

# 指標生物によるカンキツ園の生物多様性の評価

## (第2報) 生物多様性の評価手法の開発

崎山進二・金崎秀司・宮下裕司

**Evaluate the Biodiversity of Citrus Orchards using Bioindicator.**

**(NO.2): Development of the Evaluation technique of Biodiversity.**

Shinji Sakiyama, Shuji Kanazaki, Yuji Miyashita

### Summary

Eight Arthropod groups, Coccinellidae (except for *Stethorus japonicus*), Encyrtidae, Silphidae, Staphylinidae, Formicidae, Ground Cursorial Spiders, Weaving Spiders on a tree, Phytoseiidae (except for *Amblyseius (Neoseiulus) californicus*), are suitable for bioindicator.

The score of biodiversity calculated using 8 indicator organisms became higher in a lower citrus orchard of control pressure. By the investigation of these bioindicator, we can measure the effect of conservational agriculture for environment and sustainability and the condition of citrus orchard quantitatively.

It was thought that the suitable investigation is carried out 4 techniques, yellow sticky trap, pitfall trap, visual counting and beating method, and suitable period and timing is from end of June to August at least one time in each month over two weeks intervals.

**Key Words :** citrus orchards, biodiversity, bioindicator, evaluation technique

### I. 緒 言

環境保全型農業などの施策が、農業生態系の生物多様性の保全・向上に及ぼす効果を、科学的根拠に基づいて定量的に評価するため、農林水産省委託プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」が2008～2011年に実施された。愛媛県果樹研究センターでも本プロジェクトに加わり研究に取り組み、減農薬栽培や有機栽培など防除体系が異なるカンキツ園において発生する有用生物を調査し、慣行防除園に比べ環境保全型管理園(減農薬園, 有機・準有機園)に多く発生する生物, テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く), トビコバチ科, シデムシ科, ハネカクシ科, アリ科, 地上徘徊性クモ類, 樹上造網性クモ類, カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)を指標生物として選抜し

た(「(第1報)指標生物の選抜」から引用, 印刷中, 崎山ら 2013)。そこで, これら指標生物を利用し, 園地の生物多様性を定量的に評価する手法を開発したので報告する。

なお, 本調査・研究を行うにあたり, ご援助・協力いただいた各生産者, 西予, 八幡浜, 松山, 今治の各地域農業室・産地育成室, 愛媛大学農学部環境昆虫学研究室のみなさまには深く感謝申し上げます。

### II. 材料及び方法

#### (1) 指標生物の適応性の検討

選抜された指標生物を防除体系の異なる園地(慣行防除園(化学合成農薬成分数で1年間に18成分程度使用, 以下慣行園), 50%減農薬防除園(同成分数が9以下, 以下減農薬園), 有機・準有機栽培園(同成分数が2以下,

以下有機・準有機園))において調査し適応性を確認した。

調査場所および防除体系・栽培品種・使用農薬数の状況については表1のとおりである。調査は、「(第1報)指標生物の選抜」で用いた4手法で行い、詳細は以下のとおりである。

20%プロピレングリコールを50ml加用し2～3日間設置した。地上徘徊性クモ類のうち、極小の幼体が10頭以上の集団で捕獲された場合は除外した。

5) 見取り

10樹の樹上に造網するクモ類について計数し、卵のうから離脱直後で集団のものは除外した。

表1 調査園地の場所および栽培品種と使用農薬成分数

調査地域	防除体系	園地略号	栽培品種	使用農薬成分数					合計
				殺菌剤	殺虫・ダニ剤	除草剤	その他	カント外	
西予市明浜町	慣行	23A1	温州ミカン	10	6	1	0	1	18
	減農薬	23A2	温州ミカン	3	3	0	0	1	7
		23A4	ボンカン	3	2	0	0	1	6
	有機・準有機	23A3	温州ミカン	1	0	0	0	3	4
		23A5	不知火	0	0	0	0	2	2
伊方町	慣行	23Y1	温州ミカン	9	7	3	0	0	19
	減農薬	23Y3	温州ミカン	4	3	0	0	1	8
砥部町	慣行	23M1	伊予柑	5	7	2	1	1	16
	減農薬	23M2	伊予柑	2	4	1	0	1	8
		23M3	伊予柑	2	4	1	0	2	9
今治市大西町	慣行	23I1	温州ミカン	8	8	2	0	1	19
	有機・準有機	23I2	温州ミカン	0	0	0	0	1	1
		23I3	温州ミカン	0	0	0	0	0	0
		23I4	伊予柑	0	0	0	0	1	1
		23I5	レモン	0	0	0	0	0	0

注) カント外：愛媛県特別栽培農産物等認証制度でカントされない薬剤  
減農薬園は50%以上の減農薬栽培

1) 対象生物(指標生物)および調査方法

黄色粘着トラップではテントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く)、トビコバチ科、ピットフォールトラップではハネカクシ科、シデムシ科、アリ科、地上徘徊性クモ類、見取りでは樹上造網性クモ類、払い落としではカブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)とした。

2) 調査時期

2011年6月下旬～8月に約2週間毎に5回実施した。

3) 黄色粘着トラップ

トラップは2カ所/園とし、黄色粘着シート(出光興産(株)、ITシート、イエロー)を20×10cmに切断し、透明アクリル板の片面に2枚並べて両面に貼り付け、地上1.3～1.5mの樹冠内に2～3日間設置した。

4) ピットフォールトラップ

トラップは6カ所/園とし、雨除け台の下に口径約8.5cmプラスチック製コップを、開口部が地表面と同じ高さになるように埋め、

6) 払い落とし

3樹/園(4枝/樹、各枝5回手で叩き落とした)で、約580cm<sup>2</sup>の黒色アクリル板(18cm×32cm)を用い、板上に落ちたカブリダニ科を計数し、可能な限り持ち帰り種を判定した。

