
神奈川における気候変動適応策研究のあり方

人為起源の温室効果ガスに起因する気候変動対策として、温室効果ガス排出削減などの緩和策が重要であることは疑いようもないが、緩和策を用いても気候変動の影響が不可避であるとすれば、気候変動の負の影響をできるだけ小さくするために気候変動がもたらす様々な影響に対して社会、経済のシステムを再構築することで影響を軽減しようとする適応策を講ずることも不可欠である。

気候変動は、国内でも地域によって異なる影響を与える。したがって適応策はそれぞれの地域で生ずる影響に応じた最適なものである必要がある。

しかしながら、気候変動の影響は、気温や降水量の変化に伴う人々の日常生活はもとより、災害の発生や病害虫ウイルスの拡散、農林水産業や生態系など広範囲に及ぶものである。このため、気候変動がもたらす全ての影響を予測し、適応策を検討することは、すぐには難しい状況である。しかしながら、近年、夏の極端な暑さ、短時間強雨の増加など、極端な気象現象による影響は増加傾向にあり、自治体として今後どのような対策をとるのかについてまず、研究をベースとした検討を進めていく必要がある。

本研究は、今後神奈川県が気候変動の適応策を研究するにあたり、その意義と研究手法について明らかにしようとするものである。

本稿ではまず、気候変動対策について先進的な海外事例を取り上げる。これは、日本国内ではごく一部の自治体を除いて、適応策の取組みが進んでいないためである。その上で、地球シミュレータにより地球規模の気象現象に係る予測を神奈川県域レベルにダウンスケーリングし、地域の予測を可能にするための試みについて考察する。それから、それらを可能とする産学官の研究体制についてと、適応策に関する神奈川県の知見(県試験研究機関等の現場知)について考察する。

本稿は次により構成されている。

- 1 地域において気候変動適応策を研究する意義
- 2 地域レベルでの予測のための技術手法
- 3 産学官の連携の意義と連携手法としてのICTプラットフォーム活用の提案
- 4 研究体制－神奈川県が持つ知見とその応用

[目 次]

サブナショナルレベルにおける気候変動適応の取組みと日本の地方公共団体が学べること

独立行政法人国立環境研究所 久保田 泉

気象・気候研究の地域実装に向けて

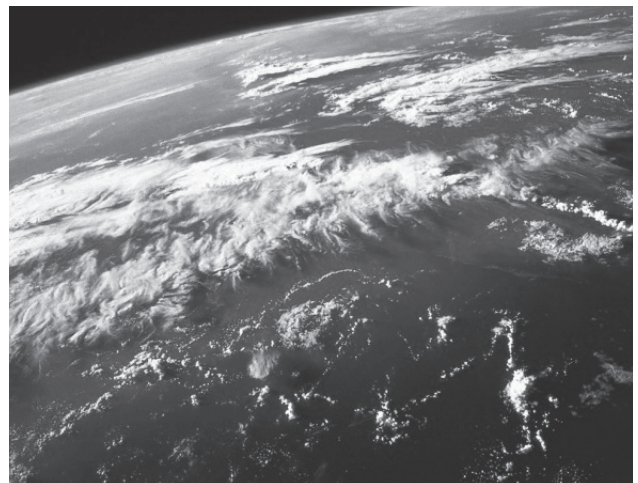
独立行政法人海洋研究開発機構 杉山 徹

地球環境未来都市研究会と神奈川における気候変動適応策への取組みについて

横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 佐土原 聡
佐藤 裕一

地域における気候変動の適応策に関する研究の枠組み

神奈川県政策研究・大学連携センター 岩崎 容子



サブナショナルレベルにおける気候変動適応の取組みと日本の地方公共団体が学べること

独立行政法人国立環境研究所 久保田 泉

1 はじめに

気候変動対策というと、温室効果ガスの削減を真っ先に思い浮かべる方が多いかも知れない。

実は、気候変動対策には2つあり、緩和策(温室効果ガスを削減し、大気中の温室効果ガス濃度の上昇を抑える)と、適応策(自然・社会システムの調節を通じて温暖化による悪影響を軽減する)とがある。適応は、基本的に地方レベルの対応であるため、サブナショナルレベル(地方公共団体等)に期待される役割は大きい。

本稿は、海外の都市レベルにおいて、どのような気候変動適応に向けた取組みがなされているのかを概観し、日本の地方公共団体が学ぶことの教訓を得ることを目的とする。まず、気候変動への適応策において地方自治体がどのような役割を果たすのかについて述べる。次に、海外の都市レベルでの気候変動影響への適応策の先進事例とその課題とを紹介し、日本の地方自治体における適応計画の策定および実施に関する今後の課題について言及する。

2 気候変動影響への適応策と地方自治体の役割

2-1 適応策とは

気候変動対策は、あくまでも緩和策が主であり、適応策は、それを補完するものと位置づけられている。気候外力の増加、すなわち、温室効果ガスの増大による高温化や降水の変化等があったとしても、影響の受けやすさである感受性を改善したり、影響を回避もしくは軽減したりするように適応能力を高めておくことにより、気候変動の影響をおさえることができる。

気候変動の影響への適応とは、気候変動の影響に対し自然・人間システムを調整することにより、被害を防止・軽減し、あるいはその便益の機会を活用することを意味する(IPCC 2007)。具体例としては、沿岸防護のための堤防や防波堤の構築・改善、水資源の効率的な利用や、(農作物の高温障害への対応として)高温に強い品種への転換などが挙げられる。

適応策には、ハードな適応策(例えば、人工施設・設備の整備及び改良)、ソフトな適応策(例えば、法制度・規制、仕組みによる調整、人の意識や社会関係資本による調整)がある。

適応は、以下の4つの構成要素に分けて考えられる(図1)(Adaptation Committee 2013)。

- ①気候変動影響・脆弱性(気候変動影響の受けやすさ、または、影響に対処できない度合い)・リスクの評価、
- ②適応計画の策定、
- ③適応措置の実施、
- ④適応策実施のモニタリングと評価。

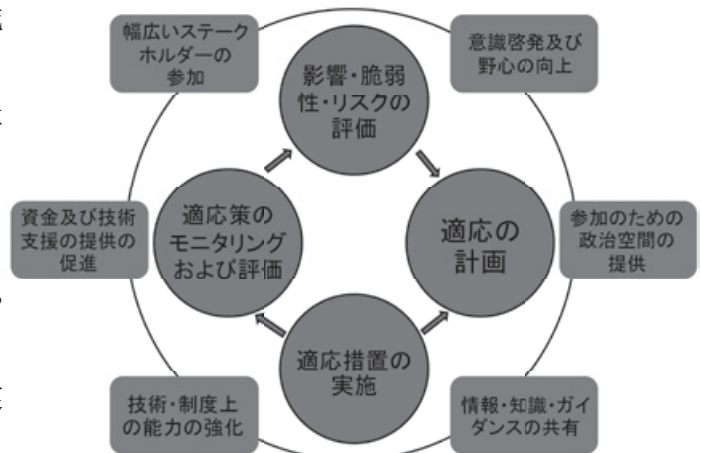


図1：適応の要素と各段階に必要な支援
(出典：Adaptation Committee (2013)をもとに筆者)

2-2 適応策と地方自治体の役割

なぜ地方自治体が適応計画を策定する必要があるのか。その理由は3つある。

第1に、適応は、基本的に地方レベルの対応であることである。したがって、適応策を実施するサブナショナルレベル(地方公共団体等)に期待される役割は大きい(図2)。

第2に、自治体は、住民や地域の自然資源などを守る責任を持っており、適応計画立案に必要な情報も持っていることである。

第3に、自治体により合った形で、気候変動の影響への適応戦略を立案することが可能であることである。

2011年には、気候変動枠組条約第17回締約国会議(COP17)の会期に合わせて、都市レベルの適応策のあり方に関する会合が開催され、ダーバン憲章が採択された。その内容は、①自治体におけるすべての開発計画において、適応策が主流化されるよう、主要な情報提供者となること、②適応策と緩和策を対応させること、③脆弱なコミュニティの要求に応じ、持続可能な地域経済の発展を保障する適応策を推進すること、④健全に機能する生態系の役割を、都市の環境に配慮したインフラの核として優先的に扱うこと、⑤革新的な資金調達メカニズムを模索すること、である。

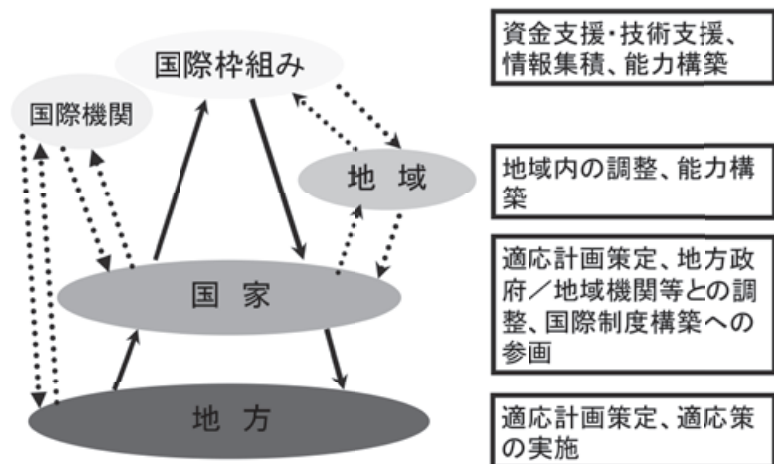


図2：適応策の実施に係る主体間の役割分担
(出典：筆者作成)

3 海外の都市レベルの適応計画の先進事例と課題

3-1 海外の都市レベルの適応計画の先進事例の概要

近年、海外の都市レベルでは、適応計画の策定が進められてきている。世界の約2割の自治体が適応戦略の策定を行っていると言われている。下記では、特色ある6つの都市レベルの適応計画を紹介する。

(1) ニューヨーク市(米国)

2013年6月、ブルームバーグ市長(当時)は、「より強く、よりレジリエント(「困難な状況にもかかわらず、しなやかに適応して生き延びる力」を意味する)なニュー YORK市("A Stronger, More Resilient New York")を公表した。この計画は、2012年10月に発生し、大西洋岸1,000マイルにわたって被害を与え、820万人に190億米ドルの損害及び経済的損失をもたらした、ハリケーン・サンディーに対応して、策定されたものである。

この計画は、同市の沿岸域の洪水とストームの被害に対する脆弱性を低減させるための、250以上のイニシアチブを提案している。この計画の予算総額195億米ドルのうち、約8割は、サンディーによって被害を受けた、家屋、道路等の修繕、病院や老人ホームの改修、電力インフラ設備の向上、フェリーや地下鉄システムの改善、漏れやすい飲料水システムの修理等に充てられる。

同計画は、ニュー YORK市に特化された、ローカルな気候モデルの計算結果に基づき策定されている。

(2) ロンドン(英国)

2011年10月、ジョンソン市長が公表した。この適応計画は、ロンドンにおける、洪水、干ばつ、熱波が起こる懸念に対応して策定された。

2010年初め、ロンドンは、この適応計画策定のプロセスの開始にあたり、810万人の住民に対して、オンラインフォーラムで、適応計画に関するアイデアや専門性を共有するよう呼びかけた。

このウェブサイトでは、現在でも活発な議論が行われている。

最終報告書「リスク管理とレジリエンスの増強」("Managing Risks and Increasing Resilience")では、ロンドンへの気候変動影響の脅威を分析し、最も脆弱な地域とインフラを明らかにしている。また、この報告書では、表流水の氾濫リスクの管理、同市の公園や植生の増加、水やエネルギー効率を高めるため、2015年までに100軒以上の住宅の改修など、気候変動影響やそれに伴う災害からロンドンを守り、強化するための、34のイニシアチブが提案されている。

ロンドンの適応計画は、気候予測・研究のハドレーセンターによる、英国の国家気候変動予測に基づいている。ニューヨーク市の適応計画とは異なり、上記のイニシアチブを実施するために必要な費用について記述していない。

(3) シカゴ(米国)

2008年9月、ダリー市長(当時)により、「シカゴ気候行動計画」("Chicago Climate Action Plan")が公表された。同計画の冒頭、ダリー市長は、「私の目標は、シカゴを、大都市がどのようにしてその周辺環境と調和することができるか、そして、その結果として、すべての住民にとってよりよい場所であるかについての素晴らしい実例にすることである」と述べている。

「シカゴ気候行動計画」は、緩和策についての記述がほとんどであり、適応策には1章が割かれている。適応策の章には、猛暑、スモッグ、洪水、豪雨等に関する9つのイニシアチブが示されている。しかし、これらのイニシアチブのほとんどは、実際にとられる対策というよりは、さらなる研究を呼びかけるものである。2010年に公表された進捗報告書は、緑の建築(建築と敷地利用、エネルギーと水、資材の集積を高め、敷地・デザイン・建築・作業・維持・除去を通じて、人間の健康と環境に与える影響を低減させること)、雨水管理、植樹及び屋上緑化などに関する多くの適応策が進行中であるとしている。シカゴは、同計画の実施の最初の2年で、450以上の緩和と適応に関するイニシアチブを策定してきた。

シカゴ市職員は、地球全体のデータを用いて、シカゴにおける気候変動影響を算出するため、気候科学者と協力した。「シカゴ気候行動計画」は、同計画において提案されているイニシアチブの実施のための予算については、記述されていない。リスク管理コンサルタントによれば、シカゴは、気候変動対策(緩和と適応の両方)をとらなければ、2050年までに数千億米ドルの経済損失を被るとしている。

(4) ロッテルダム(オランダ)

2008年後半、「ロッテルダム気候耐性プログラム」("Rotterdam Climate Proof")は、ロッテルダム気候イニシアチブによって開始された。このイニシアチブは、市役所、地方環境保護庁、港湾管理局等の共同プログラムである。

「ロッテルダム気候耐性プログラム」は、2025年までに、130万人都市であるロッテルダムを、気候変

動影響に対して「十分に」レジリエントなものとし、ロッテルダムの地位を世界中で最も安全な港湾都市のひとつとして維持することを目指している。この適応計画は、5つのテーマから構成されている。①洪水管理、②船舶及び旅客のアクセス可能性、③適応能力のある建築物、④都市の水管理システム、⑤ロッテルダムのクオリティ・オブ・ライフ(一人ひとりの人生の内容の質や社会的にみた生活の質)。ロッテルダムは、同計画の短期のプロジェクトの実施に必要な予算として、約4000万米ドルを充てている。

