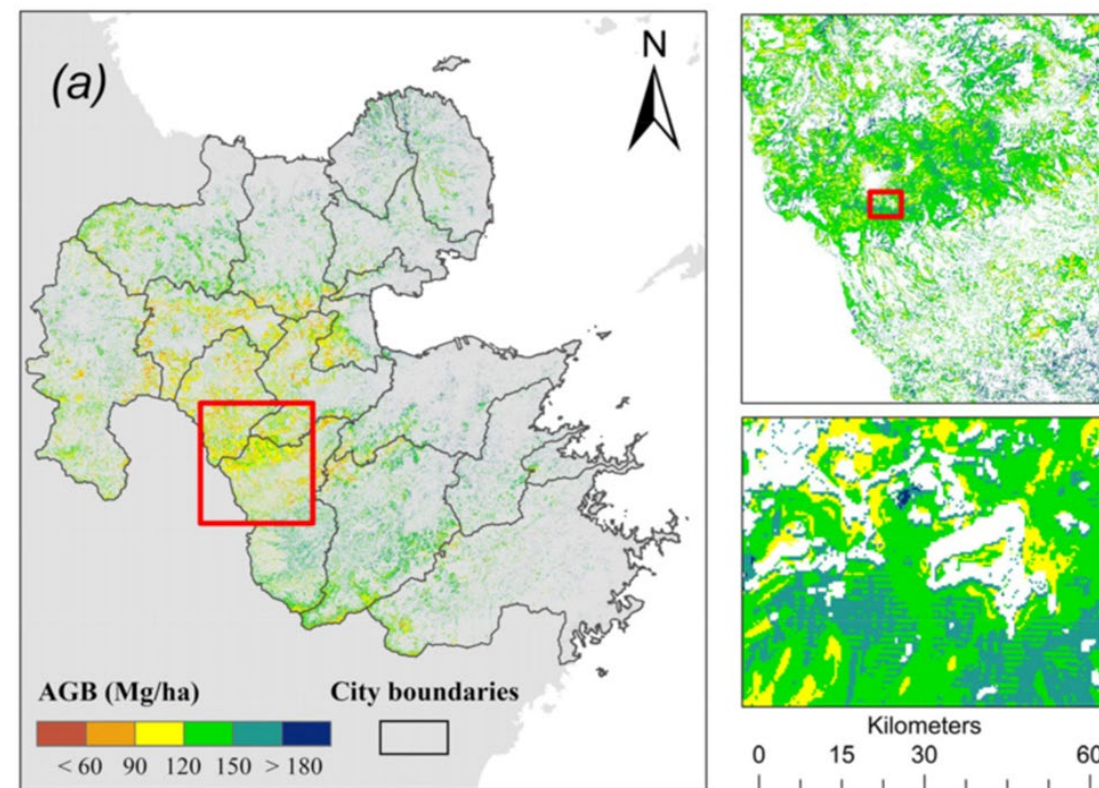
ESA CCIバイオマスマップ：
平均 100 t/ha



林野庁データ(森林インベントリ)：
平均 147 t/ha



林野庁データによる全球森林バイオマスマップの検証(日本域)



北海道大学との共同研究で作成した大分県広葉樹林の
地上部バイオマス地図の例 [Li et al., 2022]



陸域水循環シミュレーションシステム Today's Earth (TE)

- 全球再解析と衛星観測を融合した気象強制力をもとに、陸面過程モデルMATSIRO+河川モデルCaMa-Floodでシミュレーションを行い、全球陸域水循環を推定するシステム。
- 同様の全球モデルデータを収集して作成されるWMO State of Global Water Resources 2022に、TEデータも提供しており、2022年の世界平均の河川流量は平年に比べ少なかったことが示されている。
- 今年度はさらに、衛星データ融合アンサンブル気象シミュレーションプロダクト「NEXRA」を用いた、陸域のアンサンブルプロダクトも公開済。

