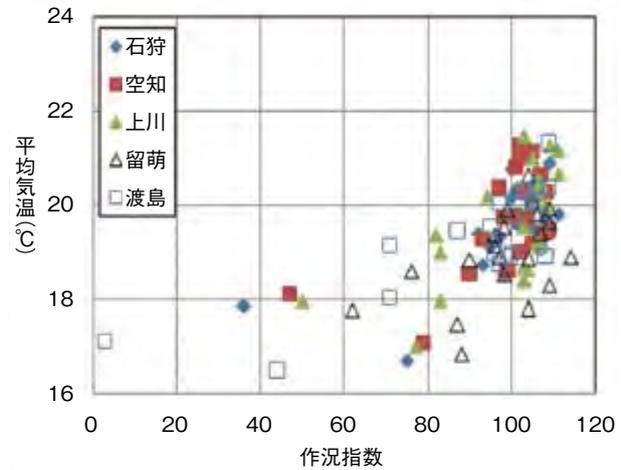


VI 北海道の気象条件の特徴

1 北海道の水田地帯における気象の特徴

稲作は7、8月の天候が最も重要で、盛夏期の気温が作柄を決定づけ、両月の平均気温が20℃を越えないと生産が安定しない（図VI-1）。

北海道では気象変動が作柄と直結し、水稻の作柄安定の制限要因になっている。ここでは、本道の稲作に深く関係する融雪期から農耕期間の気象の特徴を中心に述べる。



図VI-1 7、8月の平均気温と作柄の関係（1990～2009年の20年間）

(1) 農耕期間の積算気温

地域の気象条件を気温から評価する基準として、積算気温や簡易有効積算気温があげられる。北海道における農耕期間は5～9月の5ヶ月であるが、この間の気象が水稻の作柄のほとんどを決定づけている。

道内の主要稲作地帯をアメダス地点の53ヶ所で代表させ、その地点における平均値を基に積算気温で分類したものが表VI-1である。稲作の安定性が高いとされる2,600℃を越える地点は江差、熊石、芦別、函館で、これら4ヶ所が道内では最も農耕期間の気温が高い地点であった。ついで、安定的とされる2,500℃以上の地点は、稲作安定地帯の大部分が含まれる岩見沢、余市、美唄、北斗、旭川、共和、浜益、富良野、鶉、石狩、今金、せたな、木古内、深川、上富良野、蘭越、長沼、増毛、滝川、新篠津、留萌、和寒であった。やや不安定とされる2,500℃未満の地点には、留萌中北部、上川中北部、渡島北部、日高、胆振、道東地方などの多くの地点が含まれていた。

次に、移植期を5月20日、出穂期を7月31日として、その間の簡易有効積算気温により評価をしてみた。1,000℃を越えた地点は、芦別、旭川であった。ついで、1,000℃未満950℃以上の地点は、主要稲作地帯である富良野、美唄、岩見沢、深川、江差、上富良野、滝川であった。また、900℃以上には比布など上川中部、空知、道南、石狩、後志が含まれた。

一方、上川中央部などでは、農耕期間の積算気温が2,500℃に満たなくても、簡易有効積算気温は高く、出穂期までの気温の高いことがうかがえ、出穂までの気象条件が良好であると考えられる。反対に、道南や石狩、留萌など海岸地方では、積算気温は高いものの7月末までの簡易有効積算気温はやや低く、初期生育や出穂期などに影響が生じやすい地域と考えられる。

表VI-1 道内のアメダス地点における平年の気象概況

地点	農耕期間気温(°C)		月別平均気温(°C)							月別日平均日照時間							月別平均風速(m/s)					
	積算気温	有効積算	5月	6月	7月	8月	9月	7~8月	5月	6月	7月	8月	9月	7~8月	5月	6月	7月	8月	9月	平均		
芦別	2,632	1,026	11.6	16.4	20.5	21.4	16.1	21.0	5.8	5.8	5.3	5.0	4.7	5.1	2.5	2.3	2.1	2.0	2.0	2.1		
旭川	2,582	1,017	11.3	16.4	20.2	21.0	15.6	20.6	6.2	6.2	5.4	5.1	4.9	5.3	4.0	2.8	2.8	2.5	2.4	2.7		
富良野	2,569	991	11.4	16.3	20.1	20.8	15.4	20.5	6.0	5.8	5.4	5.3	4.4	5.3	2.6	2.1	1.9	1.9	1.8	1.9		
美唄	2,591	990	11.4	16.0	19.8	21.1	16.4	20.5	6.1	5.9	5.2	5.0	5.1	5.1	2.4	2.1	2.0	1.8	1.9	1.9		
岩見沢	2,597	985	11.4	15.8	19.9	21.2	16.7	20.6	6.3	6.1	5.3	5.5	5.6	5.4	3.7	3.3	3.3	3.1	3.1	3.2		
深川	2,532	967	11.1	15.9	19.7	20.6	15.6	20.2	6.3	6.1	5.5	5.4	5.2	5.4	3.2	2.7	2.4	2.2	2.3	2.3		
江差	2,709	955	11.5	15.8	20.1	22.4	18.9	21.3	5.6	5.5	4.9	5.5	5.4	5.2	3.3	2.4	2.4	2.5	3.2	2.5		
上富良野	2,532	954	11.1	16.0	19.9	20.6	15.2	20.3	5.8	5.7	5.3	5.1	4.6	5.2	2.4	2.2	2.0	1.9	1.8	2.0		
滝川	2,527	954	11.0	15.6	19.6	20.7	15.7	20.2	6.1	5.7	5.3	5.0	5.1	5.2	3.0	2.5	2.3	2.1	2.1	2.2		
比布	2,492	947	10.8	15.8	19.6	20.3	14.9	20.0	5.9	5.9	5.5	5.1	4.8	5.3	2.5	2.0	1.8	1.7	1.8	1.8		
石狩沼田	2,492	942	10.5	15.5	19.6	20.5	15.4	20.1	6.0	5.3	4.8	4.9	4.9	4.9	2.2	1.6	1.3	1.2	1.1	1.3		
和寒	2,502	936	10.9	15.7	19.7	20.5	15.1	20.1	5.5	5.3	4.8	4.8	4.5	4.8	2.0	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5		
東川	2,486	933	10.9	15.8	19.5	20.3	14.9	19.9	5.8	5.8	5.3	5.1	4.6	5.2	2.6	2.1	1.9	1.8	1.9	1.9		
函館	2,638	923	11.6	15.4	19.6	21.7	17.9	20.7	6.4	5.6	4.8	5.1	5.2	4.9	3.6	3.2	2.7	3.0	3.6	2.9		
熊石	2,669	921	11.3	15.8	19.8	22.1	18.4	21.0	4.9	4.8	4.4	4.8	5.0	4.6	1.5	1.3	1.2	1.3	1.7	1.3		
石狩	2,541	919	11.0	15.1	19.5	20.6	16.8	20.1	6.2	5.7	5.2	5.5	5.5	5.4	3.3	2.9	2.6	2.4	2.5	2.5		
蘭越	2,532	909	10.9	15.3	19.5	20.9	16.2	20.2	6.1	5.6	4.4	4.2	4.2	4.3	1.8	1.5	1.3	1.1	1.2	1.2		
鶯	2,565	908	11.0	15.5	19.5	21.3	16.7	20.4	5.4	4.7	4.1	4.4	4.7	4.3	1.5	1.3	1.1	1.1	1.1	1.1		
新篠津	2,509	908	10.8	15.3	19.2	20.6	16.2	19.9	6.1	5.8	5.1	5.2	5.2	5.2	3.9	3.5	3.2	2.9	2.7	3.1		
長沼	2,528	904	10.9	15.1	19.1	20.9	16.7	20.0	5.9	5.3	4.5	4.7	5.3	4.6	2.8	2.7	2.5	2.2	1.9	2.4		
余市	2,595	902	11.5	15.7	19.8	21.3	16.6	20.6	6.2	5.7	5.4	5.5	5.2	5.5	2.4	1.7	1.6	1.6	1.7	1.6		
浜益	2,571	893	10.8	15.5	19.7	21.2	16.9	20.5	6.1	5.7	5.5	5.5	5.3	5.5	3.2	2.8	2.6	2.7	3.1	2.7		
倶知安	2,473	885	10.4	15.0	19.3	20.5	15.7	19.9	6.0	5.7	5.0	4.9	4.9	4.9	3.4	3.4	2.9	2.6	2.6	2.8		
士別	2,439	884	10.5	15.2	19.2	20.1	14.9	19.7	6.3	6.1	5.5	5.2	4.9	5.3	1.8	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2		
共和	2,579	883	11.0	15.4	19.5	21.4	17.1	20.5	5.9	5.8	5.5	5.5	5.3	5.5	3.3	2.7	2.3	2.5	3.0	2.4		
北斗	2,583	878	11.3	15.3	19.1	21.3	17.4	20.2	5.7	5.0	4.2	4.2	4.7	4.2	2.6	2.4	2.1	2.0	2.0	2.1		
月形	2,470	873	10.4	15.0	19.0	20.4	15.9	19.7	5.9	5.5	4.5	4.5	5.0	4.5	2.4	2.1	2.0	1.7	1.4	1.9		
今金	2,539	871	10.8	15.0	19.2	21.2	16.9	20.2	5.5	4.7	4.0	4.1	4.9	4.1	2.3	2.4	2.3	2.0	1.7	2.2		
日高	2,434	861	10.4	15.1	19.0	20.1	15.0	19.6	5.3	5.4	4.6	4.5	4.2	4.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3		
留萌	2,503	860	10.4	14.8	19.3	20.8	16.6	20.1	6.2	6.1	5.6	5.9	5.8	5.8	4.2	3.4	3.4	3.8	4.4	3.6		
幌加内	2,403	860	9.7	15.2	19.1	19.9	14.6	19.5	5.7	5.2	4.6	4.4	4.2	4.5	2.3	2.0	1.8	1.7	1.8	1.8		
名寄	2,415	858	10.2	15.1	19.2	20.0	14.6	19.6	5.8	5.4	4.7	4.5	4.5	4.6	2.7	2.1	1.9	1.8	1.8	1.9		
美唄	2,424	855	10.5	15.3	19.1	19.9	14.5	19.5	6.0	6.0	5.4	5.2	5.0	5.3	2.0	1.6	1.4	1.4	1.4	1.4		
朝日	2,407	848	10.2	15.1	19.1	19.8	14.5	19.5	5.8	5.6	5.3	5.0	4.8	5.2	2.0	1.6	1.4	1.4	1.5	1.4		
羽幌	2,499	830	10.3	14.9	19.2	20.7	16.6	20.0	6.2	6.4	5.7	5.8	5.9	5.7	3.5	2.9	2.4	2.9	3.7	2.7		
美深	2,383	826	10.0	14.7	18.8	19.9	14.6	19.4	5.9	5.5	5.0	4.4	4.3	4.7	2.0	1.7	1.6	1.5	1.5	1.6		
北見	2,414	823	10.6	14.6	18.6	19.9	15.3	19.3	5.7	5.1	5.0	4.9	4.5	5.0	2.0	1.6	1.3	1.2	1.2	1.3		
恵庭島松	2,449	821	10.4	14.6	18.6	20.4	16.1	19.5	5.8	5.2	4.4	4.4	4.9	4.4	3.2	2.8	2.6	2.3	1.9	2.5		
増毛	2,528	813	10.8	14.8	19.2	21.0	16.9	20.1	6.4	5.8	5.7	5.8	5.2	5.7	2.1	1.2	1.0	1.1	1.7	1.1		
夕張市	2,379	813	10.2	14.5	18.3	19.7	15.1	19.0	5.8	5.2	4.2	4.1	4.7	4.2	2.6	2.0	1.8	1.9	2.3	1.9		
せたな	2,536	809	10.5	14.6	18.9	21.2	17.7	20.1	6.0	5.5	5.2	5.4	5.7	5.3	3.5	3.5	3.3	3.3	3.4	3.3		
上川	2,350	807	9.8	14.8	18.8	19.5	14.0	19.2	5.6	5.9	5.2	5.1	4.8	5.2	1.7	1.4	1.2	1.1	1.2	1.2		
黒松内	2,451	799	10.3	14.5	18.6	20.6	16.2	19.6	5.6	4.4	3.8	4.0	4.5	3.9	2.5	2.4	2.2	1.9	1.7	2.1		
厚真	2,429	794	10.3	14.6	18.4	20.2	16.0	19.3	5.6	4.8	3.8	4.4	5.2	4.1	3.0	2.6	2.3	2.0	2.0	2.2		
木古内	2,535	791	10.9	14.5	18.6	21.2	17.7	19.9	6.0	4.8	4.0	4.3	4.9	4.1	2.6	2.5	2.5	2.7	2.7	2.6		
八雲	2,473	766	10.4	14.3	18.4	20.7	17.1	19.6	5.7	4.5	3.5	4.3	4.8	3.9	2.3	2.0	1.8	1.8	2.0	1.8		
遠別	2,383	764	9.6	14.3	18.5	19.9	15.6	19.2	5.7	5.3	4.9	5.0	5.2	4.9	3.2	2.5	2.2	2.3	2.8	2.3		
むかわ	2,411	759	10.0	14.2	18.2	20.2	16.2	19.2	5.7	4.6	3.8	4.2	4.8	4.0	3.0	2.4	2.1	2.0	2.3	2.1		
静内	2,467	755	10.3	14.3	18.3	20.7	17.2	19.5	6.1	5.1	3.9	4.3	4.1	4.1	1.8	1.5	1.2	1.3	1.6	1.3		
初山別	2,426	745	9.9	14.4	18.6	20.3	16.2	19.5	6.2	6.3	5.8	5.6	5.7	5.7	2.8	2.1	2.0	2.1	2.7	2.1		
日高門別	2,394	720	9.9	13.9	18.0	20.2	16.4	19.1	6.0	5.0	3.9	4.4	5.2	4.2	3.1	2.6	2.6	2.5	2.6	2.6		
美幌	2,309	705	9.7	13.6	17.7	19.4	15.1	18.6	5.8	5.4	4.8	5.1	4.8	5.0	2.3	1.9	1.7	1.6	1.5	1.7		
浦河	2,333	635	9.1	13.0	17.3	19.8	17.0	18.6	6.5	4.9	3.9	4.8	5.5	4.4	3.7	3.2	3.1	3.2	4.0	3.2		

