



第 11 回つくば 3 E フォーラム 会議報告書

環境変動の現状をあらためて確認する

2018 年（平成 30 年）1 月 20 日（土）

つくば市役所 201 会議室

はじめに

今回で11回目となりますつくば3Eフォーラム会議に、多数の皆様のご参加をいただき誠にありがとうございます。2007年に第1回つくば3Eフォーラム会議が開催されて以来、環境・エネルギー・経済をバランスよく保った社会の構築を目標に掲げてこの活動を続けてまいりました。これに関連する取り組みとして、2015年に国連サミットで採択された持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: SDGs）をあげることができます。SDGsは2030年に向けて全ての国々が取り組む国際目標とされており、我が国としても内閣総理大臣を本部長とするSDGs推進本部が設置され、行政のみでなく民間の力も加えてSDGsの達成に積極的に取り組むとされています。このSDGsには17の目標が設定されていますが、それらはいずれも突き詰めれば3Eの3つの目標である環境・エネルギー・経済のどれかに係わると考えることができます。今後、様々な機会でSDGsに関する話題を見聞きする機会が増えてくると思いますが、我々は根底にあるものは3Eの発想と同様のものであり、3Eの推進はすなわちSDGsの達成に繋がると公告して行く必要があると考えております。

さて、今年の第11回つくば3Eフォーラム会議のテーマは、「環境変動の現状をあらためて確認する」として開催し、気象予報士の藤森涼子先生には異常気象と地球温暖化をテーマにお話しいただきます。霞ヶ浦環境科学センター長の福島武彦先生からは、湖沼水環境の将来についてのお話を伺います。国立環境研究所の脇岡靖明先生には気候変動の影響とその適応策についてご紹介いただきます。関連するSDGsの開発目標で言いますと、目標13の気候変動、目標6の水・衛生、目標15の陸上資源、目標11の持続可能な都市、目標12の持続可能な生産と消費などが直接関連するでしょうか。その他に、神部匡毅つくば市政策イノベーション部長から、「つくば市」における環境モデル都市プロジェクトの現状について「つくば環境スタイル“SMILE”の取り組み」として現状報告をお願いしております。また、筑波大学の学生の活動状況についてもご紹介いただきます。これらの発表やパネルディスカッションを通して現在の身の回りの環境から地球規模の将来の課題まで考える機会になればと考えております。

最後に、日頃からタスクフォースでご尽力いただいている皆様や関係者、筑波研究学園都市交流協議会、同協議会つくば3Eフォーラム委員会の皆様に深く感謝申し上げます。そして、本日ご講演頂く演者の皆様、企画と実施にご尽力いただいた事務局、スタッフの皆様に厚く御礼申し上げます。この場をお借りして感謝申し上げます。誠にありがとうございました。

2018年（平成30年）1月20日

つくば3Eフォーラム議長

筑波大学 学長補佐（特命：環境） 鈴木 石根

主催：筑波大学，筑波研究学園都市交流協議会

共催：つくば市

後援：茨城県，第17回世界湖沼会議（いばらき霞ヶ浦2018）実行委員会

プログラム

第11回となる今回は、「環境変動の現状をあらためて確認する」というテーマを設定しました。つくば3Eフォーラムが活動を始めて10年が経過しました。この10年間の間に国内はもとより世界規模においても、様々な出来事や変化がありました。地球環境についても同様と言えます。そこで今回は、「環境変動の現状をあらためて確認する」をメインテーマに、現在の大気や水といった地球環境の状況をあらためて確認し、皆様と情報を共有しながら現在の身の回りの環境から地球規模の将来課題まで考える機会になればと考えています。

13:00-13:20 主催者挨拶

つくば3Eフォーラム議長 鈴木 石根（筑波大学学長補佐（特命：環境））
筑波研究学園都市交流協議会会長 渡辺 知保（国立環境研究所 理事長）
つくば市長 五十嵐 立青
筑波大学副学長・理事 石野 利和

13:20-13:35 現状報告／つくば環境スタイル“SMILe”の取り組み

神部 匡毅 氏（つくば市 政策イノベーション部 部長）

13:35-14:05 事例発表／異常気象と地球温暖化

藤森 涼子 氏（NPO 法人 気象キャスターネットワーク代表，気象予報士）

14:20-14:50 事例発表／湖沼水環境の将来を考える

福島 武彦 氏（茨城県霞ヶ浦環境科学センター長）

14:50-15:20 事例発表／気候変動による影響とその適応策

肱岡 靖明 氏（国立環境研究所 社会環境システム研究センター
地域環境影響評価研究室 室長）

15:20-15:40 つくば3Eフォーラム学生委員会からの報告

新居万里奈 氏，安部優美香 氏（筑波大学学生）

15:55-16:55 パネルディスカッション

モデレーター：つくば3Eフォーラム事務局長
パネリスト：各事例発表者ほか

16:55-17:00 閉会挨拶：つくば3Eフォーラム議長

総合司会：つくば3Eフォーラム事務局長 内海 真生（筑波大学生命環境系 准教授）

オープニング挨拶

つくば3Eフォーラム会議議長（筑波大学学長補佐（特命：環境）） 鈴木 石根

つくば3Eフォーラム会議は、11年前からずっと続けて今年11回目になります。今日のタイトルは、「環境変動の現状をあらためて確認する」としています。

10年前にも環境問題があり、ちゃんと保全していかななくてはいけないという活動はあったのですが、環境の面だけではなく、同時にエネルギーをどういうふうに確保するか、またそれを経済的にどういうふうに賄える形で維持するか、という三つの意味を込めて3Eと名付けられたフォーラムが開催されて、今日に至っております。一つの側面だけではなくて、同時に複数の問題を解決することを目指した会議であり、最近ではSDGsと呼ばれる活動にも発展してきています。既に10年前から、つくば市ではそれに近い活動を続けてきました。

フォーラムは2030年に向けて一人一人のCO₂排出量を50%削減しようという目標でスタートしたものです。だんだんその期限である2030年が近づいており、具体的にどのようにCO₂を削減してみせるかというところで、私たち自身の活動も踏まえて、具体的な貢献を示していかなければいけない時期に来ていると思っています。

本日は、つくば市が行っている環境SMILEの取り組みをつくば市役所の神部部長からご紹介いただいた後、事例発表として気象予報士の藤森先生、茨城県霞ヶ浦環境科学センター長の福島先生、国立環境研究所の肱岡先生の3名の方に「異常気象と地球温暖化」、「湖沼水環境の将来を考える」、「気候変動による影響とその適応策」という三つのお話を頂きます。その後で筑波大学の学生によるつくば3Eフォーラム学生委員会からの報告、そして最後にパネルディスカッションというプログラムとなっています。

ぜひこの機会にあらためて環境問題の現状を学んでいただき、将来にわたって自分たちができることを皆さんと考えたいと思います。

筑波研究学園都市交流協議会 会長（国立環境研究所 理事長） 渡辺 知保

今日は大変お忙しい中、あるいは土曜日にもかかわらず、たくさんの方にお越しいただき、どうもありがとうございます。主催者としてまず御礼を申し上げます。

私は筑波研究学園都市交流協議会（筑協）の会長を務めております。筑協が何をやっている組織かということをご説明申し上げて、3Eフォーラムとの関連を簡単にご紹介申し上げたいと思います。

筑協は2004年に発足し、国・県・市・研究機関・教育機関、民間企業、研究に関連する公益法人を含めて約90の機関が集まり、つくば市を真に住みやすいまちにするために会員機関相互が連携を取り、研究に関する情報を交換しつつ考えていくことを趣旨とした協議会です。3Eフォーラムは筑波大学から提案があってそれに基づいてつくられました。協議会の趣旨とも合致しているということで、現在協議会の中に3Eフォーラム委員会を設けて、鈴木先生に委員長を務めていただいております。これは協議会の中でも非常にウェートの大きい委員会活動と理解しています。

研究機関というのは研究だけやっていると駄目だというような社会的プレッシャーが、今は非常に大きくあります。それはある意味では当然のことです。私たちは、多くは国民の税金を研究に使わせていただくので、それをわれわれの中にとどめておくのではなく、いろいろな形で社会とともに解決に

結び付けるようなアクティビティをやっていかないといけない。そういう立場からすると、こういうフォーラムが設けられ、筑波という現実のプラットフォームについて、いろいろな研究機関が出してきた研究成果を実現できる機会を与えられていることは、研究機関にとっても大変うれしいことです。

本日のテーマは、先ほど鈴木議長からご紹介があったように環境変動について考えていこうということです。私たちの国立環境研究所でも、今、環境変動に関する研究がたくさん進んでいます。一つは、環境変動によって何が起きているか。どんなふうに進んでいるのか。将来的にどうなるのかと。将来的にどうなるかと考えた場合、われわれの社会あるいは研究者は一体何をしたらいいか。これは適応と言いますが、そういうところに非常にスコープを広く持って研究を進めているところです。ですから、今日はいろいろな方がスピーカーとして発表されるわけですが、それぞれのご発表とわれわれの研究がどういうふうに結び付いていくか、われわれも非常に高い関心があります。

今、非常に大変なフェーズにあると私は捉えています。要するに、地球環境に対して何か手を打っていかなくてはいけないのです。2030年という一つのメルクマールが出てくるわけですが、そういう挑戦をわれわれは受けているわけであり、それにうまく対応していくことによって人間の社会が非常に良くなってきたというのが過去の歴史だと私は感じています。このフォーラムも一つのチャレンジに対する、われわれが集まって考える大きな機会として捉えたいと思います。今日のディスカッションが活発なものになることをお祈りして、私の挨拶に代えさせていただきます。

つくば市長 五十嵐 立青

今、ご挨拶を伺っていて、「ああ、そうか。11回目なんだなあ」と思っていました。1回目は筑波大学の広いホールでやった記憶がありますが、本当に当時からまさに今のSDGsにつながる概念を皆さまが実践してきてくださったこともすごくありがたく思います。あらためて3Eフォーラムの価値を感じていたところです。

鈴木議長からもお話がありましたように、SDGsが恐らくこれからあらゆる場面で指標となってくるし、目標にもなってくると思います。実はつくば市でもさまざまな政策の中にSDGsを組み込んでいこうということで進めているところです。このフォーラムに関連するところでは、エネルギーであったり、一番具体的なところでは13番目に「気候変動に具体的な対策を」(Climate Action)というのがあります。他にも経済など。要は3Eが包含している要素はもれなくSDGsが押さえている。そのエッセンスが詰まっているのがこのフォーラムだろうと思っています。

われわれがいつきの欲望や思いつきで、地域や町あるいは地球をめちゃくちゃにしてしまうという事は許されないわけです。しかし、実際はそういうことが行われているのも現実だろうと思います。そういう持続可能性という視点から、今回のフォーラムの議論がどのようにされていくのか、私もとても楽しみにしています。

そうは言いながら、この後、失礼をしなくてはいけないので、どんな議論になったかを後でしっかりと議事録や担当から聞いて、これを市政にフィードバックしていくようなサイクルをつくれればと思っています。今日はどうぞよろしくお願いします。

筑波大学副学長・理事 石野 利和

第11回3Eフォーラムは筑波大学も主催団体の一つになっています。今日は藤森様をはじめ素晴らしい講師の方をお迎えし、また市民の方を中心に大変たくさんの方にご参加いただき、このフォーラムが盛会に開催されますことに厚く御礼を申し上げます。本当にありがとうございます。

先ほど、筑協の渡辺会長からお話がありましたが、大学も含めて研究していくときのアプローチの一つとして、どんな社会貢献をしていくのか、あるいは社会的課題の解決に貢献できるのかということがあります。その中で本フォーラムは環境、エネルギー、経済の調和の取れた社会と、SDGsの先取りを11回積み重ねてきています。筑波大学もSDGsの取り組みのサポーターになっており、学際的、あるいは複雑な取り組みについては、学際性が特色の一つである筑波大学が大いに貢献できと思っています。これからはしっかり貢献していけるかなという思いで、今日は来ております。

また、今日の発表の中に、筑波大学の中にある3Eの学生委員会の発表もあります。教員、職員だけでなく、学生もしっかりこの活動に貢献していくという意味では大学トータルとしての貢献ができることを大変うれしく思っております。

話が変わって恐縮ですが、つくば市でも大変素晴らしい環境教育プログラムを組んでおられますが、最近筑波大学の中で省エネ・節電行動計画を作っています。そのときに、附属小学校の子供たちに標語を募集したところ、4年生の平林さんが、「たった一つのスイッチでも、白くまさんのありがとう」という標語を出されました。これは最優秀の一つでした。最初は、白くまさんというところかの空調機かなと思ったのですが、それではなくて、よく皆さんが映像などで見られる地球温暖化なり環境変動と白くまの生活環境への影響というようなことを短い標語の中に組み込んで、自分の行動と地球的課題の話を捉えて言ってくれたのです。これは大変印象深いものがありました。

今日のフォーラムの中でも素晴らしい講師の方々から多彩なお話があるかと思いますが、この3Eフォーラムに参加しているいろいろな機関、今日ご参会の市民の方お一人お一人の自らの行動、自らの取り組み・研究と、全体的な地球規模課題との関連をどう考えながらこれから進めていくのかということを考えるいい機会になれば、大変ありがたいと思っています。

終わりになりますが、第11回の3Eフォーラムの準備、実施に大変ご尽力を賜っております鈴木議長、内海事務局長をはじめ、関係の皆さまに御礼を申し上げまして、簡単ではございますが、挨拶とさせていただきます。

つくば市は、平成 20 年に、市民、企業、大学・研究機関、行政が一体となった「オールつくば」で低炭素社会づくりに取り組み、2030 年までに CO2 排出量 50%削減を目標とした「つくば環境スタイル」を打ち出し、様々な取組を実施してきました。

その結果、つくば市は国から平成 25 年 3 月に環境モデル都市に選定され、「つくば環境スタイル」の理念を引継ぎ、低炭素社会づくりをさらに加速させるため、「2030 年までに温室効果ガス排出量を市民一人当たり 50%削減する」という高い目標を掲げ、平成 26 年 4 月に「つくば環境スタイル SMILe」（つくば市環境モデル都市行動計画）を策定しました。

本日は、「つくば環境スタイル SMILe」の取組状況についてお話しします。

（司会）つくば市は 2013 年に環境モデル都市として選定されました。本日はその行動計画である「つくば環境スタイル“SMILe”の取り組み」と題してご発表いただきます。

1. つくば環境スタイル“SMILe”の目標

本日はお忙しい中、お集まりいただき誠にありがとうございます。

つくば市はご存じのとおり、平成 25 年に環境モデル都市に選定いただき、平成 26 年から環境モデル都市の行動計画として、“SMILe”というアクションプランを策定し、それを実行しています。平成 29 年度で 4 年目となりまして、来年度は 5 年計画の最後の年となります。

一方で、つくば市の環境モデル都市の取り組みは、一番大きい目標として 2050 年までにわが国の温室効果ガス排出削減 80%を目指すという高い目標に貢献することを目標として、2030 年までに市民一人当たりの温室効果ガス排出量を 50%削減するということを中期目標とした行動計画になっています。計画自体は 5 年間で一つ区切りを付けますが、引き続きこの目標に向かって進んでいくためにどうしたらいいのかを来年 1 年かけて総括をしなければいけないと思っています。そういう意味で、今後これまでの取り組みを踏まえて、どういうことをやっていくべきかということを考えていかなければならないのですが、そういうことも一応視野に入れながら、これまでの取り組みについてご説明させていただきます。

2. 計画の全体像

“SMILe”は頭文字で四つの柱に分けています。まずは Smart Community です。これは基本的に家庭部門でのエネルギー消費量などを削減することを視野に入れたものです。次に Mobility Traffic です。皆さんも今日は車で来られた方が多いかと思いますが、つくば市は、車社会です。そういう意味で Mobility Traffic の削減をすることが非常に大きな意味をなすということで、これを柱に掲げています。次に Innovation & Technology です。研究学園都市として環境・エネルギーに関する研究もしくは技術開発などの取り組みを行っていますので、そういうことにもつくば市としては力を入れていきたいということで柱にしています。最後は環境教育、実践ということで、Learning & Education です。つくば環境スタイルという独自の教育プログラムを持っていますが、そういった中でも環境教育に力を入れていくと

ともに、市民の皆さまと一緒に考え、行動していくことをどのようにしていけばいいのかを行政としても取り組んでいくことを柱としています。

この四つの柱について、一体どういうふうな取り組みをしているのかを説明させていただきます。

2-1. Smart Community

「スマ・エコシティ研究学園」ということで、「3電池+HEMS」住宅が175戸ぐらい整備されています。そのうち約40戸においてエネルギーデータを分析するとともに、住民にフィードバックするというような取り組みを行っております。これは、実際にデータで見える化することによって意識などを啓発していくという取り組みです。これは大和ハウス、JSTと協力して進めています。

その他、住宅20棟と事業所1棟において、各棟と蓄電池と太陽光発電パネルを連結し、効率的に電力を活用するバーチャルパワープラントの実証実験の取り組みを昨年度から進めているところです。これは経産省の補助金を活用して行っています。バーチャルではありますが、こういう住宅と事業所を結んでパワープラントとしてエネルギーの最適化を行うという取り組みは日本でも先進的で、つくば市ならではの取り組みをしているところです。

続いて、「つくばCEMS構想」です。つくばのセンター地区には共同溝があります。その共同溝を活用してエネルギーマネジメントを行う可能性調査を平成27年度に行い、28年度にかけてさらに事業の可能性について調査を行いました。基本的に厳しい仮定条件の下で調査を行い、その結果としては、今の段階では事業化がなかなか難しいだろうという結論に至っています。というのも、中心市街地センター地区の辺りは公務員宿舎の撤廃などに伴ってこれから新しい街ができていくところです。そういうところの状況を見据えていかないと、需要の見込みがなかなか立たないからです。今すぐ着手するのは難しいという結果になっていますが、引き続きその動向などはフォローしていくことになっています。

その他、モデル街区にソーラーシェルターなどを設置しています。あとは、今年度からつくば市では低炭素住宅街区のガイドラインを策定し、燃料電池など設備関係の補助金を出してきました。今後は建物の性能に補助金の対象をシフトし、エネルギー消費量が低いものなどを評価して補助を行うという方向に切り替えています。そのためのガイドラインを今年度に策定し、来年度から建築物を対象に実施します。街区向けはもう今年度からスタートしています。

そういった日本では初めての取り組みのガイドラインを策定し、それをより活用して Smart Community の省エネ化なども進めていきたいと考えているところです。

2-2. Mobility Traffic

「つくバス」、「つくタク」がつくば市にはあり、この公共交通機関を利用している方が非常に増えている状況です。この流れはわれわれとしても非常にありがたいと思っています。ただ、引き続き交通に関しては見直しを行いながら、より市民の皆さまに使っていただけるような交通体系をつくっていきたいと考えています。

また、コミュニティ道路化の促進です。皆さまにできるだけ車を使わないで歩いていただく、もしくは自転車で使っていただくなどの取り組みを促すことはできないかといったことで、例えば道路に路

面標識などを作ったりして啓発していくという実証実験を行ったところです。

その他、パーソナルモビリティの取り組みなどを行っているところです。セグウェイなどさまざまなモビリティを活用しながら、つくば市としてどういう交通体系ができるのか、引き続き検討していくことが重要と考えています。

2-3. Innovation & Technology

藻類バイオマスの研究や TIA-nano プロジェクトはこれまでどおり取り組みを進めているところです。最近のつくば市ならではの取り組みとしては、先進技術の環境貢献量の推計を実施しています。つくば市内の研究機関がさまざまなエネルギーもしくは環境に関する技術開発を行っています。その技術開発研究の成果が具体的にどれぐらい環境への貢献量があるのかを定量的に評価する手法を産総研と協力して開発しているところです。昨年度は 1 事例を行っていますが、今年度も幾つかの事例を進めているところです。そういう成果も今年度中にはまた発表できると考えています。

2-4. Learning & Education

最後は教育です。「つくばスタイル科」もありますが、「つくば環境スタイルサポーターズ」という取り組みも進めています。その他各種イベントなどを行っています。“SMILe”を始めた当初、環境スタイルセンターが一つ構想としてありました。その環境スタイルセンターの考え方について、昨年度は調査を行ったところです。そちらにつきましては、スタイルセンターと言いますとどうしても箱物のイメージがありますが、中身をより充実していった方がいいだろうと。というのも、市民の方々がもっと一緒になって行動できるようなイベントや、そういうものをファシリテートするような人材、そういったソフトの面で教育もしくは実践というところを促進していく手だてがより必要だろうということが調査の結果として出ています。

実は今年の 12 月に内閣府の環境モデル都市のヒアリングがあり、そのときも内閣府から指摘を受けました。「つくば環境スタイルサポーターズ」が 9000 人近い人数がいるにもかかわらず、その行動がもっと表に出て、より強いムーブメントになってもいいのではないかと、という指摘を受けています。行政としても仕掛けや仕組みが不十分だと認識してしまっていて、そういったことが今後の課題になってくると考えているところです。

3. 2015 年度つくば市域における温室効果ガス排出量について

では具体的にどれぐらいの削減がなされているのかといった数字ですが、最速の数字は 2015 年度で、暫定値ですが、一人当たりが 9.1 t となっています。基準となるのは 2006 年度で、そちらは 9.2 t です。若干減っている状況です。2011 年の 3.11 以降、電力の排出係数が非常に高くなっていて、そちらの影響が大きいというのが実態としてはあります。仮に排出係数を当時の数字に固定した場合、7.7 ぐらいの数字になっています。もし排出係数が固定されていれば順調に削減されてきているということです。

ただ、一方で、今後 2030 年までに 50%削減というのが本当にこのままできるのかというところはまた別な話になってきます。長期的にどういうふうやっていくのか。具体的にこれからまた新しい取

り組みをしていかないと実現が難しいといったフェーズに入ってきますので、そういったことを踏まえながら、次の計画をどうしていくのかを考えるのも重要な課題かと考えています。

質疑応答

(司会) 神部部長ありがとうございました。ご質問がありましたらお席で挙手をお願いします。どなたかございますか。

では、司会の方から。継続的につくば市で進められていくということで、この5年計画の後、何か考えられているようなことがありましたら、お知らせいただければと思います。お話しできるような範囲で構いません。

(神部) まず、総括をしなければいけないと思っています。その総括を来年度にやっていくことが必要かと思っています。その先については、一つ重要なのはSDGsの取り組みとの関連、つながりが非常に重要かと思っています。環境、経済、社会の三つの取り組みをどう相乗効果、関わりを持ってやっていくかが今後の取り組みとしては重要な観点だと思っています。

