

昆虫の脳ホルモンの働き

塩野義製薬株式会社研究所 宇尾 淳子・西村 将司

今を去る半世紀以上も前のことである。ポーランドの KOPEĆ¹⁾ は昆虫の変態にもホルモンが関係しているのではないかと考えた。彼はマイマイガの最終令幼虫を用いて除脳や結紮などの実験を行い、脳が成長と変態に必要なホルモンを分泌しているという、当時としては画期的な推論を発表した。無脊椎・脊椎動物を問わず、脳は神経機能の中心として認識されており、ホルモン分泌器官としては認められていなかった時代のことである。

1930年代に入って、いろいろの動物の脳の神経細胞の中には、分泌活動を営んでいる細胞があることが E. SCHARRER によって見いだされ、神経分泌細胞 *neurosecretory cell* と呼ばれることになった。昆虫では、ミツバチの脳で最初の報告がみられる (WEYER, 1935)。HANSTRÖM もオオサンガメの脳間部にこの種の細胞を見いだしている。昆虫の生理学者として有名な WIGGLESWORTH²⁾ は 1940年、このオオサンガメを使って、断頭によって永久幼虫となったものの腹部に、脳のこの特定の部分を移植して幼虫脱皮に成功している。これは動物界において、神経分泌細胞が内分泌機能をもつことを実証した最初の例となった。一方、同じころ、胸部にも変態を支配するホルモン腺があり、その本体は前胸腺であることが我が国の福田³⁾により発見された。脳と前胸腺の相互関係については、更に 10年近くも後で、WILLIAMS⁴⁾によるセクロピア蚕の休眠蛹を用いての研究によって、初めて明らかにされたのである。

脳ホルモン Brain Hormone という命名は KOPEĆ によるもので、その作用にちなんで前胸腺刺激ホルモン *prothoracotropic hormone*、あるいは脱皮刺激ホルモン *Ecdysiotropin* とも呼ばれ、ほかに数多くあると考えられている脳ホルモンの作用と区別している。

現在では昆虫の幼虫脱皮や変態が、主要な三つのホルモンによって巧みに調整されていることは、常識とまでなっている。脳で産生される前胸腺刺激ホルモンは、前胸腺を刺激してエクジゾンを分泌させる。アラタ体からは幼若ホルモンが分泌され、変態を抑制する方向に働いている。幼若ホルモンがエクジゾンと共同して作用すると、幼虫は脱皮して再び幼虫となりながら成長を続け、前者の分泌が低下、または停止すると、後者のみが働いて変態がおこり、幼虫は脱皮して蛹に、蛹は脱皮して成虫となる。

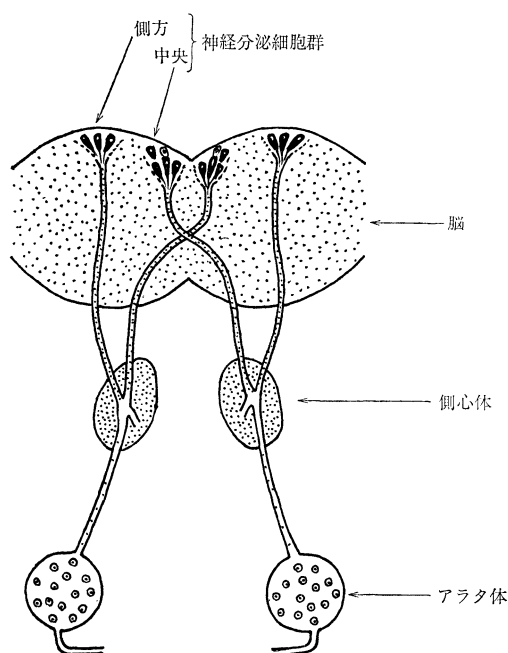
これら三つのホルモンのうち、エクジゾンはステロイド系のホルモンであり、幼若ホルモンはテルペン的一种である。両者とも既に化学構造もつきとめられ、合成も盛んに行われている。しかも、同じようなホルモン作用をもつ同一、または類縁の物質が動・植物界に広く存在することが知られている。脳ホルモンのみがひとり取り残され、まだその全容を表してくれない。