2010年のフォローアップレポートでは、このイニシアチブは、その目標に向かって順調に進んでいるとされている。最も注目されるプロジェクトは、ロッテルダムの浮遊するパビリオン(floating pavilions)である。これは、半球体のドームがロッテルダムの臨海部に停泊しているものである。このプロジェクトは、海面上昇に適応することができる、将来の浮遊都市区域の試行版である。

(5)キト(エクアドル)

2007年、キト首都圏評議会(the Quito Metropolitan Council)によって、適応計画の検討が開始された。2009年10月、「キト気候変動戦略」(the Quito Climate Change Strategy)が正式に承認された。

この戦略策定のきっかけとなったのは、2007年、210万の人口を持つアンデス山脈の都市であるキトにおいて、地域の気候変動会議が開催されたときであった。キトでは、アンティサナ氷河が縮小するにつれ、地滑り、洪水、干ばつの頻度が高まっていた。モンカヨ元市長と市議会議員は、適応計画案の策定を進め、同案は、地元企業、研究機関、コミュニティーとの協議の後、2009年に正式な政策文書となった。2010年、これらの提案をどのように実施するかについての政策文書が公表された。

キトの気候変動戦略には、緩和策と適応策との両方のイニシアチブから構成されている。適応策に関する部分は、以下の5つのセクターに焦点を当てている。1 生態系システム及び生物多様性、2 飲料水の供給、3 公衆衛生、4 インフラと発電、5 気候リスク管理。この報告書は、グローバルの気候モデルの計算結果を利用して、キトと似た緯度・経度の気候変動影響を計算している。

外部の研究者によれば、キトは、これまでキトの課題の中でも優先順位が低かった、気候変動影響への適応を、主要な開発アジェンダに組み込んでいくこと(これを「適応の主流化(メインストリーミング化)」と呼ぶ)に成功していると評されている。2013年のキトに関するケーススタディーによれば、同市は、約3億5000万米ドル(市の予算だけではなく、国際的な資金支援や寄付金等も含む)を適応に投資してきたとされている。

(6)ダーバン(南アフリカ)

2004年、ダーバンの環境管理局(当時。現在は、環境計画・気候保護局)によって、適応戦略の策定が開始された。この戦略は、2020年までに「アフリカの中で最も福祉が充実し、住みよい街になる」というダーバン市政府の目標を達成することを主な目的として検討されている。

ダーバンは、人口370万人の都市であり、アフリカで最も活気のある港である。そして、「ダーバン気候保護プログラム」の下、気候変動影響への適応を位置づけた。緩和策中心に進められてきた中で、適応への取り組みが盛り込まれたのは先駆的であった。2004年、同プログラムは、シカゴと同じように、ダウンスケールしたモデルを使って、地方レベルにおける気候変動影響(平均気温の上昇、集中豪雨、海岸浸食等)の評価を開始した。次に、ダーバンは、それぞれの機関の上述の影響に対する脆弱性について研

究するため、適応戦略の項目立てを検討した。

3-2 海外の都市レベルの適応計画の先進的事例の評価と課題

先進事例の中でも、適応計画策定のきっかけはさまざまである。また、適応策として、特定の行動について詳細に記載しているものは稀であり、ほとんどの都市の適応計画は、ビジョンを示すものとなっている。そして、適応計画の実施のために割かれている予算額もさまざまである。

3-1で取り上げた先進事例に共通して言えるのは、各都市が、適応計画を策定するにあたり、単に、気候変動影響への適応を考えるにとどまらず、「どのような街にしたいか」ということを軸に考えて、重点化する部分を選択していることである。筆者が抱いていた適応計画のイメージは、各セクターを網羅したものであったため、上述の適応計画を初めて見た時には、盛り込まれている施策が非常に抽象的で、しかも偏りがあるように感じられた。しかしながら、比較分析を進めるに従って、各都市が気候変動影響への適応計画の策定を、より魅力的な街づくり実現の機会と積極的にとらえていることを感じた。この姿勢は、日本の地方自治体もとりにいれていく必要があると思われる。

欧州連合(EU)では、「気候変動への適応に関するEU戦略」の下、行動3として、「市長の誓約」(Covenant of Mayors)が盛り込まれている。これは、各都市が地域の適応戦略と普及啓発行動をとる自主的約束を始めることにより、都市における適応を支援するものである。このような都市間の連携のためのイニシアチブも、より効率的・効果的に適応計画を実施するうえで必要となろう。

さらに、ゆくゆくは、複数の都市にまたがる適応策を検討していく必要も出てくるだろう。欧州の一部の地域の洪水や水管理について、そのような試みがみられる。

4 まとめ

上述の通り、都市レベルの適応計画策定過程は、まだ初期段階にあるといえる。適応策として、特定の行動について詳細に記載しているものは稀であり、ほとんどの都市の適応計画は、ビジョンを示すものとなっている。現在、適応計画を策定している都市のうち、本稿では、先進的な事例を取り上げたが、これらの適応計画の根底に共通していたのは、「気候変動影響への消極的な対応としての適応策」の段階を超えて、より魅力的な街づくり実現の機会と積極的にとらえていたことである。

海外の先進事例を踏まえ、日本において、地方自治体における適応策を進めていくために、以下3点を指摘しておきたい。

第1に、地方自治体は、その自治体により合ったかたちで、気象・気候関連被害への適応戦略を立案することが可能であることを地方自治体自身が認識する必要がある。都市のインフラに対する投資は、適応を加味すべきであること、また、ハードな対策だけではなく、グリーンインフラやソフトな対策も重要であることも指摘しておきたい。

第2に、適応策は、防災等の既存の上位開発政策との一貫性を有していない場合、適切に実施されない。そのため、適応策を開発政策のなかに取り込んで押し進めていく必要がある。これを「適応策の主流化(メインストリーミング)」というが、これが非常に重要となっている。

第3に、地方自治体は、限られた財源の中で、短期的な政策課題に対して、重点的に投資を行うため、長期的リスクの評価に目が向くような仕組みを作り出す必要があり、そのための国等からの支援(法的枠

組みの整備、資金、情報の一元化など)が必要である。中でも、情報の一元化は重要である。現在のところ、各地方自治体が適応計画を策定するうえで必要な情報は分散しており、参照するのが非常に困難な状況にある。たとえば、欧州のClimate-ADAPTのように、webベースの気候適応プラットフォームを設置し、活用していくことが考えられよう。

【主要参考文献】

Adaptation Committee (2013) The State of Adaptation under the United Nations Framework Convention on Climate Change.

EEA (2012) Urban Adaptation to Climate Change in Europe Challenges and Opportunities for Cities together with Supportive National and European Policies, EEA report No. 2/2012.

IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press.

高橋潔・久保田泉(2006)「温暖化の適応に関する研究およびその実施の促進をめざして—温暖化影響のリスク評価・リスク管理の視点から」環境情報科学,35(3),PP.39-44

宮本陽子(2011)「欧州における地方自治体の気候変動対策と国際的ネットワークの活用について」自治体国際化フォーラム2011年6月号PP.2-7

気象・気候研究の地域実装に向けて

独立行政法人海洋研究開発機構・地球シミュレータセンター 杉山 徹

1 はじめに

独立行政法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)では、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を運用し、活用して、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)の報告書に貢献する気候予測シミュレーションを実施するなど、さまざまな気候変化や気候変動予測シミュレーションを行い、国内外にその成果を発信しています。その地球シミュレータが設置・運用されている横浜研究所は、これまで以上に地元の自治体との連携を深め、協働していきたいと考えています。そのテーマの例として、社会的関心の高い地球温暖化の神奈川県対象予測シミュレーションや横浜市域など都市部でのヒートアイランド現象の軽減施策検討のためのシミュレーションなどが挙げられます。

2 経験的予測

突然話は変わりますが、次の式は何を表していると思われますか？

$$12.145 + 0.00117 \times \text{冬の降雨} + 0.0614 \times \text{育成期平均気温} - 0.00386 \times \text{収穫期降雨}$$

ワインは大人の飲み物のひとつではありますが、同時に投機の対象となる商品でもあることはご承知の通りです。

米国の経済学者であるアッシュェンフェルター(Ashenfelter)という人が、ワインの質が、その原料となる葡萄が生産された時の気候条件から予想できるという事を発表しました。上の式は、その質を予想する式です。発表された時は、多くのいわゆるワイン専門家などから批判を浴びたようですが、ニューヨークタイムズ紙に記事が掲載される¹など、話題になりました。



今注目している事に対して、何か別の事から推測することを、人はよく行うでしょう。古の統計データからの占いなどはその一例と思います。未来のことは誰にも分からないため、伝承にもなっている事まであります。天気予報を、下駄を転がすことで予想することは、天気予報が現在のように発達していない頃は、晴れと雨とを二分の一の確率で予想したと言えるかもしれません。

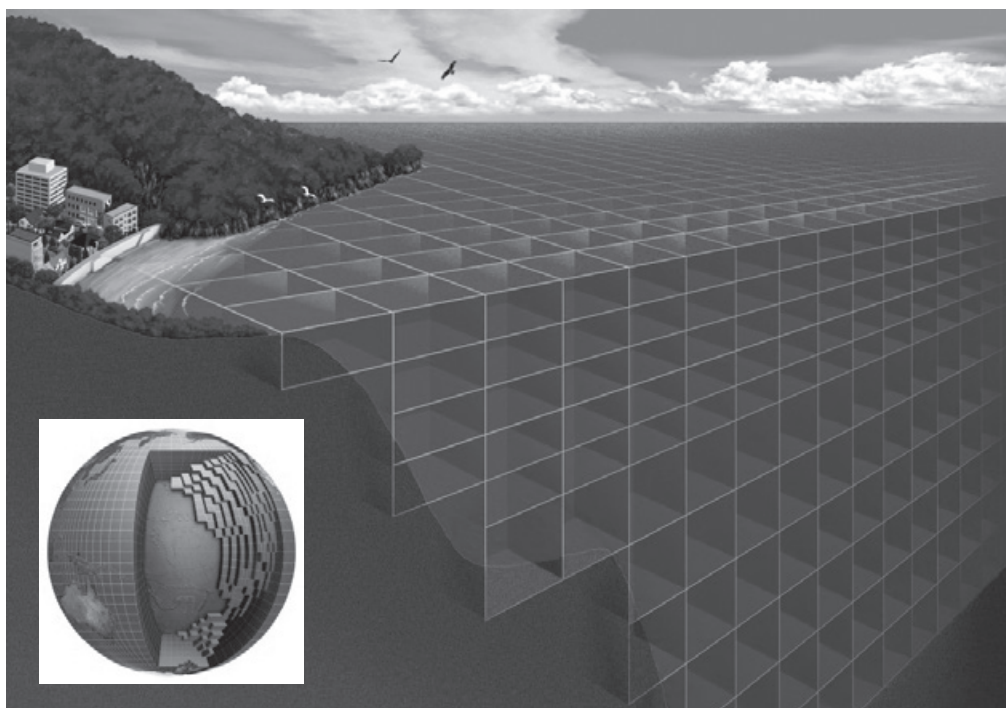
一方、夕焼けが見られると明日は晴れ、月に暈がかかると雨になるなどは、気象学的な根拠があります。日本付近では、天気は西から変わって来ることが多いため、夕焼けが見られるということは、西の空が晴れているという事なので、しばらく晴れが続くという事ですし、低気圧の前方にある温暖前線は、暈

をかけるような雲(巻雲・巻層雲)を伴っているため、しばらくすると低気圧の本体がやって来て雨になるだろう、ということになります。

3 世界的な気候予測から身近な予測へ

3-1 気候・気象のシミュレーション手法とは

テレビなどで報道されている毎日の天気予報には、気象庁のスーパーコンピュータで計算された予報値が利用されています。国内外で観測された気温や雨量などのデータを入力し、数時間から数十時間先の天気を、シミュレーション(ここでは、コンピュータを使った計算の意味で使います)を行うことで予報しています。では、その計算はどのようにして行われているのでしょうか。図を見てください。



シミュレーションで得られる結果は、世界中のすべての場所々々で得られるわけではなく、縦・横・高さ方向に区切った箱に分けて、その箱での代表値が得られるだけです。その代表値が、将来、どうなるかを物理法則に従って計算していきます。そのため、その箱が大きければ、自分のいる場所と隣の市や県が、同じ箱に入ってしまうため同じ予報値となってしまいますので、隣の市と地形などの条件がことなればなおのこと、予測される天気は現実には違うのに、同じということになってしまいます。もちろん、箱の大きさを小さくすれば区別できて良いのですが、それでは、計算する箱の数が増えてしまうため、予測するための計算量が増えてしまいます。例えば、箱の縦と横と高さの辺の長さを半分にすると、 $2 \times 2 \times 2$ で8倍の箱の数になりますし、時間刻みも半分にするため、16倍の計算量になってしまいます。計算する箱の数が増えたことで、やっと計算が終わったと思ったら、未来の時間を計算したはずなのにその時間はとっくに過ぎてしまった、ということになってしまっは予測としての意味がありません。

IPCCが発表する世界の気候変動・気候変化予測を行う場合は、箱の大きさが水平100 km程度ですので、

私たちの身近な生活にどれほどの影響があるかを知るには、箱は大きすぎるようです。横浜の県庁舎から100 km先とは、例えば甲府市で、まさに隣の県です。つまり、横浜と甲府は同じ箱の中ですから、同じ予測値であるということです。しかし、100年後というとても先の気候の変化を追跡していくには、これより小さい箱での計算は膨大になるので、現実的には、神戸にある世界でも有数のスーパーコンピュータである京コンピュータでも難しい計算になります。スーパーコンピュータの性能向上は、10倍速くなるのに3～4年かかるため、箱の大きさを半分にするとしても16倍の計算が必要になりますから、現在と同じ計算時間内に、16倍の大きさの計算をするためには、技術の進歩を待たなければならないことになります。地球温暖化が進む中で、横浜と甲府ではどのように違うかについての結果を知るのは、大分先のことになってしまいます。では、何もせずに、スーパーコンピュータの性能向上を待っているだけでしかないのでしょうか。

