

Bio-active Proteins From Insects

이 북 른

경 성 대 학 교 약 학 대 학

곤충을 연구재료로 하여 생리활성을 가지는 펩타이드 및 단백질에 관한 연구는 최근에 상당히 활발히 진행되고 있는 실정이다. 그들을 그 생리활성별로 크게 분류하면 다음과 같이 3종류를 들 수 있다.

- (1) antibacterial and antifungal proteins.
- (2) neuropeptides.
- (3) proteases.

이외에도 곤충으로부터 성장호르몬, lectin, pheromone 및 변태에 관계되는 단백질을 분리 정제하여 그들의 생화학적 특성에 관하여 보고하고 있으나 본 총설에서는 생략하고자 한다.

1. Antibacterial and Antifungal Protien.

이 분야의 연구는 스웨덴의 Hans. G. Boman 교수팀의 선구적인 연구로 시작되어 최근에는 여러 연구진이 여러 곤충에서부터 항균력을 가진 단백질을 분리 정제하여 그 유전자까지 규명하고 있는 실정이다.¹⁻³⁾ 현재까지 보고된 antibacterial 단백질의 곤충의 larvae나 pupae에 외부에서 대장균이나 이물질의 주입이나 상처에 의하여 체액에서 유도되는 단백질 및 펩타이드로 그람양성균 및 그람음성균에 대하여 선택적으로 항균력을 가지는 특징을 가지고 있다. 그러나 이들 곤충에 대하여 외부자극을 가하지 않은 정상적인 hemolymph에서는 항균력이 있는 단백질이 유도되지 않음이 여러 연구진에 의하여 증명되었다.

먼저 Hans G. Boman 교수팀은 giant silk moth인 *Hyalophora cecropia*의 pupae로부터 9종류의 항균단백질을 분리 정제하여 그들 중에서 attacin과 cecropin이라고 명명된 항균단백질은 그들의 아미노산 서열과 유전자까지 규명된 상태이다. Cecropin은 35-37개의 아미노산으로 구성되는 펩타이드로써 N-말단은 basic하고, C-hydrophobic한 성질을 가지고 있다. 또한 이들 단백질은 지방질로부터 외부 자극에 의하여 합성되나, 그외의 곤충의 여러 장기에서도 미량이 합성되는 사실을 규명하고 있다. 그림 1에서는 cecropin 유사항균단백질의 아미노산 염기배열을 나타내고 있다.

Silk moth이외의 leiodoptera인 Chinese oak silk moth인 *Antheraea pernyi*⁴⁾, tobacco hornworm인 *Manduca sexta*⁵⁾ 및 보통의 silkworm인 *Bombyx mori*⁶⁾ 등에서도 cecropin과 유사한 단백질이 합성되는 사실이 보고되고 있다. 나비목이 아닌 파리목에서도 유사한 단백질을 분리한 예가 보고되고 있다. 그 대표적인 예가 동경대학 Natori 교수팀에서 flesh fly인 *Sarcophaga peregrina*⁷⁾로 부터도 cecropin 유사한 단백질을 분리하여 그 아미노산서열과 그들의 유전자⁸⁾까지 규명하고 있는 실정이다. *Drosophila*⁹⁾로부터도 cecropin과 유사한 항균단백질을 분리한 보고가 있다. 이상의 나비목이나 파리목처럼 완전변태를 하는 곤충중에서는 항균 단백질의 연구가 많이 진행되었으나, 완전변태를 하는 또다른 곤충인 딱정벌레목(Coleoptera)중 풍뎅이과의 *Holotrichia diomphalia*의 유충으로부터 필자의 연구실에서 cecropin과

		10	20	30
<i>Bombyx</i>	A	RW--KIFKKI	EKMGRNIRD	G IVKAGPAIEV LGSAKAI*
<i>Antheraea</i>	B	KW--KIFKKI	EKVGRNIRN	G IIKAGPAVAV LGEAKAL*
<i>Hyalophila</i>	B	KW--KVFKKI	EKMGRNIRN	G IVKAGPAIAV LGEAKAL*
<i>Drosophila</i>	A	GWLKKIGKKI	ERVGQHTRD	A TI-QGLGIAQ Q AANVAATAR*
<i>Porcine</i>	P1	SWLSKTAKKL	ENSAK-KR-	-ISEGIAIAI QGGPR*

그림 1. Cecropin sequences from four insects.

