

12.1 積雪寒冷地における気候変動下の農業用水管理に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 27

担当チーム：寒地農業基盤研究グループ（水利基盤）

技術開発調整監付（寒地技術推進室）

研究担当者：中村和正、須藤勇二、伊藤暢男、中谷利勝、石井邦之、細川博明、長畑昌弘

【要旨】

本研究では、積雪寒冷地での気候変動を想定して、水資源の有効利用が可能な用水管理技術を開発する。平成 23 年度の結果は次の通りである。

- 1) 北海道内の 15 の河川の流量について、それぞれ約 10 年分のデータを用い、流域の積雪水量を近傍のアメダスデータで推定する手法を検討した。簡便な式でも実用的な精度で推定可能であることがわかったが、精度向上のために推定式の係数の決定方法をさらに検討する必要がある。
- 2) 貯水池を有する灌漑システムには、ダムから直接取水する場合（単独水系）のほか、ダムから河川に放流後、下流の頭首工で取水する場合（複合水系）がある。気候モデルの予測値を用いて、気候変動が両水系での水利利用に与える影響の比較を試みた。その結果、複合水系では、頭首工地点の到達流量に占めるダム流域からの流入量と頭首工までの区間流域からの流入量の構成比が、降水量予測値の補正方法によって大きく相違することがわかった。今後、気候モデルの選定やその補正方法に工夫を加え、検討を続ける。
- 3) 気象条件の短期的な変化が水需要に与える影響については、2 種類の気候モデルを用いて、水需要に影響を与える気温、降水量、干天日数などの将来の変化傾向を分析した。
- 4) 農業水利施設および圃場での水温上昇機能評価のために、幅広水路における水温上昇を定量的に把握するとともに、水田圃場における水温・地温が土壌管理の違いに影響を受けることを明らかにした。

キーワード：気候変動、積雪水量、水温、複合水系、農業用ダム

1. はじめに

食料・農業・農村基本計画や農林水産研究基本計画（いずれも平成 22 年 3 月）では、地球温暖化が水資源の利用に与える影響評価が喫緊の課題であると位置づけられている。農業用水の利用は、地域ごとに多様な形態を有し、そこでの水循環の重要な構成要素となっている。それゆえ、地球温暖化が農業用水の利用に与える影響の評価と対策の検討は、それぞれの地域特性をふまえて行う必要がある。

積雪寒冷地における用水供給に影響を与える気候変動の要素としては、①融雪流出時期の早期化、②融雪流出時期の年年変動の顕著化、があるとされる。それゆえ、今後は水源流域からの流出パターンの変化への対応が求められる。

また、用水需要に影響を与える気候変動の要素には、①気温上昇、②降雨の変化、があり、蒸発散量の増大、干天日数の変化、等への対応が求められる。そのため、気候モデルの活用等により、将来の気候

データの整理を行い、水需要の変化を考察する必要がある。さらに、積雪寒冷地では、気温が長期的に上昇する一方で、冷害対策が必要となるような低温発生のおそれは今後も継続すると想定される。そのため、灌漑システムには、低温対策としての深水灌漑に必要な大量の用水確保とともに、低温時の短期的水需要変動の予測技術や、このような水需要変動に対応するための送配水管理技術が求められる。

このような背景から、本研究では次のような研究を進める。

- ① 気候モデルの予測値を利用して、気候変動が積雪寒冷地における降水や蒸発散に与える影響を検討する。
- ② 水利施設管理者が利用できよう、アメダスデータ等を用いた安価かつ簡便な積雪量監視技術を開発する。
- ③ 用水供給にとって重要な情報となる日々の水需要の想定のため、気象条件と圃場水需要の関係を

検討する。

- ④ 農業水利施設における水温上昇施設の機能と作物生産に与える効果について評価する。
- ⑤ これらのデータを用いて用水需要予測や水資源量情報を考慮した水管理シミュレーションを行い、気候変動下でも、水源量の管理と適切な配水管理による用水の安定供給や好適な水温の確保が可能な農業用水管理技術を開発する。

本報告書では、平成 23 年度に行った検討内容について述べる。

2. 農業用ダムでの積雪量の監視技術の開発

2.1 目的

水田灌漑用ダムにおける将来の水収支の試算¹⁾によると、今後、融雪時期が早まる可能性があること、融雪開始時期の年々変動が大きくなる可能性があることとされている。それゆえ、将来の気候変動下での水管理にとって、ダムの貯水開始時期において流域に存在する積雪水量の推定が重要となる。しかしながら、山間部にあたる集水域で積雪量調査を行っている農業用ダムの事例は少ない。また、農業用ダムの管理では、簡便な推定手法が必要である。このような背景から、平地の近傍気象データおよび農業用ダムにおける過去の融雪時期の流量データを用いた積雪水量推定手法を検討する。なお、この検討は平成 21～22 年度に実施した一般研究で着手したもので

あり、平成 23 年度以降は推定事例を増やして、手法としてのとりまとめを進める。

2.2 方法

2.2.1 積雪量推定モデル

過年度に提案した積雪量推定手法の概要を図-1に示す²⁾。

融雪開始から融雪が終了するまでの水収支は次式で与えられる。

$$\Delta S = P_m + M - E - Q \quad (1)$$

ここで、 ΔS ：流域貯留量の変化量、 P_m ：融雪期間の降水量、 M ：融雪期間の融雪量、 E ：蒸発散量、 Q ：流出高。

融雪期間は土壌が飽和に近いことから、貯留量の変化量 ΔS を無視する。融雪期間の融雪量 M は融雪開始時点の積雪水量に等しい。積雪水量は冬期降水量 p_w と係数 a_1 を用いて $M = a_1 p_w$ で表すこととする。融雪期間の降水量 P_m は流域平均値であるが、山地を含むダム流域の降水量は近傍の平地のアメダスより多いのが一般であるため、係数 a_2 を乗じて $P_m = a_2 p_m$ で求めることとする。ここで、 p_m は、流域における融雪開始から融雪終了まで間の、近傍アメダスにおける合計降水量である。これらを式(1)に代入して式(2)を得る。

