



国内の大学等における 陸域生態系観測ネットワークの現状と課題

市井 和仁¹, 柴田英昭², 村岡裕由³

1. JapanFlux委員長, 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター
2. JaLTER代表・ILTER代表, 北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター
3. ILTER東アジア太平洋地域議長, 岐阜大学 流域圏科学研究センター

国内外の動向：地球観測および環境アセスメント

2/12

「地球観測の推進戦略」

(総合科学技術会議 平成16年度策定)

IV. 分野別の推進戦略

地球温暖化／地球規模水循環／地球環境／生態系／
風水害／大規模火災／地震・津波・火山／エネルギー・
鉱物資源／森林資源／農業資源／海洋生物資源／空
間情報基盤／土地利用及び人間活動に関する地理情
報／気象・海象／地球科学

今後10年の我が国の地球観測の実施方針

(科学技術・学術審議会 第6期地球観測推進部会 平成27年)

第1章 はじめに

第2章 基本認識

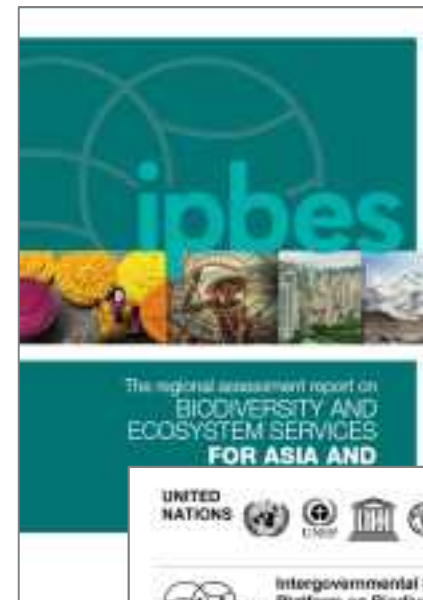
第3章 課題解決型の地球観測に向けて

第4章 課題解決型の地球観測

1. 気候変動に伴う悪影響の探知・原因の特定への貢献
2. 地球環境の保全と利活用の両立への貢献
3. 災害への備えと対応への貢献
4. 食料及び農林水産物の安定的な確保への貢献
5. 総合的な水資源管理の実現への貢献
6. エネルギー及び鉱物資源の安定的な確保への貢献
7. 健康に暮らせる社会の実現への貢献
8. 科学の発展への貢献

第5章 共通的・基盤的な取組

第6章 統合された地球観測の推進体制・組織

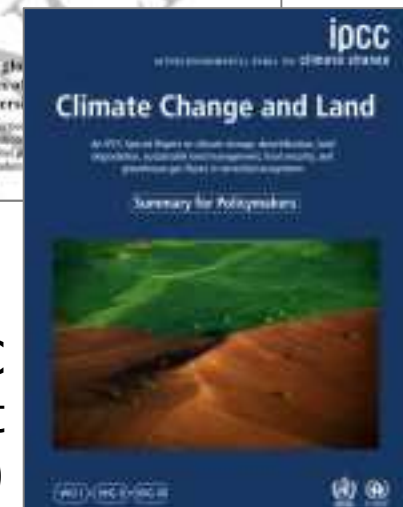


IPBES Regional Assessment (2018年)

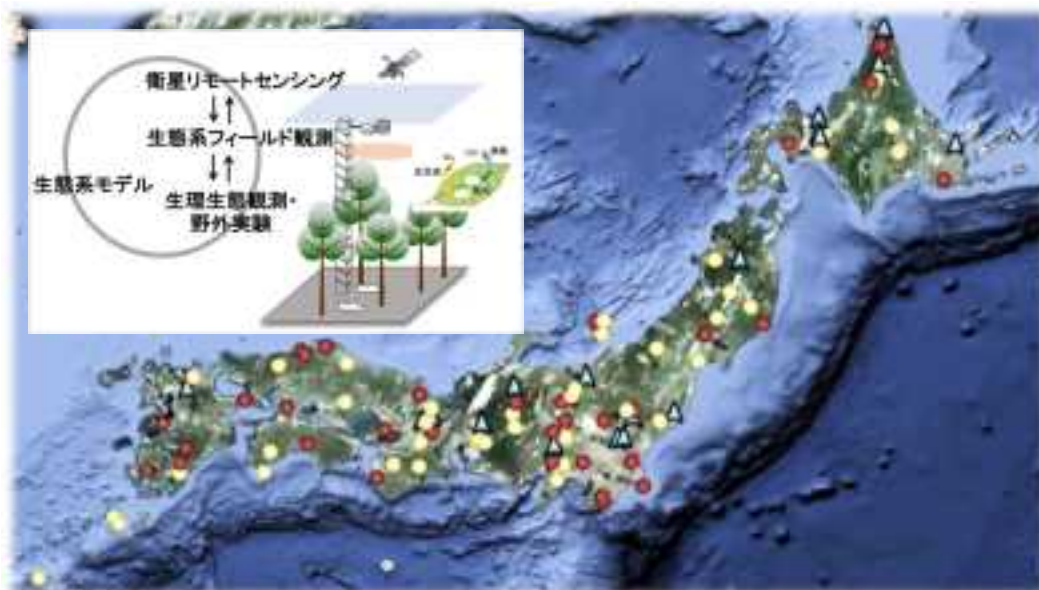
IPBES Global Assessment (2019年5月)



IPCC Special Report (2019年8月)



陸域生態系の観測研究ネットワークとは



我が国の生態系の特徴:

