

3. 次期長期再解析に向けた検討状況

3 - 1. 気象庁第3次長期再解析（JRA-3Q）の品質評価

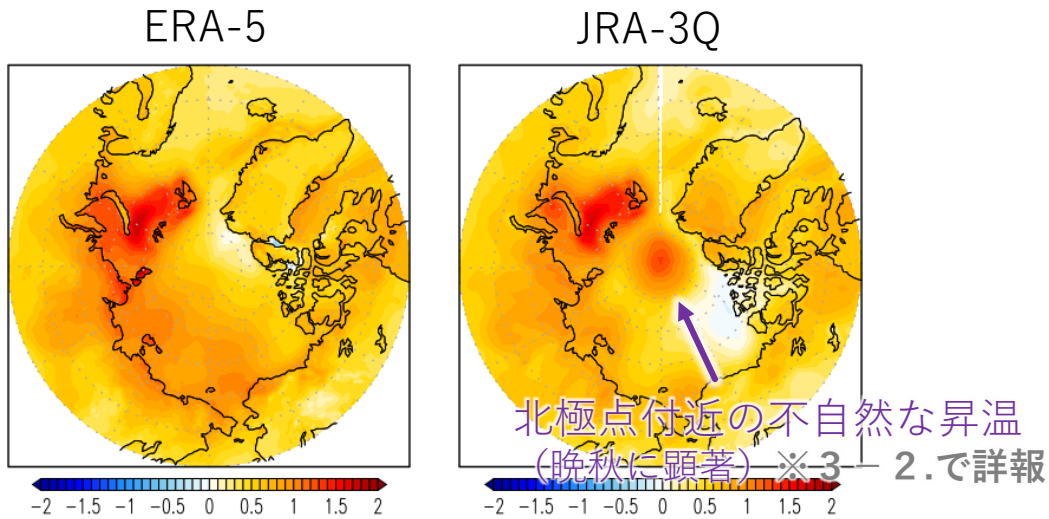
気候・環境研究部 第一研究室

研究官 中村哲

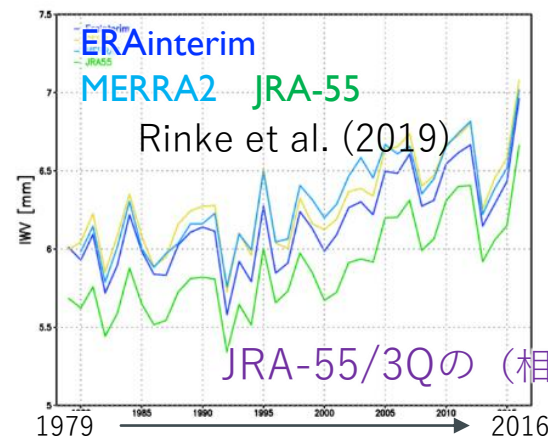
目次

- 北極域におけるJRA-3Qのバイアス
- 背景（[環北極域水循環](#)研究について）
- 方法（タグ付き水蒸気輸送モデル）
- 水循環長期変化の特徴と再解析間比較調査
- まとめ

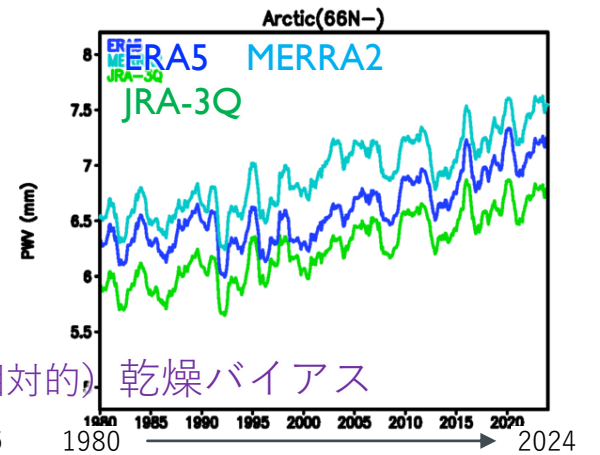
北極域におけるJRA-3Qのバイアス



年平均2m気温のトレンド



年平均可降水量 (北極域) の経年変化



JRA-3Qは (他の再解析と比較して) 乾燥バイアスが顕著

再解析データにおける水循環の問題 (Trenberth et al., 2011)

