講演録

一般公開シンポジウム「越境大気汚染への挑戦」 ～最新の知見と最近の動向～

日時：平成23年10月28日（金）13:30～17:00

場所：秋葉原UDX4F ギャラリーNEXT-2（東京都千代田区外神田4-14-1）

司会

ご来場の皆さま、大変お待たせいたしました。

ただ今より、環境研究総合推進費戦略的研究開発プロジェクトS-7事務局主催、一般公開シンポジウム「越境大気汚染への挑戦 ～最新の知見と最近の動向～」を始めてまいります。

近年、東アジア地域は目覚ましい経済発展を遂げています。しかし、その一方で大気汚染物質の排出量が急増しており、光化学オキシダントや微小粒子状物質などの大気汚染物質の越境汚染の懸念がより一層高まっています。これらの大気汚染物質は、地球規模での気候変動にも影響をもたらしています。このことから、東アジアにおける広域大気汚染の状況を科学的に解明し、また、気候変動の対策も考慮して国際的な合意形成に向けた取り組みを推進することが求められています。

このような課題に取り組むため、平成21年度から環境省環境研究総合推進費による戦略的研究開発プロジェクトが進められています。本シンポジウムは、このプロジェクトにおける研究活動の内容をご紹介しますとともに、東アジアにおける広域大気汚染問題について皆さまと一緒に考えていただくために開催をいたしました。

私は本日の司会を務めます増子瑞穂と申します。どうぞ、よろしくお願いいたします。

秋元 肇（あきもと はじめ）

財団法人日本環境衛生センター アジア大気汚染研究センター 所長
「東アジアにおける広域大気汚染の解明と国際的大気環境管理の推進
～環境研究総合推進費 S-7 プロジェクトについて～」

司会

それでは初めに、主催者を代表いたしましてS-7プロジェクトリーダーで、アジア大気汚染研究センター所長でもある秋元肇より、「東アジアにおける広域大気汚染の解明と国際的大気環境管理の推進」と題しまして、ご挨拶を兼ねまして、講演申し上げます。

それでは、秋元所長お願いいたします。

秋元

皆さま、こんにちは。本日はお忙しいところ、私どもの一般公開シンポジウムにお越しいただき、本当にありがとうございます。

本シンポジウムの趣旨は、今、司会者の方からもご案内した通りでございます。S-7プロジェクトと私どもが呼んでいます、東アジアでの越境大気汚染に関連した国際的な環境管理推進というプロジェクトは、ちょうど2年半が経過し、プロジェクトの中間段階なのですが、こういうものを進めています。このように比較的大きなお金をいただいてプロジェクトをしていると、成果を一般の国民にきちんと説明しなくてはならないという説明責任があります。このシンポジウムもその一環でございます。まだ、中間段階で、最終的な結論までには至っておりませんが、今までの成果をなるべく分かりやすくお伝えしてまいります。また、皆さまからご要望やご指摘等いただき、今後のプロジェクトの遂行に活かせればと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

この研究のテーマは、大きく言えば大気汚染です。大気汚染という昔の公害の時代を思い出す方が多いと思います。日本ではかつての公害時代の大気汚染を体験された方が多くおられます。日本はそれを克服したという意識が一方ではあります。このようなことから、日本では大気汚染という昔のものと考え、今では地球温暖化の方が大事な問題だと思われる方もおられるかもしれませんが、どうもそうではないということです。

これは大気汚染と気候変化に対する最近の見方の概念図です。大気汚染と申しますと都市と郊外の工業地帯を中心としたものが、昔からの大気汚染と言われていました。ところが、大陸スケールですね、東アジア広域大気汚染と呼んでいます。そういう大陸スケールに大気汚染が広がっています。これが、酸性雨にしても、エアロゾルなどにしても、いわゆる越境大気汚染を直接的に引き起こす大変な問題となっています。ところが、また最近になって、これより一回り大きくなって半球規模の大気汚染という言葉が使われるようになりました。これは、特にオゾン、エアロゾル、水銀、SO_x という長寿命の有害大気汚染物質ですけども、こういったものは大陸規模を超えて、さらにアジアからアメリカ、アメリカからヨーロッパ、ヨーロッパからアジアへというような大陸間輸送を通じて、半球全体を汚染しています。これがお互いに重なり合っていて、日本の都市大気汚染を考えるにしても、このようなことを全部考えなくてはならないということがだんだん分かってまいりました。

それからもう一つは、地球温暖化と気候変化です。これまでは二酸化炭素やメタンとか、そういうものが地球温暖化を引き起こすと言われていましたが、最近になって、後で出てまいりますが黒色炭素、ブラックカーボンと言いますが、こういうものやオゾンが温暖化に非常に関わっている、温暖化の大きな原因になっているということが分かってまいりました。こういったものを私どもの研究では扱っていきこうということです。

もう一度、繰り返しますと、局地汚染、越境汚染、半球規模汚染の相互関連、大気汚染と気候変動の相互関連、こういう現在の大気汚染の問題解決のための対策をとるためには、これらの相互関連を明らかにしなければならぬということです。そうなりますと、昔の公害時代の大気汚染のようにその場で人がすぐ病気になるとか、そういうことではないので、もうちょっと科学的な知見を積み上げないとどのような政策をとったらいかがかすぐには出てきません。このようなことを最近では一般的にサイエンス&ポリシーと呼んでいます。「科学から政策へ」と。これが一つのキーワードになるかと思います。

このようなことが大事になってきますと、科学者に対する要請としましては、政策に対して直接的に答えを与えられるような問題解決型の研究が要求されてまいります。一方、これらを研究者だけに要請されるのはおかしいと我々は思っています。これは逆に、行政官に何が要求されるかという、何か対策を決める以前に研究予算をつけてもらわなければ困るということです。そうでないと、特に日本では対策が決まると予算がつくということがずっと繰り返されているわけですが、それではちょっとまずいというわけです。こういうことは科学者と行政官の両方に求められていることです。これが「科学から政策へ」ということだと思っています。

私たちの S-7 戦略研究ですが、我が国で大気汚染に関して、自然科学と社会科学が手を結んで、科学から政策へ取り組んだ初めてのプロジェクトと私どもは認識しています。このように科学から政策へとなると、自然科学の知見と、それをいかに政策的なものに実現していくかという社会科学的な研究とが合体していかなくてはいけない。これは、言うは易しでなかなか大変なのですが、これに真面目に取り組んでいこうというのが私どもの活動でもあります。

平成 21 年度から 25 年度までの 5 年計画で、いまはちょうど 2 年半経ったところです。

この図にありますように、自動車や工場から出てくる大気汚染物質は、大きく分けると 2 つあります。一つは、直接、健康影響や農作物、森林に影響を与えるようなオゾンや PM2.5。こういったものに対しては、東アジアの越境大気汚染、大陸間輸送、半球汚染が大きな問題になります。もう一つはブラックカーボンですね、先ほどの黒色炭素。オゾン、SO₂、CO₂、こういったものは地球温暖化に大きな影響がございます。これに関しては、大気汚染と気候変動の相互作用、それから、後でお話ししますが、共便益と共制御、コベネフ

ット、コーコントロールと言いますが、コベネという言葉が最近聞かれた方もいるかと思いますが、大気汚染と気候変動を同時に抑制していくということが一つ大きなテーマになっています。この大きな2つのテーマを本プロジェクトでは扱っています。

この科学から政策へというものの一番良い例は既にありまして、オゾン層破壊の問題での例です。これは、科学者がフロンによってオゾン層が破壊されるということのを予測して、それに対して国際社会が政策的に動いてフロンの全面禁止、オゾン層の破壊をあるところで食い止めたという良い例です。このように、科学アセスメントパネルというものをウィーン条約のもと立ち上げた。それから、気候変動ですと気候変動枠組条約というのがあります。この中でIPCCというところで科学的知見の集約を行って、それが国際的な政策の議論に活かされている。大気汚染に関しては、今までである唯一のものが半球大気汚染に関するもので、これは越境大気汚染条約というのがございます、その中に半球大気汚染のタスクフォースというものがありまして、そこで科学的知見というものを扱ってまいりました。ただ、この越境大気汚染条約を批准している国は、この下の地図にございます緑の地域のところで、北米ではアメリカとメキシコ、ヨーロッパは東ヨーロッパ、旧ソ連を含めて全部加わっています。アジアでいうと中央アジアがすでに加盟しています。ところが、東アジアないし南アジア、いま一番大気汚染が問題になっている国々はどこも加盟していません。こういう枠組みが無いということが私たちにとって大きな問題になってまいります。これにつきましては、また後ほど個別のご報告の中で触れることになると思います。

では、このプロジェクトの中で具体的にやっていることにつきまして、細かいことは省きますが、大きくは3つ目的があります。「東アジアにおけるオゾン、エアロゾルの長距離輸送について、半球規模、大陸規模の視点を含めて解明する」、それから、「地球温暖化対策とのコベネフィット・アプローチを考慮した、大気汚染物質の效果的、効率的な削減シナリオを策定する」、「これらの成果を踏まえて、国際協調により大気環境管理の改善を移行していくための、東アジアにおける枠組みを提言する」、これが大きな最終的な5年間の目標になっております。

そのためにテーマが3つございます。テーマ1は、数値モデルと観測を総合したような研究。これは自然科学的な研究です。テーマ3の方は、逆に、国際枠組みを議論するという、社会科学的なテーマでございます。その間をつなぐような形で、東アジアの大気汚染物質、温暖化物質、そのようなものの排出インベントリをきちんと整備していく。これがテーマ2でございます。今日は、それぞれのテーマのリーダーをやってもらっている、テーマ1の金谷、テーマ2の大原、テーマ3の鈴木から、それぞれのご報告をこの後やってもらいます。

このS-7 戦略研究というのは、行政に役立つものを出してもらわなくては困ると言われていまして、それでは具体的に何を求められるのかということで、環境省の方と色々やり取りをしました。その結果、このようになっております。プロジェクトの全体のミッションに要求されているものは左の方にありまして、「1. 越境大気汚染の状況、近年の傾向の要因分析および将来予測結果の提示」、このようなものを出して欲しい。こういうものはどういうふうに使われるかということ、右の方が想定される環境省の施策への反映ということで、「・他機関・関係国に対する働きかけの科学的根拠」、「・オゾン、PM2.5問題の解決策の立案」、こういうものに活かしていきますということでもあります。2つ目は、「2. 越境大気汚染および地球温暖化防止に効果的な共便益を考慮した東アジア地域大気汚染物質削減シナリオの作成」をやって欲しい。これは、こういうものができれば、「・インベントリの共有による東アジアレベルでの施策の進化・発展」、それから、「・科学的知見に基づく效果的、効率的な施策の推進」というものです。それから3つ目が、「3. 越境大気汚染問題解決のための国際的枠組みの在り方への提言」、「4. 国際的枠組みの実現に有効な合意形成のプロセスについての提言」、これらをして欲しいということです。これらができると、EANETなどの、EANETというのは東アジア酸性雨モニタリングネットワークといいまして、私がいるアジア大気汚染研究センターがそのネットワークセンターをやっているのですが、東アジア、北東アジア、東南アジア13か国のモニタリングネットワークですが、「・EANETなどの既存の枠組みを踏まえた国際協調による汚染削減の推進」、「・效果的、戦略的な国際交渉の展開」ということなどに活かされるということでございます。このような要望に応えることが

私どもの活動でもあります。

そして最後に、繰り返しになりますが、科学から政策へということをやっていくためには、自然科学と社会科学の融合をしないといけない。最近よく文理融合ということを言われますが、こういうことの一つの例になるのかなと思います。

では、私からの全体的な内容の説明はこのくらいにして、早速、それぞれのテーマごとの話に入りたいと思います。

司会

ありがとうございました。

金谷 有剛 (かなや ゆうごう)

独立行政法人海洋研究開発機構 地球環境変動領域物質循環研究プログラム チームリーダー
「越境大気汚染はどこまでわかったか」

司会

それでは、続きまして「越境大気汚染はどこまでわかったか」と題しまして、金谷有剛 海洋研究開発機構地球環境変動領域チームリーダーより、講演を申し上げます。

それでは、金谷チームリーダーよろしく願いいたします。

金谷

ただ今ご紹介をいただきました海洋研究開発機構の金谷でございます。

越境大気汚染と申しますと、ともすると過熱気味に報道されたり、あるいは受け止め方も過熱気味になったりということがあるわけですが、今日は、科学的な事実に基づきまして等身大の越境大気汚染の実態についてご紹介してまいりたいと思います。

そもそも越境大気汚染とはということですが、文字通り国境を越える大気汚染であると言えます。その背景にありますのは、人間活動などがグローバル化しているということが挙げられますが、それに加えてアジアの急速な発展というのが関係していると考えられます。

この図に示されますのは、窒素酸化物の排出地域が 1950 年代に比べますと現代はかなり広域化している、アジア域でもかなり大きくなっているということが見てとれます。その一方で、依然として越境でない局所的な大気汚染もまだ問題として残っているということでございます。東京のスモッグは 1970 年代が酷かったわけですが、最近は良くなっているとはいえ、まだ解決には至っていないということでもあります。現代の大気汚染問題というのは、こういった複雑な問題が絡み合っている状況になっているということでございます。こういった課題に取り組むためには、実態の把握、またメカニズムの把握、越境寄与分の把握、将来予測といったことが重要になってくると思われれます。我々、S-7 プロジェクトのテーマ 1 では、現場観測、衛星観測、モデルシミュレーションが一体となった取り組みを行い、こういった課題に 대응していこうと研究を進めているわけでございます。

越境寄与分の把握などに関しましては、モデルシミュレーションでしか答えが出せないものでありまして、それをいかに良いものにしていくかということが、この課題の成功の鍵になると考えられるわけです。モデルシミュレーションでは、通常、地球をこのように格子状に区切って、排出量のデータや大気化学反応の方程式を入れて、あるいは風の流れをシミュレーションして、それを総合的に計算した結果、ここではオゾンの結果を示しておりますけれども、そういったものの時空間分布といったものが出てくるわけです。当然、こういったパーツを良くするということがありますし、出てきた結果を観測によって良く検証するというのも重要になってくるということで、こういった取り組みを進めているということでございます。

ここから我々の結果をオゾンと、最後の数分ですけれどもエアロゾルに分けてご紹介していきたいと考えています。

まず、イントロダクション的なお話ですけれど、オゾンと言いますのは 9 割方は成層圏にあり、これは有害紫外線を防いでくれている良いオゾンなのですけれど、今日の話は残りの 1 割の対流圏のオゾンというものになります。成層圏から降りてくる分もあるわけですが、大部分は、窒素酸化物や揮発性有機化合物が太陽の紫外線を受けて化学反応により発生するものです。一度オゾンができると、数日から数週間程度、空気中を漂うこととなります。これが重要なのは、健康影響、作物影響をもたらすからです。健康影響では、オゾンの濃度が 8 時間値 10ppb 増えるごとに、余命短縮のリスクが 1%程度あるということが国内の研究あるいは欧米の研究などから示唆されています。農作物の影響としましては、数十 ppb のオゾンがあると穀物の収率が落ちるといったことが報じられています。

オゾンに関しましては、国内には非常に多くの観測局がございまして、そのネットワークがありまして、我々はデータをほぼリアルタイムで見ることができるといったことになっております。こういったところでのオゾンの平均的な濃度というのは、1980 年代から徐々に上昇を続けている。その前駆物質であります NOx、VOC は減っているわけですが、それにも関わらずオゾンは増えているということで、これも越境大気汚染ということが示唆される一つの根拠になっているというふうに考えられるわけです。また、国内ではオゾン濃度が継続的に 120ppb を超えるところで、オキシダント注意報が発令されるわけですが、発令地域が首都圏等ではなくて、新潟県、大分県、鹿児島県、そして今年では高知県でも発令されたということで、こういった広がりからも越境大気汚染は重要なのではないかと考えられております。

