

知床世界遺産センター開館記念講演

「温暖化で変わるオホーツク海、流氷が減ると…」

北海道大学低温科学研究所 大島慶一郎 教授

日時

平成21年4月19日(日) 15時から16時

場所

知床世界遺産センター

概要

北海道大学低温科学研究所の大島慶一郎です。本日は知床世界遺産センターの開館おめでとうございます。このような席で講演させて頂きまして非常に光栄に感じております。

さっそく講演に入りたいと思います。オホーツク海は非常に大量に流氷が出来ますが、まずその流氷がどんな働きをしているかという事からご説明します。

流氷が非常に沢山出来るオホーツク海は、北太平洋の心臓、ポンプの様な働きをしておりまして、流氷が出来る事によって、北太平洋の中層まで及ぶ大きな上下方向の循環を形成しています。流氷が減るという事で、その働きが弱くなっている可能性があります。

流氷の拡がりが正確にわかるようになったのは、35年前に人工衛星による観測が行なわれるようになってからで、現在では気象庁のホームページなどで確認することができます(図1)。今年は北海道オホーツク沿岸での流氷接岸期間は記録的に短かったわけですが、近年実際に流氷が減少しているかといいますと、最大海氷面積ではグラフで示すとおり、確かに減少しております。しかし年々変動がかなり激しく、最近でも2001年のように観測史上最大に近い海氷面積になった年もあります。このように、年によって変動はありますが、トータルで見ますとオホーツク海の海氷面積は30年で約2割減少しています。

知床が世界遺産として登録された一つの大きな理由として、流氷の南限ということがあげられます。北半球で流氷が一番広がる季節は2月ですが、その時の流氷分布を地球全体で見ると(図2)、北緯44度付近の緯度で本格的な海氷が見られるというのは知床だけということがわかります。例えば、ノルウェー沖では北緯70度であっても、海氷は見られません。

なぜ、オホーツク・知床が流氷の南限なのか？

2月の平均気温を見ると(図2)、-40 という非常に強力な北半球の寒極がオホーツクの風

上である大陸上ロシアにあります。このロシアのベルホヤンスク・オイミヤコンという所で北半球の最低気温も記録されております。オホーツク・知床が流氷の南限であるのは実は単純で、非常に寒冷であるから、というのが一番の理由なのです。

オホーツク海で大量の海氷ができることにより、高塩分の重い水が生成され、その重い水が潜り込むことにより、北太平洋全体に広がる大きな上下方向の循環が形成されます。北太平洋の中層水（水深 300m から 500m）における水温と酸素濃度の分布を見ると(図 3)、最も水温が低く、酸素濃度の高い水がオホーツク海を起源にして広がっているように見えます。酸素は生物によって消費されるため、表層から潜り込んで間もない水は酸素濃度が高く時間が経つと低くなっていきます。よって、これらの分布はオホーツク海の表層から水温の低い水が潜り込んでそれが北太平洋全体に広がっているということを示唆しており、これらの分布から、オホーツク海が北太平洋中層全体に海水を送り込む心臓・ポンプのような働きをしていることがわかるわけです。

以上のような理由でオホーツク海は北太平洋にとっても非常に重要な海なのですが、冷戦の影響で長い間観測することができませんでした。しかし、冷戦も終わり、およそ 10 年前から日本とロシアとアメリカでの共同観測がオホーツク海で開始されました。現在までの 6 回の大きな観測を通じて、多くのことが明らかになりました。例えば、オホーツク海の中のどこで重い水が潜り込んでいるか、それは北西部の陸棚上であることが明らかになりました。

ここは、北半球の寒極から非常に強い寒気を直接受けることになるため、海氷がここで大量に生成されます。海氷は生成される時に殆ど水のみで凍るため、海氷が大量にできることにより、高塩分の海水が下に排出されます。ここで生成された塩分濃度が高く重い水がオホーツクの中層、北太平洋の中層に潜り込んで上下方向の大きな循環を形成するわけです。