$$a_2 p_m + a_1 p_w = E + Q \quad (2)$$

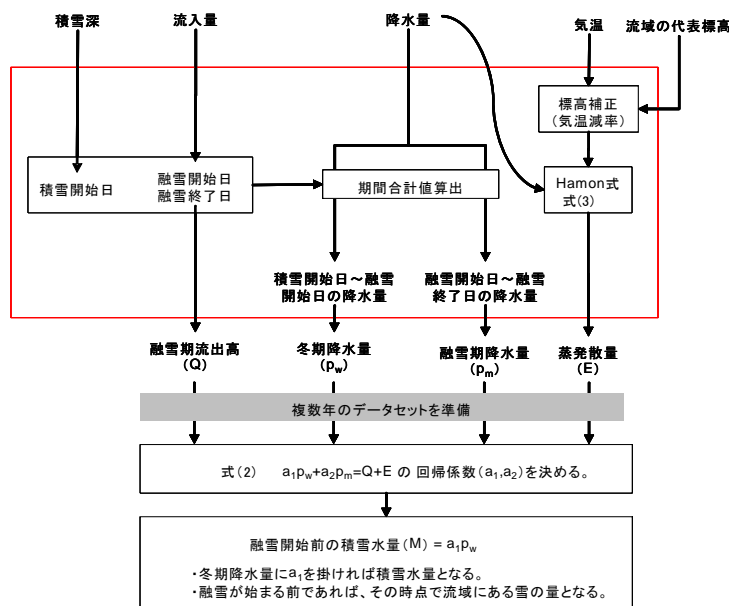


図-1 積雪量推定手法の概要

したがって、入手可能なデータから式(2)の係数 (a_1, a_2) が決まれば、 $M = a_1 p_w$ によって融雪前の積雪水量が定まる。融雪期間の流出量 Q は過去の流量データから得られる。一方、蒸発散量 E は次の Hamon 式を用いて推定する。なお、日降水量が 10 mm を超える場合は蒸発散量を 0 mm/d とし、それ以外では蒸発散量は E_p とした。

$$E_p = 0.14 D_o P_t \quad (3)$$

ここで、 E_p : 日平均蒸発散能(mm/d)、 D_o : 日照時間(h/d)、 P_t : 日平均気温に対する飽和絶対湿度(g/m^3)

以上によって式(2)の右辺が定まる。また、降水量 p_m, p_w には近傍のアメダスデータを与えることができるため、複数年のデータを用いれば、係数 (a_1, a_2) を決めることができる。

過年度の研究では、約 30 年間にわたって積雪量調査が行われてきた北海道内の A ダムを対象として、この推定手法が適用できることを検証した。A ダムの場合には、 a_1 と a_2 はそれぞれ 1.22 と 1.12 であった。

2.2.2 河川流量を用いた推定精度の検証

平成 23 年度には、北海道内の 15 地点の河川流量とさらにそれらの流域近傍のアメダスデータを用いて、次のような検討を行った。

- ① ハイドログラフを用いて、融雪開始日と融雪終了日を決定する。また、積雪開始日を近傍アメダスによる積雪深で根雪が始まったと考えられる日として決定する。

表-1 検討対象河川

No.	河川名	水位・流量観測所名	流域面積 (km ²)	データ期間
1	漁川	日の出橋	147.0	1999年～2009年
2	太櫓川	太櫓川	134.3	1999年～2008年
3	堀株川	堀株川共和	135.9	1999年～2008年
4	利根別川	大和橋	24.4	1999年～2008年
5	旧美唄川	大豊橋	112.0	1999年～2009年
6	千歳川	裏の沢	1142.0	1999年～2009年
7	嶮淵川	嶮淵	63.0	1999年～2009年
8	牛朱別川	中央橋	475.0	1999年～2009年
9	美瑛川	西神楽	645.0	1999年～2009年
10	羽幌川	羽幌川	200.3	1999年～2008年
11	女満別川	湖南	115.5	1989年～1999年
12	美幌川	美幌橋	199.0	1999年～2009年
13	穂別川	稲里	122.7	1999年～2009年
14	帯広川	東3条	181.0	1999年～2009年
15	オソベツ川	下オソベツ	137.0	1999年～2009年

- ② アメダスデータを用いて、積雪開始日～融雪開始前日の降水量 p_w と融雪開始日～融雪終了日の降水量 p_m を算出する。このときアメダスデータは、近傍 1 地点を用いる場合と、近傍 4 地点 (欠測期間等があれば、2～3 地点) を用いる場合の 2 通りとする。
- ③ 融雪開始日～融雪終了日の累加流出高を算出する。
- ④ データ収集をした 10 カ年のうちの 1 年目の累加流出高や降水量を用いて、係数 $a_1 = a_2$ として (2) 式を満足する係数を算出する ($a_1 = a_2$ とする理由は後述する)。
- ⑤ 2 年目の降水量と④で得られた係数を用いて、2 年目の融雪期の累加流出高を推定する。
- ⑥ 3 年目以降は、その前年までの合計降水量と融雪期の累加流出高の合計値を用いて算出した係数 $a_1 (= a_2)$ で、当該年度の累加流出高を推定する。

2.3 結果

推定結果の事例を図-2 に示す。美瑛川の事例では、8 年目以降に実測値に近い推定ができた。3～5 年目には推定値が実測値よりも大きく、7 年目以降では推定値が実測値よりも小さい。また羽幌川の事例では 4 年目以降に、精度良く推定できている。美幌川の事例では、4 年目以降の推定精度が低く、しかも実測値が推定値を上回る年が連続している。美瑛川および羽幌川のような事例では、実用的に利用可能な推定精度であると考えられる。美幌川のような事例では、精度向上に向けた推定方法の検討が必要である。

