



話題

温暖化 — 東北の現状 —



竹川 元章 (仙台管区気象台)

「気候システムの温暖化には疑う余地がない。」IPCC 第4次報告書(2007)*1)には、これまでより強い表現で温暖化の事実が述べられている。これは地球全体の実態を表したもののだが、日本においても温暖化は進んでいる。異常気象レポート(気象庁2005)によると、1898~2004年の日本(比較的都市化の影響の小さい全国17地点の気象官署の平均)の年平均気温の長期変化傾向は、100年あたり $1.06 \pm 0.25^\circ\text{C}$ (線形回帰から求めた95%の信頼限界を土を付記した数値で示している。文中においては以下同様)の上昇となっている。では東北地方における温暖化の実態はどのように現れているのだろうか。図1に



図2 東北地方地域平均に使用した気象官署(日本海側は、青森県青森、深浦、秋田県、山形県、福島県若松。太平洋側は青森県むつ、八戸、岩手県、宮城県、福島県福島、白河、小名浜)

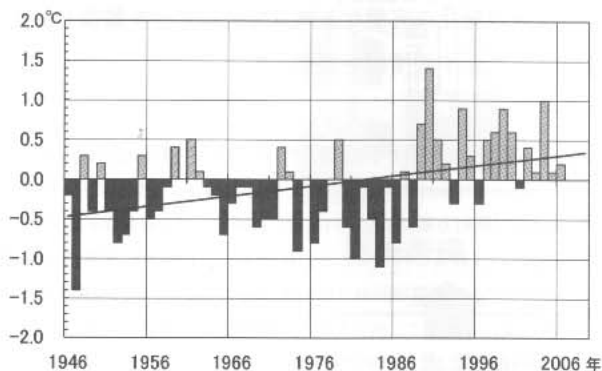


図1 東北地方の年平均地上気温平年差の経年変化(1946~2006年)
東北地方気象官署17地点の平均。棒グラフは年々の値、直線は長期変化傾向を示す。平年値の期間は1971~2000年。

1946年以降の東北地方の年平均気温平年差の経年変化を示す。なお東北地方の地域平均の算出には、気象官署を用いた(図2)。これを見ると、東北地方においても100年に換算して $1.29 \pm 0.74^\circ\text{C}$ の割合で気温は上昇しており、危険率5%で統計的に有意な上昇を示している(統計期間が違うので日本の気温の上昇率と単純に比較はできない)。そして1980年代以前はほとんどの年が現在の平年値を下回っていることがわかる。

次に季節による違いを見てもよい（図3）。春、秋、冬は、年同様危険率5%で有意な気温の上昇傾向がみられる。しかし、夏の気温については、有意な上昇傾向はみられない。これは東日本、西日本にはない特徴であり、大変興味深い。夏の気温をさらに詳しく見ると、太平洋側で上昇率が小さく、回帰直線の傾きもほとんどゼロである。ちなみに、100年以上の観測記録のある宮古の1883～2006年の夏平均気温のトレンドを計算しても、回帰直線の傾きは0.1℃/100年でほとんどゼロトレンドである。

	春	夏	秋	冬
	3～5月	6～8月	9～11月	12～2月
日本海側	+1.93	+0.75	+2.01	+1.72
太平洋側	+1.30	+0.09	+1.90	+1.46

図3 東北地方の平均気温年差の長期傾向（℃/100年）
一次回帰分析による長期変化傾向（線形回帰から求めた傾きを数値で示している）。統計期間は1946～2006年（冬は1947～2007年）。灰色をつけた値は、上昇傾向あるいは下降傾向が危険率5%で有意であることを示している。

秋から春にかけての温暖化は生物にも影響を与えている。図4は、1953年以降の秋田におけるさくらの開花日の経年変化である。東北北部のさくら祭りという、ゴールデンウィークに開催される印象がある。しかし近年はそれより早く満開になってしまうこともしばしばある。実際1980年代以前は4月下旬に開花することが多かったが、最近では4月中旬に開花することが多くなっている。満開は開花からおよそ1週間後なのでゴールデンウィークには散り始めていた年もあったのではないだろうか。図には参考のため2～4月の平均気温を載せているが、気温の上昇がサクラの開花を早めている原因のひとつと考えられる。

