

長期無施肥田における水稲諸形質の 位置的変動 (Ⅱ)*

長谷川浩・竹内史郎・奥村俊勝**

Variation of Rice Yield with Sections in the Paddy Field which has not been Manured for Long Years (Ⅱ)*

Hiroshi HASEGAWA, Shiro TAKEUCHI and Toshikatsu OKUMURA**

Synopsis

In Ritto, Shiga Prefecture, there are two paddy fields to which any fertilizers, pesticides and even organic materials have not been applied since 1951. Rice yields of these non-manured fields are not too small as compared with that of ordinarily fertilized fields and the yields varied widely with sections in these fields. This research aimed to account for the above problems, and some experiments were conducted on one of these fields in 1977.

It was elucidated from these experiments that the considerable portions of the yield was mainly due to the use of irrigation water in large quantities and also presumed that the large variation of yields among field sections was derived from the variations of the soil fertility, quantity of plant nutrients from irrigation water and soil temperature. In addition, we concluded that these factors were affected by the unevenness of ground level in the field and their effects were manifested to a greater extent in the non-manured fields than in fertilized fields.

I 緒 言

昭和26年以来、無施肥無農薬栽培が厳格に続けられている滋賀県栗東町辻の田中一枝氏の水田(15アール)では、10アール当り400kg前後の玄米収量が安定的に得られている。この水田は野州川流域の肥沃な沖積平野に位置しているが、長期無施肥田としては、一般に予想し難い収量レベルにあるので、著者らは、本田における水稲の生産機構を、比較栽培学的観点から解明して、多肥多農薬農法への反省と改善に資したいと考え、当事者の協力を得て、昭和49年度から研究に着手した。

長谷川ら¹⁾は本田の栽培法ならびに水稲の生育・収量の特徴を報告したが、そのなかで特に注目した点は、水稲諸形質に位置的変動が著しく大きいことであった。すなわち、収量は水口周辺で特に良好で、施肥田に比して殆んど遜色なく、これに次いで水尻周辺が良好で、中央部は劣っていた。本報はその続報であって、昭和52年度の研究を取りまとめたものである。

一般に無施肥田における養分の天然供給源としては、土壌、かんがい水および生物学的窒素固定が考えられるが、本研究では土壌とかんがい水に着目し、

* 本報の概要は昭和53年12月1日、日本作物学会近畿支部会で発表された。

** 農学科、作物学研究室 (Lab. of Crop Science, Dept. of Agriculture, Kinki Univ., Higashiosaka Osaka, 577, Japan)

両者からの養分供給の実体を、主として水稻の生育と収量から把握しようとした。そのため、水口・中央・水尻の3地点において、作土を相互に交換してポット栽培実験を行うとともに、かんがい水中の養分濃度と地温の位置的变化を調査した。