注) 有効積算は5月20日～7月31日の簡易有効積算気温

積算気温の年次間差を道内のアメダス地点で比較すると、年次によって著しく変動することがわかる。特に顕著なのは北見で、過去20年間1990年（平2）～2009年（平21）でみると、最低値が1993年（平5）の2,119℃、最高値は2004年（平16）の2,677℃で、年次による格差が極めて大きい。かつ低温の程度は他地域の比ではなく、2,400℃未滿の年次が20年中8回出現していた（表VI-2）。

表VI-2 農耕期間における積算気温の年次格差

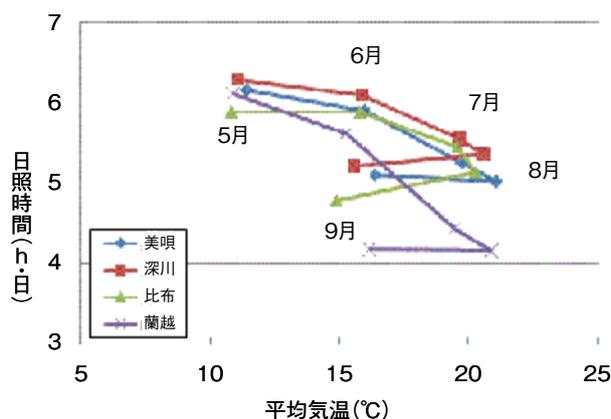
年次	北見	羽幌	比布	岩見沢	北斗
1990	2,537	2,625	2,626	2,749	2,756
1991	2,456	2,602	2,521	2,689	2,641
1992	2,299	2,411	2,363	2,492	2,507
1993	2,199	2,408	2,348	2,439	—
1994	2,664	2,696	2,713	2,825	2,809
1995	2,472	2,567	2,524	2,602	2,603
1996	2,287	2,414	2,414	2,461	2,480
1997	2,376	2,410	2,453	2,532	2,562
1998	2,338	2,454	2,557	2,609	2,623
1999	2,284	2,698	2,722	2,809	2,792
2000	2,671	2,710	2,772	2,808	2,798
2001	2,408	2,500	2,532	2,566	2,548
2002	2,365	2,472	2,477	2,537	2,540
2003	2,394	2,466	2,531	2,466	2,409
2004	2,677	2,607	2,701	2,716	2,680
2005	2,552	2,582	2,621	2,635	2,589
2006	2,494	2,629	2,683	2,675	2,576
2007	2,518	2,598	2,651	2,725	2,680
2008	2,454	2,551	2,609	2,639	2,584
2009	2,481	2,533	2,550	2,612	2,585
平均	2,442	2,542	2,565	2,623	2,611
標準偏差	131	98	117	117	108
変異係数	5.4	3.9	4.6	4.4	4.1

注) 農耕期間は5月～9月、単位は℃、1993年北斗は欠測。

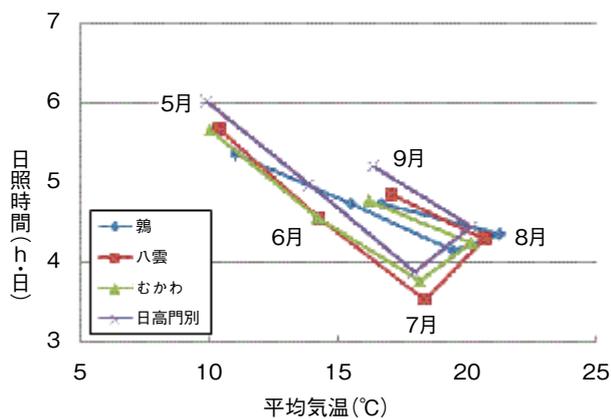
次に、平年における平均気温と日照時間の関係について、5月から9月まで月別の変化をみたものが図VI-2～図VI-4である。内陸部および日本海側の地点の変化を図VI-2、太平洋側の地点を図VI-3に示した。

6月から7月にかけての日照時間の変化を比較すると、美唄、深川、比布など内陸部ではわずかな減少しか見られないが、太平洋側のむかわ、日高門別などでは、1ヶ月当たり1時間/日の割合で大きく減少し、太平洋側の各地点はいずれも強い類似性が認められた。

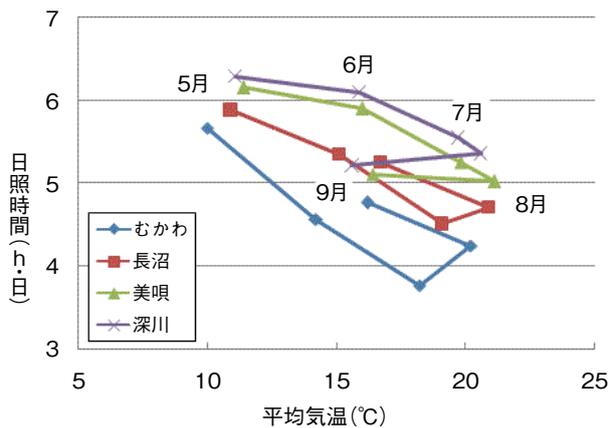
図VI-4は石狩平野の主要地点について見たものである。太平洋から離れるにしたがってむかわ、長沼、美唄、深川と気温が高まり、日照時間が長くなるという変化が連続的に生じている。



