

1993 年における北海道の水稲不作の市町村別データによる解析

岩間和人*・茂木紀昭・市川伸次・長谷川利弘
(北海道大学)

要旨: 1993 年の水稲の作況指数は北海道全体で 40 を示し、作況指数での比較が可能な 1949 年以来最低の値となった。本報告では、道内の農業改良普及所、道立の各農業試験場、道農政部ならびに農林水産省北海道統計情報事務所によって収集された市町村単位のデータに基づき、北海道全体での冷害の概況、これと気象条件および栽培品種との関係について解析した。水稲の作付けられた全道 134 市町村間では、収量は $1\sim 382\text{ gm}^{-2}$ の、作況指数も $0\sim 68$ の広い変異を示した。全体として、道北地域での収量、作況指数が最も高く、これに次いで道央地域が高く、道南、道東地域では極めて低かった。また、各市町村における 1993 年の作況指数と平年における収量（平年収量）との間には高い正の相関関係が認められ ($r=0.719^{***}$)、平年収量が低い市町村では 1993 年の作況指数が低かった。作況指数の差異は、主として 7 月中旬から 8 月上旬の時期の日照時間ならびに最高気温の差異と密接に関係していたが、最高気温に比べ日照時間の方が作況指数に対する影響の程度が相対的に大きかった。また、基幹品種である「ゆきひかり」および「きらら 397」は、食味を第一の選抜目標として育成されたが、旧品種に比べ耐冷性の点でも優れており、1993 年での被害を最小限にとどめたものと推察した。

キーワード: 気温、作況指数、収量、日照時間、稔実歩合、品種間差異。

1993 年の水稲の作況指数は北海道全体で 40 を示し、作況指数での比較が可能な 1949 年以来最低の値となった。また、道内の平均収量は 203 gm^{-2} であり、1946 年以降では 1956 年の 150 gm^{-2} (作況指数 51)、1954 年の 170 gm^{-2} (作況指数 60) に次ぐ低収であった。このため、収穫量は約 35 万 t となり、平年作であった 1991 年に比べ、約 37 万 t の収穫減となった。全国での米不足量約 250 万 t のうちの 15% は北海道における不作によるものであった。

この不作は、幼穂形成期から出穂開花期にあたる 7 月中旬から 8 月中旬の期間における異常低温による障害型冷害に主として起因し、これに生育全般にわたる天候不順による遅延型冷害が加わり、混合型冷害として被害を大きくした (竹川 1994, 竹川・土屋 1994)。このような天候不順に対して、農民、農業改良普及所、道立農業試験場および道農政部の技術的な対応は早くから始まり、例えば道農政部はすでに 6 月 21 日に「低温・日照不足に伴う技術対策」についての指導徹底を各支庁の農政課に通知した。これを受けて各普及所では営農指導特別チームを設置し、農家への指導を行うとともに生育の情報収集を開始した。さらに、異常低温により道内各地で出穂期の大幅な遅れが明らかとなった 8 月中旬以降には、緊急不稔発生状況調査が全道的に行われた。このような詳細な情報収集に基づき、1993 年の冷害の実態については、まず普及所単位での報告 (山本 1994)、これの集積としての各支庁単位での報告 (伊藤 1994)、そして全道単位での報告 (竹川 1994, 竹川・土屋 1994, 農林水産省北海道統計情報事務所 1994) と、数多くの詳細な報告がすでに成書となっている。しかし、1993

年のような大冷害については、後世の記録として多くの報告が残されることが必要と考える。そこで本報告では、市町村単位の資料に基づき、北海道全体での不作の概況を把握し、つぎにこれと気象条件ならびに栽培品種との関係について解析した。

材料と方法

本研究では、前述した北海道における 1993 年の冷害に関する報告書に掲載されたデータを利用し、各データの出所については図表の欄外あるいは本文の該当個所に記載した。なお、気象データは、北海道気象月報 (注: 平成 5 年 6, 7, 8, 9 月号, 1993, 札幌管区气象台) に記載されたものを利用し、これについては注記しなかった。また、一部のデータ (品種別の作付け面積) については、北海道農政部資料 (未発表) を利用した。

結果と考察

1. 不作の概況

北海道全体ならびに各地域における 1993 年の水稲の作付け面積、収量および作況指数を第 1 表に示した。全道での水稲の作付け面積は 17 万 ha あまりで、これは全国の作付け面積の約 8% にあたる。全道での平均収量は 203 gm^{-2} 、また作況指数は 40 であったが、全道 134 市町村での差異は極めて大きく、最も収量の高かった上川支庁の鷹栖町の 382 gm^{-2} に対し、桧山支庁の今金町、十勝支庁の音更町および池田町ではともに 1 gm^{-2} と収穫皆無であった。作況指数においても同様に最大値の 68 (前述の鷹栖

第1表 道内各市町村における1993年の水稲(うるち, もち合計)の作付け面積, 収量および作況指数¹⁾.

