

## 日本脳炎の近年の低流行に関する一考察

中 村 央

大阪府立公衆衛生研究所医動物室  
〒537 大阪市東成区中道1-3-69

A consideration on the low incidence of Japanese encephalitis cases during recent years in the southwestern region of Japan

Hiroshi NAKAMURA (*Laboratory of Medical Zoology, Osaka Prefectural Institute of Public Health, 1 Nakamichi, Higashinari-ku, Osaka 537, Japan*)

**Abstract:** Based on statistical data for 22 prefectures of southwest Japan, the relations of the incidence rate of Japanese encephalitis (JE) cases to the density of livestock breeding farms and to the area of paddy field were analyzed in relation to recent decrease in the number of JE cases. Following observations were found in recent years: i) There was general decrease in the number of livestock breeding farms and in the area of paddy fields planted. ii) In each prefecture, the density of swine farms and the percentage of districts with high rate of paddy fields tended to decrease. iii) Positive correlation between JE incidence rate and the density of swine farms was noted only in 9 prefectures still having developed paddy fields, which are the main larval breeding place of *Culex tritaeniorhynchus*. iv) These environmental changes could have resulted in the decrease and localization of the areas which are favourable for the production of *Cx. tritaeniorhynchus*, as well as the decrease of infective mosquitoes. These changes could be followed by the decreased chance of JE virus transmission to human beings.

**Key words:** Japanese encephalitis, Epidemic, Swine, Paddy field, *Culex tritaeniorhynchus*

Trop. Med., 30(3), 191-198, September, 1988

### 緒 言

かつて年に2,000人以上もの患者が発生した日本脳炎は、近年、全国的に患者数が激減した。その原因として媒介蚊であるコガタアカイエカ *Culex tritaeniorhynchus* の発生量の低下(大谷, 1972, 1979; 上村, 松田, 1972; 島田, 1974; Wada *et al.*, 1975; 武衛ら, 1977; Maeda *et al.*, 1978) と3~15才の小児への予防接種の効果(大谷, 1979)が指摘されている。

コガタアカイエカの発生量の顕著な減少の原因の

ひとつに、水稻害虫に対して散布される農薬や除草剤の種類の変化があげられている(島田, 1974; 武衛ら, 1977; Mogi, 1978; Maeda *et al.*, 1978)。上村, 丸山(1983)によって、富山県のコガタアカイエカが有機燐剤に対して高い抵抗性を持ち、コガタアカイエカの採集数も増加していることが明らかにされた。これは逆に、農薬がコガタアカイエカの減少に大きく影響していたことを示唆する。しかし、コガタアカイエカの抵抗性の獲得は全国的であり(Yasutomi and Takahashi, 1978), 1978年以降、やや患者の増加がみられるものの、かつてのような

多数の患者は発生していない。また、近年の患者発生の状況は地域差が著しい。熊本県では、1978年に37名もの患者が発生したが、鳥取県では、10年以上も全く患者が発生していない（大谷，1979）。これらの事実を、患者数減少の原因が単一ではないことを示唆する。

上村，松田（1972）は、水田の乾田化の進行、水管理技術の発展、早期栽培の普及、および家畜の多頭飼育化などの農業形態の近代化と家畜の飼育戸数の減少による吸血源の局在化が、蚊および日本脳炎患者の減少に大きく寄与したと考えた。

ここでは、吸血源の局在化だけでなく、増巾動物である豚と、媒介蚊の幼虫発生源である水田との共存状態の経年的変化についても検討した。このような共存場所の減少が、1つの府県全体におけるコガタアカイエカの発生量を減少させるばかりでなく、感染蚊の発生量をも減少させ、ひいては、感染蚊に吸血される人間の数にも影響を及ぼすものと推察されるからである。

## 方 法

取上げた府県は、九州、四国、中国地方の全県と兵庫、京都、滋賀、三重、和歌山、大阪の計22府県である。資料は各府県の世界農業センサス統計書と統計年鑑によった。1960～1980年には、多くの府県で市町村の合併が行われたので、1980年の市町村を基準とし、市町村単位で資料を取扱う場合に、年度によって市町村数が変わらないようにした。したがって、1960年の場合でも1980年までに合併した市町村の、例えば、水稲作付面積は、全て合計してある。

