温暖化と台風

台風は、熱帯の海洋上で発生、発達する低気圧です。発達した台風は非常に強い風や雨を伴うため、人が住んでいる陸地に接近したり上陸したりすると、しばしば大きな災害をもたらします。台風は、その中心付近にある積乱雲の集団の中で水蒸気が凝結するときに出る熱をエネルギー源として発達します。地球温暖化が進行すると、海面水温が上昇し、大気に供給される水蒸気の量が増えます。その結果、台風の勢力が現在より強大になり、災害の規模や範囲が大きくなることが懸念されています。

雲のモデリング

雲は、降雨や太陽光の反射などさまざまな過程を通じて、気候に大きな影響を与えます。その影響を理解するには、雲のモデルをつくりシミュレーションを行うことが有効です。しかし、雲粒や雨粒の大きさは千分の1ミリから数ミリメートル程度ですが、雲粒が集まってできる雲は数キロメートルから数十キロメートルの大きさがあり、しかも、その発達には数百キロメートル以上の流れが関係することもあります。各スケールで重要となる物理過程が異なるため、雲のモデリングはとても難しいのです。現在、ミクロなスケールからマクロなスケールまでを考慮して、各過程の気候への影響を正確かつ効率的に表すことができるモデルの開発が進められています。

成層圏の気温変動

高度約10キロメートルまでを対流圏、その上空の高度約10～50キロメートルを成層圏と呼びます。大気中の温室効果ガスが増加すると、対流圏は温暖化するのに対し、成層圏は寒冷化することが知られています。そうした気温変動に伴って、対流圏から成層圏にかけての大規模な大気の流れが大きく変わり、オゾンやメタンなどの分布や、地表付近の気候が変化する可能性が指摘されています。

永久凍土の融解による変化

寒冷圏の陸域では、近年の地球温暖化に伴って地表面付近の永久凍土の融解が進んでいます。永久凍土が融けると、土壌の水分状態や温度が変化し、地形も変わります。針葉樹林（タイガ）では樹木が枯れたり、「アラス」と呼ばれる湖沼が増えたりしています。永久凍土の融解によって、氷の中に閉じ込められていた温室効果ガスのメタンが放出され、また水や炭素の循環も変化することから、地球全体の気候への影響が懸念されています。

人工衛星データの利用

人工衛星のデータは、海では海面付近の風やプランクトンの分布などに関する研究に、陸上では植物の分布や季節変化、経年変化などの研究に利用されています。そのほか、大気中のさまざまな微量気体の動態の研究にも利用されています。

氷床変動と海水準変動

大陸ほどの大きさの陸上を広く覆っている氷体を「氷床」と呼びます。約2万年前には北米やヨーロッパに広く分布していたことが知られていますが、現在はグリーンランドと南極だけに存在しています。現在のグリーンランドと南極の氷床を合わせた体積は、海面を60～70メートル上昇させる分に相当します。地球温暖化によって一部が融解しただけでも、地球全体の海面変動に大きな影響を与えると考えられています。

マッデン・ジュリアン振動

熱帯域で起きる大気現象の一つで、インド洋で発生して赤道に沿って約5m/secの速さで東へ進んでいく巨大な雲群として観測されます。雲群の水平の広がりは数千キロメートルにもなり、30～60日ほどの周期で発生します。マッデン・ジュリアン振動は、「MJO」あるいは「赤道季節内変動」とも呼ばれます。降雨だけでなく、しばしば強い西風を伴います。そのため、熱帯の天候を支配するだけでなく、エルニーニョ現象やモンスーン、熱帯低気圧の発生などにも関わり、その影響は中高緯度の気候にも及んでいることが知られています。

アジアモンスーン

日本をはじめアジアでは、季節によって風向きや降水量などが大きく変わります。その原因の一つが、アジアモンスーンです。モンスーンは、全体として見れば海洋と大陸との温度差によって発生します。しかし、大気、海洋そして陸面のさまざまな過程が複雑に絡みあうことで、いろいろな時間規模（例えば日々の変動や年ごとの違い）や空間規模（町毎での違いや大陸規模の違い）のモンスーン変動を作っています。このようなモンスーン変動を予測し、数ヵ月後の降水量や気温が分かれば、農業や産業に大きく貢献できます。モンスーンの予測精度を向上させるため、関連する各過程やそれらの関係を理解し、予測モデルを高度化させる研究が活発に進められています。

