

環動昆

報 文

- 西岡史雄・小菅喜昭・伊藤高明・白石基三・宮地宏幸・井上市郎・林 晃史：無溶媒性新製剤の研究 1. フェノトリン/炭酸ガス製剤「ミラクン® S」のイエバエ, カ, ゴキブリに対する効力173
- 今井長兵衛・夏原由博・田中真一：大阪湾岸のエコロジー緑化地域におけるチョウ類群集とトランセクト調査の精度182
- SORNNUWAT, Yupaporn・Charunee VONGKALUANG・高橋旨象・角田邦夫・吉村 剛：タイにおける住宅のシロアリ被害とその原因種に関する調査(英文)191
- SORNNUWAT, Yupaporn・Charunee VONGKALUANG・高橋旨象・角田邦夫・吉村 剛：地下シロアリ *Coptotermes gestroi* Wasmann の採餌テリトリー (英文).....201

短 報

- 森 啓至・角田 隆：フタトゲチマダニ幼虫の分散211

解 説

- 西川喜朗・金沢 至：セアカゴケグモの発見とその毒性に対する対策214

書 評224

会 報225

会員動静

総目次

Vol.7

4

日本環境動物昆虫学会

1996

無溶媒性新製剤の研究

1. フェノトリン／炭酸ガス製剤「ミラクン[®]S」 のイエバエ、カ、ゴキブリに対する効力

西岡 史雄¹⁾・小菅 喜昭¹⁾・伊藤 高明²⁾・白石 基三³⁾・
宮地 宏幸⁴⁾・井上 市郎⁴⁾・林 晃史⁵⁾

- 1) 住化ライフテック(株)
- 2) 住友化学工業(株) 農業化学品研究所
- 3) 住友化学工業(株) 生活環境事業部
- 4) 液化炭酸(株) 研究開発センター
- 5) 東京医科歯科大学医学部

(受領：1995年9月20日；受理：1996年1月10日)

Research on The New Non-solvent Formulation 1. Efficacy of the Carbon Dioxide Formulation of Phenothrin, Mirakun[®]S, on Housefly, Mosquito and Cockroaches. Fumio NISHIOKA¹⁾, Yoshiaki KOSUGE¹⁾, Takaaki ITO²⁾, Motomitsu SHIRAISHI³⁾, Hiroyuki MIYAJI⁴⁾, Ichiro INOUE⁴⁾ and Akifumi HAYASHI⁵⁾ (1)Development Department, Sumika Life-tech Co., Ltd., Osaka 541, Japan; 2)Agricultural Science Research Laboratory, Sumitomo Chemical Co., Ltd., Takarazuka 665, Japan; 3)Marketing Department International, Sumitomo Chemical Co., Ltd., Osaka 541, Japan; 4) Development Department, Ekika Carbon Dioxide Co., Ltd., Kuki 345, Japan; 5)Tokyo Medical and Dental University, Tokyo 133, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 7 : 173-180 (1996)

Mirakun[®]S in a new type pesticide formulation, manufactured by dissolving phenothrin in liquefied carbon dioxide. A spray of the formulation spreads in a few-micron sized fine particles. House flies, *Musca domestica*, or Brown house mosquitoes, *Culex pipiens pallens*, were confined in cages and the cages were hanged from the ceiling in a 28 m³ test chamber, then 28 g of Mirakun[®]S formulation was sprayed in the test chamber. Fifteen minutes after the application, all the flies and mosquitoes supplied were knocked down and then killed. It was confirmed that Mirakun[®]S has high killing efficacy on flies and mosquitoes at an application rate of 1 g/m³. On the other hand, German cockroaches, *Blattella germanica*, or

American cockroaches, *Periplaneta americana*, were put in a cardboard box (30 × 30 × 30 cm) that had one lateral face cut off by one-fourth of that area, and the box was placed on the floor of a 28 m³ test chamber. Then 280 g of Mirakun[®]S formulation was sprayed in the test chamber. One hour after the application, all the cockroaches supplied were knocked down and then killed. Also, cockroaches were acclimatized in a triangle shelter, and the shelter was placed on the floor of the test chamber. Then Mirakun[®]S was sprayed at the same rate. One hour after the application, almost all the cockroaches supplied were flushed out from the shelter and then killed. The good penetration ability and high flushing-out efficacy of Mirakun[®]S were confirmed through these basic evaluations. Further, in a cooking room (ca. 95 m³) of a pub, the cockroach index of which, measured in advance by a sticky trap method, was 41.2, a field evaluation was done. The cooking room was treated with a residual spray of Sumithion[®] microcapsule formulation, and then fumigated with 950 g spray of Mirakun[®]S formulation. Four hour after the application, the number of German cockroaches flushed-out and knock-down summed to 1089. The extermination rate of cockroaches 6 to 9 days after application reached over 90%.

Key Words : Phenothrin, Carbon dioxide formulation, *Musca domestica*, *Culex pipiens pallens*, *Blattella germanica*, *Periplaneta americana*

ミラクン[®]Sは、液化炭酸ガスの中に殺虫成分フェノトリンを溶解したもので、噴霧粒子が数マイクロンの微粒子となって処理空間内に拡散するまったく新しいタイプの殺虫剤である。28 m³試験室内で、イエバエあるいはアカイエカを入れたケージを天井からつり下げ、試験室内にミラクン[®]Sを1 g/m³投薬したところ、15分後には供試虫すべてがノックダウンして、死亡した。これにより、ミラクン[®]S 1 g/m³の薬量でイエバエ、アカイエカに対して高い効力を示すことが確認された。また、28 m³試験室内で、1つの側面の1/4を切り抜いたダンボール箱(30×30×30 cm)にチャバネゴキブリとワモンゴキブリを入れたものを床上に設置し、ミラクン[®]Sを10 g/m³投薬したところ、1時間後には全供試虫がノックダウンし、そのまま死亡した。また、チャバネゴキブリとワモンゴキブリをそれぞれ定着させた三角シェルターを試験室床上に設置し、ミラクン[®]Sを室内に同量投薬したところ、ほぼすべての供試虫がシェルターから飛び出し、死亡した。これらの基礎試験により、ミラクン[®]Sの浸透力、ゴキブリに対する追い出し効果の高いことが確認された。さらに、事前の粘着トラップ法によるゴキブリ指数が41.2である容積95 m³の飲食店厨房において、実地試験を行なった。スミチオン[®]マイクロカプセル剤を残留噴霧した後、ミラクン[®]S 950 g (10 g/m³)を投薬して燻煙した。4時間後、追い出し効果により飛び出して、ノックダウンしているチャバネゴキブリを1089頭回収し、6～9日後には、90%以上のゴキブリ駆除率が得られた。

緒 言

高層建築におけるビル環境、あるいは飲食施設、一般家屋等における気密な生活環境の普及とともに、害虫駆除の場面においては従来型の殺虫剤である乳剤、ULV剤といった液剤の散布が適合しにくい状況となっている。これらの従来型製剤では、最低必要量の有効成分を広い範囲に、均一に散布するための補助成分として、有機溶媒や水の使用が必要不可欠である。しかし、これら補助成分は散布後の“べとつき”の原因となったり、他に汚染、異臭の残留の問題もはらんでいる。