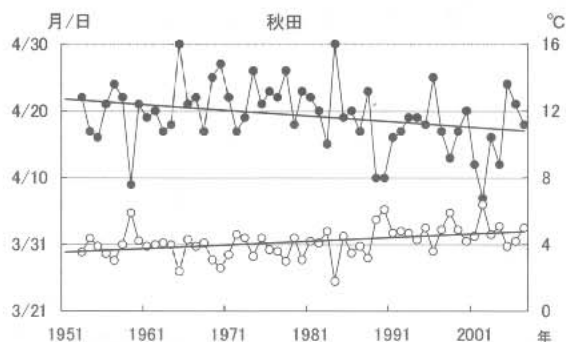


図4 秋田におけるさくらの開花日の経年変化（1953～2007年）
●は桜の開花日、○は2～4月の平均気温の経年変化（秋田）。直線は長期傾向。

秋の紅葉も遅くなっている。図5に仙台の例を示す。回帰直線の傾きから単純に計算すると、仙台ではイチョウの黄葉時期は、この約50年間で20日以上遅くなっている。なお、昨年（H18年）は12月8日（平年は11月11日）で、過去最も遅く、今年（H19年）も12月1日で平年より20日遅い黄葉となった。

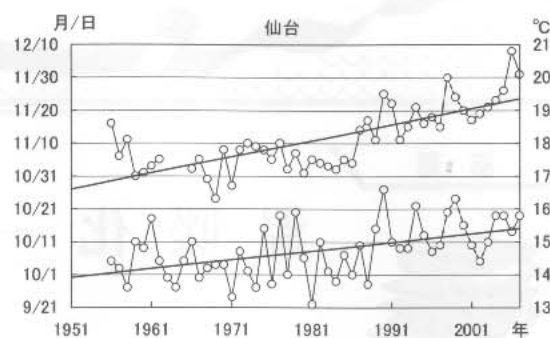


図5 仙台におけるイチョウの黄葉日の経年変化（1953～2007年）
●はイチョウの黄葉日、○は9～11月の平均気温の経年変化（仙台）。直線は長期傾向。

最後に温暖化の要因について触れておこう。IPCC第4次報告書では、「20世紀半ば以降に観測された世界平均気温の上昇のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた可能性がかなり高い。」としている。

そして、将来については「現在の政策を継続した場合、世界の温室効果ガス排出量は今後二、三十年増加し続け、その結果、21世紀には20世紀に観測されたものより大規模な温暖化がもたらされると予測される。」と述べている。

地球温暖化はまったなしで進行している。気象庁では、引き続き温暖化の実態など地球環境の変化を監視し、より精度の高い予測情報を提供していく。

※1 「気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）」は、人為起源による気候変化、影響、適応及び緩和方策に関し、科学的、技術的、社会経済学的な見地から包括的な評価を行うことを目的として、1988年に世界気象機関（WMO）と国連環境計画（UNEP）により設立された組織である。IPCCは、これまで三回にわたり評価報告書を発表してきた。これらの報告書は、世界の専門家や政府の査読を受けて作成されたもので、「気候変動に関する国際連合枠組条約（UNFCCC）」をはじめとする、地球温暖化に対する国際的な取り組みに科学的根拠を与えるものとして極めて重要な役割を果たしてきた。

地球システム統合モデルを用いた地球温暖化予測の現状と課題

市井 和仁 (福島大学理工学群)

1. はじめに

人類は、産業革命以降、化石燃料の消費や土地利用変化などにより大気中に二酸化炭素 (CO₂) を排出してきた。1990年代には人為的活動により毎年約 8 PgC (Petagram Carbon; 1Pg=10¹⁵gで炭素重量換算) の CO₂ を排出しており、このうち約半分が大気に残留し、残り半分は海洋と陸域に吸収された (IPCC, 2007)。大気CO₂濃度は、過去数千年にわたって280ppmv程度ではほぼ安定していたが、産業革命以降の人為的排出により徐々に上昇し2005年には379ppmvとなっている (IPCC, 2007)。大気CO₂濃度の上昇は地球温暖化の要因の一つとなっており、現代の地球環境問題の中でも最重要課題の一つとして注目されている。将来の地球温暖化がもたらす人類への影響を評価するためには、大気CO₂濃度や気候等の将来予測が必要である。

