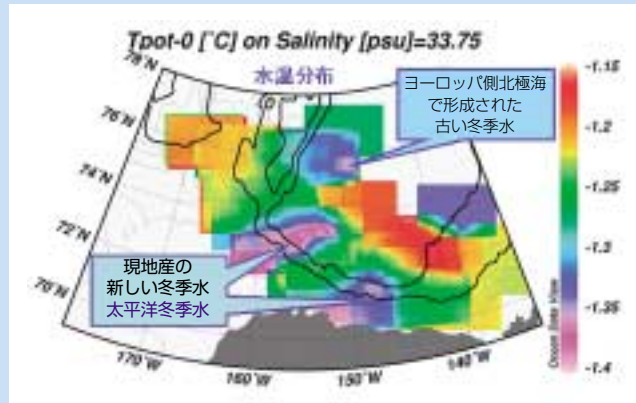
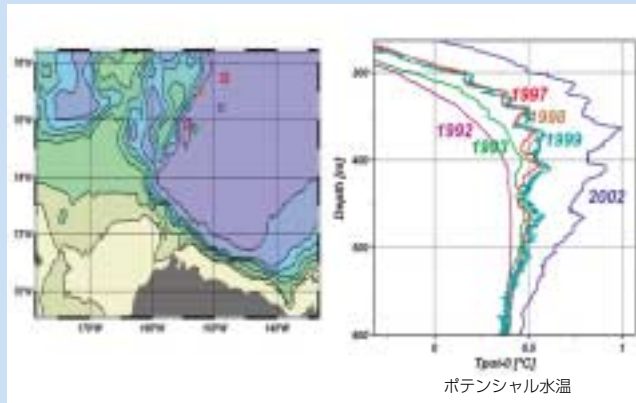




冬季水の分布

陸棚域で形成された低温な冬季水が海盆底部にまで広がっている様子が分かる。酸素分布と照らし合わせることで現地産の新しい冬季水（高酸素）とヨーロッパ側北極海で形成された古い冬季水（低酸素）の区別ができる。



西部北極海における大西洋水の高温化

左図（アラスカ沖からカナダ海盆の海底地形図）にポイントされた地点で過去に観測されたノースウインド海嶺付近の水温データを比較したのが右図。西部北極海の中層水を構成する大西洋水の水温が大きく上昇していることが分かる。

ンド海嶺を中心とする海域）で集中観測を行うことを決めた。地球温暖化の直接的な影響によって氷が融けたのではなく、海洋が海水分布を決めているのであれば、こうした海域に、何か特徴的な海洋構造のパターンが見えてくるに違いないという予測に基づいて、観測は行われた。こうした、1シーズンのなかでリアルタイムな海水分布と海洋の空間分布を関連付けながらの観測は、これまでほとんど例がない。

観測データの解析において注目した水塊は、塩分31～32psu（psu：海水に含まれる塩類の量を表す単位）の範囲にある、ベーリング海峡から東部チュクチ海を経て北極海盆に流入する東部チュクチ夏季水だった。この太平洋夏季水は、西部北極海域の上層の水温極大層を形成している。塩分31.3psu面上の水温分布を見ると、アラスカ・バロー沖とノースウインド海嶺海域に、高温領域があることが確認された。

アラスカ・バロー沖に見られる暖水域は、2002年の夏に入り込んだ新しい夏季水であり、一方のノースウインド海嶺に中心を持つ暖水域の起源は前年（2001年）の夏に北極海に流入した東部チュクチ夏季水（越冬夏季水）である。北極海に入った暖かい夏季水は、その年だけでなく、翌年もその個性を保ちながら影響を及ぼしていることが分かる。

そして、2つの高温領域が確認された海域は、観測の前に確認された海水の密度の小さい海域とほぼ一致していた。また、観測によって海水が後退した海域では、通常、表層において熱の移動を抑制するバリアとなるマッケンジー河川水の勢力がほとんど及んでいなかったことも明らかになった。つまり、太平洋夏季水からの熱の放出が容易な状況にあったわけだ。こうしたことから、海水の後退は、熱的なバリアの弱い海域と熱源の分布海域が一致して生じた現象と考えられる。また、2002年の海水後退は、海水厚が気候値から見ても小さいことを合わせて考えると、ある特定の年に見られる特殊な現象ではなく、海洋循環や海洋変動が主役を担う北極海変動のひとつであると推察される。

