Ⅲ　水　　稲

１．潮風害及び暴風による被害解析

１）水稲への被害の概要

台風18号が本道に接近した９月８日は，水稲が成熟期直前（2004年における全道平均の成熟期は９月11日）であった。水稲への影響は，倒伏，脱粒，潮風害による茎葉や穂の枝梗の枯死が主であった。倒伏と脱粒は全道の広い範囲で生じ，潮風害は海岸に近い地域の一部で発生した。倒伏と潮風害は水稲がほぼ成熟期であったことから収量への影響は小さかったが，脱粒は成熟した籾が落ちたため，収量に直接的な影響が生じたものと推察された。

２）潮風の吹走実態と塩の稲体付着量

台風18号は典型的な風台風であったことから，海岸付近の水田では海からの強い潮風によって，茎葉の折損や塩の付着による茎葉や枝梗の枯れ上がりが発生した。そこで潮風の影響を把握するために，稲穂に付着した塩の量を測定した。

（１）調査方法

①稲穂の採取

普及センターに依頼し，台風通過後に海岸からの距離を考慮して選定したほ場から，平均的な稲穂をランダムに30穂程度採取した。さらに，それらの穂から平均的な長さの10穂を選定し試料とした。ただし，一部のサンプルには台風の通過後数日が経過し，その間，最大で50～60㎜の降雨にあったものも含まれていた。

なお，他の目的で台風前に採取してあった稲穂も比較のためにあわせて供試した。

②抽出方法

普及センターにおいて，200ml容ポリビンに10穂と脱塩水100mlを入れ，３時間震とうした後に濾過し抽出液を得た。

③分析方法

中央農試で抽出液に含まれるナトリウムを原子吸光法により分析した。また，普及センターは同一抽出液を用いECの測定を実施した。

（２）分析結果

検討にあたり既に府県での多くの報告から，ECによって作物体に付着した塩の量を推定できることが示されているが，抽出液におけるナトリウムとECの関係を確認することにした。また，震とう時間を３時間と長めに設定したため，籾殻や枝梗，玄米から滲出した他成分によるECへの影響を確認するため，最も影響が大きいと考えられるカリについても，同一抽出液で分析を行った。

その結果は図Ⅲ－１のとおりで，ナトリウムとECの関係（Y＝12.89X，R^2＝0.687）が認められた。

カリはECの値とは無関係に大部分が３～10ppmの間に分布した。抽出液中に存在するカリは，ナトリウムの値と相関が見られないことから，海水からではなく主に穂から溶出したものと推察された。よって，３時間震とうでも稲穂に付着した塩の量をEC値から推定することがほぼ可能であった。

ナトリウム分析の結果から，稲体への塩（Nacl）としての付着量（降下量）を求めた。その分析結果から，地域や海岸からの距離に応じて付着量に違いが生じていたことが明らかとなった。

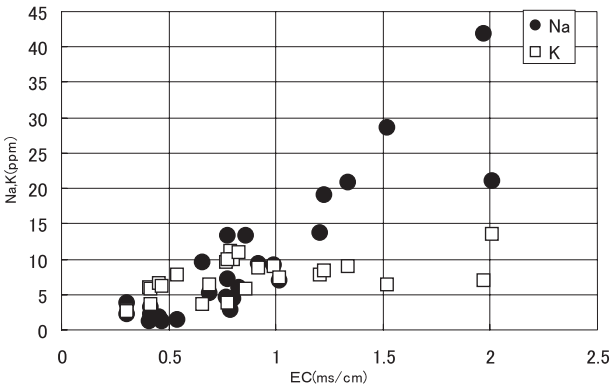
①台風の前後による付着量の違い

塩の付着が台風18号の影響によるものかを確認するために，台風18号の前と後の量の変化を測定した。図Ⅲ－２は留萌管内小平町における結果であるが，明らかに台風前後の付着量に大きな違いが見られた。

台風18号の前では海岸からの距離にかかわらず１穂あたり0.2～0.3mgの付着量であったが，台風通過後の値は海岸付近の水田では12mgを越え台風前の値の約40倍に達した。また海岸から10㎞離れた水田においても，1.9mgと台風前の約９倍の値を示した（図Ⅲ－２）。

