

気象条件から求めた地帯別水稻品種選定の基準

——とくに アメダス ゾーン メッシュ について——

竹川 昌和*¹

北海道における水田地帯の気象条件について、アメダスデータを目的変数、アメダス地点の6地形因子を説明変数とする重回帰式によって、市町村別に推定した。これにより補正した気象値から、市町村別の限界出穂期を算出し、安全出穂期を決定した。さらに、安全出穂期までの簡易有効積算気温〔水温を考慮し日照時間、風速も加味した時の出穂期までの有効温度の積算値〕を算出し、これによって、全道の市町村を対象とした適熟期の品種選定の根拠を示した。

I 緒 言

北海道における稲作地帯は、不順寒冷型の気候下であって、太平洋、日本海、オホーツク海に囲まれた北緯41度から45度までの南北約400km、東経139度から144度までの東西約400kmの範囲に分布している。その立地条件は沿海部、内陸部、並びに、平野部、山間部などの性格を合わせ持っており、必ずしも一様ではない。

北海道における米収量の年次間の変動係数は、冷害気象のために府県よりも大きい。さらに、作柄の豊凶とともに一等米比率は、年次間差はもとより、地域間差も大きい¹⁾。そこで、これを軽減し、毎年一定した量の良質米を生産できるようにすることは、米供給の主要な産地となりつつある北海道にとって、現在、緊急な課題である。そのため、地帯別の適正な品種の選定が最も重要な課題の一つとなっている。

近年、消費者の良質米指向が強まる中で、良食味品種の開発が急速に進み、道産米の品質、食味の評価も次第に向上したきた。こうした背景の中で、良食味新品種の作付拡大を基調とした安定生産と低コスト化による商品価値の高い米作りを推進するためには、冷害気象にも対応した適地適品種による作付を、より一層きめ細かく推進する必

要性が出てきた。

本研究は1985年から3ヶ年間、北海道米麦改良協会水稻地帯別栽培指標設定プロジェクトチーム（チームリーダー江部康成元植物遺伝資源センター場長、現北海道米麦改良協会技監）において検討されたものであり、「水稻地帯別栽培指標」²⁾にまとめられ、実際栽培に活用されている。本報告は、そのうち適正熟期の品種選定の根拠を明示することを目的とした。

本研究の遂行に当たり、ご指導をいただいた江部康成元植物遺伝資源センター場長、佐々木多喜雄元中央農業試験場稲作部長（現上川農業試験場長）、藤村稔彦元農業改良課主席専門技術員（現十勝農業試験場長）、三分一敬元中央農業試験場稲作部育種科長（現中央農業試験場企画情報室長）、ご協力をいただいたプロジェクトチームの各位、各地区農業改良普及所、ご校閲をいただいた古山芳廣中央農業試験場稲作部長、斉藤 泉道南農業試験場長、Summaryのご校閲をいただいたカナダ農業省レスブリッジ研究所 H. C. Huang 博士に深く謝意を表します。

II 解析方法

基準設定の基本的な考え方は、次の通りである。

まず、アメダスデータを活用し、市町村を単位とした平均的気象条件を明らかにすること、次に、この気象データから晩限出穂期と早限出穂期を確定し、安全出穂期を導き出すこと、さらに、移植

1991年9月3日受理

*1 北海道立道南農業試験場(041-12亀田郡大野町)

低気温を目的変数とした重回帰式を求め、そのブロックに含まれる市町村値の推定に利用した。なお、南部ブロックに含まれる市町村は、主として、南部ブロックの推定式を利用した。その結果は、表2～3に示した。

市町村別の平均的気象値を明らかにするため、その市町村の水田地帯のほぼ中央地点の6項目の地形因子を50万分の1の地図とアンケート調査から求めた。このアンケート調査は各普及所の協力によって実施し、後述のように水田の標高分布についても調査した。

この各市町村の6項目の地形因子を(3)式に入れ、市町村ごとの月平均の日最高気温の平年値(1978年～1985年)、あるいは同日最低気温の平年値について推定値を求めた。一方、同じく(3)式に最寄りのアメダスの6項目の地形因子を入れ、そのアメダスの推定値を求めた。この両者の差を補正值として最寄りのアメダスの実測値を補正し、市町村値とした。

この様にして推定する方法をアメダスゾーンメッシュと呼ぶこととする。

2. 市町村別の安全出穂期の設定

安全出穂期とは冷害の危険を回避するために必要な温度が確保できる出穂の時期を意味する。そのため本報では出穂期前後の気温条件から出穂期の早限、晩限を下記の基準によって求めた。

1) 早限出穂期

村上、小田⁷⁾は、北海道内80ヶ所の水稻奨励品種決定基本調査、同現地調査のデータ(1980年～1984年)から、出穂前24日以降30日間の日最高最低平均気温積算値(X)と不稔歩合(Y)との関係を、次の(4)式によって示した。

$$Y = a + X / (b + cX) \dots\dots\dots (4)$$

a, b, c: 常数, 係数

この時、不稔歩合20%に対応する気温条件は、品種の耐冷性の強さによって異なり、572.0～621.1℃(1日当り平均19.1～20.7℃)と報告している。したがって、本報においては、早限出穂期を、耐冷性「強」の品種は日平均気温が19.1℃、同「やや強」の品種は20.0℃、同「中」の品種は20.5℃となる初日とした。

