

## 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、  
野澤一博、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 23～24 年度の結果は次の通りである。

- 1) 北海道内の 5 カ所のダム流域と 12 カ所の河川流域を対象に、入手が容易な流域近傍のアメダスデータから流域の積雪水量を推定する手法を検討した。その結果、流域の積雪水量は、流域近傍の 1～3 地点のアメダスデータで精度良く推定できることがわかった。
- 2) 9 種の気候モデルの予測値を用いて、気候変動が農業用水の供給に与える影響を検討した。山地の融雪時期の早期化や水源河川における融雪期、灌漑期の総流入量の減少が予測された。さらに流域の平均標高が低いほど、融雪の早期化が大きいことがわかった。
- 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 カ年にわたって圃場水管理を調査した。このデータは、今後の圃場データと合わせて、気候変動で生じる渇水年における節水型の配水管理を行うのに有用な、数日先の水需要予測のためのモデル化に利用する。
- 4) 農業水利施設での水温上昇機能評価のために、広幅水路における水温変化の推定モデルを検証した。このモデルを用いて、多様な気象条件における水温上昇パターンを再現した。

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 23～24 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

北海道のような積雪寒冷地では、灌漑のための水資源として融雪水が重要である。水田灌漑用ダムにおける将来の水収支の試算<sup>1)</sup>からは、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、が示唆されている。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。それゆえ、積雪量の推定手法が必要である。農業用ダムの場合、このような手法としては低コストで簡便なものが望ましい。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、本個別課題では、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<sup>2)</sup>。

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、 $\Delta S$ ：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  $\Delta S$  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。

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

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( $\text{g/m}^3$ )

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 (図-2) 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。

#### 2.2.2 河川流量を用いた推定精度の検証

北海道内のダム流域5カ所と河川流域12箇所における、1999年～2008年の10年の河川流量と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。
- ② 近傍4地点の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。
- ③ 融雪開始日～融雪終了日の累加流出高を算出する。
- ④ その4地点のアメダスデータを用いて係数  $a_1$  と  $a_2$  を求める。アメダスデータの組み合わせ方は、1地点のみを用いる場合、2地点を用いる場合、

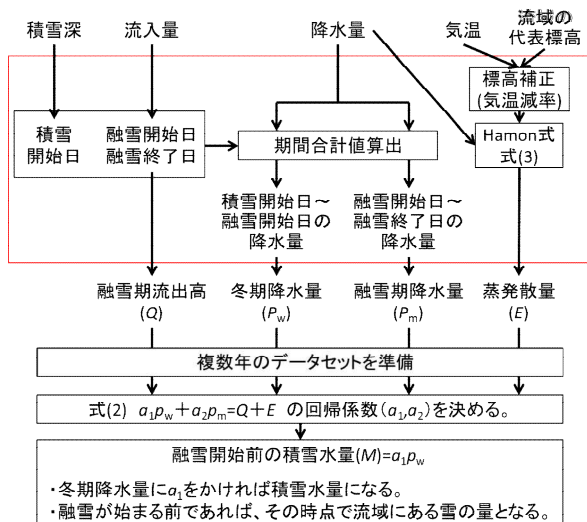


図-1 積雪量推定手法の概要

3地点を用いる場合、全地点を用いる場合の合計15通りである。

⑤  $Q+E$  についての実測値（流量：実測値、蒸発散量：Hamon式）と推定値を比較し、推定値の相対誤差の絶対値の平均によって、適用性を評価する。

なお、④の係数決定において、 $a_1=a_2$ とする場合と、 $a_1 \neq a_2$ とする場合の両方を検討した。本来、 $a_1$ と $a_2$ は数倍の差を持つものではないが、重回帰式による係数決定では、このような大きな差が生じる場合があった。それゆえ、推定方法の簡便化のために、 $a_1=a_2$ とする場合も検討したものである。

### 2.3 結果と考察

推定結果の一例を図-3に示す。 $a_1=a_2$ の場合と $a_1 \neq a_2$ の場合の両者とも、年々の変動が再現できている。しかし、2002年や2008年のように、観測値と推定値の差が比較的大きい年も見られる。

各流域について、15通りの気象データの与え方のうち、推定誤差（相対誤差の絶対値の平均）が最小となるものは、表-1の通りである。17流域のうちでは近傍1地点から推定した場合が多く、次いで近傍2地点や3地点から推定する場合が多かった。また、4地点のうち最も遠いアメダスだけによる場合の推定誤差が最小の地点もある。このように、最も近いアメダスだけで推定するのではなく、近傍の4地点程度のデータの選択による推定を比較することが必要である。

また表-1に示すように、流域ごとの推定誤差の最低値は、ダム流域についてはすべて10%未満であり、

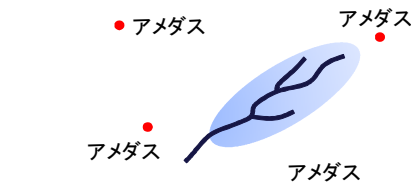


図-2 流域と近傍気象観測地点のイメージ

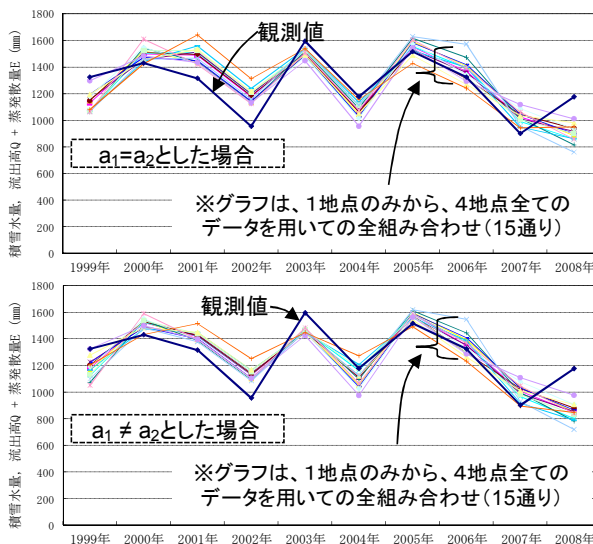


図-3  $Q+E$ の推定事例（Aダム）

表-1 推定誤差が最小になるアメダスデータの組み合わせ ( $a_1 \neq a_2$ の場合)

