

鹿島開発地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——

小山田 勉・押嶋 保夫・吉原 貢・本田 宏一・石川 昌男

常陸川水門の開閉によって塩害を防止するためには、適切な水門操作を行ない、上流部の塩水化を防ぐ必要がある。

本調査は塩素イオン濃度 600ppm を農業用水質基準とし、水門上流部を基準値以内に保つのに必要な操作基準を確立するために行なったものである。

調査の結果、本水域の水質は塩類組成からみると「非炭酸アルカリ型」で海水に類似しており、塩類濃度と電導度の間には高い相関のあることが認められた。また、自記電導度計による連続観測の結果から、塩素イオン濃度の変動を支配する要因のなかでも、水門操作上、必要性の高いのは、布川地先における利根川流量と銚子河口における潮位であることが確認された。

さらに、潮位曲線と塩素イオン濃度曲線から、塩分のみかけの遡上速度と流下速度は一定の規則性を示すことが明らかとなった。

これらの結果にもとづいて水門操作基準を策定したが、これに従えば水門上流部を 600ppm 以内の濃度に保つことが可能であると考えられる。

I 結 言

常陸川は利根川水系に属し、霞ヶ浦を水源とする延長 10km 余の河川であり、波崎町宝山地先において利根川に合流している。

本川はきわめて平坦な地形を流れるため超緩流河川となっており、渇水時には河口より海水が利根川を経て常陸川に遡上することが認められている。

このため、本水域に用水を求めている 3,000ha 余りの水田および約 300ha の大野原⁽¹⁾（神栖村）畑かん地帯はたえず塩害の危機にさらされてきた。とくに、昭和33年度は著しく、神栖村だけでも 570ha⁽²⁾におよぶ水稲への被害をこうむった。また、潮来町営上水道の水源である北利根川の塩素イオン濃度が、日本水道法に定められている基準をうまわり、取水できないことがたびたびみられた。

そこで、昭和38年に至り建設省によって利根川との合流点より約 500m 上流に洪水と塩害防止を目的とした常陸川水門⁽³⁾が建設された。しかし、塩害防止のための明確な水門操作基準がないために、現在も依然として塩害の危険は残されている。

さらに、最近鹿島臨海工業地帯の造成が進められており、これと並行して農耕地の基盤整備も順次行なわれつつある。したがって、地域開発に必要な各種の用水は、常陸川および北浦から取水することになり、⁽⁴⁾⁽⁵⁾本水域

からの水利用は、以前に増して重要な意義をもつに至っている。

本水域から農業用水を取水するに当たっては、作物の塩害に対する配慮、対策が十分でなければならない。作物の塩害に関する研究は多数あるが、⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾水稲について障害を及ぼす塩素イオン濃度についてみると、籾の発芽の場合 3,000 ppm 以上、幼苗期で 1,200 ppm 以上、移植期 600 ppm 以上、幼穂形成期 1,200 ppm 以上、出穂期で 1,200 ppm 以上のものである。

一方、畑かんの場合、7月下旬～8月かん水の場合、畑水稲、陸稲、落花生のいずれも 600ppm 以上で障害をきたしている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。これから、水稲および畑作物全般を通しての安全な塩素イオン濃度は 600ppm 以下であるといえる。

著者らは、この 600ppm の塩素イオン濃度を農業用水の水質基準として、常陸川水域における水質の特徴とこの基準を維持するための常陸川水門の操作基準の確立をはかり、農業用水の水質保全をねらいとして、昭和38年から水質調査を行ってきたが、ここに一応の結果をえたので報告することにした。なお、本調査成果の一部については、昭和41年9月と同42年12月の日本土壌肥料学会関東支部大会においてそれぞれ発表した。

終わりに、本調査研究に当って有益な示唆と助言を戴いた九州農試橋元秀教博士、茨城県専門技術員飯田栄氏に深く感謝の意を表す。また、施設整備等にご尽力を

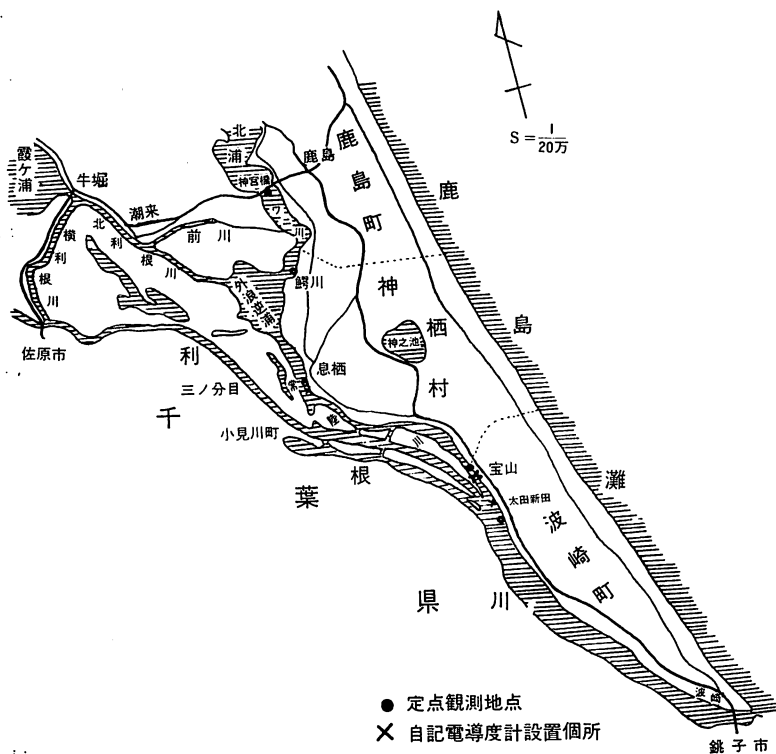
煩わした河川課技佐水野雄五部氏、資料の提供を戴いた建設省利根川下流工事事務所・同各出張所、なお、本調査に著者ら以外で従事し、成績の一部をとりまとめられた公害課係長長谷川文男氏、当時鯉淵登技師、上野忠男技師、計数の整理等でご協力を煩わした小神野敏江嬢の各位に厚くお礼を申し上げます。

II 調査方法

1 定点観測による調査

1) 定点および採水の位置

第1図および第1表に示す地点を定点観測地点と定め、その地点において採水を行なった。



第1図 調査地点図

第1表 調査地点

調査地点	場所	河口からの距離	採水位置	その他
神宮橋	鹿島郡鹿島町大舟津	39km	旧神宮橋下でほぼ川の中央	この上流(北浦)に工業用水の取水地点がある。また、近傍に農業用水の取水地点および水位観測所がある。
鰐川	鹿島郡神栖村下幡木	34km	排水機場の近辺で左岸より約4m	鰐川と外浪逆浦の合流地点、近傍に農業用水の取水地点がある。
息栖	鹿島郡神栖村息栖	27km	左岸より約10m	調査水域のほぼ中央にあたり、自記電導度計がある。建設省の水位、流量観測所もある。やや下流に畑かん用水の取水口がある。
常陸川水門	鹿島郡波崎町宝山	19km	水門の上流50m左岸より約35m	常陸川および利根川の合流地点である。採水地点より500m下流に自記電導度計がある。
太田新田	鹿島郡波崎町太田新田	17km	左岸より約15m	利根川本流にあたる。

鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究（第1報）

2) 採水時期および調査回数

昭和38年7月から調査を開始したが、43年6月までに行なった各定点における採水時期および回数は第2表のとおりである。なお、第2表に示すほか必要に応じて随時採水を行なった。

第2表 試水の採取時期および調査回数

年 月	採 取 時 期	調査回数
昭38 7~12		53
39 1~12	41年4月まで毎週2回（月・金曜日）とし、年間を通じて均等な間隔で採取することにつとめた。	104
40 1~12		104
41 1~12		64
42 1~12	41年5月より銚子港における潮位の影響の顕著な大潮および小潮当日に採取した。	49
43 1~6		24
計		398

3) 採水方法

北原式B号の採水器を用いて表面水（水面下30cm）を採取し、試水で洗浄した、1ℓ容ポリエチレン製ビンに空間を作らないようにみだし、密栓して実験室に運搬した。試水の採取と同時に天候、時刻、気温、水温および流向について記録した。

2 自記電導度計による観測調査

1) 観測器の名称

CMR型工業用多点電導度記録計（東亜電波工業KK製）

2) 観測地点

息栖：鹿島郡神栖村息栖および宝山：鹿島郡波崎町宝山の2か所で、常陸川の左岸約10m（息栖）および約30m（宝山）の個所に設置した。なお、息栖は定点観測地点と同一であり、宝山の場合は、常陸川水門下流約500mの地点で利根川との合流点である。

3) 観測期間

昭和41年5月28日より開始し、現在も継続している。

3 試水の分析項目および方法

試水の分析は一般水質分析法にしたがい、それぞれ以下の方法によって測定した。なお、pHおよびアルカリ度は採水当日または、翌日中に測定した。

- 1) pHおよび電導度：ガラス電極法。
- 2) 塩素イオン：硝酸銀液によるモール法。
- 3) 硫酸イオン：クロム酸塩による比色法。
- 4) 珪酸イオン：モリブデン酸塩による比色法。
- 5) アルカリ度（pH4.3）：滴定法。
- 6) カルシウム、マグネシウムおよび総硬度：EDTA法
- 7) ナトリウムおよびカリウム：焰光法。

III 調査結果

1 常陸川水質の特徴

- 1) 代表的定点における塩類濃度の水平および垂直分布

河川における塩類濃度の水平および垂直分布は、その河川の利水上大きな指標となりうるものである。その意味でこの分布を知ることによって、河川の一特質を把握することができる。そこで、代表的定点および宝山におけるCMR型多点電導度記録計（以下「自記電導度計」と略す）の設置箇所について、つぎの方法により検討した。

すなわち、河川の水平方向は左岸、中央、右岸の3か所について、また、垂直方向については上層（表面下30cm）、中央（上・下層の中間）、下層（河床下30cm）よりそれぞれ採水し、これらの試水について塩素イオンおよび電導度を測定した。得られた結果について、塩類濃度を塩素イオンで代表して述べるとつぎのとおりである。

(1) 神宮橋

定点観測地点中、最上流部の神宮橋における塩素イオンの垂直分布を第2図-1に示した。

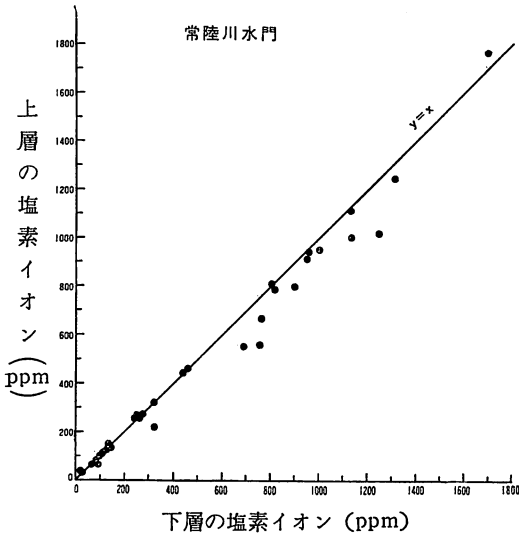
本図によれば、1,000ppm（中層値）以下の場合で、上層および下層の塩素イオンは $y=x$ の関係を示し、上層から下層に至るまでほぼ均一に分布していることが認められる。水平方向は、垂直方向と同じで1,000ppm（中央値）以下の場合、左・右岸および中央に大差が認められなかった。

(2) 常陸川水門および宝山

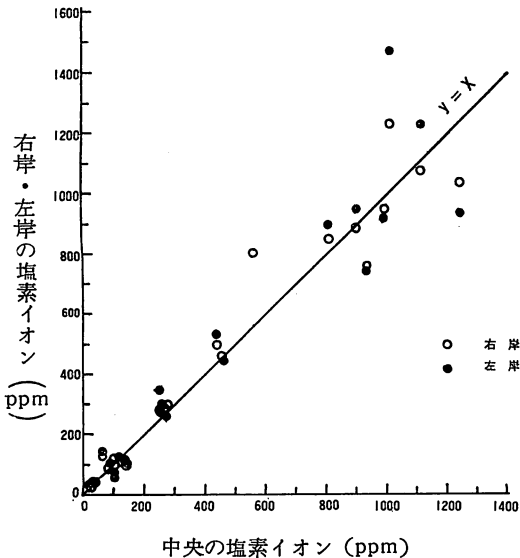
下流部の常陸川水門（以下「水門」と略す）における水平方向については第2図-2に示すとおりである。本図から中央部の塩素イオン濃度が1,000ppmまでは左岸および右岸に大差なく、ほぼ均一に分布していることが認められる。しかし、1,000ppmをこえるところから左岸および右岸の濃度差は大きくなるようである。

次に、垂直分布について第2図-3からみると、上層の濃度が1,000ppm以下の場合には、上層・下層に大差のないことが認められる。一方、上層の濃度が1,500~6,000ppmの高濃度を示す場合、下層の濃度は上層よりも約7.5%程度高い値を示すことが認められた。

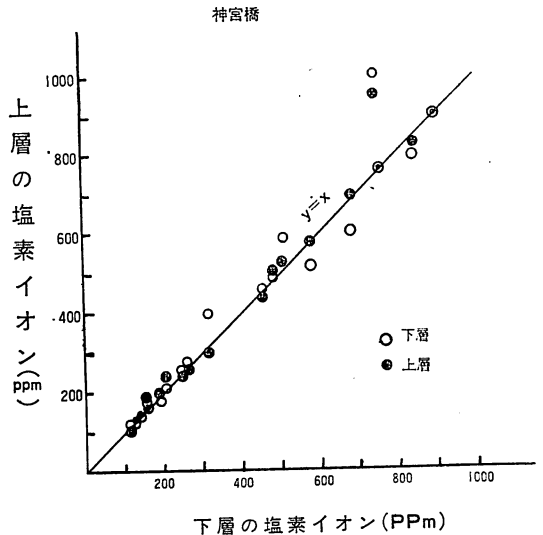
また、自記電導度計の設置個所である宝山について検討した結果、1,500ppm(中央値)までは左岸、右岸とも均一な分布を示した。しかし、中央の濃度が4,500ppm以上の場合、左岸は中央とほぼ同一値を示したが、右岸はやや高い傾向にあることが認められた。



第2図-1 塩素イオンの垂直分布



第2図-2 常陸川水門における塩素イオンの水平分布



第2図-3 塩素イオンの垂直分布

(3) 息 栖

中流部の息栖についても上記と同様に検討した結果、水平方向の場合には1,000ppm(中央値)以上において左岸および右岸の濃度は中央に比べ高い値を示した。また、垂直方向の場合、1,000ppm(中層)までは上層から下層までほぼ均一であったが1,000ppm以上になると下層ほど高いことが認められた。

以上のように、本水域における塩素イオンの分布は、1,000ppm以下の場合で、水平および垂直方向とも大きな差異が認められなかった。したがって、農業用水の水質基準値である塩素イオン600ppm前後の濃度の場合には、水平および垂直方向のいずれも均一であり、採水上支障のないことがうかがわれる。さらに、上記のことから第1表による定点観測および自記電導度計による観測は、その水域の塩類濃度を十分代表し得るものであるといえる。

2) 常陸川の塩類濃度と水質型および塩類濃度と電導度との関係

(1) 各定点の塩類濃度

常陸川の各定点における塩類濃度の平均値と小林⁽¹⁰⁾によって得られた日本全国河川平均値と比較すると第3表に示すとおりである。

本表によれば、常陸川の塩類濃度は全国平均値に対してきわめて高い値を示し、とくに、塩素イオン、硫酸イオンおよび総硬度においてその差が顕著である。これらの塩類濃度を各定点別にみると、下流ほど高い値を示しており感潮河川としての性格がうかがわれる。

鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究（第1報）

第3表 各定点の塩類濃度

	水温 °C	pH	Cl ⁻ ppm	SO ₄ ²⁻ ppm	T.H ppm	アルカリ度 ppm	EC ×10 ⁻⁵ Ω/cm	Cl ⁻ /SO ₄ ²⁻
神宮橋	16.3	8.0	375	75	139	40	141	6.77
鰐川	16.9	8.1	565	90	201	44	193	9.53
息栖	16.7	8.0	875	140	401	41	288	8.44
常陸川水門	16.6	7.9	1,702	234	619	42	567	9.85
太田新田	17.2	8.0	1,872	255	620	41	596	9.94
日本河川平均		6.6~7.2	5.8	10.6	30.0	25.5		0.73

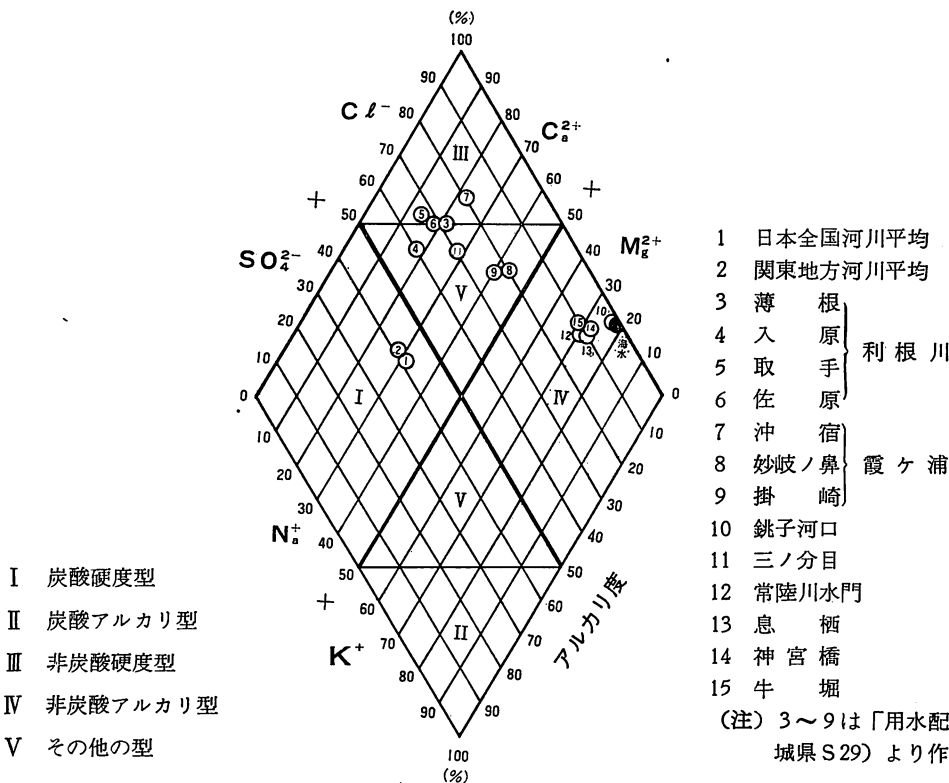
- 注) 1) 水温, pH, Cl⁻, E.C.は38年7月~43年6月まで398点の平均値(ただし, 鰐川および太田新田は39年7月~43年6月まで293点の平均値)
 2) SO₄²⁻, T.H.は39年7月~41年6月まで195点の平均値
 3) アルカリ度は41年7月~43年6月まで98点の平均値
 4) Cl⁻/SO₄²⁻は当量比