2) 晩限出穂期

同じく村上、小田⁷⁾は、奨励品種決定調査のデータから、出穂後40日間の日最高最低平均気温積算

値(X)と千粒重(Y)との関係を次の(5)式によって示した。

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (5)$$

a, b: 常数, 係数

この式によって平均値より4分値偏差少ない千粒重に対応する気温条件となる日を晩限出穂期とし、これは品種によって多少異なり、740～747℃としている。

登熟の限界温度は稈数、あるいは日照条件などによっても大きな影響を受けるとともに、品種なども考慮すると、750～800℃とする成績もある。したがって、ここでは、安全性についてもある程度配慮するとともに、全道一本で示す必要もあるため、晩限出穂期は出穂後40日間の日最高最低平均気温の積算値が750℃となる日として進めることとした。

3) 市町村別安全出穂期

市町村ごとの安全出穂期は、全道165カ所のアメダスの、1978年～1985年の8カ年の毎日の、最高気温、最低気温のデータを活用して、単年度毎に求め、8カ年の平均値によって設定した。

最寄りのアメダスの実測値から、まず早限出穂期限界温度(出穂前24日以降30日間の日最高最低平均気温合計平均値)、および晩限出穂期限界温度(出穂後40日間の日最高最低平均気温積算値)を求めた。これをアメダスゾーンメッシュにより求めた月別の補正值を使い、次に示す手順によって、市町村値に補正した。

早限出穂期限界温度の補正は次の(6)式のごとく、7月の最高最低平均気温の日平均値の補正值を使用した。

$$T30N = T30A + (TN7m - TA7m) \dots\dots\dots (6)$$

T30N: 市町村値(出穂前30日間の日最高最低平均気温)

T30A: アメダス値(出穂前30日間の日最高最低平均気温)

TN7m: 7月の日最高最低平均気温市町村推定値

TA7m: 7月の日最高最低平均気温アメダス推定値

この値が20.0℃(あるいは耐冷性の強さによっては19.1℃、20.5℃)を越えた日を早限出穂期とした。

また、晩限出穂期限界温度の補正は次の(7)式のごとく、8月と9月の日最高最低平均気温の日平均値の補正値を40倍した値を使用した。

$$\Sigma T_{40N} = \Sigma T_{40A} + (T_{N8,9m} - T_{A8,9m}) \times 40 \quad \dots\dots\dots (7)$$

ΣT_{40N} : 市町村値 (出穂後40日間の積算気温)

ΣT_{40A} : アメダス値 (出穂後40日間の積算気温)

$T_{N8,9m}$: 8.9月の日平均気温市町村推定値

$T_{A8,9m}$: 8.9月の日平均気温アメダス推定値

この値が750℃を下回る前日を晩限出穂期とした。

アメダス2ヶ所を当てる場合は、2ヶ所とも同じように補正して求め、その平均値によって早限出穂期あるいは晩限出穂期を設定した。

3. 出穂期を推定するための市町村別の簡易有効積算気温の算出

熟期別品種の作付割合を策定するにあたっては、収量ならびに品質が著しく影響される遅延型冷害の軽減を重視しなくてはならない。したがって、その市町村において作付が可能な品種の中で、熟期が最も遅い品種の設定が極めて重要である。

森田、村上⁴⁾、村上⁵⁾、森田ら⁶⁾、は水稻の

表1 簡易有効積算気温と晩限指標品種

簡易有効積算温度 (℃)	晩限指標品種名	
	中 苗	成 苗
801 ~ 810		きよかぜ
851 ~ 860	きよかぜ	はやこがね
861 ~ 870		キタアケ
871 ~ 880		上育393号
881 ~ 890		ともひかり
901 ~ 910	はやこがね キタアケ 上育393号 ともひかり	空育125号
911 ~ 920		ともゆたか
921 ~ 930		
931 ~ 940		
961 ~ 970	空育125号 ともゆたか	ゆきひかり
971 ~ 980		キタヒカリ
1011 ~ 1020	ゆきひかり キタヒカリ みちこがね	
1021 ~ 1030		
1031 ~ 1040		
1051 ~ 1060	しまひかり	
1081 ~ 1090	ユーカーラ	
1111 ~ 1120	マツマエ 上育394号 巴まさり	
1121 ~ 1130		
1131 ~ 1140		

注) 森田ら⁵⁾より改編

出穂期を推定しうる有効積算気温算出の手法を提案し、この有効気温の簡便な算出法、および簡易有効積算気温と品種の出穂期の関係を、いくつかの品種について苗の種類別に示した。本報ではこの結果に基づいて晩限指標品種を表1のように設定した。ただし、キタアケ、みちこがね、マツマエの簡易有効積算気温については登熟性の劣る点も考慮し、多少大きくした。これは成熟期の遅れを意味しており、実用性について配慮したためである。この方法を適用して、各市町村における移植期から限界出穂期までの簡易有効積算気温が確定できると、市町村ごとの限界熟期と適正熟期を導き出すことができる。しかし、その場合、この表を全道に適用するに当たっては、気温以外の要因についても考慮する必要がある。一般に、出穂期に対しては、気温より水温の影響の大きいことが知られているので、各市町村の簡易有効積算気温の算出にあたっては、気温以外の要因、例えば、初期生育に対する偏東風の影響、あるいは日照時間などの要素を加味した改良を試みた。まず、日最高水温とその日の他の気象条件との関係を調べ、簡易有効積算気温の算出については次のような修正を行った。

