

気候変動と異常気象：これまでとこれから

独立行政法人農業環境技術研究所

西森 基貴

1. はじめに

2013 年 9 月に公表された気候変動に関する政府間パネル(Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC)の第五次報告書 (AR5) 第一作業部会報告書 (IPCC, 2013) では、世界平均地上気温は今世紀末には最大 4.8℃上昇するほか、世界のほとんどの地域で異常気象(極端な高温や強い降水)の発生頻度が増加する可能性が非常に高い、としている。いっぽう同じく第二作業部会報告書 (IPCC, 2014) からは例えば、農作物への負の影響が正の影響よりもより一般的である等、数多くの影響と、将来にわたる複数の分野・地域にまたがるリスクが記されている。ここでは、気候変動・異常気象について、過去(これまで)の変動実態と今後(これから)の予測傾向について解説し、日本における農業影響にどのように適応すべきか、という大きな命題解明の一端を担う。

2. 気候変動と異常気象：これまで

気象庁(2013)によれば、世界の年平均気温は 100 年あたり 0.69℃の率で上昇しており、特に 1990 年代半ば以降、上昇が大きい。これに対し日本ではその上昇率は 1.14℃/100 年で世界平均よりも大きく、また 2000 年に入ってから継続的な高温傾向が目立つ。さらに近年の傾向を月別・地域別に細かく見てみると、どの地域も 2 月と秋の気温上昇が大きいこと、春と 12 月の昇温はやや小さいこと、夏では北日本の 6 月がやや高いものの 7~8 月はあまり気温が上がっておらず、時折冷害も発生していること等がわかる(図 1)。

ところで 2014 年は、大きな降雨・水災害が全国で多発した。以前は、温暖化・気候変動と豪雨などの「異常気象」の関係は必ずしも明らかでない、とされていた。しかし近年、大雨の記録が次々と更新されていること、アメダスデータの蓄積が 30 年を越え、統計解析手法の発達もあり、極端な降水が実際に増加してきていることが明らかになってきた。図 2 はその一例で、1 時間降水量が 80mm 以上となった回数が有意に増加している。

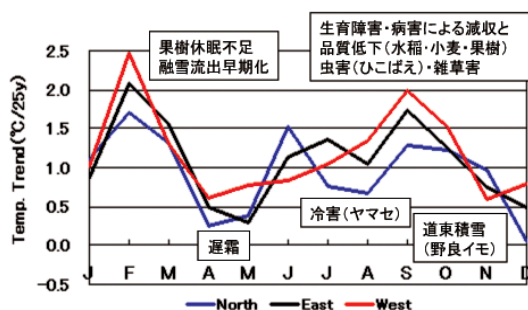


図 1 日本の月別地域別の気温上昇度とそれに伴う農業影響。西森ほか(2009)をもとに、都市化影響のない「農耕地モニタリング地点」(村上ほか, 2011)を用い、解析期間を 2010 年まで拡張し、さらに本プロジェクトの成果として既に表れている農業影響を加筆した。

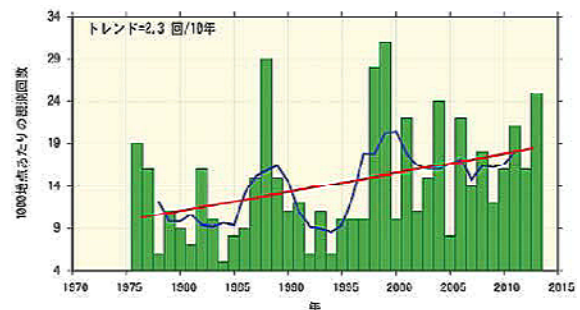


図 2 アメダス地点で時間降水量が 80 mm 以上となった年間の回数(気象庁、2014)。1,000 地点あたりの回数に換算したもので、折れ線は 5 年移動平均、直線は期間にわたる変化傾向を示す。同様の傾向は日降水量 400mm でも見られる。