オホーツク海北西沿岸域のように、できた氷が次々に流され大量の海氷が出来る場所を沿岸ポリニヤ（ロシア語起源）と言います。海氷の生産量は、人工衛星データや大気データからある程度見積ることもでき、オホーツク北西部のポリニヤで大量の海氷が生成されているという結果になります(図 4)。また、この高海氷生産域は、水温・酸素濃度分布から見られる重い水の潜り込み域と一致していることもわかります。国際共同観測では、実際に冬季にここに観測機器を設置して、海氷生産に応じて重い水が生成されていることを直接確かめることもできました。

近年の温暖化によりオホーツク海の風上にある寒極の平均気温は 50 年間でおよそ 2 上

昇しています(図5)。IPCCの報告によると、地球全体の平均気温はこの50年間で0.65
上昇したとされていますので、それに比べると非常に温暖化の影響が強くなっています。ま
た、オホーツク海の海水面積はオホーツクの風上の気温と強い相関を示しています。海水
面積はおよそ30年間で約20%減少していますが(図5)、気温との相関から考えると、お
そらく30年ではなく50年スケールで少しずつ海水面積が減少していると予想されます。

このように温暖化の影響を受けて、流氷が減少すると、オホーツク海の海水の潜り込みが
弱まることにより、先ほどご説明した北太平洋における上下方向の循環が弱まること
が予想されます。実際に北太平洋全域における中層水の水温を解析すると(図6)、オ
ホーツク海における水温の上昇が一番大きく、50年間で0.6 上昇しており、また北太
平洋でもオホーツクの海水が循環する経路に沿って昇温していることもわかってきま
した。つまり、北太平洋規模での上下方向の海水の循環が弱まっていることを示唆し
ているわけです。

実は、国際共同観測では、他にも重要な発見がありました。海水生成により重い水が中層
に潜り込む際に、同時に鉄分が潜り込んでいることが偶然発見されました。近年、鉄分
が生物生産の制限要因になっているという研究が盛んになされており、鉄分が生物生
産にとって重要であると認識されつつあります。オホーツク海における大量の海水生
産によって重い水が中層に潜り込む際、同時に鉄分も運ばれていることがわかり、さ
らには北太平洋の中層全体に運ばれているということが示唆されています(図7)。

オホーツク海や北太平洋西部における非常に高い生物生産はオホーツクの中層から運
ばれて来ている鉄分によるのではないかという「中層鉄仮説」を我々は提示してあり
ます。また、鉄分は元はアムール川から供給されており、まさに陸が海を涵養して
いる「巨大魚付き林(うおつきりん)」ではないかという仮説のもと、色々な分野の研
究者が一緒になって研究を行っている状況です。

また、温暖化により上下方向の循環が弱まることにより、鉄分の輸送も弱くなり、
生物生産が低下するという仮説も考えられます(図7)。ただし、注意して頂きたい
のは、温暖化によって海水が減少していること、そのために上下方向の循環が弱
まっていること、まではおそらく間違いがないのですが、鉄分に関しては現段階
ではあくまでも仮説だということです。

国際共同プロジェクトでは、オホーツク海の海流、特に東樺太海流についても多
くが明らかにされました(図8)。知床付近に目を向けると、ここは、冬期は北半
球の寒極の影響を受けた非常に水温の低い東樺太海流が到来しますが、一方夏期
は亜熱帯系の高温・高塩分の水が日本海をバイパスにして宗谷暖流として支配
的になります。これ程大きな違いのあ