大野、木古内、今金の異なる3地点の実測データ(1984年~1985年)から、6月の毎日の水温と気温、日照時間、平均風速の関係について調べた結果、日最高水温は、ほぼ次の(8)式によって示すことができることがわかった。

$$T_{wh} = 10.3 + 0.86 T_{h} + 0.55 S - 1.49 W \quad \dots\dots\dots (8)$$

T_{wh} : 日最高水温 T_h : 日最高気温

S : 日照時間 W : 日平均風速

T_{wh} 平均値 = 26.9℃

T_h 平均値 = 18.6℃

R = 0.8884

n = 30

この場合、日最高水温の平均値と日最高気温の平均値の差は8.3℃であった。したがって、日最高水温と日最高気温の差は、平均するとほぼ8℃と考えられるため、毎日の最高水温を(8)式によって求め、これより8℃差し引いた温度をA温度、日最低気温をB温度とし、AとBの合計平均値を、簡易有効積算気温を算出する時の日平均温度として読み換えた。

このようにして求めた、移植後の毎日の日平均気温（AB 平均温度）を、村上ら⁵⁾による簡易有効気温に読み換えて、積算した。

これを式で示すと、次の(9)式ようになる。

$$Yk = \sum_{p=1}^n [\theta a : (A+B)/2] \dots\dots\dots (9)$$

Yk：移植後n日までの簡易有効積算気温

A：Twh - 8 …… (8) 式より算出

B：最低気温

$[\theta a : (A+B)/2]$ ：AB平均温度に対する簡易有効気温

n：5月25日から限界出穂期まで日数

次に、このようにして求めたアメダス地点の簡易有効積算気温を市町村値に補正するため、次の(10)式を使った。すなわち、ここでもアメダスゾーンメッシュにより求めた推定値の差を活用した。

ただし、ここでは気温のみを考慮し、移植後6月30日まで(36日間)については、6月の補正值を使用し、日最高最低平均気温1℃につき、簡易有効気温1度とした。7月および8月については、7月の補正值を使用し、日最高最低平均気温1℃につき簡易有効気温1.5度として補正した。

$$YkN = YkA + (TN6m - TA6m) \times 36 \times 1.0 \\ + (TN7m - TA7m) \times (n - 36) \\ \times 1.5 \dots\dots\dots (10)$$

YkN：市町村値(簡易有効積算気温)

YkA：アメダス値(簡易有効積算気温)

TN6m：6月の日平均気温(市町村推定値)

TA6m：6月の日平均気温(アメダス推定値)

TN7m：7月の日平均気温(市町村推定値)

TA7m：7月の日平均気温(アメダス推定値)

n：5月25日から限界出穂期まで日数

表2 各ブロックにおける地形因子別の標準偏回帰係数、重相関係数

	項目	月	緯度 φ	標高 Z	海岸からの距離			平野度 E	重相関係数 R
					太平洋P	日本海J	オホーツク海O		
西部ブロック	最低気温	5	-0.7495	-0.1393	0.0864	-0.5798	-0.3071	-0.3115	0.8166
		6	-0.6283	-0.4151	0.1582	-0.5017	-0.2500	-0.0497	0.8233
		7	-0.5485	-0.4766	0.0171	-0.5298	-0.1886	0.0333	0.8047
		8	-0.2682	-0.3513	0.0315	-0.3655	0.1157	-0.1399	0.7556
		9	-0.2884	-0.1321	0.2002	-0.0681	0.1752	-0.4462	0.7336
	最高気温	5	-0.9997	-0.3115	0.2443	-0.5243	1.1447	0.5727	0.6958
		6	-0.4454	-0.2982	0.2909	-0.5073	-0.4748	0.5020	0.7026
		7	-0.3195	-0.3003	0.2606	-0.5077	-0.3309	0.4864	0.7006
		8	0.0385	-0.4544	0.1796	-0.3092	0.0566	0.3764	0.6280
		9	0.2690	-0.7385	0.2051	0.1346	0.3807	0.3057	0.6472
南部ブロック	最低気温	5	-2.3356	-0.2619	0.9340	-1.2903	-0.7852	-0.3254	0.7235
		6	-1.7887	-0.3605	0.6940	-1.2850	-0.7218	-0.0707	0.7096
		7	-0.3903	-0.1772	0.0374	-0.7665	-0.0600	0.2415	0.5545
		8	-1.1374	-0.1690	0.1626	-0.9288	-0.4752	-0.2753	0.6309
		9	-1.3684	-0.0514	1.2279	-0.2704	0.2171	-0.5110	0.6812
	最高気温	5	-2.1682	-0.1828	0.3794	-1.6590	-1.2810	0.5440	0.7551
		6	1.5748	-0.0704	0.6812	-1.2184	-0.8119	0.3747	0.7946
		7	-0.5297	-0.0528	0.2519	-0.7712	-0.1928	0.3499	0.6477
		8	-1.2450	-0.1307	0.1988	-1.1689	-0.9258	0.2352	0.6630
		9	-1.3479	-0.3806	0.6315	-0.9406	-0.3211	0.1020	0.5478
中部ブロック	最低気温	5	-0.8207	-0.4714	0.6081	-0.0539	0.1230	-0.3267	0.7756
		6	-1.6430	-0.7302	0.5706	-0.2275	-0.6938	-0.0089	0.6719
		7	-1.0007	-0.5386	0.6852	-0.1883	0.0525	0.1282	0.5761
		8	0.1480	-0.2975	0.4247	-0.0432	0.9034	-0.1512	0.7506
		9	0.9324	0.0176	0.5542	0.0170	1.5896	-0.3362	0.8226
	最高気温	5	-2.9106	-0.8622	0.2039	-0.0642	-2.2606	0.3867	0.8675
		6	-2.2930	-0.7030	0.1228	-0.0825	-2.0474	0.4723	0.7717
		7	-2.0145	-0.5063	0.4603	-0.1816	-1.5702	0.5124	0.6924
		8	-1.9890	-0.7242	0.3721	-0.1281	-1.4681	0.3740	0.5417
		9	-1.3692	-0.7181	0.3820	-0.1869	-0.6973	0.0967	0.5634

