

沖縄の降水の ^{17}O -excess値を用いた 水蒸気起源における相対湿度の定量的な復元

上地 佑衣菜¹, ◎植村 立^{1*}

1 琉球大学大学院 理工学研究科 海洋自然科学専攻

*現在：名古屋大学大学院 環境学研究科

JpGU Annual meeting 同位体水文A-HW24,
105室 (9:45-10:00, 27 May 2019)

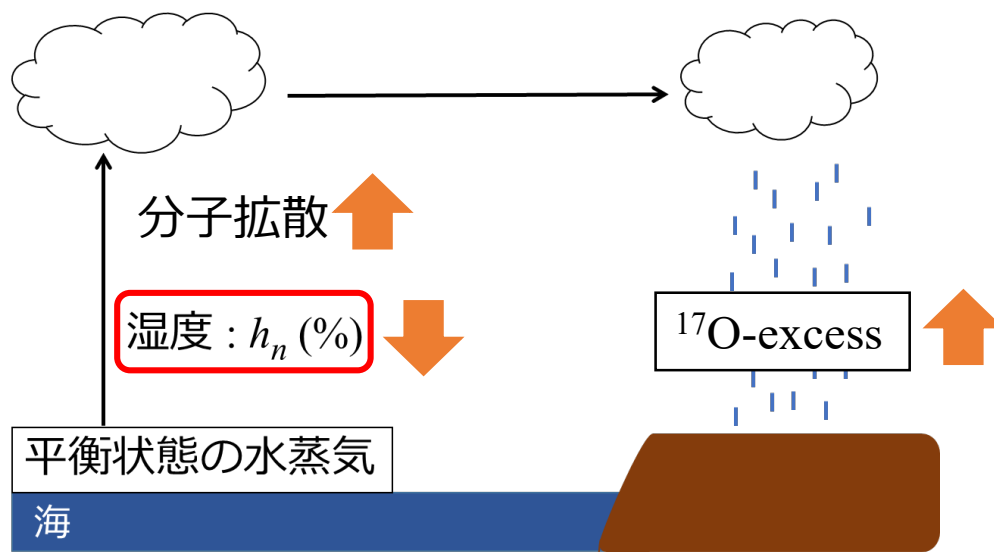
背景： ^{17}O -excessとは？

- 水の $\delta^{17}\text{O}$ の高精度測定

$$^{17}\text{O}\text{-excess} = \ln(\delta^{17}\text{O} + 1) - 0.528 \ln(\delta^{18}\text{O} + 1)$$

(Barkan and Luz, 2005)

⇒蒸発時の相対湿度を示す指標



- d-excessよりも温度依存性が小さい
- CaCO_3 (鍾乳石やサンゴ骨格) からも ^{17}O が分析可能

(Passey et al., 2014; Barkan et al., 2015)

背景: ^{17}O -excessを用いた湿度推定

初期の研究

- ・ 室内実験・海洋上水蒸気・アイスコア

(Barkan and Luz, 2007; Uemura et al., 2010; Landais et al., 2008)

⇒湿度の指標として有用（温度依存性が小さい）

その後の検証

- ・ 南極の雪・アメリカ大陸の地下水・アフリカの降水

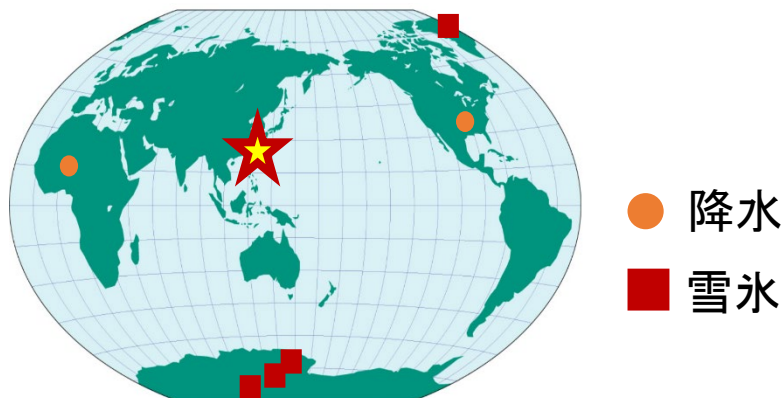
(Touzeau et al., 2016; Miller, 2018; Winker et al., 2012; Li et al., 2012; Landais et al., 2010)

⇒降雪・降水過程の影響、雨滴の再蒸発の影響

⇒本当に降水に「蒸発時の湿度情報」は残っているのか??