同様の傾向は，石狩北部地区でも確認でき，明らかに台風18号の潮風による塩の付着が原因と考えられた。

②年次による塩付着量の違い



図Ⅲ－１　ＥＣ値とナトリウム，カリウム濃度の関係

次に，石狩北部地区において前年秋に採取し稔実調査後に保管されていた2003年の稲穂についても同じく測定した結果，５筆の平均値で0.9mgとなり，最大値は2.1mg，最小値は0.4mgであった。前年値は本年値と比較すると低くなっているものの，内陸部の2004年値と比較して高いものとなった。それらのことから本道の沿海部では地域によって，他年次においても潮風の影響下にあることが推察された（表Ⅲ－１）。

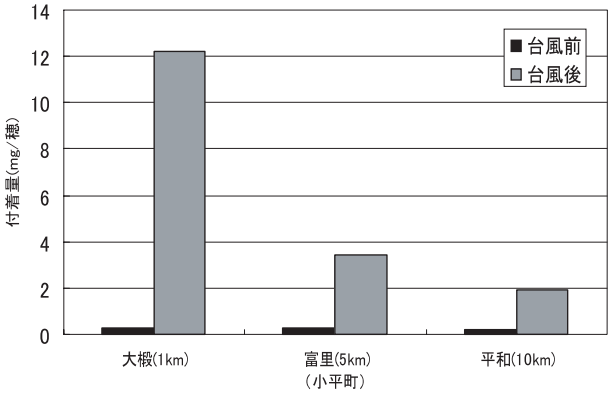
2003年の台風は日高管内に大雨をもたらした台風10号（８月９～10日），台風14号（９月13～14日）など2004年と比較して数は少ないものの本道に上陸している。

2004年でも台風18号以前に本道へ上陸または接近した台風は，出穂期以降でみると10号（８月10日襟裳岬上陸），15号（８月20日津軽海峡通過），16号（８月31日本道上陸）の３つがあり，平年より多数襲来した。そのために2004年においても，台風18号以前の台風による潮風で搬送された塩が稲穂に付着していた可能性も考えられた。

③台風18号による塩の地域別付着実態

道南など一部地域では，ナトリウムの分析を行っていないため，それらの地区では普及センターが測定したEC値で置き換えることとし地区別に検討すると，塩が最も多量に付着していたのは羽幌町を中心とした中留萌地区で，次いで東胆振地区であった。

稲穂に対する塩は，道内沿海部の多くの地域で付着した量が多く，程度の違いはあるものの陸地内部に潮風が吹走し，塩がもたらされたことがうかがえた。



図Ⅲ－２　台風の前後における稲穂に付着した塩量の変化

表Ⅲ－１　年次による塩の付着量の違い

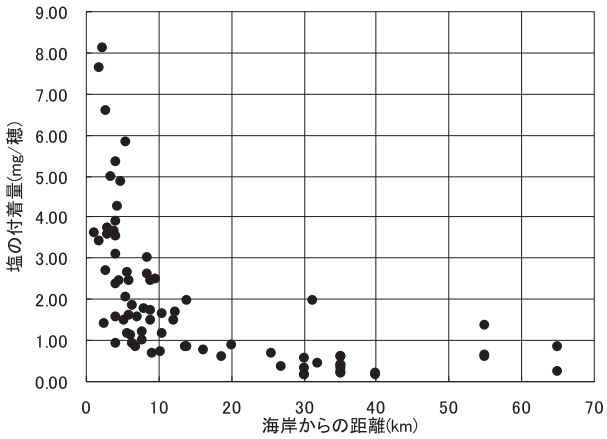
市町村・地区名	2004年	2005年
石狩市大曲	2.06	2.16
石狩市北生振	0.94	2.53
浜益村実田	0.44	3.87
浜益村御料地	0.37	2.39

