

## 農作物における塩害「潮風害」の特徴

山本 晴彦\*

Characteristics of Salt Damage “Salt Wind Damage” in Crop

Haruhiko YAMAMOTO \*

“Salt damage” in Crop is classified into three, (1) salt water damage, (2) salt wind damage, and (3) salt soil damage, according to the difference in a generating mechanism. This paper, it introduces about the characteristics of the salt wind damage by the typhoon 0415. Typhoon 0415 (T0415, MEGI) passed through the Sea of Japan coast of Hokuriku and Tohoku Districts on August 19 ~ 20, 2004. A gust of wind stronger than 30 m/s was recorded in the coastal region, and a gust of wind at 38.3 m/s, 39.6 m/s, and 41.1 m/s was observed in Aikawa, Sakata, and Akita, respectively. However, there was little rainfall before and after the passage of the typhoon. Consequently, the adhering salt entered the rice plant, and salty wind damage occurred by drying up the cells. Near the seashore, 2.7-3.2 mg salt had adhered to the panicle, and the amount of salt adhesion per panicle (mg/panicle) negatively correlated with the distance from the seashore. The total amount of the agricultural damage by T0415 was 18 billion yen, 10,200 million yen, and 7,200 million yen in Akita Prefecture, Yamagata Prefecture, and Niigata Prefecture, respectively. The amount of rice damage occupied three fourths of the whole crop. The ratio to normal year of the rice yield fell greatly in Akita Prefecture (Kisakata cho, southern prefecture coast area) and Niigata Prefecture (Sado city). In the Niigata Sado area and the Akita Honjo area, the quality of rice deteriorated remarkably.

**Key Words:** Crop, Salt damage, Salt wind damage, Typhoon

### 1. 塩害の特徴と防止法

農作物の「塩害」は、塩分のために農作物が生育障害を受けて減収や品質劣化を招く被害の総称であり、その被害は発生メカニズムの違いにより、①塩水害、②塩風害（潮風害）、③塩土害の3つに分類される。

①の塩水害は、台風による高潮、地震による津波、異常潮位、海水の溯上（そじょう）の発生などにより、海水が農地に侵入した場合に生じる。海水の総塩濃度は約35,000 ppmであるのに対して、作物の耐塩水性は灌漑水で1,000 ~ 3,000 ppmであることから、農作物全体が冠水した場合は被害が甚大であるが、土壌の部分的な冠水であっても生育阻害、ひいては枯死に至る場合もある。また、速やかに退水した場合でも土壌に塩化物が残留するため、除塩対策が必要となる<sup>1,2)</sup>。

②の塩風害（潮風害）は、台風や季節風などにより強風が海上から内陸部に向かって吹く際、波浪による大量の海水の飛沫が風で運ばれて農作物の表面に付着して、塩分により生育阻害や枯死を招く被害であり、「潮風害」とも呼ばれており、農業分野では①の塩水害を塩害、②の塩風害を潮風害と区別している場合が多い。被害は、海岸からの距離に大きく起因する農作物への塩分付着量、作物の種類や生育ステージにより異なり、水稻では穂・穎が白くなり

登熟が停止する白穂・白稈（ふ）になったり、カンキツ類では葉の枯死や落葉の被害が生じる。防風林や防風垣、防風ネットを果樹園地に整備することにより飛沫を捕捉して農作物に付着する塩分量を軽減する方法、台風通過直後に灌漑用のスプリンクラーで散水して水洗する方法などが実施されているが、干拓地などの広域な水田ではこれらの対策も実施が困難である<sup>3-6)</sup>。

③の塩土害は、高温・少雨の気象環境下では、灌漑水や土壌中に含まれる塩類が蒸発散の際に土壌表面に集積する害で、世界各地の乾燥地で発生する代表的な農業災害である。わが国のような降水量が蒸発散量を上回る多雨地帯においても、降水を遮断して栽培するハウスなどの施設栽培では発生が認められており、塩類集積した土壌を交換する客土や過剰に集積した塩類の吸収を目的に作物を栽培して塩類をハウス外に持ち出すクリーニングクロープが実施されている<sup>7-9)</sup>。

### 2. 農作物における潮風害の発生メカニズムと発生概要

本項では、狭義の塩害として位置付けられている「潮風害」について、発生メカニズム、発生概要を示すと併に、近年において農作物に甚大な潮風害をもたらした2004年台風15号を対象事例に、潮風害の発生時の気象的特徴と

\* 山口大学農学部生物資源環境科学科（〒753-8515 山口市吉田1677-1）  
Faculty of Agriculture, Yamaguchi University, Yamaguchi 753-8515, Japan

潮風害の概要，潮風害の軽減・回避技術について紹介する。

農作物における潮風害の発生メカニズムを以下に示す。まず，台風の接近に伴う強風により，葉ずれ・籽ずれなどの農作物同士の接触により無数の傷が発生する。台風に伴う南からの強風により，海面から巻き上げられた海塩粒子が飛散して農作物に付着する。さらに，台風通過直後に少雨である場合は，作物体に付着した海塩粒子は洗い流されず，多数の傷口から入り込み，細胞が脱水して植物が枯死する潮風害が発生する。潮風害の発生には，最大瞬間風速 (m/s)，海岸からの距離 (km)，地形の状況など，海塩粒子の飛散に関する因子，風向などの飛散方向に関わる因子，台風直後の降水 (mm) による海塩粒子の洗浄の有無に関する因子などにより支配されており，きわめて複雑なメカニズムを有している。