越境といいますと、ともすると近くの間、隣りの国から来ているのではないかとと思われるかもしれませんが、オゾンの問題を複雑にし、また研究を奥深いものにしてしまうと申し上げてもよいかもしれない点は、かなり遠くからやって来るといったこともあるということでございます。この図は、2つの衛星センサーから測定されたオゾン全量から成層圏量を差し引いて、不確かさも多いのですが、対流圏のオゾン量を 1 ヵ月平均値で出したものです。この図によりますと、北米からヨーロッパへ、ヨーロッパ・中東からアジア域へ、アジア域からアメリカへというふうには、対流圏のオゾンの帯があるというふうには考えられているわけです。このような輸送によって、遠い大陸からもオゾンが運ばれて来るといったことが最近分かってきているわけです。日本でも、離島や山の上での観測などから、きれいな所でありながらも徐々にオゾン濃度が増えてきていると考えられています。アメリカやヨーロッパでも同様のことが報じられておりまして、半球規模でオゾン濃度は関係しあっているということがあります。こういったことから、国内、大陸内、あるいは大陸間で、どこからどのくらい来ているかということを考えることが重要になっております。こういったことを踏まえて、我々は西日本あるいは中国での観測等も実施しまして、主に、大陸内のアジア域での越境大気汚染に関して研究を進めているところでございます。

この図で示しておりますのは、福江島の大気環境観測施設でありまして、福江島はここにございますけれど、ここに観測地点があります。福江島の町はこの辺にあるわけですが、それよりもかなり西の方にあり、大陸に近い所での観測データを取得しているということであります。近郊での発生源の影響は非常に少ない地点であります。こういったところでオゾン濃度の観測を始めて約 2 年半になるわけですが、そのデータを見てみますと、このように春と秋に極大になるような季節変化を示すことが分かりましたし、ここではアメリカでの環境基準である 75ppb のレベルを見ますと、それを超えるオゾン濃度というのは 4 月や 5 月に多いということもありますけれども、今年は 2 月にも、あるいは 8 月、11 月といった秋の季節にも観測されているということが分かってまいりました。こういったデータをモデルシミュレーションとの比較、改良に役立てようというふうには考えているわけですが、モデルシミュレーションも最近はかなり精度が上がってきておりまして、こういった季節変化や短期変動というものもよく表現されるようになってきています。

我々は、中国での濃度状況を知らないままでは越境大気汚染というものをよく評価することができないと考えておりまして、なかなか自動的に中国からデータは最近まったく入ってこないわけですが、我々は共同研究等で取得しているわけです。これは、実は既にここでの観測というのは止めさせられているところではございますけれども、過去のデータ等を利用して評価した結果であります。中国の華北平原を取り囲むような 3 地点の山、1,500m~2,000m 級の山ですが、その頂上でオゾン濃度を観測した結果でござい

ます。赤で観測値、黒でモデル計算値を表現しております。概しまして、季節性や濃度レベルというのは非常に良く再現されているという結果が得られていると思われまます。

ただ、泰山というところでは、6月にどうしても観測値が異常に高くなるということに我々は興味を持ちまして、2006年に泰山の山頂で集中観測を行ってまいりました。そこから外を見下ろすとこのように華北域全体に広がるような汚染の層というのが、まさに昼間になると上がって来るとというのが目で見ていても顕著に分かるということでございます。様々な観測等を行ってきた結果、一つ分かってきたことは、6月の季節にはこの地域で、オレンジ色で示した地域で冬小麦の収穫が行われ、その後、その残渣を燃やすということです。そういったことは非常に広い地域で行われておりまして、周囲の地域的な大気汚染にずいぶん効いているということが、我々の観測から分かってまいりました。そういった効果を入れたモデル計算結果はオレンジから赤のようになりまして、オゾン濃度の観測値を非常によく再現する、こういった観測を行うことで初めて、工業だけではなくて農業の影響等もあるのではないかとということが分かってきたわけです。

こういった形で、中国のデータを取っていきこうとしているわけですが、なかなか現場のデータだけでは物足りないというところがあります。そこで最近重要になっているのが衛星観測でございます。この図に示されますのは、欧米のセンサーでありますオーミ（OMI）というセンサーから見た対流圏のNO₂です。オゾンの前駆物質の一つでありますNO₂の濃度マップでございます。今申し上げた中国の中東部に着目しますと、非常に高い濃度になっているということでもあります。2005年、2006年、2007年というふうに通を追って見ていきますと、徐々に上がってきております。2009年はやや低いですが、全体として漸増していくトレンドがあるということが見てとれます。年率4~7%という顕著なスピードで増えているということが分かってまいります。

こういったことから、排出インベントリやモデルシミュレーションの検証ということも進めているところでございます。その一つの例ですが、NO₂について、今申し上げた衛星からの観測データとモデルを空間分布で比較すると、割とよく一致するようになってきています。また、オゾンについては別の衛星ですが、対流圏のオゾンという形で比較しています。モデルとの不一致が見られる地域も一部ありますけれども、およそ良く表現されるようになってきているという現状でございます。こういった良くなってきたモデルを使って、世界のどこで作られたオゾンが影響しているのかといったことを解析した結果を、ここからお示ししていきたいと思ひます。

この模式図で改めて示しますが、日本で観測されるオゾンがありまして、一部は日本でローカルに生成されたものです。また、アジアからやって来るもの、北米や欧州からやって来るもの、成層圏から降りて来るものがありますので、どこから出て来るものがどのくらいずつあるのかを解析したものです。

そのやり方ですが、我々はソース・レセプター解析という、研究ではそう呼ばれているやり方ですが、そのやり方を簡単に示したいと思ひます。先ほどお示しましたように、通常のオゾンのシミュレーションは1種類のオゾンを、世界中このように風で巡らせているわけですが、この場合はどこでできたオゾンなのかということに着目いたしまして、この地域別に、色別に、オゾンに色を付けて、それを空気中に飛ばすというようなことをするわけです。それが、細かく分けたレセプター地域におきまして、何色のオゾンが何割ずつあるのかということをもって、それぞれの寄与というものを見ていこうという取り組みでございます。これによって、大陸間、大陸内、国内に分けた解析が可能となったわけです。

その結果、これが今日一番お伝えしたい図になるかと思ひますが、日本の地表のオゾンの、ソース・レセプター解析の結果になります。これによりますと、これは春ですね、2000年から2005年の平均値ですが、日本自身の寄与は22%、中国の寄与は12%、朝鮮半島から6%、欧米が7%、あるいは成層圏や自由対流圏からの寄与もあるということがわかり、かなり多様な所からオゾンが来ているということになります。ともすると、中国からの寄与というのはもっと大きいのかなというふうに通さまざま想定されていたかもしれませんが、いろんな風が流れて来る、すべての春の期間を平均すると12%という結果が出てきたというのが最新のニュースでございます。例えば、80ppbのオゾンがあるときに、それをなんとか10%減らしたいというような時には、どこか一つから全部を削減することはとても難しいということになるわけです。日本

の一部も減らし、中国や韓国の一部も減らし、あるいは欧米の部分も含めて全体的に減らしていくことをしないと、なかなかそれは達成しないということでもあります。すなわち、重層的な取り組みが有効で、かつ必要であるという結果をお示ししています。

今の結果は日本に視点を置いたものでしたが、今度は中国に視点を置いて、どこから来たオゾンが中国にあるのかという結果も、こういったモデルシミュレーションで計算することができるわけです。ここで、中国のうち北東部と南東部に関して、どこからのオゾンかという結果を示しているわけですが、やはり、中国の寄与は多いのですけれども、中国の南東部ではインドシナ半島、北東部では東シベリアからの寄与というのがかなりあるということが分かってまいりました。ともすると、中国は、我々は発生源側というふうになしがないのですけれども、こういった結果は、中国の外からの越境輸送もあるということを示している非常に重要な科学的な結果であると言えます。こういった結果をうまく利用して、国際的な対話の場に中国を取り込み、アジア全体の環境を改善していくということが重要なのではないかとということでもあります。

今お伝えしたのは、中国から12%が日本に来る、あるいは欧米からも少し寄与がある、中国へも東南アジアから17%の寄与があるということですが、それをもう少し総合的に見たのがこの図になります。アジアのモンスーンの影響がありまして、逆向きのモンスーン時には中国からインドシナ半島へ影響する場合もあるということがございます。こういった関係が際限なく世界中に広がっていくと、全世界の取り組みをしないといけないということになるわけですが、仮に、10%超の利害関係があるような国を囲って試みることができるとかを試みますと、このピンクの点線の領域として括ることができるということが最終結果から分かってまいりました。すなわち、北東アジア、東南アジアを加えた東アジア全体で、大気環境改善の取り組みをしていくことが政策的に有効なのではないかとことを示す画期的なデータでございます。

では、寄与が分かったのですが、今度はどうやったら本当に日本のオゾンを減らすことができるのかということに関しても、モデル計算で答えを出すことができます。ここでは仮に、アメリカの環境基準であります8時間値75ppbを達成するにはということで、日中韓だけに限り、どれだけ減らしたらどれだけ効くかという結果を示したいと思います。ここでは全球モデルではなくて、より細かい解析ができる領域規模のモデルを使った結果で、モデルの中で排出量を仮に数十%減らしたときにどれだけオゾンが減るか、その応答をもって、その削減感度、あるいはその効果を評価するといったシミュレーションでございます。4月と5月に関しまして、これは北九州での結果について示しております。何も削減をしなかった時のシミュレーションでは、8時間値のオゾン濃度が75ppbを超える日というのがかなりありまして、この期間で24日間、3月から8月では41日間もあるということで、その平均値は82ppbになりました。それに対して、30%を仮に日中韓で削減した時のシミュレーションをしてみますと、こういった高濃度日の濃度がかなり下がりまして、7ppb削減されて平均値は75ppbくらいになってくるということが示されました。さらに、細かい解析をして、中国、日本、韓国それぞれで30%ずつ下げた時の感度というのも見ておりまして、日によって、日本の削減効果が大きい日、あるいは中国の削減効果も大きい日、それぞれ色々ありますけれども、全体として30%ずつ下げていけば、こういった目安を達成しうるのではないかを具体的に見出した、ということでもあります。排出30%削減するような技術的な取り組みで達成しうるのかどうか、あるいは、こういったことをうまく国際的な環境対策の取り組みに入れ込んでいけるかどうかということが、今後の課題になっているということでございます。

ここまでオゾンの話をさせていただきましたけれども、後半残りの時間はエアロゾルについて、少しお話をさせていただきます。

エアロゾルとは、空気中を漂う微粒子ということでございます。起源は多様でありますけれども、工場や車の排気ガス、あるいは肉の調理、砂嵐、波しぶきからも、大きいエアロゾルというのは出てまいります。空気中での反応でできてくるものもございまして、場合によっては、温度が高くなるとガスに戻ったりするものもあります。大きさや形は、この図に示すように様々なものがございまして、大きさは4桁にもわたって存在しているということでございます。PM2.5という言葉が最近、聞かれますけれども、これは2.5 μm よりも小さい物質、この図に黄色で示した部分に相当するものでございます。空気中を漂っている時間は、およそ2

～7日間くらいと考えられています。オゾンよりはちょっと寿命が短いと考えてよろしいかと思います。PM2.5がなぜ注目されるかと申しますと、やはり微小粒子でございまして吸い込んだときに肺の奥まで入り込んでいくということから、健康影響が懸念されているわけです。欧米での疫学的な研究ですけれども、PM2.5の低い都市ほど平均余命が長いといった関係も示されております。こういった健康影響も踏まえまして、国内におけるPM2.5の環境基準というものが近年制定されたということでございます。

では、東アジアでのエアロゾルの実態はどんな感じなのかということでございますけれども、衛星からですね、エアロゾルの光学的な厚さと申しまして、濃度ではないのですけれども、光学的な厚さというものが最近出てきております。それによりますと、やはり中国の中東部でのエアロゾルというのはかなり濃いということで、例えば、北京オリンピックの頃にもそういったことが指摘されておりました。こういったものは下層から上層まで全部足し合わせていったものを示していたのですが、最近の衛星は随分進化しておまして、衛星にパルスレーザーを積んでおまして、そこからのライダー観測によってエアロゾルの高度分布といったものも出せるようになってきておまして、こういったデータに関しましても、我々はモデルの検証に使っているということでございます。そういった中国からの越境汚染が日本にもやって来ているのではないかと、例えば今年2月、九州の別府大分マラソンの写真ですが、このようにもやの中で行なわれたことが報じられておまして、これは中国から来ているのではないかとというふうに報告されております。

PM2.5に関しましては、最初にオゾンに関して示しましたような国内観測網というのはまだ十分にできておりません。どの程度の観測点のデータが得られているかというと、まだ20か所程度のデータしかないということで、観測データが非常に少ないと言えます。そこで我々は観測的な研究も考えまして、最初に申しあげましたように福江島での通年観測を行ってまいりました。そこで、通年観測によって越境大気汚染が主原因で、環境基準を上回っているということをはっきりと示してまいりました。これは日平均濃度をヒストグラムにして表したもので、平均的には非常に濃度の低いきれいな日が多いわけですが、 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の高い濃度の日数もかなりあるということが分かっております。環境基準では年間7日間までは許容されるわけですが、それを上回る日数の超過があったということでもあります。そういった超過日は、どういった所から空気が来ているのかというのを解析してみますと、主に大陸方面から来ているということでございます。ということで、大陸から何かの影響しているのかもしれませんが、黄砂かもしれないですね。しかしながら、こういった日を解析してみると黄砂だけではどうも説明がつかないということが分かってきて、我々の測定している、後からお話ししますが、ブラックカーボン、すすの濃度で見ると、PM2.5の高濃度日は必ずブラックカーボンが高いというような関係が見てとれまして、そこから越境大気汚染が関与しているのではないかとということが示された結果でございます。

これは福江島だけの問題なのかということが重要なわけですが、どうやらそうではないという結果が出ています。我々の研究ではないのですけれども、関連する研究をされている方のデータですが、福江島での月平均濃度と、長崎市、福岡市での濃度を合わせたものでありますが、濃度の変化が非常によく一致するということが分かってまいりまして、これは広域な現象なのではないか、日本の都市の影響は小さいのではないかと、これをうかがわせるデータでございます。また、PM2.5は、どんな分布をしているのか、世界中の分布を見ることは難しいのですが、最近の一つの面白い研究として、欧米の研究ですけれども、衛星から光学的な観測、最初にお示しましたような観測からPM2.5の濃度を導出してやろうという挑戦的な取り組みもされております。これで見ますと、砂漠域でも比較的小粒子ですけれども濃度が高いのではないかと、中国ではかなり濃度が高いということが推定されております。実際、そういったものが西日本にも広がってきているのではないかと、これをうかがわせるような結果であります。

PM2.5をどうやって下げていったら良いかを検討するには、何によって構成されているか、どこから発生しているのかということ把握することが必要です。我々は、福江島で集中的な観測を2009年に行いまして、その時のフィルター分析、化学分析から出てきた内訳をここに示しております。硫酸塩、アンモニウム、および有機物といったものの寄与が大きいということですが、これはPM2.5のモニタリング結果との整合性という意味では、やや残っている水分を考慮すると整合性がとれるということがまず分かりました。次

に、観測とモデルを、乾燥状態で比べたところ、この図から、硫酸塩やアンモニウムはよく表現されているわけですが、有機物がどうしても足りないということで、これが今後モデルを改良していくところのキーポイントになっていくということでございます。PM2.5全体の季節変化で見ますと、観測とモデルというのは春と秋に同じように濃度が高くなるという傾向が出てくるわけですが、モデルの方が少し低めになっているということで、改良や検証を進めた後、オゾンと同様のソース・レセプター解析を本格的に行っていきたいと考えているところでございます。

最後の2枚のスライドですけれども、ブラックカーボンについて少し触れたいと思います。ブラックカーボンは、PM2.5やエアロゾルのうちの一つの成分でありますけれども、重量濃度にするると数%と少ないものでありますけれども、色としてはこのように黒い色をしておりまして、光吸収性があり温暖化に寄与するというので、後ほどコベネフィットの議論のところに出てくるものでございます。そういったものが、ディーゼル排ガスや家庭からの燃料燃焼、産業、野焼きなどから出てくるわけですが、中国はかなり大きな発生源になっていると、人によっては30%くらい出ているのではないかというような報告もあり、またその不確かさはかなり大きいと考えられております。