注)単位：mg/穂

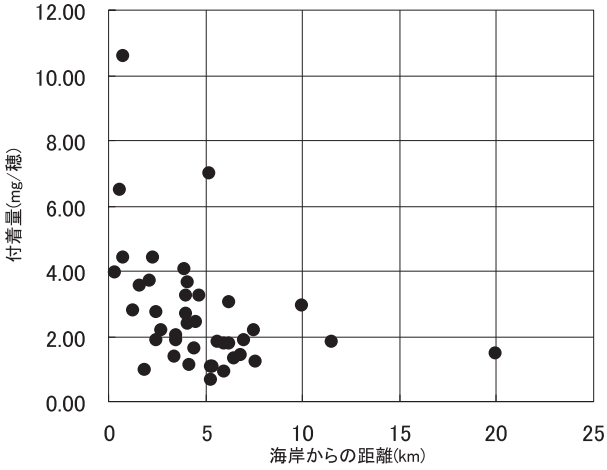
図Ⅲ－３は石狩平野中南部地域における太平洋岸からの距離と稲穂に付着した塩の量の関係を見たものである。鵡川町など海岸付近のほ場では，付着量が著しく多く，内陸15㎞までは海岸から離れるに従い急激に塩の付着量は減少した。また，15㎞から40㎞間では徐々に付着量は低下し，約0.5mg/穂となった。

図Ⅲ－４は石狩北部地区における日本海からの距離と塩の付着量の関係を見たものである。海岸付近から約７㎞までは海岸からの距離に比例して付着量は減少した。図Ⅲ－３，図Ⅲ－４の両図から,台風18号による潮風の影響を受けたのは海岸線からほぼ５㎞ないし10㎞までの範囲と見なされた。

塩の１穂当たりの付着量を１mgとするなら，本道の平年の穂数は約600本/㎡であるから，１ha当たりの塩の降下量は６kgに相当し,それは海水にして約176kg（塩分3.4%として）が降下したとみなされた。



図Ⅲ－３　海岸からの距離と塩の付着量の関係
(石狩平野中南部地域)



図Ⅲ－４　海岸からの距離と塩の付着量の関係
(９月10日　石狩北部)

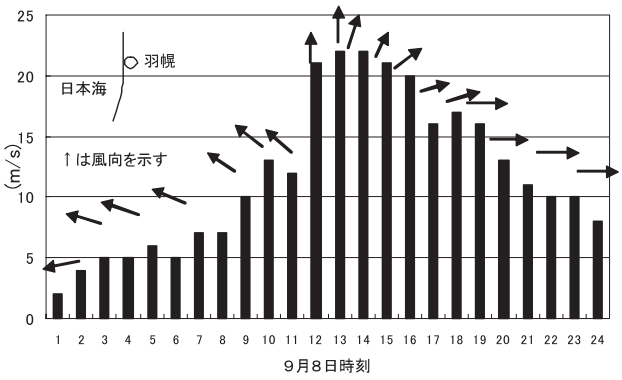
３）潮風の吹走実態

作物体への付着量の差は，風速の強弱と風向の違いに由来するものと考えられることから，台風18号の接近時における地区別の風向風速を図Ⅲ－５～図Ⅲ－７に示した。

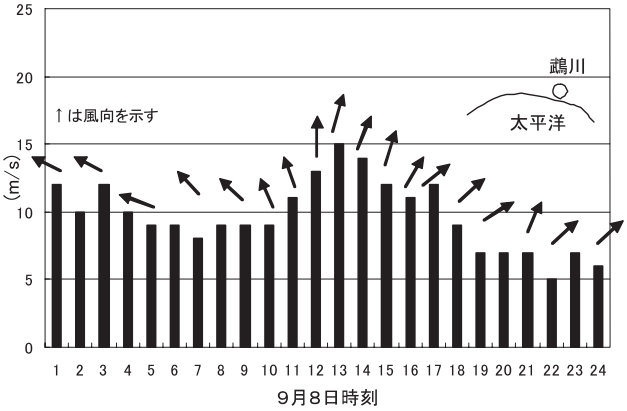
羽幌町など日本海側地区では，最も風速が強くなった時刻に海側からの風向に変わり，潮風が内陸部に侵入したことで，作物体への付着量が増加したと推察された。風速は20m/sを超えた時間が４時間，15m/s以上の風が吹走した時間は８時間となり，風向は全て海側からであった。

一方，鵡川など太平洋側の地区では，日本海側地区とは異なり風速は15m/sを超えることはなかったが，非常に長時間にわたり海側からの風が吹き込んだ。そのため，内陸深くまで潮風は侵入しなかったものの，海岸付近の農耕地では作物体への塩の付着量が多くなったものと考えられた。

