

海洋表層CO₂観測とそのデータ利用 ～ 国際データベースSOCATによる データ品質管理 ～

国立環境研究所 地球環境研究センター
大気・海洋モニタリング推進室
中岡 慎一郎

今日の発表内容

- 大気と海洋のCO₂分布の違い
- 環境研の商船による太平洋CO₂観測とSOCATによる観測データ公開
- SOCATを用いたpCO₂分布と大気海洋間CO₂交換量の推定研究



大気中CO₂濃度の時空間変化

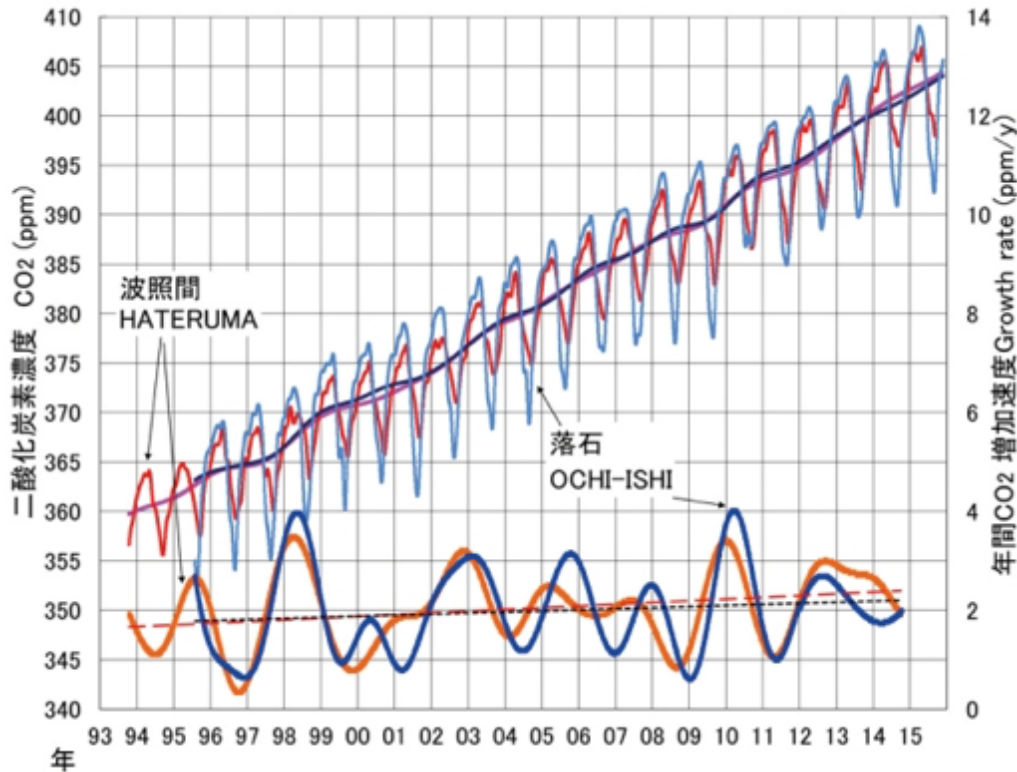


図 環境研による波照間島と落石岬のCO₂濃度変化
(環境儀No.62より)

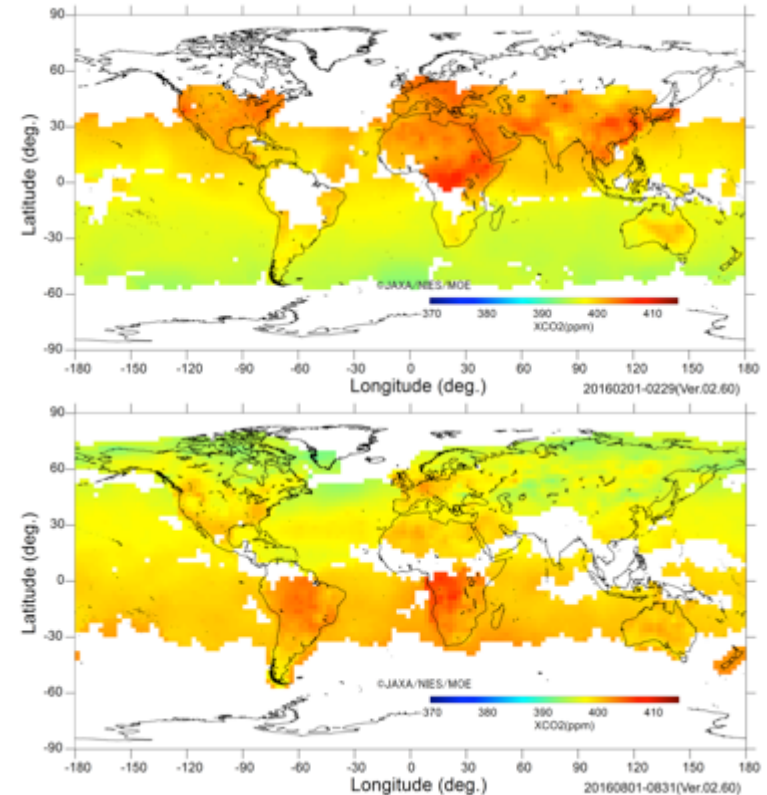


図 温室効果ガス観測衛星「いぶき」による
昨年2月(上)と8月(下)のCO₂濃度分布
(環境研GOSAT HPより)