注) 西部：渡島、松山、胆振、後志、石狩の45地点。

南部：胆振、日高、空知、石狩の40地点。

中部：上川、留萌、空知、石狩の48地点。

4. 標高別水田分布状況を勘案した熟期別品種作付割合の設定

障害型および遅延型の冷害の危険分散を図るため、基本的な作付割合を、その地帯の熟期で、早生種30%、中生種50%、晩生種20%と設定した。この場合の晩生種とは晩限指標品種(中苗)を意味しているが、品種の割付に当たっては水田の標高分布なども考慮する必要がある。一般に、標高は高いほど気温が低下し、出穂期も遅れるため、より早い熟期の品種が必要となる。なお、市町村別の水田の標高分布については、各普及所に依頼し、アンケート調査を行った。

Ⅲ 解析結果

1. アメダス ゾーン メッシュ

各ブロックにおける各月の地形因子別標準偏回

帰係数、重相関係数は表2、偏回帰係数、常数は表3に示した。なお、北部、東部については省略した。

各因子の標準偏回帰係数はその因子が目的変数に寄与する程度を表す指標となり、絶対値の大きいほど、影響度が強い。これによるとブロック別、月別に気温に与える地形因子の影響は異なっているが、緯度はいずれのブロックにおいても比較的大きい値になることが多かった。標高は中部、北部、東部において、日本海からの距離は西部、南部、北部において、オホーツク海からの距離は南部、中部において、それぞれ大きい値が多かった。太平洋からの距離は南部と中部の最低気温でやや大きかった。また、平野度の因子は影響度が小さかった。このようにブロックによって影響度の大きな因子に差があるが、全体を通じて、緯度の影

表3 各ブロックにおける地形因子別の偏回帰係数、常数

	項目	月	常 数 ΔT	緯 度 ϕ	標 高 Z	海岸からの距離			平 野 度 E
						太平洋P	日本海J	オホーツク海O	
西部 ブ ロ ッ ク	最低 気温	5	14.7942	-0.0333	-0.0018	0.0369	-0.0304	-0.0069	-0.8978
		6	17.1840	-0.0254	-0.0050	0.0062	-0.0240	-0.0051	-0.1305
		7	21.3774	-0.0233	-0.0060	0.0007	-0.0266	-0.0041	0.0918
		8	19.5259	-0.0126	-0.0049	0.0014	-0.0203	0.0028	-0.0126
		9	14.9404	-0.0183	-0.0025	0.0123	-0.0051	0.0056	-1.8423
	最高 気温	5	23.6799	-0.0330	-0.0030	0.0078	-0.0205	-0.0191	1.2282
		6	23.4345	-0.0213	-0.0042	0.0134	-0.0287	-0.0115	1.5596
		7	25.5582	-0.0167	-0.0046	0.0132	-0.0315	-0.0080	1.6557
		8	22.1170	0.0021	-0.0073	0.0094	-0.0199	0.0016	1.3286
		9	15.3564	0.0113	-0.0092	0.0083	0.0067	0.0081	0.8360
南部 ブ ロ ッ ク	最低 気温	5	24.2122	-0.0778	-0.0029	0.0205	-0.0307	-0.0182	-0.7085
		6	24.8302	-0.0561	-0.0038	0.0144	-0.0288	-0.0157	-0.1449
		7	21.9892	-0.0316	-0.0048	0.0020	-0.0444	-0.0034	1.2798
		8	28.1052	-0.0416	-0.0021	0.0039	-0.0242	-0.0121	-0.6561
		9	22.8500	-0.0728	-0.0009	0.0432	-0.0103	0.0080	-1.7792
	最高 気温	5	40.1486	-0.0974	-0.0028	0.0113	-0.0533	-0.0400	1.5985
		6	41.2494	-0.0930	-0.0014	0.0265	-0.0514	-0.0333	1.4450
		7	35.7287	-0.0659	-0.0022	0.0206	-0.0684	-0.0166	2.8405
		8	43.4549	-0.0664	-0.0023	0.0070	-0.0446	-0.0344	0.8205
		9	29.7624	-0.0434	-0.0041	0.0134	-0.0217	-0.0072	0.2149
中部 ブ ロ ッ ク	最低 気温	5	11.5057	-0.0309	-0.0049	0.0128	-0.0019	0.0030	-0.8038
		6	23.6514	-0.0527	-0.0065	0.0102	-0.0068	-0.0143	-0.0186
		7	20.7562	-0.0323	-0.0048	0.0124	-0.0056	0.0011	0.2706
		8	11.7019	0.0055	-0.0031	0.0088	-0.0015	0.0214	-0.3645
		9	-7.3663	0.0469	0.0003	0.0156	0.0008	0.0514	-1.1060
	最高 気温	5	45.1367	-0.1081	-0.0089	0.0042	-0.0022	-0.0539	0.9380
		6	50.9371	-0.1109	-0.0095	0.0033	-0.0037	-0.0637	1.4930
		7	49.7113	-0.1029	-0.0072	0.0131	-0.0086	-0.0515	1.7095
		8	43.9771	-0.0739	-0.0075	0.0077	-0.0044	-0.0351	0.9084
		9	30.4122	-0.0408	-0.0060	0.0064	-0.0052	-0.0134	0.1882