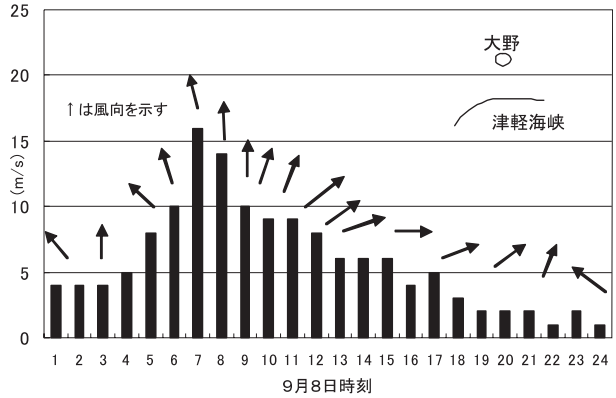
海側からの風向に着目すると，一般的に日本海側では強い風が８時間程度，太平洋側では風速は必ずしも強くはないが長時間にわたり吹走したものと見られた。



図Ⅲ－５　羽幌町における時刻別風向・風速の変化（アメダスデータより作図）



図Ⅲ－６　鵡川町における時刻別風向・風速の変化（アメダスデータより作図）



図Ⅲ－７　大野町における時刻別風向・風速の変化（アメダスデータより作図）

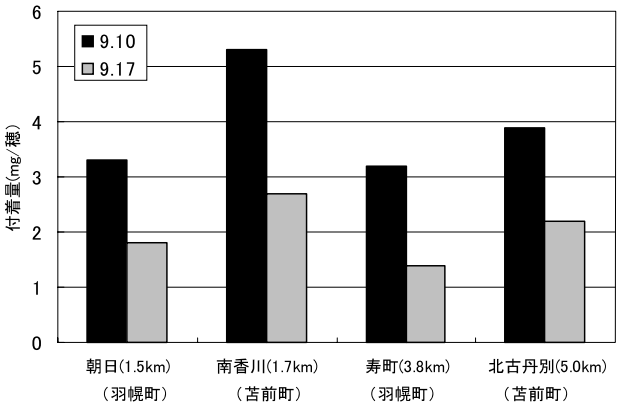
４）潮風による稲体への影響

（１）茎葉及び穂の枝梗枯死

石狩平野部の石狩湾から10㎞内陸部までは，付着量の多くは１mg～４mg/穂の間に分布した（図Ⅲ－４）。地形的に平坦なため均一に潮風が吹走していたことがうかがえるものの，地形によっては付着量が多くなった地点も認められた。沢状の地形や防風林の影響などがあったものと推察された。

稲体への影響は茎葉や穂の枯死であるが，塩の付着量と付着している時間の長短で発生に差が生じると考えられるため，台風後の降雨による洗い流し効果をみることとした。塩の付着について，降雨前後の稲穂に付着している塩の量を測定した。

その結果，台風の通過後３日間で50㎜前後の降雨があったが，付着した塩の半量程度は残っていた。少量の降雨はもとより40㎜/日程度の降雨でも，完全に塩はなくなることはなかった。それらのことから，いったん稲体に付着した塩の影響は長く続くことが推察された（図Ⅲ－８）。



図Ⅲ－８　海岸からの距離及び降雨による付着量の変化

稲穂に塩が付着した結果，先に述べたように枝梗の枯死が生じた。塩の付着量と枝梗の枯死との関係をみたものが図Ⅲ－９，図Ⅲ－10である。２つの図からも塩の付着量と稲体の枯死の両者には十分とはいえないが弱い関係が認められた。塩の付着により成熟期の老化以上に枯死が進んだ可能性がうかがえた。

（２）収量への影響

稲体の枯死程度と収量品質の関係は，被害を受けなかった水田の調査データがなく，十分な比較検討はできなかったが，海岸からの距離と米の製品歩留まりの関係をみたのが図Ⅲ－11である。出穂期の近接したデータ間で比較すると，海岸に近いほ場で未熟粒割合が高まった結果，製品収量の減少がうかがえた。

