



世界のなかの CONTRAIL

日本の航空業界と研究者が実施する CONTRAIL ですが、その活動は日本国内に限定されたものでなく、色々な形で世界とつながっています。具体的には、次の3つのつながりを挙げることができます。

第一に、観測は世界各地の空を対象としていることで、国境を越えたグローバルな観測になっていることを挙げることができます。

第二に、CONTRAIL が積み上げてきた観測技術や観測データは日本国内だけでなく広く海外の人たちにも公開・利用されているという事実があります。

第三に、海外の観測プログラムと競争と連携が絶えず繰り広げられていることがあります。ここでは、この第三のつながりに焦点を当ててみることにします。

ヨーロッパの観測

旅客機で継続的に大気を観測しているのは、世界を見渡すと実は CONTRAIL だけではありません。ヨーロッパでも旅客機による観測システムが稼働しています。

ヨーロッパにおける観測は、1990年代から通称 CARIBIC (キャリビック) と MOZAIC (モザイク) と呼ばれる2つの事業として実施されてきました。この二つは現在、IAGOS (イアゴス) という同一のプログラムのもとで継続されています。

CARIBIC は、Civil Aircraft for the Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrument Container の略称です。1999年に開始され、2005年から第2期に入りました。名称に civil aircraft という用語が含まれているとおり、民間 (ルフトハンザ航空) の旅客機を利用しているところが CONTRAIL と共通しています。一方、instrument container を利用していること、言い換えると観測装置をまるまる貨物コンテナに搭載しているところが CONTRAIL と違うところです。

重厚なヨーロッパ式と小型化の日本式、という対比が可能かもしれません。CONTRAIL の研究代表者を務める町田さんの言葉を借りると、CONTRAIL が「空飛ぶ実験室」なら、CARIBIC はもっと大掛かりな「空飛ぶ観測所」ということになります。

コンテナを利用することで、積み下ろしは従来の貨物と同じようにできますし、ざっと $3 \times 1.5 \times 1.5$ メートルほどの空間のなかに十数種類もの大掛かりな装置を搭載できるのです。しかも、通常の実験室と異なり無人で作動します。



貨物室に搭載されるコンテナには装置がびっしり。
(写真提供：CARIBIC)

このコンテナを毎月1回、3日間ほど旅客機に搭載し、その間、4回のフライトで観測します。このように、観測頻度の点では CONTRAIL や MOZAIC に比べて低いのですが、空飛ぶ実験室というだけあって、非常に多くの種類の成分を測るのが CARIBIC の特長です。多くの成分を同時に測ることで、例えば森林火災や火山噴火など特定の発生源がどのように上空の大気に影響を与えるかを空気中の成分比から詳しく調べることが可能となるのです。

CARIBIC の研究代表者はオランダ出身のカール・ブレニンマイヤーさん。ドイツのマックス・プランク研究所に籍を置くベテラン研究者です。CONTRAIL の研究者とは以前からやり取りを重ねています。また、2011年6月には日本に招かれ、CONTRAIL 観測に利用されている実物の機体や装置を見学したほか、プロジェクトの推



CONTRAIL をドキュメントする(DoCONTRAIL)

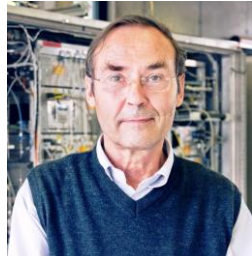


進委員会に特別ゲストとして参加しました。筆者もそのときに会いましたが、素顔は朗らかで親しみやすい紳士でした。そのカールさんが CONTRAIL について次のようにコメントを寄せてくれました。

システムとなっているのです。

マックス・プランク研究所
カール・ブレニンマイヤー

CONTRAIL はとても貴重な観測事業です。なぜなら、他では得られない太平洋上空の連続的なデータを生み出しているからです。さらに、アジアやヨーロッパなど上空にも観測網を広げています。



写真提供：CARIBIC

この 10 年間で明らかになったことがあります。それは、CO₂ の分布を正確に示すには多くのデータが必要であり、地上付近だけでなく、高緯度の自由対流圏や上部対流圏のデータも不可欠である、ということです。CO₂ の分布とその変化を示す詳細なモデルを作るために欠かせないデータを CONTRAIL が提供しているのです。

