

関東地方における染色体数の異なるヨモギハムシ群の 分布と色彩二型の頻度 —環境指標性と関連づけて—

藤山 静雄・高橋 英昭
信州大学理学部生物学教室

Geographic distribution of two types of chromosome number in *Chrysolina aurichalcea* complex and their phenotypic frequencies of two color forms in Kanto District, Japan.

Shizuo FUJIYAMA and Hideaki TAKAHASHI
Department of Biology, Fac. Sci., Shinshu Univ., Matsumoto, 390 Japan

Abstract: The geographic distribution of two types of chromosome number in *Chrysolina aurichalcea* complex and their phenotypic frequency of two color forms were examined quantitatively for 51 populations from the Kanto District, in central Honshu, Japan.

The two species with different chromosome numbers, one of which has the chromosome of $2n\sigma=41$ and the other has that of $2n\sigma=31$, were detected for these populations. The former species was distributed at mountainous areas higher than the altitude of 750m but the latter was distributed at the Kanto Plain and some mountainous areas. The phenotypic frequency of cupreous-form out of two color forms (the cyaneus-form and the cupreous-form) was low (less than 20% except for a few populations) at northern parts of the plain while it was high (more than 30% except a few populations) at southern parts including the southern Boso Peninsula and in the species with the chromosome of $2n\sigma=41$. What caused such a distribution pattern was discussed in connection with the topographical, geological, and vegetational view points.

Key word: *Chrysolina aurichalcea* complex, color dimorphism, geographic distribution, chromosomal variation, Chrysomelidae, biological index

ヨモギハムシ群, 色彩二型, 地理分布, 染色体変異, ハムシ科, 生物指標

はじめに

ヨモギハムシは1化性でヨモギを主な食草とするごく普通種の昆虫で、日本列島だけでなく旧北区に広く分布する。本種にはその分布と環境との関係を論ずるのに適する3つの特徴がある。

第1に本種は通常飛翔力を有せず¹⁾、移動は歩行に限られていることである。そのため集団間の遺伝的分化が生じやすく、地域によく適応した個体群が生息していると考えられる²⁾。

第2にFujiyama³⁾や坂上・藤山⁴⁾が明らかにしたように、本種は形態上ほとんど区別がつかず、遺伝的に

も違いが少ない、染色体数が異なる2種 { $2n\sigma=31$ 、 $2n\sigma=32$ の種 (以後染色体数の少ない種と略称) と $2n\sigma=41$ 、 $2n\sigma=42$ の種 (以後染色体数の多い種と略称)} からなることである。この2種はいずれもヨモギを食草とし、ほぼ同じ生活史をとっている。また2種は側所的に分布し、その境界は環境変化と対応しているようである。すなわち染色体数の多い種は自然度の高い地域に分布し、もう一方の種は自然度の低い開けた環境に分布すると言われている^{3,5)}。なお竹ノ内・椎津⁶⁾は北海道の個体群について染色体数 $2n=46$ と報告したが、筆者らはこの系統は見つけていない。

第3に本種群にはいずれも青黒型と銅金型の色彩二

Table 1 Number of individuals collected, percentage of cupreous-form and chromosome numbers in *Chrysolina aurichalcea* complex, in the Kanto District.