（３）米質への影響

後志管内共和町の水稲を収穫し得られた玄米の外観品質，食味関連成分，米飯外観を調査した。

①玄米，白米の外観品質

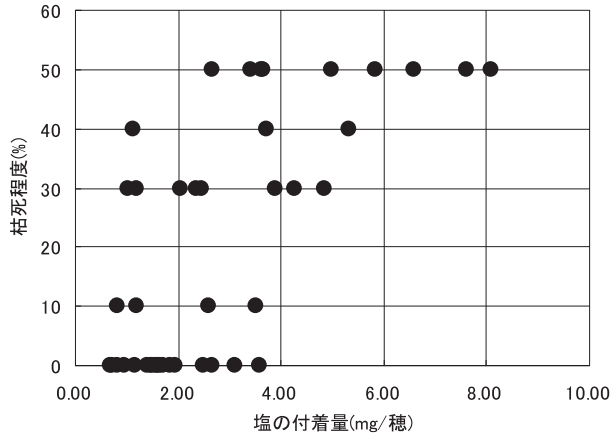
白度計（ケット製C300）による白度値を見ると，玄米白度では18～20，白米白度では40を超え，白度の点では十分な値となった（図Ⅲ－12)。

玄米では９月21日刈りより28日刈りで白度が高まった。白米では21日刈りで低かったものは28日刈りで高まったが，21日刈りの白度が40を越えたものでは28日刈りでやや低下した。28日刈りの白米はいずれのほ場でも白度が40～41であった。

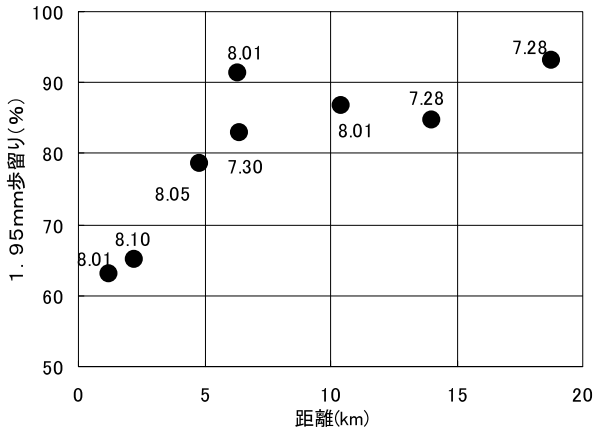
鵡川町のサンプルでは，収穫時期別の比較はできなかったが，玄米白度はやや低かったものの，白米白度は比較的高く共和町のサンプルと同様に大部分が40以上となった。

また，整粒歩合や被害粒などでみた外観品質では，必ずしも十分な品位に達しなかったが，潮風被害との関連性は判然としなかった。着色粒，胴割粒などとくに劣るものにはならなかった。

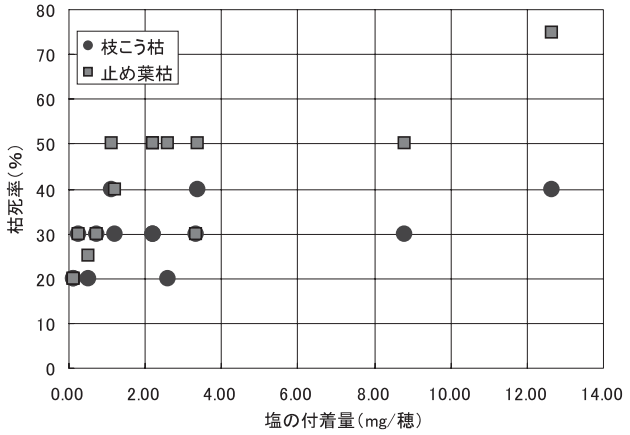
鵡川町では未熟粒，共和町では被害粒の割合が高かったが，品質低下に及ぼす影響に関しては未熟粒と被害粒の違いは小さいと思われた。