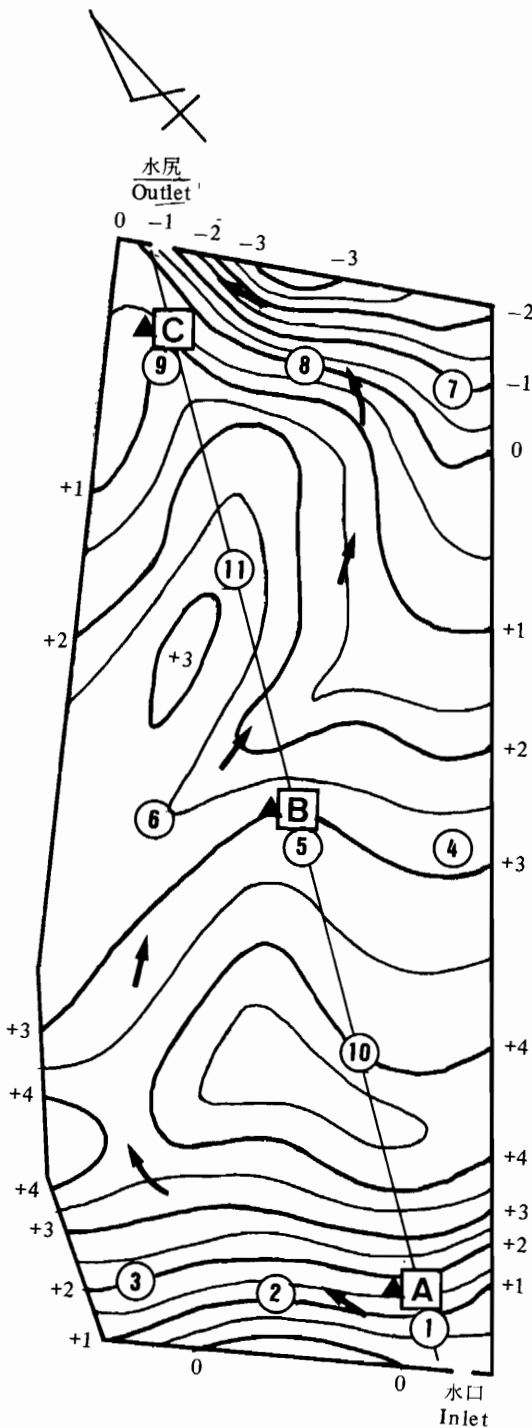


図1 調査田の等高線図

Fig. 1 Contour map of the unmanured paddy field

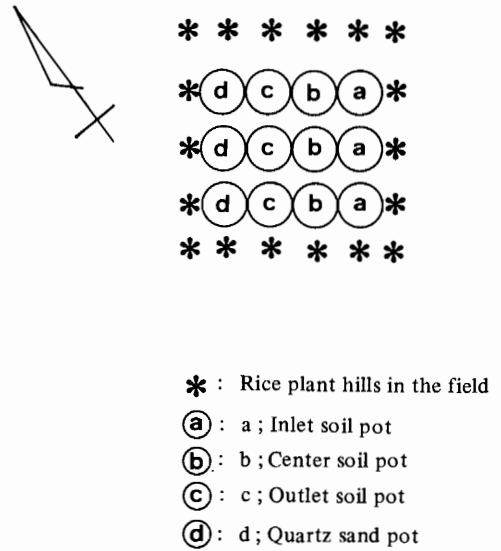
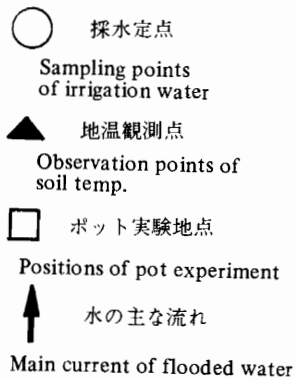


図2 各地点におけるポット配列

Fig. 2 Map of pot arrangement at each position



Ⅱ 実験方法

調査田として、A・B2筆のうちのB田（9アール）を用いた。本田の栽培法は前報の通りで、かけ流し方式で多量のかんがい水が使用されているのが特徴といえる。なお、前報で記したように、本田の東側は小畦を介して施肥田に接し、畦畔をくぐる浸透水や大雨の際に隣接田から養分をもつ水の流入のおそれがあったので、今回は硬質塩化ビニール畦畔板により流入を阻止した。

1. ポット実験

ポット実験を行った地点をFig. 1に示す。各地点は水口と水尻を結ぶ対角線上にあり、A地点は水口から約3 m、B地点は中央、C地点は水尻から約3 mの位置に設けた。A・B・Cの各地点（以下各地点と略す）で作土を採り、それぞれa（水口土壌）、b（中央土壌）、c（水尻土壌）と命名し、対照としてd（石英砂）を加え、5,000分の1アールのワグネルポットに充填し、各3ポット宛計12ポットをFig. 2に示すポット配列によって、各地点の作土中に埋め、ポットの上面は田面から1 cm高まるようにした。供試品種は本田と同じくベニアサヒで、移植は本田と同じく5月14日に行い、ポット当り1株3本植とし、常法により生育および収穫物の調査を行った。

2. かんがい水中の養分分析と地温観測

採水定点11ヶ所と地温観測点3ヶ所は、Fig. 1に示す。採水は5月25日から7月30日まで5回、ろ過水につき窒素（ $\text{NH}_4\text{-N}$ ）と燐酸（ PO_4 ）は分光光度計で、加里（ K_2O ）は炎光光度計で分析した。地温（10 cm深）は5月24日より8月29日まで7回、12時に観測した。

3. 高差測量と土壤細菌数調査

高差測量は本田収穫直后に行い、水口を基準（0 cm）として、0.5 cmの間隔で等高線を描き、図上でかんがい水の主な流れと水深を検討した。土壤細菌数は各地点で表土（0～2 cm）を5月9日から7月16日まで5回採取して常法により調査した。