昆虫では各体節ごとに大体一つの神経球が存在しており、脳と呼ばれるものも、幾つかの神経球が融合して出来たもので、脳の中枢化は脊椎動物のそれほど進んでいない。各神経球、特に脳には神経分泌細胞が多数存在している。真に内皮性のホルモン腺といえるのは、前胸腺とアラタ体の二つのみである。これに反して、脊椎動物では多数の内皮性のホルモン腺が体の方々に存在し、一方、神経分泌細胞は間脳の視床下部と尾部の下垂体に局限されている。したがって、昆虫では神経分泌が極めて大きい生理上の役割をもつに違いないことを考慮すべきであって、我々が単純に「脳ホルモン」と呼んでいるものも、前胸腺刺激作用のほかにも多岐にわたるホルモン作用をもつもの、または多くのホルモンが混在しているものと考えるのが妥当と思われる。ここに脳ホルモン研究の難しさがある。本稿では一応、前胸腺刺激ホルモンとしての脳ホルモんに焦点をしばって話を進めてゆきたい。

I 神経分泌物質としての脳ホルモン

昆虫の脳の背面域の脳間部 *pars intercerebralis* にみられる神経分泌細胞は、昆虫の種類によって左右に数個あるものから、1,000以上もあるものまでいろいろである。染色性・形状の違い、分泌顆粒の性状などから、研究者によって A—B, I—IV, α — β — γ などの型に分類されている。一般に、中央部と側方部の細胞群からなっており、細胞体で産生されたホルモンは分泌顆粒として、長い軸索突起内を移動して側心体に送られる。中央の細胞群から出た軸索突起は、脳の正中線で交差して後、脳を出て側心体に達し、側方の細胞群から出たものは左右交差することなく脳を出て、同側の側心体に入ることが多い(次ページの図参照)。

側心体もまた神経性起源の器官である。この器官は脊椎動物でいうなら神経下垂体(下垂体後葉)に相当し、アラタ体は腺下垂体(下垂体前・中葉)と相同と考えら



脳間部の神経分泌軸索の模式図
(STRONG, 1965 より改作)

れる。脳から神経分泌物を運んできた軸索は、側心体で球根状の終末をつくっていることが多い。したがって、側心体は脳の神経分泌物質の貯蔵・放出の場所と見なすことができる。軸索のあるものの末端は更にアラタ体にまで達して、分泌物質がアラタ体にまで移行している像もしばしば観察されている。

側心体から血中に放出された神経分泌物質—脳ホルモンは、標的器官である前胸腺に達するとそれを刺激して活性化し、エクジソンを分泌させるといわれている。一体、脳ホルモンはどのように前胸腺に作用するのであろうか。脳ホルモンが直接前胸腺の中に入って作用するという考え以外に、脊椎動物でしばしばみられるように、標的器官の膜面に達して、そこにある特異的な受容体に結合すると膜面にはある種の反応が起こり、それによって細胞内の代謝系に一連の反応が進行するというような間接的な作用の可能性も考えられる。また、脳ホルモンは、既に産生されているエクジソンを含む大型の分子を溶解して、エクジソンを放出させる働きをもっているのかもしれない。

エクジソンは一応、 α -ecdysone と β -ecdysone とに大別されているが、前胸腺では α 型が産生されるといわれている。これは一見奇異な現象に思える。というのは α 型の生物学的な反応は β 型に比べてはるかに小さいためである。*in vitro* の実験で、脳ホルモンが α 型のエク

ジソンを、より強力な β 型に転換させるという報告⁵⁾がある。これが事実なら、脳ホルモンは前胸腺でつくられた α -エクジソンを、脂肪体、または標的器官で β -エクジソンに変化させる作用をもつという解釈も成り立つわけで、脳ホルモンと前胸腺ホルモンとの関係については、新しい観点から見直す必要があるのかもしれない。

以上述べたように、脳ホルモン産生→軸索輸送→貯蔵・血中への放出→前胸腺→エクジソン放出→組織→脱皮、という過程は、ここ4半世紀の間に確立したように考えられてきたが、学問の進歩とともに新たに多くの疑問や不明な点が浮かび上ってきたようである。

II 脳ホルモンの化学的性質とその問題点

既に述べたように、昆虫の主要な三つのホルモンのうち、その二つまでが既に精製・単離・合成まで化学的研究が進んでいるのに、なぜ脳ホルモンだけがこれほど取り残されたのであろうか。

脳ホルモンの精製は日本では蚕糸試験場の小林勝利、現名古屋大学の石崎宏矩、筆者らを中心とする三つのグループ、それにアメリカの WILLIAMS と東ドイツの GERSCH のグループを加えて五つのグループが、ここ10~20年間も精力的に取り組んでいるが、タンパク(ペプチド)ホルモンであるという考えが最近になって主流を占めるようになった段階で、いまだに単離への途は遠いように見える。

