

第5回環境研究機関連絡会研究交流セミナー
令和6年1月24日

温室効果ガス観測のこれから ～脱炭素社会に向けて～

気象庁気象研究所
気候・環境研究部
坪井 一寛

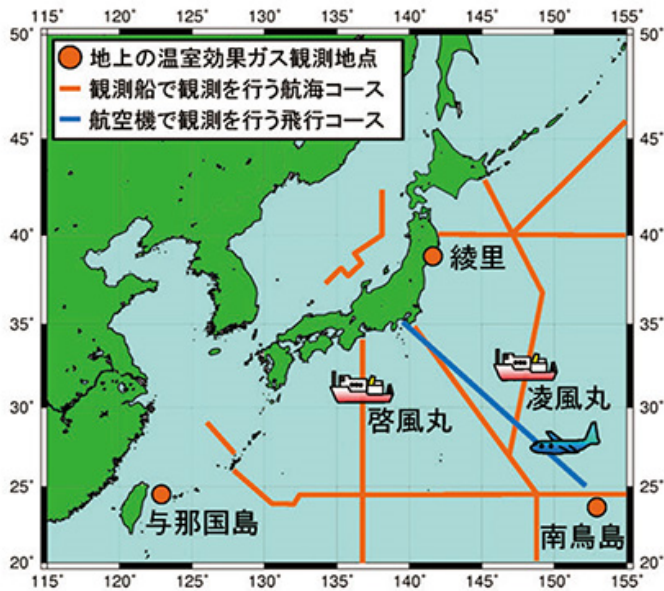


WMO（世界気象機関）の動向

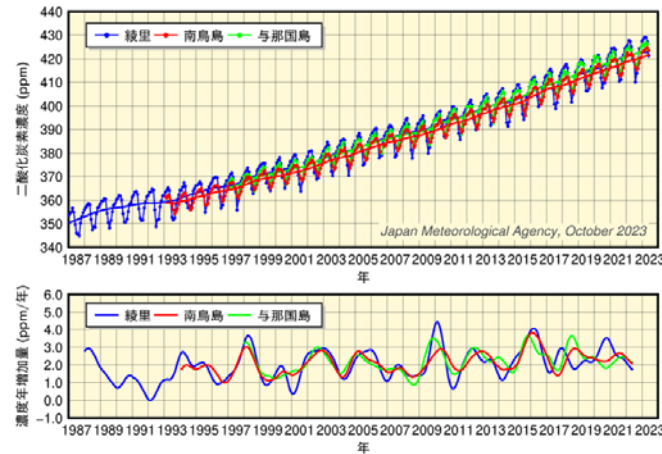
気象庁の実施する温室効果ガス観測

気象庁は、WMOの全球大気監視計画のもと、南鳥島（東京都小笠原村）、与那国島（沖縄県与那国町）、綾里（岩手県大船渡市）や自衛隊航空機C130で温室効果ガスの観測を実施。2隻の海洋気象観測船を用いた海洋観測、大気中のCO2濃度観測を実施。