図VI-2 平均気温と日照時間の月別変化



図VI-3 平均気温と日照時間の月別変化



図VI-4 平均気温と日照時間の月別変化

(2) 融雪期

空知北部や上川管内および後志管内における育苗の準備は、まだ圃場に積雪が残っている状態で開始される。また、これらの地方では年次によって、本田の耕起作業直前まで積雪状態であることも珍しくない。融雪期は2～3月の気象とその年の積雪量によってほぼ決まるが、融雪の遅れによって様々な影響が生ずる。

地域によって最深積雪量は大きく変動する。2001年（平13）の指導参考事項「北海道の1 kmメッシュの根雪情報と表示システム」によって求めた地区別の平年融雪期は、表VI-3のとおりである。また、アメダス地点の平年における最深積雪深を表VI-4に示した。さらに、融雪期と積雪深の関係を見たものが図VI-5である。当然ながら、融雪期は積雪量が多いほど遅れる傾向があった。積雪量が少なく融雪期が早い道南や日胆地方、積雪量が多く融雪の遅れる上川北部や空知北部地域など、地域的な差が明らかであった。

表VI-3 平年における市町村別の融雪期

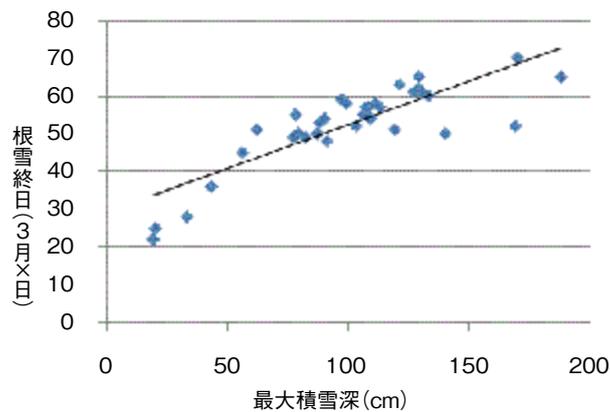
市町村名	地区名	融雪期	市町村名	地区名	融雪期	市町村名	地区名	融雪期
浜益	川下	4月7日	留萌		4月6日	鶴川	田浦	3月25日
石狩	生振	4月3日	増毛	中歌	4月9日	厚真	上厚真	3月27日
新篠津	上篠津	4月6日	美深	西里	4月22日	伊達	荻原町	3月27日
恵庭	恵み野	4月5日	名寄	智恵文	4月16日	穂別	豊田	4月9日
幌加内	沼牛	4月19日	士別	上士別	4月14日	静内	目名	3月25日
深川	音江	4月1日	和寒	東和	4月13日	門別	福満	3月19日
深川	一巳	4月11日	比布	基線	4月14日	三石	本桐	3月24日
滝川	北滝の川	4月11日	東川	西1号	4月10日	浦河		3月25日
芦別	常磐	4月13日	旭川	永山	4月9日	八雲	野田生	3月28日
美唄	光球内	4月8日	美瑛		4月13日	木野	千代田	3月30日
岩見沢	中幌向	4月3日	富良野	中富良野	4月11日	木古内	瓜谷	4月1日
沼田	沼田	4月14日	蘭越		4月8日	厚沢部	杜の山	3月27日
長沼	12区	3月31日	倶知安	豊岡	4月23日	今金		3月27日
遠別	北里	4月10日	黒松内	幌近	4月6日	北見	御町	4月13日
初山別	明里	4月11日				池田	青山	3月30日
羽幌		4月6日						

注) 北海道地域の根雪情報（北農試）による検索結果による

表VI-4 平年における最大積雪深 (cm)

地点名	積雪深	地点名	積雪深	地点名	積雪深	地点名	積雪深
深川	113	余市	133	八雲	87	富良野	169
滝川	106	共和	140	今金	107	初山別	79
芦別	77	倶知安	188	鶉	88	羽幌	103
美唄	109	蘭越	130	江差	33	古丹別	127
岩見沢	119	黒松内	129	美深	121	留萌	91
夕張	129	穂別	56	名寄	99	幌糠	170
石狩	108	静内	20	和寒	97	北見	62
新篠津	111	浦河	19	旭川	90		
恵庭島松	82	函館	43	美瑛	78		

注) 気象庁による平年値



図VI-5 根雪終日と最大積雪深の関係

(3) 夏期間の気象と冷害

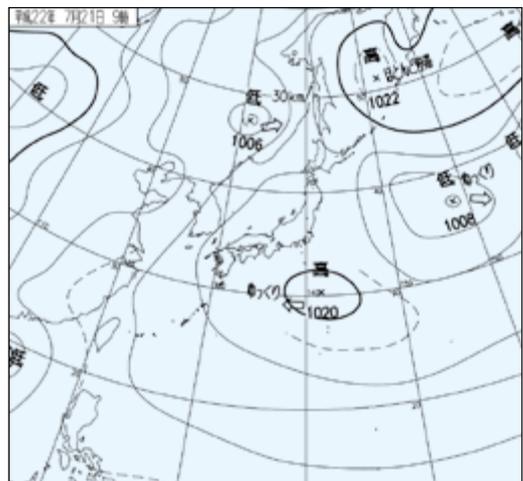
本道の水稲の作柄は、その年の夏が暑夏か冷夏になるかで決定づけられてきた。暑夏の場合は豊作となり、冷夏の場合は作柄が不良になる。

冷夏の出現はオホーツク海高気圧の発達によって、高気圧から吹き出す高湿で低温の気流、いわゆる「やませ」が道南地方や日高・胆振地方の沿海部に侵入吹走し、日照不足と低温が続き、水稲の生育に決定的な影響を及ぼす。

この強い冷風により水田水温は上昇しないため、栄養成長期には分けつ発生を抑制し、生殖生長期では不稔を多発させる。

近年の大冷害として1993年(平5)の北海道の作況指数40がある。この年は6月から8月まで長期にわたってオホーツク海高気圧などの影響を受け、低温と日照不足が連続した。このため、栄養生長期はもとより、冷害危険期から出穂開花期にわたって影響を受けた。

また、2003年(平15)の北海道の作況指数73が



図VI-6 2010年7月21日9時の地上天気図(気象庁)

ある。この年は、4月から9月にかけて寡照が続くとともに、6月末にオホーツク海高気圧が現れ7月末まで持続した。このため、栄養生長期から冷害危険期にわたり影響を受けた。

一方、暑夏は北海道全体が太平洋高気圧に広く覆われ、高温多照の状態が安定して長く続くことによりもたらされる（図VI-6）。幼穂形成期から出穂期まで水稻は順調に生育することができ、多くの場合高収量で高品質となる。

1) 冷夏の出現

北海道が冷夏に覆われる場合、オホーツク海高気圧の中心位置で、本道の気象に与える影響が変化する。

本道が高気圧の中心部にすっぽり覆われるような場合は、晴冷型となって主要稲作地帯では、気温はやや低いものの日射量は多く、分けつ期間は水温が高まるので、栄養生長は比較的順調に推移する。

しかし、高気圧の中心がオホーツク海にある場合は、太平洋やオホーツク海岸から内陸部にまで、海霧をとまなう低温多湿の風が吹き込み、低温と日照不足が顕著になって水稻生育に直接的な影響を与える（図VI-7）。

オホーツク海高気圧は、一度発達すると勢力の強い状態がしばらく続くため、この低温と日照不足は短くとも数日間から、年や地域によっては半月も連続することがある。こうなると水稻に対する影響は決定的なものとなる。

北海道の冷夏は、バイカル湖やカムチャッカなどシベリア大陸から寒気が南下流入して低温になる場合と、北極の寒気がオホーツク海に流入してできる高気圧によって、著しい低温になる場合とがある。柏原・大川（1967）は前者を第1種冷夏（低指数型冷夏）、後者を第2種冷夏（高指数型冷夏）と定義している。また、年次によっては両型が複合して発生する。

2) やませ・偏東風

やませ（偏東風）とは寒冷なオホーツク海高気圧から吹く気流である。この気流は、高度600～1,000mの低層雲を伴い、北海道では東～南東方向から内陸部へと侵入してくる。したがって、水田から見てこれらの方向に標高1,000mを越える山塊が存在すると、遮られ迂回すらできないことも多い。

しかし、標高の低い山や、山頂自体の標高は高くても鞍部が南東方向にあると、その場所からやませが侵入し、風下の稲作地帯に少なからぬ影響を与えることもある。

渡島半島では噴火湾または津軽海峡方面から侵入する。半島の脊梁部を鳥瞰すると、稜線は南東から北西方向に走っており、やませの侵入方向と平行しているため、山塊のピークは1,000m前後あるにもかかわらず、やませは比較的容易に日本海側まで到達する。やませが卓越した年次でも、留萌や後志など日本海側の地域では影響が小さくなる場合も多いが、檜山管内では冷害に見舞われることになる。

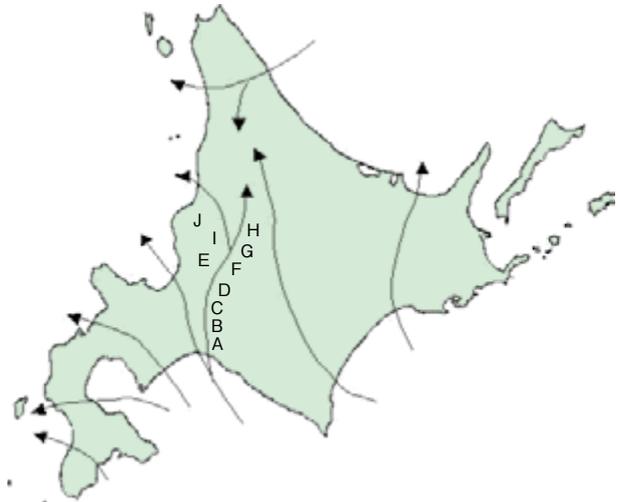


図VI-7 2003年（平15）7月2日9時の地上天気図（気象庁）

また、石狩平野南西部の南空知や石狩では「偏東風」と呼ばれ、5月から8月にかけて吹走する。地形は平坦でさえぎる山塊などがいないため、勇払原野から侵入した後も風速は衰えることなく長沼から岩見沢を越え、一方は新篠津・石狩方面から石狩湾に、もう一方は月形・浦臼・滝川・深川へと抜けていく。

