



陸別町（北海道）の星空：見上げれば、幾多の星の光が落ちてくる

2017年2月号 [Vol.27 No.11] 通巻第314号

地球温暖化対策の長期目標を考える パリ協定の「1.5°C」、「2°C」目標にどう向き合うか？ — 環境研究総合推進費S-10プロジェクト公開シンポジウム会合開催報告 —

社会環境システム研究センター 広域影響・対策モデル研究室 主任研究員 高橋潔

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと [20] 競争から協調へ—CO₂濃度の観測における空白域を埋めていくために—

地球環境研究センターニュース編集局

ロシア・サンクトペテルブルグで地球観測の成果を発表 —第13回地球観測に関する政府間会合参加報告—

地球環境研究センター 交流推進係（兼務：GOSAT広報チーム） 広兼克憲

宙（そら）、生徒、研究者。それぞれの純粋さ。星空が美しい町、陸別での出前授業。

地球環境研究センター 衛星観測研究室 高度技能専門員 石澤かおり

【最近の研究成果】 体内でビタミンDを生成するための紫外線の有害性を考慮した有効な紫外線照射時間の推定

地球環境研究センター 地球環境データ統合解析推進室 高度技能専門員 宮内正厚
地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 主席研究員 中島英彰

地球温暖化対策の長期目標を考える パリ協定の「1.5°C」、 「2°C」 目標にどう向き合うか？

—環境研究総合推進費S-10プロジェクト公開シンポジウム会合開催報告—

社会環境システム研究センター 広域影響・対策モデル研究室 主任研究員 高橋潔

1. はじめに

地球温暖化対策の新たな国際的枠組み「パリ協定」が2016年11月4日に発効しました。パリ協定では、世界平均気温の上昇を工業化前を基準に2°Cより十分低く保つとともに1.5°Cに抑える努力を追求する目標が合意されました。2°Cあるいは1.5°Cに気温上昇を抑えることで、どのくらいの影響を抑制できるのでしょうか。そのためには、どのような対策が必要で、また、それらの対策に副作用はないのでしょうか。

これらの問いに取り組むべく、環境省環境研究総合推進費S-10プロジェクト（気候変動リスク管理戦略の構築に関する総合的研究〔略称：ICA-RUSプロジェクト〕）では、2012年6月以降、国内13研究機関から80名以上の参画を得て、研究を進めてきました。研究期間の最終年度を迎えるにあたり、プロジェクトで得られた成果をふまえ、パリ協定の長期目標との向き合い方について市民とともに考える表題のシンポジウムを、11月21日（月）に東京大学伊藤国際学術センター伊藤謝恩ホールで開催しました。本稿では、会合開催報告として、第一部での4名の演者による講演ならびに第二部でのパネルディスカッションについて、その概要を紹介します。なお、当日の講演スライドについてはシンポジウムウェブサイト^[1]にて閲覧可能です。

2. 第一部：ICA-RUSプロジェクト研究チームによる話題提供

会合冒頭、竹本明生氏（環境省地球環境局研究調査室長）による開会挨拶がありました。本シンポジウムの直前、11月7日～18日に、国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第22回締約国会合（COP22）がマラケシュ（モロッコ）で開催されましたが、竹本氏は同会合に政府代表団の一員として臨んだ後、帰国直後のシンポジウム参加となりました。11月4日のパリ協定発効、11月8日の我が国のパリ協定締結、同じく11月8日の米国大統領選でのトランプ氏の勝利など、COP22に前後して大きな出来事が続いたものの、COP22では、パリ協定の実施ルール作りに関する交渉が行われるとともに、各国からはパリ協定の発効をふまえての温暖化対策の取り組み強化に向けた発信があるなど、一定の成果が得られたそうです。ICA-RUSプロジェクトの取り組みは、パリ協定の下で5年ごとに世界全体の温室効果ガス排出量や温暖化対策の評価が行われるグローバルストックテイクや気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第6次評価報告書への反映など、中長期的観点から世界の気候変動対策に貢献しうるものであると、竹本氏は期待を示しました。

続いて、江守正多S-10プロジェクトリーダー（国立環境研究所地球環境研究センター気候変動リスク評価研究室長）により、「パリ協定の長期目標をどうとらえるか？—ICA-RUSプロジェクトの成果より」というタイトルで発表がありました。2015年9月に「地球規模の気候リスクに対する人類の選択肢第1版」（選択肢第1版）^[2]として発表した研究成果と、パリ協定の合意、発効を受けた長期目標の捉え方についての論点提示がありました。選択肢第1版の要点は以下の通りです。

- 工業化以前からの世界平均気温の上昇を50%程度の確率で1.5°C、2°C、2.5°C以下に抑えるための排出経路を緩和目標として掲げ、影響評価と対策評価の両面から、不確実性を考慮しつつ比較を試みた。
- 地球規模リスクの観点からは、1.5°C、2°C、2.5°Cの目標間の差は不確実性の幅よりも小さいため、そのいずれを目指すかという選択よりもむしろ、大きな方向性としていずれかに確実に向かっていくこと、および不確実性への対処を考えることが重要である。

- 一方、各目標を達成するために必要な緩和策および経済コスト等は目標間の差が顕著であった。特に厳しい目標では、バイオマスCCSの大規模導入が食料生産や生態系保全と競合する等の懸念がある。
- ただし、この結果は緩い目標が望ましいことを必ずしも意味しない。ティッピングエレメント（後述）の検討がより進むと、目標間の影響の差がより重要となる可能性があるし、対策コストを計算するモデルの限界にも注意が必要である。また、望ましい目標は価値判断に依存する。

パリ協定の合意を受けてさらに考察を進めた結果として、以下の認識が示されました。

- 「大きな方向性としていずれかの目標に確実に向かうこと」には「今世紀後半の温室効果ガス排出量正味ゼロ」（以下では「ゼロ排出」と略）が相当し、「不確実性への対処」には、今後実際に生じる気温上昇傾向に基づく「学習」（観測情報の蓄積・更新をふまえた不確実性幅の軽減）、および気候工学の（副作用、ガバナンス、倫理的側面も含めた）検討・準備があげられる。
- もしも実際の気候感度が高く、ゼロ排出を達成しても2°C、1.5°Cを超えることがわかった場合には、「なぜ2°C、1.5°Cなのか」の深い再考が必要。
- ゼロ排出の達成方策は、気候政策に限定せず、より広い「持続可能性政策」の中で考えるべき。

