

平成22年度海外学術調査総括班フォーラム

2010年6月26日

於 東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所

『インドネシアにおける多様な環境と  
生物の季節現象：昆虫類の長期研究から』

金沢大学

環日本海域環境研究センター

中 村 浩 二

1. はじめに一熱帯とは
2. 熱帯における環境変動, とくに降雨について
3. 熱帯における昆虫の生活史  
温帯との比較  
物理的環境と生物的環境  
熱帯昆虫の生活史調節—乾季と休眠
4. 熱帯における生物のフェノロジーの研究  
植物の開花  
昆虫個体数変動 (間接的方法)

## 5. 熱帯昆虫の生活史特性と個体群動態（直接法）

### インドネシアにおける昆虫個体群の長期動態 —私の研究

#### 研究材料

1. 食葉性テントウムシ類  
（テントウムシ科：エピラクナ亜科）
2. ジンガサハムシ類  
（ハムシ科：カメノコハムシ亜科）
3. バナナセセリ  
（セセリチョウ科, *Erionotoa thrax*)

# 温帯と熱帯の比較：昆虫の生活から

## 1. 昆虫の生活史

### ①温帯

1. 冬

2. 季節にあわす（食物—植物の防衛戦略）

3. 天敵

cf. 冬あるいは活動不適季への対策：

休眠と分散

熱帯における昆虫の休眠？（温帯との比較）

## ②熱帯

### (1)物理環境（気候）

1. 高温（日較差＞季節変動）

2. 降雨：乾季と雨季

1. 変動性の大きさ

2. 空間的：小地域間差，低地と高地

3. 時間的：周期性，エル・ニーニョ

3. 日長が一定

## (2)生物環境

### 1. 種多様度の高さ

熱帯雨林は地球上でもっとも複雑な生態系  
温和で安定した気候

### 2. 種間相互作用の複雑・緊密化

#### a. 敵対関係

捕食圧（アリ，ハチ）

寄生圧（ハチ，ハエ）

植物の防衛戦略

物理・化学

アリ：花外蜜腺や「アリ植物」

#### b. 協力関係

花粉媒介

種子分散

# 天敵の圧力

## 卵保護するヘリカメムシ



写真2 オオサンカクイの葉に産みつけられ  
その周囲には卵寄生蜂 *Gryon* sp.  
Female *P. grossipes* guarding her  
eggs of the sedge, *S. grossus*. Sceli  
*Gryon* sp., are standing by



写真7 キアサガオの葉に産みつけ保護していた卵塊をアリに  
食われてしまったメス親  
Female *P. grossipes*, forced away from her eggs  
eaten by ants



ツムギアリに攻撃されるジンガサハムシ成虫



写真5 オオサンカクイの茎に産みつけられた卵塊から、メスを  
除去すると卵寄生蜂 *Gryon* sp. が群がる  
Egg parasites, *Gryon* sp. attacking an orphaned  
*P. grossipes* egg mass

# Dr. Henk Wolda (Smithsonian Tropical Research Institute, Panama, 1992)





# 熱帯

# 温帯

非季節的

季節的 (乾季がある)

温帯

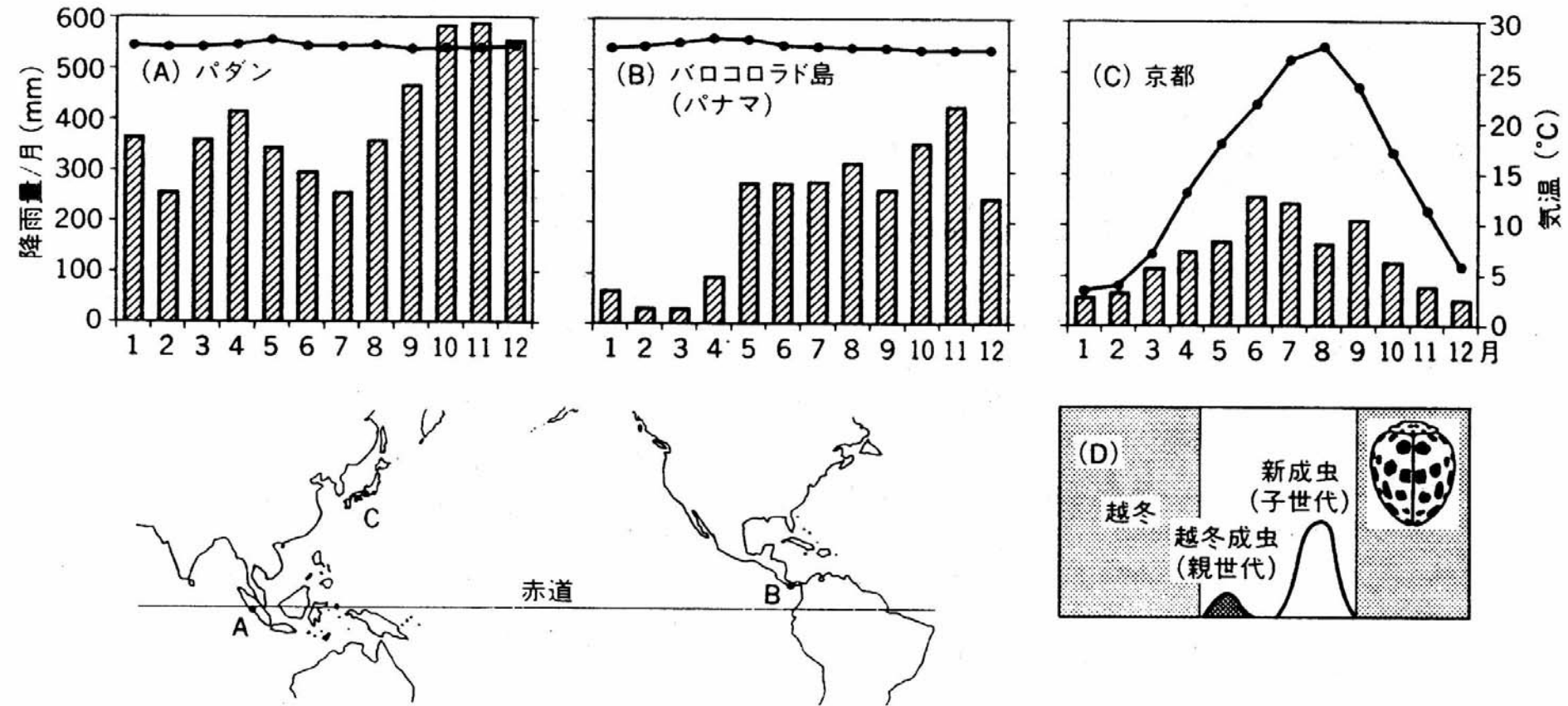


図1 熱帯～温帯の降雨量と気温の季節変化。(A)かなり非季節的な多雨熱帯(パダン), (B)季節的な熱帯(バロコロラド島, パナマ), (C)温帯(京都). (D)京都におけるニジュウヤホシテントウの生活環<sup>(5)</sup>.

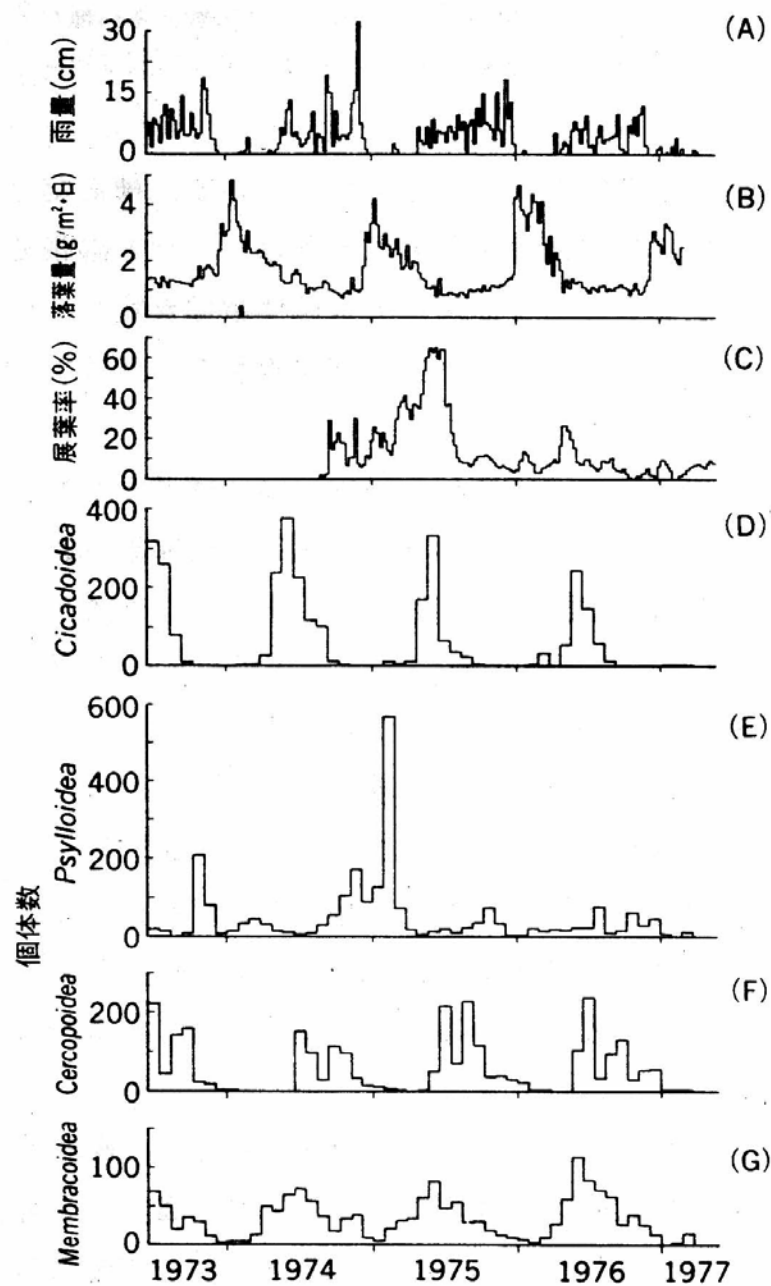


図2 バロコロラド島の雨量(A), 落葉量(B), 展葉率(C), およびライトトラップに誘引された同翅目の吸汁性昆虫の個体数(上科ごとに集計, D~G)<sup>(5)</sup>.