大気中二酸化炭素 (CO₂) 濃度の時空間変化

- ・特に北半球では陸域生態系の光合成活動により季節的に変化
- ・バックグラウンドでは10~15ppm程度の範囲内で一様
- ・近年は濃度だけでなく、その増加率も上昇傾向にある

海洋表層CO₂分圧の時空間変化

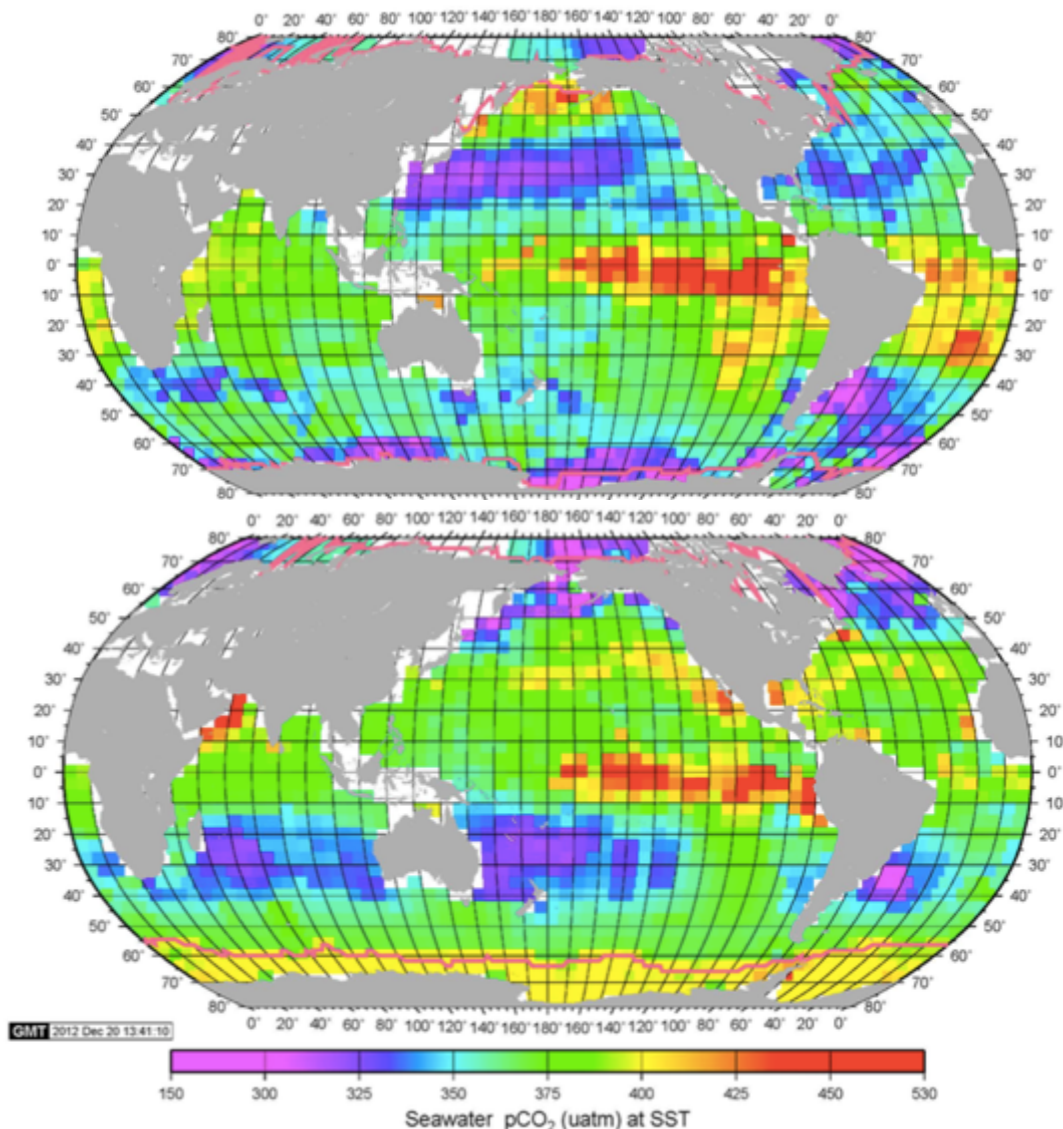


図 2月（上）と8月（下）の海洋表層のpCO₂平年分布

(Takahashi et al. 2009)

