

2004年における台風第16号, 第18号による水稲の被害解析

佐藤大和*・石塚明子・福島裕助・井上拓治

2004年は、水稲の出穂直前から登熟期間中にかけて、台風第16, 18, 21および23号の4個の台風が襲来した。そのうち、台風第16号, 第18号について、台風前に防風枠を設置した回避区を設け、水稲の台風被害を解析した。台風第16号, 第18号が水稲の生育, 収量および外観品質に及ぼした影響は、台風襲来時の生育ステージの違いによって大きく異なった。台風襲来時の生育ステージが出穂前3日, 出穂後5日の‘あきさやか’は影響が最も大きく、次いで出穂後5日, 13日の‘ヒノヒカリ’であり、出穂後18日, 26日の‘夢つくし’は小さかった。また、‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’は、玄米のタンパク質含有率の増加がみられた。台風による減収および玄米のタンパク質含有率の増加には、葉身の裂傷, 褐変籾および不稔が関与し、粒の充実が停止または強く阻害されたためと考えられた。この台風による被害様相の中で、褐変籾の発生率は登熟歩合との間に有意な負の相関関係が認められ、台風による減収程度を推定する上での尺度となることが判明した。

[キーワード: 褐変籾, 水稲, 台風, タンパク質含有率, 被害]

Analysis of damage to paddy rice by typhoons 16 and 18 in 2004. SATO Hirokazu, Akiko ISHITSUKA, Yusuke FUKUSHIMA and Takuji INOUE (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka 818-8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Res. Cent.* 25:17-21 (2006)

Four typhoons (16, 18, 21 and 23) hit the paddy rice from before the heading stage to the whole ripening period in Fukuoka in 2004. I analyzed the damage to paddy rice caused by typhoons 16 and 18, which caused the severest damage. The influence on the growth, yield and quality of paddy rice differed with the growth stage at the time the typhoon hit. The damage by typhoons 16 and 18 was severest on ‘AKISAYAKA’ which was hit 3 days before and 5 days after the heading stage, respectively, and next severest in ‘HINOHIKARI’, which was hit 5 and 13 days, respectively, after the heading stage; and, the damage was small in ‘YUMETSUKUSHI’, which was hit 18 and 26 days, respectively, after the heading stage. In addition, the protein content of brown rice was increased in ‘HINOHIKARI’ and ‘AKISAYAKA’. The leaf blade damage, the browning by skin abrasion of rough rice and the sterility by the typhoon were related to the decrease and increase of protein content. This was considered to be because the typhoon retarded the growth of the grain. There was a significant negative correlation between the degree of browning by skin abrasion of rough rice and the percentage of ripened grains. Therefore, this could be a useful criterion for estimating the degree of the damage caused by the typhoon.

[Key words: browning by skin abrasion of rough rice, paddy rice, typhoon, protein content, damage]

緒 言

2004年は、水稲の出穂直前から登熟期間中に台風が第16号, 第18号をはじめとし、4個通過または接近し、収量および品質に大きな被害をもたらした。このため、福岡県水稲の作況指数は「83」と1993年に次ぐ不作となり、1等比率も台風や登熟期間の高温寡照の影響によって平年を大きく下回り、10%台と外観品質が著しく劣った。2004年に襲来した台風第16号, 第18号は、被害が大きかった1991年の台風第17号, 台風第19号に比べて、台風の強さは弱いものの、襲来時期が中生～晩生品種の出穂直前から開花期にあたり、生育ステージの早い時期に遭遇した上に、風速が10m/sec以上の強い風を長時間伴った台風であった。これらの台風により、‘ヒノヒカリ’以降の中生から晩生品種は、籾の褐変, 葉身の裂傷, 脱粒および倒伏等を生じ、甚大な被害があった。

そこで、今後も予想される台風被害に対して、被害軽減対策技術の資料とするために2004年の水稲に対する影響が大きかった台風第16号, 第18号について、台風被害による減収および品質の低下要因を明らかにした。

試験方法

試験は、2004年に福岡県農業総合試験場筑後分場(三潴郡大木町)の埴土水田で行った。供試品種は、6月18日に移植した熟期の異なる3品種、極早生種‘夢つくし’、中生種‘ヒノヒカリ’および晩生種‘あきさやか’を用いた。10a当たり窒素施肥量(基肥+穂肥1+穂肥2)は、それぞれ5+2+1.5kg, 5+2+1.5kgおよび5+3+2kgで行った。