(2) 水質型

本水域の水質は, 塩類組成からみてどのような「型」に属するかを知るため, 常陸川の各種塩類と日本全国河川平均値および関東地方河川平均値⁽¹⁰⁾, 利根川上流の

群馬県薄根村から下流の千葉県佐原市にいたる利根川および霞ヶ浦の各成分比をキー・ダイアグラム⁽¹¹⁾ (Key-Diagram) にプロットすると第3図のようになる。

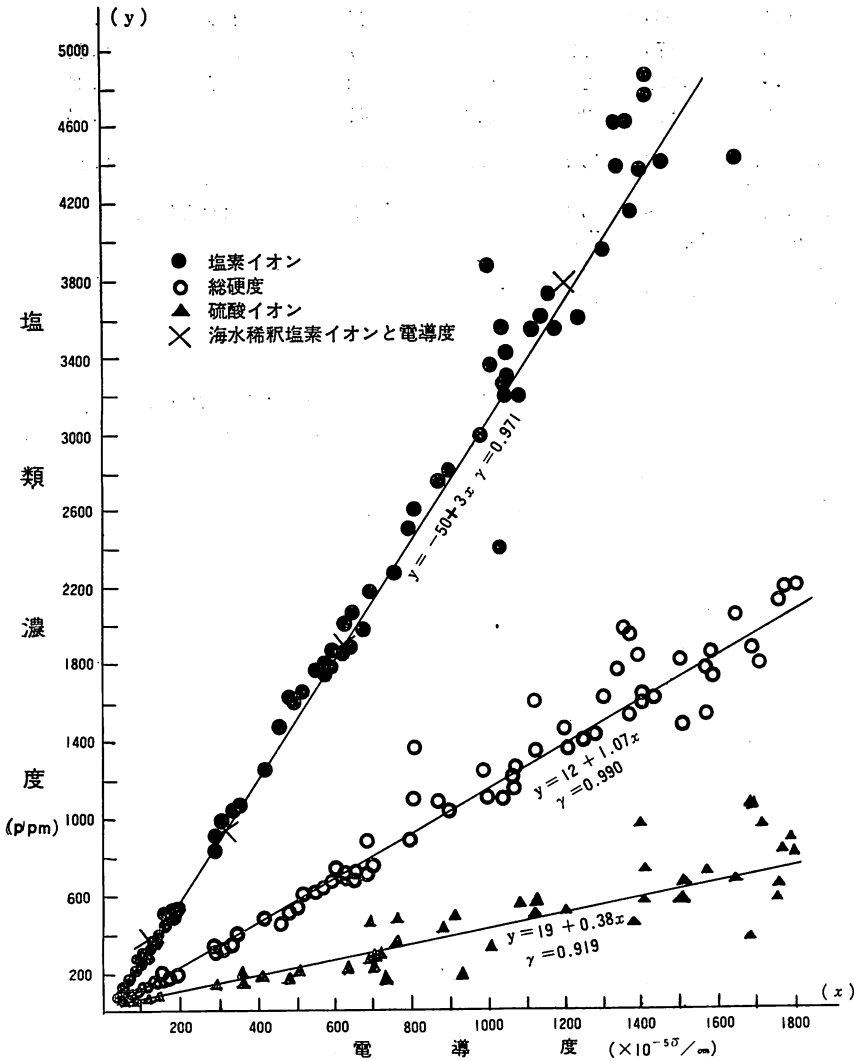
本図によると, 日本全国河川平均および関東地方河川



第3図 各水域の水質型

平均は「炭酸硬度型」に属し、利根川上・中流部と霞ヶ浦は「非炭酸硬度型」から「その他の型」に属することが認められる。これに対して、常陸川・利根川下流および霞ヶ浦の排出口である牛堀、神宮橋は「非炭酸アルカリ型」である。上記の五つの「水質型」をさらに大別し

て「陸水型」(I), 「海水型」(IV) および「中間型」(II, III, V) の三つにすれば、本水域の水質は典型的な「海水型」である。すなわち、本水域の水質は海水の稀釈されたものとみることができ、塩類組成は海水にきわめて近似していることを示している。



第4図 塩類濃度と電導度の関係

(3) 2, 3の塩類濃度と電導度との関係

以上のことから、本川の塩類組成が何らかの条件によって乱されない限り塩類濃度と電導度との間には一定の関係が成り立つはずである。そこで、これまでに得られた塩素イオン、硫酸イオンおよび総硬度と電導度との関係を第4図に示した。

本図から明らかなように、3成分とも相関係数(r)は0.9以上を示し、電導度と高い相関のあることが認められる。また、塩素イオンの場合は、海水を蒸留水で稀釈した場合の塩素イオン-電導度直線と一致する。

このようなことは、一般河川と異なって本川水質の特異性を側面的に物語っているものといえよう。なお、本水域の塩類濃度は電導度の測定のみで推定可能なこと、また、自記電導度計による連続観測は刻々塩類濃度が変化する感潮水域での調査にきわめて効果的であることを示している。

2 塩素イオンの変動および変動におよぼす諸要因の影響

上述のとおり、本川の水質は海水の影響により一般河川と異なり、塩類組成からみた水質型も「海水型」をとり、また、濃度も著しく高いことが認められた。このうち、作物の生育に最も支障を及ぼす塩素イオンについて、その変動と変動におよぼす諸要因を検討した。

て、その変動と変動におよぼす諸要因を検討した。

1) 塩素イオンの時期的変動

(1) 塩素イオンの年次および季節変動

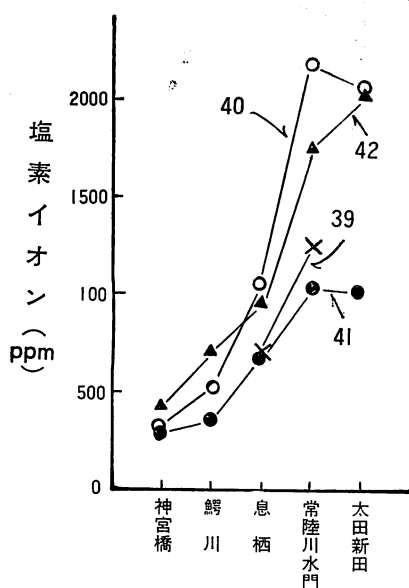
塩素イオンの年次変動を39年~42年までの各定地点における年間平均値で示すと第5図のとおりである。

本図から40, 42年は39, 41年にくらべて各定地点とも高い

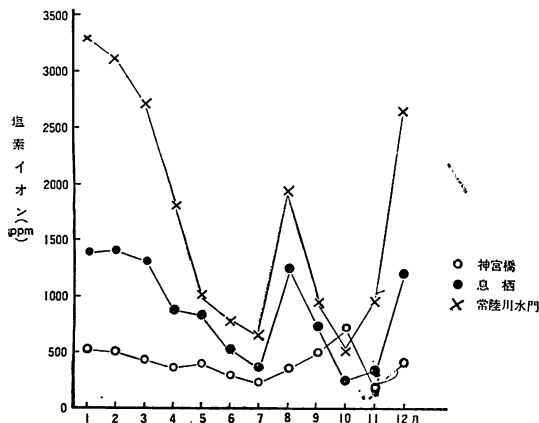
値で推移していることが認められる。このように、本水域の塩素イオン濃度は年次によりかなり異なることが認められる。

次に、季節変動を神宮橋、息栖および水門の定点についてみると第6図に示すとおりである。

本図によれば、塩素イオンの推移に3地点とも類似する傾向が認められ、推移曲線には年に2回、濃度の「山」および「谷」の出現することが認められる。すなわち、神宮橋は1月と10月息栖および水門では1月および

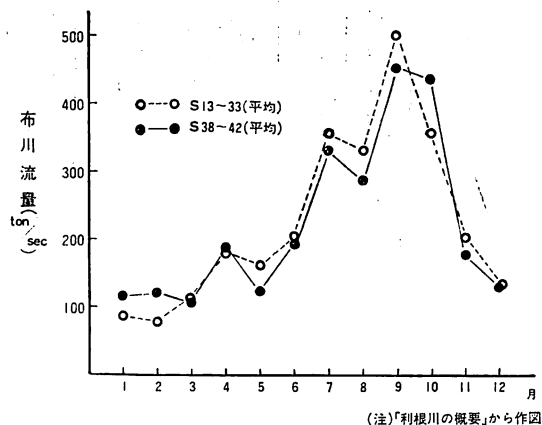


第5図 各定点における年次別の塩素イオン



第6図 塩素イオンの季節変動（5ヶ年平均）

8月にそれぞれ濃度のピークが現われている。これらは、いずれも冬季および夏季の渇水期に当たっている（第7図）。なお、この図で8月は比較的流量が多い。これは、8月上旬・中旬の少雨による渇水、下旬の多雨（台風の影響）による増水となり、平均流量が増大したものである。



第7図 流量の季節変動

(2) 塩素イオンの濃度別出現頻度

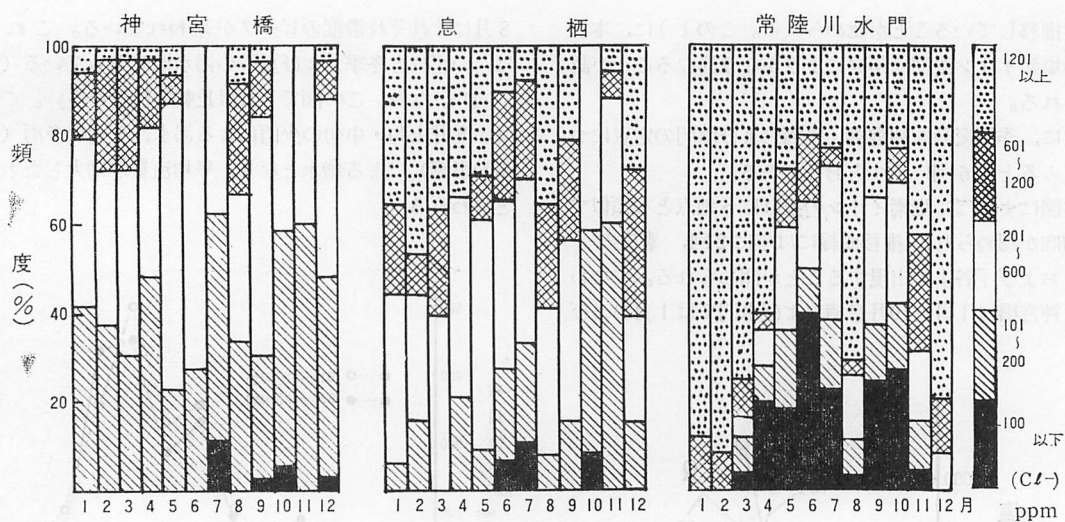
定点観測値の5か年分から塩素イオンの濃度別出現頻度を農業用水基準値の600ppm以下を示す割合について検討した結果、神宮橋は85.9%、鱒川70.6%、息栖60.8%、水門40.8%、太田新田37.2%で下流にいたるほど低率を示した。

次に、濃度別出現頻度を神宮橋、息栖および水門について月別に検討した結果を示すと第8図のとおりである。

本図から各定点の農業利水期間（3月～9月）における危険率（600ppm以上を示す割合）をみると、3月～4月および8月に高まる傾向を示している。この時期は、農業用水の最も必要な苗代期（3月下旬）、田植期（4月下旬～5月上旬）および畑かん期（7月下旬～8月下旬）であって、塩素イオンの変動については、とくに注意を要するであろう。

2) 塩素イオン濃度の変動を支配する諸要因の影響

時期的に塩素イオン濃度の変動の大きい常陸川水域を農業用水保全の立場から水質を維持するためには、河口より遡上する海水を水門の操作によって防止する必要がある。水門操作の基本的な方法は、塩素イオンの変動を



第8図 3地点における月別塩素イオンの出現頻度

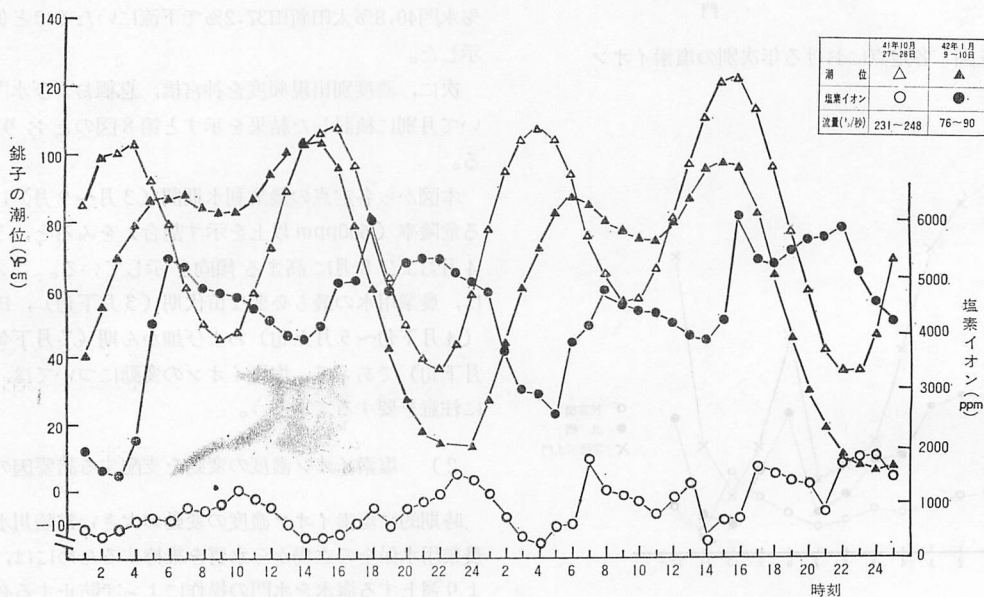
支配する種々の要因と塩素濃度との関係を明らかにすることによって解決される。

塩素イオン濃度の変動を支配する要因については、河口からの距離、銚子港における潮位の変化（潮の干満）河川の流出量、水面勾配、河床の状況および波浪などがあげられる。このうち、河口からの距離、水面勾配、河床の状況については、実際の水門操作上必要性が小さいので、また、波浪については資料が不十分なので除外した。

したがって、要因としての潮位および流出量と塩素イオン濃度の変動との関係を水門操作上最も重要な位置にある宝山地点について検討を加えた。なお、以下の塩素イオン濃度は自記電導度計による観測値から算出したものである。

(1) 潮位

宝山地点における塩素イオンの変動におよぼす潮位の影響を示すと第9図のとおりである。本図から潮位が塩素イオンの変動に関与していることは明らかである。し



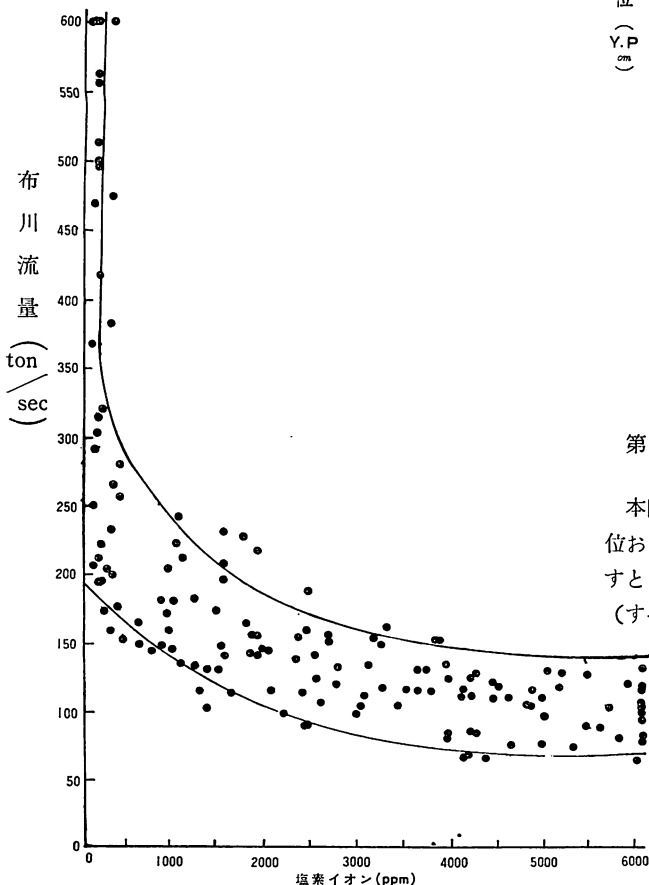
第9図 潮位と塩素イオンとの関係

かし、41年1月9～10日は41年10月27～28日のそれより高く推移している。この相違は流量の差異によるものと考えられ、潮位が塩素イオンの変動に関与しているものの、流量の多少がより大きく影響していることがうかがわれる。

(2) 流量

布川地先利根川流量(日平均値)と宝山地点における塩素イオン濃度(日最高値)との関係を示すと第10図のとおりである。本図によると、流量の減少に伴って、塩素イオンは次第に高濃度化することが認められる。さらに、農業用水の基準値である600ppmと流量との関係を見ると、流量が251ton/sec以上では600ppm以下、150ton/sec以下ではすべて600ppm以上、151～250ton/secの場合は、600ppm以上と、これ以下の濃度を示すことが認められる。

以上のように、本水域における塩素イオン濃度の変動におよぼす最も支配的な要因は、流量の多少にあるといえよう。しかし、流量が151～250ton/secでは、潮位の

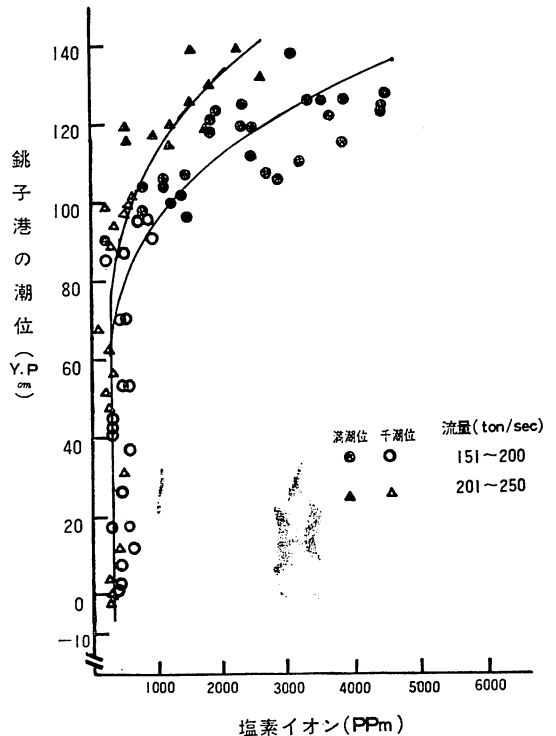


第10図 流量と塩素イオンとの関係(宝山)

