

鹿児島県における2003年産水稻の減収要因について

角 明夫・岩浪賢司*¹・福田京子・森 彩恵・今井 勝*²・箱山 晋

(熱帯作物学研究室)

平成16年8月10日 受理

要 約

鹿児島県における2003年産水稻の減収に関連した気象的要因を検討した。鹿児島市での事例から、シミュレーションモデルを用いて推定した気象的可能収量と実収量との間には密接な対応関係があり、また2003年産の早期水稻はこの気象的可能収量が低かったことがわかった。鹿児島市での解析から、2003年産の早期水稻の減収には主として日射量の不足が関わっていたと推定された。鹿児島県における作況指数の地理的分布もまた6月中～下旬の日照時間の減少とほぼ対応した。

キーワード：鹿児島県, 気象的可能収量, 減収, 水稻, 低日射

緒 言

2003年産水稻の作柄は、全国平均で作況指数90と「平成大凶作」と呼ばれた1993年以來の「著しい不良」となった。北海道と東北の作況指数は、それぞれ73と80にまで落ち込み、地域によっては14(下北・南部), 19(網走), 20(十勝)という数字も発表された(統計・情報センター, 平成15年12月8日発表)。中村ら[8], 狩屋ら[3]および中嶋ら[7]は、これらの凶作が「障害型冷害」によって引き起こされた色彩の強かったことを報告している。ただし、2003年は、沖縄県を唯一の例外として、「やや不良」～「著しい不良」と判定された全国的な凶作年であったことも忘れてはならない。例外にもれず、鹿児島県における水稻の作柄も作況指数98であった。

本報では、鹿児島市における水稻収量の推移と鹿児島県下における2003年産水稻の収量分布の解析を通して、鹿児島県における2003年産水稻の減収要因を解明したいと考える。

解 析 方 法

作物生産は基本的に植物の光合成活動に依存した営みであるので、その駆動力たる日射エネルギーの多少はその年の豊凶を左右する重要な要因となる。光合成や呼吸のみならず葉面積の拡大や各器官への乾物分配に関係する温度環境もまた同様である。すなわち、日々の日射量や気温の経過によって収量の上限(潜在収量)が設定される一方で、生育過程で作用する種々の要因、例えば病虫害、風害や水害などの急性的農業気象災害(短期間の低温に遭遇することによって発生する障害型冷害を含む)、さらには栽培技術的問題などのためにそれが実収量へと押し下げられたとの考えが成り立つ。本報では、この可能収量を Horie[2]が開発した水稻収量予測モデル(SIMRIW)を用いて推定した。このモデルの骨格の一つは気象値から成長過程に対応した指数を求めることにある。ここでは、発育過程を表す出芽時、幼穂分化期、出穂期および成熟期の発育指数(Developmental Index, DVI)をそれぞれ0, 1, 2および3とする連続変数とする方式を採用した。ある時点におけるDVIはその時点までの発育速度

*¹ 現在, 九州大学農学研究院

Present address: Graduate School of Agriculture, Kyushu University

*² 明治大学農学部

Meiji University School of Agriculture

(Developmental Rate, DVR) の積算値として算出し、また DVR は日々の平均気温と日長 (日の出から日の入りの間の時間) の関数として求めた。出穂期に至るまでの DVR は鹿児島県における早期水稲および普通期水稲の主力品種であるそれぞれコシヒカリとヒノヒカリに対して、それぞれ中川・堀江[6] および長谷川ら[1] が与えたパラメータを用いることによって算出した。出穂期から成熟期に至るまでの DVR はヒノヒカリに対しては長谷川ら[1] が求めたパラメータに従ったが、コシヒカリに対しては出穂期以降の日平均気温の積算値が 860°C に達したときに DVI が3 となるように定めた。ちなみに、鹿児島県農業試験場で毎年実施されている奨励品種決定調査での結果によれば、コシヒカリとヒノヒカリの移植日 (DVI0.25に相当) から成熟期までの平均生育日数はそれぞれ115日と114日であったが、これは上記モデルに鹿児島市の日長と当該年の気温推移を代入して求めたときの平均値である119日と113日とほぼ一致した。

