

環動昆

報文

- 中上喜史・夏原由博・山本博子・脇川秀子・西尾フミ子：
開園9年後の大阪南港野鳥園の鳥類相 ……………157
- 今井長兵衛：イエバエの有機リン系殺虫剤抵抗性に関する常染色
体性決定様式を組み込んだ遺伝モデル ……………166
- 藤本和義：フタトゲチマダニ，キチマダニ，ヤマトマダニの未吸
血幼虫，若虫，成虫の耐寒性と分布の関係(英文) ……………175

短報

- 平尾素一：食品原料関連施設における性フェロモントラップによ
るマダラカツオブシムシ類 (*Trogoderma*属) の捕獲
成績 ……………182

解説

- 宮武頼夫：都市における生き物とのつき合い方
4. 人と自然の共存をどのように考えるか ……………187
- 栗原 毅：マラリア媒介蚊の防除 ……………192

- 書評 ……………197
- 会報 ……………198
- 会員動静 ……………199
- 学術会議だより

Vol.6

4

日本環境動物昆虫学会

1995

開園9年後の大阪南港野鳥園の鳥類相

中上 喜史¹⁾³⁾⁴⁾・夏原 由博²⁾³⁾・山本 博子³⁾・脇川 秀子³⁾・西尾フミ子³⁾

1) 大阪府立大学農学部

2) 大阪市立環境科学研究所

3) みどりと生き物会議

(受領: 1994年5月6日; 受理1994年10月17日)

Avifauna in the Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary after Nine Years since its Opening. Yoshifumi NAKAGAMI¹⁾³⁾⁵⁾, Yoshihiro NATUHARA²⁾³⁾, Hiroko YAMAMOTO³⁾, Hideko WAKIGAWA³⁾ and Fumiko NISHIO³⁾ (¹⁾ Entomological Laboratory, College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Osaka 593, Japan; ²⁾ Osaka City Institute of Public Health and Environmental Science, Osaka 543, Japan; ³⁾ Network for Green Osaka, c/o Yoshihiro Natuhara, Osaka City Institute of Public Health and Environmental Science, Osaka 543, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 6: 157-165 (1995)

Avifauna of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary in Suminoe-ku, Osaka City was studied from April 1992 to February 1993 nine years after its opening. The study site included the promenade (1.9 km) from Nakafuto st. to the park, three ponds (12.8 ha), and a small forest and grassland (6.5 ha) around the ponds. The number of species recorded was 21 in the promenade and 38 in the three ponds. A total of 20 ducks and shorebirds was observed in the three ponds, and *Aythya ferina* was the predominant species (75.8%) among them. The ponds were different in their species composition. Both the abundance and species richness of shorebirds increased according to the order of those of macrobenthic fauna (west>south>north pond). But shorebirds decreased in number since the opening of the park. The benthos and geographical features of the west pond should be improved so that many more shorebirds might visit the park.

Key Words: Avifauna, Bird Sanctuary, Shorebirds, Anatidae, Osaka, Nanko

大阪市住之江区に位置する大阪南港野鳥園で、開園後9年にあたる1992年4月から1993年2月にかけて、中埠頭から野鳥園入り口までの緑道、野鳥園内の3つの池(南池、北池、

4) 現在(財)鹿児島県環境技術協会

5) Present address: Kagoshima Environmental Research & Service, Kagoshima 891, Japan

西池), および植栽部で鳥類の種ごとの個体数を記録した。緑道では21種, 3つの池では38種の鳥類を確認した。3つの池ではカモ類やシギ・チドリ類が合計20種見られ, ホシハジロ (75.8%) が優占種であった。池ごとに種構成は異なっていた。シギ・チドリ類は西池, 南池, 北池の順に構成比が高く, 底生動物相の違いを反映していると考えられたが, その個体数は開園当時と比較して減少していた。西池の地形や底生動物相等の改善を行い, より多くのシギ・チドリ類が渡来できるようにしていくべきであると考えた。

はじめに

1971年, 湿地を守るためにラムサール条約が成立して以来, 湿地や干潟の重要性が国際的にも認識されてきている。1993年には北海道釧路市でこの条約の締約国会議が開催され, 日本でも水鳥のために湿地を守ろうという機運が高まっている。

大阪南港野鳥園 (以下, 野鳥園) が存在する場所は, 昔は住吉浦と呼ばれ, シギ・チドリ類 Shorebirds の有数の渡来地であったと言われている。大阪南港の埋立てにともない, シギ・チドリ類が渡来して餌を取れる干潟部が消滅していく中で, 水鳥の保護と野鳥観察のできる公園を目指し, 1983年9月に野鳥園は開園された。

現在, 野鳥園は市民の憩いの場として, また, 水鳥を中心とした鳥類の重要な生息地として, 機能を果たしている。

しかし, 飛来, 生息する鳥類の種数や個体数は年々変化しており (大阪自然環境保全協会, 1988), 当初の目的どおりの鳥類が生息しているかどうかについては疑問が残っている。

そこで, 野鳥園が開園して9年後の鳥類相を調べ, 大阪府内における水鳥の飛来地としての役割と都市の中の公園としての役割を考慮し, 野鳥園の現状や今後のあり方を検討した。なお, この研究は大阪市環境保健局・市立環境科学研究所が主催する「みどり生き物会議」の1992年度特別調査の一環として行われた。

調査地と方法

野鳥園は大阪市住之江区の埋立地の先端に位置しており (Fig. 1), ニュートラムの終点, 中埠頭駅から西へ1.9 km 離れた地にある (Fig. 1 A)。この野鳥園は12.8 ha の干潟部と6.5 ha の植栽部が大部分を占め, 3つの池 (西池, 南池, 北池) を含む (Fig. 1 B)。

調査は1992年4月から1993年2月にかけて月に一回, 休園日である水曜日の9時から15時の間に, 以下のよう

に大きく3地区にわけて実施した。

1. 中埠頭駅から野鳥園入り口までの緑道 (Fig. 1 A のR-1)

1.9 km を約2時間かけて歩き, 緑道上およびその周囲で見られた鳥類を記録した。緑道は海岸の横を通る幅7~8 m ほどの歩道および自転車道であり, クスノキ *Cinnamomun camphora* SIEB., マテバシイ *Pasania edulis* MAKINO, エノキ *Celtis sinensis* PERS., オオシマザクラ *Prunus lannesiana* (CARR.) WILS. などさまざまな樹木が植栽されている。

2. 野鳥園内植栽部

池の周囲の草地および園内の植栽部で確認された鳥類を任意的に記録した。池周囲はヨシ *Phragmites communis* TRIN. やガマ *Typha latifolia* L. で覆われており, 園内にはクロマツ *Pinus thunbergii* PARLATORE, トベラ *Pittosporum tobira* AIT., アラカシ *Quercus glauca* THUNB. などさまざまな樹木が植栽されている。

3. 野鳥園内の3つの池

池の周囲を歩きながら, 見晴らしの良い地点から池の内部および池周囲の干潟部, 岸辺で見られた鳥類を記録した。なお, 池へと飛翔してきた鳥類, 池から飛翔していった鳥類, ヨシの間を泳いでいた鳥類などはすべて池内として記録した。西池は外海と管でつながっており海水であるが, 北池, 南池は淡水である。しかし, 南池には西池との間に水門があって海水化することもあり, 北池も高潮等で一時的に塩分濃度が上昇することがある。

結 果

1. 中埠頭駅から野鳥園入り口までの緑道

21種, 528個体の鳥類が記録された。スズメ *Passer montanus* (L.), ヒヨドリ *Hypsipetes amaurotis* (TEMMINCK), ムクドリ *Sturnus cineraceus* TEMMINCK, キジバト *Streptopelia orientalis* (LATHAM) といったいわゆる都市鳥が多く見られた (Table 1)。

大阪南港野鳥園の鳥類相

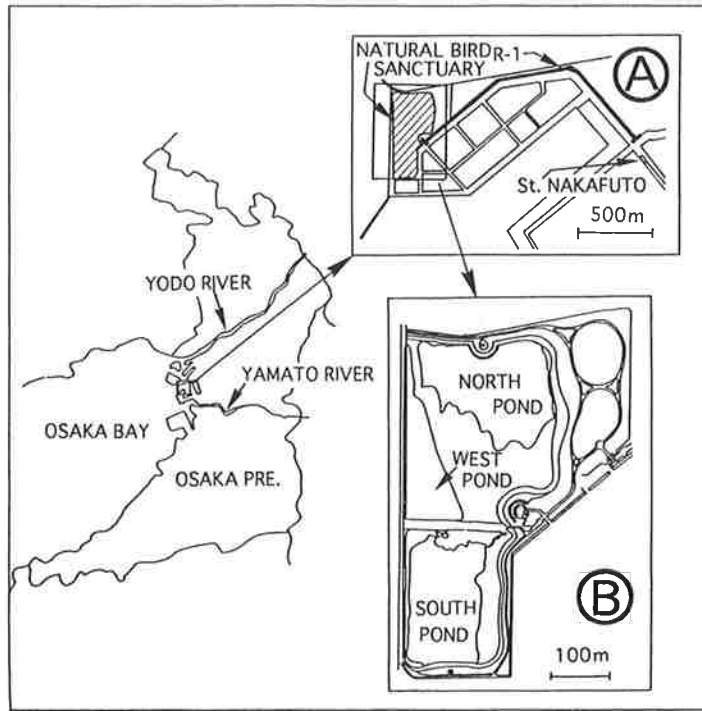


Fig. 1 Map of the Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary.