患者数は、1973年以降は主として大谷（1979）により、1970～1972年は厚生大臣官房統計情報部の昭和53年伝染病及び食中毒統計によった。

## 結果と考察

水稲作付面積、牛、豚飼育農家戸数、飼育頭数の変化

西日本の22府県の水稲作付面積について1960年と1980年とを比較し、Table 1に示した。大阪府のよ

うに1960年から近年にかけて半分以下にまで減少した例もみられたが、20～35%程度の減少に留まっている府県が多かった。また、熊本、佐賀両県の減少程度が少なかった点も注目された。

次に各府県ごとに、市町村単位の水田率（水稲作付面積の全面積に対する割合）を求め、その割合が4.9%以下と15.0%以上であった市町村の割合を併せて表示した。水田率15.0%以上を採用したのは、水田率を高くしすぎるとその水田率の市町村数が減少し（例えば、宮崎県では、1960年でも水田率25.0%以上の市町村はない）、全府県についての資料の分析に不都合を生じるためである。

府県により、その程度は様々だが、水田率4.9%以下の市町村の割合が増加し、逆に、水田率15.0%以上の市町村の割合が低下する傾向が認められた。その中で、熊本県では、水田率15.0%以上の市町村の割合が減少していない点が注目された。

次に22府県の乳用牛、役肉牛、豚の飼育農家戸数、飼育頭数について1960年と1980年を比較し、Fig. 1に示した。1960年には飼育農家戸数、飼育頭数ともに役肉牛が全府県で最も多かった。1980年では、全体として飼育農家戸数の減少と飼育頭数の増加、即ち、多頭飼育化の進行が推察され、豚ではその傾向が著しかった。1980年の豚の飼育農家戸数、飼育頭数はともに鹿児島県が最も多く、約1万戸、約66万頭であり、次いで宮崎、熊本の両県が多かった。また、特に役肉牛の飼育農家戸数の減少が著しかった。鹿児島、宮崎、熊本の3県を除けば、飼育頭数も減少した。なお、豚と牛の総飼育頭数では、山口、広島両県以外は全て1960年より1980年が多く、1.01～5.39倍の増加がみられた。また、牛1頭より2頭の方が遠くから蚊を誘引する（Gillies and Wilkes, 1969, 1970）ので、家畜の多頭飼育化は、蚊を誘引する空間の拡大をもたらしたと考えられる。しかし、それにもかかわらず、近年、日本脳炎は低流行である。府県によっては、多頭飼育化による誘引空間の拡大によって、吸血源減少の影響が相殺され、1つの府県全体におけるコガタアカイエカの発生量が維持し得る段階以上に、吸血源が減少したのかもしれない。

これまで府県単位の水稲作付面積や家畜の飼育農

Table 1. Decrease of the paddy field area from 1960 to 1980 in 22 prefectures of the southwestern region of Japan

No.	Prefecture	Paddy field area planted			% of districts in which paddy field areas were			
		1960	1980	1980/1960	less than 4.9%		more than 15.0%	
1	Kagoshima	581.5 km <sup>2</sup>	403.0 km <sup>2</sup>	0.693	39.6%	54.2%	2.1%	1.0%
2	Miyazaki	435.0	306.4	0.704	41.9	63.6	9.3	2.3
3	Kumamoto	706.0	597.2	0.846	25.5	32.7	29.6	30.6
4	Oita	481.2	360.2	0.749	36.2	50.0	5.2	3.5
5	Saga	494.8	411.0	0.831	6.1	14.3	63.3	49.0
6	Fukuoka	908.5	648.0	0.713	7.2	10.3	63.9	43.3
7	Nagasaki	291.4	219.4	0.753	35.9	43.0	9.0	8.9
8	Ehime	385.7	256.0	0.664	54.3	71.4	8.6	4.3
9	Tokushima	283.3	184.0	0.649	50.0	60.0	30.0	20.0
10	Kochi	334.5	216.0	0.646	60.4	75.5*	15.1	9.4*
11	Kagawa	343.7	235.0	0.684	14.0	20.9	65.1	41.9
12	Yamaguchi	613.4	406.1	0.662	10.7	32.1	25.0	3.6
13	Hiroshima	644.2	423.6	0.658	35.6	66.7	3.5	1.2
14	Shimane	469.0	342.0	0.729	40.7	54.2	11.9	8.5
15	Tottori	300.1	206.4	0.688	20.5	28.2	25.6	15.4
16	Okayama	790.0	523.0	0.662	26.9	39.7	25.6	12.8
17	Hyogo	885.7	659.0**	0.744	17.8	36.3**	28.9	15.4**
18	Kyoto	336.6	245.0	0.728	27.3	38.6	22.7	13.6
19	Shiga	579.6	479.0	0.826	12.0	16.0	70.0	62.0
20	Mie	620.4	495.0	0.798	26.5	33.8	38.2	32.4
21	Wakayama	250.5	130.0	0.519	44.0	76.0	12.0	2.0
22	Osaka	280.9	117.9	0.420	2.3	25.0	65.9	6.8