(2) 主要農薬による防除圧の推定

防除体系の異なる園地間での指標生物の捕獲・確認数の差と使用される農薬との関係をみるために、指標生物に対する農薬の影響を検討した。

1) 供試生物

シデムシ科の主要種であるオオヒラタシデムシ、樹上造網性クモ類の主要種であるジョロウグモを用いた。供試生物は果樹研究センター内の有機栽培園において、オオヒラタシデムシについては成・幼虫を、ジョロウグモについては老齢幼体から成体のものを採集して用いた。

2) 供試薬剤および濃度は表2のとおりであ

る。

表2 供試薬剤および濃度

	供試薬剤	供試濃度
殺菌剤	マンゼブ水和剤	600倍
殺ダニ剤	スピロジクロフェンフロアブル	4000倍
ネオニコチノイド系殺虫剤	クロチアジソン水溶剤	4000倍
有機リン系殺虫剤	DMTP乳剤	1500倍
合成ピレスロイド系殺虫剤	フェンプロパトリン乳剤	2000倍

### 3) 調査方法

供試生物に所定濃度に調整した農薬(表2)をハンドスプレーで十分量噴霧し、噴霧後は、空気穴をあけたケース(KP カップ(KP-200) 鴻池プラスチック(株))に入れ、25℃に調節した室内において管理した。オオヒラタシデムシについては薬剤処理 48 時間後に、ジョロウグモについては 72 時間後に健全、苦悶、死亡に分けて計数し、影響を判定した。

#### (3) 生物多様性の評価手法の開発

指標生物を用い、カンキツ園地の生物多様性の程度を、定量的に表すことの出来る手法を検討した。

2008年から2011年に行った調査園を、それぞれの防除体系の県内の標準的な園地として、指標生物とした8生物群の捕獲・確認数(2008年から2010年までは「(第1報)指標生物の選抜」の調査結果を引用)を比較した。それぞれの防除体系内で比較し、他の園地と大きく異なっていると考えられた捕獲・確認数を示した園地22A7, 23A5のトビコバチ科, 20A2のハネカクシ科, 21A2のシデムシ科, 22I4, 23A5, 23I4のアリ科, 22A7のカブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)の調査結果を除き、防除体系毎の平均捕獲・確認数を算出した。このうち減農薬園および有機・準有機栽培園の平均捕獲・確認数の50%を基準値とし、減農薬園の基準値未満を0点、減農薬園の基準値以上、有機・準有機園の基準値未満を1点、有機・準有機園の基準値以上を2点のスコアを与え、この合計スコアを各園地の生物多様性を表す数値とした(以下生物多様性スコア)。カンキツ園における生物多様性を

有機栽培のような防除圧の低い園地で最も高いとし、調査結果がこれに一致するかを検討した。

## III. 試験結果

### (1) 指標生物の適応性の検討

同じ防除体系内でも捕獲・確認数に園地間で差があるものもあるが、2011年の結果も指標生物の捕獲傾向および防除体系別の平均捕獲・確認数は、2010年までの結果(「(第1報)指標生物の選抜」の調査結果を引用)とテントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く)、シデムシ科、アリ科を除き概ね一致した。テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く)は減農薬園での捕獲数が少なく、平均捕獲数が慣行園より少なくなった。2010年までの結果では防除体系別で最もシデムシ科の捕獲数が多かった減農薬園では、6園地中4園地では全く捕獲されず少なくなり、平均捕獲数が慣行園と同じになった。アリ科は慣行園や減農薬園で捕獲数が少なくなり、有機・準有機園では2倍以上多くなった(表3, 4, 5, 6)。

2008年から2010年の調査結果(「(第1報)指標生物の選抜」より引用)と2011年の調査結果の4年間を用いて比較したところ、全ての指標生物で少なくとも慣行園と有機・準有機園の間で有意な差があり、捕獲・確認数は有機・準有機園、減農薬園、慣行園の順に多かった(表7)。

### (2) 主要農薬による防除圧の推定

オオヒラタシデムシに対しては、合成ピレスロイド系、有機リン系、ネオニコチノイド系の薬剤は補正死亡率が100%と影響が強い

表3 黄色粘着トラップによる指標生物の捕獲数

防除 体型	調査 地域	園地略号	捕獲数(頭)		
			テントウムシ科 (キアシクロヒメテントウ除く)	トビコバチ 科	
慣行	西予市	23A1	0.05	0.03	
		伊方町	23Y1	0.00	0.00
		今治市	23I1	0.02	0.07
		砥部町	23M1	0.00	0.05
		<b>平均</b>	<b>0.02</b>	<b>0.04</b>	
<b>平均(2008~2010年)</b>			<b>0.01</b>	<b>0.09</b>	
減農薬	西予市	23A2	0.01	0.07	
		23A4	0.00	0.16	
		伊方町	23Y3	0.03	0.03
		砥部町	23M2	0.00	0.15
		23M3	0.00	0.05	
<b>平均</b>			<b>0.01</b>	<b>0.09</b>	
<b>平均(2008~2010年)</b>			<b>0.04</b>	<b>0.24</b>	
有機 ・準有機	西予市	23A3	0.03	4.00	
		23A5	0.23	8.75	
		今治市	23I2	0.01	0.57
		23I3	0.03	0.24	
		23I4	0.03	0.23	
23I5	0.05	0.84			
<b>平均</b>			<b>0.07</b>	<b>2.44</b>	
<b>平均(2008~2010年)</b>			<b>0.09</b>	<b>1.64</b>	