一方、西部北極海において東部チュクチ海夏季水と並ぶ主要な海洋熱源になっている大西洋水は、西部北極海の海水後退に影響を及ぼしているのだろうか。大西洋水の高温化は、北極海洋学のひとつのトピックとして注目されている。西部北極海においても1998年以降、急激に大西洋水の水温が上昇していることが分かっている。しかし、「JWACS 2002」の観測においては、この昇温による海

氷融解は確認されてない。もしも大西洋水の熱が拡散し、影響を及ぼしているならば、上層の海洋構造を破壊しているはずだからだ。

2002年の海水後退は、温暖化の直接的な影響でも、高温化している大西洋水の影響でもなく、太平洋から流入した暖かい海水の影響と考えるのが自然といえそう。

「JWACS 2002」では、こうした成果のほかにも、「西部北極海における冬季陸棚水の分布」、「アンモニアをトレーサーとしたチャクチ海陸棚底層水のカナダ海盆への輸送経路の解析」など、多くの研究成果を挙げている。海洋科学技術センターでは、今後もプロジェクトを推進し、西部北極海のデータ空白域における観測を行うなど、北極海の気候システム解明をめざして観測・研究を進めていく考えだ。



「JWACS2002」の観測風景。北極海で海水を採取。

日本の夏に影響を及ぼす北極域雪氷圏の冬の気候

北極の冬の気候と日本の夏の気候の関係が明らかに



取材協力：

立花 義裕 研究員

地球フロンティア研究システム
国際北極圏研究センター

これまで、日本の夏の気候の傾向は、エル・ニーニョ現象など、南からの影響が関係していることが知られてきた。だが、海洋科学技術センターと宇宙開発事業団の共同プロジェクトである地球フロンティア研究システム・国際北極圏研究センターの立花義裕研究員（東海大学兼任）、山崎孝治研究員および北海道大学の小木雅世氏らのグループは、北極および高緯度域の冬の気候も、日本の夏の気候に影響を与える大きな要素のひとつであることを明らかにするとともに、冬の北大西洋と北極域の気圧配置の関係から、夏の大気の循環を予測する可能性を示した。同グループの研究論文は、2003年8月上旬、米国地球物理学連合（American Geophysical Union）発行の『地球物理研究レター（Geophysical Research Letter）』に掲載された。その成果を、実際に今年の日本の夏の気候と比較しながら紹介する。

冬のNAO/AOパターンが夏の大気にも影響を残す

北極域と北半球中緯度域との間の大気圧のシーソー現象を北極振動（AO）という。これは、北極域の気圧が高まると中緯度域の気圧が低くなり、逆に低くなると中緯度域の気圧は高くなるという振動現象だ。この大気圧のシーソ

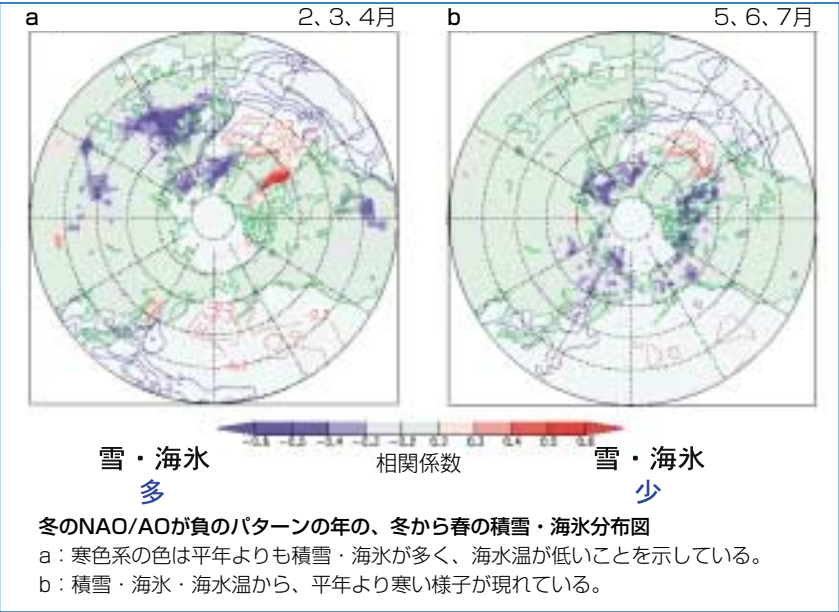
ー現象は、狭い地域で見ると、北大西洋域で冬季に存在するアイスランド低気圧とアゾレス高気圧のシーソー現象として古くから知られており、北大西洋振動（NAO）と呼ばれている（AOとNAOは違うという議論もあるが、ここでは同じものとして考える）。