注) 西部: 渡島, 松山, 胆振, 後志, 石狩の45地点。

南部: 胆振, 日高, 空知, 石狩の40地点。

中部: 上川, 留萌, 空知, 石狩の48地点。

響が比較的大きく、平野度の影響が小さいなど、高橋、藤田⁸⁾の結果と多少異なる傾向があった。したがって、ブロックの取り方によって、影響する因子が異なるものと考えられるので、今後は地形因子を増やし、あるいは、影響度の強い因子を回帰式に段階的に取り入れるステップワイズ回帰分析をすることにより精度をさらに高める必要がある。

なお、重相関係数は0.6～0.8前後で有意性は必ずしも十分ではないが、今回は推定値そのものではなく、推定値の差を求めるため使用に耐えうると判断した。

各因子の偏回帰係数の結果から、緯度が1分北上すると気温は0.01～0.1℃低下し、標高が1 m 高くなると気温は0.001～0.01℃低下した。海岸距離が1 km離れると0.001～0.05℃低下、あるいは上昇した。太平洋からの距離は遠くなると上昇し、日本海とオホーツク海の場合は低下することが多かった。平野度については、最低気温は山間部の方が平野部より約1℃低く、最高気温は逆に山間部の方で約1℃高いことが多かった。ただし、東部の最高気温については平野部よりも山間部の方で特異的に低かった。

表4 主な市町村の安全出穂期（早限、晩限）と現地の出穂期

市 町 村 名	早 出 穂 期 (月 日)	晩 出 穂 期 (月 日)	現 地 の 出 穂 期 (月 日)			
			平 常 年		遅 延 年	
			中 生 種	晩 生 種	中 生 種	晩 生 種
七 飯 町	7.28	8.15	8.9	8.13	8.16	8.20
大 野 町	7.27	8.15	8.9	8.13	8.18	8.21
八 雲 町	8.3	8.11	8.5	8.7	8.15	8.19
江 差 町	7.26	8.17	8.10	8.14	8.17	8.21
今 金 町	7.27	8.13	8.6	8.9	8.14	8.18
仁 木 町	7.28	8.9	8.7	8.10	8.10	8.12
共 和 町	7.29	8.12	8.6	8.9	8.9	8.11
蘭 越 町	7.26	8.8	8.4	8.6	8.11	8.12
伊 達 市	7.29	8.15	8.6	8.7	8.15	8.16
静 内 町	7.30	8.12	8.9	8.11	8.17	8.18
三 石 町	8.6	8.11	8.10	8.11	8.16	8.18
当 別 町	7.29	8.13	8.6	8.10	8.10	8.14
石 狩 町	7.26	8.15	8.11	8.12	8.16	8.17
岩 見 沢 市	7.28	8.12	8.6	8.10	8.12	8.16
美 唄 市	7.28	8.10	8.4	8.6	8.9	8.11
栗 沢 町	7.28	8.11	8.9	8.10	8.14	8.16
栗 山 町	7.29	8.11	8.7	8.10	8.11	8.14
長 沼 町	7.28	8.12	8.7	8.10	8.15	8.17
滝 川 市	7.24	8.9	8.2	8.5	8.7	8.11
新 十 津 川 町	7.29	8.7	8.3	8.7	8.6	8.9
芦 別 市	7.25	8.9	8.2	8.7	8.8	8.11
深 川 市	7.24	8.9	7.31	8.3	8.6	8.10
妹 背 牛 町	7.26	8.9	7.31	8.5	8.7	8.10
沼 田 町	7.26	8.8	8.4	8.8	8.6	8.9
小 平 町	7.28	8.7	8.5	8.8	8.9	8.10
羽 幌 町	8.2	8.10	8.9	8.11	8.10	8.11
旭 川 市	7.24	8.6	8.1	8.5	8.6	8.9
東 川 町	7.25	8.6	8.4	8.7	8.7	8.10
当 麻 町	7.24	8.5	8.2	8.6	8.4	8.9
中 富 良 野 町	7.23	8.5	8.3	8.6	8.9	8.12

注) 早限出穂期：出穂期前24日以降30日間平均気温20.0℃以上となる日。

晩限出穂期：出穂後40日間平均気温積算値750℃を下回る前日。

現地の出穂期：奨励品種現地調査成績より求めた。

平常年：1979, 80, 82, 85, 87の平均。

遅延年：1981, 83, 86, 88の平均。

中生種：イシカリ、ともゆたかの平均、(マツマエ)。

晩生種：キタヒカリ、(巴まさり)。

() は七飯、大野、江差のみ。

イリカリ、ともゆたか、の無い年次はゆきひかり、きらら397を当てた。

表5 出穂期の推定 (1983年中央農試稲作部奨励基本調査より)