유사한 항균단백질을 분리정제하여 현재 그들의 아미노산 서열을 결정하고 있는 상태이다. 또 다른 풍뎅이과에 속하는 *Tenebrio molitor*의 유충에 항균력을 가진 단백질이 존재한다는 사실은 이미 보고¹⁰⁾ 되고 있는 상태이다. 이러한 사실을 종합하여 볼 때 곤충에서 유도되는 항균 단백질은 외부에서 대장균이나 병원성유발물질에 대하여 자신을 방어(host defense)하기 위하여 분비되는 물질임을 추정할 수 있다.

이들 단백질이 항균력을 나타내는 작용기전은 아직까지 완전히 규명되지 않고 있지만 현재까지의 연구결과는 이들의 작용부위는 bacteria의 내의 membrane에 대하여 ion channel를 형성하는 것으로 추정되고 있다. 이들 항균단백질의 아미노산서열을 가지는 합성펩타이드를 인공 membrane에 작용시켜 볼 때 voltage-dependent한 ion channel를 형성하는 사실이 보고되고 있다.¹¹⁾ 그러나, 아직까지 정확한 작용기전은 밝혀지지 않고 있고 현재 많은 연구진들이 이들에 관한 연구를 수행중에 있다.

최근에 곤충으로부터 분리된 항균단백질을 이용하여 생체방어기전에 관한 연구가 활발히 진행되는 이유는 다음과 같다. 최근의 몇몇 연구진에 의하여 곤충의 항균 단백질과 유사한 단백질이 척추동물에서도 분리정제되어 defensin이란 이름으로 보고되고 있다.¹²⁻¹⁴⁾ Defensin은 29~34개의

아미노산으로 구성되는 펩타이드로 cysteine을 많이 함유하고 있는 것이 특징이다. 사람, 돼지, 토끼, 쥐에서 분리정제된 defensin의 구조를 결정하여 본 결과 그림 2에 나타난 것처럼 곤충에서 분리한 단백질과 그 아미노산서열이 비슷한 사실이 판명됨으로 척추동물과 무척추동물의 생체방어기전이 비슷할 것으로 추정됨으로 다루기 쉬운 곤충을 이용하여 생체방어기전을 이해함으로써 척추동물의 생체방어기전을 이해하려는 연구가 활발히 진행되고 있다.

곤충으로부터 분리된 antifungal단백질에 관한 연구는 현재까지 발표된 것은 없으나 필자의 연구실과 외국의 몇몇 연구진¹⁵⁻¹⁶⁾이 현재 연구를 하고 있는 것으로 필자는 알고 있다. 항진균단백질의 특성은 외부 자극에 의하여 유도되는 단백질이 아니라 곤충의 체액에 천연으로 존재하고 있는 것으로 추정되고 이들 역시 30~40의 아미노산으로 구성된다는 사실이 규명되었다. 필자의 연구실에서는 풍뎅이과에 속하는 *Holotrichia diomphalia*의 체액으로부터 *Candida albicans*에 항진균작용을 나타내는 단백질을 분리정제하였고, 동경대학의 Natori 교수팀에서는 flesh fly인 *Sarcophaga peregrina*의 체액으로부터 역시 *Candida albicans*에 항진균작용을 나타내는 단백질을 분리하여 그들의 유전자까지 규명한 것으로 알고 있다. 이들이 유도성단백질이 아니라 곤충의 체액에 항상 존재하는 사실은 곤충이 진균의