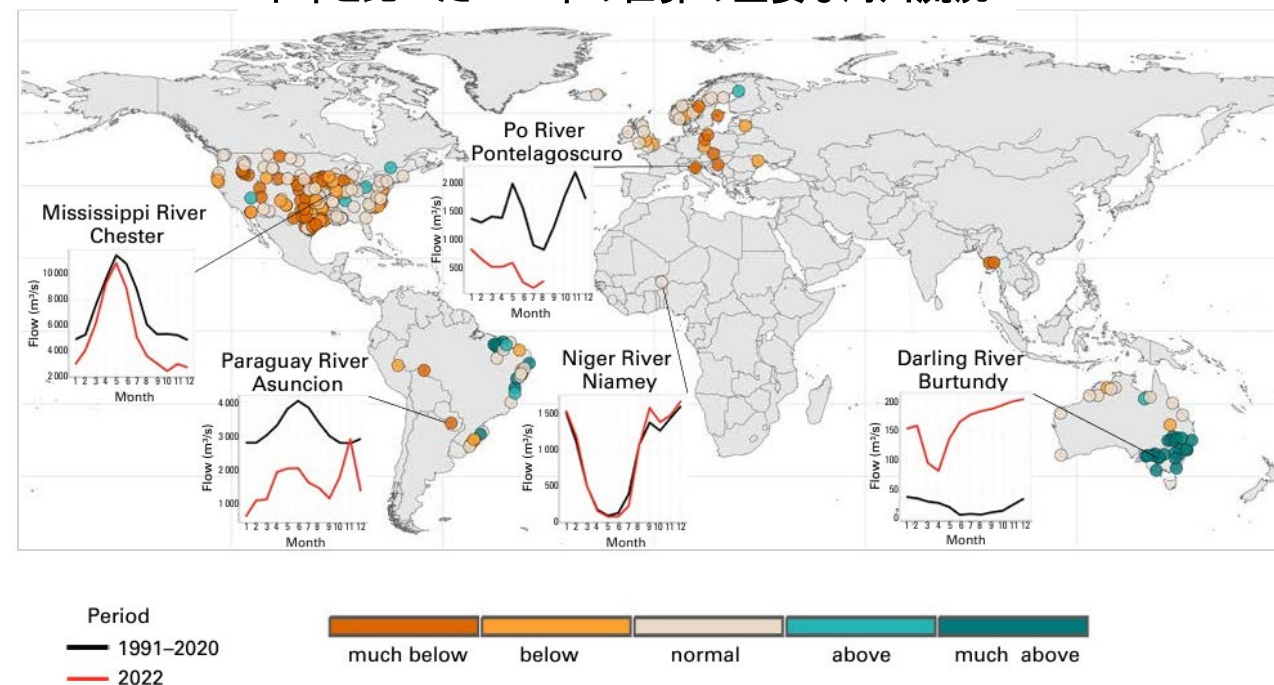
– <https://earth.jaxa.jp/ja/earthview/2023/08/02/7686/index.html>



WMOレポートに使用された全球モデル一覧

| Model name | Institution | Spatial coverage | Spatial model resolution | Climate data product used | Simulations used in the report |
|---|--|--|--|---------------------------|--|
| WaterGAP 2.2e | Goethe University Frankfurt | Global | 0.5° × 0.5° | 20CRv3-ERA5 | main report: streamflow simulations |
| Conjunctive Surface-Subsurface Process version 2 (CSSPv2) | Nanjing University of Information Science and Technology | Global | 0.125°–0.25° | ERA5 | additional analysis: streamflow simulations |
| Mesoscale Hydrologic Model (mHM) | Helmholtz Centre for Environmental Research – UFZ | Two setups available: (i) global and (ii) individually delineated and calibrated GRDC basins | Last version was based on the 0.25° resolution | ERA5 | main report: streamflow simulations |
| World-Wide HYPE (WWH) version 1.3.9 | Swedish Meteorological and Hydrological Institute | All continents except Antarctica | On average 1 000 km ² | HydroGFD | main report: streamflow simulations/ reservoirs |
| DHI-GHM | DHI | Covers land surface of the globe between 60°S and 80°N | 0.1° × 0.1° | ERA5 | main report: streamflow simulations |
| CaMa-Flood with Dam | University of Tokyo | 60°S–90°N, 180°W–180°E (not including Greenland) | 0.25° lat./lon. deg. | ERA5-land runoff | main report: streamflow simulations/ reservoirs |
| Today's Earth –Global (TEJRA55) | University of Tokyo/Japan Aerospace Exploration Agency | 60°S–90°N, 180°W–180°E (not including Greenland) | 0.25° lat./lon. deg. | JRA-55 | main report: streamflow simulations |
| Global Flood Awareness System (GloFAS) | European Commission Joint Research Centre (JRC) | Global except for Antarctica (60°S–90°N, 180°W–180°E) | 0.05° (~5 km, gridded) | ERA5 | main report: streamflow simulations |