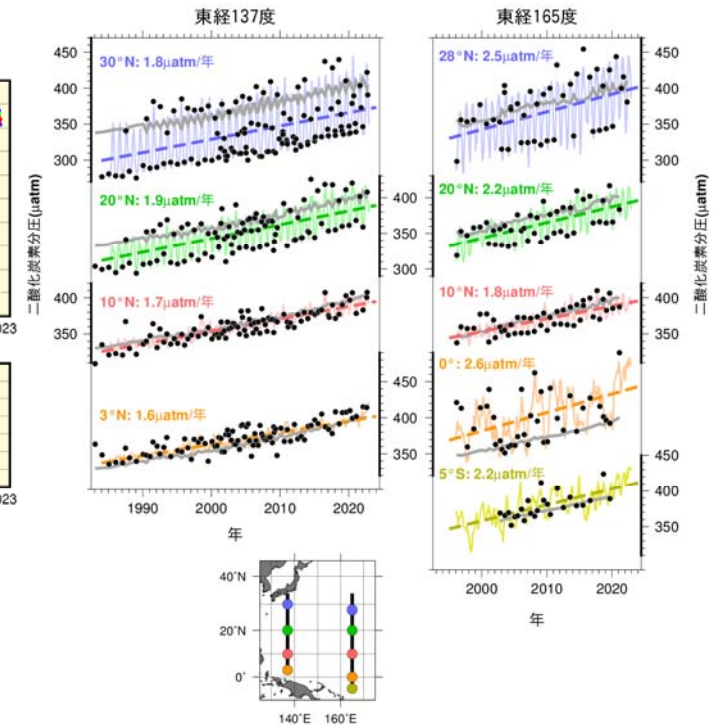
大気中の温室効果ガス観測網



気象庁の観測点における大気中二酸化炭素濃度及び年増加量の経年変化



東経137度線（左図）および東経165度線（右図）における表面海水中と大気中の二酸化炭素分圧*の長期変化



https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html#jma

https://www.data.jma.go.jp/kaiyou/shindan/a_2/co2_trend/co2_trend.html

WMO全球大気監視 (Global Atmosphere Watch)計画 1989～

地球規模の環境の長期的な監視及びその結果の提供を通じて、社会に与える環境上のリスク低減、気候・気象・大気環境に関する予測能力の向上及び環境政策の支援に関する科学的アセスメントに寄与することを目的

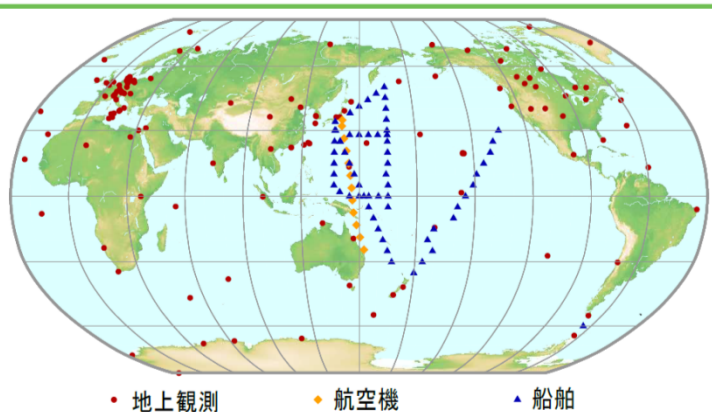


図3 GAW観測ネットワークを構成する最近10年間の二酸化炭素観測地点。メタンの観測ネットワークもこれと同様である。一酸化二窒素及び他の長寿命温室効果ガスの現場観測ネットワークは、はるかに密度が小さい。

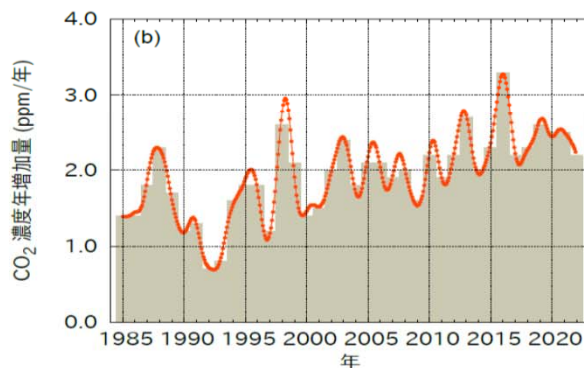
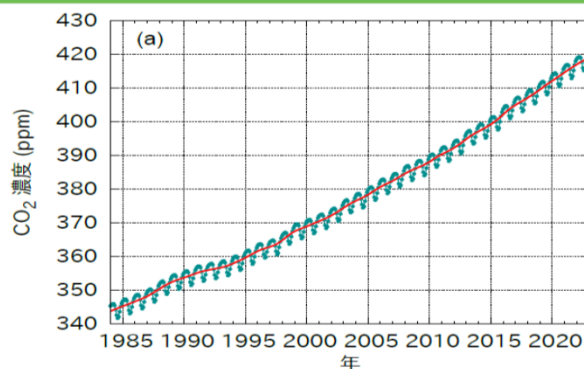
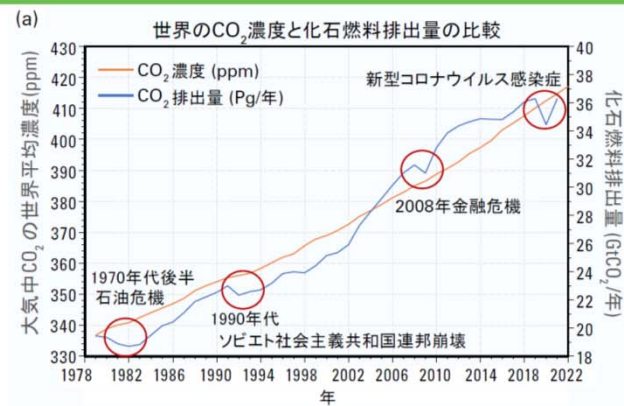