海洋中CO₂分圧 (pCO₂) :
200~500 μatm
季節変化 : $\sim\pm 100 \mu\text{atm}$ 程度

水温や植物プランクトンの
光合成活動などにより（大気
と比べて）海域によっても
季節によっても大きく変化

海洋では大気に比べて振幅で
約10倍の変動が起こっている

観測に基づいた全球pCO₂や
CO₂交換量の年々変動やトレ
ンドを把握するのはこれまで
困難だった

海洋表層pCO₂の時空間変化

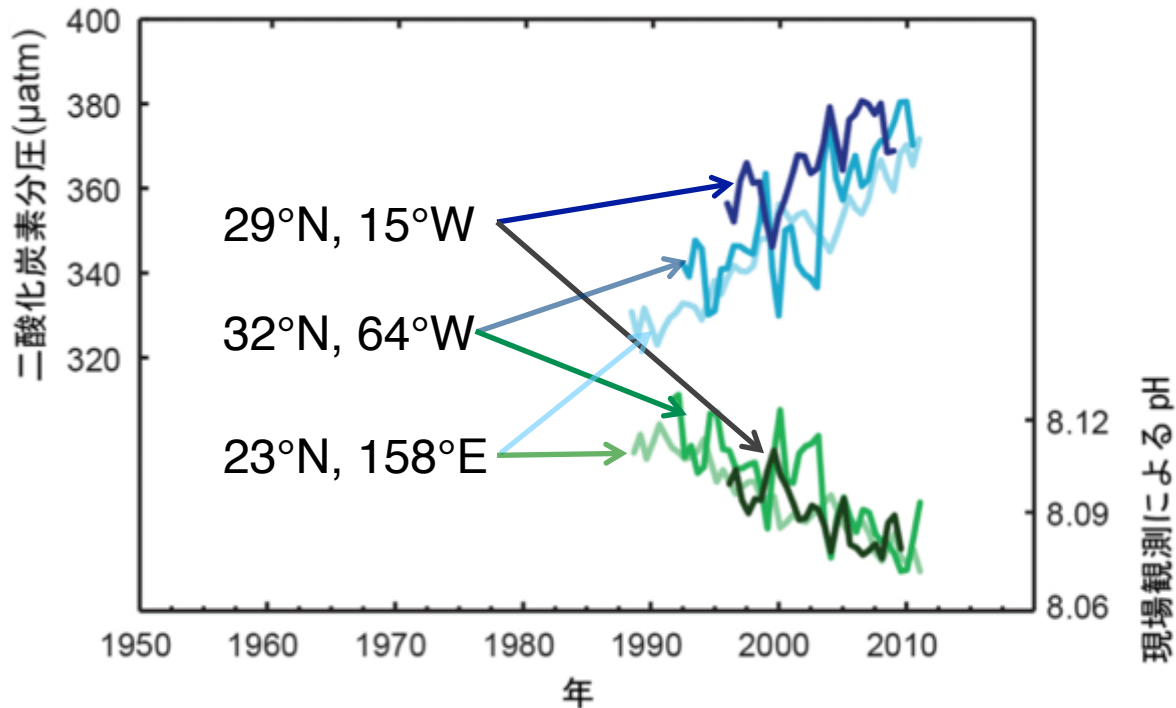


図 北太平洋と北大西洋の海洋pCO₂とpHの時間変化

(IPCC AR5 WG1報告書より)

海洋pCO₂も（大きな季節・年々変動を繰り返しながら）増加傾向

pHは低下傾向 → 海洋酸性化という別の（“双子の”）問題を引き起こす

CO₂観測を行うことで、大気海洋間CO₂交換のみならず海洋酸性化に関する知見を得られる

環境研のVolunteer Observing Ships (VOS) 観測

1995年よりVOS観測を実施し、現在は2隻体制を継続している

Trans Future 5 (トヨフジ海運)



用途：多目的運搬船

航路：名古屋～豪～NZ

期間：6週間

観測開始時期:2006年2月～

New Century 2 (鹿児島船舶)



用途：自動車運搬船

航路：豊橋～アメリカ西海岸

orアメリカ東海岸

期間：4週間（西海岸）～

8週間（東海岸）

観測開始時期：2014年4月～

環境研のVolunteer Observing Ships (VOS) 観測

測定項目 (Trans Future 5)

海水中のCO₂濃度と同じ空気を平衡器で生成して空气中CO₂濃度と同様にNDIRで測定



大気観測室

連続：CO₂、O₃、CO、(CH₄)
ボトル測定：CO₂、CH₄、N₂O、
SF₆、H₂、O₂/N₂、 $\delta^{13,14}\text{C-CO}_2$ etc