さらに、今日では害虫防除作業現場において、深夜業務等を少なくし、できるだけ簡便に効率的に処理ができる方法が望まれている。

このような状況下で、著者らは有機溶媒や水をまったく使わず、有効成分のみを均一に広い範囲に散布し、かつ操作が簡便な技術を探索し、有効成分を液化炭酸ガスに溶解したタイプの殺虫製剤「ミラクン®S」を開発した(西岡ら, 1994)。「ミラクン®S」は、既に医薬品製造承認を取得し、衛生害虫をはじめとした各種害虫防除の場面で使用されている。本報では、「ミラクン®S」の原理と使用方法について述べ、基礎的効力についての試験結果を報告する。

材料と方法

1. ミラクン®Sの製品特性および噴霧粒子の粒度分布

ミラクン®Sは、殺虫有効成分であるフェノトリン(3-フェノキシベンジル d-シス/トランスクリサンテマート)と液化炭酸ガスの組成からなっている(表1)。本製剤は、耐圧容器の中に充填されており、使用の際には容器のバルブにスプレーガンを連結し、スプレーガンのノズルを開く。容器内部の圧力(40~70気圧)により、製剤はサイホンを通して外に押し出され、スプレーガンノズルから噴出される。

大気中に噴出された製剤の微粒子の挙動は、炭酸ガス

表1 フェノトリン/炭酸ガス製剤「ミラクン®S」の組成

フェノトリン (a. i. として)	1.0%
液化炭酸ガス	残量
計	100.0%

成分が直ちに気化して空气中に飛散するため、残った有効成分だけがさらに超微粒子となって空間に浮遊する。液化ガスの圧力により噴出された有効成分粒子の到達距離は、10 m以上におよび、さらに粒子の拡散により隙間の中まで浸透する。

噴霧微粒子径の測定方法

装置：アンダーセンサンプラー (AN-200型, 柴田科学器械工業(株))を試験室(1.8×1.8×1.8 m, 5.8 m³)内に設置し、ゴムホースにてチャンパー外側のロータリーコンプレッサー(200RC-20SC6型, 日立製作所)と接続した。

試料の採取方法：試験室側壁の小窓より、φ0.5 mmスプレーガンノズルを用いてミラクン®S製剤58 gを試験室内に噴霧した。

噴霧終了1分後より、アンダーセンサンプラーの上部試料空気取り入れ口から毎分28.3 lの割合で、チャンパー内部の空気を10分間サンプラー中に吸引した。

抽出方法：吸引終了後アンダーセンサンプラーを取り出し、金属製の各捕集プレートのアセトン数mlにて洗い込み、抽出液をメスフラスコにて10mlとした。

分析方法：抽出液はガスクロマトグラフィーにて分析し、各捕集プレートおよびバックアップフィルターでのフェノトリン捕集量を求めた。ガスクロマトグラフィー分析は、表2に示す操作条件で行なった。得られた捕集量より累積百分率を求め、対数確率紙にプロットし質量基準の50%粒子径を求めた。

2. ミラクン®Sの殺虫効力

ミラクン®Sのハエ、カおよびゴキブリに対する殺虫効力について、基礎的な試験を次の方法で実施した。

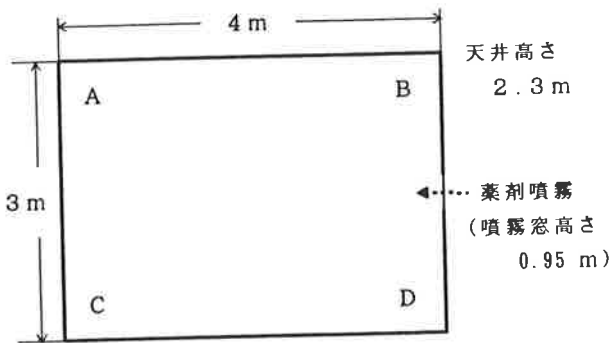
(1) ミラクン®Sの拡散によるイエバエ、アカイエカに対する殺虫効力

直径15 cm、高さ25 cmの網ケージ内にイエバエ(*Musca domestica*)成虫20頭(性比1:1)、アカイエカ(*Culex pipiens pallens*)雌成虫20頭を放出したものをそれぞれ2ケージずつ用意した。図1に示した28 m³試験室のA位置(床面からの高さ1.5 m)およびD位置(高さ0.5 m)に、イエバエ網ケージを天井より吊り下げて設置し、B位置(高さ0.5 m)およびC位置(高さ1.5 m)にアカイエカ網ケージを吊り下げた。

試験室の小窓よりミラクン®S製剤28 g(1 g/m³)を試験室外から試験室内のやや上方に向けて吹き込み、

表2 フェノトリン分析のガスクロマトグラフィー操作条件

機	種	島津製作所 Shimadzu GC-7A (FID)
カ	ラム	5% OV-101 on Uniport HP (100-120 mesh)
		長さ1.1m, 直径3mmのガラスカラム
カ	ラム 温度	240℃
注	入 部 温度	290℃
検	出 器 (FID)	290℃
キ	ャ リ ア ー (N ₂)	50 ml/min.
	A I R	0.7 kg/m ²
	H ₂	0.7 kg/m ²
Range	× Attenuation	10 × 16
注	入 量	4 μl
定	量 方 法	絶対検量線法

図1 28 m²試験室のサンプル設置位置 (天井から床面に対して垂直に見た図)。

経時的にケージ内の供試虫のノックダウン数を数えた。処理後30分後に供試虫を回収して、イエバエについては水を含ませた脱脂綿および粉末スキムミルクを、アカイエカについては5%砂糖水を含ませた脱脂綿を与え、24時間後の死虫率を求めた。

(2) ミラクン®Sの拡散によるゴキブリに対する殺虫効力

透明ポリエチレンカップ (上部直径12 cm, 底部直径10 cm, 高さ9.5 cm) にチャバネゴキブリ (*Blatella germanica*) 成虫10頭 (性比1:1), ワモンゴキブリ (*Periplaneta americana*) 成虫6頭 (性比1:1) を放虫したものをそれぞれ用意し, 供試虫1組とした。なお, 供試虫の逃亡を防ぐために容器内面にバターを塗布した。ダンボール箱 (30×30×30 cm) の側面の1つを上から15 cm (幅30 cm) 分切り抜いたもの, および上

から7.5 cm (幅30 cm) 分切り抜いたものを2つずつ用意し, さらに切り抜いた面の対面を全面透明ポリシートに張り換え, 中の様子が見えるようにした。それぞれの箱の中に供試虫1組ずつを入れた。

