

# カンキツトリステザウイルス弱毒系統利用による 森田ネーブルのステムピッチング病被害回避

農林水産省果樹試験場保護部 <sup>いえ</sup>家 <sup>き</sup>城 <sup>ひろ</sup>洋 <sup>ゆき</sup>之

## はじめに

カンキツの生産性を阻害する要因は多くあるが、その中でも病害、特にウイルス病による影響はきわめて大きい。カンキツトリステザウイルス (CTV) による被害は、約70年前、南アフリカのサワーオレンジ台サイトオレンジの樹が次々と枯死し、大問題となったのが最初で、この被害があまりにも大きく、栽培農家は生計の道を絶たれたので、この病気のことをポルトガル語で“悲惨”と言う意味の“トリステザ病”と呼んだ。その後、アメリカ、ブラジル等の主要カンキツ栽培国でも発生し、カンキツ栽培の危機的状況 (ROISTACHER and MOREN, 1991) に直面したが、弱毒ウイルスの強毒ウイルスに対する干渉効果利用 (BALARAMAN, 1980; BROADBENT, 1991; COX et al., 1976; GIACOMETTI et al., 1965; GRANT and COSTA, 1951; IEKI, 1989; 家城, 1997; 加納ら, 1992; 小泉・久原, 1985; 宮川ら, 1983; MIYAKAWA, 1987; MÜLLER and COSTA, 1972; MÜLLER, 1980; MÜLLER et al., 1988; ROISTACHER et al., 1988; 佐々木, 1974; SASAKI, 1979, 1981; 橘, 1991; THORNTON et al., 1980; WALLEGE and DRAKE, 1976) により栽培を継続することができるようになった。

わが国の現状は、栽培されているカンキツのほとんどの品種が本ウイルスの強毒系統に汚染されている。幸いにも、生産量の3分の2を占めるウンシュウミカンの本ウイルスに耐病性 (山田ら, 1979) であるため被害がほとんど見られないが、中晩柑類は罹病性 (山田ら, 1981) である。その中でも最も激しい被害が出たのはハッサクで、樹が萎縮し、果実が小玉化、収量の減少、ついに枯死したので、本病を“ハッサク萎縮病”と名付けたほどである (佐々木, 1974)。一般名としては、“ステムピッチング病”と称する。ハッサクのようにネーブルオレンジ、伊予柑、甘ナツ、ブンタン類、セミノール、ユズなどでは樹勢衰弱、果実の小玉化、生産量が低下する。諸外国に比べてこれら中晩柑類の生産性が低い

のは本ウイルスによる影響と言っても過言ではない。

本ウイルスは、ミカンクロアブラムシ (佐々木, 1974) および伝搬率は低いワタアブラムシ (家城, 1985) によって媒介されるため、わが国のようにほとんどのカンキツが強毒系統を保有し、かつ媒介昆虫が普遍的に生息している状況下では、ウイルス無毒苗木を植え付けても数年で強毒ウイルスに感染してしまう。そのため、弱毒系統の干渉効果を利用して被害回避を図る必要がある。ネーブルオレンジの本ウイルスによる被害回避を目的として、無毒化、弱毒系統の探索、干渉効果の判定、生産性に及ぼす影響等の一連の試験 (家城, 1997; 加納ら, 1992) を行ったので、その概要を紹介する。

## I 無毒化方法

カンキツは栄養繁殖によって増殖されるため、わが国の既存品種は数種類のウイルスやウイロイドを保有しているものが大部分である。干渉効果の試験を行うに当たり無毒化処理を行わなければならない。その方法として、熱処理 (IEKI and YAMAGUCHI, 1980; 家城・山田, 1984) または熱処理と茎頂接ぎ木 (NAVARRO et al., 1975) の併用 (図-1) が行われる。対象とする主要ウイルス・ウイロイドとして、CTV、温州萎縮ウイルス (SDV) および近縁ウイルス (カンキツモザイクウイルス: CiMV, ナツカン萎縮ウイルス: NDV, ネーブル斑葉モザイクウイルス: NIMV), タターリーフウイル

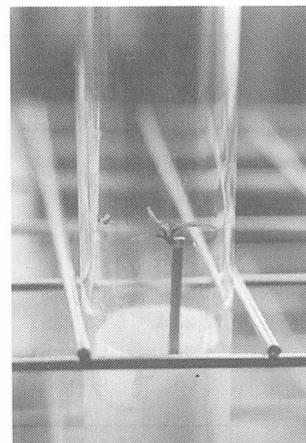


図-1 茎頂接ぎ木後生育した新梢

Control of Stem Pitting Disease Caused by Citrus Tristeza Virus Using Protective Mild Strains in Morita Navel Orange.  
By Hiroyuki IEKI

