

気候変動に関するディスカッション

Discussion on climate change

大竹秀明*

気候変動に関する課題をより具体的に意識するため、ここでは、当日に参加者から頂いた質問や議論の様子について、テーマ別に内容を取り上げ記載することとした。当日参加頂けなかった方や参加された方々の理解の整理になれば幸いである。

1. 国レベルでの気候変動適応研究

向井氏（国立環境研）からは国立環境研究所が中心となり、「気候変動に関する研究機関連絡会議」が令和2年3月より開催され始めていることを報告頂いた。この取り組みの目的は、「気候変動適応法及び計画に基づき、関係研究機関間の連携協力をより一層進めることにより気候変動適応研究を国レベルで進展させ、かつ関係する科学的情報を充実・強化し、国・地方公共団体による適応に関する施策や事業者・国民による適応に関する活動の支援の推進に寄与すること」とされている。

最近では、実務者レベルでのオンラインでの意見交換の場として「気候変動適応の研究会」が開催され、議論が始まっている（国立環境研究所、2020）¹⁾。その中でも研究機関だけでなく、地域の気候変動適応センターが2018年の気候変動適応法改正後、着々と開設され、活動が活発化していることも述べられた。一方で、自治体によって抱える産業や周辺課題が異なることもあり、取り組みの内容や進捗はまちまちな状態であることも述べられた。また、自治体ではなく大学が気候変動適応センターを担っているところでは、行政との連携をどのように密にしているかも課題として挙げられた。

2. 行政や市民の気候変動に関する意識

聴講者の中には行政に関わる方の参加も見られ、役所や市民レベルでの気候変動への関心度について意見が述べられた。行政の現場では気候変動への問

題は認識しつつあるものの、まだまだ意識レベルは低いものと感じているようである。一度災害が生じると行政側では多様な対応をしないとイケない状況もありつつ、適応策をどのように構築するかも課題が多い。どのように国民で気候変動に対する意識レベルを上げていくかも必要である。これに対して、向井氏（国立環境研）からは国民全体で意識レベルを上げることは大事であり、様々な対象に気候変動に関する意識レベルを上げていく取り組みを続けていく必要があることがコメントされた。行政側にとっては災害対応として、適応策が先に取られるが、それと同時に緩和策を講じる必要もある。しかし、なかなか同時に進めることは大変であるという声があることも述べられた。

3. 防災教育

本セミナーのような気候変動の影響を具体的に示すことや、より地域にとってどのようなことが将来に起こりうるかシミュレーションなどを行い、意識づけをしていく必要もあろう。また、将来の気候変動という環境下で実際に社会を先導して行く人々は今の小学校、中学校、高校に通う特に若い世代である。最近ではSustainable Development Goals（持続可能な開発目標、SDGs）への関心も子供たちの中で広がっている。私たちに何ができるのかを学ぶ機会を増やす必要もある。

本セミナーでも気候変動への問題の理解には、子供の頃からの学校での教育やそれ以外の学ぶ機会の提供も長期的には重要であるという声も挙げられた。防災教育を小中学校の現場でもすべきであり、また、気象情報などの正しい見方などの教科書では習わない内容を何かしらの機会に得る環境は無いか

* 国立研究開発法人 産業技術総合研究所

議論も行われた。その点では、山口氏（気象研）からは茨城県つくば市の例を挙げられて、サイエンスQ（参考 筑波研究学園都市交流協議会ホームページ²⁾）という研究者が学校などに出前授業などを行い、最新の研究の話題をわかりやすく解説しながら、防災についての知識と意識を高めていく取り組みがなされている事例も紹介された。各自治体とも連携し、最近ではオンラインでの出前授業などもしやすくなっていることを利用しながら学びの機会を増やすことも大事であろう。

4. 洪水予報と法規制

芳村氏（東京大学）からは次世代の洪水予報システム Today's Earth システム（参考 Today's Earth システム ホームページ³⁾）の提案と自治体を含めた実証実験の話題があった。Today's Earth システムでは既存のデータベースをつないで、様々な予測情報を作成するツールになっている。日本版と世界版の両方が用意されている。洪水予測については、このシステムについて検証も進められている。自治体との実証実験なども進められているが、関心の高い自治体もあれば、まだそれほどでもないところもあるなど、地域によってもばらつきはあるようだ。

また、洪水予報などのように新しい技術を開発したとしても、それが法令で禁止されている場合もある。具体的には、気象業務法において「気象庁以外の者が気象、地象、津波、高潮、波浪又は洪水の予報の業務を行おうとする場合は、気象庁長官の許可を受けなければならない。」とされているが、「気象等の予報業務の許可等に関する審査基準」（気象庁 a⁴⁾）の中では「なお、地象（路面状況を除く。）及び洪水の予報業務については、防災との関連性の観点等から、当面許可しないこととする。」とされており、洪水予報については一般に提供できないことになっている。しかし、2021年に「洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会」（気象庁 b⁵⁾）が開催され、その中で、民間による洪水予報が許可される方向で議論されていることも述べられた。法や条例の改正とも連携して進めることで、新しい技術が社会に取り込まれる流れも生まれるなど議論があった。