| 流域     | 地域       | アメダスデータ<br>(順位は流量観測点からの距離による) |      |      |      | 相対誤差の絶対値の平均(%) |
|--------|----------|-------------------------------|------|------|------|----------------|
|        |          | 近傍1位                          | 近傍2位 | 近傍3位 | 近傍4位 |                |
| Bダム    | 空知       | ■                             |      |      |      | 6.5            |
| Eダム    | 空知       | ■                             |      |      |      | 5.2            |
| 利根別川   | 空知       | ■                             |      |      |      | 13.2           |
| 太櫛川    | 釧路       |                               | ■    |      |      | 12.4           |
| オソベツ川  | 釧路       |                               | ■    |      |      | 16.8           |
| Cダム    | 空知       |                               |      | ■    |      | 9.2            |
| 女満別川   | 網走・北見・紋別 |                               |      |      | ■    | 8.4            |
| 美幌川    | 網走・北見・紋別 |                               |      |      | ■    | 15.4           |
| 堀株川    | 後志       | ■                             | ■    |      |      | 8.5            |
| Dダム    | 空知       | ■                             | ■    |      |      | 8.5            |
| オサラッベ川 | 上川       |                               | ■    | ■    |      | 11.0           |
| Aダム    | 空知       |                               |      | ■    | ■    | 9.6            |
| 鱒淵川    | 石狩・胆振    |                               |      | ■    | ■    | 13.2           |
| 美瑛川    | 上川       |                               |      | ■    | ■    | 6.0            |
| 穂別川    | 胆振       |                               |      | ■    | ■    | 10.6           |
| 漁川     | 石狩       |                               |      | ■    | ■    | 12.5           |
| 釧淵川    | 上川       | ■                             |      | ■    | ■    | 5.1            |

■ 1地点のデータによる推定が最も評価が高い  
■ 2地点の平均データによる推定が最も評価が高い  
■ 3地点の平均データによる推定が最も評価が高い

その他の流域でも10%程度の値になるものがあった。それゆえ、この積雪水量の推定方法は、10%程度の実用的な誤差の範囲で推定可能な方法であると考えられる。

各流域に対する $a_1=a_2$ とする場合と、 $a_1 \neq a_2$ とする場合の両者での推定誤差の最低値の比較は、図-4

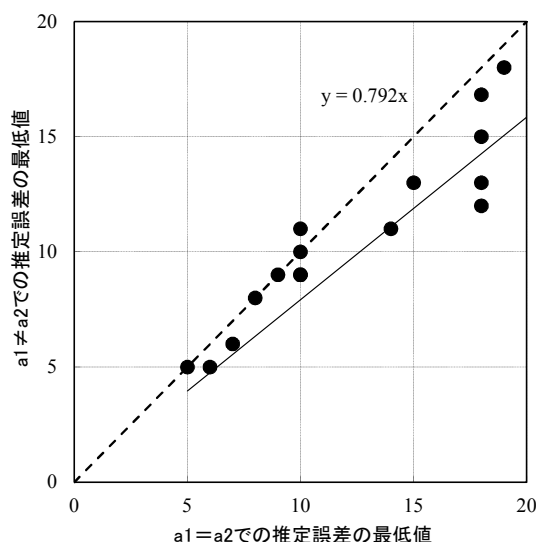


図-4  $a_1 = a_2$  と  $a_1 \neq a_2$  の場合の推定誤差の比較

の通りである。ほとんどの流域で、 $a_1 \neq a_2$  とする場合の方が、推定誤差が小さかった。

## 2.4 小括

農業用ダム流域の積雪水量の簡易な推定手法として、入手の容易なアメダスデータ等を用いた方法の推定精度を検証した。流域周囲の4地点の気象データを適宜組み合わせれば、10%程度の推定誤差で推定可能であることがわかった。

## 3. 気候変動による用水需給変動量の解明

### 3.1 目的

積雪寒冷地の灌漑では、融雪流出の果たす役割が大きい。将来、気候が温暖化すれば、融雪時期の早期化によって、灌漑システムの水収支が変化する。温暖化による融雪流出の変化の現れ方は、流域の標高によって異なると考えられる。たとえば、一つの流域の中に、複数の貯水池や取水施設がある場合には、それらの流域の標高の違いによって、融雪流出の早期化の程度に違いが生じると想定されることから、温暖化への対応にはそれらの施設の連携した管理が必要となると考えられる。ここでは、複数の気候モデルの予測値を用いて、温暖化による融雪流出の変化に対して流域の標高が与える影響を検討する。

### 3.2 方法

#### 3.2.1 概要

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：1980～1999年）と将来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、河川流量の変動量の整理・分析を行う。

#### 3.2.2 対象流域

検討対象の流域の概要を図-5に示す。検討対象は、北海道内で水田灌漑を目的とする2カ所のダムと1カ所の頭首工を含む流域である。ダムや頭首工地点における流域の標高別構成割合を図-6に示す。

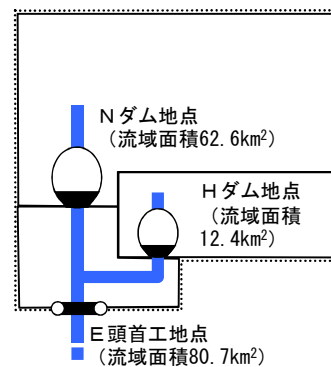


図-5 検討対象流域

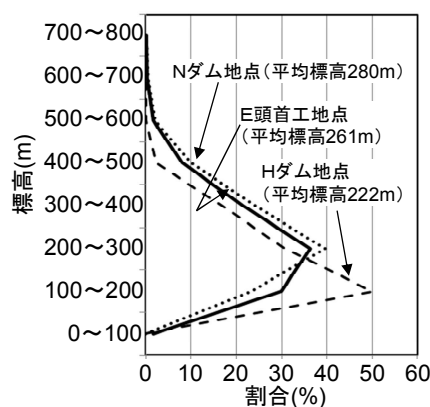


図-6 各地点の流域面積の標高別構成割合

#### 3.2.3 流出モデル

流出モデルには、流域の長期流出解析に適している直列4段貯留型タンクモデルを用いた（図-7）。現況（1980年～1999年）の近傍アメダスにおける気温・降水量を入力データとし、各地点の流量を再現できるように、降水量の補正倍率やタンクモデルの係数を決定した。なお、E頭首工地点の流量は、上流のダムにおいて貯留を行わなかったと仮定して算出した。