過年度の A ダムを対象とした推定では、 a_1 と a_2 がそれぞれ 1.22 と 1.12 となった。この係数は、山地の降水量と平地の降水量の比である。積雪期間と融雪期間で、2 つの係数が大きく異なるとは考えにくく、A ダムでの 2 つの係数のように近い値をとるものと考えられる。今回の河川流量を対象とした検討で、 $a_1 \neq a_2$ として係数を決定したところ、 a_1 が a_2 の数倍になる事例が多かった。そのため、今回の検討では $a_1 = a_2$ として係数を求めた。今後、 a_1 と a_2 の決定方法の検討を行う。

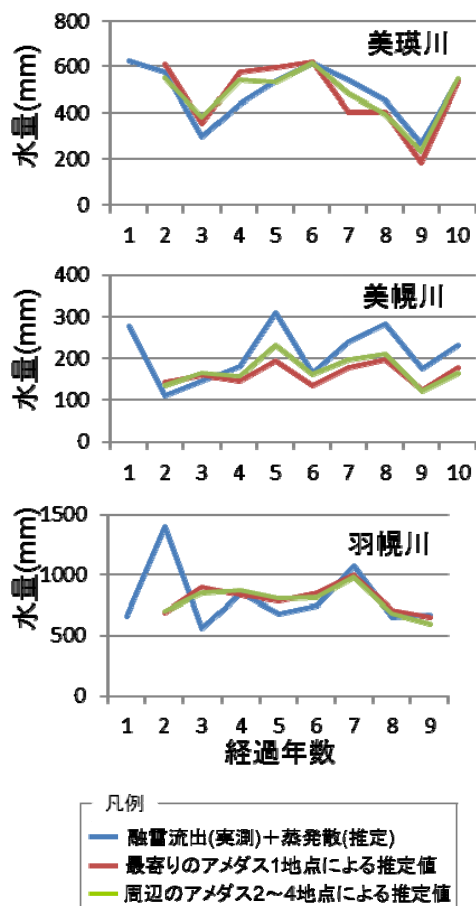


図-2 融雪期の累加流出高推定結果

3. 気候変動による用水需給変動量の解明

3.1 目的

北海道での気候変動による農業用水需給量の変動を検討するためには、農業用ダムを含む流域の河川流量について、近年と将来の比較により変動量を整理・分析する必要がある。

平成 23 年度は、図-3 に示す複合水系を対象として流入量の解析を行った。複合水系とは、ダムから河川に放流後、下流の頭首工で取水する水系である。このような流域では、ダムと頭首工の間にある区間流域が比較的低標高であるため、ここでの融雪時期が早く、さらにこの融雪流出を貯留する施設がないことから、気候変動による渇水傾向が顕著に表れる可能性がある。

3.2 方法

農業用ダムから用水供給を行っている利水システムをモデル流域とし、用水供給に係る河川流量について、現況（過去 20 年間：1991～2010 年）と将来（近未来 20 年間：2031～2050 年）におけるダム流入量・区間流入量をタンクモデルにより推定し、河

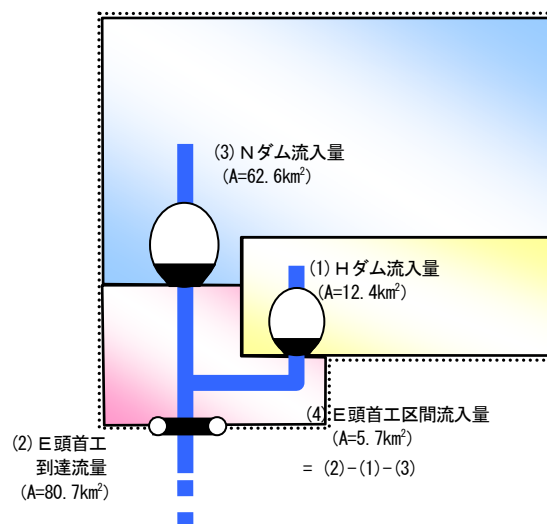


図-3 検討対象の複合水系

川流量の変動量の整理・分析を行った。

ここで、モデル流域は、①ダムから直接取水を行うダム流域単独水系の利水システム（図-3 の(1)Nダム流域）および②ダムから河川に放流し下流の頭首工で取水を行うダム流域と頭首工までの区間流域の複合水系から構成される利水システム（図-3 の(1)、(2)、(3)の全体）とした。

なお、使用する気象データは、過去 20 年間についてはアメダス観測所の観測値とし、近未来 20 年間については気象庁により作成された地球温暖化予測情報第 6 巻の予測データとした。

また、将来の河川流量算定に用いる降水量予測値は、再現期間でアメダス観測値と比べると、3～10 月では予測値の方が大きく、11～2 月では予測値の方が小さくなる（図-4）。そのため、検討にあたって用いる値は、予測データをそのまま用いた場合（CASE-1）と予測データを補正した場合（CASE-2）の 2 通りとした。

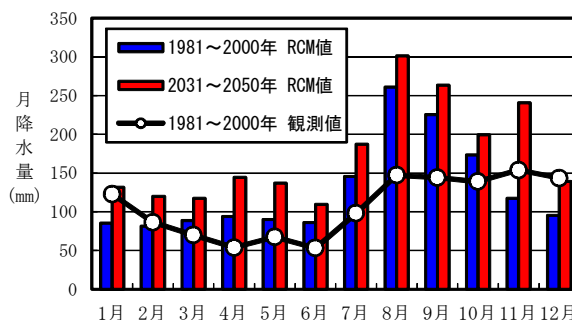


図-4 アメダス観測値と RCM20 値との比較

3.3 結果

3.3.1 単独水系における将来の水管理

単独水系では、以下のことが生じる可能性がある(表-2、3)。

- ① 融雪ピーク発生日は平均で約1か月～20日早期化する。
- ② 融雪ピーク流量は大きくなる。
- ③ ピーク流量の年変動は大きくなる。
- ④ 融雪期の水源賦存量は半減または同程度となる。
- ⑤ 灌漑期の水源賦存量は約30%減または同程度となる。
- ⑥ 灌漑期の水源賦存量の年変動は小さくなる。