3-2 ダウンスケールへ

そこで、経験的予測を利用することを考えてみます。上に書いたように、自分のいる場所の天気だけでなく、西の空遠くの様子から明日の天気を判断しようとしてきました。また、世界的な現象でも、例えば、エルニーニョ現象が観測される年は、日本は冷夏・暖冬になりやすいと云われています。

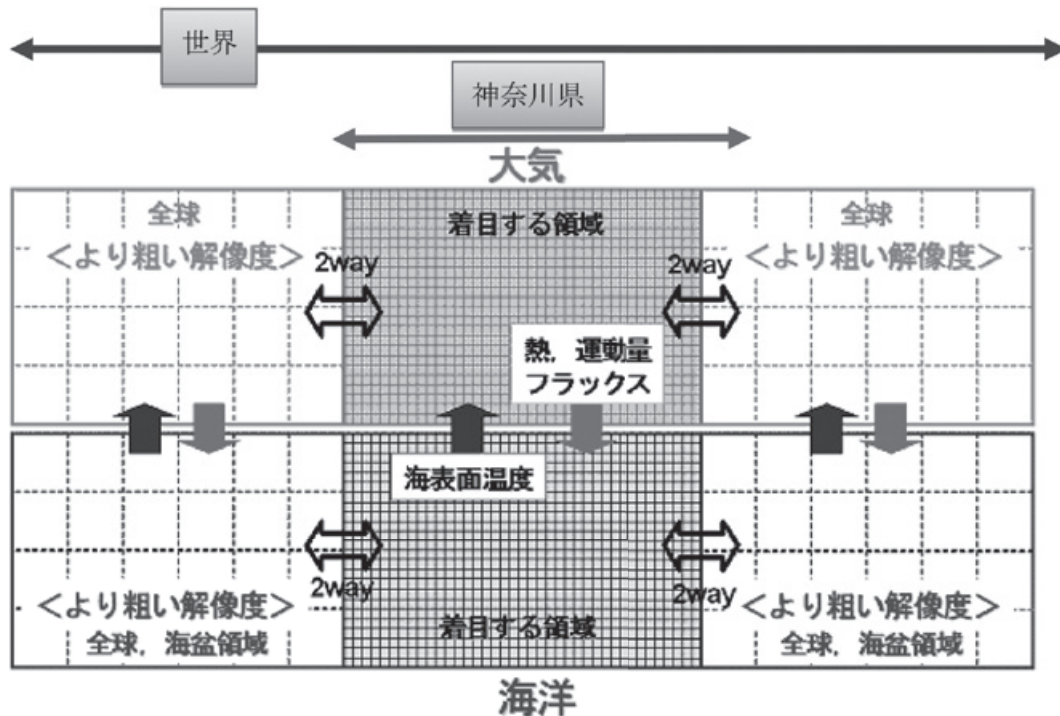
遠くの現象から自分のいる場所の気候・気象を予測することは、ある程度可能なのです。これを根拠を持って断定出来るまでその信頼性を高めていくと、伝承や迷信から科学研究になるのです。下駄を転がすことは科学ではないのですが、エルニーニョ現象がなぜ冷夏をもたらすかのメカニズムを解明し、それに基づいた確率を述べていくことが考えられます。

また、一辺が100 kmという大きな箱では、その1つの箱の値から、中に入っている市町村ごとの現象を区別することはできませんが、近傍のいくつかの箱での値から、自分のいるピンポイントの場所での気候を導き出す(外挿や内挿もそのひとつ)ことは考えられるでしょう。たとえ同じ箱に属している自治体でも、導き出す式が異なり現象を区別することが可能となるのです。

これを、統計的ダウンスケールと呼びます。名前はさておき、過去に起きた自分のいる場所での現象をたくさん集めてきて、他の現象との関連性の強さを探っていくのです。アッシュェンフェルターのワイン方程式も、そのようにして探った結果です。この方法は、一度方程式が見つかってしまえば、毎年の予想値がとても簡単に導き出せるというメリットがあります。

しかし、ここで大きな課題が残っています。それは、何と関連性を見出せば良いのか、です。世の中で起きる現象は無限にあるわけですし、その中から適切な現象を選び出すのは大変です。近傍の箱といっても、どこまで遠くの箱を使えば良いかを見つけ出さなければいけません。

ワイン方程式では、関係式を作ってみようと思ったところもすごいのですが、3つの変数だけで十分(例えば世界の景気という要素を入れる必要が無かった)と判断したところもまたすごいのです。



注目する神奈川県の大気と海の計算のみ細かい箱で計算すると、計算負荷が軽減される。

もう一つ、力学的ダウンスケールと呼ばれる方法もあります。先のシミュレーションの箱ですが、全世界的な計算は大きな箱を使い、注目する場所のみ小さな箱を使うことにすれば、全てを小さな箱で計算することに比べて計算の負荷は格段に小さくなります。そこでは、大きな箱の結果を境界条件として設定し、その中で小さい箱の計算をするのです(上図参照)。

神奈川県のみを小さな箱で詳細に計算すれば、世界の計算を行った上で、神奈川県の詳細な現象が見えてくるのです。また、温暖化された世界の計算はシナリオに応じてさまざまな結果が報告されています。数度の温度上昇で済むケースから5～6度の温度上昇を示した結果もあります。そこで、スーパーコンピュータ「地球シミュレータ」を使用して、JAMSTECでは、これまでの国内外への発信のみならず、地元神奈川県の連携を深め協働することによって、このテーマをご一緒に取り組んでいけたら良いのではないかと考えています。

3-3 対処療法から根本的解決へ、協働作業で実装に向けて

我々が神奈川県の将来を予想しようと思った時、どのような方法を使えば良いのでしょうか。まず、統計的ダウンスケールの方で考えてみましょう。上に書かれているように、何と関連性を見出すかが問題です。これを一番よく知っているのは誰でしょうか。気候の研究者でしょうか。いいえ、私は、現場の人だと思います。実際に農作物を生産されている方は、作付け時期から収穫時期まで、長年の勘や経験から判断されているでしょう。海でも漁師の方が潮目を判断し、海運業の方が潮流を読むことは普通に行われていると思います。また、現場の方と共同して研究をされている方も、鍵となる現象が何であるかは、気づいていると思います。つまり、何に注目すれば、数少ない情報からの的確な判断が出来るかを知っているのです。この知識は貴重な財産であり、JAMSTECの研究者のみならず、多くの人が、喉から

手が出るほど欲しい情報です。そこで、我々研究者と現場の方が協働でその関連性を方程式に仕上げると、経験則をもとにした社会へ応用できる科学研究へとつながります。研究者は、なぜ、そのような関係式になるのか、どのような自然法則に基づいて発生しているかを解明し、その鍵となっている現象が、将来、どのくらいの頻度で発生するか、を見出そうとします。現場の方は、その現象から、自分たちのいる場所がどうなるかを、協働で見出した方程式を使って自ら予測し、適応策を練っていきます。これこそ、「最先端の研究」と「実社会でのシナリオ」のマッチングとなるのです。さらに、その方程式が将来にわたって長く使えるか、他の自治体に適応させるときの変更はどの程度か、と次のテーマへの礎となります。

次に力学的ダウンスケールの方で考えてみましょう。神奈川県領域のみ細かい箱で計算するのですから、より、詳しい結果が得られるでしょう。箱のサイズが1 km以下にした計算結果をみると、普段のテレビ天気予報の3時間ごとの天気の移り変わり(メッシュ予報)と似たような画像が見られるようになります。例えば、次のような災害対策に役立つような計算が可能となると考えています。

2012年7月の九州北部豪雨²の際に、神奈川県丹沢湖周辺では、14日3時10分に観測史上1位となる104.5 [mm/h]の降水がありました。これは現代の地球の気候環境で発生した現象です。しかし、もし将来の温暖化した地球環境で同じことが発生した場合、降水量がどのように変化するのでしょうか。このような、将来想定される地球環境における被害予想を見積もることができます。疑似温暖化実験と言われる研究手法で、より現場への貢献度が増す課題と考えられています。実際、文部科学省のプロジェクト『気候変動適応研究推進プログラム(RECCA)³』の富山県の将来降雪量に関する報告では、降雪量が減ることにより、雪解け水の量への影響が報告されています。こちらは、より政策・企画に近い課との協働となるでしょう。さらに、降雨量の変化から来る丹沢湖・津久井湖などの水質管理への影響や、豪雨時の浄水場の運用方法⁴を事前に把握しておくためにも、水をもっと知り、適応策を講じる必要が考えられます。

では、実際に協働で得られた成果を、現場に反映させることを考えてみましょう。あなたは、夏休みの宿題を、早めに終わらせた方ですか。多くの方は、休み終了間際に慌てた経験があると思います。本当に間際にならないと動かない人が多いかどうかは分かりませんが、将来の適応策も同じ傾向が出て来ることが考えられます。つまり、「長期的計画を示すのみでは、誰も動かない。」⁵ということが懸念されます。

例えば、農業の分野において、気候が変化してきていることへの対応を行ってきている、という意見もあります。毎年、少しずつ変わっている気候に対応して、少しずつ作付け時期、作付け苗など、その年毎の適応策を講じているということです。この積み重ねで抜本的な解決につながれば、それが最善です。コストも少なく済みますから。しかし、この対処療法が効かなくなってから行動を起こしても間に合わないことができません。その適応策は、夏休みの真ん中辺りで、始めても良いでしょう。「直近的適応を示しつつ、長期的適応策につながる方針」が示せるように、一緒に考えていければよいと思います。そのために必要な手法・計算結果などを、今後もこのような場を借りて、研究現場と実装現場とがお互いに情報交換を続けていきたいと思っています。

4 人的交流へ

最後に、最も重要と考える協働作業を提案して終わりたいと思います。現在の世界最速のスーパーコンピュータと家庭用パソコンの計算速度の差は、1000倍以上あります。ただ、最速のスパコンを使わなくとも、神奈川県の詳細結果を得るための力学的ダウンスケールの計算は可能です。今の計算機の性能向上の速さを考えれば、数年後には、現在の最先端の研究テーマの計算がパソコンで可能になる時がやってくるということです。汎用パソコンでも計算が出来るようになれば、この文章を読んでいる皆さんが、将来予測シミュレーションや適応策に必要な計算が、独自で実行することが可能になります。そのような時のために、必要なこと・今のうちに行っておくこととは何かと考えてみます。例えば、JAMSTECに研修に来て頂き、その計算ノウハウを取得するのはいかがでしょうか。我々がそのような研修プログラムを立ち上げ、実装現場の方々との連携を今のうちから密にしておくのです。互いに持つデータや情報・ノウハウを交換し有益に使い合うことで、今ある情報のさらなる活用が図れることは必須と思います。

謝 辞

本研究の推進にあたって、多くの方々にご助言とご示唆をいただいたことに感謝申し上げます。

この場を与えて頂きました神奈川県政策局政策部科学技術・大学連携課 政策研究・大学連携センターに感謝申し上げます。内容の一部は、2013年10月23日に神奈川県環境農政局環境部環境計画課が主催しました地球温暖化適応策に関する研修において講演した内容を含みます。

海洋研究開発機構、特に地球シミュレータセンターの多くの方にも助言を頂きました。また、2つ目の図は、木下真一郎氏の作成によるものです。

注：

1： <http://www.nytimes.com/1990/03/04/us/wine-equation-puts-some-noses-out-of-joint.html>, 1990年3月4日付け

2： http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/new/jyun_sokuji20120711-0714.pdf

3： 気候変動適応研究推進プログラム - RECCA, <http://www.mext-isacc.jp>

4： http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%A5%BF%E5%B7%9D%E6%B5%84%E6%B0%B4%E5%A0%B4_%28%E5%B1%B1%E5%BD%A2%E7%9C%8C%29#.E6.96.AD.E6.B0.B4

5： 13年10月23日に神奈川県環境農政局環境部環境計画課主催の地球温暖化適応策に関する研修において出た課題

地球環境未来都市研究会と 神奈川における気候変動適応策への取組みについて

横浜国立大学大学院都市イノベーション研究院 佐土原 聡
佐藤 裕一

1 はじめに ～「地球環境未来都市研究会」の設立～

20世紀末になって、人類は地球の有限性を認識し、その有限性をふまえた文明の再構築に迫られている。特に人口と活動が集中し地球環境問題の要因が凝縮する都市の再構築は最重要課題となっている。今日、資源エネルギーと持続可能性を地球規模で外部に依存する都市は、地球環境問題への対応なくしてその未来はない。一方で日本においては、急速な人口減少超高齢化とグローバル化による大きな経済社会変化にも対応できる、多面的機能を備えた地球環境に対応した都市を構築していかなければならない。

人口370万人の大都市横浜市は国(内閣官房)の環境未来都市に指定され、地球環境に対応しつつ超高齢化にも適応できる高品質で国際的なモデル都市を創り出そうと動いており、その水道水源桂川流域の都留市はスマートシティとして中山間都市の環境モデル都市を目指している。その都市づくりの手法や成果はトップランナー日本の新たな国際貢献として広く世界にも展開することが期待されている。

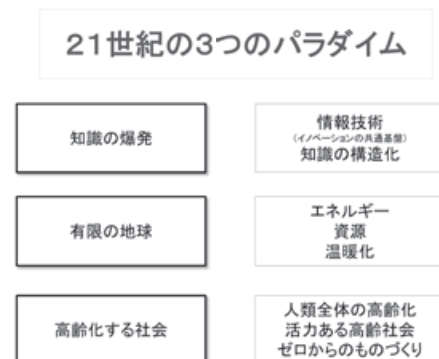
その使命を自治体のみならず産官学の連携コンソーシアムで推進するために、横浜市温暖化対策統括本部、都留市、(独)海洋研究開発機構アプリケーションラボ、横浜国立大学地域実践教育研究センター、東京大学登坂博行研究室、(株)日立製作所情報・通信システム社、大成建設(株)技術センター、東京ガス(株)エネルギー企画部、ESRIジャパン(株)の9者で構成される《地球環境未来都市研究会》が2012年7月25日に発足した。その後、神奈川県政策研究・大学連携センターが、主に気候変動適応策の研究を進めるために、2013年6月から本研究会に参画することとなった。