平年と比べた2022年の世界の主要な河川流況

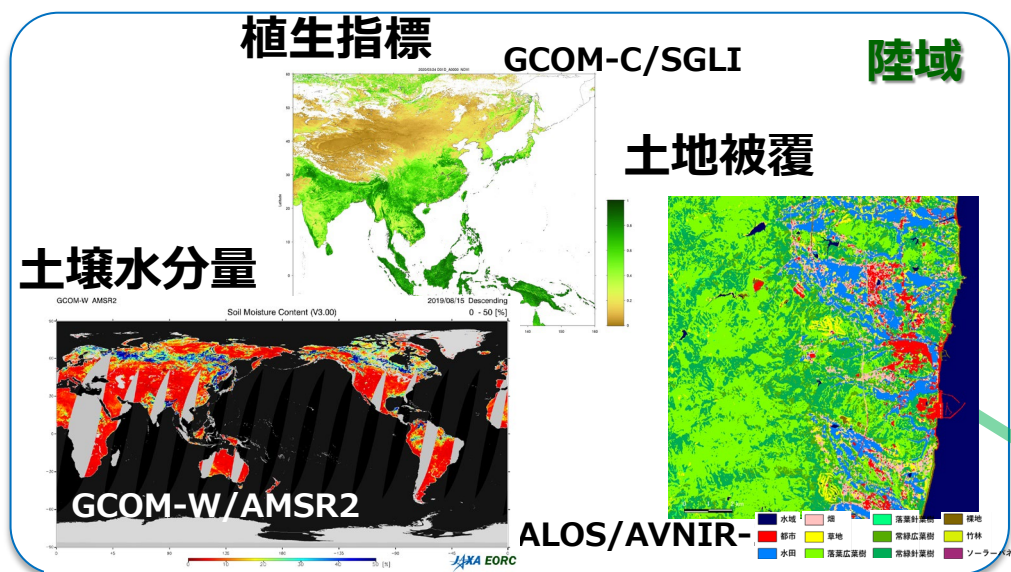


<https://public-old.wmo.int/en/our-mandate/water/state-of-global-water-resources-2022>

*Results for the UK are not quality-checked from October to December 2022.



衛星と気候モデルの連携

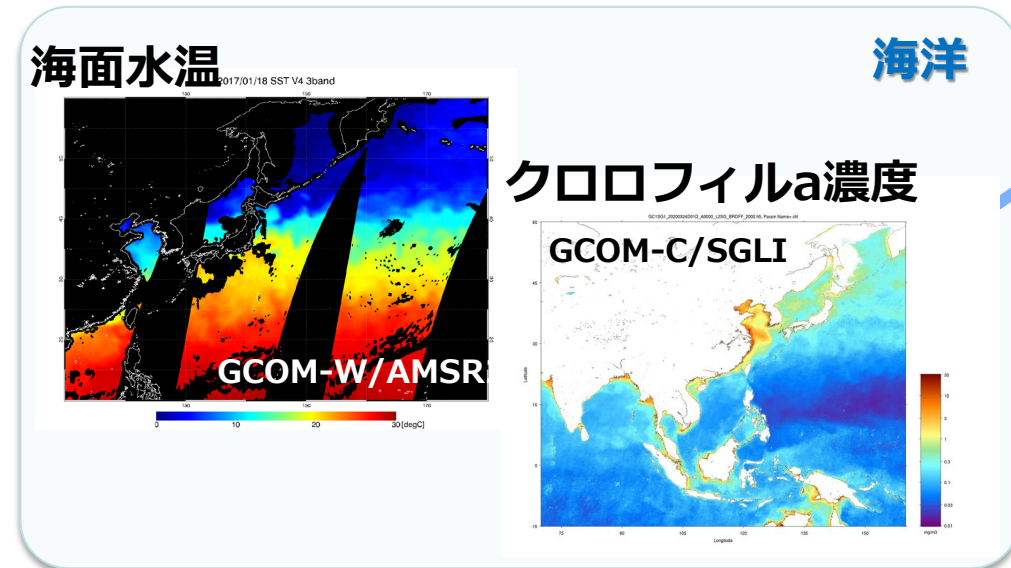


- ✓ モデルと観測の比較
- ✓ 変数間の相関
- ✓ ...

