



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Underwater frazil ice formation associated with supercooling in coastal polynyas : The role in high ice production and material cycle [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	伊藤, 優人
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第12665号
Issue Date	2017-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/65271
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Masato_Ito_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 伊藤 優人

学 位 論 文 題 名

Underwater frazil ice formation associated with supercooling in coastal polynyas

—The role in high ice production and material cycle—

（沿岸ポリニヤにおける過冷却に伴う海中でのフラジルアイス生成

—高海氷生産と物質循環への役割—）

海氷域内の薄氷・疎氷域、沿岸ポリニヤでは海洋から大気への熱損失を阻害する厚い海氷がないため、高い海氷生産が維持される。そのため、ポリニヤは海洋の熱塩収支や高密度水形成に強く寄与する。ポリニヤにおける海氷生産は開放水面が維持される場合に最大となり、これは擾乱環境下での過冷却水の生成および沈降に伴い海中でフラジルアイスが生成される過程にて生じると考えられている。さらに海中でフラジルアイスと堆積物粒子とが接触することで、海氷中に堆積物粒子が取り込まれる過程（suspension freezingと呼ばれる）が提唱されている。海氷に粒子が取り込まれた場合、それらは海氷の漂流によって輸送され、海氷の融解時に海中へと放出される。このためポリニヤは、極域海洋の物質循環や生態系にも大きく影響し得る。これらの過程に関して、室内実験による報告があるものの、極域海洋での現場観測が難しいことや、海洋における過冷却の大きさが測器の測定精度と同程度であること、海中のフラジルアイスや堆積物粒子を検知する手法が確立されていないことなどから、現実の海ではその発生の有無を含めて、よくわかっていない。近年、水温・塩分センサーの測定精度の向上により、海中の過冷却の検知が可能となりつつある。また、ADCP（超音波流速計）により計測される音響散乱強度がフラジルアイスや堆積物粒子の出現に関係して増加することも明らかとなってきた（ADCPは主に流速を測定するための測器である）。これらの水温・塩分計やADCPを携えた係留観測が北極・チャクチ海バロー沖（2009年－現在）、オホーツク海サハリン沖（1998－2000年、2002－2003年）、南極・ケープダンレー沖（2010年－現在）において実施され、各々冬季のデータの取得に成功している。本研究では、これらの現場観測データを海中のフラジルアイスや堆積物粒子の上方輸送に着目して解析し、気象データや衛星データも組み合わせ、沿岸ポリニヤにおける海氷生成と海氷への堆積物の取り込みの過程を調べた。その結果、まず第一に、上記の3海域全てで、擾乱環境下でのポリニヤ形成時にフラジルアイスとみられる音響シグナルが数日－2週間程度に渡り持続的に検知された。バロー沖およびサハリン沖のポリニヤでは、フラジルアイスが水面下20－30 m程度にまで検知されたと同時に水深30－40 mにおいて過冷却またはポテンシャル過冷却が観測された。ケープダンレー沖のポリニヤでは、水深約100

mにおいてポテンシャル過冷却が生じた際に水面下 80 m 程度にまでフラジルアイスが検知された。これらは、ポリニヤにおいて、過去の観測報告 (< ~10 m程度) よりも遥かに深いところまでフラジルアイスが長時間存在することを明らかにし、海中でのフラジルアイス生成に伴う最も効率の良い海氷生成が、海域に関わらずに実際に生じたことを示唆する。観測されたポテンシャル過冷却に関して、過冷却水の沈降によるものだけでなく、結氷温度の低い深い場所までフラジルアイスが沈み、融解する際の潜熱吸収によっても生じる可能性がある。サハリン沖やバロー沖では、フラジルアイスの検知と同時期に、堆積物粒子の上方輸送も検知された。堆積物粒子は強い流れによって海底から巻き上げられた後、冬季混合によって海面付近にまで運ばれたとみられる。フラジルアイスと堆積物粒子は同時に同じ水深において検知された。これは、*suspension freezing* によって海氷中に堆積物粒子が取り込まれることを現場観測より直接的に示唆する世界初の例である。一方で、水温が比較的高いなどのフラジルアイスが存在しない場合でも、堆積物粒子が海面近くまで輸送される例が生じた。この場合、海氷盤への波やうねりの乗り上げや、海面の再凍結によっても堆積物粒子が海氷内に取り込まれる可能性がある。以上のように本研究から、ポリニヤにおいて、冬季混合や対流などの擾乱により過冷却水が海中深くまで沈み込み、海中でフラジルアイスが生成されることで、長期に渡り開放水面を維持する効率の良い海氷生産過程が実際の海でも生じることが明らかとなった。また、本研究は、これらの擾乱によって、海底から堆積物が上方輸送され、海中でフラジルアイスと接触することも明らかにした。これは、堆積物粒子がフラジルアイスに捕獲され、フラジルアイスが海氷盤へと遷移することで、海氷中に堆積物が取り込まれる過程を示唆する。