る水がぶつかり合う海域は世界でも他に例がないかもしれません。そのために、南方系、北方系の両方の魚類が生息しており、極めて生物多様性が高い海域となっております。

さて、東樺太海流は、汚染物質も運んでしまう海流でもあります。例えば世界遺産に登録された直後に油まみれの鳥が知床に漂着するという事件も発生しました。現在では、海流による表層の循環についてはモデルの活用によりある程度正確にシミュレーションできるようになっております。流出油や汚染物質を想定して、サハリン油田やアムール河口を起源とする海水の漂流や拡散も予想することが可能です。季節による違いが大きいのですが、沖合の風向き等の年変動により、年ごとでも漂流のパターンは異なってきます(図9)。知床沖に油まみれの鳥が5500羽漂着した事件についても、シミュレーションの結果、北の方からきていることはどうやら間違いのないことは分かっています。

最後に、オホーツク海の海氷はおよそ30年間で約20%減少しているということが分かっていますが、今後地球温暖化の影響によって知床に流氷がやってこなくなる可能性があるのか、ということについてお話しします。

まず、オホーツク海の風上の寒極は非常に寒冷であり、温暖化が進行し数度気温が上昇しても海氷の生産が止まることは今後数百年の間はあり得ないと考えられます。また、東樺太海流が消滅するという事も考えにくいことから、今後、流氷の量や接岸期間が減ることはあっても、流氷自体が全くやってこなくなるということは当面はないと思われれます。また、接岸については、ローカルな風に左右される面もありますので、たとえば今年は大幅に接岸期間が減りましたが、流氷自体は沖にある程度存在しておりました。よって、流氷の南限という位置づけは当面変わることはないと思います。

以上です。どうもありがとうございました。

質疑応答

Aさん：

オホーツク海の塩分濃度は非常に薄いという話を聞いており、実感として、オホーツク海は羅臼や釧路と比べて磯臭さを感じないという印象を持っています。先ほどオホーツク海においては塩分濃度の濃い海水が潜り込んでいるという話をお伺いしましたが、他の海と比較してどの程度濃度が濃いのでしょうか？

大島教授：

オホーツク海は確かに表面における塩分濃度は低くなっており、塩分濃度が高いのはあく

までも水深 300m から 500m における中層水となります。またグローバルに見た場合、北太平洋では蒸発より降雨が多いため、南極や大西洋と比較すると塩分濃度は低く、重量も軽いものとなります。

Aさん：

近年、実感として流氷が少なくなったと感じておりますが、流氷の生産が減少してもオホーツク海における海水の潜り込みと北太平洋での循環は今後も維持されるのでしょうか？

大島教授：

オホーツク海の北西部では、寒極からの寒気により流氷の生産がストップすることはないため、ある程度重い海水は生成され続けるはずです。

我々の最新の研究では、近年の約 30 年で中層まで潜り込む海水の量は 3 割程度減少しているという結果が出ております。そういうことから考えると、温暖化の進行により、重い海水が生成されにくくなり、北太平洋における中層水の上下方向の循環が停止する可能性もゼロではないと考えます。

Bさん：

北太平洋における中層水の循環のシステムであるアムールオホーツクシステムは地球全体の大きな深層水の循環のシステムと関係するのでしょうか？

大島教授：

地球規模の深層水の循環システムは北大西洋から沈み込んだ海水がおよそ 2000 年で大きな循環をするもので、海洋コンベアベルトと呼ばれています。

アムールオホーツクシステムはそれとは異なるものであり、あくまでも北太平洋での循環システムとなりますが、鉄分などの物質循環にも影響を与えており、それが生態系や生物生産に影響している可能性があるという点が重要だと思います。