また、水稲収量の予測は、生育期間中の群落吸収日射量と乾物生産量との間に極めて密接な直線関係が認められることに基づいている。ここで群落吸収日射量は日射量と葉面積指数の、さらに出穂期までの葉面積生長は温度の関数として表される。出穂期までの日射利用効率 (吸収日射量から乾物への変換効率, g/MJ) は1.9と仮定した。また、出穂期以後に生ずる葉面積の減少と日射利用効率の低下はともに DVI の関数として表される。日射利用効率を1.9としたことを除けば、本報では乾物生産量の推定に必要なパラメータは全て Horie[2] に従った。収穫指数は不稔歩合と DVI の、さらに不稔歩合は出穂期前後の冷却量の関数として算出するとともに、本報では、不稔歩合に対する高温の影響についても考慮した[5]。玄米収量は全乾物重と収穫指数との積として表される。これらの手順によって算出された収量は、最適条件で栽培された場合に予想される気象的可能収量^{注)}と考えられるものであり、また収量にみられる地域間較差とモデルによる計算値との間には密接な比例関係があることが既に認められている[2]。日平均気温と日射量のデータは鹿児島地方気象台における観測値を用いた。また、鹿児島県に

おける早期水稲と普通期水稲の移植最盛期がそれぞれ3月下旬から4月上旬、および6月中旬であることを勘案して、移植日を早期水稲において4月1日、また普通期水稲において6月15日として計算を行った。

その他、2003年における鹿児島県下各地点の水稲収量については、鹿児島統計・情報センター発表の数値を用いた。

結果および考察

1. 鹿児島県における2003年産水稲収量の概要

鹿児島県全体でみた2003年産水稲合計の作柄は、作況指数98の「やや不良」であった。これは、普通期水稲の作況指数は100だったものの、早期水稲の作柄が作況指数93と「不良」となったためである。早期水稲での作柄が2003年産水稲合計の作柄の良否を決めたとの結果は県全体を通して認められた傾向であり、普通期水稲の作況指数の地域較差は99から

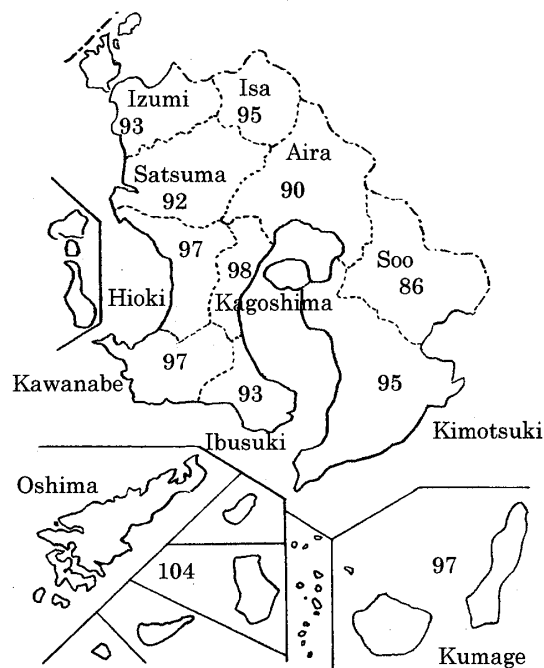


Fig. 1 Geographical distribution map of crop situation index* on early season culture in 12 districts of Kagoshima Prefecture in 2003.

* The values are shown in the ratio to average from 1996 to 2002.