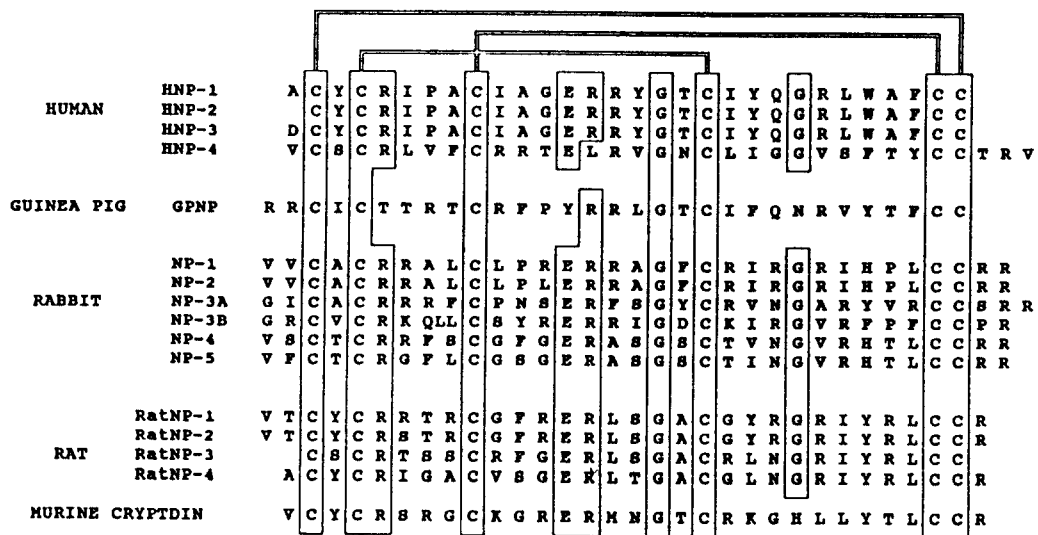


그림 2. Primary and disulfide structures of defensins.

침입에 대하여서는 항상 체내에 대응단백질이 존재하고 있으나, 박테리아 다른 이물질의 침입에 대해서는 그때 그때 대응하는 단백질을 체내에서 합성하는 곤충의 생체방어기전을 가지고 있는 것으로 추정하고 있다. 또한 이들 항균 및 항진균단백질이 완전변태의 곤충의 유충이나 pupae에서는 분리정제되고 있으나 불완전변태의 곤충이나, 무변태의 곤충에서는 현재까지는 cecropin과 같은 항균 단백질은 분리정제되지 않고 있는 실정이다. 그 이유는 곤원적으로 cecropin과 같은 항균단백질이 존재하지 않고, 다른 항균생리활성물질이 존재하는지, 혹은 존재하지만 곤충으로부터 체액의 채취 등의 어려움때문에 항균단백질을 찾지 못하는지는 아직까지 규명되지 않고 있다.

2. Neuropeptides from Insects.

곤충에서의 neuropeptides는 곤충의 이노작용, 내장근육의 수축 및 이완작용, pheromone의 생산, 체액속의 당농도조절, mating, 변태조절기능 등을 담당하는 중요한 펩타이드이다. 이중에서 가장 연구가 많이된 분야가 내장근육 수축 및 이완작용에 관계되는 펩타이드로 현재까지 *Madeira cockroach*인 *Leucophaea maderae*로부터 분리된 leucokinin이란 8종류의 펩타이드가 분리되어 보고되어 있다.¹⁷⁻¹⁸⁾ 그들의 아미노산 서열은 표 1.에 나타내고 있다.