Table 1 Number of birds observed on the promenade (R-1) from st. Nakafuto Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary

種名	Species	Apr.15	May27	Jun.17	Jul.15	Aug.26	Sep.16	Oct.21	Nov.18	Dec.16	Jan.20	Feb.10	計
コサギ	<i>Egretta garzetta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
アオサギ	<i>Ardea cinerea</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
シロチドリ	<i>Charadrius alexandrinus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
ユリカモメ	<i>Larus ridibundus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
コアジサジ	<i>Sterna albifrons</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	0	2	0	3	1	3	7	6	4	6	1	33
ヒバリ	<i>Alauda arvensis</i>	5	3	3	1	1	0	1	0	0	0	0	14
ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>	0	1	0	4	2	0	0	0	0	0	0	7
ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	1	0	0	4	0	2	2	4	1	0	0	14
ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	10	8	10	6	1	1	9	3	7	8	1	64
モズ	<i>Lanius bucephalus</i>	0	1	0	0	1	1	2	3	0	2	2	12
ツグミ	<i>Turdus naumanni</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ウグイス	<i>Cettia diphone</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
オオヨシキリ	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
セッカ	<i>Cisticola juncidis</i>	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	6
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
メジロ	<i>Zosterops japonica</i>	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	5	8
カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	15
スズメ	<i>Passer montanus</i>	36	16	24	17	16	9	4	3	2	12	3	142
ムクドリ	<i>Sturnus cineraceus</i>	23	47	19	13	6	6	2	23	16	32	13	200
ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
総個体数	Total	79	81	56	58	28	24	28	42	31	61	40	528
種数	No. of species	8	9	4	11	7	8	8	6	6	6	7	21

特に、ムクドリは緑道上の街灯で繁殖が確認された。これらの種の他に、海岸のヨシ原でセッカ *Cisticola juncidis* (RAFINESQUE) やオオヨシキリ *Acrocephalus arundinaceus* (L.)、海岸にコサギ *Egretta garzetta* (L.) やアオサギ *Ardea cinerea* L. など少数ながら見られた。

2. 野鳥園内植栽部

緑道と同じく、スズメ、ヒヨドリ、キジバトなどの都市鳥の他、ヒバリ *Alauda arvensis* L., オオヨシキリ、メジロ *Zosterops japonica* TEMMINCK & SCHLEGEL も見られた (Table 2)。メジロは池を隠すように植えられた植栽部に、オオヨシキリは池周囲のヨシ原に、ヒバリは北池と西池の間の草原部にそれぞれ依存していた。

3. 野鳥園内の3つの池

3つの池ではカモ類などの水鳥が多かった (Tables 3-5)。

各池ごとの水鳥の個体数の季節推移を Fig. 2 に示した。西池ではいずれの調査時期にも40個体以下と少なかった。

たが、北池や南池では9月から10月にかけてのガンカモ科 Anatidae の飛来により、急激に増加する傾向が見られた。

年間の総個体数、総種数を科ごとに分けてみると、池ごとの特徴が見られた (Figs. 3, 4)。南池では、種数、個体数ともにガンカモ科が大部分を占めていた (種数 32.1%, 個体数 86.9%)。種数では、カモメ科 Laridae、シギ・チドリ類 (シギ科 Scolopacidae、チドリ科 Charadriidae、ヒレアシシギ科 Phalaropodidae)、サギ科 Ardeidae が続き、個体数ではガンカモ科の他、クイナ科 Rallidae、カイツブリ科 Podicipitidae が多く見られた。北池も同じく、種数、個体数ともにガンカモ科が大部分を占めており、種数ではサギ科、個体数ではカイツブリ科、クイナ科が続き、南池とはほぼ同様の傾向が見られたが、総個体数では 6,526 個体と南池の約 5 倍の数が見られた。西池では、総個体数は南池より少なく、166 個体であった。南、北池とは個体数、種数ともに順位が大きく異なり、個体数ではカイツブリ科、ガン

Table 2 Number of birds observed in a small forest and grass land around ponds of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary

種名	Species	Apr.15	May27	Jun.17	Jul.15	Aug.26	Sep.16	Oct.21	Nov.18	Dec.16	Jan.20	Feb.10	計
カワウ	<i>Phalacrocorax carbo</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
ハイイロチュウヒ	<i>Circus cyaneus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
コアジサシ	<i>Sterna albifrons</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	4	5	1	3	0	1	2	2	1	6	3	28
アリスイ	<i>Jynx torquilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
ヒバリ	<i>Alauda arvensis</i>	5	2	1	1	4	7	4	14	4	0	0	42
ショウドウツバメ	<i>Riparia riparia</i>	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5
ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>	0	0	0	6	5	1	0	0	0	0	0	12
ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	0	0	0	1	2	1	1	1	0	1	0	7
ヒヨドリ	<i>Hypsipetes amaurotis</i>	5	1	0	3	0	1	2	2	2	2	2	20
モズ	<i>Lanius bucephalus</i>	0	1	1	0	0	1	3	1	0	1	0	8
インヒヨドリ	<i>Monticola solitarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
ウグイス	<i>Cettia diphone</i>	1	0	0	0	0	0	0	4	2	2	0	9
オオヨシキリ	<i>Acrocephalus arundinaceus</i>	0	17	8	5	0	0	0	0	0	0	0	30
セッカ	<i>Cisticola juncidis</i>	2	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	9
コサメビタキ	<i>Muscicapa latirostris</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
シジュウカラ	<i>Parus major</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2
メジロ	<i>Zosterops japonica</i>	3	2	0	0	0	0	0	5	5	4	5	24
アオジ	<i>Emberiza spodocephala</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	6
オオジュリン	<i>Emberiza schoeniclus</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
カワラヒワ	<i>Carduelis sinica</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	6
スズメ	<i>Passer montanus</i>	0	1	30	69	13	24	52	62	0	15	0	266
ムクドリ	<i>Sturnus cineraceus</i>	4	3	38	2	0	0	0	1	0	0	0	48
ハンボソガラス	<i>Corvus corone</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
ハシブトガラス	<i>Corvus macrorhynchos</i>	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	3
総個体数	Total	24	34	81	97	24	38	70	101	19	33	16	537
種数	No. of species	7	9	8	11	4	9	8	14	9	9	6	24

大阪南港野鳥園の鳥類相

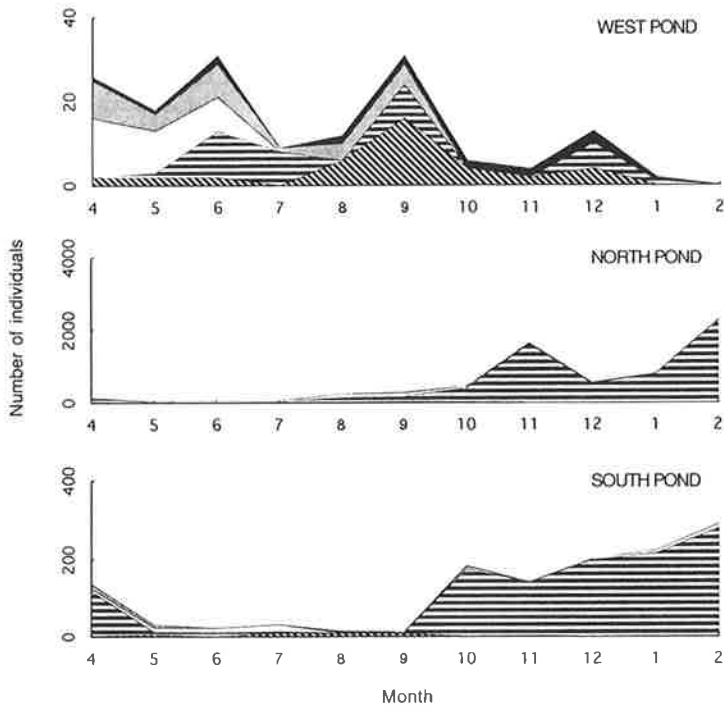


Fig. 2 Seasonal change in abundance of birds in three ponds of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary.

