

S-25

佐 賀 大 学
農 学 彙 報
第 38 号

目 次

- キャベツから分離されたカブモザイクウイルスとその細胞内封入体の検出……佐古 宣道 1
- ポリエチレン樹脂製黒色管の摩擦損失について……………生島芳雄・渡辺 潔・中島 明 11
- 雲仙の火山性土に関する研究（第2報） 赤ブツおよび黒ブツ土壌について
……………矢野綱之・北島秀明 21
- スルメイカ肝臓の Cathepsin B の精製
……………稲葉 喬・原 松次・末永邦雄・藤井 実 31
- アカザ属植物の搾汁液にみられるウイルス感染阻止作用（第2報）……………佐古 宣道 41

佐 賀 大 学 農 学 部

昭 和 50 年 2 月

昭和50年2月20日 印刷
昭和50年2月25日 発行

編集兼 佐賀大学農学部
発行者

印刷者 増田訓清

印刷所 大学印刷株式会社
広島市十日市町2丁目3番23号
電話 広島 31-4231 (代表)

S-25

佐 賀 大 学
農 学 彙 報
第 38 号

目 次

- キャベツから分離されたカブモザイクウイルスとその細胞内封入体の検出……佐古 宣道 1
- ポリエチレン樹脂製黒色管の摩擦損失について……………生島芳雄・渡辺 潔・中島 明 11
- 雲仙の火山性土に関する研究（第2報） 赤ブツおよび黒ブツ土壌について
……………矢野綱之・北島秀明 21
- スルメイカ肝臓の Cathepsin B の精製
……………稲葉 喬・原 松次・末永邦雄・藤井 実 31
- アカザ属植物の搾汁液にみられるウイルス感染阻止作用（第2報）……………佐古 宣道 41

佐 賀 大 学 農 学 部

昭和 50 年 2 月

AGRICULTURAL BULLETIN

OF

SAGA UNIVERSITY

Contents

An Isolate of Turnip Mosaic Virus from Cabbage and Detection of the Inclusion Bodies	Nobumichi SAKO 1
Friction Loss Measurement of the Black Polyethylene Pipe	Yoshio IKUSHIMA, Kiyoshi WATANABE and Akira NAKAJIMA 11
Studied on Volcanogenous Soil of Unzen Volcano (Part 2) The Nature of "Akabutsu" and "Kurobutsu" Soils Distributing in Shimabara Peninsula	Tsunayuki YANO and Hideaki KITAZIMA 21
Purification of Cathespin B from Liver of Sagittated Calamary	Takashi INABA, Matsuji HARA, Kunio SUENAGA and Minoru FUJII 31
Inhibitory Effects of Sap from <i>Chenopodium</i> Plants on Virus Infection (Part II)	Nobumichi SAKO 41

Published
by
FACULTY OF AGRICULTURE
SAGA UNIVERSITY
SAGA, JAPAN

キャベツから分離されたカブモザイクウイルス とその細胞内封入体の検出

佐 古 宣 道

(植物病理学教室)

昭和49年11月19日 受理

An isolate of turnip mosaic virus from cabbage
and detection of the inclusion bodies

Nobumichi SAKO

(Laboratory of Plant Pathology)

Received November 19, 1974

Summary

The virus used in the experiment was isolated from cabbage leaves with mosaic symptom collected at Kagoshima Agricultural Experiment Station. Of twenty five species in seven plant families, twenty three species were susceptible by inoculation of the sap from infected leaves. In turnip sap, the thermal inactivation point was between 55 and 60°C, and the dilution end-point was between 10^{-3} and 10^{-4} , and infectivity was retained at 25°C for 120–144 hr. The virus was identified as a common strain of turnip mosaic virus (TuMV). As to the ability of necrotic lesion production on young tobacco leaves, this isolate was found to be decidedly inferior to that of the isolate 67 stored as a common strain of TuMV in Kyushu University.

Seven species of host plants were examined for the detection of inclusion bodies in the infected leaves using three kinds of staining procedures. A Giemsa's method gave consistently excellent results for the inclusion bodies in *Physalis floridana* and spinach, a pyronin-methyl green method for those in petunia, pot marigold and spinach, and also a phloxine-trypan blue method for those in petunia. On the contrary, it was impossible to observe any inclusion body in cabbage leaves stained by the Giemsa's method and in turnip or cabbage leaves stained by the phloxine-trypan blue method. The results from the experiment indicated that particular attention should be given to the selection of staining procedures for the species of host plants.