もうひとつ重要なのは、衛星による CO₂ 観測を CONTRAIL が助けていることです。衛星観測では雲が厚く覆っているときに観測が困難となりますが、その欠けた部分を CONTRAIL データで埋めることができます。さらに、衛星観測がより正しいデータを生み出すための検証に CONTRAIL が役立っているのです。

衛星観測の重要性は疑う余地がなく、そのデータへの関心は高いです。そして、そのため CONTRAIL のデータの重要性がさらに増すのです。日本で衛星分野と CONTRAIL が非常にうまく連携しているのは特筆に値する素晴らしいことだと思います。生命と気候に関する諸問題の対策のために大気観測の重要性が大きくなる現代に、このような明快かつ戦略的に考え行動することは適切な対処です。

衛星というのは、それ自体も、また関係する装置たちも、耐用年数が限られて言います。一方、CONTRAIL のようなシステムは今後数十年にわたって大きく変えることなく続けることができるので、その重要性は根本的に変わりません。複数の機体に搭載し、フライト中の観測と採取を併用することで、あらゆる変化に対して強い

CARIBIC と並ぶヨーロッパの観測事業である MOZAIC は 1994 年から実施され、その正式名称は Measurement of Ozone and Water Vapor on Airbus in-service Aircraft です。運航中の旅客機に観測装置を常時搭載するという点に CONTRAIL との共通点があります。一方、オゾン(O₃)、水蒸気(H₂O)、一酸化炭素(CO)、窒素酸化物の総量(NO_x)を観測対象としているところが CONTRAIL と異なる特徴です。

CARIBIC と MOZAIC の両方の系譜を包み込む形で現在動いているプログラムが IAGOS (In-service Aircraft for a Global Observation System)です。2011 年から始まった新たな IAGOS 観測では、機首(操縦席の床下部分)に小型の観測装置を搭載する方式を採用しています。小型化という点では CONTRAIL に近い発想と言えそうです。

観測する対象は、前述の MOZAIC が対象とした成分に加えて、CO₂ など温室効果ガスの観測が計画されています。ヨーロッパを起点とする航路で観測するので、アフリカ上空など、これまで CONTRAIL が重点的に観測してきたのと異なると場所で継続的な観測ができるようになります。新たな IAGOS による CO₂ の観測データが蓄積されれば、CONTRAIL と合わせて、グローバルな上空の観測網が更に広がると期待されています。

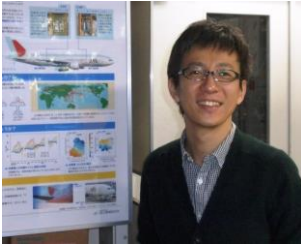
IAGOS の年次会合には CONTRAIL の研究代表者である町田敏暢さんがアドバイザーとして招待され、CONTRAIL の状況を報告するほか、IAGOS の観測活動に関する助言を与えています。ヨーロッパと日本の民間旅客機観測事業は、お互いにライバルとして競争しつつ、人類の大きな目的のために協力し合うという健全な関係にあるということもできるのです。

人が結ぶ空の観測

CONTRAIL と世界のつながりを、身を持って示す人がいます。梅澤拓(うめざわ たく)さんです。



CONTRAIL をドキュメントする(DoCONTRAIL)



梅澤さんは、修士課程の学生として2004年に東北大学の中澤さんが率いる研究室の門を叩きました。メタンの同位体を測るシステムを立ち上げるた

めの研究に修士課程の2年間を費やした梅澤さん。作り上げたシステムを使って更に研究を深めるためにそのまま博士課程に進みました。そして、CONTRAILで採取された空気サンプルを分けてもらい、メタン同位体の動きを追いました。

メタンの同位体比を見ることで、大きく分けて3種類の放出源が分かるそうです。第一に、同位体比が低い場合は、湿地、水田、埋立地など嫌気性の微生物が活動する場所です。第二に、同位体比が中くらいの場合は、石炭の採掘や天然ガス(メタン)輸送における漏れと分かります。第三に、同位体比が高い場合は、森林火災などバイオマス燃焼が原因で、一酸化炭素とともにメタンが多く放出されます。