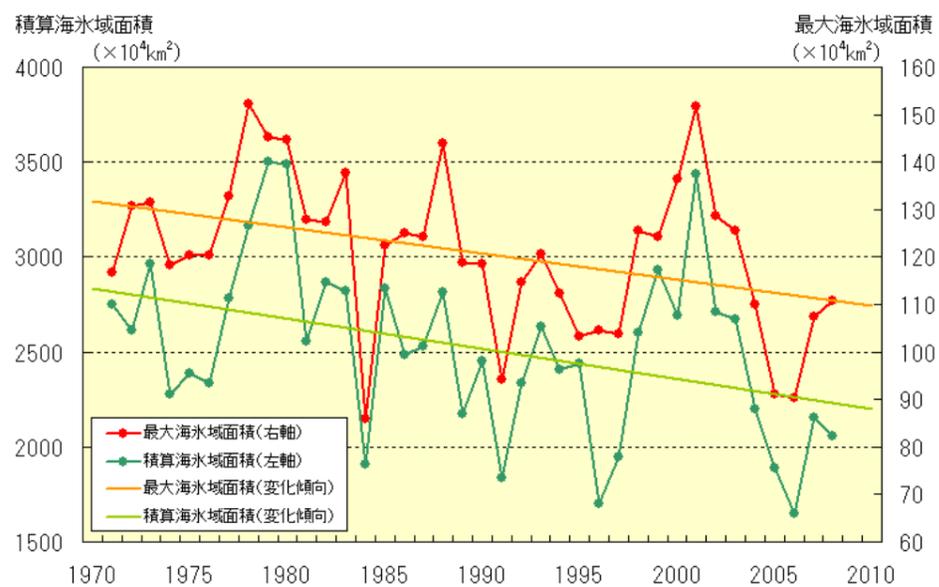


図1：気象庁ホームページによる、オホーツク海の海水域面積の経年変動

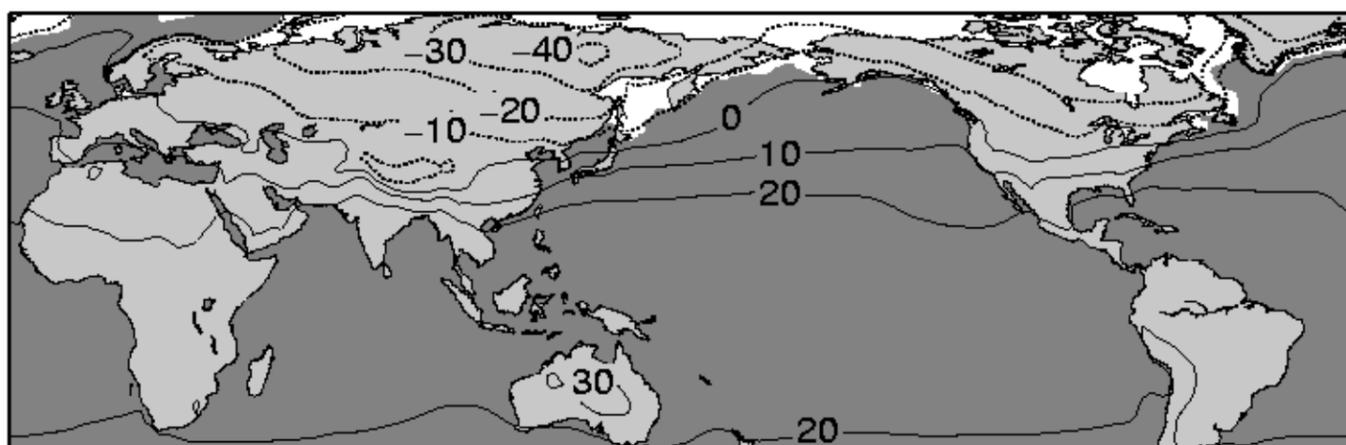


図2：地球全体での2月の平均海水分布(白)と平均気温(等値線) 二橋 創平氏 作成

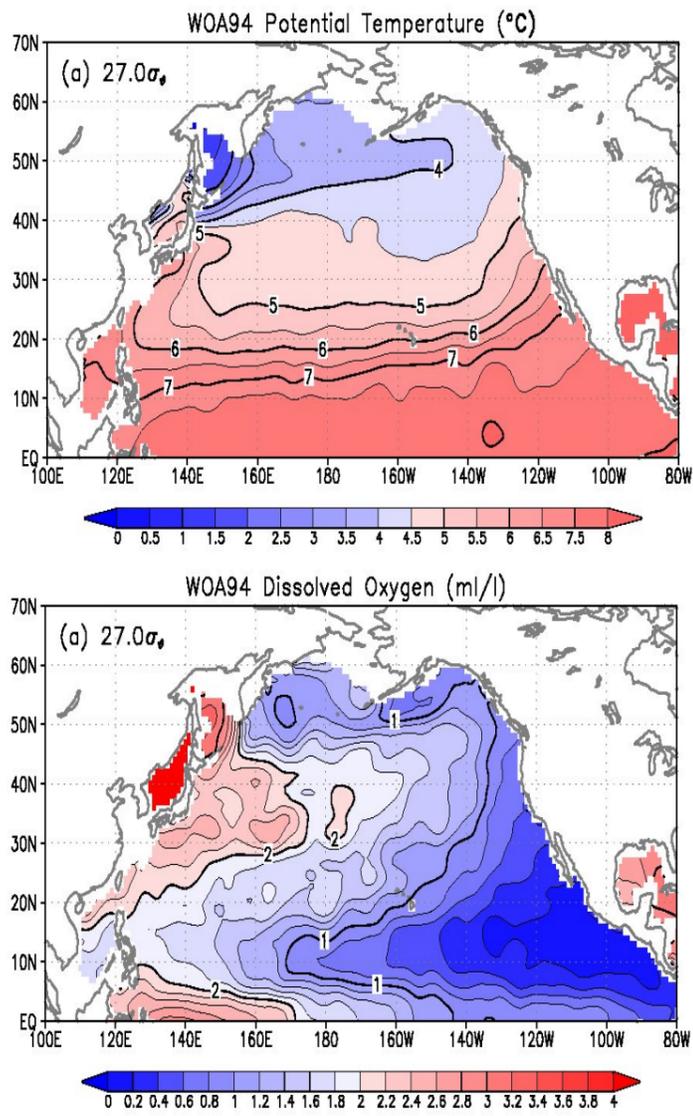


図 3: 北大平洋における、中層(300-500m 程度)での(a)水温と(b)溶存酸素量の分布。およそ 300-500m の層。 中野渡拓也氏作成