- 多面的な機能, 生態系サービス
- 高い多様性, 地理的な分布
- 気候変動・極端気象の影響の地理的な不均一性



フィールド観測研究のネットワーク化

- 調査・研究サイトのネットワーク
- 研究者のネットワーク
- 研究手法のネットワーク
- 学術分野のネットワーク

主な観測・研究ネットワーク

JaLTER

日本長期生態学研究ネットワーク

Japan Long-Term Ecological Research Network

JaLTER

JapanFlux

日本フラックス研究ネットワーク



JapanFlux

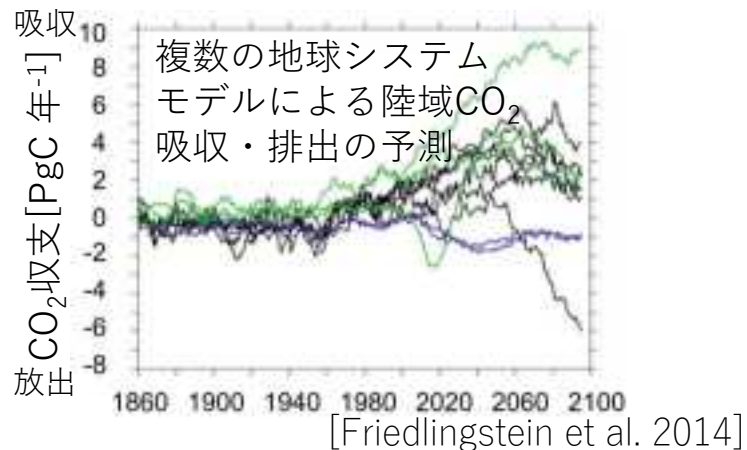
APBON

アジア太平洋生物多様性観測ネットワーク

陸域生態系観測ネットワークの目指すもの

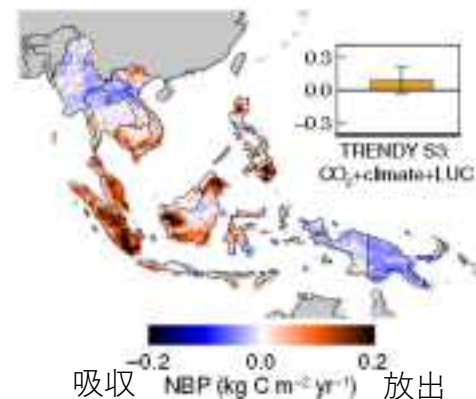
陸域生態系研究の重要性

気候変動予測における不確実性の一要因



陸域観測ネットワークの重要性

気候変動・人為改変の影響：地域・植生タイプ依存



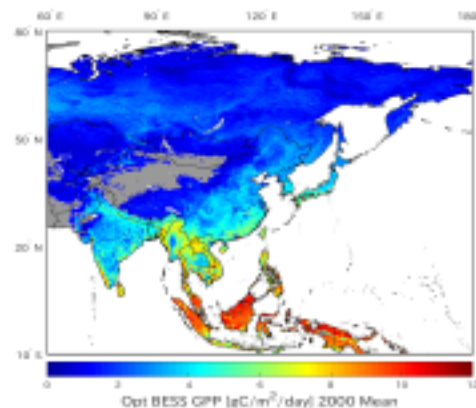
空間的に非常に複雑

東南アジアの
陸域CO₂収支
[Kondo et al. 2018]

生態系は人々の生活に、様々な役割を果たす
[例：ミレニアム生態系評価、IPBESなど]



地上観測ネットワーク+衛星観測→広域推定



衛星プロダクトには、
現地観測ネットワーク
データによる検証が
不可欠

[JAXA GCOM-C
光合成量研究
プロダクト(試作版)
[Ichii et al.]

- 温室効果ガス収支を定量化し、気候変動予測の不確実性を低減する
- 地域毎の生態系の把握、気候変動、人為改変の影響を評価できる
- パリ協定、ポスト愛知目標など、政策に直結するデータを提供できる

各ネットワークの観測研究の特徴

JaLTER

生態系の仕組みを解明

生態学
自動化 極めて困難

主な学会
日本生態学会
日本森林学会

大陸組織:
ILTER-EAP
全球組織:
ILTER
(GEO参画機関)