キャベツに発生するウイルスはキュウリモザイクウイルス、カブモザイクウイルス (TuMV), カリフラワーモザイクウイルスの3種とされているが³⁾, モザイク症状を呈するキャベツから分離された TuMV の性状についてはあまり報告されていない。そこで、本研究ではモザイク症状のキャベツから病原ウイルスの分離を行ないその同定を試みた。その結果では分離ウイルスは TuMV と考えられるものであったが、TuMV に罹病した植物における細胞内封入体については、光学顕微鏡で検出を可能あるいは不可能とする両論がみられるので^{4,7,10)}, 分離した TuMV を数種の寄主に接種して、いくつかの染色法を用い罹病植物における細胞内封入体の検出を試みた。

佐賀大学農学部植物病理学教室業績第7号

本論文の要旨は昭和49年2月20日九州病害虫研究会で発表した。

実験材料および実験方法

供試したカブモザイクウイルス (TuMV) は1973年5月、鹿児島県農業試験場の圃場において、葉脈透化あるいはモザイク症状を呈したキャベツ (品種大御所, 1972年晩秋播種) の葉から分離したもので、その分離は罹病キャベツの汁液をカブあるいはタイサイに接種することによって行ない、同植物で継代保存したものである。

本実験に供試した各種検定植物は空調温室内 ($25 \pm 4^\circ\text{C}$) またはガラス室内で、径 12 cm の素焼鉢に播種、栽培したものである。供試ウイルスの寄主範囲の検定はこれらの幼植物にカーボランダムを用いる汁液接種により行なった。接種発病した寄主植物の一部は細胞内封入体検出の材料として供した。また供試した検定植物のうちタバコについては、つぎのようにして局部病斑形成能の比較を合せて行なった。すなわち、供試ウイルスをタイサイに接種して2～3週間後、4、5葉目の葉を採取し、その搾汁液を5～6葉期のタバコ (*Nicotiana tabacum* L. 品種ブライトエロー) の半葉に接種した。一方、対照ウイルスとして TuMV の分離株番号67 (TuMV-67, 九州大学農学部にて保存¹⁰⁾) を同様の方法により対照の半葉に接種した。7日後にそれぞれの局部病斑数を計数し、両ウイルスの感染性の比較を行なった。なお、アブラムシの駆除には DDVP 乳剤を適期に散布した。

供試ウイルスの汁液中での不活化限界 (耐熱性、耐希釈性、耐保存性) の検定は接種後3～4週間目のカブの新葉を採取し、これに生重当り10倍容量の純水を加えて磨砕し、これをガーゼで搾汁して得た汁液を用いて常法により行なった。この検定試験の場合には検定植物として *Chenopodium amaranticolor* L. を用いた。

罹病植物における細胞内封入体の検出には、つぎの3種類の染色方法を用い、供試寄主と組合わせてその難易について比較を試みた。すなわち、ギムザ法は Bold の方法^{1,2)}に従い、ピーロニンメチルグリーン (P-MG) 法は越水らの改良法³⁾に準じたが、後者の場合にはカルノー液による固定時間を1分間、ピーロニン水溶液による染色時間を3分間にそれぞれ短縮した。フェロキシントリパンプブルー (P-TB) 法は McWhorter の方法⁵⁾に従った。細胞内封入体の有無の判定は染色処理された罹病組織を光学顕微鏡で観察して行ない、対照として罹病組織と同部位の健全組織を同時に染色処理したものを観察した。

実験結果

1. 寄主範囲および病徴

供試ウイルスを7科25種の供試植物に接種した結果、7科23種の植物が感染し、そのうち7科21種が病徴を発現した。その結果を Table 1 に示した。なお、これら寄主植物が示す病徴のうち、細胞内封入体の検出に供した寄主植物の病徴はつぎの通りである。

カブ (*Brassica rapa* L. var. *glabra* KITAM. 品種博多据わりカブ) 本葉2～3枚のカブに接種すると、約7～10日後に新葉に葉脈透化がみられ、その後明瞭なモザイク症状を呈した。症状の激しい場合には萎縮、奇形がみられた。

タイサイ (*Brassica chinensis* L. 品種二貫目体葉) 本葉2～3枚のものに接種すると、カブと同様の病徴を現わし、萎縮、奇形もみられた。最初の病徴が発現するまでに、10日前後かかった。

キャベツ (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. 品種富士早生) 本葉2～5枚のものに接種

Table 1. Test plants and their symptoms.