九州を代表する米どころの佐賀県における水稲単収 (kg/10a) の推移を Fig.1 に示した。1985 年以降の過去約 20 年間に於いて，作況指数 (平年作を 100 とした場合の収量の比率) 90 以下の「著しい不良」となった年は，1991 年 (台風 17 号・19 号)，1993 年 (冷夏・5 個の台風)，

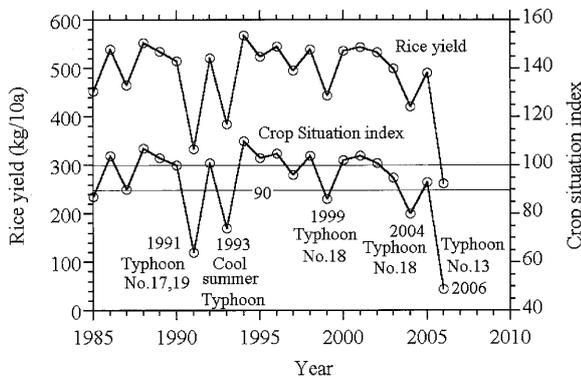


Fig.1 Changes in rice yield (kg/10a) and crop situation index in Saga prefecture

1999 年 (台風 18 号)，2004 年 (台風 18 号)，2006 年 (台風 13 号) の 5 ヶ年に及んでいる。減収年の半数以上に当たる 3 ヶ年 (1991 年・2004 年・2006 年) は，潮風害によりもたらされたものであり，特に近年は被害の発生頻度が高まる傾向が認められている<sup>10,11)</sup>。

風台風により台風通過時および通過後に著しい少雨となった場合，海上からの海水の飛沫が風で運ばれて農作物の表面に付着して潮風害が発生することから，海岸からの距離が発生を大きく支配している。Fig.2 には，1991 年 9 月に台風 17 号と 19 号により最大瞬間風速 50 m/s 以上の暴風と少雨 (台風通過前後の総降水量が 20 mm 以下) により潮風害に見舞われた有明海沿岸部から中山間部にほぼ直線的に位置する南筑後地方の柳川市，三橋町，筑後市，八女市および上陽町を対象に，海岸からの距離 (km) と水稲穂の塩分付着量 (mg/穂)，市町別の水稲収量の平年比 (%) との関係を示した。有明海に面した柳川市の 1991 年収量は 205 kg/10a で平年比 38 % であるのに対して，内陸

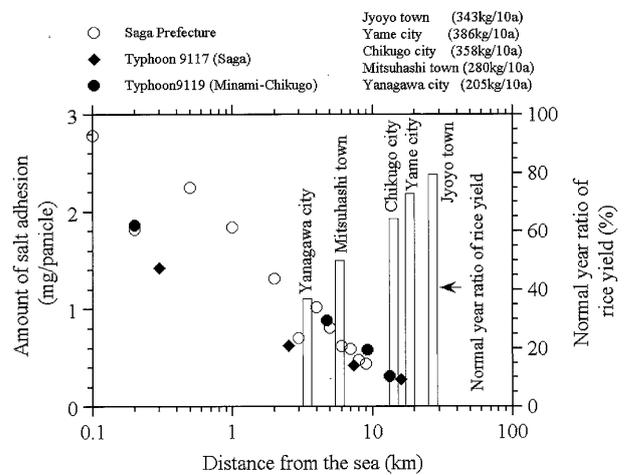


Fig.2 Relationship between the distance from the sea, the amount of salt adhesion, and normal year ratio of rice yield

Table 1 The result of the paddy rice investigation in a wind tunnel experiment

Watering start time (hours)	No. of spikelets (plant)	No. of winnowed paddy (plant)	No. of paddy screenings (plant)	Percentage of ripening grains (%)	Grain weight (g/plant)	Winnowed paddy weight (g/plant)	Rice screenings weight (g/plant)	Percentage of winnowed paddy weight (%)
0	1,815 a	964 b	851 b	53.1 b	34.6 b	22.7 b	11.9 c	65.6 b
1	1,853 a	421 c	1,432 a	22.7 c	28.3 bc	9.6 c	18.7 ab	33.9 c
3	1,762 a	354 c	1,408 a	20.1 c	26.8 bc	8.1 c	18.7 ab	30.2 c
6	1,773 a	317 c	1,456 a	17.9 cd	25.3 c	7.2 c	18.1 b	28.5 cd
12	1,970 a	271 cd	1,699 a	13.8 cd	28.9 bc	5.9 cd	23.0 a	20.4 d
21	1,685 a	105 de	1,580 a	6.2 de	19.6 d	2.2 de	17.4 b	11.2 e
48	1,822 a	81 e	1,741 a	4.4 e	20.4 d	1.8 e	18.6 b	8.8 e
Wind treatment	1,830 a	1,654 a	176 c	90.4 a	43.1 a	40.3 a	2.8 d	93.5 a
Wind and salt water treatment	1,764 a	0 f	1,764 a	0.0 e	16.2 e	0.0 f	16.2 b	0.0 f

Means followed by the same letter are not significantly different at 5 % level.