図1に示した28 m²試験室のBおよびC位置の床面上それぞれに, 供試虫1組と供試虫の入ったダンボール箱2種類を設置した。

試験室の小窓より, ミラクン®S製剤280 g (10g/m²) を試験室外から試験室内のやや上方に向けて吹き込み, 噴霧後120分にわたり容器内の供試虫のノックダウン数を数え, プロビット法により半数個体がノックダウンする時間 (KT₅₀) を求めた。また, 噴霧120分後に供試虫を清浄な容器へ, 餌 (日本クレア (株) 製CE-2飼料) と水を含ませた脱脂綿とともに移しかえ, 72時間後の死虫率を調べた。試験は2反復行った。

(3) ゴキブリに対する追い出し効果

上記(2)と同様に透明ポリエチレンカップに入れたゴキブリ供試虫1組ずつを, 図1に示した28 m²試験室のBおよびC位置の床面上に設置した。また, ゴキブリ追い出し効果を調べるために, シナベニヤ (チャバネゴキブリ用には3×15 cm, ワモンゴキブリ用には5×15 cm) 片3枚の長辺を合わせて作製した三角柱状の三角シェルターに, 試験前日にチャバネゴキブリ10頭 (性比1:1), あるいはワモンゴキブリ成虫6頭 (性比1:1) を入れ定着させた。これらを試験室のAおよびD位置の床面上に, それぞれ立てて設置した。各三角シェルターの周りにはゴキブリの逃亡を防ぐため, 内壁にバターを塗布し

た直径25 cm, 高さ10 cmのプラスチックリングを置いた。シェルターの上部開口部には同寸法のナイロン網を画鋏で固定し、シェルター内より出たゴキブリが戻れないようにした。

試験室の小窓より、ミラクン®S製剤280g (10g/m²)を試験室外から試験室内のやや上方に向けて吹き込み、噴霧後120分にわたり容器内の供試虫のノックダウン数を数えるとともに、シェルター内より出てくる個体数およびノックダウン数を数えた。また、噴霧120分後に供試虫を正常な容器へ移し変え、餌(日本クレア(株)製CE-2飼料)および水を含ませた脱脂綿を与え72時間後に死虫率を求めた。試験は3反復行った。

4. ミラクン®Sのチャパネゴキブリに対する実地効力

図2に示す構造の飲食店(容積約95 m³)において、市販ゴキブリ用残留散布剤(ゴキブリ用スミチオン®マイクロカプセル製剤)の20倍希釈液を50 ml/m²の割合で通路、壁面などゴキブリの徘徊しそうな場所に散布した。つづいて、ミラクン®S製剤950g (10g/m²)を部屋の中から調理台下や空間に向けて噴霧した後、ドアを締め切った状態で放置した。4時間後、部屋を換気し、飛び出して仰転しているゴキブリを回収し、その数を数えた。また、ミラクン®S処理前後のゴキブリ密度を調べるため、部屋の7ヵ所の測定位置を決めてそれぞれに粘着トラップを設置し、一定期間に捕獲されるゴキブリの数を数えた。

結 果

1. ミラクン®Sの噴霧粒子の粒度分布

図3に質量基準での粒度分布を示した。50%粒子径は、1.1 μmと算出された。

2. ミラクン®Sの殺虫効力

(1) ミラクン®Sの拡散によるイエバエ、アカイエカに対する殺虫効力

イエバエ、アカイエカとも15分後には供試虫すべてがノックダウンし、死亡した(表3)。ミラクン®S1g/m²の用量で、高い効力が得られた。

(2) ミラクン®Sの拡散によるゴキブリに対する殺虫効力

結果を表4に示した。直接曝露した供試虫は、チャパネゴキブリ、ワモンゴキブリとも30分後にはすべてノックダウンし、そのまま死亡した。また、側面にスリットを開けたダンボール箱に入れた供試虫については、開口面積がより小さく、薬剤曝露を受けにくい条件のものほどKT₅₀値が長くなる傾向が認められたが、45分後には、どの供試虫もノックダウンし、死亡した。このことより、ミラクン®Sの浸透力の高いことが確認できた。

(3) ゴキブリに対する追い出し効果

結果を表5に示した。処理20分後には供試したすべてのチャパネゴキブリが三角シェルターから飛び出し、そのままノックダウンし、死亡に至った。ワモンゴキブリについては、全試験中(供試虫36頭中)1頭を除いてすべてが20分後に三角シェルターから飛び出し、ノックダ

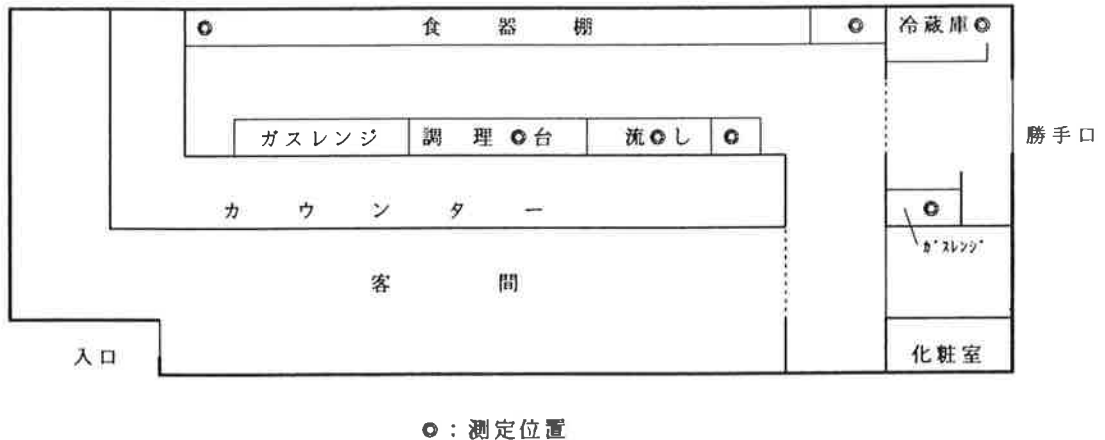


図2 ミラクン®S実地試験地見取り図。

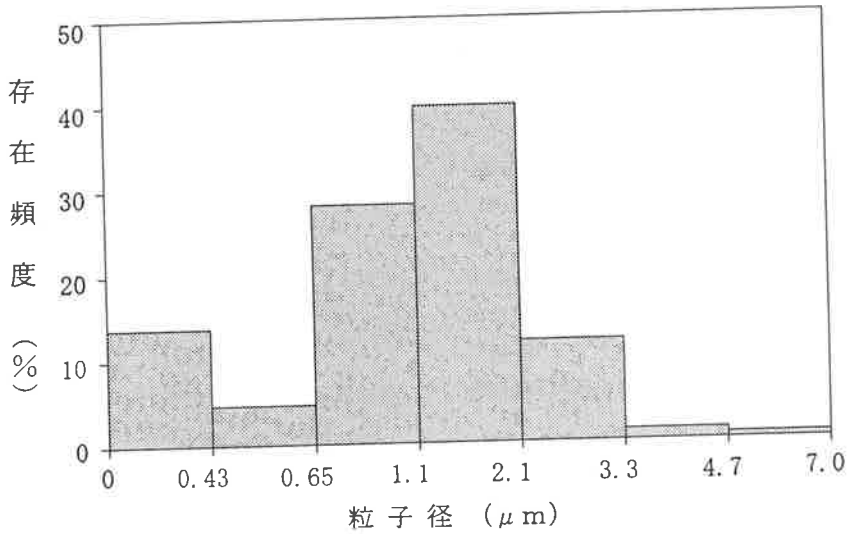


図3 ミラクン®S噴霧粒子の粒度分布.

