

茨城県に分布する火山灰畑土壌における有機物施用に関する総合的考察

石川 実・石川 昌男

堆厩肥は地力の維持増進および土壌改良などに、なかば必須のものとされてきたが、その生産力的意義は抽象化され、固定化されている面がないでもない。

そこで、茨城県内で行なわれた既往の成績を検討した結果、堆厩肥のもつ養分的な効果は無機質資材によってかなり代替できることが認められた。また、県内で慣行的に行なわれている年間 a 当たり 150kg 程度の施用量では残効は少なく、土壌物理性改善の面でも多くは期待できないようである。しかしその反面、堆厩肥のもつキレート効果、緩効的な肥効および霜柱の被害軽減など、無機質資材では代替できない面も認められた。一方コンバインの排出物である藁稈類の鋤込みは堆厩肥とほぼ同等の効果が認められ、将来における有機物施用の方向を示すものと思われた。

以上のごとく、有機物のもつ相助的効果は無機質資材などで完全に置きかえることはできず、その生産力的意義を否定することはできないが、有機物による地力の維持増進ならびに土壌改良を行なうに当っては、生産力を阻害している要因を明らかにし、その診断にもとずいたうえで、より効率よく利用する必要があると考えられた。

I 結 言

堆厩肥を含めた有機物施用の意義についての土壌肥料的な論議は、つねに古くて新しい問題である。この堆厩肥は古くから農家の自給肥料として広く利用され、地力を維持増強するためには必須の資材であるとされてきた。化学肥料が不足していた時においてはもちろんのこと、現在のように化学肥料が豊富になった時代においても、農家では慣習的な根づよさで堆厩肥が用いられている。このように堆厩肥が農業と深い関係をもちつづけてきたことは、堆厩肥がすぐれた肥料であり、また化学肥料では補えない一面をもっているからであるとも考えられる。

これまでも堆厩肥の施用効果については数多くの試験が実施されてきた。その結果、主として堆厩肥中に含まれている養分が効果を示す直接的効果と、堆厩肥施用によって生ずる土壌の物理性の改良が効果を示す間接的効果の観点から説明されてきたが、堆厩肥のもっている機能や施用効果について具体的なデータをもって解析されたものは必ずしも多いとはいえない。そのために、ともすれば堆厩肥の意義が抽象化され、固定化されている面がないでもない。

しかしながら、最近における農家の労働力の不足から堆厩肥の施用が減少しつつあり、その反面、コンバイン

などの大型機械の導入によって、作物残渣がそのまますきこまれる機会も多くなりつつあり、それにとまらぬ新たな問題も提起されてきている。

いっぽう、土壌肥科学に関する研究は近年いちじるしく進展し、土壌の生産力に関係する要因がしだいに解明されてくるにつれて、堆厩肥を含めた有機物施用の意義も、従来とはかなり異なった視点から検討されつつある。

このような段階において、畑地における有機物に関する既往の成績を整理検討し、今後の研究の基礎とすることが必要であると思われる。茨城県においても畑土壌における有機物施用に関する試験は数多く行なわれており、その一部についてはすでに報告されている。しかしながら、報告されずに埋もれた成績の中にもきわめて貴重なものがあり、またこれまでの試験はそれぞれ個別に行なわれたものが多く、これら多数の成績から有機物施用の意義について総合的に検討したものは少ないと思われる。

このような理由から、本報告では、すでに報告された成績については重複するが、本県の火山灰土壌を対象として行なわれた堆厩肥および有機物施用に関する多数の試験成績に、新たに得られた知見を加えて火山灰土壌における有機物施用の意義について総合的に検討を加えてみた。

なお、本報告をまとめるに当たって、茨城県農業試験場化学部の成績以外に旧石岡試験地環境部および旧友部試験地畑作経営部の成績を使わせていただいた。なおこれらの試験は筆者らとともに、現九州農試橋元秀教博士、茨城県専門技術員飯田米氏、肥飼料検査所虎口俊夫主幹、農業改良普及員仁平照男、須田清隆主幹、当時故鈴木竜彦博士、押鴨保夫部長、酒井一室長、小林登室長、本田宏一技師、岩倉昭技師の諸氏が担当されたものであり、ここに深く感謝の意を表します。

II 有機物施用に関する調査および試験成績

1 堆厩肥の成分組成とその肥効

1) 茨城県における堆厩肥の成分組成¹⁾

県内一円から採取した堆厩肥 105点について成分を分析した結果は第1表のとおりである。

第1表 堆厩肥の成分組成

項目	平均値	変異係数
H ₂ O	75.1 ± 12.2	16.3
pH (H ₂ O)	7.9 ± 0.8	10.1
C	7.9 ± 2.1	37.6
N	0.39 ± 0.17	43.5
C/N	20.3 ± 6.5	31.9
P ₂ O ₅	0.19 ± 0.09	47.3
K ₂ O	0.70 ± 0.45	64.2
CaO	0.45 ± 0.22	48.8
MgO	0.13 ± 0.05	38.5
Na ₂ O	0.13 ± 0.03	23.1
MnO	248 ± 111	45.0
B	1.9 ± 1.3	68.5
SiO ₂	4.5 ± 1.4	31.2

注) 原物当たり%, ただしMnO, Bはppm。

本表によれば、水分、炭素率をはじめ、いずれの成分についても変異係数はいちじるしく高く、とくに窒素、

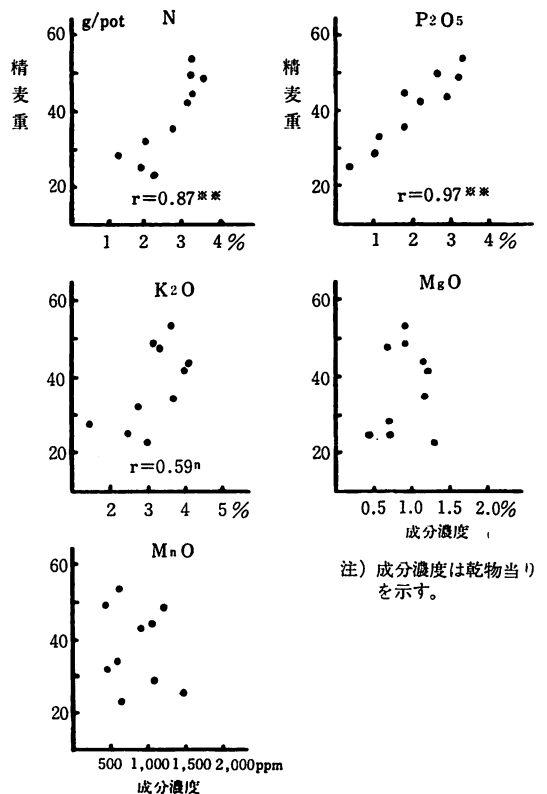
リン酸、加里、石灰、苦土、マンガンおよび硼素の各成分については40以上の値を示し、なかでも加里および硼素では60以上の高い値が認められる。これに対して、水分およびpHは中性ないし弱アルカリ性を呈するものが多い。

このように、いずれの成分についてみても、その最高および最低値の差が大きく、成分含量にいちじるしい差のあることが認められ、成分含量の多少によって堆厩肥の効果も異なることが予想されるので、つぎの試験を行った。

2) 堆厩肥の成分組成の差異と肥効²⁾

堆厩肥の成分組成の相違が作物の生育、収量におよぼす影響を知るために、米作日本一受賞農家の堆厩肥を含めて、製造および管理方法が異なる堆厩肥を用いて、大麦(竹林茨城2号)を供試し鉢試験を行なった。その際、堆厩肥は乾物50g相当量を原物で施用し、化学肥料はpH6.0矯正量の石灰を除いては使用しない条件で行なった。

供試した堆厩肥の成分および成分濃度と子実収量との関係は、それぞれ第2表および第1図のとおりである。



第1図 堆肥の成分濃度と大麦収量

茨城県に分布する火山灰畑土壌における有機物施用に関する総合的考察

第 2 表 堆厩肥の成分濃度と大麦収量 (乾物%, MnO_iはppm)

No.	区 別	H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	稈 重 g/pot	子実重 g/pot
1	長野・小池・厩肥 (A)	79	3.09	2.18	4.02	2.92	1.19	912	19.3	42.3
2	長野・小池・厩肥 (B)	79	3.17	2.68	3.22	2.70	0.88	428	21.5	49.3
3	長野・北原・厩肥	77	3.23	3.29	3.55	4.22	0.91	595	25.5	52.9
4	富山・上楽・厩肥	68	3.55	3.24	3.32	1.36	0.69	1,182	24.0	48.0
5	栃木・農試・堆肥	69	2.19	0.44	3.04	3.84	1.25	623	14.3	23.0
6	栃木・仁井田・厩肥	77	1.98	1.14	2.83	2.76	0.59	485	17.8	32.0
7	長野・小池(浩)・厩肥	78	2.69	1.82	3.68	3.56	1.14	583	17.2	34.8
8	長野・川合・堆肥	74	3.22	2.95	4.12	4.12	1.14	1,090	20.0	43.7
9	青森・農試・堆肥	63	1.34	1.03	1.46	2.87	0.70	1,100	16.5	28.3
10	茨城・農試・堆肥	75	1.93	0.38	2.53	0.87	0.69	1,450	14.3	25.2
	平 均	73	2.64	1.92	3.18	2.93	0.91	845	無 堆 肥 8.0	8.3

備 考 (1) No 1, 2は36, 37年, No 3は33, 39年, No 4は30年に米作日本一受賞農家。

(2) 供試作物：大麦竹林茨城2号

(3) 供試土壌の主な化学的性質：pH (Kcl) 4.5, T—C7.3%, CEC35.6me, 塩基飽和度21.4%, 有効態リン酸1.8mg, リン酸吸収係数2, 277mg

供試した堆厩肥の成分についてみると、米作日本一受賞農家のものはいずれの成分においても高い含有率を示し、なかでも窒素、リン酸および加里は高濃度である。

これらの堆厩肥の成分濃度と収量との関係についてみると、第1図のように窒素およびリン酸濃度の高いものほど収量が高く、窒素濃度と収量との相関係数は0.87、リン酸では0.97といずれも相関が高い。しかし、カリ濃度との相関は低くなり、その他の成分については明らかな傾向は認められない。

この場合、堆厩肥中の窒素およびリン酸が子実収量に大きく関与しており、しかも濃度の高いものほど増収している。したがって、本試験の結果から堆厩肥は養分供給の効果が大きいと考えられる。

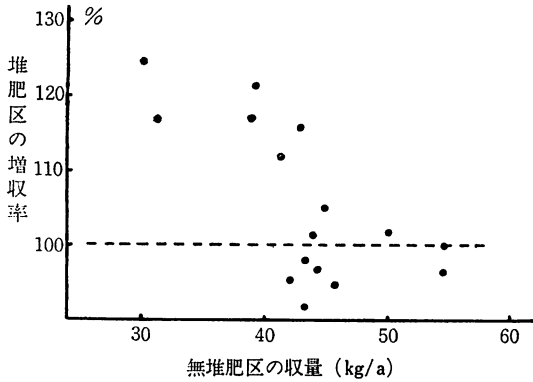
2 土壌の生産力と堆厩肥の効果

1) 地力判定試験からみた堆厩肥の施用効果⁴⁾

昭和35年から地力保全基本調査の一環として、県内各地で行なった地力判定試験の成績から、堆厩肥の効果についてみると第2図に示すとおりである。

これによれば、無堆厩肥区の大麦収量がa当り約40kg以下の土壌では堆厩肥の施用効果は高いが、大麦の収量が40kg以上の土壌では効果が認められないか、または効果が認められる場合でも増収率の小さいことがうかがわれる。

この傾向は土壌の生産力の相違によって、堆厩肥の施



第2図 大麦の収量と堆肥の効果

用効果が異なることを示しているものと思われる。

2) 生産力が異なる畑地における堆肥の施用効果³⁾

前項において畑地の生産力が異なる場合、堆肥の施

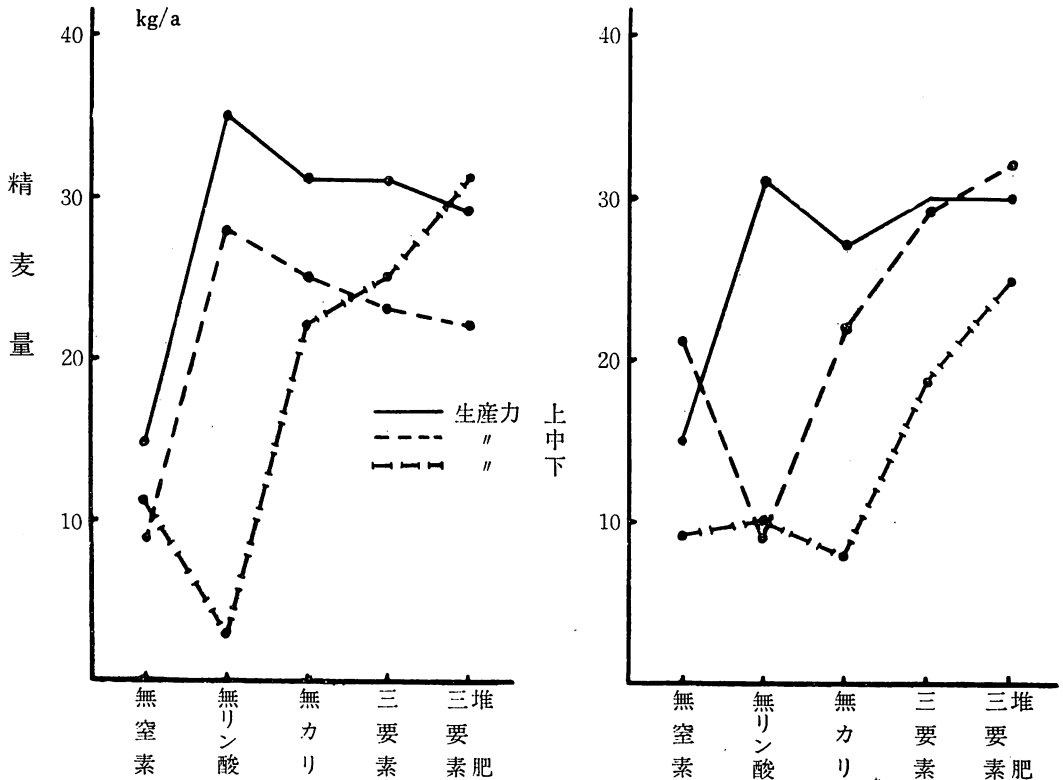
用効果に差異のあることが推察された。また前述したように、堆肥の質によって効果の異なることが示唆された。そこで前の試験とは逆の立場から、生産力が異なる畑地において同一の堆肥を用いた場合の効果について検討した。この場合の生産力の高低は農家および普及員からのききとり調査によって区分した。試験結果は第3図のとおりである。

この結果によれば、茨城および舟木の両地区とも、生産力の高いといわれる畑地では、三要素区と三要素堆肥区の比較からみられるように、堆肥の効果はほとんど認められないが、生産力の低いといわれる畑地においては、施用効果のいちじるしく高いことが認められる。