我々は、先ほど申し上げた中国の山の地点で、ブラックカーボンの通年観測をかつて行いまして、そのデータを最近のモデル計算と比較しているのがこの図であります。黄山、泰山というところでは、ブラックカーボンの平均濃度が1ないし2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ というところですが、最近のモデルは非常に良く濃度レベルを再現することができております。具体的にこのモデルでは、ブラックカーボンが水溶性物質と混ざってそれが雲に取り込まれる効果を入れてあげるとよく再現するという結果が出ております。こういった結果から、排出量推計はそう悪くはないのではないかとか、あるいは、ブラックカーボンの気候影響を見積もる上では、観測データとよく一致しているということで信頼性は高いのではないかとということが言えると思います。

以上、私の話をまとめますとこのような形になります。実態としましては、国内でもやはりオゾンが75ppbを超える日があり、PM2.5の環境基準を満たしていないところがあります。中国での実態をできるだけ把握するようにしていること、衛星観測からNO₂が増えていることが分かっていること、越境量の把握という点では、観測でよくモデルを検証した上でということになりますが、日本のオゾンの起源は中国から12%程度など多様な寄与がある、中国へも他地域からオゾンが入ってきている、オゾンの利害関係国は東南アジアまで含まれるのではないかと、日中韓で30%の排出量を削減すれば日本のオゾンはかなり下がるのではないかと、とお伝えしてまいりました。また、今後、色々取り組みをしていかななくてはならないのですが、一つは有機物の排出実態をよく検討することで、オゾンや有機エアロゾルといった不確かな部分についての取り組みを続けていきたいと考えております。

以上でございます。ありがとうございました。

司会

ありがとうございました。

それではここで、質疑応答のお時間を設けたいと思います。ご質問のある方は、お手をお挙げになっていただけますでしょうか。

会場1

オゾンの30%削減というのはモデル計算上でできるということであって、実際に30%削減する方法、具体的に削減する方法は、どんなものが考えられるでしょうか。

金谷

削減方法については我々の研究というよりも、テーマ2の大原先生のところが中心になりますが、我々もテーマ間の連携を最近進めているところですが、日本ではまだもう少し自動車規制などが進めば少し下がるのではないかとか、あるいは中国での発電所に関して日本での排出係数を適用していけば、まだ十分

下がる余地があるのではないかと検討もしていただいているところです。

会場-1

どうもありがとうございました。

司会

よろしいでしょうか。ありがとうございました。

もう一方、質問がおありの方いらっしゃいますでしょうか。

よろしいでしょうか。後ほど、総合討論のお時間にも質疑応答を設けてございますので、どうぞ、ご利用いただければと思います。

金谷チームリーダー、どうもありがとうございました。

大原 利真（おおはら としまさ）

独立行政法人国立環境研究所地域環境研究センター センター長
「東アジアにおける広域大気汚染の最近の動向と日本への影響」

司会

続きましての講演は、「東アジアにおける広域大気汚染の最近の動向と日本への影響」と題しまして、大原利真国立環境研究所地域環境研究センター、センター長より講演申し上げます。

大原

ただ今ご紹介にあずかりました国立環境研究所の大原と申します。

S-7の中でテーマ2のテーマリーダーを務めておりまして、テーマ2というのは、排出インベントリ、排出量の推計ですね、それからそれをもとにしてコベネフィットを考慮した将来シナリオ、排出量シナリオを設計するという仕事です。

今、お話がありました金谷が代表をやっておりますテーマ1に比べますと非常に地味な、ぱっとしない(笑)、仕事をして論文にならない、そういう世界の仕事をしております。ただ、重要性から言うと、S-7における重要性は非常に高く、当然、排出量が分からないとまずモデルが動かせない、排出量が分からなければ対策がとれない、それから、将来どうなるのかが分からない。このようなことから、私としてはS-7の中でコアを担っているというふうに考えて仕事をしているところであります。

今日は、このテーマの中に排出インベントリとか、コベネフィット、あるいはシナリオという言葉が出てこないの、何を話すのかなと思われている方もいらっしゃると思いますが、基本的には排出インベントリの結果、排出量の推計がなされまして、それによって最近のアジアスケールにおける大気汚染の大まかな動向が分かる、そしてその結果をもとに最近の動向および日本への影響というものを、一部モデルの結果も加味してご説明したいということでございます。

まず、広域大気汚染はどうなっているのかということです。これは色々なところでお話をさせていただいておりますが、そのレビューというような形になっております。2番目が、最近の動向はどうかということですが、この部分がS-7の中で主に仕事をしてきた成果ということになります。3番目は、越境汚染による日本への影響ということで、排出量を推計してその結果を使ってモデルをまわして、それに伴って越境汚染の影響がどのくらいあるのかという議論について報告するというのが3番目であります。

まず、これもよくお示しする図でありますけれども、シキアマキー（SCIAMACHY）というグローバルの衛星から見た全球のNO₂の分布を表してございまして、大体NO_xの排出量の分布を見ていただければよろしいと思います。これで見ただけで分かれますように、東アジア、ヨーロッパ、北米の東海岸は、非常にNO_xの排出量が多いと。それからアフリカやインドネシアですか、この辺りも多いというのは先ほどの金谷の話にちょっと出てきたと思いますが、森林火災あるいはオープンバーニングの影響だろうと思いま

す。とにかく、こういった地域で非常に NOx の排出量が多く、その中で東アジアは排出量が非常に増えているということです。これはトレンドを見た図ですけれども、非常に増えています。季節変化の方について目がいってしまうかもしれませんが、これは別の要因で、夏は NOx の寿命が短く冬は長くなるので全体的に冬に高めになるという変動と、それから NOx の排出量が冬に多くて夏に少なくなるという、その 2 つの要因が加味された結果なのですが、今見ていただきたいのは、このように上昇傾向があるということです。これは NOx の排出量が東アジアで増えているということを示しているものだけということです。

その背景としては、皆さん既にご存じかと思いますが、アジアの急速な経済成長に伴って産業構造の変化あるいは社会構造の変化がもたらされ、それに伴って化石燃料の消費が非常に増大しております。この図は中国の一次エネルギー消費の変化を示していますが、このように右肩上がりに増えているわけですね。とりわけ、中国は石炭の消費が非常に多い。これは後でお話をしますが、石炭というのは石油あるいはガスに比べて、大気汚染への負荷が多い化石燃料ということになります。そのような意味からも大気環境に対する負荷が大きいと言えます。大気汚染物質の排出量が増加して、それに伴う深刻な大気汚染が発生し色々な影響をもたらしているということになるかと思えます。

その石炭ですけれども、この図は石炭と石油と天然ガスの単位発熱量当たりの SOx (硫黄酸化物)、NOx (窒素酸化物)、CO2 (二酸化炭素) の排出量の比較を示したものです。それぞれ、石炭を 100 とした場合に、石油あるいは天然ガスがどのくらいの大気汚染物質を出しているのかと見ていただければよろしいかと思えます。SOx の場合ですと、石炭 100 に対して石油が 70、天然ガスからは出ない。NOx についてはそれぞれ 100、70、40。CO2 についてはそれぞれ 100、80、60 となっています。このように石炭というのは、相対的に見て大気環境への負荷が大きい化石燃料だということになります。同時に中国と日本の排出規制、排出対策、あるいは排出技術に対する比較をしてみますと、まだまだ中国は日本に対してかなり遅れているということになるかと思えます。

その 3 つの要因は、エネルギー消費が増えている、とりわけ石炭の消費が増えている、それからもう一つは、対策技術がまだ遅れているということです。こういったような要因からこの赤で示す中国の排出量がとりわけこの 25 年で急増したということになるわけですね。大体 5 倍くらいですね。アジア全体では 3.2 倍くらいに増えている。このように東アジアの大気汚染は非常に深刻になっているということになります。

これをモデルで計算してみるとどうなるかということですが、東アジアにおける地表のオゾンの上昇を図で見ると、1980 年～84 年の 5 年平均の地上近くのオゾン濃度の様子はこうでした。それが 1999 年～2003 年の 5 年平均ではこんなに増えていますということですね。東アジアの排出量の増加、オゾンを作り出す NOx あるいは VOC の増加に伴って、そこから作り出されるオゾンがこんなに増えている、それに伴って日本への大陸からの越境輸送の影響というのが増えているということが言えるでしょうということです。

将来はどうなるのかということですが、これは少し古い結果になりますけれども、2000 年と 2020 年の結果を比較しています。2020 年は将来になりますので、何らかのシナリオを描かないと推計、予測ができません。ここでは 3 つのシナリオを設定しまして、現状でほぼ推移した場合のシナリオですね、この場合の排出量は非常に増えます。それから一定の対策をした場合のシナリオですね、この場合の排出量はやや増えます。それに対して対策を強化したシナリオ、この場合の排出量は現状通りということになります。それぞれの排出量の変化に応じて、オゾンの濃度がこのシナリオの場合にはこんなに増えますよ、このケースの場合には少し増えますよ、対策を強化しない場合はほぼこの水準と同じになりますよといったことが分かってきたということです。

では最近はどうなのかというと、北京オリンピックで一生懸命中国も対策をして、かなり大気質が改善されたという報告もありますし、第 11 次 5 年計画ですか、SOx の排出量の 20%削減という目標が設定されて、中国はやると決めたらやりますから、おそらく SOx は実際にも減っているんじゃないかなと。最近ですと、第 12 次 5 年計画で NOx の排出量の規制目標が設定されたと聞いています。パーセンテージの記憶はございませんが、そういったように中国も非常に頑張りを始めていますので、排出量は減っているのではないかなというふうに予想できます。

では、それでどうなのということをごこれからお話しいたします。まず、この図は2005年のNOx排出量の分布を示していきまして、このようなスケールで私たちは排出量を推計しているということです。従来ですと、この辺のロシアは含まないような領域で推計していたわけです。しかし、東アジアの風上に位置する中央アジアですとか、あるいはロシアの影響も無視できないだろうということで、現在ではこのように広いスケールで排出量を推計しております。

その結果をトレンドで示したのがこの図です。SO2ですね。それからPM2.5、発生源から直接出てくる微小粒子です。PM2.5の中には大気中で生成されるものもありますけれども、ここで示しているのは発生源から直接出てくるPM2.5です。それからNOxとVOCですね。オゾンの原因物質はNOxとVOCということです。大雑把に見てみますと、SO2は上がってきたのが最近少し横ばいあるいは少し減っています。おそらく、先ほどお話ししたような、中国でSOx規制をかなり強化しているような様子が見えていそうですね、ということが分かります。申し遅れましたけれども、この色の違いというのは領域の違いを示していて、一番下の青いところが中国です。二番目の赤いところが日本です。インドが上から三番目の青いところなんです。PM2.5は右肩上がりです。少し最近上がり方が減っているようですが、先ほど、金谷の報告にあったように、ブラックカーボンもほぼPM2.5と同じような傾向をしていると考えていただければよろしいかと思います。それからこれはNOxですね。NOxもかなり増え続けています。VOCも同様です。こういった動向になっております。

SO2とNOxについてももう少し細かく見ていきたいと思っております。これがSO2です。今の図の中のSO2を取り出したものがこれですね。セクター別に見てみますと、アジア全体ですけど、発電所の寄与率がちょっと減り気味だと。中国の石炭火力発電所の脱硫装置の普及によってSO2の排出量が減ったということに対応した寄与率の減少だと思えていただければと思います。それに対して工業起源の寄与率が最近上昇しているということが、一つの特長として挙げられると思っております。

では、それは本当なのだろうかということを確認するためには、衛星データを使って検証するというのが一つ重要な方法としてあります。この図は排出量の図です。先ほどからお示ししている図の中の中国と日本と韓国だけを切り出したもので、この赤い部分が中国のSO2排出量です。一方、こちらの図は、先ほど金谷の方から若干説明がありましたけれども、モージス(MODIS)という衛星から観測されたエアロゾルの光学的厚さの2004年～2006年の平均がこれです。陸上はマスクしてあります。ノイズがかなり大きいので、あまりはっきり見えないところは隠して海洋だけ見るような、そういう図になっております。大陸の近くでエアロゾルが多いということが、まず分かると思っております。一方、経年変化として見てみますと、この図が2004年～2006年から2000年～2002年までの平均を差し引いた図であります。赤色系が増えた、青色系が減ったという意味合いを示しております。赤いところが非常に多いということから、こういった所ではエアロゾルが増えてしまったということを示しております。一方、2008年～2010年引く2004年～2006年を見てみますと、結構減っているような所が見られます。一部この辺は増えている所もありますが、エアロゾルの光学的厚さから見ても、ドラスティックな経年的な変化がありそうということが分かります。それを図にしたのがこれです。赤い方がSO2の中国の排出量で、中国におけるSO2の排出量のトレンド。それから青い方がここで示したエアロゾルの光学的厚さのトレンドです。この地域ですね。日本海のこの地域を切り出したものが今の図です。これを見てみますと非常にトレンドが似ていて、どうも私たちが推計したSO2排出量の変化というものはリアリティがありそうということが分かります。

ではなぜ減っているのかということですが、これは先ほどご説明しましたけれども、この図は中国の火力発電所の発電容量と脱硫装置の装着率の変化を示しています。2000年から2010年までです。3日前くらいに中国の研究者に、こういうデータをくださいと言ったらくれましたので、最近のデータまでご説明できるのですが、このうちの青い部分が脱硫装置のない火力発電所ですね。それから赤い方が脱硫装置の付いている火力発電所です。その割合を折れ線グラフで示しています。これを見てみますと、2000年くらいにはほとんどまだ脱硫装置が付いていなかったのが、最近ですと85%くらいですか、発電容量ベースですけどそれだけ脱硫装置が付いてきているということです。ただ問題なのは、どのくらいオペレートされているのかどうか、稼働しているのだろうかというあたりなのだと思いますが、そのあたりのデータを私どもは入手

できておりません。とにかく、装置は付いておりますので、SO₂の除去率が高くなってきているということは言えると思います。

一方、NO_xの排出量の方ですけれども、右肩上がりになっている。それからセクター別に見ましてもあまり大きな変化をしてなくて、発電所が少しずつ増えている。それに対して自動車は全体的に減り気味ということですよ。こんな傾向を示しています。

この図は、中国のNO_xの排出量の変化を示していきまして、赤い部分が火力発電所です。順に、工業起源、それから自動車（ディーゼル）、自動車（ガソリン）、その他の交通機関、民生ですね。こんな具合になっていて、相変わらず火力発電所の伸びですね、その負荷が大きいということが、中国全体のNO_x排出量の増加の主要な要因になっているということは言えるのだらうと思います。そうは言っても、排出係数、排出係数というのは分子が排出量で分母が燃やした燃料の量ですね、その係数で見えますと、石炭火力発電所の場合には2000年を1とすると2006年には10%くらい減っている。ですから、対策技術が進んだということになると思います。これはですね、先ほどのSO₂の場合の脱硫装置が付いたということに対応するように、NO_xの場合には脱硝装置が付いたのかということとそうではなくて、まだ中国ではほとんど脱硝装置は付いていません。いわゆるローノックスボイラーという効率の良いボイラーを導入することによって、これだけ下げたと考えられております。一方、自動車の方については排出規制をかなり強化しております、ユーロ1、2、3まできていて、今はユーロ4でしょうかね。ヨーロッパの自動車の規制レベルによって強化されておりますけれども、それに伴ってガソリン自動車については30%くらい排出係数が下がってきているので、かなり対策を一生懸命やっていることは事実なのだらうと思います。それ以上にエネルギー消費の増え方が大きいということの意味していると思います。

こちらの方も、その増え方というのは本当なのかということを確認するために、衛星観測と比べてみるというのが一番手っ取り早い方法だということで、そういったような図になっています。これは衛星観測によるNO₂の年変化量を示しており、2005年から2008年のトレンドを色分けしたものです。この黄色や赤は増えた分ですね。こちらの青系の色が減ったということでもあります。この間、日本や韓国ですと、おそらく対策の効果ということになるのですが、減っていますねと。一方、中国ではまだ増えていますねと。ただし、北京辺りですと、北京オリンピック等もありましたので、かなり一生懸命大気汚染対策が行われたせいだということだと思いますが、減っていますねということが分かると思います。

