
部 会 報 告

生物と気象 (*Clim. Bios.*) 7:B-1, 2007

<http://www.soc.nii.ac.jp/agrmet/sk/2007/B-1.pdf>

2007年9月5日掲載

<http://www.agrmet.jp/sk/2007/B-1.pdf>

「地球温暖化の実態とそれが生態系と農業活動に及ぼす影響」 に関する研究会に関する報告

小林和彦¹、桑形恒男²、広田知良³、近藤純正⁴、清水庸¹、見延庄士郎⁵

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科

² 農業環境技術研究所大気環境研究領域

³ 北海道農業研究センター寒地温暖化研究チーム

⁴ 東北大学名誉教授

⁵ 北海道大学理学研究院自然史科学部門

1. はじめに

大気 CO₂ の増加と共に、地上温度が上がっており、これがシミュレーションモデルの推定とも合っているので、地球温暖化は現実に進んでいると、多くの人々が考えている。そして、温暖化の実態はだいたいつかめたので、今度は対策が重点だという見方が、温暖化に限らず地球環境変化全般について、行政関係だけでなく、研究者の中でも強まっているように感じられる。けれども、現在の温暖化予測の結果は、本当に正しいのであろうか？ われわれは地球の様々な環境変化の実態を、どこまで本当に知っているのだろうか？ 今回の研究会では、「実際はどうなっているのか？」に焦点を当て、特に日本国内あるいは日本周辺での観測事実を詳細に検討することによって、実際の観測結果と、予測された環境変動との間のギャップを明らかにすることを目的とした。

2. 開催日程

本研究会は、以下のような日程で開催された。

名称：「地球温暖化の実態とそれが生態系と農業活動に及ぼす影響」に関する研究会

主催：日本農業気象学会生態系プロセス研究部会

共催：独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構北海道農業研究センター、NPO 法人グリーンテクノバンク

会場：北海道農業研究センター・大会議室

札幌市豊平区羊ヶ丘1番地

日時：平成18年9月11日(月) 10:00~17:20

参加人数：100名

プログラム：

10:00~12:00 特別講演：近藤純正(東北大名誉教授)

「地球温暖化の原因は何か、日本における温暖化の実態」

(質問ならび討論を含む)

13:00 ~ 14:00 気象観測所(北海道農業研究センター)の視察見学

14:00 ~ 17:20 シンポジウム

1. イントロダクション: 小林和彦(東大農)・桑形恒男(農環研)
2. 農耕地は変化しているか?: 広田知良(北農研)
3. 植物季節の変化: 清水庸(東大農)
4. 海は変化しているか?: 見延庄士郎(北大理)
5. 総合討論

(司会: 小林和彦・桑形恒男、総合コメンテータ: 近藤純正)

17:45 ~ 19:45 懇親会

3. 研究会での討論概要

3.1 特別講演

午前中は近藤純正氏(東北大学名誉教授)による特別講演を実施した。講演では、地球温暖化の原因と日本における温暖化の実態が紹介された後、地球規模の気候変動観測における農業試験研究機関の気象観測データの重要性が指摘された。

現在、世界各地において長期の気象観測データを使って地球温暖化の様子が調べられている。気象庁の報告によると、この100年間で日本の気温は1℃上昇していると報告されている。ところが、都市にある気象観測所では「都市化」の影響で周辺に比べて気温が上昇しており、地球温暖化と都市化を合計した気温上昇が観測されてしまう。地球温暖化を正確に調べるためには、都市化など周辺環境の変化の影響を受けない場所での気象観測データが必要であるが、ほとんどの気象台やアメダス観測点はそれらの影響を受けている。一方、農業試験場では管理の行き届いた広大な敷地内で気象観測が行われており、その重要性が認識されるようになった。実際、周辺の環境変化が大きい「いなか」とみなされる地点での長期気象観測データを解析したところ、この100年間の気温上昇程度は0.2-0.3℃程度であることがわかった。これらの解析結果は、ホームページ(<http://www.asahi-net.or.jp/~rk7j-kndu/>)に公開されている。

今回の特別講演では、講演者からの要望にもとづき、北海道農業研究センター(羊ヶ丘)で気象観測の管理運営に携わっている総務関係、技術専門職関係の方々にも参加を呼びかけた。特別講演の内容の詳細については、本報告の最後につけた要旨を参考のこと。