\*1982, \*\*1979.

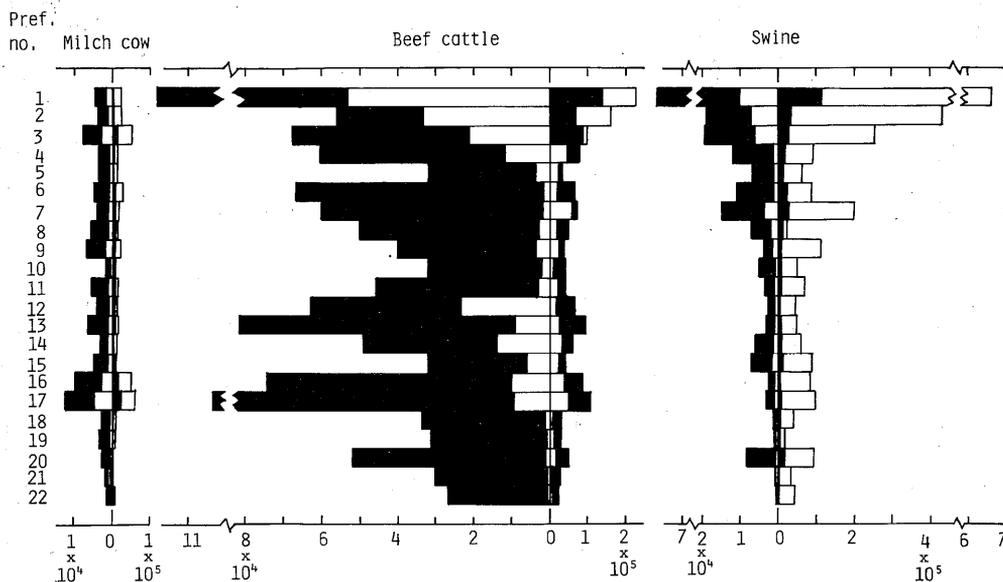


Fig. 1. Comparisons of the number of livestock breeding farms (left) and the number of livestock raised (right) between 1960 (closed) and 1980 (open) in 22 prefectures of the southwestern region of Japan.

Prefecture numbers are the same as in Table 1.

家（畜舎、豚舎などとする）戸数などの経年的変化を別々に取上げてきた。次に、乳用牛、役肉牛、豚のそれぞれの場合について、府県別に1960年と1980年の畜舎密度を、水田率4.9%以下および15.0%以上の市町村にわけて二通り計算した。畜舎密度は、市町村ごとに1 km<sup>2</sup>当り畜舎数を求め、これを平均したものである。

縦軸に1960年、横軸に1980年の畜舎密度をとり、水田率4.9%以下を黒丸、15.0%以上を白丸として Fig. 2 に示した。両軸の値が等しくなる点線より値が上にあれば、1980年の畜舎密度は1960年より低下したことを意味し、逆に、点線より下にあれば、1980年の畜舎密度が1960年より増加したことになる。

乳用牛の場合、水田率15.0%以上の鹿児島県、水田率4.9%以下の長崎県を除き、全府県で、どちらの水田率の場合でも畜舎密度が近年にかけて低下し

たことがわかる。

役肉牛でも、水田率15.0%以上の鹿児島県を除き、両方の水田率で、1960年から1980年にかけて、畜舎密度が低下したことがわかる。水田率15.0%以上の場合、乳用牛に比べて役肉牛の方が多くの府県での畜舎密度の低下が著しかった。これは恐らく、近年における耕運機や農用トラックの導入による農業の機械化によるものと思われる。