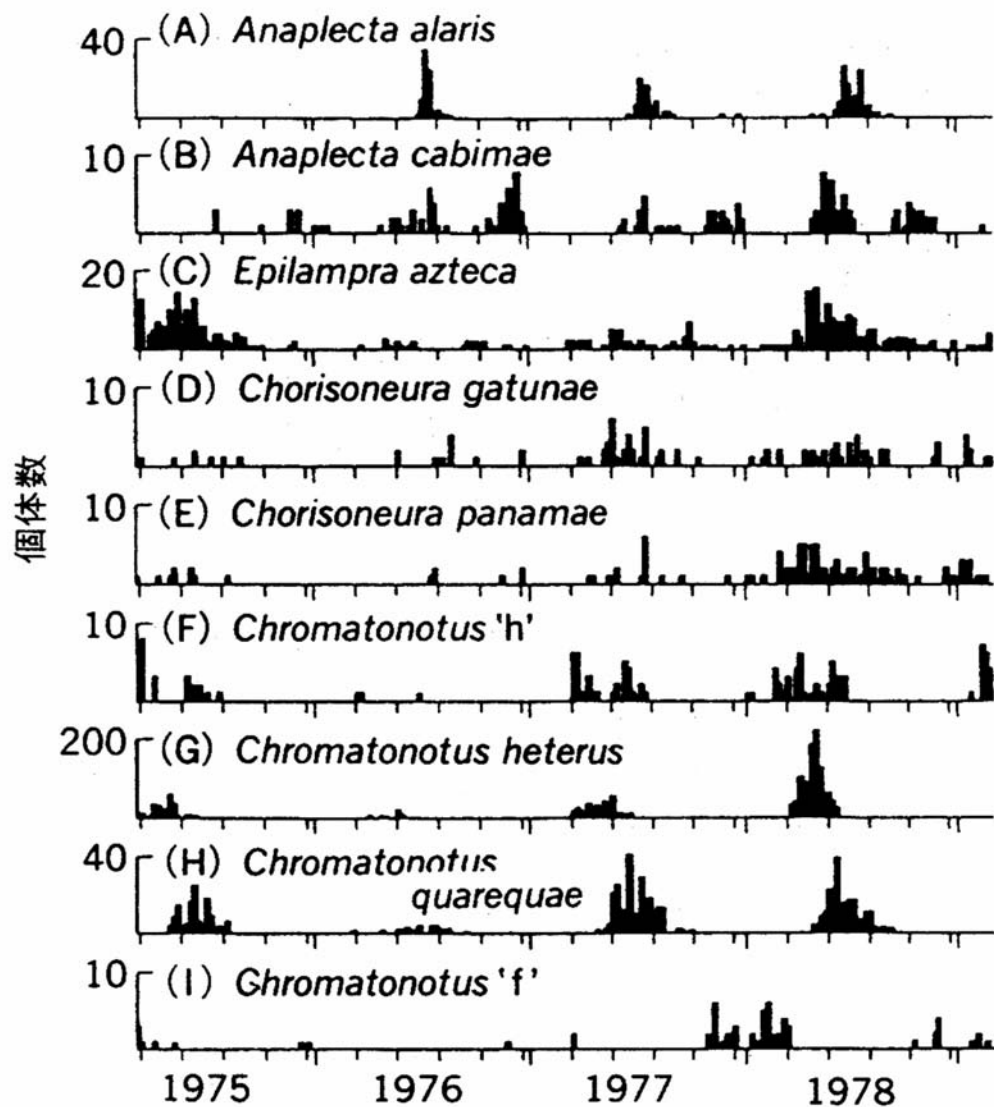
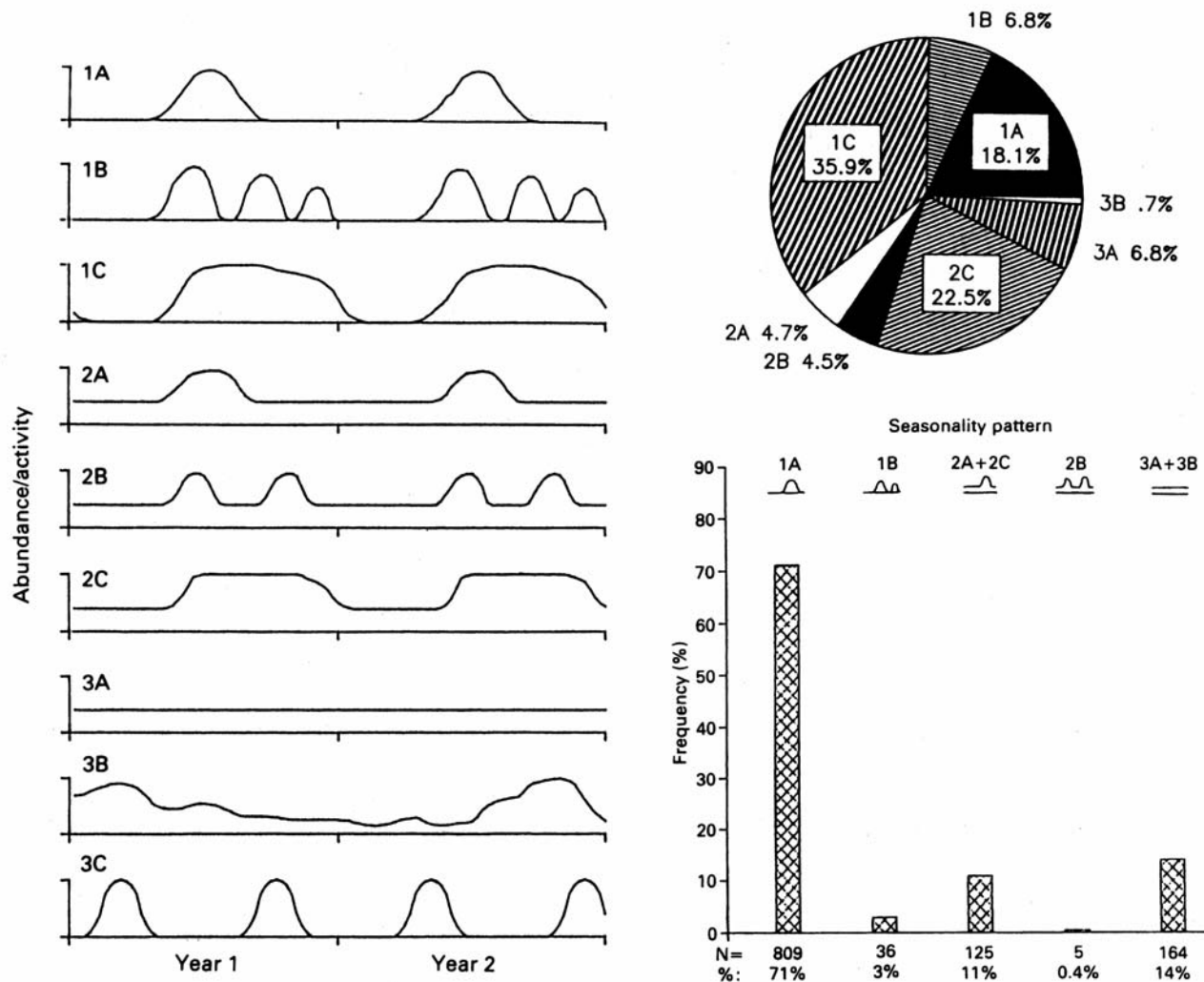
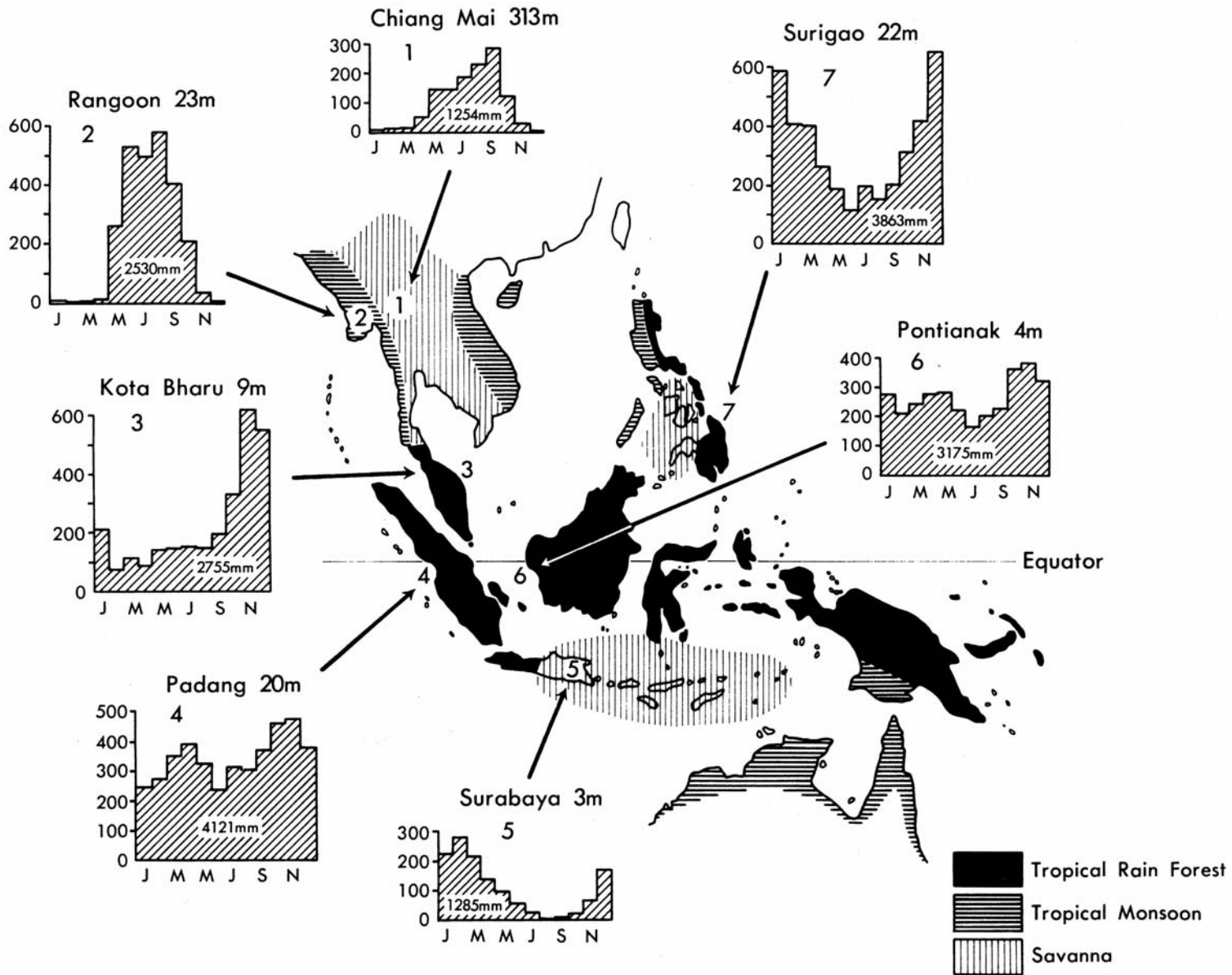


図3 バロコロラド島ライトトラップに誘引された森林性ゴキブリ個体数の季節変動<sup>(6)</sup>。個体数の多い種だけを種ごとに集計。縦軸のスケールが一定でないことに注意。