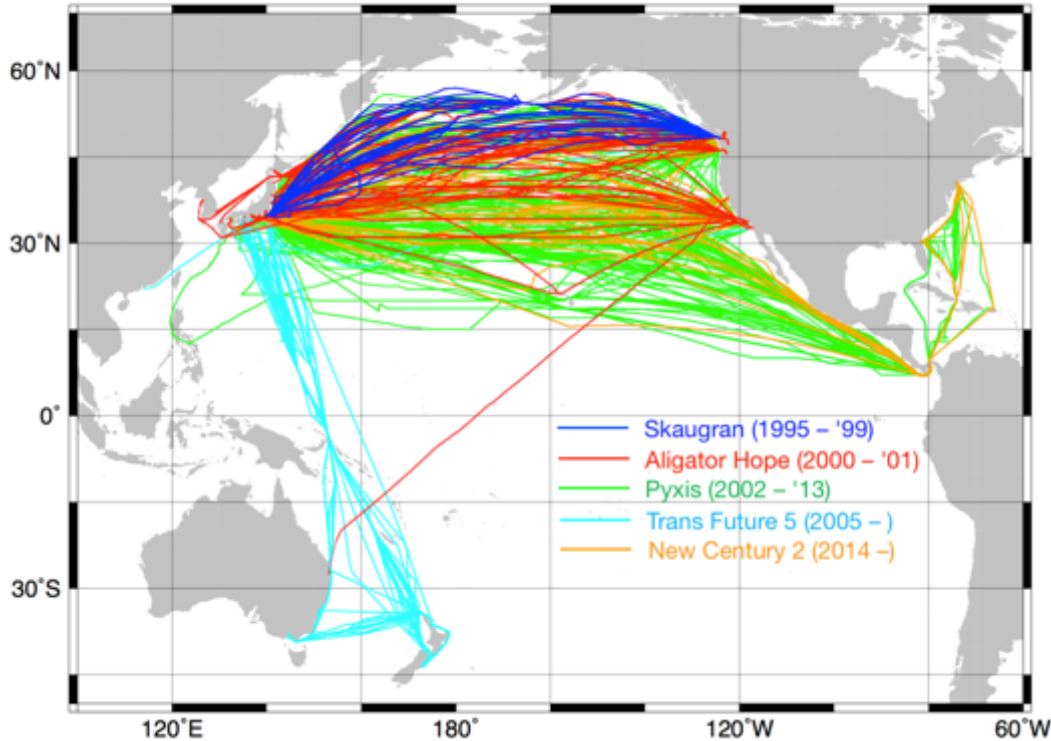


海洋観測室

連続：CO₂、表層水温、塩分、蛍光光度、
酸素、pH
採水：栄養塩、クロロフィル濃度、塩分

海洋CO₂だけでなく、大気の各種温室効果ガス成分や同位体比等を観測

環境研のVolunteer Observing Ships (VOS) 観測



VOS観測の特徴

メリット

- ・ 広大な海域を高頻度で観測可能
- ・ 観測維持のコストが安い

デメリット

- ・ 観測海域は船任せ
- ・ 停船観測 (=各層観測) ができない

研究船観測の特徴

メリット

- ・ 狙った海域での観測が可能
- ・ 停船観測ができる

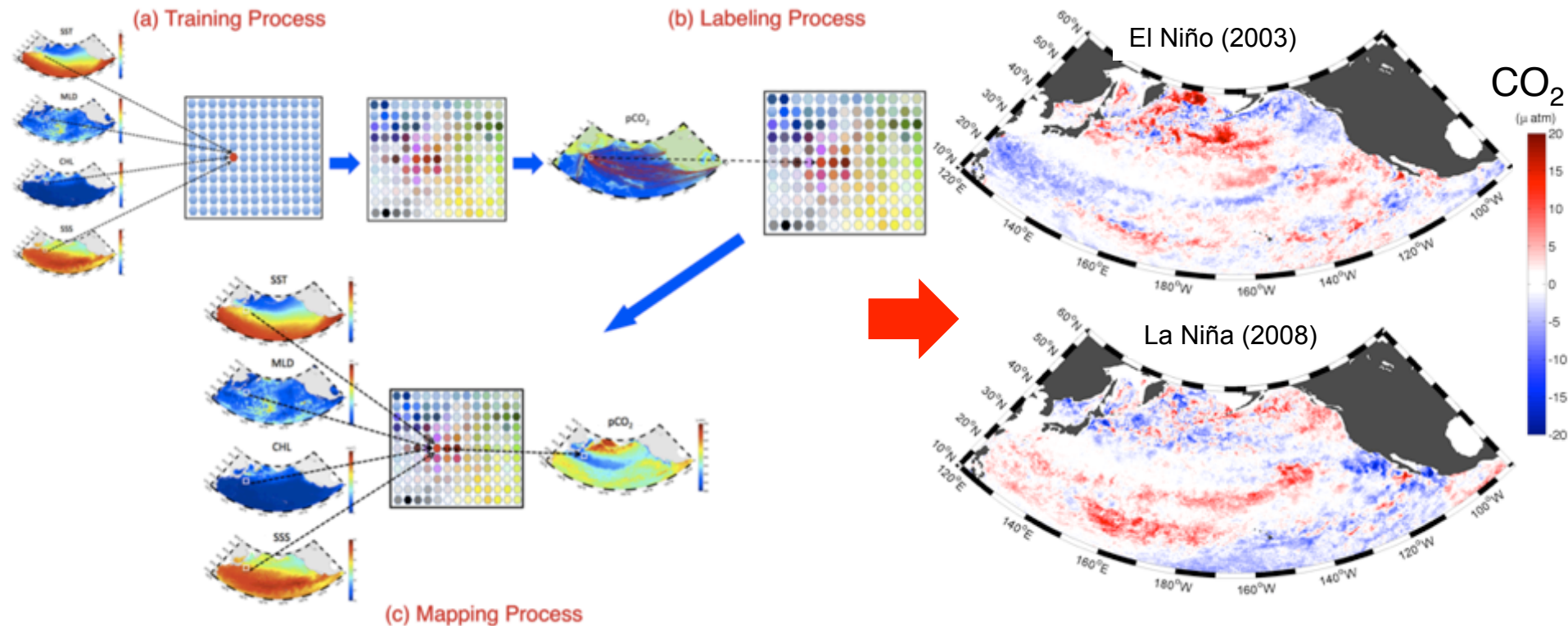
デメリット

- ・ 観測コスト (燃料代、維持費) が膨大

海洋炭素循環研究ではVOSと研究船を組み合わせた観測が有用

解析成果紹介

人工知能を利用した手法を用い、過去の観測例を基に海洋環境に近いCO₂値を経験的に導く。



エルニーニョやラニーニャなどの気候変化に対して、海水中のCO₂が
どういう応答を示すかといったことを調べることも可能になる

国際データベースSOCATからのデータ公開

SOCAT (Surface Ocean CO₂ Atlas) : 海洋表層のCO₂データベース

特徴 : 海洋pCO₂研究者・データマネージャーが統一基準を基に観測データを評価 (Quality Control /Quality Assurance: QA/QC)

Version 4 Data Products:

- Data Set Viewer
- Gridded Data Viewer
- Table of Data Sets
- Data Download
- Data Upload and QC
- Fair Data Use
- Products using SOCAT

SOCAT Credits

SOCAT Version 3

SOCAT Documentation:

- About
- News
- Meetings
- Publications
- Presentations

SOCAT Help:

- Videos
- Frequently Asked Questions

Follow @SOCAT_CO2

Please contact submit@socat.info to report problems.