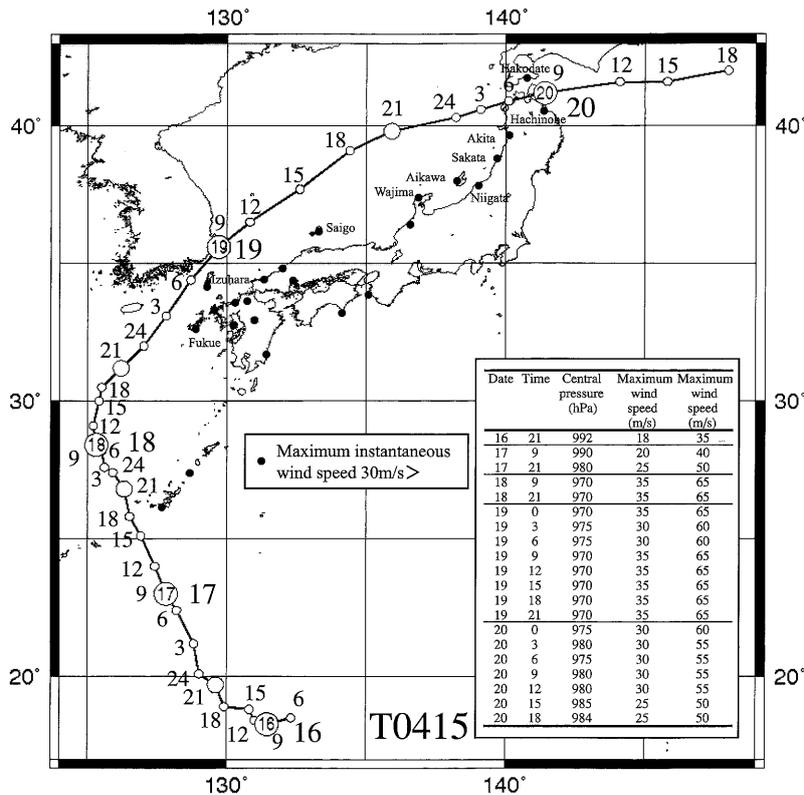


Fig.3 The course and influence of a typhoon 0415

Table 2 Observation record of the meteorological observatory by the typhoon 0415 (21 meteorological observatories in Sapporo are removed)

Meteorological observatory	Maximum instantaneous wind speed			Daily precipitation (mm)					
	m/s	Wind direction	Date, Time	17	18	19	20	21	22
Hakodate	37.0	ENE	20 05:43	0.5	0.0	40.5	47.5	0.0	—
Fukauro	27.6	S	20 04:39	1.5	15.5	10.5	12.5	—	—
Akita	41.1	SW	20 03:39	4.5	33.0	9.5	4.5	—	—
Sakata	39.6	SSW	20 03:53	6.5	65.0	23.5	3.5	—	—
Niigata	33.3	SW	20 02:21	9.5	89.0	0.0	0.0	—	—
Aikawa	38.3	WSW	20 01:35	11.0	200.0	0.0	0.0	—	—
Wajima	35.2	SSW	19 22:55	93.5	31.0	0.0	1.5	—	0.0
Saigo	37.3	SSW	19 15:42	61.0	5.0	9.5	—	—	18.0
Izuhara	48.7	SSE	19 5:36	16.0	2.0	88.0	2.5	0.0	93.5
Fukue	41.2	S	19 2:23	40.5	9.5	38.5	0.5	—	0.5

に入るにつれて収量・平年比は増加し、筑後市で 358 kg/10a (65%), 海岸から約 27 km 入った上陽町では 343 kg/10a (80%) となっている。水稻穂への塩分付着量は、海岸付近では 2~3 mg/穂であるのに対して、海岸から約 13 km 内陸に位置する農林水産省の九州農業試験場(現、九州沖縄農業研究センター)の水田圃場では 0.31 mg/穂と付着量は少なかったが、暴風に伴う初づれによる脱粒・褐変、葉づれによる葉先の傷害等による複合要因が重なり、減収や登熟歩合の低下を招く結果となった<sup>4,5)</sup>。

筆者らは、農作物の潮風害を再現することを目的に、熊本県西合志町(現、合志市)の九州農業試験場において、大型のエッフェル型風洞を整備し、強風・塩水・散水の有無、散水開始時間が水稻(ヒノヒカリ、ユメヒカリ)の玄米重、千粒重、検査等級に及ぼす影響について、再現調査を実施した。その結果を Table 1 に示したが、塩水処理後の散水により玄米重や千粒重の低下を大きく軽減できること、散水開始時間は早いほど有効であり、精糶重は 6 時間後、24 時間後で直後の散水区の約 30%、10%にまで低