^{注)} 月平均や旬平均レベルで観測値が一致することは起こり得ても、日々の気象経過は多かれ少なかれ年によって異なるのが常である。この意味で、気象条件によって定められる最大収量もまた年変動するとみなさねばならない。予測モデルに気候値を代入して求めた気候的可能収量と区別するために、ここでは各年の気象値をベースとして算出した予測収量を気象的可能収量と呼ぶことにする。

102と比較的小さかった（結果省略）。

第1図に、1996年から2002年までの7カ年平均収量に対する2003産早期水稻の収量比分布を示した。曾於地区（86）から始良地区（90）を経て薩摩地区（92）を結ぶライン上でとくに減収程度が著しかった一方で、大島地区ではむしろ104の多収年であった。作期と地域によってかなり異なる状況にあったことがわかる。

2. 鹿児島市における水稻実収量と気象的可能収量の推移と「2003年」の特徴

鹿児島市における1985年から2003年までの早期水稻と普通期水稻の収量は、早期水稻で1993年の340 kg/10aから1994年の430 kg/10aまで、また普通期水稻で1993年の360 kg/10aから1994年の510 kg/10aまでの間を変動していた。2003年産の早期水稻と普通期水稻の収量はそれぞれ395 kg/10aと467 kg/10aであり、1985年から2003年までの平均収量に対する割合はそれぞれ101と105だった（第2図）。鹿児島県全体でみた早期水稻と普通期水稻の作況指数はそれぞれ93と100であったので、やはり作期と地域によってかなり異なった状況にあったといえる。

第3図はSIMRIWによって推定した鹿児島市における1985年から2003年までの期間中の早期、普通期水稻それぞれの気象的可能収量の推移を示している。早期での気象的可能収量は1993年の490 kg/10aから1994年の630 kg/10aまで、また普通期では1999年の580 kg/10aから2002年の721 kg/10aまでの間を変動していた。2003年産の早期、普通期水稻それぞれ

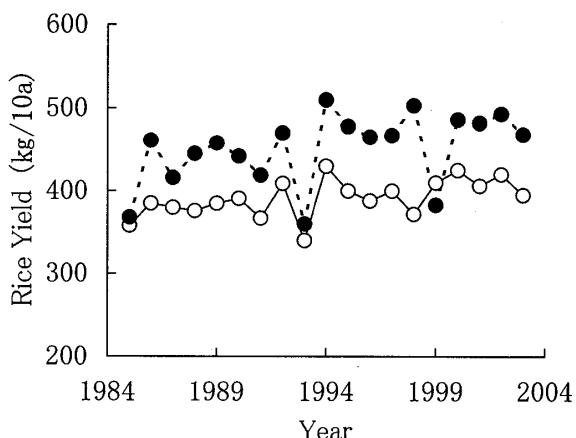


Fig. 2 Changes in paddy rice yield on early and normal season cultures from 1985 to 2003 at Kagoshima City.

Open and solid circles indicate rice yields on early and normal season cultures, respectively.

の気象的可能収量は513 kg/10aと689 kg/10aであり、1985年から2003年までの平均値に対するそれぞれの割合は91と107となる（第2図）。早期水稻における気象的可能収量の低さは1993年における490 kg/10a（87）、1991年における498 kg/10a（89）に次ぐものであった。一方、普通期水稻での気象的可能収量は689 kg/10aと上記期間の平年値642 kg/10aより大きく、2002年の721 kg/10a（112）、1995年の711 kg/10a（111）、1994年の706 kg/10a（110）に次ぐ豊作年（107）であった。

第4図は気象的可能収量と実収量との関係を示している。SIMRIWに基づく計算値は早期水稻と普通期水稻の作期間差異と同時に、それぞれの収量の年々変動を比較的良く説明したことがわかる。この