そういった意味で、環境だけではなく、環境とともに経済、社会との関わりを持たせるために仕組み、事業、もしくは施策といったことを少し幅広く捉えて、関連性を考えてやっていく必要があると思っています。それをどういう形にするのかなどは、来年の総括の中で具体的にしていきたいと考えています。

(フロアから) 先ほど棒グラフが出ていて、縦軸と横軸を十分に把握できなかったのですが、もし横軸が年次進行だとすると、途中に増えて、また下がっていますが、10年程度あまり変化がなかったというグラフになりますか。よろしければ、もう少し縦軸、横軸を詳しくコメントしていただけますか。

(神部) スライド8は横軸が年度になっていて、縦軸は温室効果ガス排出量(t-CO₂)になっています。縦軸は、青色のところは民生家庭部門で、オレンジが民生業務部門、赤は産業部門、緑色が運輸部門、ピンクが廃棄部門になっています。ほぼ横ばいで、2012年が少し上がっているような数字になっていますが、2012年で上がっているのは先ほど言いました、2011年の3.11の影響で電力の排出係数が上がっているからです。電力需要に関するCO₂換算が非常に高くなったことが影響しています。その後、徐々に取り組みを進めていく中で、なだらかですが減ってきています。2014年度は一人当たりが9.5tで、そこまではずっと基準点よりも高い数値でしたが、それが初めて2015年度において基準年より下がってきたという状況です。

では、なぜ下がってきているのかというところですが、われわれの分析としては、事業者様のご努力が一番大きい理由だと考えています。設備や投資の取り組みの効果が具体的な数字として非常に出ていると考えています。

2018年1月20日

つくば環境スタイル SMILe

つくば環境スタイル“SMILe”の取組

つくば市政策イノベーション部長 神部 匡毅

1

環境モデル都市・つくばの取組 つくば環境スタイル“SMILe”

環境モデル都市・つくば

つくば環境スタイル“SMILe”の目標

(中期目標)
2030年(平成42年)までに市民一人当たりの温室効果ガス排出量**50%削減**を目指します。(2006年比)

(長期目標)
2050年(平成62年)までに我が国の温室効果ガス排出量**80%削減**を目指すという国の高い目標の達成に貢献します。

2

環境モデル都市・つくばの取組 つくば環境スタイル“SMILe”

計画の全体像

Smart Community

省エネ住宅の普及や低炭素都市づくりに必要な環境へのアプローチを、まちづくりの機会を活用して進めます。CEMS(コミュニティエコモニタリングシステム)を推進した省エネアプローチをモデル地区の整備をリーディングプロジェクトとして推進を図ります。

● コミュニティ型低炭素モデル地区の整備
● 省エネ住宅の普及
● CEMSの推進

Mobility Traffic

モビリティロボット実験特区も活用した低炭素移動手段の多様化により、あらゆる層の人が安全に移動できるまちづくりを進めます。つくばエクスプレス(数値)やバス、EVなどの低炭素交通手段の普及を推進し、市民生活を支援します。

● 低炭素交通手段の多様化
● 低炭素交通手段の普及
● 低炭素交通システム

Innovation & Technology

つくば環境スタイル「最先端技術タウン」として、最先端の最先端技術の実証実験を通じた新たなビジネスモデル構築を図るとともに、研究開発の進捗を推進策の実施やオープンラボラトリーなど、先進的対策を推進します。

つくばには、研究、開発、実証を推進する環境が整っており、全体の推進策を「ポート」で展開します。

● 最先端技術の実証実験
● 最先端技術の実証実験の推進
● 最先端技術の実証実験の推進
● 最先端技術の実証実験

Learning & Education

オールつくばで実践する新しい環境スタイルと、それによる効果的な取組の推進を推進策として進めます。実践するつくばならではの環境教育は、市民生活に活用されます。これにより、人の健康、豊か、ライフスタイルの向上に貢献する取組を進めます。

● 最先端技術の実証実験(つくば環境スタイル)
● 最先端技術の実証実験(つくば環境スタイル)
● 最先端技術の実証実験(つくば環境スタイル)

3

環境モデル都市・つくばの取組 つくば環境スタイル“SMILe”

環境モデル都市・つくば

Smart Community コミュニティエコライフ

省エネ住宅の普及や低炭素都市づくりに必要な「面」のアプローチを、まちづくりの機会を活用して実施。

- ▲ モデル地区イメージ
- ▲ パーシャルパワープラントイメージ
- ▲ つくば分散型エネルギーインフライメージ

- ✓ 「スマエコシティ研究学園」における**3電池+HEMS住宅が30戸整備**。当該街区の**エネルギーデータを分析**し、住民にフィードバックする交流会を実施。
- ✓ **住宅地20棟+事業所1棟**において、各種の蓄電池と太陽光発電パネルを連結し、効率的に電力を活用する**パーシャルパワープラントの実証実験**の実施。
- ✓ 「つくばCEMS構想」を見据え、平成27年度に実施した分散型エネルギーインフラ事業化可能性調査を基に、エネルギー事業者や需要家を対象としてWGを開催し、抽出された**事業手法の事業性を検証**。
- ✓ モデル街区内に**ソーラーシェアラー(太陽光発電設備付き屋根)**を設置。

4

環境モデル都市・つくばの取組 つくば環境スタイル“SMILe”

環境モデル都市・つくば

Mobility Traffic モビリティ・交通

低炭素な移動手段への転換や、社会システムの導入。

- ▲ コミュニティ道路社会実験 (路面シールによる滑り、安全対策、歩行空間確保)
- ▲ 超小型モビリティ実験
- ▲ パーソナルモビリティの利用促進 (G7における普及等)

- **コミュニティ道路化の促進**として、昨年度実施した路面シートでの啓発や歩行空間の確保など道路対策による低炭素移動に関する実証実験をフォローアップ。
- ✓ **コミュニティバス「つくバス」、デマンドタクシー「つくタク」**による公共交通ネットワークの最適な運行計画の実施の結果、つくバス利用者が1,004,662人に増加(50,825人増)(目標:20,000人の増加)。
- ✓ **パーソナルモビリティの利用促進**として、G7科学技術大臣会合における会場周辺警備での使用など多様な実証実験を実施。また、セグウェイツアーをふるさと納税の返礼品のメニューとして追加。

5

環境モデル都市・つくばの取組 つくば環境スタイル“SMILe”

環境モデル都市・つくば

Innovation & Technology 最先端技術

実験低炭素タウンとして、最先端の低炭素技術の実証実験を通じた新たなビジネスモデル構築を図る。

- ▲ 最先端技術
- ▲ TIA(つくばイノベーションアリーナ)ナノテクノロジー拠点
- ▲ 移動式水素ステーションの設置 MIRAIの公用車への導入

- 石油代替燃料として期待される**蓄熱バイオマスの実用化**として、大規模実証施設において、国際戦略総合特区の当初目標の生産量を達成。また、屋外大規模プラントでの技術開発、県内下水処理場活用による技術開発を開始。
- ✓ TIA(つくばイノベーションアリーナ)における**TIA-nanoプロジェクト**の推進。200社以上の企業連携や約33の国のプロジェクトを手掛ける等、地域内外に普及・展開
- ✓ 市内研究機関における**最先端技術の環境貢献量の推計**を実施。
- ✓ 茨城県内初**移動式水素ステーション**の設置・運用し、市内外の車両に対して水素の充填を実施。

6

環境モデル都市・つくばの取組 つくば環境スタイル“SMILe”

環境モデル都市・つくば

つくば環境スタイル SMILe

Learning & Education 環境教育・実践

省エネ住宅の普及や低炭素都市づくりに必要な「面」のアプローチを、まちづくりの機会を活用して実施。



▲学校教育(つくばスタイル課) ▲つくば環境スタイルサポーターズ ▲環境イベントの実施(環境フェスティバル・エコプロダクツ見学会)

- ✓義務教育でのつくば市独自の「**つくばスタイル科**」における高レベルな環境教育の実施。7年生を対象に次世代カリキュラム(ECO健康診断)を実施し、各家庭での二酸化炭素排出量を実際に算出。
- ✓会員数8,000人を超える「**つくば環境スタイルサポーターズ**」での様々なサポーターズプログラムの活動を通じて、環境教育・啓発。
つくば環境スタイルサポーターズ会員数
・個人: 8,717人(440人増) ・事業所: 284か所(16か所増) ・各種プログラム参加者計2,482人(昨年度2,630人)
- ✓「環境フェスティバル(16,500人参加)」「エコプロダクツ見学会(24人参加)」「次世代エネルギーパーク見学会(27人参加)」等の**イベント・見学会等を開催**。

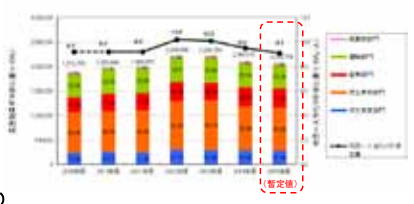
7

環境モデル都市・つくばの取組 つくば環境スタイル“SMILe”

環境モデル都市・つくば

つくば環境スタイル SMILe

2015年度(平成27年度) つくば市域における温室効果ガス排出量について



(考察)

- ✓再生可能エネルギー発電設備(太陽光パネル)の設置が進み、温室効果ガスの削減に大きく寄与した。
- ✓太陽光発電設備、蓄電池、エネファーム、HEMS住宅、LCCM住宅等へ**市独自の補助金**を交付し、家庭部門の低炭素化を進めることができた。
- ✓運輸部門では、自転車やバスの利用が増加し、温室効果ガスの削減につながった。低炭素車の普及促進が今後の課題である。

8

このまま私たちが二酸化炭素を出し続けたら、2100年の未来の天気はどうなっているのでしょうか？ まず2015年3月環境省より発表された「21世紀末における日本の気候」を元に作成した2100年未来の天気予報」をテレビ風に実演します。その後、実際に異常気象は増えているのか？最近の暑さや大雨の事例をご紹介し、地球温暖化との関係を考えていきます。実際に気温はどれくらい上がっているのか？温暖化の仕組みや、何故二酸化炭素が温暖化の原因となっているのか？地球温暖化の現状を知り、今、私たちに出来ることを考えてもらえたらと思います。

(司会) 藤森様はTBSの朝の情報番組等の気象キャスターを経て、現在は日本テレビ「日テレNEWS24『デイリープラネット』」の気象キャスターを務めていらっしゃいます。また、NPO法人気象キャスターネットワーク代表として、環境、防災、気象をテーマに活動し、特に小学校での出前授業、被災地支援等に精力的に取り組んでおられます。

今日は短い時間ですが、「異常気象と地球温暖化」というテーマでお話をさせていただきます。

1. 自己紹介

私は大学生のときにTBSテレビの森田さんの天気予報番組のアシスタントとして、お天気お姉さんとしてテレビに出るようになりました。その後ずっと天気予報の仕事をしているうちに、気象予報士という資格ができ、その資格を取った後、日本テレビに移りました。早朝番組の「Oha!4」などを担当した後、今は「日テレNEWS24」という24時間のニュースチャンネルの中で気象キャスターをしています。今、「日テレNEWS24」はCSチャンネルではあるのですが、インターネットや携帯でも動画配信してしまっていて、たまに携帯の天気予報を見ますと私の動画もアップされたりしています。私は火曜から木曜の夜9時から夜中の12時まで30分に1回ずつ、天気予報を担当しています。もしよろしければご覧ください。

私はNPO法人気象キャスターネットワークの代表も務めています。気象キャスターネットワークというのは、全国の気象キャスター、気象予報士などが気象災害の軽減や地球温暖化の緩和や適応を目的に、気象、環境、防災に関しての知識、普及、啓発活動を行っています。北海道から九州、沖縄までの気象キャスターが所属していて、普段はそれぞれ局が違ってライバルなのですが、この活動においては協力しながら和気あいあいと活動しています。

そして環境の部分においては、環境省の地球温暖化防止コミュニケーターという活動をしています。地球温暖化防止コミュニケーターというのは環境省が育成しているのですが、地球温暖化を正しく理解して一般の人に伝えていくという伝え手のことです。私たち気象キャスターは、会員のうち半分ぐらい(130~140名)がこの地球温暖化防止コミュニケーターの認定を受けていて、親子向けのイベントや小学校の出前授業をしています。北海道から沖縄まで、今年は全国で120校行いました。それから親子向けイベントも全国で5カ所行いました。私自身もこの4年ほどで100回以上の活動をしています。

2. 最近の異常気象と気象災害

それでは本題に入ります。最近、テレビで異常気象や気象災害のニュースを見る機会が多いような気がするなという方、手を上げていただけますか。

ありがとうございます。結構たくさんの方が手を上げてくださいました。私も大学生のころからお天気をやっていますが、やはりここ最近の方がニュースの中でも、気象災害のニュースを取り上げることがとても多くなったと思うのです。本当によく見かけます。私は日本テレビの気象センターに所属していますが、ニュース番組からもたくさんの方の問い合わせがあつて解説をしたりすることもあります。

どうしてテレビでこのように気象災害のニュースが取り上げられるようになったのかと考えてみました。まず一つはスマホの普及です。例えば、ひょうが降った、竜巻が発生した、集中豪雨があった、などというときに、たまたまその場所にテレビカメラがあれば撮影できますが、そういう現象は局地的な現象なので、なかなかカメラで捉えることができません。映像がないとニュースにはなかなか取り上げられなかったのです。ところが、今はスマホがあります。皆さんも何かあつたらすぐ動画や写真を撮りませんか。今はそういったものがどんどんテレビ局に送られてくるのです。ですから、映像が豊富に入手できるようになったというのが一つ大きな原因として挙げられると思います。

そしてもう一つは、いろいろ調べてみますとやはり極端な気象現象が増加しているのです。では、どんな極端な気象現象があるのかと言いますと、まず激しい雨が増えています。気象庁のデータによると、1時間に50mm以上の雨が昔よりも増えています。1000地点当たりの発生回数では10年間で20回ぐらい、平均すると1年間で2回ずつぐらい増えてきているという計算になります。1時間に50mmというと、ごうごうと滝のように降るような雨です。こういう雨が2時間ぐらい続くと災害発生の恐れもあります。こういう激しい雨が増えているのです。

2-1. 鬼怒川決壊（2015年9月10日）

茨城県では大雨による大きな災害がありました。2015年9月10日、鬼怒川の決壊です。このとき、私は前の夜、そして当日も天気予報を担当していました。尋常ではない雨が栃木県で降っているのは分かりましたので、何か被害が発生することは分かっていたのですが、鬼怒川の堤防が決壊して大きな災害が発生することは想像していませんでした。気象キャスターがみんな集まったときによくこの話になるのですが、これは非常に衝撃的な被害でした。

このときは、台風から変わった温帯低気圧がまず一つの原因だったのです。台風が愛知県に上陸して北上し、日本海に抜けて温帯低気圧になりました。そこに向かって南から湿った空気、暖湿流が流れ込んだのです。このときの台風は台風としては大きな被害をもたらすような台風ではなかったのですが、台風が日本海に抜けた後の方が危ないという情報はもう先に分かっていました。大雨の原因で最近線状降水帯という言葉をよく聞きますね。線状降水帯というのは積乱雲が並んだような状態が長続きすることを言います。この細い一本一本が線状降水帯で、これが帯のようになってかかり続けたことで大雨になったのです。こういう雲は大体的な場合は、どちらかに動いたりすることが多いのですが、今回の場合は東寄りの風が入ってきたこともあり、この帯があまり動かなかつたのです。同じような場所にずっとかかり続けたということで記録的な大雨となりました。24時間の降水量が栃木県の

日光で 550 mm を超え、これで大きな災害となったわけです。このときには栃木県や茨城県、宮城県には大雨の特別警報が発表になりました。

2-2. 近年の雨は局地化・集中化・激甚化

近年の雨の降り方は、局地化、集中化、激甚化していて、地球温暖化によって新たなステージに入ったと言われていています。これはかなりセンセーショナルな言い方ですが、決して私が皆さんに不安をあおろうとして言っているわけではありません。国土交通省や気象庁がもう既にこの表現を使っています。

ただ、大雨が降りやすくなったからといって、日本列島の降水量がどんどん増えているわけでもないのです。日本の年間降水量の偏差を昔からずっと見てみると、多い時期は多く、少ない時期は少ない時期が続きます。また多い時期もあります。これは自然の変動ではないかと言われているのですが、ここ最近の傾向として、多い年は多い、少ない年はすごく少ないというように極端な降り方になっています。これが地球温暖化の影響と考えられています。

続いて暑さです。毎年夏になると猛暑のニュースがありますが、35 度以上の猛暑日の日数も昔に比べると最近の方が増えてきています。日本の高温記録を見てみると、1 位が高知県の四万十市江川崎で、2013 年に 41 度を観測しました。2 位が埼玉県の熊谷と岐阜県の多治見で、40.9 度です。4 位の山形のデータだけは 1933 年で古いのですが、それ以外は 1990～2000 年代に観測されています。最近は暑さの記録がどんどん塗り替えられています。これは地球温暖化の影響と考えられます。

そして夏だけではなくありません。年間を通じて異常高温が出やすくなっているのです。異常高温というのはその土地の 1～4 位の記録です。この出現率が昔よりも随分多くなっています。夏だけの現象ではないのです。異常に暖かい秋や異常に暖かい冬の日なども増えてきています。

3. 異常気象

異常気象という言葉は、最近、ニュースや新聞で目や耳にするようになりましたが、気象庁では 30 年に 1 度程度の現象を異常気象と定義しています。気象庁の言葉を借りると、異常気象とは、数十年間に 1 度程度の現象、あるいは人が一生の間にまれにしか経験しない現象を示して、大雨や強風などの短時間の現象から、数カ月も続く干ばつなどまで含まれます。社会一般には気象災害を起こすなど社会的な影響が大きい現象を異常気象と呼ぶことがあります。気象庁では原則的にある地点、ある時期において 30 年に 1 回以下の現象を異常と定義しています。例えば大雨が降ったり、ひょうが降ったりすると、「これは異常気象ですか」と質問されることが多いです。大きな被害を出した場合には新聞などでそういう表現をすることがあるかもしれませんが、私たち気象予報士は気象庁と同じ定義です。必ずその土地に 30 年に 1 回の記録が出ているかどうかということを確認して、「これは異常気象です」とか「そうではないです」と伝えるようにしていて、「異常気象」という言葉を乱発しないように気を付けています。そのように気を付けていても、データを見てみるとやはり異常気象は増えているのです。

4. 地球温暖化

4-1. 過去との温度比較

その大きな原因に、地球の温暖化が挙げられます。ここで皆さんにクイズを出したいと思います。過去 132 年の間に世界の平均気温は何度上がったでしょうか。今日は温暖化に対して詳しい方が多そうですので、もしかしたらすごく簡単な質問かもしれませんが、一応お付き合いください。

1 番は 0.85 度、2 番は 1.14 度、3 番は 3.2 度です。全員でグー、チョキ、パーで答えていただきたいと思います。

ありがとうございます。3 番は少し少ないですが、1 番と 2 番は半々ぐらいでした。正解は 1 番です。過去 132 年の間に地球の平均気温、世界の平均気温は 0.85 度上がりました。たった 0.85 度と思った方がいるかもしれませんが、それでも実はもう大きな影響が出てきているのです。2 番と 3 番の数字にも実は意味があります。2 番は過去 100 年で上がった日本の気温です。過去 100 年で日本の気温は 1 度ぐらい上がっています。3 番は過去 100 年で上がった東京の気温です。東京など大都市はヒートアイランドの影響があります。ビルやアスファルトに覆われています。そういうものが熱をため込み、都市を暖めるのです。ですから、大都市は 1 度ぐらいが地球温暖化の影響で上がり、その 2 倍ぐらいの影響をヒートアイランドで受けているのです。東京、名古屋、大阪などは 3 度近く気温が上がっています。

そして、このままの CO₂ をずっと私たちが出し続けていった場合、現状を上回る温暖化対策をしなかったら、2100 年ぐらいには世界の平均気温は 4.8 度ぐらい上がると予想されています。0.85 度でも大きな影響が出ています。4.8 度上がったらどんなふうになるのでしょうか。

4-2. 2100 年の天気予報

今日は皆さんに特別に 2100 年の未来の天気予報を見ていただきたいと思います。2100 年に行ったつもりで見てください。

*** (映像上映開始) ***

皆さん、こんにちは。気象予報士の藤森涼子です。今日は 2100 年、未来の夏の天気予報をお伝えします。まずは今日の最高気温からご覧ください。埼玉県の熊谷では 45.1 度、群馬県の館林では 44.5 度、東京練馬でも 43.7 度と記録的な暑さとなりました。今日までに全国で 12 万人が熱中症で病院に運ばれています。

最高気温が 30 度以上の真夏日の日数です。那覇では 183 日 (6 カ月)、大阪で 141 日 (5 カ月近く)、東京で 103 日 (3 カ月半)、そして北海道の札幌でも 48 日 (1 カ月半) に達しています。

では、全国の明日の予報です。明日も太平洋高気圧に覆われて朝から強い日差しが照りつけそうです。予想最高気温をご覧ください。東京、名古屋で 44 度、大阪、新潟で 43 度、そして北海道の札幌でも 41 度と記録的な暑さが続きそうです。熱中症には厳重な警戒が必要です。

続いて、大雨情報をお伝えします。上空に寒気が入ってきて、大気の状態が不安定になっています。今日は局地的に 1 時間に 100 mm を超える猛烈な雨の降ったところがありました。大雨による川の氾濫や崖崩れなどが各地で発生しています。

また、大雨が降っているところがある一方、全く雨の降っていない地域もあります。北関東の平野部

では雨が降らず、農作物が枯れるという被害も発生しています。

最後に台風情報をお伝えします。今、日本の南の海上には猛烈な台風 10 号があります。中心気圧が 895 hPa, 最大風速 65 m, 最大瞬間風速が 90 m, 竜巻のような風を吹かせる台風です。今後の予想をご覧ください。この台風は勢力を維持したままゆっくりと北上していきそうです。そして西日本から東日本のどこかに上陸するという恐れが高くなってきました。これまでに経験したことのないような、大雨、暴風、高波、高潮の発生する恐れがあります。皆さん、最大級の警戒をお願いします。

以上 2100 年、未来の天気予報を気象予報士、藤森涼子がお伝えしました。

*** (上映終了) ***

さあ、どうでしたでしょうか。これは皆さんを怖がらせようと思って極端につくった天気予報ではなくて、環境省と気象庁で地球温暖化が進んだ場合の 21 世紀末の日本の気候というデータが出ていて、それを基に作った最悪の未来の天気予報なのです。現状を上回る対策を取っていかないと、こういう天気になってしまうかもしれません。