地球温暖化現象は、炭素に代表される物質循環とエネルギー循環の様々なフィードバックプロセスにより

引き起こされている (図1)。例えば、大気CO₂濃度の上昇によって光合成活動が促進される。気温や降水量の変化に応じて陸域生物圏における光合成活動や土壌有機物分解の速度が変化する。海洋では、大気CO₂分圧の上昇によりCO₂が吸収される (但し緩衝効果のためにいずれは吸収量が抑えられる)。また、氷床の融解や降水量の変化による淡水流入等によって引き起こされる海洋の熱塩循環の変化やCO₂の溶解による海洋酸性化などによっても気候・生態系・炭素循環に影響が及ぶ。気温の上昇による雪被覆の減少や雪解け時期の早まりは地表面アルベドを低下させ、北半球高緯度における顕著な春先の気温の上昇の一因となっている。気温の上昇によってツンドラから針葉樹への植生種の変化が起こりうり、アルベド変化を通して、さらに温暖化を加速させる。こういった多圏間の相互作用を統合したモデルを構築することによって、地球温暖化予測が可能となる。

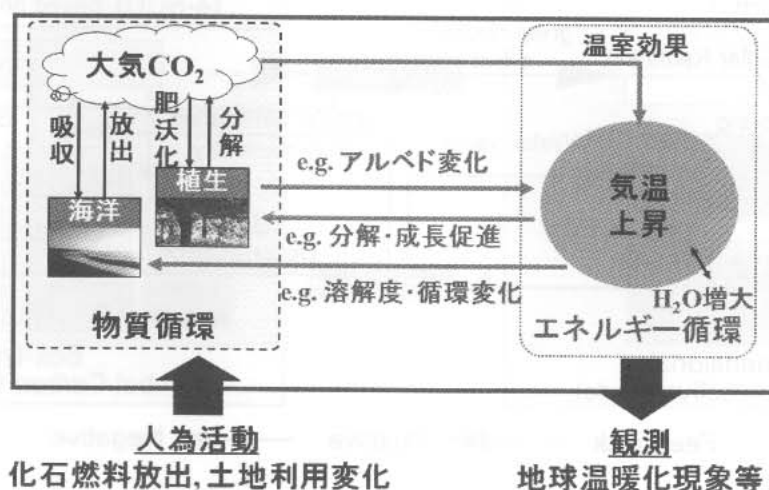


図1. 人為的温室効果ガス排出による地球温暖化システムの概念図。物質循環(炭素等)とエネルギー循環で構成され、数々の相互作用で結合されている。

2. 地球システム統合モデル研究の現状と課題

近年、前述のような炭素循環—気候のフィードバック効果を考慮した「地球システム統合モデル（統合モデル）」が登場し、地球温暖化予測に用いられ始めている。これら統合モデルの相互比較では、将来の気候変化が地球システム（陸域・海洋）による人為起源のCO₂吸収効率を低下させるという点に関して、一致した結果が得られている。ある排出シナリオを用いた予測結果では、気候変化と炭素循環の相互作用を考慮しない温暖化予測と比較して、2100年までに20~220ppmvのCO₂濃度の上積みとなった（CO₂濃度は730—1020ppmvと予測された）（IPCC, 2007）。

これらの地球システム統合モデルは、まだまだ未成熟であり、様々な問題点を抱えている。例えば、陸域植生の光合成量の変化は、モデルに含まれる気候モデルの水循環の将来予測によって大きく影響されることや、森林火災や土地利用の変化の効果が導入されていないことなどが挙げられる。また、海洋に関しては、熱塩循環の変化や成層化などについて不確実性が高く、これらは海洋の炭素循環に直接影響を及ぼす。また、海洋生物圏の炭素循環が将来の温暖化や高CO₂濃度下

でどう影響するかについても詳しくは分かっていない。また、海洋酸性化による海洋生物圏への影響についても十分に分かっていない。大気・陸域に関しては、個々の素過程については分かっているがモデルの不確実性が高いことが問題点であり、海洋に関しては、個々の素過程やそれらの統合がシステム全体に及ぼす影響について、十分に理解されていない。地球システム統合モデルの研究はまだ始まったばかりであり、今後の研究の余地が大きい分野の一つである。

3. 本研究室における取り組み

本研究室は、2007年4月に筆者の着任とともにスタートした新しい研究室である。上記に紹介した地球システム統合モデルを構築し、よりよい地球温暖化現象の理解を進めることを目的に、①統合モデルの構築、②陸域炭素循環変動の把握の2点に関して重点的に研究を行っている。地球システム統合モデルの構築に関しては、筆者らが構築した四圏物質・エネルギー循環モデル（4-SCEM；Ichii et al., 2003；市井ほか, 2002, 図2）を元にして、中程度に複雑な地球システムモデル（Earth System Models of Intermediate Compl