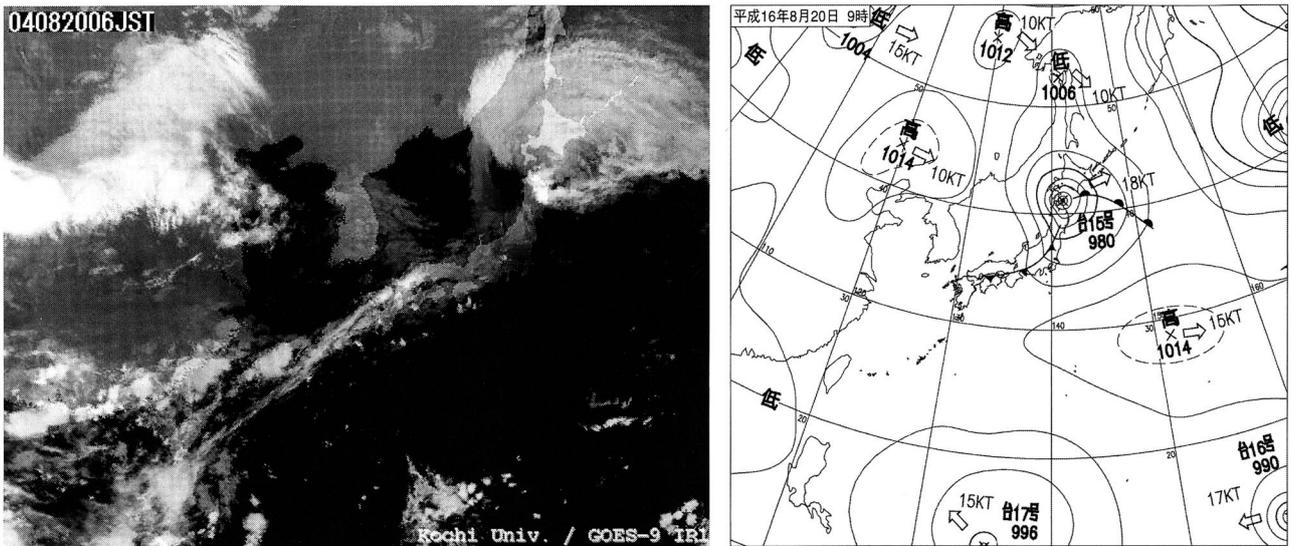


Fig.4 Satellite infrared image and surface weather map (9:00 20, August, 2004)

下することが明らかになった。このことから、出来るだけ早い降水・散水により潮風害を大きく軽減できることが証明された<sup>12,13)</sup>。

### 3. 2004年台風15号に伴う農作物の潮風害の特徴

#### 3.1 2004年台風15号の気象的特徴

西日本は、台風の上陸・発生頻度が北東日本と比較して多いことから、農作物の潮風害も台風による強風害も加わり、複合的な累加被害となって発生する。典型的な潮風害

の特徴をみるため、本項では2004年8月に台風15号により東北・北陸地方の日本海沿岸で発生した潮風害の概要を紹介する。

2004年台風15号の経路および風速の概要をFig.3に、台風が青森県を通過した8月20日6時における気象衛星「ゴーズ9号」の赤外画像と9時における地上天気図をFig.4に示した。また、台風15号の通過時前後に気象官署で観測された気象の概要をTable 2に示した。8月16日15時にフィリピンの東海上で発生した台風15号は、17日には久米島の西海上の東シナ海を北に進んだ。18日には東シナ海を北東に進んだ台風は、19日には九州の西海上を通り、五島列島、対馬、朝鮮半島の南部を通過した。このため、九州北部を暴風域に巻き込み、五島列島の福江(測候所)で最大瞬間風速41.2 m/s(19日2時23分)、対馬の巖原(測候所)で48.7 m/s(19日5時36分)を観測した。その後、台風はほとんど勢力が衰えることなく日本海を北東に進み、島根県隠岐の西郷(測候所)で最大瞬間風速37.3 m/s(19日15時42分)を観測したのをはじめ、19日夕方から20日の未明にかけて石川県能登半島の輪島(測候所)35.2 m/s、新潟県佐渡の相川(測候所)38.3 m/s、新潟(地方気象台)33.3 m/s、山形県酒田(測候所)39.6 m/s、秋田(地方気象台)41.1 m/s、函館(海洋気象台)37.0 m/sを記録するなど、24カ所の気象官署(特別地域気象観測所を含む)で30 m/sを越える強風を観測した。

Table 2に示したように、日本海沿岸の各地では台風が接近する2日前の17日から18日にかけて日降水量50 mmを越える強雨に見舞われており、とくに佐渡の相川では18日に日降水量200.0 mmを観測し、1911年の観測開始からの極値を更新する大雨となった。しかし、青森県を横断した際のFig.4の赤外画像(20日6時)に見られ

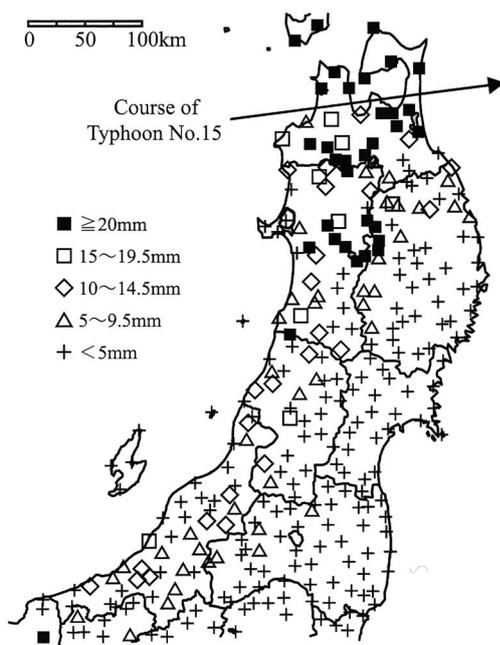


Fig.5 Distribution of daily precipitation in Tohoku and Hokuriku districts (20 August, 2004)