江守氏の講演は、「2°C・1.5°Cは本当に必要なのか？なぜ必要なのか？」という問いは今後何度も再燃するはずである、とのメッセージで締めくくられました。

次に、鼎（かなえ）信次郎S-10-3テーマリーダー（東京工業大学・教授）により、「今世紀の排出が1000年先の未来を決めるーティッピングとは何か？」というタイトルでの講演がありました。気温上昇が、あるしきい値（ティッピングポイント）を超えると、地球の気候を構成する要素（エレメント）に質的かつ急速な変化（ティッピング）が生じる可能性があります。ティッピングエレメントの例としては、数百～千年スケールでのグリーンランド氷床の大規模融解などがあり、いずれも地球環境に重大な変化をもたらす得ます。講演では、パリ協定の気温目標を満たしてもしきい値を超えうるティッピングエレメント（北極海夏季海氷の消失、アルプス氷河の消失、サンゴ礁の白化、グリーンランドと南極氷床の融解）があること、気候変動政策が進まなかった場合に発現可能性がかなり高くなるティッピングエレメントが存在すること、ただし、いずれのティッピングエレメントの理解もまだ不十分であり科学的理解を深めるための研究の継続が必要であることが、結論として述べられました。

続いて森俊介S-10-4テーマリーダー（東京理科大学・教授）により「大規模緩和策は何をもたらすか？ーネガティブエミッション／気候工学の波及効果」のタイトルで、大規模緩和策により生じうる波及効果とパリ協定の気候目標の実現可能性について、ICA-RUSプロジェクトの研究結果を交えた説明がありました。2°C・1.5°Cといった気候目標の達成には、21世紀前半から大規模な緩和努力が必要であり、今世紀後半には世界の温室効果ガス排出と吸収を、差し引きでほぼ0にするほどの大規模な緩和策の実施が求められていること、一方でそれらの大規模緩和策は様々な形で悪影響を及ぼし得ることについて説明がありました。また、気候目標の実現の可否は、世界が持続可能な社会を志向するかどうかの基本的な価値観に依存することが強調されました。

第一部の最後には、藤垣裕子S-10-5テーマリーダー（東京大学・教授）により「国際合意と社会的合理性：目標選択における社会の判断」のタイトルでの講演がありました。パリ協定に対する日本政府の対応は、市民の意見・判断を反映したものであることが求められますが、一方で、気候問題は市民が各自の意見をもつことが難しい問題でもあっても、これまで多く指摘されてきました。講演では、気候問題への市民の理解には、①メカニズムの理解、②影響の理解（例：2°C上昇の意味）、③対処の理解（例：自分たちが負うべき負担・責任）があり、そのうち日本の専門家や政策決定者には①と②を重視する傾向が、日本の国民には③を重視する傾向があることが、研究で得られた知見として示され、両者のギャップを埋め倫理的課題を整理・検討する媒介専門家の必要性が指摘されました。

3. 第二部：パネルディスカッション

シンポジウム後半には、講演者3人と滝順一氏（日本経済新聞社・編集委員）をパネリスト、江守氏をコーディネーターとして、パネルディスカッションが行われました（写真）。最初に滝氏から、温暖化リスクの構造を理解し対策の選択肢を示すというICA-RUSの目的に関して、リスクと対策を伝えるだけでは不十分で、未来へのビジョンの共有が伴わないと合意形成には至らないのでは、との問題提起がありました。また、未来へのビジョンは社会階層等に強く規定される側面があり、社会の分断化が進むとビジョン共有がより困難なものになるとの懸念も示されました。加えて、社会の分断化が合意形成の難しさと呼び、さらなる分断が引き起こされる、後戻りのきかないような状態が生

じているのではないか（社会の分断化にもティッピングに相当するものがありうるのではないか）との考えが示されました。それらの懸念を表明したうえで、持続可能な社会という共通目標の下で何らかの合意ができるなら、それが問題解決への鍵となるのかもしれないとの希望についても言及がありました。

滝氏の指摘に対して、社会の分断化が加速するティッピングが生じうる一方で、逆に脱炭素社会が加速するティッピングもありえ、例えばそのきっかけは、先進国と途上国の対立という分断をある程度つないだパリ協定の下、先進国の支援を活かし途上国でも低炭素エネルギー化が加速する、といったことかもしれないという見解が江守氏からは示されました。

続けて、会場に質問・意見を募っての討論が行われ、予測の不確実性の下での対策の議論・実施には難しさがあること、悪影響だけでなく好影響についても見落とすべきでないこと、温暖化対策が途上国の経済発展を阻害し格差を拡大するものであってはならないこと、国民に向けて専門家が示すリスク情報・対策情報の内容や伝え方に工夫が必要であることなど多岐にわたり、パネリストと来場者の間で有意義な対話を行うことができました。



写真 シンポジウム後半のパネルディスカッションの風景。パリ協定・2℃目標については社会的な注目度も高く、来場者からの発言も多かった

4. おわりに

ICA-RUSは2017年3月にその5年の研究期間を終えます。研究期間の終了時には、選択肢第1版を更新・拡張し、選択肢最終版レポートの作成・公表も予定しています。当該レポートは、今回のシンポジウムでの講演内容やパネルディスカッションでの議論もふまえた形で作成されることとなります。引き続き、ICA-RUSの活動にご注目頂けますようよろしくお願いいたします。

脚注

1. <http://www.nies.go.jp/ica-rus/symposium2016/index.html>
2. <http://www.nies.go.jp/ica-rus/report/version1/index.html>

インタビュー「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

20 競争から協調へ—CO₂濃度の観測における空白域を埋めていくために—

町田敏暢さん

地球環境研究センター 大気・海洋モニタリング推進室長

インタビュー：白井知子さん（地球環境研究センター 地球環境データ統合解析推進室 主任研究員）

地球環境研究センターニュース編集局

インタビュー

「地球温暖化の事典」に書けなかったこと

[一覧ページへ▶](#)

国立環境研究所地球環境研究センター編著の「地球温暖化の事典」が平成26年3月に丸善出版から発行されました。その執筆者に、発行後新たに加わった知見や今後の展望について、さらに、自らの取り組んでいる、あるいは取り組もうとしている研究が今後どう活かされるのかなどを、地球環境研究センターニュース編集局または低炭素研究プログラム・地球環境研究センターなどの研究者がインタビューします。

第20回は、町田敏暢さんに、二酸化炭素の観測や炭素循環に関する研究の進展についてお聞きしました。



「地球温暖化の事典」担当した章

2.1 二酸化炭素

目次

1. CO₂を観測する研究室に入ったきっかけ
2. 南極氷中の空気から過去のCO₂濃度を測定する面白さとプレッシャー
3. 信頼できる観測データでモデルを検証
4. 観測の空白域を埋める動き
5. 競争から協調へシフトするCO₂観測
6. パリ協定における観測研究のチャレンジ

7. トップダウン・アプローチとボトムアップ・アプローチが同じ土俵にのる
8. CO₂、炭素循環研究の面白さと難しさ
9. CO₂の研究分野を引っ張る日本のリーダーを育てたい

