

II. 温暖化気候データの整備

本章では、既往の温暖化気候予測データを活用し、Ⅲ～Ⅴ章での各種作物への影響予測に用いる将来の各種気象要素データを整備する。また、栽培適地区分や播種・移植適期等の判断基準となる晩霜日、初霜日、長期積雪終日、将来どの程度変化するかを推定する。

1. 各種気象要素データの整備

1) 目的

既往の温暖化気候予測データを活用し、Ⅲ～Ⅴ章での各種作物への影響予測に用いる将来の各種気象要素データを整備する。

2) 方法

(1) 用いた温暖化気候データ

本成績で用いた既往の温暖化気候データは、Yokozawa et al.¹⁾による「気候変化メッシュデータ日本 (Mesh Climate Change Data of Japan)」である。これは、IPCC (気候変動に関する政府間パネル) が策定した温室効果ガス排出シナリオ IS92a に基づき、4つの全球気候モデル (CCSR/NIES, CGCM1, ECHAM4/OPYC3, CSIRO-Mk2) で計算した世界の気候予測値を、日本付近の2次メッシュ (一辺約10 km 四方) に展開したものである。温室効果ガス排出シナリオ IS92a は、IPCC が1992年に発表したもので、大気中の二酸化炭素濃度は1990年以降、年率1%複利で増加すると見積もられている²⁾。

本データに収められている気象要素は、平均気温、最低気温、最高気温、降水量、日射量で、2000年から2099年まで10年ごとに、10年間の月別平均値 (降水量は月別積算値) が示されている。

(2) 現在の気候データ

対照となる現在の気候データには、「メッシュ気候値2000³⁾」を用いた。これは気象官署とアメダスによる1971～2000年 (30年間) の観測値に基づく月別平年値を、地形因子 (緯度、経度、標高、勾配) との統計的關係に基づいて3次メッシュ (一辺約1 km 四方) 化したもので、対象となる気象要素は「気候変化メッシュデータ日本」と同様である。気温の推定には、都市化の影響も因子 (人工被覆率) として考慮されている。

ここでは、上述の「気候変化メッシュデータ日本」と比較するため、2次メッシュに含まれる3次メッシュデータをすべて平均し、2次メッシュ化して利用した。

(3) 整備・検討方法

本成績では、現実味のある近未来として2030年代 (2030～2039年) を対象とし、上述の4つのモデルによる予測値のなかから、IPCC第4次報告書や気象庁による

地球温暖化情報第6巻⁴⁾での将来予測に比較的近い、CCSR/NIES (以下、CCSRと略記) およびCGCM1による予測値を用いることとした。そして、これら2つのモデルによる全メッシュデータから道内に該当する935メッシュデータを抽出した後、現在の値である2次メッシュ化した「メッシュ気候値2000」と比較し、CCSRおよびCGCM1による予測値の特徴を検討した。なお、2030年代を対象としたのは、2030年程度までの大気中の二酸化炭素濃度は排出シナリオにほとんど依存しない⁵⁾こと、また農林水産省による温暖化適応策工程表⁶⁾においては2030年を各種取り組みの目標基準年としていることなどに基づく。

一方、Ⅲ～Ⅴ章での各種作物への影響予測においては、月別の気象データだけでなく、旬別値と日別値が必要な場合がある。そこで、「北海道施肥ガイド2010」の地帯区分を考慮して選定した27市町村 (本章第2節の対象地点を参照) については、対象市町村の重心直近のメッシュデータを当該市町村のデータとし、これらを旬別および日別値に変換した。すなわち、旬別値については月別値を中旬の、また日別値については月別値を当該月の15日の値とし、これらの月別値を線形補間して、現在と2030年代の双方について、旬または日別値を推定した。

なお、CCSR、CGCM1ともに各気象要素の変動幅については示していないので、次章以降で変動幅の考慮が必要な場合は、現在の年次変動幅 (標準偏差等) をそのまま2030年代に適用することとする。

