

月例会「南極圏の気象」第4回の報告

「南極圏の気象」第4回月例会を昭和60年秋季大会の前日10月28日に、大阪管区气象台で開催しました。今回は、「海水と気候」というテーマで、南極の、あるいはグローバルな気候にとって重要な要素の1つである海水の問題を考えました。出席者は30名弱と少数でしたが、各講演の内容が良くかみ合い、また議論も活発で、大変良い勉強になり、充実した一時を過しました。講演者、出席者の方々、さらに会場のお世話をいただいた大阪管区气象台の皆様に厚くお礼申し上げます。

(幹事：山内 恭，国立極地研究所)

1. 南極海水域の特性と気候

小野延雄 (北海道大学低温科学研究所)

海水は大気と海との境界面に介在して、放射収支、熱交換、物質交換、運動量交換などの姿を大きく変える。海面と海水表面とのアルベドの大きな相違、海水および氷上積雪による断熱効果、海面からの蒸発抑制効果、海水生成時の塩排出による対流混合層の深まりなど海水がもたらすきわ立った特徴も多い。

海水がその生成場所で動かずに厚さを増していくならば、各種の素過程に厚い氷に平衡的な状態が存在して、氷のない状態から厚い氷に覆われた状態へと収斂していく過程を追えばよい。しかし、海水は厳冬期においても常に流れ動いているので、海水域内では割れ目、水路、ポリニア (氷湖：氷域内水面あるいは薄氷域) が絶えずどこかで生まれている。極寒期に出現するような水面やそれが凍った薄氷域は、厚い氷の10~100倍といった大きさで大気への放熱、海洋への塩排出を行いながら急速に凍っていくので、大気・海洋・海水間相互作用での主要な役割を演じている。

1983年に昭和基地で受信した NOAA の AVHRR 画像を用いて、エンダビーランド、クイーンモッドランド沖の冬の海水域の氷状を調べた。その結果、定着氷は冬でも大陸棚上に限られること、その沖の流水域は10~20%の水面や薄氷域を含むこと、流水は速いところでは1日30kmの動きをみせること、定着氷や棚氷の氷縁と

流水との間に沿岸ポリニアがよく現れる海域があることなどが明らかになった。沿岸ポリニアには、①流水の速い流れを伴う陸棚斜面に沿った海流によるもの、②リーサルセン半島からのびる海嶺を横切る流水が北向きの流れを見せることによるもの、③カタパ風の吹き出しによって流水が北向きの流れを示し沿岸に水面が現れているものなど、異なる成因によると考えられるものが見られた。

1980年の夏の終わりに、昭和基地のあるリュツォホルム湾の定着氷が、基地開設以来の規模でその大部分が流出した。昭和基地の月平均気温は、その後の3~4ヵ月平年値より4degほど高い値を示し、過去最高の値となった。このことはリュツォホルム湾の氷が毎年夏に消失すれば昭和基地の気温の季節変化が異なる平年値を持つことを意味しており、海水域の消長が沿岸の気候形成に関与している影響を示すものと考えられることができる。

南極大陸の沿岸基地や北極海沿岸の観測所の月平均気温の季節変化を比べると、隣接の基地間には類似の推移が見られるが、面している海域によってその特徴が異なる。最高・最低気温の夏至・冬至からの遅れは、北極では夏冬ほぼ等しいが、南極では夏にはほとんど遅れがなく冬はひと月程遅れるので、降温期が7ヵ月、昇温期が5ヵ月となる。この気温の特徴は、ニンバス5号のESMRがとらえた海水面積の季節変化の特徴と類似している。

2. 南極海水域の大気に与える影響

高原浩志 (名大水圏科学研究所)

南極海水域の大きな特徴のひとつは、北極の場合と異なり、周囲を陸地によって囲まれていないために、海水が大気・海洋の状況に応じて自由に動き得ることである。その面積は冬季に $20 \times 10^6 \text{ km}^2$ 、夏季に $4 \times 10^6 \text{ km}^2$ であり、季節変化は北極海の面積を上回る。海水は海面のアルベドを高めて海面への放射を減少させるとともに、大気・海洋間の乱流熱交換を抑制するため、その広がりや分布の変化は、特に南半球の気候の形成にとって