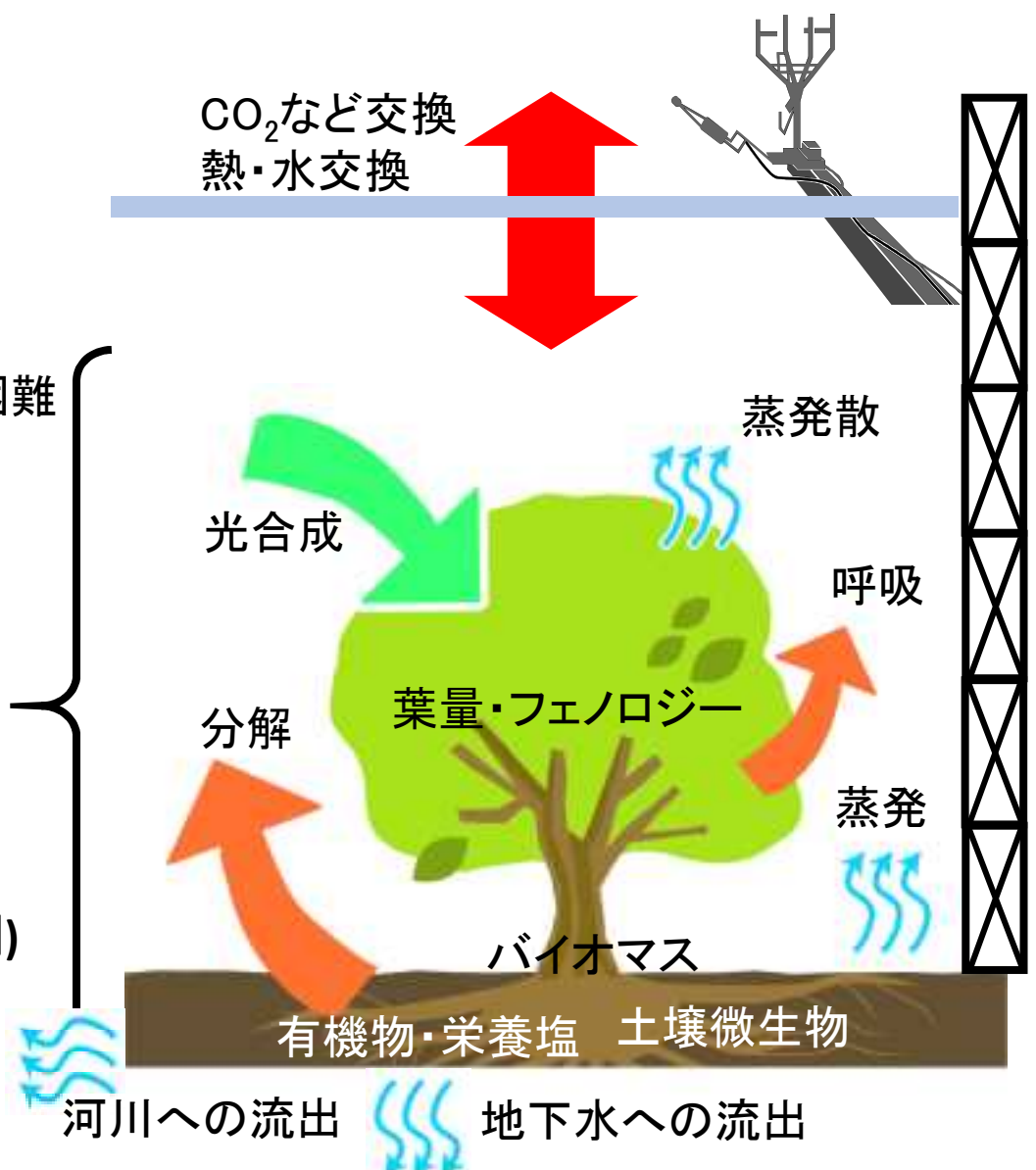
JapanFlux

大気-陸域の物質交換観測

微気象学
自動・連続測定

主な学会
日本農業気象学会
日本地球惑星科学連合

大陸組織:
AsiaFlux
全球組織:
FLUXNET



山地・平野の流域の物質循環, 生態系サービス

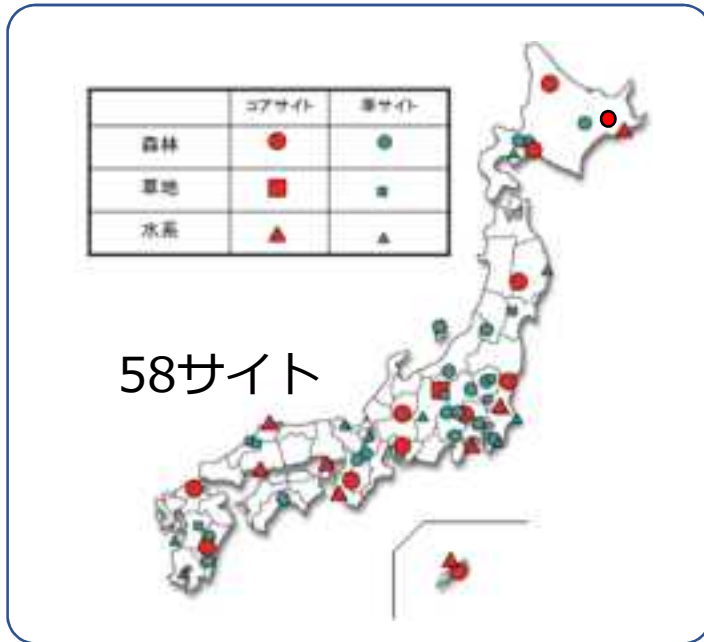
両方の観測研究手法を実施している場合もある
(スーパーサイト)

日本長期生態学研究ネットワーク

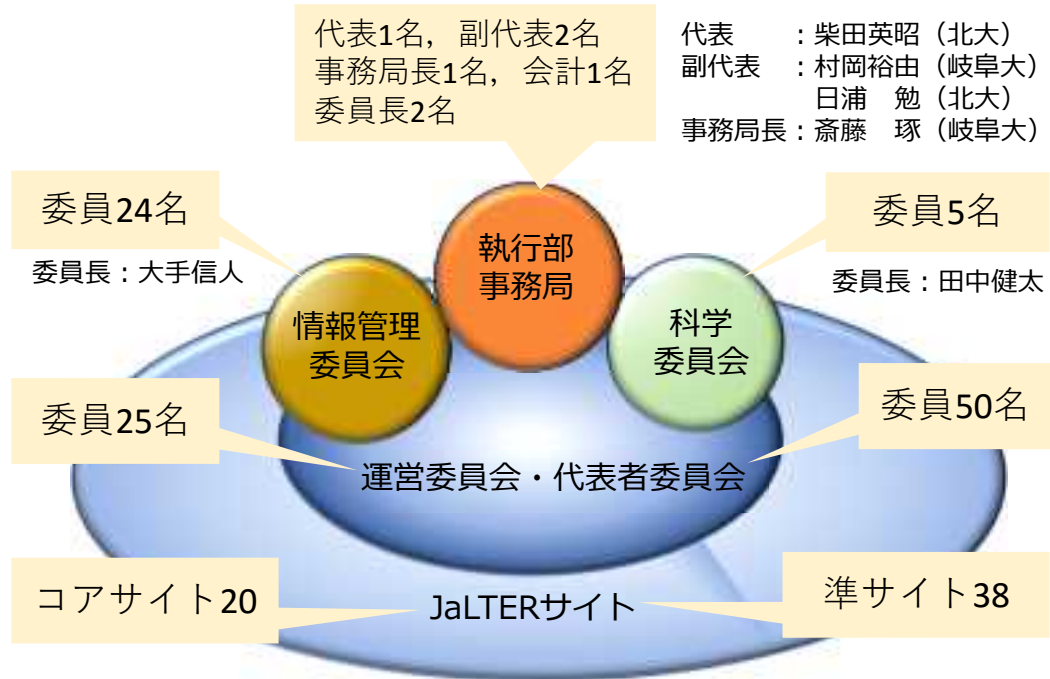
JaLTER | Japan Long-Term Ecological Research Network



6/12



- 生態系・生物多様性研究の拠点サイト、関連研究者のネットワーク
- 森林、草地、農地、河川、湖沼、沿岸を含む多様な生態系タイプ
- 長期観測データの公開・共有 | データベース・データペーパー
- 大学研究林・臨海実験所、研究所サイトなど多様な管理運営体制
- 自己資金を活用したボトムアップ型ネットワーク
- 環境省モニタリングサイト1000への貢献
- JapanFluxや国際ネットワーク (ILTER) との連携



● サイト運営機関 (順不同)

大学 21 (東京大学, 北海道大学, 神戸大学, 京都大学, 秋田県立大学, 九州大学, 島根大学, 筑波大学, 琉球大学, 岐阜大学, 鹿児島大学, 山形大学, 茨城大学, 宇都宮大学, 東京農工大学, 千葉大学, 新潟大学, 宮崎大学, 熊本大学, 東北大学, 高知大学)