CO₂を観測する研究室に入ったきっかけ

白井 『地球温暖化の事典』のなかで、町田さんは二酸化炭素（CO₂）について書かれています。CO₂は、主要な温室効果ガスとして現在は注目を集めていますが、昔からそうではなかったと思います。しかし、東北大学の田中正之先生、中澤高清先生はあまり注目されてなかった1970年代からCO₂の研究を進めておられました。町田さんは中澤研究室のご出身ですが、CO₂に関する研究をされるようになったきっかけについて教えてください。



町田 私が東北大学でどうしても中澤研究室に入ろうと思ったかをお話します。大学の地球物理学科では、コンピュータでいろいろ計算をしたり実験室で実験したりする人がいました。でも、私は外に出て、自分で地球の大気のパラメータを採りたかったので、CO₂を測っている研究室に入りました。当時、CO₂観測の分野で日本は決して最先端ではありませんでしたが、世界に追いつこうという気概をものすごく感じる研究室でした。それを学生のときに感じられたのはありがたかったと思っています。さらに追いつくだけでなく、飛行機観測を始めようとか、他の国や研究機関よりも高い精度で測ろうという、日本のオリジナルのことを進めようという雰囲気もありました。

厳しい面もありました。CO₂観測は1、2回測ってその成果が論文になるというものではありません。それはCO₂が長寿命気体であるがゆえの宿命で、大気中のわずかな季節変動や経年変動をきちんと観測して、それを読み取って、そこから新しいことを発見していくのに、どうしても長期間測らなければならないのです。私のいた研究室では、じっくり測ってきちんとデータを出してしっかりした解析をしないと、学会発表をさせてくれませんし、論文も書かせてくれませんでした。そういう部分は今でも変わっていませんが、評価として論文の数を競う時代になり、長寿命の気体の観測をしている研究者はちょっとハンディがあるなと感じています。とはいえ、誰も見たことがないデータを採るのが、これからも炭素循環の解明にとって大事だと思っています。

南極氷中の空気から過去のCO₂濃度を測定する面白さとプレッシャー

白井 CO₂に関する研究で、町田さんが初めて面白いなと思った瞬間というのはどういうときでしたか。

町田 大学院の学生の頃、過去のCO₂濃度を測るというテーマを与えられました。具体的には、南極の氷（アイスコア）のなかから空気を取り出してCO₂濃度を測るという方法ですが、一点のデータをプロットするのに時間も労力も体力も使います。東京に出張し、国立極地研究所でサンプルをいただき、空気を取り出して仙台に持って帰ってきて、ガスクロマトグラフィーにかけます。現在の大気中CO₂濃度がどれくらいかはわかっていますから、測った濃度がそれより低くなったときにはガッツポーズができました。また、世界でまだ何人も過去のCO₂濃度を測ってなかったのが、学生でも世界の研究グループのなかで少し貢献ができたかなと思ったときは嬉しかったです。

白井 南極観測に行っている人たちが氷のサンプリングをしてくれ、それを持ち帰り国立極地研究所できちんと品質管理して、町田さんが分析してはじめてCO₂濃度のグラフを描けるわけです。そのコーディネートがものすごく大事だと思います。

町田 一度も南極に行ったことがない自分がサンプルをもらって分析するというプレッシャーと、アイスコアはほんの少ししかサンプルをとれないので、汚染して分析に失敗すると採ってきてくれた人に申し訳ないという二重のプレッシャーもありました。国立環境研究所（以下、国環研）に来てからは、自分でサンプルを採りに行けるようになりました。白井さんとお話していて気づいたのは、学生の頃の気持ちがあったから余計に今、自分で採取したいと思うのかもしれない。また自分でサンプルを採ると、データへの信頼度が全く違ってきます。

信頼できる観測データでモデルを検証

白井 どんどんサンプリングの方に軸足が移っているようですが、解析に関してはどう考えていらっしゃるでしょうか。

町田 コンピュータのフォワードモデルで再現した結果と実際の観測がどれくらい合っているかというのは、私たちが見なければいけないと思っています。自分が測ったものがどこまで信頼できるかというのは自分が一番よくわかっていますから。



白井 観測した自分のデータに関する解析の結果は集まってきますが、逆は真ではありません。解析をしていると、測定値の信頼性については、観測者からの報告を信じるしかないことが多いです。

町田 どれだけのモデラーがそう思っているのでしょうか。白井さんは観測をやってきた人だからそう思ってくれるのでしょうかね。

観測の空白域を埋める動き

白井 “二酸化炭素”の章の最後に、炭素循環における海洋と陸域生態系のフラックスの定量化については高度なテクニックが増えてきているけれど、観測値が圧倒的に足りないと書かれています。観測サイトを一つ増やすのはとても大変なことなのですが、観測値が増えると解析結果が大きく変わってきます。CO₂観測ネットワークのなかで、世界的に観測の空白域を埋めていく動きはどんなふうに進んでいますか。

町田 『地球温暖化の事典』を書いたときには温室効果ガス観測技術衛星「GOSAT」がまだ本格的な観測をしてなかったと思いますが、2009年に打ち上げられたGOSATが予想以上に高い信頼度でデータを出すようになるなど、衛星観測の発展が一番進んだところだと思います。とはいっても、GOSATでも観測できないところもありますし、観測精度には限界があります。また、バイアス（系統誤差）問題はどうしても課題となります。衛星は非常に有力なツールではありますが、それだけでは空白域を埋めるのにまだ完全ではありません。GOSATの場合、雲が多い熱帯域、冬に観測ができない高緯度域などは観測の空白域です。ところが、熱帯林やシベリアの森林はCO₂の循環にとって大変重要な場所の一つです。国環研は、これらのように重要なところをGOSAT以外でもおさえようとしています。たとえば、20年くらい前にシベリア上空の温室効果ガスに関する航空機モニタリングを開始し、現在でも継続しています。

白井 国環研は、土地利用変化により熱帯林の減少が急速に進む東南アジアでも、温室効果ガスの大気中濃度や地上フラックス観測を始めていますね。空白域の中でも、日本からのアクセスが不便なアフリカや南米は、それぞれヨーロッパや北米の研究機関が進めているのでしょうか。