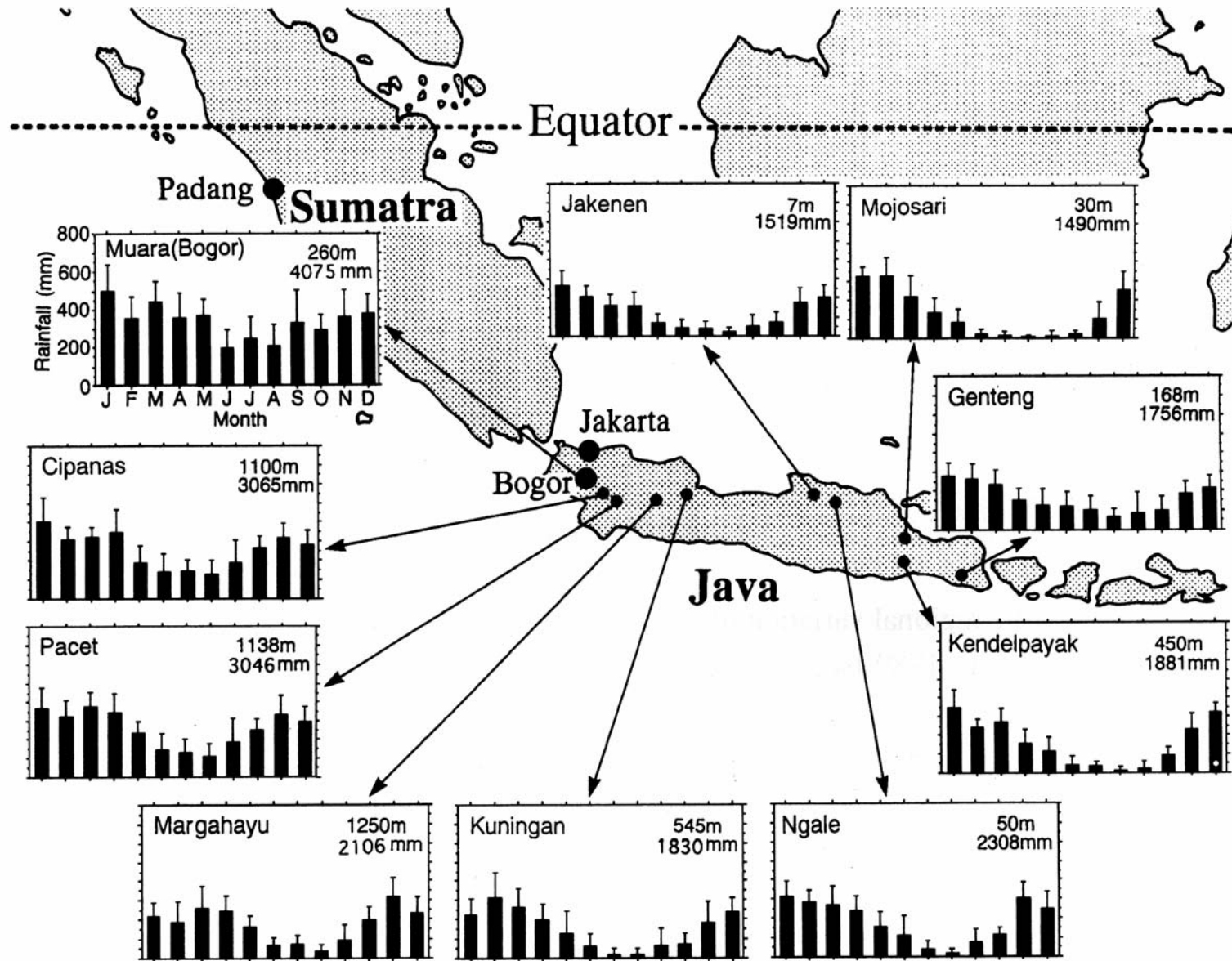


**Figure 5.** (左)熱帯における動植物の季節活動のタイプ分け。1A～1C：無活動期とピークが交代する。2A～2C：活動ピークがある（活動は年中とぎない）。以上6タイプは季節的 (Seasonal) な例を示し、3A～3Cは非季節的 (Aseasonal) な例を示す。(右上)バロコロラド島(パナマ)で誘蛾灯(12年間)で採集された同翅目昆虫426種の季節タイプ。(右下)同島の樹木の開花の季節タイプ。出典：Wolda (1987, 1988)。

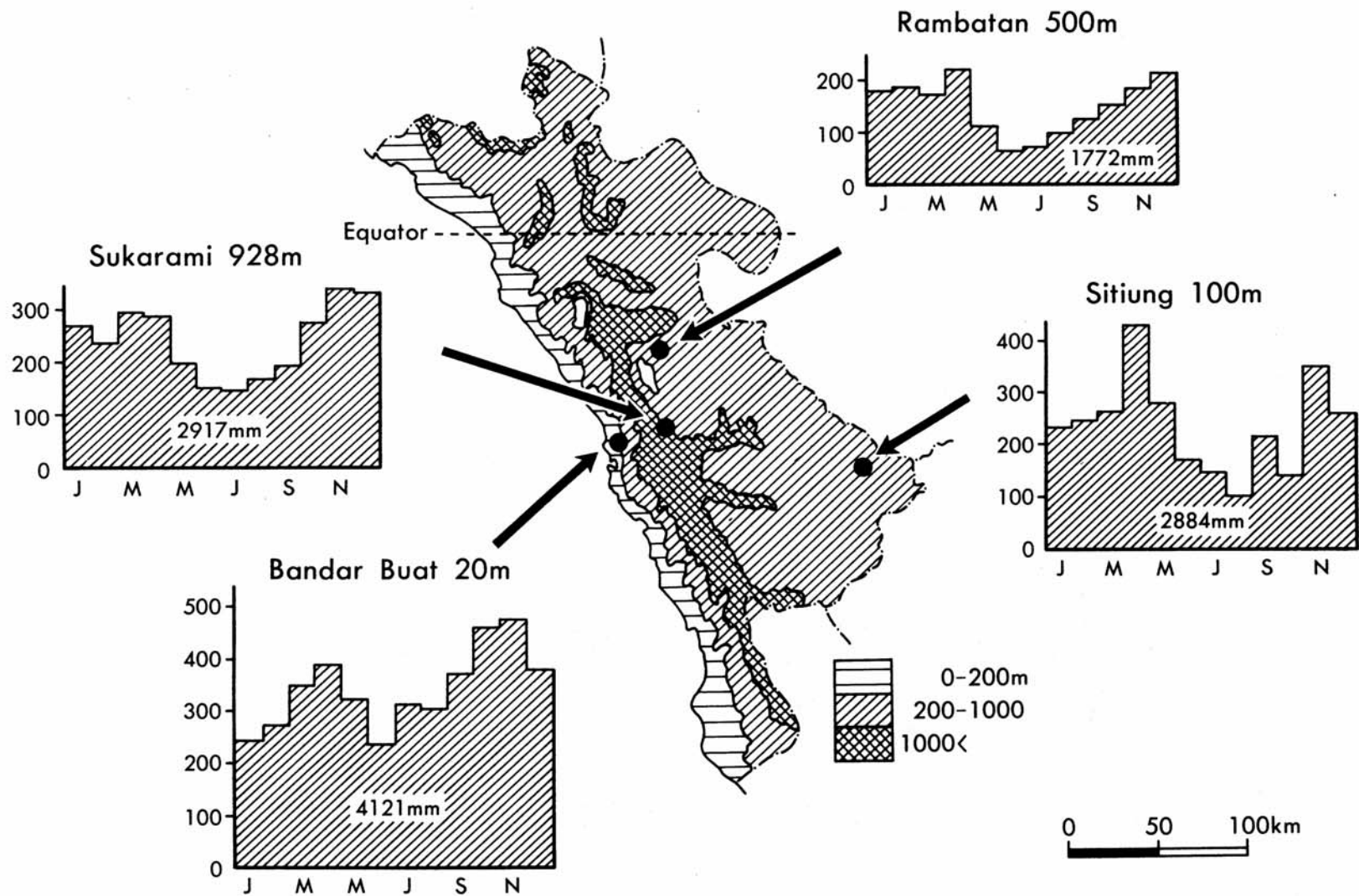


**Figure 1**

Climatic divisions of tropical Southeast Asia and patterns of mean monthly rainfall at seven localities (modified from Takaya, 1985 and Mizukoshi, 1971).



**Fig. 1. Regional variation of rainfall (mm) in Java (original data recorded by BORIF for 1980-1989).** Vertical bar shows the 95% confidential limit. Numerals in the figure show elevation (m) from sea level and annual rainfall (mm).



**Figure 3**

Local variation in monthly rainfall (mm) within Sumatera Barat. Records available are: 1958–1982 for Bandar Buat, Padang; 1960–1982 for Sukarami, Solok, and Rambatan, Batusangkar and 1977–1982 for Sitiung, Sungai Dareh. Original data were taken by Sukarami Research Institute for Food Crops in Sumatra, Indonesia.

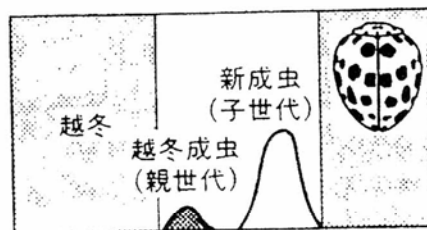
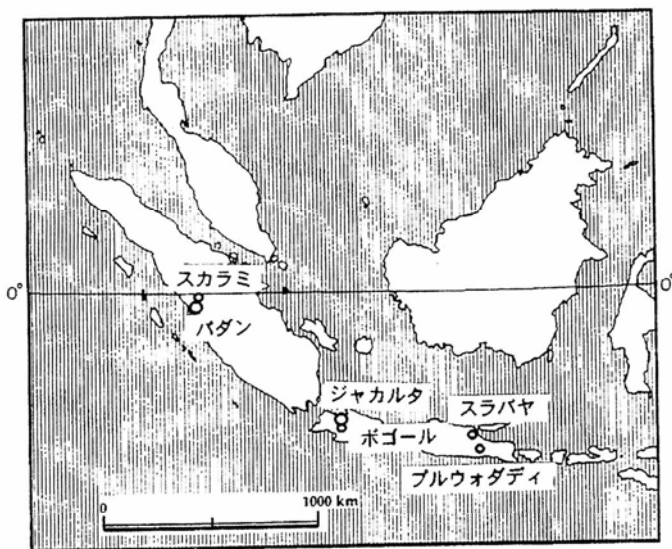
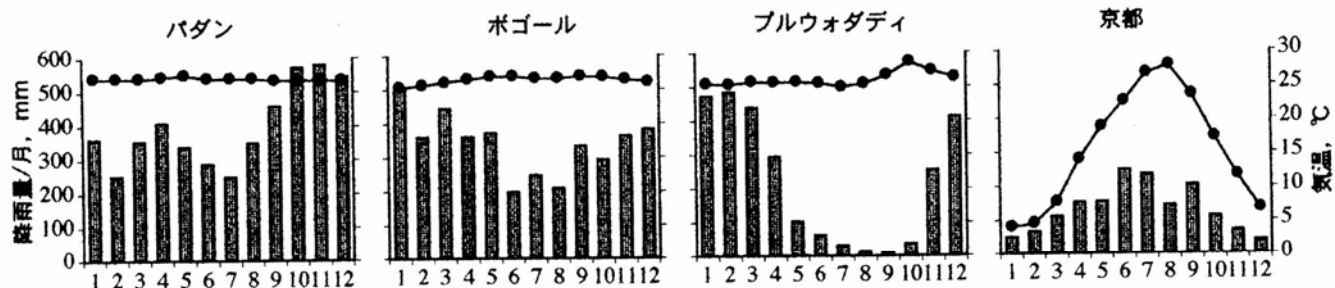


図1 上段：インドネシアの調査地（パダン，スカラミ，ボゴール，プルウォダディ）と京都の降雨量と気温の季節変化，下段（左）：インドネシアの主要調査地の位置，下段（右）京都におけるニジュウヤホシテントウの生活環。

出典：中村(1993)を改変



## 5. 熱帯昆虫の生活史特性と個体群動態（直接法）

### インドネシアにおける昆虫個体群の長期動態 —私の研究

#### 研究材料

#### ニジュウヤホシテントウ

1. 食葉性テントウムシ類  
（テントウムシ科：エピラクナ亜科）
2. ジンガサハムシ類  
（ハムシ科：カメノコハムシ亜科）
3. バナナセセリ  
（セセリチョウ科, *Erionotoa thrax*）