台風被害を解析するために、松尾ら⁶⁾が1991年台風第17号, 第19号で用いたものと同型の1×1m四方、高さ1.2mの枠を使用し、台風第16号, 第18号の接近前に対象とする稲体部分に枠を設置した回避区と無設置の放任区を設けた。調査方法は、成熟期に各区10株収穫し、精玄米重, 千粒重, 屑米歩合および検査等級を求めた。また、登熟調査には、1株穂数が近似な株を各区3株サンプリングし、葉身の裂傷度, 褐変籾発生率, 脱粒歩合および登熟歩合を求めた。葉身の裂傷度は、各茎上位2葉を供試し、葉身の裂傷が1/4以下の葉数をA, 1/4から1/2の葉数をB, 1/2以上の葉数をCとして、次の式により求めた。

$$(1 \times A + 2 \times B + 3 \times C) / (3 \times \text{調査葉身数}) \times 100$$

また、褐変籾発生率および登熟歩合は、穂を上位および下位枝梗に分けたものを、さらに一次および二次枝梗

*連絡責任者(筑後分場)

に分類し調査した。なお、褐変粉発生率は、粉片面の1/4以上が褐変した粉を褐変粉として求めた。また、玄米中のタンパク質含有率は、収量調査および登熟調査で得られた玄米を用い、オートアナライザーⅡ型(プラン・ルーベ社製)で測定した全窒素に、玄米のタンパク質換算係数5.95を乗じて水分15.0%換算で求めた。

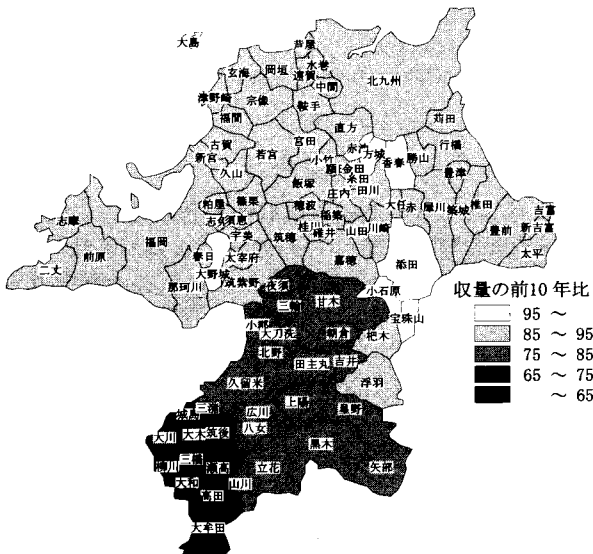
結果および考察

1 2004年における台風の概況と品種別台風襲来時期

福岡県における地域別の2004年産水稻収量の前10年比を第1図に示した。収量比は、県北部では85~95%を示したのに対し、県南部では85%以下であり、地域間差が認められた。特に、南筑後地域では75%以下の収量比を示した市町村が多く、県下で最も台風の被害が大きかった。

そこで、調査地点(福岡県三潯郡大木町)から近い気象観測地の佐賀県佐賀市における台風接近時の記録を第1表に示した。水稻の出穂直前から登熟期間中に襲来した4つの台風は、すべて最大瞬間風速30m/secを超す強い台風であり、特に台風第16号、第18号は、10m/sec以上の強風がそれぞれ24、12時間で持続時間の長い台風であった。

次に、供試品種別の台風の襲来時期を第2表に示した。‘夢つくし’は、登熟期中期(出穂後18日)および後期(出穂後26日)において、計2回の台風に遭遇した。‘ヒノヒカリ’は、登熟期の初期(出穂後5日)、前期



第1図 福岡県における地域別の2004年産水稻収量の前10年比

第1表 襲来した台風の種類と特徴(佐賀市)

台風の種類	第16号	第18号	第21号	第23号
台風襲来日(月.日)	8.30	9.7	9.29	10.20
降水量(mm)	51.5	58.5	8.5	31.0
最大瞬間風速(m/sec)	34.5	36.9	33.0	35.8
最大風速(m/sec)	20.3	21.9	20.0	23.4
風速20m/sec以上の時間(hr)	0	1	0	1
風速10m/sec以上の時間(hr)	24	12	5	5

注) 気象データは、佐賀県佐賀市のアメダスデータを利用した。

第2表 供試品種別の台風の襲来時期*および防風枠設置の有無

台風の種類	第16号	第18号	第21号	第23号
	日	日	日	日
夢つくし	+18	+26	-	-
ヒノヒカリ	+5	+13	+35	-
あきさやか	-3	+5	+27	+48
回避	○	○	×	×
防風	-----	-----	-----	-----
放任	×	×	×	×