注) 捕獲数：頭/1シート/1日 5回調査の平均値  
2008~2010年の平均値は「(第1報)指標生物の選抜」より引用

表4 ヒットフォールトラップによる指標生物の捕獲数

防除体型	調査 地域	園地略号	捕獲数(頭)				
			シテムシ 科	ハネカク 科	アリ科	地上徘徊 性ワケ類	
慣行	西予市	23A1	0.00	0.05	0.22	0.88	
		伊方町	23Y1	0.03	0.10	0.60	0.41
		今治市	23I1	0.00	0.08	1.38	0.58
		砥部町	23M1	0.00	0.00	0.28	1.31
		<b>平均</b>	<b>0.01</b>	<b>0.06</b>	<b>0.62</b>	<b>0.79</b>	
<b>平均(2008~2010年)</b>			<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>2.27</b>	<b>0.71</b>	
減農薬	西予市	23A2	0.00	0.29	3.17	1.73	
		23A4	0.00	0.58	4.26	0.64	
		伊方町	23Y3	0.00	0.57	5.22	0.26
		砥部町	23M2	0.03	0.05	4.06	1.05
		23M3	0.02	0.40	7.11	0.68	
<b>平均</b>			<b>0.01</b>	<b>0.38</b>	<b>4.76</b>	<b>0.87</b>	
<b>平均(2008~2010年)</b>			<b>0.49</b>	<b>0.30</b>	<b>8.75</b>	<b>1.01</b>	
有機 ・準有機	西予市	23A3	0.11	0.41	8.85	2.78	
		23A5	0.00	0.73	22.39	2.14	
		今治市	23I2	0.00	0.17	18.59	0.94
		23I3	2.77	0.71	6.14	1.15	
		23I4	0.00	0.63	37.08	1.88	
23I5	0.00	0.81	5.24	1.33			
<b>平均</b>			<b>0.48</b>	<b>0.58</b>	<b>16.38</b>	<b>1.70</b>	
<b>平均(2008~2010年)</b>			<b>0.21</b>	<b>0.22</b>	<b>6.99</b>	<b>1.73</b>	

注) 捕獲数：頭/1トラップ/1日 5回調査の平均値  
2008~2010年の平均値は「(第1報)指標生物の選抜」より引用

表5 見取りによる樹上造網性ワケ類の確認数

防除体型	調査 地域	園地 略号	確認数(頭)			
			2011年	平均	平均	
慣行	西予市	23A1	0.48	<b>0.24</b>	<b>0.31</b>	
		伊方町	23Y1			0.04
		今治市	23I1			0.32
		砥部町	23M1			0.12
		減農薬	西予市			23A2
23A4	0.37					
伊方町	23Y3	1.25				
砥部町	23M2	1.27				
23M3	0.10					
有機 ・準有機	西予市	23A3	1.83			
		23A5	2.34			
		今治市	23I2	3.28		
		23I3	2.42			
		23I4	11.04			
23I5	0.80					
<b>平均</b>			<b>3.62</b>	<b>3.07</b>		

注) 確認数：頭/樹容積1m<sup>3</sup> 5回調査の平均値  
2008~2010年の平均値は「(第1報)指標生物の選抜」より引用

表6 払い落としによるカブリダニ類(ミコガブリダニ除く)の捕獲数

防除体型	調査 地域	園地 略号	確認数(頭)			
			2011年	平均	平均	
慣行	西予市	23A1	0.00	<b>0.00</b>	<b>0.08</b>	
		伊方町	23Y1			0.00
		今治市	23I1			0.00
		砥部町	23M1			0.00
		減農薬	西予市			23A2
23A4	0.00					
伊方町	23Y3	1.00				
砥部町	23M2	0.00				
23M3	0.00					
有機 ・準有機	西予市	23A3	1.60			
		23A5	5.40			
		今治市	23I2	0.60		
		23I3	2.60			
		23I4	1.40			
23I5	2.00					
<b>平均</b>			<b>2.27</b>	<b>3.29</b>		

注) 確認数：頭/1調査 5回調査の平均値  
2008~2010年の平均値は「(第1報)指標生物の選抜」より引用

表7 指標生物の捕獲・確認数(2008~2011年)

調査方法	生物名	捕獲・確認数(頭)					
		慣行	減農薬	有機・準有機			
		調査園地数	16	13	16		
黄色粘着 トラップ	テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く)	0.02	a	0.03	a	0.08	b
	トビコバチ科	0.08	a	0.18	a	1.94	b
ヒットフォール トラップ	シテムシ科	0.01	a	0.30	ab	0.31	b
	ハネカク科	0.05	a	0.33	b	0.36	b
	アリ科	1.86	a	7.22	b	10.52	b
	地上徘徊性ワケ類	0.73	a	0.96	a	1.72	b
見取り	樹上造網性ワケ類	0.29	a	0.59	a	3.27	b
払い落とし	カブリダニ類(ミコガブリダニ除く)	0.06	a	0.45	b	2.87	c

注) 表中の異なるアルファベット間には有意差があることを示す (Steel-Dwass, p<0.05)

表中の数は、黄色粘着トラップ：頭/1シート/1日 見取り：頭/樹容積1m<sup>3</sup>

ヒットフォール：頭/1トラップ/1日 払い落とし：頭/1調査

6月下旬~8月の5~6回調査

2008~2010年の調査結果は「(第1報)指標生物の選抜」より引用

崎山・金崎・宮下：指標生物によるカンキツ園の生物多様性の評価

く、殺ダニ剤の影響はこれらに比べ低かった。ジョロウグモに対しては、合成ピレスロイド系、有機リン系の薬剤は死亡率が100%と影響が強いが、ネオニコチノイド系殺虫剤や殺ダニ剤、殺菌剤は死亡率が低かった(表8)。

オオヒラタシデムシ、ジョロウグモに対する薬剤の影響の結果およびニセラーゴカブリダニに対する薬剤の影響(柏尾ら(1979, 1983))などを参考にし、カンキツで使用され

る主要薬剤系統について、指標種に対する影響を推測した。有機リン系薬剤や合成ピレスロイド系薬剤を最も影響が強いとし、各薬剤の指標生物に対する影響を数値化(表9)し、調査園の防除記録(表10)を基に、2008年から2011年までに調査した園地(2008年から2010年までの調査園地は「(第1報)指標生物の選抜」の調査園地)の防除圧を推定した(表11)ところ、慣行園では平均で使用農薬成分数が、

