

## 部分的に海氷に覆われた海域における対流の数値実験

## Numerical experiments of convection in the partially ice-covered ocean

# 岡田 直資[1], 見延 庄士郎[2], 池田 元美[1]

# Naosuke Okada[1], Shoshiro Minobe[2], Motoyoshi Ikeda[1]

[1] 北大院・地球環境, [2] 北大・理・地球惑星

[1] Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido Univ., [2] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ

部分的に海氷に覆われた海域では、ブラインの排出によって海洋表層に不均一な負の浮力フラックスが加わる。海水分布の水平構造のスケールが対流セルの大きさに近いという状況下の対流を再現する数値実験を、非静水圧 3 次元モデルを用いて行った。実験の結果、モデル領域全体で加わる負の浮力フラックスが同じであるにもかかわらず、生成される高密度水の密度が海氷のない領域の水平スケールや分布に依存することがわかった。これは、海氷域での高密度水形成過程のパラメタリゼーションには、海氷密接度だけでなく開水面の水平スケールや分布の情報も必要だということを示している。

極域の冬季に海氷に覆われる海域では、ポリニアと呼ばれる数キロから数十キロの範囲で海氷のない領域や、リードと呼ばれる長さ数キロ幅数百メートルの氷の割け目が観測されている。このように氷が何らかの原因でなくなった領域では海洋から大気に非常に大量の熱が奪われ、速い速度で海氷が生成される。海氷生成時には海水の中のかなりの割合の塩分が氷から抜け落ちるので(ブラインの排出)。海洋表層に大量の塩分が加わり対流が生じる。これに比べて最初  $k$  から氷のある領域では海氷の生成速度は遅いので、海域全体では水平方向に不均一な負の浮力フラックスが加わることになる。北極海や南極海の陸棚域では、ポリニアで生じた対流によって低温高塩分の高密度の水塊が形成され深層に沈降する。北極海、南極海の深層循環を定量的に明らかにするためには、ポリニアにおける高密度水形成過程を明らかにし、パラメタリゼーションを行うことが重要である。

本研究は、海氷の分布構造の水平スケールの、海洋に一樣な負の浮力フラックスが加わった場合に生じる対流セルの水平スケールに対する大小が、対流現象や形成される高密度水の密度にどのように影響を及ぼすかを理解することを目的としている。この目的のために、ビジネス近似を導入した非静水圧 3 次元モデルを用いて理想化された設定の数値実験を行った。数値モデルは、モデル領域は水平方向  $2560 \times 2560 \text{m}$ 、水深は  $200 \text{m}$ 。水平方向には周期境界条件を用いた。粘性・拡散性数は等方で  $0.02 \text{m}^2/\text{s}$ 、初期状態の成層は中立とした。1日約  $4 \text{cm}$  の海氷生成に伴うブラインの排出に相当する  $10$  の  $-5$  乗  $\text{kg}/\text{m}^2 \text{ s}$  の塩分フラックスをモデル領域の最も上の格子点に与えた。そしてフラックスを与える領域を図 1 で示すように変えてそれぞれ積分を行った。

実験の結果、塩分フラックスを与えた領域の水平スケールによって、対流現象が大きく異なることが明らかになった。数値実験中で再現された対流セルの縦横比は 1 程度であった。フラックスを与えた領域の水平スケールが対流セルが生じるのに十分な大きさがあるケースでは、一度重くなって下降した水が、最大  $0.1 \text{m}/\text{s}$  程度の速い上昇流によって領域内で再び上昇して表層に達し、さらなる塩分フラックスが加えられて重くなることによって高密度水が多く生成された。一方、フラックスを与える領域の水平スケールが対流セルが生じるほど大きくない場合は上昇流は最大でも  $0.01 \text{m}/\text{s}$  以下であった。この場合、下降した水がフラックスを与えた領域内では表層に上昇できずさらなる塩分フラックスが加わることがないので、モデル領域全体では同じ塩分フラックスを与えているにもかかわらず、高密度水の生成される量は少なかった。また、一つ一つのフラックスを与えた領域が大きくなって、それらが十分近い距離で近接している場合には、一つの領域で重くなった水が隣の領域に流れ込んでさらに塩分フラックスを受け、高密度水が比較的多く生成された。図 2 に生成された水塊の密度分布を示す。講演ではさらに詳細な解析結果と初期状態に成層を導入した実験の結果についても述べる予定である。