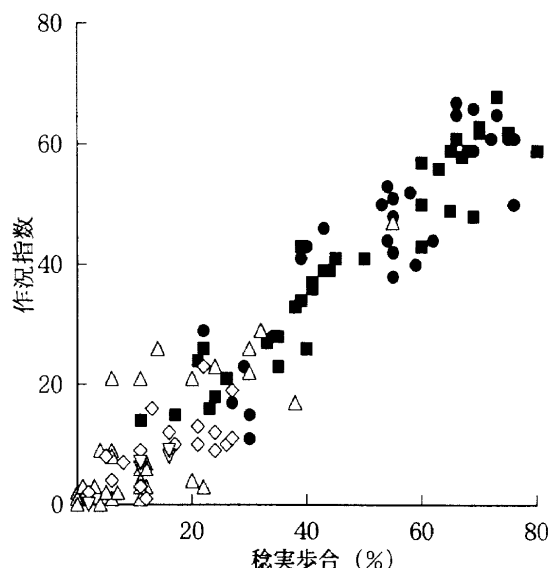
地域		作付け面積 (ha)	収量 (gm^{-2})	平均収量 ²⁾ (gm^{-2})	作況指数
全体	平均 ³⁾	172602	203	508	40
	最大	8550	382	591	68
	最小	1	1	282	0
	CV(%) ⁴⁾	127	92	14	85
道北	平均	48200	266	511	52
	最大	8550	382	591	67
	最小	130	48	433	11
	CV(%)	98	39	8	35
道央	平均	91083	230	511	45
	最大	7780	381	563	68
	最小	80	62	437	14
	CV(%)	77	44	7	40
道南	平均	18145	37	459	8
	最大	2590	221	509	47
	最小	1	1	358	0
	CV(%)	140	123	9	120
胆振日高	平均	11169	51	506	10
	最大	2700	100	496	23
	最小	9	3	392	1
	CV(%)	120	61	6	62
道東	平均	4005	32	463	7
	最大	1250	42	443	14
	最小	4	1	282	0
	CV(%)	143	68	16	68

1) データは農林水産省北海道統計情報事務所(1994)による。市町村数:全体;134, 道北(上川・留萌支庁);28, 道央(石狩・空知支庁);35, 道南(渡島・松山・後志支庁);38, 胆振日高(胆振・日高支庁);19, 道東(十勝・網走支庁);14。2) 前7カ年中の最高年と最低年を除く5カ年の平均。3) 市町村別作付け面積による加重平均。4) 変動係数。

町に比較的隣接した空知支庁の深川市)から0(前述の3町)までの広い変異を示した。従って, 全体として低収, 低作況指数であったのに加えて, 市町村間での差異が極めて大きかったといえる。

地域間で比較すると, 全道での水稲作付け面積の53%を石狩および空知の2支庁(道央地域)が占め, また28%を上川および留萌の2支庁(道北地域)が占めている。これら4支庁で全体の81%が栽培されているが, ここでの収量および作況指数は全道平均値より高かった。一方, 残りの19%の作付け面積を占める渡島, 松山および後志の3支庁(道南地域), 胆振および日高の2支庁(胆振日高地域), ならびに十勝および網走の2支庁(道東地域)では, いずれも地域の平均値で 51 gm^{-2} 以下の収量, 10以下の作況指数を示した。全体としてみると, 道北地域での収量, 作況指数が最も高く, これに次いで道央地域が高く, 道南, 道東地域では極めて低いとの地域間の差異が明瞭に認められた。

各市町村単位での作況指数は稔実歩合と極めて高い正の相関関係を示し(第1図), また稔実歩合と収量との間にも同様に高い正の相関関係($r=0.952^{***}$, $y=4.63x-16.2$)が認められた。従って, 前述した市町村間ならびに



第1図 道内水稲栽培市町村における1993年の稔実歩合と作況指数との関係。

●:道北地域 ($n=28$, $r=0.878^{***}$), ■:道央地域 ($n=35$, $r=0.955^{***}$), △:道南地域 ($n=35$, $r=0.796^{***}$), ◇:胆振日高地域 ($n=18$, $r=0.624^{**}$), ▽:道東地域 ($n=6$, $r=0.980^{***}$), 地域全体 ($n=122$, $r=0.955^{***}$, $y=0.859x-1.28$). 作況指数は農林水産省北海道統計情報事務所(1994)による。稔実歩合は農業改良普及所による9月15日の稔実調査と道立農試の作況試験調査(竹川1994)による。**, ***:それぞれ1%, 0.1%水準で有意。

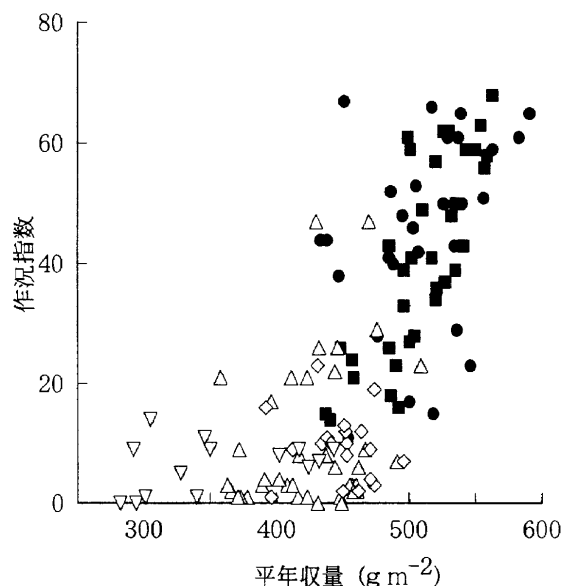
地域間における収量および作況指数の差異は, 主として稔実歩合の差異に起因したといえる。さらに, 稔実歩合に対する収量および作況指数の回帰式では, 10%の稔実歩合の増加に対して, 収量が 46 gm^{-2} , また作況指数が8.6増加していた。1993年に同年と同じ90%程度の稔実歩合が確保されていたとしたら, 収量は 401 gm^{-2} , また作況指数は76を示したものと推定できる。このことは, 1993年において稔実歩合が低下しなかったとしても, 収量で約 100 gm^{-2} , 作況指数で約25低下していたことを示しており, 稔実歩合以外の要因, すなわち籾数や千粒重も平年に比べ少なかったことを示唆している。なお, ここに示した稔実歩合の値には, 全道の各農業改良普及所で行った9月15日現在の稔実歩合調査の結果を主たる資料として用い, 不稔籾の判別には多くの場合ヨードヨードカリ染色法(竹川・土屋1994)が用いられた。

