

2.2. 研究年次報告

本節には、気象研究所が平成 21 年度に実施した研究課題について、課題毎に当該年度の研究計画と研究成果等を掲載した（下表）。ただし、平成 21 年度に終了した重点研究課題、地方共同研究課題については、2.3 節で研究期間全体について報告するので本節には掲載していない。

2.2.1. 重点研究

・次世代非静力学気象予測モデルの開発に関する研究	22
・顕著現象の機構解明に関する解析的・統計的研究	24
・メソスケールデータ同化とアンサンブル予報に関する研究	27
・台風強度に影響する外的要因に関する研究	30
・衛星データの利用技術に関する研究	32
・シビア現象の監視及び危険度診断技術の高度化に関する研究	33
・全球及び日本近海を対象とした海洋データ同化システムの開発	36
・マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究	38
・緊急地震速報高度化のための震度等の予測の信頼性向上技術の開発	40
・東海地震予知技術と南海トラフ沿いの地殻活動監視技術の高度化に関する研究	42
・震源精度向上と地震活動情報の高度化に関する研究	44
・気象観測技術等を活用した火山監視・解析手法の高度化に関する研究	45
・沖合・沿岸津波観測等による津波の高精度予測に関する研究	46
・全球大気海洋結合モデルを用いた季節予報システムの開発	48
・異常気象・気候変動の実態とその要因解明に関する研究	49
・IPCCに関わる地球温暖化予測に関する研究	51
・大気環境の予測・同化技術の開発	53
・海洋環境の予測技術の開発	55
・大気化学環境変動とそのメカニズムの解明に関する研究	57
・海洋中炭素循環変動の実態把握とメカニズム解明に関する研究	59

2.2.2. 基礎的・基盤的研究

・地上観測による大気要素の放射収支への影響の実態解明	61
・意図的・非意図的気象変化に関する研究	63
・大気境界層の乱流構造の統合的研究	64
・エアロゾル・雲・微量気体に関する衛星リモートセンシングの 数値モデルへの活用のための基礎研究	65
・エアロゾルと雪氷面との相互作用、及びライダーによる エアロゾル・雲・微量気体観測技術の高度化に関する研究	66
・都市気象モデルの開発	68
・大気エアロゾル粒子の性状とその変動過程に関する研究	70
・次世代リモートセンシングに関する研究	71

2.2.3. 地方共同研究

・吾妻山における圧力源モデルに基づく監視手法の高度化	72
・強雨の発生要因と構造の解明	73

2.2.4. 他省庁予算による研究

放射能調査研究費による研究（文部科学省）

- ・放射性降下物の長期変動と再浮遊に関する研究 74
- ・海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究 75

科学技術振興調整費による研究（文部科学省）

- ・渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究 76
- ・東南アジア地域の気象災害軽減国際共同研究 80

地球環境保全等試験研究費による研究（環境省）

- ・民間航空機を活用したアジア太平洋域上空における温室効果気体の観測に関する研究 82
- ・親生物気体の同時連続測定による生態系監視技術の開発 83
- ・吸収性エアロゾルが大気・雪氷面放射過程に与える影響のモニタリングに関する研究 84

地球環境研究総合推進費による研究（環境省）

- ・アジアの水資源への温暖化影響評価のための日降水量グリッドデータの作成 86
- ・マルチ気候モデルにおける諸現象の再現性比較とその将来変化に関する研究 87
- ・温暖化影響評価のためのマルチモデルアンサンブルとダウンスケーリングの研究 89
- ・海洋酸性化の実態把握と微生物構造・機能への影響評価に関する研究 90
- ・大気環境に関する次世代実況監視及び排出量推定システムの開発 91
- ・風送ダストの飛来量把握に基づく予報モデルの精緻化と健康・植物影響評価に関する研究・・ 92

次世代非静力学気象予測モデルの開発に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 中村誠臣（予報研究部 第一研究室長）

研究の目的

集中豪雨、豪雪等の顕著現象を精度よく再現できる次世代の非静力学モデル（NHM）を開発し、気象情報における各種量的予測精度を向上させる。また、海洋モデル、波浪モデルと結合させた非静力学モデルを開発し、台風の強度予測精度を向上させる。

さらに基礎的・基盤的研究として、全球非静力学モデルの実現に関わる技術的課題を明らかにして解決し、プロトタイプモデルの構築を目指す。

副課題1 非静力学モデルの高度化

副課題1の研究担当者

中村誠臣、山田芳則、橋本明弘、林 修吾、加藤輝之、永戸久喜、斉藤和雄（予報研究部）、和田章義（台風研究部）、碓氷典久（海洋研究部）、石田純一（気象庁予報部数値予報課）、高野洋雄（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

副課題1の本年度の計画

- ① 250m, 1km と 5km 格子の NHM による梅雨期・夏季および冬季の再現実験を行い、格子サイズによる非断熱加熱分布、境界層の構造等について比較、検証を行い、現業モデルの改良点の検討を行う。
- ② 梅雨期及び冬季の降水事例について、リモートセンシングデータを用いて NHM の予想した雲微物理量の検証を行い、その特性を把握して、雲物理過程の改良や調整を行う。また、衛星搭載降雨レーダ（TRMM/PR）の利用法を検討し開発する。
- ③ NHM に雲核・氷晶核を含むエアロゾルに関連する諸過程を導入する。
- ④ 非静力学大気波浪海洋結合モデルを開発し、波浪モデルの改善を行う。
- ⑤ NHM による発雷シミュレーションモデルの結果を観測データを用いて検証し、発雷のメカニズムを解明する。
- ⑥ NHM の高度化と利用促進のために、様々な状況でのモデル計算に資するための力学過程・物理過程の最適化、外部機関での利用を念頭に置いたツールの整備を行う。高解像度非静力学モデルの開発とその結果を使った現業モデルの改良を行う。

副課題1の本年度の成果

- ① 実際には降水が観測されないにもかかわらず気象庁現業メソスケールモデルで暖候期にしばしば海岸線に沿って降水域が予想されてしまう問題を、Kain-Fritsch スキームの発動条件を海陸別に与えることで改善できることを明らかにした。
- ② モデルでの水平解像度の違い（5km→1km→500m→250m）および鉛直解像度の違い（最下層高度を20m→10m）が降雪予測にどの程度影響するかについて調査を始めた。
- ③ 水平分解能 5km と 1km の NHM で、SiB を用いた 2005 年度冬季の積雪量予想実験を行い、積雪量の予想の精度を改善できることがわかった。また、5m を超える場合の積雪は過小評価となり、またモデルでの融雪の再現結果が実際よりも進行が遅くなることも判明した。
- ④ 2008 年夏季の関東域を対象に水平解像度 1km と 5km の NHM による降水の日変化の再現性を調べた。その結果、顕著な日変化が観測される地域において、モデルでは、午後の不安定降水および可降水量の増大の表現が十分ではないこと、降水頻度の増大が実際に観測される場合より早い時間で頭打ちになること、一方、可降水量のピークは観測に比べて 2、3 時間遅れることなどの問題を明らかにした。
- ⑤ 野外実験に基づく、晴天日の陸上での境界層の発達に関する理想実験を行い、境界層上端から浅い対流雲が発生するような状況で、現業境界層スキームが、雲層で過度の混合を起こすとともに雲頂を低く予想する傾向があること、一方、積雲対流スキームはエントレインメントが小さ過ぎるために雲頂を高く評価し過ぎ、雲層にあたる層の鉛直プロファイルをうまく表現できないことがわかった。

- ⑥ 水平解像度 2km のモデル計算において、雲物理過程での雨の切片とあられ形成過程を変更したところ、不自然な降水強度の出現が抑制されただけでなく、月ごとの降水強度の出現分布がアメダスによる観測結果と近くなった。
- ⑦ 2008 年 4 月 6 日に低気圧に伴い日本の南に発生した降水系について、TRMM/PR・TMI 観測との比較により、NHM のバルク法雲微物理過程の検証を行った。NHM に従来から実装されていた 3-ice スキームを用いた実験では、これまでも指摘されたレーダ反射強度や高周波数帯のマイクロ波輝度温度低下に関しての過大評価が見られたが、新たに実装されて開発中の 4-ice スキームによる実験では過大評価が大幅に軽減され、観測結果に近づいた。これは、4-ice スキームでは 3-ice スキームと比べて固体降水粒子の数濃度が増加したことなどによって、平均粒径が小さく見積もられるようになったためであることがわかった。一方、4-ice スキームでは観測や 3-ice スキームと比べて雨のシグナルが弱い傾向を示すことも明らかになり、スキームについて今後の改良や調整が必要なことも示唆された。
- ⑧ NHM に雲核の混合比と数濃度を予報変数として移流・拡散・湿性沈着・核形成過程を導入してテストを行った。雲核特性（粒径・数濃度）に対する地上降水量の依存性を再現できることを確認できた。氷晶核についても同様に移流・拡散・湿性沈着および核形成過程を導入した。
- ⑨ 波浪モデル、海洋混合層モデル及び海洋表皮層水温スキームを結合した非静力学大気波浪海洋結合モデルの開発・動作確認・数値実験を実施した。スーパーコンピュータ SR16000 上での波浪モデルのソースコードの不具合を修正し、周波数の配列入れ替え等のモデル実行高速化に係る作業を実施した。台風 Hai-Tang(2005) の事例について数値シミュレーションを実施し、水平解像度 2km、72 時間積分（主記憶メモリ 1.5TB）が実行可能であること、主記憶メモリ制限により、16 ノードを利用した計算については、本計算が計算能力の上限となることを確認した。非静力学大気海洋結合モデルを用いた、理想的な台風渦の時間発展に関する数値実験から、局所的な海面水温低下により、スパイラルバンド上のメソ渦が弱まり、結果として台風発達抑制されることを示した。
- ⑩ モデルシミュレーション結果と観測結果の比較を行い、高解像度モデルによる霰量と観測された発雷域の対応がよいことがわかった。放電開始点が特定できる雷観測測器について、これらのデータの処理方法、雷モデルの検証方法の検討を行い、比較検証のためのツール類の整備を開始した。
- ⑪ SR16000 向けに NHM の最適化・高速化と実行テストを行った。新地球シミュレータ計算機向けに NHM の最適化・高速化と実行テストを行った。2009 年 4 月の JNoVA4D-VAR のルーチン化以降のメソ解析を初期値・境界値とした NHM の連続実行ツールを作成した。また、NHM の前処理において SST 変化に対応させた。極をのぞく地球上の任意の領域で NHM が実行可能になるように改良した。

副課題 2 全球非静力学モデルの開発

副課題 2 の研究担当者

吉村裕正、林 修吾（予報研究部）、新藤永樹（気候研究部）

副課題 2 の本年度の計画

- ① 全球スペクトルモデルに非静力学のオプションを導入する形で全球非静力学モデルの開発を行う。

副課題 2 の本年度の成果

- ① 二重フーリエ級数展開法を、昨年度末に本庁から移植したリデュースドグリッドモデル（GSAM）に導入した。更にモニタ出力プログラム等の整備を行った。GSAM に非静力オプションを導入する開発に着手した。

顕著現象の機構解明に関する解析的・統計的研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 加藤輝之（予報研究部 第三研究室 主任研究官）

研究の目的

集中豪雨、豪雪等の顕著現象を精度よく再現できる次世代非静力学モデルを用いた再現実験により、これらの現象の機構解明に関する研究等の取り組み、過去に発生した顕著現象の要因に関する解説資料を作成する。さらに、基礎的・基盤的研究として、突発性豪雨などの都市域で頻発する顕著現象に対して都市効果が及ぼす影響を評価する。

副課題1 顕著現象の実態把握・機構解明

副課題1の研究担当者

加藤輝之、清野直子、永戸久喜、津口裕茂（予報研究部）、猪上華子（気象衛星・観測システム研究部）、益子 渉（台風研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① 特に顕著な現象が発生した場合、速やかに各種観測データ・雲解像モデルの実行結果からその原因を調査する。
- ② 2008年夏期に発生した一連の豪雨の発生要因を調査する。
- ③ 2006～2007年度に発生した突風（2006年延岡、佐呂間の竜巻など）の事例解析と機構解明を行う。
- ④ 冬季日本海側の大雪について事例解析と発生機構の解明を行う。
- ⑤ 暖候期九州・四国地方および冬季新潟・北陸地方を対象とした雲解像モデルの結果を用いて豪雨・豪雪をもたらす大気状態を統計的に調査する。
- ⑥ 気象庁の業務研修や各官署に出向き、最新の顕著現象に関わる研究成果を用いて指導する。

副課題1の本年度の成果

- ① 2009年7月山口・福岡豪雨、8月8～10日四国・岡山・兵庫での豪雨の発生要因を調査した。両事例とも下層に相当温位が約360Kの暖湿気が流入し、上空の低温化により大気状態が不安定になって発生したことがわかった。また低温化は、前者は気圧の谷前面の上昇流による断熱冷却、後者は太平洋上を西進していた上空の寒冷渦にともなって発生していたことがわかった。
- ② 2009年7月27日に群馬県館林市で発生した竜巻の親雲について、レーダーデータを中心にした解析結果と、水平分解能250mの雲解像モデルで再現された結果を比較し、発生過程、構造について調査した。親雲が典型的なスーパーセルとは異なること、竜巻の形成、維持にガストフロントが重要であったことが示唆された。
- ③ 2008年7月28日に兵庫県南部で発生した大雨（神戸市灘区の都賀川で鉄砲水が発生して5名が亡くなった大雨事例）を対象とした調査を行った結果、大雨をもたらした降水系の形成や組織化によって、下層の水蒸気の流入や既存の降水系からの冷氣外出流が重要であることがわかった。
- ④ 2006年台風第13号の接近に伴い宮崎県で発生した竜巻に関して、竜巻をもたらした積乱雲の構造と竜巻の発生機構を明らかにするために数値シミュレーションを行ったところ、竜巻をもたらした積乱雲はミニスーパーセルであり、トラジェクトリー解析や渦度収支解析から、竜巻の発生にはフック状の降水物質に分布に対応した2次的なRear-flank Downdraft (RFD) のサージが重要であることがわかった。また、降水物質の荷重の効果がRFDの振る舞いに大きな影響を与え、それが竜巻発生にとって重要であることが運動方程式の診断や感度実験によって確かめられた。
- ⑤ 2001年1月14日に観測された带状雲について、水平分解能1kmのNHMでの実験結果を基に、带状雲内の直交型筋状雲の構造と発生機構について調べた結果、直交型筋状雲は混合層内の鉛直シアベクトルの方向に平行な軸を持つロール状循環に付随していたことがわかった。運動エネルギー収支解析の結果、ロール状循環は基本場の鉛直シアと浮力によって駆動されていることがわかった。
- ⑥ 暖候期九州・四国地方を対象とした雲解像モデルの結果を用いて、発達した積乱雲の雲底高度およびその高度での相当温位について統計的に調査した結果、発達した積乱雲の雲底高度は海上で200～

300m、陸上で 500m 付近に出現ピークが存在し、7・8 月の雲底高度での相当温位は 355K 以上であったことがわかった。

- ⑦ 2007 年 11 月 11～12 日に青森県で発生した大雨について、水平分解能 5km の NHM を用いて調査し、三陸沖で形成したメソ渦とそれにとまう下層高相当温位気塊の流入で引き起こされていることがわかった。また、そのメソ渦のエネルギー収支解析を行い、水平シア不安定により形成したことがわかった。実際には降水が観測されないにもかかわらず気象庁現業メソスケールモデルで暖候期にしばしば海岸線に沿って降水域が予想されてしまう問題を、Kain-Fritsch スキームの発動条件を海陸別に与えることで改善できることを明らかにした。
- ⑧ 気象大学校での予報業務研修、大阪管区・高松地台・広島地台・福岡管区・新潟地台・鹿児島地台・沖縄気象台・名古屋地台で講演等を行い、研究成果の現場への還元を行った。

副課題 2 顕著現象の要因に関する解説資料の作成

副課題 2 の研究担当者

加藤輝之、清野直子、永戸久喜、津口裕茂（予報研究部）、猪上華子（気象衛星・観測システム研究部）

副課題 2 の本年度の計画

- ① 解析雨量データ（1995 年以降存在）およびアメダスデータを用いた豪雨事例の抽出法を確立し、1995～2009 年の期間を対象に約 150 の豪雨事例を抽出する。
- ② 客観解析データ（気象庁全球再解析データ、領域解析データ、メソ解析データ）を用いて暖候期（5 月～10 月）の日本付近で豪雨をもたらす大気状態が出現する頻度等を統計的かつ客観的に調査する。
- ③ 統計的な調査結果から豪雨事例調査で着目すべき気象要素（例えば、500hPa の気温、925hPa の相当温位、凝結高度、自由対流高度など）を決定する。

副課題 2 の本年度の成果

- ① 解析雨量データ（期間：1995～2009 年の 4～11 月の暖候期）を用いて、降水についてある閾値（例：50mm/1hour、100mm/3hour）を超える降水の頻度や地域特性に基づく科学的に根拠を持った“豪雨”の定義を決め、この定義に従って豪雨事例を抽出するツールを作成した。
- ② メソ解析データおよび高層観測データを用いて、850hPa の水蒸気場が下層水蒸気場を表現できているかを検証した結果、850hPa は下層水蒸気場を表現できていないだけでなく、梅雨期では対流活動の結果を表現しているものであったことがわかった。また、950hPa でも下層水蒸気場を十二分に表現することができていないこともわかった。
- ③ メソ解析データおよび高層観測データを用いて、850hPa の水蒸気場が下層水蒸気場を表現できているかを検証した結果、全く表現できていないことがわかった。

副課題 3 都市効果が顕著現象に及ぼす影響の評価

副課題 3 の研究担当者

加藤輝之、清野直子、藤部文昭（予報研究部）、高橋俊二、青柳曉典（環境・応用気象研究部）

副課題 3 の本年度の計画

- ① 過去 10 年程度の大都市圏での高温および強雨事例の発生環境を調査する。
- ② SiB を併用した都市気象モデル（水平解像度 1km）の結果と観測データを比較してモデル性能を調査する。
- ③ メソ解析データを用いて関東のメソスケール環境場の特性（風系出現特性）を調査する。

副課題 3 の本年度の成果

- ① 大都市圏における顕著現象の特徴を調べることを目的に、過去 10 年間の東京都における 1977 年以降の高温および強雨の 18 事例の発生環境を調査した結果、4 例は日本付近への台風または熱帯低気圧が接近時であり、それ以外のほとんどの例では日本海から東北地方に前線が解析され、暖気移流の影響

が大きかったことがうかがえるものであることがわかった。なお、関東以外で強い雨が観測された例も散見された。

- ② 東京都内の 10 地点（島嶼部を除く）の日最大 1 時間降水量のデータから、同様に 1977 年～2009 年の顕著な短時間強雨発生日を抽出したところ、このうち約半数は 2000 年以降の 38 日に発現していたことがわかった。顕著な高温日の出現頻度が年によって大きく変動するのに対し、年による違いは比較的少なく、38 事例の半数は台風の上陸あるいは日本への接近時にあたっていた。その他の事例は前線の影響を受け広い範囲で局地的な強雨が発現していたものがほとんどであった。
- ③ 都市域とその周辺における強雨の発生に都市が及ぼす影響を調べることを目的として、近年の東京における強雨事例について、単層都市キャノピースキームを導入した NHM（水平解像度 2～4km）による数値実験を行い、モデル性能を調査した結果、2007 年および 2008 年夏期の事例に対する計算において、都市キャノピースキームの導入によって都市の高温域が表現されることが確認された。単層都市キャノピースキームを用いた計算において降水量の増加が見られたケースもあった。地上気温の観測値と比べると、都心部において従来スキームでは気温を低めに、都市キャノピースキームでは高めに評価する傾向が見られたため、今後さらに詳しく検討する必要がある。SiB と都市キャノピースキームの併用ができるよう改良した NHM についてもモデル性能を調査した。
- ④ 2001～2007 年のメソ解析データを用いて夏期の関東における風系出現特性を調査した。地上および 850hPa 付近の風配図から熊谷における高温出現時には東南東風の頻度が高く、850hPa 付近では北西風がより出現しやすいことなどがわかった。

メソスケールデータ同化とアンサンブル予報に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 齊藤和雄（予報研究部 第二研究室長）

研究の目的

非静力学数値予報モデル（NHM）の初期値改善を通じて、市町村単位での降水の短時間の予測の精度を向上させるとともに、予測に信頼度や確率情報を付加する技術を開発する。

副課題1 メソデータ同化技術の高度化

副課題1の研究担当者

齊藤和雄、青梨和正、瀬古 弘、川畑拓矢、露木 義（予報研究部）、國井 勝（台風研究部）、本田有機（気象庁予報部数値予報課）

副課題1の本年度の計画

- ① NHM-4DVAR の開発
 - ・ インクリメント法導入のインパクトを調査する。NHM-4DVAR の並列化を行う。
- ② アンサンブル予報を用いた変分法的データ同化法の開発
 - ・ 周辺のアンサンブル予報を用いた変分法的データ同化法の開発を行う。
- ③ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタの開発
 - ・ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタによる実データ同化実験を行い、局地豪雨に適用する。境界摂動の有無による解析精度の違いを調べる。
- ④ 台風初期値の改善と熱帯域同化実験
 - ・ 静力学変分法データ同化システムを熱帯域に適用するための制御変数の検討を行う。

副課題1の本年度の成果

- ① NHM-4DVAR の開発
 - ・ インクリメント法のテストを行った結果、非線形性の高い状況下においては有効でないことがわかった。
- ② アンサンブル予報を用いた変分法的データ同化法の開発
 - ・ アンサンブル予報の位置ずれ誤差の補正スキムとアンサンブルに基づく変分法的データ同化スキムで構成される MWI TB の JMANHM への同化法を開発した。この同化法を沖縄付近の台風の事例に適用したところ、降水予測の精度が改善した。
- ③ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタの開発
 - ・ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタを 2008 年 9 月 5 日の堺の雷雨、2009 年 8 月 9 日の兵庫県住用町の豪雨などの事例に適用した。局地的な豪雨では、3DVAR などによる補正が必要な場合があることがわかった。
 - ・ 北京域を対象として、局所アンサンブル変換カルマンフィルタの解析同化サイクルに境界摂動を入れた場合と入れない場合の解析精度の違いを調べ、解析同化サイクルに境界摂動を入れる方が良いことを確認した。
- ④ 台風初期値の改善と熱帯域同化実験
 - ・ NMC 法に基づき、赤道付近での地衡風バランスの崩れを考慮した制御変数を構築した。サイクロン Nargis に関する同化実験を行い、その有効性を確認した。
 - ・ 気象庁より提供された JNoVA 実験環境を気象研究所のスーパーコンピュータに移植し、伊勢湾台風についての領域再解析実験を行った。ドロップゾンデデータ及び航空機観測データの同化実験を行った結果、実況に近い強度・進路を再現することができた。

副課題2 観測データ利用手法の高度化

副課題2の研究担当者

齊藤和雄、青梨和正、瀬古 弘、小司禎教、川畑拓矢、露木 義（予報研究部）、國井 勝（台風研究部）、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① マイクロ波放射計データ同化手法の開発
 - ・ 固体降水粒子に対する雲解像モデルの観測演算子（放射伝達モデル、降水物理量パラメータ等）を高度化する。
- ② GPS データ同化手法の開発
 - ・ 国外 GPS 点、海洋ブイ搭載 GPS データの解析手法の開発を行う。GPS 視線遅延量、GPS 掩蔽データのメソモデルへの同化手法の開発を行う。地上設置マイクロ波放射計から推定した気温・湿度を併用した場合の同化実験を行う。
- ③ NHM-4DVAR への同化実験
 - ・ レーダー反射強度データの同化手法を確立する。RASS による仮温度データ同化手法、ライダー動径風同化手法を検討する。
- ④ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタへの同化実験
 - ・ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタによる GPS データの同化に着手する。