今回、立花研究員、山崎研究員らは、

過去40年間における北極域および中緯度域の様々な気象データを集め、統計的な解析を行った。その結果、冬の北大西洋振動・北極振動（NAO/AO）のパターンが、春には弱くなるが、夏にはスケールが小さくなるものの再び現れ、夏の大気循環に影響を与える要素となっていることを明らかにした。これま

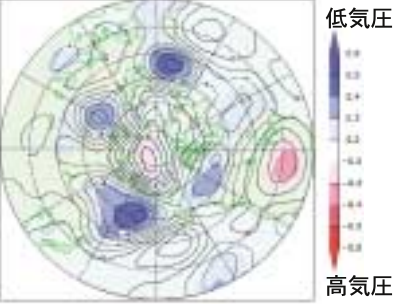
で、夏の気候から冬の気候を予測する研究は知られているが、冬の高緯度域の気候が、夏の気候に影響していることを証明した研究はほとんどなかった。また、今日まで、日本の夏の気候の傾向は、エル・ニーニョ現象などのように主に南からの影響が考えられてきたが、今回の研究で、北極および高緯度域の冬の気候も日本の夏の気候に影響を与える要素であることが分かった。

過去の気象データを解析するなかで、立花研究員、山崎研究員らが注目したのは、冬のNAO/AOのパターンと北極域・高緯度域の積雪や海水の量との関係だった。一般に、北極域の気圧が低くなり、中緯度域の気圧が高くなる状態を「NAO/AOが正である」といい、北極域の気圧が高くなり、中緯度域の気圧が低くなる状態を「NAO/AOが負である」という。たとえば、平均的に見てNAO/AOが負のパターンの冬は、ユーラシア大陸等では低温となり、春に残るユーラシア大陸の積雪量や北極海の海水量も多くなる。そして、長く残った積雪や海水は、春以降も大気に影響を与え続けると考えられる。温めやすく冷めやすい大気は、冬が寒かつ