이들은 cockroach의 *Corpora cardiaca*에서 관찰되는데 이는 포유동물의 hypothalamus에 해당하는 것으로 10^{-10} - 10^{-11} M의 낮은 농도로 cockroach의 hindgut를 수축시키는 생리활성을 가지고 있다. 또한 이들은 체액의 분비를

조절하는 기능이 있고, 곤충체내의 물의 양을 조절하고, 체내이온의 조절역할도 하는 것으로 추정되고 있다. 이러한 leucokinin 유사물질이 cockroach 이외의 모기들에서도 분리되고 있는 것으로 보고되고 있다.¹⁹⁾ 이들이 아미노산 서열을 비교하여 볼 때 재미있는 것은 C-말단의 아미노산 서열이 Phe-X-Ser-Trp-Gly-NH₂로 공통된 pentapeptide로 구성된다는 사실이 매우 흥미로운 점이다. 이들을 화학 합성하여 생리활성을 조사하여 보면 이 pentapeptide가 myotropic 활성이 있으나 이보다 짧은 펩타이드는 생리활성이 없는 것으로 보고되고 있다.²⁰⁾ 최근에는 leucokinin의 active conformation를 결정하기 위하여 화학합성한 유도체를 CD, NMR, molecular dynamic analysis 결과 위의 공통된 pentapeptide 중 X-Ser-Trp-Gly 부분이 β -turn 구조를 취한다는 사실을 보고하고 있다.²¹⁾ 이러한 β -turn 부분이 myotropic receptor에 의하여 인식되어 생리활성이 나타나고, 이러한 구조는 oviduct-contractile 활성과 pheromone 생합성에도 관계되는 것으로 추정되고 있다. 이외에도 곤충으로부터 분리정제되어 그 아미노산서열이 밝혀진 것은 cockroach의 뇌로부터 allatostatin이란 octapeptide가 보고되고 있다.²²⁾ 이것은 juvenile hormone의 합성을 억제하는 neuropeptide로 tyrosine 잔기가 특이적으로 많이 함유된 것이 특징이다. 이것과 반대의 생리활성을 가진 것이 *Manduca sexta*로부터 분리정제된 allatotropin이란 13개의 아미노산으로 구성되는 juvenile hormone의 합성을 촉진시키는 neuropeptide이 분리 정제되어 그 구조가 밝혀졌다.²³⁾ 그외의 무척추동물로부터 분리정제된 neuropeptide로 써는 achetakinins¹⁷⁾, locustatachykinins²⁴⁾ 등이 현재까지 보고된 neuropeptide의 예이다.

최근에 이러한 곤충의 neuropeptide의 연구가 활발히 진행되는 이유는 살충제의 개발을 하는데 기초자료로써 이용하려는 시도때문에 더욱 더 많이 연구되는 분야이다. 그 한 예로써 최근에 미국 Sandoz 회사에서는 tobacco hornworm인 *Manduca sexta*, tobacco budworm인 *Heliothis virescens* 및 beet armyworm인 *Spodoptera exigua*로부터 곤충을 마비시키는 neuropeptide를 7종류를 분리정제하여 보고하고 있다.²⁵⁾ 이들의 특징은 23개의 아미노산으로 구성되는 펩타이드로 2개의 cysteine 잔기가 포함되어 있고, 나비목에 속하는 곤충의 유충을 마비시키는 생리활성을 가지고 있는 것으로 밝혀졌다. 이러한 연구는 살충제가

표 1. Sequences of leucokinin insect neuropeptide family.

Leucokinin	Sequence
I	Asp-Pro-Ala-Phe-Asn-Ser-Trp-Gly-NH ₂
II	Asp-Pro-Cly-Phe-Ser-Ser-Trp-Gly-NH ₂
III	Asp-Gln-Gly-Phe-Asn-Ser-Trp-Gly-NH ₂
IV	Asp-Ala-Ser-Phe-His-Ser-Trp-Gly-NH ₂
V	Gly-Ser-Gly-Phe-Ser-Ser-Trp-Gly-NH ₂
VI	pGlu-Ser-Ser-Phe-His-Ser-Trp-Gly-NH ₂
VII	Asp-Pro-Ala-Phe-Ser-Ser-Trp-Gly-NH ₂
VIII	Gly-Ala-Asp-Phe-Tyr-Ser-Trp-Gly-NH ₂

곤충이외의 가축이나 사람들에 비선택적으로 독성이 있는 단점을 배제하고 특정의 곤충에 대해서만 선택적으로 작용하는 곤충의 생체에서 분리된 물질을 이용하여 살충제를 개발하려는 시도에서 시작된 연구로 앞으로 이 분야에 대하여 많은 연구가 수행될 것으로 추정되고 있다.