## 調査場所（海拔高度，降雨条件）

スマトラ西部州：

Padang（海岸低地10m，非季節的）

Sukarami（高地1000m，やや非季節的）

Sitiung，（内陸200m，かなり季節的）

Ranbтан（内陸600m，季節的）

西ジャワ州

Bogor（内陸250m，かなり非季節的）

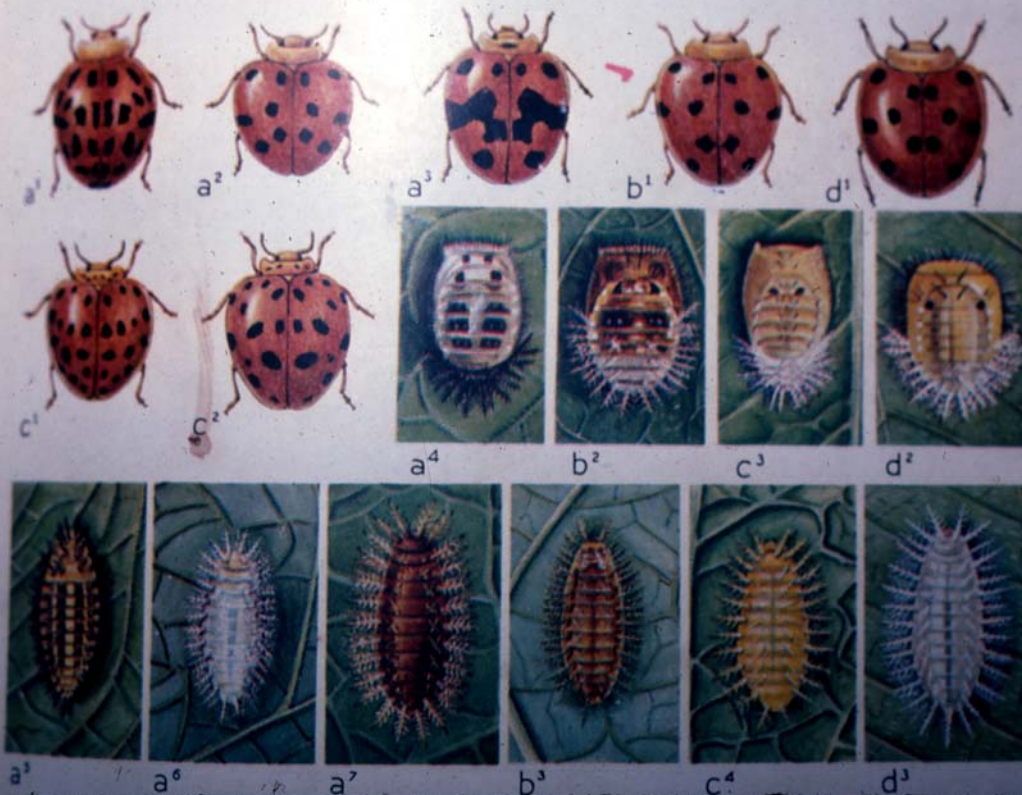
東ジャワ州

Purwodadi（内陸240m，つよい乾季あり）

DONESIË

ogie van de  
en, als basis  
de beoorde-  
van de on-  
nge verwant-  
D, stond nog  
ter beschik-

levenswijze  
n de verschil-  
Epilachni-  
op de aard  
de voedsel-  
na - in grote  
en overeen.  
ren worden  
pstaande in  
es afgelegd  
) . De larven  
eelalaan de  
de van de



カルシヨーベン著「インドネシアの農業害虫（英語版）」（原著はオランダ語で1951年に出版）にでているニジュウヤホシテントウ類の図版.

# ニジュウヤホシテントウの調査方法と調査地



成虫（数を推定するために、一匹ずつペイントマーカーでマーキングした）



成虫マークするアソル・ハシム君（1981年，パダン）



ニジュウヤホシテントウの卵（右）， 4 齡幼虫（中）， サナギ（左）． 下：正常， 上：寄生蜂に寄生されたもの．



パダンの調査地（食草の葉を一枚ずつめくり，成虫に  
マークを付け，卵，幼虫，サナギをカウントした）  
1981年.

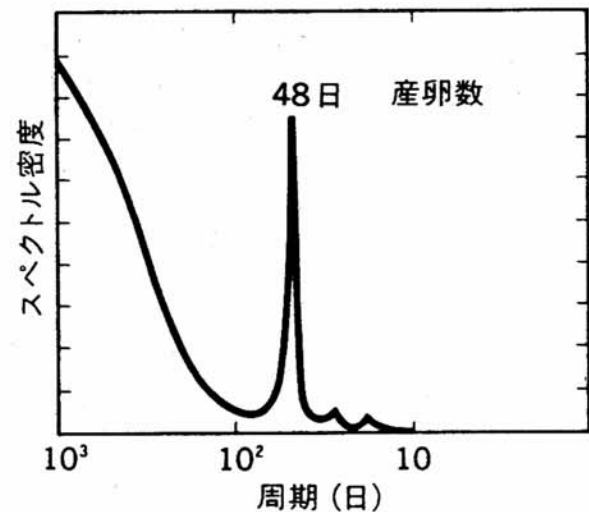
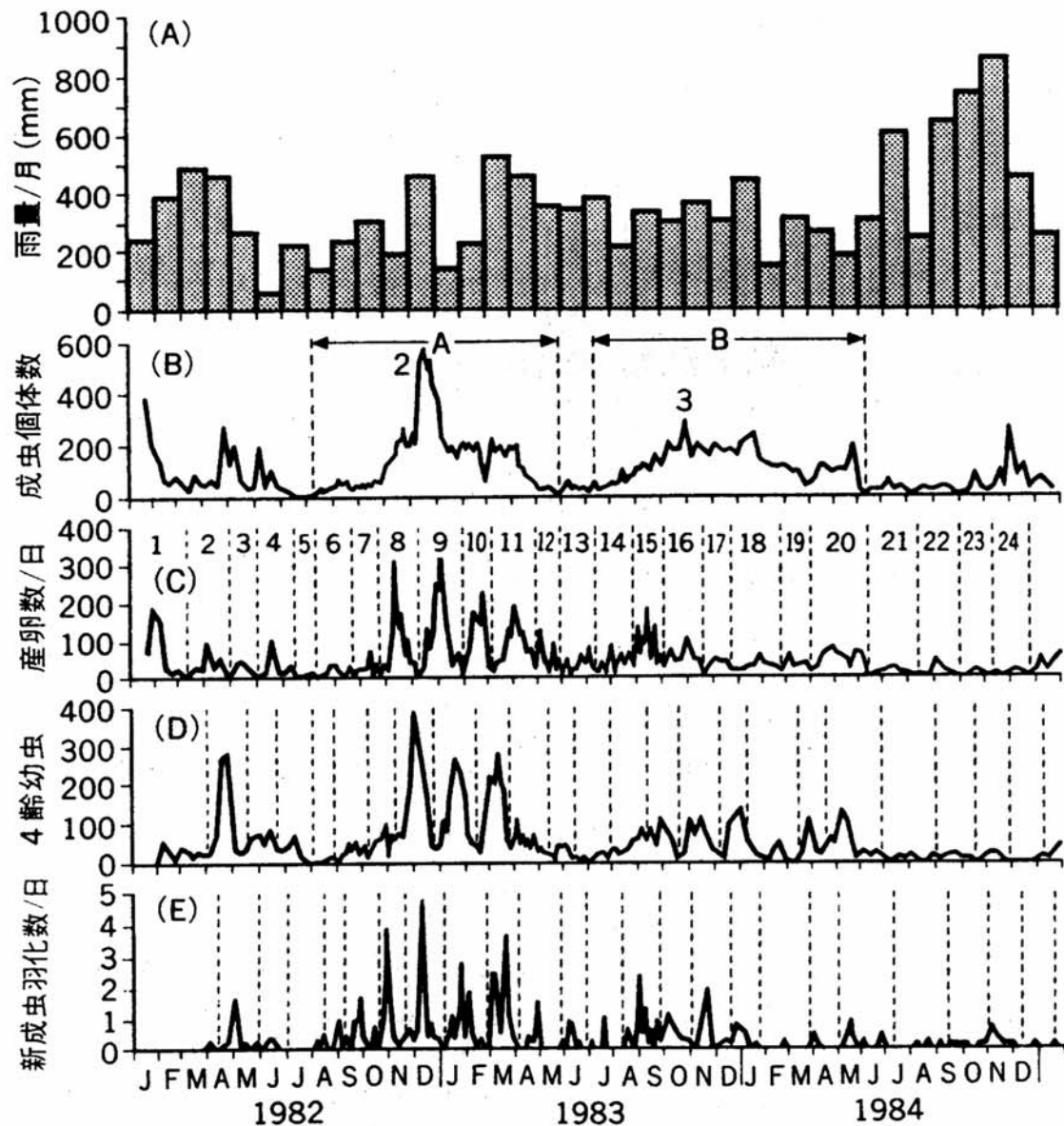
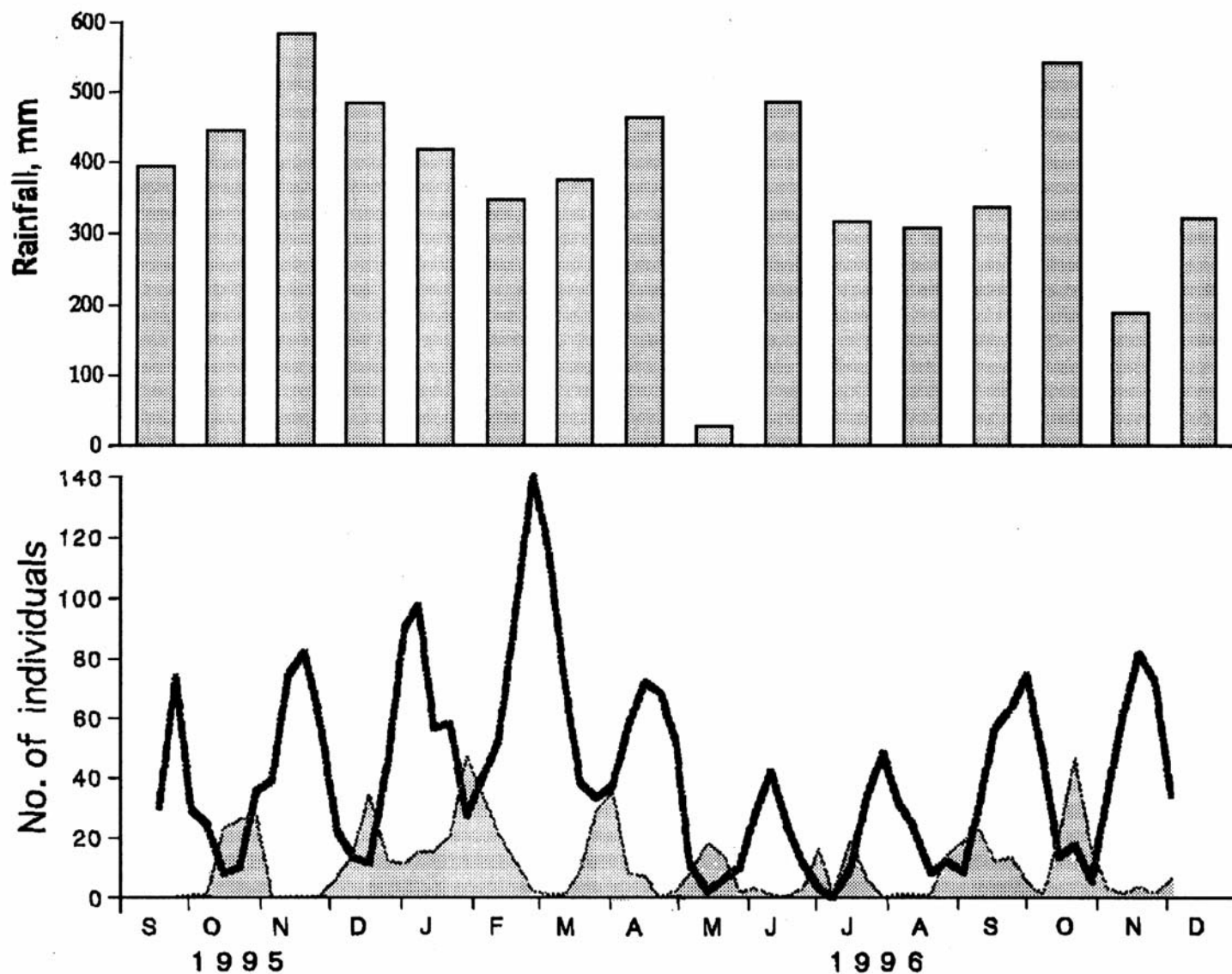