Test plants	Symptoms	
	Inoculated leaves	Upper leaves
Japanese turnip (cv. Hakatasuwari)	NO	M (S, Mal)
Rape (cv. Kanzaki)	NO	M (S, Mal)
Chinese cabbage (cv. Nozaki No. 2)	NO	fM (S, Mal)
Japanese radish (cv. Akizumari)	NO	fM
<i>Brassica chinensis</i> (cv. Nikanme)	NO	M (S, Mal)
Cabbage (cv. Fujiwase)	NO	fM
<i>Chenopodium album</i>	NL	NO
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	NL	NO
Spinach (cv. Viroflay)	NO	M (Mal)
Beet (cv. Monohope)	—	SL
Tobacco (cv. Bright yellow)	NL	NO
<i>Nicotiana glutinosa</i>	SL	SL
<i>Physalis floridana</i>	NO	M, S, Mal
Petunia (cv. Fl chandelier mix)	NO	M (S, Mal)
Tomato (cv. Toukou)	NO	NO
Garland (cv. Ouba)	NO	M
Pot marigold (cv. Shinguro)	NO	fM
Zinnia (cv. Dairin)	NO	M
Lettuce (cv. Great lake)	NO	NO
Crimson clover	NO	M
Cowpea (cv. Kurodancesanjaku)	BS	NO
Broad bean (cv. Wasenagasaya)	NL	NO
Milk vetch	VN	NO
Globe-amaranth	NL	NO
Sesame	VN	SN

M: mosaic. fM: faint mosaic. S: stunting. Mal: malformation. NL: necrotic lesion.

BS: brown spot. VN: vein necrosis. SN: systemic necrosis. SL: symptomless infection.

(): symptoms not predominant. NO: no symptom.

すると、約2週間後に葉脈透化と退緑性黄斑が生じ、3週間から1カ月後には比較的軽いモザイク症状が認められた。

ペチュニア (*Petunia hybrida* VILM. 品種 FI シャンデリアミックス) 5～6葉の幼植物に接種すると、10～14日後に退緑性黄斑が生じ、その後モザイク症状へと進展した。また、後には葉の奇形と植物体の萎縮とを伴った。

Physalis floridana RYDB. 5～6葉の幼植物に接種すると、約10日で黄斑が生じその後モザイクとなり、激しい萎縮症状と葉の奇形を伴った。

キンセンカ (*Calendula officinalis* L. 品種 芯黒) 4～6葉の幼植物に接種すると、10～14日で新葉に黄斑が生じその後しだいに進展して軽いモザイク症状を呈した。

ホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L. 品種 ビロフレー) 3～5葉の幼植物に接種すると、7～10日目に退緑性黄斑が生じ後にはモザイクとなり、葉の奇形が認められる場合もあった。

Nicotiana glutinosa L. 空調温室で育成した10～15葉の植物に接種したが、まったく病徴は現われなかった。なお、*C. amaranticolor* への戻し接種の結果、*N. glutinosa* の接種葉では12半

葉当たり23個の局部病斑が得られ、対照ウイルスの TuMV-67 では89個の局部病斑が現れた。また、*N. glutinosa* の接種葉の上位葉では12半葉当たり8個、対照ウイルスでは73個の局部病斑数が形成されたので、供試ウイルスは無病徴感染したと考えられる。

タバコ (*N. tabacum* L. 品種ブライトエロー) 5~6葉の若い葉に接種すると、約5日目に接種葉上に径2mm前後の黒褐色の局部壊死斑が形成された。つぎに、局部病斑形成能に関する比較試験の結果では、供試ウイルスでは半葉当たり17個(14半葉を用いた3回反復の平均値)の病斑が形成されたのに対して、対照ウイルスの TuMV-67 では203個であった。供試ウイルスのタバコにおける局部病斑形成能は対照ウイルスの形成能の8~10%であり極めて低かった。

2. 汁液中のウイルス不活化限界

本実験結果では、供試ウイルスの耐熱性は55~60°C、耐希釈性は1,000~10,000倍、耐保存性は25°C下で120~144時間であった。なお、この場合の植物検定は *C. amaranticolor* の16半葉を1試験区として、2回反復で行なった。

3. 各種寄主における細胞内封入体の検出

タイサイ：接種約3週間後の葉の裏側の表皮を供試した。ギムザ法により検出された封入体は濃青色、径約6 μ の円形で、表皮細胞内では核に隣接して局在していた。P-MG法では、同じ表皮細胞内に濃赤色、円形の封入体が検出され、P-TB法では赤紫色、周縁の不明確な封入体が観察された。