町田 そうです。私たちがアフリカや南米に行こうとしても時間や費用がかかってしまい、あまり現実的ではありません。

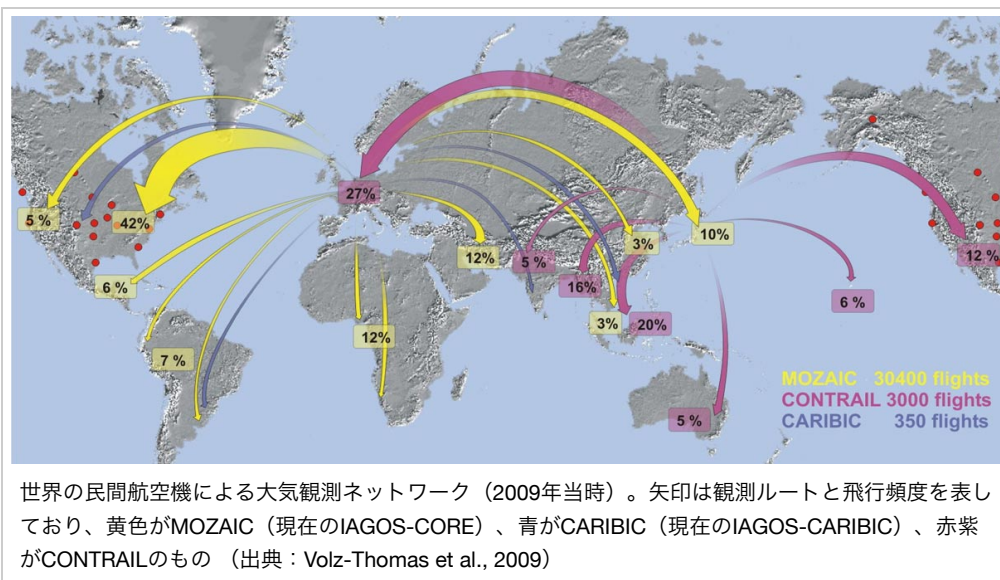
競争から協調へシフトするCO₂観測

白井 CO₂観測は全世界で一つのサイエンスを進めることですから、競争というより協力することが重要だと思っています。

町田 そのとおりです。私が学生の時も国環研に入った頃も欧米に追いつけという状況でした。競争することで技術が高まりますし、誰もやっていないところを観測するのはいいことですが、次は協調です。現在進めている、CONTRAILプロジェクト（国環研、気象研究所、株式会社ジャムコ、日本航空株式会社、JAL財団が共同で進めている航空機による大気観測プロジェクト^[注]）にしても、日本だけではなく、アメリカとヨーロッパが同じような観測をすることによって、世界全体をカバーするようなデータがやっと採れるのです。協調については、年齢を重ねて思うのですが、データを提供して貢献するという時代からもう一歩進まなければいけないと思っています。つまり、日本が何かの分野でイニシアティブをとって、引っ張っていかなければいけないなと思います。

白井 CONTRAILは、CO₂のデータ量にしても観測の継続性にしても、世界の研究者から高く評価されていると思います。南米でも、ブラジルが航空機観測を多少始めるなど、いろいろな動きがあるようですが、今後、ヨーロッパ、アメリカ以外のところで、どのように観測を進められそうなのかということにも興味があります。

町田 ヨーロッパはIAGOS（In-service Aircraft for a Global Observing System）というプロジェクトがあって、すでに航空機でオゾンを観測しています。IAGOSは、独自に観測装置を作って、ヨーロッパだけではなくアジアの航空会社にも載せていますから、世界中の観測ができつつあります。現在CO₂の観測装置も作っていて、彼らのCO₂観測装置の搭載許可が出れば、すごくいい観測ができると思います。私たちにとってはちょっと脅威ではありますが、早く一緒に進めたいとも思っています。



パリ協定における観測研究のチャレンジ

白井 この10年くらいで、CO₂フラックス分布がかなり数値化されてきました。

町田 でも、まだわからないことがいっぱいある分野だと思います。

白井 観測値が増えると、もしかしたら思いがけない現象が見えてくるかもしれませんね。

町田 その通りです。今までは陸上生態系に注目していました。これからも陸上生態系から興味深いデータがいっぱい出てくるかもしれませんが、それだけではなく、パリ協定にも対応していく必要があります。2015年の気候変動枠組条約第21回締約国会合（COP21）で採択されたパリ協定に基づき、各国がCO₂排出削減をしますが、観測がそれをどこまでおさえられるかチャレンジしなければいけないと思います。

白井 人為起源による排出をサイエンスのターゲットとして、そのシグナルをキャッチすることがもっと重視されてくるのでしょうか。

町田 かもしれません。社会的要請もあると思います。

白井 かなりチャレンジングですね。

町田 「フラックスが何ギガトンですよ」とまでは言えないと思いますが、ある国が、二つの年を比べて排出量が減りましたと発表したときに、「観測のほうからは、少なくとも減ったとは見えてない」とか、そういうことくらいは言えるかもしれません。

白井 そうなるとますます国際協調が重要になってきますね。

トップダウン・アプローチとボトムアップ・アプローチが同じ土俵にのる

白井 『地球温暖化の事典』の発行後、特に理解が進んだことは何でしょうか。

町田 最近やっとトップダウン・アプローチ（人工衛星や航空機などで測定した地球上の大気中CO₂濃度データから、大気の流れを再現する数値モデルを用いて、地球表面のどこでどれだけ吸収・排出があったかを逆算して推定する方法）とボトムアップ・アプローチ（現場の観測データを積み上げて広域化し、そこから地球全体の自然吸収量・排出量を求める方法）が比べられるようになってきました。合っているものと、どうか

な？というデータがありますが、少なくともトップダウンとボトムアップ・アプローチが同じ土俵にのせられるようになってきたのはすごいと思います。

白井 以前は、トップダウン・アプローチの研究者とボトムアップ・アプローチの研究者は、相手がどんなことをしているのか、お互いあまり理解していませんでした。

町田 空間分解能的にもまったく違うことをやっていたのですが、一緒に議論できる時代になってきたのが新しいところです。最近、研究者どうしの会話が増えてきました。生態系のプロセスの話など、今まで知らなかったことを聞くことができ、非常に楽しいです。



CO₂、炭素循環研究の面白さと難しさ

白井 学生の頃、過去のCO₂濃度が測定できたと思ったとき、とても興奮したとお話しされていました。現在、CO₂、炭素循環に関する研究で、最も重要と思われるのはどんなことでしょうか。また、最も難しいポイントは何かですか。

町田 一番難しいのは、さきほどお話ししたとおり観測の空白域を埋めることです。まだ観測地点は足りてなくて、一つのデータを採るのに苦労するところはたくさんあります。最初にお話ししたように、CO₂は長寿命気体なので、一定期間以上しっかりしたデータを採らなければいけないのが難しいところですし、重要なところでもあります。さらに測った場所での特有の炭素循環が解明できれば、それはまた面白いと思います。私の研究室の梅澤拓特別研究員がCONTRAILプロジェクトによるインドの観測結果に関する論文を書きました。彼は、インドでは冬小麦の栽培によって冬季にCO₂濃度が減少することを明らかにしました。現在、記者発表の準備をしています（12月1日に記者発表されました。<http://www.nies.go.jp/whatsnew/2016/20161201/20161201.html>）。