副課題2の本年度の成果

- ① マイクロ波放射計データ同化手法の開発
 - ・ 精巧なマイクロ波放射伝達計算で求めた現実的な固体降水粒子形状のモデルのバルク的なマイクロ波特性を近似できるよう、高速な RTM を改良した。これによって、マイクロ波放射計データの観測演算子で使う高速な RTM に非球形固体粒子のマイクロ波特性を導入した。
 - ・ 地上設置型マイクロ波放射計について、雲水のバイアスを補正して温度／水蒸気プロファイルを求める解析手法を開発し、暖候期と寒候期それぞれ 2 週間程度の期間において 1kmNHM を用いた 1DVAR 解析を実施した。
- ② GPS データ同化手法の開発
 - ・ メソ 4 次元変分法を用いて GPS 可降水量、視線水蒸気量、GPS 掩蔽データを一緒に同化した場合のインパクトについて調べ、両者を同時に同化することで最も良い結果が得られることを確認した。
 - ・ 国外 GPS 点の解析手法を開発し、インドネシア・ベンガル湾周辺の GPS 解析から得られた可降水量を 2008 年のサイクロン Nagris に同化する実験を行った。また、2009 年 7 月 21 日の山口豪雨に関連し、韓国の GPS 点の解析を行い、同化実験を実施した。
 - ・ 四国沖の海洋ブイ搭載 GPS データを入手し、2008 年 8 月について解析に着手した。
 - ・ 2008 年 8 月 5 日の雑司ヶ谷豪雨について GPS 視線遅延量を解析し、豪雨との関連を調査した。
 - ・ GPS 掩蔽データの対流圏下層における特性を調査し、境界層上端検出の可能性を考察した。
 - ・ 地上設置マイクロ波放射計の気温・湿度について、精度調査に着手した。
 - ・ GPS 視線遅延量同化について、観測演算子の非線形性のため、可降水量と比べた有効性を確認できなかった。
- ③ NHM-4DVAR への同化実験
 - ・ これまで開発してきた反射強度データの同化法は、開発に用いた事例と異なる場合でも同様に有効であることを確認した。
 - ・ RASS データについては、新しい事例についてデータ作成を京都大学、(独) 情報通信研究機構 (NICT) に依頼した。ライダーについては検討できなかった。
- ④ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタへの同化実験
 - ・ 簡易的な GPS データの同化手法について、気象研技術報告にまとめると共に、数値予報課藤田氏の開発した新しい手法の移植を開始した。

副課題3 メソアンサンブル予報技術の開発

副課題3の研究担当者

齊藤和雄、原 昌弘、瀬古 弘、露木 義（予報研究部）、國井 勝（台風研究部）、藤田 匡（気象庁予報部数値予報課）

副課題3の本年度の計画

- ① 各種摂動手法の比較と改良
 - ・ 各種特異ベクトル法、BGM 法、アンサンブルカルマンフィルタなど初期値摂動手法の比較と改良を進める。境界値摂動手法を確立する。
- ② 物理過程摂動手法の開発
 - ・ 確率的物理過程摂動手法の検討を行う。
- ③ 予測信頼度の評価や確率予報の検証
 - ・ 日本域でのアンサンブル予報実験を試行する。豪雨にアンサンブル予報を適用した結果などから、豪雨の解析を行う。
- ④ 熱帯域・台風アンサンブル実験
 - ・ 熱帯域や台風を対象とするアンサンブル予報の手法を検討する。

副課題3の本年度の成果

- ① 各種摂動手法の比較と改良
 - ・ メソ特異ベクトルと全球特異ベクトルとの結合手法に関する調査を行い、降水確率予測が改善することを確認した。また、新スパコンにメソアンサンブル予報実験システムを構築し、気象庁全球アンサンブル予報の初期・境界摂動を用いた日本域アンサンブル予報実験を試行した。
 - ・ GSV 法において水蒸気エネルギーが下層に集中するように改良を行い、2008 北京オリンピックの期間に適用して降水予報が改善することを示した。
 - ・ 局所アンサンブル変換カルマンフィルタ、メソ SV 法、WEP 法を 2008 年 9 月 5 日の堺の雷雨の事例に適用し、豪雨の再現を比較した。
 - ・ 北京プロジェクトの事例について、BGM 法とアンサンブルカルマンフィルタ法のバグを修正して、摂動手法の比較を行った。BGM 法では直交性を維持するのに境界摂動が重要であることがわかった。
 - ・ 週間 EPS の予報値ファイルからメソモデル用の初期・境界摂動を振幅調整して作成するツールを開発し、数値予報課に提供した。
- ② 物理過程摂動手法の開発
 - ・ 文献調査と手法の検討を行った。
- ③ 予測信頼度の評価や確率予報の検証
 - ・ 平成 21 年九州北部・中国豪雨に改良した GSV 法を適用し、豪雨の再現が可能であることを示した。豪雨を再現したメンバーを解析することにより、高度 1km 以下の相当温位の初期摂動が強い潜在不安定を作り出し豪雨発生に寄与していることがわかった。
 - ・ 局地的な豪雨である 2008 年 9 月 5 日の堺の雷雨の事例について、局所アンサンブル変換カルマンフィルタとメソ SV 法による調査を行った。3DVAR などによる補正やターゲット域などの工夫が必要なが分かった。
- ④ 熱帯域・台風アンサンブル実験
 - ・ ベンガル湾に発生したサイクロン Nargis についてのメソアンサンブル予報実験を行い、単独予報よりも精度が向上すること、境界摂動を付与することにより現実的なスプレッドが得られることを確認した。

台風強度に影響する外的要因に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 中澤哲夫（台風研究部 第二研究室長）

研究の目的

衛星データなどを用いた台風強度推定法の開発に関する研究等に取り組み、台風の強度予測を向上させるとともに、台風の強度についてより高精度で的確な防災情報を国民に提供することができるよう、台風の最適観測法に関する研究や台風の強雨・強風構造の実態解明を進めることを目的とする。

副課題1 衛星データを用いた台風強度推定に関する研究

副課題1の研究担当者

別所康太郎、星野俊介、中澤哲夫（台風研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① TMI や AMSR-E などのマイクロ波データを用いた台風強度推定法の検証・改良を行う。
- ② AMSU 探査計データを用いて、台風の暖気核分布を求め、その分布から台風強度を推定する手法を開発する。
- ③ QuikSCAT 散乱計データを用いて、台風周辺の風速分布の特性を調査する。

副課題1の本年度の成果

- ① T0813 および T0815 について、これまでに開発したマイクロ波放射計を用いた台風強度推定法を適用し、ベストトラックおよびマイクロ波散乱計データとの比較を行った。発達・衰弱の傾向についてはベストトラックや QuikSCAT による最大風速の変化傾向に沿う結果が得られ、また、最大風速の RMSE は TMI を用いた場合に 6.5m/s 程度、AMSR-E を用いた場合に 5m/s 程度となり、開発時と同等の精度で最大風速を推定できることが確認された。
- ② AMSU 輝度温度データを 2001～2008 年まで整備し、AMSU で求めた台風の暖気核分布から台風強度を推定する手法を開発した。また、AMSU データから気温を算出し、台風発生時の温暖核の気温偏差に上限があること、また日変化をしていることがわかった。
- ③ QuikSCAT 散乱計データから得られた台風の強風分布の特徴が台風移動と眼の壁雲域の対流活動の偏りからある程度説明できることがわかった。

副課題2 台風の最適観測法に関する研究

副課題2の研究担当者

中澤哲夫、星野俊介、別所康太郎（台風研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 2008 年の台風の特別観測実験（T-PARC）期間中の観測のデータ（主として、航空機、高層観測、衛星観測）を用いて、台風周辺で誤差成長が早いモード上位5個の高感度領域の特性について調査する。
- ② 現業的に用いられているアンサンブル予報情報（週間アンサンブル、台風アンサンブル、1か月予報アンサンブル）から、その平均値やスプレッドの分布の特長を調査する。
- ③ 2008 年の T-PARC 期間中に行われた短時間小領域観測データから得られた詳細風データを用いて、期間中に発生した台風の事例解析を行い、その品質評価を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① T-PARC 期間中のデータを用いて、台風周辺での特異ベクトル法による高感度領域の特性を調査した。その結果、高感度領域が台風の東側に存在するケースが多いこと、高感度領域が、数日間持続しており安定的に求まっていること、同じ特異ベクトル法でもその領域が異なっている場合のあること、

鉛直積分エネルギーノルムではなく、それぞれの物理量（風や気温、湿度など）の鉛直分布を調べる必要のあることなどがわかった。

- ② T-PARC 期間中のアンサンブル予報情報を用いて、その平均値やスプレッドの分布の特徴を調査した。その結果、T0813 や T0815 などの急な転向のあった台風ではスプレッドが大きく、進路に大きな不確定性が存在していたこと、平均値を使うと、大きく進路が二つ以上のグループに別れる場合があるため注意が必要であることなどがわかった。
- ③ T-PARC 期間中に行われた短時間小領域観測による詳細大気追跡風データについて、ゾンデおよびドロップゾンデ観測のデータを用いて品質評価を行った。その結果、8～10m/s 程度の精度で算出していることがわかった。一方で、風が高さ方向に急変するような場合には、高度指定の精度が風の誤差に大きな影響を及ぼすことがわかった。

副課題3 台風の強雨・強風構造の実態解明に関する研究

副課題3の研究担当者

北畠尚子、村田昭彦、益子 渉（台風研究部）、楠 研一（気象衛星・観測システム研究部）

副課題3の本年度の計画

- ① 日本に接近する台風を対象として可搬型レーダー等による特別観測を行うと同時に、現業観測データ等を収集し、台風の詳細構造に関する初期解析を行う。
- ② 客観解析データ等を用いて台風構造の非対称性と環境場の変化の関係に関する基礎調査を行う。
- ③ 全球客観解析を初期値、境界値にして、非静力学モデルを用いた台風の5日程度の長期積分に適した実行環境を整備する。

副課題3の本年度の成果

- ① 関東地方に接近した T0911 および T0918 についてゾンデ観測を行い、前者については台風の西側に流入する中緯度の下層寒気とそれに伴う逆転層に関するデータが、後者については局地的な突風の発生前後の大気の状態に関するデータが、それぞれ得られた。また 2007 年の可搬型レーダー特別観測によって得られたデータから、関東地方に接近または上陸した T0704 と T0709 についてデータベースを作成し、それぞれ、山岳の影響を受けた気流構造と、山岳地形で強化されたアウターバンドの構造が抽出された。T0704 については非静力学モデルによる数値シミュレーションを行った結果、九州南東部における大雨が再現されていることがわかった。
- ② 26 年分（1979～2004 年）の長期再解析データを用いて中緯度における台風の構造変化の基礎調査を行い、客観的に判定された温帯低気圧化の時刻が気象庁ベストトラックより平均 3 時間程度早かったことや、全体の 91%は両者の時刻の差が 24 時間以内であったことなどがわかった。
- ③ シミュレーション結果の統計処理が行えるように、実行環境と解析ツールを整備し、T0813、T0814、T0815（計 12 初期値）に対して熱帯域から 5 日積分を実施し、予備解析を行った。大きな進路誤差を生じた T0813 号 9 月 11 日 12UTC 初期値のものに対して、台風コア域の解析を行い、初期値の顕著な非軸対称構造が進路誤差を生じさせていることが示された。

衛星データの利用技術に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 増田一彦（気象衛星・観測システム研究部 第一研究室長）

研究の目的

近年運用が開始された多波長サウンダデータを全球数値予報モデルの初期値作成に導入し、その予報精度を改善させることを目的とする。

副課題1 衛星サウンダの数値予報モデルでの利用技術に関する研究

副課題1の研究担当者

増田一彦、石元裕史、上清直隆、真野裕三（気象衛星・観測システム研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① チャンネル選択プログラム改良：放射伝達モデルを RTTOV8 から RTTOV9 に移行し、また、誤差行列の非対角成分に対応できるようにプログラムを改良する。
- ② データ利用領域の拡大：雲域データ利用法についての文献調査・概念設計を行う。

副課題1の本年度の成果

- ① 数値モデルで使用するハイパースペクトル赤外サウンダの最適チャンネルを選択するプログラムの放射伝達モデルを RTTOV8 から最新の RTTOV9 に移行することにより放射輝度の計算精度を向上させた。放射輝度値が両方で 1K 程度の大きな差があるチャンネルも存在していたが、選択されたチャンネルには大きな変化はなかった。併せて、観測誤差行列の非対角成分が扱えるようにプログラムを改良し、観測誤差行列の性質が最適チャンネル選択に与える影響の見積もりを可能にした。
- ② ハイパースペクトル赤外サウンダの雲域でのデータ利用法について、欧米の数値予報センターでの状況を調査し、関連する文献のレビューを行った。雲域については、雲に影響されないチャンネルだけを使って、雲頂より上層の気温・水蒸気を推定する手法が主流であるが、雲のパラメータも同時に推定する手法の研究も始まっている。

副課題2 衛星サウンダ利用の基盤技術に関する研究

副課題2の研究担当者

増田一彦、石元裕史、上清直隆、真野裕三（気象衛星・観測システム研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 放射伝達モデル開発：放射伝達モデルに取り入れる雲と雪の散乱モデルを構築する。
- ② 衛星データ事例解析・地上実験との比較検証：IASI などの衛星データの収集を行う。
- ③ 衛星サウンダの高度利用技術：チャンネル合成手法、複合利用手法などについての研究を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① 放射伝達モデルにおける粒子の散乱・吸収計算を精緻化するために、雲・雪粒子の形状のフラクタル構造を使ったモデル化を行い、散乱分布関数の計算を行った。その結果、衛星マイクロ波サウンダの放射モデルの精緻化が可能になった。
- ② ハイパースペクトル赤外サウンダ Aqua/AIRS の模擬データを使って、主成分を利用したチャンネル合成手法の有効性を示した。同手法の実データによる有効性を調査するために日本周辺における Aqua/AIRS データを収集、データ利用環境を整え事例解析を開始した。
- ③ ハイパースペクトル赤外サウンダのチャンネル間の透過率の相関関係を調べた。その結果、サウンディングに使用しているチャンネルの約 3 割は他チャンネルから透過率を推定可能で、高速放射モデルの計算効率改善に利用できることがわかった。

シビア現象の監視及び危険度診断技術の高度化に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 鈴木 修（気象衛星・観測システム研究部 第二研究室長）

研究の目的

近年、特に社会的要請が高まっている突風・大雨・落雷などのシビア現象に対する防災気象情報の高度化や交通の安全運行等への貢献のため、シビア現象の監視技術の高度化、及び直前予測のための技術の開発を行うとともに、それらによる観測からシビア現象の構造・メカニズムを解析し、シビア現象の早期探知や高度予測技術を実現するための知見・技術を得る。

副課題1 シビア現象に関する気象レーダー観測技術の高精度化に関する研究

副課題1の研究担当者

鈴木 修、中里真久、山内 洋、猪上華子、楠 研一（気象衛星・観測システム研究部）、林 修吾（予報研究部）、益子 渉、別所康太郎、星野俊介（台風研究部）、高谷美正（気象衛星・観測システム研究部 客員研究員）

副課題1の本年度の計画

- ① 時間・空間的なサンプリングの制約（離散的、距離・地形依存性など）を軽減する降水強度推定手法の検討。
- ② 速度変化が大きくノイズの多いシビア現象付近のデータにも適用可能なドップラー速度折返し補正アルゴリズムの改良。
- ③ 新たなセルトラッキング・アルゴリズムの開発。
- ④ 気象研Cバンドドップラーレーダー（固体素子二重偏波ドップラーレーダー）、GPSゾンデ観測等によるシビア現象の観測と顕著事例の解析。
- ⑤ 関東域で顕著なシビア現象発生の際の現地調査（気象庁の実施する竜巻等突風の調査への支援を含む）。

副課題1の本年度の成果

- ① ドップラー速度、強度データの品質低下をもたらす二次エコー（観測範囲外のエコーが、観測範囲に混入した誤データ）を、速度幅・反射強度の空間分布の特徴を利用して軽減するアルゴリズムを作成した。また、速度変化が大きいため自動の折返し補正が困難であるシビア現象付近でのアルゴリズムの性能の改良に資するため、手動で比較的容易に補正するツールを作成した。
- ② 新たなセルトラッキング・アルゴリズムの開発のため、以下の検討や開発を行った。
 - ・ 単純なパターン認識技術を元にした従来型のセルトラッキングアルゴリズムの問題点である、トラッキングの失敗、導出されるパラメータの解釈の困難さ、予測情報としての価値の少なさ、などを克服するために、副課題2で得られた積乱雲のタイプや鉛直速度の統計分布の推定の結果を利用して、対流セルのレーダー反射強度分布を解釈し、トラッキングに利用するアルゴリズムを考案した。
 - ・ 同じ領域内でも複数の移動速度を持つエコーの存在が無視できないことから、そのことを確認するためのセミラグランジュ的なエコー移流プログラムの作成に着手した。
- ③ 2009年の暖候期を中心に、ドップラーレーダー観測を実施した。特に、F1以上の竜巻が発生した7月27日、10月8日は、親雲のライフサイクルの観測に成功した。
- ④ 2009年7月27日、10月8日の事例について、気象庁と共同で現地調査を実施した。また、気象庁が現地調査等を実施したほとんどの竜巻等突風事例で、技術支援を行った。
 - ・ 2009年7月27日に群馬県館林市で発生した竜巻について、速やかに現地調査を行った。環境場の特徴について調べるとともに、気象庁東京レーダーや気象研Cバンドドップラーレーダーデータ等を用いて親雲の構造について解析を行った。典型的なスーパーセルとは異なった環境場で発生したこと、親雲の構造も典型的なスーパーセルとは異なり、ガストフロントが竜巻の発生、維持に重要な役割を果たしていたことが示唆された。

- ・ 2009年10月8日の台風18号に伴い発生した茨城県土浦市、龍ヶ崎市等の竜巻事例について、現地調査を実施し、ドップラーレーダー等のデータを用いて解析を行った。5kmの至近距離で観測された土浦市の竜巻は、局地的なシアライン上に発生しており、親雲はスーパーセル的ではなかったが、竜巻に対応するほぼ同じスケールの渦がレーダーで解析された。また、30分ほど前に、千葉県山武郡・山武市で発生した竜巻事例も併せて解析を行ったところ、千葉と茨城の竜巻は異なる親雲であり、千葉県の竜巻親雲はスーパーセル的であったこと、3つの竜巻の発生した時間帯は、大気環境は不安定で鉛直シアも大きく、過去の竜巻のケースと類似していたことがわかった。

副課題2 シビア現象の監視・直前予測技術に関する研究

副課題2の研究担当者

中里真久、鈴木 修、山内 洋（気象衛星・観測システム研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① レーダーによるメソサイクロン・ダウンバースト等の監視・直前予知アルゴリズムの高精度化。
- ② メソサイクロン・ダウンバースト等の監視・予測アルゴリズムにセルトラッキングを取り入れた改良を行い、事例により検証に着手。
- ③ 竜巻等突風のポテンシャル予測のためのパラメータの開発、及び実況監視観測データを組みあわせた危険度診断手法の開発。

副課題2の本年度の成果

- ① 竜巻に関連して以下を行った。
 - ・ メソサイクロン検出アルゴリズムについて、竜巻やその親雲の反射強度の特有のパターン（円弧や螺旋状のパターンなど）を検出、追跡するためのアルゴリズムを既存の検出アルゴリズムに追加した。
 - ・ 竜巻渦内の速度場として剛体渦モデルを仮定し、前年度までに開発した竜巻の風速・直径の推定手法を用いて、竜巻渦内速度分布、竜巻渦の中で突風を受け続ける時間、竜巻渦の通過に伴う風向・風速の変化、及び飛散物の飛散方向の度数分布を推定する方法を開発した。最近発生した比較的顕著な竜巻8事例の現地調査結果とレーダー及び地上観測データを使用し、推定結果と比較したところ、4事例でFスケールが一致、4事例で被害幅が一致する結果となった。Fスケールや被害幅が一致しない事例でも近い値を示した（Fスケールの不一致は最大でも1、被害幅の不一致は2009年7月19日美作竜巻（F2、被害幅200m）において270mと計算されたものが最大）。飛散方向の推定度数分布は、現地調査で得られた度数分布と似た形状になることも確認した。
- ② メソサイクロン・ダウンバースト等の監視・予測アルゴリズムへのセルトラッキングの取り込みは、未着手である。
- ③ ポテンシャル予測のためのパラメータ開発については以下のとおり。
 - ・ 日本を含む世界各国の竜巻強度分布が速度の二乗を変数とする指数分布になる理由を説明しうる、統計力学を用いた物理モデルを作った。この物理モデルを用いると、ラジオゾンデや数値モデル出力データから、竜巻の強度分布を推定することができる。これを用いることにより、Fスケール毎に竜巻の発生数の期待値を推定することができるため、予測パラメータの1つとして利用できる可能性がある。気候学的竜巻強度分布を用いた検証を行った結果、日本の竜巻強度分布は極めて良く再現されたが、米国の分布では、分布の傾きが実際よりも小さく計算された。米国の分布で差が生じた理由は、エネルギー源としてCAPEのみを仮定して計算したことによると考えている。なお、米国において1つの気象擾乱の下で数十～百個程度の竜巻が発生した事例を抽出し、竜巻発生地近傍のラジオゾンデのデータを使って竜巻強度分布を計算した結果、両者はよく一致した。
 - ・ 積乱雲中の最大鉛直速度を推定するための物理モデルを作った。この物理モデルを用いると、個々の積乱雲の最大鉛直速度は、竜巻の速度分布と同じような統計分布を示し、その平均値及び最頻値は、それぞれパーセル法による計算値の約70%、58%になることが示唆された。この

値は、鉛直速度とバルクリチャードソン数との関係を示した Weisman and Klemp (1982, 1984) による数値実験の結果とほぼ一致する。鉛直速度がバルクリチャードソン数によって変化する理由は、対流有効位置エネルギーが鉛直運動エネルギーのみでなく回転運動エネルギーにも変換され、両者のエネルギー配分がバルクリチャードソン数によって変化するためである。この結果は、シビア現象を発生させる孤立積乱雲のタイプ判別法を精密化する手段になると考えられる。

副課題3 局地的シビア現象を対象とした高精度センシング技術に関する研究

副課題3の研究担当者

楠 研一、中里真久、山内 洋、猪上華子（気象衛星・観測システム研究部）、林 修吾（予報研究部）、益子 渉（台風研究部）

副課題3の本年度の計画

- ① 共同研究の結果に基づき、突風を発生させる降水システム（親雲）および大気環境の基礎的な調査。

副課題3の本年度の成果

- ① 2007-8年および2008-9年の冬季突風について、以下の結果が得られた。
 - ・ 秋田の高層データから突風の発生する大気環境として冬型初期の対流の深い状況が最も多い。
 - ・ 突風を発生させる降水システム（親雲）としては寒冷前線が最も多く、その他はTモード雲、Lモード雲、寒冷渦など様々であることがわかった。

全球及び日本近海を対象とした海洋データ同化システムの開発

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 蒲地政文（海洋研究部 第二研究室長）

研究の目的

気象庁の海洋関連業務（海況予報業務・エルニーニョ予報業務）に使用される海洋データ同化システムの開発を継続・発展させる。

副課題1 変分法同化技術の高度化

副課題1の研究担当者

藤井陽介、蒲地政文、碓氷典久、鳥山暁人、松本 聡（海洋研究部）、石崎士郎（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）、曾我太三（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）

副課題1の本年度の計画

- ① 地球システムモデルに使用されている海洋大循環モデル（解像度1度、一般化座標）への同化システム（3次元変分法）の開発を開始する。まず、一般化座標系での同化スキームの開発を行う。スキームは3次元変分法で、誤差共分散行列の要素は、一般化座標での鉛直水温塩分結合 EOF 分解と水平ガウス分布を変換するスキームを開発する（既存の同化手法：北極域がなく、緯度・経度を座標とする全球海洋モデルへの3次元変分法。誤差共分散行列の鉛直は水温塩分結合 EOF 分解、水平は緯度経度固定のガウス分布）。
- ② 新しい観測データの同化技術を開発する。(1)海氷同化スキーム等の開発を開始する。まず、海氷の密接度の観測データを同化するナッジング法を開発し、オホーツク海での再現実験を行う（海氷の同化スキームはこれまで開発されていない）。(2)海面塩分観測衛星 Aquarius の同化スキームの開発を開始する。まず、Aquarius データの精度検証を行う。
- ③ 4次元変分法スキームの開発を開始する。既存の3次元変分法の誤差共分散行列を用いて、アジョイントモデルの作成を開始する。

副課題1の本年度の成果

- ① 地球システムモデルに使用されている海洋大循環モデル（解像度1度、一般化座標）への同化システム（3次元変分法）の開発を開始する予定であった。このモデルは、季節予報に関する重点研究で用いられるモデルであり、その解像度の決定が今年度いっぱいかかるため、このモデルの一般化座標系に合わせた同化スキームの開発は次年度に行うことにした。今年度は、一般化座標と極座標の変換スキーム及び極座標系での全球解析スキームを開発した。また、次年度以降精度検証を行うための超音波流速計と曳航式 CTD を用いた観測を、気象庁地球環境・海洋部及び神戸海洋気象台と共同で日本南方及び熱帯で実施し、その観測結果の解析を行った。南太平洋起源の高塩分水の挙動等が明らかになってきたので、論文にまとめて投稿した。
- ② (1)海氷同化スキームの開発を開始した。まず、海氷の密接度の観測データを同化するナッジング法を開発し、オホーツク海での再現実験を行った。再現性がモデルに比べて向上したため、次年度本庁納入を目指す。(2)海面塩分観測衛星 Aquarius のデータがまだ入手されないため本課題は次年度開始する。
- ③ 4次元変分法スキームの開発を開始した。既存の3次元変分法の背景誤差共分散行列を用いて、アジョイントコードの作成を開始した。