精製・単離が遅れているその第1の障害は生物検定の難しさであり、第2の障害は抽出材料となる昆虫の脳(または頭部)があまりにも小さい点である。後者については抽出・精製の項で説明することにし、前者についてはまず考えてみたい。

1 生物検定法

ホルモンの抽出・精製には多くの段階があり、各段階ごとに莫大な数の生物検定用の動物が必要である。生物検定は簡単で短時日に結果が判明し、かつ再現性に富むものが望ましいことはいままでもない。エクジソンや幼若ホルモンの検定に用いられた方法は、よくこれらの条件を満たしている。優秀な生物検定法が見いだされたこと自体が、ホルモンの精製・単離を成功に導いたともいえる。ところが、脳ホルモンに関しては、これらすべての条件を満足させる検定法はいまだに発見されていない。

理屈のうえでは、脳ホルモンが欠乏している状態の虫に、このホルモンを与えて前胸腺を活性化させ、脱皮を誘発させればよいわけであるが、なかなかよい検定材料が見つからない。一番有望なものは、蛹で休眠する自然

休眠蛹と、脳ホルモン分泌臨界期前に脳を摘出して、人為的に発生を止めた人工休眠蛹である。飼育の条件を工夫して誘発した休眠蛹を用いることも可能である。これらの休眠蛹にホルモン液を注射して、成虫分化が起こるかどうかが検定するわけであるが、共通した難点は、注射後判定までに 2~4 週間もかかり、その間、抽出・精製の手を休めて待たなければならない点である。

自然休眠に入るセクロピア蚕やサクサンでは、休眠に入った蛹をそのまま何か月にもわたって冷蔵してから除脳し、直ちに注射する方法がとられている。一般に休眠蛹は、活動期の脳の移植によって容易に休眠が破れて発生を開始するが、脳ホルモンの注射によってはなかなか休眠が破れない。そのために経験上このような煩雑な方法がとられているのであって、冷蔵期間の設定も難しい上に、大型昆虫であるために大量飼育にむかないという欠点がある。WILLIAMS⁶⁾が使用している。

カイコは大量飼育の点で非常に優れた材料であるが、あいにく、蛹になるよりも前に羽化に必要な脳ホルモンの臨界期がある。したがって、除脳休眠蛹を得るためには幼虫期に除脳しなければならない。ところが除脳すると脱皮がうまくゆかないことが多い。多くの昆虫はこの部類に属している。小林ら⁷⁾は、カイコのある特定の品種(日122×支115)では羽化のための脳ホルモンの臨界期が蛹化後にあることを見だし、この品種の除脳蛹を検定に用いている。この検定動物の欠点⁸⁾は、蛹化後10分以内に除脳しても、除脳後 30~40 日後では60~80%くらいしか未分化の状態に止まっているものがなく、それ以後も絶えず羽化する個体がみられることである。これは注射の判定を紛らわしくする原因となっている。除脳による休眠率は、幼虫期の飼育条件によってもまた大きく左右される。♀は概して羽化率が高く、使いものにならないのも欠点といえる。

石崎⁹⁾や筆者らの用いているエリサン除脳蛹は最も有望である。飼育は人工飼料で十分であり、年中飼育出来る。除脳は蛹化後 4~18 時間くらいが適当であり、除脳後 1~10 か月間はいつでも検定に使用出来る。もちろん欠点もある。飼育はカイコよりも手間がかかる。除脳法、や検定用としての除脳蛹の良否の見分け方に、少々を経験が必要である。

GELSCH¹⁰⁾らはクロバエの老熟幼虫の体を半分にし、その後半分の分離腹部に不活性の環状腺 (ring gland, 前胸腺と相同器官) を移植したものを検定動物に使用するという煩雑な手段を取っており、大量に扱うことには決定的な障害となっている。

2 脳ホルモンの抽出・精製

1958年、小林・桐村ら⁷⁾は、カイコ蛹の脳でメタノール抽出後のエーテル可溶分画に脳ホルモン活性を見いだした。4年後、彼ら¹¹⁾は 22 万個の蛹の脳を用いてその純化に成功し、脳ホルモンはコレステロールであると発表した。この結果は大いに注目され、同時に多くの論議を呼ぶことになった。というのは、昆虫の体内に元来多量に存在しているコレステロールのような非特異的な物質が、特異的な作用をもつ脳ホルモンであるとは、あまりにも意外な結論であったためである。