#### 3.2.4 将来の流出予測

3.2.3の流出モデルに、気候モデルによる2046年～2065年の気温と降水量の将来予測値を入力して、将来の流出特性の変化を現況と比較した。現在、多様な気候モデルが提案されている。個々のモデルはそれぞれ独自のモデル化の考え方を有していること

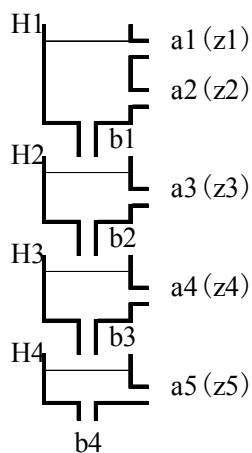


図-7 流出モデル

から、将来の流出特性を単独で予測すると、結果にはそのモデルの特徴が大きく影響する。そのため、本研究では「気候変化上乘せ法」<sup>3)</sup>を活用し、9種類の気候モデルを用いることとし、温室効果ガス排出シナリオ A1B のモデル(大気中の温室効果ガス濃度が21世紀末頃に20世紀末の約2倍)を抽出した。

使用した9種の気候モデルは次の通りである。なお、本研究では京都大学防災研究所による気象変動情報データベースのデータを利用した。

- 1) BCCR-BCM2.0 (Norway)
- 2) CCSM3 (USA)
- 3) CSIRO-Mk3.0 (Australia)
- 4) ECHO-G (Germany/Korea)
- 5) GISS-EH (USA)
- 6) INGV-SXG (Italy)
- 7) MIROC3.2 (hires) (Japan)
- 8) MIROC3.2 (medres) (Japan)
- 9) UKMO-HadGEM1 (UK)

### 3.3 結果と考察

Hダム地点を事例として、現況と将来の日流出量のハイドログラフを図-8に示す。各モデルの予測結果は、15日間移動平均を20年間で平均した値である。融雪流出の開始時期やピーク発生時期は、全モデルで現況よりも早期化した。また、融雪期間のピーク流出量は、全モデルで現況よりも減少し、その減少割合はモデルによって異なっていた。

融雪ピーク日、融雪期の総流出量、灌漑期の総流出量について、現況と将来の比較を図-9～図-11に示す。全モデルで、3地点とも融雪ピーク日が早期化すると予測された。早期化の日数は流域の平均標高が低い地点ほど大きい。このことから、流域の標高

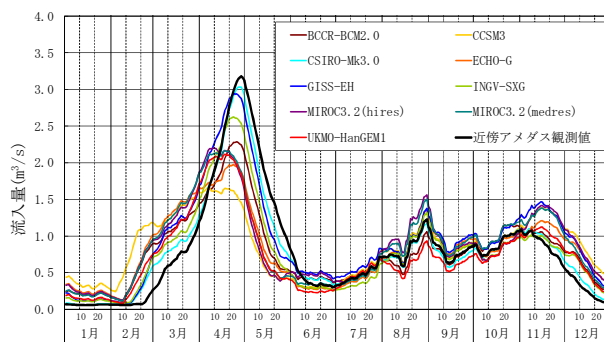


図-8 日流出量経時変化 (Hダム)

が比較的低い条件にある貯水池や取水施設での水利用は、温暖化の影響を受けやすいことが示唆される。

融雪期(2～5月)の総流出量は、1モデルを除いて現況よりも減少する結果となった。減少割合の平均値は3地点とも10%未満である。モデルごとの結果では、Nダム地点とHダム地点では10%前後の、またE頭首工地点では6%前後の減少が予測されるものが多い。

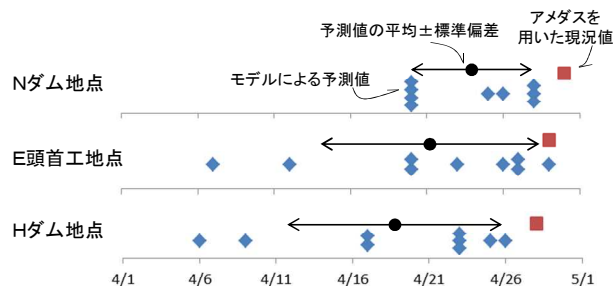


図-9 融雪ピーク日の変化

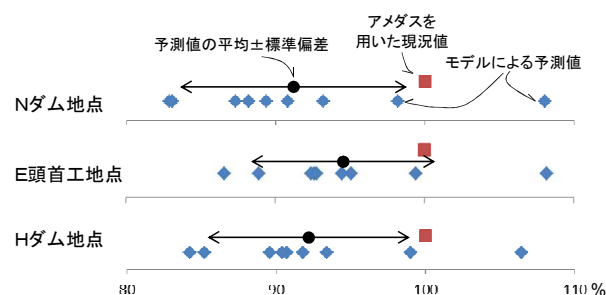


図-10 融雪期(2月～5月)総流出量の変化

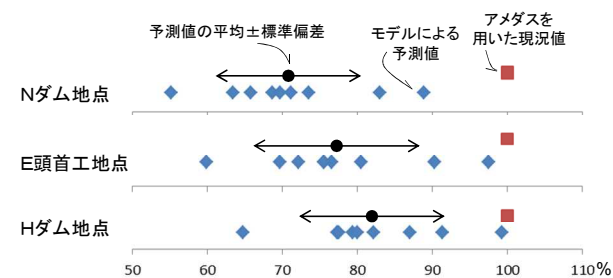


図-11 灌漑期(5月～8月)総流出量の変化

灌漑期（5～8月）の総流出量は、3地点とも全モデルで減少すると予測された。減少の割合はモデルごとにばらつきがある。平均値やモデルごとの予測値の分布をみると、減少割合はNダムで30%程度、E頭首工で25%程度、Hダムで20%程度である。図-8をみると融雪流出の早期化が灌漑期の総流出量の減少に寄与していると考えられる。しかし、流域の平均標高が高いNダム地点では、融雪ピークの早期化日数（図-9）が比較的小さいにもかかわらず、灌漑期の総流出量の減少が最も大きい（図-11）。気温や降水量の将来の変化が複雑に関与して、将来の融雪流出時期の早期化や灌漑期の総流出量を変化させると考えられる。

### 3.4 小括

将来の気候変動が、融雪時期の早期化や流出量に与える影響を、流域の標高の異なる3流域で比較した。流域標高が低いほど、温暖化による融雪流出時期の早期化の日数が大きかった。