品 種	苗	出 穂 期	推 定 出 穂 期		簡易有効積算気温	
			$\Sigma \theta a$	Y k	$\Sigma \theta a$	Y k
ともゆたか	成 苗	8.18	- 8	- 2	1052	967
	中 苗	8.20	- 8	- 1	1116	1002
みちこがね	成 苗	8.21	- 9	- 2	1111	1015
	中 苗	8.24	- 9	- 1	1156	1055

注) 森田ら⁵⁾より改編。 $\Sigma \theta a$: 気温のみから算出

Y k : 日照, 風速も加味して算出。

2. 市町村別の安全出穂期の設定

最近の奨励品種の耐冷性は「中」より弱いものはないので, 不稔歩合20%以下となる早限出穂期の基準温度は19.1℃以上, 耐冷性がやや不十分な品種でも20.0℃以上であれば安全と考えられる。

晩限出穂期は登熟温度によって決まるが, 登熟の限界温度は初数, あるいは日照条件などによっても大きな影響を受け, 品種間差については, さらに複雑になるため, 詳細は今後の検討を待つこととし, 本報においては, 基準として十分ではないが前述のとおり750℃となる日として進めることとした。

本報の手法で策定された主な市町村の安全出穂期 (早限出穂期, 晩限出穂期) とその地帯の現地での中晩生種の出穂期について表4に示した。現地の中晩生種の出穂期は1974年～1988年の奨励品種決定現地調査成績から求めた。これによると, 早限出穂期は7月下旬, 晩限出穂期は8月前半となった。現地の出穂期は平常年 (1979, 80, 82, 85, 87年の平均値) では7月31日～8月14日, 遅延年 (1981, 83, 86, 88年の平均値) では8月4日～8月21日であった。そこで, 現地の出穂期について晩限出穂期との対応を見ると, 遅延年では晩生種 (キタヒカリ, ただし道南南部は巴まさり) が晩限出穂期より数日, 中生種 (イシカリ, ともゆたか, ただし, 代わりに, ゆきひかり, きらら397の年次あり, 道南南部はマツマエ) では, 大部分が2, 3日の遅れであったが, 平常年では, 中晩生種のいずれも晩限出穂期以内か, ほぼ1日遅れの範囲内にあった。すなわち, この結果を含め, 観察による各地帯の稲作の実態等を照合すると, 本報の手法によって策定した市町村別安全出穂期については, 今後の品種選定上, その実用性は比較的高いものと判断される。

表6 主な市町村の簡易有効積算気温と晩限指標品種

市町村名	晩限出穂期まで 簡易有効積算気温		晩 限 指 標 品 種	
	(Yk)	($\Sigma \theta a$)	補正後	補正前
七 飯 町	1138	1170	巴まさり	同 左
大 野 町	1150	1180	巴まさり	同 左
八 雲 町	945	934	ともひかり	同 左
江 差 町	1201	1289	巴まさり	同 左
江 今 町	1052	1115	みちこがね	マツマエ
仁 木 町	1049	1050	みちこがね	同 左
共 和 町	1043	1098	みちこがね	ユーカラ
蘭 越 町	1025	1094	キタヒカリ	ユーカラ
伊 達 町	1132	1082	マツマエ	ユーカラ
静 内 町	1016	1076	ゆきひかり	しまひかり
三 石 町	962	932	空育125号	ともひかり
当 別 町	1005	1001	ともゆたか	同 左
石 狩 町	995	1086	ともゆたか	ユーカラ
岩 見 沢 市	1019	1039	ゆきひかり	みちこがね
美 唄 市	1078	1158	しまひかり	巴まさり
栗 沢 町	1005	1055	ともゆたか	しまひかり
栗 山 町	985	1025	ゆきひかり	キタヒカリ
長 沼 町	989	1043	ともゆたか	みちこがね
滝 川 市	1043	1094	みちこがね	ユーカラ
新 十 津 川 町	1060	1095	しまひかり	ユーカラ
芦 別 市	1090	1108	ユーカラ	同 左
深 川 市	1099	1126	ユーカラ	マツマエ
妹 背 牛 町	1089	1126	ユーカラ	マツマエ
沼 田 町	1027	1069	キタヒカリ	しまひかり
小 平 町	994	992	ともゆたか	同 左
羽 幌 町	957	974	ともひかり	ともゆたか
旭 川 市	1051	1131	みちこがね	マツマエ
東 川 町	1018	1018	ゆきひかり	同 左
当 麻 町	1017	1086	ゆきひかり	ユーカラ
中 富 良 野 町	1030	1052	キタヒカリ	しまひかり