3) 結果

(1) CCSRによる予測値の特徴

CCSRによる月別気象要素予測値を道内935メッシュの平均値として図Ⅱ-1に示した。

月平均気温は現在よりも1.3～2.9℃上昇する (年平均2.0℃) が、昇温程度は秋・冬季の10～4月が1.5～2.9℃ (平均2.1℃) なのに対し、作物の主要生育期間である5～9月は1.3～2.7℃ (平均1.8℃) とやや小さい傾向にある。

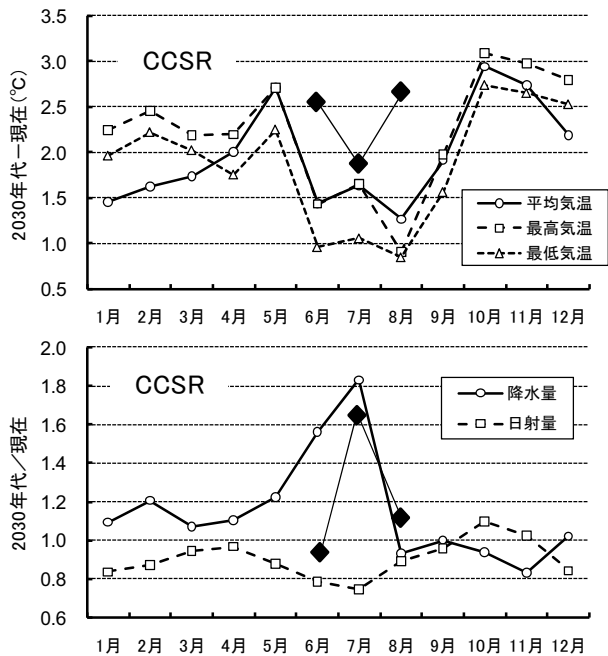
降水量は現在比0.8～1.8倍 (年平均1.2倍) と変化幅が大きく、特に6、7月にそれぞれ現在比1.6、1.8倍の多雨が予測されている。

日射量は年間を通して現在比0.7～1.1倍であるが、5～9月は平均0.9倍で、作物の主要生育期間の日射量は現在をやや下回ると見込まれている。

各気象要素の道内分布を付図Ⅱ-1～3に示した。5～9月の日射量は東部の方が現在に対する減少比がやや大きい傾向にある他は、際だった地域的特徴は認められない。

これらの月平均気温および降水量予測値と、6～8月にかけて記録的な高温、多雨となった2010年における実測

値(道内7ヶ所の气象台観測値の平均)とを比較すると、2010年の気温は予測値を0.2~1.4℃上回り、7月および8月の降水量は予測値に近かった。このように、2030年代予測値は、すでに現在の気象変動の範囲内にあり、未知の領域ではない。



図Ⅱ-1 CCSRによる2030年代の気象要素予測値と現在との比較

道内935メッシュの平均値。ただし、図中のひし形(◆)は2010年6~8月の月平均気温の年平均差(上), および同降水量の年平均比(下)で、札幌、旭川、稚内、網走、釧路、室蘭、函館の平均値。

(2) CGCM1による予測値の特徴

CGCM1による月別気象要素予測値を道内935メッシュの平均値として図Ⅱ-2に示した。

月平均気温は現在よりも1.6~2.8℃上昇する(年平均2.2℃)。昇温程度は秋・冬季の10~4月が1.6~2.8℃(平均2.2℃), 5~9月が2.0~2.6℃(平均2.3℃)と季節間差は小さく、CCSRによる予測値よりも6~8月が0.7~0.8℃高く見積もられている。