## 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

北海道では、将来の気候変動によって積雪量・融雪時期が変化し、水源の水資源量の不足によって節水型の送配水管理が求められる年が増加すると予想される。また、降水頻度や連続干天日数の変化も想定される。一方、将来、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。それゆえ、需要面からみると、急な低温日への対応として湛水深を深める場合の用水需要の短期的増大が生じうる。

将来の安定した用水供給のためには、灌漑期間中の降雨頻度の長期的変化への対応の可否の検討が求められるほか、節水が求められる年であっても、急な低温時に冷害対策として湛水を深めるための用水供給方策が必要である。後者のように、節水の必要な年に、配水管理用水量を抑制するためには、数日単位の気象変化によって生じる圃場水需要の予測が必要である。

本章では、用水需要に影響を与える気候の変化傾向の分析と、短期的な気象変化に対する圃場での水需要の変化のモデル化を行う。

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。

また、水田圃場における数日先程度の短期的な気象の変化に対する水田圃場での水需要の変化をモデル化するための基礎データとして、平成23年度から、湛水深・地下水水位等のデータ収集と整理を行っている。このモデルは、本個別課題で今後行う気候変動下での安定した用水供給のためのシミュレーションに用いる予定である。

本章では、これらの結果について述べる。

## 4.2 将来の気候変化傾向の整理

### 4.2.1 方法

#### 4.2.1.1 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-12に示す期間のデータを用いた。道内6地点（図-13）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-14）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。

|          | 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-12 予測値の期間

#### 4.2.1.2 各気候モデル値の補正方法の検討

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種類の手法により補正し、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<sup>1)</sup>

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-15）。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

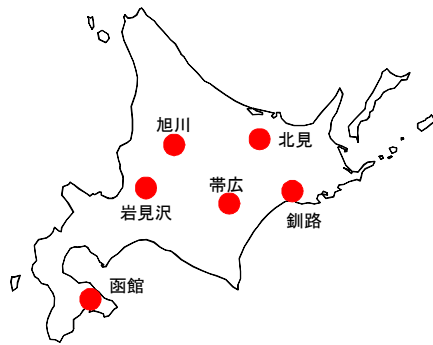


図-13 アメダス地点

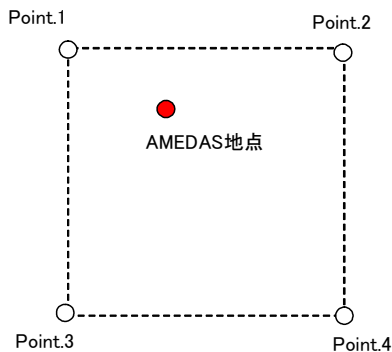


図-14 気候モデルの格子点

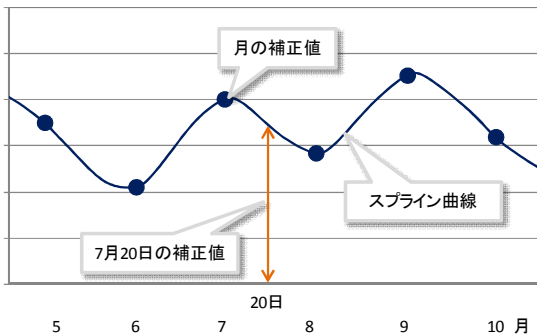


図-15 スプライン曲線を用いる補正

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<sup>4)</sup>

降水量の格子点値と観測値について、極値(全体の上位 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、4.2.2.4 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。

4.2.1.3 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。

4.2.1.4 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。

4.2.2 結果

4.2.2.1 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。

4.2.2.2 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℃ と小さくなった。回帰式による補正では RMSE が最大で 1.1℃ 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。

#### 4.2.2.3 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℃であった平均気温がAGCMの近未来(2015~2039年)平均で1.0℃、RCM20の近未来(2031~2050年)平均で1.8℃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。

#### 4.2.2.4 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、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-2に示す。

### 4.3 圃場水需要のモデル化

#### 4.3.1 方法

平成23年度から空知地域での圃場水管理データを収集・分析している。データの項目は、湛水深・

表-2 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    | 5~10月 |       |      |
| 項目         | 単位    | 月    |             |       |       |                    |       |       |        |       |       |      |
| 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)  |      | 21.5        | 23.5  | 23.8  | 21.1               | 18.7  | 18.4  | 126.9  |       |       |      |
| 旬別平均作業可能日数 | 上(日)  |      | 462.6       | 576.5 | 690.8 | 699.4              | 538.0 | 333.9 | 3301.3 |       |       |      |
|            | 中(日)  |      | 7.7         | 8.1   | 8.5   | 7.5                | 7.0   | 7.3   |        |       |       |      |
|            | 下(日)  |      | 7.4         | 8.4   | 7.6   | 7.7                | 6.9   | 6.5   |        |       |       |      |
|            |       |      | 9.1         | 8.2   | 8.6   | 7.4                | 6.7   | 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    | 5~10月 |       |     |
| 項目         | 単位    | 月    |             |       |       |                    |       |       |        |       |       |     |
| 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)  |      | 19.4        | 16.6  | 14.7  | 13.4               | 13.3  | 15.3  | 92.6   |       |       |     |
| 旬別平均作業可能日数 | 上(日)  |      | 440.1       | 516.8 | 657.2 | 716.4              | 598.0 | 421.9 | 3350.4 |       |       |     |
|            | 中(日)  |      | 7.3         | 7.0   | 5.9   | 6.1                | 5.4   | 6.3   |        |       |       |     |
|            | 下(日)  |      | 7.0         | 6.6   | 6.3   | 5.9                | 5.4   | 5.9   |        |       |       |     |
|            |       |      | 7.7         | 6.3   | 7.1   | 5.6                | 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    | 5~10月 |       |      |
| 項目         | 単位    | 月    |             |       |       |                   |       |       |        |       |       |      |
| 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)  |      | 20.6        | 19.7  | 18.5  | 18.3              | 16.2  | 19.1  | 112.3  |       |       |      |
| 旬別平均作業可能日数 | 上(日)  |      | 288.5       | 389.5 | 528.1 | 596.5             | 510.1 | 364.0 | 2676.5 |       |       |      |
|            | 中(日)  |      | 6.9         | 7.2   | 7.0   | 7.1               | 6.4   | 7.1   |        |       |       |      |
|            | 下(日)  |      | 6.4         | 7.4   | 7.0   | 7.2               | 6.0   | 6.7   |        |       |       |      |
|            |       |      | 7.7         | 6.8   | 7.8   | 7.0               | 6.8   | 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 | 2015年~2039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    | 5~10月 |       |      |
| 項目         | 単位    | 月    |             |       |       |                    |       |       |        |       |       |      |
| 平均気温       | (°C)  |      | 12.3        | 17.9  | 21.8  | 22.1               | 17.0  | 9.9   | 16.8   |       |       |      |
| 平均降水量      | (mm)  |      | 62.6        | 68.3  | 133.6 | 128.3              | 145.4 | 118.9 | 657.1  |       |       |      |
| 平均降水日数     | (日)   |      | 13.5        | 11.4  | 16.4  | 15.0               | 15.0  | 18.6  | 90.1   |       |       |      |
| 平均風速       | (m/s) |      | 2.1         | 1.8   | 1.7   | 1.6                | 1.5   | 1.7   | 1.7    |       |       |      |
| 平均干天日数     | (日)   |      | 26.5        | 25.3  | 23.6  | 24.8               | 22.9  | 23.4  | 146.6  |       |       |      |
| 平均積算温度     | (°C)  |      | 19.2        | 20.0  | 17.1  | 17.5               | 17.3  | 15.6  | 106.7  |       |       |      |
| 旬別平均作業可能日数 | 上(日)  |      | 382.3       | 538.3 | 676.5 | 685.3              | 510.2 | 306.2 | 3098.8 |       |       |      |
|            | 中(日)  |      | 7.3         | 7.7   | 6.3   | 6.8                | 6.3   | 6.6   |        |       |       |      |
|            | 下(日)  |      | 7.4         | 7.4   | 6.4   | 6.9                | 7.0   | 6.2   |        |       |       |      |
|            |       |      | 8.6         | 7.9   | 7.7   | 7.7                | 6.8   | 6.6   |        |       |       |      |