こういった衛星での観測結果と排出量のトレンドを比較したのがこの図であります。ここが中国ですね。衛星の観測をもとにして排出量を逆推計するという手法があるのですけれども、その結果がこれです。それから、グリーンや赤のマークが排出インベントリの結果ですけれども、比較的良く整合していますねということから、私たちが推計したNO_xのトレンドもあながち間違っていないだらうということでもあります。

では、日本はどうなのかということですよけれども、逆推計の結果がラインの方ですね、赤い印がインベントリですけれども、この辺は少しおかしいですが、これだけ合っています。ですので、逆推計自体の精度は結構高いのだらうと。日本におけるインベントリというのは、それなりの精度を担保していると思いますので、ここで逆推計とインベントリの結果が合っているということは、逆推計の結果自体にそれほど大きな問題は無いものと考えている次第です。

ところが、世界には色々なインベントリ関係の研究者がいて推計しているわけですけど、それらを比較してみますと非常に大きなばらつきがあるのですね。NO_xとSO₂、ブラックカーボンについて、色々なインベントリを比較してみた結果なのですが、COもこんなにばらつきがありますし、ブラックカーボンもこんなにばらつきがあるということから、まだまだ排出量の不確実性について、今後の研究も一層強化していかなければならないだらうと考えています。

3番目のテーマは、越境汚染による日本への影響なのですよけれども、アジアで排出量が増えていることから広域大気汚染が増えていって、それに伴って日本への越境大気汚染も増えていると考えられるのですが、2007年5月にこのようなエピソードがありました（光化学スモッグ）。その時の中国の寄与率ということ、一番大きい所で40~50%です。関東のあたりですと25%くらい。こういったような時でもこのような比率があったと。

これを大きいと見るか、小さいと見るかは意見が分かれるところだと思いますけれども、では、最近どうなのかということですが、2007年というともう5年前くらいになりますが、最近まで含めたこれは2009年までのモデルの結果です。中国の寄与率を評価してみますと、中国の寄与率は赤で示していますが14%くらいあります。最近もちょっと増えていそうということから、基本的には中国の寄与率、日本のオゾンに対する中国の寄与率が上がっているという傾向は、最近もまだ継続していると考えているのが妥当だろうと考えております。

このようなことから、2009年に福江島で観測された結果をモデルでシミュレートしてみますと、このような具合になっておりまして、赤い丸が観測の結果です。こちらの方の色がついているのがモデルの結果で、ブルーが中国の結果です。ピンクが韓国で、緑が日本、紫色がその他ですね。これだけの中国の影響があるということなのですが、それをもう少し統計的に処理したものがこちらです。春に限ったものですが、そうしますとオゾンが高いときには中国の寄与率が大きいということが分かります。高濃度の場合には30%くらいの寄与があります。一方、日本全体で見ても中国の寄与率は12~13%となります。先ほどの金谷から報告があった、全球モデルによる推定結果とほぼ一致するという事になっています。

それから微小粒子も中国から結構来ております。金谷の方からも報告がありましたけれども、アンモニウム、硫酸粒子、有機粒子、硝酸粒子のモデルの結果と観測の結果を示しております。青いのが中国ですがほとんど中国由来のものだということが分かります。それに対して、有機粒子はモデルがまだ上手くできていない、これは世界的な傾向ですが、過小評価になりますので寄与率がどのくらいになるかは今はまだよく分からないということになります。硝酸につきましても、少しそのような傾向がありますけれども、いずれにしてもこの場合でも中国の寄与率が大きそうということが分かります。

最後の話になりますけれども、中国からの影響がかなり大きいというお話をしましたが、そうはいっても色々な側面があるということで、その一つの例として、日本は例えば中国に工場を造って、そこで物を作って日本に輸入していると。それを消費しているわけですね。ということは、日本で使う物を生産するために中国で活動して、そこで大気汚染物質を出しているわけですね。今は、経済のグローバル化によって日本の色々な生産活動等、経済活動が国際的に行われているということから、そういったような活動に起因する排出量が結構あるのではないかとこのように思われます。では、それはどのくらいなのかということも推定した結果があります。日本の国内最終需要に起因するNOx排出量ですが、その発生量が3,817kt/年ですね。そのうちの半分くらいが国外で排出された量で、さらにその半分が中国で排出された量になると。結構多いですね。中国の国内で排出された排出量のうちこの量は5%くらいを占めます。中国からの越境汚染を悪い悪いと言っていることもありますが、そのうちの5%くらいは日本に責任があるということを示しているのではないかと考えます。

時間がなくなってきましたので、まとめですが、排出量が増え続けている物質が多いのですが、SO2はこの頃減少に転じている。それから、排出量の増加によって、広域的な大気汚染、それから日本への越境汚染は依然として問題になっている。今ご説明申し上げましたように日本の経済活動によって、日本の最終需要に起因する排出量があります。

これからどうしていったらいいかというのは、この後2つの講演で詳しく取り上げられると思いますけれども、一つは広域大気環境管理の枠組みを作ること、もう一つは大気汚染と温暖化の同時解決を志向するようなコベネフィット・アプローチが重要だと、このように考えております。

以上で、講演を終わらせていただきます。ありがとうございました。

司会

ありがとうございました。

それでは、ご質問を受け付けたいと思いますが、どなたかご質問がおありの方はいらっしゃいますでしょうか。ぜひ、この機会に大原センター長に何かおうかがいしたいことがありましたら、どうぞ。

会場-2

最後にあった NOx 総発生量は、3,817kt/年になるんですか。

大原

はいそうです。

会場-2

随分多いと思うが、海外で排出した分も入れて、日本が輸入したものと国内で消費したものを足してということですか。

大原

そうです。そういうことです。

会場-2

日本国内でだと何万トンくらいですか。

大原

一桁違うかもしれない。

会場-2

いや、船の入れ方で。

大原

船はそんなに変わらない。

会場-2

船は排出量が多いから、国際船舶を入れるとこれくらいになるかなと。

大原

そうですね。

会場-2

もしかして、これが合っているとすれば船の排出量が多いから、これでいいんだろうなということです。
というのは、僕の学生が CO2 を計算した時に、日本の輸入で大体 1 億トンあったんです。NOx だと多分、船のディーゼルエンジンの排出量はすごく大きいので、それを正確に足し合わせるとこうなるんだろうなと。

大原

後でチェックしてみます。ありがとうございました。

司会

よろしいでしょうか。ありがとうございました。

大原センター長、ありがとうございました。

秋元 肇（あきもと はじめ）

財団法人日本環境衛生センター アジア大気汚染研究センター 所長
「グローバル大気汚染とコベネフィット」

司会

それでは、シンポジウム前半最後の講演は「グローバル大気汚染とコベネフィット」と題しまして、秋元肇アジア大気汚染研究センター所長より講演申し上げます。

それでは、秋元所長、よろしくお願いいたします。

秋元

それでは、2回目の登壇ですが、私のタイトルは今ご紹介いただいたタイトルです。

お話するのは、まず、グローバル大気汚染という言葉在最近よく使うのですが、これは大気汚染の地球規模への広がりという意味しているとお考えください。2つ目に、大気汚染と地球温暖化の関わり。これは、最初のイントロのところでも申し上げたことの具体的なお話をしたいと思います。それを踏まえて、コベネフィット。大気汚染と温暖化の同時抑制について話をしたいと思います。

まずグローバル大気汚染という言葉ですが、これを日本語で言うと地球規模大気汚染なのですが、こういう言葉はあまり熟していないかなと思います。ちょっと見方を変えれば、地球環境問題としての大気汚染。大気汚染というのは、とかくローカルな所から、広がってもアジア、東アジアそのくらいまでをイメージされる方が多いのですが、もっと広く、いわゆる温暖化とかオゾン層とか、そういったものと同じような意味での地球環境問題としての大気汚染。そういった視点が必要になってきているのではないかとということです。

なぜ、地球規模での大気汚染が問題になってきたかということ、例えば、NO_xの話がよく出てきましたけれども、1890年、前々世紀ですね、このくらいから世界でのNO_xの排出量を示したものですけれども、この100年余りの間にほぼ10倍に増えています。10倍に排出量が増えるということは当然、地球全体に相当大きな負荷をかけているなということが直観的にお分かりになると思います。

こういうものがこれだけ増えたなら世界全体にどのように広がっているのかを確認するのに、衛星というツールが非常に有効です。まず、NO_xの場合は北米の東部、それからヨーロッパの中心部、北東アジア、この辺に非常に大きな高濃度の領域があることが分かります。それから、もう少し細かく見ていただきますと、世界中にホットスポットのようなものがあるんですね。メキシコシティだとか、インドは当然ですが、バンコクだとか、シンガポールだとか、ロシアの中にもたくさんあります。この理由の一つに、NO_xは寿命が短い。これは何日というものなので、あまり広く広がらない、発生源地域に極大化するというので、このようなスポット的な汚染になるわけなのです。世界の各地で大気汚染問題の共通の関心が生まれてきているということが、このようなことからお分かりいただけると思います。

オゾンはNO_xから生成されるわけですが、NO_xから生成されるオゾンというのは大気中の寿命が比較的長い。1か月とか、2か月というオーダーになってくるので、大陸を越えて半球規模で広がる。北半球の場合は、半球規模でオゾンの汚染が広がっております。

もう一つ、エアロゾルについても同じように衛星から見てみますと、このような画像がありまして、この場合は地域的な分布は非常に偏っているのですが、先ほど見ていただいたNO_xやオゾンとまったく違うんですね。例えばアフリカの中央アフリカから西海岸のあたりとか、東南アジア、中国のこの辺は共通かもしれませんが、このような所が非常にエアロゾルの光学密度が高い。これは発生源がNO_xなどは化石燃料なのですが、エアロゾルの場合は発生源としてのバイマスバーニングの寄与が圧倒的に大きいということが見てとれます。

次に大気汚染と地球温暖化の関わりということで、これまでは、大気汚染は大気汚染、温暖化は温暖化、これは研究者の方もコミュニティがあまりオーバーラップしていない、政策的にも温暖化対策と大気汚染対策はほとんど切れているんですね。そういう状況が続いてきている。これは、我が国だけではなく、世界的にもそういうことがあるということです。では、大気汚染物質と温室効果ガスは何が違うかということです。

が、大気汚染物質は寿命が短い。これは数か月というの長い方で、普通は 1~2 か月くらいのもが多い。それから、何をもちいて大気汚染物質と言うかという、生態毒性、人間の健康、植物、農作物、森林、そういった生態に対して直接、毒性を持って、その影響により社会的コストへ負荷をかけるようなものが大気汚染物質です。一方、温室効果ガスというのは長寿命、数年以上で、メタンなどは一番短い方ですけども 8 年とか 10 年とかで、CO₂ も当然長いわけですね。これは、温暖化とか気候変化によって、その影響で社会的コストがかかってくるようなものです。この 2 つが分かっていたのですが、どうも地球温暖化と地球大気汚染は相互に関連しているのではないかというのが最近の見方です。

それを一番分かりやすく説明するために使う図がこれですが、これは地球温暖化の関連物質による 1850 年の工業化以前から現在までの放射強制力、これは温暖化の一つの指数としてよく使われるもので、赤外線をどれだけ吸収するかというものと考えていただければよいと思います。例えば、CO₂、メタン、CFC (フロン) ですね、N₂O、こういったものを長寿命の温室効果ガスというのですが、これはよく知られている。こういうものが 1850 年から 2000 年までの間に温暖化に対してそれぞれこれくらい寄与している。単位は、W/m² という単位です。これに対して右側にあるのが短寿命の大気汚染物質で、対流圏のオゾン、それからブラックカーボン、その他のエアロゾルが並んでいますけれども、特にこの中で上向きに赤で示されている対流圏オゾンとブラックカーボンというのは、この温室効果ガスと同じようにプラスの放射強制力を持っている。つまり、濃度が増えると温暖化を促進する。一方、後で出てまいります、硫酸エアロゾルとか他のものは地球を冷やす方向の短寿命の大気汚染物質も逆にありますよということでございます。特に、コベネフィットの話で中心になるのはこの 2 つですね。オゾンとブラックカーボン。

具体的にオゾンとブラックカーボンというのが、どのくらい CO₂ に比べて温暖化に効いているのかという、この結果は私たちのプロジェクトの中でのモデル計算なのですが、産業革命以前から CO₂ が増えたことによって年平均値で気温が 1.31°C 上昇している。これは平衡上昇気温で、現時点での上昇よりも大きいですが、平衡な時はこれだけ効いている。それに対して、オゾンによる温度上昇が 0.31°C、ブラックカーボンによる温度上昇が 0.28°C。この 2 つを足すと 0.6°C くらいになりますから、CO₂ のほぼ半分に近い 40% ないし 45% くらいの影響。オゾンとブラックカーボンによる平衡気温の上昇は、二酸化炭素の半分に近い。そのくらいの影響があるものだということを抑えていただきたいと思います。

それからもう一つ、この研究の中で分かってきた面白いことは、CO₂ というのは世界的に均一に分布しているわけですが、そうはいっても地球の各地域、全球、北半球、南半球から、それぞれの国、中国、インド、日本などというように地域ごとに見てみると、温度上昇は必ずしも一定ではないわけですね。こういう大陸間の大気の影響を受けて、ある所は温度が上がりやすいというのはある。この水色のところは CO₂ による気温上昇ですね。それに対して、赤がオゾンによる気温上昇、黒がブラックカーボンによる気温上昇ですが、そういうものを一緒に地域ごとにプロットしてあげると見ていただくと分かるように、かなり平衡関係がありそうだなということが分かると思います。CO₂ によって気温が上がりやすいところは、オゾンやブラックカーボンにおいても上がりやすい。

これは一見不思議なことで、CO₂ は全球において様に分布しているわけですが、オゾンやブラックカーボンは、先ほどの衛星写真で見ていただいたようにかなり地域的に分布が偏っている。それにも関わらず、必ずしもブラックカーボンの濃度が高い所だけではなく、そうでない所に同じように気温上昇をもたらしているということを意味しています。

この 2 つをプロットしてみると、CO₂ による気温上昇を横軸、縦軸にオゾンとブラックカーボンによる気温上昇をとると、赤がオゾンで黒がブラックカーボンですが、それを一つの点は地域ごとにとったものです。そうすると、このようにプロットすると非常にいい直線関係にある。ということは、オゾンやブラックカーボンなどの大気汚染物質を CO₂ と同時に削減することは分かりやすい意味がある。気温上昇を同じような割合で抑制するということである。ということで、大気汚染物質と CO₂ の同時抑制が温暖化の立場から非常に意味があるということでもあります。

今までの我々の研究の一つの結果として、平均気温上昇、これは、CO₂、オゾン、ブラックカーボン、SO₄²⁻

(サルフェート)、これはSO₂からできる硫酸エアロゾルですが、これを一緒に入れてあります。というのは、全球平均のところだけを見ていただければいいのですが、先ほど見ていただいたように、CO₂による気温上昇が1.31℃、オゾンによるものが0.31℃、ブラックカーボンで0.28℃なのですが、SO₄²⁻が増えたことによってマイナス0.52℃、オゾン、ブラックカーボンによって増えた分をSO₄²⁻が打ち消しているということになります。マイナスの放射強制力と言いますか、マイナスの気温上昇が効いている。SO₄²⁻が増えることによって、これはよく言われますが、エアロゾルが太陽光を反射して地表に届くのを防ぐということで、むしろ寒冷化の方に働くということです。こういうものが、それぞれ気候感度と言いまして、放射強制力あたりどれだけ気温が上昇するかというのは、必ずしも物質によって一定ではないので、これは分布が違ったり鉛直分布が違ったり、色々そういうことがあって気温に対する影響が違うというわけなのですが、相対気候感度というのは、CO₂による気候感度を1とした時に、こういう物質がどのくらい感度があるかと。ブラックカーボンはCO₂とほぼ同じですと、同じだけ放射強制力が増えれば同じだけ気温が上がります。それに対して、例えばオゾンと同じだけ放射強制力が上がっても気温上昇は0.7くらい。SO₄²⁻ですと下がり方が半分くらいです。そんな結果が出てきて、こういう数字を使いながら、今後、こういうものを組み合わせて、どうやって温暖化を防ぎ、同時に大気汚染を防ぐか、いわゆるコベネフィットの出発点としてこの値を使おうとしています。