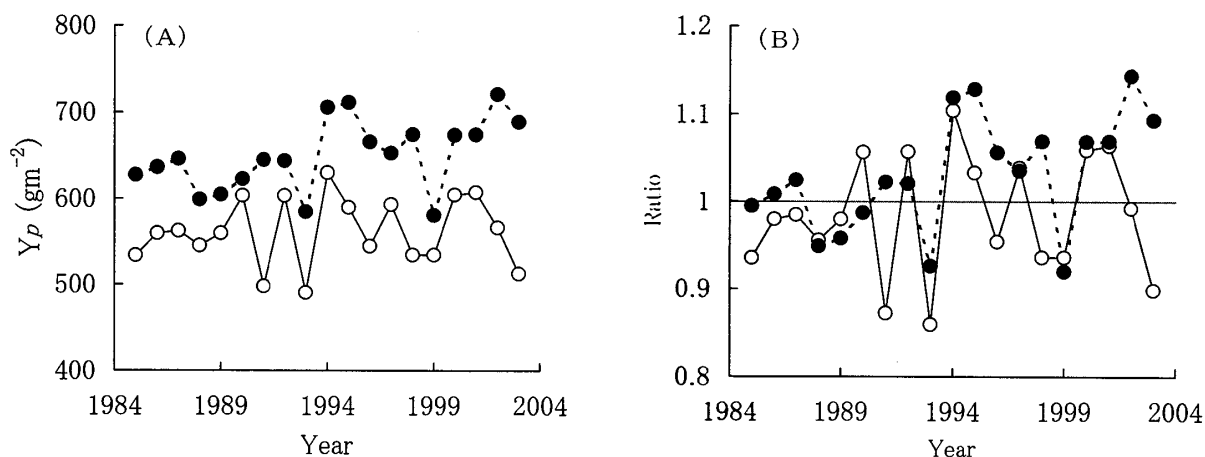


Fig. 3 Changes in meteorologically potential yield (Y_p) on early and normal season cultures from 1985 to 2003 at Kagoshima City estimated by growth simulation models.

(A), absolute value; (B), the ratio to the average from 1985 to 2003.

Symbols are the same as those shown in Fig. 2.

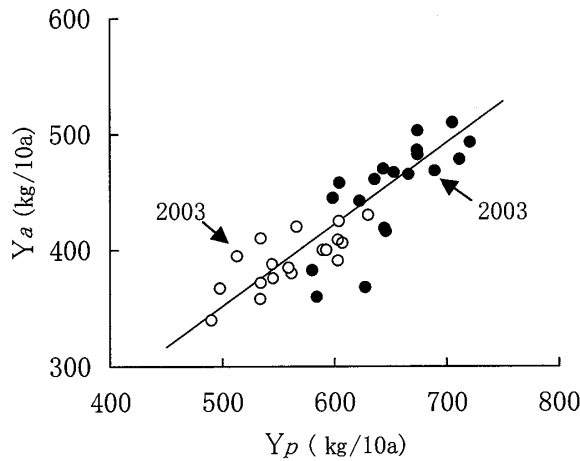


Fig. 4 Relationship between meteorologically potential yield (Y_p) and actual yield (Y_a) found at Kagoshima City.

Arrows indicate the values in 2003. The other symbols are the same as those shown in Fig. 2.

場合、同一作期内における気象的可能収量の年変動は日射量と気温の経過の違いによっている。

第5図に、それぞれ平年値(1971-2000)との差および平年値に対する割合として2003年4月から10月にかけての気温と日射量の推移の特徴を示した。まず、気温は4月~6月上旬と9月上旬を中心として水稻の全生育期間を通じて概して平年よりも高めに推移したことが特徴としてあげられる。6月と7月の中旬にそれぞれ1.4℃と2.9℃ほど低い時期があったが、これらの時期における平年値は23.5℃と28.2℃であり、いわゆる「冷害」が発生するような低温とはいえない。次に、日射量の推移に注目してみると、4月~5月上旬にかけて平年を上回っていたが、5月中~下旬と6月中~下旬にかけては平年を大きく下回っていたことがわかる。とくに、6月中~下

旬における落ち込みが著しい。さらに指摘すべきは、この期間中は梅雨期にあたり、平年値でもこれに前後する期間と比較して日射量が低下し、そのことが早期水稻の低収要因の一つとなっていることである。「2003年」は、そのさらに30~90%ほどに過ぎなかった。

著者ら[9]は、1993年における鹿児島市の水稻減収要因を解析した中で、高温と低日射の組み合わせが減収量を最大にする最悪の気象条件であること、さらに鹿児島においては、早期・普通期水稻ともに、低温で推移することがむしろ増収要因として作用することを指摘した[9]。この意味で早期水稻の生育期間にあたる4月~7月にかけての気象経過は減収をもたらす条件が整っていたとみることができる。早期水稻における気象的可能収量の低下はこの高温と低日射の複合条件の結果である。一方、普通期水稻の生育期間(6月~9月)についてみると、平年を上回る日射量があった。鹿児島県における普通期水稻の作況指数は100と「平年並み」であったが、鹿児島市のように「やや良」の収量をあげた地点もあった。裏返せばこの結果もまた、西南暖地の水稻収量に対する日射環境の重要性を指し示しているといえよう。