図5 パダンにおけるニジュウヤホシテントウの個体数変動<sup>10)</sup>。(A)月当たり降雨量、(B)成虫数(標識再捕法による推定値)、(C)産卵数、(D)4 齡幼虫数、(E)羽化数。(C)(D)(E)は日当たり新加入数を示す。(C)(E)の数字は世代を表わす。上は産卵数の季節変動(C)のパワースペクトル。明瞭な48日周期が検出された。



**Fig. 4. Seasonal fluctuation in total amount of rainfall per month (top) and in the size of *E. vigintioctopunctata* population feeding on *C. pubescens* (bottom) in Padang, West Sumatra. Bold and thin lines indicate adults and 4th instar larvae, respectively.**

ニジュウヤホシホシテントウの集団 (マメ科のツル草, パダン)



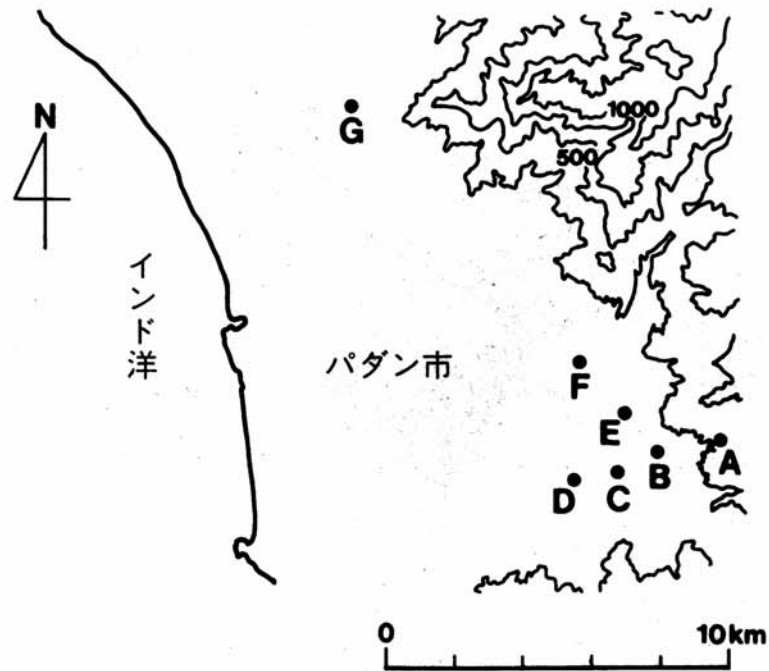
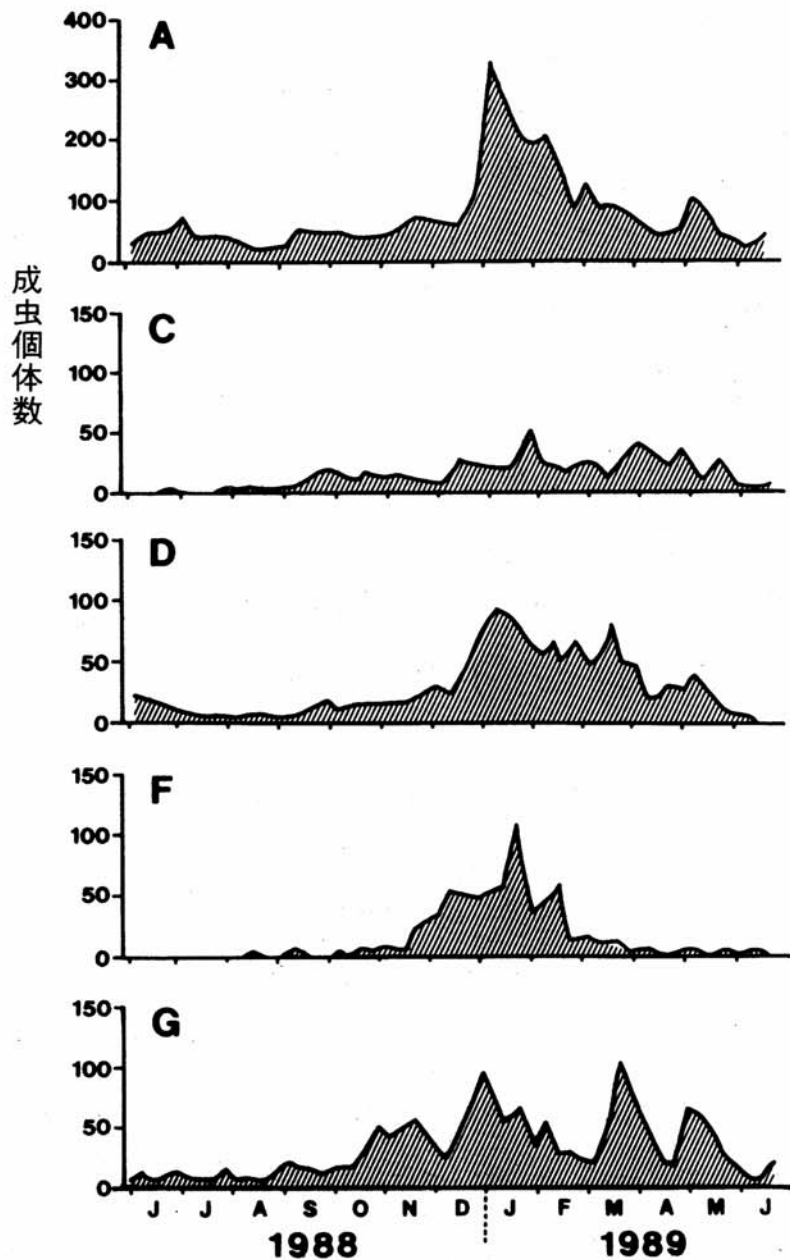


図3 パタン周辺の調査地点におけるニジュウヤホシtentou個体数変動の比較 (中野ら, 未発表).

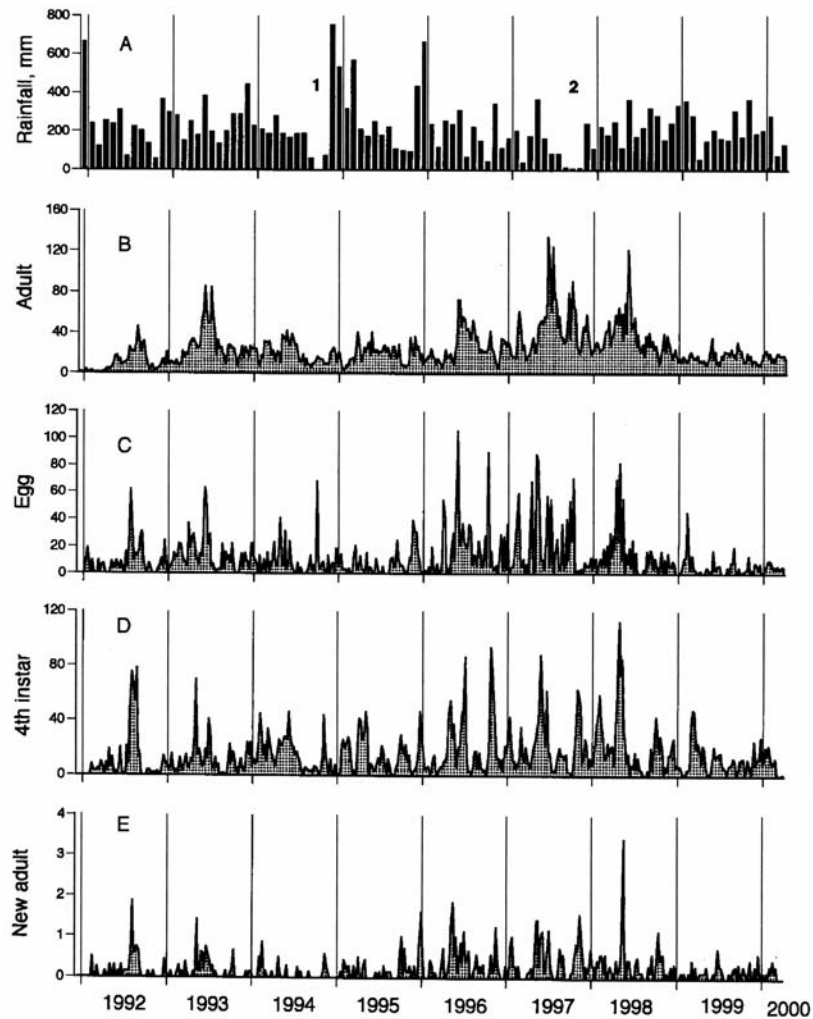
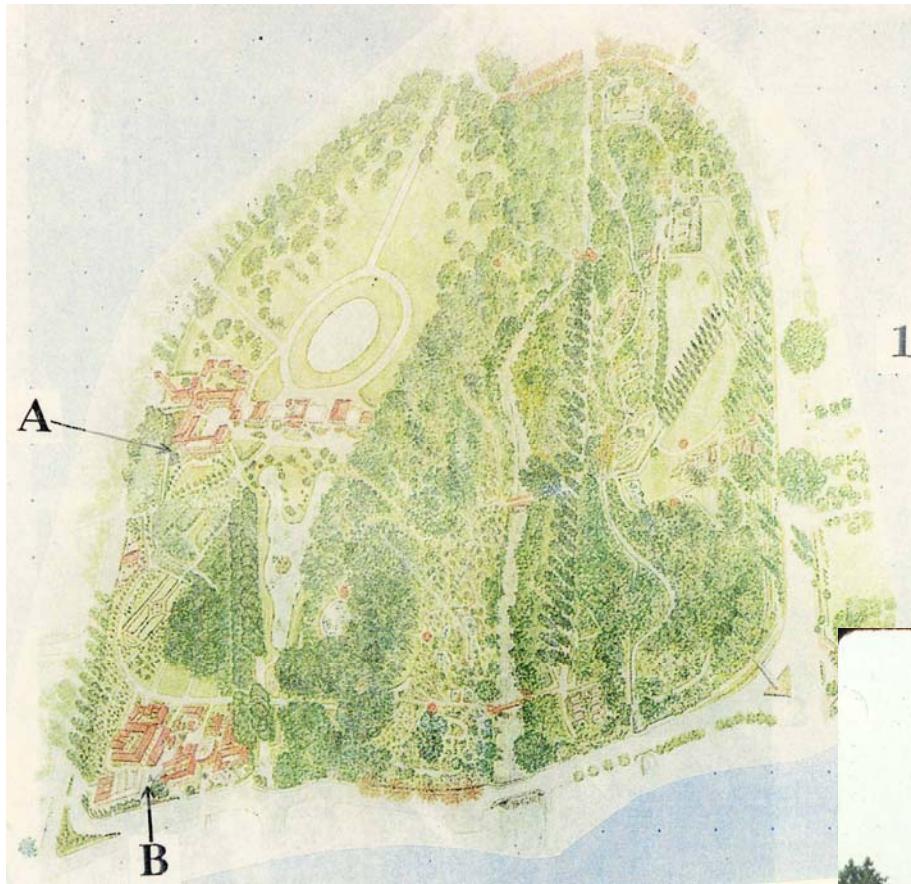


Fig. 6. Seasonal fluctuation in total amount of rainfall per month (A) and total number of *E. vigintioctopunctata* in successive developmental stages (B-E) on the main site in Sukarami, West Sumatra. Number of individuals in each stage is expressed as follows: (B) adults, number directly counted; (C) eggs, number laid per day; (D) 4th instar larvae, number directly counted; (E) new adults, number of pupal exuviae collected per day. Numerals in (A) indicate Droughts 1 and 2.