さらに, 各市町村における1993年の作況指数と平均収量(過去7カ年の収量のうち, 最高と最低を除いた5カ年の平均値)との関係を検討したところ, 道全体では高い正の相関関係(第2図)が認められた。このことは, 平均収量が低い地域では1993年の作況指数が低かったことを意味している。すなわち, 道内では最も南に位置し, 水稲の栽培にとって比較的好適であると従来考えられていた道南地域での収量が, 最近の7カ年では道内の平均値より低く, また1993年にも最も被害が大きかったといえる。なお, 道央地域の市町村間では, 同様に両形質間に高い正の

相関関係が認められた。

2. 不作と気象条件との関係

道北、道央、道南の3地域で気象観測所の設置されてい



第2図 道内水稲栽培市町村における平年収量と1993年の作況指数との関係。

●: 道北地域 (n=28, $r=0.333$), ■: 道央地域 (n=35, $r=0.785^{***}$), △: 道南地域 (n=38, $r=0.255$), ◇: 胆振日高地域 (n=19, $r=0.143$), ▽: 道東地域 (n=14, $r=0.347$), 地域全体 (n=134, $r=0.719^{***}$, $y=0.237x-84.3$). データは農林水産省北海道統計情報事務所(1994)による。***: 0.1%水準で有意。

る54市町村の全体および各地域での、1993年の6月から8月における旬別の積算日照時間、旬平均の日最高および日最低気温を第2表に示した。3地域全体での変異は日照時間で最も大きく、変動係数はおおむね20~30%を示し、特に7月中旬と下旬では50%を超えた。これは、道南地域の日照時間が道北地域の1/3程度の値を示し、地域間での差異が大きかったことによるとともに、道南地域内での変異が大きかったことによる。道南地域の大野町では7月中旬に6時間/旬の、また黒松内町では7月下旬に0.6時間/旬の極めて少ない日照時間を示した。最高気温でも日照時間と同様の地域間差異が認められ、ほぼ全期間を通じて、道北地域に比べ道南地域の方が最高気温が低かった。道南地域の本古内町では7月中旬の、また八雲町と真狩村では7月下旬の最高気温がそれぞれ17°Cを示し、3地域全体で最も低い値であった。なお、最低気温は全期間を通じて道北地域で最も低く、道央地域と道南地域とは類似した値を示した。以上のように、1993年の気象条件を3地域で比較すると、7月中旬から8月上旬の時期での差異が大きく、道南地域で最も日照時間が少なく、また最高気温が低かったといえる。なお、風速のデータは示さなかったが、生育期間を通じて各地とも風速が平年より大きい傾向を示し、特に道南地域では平年との較差が大きく、7月中旬と下旬では平年の2倍ほどの風速を示した。

これら市町村別の気象要素と作況指数との単相関係数を第3表に示した。3地域全体でみると、作況指数は日照時間および最高気温と正の相関関係を示し、特に7月中旬か

第2表 道内各市町村¹⁾における旬別の積算日照時間、平均日最高気温および日最低気温。

気象要因	地域		6月			7月			8月		
			上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
日照時間 (時間)	全体	平均	20	34	35	102	38	32	84	20	50
		最大	36	58	54	128	83	68	116	30	81
		最小	2	11	20	48	6	1	35	8	21
		CV(%)	39	29	28	15	50	58	25	29	22
	道北	平均	22	39	27	106	56	52	103	15	41
最高気温 (°C)	道央	平均	20	35	35	104	41	30	84	22	49
		平均	19	28	42	96	21	15	67	21	60
	全体	平均	16	20	18	24	21	21	22	22	25
		最大	18	22	19	28	23	25	26	23	26
		最小	13	17	15	19	17	17	19	19	22
最低気温 (°C)	道北	平均	17	21	17	26	22	23	24	22	24
		平均	17	20	18	24	22	21	23	22	25
		平均	16	18	18	23	20	20	21	21	24
	全体	平均	10	12	11	12	14	15	13	16	17
		最大	12	14	13	15	16	16	16	18	20
	道北	最小	7	10	8	7	11	12	8	13	14
		CV(%)	11	7	12	13	9	7	16	6	6
		平均	10	12	10	11	13	14	11	15	17
		平均	11	12	11	12	15	15	13	16	17
		平均	11	12	11	12	14	15	14	16	17

1) 第1表に示した水稲が栽培されている道北、道央および道南の市町村の中で気象観測所の設置されている市町村。市町村数: 全体: 54, 道北: 18, 道央: 16, 道南: 20。

第3表 道内各市町村の旬別気象要因¹⁾と作況指数²⁾との単相関係数.