3. 気候変動と異常気象：これから

1) 全球気候モデルによる平均的な予測

地球温暖化による気候変動の予測には、まず全球気候モデル（Global Climate Models: GCMs）が用いられる。図3には IPCC 第四次報告書（AR4：2007 年）時点のものを含む GCM による、温室効果ガスの排出が中程度のもの（SRES-A1b）、および AR5 でその濃度が高位安定する（RCP60）シナリオに基づく、日本域での 2050 年代の月別気温上昇度である（西森，2012）。今から約 40 年後の日本では、どの GCM でも季節を問わず 1990 年頃よりも昇温することに関しては一致しているが、その程度は GCM により異なる。季節別には、おおむね春～夏期よりも秋～冬期の昇温が大きく、過去の変動傾向に比較的類似している。いっぽう降水量の予測に関しては、温暖化すると大気中の水蒸気量が増加するため平均的な降水量は増えるとされるが、季節的な増減の傾向も含めて GCM の予測はまちまちである。また極端な降水等の異常気象の増減については、次に示すように、狭い地域を対象とした日～時間単位の予測値について調べる必要がある。

2) ダウンスケール手法による細かな予測

現在の GCM はその空間解像度が日本の一県を上回る数 100km 程度であり、空間的に粗いほか、特に降水に関する物理過程の再現に未だ問題を残している。そのためダウンスケーリングという、予測の時空間スケールを影響研究者や行政が要求する程度に細かくする研究技術が必要となる。ダウンスケーリングには、地域を限った気候モデル（RCM）を使う力学的方法と統計的方法があり、統計的手法はまた、様々な気候指標を用いる重回帰法、主に出現値の累積分布関数を当てはめるバイアス補正法など多岐にわたる。図4はこれら統計的手法のうち、月値から確率的に日値を作成し多数のシナリオを生成するウェザージェネレーター法によって作成された「地点・日別気候シナリオデータセット（ELPIS-JP）」（Iizumi et al., 2011）を使用し、コメ主産地新潟県（高田）において、SRES-A1b に基づく 4 つの GCM の出力から得られた各 50 の気候シナリオによる、水稻登熟期（出穂後 20 日）間中の日最高気温極値の 10 年ごとの変化を示したものである。登熟期日最高気温の極値は現在でも 34℃前後であるが、今世紀の半ばには 35～36℃前後となり後半には 40℃を超える可能性があること、ただ元の GCM による予測の違いや年々変動も大きい。

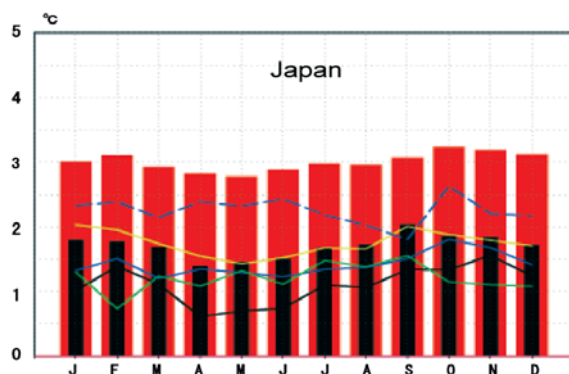


図3 IPCC に提出された気候モデルの一部を用いた日本域での 2046-2065 年平均の気温上昇（1981-2000 年平均との差）の月季節変化で、赤、青および黒色は日本で開発された気候モデル。棒グラフが IPCC 四次報告書、折れ線グラフは同五次報告書のものである。

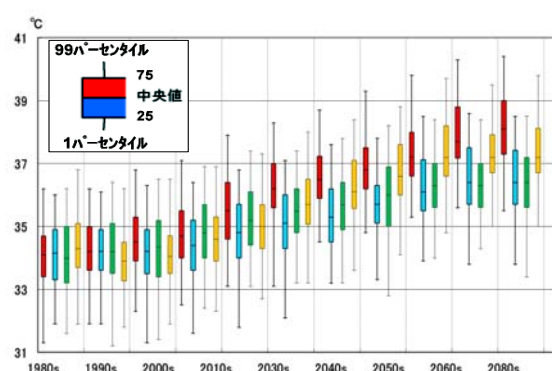


図4 ELPIS-JP データのうち各年代左から MIROC-hi, MRI-CGCM2, CGCM-T47 および MIROC-M という全球気候モデルのそれぞれ SRES-A1b シナリオを使って計算した、高田における各 10 年間の水稻登熟期における日最高気温極値の予測とその幅。