変動による影響が現われてきている。

(3) 潮位・流量・塩素イオン濃度の相互関係

上述のように、流量が151～250ton/secでは、600ppmを中心としてみた場合、流量と潮位が相互に関係あつて塩素イオン濃度を変動せしめていることが認められた。そこで、この流量(151～250ton/sec)における潮位と塩素イオン濃度との関係について検討を加えた(第11図)。



第11図 潮位・流量と塩素イオンとの関係(宝山)

本図によれば、流量が151～200ton/secの場合、干潮位および満潮位も含めて、潮位が80cm(Y.P.)以上を示すときは、大部分600ppm以上となり、これ以下の潮位(すべて干潮時に当たる)、すなわち干潮時の場合はほとんど600ppm以下になることが認められる。

次に、流量が201～250ton/secの場合についてみると、95cm(Y.P.)以上で600ppm以上を示し、これ以下の場合には満潮時であっても、すべて600ppm以下を示すことが認められる。

3 塩素イオンの見かけの遡上および流下速度

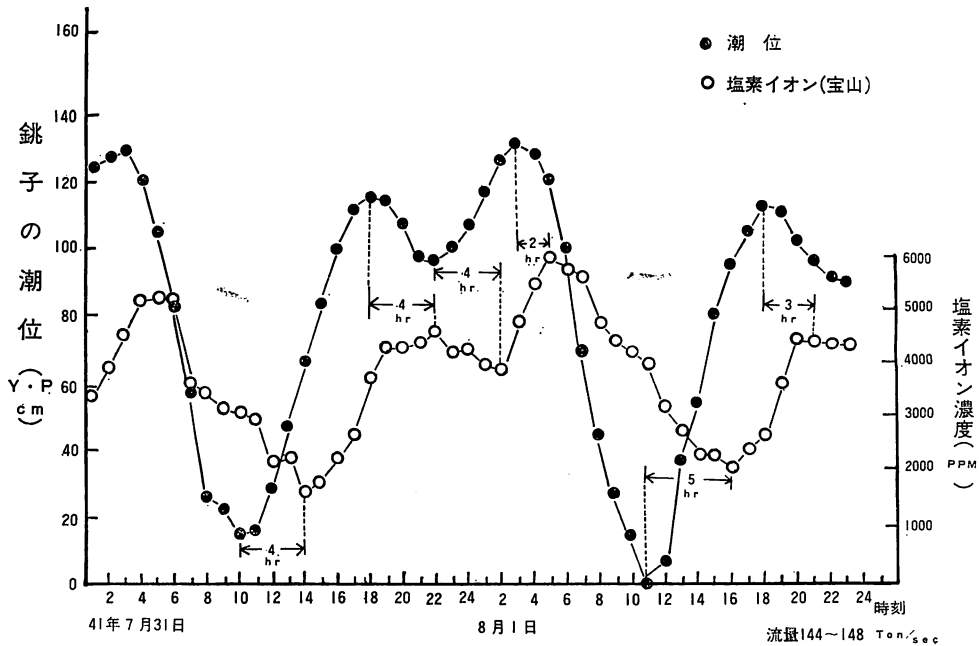
塩害防止の水門操作を適確に行なうには前述のことはもちろん海水が河口より遡上す

る速度および流下速度についても知る必要がある。以下これら速度について検討した。

銚子港における潮位曲線の満潮位に対応して、宝山の塩素イオン濃度のピークを示すまでの時間を見かけの遡上速度（以下「遡上速度」と略す）とし、干潮位に対応して低い濃度を示すまでの時間を見かけの流下速度（以下「流下速度」と略す）として検討を加えた。その結果を示すと第12図のとおりである。本図によれば、遡上速

度は2～4時間、流下速度は3～5時間である。

しかしながら、前述したように、塩素イオンからみた海水の遡上には、流量と潮位が支配的な要因であった。そこで、流量および潮位（満潮時および干潮時）が速度に影響するものかどうかについて検討を加えたのが第13図である。これによっても遡上速度は2～4時間、流下速度は3～5時間であって第12図から得られた結果と大差のないことが認められた。



第12図 塩素イオンの遡上および流下速度（時間）

4 農業用水質保全と水門操作法

以上、塩素イオン濃度は潮位・流量とくに流量の多少によって大きく変動すること、さらに、銚子河口と宝山における海水の遡上および流下速度には、一定の規則性のあることなどを明らかにした。したがって、これらの結果にもとづいて水門操作法を策定し、その操作を行なえば、水門内より本水域全般にわたって塩素イオン濃度を600ppm以下に保つことが十分可能であると考えられる。以下、水門操作法の基準について述べると次のとおりである。

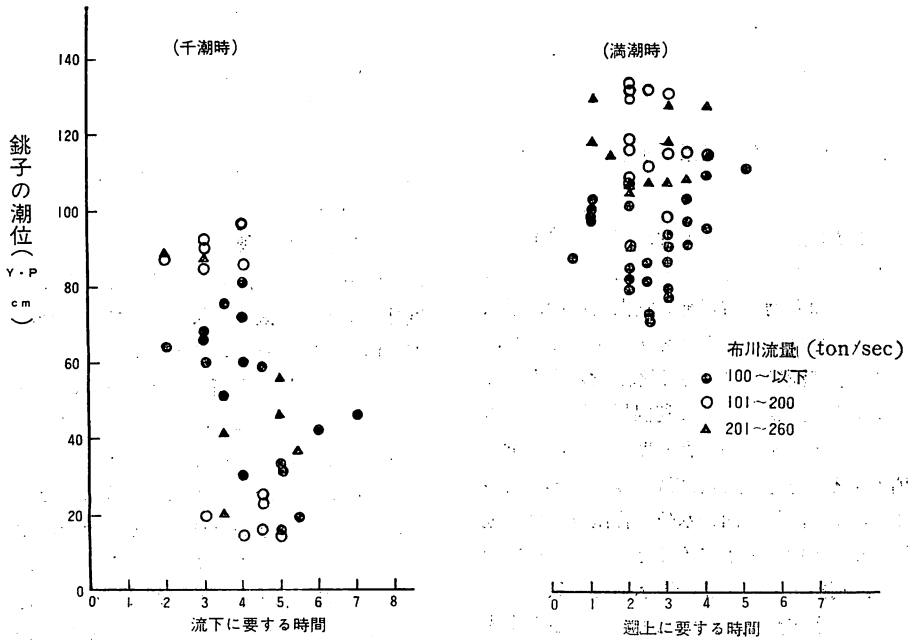
- 1) 流量が150ton/sec以下の場合は潮位に関係なく全門閉鎖する。
- 2) 流量が251ton/sec以上の場合は潮位に関係なく水門操作は不要である。

3) 流量が151～200ton/secの場合は、銚子港における潮位が80cm (Y.P.) 以下のときは操作の必要はない。80cm (Y.P.) 以上を示すときは、80cm (Y.P.) に達する時刻（銚子港）から2～4時間以内に水門を閉じ、そのときの満潮時刻（銚子港）から3～5時間経過後開放する。

4) 流量が201～250 ton/secの場合、潮位が95cm (Y.P.) 以下のとき、水門操作は不要である。95cm (Y.P.) 以上を示す場合は、3)と同様な方法により操作を行なう。

5) なお、水門操作基準の関連事項として、次のことが必要である。常陸川水門は8門のゲートと1門の船舶用導水路閘門からなっているが、海水の遡上防止は全門閉鎖によることが必要である⁽¹²⁾

また、常陸川と利根川は神栖川真崎と千葉県小見川町



第13図 銚子の潮位と塩素イオンの遡上および流下速度

との間で運河によって結ばれている。したがって、常陸川への海水の遡上を防止するため、常陸川水門を閉鎖しても小見川地先利根川からこの運河を通して常陸川に流入することが考えられる。よって、この関係について検討した結果、両川はこの運河を通して互いに影響しあっている事実を認め、また、小見川地先利根川の塩素イオンが600ppmのとき、宝山のそれは2,300~2,400ppmを示すことを認めた⁽¹³⁾。このことから、運河にある小見川閘門の開閉も、宝山における塩素イオン濃度を基準とすることで可能であり、これによって運河からの本水域への塩水流入も防止できるものと思われる。

IV 考 察

1 常陸川水域の水質について

本水域の塩類濃度が日本全国河川平均に比較してきわめて高いのは、河口から遡上する海水の影響によるものである。すなわち、本水域の水質は遡上する海水と流下する利根川および常陸川の淡水との混合の程度によって形成されるものと考えられる。このことは、東京都⁽¹⁴⁾の行なった霞ヶ浦（常陸川の水源地）に流入する5河川の水質調査から得られた塩素イオンについてみても10~20ppmであったこと、また、日本建設コンサルタント株式会社⁽¹⁵⁾による北浦湖底のボーリング調査結果では、

湖底からの塩素イオンの補給がなかったことなどからも説明される。

谷田川⁽¹⁶⁾によれば、海水の遡上を認めながらも本水域沿いにある鰐川干拓および潮来出島干拓地から排出される排水の塩素イオン濃度の高いことから、これらの排水による影響のあることも報告している。このようなことは、著者らも鰐川定点観測で経験している。しかし、その排水量および本水域における水質型が「非炭酸アルカリ型」に属していたことなどからみて、これらの排水が本水域の水質に与える影響はきわめて小さいものと考えてよいであろう。

次に、海水の遡上についてみると、一般に感潮河川における海水の遡上の仕方は河口より楔形に侵入するとされており、海水と淡水の密度の相異から垂直方向に濃度差を生じるのが特徴である。この現象は陣内ら⁽¹⁷⁾によっても利根川下流において認め、著者らも表層の塩素イオンが1,000ppm以上を示す場合に認めた。山口農試⁽⁹⁾は、厚狭川の河口より3.2km上流の地点で、表層の塩素イオンが1,000ppm以下を示す場合にも、垂直方向において濃度差のあったことを報告している。このことは、著者らの結果と一見矛盾するようであるが、常陸川は河口より約20mm上流にあること、水深は平均3mと比較的浅いことなどから、遡上過程において十分拡散混合されるため濃度差を生じなかったものと考えられる。

したかつて、農業用水を本水域から取水する場合に、塩素イオンが基準値以内(600ppm)の濃度であれば、取水口の位置を(上層, 下層)いずれに設けても差支えないものと思われる。

2 塩素イオン濃度の変動と農業用水水質保全との関係

本水域の塩素イオン濃度には季節変動があり用水の必要時期に用水基準を大中にこえることがたびたびあることを認めた。この季節変動は布川地先利根川流量の増減によって大きく影響されていることを明らかにしたが、流量の増減は主として流域内における降雨量の多少によるものと考えられる。建設省⁽¹⁸⁾の利根川流域における降雨量の調査によると、梅雨期と台風期に多く、流量もこの時期に増大することを報告している。また、茨城県⁽¹⁹⁾の調査によっても、霞ヶ浦の水位は梅雨期と台風期に上昇し、冬季の渇水期に降下することが認められている。このように、利根川と霞ヶ浦の出水期は一致しており、降雨量からみた水象類型区分⁽²⁰⁾によれば「表日本式海岸型」に属していることが認められる。以上流量の変動と塩類濃度との関係を模式化すると第14図のようになる。

本図のような塩類の変動サイクルの中で農業用水として利用する場合に危険な時期は、冬季渇水期から梅雨増水期にかけてと夏季渇水期であろう。したがって、この時期に本水域を用水基準値以下に塩素イオン濃度を維持するためには、用水基準にそった常陸川水門の操作によ

らなければならない。常陸川水門操作基準に関しては、農林省農業土木試験場からの報告があるが⁽¹⁹⁾、これによれば、流量が100ton/sec以下は水門閉(a), 160ton/sec以上水門開(b), 101~159 ton/sec 大潮時閉, 小潮時開(c)としている。著者らも、この関係を検討し、130ton/sec以下(a), 200ton/sec以上(b)131~199ton/sec(c)の基準を作成し報告した⁽²⁰⁾。しかし、これらは潮位の変化(大潮および小潮)を便宜上、機械的に区分して検討したところに多少難点が認められる。今回の基準は、自記電導度計による連続観測結果にもとずいて検討し、前回の基準を修正確定したものである。

また、本水域は水面勾配が小さく流出量も利根川本川にくらべて少ないため、いったん上流におよんだ塩素イオンは流下しにくく停滞することがたびたび認められている。このことから水門の操作適期をうしなわないように注意することか肝要である。万一、濃い塩分が上流にいたるまでおよんだ場合、塩分の排除法として、水門を逆流時閉、順流時開のいわゆる順流操作はきわめて効果的であるが⁽¹³⁾、過度の操作は水位の低下をきたす恐れがあり、利水上問題となる。

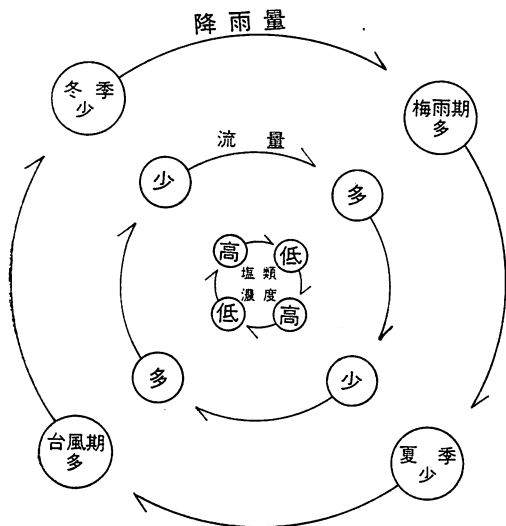
なお、水門操作上必要な流量および潮位を知るには、流量は建設省利根川下流工事事務所による観測値、潮位は潮位表(日本気象協会発行)によって知ることが可能である。

3 利水にからむ今後の問題

著者らは、本水域の水質を農業利水と保全の立場から常陸川水門操作のあり方について検討した。しかし、鹿島開発の進展に伴い、本水域から農業用水はもちろん工業用水および生活用水を取水する計画が実行に移される場合は、各種用水基準のうちで、もっとも低い塩類濃度の基準に規制された水門操作基準の策定の必要にせまられよう。さらに、これらの用水確保には遡上する海水を防止するため、水門操作の頻度はより激しくなることが予想される。水門操作の頻度が激しくなることは、水の停滞をまねき、水質はもちろん、生物相および魚業資源などになんらかの影響をおよぼすことが考えられる。また、人間活動による水質汚染など本水域の利水をめぐって、このような新たな問題が提起されるであろう。

文 献

- 1) 茨城県総合開発事務局：霞ヶ浦総合利水調査報告 第1報 (1961)
- 2) 茨城県神栖地区農業改良普及所：塩害面積調査資料



第14図 降雨量, 流量—塩類濃度の年週期

鹿島開発地域の農業用水に関する調査研究（第1報）

(1958)

- 3) 建設省関東地方建設局：常陸川水門工事概要(1961)
- 4) 茨城県企画開発部編：霞ヶ浦水資源開発関係資料集 録 第3集(1966)
- 5) 茨城県鹿島土地改良事務所：管内事業概要書(1968)
- 6) 千葉農試：水田の塩害に関する研究(1964)
- 7) 茨城農試化学部：夏作試験成績書(1966)
- 8) 茨城農試化学部：土壤肥料試験成績書(1967)
- 9) 山口農試：厚狭干拓中地区灌漑用水の塩分調査報告書(1963)
- 10) 小林純：農学研究 第48巻 第2号(1961)
- 11) 山本荘毅：地下水探査法，地球出版(1966)
- 12) 茨城農試化学部：常陸川水域の水質調査報告書 第2集(1964)
- 13) 茨城農試化学部：常陸川水域の水質調査報告書 第4集(1968)
- 14) 東京都：霞ヶ浦総合利水調査報告書 第1集(1962)
- 15) 日本建設コンサルタントKK：鹿島工業用水道水質調査報告書(1965)
- 16) 谷田川正三：霞ヶ浦，北浦及び利根下流の化学的調査と塩害対策について(1963)
- 17) 陣内ら：第18回建設省技術研究会資料（関東地建，1964）
- 18) 建設省関東地方建設局：利根川の概要(1964)
- 19) 農林省農業土木試験場：常陸川水門の操作による農業水利における塩分管理方式(1964)
- 20) 茨城農試化学部：常陸川水域の水質調査報告書 第3集(1965)

キュウリつる割病に対する石灰施用の効果

松田 明・下長根 鴻・平野喜代人

Effects of calcium application on Fusarium wilt of cucumber.