干天日数:上段5mm未満、下段1mm未満

| 観測所        | 函館    | 統計期間 | 2015年~2039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    | 5~10月 |       |     |
| 項目         | 単位    | 月    |             |       |       |                    |       |       |        |       |       |     |
| 平均気温       | (°C)  |      | 12.5        | 16.7  | 20.8  | 22.7               | 19.3  | 12.8  | 17.5   |       |       |     |
| 平均降水量      | (mm)  |      | 88.3        | 79.8  | 122.9 | 179.2              | 141.9 | 97.6  | 709.8  |       |       |     |
| 平均降水日数     | (日)   |      | 11.1        | 10.5  | 12.3  | 13.6               | 10.8  | 12.7  | 71.0   |       |       |     |
| 平均風速       | (m/s) |      | 3.1         | 2.8   | 2.7   | 2.9                | 2.9   | 3.2   | 2.9    |       |       |     |
| 平均干天日数     | (日)   |      | 26.2        | 26.6  | 26.3  | 24.0               | 24.4  | 24.8  | 152.2  |       |       |     |
| 平均積算温度     | (°C)  |      | 22.1        | 22.6  | 21.8  | 19.6               | 20.6  | 20.3  | 127.0  |       |       |     |
| 旬別平均作業可能日数 | 上(日)  |      | 388.1       | 500.8 | 645.5 | 703.0              | 577.6 | 397.1 | 3212.0 |       |       |     |
|            | 中(日)  |      | 7.4         | 7.7   | 7.5   | 6.5                | 7.3   | 7.4   |        |       |       |     |
|            | 下(日)  |      | 7.7         | 7.7   | 7.1   | 6.7                | 7.4   | 6.9   |        |       |       |     |
|            |       |      | 8.3         | 7.8   | 8.1   | 7.5                | 7.4   | 8.1   |        |       |       |     |

干天日数:上段5mm未満、下段1mm未満

| 観測所        | 釧路    | 統計期間 | 2015年~2039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    | 5~10月 |       |      |
| 項目         | 単位    | 月    |             |       |       |                   |       |       |        |       |       |      |
| 平均気温       | (°C)  |      | 8.5         | 12.4  | 16.4  | 18.4              | 16.4  | 11.2  | 13.9   |       |       |      |
| 平均降水量      | (mm)  |      | 97.1        | 90.6  | 124.5 | 159.7             | 145.8 | 92.4  | 710.2  |       |       |      |
| 平均降水日数     | (日)   |      | 11.8        | 10.4  | 13.4  | 14.1              | 11.7  | 10.0  | 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 | 上(日)  |      | 264.6       | 373.2 | 508.2 | 568.8             | 491.0 | 346.7 | 2552.6 |       |       |      |
|            | 中(日)  |      | 7.4         | 7.6   | 7.1   | 6.7               | 7.2   | 7.9   |        |       |       |      |
|            | 下(日)  |      | 7.3         | 7.8   | 7.1   | 6.8               | 7.3   | 7.3   |        |       |       |      |
|            |       |      | 8.4         | 7.7   | 7.8   | 7.9               | 7.1   | 8.6   |        |       |       |      |

干天日数:上段5mm未満、下段1mm未満



地下水水位、取水時間帯などである。灌漑期におけるこれらの時系列と、近傍アメダス地点における気温・降水量データを図化した。

#### 4.3.2 分析事例

気象条件と湛水深、取水時期の整理事例を図-16に示す。また、生育期別の取水時間帯の整理事例を図-17に示す。

図-16では、移植栽培圃場において、7月13日頃から障害型冷害の対策としての深水灌漑を実施していることがわかる。また、乾田直播圃場では、6月17日頃に、低い気温から稲を保護して生育の遅延を防止するために、湛水深がやや深めに調整されていることがわかる。

図-17では、普通期の取水の大部分が、夕方から翌朝にかけての時間帯に行われていることがわかる。普通期は、稲の活着や分けつなど初期の生育促進のために、田内の水温上昇を図るため、夜間あるいは早朝に取水することが勧められている時期である。

平成23～24年度は、気温が顕著に低下した期間が少ない傾向にあった。次年度以降もデータの収集を進め、また他の地域のデータも加えて、水需要のモデル化を行う。

#### 4.4 小括

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。

また、水田圃場での水需要のモデル化のための基礎データとして、湛水深等の収集と整理を行った。このモデルは、気候変動下での安定した用水供給のためのシミュレーションに用いる予定である。