This page is hosted by [Benjamin Pfeil](#), University of Bergen/Bjerknes Centre for Climate Research/SKD, Bergen (Norway)

2007年発足

2011年初版公開

2013年第2版

2015年第3版

2016年第4版

近年は毎年更新となり

りGlobal Carbon

Budget 年次報告書に

貢献

環境研はSOCAT発足

以来、北太平洋の

QC/QAを担当

<http://socat.info>

国際データベースSOCATからのデータ公開

評価：航海ごとに、観測データをA～Eまでフラグ付け

基準 (Standard Operation Procedures)

- ・ 海面水温と平衡器水温を0.05°C以内の精度で測定しているか？
- ・ 実験室の気圧を2hPa以下の精度で測定しているか？
- ・ CO₂の測定にNDIR, Gas Chromatograph, Cavity ring-downのいずれかの機器が用いられているか？
- ・ 機器の校正に用いられる標準ガスを(0ppm以外で) 2本以上用いて、それらはWMOの標準ガストレーサブルか？

→ 上記を全て満たし、2 μ atm (ppm)以下 (B flag以上) の測定精度を確保

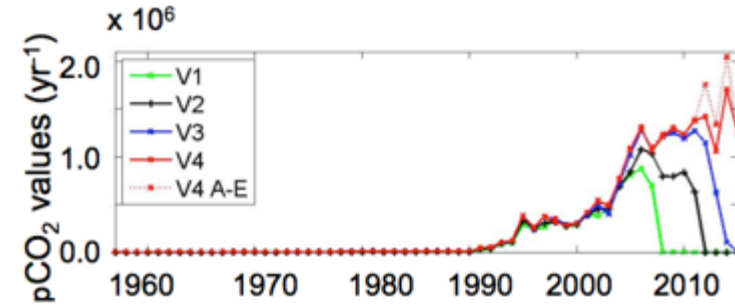
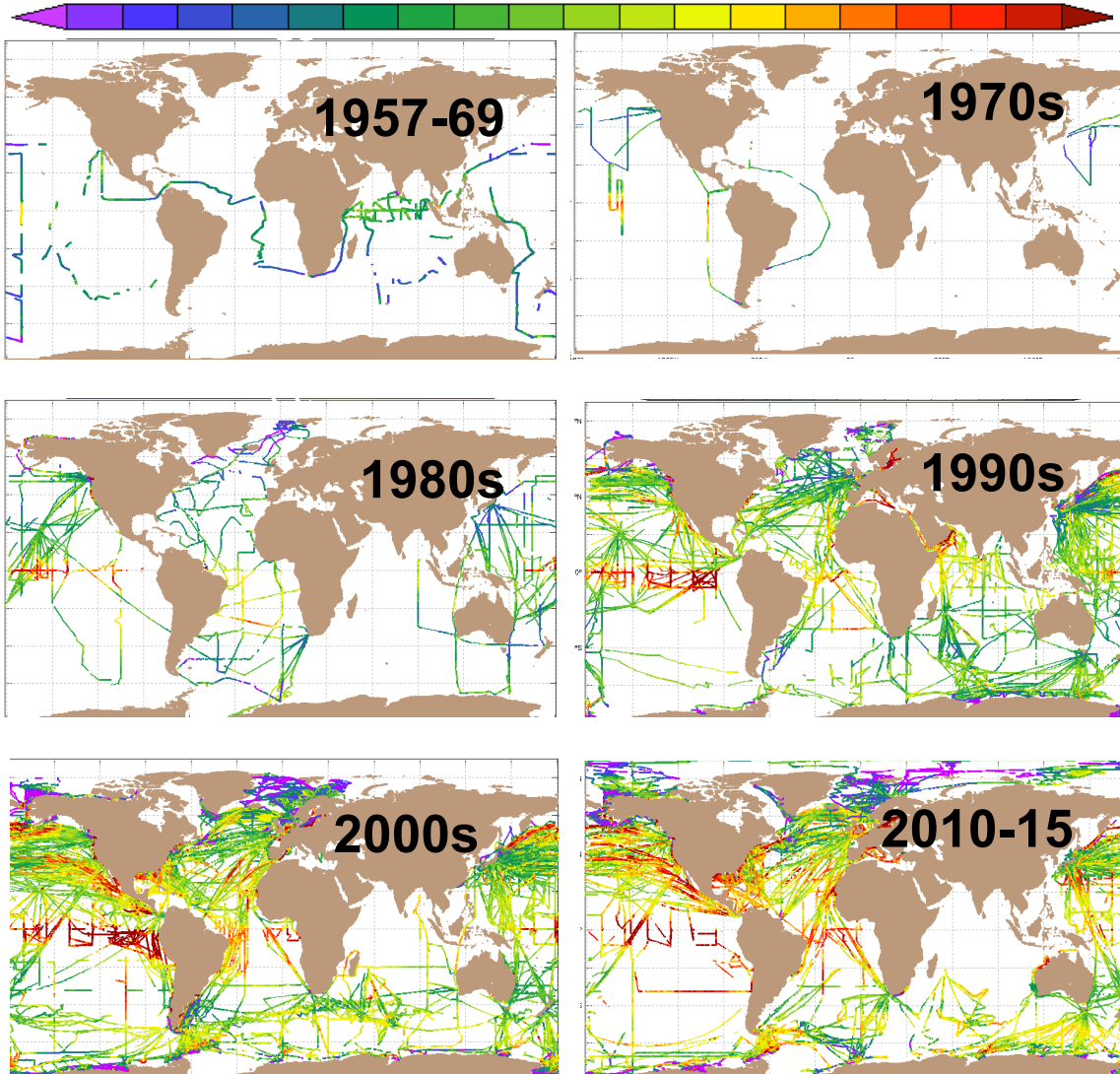
表：各フラグとデータ基準の関係

