

米の収量と気温との関係及び収量の経年変化

東 条 貞 義*

稲は元来熱帯性の植物であったが、日本に移されてから長い年代を経過しており現在は米作地帯が北海道まで広がっている。しかし稲の成育に必要な7, 8月平均気温の下の限界は米作技術の進歩にも拘らずまだ避け難いようであり、主として収量の発展は高温部に認められるようである。ここでは近年気象資料の整った時代を中心にして調べ米の収量と気温との関係式は従来の直線的な式より指数的な式がよいことを示し、またこれにより収量の歴史的な発展を指摘したい。

1. 米に必要な気温の下限と収量気温関係式

北海道は低温で米作に対する気温とくに低温部の作用が最も強く現われるので、米作に必要な平均気温の下限を知るのに役立つ。

米の反当収量の気象との関係には、古くから多くの人々の相関方程式が提示されており、とくに大後博士によって広範に行われているが、このような一次式による表現は低温地にも、温暖地にも適用にかなりの無理があり、とくに平均気温の下限を示すことは出来ない。北海道では八鍬博士がこの点に注意されて米の道平均反当収量と、札幌における7, 8月平均気温との間に次のような二次式を提示された。その結果は北海道の収量に関する限り遥かにすぐれたものである。

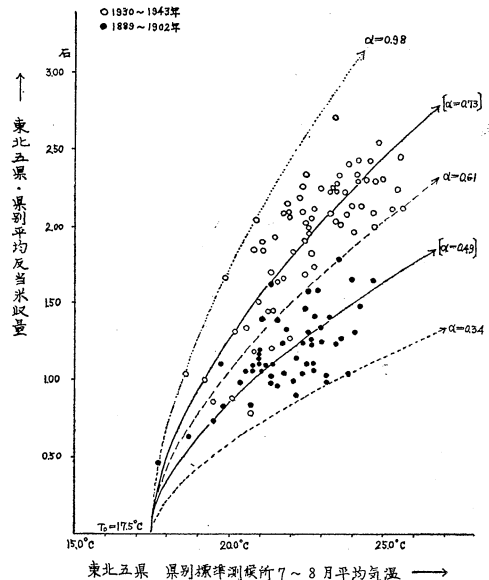
$$\text{米収量 (石/反)} = -22,156 + 1,989T - 0.041 T^2$$

ただしTは札幌における7, 8月平均気温 $^{\circ}\text{C}$

そしてこの式は $T=17.5^{\circ}\text{C}$ で米収量皆無となることを示している。ただ上記の二次式は $T=22.0^{\circ}\text{C}$ 位まで適用されるようであるが、それより高温部では(北海道以外の地域では多発する)なお無理があり、少なくとも $T=24.3^{\circ}\text{C}$ 以上の高温部で急激に米収が減るので広くより高温他地域にこの種の式を拡張して適用するのに適当ではないようである。

幸いに東北五県については約60年にわたり県別反当収量と正規の気温測定があるのでこれらの地区をも包含して適用されるような収量—気温関係式を提示したい。なおこのような関係式を求めるに当たって最も注意しなければならないのは米作技術の発展(品種改良, 農地改良, 農薬の移用など)に伴って発現している収量の経年変化である。このことは十分考えられるべきであるから、資

料は出来るだけ経年変化の差を示すような年代で区分して第1図に示した。このグラフはすべての記録が正確で



第1図 米反収と7.8月平均気温の関係

ある1890年以降の東北地方について調べられ、現代までの時代を4期間に分けて東北五県(福島県を除く)の反当収量と、これらの県の代表測候所の7, 8月平均気温との関係で、特に第1期(1889→1902年)に入る54例及び第4期(1930→1943年)の6の例を示したものである。このようにすると第1期と第4期は中央部に示された破線----($=0.61$ のところ)によって、それぞれ下側に第1期の例数の90%が、上側に第4期の90%が含まれるように分割することが出来る。

この程度の分割の有意な差は(明らかに気温の作用が同等であるならば)農術技術の改良による結果となる

* トウジョウ・ウエザー・サービス

う。

グラフ上に2期を区分する破線は気温と収量の関係が米作下限、平均気温を $T=17.5^{\circ}\text{C}$ として次のように指数式で表現される。このようにして2つの時期における収量-気温式は……(東北五県総合による)