白井 ほかの化合物と比べてCO₂に関する研究が興味深いと思えるのはどういうところでしょうか。私は、CO₂の濃度には、植物起源も人為起源もどちらもとても影響力が大きいところに面白さと難しさがあると思っています。

町田 成分の話をする、CO₂は大気中で反応しませんから、CO₂が大気のトレーサーとして使えるというのが、副次的に面白いことだと思っています。対流圏一成層圏の大気交換や南北両半球の大気輸送をCONTRAILのCO₂濃度で明瞭に示せたことなどがその例です。

白井 それは私も非常に興味深い点だと思っています。

CO₂の研究分野を引っ張る日本のリーダーを育てたい

白井 町田さんの今後の目標はありますか。

町田 CO₂に関する研究で、協調して世界を引っ張っていきけるような日本のリーダーを育てたいと思っています。自分でやると言えないところが弱いのですが、国際会議に参加すると、結構若い人が発言してその場におけるさまざまな意見をまとめているのを見て頼もしく思います。私は、日本人があの中の一にならなければいけないと感じています。CONTRAILはいい観測をしていると周囲の人が言ってくれるのですが、自分が他国の研究者をリードしてまとめるところまではできていません。



白井 町田さんなら大丈夫ですよ。こんなに長くCO₂の生データを見続けている研究者は貴重な存在だと思います。

町田 そうかもしれませんが、引っ張っていくためにはもう一皮むけなければいけないと思います。CO₂の観測においては、たとえばチャールズ・デービッド・キーリングがCO₂濃度の計測を始めて世界をリードし、それを息子であるラルフ・キーリングが引っ張ってきました。さらに現在は彼の弟子も若手をまとめようとしています。そういうなかに日本人を入れたいなと思っていますし、そういう若手をサポートできればと思っています。

脚注

- CONTRAILプロジェクトについては、町田敏暢「CONTRAIL観測が10周年を迎えました」地球環境研究センターニュース2016年4月号を参照してください。

*このインタビューは2016年11月21日に行われました。

*次回は向井人史さん（地球環境研究センター長）に広兼克憲（地球環境研究センターニュース編集局）がインタビューします。

ロシア・サンクトペテルブルグで地球観測の成果を発表

—第13回地球観測に関する政府間会合参加報告—

地球環境研究センター 交流推進係（兼務：GOSAT広報チーム） 広兼克憲

1. はじめに

2016年11月8～10日、ロシア・サンクトペテルブルグで開催されたGEO-XIII（第13回地球観測に関する政府間会合）に参加し、国立環境研究所（NIES）は、Japan GEO（日本におけるGEOの活動）ブースにおいて、本会合参加者らに地球観測の成果等を報告しました。

GEO-XIIIの会場となったのはサンクトペテルブルグの郊外にある大きなホテルPark Inn by Radisson Pribaltiyskaya Hotelです（写真1）。展示準備も含め4日間ホテルに滞在しましたが、11月初旬にもかかわらず、最高気温がマイナスの日が続き、常に粉雪が舞う天候でした。市内を流れる川も凍っているため、積もった雪を流す場所もありません。



写真1 GEO-XIII本会合会場であることを横断幕で示したホテルの入り口

2. GEOとは

地球サミットから10年を経た2002年に開催された持続可能な開発に関する世界首脳会議（ヨハネスブルグ）や2003年G8サミット（エビアン）などにおける地球観測の重要性の高まりを受けて、2003年にワシントンで第1回地球観

測サミットが開催されました。2005年の第3回地球観測サミットでは、GEOSS10年実施計画（地球観測に係る長期計画）が策定され、「地球観測に関する政府間会合（GEO）」が設立されました。以降、定期的にGEOが開催され、地球観測をめぐる国際協力・連携・情報共有のため多くの国が政府代表団を組んで参加しています。

3. 国立環境研究所展示の概要

NIESは、Japan GEOの一員として、宇宙航空研究開発機構（JAXA）、海洋研究開発機構（JAMSTEC）とともに、ポスターや動画展示を行い、GEOが推進する地球観測の取り組みへの貢献を紹介しました。展示は、サイドイベントが行われた11月8日、および本会合が開催された9日と10日にかけて行い、本会合の休憩時間には、Japan GEOブース内において、参加した3機関がそれぞれ10分程度のショートレクチャーをしました。NIESからは、9日は野田響地球環境研究センター研究員が、10日は広兼克憲主幹が地球観測の成果として、温室効果ガス観測技術衛星「いぶき」の観測結果や今後の研究開発の見込みなどを紹介しました（写真2～4）。

地元ロシアや、中国、米国、EUなどがそれぞれポスターを主体とする出展を行っていましたが（写真5）、日本ブースのように研究者等が直接プレゼンテーションを行うやり方はしておらず、多くの参加者が足を止めて聴き入っていました。



写真2 野田響研究員がいぶきの概要と観測の仕組みを参加者にレクチャー



写真3 AR（拡張現実）技術を組み込んだポスターからiPadで動画を映し出していぶきの観測結果を説明



写真4 ブースを訪れ情報交換するGEO参加者（ネパール環境省職員（左））



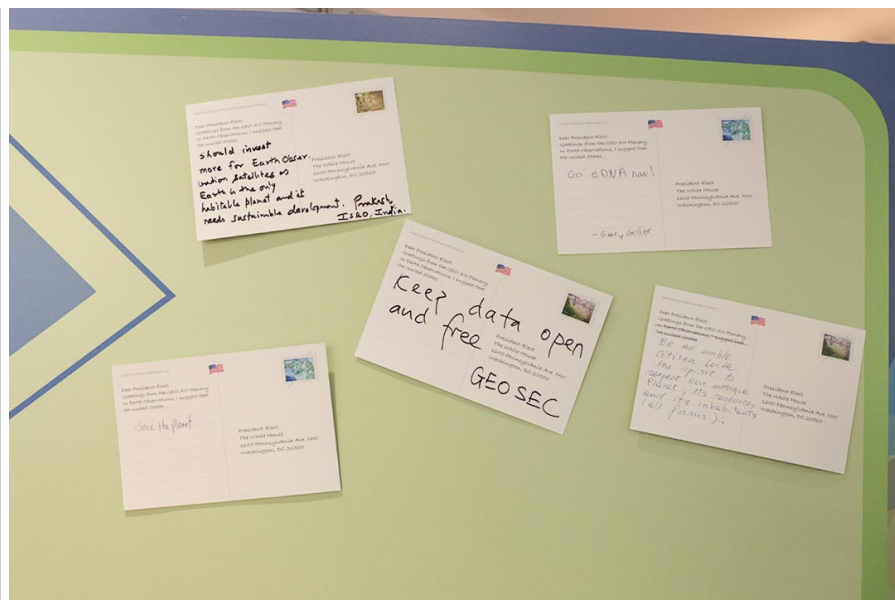


写真5 米国のブースでは新大統領（この時点で未定）へのメッセージを募集・展示していました（よく見るとSave the planetの一言が）



写真6 GEO-XIII本会合会場の様子

4. 所感

大きな国際会議でブース出展する機会が以前にくらべて多くなりました。GEO-XIIIと同時期にモロッコではCOP22が開催され、さらに大規模な日本政府ブースが出展されました。10年前と異なり、各国も展示やPRに力を入れ、工夫を凝らしているため、日本の出展が特に目を引くわけではありません。まだまだ日本の成果の見せ方には工夫の余地があると感じました。今後の地球環境研究センターの出展の進化にご期待ください。