カブ：接種約3~4週間後の葉の裏側の表皮を供試した。ギムザ法では形態的に異なる2種類の封入体が観察された。その1つは濃青色、周縁に凹凸の多い不定形であり、他の1つは淡青色、周縁が比較的平滑であった。両者とも表面には顆粒状の構造物が認められた。P-MG法により検出された封入体は淡赤色、表面に顆粒状の構造物をもつ円形(径約5 μ)で、核に隣接してみられた。P-TB法では検出不可能であった。

キャベツ：接種1カ月後の葉柄と葉の表皮を主として供試した。P-MG法により濃赤色の封入体が検出された。その周縁は平滑で、表面構造は不明確であった。一方、他の2法での封入体の検出は不可能であった。

Physalis floridana：接種1カ月後の葉柄と葉の表皮を供試した。ギムザ法により検出された封入体は濃青色、表面に顆粒状の構造物が認められ、その形態は楕円形、不定形など様々で、大きさも一様でなく核と同大のものから、ごく小さなものまで観察された(Plate 1・A)。P-MG法では毛耳細胞内に濃赤色で、周縁、表面構造物ともに不明確な封入体が認められた。P-TB法では淡赤色、楕円形の封入体が毛耳細胞内に検出された。

ペチュニア：接種後3週間目の葉柄と葉の表皮を主として供試した。ギムザ法では濃青色、円形の封入体が毛耳細胞内に核に隣接して検出された。つぎに、P-MG法により毛耳細胞内に検出された封入体は濃赤色、楕円形(約8.5 $\times$ 6 μ)で、その表面には顆粒状構造物が観察され、核に隣接して局在していた(Plate I・B)。P-TB法では封入体は赤色、円形(径約16 μ)で、表面に顆粒状構造物が認められ、同じく核に隣接して毛耳細胞と表皮細胞内に検出された(Plate I・C)。なおギムザ法と比較して、P-MG法とP-TB法の場合には封入体の検出頻度が高かった。

キンセンカ：接種後1カ月目の葉裏側の表皮を供試した。ギムザ法によって観察された封入体は周縁とその表面構造とが不明確であった。P-MG法により検出された封入体は赤色、楕円形(10 $\times$ 8 μ)のものと、核に隣接した赤色、円形のものと2種類が確認されたが、時には赤色で、前記2種類のものより小型の顆粒状のものも観察された(Plate I・D)。P-TB法で検出された封入体は赤色、不定形で、表面には顆粒状の構造物が認められたが、同時に核も赤色に染まることがあった。

ホウレンソウ：接種後約1カ月目の葉柄と葉の表皮を供試した。ギムザ法で検出された封入体は青色、楕円形 ($10 \times 11 \mu$) で、その表面には明瞭な顆粒状構造物が認められた (Plate I・E)。P-MG 法では赤色で表面に顆粒状構造物をもつほぼ円形 (径約 6μ) のものと、不定形の2種の封入体が検出され (Plate I・F)、両者の検出頻度は高かった。P-TB 法では淡赤色、ほぼ円形で、核に隣接した封入体が検出された。

なお各種罹病寄主細胞の染色に際しては、対照として健全寄主の同部位を染色したが、細胞内封入体に相当する器官は全く認められなかった。封入体と核との判別は仁の有無によって行なった。ギムザ法と P-TB 法では核が青色に、仁が濃青色に染まった。従来、P-TB 法では核が青色に染まると報告されているが、タイサイ、*P. floridana*、ペチュニアおよびキンセンカの各寄主では核が赤色に染色される場合があった。P-MG 法では核は紫色、仁は赤色に染まった。

以上の結果から得られた各種罹病寄主における細胞内封入体の検出の可否および難易については Table 2 に一括して示した。

Table 2. Differences in the degree of detection for inclusion bodies in several host plants infected with turnip mosaic virus by using three kinds of staining procedures.

Host plants	Staining procedures		
	Giemsa	Pyronin-methyl green	Phloxine-trypan blue
Japanese turnip (cv. Hakatasuwari)	+	+	—
<i>Brassica chinensis</i> (cv. Nikanme)	+	+	+
Cabbage (cv. Fujiwase)	—	+	—
<i>Physalis floridana</i>	++	+	+
Petunia (cv. Fl chandelier mix)	+	++	++
Pot marigold (cv. Shinguro)	+	++	+
Spinach (cv. Viroflay)	++	++	+

—: No inclusion body was detected in host cells.

+: Some inclusion bodies were detected in host cells.