이러한 곤충의 neuropeptide의 구조가 밝혀지면 그들의 유전자를 찾아내어 그들의 유전자구조를 규명한 후 곤충 특유의 바이러스 등에 그들의 유전자를 주입시킨 후에 발현시킴으로써 특정곤충에 대하여서만 선택적으로 작용하는 살충제의 개발의 가능성을 최근의 보고를 통해서 그 가능성을 시사하고 있다.²⁶⁻²⁷⁾

3. Proteases from Insects.

오래전부터 곤충으로부터 여러 종류의 protease가 분리 정제되어 왔으나 그 생물학적 중요성에 관해서는 극히 최근에 인식되어 새로운 방향의 연구과제가 되고 있다. 현재까지 보고²⁸⁻³¹⁾된 protease는 trypsin-like 및 chymotrypsin-like endoprotease로 이들의 생체내의 작용은 영양원의 섭취를 위하여 분비되는 protease로 인식되어 그들을 분리정제하여 생화학특성 및 그들의 일차구조 등을 밝힌 보고가 최근까지의 주된 연구 흐름이었다. 곤충에서 분리되는 protease의 생물학적 중요성에 관한 새로운 연구방향은 최근에 발표된 보고에서 제시되고 있다.³²⁻³⁴⁾ 이들 연구의 기본적인 아이디어는 오래전부터 곤충 연구자들에게 제기된 문제점으로 곤충이 변태를 하여갈 때 외형적인 크기가 변태되는 각 단계에 따라 크게 다른 것에서 출발하고 있다. 완전변태를 하는 곤충에서는 유충의 크기가 pupae 크기의 두배정도인 것은 유충에서 pupae로 변태될 때에 자기조직의 일부분을 분해시키지 않고도 pupae 크기 만큼으로 변태될 수 없는 사실에 착안하여 자기조직을 어느 시기에 분해시키는 protease가 존재할 것이라는 가정하에 연구를 시작한 결과 chymotrypsin-like한 protease를 분리 정제하는데 성공하였다.

이들 연구결과가 가지는 생물학적 중요성을 현 시점에서 과대해석하는지는 몰라도 다음과 같은 견해로 해석할 수도 있을 것이다. 즉 생체내에서 불필요한 조직을 일정한 시기에 특이하게 인식하여 선택적으로 그 조직만을 분해, 제거시키는 protease의 작용기전을 우리들이 정확하게 해

석할 수 있다면 이러한 개념을 인간의 질병치료에도 응용할 수 있을 것으로 추정할 수 있다. 즉 어느 시기까지 자기(self) 조직으로 인식하다가, 일정 시기가 되면 비자기(non-self) 조직으로 인식하여 제거시키는 신호 및 여기에 관계되는 protease의 연구는 필자의 견해로써는 중요한 생물학적 의미를 가지고 있다고 생각하고 있다. 즉 인간에게 발생하는 암조직은 생체의 self조직의 일부가 생체내의 통제에서 벗어난 성장을 하는 것으로 생각할 때 이들을 non-self조직으로 인식하여 그 조직만을 선택적으로 제거할 수 있다면 암치료의 새로운 방향을 제시할 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 관점을 가지고 출발하는 기초연구의 연구 재로써는 곤충을 이용하는 것이 매우 유리할 것으로 생각할 수 있다.