略語一覧

- 地球観測に関する政府間会合（Group on Earth Observations: GEO）
- 国立環境研究所（National Institute for Environmental Studies: NIES）
- 複数システムからなる全球地球観測システム（Global Earth Observation System of Systems: GEOSS）
- 宇宙航空研究開発機構（Japan Aerospace Exploration Agency: JAXA）
- 海洋研究開発機構（Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology: JAMSTEC）
- 国連気候変動枠組条約（UNFCCC）第22回締約国会議（The 22nd session of the Conference of the Parties: COP22）

宙（そら）、生徒、研究者。それぞれの純粹さ。

星空が美しい町、陸別での出前授業。

地球環境研究センター 衛星観測研究室 高度技能専門員 石澤かおり

写真：地球環境研究センター 高度技能専門員 山田晋也

1. 陸別の星

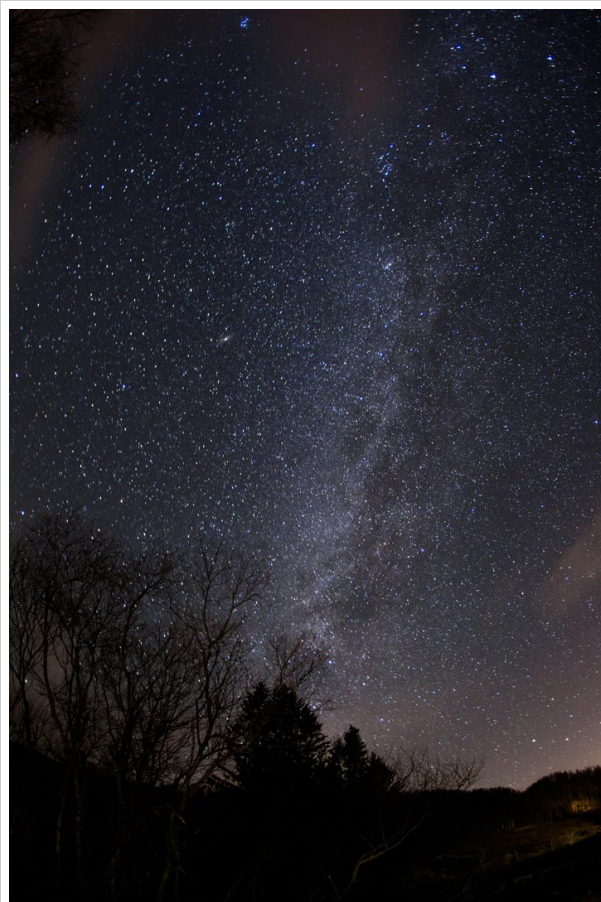


写真1 陸別で撮影した夜空

見上げれば、幾多の星の光が落ちてくる。夜空に燦然（さんぜん）とちりばめられた無数の星々。思わず息を飲む。

「陸別の人にとっては普通の夜空ですよ」と地元の人言う。

陸別町（北海道足寄郡）は、環境庁（現：環境省）より1987年度に「星空の街」に選定され、1997年度には「星空にやさしい街10選」に認定されている。晴天率が高く大気汚染も少ない。星と私たちの間にある空が、邪魔なものがなくとても澄んでいる。宇宙という存在をととても近く感じる。

このような陸別町の晴天率の高さ（夜間星空を観測できた日の率が1999年度63.7%）を活用した天体観測の施設として「りくべつ宇宙地球科学館（銀河の森天文台）」が1998年に建てられ、さらに美しい自然を守ることに貢献できる大気環境に関する観測室が同施設内に設置された。この観測室で名古屋大学宇宙地球環境研究所と国立環境研究所などが成層圏・対流圏の大気やオーロラ等の観測を行い、観測データによる研究を実施している。衛星観測センターの森野勇主任研究員は、地上設置のフーリエ変換分光計（FTS）による温室効果ガス観測網（TCCON）の陸別地点の責任者として、地元及び関係者の協力を得て2013年11月から同地での観測を行なっている。その関係から森野

主任研究員が陸別中学校にて出前授業を行うことになった。



写真2 りくべつ宇宙地球科学館（銀河の森天文台）

2. 陸別成層圏総合観測室

つくばと陸別のTCCON地点の観測運用は、GOSAT（温室効果ガス観測技術衛星、Greenhouse gases Observing SATellite、愛称「いぶき」）プロジェクトのサポートにより実施されている。GOSATプロジェクトは宇宙航空研究開発機構（JAXA）、環境省、国立環境研究所が共同で推進し、衛星を用いて全球の二酸化炭素やメタンの観測を行っている。この「いぶき」が宇宙から観測したデータを科学的に利用するためには、その不確かさ（「いぶき」データのTCCONデータからのズレと「いぶき」データのバラツキ具合）を明らかにすることが必要で、それを「検証」という。「いぶき」のデータとは異なる、地上や航空機による観測などによって独立に得られたより高い精度のデータを用いて検証が行われている。