Pop- ula- tion No.	Pre- fec- ture Locality	Al- ti- tude (m)	Year, month col- lected	To- tal no.	No. cya- neus- form	No. cu- pre- ous- form	% of cu- pre- ous- form	% gene freq. cu- form	No. chro- some (♂)
	Gunma Pref.	m					%	%	
1,	Nozoriko (Kunimura)	1500	Sep., Oct.' 90	24	14	10	41.7	64.6	41
2,	Tamaharakoogen (Numata City)	1400	Sep., Oct.' 90	16	12	4	25.0	50.0	41
3,	Tamaharakoogennobori-guchi (Numata City)	900	Oct.' 90	25	20	5	20.0	49.7	41
4,	Amasakehara (Agatsuma-machi)	1100	Oct.' 90	22	14	8	36.4	60.3	41
5,	Akagisan-sancho	1600	Sep.' 90	6	4	2	33.3	57.7	41
6,	Akagisan-sanroku	500	Oct.' 90	42	31	11	26.2	51.2	31
7,	Nabeashi(Kiryuu City)	1000	Oct.' 90	22	15	7	31.8	56.4	41
8,	Monogatariyama (Shimo-nitamachi)	850	Oct.' 90	27	22	5	18.5	43.0	41,31
9,	Fujioka City	100	Oct.' 90	47	31	16	34.0	58.3	31
	Tochigi Pref.								
10,	Chuuzenjiko	950	Sept.'90	28	13	15	53.6	73.2	41,31
11,	Kinugawaonsen (Fujiwara-machi)	400	Oct.' 90	59	51	8	13.6	36.8	31
12,	Hozumi (Kitsuregawamachi)	200	Oct.' 90	84	75	9	10.7	32.7	31
13,	Kanuma City	200	Oct.' 90	56	46	10	17.9	42.2	31
14,	Mashikomachi	50	Oct.' 90	40	39	1	2.5	15.8	31
15,	Nogimachi	20	Oct.' 90	38	32	6	15.8	39.7	31
	Ibaraki Pref.								
16,	Fukuroda (Daigomachi)	200	Oct.' 90	37	32	5	13.5	36.8	31
17,	Kitaibaraki City	10	Oct.' 90	41	34	7	17.1	41.3	31
18,	Katsuramura	50	Oct.' 90	86	82	4	4.7	21.6	31
19,	Tukubasansanroku (Tsukuba City)	100	Oct.' 90	41	41	0	0.0	0.0	31
20,	Minosatomachi	50	Oct.' 90	33	32	1	3.0	17.4	31
21,	Inacho	30	Oct.' 90	54	49	5	9.3	30.4	31
22,	Mihomura	10	Nov.'89	107	101	6	5.6	23.7	31
	Chiba Pref.								
23,	Yachiyo City	20	Dec.' 90	28	26	2	7.1	26.7	31
24,	Shibayamacho	50	Dec.' 90	24	23	1	4.2	20.4	31
25,	Iioka City	10	Dec.' 90	30	26	4	13.3	36.5	31
26,	Ooamishirosatomachi	20	Nov.'92	32	31	1	3.1	17.7	31
27,	Kisarazu City	20	Nov.'89	23	12	11	47.8	69.2	31
28,	Ooharamachi	10	Nov.'92	35	14	21	60.0	77.5	31
29,	Katsuura City	20	Nov.'92	30	19	11	36.7	60.6	31
30,	Kamogawa City	10	Nov.'92	30	15	15	50.0	70.7	31
31,	Tateyama City	10	Nov.'92	26	17	9	34.6	58.8	31
	Saitama Pref.								
32,	Menumamachi	20	Oct.' 90	90	69	21	23.3	48.3	31
33,	Mikunitooge (Ootakimura)	1800	Oct.' 90	26	18	8	30.8	55.5	41
34,	Chichibu City	300	Oct.' 90	23	19	4	17.4	41.7	31
35,	Sakado City	50	Dec.' 90	27	23	4	14.8	38.5	31
36,	Kasukabe City	20	Dec.' 90	21	18	3	14.3	37.8	31
	Tokyo Pref.								
37,	Akigawa City	50	Nov.'90	22	9	13	59.1	76.9	31
38,	Hinoharamura	1100	Oct.' 90	23	14	9	39.1	62.6	41
39,	Hino City	20	Dec.' 90	20	9	11	55.0	74.2	31
40,	Kitasenju (Adachiku)	10	Dec.' 90	32	16	16	50.0	70.7	31
	Kanagawa Pref.								
41,	Nakagawa (Yamakitamachi)	700	Oct.' 90	18	9	9	50.0	70.7	31
42,	Ebina City	50	Oct.' 90	32	20	12	37.5	61.2	31
43,	Yokohama City	0	Oct.' 90	43	12	31	72.1	84.9	31
44,	Hakonemachi	750	Nov.'90	22	14	8	36.4	60.3	31
45,	Kurihama (Yokosuka City)	10	Oct.' 90	58	39	19	32.8	57.2	31
	Yamanashi Pref.								
46,	Enzan City	600	Oct.' 90	63	62	1	1.6	12.6	31
47,	Narusawamura	1100	Oct.' 90	93	8	15	65.2	80.8	41
	Shizuoka Pref.								
48,	Fuji City	10	Nov.'90	20	7	13	65.0	80.6	31
49,	Itou City	20	Dec.' 90	33	25	8	24.2	49.2	31
50,	Shimoda City	20	Dec.' 90	27	14	13	48.1	69.4	31
51,	Toicho	20	Dec.' 90	23	15	8	34.8	59.0	31