冷害年である1993年（平5）の7月下旬～8月上旬や2003年（平15）の7月上旬には、強い「やませ」や「偏東風」が稲作地帯を吹走し、連続した低温と日照不足をもたらした。その年における北海道の吹走状況を図VI-8に示した。また、各地点ともに海岸からの距離に比例して気温が上昇し、日照時間は増加していた（表VI-5）。

夏期に北海道内で卓越する風系はいくつか例示されているが、ここでは夏伐らが報告した風系図を代表例として図VI-9に示した。それによると、平年における稲作地帯の気流の特徴は、石狩～勇払、倶知安～岩内、今金、寿都、留萌、津軽海峡に強風地帯、上川盆地には弱い収束帯の存在を明らかにしている。



図VI-8 1993年（平5：7月下旬～8月上旬）、2003年（平15：7月上旬）の風の吹走方向

注：図注の記号A～Jは、表VI-5の地名上の記号と同じ。

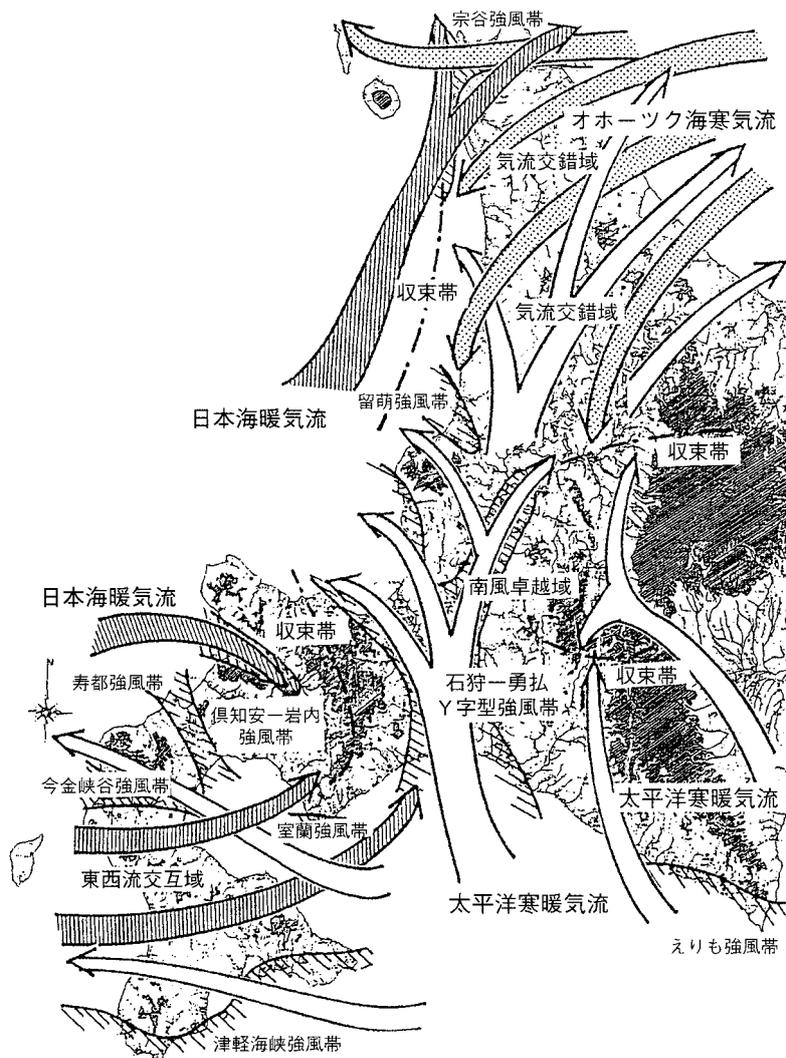
表VI-5 冷風（やませ）の風上と風下の気象変化と「きらら397」の稔実歩合

1993年

		A 鶴 川	B 厚 真	C 長 沼	D 岩 見 沢	E 美 唄	F 滝 川	G 深 川	H 幌 加 内	I 沼 田	J 留 萌
稔実歩合 (%)		16	15	14	31	58	68	72	31	55	55
7月上旬	日照時間hr	100.7	108.3	106.5	116.3	103.9	102.6	111.4	96.4	72.3	127.9
	平均気温℃	16	16	17.3	18.1	18.3	18	18.2	18.1	18.2	17.9
	平均風速m/s	1.7	2.3	2.7	3.3	2.4	2.6	2.9	1.6	1.3	4.3
	風向	西北西	南	南	南南東	南西	南南西	南西	西北西	南	東南東
7月中旬	日照時間hr	13.4	16.2	32.3	36.4	40.2	48.7	54.8	50.5	49	74.5
	平均気温℃	16.4	16.7	17.7	18.3	18.8	18.4	18.1	16.9	18.1	18.1
	平均風速m/s	1.4	1.6	1.8	2.8	1.8	2.1	2.5	2.4	0.7	3.5
	風向	北西	南南西	南	北	北北東	南	北	北北東	北西	北東
7月下旬	日照時間hr	3.9	5.6	10.4	32	30.9	40.8	47	44.8	44.7	55.7
	平均気温℃	16.2	16.5	17	17.6	17.9	17.9	18.1	18.2	18.2	18
	平均風速m/s	2.1	2.1	2.3	3.0	1.6	2.6	2.8	1.5	1.1	4.1
	風向	東南東	南南東	南	南南東	南	南	南西	西北西	南	東南東
8月上旬	日照時間hr	59.5	61	64	76.9	81.2	91.7	102.1	95.8	89.7	113
	平均気温℃	16.2	16.1	17	17.5	17.8	17.7	17.3	16.8	17.5	17.7
	平均風速m/s	1.7	2.3	2.3	3.7	1.8	2.7	2.7	1.6	1.2	4.1
	風向	南東	南南東	南	南南東	南南西	南	南西	南南西	南	東南東

2003年

		A 鷓 川	B 厚 真	C 長 沼	D 岩 見 沢	E 美 唄	F 滝 川	G 深 川	H 幌 加 内	I 沼 田	J 留 萌
	稔実歩合 (%)	71	71	75	77	80	84	72	80	76	67
7月上旬	日照時間hr	36.6	39.8	53.9	67.1	56.1	55.5	56.3	55.3	57.1	68.2
	平均気温℃	13.6	14.2	15.5	16	16.6	16.3	17	17.2	17.1	16.7
	平均風速m/s	3.1	2.9	2.7	3.9	2.8	3.5	3	1.4	1	4.1
	風向	南東	南東	南	南東	南西	南南西	南東	南南西	南東	東南東
	日照時間hr	26.4	24.2	34.6	49.5	42.1	41.3	39.9	37.2	39.4	50.9
7月中旬	平均気温℃	15.7	16	16.5	16.7	17.4	16.6	17	16.5	17	16.6
	平均風速m/s	3	2.5	2.9	3.6	2.9	3.5	3	2.1	1	3.3
	風向	北北西	南	北	北北東	南南西	北	北北東	北北東	南南西	東南東
	日照時間hr	40	29.6	43.4	56.4	58.5	60.7	64.4	57.3	63.2	83.1
7月下旬	平均気温℃	46	16.1	17.1	17.4	18.1	17.6	17.7	16.6	17.6	17.2
	平均風速m/s	2.7	2.1	2.1	3.1	2.6	3.0	2.8	1.5	0.8	3.3
	風向	北北西	南	北北西	南	南南西	南南西	南西	南南西	北北西	東南東
	日照時間hr	23.2	17.8	20.9	33.9	33	26.3	28.2	30.7	24.6	22.9
8月上旬	平均気温℃	19.8	20.1	20.4	20.7	21.1	20.5	20.7	20.2	20.4	2.0
	平均風速m/s	2.6	2.1	2.2	3.1	2.5	2.8	2.2	1.4	0.8	3.2
	風向	北西	南南東	北北西	南南東	南	南南西	北東	南南西	南南西	東南東



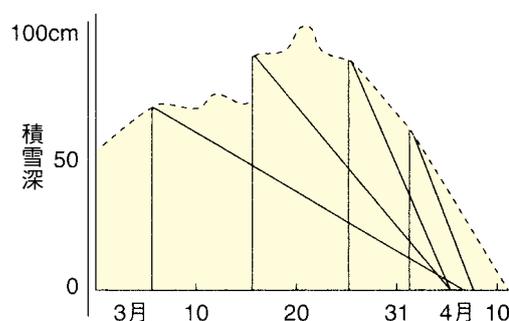
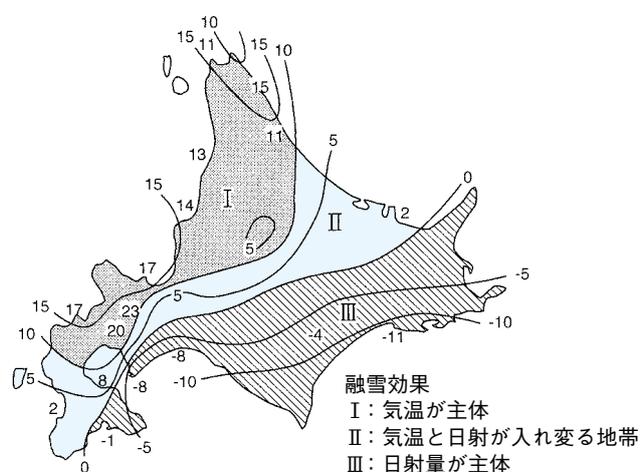
図VI-9 北海道農耕期における気流系の特性 (夏伐ら)