副課題2 日本近海の海況監視・予測技術の開発

副課題2の研究担当者

蒲地政文、碓氷典久、松本 聡、辻野博之、中野英之（海洋研究部）、和田章義（台風研究部）、石崎士郎、高野洋雄（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

副課題2の本年度の計画

- ① 新総合海洋解析システムを高度化する。特に亜寒帯域での低温バイアスを低減するスキームの開発に着手する。既存の3次元変分法の同化システムに、負の水温を避ける制約条件、非ガウス型の誤差共分散行列等の導入を図る。また、次年度精度検証を行うための観測を東北水研と共同で、東北沖で実施する。
- ② 浅海波浪スキーム及び天文潮を導入した高潮モデルの開発（本庁と共同研究）を行う。既存の波浪モデルは沖合の波浪用であり、浅海での効果を考慮するスキームの導入を図る。既存の高潮モデルは天文潮からの偏差のみを扱うので、それに天文潮を計算して足し込む技術を導入する。（潮汐は主として月・太陽の起潮力によって起こされる規則的な海面水位変化である。それを天文潮と呼ぶ。その他に、気温・水温の変化、気圧の変化等によっても水位が変化し、その中で一定の周期をもって規則的に起こるものは、潮汐の分潮の中に含めて扱い、気象潮と呼び高潮モデルで計算する。）
- ③ 大気・海洋再解析データを用いた大気海洋相互作用の研究を行う。まず、既存の大気再解析データ及び海洋再解析データを用いた解析、特に海洋の貯熱量と台風活動の解析に着手する。また、非静力学大気波浪海洋結合モデルによる台風・顕著現象の再現に対する海洋同化データの影響評価を開始する。

副課題2の本年度の成果

- ① 亜寒帯域での低温バイアスを低減するスキームの開発に着手した。既存の3次元変分法の同化システムに、負の水温を避ける制約条件の導入を行い、観測をよく再現した。次年度以降このスキームを本庁海洋気象情報室に納入予定である。また、次年度精度検証を行うための係留計観測を、東北水研と共同で、東北沖で実施した。解析は次年度に行う。
- ② 浅海波浪スキーム及び天文潮を導入した高潮モデルの開発（本庁と共同研究）を行って浅海での効果を考慮するスキームを導入した。高潮モデルに天文潮を計算して足し込む技術を導入し本庁で現業化する段階である。
- ③ 既存の大気再解析データ及び海洋再解析データを用いた解析、特に海洋の貯熱量と台風活動の解析に着手した。2005年の台風 Hai-Tang の通過に伴う海洋応答の海洋初期場依存性について、日別海洋再解析データを用いてそれぞれ初期値を作成し、数値シミュレーションを実施した。台風通過海域における海洋混合層の深さによって、エクマン輸送と鉛直乱流混合による冷たい海水の海面水温低下への影響が異なることを示した。非静力学大気波浪海洋結合モデルによる台風 Hai-Tang 発達期における台風強度予測実験結果から、海洋初期場が台風強度予測に与える影響は、Hai-Tang の移動により形成される海面水温低下による影響と比較すると小さいもののその影響は有意であること、及び海洋初期場の違いは Hai-Tang 発達期におけるスパイラルレインバンドの形成に影響していたことを示した。1958～2007年までのMOVEによる全球月別海洋再解析データを用いて、海洋貯熱量データセットも作成した。

マグマ活動の定量的把握技術の開発とそれに基づく火山活動度判定の高度化に関する研究（特別研究）

研究年次： 4年目（平成18年度～平成22年度）

研究代表者： 吉川澄夫（地震火山研究部長）

研究の目的

地殻変動をより効果的に検知する観測手法を導入し、それによって得られる観測データにこれまでに開発した有限要素法による数値シミュレーション手法を適用することにより、地殻変動を物理的に評価し、地下のマグマの動きを定量的に把握することで、噴火警戒レベルの判断に資する火山活動度の判定^(注)の高度化を図り、防災に貢献する。

^(注) 火山活動の評価を定量的に行うこと。

副課題1 地殻変動に基づく火山活動度判定手法の開発

副課題1の研究担当者

吉川澄夫、高木朗充、福井敬一、鬼澤真也、坂井孝行、山里 平、安藤 忍、新堀敏基（地震火山研究部）、平松秀行（気象庁地震火山部火山課）

副課題1の本年度の計画

- ① 伊豆大島にて地殻変動観測（GPS、光波測距、傾斜）、重力観測、地震観測を行う。
- ② 浅間山にて地殻変動観測（GPS、光波測距）を行う。
- ③ 全国の活火山を対象に、SARによる地殻変動解析を行う。
- ④ 伊豆大島におけるマグマ供給系モデルの精密化を行う。

副課題1の本年度の成果

- ① 伊豆大島の静穏期の地殻変動の詳細を知るため、GPS、傾斜及び光波測距（EDM）の連続観測に加え、GPS、光波、精密重力の繰り返し観測を実施し、データを蓄積した。
- ② 伊豆大島の精密重力の繰り返し観測結果を解析して、系統的な時間変化を検出し、その原因がカルデラ北部直下にある圧力源である可能性があることを推定した。さらに、EDMにおいても変動源を推定できた。
- ③ 浅間山の地殻変動観測（EDM、GPS）を実施し、これまで知られていた山体北西部地下だけでなく、火口直下にも圧力源があり、それが火山活動の推移とともに膨張と収縮を繰り返していることを明らかにした。
- ④ 全国の火山を対象に、陸域観測技術衛星「だいち」のSARデータを用いた干渉画像解析を行い、新たにいくつかの火山において火山性地殻変動をとらえた。
- ⑤ 伊豆大島で臨時の地震観測を継続して行った。

副課題2 マグマ上昇シナリオに基づく火山活動評価手法の開発

副課題2の研究担当者

吉川澄夫、山里 平、坂井孝行、福井敬一、高木朗充、鬼澤真也、安藤 忍、新堀敏基（地震火山研究部）、平松秀行（気象庁地震火山部火山課）

副課題2の本年度の計画

- ① 理論的なマグマ上昇機構の検討を行う。
- ② 様々な火山におけるマグマ上昇に伴う地殻変動等の資料収集・整理を行う。
- ③ 霧島山において、重力探査結果を踏まえた地下構造推定を行う。
- ④ 地殻変動時系列解析のためのマグマ動態解析ソフトの作成を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① 国内で観測された火山性地殻変動の圧力源モデルについて整理し、地震活動等との関係について調査した。
- ② 理論的なマグマ上昇モデルについて引き続き検討を継続するとともに、地下の圧力源の位置が浅くなっていく場合に、それに伴いどのような地殻変動が現れるかについて、GPS、傾斜等観測項目ごとに検討を行い、その特徴を調査した。
- ③ 霧島山において重力探査を継続し、重力探査結果から地下構造の推定に着手した。
- ④ 火山用地殻活動解析支援ソフトウェアに光波測距データ、干渉 SAR データを解析する機能、変動源の時間変化を解析する機能を付加した。

緊急地震速報高度化のための震度等の予測の信頼性向上技術の開発

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 干場充之（地震火山研究部 第四研究室長）

研究の目的

緊急地震速報における震源及びマグニチュードの推定、震度の予測の精度を向上させることで、処理の高度化に結び付く技術開発を行う。

副課題1 緊急地震速報のための余震・群発活動・連発地震に対応した処理手法の開発

副課題1の研究担当者

大竹和生、干場充之、岩切一宏（地震火山研究部）、下山利浩（気象庁地震火山部地震津波監視課）

副課題1の本年度の計画

- ① 気象庁や他機関の過去の地震波形の収集および手法開発のための標準データセットの作成。
- ② 作成した標準データセットを用いて、地震多発時にも震源決定を行なうことができる処理手法の開発に着手（従来手法の調査と評価）。
- ③ 研究対象となる地震が発生した場合には、地域を限定せずに様々な機関の地震波形収集に努める。

副課題1の本年度の成果

- ① 気象庁・他機関からの地震波形データの収集とデータセットの作成に着手した。特に、内陸の大地震（およびその余震）・群発地震等の連続波形記録を収集することを目標に、気象庁地震火山部から「平成16年（2004年）新潟県中越地震」等の強震波形の提供を受けた。また、2009年12月に発生した伊豆半島東方沖の群発地震の連続波形収集を行った。
- ② 震源決定の自動処理・地震波形の信号処理・地震の相判別等に関する文献調査を行い、従来手法の調査と評価を開始した。

副課題2 震源・マグニチュードの即時推定精度および震度の予測精度の向上に関する研究

副課題2の研究担当者

干場充之、大竹和生、岩切一宏（地震火山研究部）、下山利浩（気象庁地震火山部地震津波監視課）

副課題2の本年度の計画

- ① 海底地震計に関して気象庁・他機関データ等の資料の調査と解析と、現在の手法への適用についての吟味。
- ② 現在の震度推定手法における観測点補正值の改良と業務化導入のための資料提供。
- ③ 震度の推定手法の改良の検討（震度の距離減衰式等の導入と、震度の観測点補正值を用いた震度予測手法の検討等）及びマグニチュードの推定手法の改良の検討。
- ④ 既往の震源域推定手法の調査と緊急地震速報への適用の検討。

副課題2の本年度の成果

- ① 東南海沖に設置したケーブル式海底地震計データを緊急地震速報に適用するにあたり、海底地震計の記録について吟味した。東南海沖に設置したケーブル式海底地震計は、設置したばかり（平成20年7月設置）でデータが少ないため、他の海域における気象庁・他機関データ等の資料の調査と解析を行い、1観測点で震源距離を求める現在の手法における適用の可否について調べた。その結果、現在のパラメータでも概ね適用可能であることがわかった。
- ② 震度の予測精度向上の一環として、現在の震度推定手法における観測点補正值の改良の検討を行った。具体的には、震度観測の実測に基づく補正值を推定した。これにより、従来の微地形区分に基づく補正值を用いる方法よりも、約2割の精度向上が期待できることがわかった。さらに、

現在の最大速度の距離減衰式から震度推定を行う方法と、直接、震度の距離減衰式を用いる方法を比べ、精度の検証を行った。

- ③ 緊急地震速報に用いるマグニチュードを推定する手法について検討した。P 波部分から求めるマグニチュードについて、緊急地震速報評価・改善検討会技術部会で、従来（S-P 時間の 0.7 倍）よりももっと短い時間長（S-P 時間の 0.5 倍）にする案が取り上げられたが、その影響を調査したところ、マグニチュードの過小評価に繋がり易いことがわかった。（その結果、短い時間長（S-P 時間の 0.5 倍）でマグニチュードを推定することは全国的には行わず、南西諸島のみで行うこととなった）。
- ④ 震源域推定手法の調査を行った。震度分布からおおよその震源域を推定する手法を考察した。

東海地震予知技術と南海トラフ沿いの地殻活動監視技術の高度化に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 勝間田明男（地震火山研究部 第二研究室長）

研究の目的

東海地震予知技術の精度向上及び東南海・南海地震等の海溝型巨大地震発生サイクルの把握のため、海溝型巨大地震発生シミュレーションモデルの高度化、地震波速度場変化及び地殻変動の監視・解析技術の高度化に関する研究等に取り組み、東海地震、東南海・南海地震の発生シナリオの改善及びプレート境界面における状態変化モニター手法を開発する。

副課題1 監視・解析技術の高度化

副課題1の研究担当者

勝間田明男、小林昭夫、吉田康宏、青木重樹、岩切一宏、木村一洋（地震火山研究部）、大西星司（気象庁地震火山部地震予知情報課）、小山卓三（気象庁地震火山部地震津波監視課）

副課題1の本年度の計画

- ① 精密制御震源を用いた監視技術に関する研究
 - ・ 時間分解能向上：森町送信点からの信号を解析し、ノイズレベルを軽減する手法を開発する。
 - ・ 波群分解能向上：波群特定のための理論的解析手法の開発を行う。
- ② 震動データを用いた監視技術に関する研究
 - ・ 低周波微動等の検知・解析技術を改良する。
- ③ 地殻変動データを用いた監視技術に関する研究
 - ・ レーザー式変位計による観測と長期的スロースリップ等の異常地殻変動検知技術開発として、レーザー式変位計データの気象庁データ転送技術開発を行う。
 - ・ 歪計等データによるスロースリップ等の異常地殻変動検出手法の改良のため、長期的スロースリップ現象の再解析と降水影響に関する経験的モデル改良を行う。
 - ・ 数十年以上にわたる長期的地殻変動の特徴を把握するため、測量・潮位データを調査する。

副課題1の本年度の成果

- ① 精密制御震源を用いた監視技術に関する研究
 - ・ 信号とノイズレベルの関係を調査し、地震波速度の時間変化を調査する上での最適なスタッキング時間を求めた。また、その結果を活用し、広域の観測点における走時時間変化を求め、その特徴把握を進めた。
 - ・ 精密制御震源装置からの信号について、臨時観測結果を解析し、最新のプレート形状を取り入れた理論走時解析と比較し、プレート境界面からの反射波を判定した。
 - ・ 愛知県東部の定常観測点近傍において臨時アレイ観測を行い、定常観測点において認められる波群について地下深部からのものと地下浅部からのものを識別した。
- ② 震動データを用いた監視技術に関する研究
 - ・ 深部低周波地震の活動間隔に注目した解析をし、東海地域で発生している短期的スロースリップにおいて、観測されている地殻変動に先行して、深部低周波地震活動間隔に変化が見られる事例を見出した。
- ③ 地殻変動データを用いた監視技術に関する研究
 - ・ レーザー式変位計データの気象庁データ転送に関する開発をすすめた。
 - ・ 地震波応答に関して調査を行い、地震波応答と潮汐応答の理論値に対する比がともに約0.5であることを明らかにした。
 - ・ GPSデータの詳細な解析により、2005年に小規模な長期的スロースリップが四国西部で発生していたことを見出した。

- ・ 敦賀・今津の多成分歪計について水位・降水応答を補正し、東海の長期的スロースリップと同時期に歪変化が見られることを指摘した。
- ・ 水準および潮位の過去データを用い、豊後水道における長期的スロースリップ現象が過去から繰り返し発生していたことを見出した。

副課題2 地震発生シミュレーション技術の高度化

副課題2の研究担当者

前田憲二、青木重樹、弘瀬冬樹、木村一洋（地震火山研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 東海地震発生に先行する地殻変動等の予測のための、広域応力場を反映させた基礎モデル構築と試験を行う。
- ② 東南海・南海地震発生に先行する地殻変動等の予測のための、広域応力場を反映させた基礎モデル構築と試験を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① 東海地震、東南海地震、南海地震の想定震源域を含んだ計算領域である南海トラフ沿いの広域のシミュレーションモデルのメッシュサイズをこれまでの10kmから7kmに高精度化するとともに、東海地域の計算領域でのスロースリップの再現に成功したモデルを組み入れることにより、広域の応力場の影響を考慮した東海地域のスロースリップのモデル化を行った。その結果、南海トラフ沿いの巨大地震の発生と東海地域のスロースリップの発生を同時にシミュレーションすることが可能となった。

震源精度向上と地震活動情報の高度化に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 勝間田明男（地震火山研究部 第二研究室長）
研究担当者： 吉川澄夫、前田憲二、勝間田明男、青木重樹、弘瀬冬樹、山崎 明、平田賢治、林豊（地震火山研究部）、岡田正実（地震火山研究部 客員研究員）

研究の目的

高精度な震源決定手法の開発、地震活動の評価解析手法の開発に関する研究等に取り組み、震源精度の向上及び地震活動等に関する情報の高度化を目指す。

本年度の計画

- ① 3次元地震波速度構造を用いた震源の高精度決定手法の開発
 - ・ 高速震源計算法を開発する。
 - ・ 東海沖で自己浮上式海底地震計による観測を実施し、ケーブル式海底地震計の震源決定能力の評価を行う。
- ② 地震活動の特徴抽出による地震活動度および地震発生確率の評価
 - ・ 全国の a 値および b 値の空間分布を求める。
 - ・ 応力と地震活動変化の関連性評価のための事例調査を行う。
 - ・ 相似地震について基本的統計モデルを作成する。

本年度の成果

- ① 3次元地震波速度構造を用いた震源の高精度決定手法の開発
 - ・ 推定速度構造を元にして、観測点毎の3次元走時表の作成を行った。
 - ・ 波線追跡法に加えて、波線追跡法の欠点を補うために、波面追跡走時計算法を開発した。
 - ・ 海底地震観測により、東南海ケーブル式海底地震計設置域におけるより正確な震源位置を把握した。
- ② 地震活動の特徴抽出による地震活動度および地震発生確率の評価
 - ・ 地震の規模別頻度分布を Gutenberg-Richter (G-R) 式および改良 G-R 式で近似する手法を基に、日本の深さ 30 km 以浅で M5.0 以上の地震が発生する確率を算出するモデルを試作し、地震発生予測検証実験（日本版 CSEP）に参加した。
 - ・ 静岡県西部で発生した群発地震活動について、潮汐による応力変化と地震活動度変化の関連性について調査した。
 - ・ 相似地震について基本的統計モデルを開発し、事前予測と観測データによる検証を開始した。
 - ・ 相似地震と同様に繰り返し地震である活断層帯で発生する大地震について、地震発生履歴情報に不確実性がある場合にも、繰り返し間隔のばらつきの統計モデルを用いて、地震発生頻度・確率等のポテンシャルを推定できる手法を開発した。
 - ・ 応力場を反映しているメカニズム解分布の変化の統計的検出手法を開発した。また、自動メカニズム解の評価も行った。

気象観測技術等を活用した火山監視・解析手法の高度化に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 山里 平（地震火山研究部 第三研究室長）

研究の目的

気象レーダー等を用いた噴煙観測等新たな観測手法の開発、移流拡散モデルによる降灰予測及び火山灰拡散予測手法の高度化に資する研究、地殻変動等の火山観測データのノイズ除去手法の開発等による火山監視手法の研究に取り組み、噴火等の様々な火山現象をより迅速・正確に把握するための監視・データ解析技術を開発する。

副課題1 噴火現象の定量的監視技術の開発

副課題1の研究担当者

福井敬一、新堀敏基、安藤 忍、鬼澤真也、坂井孝行、高木朗充、山里 平（地震火山研究部）、楠研一（気象衛星・観測システム研究部）、橋本明弘（予報研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① 既存の気象レーダーによる噴煙検知力の評価を行う（鹿児島空港気象ドップラーレーダーによる桜島噴火、及び過去の事象を対象）。
- ② 非静力学モデルを基礎とする噴煙の力学的予測モデルのプロトタイプを開発する。
- ③ 空振アレイ観測システムの基本設計を行う。
- ④ 空振及び震動データから噴火の規模推定を行う手法を開発する。

副課題1の本年度の成果

- ① 降灰予測に用いているメソ版移流拡散モデルにおいて、降灰量の換算方法を高分解能化して、過去事例で検証した。
- ② 長野レーダーによる浅間山の噴煙エコーを解析し、エコー頂高度を利用した降灰量の予測を検証した。
- ③ 種子島および鹿児島空港レーダーによる桜島の噴煙エコーを解析した。
- ④ 非静力学モデルによる Sarychev Peak 火山の噴煙シミュレーションを実行した。
- ⑤ ALOS/PRISM データによって全国の噴気活動の規模評価を行った。
- ⑥ 桜島において空振比較観測を開始した。
- ⑦ 過去の様々な火山における噴火に伴うデータを整理し、空振と地震動規模から噴火規模を推定する手法を開発した。

副課題2 火山観測データ処理技術の高度化に関する研究

副課題2の研究担当者

新堀敏基、坂井孝行、山里 平、福井敬一、高木朗充、鬼澤真也、安藤 忍（地震火山研究部）、小司禎教、橋本明弘（予報研究部）、平松秀行（気象庁地震火山部火山課）

副課題2の本年度の計画

- ① 干渉 SAR データのノイズのうち、標高差に起因する水蒸気ノイズの補正処理（1次補正処理）を開発する。
- ② 火山性震動の客観的分類手法の開発を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① 干渉 SAR の水蒸気ノイズ補正処理方法を検討し、補正処理に必要な高解像度非静力学モデルによる数値予報 GPV の作成環境を構築した。
- ② 火山性地震のスペクトルの性質からその波形タイプを客観的に分類する手法を開発した。

沖合・沿岸津波観測等による津波の高精度予測に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 前田憲二（地震火山研究部 第一研究室長）

研究の目的

沿岸へ到達する前に津波を予測するためには、津波波源の推定、津波伝播の再現および予測誤差提言のための沖合津波データ活用が必要である。本研究では、津波予測の精度向上に資するため、これら津波予測の3要素に関する研究を行うことを目的とする。

副課題1 地震津波の発生・伝播メカニズムに関する研究

副課題1の研究担当者

平田賢治、山崎 明、林 豊、前田憲二（地震火山研究部）、中田健嗣（気象庁地震火山部地震津波監視課）

副課題1の本年度の計画

- ① 自己浮上式海底地震計を用いた東海沖周辺の地震活動評価（東海沖ケーブル式海底地震観測システムの震源決定能力の評価を含む）。
- ② 日本周辺および国外の地震津波の発生メカニズムの調査研究。
- ③ 遠地津波について、検潮所での津波観測波形のデジタル化と減衰特性の抽出。

副課題1の本年度の成果

- ① 紀伊半島熊野灘沖の東南海ケーブル式海底地震計の周囲に自己浮上式海底地震計12台を設置し、微小地震観測を実施した。
- ② 2004年12月インド洋大津波の発生メカニズムを調べるためにスマトラ北西沖の海域で精密海底地形調査を実施し、巨大津波の発生に寄与したと考えられる分岐断層である可能性がある海底表層のリニアメントを特定した。
- ③ 移動自乗平均振幅、津波コーダ、無次元化津波振幅の三つの新尺度を導入することにより、長時間の時系列水位データから津波の減衰過程を定量的に解析する手法を開発した。
- ④ 津波の減衰過程において、移動自乗平均振幅の3倍以上の半振幅の波が出現することが稀だという性質があることを見出し、これを津波警報の解除・継続の判断に活用しうることを示した。
- ⑤ 気象庁の検潮所の観測値がデジタル化された1997年以降の津波の減衰過程の特性を系統的に解析した。
- ⑥ 波源・伝播経路・観測点近傍の各段階の時間関数で表現する、簡略化した津波エネルギーの伝播モデルを設定した。

副課題2 沖合津波観測データ等を用いた津波予測手法に関する研究

副課題2の研究担当者

林 豊、吉田康宏、山崎 明、平田賢治、前田憲二（地震火山研究部）、中田健嗣（気象庁地震火山部地震津波監視課）

副課題2の本年度の計画

- ① 津波予報の精度評価手法の開発。
- ② 観測波形データの収集と波源域（震源域）即時推定手法の開発。

副課題2の本年度の成果

- ① 海岸の潮位観測施設と国土交通省湾岸局の全国港湾海洋波浪観測網（NOWPHAS）等の沖合波浪観測施設との両方で津波の記録が得られた観測例を収集し、両者での津波第一波振幅と最大振幅

- について、それぞれ関係式を導いた。
- ② 津波警報の発表の有無のような二者択一の予報について、予報の価値との関係が明確なスコア付け方法を、効用理論を用いて導出した。
 - ③ 観測波形のデータ収集に着手するとともに、断層面の拡がり為準リアルタイムで把握するために必要な、従来の解析手法の改善点についての検討を行った。

全球大気海洋結合モデルを用いた季節予測システムの開発に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 尾瀬智昭（気候研究部 第二研究室長）
研究担当者： 安田珠幾、仲江川敏之、簗 将吉、行本誠史、足立恭将、釜堀弘隆（気候研究部）、
蒲地政文、山中吾郎、藤井陽介、鳥山暁人（海洋研究部）