ダムの水源賦存量は将来、恒常的な渇水リスクが高まると予測されるが、上記のように、年変動は減少・安定傾向を示しており、単独水系におけるダム貯留(節水)管理計画はたてやすい。

3.3.2 複合水系における将来の水管理

複合水系では、以下のことが生じる可能性がある(表-4～6、図-5)。

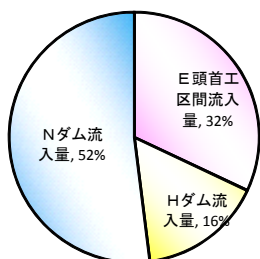
- ① 融雪ピーク発生日は平均で約1か月～20日早期化する。
- ② 融雪ピーク流量はやや減少又は増加する。
- ③ ピーク流量の年変動は単独水系と比べて小さくなる。

表-2 Nダム(単独水系)の融雪期流入量の将来変化

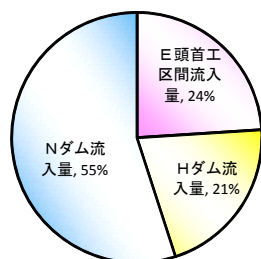
区分	融雪ピーク発生日 (平均発生日)	融雪ピーク流量			
		平均 (m^3/s)	最大 (m^3/s)	最小 (m^3/s)	変動係数 (%)
現況	5月6日	20.933	28.091	14.402	18.2
将来 CASE-1	4月10日	15.528	28.892	7.414	36.4
将来 CASE-2	4月17日	28.578	50.565	15.357	37.6

表-3 Nダム(単独水系)の水源賦存量の将来変化

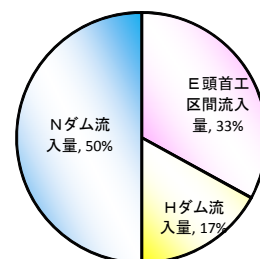
区分	融雪期				灌漑期			
	平均 ($千m^3$)	最大 ($千m^3$)	最小 ($千m^3$)	変動係数 (%)	平均 ($千m^3$)	最大 ($千m^3$)	最小 ($千m^3$)	変動係数 (%)
現況	39,164	50,534	23,572	21.7	18,638	36,224	6,763	49.0
将来 CASE-1	20,391	24,368	12,596	24.4	13,491	24,368	5,781	33.5
将来 CASE-2	39,667	32,686	29,388	19.6	18,540	32,686	9,089	33.5



(現況)



(将来：補正なし)



(将来：補正あり)

図-5 E頭首工到達流量構成

くなる。

- ④ 頭首工水源賦存量は将来、降水量予測値の補正方法によって大きく変動する。

上記のように、複合水系では頭首工地点の到達流量に占めるダム流域からの流入量と頭首工までの区間流域からの流入量の構成比が降水量予測値の補正方法によって大きく相違することが分かった。今後、気候モデルの選定やその補正方法に工夫を加え、検討を続ける。

4. 気象変化と短期圃場水需要の応答変動の解明

4.1 目的

北海道における将来の気候変動では、全体的に温暖化が進む中で、冷害発生の危険のあるような年も生起するといわれている。また、降水頻度や連続干

表-4 E頭首工ダム(複合水系)の融雪期流入量の将来変化

区分	融雪ピーク発生日 (平均発生日)	融雪ピーク流量			
		平均 (m^3/s)	最大 (m^3/s)	最小 (m^3/s)	変動係数 (%)
現況	5月6日	22,806	30,556	11,630	19.5
将来 CASE-1	4月10日	13,715	20,740	8,258	23.0
将来 CASE-2	4月18日	23,861	35,064	15,431	24.5

表-5 E頭首工ダム(複合水系)の水源賦存量の将来変化

区分	融雪期				灌漑期			
	平均 ($千m^3$)	最大 ($千m^3$)	最小 ($千m^3$)	変動係数 (%)	平均 ($千m^3$)	最大 ($千m^3$)	最小 ($千m^3$)	変動係数 (%)
現況	12,948	15,624	8,347	14.9	11,573	16,913	5,447	29.9
将来 CASE-1	7,797	11,332	4,886	22.6	5,836	9,005	4,016	20.9
将来 CASE-2	15,259	22,097	9,572	22.1	12,477	17,816	9,089	15.9

表-6 E頭首工到達流量構成

地点名	現況 (1991～2010年)		将来(2031～2050年)			
	総流入量 ($千m^3$)	比率 (%)	補正なし		補正あり	
			総流入量 ($千m^3$)	比率 (%)	総流入量 ($千m^3$)	比率 (%)
E頭首工区間流入量	11,573	32	5,836	24	12,477	33
Hダム流入量	5,608	16	5,119	21	6,544	17
Nダム流入量	18,638	52	13,491	55	18,540	50
計	35,818	100	24,445	100	37,561	100

天日数の変化も想定される。それゆえ、今後の配水管理を考えるとき、急な低温時や干ばつによる水需要増大の頻度の変化傾向を想定しておくことが必要である。

平成 23 年度は、短期的な水需要変動の傾向を考える上で必要な将来の気候の変化傾向を、2 種類の気候モデルによる予測値を用いて整理した。また、農業農村整備事業の計画検討で参考とされる農業気象項目について、北海道内 6 地点のデータベースを作成した。