同じころ、市川・石崎ら¹²⁾(1961)は、小林らと同じカイコ蛹の脳から、小林らとは反対に、水溶性分画に活性物質が含まれていることを見だし、その2年後¹³⁾に、脳ホルモン=タンパク説を打ち出した。市川らの説は脊椎・無脊椎動物を問わず、それまでに発見されていた神経分泌系のホルモンが例外なくタンパクかペプチドである事実から考えても、まことに妥当な説と思われた。その後彼ら⁹⁾は 12 万個のカイコの脳を集めて水溶性の物質を抽出し、熱処理、硫酸沈殿を経て、セファデックス・ゲルろ過、DEAE セルロース・クロマトグラフィーにより、分子量 9,000~31,000 にわたる幾つかの脳ホルモン活性のある不均一な分画を得ている。そして、タンパク量にして 0.002 μ g で1頭のエリサン除脳蛹を羽化させる作用があると発表している (1967)。

一方、山崎・小林ら¹⁴⁾も、脳ホルモンはコレステロールのほかにタンパク性のものもあると発表した。彼らは抽出材料と抽出方法は原則的に石崎らの手法にならない、同じく 0.002 μ g でカイコの除脳休眠蛹を羽化に導く脳ホルモンは、15% のグルコースを含む分子量 20,000 の糖タンパクであると結論している (1969)。同じカイコの脳を出発材料としながら、両グループがこのように異なる結果を得たのは、検定動物の差に負うところが多いように思われる。ちなみに、石崎らの使用しているエリサン除脳蛹にコレステロールを注射しても休眠は破れない。

WILLIAMS⁶⁾は同じころ、ヤマユガ科の一種サクサン蛹の脳を抽出材料とし、上述したセクロピア蚕でホルモン活性を検定して、石崎らと同様、水溶性分画に活性を見いだしているが、彼はこれがタンパク様物質であると結論することをためらい、あるいはムコ多糖類かもしれないと述べている。一方、GERSCH ら¹⁰⁾はワモンゴキブリの神経系を抽出材料として、クロバエの検定法で調べ、活性のある物質はやはり水溶性分画にあって、Neurohormone D と名付ける分子量 2,000 くらいのもとの、Factor II と呼ぶ分子量 2~4 万くらいのものが

存在すると発表しているが、彼らの実験には不明瞭な点が多い。

以上述べた脳ホルモン活性物質には、次のような共通点がみられる。①水溶性であり、②熱に安定で、③透析膜を通過しない。④ペプシン、トリプシンなどには安定であるが、プロナーゼやナガーゼによって酵素分解をうけて失活する。

筆者らの一人¹⁵⁾は、カイコ蛹の脳ではなく、蛾の頭部を抽出材料とし、エリサン除脳蛹を検定動物として、脳ホルモンの抽出・精製を開始した。そして、カイコ蛾1頭分の頭部には少なくとも50頭のエリサン除脳蛹を羽化させるホルモン量が含まれていること。脳ホルモンはペプチドであり、透析すると約1/3が透析外液から回収される点から考えても、それまでに発表されたような大きい分子ではなく、分子量5,000以下と推定出来ると発表した(1972)。

3 問題点

このように、脳ホルモンの化学的性質を決めようとした研究者たちは、抽出材料として同じか、またはよく似たものを用いながら、さまざまな結論を得るに至っている。一般に、ホルモン抽出の出発材料としては、出来る限り単一なものを選択するのが賢明である。脳ホルモンは脳間部で産生されるのであるから、脳だけを集めて抽出するのが一番望ましいわけであるが、10~100万の脳を集めるためには、気が遠くなるほどの労力と忍耐、そして熟練を必要とする。これに反して、ホルモン量の多い蛾の頭部を出発材料とする場合は、労力も比較的少なく、また、熟練を必要としないという美点がある。しかしながら、脳そのものと比べて、頭部全体は10倍以上もの不純物を含み、出発点で既に大きいハンディをかかえていることになる。したがって、ホルモン純化というこの大消耗戦に対して、抽出材料調達時に大勢力を投入するか、精製時に費すかの問題となり、甲乙いずれをよしとするかはにわかに判断出来ない。現在では、石崎・小林両グループとも、カイコ蛾の頭部全体を出発材料に選んでいるようである。