(キーワード: カンキツトリステザウイルス, ステムピッチング病, 弱毒系統, 干渉効果)

ス (CTLV), エクソコーティスウイルス (CEVd) とカンキツウイルス (CVd) である。茎頂接ぎ木が開発される以前は熱処理のみで行われていたが、無毒化されにくいウイルス・ウイルスが残ったが、両方法の併用によりこれらウイルス・ウイルスが容易に無毒化されるようになった。無毒化処理された個体については、確実に各種ウイルス・ウイルスが無毒であることを確認するため生物検定、抗血清を用いた検定 (ELISA 等) 等を行い、無毒母樹を育成した。

本試験で用いた森田ネーブルオレンジは、当時茎頂接ぎ木がまだ開発されていなかったため、熱処理により無毒化処理を行った。

## II 弱毒系統の探索・収集

### 1 栽培樹からの収集

中晩柑等罹病性品種について、品種保存園、栽培園等でステムピッチング (SP) 発生調査を行い、SP の発生が軽微または発生が認められない樹 (A) (山田ら, 1981, 1982), また、耐病性品種のウンシュウミカンでは、春先の新梢を ELISA 検定し、対照の強毒系統と比較して吸光度 ( $OD_{405}$ ) が低い樹 (B) (家城・山口, 1986) から穂木を採取した。これらの穂木を検定植物であるメキシカンライム実生苗木に接種を行い、メキシカンライムに発現する症状により、弱毒、強毒系統の判別を行った。弱毒系統は vein clearing, 軽微な vein soaking 症状が、強毒系統は激しい vein soaking, vein corking が発現した場合とした (図-2, 3)。さらに、弱毒系統と判定されたメキシカンライムに、強毒系統を接ぎ木接種し、その後の病徴が軽微であるものを優良弱毒系統として選抜した。また、ユーレカレモンを実生苗木に接種し

て、黄化症状並びにわい化症状の有無により、症状がないものをステムピッチング (SP) 系、あるものをシードリングイエローズ (SY) 系とした。この方法により、果樹試験場カンキツ部興津保存のカンキツ 926 樹を調査し、A の方法で弱毒 30 系統 (山田ら, 1981) を、

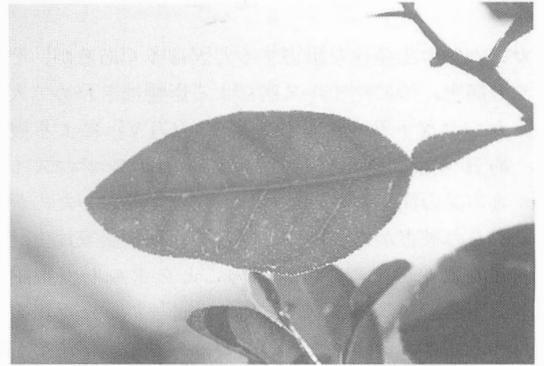


図-2 ライム検定 (vein clearing)

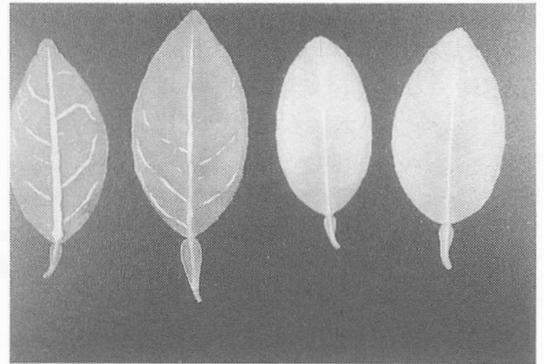


図-3 ライム検定 (右: vein soaking, 左: vein corking)