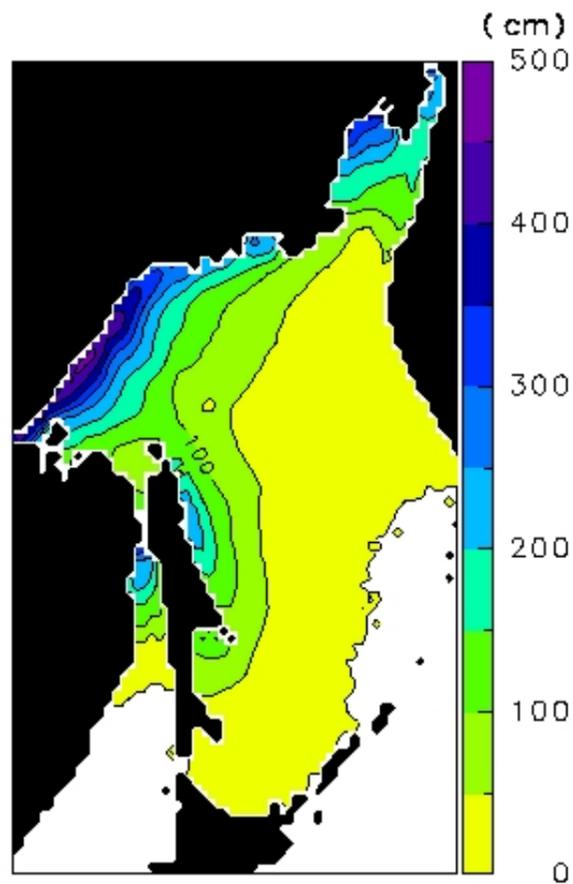


図 4: オホーツク海での年間の海水生産量分布。

海水の厚さ(cm)に換算して示したもの。

人工衛星のマイクロ波放射計による海水情報

と熱収支計算から見積もったもの。

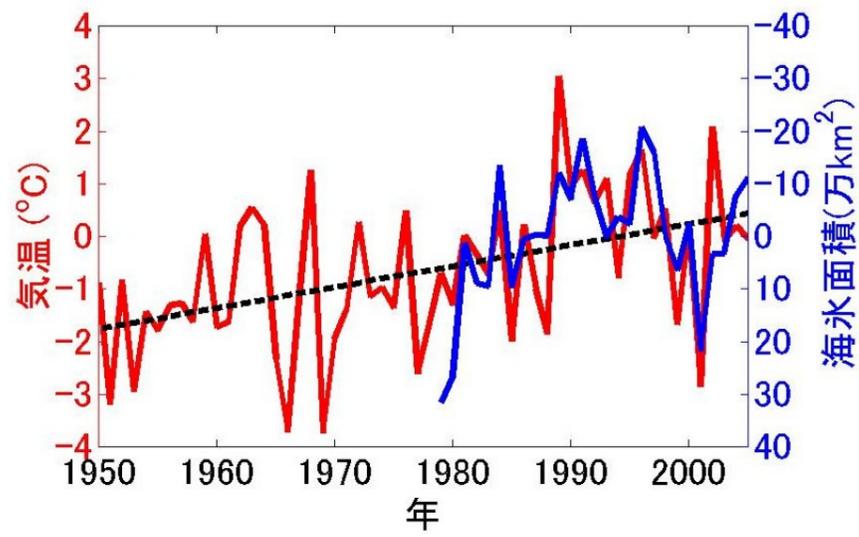


図 5: オホーツク海の 2 月の海水面積(青線)とその風上での地上気温(赤線)の年々変動。