本稿では、地球環境未来都市研究会の活動の紹介と神奈川における気候変動適応策に研究会の活動の一環としてどう取り組もうとしているかについて論じる。

2 21世紀の3つのパラダイムとレジリエンスの課題解決最先進地域をめざす「神奈川拡大流域圏」

小宮山宏は「日本「再創造」」で21世紀の3つのパラダイムとして「知識の爆発」「有限の地球」「高齢化する社会」を挙げ、日本はこれら人類の課題に真っ先に直面する「課題先進国」であり、トップランナーとして克服していく「課題解決先進国」でなければならないとしている。本研究会は、その先頭に立って3つのパラダイムに正面から取り組むことにより、課題解決最先進都市「スマート・サステナブル・シティ」を神奈川・横浜・都留で実現していくことを目的としている。

本研究会ではスマート・サステナブル・シティを「総合的な先端技術を備え、グローバル経済をけん引し、地球環



小宮山宏「日本「再創造」」から引用作成

図1. 21世紀の3つのパラダイム

境と防災に対応し、多世代の英知と活力を生かせる社会を、ICTを基盤として実現した、「人類の課題解決最先進の持続可能な都市」ととらえ、そのような最先進都市を首都圏の南西域を構成する水の共同利用圏域である富士山から東京湾までの神奈川拡大流域圏において実現すること、特に中核の下流大都市横浜市と上流小都市都留市で先駆的に実現することを目的としている。

この神奈川拡大流域圏は、神奈川県とその上水道水源流域となる相模川・酒匂川上流である山梨県・静岡県の一部を含む地域で、この水資源に支えられ、首都圏でも最も多くの研究機関と世界的な先進産業が集積している。この地域は人口減少時代であっても人口微増が続くが、都心回帰により都心に近いエリアでの人口増、その辺縁部での人口減少という人口集約が進み、これまでの成長の反動で大規模で急速な高齢化とそれに続く人口減少の進行が予測されている。またこれまで京浜工業地帯を中心に明治以来日本の近代化をけん引して、資源多消費型産業都市を形成してきたが、先端的な省資源・省エネルギー技術を導入して、地球環境対応型の都市システムへと再構築することが求められている。

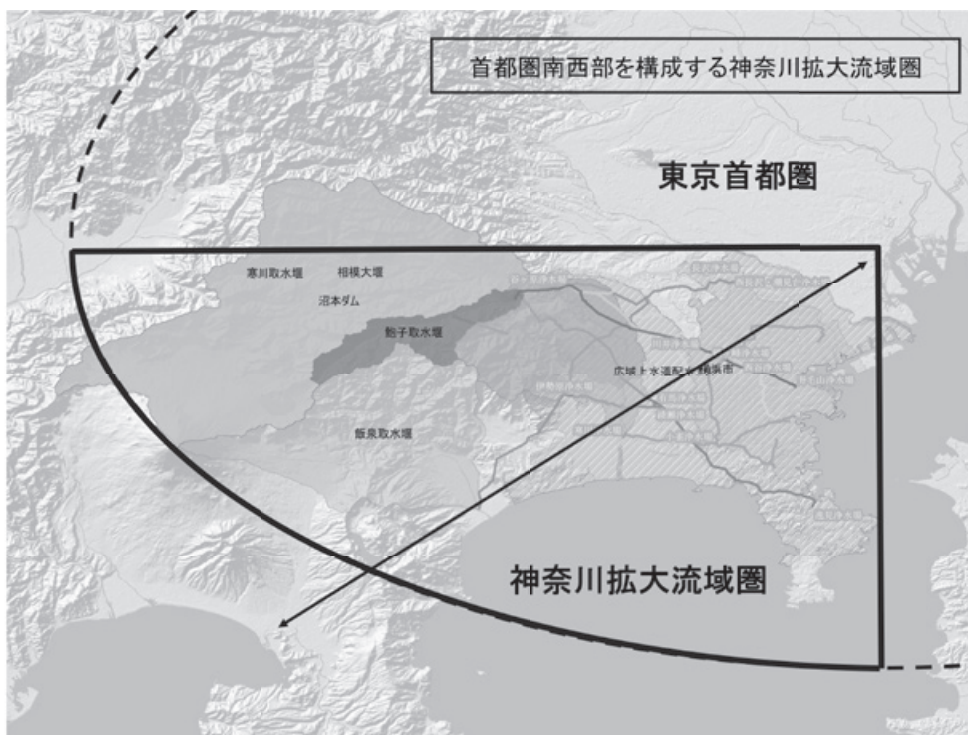


図2. 東京首都圏西南部を構成する神奈川拡大流域圏

さらにこの神奈川拡大流域圏は北米大陸プレートの端でユーラシアプレートとの境界域に位置し、大陸プレートの下にフィリピン海プレートと太平洋プレートが潜り込み、大規模直下型地震や富士山噴火などの大規模な地殻変動が予想される、世界でも有数のリスクの高い地域でもある。また太平洋に面しているため黒潮が流れ、エルニーニョ・ラニャーナ現象に左右されて地球温暖化の影響も直接的に受けることが予想されている。このように21世紀の日本のグローバル展開をけん引する首都圏を代表する先端産業集積・人口高密度・超高齢化のエリアが、地殻変動・地球温暖化といった地球規模の災害のホットスポットにあるのが神奈川拡大流域圏である。東日本大震災を経験した日本においては、世界経済の重要拠点がこのような大規模災害のリスクを抱えており、万一の場合、国際社会に及ぼす影響が甚大である

ことを現実のものとして予測できる。したがって、そのような「困難な状況にもかかわらず、しなやかに適応して生き延びる」レジリエンスを地域が備えていくことは、国際的な責任という意味からも必須であるといえる。

3 ICTプラットフォームとデザイン・マネジメントのサイクル

本研究会では、神奈川拡大流域圏のこのような先進的で多面的に輻輳する各課題に、知識の構造的な整理に基づき構築されるICT基盤を活用して包括的に対応することで、スマート・サステナブル・シティという統合的な解を導くことをめざしている。

そのために、地域・都市を構成する地圏・水圏・大気圏・生物圏・人間圏の5圏の最先進の学術・科学の知識(ディープ・データ)とICTによる膨大な情報(ビッグ・データ)とを、公開された自治体情報(オープン・データ)を要に組み合わせ、新たな包括的知識を創造するICTプラットフォームを構築しようとしている。ここで特に重要なのは、分野ごとに分断されているディープ・データを研究者どうしの人的ネットワークの形成で融合し、これを新たな国・地域の知的情報基盤としてイノベーションを生み出すことである。それを神奈川拡大流域で先駆的に構築、活用し、横浜市・都留市で世界最先進のスマート・サステナブル・シティを誕生させていきたいと考えている。

ICTプラットフォームのデータとネットワークは図3に示すような階層性を持っている。基盤となるのは大学・研究機関のネットワークによる学術・科学のディープ・データで、高度に専門的なデータ群でもあり、大学・研究機関のネットワーク内で一旦閉じられてはいるが、その中で分野を超えて共有され、異分野横断のイノベーションを起こしていくことが期待される。

これらのディープ・データは大学研究機関ネットワークで精査されたうえで、自治体・企業・住民に提供されることになるが、これは重要な地域基盤情報ともなるので、自治体で活用運用できる共有フォーマットに変換して提供される必要がある。そのためにすでに運用されている自治体ITとの親和性を考慮し、特に時空間情報の基準を明確にして共有する必要がある。近年自治体のIT化、特にGISデータ基盤が各分野で整備され、都市インフラ等の運営上重要な機能を果たしており、それらデータの統合化が課題となる。さらに、地域社会の革新を促すものとして、自治体情報の公開を活かすオープンデータ化の動きが出てきて、企業や住民活動の促進による社会イノベーションが期待されている。本研究では自治体データが大学・研究機関のICTプラットフォームによって提供されるディープ・データに支えられることで、地域社会に信頼されるICTプラットフォームとして機能すると考えている。

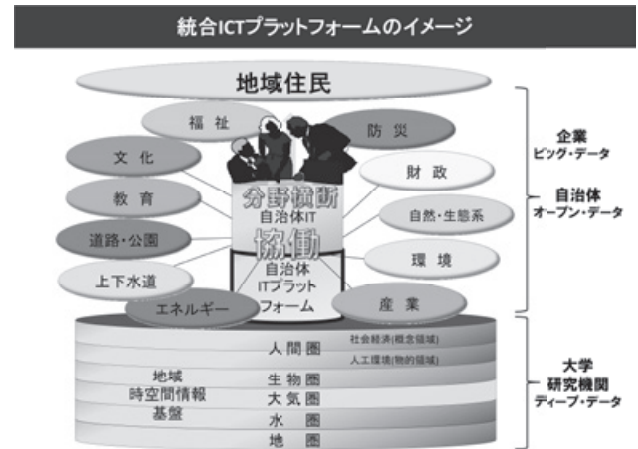


図3. ICTプラットフォームの階層性

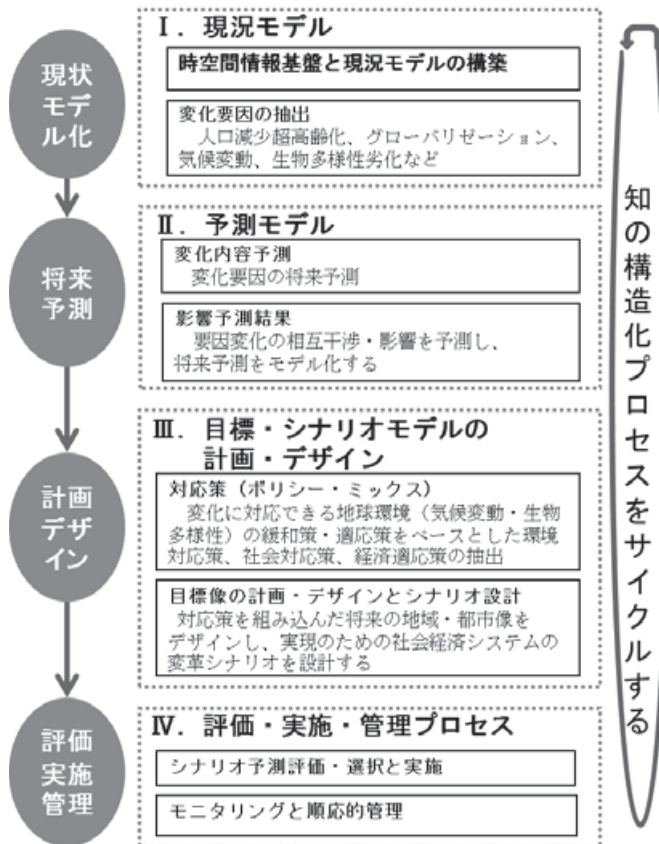


図4. デザイン・マネジメントのサイクル

このディープ・データとオープン・データの2層からなるICTプラットフォームの上で、多様で大量のビッグ・データを企業や住民が活用して、それぞれが主体となることで社会全体の活性化と利便向上がもたらされ、グローバル経済や人口減少超高齢化といった経済社会の課題克服と、地球環境や災害に積極的に対応できる「スマート・サステナブル社会」の実現が図られることが期待される。

ICTプラットフォームの階層化されたデータとネットワークを活用し、地域・都市の課題を発見し解決するためには、現状モデル化⇒将来予測⇒計画デザイン⇒評価実施管理のプロセスが回る必要がある。第一の現況モデル化プロセスは、はじめに現状を時空間情報化しGISデータとして5圏に階層化して、それぞれの要素ごとにモデル化・データベース化し、次に変化の要因を抽出する。この際のモデルとは要素・要因に時空間情報が付与されたもので、時空間が共有の座標軸となり、異なる要素モデルがつながり上位のモデルが形成

される。更に変化要因の将来予測をし、それらの変化要因が時空間座標上でどのように相互に影響し合うかを予測して、それをモデル化する。

第三のプロセスは、予測モデルを基に、多様な対応策を設定し、それらを組み合わせながら、将来の目標像をデザインし、それを実現するための社会経済システムの変革シナリオを設計する。

次の評価実施管理プロセスでは、目標とシナリオを評価して選択し実施するが、重要なことは長期にわたる選択・実施プロセスにおいて、絶えずモニタリングがなされ、その結果が現況モデルにもどって、再びプロセスのサイクルが回されることである。変化の予測がきわめて困難な課題に取り組む場合、予測がはずれた場合に迅速に軌道修正ができる必要がある。

このようなプロセスの際に不可欠なのは、それぞれのプロセスが時空間座標軸で定量化可視化されて、分野を超えて情報共有が容易になり、知的活動の協働が行われることである。これがICTをプラットフォームでスムーズかつ活発に進められることで、イノベーションが誘発される可能性がある。

4 地球環境・防災と環境防災型ICTプラットフォーム

本研究においては人間圏を取り巻く地球規模の地圏・水圏・気圏・生物圏の自然圏を地球環境とする。地球環境問題は人間圏の活動が地球環境に大きく影響を及ぼしている地球温暖化(気圏、水圏)と生物多様性喪失(生物圏)をさし、最終的に人類への災害として顕在化してくる。それは地殻変動(地圏)による地震災害や気象災害と重なり、特に後者は地球温暖化により気候変動が大きくなり、災害が激化することが危惧されている。一方で生態系が持つ基盤・調整サービスがもたらす災害への防災力が多くの地域で劣化して、気象災害に対して脆弱性が増してきている。生態系の破壊・脆弱化の原因は、人口の急速な増加にともなう、全世界での生物資源の消費拡大がグローバル経済の拡大と共に地球全域での農地拡大や森林伐採などの生態系からの大規模搾取へと拡大し、その破壊が地球上の生物多様性喪失へと及んでいるためである。また急速な温暖化は適応できない生物種の消滅という大きなリスクにつながり、種の絶滅の加速化が危惧され、それは人類の存続基盤の喪失につながる恐れがある。ただ、先進国日本では問題が特殊で、生物資源の価格競争力低下が食糧・木材等の大量の生物資源の輸入に及び、本来管理されることで維持されてきた農林地が管理放棄され、森林飽和ともいべき事態となり、鳥獣被害が拡大する等、生態系の攪乱が進行して、生物多様性劣化が進んでいる。