- 高緯度の水循環評価では、観測の弱さと同化由来の不整合が大きな不確実性源
- 特にE (蒸発) と表面フラックスは再解析で物理的不整合を示す (陸域での正のE-Pなど)

北極域水循環の不確実性

現実の気候問題として定量的評価が必要

背景（環北極域水循環研究について）

北極温暖化増幅（全球平均の2～4倍で昇温、Rantanen et al. 2022）

➔ 日本の気候への影響

- （冬）寒冬/寒波を強化（Mori et al. 2014; 2019）、成層圏突然昇温・寒気流出（Nakamura et al. 2016a; 2016b）
- （夏）梅雨前線帯の降水強化（令和2年7月豪雨事例、Nakamura & Sato 2022）

➔ 北極温暖化増幅メカニズム

- （夏）海氷融解により北極海の短波吸収 →（秋～冬）海洋から大気へ熱放出（Yoshimori et al. 2017etc）
↑春～夏にかけての水蒸気流入に伴う長波放射増加（Kapsch et al. 2013; Komatsu et al., 2018）

北極の環境変化

- 海氷減少（=開放水面拡大）、大陸湿潤化（Zhang et al., 2013; Leister et al., 2025） ➔水蒸気供給=起源
- 大気循環場の変化 ➔水蒸気輸送

一連のプロセスの理解と定量化 ➔ 異常気象・気候変動やその予測可能性の解明（気象研究所C1課題）

【環北極域の熱水循環の長期変化と北極温暖化（科研費研究課題）】

- 再解析データで駆動するタグ付き水蒸気輸送モデルを共同開発（北海道大学・名古屋大学）
- 現在気候（1980–2024年）の季節的・経年的な水蒸気起源・輸送変化を定量化

方法（タグ付き水蒸気輸送モデル）

Yoshimura et al. 2004; Sato et al. 2022（北極周辺の最適化）

可降水量変化 = 地表面蒸発 + 鉛直積算水蒸気フラックス収束 - 降水量

$$\frac{dPWV}{dt} = \underline{EPT} + \underline{CONV} - \underline{PRCP}$$

NOAA衛星データ、GPCPで補正

$$\frac{dPWV_n}{dt} = EPT_n + CONV_n - PRCP_n \text{ where } n = 1, 2, \dots, N$$

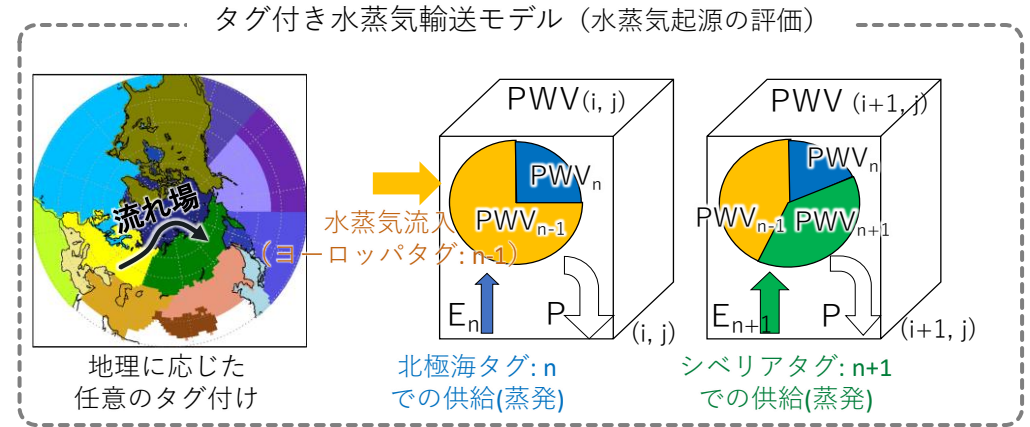
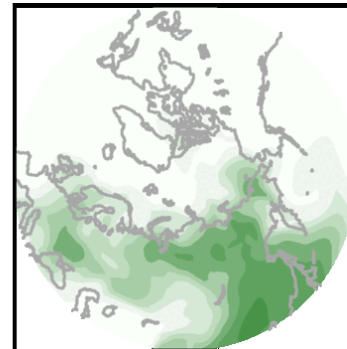
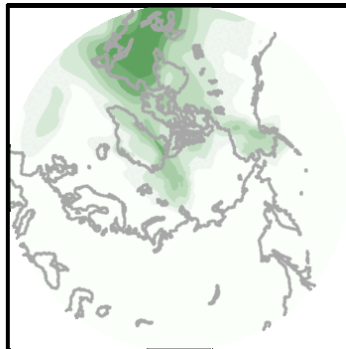
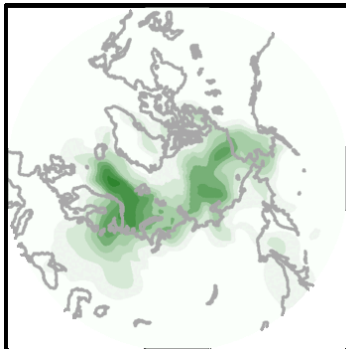
$$PWV = \sum_{n=1}^N PWV_n$$