大気汚染物質と温室効果

大気汚染物質の一つであるオゾンは、人体や植物などにとって有害なだけでなく、都市域などでは二酸化炭素にも匹敵する温室効果を持つといわれています。また、大気中を漂う微小粒子（エアロゾル）は、その種類や大きさによって太陽光の反射や雲生成過程などにさまざまな影響を与え、地球温暖化に影響していると考えられています。

陸域生態系

陸域に広がる森林や草原など生態系は、気候変動や人間活動などさまざまな要因によって急速に変化しています。それらに伴う地球規模での植物の光合成や成長速度、蒸発散機能の変化は、ふたたび気候に跳ね返るフィードバック効果を及ぼす可能性もあります。また植物の種類や大きさが変わることによって、そこに住む人間を含む生物の生息場所の減少も深刻化しています。

海氷減少

地球温暖化による環境変化のうち最も顕著で、その影響が大きいものの一つが、北極海の海氷の減少です。2012年夏の北極海の海氷面積は、1980年代の平均的な海氷面積の半分以下でした。21世紀の中ごろには、夏の北極海には海氷がほとんどなくなると予測されています。太陽光のほとんどを反射する海氷がなくなると、海が太陽光を吸収するようになり、北極海はさらに暖まります。その影響は、日本を含む地球全体の気候に及びます。また、サケやカニなどの水産資源を含む北極海の生態系の変化は、私たちの食卓や生活にまで影響を及ぼす可能性があります。

ラジオゾンデ

気温・湿度・気圧センサーをバルーンに取り付けて飛揚させることで、上空大気の状態を観測する装置です。全球測位システム（GPS）衛星が使用する搬送波と呼ばれる電波のドップラー効果を利用して風向風速を計測できるものを、特にGPSゾンデと呼んでいます。

観測タワー

森林内に設置された観測タワーでは、気温、湿度、風、降水量などが自動で観測されています。タワーは、森林の状況の計測や写真の自動撮影にも利用されています。タワー周辺では、木の大さや高さの測定のほか、土壌の観測が行われています。

ウインドプロファイラ

上空に向けて発した電波が大気の乱れによって散乱されることを利用して、観測点上空の風向風速を計測する観測機器です。多くの高度での風向風速の変動を連続的に高分解能でとらえることができ、鉛直方向の流れを直接計測することも可能です。

ドップラーレーダー

自らが発する電波を用いて、雨や雪など降水粒子の位置や量、動きなどを測定する観測機器です。アンテナを回転させることで、広範囲の降水量分布と強度を測定できます。電波のドップラー効果を利用して大気の流れを求めることも可能です。

エルニーニョ現象

太平洋の熱帯域は通常、西側に暖かい海水が溜まり、東側は比較的冷たい海水で覆われています。エルニーニョ現象は、東側の冷たい海域が通常よりも暖まってしまう気候変動現象で、数年に一度発生します。エルニーニョ現象が発生すると日本では冷夏・暖冬になるなど、熱帯域だけでなく地球全体の気候に影響を与えています。このようなエルニーニョ現象は、大気と海洋のさまざまな過程が複雑に絡み合って発生しています。また最近の研究から、太平洋だけではなく、インド洋や大西洋との関係も影響していることが分かってきました。1980年代以降、エルニーニョを予測するモデルが大きく発展し、1年ほど前からエルニーニョ現象の発生を予測することが可能になってきました。

プランクトンネット

調査船から海中に下ろして曳くことにより、さまざまな深さにいるプランクトンを採集する「網」です。形や大きさ、使い方が異なるさまざまなネットがあり、採取したいプランクトンの種類によって使い分けます。

海洋地球研究船「みらい」

優れた耐氷性、航行性を有し、広域かつ長期にわたる観測研究が可能な、世界最大級の大型海洋観測船です。その特徴を生かして、北極海や太平洋、インド洋など亜熱帯・亜寒帯海域での海洋調査を行っています。また、海洋地球研究の最先端国際洋上基地、多様な海洋地球データの発信基地としての役割も期待されています。

水中グライダー

プロペラなどの推進器を持たず、翼やおもりの移動によって海中を動き回る観測機です。水温や塩分を計測し、海面に浮上したときにリアルタイムで人工衛星を経由して陸上にデータ送信することができます。