出発材料が脳そのものであれ、頭部全体であれ、筆者らと他の研究者たちの精製操作上の根本的な違いは、透析手段がとれないほどの小さい分子として進めるか、透析可能として行かという点にある。筆者らは水溶性分画からまず大分子のタンパク・核酸などを完全に除去しておいて後、各種クロマトやゲルろ過を行っているが、ホルモン活性の分画がクロマトグラフィーで幾つかに分散する現象^{9,14)}はまずみられない。また、分子量の小さいポリペプチドの精製のための常法で有効なものが多い

ので、精製の過程に利用している点も大きい相違といえる。

脳ホルモンが分子量約5,000くらいのパプチド性ホルモンであるとすれば、構造を決定するには大きすぎることになる。そのうえ、すべてのアミノ酸が脳ホルモン活性に必須のものであるかどうか分からないという不安も残る。例えば、下垂体から分泌される副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)は、アミノ酸39個からなる分子量約4,500のパプチドであるが、この分子の機能的に真に重要な活性部位は、N末端の1~10の間にあると考えられている。脳ホルモンも、“前胸腺刺激”という機能に重要な活性部位は、全アミノ酸配列のうちのある特定の部位である可能性がある。同時に、後に述べる前胸腺刺激以外の作用に必要な部位は、同じアミノ酸配列のうち別の部分が活躍している可能性が無いとは断言出来ないのである。脳ホルモンの精製・単離・構造決定が成功した暁には、これらの疑問のボールもはがされてゆくものと考えられる。

4 脳ホルモン作用類似物質

筆者¹⁶⁾は昆虫の脳間部一側心体—アラタ体の系と、脊椎動物の視床下部—下垂体の系の相同性に着目して、ウシやブタの脳を中心に、広く昆虫の脳ホルモン作用類似物質を求めた。カイコやエリサン除脳蛹で検定した結果、間脳・下垂体には多量の活性物質が含まれており、塩で抽出され、熱に安定、アセトンまたは硫酸で沈殿するなど、昆虫の脳ホルモンとよく似た性質をもっていることが判明した。不思議なことに臍にも多量の活性物質が含まれている。既知のホルモンや酵素とは別種の物質らしい。注射後効果が現れるまでの日数は長い、ウシやブタの脳や臍に含まれている脳ホルモン様活性物質が、それらの臓器の中でどのような機能をもっているのか興味のもたれる問題である。

WILLIAMS⁶⁾は脳ホルモン検定用のセクロピア蚕除脳蛹に、亜鉛・コバルト・銅・鉄などを含む無機イオン溶液を注射すると、休眠が破れ成虫分化を開始することを見いだした。彼はこれらの溶液が“injury factor”の大量放出を促したのが原因ではないかと述べている。

我々⁸⁾は、ホルモン検定用のカイコとエリサンの除脳蛹を大量に用意して、脳ホルモンを全く含まない種々の緩衝液や無機イオン溶液を、いろいろ濃度を交えて注射してみた。その結果、塩溶液のみの注射でも、カイコの除脳蛹では羽化するものが多数見られ、重金属イオン溶液では非常に羽化率が高いことを見いだした。なかでもFe⁺⁺やFe⁺⁺⁺に強い効力があり、エリサン除脳蛹でさえも羽化する個体がみられた。また、ある種の有機溶

媒¹⁷⁾の非常に高濃度の液もまた成虫分化を促すが、この場合は卵巢の発育を伴わないという特色があった。ところが、前半除去蛹¹⁷⁾(分離蛹)に注射した場合には、カイコ・エリサンともに羽化する個体は一例も見られず、これら無機・有機の物質が多分前胸腺を介してのみ作用するものであることが判明したのである。しかしながら、その作用機構については、目下のところ全く不明である。

III 前胸腺刺激以外の脳ホルモンの作用

今仮に、脳ホルモン = 前胸腺刺激ホルモンと単純に割り切って考えてみよう。前胸腺、またはその相同器官が、蛹化後間もなくそのエクジゾン分泌という使命を果たして退化してしまつた後は、脳の分泌活動も終了してよいことになる。ところが、成虫分化の進んだ蛹や成虫の脳からも、前胸腺刺激作用のあるホルモンがますます盛んに分泌されている。このことは、脳ホルモン抽出材料が発生後期の蛹や成虫であることからみても明らかである。このホルモンは一体どのような作用をもっているのであろうか。