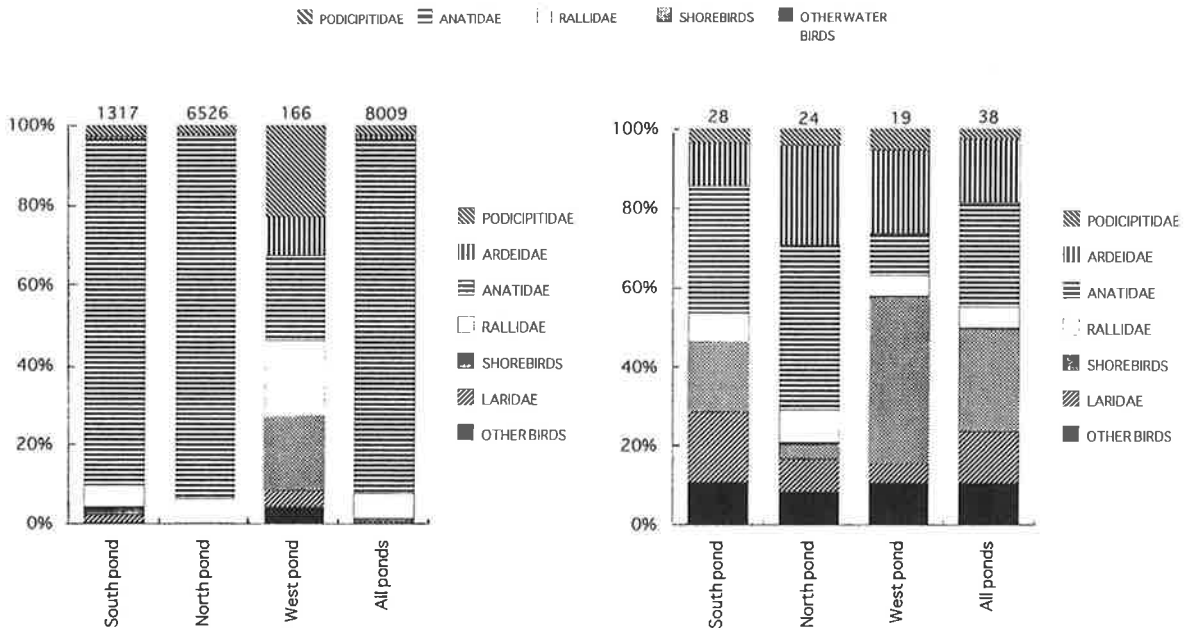


Fig. 3 The proportion of birds' number in three ponds of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary.

Fig. 4 The proportion of birds' species richness in three ponds of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary.

Table 3 Number of birds observed in South pond of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary

種名	Species	Apr.15	May27	Jun.17	Jul.15	Aug.26	Sep.16	Oct.21	Nov.18	Dec.16	Jan.20	Feb.10	計
カイツブリ	<i>Podiceps ruficollis</i>	2	5	0	10	9	8	1	2	0	0	0	37
ダイサギ	<i>Egretta alba</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
コサギ	<i>Egretta garzetta</i>	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	0	5
アオサギ	<i>Ardea cinerea</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
マガモ	<i>Anas platyrhynchos</i>	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	4
カルガモ	<i>Anas poecilorhyncha</i>	18	7	11	4	0	1	44	77	75	96	98	431
コガモ	<i>Anas crecca</i>	29	0	0	0	0	1	22	21	26	14	10	123
オカヨシガモ	<i>Anas strepera</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	15	14	10	44
ヒドリガモ	<i>Anas penelope</i>	4	0	0	0	0	1	76	6	31	40	30	188
オナガガモ	<i>Anas acuta</i>	0	0	0	0	0	0	20	31	50	3	96	200
ハシビロガモ	<i>Anas clypeata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5
ホシハジロ	<i>Aythya ferina</i>	36	0	0	0	0	0	9	2	1	47	30	125
キンクロバジロ	<i>Aythya fuligula</i>	24	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	25
バン	<i>Gallinula chloropus</i>	0	3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	6
オオバン	<i>Fulica atra</i>	7	8	11	15	0	0	5	0	3	7	10	66
コチドリ	<i>Charadrius dubius</i>	4	5	0	0	2	2	0	0	0	0	0	13
シロチドリ	<i>Charadrius alexandrinus</i>	2	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6
メダイチドリ	<i>Charadrius mongolus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ハマシギ	<i>Calidris alpina</i>	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
イソシギ	<i>Tringa hypoleucos</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ユリカモメ	<i>Larus ridibundus</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
セグロカモメ	<i>Larus argentatus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
カモメ	<i>Larus canus</i>	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
ウミネコ	<i>Larus crassirostris</i>	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	4
コアジサシ	<i>Sterna albifrons</i>	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	10
キジバト	<i>Streptopelia orientalis</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
カワセミ	<i>Alcedo atthis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
総個体数	Total	152	31	22	44	18	13	183	142	201	222	289	1317
種数	No. of species	19	6	2	6	8	5	10	9	7	8	8	28

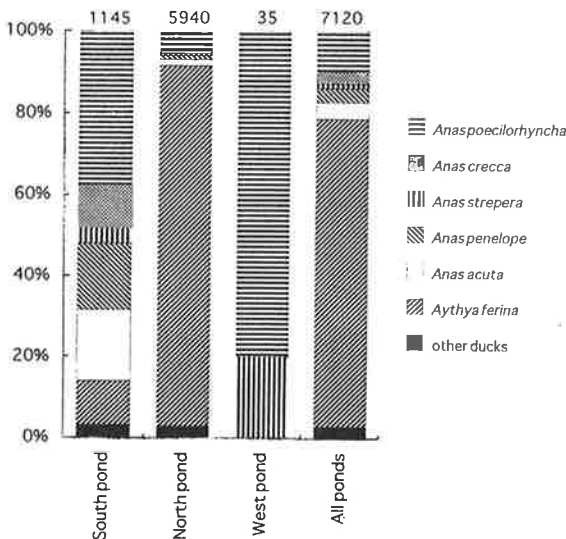


Fig. 5 The proportion of the number of each duck species in Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary.

カモ科、クイナ科、シギ・チドリ類がほぼ均等に見られ、種数ではシギ・チドリ類が8種と最も多く観察された。3つの池全体では38種、8,009個体が見られ、個体数、種数ともにガンカモ科が多かった。種数では、シギ・チドリ類がガンカモ科と同じく10種であり、個体数ではガンカモ科の次にクイナ科が多いが、そのほとんどがオオバン *Fulica atra* L. であった (506個体中486個体)。シギ・チドリ類は55個体であった。

ガンカモ科だけで見ると、Fig. 5 のように各池での構成にそれぞれの特徴が見られた。西池では、ガンカモ科は35個体と少なく、カルガモ *Anas poecilorhyncha* FORSTER が大部分を占めていた。南池ではカルガモ、オナガガモ *Anas acuta* L.、ヒドリガモ *Anas penelope* L. など淡水性のカモが多く、北池ではホシハジロ *Aythya ferina* (L.) が88.7%と大部分を占めていた。3つの池全体では、ホシハジロが75.8%を占めていた。

Table 4 Number of birds observed in North pond of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary

種名	Species	Apr.15	May27	Jun.17	Jul.15	Aug.26	Sep.16	Oct.21	Nov.18	Dec.16	Jan.20	Feb.10	計
カイツブリ	<i>Podiceps ruficollis</i>	19	7	14	17	23	27	15	2	0	1	1	126
ヨシゴイ	<i>Ixobrychus sinensis</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3
ゴイサギ	<i>Nycticorax nycticorax</i>	0	0	0	0	1	3	0	4	19	0	0	27
ゲイサギ	<i>Egretta alba</i>	0	0	0	2	0	1	1	0	0	0	0	4
チュウサギ	<i>Egretta intermedia</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
コサギ	<i>Egretta garzetta</i>	0	0	0	0	0	5	0	1	1	0	0	7
アオサギ	<i>Ardea cinerea</i>	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	5
マガモ	<i>Anas platyrhynchos</i>	0	0	0	0	0	0	3	1	1	5	10	20
カルガモ	<i>Anas poecilorhyncha</i>	4	2	0	0	119	74	0	3	31	31	22	286
コガモ	<i>Anas crecca</i>	0	0	0	0	0	0	4	4	2	11	22	43
オカヨシガモ	<i>Anas strepera</i>	2	2	0	2	0	0	1	13	5	0	3	28
ヒドリガモ	<i>Anas penelope</i>	0	1	2	1	2	30	22	1	0	2	1	62
オナガガモ	<i>Anas acuta</i>	0	0	0	0	0	18	4	9	10	15	31	87
ハンビロガモ	<i>Anas clypeata</i>	0	0	0	0	0	3	15	2	5	0	0	25
ホシハジロ	<i>Aythya ferina</i>	63	3	2	1	2	6	334	1570	438	722	2129	5270
キンクロハジロ	<i>Aythya fuligula</i>	39	1	0	0	0	0	2	0	26	5	39	112
スズガモ	<i>Aythya marila</i>	0	0	0	0	0	2	1	3	1	0	0	7
バン	<i>Gallinula chloropus</i>	2	1	2	2	1	2	0	1	1	1	1	14
オオバン	<i>Fulica atra</i>	10	11	31	31	96	107	42	21	20	7	12	388
イソシギ	<i>Tringa hypoleucos</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ユリカモメ	<i>Larus ridibundus</i>	0	2	0	0	1	0	0	2	0	0	0	5
セグロカモメ	<i>Larus argentatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
カワセミ	<i>Alcedo atthis</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
総個体数	Total	141	31	53	56	247	283	446	1638	560	800	2271	6526
種数	No. of species	8	10	7	7	10	14	14	16	13	10	11	24