Ⅲ 実験結果と考察

1. かんがい水の流れ

Fig. 1から明らかなように、本田は必しも平坦ではなく、最高地点+4.8 cm、最低地点-3.0 cm、水尻-1.5 cmで、3 cm以上の隆起面積は約3アール、2 cm以上の隆起面積は約5アールが中央部に存在する。

一般に、かんがい水は田面の低い所を辿って流れ、主な流れとなるから本田では、Fig. 1に矢印で示した逆S字型コースが主な流れとなる。水口から入ると、前方に横わる大きな隆起部に遮ぎられ、流れは西側の鞍部（+3.8 cm）を目指して進み、やがて中央部に入ると西から東へ斜に突出した小さな隆起部に沿って最低地点を目指し、水尻へと至る。このコースには大量の水が流れ、コースから離れた場所では流量は減じ、隆起部では水深が浅くなる。

2. かんがい水による養分供給

かんがい水が水口から入ると、流速が低下し、懸濁状態にあった有機物や粘土など固形物は、比重の重いものから順次に沈澱し堆積して行くが、本田では上述の如く、前方の隆起部に影響されて、水口周辺部約1アールにはこれら固形物が多く堆積し、中央部での堆積量は少ないものと考えられる。本田では長年に亘って多量のかんがい水が使用されて来たので、おそらく固形物は累積され、水口周辺部では地方の向上に寄与していることが考えられる。

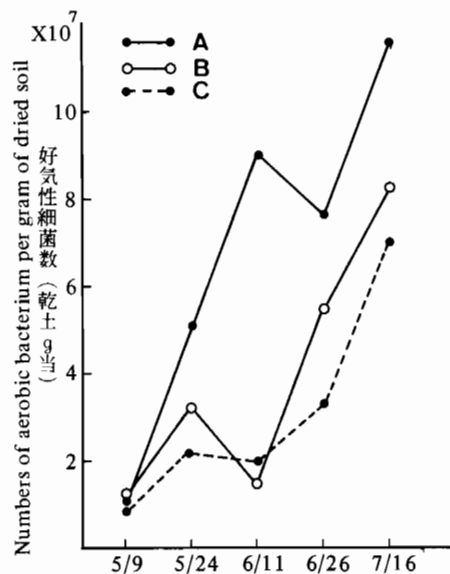


図3 各地点における好気性細菌数の推移

Fig. 3 Changes with times in activities of aerobic bacterium at each positions

Fig. 3は好気性細菌数の位置的变化を示すが、7月に入り地温が上昇すると各地点間の細菌数に変化が大となり、A地点（水口部）で細菌数の増大が著しい。このことは土壤中の炭素含量の多いことを物

語っており、有機物含量の多く堆積していることを示す。なお、水口で数回に亘って測定したSS(かんがい水中の懸濁物質, Suspended Solid)の量は1ℓ当り平均15.8mg(乾物)であった。本田での稲作期間中に流入したかんがい水量は実測されていないが、一般田のかんがい水量を150万ℓとし、本田のそれを600万ℓとするならば、10アール当り流入SS量は96kgとなる。

一方、かんがい水に溶存する養分は、その一部は主として土壌吸着によって奪われるため、かんがい水中の養分濃度は、水口から遠ざかるにつれて低下するものと考えられる。Fig. 4は5月24日におけるア

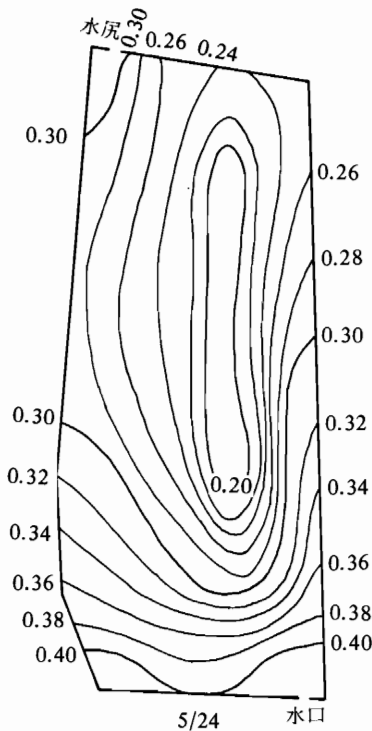


図4 かんがい水中のNH₄-N濃度の等量線図

Fig. 4 Equivalent lines of NH₄-N content (ppm) in the flooded water

ンモニア態窒素濃度の本田内での濃度分布を示している。たしかに、水口から水尻方向に向って、濃度低下が認められ、また、隆起部周辺では隆起の高まるのにつれて、濃度の低下速度が大きい。これは水深が浅くなり、流速が低下するためと考えられる。