研究の目的

高分解能全球大気海洋結合モデルおよびその初期値作成に関する研究等に取り組み、次世代の季節予測システムの開発を行い、気象庁が発表する季節予報の精度向上を目指す。

本年度の計画

- ① 結合モデルのプロトタイプを作成する。
- ② 準結合同化システムと結合ブリーディング法の技術開発を行う。
- ③ 現予測システムを検討し、問題整理する。

本年度の成果

- ① 地球システムモデルに使用する海洋モデルを用いて、JRA-25 海上気象要素を駆動力とする歴史実験を行った。
- ② 地球システムモデルに使用する海洋モデルをベースとして、季節予報モデルに使用するための水平及び鉛直解像度を修正した実験を実施し、次期モデルの格子間隔を、緯度方向約 0.5 度・経度方向 1 度・鉛直 53 層とすることに決めた。
- ③ 地球システムモデルに使用する海洋モデルと結合カップラーに、気象庁 1 か月予報大気モデルを組み込む作業を実施した。結合モデルのプロトタイプとなる見込みである。
- ④ 全球大気モデルの長波放射スキームに関して、従来よりも高速でかつ散乱過程を考慮できる、多方向近似スキームを開発している。今年度は 2 方向吸収近似版の鉛直 1 次元モデルと、大気吸収の k -分布パラメータの作成等を行い、標準大気プロファイルに対する計算精度が妥当であることを、ラインバイライン計算の結果との比較により確認した。計算量についても、同じく吸収近似をしている従来のスキームに比較して 1/4 程度に削減できることを確認した。
- ⑤ 昨年度から引き続き準結合同化システムを用いた再解析を行い、一応の成果を得たため、準結合同化システム技術の開発段階を終了し、論文にまとめて出版した。準結合同化システムの開発とまとめに予定より時間がかかり、また、計算機更新にともない、新計算機用のチューニングアップを行ったため、結合ブリーディング法の開発は着手できていない。次年度より開始する。
- ⑥ 大気海洋結合モデルによる季節予測実験結果を解析し、台風の発生個数や位置の気候値再現性について調査した。6～10 月の北西太平洋における発生数は、18.5 個で観測気候値とよく合っている。しかし、観測では 8 月をピークとする発生数の最大値は、モデルでは 9 月に現れる。発生数の年々変動予測については、1987～2001 年の期間については相関係数 0.78 で観測とよく一致しているものの、1979～2006 年では 0.23 であった。これは、他のモデル予測でも見られる傾向である。
- ⑦ さらに、台風活動の活発な 6～10 月の期間における台風の平均発生位置の予報可能性とその物理的機構について調べた。平均発生緯度の予測は気候学的な系統誤差も小さく、年々変動の予測精度も高かった。一方、経度は気候学的な系統誤差が約 5 度あるものの、年々変動予測は良くできていた。このような全般的な発生位置の予測精度が高い理由は、基本的には、ENSO に伴う西部北太平洋域大気循環場の年々変動が精度よく予測されているからである。
- ⑧ 昨年度に引き続き、大気海洋結合モデルによる季節予測実験結果を用いて、エルニーニョ現象後の春から夏にかけてのインド洋海面水温の昇温の解析を行った。
- ⑨ 現予測システムを用いて 2006 年エルニーニョの事例解析を行った。その結果、2006 年エルニーニョの衰退過程においては、インド洋と太平洋との相互作用が重要な役割を担っていることがわかった。特に、東部インド洋赤道域は、季節にフェーズロックしたインド洋の大気海洋相互作用の鍵となる海域であり、この海域のフラックス修正量を低減することが、より高精度の予測に効果的であると考えられる。
- ⑩ 12～2 月の Nino3 海面水温変動とこれに続く 6～8 月の熱帯西太平洋の降水量変動の関係について高い再現性を示すモデルの特徴を、マルチモデルデータを利用して解析し、まとめた。

異常気象・気候変動の実態とその要因解明に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 釜堀弘隆（気候研究部 第五研究室長）

研究の目的

異常気象・気候変動の実態とその要因解明に関する解析的研究等に取り組み、異常気象・気候変化の要因に関する解説資料の作成を通じて、異常気象や気候変動についての国民や関係機関の理解促進を目指す。

副課題1 異常気象の実態とその要因解明

副課題1の研究担当者

釜堀弘隆（気候研究部）、藤部文昭、清野直子（予報研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① 極値統計手法による異常気象の定量的評価手法を検討する。また、過去の異常気象時における大気循環場の特徴を整理する（各種インデックスや類似年など）。
- ② JRA-25 に表現される熱帯低気圧場を環境場と分離し、熱帯低気圧場のコンポジットを行う。各海域別のコンポジット場の比較を行い、環境場とコンポジット場の比較を行う。
- ③ 南シナ海モンスーンおよび北西太平洋モンスーンの、大気大循環・海洋大循環場との関係を調べる。
- ④ 気象学的・社会的に重要性の高い異常気象が発現した場合には、すみやかに各種データを収集・解析し、その実態と要因の解明を進める。

副課題1の本年度の成果

- ① 顕著事象の再現期間に関し、その評価精度と用いる関数との関連を検討するとともに、精度評価の方法についての検討を始めた。極値統計手法を検討するための資料として、1896年彦根豪雨についての資料を収集した。異常気象時の大気循環場の特徴整理については未着手。
- ② JRA-25 に表現される熱帯低気圧場を、月平均値で定義した環境場と分離し、コンポジットを行った。降水量のコンポジット結果を海域別に見た結果、北西太平洋においてピーク値が最も大きく、また空間的な大きさも最も大きいことが分かった。
- ③ 南シナ海～南西諸島における夏期降水量の変動を調べた結果、太平洋高気圧の変動と連動した10年規模振動が見出された。
- ④ 社会的に重要性の高い異常気象の過去事例として、伊勢湾台風の予報可能性を調べるため、他研究課題（台風の強度に影響する外的要因に関する研究、メソスケールデータ同化とアンサンブル予報に関する研究）と合同で再現実験を行った。当時行われた米軍の飛行機観測データを同化することにより、進路・強度・高潮がすべて非常に精度よく予報できることが分かった。気象学会、各種研究会、気象庁広報資料等でその成果を発表した。

副課題2 気候変動の実態とその機構解明

副課題2の研究担当者

藤部文昭（予報研究部）、田中 実、黒田友二、石原幸司、小林ちあき、行本誠史、遠藤洋和（気候研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 過去100年間の国内外（特に日本の異常気象に関連の深いアジア地域）の気候データの整備を進める。また、より信頼度の高い世界の平均気温監視を行うため、これまで用いられてこなかったCLIMAT報の遅延報や、World Weather Recordsなどの新たなデータを収集する。

- ② 日本の気温データについて、都市化や観測点周囲のミクロな環境変化に伴う微気候的な影響を評価する。
- ③ 日本及びアジア地域の四季の気温、気圧変動の長期変動を解析する。
- ④ 中層大気変動の気候への影響を調べるため、オゾンデータ等の観測データや再解析データを収集整理する。

副課題2の本年度の成果

- ① 新しい全球平均気温算出に向けたデータセットの整備を開始した。地域頻度解析を都道府県別に適用することで各アメダス地点における年最大日降水量の30年確率値を算出した。さらに、この地域頻度解析を地域気候モデル(MRI-RCM20)の出力結果に適用することで、鹿児島県における年最大日降水量の30年確率値の将来変化を評価した。
- ② 都市化や微気候的变化に伴う気温の長期変動について、過去の研究をレビューした。気温の観測値に与える人工排熱の影響を、その曜日依存性に基づいて調べ、中小都市でも若干の影響があることを示した。格子点気温データ(CRU, GISS等)と気温の実測データの長期変動を比べ、CRUに若干の都市バイアスが含まれる可能性を見出した。
- ③ 東アジアの20世紀の冬季気温には、アリューシャン低気圧の強弱の十年規模振動と並行して1925, 1948, 1977, 1987年の4回のレジームシフトがあることが分かった。1901~2008年の夏季の国内日降水量データの長期変化を調べた結果、南西諸島を除く地域では梅雨末期に降水量が増加する長期変化が見られた。また南西諸島と西日本太平洋側を除く地域では、梅雨期の降水が相対的に梅雨期後半に集中する長期変化が見られた。これらは、20世紀の梅雨の季節進行が長期的に変化したことを示唆する。
- ④ ERA-40をもとにオゾン同化データの整備を行った。TOMS, SAGEII, Randel-Wuなどのオゾン観測データの収集を行った。さらに、入手可能な衛星データ、ゾンデデータについて調査中。

IPCC に関わる地球温暖化予測に関する研究

研究年次： 1 年目（平成 21 年度～平成 25 年度）
 研究代表者： 楠 昌司（気候研究部 第一研究室長）
 研究担当者： 楠 昌司、小畑 淳、吉村 純、上口賢治、遠藤洋和、鬼頭昭雄、村上茂教、石原幸司、保坂征宏（気候研究部）、本井達夫（海洋研究部）、新保明彦（気象庁地球・環境海洋部気候情報課）

研究の目的

地球が温暖化したときの地球全体に関する予測情報を提供するだけでなく、国内外の地球温暖化の影響評価研究に資する予測データを提供することを通じて「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の評価報告に貢献する。

本年度の計画

- ① IPCC 将来実験に必要な強制力データ（温室効果気体、エアロゾル、オゾン、土地利用）を整備。
- ② IPCC 近未来実験などの将来実験を開始。
- ③ 領域モデルに提供する側面境界値データの切り出しツールを開発。
- ④ 領域モデル用に 21 世紀末側面境界値データの提供開始。
- ⑤ 地球システムモデル（大気 120km 格子）による完新世中期及び最終氷期最盛期の古気候再現実験に必要な強制力データ（海陸マスク・氷床・植生分布）を整備し、実験を開始。

本年度の成果

- ① IPCC 将来実験に必要な強制力データ（温室効果気体、エアロゾル、オゾン、土地利用）の整備を開始した。
- ② 太陽天頂角の計算に地球軌道要素の長期変動（氷期間氷期スケール）を反映させるプログラムの大気モデル GSMUV への組み込みを行った。
- ③ PMIP3-CMIP5 古気候実験のうち、過去千年紀実験に関する強制力データとして、温室効果気体濃度変動、太陽放射照度変動、火山性エアロゾル変動、オゾン濃度変動に関するデータを整備した。最終氷期最盛期実験に関する氷床・海陸分布、河川流路データについては、提供側の問題により未整備。
- ④ MIROC3.2 モデルによる最終氷期最盛期実験の 6 時間毎出力を用いて局所的な運動エネルギー収支の解析を行ったところ、氷期最盛期においては大西洋域で定常擾乱を通じた有効位置エネルギーから運動エネルギーへの変換が強化されるのに対し、太平洋域では定常・非定常共に擾乱へのエネルギー変換率が若干弱まっていることがわかった。これは氷期最盛期においては北米大陸氷床の影響で定在波の活動が増す事、及び大西洋域下層では傾圧性が増すものの対流圏上層では両領域共に傾圧性が弱まることと関連している。
- ⑤ MRI-CGCM2.3 による完新世中期実験の海洋データを解析した結果、完新世中期ではモンスーンの強化と関連して北太平洋亜熱帯循環が強化し等密度面傾度が増し、これが亜熱帯 500m 深付近に高温偏差をもたらしていることがわかった。これは Woods Hole 海洋研究所の Delia Oppo らが採集しているマカッサル海峡 500m 深の古海洋データにみられる完新世初期から現在にかけての低温化傾向と整合的である。
- ⑥ 陸域生態系の炭素循環について植物の生理（酵素や気孔の働きによる光合成等）や動的植生を表現する世界水準へ高度化したモデル（陸域生態系炭素循環モデル）を気象研究所地球システムモデル（MRI-ESM（CGCM3））へ整備した。
- ⑦ 陸域生態系炭素循環モデルに対して地球システムモデルの予め計算された気候場を与えた非結合実験を行い、モデルの植生分布や炭素循環の各要素（純一次生産、植生・土壌の炭素量等）がほぼ再現されることを確認した。
- ⑧ 陸域（高度化版）及び海洋の炭素循環モデルを従来の気象研大気海洋結合大循環モデル（MRI-CGCM2）へ組み込んだ気候炭素循環モデルを用いて、古気候の事例（暁・始新世高温期）に関連した大気メタン急激増加時の実験を行い気候炭素循環系の応答を解析した。その結果、メタンの激しい温室効果による高温化（全球で 6℃上昇）が再現され、その高温障害により低緯度

を中心として陸域生態系が急激に衰退する（全球で 3 割減）等、従来の 21 世紀温暖化予測を凌駕する環境激変であることが明らかになった。

大気環境の予測・同化技術の開発

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 柴田清孝（環境・応用気象研究部 第一研究室長）

研究の目的

全球規模の予測精度及び対流圏、成層圏を対象とした全球のオゾン化学モデル、エーロゾルモデルと同化技術の研究、局地規模（メソスケール）の予測精度向上のため、メソスケールのオゾン化学モデル、エーロゾルモデルの同化技術の研究等に取り組み、全球規模及び局地規模でのオゾン、黄砂を含むエーロゾル、紫外線、広域大気汚染物質等の環境予測精度の向上を図る。

副課題1 オゾン化学モデルの高度化

副課題1の研究担当者

眞木貴史、直江寛明、関山 剛、田中泰宙、出牛 真（環境・応用気象研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① モデル高度化：境界層スキーム、対流拡散スキーム等の高度化を行い、モデルの精度の検証を行う。
- ② 同化技術導入：衛星観測データ、地上観測データを用いて成層圏・対流圏大気微量気体の同化システムの基本的なアルゴリズムを導入する。
- ③ 成層圏オゾン化学モデル長期ラン：化学－気候モデル検証活動（CCMVal）用の長期ランを行う。

副課題1の本年度の成果

- ① 化学・輸送過程の高度化：短寿命の化学種の予測精度を向上するためより安定で精度の良い EBI 法と呼ばれる化学反応における数値計算法を導入し、短寿命種の予測精度を向上した。幾つかの対流拡散スキームを用いた対流輸送計算の感度実験を行い、対流圏上部での輸送計算精度の改善を図った。10年間程度の数値積分を行い、その実験結果を観測値と比較することでモデル予測精度を検証した。力学モジュール（大気大循環モデル）の更新を行った。
- ② 同化技術導入1：局所アンサンブルカルマンフィルター（LETKF）手法を用いた、対流圏オゾン関連化学種の同化システムを構築し、理想実験を行った。また、衛星観測オゾン全量のデータ同化システムのプロトタイプを開発し、精度評価を行った。
- ③ 成層圏オゾン化学モデル長期ラン：化学－気候モデル検証活動（CCMVal）用の長期ランを行い、その結果を用いて成層圏における物質輸送特性の長期変動の解析を行った。

副課題2 エーロゾルモデルの高度化

副課題2の研究担当者

眞木貴史、直江寛明、関山 剛、田中泰宙、出牛 真（環境・応用気象研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① モデル高度化：自然起源エーロゾル放出過程スキームを高度化するとともに、微物理過程スキーム「ボックスモデル」のプロトタイプを作成する。
- ② 同化技術導入：衛星ライダー観測データ、地上ライダー観測データを用いて既存のエーロゾルの同化システムの改良を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① 不均質反応（気相の微量気体と液体であるエーロゾル相との間の反応）のモデル化を行った。液相反応は pH が重要な役割を果たすので、ある代表径において pH を詳細に計算できるようにした。

- ② 生成したばかりの海塩粒子による SO_2 の取込み過程は、pH が 6 以上の場合、液相内での酸化反応が卓越する。しかし、系全体の反応速度は SO_2 の律速段階となり、気相からエアロゾル相へ SO_2 の輸送率で決定されることがわかった。
- ③ 自然起源エアロゾル放出過程スキームの高度化のため、まず鉱物ダストエアロゾルの発生過程を全球モデルから分離・モジュール化し、様々な条件における鉱物ダスト放出量の検証や、スキーム変更等を行いやすくなるように変更を行った。
- ④ 全球エアロゾルモデルをカップラーライブラリによって領域計算に対応できるようにモデルを改造中である。これにより領域エアロゾルモデル開発への対応と、領域並列化計算による高速化が可能になる。
- ⑤ 気象庁本庁で運用している二酸化炭素輸送モデル (CDTM) を気象研究所及び本庁で開発された全球モデル (MJ-98) と結合させた (MJ98-CDTM)。この MJ98-CDTM を用いて東大 (CCSR)、海洋研究開発機構 (JAMSTEC) が主催する輸送モデル相互比較実験 (CONTRAIL TMI) に参画し、従来の CDTM よりも成層圏界面の表現などでより現実大気に近いシミュレーションができることを示した。
- ⑥ 気象庁数値予報課より最新の現業版全球モデル (GSAMv2) を入手し、気象研究所のスーパーコンピュータや linux マシンに移植し、実行環境を整えた。
- ⑦ 衛星ライダー観測のデータ同化システムの開発を進め、東アジア域ダストエアロゾルの解析精度が著しく向上することを確認した。
- ⑧ 地上ライダー観測のデータ同化システムを開発し、精度評価を行った。

海洋環境の予測技術の開発

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 山中吾郎（海洋研究部 第一研究室 主任研究官）

研究の目的

海洋環境モデル（海洋・海氷結合モデル、物質循環・海洋生態系モデル）の研究並びに海洋環境モデルや観測データ等を用いた海洋環境変動機構の解明の研究に取り組み、海洋における3次元炭素分布を作成することにより、海洋環境情報の高度化を図る。また、高波や高潮等を精度よく予測できる日本近海監視・予測システムのアルゴリズムを開発する。

副課題1 海洋環境モデルの開発

副課題1の研究担当者

山中吾郎、石崎 廣、平原幹俊、辻野博之、中野英之、本井達夫（海洋研究部）、安田珠幾、小畑 淳（気候研究部）、青山道夫（地球化学研究部）、石川一郎（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）、中野俊也（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

副課題1の本年度の計画

- ① 従来の海洋・海氷結合モデル（MRI.COM）に海洋物質循環過程を組み込んだ海洋環境モデルを作成する。主として、炭素に関する物質循環過程、海氷過程、トレーサ移流過程についてのスキームの開発・改良を行う。
- ② 海洋環境モデルを国際標準実験（CORE,OCMIP）に基づいた外力で駆動した実験を行う。
 - ・ CORE-I：CLIVAR/WGOMDによる標準データを用いた500年程度の現在海洋再現実験
 - ・ OCMIP：歴史的な大気CO₂濃度を与えた海洋での炭素循環再現実験
- ③ 新大型計算機に最適な計算スキームを検討する。

副課題1の本年度の成果

- ① スキームの開発・改良
 - ・ 炭素に関する物質循環過程のモデルの改良として、簡易生態系モデル（NPZDモデル）における栄養塩や光に対する植物プランクトンの光合成に関してパラメータチューニングを中心とした改良を行った。これにより以前のバージョンに比べて、とくにアフリカ西岸やオレゴン沖などの沿岸湧昇の大きなところでの基礎生産量の再現性が向上した。
 - ・ より高度な海洋生態系モデルとして、北海道大学の山中康裕准教授のグループから提供されたnNEMURO（仮名称）をMRI.COMに導入するための予備的な調査を行った。nNEMUROは植物プランクトンは2種、動物プランクトンは3種あり、種の間の季節毎の世代交代等、NPZDモデルよりも詳細な現象を表現できる。また、植物プランクトンの重要な制限要素である鉄が入っており、特に鉄が枯渇している高緯度域の表現が改善することが期待される。
 - ・ CLIVAR/WGOMDによる標準データを用いた500年程度の現在海洋再現実験（CORE-I）で得られた物理場と整合した計算を海洋物質循環過程においても行うために、オフラインモデルを改良し、流速場だけでなく水温・塩分場も読み込んだデータを使うようにした。このことにより、物理モデルとの整合性が増したのみならず、計算の高速化がなされた。
 - ・ 非等方的粘性スキームを導入することにより、赤道潜流の再現性が向上した。
 - ・ 厚さによるカテゴリー分けと移流スキームの改良を行った海氷モデルのパラメータ調整を行い、より確実な再現性を得られるようになった。
 - ・ 海洋内部の短波放射の取り扱いを精緻化し、クロロフィル分布を介して物理場と生物場の相互作用を表現できるようになった。
 - ・ モデル開発を効率化するために、予報変数等の出力機能を拡充した。
- ② 国際標準実験の実施
 - ・ CLIVAR/WGOMDによる標準データを用いた500年程度の現在海洋再現実験を行った。まず、月別気候値を用いた長期積分実験を進め、準定常状態を得た。次に、大気海洋結合モデル実験

や6時間平均外力実験を行って確認されたモデルドリフトの問題を解消するために、この結果を初期値として、海面風応力の与え方・拡散パラメータ・対流調節スキームに変更を加え、月別気候値を用いた長期積分実験を行った。その結果、海洋大循環の各種流量（北大西洋深層水、南極周極流等）に関して、良好な再現性を得た。

- ・生態系モデルの解析において、これまでの研究では、栄養塩が深層に豊富にあり表層では比較的枯渇していることから、下からの栄養塩供給に焦点が当てられてきた。しかしながら、水平勾配が大きなモード水形成領域においては、モード水形成時における対流による深層水の高栄養塩の取り込みに加えて、それがどのように亜熱帯循環によって運ばれていくかが、下流の栄養塩および生物生産に重要であることがわかった。
- ・海洋環境モデルの実験結果を評価するための検証用データとして、気象庁 137E 定線観測データ（化学成分、栄養塩等）を基準層に線型内挿した断面データ（1994 年から 2008 年までの 29 航海分）を作成した。

③ 新大型計算機に最適な計算スキームの検討

- ・新大型計算機への対応として、並列計算における、計算領域 2 次元分割を新たに導入し、通信効率を向上させた。また、新型の大型計算機においてはメモリへのデータの転送がボトルネックになることが多いため、一部のルーチンにおいては一度読み込んだデータを有効利用するために計算順序を変更した。その結果、従来の南北方向の 1 次元分割時よりも高速な計算が実施可能となった。

副課題 2 日本近海の海洋環境変動の予測可能性に関する研究

副課題 2 の研究担当者

山中吾郎、石崎 廣、辻野博之、本井達夫（海洋研究部）

副課題 2 の本年度の計画

- ① 高解像度日本近海モデルを開発する。特に、日本近海の黒潮流路、海水分布および水塊分布の再現性を向上するために、水平粘性過程、海水過程、千島列島付近の潮汐混合過程等の改良を行う。
- ② 高解像度日本近海モデルを国際標準実験（CORE-II）に基づいた外力で駆動した実験を行う。
- ③ 新大型計算機に最適な計算スキームを検討する。
- ④ 双方向ネスティングコードを開発・改良する。

副課題 2 の本年度の成果

- ① スキームの開発・改良：高解像度日本近海モデルを作成した。日本近海の黒潮流路の再現性を向上させるために、水平粘性過程の改良を行い、日本南岸における安定な黒潮流路と現実的な黒潮流量を得ることができた。
- ② 国際標準実験の実施：高解像度日本近海モデルを国際標準実験（CORE-II）に基づいた外力で駆動した実験を行い、今後の改良の指針とするための基準データを得た。
- ③ 新大型計算機に最適な計算スキームの検討：新大型計算機への対応として、並列計算における、計算領域 2 次元分割を新たに導入し、通信効率を向上させた。また、新型の大型計算機においてはメモリへのデータの転送がボトルネックになることが多いため、一部のルーチンにおいては一度読み込んだデータを有効利用するために計算順序を変更した。その結果、従来の南北方向の 1 次元分割時よりも高速な計算が実施可能となった。
- ④ 双方向ネスティングコードの開発：ネスティング計算における、低解像度モデルと高解像度モデルのデータ通信を効率的に行うことが可能なモデルカップラーの導入を行い、モデルカップラーを用いて双方向ネスティングコードを開発した。

大気化学環境変動とそのメカニズムの解明に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 松枝秀和（地球化学研究部 第一研究室長）

研究の目的

温室効果ガスの大気増加・海洋吸収の変動評価およびその人為的・機構的要因の診断解析手法を開発し、地球温暖化の監視技術の高度化を図る。

副課題1 温室効果ガスの時空間変動の実態把握に関する観測研究

副課題1の研究担当者

坪井一寛、澤 庸介、松枝秀和、馬淵和雄（地球化学研究部）、和田 晃（気象大学校）

副課題1の本年度の計画

- ① 定期航空機と気象研究所露場における温室効果ガスの観測を継続して測定データを収集し、データベース化を図る。
- ② 綾里・与那国島・南鳥島の大気観測所におけるラドン濃度の観測を継続して測定データを収集し、データベース化を図る。
- ③ 気象庁と標準ガス比較検定実験を実施し、情報を提供する。

副課題1の本年度の成果

- ① 定期航空機を利用した二酸化炭素連続観測とフラスコサンプリングによる毎月2回の観測を継続し、それらの温室効果ガス測定値をデータベースとして作成した。また、気象研究所露場及び鉄塔を利用して、4つの高度（1.5m、25m、100m、200m）別に温室効果ガス濃度の連続観測を年を通して継続し、それらの観測値をデータベースとして作成した。
- ② 綾里・与那国島・南鳥島の大気観測所におけるラドン濃度の連続観測を実施し、年を通した1時間平均測定データが取得され、それらをデータベースとして作成した。
- ③ 気象庁と標準ガス比較検定実験を予定通り2回実施し、情報交換を行った。その結果、この一年間に大きな濃度変化は起こっていないことが確認できた。

副課題2 温室効果ガスの変動メカニズムの解明に関する解析研究

副課題2の研究担当者

澤 庸介、坪井一寛、松枝秀和、馬淵和雄（地球化学研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 観測で得られた高分解能のデータベースを利用して、温室効果ガス濃度の時系列解析を行い、濃度変動の特徴を把握する。
- ② 気象庁再解析気象データを利用した物質輸送メカニズムの解析手法を確立する。