考 察

緑道と比べ、野鳥園にはオオヨシキリ、ヒバリ、メジロなどが多く生息し、野鳥園は草原性や森林性の鳥の都市域における生息地としての役割をある程度果たしていると考えられる。3つの池にはカモ類やシギ・チドリ類などが見られ、野鳥園の主目的である水鳥の生息地としても機能している。池別にみると、南池ではカルガモ、オナガガモ、ヒドリガモなど淡水性のカモ類が中心であり、北池ではホシハジロを中心としたカモ類が多く、西池はシギ・チドリ類が中心となっており、池ごとに種構成が違っている。全体的にみると、鳥類の種構成は秋から冬にかけて飛来するガンカモ科が多くを占めている。その中でもホシハジロが多く、これは大阪府や兵庫県など大阪湾岸の特徴でもある（日本野鳥の会研究センター、1993）。また、日本野鳥の会大阪支部（1991）によると、1990～1991年の大阪府下の主要ガンカモ類渡来地である調査地6地点中、野鳥園を始め、堺7-3区、淀川中津地域、大泉緑地の4地点でホシハジロが最も多く確認さ

れており、大阪府下のほとんどでホシハジロが多い傾向にあるといえる。ホシハジロは野鳥園ができて以来、年々増加し、1990～1991年の調査では最大個体数は1,033を数えた（日本野鳥の会大阪支部、1991）。今回の調査では、最大個体数が2,159個体と更に上回っている。また、この6地点と今回の調査結果のカモ類相をPIANKA（1973）の α 指数により比較してみると、Fig. 6が示すように、1992年度の野鳥園のカモ類相は1990年度よりも、より淀川中津のカモ類相に近いと言える。

このようなことから考えると、開園9年後の野鳥園の鳥類相はガンカモ科、とくにホシハジロが優占している状況で、このカモ類相は淀川中津に近いものであり、カモ類の楽園と言える。

次にシギ・チドリ類についてみると、3つの池の中でシギ・チドリ類が多い西池でも個体数は多くない。他の池でもシギ・チドリ類が見られないわけではないが、種数、個体数ともにごく少ない。日本野鳥の会大阪支部（1988）によると、南港でのシギ・チドリ類の種数は、野鳥園のできる前の1977～1978年には11種、1980年には

Table 5 Number of birds observed in West pond of Osaka Nanko Natural Bird Sanctuary

種名	Species	Apr.15	May27	Jun.17	Jul.15	Aug.26	Sep.16	Oct.21	Nov.18	Dec.16	Jan.20	Feb.10	計
カイツブリ	<i>Podiceps ruficollis</i>	2	2	2	0	6	16	4	2	4	0	0	38
ゴイサギ	<i>Nycticorax nycticorax</i>	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ダイサギ	<i>Egretta alba</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	3
コサギ	<i>Egretta garzetta</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	5
アオサギ	<i>Ardea cinerea</i>	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	5
カルガモ	<i>Anas poecilorhyncha</i>	0	1	11	8	0	8	0	0	0	0	0	28
オカヨシガモ	<i>Anas strepera</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1	0	7
オオバン	<i>Fulica atra</i>	14	10	8	0	0	0	0	0	0	0	0	32
コチドリ	<i>Charadrius dubius</i>	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	15
シロチドリ	<i>Charadrius alexandrinus</i>	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5
アオアシシギ	<i>Tringa nebularia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
タカブシギ	<i>Tringa glareola</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
キアシシギ	<i>Tringa brevipes</i>	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
イソシギ	<i>Tringa hypoleucos</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
チュウシャクシギ	<i>Numenius phaeopus</i>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
アカエリヒレアシシギ	<i>Phalaropus lobatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
コアジサシ	<i>Sterna albifrons</i>	0	0	0	1	6	0	0	0	0	0	0	7
ツバメ	<i>Hirundo rustica</i>	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	5
ハクセキレイ	<i>Motacilla alba</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
総個体数	Total	29	18	33	12	18	31	6	4	13	2	0	166
種数	No. of species	6	7	7	5	8	7	3	3	5	2	0	19

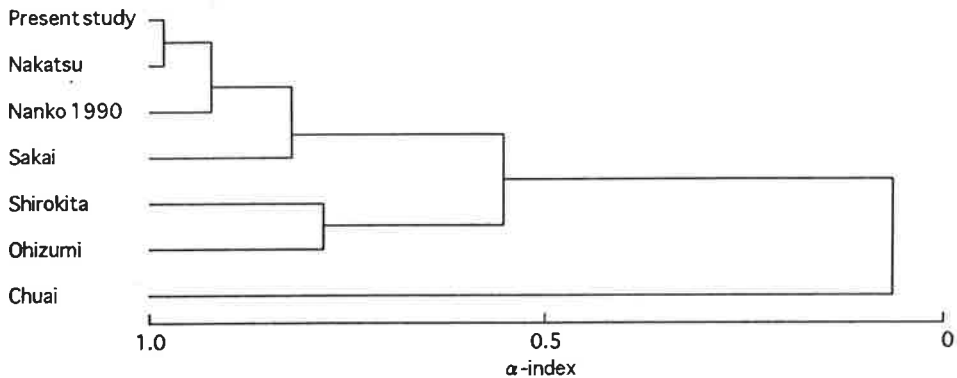


Fig. 6 Similarity of ducks' faunas between winter visiting sites in Osaka.

4種である。また、できてからは、大阪自然環境保全協会(1988)によると、1983年24種、1984年24種、1985年23種、1986年18種、1987年27種となっている。一方、個体数は開園当時の最盛期にシロチドリ *Charadrius alexandrinus* L., ハマシギ *Calidris alpina* (L.), トウネン *Calidris ruficollis* (PALLAS) が少なくとも2桁、多ければ100を越えることもあった(大阪自然環境保全協会、1988)のに対し、今回の調査では、コチドリ *Charadrius dubius* SCOPOLI が4月に11個体記録されているのが最大であり、相当の減少であると言える。調査回数や方法が違うため、一概には言えないが、埋立

てが終わり、工事中に減っていたシギ・チドリ類が開園当時は多く渡来してきていたが、現在、減少しつつあると思われる。

野鳥園の底生動物相は、開園当時からシギ・チドリ類の餌となる種が少ないことが示されてきた(横山ら、1984, 麻生, 1985, 藤岡, 1985)。現在では、YOKOYAMA *et al.* (1991)によると、西池ではさまざまな底生動物の出現が見られているが、北池では少なく、南池では1988年以降、西池との間を水路でつなぎ海水を導入してきたことにより、甲殻類などの底生動物が増加傾向にあるようである。今回の調査結果では、このような底生動

物相を反映して、西池、南池、北池の順にシギ・チドリ類の構成比が高い。ただし、同じく YOKOYAMA *et al.* (1991) によると、野鳥園の底生動物相は大阪府南部の男里川河口のように、ヤマトオサガニ *Macrophthalmus japonicus* DEHAAN、アシハラガニ *Helice tridens* DEHAAN といったシギ・チドリ類の餌となる種が少ないようである。今後、シギ・チドリ類を増やす方法を考えていかなければならないであろう。

カモ類は池や川・湖といったさまざまな水面に適応するのに対し、シギ・チドリ類は海岸線や河岸線などの水辺にしか対応できず、現在、都市化が進すすむ中でそういった自然の水辺は埋め立てられている。そのような中で、野鳥園のような海岸線のある公園は重要な役割を果たしているといえる。シギ・チドリ類の渡来する地は、埋立地の堺市助松埠頭や大津川河口などがあげられるが、公園として機能している地は大阪湾内でも唯一、野鳥園のみである。

また、野鳥保護にあたって、生物学的に重要な環境とは、それぞれの地域に本来ある環境である（樋口、1992）という考えからも、野鳥園を本来の環境、つまり、シギ・チドリ類が多く渡来する干潟状態に変えていかなければならないであろう。

しかし、現在、北池や南池には多くのガンカモ類が渡来し、オオバンがすみ着いており、重要な越冬地、繁殖地になっている。これらの池をシギ・チドリ類に開放することは難しい状況にあると言えるだろう。それよりも、まず、現在、他の種に比較して多くのシギ・チドリ類が利用している西池の地形の改善や底生生物等の増加のための改善を行い、より多くのシギ・チドリ類が渡来できるようにしていくべきである。

