 論 文

本邦における水稻の気候登熟量示数の地域性について*

内 島 立 郎 ・ 羽 生 寿 郎

(東北農業試験場 栽培第二部)

 On the Regional Differences in the Agro-climatic Index on Quantity
of Ripening of Rice Plant in Japan

T. UCHIJIMA and J. HANYU

(Tohoku Agricultural Experiment Station, Morioka, Iwate prefec.)

1. ま え が き

作物栽培を計画化してゆくためには、先ず生育にとって限界となる気候条件を知ることが必要であるが、同時に生産と気候の量的関係を明らかにすることが必要である。筆者らは水稻の生産に利用される気候資源量を表わす指標を気候生産力示数と名付けている。この示数を明らかにするため収量成立を出穂前の生育量と出穂後の登熟量の問題の二つに単純化し、それぞれ生産量と気候との関係について研究を進めてきた。その結果、先に村田¹⁾が示したとほぼ同様な方法で水稻の登熟に有効な気候資源量を表わす指標として気候登熟量示数を明らかにしたが²⁾、本報ではこの示数の我国における地域的特徴を示し若干の考察を報告する。

本研究を進めるに当つて終始御指導と激励をいただいた前東北農試場長岩崎勝直氏および栽培第二部長関塚清蔵博士、並びに懇切な御教示をいただいた農業技術部長木根淵旨光博士に深く謝意を表する。

2. 気候登熟量示数

前報²⁾と多少重複するが以下の記述の都合上気候登熟量示数について若干説明しておきたい。

登熟期間として出穂後40日間をとり、登熟量は登熟期間の同化生産量を代表するものとして単純に全玄米重 Y (精玄米重+屑米重) と考え、また登熟に関与する気候要素としての同期間の平均気温 θ_R (日最高、最低気温の平均) と合計日照時数 S (ジョルダン日照計) を選んだ。

昭和30~34年の42地点の気象感応試験成績について

Y/S と θ_R との関係プロットすると第1図のような関係がえられる。これらのプロットは一見極めて散らばっているようにみえるが、ここでひとつの仮定を考えてみる。気象感応試験といつても常に気象単独の影響を表わしているとは限らず、土壌条件、栽培管理方法等によって正常な生育を様々に妨げられた結果を示していると考えられる。そこで第1図の黒丸のプロットで示した地点や年次は気温、日照時間以外の原因で Y/S 比が制限されていると考えると、温度階層ごとのプロットの上限を示す×印の地点や年次は少なくとも各温度階層における Y/S 比の可能な最大値を示すものと考えられる。そしてこの傾向は近似的に図のような拋物線で表わされる。つまり可能量としての日照一時間当り登熟量(登熟効率)は θ_R によつて変化し、21.4°C の場合に最も大きくて4.14kg/10aを示し、21.4°C から低い方へあるいは高い方へ離れるにつれてその値は小さくなる。そして15.7°C で0、26°C 以上ではほぼ1.4kg/10aで横這いのようなのである。このような Y を気候登熟量示数 Y_R と名付けると、 θ_R が16~26°Cの範囲で、

$$Y_R = S \{ 4.14 - 0.13(21.4 - \theta_R)^2 \} \dots\dots\dots (1)$$

となる。すなわち Y_R は S と θ_R に関する値の積で表わされ、それは登熟量の可能な最大値を気候量で表わしたものと考えられる。したがつてこの示数は θ_R が21.4に接近するほど、また S が大きいほど増大する。これは先に日射量と気温を使つて府県別平均収量から導いた村田¹⁾の気象生産力指数と、対象とする生育期間は多少ずれるがほぼ同型である。

このように筆者らの言う気候登熟量示数とは登熟期間における生産に有効な気候資源の大きさを表わす指標で

* 昭和41年4月6日全国大会にて発表

Fig. 1. Dependence of rice yield (Y , kg/10a) on total sunshine duration (S , hr) and average air temperature (θ_R , °C) during the period of 40 days after heading.