4-3. 防災知識と自分の命は自分で守る

このまま温暖化が進むと、さらに異常気象が多くなって気象災害に遭う人も増えてしまうと思います。ですから、大切なことは二つです。まずは地球温暖化をこれ以上進めないように地球温暖化の対策、適応や緩和に取り組んでいくこと。そしてもう一つは、気象予報士という立場からぜひ皆さんにはお願いしたいのですが、防災知識を深めて、自分の命は自分で守るという意識を持つていくことです。

5. 新たなステージに対応した防災気象情報

そこで、新たなステージに対応した防災気象情報を簡単にご紹介したいと思います。雨の降り方は新たなステージに入ったと表現されています。気象庁では去年から、この新たなステージに対応した情報を出すようにしているのです。例えば、時系列で危険度を色分けするようになりました。大雨、土砂災害、風、雪などの情報で注意報が出そうな時間や時間帯を、赤は警報級、黄色は注意報級として時系列で出すようになったのです。ですから危険の時間帯があらかじめ分かるようになりました。こういう情報は 5 日先まで出されるようになっていきます。例えば 30 日と 31 日に大雨、暴風、波浪の警報級の可能性が高いと出ている場合、この 2 日間は大荒れになるということがあらかじめ分かるわけです。このように警報級の可能性をあらかじめ発表するようになっていきます。

それから、特別警報の発表対象が改善されました。警報は細分化されて細かく発表されるようになっているのですが、一部が特別警報の基準になると、これまでは全部が警報が出ているところが特別警報に切り替わっていました。ですから、反対に全部が特別警報になることで、どこで非常に危険が迫っているのかが分かりづらかったのです。ところが去年の夏からは、危険な地域にだけ特別警報が発表されるようになりました。より地域を絞り込んで発表できるようになりました。

それから、メッシュ情報が充実しています。大雨による災害のリスクは土砂災害、浸水、洪水、さまざまあります。そこでこれらの情報をメッシュの情報として詳しく出すようになりました。例えば、土砂災害はどこで危険になっているのか、浸水はどこで危険になっているのか、洪水はこの河川で今、

発生しやすくなっているのかという、危険度を表すようになっているのです。

これは皆さんでも簡単に情報を入手することができます。気象庁のホームページのトップページにある「危険度分布」という部分をクリックすると今のような情報が出てきます。ですから皆さんがすぐにこの情報を入手することができるようになったわけです。これは大雨が降ったときにはぜひ利用してもらいたいと思います。

6. 自然災害から身を守るために

では最後に、自然災害から身を守るためにどうすればいいのか、五つのポイントをお話したいと思います。

まずは災害は同じ場所で繰り返します。ですから過去の災害を忘れないということです。関東・東北豪雨の大きな被害を忘れないということ、そしてそれを覚えておいてそれを人に伝えていくということもとても大切だと思います。

それから、必要な情報を自ら取りに行けるようにするという事です。住んでいる場所によって、例えば崖崩れの危険があるところなのか、浸水の危険があるところなのか、洪水の危険があるところなのか、いろいろ分かれると思うのです。そういう自分に必要な命を守るための情報を自ら取りにいけるようにしておきましょう。ということは、普段からその情報を見慣れておくということ、どこにあるか知っておくということが大切だと思います。

そして、情報は大切ですが、情報だけに頼ってはいけません。この情報が出たから逃げるということではなく、自分で判断して早めの行動を取るようにしてください。最後に判断するのは皆さん自身だと思います。

4番目は、自分が安全だと思っている方が多いです。私も心の底ではどこかそういう部分があるかもしれません。でも、自分だけは安全だと思っている人が実は一番危ないのです。ある研究者の研究によりますと、4人に1人ぐらいは例えば「川の堤防が危ないからちょっと見に行ってくる」「田んぼの様子が危ないからちょっと見に行ってくる」などで自ら危険に近づいて亡くなっているのです。ですから、危ない状態となったときには、家から出ない、避難場所から出ないということが大切です。

最後に、大雨の被害をいかに自分ごととして考えられるかということだと思います。ニュースで見ていると人ごとだと思ってしまうがちですが、これが自分に起こったときにはどうしようということを実体的に考えておくことが一番大切です。自分の命は自分で守る。普段から災害に対して心構えをしておくことが大切だと思います。

これからも地球温暖化は進むと思います。そして異常気象もこの後、ますます増えていくのではないかと思います。自分の命は自分で守れるように普段から備えをしておいてください。

異常気象と地球温暖化についてお話しさせていただきました。ご清聴ありがとうございました。

質疑応答

(フロアから) 先ほどの2100年の天気予報の予測のところ、札幌や新潟は43度や40度以上だと思ったのですが、沖縄の那覇は39度になっていました。これはどういうところからそのように導かれ

たのでしょうか。

(藤森) 実は地形というか、その土地の場所の影響というのがあります。例えば沖縄や小笠原は小さな島です。島は風通しがよくて、よく風が吹き抜けるのです。気温は内陸に行けば行くほど局地的には上がりやすくなります。風が通りにくくなって、そこで熱がため込まれてしまうのです。ですから、「札幌が41度、那覇で39度、何で」という質問がよくあるのですけれども、これは地形の影響というか、土地の広さの影響にもよります。沖縄は島ですから風が通りやすい、つまり熱がため込まれにくいというのがあります。北海道の札幌は少し内陸になります。海から少し離れていますので、熱がため込まれやすくなるのです。

暖かい期間が長いのは、当然、那覇や小笠原の方ですが、極端に高くなるということであれば、実は那覇よりも札幌の方が気温は上がります。沖縄は暑いところだと思っている方がいると思いますが、沖縄で気温が35度を超えたら記録なのです。でも、東京で35度を超えることは毎年あります。ですから、真夏の暑さというのは東京の方が沖縄よりもずっと暑いのです。小笠原や那覇、沖縄というのは島です。島は熱がため込まれにくいので、気温が極端には上がらないのです。そういった現象です。

(フロアから) 気温の変化で、最近、温度の変化が非常に激しくなったというグラフがありました。そして、説明は地球の温暖化が原因だというお話がありましたが、もう一歩進んで、地球が温暖化するとどうして変動が激しくなるのか。お分かりになりましたらよろしくお願ひします。

(藤森) 最近気温が上がっている。猛暑日が多くなっているということと、高温の記録と異常高温が出やすくなっているというお話をしましたが。

(フロアから) その前に、高温もあるし低温もあるというグラフがあったと思いますが。

(藤森) それは雨の降り方の方です。

(フロアから) 気温もそういうふうになっていると思うのですが、どうしてなのか。

(藤森) 地球温暖化の影響では、例えば日本列島の冬というのは寒くなるというふうに研究されていたりもするのです。それは温暖化の影響で北の方の低気圧の通り道が変わってしまい、結果的には日本列島には冬は寒気が流れ込みやすくなるという研究もされているのです。ですから寒い日もあります。確かに夏は極端に暑い日もあります。ということで気温のぶれ幅が少しあるのかもしれませんが。

雨に関しては、皆さん、分かりますか。雨は降るときは降る。降らないときは降らない。地域格差がとても大きくなるのです。それが温暖化の影響と考えられています。なぜ雨は格差が出てくるのかというと、地球が温暖化すると空気中の水蒸気がどんどん多くなるのです。それは雨の元になりますので、それが凝結して降るときには一気に降るようになる。降らないというのはなぜかということ、気温が高くなると空気中に水蒸気をたくさん含むことができるようになるので、凝結するまでに時間がかか

るのです。ただ、降るときには一気に降るというようなことで、降る場所と降らない場所、降り方が極端になると言われています。

湖沼の水質は流域や湖盆の生物地球化学的特性、流域活動の内容と多寡、気候・気象等により変化する。ここでは、水生生物の生存、再生産を支配する水中溶存酸素に着目して、気候・気象の影響解析を行った結果を紹介することから、地球温暖化の水質に及ぼす影響を考える。特に、湖底に近い底層の溶存酸素濃度に関して、霞ヶ浦、琵琶湖、ダム湖、インドネシアの熱帯湖沼におけるその動態を比較して議論する。

また、湖沼は人々にモノ、コト、ココロの面で様々な恩恵をもたらすので、それらは生態系サービスと呼ばれている。霞ヶ浦を例に、その推算の方法と問題点を紹介する。また、今後の湖沼管理にあたって、その概念、推算値の活用方法を議論することを通して、本年10月につくばで開催される第17回世界湖沼会議の湖沼セッション、霞ヶ浦セッションにおける湖沼環境管理の議論の方向を考える。

（司会） 福島先生は、筑波大学を退職後、茨城県霞ヶ浦環境科学センター長に就任され、霞ヶ浦をはじめとする県内の湖沼、河川の水環境や外部環境などの保全に取り組んでおられます。また、本年10月に世界湖沼会議がつくば市の国際会議場他で開催されます。そちらにもぜひご参加いただければと思います。

昨年までは筑波大におり、本フォーラム会議に事務局の一員として参加させていただきました。私は40年ぐらい湖の研究をずっと続けてまいりましたので、本日は湖の話と、地球環境変動との関係についてお話しできればと思っています。

1. 藻類の経年変化

霞ヶ浦の1970年代から最近まで、プランクトンの数・種類を見ると、最初のうちはミクロキスティス（アオコ）が随分出ていた時期があり、その後一年中生えるような、プランクトンスリックスという糸状性のものが出ていました（スライド2）。その後、白濁期といってプランクトンが少ない時期があり、けい藻が中心を占めました。いろいろな解析をすると、連続的に変化するのではなく、1990年ぐらいと2000年ぐらいに、極端に相が変わるような現象が起こったのではないかと考えています。その原因をいろいろな生態学者に聞くと、それぞれご自分がやられた生物を中心にいろいろな説をご提案されたり、あるいは土木工事的なものが影響したのではないかという説も出ているのですが、最近、私が考えているものをご紹介します。

ENSOは、エルニーニョとラニーニャ、赤道の辺りの海水温の片寄であることはよくご存じだと思いますが、中緯度帯の海水温が日本とアメリカ側のどちらが高いのかということを表した指標がPDO（Pacific Decadal Oscillation）です（スライド3）。PDOが負の場合には日本側が高く、アメリカ側が低い状態になっています。その変化を藻類と同じように表すと、例えばPDOが下がったときに土浦の気温は上がっています。1990年、2000年、2010年あたりもそういう兆しが見られます。それはどの時期かと見てみると、PDOが下がって、気温が上がるような、要するに寒い時期から暖かい時期になったときに、藻類が急激に変わったようなことが観測されます。PDOと気温は負の相関です。同時に、風の

強さもかなり強い相関になっていますので、こういうものが影響しているのではないかと考えている人もいます。

Reidさんが論文で書いていますが（スライド4）、世界のいろいろな現象、72個の時系列データを持ってきて調べてみると、1980年代の後半ぐらいにいろいろなものが変化していました。大気の状態もそうですし、プランクトンもそうですし、陸上の植物とか、ダストストーンとか、急激にいろいろなものが連続ではなく、ある段差を持って変化するようなことが起こっているのです。ですから、こういうものももしかしたら湖の生態系にも関係があるのではないかとということです。

われわれはそういうものをレジームシフトと呼んでいるのですが、サイクリックに元に戻るようなシフトではなくて、変化したようなシフトです。今申し上げた大気から深海、北極から南極というものがこの辺りに観察されます。ヨーロッパの湖でもそういうことが観察されます。また、2000年に近い方ですと、五大湖の水温上昇、氷結面積減少、藻類の数が急激に変化しています。霞ヶ浦といいますと非常にローカルな話かなと思っていたら、もしかしたら世界中で同じようなことがこの時期に起こっているのかなと考えたりしています（スライド5）。

2. 地球温暖化の湖沼環境に及ぼす影響

では、地球温暖化が湖にどのような影響を及ぼすか（スライド6）。先ほどのお話にもありましたが、雨が降ったり雨が降らなくなったり、それによってインプットの条件が変わってきます。それから、時期です。雪の降り方が変わったり、雪がなくなったりすることによりパターンが変わります。それから、水温の影響を受けて生物の活動が変化します。その変化は最終的には生物の多様性や生態系サービスが減ってしまうのではないかと懸念されているわけです。最近では、生物フェノロジーといいますか、生物は相互にやり取りしているのですが、それぞれの生物の生きられる季節みたいなものが若干ずれてくるとマッチングが悪くなり、生態系全体が変わってくるのではないかとというような研究が随分なされてきています。

もう一つ、温かくなるということ以外に海面上昇が起こってくると、例えば汽水湖、茨城県ですと潤沼（ひぬま）等の湖の場合には、塩分の入り方が随分変わってきて、かなりの影響が出るのではないかと懸念されています。

3. 未解明な問題

日本にはいろいろな湖があるので、先ほどのような水温上昇はどのような湖でも観測されるのかと調べてみますと、日本海側の湖ではあまり明確に見えません。また、日本やアメリカの湖では夏や秋に水温がすごく上がるのに、ヨーロッパの湖は春に一番大きいのです。これはなぜなのかはよく分かりません。それから透明度の変化の影響を受けているらしいのですが、統一的な影響ではないということで、この辺のことは未解明な課題になっています（スライド7）。

4. 底層DOの問題と湖沼間差

「DO」という言葉を初めて聞かれるかもしれませんが、DOというのは水に溶けている酸素の量です。Dissolved Oxygenということです。湖の中でなぜ酸素が重要かという、生物がすめるかすめない

かということに関わるからです。これは非常に大きな問題です。もう一つは、一度嫌氣的になると底泥の環境が変わってしまい、いろいろ変な物質、人間や生物に悪影響を及ぼすような物質がだんだん出てきてしまいます。要するに DO がゼロになると湖が非常に大きく変化してしまうのです。そういうことがあり、最近、水質環境基準で底層 DO を当てはめるといようなことをやっているのですが、そういうものに温暖化が影響するかどうかということ、幾つかの例を示させていただきます。

琵琶湖と、島地川ダムと、霞ヶ浦と、それから最近研究しているインドネシアのいろいろな深い湖です。深さが随分違って、琵琶湖は深いけれど霞ヶ浦は浅い。それに伴い、滞留時間も随分違います。それから栄養度の条件も、こちらは割と栄養がないような湖なのですが、霞ヶ浦は栄養がたっぷりある湖だという違いがあります。そういう湖で底層 DO の問題にどうやって温暖化、気候変動が関わるのかを考えた例を紹介させていただきます（スライド 8）。

4-1. 琵琶湖（今津沖）

琵琶湖の今津沖、北湖の最深観測地点の、1990 年と 2008 年の水温例を見ます（スライド 9）と、上の方の水温は高くなるけれど、下の方は大体一定です。底の水深 100 m ぐらいあるところの水温は年間通してあまり変わりません。DO と申し上げました酸素の例を見ていただくと、この一番下のラインが一番底の DO の値ですが、こちらの年はあまり下がらなかったけれど、こちらの年はすごく下がり、まだかろうじてゼロにはならなかったのですが、きわどい状態になってきました。これがゼロになってしまうと琵琶湖自身がすごく大きく変化してしまいます。大変な事態になるかもしれないということで、滋賀県の人たちはすごく恐れています。

なぜこのような違いがあるのかをよくよく見ると、だんだん DO がなくなる始めの時期に一番低い水温が下の方に観察されます。これは要するに、流域に雪が積もっていて徐々に溶けてきたようなものが、時間遅れを伴って流れてくるということにより生じたのではないかと考えられます。要するに DO 減少がスタートの時期、底の水温が下がる時期が、DO の下がり方に影響をしているのではないかという気がします。それをグラフにすると説明ができます。いつごろそうしたスタートが生じるかは、その前の年の秋の暖かさみたいなものと、その年の春の暖かさの違いが影響をしていることが分かってきました。それを使ってモデル化すると、年間の最初の DO がある程度説明できます。要するに、暖かい、寒いがあっても半年ぐらいのずれの違いみたいなものが影響しているのではないかと考えています。

4-2. 霞ヶ浦（釜谷沖）

霞ヶ浦の北浦に自動観測地点があり、DO を連続で測っています（スライド 10）。2009 年、2010 年、2011 年、2012 年の夏の期間の変化が書かれています。時々ゼロになったときがあり、霞ヶ浦のこの地点ですとある時期にはゼロになってしまうということが起こります。その年の気温が高いと全体に DO が下がる頻度が高くなる。もう一つの要因として、風が弱くなると DO が低くなります。要するに、風が吹けば混合させてくれるので、DO がゼロになる機会が減ってくるのです。霞ヶ浦の中でもかなり深いところでないでゼロになるイベントはあまり起こらないことが分かっていますので、この例で言いますと、温暖化が起こってくると気温上昇の効果で可能性が高まるけれど、先ほどあったのと同じ

ような感じで風が強くなれば、逆に DO 減少が減ります。そういう意味で言うと相反するような影響になり、どちらに転ぶのかが分かりにくい話になっているかと思います。

4-3. 島地川ダム

島地川ダムは山口県にあるダムで、ダムサイドにいろいろな水質計器が付いています(スライド 11)。グラフは DO の 1 年間の変化で、白っぽい色になってくると DO が非常に減ったことを表すとお考えください(スライド 12)。夏になるとほとんどゼロになってしまい、いろいろなものが底泥から出てきます。このダムですとヒ素が溶出してることがあって、下流で水利用に影響が出ると言われていて、ダム管理者からいけばこの現象を何とかして抑えたいというようなことがあります。

われわれは 10 年以上前に水質シミュレーションを行いました。1990 年の水温の変化です。横軸が季節です。夏になると暖かくなります。温暖化のシナリオを使い、それを基に 2090 年の水温分布を計算すると、全体として 3 度ぐらい上がるけれども、全体が均一に 3 度上がるのではなく、表面は 4 度、5 度上がり、下の方は 2 度ぐらいしか上がらない、要するに温度差がよりいっぱいついてしまうという現象がこのダムの場合には予測されるということです(スライド 13)。これは 10 年間、いろいろな気象条件で予測して、1990 年代と 2090 年代の二つで DO がゼロになる厚さを縦軸に取って比較したものです。1990 年代はこの青線のような DO がなくなる時期もあったのですが、2090 年になるとその倍ぐらいまでずっとそれが増えてしまうということが、この場合には予測できるということです(スライド 14)。

4-4. インドネシアの湖

インドネシアのスマトラ島の北の方にトバ湖という湖があります。1230 平方キロ、琵琶湖の 2 倍ぐらいの湖です。北の部分と南の部分があり、それぞれ琵琶湖があるような湖だと思ってください。これはそこでの DO の変化、鉛直分布を示したものです(スライド 15)。南も北もそうなのですが、1929 年にドイツの研究者が探検隊をつくって行き、水を採取し、分析しました。そのデータがあります。1992 年にもそういう観測があり、最近われわれはセンサーを持って行って、ぽんと放ると鉛直分布が出てきます。湖にとって非常に重要な DO が、北も南もそうなのですが、なくなっていることが分かります。この湖は、ほとんど混ざらない。熱帯の湖ですので、そのようなことが言われています。

また、スラベシ島の真ん中に深さ 600 m ぐらいある、世界でも 10 番目ぐらいに深い湖があります(スライド 16)。透明度が 20 m ぐらいあります。とてもきれいな湖なのですが、DO を測ると、600 m に底があるのですが、100 m 以下は酸素がないような状況で、その界面がじわりじわりと上にあがってきている状況です。

バリ島のブーヤン湖という湖は、1975 年、1977 年、1992 年、2013 年と、最近どんどん無酸素層が上がっています(スライド 17)。

それ以外の湖をまとめて見ますと、酸素がない層がどの湖でもどんどんあがっているということが観察されています(スライド 18)。日本等の湖は 1 年に 1 回冷たいものが上に来るのでくるっと回るのですが、熱帯の湖はそういうことがないので、悪くなったものが何年も蓄積されてしまうのです。そのことにより、風が吹くとその界面が上がってきて、無酸素層が表面に出ます。表面のところに魚をいっ

ばい飼っているのです、大量に魚が死ぬということが頻繁に起こるようになってきています（スライド 19）。100 年ぐらいの間に水温として 1 度ぐらい、温帯の方がもっと高く気温も上がっていることが分かりますが、この辺りでは 1 度ぐらい水温が、表面で上がっている湖、下で上がっている湖等があり、いろいろ変化していることが分かっています。（スライド 20）

湖にとって一番重要な DO に関していろいろな影響が出そうだとということが懸念されているということです。でも、湖の特性によって随分変わるのではないかと。その辺は研究を続けていかないといけないと思っています。

5. 霞ヶ浦セッションのキーワード

世界湖沼会議を今年の 10 月に開きます。霞ヶ浦セッションを企画していて、人と湖の共生、持続可能な生態系サービス、流域連携ということを考えています。強靱な生態系の特性を生かす方向を考え、また生態系サービスをうまく評価する方法の開発を現在センターでいろいろ試行しています（スライド 21）。

生態系サービスの中身としてはいろいろなサービスの分け方があり、基盤サービス、調整サービス、供給サービス、文化的サービス、いわば、モノ、コト、ココロ、ソンザイということが含まれているようです（スライド 22）。特に地球温暖化等に関わるものは調整サービスです。何かコトがあったときにどうやってそれに対応できる特性を持っているか。それを評価することは非常に重要かと思っています。その辺の評価も含めてこの流域の在り方を考えていければと思っています。

それと、生態系サービスがいくらぐらいなのかと、もう一つ私がぜひ問題提起をしたいと思うのは、そのサービスを誰が受け取るのかということです。不平等が起こっているのではないかと考えています。一例として示させていただくのは、霞ヶ浦、われわれのセンターから湖の方に行くとハス田がたくさんあります（スライド 23）。夏のころに来ていただくと花がとてもきれいな状況です。冬になると鳥がいっぱい来ています。水が使い放題だということがあり、こういう産業が立地しています。いろいろ肥料等も散布していますが、この辺の排水は水門を通して湖に出ていっています。もう一つ問題なのが、最近散歩をしていると防鳥ネットが張ってあり、割と貴重な鳥が引っ掛かっていることがあります。この辺のハスの生産額を生態系サービスと考えてみますと、売上額は 160 億円ぐらいあるわけです。食害があるということでネットを張ったりもしているのですが、防鳥網で毎年 2000 羽ぐらいの鳥が死んでいます。今日の地球環境変動と若干違うような話なのですが、リモートセンシングなどで見ますと、この辺はハス田ばかりであることがわかります。ハス田は、霞ヶ浦の恩恵を非常に受けた産業なのですが、同時に生態系へのマイナス面があるということで、その辺をどうやってマネージするかが非常に重要かと思っています。湖沼会議ではそういうことも含めて、地球温暖化の影響回避みたいなものも含めて、湖沼環境どう管理していくのか。また、生態系サービスの恩恵をどうやって公平、均等に受け取ることができるかという話をぜひしたいと思っています。