謝 辞

本研究を進めるにあたって大阪南港野鳥園事務局の方々

にお世話になった。また、みどりと生き物会議の今井長兵衛博士には原稿を読んでいただき、さまざまな御助言を頂いた。厚くお礼を申し上げる。また、御助言、御協力を頂いた（財）鹿児島県環境技術協会の各位に深く感謝の意を表す。

引用文献

- 麻生 泉 (1985) 底生動物調査報告 (1). 大阪湾にシギ・チドリの楽園を, pp. 30-32.
- 樋口広芳 (1992) 鳥類保護研究の課題と問題点. 環境研究 85: 25-34.
- 藤岡正博 (1985) 底生動物調査報告 (2). 大阪湾にシギ・チドリの楽園を, pp. 32-33.
- 日本野鳥の会研究センター (1993) ガン・カモ・ハクチョウ類全国一斉調査 (1982年-1992年) 結果報告. Strix 11: 361-375.
- 日本野鳥の会大阪支部 (1988) 大阪の野鳥, 3. 大阪府農林部自然保護課, 大阪.
- 日本野鳥の会大阪支部 (1991) ガンカモ科鳥類調査報告書. 大阪府農林水産部緑の環境整備室, 大阪.
- 大阪自然環境保全協会 (1988) 大阪南港野鳥園ガイドブック. 大阪港開発技術協会, 大阪.
- PIANKA, E. R. (1973) The structure of lizard communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 4: 53-74.
- 横山 寿・川合真一郎・小田国雄 (1984) 大阪南港野鳥園における底生動物相. 大阪市立環境科学研究所報告調査・研究年報 46: 10-18.
- YOKOYAMA, H., T. UMEHARA and K. ODA (1991) Succession of benthic assemblages in Wild Bird Park, a sanctuary established on reclaimed land in Osaka Port. *Marine Pollution Bulletin* 23: 739-742.

イエバエの有機リン系殺虫剤抵抗性に関する 常染色体性決定様式を組み込んだ遺伝モデル

今井長兵衛

大阪市立環境科学研究所

(受領：1994年9月2日；受理：1994年11月11日)

A Simple Genetic Model for Organophosphorus Insecticide Resistance with Autosomal Sex Determination in the Housefly, *Musca domestica* L. Chobei IMAI (Osaka City Institute of Public Health and Environmental Sciences, Tennoji, Osaka 543, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 6 : 166-174 (1995)

A simple genetic model was proposed to simulate dosage-mortality (d-m) relationships observed in a crossing experiment between an organophosphorus insecticide-resistant colony (H) and the susceptible Takatsuki strain (T) of the housefly. The d-m curves suggested that dichlorvos resistance is regulated by a completely dominant factor (gene) in both of reciprocal crosses. On the other hand, the resistance to fenitrothion, fenthion, and diazinon seemed to be regulated by a completely dominant gene in the H♀ × T♂ cross, but by an incompletely dominant gene in the T♀ × H♂ cross. The resistance to these three insecticides was considered to be regulated by the following two genes. The first is the same gene responsible for dichlorvos resistance, which is not linked to any autosomal male-determining factor, and the second is a completely dominant gene linked to an autosomal male-determining factor. This simple model explained the results observed fairly well.

Key Words : Insecticide resistance, Autosomal sex determination, Genetic model, Housefly, *Musca domestica*, Fenitrothion

常染色体性の性決定様式を持つイエバエにおける有機リン系殺虫剤抵抗性の遺伝的モデルを検討した。有機リン剤抵抗性の大阪北港産イエバエと感受性の高槻系の交配F₁, F₂における薬量-死亡率関係を調べ、両親のそれと比較検討した。得られた結果から、北港産イエバエのダイクロルボス抵抗性は常染色体性の雄性決定因子と連関のない1個の完全優性因子に制御されており、フェニトロチオン、フェンチオンおよびダイアジノン抵抗性は、ダイクロルボス抵抗性と同一の遺伝子と常染色体性の雄性決定因子と連関するもう1つの完全優性因子によって制御されているというモデルを構築した。このモデルによる計算値から描いた薬量-死亡率関係は、実測値から描いたものと、かなりよく一致した。

緒 言

イエバエの有機リン系殺虫剤抵抗性の遺伝的解析はさまざまな個体群を用い、いくつかの薬剤について報告されている (TSUKAMOTO and SUZUKI, 1966; SHONO *et al.*, 1982; SHONO and TSUKAMOTO, 1983). また, ピレスロイド系殺虫剤抵抗性の遺伝的解析も多くの報告がある (GEORGHIOU, 1969; 船城ら, 1993). 一方, イエバエのいくつかの個体群から常染色体性の性決定様式の存在が報告されている (HIROYOSHI, 1964; 福森・広吉, 1976; TSUKAMOTO *et al.*, 1980; 今井, 1993). 常染色体性の性決定様式を持つ個体群では, 殺虫剤抵抗性を制御する遺伝子が常染色体性の雄性決定因子と連関しており, 抵抗性の遺伝が伴性的な様相を呈する場合も報告されている (KERR, 1960; SULLIVAN, 1961).

著者は, ごみ埋立地のイエバエの総合個体群管理をめざし, 野外個体群の抵抗性の遺伝的制御に関する研究を行っている. そのための基礎資料として抵抗性の遺伝様式を明らかにすべく, 野外産イエバエと感受性コロニーの交配 F_1 , F_2 における薬量-死亡率関係を調べ, 両親のそれと比較検討した. その結果, 伴性的な遺伝様式を検出し, 常染色体性の雄性決定因子を組み込んだ遺伝モデルによる説明を試み, 良好な成績を得たので報告する. なお, 薬量-死亡率関係についてはすでに著者の所属の紀要で発表している (IMAI, 1984) が, 論を展開する上で不可欠のデータであるので, この論文に再掲する.

材料と方法

1. 供試昆虫

有機リン系殺虫剤に感受性の標準系統である高槻系イエバエと大阪湾の北港廃棄物埋立処分地で1977年3月に採集した有機リン剤抵抗性イエバエの累代飼育34代目 (以下, 北港産とよぶ) を用いた. また, 両系統間の交配 F_1 と F_2 も実験に用いた.

2. 供試薬剤

実験に用いた有機リン系殺虫剤はフェニトロチオン, フェンチオン, ダイクロルボスおよびダイアジノンの4種類である.

3. 実験方法

各コロニーの薬量-死亡率関係を局所用法によって調べた. 殺虫剤のアセトン希釈液を3~5日齢の♀成虫に $0.5 \mu\text{l}$ ずつ胸部背面に処理した. 各薬剤に12~17濃

度段階を用意し, 各濃度に60~80個体を用いた. 処理したハエは餌と水を与えて25°Cで飼育し, 24時間後の死亡率を求めた. 薬量-死亡率直線が死亡率50%の線と交わる点の薬量として LD_{50} 値を推定した.

結 果

フェニトロチオンにおける結果をFig. 1に示す. この薬剤では薬量-死亡率 (d-m) 関係は北港産と高槻系で直線状になった. 北港♀×高槻♂では, F_1 のd-m直線は北港産と同じ場所に位置し, F_2 のd-m曲線は抵抗性と感受性のフラクションに分離して死亡率25%にプラトーが現れた. それに対し, 高槻♀×北港♂では, F_1 のd-m直線は両親の中間よりやや抵抗性側に位置し, F_2 のd-m曲線は抵抗性と感受性のフラクションに分離して死亡率50%にプラトーが出現した.

フェンチオンの結果をFig. 2に, ダイアジノンの結果をFig. 3に掲げる. これらの薬剤では, 北港産のd-m直線がフェニトロチオンのそれより感受性の側に寄っている以外, フェニトロチオンの結果と同様の傾向がみられた.

ダイクロルボスにおける結果はFig. 4に示す. 北港産のd-m直線の位置はフェンチオンやダイアジノンのそれよりもやや感受性の側に寄っていた. しかし, それ以上に顕著な相違点は両親のいずれを母親にした交配においても F_1 のd-m直線が北港産のそれと同じ位置に現れ, F_2 のd-m曲線が死亡率25%にプラトーを持ったことである.

各個体群の殺虫剤感受性レベルをTable 1に示す. 北港産の高槻系に対する抵抗性比, すなわち LD_{50} 値 ($\mu\text{g}/\text{♀}$) の比は, フェニトロチオンで118倍, フェンチオンで23倍, ダイアジノンで13倍, ダイクロルボスで11倍であった. 北港♀×高槻♂の F_1 の LD_{50} 値は北港産のそれにはほぼ等しく, 高槻♀×北港♂の F_1 では, ダイクロルボスの LD_{50} 値が北港産と同様である以外, 他の3種類の薬剤では北港産よりやや小さくなった.