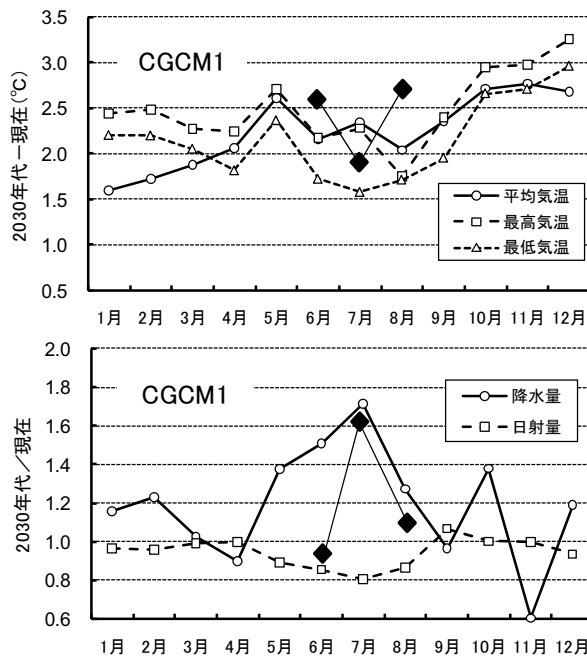
降水量は現在比0.6~1.7倍(平均1.2倍)と変化幅が大きく、特に5, 6, 7および10月に現在比1.4~1.7倍の降水量が予測されており、これはCCSRと類似している。

日射量はCCSRによる予測値と同様に、年間を通して現在比0.8~1.1倍であるが、5~8月は現在をやや下回る(0.8~0.9倍)と見込まれている。

各気象要素の道内分布(付図Ⅱ-4~6)をみると、4~8月の昇温程度は東部がやや大きい他は、特筆すべき

地域の特徴は認められない。

CCSRの場合と同様に、これらの月平均気温および降水量予測値と2010年6~8月の実測値とを比較すると、7月の気温は予測値よりも-0.5℃低かったが、6および8月はそれぞれ0.4, 0.7℃高く、また、7, 8月の降水量は予測値に極めて近かった。CGCM1による予測値も将来予測として十分に現実味があると判断される。



図Ⅱ-2 CGCM1による2030年代の気象要素予測値と現在との比較

道内935メッシュの平均値。ただし、図中のひし形(◆)は2010年6~8月の月平均気温の年平均差(上), および同降水量の年平均比(下)で、札幌、旭川、稚内、網走、釧路、室蘭、函館の平均値。

4) 既往の予測値との比較

以上の予測値を「日本の気候変動とその影響⁵⁾」における予測と比較する。

本報告では、IPCCのSRESA2, A1BおよびB1シナリオ⁷⁾に基づき、21世紀末(2090~2099年)の日本の気象を以下のように予測している(いずれも1980~1999年を基準として)。①年平均気温は2.1~4.0℃上昇するが、2030年まではシナリオに依らず約1.0℃上昇(10年あたり約0.2℃上昇)、②昇温幅は夏季よりも冬季に大きく、地域的には高緯度で大きい、③降水量はいずれのシナリオでも年平均5%程度増加し、100mm以上の大雨の日数が増加、④北海道の降雪量は増加。

本報告の予測年代が今世紀末なので、CCSRおよびCGCM1と直接的な比較は困難であるが、少なくとも2030年代の年平均気温については、CCSRおよびCGCM1による

予測値の方が1.0～1.2℃高い。また、降水量や降雪量においてもCCSRおよびCGCM1の方がやや過大予測とみられる。

2. 温暖化に伴う晩霜日、初霜日および長期積雪終日の変化

1) 目的

前節で整備した2030年代の気象データを活用し、作物の栽培適地区分や播種・移植適期等の判断基準として重要な、晩霜日、初霜日、長期積雪終日(消雪日)が温暖化によりどの程度変化するかを明らかにする。