副課題2の本年度の成果

- ① 定期航空機による二酸化炭素連続測定データのデータを利用して、観測頻度の多い欧州と北米路線の観測で得られた圏界面付近の濃度変動を解析した。その結果、上部対流圏から下部成層圏にわたる長期的な濃度上昇が継続していること及び、最近の季節変動の特徴はこれまでの解析結果と良く一致していることがわかった。
- ② 対流圏内の二酸化炭素濃度の高度別時間変動を解析するために、気象庁再解析データ（JCDAS）を用いた境界層（PBL）の上下層を分別する手法を検討した。その結果、JCDASから計算されるバルクリチャードソン数=0.25である高度をPBL上端とし、さらにPBL上端より温位+10Kまでを遷移領域として区分する解析手法が有効であることがわかった。一方、オセアニア路線に

おける上部対流圏の二酸化炭素濃度データについて、最近 17 年間の南北分布の変動を解析した結果、徐々に南北の濃度勾配が大きくなってきていることがわかった。これは、化石燃料燃焼による放出が毎年上昇を続けていることに起因しており、北半球大気への二酸化炭素の偏在化が徐々に起こっていることを強く示唆した。

副課題 3 高度化陸域生態系過程を導入した気候モデルによる大気—陸面相互作用に関するモデル研究

副課題 3 の研究担当者

馬淵和雄、澤 庸介、松枝秀和、坪井一寛（地球化学研究部）

副課題 3 の本年度の計画

- ① 現存の陸域生態系モデルに、動的植生変動過程等を新たに導入してモデルの高度化を図る。

副課題 3 の本年度の成果

- ① 現存の陸域生態系モデルの物理・生物過程に関して、植生変動インパクト数値実験による結果から、大気—陸域生態過程相互作用における諸要素の因果関係の解析を行った。それにより、モデルシミュレーション結果への動的植生変動過程導入時のインパクトについての検証を行い、動的植生変動過程導入の効果と有効性について検討できるデータを取得した。また、陸域炭素循環への海水変動インパクトに関する数値実験を開始した。

海洋中炭素循環変動の実態把握とメカニズム解明に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 緑川 貴（地球化学研究部 第二研究室長）

研究の目的

温室効果ガスの大気増加・海洋吸収の変動評価およびその人為的・機構的要因の診断解析手法を開発し、地球温暖化の監視技術の高度化を図る。

副課題1 長期変化傾向を検出するための観測・品質管理手法の開発

副課題1の研究担当者

石井雅男、笹野大輔、小杉如央、青山道夫、緑川 貴（地球化学研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① pH測定装置の性能試験を行って、高精度化に向けたソフト・ハードウェアの改良を実施する。
- ② 全アルカリ度測定装置の改造を行って、高精度化を図る。
- ③ 酸素センサーの実用化に向けたアルゴリズム開発を行う。
- ④ 栄養塩標準の確立や分析マニュアル作成を行うための国際的な枠組み作りをユネスコなどの協力の下で進める。

副課題1の本年度の成果

- ① 海水前処理装置の動作を調整し、精度 ± 0.001 のpH測定を実現した。本庁における業務運用などを踏まえ、作業マニュアルを作成した。
- ② 酸素センサーによる観測結果から、応答速度や経時変化等の性能を評価した。その観測結果に基づいてアルゴリズムを開発し、採水による分析値との差が約 $\pm 1\mu\text{mol/kg}$ 以内の補正を可能にした。その詳細について英文で原稿を作成した。
- ③ ユネスコ政府間海洋学委員会（IOC）の総会において、栄養塩標準の研究グループ発足を提案し承認された。また国際海洋探査委員会（ICES）の2009年年次総会にも同様の提案を行い承認された。その結果、The Joint IOC-ICES Study Group on Nutrient Standardsが発足し、青山が議長に就任した。新しい海水中栄養塩分析マニュアルは、関係者の査読意見を集めて原稿の改訂を行い、出版する準備に取り掛かった。
- ④ 全アルカリ度測定装置については、新型滴定光学セルを作製し、光量の調整とフィルターの取り付けを行って、再現性の高い測定系を構築することができた。

副課題2 温室効果ガスの海洋蓄積の実態把握

副課題2の研究担当者

石井雅男、笹野大輔、小杉如央、緑川 貴（地球化学研究部）、増田真次、平石直孝（気象庁地球環境・海洋部海洋気象課）

副課題2の本年度の計画

- ① 気象庁と協力して、北太平洋の東経137度、165度、赤道域等の航海にて各層採水を行い、全炭酸濃度、pH、全アルカリ度等の炭酸系パラメータを高精度で観測する。センサーによる溶存酸素の鉛直高密度観測を併せて行う。
- ② データ品質をチェックした後、データセットを作成してWMO温室効果ガス世界資料センター（WDCGG）から公開する。
- ③ 他機関で取得された炭酸系データを収集し、深海のデータや標準物質の分析情報などに基づいて、データセット間の系統誤差を補正することにより、広域の時系列データセットを作成する。
- ④ 東経137度、165度における炭酸系や溶存酸素濃度の長期トレンドを評価する。

副課題2の本年度の成果

- ① 計画通りに各層採水を行い、分析を進めた。
- ② 2008年4月までのデータについて一次品質管理作業を終え、北太平洋海洋科学機構（PICES）の統合データ”PACIFICA”に加えた。
- ③ PACIFICAのデータセットの系統誤差評価を開始した。
- ④ 東経137度の各点・各層における全炭酸濃度と溶存酸素濃度の1994年以降のトレンドを解析し、この海域の海洋内部における人為起源CO₂の蓄積や酸性化の動向を解明した。
- ⑤ 東経165度の各点・各層における溶存酸素濃度の1980年代以降の長期トレンドを解析し、亜熱帯域～亜寒帯域の中層の酸素極小層より上部などにおいて有意な変動があることを明らかにした。その原因についても解析を進めた。
- ⑥ 2009年秋季航海までに採取した試料の分析については、予定通り終了した。

副課題3 海洋中炭素循環変動メカニズムの解明**副課題3の研究担当者**

石井雅男、笹野大輔、小杉如央、青山道夫、緑川 貴（地球化学研究部）、本井達夫、中野英之（海洋研究部）、和田章義（台風研究部）

副課題3の本年度の計画

- ① 観測データとの比較検証を行って、内部輸送過程や生物地球化学的過程の精緻化などに重点を置いて海洋物質循環モデルを改良する。
- ② 台風研究部で開発中の数値モデルを利用して、台風通過に伴う海洋表層炭酸系の変動の再現を検討する。
- ③ 栄養塩標準を使った南太平洋での観測航海を行うと共に、過去の全球の栄養塩データの解析を行い、窒素／リン比の変動について検討する。

副課題3の本年度の成果

- ① モデル検証に必要な初期値（海洋データ：東経165度等航海、WOCE、WOA05）、境界条件（気象データ：JRA, CORE等）、検証データ（海洋データ）といった観測データを整備して、海洋有光層・混合層内の各種プロセス（光合成、再無機化等の生物地球化学的過程や沈降等の内部輸送過程）に特に注目したモデル検証実験を行うことで、観測とモデルの比較検証を行った。
- ② 物質の内部輸送過程と生物地球化学的過程パラメータを調整してモデルの改良を行い、海面二酸化炭素フラックスや海洋中炭素蓄積量の季節変化・経年変動の要因について感度実験を行って検討した。
- ③ 東シナ海ブイで1997年台風11号、13号の通過時に観測されたCO₂フラックスの突発的な増加に伴う物理過程を詳細に見るために、海洋混合層モデルにより作成した大気外力を元に、海洋大循環モデル（MRI.COM）により数値シミュレーションを行った。CO₂フラックスの突発的な増加量が台風11号、13号の両事例とも同程度であったにもかかわらず、台風11号についてはエクマン輸送が卓越する一方、台風13号では鉛直乱流混合による海洋混合層の深まりが顕著であった。
- ④ 南太平洋南緯17度線に沿う横断航海において、全点で栄養塩標準を使い明示的にコンパラビリティを確保した栄養塩データセットを作成した。過去の栄養塩データの解析を1980年代以降についてほぼ終了した。これらの結果からわかったことは、1000m以深の中深層での栄養塩の水平方向の変動の大きさがこれまで理解されていたものよりはるかに小さいということである。北太平洋中央部では、硝酸塩とリン酸塩の比は3000m以深では14.3程度の値であるのに対し、1980年から1990年にかけての過去のデータは14.3から15.5程度の広い範囲を示している。この違いは化学分析精度の不足に起因すると結論できた。また、栄養塩標準を使って得られた硝酸塩とリン酸塩の比の変動は、これまで理解されていたものよりはるかに小さいものであることがわかった。1990年以降の全海洋の硝酸塩とリン酸塩の比は暫定値として14.26程度である。

地上観測による大気要素の放射収支への影響の実態解明

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 内山明博（気候研究部 第三研究室長）

研究の目的

気候変動、大気環境の監視技術を高度化する要請に応え、雲やエアロゾルの影響を精密に把握するためには、気象現業機関で実施されている放射観測を高度化する必要がある。そのために必要な基盤技術の開発を行うとともに、雲・エアロゾルの放射影響の実態を把握する。

副課題1 雲・エアロゾルの監視と放射影響の実態解明に関する研究

副課題1の研究担当者

内山明博、山崎明宏、坂見智法、工藤 玲（気候研究部）

副課題1の本年度の計画

① 観測精度向上のための研究

- ・ 雲の特性を測定するため、気象研究所内の他のグループの協力を得て、マイクロ波放射計、シーロメーターを導入し連続観測をできるようにする。
- ・ 防塩用フードを開発し、南鳥島で直達日射量の連続観測を可能にする。
- ・ スカイラジオメーターの温度特性を調べる。
- ・ 太陽周辺光の分布画像を撮る手法の開発に着手する。

② 測定データの解析ソフトウェアの開発・改良

- ・ スカイラジオメーターのデータ解析法に、非球形効果を考慮する解析法を開発し、その影響を評価する。
- ・ スカイラジオメーターの近赤外チャンネルを利用したエアロゾル・雲特性の推定法について検討する。
- ・ 全波長の全天日射計、直達日射計のデータからエアロゾルの特性を推定する方法を開発する。
- ・ エアロゾルの散乱係数、吸収係数の測定データから、一次散乱アルベドを補正する方法を開発する。

③ 雲・エアロゾル特性、放射影響の変動特性の実態把握

- ・ スカイラジオメーターの過去データを再解析するために整備する。
- ・ 宮古島の全波長および近赤外波長の全天日射計、直達日射計のデータを解析するためにデータの整備を行う。
- ・ 長期間の全波長の全天日射計、直達日射計のデータの解析のため、長期観測データがある地点のデータの収集を始める。

副課題1の本年度の成果

① 観測精度向上のための研究

- ・ つくばにおいて、定常的に行っている各種観測データ（放射、サンプリング観測）を定期的に図画化し、WEB上で閲覧するシステムを構築した。
- ・ 雲特性測定のために、物理気象研究部の協力を得て、シーロメーターの観測データを上記WEBシステムで閲覧できるようにした。
- ・ 気象庁環境気象管理官が精密日射観測を行うのに合わせ、直達日射計用防塩装置の作成に協力した。
- ・ 気象測器検定試験センターの恒温槽を利用してスカイラジオメーターの温度特性（-20℃から40℃）を調べた結果、最大で10%程度の影響が出る可能性があることが分かった。温度依存を考慮して検定定数の季節変化を調べたが、その影響は小さかった。

② 測定データの解析ソフトウェアの開発・改良

- ・ 非球形粒子の効果を考慮したスカイラジオメーターの解析法の結果をまとめ、論文として投稿した。

- ・ スカイラジオメーターの観測値による雲情報の推定に関して、過去の研究をレビューし、最尤法を用いる推定、カルマンフィルターを用いる推定といった複数の推定手法について検討し、開発を行った。
 - ・ 数十年の長期的なエアロゾルの変動と放射への影響を調べるために、全波長の全天日射計、直達日射計のデータからエアロゾルの光学特性を推定する手法を開発した。推定精度は、光学的厚さが 0.03、一次散乱アルベドが 0.05 程度であり、十分に実用可能な精度であった。
 - ・ TSI model 3563 と PSAP（3 波長）を想定して、エアロゾルの散乱係数、吸収係数の測定データから、一次散乱アルベドを補正する方法を改良した。OPAC のモデルでシミュレーションにより誤差評価を行ったところ、安定して誤差 0.005 以下で推定できた。
 - ・ 気象研究所に設置しているスカイラジオメーターの準器からの検定定数の転写結果の見直し、再計算を開始した。
- ③ 雲・エアロゾル特性、放射影響の変動特性の実態把握
- ・ 宮古島の過去データは GEOS/SKYNET として公開できるようにした。
 - ・ 1970 年代から気象庁が行ってきた国内 14 地点の全波長の全天日射計、直達日射計のデータを収集した。また、放射計算に必要なゾンデ、オゾン、二酸化炭素のデータを同期間分収集した。館野のデータは、②で開発した推定法による解析を開始した。

副課題 2 エアロゾルの光学特性の測定とモデル化に関する研究

副課題の研究担当者

内山明博、山崎明宏、坂見智法、工藤 玲（気候研究部）五十嵐康人、財前祐二、高橋 宙（環境・応用気象研究部）、増田一彦、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）

副課題の本年度の計画

- ① エアロゾル光学特性測定法の改良
- ・ ネフェロメーター（エコテック社製の M9003）の光源の改造を行い、赤色波長（700nm）の S/N 比を上げる。
 - ・ 散乱係数の湿度依存の計測の自動化するために、システムの検討と実験を行う。
- ② エアロゾルの基礎物理・化学量の測定と実態把握
- ・ つくばで秋季から冬季に試験的に電子顕微鏡用資料を採取し、採取したエアロゾルの大きさ、形態、混合状態、組成の分析を行う。
- ③ エアロゾル光学特性の観測値と計算値に比較によるモデル化
- ・ 理論計算のための粒子のモデル化と試験的に一次散乱量の計算を行う。

副課題の本年度の成果

- ① エアロゾル光学特性測定法の改良
- ・ M9003 の光源を改良して光量の増加を図り S/N を上げた。湿度特性の測定は、システムの検討を行った結果、除湿には乾燥空気作成のため冷却装置が必要であり加湿試験のみを行い、除湿試験を行わなかった。
- ② エアロゾルの基礎物理・化学量の測定と実態把握
- ・ 過去データ（2009 年 3,4 月の福岡での観測データ）から黄砂が飛来している日のデータについて分析を行い、黄砂粒子の形状モデル作成のためのデータを提供した。また、個々の粒子の組成分析、粒径を調べた結果、黄砂粒子は主に直径 1 μm 以上であり、主要元素が珪素の粒子とカルシウムの粒子の 2 種類が存在すること、また珪素の粒子は不規則形状、カルシウム粒子は液滴または表面が細かい結晶になっているものが多いことがわかった。
- ③ エアロゾル光学特性の観測値と計算値に比較によるモデル化
- ・ 電顕画像とモンテカルロシミュレーションをもとにしたエアロゾル粒子形状モデルの作成手法を開発した。鉱物性粒子について、この手法を用いて粒子形状モデルを作成した。決定した粒子形状モデルに基づき光散乱特性のデータベース作成を開始した。

意図的・非意図的気象変化に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 村上正隆（物理気象研究部 第一研究室長）
研究担当者： 村上正隆、折笠成宏、斉藤篤思、田尻拓也（物理気象研究部）、橋本明弘（予報研究部）、永井智広、酒井 哲、中里真久、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）、財前祐二（環境・応用気象研究部）

研究の目的

人工降雨で代表される意図的気象変化技術の確立および雲・降水の数値予報精度の向上や気候変動に影響を及ぼすエアロゾルの間接効果（非意図的気象変化）の解明を目的とする。

本年度の計画

- ① 直接観測によるエアロゾルのキャラクタリゼーション、雲核（CCN）・氷晶核（IN）の活性化スペクトル、雲・降水粒子の時空間分布の測定技術の開発・改良を行う。
- ② 雲生成チェンバーや雲核計・氷晶核計、各種エアロゾル測定装置等を用い、エアロゾルの物理化学特性、CCN・INの活性化スペクトルに関するモニタリング観測を実施する。
- ③ 雲生成チェンバーや雲核計・氷晶核計等を用い、色々な大気環境（気温・上昇流）の下で、ダスト・エアロゾルの物理化学特性とCCN・INとしての活性化特性に関する実験を行い定式化する。
- ④ その結果に基づき詳細雲物理ボックスモデルを改良する。
- ⑤ 多波長ドップラーレーダー・2波長偏光ライダー・多波長マイクロ波放射計などの遠隔測定手法を用いたエアロゾル・雲・降水のモニタリング技術の開発・改良を行う。

本年度の成果

- ① SMPS、OPC、雲核計、氷晶核計、電頭サンプラー装置を用いたエアロゾル観測システムを開発し、雲・降水観測システムと組み合わせることにより航空機観測システムも構築した。
- ② 大気エアロゾルのモニタリング観測を断続的に行い、つくば付近における平均的なエアロゾル粒子数濃度（ $D>10\text{nm}$ ）として $3,000\text{--}8,000\text{#/cc}$ を計測、約半数（ $\sim 4,000\text{#/cc}$ ）が CCN（ $\text{SS}=0.4\%$ ）として働くことが示唆された。
- ③ 氷晶核測定装置の調整を完了し、標準ダスト粒子として ATD を使用し活性化スペクトルの計測性能を確認した。今後、モニタリング観測を実施・継続する。
- ④ 初期露点や上昇速度を変えた初期雲生成（感度）実験を行い、ATD が -18C から IN として働くことを実証した。SMPS および CCN 計を用いてダスト粒子の吸湿度を計測し、ダスト粒子が CCN としても働き得ることを示した。その結果に基づき詳細雲物理ボックスモデルを改良中である。
- ⑤ 2波長レーダー用雲微物理量導出プログラムを開発した。ライダー後方散乱係数（波長 532 nm ）と、エアロゾル数濃度（直径 $0.3\mu\text{m}$ 以上）に良い相関があることがわかった。
- ⑥ 多波長マイクロ波放射計のアングルスキャン計測が降雨時での雲水量推定誤差を軽減するのに有効であることを確認した。

大気境界層の乱流構造の統合的研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 毛利英明（物理気象研究部 第二研究室 主任研究官）
研究代表者： 栗原和夫（環境・応用気象研究部）、三上正男、萩野谷成徳、小野木茂、北村祐二（物理気象研究部）

研究の目的

次世代数値モデルにおける大気境界層乱流パラメタリゼーションの高度化を図る。

本年度の計画

- ① 気象研究所非静力学モデル（気象研 NHM）のサブグリッド乱流過程に関し感度実験を行う。
- ② Large Eddy Simulation（LES）に基づく境界層乱流の数値計算プログラムを作成する。
- ③ 風洞において境界層乱流の大局的構造に関する実験を行う。
- ④ 風洞において粒子画像風速測定（PIV）の開発を行う。
- ⑤ 野外観測手法の検討・開発および気象研究所露場における予備観測を行う。

本年度の成果

- ① 気象研 NHM のサブグリッド乱流過程に関する感度実験について、実験を行う空間領域や積分時間さらに対象とするパラメータについて検討を行い、計算を開始した。
- ② LES に基づく数値計算プログラムを、並列化性能を考慮したうえで作成した。大型計算機において、当初の想定どおりの空間解像度で問題なく数値実験が可能であることを確認した。
- ③ 風洞において境界層乱流を生成し、その平均風速や運動量輸送量の鉛直分布を測定した。得られた結果に基づき、風洞実験との比較検証用の LES 数値計算の設定の検討を開始した。
- ④ 風洞において性能試験を行いつつ、PIV 撮影装置の製作および画像処理プログラムの作成を行った。PIV 測定に必要な良質の乱流可視化画像が取得できることを確認した。
- ⑤ ウィンドプロファイラで平均風の鉛直分布を取得する際に観測精度を高める手法を考案した。さらに接地気象観測装置について前年度に整備した新型のボーエン比測定装置と旧型装置とで比較観測を実施し、データの連続性に問題が無いことを確認した。

エアロゾル・雲・微量気体に関する衛星リモートセンシングの数値モデルへの活用のための基礎研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 真野裕三（気象衛星・観測システム研究部 第三研究室長）
研究担当者： 真野裕三、増田一彦、上清直隆、石元裕史（気象衛星・観測システム研究部）

研究の目的

数値予報・環境・気候に関わる物質監視のために、性能向上が進みつつある地球観測衛星・極軌道気象衛星・静止気象衛星を用いた雲・エアロゾル・微量気体に関する衛星データ利用技術を高度化し、数値モデル等における衛星データの利用拡大を図る。

本年度の計画

- ① 陸域エアロゾル用の複素屈折率と陸面反射率の調整を行う。
- ② 衛星データ収集保存の体制の整備を行う。
- ③ 非球形粒子散乱モデルの改良を行う。

本年度の成果

- ① 気象衛星センターのエアロゾルプロダクト業務プログラムを当方のワークステーション上に移植し、また同センターで受信した NOAA 衛星の一年分のデータを入手した。これにより、エアロゾルプロダクトの改良・検証を当方で行える体制を整えた。
- ② 中国大陸上における顕著な黄砂発生事例をピックアップし、地上の AERONET 観測地点での光学的厚さと上記プロダクトの光学的厚さが最もよく一致するような黄砂の複素屈折率を確定した。この複素屈折率を用いたルックアップテーブル（LUT）により、NOAA 衛星からの黄砂の光学的厚さは AERONET の実測値とよく一致するようになった。
- ③ 中国大陸上のエアロゾルとして Gray haze は黄砂以上に発生頻度が高い。しかも Gray haze は黄砂と光学特性が全く異なるため、黄砂と Gray haze を識別した上で Gray haze 用の LUT を用意しなければならない。今年度はその準備として、紫外～近赤外における黄砂と Gray haze の反射スペクトルの違い、および熱赤外のスプリットウィンドーの輝度温度差を統計的に調べた。黄砂と Gray haze の識別に関しては後者の方がシグナルが明確であった。
- ④ 陸面反射率の調整については、AERONET 観測点が都市域にあることから都市域と都市域以外で最低反射率の分布に違いがあるかどうかの調査を行った。砂漠と緑地帯の違いは明瞭であるが都市域と都市域外に大きな違いは見られなかった。都市域の範囲をどう定義するかも問題である。
- ⑤ 非球形粒子の散乱モデルを改良するために、フラクタル形状やボロノイ形状などモンテカルロ・シミュレーションで作成した仮想粒子と実測で得られた画像情報などを組み合わせて、凝集体構造を持つスス粒子や雪片、複雑な結晶構造をもつ氷晶や鉱物性エアロゾルなどの不規則形状粒子をモデル化する手法を開発した。FDTD 法や応用幾何光学近似を用いてそれらモデル粒子についての散乱特性計算を開始した。

エアロゾルと雪氷面との相互作用、及びライダーによるエアロゾル・雲・微量気体観測技術の高度化に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 青木輝夫（物理気象研究部 第三研究室長）

研究の目的

光を吸収する性質の吸収性エアロゾル（主にすすとダスト）は雪氷面に沈着し、アルベドを低下させることにより温暖化を加速させる性質を持っている。その効果を定量的に明らかにするため、雪氷・放射観測、放射過程のモデル化等の手法を用い気候に与える効果を明らかにするとともに、衛星観測により積雪物理量と雪氷面アルベドの変化を監視する。

また、ライダーによるエアロゾルや雲・微量気体成分の観測は、全球エアロゾル輸送モデルや化学輸送モデルの検証、データ同化による予測精度向上を図るうえで重要な役割を期待されているため、ライダーシステムとそのデータ処理技術の開発・改良を行い、エアロゾルや巻雲の光学・微物理特性の解明やオゾン等の微量気体成分の観測精度向上を図る。

副課題1 エアロゾル・雪氷相互作用に関する研究

副課題1の研究担当者

青木輝夫、朽木勝幸、庭野匡思（物理気象研究部）、内山明博（気候研究部）、田中泰宙（環境・応用気象研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① 札幌にて放射収支等観測の実施、積雪アルベド物理モデルの不純物過程を改良。
- ② 湿度依存性を考慮したエアロゾル光学モデルを全球エアロゾル輸送モデルに組み込む。
- ③ 衛星リモートセンシングの雪氷面反射率モデルを改良。