Kurata 등이³²⁻³⁴⁾ 발표한 연구 결과를 간단히 살펴보면 이들은 *Sarcophga peregrina*의 pupae의 체세포로부터 200 kD의 단백질을 분리하여 유충의 fat body에 가할 때 유충의 fat body가 pupae의 fat body와 똑같은 형태로 변해가는 사실을 관찰하였고, 이 단백질을 대한 항체를 제작하여 유충에 주사시 유충은 pupae로 변태되지 않는 사실을 관찰하였고, 이 protease는 chymotrypsin-like protease인 것이 판명되었다. 이러한 연구는 곤충의 변태기전을 해명하는 데도 중요한 연구자료로도 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

또 다른 곤충의 protease에 관한 연구는 풍뎅이파에 속하는 *Tenebrio molitor*를 이용한 연구로써 이들 곤충은 식물성의 보리나 감자뿐만아니라 동물성조직도 쉽게 먹이로써 이용하는 관점에서 이들 곤충에서 분비되는 protease에 관한 연구가 최근에 보고되고 있다.³⁵⁾ 이들의 연구 결과는 곤충에서 분비되는 탄수화물 및 단백질분해효소에 관한 귀중한 자료가 될 것이고 이들을 산업적으로도 이용할 수 있는 기초연구자료가 될 것으로 생각한다.

이 분야의 또 다른 재미있는 연구결과는 질병을 유도하는 곤충의 타액으로부터 분비되는 protease에 관한 연구이다. 피부병의 일종인 schistosomiasis는 schistosome유충이 분비하는 serine protease을 이용하여 사람의 피부를 침입하는 것으로 알려져 있다.³⁶⁻³⁷⁾ 이들 protease는 keratin, laminin, fibronectin, type IV collagen 및 elastin 등을 분해시키는 것으로 보고되고 있다.³⁸⁾ 이들에 관한 연구는 기생충 등이 어떤 물질을 분비하여 사람 및 가축의 피부를 침투하는지를 규명하는데 중요한 연구자료가 될 것이고 이들의 작용 기

전을 이해하는 것은 Chagas 병을 치료하는데 유용하게 응용될 수 있을 것이다. 최근에는 이들 protease의 아미노산 서열 및 유전자까지 규명되었고³⁷⁾, 그들의 생체내의 거동 등을 연구하는 연구진이 활발히 연구를 수행하고 있는 상태이다. 최근에는 *Trypanosoma* 총이 유발하는 Chagas병에 관계되는 60kD의 protease가 이들 유충에서 분비되어 숙주 세포내로 침입한다는 새로운 재미있는 사실을 보고하고 있다.³⁹⁾

이상의 총설에서 필자는 곤충을 이용한 연구의 극히 일부분의 연구내용만을 소개하였다. 마지막으로 필자가 강조하고 싶은 것은 곤충을 이용한 연구가 최근까지도 수행되고 있는 곤충의 분류나 생태를 관찰하던 연구로부터 보다 생물학의 근본적인 의문점인 생체방어기전의 이해, 질병의 발생원인 및 그에 관계되는 물질의 규명, embryogenesis, development와 morphogenesis의 분자 level의 연구를 국외 첨단연구진들이 수행하고 있다는 사실이다. 이들 연구를 수행하는 데는 mouse나 rat가 최적의 연구자료로 인식되었으나, 최근의 국외연구진들의 연구결과를 종합하여 볼 때 곤충을 이용하여도 이와같은 생물학 및 분자생물학의 기초연구를 수행하는데 큰 문제가 없다는 사실이 차츰 인식되고 있는 실정이다.