石崎¹⁸⁾は成長・分化の種々の時期のカイコの脳・頭部・胸腹部に、前胸腺刺激作用をもつ脳ホルモンがどれほど含まれているかを、化学的に抽出・部分精製し、エリサン除脳蛹に注射して検討した。それによると、①脳と脳を含む頭部全体に含まれている脳ホルモンの量は、蛹の後期から成虫期にかけて最高となる。②♀では同じ時期に胸腹部にも脳ホルモンが多量に蓄積されるようになるが、その量は品種によって非常に違っている、ということである。

我々¹⁹⁾が、カイコの蛹期と成虫期の頭部と胸腹部について調べたところ、品種による相違はあるが、一般に♀は♂の3倍量のホルモンを含んでいる。♀♂ともにホルモン量が最高となるのは若蛹期で、1頭の♀のカイコの若い蛹の中には、実に1,000頭以上のエリサン除脳蛹を成虫化させる脳ホルモン量が含まれていることになる。以後成虫分化とともに減少してゆき、♀では交尾後は約1/4になる。♂成虫の胸腹部には脳ホルモンは全く検出されないが、♀とは異なり、♂は交尾後に頭部の(すなわち脳の)ホルモン量が顕著に増加する。また、蛹化直後に除脳しても、成虫の胸腹部に含まれているホルモン量は正常のものと同じで、胸腹部に脳ホルモンが蓄積されるのは蛹化期前と考えられた。多分、カイコでは蛹化期をはさむ短期間に、脳ホルモンとエクジゾン²⁰⁾の両者は血中に放出されて最高のレベルに達する。それ以後、前胸腺は退化し、脳ホルモンの放出も止まる。

ただし、脳内の神経分泌細胞は盛んにホルモン物質の産生を続けており、成虫になると再び血中への放出が行われるものと思われる。

蛹期に体内に蓄積された大過剰の脳ホルモンは、一体何の役にたっているのであろうか。この疑問に対して、何かを考える手がかりになる実験がある¹⁹⁾。4令初期に去勢して、成虫期の胸腹部に蓄積されている脳ホルモン量を調べると、去勢♀では正常♀の3倍量が検出された。この結果から考えると、♀の蛹の体中にある脳ホルモンは、卵形成か卵黄蓄積、またはその両過程の間に大部分が消費され、残りは交尾・産卵の過程で使用される可能性が大きい。しかし、これらはあくまで推測の域を出ない。

脳の神経分泌物質が、広く代謝に関与していることは古くから知られている。ハエやバッタの卵巢の発育にとって重要な役割を果たしているともいう。また、ゴキブリでは生殖の全過程を通じて、脳がアラタ体の機能を支配・調節しているらしい。脳ホルモンが脂質の分解を促進しているという報告もある。その他枚挙にいとまがないほど多数の報告がある。いずれの場合も、脳ホルモンの一次的(直接的)効果であるのか、または二次的(間接的)効果であるのかさえ、いまだに判明していない。脳ホルモンの一次的效果を示したただ一つの明瞭な報告は、羽化ホルモンに関するもので、トルーマン²¹⁾によれば、羽化ホルモン(成虫分化を終わった成虫が蛹皮を破って出てくるためのホルモン)は脳間部の神経分泌細胞で産生されてリズム的に血中に放出される。これによって羽化のタイミングが調整されているということである。

現時点では、これまでの外科的手段と化学的手段の両方から得られた結果を総合して考えると、脳ホルモンは構造的には単一のものであって、ある部位が前胸腺刺激作用をもち、他の部位が異なる作用を担っているようなものと思われてならない。

一方、脳ホルモンの産生機構の制御の問題も残されている。脳ホルモンそのもののフィードバック機構によって、その産生・放出が制御されているのか、それ以外の機構が存在するのか、すべて分かっていない。また、脳ホルモンには、更に上位の放出ホルモンが存在するのであろうか。これら一切の疑問に対する解答のためにも、脳ホルモンの単離が1日も早く成功することを心から願って、この稿を閉じたい。

引用文献

- 1) Κορεΐς, S. (1922) : Biol. Bull. 42 : 322~342.
- 2) Wigglesworth, V. B. (1940) : J. exp. Biol.