++: Inclusion bodies were frequently detected in host cells.

考 察

本実験では、モザイク症状のキャベツから1種類のウイルスを分離して、このウイルスの諸性質を調べた結果、寄主範囲はアブラナ科を始め7科23種、汁液の耐熱性は $55 \sim 60^\circ\text{C}$ 、耐希釈性は $1,000 \sim 10,000$ 倍、耐保存性は $120 \sim 144$ 時間であり、吉井^{9,10)} および栃原⁸⁾ の報告と照合して、分離されたウイルスはカブモザイクウイルス (TuMV) 普通系の1系統と同定された。また、寄主植物のうち *N. glutinosa* は無病徴であったが、その接種葉および上位葉の戻し接種は陽性であったことから、吉井¹⁰⁾ の TuMV の分類基準に従えば、本ウイルスは TuMV の B 群に属すると考えられる。つぎに、若いタバコ葉に本ウイルスを接種すると、局部病斑の形成がきわめて少なく、対照ウイルスとして用いた TuMV-67 の形成能力の $8 \sim 10\%$ にとどまった。このことから、本ウイルスはタバコ葉における局部病斑形成能が非常に低いという特徴を有していることが判明した。

本ウイルスに感染した植物についてその細胞内封入体の検出方法を検討した結果、7種の供試寄主植物のすべてにおいて、難易の差はあるが、何らかの封入体が観察された。ギムザ法では

P. floridana とハウレンソウ, P-MG 法ではペチュニア, キンセンカおよびハウレンソウ, P-TB 法ではペチュニアを供試した場合に, その封人体の検出は容易で, 検出頻度も高かった. 一方ギムザ法とキャベツ, P-TB 法とキャベツおよびカブの組合わせの場合には, 封人体の検出は不可能であった. 従来, TuMV 罹病植物の封人体の検出は不可能とする報文も数多く, また検出の難易は寄主の種類と供試 TuMV の系統株の両者に左右されると示唆されてきた¹⁰⁾. しかし本実験では, 寄主と3種の染色方法の組合わせによって, 供試したすべての寄主植物でその細胞内封人体の検出が可能であった. したがって, この種のウイルスの罹病植物における封人体の検出には, 寄主と染色方法の選択ならびに両者の組合わせについて十分に考慮する必要があると思われる. また3染色法のうち, ギムザ法と P-MG 法は主として X 体を染色し, P-TB 法は主として結晶性封人体を染色すると言われてきた. しかし, 本実験で P-TB 法により検出された封人体はその形態からみて結晶性封人体とは断定できない.

ペチュニアは3種の染色法のいずれによってもその封人体を検出できたが, P-TB 法によって検出された封人体と, 他の2法によって検出された封人体は表面構造物の状態から比較して, ほぼ同質のものと考えられる. また, P-TB 法では染色不可能の場合や核と封人体の染め分けが成功しないことが多かった. これらの諸点を考慮すると, 本実験で検出された封人体の大部分は X 体とする方が妥当と考えられる.

また同じ寄主細胞内の封人体には, たとえば *P. floridana* の場合のように, 形および大きさを異にする種々の封人体が認められた. これらの封人体の種類, 性状については, 超薄切片の電子顕微鏡的観察の結果と合わせて論議する必要がある.

摘 要

モザイク症状を示していたキャベツ (品種大御所) から分離されたウイルスについて, その諸性質を調べた. 供試した7科25種の植物のうち7科23種が感染し, 耐熱性は 55~60°C, 耐希釈性は 1,000~10,000 倍, 耐保存性は 120~144 時間であった. 供試ウイルスはカブモザイクウイルス普通系の1系統と同定されたが, タバコでの局部病斑形成能が著しく低い特徴を有していた. 7種の罹病植物と3種の染色法を組合わせて, 細胞内封人体を検出した結果, 供試植物のすべてに何らかの封人体がみられた. ギムザ法では *Physalis floridana* とハウレンソウ, ピローニンメチルグリーン法ではペチュニア, キンセンカおよびハウレンソウ, フェロキシントリパンプブルー (P-TB) 法ではペチュニアにおいて封人体が容易に検出された. しかしギムザ法とキャベツ, P-TB 法とカブ, キャベツではその検出は不可能であった. この種のウイルス罹病植物での封人体検出には, 寄主と染色方法の選択ならびに両者の組合わせについて考慮する必要がある.

謝 辞

本研究の遂行には, 畑守国君のご協力に負うところが多い. 記して謝意を表する. また本研究を行なうに当たり, 罹病キャベツをご送付下さった鹿児島県農業試験場病虫部の皆様には深謝申し上げる.