Akira MATSUDA, Ko SHIMONAGANE and Kiyoto HIRANO

畑土壤に消石灰および炭酸石灰を多量に施用すると、土壤における病原菌の密度が低下し、キュウリの生育は良好になり、そしてつる割病の発生は非常に軽減された。石灰の施用方法をキュウリの生育、収量および品質の面から判断すると、黒色または黒褐色火山灰土では50kg/aまでが実用的な施用量であり、播種直前に施用すると、多少生育が遅れるので、播種14日から20日前に施用する必要がある。消石灰50kg/a施用区の持続効果は1作だけであったが、有機物と混用して消石灰を100kg/a施用すると2年目まで本病の抑制効果が持続した。黒色または黒褐色火山灰土における石灰の多量施用の効果は褐色火山灰土または砂土よりも顕著であった。石灰を多量に施用した土壤では、つる割病菌の分生胞子の発芽および厚膜化は不良であった。厚膜胞子は一時的に発芽を誘発されるが、発芽管は溶解し易く、再厚膜化が抑制された。このような現象は土壤中の病原菌数の減少と関連しているのではないかと推察された。

I は し が き

土壤病害の発生を回避または軽減するために石灰を土壤に施用する試みは古くから行われている。村田ら²⁴⁾はスイカつる割病に対して、またBrennanら²⁾、木谷ら¹⁰⁾、Edgingtonら³⁾および本橋ら²³⁾はトマト萎ちょう病に対して石灰施用が発病抑制効果のあることを述べている。これらフザリウム病害の他に小麦条斑病²⁶⁾、麦類株腐病¹¹⁾¹²⁾、レンゲ菌核病²⁰⁾、甘藷紫紋羽病¹⁾、³¹⁾白絹病³³⁾および針葉樹苗の微粒菌核病²⁸⁾に対して効果が認められている。一方石灰施用によって逆に発病が多くなった例としてタバコ立枯病²⁵⁾、小麦立枯病⁴⁾、ジャガイモ瘡痂病⁶⁾および *Rhizoctonia solani* による苗立枯病¹⁹⁾²¹⁾ (消石灰施用直後の土壤)があげられる。また、*Pythium* 菌によるサトウダイコン、ナタネ、モミおよびマツの苗立枯病に対して石灰を施用したところ、サトウダイコンでは発病が減少したが、モミおよびマツでは逆に増加し、ナタネでは変化がなかったという報告⁵⁾がある。このように多くの研究から、土壤への石灰施用の効果は病原菌および寄主の種類によって異なるが、フザリウム菌による病害では石灰施用によって発病が増加したという報告は見当たらない。

消石灰または炭酸石灰施用によるスイカつる割病およびトマト萎ちょう病の発病抑制効果の原因は主に石灰施用による植物体の抵抗性獲得によるものとする報告¹⁰⁾²⁴⁾が多いけれども、土壤中の病原菌に対する石灰の作用から、その原因を究明した例は少ない。そこで著者らは消

石灰施用によるキュウリつる割病の発病抑制効果ならびに土壤中の病原菌に及ぼす影響を主体として試験し、二、三の興味ある結果が得られたので報告する。この試験は1965~1967年、当時旧環境部(石岡)において行なったもので、結果の概要はすでに日本植物病理学会大会(1967)³⁰⁾において発表した。なお、本試験を行なうに当たり、終始御指導と御援助をいただいた病虫部長渡辺文吉郎博士、尾崎克己技師および西野新次技師らに深謝の意を表する。

II 試 験 方 法

1 供試菌：*Fusarium oxysporum*(Schl.) Snyd. et Hans. f. sp. *cucumerinum* Owen (キュウリつる割病菌)、対照菌として、*Fusarium oxysporum* (Schl.) f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Snyd. et Hansen (トマト萎ちょう病菌)、上菌を土壤フスマ混合(9:1)培地に28°Cで約1ヶ月間培養したものを圃場または素焼鉢に接種して試験した。

2 供試土壤：試験圃場は黒褐色火山灰性洪積土。素焼鉢試験では同上隣接の休閑畑から採土した。圃場試験での前作はリクトウまたはダイズであった。

3 消石灰および有機物の施用：圃場試験では所定の施用量を深さ10~15cmまですき込み良く混和した。素焼鉢試験では表土面積当りの施用量を深さ10~15cmまで混合した。

4 施肥法：化成肥料(14:10:13)をa当り6kg全

量基肥とし、圃場全面に施用して耕耘攪拌した。

5 供試作物および品種：キュウリ（青長地這）およびトマト（福寿2号）。

6 生育および収量調査：生育は最終調査で抜きとった株のつるの長さを測定し、収量は着果数と上物、中物および下物の数比で示した。

7 発病調査：発病は立毛中の発生推移のほか最終調査では株を抜きとって地際茎の導管褐変の有無を調査した。キュウリつる割病の発病率は褐変導管数/総導管数でトマト萎ちょう病被害度は1965年を除き「土壤病害の手引きⅡ」（134頁鈴木³²）に準じて罹病度で表示した。

8 病原菌および土壤微生物の測定：希釈平板法に従って、細菌、放線菌および糸状菌を測定した。分離培地は前報²⁹)に従い土壤はキュウリ無栽培の土壤を、また根けん土はキュウリの根および根の附着土壤について分離した。

9 分生孢子および厚膜胞子の発芽と厚膜化：土壤400gに消石灰を10, 5, 2.5, および1%（重量比）になるように施用し、28°Cに14日間保った後風乾した。この土壤に対し、0.3%のブドウ糖液を120ccずつ添加

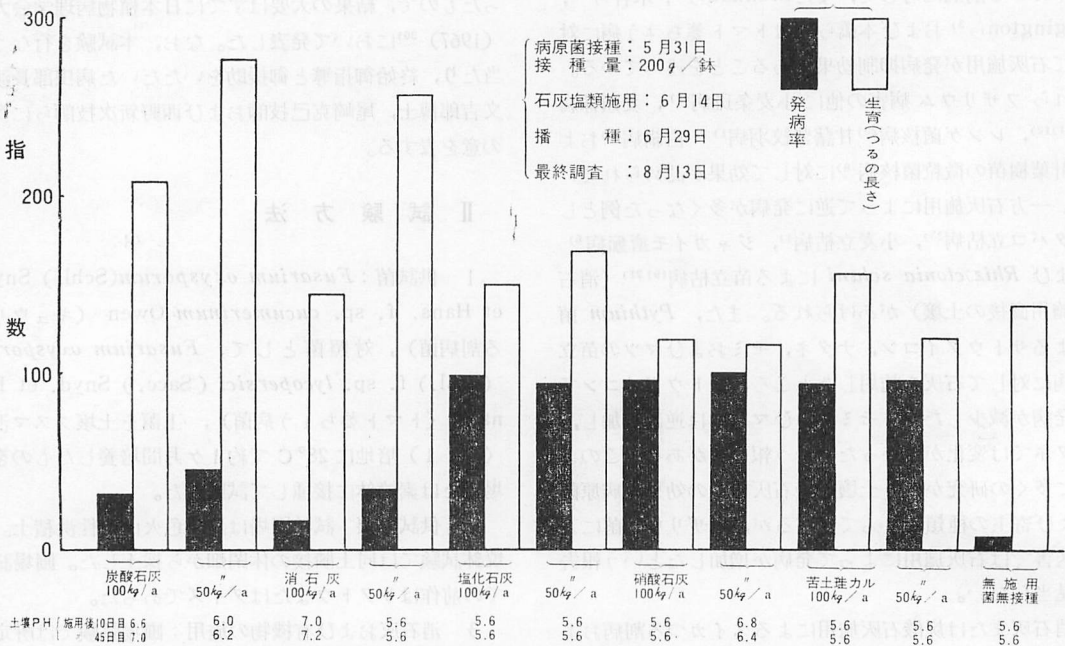
し、よく混和した後、径9cmの腰高シャーレに入れ、前報¹⁷)に従って供試菌の小型分生胞子を塗布し、または厚膜胞子を形成させたスライドガラスを埋没した。28°Cで24時間、3日間および10日間埋没後取り出して風乾後火焰固定し、ローズベンガル溶液で染色して検鏡した。発芽率は24時間目または3日目調査の最高値をとり、厚膜化率は10日目調査の値で表示した。1スライド3ヶ所、1ヶ所につき200個以上の胞子を調査した。

10 土壤pHの測定：生土10gに対して蒸溜水を25ccずつ加え、30分間振とうした後静置し、土壤が沈下した後の上澄液を用いてpH試験紙で調査した。

Ⅲ 実験結果

1 石灰塩類との関係

第1図に示したように、供試石灰塩類のうち、炭酸石灰および消石灰施用区はつる割病の発生を無施用菌接種区（標準区、発病率99.2%）の $\frac{1}{2}$ に減少し（0.5%水準有意差）、施用量の多い区ほどその効果は高かった。しかし、キュウリの生育は逆に100kg/a区より



第1図 消石灰塩類の施用とつる割病の発病およびキュウリの生育（ポット試験）

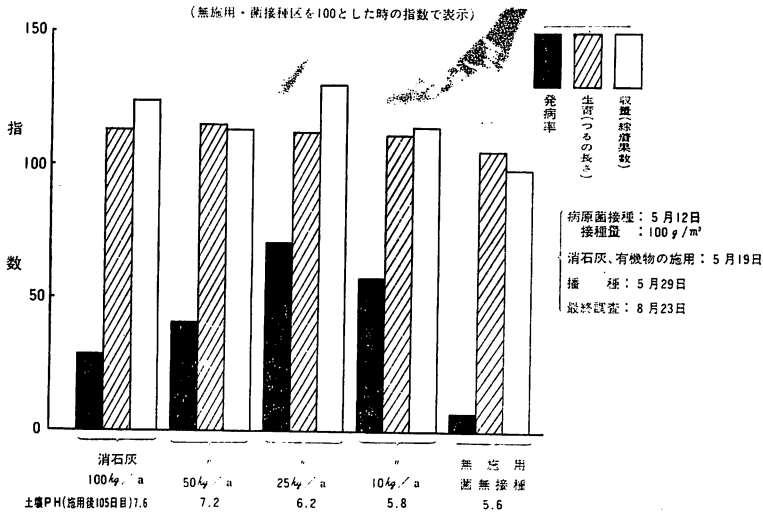
（無施用、菌接種区を100とした時の指数で表示）

50kg/a区がすぐれ、無施用区の約3倍になった。特に、消石灰100kg/a施用区の生育が不良であったのは消石灰施用から播種までの期間が短かったためと考えられる。一方、塩化石灰、硝酸石灰および苦土珪カルの50~100kg/a施用区は無施用区より僅かに生育が良好になったが、つる割病の発生を抑制することはできなかった。土壌pHは炭酸石灰、消石灰施用区のみが中性から微ア

ルカリ性となった。

2 消石灰の施用量との関係

消石灰を10~100kg/a施用すると、前試験と同じように、無施用（発病率46.2%）よりも $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に減少し（1%水準有意差）、施用量の多いほど、その効果は大であった（第2図）。一方、消石灰施用区の生育は無施用



第2図 消石灰の施用量とつる割病の発病およびキュウリの生育と収量 (圃場試験)

より良好で収量も多くなった。しかし、消石灰を100kg/a施用すると下物率が僅かに増加した。10~50kg/a施用区では無施用より上物が多くなる傾向を示した。以上の結果、キュウリつる割病の発病抑制には消石灰施用量の多いほど良いが、生育、果実の品質を考えると、黒褐色火山灰土における消石灰施用量は実用的に最高50kg/a程度と考えられる。

3 消石灰の施用時期との関係

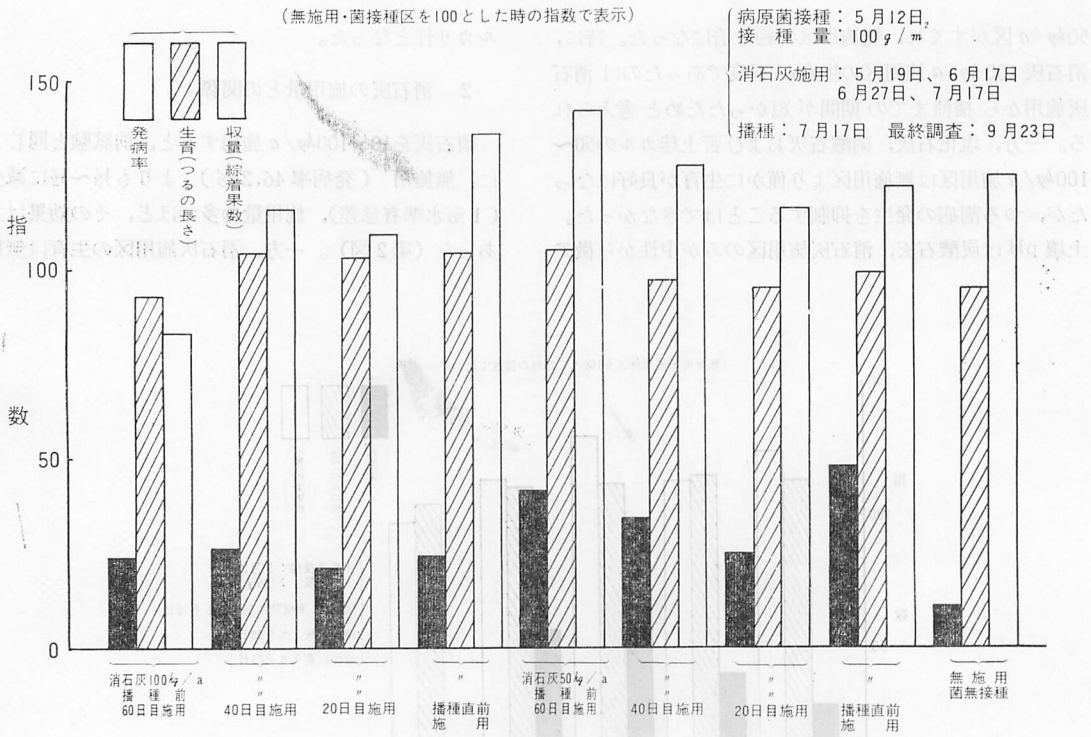
本試験におけるつる割病の発生は比較的軽微であったが、第3図のように、消石灰50~100kg/aを施用すると、本病の発生は無施用区（発病率23.8%）より $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に減少した（1%水準有意差）。そして消石灰施用から播種までの期間が0~60日の範囲では抑制効果に殆んど差を認めなかった。一方、播種直前に消石灰を50~100kg/a施用すると、キュウリの出芽歩合は悪くなり、初期生育の遅延が観察された。しかし、その後の生育は良

好になり、約2ヶ月後の生育は消石灰のいずれの施用時期においてもほぼ同じようであった。消石灰50kg/a施用区の収量は施用時期によって殆んど差がなく、無施用より16~27%増収したが、100kg/a施用の場合には全般的に増収率が低く、施用時期による差が大きくて一定の傾向を見出すことはできなかった。

次に、消石灰および炭酸石灰の秋期施用の効果を検討したところ、第1表のように、両石灰ともに50~100kg/a施用区においてのみつる割病の発生が僅かに軽減されたが、前記までの試験に較べてその抑制効果は劣った。なお、有機物施用の効果を検討したところ、堆肥200kg/a施用区は本病発生を僅かに少なくしたが、サツマイモ生茎葉およびイナワらは殆んど影響しなかった。

4 消石灰と有機物施用効果の持続性

1965年トマト萎ちょう病菌を接種した圃場およびキュウリつる割病菌を接種したポットにおいて、第2表に示



第3図 消石灰の施用時期とつる割病の発病およびキュウリの生育と収量(春期施用一圃場試験)

第1表 石灰, 有機物の秋期施用と発病, 生育および収量(圃場試験)

処 理 (a 当り)	kg	苗立数 本	生 育 cm	発病率 %	収 量		
					綜本数 本	上物率 %	1つる当り 着果数 本
1 消 石 灰	100	25	179	17.9	50	55	2.0
2 "	50	25	213	20.8	74	56	3.0
3 "	25	25	202	25.1	75	49	3.1
4 炭 酸 石 灰	100	22	193	16.6	55	53	2.5
5 "	50	23	204	11.8	58	55	2.6
6 "	25	22	197	20.3	68	55	3.2
7 堆 肥	200	24	226	13.5	88	60	3.7
8 サツマイモ生茎葉	200	24	192	22.8	61	51	2.6
9 イ ナ ワ ラ	45	23	212	25.0	69	62	2.9
10 無 施 用		23	192	24.4	66	56	2.9

注 病原菌接種：10月31日 (接種量 50g/m²)
消石灰, 有機物の施用：10月31日, 播種7月13日
最終調査：9月20日
試験規模：1区面積9m², 3連制

キュウリつる割病に対する石灰施用の効果

第2表 消石灰有機物施用とキュウリつる割病, トマト萎凋病の発病

添 加 物	施用量 (a当)	キュウリつる割病 (ポット試験)						トマト萎凋病 (圃場試験)				
		生育指数			発病率指数			生育指数		罹病度指数		
		1965	1966	1967	1965	1966	1967	1965	1966	1965	1966	1967
1 堆 肥	500	86	130	76	80	94	77	124	107	72	69	82
2 "	150	57	127	50	91	96	120	116	106	88	78	96
3 "	50	59	167	51	95	103	105	120	94	186	78	64
4 風乾クローバー	150	59	141	84	87	81	47	92	94	109	116	78
5 "	45	72	190	66	95	97	73	104	97	83	84	82
6 "	15	83	164	56	95	112	91	112	103	106	75	103
7 イナワラ	150	86	159	72	66	111	77	107	104	146	97	115
8 "	45	105	99	55	86	99	79	113	104	67	113	70
9 "	15	75	125	63	93	100	77	113	97	101	100	81
10 消石灰	200	11	139	95	38	36	23	92	109	53	41	85
11 "	100	6	168	108	60	50	23	96	109	48	94	96
12 "	50	62	156	130	55	89	57	103	101	58	97	98
13 堆肥・消石灰	150,100	22	156	127	13	49	40	97	114	54	53	100
14 クローバー消石灰	45,100	20	148	134	15	22	13	103	103	54	75	110
15 イナワラ消石灰	45,100	25	183	135	30	33	25	108	108	71	41	95
16 無施用 (菌接種)		49	72	64	100 (80)	100 (72)	100 (73)	100 (74)	100 (141)	100 (103)*	100 (3.2)	100 (4.2)
17 " (菌無接種)		100 (65)	100 (75)	100 (104)								

注 1 () 内の数字は実数を示し, 生育は草丈 (cm単位) 発病の単位は%である。

2 * 印は発病指数で次の様な調査によって算出した。

区分	立 毛 *	導 管 褐 変 係 数
微	下位葉に病徴を認む	+ (一部) 0.5
軽	下位葉のみに黄変	++ (1/3以下) 1
中	中~上位葉まで黄変	+++ (1/3~%) 3
重	萎 凋	++++ (全周) 10
枯	枯 死	30

* 葉柄痕の導管褐変を併用して診断

$$\text{発病指数} = \frac{(\text{微} \times 0.5) + (\text{軽} \times 1) + (\text{中} \times 3) + (\text{重} \times 10) + (\text{枯} \times 30)}{\text{株 数} \times 30} \times 100$$

3 点線内の区は1%水準で無施用区と有意差のあることを示す。

したように消石灰と有機物を施用し、3年間それぞれ寄主作物を均一栽培して各添加物の施用効果の持続性を検討した。

キュウリつる割病：消石灰を50kg/a以上施用すると、初年目には単用区および有機物との混用区ともに無施用との間に1%水準有意差で本病の発生を $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ に減少した。この抑制効果は50kg/a施用では翌年まで持続しなかったが、100kg/a以上の単用区および有機物との混用区では2~3年目まで持続した。有機物単用区では初年目でも発病を減少させることはできなかった。キュウリの生育についてみると、施用初年目においては消石灰多量施用区で特に不良であったが、翌年には各区ともに全く生育阻害を認めず無施用より良好な生育を示した。施用後3年目には消石灰の施用区のみが生育良好であり、特に有機物との混用区で顕著であった。