目的

◎過去の研究は、極端な場所 (南極や砂漠) での研究が多い



◎湿度復元に最適な場所⇒熱帯・亜熱帯の島嶼

- (1)陸上が高湿度で再蒸発効果が小さい
- (2)モンスーンで顕著な季節変動が検出可能
- (3)降雪が無いので結晶成長時の拡散の影響がない

沖縄本島の降水の ^{17}O -excessを測定し
蒸発時の湿度復元が可能かを検証する

試料と測定方法

降水試料

沖縄本島 大里 (県環境衛生研)
2011-2012年にかけて週ごとに採取



同位体比の測定

- ・ 分析計: CRDS (L2140-i, Picarro)と気化装置 (V1120-i)
- ・ インジェクション (1 μ L) 10回 \times 3-6セット繰り返し
(1試料あたりの積分時間: 1.4-2.8時間 に相当)

標準誤差(1 σ / \sqrt{n}) $\delta^{18}\text{O}$: $\pm 0.008\text{‰}$

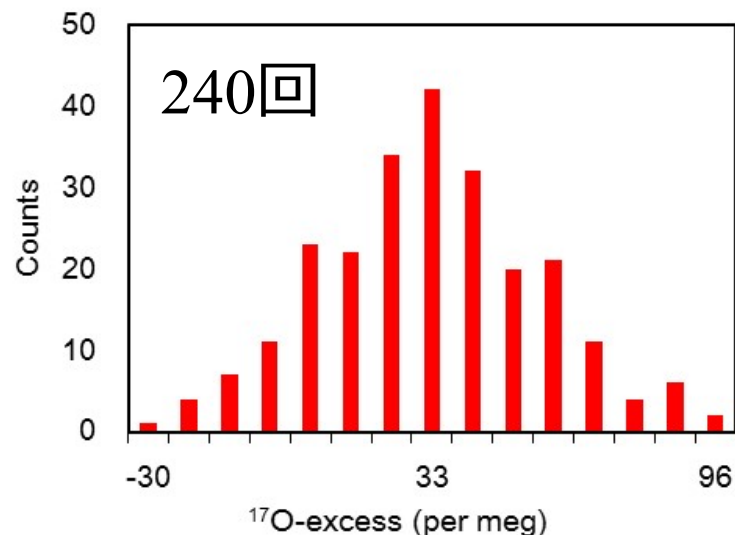
^{17}O -excess : ± 5 per meg ($\pm 0.005\text{‰}$)

校正: GISPの ^{17}O -excess値の比較

水の $\delta^{17}\text{O}$ の校正と検証

→ $\delta^{18}\text{O}$ の参照試料 (VSMOW2, SLAP2) でGISPを分析

GISPの分析結果



• GISPの ^{17}O -excess値

① 本研究: 33 ± 2 per meg ($\pm 1\sigma/\sqrt{n}$)

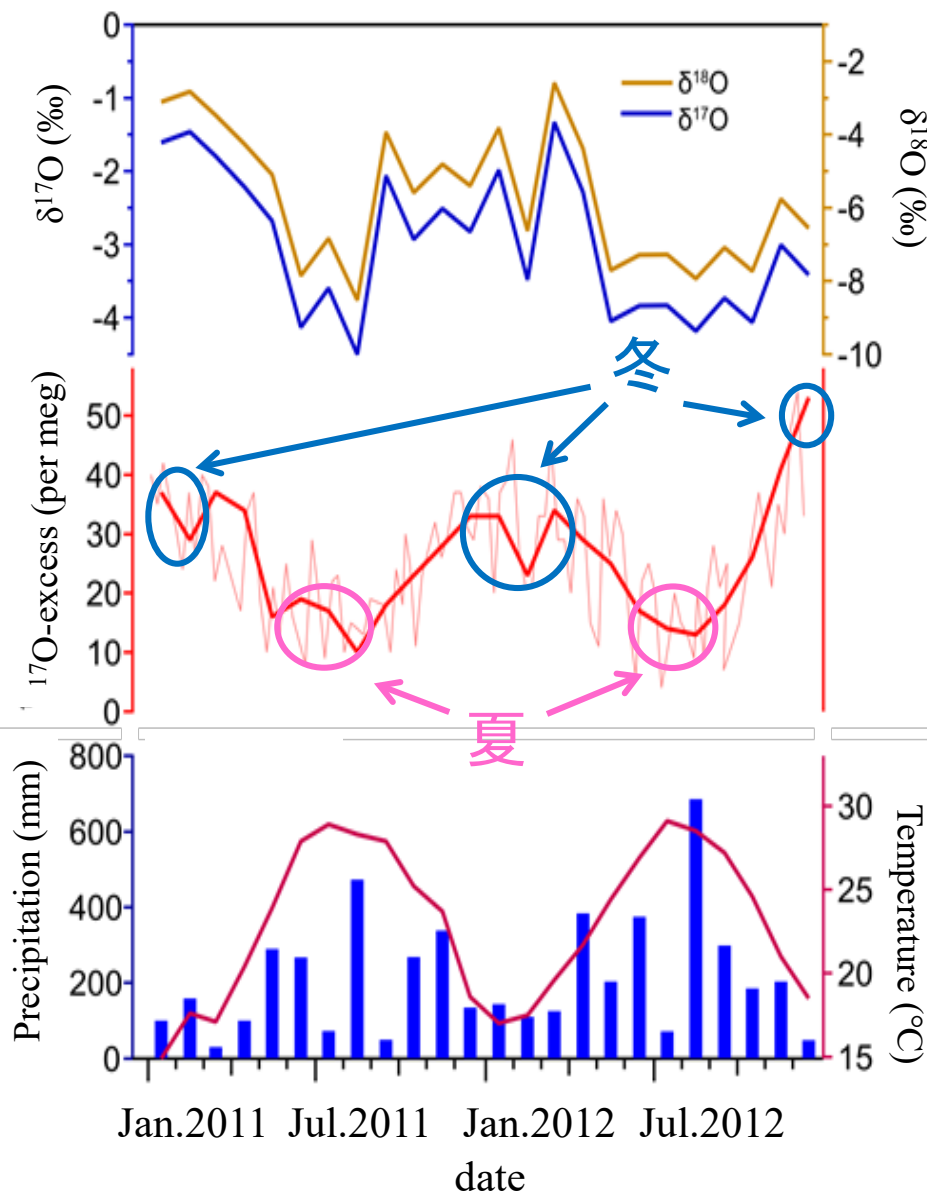
② 過去研究の平均: 27 ± 11 per meg ($\pm 1\sigma$) (Schienemann et al., 2013)