表3 ミラクン®Sの拡散によるイエバエおよびアカイエカ成虫に対する殺虫効力

供試虫	供試虫数	試験回数	ノックダウン率 (%)						24時間後の死虫率 (%)
			5 ¹⁾	10	15	20	25	30	
イエバエ	39	1	0	77	100	100	100	100	100
アカイエカ	40	1	0	90	100	100	100	100	100

1) 処理後の時間 (分).

表4 ミラクン®Sの拡散によるゴキブリに対する殺虫効力

<薬剤曝露条件> 供試虫	供試虫数	試験回数	ノックダウン率 (%)								KT ₅₀ ²⁾ (分)	72時間後の死虫率 (%)	
			5 ¹⁾	10	15	20	30	45	60	120			
<直接曝露>													
チャバネゴキブリ	20	2	10	40	80	95	100	100	100	100	100	12.9	100
ワモンゴキブリ	12	2	25	42	83	92	100	100	100	100	100	8.9	100
<ダンボール箱 (15×30cm 開口)>													
チャバネゴキブリ	20	2	0	5	40	60	95	100	100	100	100	17.3	100
ワモンゴキブリ	12	2	17	50	75	100	100	100	100	100	100	9.7	100
<ダンボール箱 (7.5×30cm 開口)>													
チャバネゴキブリ	20	2	0	0	5	10	80	100	100	100	100	25.1	100
ワモンゴキブリ	12	2	8	25	75	83	100	100	100	100	100	11.9	100

1) 処理後の時間 (分).

2) 供試虫の半数がノックダウンするまでに要する時間.

表5 ミラクン[®]Sの拡散によるゴキブリに対するフラッシングアウト、ノックダウンおよび致死効力

〈供試虫設置条件〉		供試虫数	試験回数	カウ ン ト 数 (%)							F T ₅₀ ²⁾ K D ₅₀ ³⁾ (分)	72時間後の致死率 (%)
供試虫	項 目			10 ¹⁾	20	30	45	60	90	120		
〈直接曝露〉												
チャバネゴキブリ	ノックダウン率	20	3	25	72	98	98	100	100	100	14.1	100
ワモンゴキブリ	ノックダウン率	12	3	72	92	100	100	100	100	100	6.0	100
〈三角シェルター〉												
チャバネゴキブリ	フラッシングアウト率	20	3	80	100	100	100	100	100	100	≪10.0	—
	ノックダウン率	20	3	35	75	91	95	96	96	96	11.8	100
ワモンゴキブリ	フラッシングアウト率	12	3	77	91	94	97	97	97	97	2.2	—
	ノックダウン率	12	3	47	74	82	91	94	97	97	10.2	97

1) 処理後の時間(分).

2) 供試虫の半数が三角シェルターから飛び出して来るまでに要する時間(項目のフラッシングアウト率の数値に対応).

3) 供試虫の半数がノックダウンするまでに要する時間(項目のノックダウン率の数値に対応).

表6 ミラクン[®]Sのチャバネゴキブリに対する実地効力

経 過 日 数	チャバネゴキブリ捕獲数			ゴキブリ 指数 ¹⁾	駆除率 (%) ²⁾
	幼 虫	成 虫	合 計		
6日前～3日前	250	616	866	41.2	
3日前～処理日	261	483	744	35.4	
処理4時間後 ³⁾	390	699	1089	—	
3日後～6日後	46	136	182	8.7	77.4
6日後～9日後	37	42	79	3.8	90.2

$$1) \text{ゴキブリ指数} = \frac{\text{捕獲数合計}}{\text{粘着トラップ数} \times \text{設置日数}}$$

$$2) \text{駆除率} = \left[1 - \frac{\text{処理前のゴキブリ指数 (平均)}}{\text{処理後のゴキブリ指数}} \right] \times 100 \text{]}$$

3) ミラクン[®]S処理4時間後に仰天しているゴキブリを回収した頭数.

ウンして死亡した。このことより、ミラクン[®]Sの追い出し効果の高いことが確認できた。

4. ミラクン[®]Sのチャバネゴキブリに対する実地効力

ミラクン[®]Sの散布風景を図4に示した。ミラクン[®]S処理4時間後にノックダウンして散らばっているチャバネゴキブリの様子を図5、6に、処理前後のゴキブリ密度の調査結果を表6に示した。

ミラクン[®]Sの追い出し効果およびノックダウン効果より、4時間後には1089頭のチャバネゴキブリを一時に捕獲し、3～6日後にはゴキブリ指数8.7(駆除率77.4



図4 ミラクン[®]Sの散布風景.



図5 “流し” でノックダウンしているチャバネゴキブリ。



図6 厨房勝手口付近でノックダウンしているチャバネゴキブリ。

%), 6~9日後には3.8 (駆除率90.2%)と、短期間にゴキブリ密度を大きく下げた。

考 察

ミラクン®S 填した容器内圧力は、20℃では、58kg/cm² (西岡ら、未発表)で、非常に高い噴霧圧で噴出され、しかも溶媒となっていた液化炭酸ガス成分が大気中で即座に気化してしまうため、後に残ったフェノトリンの粒子は、非常に小さな微粒子となり (図3)、著者らのアンダーセンサンプラーによる実測値は、中央径1.1μmであった。得られた中央径を、次のStokesの式 (HINDS, 1982) に適用し終末自由落下速度 (V_{TS}) を求めると、 $V_{TS} = \rho d^2 g / 18 \eta$ [ここで、 ρ : 粒子の密度 (1.07g/cm³), d : 粒子の中央径 (cm), g : 重力加速度 (980cm/sec²), η : 空気の粘性係数 (1.81 × 10⁻⁴poise)] より、 $V_{TS} = 0.004$ cm/sec となり、空気

の流れが静止した状況下では極めてゆっくりと落下する粒径範囲であることがわかる。実際のミラクン®S 散布現場では、非常に高い噴霧圧で薬剤が噴射されることにより、空間内の空気の移動により粒子が押し流されて拡散してゆき、隙間の中にも浸透していくものと考えられる。

イエバエ、アカイエカに対する基礎試験により、ミラクン®S 1g/m² の処理で、高い効果の得られることが、確認できた (表3)。マンホール等の閉鎖空間におけるハエ、カ防除方法として、ミラクン®S の拡散力を利用して1ヶ所から噴霧するだけで遠い範囲まで処理できるという、簡便で確実な処理の方法が期待できる。