第1期……(1889→1902年, 中央年1895年)

$$\text{米収(石/反)} = 0.49 (T - 17.5^{\circ}\text{C})^{0.608}$$

第4期……(1930→1943年, 中央年1935年)

$$\text{米収(石/反)} = 0.73 (T - 17.5^{\circ}\text{C})^{0.608} \text{となる。}$$

このように見ると経年変化における収量の増加は係数が0.49より0.73になったことを示す。ただし $T=26^{\circ}\text{C}$ を越える高温部にどの位拡張できるかは例が東北に限られているので不明である。また北海道の1907年以降1950年までの資料による収量-気温式は

$$\text{北海道平均反収} = 0.73 (T - 17.5)^{0.608}$$

でこれは東北地方の第4期に対して上に提示したものと同一係数を有すると認められ、高温部に対しては八嶽博士の式より実状にさらに近づいている。なお北海道のみについて1907年→1926年、及び1927年→1940年、1941年→1950年と区分してみても係数は0.73で特別な経年変化を示していないが、東北における第1期に対する資料がないので初期の対比はよくわからない。各地の約20年ごとの係数は次の表のようになり十分経年変化が認められる。なお上記の指数式の適用による標準誤差は各県別に最下段のようになるが、これは経年変化式を得た後に行われたものである (§2 参照)

	青森	岩手	宮城	秋田	山形	福島	北海道
1890→1906年	0.51	0.51	0.54	0.43	0.54	0.46	
1907→1926年	0.66	0.77	0.65	0.60	0.68	0.49	0.73
1927→1943年	0.73	0.78	0.73	0.65	0.74	0.58	0.73
(1941→1950年)	0.74*	0.73*	0.70*		0.72*	0.64*	0.73

指数式の標準誤差 $\pm 0.25 \pm 0.23 \pm 0.22 \pm 0.19 \pm 0.22 \pm 0.25 \pm 0.23$ 石

このように農業技術の導入状況が係数の変化としてかなり簡単に与えられることは経年変化の特徴を知るに便である。年々のように米作の平年値が向上する現代において平均気温から収量を概算するのに経年変化のなす

* なお1941年以降について§2における経年変化を調べるのに採用してないのは戦時戦後の混乱により資料にどの程度信頼がおけるか不明のためであるが、明かに係数の増大は認められない。

役割を評価する上のような式が適当と思われるから §2 でさらに経年変化を式化することとする。

2. 収量の発展

米収量は既に認められているように近年とくに増収につぐ増収をもたらしているため、これまでの一次的な相関式のほとんどは使えなくなっている。そこでここに提示した新しい収量-気温式によって係数に認められる経年変化をもっと古い時代から続いた米収量によって式化してみよう。用いた資料は栃木県東郷村関谷家の記帳1810年より1942年まで続けられた米収量である(荒川博士の資料によったが1904年の反当3.33石及び1938年の1.92石は誤りではないかとも思われるので省いた)。

この資料のうち気温と対照出来るのは1891年の宇都宮測候所開設以後である。この点でそれ以前の状況は不明であるが、とくに諸科学の発展につれて急速に米作技術が改良されてきたのは1900年頃からのことになると思われる。