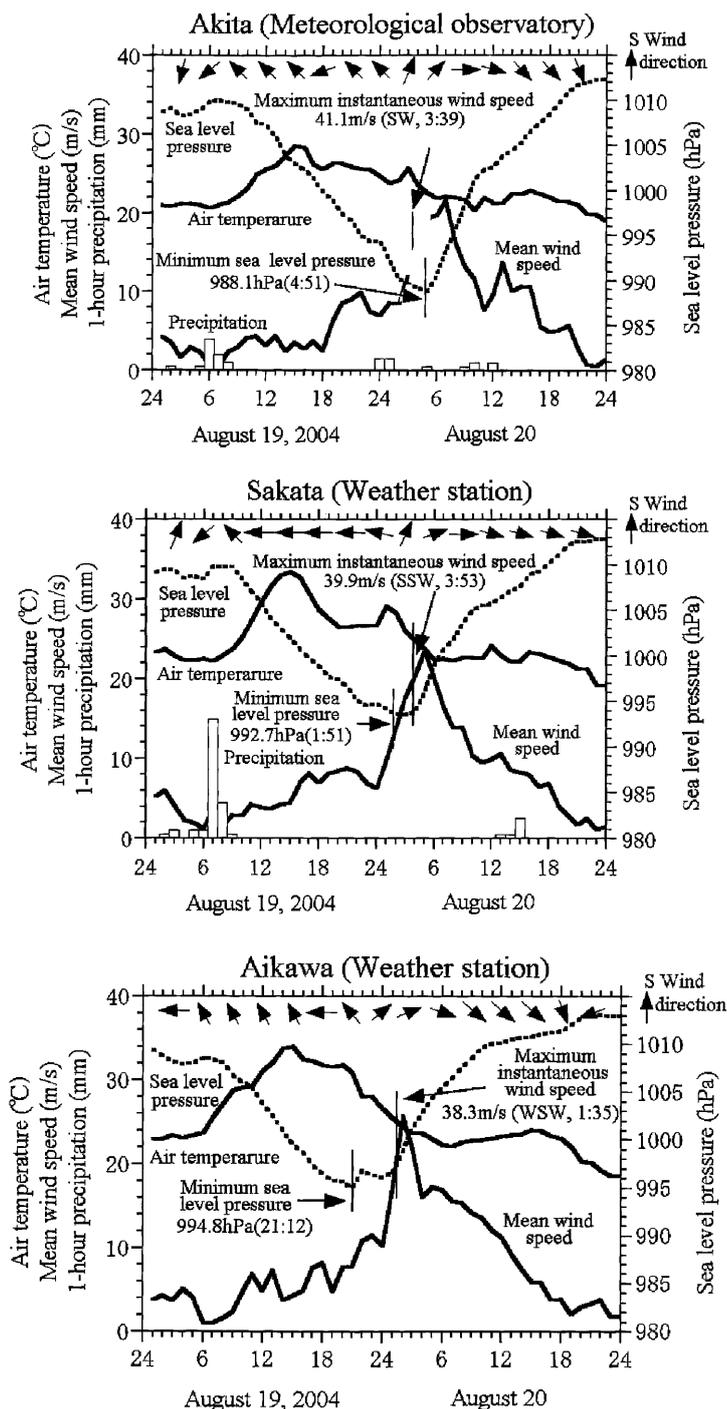


Fig.6 Changes of meteorology factor in Akita, Sakara and Aikawa

るよう、台風後方の雲域が消滅したためにその後は著しい少雨の状況となった。東北・新潟地方における8月20日の日降水量 (mm) の分布図を Fig.5 に示した。台風が通過した青森県や近接する北海道渡島半島や秋田県北部、奥羽山地では日降水量は20 mm を越えているが、男鹿半島以南の日本海沿岸では5 mm 未満の著しい少雨の地点がかなりの比率を占めており、きわめて広い範囲で著しい少雨となり、農作物に潮風害が発生する少雨に遭遇してい

た。

新潟県から秋田県にかけての日本海沿岸に位置する相川、秋田および酒田において観測された気象要素の推移を Fig.6 に示した。台風の通過時には、相川で最低海面気圧 994.8 hPa を19日21時12分に観測し、その後から風速が急激に高まり、20日1時35分に最大瞬間風速 38.3 m/s を観測し、風向が東風から南風、西風への変化に伴い日本海から暴風が吹き込んでおり、その後、風速は徐々に弱まっている。しかし、台風の通過前後に当たる19日と20日には降水はまったく観測されていない。酒田や秋田においても台風通過時の気象環境はほぼ同様な傾向が認められている。

台風通過前後の風速・風向と降水量の推移を詳細に解析するために、Fig.7 に相川と象潟 (アメダス観測所、秋田県本荘由利地方) における風向 (360度値)・風速、1時間・積算降水量の推移を示した。相川では、台風の通過前の18日に1時間降水量 38.0 mm を含む日降水量 200.0 mm の著しい強雨に見舞われているが、その後は23日の8時まで無降水が103時間も継続した。台風の通過時には暴風と同時に風向が東→南→西と時計回りに変化し、日本海から暴風が吹き込んでおり、台風通過後の無降水は78時間も継続している。象潟でも前日の19日7時頃にまとまった降水が観測されて以降、台風が通過した19日から20日午前にかけて降水はまったく観測されていない。20日には日中にわずか7 mm の降水があったものの、台風通過前後の108時間にも及んで少雨期間が継続した。このように、台風通過時および通過後の無降水期間の長期にわたる継続、台風の通過時に暴風が日本海から西風となって海岸に吹き寄せたことにより、甚大な潮風害の発生をもたらす気象的要因が重なっていたことが明らかになった<sup>14)</sup>。

### 3.2 2004年台風15号に伴う水稲の潮風害の特徴

前項では、甚大な潮風害の発生をもたらした気象的要因について述べた。この気象的要因により、秋田・山形・新潟県の日本海沿岸では、近年では最悪の潮風害が発生した。農林水産省の秋田・山形・新潟の各統計・情報センターから公表された平成16年産水稲 (うるち玄米) の作柄表示地帯別の作況指数と収量 (kg/10a) は、秋田県 (85,487 kg) では県中央 (69,396 kg)、山形県 (87,561 kg) では庄内 (87,516 kg)、新潟県 (92,496 kg) では佐渡 (51,271 kg) で平年を大きく下回った。Fig.8 には市町村別の水稲収量の平年比 (%、平成12~15年産に対する平成16年産の比率)、80以下の市町村名とその平年比を示した。平年比