（司会） 福島先生、どうもありがとうございました。生態系サービスの部分、温暖化という話があるかと思いますが、ただ、キャパシティを持っておくということがすごく大切で、その余裕がなくなったときは何も対応ができない。そういう部分で、こういった環境変動が湖、特に今回、福島先生は DO で

説明されていましたが、湖の生態系自身に影響を与え、それが回り回ってわれわれにも来るというような説明なのだと理解しました。

質疑応答

(フロアから) 生態系サービスの説明のところで、鳥の死亡数が2000羽とか、売上額160億円とか、カモの金額が1.6億円などとありますが、経年变化的には上がったり下がったりなのか、下がっているのか、上がっているのか、その辺について何か補足があればお願いします。

(福島) 私も最近こういう統計を自分なりに始めましたので若干正確ではない部分もあるのですが、ハスの収穫量は随分と増えています。田んぼの単位面積当たりの利益よりも、ハス田の場合は数倍高いです。ですので、ハス田に転換されようという農家さんが多いので、かなり増えてきている状況だと思います。

それから、鳥の死亡数に関しては、そういう統計はあまりないのですが、私が見たホームページの記事によると、だんだん上がってきています。2000というのは最近の数字ではないかと思っています。

(司会) 福島先生、溶存酸素(DO)が下の方で混ざりにくいというのは、水温躍層というか、水温が変わっているために、水があまり動きにくいということだと思うのですが、その辺を少しだけ補足で説明していただければと思います。

(福島) 申し分ございませんでした。空気中には酸素がありますね。水の中は10mg/リットルぐらいが飽和濃度で、湖で飽和になっているのがそのぐらいです。大気1立米と水1立米で比較すると圧倒的に水の中の方が少ないのです。ですから、生物がいてそれを使えば、つまり呼吸をしている生物がいればどんどん減っていきます。ですから、上の大気からも入ってこなければすごいスピードで減っていきます。金魚鉢で金魚を飼っていて、ポンプを止めてしまったら次の日の朝、浮いているなんていうことがよくあると思うのですが、湖の底がそういう状態になっているとお考えいただければいいかと思います。

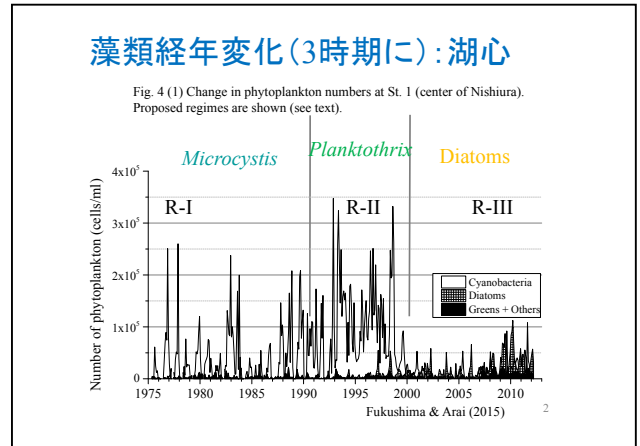



湖沼水環境の将来を考える

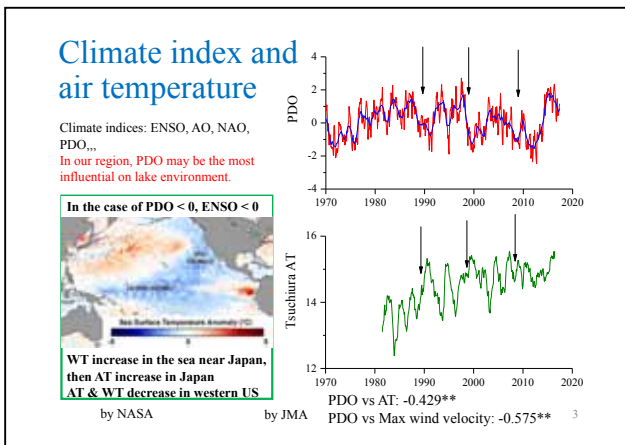
福島武彦 (霞ヶ浦環境科学センター)



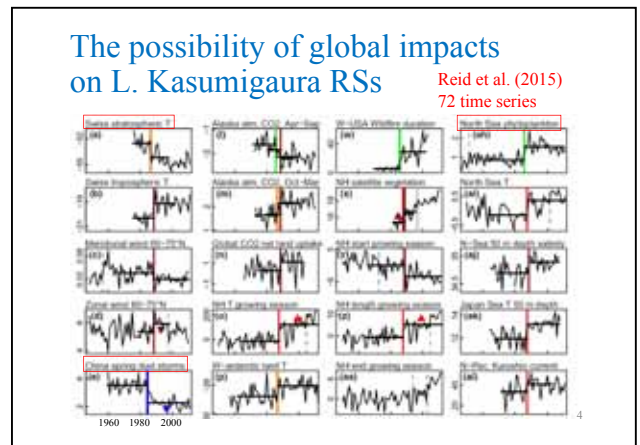
1



2



3

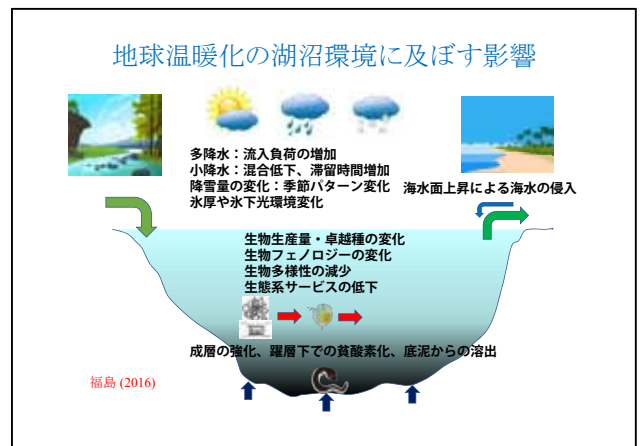


4

非回帰型? のレジームシフト

- 1985-1991年 大気から深海、北極から南極(気象変数、氷結面積、漁獲、開花時期、...)、気候変動(気温上昇)と火山活動影響(EI Chichon は1982; but Pinatubo は1991)からの回復 Reid et al. (2015)
- ヨーロッパの20湖沼 表面水温のシフト的上昇は気温のシフト的上昇に対応、特に春(5月) Woolway et al. (2017)
- 1997-1998年 五大湖の水温上昇、氷結面積減少、Cyclotella sp.比率の増加 PDO指数が正から負へ変化 Zhong et al. (2016), Cleave et al. (2014), Reavie et al. (2017)
- Lake Mendota 氷結期間等 1997-1998年暖冬(エルニーニョ) Magee et al. (2016)
- 1989-1990年、1999-2000年 霞ヶ浦水質レジームシフト PDO指数極小 小时 寒い期間から暖かい期間に移るとき Fukushima & Arai (2015)

5



6

未解明な問題

- 日本海側の湖沼では水温上昇が明確には見られない。なぜか？
- 日本、アメリカの湖沼では夏、秋の水温上昇が大きいのにに対して、ヨーロッパ湖沼では春の水温上昇が大きい。気温上昇の程度に対応している？なぜか？
- 水温上昇は、透明度の変化傾向に影響を受ける。透明度の変化傾向が見られる霞ヶ浦、琵琶湖、諏訪湖での水温変化傾向に違いがある。なぜか？

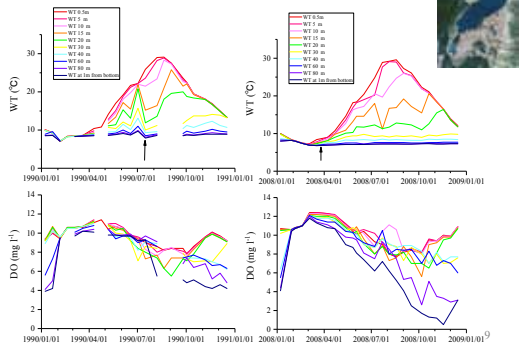
7

底層DO問題と湖沼間差

	最大水深	滞留時間	栄養度
琵琶湖	104 m	5 y	貧—中栄養
島地川ダム	60 m	1 y	中—富栄養
霞ヶ浦	7 m	0.6 y	富—超富栄養
インドネシア湖沼 Lakes Matano, Toba, Maninjau, Singkarak	165–590 m	>10 y	貧—富栄養

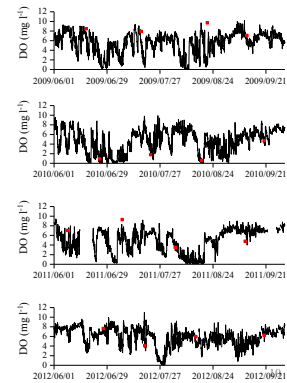
8

琵琶湖(今津沖)



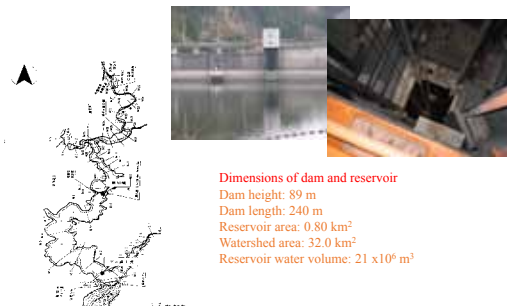
9

霞ヶ浦釜谷沖 (水資源公団 自動観測)



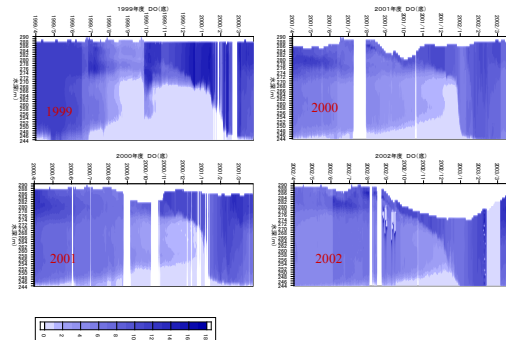
10

島地川ダム



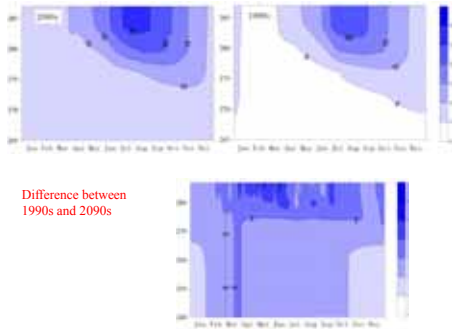
11

1.2.3 DO



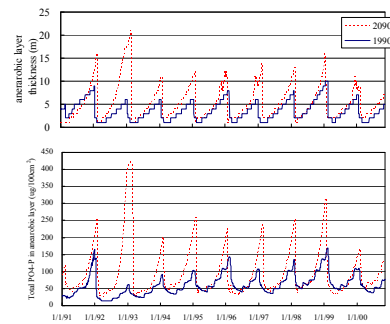
12

1.11 Influence on water temperature



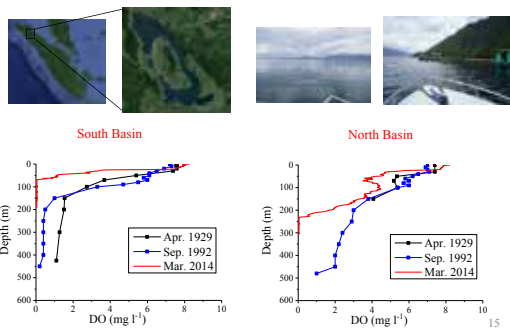
13

1.12 Influence on DO and PO₄-P



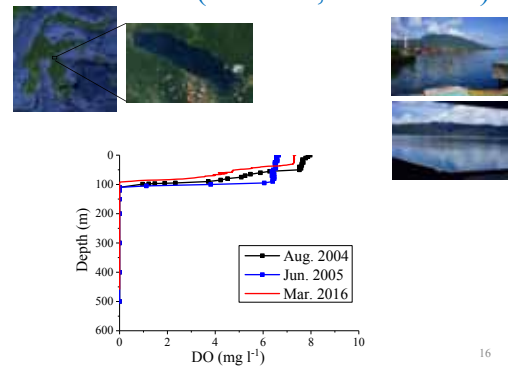
14

Lake Toba (1230 km², max 450 m)



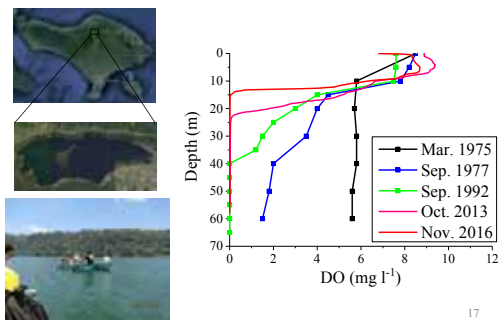
15

Lake Matano (164 km², max 590 m)



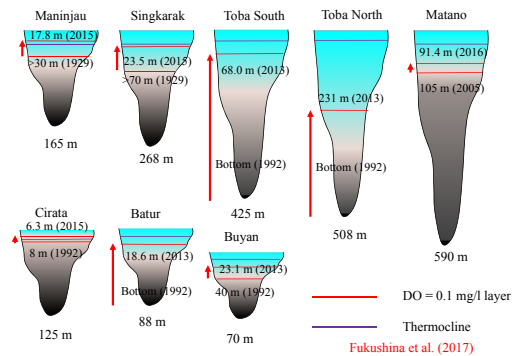
16

Lake Buyan (3.7 km², max 70 m)

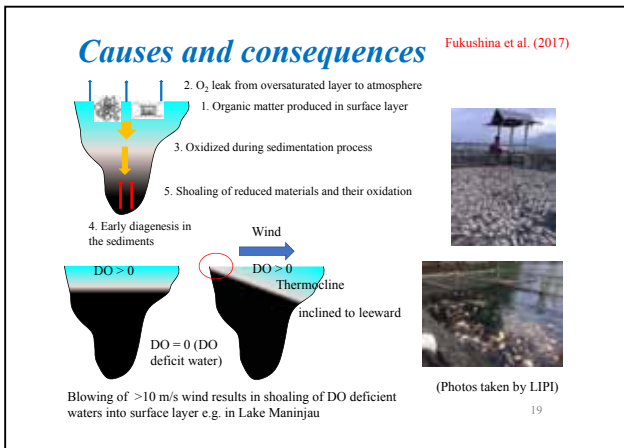


17

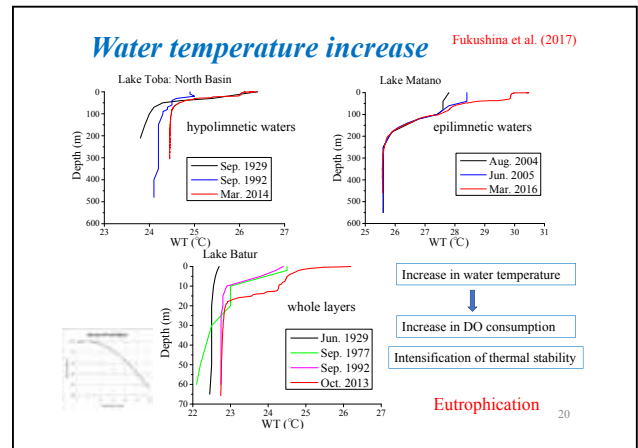
Shoaling of dissolved oxygen deficient waters



18



19



20

霞ヶ浦セッションのキーワード

- 人と湖沼の共生
- 持続可能な生態系サービス
- 流域(内外)連携

過去から未来に、金銭評価、主体間の相互理解、レジリエントな生態系の特性を活かして

21

霞ヶ浦の生態系サービス

④ 基礎サービス **ソンザイ**
水や土壌、森林、景観やりんごなどの生態系機能など生態系の提供する生態系サービスは、水質浄化や気候変動緩和、土壌の肥培など、人々の生活に不可欠なサービスを提供しています。

③ 文化的サービス **ココロ**
景観や歴史など、自然の豊かさは文化や芸術の源泉となり、人々の生活に豊かさを加えています。また、自然の美しさや静けさなど、人々の心身の健康や幸福にも貢献しています。

② 調整サービス **コト**
洪水調節、水質浄化、気候変動緩和など、生態系は自然の調整機能を提供しています。また、生態系は人々の生活に不可欠なサービスを提供しています。

① 供給サービス **モノ**
魚や水産物、木材、薪炭などの生態系サービスは、人々の生活に不可欠なサービスを提供しています。また、生態系は人々の生活に不可欠なサービスを提供しています。

22

霞ヶ浦沿岸部での生態系サービス (ハス田に注目して)

- 1,613 ha (2014)、44%は標高1 m以下に(農研機構ホームページより)
- 出荷量(推定)は19,000 t/年(野菜情報サイトより)
- 売上額(推定)は160億円/年(3,300円/4 kgとして)
- カモ類による食害は1.6億円/年(土浦・かすみがうら市農作物鳥獣被害防止計画)
- 防鳥網で死亡する個体数は2000羽/年

(農研機構)

(松下)

23

気候変動による影響は遠い将来に生じるものではなく、既に世界中で様々な分野で顕在化しつつあり、将来更なる悪化が懸念されている。そのため、温暖化対策には温室効果ガスの排出を抑制して気温の上昇を緩やかにする「緩和」を行うと同時に、今後中長期的に避けられない気候変動による影響への備えと新しい気候条件を利用する「適応」への取組が急務となっている。日本においては、2015年に初めて策定された国の適応計画を基礎として、自治体が民間や市民を巻き込んで適応計画・実施してことが期待されている。本発表では、気候変動によって既に生じている影響とその将来影響、さらには適応策の在り方や既に実施されている具体的な例について紹介する。また、国立環境研究所が科学的な知見を基に運営し、政府、地方公共団体、事業者、個人の取組を支援するために必要な気候変動の影響への適応に関する情報を一元的に発信している「気候変動適応情報プラットフォーム」について解説する。

（司会） 脇岡先生はアジア太平洋統合評価モデル AIM 開発グループの一員として、気候の安定化レベルとその影響について総合評価モデルを用いた解析に取り組んでおられます。開発したモデルは、RCP シナリオ作成や、環境省環境研究総合推進費の温暖化影響評価適応政策に関する総合的研究などで活用されています。

私は17年前に環境研究所に入ったときに野球部に入ったのですが、そのときのエースだった内海先生から発表を命ぜられて、それは断れないと思い、今日のはせ参じたところです。内海先生の前で研究の話をするのは初めてなので非常に緊張しています。ご容赦いただければと思います。今日は「気候変動による影響とその適応策」ということで、藤森さんの方から気候変動、異常気象等のご説明を頂きましたし、福島先生からは霞ヶ浦の変動のご説明も頂きましたので、私は適応策についてご紹介したいと思います。

1. 地域で観測されている影響の例

2014年のIPCCの報告書では、既にどこで何が起きているかということを示しています。アイコンの違いが分野や項目の違いを示しています。先ほど福島先生がおっしゃったように、ただ気候が変わったからといって湖の水質が変わるわけではないのです。人間活動の影響やいろいろな要素の結果として変わります。もちろん、気候が大きく変わるにより循環しなくなることもあります。なかなかそういう研究は世界中にありませんでした。例えば、下流側で水量が減り、上流で雨が減った。そうすると、雨が減ったことで流量が減るのはそうなのですが、実は、中流に都市ができて水をいっぱい使ってしまうと、雨の量が変わらなくても下流側の流量が減ってしまうわけです。最後に下流側の水が何のために減ったのかを分析するのはなかなか難しいのです。気候変動の影響で50%、人間活動で50%と分けないといけないのですが、そういうことを分析するには長くデータを取って、途中で水がどれぐらい使われたのかや、上流にどれぐらい雨が降ったのかという情報がないと難しいと言われてきました。ですから、今、これぐらい世界中で研究が進んだというものがやっと出てきたのです。

一つ前の2007年の報告書では、ほとんどヨーロッパやアメリカの先進国で、非常に長い期間データ

を取られてそれを分析されたものだけが報告されていました。だからと言って、先ほど藤森さんがおっしゃったように、過去 132 年間で 0.85 度上がり、既に影響が出ていなかったわけではないのです。そういう研究がなかなかされてなかった。それがやっと分かってきたという状況にあります。

2. 迫りくる気候変動（日本）

もちろん、日本においても皆さまが感じられているように、桜の開花が早まったり、紅葉が遅れたり、なかなか海は見えないですが、サンゴの白化する場所が北上していると言われています。農作物においては品質が低下したり、取れる場所が変わっています。今まで取れなかったところで取れることもあります。いい産地で品質が下がってきていると言われています。また、感染症を媒介する蚊がどんどん北上したり、今までに体験したことのない雨が増えていると。これも藤森さんからご紹介ありました。こういうことが既に身近に起きていると言われています。

水稲と果樹への影響も、暑くなるとなかなかおいしいおコメが作れないとか、ミカンが日焼けしてしまうとか、ブドウもちゃんと色が付かないということも既に起きているわけです。さらには、ナシがなかなかうまく作れないとか、ナスの実もうまくいかないとか、いろいろなことが今、温暖化によって影響が出ていると言われています。将来こういうことが起きるというわけではなくて、既に今、いろいろなところで起きていると言われています。

次にヒトスジシマカです。残念ながらつくば市はヒトスジシマカは普通に定着していて、もしデング熱にかかった内海先生がここに来て、蚊が内海先生を刺して、その蚊が私を刺すと移ってしまうわけです。普通にそういう蚊がいるわけです。実は、新しい情報だとその蚊はもう北限の青森まで来ていて、北海道以外はどこに行ってもその蚊がいるのです。2013 年ごろまでは、そうは言ってもデング熱は大丈夫ですよ、デング熱自体にかかった人は日本にいないので、蚊がいたとしても媒介されませんと説明をしていたわけです。しかし、皆さんも覚えていらっしゃるかもしれませんが、代々木公園で実際にデング熱にかかった人が何十人も出てきました。ということは、日本においてどこにいても、北海道以外ではデング熱にかかるリスクがある。そういうところでわれわれは生活していると言えるわけです。

実際にデング熱は夏風邪をひどくしたようなもので、夏風邪なのかデング熱か分かりにくい。しかし、幼い子供だったり、高齢の方は人によって死に至ることもあるという病気です。残念ながらワクチン等もなく、かかってしまったら大変だと言われています。1950 年ごろは福島以南ぐらいでしたが、どんどん北上していることが調べられています。

