1971 年以降に日本海を通過した台風の特徴からみた山形県庄内地域でのイネ潮風害発生要因の評価

松田裕之^{*†}・森 静香^{**}・藤井弘志^{**}

(^{*}山形県農業総合研究センター水田農業試験場)
^{**}山形大学農学部

Evaluation of factors of salty wind damage to rice plant in Shonai area of Yamagata prefecture from the view point of Typhoon characteristics after 1971 which passed on the Japanese Sea.

Hiroyuki MATSUDA^{*}, Shizuka MORI^{**}, and Hiroshi FUJII^{**}

(^{*}Yamagata Integrated Agricultural Research Center, Rice Breeding and Crop Science Experiment Station, 25 Yamanomae, Tsuruoka, Yamagata, 999-7601, Japan.
^{**}Faculty of Agriculture Yamagata University, 1-23 Wakabamachi, Tsuruoka, Yamagata, 997-8555, Japan.)

Abstract

We evaluated the factors of salty wind damage of rice plants in the Shonai area of Yamagata prefecture after 1971. The number of typhoons that occurred in the North Pacific Ocean decreased significantly, and those that passed over the Japan Sea indicated no trend. Seawater temperature in midsummer in the southern part of the East China Sea became significantly higher. Typhoon numbers that blew over 15 m s^{-1} increased, and those under 1,000 hPa increased in decadal units. This showed a significant linear correlation between atmospheric pressure and maximum wind velocity, maximum wind velocity and hours over 10 m s^{-1} , respectively. Wind directions were from north-northwest to southwest when wind speed was at its maximum in the Shonai area, excluding Typhoon No.16 in 1974 and No.8 in 1978. Precipitations during the 24 hours after a typhoon had passed were 15 mm or less, excluding Typhoon No.8 in 1974. Typhoon numbers that passed in the 30 days after the heading showed no tendency in decadal units.

Key words: Damage by salty winds, Japanese sea, Paddy rice, Seawater temperature, Typhoon.

キーワード: イネ, 海水温, 日本海, 台風, 潮風害

1. 緒 言

2004 年 8 月 20 日未明に日本海上を北上した台風 15 号に伴い、日本海に面する山形県庄内地域では台風が平野部に運んだ海塩粒子が植物体に付着することで引き起こされる潮風害が約 270 年ぶりに発生し、イネなど多くの農作物に甚大な被害を及ぼした(藤井ら 2006; 森ら 2008; 柴田ら 2009; 柴田ら 2012)。台風に伴う潮風害の発生については九州地方での報告が多く(陣野ら 1962; 土居ら 1986; 山本ら 1995)、2004 年以前の東北地方以北での潮風害の報告は、北海道農政部(1988)が潮風害に伴うイネの登熟障害と種子の発芽力について検討した事例があるのみであ

る。

さて、わが国における年間平均気温は 1990 年代以降急激に高まっている(気象庁 2005)。また、年間海水温の 100 年当たり上昇程度は、日本海側を通過する台風の通路である東シナ海北部では $1.24 \pm 0.26^\circ\text{C}$ 、東シナ海南部では $1.14 \pm 0.18^\circ\text{C}$ であり、いずれも全海洋平均の 0.51°C と比較すると極めて高い。一方、台風被害の発生しやすい夏季(7~9 月)海水温は、東シナ海北部では $0.77 \pm 0.34^\circ\text{C}$ 、東シナ海南部では $0.66 \pm 0.22^\circ\text{C}$ 、それぞれ 100 年間で上昇した(気象庁 2011c)。これらの海域での夏季の海水温上昇は、東シナ海を通過して日本海を北上する台風にとって、海からのエネルギー供給が十分に行われて強い勢力を維持しやすくなることを示唆している。