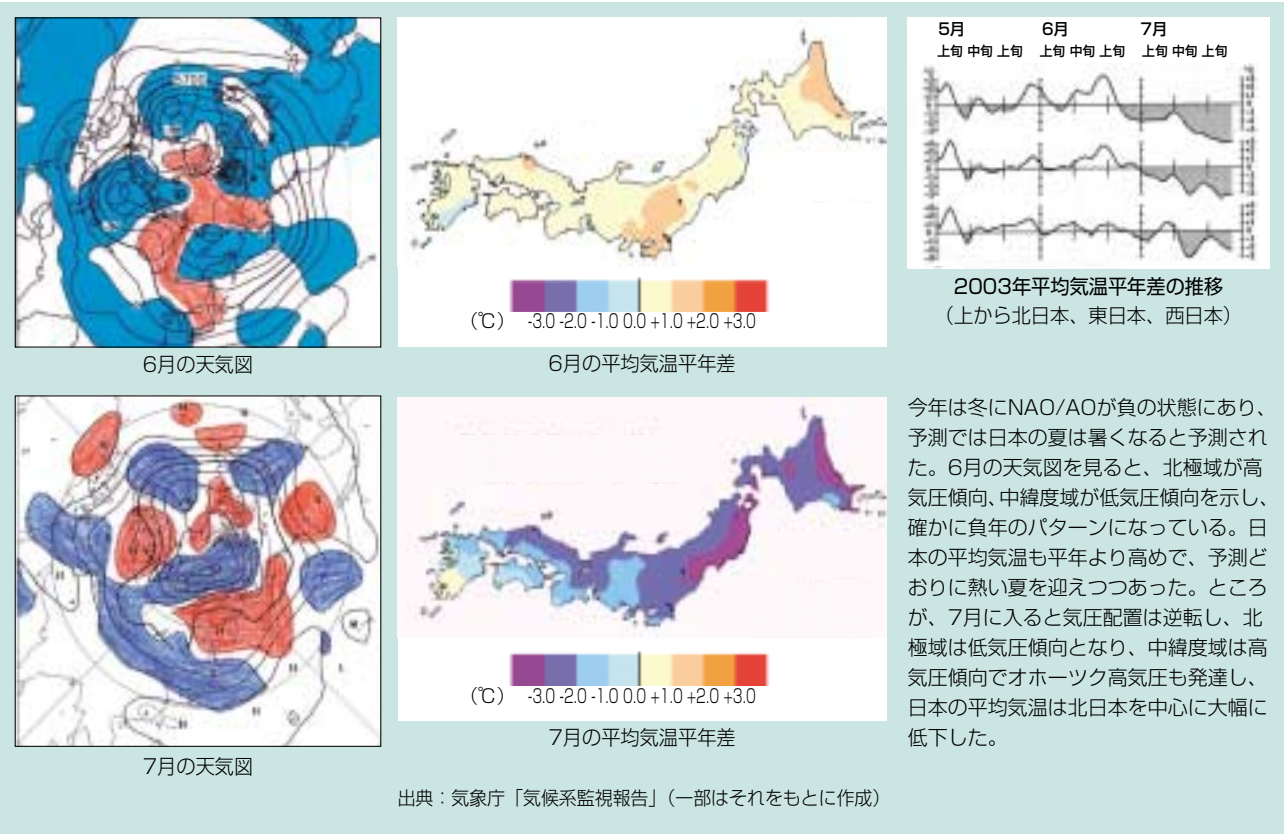
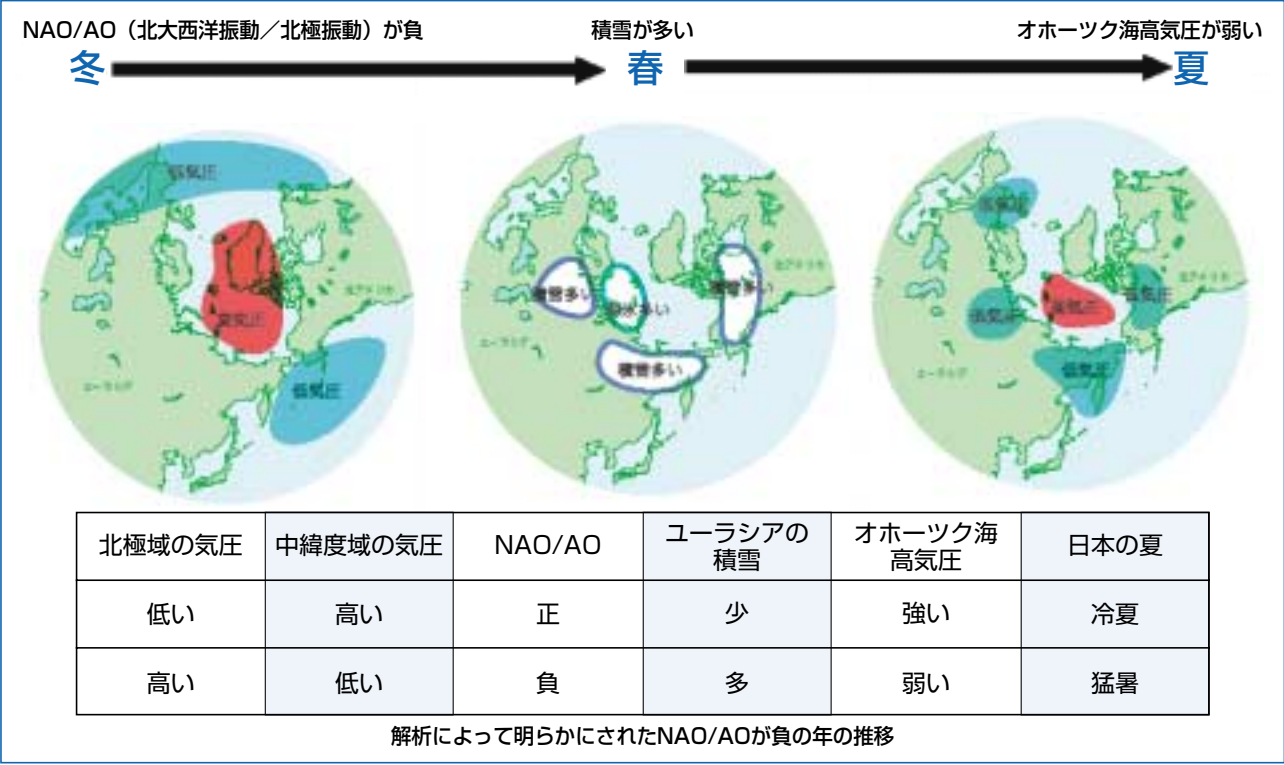