各省庁・地方研究機関 5 (森林総合研究所, 国立環境研究所, 瀬戸内海区水産研究所, 山梨県環境科学研究所, 農業環境変動研究センター)

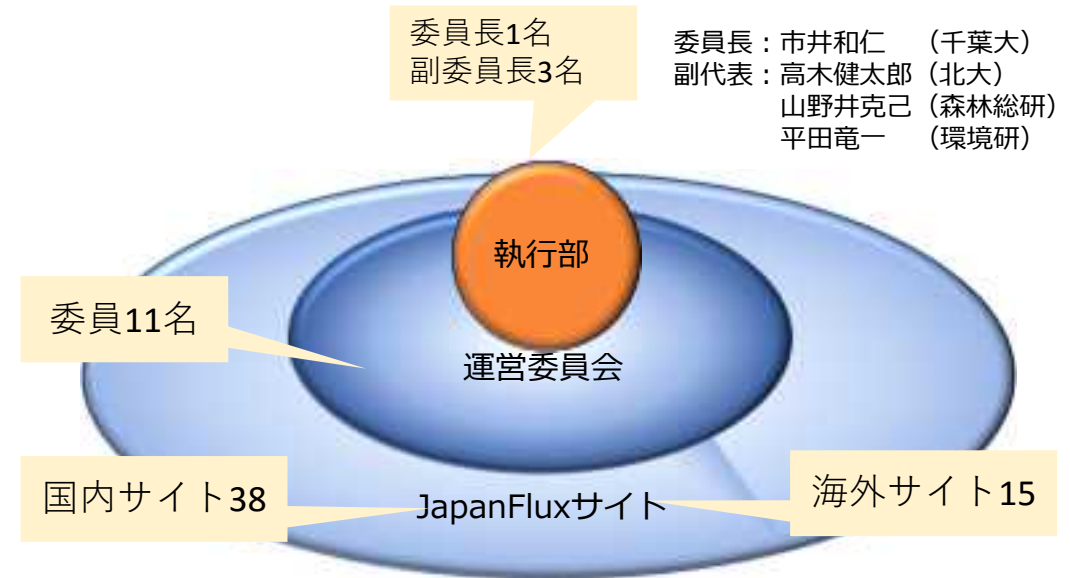
研究グループ 2 (草地動態研究グループ, 大山沢溪畔林プロジェクト)





日本フラックス研究ネットワーク

JapanFlux



- ・ 大気—地表間の熱・水・物質収支の観測拠点、関連研究者のネットワーク
- ・ 森林、草地、農地、都市、湖沼など多様な生態系
- ・ 海外の観測サイトも含む（東南アジア、シベリアなど）
- ・ 長期観測データの公開 | データベース(AsiaFluxなど)
- ・ 大学研究林・研究所サイトなど多様な管理運営体制
- ・ 自己資金を活用したボトムアップ型ネットワーク
- ・ 衛星観測コミュニティ、モデルコミュニティとの協働

● サイト運営機関（順不同）

大学 13（北海道大学，弘前大学，筑波大学，東京大学，信州大学，静岡大学，静岡県立大学，名古屋大学，岐阜大学，京都大学，大阪府立大学，岡山大学，宮崎大学）

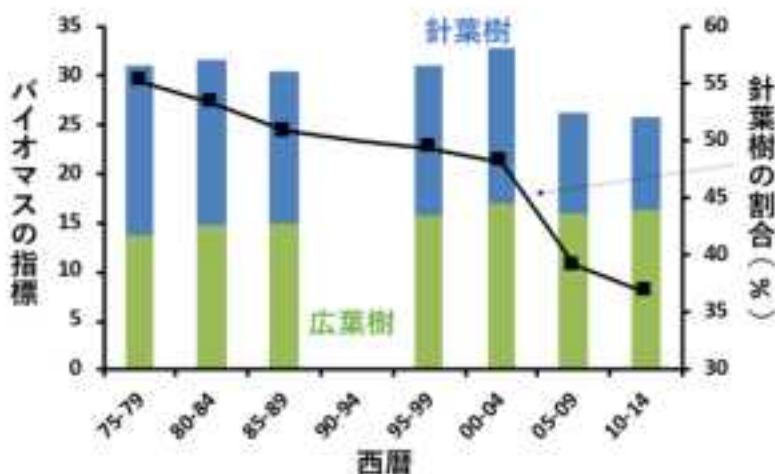
各省庁・地方研究機関 5（国立環境研究所，産業技術総合研究所，農業・食品産業技術総合研究機構，森林研究・整備機構，北海道立総合研究機構）



最近の研究成果 (1)

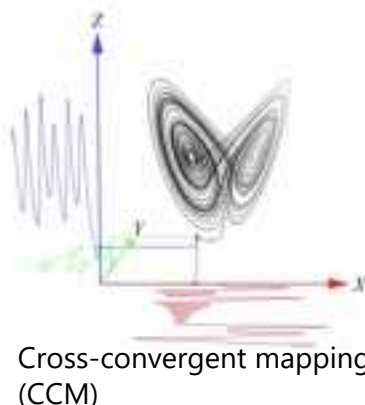
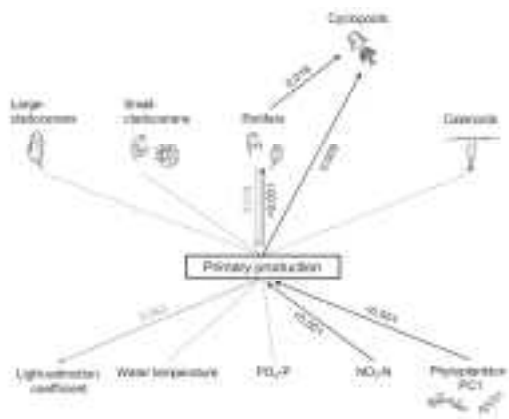
長期観測の重要性: 気候変動や人為改変に対する生態系の応答が見えるようになってきた
 → 気候変動などの影響予測へ
 長期観測により「起こりつつある変化」の早期検出が可能になる
 → 環境修復の方策立案に利用