2 気象条件の緩和対策

(1) 融雪促進

泊は、融雪期と融雪状況の違いから、I区を気温（暖気）が主体となる地帯、II区を融雪効果の主体が気温または日射が年次により入れ替わる地帯、III区を日射量が主体の地帯と、道内を3分類している（図VI-10）。

通常、融雪促進には雪面に日光を吸収させる資材（融雪促進材）を散布する。融雪材の散布は時期を誤ると効果が低下する。つまり、散布後に降雪があって融雪材が覆われると、その効果は失われる。しかし、新しい積雪深が10cm程度なら、日光の一部は透過し融雪材まで到達するので、効果は低下するが全く失われるものではない（図VI-11、表VI-6）。



図VI-10 根雪終日と平均気温0°C初日との差の分布と地帯区分（泊） 図VI-11 融雪材の散布時期と消雪日の関係（北農試 札幌 1970）

一般的に融雪材散布の散布目安は平均気温が -3°C 以上になった頃とされている。その時期は道北地方で3月下旬、道央地方では3月中旬である（表VI-6）。日高や胆振、道南では積雪量自体が少なく、3月末には融雪期を迎えるため、通常は水田で人為的に融雪期を早める必要性は小さい。

散布に用いる資材は、水田の場合ケイ酸質資材が多い。土壌改良のためケイ酸施用が行われており、ケイ酸施用と融雪促進を兼ねて散布するのが効果的である。10a当たりの散布量は、融雪促進が目的の場合は60~90kgであるが、土壌改良を考慮すると120kgが必要である。散布後の降雪などを考慮し、土壌改良に要する量を2回に分けて散布しても良い。

また、薄く均一な散布より、散布ムラが生じやや濃淡があった方が、雪が融け始めた際に雪の表面積が大きくなり、空気に触れることによる融雪促進効果の増大が期待できる。

上川農試によると、融雪剤の散布は無散布に比べて融雪期が約2週間早まる効果が実証されている（表VI-7）。

なお、ケイ酸質資材はアルカリ性であるため、育苗ハウスの置き床では、床土のpHが上昇して育苗障害を生ずる恐れがあるので、酸性で水稻床土専用の融雪資材を使用する。

表VI-6 平年における日平均気温到達日（月／日）

地 点	-3℃	-2℃	0℃	地 点	-3℃	-2℃	0℃	地 点	-3℃	-2℃	0℃
石狩沼田	3/16	3/22	3/31	むかわ	3/7	3/13	3/23	士別	3/19	3/24	3/31
深川	3/15	3/20	3/29	厚真	3/11	3/16	3/26	朝日	3/20	3/25	4/1
芦別	3/10	3/15	3/26	日高	3/16	3/21	3/30	和寒	3/18	3/23	3/30
滝川	3/14	3/19	3/29	静内	2/20	2/27	3/15	上川	3/21	3/26	4/2
美唄	3/11	3/16	3/26	日高門別	3/2	3/9	3/21	比布	3/19	3/24	3/31
月形	3/10	3/16	3/27	浦河	2/11	2/24	3/16	旭川	3/13	3/18	3/27
岩見沢	3/7	3/13	3/24	八雲	3/18	3/26	3/16	東川	3/19	3/24	3/31
夕張市	3/14	3/20	3/29	北斗	2/19	2/26	3/15	美瑛	3/21	3/26	4/1
長沼	3/10	3/14	3/25	函館	2/9	2/21	3/11	富良野	3/17	3/22	3/29
浜益	2/24	3/5	3/18	木古内	2/2	2/19	3/10	上富良野	3/18	3/23	3/30
石狩	3/2	3/10	3/22	熊石	-	2/11	3/4	遠別	3/14	3/19	3/28
新篠津	3/11	3/16	3/27	今金	2/19	2/27	3/16	初山別	3/6	3/12	3/24
恵庭島松	3/9	3/15	3/26	江差	-	-	2/26	羽幌	3/5	3/12	3/23
蘭越	2/26	3/8	3/21	鶉	2/21	2/27	3/16	留萌	3/1	3/9	3/21
余市	2/22	2/29	3/17	せたな	-	2/11	3/8	増毛	2/22	2/29	3/17
倶知安	3/10	3/16	3/27	美深	3/21	3/25	4/1	美幌	3/18	3/23	3/31
共和	2/20	2/27	3/17	名寄	3/21	3/26	4/2	北見	3/16	3/20	3/28
黒松内	2/26	3/9	3/20	幌加内	3/21	3/26	4/2				

表VI-7 融雪剤の散布効果（上川農試 2003）

	消雪日	融雪促進日数	消雪所要日数	日平均減雪深
無散布区	4月11日	-	30日	2.3cm/日
散布区	3月27日	15日	15日	4.7cm/日

融雪剤：防散炭カル、100kg/10a、3月12日散布

(2) 防風対策

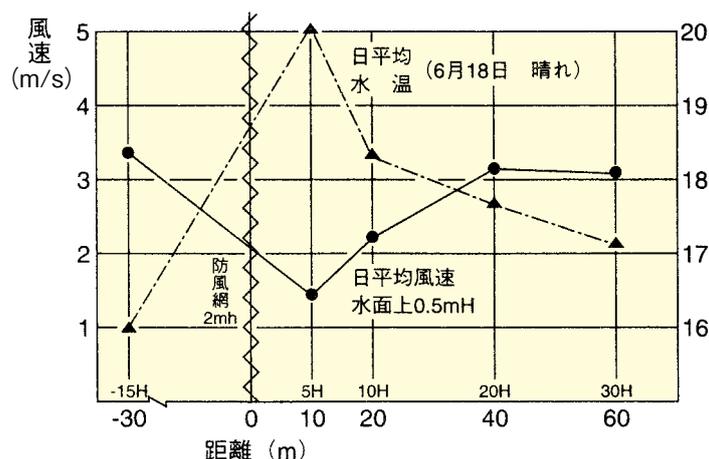
気温が低く日照時間が短いと水温が上昇しないため、水稻の初期生育が停滞し、分けつ発生が遅れて穂数が不足し、収量、品質に影響が生じる。

水温を上昇させ水稻の生育適温（25～30℃）を確保することは、正常な生育確保に不可欠である。しかし、北海道では水稻栽培期間全般にわたって適温以上に経過することは稀で、しばしば一時的または連続した低温に見舞われる。さらに、恒常的に吹く偏東風など冷気をともなった強風は、灌漑水の蒸発を促して熱を奪い水温を低下させる。灌漑水温の低下を抑制防止するために、防風対策が必要である。

南空知など強い風が吹走する地帯では、防風網の設置や防風林の造成が行われている。これらの防風施設の効果は、一般的に防風林の風下側では樹高の約20倍、風上側では5倍の範囲に及ぶといわれている。

水稻栽培における防風効果は、主に水温上昇に現れる。その効果は、防風網からの距離に反比例し、泊の調査によれば、風上の水温と比較して風下10mでは日平均で4℃、60mでも1℃上昇した。このように水温上昇効果の及ぶ範囲は意外に広い（図VI-12）。理由は防風網付近で温度上昇した灌漑水が、風によって風下側に移動していくためである。風が強いほどこの熱の交換が広範囲にわたるため、効果は広い面積に及ぶ。

温度が上昇した灌漑水は、水田土壌中に縦浸透して地温を高め、根圏の温度環境を改善し、根の活性を高めて養水分の吸収を促す。



図VI-12 防風網の減風効果と水温上昇効果 (泊)

また、表VI-8は中央農試における防風処理の効果である。「きらら397」、「ほしのゆめ」では、初期生育が改善され、乾物生産量が増加した結果、玄米生産効率が高まり精米タンパク質含有率が低下した。図VI-13、図VI-14は1993年(平5)の現地における防風効果の事例である。不稔発生を軽減し収量を確保する上で、防風林が有効であったことがわかる。

以上のように、防風対策は圃場全体において、水稻の生育改善に大きな効果が期待できる。とくに、偏東風卓越地域の内陸部で、日照が比較的多い石狩や南空知などで有効な生育改善技術である。

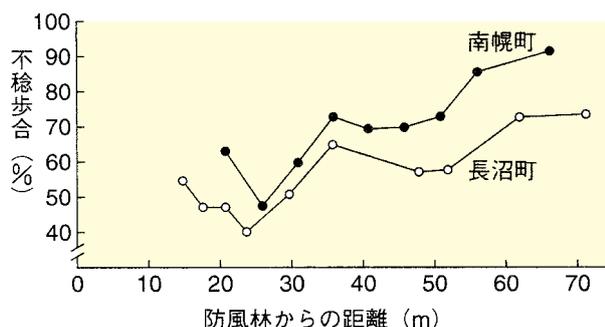
また、出穂直後の強風によって穂(籾)に傷が付きやすく、この小さな傷から病原菌が侵入して褐変穂となる。褐変した籾では、米粒表面にまで褐変が及んで品質が著しく低下する。この褐変穂も防風によって被害を軽減できる。

風速の低減を図る対策は、主に防風林の造成や防風網の設置で進められている。しかし、設置する際の場所の確保や費用の問題、また設置後の農作業への影響や、日陰部分の作物生育の問題に加えて、年次によっては防風効果が出にくいなどの理由から、十分に普及が進んでいるとはいえない。

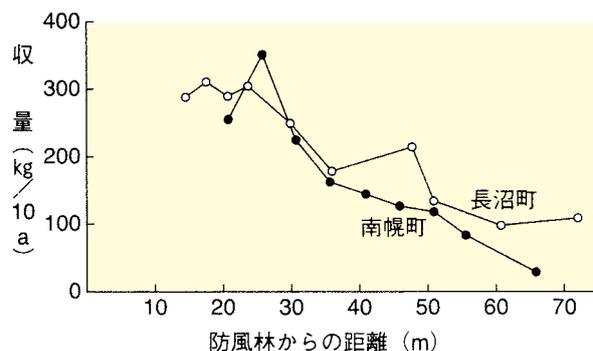
表VI-8 防風処理の効果 (中央農試 2001)