図5 二酸化炭素の1984年から2022年までの(a)世界平均濃度⁽¹⁾と(b)その一年あたりの増加量。(b)の塗りつぶし棒グラフは前年からの濃度差。(a)の赤線は季節変動を除いた月平均値、線で結んだ青点は月平均値を表す。この解析に使用した観測点は146地点。

表 GAW 温室効果ガス観測ネットワークによる主な温室効果ガスの地上の世界平均濃度(2022年)と増加量。単位は濃度で誤差幅は68%の信頼限界による。平均手法は、GAWレポートNo.184[7]に記載している。

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
世界平均濃度(2022年)	417.9±0.2 ppm	1923±2 ppb	335.8±0.1 ppb
1750年と比較した存在比 ^a	150%	264%	124%
2021年から2022年までの増加量	2.2 ppm	16 ppb	1.4 ppb
2021年からの増加分の比率	0.53%	0.84%	0.42%
世界平均濃度の最近10年間の平均年増加量	2.46 ppm/年	10.2 ppb/年	1.05 ppb/年

^a 工業化以前の濃度を、二酸化炭素(CO₂)は278.3 ppm、メタン(CH₄)は729.2 ppb、一酸化二窒素(N₂O)は270.1 ppbと仮定した。本解析に使用した観測点数は、CO₂(146地点)、CH₄(151地点)、N₂O(109地点)。

Bulletin No. 19: November 2023

<https://community.wmo.int/en/wmo-greenhouse-gas-bulletins>
https://www.data.jma.go.jp/gmd/env/info/wdscgg/GHG_Bulletin-19_j.pdf

WMO 全球温室効果ガス監視計画 Global Greenhouse Gas Watch

2023年5月、第19回WMO総会にてコンセプトが承認される、2024年6月第78回執行理事会で実行計画承認予定
世界の温室効果ガス(GHG)観測の一層の充実及び関連するデータ・プロダクトの国際的な交換及び利用を推進
パリ協定の長期目標達成に向けた世界全体での取組状況の監視・評価等への貢献

BOTTOM-UP

Add up individual sources and sinks of greenhouse gases and estimate anthropogenic emissions

Can provide very accurate estimation of anthropogenic emissions

Bulk data national only, 1-2 years delayed

Does not work well in developing countries

Does not work for most natural sources/sinks

Almost all activities under IPCC and the Paris Agreement are based on bottom-up



TOP-DOWN

Use atmospheric modeling together with measurements of greenhouse gas concentrations to calculate total net gas fluxes

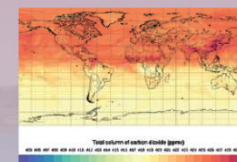
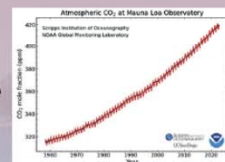
Direct link to concentration curves

Global coverage, spatially disaggregated

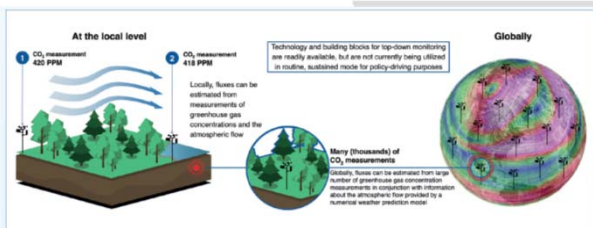
Estimates of net fluxes rather than of emissions

Can be made available in near-real time

Top-down technology mature, used by Parties individually, not yet in context of Paris Agreement



WMO 全球温室効果ガス監視計画 Global Greenhouse Gas Watch



2024

Full implementation plan to be approved by the WMO Executive Council (some implementation activities already underway)

G3W の主なコンポーネント

- ❖ 地表ベースおよび衛星ベースの観測
- ❖ 事前の見積り
- ❖ 入力データと出力データのほぼリアルタイムの国際交換
- ❖ グローバルな高解像度モデリング/データ同化