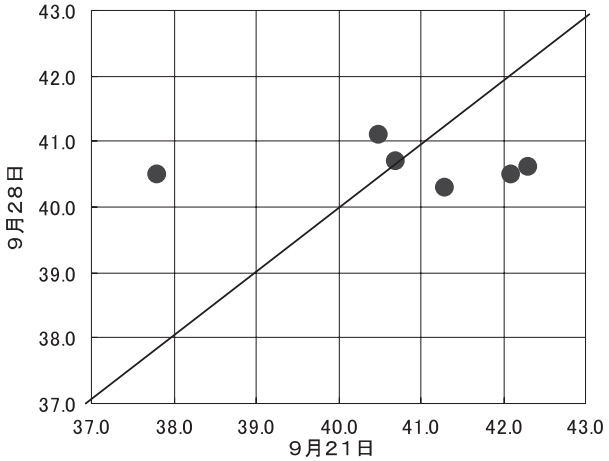
図Ⅲ－９　塩の付着量と枝梗枯死程度
（東胆振地区農業改良普及センター）



図Ⅲ－11　海岸からの距離と精玄米歩留まりの関係
（東胆振地区農業改良普及センター地区内/ほしのゆめ）



図Ⅲ－10　塩の付着量と枝梗枯死・止葉枯死率の関係
（日高西部地区農業改良普及センター）



図Ⅲ－12　潮風を受けた後の白米白度の変化

玄米品質の変化は，比較対照となるほ場が得られなかったことから，十分な調査を実施できなかった。共和町において刈取日を９月21日と28日の１週間空けて品質を比較したが，両日の間に大きな違いはなかった。潮風害を受け茎葉や穂の枝梗や籾の枯死が生じた後，１週間程度の期間では玄米品質へ大きな影響はなかった。しかし，その間の気象条件や倒伏などの違いにより，玄米品質へ影響を及ぼすこともありえることから，注意が必要である。

また，刈り取り時期別による収量の違いも潮風の影響と考えることはできなかった。枝梗の枯死により籾への同化産物の転流が制限されるため，多くの場合，収量の増加は停止する。しかし,調査したほ場の中には，茎葉・枝梗の枯死被害の程度が「少」のところがあり，そこでは整粒歩合の向上に伴い未熟粒が減少し，収量の増加が期待できた。

②炊飯米の外観品質

中央農試農産工学部農産品質科で開発した「炊飯米外観測定システム」により，共和町および鵡川町から得られた玄米試料について，搗精歩合をほぼ90%に揃えたものを用いた。測定方法の詳細は省略するが，精米15gに1.6倍量の水を加え，105℃40分間加熱炊飯し，画像撮影と解析を行った。撮影はCCDカメラで行い，測定パラメータは「平均輝度：米飯画像の平均輝度値」,「つや面積：輝度値185以上の画素数」,「つや強度：つや部分の平均輝度値」を設定した。

共和町では収穫を９月21日，及び７日後の28日に行った。その結果，収穫を遅くしたことで，つや面積の縮小が生じたものが６点中３点，うち２点で縮小が大きかったが，拡大したものも３点あった。平均輝度やつや強度の値にはほとんど変化は見られなかった（表Ⅲ－２）。したがって，潮風を受けた水稲でも適期内に収穫を行えば，炊飯米の外観品質への影響は小さいと推察された(表Ⅲ－３)。しかし，つや面積が約半分に減少した２点のサンプルについては，その要因が判然としなかった。厚真町においても，つや面積の小さなサンプルがあった。

両町の試料とも，平年における道産米のつや面積，つや強度との比較では大きく劣ることはなかったが，炊飯米の白さを表現する輝度ではやや低下する傾向があった。以上のことから，今回の潮風の稲穂に付着した塩により，稲体の茎葉及び穂の枯死が生じたが，玄米や白米に及ぼす影響は小さいと考えられ，潮風被害が生じたと認められたほ場においても平年並みの外観品質が得られた。収穫を１週間遅らせた場合でも，品質の変化は小さかった。

③食味への影響

今回，食味官能試験は行えなかったため，食味への影響は調査できなかったものの，食味関連成分の分析によると，述べるまでもなく９月21日刈り，28日刈りの差は

表Ⅲ－２　収穫時期の違いによる米飯の外観品質変化（共和町）

潮風被害程度	品種名	９/21刈取			９/28刈取		
		平均輝度	つや面積	つや強度	平均輝度	つや面積	つや強度
甚	きらら397	135	1,045	183	135	1,060	182
多	ほしのゆめ	136	1,443	183	137	1,213	182
多	ほしのゆめ	136	1,270	185	136	1,298	189
中	ほしのゆめ	137	1,378	183	134	839	183
少	ほしのゆめ	137	1,150	183	135	1,207	183
少	ななつぼし	134	1,058	183	130	459	181