(イ)1810→1853年 (43回平均) 1.53石/反

(ロ)1854→1896年 (43回平均) 1.77石/反

(ハ)1897→1941年 (43回平均) 2.43石/反

すなわち(イ)から(ロ)にわたる時代では極めて僅かしか平均収量は増しておらず(ハ)の時代で急増することが知られる。

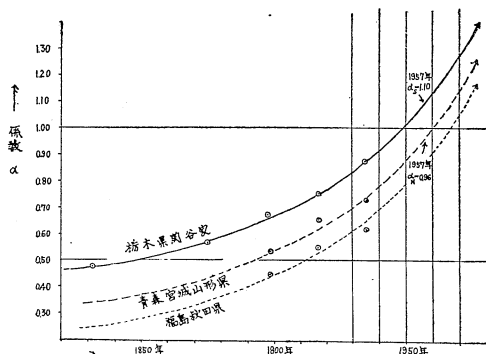
この(ハ)時代をさらに次のように区分すると

(ニ)1891→1916年 (24回平均) 2.13石/反

(ホ)1917→1941年 (24回平均) 2.61石/反

となっておりこれらの平均反収の経年変化から近年において反収が指数的に増大することが認められる。

古い年代(先の(イ)と(ロ))においても特に気候の大変化がなく(少くとも係数に影響するような)気温の発現頻



第2図 係数の経年変化

度が似たようなものだとすれば栃木県関谷家について第2図に示すようになりに正確に1810年から1940年代にわたって係数の経年変化を次のように示すことが出来る。

$$\text{係数} = 0.40 + \exp_{10} \left\{ \frac{0.763}{100} (\text{西歴年次} - 1976.5\text{年}) \right\}$$

これを参考に東北各県の変化を類推すると、二つの異なった水準をもつことが知られる。すなわち青森・宮城・山形県について

$$\text{係数} = 0.27 + \exp_{10} \left\{ \frac{0.763}{100} (\text{西歴年次} - 1976.5\text{年}) \right\}$$

福島・秋田県については

$$\text{係数} = 0.17 + \exp_{10} \left\{ \frac{0.763}{100} (\text{西歴年次} - 1976.5\text{年}) \right\}$$

これら三つの経年変化における第1項の水準は何に基因するものであろうか。また第2項がそのまま農業技術の発展にのみ依存するといえるかどうかは不明である。関谷家という限られた場所と県平均という大きな例では同一には論じられず広地域の平均化によって発展はおこなわれているとも見られる。この点は東北五県相互の比較の方がより意義があるものと思われるが、何故秋田県のように米の多くとれる県で係数の水準が小さいのか理由はよく判らない。なお以上の経年変化係数と気温の年々の値より計算された収量と実収量との間の標準誤差は前表に県別に示した通りであるが、ここでは*印の戦時・戦後の時期は入れていない。この時期を経年変化につき上記の式から外挿して計算した値と比較すると、標準誤差の2倍以上の負の偏差が連続的に発現しており(岩手県のみは差が小さい)明らかに農事の上に大打撃があったものと判断される。

以上のような経年変化が、その後も現代まで外挿出来るものとするれば、1957年において、係数 α は

関谷家=1.10, 青森・宮城・山形=0.96

福島・秋田=0.88

となる。そこで、これらの地域での年々の気温発現頻度がこれまでの50~60年間とほぼ同じようだとすれば一応の目安として最頻気温に対して1957年の平均として期待される収量は次のようになってよい。

場所	関谷家	青森	宮城	山形	福島	秋田
最頻気温	24.0°C	21.5°C	22.5°C	23.5°C	24.0°C	23.0°C
係数(α)	1.10	0.96	0.96	0.96	0.88	0.88
反当(石)	3.4	2.2	2.5	2.8	3.0	2.5

1957年の平均気温を用いた収量を実収と比較すれば、さらによい筈で、その場合には気温条件を除いた他の条件ははっきりするであろう。

このようにして、収量-気温関係は提起された指数式の係数として扱い易く農業技術その他の面を含んだと考えられる経年変化の処理に利が多いようである。

たとえばこの係数間にある県別の水準差が農業技術の浸透の遅速によるとか、農業経営上の問題にあるとかいような分析に進むことになれば、それは各県にとってかなり研究価値があろう。

また我々としては、これまでのように最近数年間の平均収量に比して増収したとか減収したという表現と同時に年々の増収傾向を加味して、7, 8月の平均気温を知って米収量の概数を知ったり、さらに気温をも予想してその年の収量の概数を予想することも可能になるであろうと思いつの試みを提示した次第である。

[なお用いた資料は イ) 月気温は札幌・青森・宮古・石巻・山形・福島・秋田の各測候所。ロ) 米収量については大後美保『日本作物気象の研究』及び其の後の農林省発表、関谷家の記録は荒川秀俊『気候変動論』によった]