### 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と言われて<sup>6)</sup>いる。そのため、将来においても、圃場での水温確保に有利な送配水管理や圃場での取水時間帯の選択、湛水深の管理などは、重要な事項である。気候変動下における農業用水の管理技術の一面として、水温の確保のための水管理方法を考えるため、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。

広幅水路の水温観測は、平成22年度に開始し、本個別課題の研究期間である23～24年度にも継続している。平成24年度には、水温上昇施設におけ

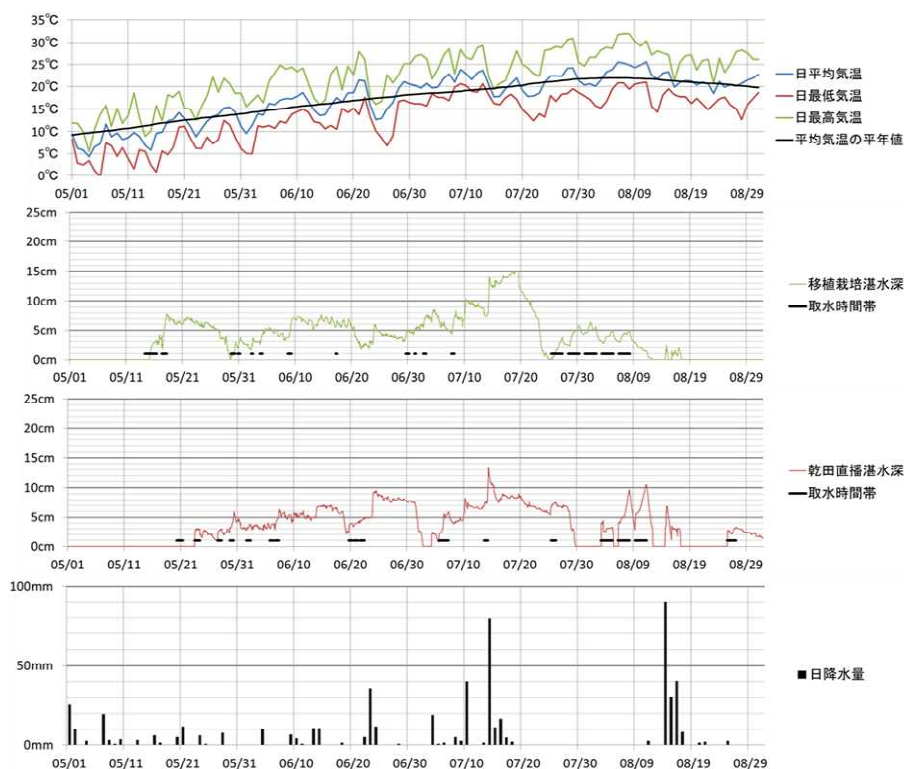


図-16 美唄地域の調査圃場における湛水深の管理と取水頻度(H23年度)

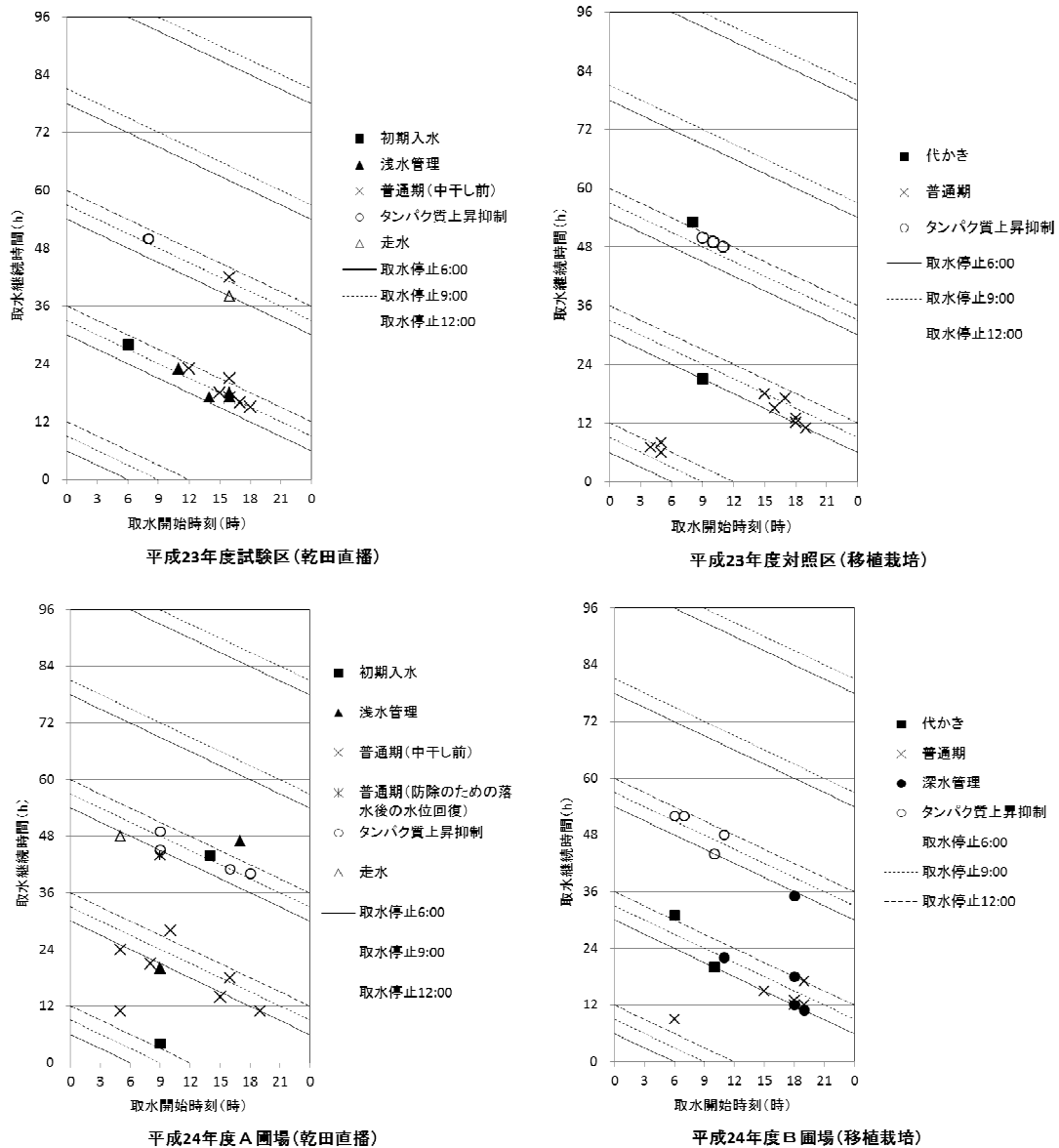


図-17 生育期別の取水時間帯(美唄地域)