副課題1の本年度の成果

- ① 札幌にて放射収支等観測の実施し、積雪アルベド物理モデルの不純物過程を改良すると共に、積雪を多層モデル化、短波加熱率計算等追加した。このモデルを過去3冬期間の札幌における積雪・放射データによって検証した結果、短波長域アルベドの精度は二乗平均平方根誤差 0.066、相関係数 (R^2) 0.777 と比較的高精度であることが確認された。また、不純物が大気・積雪相互作用へ与えるインパクトを調べるために、積雪アルベド物理モデルに加えて雪面熱収支、雪中熱伝導、水分移動、融解・再凍結、圧密などといった代表的な積雪物理過程を考慮した鉛直一次元の積雪モデルを開発し、アルベドモデルと合わせて積雪変態・アルベドプロセス（Snow Metamorphism and Albedo Process : SMAP）モデルを構築した。札幌における観測データを入力して一冬季間の積雪状態、および大気との相互作用の様子の変化を再現できるようになった。
- ② 大気及び積雪中の吸収性エアロゾルの湿度依存性を考慮したエアロゾル光学モデルの改良を行った。特に、黒色炭素とダストは最近の複数の文献を元に、複素屈折率、粒径分布、混合形態、湿度依存性を見直し、コア・シェル型の内部混合を仮定し、波長別及び広波長帯域の一次散乱特性のデータセットを再計算した。
- ③ 積雪不純物濃度を黒色炭素とダストに分離して抽出するアルゴリズムを作成し、北海道における波長別アルベド観測値に適用してその精度を検証した。その結果、不純物濃度が鉛直方向に不均一な場合や不純物濃度が小さい場合に誤差が大きくなることがわかった。

副課題2 ライダーによるエアロゾル・雲・微量気体観測技術の高度化に関する研究

副課題2の研究担当者

永井智広、酒井 哲、中里真久（気象衛星・観測システム研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① エーロゾルチェンバーを用いたエーロゾル光学特性（ライダー）と微物理特性（直接測定）の同時測定と、両者の関係の調査。
- ② 対流圏オゾンの準定常的なライダー観測。
- ③ 二酸化窒素と二酸化硫黄の観測について、必要な波長の検討と事前精度評価。

副課題2の本年度の成果

- ① 人工的に生成した硫酸塩粒子や海塩粒子、砂漠地帯で採取した鉱物粒子を用い、チェンバー内にエーロゾルを含んだ大気環境を再現し、ライダー観測で得られる偏光解消度と直接測定で得られる粒径分布や形状とを比較した。その結果、鉱物粒子の偏光解消度は、半径 $1\mu\text{m}$ 以上が卓越する場合 23～28%、 $1\mu\text{m}$ 以下が卓越する場合 12～15%、半径 $1\mu\text{m}$ 以下が卓越する硫酸塩・海塩粒子の偏光解消度は液滴の場合 1%、固体結晶の場合 4～8%であることがわかった。
- ② これまでの観測でデータ量が少ない月（12月など）に対流圏オゾンライダーを用いた準定常的な連続観測を行い、観測データを取得した。対流圏オゾンの高度分布観測手法の比較と精度検証を行うために、高層気象台で行われた ECC 型オゾンゾンデと KC96 型オゾンゾンデの連結観測と、対流圏オゾンライダーとの同時観測を4回実施した。この中の1回では、茨城大学で開発された将来の大気化学観測静止衛星への搭載を目指すオゾン分光器（テスト機）を使った観測も、筑波山で行われた。この時は、曇天のため、高度 4km 程度以下の比較データのみが得られた。
- ③ 二酸化硫黄及び二酸化窒素のライダー観測に関する事前精度評価のために、差分吸収法の精度評価に使用されているスペクトル因子を計算した。二酸化硫黄について、本計算結果と前年度の調査結果から、現代の日本における環境レベルの濃度測定は困難であるが、火山より放出された二酸化硫黄のように濃度が十分高い場合は、現行の対流圏オゾンライダー観測データを用いて、オゾンと二酸化硫黄濃度の同時導出が理論的に可能であるとの結論を得た。二酸化硫黄の最小測定感度はおよそ $3 \times 10^{17} \text{m}^{-3}$ 程度であると見積もられた。この結果に基づき、気象研究所の3波長対流圏オゾンライダー観測データ（三宅島の二酸化硫黄放出量が比較的大きかった 2005～2006 年のデータ）を用いて、オゾンと二酸化硫黄の濃度の導出を試みた。その結果、2006 年 3 月 5 日の観測データにおいて、高度 1～1.5km 付近に $3 \times 10^{18} \text{m}^{-3}$ 程度の二酸化硫黄が解析された。南風でないときは、三宅島からの二酸化硫黄放出量が高いときでも、観測値は高くならなかった（例えば 2005 年 4 月 5 日）。2005 年 2 月 2 日は、西風であったが高濃度の二酸化硫黄が高度 1km 付近に観測された。この二酸化硫黄は、浅間山から放出されたものであると考えられる（気象庁の観測で、この頃、浅間山から 3000～4000 トン/日の二酸化硫黄が放出されていたことがわかっている）。

都市気象モデルの開発

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 高橋俊二（環境・応用気象研究部 第二研究室長）

研究の目的

都市気象を精度よく再現、予測可能な都市気象モデルを開発し、都市気象メカニズムの解明と都市気象に伴う極端現象の解析・予測を通じた気象庁の情報発信の高度化に資することを目的とする。

副課題1 都市気象全般を表現可能な都市気象モデルの開発

副課題1の研究担当者

高橋俊二、栗田 進、日谷道夫、青柳暁典（環境・応用気象研究部）、清野直子（予報研究部）、萱場互起（気象庁地球環境・海洋部 気候情報課）

副課題1の本年度の計画

- ① 1層都市モデルに降水、降雪の水文過程を導入。
- ② 開発したモデルによる事例検証と精度確認。
- ③ NHMのサブモデルとしてプロトタイプ的气象庁への提供。
- ④ 多層モデル化に向けた表面摩擦係数、乱流スケール等のモデルパラメータの検討。
- ⑤ 1次元の多層モデルの開発と中立大気中の観測・実験データとの比較実験。

副課題1の本年度の成果

- ① 前年度に導入したビル面からの潜熱輸送過程を含んだ1層都市モデルについて、夏季降水日における動作試験を実施した。降水イベント後、ビル面からキャニオン大気に向かう潜熱輸送量は、パラメータとして与える最大貯水量に依存する。いくつかの感度実験を行い、最大貯水量は1mm@屋上面、0.1mm@壁面（降水終了後の日中、表面が乾燥するまでに、屋上で6時間程度、壁面で3時間程度かかる設定）をデフォルト値として設定した。これら、潜熱輸送過程を含む1層都市モデルの概要とその特性について、第7回国際都市気候会議で発表した。降雪については、他の地表面スキームでの取り扱い方について調査を実施した。
- ② 都市域（住宅街）における熱収支観測のデータ（Moriwaki and Kanda 2004）が公開されている2005年8月について、関東地域における1ヶ月間のタイムスライス実験を行った。その結果、熱収支においては、日没以降、顕熱フラックスが長く持続し、住宅街での熱収支の観測結果と符合することを確認した。また、アメダス地点における地上気温のバイアスも検証し、平板スキームにおける都心での夜間負バイアスの改善効果があることが示された。また、1層都市モデルの検証データの収集・整備を行い、地上気温についてモデルとの比較を行った。1層都市モデルで表現される地上気温は都市の建物パラメータに大きく依存し、地上気温の再現性を向上させるためには、都心と郊外の土地利用の違いをモデルの入力パラメータに反映させる必要があることがわかった。気象庁屋上において都市域における放射収支データを取得し、モデルとの比較検討を行った。観測から、都市における放射量のうち、特に赤外放射は、つくばにおける放射量と差があることが示された。
- ③ 潜熱輸送過程を導入した1層モデルをNHMに導入を行い、気象庁本庁および東京管区気象台へ提供した。本モデルを適用したNHMによる降水場再現実験が東京管区気象台・名古屋地方気象台との地方共同研究「都市域に強雨をもたらす降水系の構造と環境の調査」の中で実施された。
- ④ 多層化した都市キャノピー層内部の運動量、熱に対する2階連立微分方程式を安定に解く解法をテストし、考えられる境界層内の大きな気温、風速変動に対し安定な計算を行うことを確認した。運動量方程式のパラメータとして、都市キャノピー層内の乱流スケールと各層の摩擦係数について理論的考察を行い各パラメータを決定した。多層化した壁面への短波長放射、長波長放射の配分を計算するモジュールを開発した。放射平衡状態における壁面表面温度の鉛直プロファイルの導出など、多層放射スキームの動作確認を実施した。また本スキームを用い、都市ブロック群の立体構造に起因する表面温度の上昇について調査した。その結果、立体構造が深くなるにつれて、

放射平衡状態での平均的な放射輝度温度が高くなること、単層のスキームではその放射輝度温度を過大評価する可能性があることがわかった。

- ⑤ ④で決定した都市スキームについて、都市を模したブロック障害物で行われた風洞実験および Large Eddy Simulation (LES)、モデルによる風速鉛直分布、運動量輸送量のデータを再現することを確認した。

副課題2 LESによる都市気象モデルの検証と微気象LESモデルの開発

副課題2の研究担当者

栗田 進、高橋俊二、青柳暁典（環境・応用気象研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 都市大気境界層に適合したLESモデルの開発

副課題2の本年度の成果

- ① 複雑な都市の例として行った列状の都市キャノピー群を用いた風洞実験の解析を進め、都市の neighborhood scale (1-2km) に特有な境界層構造を得、論文として発表した。この結果を用いて、LESモデルによる再現実験を行い、LESモデルの検証を行った。その結果から、LESモデルの改良すべき点として分解能の向上・境界条件等の改良すべき課題が得られた。

大気エアロゾル粒子の性状とその変動過程に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 五十嵐康人（環境・応用気象研究部 第四研究室 主任研究官）
研究担当者： 五十嵐康人、財前祐二、高橋 宙、直江寛明（環境・応用気象研究部）

研究の目的

大気エアロゾルの移流・変質にかかる素過程（発生・輸送・変質・沈着過程）の高度化による予測スキームの改善に必要なパラメータの設定などのため、大気エアロゾル粒子の混合状態、生成過程、吸湿特性、ダスト沈着量などについて実験・観測により現象の解明を行い、予測技術の高度化に資することを目的とする。

本年度の計画

- ① 【組成・混合】 榛名山においてインパクターを用いて大気エアロゾル粒子のサンプル採取・分析を開始。すすの粒径分布、形態、混合状態について測定方法を確立する。
- ② 【2次粒子生成】 エアロゾル生成過程について模擬する実験装置や SMPS などの観測機器を整備し、つくばにて観測を開始する。
- ③ 【湿度特性】 湿度コントロール、粒子発生等の実験装置を整備して大気エアロゾルの湿度特性を調べる実験を開始する。
- ④ 【沈着量】 つくばにおいてダストの湿性・乾性沈着量観測を Wet/Dry サンプラーを用いて行う。

本年度の成果

- ① 【組成・混合】 春季に石川県宝達山、福岡、つくばで採取した黄砂イベント時の個別エアロゾル粒子を分析した。黄砂には、シリケイトが主成分の粒子とカルシウムが主成分の粒子があること、カルシウム主成分の黄砂は水溶性成分を多く含んでいることが示唆された。冬季の乾燥した大気中で採取された硫酸塩粒子の多くは固体であり、すすとの内部混合形態は、すすが硫酸塩の表面に付着する形態であることが示唆された。冬季（12月）に、新穂高（高度2156m）において、サンプルを採取し、現在分析中である。1月に榛名山頂に自動インパクターを設置し、1日毎のサンプル採取を開始した。
- ② 【2次粒子生成】 SMPS（粒径分布測定装置）、UCPC（超微粒子用CPC）、SO₂計、サルフェートモニター等による前駆気体および粒径別粒子個数濃度の連続測定のための準備を行った。また、黄砂時のナノ粒子及び硝酸ガスの濃度低下が都市部で見いだされた。なお、粗大粒子による微小粒子の除去が起きているのかどうか、検討を進めている。
- ③ 【湿度特性】 塩化ナトリウム、硫酸アンモニウム、炭酸カルシウム、標準黄砂、ブラックカーボンの各粒子を発生させる室内での実験を行った。また、湿度を変化させるシステムを整備したが、湿度特性の測定は準備中である。さらに、硫酸塩の吸湿膨張と鉱物粒子の疎水性について、気象研究所で採取した黄砂時の実サンプルを環境 SEM（走査型電子顕微鏡）で観察し、湿度特性に関する発表を行った。
- ④ 【沈着量】 2007年春季のつくばでの乾性・湿性降下物の観測データを解析した結果から、水溶性化学物質の乾性・湿性降下量の時間変動の支配要因は、主に気団の発生地域・水蒸気混合比・および黄砂イベントであることを明らかにした。つくばで風速が大きいときに、局所的なダストが乾性降下物に占める割合が大きかった。湿った気団での水溶性化学物質の乾性降下量は、乾いた気団での場合より大きかった。2007年4月のダストの総降下量は4220mgで、水溶性化学物質は10-636 mg/月の範囲に及んだ。ダストの総降下量のうち72%を湿性降下物が占め、水溶性化学物質の湿性降下量は72-96%を占めた。特に、最大の湿性降下量は4月3日の黄砂事象で発生した。このイベントは月間ダスト降下量の23%（950 mg）を占め、水溶性化学物質の月間降下量の2-28%（0.43-51mg）を占めた。この結果は、1回のダストイベントであっても規模が非常に大であれば、東アジアの陸海の生態系に広範囲に影響を及ぼし得ることを示唆する。

次世代リモートセンシングに関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）
研究代表者： 小林隆久（気象衛星・観測システム研究部 第四研究室長）
研究代表者： 足立アホロ、山内 洋、鈴木 修、猪上華子（気象衛星・観測システム研究部）、小野木茂（物理気象研究部）

研究の目的

偏波機能、多周波観測、高速スキャンなど今後大きな発展が期待されている地上・衛星搭載レーダーやウィンドプロファイラーにおいて雲・降水観測精度の向上とデータ利用の高度化を図り、防災気象や気候研究に不可欠な雲・降水メカニズムの解明、今後の気象観測システム構築に資するのが目的である。

本年度の計画

- ① 固体化レーダーデータ処理・解析システムを開発するとともに固体化レーダー検証観測の準備を行う。
- ② レーダーシミュレータの開発。
- ③ 衛星搭載レーダー等新しいリモートセンシングのデータ解析および利用手法の問題点の検討。

本年度の成果

- ① 固体化レーダーデータ処理・解析システムを開発すると共に、固体化レーダーで推定される雨滴の粒径分布や雨量強度を地上観測で検証するための準備として以下のことを行った。粒径分布や雨量強度を地上で観測する装置を高層気象台の露場に設置し、高層気象台の雨量計と同時観測を行い精度を検証した。精度の確認の後、国土交通省江戸川河川事務所の関宿雨量観測所と熊谷地方気象台にそれぞれ移設し、現地での観測を開始した。観測データは順調に取得できている。
- ② レーダーシミュレータを開発し、初期結果として偏波パラメータの波長依存性や非静力学モデルで出力される降雨強度と偏波レーダーから推定される降雨強度との比較結果などが得られた。また C-band レーダーでは、観測される偏波パラメータへの気温の影響が無視できない程度に大きい可能性があることが示唆された。この影響については今後、詳細に研究する予定である。
- ③ 1.3GHz ウィンドプロファイラのノイズ低減手法およびこれを用いた雨滴の粒径分布抽出手法に関する検討を行った。
- ④ 台風に伴う局所的な強風についての事例解析を行い、これまで行われてこなかった 1.3GHz ウィンドプロファイラによる降雨時の大気鉛直流を推定する方法について検討と応用を行った。

吾妻山における圧力源モデルに基づく監視手法の高度化

研究年次： 1年目（平成21年度～平成22年度）
研究代表者： 関根一男（仙台管区気象台技術部地震火山課）
研究担当者： 山里 平、高木朗充、福井敬一、安藤 忍、鬼澤真也（地震火山研究部）、庄司哲也、近江克也、舟越 実、西田 誠（仙台管区気象台技術部地震火山課火山監視・情報センター）、山崎伸行（気象庁地震火山部地震津波監視課）

研究の目的

吾妻山の圧力源の精密なモデルをもとに、リアルタイムかつ定量的な火山活動評価のための最適な監視項目や観測点配置、監視手法を検討して、吾妻山の火山活動監視体制の強化に資する。

本年度の計画

- ① 過去のGPS連続観測・繰り返し観測データの大気補正。
- ② 過去の地震活動データの精査。
- ③ GPS、地震活動データに基づく圧力源モデルの推定。
- ④ その他のデータ（地磁気、噴気、熱映像等）を用いた圧力源モデルの検証。

本年度の成果

- ① 過去のGPS繰り返し観測データ（一部の連続観測データも含む）の電離層、対流圏補正を行った。その結果、標高差の大きな観測点間のデータの一部に季節変動が除去される改善がみられた。
- ② 補正後のGPSデータを用いて、等方圧力源モデル（茂木モデル）による近似を行い、圧力源を推定した結果、水平成分のみを用いたモデル推定では、これまでのモデルよりやや深めに圧力源が推定されることがわかった。
- ③ 補正前のデータでは上下成分を含めた3成分を使うと安定したモデル推定ができなかったが、補正後のデータでは2003年～2004年の膨張時と2004年～2006年にかけての収縮時の変動を、3成分を使った推定を行うことができた。その結果、水平成分だけの近似よりもさらに深めに圧力源が推定されることがわかった。
- ④ しかしながら、変動源近傍の観測点で沈降成分が見られるため、単純な茂木モデルでは説明が難しい可能性があることがわかった。

強雨の発生要因と構造の解明

研究年次： 1年目（平成21年度～平成22年度）
研究代表者： 家藤敦章（大阪管区気象台技術部気候・調査課 調査官）
研究担当者： 瀬古 弘（予報研究部）、大阪管区気象台技術部気候・調査課、大阪管区気象台技術部予報課、神戸海洋気象台観測予報課、松江地方気象台技術課、広島地方気象台観測予報課、高松地方気象台観測予報課、高知地方気象台技術課

研究の目的

大阪管内で観測された大雨・強雨の事例について、観測データによる解析や、非静力学モデルを用いた再現実験による解析を行い、大雨・強雨発生の要因や構造を明らかにし、知見を深めることにより、今後、同様な事例が発生した場合の注・警報作業が円滑に行えるようにする。

本年度の計画

- ① これまでに観測された強雨の事例から、解析する事例を選ぶ。
- ② 地上観測、アメダス、高層観測、ドップラーレーダ、ウインドプロファイラ、GPS 可降水量などの観測データを収集する。
- ③ 地上観測、アメダス、高層観測、ドップラーレーダ、ウインドプロファイラなどの観測データを用いて実況を多角的に調査し、発生要因及び構造を解析する。
- ④ 非静力学モデルにより再現実験を行う。
- ⑤ 再現実験においては、観測データによる解析をもとに、パラメータの設定や地形の編集を検討する。
- ⑥ 各事例について、局所アンサンブル変換カルマンフィルター（LETKF）等のメソアンサンブル手法を用いて作成した摂動を解析値に与えて 20 個程度の初期値を作成し、それから非静力学モデルによる再現実験を行い、その中で現象が再現できているものがあるか調べるとともに、GPS 可降水量等の観測データを同化して得た解析値を初期値にした再現実験を行うことも試みる。
- ⑦ 現在の予報システムで初期値が残っていない過去の現象については、JRA-25 を用いて非静力学モデルによる再現実験を試みる。

本年度の成果

- ① 参加各官署で、1～4 事例を選び、解析を開始した。
- ② 各官署ともそれぞれの事例で、地上観測、アメダス、高層観測、ドップラーレーダ、ウインドプロファイラ、GPS 可降水量などの観測データを収集して、その観測データを用いて実況を多角的に調査し、発生要因及び構造を解析した。
- ③ 実況解析の結果を基に、非静力学モデルにおける着目すべきパラメータの設定や地形編集を行い再現実験を行った。
- ④ その再現実験の結果を解析することにより、実況解析による発生要因及び構造の解析結果を確認するとともに、さらに詳細な発生要因及び構造を調査した。
- ⑤ 気象研究所が、局所アンサンブル変換カルマンフィルター（LETKF）のメソアンサンブルデータを利用して作成した 20 個の初期値から計算した非静力学モデルによる再現実験を行い、そのデータを各参加官署で解析した。
- ⑥ 一部官署では、気象研究所が作成したメソアンサンブルデータによる初期値を使用して、20 個のメンバーの再現実験を行い解析を行った。
- ⑦ 一部官署では、現在の予報システムで初期値が残っていない過去の現象について、JRA-25 を初期値として非静力学モデルによる再現実験を行った。

放射性降下物の長期変動と再浮遊に関する研究

研究年次： 4年目（平成18年度～平成22年度）
研究代表者： 五十嵐康人（環境・応用気象研究部 第四研究室 主任研究官）
研究担当者： 青山道夫（地球化学研究部）、高橋 宙、財前祐二（環境・応用気象研究部）

研究の目的

大気中に放出された放射能は、人間環境に直接・間接に影響を及ぼすことが予想される。そこで、大気中の放射能レベルを把握するため、国内の複数地点において降下物の人工放射能を測定し、この測定結果をもとに、大気環境における放射性物質の長期的動態の把握と、近年主要なプロセスとなっている再浮遊について解明する。

本年度の計画

- ① 引き続き、粒子状中長半減期人工放射性核種（ ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、（Pu 同位体））の降下量を精密観測し、バックグラウンドレベルとなるベースラインデータを求める。
- ② 引き続き、パーティクルカウンタによる粒子個数の観測をつくばと山岳地点（榛名山）で行う。
- ③ 引き続き、表土試料を空気力学的に分粒して核種分析を行う。
- ④ 引き続き、大陸表土試料の入手を行い核種分析を行う。

本年度の成果

- ① 平地のつくば市および山岳地点の榛名山において人工放射性核種、天然放射性核種等についての月間降下量の精密観測を継続した。2009年5月末に北朝鮮による地下核実験が行われたが、それに起因した降下物等に含まれる人工放射能に特段の異常は認められなかった。引き続き観測を継続してデータの蓄積を図り、特に再浮遊に着目しながら、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 降下量の変動要因についてさらに調査研究を進める。
- ② 一昨年度、長距離輸送される再浮遊成分（風送ダスト）の発生源情報を得るため、農業環境技術研究所とモンゴル水文気象研究所の協力を得て、発生地域である大陸での表土試料サンプリングを行った。その放射能分析を今年度継続して実施した。試料は53 μm メッシュの篩を通した後、放射能分析に供した。その結果、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs ともにわが国の農耕地に比べ濃度（比放射能）が全般に高い傾向を示し、 ^{137}Cs では100 mBq/g乾土に達する例もあった。地域差も見られ、現地降水量と人工放射能の濃度との関連が証明できた。降水量が多く、そのため ^{137}Cs が多く降下した地域では、 $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ 放射能比が高くなる傾向を示し、降水量の多い地域で両核種の土壌カラムでの分別が進んでいることが実証できた。我が国の降下物に含まれる核種の特徴から、長距離輸送成分の大陸での発生地域を推定する重要な材料を得ることが出来た。現在、④に示す分粒器により長距離輸送される微小粒径画分を分離して、その放射能の分析を進めつつある。
- ③ つくば市および榛名山にエアロゾル観測機器を設置し、粒径別個数濃度の観測を継続実施している。榛名山での粒径別個数濃度の観測から、大気境界層上端付近の高度では海面高度に近い平地に比較して、春季の風送ダスト輸送の影響を受け易いこと、つくばでの観測との比較により平地にダスト雲が到達するには、日中の大気境界層の発達が必要なことが明らかとなった。
- ④ バルク量を要する放射化学分析に供するため、表層土試料の粒径分離を目的として乾式かつ簡便な装置を作成し、その分離能力をテストした。分粒器は、発塵部及び、連続した二器のサイクロン（10 μm と1 μm 用）とバックアップフィルタで構成された分離部よりなる。発塵部は、圧縮空気の流れと毎分数百回以上の上下動により物理的に土壌粒子が浮揚するように工夫した。表土試料は、この装置で数段階のサイズ別に分離した画分に出来、最小粒子画分の中央径は実測で2.3～6.0 μm となった。本装置によって分離されたダスト粒子は、実際の風送ダスト粒子の粒径（10 μm 以下）に対応し、簡単な手順で必要な表土粒子の粒径画分を0.5g程度、一度の操作で得ることが可能となった。

海洋環境における放射性核種の長期挙動に関する研究

研究年次： 4年目（平成18年度～平成22年度）
研究代表者： 青山道夫（地球化学研究部 第一研究室 主任研究官）
研究担当者： 五十嵐康人（環境・応用気象研究部）、本井達夫、中野英之（海洋研究部）

研究の目的

太平洋の海水中の人工放射性核種の分布を立体的に調査すると共に、それらの時間変動を調べ、海洋環境における人工放射能の実態の把握を行うとともに内部輸送過程についての知見を得る。この中で、特に1960年代の大規模核実験に由来する人工放射能が海洋表面に降下したのち、50年間にどのような挙動をしたかを知る。

人工及び天然の放射性核種を指標として用い、海水中の放射性核種の物理的・生物地球化学的挙動の解明を行う。

本年度の計画

- ① 北太平洋で採取した試料の前処理と測定を完了させる。
- ② 採取した深層水の極低バックグラウンドでの精密測定を完了させる。
- ③ 最新データセットを完成させる。
- ④ 1945年からの時空間変動の再解析（モデル計算の結果の取り込み）。