表8 指標生物に対する薬剤の影響

供試薬剤	オオヒラタシデムシ				ジョロウグモ			
	供試虫数	健全	苦悶死亡	補正死亡率(%)	供試数	健全	苦悶死亡	補正死亡率(%)
マンゼブ水和剤	19	17	2	0.6	11	10	1	9.1
スピロジクロフェンフロアブドール	20	11	9	38.9	11	11	0	0
クロチアジメチル水溶剤	20	0	20	100	11	10	1	9.1
DMTP乳剤	20	0	20	100	11	0	11	100
フェンプロパトリン乳剤	20	0	20	100	11	0	11	100
無処理(水)	20	18	2	—	11	11	0	—

表9 各薬剤の指標生物に対する影響

スコア	薬剤の系統
0	無機銅剤
1	殺菌剤
2	殺ダニ剤、IGR剤、除草剤 無機硫黄剤、マシン油
3	スピノサド、クロルフェナピル
4	ネオニコチノイド系剤、トルフェンピラト
5	合成ピレスロイド系、有機リン剤

表10 防除体系毎の薬剤使用例

調査園地略号	防除体系	使用薬剤(月日)	総農薬成分数	カント農薬成分数
23A1	慣行	マシン油(3月上旬)、チアトキサム(5/14)、クロキシメチル(5/19)、マンゼブ・イタダクロブライド(5/25)、マンゼブ(6/9)、グリホサートカリウム塩(6月)、マンゼブ(6/23)、クロチアジメチル(7/9)、マンゼブ・アミトリス(7/15)、マンゼブ(8/3)、マンゼブ、イタダクロブライド(8/27)、ジメチアザン(9/23)、ホセチル(9/25)、ベノミル(10/25)、ベノミル(11/24)	18	17
23A2	減農薬	マシン油(2/24)、マンゼブ、トルフェンピラト(6/2)、マンゼブ、ピリダベン(7/14)、ジメチアザン(10/6)、ベノミル(10/19)	7	6
23A3	準有機	マシン油(2/19)、石灰硫黄(4/13)、ジメチアザン(5/13)、イタ(8/24)	4	1

注)カント農薬成分数：愛媛県特別栽培農産物等認証制度で成分数としてカントされる薬剤数

表11 使用農薬と推定防除圧

スコア	使用成分数(慣行園)																	
	20A1	20M1	20M3	21A1	21M1	21M3	22I2	22M1	22A3	22A1	22A2	22I1	23I1	23Y1	23M1	23A1	平均	
使用農薬成分数(うち化学合成農薬成分数)	18	15	17	16	13	19	20	16	15	15	12	19	19	16	18	16.7		
合成ピレスロイド系、有機リン剤	5	4	2	0	4	2	1	4	0	2	2	1	2	2	1	0	1.8	
ネオニコチノイド系、トルフェンピラト	4	4	0	2	0	0	2	1	2	2	3	1	3	4	2	5	2.1	
スピノサド、クロルフェナピル	3	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0.3	
殺ダニ・IGR・無機硫黄・マシン油・除草剤	2	4	7	9	4	6	10	7	11	3	3	5	4	5	4	6	5.7	
殺菌剤	1	5	6	6	8	5	5	7	6	8	7	6	5	8	9	5	10	6.6
無機銅剤	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	
推定防除圧	49	30	32	36	27	41	45	39	32	34	33	27	43	43	33	36	36.3	

スコア	使用成分数(減農薬園)													
	20A2	20M2	21A2	21M2	22I4	22A4	22A5	22A6	23M2	23M3	23Y3	23A2	23A4	平均
使用農薬成分数(うち化学合成農薬成分数)	7	10	5	10	9	5	5	4	8	9	8	7	6	7.2
合成ピレスロイド系、有機リン剤	6	6	4	7	7	4	4	7	7	7	6	5	5	5.7
合成ピレスロイド系、有機リン剤	5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0.3
ネオニコチノイド系、トルフェンピラト	4	1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	2	0	1
スピノサド、クロルフェナピル	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
殺ダニ・IGR・無機硫黄・マシン油・除草剤	2	2	5	2	5	4	1	1	0	5	6	1	2	2.8
殺菌剤	1	3	4	3	4	3	3	3	2	2	4	3	3	3.1
無機銅剤	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
推定防除圧	16	18	7	18	20	9	7	16	18	19	15	12	14	2

スコア	使用成分数(有機・準有機園)																
	20A3	20M4	21A3	21M4	22A7	22A8	22A9	22I3	22I5	22M2	23A3	23A5	23I2	23I3	23I4	23I5	平均
使用農薬成分数(うち化学合成農薬成分数)	6	1	4	1	5	5	4	2	1	2	4	2	2	0	1	0	2.5
合成ピレスロイド系、有機リン剤	2	0	1	0	2	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0.6
合成ピレスロイド系、有機リン剤	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
ネオニコチノイド系、トルフェンピラト	4	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
スピノサド、クロルフェナピル	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
殺ダニ・IGR・無機硫黄・マシン油・除草剤	2	2	1	2	1	2	2	2	2	0	2	3	2	2	0	1	1.5
殺菌剤	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0.3
無機銅剤	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
推定防除圧	8	2	5	2	9	9	5	4	0	4	7	4	4	0	2	0	4.1

注)慣行園の20A1から22I1、減農薬園の20A2から22A6、有機・準有機園の20A3から22M2園地は、「(第1報)指標生物の選抜」の調査園地使用農薬の詳細成分は省略