型があり、前者が後者に優性のメンデル遺伝をする⁷⁾。そして、この二型の頻度が地域により大きく異なっている^{8,9)}。大野¹⁰⁾、Suzuki et al.^{11,12)}によると、一般的に日本海側では青黒型の表現型頻度が著しく高く、多くの地域で95%以上である。一方、太平洋側では銅金型の頻度の高い地域が多い。しかし、馬場・加藤¹³⁾は銅金型の頻度が近年低下したと指摘し、その原因として環境の変化を上げている。

本研究は、染色体数の異なるヨモギハムシ群の分布とそれらの色彩二型の頻度を関東地方全域で調査し、本種群の分布と環境との関係を論じたものである。

材料と方法

染色体数の調査方法及び色彩型の分類法は藤山ら⁵⁾に基づいて行われたので、詳細はそれを参照されたい。

野外調査は1989年から1992年にかけて行われた。方法は関東地方を中心に約30kmに1地点ずつ調査点を設定した。これらの調査地点及び採集個体数をTable 1に示した。調査は目標地点を中心に周囲2 km以内位の範囲で成虫を20頭以上を目標に採集し、その色彩型を調べた。但し一部の地域では19頭以下しか採集できなかったが、これらも資料に加えた。また染色体調査は成虫を研究室に持ち帰って採卵し、この卵を用いて行った。染色体標本の作成法は今井¹⁴⁾によった。

結果と考察

1. 染色体数の異なるヨモギハムシ群の分布

関東地方の51地点における染色体数の異なるヨモギハムシ群の分布及びそれらの色彩二型の頻度分布調査の結果をTable 1に示した。

Tableより玉原高原、赤城山山頂、中川温泉の3地点は採集数が19頭以下と少ないが、全体の傾向を大きく逸脱していないと思われたのでこれらの結果も加えてFig. 1に色彩二型の表現型頻度と染色体数を示した。Table 1とこの図より染色体数の多い種は標高850m以上の山岳域に分布していることが分かる。染色体数の少ない種は中禅寺湖周辺や物語山のような800-950mの高標高のところでは一部、染色体数の多い種とほぼ同所的に分布していたが、主に平野部に分布している。これまでの調査では、本州の平野部には染色体数の少ない種が分布しており、染色体数の多い種は見つからない。したがって、この結果より関東平野の平野部のほぼ全域を染色体数の少ない種が占有していると考えて良いであろう。

一方、自然が比較的良好に保たれている山岳域には染

染色体数の多い種が分布していた。しかしこれまでの研究では高標高地でも開けた場所にはしばしば染色体数の少ない種が分布していることが明らかになっている⁵⁾。今回の調査は30km平方に1地点の割合で行っており、山岳域の調査地点間にも一部開けた環境が入っている。このため隣接する調査地点で染色体数の多い種が採集されていてもその間に染色体数の少ない種が分布している可能性がある。したがってFig. 1の左上部の群馬、長野、新潟、埼玉県境の一带は染色体数の多い種が完全に占拠しているとは言い難い。