*: 台風の襲来時期は出穂後日数で示し、-は出穂前、+は出穂後を表す。

(出穂後13日)および後期(出穂後35日)において、計3回の台風遭遇した。また、‘あきさやか’は、出穂直前(出穂前3日)と登熟期の初期(出穂後5日)、中期(出穂後27日)および後期(出穂後48日)において、計4回の台風遭遇した。このように、品種および熟期によって台風遭遇した生育ステージが異なった。

2 台風第16号、第18号による粉の褐変、葉身の裂傷および脱粒の発生状況

台風第16号、第18号によって生じた粉の褐変、葉身の裂傷および脱粒の発生状況を第3表に示した。

(1) 粉の褐変

放任区の褐変粉発生率は回避区に比べて、登熟期中期と後期に台風が襲来した‘夢つくし’では0.2%と低く、処理間に差も認められなかったが、出穂前3日および出穂後5日に遭遇した‘あきさやか’は39.2%と高く、処理間に有意差が認められ、放任区は台風によって褐変粉の発生が著しく多かった。出穂後5日および13日に台風が襲来した‘ヒノヒカリ’は、‘あきさやか’に比べて褐変粉発生の処理間差が小さかったものの、放任区は40.1%の褐変粉の発生が認められた。

松尾ら⁶⁾は、褐変粉の発生は登熟期中期および後期の襲来した台風では少なく、登熟前期の襲来で発生が多いことを報告している。このことから、台風による褐変粉の発生は出穂後日数が深く関係していると考えられ、粉の生長過程における早晩の違いが強く影響していると推察された。そこで、台風の影響を1穂内における粉の分化の早晩と褐変粉の発生について詳細に解析するため、穂上位置の違いによる褐変粉発生率を示した。褐変粉発生率が高かった‘あきさやか’は、穂全体に褐変粉の発生が認められ、特に二次または下位枝梗の発生が多かった。また、‘ヒノヒカリ’も下位枝梗で褐変粉の発生が多くなる傾向が認められ、松尾ら⁶⁾の報告と一致した。二次または下位枝梗は、一次または上位枝梗に比べて分化が遅いことから³⁾、粉表面の硬化が遅いため、暴風によって粉ずれを生じ、褐変程度が高まると推察される。

(2) 葉身の裂傷

放任区の葉身の裂傷は回避区に比べて、‘夢つくし’、‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’はそれぞれ11.4、12.2および16.9ポイント高まり、その傾向は熟期が遅い品種ほど顕著であった。下坪ら⁸⁾は葉身の裂傷度が高まるほど個体群光合成能力が低下することを指摘している。このことから、台風第16号、第18号による葉身の裂傷

は、登熟期間中の養分集積に影響を及ぼし、特に晩生品種‘あきさやか’に対する影響が最も大きかったと考えられる。また、江藤²⁾は葉の裂傷程度には品種間差が認められることを指摘しているが、本報では熟期の異なる品種を供試したため生育ステージの差が大きくなり、品種間差は解析できなかつた。

(3) 脱粒

‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’の放任区の脱粒歩合は0.2%程度の発生で処理間に有意差は認められなかつた。しかし、‘夢つくし’は放任区の脱粒歩合は0.5%と低いものの、回避区との間に5%水準の有意差が認められた。松尾ら⁶⁾は1991年の台風第17号、第19号による脱粒には、台風遭遇時の登熟の進行程度が関与していることを指摘している。本報においても、台風遭遇時に登熟が進行し、穂重が重く、穂の振幅量が大きくなっていると考えられた‘夢つくし’は台風による脱粒が認められ、既報と同様な結果が得られた。また、2004年台風による脱粒が0.2~0.5%であるのに対し、1991年台風では4.7~10.1%を示し、2004年台風による脱粒は小さかつた。この年次間の差は、2004年台風第16号(34.5m/sec)、第18号(36.9m/sec)の風速が、1991年台風第17号(最大瞬間風速54.3m/sec)、第19号(52.6m/sec)に比べて明らかに弱かつたためと考えられる。

