

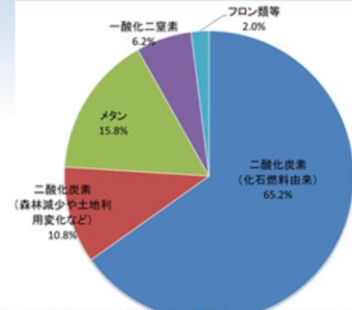


第1章 基礎編

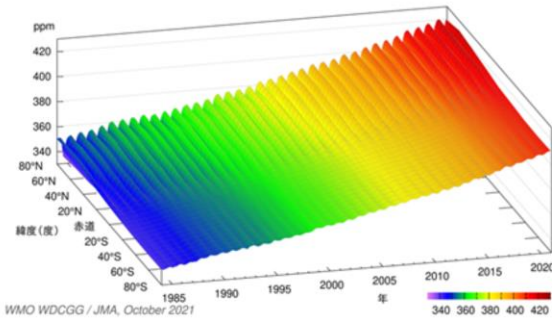
1.7.18 二酸化炭素輸送モデル

温室効果ガスの種類とその観測濃度

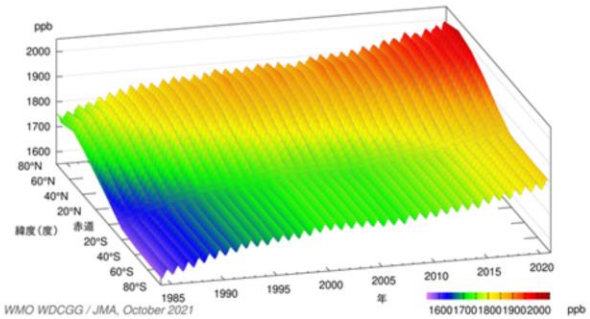
- ▶ 人間活動によって増加した主な温室効果ガス: 二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、フロンガス
- ▶ 二酸化炭素は地球温暖化に及ぼす影響がもっとも大きな温室効果ガス



人為起源の温室効果ガスの総排出量に占めるガスの種類別の割合 (2010年の二酸化炭素換算量での数値: IPCC第5次評価報告書より作図)



緯度帯ごとに平均した大気中の二酸化炭素濃度の変動



左図と同様。ただしメタン濃度



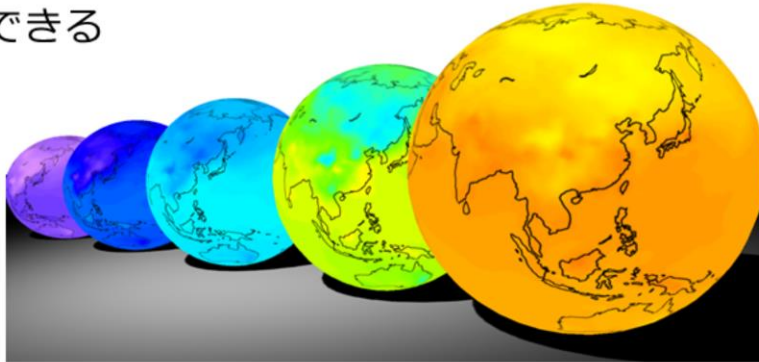
人間活動によって増加した主な温室効果ガスには、二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、一酸化二窒素(N₂O)、フロンガスがある。フロンガスとは、クロロフルオロカーボン(CFC-11, CFC-12など(C, F, Cl から構成))の総称である。また、ハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC-22 など(C, F, Cl, Hから構成))なども広義には含まれる。

大気中のCO₂濃度を緯度別にみると、特に北半球で、北ほど濃度が高い傾向にある。近年になるほど、熱帯・南半球との差が大きくなってきている。

メタンもCO₂同様の傾向だが、1985年段階でも北半球熱帯から中高緯度の濃度が相対的に大きく、CO₂ほど一定の増加ではない(2000年代前半に増加が一時鈍化)。メタンの排出原因は、自然起源(熱帯の湿地微生物やシロアリなどの分解作用)が4割、残りは人為起源(稲作、バイオマス燃焼、家畜のゲップなど)である。

二酸化炭素解析システムによる 二酸化炭素分布情報の提供

- 世界各地で観測された二酸化炭素濃度データをもとに、数値シミュレーション（二酸化炭素解析システム）を用いて地球の様々な地域における濃度分布を推定
- 任意の年月や場所の二酸化炭素濃度の分布などを見ることができ