図には示さなかったが、No. 37の秋川市に近い高尾山の中腹(標高200m前後)では染色体の多い種が採集されている。したがって関東地方の周辺の自然度の高い地域であれば、必ずしもそれほど標高が高くない地域でも染色体数の多い種が分布している可能性がある。これは、染色体数の多い種は山岳域に多い傾向はあるものの、この種だけが生息する奄美大島では平野部に分布していることから考えられる。

以上のように染色体数の多い種が分布した場所は比較的的自然度の高いところである。このことは逆にこの種が分布していればその自然度はかなり高いと言えるであろう。したがって自然度の高いことの生物指標としてこの種を使うことができると考えられる。しかし、この方法では染色体数の多い種の生息の有無を問題にする単純な評価法であるため、連続的な自然度の違いを評価することはできない。

2. 色彩二型の頻度

Fig. 1より染色体数の多い種は銅金型の表現型頻度が最低のNo. 8個体群で18.5%、次のNo. 3個体群で20.0%である以外は全て25%以上であった。銅金型の頻度の最高のNo. 47個体群は65.2%で、平均でも36.4%と銅金型の頻度は比較的高い。また推定の銅金型遺伝子頻度はNo. 3, 8の個体群以外は全て50%以上であり、染色体数の多い種では銅金型遺伝子が優占している。なお、この種では個体群間の銅金型遺伝子頻度の差は38%である。

一方、染色体数の少ない種では銅金型の表現型頻度は最低のNo. 19個体群では0%、逆に最高のNo. 43個体群で72.1%であり、両者の差は72%で染色体数の多い種と比べ非常に大きい。推定遺伝子頻度で見た場合、最も低いNo. 19個体群が0%であるのに対し最高のNo. 43個体群では84.9%で、両者の差は85%と著しく大きい。このように個体群間で大きな違いがみられるのはFig. 1の円グラフを見て分かるように関東北部に位置する

