



Title	Effect of ice-ocean albedo feedback on summer retreat of Arctic sea ice cover [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	柏瀬, 陽彦
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第11533号
Issue Date	2014-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/57154
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Haruhiko_Kashiwase_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

博士 (環境科学)

柏 瀬 陽 彦

審査委員 主査 教 授

大島 慶一郎

副査 教 授

谷本 陽一

副査 准教授

深町 康

副査 グループリーダー

菊地 隆

(海洋研究開発機構 地球環境観測研究開発センター)

副査 准教授

二橋 創平

(苫小牧工業高等専門学校 機械工学科)

学 位 論 文 題 名

Effect of ice-ocean albedo feedback on summer retreat of Arctic sea ice cover

(北極海の海水融解期における海水－海洋アルベドフィードバック効果)

北極海は近年の温暖化の影響が最も強く表れる海域の一つとして知られる。それは特に海水の変化として表れ、夏季の海水面積が激減し、海水厚及び多年氷の占める割合の減少とも観測されている。このような夏季の海水激減の原因としては、気温上昇の他に、太平洋及び大西洋からの熱流量の増加、北極海外部へ流出する海水量の増加などがその候補として挙げられる。一方で北極海は季節海水域化が進行しており、それが海水激減と関連する可能性も考えられる。南極海やオホーツク海といった季節海水域においては、海洋表層に吸収された大気からの熱（主に日射によるもの）が海水融解の主要な熱源となっている。海水と開水面では表面のアルベド（日射に対する反射率）が大きく異なるため、融解期に一旦海水密接度が低下すると、開水面からより多くの日射が吸収され、その熱によって海水が融解、さらに海水密接度を低下させることでその後の融解が加速される正のフィードバック（海水－海洋アルベドフィードバック）が働く。

多年氷域では海水密接度が低下しにくいいため、海水表面に吸収された熱による表面融解が卓越すると考えられるが、季節海水域化しつつある北極海においても、南極海などと同様に海水－海洋アルベドフィードバックが働くように変化した可能性がある。しかし、現在までの研究では (1) 海水－海洋アルベドフィードバックの前提となる、大気から海洋表層に吸収された熱によって海水が融解するという仮定はどの程度成り立っているか？ (2) 融解の進行において正のフィードバックが本当に働いているのか？ (3) もしこれらが成り立つなら、それは北極海のどこで顕著であるか？といったことは良くわかっていなかった。申請者の研究は、これら北極海の海水－海洋アルベドフィードバック効果に対する本質的な問題に対して、種々の衛星観測による海水データや熱収支解析を駆使して明らかにすることをめざしたものである。

申請者ははじめに、衛星マイクロ波放射計観測が利用可能な1979–2012年の期間について、海水密接度および気象再解析データ（ERA-interim）を使用して北極海海水域での1日毎の熱

収支を開水面および海氷表面でそれぞれ計算した。その結果、夏季の北極海海氷域では開水面での正味の熱フラックスは海氷表面での正味の熱フラックスより十分に大きく、開水面での熱フラックスは短波放射（日射）によるものが支配的であることが示された。また、開水面を通じて海洋表層に吸収される熱量は、氷厚を1mと仮定した場合の海氷密接度の変化から推定される海氷融解量と季節変動・経年変動のいずれも良い対応関係を示した。海氷の漂流速度を考慮して、海域別に熱収支解析を行った場合には、上述した対応関係は近年海氷の激減が報告されている太平洋セクター（East Siberian, Chukchi Sea, Beaufort Seaなど）において特に顕著であった。開水面から海洋表層に吸収された熱によって海氷が融解することは海氷－海洋アルベドフィードバックが働くために必要な条件であるが、北極海の太平洋セクターではそれが満たされていることが明確に示された。なお、用いた夏季の海氷密接度データはメルトポンドなどの影響が含まれるため、その信頼性に注意が必要である。申請者は、全く独立に得られたAVHRRによるアルベドデータとの比較から、熱量を議論するうえでは、用いた海氷密接度データは十分に信頼できることを確認している。

次に申請者は、北極海で海氷－海洋アルベドフィードバックが働いていることを示すため、海氷発散と開水面比および融解量との比較を行った。その結果、北極海の太平洋セクターでは融解期の初期に海氷発散があった場合、同時期の開水面比率や1-2ヶ月後の融解量と有意な相関があることが示された。また、海氷発散とその後の融解量との相関は2000年以降において特に顕著であることも示された。この結果は近年の季節海氷域化に伴って海氷－海洋アルベドフィードバックの効果がより顕著になっていることを示唆する。これは多年氷域の割合および1年氷の平均氷厚が減少したことでフィードバックの感度が増したことによると考えられる。このことはフィードバック効果を簡略に取り入れた海氷－海洋結合モデルによっても示され、モデルは観測結果をよく再現する。

申請者の研究は、北極海の融解期における海氷－海洋結合システムの本質を明らかにする研究であり、現在進行する北極海氷の減少のメカニズム解明にも大いに貢献する研究である。審査委員一同は、その重要度や先進性・発展性を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。