→ 地球システムモデルの改良
→ 将来の地球環境の予測改善

SENTAN

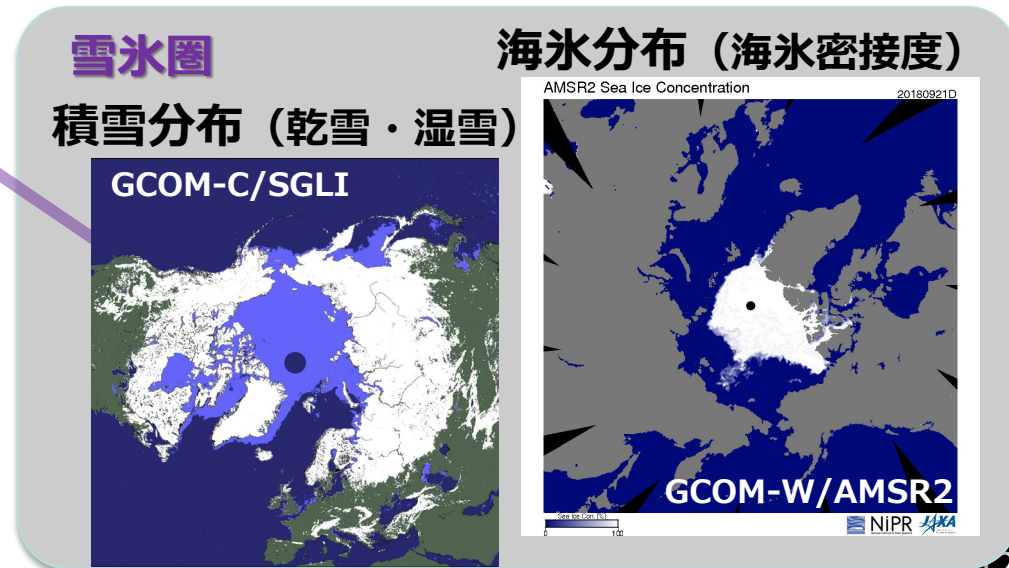
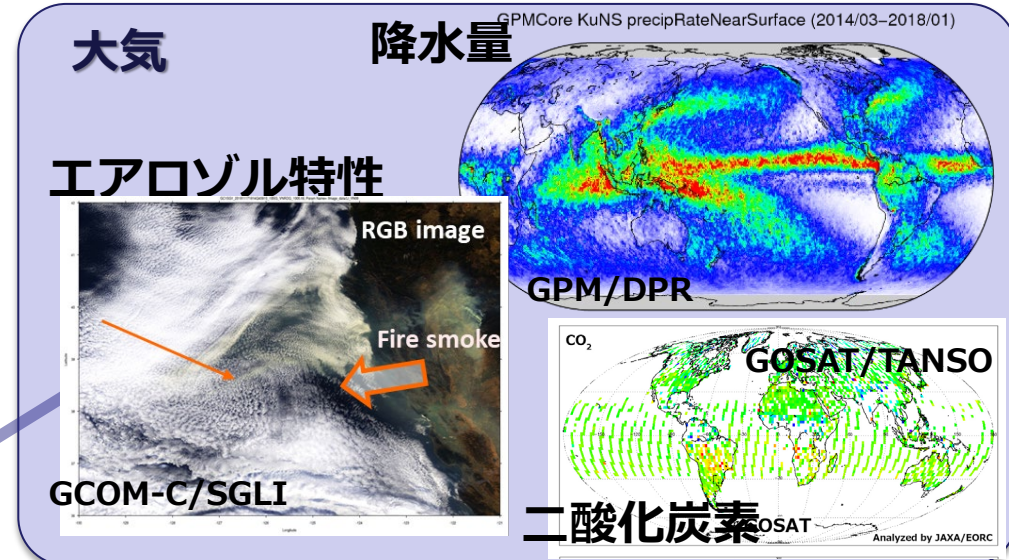
地球システムモデル (ESM)