本試験の場合、ききとり調査による生産力の高低は、無リン酸区および無カリ区の収量とよく符合しており、なかでも無リン酸区との関連が高いことが認められる。したがって、この場合、生産力の低い土壌における堆肥の効果は土壌中に不足している成分、とくにリン酸を堆肥中のリン酸によって補ない、収量を高めた

茨城地区

舟木地区



第3図 生産力を異にする畑での堆肥の効果と大麦収量

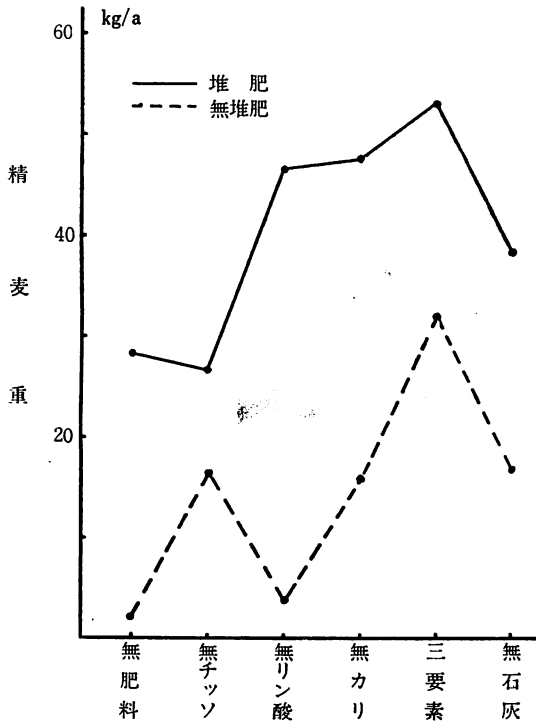
ものと考えられるが、逆に土壤中の養分が豊富な場合には、堆厩肥の効果はマスクされることが示唆される。

3) 開こん畑における堆厩肥の効果⁵⁾

上記の試験結果から生産力の低い土壤において堆厩肥の効果の大きいことが推察されたので、さらにこのことを確認するために、腐植質火山灰土の開こん畑において堆肥無施用系列と堆肥系列を設け、四要素試験を行なった。その結果は第4図のとおりである。

なお、供試土壤の主な化学的性質はつぎのとおりである。

pH (KCl) 5.3, T-C 5.26%, CEC 17.8me,
石灰飽和度24.2%, リン酸吸収係数2,381mg,
有効態リン酸0.1mg



第4図 四要素試験と大麦収量

堆肥無施用系列の場合、各区とも収量は少なく、とくに無肥料、無リン酸区の収量はいちじるしく少ない。堆肥施用系列では無施用系列に比べて各区とも収量が増加し、とくに無肥料、無リン酸の両区は増収率が高く、ついで無カリ、無石灰、無窒素区の順である。

本土壌は各要素とも欠乏しているが、このような場合堆厩肥は養分の供給源として役立つが、とくに欠乏がひ

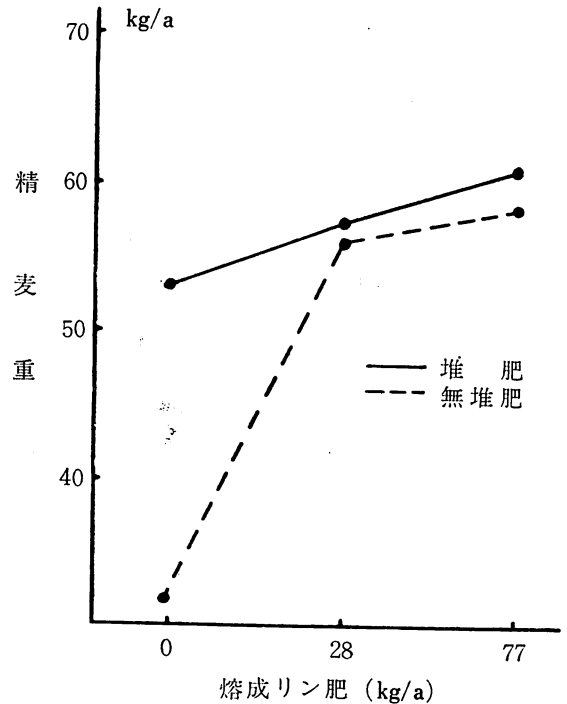
どく、生育の制限因子となっている養分について、その効果がいちじるしいものと考えられる。

3 無機質資材による堆厩肥の代替性

1) 熔成リン肥多施用による土壤改良畑における堆厩肥の効果⁵⁾

これまで述べてきたところから、堆厩肥は養分の供給源としての効果の大きいことが認められた。しかし、その場合土壤中に不足している養分を十分に補給すれば、堆厩肥を施用しなくても、それを施用した場合に匹敵する収量をあげることができるのではないかと考えられる。

そこで前記の四要素試験を行なった同一ほ場において、熔成リン肥を多施用して土壤改良を行なった場合の堆厩肥の施用効果について検討した。その結果は第5図に示すとおりである。なお、この場合堆厩肥はa当り150kgを全面施用し、塩基飽和度は50%に改良した。



第5図 熔成リン肥による土壤改良と堆肥の効果

この図によれば、熔成リン肥無施用の場合、堆厩肥区の収量は無堆厩肥区に比較していちじるしく増加するが、熔成リン肥多施用区においては堆厩肥施用区と堆厩肥無施用区との収量差はきわめて小さいことが認められる。

本試験の結果からみれば、土壤中に不足している養分を十分に補給すれば、堆厩肥の効果はいちじるしく減殺され、堆厩肥を施用しなくともかなり高い収量をあげることができるものと考えられる。

しかしながら、この試験で用いた堆厩肥施用量は a 当たり 150kg であり、この中のリン酸成分 (P_2O_5) は 0.89kg で、これはリン酸吸収係数 3% 相当量の熔成リン肥約 $30\text{kg}/a$ ($\text{P}_2\text{O}_5\ 6\text{kg}$) の肥効に相当する。すなわち堆厩肥中のリン酸は化学肥料のリン酸に比べて、いちじるしく利用率が高いことが認められる。これは堆厩肥のもつキレート作用などによってリン酸の固定が防止され、リン酸の肥効が増大したものと考えられる。

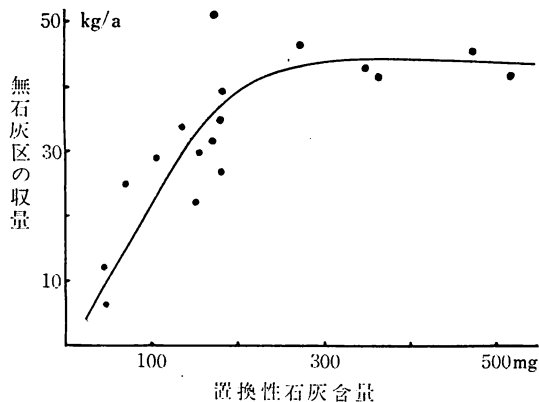
また、堆厩肥中の窒素の緩効的な肥効については、堆厩肥の特長の一つとして、古くからあげられているところであるが、各種の緩効性肥料が開発されている現在においても、堆厩肥の緩効性にまさるものは少なく、この面における堆厩肥の意義は大きいと考えられる。

このように、堆厩肥のもつ機能のうち、化学肥料などの無機質資材で代替できる面もあるが、なお代替できない部分もかなり認められる。

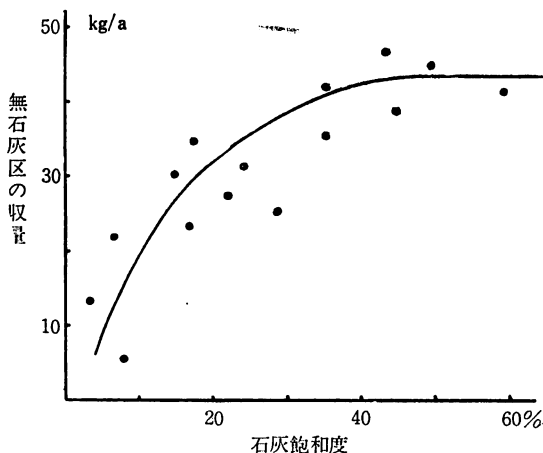
2) 火山灰畑土壌における土壌改良の基準

これまで、単に生産力が低いとか高いとか、あるいは養分が多いとか少ないとかという表現を用いてきたが、土壌を改良するに当たっては改良すべき目標となる基準が示されなければならない。そこで、これまでに行なわれた地力判定試験から、リン酸と石灰を例にとって土壌改良基準について検討してみた。その結果は第6, 7, 8, 図のとおりである。

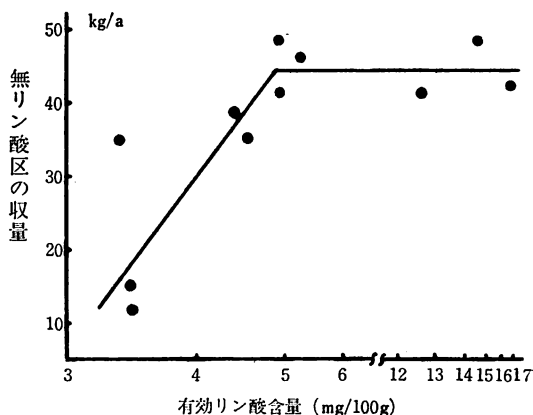
これらによれば、火山灰土壌においては、置換性石灰含量が 200mg 以下、または石灰飽和度 40% 以下の場合には、石灰含量と大麦収量はほぼ比例するが、これらの値



第6図 置換性石灰含量と大麦収量 (堆肥施用)



第7図 石灰飽和度と大麦収量 (堆肥施用)



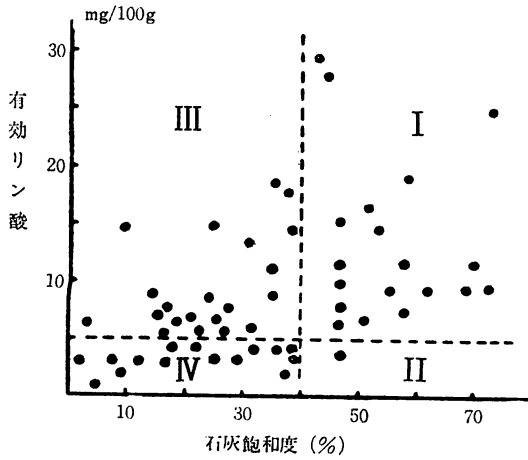
第8図 有効リン酸含量と大麦収量 (堆肥施用)

以上では収量との相関が低くなり、 a 当たり子実収量が約 45kg 前後で頭打ちの状態になることが認められる。同様のことは有効態リン酸の場合についても認められる。すなわち、有効態リン酸が 5mg 以下の場合には、収量はリン酸含量に比例するが、 5mg 以上の場合には a 当たり 45kg 前後の収量で横ばい状態になっている。

以上のことは、火山灰畑土壌において、大麦の収量を安定し得るためには、土壌中のリン酸および石灰含量を一定量以上に富化させることが必要であることを示している。そしてまた、上記の値はリン酸および石灰についての土壌改良の基準値とみなすことができよう。

上記の基準値を県下の火山灰土壌にあてはめてみると、その結果は第9図のとおりである。

この図において、Iの部分にはリン酸、石灰とも基準値以上であり、このような土壌においては、リン酸および



第9図 土壌中の石灰飽和度と有効リン酸

石灰施用効果は小さく、少なくともリン酸および石灰の供給を目的とした堆厩肥の施用効果は少ないものと考えられる。いっぽう I 以外の部分の土壌においては堆厩肥はリン酸または石灰の供給源としての効果が期待できる

が、その場合でもリン酸または石灰の単用あるいは両者を併用することによって堆厩肥と同等の効果をあげることができるものと思われる。

4 堆厩肥の連用効果および施用効果の持続性

堆厩肥の施用効果として重要なもの一つとして従来から連用による肥料的養分の富化，土壌物理性の改善ならびに緩衝能の増大などがあげられている。以下茨城県において行なわれた堆厩肥の試験から連用効果ならびに施用効果の持続性について検討してみる。

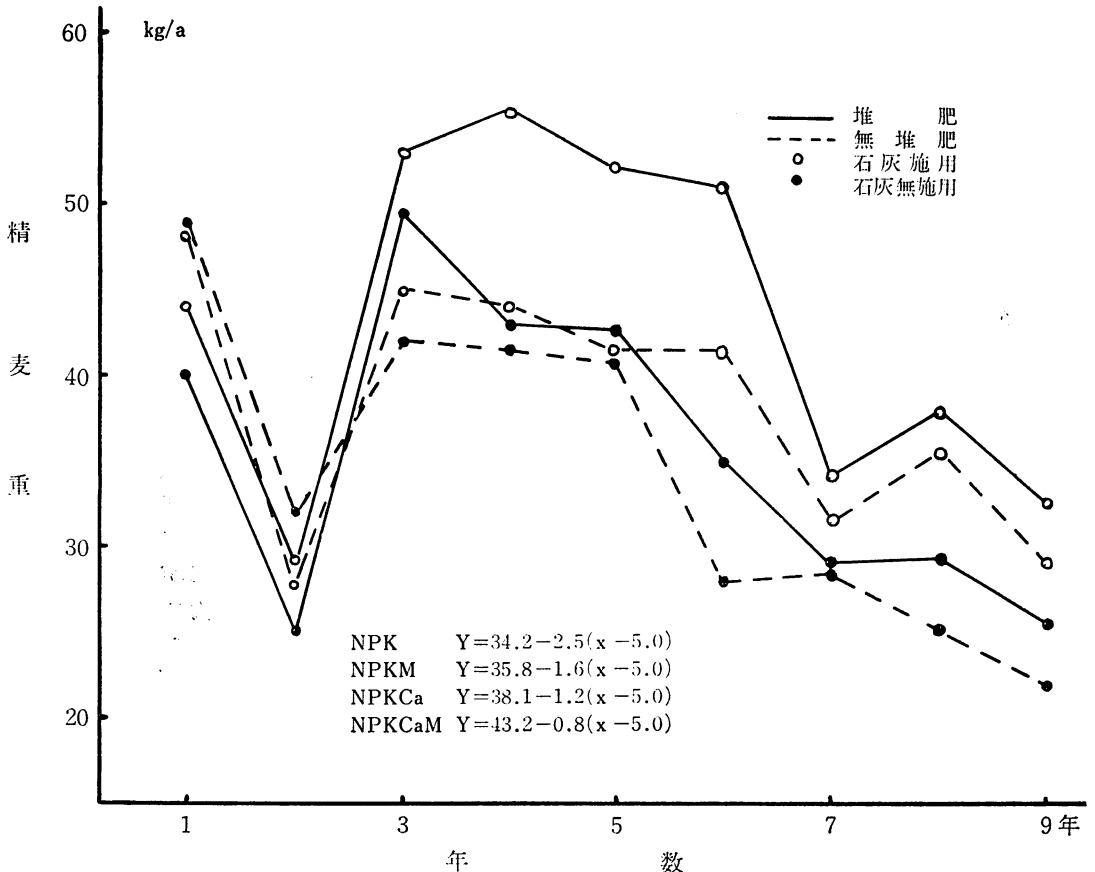
1) 堆厩肥の連用効果⁶⁾

毎作時に a たり 75kg の堆肥を施用し，9 年にわたって三要素試験を行なった場合の大麦収量の推移についてみると第10図のとおりである。

なお，供試土壌の主な化学的性質および三要素の施用量 (kg/a) はつぎのとおりである。

pH (KCl) 4.7, T-C 2.44%, CEC 20.6me,
石灰飽和度 40.3%, リン酸吸収係数 2,034mg。

N 0.6, $\text{kg P}_2\text{O}_5$ 0.8kg, K_2O 0.6kg, 石灰 37.5kg



第10図 堆肥連用と大麥収量の推移

これによれば、石灰施用および無施用のいずれの場合においても、堆肥施用区の収量が高い傾向が認められる。しかし、堆肥区の収量は無堆肥区とほぼ同様の変動を示しており、年次によっては後者の場合に収量が高いことも認められる。