ゴキブリに対する基礎試験および実地試験により、ミラクン®S の浸透力、追い出し効果、および致死効果の高いことが確認できた (表3-5)。ミラクン®S は、有効成分であるフェノトリンが本来もつ追い出し効果と、薬剤の超微粒子の拡散性により、より強力な追い出し効果を示すものと考えられる。一方、薬剤粒子は粒子径の大きいものから徐々に沈降し、床上に徘徊するゴキブリに作用し、死に至らしめるものと考えられる。

ゴキブリ防除のための安全でより効果的な処理方法として、Crack & Crevice 処理が、注目されている (平尾, 1993) が、ミラクン®S の高い拡散力を利用すれば、従来のULVあるいはエアゾール製剤と比べて、より簡便で効果的な処理ができると考えられる。

また、ミラクン®S を残留効果のある従来剤と併用すると、最初にミラクン®S の追い出しおよび致死効果でゴキブリ密度を大きく下げ、残留剤で長期間低密度を維持するという、効果的な防除システムを組むことができる。特にゴキブリ密度の高いところの処理には効果的であると考えられる。ミラクン®S と併用する残留剤としては、乳剤やMC剤などの残留散布剤でもよいが、ミラクン®S の水や溶媒を使わないという特長を生かし、ベイト剤との併用によるドライな防除システム構築がより望ましい。ミラクン®S を用いたシステム施工剤については、次報以降で報告する。

謝 辞

本研究の実地試験を行うに当たり、多大なるご協力をいただいた愛媛ゼネラルサービス (株) 取締役業務部長三沢俊夫氏ならびに同社業務部技術主任近藤昇氏に感謝申し上げます。

引用文献

西岡史雄・小菅喜昭・伊藤高明・宮地宏幸・井上市郎・
(1994) 液化炭酸ガス製剤「ミラクンS」を利用し
た新しい害虫防除方法, 日本環境動物昆虫学会第6

回年次大会講演要旨 P.

HINDS, W. C. (1982) *Aerosol Technology*. A
Wiley Interscience Publ., New York.

平尾素一 (1993) 殺虫剤処理技術. 環境管理技術 11:
240-243.

大阪湾岸のエコロジー緑化地域における チョウ類群集とトランセクト調査の精度

今井 長兵衛¹⁾・夏原 由博¹⁾・田中 真一²⁾

1) 大阪市立環境科学研究所

2) 大阪環境保全株式会社

(受領：1995年12月28日；受理：1996年3月6日)

Butterfly Community and Accuracy of Transect Counts at an Ecologically Improved Greenery in Osaka Bay Coast. Chobei IMAI¹⁾, Yoshihiro NATUHARA¹⁾ and Shin'ichi TANAKA²⁾ (¹⁾Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences, Tojo-cho, Tennoji, Osaka 543, Japan; ²⁾Osaka Environmental Technology and Research Co. Ltd., Abikohigashi, Sumiyoshi, Osaka 558, Japan). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 7: 182-190 (1996)

Butterfly community was studied at EL City Nanko, an ecologically improved greenery in Osaka Bay Coast, in late summer (August 30 to September 1, 1993), early and middle October 1993, late April 1994, and early June 1994. The number of individuals of each species was counted along a fixed course (1.5 km) in the study area. Seventeen species were recorded by 17 times counting and 3 other species were recorded only by direct observation other than the counting. Species discovery rate was calculated by dividing the number of species recorded in each transect count by total number of species observed in the day of the count. Also, PIANKA's α -indices were calculated between every pair from 17 results. Analysis of these indices in relation to other conditions suggested that higher accuracy of the transect counts as used in this study can be expected when total numbers of individuals in a count are more than 25 or 17/km, when weather is fine or cloudy, and when wind is weak or none.

Key Words : Butterfly, Transect count, Osaka City, Species discovery rate, Weather condition

大阪湾岸のエコロジー緑化地域、エルシティ南港で1993年8月末から1994年6月初めまでチョウ類群集を調査した。各調査日に1または2回のトランセクト調査(コースは1.5

km) と任意観察を行った。合計17回のトランセクト調査により17種のチョウを確認したが、任意観察のみで確認したチョウも3種存在した。発見種数率とPIANKAの α -indexを計算し、これらを用いてトランセクト調査の精度に影響を及ぼす要因について検討したところ、今回の調査では、観察個体数が25、すなわち17/km以上で、天氣が曇～晴で弱風か無風のときに精度の高いデータが得られていることが示唆された。

緒 言

チョウ類は比較的大型でよく目立ち、人に親しまれてきた生き物である。また、観察や種の同定が容易であるため、環境指標生物としても優れた面をもっている。近年、チョウ類は開発や都市化の波の中で衰退の道をたどっており、生息地の保護やビオトープの建設が焦眉の課題となっている。

著者らは、都市の中に身近な生物を再生させるための基礎資料を得る目的で、大阪市とその周辺のいくつかの地域でチョウ類の生息状況を調査してきた(今井, 1993; 今井・夏原, 1988; 今井ら, 1991, 1992)。本論文では、大阪湾岸のエコロジー緑化地域のチョウ類の生息状況について報告するとともに、調査データを用いてトランセクト調査の精度に影響を及ぼす要因についても若干の検討を行う。

方 法

1. 調査場所

調査は大阪市住之江区南港南6～7丁目、関西電力南港発電所に隣接するエルシティ南港で実施した(Fig. 1)。緑地としてみれば、エルシティは発電所と一体のものであり、全体の面積は50 haに達する。

緑化面積は外周緑地が13.3 ha、構内緑地が4.2 ha、全体で17.5 haである。エコロジー緑化が施されていた外周緑地は施設の外周に沿う全長約3 km、幅65 m(一部30 m)、高さ8.5 m(一部4.4 m)の盛土の部分で、盛土の斜面に苗木を植え付けて造成されていた。

エコロジー緑地は1986年植樹(Fig. 1の中のF1)、1989年植樹(F2)、1990年植樹(F3)の3つの林分に区別できた。植樹3年後(1990年植樹)の林分は100 m²あたりの立木密度が97本、樹木種数が12種、林冠部の高さが約2 m、植樹4年後(1989年植樹)の林分は100 m²あたりの立木密度が160本、樹木種数が17種、林冠部の高さが約3 m、植樹7年後(1986年植樹)の林分は100 m²あたりの立木密度が155本、樹木種数が18種、林冠部

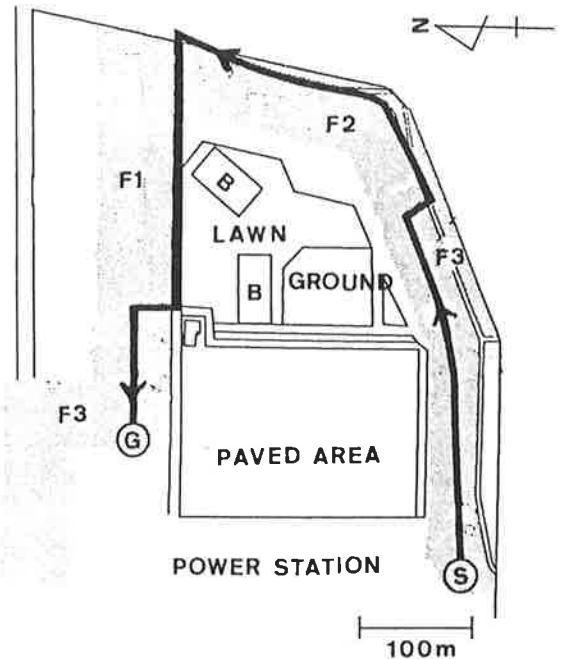


Fig. 1 Map of study area. Bold line: a fixed course for transect counts (S, Start; G, Goal). B: Building. F: Artificial forest (F1, planted in 1986; F2, in 1989; F3, in 1990).