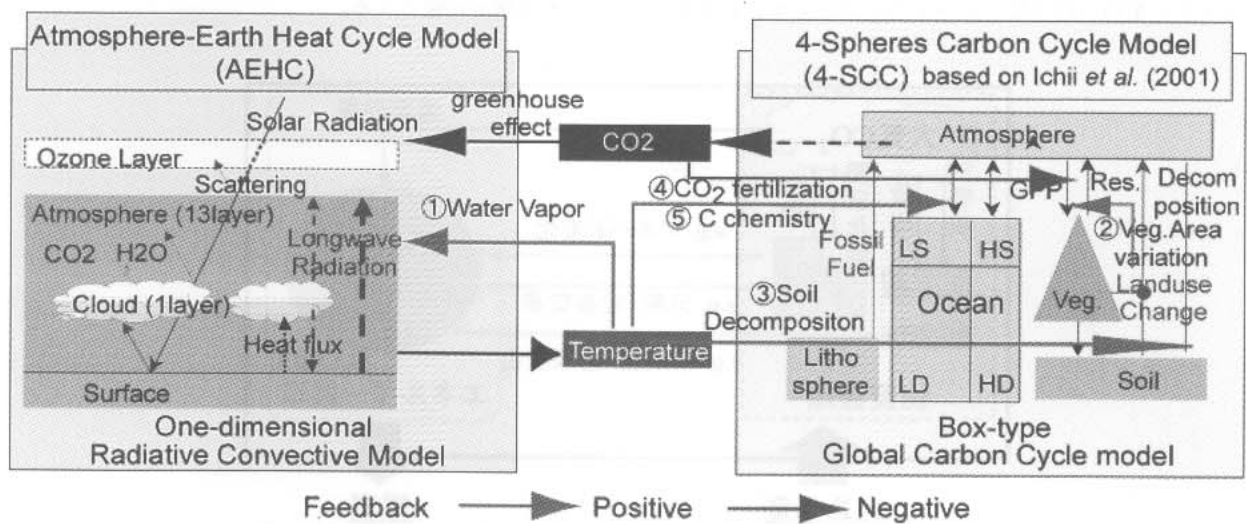


図2. 四圏エネルギー物質循環モデル(Ichii et al., 2003; 市井ほか, 2002)の概要。エネルギー循環サブモデル (AEHC) と四圏炭素循環サブモデル (4-SCC) と相互フィードバック効果によって結合されている。

exity ; EMICs) 程度のモデルを構築することに取り組んでいる。また、陸域炭素循環変動に関しては、地球観測衛星によって観測されたデータ (リモートセンシングデータ) と地上観測データを組み合わせた陸域生物圏モデルの向上を行っている (例としては、衛星データを用いてアマゾンの熱帯林の光合成の季節変動モデルの改善 ; Ichii et al., 2007)。

現在の研究室メンバーは筆者 (市井和仁) と学生 2 名 (鈴木 孝、根本義統 ; 学部 3 年生) であり、今後研究室の規模を拡大し、よりスケールの大きい研究ができる体制を構築してゆきたい。また、当研究室では、2008 年 4 月の修士課程の開設とともにやる気のある学生の方々の入学を歓迎している。本研究室の見学や共同研究の提案等もいつでも歓迎であり、気軽に連絡をいただければ幸いである。

参考文献等

Ichii K., Matsui Y., Murakami K., Mukai T., Yamaguchi Y., Ogawa K. (2003) A simple global carbon and energy coupled cycle model for global warming

simulation : Sensitivity to the light saturation effect. *Tellus*, 55B, 676-691.

市井和仁、松井洋平、村上和隆、山口 靖、小川克郎 (2002) 人為的二酸化炭素排出による地球環境の将来予測 : シンプルな炭素循環-気候モデルと地球観測衛星データによる解析、日本リモートセンシング学会誌 22 (5), 625-636.

Ichii K., Hashimoto H., White M.A., Potter C.S., Hutyra L.R., Huete A.R., Myneni R.B., Nemani R.R. (2007) Constraining rooting depths in tropical rainforests using satellite data and ecosystem modeling for accurate simulation of GPP seasonality, *Global Change Biology*, 13, 67-77.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2007) <http://www.ipcc.ch>.