昼食終了後、北海道農業研究センターの気象観測所ならびに試験圃場の視察見学を実施した。

3.2 シンポジウム

午後のシンポジウムでは、主催者によるイントロダクションの後、北海道農業研究センターの広田知良氏より「農耕地は変化しているか?」というタイトルで、日本を代表する大規模畑作地帯である北海道十勝地方の気候変動の実態と農業現場からの報告について、話題提供がされた。同地方は、冬は少雪・厳寒であり土壤凍結地帯として知られているが、近年、土壤凍結深が顕著な減少傾向にあることが明らかになった。この傾向は少なくとも過去50年間では例がない。土壤凍結深の減少傾向の要因は、実は冬の気温の上昇によるものではなく、初冬における積雪深の増加が速まり、土壤が断熱される時期が早まる結果である。土壤凍結深が減少し始めたのは1980年代の後半で、この時期は北陸地方平野部の降雪深やオホーツク海沿岸部の流氷量が減少傾向を示す時期と一致し、東アジア地域の冬季モンスーンの気候変動との関連性も示唆された(Hirota et al. 2006)。また、土壤が凍結しにくくなった結果、農業現場では、前年度収穫し残ったジャガイモが翌年に芽を出し雑草化する、「野良いも」の多発が問題となってきた。野良いもは、後作の生育を阻害するだけでなく、ジャガイモの連作と同様に、病害虫密度を高める恐れがある。野良いもの有効な除去方法はなく、大規模畑作地帯でありながら人手で「除草」しており、重労働を強

いられている。ところが、地元の一部の農家が、農地の除雪によって土壌凍結を促進すると、野良イモの防除に大きな効果があることを見出し、それが現在、広がりは始めている。雪と氷で閉ざされた農閑期の冬に農地管理をすることで、農薬を使わず自然の寒冷資源を上手に利用して除草の省力化を実現している点で、この除雪による土壌凍結促進は優れた方法である。しかも、顕著になってきた気候変動に、農業が適応しつつあることを示した見事な実例ともなっている。

次に、東京大学大学院農学生命科学研究科の清水庸氏より、植物季節の変化に関する話題提供がなされた。日本全国の気象台・測候所で観測されている 16 種の植物季節の発現日について、1961 年～2004 年における経年変化を調べた結果、多くの観測所において、ツバキ、ウメ、サクラ、ノダフジ、ヤマハギの開花、そしてイチヨウの発芽などの春季から夏季における植物季節の時系列データに早期化の傾向が見られた。同様に秋季におけるイチヨウやカエデの黄・紅葉、落葉に遅延化傾向が認められた。特に 2000 年以後の時系列データと 1961 年～1980 年代前半までのデータを比較すると、春季の早期化や秋季の遅延化の傾向が顕著であった。また植物季節の変化は、気温の経年変化傾向とも一致していた。また、どのような時期の気温変化が植物季節に影響を与えているかを調べた結果、春季の植物季節は夏季および秋季の植物季節と比較して、より直前の気温変化の影響が大きいことが示された。そして気温に対する植物季節の感度も、春季の植物季節が相対的に高く、ウメの開花は気温 1 上昇に対して平均 8.7 日早くなることが報告された。植物季節の変化は、その場所の総合的な気候変化に影響された結果であり、気候変化に敏感に反応することから、将来の気候変化を監視する上でも重要な指標である (Nasu et al. 2005)。測候所における植物季節観測が近いうちに中止になるのはきわめて残念である。これに対して、司会者から以下のコメントがあった。気象台による植物季節の観測が中止になるのは残念であるが、都道府県の農業試験場等にも農作物のフェノロジーの観測結果が蓄積されている。都市化の影響が少ないデータを用いて、春先の顕著な変化を追っていけば気候変化の解析に役立つのではないか。