3) 気候アナログから考える将来の気候

将来の気候の変化・変動は、一般に気温の上昇度や降水量の変化率で示されるが、数字だけで示されても実感が持てない、という声もある。そこで「気候アナログ」という、ある地域の将来気候は別の地域の現在気候に近いという表現の試みがなされている。図5は気象研究所等による、複数の RCM の将来予測結果をさらに確率的に展開して得られた札幌の気候アナログである。将来、札幌の気候は夏期の降水量増加により早期に太平洋形の気候に移り変わり、もっとも確率の高い予測として、2030年代には現在の東北北部、2050年代には現在の盛岡、そして2090年代には現在の北関東地方に近い気候になると予想されているが、予測の幅はかなり大きいことに留意が必要である。

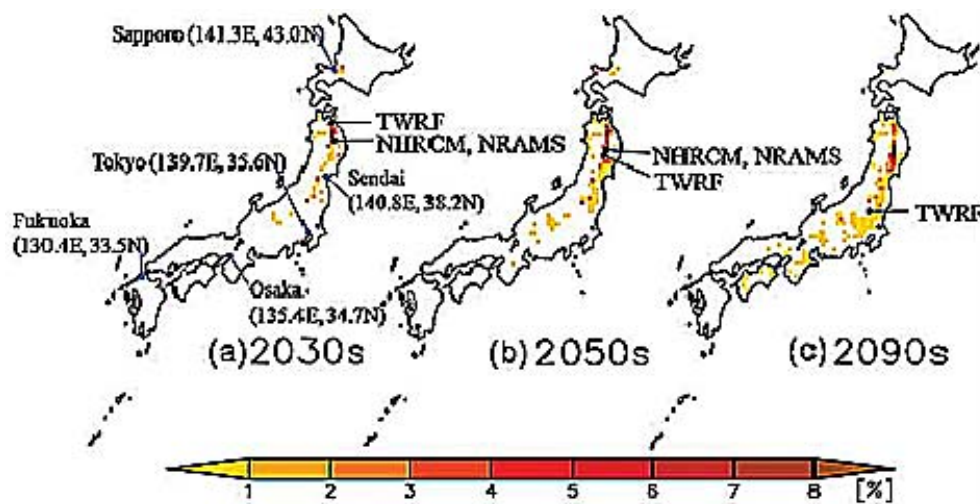


図5 Ishizaki et al. (2012)による気候アナログ研究の例。複数の領域気候モデル（NHRCM, NRASM, TWRF）による将来の札幌の気候が、それぞれ現在のどの地域に相当するかを表したもの。2090年代では、信頼性のある予測が一つのモデルの結果でしか予測できなかった。

3. 降積雪の変動

日本における気候の変動といえば、雪についても触れる必要があろう。ところが上で述べたように GCM ではその解像度と地形、また物理過程等の限界から、降水量のみならず降積雪の予測も難しい。最近、気象庁は5km解像度RCMによるダウンスケーリングで日本の気候変化予測を行った結果を公表した（気象庁，2013）が、東日本の日本海側で最も大幅な降雪量と最深積雪の減少を予測している。日本のコメ主産地はこのような積雪地帯でもあるため、降積雪の減少と融雪の早期化は田植え期の水不足につながる懸念材料である。ところで実際に、日本の全ての地域で降積雪が減っていくのか？これまでの観測値の変化から、平野部の高田では日本における気温上昇が始まった1986-87年を境に降積雪量が急減しているのに対し、長野県側の菅平では近年においてもなお1980年代に近い値を示す年がある（図6）ことから、気温が上昇しても降雪限界を超えない山間地や低気圧による降雪が支配的な地域においては、むしろ降雪量が増加する可能性もある。積雪農業地域においては、農業水資源だけでなく災害の発生、交通インフラの整備および観光も含む産業等に関わる問題だけに、より信頼性の高い降積雪の将来予測が必要である。