水田が多い南アジアや東南アジア起源の空気はメタン同位体が高いことが、CONTRAILのサンプルを測った梅澤さんらの研究で初めて示されました。特に夏には、この同位体比の低い(主として水田から発生した)メタンの濃度が上空で高くなります。これは、地表付近の空気が、強い上昇気流によって一気に上空高く昇るためです。地上や船舶の観測データと合わせて分析すると、このような立体的な空気の動きを捉えることが可能となります。その際に、同位体比の精密なデータによって発生源を特定できる、というのが梅澤さんらの研究のポイントです。

さて、そのようにCONTRAILとの協力で2009年に博士号を取得した梅澤さんは、その後、縁あって何とヨーロッパに渡り、CARIBICに従事することになりました。その興味深い経緯を見てみましょう。

梅澤さんはCARIBICのことを以前から知っていました。また、カールさんはかつてニュージーランドで同位体の研究をしており、大気中の同位体研究の分野では有名な人でしたので、梅澤さんもカールさんの論文を大学院時代に読んで知っていました。ただ、直接の接点はありませんでした。

カールさんは2010年頃から温室効果ガスの測定をできる人材を探していました。それを聞いたCONTRAILの研究チームは、博士号を取った後も研究員として東北大学に残っていた梅澤さんが適任ではないかと考え、推薦しました。研究者同士で日頃からお互いに情報交換をしていたことが、このような人材探しにも役に立ったのです。

そして、前述のとおり2011年6月にカールさんが来日した際、カールさんと梅澤さんは直接会って話し(事実上の面接選考?)、採用が決まったのです。その年の10月に梅澤さんはドイツに渡り、マックス・プランク研究所で働き始めました。

第2期のCARIBICで温室効果ガス観測を作り上げた前任者がマックス・プランク研究所から去ることになり、その仕事を引き継ぐのが梅澤さんの最初の役割でした。従って、着任当初から、毎月持ち込まれる空気の試料を事前に組んだスケジュールに沿って分析する仕事をずっと続けています。出張や休暇などは、この基本スケジュールの合い間を縫って組まなければなりません。

そして、梅澤さんは温室効果ガスだけでなく、オゾン層破壊の原因となる塩化メチル(CH_3Cl)という気体にも取り組むようになりました。塩化メチルの最大の放出源は熱帯林と考えられており、大気中の濃度はおよそ550pptほどです。1立方メートルのなかに0.55ミリリットルしかないというごく少ない量しかありません。約400ppmの CO_2 とは6桁異なり、大まかに言うと100万分の1近くしかないことになります。

CARIBICのデータは膨大で、そのすべてをまとめるには人手が足りません。温室効果ガスに比べてこれまで研究がまだ乏しい塩化メチルをぜひ扱いたいと以前から考えていたカールさんの意向と、新しいことに挑戦したいという梅澤さんの気持ちが一致し、塩化メチルの観測とデータ分析が本格的に始まりました。

温室効果ガスの寿命が比較的長いものに対して、塩化メチルは変化が激しく、大気化学研究としての興味をそそられるそうです。また、温室効果ガスの大きな放出源が、人間の経済活動の盛んな北半球の中・高緯度であるのに対して、塩化メチルは熱帯が主な放出源です。両者の共通点と違いを見つけれられるのが面白いと梅澤さんは言います。



CONTRAIL をドキュメントする(DoCONTRAIL)



ドイツ語での日常生活や食生活には多少の戸惑いがあるものの、自由な研究環境にはとても満足していると梅澤さんは笑顔で語ります。ちなみに研究所のなかでは英語が共通語なので問題ないそうです。

CONTRAIL と CARIBIC の関係について梅澤さんは次のように言いました。「CO₂ 観測では間違いなく CONTRAIL が世界の中で独走してきました。データが多く蓄積され、炭素循環の解明に貢献しています。一方、CARIBIC は大気中で化学反応を起こす気体の観測に強みがあり、CONTRAIL とは分業のような形になっています。CO₂ の変化を見るときに他の気体成分からヒントが得られることもあるので、CONTRAIL でも今後、多くの成分を測る方向に展開するのを楽しみにしています。アジアで継続的に観測できるのが CONTRAIL の強みですので、温室効果ガスに他の汚染物質も加えた広範囲かつ多成分の観測研究が進展するのを期待しています。」

日本とヨーロッパの大気観測研究の架け橋として(?)ドイツに羽ばたいた梅澤さんだけに、壮大で視野の広いコメントで取材を締めくくることができました。そして、その輝く瞳と笑顔が深く印象に残りました。