	A	B	C	D	E
Accuracy of fCO ₂ values (μ atm)	<2	<2	<5	<5	<10
High-quality cross-over	yes	no	(no)	(no)	no
Followed approved methods / Standard Operation Procedures	yes	yes	yes/ no	yes/ no	no
Metadata complete	yes	yes	yes	no	yes
Data quality control acceptable	yes	yes	yes	yes	yes

Eはブイ等のセンサーデータ一括取得ではA～Dまでのデータが収録される

国際データベースSOCATからのデータ公開

260 280 300 320 340 360 380 400 420 440(μatm)



図：pCO₂観測データ数の変化

1990年代から観測データ数が増加

南太平洋東部海域及び2000年代以降のインド洋が観測空白域

図：各年代のpCO₂観測分布

(after Bakker et al., 2016)

国際データベースSOCATからのデータ公開


Live Access Server SOCAT Fair Data Use Statement OPeNDAP (P-TDS) / THREDDS [Help](#)

SOCAT Data Viewer

Data Set Update Plot <

One Plot Annotations

Plot Options



90 N
180 W 180 E
80 S

Start date/time: 1957 Jan 01
End date/time: 2016 Dec 31

Maps
 Latitude-Longitude

My selections:
 fCO₂ recommended != NaN

Select:
by Dataset
 expocode
Filter:
Choose variable from the group above, then a value from the list that appears here.

by Region
by Metadata
by Text Search
by Season
by Variable
by Valid Data

Print... Link... Animate... Correlation Viewer... Google Earth... Show Values... Export to Desktop Application... Save As... Table of Datasets... Thumbnails

DATA SET: SOCAT v4 Data Collection X

VARIABLE: fCO₂ recommended (µatm)

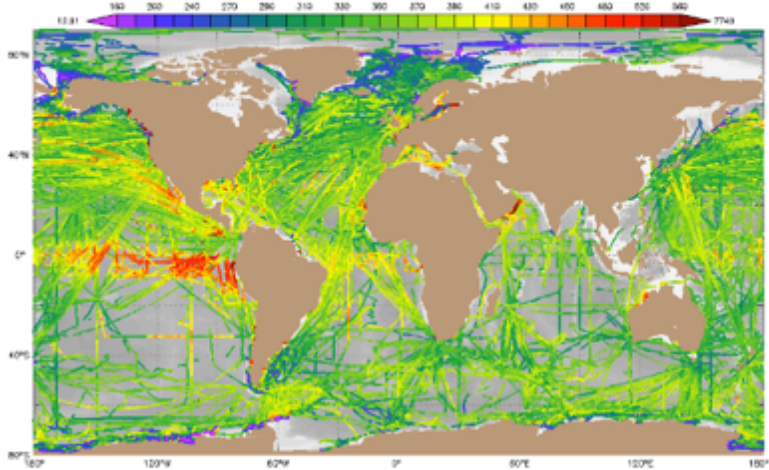
01-Jan-1957 00:00 to 31-Dec-2016 00:00

OPeNDAP URL: <http://ferret.pmel.noaa.gov/socat/erddap/tabledap>

- 4277 trajectories shown
- Data subsampled for efficiency ([explanation](#))
- Where fCO₂_recommended is valid
- Where WOCE CO₂ water is 2

LAS 8./Ferret 7 NOAA/PMEL

Print

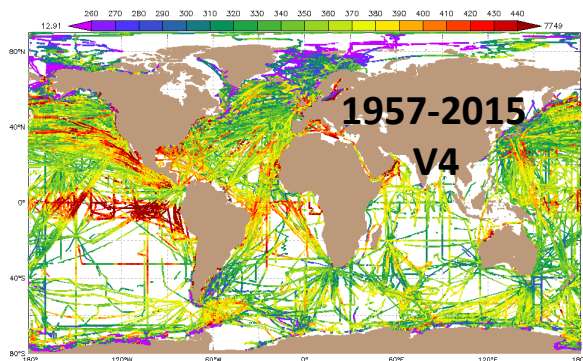


最新版（2016年9月公開）には1968年から2015年までのデータ約1900万点が収録

条件（期間、海域、機関、観測船、フラグ等）や、地図上での範囲選択でデータの切り出しが可能となっており、柔軟なデータ取得システム設計がなされている

SOCATを利用した解析研究

SOCATデータと分布推定手法を組み合わせ、 $p\text{CO}_2$ と CO_2 フラックス分布を推定する研究が盛んに行われるようになり、その比較研究も行われている (Surface Ocean $p\text{CO}_2$ COMparison: SOCOM)