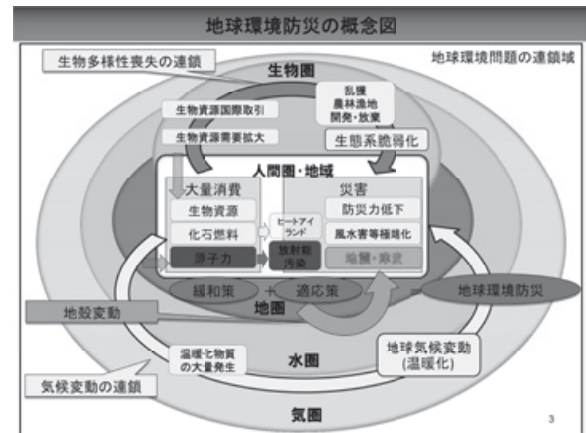
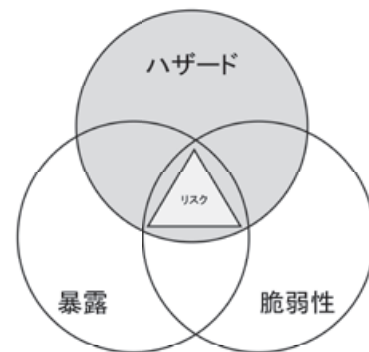


図5. 地球環境と防災の基本概念図

このように、地球環境に関する問題は地殻運動による地震災害を含め、ハザードや脆弱性とも重なって地域の自然災害リスクとなって還ってくる。したがって、地球環境と防災が一体となった対策が必須であり、更に緩和策とも連携して取り組む必要がある。すなわち、地球環境と防災の問題の構造を明確に把握し、適切な対策を構造化して一体的に実施していく必要があり、予測が困難ないしは不可能な地球環境・防災の総合リスク管理をいかに進めるかが求められている。

エネルギー等人工環境での温暖化緩和策を図るのと並行して、地域・都市の防災を進め、防災力を高めていく。地球温暖化による気候変動影響リスクと直下型地震・火山噴火・津波・洪水などの激甚災害リスク、産業災害などの多岐にわたる地域・都市のリスクの要因をICTのプラットフォームで総合的・一体的にモニタリング・予測管理するとともに、それに対する防災・減災策と復興策までを併せて検討していくという考え方で、地域・都市の危機管理能力とレジリエンスを大きく向上させると共に、そのための重複投資を回避し危機管理コストを低減させていくことが重要である。

リスクはハザード・暴露・脆弱性が重なりあうところで決定されていく。その三要素が神奈川拡大流域



リスクはハザード、暴露、脆弱性で決まる

海洋研究開発機構 公開シンポジウム 資料より

図6. リスクの3要素

圏でどのように分布しているかを調査検討し、各要因を重ね合わせながら都市規模で詳細に検討することが必要で、ICTプラットフォームの特長が活かされる場所である。都市などの人間の居住・活動域のデータとハザード域を重ね合わせることで暴露域が明確になり、更にハザードに対するどのような脆弱性がどこに分布しているかでリスクの分布と全体像を把握することができる。一方でリスクの予測・管理の精度を上げて、対応の適切性を確保するためには、その出発点となる気象や地震等の観測データの密度・精度を上げ、ビックデータとして適切に処理していき、それらを可視化して理解しやすくする必要がある。

更に環境や防災に住民の協力や主体性が欠かせない。このような観測・リスクデータを理解しやすい可視的な形で適切に提供することで、住民協働が可能となり、その活動が広がっていく。本研究で取り組むICTプラットフォームの地圏・水圏・気圏・生物圏・人間圏のディープデータを始めとする情報集積こそ、地域のレジリエンス力の基盤であると考えている。

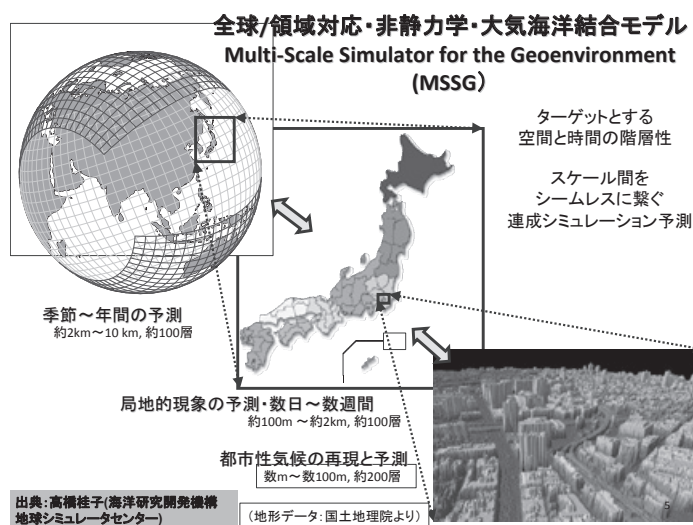


図7. 地球から都市までのマルチスケール

一方で全球スケールの温暖化・生物多様性や地殻変動などから、統一的な意思決定がなされる国家スケール、そして緩和・適応策や防災・減災策が具体的に実施される都市スケールまで、現実にはシームレスにつながっている。しかしながら、我々の情報力・認識力ではそれを一体的に、それぞれの解像度で把握することは不可能に近い。にもかかわらず地球環境防災が現実課題となっている現在においては、そのような作業を可能にしていかなければ、現実問題に対応できない。

特にリスク管理は広域的に進める必要があり、このマルチ・スケールの課題に対応する必

要がある。気候変動、激甚災害のリスク管理を神奈川拡大流域圏規模で水循環・生物多様性リスク管理と一体的に図り、その上でリスク要因がどのように分布・偏在しているかを把握し、個別都市で具体的な対応を設計していくというのがリスク管理計画である。更に気候変動や激甚災害は、全球規模の気候や地殻の変動が作用するので、上位スケールの観測・予測と連携される必要がある。それをICTプラットフォームを用いることで可能とする。

ICTの急速な進歩は、地球から都市までのマルチ・スケールをシームレスに認識できることを可能にしつつある。図7のような全球モデルから都市スケールまでをネスティングして、それぞれのスケールに必要な解像度で気象を再現し、認識できるようにする試みが、(独)海洋研究開発機構において地球シミュレータを活用して行われている。

このような取組みを多分野で試行して組み合わせ、地球環境問題や大規模地震災害を俯瞰しつつ、足元から対策を実施に移し、逆にそのような対策が蓄積されることでより大きなスケールでどのような影響となるかを見積もるといふ、相互検証を可能にする手法・ツールが求められている。

本研究のICTプラットフォームはその端緒を目指すもので、地球環境と神奈川拡大流域圏、そして横浜

市・都留市をマルチ・スケールでつないで考察し、先進的な課題解決策を発見かつ実施していける、課題解決先進都市を目指している。

2013年12月に国土強靱化基本法が成立し、今後関連する施策が実施されていくが、重要なのは前提となる国土のリスクの正確な把握と共有であり、それが無ければ的確な対応はむずかしい。地球環境と防災のような地球スケールのメカニズムによる災害を、施策可能な地域・都市スケールにダウンスケールして、ヒューマンスケールの適応策を講じていかなければならない。それには国土強靱化の基盤となる地球環境防災のICTプラットフォームは必須である。そのためには、繰り返しになるが、地圏・水圏・気圏・生物圏・人間圏の情報を網羅し構造化された統合的な情報基盤を基に、ハザード・暴露・脆弱性の3要因からなるリスクを地域・都市スケールでの確に把握することから始めるとともに、対応策の評価もできるだけ正確に行い、更に適切なモニタリング・管理が求められる。

それら施策を一貫して支援できるのが、信頼できる学術・科学的知見のディープデータを格納したICTプラットフォームで、それを構築管理できる担い手に誰がなるかという課題がある。本研究では産官学を核としたコンソーシアムを想定して、そのプロトタイプを神奈川拡大流域圏という地域と横浜市・都留市の上下流大小都市で実装運用することをめざして研究に着手している。

5 神奈川における気候変動適応策への活用について

最後に神奈川における気候変動適応策への活用について触れる。前章までで概略ご理解いただけていると思うので、ICTプラットフォームを神奈川における気候変動適応策に活用する際の詳細については別の機会にさせていただくとして、ここではポイントだけを確認の意味で述べる。ただお断りしておかなければならないのは、地球環境防災のICTプラットフォームはあくまで、今後構築していく研究目標であって、現段階で出来上がっているものではない。本稿ではそのコンセプトと手法を紹介しただけで、具体化に向けて着手した段階である。

神奈川における気候変動適応策は、地球環境防災というコンセプトで取り組むレジリエンス政策体系の一部と位置付けるのが適切ではないかと思われる。ICTプラットフォームはこれまで困難であった分野を超えての協働を支援できる手法・ツールであるが、このレジリエンスに関わる政策に体系的的一体的に取り組む際にも有効と考えている。

それらを具体化する際に重要なことは、前章末にも述べたが、気候変動適応策に必要な産官学民のコンソーシアム、特に中核となる信頼できる学術・科学的知見(ディープ・データ)を提供できる、研究者・専門家のネットワークを構築することである。神奈川県は各種研究機関を擁しており、そのネットワークを中核として県内外の大学・研究機関を結びコンソーシアムを形成していくのが有効ではないだろうか。ICTはその際のプラットフォームとして活用できる。

気候変動適応策においてはリスク3要素であるハザード・暴露・脆弱性の情報・データや関係者が多岐にわたり、そのための産官学民コンソーシアムは分野横断でありながら連携した一体的な対応を求められる。この点でもICTプラットフォームの活用は欠かせないと思われる。

さらに2点、気候変動適応策の重要なポイントとして、モニタリングと順応的管理が挙げられる。それは気候変動適応策が気候変動シミュレーションなどによる予測値を基に組み立てざるを得ないため、シミュレーション結果や予測値には不確実性がつきまとう。したがって、多様な気候変動適応策に関わ

る要因が現実にとどのように変化しているのかを、継続的にモニタリングしてそのデータを関係者が共有し、対応策との乖離が著しいときは迅速にその軌道修正を図ることができる順応的管理が求められる。モニタリングと順応的管理を一体的に進め、かつそのためのコストを軽減できる社会システムが必要で、ICTプラットフォームにそのような役割が期待できる。

ICTプラットフォームは気候変動適応策に様々な貢献が期待できそうであるが、前述したようにこれは既製品として出来上がっているものではない。またこれは単一の主体が構築できるようなものではなく、多岐にわたる関係者が分野横断で取り組まなければ実現できるものではない。まさに多主体協働が不可欠で、産官学民がコンソーシアムで分担協働しながら、現実のデータを組み込んだ気候変動適応型の小規模なICTプラットフォームを作り始めることが出発点と考えている。

【主要参考文献】

文部科学省、気象庁、環境省(2013)気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』(2012年度版)

地域における気候変動の適応策に関する研究の枠組み

神奈川県政策研究・大学連携センター 岩崎 容子

要 旨

超高齢化社会の到来や地域コミュニティの喪失など様々な課題を抱える自治体にとって、気候変動¹による影響が新たな制約として顕在化している。

夏の猛暑による健康被害や短時間強雨の増加による被災、冬の豪雪による農作物等への被害など、極端な気象現象による影響は近年顕著に現れてきている。これら個々の極端な気象現象と長期的なスパンの気候変動との因果関係については、まだ科学的に解明されていないが、これらの影響は今後深刻化が予想される²。

30年、50年、100年後の気温上昇を予測し、その予測に基づき各分野の適応策を検討する手法が現在の気候変動適応策の研究の主流である。長期の気温予測データの解釈や理解は難しく、地方自治体が施策としての適応策に取り組みづらい一因となっている。

このため、気候変動の新たなアプローチとして、近い将来の短期的な検証が期待できる分野について、懸念される事象から想定されるリスクが起こる条件を分析した上で、その条件が起こる確率についてシミュレーション技術による予測を進める試みが必要であると考えられる。

そこで、このような地域における気候変動の影響と適応策を産・学・官で検討するための地域プラットフォームを形成し、検討を進めたところ、この研究の枠組みは県試験研究機関の現場知(現場科学)と最新科学を結びつけ、地域の気象・気候研究や気候変動の適応策の研究の推進に寄与する可能性のあるものであり、研究の枠組みとしての有効性が認められた。

目 次

- 1 はじめに
- 2 現場知(現場科学)と最新科学を結びつける地域プラットフォームの形成
ー産・学・官の連携による地域を志向した研究の枠組みー
- 3 県試験研究機関の知見の紹介

1 はじめに

2013年は国内観測史上最高気温の41.0度を高知県四万十市で記録するなど猛暑の年であり、また、東北地方や山陰地方では記録的な豪雨に見舞われ、秋にも気温が高い状態が続いた。

猛暑日や短時間強雨の増加など、極端な気象現象は近年増加傾向にあり、将来温暖化が進行することで、

¹基本的に人為的要因によると推定される長期的な変動や変化を対象として「気候変動」の語を用いる。

²IPCC(2011)特別報告書『極端現象及び災害のリスク管理』

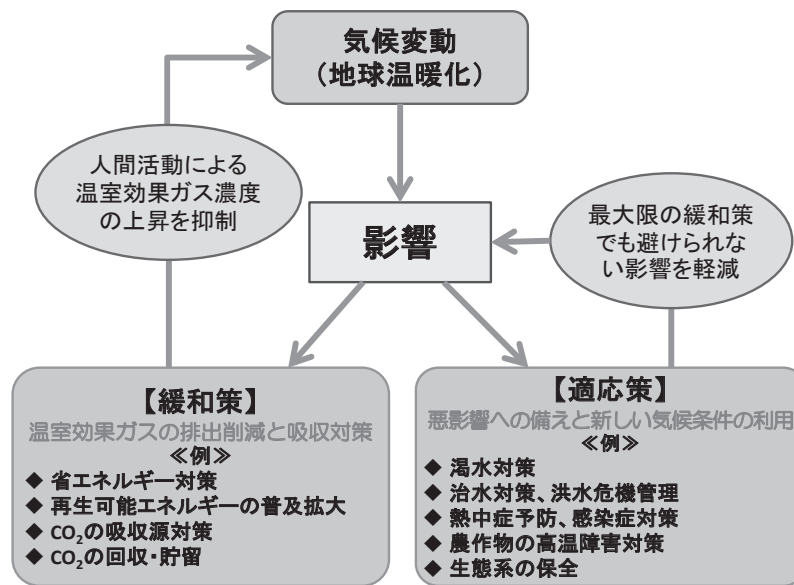
このような気象現象の影響がさらに大きくなることが懸念されている。

気候変動に関する政府間パネル (IPCC) では、2013年9月に第5次評価報告書第1作業部会 (自然科学的根拠) 報告書を公表しており、この中で、気温などについて過去から現在の状況、将来予測などを最近の科学的知見により評価し、「地球温暖化の進行について疑う余地がない」と結論付けた。