3. 気候変動による将来影響

今、ご紹介したのは既に起きている影響です。実際に温暖化は将来どうなってしまうのだろうと心配になるわけです。先ほど藤森さんにご紹介いただいたのは、最大に進んだ場合です。われわれが全く温室効果ガスを削減せず温暖化がどんどん進んだ場合には最大 4.8 度上がるだろうということが、2013 年の報告書で示されました。もちろんつくば市はそういうことではいけないということで一生懸命削減する努力もされているので、うまくいけば世界全体の気温上昇が 2 度程度で収まるかもしれませんが、うまくいかずどんどん排出したら本当に 4.8 度上がるかもしれません。これはシナリオなのです。

よく新聞で「世界は4.8度上昇」などと1面に但ますが、そういうわけではないのです。

従って、われわれはRCP2.6のように一生懸命削減して産業革命以前から2度程度に収めようというシナリオも考えましたし、どんどん出してしまふことも考えたし、その中庸程度も考えて作りました。こういうことをもって、世界はどこを目指して削減しよう。しかし、その削減目標がうまくいったとしても起こり得る影響は何ということを整理しました。

日本においてもここ10年くらい、将来どういふ影響を受けるかという研究がいろいろなされてきました。既に起きているものとしては農産物の品質低下、例えばコメの品質が下がり、収量も減り、おいしいおコメが減ってしまう、と言われていますが、将来どれくらい悪くなるのか。さらには高山性植物の分布がどう変わっていくかなども定量的に計算できるようになってきました。農業、水環境、自然生態系、自然災害、さらには健康、産業・経済、国民生活等々いろいろ研究を進めてきています。

しかし、残念ながら、産業・経済や国民生活などは、被害額がどうなるかとか、実際にインフラなどを考えると、人間が介在する部分が大きいため、なかなか気候変動だけの影響を見積もるのは難しいです。ですから、研究自体はそこが発展途上です。

湖沼の影響であれば、水質がどう変わるのか。もちろんそれに対する人間の影響もありますが、保険はどうするのか。被害額で言われると、それを予見して被害を避けたり、そういうこともありますので、今後の研究課題となっています。

4. 茨城県への影響は？

このように、世界でも、日本においてもいろいろな影響が起きることが予測されていますが、では茨城県はどうなるのか。例えば、水戸市における桜の開花日とかえでの紅葉日がどう変わってきたか。桜の開花は全国と同様、どんどん早まっていることも長期的な観測から分かっています。かえでの紅葉日もどんどん遅くなっています。暑い夏が続くと紅葉が遅れるわけですが、それも明確に分かっていることが示されています。

今の二つは既に起きている変化ですが、将来はどうなるのか。先ほどいろいろなシナリオがあるということをご説明しましたが、それを茨城県にフォーカスしてみると、RCP2.6の、世界で一生懸命削減努力をしてあまり上がらないケースにおいても、茨城県においては、21世紀半ばで2~3度上昇、21世紀末で3~4度上昇となっています。世界全体よりも日本の気温が上がりやすいという傾向が出ています。ほとんど温室ガス削減努力をしない場合には、4度、5度上がってしまうことが予測されています。

では、こういう条件下で茨城県の熱中症の搬送者数がどうなるのかということ、非常に厳しいケースで、21世紀末においては4倍~6倍程度増えるだろうと。非常に多くの人があるリスクの下で生活するようになるということが分かってきました。

おコメですが、おコメも実は品質を考えなければ、増える傾向にあるそうです。温かくなって取れなくなる分と、大気中のCO₂濃度が上がって、施肥効果と言われる収量が増えることをあいまみると、全体的に日本は増えるのです。北の方は得をしても、西の方は損をしたりするわけです。では茨城県はどうなるかと言いますと、温暖化が非常に進む場合の21世紀末では真っ赤っかで、今の半分以下になってしまいます。世界全体で温室ガス削減がうまくいった場合の21世紀末では黄色になります。しか

し、緑の部分もありますし、青い部分もあります。茨城県においても、北の方は少し得をするかもしれませんが、南の方は非常に大変です。それは世界全体の削減努力によって変わってくるということが分かりました。

もう一例はブナです。ブナは筑波山の上の方に何十本か生育していますが、RCP2.6でも、残念ながら生育する地域ではなくなるだろうと。ですから、今、生えているブナが枯れてしまったら、次はブナではないものが生えるだろうと言われていました。白神山地が温暖化するとブナの将来適地がなくなるという計算をしたことがあるのですが、新聞では「白神山地のブナ消滅」などと書かれてしまい、非常に非難ごうごうで怒られました。実際には、今生えているブナは気候がちょっと変わっても生き続けるのです。ただ、100年から200年と言われる樹齢が終わったときに、そこは違うものになってしまう。それは事実だそうです。このように、残念ながら筑波山のブナは、一度枯れてしまったらなくなるだろうということが分かってきました。

5. 気候変動影響への適応に向けて

将来の影響を研究するだけではなく、ではどうすればいいのだろうかと言われていて、われわれは今、適応ということに取り組んでいます。今までは30年に1回の雨は、30年に1回測って、これぐらい降るからこの地域はそれに対して守っていこうとか、つくば市であれば、一番暑いときは何度だから、それに対して部屋を涼しくしたりして生活をしていこうと言ってきたわけですが、温暖化でそれが変わってしまいます。それに対して、われわれもしくは社会自体が何とか調整していこうということを適応と言います。もちろん、この適応というのは悪影響だけではなく、先ほど茨城県の北の方では収量が少し増えるかもしれないとご紹介しましたが、いいこともあるわけです。そういういいことは機会をうまく使っていこうというのが適応と言います。

昔は緩和策、温室効果ガスを削減しようということがメインであり、適応という対策、緩和しなくて気温が上がってしまって豪雨が増えたり気温が上がったときに影響が出るのでそれに対して何とかしようという適応は、もう引っ込んでいられると言われた時代もありました。なぜかと言うと、適応でうまくいくのであれば緩和しなくてもいいのではないかと。削減するには努力もして、お金もかかって大変だ。どんどん出して温暖化が進んでも何とか対応できる、適応できるのであれば、緩和の努力はしなくてもいいのではないかとと言われるときもありました。国際的な場においては、緩和が一番だ、適応は取りあえず黙っておけという時代もあったのですが、今は海面も上昇してきて、島しょ国では既に危機がある所があったり、ネパールでは氷河が溶けてきてダムが決壊して村が危ないということがあります。その状態においては、緩和策はもちろんやるけれども、適応策も一緒にやろう、対策は両輪だという時代になってきたのです。

では、適応策とは何をすればいいのか。例えば、われわれ日本は海に囲まれた島国なので、海において堤防を造るという技術があるわけです。歴史もあるので、どういうものを造ればその裏側に町を造っても大丈夫かということが分かっていたわけです。では適応とは何か。海面は今まで一定だと考えていろいろインフラを造ってきたわけですが、海面が上昇し、台風も強くなるときにどうすればいいのか。しかし、そのときに堤防をかさ上げすれば大丈夫だということも分かるわけです。適応は、どの程度かさ上げするのか。もしくは、かさ上げできなかったときの影響に対してわれわれはどうすれば

いいのか。逃げるのか、町ごと別のところに動くのか、それとも警報が出たときに逃げるのか。いろいろなことを考えることが適応なのです。ですから、何か新しいことをするというわけではないのです。今までいろいろな施策を国や自治体の方、個人などでやってきたわけです。ただ、一番の大きな違いは、将来の気候の状況が分からない条件においてその対策をどうすればいいのかです。そこが非常に難しいところだと思います。

実は最近、日本においても適応策の事例が出てきました。日光川の水閘門です。例えば洪水を防いだり、海からの高潮を防いだりという門があるのですが、将来、海面も上がるだろう、雨も強くなるということで、これを改修したいと。実際には変化が大きくなってから取り壊して造ればいいのですが、なかなかどうなるか分からないということで、彼らが考えたのは、先ほどのシナリオを見て、一定程度、もし被害が増してきたらこの門をもっと上まで上げるような仕組みにしたいということで、ピンクのところを上げられるように改修したのです。高くすると不安定なので、支柱もしっかりつける。こういうことをしておく、大がかりな対策をしなくても、少し改修することで将来の気候変動への対策もできます。もし運よく、そんなに海面も上がらずに、雨も強くなければそのままでもいいのですが、このような準備をしました。

農業では山形県において、サクランボが特産品ですが、暑くなるとおいしいサクランボが取れなくなるそうです。ではどうするかというと、試験場で九州のスタチ等を作ってみて、実際に山形でできるかどうかを準備します。ただ南のものを持ってきても、農家の人はすぐに作れないわけです。ノウハウもないですし。そういうことをしっかり準備されているそうです。

次は和歌山県の例です。鶏は暑いとばたばたして自分の体を冷やすので、体重が落ちてしまうそうです。そうすると、なかなかおいしいお肉が作れません。そこで、特産品である山椒の皮の利用です。今までは産業廃棄物で捨てていたのですが、それを食べると暑さに強い体になるということが分かったそうで、それを飼料に混ぜて食べさせたりしたりしています。

以上のように、今までは将来にどういふ影響が起こるのだろうかという研究が中心だったのですが、今はそれに対してどういふ対策ができるのか、その効果はどうかという適応の研究も進んできました。日本においては平成27年11月に初めて適応計画が策定されました。実は、韓国はもう既に第2回を出しています。中国もです。残念ながら日本はそれほど進んでいるわけではないのです。しかし、いろいろな研究と国際的な動向も踏まえて、閣議決定されたことは非常に喜ばしいことかと思えます。

繰り返しますが、適応の難しさというのは、例えば将来雨が15%増えるとか、気温が3度上がると分かればそれに対して準備すればいいのですが、温室効果ガスの削減がうまくいけばそこまではないかもしれないし、どんどん上がるかもしれない。そういう不確実なところにおいてどうすればいいのかは非常に難しくなっています。さらに、今、向き合うべきいろいろな問題があるのに、2050年や2100年のどれから手を着ければいいかなんてなかなか分からないわけです。そういうところにおいて、個人や自治体の方、事業者等が一体になってやるのが重要かと思えます。

6. 気候変動適応情報プラットフォーム

これは宣伝になりますが、そうはいつでも適応とは何だろうか、そもそも自分の町にはどの程度

影響が出るのだろう、他の自治体は何をしているのかと、知りたくてもなかなか情報がまとまっていないということで、気候変動適応情報プラットフォームをわれわれの研究所に平成 28 年 8 月につくりました。ここはいろいろな気候リスク、危ない危ないと言ってもどの程度どこで、どうして何が起きるのだろう、一体何をすればみたいなことをしっかりまとめて、地方公共団体の方や事業者の方、個人の方の適応行動を支援しようという意図でつくられています。

皆さんもぜひアクセスしていただければと思いますが、トップページは、そもそも気候の適応とは何だろうと。緩和に比べると適応はなかなか認知されていませんので、いろいろなところでお話をさせていただいても、大体質問は CO₂ をどうやって削減すればいいのですかという質問の方が多くわけです。やはり適応とは何か分からない、個人として何をしたいかなかなか分からないということで、先ほどの事例等も含めて紹介しています。

もちろん、政府の取り組みもあるし、各省庁もいろいろ取り組み始めていますので、その情報もあります。さらには、先ほど茨城県の情報をお見せしましたが、いろいろな県で、スマホ上でもパソコン上でも見ていただけるような仕組みを作っています。特に、なかなか取り組んでいない自治体の方ほどの自治体がうまくやっているのだろうかとか、隣の県は何をしているのか結構興味があるそうです。そういう情報も示すことで自治体の方の活動を支援できるような仕組みにもしています。日本で初めて条例にまで踏み込んだ徳島県の方にインタビューをさせていただいたり、非常に先進的な適応戦略を考えた兵庫県等のインタビュー記事も載せさせていただいて、興味を引いていただこうと思っています。その中で、計画だけではなくて、実際に取り組んでいる適応事例等も紹介させてもらっています。

さらに今、さらに適応策を地方で進めていこうということで、地域適応コンソーシアムという事業が環境省で立ち上がっていますが、そこで得られた知見もここから発信するようにしています。

私これを立ち上げた最初の目的は、自治体の方を何とか支援しようと思っていたのですが、それだけではなかなか進まないということで、今は事業者の方、会社もどのように気候変動に取り組むべきかということも盛り上げていこうということで取り組んでいます。なかなか日本において、気候変動のリスクが組み入れられていないのですが、イギリスにおいてはそういう事例がたくさんあります。そういうものも翻訳して紹介したり、ビジネスリスクはもちろん悪影響に対して準備するものですが、それをうまく前向きにとらえて、何とか商売につなげていただこうということで、幾つかの企業においてもそれに賛同していただいた方を紹介することもしています。さらに言えば、科学的な知見も載せております。

個人の適応は、いろいろな省庁が動画等も作っていますので、そういうものにもアクセスできるようにしています。適応を理解してもらおうという普及啓発活動もわれわれは行っておりますし、関連するニュース等も上げています。

世界的には今、適応が非常に重要であることを理解していただいて、緩和と適応をセットで考えたり、適応の研究活動も進んでいるということで、そういう活動も上げており、われわれは Facebook、Twitter を使って普及を進めていこうと考えています。英語版サイトを作っていますが、今後はアジアに展開していこうと考えています。もちろん、国や地域によっては全然気候状況も違えば社会状況も違って、それに対する社会変動と気候変動と両方考えないといけないわけですが、研究者もそれに対

して貢献できるように頑張っていきたいと思っています。

7. まとめ

温暖化の影響は将来 50 年、100 年後に何か起きるわけではなく、今既にその変化が起きていて、それに対して何とか対応しようということが行われています。もちろん適応策だけをすればいいのではなく、緩和策も大事なのですが、緩和策とともに適応策もしっかり取り組むべき時代になってきました。適応策は何か新しいもの、革新的なものを何とかしようではなくて、今あるものに対してしっかりと将来の変化を考えていけば、十分に対応できるかもしれません。

結局は、緩和、適応、つくば市を考えた場合には、つくば市がどうあるべきか。つくば市が気候変動に対してうまく対処していけば、緩和策もうまくいきますし、気候変動にも強い町づくりができるのではないかと期待しているところです。ご清聴ありがとうございました。

(司会) 肱岡先生、どうもありがとうございました。すごく熱いしゃべりで、ぐいぐいと引き込まれました。個人的に、今回のフォーラムで 10 年間つくば 3E フォーラムをやってきました、何が 10 年前と一番変わったかという、始めた当初は、先ほど肱岡先生がおっしゃっていたように緩和、何とか二酸化炭素を減らそうという部分だったと思うのですが、この数年でがらっと変わってきています。ある程度暖かくなるとか、変化が起こることに対してどう対応していくのかを本当に考えていけないといけないのではないかとというのがあり、今回、あらためて環境変動を確認するというタイトルにしました。なぜ適応なのかという部分があるかもしれないのですが、実は一番変わらないといけないのはわれわれなのかもしれないということがあって、今日は肱岡先生にこういう話をさせていただいて、非常に勉強になりました。

質疑応答

(フロアから) どうもありがとうございました。ちょっと次元が低い質問で大変申し訳ないのですが、100 年、200 年先ではなくて、東京オリンピックに関して、日本が 7 月、8 月に開催することに手を挙げたわけです。ということは、日本の気温が最近上がってきて、7 月、8 月に競技をするのは大変だということが分かっているわけです。それで、世界各国から観客や選手、役員が来られるわけです。そのときに、日本の猛暑に耐えられなくなって病人でも出たら大変なことになると思うのですが、短時間で 1 カ月ぐらいの気象観測をして、このぐらいの猛暑になるということが分かったときは、例えば今一般的に、競技場全体を冷やすような装置を考えなければいけないと言われていますが、そのような対処方法は可能なののでしょうか。もし見解があれば教えていただきたいと思います。

(肱岡) 内海先生も私も残念ながらオリンピック代表に選ばれなかったので分かりませんが、実際に健康影響を考えますと、例えば、暑いときにはエアコンを入れてもいいです。タイマーをすればいいし、高齢の方は水を飲んでから就寝しましょうとか。ですから、実際に短期予報で何月に暑くなると分かれば、それに対して開始時間を変えるとか、技術的にそこを冷やすかどうかというのはもちろん

あると思います。しかし、それにはもちろんエネルギーとコストがかかるので、どちらを取るかという話だと思います。

(フロアから) 適応というコンセプトを世界でいち早く出したのはイギリスだったように私は記憶していますが、同じ島国として、イギリスが今進めている適応策と日本との相違、何か政策上の方針などで違いはありますか。

(脇岡) イギリスと日本を比べると、イギリスは適応に関しては世界のリーダー的な存在で、民間においてどうすればいいかというマニュアルもいっぱいありますし、自治体においても適応計画が立っています。研究においてもイギリスの中の気候の変化と影響評価もやられていて、もう個人レベルまで落ちています。正直、学んでいるというのがわれわれの状況だと思います。

さらに、なぜ彼らがすごいのかといいますと、例えばロンドンを守ろうということでテムズ川を考えたときに、彼らの考えた海面上昇は4mです。先ほどIPCCの予測でも最大八十何センチというときに、4mまで考えているのです。日本においては多分、そういうことを言うと、そんなことは起きないから1mにしておけると言われるような気がするのですが、何が素晴らしいかというと4mに対してどんと変えたわけではなくて、4mまで上がるときに段階的に何をするかを考えたのです。何かを造ったわけではないのです。皆さんもロンドンへ行かれたら、夏だけテムズ川の防潮堤を見にいける水上バスがありますので、ぜひ行っていただければと思います。あれは元々1000年に1回で造ったので、海面上昇で100年に1回にしか耐えられないと。それでも十分だと思うのですが、それではロンドンは守れないということで、将来の気候変動も考えて防護レベルを上げるにはどうすればいいのかを段階的に考えて、もし海面が何センチ上がったらこの施策をします。何十センチ上がったら次を準備しますと。しかし、インフラは今日あすではできません。何年もかけて造るので、ここができれば新しい水門を造る準備しましょうということを考えています。

彼らはそういうことを考えるのが得意なので、そういう意味ではわれわれもずっと勉強をして、つくば市がもしここまで暑くなったらこういうことをするけれど、そうでなければ今のまま頑張ろうとか、その中で例えば人口が増えたときには何をすべきかということを経験しながら考えていく。われわれもそれを学んで、さらに独自のことができるのではないかと考えている次第です。しかし、なかなか日本はそれに追いつけない。まだ背中も見えないぐらいの状況だと思います。

気候変動による影響とその適応策

国立環境研究所 社会環境システム研究センター
地域環境影響評価研究室
脇岡靖明


第11回つくば3E（環境・エネルギー・経済）フォーラム会議
環境変動の現状をあらためて確認する
2018年1月20日@つくば市役所201会議室



1

本日の内容

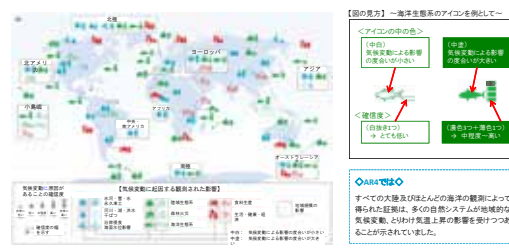
1. 迫り来る気候変動
2. 気候変動による**将来影響**
3. 茨城県への**影響**は？
4. 気候変動影響への**適応**に向けて
5. まとめ



2

地域で観測されている影響の例

ここ数十年における気候変動に起因する影響の世界的パターン



※オーストラリアとニュージーランドにおける顕土、沖合の海、海洋島、陸地約経済水産として定規

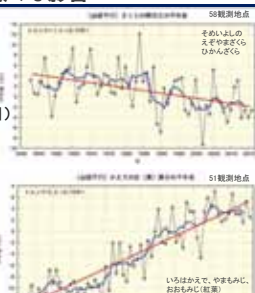
出典： IPCC WGII AR5 SPM

3

迫りくる気候変動(日本)

～日本への様々な影響～

- 生態系への影響
 - 桜の開花の**早まり**(上図)
10年あたり1.0日の変化率
 - かえでの**紅(黄)葉の遅れ**(下図)
10年あたり2.9日の変化率
 - サングオの**白化**
- 農作物の**品質低下**や栽培**適地の移動**
- 感染症媒介蚊の**分布域の北上**
- **豪雨**による影響



出典： 気象庁「気候変動監視レポート2016」

4

迫りくる気候変動(日本)

～水稲と果樹への影響～




出典： 農水省：地球温暖化対策総合戦略、2008

5

迫りくる気候変動(日本)

～果樹と野菜への影響～

- ナシの**発芽不良**^{※1}
秋冬季の気温が高いと花芽の耐凍性が十分高まらずに凍害を受ける。
発芽不良の発生が多い鹿児島県では花芽の耐凍性が十分に高まらず、害を受け枯死するのに対し、発芽不良の発生がみられない茨城県では十分な耐凍性があることが明らかとなった。
- ナスの**結実不良**^{※2}
夏期の高温による花粉不稔などが原因



出典： ※1 農研機構「温暖化により増加しているナシ発芽不良の主要原因「凍害」であることを解明」
http://www.affrc.affrc.go.jp/affrc/research_report/affrc/2017/201708.html
※2 農林水産省研究会「地球温暖化が果樹水産業に与える影響」
http://www.affrc.affrc.go.jp/affrc/research_report/2013/2013_011.html

6

迫りくる気候変動(日本) ～ヒトスジシマカ分布北限～

- ヒトスジシマカ: デング熱等を媒介する蚊
- ヒトスジシマカが生息する条件として年平均気温がおおよそ **11℃**程度
- 1950年代には**栃木県**が分布の北限
- 2000年代には**東北北部**にまで分布拡大が確認

出典: S-6 気候変動影響・適応研究プロジェクトチーム「地球温暖化「日本への影響」-新たなシナリオに基づく総合的影響予測と適応策-」2014 7

7

本日の内容

1. 迫り来る気候変動
2. 気候変動による**将来影響**
3. 茨城県の影響は？
4. 気候変動影響への適応に向けて
5. まとめ

出典: AIM 8

8

将来の気温予測

出典: <http://www.jccca.org/ipcc/ar5/wg1.html> 9

9

RCP(Representative Concentration Pathways)