3 番目の講演では、北海道大学理学研究院の見延庄士郎氏より「海は変化しているか？」というタイトルで、日本近海の海面水温変動に関する解析結果が紹介された。その要約は以下のとおりである。まず、海水温のデータの観測方法の変遷や解析上の注意点を論じ、日本付近の海面水温は、過去 100 年間で約 1 程度上昇しており、日本付近の地上気温の変化傾向ときわめて良く一致していることが示された (見延 2001)。控えめに見積もっても 0.6-0.7 °C の上昇は確実に存在したと言える。海面水温は地上気温とは異なって、都市化による影響は受けないので、海面水温と地上気温の上昇が一致していることは、陸上気温データに記録されている温度上昇もおおむね信頼できることを示唆する。100 年間の海面水温の変化を細かく見ると、1940 年代と (Minobe and Maeda 2005) 1980 年後半に急激な上昇が認められ、前者は太平洋スケールの気候レジームシフトである可能性が大きく、後者は北極振動によって説明できる。地球温暖化による気温上昇は徐々に生じると考えられるので、1940 年代と 1980 年後半以降のような急激な変化が生じた場合には、主たる要因としては自然の気候変動により変化したものとみなせる。一方、海面水温が長期的に全体的に徐々に上昇しているのは、地球温暖化の影響による変化である可能性が高い。ただし海面水温の上昇と、大気 CO₂ 濃度の上昇による地球温暖化との間の定量的な因果関係は、現時点では不明である。さらに、見延氏は、海の変化ばかりでなく、清水氏の講演とも密接に関係する我が国の桜の開花日について論じ、桜の開花日の遅速が北半球の気候変動、例えば、北極振動や北大西洋振動と密接に関連づけられることを示した (見延 2004)。

総合討論では、地球温暖化研究における「気象資料解析上の注意点」に関して、近藤氏よりコメントがあった。また、過去 100 年間の日本付近の海面水温の上昇程度 (0.6-0.7 : 見延氏による解析結果) と気温の上昇程度 (0.2-0.3 : 近藤氏による「いなか」観測所における解析結果) との関係、1980 年代後半の急激な気温上昇や寒冷地での雪氷現象の急激な変動と地球温暖化や自然の気候変動の因果関係、これらの変化が生態系や農業に及ぼす影響、今後予想される温暖

化に対する農業上の対策、植物フェノロジーによる温暖化の評価の有効性・適用性などに関して、活発な議論が展開された。

4. まとめ

本研究会では、日本や日本周辺で起きている気象、植生、海洋および農業で起きている変化について、4氏からそれぞれ、観測事実に基づく報告がされたが、それらが密接に関連しあっていることが明らかになり、非常に活発な議論が展開された。

都市化の影響を受けていない陸地の気象データの長期解析から、日本における地球温暖化について、これまでの報告事例とは異なる実態が浮かび上がった。さらにこれと海のデータの対比から、近年生じている気候変動や地球温暖化について、今後の研究や実際の対策の方向性について、多くの示唆が得られた。一方で、この気候変動に伴う自然植生や農業への影響の環境変化についての講演と質疑応答から、我々は身近で起きた変化について意外と知らないこと、変化が起きているのに気付いていないことが意外と多いことを実感した。ところで、北海道の十勝地方での土壌凍結深の減少傾向に関連して、農家が気候変動に実際に対応していることは、非常に興味深い。気候変動（温暖化？）への適応の実例は少ないので、その意味でも貴重である。また、気象や海洋について、長期の変化傾向を的確に知るためには、精度の良いデータを継続して観測する技術や工夫、体制、そしてポイントを注意深く押さえた解析手法の必要性が確認された。さらに、今後長期の環境変化を監視していく上で、広く管理された農地で気象や栽培試験データを重ねている農業研究機関の役割が、極めて重要であることが新たに認識された。

なおしばしば誤解されることだが、地球環境変化について、科学的な不確かさを指摘することは、温暖化対策の必要性を否定したり、遅らせたりする議論にはつながらない。むしろ、不確かさが多いほど、大気組成をこれ以上変化させないようにすべき（排出量でなく、大気組成に関するモラトリアム）という主張が、常識で考えて妥当である。そして、大気組成を現在のままで変えないためには、京都プロトコルで想定しているよりも、はるかに厳しい排出規制が必要となる。気象や海洋、農業、生態系では、我々が未だ気づいていない変化がきっと生じているに違いない。それらを明らかにして、地球環境変化の実態を正確に知ることが、将来有効な温暖化対策のためにも重要である。今回の研究会が、その方向への第一歩であったと、将来振り返りようになることを期待したい。

（参考）

特別講演要旨

「地球温暖化の原因は何か、日本における温暖化の実態」

近藤純正（東北大学名誉教授）

1) まえがき

地球の温暖化が進み、数十年先あるいは100年先にはたいへんな事になるといわれている。その地球温暖化はどうして起きるのか、また、ほんとうに温暖化は進んでいるのか、その実態について示したい。