2023

Earth Information Day 2023
SBSTA-59
COP28

2026

Monthly multi-model flux estimates for CO₂, CH₄ and N₂O at 100 km x 100 km resolution

2030

Estimates at 1 km x 1 km resolution will be possible if observing network is properly resourced

2027-2028

Second Global Stocktake

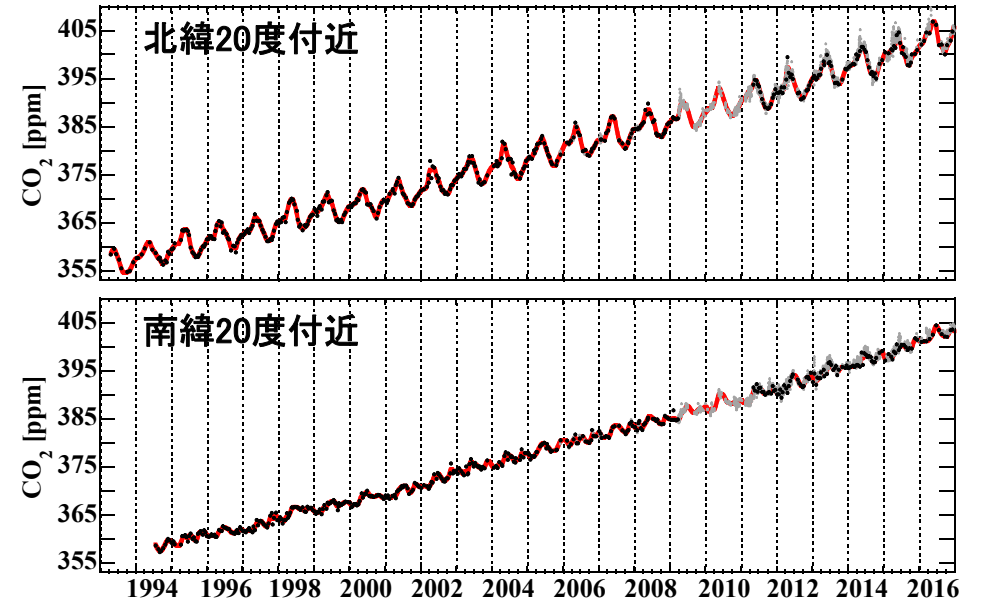
主なアウトプット
温室効果ガス (CO₂, CH₄, N₂O) のフラックスに関する統合された信頼できる月次推定値。
当初は 100 km x 100 km のグリッド解像度
10 年以内に 1 km x 1 km の解像度になることを目指す。



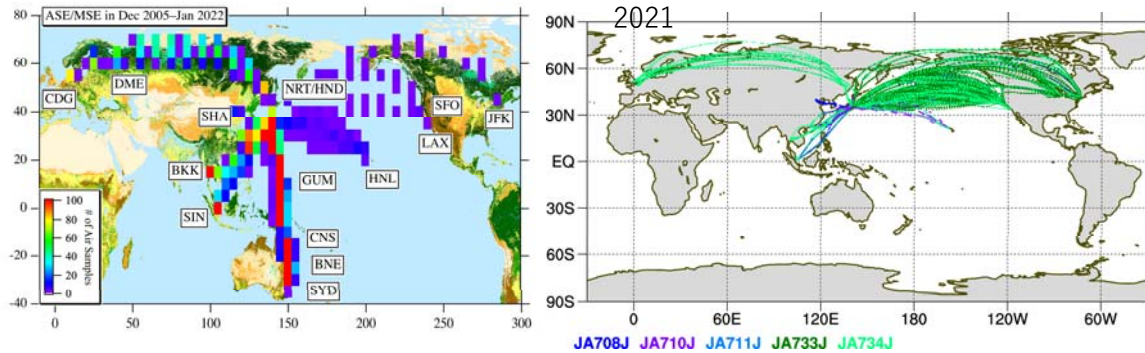
https://wmo.int/sites/default/files/2023-11/23565_GGMI_brochure_nov2023_en_2811%20%281%29.pdf