3 台風第16号、第18号による収量および品質に対する被害状況

台風第16号、第18号による生育、収量および品質に対する被害状況を第4表に示した。出穂後18日と26日に台風が襲来した‘夢つくし’の放任区は、回避区に比べて倒伏程度が大きいものの、登熟歩合および千粒重は同程度を示し、玄米重は回避区対比98%と台風による被害は小さかつた。また、出穂後5日と13日に台風が襲来した‘ヒノヒカリ’は、倒伏程度が大きくなり、屑米重歩合が高まり、登熟歩合は著しく低下し、放任区の玄米重は回避区対比72%と大きく低下した。さらに、台風の襲来時期が出穂前3日と出穂後5日と最も出穂期に近かつた‘あきさやか’は、倒伏程度に差は認められないものの、千粒重および登熟歩合が低下し、放任区の玄米重は回避区対比55%と著しく低下した。このことから、水稻の生育、収量および外観品質に対する台風の影響は、襲来時の生育ステージの違いによって大きく異なり、出穂期に近い時期に台風遭遇した品種ほど被害が大きいことが判明した。

出穂期の早晩は、被害の大小と密接に関係し、出穂後3~5日の開花期での台風襲来が最も被害が大き¹⁰⁾、暴風の中で開花すると受精が多いことが報告されている¹¹⁾。本報では、台風が襲来した出穂後5日の‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’の生育ステージは開花期にあたり、台風第16号では8月29日19時~8月30日18時の24時間、台風第18号では3~14時の12時間、風速10

第3表 台風第16号、第18号の襲来時に防風柵設置の有無と褐変粉発生率、葉身の裂傷度および脱粒歩合

品 種	処 理	褐変粉発生率 (%)					葉身の裂傷度	脱粒歩合 (%)
		全体	一次枝梗	二次枝梗	1次枝梗節位			
					上位	下位		
夢つくし	回避	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	放任	11.1	9.3	15.0	10.0	12.1	1.4	0
ヒノヒカリ	回避	ns	ns	ns	ns	†	†	ns
	放任	28.2	20.0	41.6	20.6	34.6	3.9	0
あきさやか	回避	***	***	***	**	***	*	ns
	放任	40.1	32.8	52.2	28.6	50.3	16.1	0.2
あきさやか	回避	38.2	32.8	44.6	38.7	37.7	1.5	0.1
	放任	77.4	65.8	92.7	70.4	84.1	18.4	0.2

- 注) 1) 褐変粉とは糊片面の1/4以上が褐変した粉を指す。
 2) 上位および下位とは、一次枝梗節位の上位および下位を指す。
 3) 葉身の裂傷度は、葉身の裂傷が1/4以下をA、1/4~1/2をB、1/2以上をCとして、(1×A+2×B+3×C)/(3×調査葉身数)×100の式から求めた。
 4) ***, **, *, †は0.1, 1, 5, 10%水準で有意差が認められることを示し、nsは有意差が認められないことを示す(t検定)。

第4表 台風第16号、第18号の襲来時に防風柵設置の有無と水稻の生育、収量および品質

品 種	処 理	台風襲来時期*		倒伏程度	登熟歩合	千粒重	玄米重	同左比率	屑米重歩合	検査等級	クバク質含有率
		第16号	第18号								
		日	日	%	%	g	kg/a	%	%	%	%
夢つくし	回避	+18	+26	2.5	63	22.4	49.3	100	9.0	5.0	7.27
	放任			4.5	63	22.5	48.3	98	9.5	5.0	7.28
ヒノヒカリ	回避	+5	+13	0.5	67	22.4	61.4	100	8.0	2.0	7.05
	放任			2.0	45	22.4	43.9	72	19.5	4.0	7.30
あきさやか	回避	-3	+5	1.5	74	21.6	56.2	100	11.6	3.0	7.22
	放任			1.5	32	21.1	31.0	55	28.9	4.0	7.75

- 注 1) 移植期はどれも6月18日。
 2) * : 台風の襲来時期は出穂後日数で示し、-は出穂前、+は出穂後を表す。
 3) 検査等級は、1等ノ上(1)~規格外(10)の10段階で評価。

m/s以上の強風に長時間さらされたことから、不受精が発生した可能性が高いと推察される。このことから、‘ヒノヒカリ’と‘あきさやか’の登熟歩合の低下は、不受精も助長したと推察される。