2) 方法

(1) 対象地点

「北海道施肥ガイド2010」における地帯区分を考慮し、以下の27市町村を対象とした。札幌市、北斗市、八雲町、江差町、倶知安町、島牧村、岩見沢市、滝川市、旭川市、富良野市、名寄市、留萌市、遠別町、稚内市、枝幸町、紋別市、網走市、訓子府町、壮瞥町、苫小牧市、浦河町、平取町、大樹町、芽室町、上士幌町、釧路市、中標津町

(2) 晩霜日と初霜日の推定

一般に、晩霜日、初霜日は平均気温や最低気温と強く関連することが知られている。そこで、道内の気象官署14箇所(札幌、倶知安、岩見沢、旭川、帯広、函館、江差、留萌、稚内、紋別、網走、苫小牧、浦河、釧路)における晩霜、初霜日の平年起日と平均気温および最低気温平年値との関係(付表Ⅱ-1)に基づき、晩霜日および初霜日を、内陸部と沿岸部に分けて、以下のように最低気温から推定することとした。

晩霜日：最低気温が、内陸部では5.1℃以下、沿岸部では4.1℃以下となる日

初霜日：最低気温が、内陸部では5.5℃以下、沿岸部では4.5℃以下となる日

(3) 長期積雪終日の判定

長期積雪の終日を気象要素から推定するため、道内の気象官署13箇所(札幌、倶知安、岩見沢、旭川、帯広、函館、江差、留萌、稚内、紋別、網走、浦河、釧路)における長期積雪終日の平年起日を目的変数、12～2月の降水量平年値および1～3月の平均気温平年値を説明変数とする重回帰分析(ステップワイズ法)を行い、以下の関係式($R^2 = 0.820$)を得た。本式による推定値と観測値とのRMSエラーは6日であり、本式で長期積雪終日をおおむね推定できると判断した(付図Ⅱ-7)。

長期積雪終日(3月1日から数えた日数) = $0.0803 \times$
(12～2月の積算降水量, mm) $- 0.245 \times$ (3月の積算平均気温, °C) $+ 0.585$ (式1)

(4) 供試気象データ

現在の気象データには、対象地点近傍の気象官署またはアメダスの平年値を用いた。

2030年代の気象データには、先に整備したCCSRおよびCGCM1による予測値(月別値、日別値)を利用した。ただし、これらは約10km四方を平均化した面データであり、気象官署やアメダスのような点データとは空間スケールが異なるので直接比較ができない。そこで、各市町村の重心直近のメッシュについて、CCSRまたはCGCM1による2030年代予測値と現在の「メッシュ気候値2000」との差(降水量の場合は比)を求めた後、これを各市町村の気象官署またはアメダスデータに加算し(比の場合は乗じ)、当該地点の2030年代の値として用いた。

3) 結果

(1) 晩霜日、初霜日、無霜期間の変化

温暖化に伴う晩霜日、初霜日、無霜期間の変化を図Ⅱ-3-(a)～(c)に示した。

2030年代の晩霜日は、CCSRおよびCGCM1のいずれの場合でも、すべての地点で現在よりも4～18日(平均値：全道13日、内陸部12日、沿岸部14日)ほど早まると推定され、その程度に地域的な偏りは認められなかった(図Ⅱ-3-a)。