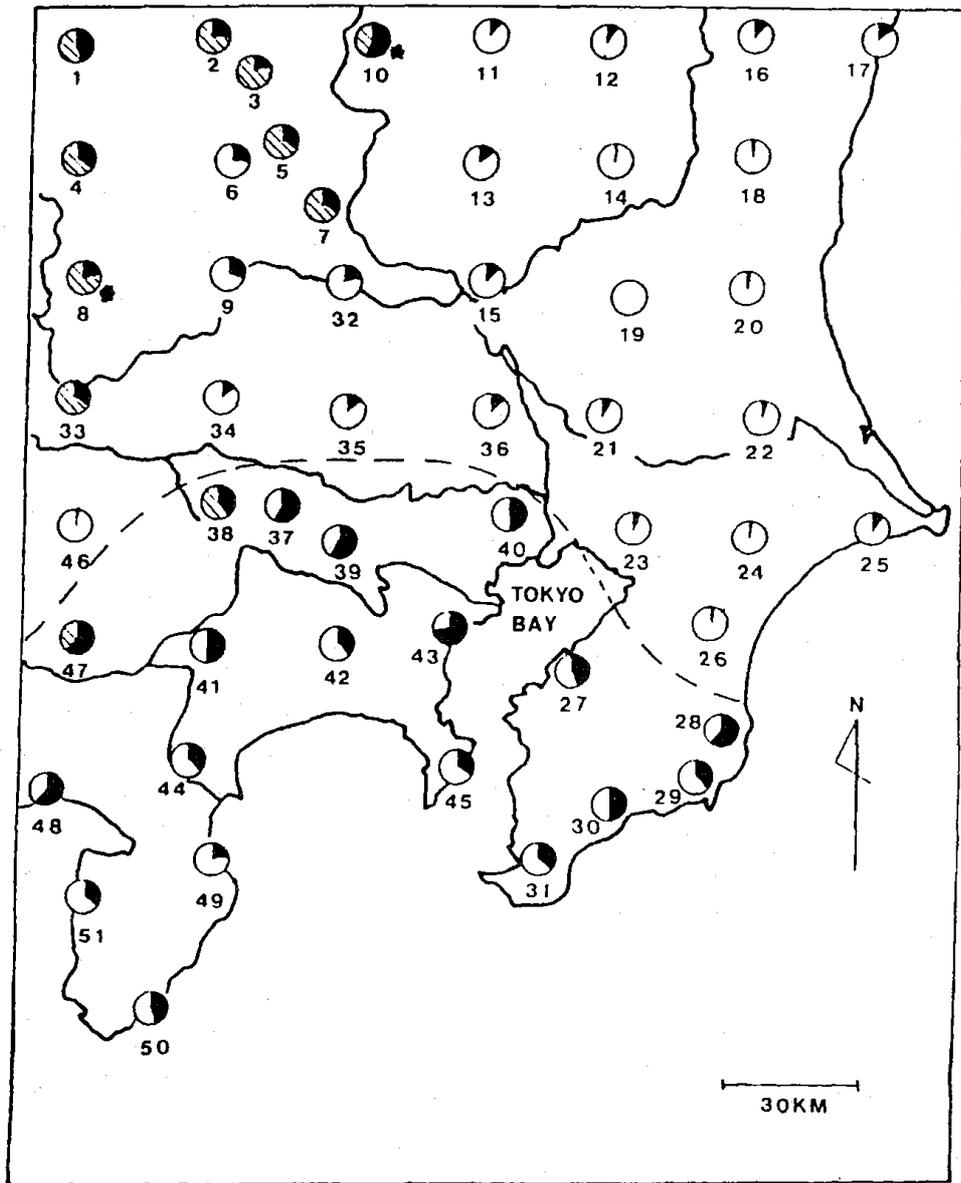


Fig.1 Phenotypic frequencies of two color forms (black : cupreous-form ; white : cyaneus-form) and chromosome numbers (Shaded circles : $2n♂=41$; normal ones : $2n♂=31$) in *Chrysolina aurichalcea* complex in the Kanto District, central Honshu, Japan. The circles with a star show the sites where both species were collected. The code numbers see Table 1. The broken line shows the estimated boundary of high frequency of cupreous-form in the species with $2n♂=31$.

個体群では銅金型の頻度が低く、房総南端や東京以南の個体群ではその頻度は相対的にかなり高いためである。その境界ははっきりしており、図中に破線で示した位置に相当する。なお、この破線はこの境界付近で行われた別の調査結果も参考にして描いたので必ずしもこの図で頻度の異なる個体群の間を通過してはいない。この破線の北側の個体群では銅金型の頻度は平均11.8%と低く、南側の個体群では46.2%と高い。両者には有意差が存在する ($X^2=222.6, P<0.01$)。少し詳しくみると、破線部北側の染色体数の少ない種の個体群では銅金型の頻度が25%以上なのはNo. 6、9だけ

で、最高のNo. 9でも34.0%で30%以上の個体群はこれだけである。これに対し南の個体群では最低のNo. 49個体群のみが24.2%で、他は全て30%以上でしかも40%以上を占める個体群が過半数である。推定遺伝子頻度でみると破線部以北の個体群では銅金型の遺伝子頻度は大部分が50%未満で、青黒型遺伝子が優占している。これに対し、南の個体群では銅金型の遺伝子頻度が1個体群を除いて50%以上あり、この遺伝子が優占している。このように両者で色彩二型の遺伝子頻度が違っていることは明白である。