● 森林生態系への長期的温暖化影響



[Hiura et al. 2019]
https://www.hokudai.ac.jp/news/190725_pr2.pdf

● 富栄養の湖沼生態系における長期的な生物相変化とその因果関係



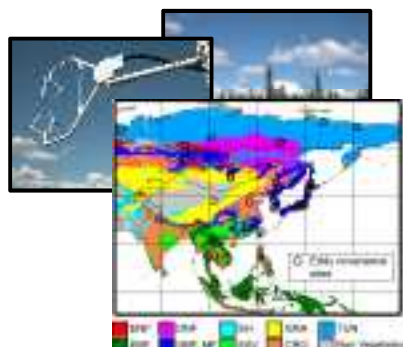
湖沼生態系での20年間にわたる長期モニタリングデータを解析 [Matsuzaki et al. 2018]

最近の研究成果 (2)



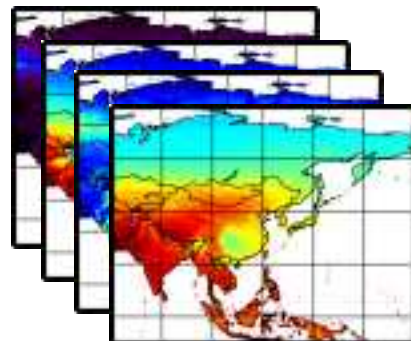
観測ネットワークの重要性: 地上観測ネットワーク+衛星観測+人工知能 → **広域推定**
観測データに基づく新たな温室効果ガス収支マッピング

地上観測



JapanFlux
AsiaFluxなど
54サイトデータの統合

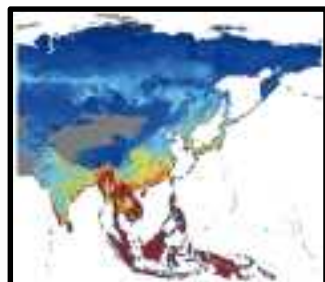
衛星観測



様々な衛星観測データ
に基づくプロダクト
(植生分布, 温度, 日射等)

人工知能
の適用

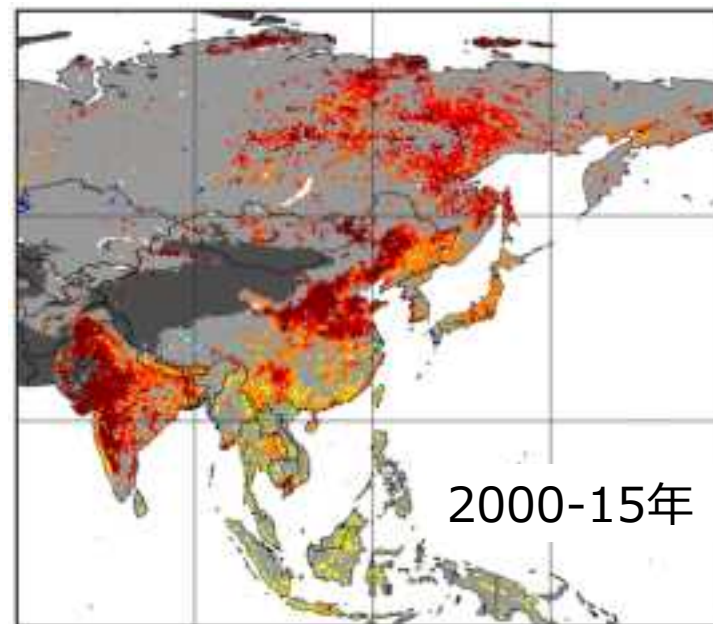
広域化



観測データに基づく
広域CO₂収支推定:
新たなデータセットとしての
期待

- 観測ネットワーク統合 → 広域化
- 生態系は複雑 → 人工知能が有効
- 観測データのみ → モデルの検証材料

応用例 観測データに基づいたCO₂収支変化



-30 0 30

光合成量の増減傾向(%)

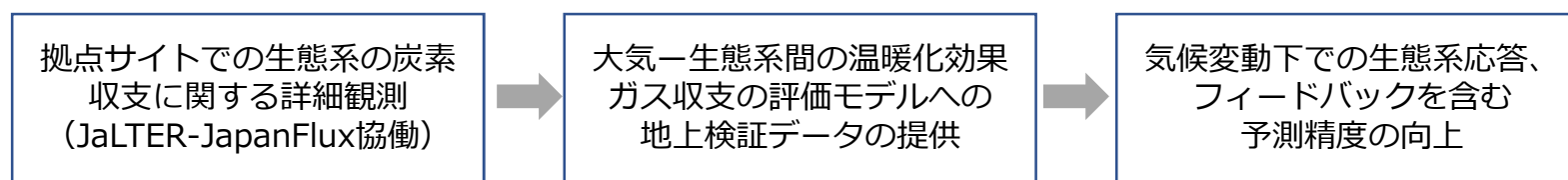
[Ichii et al. 2017など]

課題解決型の地球観測に向けた貢献

今後10年の我が国の地球観測の実施方針（平成27年）参照

1. 気候変動に伴う悪影響の探知・原因の特定への貢献

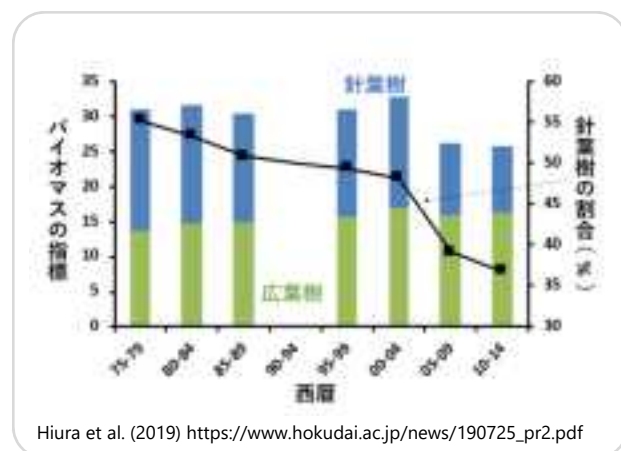
(3) 気候変動の予測精度の向上への貢献



2. 地球環境の保全と利活用の両立への貢献

(2) 生態系・生物多様性の現状把握と保全への貢献

(3) 森林の現状把握及び変化予測精度の向上への貢献



- 多様な立地環境における生態系・生物多様性の長期的な監視と変動解析
- 公開型データベースのコンテンツ拡充と解析手法の開発
- 比較観測、メタ解析による広域スケールでの現状評価と将来予測、精度検証
- 極端気候影響、栄養塩循環等との相互影響を含む統合的な解析