の高さが約7 mであった。

いずれの林分でもクスノキ、ホルトノキ、ヒメユズリハ、タブノキ、スダジイ、アラカシ、マテバシイなどの照葉樹が優占していたが、オオシマザクラ、アキニレ、ムクノキ、エノキ、コナラなどの落葉広葉樹も植栽されていた。

また、敷地内にチョウ類の生息に適したクサギ、ミカン類、ツツジ類、アベリアなどが自生あるいは植栽されていた。

植生調査等の結果は別に発表する予定である。

なお、エコロジー緑地に対する農薬散布は当初より計画されておらず、当然ながら調査期間中にもいっさい行

われなかった。構内緑地には農薬散布が行われているが、規模は小さかった。ただ一度調査当日に実施された10月12日の散布の後にもチョウの個体数は微増しており、農薬の顕著な影響は生じていないように思われた。

2. 調査方法

調査は1993年8月末～9月初、10月初旬、10月中旬、および1994年4月下旬、6月初旬に合計12日間実施した。

定量調査として、Fig. 1に示す1.5kmのコースに沿って同一の調査者によるトランセクト調査を17回行った。コースを歩きながら、おおよそ左右5m、前方5m、高さ5mの範囲で観察したチョウの種類別個体数を記録した。飛翔時に同定が困難な場合は、採集して種名を確認した。チャバネセセリとイチモンジセセリのいずれであるかを識別できなかった個体は、その日観察した両種の個体数の比に従って両種のいずれかに割り振った。各調査時の環境条件などをTable 1に示す。

また、トランセクト調査とは別に、3人の調査者がおおむね10:30～15:30の時間帯に任意観察で確認したチョウの種名を調査日ごとに記録した。

結果と考察

1. エルシティ南港におけるチョウの生息状況

トランセクト調査の結果をTable 2～4に示す。チャバネセセリとイチモンジセセリの区別がつかなかったのは4個体で、8月31日の2個体はイチモンジセセリ、10月6日の2個体はチャバネセセリ1個体、イチモンジセセリ1個体と推定した。また、それぞれの種が各調査日にトランセクト調査では観察されず任意観察のみで確認された場合があったかどうかをTable 5に示す。

確認したチョウの種数は全期間で20種で、そのうちの17種はトランセクト調査で観察されたが、3種は任意観察のみで確認された。観察種数は秋に多く、4～6月には少なかった。

種別では、南方系のチョウであるナガサキアゲハとムラサキツバメが観察されたのが特徴的であった(Table 4, 5)。ムラサキツバメは大阪府ではきわめて希な種であるが、大阪市内では1990年代にはじめて湾岸緑地で観察され、エルシティは2番目の観察地ということになる。本種は海岸沿いに分布を北に拡げてきたものと思われる。ナガサキアゲハは、1980年代から近畿地方中～北部に分布を拡げつつある(吉尾, 1994)。これらの種の生息は、生息場所としての緑地の質的向上とともに、地球規模の温暖化やヒートアイランド現象にともなう大阪市域の温暖化の結果でもあらうと思われ、今後大阪地方

Table 1 Date, time and weather condition of each transect survey

No.	Date	Time	Weather	Wind	Temperature °C
1	August 30, 1993	13:30-14:25	Fine	None	33.4
2	August 31	11:45-12:40	Fine	None	32.0
3	September 1	11:10-12:00	Fine	None	30.6
4	October 5	11:20-12:15	Cloudy	None	21.1
5	October 6	10:40-11:40	Fine	Slight	19.3
6	October 6	12:47-13:50	Cloudy	Slight	20.6
7	October 12	11:12-12:15	Cloudy	None	22.5
8	October 12	13:15-14:12	Slightly cloudy	Slight	23.9
9	October 14	10:35-11:40	Fine	Slight	20.2
10	October 14	12:35-13:35	Fine	Slight	21.9
11	April 25, 1994	11:45-12:25	Slightly cloudy	None	22.0
12	April 25	14:06-14:46	Cloudy	Slight	24.2
13	April 26	10:40-11:30	Fine	Slight	22.1
14	April 26	12:35-13:27	Fine	None	24.3
15	June 6	11:16-12:07	Fine	None	28.9
16	June 7	10:41-11:38	Cloudy	None	26.5
17	June 8	10:43-11:38	Cloudy	None	25.0

Table 2 Result of transect butterfly surveys in EL City Nanko in August, September and October, 1993. Numbers in the table show numbers of individuals or species observed.

No.	Species (Japanese name)	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8	No.9	No.10
1.	<i>Pelopidas mathias</i> (チャバネセセリ)	0	0	0	2	3	2	4	3	0	0
2.	<i>Parnara guttata</i> (イチモンジセセリ)	7	8	8	5	4	6	2	2	4	3
3.	<i>Graphium sarpedon</i> (アオスジアゲハ)	36	38	42	0	1	0	0	0	1	2
4.	<i>Papilio xuthus</i> (アゲハ)	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
5.	<i>P. protenor</i> (クロアゲハ)	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.	<i>Artogeia rapae</i> (モンシロチョウ)	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0
7.	<i>Eurema hecabe</i> (キチョウ)	0	0	0	2	2	0	3	2	2	3
8.	<i>Colias erate</i> (モンキチョウ)	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
9.	<i>Narathura japonica</i> (ムラサキシジミ)	1	2	0	5	7	1	6	9	18	14
10.	<i>N. bazalus</i> (ムラサキツバメ)	1	0	0	0	1	0	2	2	2	2
11.	<i>Lycaena phlaeas</i> (ベニシジミ)	0	0	0	0	1	0	1	1	2	3
12.	<i>Pseudozizeeria maha</i> (ヤマトシジミ)	4	10	10	12	11	8	20	24	15	17
13.	<i>Celastrina argiolus</i> (ルリシジミ)	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0
14.	<i>Libythea celtis</i> (テングチョウ)	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
15.	<i>Argyreus hyperbius</i> (ツマグロヒョウモン)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
16.	<i>Cynthia cardui</i> (ヒメアカタテハ)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
17.	<i>Kaniska canace</i> (ルリタテハ)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
No. of individuals observed		52	60	63	27	33	17	39	43	47	47
No. of species observed		7	6	6	6	11	4	8	7	9	9