4.2 方法

4.2.1 気候モデルの再現性検証

研究に用いた気候モデルは、RCM20（気象庁気象研究所地域気候モデル）と MRI-AGCM（気象庁気象研究所全地球モデルのうち、21 世紀気候変動予測革新プログラムに出されている成果）であり、図-6 に示す期間のデータを用いた。

道内 6 地点（図-7）のアメダス値と、そのアメダス観測所を囲む気候モデルの格子点（図-8）から気象要素（気温・降水量・風速）を抽出し、各気候モデル格子点から最も相関の高い格子点を選定し、観測値との誤差やモデルの特徴を整理した。

4.2.2 各気候モデル値の補正方法の検討

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
RCM20					1981~2000年										2031~2050年
MRI-AGCM					1981~2000年				2015~2039年						

図-6 アメダス観測の期間



図-7 アメダス地点

気候モデル格子点値とアメダス観測値の誤差を、以下に示す 3 種類の方法により補正し、補正結果を比較した。気温と風速については①と②の 2 種類の、また降水量については①、②、③の 3 種類の補正方法を適用した。

① スプライン曲線を用いる方法¹⁾

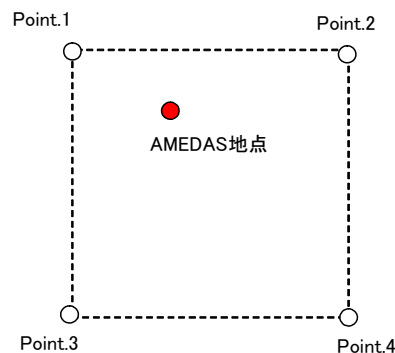


図-8 気候モデルの格子点

気温については、まず月ごとにモデル値と観測値の平均気温の差を求める。つぎに横軸を月日としたグラフの各月の中心に、求めた気温差をプロットし、これらをスプライン曲線で結んで毎日の補正值（気温差）を求める（図-9）。モデル格子点値の日データにこの補正值を加えて補正を行う。

降水量、風速については、月ごとにモデル値と観測値の比（補正係数）を求め、気温と同様にグラフにプロットした点をスプライン曲線でつないで毎日の補正係数を求め、日データの補正を行う。

② 回帰式を用いる方法

降水量、気温、風速の月別値について、各気候モデルに対し、格子点値と観測値の相関分析を行い、回帰式を求めて補正を行う。期間全体の日データに対して同一の回帰式で補正を行う。

③ ハイブリッド法³⁾

降水量の格子点値と観測値について、極値（全体の

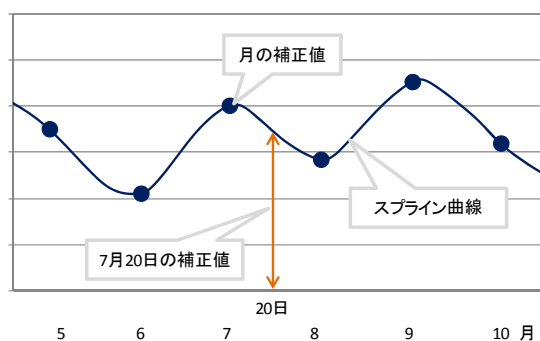


図-9 スプライン曲線を用いる補正

上位 0.5%) のデータセットとそれ以外のデータセットを分けてそれぞれに補正係数を算定し別々に補正を行う。極値のデータセットについては全体の降水量の比を補正係数とする。その他のデータセットについては月別値の比から月ごとの補正係数を求める。

格子点の日データに対し、極値(上位 0.5%)であれば極値の補正係数、それ以外では月別の補正係数により補正を行う。

この補正方法を、降水量だけに適用する理由は、4.2.4 で述べるデータベース作成において、最大日雨量等の極値に関する値を求める必要があるためである。

4.2.3 将来値の変化傾向検討

各気候モデルの将来値を補正して設定(RCM20: 2031年~2050年、MRI-AGCM: 2015年~2039年)し、気象要素の変化傾向を整理した。

4.2.4 将来の農業気象データベース作成

補正した将来値を用いて、データベースとして取りまとめた。

4.3 結果

4.3.1 気候モデルの再現性検証

気温については、いずれの気候モデルにおいても全ての地域で相関係数が 0.97 以上となり再現性が高いことが示された。

降水量については、相関係数が、RCM20 で 0.71~0.98、AGCM で 0.76~0.97 となり、地域によって差があり気温と比較すると再現性が低い結果となった。

風速については、相関係数が、RCM20 で -0.46~0.81、AGCM が 0.61~0.98 となり、地域によって差があり気温、降水量と比較して再現性が低い結果であった。また、全ての観測地点で AGCM の相関係数が RCM20 より高かった。

4.3.2 各気候モデル値の補正方法の検討

気温については、スプライン曲線あるいは回帰式を用いた 2 方法で補正方法を検討した。気温は補正しない場合でも観測値との誤差(RMSE(平均二乗誤差))が 0.42~2.48 と小さかったが、スプライン曲線による補正で RMSE が 0.0~0.1°C と小さくなった。回帰式による補正では RMSE が最大で 1.1°C とスプライン曲線による補正と比較して誤差が大きかった。これらを考慮して気温についてはスプライン曲線を用いる補正方法を選定した。

降水量については、回帰式による補正結果は RMSE が 8.0~43.8mm と地点によりばらつきが大きく、全ての地点で他の 2 つの補正方法よりも相関係数が小さく誤差が大きかった。スプライン曲線とハイブリッド法の補正結果を比較すると、相関係数はスプライン曲線が 0.97 以上、ハイブリッド法が 0.88 以上といずれも高い相関を示した。しかし、降水量は最大日雨量の算出等における極値の再現性と、月平均

値の補正における再現性の両者が同時に求められるため、ハイブリッド法を選択した。

風速については、スプライン曲線による補正の RMSE が 0.04m/s 以下と非常に小さく、回帰式による補正と比較して全ての地点で相関係数が高い。このため、スプライン曲線を用いる補正方法を選択した。