また各区について、収量(Y)と経過年数(X)との回帰式を求めると堆肥区回帰係数は無堆肥区のそれより小さい値を示すが、その符号はマイナスである。した

がって本試験の場合は、堆肥を連用しても収量の低下を防止することができなかつたとみることができよう。

2) 堆肥施用効果の持続性⁷⁾

試験開始時にa当たり375kgの堆肥を全面散布し、以後75kgの堆肥を溝施用した場合に、最初に施こした堆肥の効果がどの程度持続するかについて検討した結果は第3表のとおりである。なお、石灰はpH6.0矯正量に毎冬作時に施用した。

第3表 堆肥の効果持続性 (kg/a)

試験地	年次 試験区	昭和32年		昭和33年		昭和34年		昭和35年	
		子実重	指数	子実重	指数	子実重	指数	子実重	指数
茨城	標準	20.7	100	37.3	100	33.3	100	36.6	100
	堆肥改良	38.7	186	42.1	113	36.8	111	36.3	99
鉾田	標準	8.4	100	39.5	100	25.3	100	39.9	100
	堆肥改良	25.1	298	47.1	119	22.7	90	41.9	105

備考 (1) 供試作物：大麦，竹林茨城2号

(2) 供試土壌の主な化学的性質：茨城＝pH (H₂O) 5.2, T-C 7.57%, CEC 25.9me, 塩基飽和度 8.5%, 有効態リン酸 7.0mg, リン酸吸収係数 2,596。鉾田＝pH (H₂O) 4.9, T-C 10.37%, CEC 35.8me, 塩基飽和度 4.4%, 有効態リン酸 8.0mg, リン酸吸収係数 2,500。

(3) 施肥量 (kg/a) 堆肥 75, N 0.76, P₂O₅ 0.75, K₂O 0.75

この結果によれば、茨城および鉾田の両試験地とも、施用当初は顕著に高い効果が認められる。しかし堆肥区の収量指数は経時的に急速に低下し、第7作目(第4年目)の大麦では、両試験地とも効果がほとんど認められないか、あるいはわずかに認められるていどである。

このように、10a当たり約4トンの堆肥を施用しても、その残効は2～3年であり、比較的短いことがうかがわれる。

5 作業体系の一環としての有機物施用

堆肥の製造と散布にはかなりの労力を必要とするが、最近の農村における労力不足により、堆肥の施用が省略される場合が少くない。いっぽう労力不足軽減の1手段として農業の機械化が進むにつれて、中、大型のコンバインが導入され、それにともなって排出残穂の処理が問題となり、そのまますきこむ方法が行なわれつつある。このような背景から、作物の残渣を堆肥として積

まずに、そのまま施こした場合の影響について検討した。

1) 麦稈のすきこみ¹³⁾

大型作業機による間作解消型栽培において、毎夏作に対して前作の麦稈をすきこみその影響をみた。その結果は第4表のとおりである。

これによれば、干ばつ年であった39年を除いて厩肥と同等あるいはそれ以上の効果が認められる。しかし干ばつ年次には干ばつを助長する傾向が認められる。

2) 麦稈マルチ・甘藷つるすきこみの効果¹³⁾

間作型栽培においては、麦稈をすきこむことができないので、刈取った麦稈を甘藷のマルチとして利用し、甘藷収穫後にマルチの麦稈と甘藷つるを同時にすきこみ、その効果について検討した。その結果は第5表のとおりである。

これによれば、その効果はきわめて大きく、とくにビール麦に対する効果は厩肥にまさっている。

茨城県に分布する火山灰畑土壌における有機物施用に関する総合的考察

第4表 麦稈すきこみの効果 (間作解消型)

(kg/a)

区名	年次 項目	昭和38年		昭和39年		昭和40年		昭和40年	
		青刈とうもろこし		甘しよ		ビール麦		甘しよ	
		重量	指数	重量	指数	重量	指数	重量	指数
細断麦稈すきこみ		344	113	115	93	44.8	120	32.8	106
無石灰		346	114	115	93	38.7	104	30.3	98
無細断麦稈すきこみ		359	118	112	90	42.0	113	35.3	114
無すきこみ		303	100	124	100	37.3	100	31.0	100
厩肥施用		332	110	121	98	40.6	109	33.0	106

備考 (1) 耕起方法はボトムブラウによる。

(2) 鋤込み量, 50kg/a

第5表 麦稈マルチ・つるすきこみの効果 (間作型)

(kg/a)

区名	項目	ビール麦		甘しよ	
		重量	指数	重量	指数
麦稈マルチつる細断すきこみ		44.8	155	380	107
麦稈マルチつるすきこみ		42.7	148	366	103
無マルチ		28.9	100	356	100
厩肥施用		36.4	126	424	119

以上の2試験は作業体系の中に組入れた残渣処理の一例であるが、今後の地力増強の手段として有効な方法となりうると考えられる。

III 論 議

1 養分の供給源としての堆厩肥の効果

堆厩肥は三要素の他に各種の特殊成分を含んだ完全肥料であるといわれているが、茨城県内で採取した堆厩肥の成分組成からも明らかのように、その組成にはかなり変異があることが認められ、また組成の差によって堆厩肥の効果は異なることが認められた。

また、堆厩肥の効果は土壌生産力が低い場合に大きい、その場合土壌中に欠乏しており、しかも生育の制限因子になっている養分の供給源として利用されることが認められた。これに反して養分が豊富で生産力の高い土壌においては堆厩肥の効果はほとんどないか、あっても

効果は小さいようである。

堆厩肥は従来から地力の維持増進および土壌改良のために必須のものとされてきたが、その場合土壌改良の基準は必ずしも明らかでなかった。

最近、山本⁹⁾は東北地方の火山灰畑土壌の改良に関する研究結果から、作物が正常に生育するための化学的な面での土壌改良の基準として、塩基飽和度50%以上、置換性石灰と苦土の当量比10以下、アルミ態リン酸70mg以上またはトルオーグ法による有効態リン酸2mg以上にすることが必要であると述べている。

茨城県においても、多数の地力判定試験成績をもとにして、土壌中のリン酸および石灰と生産力との関係について検討した結果、火山灰畑において、大麦、落花生、甘藷について高収をあげるためには、有効態リン酸5mg、置換性石灰200mg、石灰飽和度40%以上を必要とすることが認められた。

また、関東々山地域の各県の成績をもとに検討した結果¹⁵⁾、リン酸についての改良基準として、普通作物畑ではトルオーグ法による有効態リン酸5mg以上、野菜畑では10mg以上に改良する必要があるとしている。

さらに山本⁹⁾は東北地方の火山灰開こん畑において堆肥中のリン酸の効果について検討した結果、リン酸の積算施肥量が10a当たり70kg以下の場合には、堆肥はリン酸分の供給源として収量増加に役だが、リン酸分がこの水準をこえる場合には作物体中のリン酸濃度は高まるが収量には影響しないことを報告している。

これらの報告から、上記の基準にもとづいて不足している養分を化学肥料を用いて十分に供給すれば、必ずしも堆厩肥を必要としないのではないかと考え、火山灰開

こん畑において試験を実施した。その結果は先きに述べたとおりであり、熔リンを用いて不足している養分を十分に供給すれば、堆厩肥を用いなくともいちじるしく増収し、また併用した堆厩肥の効果はほとんど相殺されることが認められた。

以上の結果から、火山灰畑土壌における堆厩肥の効果の一つである養分供給の面については、化学肥料のような無機質資材でかなり代替できるようである。しかしながら、前述したように、堆厩肥のもつキレート作用や、緩効的な肥効の面では無機質資材では代替できないような機能をもっており、将来にこのような面での堆厩肥の重点的な利用を考える必要がある。

2 堆厩肥の連用効果と施用効果の持続性

鈴木¹¹⁾は各地の火山灰土壌において行なわれた堆厩肥の連用試験の成績を検討した結果、連用しても、ほとんどの場合収量の低下を防止することができないことを報告している。さらに、このことに関連して同氏は従来の慣行量の堆厩肥を連用しても、窒素が富化される以外、その他の養分が作物生産に十分寄与できるほどに土壌中に蓄積される可能性は少なく、また、窒素が富化しても硝酸化成作用の増大によって、その効果が相殺される可能性があるため、堆厩肥の連用によって作物の生産に好都合な状態にはなりえないと述べている。

さらに最近行なわれた畑地および樹園地における有機物の諸問題に関する討論¹⁰⁾の中でも、年間 a 当たり100～200 kgの堆厩肥の施用では、その効果は施用した年だけで、残効は少ないとする意見が大勢を占めている。

茨城県における堆厩肥の連用試験についてみても、前述のように無堆厩肥に比べると効果は認められるが、堆厩肥の施用によって収量の低下を防止することはできなかった。また肥効の持続性についても a 当たり約400 kgの堆厩肥を施用した場合は、その効果は施用当初は高いが、残効は2～3年にとどまっている。

つぎに土壌の物理性改善の面における堆厩肥の効果について検討してみたい。山本⁹⁾は理想的な土壌物理性の条件として、(1) pF1.6以下の大孔隙が50%以上、(2)土壌の三相分布のうち気相の割合が18%以上、(3)有効保水量55mm以上、(4)ち密度が24以下であることなどの点をあげている。この条件を茨城県火山灰土壌にあてはめると、降水量によって支配されることが大きい(3)の条件を除けば、ほとんど問題はないといえるようである。

また、木下¹²⁾によれば、火山灰土壌は全孔隙80%、非毛管孔隙50%前後で構造的には良好であり、むしろ過良にすぎるほどであり、このような火山灰土壌では堆厩肥に

よる土壌構造の改良の効果はないとさえ指摘している。同様のことは長野農試桔梗ヶ原分場の成績¹⁴⁾でも認められている。

以上のことから判断すると、茨城県で施こされている慣行施用量である年間150kg/ a 程度の堆厩肥では残効が少なく、また物理性改善の面でも連用の効果は多くを期待できないようである。しかしながら、火山灰土壌の稲柱の被害軽減に堆厩肥がある程度効果があることも認められており¹⁰⁾、物理性改善の面でも無機質資材では代替できない部分があるように思われる。

3 今後の畑作農業と有機物施用問題

堆厩肥の効果については、前述のようにある程度までは無機質資材によって代替できることが明らかになったが、その反面十分に解明されていない点も多く、堆厩肥が地力維持増進にすぐれた効果をもち、また、きわめて安全な総合肥料であることを証明する成績も多数報告されている。さらに、篤農家や多収農家ではほとんど例外なく堆厩肥を施用していることから、堆厩肥の効果を下く評価することは危険である。

しかしながら、堆厩肥の製造散布には多くの労力を要するため、最近の労力不足の現状では施用量が減少する方向にある。このような状況のもとでは、従来の堆厩肥依存農業についても労働生産性の面からの掘りざげが必要であると考えられる。また、農業の機械化にともなう、収穫残渣がそのまますきこまれる機会が多くなりつつある。このような状態のもとで、今後は農業の作業体系の中で、有機物の施用について検討する必要がある。

作業体系の一環として行なわれた麦稈などの作物残渣のすきこみ結果によれば、これらは堆厩肥とほぼ同等の効果が認められ、将来における有機物施用の方向を示すものと考えられる。

さらに、土壌改良に当たっては改良基準にもとづいて、いかなる要因が生産力を阻害しているかを明らかにし、その阻害要因をどのような方法によって改良するのがもっとも効果的、かつ経済的な方法であるかを見出すことが重要である。このような診断をもとにして、有機物を作業体系の一環としてとり入れ、積極的に利用すれば、その効率は一層大きくなるものと思われる。

いっぽう、茨城県においては露地野菜および施設栽培の面積が拡大しつつあるが、これらの栽培においては多肥による濃度障害が多く発生しており、このような条件下での有機物施用の意義についても今後検討することが必要である。

文 献

- 1) 橋元秀教・石川実：茨城農試報，6，1（1965）
- 2) 橋元秀教・石川実：土肥誌，40，309（1969）
- 3) 茨城農試化学部：畑土壌生産力に関する研究，協議会資料（1959）
- 4) 茨城農試化学部：地力保全基本調査，現地試験成績書（1959～1965）
- 5) 茨城農試化学部：地力保全基本調査，現地試験成績書（1968）
- 6) 茨城農試環境部：施肥改善試験成績書（1953～1961）
- 7) 茨城農試化学部：低位生産地特殊調査および改良対策試験成績書（1961）
- 8) 山本毅・島田晃雄・宮田愿・箱石正・小笠原国雄・佐々木健治：東北農試報，33，311（1969）
- 9) 山本毅：土壤肥料分野における試験研究の問題点（農林省農技研編），1，67（1965）
- 10) 農林省農技研編：畑地，樹園地における有機物に関する諸問題（1969）
- 11) 鈴木達彦：農業技術，11，12（1964）
- 12) 木下彰：土壤肥料講座，4（朝倉書店）
- 13) 茨城農試畑作経営部：畑夏作試験成績書（1963～1965）
- 14) 長野農試：施肥改善試験成績書（1953）
- 15) 関東々山地域，土壤肥料技術連絡協議会：畑地における無機質資材の施用（リン酸多施による土壤改良，1969）
- 16) 茨城農試化学部：低位生産地特殊調査および改良対策試験成績書（1963）

ニカメイガ誘殺個体の頭巾変異^{*)}

高 井 昭

害虫の発生量を予察するためには、個体数と質の二つのアプローチが考えられる。

本報では質の問題を解明するために、予察灯に誘殺されたニカメイガ第1回成虫と野外より採集した越冬幼虫を飼育して羽化した成虫の頭巾変異を比較検討した。

マコモおよびイネより採集し飼育したニカメイガの頭巾頻度分布は、それぞれメス・オスともに正規分布をしていた。

誘殺されたニカメイガの頭巾頻度分布は二つのピークをもち、それぞれマコモおよびイネより採集し飼育したニカメイガの頭巾平均値とほぼ一致した。

よって、予察灯に誘殺されるニカメイガのうち大型のグループはマコモで育ち、小型のグループはイネで育ったものと推定した。

これらのことと、マコモのニカメイガをイネで、イネのニカメイガをマコモでそれぞれ飼育すると中型のニカメイガとなる(牧・山下²⁾；高野ら³⁾)ことより、野外においてはマコモのニカメイガはマコモに、イネのニカメイガはイネに寄主選好しているものと考えられる。