台風によって飛散した海水がイネ出穂期以降の籾や枝梗に付着することにより精玄米重が大きく低下

2012 年 9 月 4 日 受付, 2013 月 2 月 19 日 受理

[†]Corresponding Author: matsudahi@pref.yamagata.jp

すること(山本ら 1993; 山本ら 1995; 森ら 2008), および潮風害が発生する要因として, 風速の強さ, 降水量の少なさ, イネの生育ステージが関与していること(坪井ら 1961; 土井ら 1985; 市丸ら 1992; 山本ら 1995)がそれぞれ報告されている。藤井ら(2006)は1991~2004年のデータを用いて潮風害の被害解析を行い, 2004年の台風第15号で270年ぶりに発生した潮風害は, ①南西風で最大風速が強く(15 m s^{-1} 以上)で風速 10 m s^{-1} 以上の継続時間が長いこと(5 hr以上)により, 飛散した海塩粒子が平野まで運搬されたこと, ②高い波が海岸線に打ち寄せられて波しぶきが上がったこと, ③台風通過後24時間の降水量が少ないことによって, 農作物に付着した塩分が洗い流されなかったこと, ④イネの生育時期が潮風害の被害を受けやすい時期(出穂後7~20日)であったことが相互に重なりあって発生したことを示した。そこで, 本報告では1971年から2010年の40年間に日本海を北上した台風および山形県庄内地域に最接近した時点の台風の特徴とイネ生育ステージについて, 1971年以降各要因がどのように変化したかを解析した。

2. 材料と方法

1971年から2010年の40年間に北太平洋で発生した台風, および日本海を通過した台風の特徴については気象庁(2011b)を引用した。なお, 台風から温帯低気圧に変わると中心付近の風速はピークを過ぎるが強い風の範囲は広がることから, 本報告では山形県酒田に最接近した時点で温帯低気圧に変わっている台風も含めた。

また, 1971年から2010年に日本海を通過した台風が山形県庄内地域に最接近したときの酒田における最大風速, 風向, 風速 10 m s^{-1} 以上の継続時間, 中心気圧および台風通過後24時間の降水量は気象庁(2011a)を用いて解析した。日本海を通過した台風の進路図は, 気象庁(2011b)から引用した。

東シナ海南部および北部における1971年から2010年の夏季(7~9月)の海水温については, 気象庁(2011c)が調査した平年値(1971年~2000年の平均値)と単年値を引用した。この値は, 1度格子の海面水温格子点データを品質管理した現場観測データ(船舶等で直接観測した海面水温データ)によって補正したものであり, 各海域の平均値である。海域の区分は気象庁(2011c)から引用した。

データの年次推移については, Mann-Kendall (MANKESENS Version 1.0 Freeware)を用いて有意の有無を解析した。1971年から2010年に山形県庄内地域で栽培されたイネ品種について, 栽培面積の多

いほうから3品種(山形県農林水産部 1971~2010)を選んだ。山形県農業総合研究センター水田農業試験場(山形県水稻奨励品種決定品種調査成績書 1971~2010)のデータを用いて3品種の出穂期を求め, その期間を山形県庄内地域におけるイネの出穂期間とした。本報告では, 既報告(坪井ら 1964; 丸山ら; 2000)をもとに, 潮風害が発生しやすいイネの生育時期を出穂後30日間とした。

3. 結果および考察

3.1 台風の進路と海水温の実態

山形県は東北地方に位置しており, 庄内地域は日本海に面している。日本を取り巻く海域は, 東シナ海北部・南部と日本海北東部・中部・南部に分けられる(図1)。

台風が日本海を通過すると, 強風により発生した海塩粒子が南西方向からの吹き返しの風によって山形県庄内地域の平野部に運ばれて(藤井ら, 2006), 潮風害の大きな要因となりうる。1971年から2010年の40年間に北太平洋で発生した台風の年間発生数は 25.8 ± 4.7 回であり, 年度ごとにみると有意に減少し, 特に1990年代以降減少する傾向を示した。(図2)。1971年から2010年の40年間に日本海を通過した台風数は有意な傾向を示さなかったが, 日本海を通過する台風数を10年単位でみると1971~1980年が8回, 1981~1990年が7回, 1991~2000年が15回, 2001~2010年が12回であった。また, 1年で複数回日本海を通過する台風数は, 1971~1980年が2回, 1981~1990年が0回, 1991~2000年が5回, 2001~2010年が4回であった。(図3)。これらのことから, 日本を襲来する台風数は過去40年間で減少したが日本海を通過する台風数は減少していないことが明らかとなった。また, 1991年以降はそれ以前と比較して日本海を通過する台風数が多いことが示唆された。