結果: ^{17}O -excessの季節変動

沖縄本島の降水の ^{17}O -excess

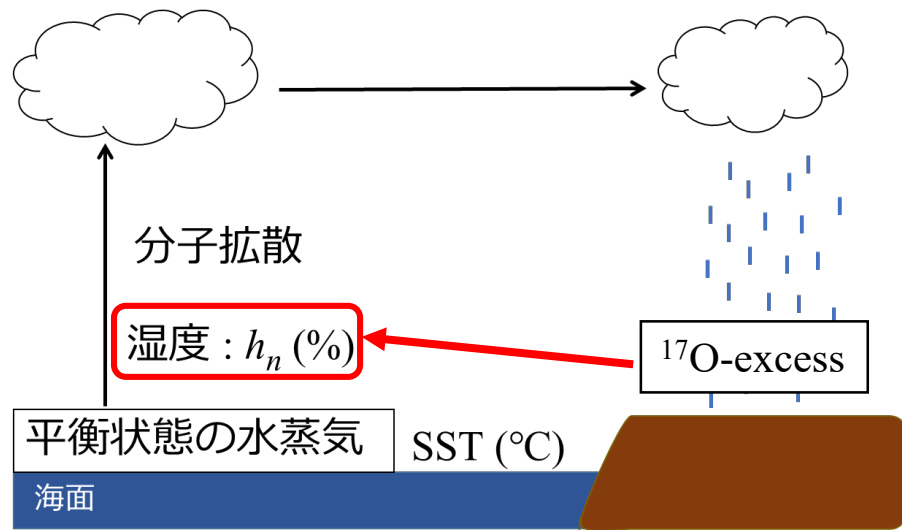
夏: 低い値 (5-25 per meg)

冬: 高い値 (25-50 per meg)



(Uechi & Uemura, 2019)

考察：降水の起源海域の湿度復元



$$h_n = \frac{\text{空気の水蒸気濃度}}{\text{SSTにおける飽和水蒸気濃度}}$$

$$^{17}\text{O-x}_s\text{_{vap}} = -\ln \{ \alpha_{\text{eq}}^{0.529} (\alpha_{\text{diff}}^{0.518} (1 - h_n) + h_n) \} + 0.528 \ln \{ \alpha_{\text{eq}} (\alpha_{\text{diff}} (1 - h_n) + h_n) \}$$

(Barkan and Luz, 2007)