5. 台風への影響

山口氏（気象研）からはスーパーコンピューターを用いた分析から、近年の台風（熱帯低気圧）の動向と将来気候下での予測について話題提供が行われ

た。講演の中では、日本付近を通過する台風は北太平洋の高気圧の張り出しの縁辺を通ることから、高気圧の張り出し方が変わると台風の進路への影響があることが述べられた。また、多数の数値シミュレーションを行った分析結果より、近年、台風の移動速度が遅くなる傾向が中緯度付近ではみられることがわかってきていることも報告された。温暖化が最悪のシナリオで進行した場合を仮定すると今世紀末には、日本の位置する中緯度を通過する台風の移動速度が約10%遅くなることも報告されている（気象研究所 2020, Yamaguchi et al. 2020^{6), 7)}。これは、将来、降水の強化と移動速度の減速の相乗効果で、台風に伴う被害がさらに激甚化する可能性があることを意味する。大雨や洪水への対策が必要となり、ますます防災への意識が高まる重要な知見である。

6. 将来の台風の予測情報—予報円から予報楕円—

研究開発中の取り組みの中で現在の「予報円」から「予報楕円」への新しい情報の提供の仕方も検討されていることが山口氏（気象研）より話題提供された。しかし、新しい情報を提供する場合には、従来と何が違うか、どのように情報を読み取るかという課題もあることが述べられた。防災情報に意識の高い方や専門家だけが理解できる情報やプロダクトではなく国民が理解できる情報が望まれる。新しいプロダクトを突然公開しても国民全員が理解できる情報になっているかは課題があるだろう。また、場合によっては図の読み取り方のレクチャーも必要な場合もあることが議論された。

7. 森林火災・エアロゾルへの影響

安成氏（北海道大学）からは、ロシア・シベリア地域の大規模森林火災による越境大気汚染は北日本の高濃度のPM2.5に影響を与え、その森林火災の発生要因には発生月の前の気候・環境状態が影響を与えていることが述べられた（Yasunari et al., 2018⁸⁾。シベリアの森林火災が日本にも影響しているというのは、国境を越えた影響がすでに出始めているというシグナルである。また、近年、西ヨーロッパの熱波やシベリア・亜寒帯の北米森林火災が同時に誘発しうる気候状態が夏季に見られるようになってきたことも多くのデータ分析から示された（Yasunari et al., 2021⁹⁾。森林火災は火災地域から風下域まで広範囲に大気汚染をもたらすことからその影響評価と予測が必要であることが強調された。

森林火災は、前の冬季に乾燥した状態が数か月続くことで発生することもデータ解析からわかってきている。その観点から、冬季の乾燥状態の情報から森林火災の発生予測の可否についても議論がなされた。安成氏も森林火災の発生予測についての取り組みもされているが、海外の研究機関では機械学習を取り入れた手法も考案されていることが述べられた。しかし、森林火災は地域特性もあるので、いろいろな変数を検討・考慮する必要がある、予測技術には課題も多いことが述べられた。長期のモニタリングデータが数か月先の火災を予測するという意味でも長期データは大事である。

8. エネルギー設備への影響

将来の気候変動下の台風の影響については、山口氏（気象研）から話題提供があり、特に今後、太平洋高気圧の日本付近への張り出し方が変わること、台風の進路にも影響があることが述べられた。また、詳細なデータ分析から台風の移動速度が遅くなる傾向があることを指摘し、つまり従来よりも長期間風雨にさらされる可能性があることを注意喚起した。この講演後、聴衆者からは台風の被害がさらに増えるという予測があるのであれば、今のうちに送電などのインフラの台風対策を進めておく必要があるということになるのかという質問もあった。山口氏からは自身も参画している文部科学省の統合的気候モデル高度化研究プログラム（参考 統合的気候モデル高度化研究プログラム ホームページ¹⁰⁾）の中での取り組みでは、台風だけでなく将来の気象・気候データを定量的に分析し、電力システム等のインフラのほか、ポリシーメイキングに役立てることが目的となっていることが回答された。

9. 水産業への影響

藤井氏（北海道大）からは気候変動による海洋への影響について話題提供を行い、海洋の気候変動には、地球温暖化、海洋酸性化、貧酸素化の3つの影響があることを述べた（北海道大学プレスリリース、2021¹¹⁾）。具体的な例をいくつか示すと、

- ①ハマクマノミなどの観賞魚も沖縄まで行かなくとも温帯地域でもみることができるようになっている。
- ②シロザケにとっての好適な水温環境がなくなり、秋にシロザケが戻れなくなる問題も出てくる可能性がある。
- ③ぶりやさわらも西日本でとれているのが、北海道、

青森でも取れるようになってくる。

- ④電子顕微鏡でみると貝などの殻も溶け出しているのも確認される。
- ⑤水温上昇があると、上部が温かいので海洋の成層が強化し、大気から海洋への酸素供給が弱まり、温かいと溶解もしにくくなることから、貧酸素化する。
 - など、海洋の気候変動の事例をいくつも挙げて頂いた。