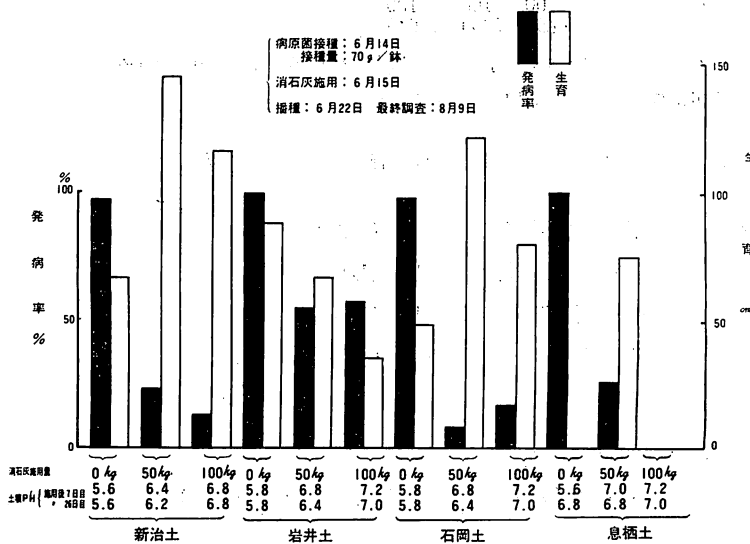
トマト萎ちょう病：圃場試験では施用後2年目までは消石灰を多量に施用した区の発病が少なく持続効果を認めたが、3年目には各施用区ともに無施用区との間に差がなかった。トマトの生育は施用初年目では消石灰200kg/a、100kg/a施用区およびクローバー150kg/a施用区の生育がやや不良であったけれども、翌年にはいずれの施用区においても生育阻害はなく、むしろ無施用区よりも良好になった。

5 土壌の種類と施用効果

土壌は黒色火山灰性洪積土(新治土)、褐色火山灰性洪積土(岩井土)、黒褐色火山灰性洪積土(石岡土)および海成砂土(息栖土)を供試した。キュウリつる割病の発生は前試験と同様に消石灰の多量(50~100kg/a)施用によって各土壌ともに軽減された(第4図)。しかし、その抑制効果は土壌によって異なり黒色または黒褐色火山灰土では著しく高かったが、褐色火山灰土では低下した。なお、砂土では発芽遅延および生育不良などの害がみられ、消石灰を50kg/a以上施用することは困難であった。キュウリの生育は消石灰50kg/a施用によって新治土、石岡土では良好であったが、岩井土および息栖土ではむしろ低下する傾向が認められた。

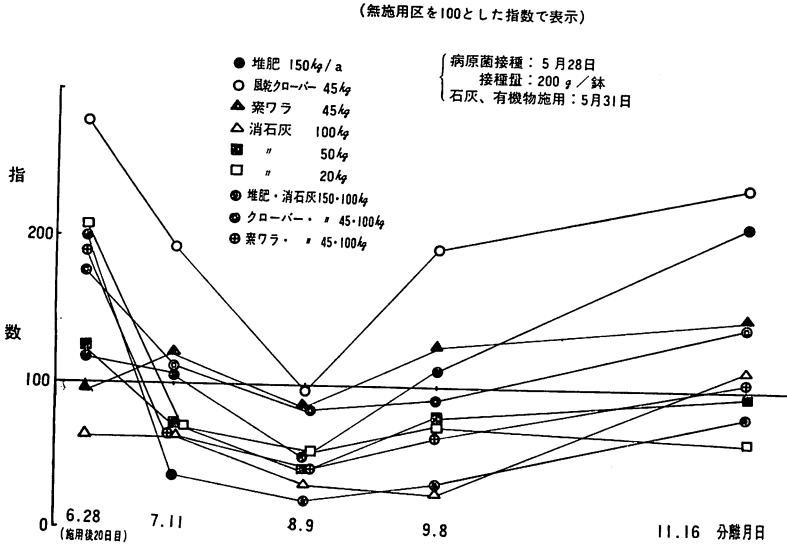
6 消石灰および有機物施用と病原菌数の変動

第5、6図に示したように、消石灰を25~100kg/a施用すると土壌中の病原菌数は減少した。特に100kg/a施用区は少なくなった。一方、堆肥、クローバーおよびイナワラ単用区の病原菌数は無施肥区よりもむしろ増加する傾向を示した。しかし、消石灰を混用すると、クローバー・消石灰混用区を除き菌数は著しく減少した。堆肥と消石灰の混用区は消石灰単用区以上に発病抑制効果が大きかった。次に、消石灰施用によって減少した土壌中の

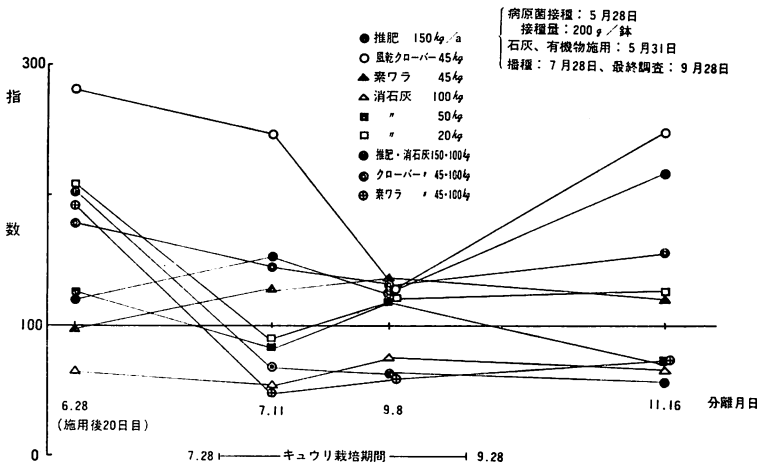


第4図 各種土壌に対する消石灰施用とつる割病の発生およびキュウリの生育(ポット試験)

キュウリつる割病に対する石灰施用の効果



第5図 消石灰、有機物施用の土壌における病原菌数の変動（ポット試験）



第6図 消石灰、有機物施用土壌に栽培したキュウリの株元土壌における病原菌数の変動（ポット試験）

(無施用区を100とした指数で表示)

病原菌数は無作物土壌では、第5図に示したように施用後約170日目で無施用区とほぼ同じような菌数になったが、キュウリ栽培土壌では、第6図に示したように170日目においても依然として消石灰50~100kg/a施用区および堆肥、イナワラと消石灰との混用区では病原菌数の増加が抑制された。

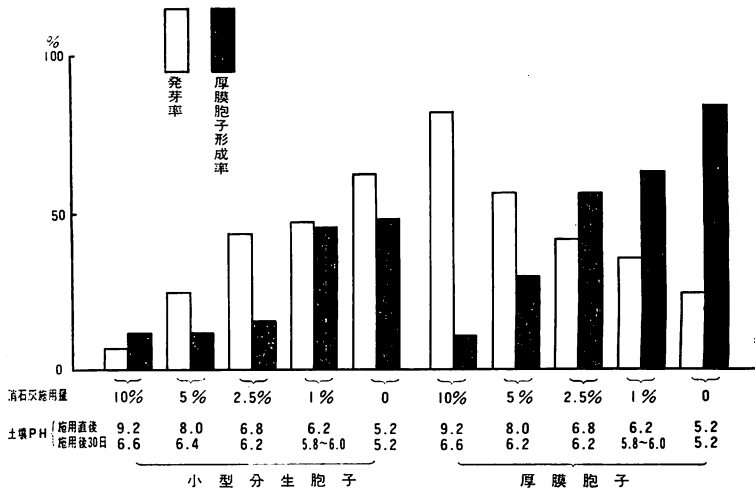
また、第3表に示したように、キュウリ播種後約20日

目頃の無作物の土壌中の病原菌数(S)と根げんの病原菌数(R)を比較したところ、R/S比は一般に消石灰無施用区では大きい、消石灰を施用することによって小さくなる傾向が認められた。即ち、消石灰を施用すると土壌における病原菌数は非根げん土よりも根げんにおいて減少しやすいことが示された。

第3表 消石灰施用土壌と根けんにおける病原菌数の比較

供試土	処 理	土 壤 ($\times 10^3$)		根けん ($\times 10^4$)	R/S比
		施用後11日目	26日目(S)	26日目(R)	
国田土	(1) 消石灰無施用	12.7	5.1	40.7	80
	(2) 消石灰 50kg/a 施用	10.8	4.9	9.8	20
	(3) " 100kg/a "	6.8	4.5	12.2	27
新治土	(1) 消石灰無施用	6.8	5.9	25.4	43
	(2) 消石灰 50kg/a 施用	7.7	4.7	14.3	30
	(3) " 100kg/a "	7.6	4.4	10.4	24
岩井土	(1) 消石灰無施用	10.9	7.7	24.5	32
	(2) 消石灰 50kg/a 施用	9.5	10.2	26.4	25
	(3) " 100kg/a "	8.0	12.0	21.6	18
石岡土	(1) 消石灰無施用	11.0	9.3	20.0	22
	(2) 消石灰 50kg/a 施用	7.4	9.2	13.7	15
	(3) " 100kg/a "	5.9	6.0	11.9	17
息栖土	(1) 消石灰無施用	6.3	3.9	10.3	26
	(2) 消石灰 50kg/a 施用	6.1	4.0	3.2	8
	(3) " 100kg/a "	5.8	1.5	1.6	11

注 (1) 菌数は土壌では乾土1g当りのコロニー数で表示した。
 (2) 消石灰施用後26日目はキュウリ播種後約20日目であった。



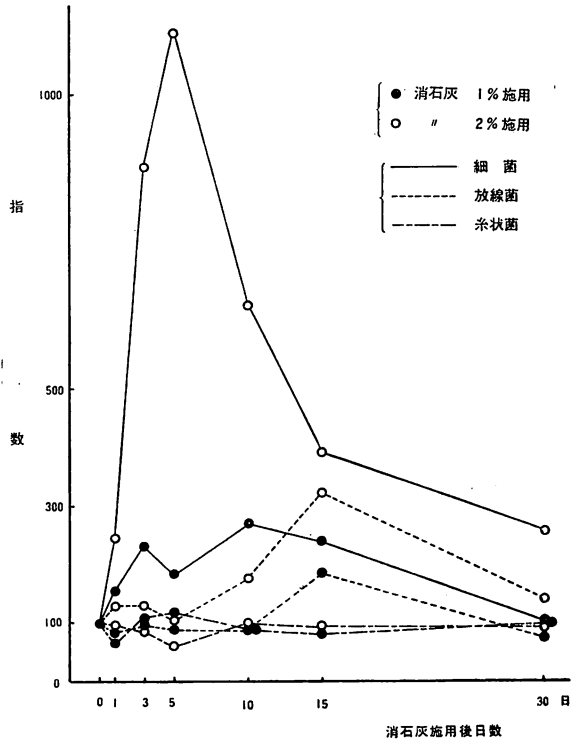
第7図 消石灰施用土壌中におけるフザリウム菌胞子の発芽および厚膜化

キュウリつる割病に対する石灰施用の効果

7 消石灰施用土壌におけるフザリウム菌胞子の発芽および厚膜化

第7図に示したように、消石灰施用によって小型分生胞子の発芽は抑制され、発芽した胞子は厚膜化しにくかった。一方、厚膜胞子の発芽は消石灰施用によって助長され、発芽した胞子の再厚膜化は石灰の施用量を増すにつれて低下し、小型分生胞子の厚膜化と同じ傾向になった。

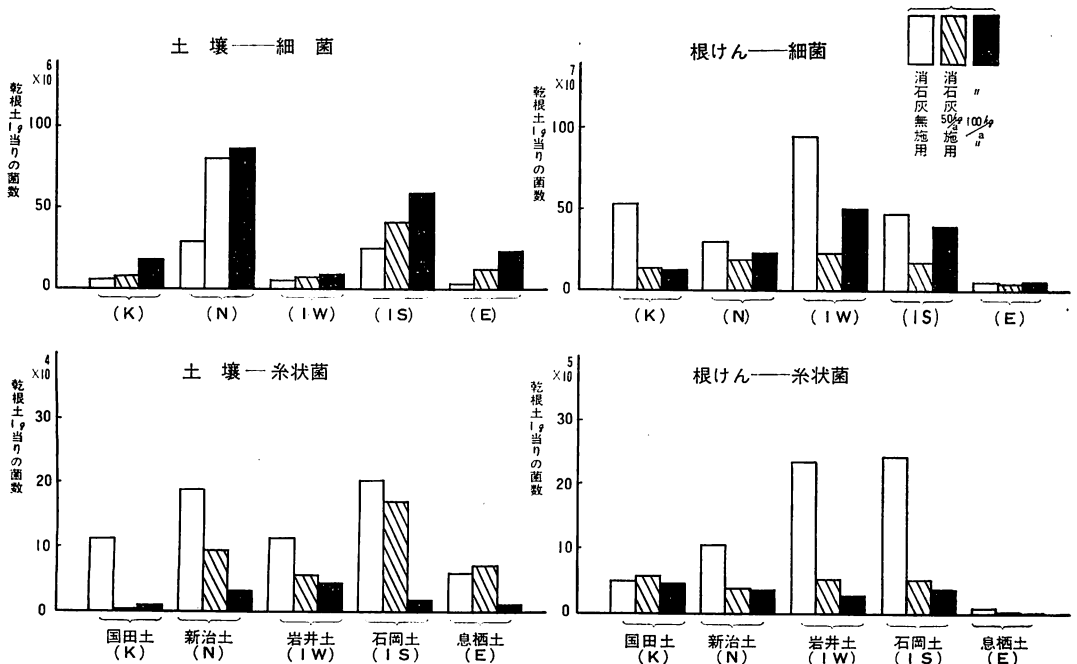
(無施用区を100とした場合の指数で表示した。)



8 消石灰施用土壌における土壌微生物相の変動

第8, 9図に示したように、土壌中の細菌は消石灰施用によって著しく増加した。即ち、消石灰2%施用では5日後に無施用の10倍以上、1%施用では10日後に約3倍となった。放線菌は施用後10日目までは無施用と殆んど変わりなく施用後15日目になって増加の傾向を示した。消石灰2%施用の方が1%施用よりも無施用土壌に比較して増加した。細菌、放線菌ともに消石灰1%施用において、施用後30日目に無施用土壌の菌数にほぼ回復したが、2%施用土壌の回復は1%施用土壌に比べて遅れる傾向があった。糸状菌は細菌、放線菌に比較して消石灰施用による変動は小さかった。消石灰2%施用土壌においては無施用よりも終始低い菌数を示し、特に細菌が最

第8図 消石灰施用土壌における土壌微生物相の変動 (室内試験, 28°C)



第9図 消石灰施用土壌および根げんにおける微生物相の変動 (ポット試験, 消石灰施用後26日目, キュウリ播種後20日目分離)

も増加する施用後7日目に最低値を示し、糸状菌との間に相反する関係があるように見受けられた。

また、第9図に示したように、消石灰施用土壌およびその土壌に栽培したキュウリの根けんにおける微生物相の変動について調査したところ、細菌は消石灰施用によってその施用量を増すごとに増加する傾向があり、消石灰100kg/a施用>消石灰50kg/a施用>無施用の順となり、前試験と同じ傾向を示した。この傾向は土壌の種類にかかわらず同様であった。一方、根けんの細菌は消石灰施用によって一般に無施用>消石灰100kg/a施用>消石灰50kg/a施用の順になった。この様に消石灰施用によって土壌の細菌と根けんの細菌は変動を異にしていた。放線菌は土壌、根けんともに消石灰施用により一般に増加するようであった。しかし、増加量は細菌に較べると少なかった。糸状菌が消石灰施用に伴い著しい減少を示すことは土壌および根けんとも同じ傾向であった。特に *Penicillium* 菌、*Aspergillus* 菌および *Fusarium* 菌の減少が著しかった。

IV 考 察

以上述べて来たように、供試石灰塩類のうち、消石灰および炭酸石灰を多量に施用するほどキュウリつる割病の発生が軽減し、これらの結果は従来多くの報告^{2) 3) 10) 23) 24)}とほぼ一致した。しかし、木谷ら¹⁰⁾は上記と同じような現象を認めながらも塩化石灰および硝酸石灰が消石灰および炭酸石灰よりもむしろ防除効果の高いことを報告した。著者らの結果と一部異なるが、これは寄主、土性および病原菌の接種量の差によるものではないかと考えられる。同じ関東ロームで試験されている本橋ら²³⁾によれば、苦土珪カル防除効果は殆んど期待できないとし、著者らの結果と同様であった。また、本橋ら²³⁾のトマト萎ちょう病における報告と同じように、キュウリの場合でも消石灰、炭酸石灰を多量に施用すると土壌は一時的に強アルカリ性になり、施用直後にキュウリを播種すると、出芽阻害、初期生育の遅延を生じ、わん曲した果実を多くした。このようなことを考えると、黒色～黒褐色火山灰土における実用的な消石灰施用量は50kg/aまでとみなされる(第4図)。そしてこれら石灰は施用後作土と良く混合し、少なくとも14～20日間放置してから播種または移植する必要がある(第3図)。なお、50kg/a以下の施用量ではつる割病の抑制効果が6ヶ月以上持続しないので、放置期間をあまり長くすると消石灰の施用効果は減少するので注意を要する。

土壌の種類との関係を見ると、村田ら²⁴⁾は砂質土では

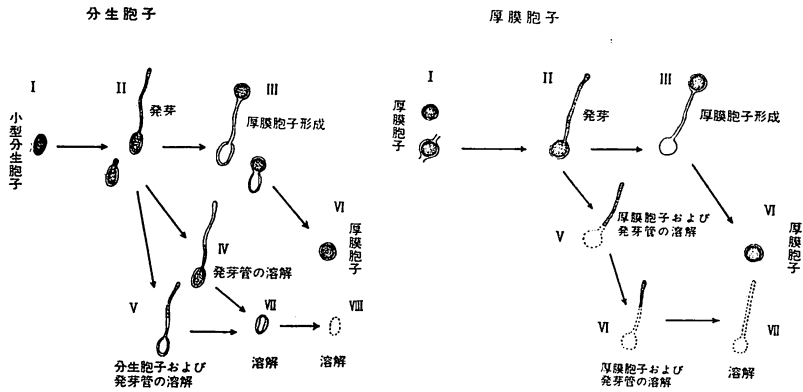
乾燥し易いために石灰施用の効果は極めて少ないと述べている。著者らの試験でも同じような現象が認められたが、概して腐植含量の少ない土壌ほど消石灰多量施用による生育阻害が強く、発病抑制効果も劣る傾向があった。一方、有機物と併用すると、消石灰単用よりも発病抑制効果は高くなり、持続効果も長くなって、生育障害も回避された(第2表)。従って消石灰多量施用は土壌に大きな影響を与えるので、その土壌に適した施肥管理と有機物の施用が同時に必要であり、つる割病防除を目的とした消石灰の施用量も土壌の種類によって異なることが示唆される。

第5、6図でみられるように、土壌中の病原菌数は消石灰の施用量の多いほど減少する傾向が認められた。特にキュウリ栽培土壌では無栽培土壌よりも病原菌数の低下は顕著で、その効果はキュウリ栽培期間中持続した。また、第7図に示したように、消石灰施用土壌において分生胞子の発芽および厚膜化は阻止され、厚膜胞子の発芽は逆に助長されるけれども再厚膜化が阻止された。