表-1 干渉効果試験に使用した CTV 弱毒および強毒系統

CTV	系	統	備 考
M-8	CTV-SP <sup>b)</sup>	弱毒系統	興津支場保存ベトナムブタン
M-10	CTV-SP	弱毒系統	広島県下で栽培されていた生育良好ハッサク樹より佐々木氏が分離した HM-55
M-15 A <sup>a)</sup>	CTV-SP	弱毒系統	興津支場保存サワーオレンジよりミカンクロアブラムシで単離
M-16 A	CTV-SY <sup>b)</sup>	弱毒系統	興津支場保存交配実生 (興津 16 号) よりミカンクロアブラムシで単離
M-23	CTV-SY	弱毒系統	強毒系統 (S-5) を熱処理により作出
M-23 A	CTV-SY	弱毒系統	弱毒系統 M-23 よりミカンクロアブラムシで単離
M-24	CTV-SY	弱毒系統	強毒系統 (S-5) を熱処理により作出
S-5 A	CTV-SY	強毒系統	興津支場保存森田ネーブルよりミカンクロアブラムシで単離

<sup>a)</sup>: A: 原株からミカンクロアブラムシ (*T. citricidus*) により単離したことを意味する。

<sup>b)</sup>: SP: ステムピッチング系, SY: シードリングイエローズ系。

表-2-1 CTV 弱毒系統を接種した森田ネーブルでの干涉効果試験

CTV		樹数	SP 発生度 <sup>a)</sup>			ライム検定 <sup>b)</sup>			幹周 (cm)			樹容積 (m <sup>3</sup> )
弱毒	強毒		'85	'90	'94	1982~83	'85	'92~93	'85	'90	'94	'94
M-8	S-5 A	4	59	37	59	3 <sup>c)</sup> :M, S	4:S	—	8.6	14.3	21.3	7.1
	—	4	18	11	47	3:M, S	4:S	4:S	8.6	17.3	25.2	10.3
M-10	S-5 A	4	23	12	39	2:M, 2:S	2:M, 2:S	M, 3:S	8.3	16.5	24.6	8.7
	—	4	27	25	65	3:M, S	3:M, S	M, 3:S	8.1	15.4	23.5	6.0
M-15 A	S-5 A	4	14	29	61	4:M	4:M	2:M, 2:S	7.1	17.3	25.7	9.7
	—	1	0	0	80	M	M	S	6.1	19.7	28.6	10.8
M-16 A	S-5 A	9	11	18	49 <sup>8d)</sup>	8:M, S	8:M, S	4:M, 5:S	6.2	16.7	25.0	8.7
	—	2	0	0	43	2:M	2:M	M, S	6.7	17.6	27.2	12.0
M-23	S-5 A	4	7	25	46	3:M, S	3:M, S	M, 3:S	5.3	14.6	22.6	6.7
M-23 A	S-5 A	8	3	17	59 <sup>7d)</sup>	7:M, S	6:M, 2:S	5:M, 3:S	5.4	15.0	24.0	8.4
	—	2	0	2	42	2:M	2:M	2:S	5.9	15.8	24.6	6.9
M-24	S-5 A	6	12	35	75	3:M, 3:S	3:M, 3:S	3:M, 3:S	6.1	13.9	20.8	5.3
	—	2	0	4	28	2:M	2:M	2:S	5.4	16.5	27.1	9.8
Free	S-5 A	8	55	38	70	4:M, 4:S	M, 7:S	—	8.6	16.2	25.2	8.5

<sup>a)</sup>: 2~3年生枝のステムピッチング発生度, <sup>b)</sup>: メキシカンライム実生苗木, F: 無病徴, M: 軽微な症状, S: 激しい症状, <sup>c)</sup>: 5年間の1樹当たり平均総収穫量 (kg), <sup>d)</sup>: 調査樹数, <sup>e)</sup>: 樹数。

表-2-2

CTV		樹数	1樹当たりの平均収量 (kg)							平均果重 (g)		
弱毒	強毒		'90	'92	'93	'94	'95	Total	'1993	'1994	'1995	
M-8	S-5 A	4	5.2	5.3 <sup>2</sup>	8.3	28.6	20.1	67.5	193	234	175	
	—	4	9.3	11.2	17.2	36.8	37.3	111.8 (89.7) <sup>e)</sup>	197	288	170	
M-10	S-5 A	4	8.5	7.3 <sup>3</sup>	11.4	33.5	23.9	84.6	195	194	165	
	—	4	6.0	12.8 <sup>8</sup>	11.1	25.0	8.3	63.2 (73.9)	176	184	162	
M-15 A	S-5 A	4	9.0	14.8	15.1	35.7	24.4	99.0	222	245	190	
	—	1	6.5	27.9	32.3	37.2	44.5	148.4 (108.9)	203	272	161	
M-16 A	S-5 A	9	7.8	13.0	14.9 <sup>8</sup>	34.7	21.4	91.8	206 <sup>8</sup>	224	187	
	—	2	9.2	13.9	21.9	42.8	23.8	111.6 (95.4)	203	218	188	
M-23	S-5 A	4	4.4	10.9	12.2	29.5	15.3	72.3 (72.3)	200	173	162	
M-23 A	S-5 A	8	7.2	3.5	10.8 <sup>7</sup>	30.4	21.4	73.3	189 <sup>7</sup>	223	180	
	—	2	4.5	7.0	11.3	38.9	17.8	79.5 (74.5)	210	210	168	
M-24	S-5 A	6	7.2	8.6 <sup>6</sup>	10.5 <sup>5</sup>	23.7	14.3	64.3	183 <sup>5</sup>	198	153	
	—	2	8.8	8.0	10.0	35.1	32.5	94.4 (71.8)	190	217	153	
Free	S-5 A	8	5.8	6.5	10.2	26.9	19.3	68.7 (68.7)	188	238	166	