次に、いよいよコベネフィットの話に入るわけですが、大気汚染と温暖化の同時抑制、これは一般的に色々な考え方があります。ここで議論するのは、特に大気汚染物質と温室効果ガスを同時に排出削減する、コベネフィットコントロールですね。日本語では共便益・共制御という言い方をしています。これをどういうふうに考えていくかということです。

コベネフィットの話というのは、私たちは大気汚染の研究者なので大気汚染側からの温暖化に対するコベネフィットの議論をするのですが、逆に気候変化の方を主にやっている気象屋さんですね。そちらの方からの議論も出てきています。これは、IPCCのAR4というこの前に出たアセスメントレポートですが、長寿命のガスに焦点を当てており、短寿命のものとのコベネフィットはあまり正面切った議論をしてないのですが、こういうコメントがされています。「CO₂削減により大気汚染物質の排出が低減し、人間の健康、農作物、生態系に大きなベネフィットが生じる」。これは、CO₂削減をするということは、燃料転換を行うなど燃焼効率を良くするというものですから、そうすると当然、同時に大気汚染物質の排出も少なくなるわけです。それによるコベネフィットの議論は多少ありまして、例えば、温室効果ガスを10%、20%、30%削減すると、例えばSO₂はこれだけ減ります、これは石炭から他のものへ燃料転換したりすることによるものですが、それからNO_xやPM_{2.5}はこれだけ減りますよ、それだけ減ると人間の健康に大きなメリットがあるのではないのでしょうかということをIPCCは言っているわけです。

例えば、うちの研究の中で、今日はあまり詳しくお話しませんが、大気汚染物質の削減がどれだけ大事かということを国際的に議論していくのに、一つの共通の指標として人間の健康影響、特に「早期死亡率」、この言葉はちょっと分かりにくいと言われるのですが、早期というのが分かりにくいのですが、増加死亡率とお考えいただければと思います。オゾンが増える、PM_{2.5}が増えることによって、どれだけ死亡率の増加があるか。これは最近の疫学調査で、ほとんど欧米の研究が主なのですが、このようなものも出ています。こういうものを使って、一つの試算ですが、それとモデルを組み合わせると、例えば中国ではオゾンによる死亡率は、何万人というか何十万人に近い数字で、PM_{2.5}だと30万人になって、両方合わせると47万人くらいになります。では、日本はどうかというと、それぞれ数千人くらいのオーダーになり、合わせて1.5万人くらいになってきます。こんなオーダーの数字が出てきます。これは大雑把な数字ですが、一つの目安として、こんなことを指標にしなから、どれだけこういうことに真剣に取り組まなくてはならないかということの議論の根拠になるのではないかと思います。先ほどの議論に戻りますと、CO₂を減らすことによって同時にこういうものが減れば、健康影響に対して非常にメリットがありますねという議論がなされています。

私たちの大気汚染の研究者側から見た場合、産業革命以来の気温上昇に対して、温室効果ガスによる温暖化の寄与率は二酸化炭素の半分、これは先ほど申し上げた通りです。いま一番議論されているのは、CO₂自身

を減らすことです。温室効果ガスを減らすこととの違いは、50年、100年先ではなくて、20年、30年先の中
期未来、ミッドタームフューチャーですね。中期未来における温暖化、気候変化の抑制、抑止には、寿命の
短い大気汚染物質の排出削減が有効である。CO₂はご存知のように寿命が長いので、今ある程度努力して減ら
しても実際に効いてくるのは50年、100年先になる。これは後で具体的なグラフをお見せします。それに対
して、大気汚染物質は寿命が短いので、今減らせば、平衡気温をとったとしても10年、20年くらいで応答が
出てくるということです。我々が生きている20年先、30年先あたりに責任を持って何かしたいと思ったら、
まず、そういう寿命の短いものをやるのが重要なのではないかと思います。これが、我々、大気汚染側か
ら見たコベネフィットの議論です。

そして、こういう言葉があります。SLCF(Short-lived Climate Forcer)、日本語にすると「短寿命の温室効
果物質」ということだと思います。具体的に問題にしているのは、オゾンとブラックカーボンです。ただオ
ゾンの場合は、前駆体物質がNO_xやVOCと、メタンがあるんですね。どちらも減らせばオゾンが減ります。
その違いは、NO_xやVOCは短寿命の前駆体物質で、これを減らせばすぐにでもオゾンが減ってくれる。メタン
は数年から10年のライフタイムがあるので、メタンを減らしたことによるオゾンの減少というのはやはり10
年、20年かかるということです。その違いがあります。いずれにしてもオゾン自身を排出しているわけでは
ないのでこういうものを減らさなくてはいけない、これがSLCFでのオゾンに対する議論です。ブラックカー
ボンの方は、金谷の方から説明があったようにPM_{2.5}を構成する成分の一つで、すすのようなものですね。
黒色炭素とか、元素炭素と言われるものですがけれども。こういったものだけが単一で出ることは少なく、
有機炭素(OC)と一緒に出たり、SO₂と一緒に燃焼で出てきたりということがあって、こういうものは一般に
温暖化を抑制する方に働きますので、そういったものと一緒に出てきた時にこれだけを取り上げてどうい
った議論ができるかというのが、ややこしい問題でもあります。いずれにしても、オゾンとブラックカーボン
を対象にSLCFコベネの議論が進んでおります。

ブラックカーボンの年平均値のカラム密度、これはモデルの結果ですが、こんなふうに全球に広がっ
ている。これは東アジアで、このあたりもブラックカーボンの濃度の高い領域になっています。

これはアジアにおけるブラックカーボン排出量の変化を見たものですが、赤が中国、その他の東アジア、
東南アジア、南アジア、ロシア・中央アジア、このように徐々に増えていますね。中国の排出量は非常に大
きいです。インドがそれに次いで大きいということが分かります。

今後、コベネの議論を具体化していく時にどういった発生源を抑制できるかという議論のために、それぞ
れの国で発生源がどのように違うかということなんですが、これも大きな差がありまして、中国の場合はオレ
ンジ色が産業、インダストリーですね。緑が輸送、自動車。青が民生。これは、石炭をたくさん使う普通の
工業起源。発電所などは燃焼効率がいいからあまり出てこないと思いますし、大きな工場は粉塵を取り除く
装置がついていると思います。中小の工場にはついていない。そういうものから出てくるブラックカーボ
ンが非常に多い。それから、こちらはバイオフィューエルですね。先ほどのバイオマスバーニングもあります
が、家庭で薪などを使っているところが多く、非常に大きな発生源になっていると思います。ブラックカー
ボンを減らすには、このようところがターゲットになると言えます。一方、日本はこれと逆で、緑のとこ
ろが自動車、輸送関係です。こういうところは減ってはきているけれどもまだ絶対量としてはかなり大きい。
これをさらにどうやって減らすかが課題になります。タイはその中間みたいなもので、民生、家
庭での排出も多いし、自動車排気ガスも多いし、工業のものもある。かなりコンパイル的になっています。
このように、国によって何をターゲットとして減らすかがコベネの議論の中で大事になってくると思
います。

IPCCでシナリオという名前が、2.6とか、2.5とか、6.0というものがあって、CO₂をどうやって減らして
いくかというシナリオが提言されています。それとともに、このようにやったときに他のSO₂やNO_xやブラ
ックカーボンも、このように減りますよという、これは温暖化側からのですので、特に大気汚染対策を強化
するということではなくて、燃焼効率を上げたり燃料転換をしたり、そういうことによってCO₂が減ればブ
ラックカーボンもこのように減りますよという、そういうシナリオが出されています。ただ、これをちょっと

見ていただくと、赤線で引いたのが 2030 年なんです。横軸の右端が 2100 年です。まだ 100 年先。ということで、この IPCC シナリオで差が出てくるのは、2050 年くらいから先なんです。私たちがターゲットとしたい 2030 年時点では、どのシナリオをとってもあまり差がないですね。我々は 2030 年くらいにオゾン、ブラックカーボン、PM2.5 を下げたいし、温暖化もできる限り抑制したいということです。そこまでの間に大気汚染対策を積極的に入れることによって、ブラックカーボンや NOx をもっと下げられないかと。それによって温暖化の方も下げられないかということの議論をしたいわけです。

そこで、イメージをつかんでいただくための図がこれです。これは UNEP の図ですが、ここが 2000 年で今は 2010 年くらい。右が 2050 年となっています。これは全球の気温上昇について、過去のものとの今後の予測を表したものです。この「2」というのは 2°C、産業革命以来 2°C までの気温上昇を一つの目標にしようというのが 2°C キャッピングと言われる一つの施策です。2050 年にこれ以内に抑えようということになりますと、一番上はレファレンスシナリオ、このピンク色の線が CO2 メジャーズ、450ppb シナリオと言いますが、2050 年までに 450ppb 以内に抑えるということにするとこういうふうには上昇してきて、こういうふうには温暖化がある程度収まってくるだろうということです。しかし、2050 年くらいには 2°C は超えてしまう。一方、この下の 2 つは IIASA というウィーンにある国際機関が試算したのですが、色々な大気汚染対策を行って、メタンやブラックカーボンを減らすことでどれだけ温暖化が抑制できるかというのが青い線です。CO2 はいくら減らしても急には効かない、50 年、100 年先の時にはだんだん効いてくるのですが、30 年、50 年先ではあまり効かない。ところが、こういうものを減らしてあげると最初からこれだけ違ってきますということです。これと CO2 対策を組み合わせるのが一番下の線です。両方入れてあげるとこういうふうになって、2050 年、2060 年になっても 2°C キャッピングを達成できるというのが一つの議論です。

私たちは具体的な数字を出していませんけれども、中期将来、2030 年ごろに CO2 削減と大気汚染物質削減を組み合わせることによって、2°C 目標を達成できる可能性がある、国際交渉にコベネフィット・アプローチを導入することによって、東アジアにおける越境大気汚染の影響を軽減できる可能性がある。これは、大気汚染物質だけについて、中国に対して NOx や VOC を削減して欲しいといっても、それでは話が通用しない場合が多い。温暖化に対するものの抑制というのは国際的な圧力がありますので、そういうものと組み合わせることによって、中国を含めた途上国に大気汚染物質も一緒に削減するような方向へ向かわせることができるのではないかとというのがこの 2 つ目です。今後、この研究でやっていかななくてはならないのは、経済コストを評価することによってベストな削減シナリオを提言する、特に、東アジアについてどこの国で何をどれだけ低減するとどれだけ効いてくるかという時に、どれだけ削減コストがかかるか。これをシステム研究やモデルを使って評価していく。同時に大気汚染物質の影響ですね。人体影響とか作物影響、そういうものの経済コスト、こういうものを最終的に含めた全体コストをどうしたら下げられるかを今後やっていきたいと考えています。

以上です。ありがとうございました。

司会

ありがとうございました。

では、質疑応答のお時間をとらせていただきたいと思います。どなたかご質問がおありの方はいらっしゃいますでしょうか。

会場3

先ほど、棒グラフで CO2 の半分くらいオゾンとブラックカーボンの寄与があるということでしたが、あれは計算ですか。

秋元

そうです。もちろん計算です。あくまでもモデルです。

会場3

オゾンとブラックカーボンは似た傾向がありますよね。本当にそうでしょうか。発生源がまったく違いますよね。

秋元

オゾンとブラックカーボンが全球のどこで濃度が高いかを見ると、東アジアで言えば当然中国の上が一番高いですよ。

会場3

ブラックカーボンはどちらかというとバイオマス系が多いが、オゾンはバイオマスと関係ないですよ。

秋元

ここで言いたいのは発生源というか分布が違っても、気温上昇に焼き直すとほとんど CO₂ に似たような形で出てきますよということを言いたい。これは、平衡気温上昇をとっているのがミソなんです。インスタントニースのものをとると、当然、ブラックカーボンのあるところは逆に冷えたり、温度がばらばらになっちゃうんだけど、大気の中ないし表面階層で、平衡になった時を見ると温度が上がりやすいところは、CO₂ であれブラックカーボンであれ、同じところが上がりやすいという結果なんですよ。

会場3

2つ問題があるんですけど、オーガニックカーボン (OC) をここで入れていない。先ほどからブラックカーボンのプラスの面だけ見ていらっしゃるが、オーガニックカーボンの冷却はかなりある。

秋元

サルフェートもそうだし、オーガニックカーボンもそうです。もちろん、モデルには全部入っているけれども、そこを切り離して、ブラックカーボンが増えたことによる気温上昇だけを取り出すとこのようになるということです。

会場3

もう一つ、ブラックカーボン評価ですよ。エレメンタリーカーボン (EC) 評価ではない。

秋元

その細かい話はあるんですけど、そこは、対策をする時は細かい議論をし出すとできなくなるから、やりません。

会場3

大学の研究で、中国の農村のかまどだけなんですけど、そこで見たときにブラックカーボンは実際にはエレメンタリーカーボンなので、ブラックカーボンはオーバーエスティメートだろうと。ここで言っている計算よりもエレメンタリーカーボンで計算すると少ない。さらに、オーガニックカーボンに対する排出量を見たところ、オーガニックカーボンの方がかなり多い。だから、農村のバイオマスバーニングの総合的な効果は冷却効果の方が明らかに大きいと私たちの結論はなったのです。ただ、野焼きがどうなっているか、我々は農村のかまどだけなので野焼きでブラックカーボンとオーガニックカーボンがどうなっているかが分からない。あと、野焼きは中国では禁止されているけれど、実際のどのくらい行われているかは分からない。その点を考えていくと答えはよく分からないのだけれども、冷却効果はかなりありそうだということは見えてお

なくてはいけないから、一生懸命対策だと思ってやると逆にそのオーガニックカーボンの冷却効果が減って、今まであった冷却効果がなくなっちゃうとすると短期温暖化効果になっちゃう。その危険があると思うので、注意深く扱うべきかなと。

秋元

その辺の議論は当然あるんです。ただ、分かりやすく言うと野焼きみたいなバイオマスバーニングの場合は、オーガニックカーボンの比率が高いので、そういう意味では効果的には弱いかもしれない。むしろ、ディーゼル排ガスの場合は逆にエレメンタリーカーボンの比率が高いので、そちらの対策を行う方がいいのではないかとこともあります。その議論はある。そのことを言い出すとブラックカーボンと言っても、周りにオーガニックカーボンがコーティングされていて、雲の中に入って取り込まれると白い雲ではなくて黒い雲ができて、そこで温暖化の方に効いてくるとか、細かくやっていくときりがないので政策にはなかなか結びつかない。だから、どこかで割り切ってやらなくてはならない。ただ、おっしゃるように排出源を抑えていくときに逆になったのでは話にならない。そこは注意してやっていくことにしています。

会場3

とにかく、我々の研究室では、冷却効果の方が高かったということをお伝えしておきたかったということです。

司会

ありがとうございます。お話は尽きないと思いますけど、また総合討論のお時間、質疑応答のお時間もございますので、またご発言をいただければと思います。よろしいでしょうか。

秋元所長、ありがとうございました。

【休憩】

鈴木 克徳 (すずき かつのり) 金沢大学環境保全センター 教授 「問題解決に向けた国際的な取組」

司会

それではこれより、一般公開シンポジウム「越境大気汚染への挑戦～最新の知見と最近の動向～」を再開いたします。

後半最初の講演は、「問題解決に向けた国際的な取組」と題し、鈴木克徳金沢大学環境保全センター教授より講演申し上げます。

それでは、鈴木教授、よろしくお願いいたします。

鈴木

ただ今、ご紹介にあずかりました金沢大学の鈴木です。私は、先ほど秋元先生の方から、自然科学と社会科学の融合が重要というお話がございましたが、社会科学あるいは政策科学といった観点からこの問題にどう取り組んでいくことが必要か、という議論をさせていただきたいと思います。

まず、問題解決に向けた国際的な取り組みを考えるのに、先行事例がどうだったかということを考えるのが大切だろうと。先行事例としては、欧州におけるものがございます。先ほど来若干お話があったように、欧州には越境大気汚染条約というものがございまして、これは1950年代から顕在化した酸性雨問題に対処するために、1979年に欧州を中心として合意された条約です。この条約は欧州と北米大陸、米国もカバーするような形でかなり広範囲、欧州はロシアもカバーするような形で、北半球の広域をカバーする形で作られて