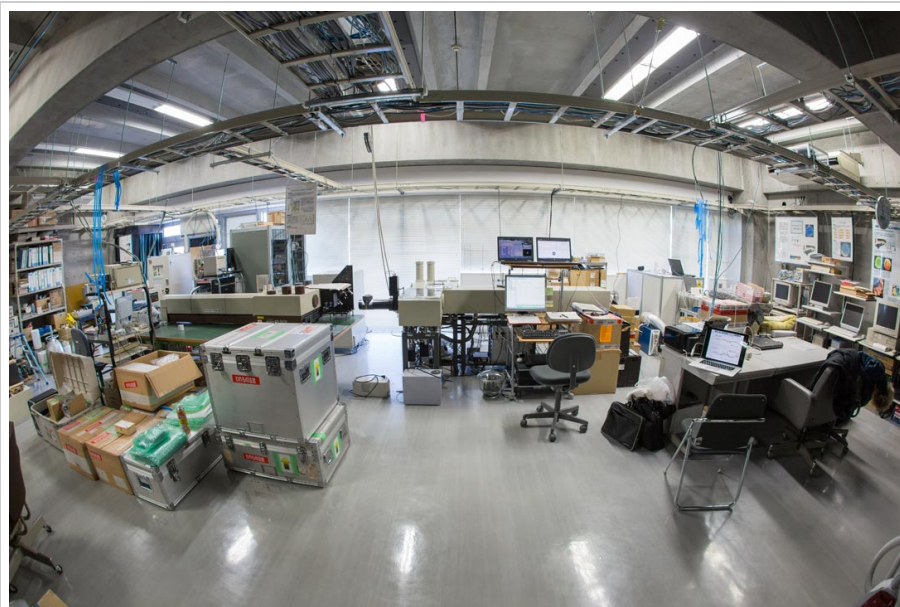




写真3 陸別成層圏総合観測室内部



写真4 高分解能フーリエ分光計（FTS）と観測データをチェックする森野主任研究員

写真5 観測室屋上に設置されたFTSの太陽光を入れる装置

陸別成層圏総合観測室で観測されたTCCONデータは、3年間の蓄積が行われており、すでに「いぶき」や米国のOCO-2（軌道上炭素観測衛星）の検証に用いられている。「宇宙を近く感じる」と先に書いたが、宇宙を飛ぶ人工衛星「いぶき」と陸別町には、研究という面においてもこのように深い関係がある。

3. 出前授業

11月26日土曜日。日本で最も寒い町の名に違わず、朝の外気温は -13°C 。森野主任研究員が陸別中学校で担当する授業は、1年生の1校時目。「おはようございます」森野主任研究員の元気な呼びかけに、1年生たちははにかみながらも澆刺（はつらつ）と答える。授業のタイトルは「日本の温室効果ガス観測技術衛星いぶき（GOSAT）の観測でわかったこと」。



写真6 授業を始める森野主任研究員

1年生が惑星の勉強をしているということで、地球以外の惑星に温室効果があるのかなど、生徒が興味を引く内容で授業を進めていく森野主任研究員。地球の大気の話が出たところでは、教室に設置したダジック・アースという球体スクリーンを使ったプロジェクションマッピングを使い、国際宇宙ステーション（ISS）から見た大気光やオーロラ

などを紹介した。



写真7 温暖化の基本的な説明に、熱心に聞き入る生徒たち



写真8 ダジック・アースを使って温暖化の影響を説明

温室効果ガスの基本的な概念をわかりやすく説明した後、いよいよ「いぶき」について解説。2009年1月23日の打ち上げ時の実際の動画を流すと、生徒たちは興味深く見つめた。なぜ人工衛星から温室効果ガスの濃度がわかるのかなどを、写真や図を使って解説し、生徒たちも熱心に聞き入った。



写真9 いよいよ「いぶぎ」を紹介

陸別町での「温室効果ガス」観測の取り組みと「いぶぎ」への貢献についての説明の部分では、陸別成層圏総合観測室に置かれた高分解能FTSによる観測の様子の写真を見せて説明することで、陸別町に暮らす生徒たちと陸別町で観測を続ける森野主任研究員との距離感がさらに縮まったように見えた。



写真10 ダジック・アースで「いぶぎ」の動画を動かしてみる

「いぶぎ」の説明が一通り終わったところで、生徒たちのワークタイムが始まった。ダジック・アースに投影された「いぶぎ」が観測したデータと地上データを用いて計算したデータ（L4B）を生徒自身が動かしたりしてそこから何を気づくかというワーク。ダジック・アースには、2009年6月から2012年10月までのデータが投影されている。生徒たちは実際にダジック・アースを動かして、北極や南極を見てみたり、北半球と南半球を較べてみたり、陸別のあちこちの場所をじっくり見つめたり、自由な感覚でデータを動かすという、初めての体験を満喫しているようだった。

ワーク中の森野主任研究員のアドバイスもあって、多くの生徒は、大気中における二酸化炭素濃度の季節変動などを実際に自分の目で気づいたようだった。「いぶぎ」の観測に関わる研究者から直接「いぶぎ」のデータを解説してもらい、自分たちがその「いぶぎ」のデータを自由に動かしてみる、そんな時間を生徒たちは純粋に楽しんでいるように見えた。



写真11 初めての体験に最初は緊張しながらも、楽しそうにデータを動かす生徒たち

4. さいごに

出前授業前夜に陸別の星空を撮影する際に、星が綺麗なことを野下純一陸別町教育委員会教育長に伝えたところ、「綺麗なのは星だけではない、陸別の人の心が綺麗なんです」と語られた。

これだけ綺麗な星空の下で育った子どもたち。その純粋さは授業を受ける横顔からも伝わった。一方で、純粋に研究に打ち込む姿、真の研究者の姿、というものも森野主任研究員の授業を通して、生徒たちに十分に伝わったのではないかと思う。

1年生たちはとても静かな雰囲気ではあったが、授業が終わる頃には、森野主任研究員とどこか純粋な部分で強い絆ができていたのではないかと感じさせる、心あたまる光景を見ることができた。