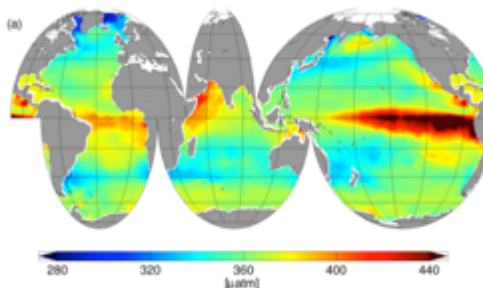


A synthesis data product
(here SOCAT v4)



(Bakker et al., 2016)

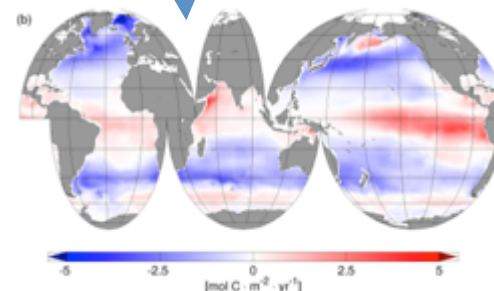
Mapping technique



Surface water $p\text{CO}_2$



Flux = $k * \Delta p\text{CO}_2(w-a)$
Gas transfer parameterisation,
wind speed product

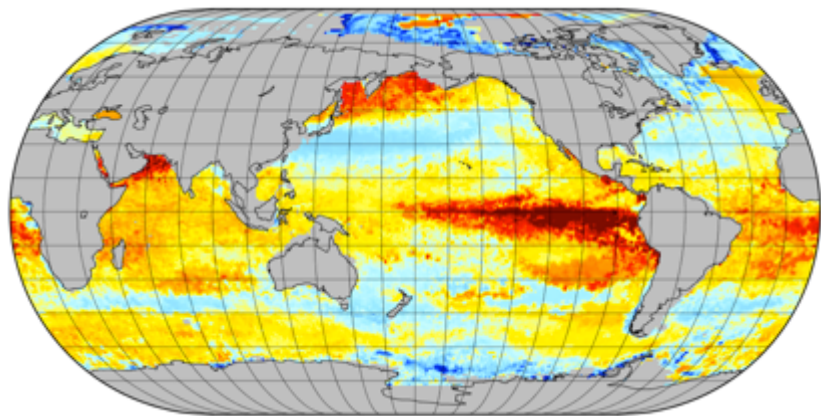


Air-sea CO_2 flux

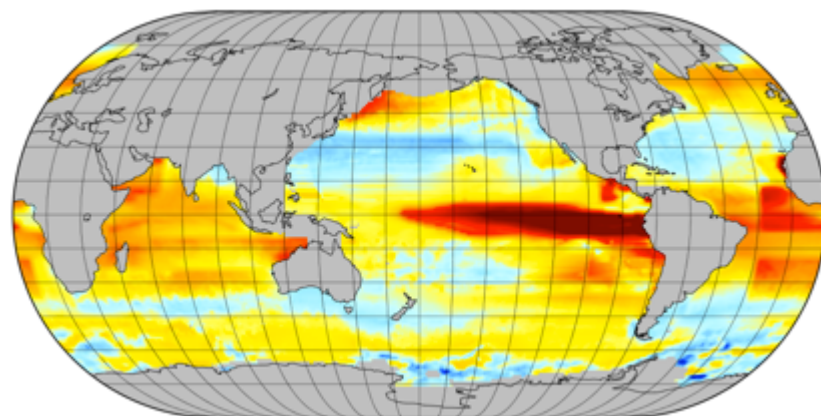
(Landschützer et al., 2014; Rödenbeck et al., 2015)

SOCATを利用した解析研究

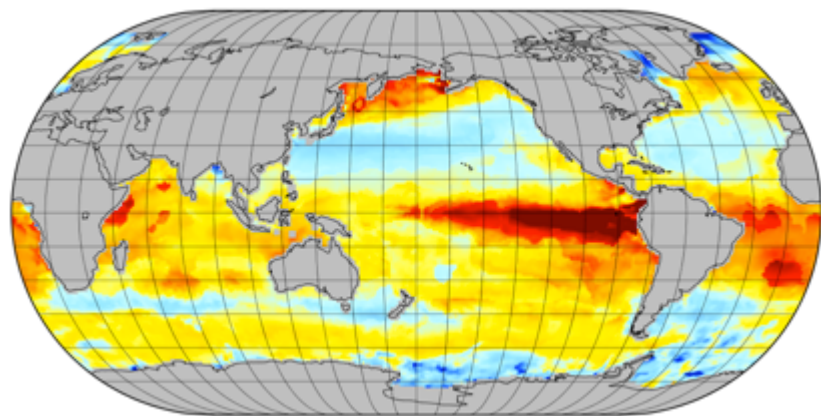
SOCOMでは世界の各機関から14もの $p\text{CO}_2$ プロダクトを集め比較
日本の機関からは環境研 (Valsala et al., 2010, Nakaoka et al., 2013,
Zeng et al., 2014) と気象庁(Iida et al., 2015)のプロダクトを提出