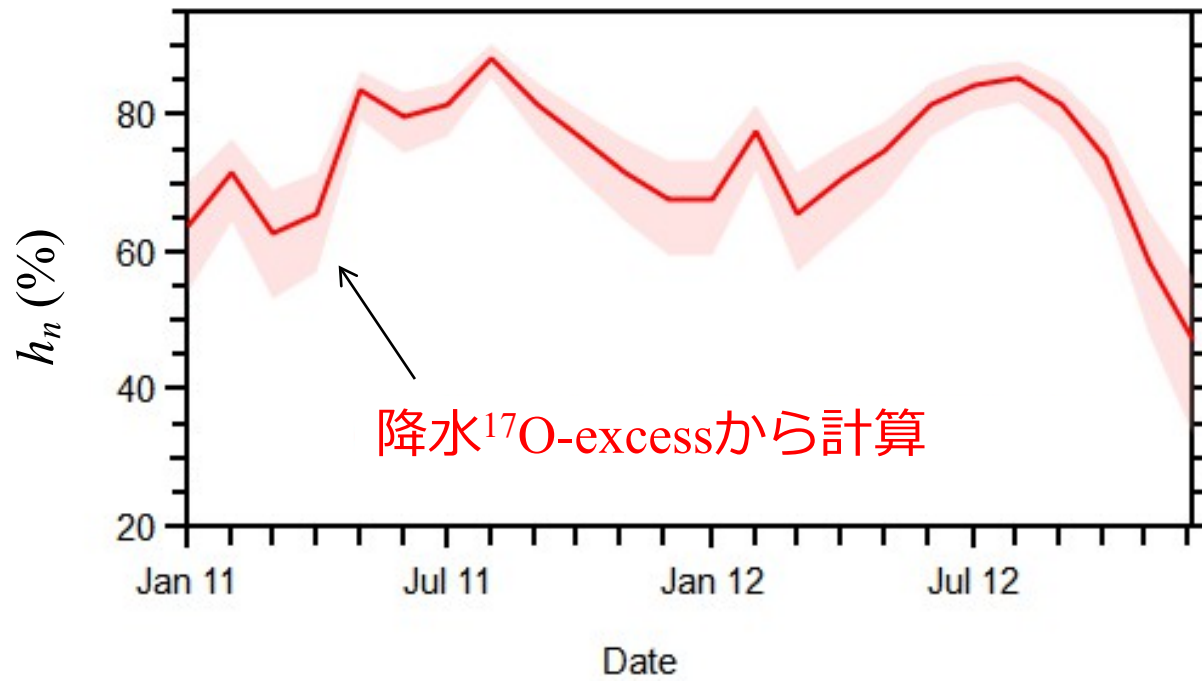
平衡分別係数 ($^{18}\alpha_{\text{eq}}$) : 温度依存性は $^{17}\text{O-excess}$ には影響しない

拡散分別係数 ($^{18}\alpha_{\text{diff}}$) : 1.0096 ± 0.0018 (Luz and Barkan 2010; Uemura et al., 2010)

◎ 蒸発後の効果も加味⇒振幅には影響なし。絶対値を少し(9per meg)補正

$$^{17}\text{O-x}_s\text{_{prep}} = ^{17}\text{O-x}_s\text{_{vap}} + \Delta_{\text{clos}} + ^{17}\text{O-x}_s\text{_{ocean}} + \Delta_{\text{prep}}$$