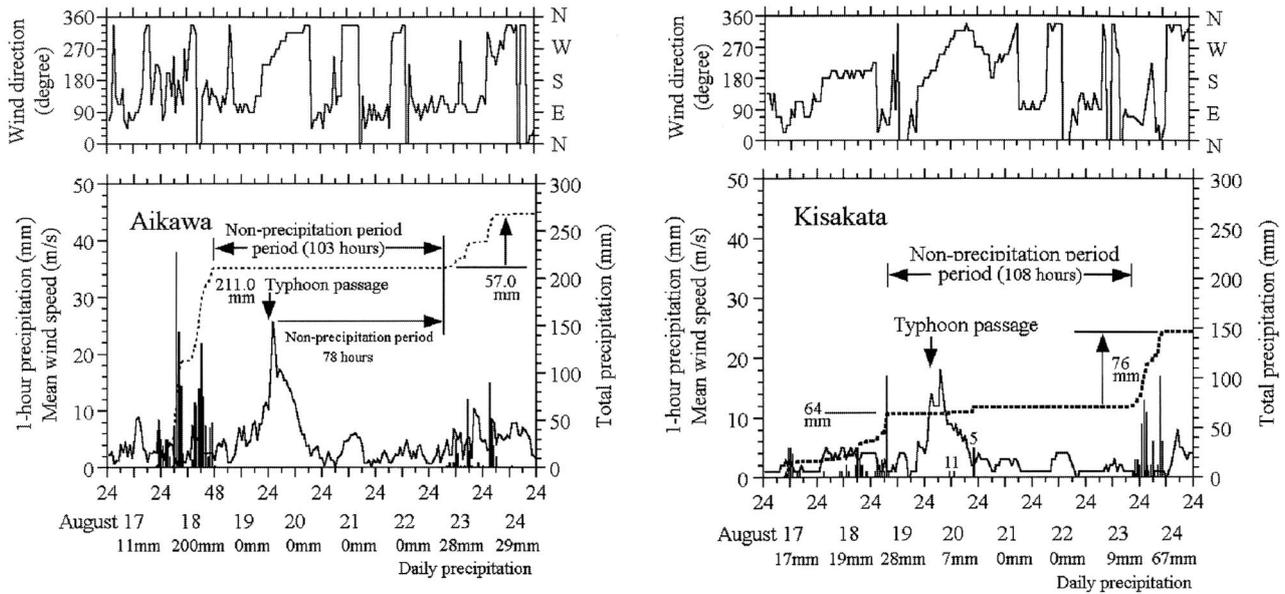


Fig.7 Changes of meteorology factor in Aikawa and Kisakata

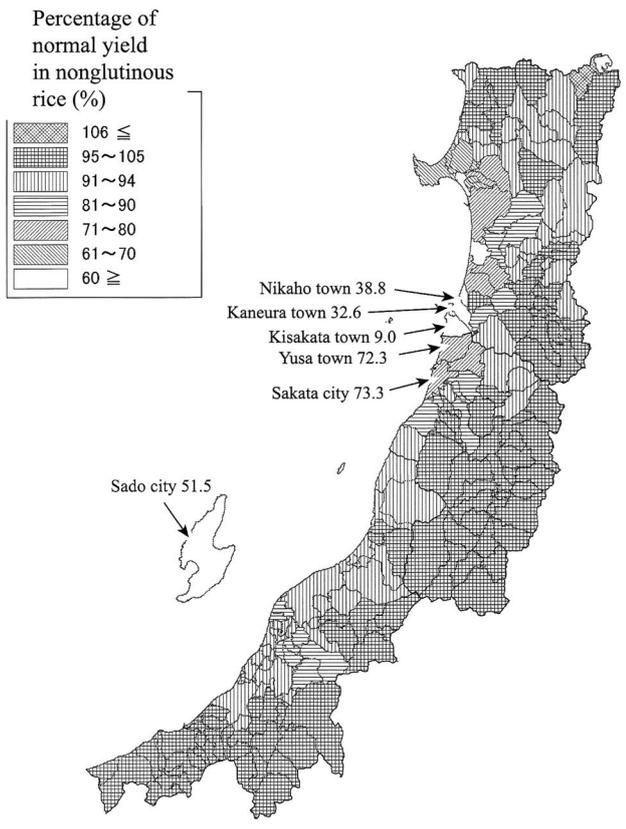


Fig.8 Percentage of normal yield in nonglutinous rice (Tohoku and Niigata districts)

は秋田県では象潟町で9.0%を記録したのをはじめ、金浦町32.6%、仁賀保町38.8%の県南部の日本海沿岸に位置する本荘由利地域、新潟県の佐渡市(51.5%)で半作以下となった。これらの地域の減収要因は、台風15号の通過

時に強風が吹き荒れ、海塩粒子が日本海から西風により飛散して稲体に付着し、通過時の少雨により塩分が洗い流されずに強風により出来た傷から侵入して細胞を脱水させる「潮風害」が発生したことによるものと考えられた<sup>14)</sup>。とくに、佐渡市では台風が通過した8月19日～20日には、主要品種であるコシヒカリの生育ステージが登熟初期に当たっており、潮風害の影響を最も受けやすい時期であったことも、被害を大きく拡大させた要因と考えられる。また、秋田県でも主要品種のあきたこまちがコシヒカリよりやや早い同程度の生育ステージにあり、同様の被害をこうむった。

