

## 第3回 「第2期航空機による地球環境観測推進委員会」議事録

委員会事務局

### 1. 開催日時その他

開催日時：2014年3月27日（木）13:00～16:40

開催場所：野村不動産天王洲ビル ウィングホール

出席者（敬称略）

委員：中澤、青木、村山、竹中（辻原代理）、梅澤（川勝代理）、河野、太田（進代理）、佐藤、岩本（日岡代理）、松本、星野、小林、桑山、田中、小出、松枝、町田、河宮、林田、今須

オブザーバー：清水、神谷、田中、近藤、北村、近藤、関山、Patra、Maksyutov、齊藤、坪井、生駒、森本、中村、近藤、市川、宗、阿部、江藤、中島、眞木、勝又、丹羽、澤

出席者氏名、肩書等の詳細については、添付、「出席者一覧表」を参照。

議事進行

添付、「第3回 第2期航空機による地球観測推進委員会議事録 議事次第」に従って進められた。

### 2. 報告事項、発表内容、質疑等

#### [1] 開会 日本航空株式会社 総務部長 岩本慎哉

本プロジェクトは1993年開始、2013年で20周年を迎えた。世界の例のない取り組みとして始まり現在も価値の高い活動と考えている。20年の活動期間中で困難な時期も、関係機関のご支援・ご協力のもと継続して取り組むことができたことに改めて感謝する。昨年、日立環境財団「環境賞優秀賞・環境大臣賞」と毎日新聞社・朝鮮日報社「日韓国際環境賞」の2つの権威ある賞を受賞することができた。取り組みが世の中に評価されたものと考えている。現在日本航空では8機の777-200ERを用いて継続的に観測を実施できる体制を整えている。うち2機にはプロジェクトロゴを機体に特別塗装するとともに、プロジェクト紹介のリーフレットを作成しシートポケットに搭載した。搭乗されたお客様がプロジェクトの良き理解者となってくれるよう今後とも広報活動を含め活動していきたい。

#### [2] 委員自己紹介

出席委員全員による自己紹介がなされた。

中澤委員長から本委員会の役割（観測の円滑な実施、科学的専門性の高い成果を上げる、社会的意義を十分に発揮できるような方策について助言を行う）の確認がなされたのち、会議が開始された。

### [3] プロジェクト進捗報告

#### 2013年観測実績報告 JAL エンジニアリング技術部 中島悠貴

本プロジェクトで使用している3種類の観測装置(CME, ASE, MSE)の紹介を行い、2013年度の搭載実績について報告した。航空機ではエンジンから吸引された外気はコンプレサーで圧縮され空調装置に送られ、ミキシングマニフォールドまで運ばれる。一方、客室からの循環空気もミキシングマニフォールドも送られる。上記3つの装置で使用する空気は空調装置からミキシングマニフォールドへの経路上で分岐され、客室内の空気が混入しないようになっている。

CMEは常時3機搭載を目標にし、2か月ごとに装置を交換して観測を実施する。2013年度は3機のCME搭載のための機体改修が実施されたことに伴い、2012年度の1380回よりも多い1820回の観測フライトが実施された。飛行地域は北米・欧州・太平洋(ホノルル)・豪州・東南アジア・南アジア及び東アジアで偏りなく広範囲で観測が実施できた。2012年度に比較して今年度改修したJA710JとJA711Jはホノルル路線の頻度が高いため太平洋域での観測が増加している。また、シドニー線にてASEを用いて月2回計21回の大気採取を実施した。MSEはASE観測のバックアップとして2回の大気採取を実施した。

●MSEの新型と旧型の違いは?⇒現在は新型のみ使用。旧型に比較しサンプリング時の負荷が軽減されている。ASEとMSEの同時観測によりメタン濃度等に問題がないことを確認した。

●ASE搭載機が使用不可の場合電動ポンプを使用できないのか?⇒電動ポンプでは航空機搭載に際し安全性確認が必要。

●MSEとASEのサンプル量の違いは?⇒来年度からは小型のフラスコを使用予定のため、サンプル量は若干減るが、これまで実施している気体項目の分析は問題なくできる見込み。

#### 観測装置の整備と改修 JAMCO 航空機整備カンパニー 東京整備工場整備課 神谷正明

JAMCOではプロジェクトで使用している観測装置CMEとASEの整備を実施している。2013年度ASEの整備をシベリア便も含めて32回、CMEは20回の整備を実施した。JAMCOでは取り卸された観測装置について、受領検査・整備を実施する。その後観測装置はJAL社による領収検査を受けた後、次の観測に供される。