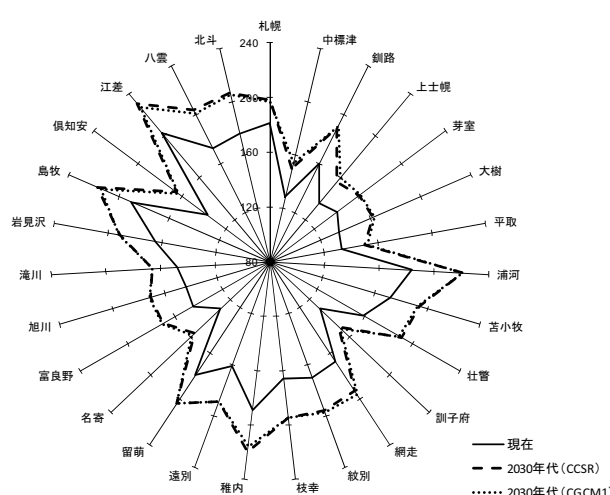
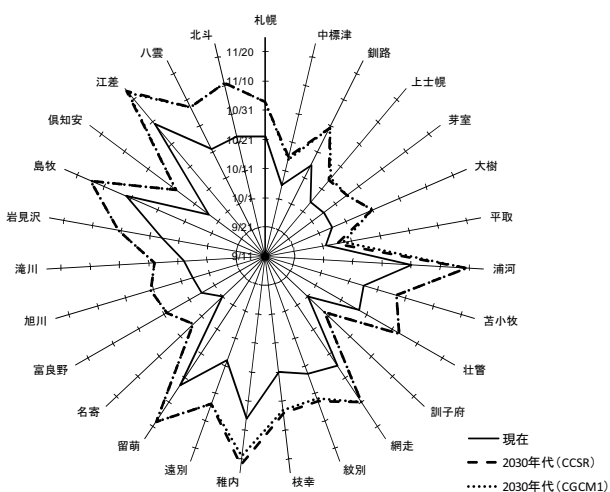
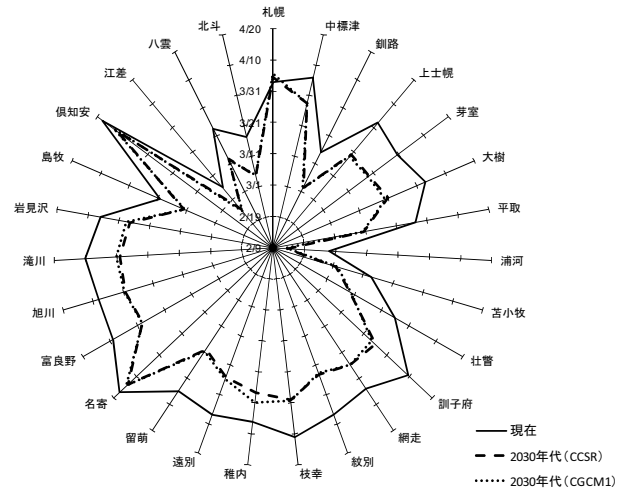
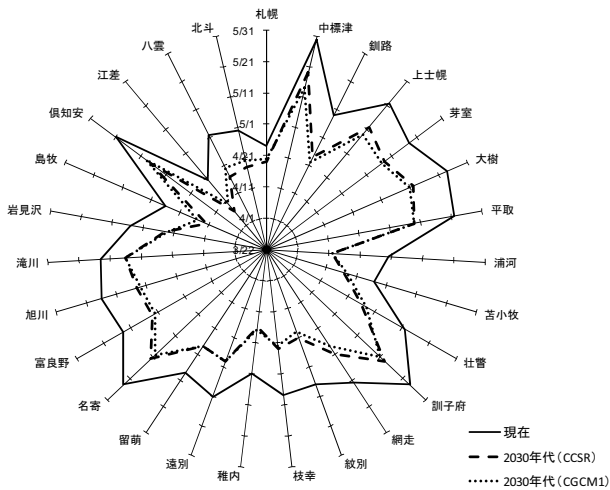
一方、2030年代の初霜日は、CCSRおよびCGCM1のいずれの場合でも、すべての地点で4～19日(平均値：全道13日、内陸部12日、沿岸部15日)遅くなり、沿岸部の方が内陸部よりも遅延程度はわずかに大きかった(図Ⅱ-3-b)。

このような晩霜日、初霜日の変化により、2030年代の無霜期間は現在よりも16～37日ほど長くなり、現在の129～203日(平均値：全道159日、内陸部143日、沿岸部175日)から149～231日(平均値：全道185日、内陸部166日、沿岸部204日)にまで増大すると推定された(図Ⅱ-3-c)。

