

日本沿岸水位の長期変動について

○中野 英之(全球大気海洋研究部)

1. はじめに

地球温暖化が人類の生活に及ぼす最も直接的かつ重大な影響の一つが海面水位上昇です。主要都市が沿岸地域に位置する日本では、この現象の影響調査が極めて重要です。それには、日本沿岸における海面水位変動プロセスの理解が必要不可欠です。

海面水位変動はさまざまなプロセスによっておきます。淡水が海洋に流入すること、海水の温度による体積変化、海面の風応力の効果などがあげられます。それらは、現象が起きた海域の水位を変化させるだけでなく、さまざまな波としての他の海域に伝わっていきます。そして日本の沿岸水位は、海岸線にそって伝わる波の影響に加えて、地殻変動の影響も無視できません。それよりも時間が短いプロセスに対しては潮の満ち引き、波浪、高波の影響があります。そして地震が海で発生した場合には津波が押し寄せます。これらの現象はその発生メカニズムや時空間スケールが非常に多岐にわたります。そのため、一研究者または一部門ですべてを網羅して評価することは難しく、諸分野の成果を統合した真に学際的な取り組みが必要です。

ここでは、数週間以上の長い時間スケールにおける海面水位変動について、IPCC第6次評価報告書や気象研が担当した「日本の気候変動2025」の海面水位の将来予測も踏まえて、そのメカニズムや推定方法の概説を行います。

2. 海面水位変化の長期変化の見積もり

海面水位の長期変動は以下の三つの効果の合計として見積もることができます。

- (1) 海洋全体でほぼ同様とみなせる海面水位変動
- (2) 海域により相対的に海面水位が異なる影響
- (3) 地殻変動による陸地の昇降

効果(1)で代表的なものは淡水の流入です。北極の氷が融解しても海面水位は上昇しませんが、陸地にある氷である南極やグリーンランドの氷床が融解する場合に海面水位が上昇することはよく知られています。では、グリーンランド氷床の一部が融解して海洋に淡水が流入した場合にその海面水位上昇はどうなるでしょうか？

まずは、グリーンランド付近の海面水位が上昇しますがそこに留まることなく、その海面水位上昇という情報は海洋全体に一週間程度で伝わり、一か月程度以上の長い時間スケ-

ールで見た場合、全海洋でほぼ一様の上昇とみなせます。海洋には深さ方向に同じ変位を持つ順圧の波と、深さ方向に異なる変位を持つ傾圧の波があり、前者の速度は後者の約100倍にも及びます。淡水の流入の影響が広がるのはこの順圧の波によるものです。これらのことから、正確な淡水流入の見積もりは難しいものの、長期スケールでは合計の絶対量が重要となります。

海水は温度により体積が変化します。これが引き起こす海面水位変動には、全体の海面水位を変動させるものと、周りとの相対的な圧力差により相対的な海面水位偏差を引き起こすものがあります。前者については、淡水流入と同様に順圧の波により全海洋に伝わります。後者については、海面に働く風応力による効果と合わさり、太平洋全体では傾圧の波により、海流の変化を伴い十数年以上もかけてゆっくりと応答します。これが効果(2)です。効果(2)の見積もりは海洋大循環モデルが得意とするところではあります。

ここでは黒潮の影響による日本の沿岸水位変動を見ていきます。黒潮はフィリピン沖から日本の南岸にかけて流れる暖流で、日本の南岸では非大蛇行接岸流路、非大蛇行離岸流路、大蛇行流路の三つの典型的な流路をとることが知られています(図1a)。

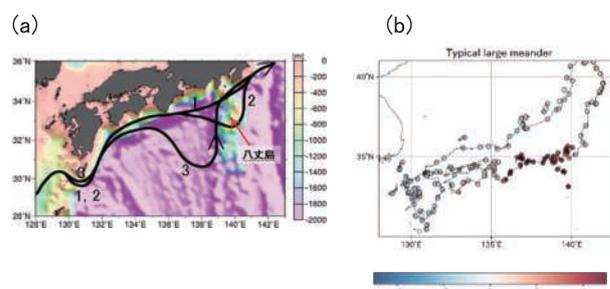


図1a. 典型的な黒潮の流路パターン 1. 非大蛇行接岸流路、2. 非大蛇行離岸流路、3. 大蛇行流路

図1b. 大蛇行時による日本沿岸の海面水位偏差。単位はcm

なかでも近年の大蛇行は2017年8月から2025年4月まで1965年以降もっとも長く続きました。黒潮はその北側に比べて南側では1mほど海面水位が高く、黒潮の流路変動は海面水位偏差を伴います。ただし海岸においては沿岸にそって海面水位などを一様化する働きがあるため、その海面水位差は沖合に比べて小さくおさえられ、月平均で見た場合、黒潮