の湾岸部に定着できるかどうか興味深い。

トランセクト調査による観察個体数は8月30日～9月1日が最大であった。この時期にはアオスジアゲハが飛び抜けて多く、ヤマトシジミ、イチモンジセセリが次いで多かった。アオスジアゲハは他の時期には少なかった。観察個体数は10月5～6日には半減し、なかでもアオスジアゲハの減少が顕著であった。この時期に個体数が多かったのはヤマトシジミ、イチモンジセセリ、ムラサキシジミの順であった。個体数は10月12～14日に再び増加し、種別ではヤマトシジミ、ムラサキシジミ、キチョウの増加が顕著であった。1994年4月の個体数は前年秋より顕著に少なく、6月には倍増したが、それでも前年秋のレベルには達しなかった (Table 4)。

観察総個体数は513で、1 kmあたりの観察個体数は20.1であった。石井ら (1991) の結果から計算した大阪府内の5カ所の公園のデータと比較すると、大阪城公園 (9.1) と箕面公園 (10.1) よりは多く、大仙公園 (30.4)、服部緑地 (31.4)、大泉緑地 (32.3) よりは少

なかった。また、日浦 (1973) の長居公園 (37.4) より少なく、今井ら (1992) の真田山公園 (14.1) より多かった。

種多様度の指標の一つである SHANNON の平均多様度 H' を木元・武田 (1989) に従い、次式で算出した。

$$H' = - \sum_{i=1}^S (n_i/N) \log_2 (n_i/N)$$

n_i : i 番目の種の個体数

N : 総個体数

S : 総種数

同様に、SIMPSON の $1-\lambda$ を木元・武田 (1989) に従い、次式で算出した λ より求めた。

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^S n_i (n_i - 1)}{N(N-1)}$$

時期ごとに算出した H' はアオスジアゲハが優占した8月30日～9月1日には1.61と低かったが、その他の時期は2.42～2.58であった (Table 4)。また、全期間を込みにして計算した H' は2.79で、大阪城公園の

Table 3 Result of transect butterfly surveys in EL City Nanko in April and June, 1994. Numbers in the table show numbers of individuals or species observed.

No.	Species (Japanese name)	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	No.16	No.17
1.	<i>Pelopidas mathias</i> (チャバネセセリ)	0	0	0	0	0	0	0
2.	<i>Parnara guttata</i> (イチモンジセセリ)	0	0	0	0	0	0	0
3.	<i>Graphium sarpedon</i> (アオスジアゲハ)	2	0	2	3	5	4	2
4.	<i>Papilio xuthus</i> (アゲハ)	0	0	0	1	0	0	0
5.	<i>P. protenor</i> (クロアゲハ)	0	0	0	0	0	0	0
6.	<i>Artogeia rapae</i> (モンシロチョウ)	0	0	0	2	3	2	1
7.	<i>Eurema hecabe</i> (キチョウ)	0	0	1	0	0	0	0
8.	<i>Colias erate</i> (モンキチョウ)	1	0	0	0	4	4	1
9.	<i>Narathura japonica</i> (ムラサキシジミ)	0	0	0	0	0	1	1
10.	<i>N. bazalus</i> (ムラサキツバメ)	0	0	0	0	0	0	0
11.	<i>Lycaena phlaeas</i> (ベニシジミ)	3	0	0	0	2	1	2
12.	<i>Pseudozizeeria maha</i> (ヤマトシジミ)	4	2	3	2	5	6	7
13.	<i>Celastrina argiolus</i> (ルリシジミ)	0	0	0	0	0	0	0
14.	<i>Libythea celtis</i> (テングチョウ)	0	0	0	1	5	1	1
15.	<i>Argyreus hyperbius</i> (ツマグロヒョウモン)	0	0	0	0	0	0	0
16.	<i>Cynthia cardui</i> (ヒメアカタテハ)	0	0	0	0	0	0	0
17.	<i>Kaniska canace</i> (ルリタテハ)	0	0	0	0	0	0	0
	No. of individuals observed	10	2	6	9	24	19	15
	No. of species observed	4	1	3	5	6	7	7

2.28 (石井ら, 1991) や真田山公園の2.46 (今井ら, 1992) より若干高かったが, 石井ら (1991) による大阪府域外の4公園 (3.09~4.14) よりやや低く, 日浦 (1973) の長居公園 (2.83) とほぼ等しかった。

時期ごとに算出した $1-\lambda$ はH'と同様の傾向を示した (Table 4)。また, 全期間を込みにして計算した $1-\lambda$ は0.802で, 大阪城公園の0.708 (石井ら, 1991) より高かったが, 石井ら (1991) による大阪府域外の4公園 (0.833~0.918) より低く, 日浦 (1973) の長居公園 (0.799) や今井ら (1992) の真田山公園 (0.810) とほぼ等しかった。

上記の2つの指数は多様度の比較によく用いられるが, H'は観察種数が多いほど大きくなる傾向があり, 調査回数や調査面積 (コース長) が異なり, 発見種数率が当然異なるかと推測されるデータ間の比較には $1-\lambda$ の方が適している。 $1-\lambda$ で比較する限り, エルシティ南港のチョウ類群集は大阪城公園より豊かであり, 1970年代の長居公園にほぼ匹敵するが, 大阪府域内のあ

る比較的大きな公園よりは貧弱であると考えられる。

2. トランセクト調査データの信頼性の検討

トランセクト調査によって得られたデータの信頼性の指標には, 調査者の違いによる変動, 同じ日や2~3日の間に行われた繰り返し間の変動, 種間における観察確率の差異, 発見種数率 (全生息種の何割を発見できるかなど) が挙げられるであろう。

このうち, 種ごとの観察確率は, それぞれの種の生態的・行動的特性に依存して本来的に違っている。例えば, 標識再捕法による推定個体数とトランセクト調査の結果との間の回帰直線がモンシロチョウとエゾスジグロシロチョウで異なるという報告がある (山本, 1991)。それゆえ, 通常のトランセクト調査では, 樹上性の種や活動時間帯が顕著に異なる種以外の種 (群) については, 種ごとの観察確率の差異を, 調査法の限界として認めるしかないであろう。

したがって, 各種の観察確率が調査者間や繰り返し間での程度変動するかが問題になる。調査者間の差異に

Table 4 Summary of results of transect surveys in EL City Nanko in 1993-1994. Numbers in the table show numbers of individuals or species observed.