	きらら397		ほしのゆめ	
	処理	無処理	処理	無処理
初期生育 ¹⁾ (本/m ²)	643	532	622	585
窒素吸収量 ²⁾ (kg/10a)	3.9	3.1	3.7	3
収量 (kg/10a)	536	521	557	513
窒素玄米生産効率	46	39	45	38
精米タンパク質含有率 (%)	7.6	8.4	7.5	8.3

1) 幼穂形成期の莖数 2) 幼穂形成期まで
1997~2000年の4カ年の平均値



図VI-13 防風林からの距離と不稔歩合の関係



図VI-14 防風林からの距離と収量の関係

(空知南西部地区農業改良普及センター 1993)

1) 防風林の造成

半永久的な防風施設として、大小さまざまな耕地防風林が造成されている。国有林として整備された大規模なものから、農家が植林した小規模なものまで存在する。

樹種も多様で、道内では主にヤチダモ、シラカバ、ヤナギ類が用いられている。ヤチダモは生長がやや遅いが寿命が長く、反対にシラカバやヤナギ類は寿命が短い。エゾカワヤナギは約10年ほどで枝枯れが生じ、幹全体が枯死してしまう。また、シラカバは枝落とし程度は可能でも、幹下部の寸胴切りなどによる強剪定には耐えられず、切断部分から腐敗して木全体が枯死してしまうなどの欠点がある。

したがって、最初は生長の早いヤナギなどを用いて造成を進め、同時にヤチダモなどのタモ類を同じ場所に植栽しておき、ヤナギの更新時に樹種の変更を図るなどの工夫が必要である。

2) 植栽の実際

ヤナギ類ではエゾカワヤナギやウンリュウヤナギを用いることが多いが、ともに春期の挿し木で容易に発根し活着する。苗木を養成した後定植するか、穂木を直接造成地に挿し木してもよい。農道など土壌が乾燥しやすい場所では、前者の方が比較的活着は良好である。

栽植間隔は1～2mとし、生長が進み混み合うようになったら適宜間引きを行う。防風林は、栽植に耕地の一部を使うこと、生長に伴い防風効果は高まるが、同時に日陰部分が大きくなり、作物に対する影響が生じやすく、防除作業のじゃまになるなどマイナス面も生ずる。そのため、農地への栽植には抵抗感もあって、防風対策が停滞する要因の一つにもなっている。

したがって、防風林の造成は農家の個人所有耕地はなるべく避け、市町村道や土地改良区の利用排水路用地などで行うことが望ましく、関係機関の十分な協議を経て計画的に推進する必要がある。

3) 防風網の設置

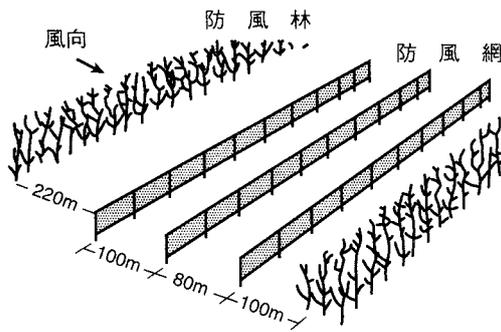
根本的な防風対策には防風林の造成が必要であるが、用地確保が困難な場合や早急に対策を講じたい場合は、防風網の設置を行う。網の高さは2mとし支柱は5m間隔で立てるのが一般的で、地形や風の強弱によって支柱間隔を変える。

基本的には生育期間全般にわたる防風が必要で、展張期間は移植～成熟期近くまでとなる。

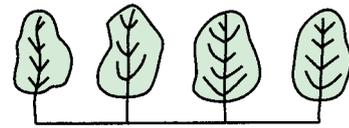
高い効果の期待できる時期は、水温が気温と比較して高い7月中旬頃までであるが、先にも述べたように強風から出穂直後の軟弱な穂を保護するために、8月末までは展張しておくことが望ましい。設置のモデルと栽植例を図VI-15、図VI-16、図VI-17に示した。



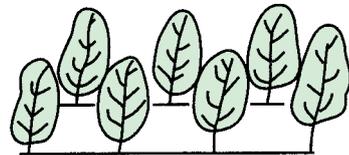
図VI-15 ヤナギの防風林と防風網を組み合わせた設置状況（空知管内）



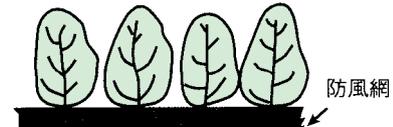
図VI-16 防風林と防風網



単列植え



複数列仕立て



単列植えと防風網の併用

図VI-17 植え方と配置

(3) 防霜対策

寒候期に、風が弱く穏やかに晴れて放射冷却が発生し、気温がおおよそ5℃以下まで低下すると、地面付近の温度は気温よりも数℃低い0℃以下となり、霜が降りることがある。

稲の生育が遅れ、成熟期前に降霜にあうことで、水稻の登熟は成熟期前に不可逆的に停止し、収量や品質が低下する。そのため、初霜前に成熟期を迎える生育促進対策が必要である。

降霜はその程度によって、植物組織内の水分が氷結する場合と、植物体表面の氷結だけで済む場合があり、当然のことながら組織内の氷結で被害が大きくなる。また、霜は解ける際に表面から大量の熱を奪い、作物体を冷却するため一層被害が大きくなる。

そのため、初霜前に成熟期を迎える生育促進対策が必要である。かつては降霜対策として、燻煙による被害軽減が行われていたが、効果が限定的であったり、人の健康や交通機関への影響が懸念された。実際には野焼きと変わらないことから、現在では法的な制限を受け実施できない。

表VI-9 札幌管区气象台による平年の初霜日（1971～2000年統計値）

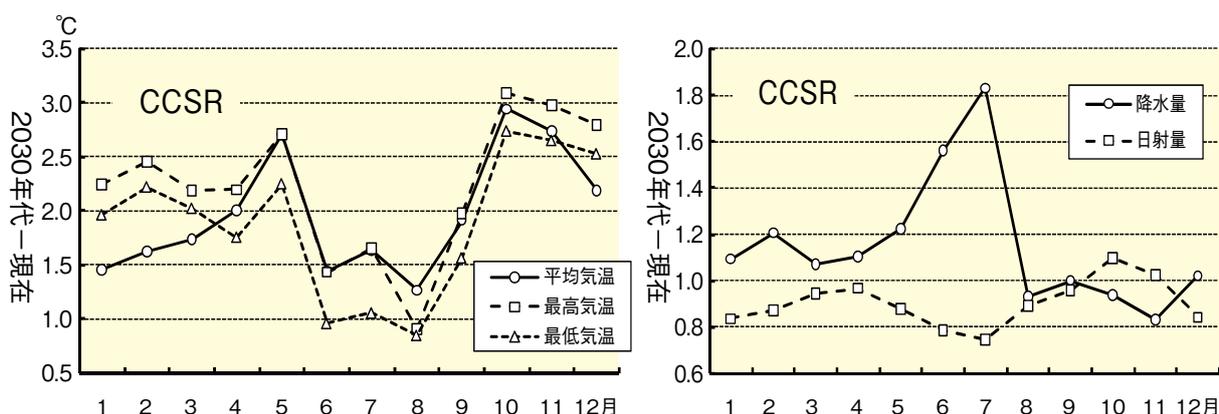
官署名	初霜日	官署名	初霜日
留 萌	11月3日	苫小牧	10月16日
旭 川	10月7日	浦 河	10月31日
札 幌	10月22日	江 差	11月9日
岩見沢	10月17日	函 館	10月17日
寿 都	11月9日	倶知安	10月5日

（北海道農政部食の安全推進局技術普及課 主査 田口章一）

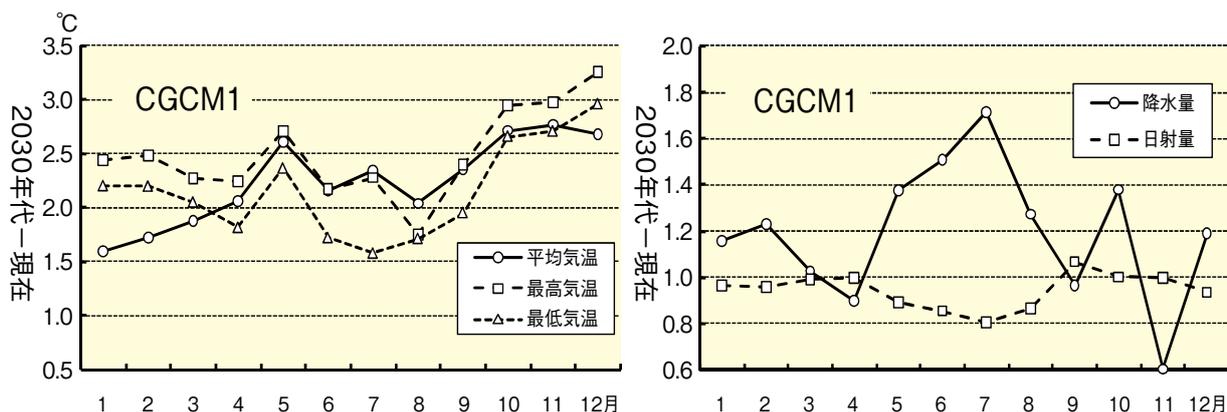
3. 温暖化評価

日本の年平均気温は過去100年で1.10℃上昇しており、人類の温室効果ガス排出による温暖化は進みつつある。そこで、過去24ヶ年の中央農試、上川農試、道南農試の成績から気象の推移とその影響について検討し、さらに2つの2030年代の予測気象、CCSRとCGCM1（以下、CGCMと記す）について、水稻の生育や収量、品質および栽培適地などに及ぼす影響を検討した（中央農試・十勝農試・畜試 2011年（平23））。なお、限界移植期、限界（早限、晩限）出穂期、安全出穂期間および用いた生育予測方法については、Ⅲ章1.3節を参照されたい。