鹿児島市における早期水稻の気象的可能収量は平年値(1985-2003年)の91と著しく低かったにも関わらず、実収量は101と「平年並み」となったことに関して簡単に検討しておきたい。第6図は、鹿児島市における実収量/気象的可能収量比の変動を1985年から2003年までの期間について示したものである。ここで、実収量/気象的可能収量比は短時間に生ずる強風や豪雨などの気象的被害および病害、

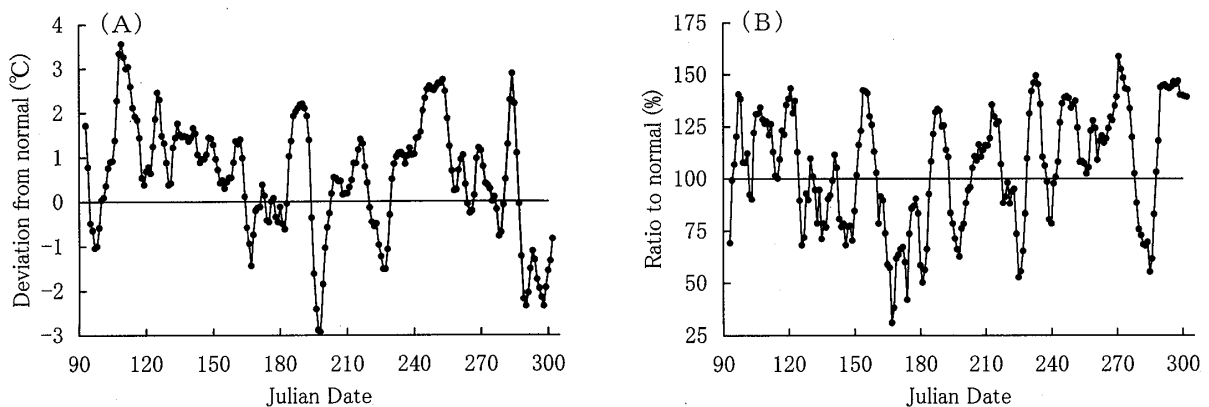


Fig. 5 Comparison of changes in air temperature (A) and solar radiation (B) between normal (1971-2000) and 2003. (A), deviation from normal; (B), the ratio to normal.

The values are shown in the moving average for 5 days both in (A) and (B).

虫害、鳥獣害や雑草害などの生物的被害の総合指標とみなされるものである[9]。例えば、1985年における普通期水稻にみられる実収量/気象的可能収量比の大きな低下は、台風13号(最大瞬間風速55.6m/s)の襲来が風害に対する感受性の大きい出穂期に重なっ

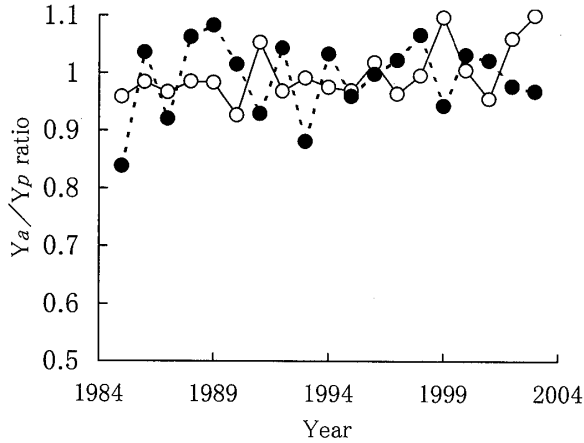


Fig. 6 Changes in the ratio of actual yield (Y_a) to meteorologically potential yield (Y_p) (Y_a/Y_p) on early and normal season cultures from 1985 to 2003 at Kagoshima City.
*The values are shown in the ratio to average from 1985 to 2003.
Symbols are the same as those shown in Fig. 2.