ニジュウヤホシホシテントウの集団（ナス科の半低木，スカラミ）



Study sites, A and B, in  
the Bogor Botanical  
Garden

Guest House



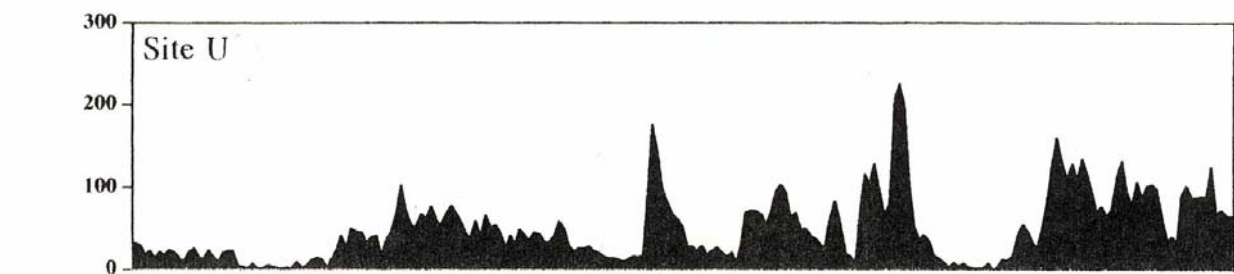
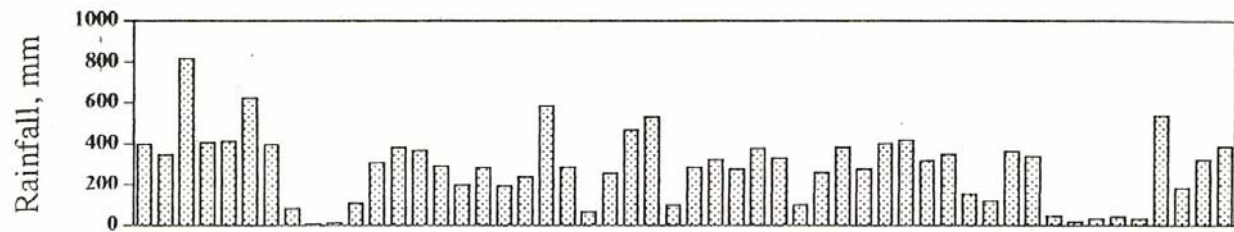
ボゴール植物園内（2カ所，A，B）に食草を植えて調査地をつくった。



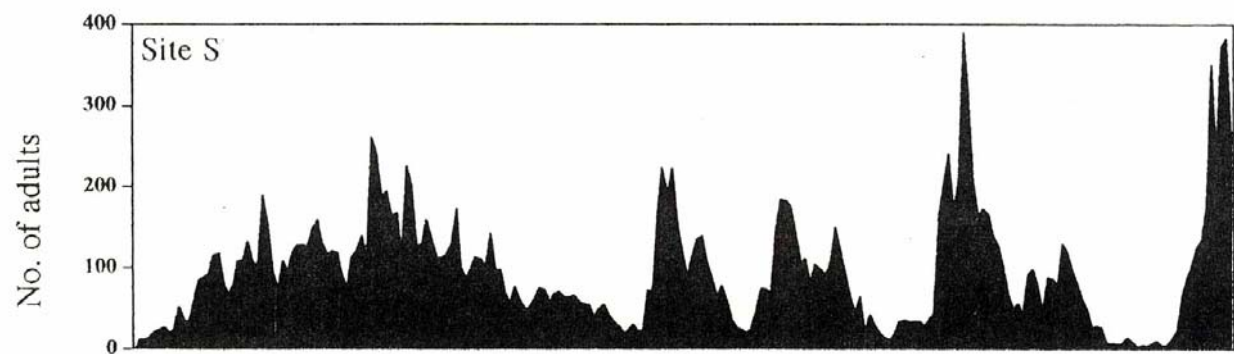
ボゴール植物園内の調査地（旧動物部門ビルディング）で，食草を調べるウォローさん（左）とカホノ君（1995年11月）。



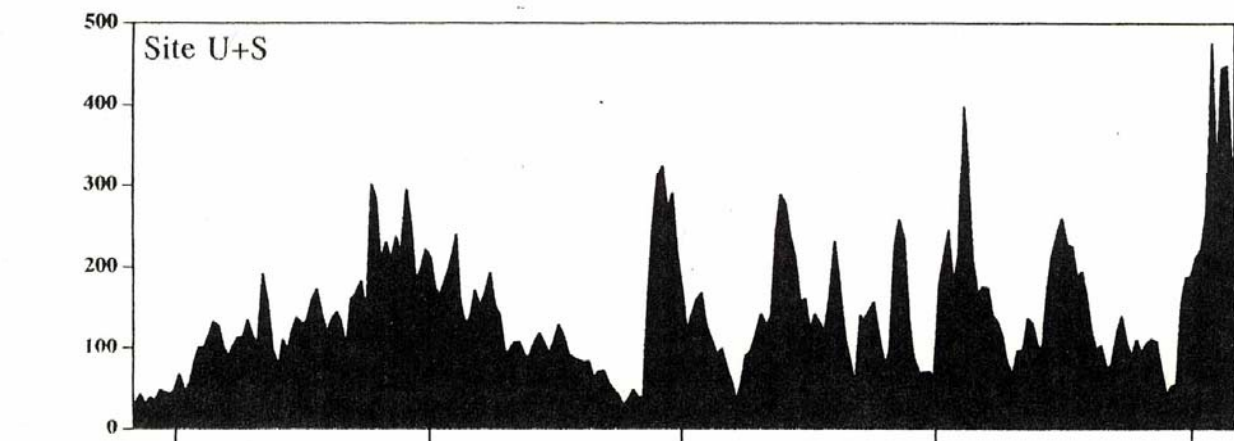
ボゴール植物園内の食草（キク科ツル草）の前に立つカホノ君（1991年11月）。



Site A



Site B



Total

ニジュウヤボシホシテントウの集団 (ナス科の半低木, ボゴール植物園内)

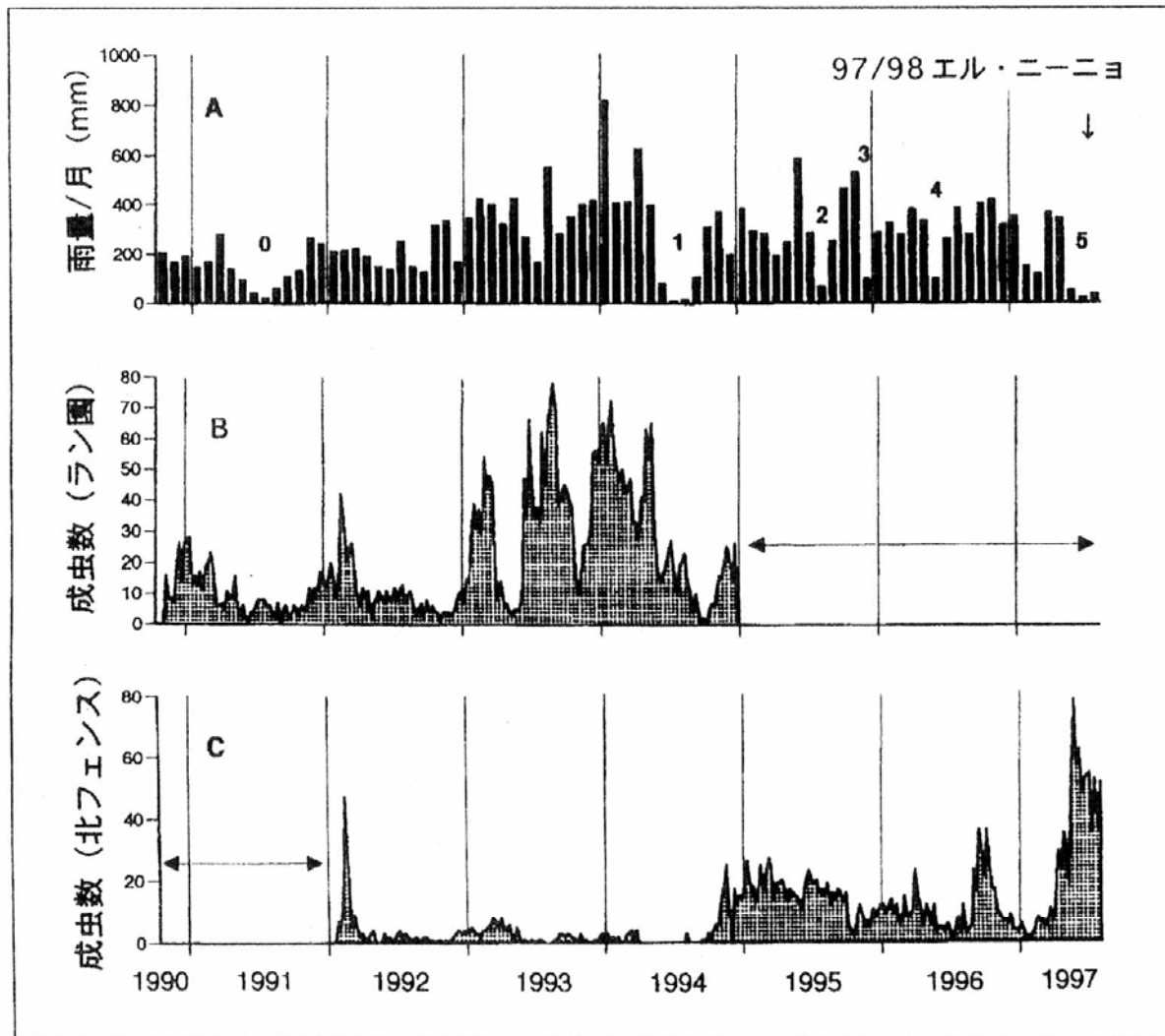
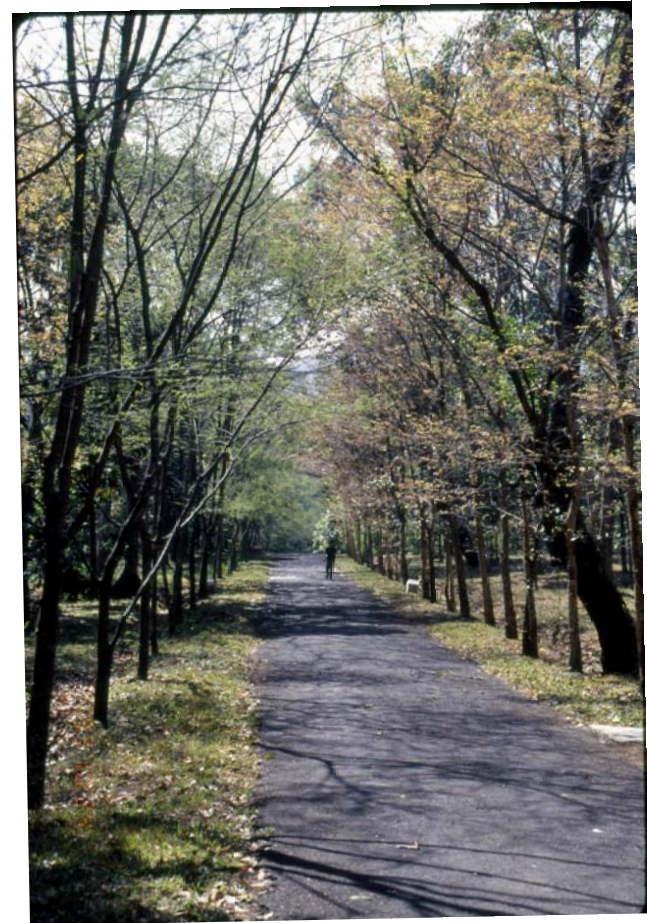


図4 ポゴール植物園内でキク科ツル草を食うニジュウヤホシテントウの近縁種 (*Epilacna* sp.3) の成虫の個体数変動。(A)月あたり降雨量, (B)ラン園フェンス個体群の成虫数, (C)植物園北フェンス個体群の成虫数。B, Cの矢印はデータの無い期間を示す。

出典: Nakamura et al. (2001)を改変



雨季



乾季（日本の秋のように落葉する）

## 強い乾季のある東ジャワでの調査

プルウォダディ植物園（ジャワ東部）の光景.