I 緒 言

予察灯に誘殺されるニカメイガには、大型のグループと小型のグループがある(高野ら³⁾)。またニカメイガは幼虫時代をマコモで飼育したものは幼虫末期および成虫は大型となり、イネで飼育したものは幼虫末期および成虫は小型となることは児玉¹⁾、牧ら²⁾、高野ら³⁾、永井³⁾によって報告されている。

大型および小型グループニカメイガのマコモとイネに対する寄主選好性の問題はニカメイガの発生予察上から重要である。すなわち寄主選好性がないとすればニカメイガの発生源としてマコモを重要視しなければならないし、また寄主選好性があるとすれば予察灯の設置されている環境によっては誘殺数の半数以上が大型のニカメイガであることもある(高野ら³⁾)ので誘殺数はマコモのニカメイガであるかイネのニカメイガであるかを区別しなければならないことになる。さらに予察灯における初飛来日・終飛来日は永井³⁾が指摘したようにマコモのニカメイガであることが多い。もちろん寄主選好性に関しては地方的変異の存在することや、寄主植物の分布量(栽培量)などが起因となることは高田⁴⁾によって明らかにされているので問題としなければならない。ここでは平年に近い発生量の状態における竜ヶ崎での寄主選好性について、予察灯に誘殺されたニカメイガの形態的変異の

面より検討したのでその結果を報告する。

本文を草するにあたり、種々ご教示下さった農業技術研究所伊藤嘉昭博士に心からお礼を申しあげる。

II 測定材料および方法

誘殺灯は発生予察事業実施要領に規定されている予察灯である。設置されている付近はほとんど水田であり、マコモは水田に隣接した水路に生えているだけで、その面積は水田にくらべ、きわめて小さい。しかし例年ニカメイガの生息密度はイネにくらべマコモはきわめて高い。その他の寄主植物は、ほとんど栽培されたり、または自生していなかった。

測定材料は1966年に茨城県竜ヶ崎市にある予察灯に誘殺された第1回成虫の全部を使った。なお飼育は越冬幼虫をマコモとイネからそれぞれ採集し飼育した。マコモから採集した幼虫はマコモのニカメイガとし、イネから採集した幼虫はイネのニカメイガ^{**)}とした。

測定部位は比較的個体変異の小さい頭巾を測定した。

飼育方法および頭巾の測定方法は高井³⁾と同様である。

以下の各表や図の頭巾目盛りは、マイクロメーターの目盛りのままを用いたが1目盛りは1/33mmである。

^{*)}本報告の要旨は、1967年度日本応用動物昆虫学会大会において発表した。

^{**)}イネのニカメイガの採集は、予察灯周囲全面積のワラおよび刈株より等確率になるよう努めながらサンプリングした。

III 結果および考察

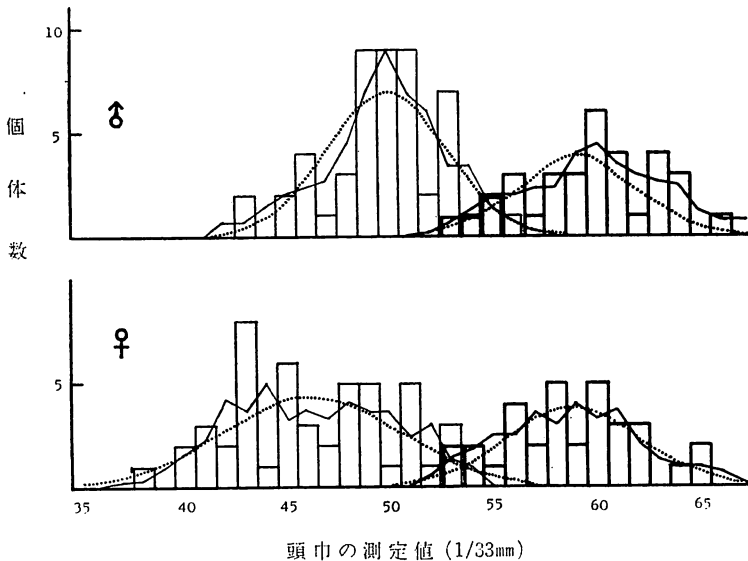
第1表 飼育ニカメイガの頭巾頻度分布のパラメーター

		♂	♀
イネのニカメイガ	測定個体数 (n)	52	48
	平均値 (\bar{x})	49.92	46.17
	標準偏差 (s)	2.99	4.45
	正規性の χ^2 テスト	0.98 > Pr > 0.95	Pr > 0.99
マコモのニカメイガ	測定個体数 (n)	33	32
	平均値 (\bar{x})	59.66	58.69
	標準偏差 (s)	3.37	3.31
	正規性の χ^2 テスト	Pr > 0.99	Pr > 0.99

飼育したニカメイガの頭巾について分布型のあてはめを行なったのが第1図および第1表である。

測定個体数が少ないので3点の移動平均^{*)}をして χ^2 テストにより正規分布にあてはめを行なった結果、マコモのニカメイガ・イネのニカメイガそれぞれメス・オスとも正規分布にきわめてよく一致した。飼育ニカメイガの頭巾は正規分布をすることがわかったので誘殺ニカメイガの頭巾についても正規分布へのあてはめを行なったのが第2図である。

正規分布の理論値の計算には標本平均 (\bar{x})、標本数 (n)、標本標準偏差 (s) の3つのパラメーターを必要とするが第2図のヒストグラムをみると、第1のレンヂ



第1図 飼育ニカメイガの頭巾分布の正規分布へのあてはめ

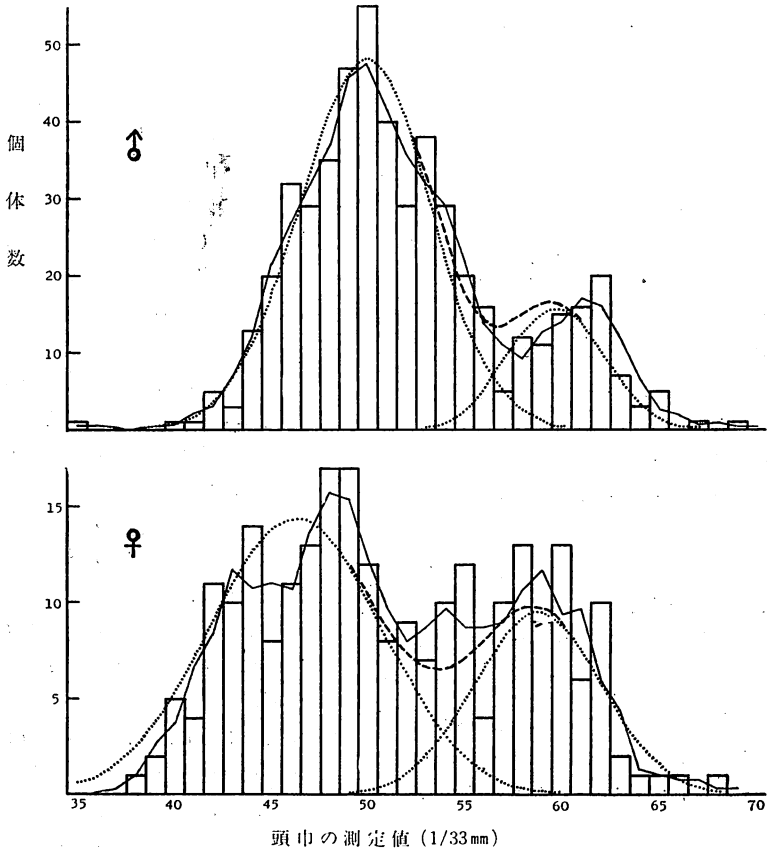
左はイネのニカメイガ、右はマコモのニカメイガ、ヒストグラムは実測値
折線は3点移動平均値、破線は正規分布の理論値

の右はしと第2のレンヂの左はしがお互に重なり合っているため、第1と第2のレンヂ別の \bar{x} , n, sの計算をすることができない。そこで \bar{x} はイネのニカメイガを飼育してえられた値を小型ニカメイガの \bar{x} とし、マコモのニカメイガを飼育してえられた値を大型ニカメイガの \bar{x} とした。nは第2図のヒストグラムにおける左はしから第1のモードまでの頻度和を2倍して第1のレンヂのnとし、右はしから第2のモードまでの頻度和を2倍して第

2のレンヂのnとした。

^{*)} TAYLOR⁸⁾は7点の移動平均によって標本数・標本平均値は変わらないが、標本標準偏差は大きくなるので補正する必要のあることを指摘した。しかし本報では3点の移動平均なので大きな差はないものと思われ、標本標準偏差については補正をしなかった。

ニカメイガ誘殺個体の頭巾変異



第2図 誘殺ニカメイガの頭巾分布の正規分布へのあてはめ

ヒストグラムは実測値、折線は3点移動平均値、破線は正規分布の理論値、中央の谷の部分における大きな破線は二つの正規分布理論値のお互に重なった部分を級ごとに加えた値

標準偏差 (s) については、TAYLOR⁸⁾ は一部分が重複した二つの分布においては、二つの分布がそれぞれ対称的分布であると仮定されれば、第1のモードまでの偏差の平方和を2倍して第1のレンジの標準偏差を求める方法を提案した。すなわち $\sqrt{2 \sum (\bar{x} - x)^2 / (n-1)}$ の式により算出した。

これらの方法によって求めた値より、二つの正規分布の理論値を求め、その理論値においてお互に重なりあった部分は級ごとに加えて二つのモードをもつ合成正規分布とし、一方実測値のヒストグラムを3点移動平均してえた双峯曲線との差を x^2 によって検定し第2表に示した。

計算の結果は第2表でわかるようにメス・オス⁹⁾とも誘殺ニカメイガ頭巾のヒストグラムの3点移動平均値

第2表 誘殺ニカメイガの頭巾頻度分布のパラメーター

		♂	♀
イニ ネカ のメ イ ガ	測定個体数 (n)	428	161
	平均値 (\bar{x})	50.0	46.2
	標準偏差 (s)	3.51	4.79
マニ ココ モメ のイ ガ	測定個体数 (n)	98	79
	平均値 (\bar{x})	60.0	58.7
	標準偏差 (s)	2.49	3.09

正規性の x^2 テスト $0.70 > Pr > 0.50$ $0.99 > Pr > 0.98$

と、飼育して求めたイネのニカメイガ・マコモのニカメイガ頭巾の合成正規分布の理論値との χ^2 の値は小さかったので、誘殺ニカメイガにみられる小型のグループをイネのニカメイガ、大型のグループをマコモのニカメイガと考えて差支えないであろう。

ニカメイガは寄主転換(マコモのニカメイガをイネで、イネのニカメイガをマコモで飼育する)をさせると、マコモのニカメイガはやや小さく、イネのニカメイガはやや大きくなる。すなわちマコモのニカメイガとイネのニカメイガの中間の大きさとなることを牧・山下⁶⁾、高野⁷⁾は報告している。このことと第2図の結果で第1のレンジと第2のレンジが重なった部分の和と、合成正規分布がほぼ一致したことを考えあわせれば、当地方における普通のニカメイガの発生量では野外において、マコモのニカメイガとイネのニカメイガとの間で寄主転換は行なわれないか、行なわれてもごく少ないものと考察される。その原因は、飼育によるとマコモでもイネでも成虫まで生育を完了させることができるので成虫の産卵場所選好の結果ではないかと考えられる。

* オスにおける χ^2 の値はやや大きかった。この原因は第2図をみてわかるように、飼育によるマコモのニカメイガの頭巾平均値にくらべ、誘殺ニカメイガの頭巾平均値がやや大きいためである。

IV 引用文献

- 1) 児玉行(1957)大阪府下におけるマコモと稲とで生育する二化螟虫の発生消長, 大阪府大農学部昆虫学教室出版, 3, 1~6
- 2) 牧良忠・山下優勝(1958)寄主植物によるニカメイチュウの生態的変異, 兵庫農試研報, 6, 47~50
- 3) 永井洋三(1959)マコモから発生するニカメイガについて, 応動昆講演要旨
- 4) 高田亘啓(1959)モンシロチョウの寄主選好に関する研究, VI, 特定餌による累代飼育と幼虫の食物選好(予報), 日生態, 9, 224~227
- 5) 高野誠義・高野十吾・高井昭(1959)茨城県におけるニカメイチュウ少発地帯の原因究明, 関東病虫研報, 6, 41
- 6) 高野誠義・高野十吾・稻生稔(1959)ニカメイチュウの寄主植物(イネ・マコモ)に関する調査, 応動昆講演要旨,
- 7) 高野十吾・高野誠義・稻生稔(1961)ニカメイチュウの寄主植物(イネ・マコモ)について, 応動昆講演要旨
- 8) TAYLOR, B. J. R. (1965) The Analysis of polymodal frequency distributions, J. Anim. Ecol, 34, 445~452
- 9) 高井昭(1966)ニカメイチュウの形態にみられる相対成長, 応動昆, 10, 138~144

鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究

第2報 地下水に関する調査

本田宏一・吉原貢・上野忠男・小山田勉・押鴨保夫

鹿島臨海工業地帯において、港湾掘込みにもなう浅層地下水の水質とその変動を、主として農業利水の立場からは握るため1963年から調査を進めてきた。

その結果、本地帯における浅層地下水の水質は地形の影響を大きく受けていることがうかがわれ、鹿島港の掘込みによる水質への影響は認められず、水位への影響がそのごく近辺において認められることを明らかにした。さらに水質の特徴としては、他地域に比して塩類濃度および過マンガン酸カリ消費量が高く、地表部からの汚染を受けやすいことが認められた。また、塩類濃度の差異や変化は、 Cl^- の動きをは握ることによって知ることができ、なお、 Cl^- についてその起源を考察した。

I 結 言

鹿島臨海工業地帯造成の一環として鹿島港港湾建設が進められている。この鹿島港は砂丘地帯の中央部に掘込まれており、その進展にもなう、内港地区一帯における地下水の水位あるいは水質などに変化が予想される。

一方、この地区に進出を予定される企業は、一部操業のものも含めて用水型産業¹⁾が主力となるため大量の水を必要とする。主な水源は他に求められているが、日量1万トンの地下水を取水するべく、すでに深井戸の掘削が進められている。また、急激な人口の流入をとともなう都市化が計画され²⁾、一部はすでに建設が進められている。

これらの計画と推移からみて、本地域の地下水は上水、農業用水あるいは工業用水源としてますます貴重なものになると考えられ、水質を良好なものに保全することは十分に意味のあることと思われる。

筆者らはこのうち、主として農業用水としての利用・保全の立場から、1963年11月以降、地域浅層地下水（以下地下水）における水質の現況をは握るため、代表的な地点において細密かつ連続的な調査をおこなってきた³⁾、⁴⁾、⁵⁾、⁶⁾。現在も引き続き調査研究中であるが、これまでの結果をとりまとめて報告することにした。農業用水としてもっとも必要な要因はpH、 Cl^- を重視するが、上水および工業用水としての利用上、その他の要因についても言及した、本調査を遂行するにあたっては、水位の調査を鹿島臨海工業地帯建設事務所港湾部が担当

し、水質調査は筆者らが担当した。とりまとめにあたっては、水位に関する一部の資料を使わせていただいた⁷⁾、⁸⁾。記して謝意を表します。また、これまでの調査に従事された当時化学部の元職員および現職員、ならびにご協力をいただいた方々に対し深く感謝いたします。なお、本調査に従事した職員の氏名はつきにかけるとおりである。