考 察

1. 薬量-死亡率関係の解析

上記の結果から, 北港産イエバエのダイクロルボス抵抗性は1個の完全優性因子 (遺伝子または連鎖群) に制御されているものと推測される. それに対し, フェニトロチオン, フェンチオンおよびダイアジノン抵抗性は,

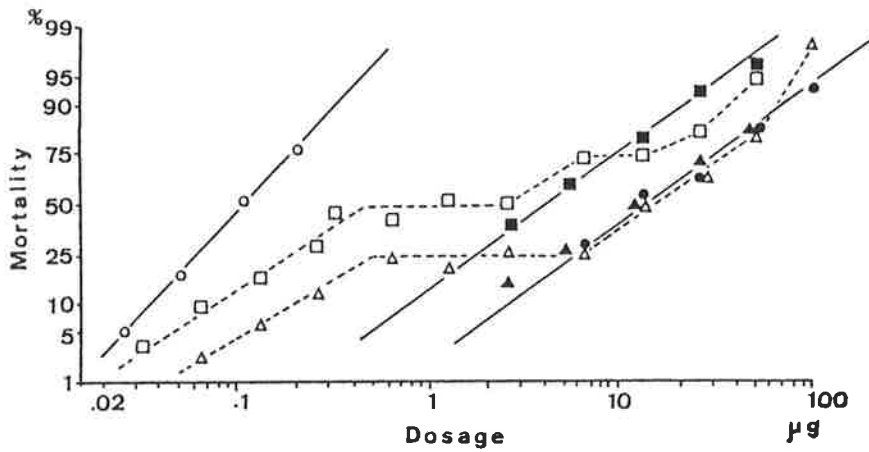


Fig. 1 Relation between fenitrothion dosage and fly mortality. ●: Hokko colony, ○: Takatsuki strain, ▲: F₁ from Hokko ♀ × Takatsuki ♂, △: F₂ from Hokko ♀ × Takatsuki ♂, ■: F₁ from Takatsuki ♀ × Hokko ♂, □: F₂ from Takatsuki ♀ × Hokko ♂.

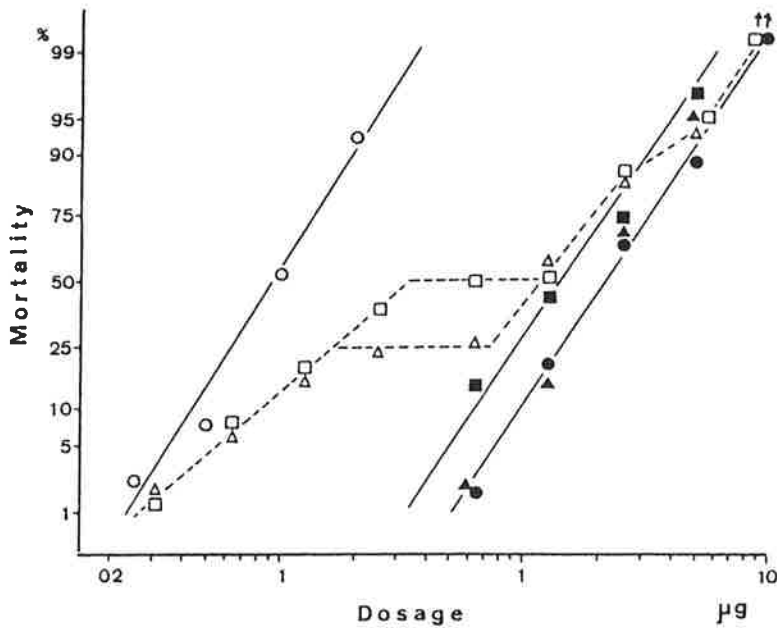


Fig. 2 Relation between fenthion dosage and fly mortality. For explanation of symbols, see Fig. 1.

北港産を母親にした交配では1個の完全優性因子に制御されているかのようなd-m関係を示したが、高槻系を母親とした交配では1個の不完全優性因子に制御されているかのようなd-m関係を示した。

SHONO and TSUKAMOTO (1983) は日本産イエバエ

の1系統のフェニトロチオン抵抗性が第2染色体に関連した完全優性因子に制御されていると報告した。彼らはまた、その系統がダイアジノンとフェンチオンに強い交差抵抗性を示すことから、フェニトロチオン抵抗性が複数の遺伝子に制御されており、そのうちのいくつかは、

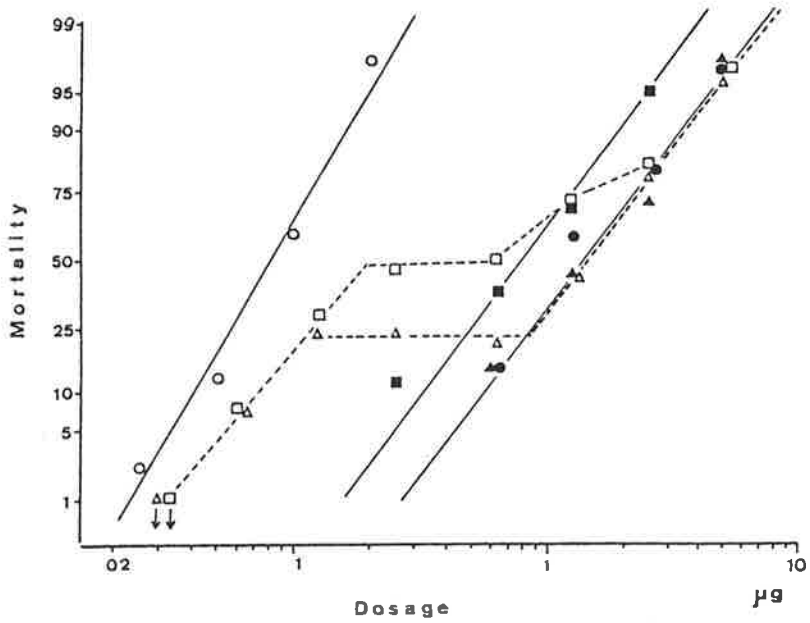


Fig. 3 Relation between diazinon dosage and fly mortality. For explanation of symbols, see Fig. 1.

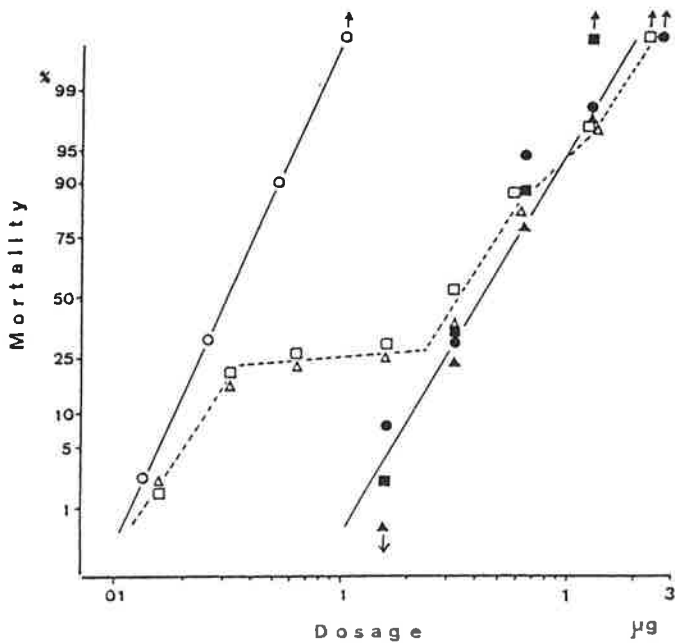


Fig. 4 Relation between dichlorvos dosage and fly mortality. For explanation of symbols, see Fig. 1.

上記の3種類の有機リン剤に対する共通の抵抗性遺伝子であろうと推測している。上記の系統と同様に、北港産

イエバエはフェニトロチオンに強い抵抗性を示し、フェンチオンとダイアジノンに中程度の、ダイクロルボスに弱

Table 1 LD₅₀ values ($\mu\text{g}/\text{♀}$) of 4 organophosphorus insecticides for Hokko colony, Takatsuki strain and their F₁ hybrids

Housefly	Fenitrothion	Fenthion	Dichlorvos	Diazinon
Hokko (H)	13	2.1	0.34	1.2
F ₁ from H♀ × T♂	12	2.0	0.44	1.3
F ₁ from T♀ × H♂	3.6	1.45	0.37	0.75
Takatsuki (T)	0.11	0.09	0.03	0.09

い交差抵抗性を示した。これをSHONO and TSUKAMOTO (1983)と同様の考え方で解釈すると、北港産イエバエのダイクロルボス抵抗性を支配している因子は、他の3種類の有機リン剤抵抗性をも共通に支配する完全優性因子であるという仮説を立てることができよう。

2. 仮説の設定

北港産と高槻系のいずれを母親にした場合でもダイクロルボスにおけるd-m関係が変化しなかったことから、この因子は常染色体に転座した雄性決定因子A^M（正常型はA⁺と表す）とは連関していないものと考えられる。これをR₁（対立因子S₁）とする。それに対し、フェニトロチオン、フェンチオンおよびダイアジノンにおけるd-m関係はいずれを母親にするかによって異なった。これらの殺虫剤に対する抵抗性は上記の共通の抵抗性因子R₁と、R₁とは連関しないで雄性決定因子Mと連関するもう1個の完全優性因子R₂（対立因子S₂、この遺伝子はMとは連関しない）の存在を仮定することによって説明できるように思われる。