注）炊飯米外観測定システムによる測定

表Ⅲ－３　米飯の外観品質に対する潮風の影響（鵡川町，厚真町）

町名	海岸からの距離（km）	品種名	枝梗枯死率（%）	塩付着量（mg/穂）	刈取日	米飯の外観		
						平均輝度	つや面積	つや強度
鵡川町	1.5	ほしのゆめ	95	3.6	9/17刈取	137	1,600	186
鵡川町	4.1	ななつぼし	0	0.9	9/13刈取	136	1,528	184
鵡川町	4.8	ほしのゆめ	20	4.9	9/17刈取	135	1,475	185
厚真町	6.3	ほしのゆめ	－	0.9	9/12刈取	136	1,336	184
鵡川町	6.4	ほしのゆめ	0	1.9	9/16刈取	136	1,275	184
鵡川町	10.4	ほしのゆめ	－	1.2	9/16刈取	135	1,219	185
厚真町	14.0	ほしのゆめ	(止葉　5)	台風前	9/8刈取	133	859	182
厚真町	18.8	ほしのゆめ	(止葉 25)	0.8	9/12刈取	135	903	183

注）炊飯米外観測定システムによる

判然としなかった。ちなみに，米粒蛋白含有率は低く６％台であった（表Ⅲ－４）。

また，味度値（東洋精米機製作所製「味度メーター」による）は69から91の間に分布し，ほぼ80前後の値を示し，味度値から判断すると食味は良好のものが多いと推察された。

５）脱粒の発生と被害状況

全道の稲作地域における強風の実態は表Ⅲ－５のとおりである。海岸部は強いのは当然であるが，空知や上川管内のような内陸部においても風は強く，中・北空知地区や上川中央部などで最大風速は大きかった。

脱粒に関するデータは十分にないが，普及センターが行った調査結果は表Ⅲ－６のとおりである。

水稲は成熟期直前であったものが多かったためすでに枝梗の老化が始まっており，強風のため脱粒が多く発生した。地域的には広範囲にみられたが，脱粒率の高い一部水田では10％に達したものの，多発した地域における水田でも２～３％であった。穂の先端部の成熟した籾が脱粒したため，被害は脱粒率と比例し２～３％程度減収したと推察された。しかし，発生の少ない地域では０～0.5％であり，風速と水田における登熟進度や枝梗の老化程度の差によって脱粒に違いが生じたと考えられた。観察では水田により脱粒程度に差が見られ，ほ場周辺の畦畔や農道，用排水路付近など風が稲体に強く当たる箇所で多くなった。したがって，畦から見た場合には,感覚的にほ場の平均値より脱粒数が多く感じられたものと推察された。

なお，倒伏は台風18号以前の台風10号から一部始まったが，被害の主体にはならなかった。

他の被害としては，海水が排水路を逆流して本田内に侵入し，塩害の様相を呈したところがあり，留萌管内や後志管内など海岸に近いほ場での一部で発生した。そのような所では稲体全体が黄化し，登熟は停止または停滞した。また，潮風の受けた側が枯死したようになったほ場も認められた。

表Ⅲ－４　潮風を受けた水稲の収穫時期別の食味関連成分

被害程度	品種名	蛋白(%)		アミロース(%)	
		9.21	9.28	9.21	9.28
甚	きらら397	6.2	6.2	21.3	21.1
多	ほしのゆめ	6.5	6.5	21.2	21.4
多	ほしのゆめ	6.7	6.6	21.3	21.5
中	ほしのゆめ	6.0	6.5	21.6	21.1
少	ほしのゆめ	6.7	6.9	21.1	21.8
少	ななつぼし	7.0	6.9	19.4	20.0