これら予測気象の気温は、CCSRでは、5～9月は現在（1971～2000年平均）（昭46～平12）よりも1.3～2.7℃（平均1.8℃）上昇し、他の期間の1.5～2.9℃よりやや小さい（図VI-18）。CGCMで5～9月は2.0～2.6℃（平均2.2℃）の上昇でCCSRよりやや高く、他の期間の1.6～2.8℃との差は小さい（図VI-19）。CCSRの降水量は6、7月で現在の1.6～1.8倍と多く、CGCMも同様である。そのため、これら予測気象の日射量は5～8月で現在のほぼ0.8～0.9倍と減少する。なお、5～9月の日平均積算気温からみると、北海道のこれら予測気象は現在の青森県に近似する（表VI-10）。また、夏の猛暑が顕著であった2010年（平22）は6～9月の積算気温で現在比113%と、予測気象の106～109%よりもさらに高い。



図VI-18 CCSR予測における2030年代の気温、降水量および日射量の推移
（北海道内935メッシュの平均）



図VI-19 CGCM1予測における2030年代の気温、降水量および日射量の推移
(北海道内935メッシュの平均)

表VI-10 北海道および東北北部地域における現在と2030年代の5～9月の積算気温

県道名	市町名	気象種別	5～9月 日平均積算気温
北海道	旭川市	現在	2512
		CCSR予測	2695
		CGCM1予測	2784
北海道	岩見沢市	現在	2542
		CCSR予測	2761
		CGCM1予測	2838
北海道	江差町	現在	2654
		CCSR予測	2869
		CGCM1予測	2891
青森	十和田市	現在	2722
青森	黒石市	現在	2850
岩手	雫石町	現在	2807
岩手	北上市	現在	2983
秋田	大館市	現在	2901

北海道はアメダスメッシュ、東北地域はアメダスポイントデータによる。

(1) 2030年代の水稲生育予測

1) 1985～2008年（昭60～平20）の24カ年の成績では、収量に対して7月の気温の影響が最も大きく、不稔歩合と千粒重に影響した。しかし、それらの程度は大きくなく、収量を月別気象値から推定・予測することは困難であった。また、気温と生育・収量の経年変化みると、この24年間だけでは、夏の気温に昇温傾向は認められず、また北海道の水稲生育の変化に一定の傾向はなかった。

2) 2030年代には限界移植日（移植早限）が、水稲栽培18地帯の平均で現在より13～14日間早まる。また、安全出穂期間が現在の13日から32～38日に拡大し、とくに晩限出穂期が遅くなり遅延型冷害の発生が少なくなる（表VI-11）。従来作期が短いため作柄が安定しなかった地域ではより安定化する。また、登熟気温が高くなるためアミロース含有率が低下し良食味化する。

精米蛋白質含有率もやや低下する（表VI-12、図VI-20）。

表VI-11 現在および2030年代における限界移植日、限界出穂日および安全出穂期間

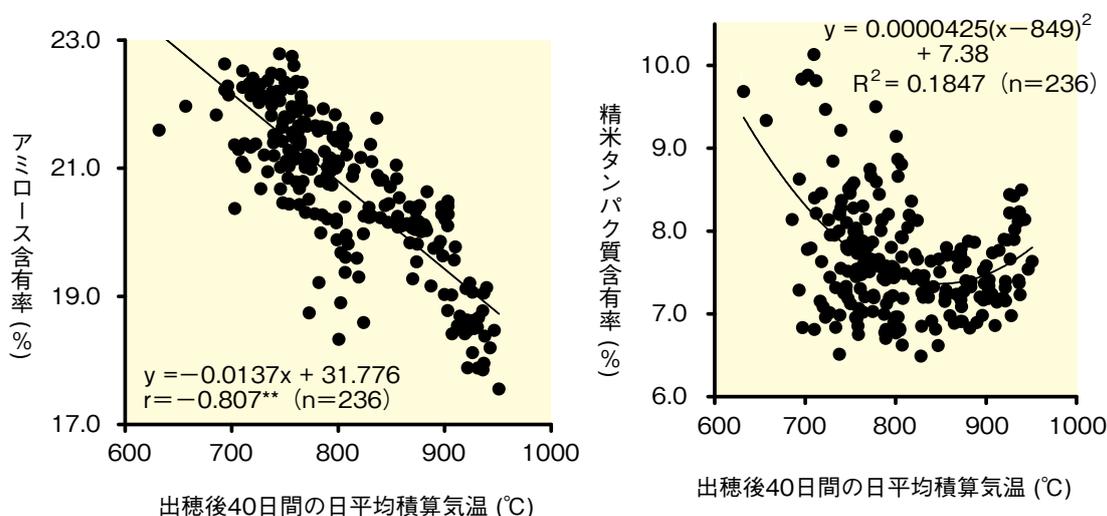
現代または予測	限界移植日	早限出穂期	晚限出穂期	安全出穂期間
現在	5/21	7/28	8/10	13
CCSR予測	5/7	7/18	8/19	32
CGCM1予測	5/8	7/14	8/21	38

「きらら397」、中苗と成苗の平均。水稲地帯別栽培指標における18地帯の平均。現在の気象データは代表的な稲作地のアメダスメッシュポイント。

表VI-12 現在および2030年代における出穂期と登熟気温および登熟気温から推定されるアミロース含有率と精米タンパク含有率

現代または予測	出穂期	登熟気温℃	アミロース含有率%	タンパク質含有率%
現在	8/6	770	21.3	7.7
CCSR予測	7/30	843	20.2	7.4
CGCM1予測	7/28	876	19.8	7.4

出穂期は、平均気温を用いた1日当たり発育速度に基づく発育指数による推定。「きらら397」、中苗と成苗の平均（5月25日移植）。登熟気温は出穂後40日間の日平均積算気温。登熟気温による精米のアミロース含有率とタンパク質含有率の推定式は丹野（2010）による、図VI-20を参照。現在の気象は各市町村の代表的な稲作地のアメダスメッシュのデータ。18地帯の平均



図VI-20 出穂後40日間の日平均積算気温とアミロース含有率、精米タンパク含有率との関係（15カ年、22箇所「きらら397」のデータによる）

3) 障害不稔発生に関係する冷害危険期の平均気温は少し高くなるに過ぎないため、冷害発生の危険性は残る。これは水稲の生育、すなわち冷害危険期が早まることにより冷害危険期の気温が低下することによる。一方、不稔発生をもたらすような低温域の出現頻度は上川地域と空知地域では減じるが、胆振地域や渡島地域では明確ではなく、地域間で差異が見られる（表VI-13）。

表VI-13 現在（1978から2000年まで、23年間）および2030年代における不稔発生の危険性が高い冷害危険期の平均気温18.5℃以下の年次の比率（％）

気温の種類別	苗種	士別市	比布町	深川市	岩見沢市	厚真町	北斗市
現在	中苗	17	0	0	0	4	4
	成苗	13	9	9	9	13	17
CCSR予測	中苗	0	0	0	0	4	9
	成苗	4	4	0	4	13	13
CGCM1予測	中苗	0	0	0	0	4	6
	成苗	4	0	0	0	4	13

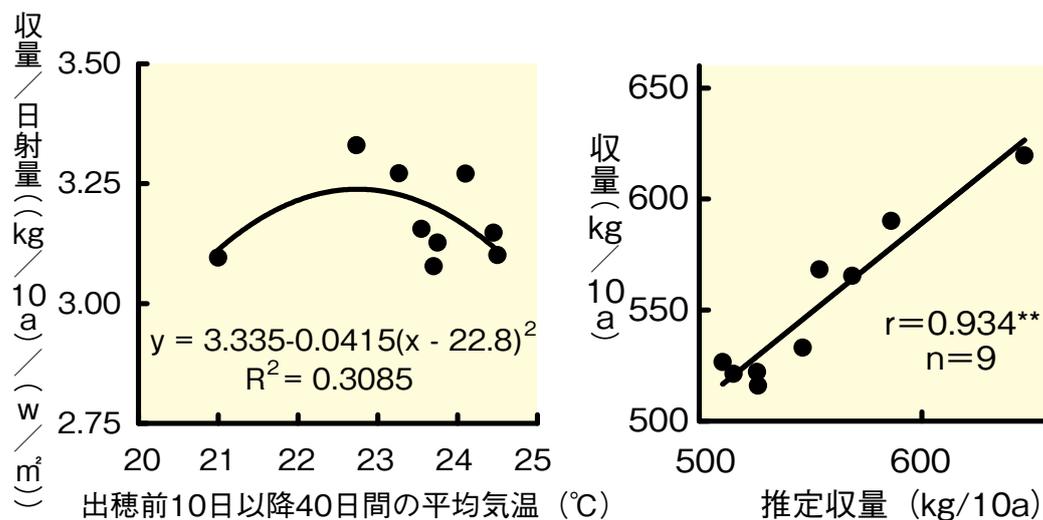
気温はアメダスポイント。1978～2000年の各年次の気温が現在から予測気温まで上昇すると仮定して算出。

4) 出穂前10日から40日間の気温と日射量から見た推定収量は、気温が上昇し最適気温に近づくと日射量が減少するため、現在対比で99～103%である（表VI-14、図VI-21、表VI-15）。一方、出穂後40日間の同気象から算出し潜在収量性を示す気候登熟量示数は、登熟気温が適温に近づくため107～110%と高くなる（表VI-15、図VI-22）。