本年度の成果

- ① 太平洋海水試料350検体を処理し、計測を行った。
- ② 上記の試料のうち150検体について精密測定を行い、深層での ^{137}Cs 濃度を従来より一桁高い精度で決定できた。その結果、太平洋のベーリング海から南太平洋に至る広い範囲で深層1500mから6000mでは、 ^{137}Cs 濃度は一立方メートルあたり -5.5 ± 7.3 ミリベクレルから 24.9 ± 15.02 ミリベクレルの範囲にあることを世界で初めて明らかにした。
- ③ 東経165度線に沿う ^{137}Cs の断面で見られた濃度極大の特徴（Aoyama et al., 2008, GRL）および北緯24度線に沿う ^{137}Cs の鉛直分布の特徴はすでに報告している。それは、北緯24度線上では日付変更線西側の西部北太平洋、深さにして400～600m、密度にして $\sigma_\theta=26.0 \sim 26.5$ 付近に濃度の極大が見出され、これらの極大は、東経165度線での北緯20度付近の深さ400～500mに見られる極大とつながっており、中央モード水による ^{137}Cs の海洋内部の輸送経路を明瞭に捉えることができた。また、日本周辺海域や黒潮域での表層では1990年代に入ってから ^{137}Cs の濃度が減少しない現象が見出されたことをすでに報告している。その原因は、海洋表面に降下したのち海洋内部へ南向きに輸送された ^{137}Cs の一部が、亜熱帯循環に乗って再び日本周辺に輸送されてきたためとすれば解釈できることを示した。1960年代初期に北太平洋中緯度に降下量の極大を持つ ^{137}Cs の南向き輸送の検討を行ってきた結果、東経165度と北緯24度線に加えて、2003年航海の南緯30度、2005年航海の東経149度戦および2007年航海の東経179度等のデータを加えて、太平洋の広い範囲での3次元分布を得ることができた。
- ④ OGCMとして気象研究所共用海洋モデル(MRI.COM)と粒子追跡法を用いて太平洋域での ^{137}Cs の挙動を解析した。特に、北太平洋中緯度から南太平洋への輸送ルートについて解析した結果、上記の二つの極大は赤道に沿って西経100度程度まで東進し、赤道を南に超えた後、西進し東経179度に至る。さらに、南緯30度線上のタスマン海での ^{137}Cs の極大は、この輸送ルートにつながっていると判断された。

渇水対策のための人工降雨・降雪に関する総合的研究

研究年次： 4年目（平成18年度～平成22年度）
研究代表者： 村上正隆（物理気象研究部 第一研究室長）

研究の目的

国連は2025年までに世界の2/3の人口が水不足に直面すると指摘している。日本でも人口集中域では潜在的な水不足の状態にある。地球温暖化が進むと、少雨・渇水や豪雨・洪水などの異常気象が頻発することも指摘されている。今後予想される渇水等の災害軽減対策を早急に講じる必要がある。本研究では、安定的水資源確保や即効的渇水対策のための人工降雨・降雪技術を確立する。

副課題1 人工降雨・降雪による水資源確保・渇水被害軽減の可能性評価に関する研究

副課題1の研究担当者

藤部文昭（予報研究部）、釜堀弘隆、仲江川敏之（気候研究部）、高橋清利（気象庁地球環境・海洋部気候情報課）

副課題1の本年度の計画

- ① 2008年夏季の四国地方および沖縄地方の渇水の要因およびその特徴を継続し、他の渇水年との比較を行い、2008年夏季渇水の特徴を明らかにする。
- ② 2006/2007冬の暖冬少雪と総観場との関係を明らかにする。
- ③ 冬季降水・降雪をもたらす総観規模擾乱活動とアジアモンスーンとの相互作用について研究を実施する（富山大の協力による）。
- ④ 季節予測実験結果を基にコストロスモデルによる解析を、他流域に適用する他、予測実験結果を統計補正したものにコストロスモデルを適用するなどの研究を実施する。

副課題1の本年度の成果

- ① 渇水をもたらす大規模循環パターンの解析
 - ・ 2008年夏季の沖縄地方の渇水要因を調べた。その結果、沖縄地方の渇水には太平洋高気圧が西へ張り出す全国渇水と、沖縄地方が低圧場となり北風偏差のため低相当温位気塊の移流による渇水の2つのモードがあり、2008年夏季は後者のモードによるものであることが分かった。
 - ・ 西日本の夏季異常少雨をもたらすテレコネクション（WJパターン）の励起・持続プロセスについて、気象庁1か月アンサンブル予報ハインドキャストデータを用いて調査した。記録的猛暑・少雨となった1994年夏季の事例では、WJパターンは概ね1週間程度予測可能であることがわかった。また、ヨーロッパ地域のブロッキングならびにインドモンスーン活動の両者がWJパターンの励起・持続に大きな影響を与えていることが見出された。
- ② 渇水対策への季節予報の利用可能性について検討
 - ・ 世界のいくつかの河川流域を対象にして、季節予測実験結果を基にコストロスモデルによる解析の準備を進めている。熱帯河川における降水量の予測に関しては、非常に良い結果が得られることが示された。現在、渇水発生年の情報を収集中であり、集まり次第、コストロスモデル解析を実施する。
 - ・ 新たな予測実験結果に対して統計補正したものにコストロスモデルを適用し、既往の結果と比較して、損失軽減率の改善率を求める研究を進めている。現在統計補正したデータの整備に着手した。

副課題2 リモートセンシング技術を用いた人工降雨・降雪に関する研究

副課題2の研究担当者

石原正仁、増田一彦、真野裕三、石元裕史、永井智広、酒井 哲、山内 洋、中里真久、足立アホロ、猪上華子（気象衛星・観測システム研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 暖候期にモニタリング観測と3週間程度の集中観測を実施し、人工降雨に適する有効雲の出現頻度の把握、有効雲の選定方法の知見を蓄積する。シーディング時の観測を行い、シーディング効果の検出手法の検証を行う。
- ② 寒候期にモニタリング観測と3週間程度の集中観測を実施する。
- ③ 地上からのシーディング実験時の観測を行い、シーディング効果の評価に資する。

副課題2の本年度の成果

- ① 暖候期に、Xバンドレーダ、Kaバンドレーダ、多波長マイクロ波放射計、マイクロレインレーダ、2波長ライダーを用いて3週間の集中観測及び、この期間を含んだ約3ヶ月間のモニタリング観測を実施した。
- ② 寒候期に、Xバンドレーダ、Kaバンドレーダ、多波長マイクロ波放射計、マイクロレインレーダを用いた3週間程度の集中観測及び、この期間を含んだ約4ヶ月間のモニタリング観測を実施した。
- ③ 走査型Xバンドレーダについては、暖候期のシーディング実験時に観測を実施し、シーディング位置におけるエコーの発生有無を調査した。また寒候期には走査型Ka-Wバンドレーダー、航空機と同期した降雪雲の観測を行った。
- ④ 天頂観測用Xバンドレーダ及びFMCW型Kaバンドレーダについては、4種類の雲微物理量導出アルゴリズムを用いて、有効半径、数密度、雲水量などが解析可能となり、アルゴリズム間又は他測器との相互比較が可能となった。Kaバンドレーダについて、雨滴落下速度10.6m/sまでのドップラー速度の導出が可能となった。
- ⑤ 多波長マイクロ波放射計については暖候期の集中観測時の数値モデルプロファイルを用いた1DVar解析を行った。またゾンデ観測結果と比較することにより温度・水蒸気プロファイル推定の有効性を検証した。
- ⑥ 2波長ライダーについては、航空機による直接観測データとの比較を行いエアロゾル濃度の算出方法を検討するとともに、雲底高度などを他測器との比較を行った。
- ⑦ 上記観測データと衛星データなどを総合的に使用し、シーディング効果検出手法や有効雲検出アルゴリズムの開発を行った。

副課題3 航空機等の直接観測手法を用いた人工降雨・降雪に関する研究**副課題3の研究担当者**

村上正隆、折笠成宏、斉藤篤思（物理気象研究部）、大竹秀明（物理気象研究部 客員研究員）

副課題3の本年度の計画

- ① 5月から7月の観測期間中に、吸湿性粒子・ドライアイスを用いた航空機による準実スケールのシーディング実験と航空機・地上からの雲・降水の直接観測も含めた3週間程度の集中観測を実施する。
- ② 降水量決定因子を用いた、S/N比の高い統計的手法によるシーディング効果の評価法を開発する。
- ③ 集中観測の対象を初冬または晩冬に出現する雲を対象に地上からのシーディング実験を行い、航空機やリモセンを用いてシーディング効果を評価する。

副課題3の本年度の成果

- ① 5月から7月までの一夏を通した観測期間中に、6月の3週間、早明浦ダム周辺で地上からのリモセン観測・ゾンデ観測等と同期した航空機による吸湿性粒子シーディング実験および雲の直接観測を含めた集中観測を実施した。
- ② 12月から3月までの一冬を通した観測期間中、副課題2と同期して、矢木沢ダム周辺で航空機によるドライアイスシーディング実験および雲の直接観測を含めた集中観測を12月と3月に計3週間程度実施した。今回は観測用航空機とシーディング用航空機との2機体制でシーディング実験を行った。
- ③ 降水量及び降水の微物理に関する地上観測も併せて実施し、副課題2のリモセン観測から得られ

る一般気象要素・雲物理要素の鉛直プロファイル等の各種データも用いて、S/N 比の高いシーディング効果の統計的評価法開発に必要な降水量決定因子に関する解析を引き続き行った。

- ④ シーディング前後の航空機観測データとリモセン観測データとの比較事例を蓄積し、シーディング効果の定量的評価の改良を行った。

副課題4 数値モデルを用いた人工降雨・降雪に関する研究

副課題4の研究担当者

加藤輝之、永戸久喜、林 修吾、橋本明弘（予報研究部）、田尻拓也（物理気象研究部）、財前祐二（環境・応用気象研究部）、山下克也（物理気象研究部客員研究員）

副課題4の本年度の計画

- ① 非静力学モデルを用いた人工降雨・降雪実験に関する研究
 - ・ 観測データとの相互比較のために、暖候期に四国・九州地方を予想領域として寒候期に北陸・新潟地方を予想領域として 1km 分解能の非静力学モデル 1km-NHM を実行する。
 - ・ 1km 分解能の非静力学モデル（1km-NHM）を用いたドライアイスシーディング実験における最適シーディング法を改良する。
 - ・ 観測支援として、観測域（人工降雨：四国地方、人工降雪：新潟地方）を対象に 1km-NHM を準ルーティン的に実行する。
 - ・ 昨年度に NHM に組み込んだビン法雲物理モデル改良し、予備的なシーディング実験を行い、その結果を用いてバルク法雲物理モデルによる吸湿性シーディングの取り扱いを検討する。
- ② 雲生成チェンバーおよび詳細雲物理ボックスモデルを用いた吸湿性粒子シーディング実験に関する研究
 - ・ 雲生成チェンバーや詳細雲物理ボックスモデルを用いて、いろいろな大気中エアロゾルの分布状態における最も有効なシーディング物質（粒子）の物理化学的特性を同定し、野外実験へ適用性を評価する。

副課題4の本年度の成果

- ① 非静力学モデルを用いた人工降雨・降雪実験に関する研究
 - ・ 人工降雨に関しては、四国・九州地方を予想領域として4月～8月の期間で、人工降雪に関しては、北陸・新潟地方を予想領域として、4月～5月、10月～3月の期間を対象に 1km-NHM を実行した。副課題3の観測を支援するために、観測域（人工降雨：四国地方、人工降雪：新潟地方）を対象としたシーディング効果も含めた 1km 分解能の非静力学モデル 1km-NHM を準ルーティン的に実行して提供した。
 - ・ 前年度までに検討を行っていた 1km 分解能の非静力学モデル 1km-NHM を用いたドライアイスシーディング実験における最適シーディング法の改良を行った。
 - ・ 昨年度に NHM に組み込んだ吸湿性エアロゾル（雲核）から雲粒子・降水粒子までをカバーするビン法雲物理モデルが正常に動作するように改良した。ビン法を用いているパーセルモデルにバルク法も組み込み、バルク法雲物理モデルによる吸湿性シーディングの取り扱いを検討するための準備を行った。
- ② 雲生成チェンバーおよび詳細雲物理ボックスモデルを用いた吸湿性粒子シーディング実験に関する研究
 - ・ 雲生成チェンバーを用いた吸湿性粒子シーディング実験、雲物理ボックスモデルによる室内実験の評価実験および詳細雲物理モデルを組み込んだ2次元モデルによる理想化シーディング実験を並行して実施した。
 - ・ 多湿な環境下で実施する夏季野外実験において、シーディング前の吸湿性粒子の凝集を防ぐため固結防止剤の添加を検討し、その凝結核能を計測、2年目の野外実験に使用するシーディング物質を決定した。野外実験終了後には、航空機観測から得たシーディング後の大気中浮遊粒子の粒径分布と室内実験から得た吸湿性粒子の粒径分布との相互比較を行った。室内実験から得たシーディング物質の凝結核能を吸湿度により評価し、雲物理ボックスモデルへ適用することを試みている。

- ・ ハイブリッド雲微物理モデルを用いて多数例計算した巨大凝結核撒布による雲・降水過程への影響評価実験の結果をとりまとめた。

東南アジア地域の気象災害軽減国際共同研究（実用モデル開発・応用実験）

研究年次： 3年目（平成19年度～平成21年度）
参画機関研究代表者： 齊藤和雄（予報研究部 第二研究室長）

研究の目的

近年、東南アジア域においても、地球規模の気候変動との関連や経済活動高度化に伴う社会の脆弱化によって、熱帯低気圧やスコールラインなどに伴う暴風雨災害が増加しつつあり、このような社会的・経済的に影響の大きい気象災害の予測・低減が急務となっている。

本研究では、東南アジア地域での高分解能なダウンスケール数値天気予報実験を国際的連携の下に継続実施して、気象災害、特に集中豪雨災害の軽減に資する対策判断支援システムを構築すること、及び東南アジア諸国における我々の大気科学研究の協力・連携を強化し、東南アジアの気象災害軽減に資するための「東南アジア地域気象災害軽減国際共同研究推進ネットワーク」の立上げを行うことを目的とする。

副課題1 気象庁メソモデルの精緻化と検証予報実験

副課題1の研究担当者

林 修吾、齊藤和雄、瀬古 弘（予報研究部）、黒田 徹（予報研究部 客員研究員）

副課題1の本年度の計画

- ① 解像度 5km による熱帯域検証予報実験の実行。
- ② ビン法雲物理を用いた予報実験を行う。
- ③ 2008 年のサイクロン Nargis についてのアンサンブル予報実験を継続し、境界条件などの影響や高潮アンサンブル実験を追加。
- ④ 研究成果のとりまとめ。

副課題1の本年度の成果

- ① 昨年度実行した 20km 解像度実験の結果を初期値・境界値として、5km 解像度 NHM を用いた 1 ヶ月間（2008 年 1 月）の予報実験を東南アジア域を対象として行い、その結果を同一条件で実行した WRF や衛星降水データ（CMORPH）、地上観測データと比較した。
- ② 熱帯域の積雲対流の発生発達の要因を理解するために、2008 年と 2009 年の 2 月を対象に、東南アジア域を対象として数日間の予報実験を行った。
- ③ ビンモデル実験は、他の研究計画における開発の遅れから着手できなかった。
- ④ 2008 年 5 月にミャンマーを襲ったサイクロン Nargis について、発達要因への物理過程や海面水温の影響を調べるとともに、副課題 2 で開発した熱帯域メソアンサンブルツールを用いて解像度 10km のメソアンサンブル予報を行い、アンサンブルスプレッドや予報精度への側面境界摂動の影響についての実験や高潮アンサンブル実験を追加した。
- ⑤ 上記、Nargis と高潮の予報実験・アンサンブル実験について 2 編の論文を気象集誌に投稿し受理された。

副課題2 メソモデル国際共同研究のための環境整備

副課題2の研究担当者

林 修吾、齊藤和雄、瀬古 弘（予報研究部）、黒田 徹（予報研究部 客員研究員）

副課題2の本年度の計画

- ① 英文ドキュメントを完成させる。
- ② モデル実行ツールを国際共同研究で使えるようにし、モデルの技術情報を交換できるような体制をつくる。

副課題2の本年度の成果

- ① NHM ドキュメントの英訳を進めた。シミュレーション実行に関する章について75%の英訳を終えたが、一部未訳部分が残った。
- ② NHM の前処理において SST 可変化に対応させた。極を除く地球上の任意の領域で NHM が実行可能になるように改良した。今年度から開始した JNoVA4DVAR 導入以降の MANAL を初期値・境界値とした NHM の実行ツールを整備した。また、気象庁全球解析を初期値とし、高分解能全球モデル予報値を境界値に用いて、週間アンサンブル予報の摂動を初期摂動と境界摂動に用いるメソアンサンブル予報実験のツールを開発した。
- ③ 2009 年 10 月にベトナムを訪問し、ベトナム国家大学ハノイ校で講演を行うとともに、国家水文気象予測センター、資源環境省気象水文気候変動局、ベトナム気象水文環境研究所の研究者・職員と研究協力に関する意見交換を行った。

副課題3 メソモデル用データ同化システムを用いた熱帯域同化実験**副課題3の研究担当者**

林 修吾、齊藤和雄、瀬古 弘（予報研究部）、黒田 徹（予報研究部 客員研究員）

副課題3の本年度の計画

- ① 東南アジア域における地上 GPS 準リアルタイム解析手法を確立する。
- ② 台風ボーガスパラメータに関する感度実験を実施する。
- ③ ムンバイ豪雨などの東南・南アジアの事例について、NHM 局所アンサンブル変換カルマンフィルタを用いた同化実験を行う。
- ④ 研究成果のとりまとめを行う。

副課題3の本年度の成果

- ① 2008 年のサイクロン Nargis の事例について、ベンガル湾周辺の GPS から得られた可降水量の同化実験を行い、同化時間が長いほど強度や進路予報に対する正のインパクトが大きくなる結果を得た。
- ② 台風ボーガス作成時の強風半径パラメータに関する感度実験を行い、特に予報進路に対してインパクトがあることを確認した。この結果を踏まえ、強風半径を最大風速から統計的に推定する手法から、QuikSCAT データを基に決定する手法へ改良を行った。サイクロン Nargis の事例で上記の手法を試したところ、進路予報での北偏バイアスが軽減されることを確認した。ベストトラックデータは RSMC データを使用するようにし、これにより北西太平洋以外でもリアルタイムで実行可能なメソ解析環境を構築することができた。また、GPS 掩蔽データの同化実験も行い、強度予報に正のインパクトがあることを確認した。
- ③ 2005 年 7 月にインド、ムンバイで発生した記録的豪雨について、局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）を用いてアンサンブル予報を行った。
- ④ サイクロン Nargis について、LETKF を用いた衛星散乱計による海上風データの同化テストを行いサイクロンの強度解析への有効性を確認した。
- ⑤ サイクロン Nargis の事例について、台風ボーガスと GPS 可降水量についての熱帯域データ同化に関する論文2編を気象集誌に投稿した（1編受理、1編改稿中）。

民間航空機を活用したアジア太平洋域上空における温室効果気体の観測に関する研究

研究年次： 4年目（平成18年度～平成22年度）

研究担当者： 松枝秀和、澤 庸介、坪井一寛（地球化学研究部）

研究の目的

民間航空機を利用したアジア太平洋域上空を中心とする高頻度と広領域にわたる温室効果気体の時間・空間分布観測を実施して、大量のデータを収集する。収集された観測データのデータベース化を通して、全球の炭素循環の解析的研究に利用すると同時に、インバースモデルや温室効果気体観測衛星の精度向上に役立てる。

本年度の計画

- ① 日本航空（JAL）所有の5機に観測機器 CME（航空機搭載型二酸化炭素連続観測装置）と ASE（航空機搭載型大気自動フラスコサンプリング装置）を搭載して観測を実施する。
- ② 前年度に確立されたデータベース化手法を適応して、高品質のデータベースを作成する。
- ③ データベースを利用して濃度分布とその変動の気候値解析を行う。

本年度の成果

- ① JAL 所有の B747-400 型機と B777-200ER 型機に CME を搭載した CO₂ の連続観測は、今年度も計画通り継続でき、アジア・欧州・北米路線で膨大な CO₂ 濃度の観測データを取得した。一方、B747-400 型機は運航変更に伴い、これまで長期に継続してきたオセアニア航路での ASE 観測が実施できなくなったために、B777-200ER 型機による手動観測に切り替えるために、新たに装置の開発を行った。これを利用して、オセアニア航路における観測データの継続的な収集を維持することができた。
- ② 前年度に確立されたデータの品質評価を行う自動処理ソフトウェアを適応して、2005 年 11 月から 2008 年 11 月までの 3000 フライトを超える約 200 万個の CME で得られた CO₂ 濃度測定値に対して、精度ランク付けによるデータ選別を実施し、データベースを作成した。但し、自動処理が困難な若干のデータに関しては手動による識別を丹念に行い、データベースの高精度化を図った。
- ③ CME-CO₂ のデータベースを利用して、上部対流圏から下部成層圏にかけての CO₂ 濃度の分布と変動の気候値解析を行った。解析に当たっては、気象庁の再解析データ（JCDAS）を利用して観測場に適した気象パラメータ（渦位・温位・境界層高度・等価緯度等）を計算し、これらを基準とした濃度分布とその時間変動を求めた。欧州・北米路線の解析結果では、上部対流圏と下部成層圏では位相が逆となる季節変動があり、特に、夏季には下部成層圏が相対的に高い濃度になることがわかった。また、等価緯度を基準とした気候値では、欧州と北米路線での変動がほぼ一致していることが確認された。一方、アジア・オセアニア路線の解析結果では、4 月から 6 月にかけて北半球の高濃度 CO₂ が、上部対流圏を通して南半球へと広がり、10 月頃の南半球の濃度上昇ピークを形成していることがわかった。

親生物気体の同時連続測定による生態系監視技術の開発

研究年次： 2年目（平成20年度～平成21年度）

研究担当者： 松枝秀和、澤 庸介、坪井一寛、馬淵和雄（地球化学研究部）

研究の目的

環境汚染や森林破壊等の人間活動により陸域生態系が受ける影響を監視するために、生態系内の大気・植生・土壌の間で循環する親生物気体（二酸化炭素やメタン等）の動態変化を監視する技術を開発し、それを指標とした新たな生態系診断のための評価手法の確立を目的とする。

本年度の計画

- ① 開発された分析計本体に加え、実大気測定に必要とされる周辺機器部も含んだ自動測定可能な測定システムを構築する。
- ② 既存の従来型個別成分連続測定器と比較して精度の評価を行い、改良を進める。
- ③ 生態系内の親生物気体成分の濃度変動範囲の情報を収集するため、高山（岐阜県）の森林観測サイトにおいて、空気試料の採取と分析による予備的調査を行う。

本年度の成果

- ① 実大気測定において必要となる空気試料の導入とその前処理を行うために、ポンプによる加圧導入と試料流量調整及び除湿装置を一体化した空気採取・処理システムの設計と製作を行った。一方、得られた測定値を濃度に換算するためのスペクトル解析ソフトの開発を進めた。これらを分析計本体の試作器に接続し、良好に機能することが確認できた。
- ② 分析計本体の試作器について、既存の従来型個別成分連続測定器と比較して分析能力の評価を行い、さらに精度の向上のための改良が必要であることが認められた。このため、光源をパッケージ内がアルゴンで充填されたタイプの赤外発光ダイオード（LED）に交換し、性能の確認を行った。また、微量成分に対して高感度測定が可能なように、試料・基準セルに新しい中空ファイバを利用する試みを行った。さらに、多成分を同時に測定可能なように検出器にマルチアレイ構造を持つ赤外検出器を採用した分析部の改良を行い、試作器の精度向上を図ることができた。
- ③ 高山森林観測サイトにおける予備的調査の結果、CO₂ は初夏～初秋の活発な光合成による CO₂ 吸収を反映して日中平均濃度は低い値を示し、光合成活動が弱い冬～初春に高い値を示した。CH₄ については、日中と全日平均の差は年間を通して小さく、夏季に光化学反応あるいは土壌による CH₄ 酸化により、濃度が急激に低下していた。N₂O は、日中と全日平均の差は年間を通して小さく、夏季に高濃度になる傾向が見られた。これらの結果から、新生物気体の森林大気中濃度および森林土壌空气中濃度の季節変動に関する情報を得ることができた。

吸収性エアロゾルが大気・雪氷面放射過程に与える影響のモニタリングに関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成25年度）