出典: <http://www.jccca.org/ipcc/ar5/wg1.html> 10

10

様々な分野における将来予測される影響

- 農業・森林・林業・水産業**
農産物の品質低下、生産適地が変化、病虫害の増加、スギ人工林の脆弱性増加(山地災害の発生)、漁業資源の分布・サイズ変化や減少、増養殖への影響、二枚貝等の**死**(突然死)リスクの上昇など
- 水環境・水資源**
水温上昇、水質悪化、**水需要の増加**
海水の顕発化・長期化・深刻化(無降雨、局地的大雨の増加など)
- 自然生態系**
高山植物の分布適域変化、融雪時期の早期化による個体群消滅、自然林や二次林構成種の変化、積雪期間短縮による**コホシ**などの生息域拡大、湖沼における鉛直循環の停止・真酸化化、冷水性魚類への影響、**造礁サンゴ**の生育適海域が2040年までには消失、**白化ストレス**増加
- 自然災害・沿岸域**
治水施設の防衛レベルを超える規模の洪水による**氾濫・被害**の増加
海面水位上昇による洪水**氾濫**増加と**浸水時間**の長期化、高潮等のリスク増加
局地的大雨による河川水位上昇に伴う**内水氾濫(下水道)**とその長期化
山地における集中的な**崩壊・がけ崩れ・土石流**等の頻発

出典: 中央審議会「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について」(意見具申), 2015 11

11

様々な分野における将来予測される影響

- 健康**
夏季の熱波の頻度が増加、死亡率や罹患率に係る**熱ストレス**の発生増加
熱中症患者数の**倍増**
水系・食品媒介性や節足動物媒介性の感染症、**その他感染症**リスクの増加
- 産業・経済活動**
アパレル業界等における季節性製品の生産・販売への影響
自然災害とそれに伴う**保険損害・保険金支払額・再保険料**の増加
2031～50年にはほとんどのスキー場において**積雪深**が減少
エネルギーや農水産物の輸入価格の変動
- 国民生活・都市生活**
電気・水道・交通**インフラ・ライフライン**への影響(局地的大雨や海水頻度の増加)
花見ができる日数の減少、サクラを観光資源とする地域への影響
気温上昇による**温熱環境**は、**熱中症**リスクや**快適性低下**など都市生活に影響する

出典: 中央審議会「日本における気候変動による影響の評価に関する報告と今後の課題について」(意見具申), 2015 12

12

本日の内容

1. 迫り来る気候変動
2. 気候変動による将来影響
3. 茨城県への影響は？
4. 気候変動影響への適応に向けて
5. まとめ

AIM

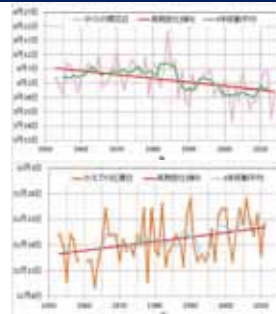
13

13

水戸市における過去の さくら開花日とかえで紅葉日の長期変化傾向

さくら開花日
長期変化傾向
(1953-2014年)
7日/50年早まる
(平年値4月2日)

かえで紅葉日
長期変化傾向
(1953-2011年)
4日/50年遅くなる
(平年値4月2日)



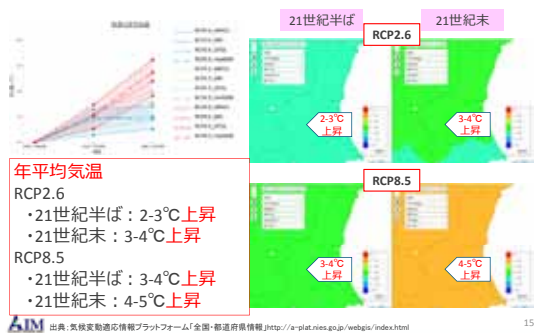
AIM

出典:気候変化レポート2015-関東甲信・北陸・東海地方- 東京管区気象台 平成28年3月

14

14

茨城県における将来の年平均気温予測 (基準期間1981-2000年との差を示す)



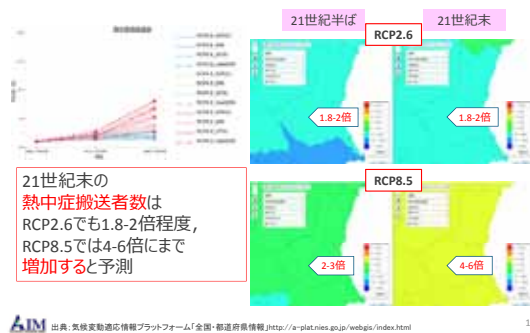
AIM

出典:気候変動適応情報プラットフォーム「全国」都道府県情報 <http://a-plat.nies.go.jp/webgis/index.html>

15

15

茨城県における将来の熱中症搬送者数予測 (基準期間1981-2000年との差)



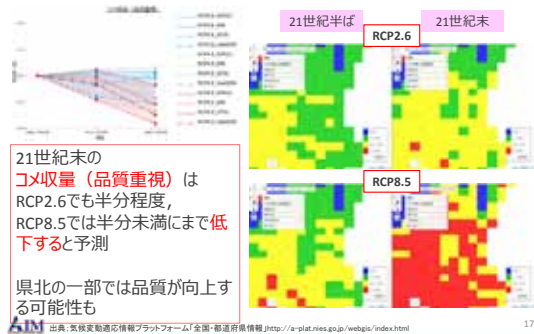
AIM

出典:気候変動適応情報プラットフォーム「全国」都道府県情報 <http://a-plat.nies.go.jp/webgis/index.html>

16

16

茨城県における将来のコメ収量(品質重視)予測 (基準期間1981-2000年との差)



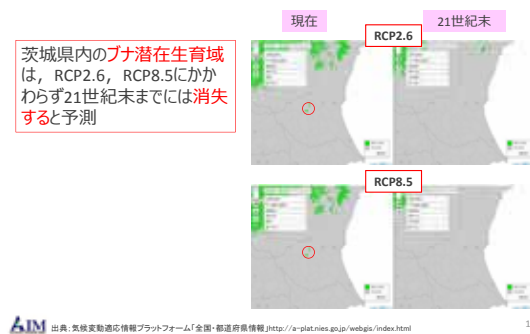
AIM

出典:気候変動適応情報プラットフォーム「全国」都道府県情報 <http://a-plat.nies.go.jp/webgis/index.html>

17

17

茨城県における将来のブナ潜在生育域予測 (現在1981-2000年との21世紀末との比較)



AIM

出典:気候変動適応情報プラットフォーム「全国」都道府県情報 <http://a-plat.nies.go.jp/webgis/index.html>

18

18

本日の内容

1. 迫り来る気候変動
2. 気候変動による将来影響
3. 茨城県への影響は？
4. 気候変動影響への適応に向けて
5. まとめ

AIM

19

19

適応とは

- 現実の気候または予想される気候及びその影響に対する調整の過程。人間システムにおいて、適応は害を和らげもしくは回避し、または有益な機会を活かそうとする。
- 一部の自然システムにおいては、人間の介入は予想される気候やその影響に対する調整を促進する可能性がある
- 気候変動による悪影響を軽減するのみならず、気候変動による影響を有効に活用することも含む

AIM

20

20

気候変動への適応の重要性 ～適応と緩和の双方が不可欠～



AIM

出典：温暖化から日本を守る 適応への挑戦、2012

21

21

適応策の事例

- 気候変動による海面上昇
 - 海岸浸食、高波等による沿岸被害の拡大
 - ◆ 防波堤の建造・高上げによる防護といった適応策

AIM

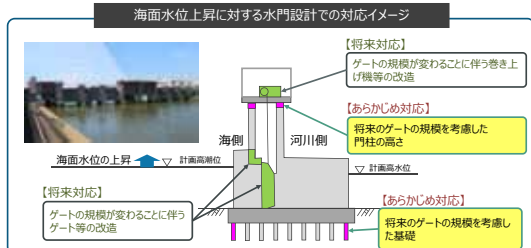
出典：STOP THE 温暖化 2005

22

22

防災に関する適応策の事例：できるだけ手戻りのない施設的设计

○施設の整備にあたっては、設計段階で幅を持った外力を想定し、改造等が容易な構造形式の選定や、追加的な補強が困難な基礎部等をあらかじめ増強しておくなど、外力の増大に柔軟に追従できるような設計が重要



AIM

出典：愛知県HP日光水閘門改築事業についてを改編
http://www.pref.aichi.jp/soshiki/asen/0000032918.html

23

23

農業に関する適応策の事例：東北で暖地産物の柑橘類を栽培

山形県 地球温暖化に対応した農林水産研究開発ビジョン（H27）

暖地型作物導入プロジェクト：

スタチヤカボス、ユズ、ウンシュウミカンなど8種類のカンキツ類を露地栽培する実証研究

スタチヤカボス・ユズ・ウンシュウミカンの樹木全体を不織布等で覆い越冬

比較的良好に越冬し、順調に生育。

地球温暖化による温州ミカン栽培に適する年平均気温（15～18℃）の分布の移動



AIM

写真：Stop the 温暖化 2015から抜粋

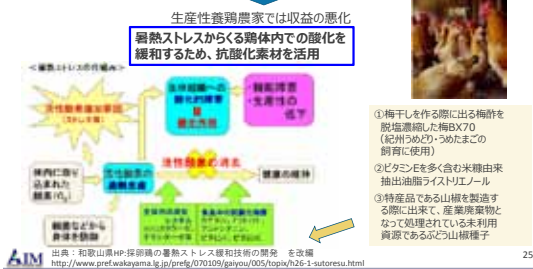
出典：地球温暖化に対応した農林水産研究開発ビジョン改訂版（2015）
山形県農林水産部から抜粋して引用

24

24

農業に関する適応策の事例： 暑熱ストレスに強い鶏をつくる

- 鶏は汗腺を持たず全身を羽毛に覆われているため、夏の暑さに非常に弱い動物
- 暑熱によるストレスにより、産卵率の低下や卵質の悪化・へい死数の増加など



25

気候変動の影響への適応計画

● 平成27年11月に閣議決定

気候変動の影響への適応を計画的かつ総合的に進めるため、**政府として初の適応計画を策定するもの。**

【背景】

- ✓ IPCC第5次評価報告書によれば、温室効果ガスの削減を進めても世界の平均気温が上昇すると予測
- ✓ 気候変動の影響に対処するためには、「**適応**」を進めることが必要

目指すべき社会の姿

気候変動の影響への適応策の推進により、当該影響による国民の生命、財産及び生活、経済、自然環境等への被害を最小化あるいは回避し、迅速に回復できる、安全・安心で持続可能な社会の構築。

26

適応計画・実践の状況 ～適応計画・実施の困難性～

- 適応計画の策定にあたっては、**将来の気候変動とその影響の不確実性の中で意思決定**をする必要
 - 主要な柱：反復性の評価、柔軟性・順応性のある計画、適応能力の強化
- **多岐にわたる適応に関連する課題**
 - 中長期をターゲットとした適応計画と既に生じており取り組むつつある課題と比較すると、対象とする時期が異なるため、適応を優先的に検討・計画・実施することは非常に困難。不確実性を伴う将来の多様な課題についてそれらの優先順位を決定するのは容易ではない
 - 海外では、国や自治体、民間による適応計画が策定されているものの、**実施に関しては非常に限られている状況。**
- **自治体**：気候変動の影響を受けるコミュニティと直接接触するため、適応について**重要な役割**を果たす

27

気候変動適応情報プラットフォーム



環境省は関係府省庁と連携し、平成27年11月に閣議決定された

「気候変動の影響への適応計画」に基づき、

気候リスク情報の提供を通じ、**地方公共団体や事業者等の取り組みを促進する基盤**として

「気候変動適応情報プラットフォーム」

を国立環境研究所に設立（平成28年8月）

28

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM A-PLAT : トップページ

- 平成28年8月30日開設
- 政府の「気候変動の影響への適応計画」の推進支援



29

CLIMATE CHANGE ADAPTATION PLATFORM 気候変動適応とは？

温暖化への適応・温暖化による影響と適応策

温暖化による影響と適応策

抗酸化作用の強い飼料により暑さによる産卵率や卵質低下の軽減

暖地に生育する柑橘類を東北で栽培

30



31



32



33



34



35



36



37



38



39



40



41



42



43



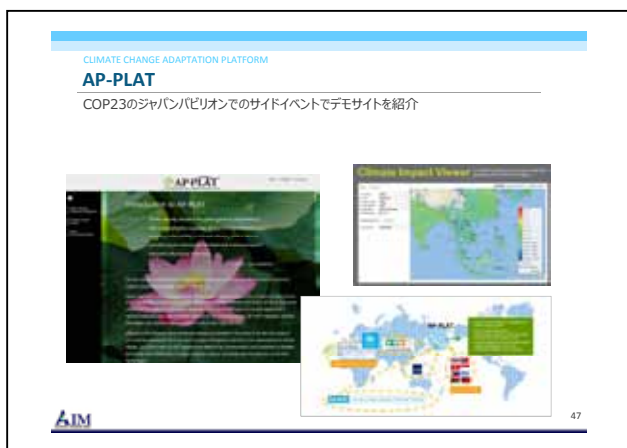
44



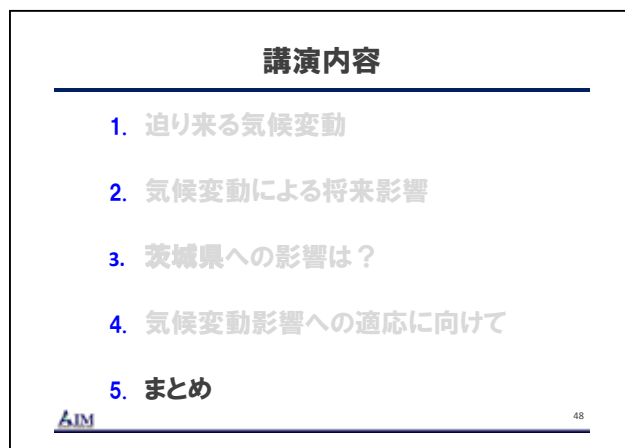
45



46



47



48

まとめ

- 温暖化や気候変動による影響は顕在化
将来の悪影響が懸念される
- 温暖化対策は緩和策と適応策の双方が不可欠
- 適応策は全く新しい施策ではない
 - ◆ 既存の施策を有効活用+将来の気候を考慮した見直し
 - ✓ 気候変化を想定した施策の立案
 - ✓ 対策の更新時に将来影響を考慮してコストを抑える
 - ✓ 温暖化・影響の進行状況の把握・モニタリング
 - ✓ 進行状況に応じた対策の実施
- 社会経済の変化を考慮した総合的な環境対策
 - ◆ 安全・安心な社会(国, まち)をつくる
 - ◆ 温暖化対策(緩和策, 適応策)は、目指すべき将来像を考える
きっかけになり得る
 - ✓ 長期的視点・分野横断的視点の必要性、様々な将来像・発展経路の検討



49

49

ご清聴ありがとうございました
Thank you for your attention

AIM Asia-Pacific Integrated Model
<http://www-iam.nies.go.jp/aim/index.html>



NIES.jp

50

(司会) つくば3Eフォーラムを筑波大学で支援をするような学生さんの委員会があります。つくば3Eフォーラム学生委員会とありますが、今回は新居さんと安部さんが今年度の活動報告という形で紹介します。まず、アクアポニックスと呼ばれている水耕栽培と水産養殖を組み合わせたような環境教育に使えるような事例。それから、筑波大学は学生をどんどん海外武者修行に出して、海外に行って恥をかいてこいと言っています。そういう形で、学生を外の大学の学生と交流を持たせる、何かの目的を持って行かせるということで、今年もそれに参加していますので、その報告があると思います。

(新居) ご紹介に預かりました、つくば3Eフォーラム学生委員会代表をさせていただいている新居万里奈と

(安部) 同じく3Eフォーラム学生委員会の安部優美香です。今日はよろしくお願ひします。

(新居) それでは、今から2017年度の活動報告をさせていただきます。まず初めに、本日の報告の流れを説明させていただきます。

まだ皆さんはつくば3Eフォーラム学生委員会って何をしているのだろうかという段階だと思うので、まずは紹介をさせていただきます。その次に、先ほど内海先生からご紹介がありましたが、アクアポニックスについての活動をお話しさせていただきます。そして最後に安部の方から海外武者修行、フランスのグルノーブル大学に行ってきたので、そのときのことについて話させていただきたいと思っています。

1. つくば3Eフォーラム学生委員会の紹介

つくば3Eフォーラム学生委員会とは、つくば3Eフォーラムが母団体になっている学生団体なので、主な活動の場所は筑波大学です。過去の活動例としては、コミュニティーブックシェルフといった、本棚を図書館の前や人通りの多いところに設置して、本のリユース活動をしたり、東京で開催されているエコプロダクツへ大学と一緒に出展させていただいたり、サイエンスツアーに同行したり、つくば3Eフォーラムの活動もサポートさせていただいています。活動理念は、「学生や市民の環境問題に対する関心を高める」活動をすること、二つ目は「学生の視点を活かす」こと、三つ目は「学生のネットワークを活かし、地域に根差した活動をする」です。これをモットーに日々活動しています。

2. アクアポニックスに関する活動について

今回メインで話させていただくのは、アクアポニックスにまつわる「あくぼにプロジェクト」です。最初に簡単に、アクアポニックスとは一体何なのかという説明をさせていただきます。

アクアポニックスのアクアの部分は、水産養殖、aquaculture と、水耕栽培、Hydroponics の aqua と ponics を合わせて aquaponics と呼んでいます。それぞれの要素を持ち合わせている未来の農業と言われていて、持続可能な社会における農業の形を示しているのではないかとされています。この研究は主に島国のハワイや水問題が今後深刻化するかもしれないと言われているオーストラリアなどで進んでい

ます。

実際にアクアポニックスとはどのような見た目かという点、主に家庭用だと下に魚がいる水槽があり、上に植物を栽培するといったシンプルな形のものから、大型農業用では25mプールのサイズの水槽が使われており、上に植物がフロート式で育てられていて、下に養殖用のコイなどが飼われています。

実際につくば市でも飯島アクアポニックスさんが、アクアポニックスを使った農業に取り組まれています。昨年、つくばコレクションを受賞した、七福来という七味のお土産、ギフトプレゼントがあるのですが、ここで使用されている八ツ房トウガラシが、アクアポニックスの方法で育てられています。また飯島さんは、コイではなくてチョウザメを下の水槽で養殖されています。

今度は、アクアポニックスの仕組みについてお話をさせていただきます。まず初めに、魚のフンや食べ残しがバクテリアによって亜硝酸塩へ分解されます。これはまだ毒に当たります。そして、また最初の分解に携わったバクテリアと違うバクテリアが、硝酸塩へ分解します。この硝酸塩が植物の栄養素として使える形になります。そして、植物が成長する際に、その栄養素を吸収することで水がきれいになり、その水をまた魚に使うといった、水と栄養の循環サイクルが行われています。

スライド9はそのアクアポニックスの断面図です。ここにあるポンプで、魚のいる水槽の水を上の方へ植物の方へ持っていき、この中でバクテリアが分解して、植物が成長に使い、こちらから下の方へ水が流れていくようになっています。今回は、どうやって下に水が流れていくのかというシステムについて、少し詳しく説明させていただこうと思います。

先ほどの、虫眼鏡で大きくしていたところをオートベルサイフォンと言います。これは電力が不要となっています。このようにまず初めに、ある一定の筒があります。これをオートベルサイフォンというのですが、この高さまで水位が来たときに、一気に、筒の中に入っている水が下に下りていき、この中が空になった段階でまた筒と植物槽の中に水がたまり始めて、水の循環が行われています。

この中の気圧の変化や、パイプ自体の高さによって、どれぐらい水槽の中に水がたまっているかなど細かい条件が変化してくるので、オートベルサイフォンという仕組みはとても重要なパーツになります。

植物の成長に栄養素が使われるというお話をさせていただいたのですが、アクアポニックスではリン酸や、カルシウム、鉄分など植物の成長に必要なものがない状態があります。ですから、ここを補うために、バナナの皮やコーヒーのかす、卵の殻を使って補うという方法が行われていたり、大型農業では代わりに化学肥料を使用していたりするところもあるそうです。

スライド12は私たちが今年作成したアクアポニックスです。これはまだ金魚と植物がない状態なのですが、下が金魚を飼った水槽で、上から見るとこういうふうになっているのですが、こちらが植物槽です。ここに敷きつめられているのがハイドロボールといい、約1200度の高温で粘土を焼いたものです。この中にたくさんの穴ができていますので、バクテリアの家となっています。現在、3カ月ぐらいシステム稼働中で、元気に植物も魚も育っています。

今回、アクアポニックスをつくる際に制作ワークショップをしました。先ほどちょっとオートベルサイフォンの調整が難しいというお話をしたと思うのですが、そちらがなかなかうまく作れなかったため、黒崎コワーキングスペース代表の時松さんにお越しいただきました。この方は普段、現代型公

民館というおしゃれなカフェを経営されているのですが、以前作ったことがあるということで、大学に来ていただいて、一緒にアクアポニックスを一から作りました。

そして、11月上旬に筑波大学では雙峰祭という学園祭でアクアポニックスの展示、そしてそれに合わせた金魚たちの大統領選挙をしました。アクアポニックスを展示すると言ってもなかなか人は集まらないので、金魚たちをメインに置き、金魚たちの投票をしに来ませんかということで人を集めて、金魚たちのmanifestoのところで、今、地球上に存在する水問題も紹介させていただきました。例えば、私は2050年の海の主役はプラスチックごみになるかもしれないという問題をうたったポスターを作って、金魚を通した水問題の啓発活動をさせていただきました。

アクアポニックスもかわいらしいデコレーションをすることで、小さい子から大人まで楽しめるような工夫を施しました。展示した時には、バジルとミントの芽が生えてきて、今では5cmぐらいまで成長しています。

現状と、今後はどうやっていきたいかという話になりますが、最近の改善点としては、今まで部員が毎日えさをやりを1日1回しに行っていたのですが、それだと金魚たちにもおなかをすかせているのではないかということで、自動えさやり器を設置し、1日に2回適度なえさを安定的に供給できるようになりました。金魚たちも喜んで食べています。

今後の改善点としては、先ほど栄養素の話をしていただいたのですが、やはりバジルやミントをより大きく立派に育てていく上で、今、栄養素が足りていない状態なので、オーガニックな栄養素ということで、バナナの皮や、卵の殻を追加していきたいと考えています。

3. 海外武者修行 in France

(安部) 次に、海外武者修行について話させていただきます。先ほど内海先生がおっしゃっていたように、海外武者修行プログラムは、海外での交流・研修活動等を希望する任意の学生グループが自ら企画を立て、大学から援助を受けて海外で挑戦するというプログラムです。今回私たちは、フランスのグルノーブル大学においてスチューデントフォーラムを開催しました。