Nakaoka et al. (2013)を改訂



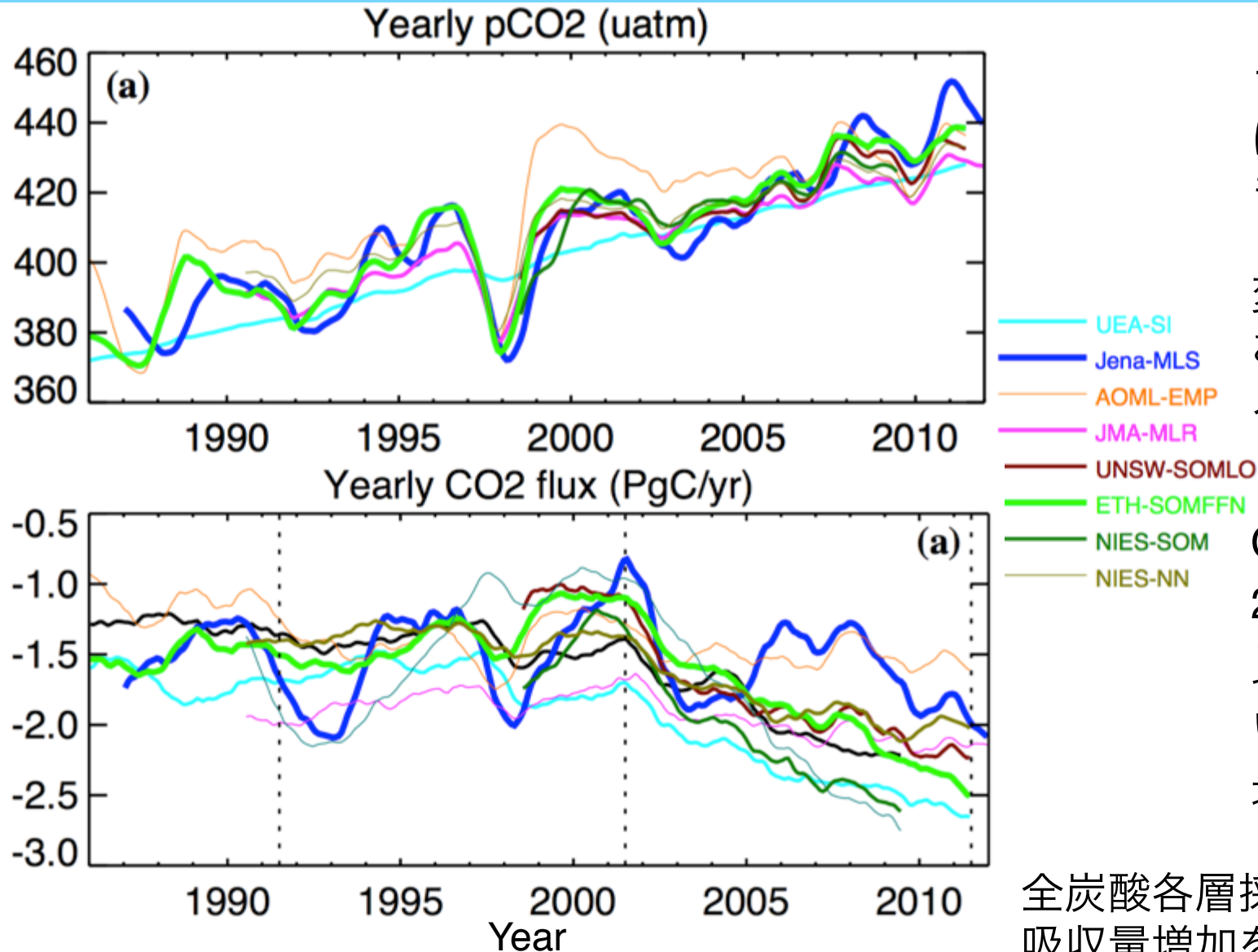
Iida et al. (2015)



Landschützer et al. (2014)

図 SOCOMに提出された各プロダクトの
2005年2月の $p\text{CO}_2$ 分布の一例

SOCATを利用した解析研究



プロダクト間にはばらつきがあるものの、多くのトレンドや年々変動が一致しており比較的リーズナブルに再現

CO₂吸収量は2000年までは比較的安定していたがそれ以降増加傾向？

全炭酸各層採水観測等から吸収量増加を示唆する結果は（まだ）得られていない

図 太平洋赤道域東部海域のpCO₂と全球CO₂交換量の年々変動 (Rödenbeck et al., 2015)

まとめ

- ・ 環境研では1995年から商船を用いた太平洋域の温室効果ガス観測を継続しており、海洋においては国際的な海洋pCO₂データベース（SOCAT）等を通して迅速な観測データセットの公開を進めている。
- ・ SOCATは2011年より運用されており、新版である第4版が今年9月に公開された。環境研は最近データ提供のみならず、北太平洋のQC/QAを担っている。データ品質維持のため使用した標準ガスがWMO標準ガストレーサブルであることは重要な基準の一つであり、特にデータ統合解析を行う際に重要である。
- ・ 全球pCO₂分布推定比較研究（SOCOM）でニューラルネットワーク手法や重回帰分析手法を用いたpCO₂分布とCO₂フラックス分布プロダクトを集め比較を行った。その結果、近年CO₂吸収量は増加傾向にあることが示唆された。