偏差(平均からのずれ)で示しており、海水面積(右端の軸)は上ほど小であることに注意。地上気温は 10-3 月の平均。

Nakanowatari, et al., (2007) より.

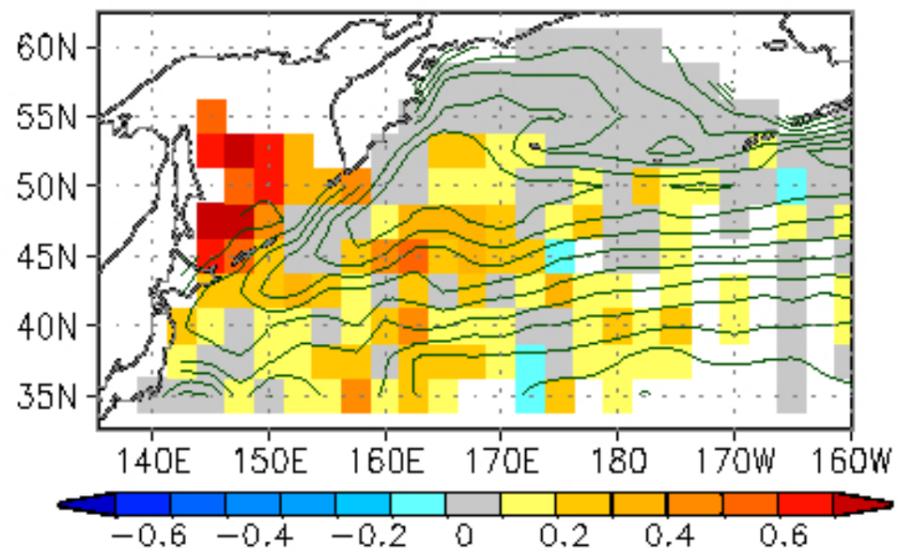


図 6: 北太平洋及びオホーツク海の中層水温のこの 50 年の変化。中層のある密度層(水深約 300-500m の層)で、この 50 年間で何度変化したかを示す。

Nakanowatari, et al., (2007) より.