この胞子発芽および溶解について図示すると第10図のようになる。即ち、消石灰無施用土壌中において小型分生胞子は一般にⅠ→Ⅱ→Ⅲ→Ⅳの経過をたどり、厚膜胞子はⅠ→Ⅱ→Ⅲ→Ⅳの経過をたどって再厚膜化に至るものが多いが、消石灰施用土壌特に多量施用区において、小型分生胞子はⅠ→Ⅱ→Ⅳ(Ⅴ)→Ⅶ→Ⅷ、厚膜胞子はⅠ→Ⅱ→Ⅴ→Ⅵ→Ⅶの経過をたどって厚膜化できない胞子が多数観察された。この現象は著者らが前報¹⁸⁾で述べたように、キュウリつる割病菌は強アルカリ土壌で生存しにくい結果と一致した。更に、消石灰施用によって土壌微生物のうち、細菌と放線菌の増殖は顕著であって糸状菌は減少し、いわゆる細菌型土壌となった。

土壌中において、分生胞子、厚膜胞子が溶解することはすでに明らかにされており、これらの現象は土壌微生物、特に細菌、放線菌の作用^{7) 8) 9) 13) 15) 16) 22) 27)}、酵素作用および自己消化¹⁴⁾が単独あるいは複合して起るものと推察されている。また、土壌中におけるフザリウム菌が安定して生存しうる形態は厚膜胞子であることなどを考えると、前記した著者ら一連の結果は相符号しており、消石灰施用土壌における土壌微生物相の変動、分生胞子と厚膜胞子の発芽生態は病原菌の菌数低下につながる現象とみられる。即ち、消石灰などを施用して土壌を一時的に強アルカリにすることはキュウリつる割病菌の生防除の一手段として有用であると考えられる。

キュウリつる割病に対する石灰施用の効果



第10図 土壤中におけるフザリウム菌胞子の発芽および厚膜化

V 引用文献

- 1) 荒木隆男：紫紋羽病，白紋羽病の発生と土壤条件
農技研報告 C 21 : 36—39 (1967)
- 2) Brennan, E.G., and J. W. Shive : Effect of calcium and boron nutrition of tomato on the relation between these elements in the tissues. *Soil Sci.* 66 : 65—75 (1948)
- 3) Edgington, L.V., and J. C. Walker : Influence of calcium and boron nutrition on development of *Fusarium* wilt of tomato. *Phytopath.* 48 : 324—326 (1958)
- 4) Garrett, S. D. : Soil conditions and the take-all disease of wheat. *Ann. Appl. Biol.* 23 : 667—699 (1936)
- 5) Griffin, D. M. : Influence of PH on the incidence of damping-off. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 41 : 483—490 (1958)
- 6) Horsfall, J.G., J.P. Hollis and G.M. Jacobson Calcium and potato scab. *Phytopath.* 44 : 19—24 (1954)
- 7) Huber, D.M., and A.L. Andersen : Interrelation of bacterial necrosis of *Fusarium* to crop rotation, isolation frequency and bean root rot. *Phytopath.* 52 : 737 (1962)
- 8) Huber, D. M., A. L. Andersen and A. M. Fineley : Mechanisms of biological control in a bean root rot soil. *Phytopath.* 56 : 953—956 (1966)
- 9) Huber, D M., and A.L. Andersen : Necrosis of hyphae of *Fusarium solani* f. *phaseoli* and *Rhizoctonia solani* induced by a soil-borne bacterium. *Phytopath.* 56 : 1416—1417 (1966)
- 10) 木谷清美 井上好之利・夏目孝男・池上雍春：トマト萎凋病に関する研究，第2報発病に及ぼす石灰の影響，*四国農試報告* 3 : 163—171 (1957)
- 11) 高坂淳爾・柚木利文：麦類株腐病に関する研究，第1報 石灰施用の発病防除効果について，*中国農試報告* 4 : 315—328 (1960)
- 12) 倉田浩・西村十郎：麦類株腐病防除に関する研究，第1報発病に及ぼす土壤条件の解析 *日植病会報* 22 : 97—102 (1957)
- 13) Lloyd, A.B., R.L. Noveroske and J.L. Lockwood : Lysis of fungal mycelium by *Streptomyces* spp. and their chitinase systems. *Phytopath.* 55 : 871—875 (1965)
- 14) Lloyd, A.B., and J.L. Lockwood: Lysis of fungal hyphae in soil and its possible relation to autolysis. *Phytopath.* 56 : 595—602 (1966)
- 15) Lockwood, J.L. : *Streptomyces* spp. as a cause of natural fungitoxicity in soils. *Phytopath.* 49 : 327—331 (1959)
- 16) Lockwood, J.L. : Lysis of mycelium of plant-pathogenic fungi by natural soil. *Phytopath.* 50 : 787—789 (1960)
- 17) 松田明・尾崎克己・下長根鴻・渡辺文吉郎：土壤中におけるフザリウム菌の発芽について *土と微生物* 9 : 30—40 (1967)

- 18) 松田明・尾崎克己・下長根鴻・渡辺文吉郎：キュウリつる割病菌の分生孢子および厚膜孢子の発芽におよぼす土壌 pH の影響について 坂本教授還暦記念論文集：299—306 (1968)
- 19) 松田明・西野新次・渡辺文吉郎：有機物および石灰施用と *Rhizoctonia solani* Kühn による苗立枯病発生との関係 関東東山病虫害研報15：47—49 (1968)
- 20) 松浦義：紫雲英菌核病に関する研究(第一報)山形農試報告：127—133
- 21) 松浦義・高橋錦治：P. filamentosa 菌によるキュウリ立枯病発生に及ぼす施肥の影響，日植病会報24：24 (1959)
- 22) Mitchell, R., and M. Alexander : Lysis of soil fungi by bacteria. Can. J. Microbiol. 9 : 169—177 (1963)
- 23) 本橋精一・阿部善三郎・飯島勉・平野寿一・横浜正彦：トマト萎ちょう病防除に関する試験 東京都農試報告3：43—45 (1964)
- 24) 村田寿太郎・大原清：西瓜蔓割病(萎凋病)に関する研究 奈良農試臨時報告 6 : 50—52, 96—120 (1936)
- 25) 中田覚五郎：土壌の反応と病害発生との関係，特に煙草立枯病とその防除，農業及園芸 9 : 113—119 (1943)
- 26) 西門義一，山内巳酉：小麦条斑病の防除に就きて，病虫害雑誌22 (10) : 1—8 (1935)
- 27) Park, D. : Effect of substrate on a microbial antagonism, with reference to soil conditions. Brit. Mycol Soc. Trans. 39 : 239—259 (1956)
- 28) 佐藤邦彦・庄司次男：針葉樹苗の微粒菌核病 林試研究報告 111 : 62—65 (1959)
- 29) 下長根鴻・松田明・渡辺文吉郎：土壌微生物相の変動に及ぼす2, 3の殺菌剤の影響，茨城農試報告 7 : 37—42 (1965)
- 30) 下長根鴻・松田明・平野喜代人：キュウリつる割病およびトマト萎凋病に対する有機物と石灰塩類の施用効果，日植病会報 33 : 89—90 (1967)
- 31) 鈴木直治・笠井久三・荒木隆男・山崎保子：甘藷紫紋羽病の防除法 農業及園芸27 : 360—364 (1952)
- 32) 鈴木直治：土壌病害の手引きⅡ 日本植物防疫協会 : 134 (1964)
- 33) 渡辺文吉郎・朝日秀雄・松田明：白絹病の生態的防除について 茨城農試報告 9 : 30—39 (1967)

ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係

君 崎 喜之助・高 野 十 吾

ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係を調査するに際し、発生の地域区分を急伸型（次年度の再生稲発病株率が前年より50%以上も急激に増加する地域）停滞型（次年度の発病株率が10%以下の増加にとどまる地域）中間型地域（急伸、停滞型地域に属せずその中間的な発生を示す地域）とした。イネ黄萎病の急伸型地域ではツマグロヨコバイ越冬虫の生息条件の一つとして、越冬期間中その食草となる雑草（スズメノテッポウ）が豊富に存在し繁茂している。一方、停滞型地域ではこの種雑草が少なく繁茂せず生育も悪い。すなわちスズメノテッポウの植生量とツマグロヨコバイ越冬量との間には高い正の相関（ $r=0.998$ ）が認められた。また、植生量を異にする2地域のツマグロヨコバイ越冬量と生態について調査したところ、急伸型地域は越冬量もきわめて多く、羽化50%日は4月17日、1頭当たり平均産卵数は95.2粒、成虫の平均寿命では51.4日であったが、停滞型地域では急伸型地域に比べ羽化50%日は6.6日遅れ、産卵数は39.7個少なく、また寿命では9.8日短かった。以上のことから食餌植物が繁茂することによって越冬量が多くなり、羽化期も早まり、しかも寿命が延び、その媒介期間も長くなり、したがってイネ黄萎病の発生が急増する現象を示した。

I は じ め に

イネ黄萎病の発生は、新海⁽¹⁾によると千葉県より西南地域の太平洋沿岸の暖地において認められていた。茨城県ではイネ早期（植）栽培の普及にともない1962年頃から発病地が広まり大被害をこうむるに至った。県はその対策としてヘリコプター及び大型防除機による拡域防除が実施され、次第に激発地における発病被害も減少した。その結果往時の激発地における発生被害もきわめて少なくなり⁽³⁾⁽⁴⁾、早期栽培法も安定化してきた。これと相俟って現地においては翌年の本病防除要否についての決定が問題として提起され、本病発生予察法の確立が急務となった。著者らは、本病の流行地である新治郡において、イネ黄萎病の発生実態を調査した結果、本病発生の急伸型地域、停滞型地域の介在することを認めた。このような本病流行の地域的差異について、その機構を解拆するためツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係について実験的調査研究を行なったのでこれを報告する。

この調査研究を行なうにあたっては、農林省農業技術研究所昆虫科奈須壮兆博士、茨城県農業試験場病虫部長渡辺文吉郎博士、松田明主任研究員、小森昇主任研究員高井明主任研究員、稻生稔技師より種々ご高配とご支援とを賜わった。ここに銘記して感謝の意を表する次第である。

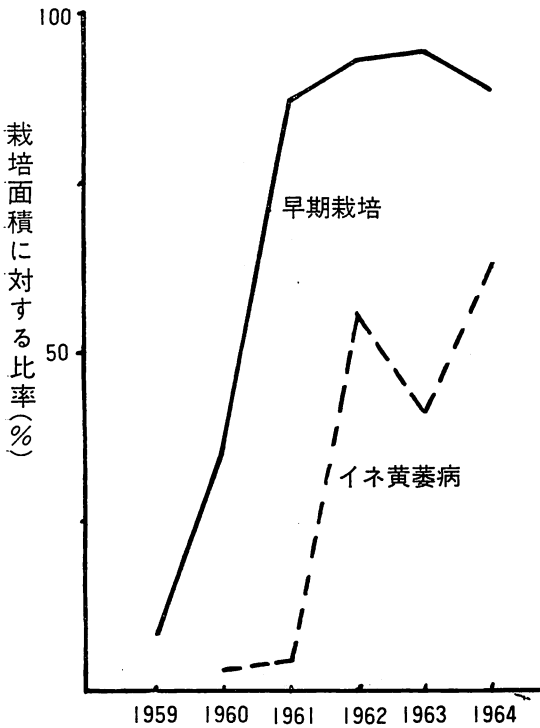
II イネ黄萎病の発生状況

1 イネ早期栽培と黄萎病との関係

茨城県においては1962年、新海によって本病が利根町において発生していることが初めて確認された⁽¹⁾。それ以降稲敷、北相馬郡下の一部に発生分布していることも明らかになった⁽²⁾。

しかし、1960年から霞ヶ浦湖沿岸の早期（植）栽培地域を中心に本病が発生し大きな被害が見られるようになった。1959年からの本病発生面積の増加拡大とイネ早期（植）栽培の普及率との関係を示すと第1図のとおりである。

すなわち、1955年頃から霞ヶ浦湖沿岸の出島村志戸崎を中心にイネ早期（植）栽培は導入されたものの試作程度であった。しかし、1960年以降は全地域に急速に本栽培法が普及した。一方、イネ黄萎病の発生は1960年出島村志戸崎に初めて発生を確認し、1962年以降は全地域に亘って急速に蔓延し、大きな被害が見られるようになった。小森⁽⁵⁾によると、茨城県におけるツマグロヨコバイ第1回成虫のウイルス媒介は5月上旬以降である。また、イネ早期（植）栽培は従来の栽培法より田植時期が30日以上早く、すなわち、このことは越冬保毒ツマグロヨコバイ（第1回成虫）の生息期間内で媒介初めの時期に田植が行なわれることになる。したがって、イネ栽培法の早期化は本病発生助長の重要な誘因となっている。



第1図 早期栽培面積とイネ黄萎発生面積との関係
(対象10080ha 早期栽培面積は普及所資料)

2 イネ黄萎病の発生型

[調査方法]

部落を単位として本病の流行のはげしかった部落における実態を再生稲の発病株率から年次別に把握しようとした。そのため本病の発生部落から任意に1部落5圃場ずつ1960年から1964年に亘って、おおむね同一圃場を原則にその圃場中央部に長辺に沿って連続100株の再生稲の発病調査を行なった。

[調査結果]

本調査は空中散布等による広域防除が行なわれた条件下の実態調査ではあるが第1表に示すように、発病推移の年次別変動から本病の発生型は次の三型に分けられる。すなわち、急伸型地域、次年度の再生稲発病株率が前年より50%以上も急激に増加を示す部落、例えば、石岡市大谷津、出島村牛渡、千代田村高倉、八郷町柿岡、停滞型地域、次年度の再生稲発病株率が5%から10%以下の増加に止まり、その後は数年間ほとんど増加しない地域、例えば、石岡市田島、石岡市三村、出島村萩平、八郷町山崎、八郷町川又、中間型地域、前二者のどちらにも属さない部落、例えば、出島村田伏、千代田村下土田等である。

上述した急伸型地域の冬期間水田状態は(第1表)半湿田から乾田に近く、スズメノテッポウ等冬性雑草が繁

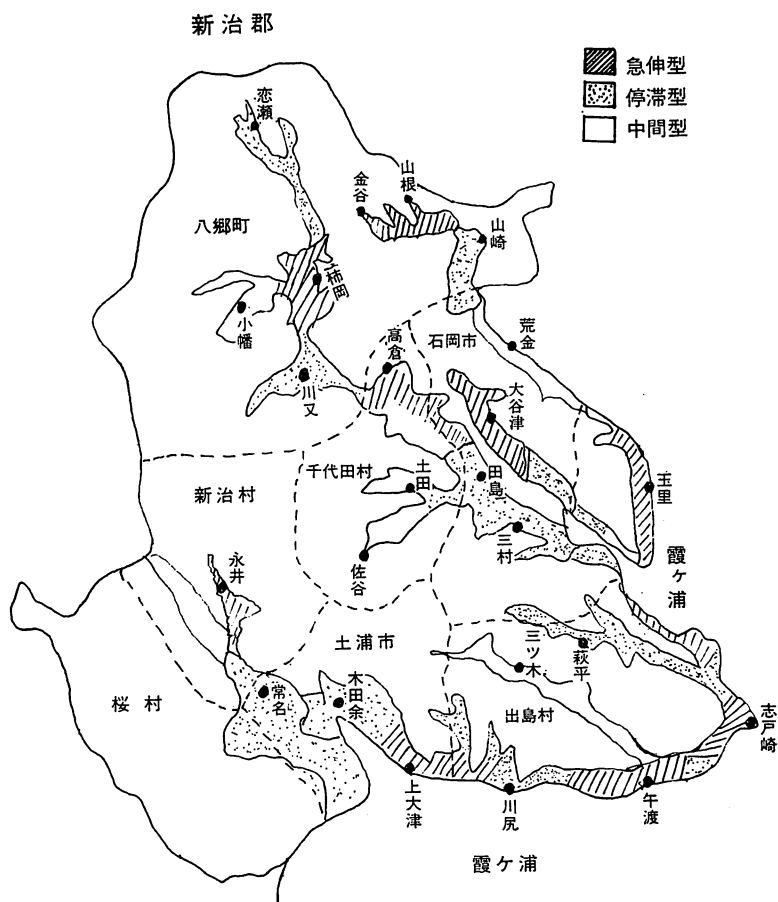
第1表 イネ黄萎病の発生型

発生型	調査地区	再生稲発病株率(9月中旬)					スズメノテッポウ 植生量	冬期間水田状態
		1960	1961	1962	1963	1964		
急伸型	石岡市大谷津	0	2.0	3.0	70.0	1.8	多	乾田~半湿田
	〃 宮部	0	1.0	7.0	85.0	0.6	〃	〃
	〃 幸町	0	5.0	21.0	81.0	1.8	〃	〃
	出島村牛渡	0	5.0	70.0	2.5	2.6	〃	〃
	〃 志戸崎	5.0	78.0	91.0	0.3	0.5	〃	〃
	八郷町柿岡	0	1.0	72.0	65.0	79.0	〃	〃
	〃 山根	0	0	2.0	53.6	2.8	〃	〃
	〃 荒地	0	1.0	38.0	45.0	68.5	〃	〃
千代田村高倉	0	3.0	10.0	63.6	0.4	〃	〃	
停滞型	石岡市田島	0	3.0	5.0	5.0	0.2	少~ム	湛水田~湿田
	〃 三村	0	1.0	3.0	2.3	0.2	〃	〃
	出島村萩平	0	3.0	7.0	1.8	2.2	〃	〃
	〃 三ッ木	0	4.0	6.0	1.8	0.6	〃	〃
	八郷町山崎	0	1.0	1.5	0.7	1.8	〃	〃
	〃 川又	0	0.5	1.0	4.0	8.0	〃	〃
	土浦市木田	0	2.0	12.0	10.0	9.5	〃	〃
	〃 常名町	0	5.0	10.0	11.0	12.0	〃	〃
中間型	出島村田伏	0	5.0	28.0	0.5	0.2	中~少	半湿田~湛水田
	千代田村志築	0	0.5	7.0	41.0	0.6	〃	〃
	〃 下土田	0	2.2	14.5	18.5	3.8	〃	〃
	〃 市川	0	6.0	14.0	21.0	0.6	〃	〃
	八郷町小幡	0	0	1.0	17.0	35.7	〃	〃
	〃 小桜	0	0	0.5	30.0	37.0	〃	〃
	〃 根小屋	0	0	2.0	40.0	28.0	〃	〃
	1963~1964年	出島村空中防除	1964年	千代田村空中防除				

ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係

茂る湖岸および河川の流域が多い。一方、停滞型地域では逆に湛水田から湿田でありスズメノテッポウら等冬性雑草の植生は非常に少なくその生育量は劣った。なお、

上記したおのおの発生型地域（急伸、停滞、中間）は200から300ha前後の耕地で各市町村内に分布する。（第2図）



第2図 イネ黄萎病発生型分布図

3 発生型とスズメノテッポウ生育状況

〔調査方法〕

急伸型および停滞型地域から各々1地域を選び休閑田におけるスズメノテッポウ（食草）の生育状態を1964年から翌年春季まで各々5圃場を選び1圃場20本の草丈、および30cm²内茎数、出穂期、成熟期の調査を行なった。

〔調査結果〕

第2表に示すようにスズメノテッポウは9月中旬から発芽し11月上旬に最高に達する。単位面積当たり茎数を

比較すると生育初期の9月22日において急伸型地域では121本で停滞型地域の6.3倍も多く、最高に達する11月中旬では311本で約16.3倍もきわめて多かった。草丈および出穂期、成熟期は両地域ともほとんど同じで大きな差を認めなかった。このようなスズメノテッポウの植生量の差異は他の急伸型および停滞型地域においても認められる。（第1表）

4 発生型とツマグロヨコバイの越冬量

〔調査方法〕

第2表 発生型間のスズメノテッポウ生育状況比較

調査月日	急伸型(大谷津)		停滞型(田島)	
	草丈	30cm ² 内茎数	草丈	30cm ² 内茎数
1994. 9.22	1.0	121.0	1.0	19.0
10.22	5.0	161.4	1.4	20.0
11.20	4.5	311.1	4.0	19.8
12.10	4.8	387.2	4.2	19.6
1965. 4.20	21.0	311.0	25.0	20.0
出穂期	4月20日		4月20日	
黄変期	5月15日		5月15日	

前述したようにイネ黄萎病の発生推移は三型に分けられた。ここでは急伸型および停滞型地域のそれぞれ代表4部落において、4月21日に1部落8圃場を任意に選び、1圃場20回振り拘取り法(発生予察調査規定による)によってツマグロヨコバイの越冬量を調査した。なお、調査圃場の乾湿田およびスズメノテッポウの繁茂程度を肉眼観察(4人平均)により調査を行なった。

[調査結果]

第3表から急伸型地域はツマグロヨコバイの越冬量(4月中旬生息数)が停滞型地域の約8倍も多かった。また、ツマグロヨコバイの食草であるスズメノテッポウの繁茂度もはるかに多く、半湿田から乾田状態であった。

第3表 ツマグロヨコバイ越冬量とイネ黄萎病発病株率 (1964年)

発生型	調査地点	ツマグロヨコバイ				再生稲の 発病株数	スズメノテッポウ 植生量	水田状態
		♀	♂	幼虫	計			
急伸型	出島村牛渡	6.6	1.0	0.3	7.9	70.0	多	乾田
	石岡市大谷津	6.6	2.4	0.8	9.8	70.0	"	"
	千代田村高倉	9.2	5.7	0	14.9	63.6	"	"
	八郷町柿岡	5.3	4.1	0.1	9.5	65.0	"	"
停滞型	出島村萩平	1.1	0.6	0	1.7	7.0	少〜ム	湛水田〜湿田
	石岡市三村	0.1	0	0.1	0.2	2.3	"	"
	" 田島	1.6	0.5	0	2.1	5.0	"	"
	八郷町山崎	1.0	0.5	0	1.5	0.7	"	"

出島村は空中防除が行なわれたので1963年の発病株率を示した。

すなわち、イネ黄萎病の発生が急速に進展する地域では、ツマグロヨコバイの越冬量が非常に多く、食草となるスズメノテッポウが繁茂しやすい水田(休閑田)が多いように観察された。

5 スズメノテッポウ植生量とツマグロヨコバイの越冬量との関係

[調査方法]

石岡市、出島村、千代田村において前述した三発生型地域から任意に68圃場を選び、3月19日の羽化直前に吹出し法によって3.3m²内ツマグロヨコバイ生息数を調べ、その中央部における90cm²内スズメノテッポウを根元より刈取り生体重を秤量し植生量として、0~15g、16g~75gは10g単位、76g以上の8階級に類別して検討した。

[調査結果]

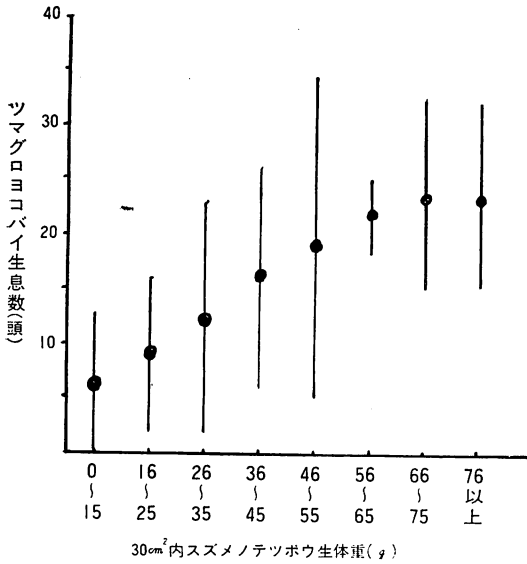
第4表および第3図に示すとおり石岡市、出島村、千

第4表 スズメノテッポウ植生量とツマグロヨコバイ越冬幼虫生息数との関係

90cm ² 内 植生量 (g)	調査 点数	30cm ² 内ツマグロヨコバイ 最高 生息数	最低 生息数	平均 生息数	越冬幼虫(頭) 標準偏差
0~15	15	20	0	6.8	6.6
16~25	15	24	1	9.5	6.9
26~35	11	37	1	12.4	10.9
36~45	8	29	7	16.5	10.1
46~55	9	44	4	19.3	14.5
56~65	2	24	21	22.5	1.4
66~75	3	33	15	26.0	8.0
76以上	5	33	13	26.0	7.8

代田村において3月19日のスズメノテッポウの生育量が65gまではツマグロヨコバイの越冬量(3月中旬生息数)と高い正の相関関係(r=0.998)が認められた。

ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係



第3図 ズメノテツボウ植生量とツマグロヨコバイ生息数の関係

65g 以上になると平均26頭前後の生息数となりスズメノテツボウの植生量が多くなっても生息数は増加しなかった。なお、各階級値内の最高と最低生息数の差はかなり大きかった。これは越冬に入ったツマグロヨコバイの親虫の産卵が強く影響したものと思われる。

Ⅲ 発生型とツマグロヨコバイの越冬動態

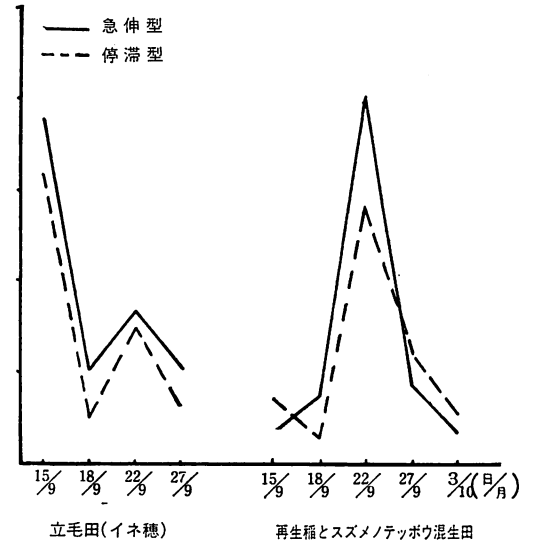
食草植生量とツマグロヨコバイの越冬およびイネ黄萎病発生との関係についてはほとんど究明されていない。そこで著者らは1965年から3か年間、食草の多い急伸型地域と食草のきわめて少ない停滞型地域におけるツマグロヨコバイの生態について比較検討を行なった。急伸型地域は石岡市大谷津、停滞型地域は石岡市田島において調査を行ない実験材料も採集した。

1 最終世代の発生量と産卵時期の比較

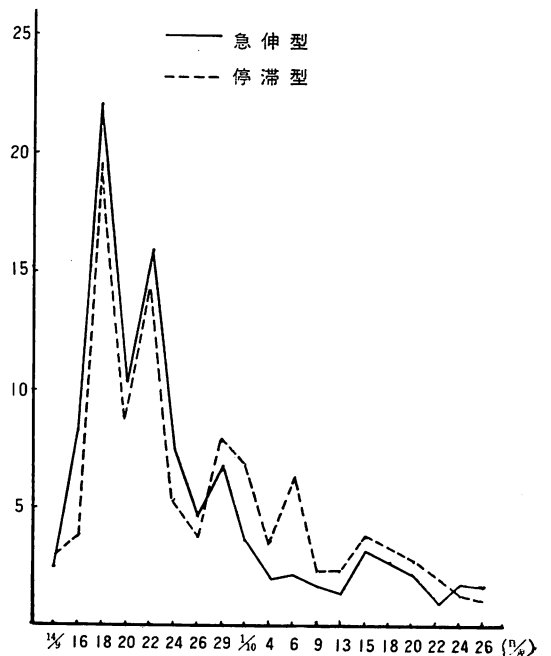
〔調査方法〕

イネ黄萎病の発生型を異にする地域から、任意に2圃場を選び9月15日から10月3日まで、中晩生種栽培圃場の立毛稲、早生種栽培圃場は刈取後の再生稲とスズメノテツボウ混生田において20回掬取り法によって、ツマグロヨコバイ最終世代成虫の発生消長を調べた。なお、産卵状況を調査するために上記した調査圃場から9月13日各々50頭(♀)採集し、試験管(径2cm高さ11cm)にて飼育

を行ない、2日毎に飼料(芽出し粃)交換を行なって、イネ体内に産み込まれた卵の数を調べた。



第4図 ツマグロヨコバイ第4回成虫の発生消長(♀)



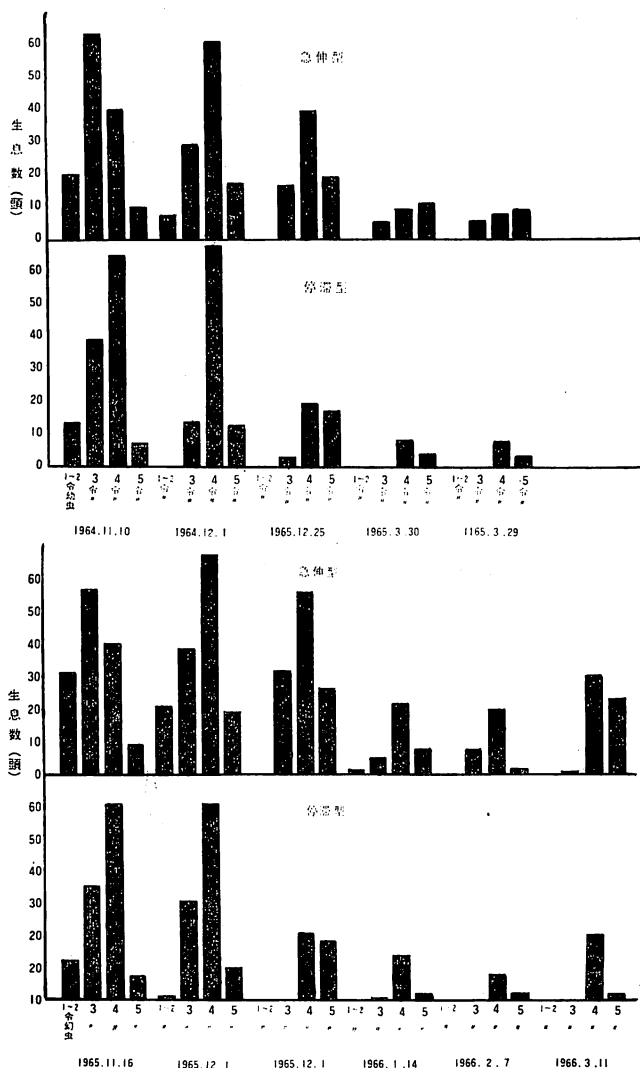
第5図 ツマグロヨコバイ第4回成虫産卵消長

〔調査結果〕

最終世代成虫の発生活長は第4図に示すとおり、両地域とも立毛田(中晩稲のイネ穂)と再生稲およびスズメノテッポウ混生田は同じ傾向で9月22日が最も多かった。発生量については、両地域ともに再生稲およびスズメノテッポウ混生田が多く300頭前後であり、次いで立毛田は150頭前後と少なかった。しかし9月中旬以前は立毛田に多く、それ以降になると再生稲およびスズメノ

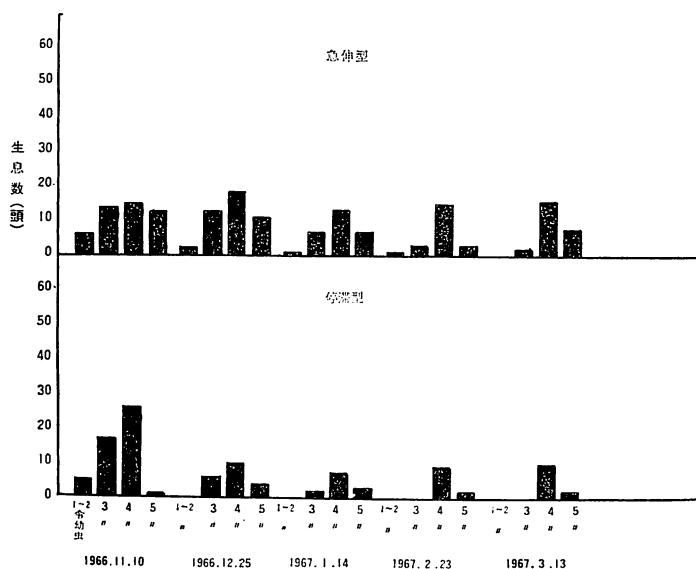
テッポウ混生田が生息数が多くなった。

飼育による産卵調査は9月14日から10月26日までの1頭当たり平均産卵数は、急伸型69.7個、停滞型68.0個でほぼ同じであった。産卵時期については第5図に示すとおりであり、両地域が同じ傾向を示し、総産卵数の約40%が9月18日から9月22日の短期間に集中して産卵され地域差を認めなかった。

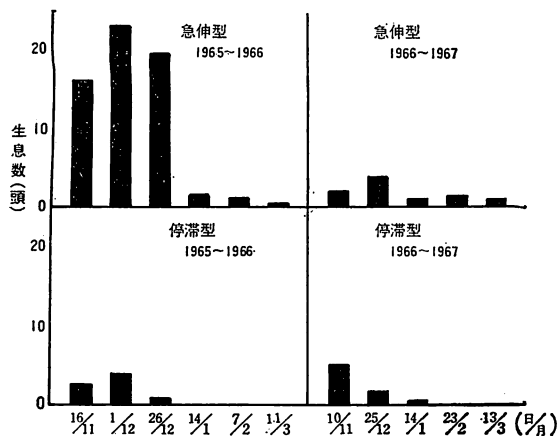


第6図 ツマグロヨコバイ越冬期間中の令構成

ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係



第6図の2 ツマグロヨコバイ越冬期間中の令構成



第7図 冬期間の成虫生息数

2 越冬期間中の令構成と越冬量

〔調査方法〕

野外調査：発生型を異にする地域から各々任意に4圃場づつ選び、吹出し法によって3.3㎡内ツマグロヨコバイ幼虫の時期別生息数を11月から翌年3月中旬まで、定期的に同一圃場で調査を行なった。令期は胸部形態の変化によって判定した。なお、3か年も同一方法で調査を行なった。飼育調査：野外調査圃場から各々ツマグロヨコバイ幼虫50頭以上を9月23日、10月23日、11月16日の時期に採集し、スズメノテッポウを飼料に試験管で個

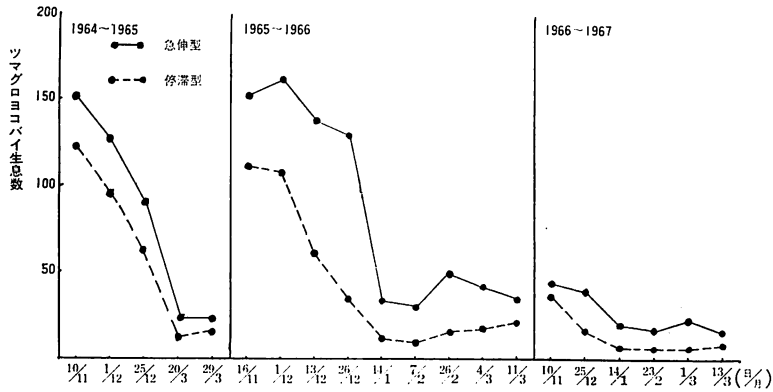
体飼育を行ない時期別に死虫数を調べた。飼育は実験室内で直射日光を避ける場所で行なった。

〔調査結果〕

野外におけるツマグロヨコバイ越冬期間中の令構成を検討すると第6図とその2に示すように、急伸型地域では3か年とも4令幼虫が最も多く、次いで3令幼虫と5令幼虫が多かった。数はさきわめて少いが成虫でも越冬した(第7図)2令以下の幼虫は年次により多少時期は異なるが、12月上旬まで生息がみられそれ以降は認められなかった。一方、停滞型地域では4令幼虫が越冬虫の主体を占め僅かに5令幼虫が認められた。2令以下の幼虫は11月下旬、成虫(第7図)と3令幼虫は12月下旬まで生息しうるが、それ以降は認められなかった。

すなわち、急伸型地域では3令幼虫から成虫まで幅広い令構成にて越冬しうるとみなされる。越冬過程におけるツマグロヨコバイ総数の推移をみると第8図のように、急伸型地域では12月上旬から生息数は徐々に減少し、1月中旬まで続き、それ以降生息数に大きい変動は起らなかった。一方、停滞型地域では急伸型より約1か月早い11月上旬から生息数は急速に少くなった。この傾向は1月中旬まで続き、それ以降は急伸型地域と同様な生息数の変動は小さかった。

次に越冬率(11月上旬の生息数に対する3月中旬の生息数)をみると、急伸型地域では1965年14.0%、1966年21.7%、1967年54.0%で3か年の変動は大きいのが平均29.9%であった。一方、停滞型地域では前者より少なく