気象要因	地域	6月			7月			8月		
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬
日照時間	全体	0.36*** ³⁾	0.55***	-0.39**	0.31*	0.82***	0.79***	0.77**	-0.17	-0.64***
	道北	0.60**	0.16	0.41	0.32	0.75***	0.64**	0.63**	0.32	-0.48*
	道央	0.18	0.35	-0.12	-0.28	0.73**	0.81***	0.64**	-0.39	-0.14
	道南	0.45*	0.49**	0.04	0.33	0.43	0.51*	0.69***	0.42	-0.14
最高気温	全体	0.62***	0.64***	0.00	0.54***	0.67***	0.73***	0.70***	0.12	0.13
	道北	0.31	-0.37	-0.26	-0.48*	0.39	0.04	-0.05	-0.45	-0.36
	道央	0.24	0.69**	0.58*	0.55*	0.60*	0.74***	0.73**	0.28	0.35
	道南	0.64**	0.65**	0.00	0.61**	0.45*	0.75***	0.64**	0.18	0.41
最低気温	全体	-0.07	0.13	-0.31	0.03	-0.26	-0.15	-0.35**	-0.10	-0.04
	道北	0.26	0.24	0.14	0.48*	0.12	0.56*	0.33	0.45	0.50*
	道央	0.28	0.64**	0.05	0.06	-0.03	0.21	-0.17	0.12	-0.12
	道南	0.53*	0.33	0.04	0.01	0.10	0.15	-0.13	0.13	0.12

1) 市町村数および気象要因は第2表と同じ。2) 作況指数は第1表の資料による。3) 有意性：*；5%水準，**；1%水準，***；0.1%水準。

ら8月上旬の時期での相関係数が大きな値を示した。地域別にみると、道北地域では日照時間との関係は顕著に認められたが、最高気温との関係は明確ではなく、むしろ最低気温との相関係数が大きかった。一方、道央地域では7月中旬から8月上旬の、また道南地域では7月下旬と8月上旬の日照時間および最高気温と高い相関係数を示した。さらに、各市町村における7月中旬から8月上旬までの1カ月間における平均の日照時間および最高気温と作況指数との関係をみると、3地域全体で日照時間では $r=0.833^{***}$ の、また最高気温では $r=0.762^{***}$ のいずれも高い正の相関関係を示し、また各地域内でも道北地域の最高気温($r=0.091$)以外では正の相関関係($r=0.645^{**}$ ~ 0.789^{***})を示した。以上のことから、市町村間および地域間における作況指数の差異は、主として7月中旬から8月上旬の時期の日照時間ならびに最高気温の差異と密接に関係していたといえる。これは、この時期が出穂前の約1カ月間にあたり、低温寡照により花粉の形成と充実が阻害され、稔実歩合が低下したためと推察できる(竹川1994, 竹川・土屋1994)。なお、道北地域では他の地域とは異なり、作況指数は最高気温よりも最低気温とより密接な関係を示したが、これは道北地域では他の2地域に比べ最高気温が高かったため、最低気温が阻害要因になったものと考えられる。

第4表 道内各市町村の作況指数を従属変数、7月中旬から8月上旬の旬別気象要因の中で2要因を独立変数とした重回帰式の決定係数と標準偏回帰係数¹⁾。

地域	決定係数 (R ²)	日照時間		最高気温	
		7月中旬	7月下旬	7月中旬	7月下旬
全体	0.75*** ²⁾	0.61	—	—	0.34
道北	0.64***	0.71	—	0.29	—
道央	0.74***	—	0.68	0.32	—
道南	0.59***	0.19	—	—	0.68

1) 作況指数は第1表の資料と、また市町村数および気象要因は第2表と同じ。2) 有意性：***；0.1%水準。

各気象要素が作況指数に及ぼした影響の程度を相対的に比較するため、市町村単位の作況指数を従属変数とし、7月中旬、下旬および8月上旬の3時期における日照時間、最高気温および最低気温の3要素、計9要因のうちの2つを独立変数とする重回帰式を、変数増加法により算出した(第4表)。3地域全体ならびに各地域のいずれでも、7月中旬あるいは下旬の気象要素が要因として選択され、8月上旬の気象要素は選択されなかった。また、7月中旬と下旬で比較すると、標準偏回帰係数は道北地域では7月中旬で、道央および道南地域では7月下旬で大きかった。出穂期は道北地域で早く、標準偏回帰係数が大きかった時期はいずれも各地域での出穂前30~15日頃に相当しており、穂ばらみ期前の小胞子の分化・発育時期での影響が相対的に大きかったものと考えられる(竹川1994, 竹川・土屋1994)。さらに、いずれの重回帰式でも日照時間と最高気温の2要素が選択されたが、道南地域を除くと標準偏回帰係数は最高気温に比べ日照時間の方が大きかった。このことは、作況指数に対する影響の程度が最高気温に比べ日照時間の方が相対的に大きかったことを示唆している。障害型冷害の解析において、これまで気温については詳細な検討が行われてきたが、日照については検討されることが少なく不明な点が多い(和田1992)。同じ気温でも日照が多いと田面水温が高くなったとも考えられ、冷害に及ぼす日照の影響について今後より詳細に検討する必要がある。なお、道南地域では日照時間の影響が相対的に小さかったが、これは他の地域に比べ日照時間が極端に少なく、また風速が極めて大きかったため、日照による田面水温あるいは作物体温の上昇効果が小さかったのではなかろうか。

3. 不作と栽培品種との関係

1993年の北海道全体の水稲うるち作付け面積のうち、早晩性別では中生品種が97%を占め、また品種別では「きらら397」と「ゆきひかり」の2品種で87%を占めた(第5表)。「きらら397」は1988年に、また「ゆきひか

第5表 1993年の道内各市町村における水稲（うるち）の早晩性別および品種別の作付け割合（%）¹⁾.