1971年から2010年の40年間に日本海を通過した台風数は42であり, その進路は, 2007年第5号, 1992年第19号, 1990年第14号, 1982年第19号, 1974年第16号を除いてすべて東シナ海を通過していた(図4)。東シナ海南部および北部での1971年から2010年の40年間の夏季海水温(7~9月)を年度ごとにみると, 東シナ海南部では有意に高くなった(図5)。一方, 東シナ海北部は有意な傾向を示さなかったが, 1994年以降はそれ以前と比較して平年より海水温の高い年次が多かった(図6)。このことから, 東シナ海南部を通過する台風は, 海からのエネルギー供給という点から見ると強い勢力を維持する可能性が年々高まっていることが明らかとなった。ま

図1 山形県の位置および海域の区分

図2 台風の発生数

Mann-Kendall, $**p < 0.05$, $N = 40$

図3 日本海を通過した台風数

Mann-Kendall, $p > 0.05$, $N = 40$

図4 日本海上を通過した台風の進路図
 実践は台風、破線は熱帯および温帯低気圧を示す。N=42

図 5 東シナ海南部の夏季(7-9 月)海水温度(平年差)の推移
Mann-kendall, * $p < 0.05$, $N = 40$

図 6 東シナ海北部の夏季(7-9 月)海水温度(平年差)の推移
Mann-kendall, $p > 0.05$, $N = 40$

た、東シナ海北部を通過する台風は、1994 年以降強い勢力を維持できる可能性が示唆された。

3.2 台風の特徴

藤井ら(2006)は、日本海を通過した台風の風向が南西に変わったときの風速が強いと、海上で発生した海塩粒子が山形県庄内地域の平野の内陸部まで海塩粒子が運ばれ、被害が拡大することを指摘している。山形県酒田で台風の風向が南西～北北西に変わった時点の最大風速について、その風速別推移を示した(図 7)。最大風速が $15 \sim 20 \text{ m s}^{-1}$ の台風数は、1971～1980 年が 0 回、1981～1990 年が 1 回、1991～2000 年が 2 回および 2001～2010 年が 3 回、 $20 \sim 25 \text{ m s}^{-1}$ の台風数は 2001～2010 年が 1 回(2004 年第 15 号)であり、山形県酒田で 15 m s^{-1} 以上の強風を記録した台風は年代が進むにつれて多くなる傾向を示した。

図 7 山形県酒田における最大風速別台風の推移
 $N = 42$, 棒グラフの数字は各風速別の台風数

図 8 山形県酒田における気圧別台風の推移
 $N = 42$, 棒グラフの数字は各気圧別の台風数

山形県酒田で風向が南西から北北西に変わった時点の気圧について、その気圧別の推移を示した(図 8)。気圧が $990 \sim 999 \text{ hPa}$ の台風数は 1971～1980 年が 1 回、1981～1990 年が 2 回、1991～2000 年が 3 回および 2001～2010 年が 4 回であり、気圧が $980 \sim 989 \text{ hPa}$ の台風数は 2001～2010 年が 1 回(2004 年第 16 号)であった。以上から、日本海を通過して山形県酒田で $1,000 \text{ hPa}$ 未満となった気圧の低い台風は、年代が進むにつれて多くなる傾向を示した。気圧の低さはより強い最大風速をもたらす(図 9)、最大風速の強さは風速 10 m s^{-1} 以上の持続時間をより長くした(図 10)。このことから、気圧の低さと最大風速の強さは強風の持続時間を長くして、海上で海塩飛沫が長時間にわたって発生する要因になり、その傾向は年代が進むにつれて強くなったことを示唆している。

図9 山形県酒田で風向が南西～北北西に変わったときの気圧と最大風速の関係

*** $p < 0.001$, $N = 40$

図10 山形県酒田で最大風速 10 m s⁻¹以上を記録したときの風速とその持続時間の関係

** $p < 0.01$, $N = 25$

日本海を通過した台風が山形県庄内地域で最大風速を示したときの風向は、1974年第16号と1978年第8号を除きすべて南西から北北西の方位であった(図11)。このことは、1971年以降に日本海を北上したほとんどの台風は、海上で発生した海塩飛沫を山形県庄内地域の水田に運ぶことができる風向だったことを示している。

台風通過後24時間の積算降水量は、1974年第8号を除いてすべて15 mm以下と少雨であった(図12)。このことは、1971年以降に日本海を通過した台風は降雨をほとんど伴わない風台風となりやすく、潮風害が発生した場合イネに付着した海塩飛沫を降雨により洗い流す効果はほとんど期待できないことを示している。