たことと鹿児島湾岸で潮風害が発生したことに対応している。作物生産を行ううえで、日々の気象変動の影響を受けることは避けがたいことであり、この観点にたてば気象的可能収量を人為的に制御することには自ずと限界がある。しかしながら、我々は確な栽培管理を行うことにより実収量を気象的可能収量に近づけることはできる(例えば、黒田[4])。病虫害・雑草防除はその一例であるが、風水害などの急性的農業災害に関する確な事前対策、事後対策を講じることによって被害を最小にすることは可能である。これらは実収量/気象的可能収量比の改善・向上という形で検出されるが、2003年の鹿児島市ではこの比が過去19年間(1985-2003年)平均値の1.1倍と過去最高だった(第6図)。

3. 鹿児島県における早期水稻作況分布の支配要因

鹿児島市における水稻収量の解析から、2003年の早期水稻の栽培期間中においては日射量の不足が著しく、また高温環境がその悪影響を助長したとの示唆が導かれた。第7図は、第5図(B)において最も日射量の落ち込みが大きかった6月中~下旬の期間における日照時間の地理的分布をそれぞれアメダス

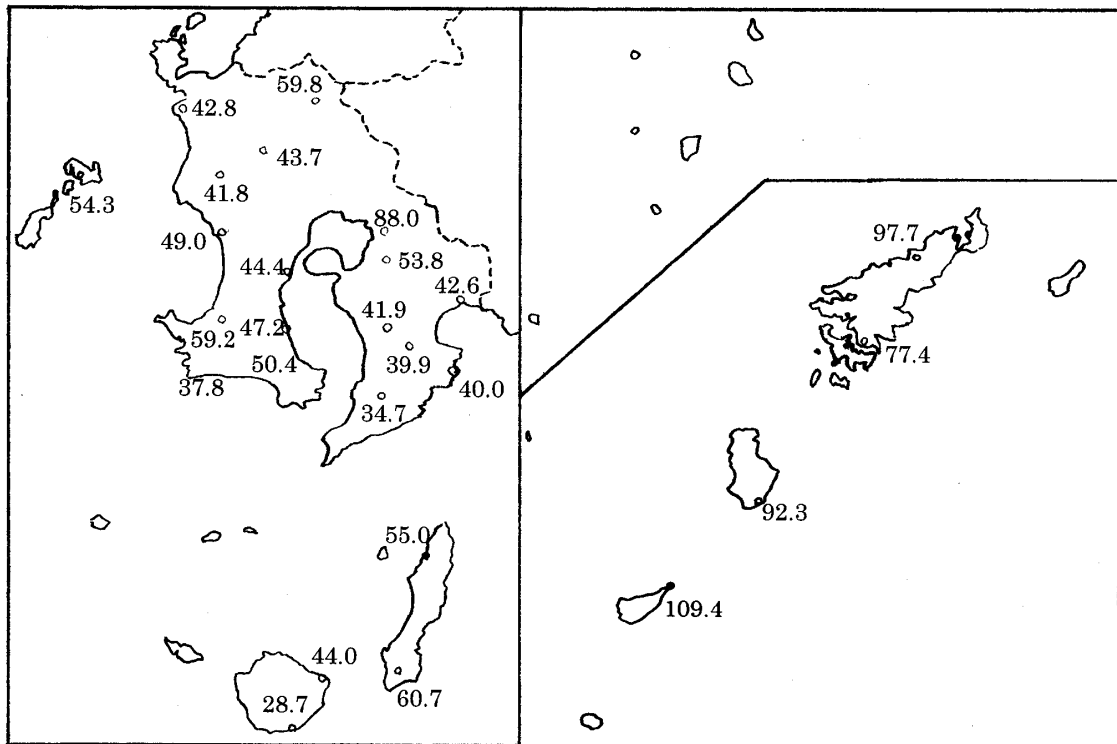


Fig. 7 Geographical distribution map for Kagoshima Prefecture of total sunshine duration* between the middle and the last third of June in 2003.
*The values are shown in the ratio to normal (1971-2000).