2013年度は観測装置を追加製造(ASE、CME各2セット)した。また、観測精度向上のためASEとCMEの改修作業を実施した。ASEは、サンプリングポイントが設定位置から若干ずれることがあったため、信号を二重チェックするようソフトウェアを変更した。CMEについては、水分除去効率を向上させるため新たな除湿装置を追加した。CMEについては新たな部品を追加したため、耐火・高温低温・振動等の各種試験を実施した。来年度の運用から改修された観測装置が順次使用される見込み。

●CME内の乾燥剤の潮解はどの程度起こっているか?⇒6・8月は2か月搭載でも1か月しかデータが取れていないことがある。除湿装置追加により水分量が1桁減少することを確認

している。分析計に入る前の水蒸気量は露点で-30~-40℃と考えられる。

●乾燥剤追加による CO<sub>2</sub> 濃度測定に対する影響はないか?⇒実験で濃度影響がないことを確認している。

## CONTRAILプロジェクトの1年間の活動報告 国立環境研究所地球環境センター 大気海洋モニタリング推進室長 町田敏暢委員

2013年に公表されたIPCC第5次評価報告書でも世界平均気温の上昇はCO<sub>2</sub>などの温室効果気体の増加が主因として報告されている。現在大気中に放出された化石燃料起源 CO<sub>2</sub>のうち約半分は森林や海洋に吸収されていると考えられているが、将来の気候予測を正確に行うためにはより多くの CO<sub>2</sub> 観測による炭素循環の解明が必要である。本プロジェクトでは、特に観測が不足している上空の CO<sub>2</sub> 濃度分布を明らかにするものである。

今年度も順調にデータが取得され、新たに改修された機体も含め CME の観測フライトは昨年末で 10000 以上、空港での鉛直プロファイルも 17000 を超えた。今年度はこれまでに最北のレイキャビクや、ソチなどの空港で初めて鉛直観測が実施されるなど観測航路は多岐にわたっている。ASE 観測は成田とシドニーの観測を中心に 20 年間の観測を継続してきた。これまではエル・ニーニョ時に大きな CO<sub>2</sub> 濃度上昇を示していたが、2013 年は大きなエル・ニーニョではないにもかかわらず大きな濃度上昇が認められ炭素循環が変化している可能性がある。20 年間の CH<sub>4</sub> 濃度時系列から年代によって異なる増加速度が観測されている。2012 年春から開始した高緯度地域での ASE 観測では、低緯度に比較して季節振幅が大きく位相が早い CO<sub>2</sub> 季節変化が観測された。これは地上付近の植物活動の光合成・呼吸活動の影響を受けた気塊の上空への輸送を反映していると考えられる。また、高緯度下部成層圏の N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub> の季節変動は対流圏とは大きく異なっていることも明らかになった。本プロジェクトの CO<sub>2</sub> 濃度分布は温室効果ガス観測技術衛星 GOSAT の検証・精度向上にも役立てられており、将来の打ち上げが計画されている GOSAT2 にもデータが利用される見込みである。

今年度は「第 40 回環境賞 環境大臣賞/優秀賞」と「第 19 回日韓国際環境賞」の 2 つの賞を受賞し社会にアピールできた。CONTRAIL のステッカーを作成したほか、JAL 機内誌 Skyward、GRENE ニュースレター、国立環境研究所広報紙環境儀、機内リーフレット等の機会を利用してプロジェクトの紹介を行った。2014 年度は国際的な取り組みもいくつか予定されている。5 月にはヨーロッパの民間航空機を用いた観測プロジェクト IAGOS の 20 周年記念シンポジウムにて本プロジェクトから 3 件の発表予定。6 月には Boeing 社と FAA の ecoDemonstrator 飛行に本プロジェクトで開発された観測装置が搭載される予定である。