地球シミュレータ

世界トップレベルの実行性能を持つスーパーコンピュータです。地球温暖化をはじめとする気候変動の解析・将来予測、地震や地球内部変動の解明など、人類的課題に挑戦しています。

AWS（自動気象観測装置）

自動で風や気温、湿度、日射、炭素収支などを精密に測定する観測装置です。気候変動に関わる水、熱、炭素は、多様な植生や地形が広がる陸上で複雑に循環しています。この循環過程を解明するため、さまざまな地域に設置されています。

POPS（氷海観測用プロファイラー）

海氷に覆われた北極海でも水温や塩分の自動観測が可能な、アルゴフロートを利用した観測システムです。海氷の融解が進んだ影響で、近年、北極海が淡水化や高温化していることを捉えています。

観測用航空機

各種リモートセンサーや投下型計測機器を搭載し、現場での直接観測や試料採取が可能です。素早く目的地に到達でき、短時間で広範囲を機動的に調査することができるため、地球環境の観測研究に有効なプラットホームです。

トライトンブイ

気温や風向風速、雨量などの海上気象と水温、流向流速などを観測する観測ブイです。世界各国と協力して太平洋やインド洋の熱帯域に設置され、エルニーニョ現象やインド洋ダイポール現象という海洋起源の気候変動現象を観測しています。

アルゴフロート

世界中の海の水温・塩分を、10日ごとに海面から深さ2000メートルまで計測し、リアルタイムで人工衛星を経由して陸上にデータ送信する小型軽量な自動観測ロボットです。国際アルゴ計画のもと全世界で常時約3500基が観測を行っており、気候変動研究やその予測、天気予報、漁業などにも役立っています。

CO2 観測ブイ

海面を漂流しながら海水中の二酸化炭素濃度を測定し、データを送信する小型ブイです。船による観測が少ない海域に投入することで、大気と海洋の間を出入りする二酸化炭素の量が全球的に明らかになり、気候変動予測の精度向上などに貢献します。

近年、大気中に放出された二酸化炭素など
温室効果ガスの増加によって地球温暖化が
進行し、地球環境は急激に変化しています。
温暖化が進むと、エルニーニョ現象や北極振動など
大気と海洋の相互作用はどう変調するのでしょうか？
台風の強さは？ アジアモンスーンやインドモンスーン、
陸域や海洋における炭素循環はどう変化するのでしょうか？
このような数多くの未解決の課題を前に、JAMSTECでは、さまざまな時間・
空間スケールで戦略的な監視観測や数値モデリングを継続して行い、地球温暖化
による気候や生態系の変化の実態とその仕組みを明らかにしようとしています。
私たちは、暮らしや社会に活かされる研究活動を行っていきたいと考えています。

海洋酸性化

大気中の二酸化炭素が海洋に吸収されると、水と反応して水素イオンが発生し、海水のpHが低下します。これを海洋酸性化と呼び、地球温暖化に加え「もう一つの二酸化炭素問題」となっています。海洋酸性化が進むと、炭酸カルシウムの骨格や殻を持つ生物は、その骨格や殻が溶解してしまう可能性があります。ほかの生物への影響も懸念されています。北太平洋亜寒帯域や北極海など、特に海洋酸性化の進行が深刻な海域において海洋生態系の監視が課題です。

植物プランクトン

光合成を通じて、海洋が大気の二酸化炭素を吸収する上で大きな役割を果たしています。また、海洋生態系の基礎になります。

動物プランクトン

植物プランクトンを食べる種類、さらにそれを食べる種類があります。多くの魚の餌であり、水産資源にとって重要です。

CTD/採水器

船上から吊り下ろして、海水温、塩分、溶存酸素濃度などを連続的に測定し、また水深6000メートル付近までの任意の深度で海水を採取できます。採取した海水はさまざまな分析に用いられ、その特性が調べられます。

ウェーブグライダー

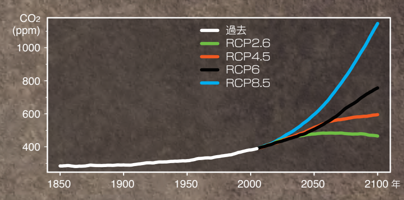
プロペラなどの推進器を持たず、波の力を利用して海面を進むグライダーです。推進力は波なので、環境への負荷が少ない観測機です。センサーを搭載すれば、海面で気象や海象を観測することができます。また、人工衛星からの指令により操縦が可能です。