4. 温暖化による農業への影響を考えるために

ここまでは主に日本を対象に、気候変動・異常気象の「これまで」と「これから」をざっ

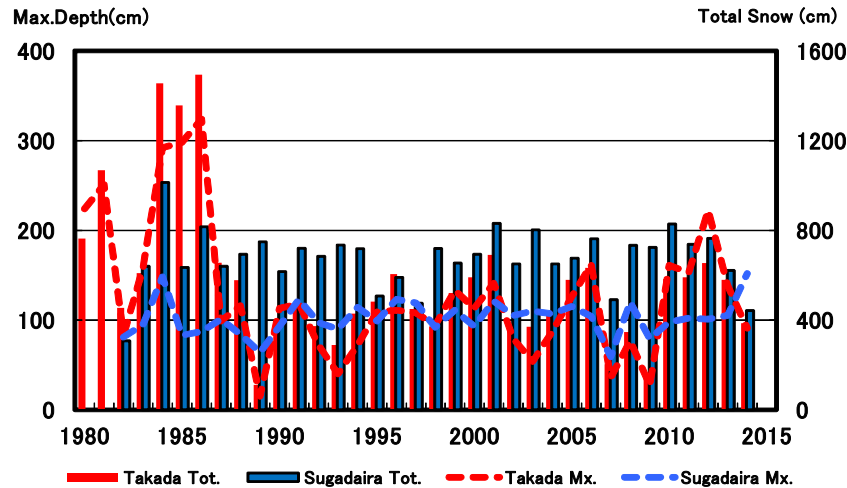


図6 新潟県高田と長野県菅平における年最大積雪深（左軸棒グラフ）および総降雪量（右軸折れ線グラフ）の経年変動（1980年～2014年3月）。それぞれ赤は高田、青は菅平を表す。

と述べてきた。しかし言うまでもなく、食料の過半を輸入に頼る日本においては、世界各国の気候変動・異常気象そのものも大いに注視していく必要がある。2014年春に、東太平洋の海面水温が上昇し世界の多くの地域に異常気象をもたらしやすい「エルニーニョ現象」の発生が予測され、食料需給に関心が高まっていった。結果として、気象庁の定義ではエルニーニョ現象の発生には至らず、世界的な食料問題にはならなかったが、今後、長期的な気候と農業の関わりを考える上では、産地を固定化するための品種改良も含めたより持続的な適応技術とともに、国内外でも異常気象の影響だけでなく、作物ごとの適地・不適地の変化を特に注視していく必要がある。

引用文献

- IPCC(2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. (気象庁 <http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar5/index.html> に各章要約の和訳)。
- IPCC(2014): Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. (環境省 http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg2_spmj.pdf に政策者向け要約の和訳)。
- Iizumi, T., M. A. Semenov, M. Nishimori, Y. Ishigooka, and T. Kuwagata (2011): ELPIS-JP: A dataset of local-scale daily climate change scenarios for Japan. Phil. Tran. Roy. Soc. Ser.A., 370, 1121-1139.
- Ishizaki, N. N., H. Shiogama, K. Takahashi, S. Emori, K. Dairaku, H. Kusaka, T. Nakaegawa, and, I. Takayabu, 2012: An Attempt to Estimate of Probabilistic Regional Climate Analogue in a Warmer Japan. J. Meteor. Soc. Japan., 90B, 65-74.
- 気象庁(2013/2014): 地球温暖化予測情報第8巻／気候変動監視レポート 2013.
- 村上雅則・桑形恒男・石郷岡康史・西森基貴(2011): 農耕地モニタリング地点の選定とその気温変化傾向に関する地域的な特性. 生物と気象, 12, 41-50.
- 西森基貴・桑形恒男・石郷岡康史・村上雅則(2009): 都市化の影響を考慮した近年の日本における気温変化傾向とその地域的・季節的な特性について. 農業気象, 65, 221-227.
- 西森基貴(2012): 水稻栽培ごよみからみた季節変化と水稻作期移動による温暖化適応. 地球環境, 17(1), 69-74.