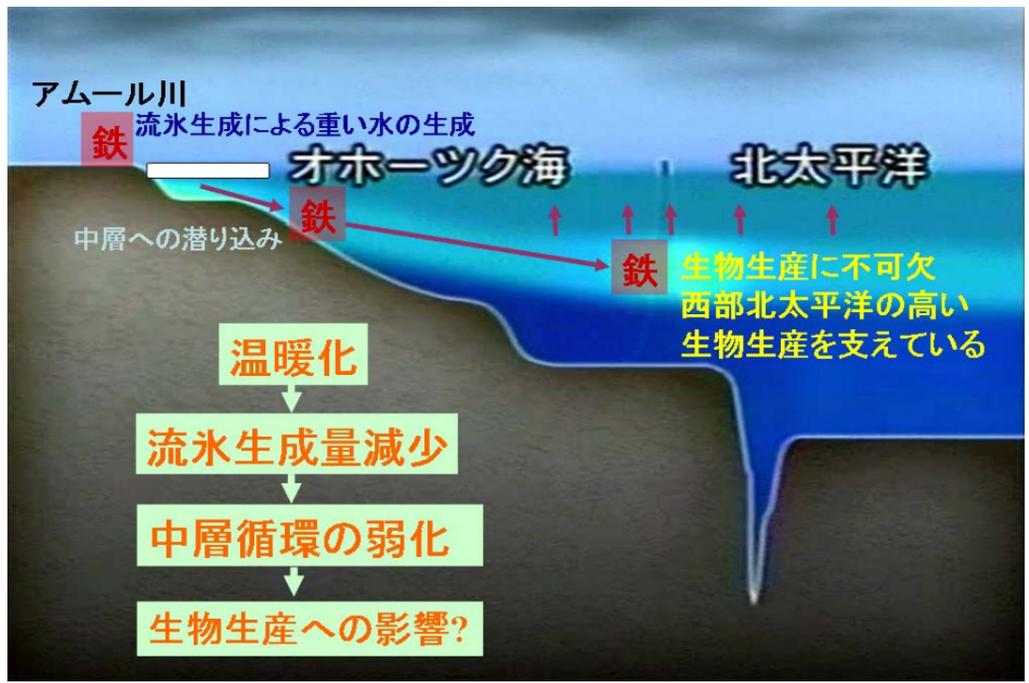


図7:オホーツク海を起源とする中層循環と鉄分の循環、その温暖化による影響



図8:オホーツク海の表層循環の模式図。

表層漂流ブイの結果などに基づいたもの。

Ohshima, et al., (2002) より。

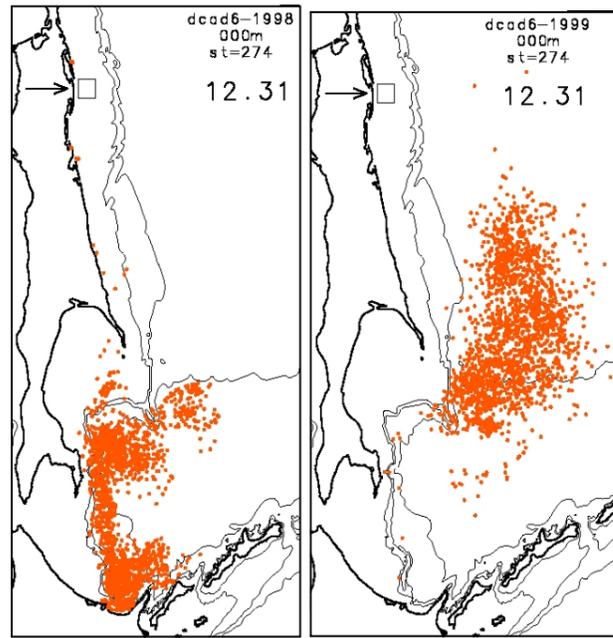


図9: 風で駆動されるオホーツク海の数値シミュレーション

ンにおいて、サハリンII海域(矢印)から、10月に毎日、粒子を海面に流したときの12月31日での粒子の分布。左:1998年の例。右:1999年の例。