- 17 : 201~222.
- 3) FUKUDA, S. (1940) : Proc. Imp. Acad. Japan 16 : 414~416.
- 4) WILLIAMS, C. M. (1947) : Biol. Bull. 93 : 89~98.
- 5) GILLETT, J. D. et al. (1975) : Proc. R. Soc. Lond. B. 190 : 359~367.
- 6) WILLIAMS, C. M. (1967) : in Insect and Physiology, ed. by Beament, J. W. L. and Treherne, J. E., Oliver and Boyd, Edinburgh and London : 133~139.
- 7) KOBAYASHI, M. and KIRIMURA, J. (1958) : Nature 181 : 1217.
- 8) NISHITSUTSUJI-Uwo, J. and NISHIMURA, M. S. (1972) : Appl. Ent. Zool. 7 : 207~216.
- 9) ISHIZAKI, H. and ICHIKAWA, M. (1967) : Biol. Bull. 133 : 355~368.
- 10) GERSCH, M. and STÜRZEICHUNG, J. (1968) : J. Insect Physiol. 14 : 87~96.
- 11) KIRIMURA, J. et al. (1962) : Nature 195 : 729~730.
- 12) ICHIKAWA, M. and ISHIZAKI, H. (1961) : ibid. 191 : 933~934.
- 13) ———— (1963) : ibid. 198 : 308~309.
- 14) YAMAZAKI, M. and KOBAYASHI, M. (1969) : J. Insect Physiol. 15 : 1981~1990.
- 15) NISHITSUTSUJI-Uwo, J. (1972) : Botyu-Kagaku (防虫科学) 37 : 93~102.
- 16) 宇尾淳子 (1971) : 防虫科学 36 : 66~77.
- 17) NISHITSUTSUJI-Uwo, J. and NISHIMURA, M. S. (1975) : Appl. Ent. Zool. 10 : 52~57.
- 18) ISHIZAKI, H. (1969) : Devel. Growth Different. 11 : 1~7.
- 19) NISHITSUTSUJI-Uwo, J. and NISHIMURA, M. S. (1975) : Experientia 31 : 1105~1107.
- 20) SHAAAYA, E. and KARLSON, P. (1965) : Devel. Biol. 11 : 424~432.
- 21) TRUMAN, J. W. (1972) : in Circadian Rhythmicity, ed. by BIERHUIZEN, J. F., Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen : 111~135.

人事消息

衣川幸義氏(農蚕園芸局植物防疫課庶務班場所庶務係長)は農蚕園芸局植物防疫課庶務班総務係長に
長谷川 清氏(農薬検査所総務課会計係長)は同上班場所庶務係長に
永山 孝氏(横浜植物防疫所総務部庶務課課長補佐)は同上司総務課管理官に
小島良徳氏(名古屋植物防疫所庶務課課長補佐)は横浜植物防疫所総務部庶務課課長補佐に
武舎修夫氏(農蚕園芸局植物防疫課庶務班総務係長)は名古屋植物防疫所庶務課課長補佐に
岩本紀代史氏(農薬検査所総務課)は農薬検査所総務課会計係長に
浅賀宏一氏(農事試験環境部主任研究官)は農林水産技術会議事務局副研究管理官に
藤原敏夫氏(農林水産技術会議事務局副研究管理官)は

野菜試験場久留米支場虫害研究室長に
後藤 昭氏(九州農試環境第1部線虫研究室長)は農事試験場環境部虫害第2研究室長に
大島康臣氏(農事試験環境部虫害第2研究室主任研究官)は九州農業試験場環境第1部線虫研究室長に

【教官公募のお知らせ】

名古屋大学では、農学部農学科害虫学講座の助教を公募しております。応募または推せん希望の方は下記に直接お問い合わせ下さい。提出書類の締切は昭和52年9月16日(金)です。

〒464 名古屋市千種区不老町
名古屋大学農学部
害虫学助教教授選考委員会

国会発行図書

増刷出来上がり!

農薬用語辞典

農薬用語辞典編集委員会 編

B6判 100ページ 1,200円 送料120円

農薬関係用語575用語をよみ方、用語、英訳、解説、慣用語の順に収録。他に英語索引、農薬の製剤形態及び使用形態、固形剤の粒度、液剤散布の種類、人畜毒性の分類、魚毒性の分類、農薬の残留基準の設定方法、農薬希釈液中の有効成分濃度表、主な常用単位換算表、濃度単位記号、我が国で使用されている農薬成分の一覧表、農薬関係機関・団体などの名称の英名を付録とした必携書。講習会のテキスト、海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