では、この違いはどう説明されるのであろうか。現

在のところこの違いを明確に説明できるアイデアは得られていない。本種の色彩二型の頻度をめぐる議論では大野⁹⁾は太平洋側では銅金型の頻度が高いと述べているが、その原因については明確な説明はしていない。Suzuki & Sakurai¹⁰⁾は四国地方の南北での個体群間の色彩二型の頻度の大きな違いは中央構造線と対応している可能性があるとして指摘している。関東平野で移動の障壁となり得るものは少ないが、強いて上げればまず上げられるのは利根川であろう。利根川はかつて東京湾に流れ込んでいたことはよく知られている。そうだとするとほとんど飛翔力を有しない本種の場合、この河川の存在は南北の個体群の交流に大きな障害物になっていた可能性は考えられる。川の位置はちょうど破線部のわずかに北方あたりに相当するので位置的には可能性がある。しかしながら、現在の主要河川について見るとその両側で色彩型の大きな変化が生じている例はない。また、一部飛翔個体が発見されているので川を渡れないという保証もない。したがって、川が原因である可能性はごく小さいと思われる。

菊地¹⁰⁾によれば今から40–50万年前に古東京湾が発生し、約10万年前に消失したという。当時の湾は現在の東京湾とは異なって湾の入り口が房総丘陵の北方から霞ヶ浦北方まで大きく開いていた。湾の内部は関東平野の中心部に広がり、房総半島南部と三浦半島はほぼ陸続きであったと言う。もしこの当時ヨモギハムシ個体群が生息していたとすれば、湾の南と北の個体群は湾に隔てられて地理的に大きく隔離されており、両者の色彩型頻度が大きく異なっていた可能性も十分考えられ得る。その後の東京湾は変化したが、房総南部と三浦半島や神奈川県などの個体群は当時の色彩型頻度を維持してきたという考えである。この考えの難点は古東京湾が消失したあと10万年もの間、その当時の色彩二型の頻度が維持され得たのかという疑問である。

そのような具体的な説明はできないが、鈴木¹⁷⁾によれば中央構造線はフォッサマグナの東部では、浅間山付近から千葉市を通って房総の中央部まで至る直線を南端として北に向かって12–20km位の幅で存在する三波川帯と呼ばれる帯状構造の北側の端にあたるという。この三波川帯の南側を20–30kmの幅で平行に秩父帯、四万十帯北帯、四万十帯南帯が順に走っている。色彩二型の頻度の違いの境界線は三波川帯の南端の境界線とも似ているようにも見える。しかし現時点では類似以上の説明はできない。これらの地形、地質と関連する可能性は、アイソザイム分析などの遺伝的解析を行うことによって検討できる。今後の研究課題とし

たい。

関東地方の染色体数の少ない種の色彩二型の頻度は、東京以南とそれより北で異なり、それぞれはほぼ一定していた。しかし、このまとまりは都市化や植生と明確な対応を見せないで生物指標としては現在は使えない。とは言うものの色彩二型の頻度は量的パラメータであり、環境変化により微妙に変化する可能性はある。特に近年銅金型の頻度が低下したとの指摘もある¹³⁾。今後の変化をこの地域でも見ることは生物指標として活用できる可能性を評価する上で重要である。

ところで染色体数の少ない種では、Fig. 1の破線部の南北で色彩二型の頻度が大きく異なっていたが、実際にはどれくらいの距離で頻度が変わっているのだろうか。また、この境界線は今後どのように変わっていくのだろうか。興味を持たれるところである。

摘 要

ヨモギハムシ群の染色体数の異なる種の関東地方における分布と、それらの成虫の色彩二型の表現型頻度の地域による違いを知るため、関東地方全域の51地点で採集調査を行った。これらの結果をもとにその分布パターンと環境や地形との関連性について考察した。

1、染色体数の異なる種の分布については、 $2n\sigma=41$ の種は標高の高い自然環境の良い地域に分布する傾向があり、逆に $2n\sigma=31$ の種は市街化された地域や標高の低い地域を中心に分布する傾向があった。

2、色彩型については、銅金型、青黒型のいずれもほとんどの地域に分布するが、銅金型は染色体数の多い種で頻度が高い傾向があった。また、染色体数の少ない種では二型の割合は地域によって大きく異なり、関東北部では銅金型の表現型頻度が平均11.8%と低かったが東京都以南の地域では平均46.2%と高かった。