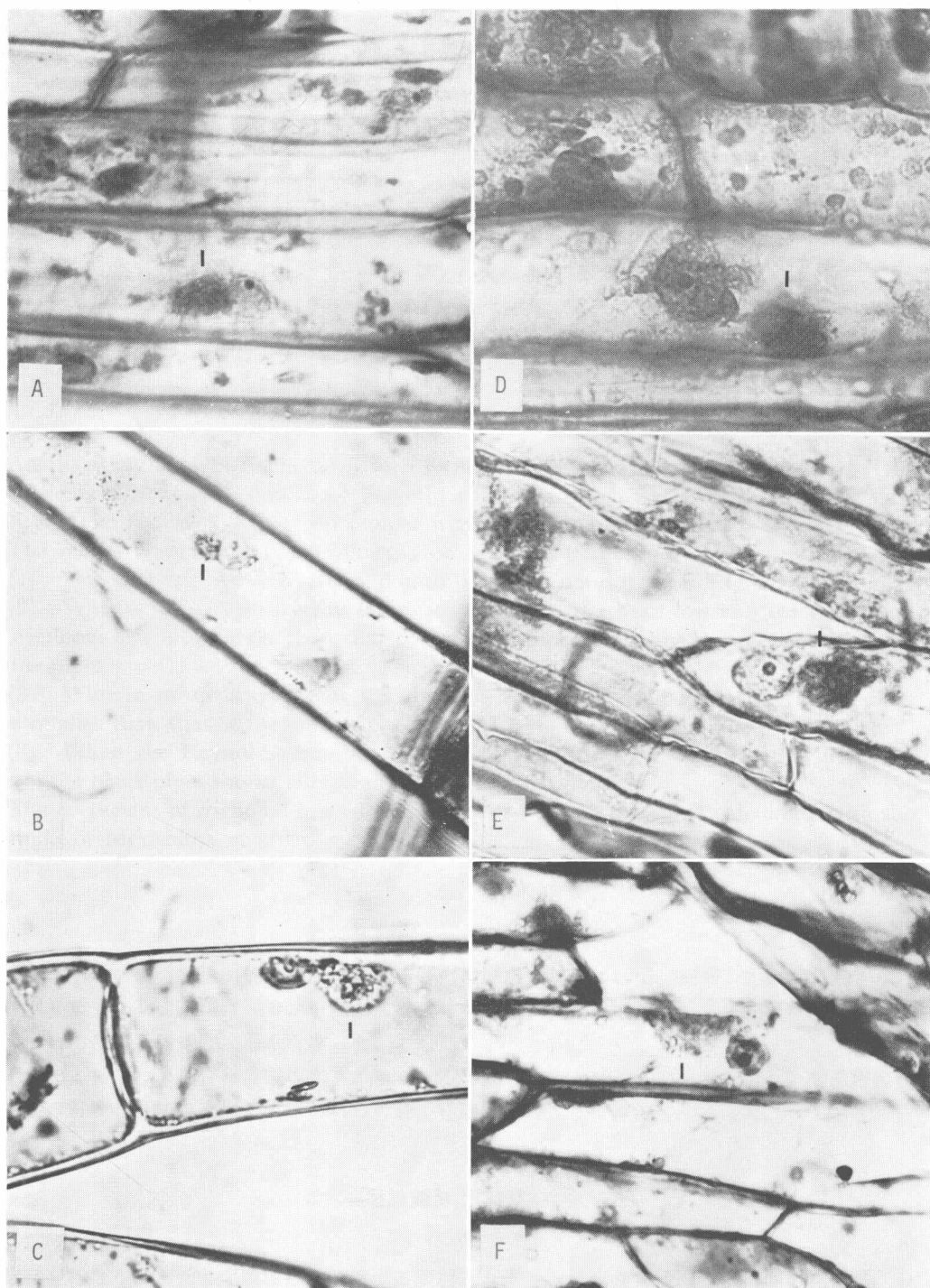
引用文献

- 1) Bald, J. G. (1949). Additional methods for fixing and staining viruses in infected plant tissues. *Am. J. Botany* **36**: 335-342.
- 2) Bald, J. G. (1949). A method for the selective staining of viruses in infected plant tissues. *Phytopathology* **39**: 395-402.
- 3) 小室康雄 (1973). 野菜のウイルス 新光誠文堂, 東京. 171-174.
- 4) 近藤章, 山本公志 (1956). 白菜輪点病細胞封入体について. 滋賀農短大学術報告 1 部 **8**: 4-6.
- 5) McWhorther, F. P. (1941). Plant-virus differentiation by trypan-blue reactions within infected tissue. *Stain Tech.* **16**: 143-149.
- 6) 越水幸男, 平井篤造, 小岩竜雄 (1953). ジャガイモの X 及び Y パイラスによる細胞内封入体. *日植病報* **17**: 102-108.
- 7) Rubio, M. (1956). Origin and composition of cell inclusions associated with certain tobacco and crucifer viruses. *Phytopathology* **46**: 553-556.
- 8) 栃原比呂志 (1965). ダイコンのモザイク病を起因するウイルスの同定ならびに血清学的比較研究. *農技研報告 C* **18**: 1-53.
- 9) Yoshii, H. (1963). On the strain distribution of turnip mosaic virus. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* **28**: 221-227.
- 10) 吉井 甫, 杉浦己代治, 岩田唯孝 (1963). ダイコンモザイクウイルスに関する研究. 九州病害虫研究会特別報告 **1**: 1-26.

Explanation of plate

Plate I. Inclusion bodies in several host plants infected with turnip mosaic virus (TuMV).

- A. Inclusion body (I) in the cell of *Physalis floridana* Rydb. infected with TuMV, stained by Giemsa's method.
- B. Inclusion body (I) in the hair cell of *Petunia hybrida* Vilm. infected with TuMV, stained by pyronin-methyl green method.
- C. Inclusion body (I) in the hair cell of *Petunia hybrida* Vilm. infected with TuMV, stained by phloxine-trypan blue method.
- D. Inclusion body (I) in the cell of *Calendula officinalis* L. infected with TuMV, stained by pyronin-methyl green method.
- E. Inclusion body (I) in the cell of *Spinacia oleracea* L. infected with TuMV, stained by Giemsa's method.