気候変動は昔からあったわけで、私たちの先祖はどのように対処してきたのだろう。そこでまず、「気候変動と災害克服の歴史」についてみておこう。2番目に、「地球の温度の決まり方」の原理を学ぶことにより、私たち地球の気候は微妙な熱バランスによって成り立ち、また変動する可能性があることを理解しよう。3番目に、地球温暖化は大気中の二酸化炭素などが増加して起きる、その温室効果の原理を学ぼう。4番目に、日本における温暖化の実態について知ろう。

気象庁その他から発表されている情報によれば、日本の気温は過去100年間に1程度の割合で上昇しているが、その基となったデータの大部分は都市の中にある気象台や測候所で得られた

ものである。しかし、都市はビルに取り囲まれ、緑が少なく人工的な廃熱によって周辺に比べて気温が高く、東京や札幌の気象台では周辺に比べて1 から3 も高い。都市は全面積のほんの一部であり、気象台で測ったデータは、周辺の広い範囲を代表するわけではない。

こうしたデータの実態がわかれば、農業研究機関として緑豊かで広大な敷地で圃場試験や圃場管理などの日常業務が綿々と続けられている中で良好な環境を維持している、ここ羊ヶ丘の気象観測がいかに重要であるか、ご理解していただけたらと思う。私はこの北海道農業研究センターや盛岡の東北農業研究センターにおける観測データは世界的にみて、非常に重要であり、今後の温暖化を監視していく上で、日本の拠点であると考えている。

2) 気候変動と災害克服の歴史

過去の東北地方の冷害大凶作を調べてみると、冷害による飢饉・大凶作は40~50年程度の間隔で頻発する時代があった。それらの多くは世界的な大規模火山噴火と関連している。しかし、昭和初期の大凶作頻発時代は火山噴火と関係なく、数十年にわたる長期的な海洋変動、親潮と黒潮の潮境の位置が南下していた時代であった。世界の海における漁獲量の変動を見ても、数十年のサイクルがある。

凶作の原因を調べてみると、西暦1600年以前の戦国時代は干ばつと洪水が主な原因であった。これは現代の発展途上国の姿に似ている。江戸幕府が開かれて平和な時代となってから、干ばつと洪水による大規模な凶作は時代とともに克服されてきた。各藩は自国の繁栄のために森林保護、灌漑施設の普及、新田開発を行ってきた。

3) 地球の温度の決まり方

地球の温度は、地球へ入る太陽放射量と地球から出て行く赤外放射量が釣り合うように決まっている。この場合、太陽放射を反射しない「黒い地球」だとすると、地球の有効な平均温度は5となる。黒い地球とは、森林がうっそうと茂り、砂漠など白いところがなく、その他は海洋に覆われている場合がそれに似ている。

現在の地球は太陽光の30%を反射しており、有効な平均温度はマイナス19である。このことから地球のアルベド(惑星アルベド)が重要であり、地表の改変などによってアルベドが変わると、大きな気候変化を起こす可能性がある。アルベドの3%の変化は地球の平均温度を2も変えてしまう。

4) 温室効果

実際の平均温度は15であり、マイナス19より高温なのはなぜか? それは温室効果によるものである。

温室が高温になる理由は、(1)ビニールやガラス板は太陽放射の大部分を透過するが、(2)温室から出る赤外放射(目に見えない)を吸収し外へ出るのを防ぐ。(3)ビニールやガラス板は、その温度に応じた赤外放射を温室内へ向かって出し温室を温める。(4)防風効果により、外からの風を防ぎ冷気を入れない。

地球の温室効果は(4)以外は同じで、ビニールやガラス板の代わりに大気中の水蒸気や二酸化炭素に置き換えればよい。その結果として高層大気は低温に、地表面付近は高温になっている。温室効果ガスが増えると、地上付近の気温はより上昇し、高層大気はより低下する。その結果、大気は不安定化し、対流や循環が変わり、雨の降り方なども変わってくる。

大気組成の大部分は窒素、酸素、アルゴンによって占められている。温室効果をもたらす水蒸気、二酸化炭素、オゾン、メタン、フロンなどは少量・微量である。これら少量・微量ガスの存在によって現在の地球の気候が決まっている。しかし、これらが増えすぎても減少しすぎても気候は変化する。