表VI-14 過去15年間（1994～2008年）の都道府県別の平均収量および出穂前10日から40日間の平均気温、日射量および推定収量

都道府県名	出穂期 月日	収量 kg/ 10a	出穂前10日以降 40日間における			推定 収量 B
			平均気温	日射量	収量	
			℃	W/m ²	日射比	
北海道	8/2	522	21.0	169	3.096	526
青森	8/7	568	22.7	171	3.330	554
岩手	8/8	521	23.3	159	3.272	516
宮城	8/6	516	23.6	164	3.156	527
秋田	8/6	565	24.5	182	3.101	569
山形	8/7	590	24.5	188	3.148	586
福島	8/12	533	23.8	171	3.127	547
栃木	8/6	527	24.1	161	3.271	511
長野	8/9	620	23.7	201	3.077	646

供試道県は、出穂前10日以降40日間の平均気温が25℃以下。推定収量は図VI-21の二次回帰式による。出穂期と収量は農林水産省大臣官房統計部編（1995～2009）、気象データは各都道府県で1～3ヵ所のアメダスポイントによる。



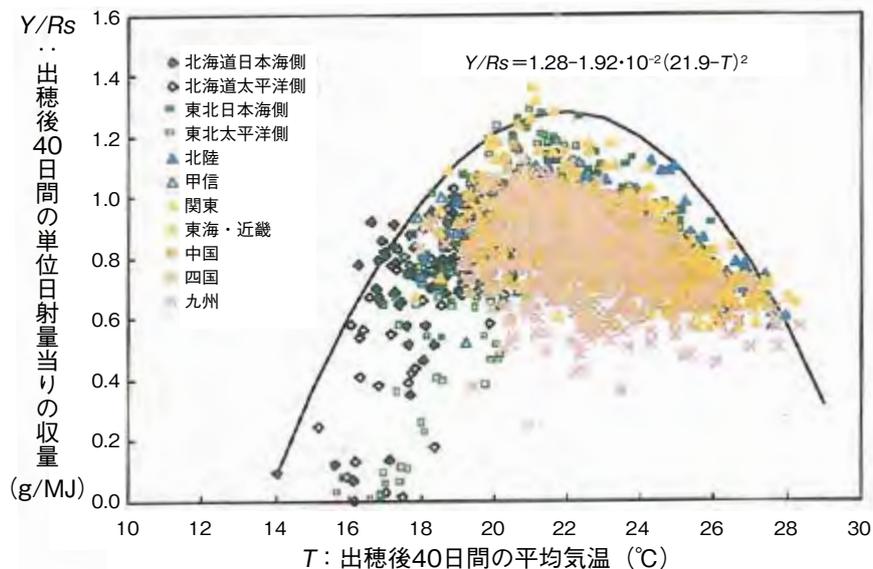
図VI-21 出穂前10日以降40日間の平均気温が25℃以下の道県における同平均気温と収量/日射量との関係およびそれによる推定収量と収量との関係

(データは表VI-14を参照)

表VI-15 現在および2030年代での出穂前10日以降40日間の日射量と平均気温による収量の推定および出穂後40日間の同気象による気候登熟量示数

現代 または 予測	出穂期	出穂前10日以降 40日間		同左 推定 収量 kg/10a	出穂後40日間		気候 登熟量 示数 kg/10a
		平均 気温 ℃	日射量 W/m ²		平均 気温 ℃	日射 量MJ /m ²	
現代	8 / 6	20.4	180	539	19.3	585	669
CCSR予測	7 / 30	21.6	166	527	21.1	566	710
CGCM1予測	7 / 28	22.2	169	545	21.9	575	731

18箇所の平均。収量の推定は以下の式 (1) による (図VI-21参照)。y : 収量、s : 出穂前10日以降40日間の日射量、t : 同期間の平均気温、 $y = s(3.335 - 0.0415(t - 22.8)^2)$ (1)。気候登熟量示数は林ら (2001) の以下の (2) 式による (図VI-22参照)。 $y/s = 1.28 - 0.0192(21.9 - t)^2$ (2)、y : 気候登熟量示数、s : 出穂後40日間の積算日射量 (J)、t : 同期間の平均気温 (°C)。出穂期は中苗と成苗の平均。



図VI-22 気象登熟量示数を求めるための出穂後40日間の平均気温と単位日射量当たりの収量との関係（林 2001）

図中の二次回帰式（曲線）が気象登熟量示数を示す。

5) 直播栽培では、生育が早まり出穂期が早くなり晩限出穂期も遅くなることにより、早生品種に加え中生品種の直播も全道で安定的に行える（表VI-16）。

表VI-16 現在および2030年代における直播栽培の出穂期

現代 または 予測	早生品種		中生品種		晩限 出穂期
	出穂期	晩限出穂との 差異	出穂期	晩限出穂との 差異	
現代	8/12	-2	8/17	-7	8/10
CCSR予測	8/3	16	8/7	12	8/19
CGCM1予測	7/31	22	8/4	18	8/22

18箇所の平均。早生品種「ゆきまる」、中生品種「きらら397」。播種日は現行直播マップ（中央農試・上川農試 2004）で使用している5月10日。気象はアメダスポイントデータによる。日照時数と風速の影響を入れた簡易有効積算気温による推定で、気温の影響のみ評価。

6) その他の障害については、以下のように考察された。

ア 登熟期の高温による白未熟粒発生は、これまでの報告から出穂後20日間の平均気温が26～27℃をこえると高くなり、検査等級が低下する。本試験での予想気象の出穂後20日間の平均気温は、より気温が高いCGCM予測では江差町、北斗市、深川市、旭川市で22.5～23.5℃であり、26℃よりも低い。すなわち、2030年代の平均的気象条件において、白未熟粒の発生による検査等級の低下が生じる危険性は低いと考えられる。

イ 高温による不稔発生については、稲の感受性は穂ばらみ期よりも開花期で顕著に高く、明確な高温障害が生じるのは35℃前後である。2030年代でより気温が高いCGCM予測で、開花期に相当すると思われる出穂期以降7日間での最高気温の最高値は、江差町、北斗市、深川市、旭川市で26.1～27.6℃であり、35℃以上の気温が発生する危険性は極めて低いと考えられる。

ウ いもち病について、2030年代には現在に比べ春季の気温が上昇するため、いもち病の初発

が早まることが考えられる。また、いもち病の発生の適温は20～25℃とされ、日照不足による稲体の軟弱化、降雨によるいもち病菌の発芽・侵入に必要な水滴の供給が助長するが、夏季においても平均気温25℃以下の範囲での気温上昇とともに日射量の減少や降雨量の増加が見込まれる。以上のことから、いもち病の発生増加は避けられないと思われる。

(2) これら2030年代の予測に基づく技術的対応方向

1) 作付品種の耐冷性および熟期

2030年代では水稻の生育期間が長くなるため、遅延型冷害の危険性は小さくなる。一方、春季の気温上昇のため水稻の生育が促進され、同一熟期の品種では冷害危険期の平均気温は7月の気温上昇ほど上がらず、障害不稔発生の危険性は残る。さらに、将来的に夏季の気象変動が現状より増大するとの見方もあることから、今後も障害型耐冷性向上の重要性は変わらないと考えられる。

また、潜在収量は高まると予想されるが、実際に一定収量を得るためには出穂期までの栄養成長期に必要な籾数を確保しなければならない。そのため、2030年代までの期間も含めて、現行の品種については作付けの地帯区分を気候変化に合わせて見直すとともに、生育期間が大きく延長する地帯については、一定の収量を安定して得られる出穂期を見出し、その熟期を備えた品種を育成する必要がある。例えば、2030年代の北海道に類似した夏季気温である青森県は、現在の北海道に比べ移植期が5日早く（表Ⅵ-17）出穂期が5日遅く（表Ⅵ-14）、すなわち栄養生育期間が10日間長く、青森県の水稲生育は一つの日安となる。

一方、一般に出穂が遅い品種ほど登熟気温が低下しアミロース含有率は高くなるが、精米蛋白質含有率は逆に低下する。すなわち、現在の中生品種よりも熟期の遅い品種を作付けすることにより、さらに低蛋白化による食味向上を図れる可能性がある。

2) 育苗法、施肥対応

現在の北海道では、安定生産と良食味米生産のため初期生育を促進すること、すなわち基準の栽植密度を遵守、苗では稚苗、中苗より成苗と葉令が進んだ苗種、施肥法では側条施肥が奨励されている。しかし、これら技術は、農家に大きな労力とコストを負担させている。また、春季の気温上昇により、葉令が進んだ苗では育苗ハウスでの高温により早期異常出穂を生じる危険性が高まる。さらに、生育期間が長い条件では栄養成長期の途中まで肥料成分の大半を吸収してしまい、肥料切れを生じる可能性が高まることから、分施や緩効性肥料の利用場面が増えると推測される。以上、現在の青森県のように2030年代の北海道でも初期生育の重要性は変わらないが、気象が変わることに対する現在の技術体系の検証が必要である。

3) いもち耐病性の強化

いもち病の発生増加に対する防除法については、東北地域、その中でも前述したように5～9月の積算気温からみれば青森県で行われている対策を実施すれば対応可能と思われる。しかし、いもち病の発生には日射量や降雨量も影響することから、それらの違いによりいもち病発生がどう変わるか留意が必要である。一方、近年は農薬散布量を少なくすることが社会から求められていることから、それに対応した防除法も合わせて検討するとともに、いもち耐病性が強い品種を育成し普及させる必要がある。

4) その他

将来的に融雪の促進により5月の河川流量が減少することが予測されており、地域によっては、かんがい用水確保の面で制約が生じる可能性がある。

表VI-17 北海道と東北各県の移植日

県道名	移植日 月日
北海道	5/24
青森	5/19
岩手	5/15
宮城	5/8
秋田	5/18
山形	5/17
福島	5/14

2003～2007年の平均。農林水産省大臣官房統計部編（2010）による。

（道総研中央農業試験場生産研究部水田農業グループ 研究主幹 丹野 久）