これまで、地球温暖化対策は緩和策を中心に対策が採られてきたが、温室効果ガスを削減してもなお温暖化による影響は避けられないと考えられており、その最大限の緩和策でも避けられない影響を軽減する方策を適応策としている。

2013年3月に、文部科学省・気象庁・環境省により公表された「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』(2012年度版)」では気候変動 (地球温暖化) の緩和策と適応策の関係について、下記図1のように示している。

図1 気候変動の緩和・適応策の関係



(出典) 文部科学省・気象庁・環境省 (2013) 「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』 (2012年度版)

この適応策については、国連気候変動枠組条約締約国会議 (UNFCCC-COP) など、国際的な会議の場でも大きく取り上げられるようになってきている。

また、欧米等では、国や自治体レベルでの地球温暖化による影響をどのように軽減するかを議論しており、適応策の位置付けは国によって違いはあるものの、法律に位置付けたり、指針や方針を策定するなどの対応を行っている³。

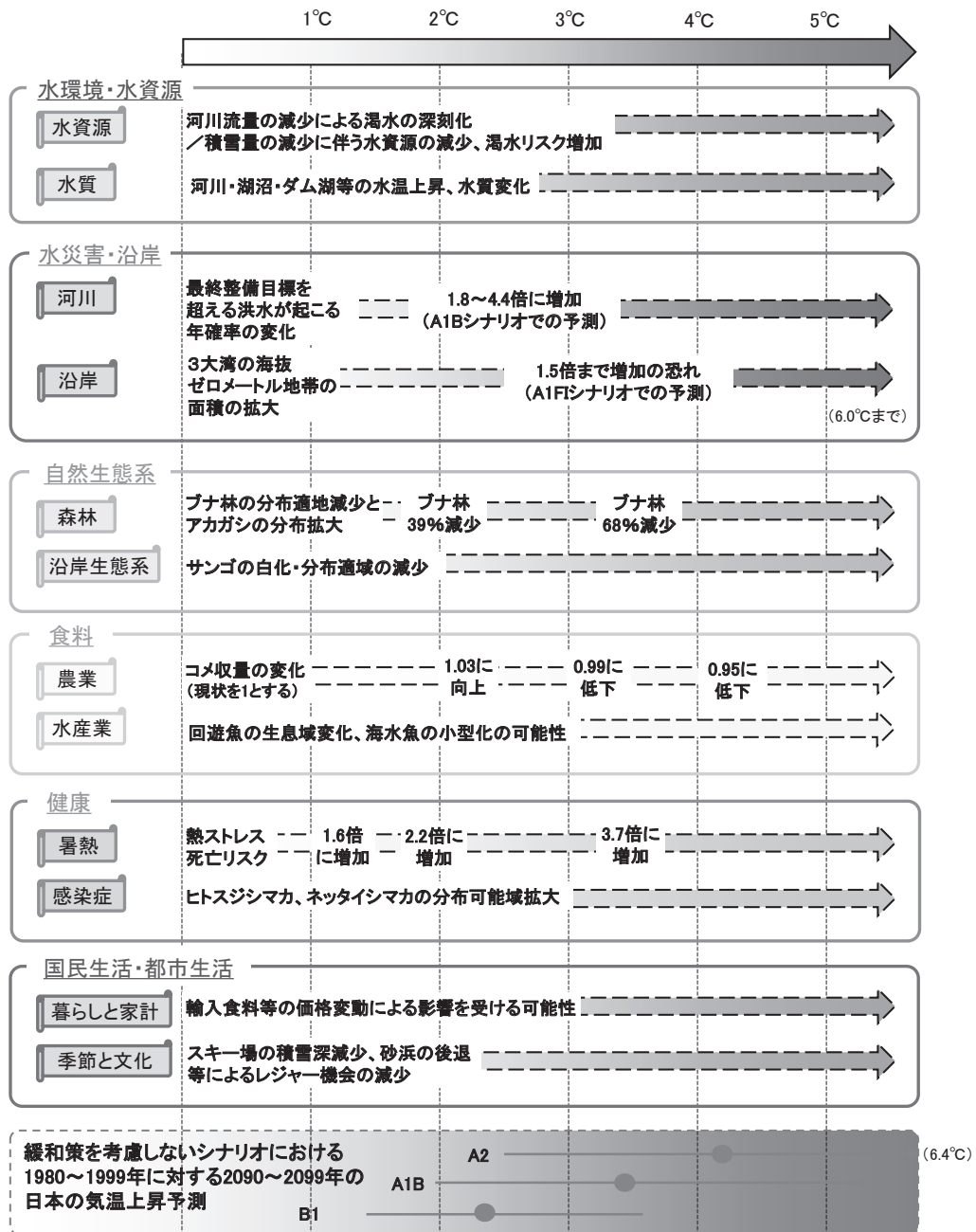
日本国内の動きとしては、2013年7月2日に中央環境審議会地球環境部会に気候変動影響評価等小委員会が設置されている。この小委員会の中では、気候変動の影響及びリスク評価の今後の課題を整理し、2015年2月頃を目処に意見具申という形で取りまとめ、さらにそれらを踏まえて政府全体で短期的 (~10年)、中期的 (10年~30年)、長期的 (30年~100年) に適応策を中心に行うべき分野や課題を抽出、各省庁における検討を経た後、政府全体の総合的・計画的な取組みとして2015年夏を目途に方針 (適応計画)

³久保田泉『サブナショナルレベルにおける気候変動適応の取組みと日本の地方公共団体が学べること』本誌PP163~168

が取りまとめられる予定である。また、この計画は最新の科学的知見等をもとに5年毎に定期的な見直しが図られる⁴。

なお、前出の文部科学省・気象庁・環境省の三省による影響評価統合レポートの中では、平均気温の上昇に伴い、各分野にどのような影響があるかを詳述しており、そのうち代表的なものは図2のとおりであるが、洪水、高潮による浸水のリスク、農作物では穀物や果樹などの収量や品質の変化、熱中症や感染症による健康リスク、生態系については動植物の分布域の変化や種の減少など、その影響は多岐にわたる。

図2 日本における平均気温変化に伴う影響事例



(出典) 文部科学省・気象庁・環境省(2013)「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』(2012年度版)

⁴環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/council/06earth/yoshi06-16.html> 2014年(平成26年)2月3日アクセス

政府全体の適応計画は策定に向けた検討が進められているところであるが、2012年6月の中央環境審議会地球環境部会の「2013年以降の対策・施策に関する報告書」によると、地方公共団体との連携の必要性が取り上げられており「気候変動の影響は、気候、地形、文化などによって異なり、適応策の実施は国レベルだけでなく地方公共団体レベルでも必要である。」とされている。

この適応策について住民により近い地方自治体として、今後どのような対策をとるのかについてまず研究をベースとした体制づくりを進めていく必要があった。

現在のところ自治体レベルの政策を視野に入れた気候変動の適応策に関する国内研究で参照できるものは少なく、また、自治体内部でも実際、気候変動の適応策は緩和策ほど認知度が高くはないようである。

2 現場知(現場科学)と最新科学を結びつける地域プラットフォームの形成

－産・学・官の連携による地域を志向した研究の枠組み－

(1) 気候変動適応策への新たなアプローチ

30年、50年、100年後の気温上昇を予測し、その予測に基づき各分野の適応策を検討する手法が研究の主流である。予測には色々な気候シナリオが用いられ、結果には幅がある。予測の不確実性を前提としたこのような長期の気温予測データの解釈や理解は難しく、このことが、地方自治体が施策としての適応策に取組みづらい一因となっている。

予測に基づき適応策を検討する方法だけでなく、近い将来の短期的な検証が期待できる分野(例えば農作物の生育条件等)について、懸念される事象から想定されるリスクが起こる条件を分析した上で、その条件が起こる確率についてシミュレーション技術による予測を進める試みが必要であると考えられる。

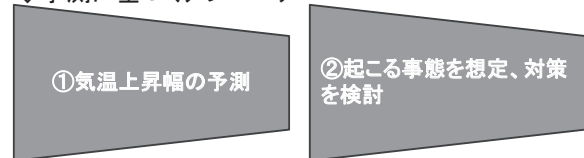
(2) 地域プラットフォームの形成

神奈川県政策研究・大学連携センターでは、2013年6月から地球環境未来都市研究会(P175～参照)に参加、神奈川地域部会を設置し、産・学・官で構成する枠組みにおいて、地域課題についての情報共有を行っているが、2013年度は課題の一つとして気候変動の適応策について取り上げた。

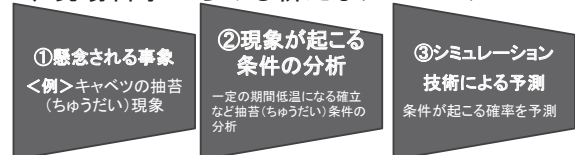
長い期間、地域社会に密着した活動を行ってきた、

気候変動適応策への《新たなアプローチ》

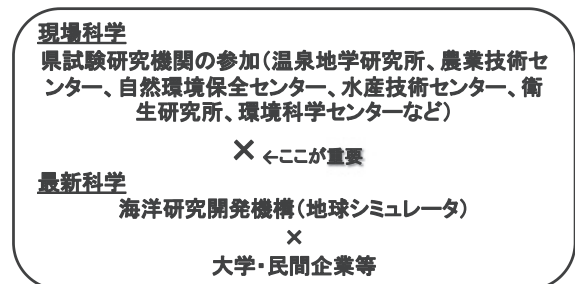
◇予測に基づくアプローチ



◇現場科学からみる新たなアプローチ



地域プラットフォームの形成



気候変動適応策等の検討の枠組みを産・学・公で創る。
 →課題を検討する地域プラットフォームの形成

県試験研究機関には、様々なデータや経験に基づく現場知(現場科学)の蓄積がある。気候変動の影響や適応策の検討にあたっては、これらの情報が重要となると考えられる。

神奈川地域部会の設置は、このような現場知(現場科学)と最新科学を結びつけ、大学や民間企業と課題を共有し、解決方法を検討するための地域プラットフォームとして形成したものである。

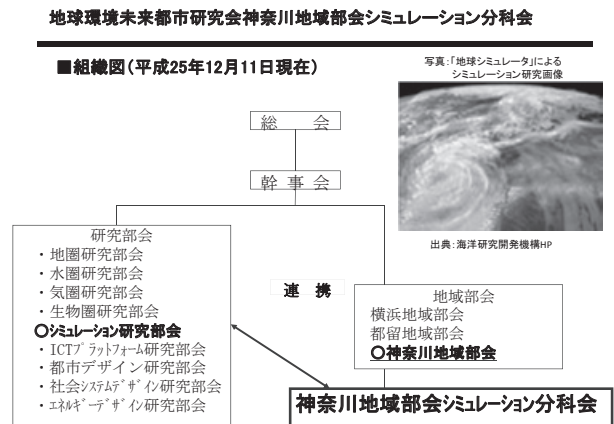
この地域プラットフォームの機能の有効性とこの枠組みにおいて神奈川の気候予測、適応策の開発が可能であるかの検証が、2013年度の主要な課題であった。

(3) 地域における気候変動適応策の検討に向けた 地域レベルの気象・気候研究への協力体制の整備

現在、気象・気候研究は地球規模の広域予測手法が主流であるが、地域の適応策を検討するためには、地域的な視点が重要である。

一例をあげると、都市部での気温上昇は温暖化に加え、ヒートアイランド現象による影響が指摘されている。このため、都市の熱環境の解明のための研究が進められている。

地域レベルでの気候変動のシミュレーションのために注目されるのが、独立行政法人海洋研究開発機構の「地球シミュレータ」である。シミュレーションを地域レベルにダウンスケールすることは適応策の検討のためにも有効であると考えられる。神奈川地域部会では、分科会としてシミュレーション分科会を設置(2013年12月11日設置)し、こうした研究への協力に向けた体制づくりを行い検討を進めている。



(4) 地域の観点からの適応策の共同化・総合化と県試験研究機関における研究の推進

今後、適応策の検討のため神奈川の地域という観点から県試験研究機関の知見を共同化・総合化していく必要がある。また、県試験研究機関でも、気候変動のような長期的課題について地域の大学や研究機関と連携した研究が進められるべきである。

3 県試験研究機関の知見の紹介

神奈川地域部会では、県試験研究機関から適応策につながると考えられるいくつかの報告がされている。これらのうち一部を紹介したい。

高田敦之(神奈川県農業技術センター三浦半島地区事務所研究課)

「キャベツの生育における地球温暖化の影響評価」※農水省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のためのプロジェクト」の中で「温暖化に伴う春キャベツの不時花成・抽苔への適応技術の開発」(2010～2014年度)に取り組んでいる。

(1)背景

三浦半島は、北部は都市化しているが、南部は農業地帯である。半島は海に突き出ており、海洋性気候により冬季が温暖で、冬の寒い時期にダイコンやキャベツが収穫できる。国の野菜指定産地にもなっており、県内でも非常に大切な農業産地である。優良農地が集積しており、ダイコン、キャベツの生産量はいずれも県全体の7割以上を占めている。

キャベツは露地栽培のため適地適作で作られ、産地リレーにより周年供給されている。東京都中央卸売市場の産地別入荷状況を見ると、主たる産地でほとんど網羅しているという特徴があるが、特に冬に収穫できる産地は限られており、渥美(愛知県)、三浦、銚子(千葉県)の3地域で入荷量のほとんどを占めている。三浦は冬から春先までを担っている産地である。今後さらに温暖化が進むと、冬でも生産できる地域が拡大して温暖地のメリットが失われてしまうのか、安定供給の面などでも不明な点が多い。