います。これが、1985年の硫黄酸化物削減議定書といったものを皮切りにしながら、様々な対策を国際協力のもとで実施してきています。現在は大気汚染問題と気候変動問題とを、よりリンクさせる方向で議定書の改正を検討しているといった状況にあります。

この欧州の越境大気汚染条約の一番大きな特徴は、欧州で顕在化していた様々な酸性雨による被害といったものを前提として作られた条約ということでもあります。これは、森林の枯死といった状況や北欧における湖沼の酸性化とか、魚が死滅してしまったとか、そういった実態があって作られた条約であるということです。

一方、アジアにおいても、これまで色々な形での大気汚染問題への取り組みが行われています。1990年代に入りまして、色々な形で越境大気汚染問題への取り組みというものが進みつつあります。東アジア、ここでいう東アジアというのは、東南アジアと北東アジア、中国、韓国、日本、モンゴル、ロシアのシベリア地域、アセアンと言われる東南アジアの地域をカバーする形で、日本の主導による東アジア酸性雨モニタリングネットワークというものが、1990年代後半から始動しています。南アジアでは、南アジアの大気汚染と越境的影響の制御と防止に関するマレ宣言という大臣レベルでの政治宣言に基づきまして、越境大気汚染問題への取り組みが1990年代後半から始まっています。東南アジア、アセアンといわれる地域では、2000年代に入りましてアセアン煙霧協定、この煙霧協定に基づきまして、主として森林火災対策といったものを中心として取り組みが進められています。一方、中央アジアでは2006年に環境基本条約というものを制定しています。この環境基本条約に基づいて、大気汚染対策に着手したといった状況にあります。中央アジアはまさに今、取り組み始めたといった状況であります。

これを図にするとこのような形になってきます。ざっと見ていただければ分かるように、こういった色々な取り組みが既に始まっているわけですが、そのスコープや進展状況には非常に大きな違いがございます。例えば、かなり広域をカバーする東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）というのは、モニタリングについては非常に大きな実績があって信頼性のあるデータを作り出していますが、他方で、スコープが酸性雨とオゾンの問題に限定されているところに課題があります。一方、南アジアのマレ宣言に基づく対策というのは越境大気汚染全体という形でよりスコープは広がっておりますが、モニタリング等の実態というのはまだまだEANETには追いついていない状況にあります。

東アジア酸性雨モニタリングネットワークについては、また後ほどお話があるかもしれませんが、こういった形で様々なところでサイトを作り、ある意味、欧州、北米大陸に匹敵するような精度の高いデータを作り出して、そういう意味では非常に高い信頼を得ている状況にあります。

一方、世界的にどうかということになりますと、欧州については越境大気汚染条約がカバーをしている。アジアもいくつかの条約がかなりのエリアをカバーしています。アフリカについては最近、東アフリカ、南アフリカ、そして中央アフリカ、西アフリカといった地域で大気汚染問題に取り組むためのネットワークが形成されました。また、中南米においても、同じように大気汚染問題に関しての国際協調を進めるようなネットワークができ始めていると。これはここ3年くらいの傾向ですけれども、世界各地で大気汚染問題に関する取り組みが進み始めたといった状況にあります。

それでは、アジアについては十分だろうということになるかということ、やはりそうはいかないということでもあります。まず、アジアにおける取り組みを改善する必要があるだろうという認識を私どもは持ち続けていました。一つは大気汚染問題の越境性ということで、1か国における対策の限界。先ほど来、秋元先生等からお話がありましたように、どうもこの越境大気汚染問題というのは、アジアや北東アジアといった地域を越えて、北半球全域で考えていく必要があるだろうと。そういったものにきちんと対応して取り組めるようなシステムが今のところないといった問題があります。また、この前のプレゼンテーションで秋元先生からお話がありましたように、大気汚染問題と気候変動問題とをよりしっかり結び付けてリンクさせていく必要性がある。今のアジアにおける枠組みは、どの一つをとってみてもそういったもののリンクについて考慮がなされていないという問題があります。そして、地域の削減戦略を考えていこうとした時に、その基盤となるような科学技術情報を共有していく必要があるだろう。また、その削減戦略の最適化に向けた色々な検

討が進められるような枠組みが必要だろう。そういった基本認識に基づいてこの S-7 のテーマ 3 とされる東アジアの大気汚染対策の促進に向けた国際枠組み、コベネフィット・アプローチに関する研究というものが始められました。

これの目的についてですけれど、先ほどお話があったテーマ 1、テーマ 2 の成果を踏まえつつ、越境大気汚染問題解決のための国際的な枠組みの在り方を提言していこうと。また、その国際枠組みの実現に有効な合意形成のプロセスについて提言していこうということを主たる目的としています。その結果として、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク等の既存の枠組みを踏まえた国際協調による汚染削減の推進や、効果的、戦略的な国際交渉の展開に貢献していくということを目指しています。

これまでの主な研究成果ですけれども、4 つお話をさせていただきたいと思います。一つは、東アジアにおける越境大気汚染による被害の解明。アジアにおける大気汚染問題に関する科学的アプローチの政策決定に向けた仕組みの提言。国際的な枠組みの合意形成に向けたプロセスの提言。そして最後に、国際的枠組み推進に向けたコベネフィット・アプローチに関する研究といったものについてお話をさせていただきたいと思っています。

最初のアジアの越境大気汚染の被害の解明についてですが、日本では被害の経済的な評価といった話はあまり活発に行わないという傾向がありますから、やはりアジアの政策決定者という人たちを対象として考える時に、一体どのくらいの被害があるのだろうか、あるいは、どのくらいの被害の蓋然性があるのだろうかということは非常に重要なポイントになってきます。そういった意味から、ある意味、試験的に検討している状況ではありますが、本研究においては、PM2.5 とオゾン の 2 つに限定いたしまして、健康影響、農作物にどのような影響があるか検討しました。これは先ほど、秋元先生からのお話にもありましたように、2005 年段階で、東アジアの大気汚染による早期死亡数がどのくらいあるのだろうかといったことについて検討した結果です。東アジア地域全体では、約 51 万人の早期死亡が推定される。特に中国では 47 万人と中でも圧倒的な大きな部分が起こってくるだろうといったことを示しています。また、オゾンによる農作物影響を見た時に、中国に限定すると小麦では減収率が 31%~47% くらい、大豆では 19~27% くらいといった形でかなり大きな農作物への影響が見られるだろうということが明らかになってきました。このデータ自体は現段階では推計段階ですけれども、次のステップとしてこれがどれだけの経済的ダメージになってくるのかというものを、今後の 2 年半で明らかにしていきたいと考えています。

それから、アジアにおける大気汚染問題の科学的なアプローチの政策決定に向けた仕組みについてです。

最初のステップとして、先行事例としての欧州越境大気汚染条約は一体どうだったのだろうかということを検討してみました。これは、様々な文献とヒアリングから、欧州越境大気汚染条約がどういう進展プロセスを通過してきたかを 4 つのステージに分けて分析をしたものです。第 1 ステージというのは、条約の成立に至るまでのプロセス。課題の発見と合意に向けて色々とネゴシエーションが行われていたと。第 2 ステージは 1979 年~1990 年初頭にかけての時期ですけれど、対策に関する地域協力について色々な合意といったものが行われていた時期。この時期に硫黄議定書とか、窒素議定書とか、あるいは重金属議定書といったものが作られてきたプロセス。第 3 ステージが、科学的な基盤が確立されてそれが政策に応用されていった時期。これは、主としてヒアリングで色々お話を聞いた話ですけれども、1999 年にゴータベルク議定書というものができて、マルチスピーシーズ、マルチポリュータンス、マルチエフェクトアプローチというものが確立されています。この段階で欧州各国は科学的基盤に立脚した政策の推進といったものが、ほぼベースとして合意をされたと聞いています。これに至るまで、1979 年の条約の成立からおおよそ 20 年の期間が経っています。2000 年代に入っては、エネルギー問題とのリンクの強化といったものについての検討作業が進められています。

この欧州越境大気汚染条約のプロセスとアジアにおける現在のイニシアティブを比較してみると、かなりの相違点もあるだろうと。一つは、欧州においては酸性雨の被害が顕在化しているところがあります。それに対してアジアでは酸性雨による明確な被害、あるいは越境大気汚染による明確な被害というものが必ずしも認知されていないという実態があります。欧州は最初から法的枠組み、法的拘束力のある枠組みといった

ものを合意して進んできています。現在のアジアの色々なイニシアティブの中でアセアン煙霧協定というのは法的なものですけれど、その他のものについては基本的には政治合意といったものをベースとして進められているということです。次が特に重要だと思っているのですが、条約の中で総合的な科学研究の仕組みというものを越境大気汚染条約では構築しています。これに対して EANET はモニタリングについてのみ科学的な提言を、マレ宣言は越境大気汚染条約の枠組みを踏襲してはいますが、なかなかそれに見合ったような科学的な議論は進展していないという問題があります。注目をしていただきたいのはここですけれど、科学的成果の政策反映に欧州越境大気汚染条約の場合には非常に時間を要しています。およそ 20 年の期間を経て、科学が政策にきちんと提言しそれを政策が受け止めるというような伝統が培われてきた。アジアではこういったプロセスが十分になされていないのではないだろうか。そういったことが、欧州とアジアの違いとしてあるのだろうかということが明らかになってきました。

一方、アジア諸国は一体、越境汚染問題についてどんな認識を持っているのだろうかということを、アンケート、ヒアリングによって整理をしてきました。実施したのは中国、韓国、日本、タイの 4 개국です。そこから明らかになってきたことは、各国の大気環境政策というのは国ごとにそれぞれ進展、強化されているけれども、その結果というのはまちまちの状況にある。断片的な大気環境管理とか実施上のギャップというものが、各国の大気汚染対策の中に見受けられるといった問題があります。また、既存政策を活用したコベネフィット・アプローチについては、非常に積極的に取り組もうという国も多々見受けられますが、そのためにはある程度の制度的な変革が必要になってくるのではないかと指摘もなされています。各国のこれからの共通課題としては、オゾン等の二次生成物質対策というものが非常に重要になってくるだろう。また、汚染物質の越境移動に関する合意というものについては国によって異なる認識があり、必ずしも合意というものは作られていない。また、国際協力に関する立場が違って、積極的に国際協力を進めていきたいという国と必ずしもそうでない国があるという状況です。そういったことから、次のステップとして、国際枠組み構築のためには、東アジアにおける認識共同体というものを構築することが非常に重要ではないだろうかという認識になりました。

まず、基盤的な第一段階のステップとして、「アジア大気汚染政府間パネル」のような仕組みを早急に構築することが重要ではないだろうかという考えになっています。ここでは、アジアにおける広域大気汚染や気候変化のテーマに取り組むような科学的パネルを創設したら良いだろうと。そのパネルは科学的知見の確立と知見の共有、大気汚染の影響の評価と知見の共有、そしてコベネフィットを含むような大気汚染対策、戦略の検討といったものも考えるようなものがあればいいと。こういった仕組みにしていくかは、今後検討していけばいいかと考えています。

これが、アジア大気汚染政府間パネルのイメージです。科学的知見、影響評価、政策措置についての議論を行うことを考えています。

3 番目のプロセスは、国際的枠組みの合意形成に向けたプロセスをどう作っていったらいいのだろうかということですが、これも各国へのアンケートやヒアリング等から整理してみました。

正式な外交交渉に入る前の合意形成プロセスというものを重視する必要があるのではないだろうか。これは気候変動のポスト京都交渉でもそうでしょうけれども、直接的な外交交渉に入ると外交府が中心になっての交渉になるので、本音ベースでの議論がしにくい。その前に基本的なベースを作っておくことが重要ではないかということでもあります。2 番目として、アジア大気汚染政府間パネルで科学的基盤の確立を目指すことが、第 1 のステップとして重要ではないだろうかと考えました。3 番目として、科学的根拠の尊重と政策措置に対する様々なステークホルダーの意見を尊重する。今までは科学を中心に考えることがベースでしたが、政策をどうしていくかという話になると、政策に関わってくるような産業界、あるいは市民社会といった人たちの意見をうまく取り込んでいけるような仕組みを作ることが重要ではないかと。4 番目として、各種の準地域、東南アジアとか、北東アジアといったところ、あるいはアジア、アフリカといった地域レベルでの取り組みやスコープが異なっていることに留意していくことが必要だろうと。5 番目に、枠組みに参加することのメリットを提示することが重要だろうということがあります。こういった点から、国際的な対話の場というもの

が必要だろうということで、日本政府に働きかけて、「アジア太平洋地域の気候環境に関する合同フォーラム」というものを私どもから提案させていただきました。これは2010年、昨年3月に設立しています。これは日本からの示唆を踏まえて国連環境計画（UNEP）が設立したものですけれど、日本の環境省はこの設立に至る2回の会合を支援して合意というものが達成されています。将来の政策に関する調整というものを念頭に置いて、当面は非公式な情報交流、キャパシティビルディングを進めようということを考えている仕組みです。

これは、考えられる国際枠組みの当面のオプションです。詳しくお話している時間的余裕はないのですが、例えば、どんな国際枠組みが考えられるかなという時に、気候に関する世界条約を作った方がいいのではないかという議論が一方であります。なかなか世界条約というのはキメの細かい対応はできないから、緩やかな世界合意といったものに基づく地域条約、アジアとかアフリカといった地域を中心に条約づくりを考えたらいいのではないかという議論もあります。3番目のオプションとして、2番目のオプションの変形という形になりますが、当面の措置として緩やかな世界合意に基づいて、準地域レベルでの政治的な合意に基づくような漸進的な枠組みの強化を考えていったらいいのではないだろうか。最初から条約を目指してもなかなか大変だから、例えば政治合意に基づいて対策を進めていって、それが安定的に確かにできるという自信が高まった時点でそれを条約化していくというプロセスも考えられるのではないか。今、そういう具体的なオプションについてどういったものが考えられるかについて検討をしております。

最後にコベネフィットでございますけれど、コベネフィット・アプローチの制度設計をしていこうということで、アジアに適したコベネフィット・アプローチの制度をどうやって提案していくか。また、それを活用した形での削減シナリオをどう作っていくかといったことを、今検討しております。その中で特に重要だと思っているのは3つほどございまして、一つは経済影響をしっかりと考える必要があるだろうと。経済的影響を評価できるようなモデルの作成といったものを進めています。また、先ほど秋元先生からお話があったようなオゾン、ブラックカーボン、メタンといったSLCFと言われるものについて、的確に考慮していくことがポイントになっていくと思います。これは先ほどお話があったので省かせていただきます。

では、実際にアジアでコベネを進めていこうと考えた時に、どういうところに問題があるかといったことについて、これは国際会議を3回、4回と開催して、主要国と国際機関にコベネ推進における課題を確認しました。まず、コベネというのですけれども、コベネというものへの認識が人によってかなり違いがある。例えば、私どもは大気汚染と気候変動とのコベネというものを考えますが、もっと幅広い開発目標、経済成長そのものとのコベネフィットを考えるべきじゃないだろうか。コベネの定量化手法に関する認識が不足しているんじゃないだろうか、費用効果や経済効果を分析する手法がないのではないかと、キャパシティビルディングがないと、どうもコベネと言っても実際に各国に適用することは難しいのではないだろうか、などの議論がございまして。また、従来のCDMを活用したコベネといったものが進められつつあるわけですが、なかなかそれはCDMを多く活用するには難しい面があるのではないかと、もう少し柔軟な仕組みを考えたいのではないかとといったことも指摘されています。

こういった問題に対応するために、アジアでコベネフィット・アプローチについての皆さんの共通認識を高めることが重要なのではないだろうかということで、昨年11月にCAI-Asiaの主催によってシンガポールで開かれたBAQ国際会議におきまして、アジアコベネフィットパートナーシップというものを立ち上げることが合意されました。それに基づいてコベネフィットについてのアジア地域での課題の整理とか、ケーススタディーの推進とか、情報の普及が図られています。

これで最後になりますけれど、今後の研究計画としては国際的枠組みの在り方と合意形成のプロセスについて、先ほど提案したようなアジア大気汚染政府間パネルを国際的に合意するような支援をしていきたい。また、各国の国内要因の更なる分析といったものを踏まえた具体的な国際枠組みのオプションの提示、そして合意形成に向けた国際枠組みオプションの絞り込みのための合意形成プロセスの推進といったものと考えていかないといけないだろう。コベネフィット・アプローチについては、経済モデルを用いた経済評価、SLCFを含むような新しい従来のようなコベネ・システムの制度設計、そして東アジアにおけるオゾン、ブラッ