地域		早晩性			きらら 397	ゆきひかり	空育125号
		早生	中生	晩生			
全体	平均 ²⁾	1	97	2	47	40	9
	最大	100	100	70	90	71	47
	最小	0	2	0	0	0	0
道北	平均	2	97	0	57	26	14
	最大	27	100	1	76	52	43
	最小	0	73	0	22	7	5
道央	平均	0	100	0	48	43	8
	最大	5	100	2	66	70	47
	最小	0	95	0	23	19	0
道南	平均	0	83	16	31	49	3
	最大	27	100	70	80	71	37
	最小	0	30	0	0	5	0
胆振日高	平均	2	98	0	37	57	3
	最大	6	100	5	90	70	16
	最小	0	94	0	28	5	0
道東	平均	76	24	0	12	10	1
	最大	98	87	0	59	50	5
	最小	13	2	0	2	0	0

1) 道農政部の資料（未発表）による。市町村数：全体；125，道北；23，道央；35，道南；36，胆振・日高；19，十勝；12。2) 市町村別作付け面積による加重平均。

第6表 道内各市町村における「ゆきひかり」と「きらら 397」の出穂期および稔実歩合¹⁾.

地域		出穂期（8月1日=1）		稔実歩合（%）	
		ゆきひかり	きらら 397	ゆきひかり	きらら 397
全体	平均	15	17	37	28
	最大	27	27	90	80
	最小	3	3	0	0
	CV(%)	40	34	70	88
道北	平均	9	10	60	52
	最大	18	17	90	80
	最小	3	3	34	14
	CV(%)	55	43	28	42
道央	平均	14	16	53	40
	最大	20	21	80	79
	最小	7	10	12	8
	CV(%)	28	21	36	55
道南	平均	19	17	12	8
	最大	24	21	37	42
	最小	13	13	0	0
	CV(%)	27	21	103	142
胆振日高	平均	22	24	17	11
	最大	27	27	34	23
	最小	19	20	2	1
	CV(%)	9	8	60	59

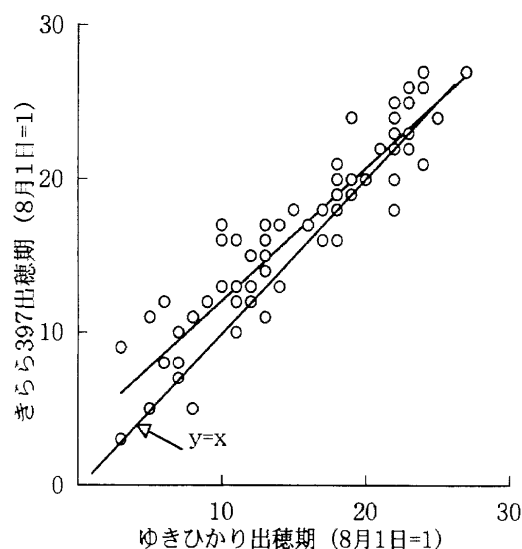
1) データは1993年9月15日現在の各普及所調査（竹川1994）による。市町村数：全体；70，道北；15，道央；33，道南；5，胆振日高；7。

り」は1984年に育成された比較的新しい品種であり、「きらら 397」の食味は「良」、耐冷性は「やや強」、「ゆきひかり」は食味は「やや良」、耐冷性は「強」に位置づけられている（竹川1994）。最近の食味優先の栽培傾向のため、北海道全体での作付けは2品種のほぼ独占状態であっ

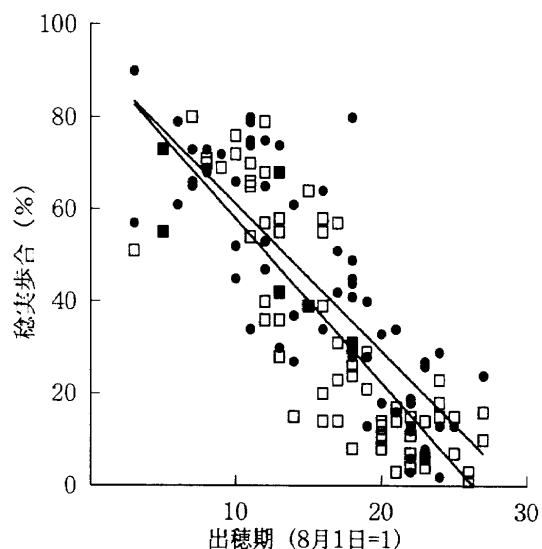
た。1993年の冷害が明らかとなった当初は、このような食味優先の品種選択、特に耐冷性の点でやや劣る「きらら 397」の過度の作付けが、被害を助長したのではないかと考えられた。