Bの方法で5系統(家城・山口, 1986)を得た。

2 熱処理による作出

強毒系統を保毒したカンキツ鉢植え苗木を昼間38~45°C, 夜間30°Cで一定期間熱処理した穂木組織の小片をメキシカンライム実生苗木に接ぎ木接種した。前述のように発現する症状から弱毒系統を選抜した。この方法により, 強毒系統保毒森田ネーブルを45°Cで14日間処理して弱毒1系統(家城・山口, 1986)を得た。

得られた弱毒系統は, 接ぎ木接種による検定がなされたため, 他のウイルスを保毒している可能性があったので, ミカンクロアブラムシで単離を行った。

III 干涉効果の確認

CTV強毒系統を保毒する森田ネーブルを熱処理で作出したウイルス・ウィロイド無毒苗木に, 圃場より探索・収集および熱処理で作出したCTV弱毒7系統

(表-1)を接種した母樹を育成した。これら母樹から穂木を採取しカラタチ実生台木に接ぎ木してCTV弱毒系統保毒鉢植え苗木を育成した。干渉効果を確認するため第一次(1980)から第三次(1983)にわたる試験を行った(家城, 1997)。第1回目の強毒系統接種として、これら苗木の新梢に、強毒系統保毒森田ネーブルで飼育したミカンクロアブラムシ5~20頭を2日間放飼接種した後殺虫剤を散布し、その後は温室内に置いた。1~2年後には、30kgコンテナに植え付け戸外に置き、さらに3年後には圃場に植え付け、ミカンクロアブラムシによる強毒系統の自然感染条件下に置いた。この間(12~14年間)、枝のステムピッチング(SP)の発生日、ライム検定による保毒ウイルスの強毒・弱毒系統の判定、樹の幹周、樹容積の測定、生産量等について調査を継続的に行った(表-2-1, 2)。

#### 1 ミカンクロアブラムシによる強毒系統接種2~4年後(1985)

枝のSP発生日は、弱毒系統M-8保毒苗木ならびに無毒苗木に強毒ウイルスを接種した樹では高く、かつライム検定により強毒系統の保毒が確認されたので、既に干渉効果がなくなったものと判断された。一方、他の弱毒系統接種樹では強毒系統の接種の有無にかかわらず発生日が0~27と低く、かつ大部分の樹は弱毒系統を保毒しており、干渉効果が維持されていた。

#### 2 ミカンクロアブラムシによる強毒系統接種7~9年後(1990)

圃場に植え付け3年目のSP発生日は、M-10弱毒系統を除いた他の5弱毒系統では、弱毒系統のみ接種区は強毒系統接種区に比べ低く、自然感染条件下で干渉効果が維持されていた。その中でも弱毒系統M-16A, M-15Aの樹の幹周は他に比べて大きく、生育が良好であった。

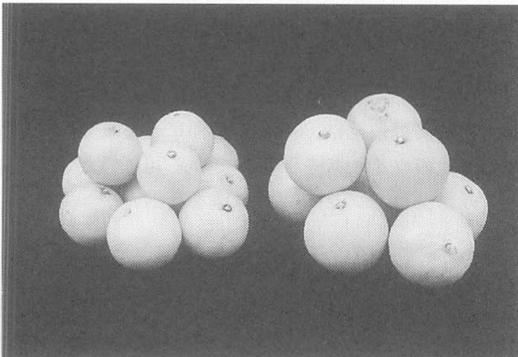


図-4 森田ネーブルの果実(右:弱毒, 左:強毒)