が16.7, 推定防除圧が36.3, 減農薬園では同成分が7.15, 同防除圧が14.2, 有機・準有機園では同成分が2.5, 同防除圧が4.1となった。

(3) 生物多様性の評価手法の開発

2008年から2011年に行った調査結果から算出した基準値は、表12の様になった。この基準値に従い2008年から2011年に調査を行った各園地の生物多様性スコア(8指標生物群)は、慣行園で1~7(平均3.2), 減農薬園で6~12(平均8.5), 有機・準有機園で10~15(平均13)となり、推定防除圧が低い防除体系ほど生物多様性スコアが高くなった(表13)。また、推定防除圧と生物多様性スコアの関係は、高い相関が見られた(図1)。

指標生物のうちトビコバチ科とカブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)を除いた6指標生物群で、調査園地の生物多様性スコアを求めたところ、8指標生物群の時と同様に推定防除圧が低い防除体系ほどスコアが高くなった。しかし、慣行園では生物多様性スコアの平均が0.3減少したのに対し、減農薬園では1.4, 有機・準有機園では3.7と防除圧が低いと考えられる防除体系ほど大きくスコアが減少した。推定防除圧と生物多様性スコアの関係は、8指標生物群の場合に比べやや低くなるが、高い相関があった(図2)。

6月下旬, 7月下旬, 8月下旬の3回の調査結果を用いて、同様の生物多様性スコアを見たところ、防除体系毎のスコア平均は、6

月下旬から8月下旬に5~6回調査した場合とほぼ同じであった(表14)。8指標生物群, 6指標生物群を用いた生物多様性スコアと推定防除圧とも相関も高かった(図3, 4)。

IV. 考 察

(1) 指標生物の適応性の検討

ハネカクシ科, シデムシ科, アリ科の捕獲数は減農薬園で最も多かったが, 2011年は有機・準有機園で最も多くなり, 傾向が変わったものがあったが, 概ね, これまでの調査結果と一致した。2010年までに選抜された指標生物は, 2008年から2011年までの6月下旬から8月の捕獲・確認数を比較することで, 全ての生物で少なくとも慣行園と有機・準有機園の間に有意な差があり, かつ, 捕獲・確認数が有機・準有機園, 減農薬園, 慣行園の順に多かったことから, 指標生物として適していると考えられた。

この結果, 愛媛県のカンキツ園の指標生物としてテントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く), トビコバチ科, ハネカクシ科, シデムシ科, アリ科, 地上徘徊性クモ類, 樹上造網性クモ類, カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)の8生物群があげられ, また, 調査方法は, 黄色粘着トラップ, ピットフォールトラップ, 見取り, 払い落としの4手法で行い, 調査時期は6月下旬から8月が適していることが確認された。

表12 指標生物の捕獲・確認数の基準値

調査方法	指標生物	評価の基準値(スコア)		
		0点	1点	2点
黄色粘着 トラップ	テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く)	<0.01	0.01~0.04	0.04≤
	トビコバチ科	<0.09	0.1~0.56	0.56≤
ピットフォール トラップ	シデムシ科	<0.02	0.02~0.16	0.16≤
	ハネカクシ科	<0.15	0.15~0.18	0.18≤
	アリ科	<3.04	3.04~3.89	3.89≤
見取り	地上徘徊性クモ類	<0.48	0.48~0.86	0.86≤
	樹上造網性クモ類	<0.3	0.3~1.64	1.64≤
払い落とし	カブリダニ類(ミヤコカブリダニ除く)	<0.23	0.23~1.25	1.25≤

注) 数値: 黄色粘着トラップ: 頭/1シート/1日, ピットフォールトラップ: 頭/1トラップ/1日

見取り: 頭/1m<sup>3</sup>, 払い落とし: 頭/3樹・4枝・5回叩き の確認・捕獲数

崎山・金崎・宮下：指標生物によるカンキツ園の生物多様性の評価

(2) 主要農薬による防除圧の推定

減農薬園では、推定される防除圧が 14.2 で慣行園の 36.3 に比べ 1/2 以下となった。これは、減農薬園は 50%の減農薬園として、愛媛県の認証を受けている園地であるが、カメムシなどの応急防除が未実施であることや、実際の化学合成農薬成分数は 5.69(愛媛県慣行園は同成分数が 18)と少なかったためと考える。また、減らす農薬が殺ダニ剤や殺虫剤が中心であり、殺菌剤の減少程度が小さいためと考えられた。

有機・準有機栽培園、減農薬園では、同じ防除体系内で推定される防除圧が 2 倍以上異なるが、これは、農薬を極力散布しない様にする者と使用が認められている農薬は利用しようとする者があるためと考えられた。

(3) 評価手法の確立

6 月下旬から 8 月に 5～6 回調査を行い、8 指標生物群を用いて算出した生物多様性スコアは、推定防除圧と高い関係が見られる。減農薬園でも防除圧が高いと推定される園地では生物多様性スコアも低くなり、農薬の使用成分数だけでなく、使用する農薬の影響の程度からみた生物多様性の定量的な評価ができると考えられた。また、比較的分類の難しいトビコバチ科、カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)を除いた 6 指標生物群による評価も、8 指標生物群の場合と同様生物多様性スコアと防除圧に高い関係が見られる。しかし、この評価でいくと、慣行園に比べ、有機・準有機園や減農薬園では生物多様性スコアの低下が大きくなる傾向が見られた。これは、慣