大蛇行時には、日本の沿岸では東海地方を中心に通常よりも5cm程度、海面水位が高くなる分布を持つことが分かりました(図1b)。

効果(3)の地殻変動に伴う変動は全球規模ではGIA(氷河性地殻均衡)と呼ばれます。過去の氷期に大陸を覆っていた巨大な氷床の重みで沈み込んでいた地殻が、氷床が融解した現在、ゆっくりと隆起(回復)し続けている現象が主なものです。日本沿岸においてはそれらに加えて時空間的に非常に複雑なふるまいをする地殻変動の影響が無視できず、とくに長い時間スケールにおける推定や、長期間にわたる潮位計による観測を困難にしています。

3. 将来の海面水位上昇

将来の海面水位変化のうち、寄与が大きい効果(1)の水位上昇についてIPCC第6次評価報告書に則り紹介します(図2)。

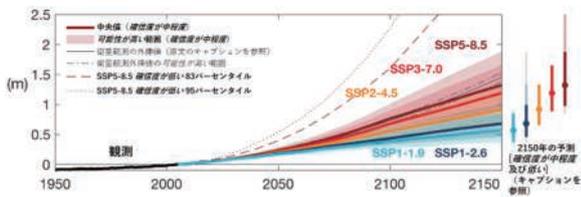


図2. IPCC第6次評価報告書による平均海面水位上昇の推定。

海面水位上昇は将来変化の様々なシナリオごとに推定されていますが、2050年付近ではいずれの推定においても、0.2m程度の海面水位上昇で、極端な現象が起きた場合で0.5mです。ここでの極端な現象とは、南極氷床の加速度的な崩壊等、可能性が低いものの無視できない現象を指します。この海面水位上昇は時間を追うとともに深刻となり、2150年においては、温度上昇シナリオによっては1mを越すような海面水位上昇値が見積もられています。

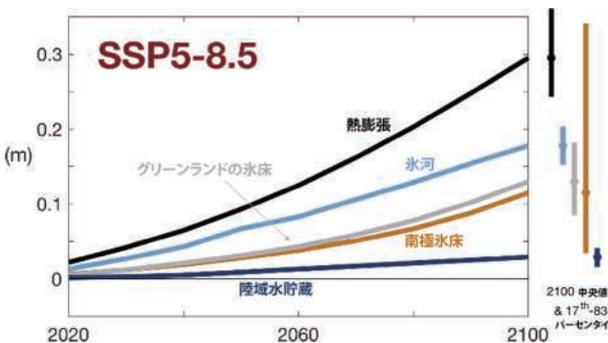


図3. SSP5-8.5シナリオ(化石燃料に依存し、非常に大きな温暖化が進む世界)における、各要素ごとの海面水位上昇の寄与。

その内訳をみると海が暖められて膨張した寄与が一番大きく、続いてアルプス等の陸上の氷床の融解、そして、同

程度のグリーンランドと南極の氷床の融解となっています(図3)。不確実性は南極の氷床の寄与が極めて大きく、もっとも極端な場合にはこれがその他の寄与よりも大きくなります。

「日本の気候変動2025」における日本の沿岸海面水位を求める際にはこれに前述の海洋モデルによる計算結果を足し合わせることで、見積もりを行いました。地殻変動は時間的にも空間的にも複雑で予測が非常に難しいため、足し合わせた見積もりを行うのではなく、IPCC第6次評価報告書による時間一定の分布として提供されているデータを参考データとして添えています。

4. まとめ

日本沿岸水位の長期変動には、海洋への淡水流入、海水の体積変化、海面水位の地域的な分布、及び、地殻変動による影響が重要です。

海洋への淡水の流入流出の効果は数週間以上のスケールではおおよそ海洋全体で一定とみなせます。熱による海水の体積変化は海域分布を生み出しますが、体積変化そのものによる海面水位の変動は淡水流入流出の場合と同様に海洋全体に素早く広がります。

熱や風による海流の変動が引き起こす海域による海面水位差は1mを超えます。この海流の変動や海面水位差の地域分布の推定は海洋大循環モデルが得意とするところで、黒潮の流路変動の影響などを見ることができます。沿岸に沿って情報を伝える波の影響により、月平均スケールでは海面水位差は沖合よりも沿岸では大幅に抑えられ、黒潮の流路の影響は10cm程度でした。さらに日本においては海流に加えて時空間的に非常に複雑なふるまいをする地殻変動の影響を無視できません。

湾レベルでの短期間の急激な海面水位上昇を伴う「急潮」という現象なども、沿岸域での養殖業などへの影響から注目を浴びています。今後は、長期変動に加えて、このようなスケールの小さい短期間の現象を、より高解像度のモデルの構築や、大量のシミュレーションから統計的な特徴を見積もる手法等も含めて、開発・研究を推進していく予定です。

謝辞

本研究の一部は、文部科学省「気候変動予測先端プログラム」日本域における気候変動予測の高度化(研究課題番号(JPMXD0722680734)の助成を受けています。

参考文献

- (1) IPCC 第6次評価報告書
- (2) 日本の気候変動2025