海洋

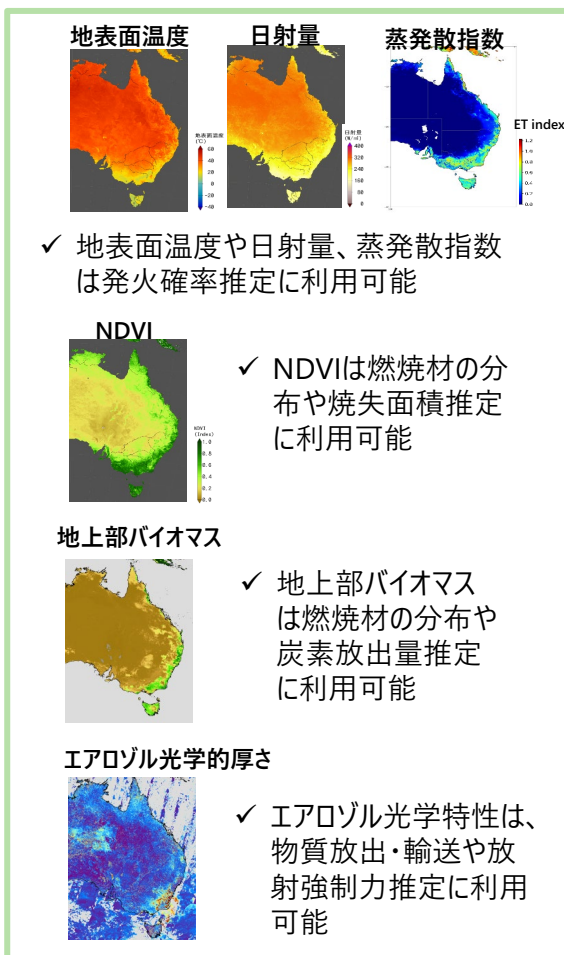
自然災害
水資源
生態系

農業
水産業
健康

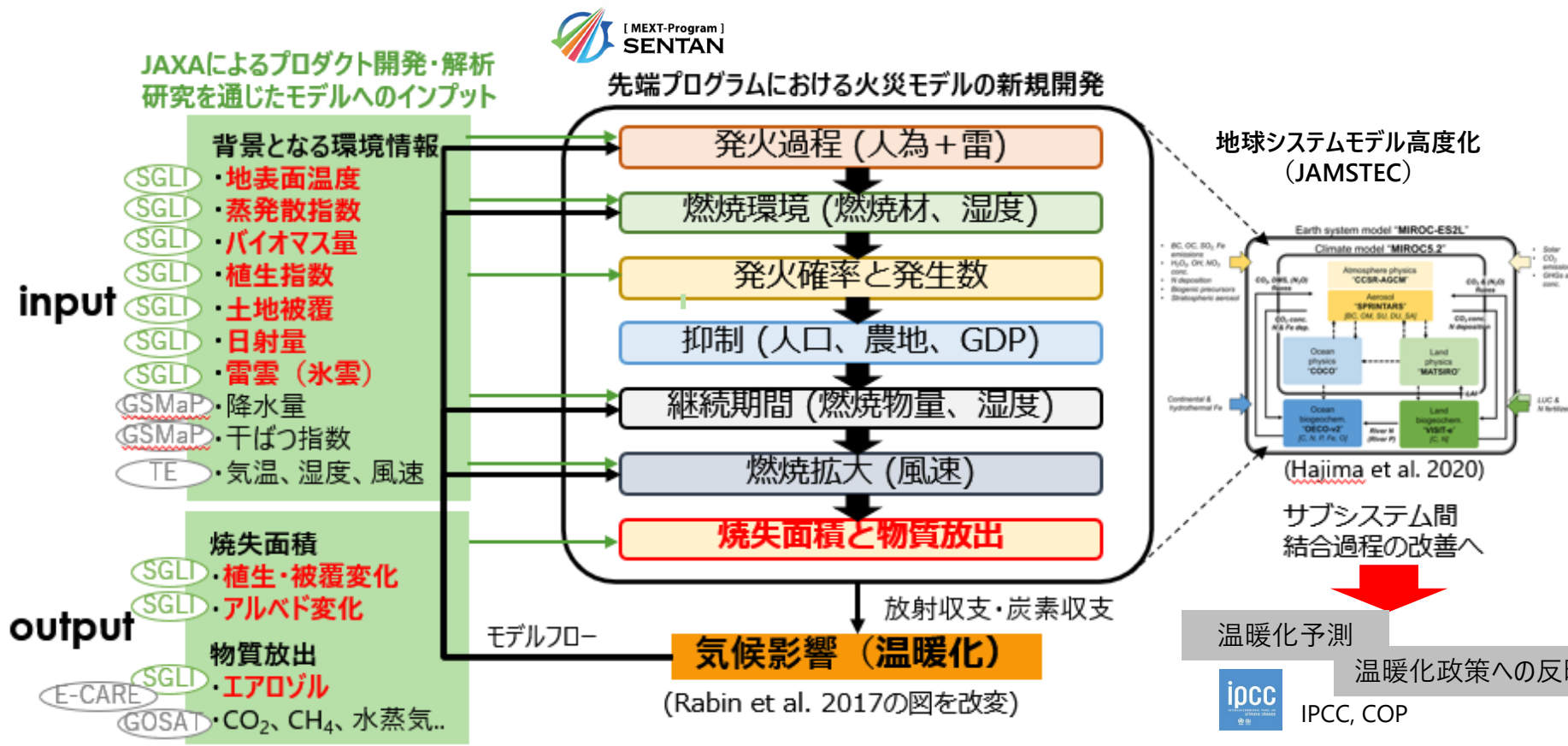


衛星と気候モデルの連携

地球システムモデル中のプロセスのうち、温暖化で増加すると予想されている**林野火災過程**について、発火から物質放出までの各プロセスを衛星観測結果に基づいて設定することで、気候変動の予測精度向上を目指す→**気候変動予測先端研究プログラム (SENTAN)**



衛星データ (左) を活用した**火災モデル開発 (中)** により、**地球システムモデル (右)** の予測精度向上へ

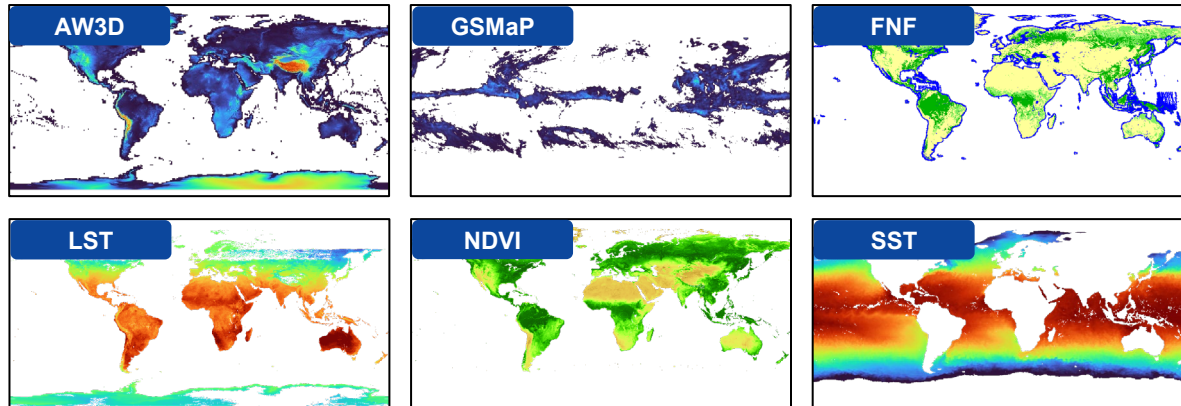




```
import * as je from "../jasa.earth.esm.js";

const data = await je.getData({
  collection: "https://.../...AW3D30.v3.2_global/collection.json",
  catalog: "2021-02/catalog.json",
  band: "DSM",
  width: 1000,
  height: 500,
  bbox: [-180,-90,180,90],
});
const cmap = new je.image.ColorMap(0,6000,"jet");
document.body.appendChild(je.image.createImage(data,cmap).getCanvas());
```