#### 3 ミカンクロアブラムシによる強毒系統接種10年以上経過後(1992~94)

ミカンクロアブラムシによる自然感染条件下で10年経過時のSP発生日は、すべての樹で増加が見られ28~80であった。しかし、M-16A, M-15A, M-23A, M-24, M-10弱毒系統接種の数樹では、なお弱毒系統を保毒するものが見られた。特にM-16AおよびM-15A接種樹で、強毒系統接種の有無にかかわらず幹周、樹容積は他のものより大きく生育が優れていた。

#### 4 果実生産量と品質(1990, 92~95)

5年間の1樹当たりの果実総生産量を見ると、無毒苗木にミカンクロアブラムシで強毒系統を接種した強毒保毒樹では68.7kgに対して、M-15Aは108.9kg, M-16Aは95.4kg, M-8は89.7kg, M-23Aは74.5kg, M-10は73.9kg, M-23は72.3kg, M-24は71.8kgであった。また、弱毒系統接種樹にミカンクロアブラムシで強毒系統を人為的に初期に接種した樹は無接種のものに比較して生産量が少なかった。このようにM-16AおよびM-15Aでは、強毒系統保毒樹に比べ約50%の増収効果が見られた。一方、果実も1~2階級大きくなった(図-4)。果実のBrixおよび酸度は強毒、弱毒保毒樹で差はほとんど見られず、果実品質に影響は見られなかった(表-3)。

#### IV 弱毒系統接種苗木の増殖法ならびに圃場管理

森田ネーブルでの14年間にわたるCTV弱毒系統の干渉効果試験の結果、わが国のようにほとんどのカンキツが強毒系統を保毒し、かつ媒介昆虫のミカンクロアブラムシが普遍的に生息している条件下では完全な干渉効果を示す弱毒系統は得られなかった。しかし、M-16AとM-15Aの弱毒系統では一部分の樹では干渉効果がなお認められ、生育および生産量は他の弱毒系統並びに強毒系統保毒樹に比べて優れていた。また、三重県紀南カンキツセンターで同じ森田ネーブルと弱毒系統を用いた10年間にわたる試験で、両弱毒系統は樹の生育、収

表-3 CTV弱毒系統M-16A, M-15A接種樹の果実品質

CTV		樹数	平均値 <sup>*)</sup>	
弱毒	強毒		Brix	酸度
M-15A	S-5A	4	11.6	1.33
M-16A	S-5A	6	11.8	1.38
Free	S-5A	4	11.4	1.32

<sup>\*)</sup>: 1994年12月15日収穫。各樹より無作為に5個の果実を分析。

量で優れた結果が得られ、両弱毒系統は効果があることが再確認された。これらの優れた弱毒系統の効果を長期間維持するには、以下の点について留意する必要がある。①母樹は網室内に保存し、定期的にウイルス検定を行って弱毒系統保毒を確認する。②苗木育成はハウス、網室や周辺部にカンキツが栽培されていないところで行うか、アブラムシ防除を徹底させる。③弱毒保毒苗木の栽植は、可能な限り集団で大面積で行い、既存樹の間に植え付けない。④幼木時のアブラムシ防除を徹底させ、初期生育を促す。⑤成木時も可能な限りアブラムシ防除を行い、生育の悪い樹が見られたら抜根して処分する。また、⑥弱毒保毒穂木を既存樹に高接ぎしない。ほとんどの既存樹は強毒系統を保毒しているため、弱毒系統保毒穂木を接ぎ木しても干渉効果は見られない。

### おわりに

わが国の中晩柑類の生産性が、諸外国に比べて低いのはCTVの影響によると言っても過言ではない。ネーブルオレンジの生産国であるアメリカ、スペイン、ブラジル等ではすでにCTV弱毒系統が利用され生産性を上げているのが現状である。近年、ネーブルオレンジの輸入自由化に伴って、国産ネーブルの栽培面積が減少しているのは、生産性が低い海外産果実に太刀打ちできないためでもある。本試験で明らかのように、弱毒系統を利用することによって生産性は約50%増、果実も大きくなり、高生産、高品質果となり、収益性は単純計算で3倍以上になることが期待できるので、輸入果実に十分太刀打ちが可能であり積極的に利用を図るべきである。