考察: ^{17}O -excessから復元した起源海域の h_n



◎ 推定した h_n を検証するための起源海域の h_n の観測データ

⇒ 「バックトラジェクトリー解析」と「船舶観測データ」
を用いて計算

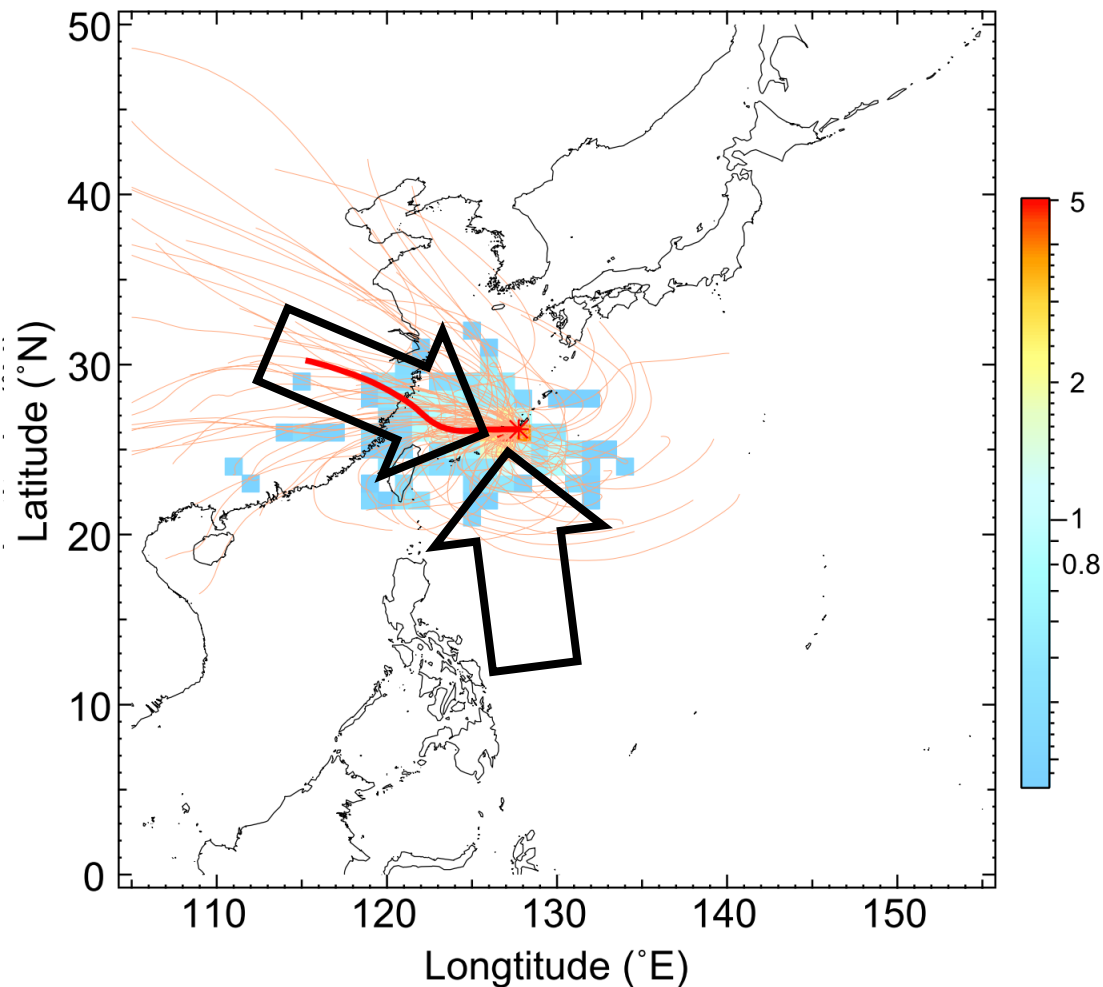
考察：降水の起源海域の推定

Backward Trajectory Analysis : NOAA HYSPLIT model

高度 : 2000 m (AGL)