(2) 長期積雪終日の変化

温暖化に伴う長期積雪終日の変化を図Ⅱ-4に示した。

2030年代の長期積雪終日は、札幌を除くすべての地点で、現在よりも3～17日(全道平均で11日)ほど早まり、最も早い浦河で現在の2月27日から2月13日へ、また最も遅い倶知安でも4月18日から4月12日にまで早まると推定された。2030年代の1～3月の降水量は概して現在よりも多く見積もられているにもかかわらず長期積雪終日が全般的に早まるのは、3月の気温上昇の影響が融雪に強く寄与しているためと推察される。



図Ⅱ-3 温暖化に伴う道内各地の(a)晩霜日, (b)初霜日および(c)無霜期間の変化

(a), (b)の軸の単位は月/日, (c)の軸の単位は日。晩霜日は最低気温が内陸部では5.1℃以下, 沿岸部では4.1℃以下となる日, 初霜日は最低気温が内陸部では5.5℃以下, 沿岸部では4.5℃以下となる日とした。

図Ⅱ-4 温暖化に伴う道内各地の長期積雪終日の変化
軸の単位は月/日。

3. 要約

1) 既往の温暖化気候予測データを活用して, 各種作物への影響予測に用いる2030年代の各種気象要素予測値を2セット(CCSRおよびCGCM1)整備するとともに, 栽培適地区分や播種・移植適期等の判断基準となる晩霜日, 初霜日, 長期積雪終日の変化を推定した。その全道的な傾向は以下の通りである。

2) CCSRによる予測値: 月平均気温は現在よりも年平均で2.0℃上昇し, 昇温程度は10~4月が平均2.1℃, 5~9月は平均1.8℃である。年間降水量は現在の1.2倍で, 6および7月に多雨傾向にある。5~9月の日射量は現在の0.85倍と少ない。

3) CGCM1による予測値: 月平均気温は現在よりも年平均で2.2℃上昇する。昇温程度の季節間差は小さく, CCSRによる予測値よりも6~8月が0.7~0.8℃高い。年間降水量は現在の1.2倍で月変動はCCSRと類似している。日射量はCCSRと同様である。

4) 2030年代の晩霜日は, 現在よりも4~18日(平均値: 全道13日, 内陸部12日, 沿岸部14日)早まる。初霜日は4~19日(平均値: 全道13日, 内陸部12日, 沿岸部15日)遅れる。その結果, 無霜期間は現在よりも16~37日長くなる。

5) 2030年代の長期積雪終日は, 多くの地域で現在よりも3~17日(全道平均で11日)早まる。

4. 引用文献

1) Yokozawa, M., Goto S., Hayashi Y. and Seino, H. "Mesh climate change data for evaluating climate change impacts in Japan under gradually increasing

- atmospheric CO₂ concentration". J. Agric. Meteorol., 59, 117-130 (2003) .
- 2) IPCC. "Climate change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-technical Analyses". Watson, R.T., Zinyowera, M.C. and Moss, R.H. ed. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1996. 878p.
- 3) 気象庁." メッシュ気候値2000 解説". 2002.
http://data.sokki.jmbsc.or.jp/cdrom/mesh_climatic_data/documents/kaisetsu_pdf/kaisetsu_.pdf (2011 年 5 月)
- 4) 気象庁." 地球温暖化予測情報第 6 巻". 2005.
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/GWP/Vol6/index.html> (2011 年 5 月)
- 5) 文部科学省・気象庁・環境省." 温暖化の観測・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」". 2009.
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/rep091009/full.pdf> (2011 年 5 月)
- 6) 農林水産省." 品目別地球温暖化適応策工程表". 2007.
http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/pdf/ondanka_tekiou_koutei.pdf (2011 年 5 月)
- 7) IPCC. "IPCC Special Report on Emissions Scenarios". 2000.
<http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf> (2011 年 5 月)

(中辻 敏朗)