この点を検討するため、1993年に両品種が栽培された市町村における出穂期と稔実歩合を第6表に示した。地域全体の平均値では、「ゆきひかり」の出穂期が8月15日に対し、「きらら 397」は8月17日と2日遅かった。各地域の平均値でも、道南地域以外では、いずれも「ゆきひかり」の方が1～2日早く出穂した。また稔実歩合は、全体の平均値で9%、各地域の平均値で4～13%、それぞれ「きらら 397」に比べ「ゆきひかり」の方が高い値を示した。2形質の変動係数をみると、胆振日高地域以外の地域また全体では、「きらら 397」に比べ「ゆきひかり」は、出穂期の変動係数は大きかったが、稔実歩合の変動係数は小さかった。

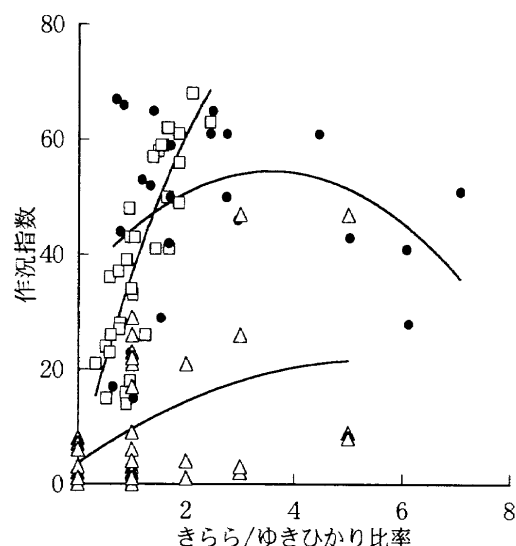
両品種間の差異をより詳細に検討するため、各市町村における2品種の出穂期の相関関係を第3図に示した。出穂期の遅かった市町村では2品種ともほぼ同日に出穂したが、出穂期が比較的早かった市町村では「ゆきひかり」の方が「きらら 397」に比べ数日早く出穂した。すなわち、気象条件の非常に悪い場合には「ゆきひかり」と「きらら 397」は同一の出穂期を示したが、気象条件がそれ程悪くない場合には「ゆきひかり」は「きらら 397」に比べ出穂期が早かったといえる。また、各品種における出穂期と稔実歩合との関係をみると（第4図）、両品種とも出穂期の遅れに伴い稔実歩合が直線的に低下し、出穂期が1日遅れると稔実歩合が約3.4%低下した。しかし、出穂期に対す



第3図 道内市町村の水稲品種「ゆきひかり」と「きらら397」における1993年の出穂期の相関関係。
 $r=0.927^{***}$, $y=0.866x+3.40$, データは第6表と同じ。
 *** : 0.1%水準で有意。



第4図 道内市町村の水稲品種「ゆきひかり」と「きらら397」における1993年の出穂期と稔実歩合との相関関係。
 \bullet : 「ゆきひかり」($r=-0.817^{***}$, $y=-3.19x+93.0$),
 \square : 「きらら397」($r=-0.831^{***}$, $y=-3.55x+93.4$).
 データは第6表と同じ。 *** : 0.1%水準で有意。



第5図 1993年の道内市町村における「ゆきひかり」の作付け面積に対する「きらら397」の作付け面積の割合（きらら/ゆきひかり比率）と作況指数との関係。
 \bullet : 道北地域, \square : 道央地域, \triangle : 道南地域。作付け面積は道農政資料（未発表）による。作況指数は農林水産省北海道統計情報事務所（1994）による。

る稔実歩合の回帰直線の傾きが品種間で異なり、「ゆきひかり」に比べ「きらら397」の方が出穂期の遅れに対する稔実歩合の低下の程度が大きかった。回帰式からの推定では、8月10日の出穂期では品種間における稔実歩合の差異が約4%であったが、8月20日の出穂期では約7%の差異となった。以上のことから、気象条件が出穂期に及ぼす影響、ならびに出穂期の遅れに対する稔実歩合の低下の割合が品種によって異なり、1993年の厳しい気象条件下において、全体として「ゆきひかり」の方が「きらら397」に比べ、出穂期が早く、稔実歩合も高く、耐冷性に優れて

いたといえる。

しかし、各地域での品種別の作付け割合（第5表）をみると、作況指数の高かった道北地域で「きらら397」の作付け割合が高く、道央地域では2品種の作付け割合がほぼ等しく、また作況指数の低かった道南地域および胆振日高地域では「ゆきひかり」の方が多く作付けられていた。また、各市町村での「ゆきひかり」の作付け面積に対する「きらら397」の作付け面積の割合（きらら/ゆきひかり比率）と作況指数との関係（第5図）をみると、道北地域のきらら/ゆきひかり比率が4以上の市町では比率の増加に伴い作況指数が低下する傾向を示した。これらの市町ではいずれも山間部にも水田があり、このような不利な条件下でも耐冷性の劣る「きらら397」が多く栽培されたことによって作況指数が低下したものと思われる。しかし、道北地域の他の市町村および道央地域では、きらら/ゆきひかり比率の増加に伴い作況指数が増加する傾向を示し、気象条件が好適な地域で「きらら397」の栽培が多かったことを示している。また、道南地域では両形質間に一定の傾向が認められなかった。これらの結果は、栽培品種の選択にあたって地域の気象条件に対する配慮が行われていたことを示しており、耐冷性の点でやや劣る「きらら397」の過度の作付けによって1993年の被害が助長されたとはいえない。