Fig. 5は各地点におけるかんがい水中の栄養3成分濃度の時期的変化を示す。時期による変化は例年ほぼ一致した傾向を示しており、当時の降水量とも

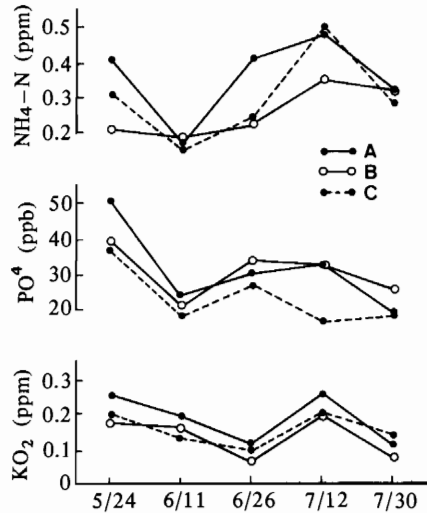


図5 各地点におけるかんがい水中の養分濃度の推移
Fig. 5 Changes with times in plant nutrients in the flooded water at each positions

関係があるかも知れないが、上流の水田地帯での施肥と関係があるようである。なお、窒素濃度が6月下旬から7月中旬にかけて高まることは本田での生育にとって注目すべき点と考えられる。また、地点間で比較すると、窒素は、B地点で各期を通じ最低であって、B地点に代表される隆起部では、かんがい水による養分とくに窒素の供給の少ないことが考えられる。

3. 地温の位置的变化

Fig. 6は各地点における10cm地温の推移を示す。A地点とC地点では、かけ流し水田における特徴が

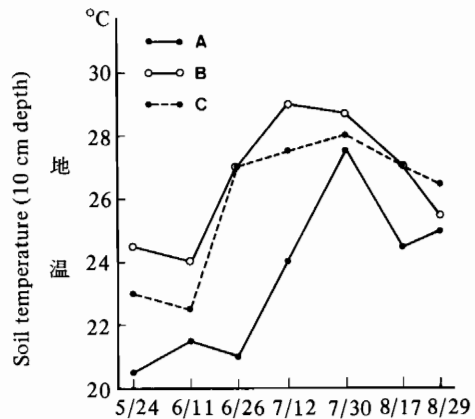


図6 各地点における地温(10cm深)の推移
Fig. 6 Changes with times in soil temperature (10 cm depth) at each positions

よく表れているが、B地点では地温の上昇がもっとも早く、全期を通じて最高となっている。これは同地点が隆起部にあり、つねに水深が浅いためと考えられる。地温は水稲の初期生育に対し、出葉速度と分けつ発現を通じて重大な影響を与え²⁾、しばしば収量を決定づけるものであるが、地温はまた、土壤有機態窒素（以下土壤窒素と略す）の無機化に強く関与する。吉野³⁾は土壤窒素の無機化に対する有効温度を、15℃を越える温度であるとし、稲作期間中における土壤窒素の無機化量は、地温(5cm深)の有効積算温度の関数として表わし得るとしている。本実験では10cm深地温を観測したので、一應それによって有効積算温度を求めてみるとTable 1の如くである。なお、水田の窒素天然供給の大部分は、栽培期間に土壤窒素が無機化したものであると言われているので、本田の如き無施肥田では、地温はこの点において、とくに重視すべきものと考えられる。

表1 土壤窒素の無機化に対する有効積算温度

Table 1 Summation of effective temperature for ammonification of soil organic nitrogen