潮風による水稻への影響は、収量だけでなく品質にも大きな影響を及ぼす。そこで、秋田・山形・新潟の各農政事務所において公表された平成16年(2004年)産の水稻(うるち玄米)における地域別の検査等級比率(平成16年11月末現在)をFig.9に示した。とくに、潮風害の影響が顕著であった新潟県の佐渡地域では規格外が19.8%、秋田県本荘地域でも11.1%に達し、品質の低下が顕著に現れた。とくに、佐渡地域は新潟県で県内ブランドとして魚沼産コシヒカリにつぐ佐渡産コシヒカリを生産しており、減収による水田農家への影響はきわめて大きいものがある。また、大規模な水田経営で有名な大潟村がある秋田県昭和地域、庄内産米で独自のブランド化を図っている山形県酒田地域、新潟県の中越地域に位置する新潟などの日本海沿岸の各地域でも1等米の比率が大きく低下し、下位等米の比率が増加する傾向が認められた。なお、新潟県中越地方では同年7月13日の新潟豪雨に伴う水害により、水田への土砂堆積、冠水等が発生しており、水稻生育ひいては水稻品質の低下に影響を及ぼしたのと考えられる<sup>14)</sup>。

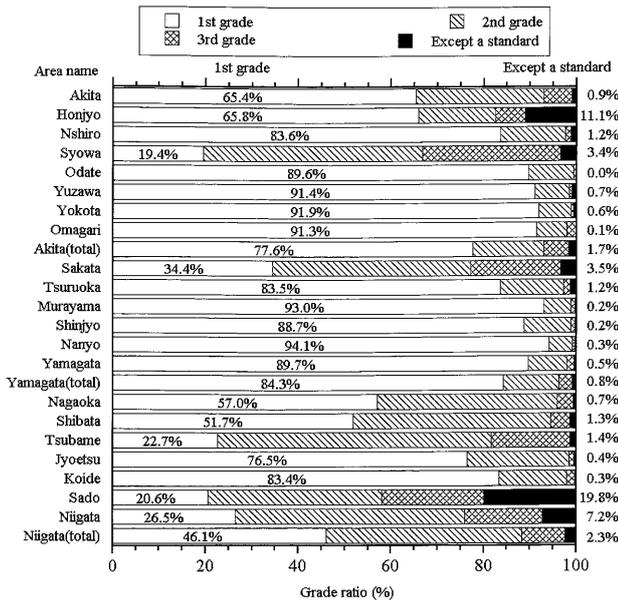


Fig.9 The inspection result in the paddy rice of ex. 2004 in Akita, Yamagata and Niigata Prefectures (Present at the end of October, Heisei 16)

#### 4. 水稲穂に付着した塩分量測定による解析

今回発生した台風 15 号による水稲の潮風害は、1991 年の台風 17・19 号に見られた海岸からの潮風の飛散と台風通過前後の少雨に伴う潮風害の発生はきわめて類似する被害様相であった。水稲の潮風害の発生は、上述したように台風通過時に発生する海塩粒子の付着に起因することから、潮風害の被害が予想された場合には、台風通過直後に稲体を採取し、作物体に付着した塩分量を測定することが試みられている。筆者は、1991 年の台風 17 号・19 号の通過時に潮風害の発生を予測し、台風の通過直後に水稲を各地で採取して穂に付着した塩分量の測定を実施しており、同様な調査は佐賀県小城農業改良普及所でも実施されている。これらのデータに 2004 年台風 15 号・台風 18 号の通過後に採取・測定したデータを加えて、海岸からの距離 (km, 対数目盛) と 1 穂当たりの塩分付着量 (mg/穂) の関係を Fig.10 に示した。図中のデータにはバラツキがあるものの、海岸付近では 2.7 ~ 3.2 mg の塩分が 1 穂に付着しており、海岸から離れるにつれて塩分付着量は減少し、約 1 km では 2 ~ 2.5 mg, 10 km では 0.5 mg 前後まで激減している。このように、4 つの台風 (1991 年 17 号・19 号, 2004 年 15 号・18 号) から求めた両者の関係は対数式で近似することができ、決定係数 0.832 と高い負の相関関係が認められた。海塩粒子の飛散は内陸部の地形により大きく影響を受けるが、海岸からの飛塩は約 10 ~ 15 km まで及んでいることが明らかになった<sup>10,14)</sup>。

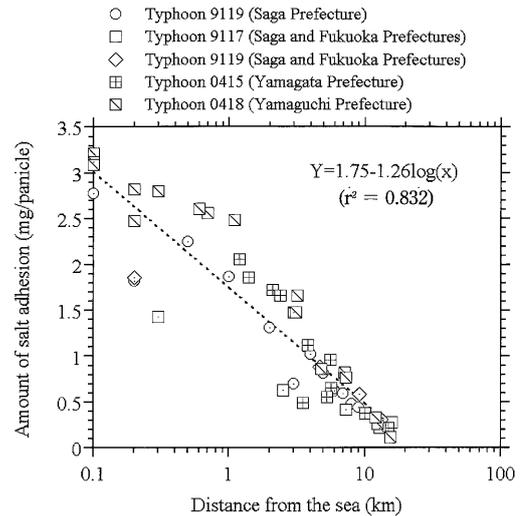


Fig.10 Relationship between the distance from the sea, and the amount of salt adhesion