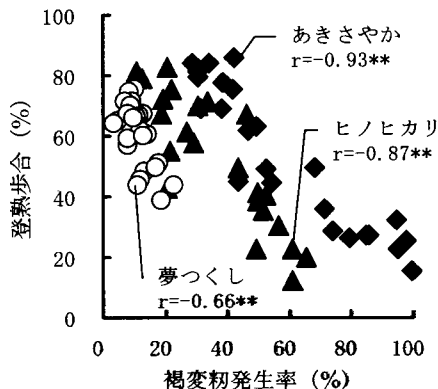
また、‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’は台風第16号、第18号によって茶米や未熟粒を中心とした屑米が増加し、外観品質が低下した。坪井は、開花期頃の暴風によって両穎の結合は遅延し、茶米等の屑米が増加することを指摘し、特にこの傾向は弱勢穎花で顕著に認められることを報告している¹⁾。本報では籾殻の障害である両穎の不結合について着目していないが、台風によって生ずる褐変籾の発生と登熟歩合との関係について検討した(第2図)。褐変籾発生率と登熟歩合の間には、供試した3品種ともに1%水準の有意な負の相関関係が認められ、褐変籾の発生が多くなるほど登熟歩合が低下することが明らかとなった。籾殻は養分供給のための通路としての役割とともに、一面ではその物理的強固さによって穎果の最終的な大きさをも規制する²⁾。褐変籾は台風が通過した数日後から次第に籾が褐変化し、目で認

識できるようになる。しかし、籾が褐変するということは、つまり籾の役割である養分供給能力が低下していること示しており、籾の生長過程と同様に次第に老化し、籾殻が硬化していると推察される。この登熟半ばの籾殻の硬化によって穎果の発育が阻害され、未熟粒が増加を考えると考えられる。このことから、‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’の台風第16号、第18号による収量および品質の低下要因は、出穂後5日の開花期に台風遭遇することによって、不受精や暴風による籾ずれ(褐変籾)を生じた結果、粒の充実が停止または強く阻害され、登熟歩合が著しく低下したためと推察される。なお、‘夢つくし’の検査等級が防風枠処理の有無に関係なく2等ノ中と低下した要因は、登熟初中期の高湿障害による乳白、背白および充実不足した粒が多く発生したためと考えられる。

4 玄米タンパクに及ぼす影響

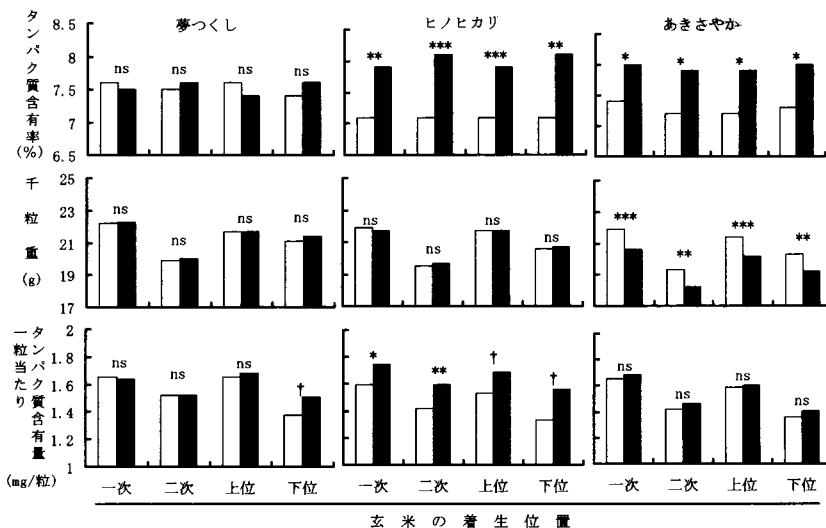
台風第16号、第18号における防風枠の設置の有無とタンパク質含有率を第4表に示した。台風第16号、第18号が玄米のタンパク質含有率に及ぼした影響の大きさは、‘夢つくし’では処理間に差は認められないが、‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’の放任区は回避区に比べて、タンパク質含有率がそれぞれ0.25および0.53ポイント高まった。台風によるタンパク質含有率の変動要因を検討するため、穂上位置の違いによるタンパク質含有率を第3図に示した。‘ヒノヒカリ’および‘あきさやか’は、玄米の着生位置に関係なく、穂全体の玄米においてタンパク質含有率の増加が認められ、特に‘ヒノヒカリ’の二次および下位枝梗は、一次および上位枝梗に比べてタンパク質含有率の増加程度が大きかった。

タンパク質含有率はデンプン蓄積量に対するタンパク質含有量の相対重量比で求められることから、玄米の着生位置別の千粒重からタンパク質含有率を検討した(第3図)。千粒重は、‘夢つくし’および‘ヒノヒカリ’は