研究代表者： 内山明博（気候研究部 第三研究室長）

研究の目的

気候変動に影響を与えるエアロゾルの物理・化学特性の観測や気候変動に脆弱な雪氷圏等の地域での温暖化影響の観測の必要性が指摘されており、本研究はこれに応える監視システム構築のために行うための研究である。また、大気中の吸収性エアロゾル量や雪氷圏における積雪汚染とアルベドの実態把握のために中長期的な観測を行い、吸収性エアロゾルによる積雪アルベド低下の気候変動への影響を明らかにするため、雪氷面アルベドの物理的モデルを気候モデルに組み込み、シミュレーションによって定量的にこの効果を評価する。

副課題1 東アジア域における大気中のエアロゾルの地上観測によるモニタリング

副課題1の研究担当者

内山明博、山崎明宏、坂見智法、工藤 玲（気候研究部）

副課題1の本年度の計画

- ① 観測点の測器を連続観測ができるように保守を行う。
- ② 重点観測点を決め（北京の予定）、光学特性測定装置を設置する。
- ③ 基準放射計、観測点放射計の校正を行う。
- ④ 放射計データの解析法の改良を行う。

副課題1の本年度の成果

- ① 国内観測点（宮古島、南鳥島、福岡、つくば）及び中国（北京、青島）の放射計の保守を行った。国内各観測点に設置の放射計は、気象研究所に返送し、比較検定を行い再設置した。国外観測点は、準器を現地に送り、比較観測を行った。
- ② 重点観測点を北京とし、中国科学院大気物理研究所と共同観測（日中科学技術委員会で承認）を行うこととした。設置する機器の動作確認、比較観測を気象研究所構内で実施した。ネフエロメーターは、校正頻度を確認するため検定定数を変えずに連続観測を行い測器の安定度を調べたが、2ヶ月間ほとんど変化がなかった。光学式パーティクルカウンター（OPC）は、オーバーホールを行った。機器の設置は放射計の比較観測と合わせて3月に行った。
- ③ 直達分光観測の基準となる直達分光日射計とスカイラジオメーターをマウナ・ロア観測所で校正用のデータを取得して行った。本課題で準器とする直達日射計を気象庁の絶対放射計（WMO地区準器）と比較して校正を行った。各観測点のスカイラジオメーター、全天日射計、直達日射計、赤外放射計の比較検定は気象研究所構内で実施した。
- ④ スカイラジオメーターの解析プログラムに非球形粒子の効果を考慮した方法の結果を取りまとめた。また、全波長の全天日射計、直達日射計のデータからエアロゾルの光学特性を推定する手法を開発した。

副課題2 積雪不純物濃度及びアルベドの地上観測及び衛星リモートセンシングによるモニタリング

副課題2の研究担当者

青木輝夫、朽木勝幸、庭野匡思（物理気象研究部）

副課題2の本年度の計画

- ① 札幌と帯広の積雪面上における観測から積雪中のダスト、黒色炭素、有機炭素濃度の監視を開始

する。

- ② 現状の積雪アルベド物理モデルを改良し、全球エアロゾル輸送モデルに実装する。
- ③ 積雪不純物濃度と雪氷面アルベド抽出のための衛星リモートセンシングアルゴリズムを MODIS データに適応するためシステム構築を行う。

副課題2の本年度の成果

- ① 2007/2009 年冬期間の札幌の積雪サンプルを融解・濾過し、カーボン分析及びフィルター重量測定からダスト、元素状炭素、有機炭素を求めた。また、銀メンブレンフィルターと石英フィルターそれぞれを用いて積雪不純物の分析を行い、濾過フィルターの違いを比較検証した。石英フィルターは銀メンブレンフィルターに比べて総不純物濃度が過小評価であったが、カーボン分析における炭化補正の不確実性は小さかった。一方、過去に分析した 2004～2008 年の積雪不純物測定結果も合わせて再解析し、測定誤算の原因となるサンプリング容器やダストからの炭素成分の補正法を考案し、これら積雪不純物の 5 年間の変化を求めた結果、年による違いは小さいことが分かった。また、札幌の積雪中黒色炭素（=元素状炭素と仮定）濃度は北極域に比べ約 2 桁高濃度であることが分かった。
- ② 積雪アルベド物理モデルに積雪粒径計算過程を加えて、地球システムモデル MRI-ESM1 のコンポーネントの一つである気象研陸面モデル HAL へ移植した。札幌での気象観測データと上述の積雪不純物データを入力データとして HAL をオフラインで実行できるようにした。
- ③ 既存の積雪粒径、不純物濃度抽出アルゴリズムと今年度開発した積雪アルベド物理モデルを組み合わせ、積雪アルベド抽出アルゴリズムを開発した。2001～2005 年の MODIS 及び GLI データと地上同期観測データによって精度評価を行ったところ、二乗平均平方根誤差は 0.1 であった。その他、MODIS データの過去 9 年分の全球 0.25 度グリッドデータ収集を行った。また、過去に行った積雪不純物濃度の地上検証用の積雪不純物試料を再分析し、黒色炭素濃度を求め、衛星観測と比較した結果、衛星観測値がやや過大評価となった。

副課題3 全球エアロゾル輸送モデルによる吸収性エアロゾルと雪氷面アルベド変動のシミュレーション

副課題3の研究担当者

田中泰宙（環境・応用気象研究部）

副課題3の本年度の計画

- ① 現状の全球エアロゾル輸送モデル MASINGAR に組み込まれた積雪アルベドモデルをもとにして、副課題2と連携して 積雪アルベドモデルの開発を開始する。
- ② 積雪アルベドモデルを全球モデルに実装し、吸収性エアロゾルの沈着量、積雪量、積雪の総数、沈着したエアロゾルの 扱いなどのパラメータに関して感度実験を行う。

副課題3の本年度の成果

- ① MASINGAR に組み込まれた積雪アルベドモデルを発展させ、積雪中の吸収エアロゾル混合比および積雪有効粒径の計算を2層に拡張し、積雪の表現を向上させた。
- ② 全球モデルによって計算される積雪アルベドの変化分、不純物濃度、大気上端および地表における放射収支の変化を出力させるようにモニタを改良し、衛星リトリーバルとの比較を可能にすると共に吸収性エアロゾルの効果をより定量的に解析することを可能とした。

アジアの水資源への温暖化影響評価のための日降水量グリッドデータの作成

副課題2 高解像度気候モデルの検証、及びそのための観測降水グリッドデータ内挿手法の改良に関する研究

研究年次： 4年目（平成18年度～平成22年度）
研究代表者： 鬼頭昭雄（気候研究部長）
研究担当者： 上口賢治（気候研究部）

研究の目的

アジア地域の水資源・水循環への温暖化影響評価のためには、空間解像度が高くかつ地形を考慮した日降水量グリッドデータが必要であり、本研究では、雨量計や衛星の各データを組み合わせることで、地形効果を反映した新たな高解像度降水グリッドデータを作成することを目的とする。さらに、アジア各国のデータ提供機関との関係維持によるデータおよび品質情報の入手・更新、作成したプロダクトの精度評価、温暖化影響評価研究への当該課題成果プロダクトの利用推進、内挿手法の開発などを行うことを目的とする。

本年度の計画

- ① データの領域を全球に拡大するために雨量計データを追加し、降水極端現象の解析に使うために、より高度な品質管理手法と内挿手法を開発する。
- ② 21世紀気候変動予測革新プログラムの全球気候モデルの降水検証を行う。
- ③ 雨量計の捕捉率補正スキームを入れた、日本の高解像度日降水データを作成し、気象研究所領域モデルの開発チームに提供する。革新プログラムによる現在ランと温暖化ランを比較し、温暖化による降水の変化を解析する。

本年度の成果

- ① 公式プロダクト APHRO_PR_V0902（1961年以降の0.25度日降水量）を作成し、総合地球環境学研究所のサーバで公開した。平成22年度はじめに公開する予定の次期プロダクトのために、グリッド化手法の改良を行った。
- ② 固体降水に対する雨量計の過小評価特性を補正するスキームを開発した。これによって高緯度の降水量の推定値が著しく改善される見込みである。試作データは、現在外部研究機関に評価を依頼しており、次期プロダクトに導入される予定である。
- ③ 気象研究所全球20kmモデルを用いて、入力に用いる雨量計の場所と数がグリッド降水推定値に与える誤差幅を客観的に評価した。この信頼性情報についても、次期プロダクトに追加される見込みである。
- ④ 日本域については、1900年以降の長期高解像度日降水プロダクトを作成し、これを用いて極端降水のトレンドや、梅雨期間の経年変動などの解析を行った。
- ⑤ 革新プログラムの全球気候モデルのデータを用いて、標高と降水量の関係を APHRO_PR_V0902と比較した。
- ⑥ 温暖化ランを用いた解析によって、チベット高原を含む低緯度高標高帯では、積雪面積の減少とそれに伴うアルベドの増加およびそれらに付随して起こる地表面水循環の活発化によって、将来起こることが予想される現在よりも温暖化した気候において、標高と降水の関係が現在と大きく変わる可能性があることを示した。

マルチ気候モデルにおける諸現象の再現性比較とその将来変化に関する研究

副課題3 季節予測に係わる短期気候変動の再現性とその将来予測

研究年次： 3年目（平成19年度～平成23年度）
 研究代表者： 尾瀬智昭（気候研究部 第二研究室長）
 研究担当者： 鬼頭昭雄、楠 昌司、保坂征宏、足立恭将、安田珠幾、行本誠史、遠藤洋和、石原幸司（気候研究部）、柴田清孝（環境・応用気象研究部）

研究の目的

気候変動シナリオに関し、将来気候に関する重要な現象をできる限りカバーするように個別現象について課題を設定し、PCMDI に集約されている気候モデルの現在気候再現性および将来予測を比較評価する。そのために、焦点を当てる各現象に対して豊富な知見を持つ研究者によって課題を分担する。

副課題3においては、20世紀結合実験における、地上気温の時間的空間的変動およびその季節予測に係わるエルニーニョ南方振動・夏冬モンスーン・北半球環状モード・雪氷などの短期気候変動の再現性を、観測データ・再解析データを用いて比較・評価することにより、その将来変化の不確実性・信頼性に関する知見を得る。

本年度の計画

- ① 前年度作成した指標および解析ツールを基に、(1)地上気温、(2)積雪・海氷、(3)夏冬モンスーン、(4)エルニーニョ南方振動・北半球環状モードの変動特性について、マルチモデルによる将来予測実験を解析し将来変化を調べる。
- ② また、将来予測結果がモデル現在気候の再現性とどのように関係しているかを調べる。
- ③ それらの結果をとりまとめて検討し、論文にまとめる

本年度の成果

- ① （地上気温）CMIP3 マルチ気候モデルによる20世紀再現実験（20C3M）から、全球平均気温、帯状平均気温について、JRA-25と比較することでその再現性を評価した。その結果、全球平均気温はやや低めに再現されているモデルが多いが、近年の上昇傾向や帯状平均気温の気候値はよく再現されていることがわかった。また、ENSOと全球気温とのラグ相関は多くのモデルで再現されており、ENSOの変動が大きいモデルほど、全球気温の変動が大きくなっていることもわかった。
- ② （夏季モンスーン）6～7月の梅雨期の降水強度の将来変化をCMIP3モデルによって調べた。温室効果ガス排出シナリオはA1Bである。16個のCMIP3モデルについて、1991～2000年の現在気候実験の再現性をTaylor（2001）による方法で評価し、上位5つのモデルを選択した。上位5つのモデルによるアンサンブル平均では、2091～2100年における降水強度は、東アジアほぼ全域で増加する。2051～2060年でも同様の傾向があるが、2091～2100年の方が、増加率が大きい。
- ③ （夏季モンスーン）5～8月を対象にCMIP3の18の大気海洋結合モデルデータセットを用いてヤマセ頻度の再現性評価および将来変化予測を行った。18モデル（MME18）平均のヤマセ頻度は少ないバイアスがあったが、季節変化（6月下旬に頻度の極大）は適切に再現されていた。個々のモデルのヤマセ頻度の再現性は、北西太平洋の平均海面気圧（MSLP）分布の再現性と強い相関関係が見られた。将来変化については、ヤマセは5月に減少して8月に増加する傾向を多くのモデルが示した。また再現性能の高い9モデル群（MME9）を用いると、将来変化傾向のモデル間一致率はさらに高かった。これらは地球温暖化によりヤマセの季節が現在よりも遅れる可能性を示唆する。8月に多くのモデルでヤマセが増加する理由を考察した。海面気圧の赤道東西傾度（EQ-SOI）が将来低下するモデルほど日本東海上のMSLPが低下する傾向にあり、ヤマセ増加につながっていた。MME9では8モデルがEQ-SOIの低下を予測していた。
- ④ （エルニーニョ南方振動）地球全体が温暖化している中で、エルニーニョ的な海面水温変化により地域的にどのような気候変化が生じるのか調査したところ、現在気候におけるエルニーニョ時

の降水量偏差に対応する差が、多くの熱帯地域で温暖化時の降水量変化の差として現れていることがわかった。さらに、エルニーニョに対する熱帯西太平洋降水応答のモデル再現性の違いが、地域的な温暖化予測にどの程度の影響をもたらすのか調査した。東南アジア・オーストラリア北部・熱帯南米で少雨傾向を強調する差が見られた。

- ⑤ （エルニーニョ南方振動）CMIP3 の大気海洋結合モデルの現在海洋気候場の再現性の総合評価を行った。また、現在気候における熱帯太平洋海洋平均構造の再現性と ENSO 特性の再現性の関係を調べた。20 世紀再現実験における熱帯太平洋の再現性の指標（メトリック）を作成した海洋熱帯気候場の再現性が高いモデルは ENSO の振幅及び周期の再現性が高いことから、海洋熱帯気候場を再現することの重要性が明らかとなった。CMIP3 の大気海洋結合モデルにおける海洋の第一傾圧変形半径の将来変化を調べた。その結果、すべての気候モデルにおいて、ほとんどの緯度で第一傾圧変形半径は増加することが確認されたが、その大きさはモデルによって異なっていた。また、緯度 15 度から 45 度においては、下層大気の昇温が大きい気候モデルほど第一傾圧変形半径の増加が大きくなる傾向があった。一方、緯度 45 度から 60 度においては、大気の昇温より降水の増加が第一傾圧変形半径の増加に寄与することが明らかとなった。
- ⑥ （成層圏）CMIP3 に参加している 22 個のモデルについて中層大気における ENSO のシグナルと対流圏の ENSO シグナルの関係を調べた。解析はマルチプル・リニア・リグレッションの手法を用い、メンバー数の違いが統計的有意性に与える影響を定量的に評価するためすべてのメンバーを用いた。観測データ（ERA40）によると、エルニーニョ・南方振動（ENSO）のシグナルは対流圏の中高緯度では PNA（太平洋北米）の EOF パターンではなく TNH（熱帯北半球）の EOF パターンで現れて、ロッキー山脈をはさんで符号が逆転しており、負のピークがアラスカ沖の太平洋上、正のピークがハドソン湾付近にある。この TNH は対流圏では順圧的な構造をしている。これが成層圏に伝搬していき（位相は西に傾いている）波数 2 タイプのパターンになり北極は正の偏差になり昇温し、気候値の冷たい極渦を壊す構造になる。成層圏の表現が必ずしも充分でない CMIP3 参加モデルの ENSO シグナルは対流圏では、ある程度、再現されているように見えるが、成層圏 ENSO シグナルは対流圏での微小な誤差が増幅されるので、成層圏 ENSO シグナルの再現は難しい。現実を再現していると言えるのは 1 つのモデルのみで、他は振幅や位相が大きく異なり、極渦が強化するなど現実とは逆の結果を出しているモデルも少なからずあった。

温暖化影響評価のためのマルチモデルアンサンブルとダウンスケーリングの研究

研究年次： 3年目（平成19年度～平成23年度）
研究代表者： 高薮 出（環境・応用気象研究部 第四研究室長）
研究担当者： 栗原和夫、佐々木秀孝、村崎万代、清野直子、青柳暁典（環境・応用気象研究部）
仲江川敏之、石原幸司（気候研究部）

研究の目的

将来気候予測モデルの結果を影響評価研究へ繋ぐために、まずマルチモデルアンサンブルにより信頼性の高い日本域の20km格子の将来気候予測シナリオを作成する。次にこれを更にダウンスケールし、日本域の詳細な影響評価モデルに載せるデータを不確実性の幅をもって提供できるようにすることを目指す。また、このプロセスの中で地域気候モデルの精度向上、地域気候モデルのマルチモデルアンサンブル手法の開発、精度の高いダウンスケーリング手法の開発を行う。そして国内の地方・県レベルでの流域での検証を通じて手法の高度化を行い、広くアジア域への適用を目指す。

本年度の計画

- ① IPCC第4次評価報告書において計算されたAOGCMを境界に20kmRCMを積分する。
- ② 都市気候モデルによる関東域将来予測実験を行う。
- ③ マルチモデルアンサンブル手法を改良し、20kmRCM将来予測実験の結果に適用する。
- ④ 研究の中間とりまとめを行う。

本年度の成果

- ① IPCC第4次評価報告書において計算されたAOGCMを境界に20kmRCMの積分を行った。将来予測と現在再現合わせて20年分の計算を年度末までに達成予定であり、現在12年分終了している。計算結果に対しては初期的な解析を行い、気候再現性を確認した。モデルの気候学的な地点代表性について調査を行い、従来の気候区分と類似することを突き止めた。
- ② 都市気候モデルのパラメータ策定とそれを用いた再現実験を行った。
- ③ マルチモデルアンサンブル手法を改良し、20kmRCM将来予測実験の結果に適用する予定であったが、他機関の計算が未了なため、全球モデル結果を用いた手法改良の研究を続行した。その成果は学術論文としてまとめた。
- ④ 海外の類似プロジェクト関係者を招聘して、国際ワークショップを開催した。ワークショップでは、本プロジェクトの成果を報告し今後の研究へ向けての議論を行い、有益な情報を多く得る事ができた。

海洋酸性化の実態把握と微生物構造・機能への影響評価に関する研究

副課題1 太平洋における海洋 pH の高精度各層観測による酸性化の実測

研究年次： 2年目（平成20年度～平成22年度）
研究代表者： 緑川 貴（地球化学研究部 第二研究室長）
研究担当者： 緑川 貴、石井雅男、笹野大輔、小杉如央、松枝秀和、澤 庸介、馬淵和雄、坪井一寛（地球化学研究部）、本井達夫、中野英之（海洋研究部）

研究の目的

本研究では、化石燃料の消費による二酸化炭素（CO₂）の排出に起因して起こる海洋酸性化の実態を把握し、酸性化が海洋生態系に及ぼす影響予測に資するため、酸性化に伴う微生物群集の構造や機能の変化に関する知見を得ることを目的とする。

本年度の計画

- ① 初年度製作した pH 測定装置の性能試験を行い、装置の最適動作条件の確立、分析時間の短縮化、測定精度の向上を図る。
- ② 「第8回国際 CO₂ 会議」及び「第18回北太平洋海洋科学機構（PICES）年次総会」に参加し、西部北太平洋における海洋 CO₂ 増加・酸性化の動向に関する研究成果を発表するとともに、太平洋の海洋内 CO₂ データ統合活動を推進し、財団法人日本水路協会海洋情報研究センターが担当している「副課題2：海洋炭酸系データの統合に基づく海洋酸性化の実態評価に関する研究」のデータ収集に協力する。
- ③ 副課題2と協力して、収集した北太平洋の炭酸系データについて系統誤差補正の方法を検討する。
- ④ 筑波大が担当している「副課題3：海洋酸性化が微生物群集構造と機能に及ぼす影響」の培養実験に参加し、pH や CO₂ 濃度等の測定・解析等を行う。

本年度の成果

- ① 初年度製作した pH 測定装置の分光光度計の調整や測定セルの形状の改良などを行って、装置の最適動作条件を検討すると共に、分析時間の短縮化を図った。
- ② pH 測定装置を観測船に搭載し、本州南方海域における実海域試験を行って、高精度のデータを取得できた。
- ③ 国内外の炭酸系観測データを収集して、西部北太平洋亜熱帯域における海洋酸性化の進行状況を評価し、国際 CO₂ 会議や日本海洋学会等において報告した。
- ④ 西部北太平洋の炭酸系観測データから見積った pH は、北緯 3～33 度の全緯度において $-0.0015 \sim -0.0021 \text{ yr}^{-1}$ の有意な長期的低下傾向を示し、広域にわたって海洋酸性化が進行している実態が確認できた。
- ⑤ データ統合の作業を本格的に移動させて効率的な活動を組織化するため、副課題2と協力して、PICES の第18回年次総会（2009年10月23-24日、韓国・済州島）において「Carbon data synthesis workshop」を開催し、そのコンビナーを務めた。この会合やメール会合を通して、系統誤差の補正法を検討し、実データへの適用に着手した。
- ⑥ 副課題3の微生物培養実験に参加し、pH や CO₂ 濃度等の条件設定に協力して酸性化実験を成功させることができた。また、pH や CO₂ 濃度、全炭酸濃度の測定・解析を行った。

大気環境に関する次世代実況監視及び排出量推定システムの開発

副課題2 二酸化炭素およびエアロゾル地表面フラックス推定に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成23年度）
研究代表者： 柴田清孝（環境・応用気象研究部 第一研究室長）
研究担当者： 眞木貴史、関山 剛、出牛 真（環境・応用気象研究部）、小林ちあき（気候研究部）

研究の目的

本研究課題では、アンサンブルカルマンフィルタを利用して大気微量成分の4次元データ同化システム（二酸化炭素、エアロゾル、オゾン）を構築し、全球および東アジアの大気環境の実験的再解析および二酸化炭素とエアロゾルの地表面フラックス推定を行う。

本年度の計画

- ① エアロゾルおよび二酸化炭素の地表面フラックス推定技術を開発する。
- ② エアロゾルの光学特性を含む観測演算子を開発し、CALIPSO 衛星搭載のライダーによる観測データを利用してデータ同化を実施する。
- ③ オゾンデータ同化システムを用いて観測システムシミュレーション実験を行う。

本年度の成果

- ① ダストエアロゾルの地表面フラックス推定技術としてアンサンブルカルマンフィルタによるデータ同化システムの開発を行った。そのシステム開発を進める上で、エアロゾルの光学特性を含む観測演算子を開発し、CALIPSO 衛星搭載のライダーによる観測を利用してデータ同化実験を実施した。
- ② 二酸化炭素に関しても、気象研究所で開発されたアンサンブルカルマンフィルタ（EnKF）を用いたデータ同化システムを二酸化炭素用として移植した。この際、対象要素の性質を加味して実験条件等の調整を行った。また、データ同化に必要な各種観測データ（地上連続観測、地上フラスコ観測、航空機観測、衛星観測）の収集を行い、品質管理プログラムのプロトタイプを作成するとともに、観測システムシミュレーション実験に必要な疑似観測データの作成を行った。
- ③ エアロゾルに関しては、WMO や環境省が主催するアジア域における黄砂共同研究会合に出席し、気象庁・気象研究所の研究成果を紹介すると共に、データ同化に必要な観測データ入手に向けた調整を行った。
- ④ オゾンモデルに EnKF データ同化システムを移植した。このシステムを用いて観測システムシミュレーション実験を行い、最適な同化システムの構築を図った。また、データ同化に必要な衛星データの収集を行った。

風送ダストの飛来量把握に基づく予報モデルの精緻化と健康・植物影響評価に関する研究

副課題2 黄砂予報モデルの精緻化に関する研究

研究年次： 1年目（平成21年度～平成23年度）
研究代表者： 三上正男（物理気象研究部）
研究担当者： 田中泰宙、関山 剛（環境・応用気象研究部）

研究の目的

本研究では、事前研究プロジェクトで確立した黄砂モニタリングネットワークのデータをさらに高精度化にすることを試みる。高精度化したデータを用い、黄砂の発生・輸送・沈着量の定量や黄砂予報モデルの精緻化を行う。一方、黄砂による健康や植生物への影響を評価するための動物実験や疫学調査、黄砂に付着する菌種の同定やDNA情報集積も行う。モデル推定情報と基礎医学的・生物学的情報を統合することによって予報モデルの付加価値を高める。

本年度の計画

- ① ダスト発生モデル検証のための観測システムを開発すると共に、既有データを用いて全球エアロゾル輸送モデル（MASINGAR）のダスト発生モデルスキームの検証用データセットをまとめる。
- ② （独）国立環境研究所（NIES）ライダー網の観測値とアンサンブルカルマンフィルタ（EnKF）を用いてMASINGARのモデル誤差情報を推定するシステムを構築する。

本年度の成果

- ① オーストラリア現地観測データを解析し、MASINGARダスト発生モデルの検証用に飛砂フラックスデータセットを作成した。ダストフラックス検証データ取得のための観測システムを整備開発した。
- ② NIESライダー観測データを用いたMASINGARへのアンサンブルカルマンフィルタ法の適用に成功した。
- ③ 黄砂予報モデルの精度検証のためのスレットスコア評価システムを開発した。
- ④ 既有の黄砂予報システムにNIESライダー観測データを用いたデータ同化手法を適用することにより、同モデルの黄砂予報精度を向上させる技術的な目処をつけることが出来た。