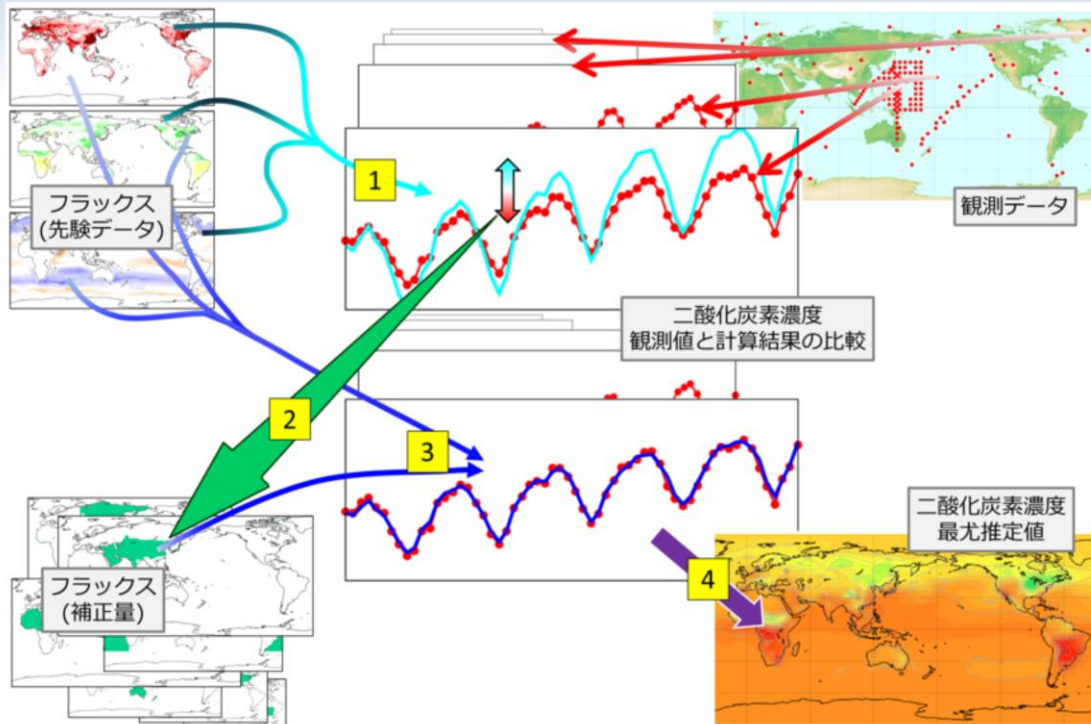
https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/info_kanshi.html（気象庁HP二酸化炭素分布情報）

二酸化炭素解析システムを用いて、世界各地で観測された二酸化炭素濃度データをもとに、地球の様々な地域における濃度分布を推定した二酸化炭素分布情報を提供している。任意の年月や場所の二酸化炭素濃度の分布などを見ることができる。

季節変動を繰り返しながら、年々濃度は増加している。北半球は特に季節変動が大きい。これは陸上生物圏のCO₂吸収・排出が反映された結果である。

本システムでは、GSMに二酸化炭素の輸送過程を組み込んだモデルGSAM-TM（水平格子間隔約110 km鉛直層数60層）と逆解析（二酸化炭素の放出・吸収量の補正）を組み合わせた手法を用いている。2015年度に約180 kmの水平分解能で運用を開始し、2020年2月にはより細かい情報を提供するために水平分解能の高解像度化を行った（約180 km⇒約110 km）。

二酸化炭素濃度解析システム



二酸化炭素解析システムについて述べる。二酸化炭素濃度の数値シミュレーションにおいては、フラックス(単位時間あたりに単位面積の地表面または海表面から大気中に入り出す二酸化炭素の量)が基本的な推定量となる。表面のある一地点でのフラックスは風による二酸化炭素の輸送を通じて、上空を含む広い領域の濃度に長期にわたって影響を及ぼす。言い換えると、ひとつの地点・時刻の濃度は、すべてのフラックスからの寄与分の総和として求められる。このような寄与の計算は、大気輸送モデルに基づいて行われる。気象庁では、GSAM-TMを採用している。