豚では、水田率15.0%以上の場合、愛媛、山口の両県は1980年の豚舎密度が1960年より高く、大阪府は、密度そのものは低かったが、兩年ともほぼ同じ豚舎密度であった。これら以外の府県では、いずれも1960年から近年にかけての豚舎密度の低下が認められた。また、豚舎密度が低い場合を除くと、水田率15.0%以上より4.9%以下の市町村で豚舎密度の低下が著しい傾向がみられた。

これらの結果 (Table 1, Figs. 1, 2) を併せ考

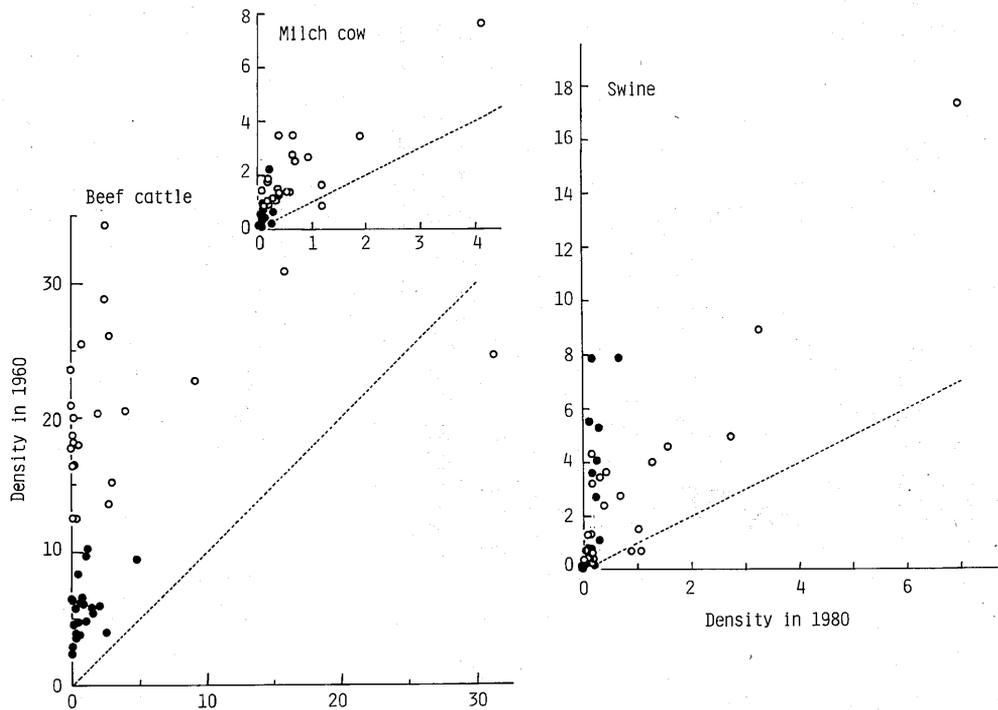


Fig. 2. Changes in the density<sup>1</sup> of livestock breeding farms from 1960 to 1980, by the rates of paddy field areas per district of less than 4.9% (closed circles) or of more than 15.0% (open circles) in 22 prefectures of the southwestern region of Japan.  
<sup>1</sup>: No. of livestock breeding farms per km<sup>2</sup> per district.

えると、ほとんどの府県で水田率の高い市町村の割合が低下したばかりではなく、そのような市町村での畜舎密度も低下したことから、i) 媒介蚊の増殖や感染蚊の効率的生産に好適な条件を備えた市町村の数が減少して、局在化が進み、ii) 逆に、不適な条件の市町村（人口密度が高い市町村が多い）が増加したことが示唆される。

### 水田率、畜舎密度と罹患率の関係

これまで述べてきたような環境条件の変化と患者発生との関連性を検討するため、まず、22府県について1970～1980年の平均罹患率を計算した。なお、1960年代については、その飼育農家戸数が、まだ、かなり多かった馬をも含めて検討するべきであると思われるので、ここでは省いた。次に、水田率15.0%以上の市町村における畜舎密度を1970年と1980年について各府県別に算出した。両年の値を平均したものと1970～1980年の平均罹患率との関連性を検討したのが Table 2 である。平均豚舎密度（豚舎密度とする）と平均罹患率（罹患率とする）との相関係数を求めると  $r=0.13$  にすぎなかった。水田率15.0%以上の市町村の割合が平均して20.0%以上であった（以後、平均を省く）熊本、佐賀、福岡、徳島、香川、岡山、兵庫、滋賀、三重の9県について、豚舎密度と罹患率との関係を求めると  $r=0.83$  でありかなり高かった。即ち、豚舎密度が増加すると罹患率も上昇する傾向が認められた。また、牛舎をも含