今年度も着実に進展したと考えているが、より大きな成果に向けてプロジェクトを今後も継続・拡大する努力が必要であるのでご協力をお願いする。

●ASE データは観測後どのくらいで利用可能か?⇒約 2 日後には分析は終了。観測データは品質評価後提供可能。

- IPCC では引用されているか?⇒直接の観測は引用されていないが、データを利用した論文はいくつか引用されている。
- 酸素/窒素比が炭素循環の解明に有効と聞いているが?⇒酸素/窒素比の観測は分子の分別が起きないような採取方法が必要とされる。分別の効果を補正する手法も開発されつつあるので今後検討していきたい。
- 例えばインドなど、観測地域をリクエストして大気採取を追加することは可能か?⇒技術的には可能。予算・観測機材の割り当て・分析などの調整次第。
- 2012 年から 2013 年にかけての CO<sub>2</sub> 濃度増加速度上昇は北半球高緯度で大きいように見えるが?⇒これまでの濃度変動傾向と異なっていると考えられるので解析を進めていきたい。
- 成層圏での季節変化の原因は?⇒夏の低緯度対流圏からの輸送が大きく寄与していると考えられる。一方、春の低濃度は上空の気塊の沈降によるものである。
- Boeing の飛行機に搭載する新しい観測装置はどのようなものか?⇒CO<sub>2</sub> 濃度に加え CH<sub>4</sub> 濃度を測定する装置である。現行 CME と同じ大きさとしてあり、将来の商用機への搭載を目指している。

#### CONTRAIL データと数値モデルを使って見えてきた地球表層の炭素循環 気象研究所海洋・地球化学研究部研究官 丹羽洋介

CONTRAIL データを使用して熱帯アジアの炭素循環について解析した結果を報告する。産業革命以降以降、化石燃料燃焼により大量の炭素が大気中に放出され、地球表層の陸上生物圏、海洋との炭素交換量（フラックス）にも変化が生じている。現在は陸上生物圏・海洋が炭素を吸収し、大気中の炭素増加量を緩和する働きをしているが、今後の環境変化にどう応答するか等についてはわかっていない点も多い。CONTRAIL と地上の CO<sub>2</sub> 観測データと合わせることでより多くの炭素フラックスに関する情報を引き出すことができる。観測されるのは CO<sub>2</sub> 濃度であるのに対し、求めたいものは CO<sub>2</sub> フラックスであるため 2 つを繋ぐものとして大気の流れを計算する数値モデルを使用する。初期 CO<sub>2</sub> フラックス推定値から計算された CO<sub>2</sub> 濃度分布と観測値とのずれを用いてフラックスを推定するのがインバージョン手法である。

解析では対流圏高度約 4km 以上の CONTRAIL データを使用した場合と地上データのみを用いた場合を比較してフラックスの分布と推定誤差の軽減率を求めた。華南地域、東南アジアなどで放出傾向が強まり、南アジアで放出が弱まるという結果が得られた。これらの地域では 30%以上誤差が軽減されている。季節変化について検討した結果、雨季・乾季の変化に対する植生 CO<sub>2</sub> フラックスの感度が大きいことが示されたが、現在の植生モデルの季節変化とは必ずしも整合していない。CONTRAIL データを用いた解析ではインドネシアのフラックスに大きなエル・ニーニョ現象と対応する大きな経年変動が認められた。熱帯では空気が上空に速く輸送されるので、上空の観測により地上観測よりも効率的にフラ

ックス変動のシグナルをとらえられる可能性がある。

JAL データを使ったフラックス解析は IPCC の炭素循環に関する第 6 章でも引用されている。今後、データをより有効に使用するために、小スケール現象に対応したモデルの高解像度化、モデルの相互比較実験、GOSAT2 などの衛星データへの応用等に取り組んでいきたい。

- モデルの解像度はどのくらいか?⇒約 240 km 格子で積雲パラメタリゼーションを使用している。
- 海洋の CO<sub>2</sub> フラックスのパターンは?⇒海洋観測をもとにしている。
- 地球システムモデルの精度向上には観測データをもとにした季節振幅・位相の検証が重要。
- フラックスの解析誤差はどのようにして求めているのか、また離れた場所でも誤差が軽減されているのはどうしてか?⇒誤差は初期フラックスの誤差と観測とモデルの代表性誤差を加味して計算している。上空を通じた輸送により離れた地域のフラックス見積もりにも有効。どこで観測を行えば良いか判断する材料にもなる。
- 森林火災の影響は?⇒森林火災は別途見積もったものを初期推定値として入力している。今回の解析では年々変動について森林火災の影響よりも陸域植生活動の変動が強く現れている。
- 環境省環境研究総合推進費にて来年度 CME 搭載機を 1 機増やし、観測を強化する予定。
- GOSAT2 と CONTRAIL との長所・短所は?⇒精度は直接観測である CONTRAIL の方が良い。空間的には GOSAT の方が平均化されたものになるのに対し、CONTRAIL は一点一点の値であるので数値モデルを用いて空間的違いを解消したいと考えている。
- 衛星観測は雲があると観測できない。また粒子状物質があるとバイアスを持つ可能性がある。CONTRAIL データが有効である。
- 最近インドのフラックスが注目を浴びているが、地上観測値は利用できないのか?⇒まだ、気象庁のデータセンターには入ってきていない。⇒インドのケーブ・ラマのデータは海洋性気塊の影響が大きいので、フラックス推定に用いるには注意が必要。
- 高解像度化することの意義と障害は何か?⇒植生データとのマッチングなどよりメカニズムに近い解析が可能になると考える。インバージョン解析では多くの計算資源が必要とされるので計算機環境の整備が必要。