これらの数値実験によって、ブラインの排出によって形成される高密度水の密度や量は、一つ一つの海氷のない領域の大きさとその分布に依存することが示唆された。これは、高密度水形成過程のパラメタリゼーションには、海氷密接度だけでなく、それぞれの海域での開水面の水平スケールや分布の情報も必要だということを示している。

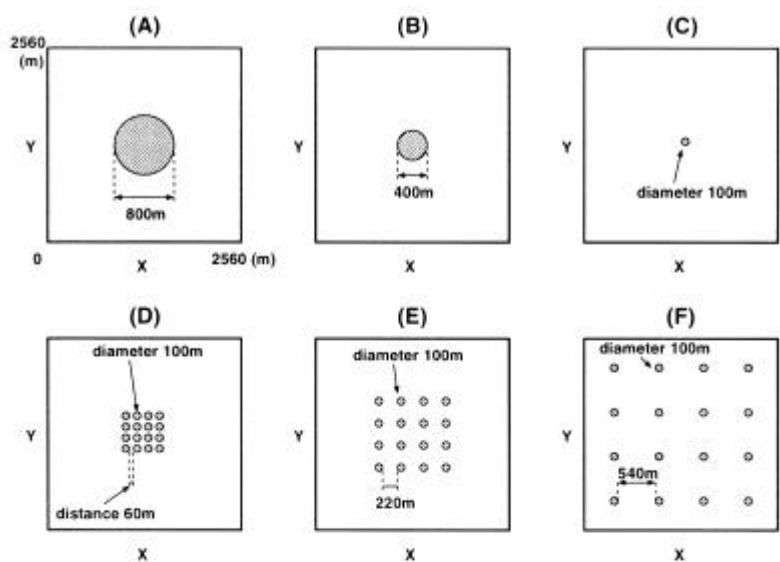


図 1: それぞれのケースで浮力フラックスを与えた領域

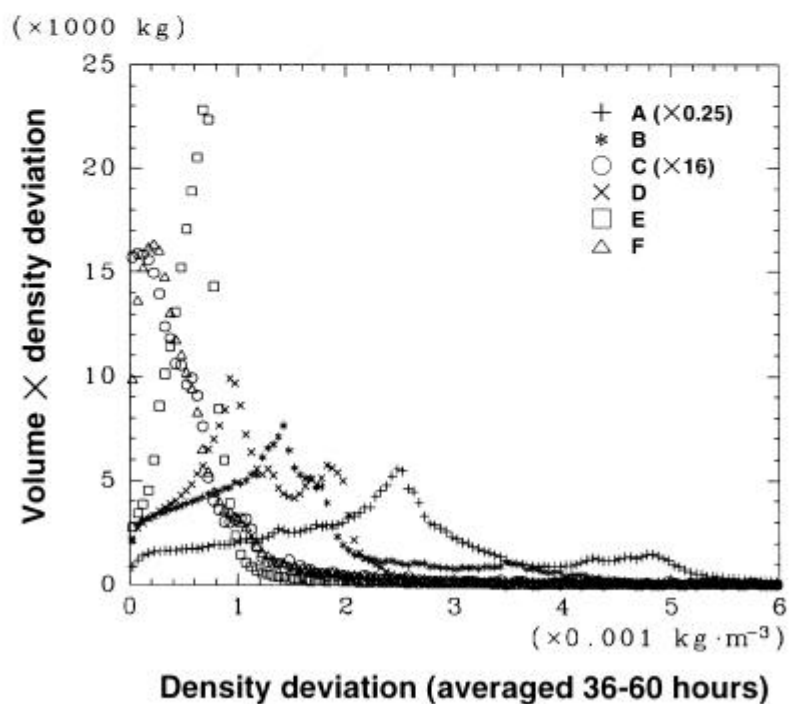


図 2: モデル領域全体の初期状態からの密度偏差のヒストグラム。実験開始後 36 時間~60 時間の平均。縦軸は体積と密度偏差の積 (フォーシング面積で正規化済)