データ観測地点での平年値に対する割合で示したものである。鹿児島県本土の多くの地点で、同期間の日照時間は平年値の半分に満たず、この傾向はとくに大隅半島地域と出水地区および薩摩地区で顕著である。一方、南西諸島域における割合は相対的にみて県本土よりも大きく、沖永良部ではむしろ平年値を上回っていた。この分布図は、曾於地区 (86) から始良地区 (90) を経て薩摩地区 (92) を結ぶライン上で減収程度が著しかったこと、大島地区ではむしろ多収年であった (第1図) との事実と比較的良好く符合している。

謝辞：本研究に使用した統計情報と気象データは、それぞれ鹿児島統計・情報センターおよび鹿児島地方気象台から提供されたものである。記して、謝意を表す。また、本稿のご校閲を賜った生産環境学講座教授 初井和朗博士に深甚の謝意を表す。

引用文献

- [1] 長谷川利拡・宮地好徳・芝垣秀明・三浦 学・崎原 健・片野 学：熊本県における気象からみた水稻の生育・収量の予測に関する研究。Ⅰ．発育ステージの予測について。九州東海大学農学部紀要, 14, pp. 9-15, 1995.
- [2] Horie, T.: A model for evaluating climatic productivity and water balance of irrigated rice and its application to south-east Asia. *Southeast Asian Studies*, 59(1), pp. 62-74 (1984)
- [3] 刈屋国男・國広泰史・鮫島良次・清水博之・安田道夫：北海道の水稻冷害の概況と不稔発生要因の解析。「2003年の水稻冷害に関する作物学的緊急調査研究」研究成果報告書 (研究課題番号：15800012), p.16-30 (2003)
- [4] 黒田栄喜：岩手県における水稻冷害の特徴と優良事例の解析。「2003年の水稻冷害に関する作物学的緊急調査研究」研究成果報告書 (研究課題番号：15800012), p.31-45 (2003)
- [5] 宮川修一：タイにおけるイネの潜在生産量の評価。熱帯農業, 38(1), 26-32 (1994)
- [6] 中川博視・堀江 武：イネの発育過程のモデル化と予測に関する研究。第2報 幼穂の分化・発達過程の気象的予測モデル。日本作物学会紀事, 64(1), pp.33-42, 1995.
- [7] 中嶋孝幸・中村貞二・後藤雄佐：宮城県における水稻冷害の特徴。「2003年の水稻冷害に関する作物学的緊急調査研究」研究成果報告書 (研究課題番号：15800012), p.4-15 (2003)
- [8] 中村 聡・中嶋孝幸・後藤雄佐：北日本の気象概況と東北地方での冷害。「2003年の水稻冷害に関する作物学的緊急調査研究」研究成果報告書 (研究課題番号：15800012), p.46-48 (2003)
- [9] 角 明夫・長谷川利拡・鈴木義則・箱山 晋：1993年鹿児島市の水稻減収に関連した気象的要因の解析。自然災害科学, 21(3), pp.233-244, 2002.

Meteorological Factors Related to Decreased Yield of Paddy Rice in Kagoshima Prefecture in 2003

Akio SUMI, Kenji IWANAMI, Kyouko FUKUDA, Sae MORI,
Katsu IMAI and Susumu HAKOYAMA
(*Laboratory of Tropical Crop Science*)

Summary

The meteorological factors related to decreased yield of paddy rice in Kagoshima Prefecture in 2003 are discussed. A close relationship was found between meteorologically potential yield (Y_p) estimated by growth simulation models and actual yield (Y_a) at Kagoshima City. And, in 2003, the decreased yield of paddy rice occurred on early season culture at Kagoshima City were attributed to the low Y_p . It was estimated from an analysis at Kagoshima City that the lower productivity on early season culture in 2003 was primarily attributable to lower solar radiation. The geographical distribution of the crop situation index in districts of Kagoshima Prefecture nearly corresponded with that of the decreased percentage of sunshine duration from the middle to the last third of June.

Key words : Decreased yield, Kagoshima Prefecture, Lower solar radiation, Meteorologically potential yield, Paddy rice