福島大学共生システム理工学類

<http://www.sss.fukushima-u.ac.jp/>

当研究室ホームページ

<http://www.geocities.jp/kichiijp/>

東北支部事務局からのお知らせ「高年会員について」

「高年」会員制度をご存知でしょうか。前年12月までに65歳以上となられた方で、希望される方は、会員種別の変更を行うことができます。高年会員では、例えば、A会員の年額が一般6900円であるのに対して、高年4200円となります。

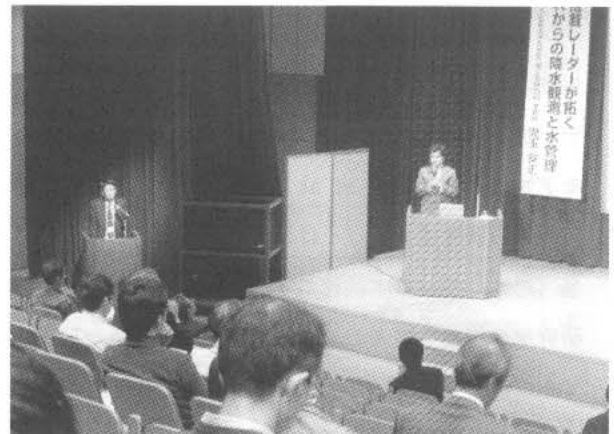
会員種別の変更は、学会本部事務局〔TEL：03-3212-8341(内線2546)〕で受け付けていますので、希望される方はお尋ね下さい。

平成19年度日本気象学会東北支部気象講演会報告

今年度の東北支部気象講演会は、青森県の後援を得て11月9日(金)に青森市で開催された。「予報官が、そして衛星が捉える青森の空」をテーマに、板谷宏之青森地方気象台技術課予報官と、児玉安正弘前大学大学院理工学研究科准教授による講演が行われた。

最初に、板谷予報官が「予報官からみた青森県の気象特性」と題して、青森県の気象特性について春夏秋冬の順に解説された。青森県内では、梅雨時期よりも秋や冬の方が降水量の多いことや、冬場青森市が大雪になりやすい要因など、他の地域とは違った気象特性を持っていることなどをお話された。時折、津軽弁を交えながらの解説は、聴講者にとって親しみやすかったのではないだろうか。

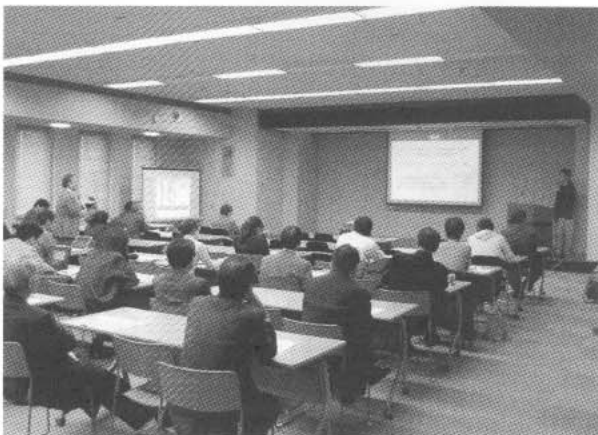
次に、児玉准教授が「衛星搭載レーダーが拓くこれからの降水観測と水管理」と題して講演を行った。衛星搭載降雨レーダーによって捉えられた台風の構造のほか、様々な衛星により水循環の観測が行われているというお



話をされた。今後、地球温暖化による気候変動に伴い、水資源をどのようにして利用するべきか、ということについても触れられた。

平日にも関わらず、100名を超す方々が聴講され、気象に対する関心の高さが伺われた。この講演会を期に、気象に対する関心がさらに高まることを期待したい。

平成19年度日本気象学会東北支部気象研究会報告



平成19年度の気象学会東北支部気象研究会を11月22日に仙台管区気象台会議室で開催した。東北大学、弘前大学、福島大学、東北農業研究センター、防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所、気象台から計12件

と例年に比べ多くの発表があった。当日は雪で、日最高気温も2.9℃までしか上がらない寒い日にも関わらず、例年より多めの48名が参加し盛況であった。様々なテーマの発表に対し、活発な討議が行われ、また、研究会終了後には、座長の東北大学 岩崎教授から参加者に対し、「東北の地域的なテーマの研究を共同でやってはどうか」「今日の前稿集を支部のホームページに掲載してはどうか」との2つの提案が出され了承された。

※支部気象研究会の前稿を、東北支部ホームページに掲載しています。

<http://wind.geophys.tohoku.ac.jp/msj-tohoku/>

【日本気象学会東北支部事務局】