No.	Species (Japanese name)	Aug. 30 ~ Sep. 1 3 surveys	Oct. 5 ~ Oct. 6 3 surveys	Oct. 12 ~ Oct. 14 4 surveys	Apr. 25 ~ Apr. 26 4 surveys	Jun. 6 ~ Jun. 8 3 surveys	Total of 17 surveys
1.	<i>Pelopidas mathias</i> (チャバネセセリ)	0	7	7	0	0	14
2.	<i>Parnara guttata</i> (イチモンジセセリ)	23	15	11	0	0	49
3.	<i>Graphium sarpedon</i> (アオスジアゲハ)	116	1	3	7	11	138
4.	<i>Papilio xuthus</i> (アゲハ)	2	0	0	1	0	3
5.	<i>P. protenor</i> (クロアゲハ)	1	0	0	0	0	1
6.	<i>Artogeia rapae</i> (モンシロチョウ)	0	1	2	2	6	11
7.	<i>Eurema hecabe</i> (キチョウ)	0	4	10	1	0	15
8.	<i>Colias erate</i> (モンキチョウ)	1	1	0	1	9	12
9.	<i>Narathura japonica</i> (ムラサキシジミ)	3	13	47	0	2	65
10.	<i>N. bazalus</i> (ムラサキツバメ)	1	1	8	0	0	10
11.	<i>Lycaena phlaeas</i> (ベニシジミ)	0	1	7	3	5	16
12.	<i>Pseudozizzeeria maha</i> (ヤマトシジミ)	24	31	76	11	18	160
13.	<i>Celastrina argiolus</i> (ルリシジミ)	3	1	0	0	0	4
14.	<i>Libythea celtis</i> (テングチョウ)	0	0	3	1	7	11
15.	<i>Argyreus hyperbius</i> (ツマグロヒョウモン)	0	1	0	0	0	1
16.	<i>Cynthia cardui</i> (ヒメアカタテハ)	0	0	2	0	0	2
17.	<i>Kaniska canace</i> (ルリタテハ)	1	0	0	0	0	1
Avg. no. of individuals observed		175	77	176	27	58	513
Avg. no. of species observed/survey		6.3	7.0	8.3	4.0	6.7	6.2
Total no. of species observed		10	12	11	8	7	17
Value of SHANNON'S H'		1.61	2.49	2.45	2.42	2.58	2.79
Value of SIMPSON'S 1-λ		0.527	0.769	0.733	0.772	0.824	0.802

つについては顕著でないとする報告 (POLLARD *et al.*, 1975; 山本, 1988) と, かなりの変動があるとする調査結果 (NATUHARA *et al.*, 1996) が併存している。しかし, 一人の調査者による今回のトランセクト調査の結果からは検討できない。

ここでは, 17回の調査結果を材料に, 発見種数率と繰り返し間の類似度について検討し, トランセクト調査の信頼性について若干の考察を行う。

発見種数率

1回の調査で調査場所に生息するチョウの全種数の何割を確認できるかは, トランセクト調査の精度を示す指標の一つと考えられる。これを発見種数率と呼ぶことにすると, この値が極端に低ければ, その調査データは信頼性が低いということになる。

今回の調査では比較的孤立し, 種数が少ない場所で調査日ごとに3人の調査者がそれぞれ約5時間の任意観察を行っているので, 生息するチョウの全種数を調査日ごとにほぼ完全に把握できているものと思われる。そこで, Table 2, 3, 5から各調査日における総確認種数を求め, 各トランセクト調査での確認種数を総確認種数で除して発見種数率を計算し, Table 1に示す環境条件との関連性を検討した。

発見種数率は0.2~1.0の間で変動し, その日の総確認種数, 調査日を含む2または3日間の多様度指数H'や1-λ, 調査時の天気(晴~曇)とは関連せず, 各調査時の観察個体数, 弱い風の有無, 気温との関係がうかがわれた。これらの3条件を組み合わせで検討したところ, Fig. 2に示すように, 観察個体数が20以上の

Table 5 List of butterflies observed in El City Nanko only on other occasion than transect survey(s) in each day. The survey was carried out once or twice in each day. The '+' symbol means that the species was observed only on other occasion than transect survey(s) in each day, and the '-' symbol implies that the '+' case did not occur.

No.	Species (Japanese name)	Aug. 30 once	Aug. 31 once	Sep. 1 once	Oct. 5 once	Oct. 6 twice	Oct. 12 twice	Oct. 14 twice	Arp. 25 twice	Apr. 26 twice	Jun. 6 once	Jun. 7 once	Jun. 8 once
1.	<i>Papilio xuthus</i> (アゲハ)	+	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-	-
2.	<i>P. protenor</i> (クロアゲハ)	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
3.	<i>P. memnon</i> (ナガサキアゲハ)	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
4.	<i>Colias erate</i> (モンキチョウ)	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
5.	<i>Narathura bazalus</i> (ムラサキツバメ)	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.	<i>Lycaena phlaeas</i> (ベニシジミ)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.	<i>Curetis acuta</i> (ウラギシジミ)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
8.	<i>Argyreus hyperbius</i> (ツマグロヒョウモン)	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-
9.	<i>Cynthia cardui</i> (ヒメアカタテハ)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
10.	<i>Vanessa indica</i> (アカタテハ)	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
11.	<i>Kaniska canace</i> (ルリタテハ)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
No. of species		2	2	3	2	2	1	2	1	1	1	0	0

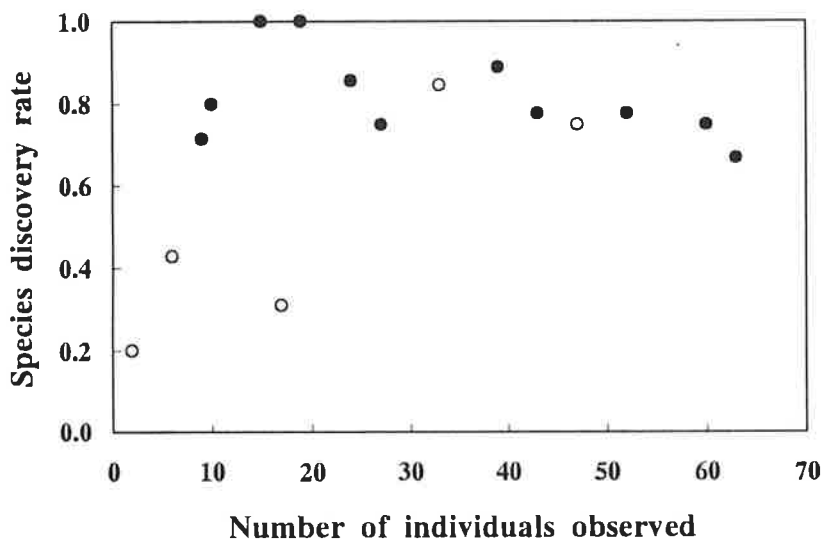


Fig. 2 Relation between number of individuals and species discovery rate. ● : Results with almost no wind, ○ : with slight wind

場合には発見種数率は弱い風の有無に関わりなく 0.7 ~ 0.9 となり、観察個体数が 20 以下の場合には弱い風があると 0.5 以下の低値を示したが、風がない場合には 0.7 以上であった。観察個体数が少ない場合には気温が低いことが多かったが、低温でも観察個体数が多い場合もあり、

気温との間の明瞭な関係は抽出できなかった。

以上から、今回のトランセクト調査の種数に関する精度は、観察個体数が 20 以上ではほぼ一定のかかなり高いレベルになり、観察個体数が 20 以下の場合には弱い風があると精度が低下するが、風がほとんど無ければ 20 以上の場