三浦半島の気象条件を神奈川県中央部に位置する海老名と比較すると、年平均気温の差は0.5℃と小さいが、冬季(12月～2月)の日最低気温は5℃ぐらいの大きな差がある。海老名では氷点下になる日も多く、氷点下ではキャベツの生育が止まってしまうが、三浦の場合は氷点下になる日が少なく、厳寒期でも生育が進むという大きなアドバンテージがある。また、過去30年間の年平均気温の推移をみると、緩やかな右肩上がりになっており、30年間で1℃～1.5℃程度上昇している。

(2)温暖化の影響

キャベツは、冬を越えて春になると花を咲かせる生理的な特性をもっている。そのため、越冬作型の場合は、花を咲かせずに収穫することが栽培上の重要なポイントである。キャベツの花芽ができて、芯の部分が伸びてくる現象を抽苔(ちゅうだい)というが、当試験場でも長年研究され、現場技術指導に役立てられてきた。また、100年以上の歴史があるキャベツ産地であるため、農家自身が様々な経験則をもっており、播種時期を遅らせることなどにより生育をコントロールして、抽苔しないように管理している。それでも、異常気象などで予期せぬ時期に不時抽苔してしまうケースも稀にある。今後、温暖化や気候変動によってキャベツにどのような影響が出てくるか、現在のところ全くわかっていない。気象条件だけでなく様々な要因から産地形成されていることを考慮すると、温暖化に伴って単純に産地移動していくことは考えにくく、産地に合わせた適応策の検討が必要である。

抽苔については、品種間差があることが知られている(図1)。例えば、気温の変動が激しかった2011年度には不時抽苔が比較的多くみられ、品種によってはほとんど収穫できなくなった。



図1 同一気象条件下における抽苔発生の品種間差

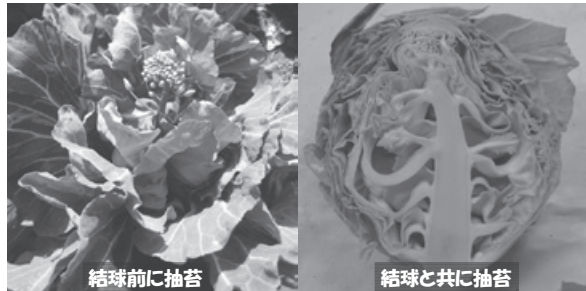


図2 抽苔により出荷不能の例

- 越冬したキャベツは、春になると花を咲かせようとする。
 ●結球より花成・抽苔が早く進むと、出荷不能。
 ●抽苔より早く結球が進めば、出荷可能。

結球と抽苔は追いかけてこをイメージすると理解しやすい。結球より抽苔が先になってしまうと出荷できないが、抽苔より先に結球が進み、収穫する大きさに達すれば出荷可能である。ただし、外観上は問題なくても、内部で抽苔している場合(球内抽苔)もあるため注意が必要である(図2)。球肥大も抽苔も温度の影響が非常に大きい、これらに対して温暖化がどう影響するのだろうか。

専門的な話になるが、キャベツは「緑植物春化型植物」というタイプの植物である。その特徴は、一定の

大きくなって、ある低温に一定期間遭遇すると、花芽が形成されるというものである。この性質を踏まえ、春どりキャベツ(越冬作型)では、秋に種をまき、低温感応しない程度の小さな株の状態では生育させ、やがて大きな株に育つと低温感応が始まり花芽分化するものの、抽苔する前に収穫期がきて問題なく出荷するのが通常のパターンである。温暖化が進むとどうなるか。まず、播種後の生育が温暖化により進み、低温感応ステージに早く達する点は、花成を促進する要因である。一方、低温自体が緩み、低温感応しにくくなる場所は花成を抑制する要因になる(図3)。これらの相反する要因が生育ステージにより微妙に影響し合うため、温暖化したら抽苔しやすいとか、しにくいと一概には言えず、モデル化による影響評価が必要と考えている。

(3) 抽苔リスク予測モデルの開発

研究の具体的内容は、次のとおりである。はじめに、いつ花芽分化するかという分化時期を予測するモデルを作る。花芽分化してからも種々の条件が絡み合わないと簡単には抽苔しないので、この辺の条件解明に取り組んでいる。それがわかってはじめて抽苔リスク予測モデルができる。このモデルに温暖化シナリオの気象予測データをあてはめ、播種日ごとに抽苔の有無を予測できると考えている。「抽苔リスク播種期間」を予測し、「この時期の播種は抽苔リスクが高い」といった情報提供を指導機関に行ったり、さらに一歩進めて、「今年の気象条件下ではこういった対策が有効」といった適応策まで提案できるようになれば一番いいと考えているが、露地野菜では対策が限られているという現状もある。

三浦では、葉の柔らかい「金系201号」という春系キャベツが40年以上作られており、試験でもこの品種を使っている。露地栽培で温暖な状況を作ること

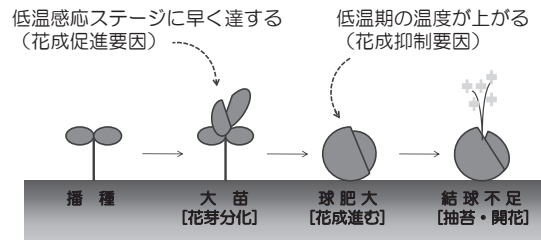


図3 今後の温暖化による影響イメージ

温暖化の影響を評価するためには、モデル化による定量評価が必要。

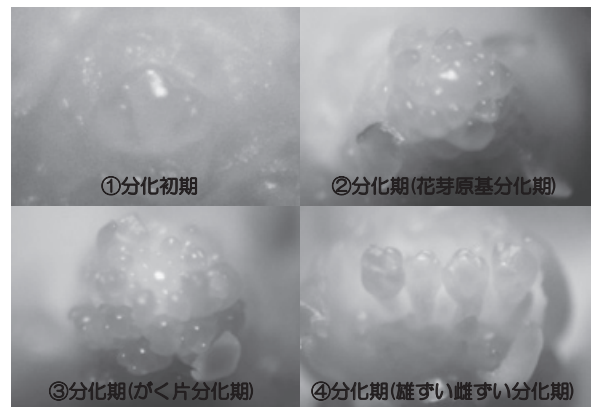


図4 花芽分化の検鏡写真

種日をずらして暖かい時期に栽培したりして、温度と生育の関係を調べている。キャベツの葉を剥いていくと中心部に成長点があり、その周りに花芽の原基ができて、それが生育すると花蕾になる。実体顕微鏡で観察しながら、花芽分化期がいつなのか調べている(図4)。

次に、予測方法についてである。前述したように、キャベツはある一定の大きさの株になると低温感応するようになるが、その大きさを生育限界温度を設定したうえで播種後の有効積算温度から推定している。また、何°Cで低温感応するのか、感応期間は何日間であるかを設定し、一日当たりの花芽の発育を花芽発育指数(DVI)で表す計算式によって、花芽分化期に達する日を予測している。過去3年間の試験データから、生育限界温度は5°C、花芽分化に必要な低温は14°C、低温感応できる植物体の大きさは有効積算温度で750°C日、低温感応が22日間続くと花芽分化期に達するという概算的な結果が得られている。

具体的な予測例を図5に示した。9月15日まきと9月27日まきは、いずれも気温が上下しながら徐々に低温期に向かう時期になるが、早まきの9月15日まきは、生育が進み大きな株の状態では低温期に入るので、低温に入った途端に花芽分化の準備が始まり、12月5日に花芽分化期を迎えるというパターンになる。一方、9月27日まきのように少し遅い播種では、小さい苗で低温期に入り、その後苗が大きく育つて感応可能な大きさに達すると花芽分化の準備が始まり、12月20日に花芽分化期を迎える。このように、播種日の違いによって、花芽分化期はずれる。この花芽分化期予測モデルを使って、2010年度の日平均気温データと、全体的にプラス2°Cになると仮定した温暖化バージョンについて、シミュレーションしてみた(図6)。

10月9日まきの場合、実際の花芽分化期が1月21日だったのに対し、プラス2°Cでは生育が早く進み、低温期に入るとたちまち花芽分化の準備が始まることにより、1月8日、2週間以上早めに花芽分化するという予測値となっている。これを播種日を変えてシミュレーションしてみると、この事例とは逆に温暖化時の方が花芽分化期が遅くなるケースもあり、条件設定を変えることにより温暖化時の影響予測ができると考えている。また、予測精度は、3カ年の試験データのうち約8割が3日以内のずれで予測できており、概ね使えそうなところまでできている。

以上のように、花芽分化期はある程度予測できるが、その後抽苔するかどうかの予測が難しく、まだ試験を繰り返しているところである。図7に示したように、9月29日まきと10

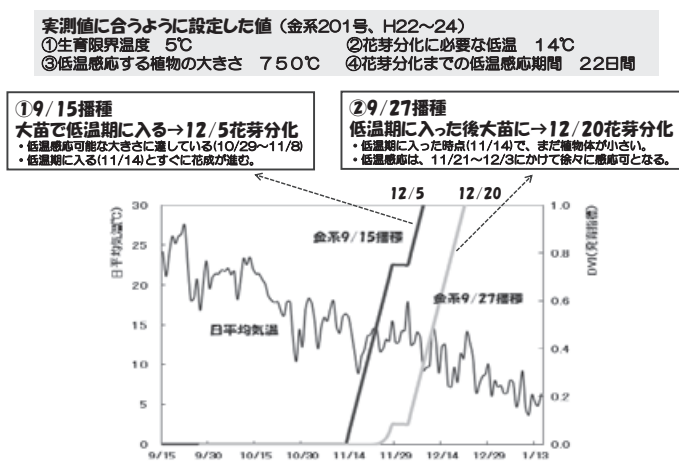
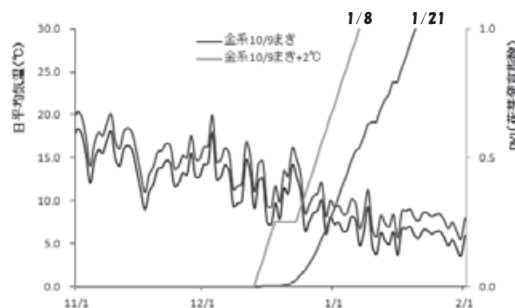


図5 花芽分化期予測の例示



- (1)低温感応可能な大きさに達する日
 現状の12/17から、温暖時には12/11に早まる。
- (2)低温(12°C)開始日
 現状の12/9から、温暖時は12/14に遅れる。
- (3)低温感応期間
 温暖時は、12/19~23の温度が高いため低温感応しない。

花芽分化期
 現状: 1/21
 温暖時: 1/8に早まる。

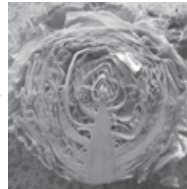
図6 温暖化時の花芽分化期シミュレーション例

月3日まきでは播種日が4日しか違わないが、9月29日まきの抽苔株は0%、10月3日まきでは100%と大きく結果が変わるケースがある。両者の違いとして、花芽分化期の葉枚数に着目すると、抽苔しなかった9月29日まきの葉は20枚(推定値)で、外観的にも大きいのに対し、10月3日まきは17枚(推定値)とやや少ない。この小さな違いが抽苔の有無に影響している可能性があると考えているが、現在のところ、結論は出ていない。様々な播種日で試験して、花芽分化期の葉枚数と抽苔の有無を調べたところ、早まきすると葉枚数がある程度確保できて抽苔せず、逆に遅まきすると花芽分化が遅れるため、結果的に葉枚数が増えて、抽苔しない。その間の時期に播種すると、抽苔する場合としない場合が混在するようである。

9/29播種
花芽分化日：12月19日
推定葉枚数：20枚
鉛直投影面積：0.140m²



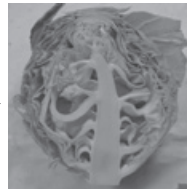
抽苔率：0%



10/3播種
花芽分化日：12月25日
推定葉枚数：17枚
鉛直投影面積：0.129m²



抽苔率：100%



推定葉枚数は、花芽分化期の1g以上の葉数を積算温度から推定したもので脱落葉を含まない。

図7 結球株と抽苔株の違い

では、なぜ葉枚数が抽苔の有無に関係しているのかであるが、9月24日播種のサンプル例では、3月6日に931gで収穫できたが、そのまま育てたところ、3月22日にはすべて球内抽苔になった。このように収穫時期のわずかな違いで抽苔するようなサンプルを使って、生育途中(1月9日)に外葉をすべて摘葉する処理をして人為的に葉枚数を減らしたところ、収穫前(3月22日)にすべて球内抽苔となった。また、摘葉する代わりに、アルミホイルで外葉を覆っ

て光合成を抑制する遮光処理を行ったところ、全てが抽苔した(3月28日)。これらのことから、葉枚数や同化産物が少ないと結球が遅れ、収穫時期より先に抽苔してしまうと推察されたが、詳細についてはさらに検証が必要である。

最後にまとめると、はじめに播種日を設定し、花芽分化期予測モデルにより花芽分化日を予測する。その際、生育期間中の気温が平年時の場合、暖冬の場合、あるいは気候が変動した場合などでシミュレーションし、各々の場合について花芽分化期の葉枚数を予測する。その予測枚数の多少によって、抽苔リスクが高い、中程度、低いなどの判定ができると考えている。抽苔条件についてはまだ不明確な点があるので、再現性の試験によりデータを蓄積したうえで、抽苔リスク予測モデルを作っていきたいと考えている。

前川千尋(神奈川県水産技術センター企画資源部長)

「水域環境保全等に関する試験研究(漁場の水質調査、赤潮調査)」

「海況予測に関する調査研究(定点観測や黒潮の調査)」

「気温上昇に伴う海への影響と変化について」

(1)海流の変化

相模湾とか東京湾の中の色々な条件だけで潮の流れが変動するのではなくて、沖を流れる黒潮の流れにより沿岸の海況条件は大きく変わる。国の研究所の話では、近年、黒潮の流れがやや強くなってきているのではないかという話も出てきており、そうすると沿岸にも影響が出てくると思われる。

(2)神奈川の海の変化

温暖化と直接関係があるかは分からないがアカエイが湾内で増えており、その食害により漁獲対象生物が減っていることが疑われる。

最近起きている現象は磯焼け(藻場が大規模に消失する現象)で、三浦半島地域で顕著になっている。原因はアイゴという南方系の魚とガンガゼというウニの一種による食害と考えられている。