カーボン等の削減ポテンシャルの評価を踏まえて、削減シナリオをどう作っていくかといったところは、今後2年半の課題になると考えております。

どうも、ご清聴ありがとうございました。

司会

どなたか、ご質問のある方はいらっしゃいますでしょうか。よろしいでしょうか。この後も総合討論がございますので、ぜひよろしくお願ひいたします。

鈴木教授、どうもありがとうございました。

総合討論

司会

それでは、シンポジウムはこれより総合討論へ移らせていただきます。テーマは、「越境大気汚染への挑戦～最新の知見と最近の動向～」です。パネリストの皆さまをご紹介します。お名前をお呼びいたしますので、お席へお進みください。

環境省大気環境課 吉崎仁志課長補佐
東北大学大学院理学研究科 早坂忠裕教授
海洋研究開発機構 金谷有剛チームリーダー
国立環境研究所 大原利真センター長
金沢大学 鈴木克徳教授

以上の5名の皆さまです。コーディネーターは、アジア大気汚染研究センター、秋元肇所長が務めます。それではコーディネーターの秋元所長、進行をよろしくお願ひいたします。

秋元

はい、よろしくお願ひします。このシンポジウムの最後の50分間ですね、5時までの予定でパネルディスカッションという形式で議論を深めてまいりたいと思います。

最初に、ご紹介いただいた環境省の吉崎補佐と早坂教授ですが、吉崎補佐は私どもがやっているS-7プロジェクトで直接行政の接点になっておられる方です。大気環境課の課長補佐でおられるのですが、まず行政の方から、これに対する見方についてご紹介いただければと思います。

早坂教授は、実はこのS-7プロジェクトのアドバイザーという役割を引き受けていただいております。アドバイザーはお三方いらっしゃるのですが、早坂先生のほか、今日は柳下先生が聴衆として来てくださっています。今日は、早坂先生にアドバイザーの立場からのお話をいただきたいと思っております。

お二人には、まず、それぞれ5分間くらいのプレゼンをいただきましたと思います。その後、大きく分けて2つテーマを用意しております。討論の1として、「世界の科学者間の連携と科学的根拠の確立」。討論の2として、政策的な面から「東アジアにおける越境大気汚染の国際的枠組みの在り方」、大きく分けてこの2つについてパネルディスカッションを行いたいと思います。

では、まず吉崎補佐の方からよろしくお願ひいたします。

吉崎

ただ今ご紹介にあずかりました環境省大気環境課の吉崎と申します。本日は大変、ご高名な先生方の中にパネリストとして参加させていただきましたことを光栄に思っています。また、僭越ではございますけれども5分間という貴重なお時間をいただきましたので、私の方から我が国における広域大気汚染への対応と題しまして話題提供をさせていただきたいと思っております。

まず、大気汚染対策という先ほど来お話がありますように、従来型の大気汚染がございます。こちらについては、例えば、二酸化硫黄、窒素酸化物、浮遊粒子状物質（SPM）といった物質については大気汚染防止法等の対策が功を奏しまして、環境基準も 100%あるいはそれに近い形で達成をしています。一方で、国内ではまだまだ残された課題もありまして、例えば、光化学オキシダント、PM2.5、アスベスト対策といった課題があります。

5分間という短い時間ですので、光化学オキシダントについて特にお話をさせていただきますが、光化学オキシダントについては、近年さらに大気中の濃度が増加傾向にあるという状況にあります。これを受けて、平成 19 年になりますが、「光化学オキシダント・対流圏オゾン検討会」というものを、本日コーディネーターを務めていただいている秋元先生を座長としまして進めさせていただきました。平成 19 年の 12 月に中間報告という形で取りまとめさせていただいております、この中で特に光化学オキシダント問題の広域化ということが指摘されてございます。

本日、テーマリーダーの方々からの発表にもありましたように、既にこの情報が古いものになっていると思いますけれども、平成 19 年の段階でも、アジア大陸での光化学オキシダントの前駆物質の排出量というのが増加していると。さらにそれが、我が国でのオゾンの濃度にも、東アジアからの影響が一定程度あるだろうということが指摘されていたところです。これを踏まえて、中間報告では調査研究とモニタリング、国内における削減対策に加えて、国際的な取り組みを推進するというものが一つの大きな柱として掲げられてございます。

この国際的な取り組みといった時に、平成 20 年以降になりますけれども、日中韓の 3 か国で、この光化学オキシダント問題について科学的な理解を共有するという形でのワークショップを、毎年一度開催しております。また平成 22 年に、日中韓で「環境協力に係る共同行動計画」というものが合意されまして、この中で科学的な研究の成果の共有ではなくて、共同研究という形で取り組みを進めようということが合意されています。こういった形で現在、国際的な取り組みというと、今は科学的な知見を共有・蓄積していきましようという段階にあります。

したがって、まだまだ対策という所につながっていないわけですが、一方で、この光化学オキシダント問題よりも古くから広域大気汚染の問題に対応してきたものとして、先ほど鈴木先生からお話がありました、東アジア酸性雨モニタリングネットワーク（EANET）というものがございます。日本を含めて 13 か国が参加しておりまして、2001 年から本格稼働という形で、酸性雨問題についてかなり精度の高いデータセットを提供してきています。東アジア地域全体で数十か所のモニタリングサイトを作りまして、これが酸性雨のモニタリングという観点からは非常に有効な活動でございますが、名前からありますように酸性雨に特化している、さらにモニタリングという活動に特化しているということで、これをより包括的な大気汚染の対策につなげていくという観点から、従来から EANET の活動を酸性雨から地域大気汚染へ、そして観測、モニタリングから管理へという形で活動範囲を拡大しようという交渉を積み重ねてまいっております。ただ、このコンセンサスを得るのが難しく、EANET の対象範囲の拡大に至っていないという状況にあります。

このような状況にある中で、私どもが S-7 プロジェクトに期待している内容ですが、このスライドは秋元先生の方からお話をいただいたスライドですが、政策とのインターフェイスということで、3 目にある EANET 等の基本枠組みを踏まえた、国際協調による汚染削減の推進と、東アジア地域での枠組みをどのように作っていくか、それを、既存枠組みを踏まえてどうやっていくかということをしっかり戦略を描いていきたい。その枠組みを作っていく場として、どういう国際交渉の機会を利用していけばいいのか、またどういうタイミングで打ち出していけばいいのか、そのあたりの戦略を練るための材料を提供していただきたい。また、前段階として、様々な科学的知見は非常に有効なものですから、他の国に対して働きかける上での科学的な根拠になりますし、例えば、排出量の情報がなければ対策も打ちづらいということもありますので、総合的にこのプロジェクトには期待しております。

本日の発表でも大変、色々な面での進捗が聞けたところでして、私どもも今後の 2 年半、このプロジェクトの終了に向けて大変期待をしているところでございます。

以上でございます。

秋元

ありがとうございました。続きまして、早坂先生の方からお話をお願いいたします。

早坂

それでは、私の方からコメントさせていただきます。

今日の話で、越境大気汚染が気候や温暖化に関係するというお話が何回か出てまいりました。その中で、エアロゾルという大気中の粒子状の物質ですね。0.何ミクロンとか、そういうものがたくさんあるのですが、今日はそういうものと気候の関係のお話をさせていただきたいと思います。大気汚染の研究なんですが、実は気候変動の研究にもすごく役立つということでもあります。

これは何の図かと申しますと、私は中国の先生とは20年くらいの付き合いがございまして、例えば中国の日射量。日射量は、太陽の光のエネルギーをこういうもので測るわけですね。その解析をやったりします。ちょっと古いのですが、この図では、直達日射量が減ってきている。1961年から92年くらいですかね。直達日射量というのは、小さい望遠鏡みたいなものを太陽の方向に向けて、太陽の直達光をそのままエネルギー量として測る。これがどうも近年減っている。これは中国の65か所から長期間データがあるところで測ったもので、こうなっています。かなり減っています。もう一つ、散乱日射量と書いてありますが、これは黒い板で太陽を隠して直達光を来ないようにして、雲や空から来る散乱のエネルギーだけをとる。これはあまり変わっていない。直達日射量が減ってくるということは、何かと考えるわけですが、下の図は雲量ですね。雲の量。雲量のデータは、少し期間がずれますが1951年から1994年まで。青いところは雲量が減っているところです。雲が出ると直達日射量はなくなりますので、これが減っているということは、雲が増えれば太陽が出る時間が減るので、雲が増えていることを期待するわけですね。だけど雲量が減っている。これは何だろうということで色々調べていくと、要するに大気中のエアロゾルが増えているわけです。大気中のエアロゾルが増えて、例えば、夕日が沈む時に目で見て黄色い太陽が沈むのは見えるが影はほとんどできないとか、エアロゾルが増えるとそうなります。空を見ると全然雲がないのに直達日射量は少ないし、日照時間も減っているということが起こっています。そういうことで、エアロゾルは中国では気候にも非常に影響を及ぼすと、そういうことになっています。

今のは、直接太陽の光を吸収、散乱するというので、エアロゾルの直接効果と言われているものですが、エアロゾルの気候への影響を大雑把にまとめるとこういうふうになります。直接効果のほかに、もう一つ間接効果というのがあります。これはどういうことかと言いますと、左下の図をご覧ください。低い雲の衛星写真なのですが、筋状のものがいっぱいありますよね。これは、船が通ったあとの船の航跡です。飛行機雲はよく見えますけど、船が通った後の雲はこのように白くなっているところがいっぱい見られる。船の煙もエアロゾルですから、それによって雲が変質する。雲は大気中の水か氷の粒なのですが、例えば、湿度が100%を超えてもエアロゾル（凝結核）がなければ、湿度が300%くらいにならないと水蒸気から突然液体の水にはなりません。それは表面張力との関係でそうなるのですが、水の分子がくっつきやすい、核になるもの、雲凝結核があると100%をちょっと超えただけで雲ができる。それによって地球の空が雲に覆われているわけですが、エアロゾルが増えると雲が変質するというので、雲凝結核として作用する。これは色々影響もありまして、明るくなりますから雲の反射率が上がるんじゃないかとかですね、雲は雨が降る時に関係します。雨の降り方が変わるとか、そういうことに影響する。気候変動に対するエアロゾルの影響は非常に大事。気候変動において大事なことは、エアロゾルにどういう種類のものがあるか、どういうふうに混合しているかですね。それによって、エアロゾルが光を吸収するのか散乱するのかという光学的特性が決まりますし、今お話したように雲凝結核として水の分子をくっつけやすいのか、それとも土壌粒子で石英みたいなものは水の分子をくっつけにくいので、そういう組成によって凝結核になるかどうかとも決まる。あと、ここにあるように形態が単純に丸くないですし、硫酸塩や硝酸塩と黄砂粒子がくっついているなど色々あるので、

観測をしないと分からないことがたくさんある。

ということで、これはエアロゾルの例ですが、越境大気汚染なのですけれども、気候変動のサイエンスに対しても私はこの研究は貢献度が大きいと思っています。簡単ですが、気候変動とエアロゾルの関係というお話をちょっとさせていただきました。

秋元

どうもありがとうございました。それでは、お二方のお話も含めて一般討論に入りたいと思います。

最初にまず、科学的な観点からのテーマとして、「世界の研究者間の連携と科学的根拠の確立」ということで、先ほどの鈴木テーマリーダーからのお話の中にもあったように、なかなか科学的知見の共有、認識の共有の欠如、そういうことがまずある。私もこの研究を始めたのは2年半前だったのですが、2、3年くらい前の状況と現時点の状況とおそらくこの後2~3年の状況とどんどん状況が変わっております。そういう意味でもそれぞれの方のお考えも違うと思うのですが、まず科学者の間でも越境の問題、中国の研究者、韓国の研究者、日本の研究者、欧米の研究者、そういうところでの認識の違いがあった。これが2~3年経ってだいぶ少しずつ変わりつつあるが、まだ認識の共有はできていないと理解しているのですが、この辺についてパネラーとして並んでおられる方は、実際に研究をされておられる方はそういう問題をどう考えておられるか。このプロジェクトはあと2年半くらいなのですが、一歩前進させるために、科学的知見の共有ということで何をやっていくのがいいのか。

早坂

半分話題提供ということで、何をやっていけばいいかという現状といますか、私の知っている範囲でお話をします。

私も韓国の方とか中国の方と色々やっているのですが、ここ10年くらいの状況を見ても、例えば10年前、20年前は中国、韓国、日本ですと、日本の方が明らかにサイエンスは進んでいましてですね、中国に行きますとトップレベルのいい観測機械もなかなかない。ところが最近、中国も韓国もそういうものはかなり揃ってきまして、レベルもほとんど日本と変わらなくて、そういう意味では対等に協力してやれるような立場にある。一方で、日本と中国と韓国の3か国で合同気象学会というのを最近やっています、釜山へ行って来たんですけど、最近、韓国の若い人が学生を含めて非常に積極的で、結構よく研究しているんです。日本は、ちょっとアクティビティが今停滞しているかなと思います。

それで、何を言いたいかというと、中国と研究をやる時に、数年前は気象のデータといえどもそれは軍事機密にあたるから出せないという話がありました。それで、私も中国で二酸化炭素を測ろうとして実際色々工夫して測ったんですけども、測るために空気をとってくるわけですね。それを実験室に持ってきて濃度を解析するのですが、空気をとって日本に持ち出せないんですね。それで、結局、現地に技術供与という形でやったのですが、そういうことがあります。向こう側の国の体制で、先ほど金谷さんもどこかで観測をしていたら止まっちゃったという話がありましたが、向こうの国の問題もあります。外務省に問い合わせたら、もっとハイレベルで日中科学技術協定で色々なのがちゃんとあるのかと聞かれて、それはないと言ったところ、それは2年に1回やっているのもまずそれでやってくださいと、それでないと駄目だと言われて、けど2年も待てないので、結局、技術供与ということで持ちこめるものを持ち込んで、向こうの人にちゃんと分析する技術を教えて向こうで濃度を出してもらおうということになりました。

最近はですね、経済産業省の話になりますが、私は大学にいますので、大学で外国人を受け入れるときに、懸念国ですね、イランとか、北朝鮮とか、そういうところと何かやる時には経済産業省の許可を得る。安全保障輸出管理が非常に厳しい。例えば中国の話ですと、私は東北大学にいますので、東北大学と北京航空航天大学は大学間協定を結んでいるのですが、北京航空航天大学は経産省のユーザーリストに載ってまして、ミサイルの開発をしているから、軍事技術をやっているんで、そこ何か共同研究するときにはちゃんと書類を出して問題がないかきちんと調べるようにと言うんですね。日本側も年々規制が厳しくなっていて、相手

国は相手国で色々ある。ですから、一緒に研究をやって観測をして科学的知見を作りましょうと言うのは簡単ですが、現状はそういうところにあります。

秋元

ありがとうございました。実際に研究をやっていくとそのような問題が多々起こるのは現実だと思います。では、金谷さんどうぞ。

金谷

そうですね、今の早坂先生のお話にも身にしみて感じているところでもありますけれど、確かに中国の研究所も潤沢な予算を使い、人も使いですね。日本が、へたすると追い越されるかなということも認識しているところです。

そういった中で、吉崎課長補佐からもありましたが、日中韓で共同観測を行っていく上でどういうふうにまとめてどういうふうに持っていったらいいか、データを持ち出すこと自体が難しいくらいですから、なかなか難しい。やはり、科学的な目標、共有できるようなものをうまく立てて、越境汚染が何%あるかということを一きなり共有するのは難しいですから、まずは観測データ自身を共有したり、オゾンに関連するまだ分かっていない科学的な面白いパラメータと一緒に取れることを目標にするとか、新しい装置開発を目標にするとかですね。少しずつしたところをうまく目標に設定しつつも、まずは、科学的な研究者間の目標を共有し、それに対して求心力のあるような目標を立ててというふうに、科学的な目標から攻めていくのが一つあり得るのかなと思っています。