化学部長

現九州農試 橋元 秀教 1963年4月～1966年3月

現化学部長 石川 昌男 1966年4月～

現地駐在職員

現公害課係長 長谷川文夫 1963年4月～1965年3月

当 場 技 師 鯉淵 登 1963年4月～1965年3月

” 小山田 勉 1964年7月～1969年5月

当 場 技 連 室 長 押鴨 保夫 1965年3月～1967年10月

当 場 技 師 上野 忠男 1965年4月～1967年6月

” 本田 宏一 1967年7月～1970年5月

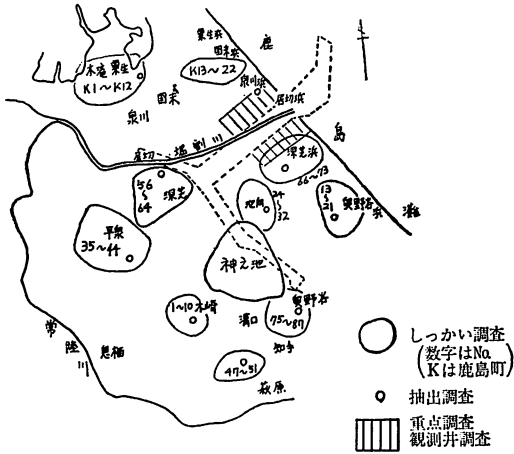
水利用研究室長 吉原 貢 1967年11月～

当 場 技 師 村上 昌秀 1969年10月～

II 調査方法

1 調査地域および調査位置

調査地域および調査位置は第1図に示すおとりで、神栖町深芝浜を中心とした半径6kmの範囲内に入る鹿島町の一部と、ほぼ神栖町の全域である。



第1図 調査地域および位置

2 調査の名称および調査期間

1) 地域全体および代表地点における水質調査

- (1) しっ皆調査；関係地域全般の調査 (1963年11月～1970年1月)
- (2) 抽出調査；上記地域での代表的地点における調査 (1963年11月～1969年3月)

2) 中央水路ほり込み部近辺における水質調査

- (1) 重点調査；ほり込み部を中心として南北1kmにわたる範囲の民間井戸を利用した調査 (1965年4月～1969年3月)
- (2) 観測井調査；重点調査の規模を拡大し、観測を目的として計画的に設置した観測井による調査 (1966年1月～1969年6月)

3 採水および分析

採水は北原式B号の採水器を用い、井戸底より約50cmはなして採水した。採取した井水はただちに1000mlのポリエチレン製ビンに空間のないようにみだし、密栓して分析に供した。一部は簡易水道からも採水した。

なお、水質については一般水質分析法⁹⁾にしたがった。

III 調査結果

1 調査地域における水質の概況

しっ皆調査89か所の調査地点のうち使用されている井戸57点について、地域別水質を検討した(第1表)。こ

れによると、pHはおおむね中性ないしは弱アルカリ性を呈するものが多い。Cl⁻濃度は、国末浜、奥野谷浜などの海岸地域や木崎では、100ppm以上の高い値を示すものがあることが認められる。また、KMnO₄消費量も、Cl⁻濃度の分布とほぼ同一の傾向にあることがわかる。なお、上水道法による水質基準(以下水質基準)からみれば、pH、Cl⁻は基準値以内にあるが、KMnO₄消費量は許容量を越すものも認められる。

さらに、これらの水質について地域別の分布を第2表に示した。これによると、pHは6.9以下のものが全体の70%を占め、8.0以上のものは認められない。7.0～7.9のものは奥野谷、木崎、国末浜および奥野谷浜に多い傾向を示している。Cl⁻は100ppm以下のものが90%に達し、100ppm以上含有するものは知手、木崎、国末浜および奥野谷浜においてわずかに存在するにすぎない。KMnO₄消費量の場合も10mg以下のものは約85%を占め、10mgを越えるものはわずか15%程度である。10mgを越えるものを地域別にみると、とくに奥野谷および国末浜に多い傾向がみられ、深芝、木崎および奥野谷浜にもわずかではあるが存在することが認められる。

なお、本地域の地下水は電気伝導度(以下伝導度)とCl⁻濃度に第2図のような関係が成立している。この相関式($Y(\text{Cl}^-) = 1.43X(\text{電導度}) - 15$)により、地下水のCl⁻濃度は推定可能であるが、その場合電導度が $30 \sim 80 \times 10^{-5} \text{ } \mu\text{S/cm}$ の範囲でよりよい近似値が得られている。また、水中の溶存イオン量によって支配される電導度との間にこのような相関を示すことから、本地域の地下水の塩類濃度の差異や変化をみる場合、Cl⁻を指標としてもさしつかえないものと思われる。

つぎに、地下水の水質組織について検討した(第3図)。

この図によれば、本地域の水質組成はきわめて変化に富んだものであることが認められる。すなわち、水質型別にみると、炭酸硬度型(I)が7点、非炭酸硬度型(III)が9点である。もっとも点数が多いのは、分布のしかたからみてIとIIIの中間系のもと思われるその他の型(V)に17点が属している。3点は海水と同じように非炭酸アルカリ型を示している。また、部落別にみると、奥野谷近辺のものはI型に属しており、奥野谷浜および深芝はV型に多い傾向がうかがわれる。平泉はIII型およびV型にはほぼ均等に分布する傾向にある。木崎および栗生は一定の型に属することなく広範囲な分布を示し、また、海水と同じ非炭酸アルカリ型に属するものがあることが特徴的に認められる。

地下水の陽イオンはアルカリ(Na⁺+K⁺)にくらべ

鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究（第2報）

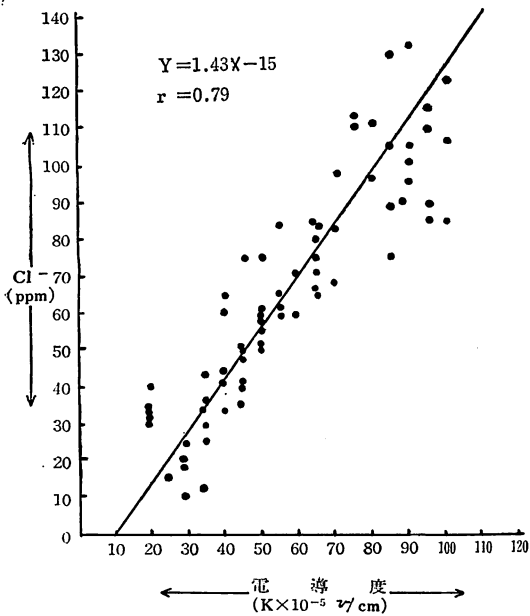
第1表 地域別水質の概況

地域	項目	水温	pH	Cl ⁻	KMnO ₄	電導度
		(°C)		(ppm)	消費量 (ppm)	(K×10 ⁻⁵ Ω/cm)
1. 粟	生	14.7~16.0 (15.2)	6.6~7.5 (6.9)	31~81 (62)	2.4~6.2 (4.1)	22~54 (42)
2. 平	泉	15.4~16.4 (15.9)	6.2~7.1 (6.5)	41~60 (51)	2.1~8.5 (5.0)	37~56 (46)
3. 深	芝	15.6~16.7 (16.0)	6.4~7.9 (6.9)	18~77 (44)	1.1~10.6 (4.2)	13~63 (38)
4. 池	向	14.8~16.4 (15.7)	6.5~7.1 (6.7)	41~73 (59)	4.5~9.5 (7.0)	34~66 (46)
5. 奥野谷		14.6~15.6 (15.1)	7.0~7.4 (7.2)	36~75 (66)	12.4~16.5 (14.2)	77~84 (80)
6. 知手		14.9~15.4 (15.2)	6.6~6.7 (6.7)	45~109 (77)	4.1~4.5 (4.3)	39~69 (54)
7. 木崎		14.8~16.0 (15.7)	6.5~7.3 (6.8)	31~128 (84)	2.3~11.6 (7.1)	32~100 (67)
8. 国未浜		15.2~16.1 (15.7)	6.2~7.9 (7.1)	41~141 (63)	3.2~23.0 (11.0)	33~66 (43)
9. 深芝浜		15.3~16.6 (16.2)	6.6~7.4 (6.9)	40~75 (60)	2.0~7.0 (3.3)	34~79 (54)
10. 奥野谷浜		15.3~16.4 (15.7)	7.6~7.8 (7.7)	87~185 (121)	8.4~12.4 (9.8)	67~113 (83)
上水道法による水質基準		—	5.8~8.0	200	10	—

注) ()は平均値

第2表 地域における水質の分布(%)

地域	項目	pH			Cl ⁻ (ppm)			KMnO ₄ 消費量 (ppm)			電導度 (K×10 ⁻⁵ Ω/cm)		
		6.0	7.0	8.0	50	50	100	5	5	10	50	50	100
		6.9	7.9	以上	以下	100	以上	以下	10	以上	以下	100	以上
1. 粟	生	10.5	3.5	—	1.6	12.3	—	10.5	3.5	—	8.8	5.3	—
2. 平	泉	14.0	—	—	7.0	7.0	—	5.3	8.8	—	8.8	5.3	—
3. 深	芝	15.8	1.6	—	12.3	5.3	—	12.3	3.5	1.6	12.3	5.3	—
4. 池	向	7.0	1.6	—	3.5	5.3	—	1.6	7.0	—	7.0	1.6	—
5. 奥野谷		1.6	3.5	—	1.6	3.5	—	—	—	5.3	—	5.3	—
6. 知手		3.5	—	—	1.6	—	1.6	3.5	—	—	1.6	1.6	—
7. 木崎		8.8	5.3	—	1.6	8.8	3.5	3.5	8.6	1.6	3.5	10.5	—
8. 国未浜		3.5	7.0	—	7.0	1.6	1.6	3.5	1.6	5.3	7.0	3.5	—
9. 深芝浜		5.3	1.6	—	1.6	5.3	—	5.3	1.6	—	3.5	3.5	—
10. 奥野谷浜		—	5.3	—	—	3.5	1.6	—	3.5	1.6	—	3.5	1.6
計		70.0	30.0	—	37.8	52.6	8.3	45.5	38.3	15.4	52.5	45.4	1.6



第2図 電導度とCl⁻の関係

てアルカリ土類 (Ca²⁺+Mg²⁺) の占める割合が高く、陰イオンは重碳酸イオンよりも (Cl⁻+SO₄²⁻) の多いことが認められる。

2 水質におよぼす各種要因の影響

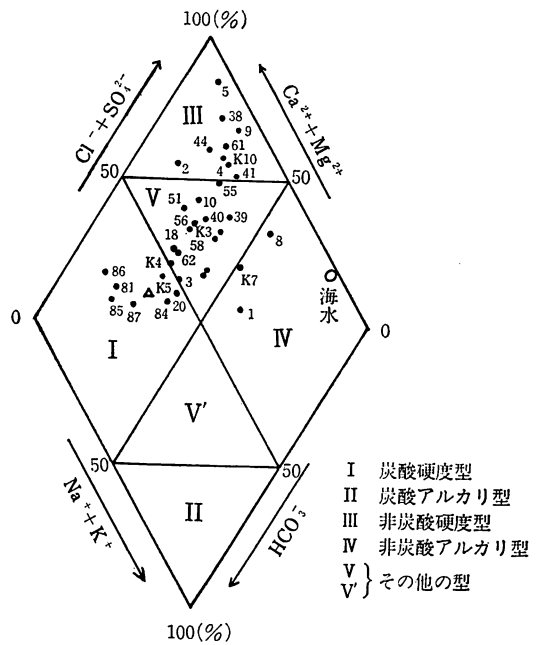
1) 海洋塩による影響

海岸からの距離別にCl⁻の濃度をみると(第4図)、水質が海洋塩の影響を受けていると思われるのは、海岸線から1kmほど内陸に入った範囲であって、それより遠い地点については明らかではない。また、同じ距離であってもCl⁻含有量の偏差は大きく、5km以上離れた地点においても100ppm以上の高濃度を示すものがあることは、他の原因によるものと思われる。

2) 地形と水質

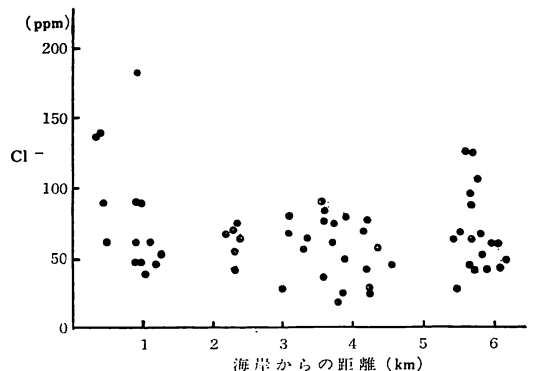
地形と水質の関係については第3表に示した。なお、地形区分は第5図にもとづいておこなった。

これによると、同一地形にあるものであっても、かなり偏差の大きいことがうかがわれる。これを各地形の平均値でみると、pHは浜堤・後背湿地においてアルカリ性を呈するほかは、いずれも中性を示している。Cl⁻は浜堤・後背湿地において高い。また、KMnO₄消費量は神之池周縁谷底低地および浜堤・後背湿地において10mg以上の高い値を示すことが認められる。このようなCl⁻含有量とKMnO₄消費量の関係から、低台地と神之池周



注 (i) 各成分の比は当量比である
(ii) △は全国河川平均
(iii) 番号は調査地点を示す

第3図 地下水の水質組成



第4図 海岸からの距離とCl⁻の関係

縁谷底低地および浜堤・後背湿地間には水質の差異のあることが示唆される。

3) 井戸の浅深と水質

採水層の違いによる水質の差異は第4表のとおりである。本表によれば、深井戸の場合は浅井戸に比して水温



II 鹿島灘平野	1. 古期砂州性低台地	a 深芝低台地 b 萩原低台地 c 波崎低台地
	2. 高位砂丘地	a 高天原砂丘地 b 弁財天砂丘地
	3. 海浜・谷底低地	b 平井後背湿地 c 知手浜後背湿地 d 神之池周縁谷底低地

注) 「茨城県鹿島地区の地盤」より

第5図 鹿島地区の地形区分

が高く、地表部の温度変化の影響を受けることは少ないようであり、また、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} などいずれも少ない傾向が認められ、とくに $KMnO_4$ 消費量においてその傾向が顕著である。したがって、深井戸は浅井戸よりも水質は良好なことがうかがわれる。

3 水質の時期的な変動

1) 豊水時と渇水時における水深および伝導度の変化
第6図および第7図によれば、浅井戸における水深(水面から井戸底までの深さ)は豊水時に多くなり、渇

水時には少なくなることが認められるが、伝導度については一定の傾向は握しがたい。

2) 地域別年平均水質

しつ皆調査地点のうちから、部落ごとに代表的と思われる井戸10か所を選定し、年間における水質を調べた。1966年4月～1967年3月にわたって調査した結果は第5表のとおりである。