ブラウザ上に全球地形データを表示する
JavaScript版APIの例



…など、約70種のデータセットに対応中

- 2022/6に新規公開、無料で利用可能
- PythonとJavaScriptに対応した衛星データ取得用API (Application Programming Interface)
- Cloud Optimized GeoTIFF (COG)とSpatioTemporal Asset Catalogs (STAC)を利用
- モジュールを読み込んで、メソッドにプロダクト、緯度経度範囲、サイズを指定するだけでデータを入手可能
- 画像ではなく、工学値変換後の数値配列として入手可能
- 数値データで入手できるため、任意の可視化処理、統計処理が可能

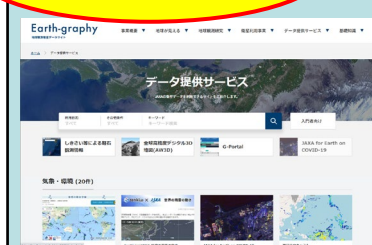


data.earth.jaxa.jp

まとめとJAXA地球観測データの公開情報

- 大気・陸域・海洋をグローバルからローカルに監視する様々な衛星データが存在
- 気候変動適応への対応において、使いやすいデータを提供するために、利用者との対話を引き続き行っていきたい

一覧を見る



Earth-graphy データ提供サービス

JAXAの地球観測衛星のデータに関するポータルサイト。さまざまなデータ提供ウェブサイトの紹介・プロダクト一覧・利用の手引きや相談窓口などの情報を一覧可能。

<https://earth.jaxa.jp/ja/data/index.html>



G-Portal

JAXAの地球観測衛星によって得られたデータの検索(衛星／センサ検索、物理量検索)と提供を行うシステム。

<https://gportal.jaxa.jp/gpr/>

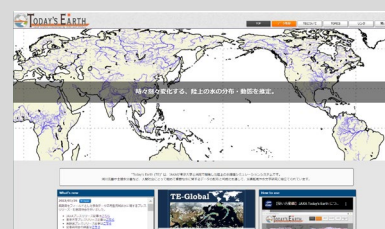
目的別に見る



世界の雨分布速報 (GSMaP_NRT)・世界の雨分布リアルタイム (GSMaP_NOW)

GPM主衛星などを利用して観測された世界中の雨の状況を配信しているサイト。GSMaP_NRTは4時間前の順リアルタイム画像、GSMaP_NOWでは実況画像を公開。

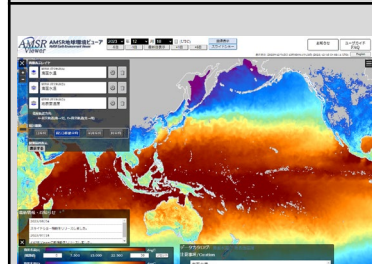
https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP/index_j.htm



Today's Earth

災害監視・水文研究のための、地表・河川シミュレーションの結果を公開。全球版(Today's Earth-Global)は陸域50km・河川25km解像度、日本版(Today's Earth-Japan)は1km解像度。

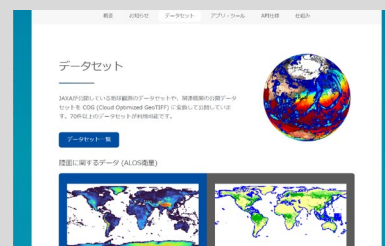
https://www.eorc.jaxa.jp/water/index_j.html



AMSR地球環境ビューワ

AMSRシリーズによる水循環に関する物理量を可視化するサイト。時系列の表示・取得も可能。2023年8月から期間平均・偏差の表示機能を追加。

<https://www.eorc.jaxa.jp/AMSR/viewer/>



JAXA Earth API

Python及びJavaScriptに対応したAPIモジュールを使ってデータを取得できるサービス。JAXAが公開している主要なデータに対応しており、日々更新中。

<https://data.earth.jaxa.jp/>