注）北海道米食味分析センターによる

表Ⅲ－５　各地区における台風１８号の強風実態

支庁	アメダス	最高風速	強風吹走時間数	
			10m以上	15m以上
石狩	浜　益	19	16	4
	厚　田	11	3	0
	石　狩	9	0	0
	新篠津	14	10	0
空知	芦　別	13	4	0
	滝　川	19	9	2
	深　川	19	15	6
	美　唄	21	8	4
	岩見沢	19	11	5
	長　沼	11	2	0
後志	余　市	16	7	1
	倶知安	17	11	6
	岩　内	11	7	0
	蘭　越	11	4	0
	黒松内	12	2	0
胆振	大　岸	7	0	0
	伊　達	8	0	0
	鵡　川	15	7	1
	厚　真	13	13	0
	穂　別	13	6	0
日高	門　別	15	11	1
	静　内	6	0	0
	三　石	7	0	0
	新　和	8	0	0
	浦　河	20	20	7
上川	美　深	13	2	0
	名　寄	15	8	1
	士　別	15	5	1
	和　寒	13	5	0
	比　布	18	8	4
	旭　川	11	5	0
	東　川	12	5	0
	美　瑛	12	2	0
	上富良野	12	5	0
	富良野	11	2	0
留萌	遠　別	21	13	5
	初山別	16	8	2
	羽　幌	22	15	8
	留　萌	25	17	9
	増　毛	25	17	9
渡島	八　雲	10	3	0
	森	17	4	1
	大　野	16	4	1
	函　館	19	8	3
	木古内	18	3	2
	松　前	19	11	4
檜山	瀬　棚	12	9	0
	今　金	10	2	0
	熊　石	13	8	0
	鶉	10	1	0
	江　差	22	11	6
	北　見	7	0	0

注）単位：m/s．時間

表Ⅲ－６　台風18号による脱粒実態

普及センター	脱粒率	最小値	最大値
石狩北部	2.8	2.2	3.3
雨竜西部	1.2	0.0	3.3
空知中央	3.3	0.2	10.3
空知南東部	0.8	0.2	2.2
空知南西部	0.2	0.0	0.7
北　後　志	0.3	0.0	0.8
西　胆　振	0.5	0.1	0.9
日高中部	0.0	0.0	0.3
日高西部	0.2	0.0	0.7

注）単位：％（各地区農業改良普及センター調べ）

２．栽培への影響と対策技術

１）技術対策

水稲がほぼ成熟期に達していた場合，潮風による著しい被害は生じなかった。収量低下や品質の劣化など，大きな問題はなかった。

茎葉や穂に付着した塩の洗浄対策は，台風18号通過後の降雨によっても，一部は流下するが多量の塩が残存している可能性があったことから,期待する効果は得にくいと推察された。

これまでの報告から，塩の付着による稲穂の枯死は早く，付着量にもよるがほぼ１日で生じるといわれる。そのため，清水による洗い流しによっても完全に塩を除くことは難しいことから，水稲に関する技術対策は十分に確立できていない。したがって，穂の枝梗の枯死程度から塩の影響等を推察し，着色粒や胴割粒の増加など玄米品質の変化を観察して適期収穫に努める必要がある。また，消極的な方法としては早生品種の作付け，成苗栽培など成熟期を早め対策を講じることで，台風の多くなる９月以降の潮風害を軽減できると考えられる。

多発した脱粒の発生軽減対策は，防風対策が有効と考えられるため，計画的な防風施設の整備が必要である。次に脱粒した籾から生じる「野良生え」による生産物への異品種混入防止対策が必要である。その技術対応としては，翌年も同一品種の作付けを原則とし，やむなく異なった品種を作付けせざるを得なかったほ場では，「野良生え」由来個体の抜き取りなどを行う必要がある。

強風により発生した倒伏への対策は，脱粒対策と同様に防風施設の造成整備を行い，穂発芽や着色粒の発生を抑制するため，表面滞水の早期排除や早期収穫をすすめる。

最後に，農家の声を２，３紹介すると，「枯れ上がりの生じた穂では，籾水分の低下が早く乾燥に要する時間が短くて済んだ」,「籾の滑りが悪い」，その他の問題として「隣接ほ場から豆類が水田内に飛ばされ，収穫時に籾の中に混入し取り除けなかった」などがあげられた。

２）技術対応としての残された課題

今回の被害発生は収穫直前であったたことから，潮風そのものによる被害は少なかったため,被害軽減は防風対策の構築に尽きる。そのため，対策については過去の成績等を参考に防風網の設置や耕地防風林を造成する必要がある。

（岩田　俊昭）