表13 指標生物の捕獲・確認数と生物多様性スコア

指標生物	捕獲・確認数(頭) 慣行園															スコア 平均	
	20A1	20M1	20M3	21A1	21M1	21M3	22I2	22M1	22A3	22A1	22A2	22I1	23I1	23Y1	23M1		23A1
テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ)	0.05	0.03	0.00	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.05	
トビコバチ科	0.13	0.10	0.05	0.35	0.03	0.10	0.06	0.04	0.08	0.10	0.02	0.00	0.07	0.00	0.05	0.03	
シテムシ科	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	
ハネカク科	0.03	0.07	0.00	0.07	0.23	0.05	0.01	0.00	0.04	0.01	0.03	0.03	0.08	0.10	0.00	0.05	
アリ科	0.47	3.05	2.47	0.37	4.02	5.60	3.36	2.80	0.42	0.17	1.61	2.89	1.38	0.60	0.28	0.22	
地上徘徊性ケムシ類	0.73	0.23	0.73	0.83	0.88	1.42	0.51	0.65	0.76	0.74	0.60	0.46	0.58	0.41	1.31	0.88	
樹上造網性ケムシ類	0.52	0.06	0.34	0.55	0.10	0.31	0.10	0.47	0.03	0.51	0.25	0.53	0.32	0.04	0.12	0.48	
カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)	—	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
生物多様性スコア(8指標生物群)	※5	※3	※2	3	7	6	3	2	2	4	2	2	3	1	2	5	3.2
(6指標生物群)	4	2	2	3	7	5	3	2	1	3	2	2	3	1	2	5	2.9
推定防除圧	49	30	32	36	27	41	45	39	32	34	33	27	43	43	33	36	36.3

指標生物	捕獲・確認数(頭) 減農薬園											スコア 平均		
	20A2	20M2	21A2	21M2	22I4	22A4	22A5	22A6	23M2	23M3	23Y3		23A2	23A4
テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ)	0.08	0.03	0.10	0.03	0.00	0.01	0.03	0.04	0.00	0.00	0.03	0.01	0.00	
トビコバチ科	0.10	0.00	0.13	0.18	0.29	0.27	0.23	0.75	0.15	0.05	0.03	0.07	0.16	
シテムシ科	0.10	0.13	3.57	0.04	0.05	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	
ハネカク科	0.72	0.05	0.57	0.18	0.32	0.18	0.07	0.33	0.05	0.40	0.57	0.29	0.58	
アリ科	9.48	3.80	7.10	11.53	20.87	8.06	6.14	3.06	4.06	7.11	5.22	3.17	4.26	
地上徘徊性ケムシ類	0.63	0.65	0.92	1.92	1.20	1.22	0.65	0.90	1.05	0.68	0.26	1.73	0.64	
樹上造網性ケムシ類	0.18	0.57	0.56	0.74	0.48	1.36	0.04	0.30	1.27	0.10	1.25	0.44	0.37	
カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)	—	—	0.00	2.00	0.20	0.25	0.50	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	
生物多様性スコア(8指標生物群)	※9	※5	12	12	9	10	6	11	7	6	7	7	8.5	
(6指標生物群)	8	5	11	9	8	8	4	8	6	6	6	7	7.1	
推定防除圧	16	18	7	18	20	9	9	7	16	18	19	15	12	14.2

指標生物	捕獲・確認数(頭) 有機・準有機園													スコア 平均			
	20A3	20M4	21A3	21M4	22A7	22A8	22A9	22I3	22I5	22M2	23A3	23A5	23I2		23I3	23I4	23I5
テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ)	0.23	0.08	0.10	0.23	0.04	0.05	0.07	0.02	0.04	0.04	0.03	0.23	0.01	0.03	0.03	0.05	
トビコバチ科	1.03	0.08	3.63	0.08	6.27	0.79	3.58	0.63	0.19	0.15	4.00	8.75	0.57	0.24	0.23	0.84	
シテムシ科	0.02	0.02	0.18	0.25	0.00	0.00	0.03	0.00	0.49	1.16	0.11	0.00	0.00	2.77	0.00	0.00	
ハネカク科	0.13	0.14	0.34	0.22	0.08	0.11	0.17	0.14	0.74	0.18	0.41	0.73	0.17	0.71	0.63	0.81	
アリ科	8.20	5.38	5.99	11.17	7.53	4.60	4.11	10.78	4.08	8.26	8.85	22.39	18.59	6.14	37.08	5.24	
地上徘徊性ケムシ類	2.83	0.81	3.51	2.43	1.04	0.68	2.39	0.51	1.07	2.01	2.78	2.14	0.94	1.15	1.88	1.33	
樹上造網性ケムシ類	0.47	3.60	0.82	6.32	6.03	0.89	1.25	4.80	2.61	3.86	1.83	2.34	3.28	2.42	11.04	0.80	
カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)	—	—	1.75	2.40	7.75	4.00	1.50	1.40	5.80	2.00	1.60	5.40	0.60	2.60	1.40	2.00	
生物多様性スコア(8指標生物群)	※10	※8	15	14	12	10	13	10	15	15	14	14	11	14	12	13	13
(6指標生物群)	8	8	11	12	8	6	9	6	12	12	10	10	8	11	9	9	9.3
推定防除圧	8	2	5	2	9	9	5	4	0	4	7	4	4	0	2	0	4.1

注) 慣行園の20A1から22I1、減農薬園の20A2から22A6、有機・準有機園の20A3から22M2園地は、「(第1報)指標生物の選抜」の調査結果を引用

捕獲・確認数：テントウムシ・トビコバチ科は頭/1シート/1日、シテムシ・ハネカク・アリ科・地上徘徊性ケムシ類は頭/1トラップ/1日

カブリダニ科は頭/3樹・4枝・5回叩き、樹上造網性ケムシ類は頭/1m<sup>3</sup>、6月下旬～8月の5～6回調査の平均値

■：減農薬の基準を超える部分、■：有機・準有機の基準を超える部分

※はカブリダニ科未調査により、7指標生物群によるスコア

6指標生物群：トビコバチ科及びカブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)を除いた残りの指標生物群

行園ではトビコバチ科、カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)の捕獲数が少ないため得点できない園地がもともと多く、減農薬園や有機・準有機園では両種の捕獲数が多く、特に有機・準有機園では両種で4得点する園地も多かったためであった。このように、トビコバチ科・カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)を除く6指標生物群でも生物多様性の評価はできるが、環境保全型農法が進んだ園地ほどスコアが低くなる傾向に注意する必要があると考えられた。