北港産の性決定様式はF型であり、♀は複数のMに対して超優性のF因子を1対の常染色体上でヘテロに、それとは別の1対の常染色体上にM因子をホモに持ち、♂はFを持たず1対の常染色体上にMをホモ（一部の♂はヘテロ）に持つと仮定する。この仮定は、この実験で北港♀ × 高槻♂の交配F₁の性比が♂の多いほうに著しく偏っていた事実（IMAI, 1983）やF型の性決定様式が北港個体群に広く見られることを示した今井（1993）などによって裏付けられる。F因子は第4染色体上にあることが知られており（McDONALD *et al.*, 1978）、ここでは抵抗性を制御する遺伝子や雄性決定因子とは連関していないものと仮定する。また、北港産♀は上記の2つの抵抗性因子R₁とR₂をホモに持っているものとする。

3. モデルの構築

遺伝子記号等の取り決め：上記の仮説に基づき、北港産と高槻系の正逆交配のF₁で出現すると期待される染

色体構成と遺伝子型をFig. 5に示す。図中の細長い直方体は染色体であり、4対で1つの染色体構成を意味する。イエバエの常染色体は5対あるが、ここではモデルに関連する3対だけを描いており、本文では図中の各染色体構成の左端のものから順にA, B, Cで表す。図示のように、AにはF因子（または+）が、BにはR₁（またはS₁）が、CにはR₂（またはS₂）とM（または+）がそれぞれ乗っている。右端のものは性染色体で、長いものがX、短いものがYを示す。YにはMが乗っている。本文で染色体記号に添えた肩文字の遺伝子記号は、当該染色体に当該遺伝子が乗っていることを意味する。

北港♀ × 高槻♂の交配F₁♀：仮定より、北港♀の性に関する染色体構成はA^FA⁺C^MC^MX⁺X⁺、抵抗性はB^{R₁}B^{R₁}C^{R₂}C^{R₂}となり、高槻♂の性決定様式はA⁺A⁺C⁺C⁺X⁺Y^M、抵抗性はB^{S₁}B^{S₁}C^{S₂}C^{S₂}となる。したがって、交配F₁♀の性決定様式は①A^FA⁺C^MC⁺X⁺X⁺と②A^FA⁺C^MC⁺X⁺Y^Mが1:1の比で出現する。抵抗性はすべてB^{R₁}B^{S₁}C^{R₂}C^{S₂}、遺伝子型で表すとR₁S₁R₂S₂となり、R₁とR₂を完全優性因子と仮定したから、表現型は[R₁R₂]となる。

北港♀ × 高槻♂の交配F₂♀：F₁♂の性決定様式は③A⁺A⁺C^MC⁺X⁺X⁺と④A⁺A⁺C^MC⁺X⁺Y^Mが1:1の比で出現する。ランダム交配を仮定すると、交配の組み合わせは①×③、①×④、②×③、②×④が等しい確率で生じることになる。

いずれの交配においても、母親からFを受け取った個体はMの存在に関わり無くすべて♀になり、抵抗性に関する2対の優性遺伝子は互いに独立に遺伝するから、表現型の分離比は9 [R₁R₂] : 3 [R₁S₂] : 3 [S₁R₂] : 1 [S₁S₂]となる。

一方、母親からFを受け取らなかった個体のうちC^MとY^Mをどちらも受け取らなかったものは♀になる。このような♀における各表現型の出現頻度を、♂になる場合を含むすべての組み合わせに対する割合として求める

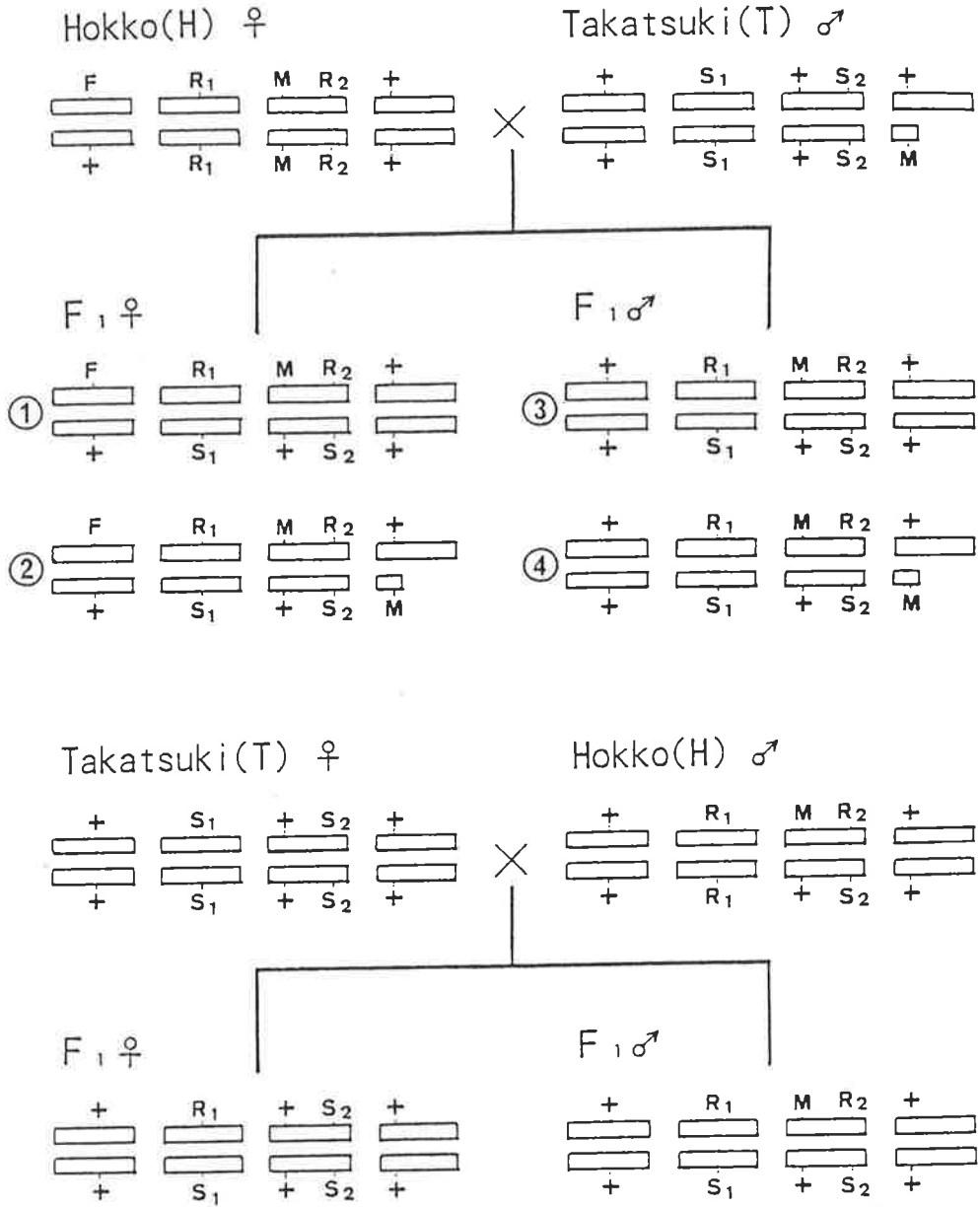


Fig. 5 A scheme of expected genotype segregation in F₁ progenies from reciprocal crosses between Hokko colony (H) and Takatsuki strain (T). The genotypes of the parents are assumed as illustrated in the figure.