(3)底生生物(ていせいせいぶつ)の変化

沿岸資源では東京湾の主要漁業である底引き網漁業ではシャコ、マコガレイなどの魚を漁獲している。そのうちシャコは小柴のシャコということで江戸前のシャコで全国的にも高い評価があるが、非常に近年漁獲量が減少してきている。

また、東京湾内の底生生物のモニタリング調査を1990年から20数年位行っており、その調査結果から小型の甲殻類を中心とした底生生物相が2000年頃から大分変化して、種類数、量が劇的に減っている。これは単に漁業管理、漁業者がとりすぎて減ったのではなく環境面の変化があつてシャコも含めて減ってしまったと考えている。一方でアカエイのような漁業的にはあまり価値が高くない魚種が増えている現象もある。

(4)のり養殖技術

水産業の適応策の具体的事例の一つにのり養殖がある。本県でも横浜の金沢や横須賀の走水でのり養殖が行われている。千葉県などでは高温耐性のあるのりの品種改良の取組が行われている。水温の上昇によりのり養殖技術も昔と変わってきている。のりの場合、9月の下旬から10月上旬に網種付けをするが、その後水温が順調に下がって、なるべく早い時期に20度を下回らないと上手くのりが育たない。



写真：海洋観測の様子



写真：のりの養殖

昔は、種付けしたのり網を直ぐに海に張り込めば、年によって多少違うが順調にそのままのりが生育して11月の中旬にはその年の初摘みの、のりの製品ができて出荷が出来た。ところが今は、9月下旬から10月の始めでは養殖に適した水温まで下がらない。

昔は海で採苗していたが、採苗した後、水温が下がらないということで育成技術が変わり、陸上で温度管理をして種付けをするようになった。のりは乾燥や冷凍に非常に強いので採苗直後すぐ冷蔵庫に入れて、海の状態が10月中旬以降、安定してくるまで冷凍庫に保存する。海の水温が養殖に適した水温まで下がってきたら冷蔵庫からのり網を出して海に展開する。そうすると、2週間位、養殖時期が遅れて11月の中旬から下旬位にならないと新のりが出てこない。また、のり養殖の終わりの時期も東京湾だと、4月の下旬までのりがとれたが、今はせいぜい4月のはじめ位まで、漁期については短くなるという影響が出て来ている。

(5) 漁獲物の変化

漁獲物については、大幅に変化したというより少しずつ採れる時期や内容、種類が変わってきており、どちらかというとなら系、暖かい海の方で今までよく採れたものが増加傾向である。漁船漁業は環境の変化に対応して漁獲対象魚を変えていかないといけないという問題もある。

(6) 海の観測体制、モニタリングの体制

年2回、国の研究所主催の会議が開催され、半年の間に発生した特異な状況について各県が持ちよって報告している。例えば、新聞紙上を賑わすような変わった魚(リュウグウノツカイ、メガマウス)がとれている事なども報告される。通常の漁業で従来になかった取れ方をしている事例も報告されている。

海洋観測を各県連携して、例えば沿岸としては東京湾、相模湾、大島の西、東に観測点を設け、水流温、塩分、必要に応じてチッソやリンなどの観測と分析を行っている。これがどういう経過で始まったかという、1963年(昭和38年)の豪雪の時に非常に海の水温が下がり、あまりの寒さで魚が死んで浮くという現象があり、海の状態がどうなのか分からないということで水産庁が音頭をとって全国的に観測網を作って現在に至っている。ただ、現在予算減で継続することが厳しい状況である。

東京湾内だとこれまでの色々な有機物の負荷があり、夏場は有機物の分解に酸素が消費されて、貧酸素水塊ができる。主に千葉県の船橋沖で発生し、それから徐々に南に広がってくる。それを観測して溶存酸素情報という形で利用者に提供している。

相模湾地域では定置網の漁獲情報を蓄積している。1953年からデータがあるため長期にわたる気候変動の影響の分析も可能となっている。

(7) 温暖化に対応するための水産技術

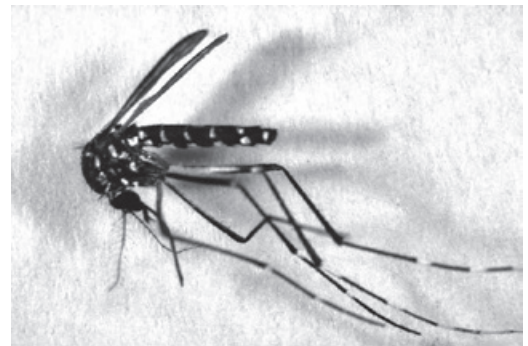
高水温に強いヒラメの育種を行っている。水温が上がると海水中の溶存酸素量が低下する為、低溶存酸素でもなかなか死なない系統というのがあるので、そういうDNAマーカーを使って低酸素に強い系統の作出を行っている。

(1)感染症媒介蚊の生息状況と防除に関する研究

- ・ヒトスジシマカは昼行性で、昼間吸血をする。ヤブカの仲間、体は黒色で背中に白色の1本の縦すじがある。温暖化に伴い生息域の北限が徐々に北上して、現在では青森県まで到達している。この蚊は墓地、公園、竹藪、雑木林などに生息しているが、空き缶・ビンなどの水、あるいは古タイヤにたまった水でも発生するので、都会でも繁殖が可能な蚊である。
- ・この蚊はデング熱やウエストナイル熱などを媒介する。ウエストナイル熱ウイルスは鳥類が保有しており、鳥とヒトを含む哺乳類の両方を吸血する蚊により感染が広がる。
- ・ネッタイシマカはヤブカの仲間、一時的に熊本県で発生したり、沖縄では20世紀の初頭まで生息していたが、現在は国内に定着していないが温暖化に伴い北上してくる可能性もある。このネッタイシマカはデング熱、チクングニア熱、黄熱を媒介する。
- ・アカイエカ群(アカイエカ、チカイエカ、ネッタイエカ)は夜行性で、夜間吸血する。アカイエカ、チカイエカは沖縄、奄美を含む全国に、ネッタイエカは沖縄と奄美に生息をしている。アカイエカは下水、汚水溜りなど、流れの少ない、有機物を含む水域で発生する蚊で、アカイエカは鳥も吸血するため、ウエストナイル熱を媒介する。
- ・コガタアカイエカは国内に広く分布をしている。灌漑(かんがい)地域、池や沼、水田などの広い水域で発生する。この蚊は日本脳炎やウエストナイル熱を媒介する。
- ・シナハマダラカは日本全国に分布しており、水田や湿地といった広い水域で発生する。この蚊は三日熱マラリアを媒介する。三日熱マラリアは現在国内では発生していないが、過去には発生していた。
- ・衛生研究所では2012年に、神奈川県内の蚊の発生状況を県内9カ所(厚木3カ所、海老名2カ所、大井町1カ所、小田原2カ所、寒川町1カ所)で調査した。蚊は炭酸ガスに誘引される習性があるため、この習性を利用したトラップで蚊を捕獲する調査を実施している。
- ・5月から10月が蚊の主な活動時期にあたり、捕獲数が最も多かったのがアカイエカで、5月から11月まで捕獲された。2番目はコガタアカイエカで7月～10月にかけて捕獲された。
- ・ヒトスジシマカは6月から10月まで活動していた。

地球温暖化に関する衛生研究所の取り組み

1. 感染症媒介蚊の生息状況と防除に関する研究	
ヒトスジシマカ	昼間吸血性。空き缶・ビンなどの人工の器物などから発生 青森以南に分布 墓地、公園、竹藪、雑木林などに普通に生息 デング熱、チクングニア熱、ウエストナイル熱を媒介
ネッタイシマカ	国内には定着していない 1944～1952年に熊本県天草で一時的に発生 沖縄には20世紀初頭まで生息 デング熱、チクングニア熱、黄熱を媒介
アカイエカ群	夜間吸血性。下水、汚水だまりなどから発生 アカイエカ、チカイエカは沖縄、奄美を除く全国に分布 ネッタイエカは沖縄、奄美に分布 ウエストナイル熱を媒介
コガタアカイエカ	国内に広く分布 主に水田から発生し、灌漑溝、湿地、池沼など 日本脳炎、ウエストナイル熱を媒介
シナハマダラカ	日本全国に分布 水田、湖沼、湿地などから発生 三日熱マラリアを媒介(熱帯熱マラリアはコガタハマダラカ)



写真：ヒトスジシマカ



写真：アカイエカ

- ・シナハマダラカは6月～9月に捕獲された。蚊の種類、地域によって出現する時期が異なっていた。
- ・今後、温暖化により蚊の分布や生息状況が変化する可能性があり継続的に調査を実施することとしている。

(2) 感染症発生動向調査

- ・感染症法は、1999年から施行され現在に至っている。この法律では、感染症発生動向調査事業として100余りの疾患の発生動向を監視することになっており、感染症発生の情報を把握するためのシステムが構築されている。対象疾患は1類から5類まで分類され、1類から4類感染症までは医療機関で診断された場合は直ちに国に報告することになっており、5類感染症は1週間以内に報告することになっている。デング熱とチクングニア熱は感染症法で4類感染症に規定されている。
- ・衛生研究所は、医療機関においてデング熱やチクングニア熱の感染を疑い、保健福祉事務所に届出があった場合に、確定検査を行っている。
- ・デング熱は東南アジアや南アジア、中南米カリブ海などの地域で発生している。数千人規模の流行が東南アジアの大都市で発生している。東南アジアの都市部では主にネッタイシマカ、人口密度の低い地方ではヒトスジシマカが媒介していると言われていた。現在、デング熱の国内発生例はなく、すべて輸入例である。過去には第2次世界大戦中に、デング熱の発生が長崎、兵庫、大阪などであった。
- ・チクングニア熱は、1953年にタンザニアで初めて発見された、比較的新しい感染症である。現在はアフリカ、南アジア、東南アジアに分布している。日本では輸入感染例のみで、国内での感染事例はない。2005年にインド洋で流行し、2007年にイタリア北部の村で300人の流行があり、徐々に分布が広がっている。通常チクングニア熱ウイルスはネッタイシマカで増殖して、ヒトに感染を広げるが、2006年にヒトスジシマカで非常によく増殖するチクングニア熱ウイルスが発見されている。これにより、ネッタイシマカのみならず、ヒトスジシマカが媒介する流行が起こる危険性がある。
- ・国内のデング熱届出数は、感染症法が施行された1999年の翌年の2000年から50例前後で推移していたが、徐々に増え、2008年には約100例になった。2010年にはタイやインドでの流行の影響を受けて250例近くまで国内での届出数も増えた。2011年以降は毎年約100例になっている。デング熱とチクングニア熱は海外から持ち込まれる輸入感染症であるが、国内に媒介する蚊が生息しているため、今後国内の流行が起こる可能性も否定できない。

2. 感染症発生動向調査事業

感染症法：106疾患が発生動向の監視の対象
 国内感染例のない感染症(デング熱、チクングニア熱など)も監視
 感染疑い例を衛生研究所で確定検査を実施
 デング熱&チクングニア熱 = 感染症法で4類感染症
 診断したら直ちに届出

デング熱

東南アジア、南アジア、中南米、カリブ海諸国に分布
 アフリカ、オーストラリア、中国、台湾でも発生
 数千人規模の流行が東南アジア諸国の大都市で発生
 東南アジア等の都市部では主にネッタイシマカ
 人口密度の低い地方都市ではヒトスジシマカも重要な媒介蚊
 1942年にデング熱の流行が長崎県、兵庫県、大阪府等で発生

チクングニア熱

1953年にタンザニアで初めて分離
 アフリカ、南アジア、東南アジアに分布
 2005年からインド洋の南東の諸島国で大規模な流行
 2007年にイタリア北部の村で300人(1名死亡)規模の流行
 ネッタイシマカとヒトスジシマカが媒介
 2006年にヒトスジシマカ体内での増殖活性が約100倍増加した
 変異株(A226V)が出現

《謝辞》

横浜国立大学教授の佐土原聡様、研究員の佐藤裕一様には地球環境未来都市研究会(参加研究者約50名)を通じ、各界の第一線で活躍されている研究者の皆様と神奈川県の記事を共有する機会を与えていただきましたこと心より感謝申し上げます。

この研究会の活動を通じまして独立行政法人海洋研究開発機構の高橋桂子様、杉山徹様には地球シミュレータなどのシミュレーション技術や最新の科学技術についてのご教示、地球シミュレータの見学の機会をいただきましたほか、杉山様には気象の地域研究・実装化について示唆ある寄稿をいただきました。

また、神奈川地域部会に参加されてはいらっしゃいませんが、海外事例等について非常に参考となる原稿をお寄せいただいた独立行政法人国立環境研究所の久保田泉様に感謝いたします。

《主要参考文献》

文部科学省・気象庁・環境省(2013)「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』(2012年度版)

IPCC(2011)特別報告書『極端現象及び災害のリスク管理』

IPCC(2011)特別報告書『再生可能エネルギー』

環境研究総合推進費(S-8)『温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究(2010～2014)』

環境省(2012)『第4次環境基本計画』

総合科学技術会議(2010)『気候変動に適応した新たな社会の創造に向けた技術開発の方向性』

佐土原聡編(2010)『時空間情報プラットフォーム』東京大学出版会

中嶋いづみ・岡野内俊子(2013)「地域レジリエンスと事前復興」かながわ政策研究・大学連携ジャーナル No.4②.pp81-108

岡野内俊子・津久井稲緒(2011)「地域における科学技術政策のあり方に関する研究」平成22年度調査研究報告書、神奈川県政策研究・大学連携センター～シンクタンク神奈川～

気象庁(2013)『地球温暖化予測情報第8巻』

登坂博行・小島圭二・三木章生・千野剛司(1996)「地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発」地下水学会誌、第38巻第4号pp253-267

独立行政法人海洋研究開発機構地球シミュレータセンターパンフレット「地球シミュレータ」

《ホームページ》

神奈川県ホームページ <http://www.pref.kanagawa.jp/>

環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/>

地球温暖化予測情報 第8巻(気象庁) <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/GWP/>

CLIMATE-ADAPT <http://climate-adapt.eea.europa.eu/>