気象研究所の関連する取組

民間旅客機を利用した温室効果ガス観測



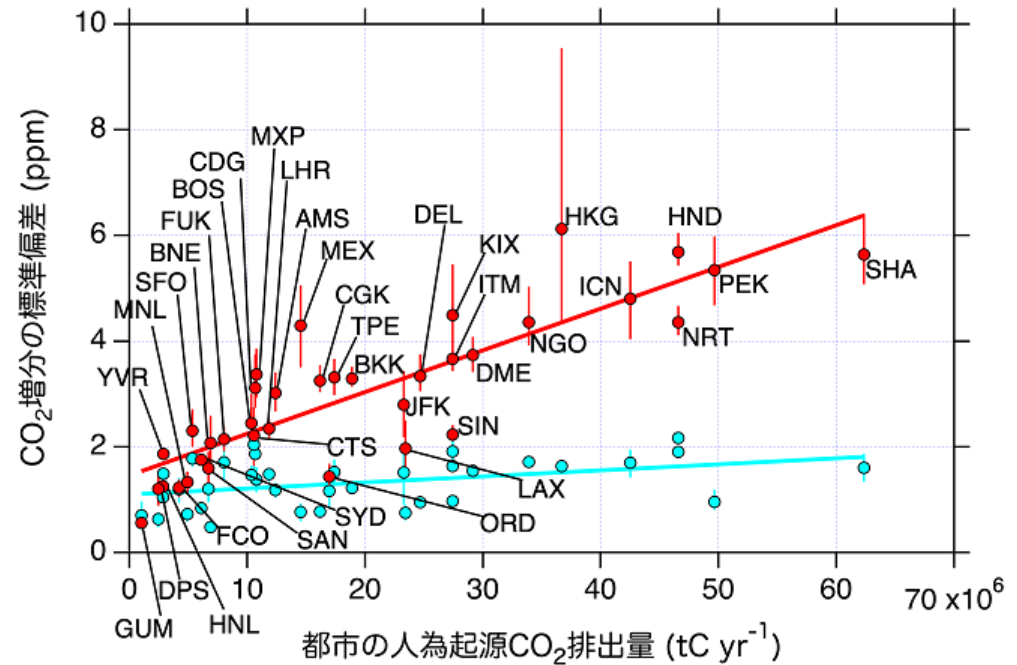
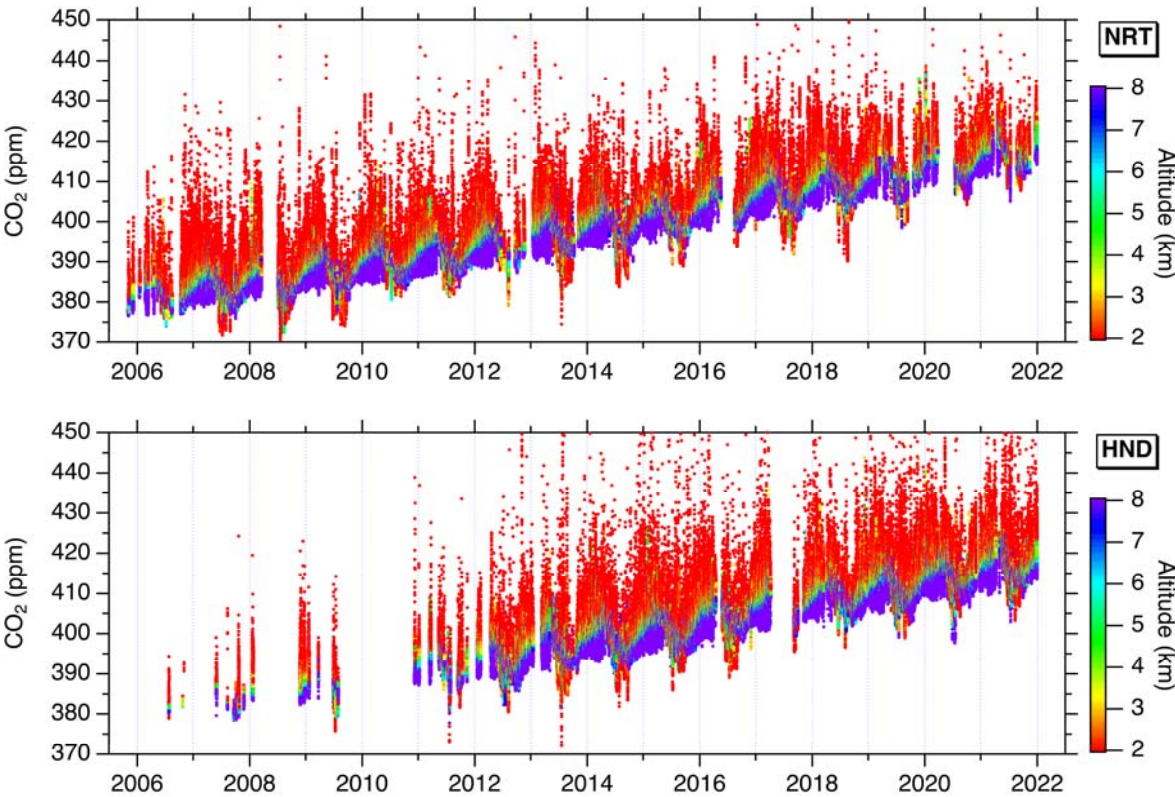
日豪路線ASEで観測された高度約10kmのCO₂濃度