さらに、「きらら397」および「ゆきひかり」の耐冷性他品種の耐冷性を比較するため、道北地域の道立上川農試と道央地域の北村試験地で1993年に行われた品種比較試験において共通して用いられた新旧28品種の出穂期と稔実歩合を第7表に示した。北村試験地では上川農試に比べ出穂期が全品種の平均値で6日遅かったが、両試験地の出穂期には高い正の相関関係が認められ ($r=0.936^{***}$),

第7表 道立上川農試(道北地域)¹⁾と北村試験地(道央地域)²⁾における1993年の出穂期と稔実歩合の新旧品種間の差異。

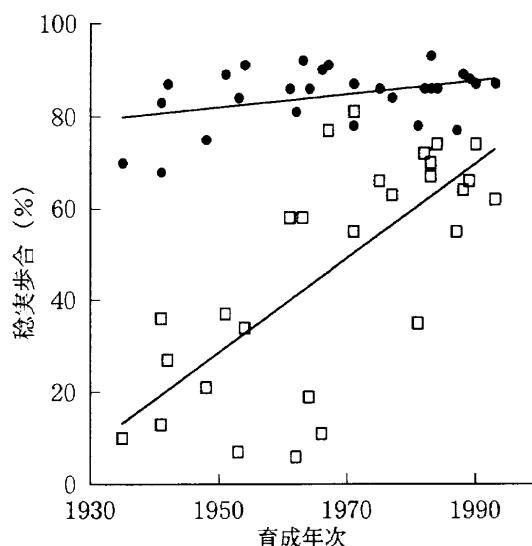
品種名	育成年次	出穂期(8月1日=1)		稔実歩合(%)	
		上川	北村	上川	北村
富国	1935	6	14	70	10
石狩白毛	1941	8	17	83	13
農林20号	1941	-1	4	68	36
栄光	1942	13	22	87	27
農林34号	1948	-1	6	75	21
ユキモチ	1951	8	16	89	37
豊光	1953	12	19	84	7
新雪	1954	12	17	91	34
ささほなみ	1961	3	11	86	58
ユーカラ	1962	17	25	81	6
しおかき	1963	5	12	92	58
ほうりゅう	1964	10	16	86	19
ひめほなみ	1966	17	24	90	11
そらち	1967	13	17	91	77
イシカリ	1971	2	9	87	81
ゆうなみ	1971	4	10	78	55
キタヒカリ	1975	7	14	86	66
ともゆたか	1977	5	9	84	63
しまひかり	1981	9	16	78	35
みちこがね	1982	5	10	86	72
キタアケ	1983	4	7	93	67
たんねもち	1983	2	7	86	70
ゆきひかり	1984	3	7	86	74
空育125号	1987	2	6	77	55
きらら397	1988	7	14	89	64
はくちょうもち	1989	-1	8	88	66
ほのか224	1990	12	14	87	74
空育139号	1993	1	2	87	62
平均		7	13	84	47
最大		17	25	93	81
最小		-1	2	68	6
CV(%)		79	47	7	52

1) データは竹川(1994)による。2) データは山本(1994)による。

出穂期の早晩における品種間の相対的な関係は両試験地で同様の傾向を示した。また、1965年頃までに育成された品種では両試験地とも出穂期が遅かったが、これ以降に育成された品種では年次が進むに伴い出穂期が早くなり、最近の品種は早生化していることがわかる。

一方稔実歩合をみると、上川農試では品種間差異が小さかったのに対し、北村試験地ではイシカリの81%からユーカラの6%まで極めて大きな差異を示した。また、両試験地間の相関係数が低く($r=0.396^*$)、稔実歩合における品種間の相対的な関係は試験地によって異なった。このため、出穂期と稔実歩合との関係は試験地によって異なり、上川農試では一定の傾向が認められなかった($r=0.311$)のに対し、北村試験地では晩生品種で稔実歩合が低い傾向を示した($r=-0.580^{**}$)。従って、気象条件の相対的に悪かった北村試験地では、品種の早晩性の差異が稔実歩合の差異により明瞭に現れたものといえる。

品種の育成年次と稔実歩合との関係をみると(第6図)、上川農試では形質間の関係がそれ程明確ではなかったが、北村試験地では育成年次が遅いほど稔実歩合が著しく増加



第6図 道立上川農試(道北地域)と北村試験地(道央地域)における品種の育成年次と1993年の稔実歩合との関係。

●: 上川農試 ($r=0.385^*$), □: 北村試験地 ($r=0.718^{***}$). データは第7表と同じ。*, ***: それぞれ5%, 0.1%水準で有意。

し、稔実歩合の品種間差異は育成年次と明確な関係を示した。このため、旧品種では地域によって稔実歩合が大きく異なったが、最近の品種では地域間の差異が小さかった。以上のことから、「ゆきひかり」および「きらら397」は、食味を第一の選抜目標として育成されたが、旧品種に比べ早生化したため耐冷性の点でも優れ、1993年での被害を最小限にとどめたものと推察する。