この陸別の澄んだ宙（そら）が結んだもの。生徒と科学者をつなぐ目に見えない純粋なもの。

科学教育、研究所広報活動を行う上で、忘れてはならない原点のようなものを、この授業を通じて感じることもできたのかもしれないと思っている。

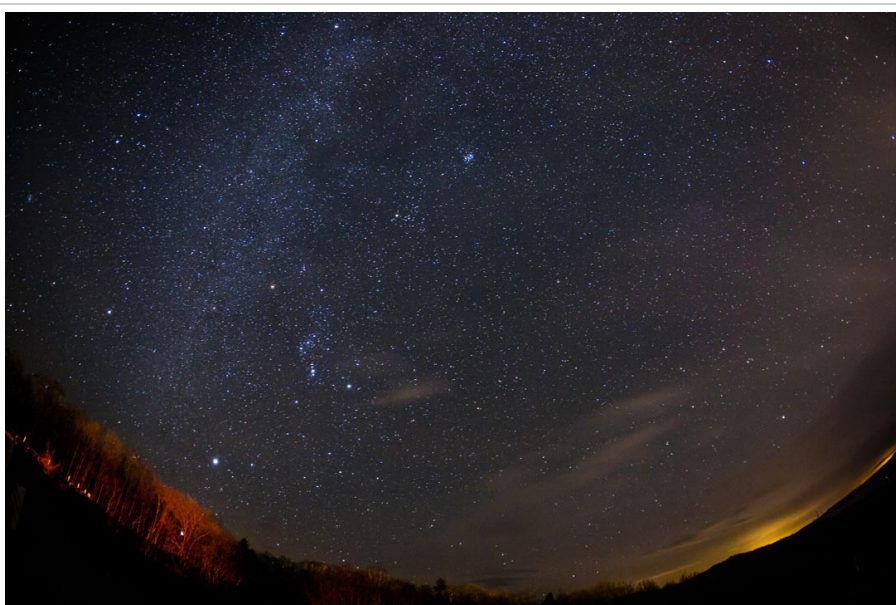


写真12 出前授業前夜に陸別にて撮影した夜空

素晴らしい授業の機会を与えてくださいました陸別教育委員会、陸別中学校の皆様に心より感謝を申し上げます。

＊これまでの陸別小学校・陸別中学校での出前授業に関する記事は以下からご覧いただけます。

- 田上厚子「日本一寒い町の陸別小学校・陸別中学校の出前授業に参加して」2014年1月号
- 町田敏暢「北海道の陸別小学校と陸別中学校で出前授業を行いました」2015年1月号
- 高橋里帆「それは一枚のカラー写真から始まったー北海道陸別町が地球環境に関する科学教育にとっても熱心なわけー日本が一番寒い町での出前授業レポート」2016年1月号

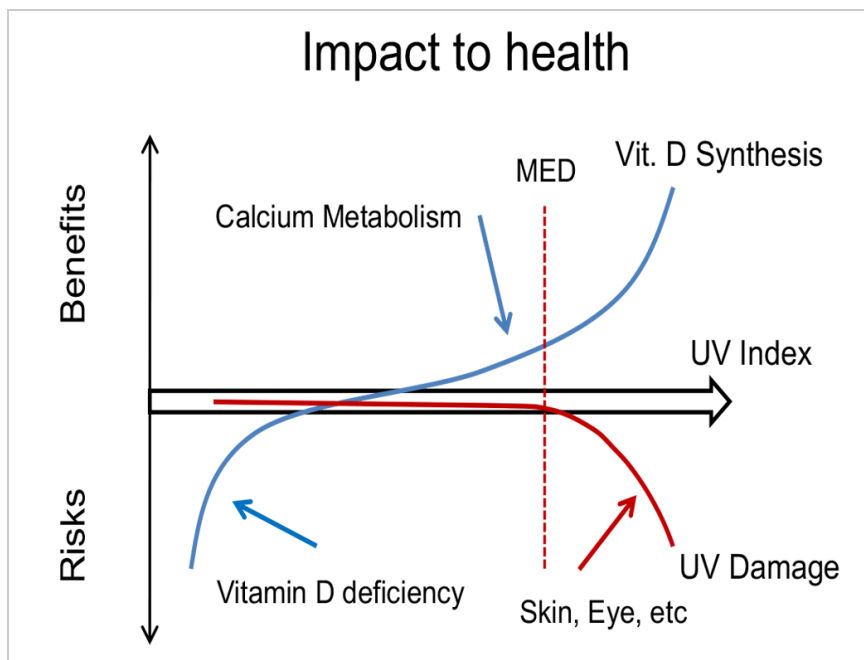
最近の研究成果

体内でビタミンDを生成するための紫外線の有害性を考慮した有効な紫外線照射時間の推定

地球環境研究センター 地球環境データ統合解析推進室 高度技能専門員 宮内正厚

地球環境研究センター 気候モデリング・解析研究室 主席研究員 中島英彰

紫外線には、皮膚がんなどを発生させる有害性と、体内でビタミンDを生成しカルシウムの吸収を促進し、結果として骨の発育、健康維持などに寄与するという2つの側面がある。オゾン層破壊に端を発し、有害紫外線の増加が危惧され、その有害性が強調され、紫外線を極力避けることが奨励されるようになった。その結果多くの国民がビタミンD不足に直面するようになったと考えられ、健康被害などを含めて数多く報告^[1]されるようになった。有害紫外線量はUV Indexなどによって広く使われ、それにしがった防御などの注意が喚起されている。この論文はその有害紫外線量を知ることによってビタミンDを生成する紫外線量に変換する方法を確立し、皮膚に有害とされる最小紅斑紫外線量 (MED) に到達しない、ビタミンD生成 (10 μ g) ^[2]のための有効な紫外線照射時間を、場所、季節、時刻および皮膚の露出面積にしたがって示すことに成功した。その方法によって国立環境研究所が配信している「有害紫外線モニタリングネットワーク情報」からそれぞれの局におけるビタミンD生成の有効な紫外線照射時間を準リアルタイムで示した (http://db.cger.nies.go.jp/dataset/uv_vitaminD/ja/index.html)。



スキントypes (国際基準) がIIIの人が、顔と両手の甲 (600cm²)、肩、腕などを含めて (1200cm²) 露出した場合、有害紫外線量 (UV Index) に対応して皮膚内でビタミンD量 (10 μ g) を生成するのに必要な時間、さらに皮膚に有害性をもたらすとされるMEDに到達する時間を示す

UV Index	UV _{Ery} (W/m ²)	Estimated UV _{VitD} (W/m ²)	Time to MED (min)	Time to produce 10 μ g	
				600 cm ² (min)	1200 cm ² (min)
	1	0.025	0.031	200	108
2	0.050	0.079	100	42.2	21.1
3	0.075	0.131	66.7	25.2	12.6
4	0.100	0.184	50.0	18.0	9.0

5	0.125	0.237	40.0	14.0	7.0
6	0.150	0.290	33.3	11.4	5.7
7	0.175	0.342	28.6	9.7	4.8
8	0.200	0.395	25.0	8.4	4.2
9	0.225	0.448	22.2	7.4	3.7
10	0.250	0.501	20.0	6.6	3.3
11	0.275	0.553	18.2	6.0	3.0
12	0.300	0.606	16.7	5.5	2.7
13	0.325	0.659	15.4	5.0	2.5
14	0.350	0.712	14.3	4.7	2.3
15	0.375	0.764	13.3	4.3	2.2

脚注

1. Yorifuji J., et al. (2008) Craniotabes in normal newborns: The earliest sign of subclinical vitamin D deficiency J. Clin. Endocrinol. Metab., 93, 1784-1788.
Shiraishi M., et al. (2014) Demographic and lifestyle factors associated with vitamin D status in pregnant Japanese women. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 60, 420-428.
2. 健康を維持するための1日当たりのビタミンDの摂取量は15 µgと見積られる。厚生労働省によると、ビタミンDの不足していない日本人成人は5.5 µgを食物から摂取している。ここではおおよそ必要な10 µgを紫外線によって体内で生成することとしている。

本研究の論文情報

Determining an effective UV radiation exposure time for vitamin D synthesis in the skin without risk to health: Simplified estimations from UV observations

著者： Miyauchi M., Nakajima H.

掲載誌： Photochemistry and Photobiology (2016) 92(6) 863-869, DOI: 10.1111/php.12651.