Fraction (割合) : X_n/X は EPT_n によってのみ変化

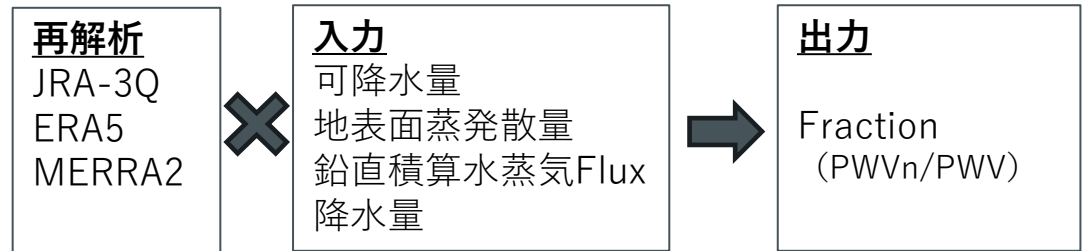
北極海起源

北米大陸起源

ユーラシア大陸起源 割合 (%)



境界条件 任意のタグn



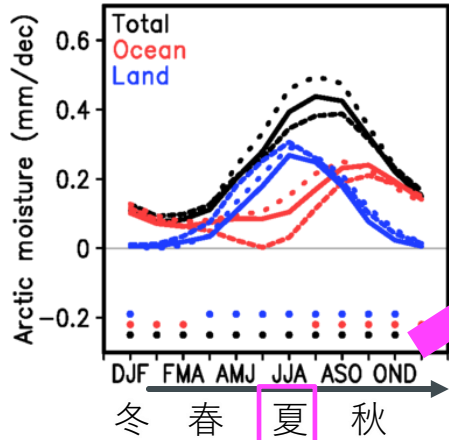
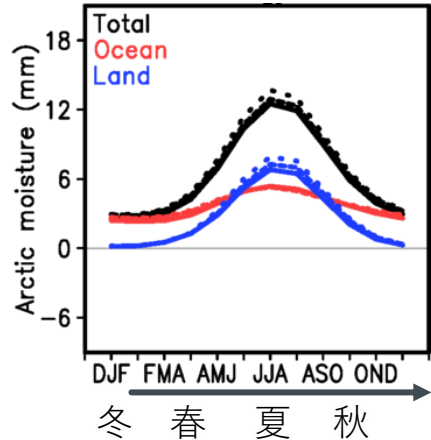
解析期間：1980 - 2024
プロセスの定量化 + 不確実性評価

結果①北極水蒸気起源の季節サイクル

北極平均 (=66N以北平均) 水蒸気量

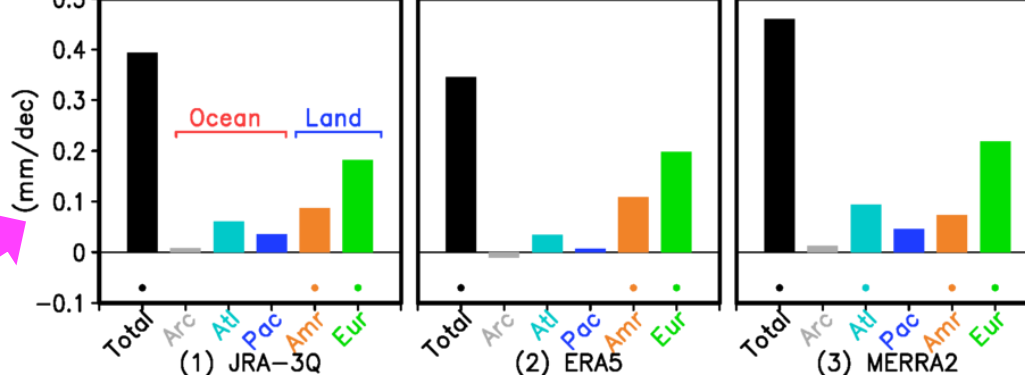
気候平均 (1980-2024)