計算に先んじて、様々な研究に基づいた先験的なフラックスを用意する。ここでは、人間の活動、陸上生物圏の活動、海洋の働きに相当する3種類の先験的なフラックスを用いている。これらのフラックスから、大気輸送モデルに従って各地点・各時刻の濃度が算出される(1)。こうして推定された濃度は、現実に観測された濃度とは一般に異なるため、以下の手法によって補正する。

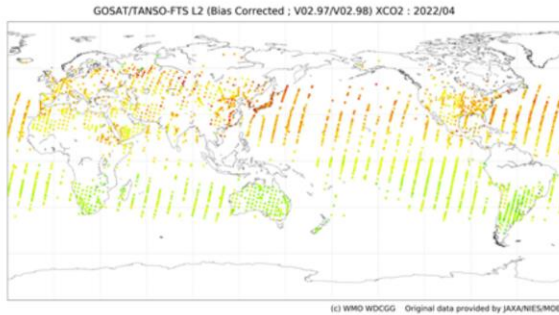
地球全体をいくつかの領域に分け、各々の領域における月あたり単位量のフラックスが各地点・各時刻の濃度へどのように寄与するかを算出する。そして、上述した推定値と観測値との差異が最も良く補われるように各領域に対して係数を割り当てる。係数の決定に際しては、先験的なフラックスと観測値それぞれの誤差を適切に考慮する必要がある。この係数を乗じた各領域のフラックスが先験的なフラックスに対する補正量となる(2、3)。

先験的なフラックスと補正分のフラックスに基づいて算出された濃度は、計算上最も良い推定値(最尤推定値)とみなすことができる(4)。このようにして算出された濃度分布が、気象庁の『二酸化炭素分布情報』に用いられる。

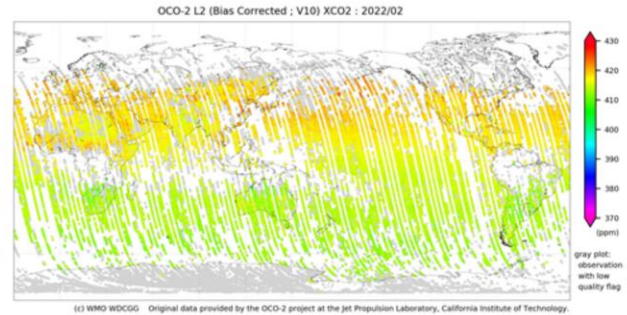
詳しくはNakamura et al. (2015)や、Maki et al.(2010)、地球環境・海洋部 環境気象管理官ほか (2009)を参照されたい。

【今後】衛星観測データの利用

- 環境省のGOSAT衛星、NASAのOCO-2など、衛星によるCO₂観測が発展しつつある。
- 逆解析への利用が今後期待される。



GOSATによる衛星観測
気柱平均CO₂ (XCO₂)



OCO-2による衛星観測
気柱平均CO₂ (XCO₂)

世界温室効果ガスデータセンター(WDCGG)のサイトから引用



二酸化炭素分布情報の大きな課題として、二酸化炭素解析の入力データに用いている観測地点の偏在があり、世界全体の均質的な解析に大きな支障となっている。その対応として、広範囲を一様な品質で観測する衛星観測の利用が考えられることから、気象研究所では衛星観測データの同化利用のための開発が進められている。

GOSAT: (愛称「いぶき」) CO₂やメタンなどの温室効果気体の観測衛星(JAXA、環境省、国立環境研究所、2009年1月～)

OCO-2: 軌道上炭素観測衛星 Orbiting Carbon Observatory (NASA、2014年～)

参考文献

- 地球環境・海洋部 環境気象管理官・気象研究所・神戸海洋気象台(2009): 二酸化炭素分布情報(について) . 測候時報, **76**, 221-229.
- Maki, T., M. Ikegami, T. Fujita, T. Hirahara, K. Yamada, K. Mori, A. Takeuchi, Y. Tsutsumi, K. Suda, and T. J. Conway, 2010: New technique to analyse global distributions of CO2 concentrations and fluxes from non-processed observational data. *Tellus*, **62B**, 797-809.
- Nakamura, T., T. Maki, T. Machida, H. Matsueda, Y. Sawa, and Y. Niwa, 14-18 Dec. 2015: Improvement of Atmospheric CO2 Inversion Analysis at JMA. AGU Fall Meeting, San Francisco, A31B-0033, (<https://agu.confex.com/agu/fm15/meetingapp.cgi/Paper/64173>).