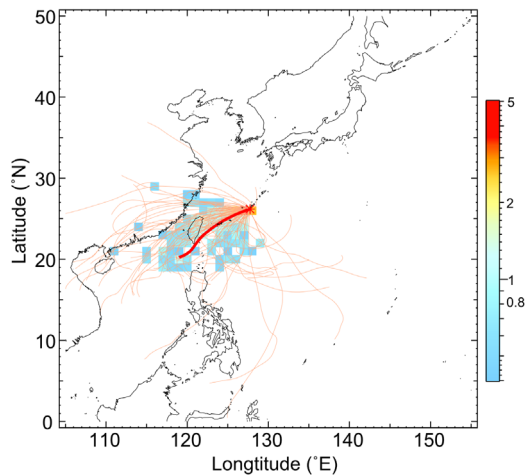
期間 : 降水観測時から72時間

夏

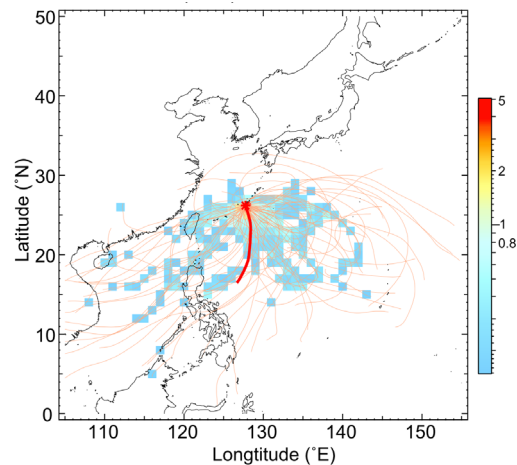


考察：海洋上の相対湿度の観測値

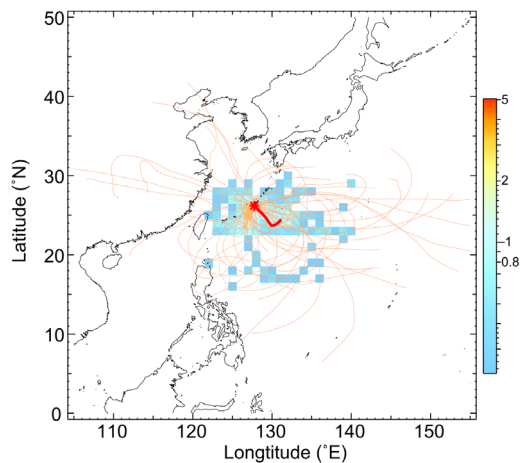
春



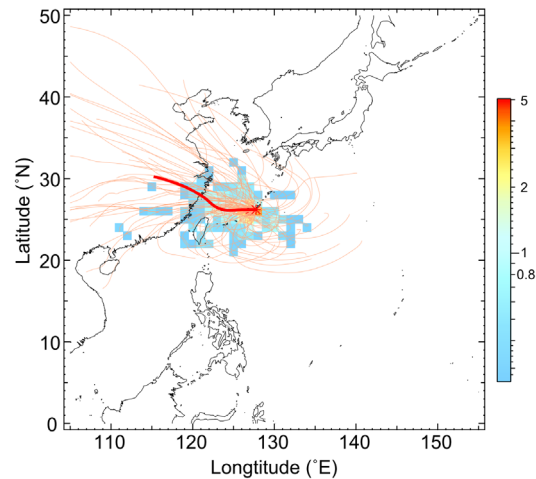
夏



秋



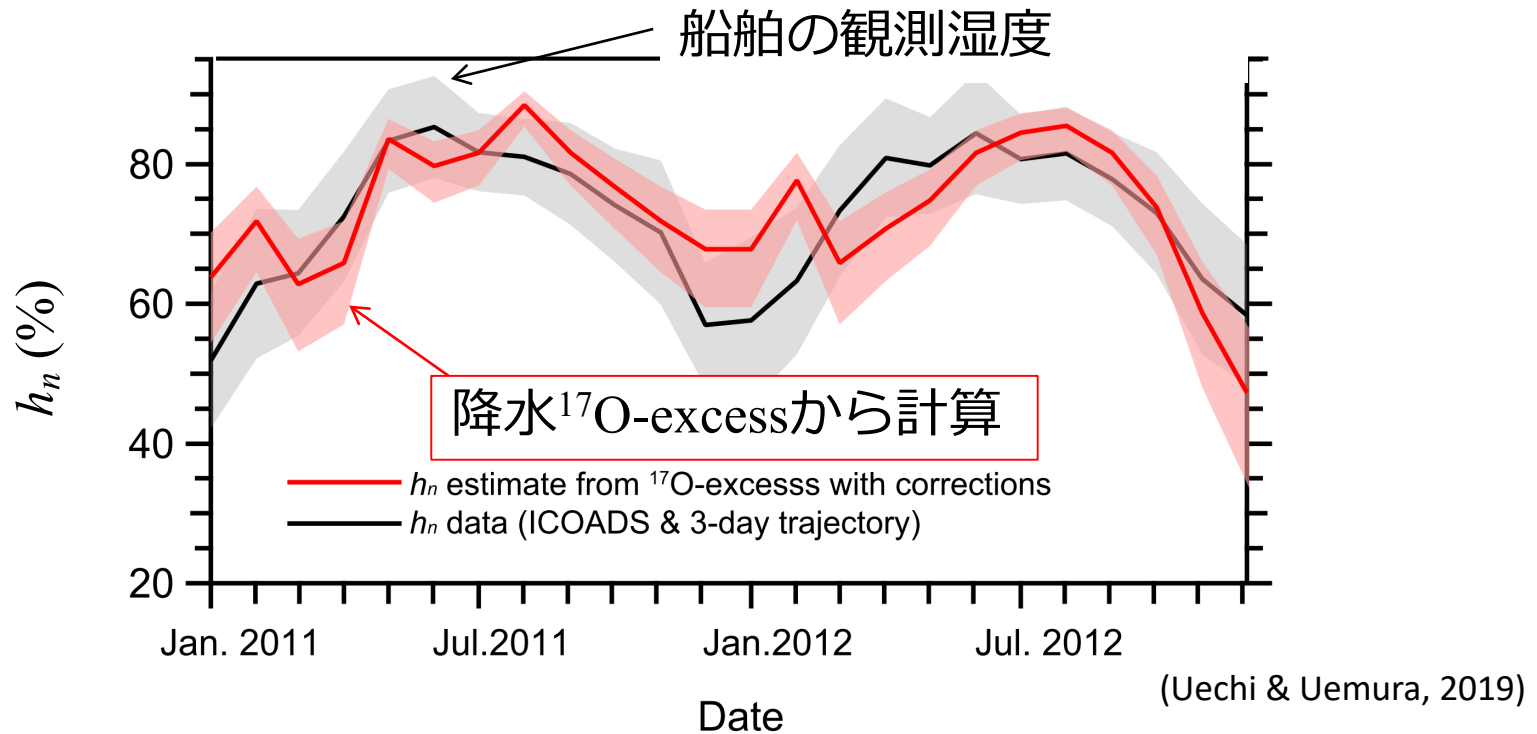
冬



船舶観測データ※から水蒸気起源の h_n を求めた

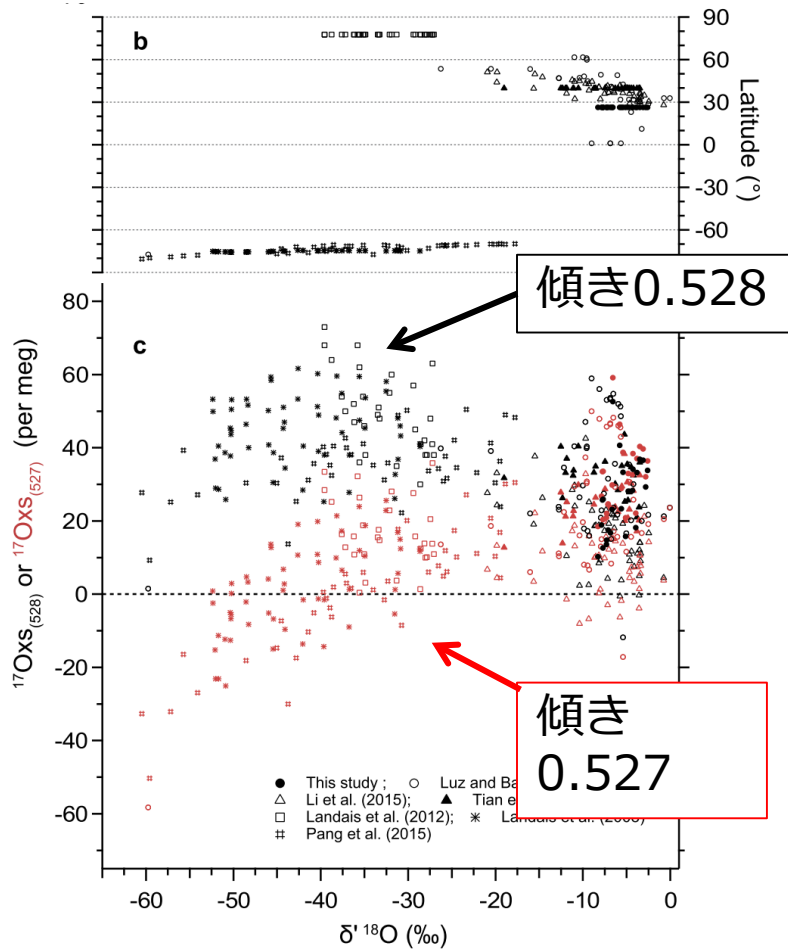
※ICOADS : Freeman et al., 2017

考察: ^{17}O -excessから復元した湿度の検証



- 「 ^{17}O -excessの復元」と「洋上の観測」湿度
⇒強い相関 ($R^2 = 0.60$, $p < 0.01$)。絶対値も誤差範囲内で一致
⇒降水の ^{17}O -excessから起源海域の h_n を復元可能

極域では、なぜ湿度復元ができなかった？



(Uechi & Uemura, 2019)

◎ 傾きに不確実性？

$$^{17}\text{O-excess} = \ln(\delta^{17}\text{O} + 1) - 0.528 \ln(\delta^{18}\text{O} + 1)$$

^{17}O - ^{18}O のGMWLの傾き

(Luz and Barkan, 2010)

⇒南極内陸(-50%以下)を除くと

0.527! (Meijer and Li, 1998; Miller, 2018)

◎ 極域は傾きの影響を受けやすい

◎ 亜熱帯の様に $\delta^{18}\text{O}$ が高い地域は影響が小さい

まとめ

- ・ 沖縄島の降水 ^{17}O -excessから推定した湿度と観測は一致
⇒単純な蒸発式で水蒸気起源の湿度を**定量的に復元**できる
- ・ 熱帯・亜熱帯の鍾乳石・サンゴに保存された ^{17}O -excess
⇒過去の水蒸気起源海域の湿度の復元
⇒水循環（モンスーン）変動の推定に有用



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Earth and Planetary Science Letters

www.elsevier.com/locate/epsl



Dominant influence of the humidity in the moisture source region on the ^{17}O -excess in precipitation on a subtropical island



Yuina Uechi, Ryu Uemura*

Department of Chemistry, Biology, and Marine Science, University of the Ryukyus, 1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, 903-0213, Japan

ARTICLE INFO

Article history:

Received 23 August 2018

Received in revised form 20 December 2018

Accepted 10 February 2019

Available online 25 February 2019

Editor: J. Adkins

ABSTRACT

A high-precision analysis of the triple oxygen isotope composition of water provides a new tracer denoted as ^{17}O -excess. Early theoretical and experimental studies suggest that changes in the ^{17}O -excess in precipitation can be interpreted as variations in the relative humidity in moisture source regions for precipitation. However, subsequent studies on ^{17}O -excess in the precipitation in polar and dry regions suggest the importance of additional fractionation, such as snow formation and raindrop re-evaporation processes, which diminish the relative humidity information in oceanic source regions.