めた場合は、いずれの場合も相関係数の値は低く、畜舎密度と罹患率との関連性は認められなかった。

Table 2 に示した豚舎密度と罹患率の関係について、水田率15.0%以上の市町村の割合が20.0%以上の府県を黒丸、19.9%以下の府県を白丸とし、Fig. 3 に示した。この図から、いくつかの点が注目される。

1) 近年でも例年、最も多数の患者が発生する熊本県 (No. 3) では、水田率15.0%以上の市町村の割合が20.0%以上であった9県の中で、豚舎密度、罹患率ともに最も高かった。2) 熊本県よりやや豚の飼育農家戸数が多かった宮崎県 (No. 2) の罹患率は熊本県よりはるかに低く0.10以下であった。これは、水田率15.0%以上の市町村の割合が3.4%にすぎず、10.0%以上の場合でも17.1%にすぎなかったことが一因であろう。3) ここで取扱った22府県の中で豚の飼育農家戸数も頭数も最も多かった鹿児島県 (No. 1) では、豚舎密度が10.6で非常に高かった。しかし、水田率15.0%以上の市町村は僅かに1つであり、このため、罹患率が0.10程度であったものと思われる。4) 全く患者の発生がみられなかった鳥取県 (No. 15) の豚舎密度もかなり高く、水田率15.0%以上の市町村の割合も18.0%であった。しかし、これらの市町村の多くは小面積であり、1980年について、全面積に対する割合を求めると、5.6%にすぎなかった。5) 長崎県 (No. 7) の場合、水田率15.0%以上の市町村の割合は10.2%にすぎなかったが、罹患率は0.20以上であった。こ

Table 2. Comparison of the correlation coefficients between the averaged incidence rate of JE cases and the mean density<sup>1</sup> of livestock breeding farms, by percentage of the districts with the rate of paddy field area of more than 15.0% in 22 prefectures of the southwestern region of Japan, 1970-1980

% of districts with the rate of paddy field area of more than 15.0% in each prefecture	No. of prefectures	Correlation coefficient	
		swine only	livestock <sup>2</sup>
more than 0%	22	0.13	0.06
10.0	16	0.29	0.24
20.0	9	0.83**	0.46

\*\*  $P < 0.01$ .

<sup>1</sup> No. of livestock breeding farms per km<sup>2</sup> per district.

<sup>2</sup> Swine, milch cows and beef cattle.

れは、豚舎密度がかなり高かっただけでなく、水田率10.0%以上の市町村の割合が31.9%であったことが関係していたかもしれない。6) 豚舎密度がほとんど同じであり、水田率15.0%以上の市町村の割合が20.0%以上であった徳島県 (No. 9) と19.9%以下であった愛媛県 (No. 8) の罹患率を比較すると、徳島県の方が高かった。7) 香川県 (No. 11) の場合、水田率15.0%以上の市町村の割合が51.2%もあったのに、罹患率は0.10と低かった。これは、他の要因も併せて検討する必要性を示唆しているのかもしれない。

このように (Table 2, Fig. 3), 媒介蚊の増殖と感染蚊の効率的生産に好適な条件を満した地域が減少し、局在化が進めば、結果として、感染蚊によって吸血される機会のある人間が、量的にも、空間分布の上からも限られてくるものと思われる。このよ

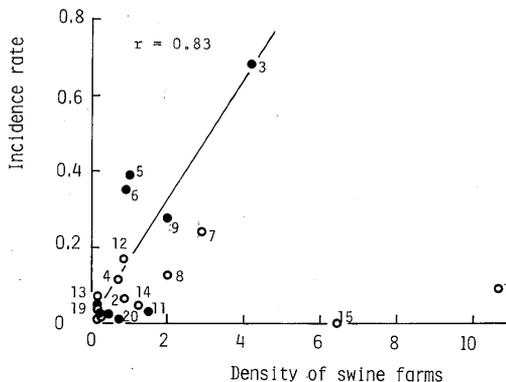


Fig. 3. Relation of the averaged incidence rate of JE cases to the mean density<sup>1</sup> of swine farms in districts with the rate of paddy field area of more than 15.0%, in 22 prefectures of the southwestern region of Japan, 1970-1980. See also Table 2.