- F. Inclusion body (I) in the cell of *Spinacia oleracea* L. infected with TuMV, stained by pyronin-methyl green method.



ポリエチレン樹脂製黒色管の摩擦損失について

生島 芳雄・渡辺 潔*・中島 明

(土地改良学研究室)

昭和49年11月20日 受理

Friction Loss Measurement of the Black Polyethylene Pipe.

Yoshio IKUSHIMA, Kiyoshi WATANABE, and Akira NAKAJIMA

(Laboratory of Land Melioration)

Received November 20, 1974

Summary

An investigation was made to deduce formulas of calculating the head loss and the coefficient of frictional loss of black polyethylene pipes which were soft and hard in flexibility. The formulas of the black pipes were also compared with those of clear pipes.

The results obtained were as follows.

- (1) The difference between soft and hard pipes was not distinct in frictional resistance.
- (2) When a mean velocity was 0.6 m/sec or below, the head loss and the coefficient of frictional loss were larger than that of the clear pipes probably because of air pocket in the pipes.
- (3) When a mean velocity was 0.6 m/sec or above, the head loss of the black pipes was smaller than that of the clear pipes.
- (4) When the Reynolds' number was 30,000 or above, the coefficient of frictional loss of the black pipes was smaller than that of the clear pipes.

The coefficient of frictional loss was shown to be close to the value calculated with the formula of Morishima et al.

1. 緒 言

ポリエチレン樹脂製透明管の水流に対する管内の摩擦抵抗について、前報¹⁾で報告した。今回は、ポリエチレン樹脂にカーボンを加えて耐久性を増し、実用化されている黒色の軟質管と硬質管について前回と同様な実験を行なった。

それによって、黒色管と前報のポリエチレン樹脂製透明管との摩擦抵抗を比較し、また摩擦損失水頭に対する既往の実用公式のこれらの管への適用についても検討を行なった。

2. 実験計画および実験装置

2-1 実験計画

実験を行なうにあたり実験装置を設定する要因として、因子を管の種類、水槽間の高低差、およびバルブ開度の3因子とし、さらに各因子の水準は、管の種類を軟質と硬質の2水準、水頭間

* 干拓水工学研究室

高低差を 184 cm, 113 cm, 50 cm, および 6 cm の 4 水準, そしてバルブ開度を 10/10, 5/10, および 2/10 の 3 水準とした. これらの因子の主効果を調べるとともに, 管の種類と水槽間の高低差の交互作用および管の種類とバルブ開度の交互作用をあわせて調べることにした.

実験数は, この要因の数の組合せから最小 24 種となるので L_{16} の直交配列表²⁾ を一部追加することにより行なった. 設定の組合せは, Table 1 に示す.