る灌漑用水の水温モデルの作成と検証を行うとともに、各種気象条件下での広幅水路の機能推定を行った。

## 5.2 方法

### 5.2.1 広幅水路工における水温観測

渡島地域にある広幅水路工(写真-1、図-18)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、平成23~24年度の灌漑期間である。観測点は、広幅水路工1,140m区間に5地点(水路流入部1地点、水路途中3地点、水路出口部1地点)設けた。この広幅水路工では、頭首工で取水した水を広幅水路へ導水して灌漑用水としている。

### 5.2.2 水温モデルの作成

本検討における水温モデルに必要な機能は、①流量が比較的安定している状態における広幅水路内の水温の毎時変化を表せること、②広幅水路への流入水温と広幅水路流入量のほか、近傍のアメダス等から入手できる気温、湿度、全天日射、風速等によって、広幅水路内の水温変化を算出できること、である。

### 5.2.3 広幅水路の水温変化のモデル式の検証

3カ年の実測水温データを用いて、作成したモデル式の検証を行った。具体的には、広幅水路の途中3地点と流出部での毎時の水温を算出し、実測値と比較した。



写真-1 調査した広幅水路

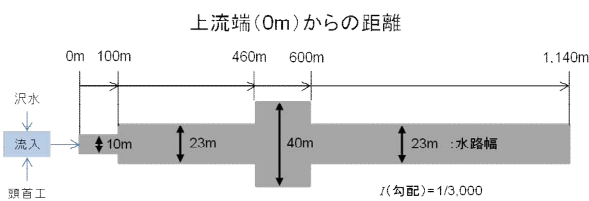


図-18 対象施設の概要

### 5.2.4 各種気象条件下での広幅水路の機能推定

過去5年間（平成20年～平成24年）の気象データを用いて、6月、7月、8月の各月から、①晴天・高温日、②晴天・低温日、③曇天・高温日、④曇天・低温日の4パターンの気象条件を1ケースずつ抽出し（合計12ケース）、作成したモデル式に代入して、広幅水路の流出部の水温毎時変化を推定した。

## 5.3 結果

### 5.3.1 広幅水路における水温上昇

晴天日であった平成23年7月10日の広幅水路工上流端および下流端における水温を図-19に示す。広幅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℃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-20に示す。広幅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、広幅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℃、また7月28日では約3℃の水温上昇効果が得られた。

### 5.3.2 水温変化のモデル式

水温変化のモデル式は、既往文献<sup>6)</sup>や著書<sup>7)</sup>を参考に次のようなものとした。

$$\frac{\partial T_w}{\partial t} + v \frac{\partial T_w}{\partial x} = \frac{R_n - H - LE}{\rho_w c_w D}$$

$T_w$ :水温(℃)、 $v$ :流速(m/s)、 $R_n$ :純放射(W/m<sup>2</sup>)、 $H$ :顕熱フラックス(W/m<sup>2</sup>)、 $LE$ :潜熱フラックス(W/m<sup>2</sup>)、 $\rho_w$ :水の密度(kg/m<sup>3</sup>)、 $c_w$ :水の比熱(J/kg/K)、 $D$ :水理学的水深(m)

ここで、 $D$ （水理学的水深）は Manning式から求めることとした。また純放射、顕熱、潜熱はそれぞれ次の式で算出した。

$$R_n = (1 - a)S - \epsilon\sigma T_w^4 + L \downarrow$$

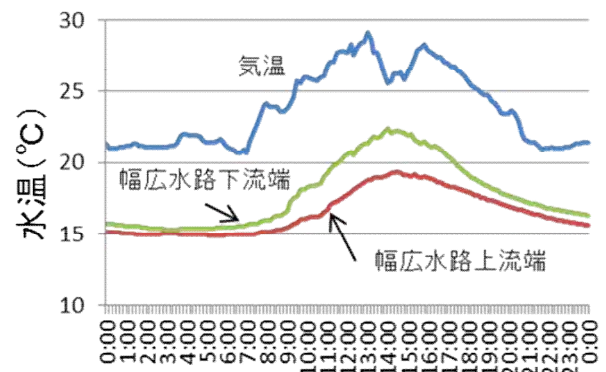


図-19 幅広水路工での1日の水温変化  
(2011年7月10日、晴れ)

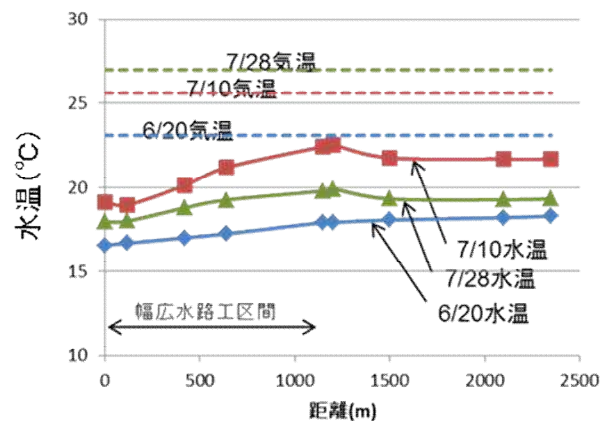


図-20 用水路縦断方向の水温変化  
(晴れの日の14時、2011年)

$\alpha$ :アルベド、 $S$ :日射量( $W/m^2$ )、 $\epsilon$ :射出率( $W/m^2$ )、  
 $\sigma$ :Stefan-Boltzmann定数( $5.67 \times 10^8 W/m^2/K^4$ )、 $L\downarrow$ :下向き長波放射( $W/m^2$ )

$$H = c_p p_a C_H U (T_w - T_a)$$

$c_p$ :空気の定圧比熱( $J/kg/K$ )、 $p_a$ :空気の密度( $kg/m^3$ )、  
 $C_H$ :顕熱のバルク輸送係数、 $U$ :風速( $m/s$ )、 $T_a$ :気温( $^{\circ}C$ )

$$lE = l p_a C_E U (q_w - q_a)$$

$l$ :水の気化の潜熱( $J/kg$ )、 $C_E$ :潜熱のバルク輸送係数、  
 $q_w$ :水面の比湿( $kg/kg$ )、 $q_a$ :空気の比湿( $kg/kg$ )