4.3.3 将来値の変化傾向検討

気象要素の変化傾向は以下のとおりであった。

- ① 平均気温については両気候モデルとも、将来に向けて上昇傾向を示す。再現期間(1981~2000年)では AGCM・RCM20 とも 15.1°C であった平均気温が AGCM の近未来(2015~2039年)平均で 1.0°C、RCM20 の近未来(2031~2050年)平均で 1.8°C 上昇する予測となる。
- ② 降水量については、両モデルとも増加傾向を示す。再現期間では両モデルとも年降水量で平均 614mm であったが AGCM の近未来では 17.5mm 増加、RCM20 では平均で 117.9mm 増加する予測となる。
- ③ 降水日数については、両モデルとも増加傾向を示している。再現期間では AGCM で平均 72 日、RCM20 で 67 日であった降水日数が AGCM の近未来では 75 日、RCM20 では 77 日に増加する予測となる。
- ④ 干天日数については、しきい値を降水 5mm 未満とした場合も 1mm 未満とした場合も緩やかな減少傾向を示している。これは先の降水日数の増加傾向に対応したものと考えられる。降水 1mm 未満を干天日とした場合、RCM20 では再現期間と比較して近未来(2031~2050年)の干天日数は 10 日間減少する予測となる。
- ⑤ 平均風速については、年ごとの強弱の変化はみられるものの再現期間全体の平均値と近未来全体の平均値では大きな差がなく、AGCM では平均で 0.02m/s 減少し、RCM20 では 0.13m/s 減少する。

4.3.4 将来の農業気象データベース作成

補正した将来値を用いて、農業気象データベースを作成した。作成したデータベースの例を表-7 に示す。

5. 農業水利施設における水温上昇機能の評価

5.1 目的

積雪寒冷地における気候変動では、気温が長期的に上昇する一方で、冷害対策が必要となるような低温発生の可能性は今後も継続する。そのため、水源から圃場内に至る用水の流下経路における水温変化をモデル化するとともに、水利施設における水温上

表-7 作成した農業気象データベースの例

(RCM20)

観測所	旭川	統計期間	2031年~2050年						観測所位置	142.3717E 43.7567N	観測所標高	120m
			5月	6月	7月	8月	9月	10月				
項目	単位											
平均気温	(°C)		14.9	19.2	22.3	22.6	17.9	10.8	18.0			
平均降水量	(mm)		67.3	71.8	120.0	132.7	145.0	123.8	660.6			
平均降水日数	(日)		11.5	7.9	8.8	12.1	13.6	14.8	68.5			
平均風速	(m/s)		2.3	2.0	1.5	1.3	1.5	1.6	1.7			
平均干天日数	(日)		26.2	26.3	26.5	25.4	23.5	23.9	151.7			
平均積算温度	(°C)		462.6	576.5	690.8	699.4	538.0	333.9	3301.3			
旬別平均作業可能日数	(日)		上 7.7 中 7.4 下 9.1	8.1 8.4 8.2	8.5 7.6 8.6	7.5 7.7 7.4	7.0 6.9 7.5	7.3 6.5 7.5				

干天日数: 上段5mm未満、下段1mm未満

観測所	函館	統計期間	2031年~2050年						観測所位置	140.7533E 41.8167N	観測所標高	35m
			5月	6月	7月	8月	9月	10月				
項目	単位											
平均気温	(°C)		14.2	17.2	21.2	23.1	19.9	13.6	18.2			
平均降水量	(mm)		128.6	143.4	127.8	197.1	199.7	156.7	953.4			
平均降水日数	(日)		12.7	14.8	19.2	20.0	19.6	17.7	103.9			
平均風速	(m/s)		2.8	3.0	2.4	2.4	2.8	2.9	2.7			
平均干天日数	(日)		24.0	22.6	22.9	22.3	20.5	22.2	134.3			
平均積算温度	(°C)		440.1	516.8	657.2	716.4	598.0	421.9	3350.4			
旬別平均作業可能日数	(日)		上 7.3 中 7.0 下 7.7	7.0 6.6 6.3	5.9 6.3 7.1	6.1 5.9 5.6	5.4 5.4 5.9	6.3 5.9 7.0				

干天日数: 上段5mm未満、下段1mm未満

観測所	釧路	統計期間	2031年~2050年						観測所位置	144.3767E 42.985N	観測所標高	4.5m
			5月	6月	7月	8月	9月	10月				
項目	単位											
平均気温	(°C)		9.3	13.0	17.0	19.2	17.0	11.7	14.5			
平均降水量	(mm)		172.6	149.6	116.9	125.9	155.2	123.9	844.1			
平均降水日数	(日)		12.5	11.0	14.1	14.8	15.4	13.9	81.5			
平均風速	(m/s)		4.1	3.4	2.7	2.6	3.2	3.7	3.3			
平均干天日数	(日)		24.3	23.7	24.4	24.3	22.5	24.6	143.7			
平均積算温度	(°C)		206.6	19.7	185.5	18.3	16.2	19.1	112.3			
旬別平均作業可能日数	(日)		上 6.9 中 6.4 下 7.7	7.2 7.4 6.8	7.0 7.0 7.8	7.1 7.2 7.0	6.4 6.0 6.8	7.1 6.7 7.6				

干天日数: 上段5mm未満、下段1mm未満

(AGCM)

観測所	旭川	統計期間	2031年~2050年						観測所位置	142.3717E 43.7567N	観測所標高	120m
			5月	6月	7月	8月	9月	10月				
項目	単位											
平均気温	(°C)		16.8									
平均降水量	(mm)		657.1									
平均降水日数	(日)		90.1									
平均風速	(m/s)		1.7									
平均干天日数	(日)		146.6									
平均積算温度	(°C)		106.7									
旬別平均作業可能日数	(日)		上 3098.8 中 下									