あり、言いかえれば気温、日照条件からみた登熟の可能量を表わすものと考えている。

3. 示数の地域性

(1) 出穂期別示数の地域的分布

出穂期が異なると当然登熟期間の気候条件が異なり示数も違ってくる。第2図は平年の気候からみた示数の分布である。地形を無視して巨視的に描いた分布であるが地域による違いを明瞭に示している。

1) 8月10日出穂の場合

8月10日を出穂期とした場合の示数分布をみると、関東北部から中部地方を結ぶ線を境として示数の大きい東日本と示数の小さい西日本に明瞭に大別される。そして東日本の中では概して日本海側に大きく太平洋側に小さい。中でも示数の最も大きな地方は石狩平野と津軽・秋田平野でいずれも1000ないしそれ以上を示す。また比較的登熟によい条件をもつ地域として示数800以上の地域を考えると、北海道西南部、裏東北一帯及び会津、長野の内陸盆地があげられる。

一方、示数が小さくこの時期の出穂では登熟条件が良くないと考えられる地域は四国、九州及び関東以西の太平洋岸の大部分で、いわゆる西南暖地といわれる地帯に属する。しかしながら暖地でも中国地方、九州の一部などに比較的示数の大きな地域もみられる。

これらのことから、8月前半に出穂する稲の登熟気候条件は、我国では比較的冷涼地帯といわれている地方で

良く、暖地では不良であると推論される。

2) 8月20日出穂の場合

出穂期が8月20日になると、全国的にみて示数は600～800であり8月10日出穂の場合ほど地域差は明瞭でない。つまり出穂が遅くなると東日本の示数は一般に次第に減少してくるが、逆に西日本の示数が漸次増大して全国的に平均化されてくる。

概して日本海側の示数が大きく、津軽、秋田、福井、出雲等の平野や内陸盆地が大きな示数を示し、8月10日出穂の場合の北高型の傾向を多少残している。明らかに示数の小さい地域として石狩中央部を除く北海道の大部分、東北太平洋側北部、関東南部地域等を指摘できるであろう。

3) 9月10日出穂の場合。

さらに出穂期が遅れて9月10日出穂になると、示数の大きい地帯は中部以西の地帯に限られ、東北々部や北海道では登熟が不可能、東南北部でも示数は300～400となり登熟条件は極めて不良と考えられる。西日本の中では瀬戸内海沿岸、西四国及び九州全域を含む地帯の示数が大きくて800以上を示し、中でも佐賀平野を中心とする九州西南部や瀬戸内海沿岸の松山平野、岡山平野などの示数が最も大きく900～1000の値を示している。9月10日出穂におけるこのような示数分布は8月10日出穂における示数分布と極めて対照的で、示数の大きな地域はいわゆる西南暖地に限られている。

(2) 最大示数の地域性

1) 示数

Fig. 2. Geographical distributions of the index for three heading times.

前項で述べたように、各地の示数は出穂期のとり方によつて異なり、したがつて出穂期によつて示数の地域性も異なってくる。すなわち、出穂期が遅れるにしたがつて示数の大きい地域は東日本から西日本へ移行してゆくようである。

次に各地の8月5日から9月20日までの期間について5日ごとの出穂期別示数を計算し各地点の最大値の分布をみると第3図のようになる。これによると示数800以上を示す地域は北海道西南部、裏東北々部及び山形、会津、長野等の内陸盆地、金沢、福井平野、濃尾、伊勢平野、中国四国の西半分及び瀬戸内海沿岸、それに九州全域であり、これらの地域は比較的登熟に良い条件があると言えるだろう。とくに石狩平野、津軽、秋田平野を含む裏東北々部、佐賀平野を中心とした西九州一帯、瀬戸内海沿岸の一部等は900~1000を示し、我国では最も大きな示数を示す地域になつている。

一方、示数の小さい地域は、稲作限界といわれる北海道北東部は勿論であるが、北上川下流の平野地帯及び関東南部から東海地方にかけての一帯、中でも利根川流域の平野中心部の示数が小さく、また近畿北部の日本海側の一部にも示数の小さい地域がみられる。

2) 出穂期

前項のような最大示数をもつ出穂期は第3図のような分布を示す。すなわち、北海道の大部分*と東北太平洋岸北部は8月5日以前、東北地方北部は8月5~15日、東北地方南部から本州中央部にかけては8月15~20日、北陸から山陰地方にいたる日本海側は8月20日~25日、

*) 北海道各地で示数が最大になる出穂期は計算上7月下旬になり、それより遅れるにしたがつて示数は漸減するが、現在の栽培技術では実用的に7月下旬の出穂期は無理である。したがつて北海道では出穂期の実用的な早限が示数最大の出穂期になるであろう。

Fig. 3. Geographical distributions of the maximum of the index (upper) and the heading date necessary to obtain these maximums (lower).