第2図 褐変籾発生率と登熟歩合との関係

注) 1) 図中のデータは籾の着生位置別の数値を用いた (n=24).
2) **は1%水準で有意性が認められることを示す。



第3図 台風第16号、第18号の襲来時に防風枠設置の有無と玄米の着生位置別のタンパク質含有率、千粒重および1粒当たりのタンパク質含有量

注) 1) ***, **, *, †はそれぞれ0.1, 1, 5, 10%水準で処理間に有意差が認められることを示し、nsは有意差が認められないことを示す。
2) 図中の口は回避区を示し、■は放任区を示す。

防風柵設置の有無による差は認められなかったが, 'あきさやか'の放任区は回避区に比べて玄米の着生位置に関係なく軽かった。一方, 1粒当たりのタンパク質含有量では, '夢つくし'および'あきさやか'は処理間に差は認められなかった。しかし, 'ヒノヒカリ'は1粒当たりのタンパク質含有量が高く, 玄米の着生位置でみると二次および下位枝梗は一次および上位枝梗に比べて高かった。これらのことから, 台風によるタンパク質含有率が高まる主要因は品種によって異なることが示唆される。'ヒノヒカリ'では, 出穂後5日の開花期に台風第16号の10m/sec以上の強風を24時間も受けており, 坪井¹¹⁾が指摘するような暴風による不受精が発生し, 正常に登熟可能な籾が減少したことが推察される。木戸・梁取⁵⁾, 平ら⁹⁾の1穂の着粒制限として枝梗剪除を行った報告では, いずれもタンパク質含有率が高まることが確認されている。したがって, 'ヒノヒカリ'の台風によるタンパク質含有率の高まりは, 暴風による不受精の多発によって1穂の着粒制限に起因する1粒当たりのタンパク質含有量の増加によるものと推察される。一方, 'あきさやか'は'ヒノヒカリ'に比べて明らかに褐変籾の発生率が高く, 前述したように籾が褐変することによって, 穎果の発育が阻害され¹⁾, 千粒重が軽くなり, その結果としてタンパク質含有率が相対的に高まったと考えられる。

5 台風による被害程度の推定

本報の結果から, 台風第16号, 第18号による減収および玄米のタンパク質含有率の増加には籾の褐変, 葉身の裂傷および不稔が関与し, これらの被害程度は台風襲来時の生育ステージにより異なることが判明した。この中で, 褐変籾の発生率は登熟歩合との間に有意な負の相関関係が認められ, 台風による減収程度を推定する上での尺度となることが判明した。このことは, 籾ずれの程度から被害推定尺度を考案した狩野・石原⁴⁾と氏家¹²⁾の報告を支持するものであった。

引用文献

- 1) 阿部新一・波津久文芳 (1958) 水稻出穂期の風害について. 日作九支報12: 32-34.
- 2) 江藤博六 (1958) 水稻の葉の裂傷について. 日作九支報12: 34-38.
- 3) 星川清規 (1975) イネの生長, 農山漁村文化協会, 263-295.
- 4) 狩野幹夫・石原正敏 (1984) 水稻の出穂期から登熟初期における強風の籾ずれに関する調査. 茨城農試研報23: 71-78.
- 5) 木戸三夫・梁取昭三 (1968) 栽培条件が米質, 特に米粒の蛋白質含有量に及ぼす影響に関する研究. 日作紀37: 32-36.
- 6) 松尾太・福島裕助・大賀康之 (1993) 登熟初・中期の水稻に対する台風の影響-1991年の筑後地域における被害の実態と解析-. 福岡農総試研報A-12: 5-10.
- 7) 松島省三 (1957) 水稻収量の成立と予察に関する作物学的研究. 農技研報A5: 1-271.
- 8) 下坪訓次・大賀康之・松尾太・北川壽 (1992) 1991年台風第17号による水稻光合成の低下. 日作紀61: 213-214.
- 9) 平宏和・平春枝・松崎昭夫・松島省三 (1975) 水稻玄米の化学成分組成におよぼす一次枝梗剪除の影響. 日作紀44: 35-43.
- 10) 戸苅義次 (1942) 暴風雨による水稻の被害に就いて. 農及園17: 1339-1340.
- 11) 坪井八十二 (1961) 水稻の暴風被害に関する生態学的研究-作物の風害に関する研究 1-. 農技研報A8: 1-156.
- 12) 氏家四郎・宮本硬一・小島喜吾 (1956) 水稻出穂期に於ける台風被害状況について. 農業気象12: 1-4.