Table 1. Establishment of conditions for experiments.

Experiment number	Experiment number for layout of factors	Kind of pipes	Difference of high water tank from low water tank	Degree of opened valve
1	1	Hard	184 cm	10/10
2	2			5/10
3	3		113	10/10
4	4			5/10
5	5		50	10/10
6	6			5/10
7	7		6	10/10
8	8			5/10
9	9	Soft	184	10/10
10	10			5/10
11	11		113	10/10
12	12			5/10
13	13		50	10/10
14	14			5/10
15	15		6	10/10
16	16			5/10
17	2'	Hard	184	2/10
18	3'		113	
19	5'		50	
20	8'		6	
21	9'	Soft	184	
22	12'		113	
23	14'		50	
24	15'		6	

2-2 実験装置

この実験計画にそった実験装置は, 高水槽, 低水槽, および管路部よりなる実験用管路であり, これを Fig. 1 に示す.

管路部は, 黒色管路と内部に流入する空気泡を発見するために黒色管の前後に挿入した透明管

とからなる。黒色管 (P_2) は、ポリエチレン樹脂製の軟質管 (内径 4.28cm, 肉厚 0.83cm) と硬質管 (内径 5.25cm, 肉厚 0.40cm) の 2 種類で、透明管 (P_1 および P_3) は、管内気泡の有無を調べるためポリエチレン樹脂製の軟質透明管 (内径 5.46cm, 薄肉 0.27cm) を使用した。なお、これらの管路をつなぐため塩化ビニール製の 2 in. ソケット (J_1 および J_2) を用いて接続した。

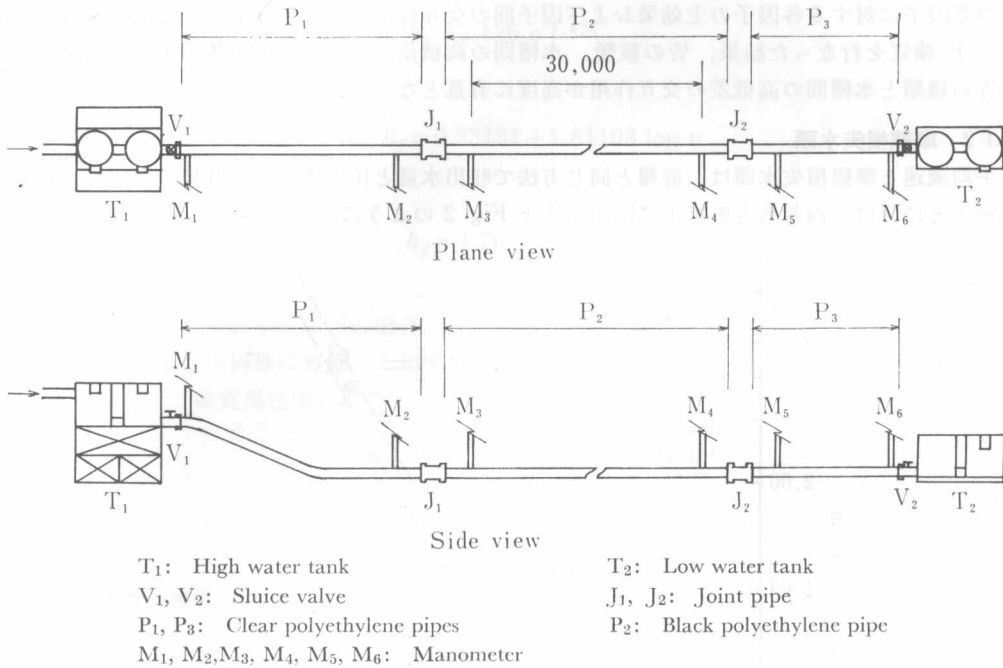


Fig. 1. Plane and side views of the experimental arrangement.

Table 2. Lists on the analysis of variance for the discharge.

Primary factor	Sum of squares	Degree of freedom	Unbiased estimate of population variance	Variance ratio, F
Kind of pipes	2,743,068	1	2,743,068	58.60**
Difference of high water tank from low water tank	23,301,103	3	7,767,034	165.93**
Degree of opened valve	2,466,610	3	822,203	17.57**
Interaction between kind of pipes and difference of high water tank from low water tank	820,610	3	273,537	5.84**
Interaction between kind of pipes and degree of opened valve	146,210	3	48,737	1.04
Error	842,557	18	46,809	—
Total		31		