図11 山形県酒田で最大風速を示したときの風向
 $N = 42$

図12 山形県酒田での台風通過後24時間の降水量
 $N = 42$

3.3 襲来時のイネ生育ステージ

山形県庄内地域でのイネの出穂期からみた1971年以降の台風通過時期は、出穂64日前(分げつ前期)から出穂71日後(成熟期以降)の範囲であった。出穂後30日間に日本海を通過した台風数は、1971～1980年が4個、1981～1990年が5個、1991～2000年が6回、2001～2010年が6個であり、年代による明確な差は認められなかった(図13)。このことは、山形県庄内地域においてイネで被害が甚大になる時期(出穂後30日間に日本海を通過する台風数は1971年以降大きく変化しておらず、イネの生育ステージから見ると潮風害に遭遇する機会が40年間変わらないことを示唆している。

図 13 山形県庄内地域で出穂後 30 日間に日本海を通過した台風数の年代推移
N=42

引用文献

- 土居健一・真鍋尚義・菊地一幸・松永靖雄・竹藤賢次郎, 1986: 1985 年の台風 13 号による水稻の潮風害. 日本作物学会九州支部会報, **53**, 13-16.
- 藤井弘志・小田九二夫・柴田康志・森 静香・今川彰教・安藤 豊, 2006: 2004 年台風 15 号の特徴と山形県における潮風害の実態. 日本作物学会紀事, **75**, 459-464.
- 北海道農政部, 1986: 昭和 62 年潮風害に伴う水稻の登熟障害と種子籾の発芽力. 昭和 63 年普及奨励並びに指導参考事項. pp. 81-84.
- 市丸喜久・牧山繁主・永田徳美・土橋利則・釘本忠人・岩田誠一郎, 1992: 1991 年の台風 17 号による水稻潮風害の実態について. 日本作物学会九州支部会報, **59**, 13-15.
- IPCC, 2001: 第 4 次評価報告書 第 1 作業部会報告書政策決定者向け要約. <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/ipcc/ar4/ipccar4wg.pdf> (2011/7/29 閲覧).
- 陣野久好・木崎原千秋・田中 甫, 1962: 第 2 室戸台風による水稻の潮風害について. 日本作物学会九州支部会報, **19**, 7-9.
- 気象庁, 2011a: 気象統計情報. 過去のデータ検索
- 酒田市酒田 1971~2010. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2011/9/20 閲覧).
- 気象庁, 2011b: 気象統計情報. 過去の台風資料. 台風経路図 1971~2010. <http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/index.html> (2011/9/20 閲覧).
- 気象庁, 2011c: 気象統計情報. 海洋の健康診断表 <http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/maizuru/dbindex.html> (2011/9/20 閲覧).
- 気象庁, 2005: 異常気象レポート 2005 近年における世界の異常気象と気候変動〜その実態と見通し〜(VII). http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/2005/pdf/2005_all.pdf (2011/9/20 閲覧).
- 丸山篤志・大場和彦・黒瀬義孝, 2000: 生育時期別の潮風処理が水稻の収量に与える影響. 農業気象, **56**, 275-282.
- 森 静香・松田裕之・柴田康志・藤井弘志, 2008: 2004 年台風 15 号の潮風害による水稻被害の特徴と減収率の推定. 日本作物学会紀事, **77**, 13-21.
- 柴田康志・小田九二夫・森 静香・藤井弘志, 2009: 山形県庄内地域における 2004 年台風 15 号からみた水稻の潮風害リスクマップの作成. 日本作物学会紀事, **78**, 503-508.
- 柴田康志・松田裕之・森 静香・藤井弘志, 2012: 山形県庄内地域における 2004 年台風第 15 号および第 16 号によるダイズ潮風害の実態. 日本作物学会紀事, **81**, 160-166.
- 坪井八十二, 1961: 水稻の暴風被害に関する生態的研究—作物の風害に関する研究(1)—. 農業技術研究所報告, **A8**, 1-156.
- 山形県農林水産部, 1971~2010: 米に関する資料. 山形県農業総合研究センター水田農業試験場, 1971~2010: 水稻奨励品種成績書.
- 山本良三・太田武治・石川雅士, 1972: 水稻潮風害における附着塩分の移行集積と穂並びに葉の被害発現について. 日本作物学会紀事(別), **41**, 87-88.
- 山本晴彦・早川誠而・鈴木義則, 1995: 1991 年台風 17 号・19 号による水稻の潮風害の実態. 日本作物学会紀事, **64**, 815-821.