#### 5. 水稲潮風害の回避・軽減に向けて

筆者は、1991 年の台風 17 号・19 号の風台風に伴う農作物の潮風害を調査して依頼、2004 年の台風 15 号・18 号, 2006 年の台風 13 号と、5 つの風台風による現地調査と被害解析を実施してきた。また、潮風害を再現できる風洞装置を用いて、強風と散水による減収の影響についての定量的な分析を試みてきた。それによれば、台風通過時の出来るだけ早い時期、水稲では数時間以内に降水・散水により表面に付着した塩分を洗い流すことで潮風害を軽減できると考えられた。しかし、水稲の場合では表面に付着した塩分を大規模な水田に散水して洗い流すことは、現実的に考えて困難であると言わざるを得ない。潮風害の発生程度は、水稲の生育ステージ、とくに収穫期や登熟期初期での潮風への遭遇の有無に大きく左右されることから、栽培品種の多様化、栽培時期の移動等により、収穫期・登熟期を分散させることで潮風害を回避・軽減させることが実用的な手段であると考えられる。また、従来から防風林による防風効果は、防風林の高さの約 10 倍が減風の範囲とされている。このことから、防風林に隣接する水田については防風効果が認められるものの、防風林の密閉度、下枝管理の状況などによりその効果は変動することに注意を払う必要がある。

カンキツ園などで従来から見られる防風林・防風垣による潮風害の防止効果は大きいものがあるが、園地管理の煩雑さや日射の遮蔽等の問題から、防風林・防風垣の管理が十分に行き届いてない園地も見受けられる。また、灌漑用スプリンクラーによる散水も併用した対策はきわめて有効であるが、台風時には停電が頻発して発生するため、小型発電機などによる自家発電設備を備えることも重要である。

## 謝 辞

本研究に当たり、内閣府、消防庁、国土交通省、農林水産省、各県の農林・土木関係部署などからは、気象・台風被害資料のご提供をいただいた。本研究は、平成18年度科学研究費補助金特別研究促進費（課題番号：18900002）「2006年台風13号に伴う暴風・竜巻・水害の発生機構解明と対策に関する研究（代表者：真木太一）」、（財）鹿島学術振興財団、三井物産株式会社環境基金の一部を使用していただいた。ここに、厚く謝意を表します。

## References

- 1) H. Yamamoto, K. Iwaya, K. Suzuki, S. Hayakawa and Y. Suzuki, "Agricultural Disaster and Salt Damage in Rice Caused by Typhoon 9918 in Kyushu and Yamaguchi Districts", *Jpn. J. Crop. Sci.*, **69** (3), pp. 424-430 (2000) (Japanese)
- 2) H. Yamamoto, K. Iwaya, K. Suzuki, S. Hayakawa and Y. Suzuki, "Meteorological Characteristics During Typhoon 9918 (Bart) and the Gust and Storm Surge Disasters in Yamaguchi Prefecture", *J. JSNDS*, **19** (3), pp. 315-328 (2000) (Japanese)
- 3) H. Yamamoto, "Agricultural Damage in Kyushu by Typhoon 9117 and 9119", *J. Agric. Meteorol.*, **48** (1), pp. 77-83 (1992) (Japanese)
- 4) H. Yamamoto, S. Hayakawa, Y. Suzuki and Y. Kishida, "Rice Crop Damages in Kyushu Caused by the Typhoon of 9117 and 9119", *J. Agric. Meteorol.*, **48** (2), pp. 175-180 (1992) (Japanese)
- 5) H. Yamamoto, S. Hayakawa and Y. Suzuki, "Characteristics of Salt Wind Damage in Rice by Typhoon 9117 and 9119", *Jpn. J. Crop. Sci.*, **64** (4), pp. 815-821 (1995) (Japanese)
- 6) H. Yamamoto, A. Kawafuchi, T. Kondo, K. Iwaya and Y. Suzuki, "The Utilization of Agricultural Meteorology Disaster Image Database to the Agricultural Education", *Jpn. J. Agric. Educ.*, **32** (1), pp. 11-24 (2001) (Japanese)
- 7) T. Maki, "Nougyoukisho · kankyogaku", Asakurashoten, Tokyo, pp. 116-177 (1986) (Japanese)
- 8) S. Miyazawa, "Bousaitokisho", Asakurashoten, Tokyo, pp. 93-95 (1982) (Japanese)
- 9) Y. Tsuboi, "Nougyoukishogaku", Yokendo, Tokyo, pp. 106-107 (1990) (Japanese)
- 10) H. Yamamoto and K. Iwaya, "Influence of Typhoon on the Paddy Rice Production in Kyushu and Yamaguchi Districts in 2004 and Salty Wind Damage of Rice Caused by Typhoon 0418 (SONGDA)", *Jpn. J. Crop. Sci.*, **75** (4), pp. 535-541 (2006) (Japanese)
- 11) H. Yamamoto, K. Iwaya, A. Kaneishi and A. Koga, "Meteorological Characteristics, Storm and Flood Damages by Typhoon 0613", *Agricultural Meteorology of Chugoku and Shikoku*, **19**, pp. 14-17, (2006) (Japanese)
- 12) H. Yamamoto, S. Hayakawa and Y. Suzuki, "Effects of Salty Wind on the Yield and Quality in Rice Using a Wind Tunnel", *Jpn. J. Crop. Sci.*, **65** (2), pp. 181-188 (1996) (Japanese)
- 13) H. Yamamoto, S. Hayakawa, Y. Suzuki and M. Ohya, "Mitigation of Salty Water Damage on Rice Through Sprinkle Water", *Jpn. J. Crop. Sci.*, **66** (4), pp. 499-500 (1997) (Japanese)
- 14) H. Yamamoto and K. Iwaya, "Salty Wind Damage on Rice by Typhoon 0415 (MEGI) on the Sea of Japan Coastal Region of Tohoku and Niigata Districts", *Jpn. J. Crop. Sci.*, **75** (1), pp. 73-81 (2006) (Japanese)

（平成19年1月10日受付）  
（Received Jan. 10, 2007）