<sup>1</sup>: No. of swine farms per km<sup>2</sup> per district.  
r: correlation coefficient.

Each circle indicates each prefecture, in which the percentage of districts with more than 15.0% rate of paddy field was over 20.0% (closed circles) or under 19.9% (open circles). The arabic numerals in diagram show the prefecture numbers mentioned in Table 1. A part of these numerals were omitted from this diagram.

うな環境条件の変化により、水田、豚、人の共存関係がみられた地域が減少したともいえる。しかし、大流行年においても、患者は必ずしも水田地帯だけで多発したのではない。大阪府下では、1966年を例にとると、346名中202名の患者は、水田率3.8%の大阪市内で発生した。これは、i) 大阪市内の豚舎密度が0.25戸と府下では比較的高い方であり、ii) 水田率8.9~33.2% (平均20.7%) の10市に取囲まれていたことが一因と考えられた。各府県ごとに、患者発生の地域性と環境条件との関係を検討すべきものと思われる。

これらの問題の分析において、媒介蚊の発生源については、水田面積ではなく、市町村単位の水田率を用いた。蚊の発生を考えれば、当然、水田面積が問題になる。しかし、ここでは全て市町村単位で資料を取扱ったため、広大な水田地帯でも市町村が小面積に分れておれば、水田面積は小さくなる。また、22府県について、水稲作付面積と豚飼育農家戸数の1970年と1980年の値の平均値と罹患率との相関係数を求めると、それぞれ、 $r=0.25$  と  $0.24$  で、いずれも、罹患率とは関連性が認められなかった。従って、これらの値を用いて流行の大小を論じることは出来ない。面積も市町村の数も異なる22府県について、豚舎の分布との関連において、市町村単位で水田地帯の分布状況を比較検討するためには、相対的な値を使わざるを得ないものと思われる。

このような環境条件の変化から予測されるように、1970年代のコガタアカイエカの発生量の低下とその採集数と患者数との関連性が指摘されている (島田, 1974; Wada *et al.*, 1975; 中村, 1977; Maeda *et al.*, 1978)。また、低流行年における感染蚊の生産量の低下と、ウイルスが分離されない地点の増加も明らかにされている (中村ら, 1985)。

なお、重要な流行要因の1つとして、人の免疫度が考えられ、近年の小児期の患者減少は予防接種によるものといわれる (大谷, 1979)。しかし、近年にしては患者の発生が多い九州地方の免疫抗体保有者率に、他地方と大差はみられない (大谷, 1979)。患者数の大きな減少を人の免疫度だけで説明するのは無理であり、ここで取扱った環境条件の大きな変化をも考慮すべきものと思われる。

このように日本脳炎ウイルスの感染環に関する環境条件の変化をも考慮に入れることによって、近年における低流行だけではなく、患者発生の地域性や、全国的なコガタアカイエカの農業に対する抵抗性の獲得にもかかわらず、大流行を生じない原因の一端が説明出来るものと思われる。また、近年の低流行の原因は、単一ではなく、複数の要因が作用した結果であると考えられた。しかし、ここで得られた一連の結果は、全て間接的なものであり、因果関係の不明な点が多い。今後、流行の過程を中心に、更に検討さるべきものと思われる。

### ま と め

近年の日本脳炎低流行の原因を明らかにするため、まず、西日本の22府県について、媒介蚊の幼虫発生源である水田の面積や吸血源である牛および日本脳炎ウイルスの増殖動物である豚の飼育農家戸数