ただやはりそうは言っても、国と国との関係とかですね、枠組みをうまく利用することがとても重要でして、環境省の枠組みもそうですし、我々もちょっと前までジオス(GEOSS)の関係の国際プロジェクトをやっていたけれども、そういう枠組みをうまく利用して、データを共有していくというところから始めていかざるを得ないのかなという気がしています。

秋元

ありがとうございます。他のパネラーの方でご意見はありますか。

大原

意見というほどのことでもないのですが、排出量を推計しているという立場から若干コメントをさせていただきます。

先ほど中国におけるサイエンスのレベルが上がっているという話があったと思いますが、インベントリの世界でも同じで、中国はこの頃非常に熱心に排出実態調査等をお金を非常にかけて行っていて、データがかなり出てきています。おそらく、部分的には論文になったり学会で発表したりしていますけど、全容は見えないです。細かいデータは当然あるわけですけど、そういうのを我々は使えない。日本から中国の排出量の推計精度を上げようとした場合、非常に難しいところがあって、今はもうある意味では諦めていまして、中国の排出量は中国の研究者に任せて、我々は中国以外のところで勝負しようというふうに思ったりもします。あるいは、中国の排出量を推計する場合も、実態調査に基づかない、例えば先ほどもプレゼンしましたが、衛星データから逆推計するとか、そういうところから攻めていこうと思っています。

そうは言っても、研究者間の連携というのは当然、強力に進めていくべきで、それは日中韓の排出インベントリと言いますが、インベントリを作る人ですね。排出インベントリの連携ですとか、観測をもとにした逆推計あるいは観測データによるエミッションの検証が重要な話になるので、そういう点での観測系の研究所との連携とか、秋元先生もおっしゃっていましたが、温暖化の世界と大気汚染の世界は、少なくともこれまではかなりコミュニティがかなり違ふと。世界が全然違ふと。最近はずっと仲良くなりつつあるというふうに思いますけれども、少なくともアジアではその2つのコミュニティの連携ですね。多面的な連携

が多分これから非常に重要で、部分的には日中韓の排出インベントリの連携は、今、秋元先生たちが主導されているミックスエイジアというモデルの総合比較の研究プロジェクトが走り始めていて、その第3段階です、フェイズ3が始まろうとしています、そういう中でそれぞれの国の排出インベントリの研究者がデータを持ち寄って、アジア全体で良いインベントリを作りましょうという話にもなりつつあります。

と、同時に私たちにできることとして、国際的なエミッションインベントリのワークショップというのを今年の3月につくばで開催しました。アジアの排出量の推計に関わっている研究者をご招待してつくばでやったのですが、ちょうど震災の日で、始まって2時間くらいで終わってしまったのですが、そういった取り組みを今後も進めたいと思っていて、来年の2月24日～25日に、横浜で今年の3月のリベンジワークショップを開催したいと思っています。

秋元

ありがとうございました。今の件についてまとめさせていただきたいと思うのですが、日中韓の中で、特に中国、韓国のサイエンスのレベルが上がってきているということは非常にいいことなのですが、あるところまでサイエンスのレベルが上がると、少なくとも研究者のレベルでは意識が非常に国際的になるんですね。

例えば、越境大気汚染の問題を中国側で取り上げるということは、数年前までタブーだったんですね。研究者はそういうことをやると上から睨まれるわけです。そんなテーマを取り上げることで自分がけしからんとか、国益に反するみたいな見方をされる部分があった。けどもある所までサイエンスのレベルが上がってくると、サイエンティストというのは非常に信教的な人間ですから、科学が正しいと思えば国からのイデオロギー的なものに反発するという空気が出てくるんですね。そういうことが中国でもぼちぼち起こりつつある。研究者の間に、越境汚染についても中国から日本に来ている分も、少なくとも科学的レベルではきちんと評価しましょうと、その上で何が正しいのかというようなことを、だんだん一緒にやっっていこうという段階になりつつある。モデルインターコンパリスンというものをみんなやって、その中で平均をとっていくというのがIPCCでも一つの方法になっていますので、そのような方法で、少なくとも科学者レベルでは合意というか共通意識というか、そういうものを持っていけるのではないかと期待しています。

最初のテーマにつきましては時間が少なくなったので、この辺でまとめさせていただきます。次の政策的なテーマについて議論した後で、フロアからご質問をお受けしたいと思います。

政策的な点については、「東アジアにおける越境大気汚染の国際的な枠組みの在り方」についてということ、これは鈴木さんの方からプレゼンがありましたが、何かそれに対する補足といいますか、各国の考え方の違いというのが指摘されていて、それによってなかなか条約的、法的な枠組みが提案できない状況にあるというご指摘がありましたけれど、具体的に考え方の違い、それを乗り越える方策についてお話しただければと思います。

鈴木

第一のテーマとも関わってくるのですが、秋元先生からもご指摘があったように、必ずしも科学的知見というのが万国共通ではないということです。国ごとにバイアスが結構かかっているケースがアジアの場合にはある。これはアジアの特徴かというところヨーロッパにもあったわけです。先ほどの私のプレゼンテーションでも中で、ヨーロッパが20年かけて科学が政策の基盤になるようなプロセスをとってきた。1979年～1999年までおよそ20年かかってきた。アジアは今、その79年に近い段階にいるということで、20年かければそうなるかもしれないけれども、これをもっと加速化する必要があるのだろうと。20年待てないと。共通の科学的な基盤というものについて、日本の研究者がやったからといって中国の政府がずっと認めてくれない、自国の研究者がきちんと認知しないとうまく政策に取り入れてくれないというところがあるので、各国の研究者がきちんと共通の基盤を持てるようなベースをつくるのが、欧州で20年かかったプロセスをカエル跳びするのにはどうしても必要ということで、アジア版の大気に関するIPCCのような科学的共同体というようなものを作ろうと提案させていただいた。

もう一つは、世界的にも大気に関する枠組みというのを考える必要があるのではないだろうかという議論も進行しています。秋元先生の話にもあったように大気汚染の問題はどれもローカルな問題だと、アジアワイドの越境大気汚染というだけではどうも済まないだろうということで、世界条約みたいなものを作る必要があるのではないかという議論が、現在進行形で世界の中にはあります。

他方で私をご紹介したように、アジア、アフリカとか色々な地域で独自のイニシアティブがあって、それを世界条約の形で一つにまとめるような形はいかかなものかというような議論もあって、アジアにおける枠組み構築にも、そういう国際的な議論とリンクをさせていく必要があるのではないかと考えています。アフリカの置かれている状況とヨーロッパの状況は全然違う。ヨーロッパとアジアもずいぶん状況は違うわけです。それぞれのリージョンにベースを置いたような取り組みを促進できるような枠組みと言うものがある必要だと思います。ただその時に、色々な地域がばらばらに自分の好きなようにやっているというのは良くないから、世界共通の原則みたいなのがあって、その上でそれぞれの地域が独自の特徴を活かして枠組みを作ることが重要ではないだろうか。今、そのような議論を展開させていただいております。

秋元

はい、ありがとうございます。最初に言われたことで科学者間のバイアスの話ですが、これはヨーロッパでも70年代にはそういう段階を経たわけですけども、さっきの議論とからませて言うと、アジア、特に日中韓の研究者のレベルがある程度上がって、中国なら中国の研究者の研究成果が国際ジャーナル、ピアレビュージャーナルですが、それが科学者の中で共通の評価になっている、それにどんどん論文が出てくるようになってクリアできるんですね。それが出てこない、日本からだけソース・レセプターの話が出てきても、あれは日本が勝手に言っているだけだという言い方でそれ以上に進まない。あるところまで中国の研究のレベルが上がってくると、自分達のモデルの計算結果を国際ジャーナルに発表するという段階になってきますので、そうすると、先ほど言ったモデルインターコンパリスンという形で、何が中間的に認められるところかということへとつながっていくのかと思います。今がちょうどそのようなレベルになってきていると思います。

早坂

個人レベルでは日本と中国の研究者は共同研究を色々なやり方でやっていて、おっしゃったように論文も出てきているんですね。こうすればいいなと思うのは、環境省でも日中韓で色々やっているなど、色々なフレームワークがあると思うのですが、例えば日本学術振興会とかでも金額は大きくありませんが、二国間共同研究とか、政府に近いような、複数の国でオーソライズされたようなそういう枠組みで何かやっていると、個人つながりだけで勝手に論文を書いているというよりは、もう一歩進んでですね、金額は大きい必要はありませんけどもお墨付きというか、そういうものがあるともう一歩前に、共通の科学的知見という意味では進むのではないかと思います。

秋元

吉崎さんからコメントをいただきたいのですが、我々、今までやってきている中でサイエンティストの間で、越境問題にしてもファクトを共有することがまず出発点で、それについては我々は努力してきているんです。そこまでできたとしても、各国の行政ないしは政策の方にそのまま行くわけではないということで、そういうことをやるためには、IPCC的な何か政府がオーソライズしたような枠組みの中でレビューなりをやっていくことが必要ではないだろうかということで、アジア大気汚染政府間パネルというものを提案したのですが、その辺についてどういうふうにご覧になりますか。

吉崎

ありがとうございます。科学的根拠をいかに政策に結び付けていくのかという話だと思いますけども、例

えば日本国内で言うと審議会のような形で科学的な根拠はかなりの程度、政策に反映させるスキームがあるわけですが、それをアジア地域で見た場合とか、国際的に見た場合という時に、必ずしもそういうものがあるわけではありません。今、科学者の皆さんが色々なイニシアティブをとって、例えばUNEPでレポートを作るとかそういうものがありますけど、それがではどういう場にインプットされていくのかという出口が見えないまま、とりあえず科学的な根拠がどんどんこのような形でまとまっていますという事は見えています。政策側としてどの場を使って受け止めていくかということが、まさに問われることだと思っています。

そのアジア大気汚染政府間パネルですか、そういった形がいいかどうかという議論はあるかもしれませんが、そういう機能を持ったものをどういう形で、どういうプロセスでそれを作り上げていくかというところも重要になってくるのではないかと思います。今ある科学者間のネットワーク、それもうまく取り込むような形で、活用しながら進めていくのが望ましいのではないかなと思います。

秋元

ありがとうございました。まさにそういうことではないかなと思いますので、S-7が続く間はもちろんそうですが、将来も見据えて、科学者の方と行政の方とで二人三脚でいければいいなと思います。

それでは、会場の方で気になっていることがおありの方もいらっしゃると思いますので、ご質問があればどうぞ。

会場4

NO₂の1時間値の環境基準を日本はとっばらっちゃって無いんですよ。アメリカでは1時間値が0.1ppmになっています。それを見ますと、これを超えている割合というのは、今のデータでもたくさんあります。

それから国連で、ハーモナイゼーションオブエンバイアロメントメジャーメントという組織がかつてあって、各国の測定器を統一するため、どういう違いがあるかきちんと調べなければとって、そういう組織があったが今はない。

それから排出量ですね。PRTR法というのがありますけど、環境省にNO_xをPRTRの対象物質にしろと言ったら除いちゃったんですよ。日本のインベントリでも、ちゃんと発生源をやるんだったら、硫黄の場合は燃料の中の硫黄分から計算で分かるが、NO_xの場合は燃焼状態で変わりますから発生源をつけてやらないと。日本国内のデータもちゃんとするようだと思います。

秋元

ありがとうございました。何かありますか。

吉崎

本日の越境大気汚染という観点からは、日本のデータの精緻化は一つの重要な課題でありますけれども、東アジア地域でいかに排出量データをきちんとしていくかということがまさに重要なことだと思っています。

大原

私も日本のインベントリをもっとちゃんとすべきだと思います。他の国のインベントリに比べれば、色々な意味で不確実性は低いと思っておりますけれども、それでも国としてきちんと整備していく体制は非常に不十分だと思っております。きちんと対応していく必要があると、一科学者、一市民としてそう考えます。

秋元

ありがとうございます。確かに温室効果ガスについてはインベントリーオフィスというものがあるのですが、大気汚染についてはインベントリーオフィスというものは無いんですね。その辺は今後、我々も要求していきたいと思っています。

S-7 のアドバイザーでもある柳下先生はいかがですか。

柳下

分かりやすく発表していただいております。これは環境省の総合推進費ですから、しかも戦略研究ということで政策への寄与が非常に強いわけです。この研究を始めた際に発想されていたものは、単に観測のものから、次の発展段階につなげていくような基礎を提供してくれるということだと思うんですよ。しかし、2年半研究をやっていると、例えば最初の話だと、オゾンやPMの地球規模での寄与というのが算定されて、いわば特定のリージョナルなところだけで関係するものでないということがかなり分かってきた。先ほどの秋元先生の話にあったように、温暖化との関係でブラックカーボンの話で見ても、まさしくリージョンというよりもということで、だんだん研究してみると、数年前に考えていた日本、中国、韓国、あるいはそれらの地域におけるそれぞれの寄与、被害者とか加害者とかそういうちっぽけな話で無くなってきたということがはっきり分かってきた。これがはっきり分かってきた時に、一体、この地域の中の協力関係って何ですか。この地域の中の問題を解決することなのか、地球規模で懸念しなければならないものについて、その地域の中で対策を考えるための、日中韓なりを中心とした東アジア地域での政策のレベルの質を上げるための、何かファシリティを作るべきだと考えるのかとか、そろそろ環境省が中心となって、どういう政策を目指すのかということにいかないといけないのではないかなと。レベルの上がっている中国のデータなどを研究対象とするのは非常に魅力的ですよ。でも中国を研究する自体が研究として面白いからやっているのでは意味がないんですよ。それが目的じゃないはずですよ。では一体何なのかということに関して、そろそろそこに議論を持って行かないといけないのかなと。一緒になって学びたいと思っています。

秋元

日本の政策そのものを展開していかなければならないというご意見ですが、その辺、何かありますか。

鈴木

世界の中で大気の問題にどう取り組んでいくのか、それに対して日本がどう考えていくのか、日本だけがいいというものではないだろうから、私どもとしてはアジア全体でどういう取り組みをするのか、そのために日本はどのような形のインプットをしていくのかということを考える必要があるだろうと。一方で、世界的な視野が必要だけでも、他の世界ではシンクグローバリー、アクトローカリーとあるように、世界的な議論だけでは不十分、もう少し地域に即したものを考えていく必要があるだろうと。世界的な原則、スコープとかものの考え方について、一方で世界的に色々な地域で色々なイニシアティブを進めつつある中で、共通の原則みたいなものが一方で必要になるだろうと。他方で、日本というよりも、東アジアといった地域での取り組みがどうあるべきかと、それを示せるようなストラクチャーをどう考えていけばいいのかなと。残り2年半で具体的な提案というものをしていければと思います。

吉崎

グローバルの中でのアジアの位置づけというのは、まさに鈴木先生がおっしゃった通りだと思います。これまでの日本の戦略というのは、EANETをどう活用してそれを膨らませていくかということが第一の目標だったと思います。それはEANETがある種の成功体験だったということで、それをうまく生かしていきたいという希望がありました。ところが、長年の交渉の中でそれが難しい、対策まで広げていくことはなかなか難しいと。それでは、東アジア地域での対策を進めていくという中で、EANETがその中でどう位置付けられていくのか、あるいは他にも、日中韓色々な枠組みがありますけれども、それぞれがどういう貢献の仕方ができるのかということ、既存の枠組みの強み、弱みを活かしながら、相互に補完していきながら、そのピースをはめ込んでいくという作業が今後必要になってくるのかなと思っています。そのためにはピースをはめ込む

枠が必要ですので、その枠、全体像というのと一緒に併せて考えていく。まだできていないところもありますけれども、それを2年半、残りのプロジェクトの間に一緒に考えていければと思います。

秋元

いずれにしても、戦略的アプローチというか、大きな枠組みでのアプローチが今後必要になってくると思いますので、今後、一緒に考えていきたいと思います。

予定の時間になりましたので、この辺でパネルディスカッションを終わりにしたいと思います。

どうも皆さま、ありがとうございました。

司会

以上をもちまして、一般公開シンポジウム「越境大気汚染への挑戦～最新の知見と最近の動向～」、本日のプログラムはすべて終了となります。

ご来場の皆さま、長時間にわたりお付き合いいただきまして、ありがとうございました。

(了)