水質は Cl^- をはじめとして各成分ともかなりの濃度変化を示すことが認められる。各塩類の最低値と最高値の変化の巾は2倍程度で、この傾向は地域別にみてもある

第3表 代表的な地形区分と水質

地形区分	項目	pH	Cl ⁻ (ppm)	KMnO ₄ 消費量 (ppm)	電 導 度 (K×10 ⁻⁵ Ω/cm)	標高(Y.P.)と 土地利 用
深 芝 低 台 地	Ⅱ ₁ a	6.2~7.9 (6.8)	18~128 (59)	1.1~23.0 (5.9)	13~100 (50)	3~8 m 畑および山林
萩 原 低 台 地	Ⅱ ₁ b	6.6~6.7 (6.7)	45~109 (77)	4.1~4.5 (4.3)	36~69 (54)	3~8 m 同上、一部水田
神之池周縁谷底低地	Ⅱ ₃ d	6.5~7.4 (7.0)	36~105 (63)	4.5~16.5 (10.6)	34~84 (63)	4 m前後 主に水田
鹿島台地南縁低台地	Ⅲ ₁ a	6.6~7.5 (6.9)	31~81 (62)	2.4~6.2 (4.1)	22~54 (42)	5 m前後 畑
浜堤および後背湿地		7.0~7.9 (7.4)	47~185 (102)	8.1~16.9 (11.3)	35~113 (64)	3~6 m 畑, 防風林, 水田

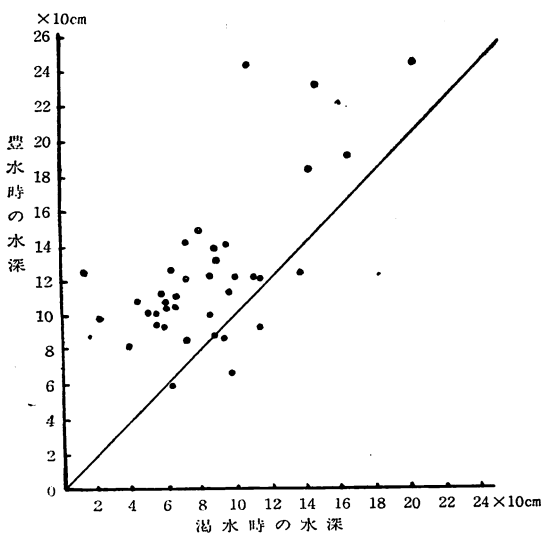
注) () は平均値

第4表 井戸の深さと水質

区 分	井 戸 深 水 (m)	温 度 (°C)	pH	Cl ⁻ (ppm)	SO ₄ ²⁻ (ppm)	Ca ²⁺ (ppm)	Mg ²⁺ (ppm)	KMnO ₄ 消費量 (ppm)	電 導 度 (K×10 ⁻⁵ Ω/cm)
深井戸	10~24 (14.4)	16.0~20.0 (18.0)	7.0~8.0 (7.5)	10~37 (24)	13~24 (19)	16.9~29.5 (21.3)	3.3~24.1 (10.2)	0~6.9 (3.0)	20~40 (28)
浅井戸	2.4~4.8 (3.4)	14.0~16.5 (15.0)	6.6~7.9 (7.3)	18~110 (63)	21~61 (43)	28.5~93.0 (50.9)	6.9~18.7 (12.6)	2.0~32.8 (10.7)	30~90 (60)

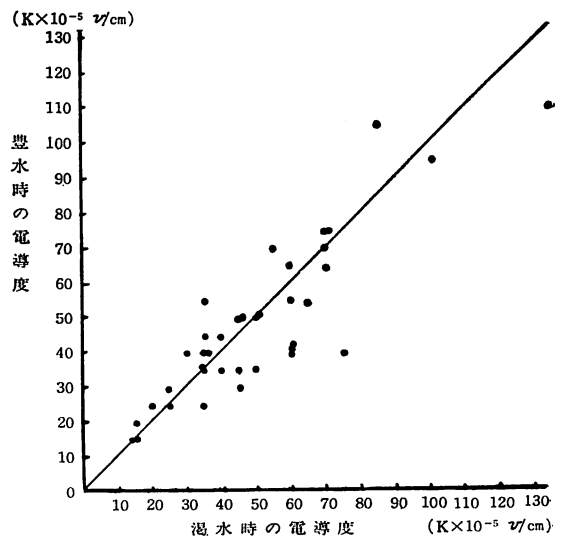
注) (1) () は平均値, 調査期日, 1965年5月17日

(2) 浅井戸は抽出調査の№1, 2, 5, 7, 8, 9, 10の7点深井戸は鹿島町平井, 神栖町深芝, 奥野谷, 平泉, 息栖より各1点, 計5点。



注) 豊水時・1966年9月6日
 渴水時・1967年1月16日

第6図 豊水時と渴水時における水深の変化



注) 豊水時・1966年9月6日
 渴水時・1967年1月16日

第7図 豊水時と渴水時における伝導度の変化

鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究（第2報）

いは成分別にみてもほぼ共通している。ただKMnO₄消費量は10倍以上の変化を示すものがあり、一定の傾向は認められない。

年平均水質を全国における浅井戸の概略値（以下概略値）と比較してみると、つぎのような特徴が認められる。すなわち、Cl⁻が概略値をうわまわるのは泉川浜、池

向および木崎の3地点であって、他の地点においては大差のないことがうかがわれる。SO₄²⁻、Ca²⁺およびMg²⁺は最低値であっても明らかに高い傾向を示している。KMnO₄消費量は深芝、粟生および深芝浜以外はいずれも概略値を越えていることが認められる。

第5表 地域別年平均水質

井戸No および地域	項目	水	温	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	KMnO ₄	Ca/Mg	井戸底
		(°C)			(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	消費量 (ppm)	(当量比)	(Y.P.m)
1. 平	泉	9.0~27.5 (15.7)	6.9~7.9 (7.5)	10~29 (21)	13~29 (21)	16.7~71.8 (41.9)	2.4~10.0 (5.6)	6.7~30.8 (14.1)	4.57	2.53	
2. 深	芝	9.5~20.2 (16.1)	6.1~7.5 (6.8)	34~55 (44)	25~49 (33)	18.7~32.5 (25.1)	6.5~11.2 (9.1)	2.4~15.1 (6.9)	1.73	1.60	
3. 粟	生	8.4~20.5 (15.2)	6.9~7.7 (7.3)	21~70 (32)	8~19 (13)	5.5~13.8 (8.3)	3.5~8.3 (5.4)	0.3~10.8 (4.5)	0.93	5.04	
4. 泉	川 浜	—	7.1~7.6 (7.3)	68~135 (92)	28~66 (46)	45.5~88.0 (49.0)	7.6~17.4 (11.0)	5.1~35.1 (19.9)	2.78	2.81	
5. 深	芝 浜	8.6~24.0 (17.5)	6.7~7.2 (6.9)	30~72 (38)	20~69 (45)	12.6~26.6 (19.7)	9.9~20.7 (15.7)	0.3~14.6 (5.2)	0.78	1.96	
6. 池	向	10.8~21.0 (16.1)	6.6~7.3 (6.8)	58~111 (75)	26~74 (44)	38.4~58.9 (49.3)	18.9~28.9 (24.5)	17.8~38.2 (25.4)	1.25	5.21	
7. 奥	野 谷 浜	8.5~24.8 (16.3)	6.8~8.1 (7.5)	18~44 (31)	14~70 (28)	22.4~72.8 (46.6)	3.9~12.4 (7.3)	3.8~54.9 (12.9)	3.83	2.77	
8. 奥	野 谷	7.0~24.0 (15.0)	7.1~7.8 (7.5)	33~75 (53)	21~98 (43)	67.5~94.4 (79.1)	7.1~14.8 (11.5)	12.6~41.1 (20.9)	4.26	3.34	
9. 知	手	8.6~21.0 (15.3)	6.4~7.9 (7.2)	42~68 (52)	40~71 (55)	27.5~72.3 (37.1)	5.7~9.9 (8.2)	3.5~17.9 (9.0)	2.84	2.27	
10. 木	崎	11.0~30.0 (16.0)	6.2~7.3 (6.7)	71~102 (83)	35~60 (47)	25.9~39.3 (30.8)	9.8~15.5 (13.2)	6.4~24.0 (12.0)	1.39	2.19	
日本における地下水 (浅井戸) 概略値※		—	—	5~50	5~10	3.6~14.3	1.8~4.0	1.0~8.0	—	—	

注) (1) 調査回数は原則として月2回おこなったが、井水が枯渇することもあり、No.1……22回、No.4……18回、No.5, 9……23回で、他は24回である。

(2) ※は豊田環吉著「工業用水とその水質管理」による。

3) Cl^- 濃度の時期変化

つぎに水質の変動を Cl^- 濃度の時期的な推移によってみると、第8図に示すとおりである。すなわち、4月および5月において最高濃度を示し、その後しだいに低下する場合 (No.6, 9, 10) と、7月~1月にかけて濃度の上昇がみられる場合 (No.7, 8) のあることが認められる。また、No.4においては枯渇直前の9~10月に急激な濃度の増加がみられ、特異な変化を示している。

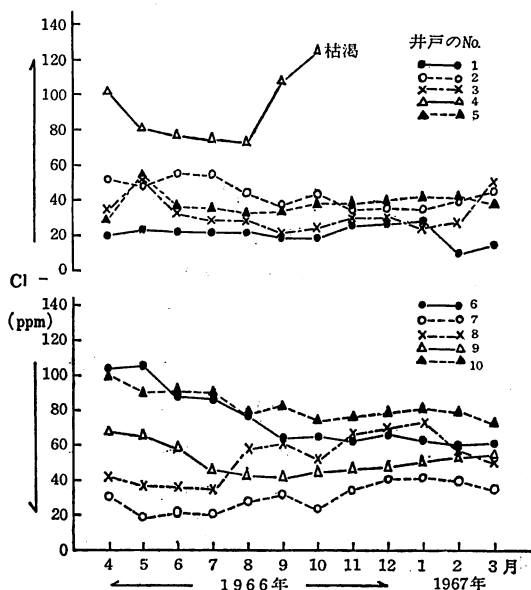
No.1は2, 3月に濃度がやや低くなるほか変化は少ない。No.2は4月~7月, 10月および3月の比較的雨量の多い時期に濃度が高まる傾向にある。No.3および5地点では5月に濃度のピークがみられ、その後No.5はあまり変化を示さないのに対し、No.4で翌年の3月に再び濃度増を示している。

4) 水深の変動と Cl^- の関係

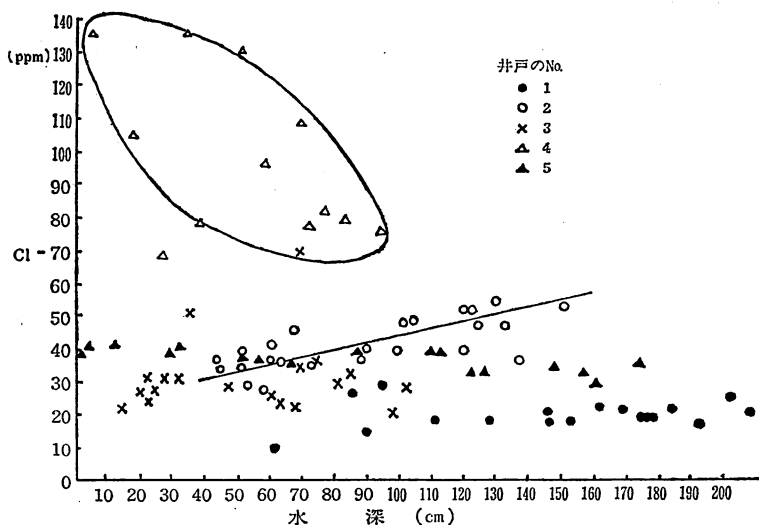
上記のような Cl^- 濃度の時期変化は、井水の多少と関係のある場合が認められる (第9図)。この図によれば、No.4は水深の減少にともなって Cl^- 濃度が高まっている。No.7およびNo.8もNo.4と同じような Cl^- 濃度の動向を示すが、変動の中は小さい。これとは反対に、No.2は水量が増すにつれて Cl^- 濃度は高まる傾向を示し、No.6, 9, 10地点においてもある水量以上になると濃度の増すことが認められる。その他の地点は水深の変動に関係なく、 Cl^- 濃度はほぼコンスタントな値を示してい

る。

また、水深の変動は小さいもので60cm前後、もっとも大きいもので180cm内外である。

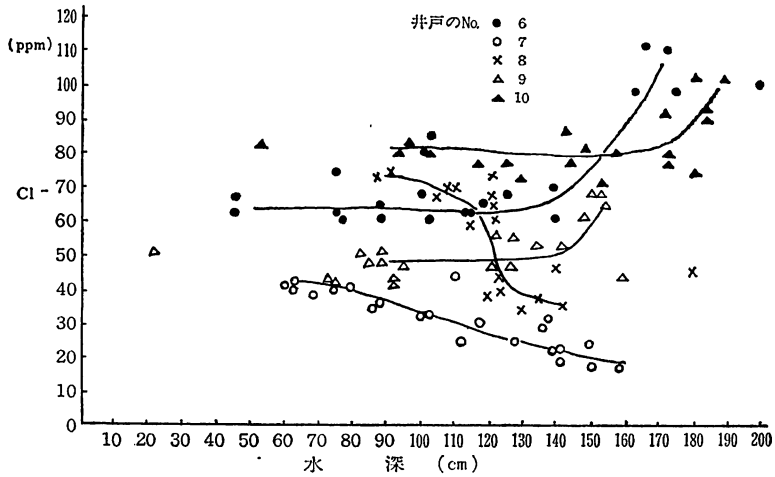


第8図 Cl^- の時期変化



第9図-1 水深の変動と Cl^- の関係

鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究 (第2報)

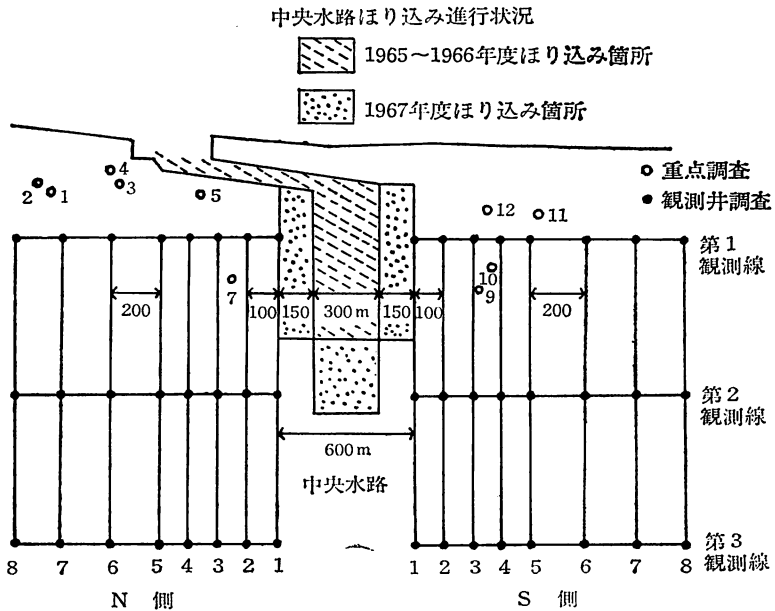


第9図-2 水深の変動とCl⁻の関係

4 港湾ほり込みにともなう水位および水質の変化

鹿島港の内港は、第1図に示したように海岸線から内陸部に向ってY字型にほり込まれる。内港の中央水路ほり込みにともなって、その周縁地域の水位および水質に

何らかの変化が予想される。そこで、第10図のごとく、中央水路に沿って既存の民家の井戸を利用した重点調査と、1観測線に8か所、計48か所の観測井を設置し、調査をおこなった。ここでは主に観測井調査の結果について検討した。