大学等による陸域生態系観測の特徴

- 「科学的な新しさ」を求めた観測・研究が多い
 - 新しさを目指した観測が多い、新たな観測手法の開発なども実施
 - 様々な分野の研究者との連携による新規性の創出（例：スーパーサイト化）
 - 観測を継続することの重要性は認識している（→定常的な観測運営が必要でもある）
- 陸域生態系観測研究における人材育成の役割を果たしている
 - 地球観測の各分野・横断的分野で活躍する研究者・技術者の育成は、大学院での研究経験を通じて始まる
 - 共同研究を通じてアジア地域の研究能力開発，人材育成にも貢献している
- 規模の小さい研究者グループとその連携によって支えられている
 - 比較的少人数でサイト管理・データ整備が行われている
 - 観測サイトを運営する研究者間の連携ネットワークができている（情報交換・共同研究・技術検証・人材育成のプラットフォーム）
- 競争的資金(科研費など; 3-5年)によって運営
 - 長期モニタリングサイト、観測機器の維持・拡充には、外部資金の継続的な獲得が必要（競争的予算が取れない場合には観測を断念することもある）
 - 博士研究員、支援スタッフの定常的な雇用、および観測・データ管理の定常化が課題

日本の地球観測・環境課題解決への更なる貢献のために

- 生態系観測のためのインフラおよび体制整備
 - 長期重点監視サイト（選択と集中）、観測機器インフラの維持・拡充
 - 支援スタッフ、博士研究員の参画と高度化
- 現地観測と先進技術との融合
 - 環境DNA、人工知能（AI）、先進同位体測定などの活用
 - 他分野との観測連携による新たな知見や解析アプローチの構築
 - 既存ネットワークの連携・高度化による「陸域生態系観測システム」の構築
- データ統合システムの構築
 - 公開型データベースの整備・拡充とデータ利用の推進（DIASとの連携強化など）
 - 知見の統合化に向けた機会や大量データ解析ツールの創出
- 衛星観測、予測モデリングとの連携促進
 - JAXA/GCOMC-RA事業（JaLTERは当初よりRAに参画）の発展・高度化
 - GCOM-CやALOS-2, GOSAT等を活用した衛星リモートセンシングと地上観測サイトの連携
（観測精度の高度化、観測空白域への対処、広域衛星プロダクトの構築の際の基盤検証サイト）
 - 地球システムモデルコミュニティとの連携、モデルの検証データとしての観測

補足資料

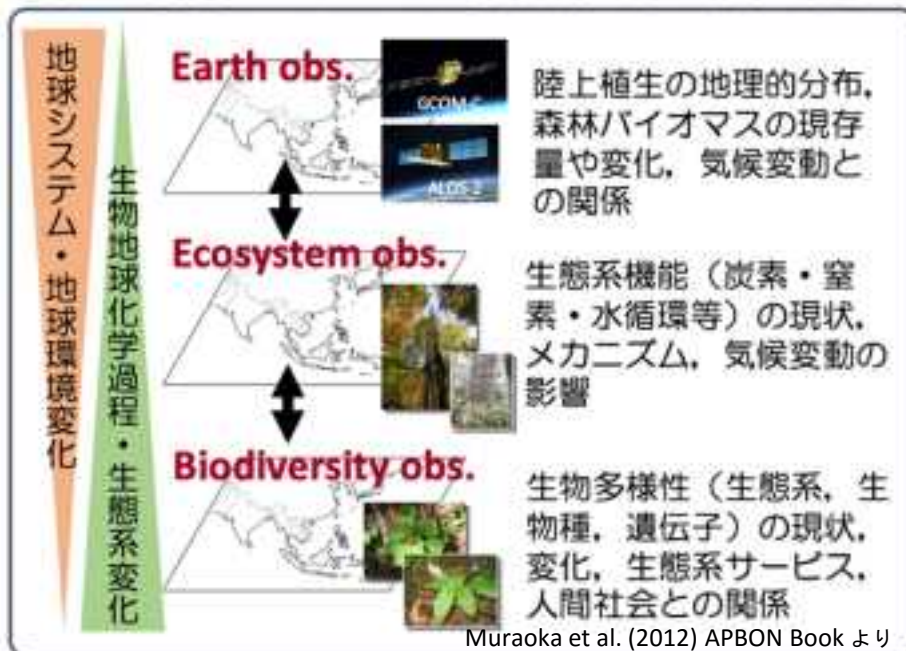
陸上生態系観測システム『マスターサイト』 衛星と地上観測，モデルの連携拠点

気候変動下の生態系・生物多様性の現状把握を広範な時空間スケールで観測・診断する研究・技術を開発・開発する「フィールド拠点」→『マスターサイト（スーパーサイト）』

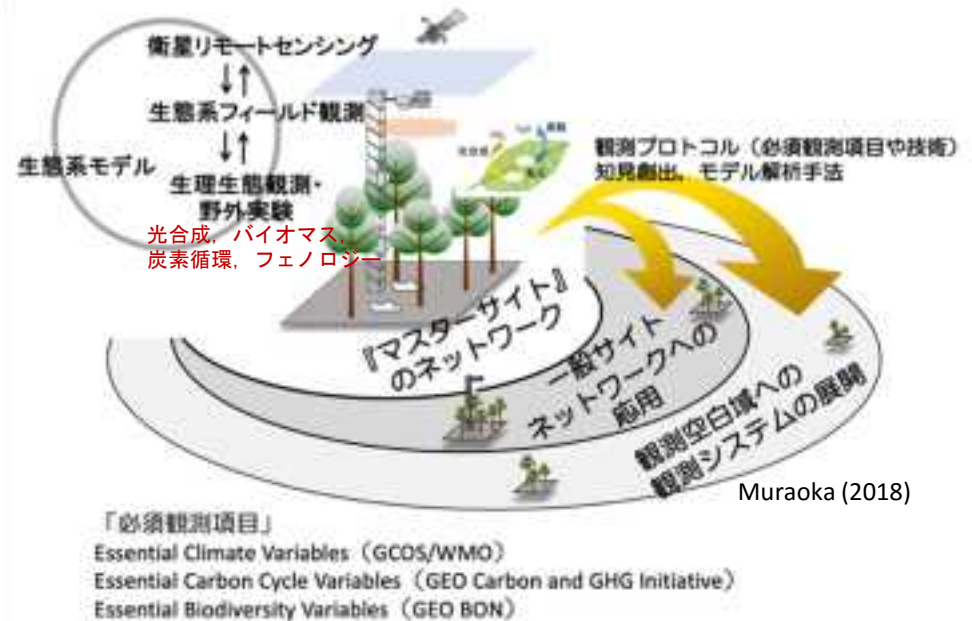
- 地上観測 生態系・生物多様性のメカニズム，及び大気や気象環境との関係の観測・研究
- 衛星観測 陸上生態系や地上部バイオマスの地理的分布と長期的変化の観測
- 数値モデル 生態系機能の諸メカニズムを時空間スケール横断的に解析。気候変動影響予測