温室効果ガスの増加によって生じる地球温暖化が急速に進むことが問題であり、温暖化予測の試みが多方面で行われている。

温暖化予測は非常に難しい。気温変動を例にとると、気温変動の原因として自然変動と人為的

な原因によるものがあり、後者として二酸化炭素の増加と都市化によるものなどがあり、観測データにおけるこれらの区別は難しい。

将来予測においても、その検証データに問題が多い。シミュレーション計算において、プラスとマイナスのフィードバック過程が定量的に正確にわかっていないので、曖昧さが残っている。

5) 日本における温暖化の実態

気象庁が都市化の影響が少ないとして選んだ17地点の気象官署のデータによると、この100年間の温暖化量は約1であるが、筆者が第一次に選んだ16地点の「いなか」にある気象観測所のデータでは100年間当たり0.2~0.3程度の上昇率である。注目すべきは、気温変動には数十年周期も含まれている。近年では1960年以後の気温下降の時代があるのに対し、1980年以後の20年間の上昇率は大きい。

気象に及ぼす都市化の影響として、(1)粗度の増加による平均風速の減少、(2)放射冷却の弱化による年最低気温(極値)の著しい上昇、(3)気温日変化の振幅が減少、(4)霧日数の減少がある。

観測露場の高度2m程度以下において風速の弱化で生じる効果を「陽だまり効果」と呼んでいる。これは観測所のごく近傍に住宅が建て混むことや、樹木が繁茂して生じる現象である。陽だまり効果によって、(1)平均気温は上昇、(2)地温・気温差は増加、(3)パン蒸発計蒸発量は減少、(4)雨量計の補足率が上がり降水量の観測値が大きくなる、など観測値に影響が及ぶ。風速計の設置高度は10~50m程度であり、風速観測値は水平方向100m~数kmの周辺環境を表すパラメータである。一方、気温センサーは1~2m高度に設置されており、気温は水平方向10m~100m程度の周辺環境を表すパラメータであり、空間代表性は小さく、周辺のわずかな変化に敏感に反応する。

筆者が各地について調べた結果によると、陽だまり効果によって年平均気温が近年上昇している観測所が多い。気象観測所は当初、開けた場所に設置されたが、近年その周辺は住宅地となり、舗装道路が拡幅されるなどにより、気温が不連続的に変化している。また、近くにある樹木の枝切りや伐採によって風速と気温が同時に変化している。一般に風速が減少すると、気温が上昇する傾向にある。気象観測所は広域10km程度の範囲を代表する気象を観測しているというよりは、こうしたごく近傍の状況をモニターしているような観測所もある。

6) むすび

こうした現状からして、緑豊かで管理の行き届いた広大な敷地内で良好な観測環境を維持している札幌の羊ヶ丘の気象観測所や盛岡の厨川の気象観測所などは気候変動監視目的の観測所として適している。これら観測所を今後も維持し高品質なデータを蓄積続けていくためには、総務関係や技術専門職の方々のご理解とご支援が必要不可欠である。

観測器械の更新に際しては、安価であればよいのではなく、また高価な品がよいというわけではない。観測の意義を理解した良心的な業者の選定が重要となる。

引用文献

- Hirota, T., Iwata, Y., Hayashi, M., Suzuki, S., Hamasaki, T., Sameshima, R., and Takayabu, I., 2006: Decreasing soil-frost depth and its relation to climate change in Tokachi, Hokkaido, Japan. *J. Meteorol. Soc. Jpn.*, 84, 821-833.
- Nasu, A., Shimizu, Y., and Omasa, K., 2005: Statistical analysis of the relationship between changes in plant phenology and daily mean air temperature in Japan under climate change. *J. Agri. Meteorol.*, 60(6), 1227-1229.
- 見延 庄士郎, 2001: 日本の気候変動と中高緯度の気候・海洋変動, in 海と環境:海が変わると地球が変わる, pp88-98, 日本海洋学会編, 講談社, pp.244.

見延 庄士郎, 2005: わが国の桜の開花日に対する北半球規模の気候変動の影響. 北海道大学地球物理学研究報告 68, 65-70.

Minobe, S., and Maeda, A., 2005: 1-degree SST dataset compiled from ICOADS from 1850 to 2002 and Northern Hemisphere frontal variability. *Int. J. Climatol.*, 25, 881-894.