第10図 観測井, 重点調査位置図

第11図に北側(以下N側)および南側(以下S側)における各観測井の井戸底高を示したものである。井戸底が中等潮位海面(以下海水面)より低い位置にあるものは、N側では第1, 第2観測線の1~5, 第3観測線

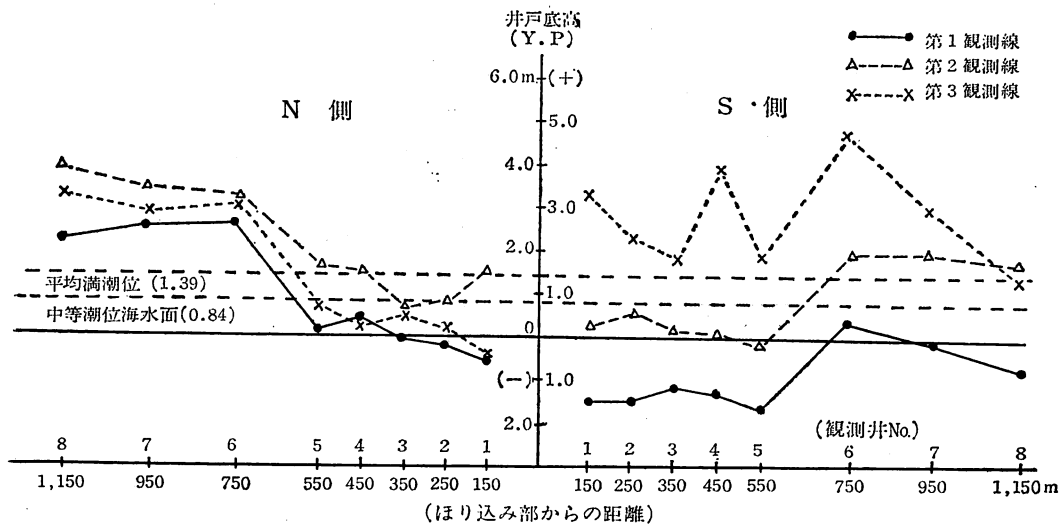
の2, 3が、S側においては第1観測線の全部と第2観測線の1~5がそれぞれ該当している。その他の観測井の井戸底高はいずれも海水面よりも高いところにある。

なお、井戸底が平均満潮位以下になるものも、上記の

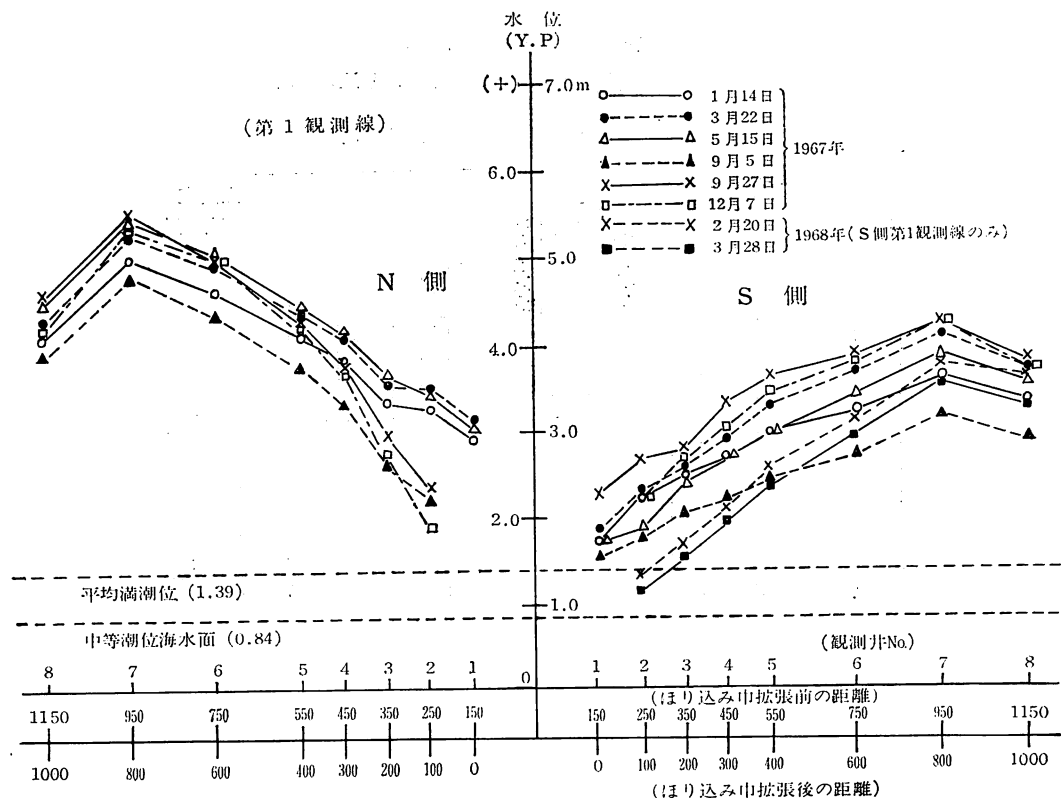
井戸が大部分である。

中央水路のほり込みにともなう水位の変化を第1観測線および第2観測線について示したのが第12図である。

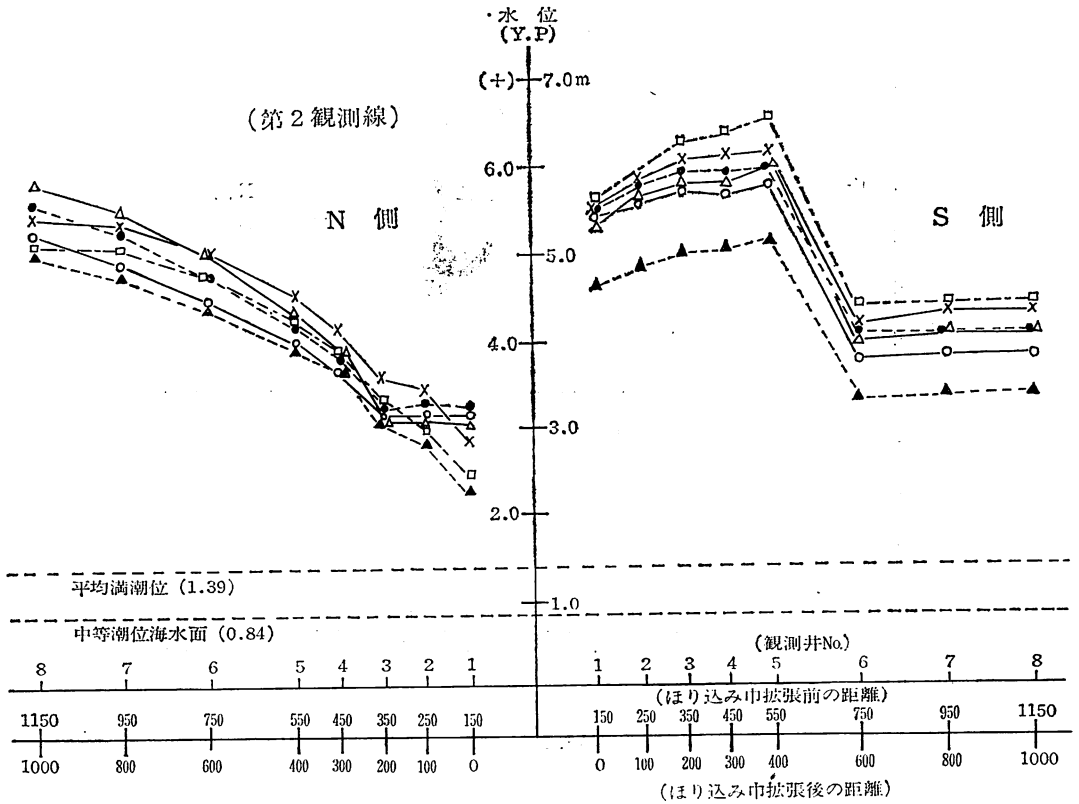
第1観測線の場合は、ほり込み工事が開始されたために、N側No.1は7月に、S側No.1は11月にそれぞれ撤去されている。



第11図 各観測井の井戸底高



第12図-1 中央水路ほり込みにともなう水位の変化



第12図-2 中央水路ほり込みにもなう水位の変化

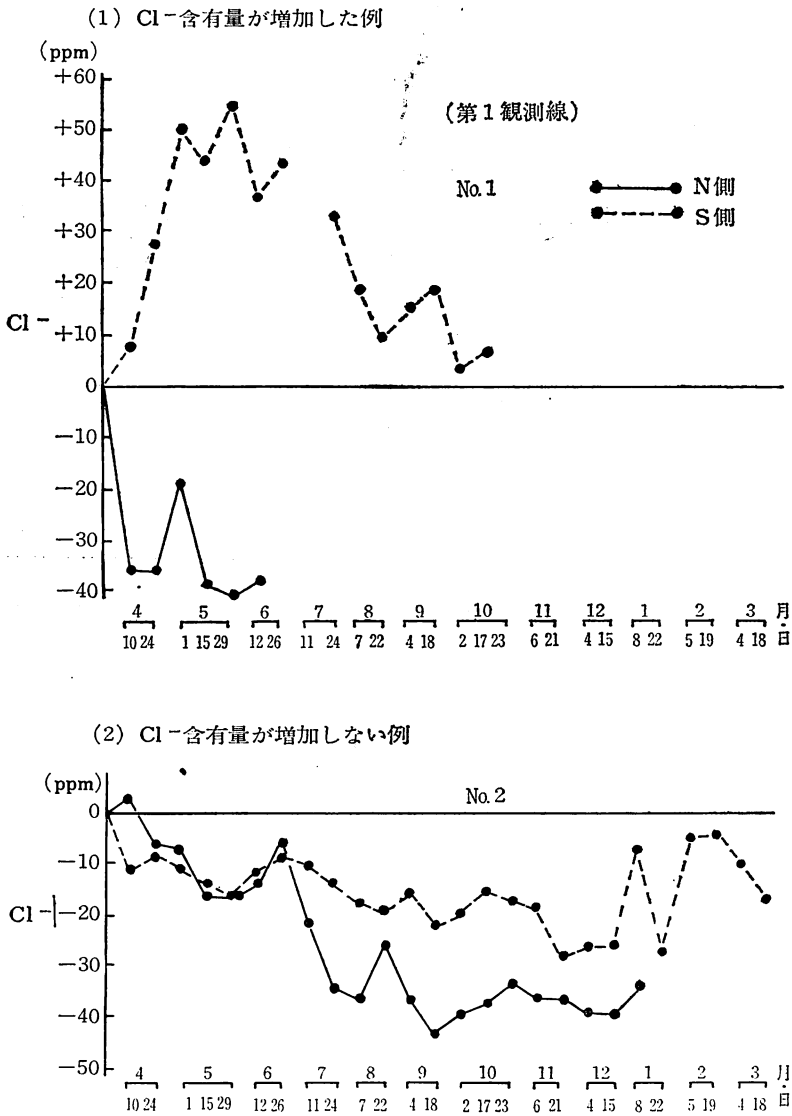
第12-1図によれば、第1観測線のN側においてはNo. 4地点付近まで、ほり込み申拡張前に比して拡張開始以後(9月以降)に水位勾配が変化し、水位の低下する傾向が認められる。一方のS側においてもNo. 5地点付近まで、水位が低下する傾向を示している。したがって、N側では300m付近、S側においては400m位までの範囲でほり込みの影響を受けていることが認められる。また、第2観測線の場合はN側ではほり込み部から350mの範囲で水位の低下する現象がみられるが、S側においてはほり込みによる影響は認められていない(第12-2図)

つぎに、中央水路ほり込み部への海水侵入前である1966年6月における Cl^- の最高値と、侵入後における Cl^- 濃度との差から、海水浸潤がみられるかどうかについて検討した。もし海水浸潤があるとすれば、 Cl^- の値は+側に移行することが予想される。その結果、+側に明らかに移行したものは、S側第1観測線のNo. 1およびNo. 3地点のみであった。なお、第13図には+側に移行した例としてNo. 1、移行しなかった例としてNo. 2のみを記

載した。

つぎに、 Cl^- 濃度が高まる傾向を示した第1観測線のNo. 1地点および重点調査において同様な変化のみられた地点の水位と Cl^- の推移を示したのが第14-1, 2図である。

観測井S側のNo. 1の場合、まず水位が急激に低下することが認められ、それにもなつて Cl^- 濃度が増加してきている。 Cl^- が最高値を示したときの水位は1.7m前後で、海面との差が0.9mである。また、重点調査の井戸においても海面との水位差が0.5m前後に達した頃から Cl^- 濃度が急増している。さらに、これを平均満潮位と比較してみると、観測のNo. 1は約0.3m、重点調査のNo. 5は平均満潮位以下にあった。これらのことから、ほり込み部近傍においては地下水位が海面と大差のない程度までに低下した場合、海水の浸潤は容易に起こりうることがうかがわれる。



第13図 中央水路ほり込み後におけるCl⁻の変動

IV 考 察

地下水の水質および地下水流などを調査するうえで、Cl⁻の動きを追跡することが、有効な手段として用いられることが多い⁹⁾。本調査の結果でも、Cl⁻は溶存イオンの多少によって変化を示す電気伝導度との間に、 $r=0.79$ の相関が得られている。このことは水質を構成している成分のなかでも、主要な位置にあることを示しているといえよう。また、農業用水としてみた場合もCl⁻の含有量は重要である。そこで、本調査においては