第8図 ツマグロヨコバイ越冬幼虫生息推移の比較

第5表 個体飼育におけるツマグロヨコバイ越冬状況比較

採集月日	調査月日	急伸型 (大谷津)							停滞型 (田島)							
		♀	♂	5	4	3	2~1	合計	♀	♂	5	4	3	2~1	合計	
9.23	1965	9.23	0	0	1	9	21	61	92	0	0	2	1	13	0	71
		10.13	2	0	6	20	45	0	73	0	0	1	15	52	0	70
	10.23	5	1	16	40	10	0	72	1	1	7	39	12	0	70	
	11.5	5	0	28	35	2	0	70	5	1	21	32	0	0	56	
	11.15	5	1	22	38	0	0	66	5	0	22	31	0	0	58	
	12.1	6	0	28	32	0	0	66	7	0	23	27	0	0	57	
	12.10	7	0	27	32	0	0	66	7	0	24	25	0	0	56	
	12.25	6	0	27	32	0	0	65	5	0	24	25	0	0	54	
	1996	1.5	4	0	26	25	0	0	55	4	0	24	20	0	0	48
		1.15	3	0	26	25	0	0	54	3	0	24	20	0	0	47
		2.7	1	0	18	20	0	0	39	1	0	14	20	0	0	35
		2.26	1	0	10	15	0	0	26	1	0	10	17	0	0	28
3.5		1	0	10	15	0	0	26	1	0	10	16	0	0	27	
10.23	1965	10.23	1	0	16	16	21	2	56	0	0	0	10	38	2	50
		11.5	2	0	7	29	18	0	51	0	0	3	21	24	0	48
		11.15	2	0	6	32	10	0	50	0	0	4	21	23	0	48
		12.1	2	0	6	32	10	0	50	0	0	3	24	20	0	44
		12.10	2	0	8	25	10	0	43	0	0	1	24	20	0	44
		12.25	2	0	8	20	9	0	39	0	0	0	26	18	0	44
	1966	1.5	2	0	8	20	5	0	35	0	0	0	26	18	0	44
		1.15	2	0	5	23	4	0	32	0	0	0	24	18	0	42
		2.7	0	0	5	25	0	0	30	0	0	0	27	6	0	33
		2.26	0	0	5	25	0	0	30	0	0	0	25	3	0	28
		3.5	0	0	5	24	0	0	29	0	0	0	23	3	0	26
		11.16	1965	11.16	1	0	7	22	20	0	50	0	0	0	38	13
12.1	0			0	7	21	19	0	47	0	0	5	34	12	0	51
12.10	0			0	10	23	14	0	47	0	0	7	33	11	0	51
12.15	0			0	9	22	9	0	40	0	0	7	33	10	0	50
1966	1.5		0	0	11	24	5	0	40	0	0	7	31	10	0	48
	1.15		0	0	11	24	5	0	40	0	0	3	31	10	0	44
	2.7		0	0	5	23	5	0	33	0	0	0	30	8	0	38
	2.26		0	0	1	12	3	0	16	0	0	0	22	5	0	27
	3.5		0	0	1	12	3	0	16	0	0	0	21	4	0	25

ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係

1965年11.2%, 1966年18.4%, 1967年24.3%で平均17.9%となり、急伸型地域が12.0%も越冬率が高かった。また、両地域とも3月における生息数が増加しているようにみえるが、これは気温が高い季節に入り虫の回収が良くなったためではないかと考えられる。

両地域から一定量の幼虫を時期別に採集して個体飼育した結果は第5表に示すように、越冬期間中の生息数の推移は各採集時期とも飼育全期間に徐々に死亡虫がみられ、急伸型地域と停滞型地域における差は認められなかった。越冬率についても急伸型地域は9月23日採集で28.2%, 10月23日採集51.9%, 11月16日採集32.0%で平均37.0%であった。一方、停滞型地域は9月23日採集38.2%, 10月23日採集52.6%、11月16日採集49.0%で平均

45.0%と停滞型地域の方が8.4%高かった。食草および環境が同一条件下での越冬経過および越冬量は野外調査結果とは相い反した。このことは野外において食餌植物であるスズメノテポウの繁茂差が越冬に大きく関与していることを示しているように思われる。

3 ツマグロヨコバイ休眠離脱時期の比較

〔調査方法〕

調査当日に各々3圃場を任意に選び、吹出し法によって採集したツマグロヨコバイ雄の精巣小胞長径を測定し160 μ 以上を休眠離脱虫として地域間差を比較した。

〔調査結果〕

休眠離脱時期については第6表に示すように、急伸型

第6表 ツマグロヨコバイ越冬幼虫休眠離脱時期の比較

年度	調査月日	急伸型 (大谷津)				停滞型 (田島)			
		供試虫数	休眠離脱虫数	休眠虫数	休眠離脱虫率	供試虫数	休眠離脱虫数	休眠虫数	休眠離脱虫率
1966	2.19	77	37	40	48.0	62	5	57	8.0
	2.26	20	14	6	70.0	20	11	9	55.0
	3.4	20	16	4	80.0	20	13	7	95.0
	3.11	20	17	3	85.0	20	19	3	84.0
1967	2.20	35	12	23	34.2	17	2	15	11.7
	2.27	40	18	22	45.0	20	4	16	20.0
	3.3	37	22	15	58.0	20	11	19	36.6
	3.8	30	26	4	86.6	23	16	7	68.5
	3.16	30	28	2	93.3	20	18	2	90.0

地域においては1966年は2月26日が70%, 1967年では2月27日45%であった。一方、停滞型地域では1966年2月26日55%, 1967年2月27日20%と2か年とも前者より遅れた。この調査を行なった2か年平均で比較すると、急伸型地域の50%休眠離脱日が約6日早かった。

4 ツマグロヨコバイの羽化時期および産卵と寿命

〔調査方法〕

黄萎病の発生病を異にする地域において各々5圃場を選び1圃場10回拘取り法によって、野外における羽化状況の調査を行なった。また、これと併行して3月下旬に上記した圃場から採集したツマグロヨコバイ幼虫を試験管で個体飼育を行なって羽化消長と寿命を調べ、2日毎の産卵状況も調査した。

〔調査結果〕

野外における羽化状況は第7表のとおり、急伸型地域

第7表 野外におけるツマグロヨコバイ羽化状況の比較

年度	調査月日	急伸型 (大谷津)			停滞型 (田島)		
		調査虫数	羽化数	羽化率 %	調査虫数	羽化数	羽化率 %
1966	3.27	101	7	6.9	15	1	6.6
	4.8	202	88	43.5	20	2	10.0
	4.12	193	153	79.4	36	5	14.2
	4.19	170	154	90.5	34	26	76.4
1967	3.25	38	3	7.8	9	0	0
	4.6	40	4	10.0	12	0	0
	4.13	34	28	82.3	14	5	35.7
	4.20	59	56	94.1	24	22	91.8

では羽化初めが1966年は3月27日であり、1967年が3月25日であった。また、羽化50%をみると1966年4月9日、1967年4月10日であった。一方、停滞型地域では羽化初めが1966年、3月27日で差はなかったが1967年、4月13日で急伸型地域より約18日遅れた。羽化50%も1966年4月16日で約7日、1967年4月16日で6日と2か年と

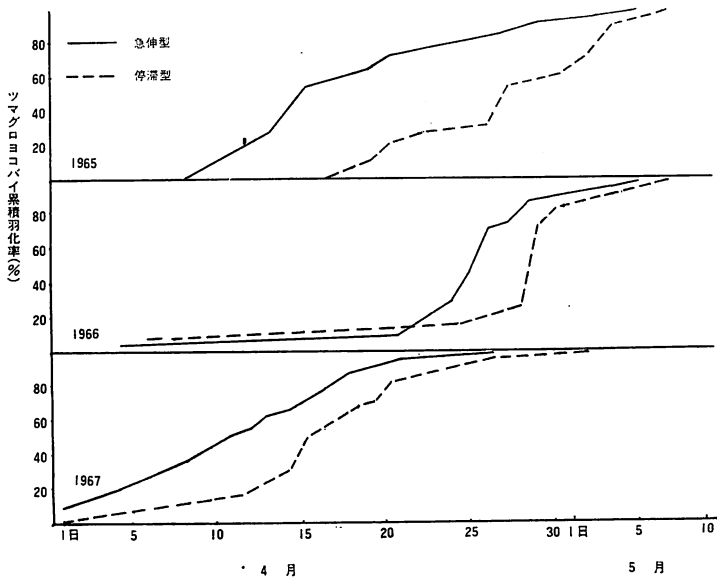
も急伸型地域より遅れた。2か年の平均で急伸型地域が羽化初めで9日、羽化50%日で7日停滞型地域より早い結果で、前述した休眠離脱時期の地域間差と同じ傾向を示した。

飼育による羽化消長は第8表および第9図に示すとおりである。

第8表 ツマグロヨコバイ越冬幼虫羽化時期および産卵状況調査成績

発生型	年度	羽化日			産卵前期間			産卵数		
		最も早い	最も遅い	平均	最も短い	最も長い	平均	最も多い	最も少ない	平均
急伸型 (大谷津)	1965	4.13	5.7	4.20	19	33	24.0	212	13	112.8
	1966	4.5	5.2	4.23	12	34	21.2	236	26	77.8
	1967	3.26	4.26	4.11	—	—	—	—	—	—
停滞型 (田島)	1965	4.19	4.10	4.30	14	25	19.1	166	26	86.5
	1966	4.8	5.6	4.30	11	40	15.5	152	7	43.1
	1967	4.2	5.2	4.18	—	—	—	—	—	—

採集月日 1965. 4. 5 1966. 4. 1 1967. 3. 25



第9図 ツマグロヨコバイ越冬幼虫の累積羽化率(室内飼育)

すなわち、急伸型地域が羽化初めで1965年6日、1966年3日、1967年7日、平均で5.3日早く、羽化50%でも1965年11日、1966年4日、1967年5日、平均6.6日で羽化初め、羽化50%日共に早く、この結果は野外における羽化状況の調査とほぼ一致した。

産卵数と産卵時期については(第8表)、急伸型地域においては2か年とも産卵前期間は5日程度長く、1頭当たり平均産卵数は1965年112.6粒で46粒、1966年77.8粒で33.4粒多かった。なお、産卵開始日については差がなく5月上旬になると両地域とも揃って産卵を始めた。し

ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病の発生との関係

たがって羽化時期の早い急伸型地域は産卵前期間が長くなった。

次に成虫の寿命についてみると第8表のとおり、急伸型地域のツマグロヨコバイ 雌の寿命は最も長いもので1965年80日で9日、1966年が87日で20日、平均寿命で1965年53.6日で8.8日、1966年は49.3日で10.8日と2か

年とも停滞型地域のツマグロヨコバイより寿命の長いことを示した。

なお、雄の寿命は雌に比較して両地域とも短かくほぼ同じであった。

寄生虻（アタマアブ）については3か年の年次変動が大きく地域差はなかった。

第9表 ツマグロヨコバイ第1回成虫の寿命およびアタマアブ寄生率調査成績

発生型	年度	♀♂別	最も短いもの	最も長いもの	平均	アタマアブ	
						年度	寄生率%
急伸型 (大谷津)	1965	♀	32	80	53.6	1965	20.0
	1966	♀	28	87	49.3	1966	4.0
	1965	♂	2	54	31.8	1967	35.0
	1966	♂	7	57	29.1		
停滞型 (田島)	1965	♀	29	71	45.3	1965	12.0
	1966	♀	14	67	38.5	1966	3.4
	1965	♂	3	58	30.4	1967	30.6
	1966	♂	5	51	17.0		

IV 考 察

イネ栽培法と黄萎病との関係については、すでに、西尾⁽¹¹⁾らは栃木県下の発生地域の実態調査から早期(植)栽培に多いことを報告し、小森⁽¹²⁾も茨城県下の流行地域での感染時期調査から、早期栽培に多く6月7日植の普通栽培に発病がきわめて少いことを指摘した。著者らの調査結果でもイネ早期栽培地域の拡がりにともない発生面積の増加がみられ、従来田植が行なわれていた6月中旬以降の普通栽培では発生が認められず、イネ栽培法の早期化が本病発生増加に大きく関与しており、上記の結果と一致している。

流行地域における発生推移については、急伸型地域、停滞型地域、中間型地域に類別した⁽¹²⁾ (第2表)。このような黄萎病発生推移については、西尾⁽¹¹⁾らも著者らの結果と同一現象を示す地域のあることを報告している。

鮫島⁽⁷⁾福岡農試⁽⁸⁾がスズメノテッポウはツマグロヨコバイ越冬幼虫の食餌植物としては最もすぐれていた事を報告し、村松⁽¹⁴⁾は、スズメノテッポウの植生量が多いとツマグロヨコバイの越冬数も多くなることを指摘した。急伸型地域はスズメノテッポウ等冬性雑草の植生量がきわめて多く繁茂状態も非常によく、ツマグロヨコバイの生息数もきわめて多かった。スズメノテッポウの植

生量が増加するとツマグロヨコバイの生息数も多くなり高い正の相関関係が認められた(第3図)。すなわち、3.3 m² 当り最高生息密度が40頭前後の地域では3月中旬頃スズメノテッポウの植生量が90cm² 内生体重65g以下では、ツマグロヨコバイの越冬に制限因子として働くことが考えられるがそれ以上あれば越冬に十分な食草量とみなされる。

新海⁽¹⁾は伝染源である前年秋の再生稲の発病株率が1~2%以下であってもツマグロヨコバイの生息数が多ければかなりの虫が保毒可能であり、次年度に大発生する可能性を指摘し、村松⁽¹⁴⁾もイネ萎縮病の研究で6月上旬のツマグロヨコバイ生息数と発病には高い正の相関関係があることを明らかにした。半湿田から乾田でスズメノテッポウ等冬性雑草の植生量が多く、越冬量がきわめて多い(第3表)急伸型地域では本病の発生も50%以上と急激な増加を示した。一方、停滞型地域では灌水田から湿田でスズメノテッポウ等冬性雑草の植生量はきわめて少く生育も悪い。このようなツマグロヨコバイの越冬にとって不良環境が越冬量を少なくし、本病の発生増加の阻止要因の一つになっている。

上述した急伸型および停滞型地域について、ツマグロヨコバイ越冬量の差を秋から春季に亘って比較検討すると、秋に産卵され孵化し越冬に入ったツマグロヨコバイ幼虫は両地域とも、奈須⁽⁹⁾が指摘しているように日長13

時間以下で生育した親虫（最終世代）であり、最も好条件下で越冬休眠に入り、生息数も同じで差はなかったものと思われる。

越冬期間中の令構成については、一般に4令幼虫で越冬することが明らかにされているが⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾ スズメノテッポウ等の食草が繁茂する急伸型地域では3令から成虫まで巾広い令構成で越冬していることが明らかとなった。一方停滞型地域では4令幼虫のみが越冬の主体を占めていた。このような越冬幼虫の令構成の違いが越冬量に影響しているように思われる。

生息密度低下の時期は急伸型地域では12月上旬で水田や畦畔に凍結層のできる季節で2令以下幼虫が認められなくなる時期である。一方、停滞型地域では前者より約1か月早い11月上旬であり、この時期は初霜の季節に当り再生稲が急激に枯死初めるためスズメノテッポウ等食草の少いこの地域では、食餌植物不足と寒波が直接若令幼虫に影響して死亡を早めているものと考えられる。前者の生息密度低下の始まる12月上旬では3令幼虫と成虫が認められなくなる。

しかし、1月下旬以降は両地域とも生息数はほぼ安定し大きい変動は起らず、春季の生息数はこの時期に推定が可能であると考えられる。すなわち、1月下旬以降は両地域とも大きい死亡はなく越冬量はこの時期までに決定するようである。

環境を同一条件にした室内飼育では、越冬期間中の令構成、越冬率はほぼ同じであった。これは食餌植物さえ十分に与えれば停滞型地区のツマグロヨコバイでも急伸型地域と同じように越冬しうるものとみなされる。なお、冬性雑草（食餌植物）の植生量は単なる食餌植物としての役割以外に繁茂することによってもたらされる好環境は、ツマグロヨコバイの越冬にとって有利な条件となっていることが考えられる。

奈須⁽²⁾はイネ萎縮病保毒虫は環境抵抗に弱いことを明らかにしている。きわめて不良環境にあると思われる停滞型地域では特に保毒虫の越冬にとって悪条件にあると推察される。

次に越冬した急伸型地域ツマグロヨコバイは、羽化時期も早く、成虫の寿命も延びるのでイネ体内へのウイルス媒介期間が長くなるように思われる。

本病流行地域において、越冬虫数と発病との関係は正の高い相関関係が報告されている⁽²⁰⁾。したがって本病の流行地域において、要防除地域の決定には上述した発生型の概念を導入するとともに、前年秋の再生稲発病状況、休閑田（冬期間の乾湿、食草繁茂状態）状況、1月

下旬から2月上旬のツマグロヨコバイ生息数を調査することによって、本病の発生がほぼ推定しうる可能性が明らかになった。

文 献

- 1) 新海昭：稲黄萎病の分布（講旨）日植病報 17：161（1953）
- 2) 高野誠義・小森昇：茨城県における黄萎病の発生について 関東病虫研報 8：13（1961）
- 3) 岩本静之・君崎喜之助：茨城県における稲黄萎病防除の成果 関東病虫研報 11：25（1964）
- 4) 高野十吾：イネ黄萎病防除のためのツマグロヨコバイ防除 農及園 39 1403～1406（1964）
- 5) 小森昇・岩本静之・高野誠義：稲黄萎病の感染時期について 関東病虫研報 9：15（1962）
- 6) 高野十吾・原敬之助：ツマグロヨコバイの第1回成虫羽化期予想について 12：71（1965）
- 7) 鮫島徳造・永井清之：ツマグロヨコバイの発生経過とイネ黄萎病との関係 応動昆 6：4 267～273
- 8) 福岡農試：イネ黄萎病特殊調査成績書（騰写）（1965）
- 9) 奈須壯兆：九州農試報告 第8巻 第2号（1963）
- 10) 農林省振興局植物防疫課：稲ウンカ、ヨコムシ類の発生予察に関する綜説 1～98 454～463（1958）
- 11) 西尾善重外5名：栃木県におけるイネ黄萎病の発生経過について 11：23（1964）
- 12) 高野十吾・君崎喜之助：ツマグロヨコバイの越冬動態とイネ黄萎病との関係 応動昆（講旨）（1966）
- 13) 赤羽二三男：雑草とその防除 地域農試雑草防止協議会 2号（1962）
- 14) 村松義司：イネ萎縮病発生予察に関する研究 第1報 静岡農試研究報告 第8号（1963）
- 15) 村松義司：イネ萎縮病発生予察に関する研究 第2報 静岡農試研究報告 第9号（1964）
- 16) 新海昭：稲ウイルス病の虫媒伝染に関する研究 農研報告 C：14 別刷（1962）
- 17) 森喜作外3名：静岡県におけるイネ黄萎病の発生生態と防除 静岡農試研究報告 第10号（1965）
- 18) 新海昭：稲黄萎病の流行地におけるツマグロヨコバイの伝染率 関東病虫研報 8：12（1961）
- 19) 村清道：イネ黄萎病の発生地域拡大とその原因 関東病虫研報 8：14（1966）
- 20) 小森昇：イネ黄萎病の被害について 関東病虫研報 12：16（1965）