### 5.3.2 広幅水路の水温変化のモデル式の検証

検証の結果を図-21に示す。実測水温と近い水温変化を再現することができた。

### 5.3.3 各種気象条件下での広幅水路の機能推定

各種の気象条件下での水温上昇の推定結果を図-22に示す。①晴天・高温日の水温上昇が最も大きく $3^{\circ}C$ を超える水温上昇を示した。②晴天・低温日、③曇天・高温日でも $3^{\circ}C$ 程度の水温上昇を示した。④曇天・低温日では水温上昇はそれほど期待できない結果となった。

## 5.4 小括

水温上昇施設（広幅水路）における水温観測を行った。また、広幅水路での水温の予測モデルを作成した。さらに、そのモデルでシミュレーションにより、各種の気象条件下での水温上昇機能を推定した。その結果、曇天・低温日には水温上昇がわずかであるが、その他の気象条件の場合には、 $3^{\circ}C$ 程度の上昇が期待できるという結果となった。

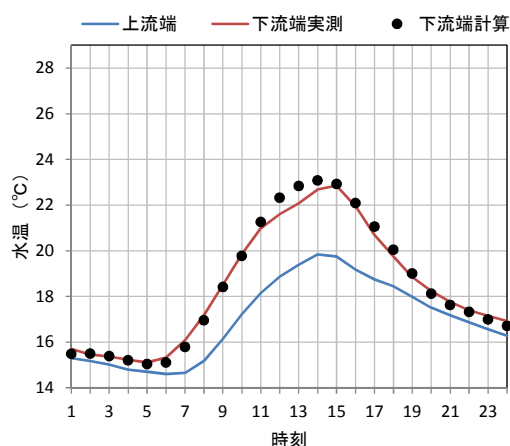


図-21 モデル式の検証

## 6. まとめ

本研究に関する平成 23~24 年度の成果は、次の

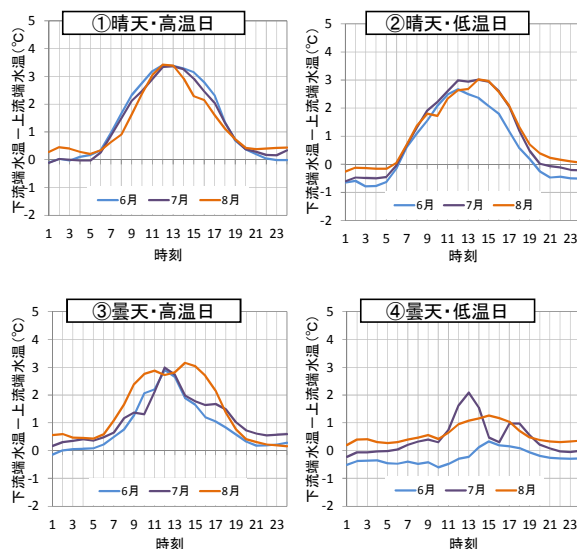


図-22 各気象条件における水温上昇の度合

ようにまとめられる。

- 1) 北海道内の 5 カ所のダム流域と 12 カ所の河川流域を対象に、入手が容易な流域近傍のアメダスデータから流域の積雪水量を推定する手法を検討した。その結果、流域の積雪水量は、流域近傍の複数地点のアメダスデータで精度良く推定できることがわかった。
- 2) 9 種の気候モデルの予測値を用いて、気候変動が農業用水の需要と供給に与える影響を検討した。山地の融雪時期の早期化や水源河川における融雪期、灌漑期の総流入量の減少が予測された。さらに流域の平均標高が低いほど、融雪の早期化が大きいことがわかった。
- 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、農業に関わる気象項目の将来予測値を整理した。また、短期的な気温の変化に対する圃場の水需要の変化をモデル化するための基礎データとして、2 カ年にわたって圃場水管理を調査した。このデータは、今後の圃場データと合わせて、数日先の圃場の水需要予測のためのモデル化に利用する。
- 4) 農業水利施設での水温上昇機能評価のために、広幅水路における水温変化の推定モデルを検証した。このモデルを用いて、多様な気象条件における水温上昇パターンを再現した。

## 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) 道広有理、佐藤嘉展、鈴木靖：流域スケールの水文解析に向けた GCM 出力の活用手法の検討、土木学会論文集 B1(水工学)、Vol.68、No.3、PP.125-135(2012)
- 4) 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
- 5) IPCC 第 4 次評価報告書政策決定者向け要約、p.2、2007.
- 6) 光安・木村・飯田・西田：用排兼用利用される用水路の水温変動に関する研究(II)、農業農村工学会大会講演会講演要旨集、p.262、2012.
- 7) 近藤純正：水環境の気象学—地表面の水収支・熱収支一、(株)朝倉書店、p.133、1996.

## 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

NOZAWA Kazuhiro

NAGAHATA Masahiro

### Abstract :

With the assumption that climate change in snowy cold regions will occur, this study outlined here was conducted to develop technologies for irrigation water management that enables effective use of water resources. The outcome of the study in FY 2011 and 2012 is as described below.

- 1) With 5 dam basins and 12 river basins located in Hokkaido, the study was carried out to develop a method to predict snow water equivalent in basins from AMeDAS(Automated Meteorological Data Acquisition System) data recorded near the basins that are easy to acquire. As a result, it was discovered that snow water equivalent in a basin can be accurately predicted from AMeDAS data taken at one to three locations near the basin.
- 2) The study was also carried out on impacts of climate change on the supply and demand of irrigation water, using predicted values from 9 climate models. As a result, impacts such as earlier snow melt season in mountains and decreases in total amounts of water that flows into water source rivers during snow melt season and irrigation period are predicted. It was also discovered that, the lower the average altitude of a basin is, the greater the degree of change in earlier arrival of snow melt season is.
- 3) To find impacts of short-term changes in weather conditions on water demand, a survey on paddy field water management was carried out for two years. The data acquired from the survey, along with future paddy field data, will be used to develop a model to predict water demand a few days ahead, which is useful to conduct water-saving water distribution management for dry years that may occur due to climate change.
- 4) A model for the prediction of water temperature changes in wide water channels was designed to evaluate the water temperature raising function of agricultural irrigation facilities. The model was used to recreate water temperature rising patterns under diverse weather conditions.

**Key words** : climate change, snow water equivalent, water temperature, compound type canal, agricultural dam