<https://cger.nies.go.jp/contrail/index.html>

空港離発着時の二酸化炭素濃度観測結果

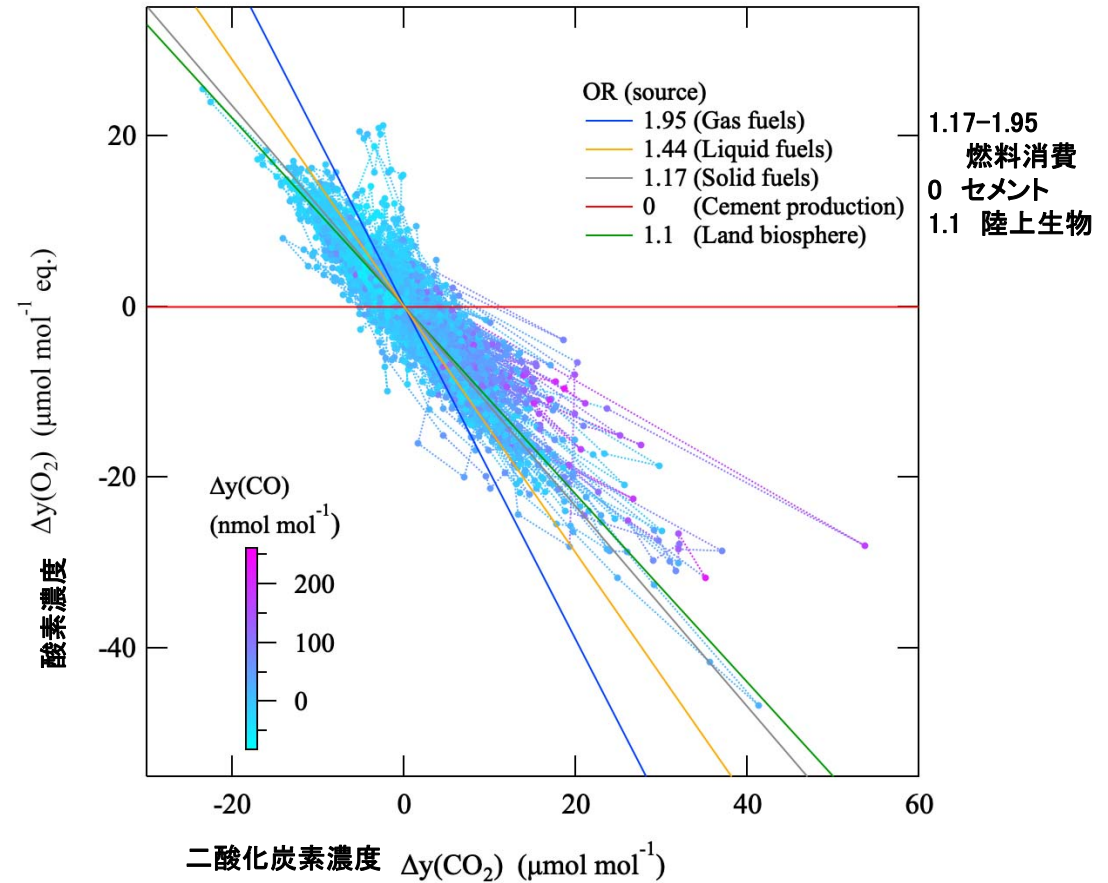
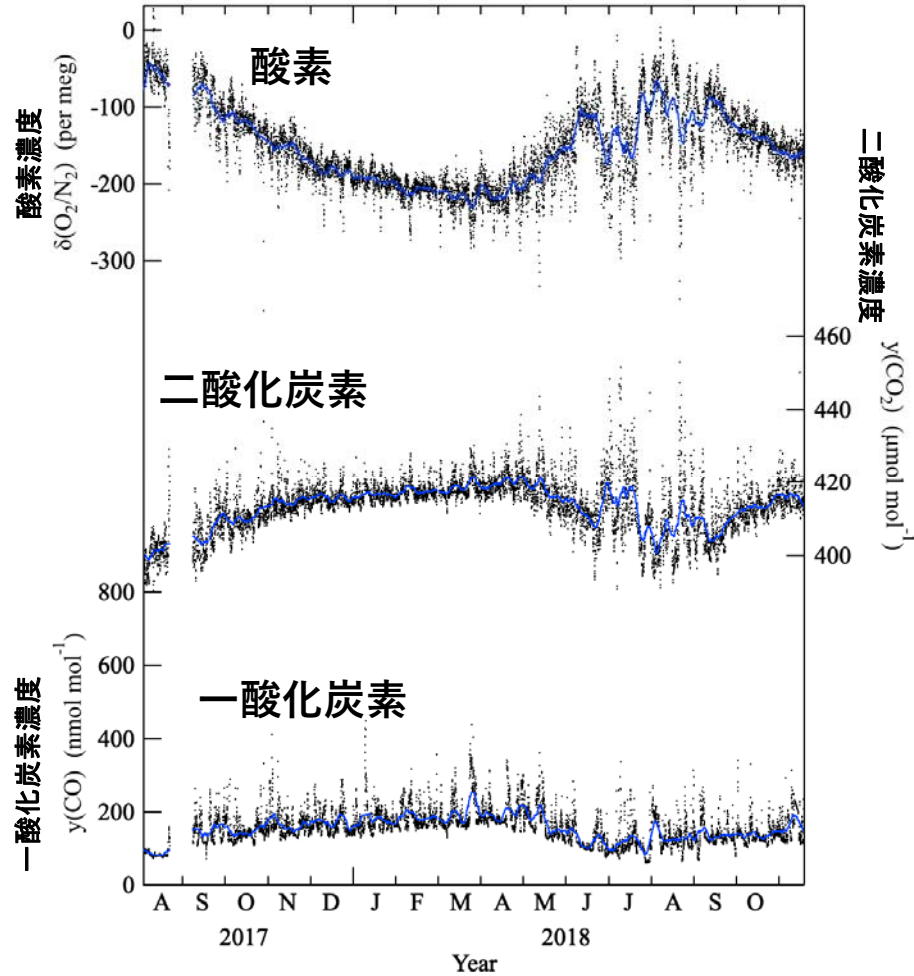
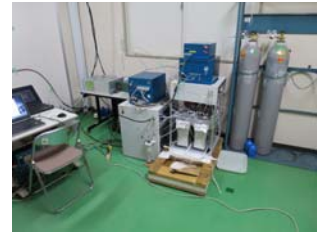
世界の空港上空でのCO₂濃度データが近隣都市からのCO₂排出の影響を明瞭に捉えていることを示す。
各都市域の排出統計の報告を観測データに基づいて監視
温室効果ガスインベントリの精度向上にも貢献できると期待される