詳細については、藤井氏原稿を参照されたい。この講演後、大阪府にお住まいの聴講者からは大阪湾や瀬戸内海も豊富な水産海域であるが、このような閉鎖性の海域に対する温暖化による酸性化や貧酸素化の影響があるのかという質問が投げかけられた。これに対して、藤井氏からは大阪湾や瀬戸内海は高度成長期に比べると貧酸素化は大きく改善されていることを述べ、沿岸域では溶存酸素濃度やpHの低下は気候変動よりも局所的な要因による影響の方が大きいためであることが述べられた。ただ、今後は全球的な影響がどんどん進行することから、相対的に局所的な影響を緩和していくことも重要になりうることも述べられた。

向井氏（国立環境研）からは徳島県ではワカメの産地として知られているが、最近ワカメの生育が良くない事例も紹介された。それには、海洋の成層化が関係して栄養塩の問題もあるだろうし、温暖化による水温の影響もあることが述べられた。一方で、品種改良も行っているものの、それであってもワカメの生育が悪くなっている現状があることが指摘された。

10. ジオエンジニアリング

参加者からはジオエンジニアリング（気候工学）に興味がある方より、大気にも海洋にも効果的で優しいジオエンジニアリングがあるのかという問いが投げかけられた。最近では内閣府の科学技術・イノベーションの中でムーンショット型研究開発制度（我が国発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進する国の大型研究プログラム（内閣府、2021）¹²⁾）が開始され、その目標の一つに台風を制御する技術開発の目標「2050年までに、激甚化しつつある台風や豪雨を制御し極端風水害の脅威から解放された安全安心な社会を実現」もあることが述べられた。また、航空機を使った人工降雨や人工降雪などの技術についても

最近の研究開発の現状について述べられ、大気中にエアロゾルやドライアイス散布する手法なども研究レベルで行われているものの、統計的、定量的にどの程度効果があるのかを評価するにもまだ課題も多く研究開発の段階である意見も述べられた。

最後に

今回の気候変動のテーマから国の取り組みのほか、森林火災、氷床の変化、台風、それに伴う洪水、水産業への影響といった広い分野での影響が話題提供された。このセミナーでは気候変動が絡む一部の様子を詳しく最新の研究から解説して頂いた。本セミナーを通じてそれぞれの参加者の分野で感じたこと、今後の活動の中でどのような視点をもって10年後、20年後を議論すべきかを考えて頂くきっかけにもなったかと思う。今後も気候変動に関するテーマに関して、産業・社会・国民生活への影響を議論する場として、セミナーを企画・実施していきたい。

参考文献・引用文献

- 1) 国立環境研究所, 「気候変動に関する研究機関連絡会議」(2020年)
URL https://adaptation-platform.nies.go.jp/plan/institute/liaison_meeting/
- 2) 筑波研究学園都市交流協議会, サイエンスQ
URL https://www.tsukuba-network.jp/science_q/index.html
- 3) Today's Earth システム URL https://www.eorc.jaxa.jp/water/index_j.html
- 4) 気象庁 a, 気象等の予報業務の許可等に関する審査基準
URL https://www.jma.go.jp/jma/kishou/minkan/yohou_kijun.pdf
- 5) 気象庁 b, 洪水及び土砂災害の予報のあり方に関する検討会
URL https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shingikai/kentoukai/arikata/20210106_arikata.html
- 6) 気象研究所共同プレスリリース「地球温暖化によって台風の移動速度が遅くなる」(2020年) :
https://www.mri-jma.go.jp/Topics/R01/020108/press_release.pdf
- 7) Munehiko Yamaguchi, Johnny C. L. Chan, Il-Ju Moon, Kohei Yoshida, and Ryo Mizuta, 2020, Global Warming Changes Tropical Cyclone Translation Speed, Nature Communications, 11, Article number : 47.
- 8) Teppei J. Yasunari, Kyu-Myong Kim, Arlindo M. da Silva, Masamitsu Hayasaki, Masayuki Akiyama & Naoto Murao, 2018, Extreme air pollution events in Hokkaido, Japan, traced back to early snowmelt and large-scale wildfires over East Eurasia : Case studies, Scientific Reports volume 8, Article number : 6413.
- 9) Teppei J Yasunari, Hisashi Nakamura, Kyu-Myong Kim, Nakbin Choi, Myong-In Lee, Yoshihiro Tachibana and Arlindo M da Silva, 2021, Relationship between circum-Arctic atmospheric wave patterns and large-scale wildfires in boreal summer, Environ. Res. Lett. 16 064009.
- 10) 統合的気候モデル高度化研究プログラム 領域テーマC「統合的気候変動予測」, URL <http://www.jmbosc.or.jp/tougou/index.html#>
- 11) 北海道大学プレスリリース「北海道沿岸域の温暖化・酸性化・貧酸素化影響が明らかに ～水産対象種に対する深刻な影響回避には具体的な対策が必要～」, URL https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/210615_pr.pdf
- 12) 内閣府「ムーンショット型研究開発制度」(2021年), URL <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/index.html>