### 引用文献

1) BALARAMAN, K. (1980) : Proc. 8th IOCV. IOCV, River-

- side, pp. 54~59.  
 2) BROADBENT, P. et al. (1991) : Proc. 11th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, pp. 60~63.  
 3) COX, J. E. et al. (1976) : Proc. 7th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, pp. 68~70.  
 4) GIACOMETTI, D. C. et al. (1965) : Proc. 3th Conf. IOCV. Univ. Florida Press, Gainesville, pp. 14~17.  
 5) GRANT, T. J. and A. S. COSTA (1951) : Phytopathology 41 : 114~122.  
 6) IEKI, H. and A. YAMAGUCHI (1980) : Proc. 8th IOCV. IOCV, Riverside, pp. 20~24.  
 7) 家城洋之・山田峻一 (1984) : 果樹試報 B 11 : 71~87.  
 8) ——— (1985) : 日植病報 51 : 361 (講要).  
 9) ———・山口 昭 (1986) : 果樹試報 B 13 : 71~79.  
 10) ———ら (1997) : 日植病報 63 : 170~175.  
 11) IEKI, H. (1989) : ASPAC Ext. Bull. 284 : 8~14.  
 12) 加納 健ら (1992) : 果樹試報 23 : 169~177.  
 13) 小泉銘册・久原重松 (1985) : 同上 D 7 : 89~108.  
 14) 宮川経邦ら (1983) : 徳島県果樹研試報 11 : 9~13.  
 15) MIYAKAWA, T. (1987) : Phytophylactica 19 : 193~196.  
 16) MÜLLER, G. W. and A. S. COSTA (1972) : Proc. 5th Conf. IOCV. Univ. Florida Press, Gainesville, pp. 171~175.  
 17) ——— (1980) : Proc. Fla. State Hort. Soc. 93 : 62~64.  
 18) ——— et al. (1988) : Proc. 10th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, pp. 82~85.  
 19) NAVARRO, L. et al. (1975) : J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 : 471~479.  
 20) ROISTACHER, C. N. et al. (1988) : Proc. 10th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, pp. 91~100.  
 21) ROISTACHER, C. N. and P. MORENO (1991) : Proc. 11th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, pp. 7~19.  
 22) 佐々木 篤 (1974) : 広島果樹試特報 2 : 1~106.  
 23) SASAKI, A. (1979) : Rev. Plant Protection Res. Japan. 12 : 80~87.  
 24) ——— (1981) : Proc. Int. Soc. Citriculture. 1 : 439~441.  
 25) 橘 泰宣 (1991) : 愛媛果樹試研報 10 : 45~56.  
 26) THORNTON, I. R. et al. (1980) : Proc. 8th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, pp. 51~83.  
 27) WALLECE, J. M. and R. J. DRAKE (1976) : Proc. 7th Conf. IOCV. IOCV, Riverside, pp. 58~62.  
 28) 山田峻一ら (1979) : 果樹試報 B 6 : 109~117.  
 29) ———ら (1981) : 同上 B8 : 147~173.  
 30) ———ら (1982) : 同上 B8 : 23~33.

### お知らせ

#### ○捕食・寄生性昆虫文献データベースのご紹介

平成5年度より、科学研究費補助金「研究成果公開促進費」(データベース)を受けて捕食・寄生性昆虫研究会が行ってきた捕食・寄生性昆虫文献データベース作成も5年目になり、文献数も12,000件を超えるまでになりました。この捕食・寄生性昆虫文献のデータベースは、捕食性・寄生性昆虫および捕食性ダニに関する生理学、生態学、行動学、化学生態学、行動生態学、生物的防除などの分野の文献をデータとして入力し、これを各種のデータベースソフトにて利用可能なように、テキストファイルにしてフロッピーディスク2枚に納めたものです。文献データは、著者、タイトル、キーワード(ま

たは和文タイトル)、出典、コードからなり、お手持ちのデータベースソフトで自由に検索することができます。文献集は著者のアルファベット順に並べたもので、著者からの検索や内容の確認などに利用できでしょう。現段階では、キーワードのない文献、テキスト変換時の文字化けやミススペルもありますが、関係者に利用していただきながら修正や新規データを加え、今後の改訂版へと継続していきたいと思っております。

このデータベースの購入(実費負担)を希望される場合は、下記事務局までお問い合わせ下さい。

捕食・寄生性昆虫研究会事務局

〒305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

筑波大学 農林学系 戒能洋一

TEL : 0298-53-4692, FAX : 0298-53-6617

E-mail : parasite@sakura.co.tsukuba.ac.jp