が1960～1980年にどのように変化したかを示し、次に、1970～1980年について、水田率や畜舎密度と罹患率との関係を検討した。その結果、

- i) 豚の飼育農家戸数と水稲作付面積が減少し、
- ii) 水田率15.0%以上の市町村の割合が減少したばかりではなく、そのような市町村に分布する豚舎の密度も低下したことがわかった。
- iii) 豚舎密度と罹患率の関係は、水田率15.0%以上の市町村の全市町村数に対する割合が20.0%以上の9県 ( $r=0.83$ ) に認められた。
- iv) このような環境条件の変化は、a) 媒介蚊の発生や感染蚊の効率的生産に好適な条件を備えた地域の減少と局在化をもたらした。その結果、b) コガタアカイエカの発生量ばかりではなく、感染蚊の生産量の全県的低下が生じ、人が感染蚊に吸血される機会を低下させたものと考えられた。

### 謝 辞

稿を終えるにあたり、ご援助、ご鞭撻くださった大阪府立公衆衛生研究所ウイルス課課長峯川好一博士に感謝するとともに、患者数の資料を送ってくださり、また、ご校閲をたまわった長崎大学熱帯医学研究所和田義人博士および佐賀医科大学茂木幹義博士に心からお礼申し上げます。

### 文 献

- 1) 武衛和雄, 中島貞夫, 伊藤寿美代, 中村央, 吉田政弘 (1977): 日本脳炎の疫学に関する研究 (第11報) 1973～1976年大阪府におけるコガタアカイエカの生態と日本脳炎ウイルス移行調査成績. 大阪府立公衛研所報, 公衆衛生編, 15, 53-59.
- 2) Gillies, M. T. & Wilkes, T. J. (1969): A comparison of the range of attraction of animal baits and of carbon dioxide for some West African mosquitoes. Bull. Ent. Res., 59 (3), 441-456.
- 3) Gillies, M. T. & Wilkes, T. J. (1970): The range of attraction of single baits for some West African mosquitoes. Bull. Ent. Res., 60 (2), 225-235.
- 4) 上村清, 松田宗之 (1972): 日本脳炎患者の減少に関する考察, 農業形態の近代化がもたらした役割. 富山県農村医学研究会誌, 3, 66-86.
- 5) 上村清, 丸山由紀子 (1983): 数種殺虫剤に対するコガタアカイエカ幼虫の感受性について. 衛生動物, 34 (1), 33-37.
- 6) Maeda, O., Takenokuma, K., Karoji, Y. & Matsuyama, Y. (1978): Epidemiological studies on Japanese encephalitis in Kyoto city area, Japan. I. Evidence for decrease of vector mosquitoes.

- Japan. J. Med. Sci. Biol., 31 (1), 27-37.
- 7) Mogi, M. (1978): Population studies on mosquitoes in the rice field area of Nagasaki, Japan, especially on *Culex tritaeniorhynchus*. Trop. Med., 20 (4), 173-263.
  - 8) 中村央 (1977): 大阪府における家畜飼育頭数及び水田面積の変化と日本脳炎の流行に関する一考察. 大阪府立公衛研所報, 公衆衛生編, 15, 61-72.
  - 9) 中村央, 吉田政弘, 木村明生, 弓指孝博, 上羽昇, 峯川好一, 北浦敏行, 國田信治 (1985): 日本脳炎の疫学に関する研究 (第15報) 1984年大阪府におけるコガタアカイエカの生態と日本脳炎ウイルス移行調査成績および近年の低流行についての考察. 大阪府立公衛研所報, 公衆衛生編, 23, 65-73.
  - 10) 大谷明 (1972): 近年の日本脳炎の動向. 日本公衛誌, 19 (2), 55-59.
  - 11) 大谷明 (1979): 日本脳炎の最近の趨勢. 小児科, 20 (7), 665-669.
  - 12) 島田俊作 (1970): 和歌山県における日本脳炎の疫学, コガタアカイエカ密度からの検討. I. 和衛研年報, 20, 63-70.
  - 13) Wada, Y., Oda, T., Mogi, M., Mori, A., Omori, N., Fukumi, H., Hayashi, K., Mifune, K., Shichijo, A. & Matsuo, S. (1975): Ecology of Japanese encephalitis virus in Japan. II. The population of vector mosquitoes and the epidemic of Japanese encephalitis. Trop. Med., 17 (3), 111-127.
  - 14) Yasutomi, K. & Takahashi, M. (1987): Insecticidal resistance of *Culex tritaeniorhynchus* in Japan: A country-wide survey of resistance to insecticides. J. Med. Ent., 24, 604-608.