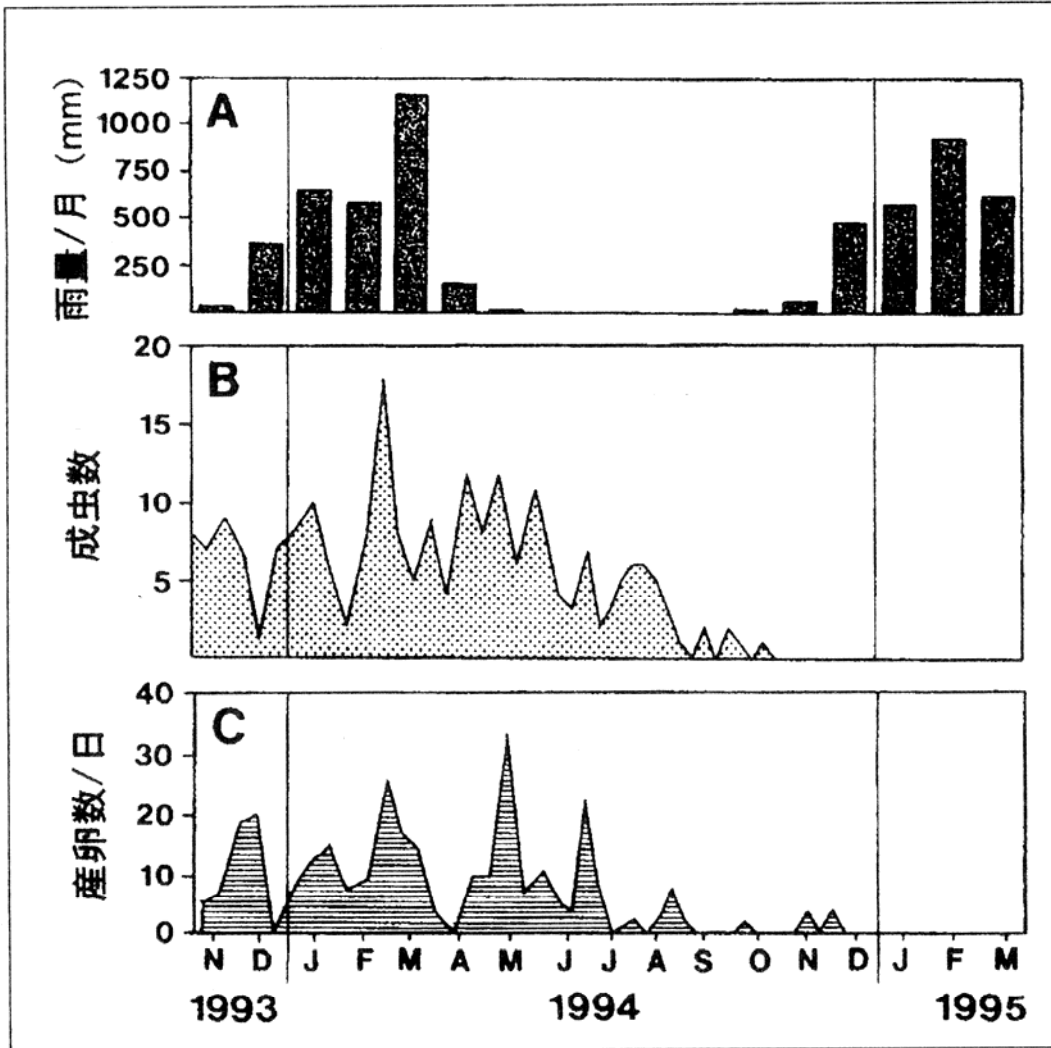


図5 プルウオダディにおけるニジュウヤホシテントウの個体数変動。(A)月あたり降雨量, (B)成虫数, (C)日あたり産卵数。

出典：Nakamura et al. (2001)を改変

ニジュウヤホシテントウ（ナス科半低木，強い乾季のある東ジャワ）



## SUMMARY: *EPILACHNA* POPULATIONS

### 1. Wide fluctuation in number with occasional high peaks

連続して繁殖. 大きな個体数ピーク. 数世代係, ピークへ増減

### 2. Discrete generation (generation cycle)

世代がはっきり分かれる.

### 3. Effects of rainfall were different among the populations

雨量 (乾雨季の交代) と関係ない?

### 4. Synchronization of local populations

集団間の変動が同調?

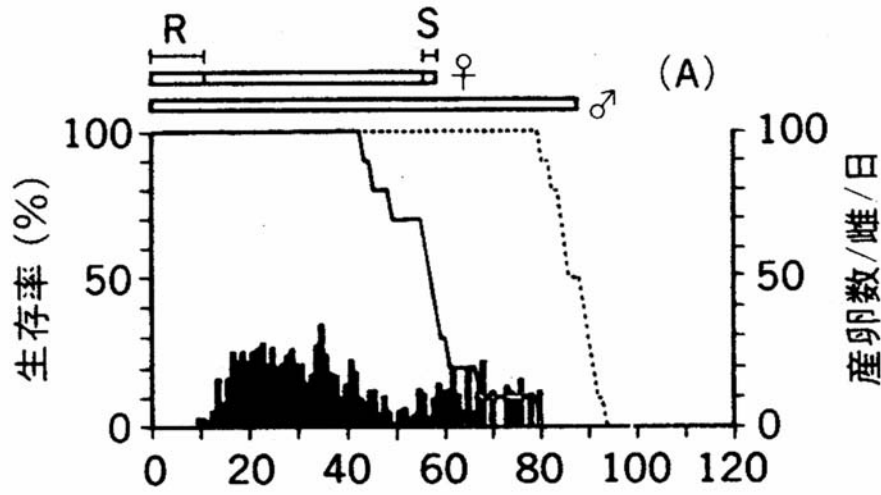
### 5. Parasitoid wasps

1. Compared to Japan, higher species diversity and mortality

2. No clear density-dependence

3. No seasonality in the parasitism rate

寄生率と関係ない?



室内飼育実験

雌成虫は長命,  
すこしずつ産卵する。

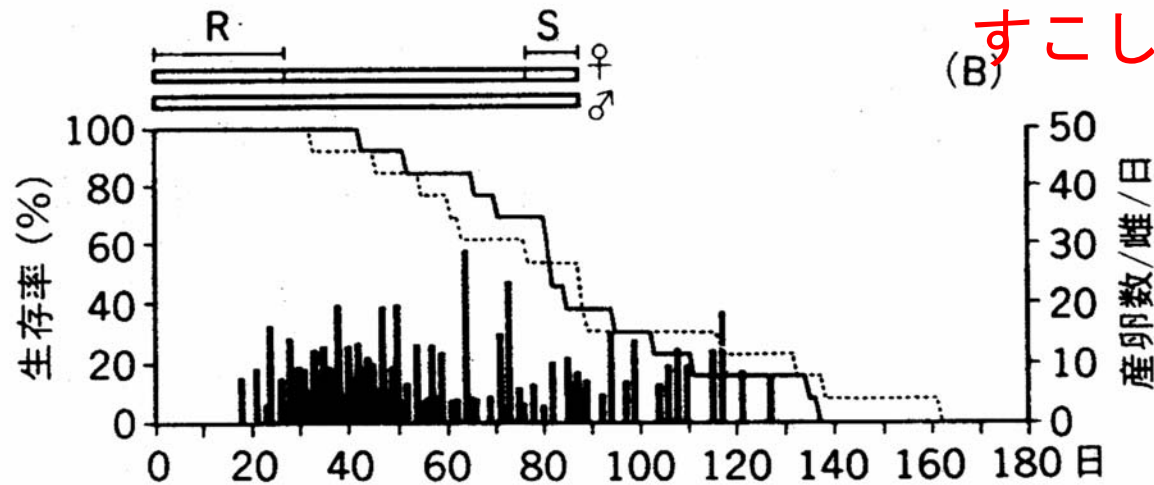


図6 パダンのニジュウヤホシテントウ(A)<sup>(25)</sup>とマダラジンガサハムシ(B)<sup>(13)</sup>の生存・繁殖スケジュール。横棒は平均寿命を表わし、そのうちRは産卵前期間、Sは産卵後期間。

Survivorship and fertility schedules of *Epilachna vigintioctopuncta* and *Aspidomorpha miliaris* in Padang

表1 熱帯と温帯のニジュウヤホシテントウの生態の比較.

|        | 熱 帯<br>(スマトラ・パダン) | 温 帯<br>(京 都) |
|--------|-------------------|--------------|
| 室内飼育   |                   |              |
| 発育日数   | 26日               | 23日          |
| 産卵数/雌  | 770               | 600~1000     |
| 平均成虫寿命 | 60日(雌)            | ?            |
|        | 90日(雄)            | ?            |
| 産卵パターン | 長期一定              | ? (短期集中)     |
| 野外個体群  |                   |              |
| 世代数/年  | 8                 | 1(部分2化)      |
| ハチ寄生率  |                   |              |
| 卵      | 25%(1種)           | なし           |
| 幼虫・蛹   | 85%(2種)           | 1.6~3.8%(1種) |
| 捕食者    | 重要(アリ?)           | 重要ではない       |
| 密度レベル  | 低~高               | 低~高          |
| 密度変動   | 大                 | 大            |
| 世代間増加率 | 5.3(最大)           | 20~60        |
| 分散(飛翔) | 大                 | 小・季節的        |
| 越冬死亡率  | なし                | 96~98%       |
| その他    |                   |              |
| 休眠     | なし?               | 短日条件         |
| 斑紋変異   | 顕著                | なし           |