まず、グルノーブル大学があるグルノーブル市の説明からさせていただきます。グルノーブル市というのはフランスの南東部に位置しており、パリからTGVという日本でいう新幹線のような高速鉄道で約3時間の所にあります。2013年度につくば市とは姉妹都市になっています。ご存じでしたか。このグルノーブル市にも研究機関や大学が集積しており、つくば市と似ているところがあるということで、つくば市と姉妹都市になっています。また、アルプスのふもとに位置しており、山に囲まれていてとても自然豊かという印象でした。さらに、町にはトラムや電気自動車などが走っています。トラムとはLRTという新しい路面電車で、排気ガスが少なく、軽量で高速で走るということで、環境に配慮した公共交通機関です。また、乗り場も大変低く設定してあり、車いすの人でも難なく乗ることができるということで、人にも環境にも優しい公共交通機関です。これが市内に走っており、3分に1本ぐらい来るのでとても便利でした。

次に、私たちが訪れたグルノーブル大学について説明します。グルノーブル大学も山に囲まれていて、とても自然豊かです。また、先ほど紹介したトラムが大学にも走っています。筑波大学もバスが走っているのですが、トラムのグルノーブルの方が環境に優しいなという印象でした。

次に、私たちがここで行ったことについて説明をします。私たちは Health, Education and Environment Student Forum というのを開催しました。これはいろいろな専門分野を持った学生たちが集まることで、健康と教育、環境に関する社会問題の解決策を一緒に考えていこうというフォーラムです。フォーラムには約 20 人の現地の学生に集まってもらうことができました。記念写真、集合写真も撮りました。

ディスカッションでは Health, Education, Environment でそれぞれ一つずつテーマを決めて話し合いました。まず Health の分野では、健康な都市とはどのような都市か。Education の分野では、今日生まれる子供にはどのような教育が必要か。そして、Environment の分野では、世界中の人々に生活に最低限必要な水を供給するにはどうしたらいいかというテーマで話しました。

ディスカッションは1テーブルに4人ぐらいで、5テーブルぐらいあり、テーブルごとにテーマについて話し合うという形式で行い、グループで話し合ったことを前に出て発表しました。

発表時には、大きい紙にみんなでブレインストーミングした付箋紙を貼り、例えば水の供給について、どうしたら水の供給をみんなにできるかというアイデアをそれぞれ出し合い、似ているところはまとめたり、違うところをつなげあったりして解決策を出しました。Health の分野で出た意見としては、Healthy Weekend (健康な休日) のようなものを定めてイベントを開催したり、ジムなど健康に対するアクティビティを無料で利用することができるという休日を設ける意見。教育の分野では、今は指導者中心の教育ではなく、学ぶ側中心の授業とかと言われていると思うのですが、グループワークを主に取り入れたり、一般教養を初めの方に身に付けさせるような教育がいいのではないかという意見が出ました。また、環境分野の解決策としては、まず言われることとして節水があると思うのですが、節水を個人個人でするということと、水の使い過ぎをしないようにエコパトロールをするという意見がありました。これはつくば市のスタイルサポーターズと似ている意見かなと思います。あとは、パイプラインを作って、水の足りない地域に水を送るという斬新な意見もありました。しかし、アフリカ地域から来ている学生がいて、実践問題としてそれは資金的にも難しいのではないかなど、様々な立場からディスカッションをしていました。とても興味深かったです。

そして私たちはこの水問題に対して、このフォーラムでは解決策としては出ていなかったのですが、アクアポニックスという形で一つの解決策になるのではないかと考えています。これからも勉強を続けていきたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

(司会) 新居さん、安部さん、どうもありがとうございました。昨年度もこの会場で発表していただいて、そのときアクアポニックス第一段があり、今年の第二段は洗練されて非常に良くなったと思いました。それに、陰でサポートをされた方がいたというのもあります。海外武者修行に行って、一番びっくりしたのは何ですか。

(安部) びっくりしたことは、フランスのグルノーブル大学に行ったのですが、来ていた学生はフランス人が一人もいなくて、いろいろなところから来ていたのです。カナダやアフリカ、アジア、中東の人などがいて、海外の学生はディスカッションが好きというか、目の前でばちばちディスカッションを繰り返して、私ももっとディスカッションを頑張りたいなと思いました。

質疑応答

(フロアから) 最初に海外に行って恥をかいた方がいい、責任は学長が持つと紹介されたのですが、
どういう点で恥をかいて、それをどのように解決されてきたかをお伺いしたいと思います。

(新居) 私も海外武者修行に同行させていただいたので、私の方からお答えさせていただきます。やはり、英語で自分の意見を言うということに関して、頭の中でこういうことを伝えたいと思っているのですが、それをどう単語で表現すればいいのか。向こうはどんどん意見を言ってくるので、自分の意見を挟む前に議論がどんどん移っていくというところの難しさと恥ずかしさ。日本人はシャイだねと思われてしまうのではないかみたいところで恥はあったのですが、それでも負けずに、「意見を言いたいから聞いて」みたいな形でちょっと待ってもらったり、辞書を使うなどして食らいつくといったところで、日本人は英語はつたないかもしれないけれど、意見を持っているのだというところを出せたのではないかと、メンバー一同で振り返りをしていました。

(司会) そもそも最初の、グルノーブル大学でやるという調整はどうなっているのですか。

(新居) 調整は、私たちと一緒に大学院の学生が行ったので、その学生の代表の方と、私たちのメンバーの一人に留学生がいて、その人たちが一緒になって、Facebook などを通して現地の大学生とつながって、それで大学の教授に掛け合ってくれないかという話をして、連絡を取り、駄目と言われたり、オッケーと言われたりを繰り返しながら調整をしました。

(司会) 最初からそういうところも、大学の先生がサポートをしているわけではないということですね。

(新居) そうですね。「こういう大学があるよ」みたいな形で紹介はしてくれるのですが、連絡などは全て学生に委ねられているので、向こうにノーと言われたらこちらからお願いして「行かせてください」とか、「ディスカッションをさせてくれませんか」という形です。ですから、ノーと言われたらその大学には手を付けられないという形です。何個か他にも行きたいと思っていた大学があったりしたのですが、そちらは残念ながら行けなかったという経緯も実際にはありました。

(フロアから) 今のやり方だとアクアポニックスはいろいろと植物を育てるためには淡水の魚しか育てられないのですが、実際に養殖をすべきなのは海の魚ではないかと思うのですが、そのことについてはどう思いますか。

(新居) 私、ちらっと読んだだけなので確かではないかもしれないのですが、魚と植物の組み合わせによっては、植物の方が海水でも大丈夫なものがある程度あるらしく、そういう植物を選んだ場合は、下が普通の一般的な養殖で、上は海水に耐え得る植物を栽培するという形もあるのではないかと思います。

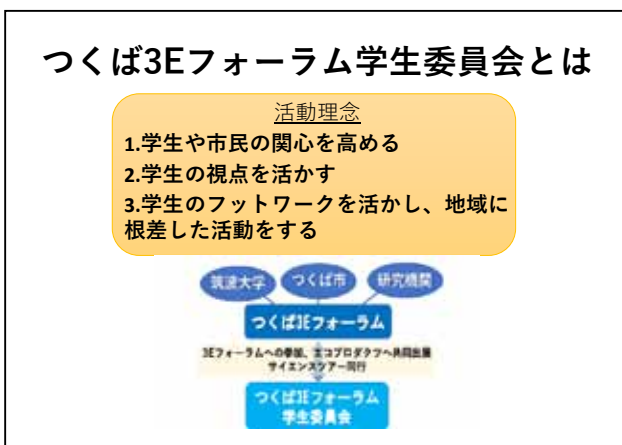
ます。しかし、管理面や、こういった植物が本当に海水に耐え得るかという研究はまだまだ、少なくとも私たちはまだ知り得ていないところなので、具体的にはお答えできないのですが、可能性は十分あります。マグロの養殖をして、上でワカメを育てて、マグロ井などを作れたらいいなど、アイデアベースでは出ています。



1



2



3



4

What is アクアポニックス？

水産養殖(aquaculture)
+
水耕栽培(Hydroponics)

それぞれの要素を兼ねている **未来の農業**

➡ 持続可能な社会の中の農業

5



家庭用



大型農業用

6

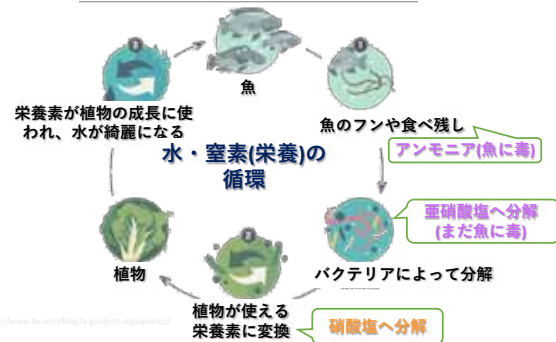
飯島アクアポニックス



つくばコレクション受賞

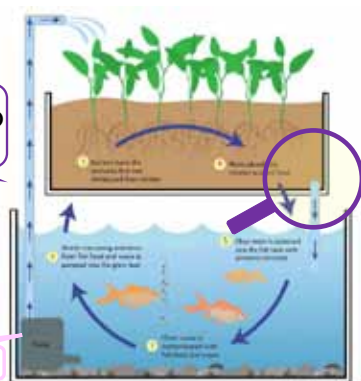
7

アクアポニックスの仕組み



8

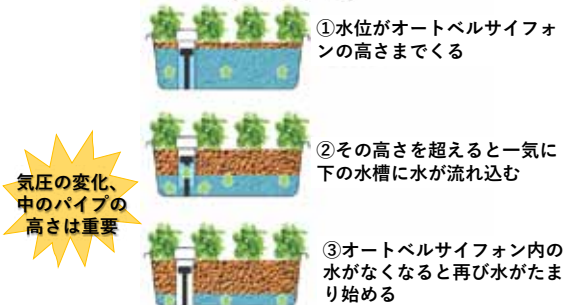
アクアポニックスの
断面図



ポンプ(電力必要)

9

オートベルサイフオンの仕組み (電力不要)



10

植物の栄養素補給について

リン酸P (花肥・実肥) **X** 魚のフンや食べ残しから作れないけど必要な栄養 例)カルシウムCa, 鉄分Fe

窒素N (葉肥)

カリウムK (根肥)

十分に作られる栄養

バナナの皮、コーヒーの粕、卵の殻

11

2017年度モデル

オートベルサイフォン

水槽からの水

ハイドロボール
約1200℃の熱で粘土を発砲させることで小さい穴が無数に出来ている。バクテリアの家

3か月システム稼働中...

12

製作ワークショップ - 講師紹介 -

黒崎コワーキングスペースAGITE
代表 時松順氏

新・現代型公民館「黒崎コワーキングスペースAGITE」を運営。仕事だけではなく、年齢や職業も関係なく、地域の子どもから高齢者まで集まる場所づくりを進める。

アクアポニックスのビジネスコースを卒業しており、今回講師として筑波大学にお招きました。

13

ワークショップの様子

アクアポニックスの組み立て、オートベルサイフォンの調整を完了

14

雙峰祭での展示

金魚達のマニフェスト

金魚達の大統領選挙

15

可愛らしいデコレーションで人を惹きつける工夫

バジルとミントの芽

16

現状と今後



最近の改善点: 自動エサやり器を設置
 →1日2回 適度なエサを安定供給が可能に!
 今後の改善点: 植物を育てるオーガニックな栄養素追加

17



海外武者修行 in France

18

グルノーブル市

概要
 ・2013年、つくば市と姉妹都市に
 ・研究機関や大学が集積
 ・アルプスの麓に位置し、山に囲まれている
 ・1987年に**トラム**が導入
 ・電気自動車の**シェアカー**普及
 ・バリアフリー化も進んでいる



19

グルノーブル大学



20

Health, Education and Environment Student Forum



フォーラム時の様子



21

テーマ

- **Health...** 「健康な都市とは」
- **Education...** 「今日生まれる子供にはどのような教育が必要か」
- **Environment...** 「世界中の人々に生活に最低限必要な水を供給するにはどうしたらよいか」

22

ディスカッションの様子



23

発表スライド



24



25

パネルディスカッション

モデレーター	内海 真生 (つくば3Eフォーラム事務局長, 筑波大学生命環境系 准教授)
パネリスト	藤森 涼子 氏 (NPO 法人気象キャスターネットワーク代表, 気象予報士)
	福島 武彦 氏 (茨城県霞ヶ浦環境科学センター長)
	脇岡 靖明 氏 (国立環境研究所 社会環境システム研究センター 地域環境影響評価研究室 室長)

(司会) パネルディスカッションを始めていきたいと思います。パネラーの皆さまは、先ほどまで事例報告をしていただいた3名です。モデレーターは引き続き事務局長の内海が務めさせていただきます。よろしくお願いします。

今回の3Eフォーラムは11回目になります。最初に開催したのは2007年12月です。このときは筑波大学のそれなりに大きなホールで、しかも2日間にわたって朝から晩まで開催をしました。その中で四つのテーマに関して20の講演を頂きました。そのときに、ちょうどIPCCの第4次報告書も出ていて、非常にセンセーショナルに、地球の温度が高くなっているという部分に関して人間活動の影響が大きい。それに対して二酸化炭素の排出を減らさないといけないと。脇岡先生の言葉で言う緩和という部分が非常に焦点を当てられていて、それをどうするかが一番大きな課題だったと思います。エネルギーに関することや、都市をどうするかということが含まれていたと思います。

それから、10年たちました。10年たってどういった形になっているのだろうかといったときに、IPCCの第5次報告書が出たのですが、第4次報告書の時ほど日本では報道がされませんでした。また、パリ協定で日本は最終的に少し遅れてしまいました。学生さんのサークル活動も、今はボランティアや環境関係がなかなか難しい状況にあります。あらためて、つくば3Eフォーラムを10年間やってきて、実際どうなっているのだろうか。情報の提供は下火になっているようですが、実際に現状としてどうなのだろうかということを、今回、事例報告として3名の先生方に講演をしていただきました。

講演を少し補足する形で、この10年で地球環境はどのように変化してきているのかについての実感を各講演者にこれから話していただきます。その事前情報として、質問票に地球の人口との関係もあるのではないかというような話がありましたが、つくば3Eフォーラムが開始された2007年の世界人口は66億7000万人でした。世界の人口というホームページがあるのですが、そこで確認した今朝5時現在の世界の人口は、74億4856万8000人です。10年の間に日本の5倍ぐらいの人口が増えています。世界人口は1分に137人、1日で20万人、1年間で7000万人に増えています。さらに今、人が食べるために働くためにはどうしても都市に集まらないといけないということがいろいろなものを問題にしているという部分があります。

もう一つ重要な点として、二酸化炭素の濃度がどうなっているのか。これも今朝、入手しましたが、ハワイ島の山頂付近でずっと同じ方法で二酸化炭素濃度を測っている場所があります。マウナロアの観測所ですが、1950年代からずっと上昇し続けています。ハワイ島なので人間の活動はあまり影響がないのです。北半球の平均的な濃度を示していますが、一番考えていただきたいのはここで、0.85とか1.27というのは、1960年から70年といった10年間で1年間当たりどれぐらい二酸化炭素が増加し

たかを計算したものです。見ていただくと、どんどん上がっているのです。いろいろ対策を考えていますが、2000年から2010年で1.96 ppmとほとんど2 ppmという結構な濃度で年々上がっています。それから、2007年以降は1年間ごとですが、ほとんど3 ppmに近いような状況にあります。

また、2016年は最も暑い年だったというようなことや、福島先生の水問題に関して言うと、国連が2014年に、人口も増えていて気温も上がっているの、世界の至る所で水が汚濁したり、汚染されていると報告しています。この汚れているという部分が、先ほど福島先生がご紹介された、溶存酸素(DO)が非常に減ってしまう部分に効いてくることとなります。このように現象面としては、いろいろなどころでこの10年でも何か起こっているのではないかとということがあって、今回、いろいろな側面、特に気象や水などがどうなっているの、どうしたらいいのだろうという部分をテーマに設定させていただいたということです。

モデレーターが長くしゃべるのはよくないので、これからパネラーの方といろいろ話をしていきたいと思います。藤森さんから、ご紹介いただいた事例以外にも、自分がこの10年間でどのように感じられているのかを言っていただければと思います。

(藤森) 今日の私のテーマは「異常気象と地球温暖化」ということで、地球温暖化が影響していると考えられる異常気象についてお話しましたが、ここ10年、20年で言いますと、今までになかったような現象が起こっているのは実感しています。例えば台風ですが、こここのところ発達した台風が増えているのではないかと私自身感じています。気象庁はまだ公式に、ここ最近の日本付近の台風は発達したものが増えている、地球温暖化の影響ですということは発表していなくて、まだ顕著な傾向は見られないという程度に収まっているのですが、3年前の国連会議のときにフィリピンの気象キャスターが、フィリピンの気象庁ではここ10年ぐらいでフィリピン付近に近づいている台風の気圧は下がっていると発表したと伺っています。

例えば昨年、超大型で初めて台風が上陸したことがありました。それから2016年には890 hPaまで下がった台風もありました。南の海上で急速に発達する台風が、ここ数年を見ていると多いのではないかと思います。1日で40 hPaから60 hPaぐらい気圧が下がる急速に強くなるような台風が増えている、それはやはり海水温が上昇していることの影響が挙げられると思います。海水温が上昇していることと、上昇している海水温の厚みが増している。海水温が高い、深さが深くなっているということが挙げられるのではないかと思います。

あとは大雨です。雨も昨年は九州北部豪雨がありました。茨城県でも関東・東北豪雨で大きな被害が出ましたが、24時間で栃木県は550 mmと先ほどお話ししましたが、九州北部豪雨のときは、12時間で1000 mm近く降っているのです。こういう降り方も、気象庁としてはまれに見るような、今までちょっと想定できなかった降り方だと表現していましたので、雨の降り方も確実に変わってきていると思います。

(福島) CO₂の話は先ほどご紹介があったのですが、気温の方は2000年ぐらいから上昇のカーブが若干緩やかになっています。ハイエイタスといいますが、海洋がうまく対応してくれたので若干緩和してもらっているのかなという印象を持っています。

それと、今日お話ししたように、一定速度で上がる以外に、地球の中で随分ウェービーなモーション、10年周期とか5年周期とか。今日はPDOの話をしていただきましたが、今年の冬が非常に寒いのはAO（Arctic Oscillation）という、北極の冷たいものが時々やってくるからです。そういうもので影響を受けているということがすごく実感としてあります。地球温暖化が進んだときに、そういう短いサイクルの振幅もどうなってしまうのか。相乗効果で振幅が大きくなってしまおうと大変なことになると感じています。

（肱岡） 研究では2008年に初めて日本全体の気候変動影響を公表したのですが、新聞の1面に出るような反響がありました。まだ何が起きるか分からない状況ではあったのですが、IPCCでも2014年に「適応」というのが5章ぐらい入りましたが、2007年には1章しかなかったのです。ですから、適応はまだまだこれからかなと思って影響評価の研究をしてきたら、今ではもう「適応」という章がなくなりました。全ての章において適応を考えるのは当たり前なので、わざわざ適応とは何かとか、適応の限界は何かを説明するのではなく、将来の影響の研究においては全てどういう対策をして適応に取り組むかと。研究レベルでもやるし、世界中で、自治体においても取り組んだりすると。先ほど日本の適応事例をご紹介しましたが、この10年で将来何かが起きるから危ないということではなく、われわれはどう取り組んで、どれぐらい効果が上がってどこまで踏み込んでいるのだと。今年は日本において法律等も議論がされていますので、加速度的に変わってくるのではないかと考えているところです。

（司会） それに関連して会場の方から、つくば市や、日本で最初に必要な重要な施策は何があるのでしょうかという質問が来ています。肱岡先生の方でもし何かあれば。

（肱岡） これは研究をしているときに思ったのですが、いろいろな分野の影響を研究して、例えばおいしいお米が取れなくなるとか、土砂災害が増えるとかやるのですが、実際にどれから手を着けるのが非常に難しいのです。比べるときは金銭価値に換算して被害額などでやるのですが、実際に決めるのはそこに住んでいる方であったり、行政の方になるので、個人的につくば市で考えると、つくば市はそれほど防災的にはいつも洪水があつたりするわけではないですし、学園都市で見ると農業は中心でもないし、健康影響を一番重要視すべきかと思います。ただ、これはもちろんそこに住んでいる方と議論をすべきだと思います。茨城県においては農業県であるので、農業をどう守り、推進していくのかと。では日本で何かと言われると、適応はすごくローカルなのです。北海道と、私の生まれた鹿児島では、順番は違うと思うのです。例えば北海道では防災だけれども、鹿児島だと台風慣れているので、農業や畜産をしっかりとやろうと。それはやはりそれぞれの地域性を考えて優先順位を決めないといけません。日本とタイとか、国で比べるより、それぞれ中の優先順位を考えるべきだと思います。

（司会） 会場からの質問で、今後、日本の四季はどのような感じで変化していくのかと。肱岡先生からブナの話などいろいろあったと思うのですが、四季に関してこんな感じで変わりそうだというものをお持ちでしたら、水でも気温でもいいので、どなたかお願いしたいのですが。

(藤森) 先ほど少しお話をしたのですが、温暖化というと夏の暑さを取り上げることがすごく多いのですが、実は一番影響があるのは春や秋なのです。一番は冬の朝の冷え込みが少なくなっていく。もちろん、たまには極端に冷え込む日もあります。自然の変動でそういうときもありますが、全体的には冬の朝の気温が上がっていったりするのです。例えば去年は5月ぐらいから30度ぐらいの日があったり、すごく暑い日が多かったのです。東京では8月ぐらいからずっと気温が下がってしまい、関東は秋のような気温でしたが、実は東海から西日本はずっと暑い状態が続いたのです。ですから、夏と冬は季節があると思うのですが、それ以外の季節があまりはっきりしなくなってくるのかなという感じが、個人的にはしています。

(司会) これに関連して肱岡先生に聞きたいのですが、農業的に夏が暑くていろいろなものが作れないという部分があると思うのです。冬がある程度暖かくなったときは、お米の話で茨城県だと北の方が少し得をするかもしれないという話があったのですが、冬が暖かくなることによって良くなる例があるようでしたら紹介していただきたいのですが。