海流予測

海流は、いつも同じ場所を流れているわけではなく、数日から数ヶ月の単位でその位置と強さが変わります。数百キロメートルにわたる蛇行を伴い、蛇行から巨大な渦が生じて切り離されることもあります。そうした海流の変動を予測することは、気候変動や、海中の物質や生物の移動を明らかにするためにとても重要です。

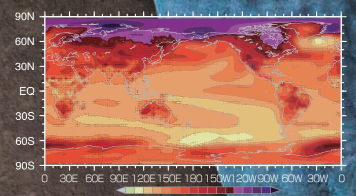
海洋生態系

調査船や衛星による観測から、主にプランクトンの量や種類が季節や海域、水深によってどのように変化するのか、また環境変動との関わりについて研究しています。海洋生態系の基礎であるプランクトンの量、分布、種類が変化すると、魚、海鳥、海洋ほ乳類などの大型生物にも影響が出ます。植物プランクトンは、光合成を通して二酸化炭素を吸収しています。プランクトンの変動によって海洋が二酸化炭素を取り込む能力も変わるため、地球温暖化の推移にも影響があります。



地球シミュレータによる大気中の二酸化炭素濃度の予測

大気や海洋の物理的な過程に加えて、光合成生物による二酸化炭素吸収量の変化、大気中の化学反応など、さまざまな要素を考慮した「地球システム統合モデル」を用いて計算された、大気中の二酸化炭素濃度の予測です。将来の経済活動や土地利用の変化を考慮した4種類の二酸化炭素排出シナリオについて計算しています。シナリオはRCP2.6、4.5、6、8.5の順に二酸化炭素の排出量が多くなっています。



地球シミュレータによる2100年頃の地上気温上昇の予測

2100年時点での二酸化炭素の濃度予測は、左のグラフのように465～1147ppmの幅があります。この図は、2100年時点での二酸化炭素の濃度が538ppmという推定（RCP4.5シナリオ）に基づいて地上気温の上昇を予測したものです。大気や海洋、陸面のさまざまな過程を考慮した、地球システム統合モデルを用いて計算されました。

基礎生産プロファイラー

水温／塩分計、酸素センサー、光センサー、光合成能力センサーを搭載した観測ブイです。海中で待機していて、水中ウインチによって一定期間ごとに約1年間自動昇降します。海洋表層付近の生物活動の季節変化を観測することができます。

ピストンコアラー

大きなおもりの付いた長いパイプで、泥を乱さずに海底に突き刺して堆積物を採取する道具です。パイプに入った数メートルから数十メートルの長さの堆積物（コア）は、過去の気候変動を明らかにする研究に使われます。

温室効果ガスと海洋内炭素循環

大気中の二酸化炭素など温室効果ガスの増加が社会問題となっています。海洋には大気中の約60倍の二酸化炭素が溶け込んでいます。地球温暖化の進行を予測するには、大気と海洋の間の二酸化炭素のやりとりや、生物活動や海洋循環による海洋内での炭素循環の時間的・空間的変動を観測することが極めて重要です。

AUV（次世代型巡航探査機）

水温／塩分計と、二酸化炭素濃度とpHを計測するハイブリッドセンサーを搭載し、自律航行で広範囲を長時間移動しながら観測することができる次世代型巡航探査機です。地球温暖化など気候変動の研究への貢献が期待されています。

セジメントトラップ

海洋表層の生物によって取り込まれた二酸化炭素やさまざまな物質は沈降粒子（マリンスノー）として深海へ輸送されます。セジメントトラップは、この沈降粒子を一定間隔で1年間、自動的に捕集する海洋観測装置です。

海洋大循環と深層昇温

1985年と1999年に北太平洋の北緯47度線に沿って実施された観測結果の解析から、底層の水温が15年間で約0.005℃上昇したことが分かりました。この発見により、底層水温の変化と気候変動との関連が強く認識されるようになりました。海洋の流れや波は、熱やさまざまな物質の分布を変え、時として地球の環境変化を和らげたり加速したりします。海洋の変化を正確に理解していくことは、とても重要です。

激変する地球環境

続きはWebで http://www.jamstec.go.jp/rigc/guide/

©JAMSTEC