長期変化 (45年トレンド)

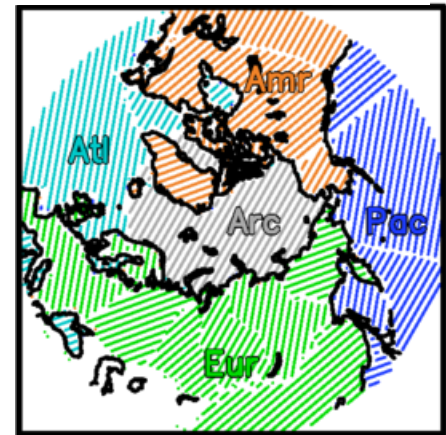


(夏季) 大陸・海盆スケールの水蒸気起源の長期変化

e (JJA) Arctic moisture trends by sources



設定したタグ n の分布



— JRA-3Q
 - - - ERA5
 MERRA2

パネル下部の「・」は
 3つの再解析の全てが
 危険率5%で有意

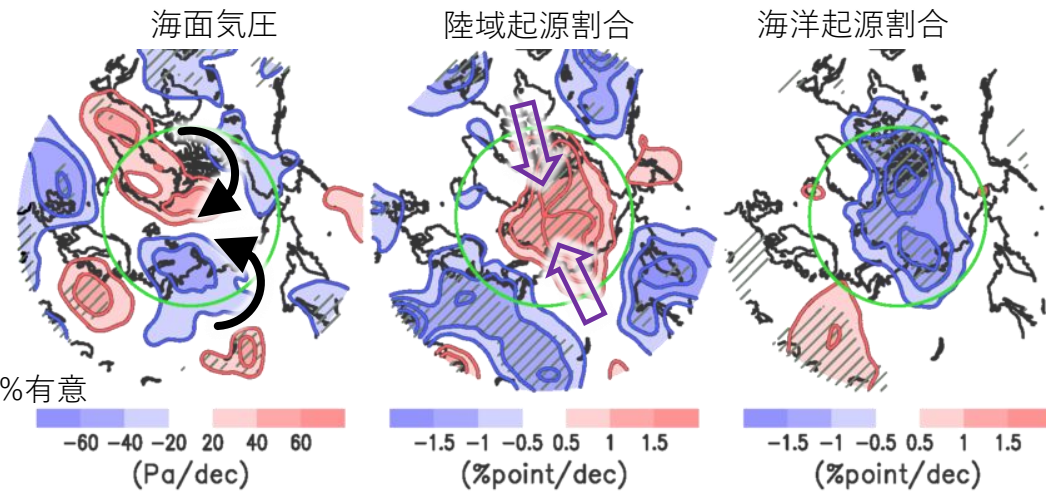
量的なばらつきはあるものの、季節推移
 の傾向は再解析間でロバスト。

気候平均
 冬季は海洋起源が卓越
 夏季は陸域起源が卓越

長期変化
 夏と秋に顕著に増加、起源別の寄与は明瞭な季節推移
 →夏に陸域起源 (ユーラシア大陸、ついで北米大陸) の増加
 その後秋に海洋起源 (北極海) の増加

結果②循環場と水蒸気輸送、地表面蒸発

夏季（6-8月）の長期変化



北極ダイポールパターン

- 北米起源 → カナダ多島海から流入
- ユーラシア起源 → シベリア沿岸域経路で流入
- 北極海起源は相対的に減少傾向

45年増加量（気候平均値に対する変化）

	シベリア域の 地表面蒸発	シベリア起源の 北極域水蒸気量
JRA-3Q	-0.5%	28.4%
ERA5	18.6%	32.2%
MERRA2	5.4%	27.0%
再解析平均	7.8%	29.2%
GLEAMv4.2a (独立データ)	11.8%	