注) Y k : 補正後の簡易有効積算気温

 $\Sigma \theta a$: 補正前の簡易有効積算気温

晩限指標品種 : 簡易有効積算気温に対応した品種を表1より求めた

図2 標高別水田分布状況および熟期別品種による作付割合の策定（滝川市の例）

早 生 化 ⇨

（単位：％）

標 高 ラ ン ク	水田分布 割 合	晩 ← 標高別・熟期別品種のばらつき → 早									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1 (21～30m)	17 %	3.4	8.5	5.1							
2 (31～40m)	32		6.4	16.0	9.6						
3 (41～50m)	19			3.8	9.5	5.7					
4 (51～60m)	22				4.4	11.0	6.6				
5 (61～70m)	9					1.8	4.5	2.7			
6 (71～80m)	1						0.2	0.5	0.3		
計	100	3.4	14.9	24.9	23.5	18.5	11.3	3.2	0.3		
		3.4	14.9	1.7	23.2	23.5	3.3	15.2	11.3	3.2	0.3
		晩生種 20%			中生種 50%			早生種 30%			
		みちこがね		キタヒカリ		ゆきひかり		空育125号		ともひかり	
		10%		20%		35%		25%		10%	

3. 出穂期を推定するための市町村別の簡易有効積算気温の算出

簡易有効積算気温、およびこれによって推定される出穂期を、本報の手法によって求めた場合（Yk）と、森田ら⁹⁾の手法によって、気温のみから求めた場合（ $\Sigma\theta a$ ）の比較を、中央農試稲作部における結果を例として、表5に示した。また、主な市町村の晩限出穂期までの簡易有効積算気温、および簡易有効積算気温に対応した晩限指標品種について表6に示した。いずれにおいても、本報における簡易有効積算気温（Yk）は、気温のみから推定した場合（ $\Sigma\theta a$ ）に比べて、各品種の適合度は地帯別にもかなり改善され、実態を比較的良く反映しているものと考えられる。

4. 標高別水田分布状況を勘案した熟期別品種作付割合の設定

標高別水田分布割合を勘案した場合の品種の熟期配分の一例を図2に示した。標高ランク1（21～30m）には17%の水田があり、これを3：5：2に分割すると、3.4%：8.5%：5.1%となる。各標高とも同様に分割し、その積和をもってその市町村の熟期別品種のばらつきとした。滝川市の場合、表6より簡易有効積算気温は1043度、晩限

指標品種は「みちこがね」である。基本的に、晩限指標品種の割合を20%、それより早い熟期、さらに早い熟期の品種の割合を50%、30%としており、「みちこがね」は20%となるところであるが、同時に、1ランク早生化と良質、良食味米品種の作付拡大についても考慮しなくてはならないため、「みちこがね」は10%とし、以下、図2のような熟期別品種の割付とした。

IV 論 議

従来、北海道稲作における品種作付に当たっての地帯区分は、主として水稻奨励品種決定現地調査のデータの検討によって行われてきた。この場合、気象条件による地帯ごとのグルーピングにあたっては、気象台、測候所および農業試験場等の所在地の気象データが参考として取り扱われてきたが、市町村単位の気象条件についての把握までには至らなかったために、市町村単位の気象条件を基礎とした地帯区分は行われることがなかった。

そこで本報においては、市町村単位の気象条件を基礎とした地帯別の品種選定の基準を明示し、理想的な品種配合割合の策定法を示した。

1976年より気象庁は、アメダスによる気象観測網を全国に展開した。本研究の開始に際しては、全道165カ所のアメダスの毎日の気象データの利用が可能となった⁹⁾。本研究にはアメダスデータの活用と同時に、限界出穂期の気温の策定⁷⁾、並びに出穂期予測に関する有効積算気温の策定⁴⁾が大きく寄与している。

本報において、必要とされた各市町村の6項目の地形因子のデータは、50万分の1の地図とアンケート調査から求めた。この6地形因子の選択理由は次の通りである。

標高と緯度については、一般に高いほど気温は低下する^{10), 11)}。海岸からの距離は海岸に近いほど海洋性、遠いほど内陸性の気象となり、日最高気温に差がある¹¹⁾。太平洋、日本海、オホーツク海は海水温に差がある。平野部と山間部では日最低気温に差がある¹¹⁾。その結果、本報における各因子の気温に与える影響は前述したように既往の知見と一致していた。ただし、太平洋の影響と東部の山間部の結果は特異的と思われた。本報におけるこの6地形因子の妥当性については、重相関係数からみて本研究目的の範囲ではほぼ十分と思われるが、今後、他の地形因子の追加とともに、各地形因子の影響度の強さについての検討により、さらに精度を高める必要がある。

この気象データは全道規模ではあるが、市町村単位であるため市町村内の地区別の検討はできない。府県においてはメッシュ気候情報に関する研究がすでに実施されており、予察事業、診断事業等に活用されている³⁾。また、本道においても上川、空知支庁管内等を中心として、メッシュ気候情報システムが農業改良課において開発され、道中央部の稲作指導において実用化の段階に入っている。これらのメッシュ情報は国土地理院の約1 km × 1 kmの国土数値情報を活用している。今後は市町村内の地区別の栽培指標の作成が必要となる。その場合には1 kmメッシュの情報による具体化が不可欠である。また、重回帰式による補正については、地形因子の選択も含めて、さらに改良が必要である。