3、染色体数の異なる種の分布境界は700mから950m位に位置していたが、それは調べられた場所によって大きく異なっていた。これまでの資料を含めて考察すると、分布境界を規定する主要因は標高ではなく、地史的経過と環境要因が関係しているように思われた。

4、染色体数の多い種が分布することは、自然度の高い環境であることを示しており、このことは生物指標として十分使える可能性がある。一方、色彩二型の頻度を基にこの地域の環境を評価することは現時点では難しいと判断された。

謝 辞

本研究の一部はみすず松高科学研究助成金、および

文部省科学研究費重点領域研究課題番号G075-N36B-01 (代表、只木良也) の研究助成を受けて行われた。研究を行うにあたり信州大学理学部高地生物学研究室の教官、学生諸氏にはいろいろご支援頂いた。文献に関しては同学部地質学教室小坂共榮博士にご援助頂きました。これらの方々に謝意を表します。

文 献

- 1) Suzuki, K. : Discovery of a flying population in *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera : Chrysomelidae). Kontyu, Tokyo, 46 : 549-551, 1978
- 2) 藤山静雄、有本欽治、野田隆志 : ヨモギハムシの発育と生存に及ぼす温度の影響、特に採集地の異なる3系統の比較. New. Entmol., 30 : 16-24, 1981
- 3) Fujiyama, S. : Species problems in *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) with special reference to chromosome numbers (Coleoptera). Entomography, 6 : 443-452, 1989
- 4) 坂上清一、藤山静雄 : ヨモギハムシの地理的個体群間のアロザイム変異. 昆虫, 55 : 437-449, 1987
- 5) 藤山静雄、笹脇彰徳、長尾貢 : ヨモギハムシ種群の染色体数の異なる二型及び色彩二型の長野県内における分布と環境. 環境科学年報, 信州大学13 : 21-31, 1991
- 6) 竹内恭、椎津徹 : ハムシ科昆虫11種の染色体研究. 昆虫, 40 : 297-302, 1972
- 7) Fujiyama, S., K. Arimoto and M. Tanabe : The genetics of two colour forms of *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera : Chrysomelidae) and these gene frequencies around the Utsukushigahara Heights, central Honshu, Japan. J. Fac. Sci. Shinshu Univ., 22 : 83-97, 1987
- 8) 藤山静雄 : ヨモギハムシの色彩二型. 木元新作 (編) 日本の昆虫地理学、変異性と種分化をめぐって. pp 116-126, 東海大学出版, 1986
- 9) Suzuki, K., K. Yamada, M. Teranishi and O. Tadauchi : Preliminary study on the geographical distribution of color forms in *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera, Chrysomelidae). Kontyu, Tokyo, 43 : 437-445, 1975
- 10) 大野正男 : 沓岐のハムシ類. 北九州の昆虫, 11 : 25-33, 1964
- 11) Suzuki, S., K. Yamada and M. Kabata : Geographical distribution of two color forms of *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera, Chrysomelidae) in southwestern Honshu, Japan. Annot. zool. Japon, 50 : 57-62, 1977
- 12) Suzuki, S. and K. Sakurai : Geographical distribution of two color forms of *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera, Chrysomelidae) in northern Honshu, Japan. Ibid., 51 : 56-64, 1978
- 13) 馬場金太郎、加藤直人 : 新潟県のヨモギハムシに関する研究. 越佐昆虫同好会会報, 48 : 2-21, 1978
- 14) 今井弘民 : 染色体観察の手引き (1) 昆虫. 遺伝, 37 : 98-104, 1983
- 15) Suzuki, K. and K. Sakurai : Geographical distribution of two color forms of *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera, Chrysomelidae) in the Island of Shikoku, Japan. Annot. zool. Japon, 52 : 277-288, 1979
- 16) 菊地隆男 : 古東京湾. 特集 : 関東堆積盆地. アーバンクボタ, 18, 16-21, 1980
- 17) 鈴木尉元 : 関東堆積盆地の土台. 特集 : 関東堆積盆地. 同誌, 18, 2-5, 1980

(受理 1994年1月30日)