4. おわりに

北海道の水稲栽培は、この100年間にほぼ4年に一回の割合で冷害を受けた(和田1992)。その中でも1993年の冷害は、影響が全道に及び、また被害の程度も大きかった。このように被害が大きかった理由として、1983年以降には比較的温暖な気候が続き作況指数で80を下回る厳しい冷害がなかったため、冷害に備えた品種の開発や栽培がおろそかになっていたのではないかと当初考えられた。しかし、本研究で明らかにしたように、被害が甚大であった主たる原因は気象条件によるものであった。1993年の作況指数は40と戦後最悪であったが、収量は全道の平均で 203 gm^{-2} を示し、これは作況指数では10以上も高かった1954年および1956年を上回る収量であり、明治末から大正時代の平均収量に相当した。もし、40年以上前に今回と同程度の厳しい気象条件に遭遇していたならば、被害はより甚大であったと考えられる。

被害を最小限にとどめることができた理由の一つとしては、品種の耐冷性の向上があげられる。道内の基幹品種である「ゆきひかり」および「きらら397」は、ともに食味向上を目的として開発された。特に「きらら397」は全道的に広く栽培されるようになってから初めて冷害に遭遇したことから、1993年の作況指数の低下がこの品種の作付

け偏重に起因したのではないかと危惧された。しかし、両品種の耐冷性は旧品種に比べ優れていたことが明らかとなり、両品種は良食味のみでなく耐冷性も具備した優良品種であることが証明された。なお、両品種で比較すると、「きらら 397」は「ゆきひかり」に比べ、稔実歩合が全道平均で約 10% 低かった。米の自由化のもとで北海道の稲作が生き残っていくためには、「きらら 397」程度の食味が最低限必要と考えられることから、今後は「きらら 397」の食味と「ゆきひかり」の耐冷性を合わせ持つ品種の開発と普及が必要である。さらに、道南地域では作況指数が 0 の市町村もあったが、函館における 1993 年の 7 月と 8 月の気温は、水稻の栽培が現在行われていない北海道最北端の稚内の平年気温と同じであった。道南農試に栽培されていた耐冷性極強の系統でも 17% の稔実歩合、22 gm^{-2} の収量であった (竹川 1994) ことから、1993 年の道南地域と同程度の気象条件にも耐える品種を開発するためには、海外からの耐冷性遺伝資源の導入等の抜本的な対策が必要であろう。

謝辞: 本研究に利用したデータは、道内の農業改良普及所、道立の各農業試験場、道農政部ならびに農林水産省北海道統計情報事務所によって収集されたものである。また、データの確認のために 1994 年に道内の一部の地域で農家圃場の現地調査を行ったが、その際には該当農家、農

業改良普及所および道立農業試験場の皆様の懇切なお世話をいただいた。これら多くの皆様に対し心よりお礼申し上げます。さらに、本研究は文部省科学研究費総合研究 A (研究代表者 津野幸人) の一部として行われたものであり、本研究の機会を与えていただいた前鳥取大学教授・津野幸人先生および北海道大学教授・中世古公男先生に厚くお礼申しあげます。

引用文献

- 伊藤満 1994. 異常気象下の空知稲作. 北海道空知支庁・中央農業試験場岩見沢専技室・JA 北海道中央会岩見沢支所・空知地方農業気象協議会, 岩見沢. 1-236.
- 農林水産省北海道統計情報事務所 1994. 北海道の冷害. 一平成 5 年農作物の作柄を追って. 北海道農林統計協会協議会, 札幌. 1-314.
- 竹川昌和 1994. 平成 5 年北海道における農作物異常気象災害に関する緊急調査報告書 (稲作編). 北海道立農業試験場資料 第 22 号: 1-165.
- 竹川昌和・土屋武彦 1994. 異常気象の営農技術対策. 一昨年の教訓を生かす. ニューカントリー 1994 年夏期増刊号. 北海道協同組合通信社, 札幌. 1-138.
- 和田定 1992. 水稻の冷害. 養賢堂, 東京. 1-261.
- 山本信男 1994. 平成 5 年水稻大冷害の記録. 空知支庁空知中央地区農業改良普及所, 岩見沢. 1-93.

Analysis of Cool-weather Damage of Rice in 1993 Based on Data of Municipal Basis in Hokkaido: Kazuto IWAMA*, Noriaki MOGI, Shinji ICHIKAWA and Toshihiro HASEGAWA (*Grad. School of Agr., Hokkaido Univ., Sapporo 060-8589, Japan*)

Abstract: Crop situation index (CSI, a ratio of yield to average yield over years) of paddy rice in the Hokkaido area in 1993 was 40, the lowest since 1949, because of a cool-weather damage. The yield and CSI, however, varied largely among 134 municipal areas of rice cultivation in Hokkaido. The yield ranged from 10kg ha^{-1} to 3,820kg ha^{-1} , and the CSI ranged from 0 to 68. The yield and CSI were highest in the northern part of Hokkaido, intermediate in the central part, and lowest in the southern and eastern parts. They tended to be lower in areas where an average yield of rice over the years was lower ($r=0.719^{***}$). The difference in CSI between the areas was mainly due to sunshine hours and maximum air temperature from middle July to early August, although the effect on CSI was greater in sunshine hours than in maximum air temperature. Two rice varieties, Yukihikari and Kirara 397, although bred mainly to improve eating quality, were more tolerant against cool-weather damage than older varieties were. We therefore considered that the wide cultivation of these new varieties did not necessarily aggravate the cool-weather damage in 1993, although more tolerant varieties should be desirable in the future.

Key words: Air temperature, Crop situation index, Grain yield, Percentage of ripening, Sunshine hours, Varietal difference.