調査の簡略化のため調査回数を減らすことを想定し、6月下旬、7月下旬、8月下旬の3回の調査結果から各園地の指標種の平均捕獲・確認数を求め、スコアと防除圧を比較したところ、各園地5~6回調査した場合とほ

ぼ同じ結果となった。トビコバチ科、カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)を除く6指標生物群を用い、3回の調査結果による生物多様性スコアも、8指標生物群による場合と同じ結果となった。このことから、6月下旬から8月に2週間の間隔で、8指標生物群を用い調査することが望ましいが、分類の容易な6指標生物群や、調査回数を3回に減らしても生物多様性の定量的な評価できると考えられた。

また、本調査では、カンキツ園が多く存在する島嶼部での調査を行っていないことや、周辺が都市化された園地での調査を行っていないことから、これらの地域での適応性を確認する必要があると考える。

表14 指標生物の捕獲・確認数と生物多様性スコア(各園地3回調査)

指標生物	捕獲・確認数(頭)															スコア 平均	
	慣行園																
	20A1	20M1	20M3	21A1	21M1	21M3	22I2	22M1	22A3	22A1	22A2	22I1	23I1	23Y1	23M1	23A1	
テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ)	0.08	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	
トビコバチ科	0.17	0.13	0.00	0.42	0.04	0.17	0.00	0.08	0.04	0.04	0.04	0.00	0.10	0.00	0.01	0.02	
シテムシ科	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	
ハナカシ科	0.03	0.06	0.00	0.03	0.22	0.03	0.03	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.08	0.10	0.00	0.00	
アリ科	0.50	3.42	2.72	0.37	4.28	6.17	2.72	2.99	0.44	0.31	0.92	3.56	1.19	0.67	0.27	0.26	
地上徘徊性ケチ類	0.56	0.28	0.61	0.94	1.00	1.50	0.56	0.39	0.92	0.83	0.44	0.44	0.83	0.35	1.54	0.85	
樹上造網性ケチ類	0.48	0.08	0.32	0.37	0.09	0.38	0.14	0.58	0.06	0.85	0.39	0.59	0.19	0.04	0.07	0.37	
カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
生物多様性スコア(8指標生物群)	※5	※5	※2	4	6	6	1	1	3	2	2	2	3	1	2	3	2.8
(6指標生物群)	4	4	2	3	6	5	1	1	2	2	2	2	2	0	2	3	2.6
推定防除圧	49	30	32	36	27	41	45	39	32	34	33	27	36	43	33	43	36.3

指標生物	捕獲・確認数(頭)													スコア 平均
	減農薬園													
	20A2	20M2	21A2	21M2	22I4	22A4	22A5	22A6	23M2	23M3	23Y3	23A2	23A4	
テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ)	0.08	0.00	0.08	0.04	0.00	0.00	0.04	0.02	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	
トビコバチ科	0.08	0.00	0.13	0.08	0.29	0.42	0.21	0.79	0.20	0.04	0.00	0.12	0.23	
シテムシ科	0.11	0.11	5.06	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	
ハナカシ科	0.56	0.08	0.53	0.29	0.36	0.17	0.08	0.33	0.00	0.25	0.62	0.22	0.66	
アリ科	8.22	4.39	4.81	12.08	18.19	7.14	5.36	2.92	3.84	7.41	6.06	2.92	4.98	
地上徘徊性ケチ類	0.72	0.50	1.03	1.78	0.97	1.22	0.86	0.94	1.14	0.58	0.30	1.97	0.63	
樹上造網性ケチ類	0.16	0.47	0.52	1.09	0.76	2.23	0.06	0.31	1.27	0.17	1.19	0.52	0.36	
カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)			0.00	3.33	0.00	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00	1.33	0.00	0.00	
生物多様性スコア(8指標生物群)	※8	※5	12	12	9	9	8	9	6	6	8	7	8.5	
(6指標生物群)	8	5	11	10	8	7	6	6	5	6	6	6	6.9	
推定防除圧	16	18	7	18	20	9	9	7	16	18	19	15	14.2	

指標生物	捕獲・確認数(頭)															スコア 平均	
	有機・準有機園																
	20A3	20M4	21A3	21M4	22A7	22A8	22A9	22I3	22I5	22M2	23A3	23A5	23I2	23I3	23I4	23I5	
テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ)	0.00	0.13	0.13	0.21	0.08	0.04	0.10	0.00	0.02	0.06	0.06	0.31	0.02	0.06	0.03	0.03	
トビコバチ科	0.25	0.08	4.50	0.08	7.58	1.21	3.46	0.58	0.21	0.25	2.67	8.31	0.60	0.27	0.33	1.11	
シテムシ科	0.03	0.03	0.25	0.19	0.00	0.00	0.06	0.00	0.50	0.88	0.10	0.00	0.00	3.95	0.00	0.00	
ハナカシ科	0.19	0.09	0.32	0.22	0.03	0.11	0.22	0.14	0.28	0.14	0.57	0.82	0.11	0.55	0.69	1.04	
アリ科	9.06	3.58	5.76	9.78	9.42	4.53	5.11	7.00	3.19	8.94	8.75	22.34	13.01	4.37	23.97	5.09	
地上徘徊性ケチ類	2.03	0.71	2.79	2.33	0.86	0.78	2.42	0.64	0.89	1.33	2.81	2.05	0.87	1.14	2.00	1.50	
樹上造網性ケチ類	0.39	3.41	0.74	6.86	6.90	0.93	1.57	4.65	2.90	3.73	1.65	2.41	3.01	2.70	11.57	0.87	
カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)			1.33	2.00	6.00	4.67	1.33	0.33	4.00	0.00	2.33	5.67	0.33	4.00	1.33	2.00	
生物多様性スコア(8指標生物群)	※9	※7	15	14	12	10	14	8	13	11	15	14	10	15	12	12	12.5
(6指標生物群)	8	7	11	12	8	6	10	5	10	10	11	10	7	12	9	8	9.0
推定防除圧	8	2	5	2	9	9	5	4	0	4	7	4	4	0	2	0	4.1