一般的に、ある市町村内に分布する水田には多少なりとも標高差があり、中には100 m以上のこともある。標高の高低によってその気象条件は異なり、標高の高いほど気温は低下し、本報では10

mにつき0.01~0.1℃の範囲にあった。湿潤空気の温度は10 mにつき約0.06℃低下し、乾燥空気では約0.1℃低下する¹¹⁾。仮に、最大値の約0.1℃とした場合、移植後出穂期まで日数を約80日、有効温度積算値を1.5とすると、標高10 mにつき簡易有効積算気温は約12度のちがいがあるため、品種の熟期配分に際しては、この標高差についても考慮しなくてはならない。標高別水田分布割合を勘案した場合の品種割付については、当面、本報において示した手法が有効と思われるが、今後はメッシュ情報の充実によって補強、修正されるものと思われる。

早限出穂期と晩限出穂期の策定基準⁷⁾のうち、早限出穂期については不稔歩合と気温との関係が明確であり、実用上大きな欠点はないと思われるが、晩限出穂期については千粒重と気温との関係式により策定されているため、次のような問題点が考えられる。千粒重は出穂後のほかに、出穂前の気象条件の影響も受けているため、晩限出穂期を出穂後の気温のみで策定することは不十分であり、また、登熟に対しては気温とともに、日照の影響も強いいため、日照条件も加味した場合の登熟限界温度の検討も残されている。

水稻の登熟性から見た出穂期の晩限と気温等との関係については、農業試験場の作況試験など、ごく限られた範囲内では登熟歩合、あるいは玄米品質等によって求める試みはあるが、全道規模で求めた例は、千粒重以外にほとんど見あたらない。これは登熟歩合、玄米品質等の統一的な調査データが、全道規模ではほとんど皆無に等しいことによる。ゆえに、今後は登熟歩合、玄米品質等のデータの蓄積を待って検討を継続する必要がある。また、最近では、登熟性のきわめてよい品種も開発されているため、登熟限界温度についての品種間差も考慮する必要性も出てこよう。このように、晩限出穂期の推定にあたっては残された課題もあり、これらの点について継続検討し、改良を加え、より明確なものにする必要がある。

有効積算気温による出穂期の予測法³⁾については、従来の日平均気温の単純な積算温度による予測に比較し、その精度は向上しているが、さらに、本報においては初期生育に対する偏東風の影響などを除去するために、日照時間と風速を加味したことによって、その精度はさらに向上した。しか

しながら新しい品種の中には「きらら397」のように道央以南では熟期の遅くなる品種もあるため、未検討の品種も含めて検討し、さらに精度の向上を図る必要がある。

V 引 用 文 献

1. 北海道農政部. “平成2年度 北海道農業の動向” 1991 p. 187~193.
2. 北海道米麦改良協会（地帯別栽培指標設定プロジェクト）. “水稻地帯別栽培指標” 1987 p. 1~91.
3. 川島茂人. “農業環境研究におけるメッシュデータと気象情報の利用（4）メッシュデータおよびアメダスデータによる局地気象の評価（2）”. 農業および園芸. **65**, 1169~1176 (1990).
4. 森田弘彦, 村上利男. “寒地水稻の作期の計画化について, 第1報, 有効積算気温と出穂期の関係”. 日作紀. **50**, 338~343 (1980).
5. 村上利男, 森田弘彦, 土井康生, 今野一男. “寒地水稻の計画栽培に関する解析的研究”. 北海道農試研報. **133**, 61~100 (1982).
6. 森田弘彦, 村上利男, 竹川昌和, 小川 勉, 山崎一彦, 楠谷彰人, 森本僅也. “簡易有効積算気温による水稻栽培指標の設定”. 北農. **51**-(8), 1~11 (1984).
7. 村上利男, 小田正人. “寒冷地水稻の計画作期および出穂予測に関する情報システムの開発”. 日作記. **57**-別2, 21~22 (1988).
8. 高橋英紀, 藤田弘志. “北海道における気温の地形因子解析 - 北部日本海地域の例”. 北海道の農業気象. 特別号, 33~36 (1985).
9. 竹川昌和. “AMeDAS 気象値のデータファイル化について”. 北農. **54**-(9), 42~50 (1987).
10. 内島立郎. “高冷地の気候の推定”. 日本農業気象学会編. 農業気象の実用技術. 養賢堂, 東京, 1972. p. 354~357.
11. 吉野正敏. “小気候・局地気象学序説”. 地人書館. 東京. 1982. p. 136~146.

Selection of Paddy-rice Varieties Based on Climatic Conditions in each District in Hokkaido.

Masakazu TAKEKAWA*

Summary

The climatic conditions in various districts of the paddy-rice production areas in Hokkaido were assessed to establish weather criteria for selection of paddy-rice varieties. Weather data of AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) collected from 165 points during 1978-1985 and six predictor variables including latitude, height above sea level, plain field index, and the distances from coast lines of the sea of Japan, the Sea of Okhotsk and the Pacific Ocean were compared by the multiple regression analysis.

The safe period for heading and ripening of rice plants was determined in each district using the temperature data.

The effective thermal index for water temperature in paddy fields during the period of planting to heading was estimated using daily records from AMeDAS. Hours of sunshine, wind speed and air temperature were used to calculate the index as they affected paddy water temperature which was related closely to the time of heading of rice plants.

Selection of paddy-rice varieties suitable for each district could be made based on the safe period for heading and ripening and the effective thermal index.

From these results the rice paddy area in Hokkaido was classified into each climatic zone for which varieties can be recommended based on earliness, yield and qualities such as taste.

*Hokkaido Prefectural Donan Agricultural Experiment Station, Oono, Hokkaido 041-12