Earth and Planetary Science Letters (Feb 2019)

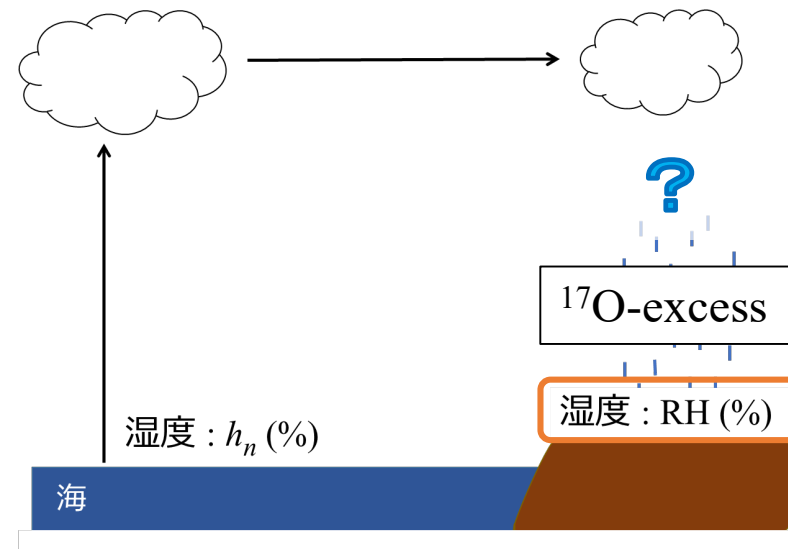
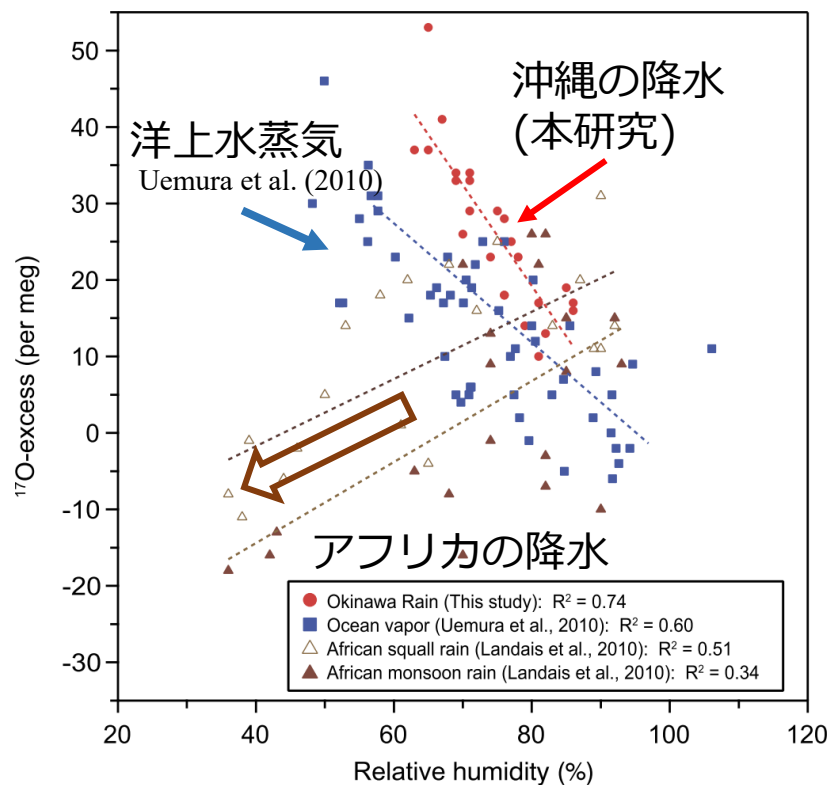
<https://doi.org/10.1016/j.epsl.2019.02.012>

謝辞

降水試料は沖縄県環境衛生研究所から提供して頂きました

降水の同位体比測定では岩瀬絵里さん（琉球大）、琉大植村研の中野君に協力して頂きました

考察：雨滴の再蒸発効果の検証



- アフリカ降水の ^{17}O -excessと地上の湿度は正相関
 - 沖縄降水の ^{17}O -excessと那覇の湿度は逆相関
- ⇒沖縄の降水は雨滴の再蒸発の影響が小さい