関東南部から東海近畿南部を経て瀬戸内海沿岸を結ぶ線以南の地帯では示数が最も大きくなる出穂期は9月に入り、四国南部と九州の大部分は9月10日頃となつている。つまり北から南へ移るにつれて示数最大になる出穂期は順次遅くなり最早と最晩出穂には1ヵ月以上の差がみられる。

(3) 示数の地域的特徴

気候登熱量示数は(1)式のように平均気温を変数とする関数と日照時数の積として表わされるものであるから、示数値が同じであつても示数を構成する平均気温と日照時数が同じであるとは限らない。

登熱量示数をそれを構成する平均気温と日照時数との座標で表すと第4図のようになる。第4図では示数は上に開く等値線として表わされる。この図には代表的地点についてのみ記載したが、石狩平野を代表する琴似では出穂期が8月5日から8月25日に至るまでいずれの時期も登熟期間の日照が著しく多いことが特徴として指摘できる。そのため登熟期間平均気温が21°C付近に相当する8月5日出穂では登熟効果が最もよいと考えられ示数が著しく大きく1100以上の値になる。出穂が遅れると登熟気温の低下に伴い示数は漸減するが、8月15日頃の出穂期までは示数レベルは極めて高い。しかしそれ以後になると気温低下が著しく250時間以上の多照条件にも

Fig. 4. Regional differences of climatic factors constituting the index in some places.

かかわらず示数は急速に減少する。

また、津軽平野を代表する黒石についてみると、出穂期が8月中旬までは琴似の場合と同様かなりの多照条件であり、登熟気温は21~24°Cの間にあつて示数レベルが高くなっている。最大値は8月5日出穂の場合に出現し日照時数250時間以内、気温22°C付近である。出穂期が8月15日以降になると気温低下とともに日照も漸減し相乗的に示数の減少が著しくなる。

これらに対して、西日本の佐賀では8月上旬出穂の場合に登熟期間は極めて多照であるが、一方気温は26°C

Table 1. Average air temperature and duration of sunshine during the ripening period resulted from the heading date showing respective maximum index in the principal cultural places of rice plant.

Place	Index	Average air temp. (θ_R)	Duration of sun-shine (S)	Heading date
Kotoni	1137	21.7°C	275 hrs	July. 31
Kuroishi	996	21.9	243	Aug. 8
Morioka	820	21.6	198	Aug. 8
Sendai	777	22.1	191	Aug. 15
Akita	1046	22.6	265	Aug. 13
Yamagata	885	22.1	217	Aug. 15
Bange	815	22.4	203	Aug. 15
Kounosu	562	21.3	136	Sep. 3
Nagaoka	777	22.5	195	Aug. 20
Nagano	873	22.6	221	Aug. 15
Isshinden	862	21.5	208	Aug. 30
Himeji	755	21.6	183	Aug. 30
Zentsuji	786	22.3	195	Sep. 3
Saga	1000	21.0	243	Sep. 10

以上の高温となり、高温による負の効果が大きく示数が増加しない。そして琴似、黒石とは反対に出穂が遅くなるにつれ気温は低下して適温に近づき、日照が減少するにもかかわらず示数が増大し、その値は8月25日出穂で800を超え9月10日出穂では1000に達することになる。

一方、関東平野を代表する鴻巣では、いずれの出穂期でも日照時間が少ないのが特長的で、そのためどの時期にも示数が小さい。

第1表には主要地点の最大示数とそのときの登熟気候条件を示してある。また第4図では最大示数のプロットを大きな記号で表わしてあるが、これらの図表を見ると各地点で最大示数をもつ時期はいずれも登熟適温に近い21~22°C付近であり、示数の大きさはその時期の日照時数の大小によつて左右されていることがわかる。

このように、琴似、黒石で示数が大きいのは多照条件に起因しており、出穂が8月中旬以降になると低温が登熟を制約している。佐賀では8月に出穂する場合極めて多照で日照条件としては有利ではあるが高温が登熟を制約し、また鴻巣では登熟適温の時期の日照不足が登熟の制限因子になっているものと考えられる。したがつてそれぞれの地域で制限要素となつている気候条件の下でも Y_R/S 比を上げようような品種の育成や栽培法の改善がなされるならば、登熟の可能性が増大し（この場合(1)式も変化して新しい示数が大きくなる）作物による気候利用の効率を高めることになるであろう。

4. あとがき

本報で尺度にした気候登熟量示数は気象感応試験の技術水準におけるものである。今後、品種を含めて技術水準が高まり、稲体の光合成能力や同化生産物の配分能力が変わつて稲体による気候エネルギーの吸収効率が高まれば、第1図のカーブはあるいはレベルアップされ、あるいは変形されて当然示数の変化が予想される。仮にレベルアップされた場合は本報の地域性はそのまま適用されるであろうが、変形された場合は地域性も変化するであろう。このような技術水準の相違にもとづく示数の変化については後日の検討に俟ちたい。