地点 Positions	A	B	C
有効積算温度 S.E.T. °C	830	1,148	1,077
比率 Percent	100	138	130

4. ポット実験の結果

(1) 1株当り玄米重

各土壤区の1株当り玄米重をTable 2に示す。分散分析の結果によれば、土壤間には0.001, 地点間には0.01の確率で有意差が認められた。

いま、土壤間の比較をすると、何れの地点におい

ても玄米重はa>b>c>dの順に高く、このことは地力もまたこの順に高いものと理解できる。水口土壤の地力が高いのは、かんがい水により搬入された有機物など固形物が大量に堆積するためであろうとしていたが、このことは土壤窒素の無機化の面からも裏付けられると思う。鬼鞍⁴⁾は土壤窒素の無機化は土壤の性質により影響をうけ、無機化量は土壤の全窒素含量と正の相関関係を示すとしており、川村⁵⁾は本田土壤の分析結果から、全窒素含量は水口土壤で最高値を、水尻土壤で最低値を示すとしている。したがって何れの地点においても、水口土壤は他土壤に比しその土壤窒素の無機化量の多いことが考えられる。

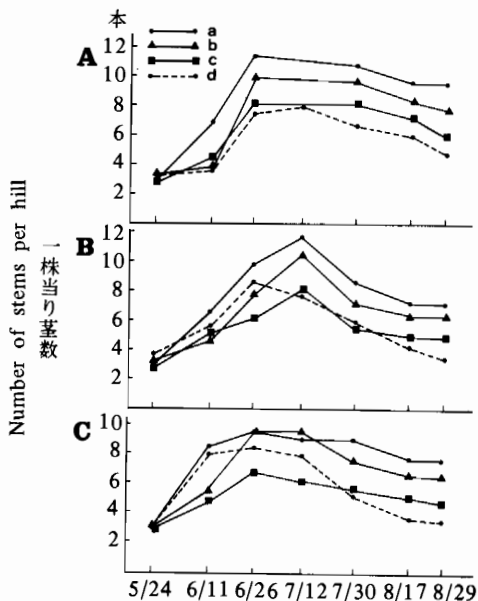


図7 各地点における1株当り茎数の推移
Fig. 7 Changes with times in number of stems per hill

表2 ポット実験による1株当り玄米重
Table 2 Rice yields per hill on the pot experiment

unit: gram					
Soils	a	b	c	d	Total
Positions					
A	13.38	11.61	10.48	6.18	41.65
B	11.62	10.41	6.56	3.01	31.60
C	13.43	12.59	10.77	4.91	42.70
Total	39.43	34.61	27.81	14.10	115.95

Soil : P = 0.001
Position : P = 0.01

次に、地点間の比較をすると、何れの土壤についても、玄米重はC>A>Bの順に大きく、このことは玄米収量の成立に関与した環境については、C地点が最高で、B地点が最低であったものと理解できる。以下その理由を考察する。

B地点は地温の面からはとくに土壤窒素の無機化に有利と考えられるが、かんがい水からの養分供給量の少ないことはすでに指摘した。この点についてはFig. 7の1株当り茎数からも裏付けられると思う。すなわち、生育前半期においては地温が高く、茎数増加は著しいが、後半期には茎数の減少が著しく、明らかに養分供給の不足を物語っている。

A地点はかんがい水からの養分供給の点ではもっとも恵れているが、6月下旬まで地温が低く、地力の高い水口土壤区を除けば分けつの発現が著しくおくれた点が重視されねばなるまい。7月に入って地温が上昇するに伴って、丁度その頃からかんがい水中の窒素濃度が高まるので、茎数は増加して穂数は最高となったが、収量がC地点に及ばなかったのは、おそらく、低節位分けつの不足によるものと考えられる。

C地点は生育初期から茎数増加が著しく、しかも後期においても、茎数が殆んど減少しなかったことが特徴的である。これは後期における養分供給が豊富であったためと考えられるが、おそらく、その養分はかんがい水により本田内に搬入されたものではなくて、本田内で生成されたものと考えられる。それは窒素固定を行うらん藻や前年の稲刈株残渣などの易分解性有機物、或は田打車や手取り除草で田面が攪乱されることによって水中に放出された土壤養分

が、かんがい水の流れによって水尻部に集まり、水稻に利用されたものと推察される。

(2) 玄米収量の土壤依存率

ポット実験終了後、ポット上面には土壤の堆積がみられたが、これはかんがい水的作用によるもので、その厚さはA・B地点で2.3cm、C地点で2.5cmであった。したがって、各土壤区の水稲の吸収した養分は、ポットに充填されていた土壤由来の養分とポット上面の堆積土とかんがい水から由来した養分の合計である。ところが、石英砂には養分は欠除していると考え、d(石英砂)区の玄米重は、堆積土とかんがい水に由来した養分により生産されたものである。したがって、各土壤区玄米重から石英砂区玄米重を差し引けば、土壤由来の養分によって生産された玄米重が得られるとも考えられる。いま仮りにこの前提を認めて玄米収量の土壤由来の養分への依存率を試算するとFig. 8に示す如くである。すなわち、玄米収量の土壤依存率は土壤間ではa>b>cの順に高く、地力の高い土壤ほど土壤依存率は高まる傾向があるといえる。