と、①×③の交配では [R₁S₂] が3/16で [S₁S₂] が1/16となり、①×④および②×③の交配では [R₁S₂] が3/32で [S₁S₂] が1/32、②×④の交配では [R₁S₂] が3/64で [S₁S₂] が1/64となった。なお、[R₁R₂] と [S₁R₂] は、R₂遺伝子とM因子が連関

しているという仮定の当然の帰結として、すべて♂個体になる。

上記の2つの場合を総合して♀の抵抗性に関する各表現型の頻度を計算すると、表現型の分離比は2019 [R₁R₂] : 1041 [R₁S₂] : 673 [S₁R₂] : 347 [S₁S₂]

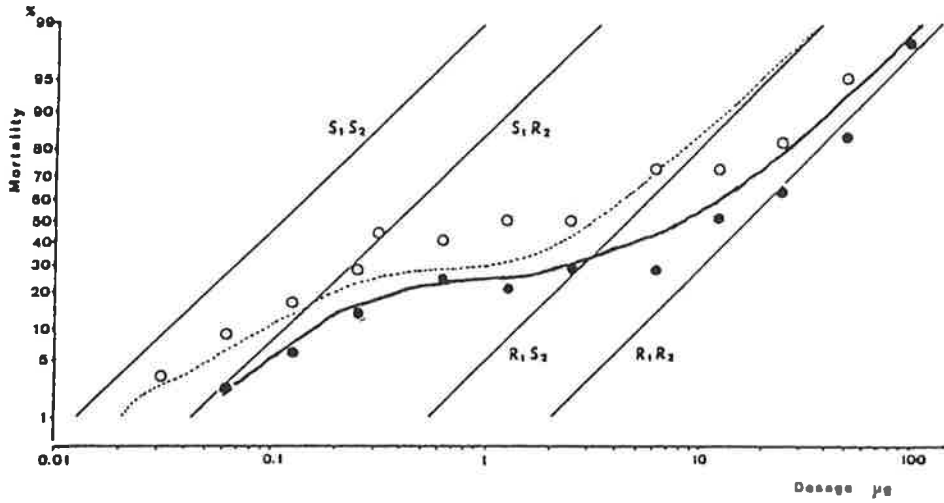


Fig. 6 A simple model for fenitrothion resistance in Hokko housefly population. ● : F₂ From Hokko ♀ × Takatsuki ♂, ○ : F₂ from Takatsuki ♀ × Hokko ♂. A fine curve and broken one show d-m line of 6 [RR] : 3 [RS] : 2 [SR] : 1 [SS] and that of 3 [RS] : 1 [SS], respectively. The d-m lines of four phenotypes are also shown.

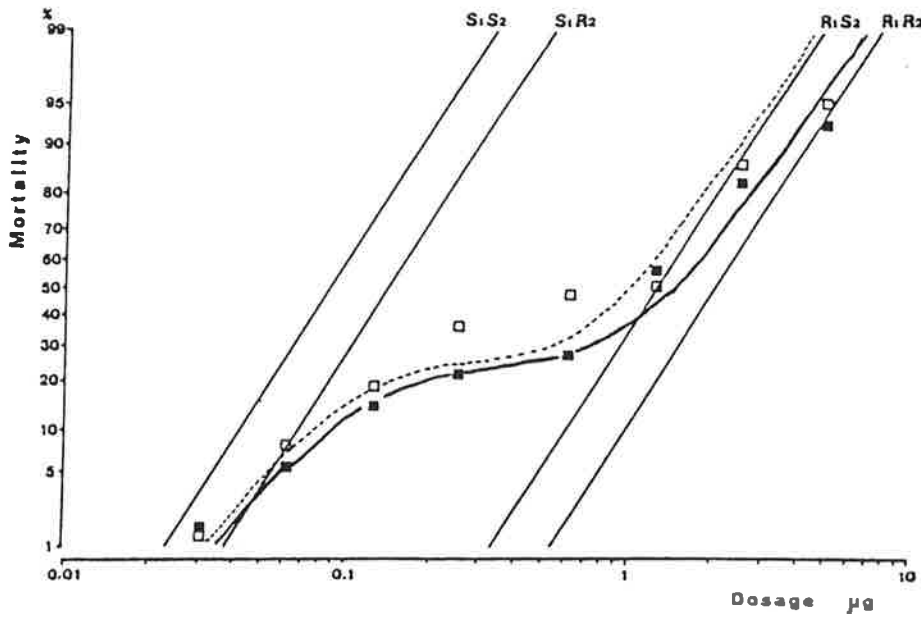


Fig. 7 A simple model for fenthion resistance in Hokko housefly population. For explanation of symbols, see Fig. 6.

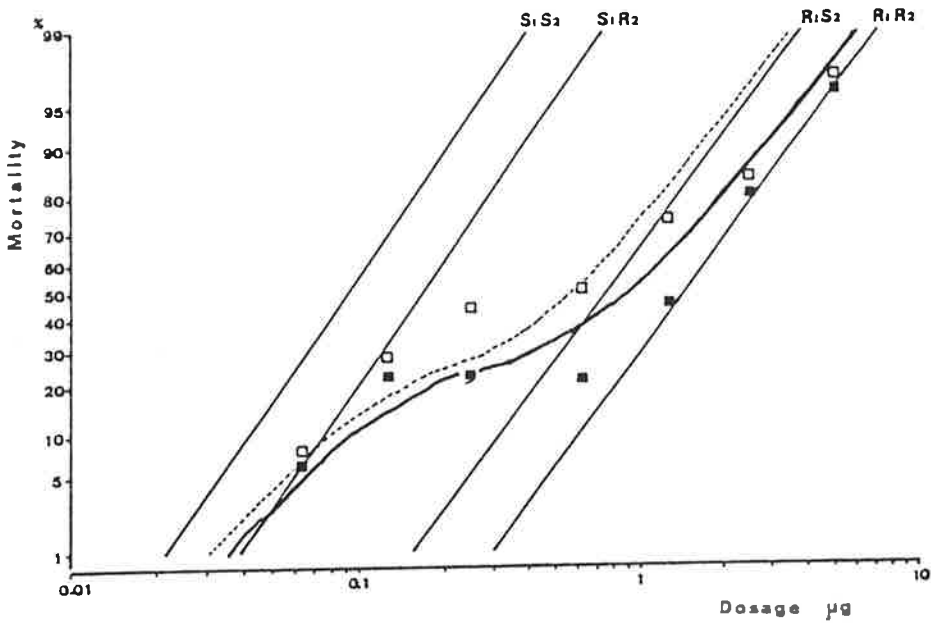


Fig. 8 A simple model for diazinon resistance in Hokko housefly population. For explanation of symbols, see Fig. 6.

となり、近似的に $6 [R_1 R_2] : 3 [R_1 S_2] : 2 [S_1 R_2] : 1 [S_1 S_2]$ となった。

高槻♀ × 北港♂の交配 F_1 ♀：北港♂のほとんどすべての個体の性決定様式は $A^+ A^+ C^M C^M X^+ X^+$ と考えられるが、この♂と交尾した高槻♀が残す F_1 は、すべて C^M を受け取るので、♂ばかりになる。したがって、高槻♀ × 北港♂の交配によって生まれる F_1 ♀は、北港産に少数ながら混在する性決定様式が $A^+ A^+ C^M C^+ X^+ X^+$ (抵抗性は $B^{R1} B^{R1} C^{R2} C^{S2}$ 、遺伝子型 $R_1 R_1 R_2 S_2$) の♂から C^+ の染色体を受け取った (つまり C^M を受け取らなかった) 個体であると考えられる。すると、この♀の性決定様式は $A^+ A^+ C^+ C^+ X^+ X^+$ 、抵抗性に関する染色体構成は $B^{R1} B^{S1} C^{S2} C^{S2}$ 、遺伝子型は $R_1 S_1 S_2 S_2$ となり、表現型は $[R_1 S_2]$ となる。

高槻♀ × 北港♂の交配 F_2 ♀： F_1 の♂の性決定様式は $A^+ A^+ C^M C^+ X^+ X^+$ 、抵抗性は $B^{R1} B^{S1} C^{R2} C^{S2}$ となる。これは性決定様式が $A^+ A^+ C^M C^M X^+ X^+$ である父親から生まれた♂でも同じである。ランダム交配を仮定して同様に計算すると、♀は M と関連している R_2 を持ち得ないので、交配 F_2 の♀の表現型の分離比は1個の優性遺伝子 R_1 に関する表現型の分離比と同じになり、 $3 [R_1 S_2] : 1 [S_1 S_2]$ となる。

各表現型の $d-m$ 直線の推定：これまでの仮定から、 $[R_1 R_2]$ の $d-m$ 直線は北港♀ × 高槻♂の F_1 や北港自身の $d-m$ 直線と同一、 $[R_1 S_2]$ の $d-m$ 直線は高槻♀ × 北港♂の F_1 の $d-m$ 直線と同一となる。また、 $[S_1 R_2]$ の $d-m$ 直線は、 $[R_1 R_2]$ の $d-m$ 直線と $[R_1 S_2]$ の $d-m$ 直線との隔たり分だけ、 $[S_1 S_2]$ の $d-m$ 直線から抵抗性の側へ寄ったところに位置するものと考えられる。

4. モデルの検証

このように仮定した4つの表現型、すなわち $[R_1 R_2]$ 、 $[R_1 S_2]$ 、 $[S_1 R_2]$ 、 $[S_1 S_2]$ のそれぞれの $d-m$ 直線 (実測値) と、 F_1 成虫におけるランダム交配を仮定した場合の各表現型の期待分離比から描いた F_2 の $d-m$ 曲線を観察値と比較した。Fig. 6にはフェニトロチオンの結果を、Fig. 7にはフェンチオンの結果を、Fig. 8にはダイアジノンの結果をそれぞれ示す。いずれの薬剤においても、計算値と実測値は比較的よく一致した。

これらの結果から、北港産イエバエの有機リン剤抵抗性は複数の遺伝的因子に支配されており、それらの因子の内の一つは常染色体性の雄性決定因子と関連しているという遺伝モデルの有効性を、ある程度実証できたと考える。