『マスターサイト』で開発する観測技術や知見創出学術を全国の観測サイトに展開しながら，観測空白域を解消し，多様な地形・気候帯の生態系を網羅的に監視する。

『衛星生態学』：フィールド生態系科学と衛星観測の融合

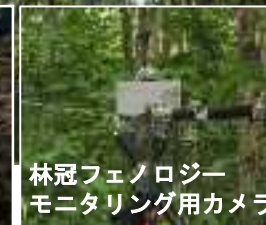
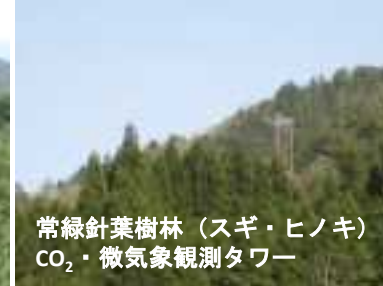
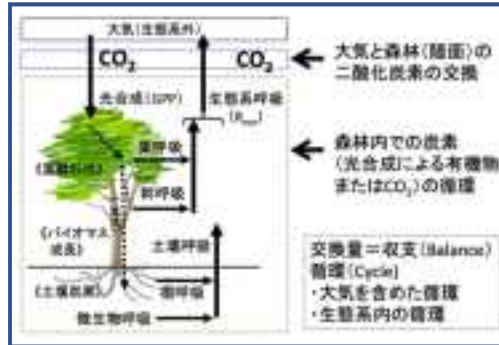


マスターサイトでの重点観測から広域展開へ



JaLTER・JapanFlux スーパーサイトでの観測例

森林生態系の炭素循環・リモートセンシング観測：岐阜大学 高山サイト，北海道大学 苫小牧研究林



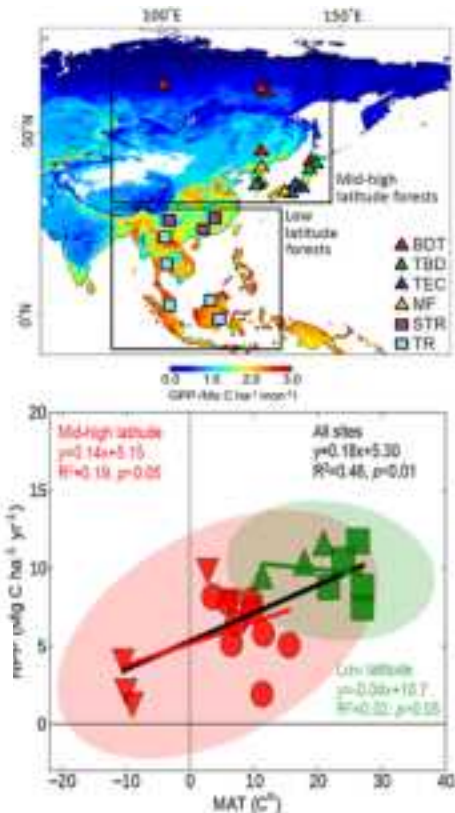
最近の研究成果 (3)

観測ネットワーク間連携: 生態系の変化を多面的に理解できる (ガス収支 + 生態系変化) 横断型データセットの整備

アジアの森林のガス収支と生態系変化のメタ解析

大規模攪乱後の森林回復過程と炭素吸収量の変化 (北海道・天塩サイト)

JaLTER (ILTER-EAP)
JapanFlux (AsiaFlux)
共通サイトの分布

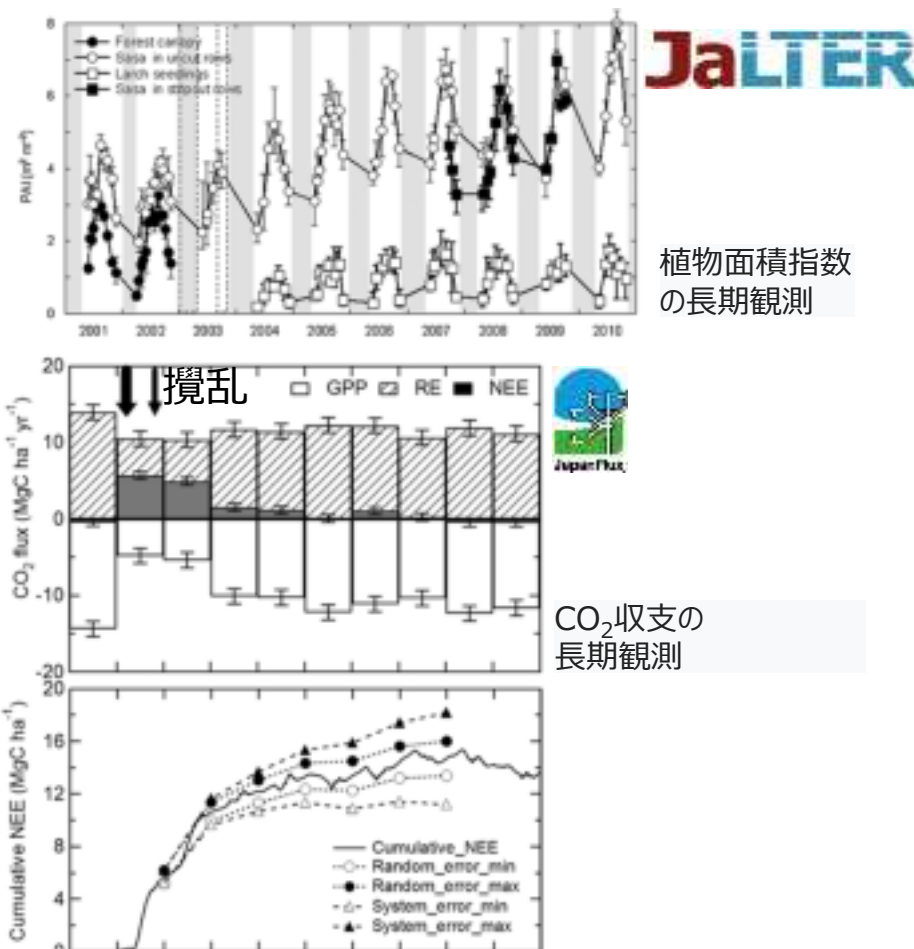


アジア (シベリア～熱帯) における気温と光合成量の関係

アジアの生態系機能データ集 (V1.1)の整備

JapanFlux-JaLTERなどネットワークを繋ぐデータセット

[Kondo et al. 2017]