# Summary and discussion (1)

## Comparison of present results with the previous ones in Padang, Bogor and Purwodadi

| Location  | Local condition |                       |                       | Fluctuation in adult population |                            |   |   |  |                                 |                    |
|-----------|-----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|---|---|--|---------------------------------|--------------------|
|           | Altitude,<br>m  | Rainfall              |                       |                                 | Range<br>(adult<br>number) | Peak formation  |   | Synchronization<br>of local<br>populations | Effect of rainfall<br>(Drought) |                    |
|           |                 | Total/<br>year,<br>mm | Seasonality           | Periodicity                     |                            | Increasing<br>and<br>decreasing<br>processes,<br>months | Interval<br>between<br>peaks,<br>months |  | Host<br>plant                   | EV                 |
| Sukarami  | 928<br>Cool     | 2719                  | No                    | No                              | 0 - 135                    | Gradual<br>5-6  | 4 - 11                                  | Yes  | Negative<br>effect              | No                 |
| Padang    | 20<br>Hot       | 4764                  | No                    | 25, 45 and<br>180 day cycle     | 2 - 268                    | Gradual<br>3-5  | 8 - 12                                  | Yes  | No                              | Positive<br>effect |
| Bogor     | 260             | 3850                  | Less                  | #                               | 0 - 315                    | Gradual<br>4-8  | 5 - 11                                  | No   | #                               | #                  |
| Purwodadi | 300             | 2623                  | 6-month<br>dry season | #                               | 0 - 15                     | High peak<br>in wet<br>season                           | 2 - 4                                   | No   | #                               | #                  |

# = not yet analyzed

# Summary and discussion (2)

Comparison of present results with the previous ones in Padang, Bogor and Purwodadi

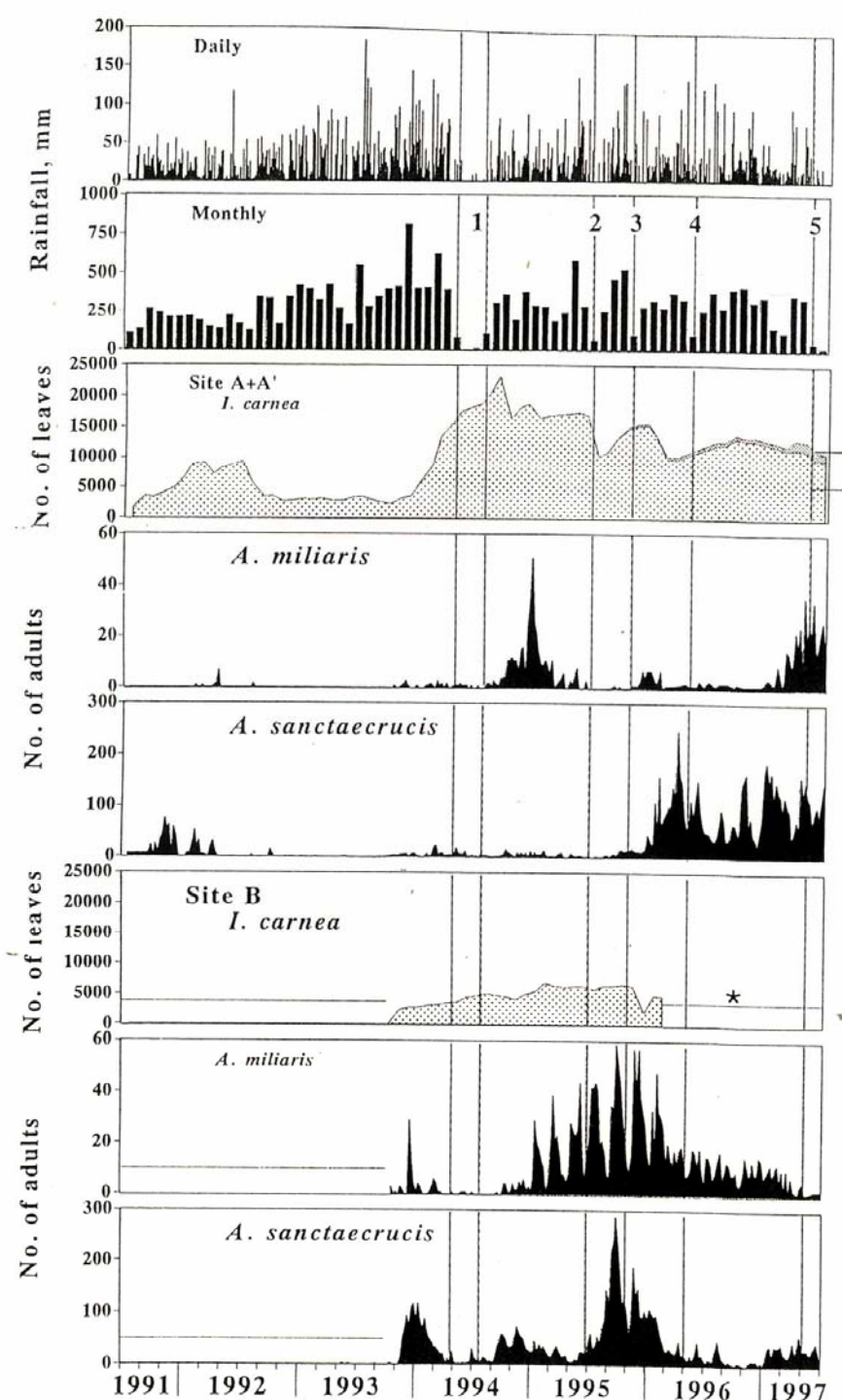
| Location  | Reproductive and mortality processes |                  |                             |                                  |               |                |   |  |
|-----------|--------------------------------------|------------------|-----------------------------|----------------------------------|---------------|----------------|---|--|
|           | Reproductive period                  | Generation cycle | No. of generations per year | Mortality by wasp parasitism (%) |               |                | Key stage analysis                                | Density dependence   |
|           |                                      |                  |                             | Eggs                             | L4            | Pupa           |   |  |
| Sukarami  | All year round                       | Discrete         | 5-6                         | 27.2<br>1 sp.                    | 1.1<br>1 sp.  | 12.2<br>1 sp.  | Fecundity index                                   | Fecundity, adult longevity, survival rate in immature stages and egg cannibalism |
| Padang    | All year round                       | Clearly discrete | 8                           | 22.9<br>1 sp.                    | 4.0<br>2 spp. | 54.8<br>2 spp. | Fecundity index, survival rate in immature stages | #  |
| Bogor     | All year round                       | Less discrete    | 6-7                         | 55.1<br>1 sp.                    | 2.9<br>2 sp.  | 35.6<br>2 sp.  | #   | #  |
| Purwodadi | Only in wet season                   | #                | 3-4                         | -                                | -             | -              | #   | #  |



マダラジンガサハムシ  
成虫, 5 齡幼虫



ジュウモンジンガサハムシ  
成虫, 5 齡幼虫



Rainfall

M

S

Site A

M

S

Site B



バナナセセリの成虫.  
左：オス. 右：メス.



(上段) 右：卵 (大きな穴が空いているものは孵化したあと、赤くなり小さな穴が空いているのは寄生蜂がでたあと) .  
中：1 齡幼虫. 右：糸状菌に寄生されたサナギ.  
(下段) 左：1 齡幼虫は、葉の縁に葉を巻いて巣を作る.  
右：5 齡幼虫 (巣から幼虫をとりだしたところ) .





バナナセセリは時々大発生する。  
幼虫は葉を巻きチマキのような巣  
を作り，内部にいる。西ジャワ州  
チパナス。1982年。

バナナセセリを調査するアソル・  
ハシム君。バナナの葉を一枚ずつ  
めくり，卵，幼虫，サナギの数を  
カウントする。西ジャワ州チパナ  
ス。西スマトラ州。1990年。



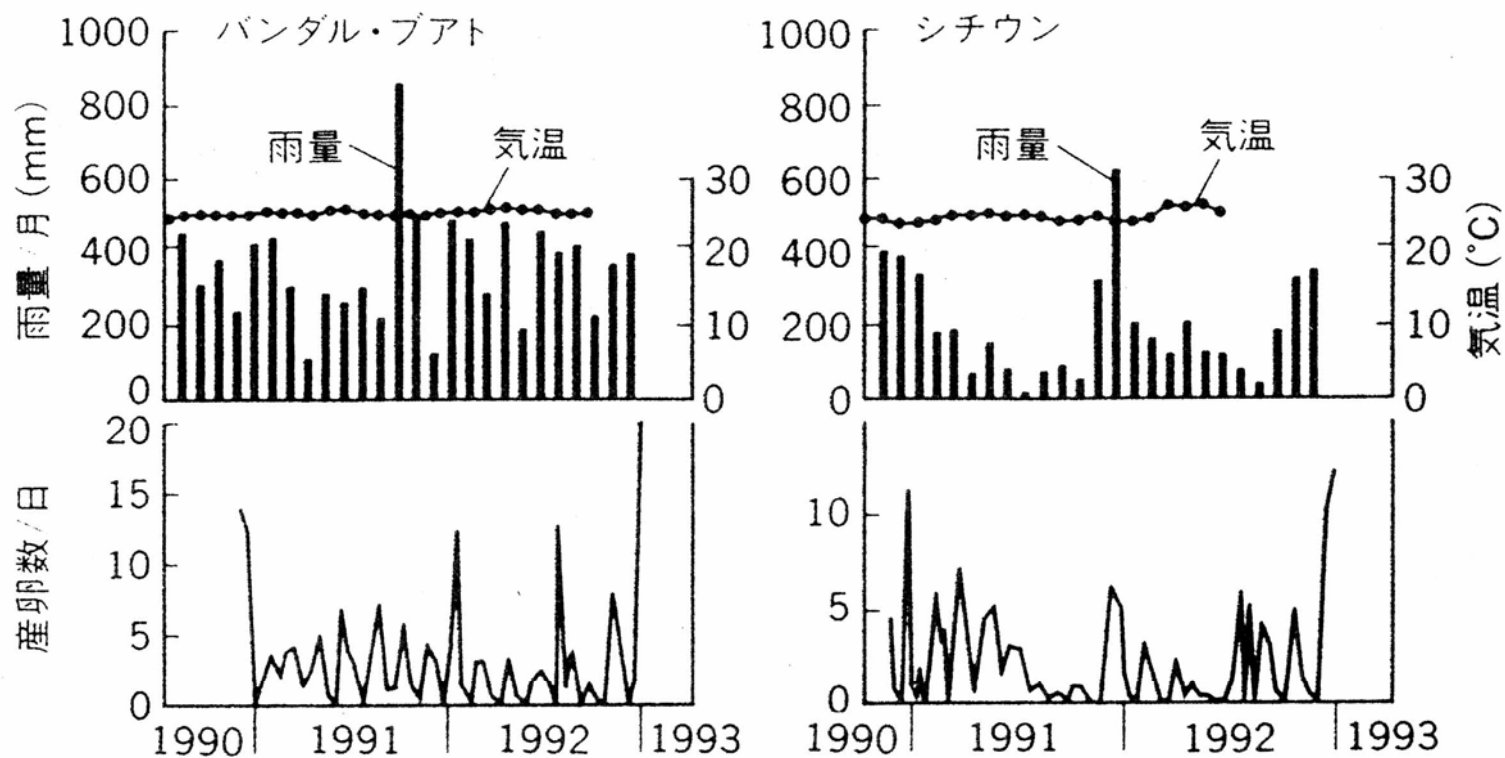


図7 バナナセセリの日当たり産卵数の季節変動。バンダル・ブアトはパダンの東郊。シチウンはスマトラ内陸部にあり、年間降雨量は2800 mm、弱い乾季があり、そのときにはバナナセセリの個体数は減少する。

# ボゴール動物博物館



～1997, ボゴール植物園内

1998～, チビノン

**DIWPA/IBOY**  
**International Field Biology**  
**Course at Gedung**  
**Widyasatwaloka, Puslit**  
**Biologi, LIPI, Cibinong**

野外生物学トレーニングコース





ハリムン国立公園