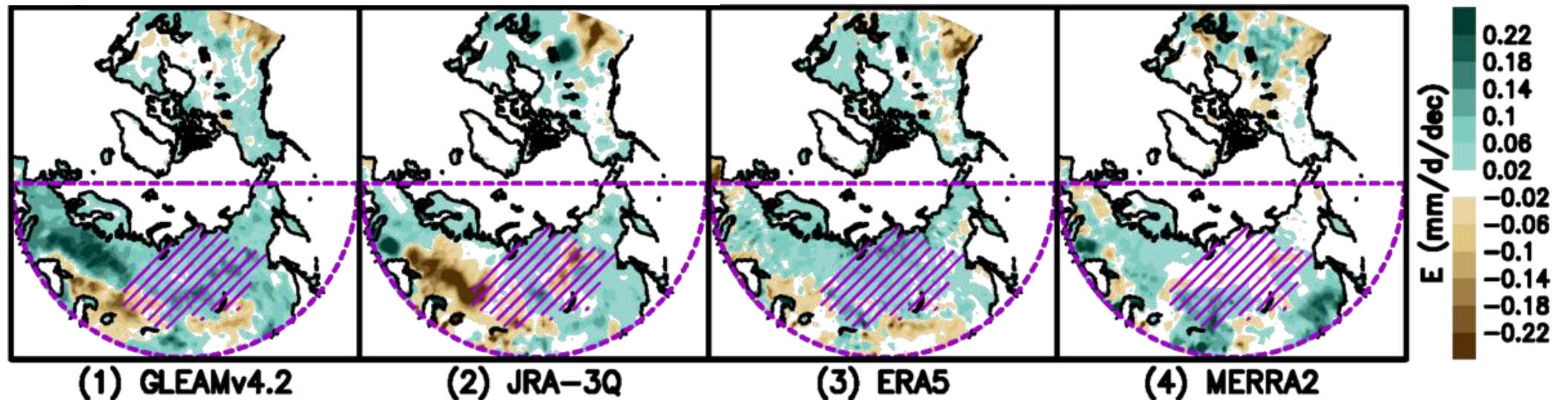
夏季（6-8月）シベリア→北極の輸送経路

45年増加量（気候平均値に対する変化）
 地表面蒸発（8%） < 水蒸気輸送（29%）

蒸発量には再解析間で大きなばらつき（JRA-3Qは特に大きく乖離）。
 水蒸気輸送はばらつきは比較的小さい。

結果③地表面蒸発の長期トレンド検証

夏季（6-8月）の地表面蒸発散の長期変化



	(1) GLEAMv4.2	(2) JRA-3Q	(3) ERA5	(4) MERRA2
東半球（破線半円）	0.051	0.015 (r=0.26)	0.071 (r=0.60)	0.043 (r=0.46)
シベリア（斜線ハッチ）	0.054	-0.002 (r=0.31)	0.086 (r=0.70)	0.025 (r= 0.28)

領域平均蒸発散量の長期変化（10年あたりmm/d）
 ()内の r は長期変化分布の空間相関（再解析vsGLEAMv4.2）

赤字はGLEAMv4.2との乖離が最も大きいもの

JRA-3Qは独立データや他の再解析と比較し乾燥傾向バイアス。

まとめ（品質評価、現状の課題について）

環北極域水循環の長期変化を評価

- 夏季北極域の水蒸気量増加について、循環変化による輸送効果が支配的（30%増加）であることがわかった。その供給源となるシベリアの地表面蒸発変化は不確実性が大きく評価が困難。
- 特にJRA-3Qは、他の再解析（ERA5、MERRA2）や独立データ（GLEAMv4.2）に比べ、地表面蒸発増加傾向が顕著に弱いことがわかった。
- JRA-3Qは気候平均としても乾燥バイアスがあり、長期変化との関係が示唆される。

現状の課題（改善にむけて）

- 北極点付近の海氷欠測域の補完処理
- 陸域の乾燥バイアス
 - GLEAMv4.2などの高精度陸域データを参照
 - 水収支の整合性からの評価：水蒸気輸送（再解析の精度は高い）、降水量（衛星、再解析、CLIMAT報、GHCNなど）