重要である。

南極海水域が大気と与える影響については、これまで主に総観気象の観点から研究されてきた。Budd (1975) は衛星データと地上での気温データとの比較により、年平均気温 1 K の変化が、拡大時における海水縁の緯度 2.5° の変化に対応することを見出している。またマイクロ波を用いた遠隔探査技術の発達により、海水縁の変化がその北側における平均的な西風強度を規定していること (Streten and Pike, 1980)、海水縁付近に形成される緯度方向の大きな温度勾配が、傾圧不安定の解消という機構を通して低気圧の発生に寄与していること (Schwerdtfeger and Kachelhoffer, 1973; Ackley, 1981; Cavalieri and Parkinson, 1981)、またこれらの関係の経年変動は、冬季に低圧部が持続する東南極で小さく、一方、海水の移動が卓越するウェッデル海では大きいこと (Carleton, 1983) 等が明らかにされた。

これらの研究の一方で、海水域内部における大気-海水過程については、衛星による探査に限界がある上に地上観測が少なく、情報不足である。わずかに得られている放射・微気象データ (Weller, 1968; Allison *et al.*, 1982) も、カタバ風による海水上の積雪が吹き払われる沿岸域でのものであり、海水域内部における過程を代表するものとは言えない。

南極海水域に特有かつ重要な過程として、細かく分割された海水と海水面とからなる遷移海水域 (Marginal Ice Zone) 上を通過する気塊の変質がある。米ソ共同の Weddell Polynya Expedition (1981年) では砕氷船を駆使して、20世紀初頭の Shackleton 隊 (1914~1917年) 以来初めて、ウェッデル海内部における大気-海水相互作用の観測を行った。その結果、水平方向の表面温度・粗度の不均一が熱・水蒸気の輸送を通して大気境界層を大きく変質させていることが明らかとなった。特に海水域内部ほど空気力学的に粗な海水の占める割合が増加する事実は、外洋からの風向の場合、海水域上での気塊の減速と大気混合層の発達をもたらすとともに、大気から海水への顕熱輸送量を増加させて海水の融解を促進する (Andreas *et al.*, 1984)。さらに海洋からの熱・水蒸気移流の影響は海水縁から 600 km 以上内側にまでおよび、夏季にはほぼ海水域全体が海洋の潜在的影響下にあることが示された (Andreas, 1985)。これは海水域が大陸を囲んで存在する南極での大きな特徴といえる。

今後は特に、航空機、海水プラットフォーム等の活用を図り、海水縁をよぎる方向で海水・海水縁・開水面上の活流輸送量、表面状態・温度等のモニターリングを行い、熱交換、気塊変質の観測を継続する必要がある。

3. 海水と海洋の相互作用

酒井 敏 (京都大学教養部)

1975年に観測された南極のポリニアは、大気海洋の熱交換に大きな影響を与えるとともに、海洋の深層水の生成にも大きく係わっていると考えられる。最近、このポリニアが、海洋中の鉛直対流と深く関係していることが Martinson *et al.*, (1981), Motoi *et al.*, (1985) 等により明らかされてきた。対流現象は本質的に非線形の現象なので、ポリニアの成因を考えるためには、海水と海洋の相互作用も含めた、システム全体の性質を調べる必要がある。

南極の海洋は基本的に、表層が低塩・低温、深層が高塩・高塩で、弱い成層状態にある。すなわち、深層には熱と塩分が供給され、表層では淡水供給と冷却が行われている。この表面冷却の強さは、そこに海水があるかどうかで大きく変化する。この様な状況において起こり得る現象を、簡単な二層モデルで考えてみると、パラメタによっては、定常な外部条件にもかかわらず、自励振動を起こし得ることがわかった。

この自励振動は、深層に対する熱の供給が、海水が存在する時の冷却よりも強く、かつ、海水がない時の表面冷却よりも弱い時に起こり得る。このメカニズムを簡単に説明すると以下ようになる。海水が存在して、塩分により安定成層した状態では、深層の温度が次第に上昇し、あるところで不安定になり対流が起こる。すると表層の温度が上昇して海水が解ける。海水が解けると表面冷却が盛んになり表層と深層全体の温度が下がる。表層の温度が結氷点以下になると海水が生成され、海面冷却が弱まるので、塩分により成層状態が安定化される。そして再び深層に熱が蓄えられ、この過程を繰り返すことになる。

南極の海洋・海水系が、この自励振動を起こすような状態にあるかどうか、さらに詳しい検討が必要であるが、ポリニアがこの様な自励振動の1つの Phase として出現した可能性は十分にあると考えられる。