注) 慣行園の20A1から22I1, 減農薬園の20A2から22A6, 有機・準有機園の20A3から22M2園地は、「(第1報)指標生物の選抜」の調査結果を引用  
 捕獲・確認数: テントウムシ・トビコバチ科は頭/1シート/1日, シテムシ・ハナカシ・アリ科・地上徘徊性ケチ類は頭/1トラップ/1日

カブリダニ科は頭/3樹・4枝・5回叩き, 樹上造網性ケチ類は頭/1m<sup>3</sup>, 6月下旬, 7月下旬, 8月下旬の3回調査の平均値  
 □: 減農薬の基準を超える部分, □: 有機・準有機の基準を超える部分

※はカブリダニ科未調査により、7指標生物群によるスコア

6指標生物群: トビコバチ科及びカブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)を除いた残りの指標生物群

崎山・金崎・宮下：指標生物によるカンキツ園の生物多様性の評価

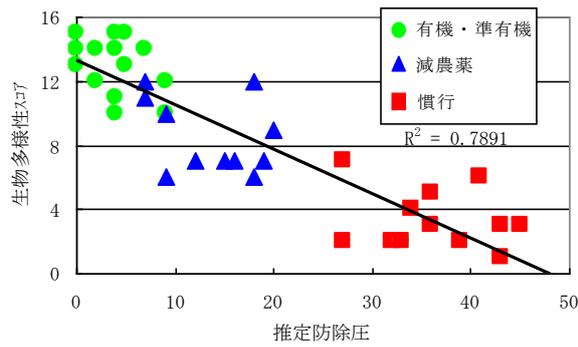


図1 8指標生物群による生物多様性スコアと推定防除圧

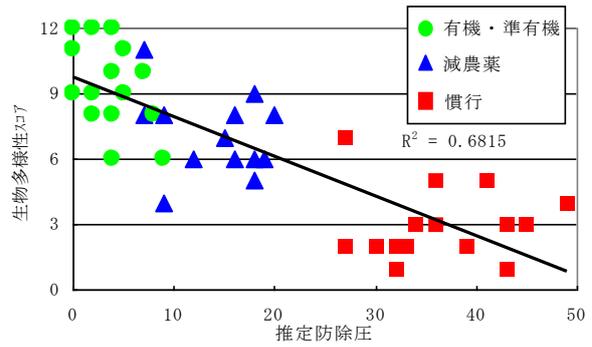


図2 6指標生物群による生物多様性スコアと推定防除圧

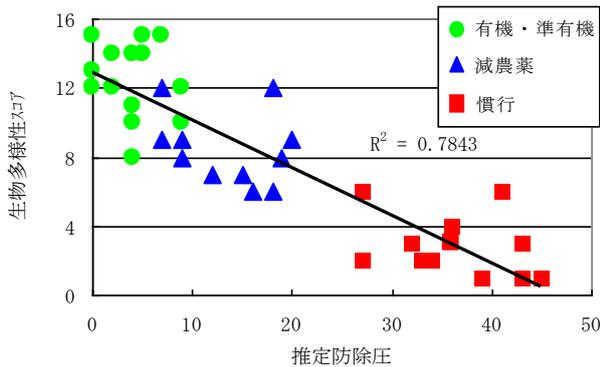


図3 8指標生物群による生物多様性スコアと推定防除圧 (3回調査)

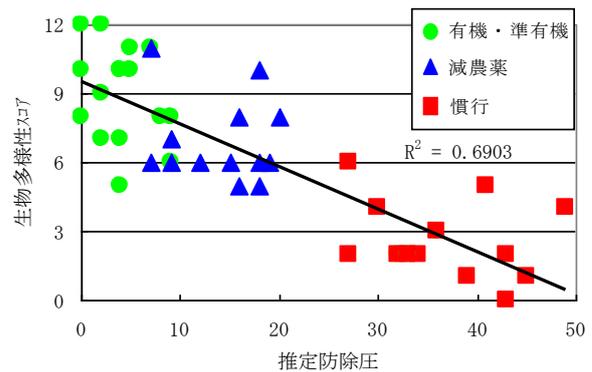


図4 6指標生物群による生物多様性スコアと推定防除圧 (3回調査)

V. 摘 要

1) 指標生物として、テントウムシ科(キアシクロヒメテントウ除く)、トビコバチ科、ハネカクシ科、シデムシ科、アリ科、地上徘徊性クモ類、樹上造網性クモ類、カブリダニ科(ミヤコカブリダニ除く)の8生物群が適している。

2) 8指標生物群を用い、カンキツ園の生物多様性スコアを求めたところ、推定される防除圧が低い園地ほどスコアが高くなった。このことから、減農薬栽培など環境保全型農業に取り組んだ効果や園地の状況を、これらの指標生物の発生量を調査することで、定量的に測定できる。

3) 調査は黄色粘着トラップ、ピットフォールトラップ、払い落とし、見取りの4手法で、6月下旬から8月に2週間以上の間隔で毎月1回以上行う。

VI 引用文献

柏尾具俊・田中学. 1979. ニセラーゴカブリダニに対する殺菌剤の影響. 九州病害虫研究会報 25号. 153-156

柏尾具俊. 1983. ニセラーゴカブリダニに対する殺虫剤・殺ダニ剤の影響. 果樹試験場研究報告D第5号. 83-91

崎山進二・金崎秀司・宮下裕司. 2013. 指標生物によるカンキツ園の生物多様性の評価(第1報)指標生物の選抜. 愛媛果樹セ研報第4号. 9-21