(肱岡) 皆さまもご存じかもしれませんが、例えば北海道は寒いので元々お米の産地ではなかったのです。今では北海道でも一等米はいっぱいできます。既に徐々に北上していると言われていました。世界的に見ても、今まで寒くて作物に適さなかった地域で収量が増えるということで、トータルで見ればそんなに差がないと言われていました。しかし実際に、今までお米を作っていない人に急にお米を作りなさいとか、小麦を作っていたのを急にお米に変えろということではできません。適地が変わるということと、その産地を変えるということはまた別問題です。得する可能性があるのであれば、その準備をしてしっかりその技術を伝えないと、必ずしもできるわけではありません。

ただ、今例えば山梨県のブドウが実は長野県まで適地がずれていて、ワインバレーが長野でできていると思うのですが、既にそういう得する人が出てきています。けれどもそれが今後変わっていくと、もっと北上するかもしれないので、どこまでを考えてそこに準備するかが一番難しいポイントだと思います。

(司会) 10年間で地球環境はどのように変化してきているのか。両極の氷が溶けて冷水塊ができたりしていると。福島先生は講演の中で少し紹介されていたと思いますが、そういった影響がどれくらいこれから表れるものなのか。その研究みたいなものがもしあれば、福島先生、ご紹介していただけますか。

(福島) すみません。私は先ほど申し上げたのは聞きかじりのことばかりで、自分ではこういう研究は行っていません。

(司会) 私は個人的には北極に十数年間、毎年のように調査に行っていますが、少なくとも北極海の氷は、9月が一番海水温が高いのすごく溶けているのを目の当たりにしています。グリーンランドや北極圏の陸地や島々の氷河は、1年に数メートル溶けています。どんどん氷河が後退しているのは現実

的にあるなと思っています。そういった水の影響と、もう一つ、先ほど二酸化炭素が増えていることを言いましたが、二酸化炭素は水に溶けやすいですね。しかも冷たいほど溶けてしまうのですが、その影響が、今、北極海の炭酸カルシウムの殻を作るような生き物にも影響が出始めているというようなことも、研究例としてはあります。そういったところが既に目に見えるような形で出てきているのかなと、個人的に思っているところです。

会場からの質問を続けさせていただきます。先ほど地球の人口増加を示しましたが、温暖化の原因として人間活動がそうだろうと言われているのですが、ではなぜ人口の都市集中が起こってしまうのか。そういうことをしなければいいのではないかと、どうしたら分散していけるかという質問が来ます。これに対して何かありますか。特に肱岡先生。

(肱岡) 日本としては人口が減るので、私はコンパクトがいいと思っています。そうすると、高齢化社会でもしっかり福祉ができたり、防災も分散してしまうと守るのが難しいと思うのです。集まると、一定程度防護レベルも上げられます。

では世界的になぜ集中するかというと、やはり都市の方が稼げるからだと思うのです。ぼつぼつと分散して生活をすると、そこで得られる収入や生活は非常に気候の影響を受けるので、作物が育たないとか、収穫ができないとか、水がないとかいろいろな問題があります。都市はインフラに投資されたり、教育ができたりします。私も福島先生と同じ都市工学出身ですが、集中すると逆に水の汚濁は処理しやすいと思っています。分散するとそれを処理するにはなかなかお金がかかります。私は下水出身なので、集めて処理すればいいではないかという意味では、集まっている中でいかに効率化とか、電気を使わないかという方がいいのではないかと考えています。ただ、人口増加をどう止めていくかは全くノーアイデアなので、福島先生、お願いします。

(福島) 日本の場合には人口が減るので逆にそちらが問題になってきて、こういう問題を考えるときに、かなり減るといふ予測の中で適応策を含めてどう考えていくかが非常に重要だと思います。私は今、地方自治体の職員としてやらせていただいていると、やはり縮小の議論は言い出しにくい雰囲気です。自分のところが減るといふことを前提にいろいろな計画を立てることが非常に難しいような状況にある気がします。日本ではそういう問題を抱えていて、それをオープンにやれるような何かをつくっていかないともう手遅れになるかなと思います。

世界の方は、増えていかないように経済的な何かで誘導するより、しょうがないのかなという気はします。

(司会) 事前の打ち合わせをあまりしていなくて、今、すごくパネラーの方は困っていると思います。大変申し訳ありません。

少し話題を変えます。適応を考えるということと共に、いろいろな災害にどう対応するかがあると思います。その際に、例えば防災のアナウンスみたいなものは、SNSからの情報の信頼度をどう見極めるかということがあると思います。先ほど環境研のサイトの紹介をさせていただいたのですが、例えば一般の方はどのように信頼度を見極めて、どう使っていけばいいか。実際にホームページを作られて

いる立場から、何か考えていることがあれば。まず肱岡先生。そして藤森さん。

(肱岡) 実はそれは悩んでいます。例えば温暖化しているという情報を市民の方に下さいというサイトはいろいろあるのです。そのときに、そのクオリティをどうチェックするかが難しいのです。例えば、桜の開花が始まったとか。気象庁はしっかりと、どの桜の木を見て桜が開花したというのが決まっているのです。それを一般の方が、例えば今まで見たことない生物を見たとか、紅葉や開花が始まったと。それは集めることはできると思うのですが、それが実際どの程度信頼できるのかはやはり難しいと思っていて、われわれも考えているところです。

一方で、一般の方は、例えばレーダーで降雨量を測ったり、何時から何時が危なくてどうだというのはリアルタイムに見える時代ですので、その情報から、どのルートを通らないようにしようとか、これが出たら絶対外に出ないとか、逃げようとかというのは分析できる時代だと思います。

一般の方の情報をどう入れるのかは私もノーアイデアなのですが、使える情報は増えてきていて、それを受けられる場、デバイスがあるので、そこは一般の方でも活用できるのではないかと考えています。

(藤森) 今、私は携帯でヤフーの防災情報が自動的に入るようにしているのです。あれは雨が降るときに、あなたのエリアでは1時間に何ミリの雨が降りますよというふうに情報が来ます。でも、その数字に結構びっくりされたことはないですか。私は東京の練馬に住んでいるのですが、昨年7月にひょうが降ったことがあったのです。池袋の辺りも真っ白になってしまったようなひょうが降ったときがあったのですが、あのときに、私の携帯にきたヤフーの防災情報だと、1時間に180mmとか、すごい量だったのです。びっくりして、でもこれは何かがあるのだなと思ったら、ぎざぎざ降りの雨の後、急に直径3cmぐらいのひょうになったのです。降水量としては大幅に違いましたが、積乱雲がそれだけ発達していて、それが練馬にかかってくるということは信頼できるわけです。ですから、信頼できる情報は、やはり人の情報、SNSもそうなのですが、それよりは、気象庁の情報です。気象庁も前よりはだいぶ情報が見やすくなっていて、トップページから入るとかなりいろいろな情報が見られるようになっていてと思います。あとは、普通の方が見られるヤフーの防災情報でも、レーダーとかいろいろなものが見られるようになっていきます。今はほとんどの方がスマホを持っていらっしゃると思いますし、そういったところからデータを取るのがいいのかなと思います。

(司会) ちゃんとしたところをある程度自分で調べて見ておくこと。しかも、スマホを持っていますから受けられるようにしておくことも重要なですね。

湖関係の質問が少し来ています。諏訪湖での下層からのメタンガスの発生が地球温暖化に関係しているという。この質問は私が一番専門だと思いますので答えます。

二酸化炭素がすごく問題になりますが、メタンはその次に影響がある温室効果ガスと言われています。一つの分子で二酸化炭素の二十数倍の温室効果があるので、確かに問題になります。ただ、諏訪湖や霞ヶ浦など浅い湖からはあまりメタンは出ません。泥の中や水の中でメタンを食べてくれるような微生物がいて、ほとんどメタンは大気中には出ず、もし大気中に出るとしたら二酸化炭素として出て

います。これは私自身が霞ヶ浦などで研究したので、間違いありません。ただ、湿地は駄目です。湿地は極地と熱帯にたくさんありますが、そういうところは直接出てしまうので、メタンの放出量はばかになりません。実際に過去で非常に温暖化が起こったときには、メタンハイドレートという海底にあるメタンの塊がいきなり大気中に出てしまい、一気に気温が上がった時期があるというような研究例もあります。そういった意味で、メタンを何とかしないとイケない。うまく使うことが大切です。

脇岡先生と福島先生は都市工学出身だということで、都市下水道をうまく使えばいいのではないかという質問も来ています。再利用したり、エネルギーを取るといふ部分のことです。今、下水道のエネルギー化がどのぐらい行われているかという情報をお持ちでしたら何かコメントを頂きたいのですが。

私が知っている限りでは、結構な自治体が都市下水のエネルギー化をしています。バイオマス発電とかです。あとは、熱を取ること。微生物の働きは水温が下がると極端に落ちてしまうので、特に寒い地域では加温をしてあげる。ある程度温かくしてあげることによって微生物の活動を活発にして、もっと効率的に下水の処理をする。エネルギーを取るだけではなくて、熱を取るといふ点でも、メタンです。メタンは酸素がないところで生産されるので、よく使われています。

本当はもう一つお題として、これから生活していく際に何を考えなければならないのか、何に注意をしたらいいのか、どんな対応を取ることができるのかを聞いていこうと思ったのですが、もう既に会場から頂いた質問の部分でそれぞれの先生方に結構答えていただいた部分があると思います。

そこで、子供たちへの環境教育についてです。今、温暖化している部分で、われわれの世代は昔を知っていて何となく上がっていると分かっているのですが、子供は今、この状態から始まっている部分があるわけです。だから、この状態を異常に思っているのか。これから子供が育っていくときに、この地球の環境変動みたいなものをどう考えていくように伝えていけばいいのか。藤森先生の方から順番に言っていただければと思います。

(藤森) 子供たちに伝えるときは、「昔はこうだったのよ」と言っても、もう昔ではないのです。小学生に伝えるときは、2006年、2007年、2008年生まれの子供たちに話していきますので。それよりは、今こういう状態があって、今、大きな問題になっていると。

ただ、子供に話すときに、地球温暖化という何となくすごく先の話で、「2100年の未来の適応？2100年は生きていないな。自分には関係ないな」と思う人は結構いると思います。先ほどちょっと脇岡先生の話にもありましたが、今、パリ協定で一応、気温の上昇を2度未満に抑えるようにという目標を立てて、島しょ部では1.5度未満にしようという意見も出ています。そうすると現状のままCO₂を出していくと、実はもう2040年ぐらいには気温は2度ぐらい上がってしまい、もっともっと地球温暖化の悪い影響も増えているかもしれません。「2040年だとみんな何歳かな」と言うと、30代半ばぐらいです。ですからそこで、「みんなの将来に関わっている問題が地球温暖化の問題なのですよ」というようなメッセージを子供たちには残すようにしています。

(福島) われわれのセンターは水質汚濁の改善を目標に作られたセンターで、四つの柱があります。その中で一つ大きいのは環境教育です。地球温暖化の話はあまりないのですが、湖に小学5年ぐらいの児童を連れて行って、その後センターに来てもらって、水質汚濁の仕組みやいろいろなものを学ん

でもらいます。年間 9000 人ぐらいなので、この流域の 5 年生になったら必ず来られるぐらいのキャパシティで活動を行っています。

水質汚濁のことを中心に、霞ヶ浦をどう守っていきましょうかという話なのですが、地球温暖化に関しても何か実際にそれらを実感できる場に連れて行って、雰囲気や伝えつつ、気候を教えるようなことがあるといいと思っています。環境学習の後でアンケートを取ると、随分子供たちの考え方が変わるようなことがあります。われわれのセンターでは地球温暖化の話まではできないかなという気がしますが、どこかでそういうものを作って、ある学年になったらそういうことを系統的に学んで、実際に雰囲気も味わうということをしていかないといけない時代なのかなと思っています。

(脇岡) 適応という観点で考えますと、われわれの時代は公害問題があつて、そこに問題があつたからそれを解決するために取り組んできたと思うのです。今の子供たちは、これから気候が変わってくるということの子供のときから理解していただいて、それに対して何か対処するという適応を当たり前のように理解してもらえるといいと思います。個人的には適応というのは表に出る必要はないと思っています。だから、それが社会で実装されて、みんながどんどん変わっていくことを分かってやっていたらいい。人口問題だったり、経済問題だったり、いろいろなものの中の一つに気候変動後の影響もあればいいと思います。今、皆さんが聞かれても、適応とは何だろうというところから入って、そもそも何をすればいいのだろうとなるのですが、そこをしっかりと子供のときに分かっていると非常に行動しやすくなるのではないかと考えています。

(司会) ありがとうございます。もう一つ、つくば市や茨城県は霞ヶ浦に面しているという部分もあり、霞ヶ浦を中心に世界湖沼会議という、市民の方も参加できる国際会議が今年の 10 月にあります。霞ヶ浦は観光と環境の面でいろいろこれからやっていかないといけないと思うのですが、現在の状況からどういう方向に技術的な施策を持っていくとか、そういったビジョンみたいなものが何かあるようでしたら、福島先生に紹介していただければと思います。

(福島) それに対する答えになるかどうか分からないのですが、地球環境変動に対して霞ヶ浦という湖があることは、流域の住民の方にとってはすごくメリットになっていると思います。というのは、下流側にため池があるので、いろいろ気象、気候が変わっても、ある程度水をためておいて、アクアポニックスの下のような感じで、持って上がればいい。水量的には特に問題がありません。逆にそれを汽水のところの問題になるような部分にまで、例えば、那珂導水を今造っていますが、那珂川に海水が上がってきたら、その水を使ってバリアに利用するとか。

ある意味で水質自身は非常に悪いのですが、水を下流側でためてあるということは、流域の住民の方にとってはすごい安心感につながるということをご理解いただいて、その辺も含めて湖の使い方をぜひ 10 月の会議でさせていただけないかと思っています。

(司会) そろそろ終わりにしないとイケません。本来ならばこの質問票以外に会場から質問はありますかと聞いたかったのですが、モデレーターの調整不足ですみません。それは質問票の方でさせて

いただいたということでご了承いただければと思います。

あらためて、本日講演いただいた 3 名の先生方に拍手をしていただければと思います。どうもありがとうございました。

第11回つくば3Eフォーラム会議
パネルディスカッション

1

この10年間で地球環境はどのように
変化してきているのか

2

世界人口の変動

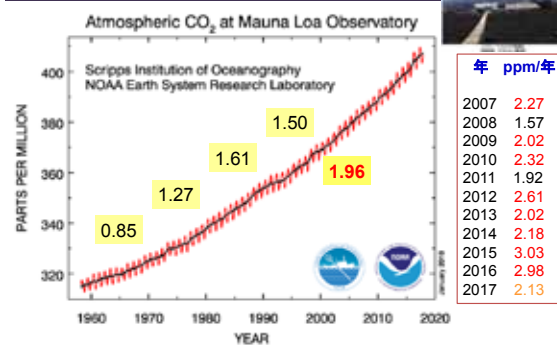


世界人口は、1分に137人、1日で20万人、1年で7千万人、増えている。
世界中で、1年に6千万人が亡くなり、1億3千万人が産まれている。

<http://www.arkot.com/jinkou/>

3

大気中CO₂濃度の変動: ハワイ島



4

2016年は最も暑い年と確認

世界気象機関(WMO)、海面上昇も加速

【ダボス(スイス東部)共同】

世界気象機関(WMO)は18日、2016年の世界の平均気温が2015年の記録を上回り、観測史上で最も高くなったことを確認したと発表した。

発表によると、16年の平均気温は産業革命前に比べて1.1度高かった。WMOのターラス事務局長は「気温以外に二酸化炭素(CO2)とメタンの濃度も記録的な高さだった」と強調、地球温暖化が進行している証拠だとした。

北極と南極の海水面積も過去最少になったと分析。海面上昇の原因の一つとなる、グリーンランドの氷河の溶解も加速していると指摘した。

2017/1/19共同通信

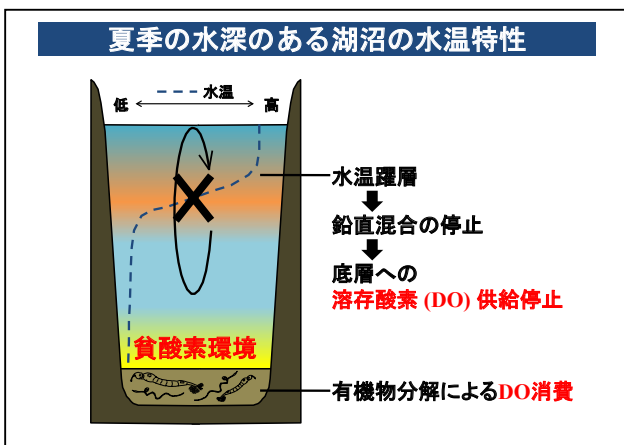
5

地球の水資源: 重点課題

World Water Development Report 2014, UN

アジア・太平洋	水不足 水質汚濁・汚染、生態系劣化
西アジア	水需要増大、地下水の過剰使用 水質汚濁・汚染、生態系劣化
アフリカ	水逼迫・水不足、水質汚濁・汚染 安全な水資源へのアクセス困難、公衆衛生不備 湿地消失
ヨーロッパ	水不足、水質汚濁・汚染 政策および法的枠組み作成
北アメリカ	地下水問題 五大湖水質汚濁・汚染
ラテンアメリカ・カリブ	一人当たり利用できる水資源量の減少 水質汚濁・汚染、生態系劣化
極地	侵入種、水質汚染

6



7

これから生活していく際、

何を考えなければならないのか

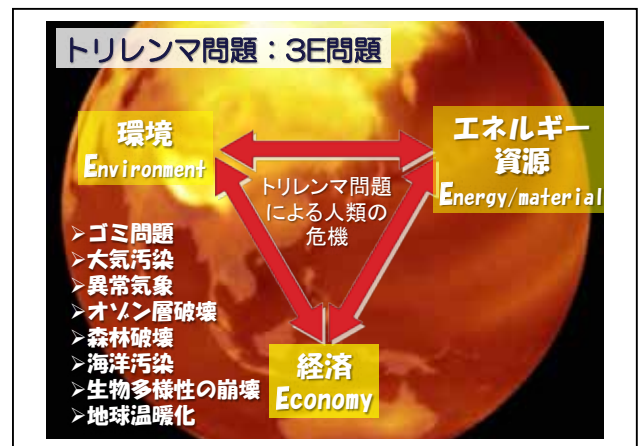
何に注意したらいいのか

どんな対応をとることができるのか

8

1 海面上昇 高潮 (沿岸、島しょ)	2 洪水 豪雨 (災害別)	3 インフラ 機能停止 (電気的、交通などのサービス)
4 熱中症 (死亡、健康被害)	将来の 主要なリスク とは? (国連の気候変動に関する作業部会、IPCC) 主要なリスク	5 食糧不足 (食糧安全保障)
6 水不足 (飲料水、農業用水の不足)	7 海洋生態系 損失 (漁業への影響)	8 陸上生態系 損失 (陸域及び内陸の生態系崩壊)

9



10

閉 会 挨拶

(鈴木議長) 本日は長い間ご協力くださりまして、ありがとうございました。自分が言う立場ではないかもしれませんが、非常に面白かったと思います。ぜひ皆さんも今日のことを持ち帰っていただき、今後の生活に活かしていただければと思います。今日はどうもありがとうございました。

(司会) 以上をもちまして、第11回つくば3Eフォーラム会議を閉会したいと思います。本日はご来場、誠にありがとうございました。

当日の様子



鈴木議長の挨拶



会場の様子



神部氏の講演



藤森氏の講演



福島氏の講演



脇岡氏の講演



学生委員会報告



パネルディスカッションの様子

つくば3Eフォーラム会議開催記録・テーマの一覧

第1回 平成19年12月 @大学会館

3Eフォーラム(3EF)会議のキックオフ会合、地球規模の環境問題の解決に向けて、筑波研究学園都市の各参画機関が共通理解を深める場として全体的なテーマによる会合を開催した。

第2回 平成20年5月 @大学会館

新しく立ち上げた新エネルギー(燃料電池, 太陽電池), バイオマス利活用, 都市システムのタスクフォース(TF)からの発表や世界の環境先進都市を招待した国際セッションを設け, 市民の参加を呼びかけ, 全体的な会合として開催した。

第3回 平成21年8月 @つくば国際会議場

同年3月に策定された「つくば市環境スタイル行動計画」に基づいて関係者で議論を深めるとともに, バイオマスTFの活動である「藻類オイルの生産」にテーマを設定して開催した。

第4回 平成22年12月 @大学会館

これまでの3年間の3EFの活動を振り返るとともに, テーマを絞るかたちで, 都市構造・交通, 太陽エネルギー, バイオマス, エネルギーシステム・評価の各TFからの活動報告を中心に開催した。

第5回 平成23年11月 @つくばカピオ

東日本大震災の年。科学・環境フェスと同時開催し, 各TFからの活動報告や環境に特化せず未来に寄与するつくばの研究開発を紹介した。「3EFコンセプトの市民への普及」を意図して開催し, 3EF活動の一つの転機として位置付けられる。

第6回 平成24年12月 @つくば国際会議場

「これからの環境都市を考える」をテーマとして設定し, 各TFからの発表とともに, 環境問題に取り組む先進自治体を招待し, 「つくば市」における取組の参考事例の紹介を兼ねて開催した。

第7回 平成26年1月 @つくば市役所

「グリーン・イノベーションを考える～地域力を活かした産業創生～」のテーマで, 特徴的な取組を行う地方自治体や経営者を招待した。つくば市役所で初開催し, 市民参加数の増加を実現した。

第8回 平成27年1月 @つくば市役所

「水素社会の実現に向けて」をテーマとし, 次世代エネルギーとして話題性のある「水素」に狙いを絞って開催した。また, トヨタや日産の協力により燃料電池車(FCV)の同乗体験の実施など, 水素を身近に感じてもらう企画を実施した。

第9回 平成28年1月 @つくば市役所

『これからの「交通まちづくり」を考える』をテーマとし, 環境を広い意味でとらえ, 環境に優しく, 暮らしやすいまちとは何か, 真の意味の地方創生とは何か, 持続可能なまちづくりに焦点を当てた。

第10回 平成29年1月 @つくば市役所

「地域を元気にして地球温暖化対策に貢献する経済活動」をテーマとし, これまで取り上げてこなかった経済(economy)を会議の中心に据え, 地域を元気にしながら温暖化対策に貢献できる経済活動を実践している事例を紹介した。

発行元

**つくば3Eフォーラム事務局
筑波大学内**

〒305-8577 茨城県つくば市天王台1丁目1-1
<http://eeeforum.sec.tsukuba.ac.jp/>