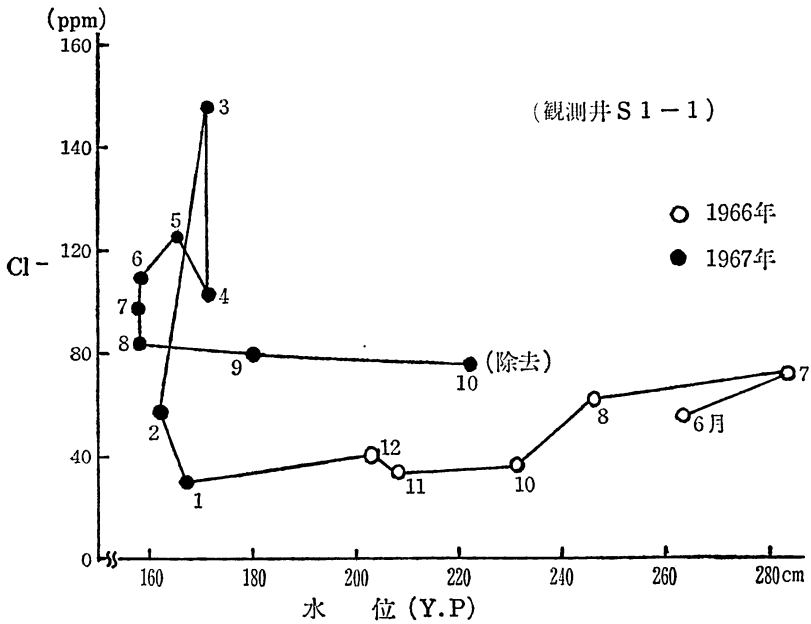
主としてCl⁻の動きを中心に、水質の違いや変動の解析をおこなった。

1 水質形成に関与している環境要因について

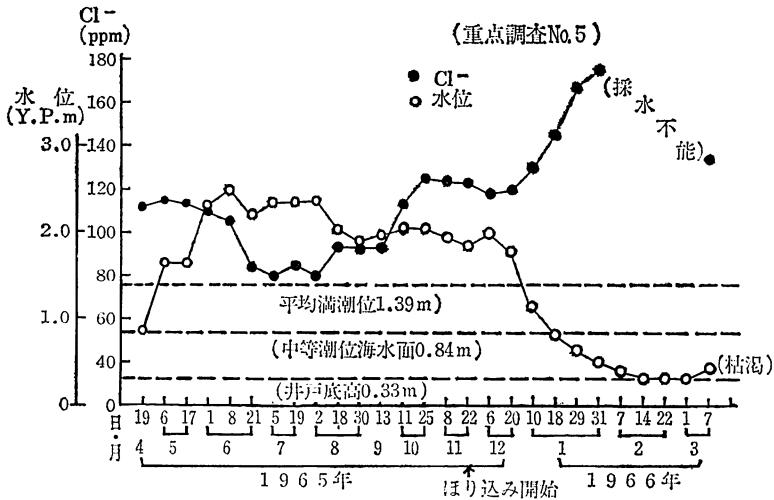
本地域の地下水の水質は地形区分によって鹿島灘沿岸部、神之池周縁谷底低地および深芝・萩原・鹿島台南縁低台地のように大別され、さらに海洋塩、人為汚染および地質によって影響されているように考えられる。

1) 水質組成の面から

はじめに、水質組成の面からみるとつぎのような特徴



第14図-1 水位と Cl⁻ の経時変化



第14図-2 水位と Cl⁻ の経時変化

が認められる。水質組成は第3図に表示したようなキイ・ダイヤグラムによって5つの型に区分されるが、水の性格によってそれぞれ特定の型に所属するといわれている¹⁰⁾。

- I 炭酸硬度型；主として表流水と自由水
- II 炭酸アルカリ型；被圧水とくに停滯性のもの
- III 非炭酸硬度型；一般に少ない

- IV 非炭酸アルカリ型；海水、海水の混入したもの
- V, V' その他の型；中間系のもの

このような性格づけからすれば、浅井戸の水質はおおむね炭酸硬度型に属することが予想される。しかしながら、本地域の地下水は炭酸硬度型に属するものは少なく、非炭酸硬度型および中間系のものが多いことが認められる。このことから、地下水は (Cl⁻+SO₄²⁻) によ

て強く汚染されており、 Ca^{2+} や Mg^{2+} の塩化物や硫酸塩を主成分とする水質であることが推察される。また、地下水中に含まれる HCO_3^- 濃度は深度によって異なり、浅部よりは深部、とくに被圧されている場合に多くなることから、 $\text{HCO}_3^- < (\text{Cl}^- + \text{SO}_4^{2-})$ の傾向にあることは、地下水の浅層性を示すものといえよう。

Ca^{2+} および Mg^{2+} の重碳酸塩を主成分とする炭酸硬度型に属する井水は、奥野谷を中心とした神之池近辺に特徴的に分布している。この地域にはたえず地下水の流入があり¹¹⁾、水田との比高も小さいうえに有機質に富む土壌が分布し、下層には粘土層(第5図)も介在している。このようなところでは多量の炭酸ガスが地下水に溶解しやすい条件下におかれているものと思われる。深芝地域のもは中間系に多い傾向がうかがわれ、平泉地域では中間系と非炭酸硬度型にほぼ均等に分布している。このように地形的な変化の少ないところにおいては水質組成が一定の型を示す傾向がみられるのに対し、木崎および粟生地域ではばらつきが多い。これらの点から、水質組成の面では地形的な条件を強く反映するとともに、地質的な条件によっても影響されているものと考えられる。なお、木崎・粟生には海水と同じ非炭酸アルカリ型に属するものがみられ、この原因については明らかでないためさらに検討する必要がある。

2) Cl^- の起源の面から

つぎに、水質組成のうえからも重要な成分となっている Cl^- の起源についてみると、第4図からも明らかのように、海岸から1km以内の沿岸部においては風送塩起源と思われるような濃度分布を示している。すなわち、海岸から離れるにしたがって濃度が減少するいわゆる正規分布¹²⁾の現象がみられる。他の調査¹³⁾においても同様な結果を得ていることから、とくに沿岸部の水質には海洋塩が強く影響しているものと考えられる。また、海岸から約8kmの内陸部における観測結果¹⁴⁾によれば、通常雨水中には4ppm程度の Cl^- 含量にすぎないが、強い風をともなった台風が通過した際には124ppmを記録している。このことから、断続的ではあるが地域全般にわたって風送による海洋起源の Cl^- の汚染を受けていることは十分肯首されるところである。風送塩の影響の多少は知り得ないが、一般に沿岸部では10~20ppmが風送塩源と推定されている¹⁵⁾。本地域のように沿岸部において100ppm以上もの高い値を示す場合には海水の拡散による浸潤によるものもあろうが、大部分の井水が30ppmも含有することからみて人為汚染も強く受けているものと推定される。なおまた、海岸から6km離れた木崎において100ppm以上もの含有量を示すことについては、水質組

成の上からも疑問が残るので、あわせて検討する必要がある。

以上に述べたことから、水質を形成するうえで、鹿島灘沿岸部においては海洋塩と人為汚染が、神之池周縁谷底低地においては地質的条件と人為汚染が、深芝・萩原・鹿島台地南縁低台地においては人為汚染が、地形とともにそれぞれ支配的な環境要因として影響しているものと推察される¹⁶⁾、¹⁷⁾。

2 水質の変動とそのタイプについて

本地域の代表的な井戸においては、塩類のどの成分も最低値の2倍位の範囲で濃度の変動していることが共通的に認められている。この濃度変動は主として水深の変化にもなって生じており、両者の関係は4つのタイプに分類しうるように思われる。

すなわち、① 水深が減少するにつれて濃度を増すもので、海岸部においてしばしばみられるタイプである(No.4の井戸)。濃度が急激に変化する場合には海水の浸潤が原因と考えられる場合もある。つぎに、② 水深が高まるにつれて濃度も高まるもので、雨水の浸透にもなって地上部からの汚染を受け易い状態にあるものに多いと考えられる(No.2)。また、③ 水量があるレベルに達すると濃度が高まるもので、これは水面が下降すると汚染源から遠ざかるために汚染が中止ないしは減少するが、水面が上昇すれば再び汚染度が増すことによって生ずる現象であると思われる¹⁸⁾(No.6, 9, 10)。最後に、④ 水位の変動に関係なく、濃度がほぼ一定のものであるが、これは人家の少ないところや採水位置が深い場合、あるいは汚染源となる排水溝や汚水溜が整備されている場合などにみられるタイプであると思われる。

これらのタイプが存在するのは浅層地下水特有のものであり¹⁹⁾、また、これらの関係は浅層地下水の汚濁形式を示すものと考えられる。

3 利水上からみた水質について

年平均水質によっても明らかのように、いずれの成分も全国における概略値をうわまわる傾向が認められている。これを利水上の面から、まず農業用水としてみた場合、とくに問題となる Cl^- 濃度は前報²⁰⁾において報告したように600ppmを水質基準値としている。したがって、本地下水はすべて基準値以下にあり、反応およびその他の塩類濃度も作物の生育に支障をきたすようなことは考えられない。また、工業用水の場合も、利用に際しては前処理が前提となるため²¹⁾、大きな問題になることはないように思われる。しかしながら、生活用水として

みた場合には、塩類濃度が支障となることはないにしても、 KMnO_4 消費量が水道法による水質基準値の10ppmを越えるものが一部存在することは問題になろう。これまでの結果によれば、降水量の多い時期に KMnO_4 消費量の高まる傾向がうかがわれ、地上部から直接の汚染も考えらるることから、この汚染源については十分注意する必要がある。なお、この場合、採水位置を深くすることによって KMnO_4 消費量はいちちるしく減少するので(第4表)、深井戸にすることも有効な対策であると思われる。

4 港湾掘込みが水質におよぼす影響について

鹿島港の中央水路掘込みによって、地下水位に影響がおよんでいるのは、水路の両側ともわずかな範囲であるが徐々に拡大する傾向が認められている。このような傾向のなかにあつて Cl^- の含有量の増加した井戸はわずかであるが、それらの井戸においては水位が急激に低下し、それにとまって濃度が高まっている。したがって、 Cl^- 含有量の変化は水位の低下によって海水と地下水の圧力の均衡が破れ、誘発されたものと推察される。しかし、鹿島灘の海水には18,000ppm以上の Cl^- が含まれているため、海水が直接侵入した場合には井水の含有量はかなり高まることが予想されるが、これまでのところ200ppmを越えていない。このことから、 Cl^- 濃度の増加は海水の拡散による浸潤によっておこったものであり、帯水層において透水性の局部的な良否によって生ずる地下流水の方向、いわゆる「みずみち」に沿って汚染されているものと推察される。

本地域のような海岸砂丘地帯においては淡水が海水の上にレンズ状に浮いているといわれ²²⁾、²³⁾、揚水によって水位が下がるとレンズが小さくなり、海水の上昇してくることが知られている。しかし、第12図からも明らかのように掘込みの影響がみられるところでも、水位はY.P3~4 mの位置にある。このような状態にあるかぎり、前に述べたような局部的な場合を除いて、海水の侵入によって広範囲の地下水が塩水化するおそれはないものと考えられる。

掘込みが進むとともに、地下水位への影響はかなり広汎な地域におよぶと推測されているが²⁴⁾、²⁵⁾、いずれも水路への自然湧出のみによっては、塩水化はおこり得ないことが示されている。また、これまでの報告²⁶⁾、²⁷⁾、²⁸⁾、²⁹⁾によれば、地下水の塩水化はいずれも無計画な過剰揚水によってもたらされることから、本地域においては適切な利用計画のもとに、地下水の塩水化を防がねばならないと考えられる。

5 結 び

これまで述べてきたことから、本地域の地下水は農業用水あるいは工業用水としての問題はなく、飲料水とした場合支障をきたすものもあるが、一部にとどまっている。しかし、過剰に揚水されるとすみやかに塩水化する条件があり、また、地上部からの汚染に対しては無力の状態にある。今後、港湾掘込みが神之池周辺谷底低地付近へおよび、あるいは工場の建設や都市化が進むとともに、汚染源は漸増し、汚染は助長されることが予想される。地下水は一旦汚染されると長期間持続し、これを排除することは困難であるため、地下水の水質保全という立場から汚染のメカニズムをさらに究明する必要がある。

参 考 文 献

- 1) 豊田環吉：工業用水とその水質管理
- 2) 茨城県：鹿島臨海工業地帯造成計画書(改1)(1962)
- 3) 茨城県農業試験場：鹿島地区における地下水(井戸)調査成績書(1964)
- 4) 企画室：鹿島地下水調査(1965)
- 5) 茨城県農業試験場：鹿島臨海工業地域地下水調査成績書(1966)
- 6) 茨城県農業試験場：鹿島臨海工業地域地下水調査成績書(1967)
- 7) 鹿島港湾調査事務所：鹿島地区地下水調査報告書(1966)
- 8) 鹿島港湾調査事務所：鹿島地区地下水調査報告書(1967)
- 9) 半谷高久：水質調査法
- 10) 山本荘毅：地下水探査法、P86~94
- 11) 企画室：鹿島地下水調査、P23
- 12) 山本荘毅：海岸付近池沼水中の塩化物の所謂正規分布、陸水学雑誌11、(1941)P14~21
- 13) 企画室：鹿島地下水調査(1965)P26~27
- 14) 茨城県農業試験場：土壌肥料夏作試験成績書、(1965)P17~23
- 15) 半谷高久：水質調査法、P29
- 16) 木内四郎兵衛・岩下茂子：利根川下流域における地下水、地評41-7(1968)P450~459
- 17) 高村弘毅：地下水の電気伝導度について一鹿島灘沿岸の砂丘地域の場合一水温の研究、10-6、P15~9
- 18) 村下敏夫：水井戸のはなし、P61

- 19) 水利化学研究所編：水利学大系—7，水質汚濁と廢水処理，P57～58
- 20) 小山田勉他4名：鹿島開発域の農業用水に関する調査研究（第1報）—常陸川の水質と塩素イオンの動向—茨農試研報10，P47～59
- 21) 豊田環吉：工業用水とその水質管理
- 22) 山本荘毅：地下水探査法，P96～101
- 23) 山本荘毅：海岸地下水とくに砂洲の地下水について地評，32—11，（1959）P579～593
- 24) 丸山利輔・金子良：掘り込み港建設に伴う鹿島工業地域の地下水変化，農土論集，（4）
- 25) 資源総合開発研究所：鹿島臨海工業地帯地下水調査報告書
- 26) 蔵田延男他2名：静岡県田子の浦における急激な地下水塩水化現象，地質雑68（1962），P237～260
- 27) 村下敏夫：地下水の塩水汚染，用水と廢水6—9，P686～692
- 28) 岡部史生外2名：静岡県田子の浦港周辺の地下水塩水化現象，地評，41—3，（1968）P201～206
- 29) 富士市公害対策市民協議会：富士地区公害の実態（1969）P16～18
- 30) 富士市公害対策市民協議会：富士地域公害調査書第1編 既存公害編（1969）P51～57

茨城県農業試験場研究報告 第11号

昭和45年3月31日 発行

発行所 茨城県農業試験場
水戸市上国井町

印刷所 関カクチヨウ印刷
水戸市上水戸1-8-14

印刷者 長 倉 精 吉

Bulletin of the Ibaraki Agricultural Experiment Station

No. 11, 1970

Contents

1. A New Paddy Variety 'Mizuhatomochi' for Irrigating Upland Cultivation.
.....Shinichi ONO, Hiroo NEMOTO, Yoshihiro NIIZUMA, Shoji ABE and
Masatoshi ISHIHARA
2. On the Effects of Cultivating Condition to the Brown Rice Quality and the Milling Character
on Upland Cultivated Rice.
.....Masatoshi ISHIHARA, Hirobumi OKANO and Shinichi ONO
3. Ecological Studies on *Artemisia princeps* Pamp. and Its Control.
.....Toshikuni AITANI and Hiroo NEMOTO
4. Studies on the Organic Matter Supplining on Volcanic Ash Upland Soils in Ibaraki Prefecture.
.....Minoru ISHIKAWA and Masao ISHIKAWA
5. Variation of the Head Width in Adult of the Rice Stem Borer Captured by Light Trap.
.....Akira TAKAI
6. Investigation on the Irrigation Water in Kashima District (Part 2).
.....Koichi HONDA, Mitsugu YOSIHARA, Tadao UENO,
Tsutomu OYAMADA and Yasuo OSHIKAMO