植物面積指数の長期観測

CO₂収支の長期観測

[Aguilos et al. 2014]



日本フラックス研究ネットワーク

http://www.japanflux.org/
地域ネットワーク：AsiaFlux (http://www.asiaflux.net/)
全球ネットワーク：FLUXNET (http://fluxnet.fluxdata.org/)

JaLTER 日本長期生態学研究ネットワーク

http://www.jalter.org/
地域ネットワーク：ILTER-EAP (https://www.ilter.network)
全球ネットワーク：ILTER (https://www.ilter.network/)

【概要】

アジアフラックス研究ネットワーク (AsiaFlux, 1999年に日本の研究グループが牽引して発足) の日本グループとして2006年に発足。大気-陸域システムの観測ネットワーク。2018年現在で国内38サイト, 海外15サイト (15機関)。
・学術分野：生態学, 森林科学, 環境科学, 陸水学, 農業気象学, 微気象学, ほか
・関連学会：農業気象学会, 日本生態学会, 日本森林学会, 日本地球惑星科学連合
・大学や研究機関の研究者グループによるボトムアップ型の運営
・国際ネットワークとの連携：国際フラックス研究ネットワーク (FLUXNET), AsiaFlux, GEO Carbon and GHG Initiative
・データの公開と共有：Webデータベース, データペーパー

2006年に有志の生態系研究者グループにより発足。生態系・生物多様性の研究ネットワーク。2018年現在で57サイト, うち森林は33サイト (18機関)。
・学術分野：生態学・森林科学・環境科学・陸水学, ほか
・関連学会：日本生態学会, 日本陸水学会, 日本地球惑星科学連合など
・大学や研究機関の研究者グループによるボトムアップ型の運営
・国際ネットワークとの連携：国際長期生態学研究ネットワーク (ILTER, GEOのPO), ILTER東アジア太平洋地域ネットワーク (ILTER-EAP), アジア太平洋生物多様性観測ネットワーク (APBON), GEO Carbon and GHG Initiative
・データの公開と共有：Webデータベース, Ecological Research誌データペーパー

横断的テーマ

【研究・活動課題】

陸面での炭素/GHG循環, 水循環の統合的な観測・モデル研究

- 大気-陸域間の熱・水・物質交換の把握
- 気候変動や伐採等人為活動による生態系への影響, 生態系の復元力・脆弱性の評価, および炭素固定量の定量化
- 温室効果ガスの吸収・排出量の推定
- 森林生態系の攪乱後の回復過程における炭素循環機能の変化メカニズムの解明

気候変動・土地利用変化の下での生態系機能の解明・環境影響評価・予測

- 観測サイトの共有と協働, 比較観測, メタ解析
- CO₂フラックス観測による森林炭素固定評価
- 森林, 草原, 農耕地生態系の炭素循環と収支
- 植生の基盤である植物の生理生態学研究
- 多様な生物の季節性 (フェノロジー), 生態系機能
- 地上観測と生態系モデルの融合による生態系の解明
- リモートセンシング (衛星, UAV等) による観測

生態系の機能や多様性の多面的な調査・野外実験研究

- 生物多様性の成因と変動
- 地球温暖化の生態系への影響, 生態系の復元力・脆弱性評価
- 生態系内の養分・有機物動態
- 動植物の群集動態, 進化生態
- 生態水文過程と水質形成機構
- 環境汚染と生態系修復
- 自然資本・生態系サービスの評価
- 生態系間相互作用 | 陸-海連環

『陸上生態系観測システム (仮称)』

【波及効果】

観測システムの統合・高度化により現在の研究ギャップを埋め, 学術と社会の両面に対して多様な発展・貢献をもたらす

【研究推進】

- 生態系を成す生物, 物質循環, 気候の総合的な長期観測と分析により, 地球環境変動と生態系変化を広範なスケールで検出・解明できる
- 陸上生態系の炭素循環メカニズムを総合的に解明することにより, 大気CO₂濃度調節に関する陸上生態系機能の定量的評価など, 地球環境将来予測の不確実性を低減することができる
- 地上研究, 衛星観測, 数値モデルの統合システムの構築により, 多様な地形および気候に分布する日本の森林生態系機能に対する気候変動影響を解明する研究と予測技術が発展する

【課題解決】

- パリ協定達成に向けた, 陸域での吸収源対策 (炭素固定量) に関する信頼度の高い定量的な数値データを生み出すことができる
- SDGs目標・指標群のうち, 陸域生態系が関与する項目 (生物多様性の損失抑制, 気候変動の適応・影響低減など) について科学的根拠を与え, さらにその方法論を東アジア・東南アジアに展開し, 普遍的な評価軸を構築できる
- 気候変動対策などの効果を地球環境および地域の生態系サービスの両方の観点で評価するデータや知見を供出し, 持続可能な社会デザインの共創に貢献できる

【人材育成・能力開発】

- 陸上生態系を生物学的, 生物地球化学的, 気象観測の観点から総合的に観測・分析・予測して情報発信するプラットフォーム (日本版GEOSS) が拡充し, 当該分野の環境問題解決に貢献できる
- 陸上生態系の諸分野を十分に理解した地上研究や衛星観測の専門人材育成が促進される
- 大気-生態系の炭素監視のための衛星観測技術の高度化, 長期変動検出のための衛星やセンサー開発が促進される
- 観測プロトコルとデータフォーマットの標準化, 観測の効率化, データ流通や知見創出の促進