#### [4] 総合討論

- ecoDemonstrator 飛行の経緯について : 787 への観測装置の搭載について Boeing 小林委員に相談したところ、次年度 787 デモ機を利用した ecoDemonstrator 飛行が計画されているとの情報提供があった。787 への測器搭載の実績を作り、将来の商用機 787 への搭載を目指す。FAA の許可も取って実施する。既に電磁波環境試験を実施している。
- emoDeomstrator 飛行は Boeing と FAA の共同プログラムで、環境にやさしい航空機開

発の技術テストが本来の目的。観測装置搭載に向けた研究者の要望・JAL 社の後押し・JAMCO 社の技術協力により、この一年で Boeing 社内技術者の CONTRAIL プロジェクトへの理解も進んだ。飛行の際にはサミットのようなもので社外へのアピールを行う考え。Boeing 社内で将来の装置搭載に向け検討に入る合意ができています。米国政府や米国運航会社との共同プロジェクトとなるとうれしい。

●JAL 社内ではシドニー線が 777 から 787 への切り替えが検討された。将来的にも路線によって機材の変更はありうる。技術的には 787 への搭載はまだハードルが高いが、将来の搭載に向けて協力したいと考えている。

●航空機以外の他の移動体用の自動観測装置の開発は?⇒航空機用は小型で高精度かつ外部環境の影響を受けないような要件が必要で最高水準のものになる。航空機用ができれば他の場所でも使用可能と考えている。

●鉄道等に搭載して観測することは可能か?⇒振動試験は実施済みで鉄道での運用に耐えられると考えられるが、実際に運用する場合には鉄道の振動状況を調べ試験する必要がある。

●新装置は CH<sub>4</sub> と CO<sub>2</sub> が測定対象だが、他のガス種や同位体はどうか⇒もともになる測定装置があれば開発は可能と考えている。ただし、耐空性試験を通すための改造が必要となる。将来的には搭載中にデータを地上に転送しリアルタイムで観測状況を確認できるようにしたい。

●次期温室効果気体観測衛星 GOSAT2 は 2018 年 1 月打ち上げ予定。現行の GOSAT に引き続いて CONTRAIL データを検証に利用する計画。運用は 2018 年度から 2022 年度までの予定なので、それまで CONTRAIL の観測を維持強化していただきたい。そうすれば、2022 年度で観測が 30 周年となる。

#### [5] ご挨拶 環境省地球環境局研究調査室室長補佐 竹中篤史

観測実績・活動報告等中身の濃い会議となったと思う。多くの関係者のご支援・ご協力でプロジェクトが継続できていることに感謝する。本プロジェクトは継続的広範囲の観測であるとともに、PR 効果も非常に高いことが特徴である。現在横浜で開催されている IPCC の作業部会の会見でパチャウリ議長は気候変動の知見は更新・活用しなければ意味がない旨発言されている。知見の強化には、本プロジェクトを始め日本のさまざまな継続的な観測が貢献している。気候変動の取り組みはなかなか一般的な認知度が低いですが、本プロジェクトでは広報活動にもさまざまな手法で取り組んでいることを評価したい。今後も観測を継続し有用なデータを提供できるように環境省としても支援していきたい。

昨年特別塗装機の見学の際に観測実施には多くの関係機関の努力・予算が必要であることを改めて認識した。モニタリングは比較的地味で予算確保に苦勞しているが、引き続き財務省等へ必要性をしっかりと説明し予算の確保に努めたい。

#### [6] 閉会 公益財団 JAL 財団常務理事 松本仁広委員

興味深い報告と活発な議論に感謝する。

次回委員会は2015年3月20日（金）開催予定。