干天日数: 上段5mm未満、下段1mm未満

観測所	函館	統計期間	2031年~2050年						観測所位置	140.7533E 41.8167N	観測所標高	35m
			5月	6月	7月	8月	9月	10月				
項目	単位											
平均気温	(°C)		17.5									
平均降水量	(mm)		709.8									
平均降水日数	(日)		71.0									
平均風速	(m/s)		2.9									
平均干天日数	(日)		152.2									
平均積算温度	(°C)		127.0									
旬別平均作業可能日数	(日)		上 3212.0 中 下									

干天日数: 上段5mm未満、下段1mm未満

観測所	釧路	統計期間	2031年~2050年						観測所位置	144.3767E 42.985N	観測所標高	4.5m
			5月	6月	7月	8月	9月	10月				
項目	単位											
平均気温	(°C)		13.9									
平均降水量	(mm)		710.2									
平均降水日数	(日)		71.5									
平均風速	(m/s)		3.8	3.2	3.0	3.1	3.2	3.8	3.4			
平均干天日数	(日)		26.2	26.3	26.6	25.8	24.5	25.6	155.0			
平均積算温度	(°C)		21.8	22.8	21.8	20.4	20.6	22.0	129.4			
旬別平均作業可能日数	(日)		上 264.6 中 7.4 下 7.3	7.6 7.8	7.1 7.1	6.7 6.8	6.7 7.3	7.9 7.3				

干天日数: 上段5mm未満、下段1mm未満

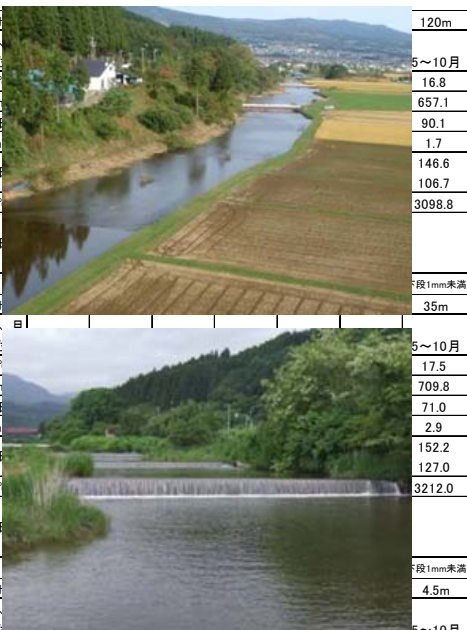


写真-1 調査した幅広水路

昇が作物生産に与える効果について評価する。平成23年度には、用水流下経路のうち、温水路および圃場における水温観測を実施した。

5.2 方法

5.2.1 幅広水路工における水温観測

渡島地域にある延長約1,070mの幅広水路工(写真-1)を含む水路区間において、灌漑期間中の水温を10分間隔で観測した。観測期間は、2011年6月9日~8月31日である。観測点は、幅広水路工区間で5地点、その下流の約1,200m区間に4地点を設けた。

5.2.2 圃場における温度観測

空知地域の水田圃場において、移植栽培と直播栽培の圃場をそれぞれ1箇所選び、田面からの深さ0cm、10cm、20cm、40cm、60cmに温度計を設置し、10分間隔で温度を観測した。移植栽培圃場では代かきが行われたのに対し、直播圃場は無代かきであった。それゆえ、前者では後者に比べて鋤床層の透水系数が低かった。

5.3 結果

5.3.1 幅広水路における水温上昇

晴天日であった2011年7月10日の幅広水路工上流端および下流端における水温を図-10に示す。幅

広水路工区間における水温上昇は、夜間にはわずかであるが、昼間には2~3°Cに達する。最も水温上昇が大きい時刻は、14時ころである。

イネの生育に対する水温の影響の大きい出穂以前の期間として6月中旬から7月下旬にかけての晴天日を3日選び、水温上昇の大きい14時における水路延長方向の水温変化を図-11に示す。幅広水路工下流端の水温は、それより下流の水温より高い。それゆえ、この地点での温度計は、用水の攪拌が小さく、周囲に比べて高い水温を観測している可能性がある。それゆえ、幅広水路工区間での水温上昇を、距離0m地点の水温と距離1,500m付近の水温との比較で評価すると、6月20日および7月10日では約2°C、また7月28日では約3°Cの水温上昇効果が得られた。

5.3.2 圃場における温度

図-12に田面および深さ10cmでの温度観測結果を示す。それぞれ圃場内の1地点におけるデータであるため、平面的に圃場全体を代表できる値ではないことに留意して、温度の特徴をしてみる。

田面下10cmの位置(深さ10cm)の温度観測結果が平均値および日内変動が大きい。直播圃場では代かきを行わないため、移植圃場に比べて鋤床層の透

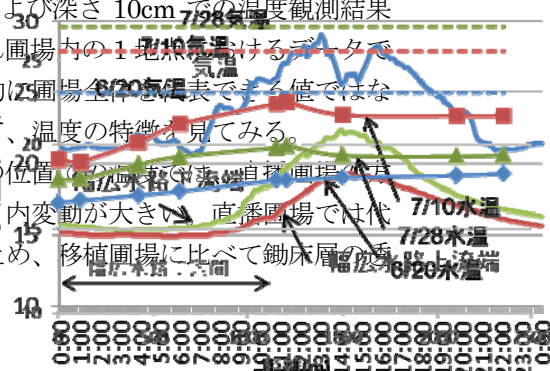


図-11 用水路縦断方向の水温変化 (晴れの日14時、2011年)

水性が大きい。そのため、田面で昼間に暖まった水が浸入し、田面下の温度の日内変動を生じさせていると考えられる。両圃場の田面下 10cm の位置での温度の日平均値で直播圃場の方が高い原因が、田面付近の温度の日平均の差によるものなのか、あるいは縦浸透の大小によるものなのかは、現時点では明確にできない。