たからといっても、それが夏まで続くわけではないが、積雪・海水は、寒かった冬の影響を春まで残し、それが熱輸送によって大気に伝わり、冬のNAO/AOの負のパターンは、そのスケールは小さくなるものの、夏まで影響を残すと考えられる。

立花研究員、山崎研究員らが、北極域雪氷圏の冬の気候と夏の気候に、何らかの関係があるのではないかと考えたきっかけは、これまで行ってきたオホーツク海の流氷の研究だった。以前



冬のNAO/AOが負の年の初夏の対流圏中層(高度5,000m付近)の大気の流れのパターン
積雪の多い地域や海水の多い海域に対応してその上空の大気は低気圧循環になる。おおむね北極域が高気圧、中緯度域が低気圧傾向になることも示している。



から、通説として、オホーツク海の流氷はアムール川から流れ出る水量が多いほど多いといわれてきた。ところが、実際にアムール川の流量のデータを集めて流氷の量と比較してみると、まったく逆で、流量が多いほど流氷は少ないことが分かった。しかも、アムール川は冬の間は凍結しており、流れているのは主に夏であることも分かった。ということは、流氷を決定づける冬の気候と、アムール川の流量を決定づける夏の気候に何らかの関係があるのではないかと、そうした疑問から研究が始まったという。

今年の日本の夏は熱くなるはずだったが…

今回の研究成果を日本の気候との関連で見ると、冬のNAO/AOが正の場合、夏に日本の北に発生するオホーツク海高気圧は強まる傾向があり、負の場合はオホーツク海高気圧が弱まると考えられる。一般に、オホーツク海高気圧は日本に冷夏をもたらす高気圧として知られており、冬のNAO/AOが正の場合、

日本は冷夏になりやすい傾向があり、負の場合は、猛暑になる可能性が高いといえる。また、最近の傾向として、NAO/AOには正のトレンドがあり、これについて一説には地球温暖化との関係が示唆されている。だが、正の場合、オホーツク海高気圧は発達する傾向にあるため、地球温暖化が進行しても、日本の夏は必ずしも暑くならない可能性もある。

では、実際に今年の日本の夏がどうであったのかを見ていこう。

今年の冬は、NAO/AOは負の状態にあった。そして、気象庁の観測でも、今年は例年に比べて積雪量は多かった。そして、今年6月の大気圧を見ると、オホーツク海高気圧は発達せずに、確かに弱い状態にあった。そして、日本の平均気温も例年に比べて暖かい傾向が見られた。ここまでは、まさに今回の研究による予測のとおりだった。ところが、7月に入ると、大気の状態が一変した。オホーツク海高気圧が発達し、日本は北日本を中心に気温の低い状態が続いた。北極域から中緯度域の7月の天気図を

見ると、ほとんどの地域で高気圧が低気圧に変わるなど、まさに反転しているといってもよい状態だった。

これについて、立花研究員は次のように説明する。「6月までは、私たちの計算結果と非常によく対応した、予測どおりの結果が出ました。でも、7月はまったく逆の状態になりました。私たちは、まず熱帯域からの影響の可能性を考え、海水温などの変動を調べました。しかし、エル・ニーニョでもなく、熱帯からの影響の可能性は少ないと思われます。であるとすれば、これは外部からの影響ではなく、内部、つまり夏の北極振動が内包している固有振動が現れたと考えられます。あるいは、まだ知られていない原因があるのかもしれない」

立花研究員、山崎研究員らは、今後も研究を続け、今回の研究結果が、夏の気圧配置を支配する特徴的な大気の振動なのかどうかについて、より詳しく解析していくという。それにより、冬の気候と何らかの関係を持つ夏の気候の理解をより深めていきたい考えだ。