Ⅳ 要 約

1. 滋賀県栗東町田中一枝氏の長期無施肥田において、土壤とかんがい水からの養分の天然供給の位置的および時期的変化を知るため、水口・中央・水尻の3地点において、作土を相互に交換したポット実験を行った。
2. 本田には大小2ヶ所の隆起があり、水口より3cm以上の隆起部面積は、中央部に約3アール存在

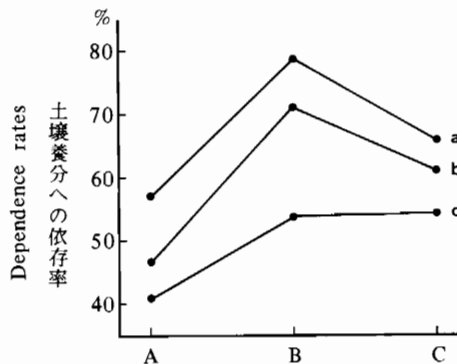


図8 玄米重の土壤養分への依存率

Fig. 8 Dependence rates of rice yield upon plant nutrients derived from soils

$$\text{The rate} = \frac{\text{yield of each plot} - \text{yield of d plot on same position}}{\text{yeild of each plot}} \times 100(\%)$$

し、かんがい水の主な流れはその影響をうけて逆S字形コースをとり、隆起部では流量の低下が考えられる。

3. かんがい水の搬入する有機物など固形物の多くは、水口周辺の約1アールに集中的に堆積して地力を高める原因をなしていると考えられる。また、かんがい水に溶存する養分濃度は、水口から遠ざかるにつれて低下し、隆起部ではその低下速度の大きいことがみられ、これらのことから、本田中央部ではかんがい水による養分供給の少ないことが推測される。

4. 地温（10cm深）はかけ流し水田の特長をよく表わし、水口部でつねに低温に経過したが、中央部では水深が浅いため、つねに高温となった。なお、無施肥田における窒素の天然供給の大部分は、土壤窒素の無機化によると考えられているので、地温の面から土壤窒素の無機化の位置的变化を考察した。

5. ポット実験による各土壤区の玄米重は、土壤間および地点間に、有意差が認められ、玄米収量は水口土壤、中央土壤、水尻土壤の順に高く、このことから地力は水口から水尻に向かって低下していることが明らかになった。また、地点間では、水尻部、水口部、中央部の順に収量が高く、このことから、玄米収量の成立に関与した環境は、水尻部で最高であり、中央部が最低であることが明らかになった。なお、対照区として加えられた石英砂区の玄米重は、主としてかんがい水由来の養分で生産されたものと考えられるから、各土壤区の玄米重から全区のそれを

差引いて土壤由来の養分による玄米重を試算し、玄米収量の土壤依存率を求め検討した。

6. 以上の結果から次の点が結論された。

(1) 26年間に亘って無施肥栽培されて来た本田で10アール当り400kg前後の収量が得られるのは、多年に亘って多量のかんがい水が使用されているためと考えられる。

(2) 収量に位置的変動が大きいのは、田面の不均平のため、地力・かんがい水からの養分供給量および地温に位置的な変動を生じ、それらの影響が無施肥田では大きく発現するためと考えられる。

謝辞 本調査田の高差測量は、農業土木研究室助手高松善博氏により行れた。こゝでご好意に対し深く感謝する。

引用文献

- (1) 長谷川浩・竹内史郎・奥村俊勝・江管洋一：近畿作物・育種談話会報，22，1～4，(1977)
- (2) 長谷川浩：農業及園芸，34，1975，(1959)
- (3) 吉野喬・出井嘉光：農事試験場研究報告，25，1～62，(1977)
- (4) 鬼鞍豊・吉野喬・前田乾一：日本土壤肥科学雑誌，46，255～259，(1975)
- (5) 川村三郎・中島照夫：本誌，12，157，(1979)

(昭和53年10月16日受理)