なお、本報の示数は登熟条件としての気候的尺度を示すものであつて、直ちに収量の多少を反映するものではないこと、また、冷害、台風等の災害からの気候的安定度を示すものではないことを付記しておきたい。

5. 要 約

水稻の登熟過程における生産に有効な気候資源量を表わす指標として気候登熟量示数を先に発表²⁾したが、本報では平年気候下におけるこの示数の我国における地域性について若干の考察を行なつた。

(1) 出穂期別登熟量示数の地理的分布を調べた結果、8月前半の早い出穂期の場合には東日本の示数が大きく、東日本の中では太平洋側より日本海側の示数が大きかつ

た。出穂期が遅くなるにつれて東日本の示数が減少するのに対し西日本の示数が増大した。

(2) 8月5日から9月20日までの間の出穂期について最大示数の分布をみると、我国で最も大きな示数を得得る地域は北海道石狩平野の一部、裏東北々部、西九州等の地域と考えられた。また示数の最も小さい地域は関東平野中央部等であると考えられた。

最大示数を示す出穂期は、北海道、東北地方北部では8月5日以前で、南に向うにつれ遅れてゆき西九州、四国南部では9月10日であつた。

(3) 示数構成要素からみると示数最大になる時期はいずれも登熟気温が $21\sim 22^{\circ}\text{C}$ を示す出穂期であり、示

数の大きさはその時期の日照時数の多少によつていと考えられた。そして北海道、東北では低温が示数の制約条件であり、西九州では高温が、関東では寡照が示数の増大を抑えていると考えられた。

参考文献

- 1) 村田吉男(1964): わが国の水稻収量の地域性に及ぼす日射と温度の影響について, 日作紀, **33**, (1), 59—63.
- 2) HANYA, J., T. UCHIJIMA and S. SUGAWARA: Studies on the Agroclimatological Method for Expressing the Paddy Rice Products. Part 1. Bull. TOHOKU Agr. Expt. Station **34**, 27—36. (1966)

Summary

This report deals with the regional variation of the agro-climatic index on quantity of ripening²⁾ under normal climate in Japan.

(1) Geographical distributions of the index varied with the heading date. At the early heading dates, that is, in the first half of August, the index in the north-eastern part of Japan was larger than those in the south-western part. Particularly, the index in the Japan Sea coast of north-eastern part of Japan was larger than those in the Pacific Ocean coast. The index in north-eastern part gradually decreased with the delay of the heading date. However, the index in the south-western part increased.

(2) The indices calculated for the period from August to September 20 were found to be relatively large in the Ishikari Plains of Hokkaido, in the Japan Sea coast of Tohoku district and in the western part of Kyushu (Fig. 3). On the contrary, the smaller values were obtained in the Kanto Plain.

The heading date to assure the maximum value of the index was found to be in the first part of August in Hokkaido and northern Tohoku. With movement from northern districts to southern districts they became late and September 10 in western Kyushu and southern Shikoku.

(3) Average air temperatures in the ripening period (from the heading date to the following 40 days) showing the maximum value of the index were about $21\sim 22^{\circ}\text{C}$, everywhere. Therefore, the maximum index value at each place was mainly affected by the sunshine duration in the ripening period.

It can be concluded that important limiting factors in increasing the value of the index are low temperature in Hokkaido and Tohoku, high temperature in western Kyushu and insufficient sunshine in Kanto plain, respectively.

支 部 だ よ り

信州支部例会開る: 2月28日信大教育学部で盛会裡にひらかれた。

研究発表

1. 麦類の主穂出葉と気温との関係
丸山 (長野統計調査事務所)
2. 水稻ハウネンワセの不時出穂の発生要因
丸山 (長野統計調査事務所)
3. 長野における水稻最適出穂期の決定法
堀 (長野農試・下伊那分場)

4. Heat Low と雷雨との関連 宇田川(長野地方気)
5. 長野市の降下煤塵 小池・丸田 (信大教育)
6. 松代町の局地豪雨報告 垂沢 (教育科学研究生)
7. 長野市の都市温度分布
伝田・徳永・丸田 (信大教育)
8. 異常気象と桑収穫量 園原 (長野蚕試)

特別講演

カンボジアの気象とトウモロコシ栽培

浦野啓司 (長野農試)