今後、鋤床層の透水性や圃場の縦浸透の大小が、水田の水温・地温に与える影響について、これらの実測値を用いて分析する。

6. まとめ

本研究に関する平成 23 年度の成果は、次のようにまとめられる。

農業用ダムでの積雪量の監視技術の開発については、河川(15 箇所)の約 10 年分のデータを用い、流域の積雪水量を近傍のアメダスデータで推定する手法を検討した。簡便な式でも実用的な精度で推定可能であることがわかった。

気候変動による用水需給変動量の解明については、気候モデルの予測値を用いて、気候変動が農業用水の利用に与える影響を、単独水系と複合水系で検討した。その結果、複合水系では、頭首工に到達する用水資源に占めるダム流域からの流出と、それ以外の区間流域から流出の構成比が、降水量予測値の補正方法によって大きく相違することがわかった。今後、他の気候モデルの利用や補正方法の検討を行う。

気象変化と短期圃場水需要の応答変動の解明については、将来の気候モデル値を用いて、短期水需要変動予測のための気象データを整理するとともに、平均積算温度や旬別平均作業可能日数などの農業気象について将来値のデータベースを作成した。また圃場における取水時期を調査した。

農業水利施設における水温上昇機能の評価については、農業水利施設および圃場での水温上昇機能評価のために、幅広水路工における水温上昇を定量的に把握するとともに、水田圃場における水温・地温が土壌管理の違いに影響を受けることを明らかにした。

参考文献

- 1) 中村・多田・鶴木・齋藤・松岡：北海道内の水田灌漑用ダムにおける将来の水収支の試算、寒地土木研究所月報、No667、pp.12-19、2008
- 2) 中村・鶴木・多田・齋藤・臼谷：農業用ダム集水域における積雪水量推定手法、平成 22 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集、pp.232-234、2010
- 3) 猪股・竹内・深見：GCM 降水量データのバイアス補正手法開発、土木技術資料、51-10、pp.10-13、2009

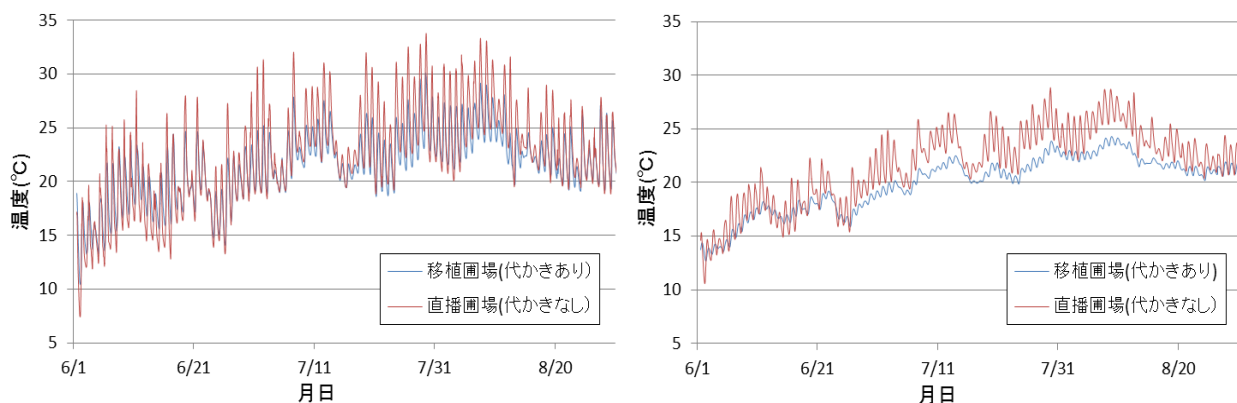


図-12 圃場での温度 (左：田面表面、右：田面から深さ 10cm、2011 年)

A STUDY ON AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT IN COLD SNOWY REGIONS UNDER THE INFLUENCE ON CLIMATE CHANGE

Budget : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2015

Research Team : Cold-Region Agricultural Development Research
Group (Irrigation and Drainage Facilities)

Director for Cold-Region Technology Development
Coordination (Cold- Region Technology Promotion
Division)

Author : NAKAMURA Kazumasa

SUTO Yuji

ITO Nobuo

NAKAYA Toshikatsu

IHII Kuniyuki

HOSOKAWA Hiroaki

NAGAHATA Masahiro

Abstract :

- 1) A technique to estimate the water equivalent of snow cover in basins using local data from the Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) was examined based on data relating to the information on the discharge of 20 rivers in Hokkaido. Both sets of data were accumulated over a period of approximately 10 years. It was found that even a simple equation enabled estimation with a sufficient level of accuracy for practical use. However, further studies on a method for coefficient determination are necessary to improve precision.
- 2) In irrigation systems with reservoirs, water is taken directly from dams (independent river systems), or water discharged from dams to rivers is taken in at downstream headworks (complex river systems). The effects of climate change on water use with these two river system types were compared based on values predicted from a climate model. The results showed that the ratio of inflow from the dam basin and the ratio of the inflow from the section between the dam and the headworks to the volume of flow reaching the headworks varied significantly according to the method of correction for predicted precipitation. Further studies will be conducted toward the selection of an appropriate climate model and improvement of the model's correction method.
- 3) To study how short-term variations in climatic conditions affect irrigation water demand, future characteristics of temperature, precipitation and the number of dry days were analyzed using two climatic models.
- 4) Water temperature rise in a water warming canal was quantitatively clarified to evaluate the function of increasing water temperature in facilities and fields where agricultural water is used. In addition, paddy field water and ground temperatures were found to be affected by differences in soil management.

Key words : climate change, water equivalent of snow cover, water temperature, complex river system, agricultural dam