世界各国の空港上空におけるCO₂増分の変動幅（標準偏差）と各都市からの人為起源CO₂排出量との関係。

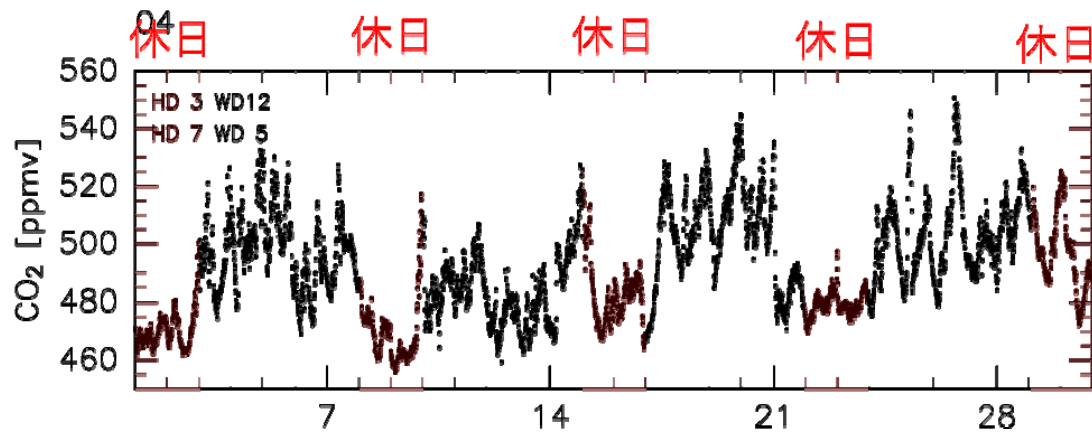
大気中CO₂・酸素濃度同時観測（岩手県大船渡市）

セメント生産（石灰石CaCO₃→生石灰CaO + CO₂）のように酸素濃度の増減のない、CO₂回収や貯留の評価に同時観測が有効であることを示唆

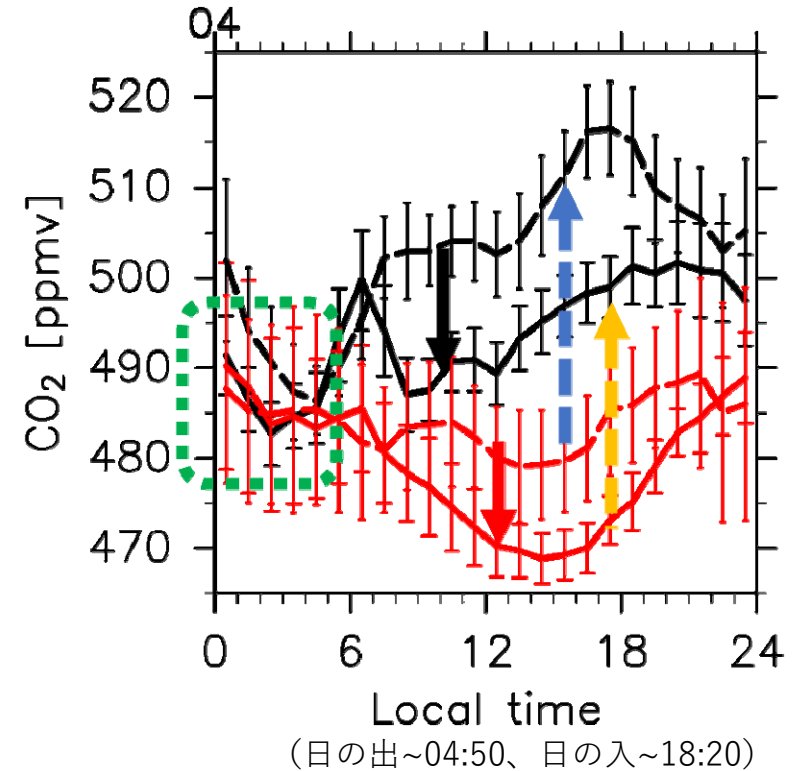


廉価小型センサーの試験観測（札幌管区気象台）

簡易観測装置・手法にて、どれだけ確からしいデータが得られるか試験。より密な観測網の構築により、地方都市での脱炭素対策の効果検討材料の提供や市民の意識啓発への貢献を目指す



CO₂濃度の平均日変動
カテゴリー別



本発表内容の観測実施者

国立環境研究所

町田敏暢、丹羽洋介、梅澤拓、笹川基樹

産業技術総合研究所

石戸谷重之、村山昌平

気象庁 大気海洋部 環境・海洋気象課

札幌管区気象台 稲飯洋一

気象研究所

坪井一寛、石島健太郎、藤田遼、松枝秀和

民間旅客機や綾里O₂の観測は、
環境省 地球環境保全等試験研究費にて実施

まとめ

- 世界的には課題が多い中、日本国内は関係機関が連携し長期的に多様な温室効果ガス観測を実施してきており、既存の観測技術の活用や継続・発展により排出量など収支の監視に貢献可能
- G3Wに向けた観測データの品質管理や即時提供などの対応や体制が必要
- 観測に基づく排出量の推定や評価などで関係する事業者や研究者との協同の方向も