참 고 문 헌

1. Boman, H. G., and Hultmark, D., *Annu. Rev. Microbiol.*, **41**, 103-126(1987).
2. Hultmark, D. et al., *Eur. J. Biochem.*, **127**, 207-217(1982).
3. Hultmark, D. et al., *EMBO J.*, **2**, 571-576(1983).
4. Qu. X. et al., *Eur. J. Biochem.*, **127**, 219-224(1982).
5. Dickinson, L., Russell, V., and Dunn, P. E., *J. Biol. Chem.*, **263**, 19424-19429(1988).
6. Morishima, I. et al., *Comp. Biochem. Physiol.*, **95B**, 551-554(1990).
7. Okada, M. and Natori, S., *J. Biol. Chem.*, **260**, 7174-7177(1985).
8. Matsumoto, N. et al., *Biochem. J.*, **239**, 717-722(1986).
9. Kylsten, P. et al., *EMBO J.*, **9**, 217-224(1990).
10. Spies, A. G., Karlinsky, J. E., and Spene, K. J., *J. Invertebr. Pathol.*, **47**, 234-235(1986).
11. Wade, D. et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **87**, 4761-4765(1990).
12. Lehrer, R. I., and Ganz, T., *Blood.*, **86**, 2169-2181(1990).
13. Ganz, T., Selsted, M. E., and Lehrer, R. I., *Eur. J. Haematol.*, **44**, 1-8(1990).
14. Kagan, B. L. et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **87**, 201-213(1990).
15. Lee, B. L. et al., unpublished data(1992).
16. Natori, S. et al., unpublished data(1992).
17. Holman, G. M. et al., *Ann. Rev. Entomol.*, **35**, 202-217(1990).
18. Holman, G. M. et al., *Comp. Biochem. Physiol.*, **88C**, 31-34(1987).
19. Hayes, T. K. et al., *Life Sci.*, **44**, 1259-1266(1989).
20. Nachman, R. J. et al., In *Progress in Comparative Endocrinology*(Epple, A. W. et al. eds.), pp. 60-66(1990).
21. Nachman, R. J. et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **88**, 4518-4522(1991).
22. Pratt, G. E. et al., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **88**, 2412-2426(1991).
23. Kataoka, H. et al., *Science.*, **243**, 1481-1483(1989).
24. Schoofs, L. et al., *Regul. Pept.*, **31**, 199-212(1990).
25. Skinner, W. S. et al., *J. Biol. Chem.*, **266**, 12873-12877(1991).
26. Tomalski, M. D., and Miller, L. K., *Nature.*, **352**, 82-85(1991).
27. Stewart, L. et al., *Nature.*, **352**, 85-88(1991).
28. Houseman, J. G. et al., *Insect Biochem.*, **17**, 213-218(1987).
29. Moritz, B., and Crailsheim, K., *J. Insect. Physiol.*, **33**, 923-931(1987).
30. Sharma, B. R. et al., *Insect Biochem.*, **14**, 37-44(1984).
31. Teo, L. H., and Woodring, J. P., *Insect Biochem.*, **18**, 363-367(1988).

32. Kurata, S. et al., *J. Insect Physiol.*, **35**, 559-565 (1989).
33. Kurata, S. et al., *Insect Biochem.*, **20**, 461-465(1990).
34. Kurata, S. et al., *Developmental Biology.*, **146**, 179-185(1991).
35. Ferreira, C. et al., *Insect Biochem.*, **20**, 839-847 (1990).
36. McKerrow, J. H. et al., *J. Biol. Chem.*, **260**, 3703-3707(1985).
37. Newport, G. R. et al., *J. Biol. Chem.*, **263**, 13179-13184(1988).
38. McKerrow, J. H. et al., *Biochem. J.*, **231**, 47-51 (1985).
39. Ortega-Barria, E., and Pereira, M. E., *Cell.*, **67**, 411-421(1991).

생명과학 편집 원고 모집

생명과학의 편집계획과 관련된 원고들은 수시로 모집하오니, 회원동정에 관한 부분까지도 본 연구회 사무실로 보내주시기 바랍니다.

편집은 권두언, 총설, 최근연구동향, 세미나리포트, 학회참관기, 생명과학중계실, 생명과학에세이, 오류도 게시판, 자유 칼럼 순으로 계획되어 있으니 관련원고를 적극적으로 투고하여 주시면 보다 충실한 생명과학지로 성장할 수 있을 것으로 믿습니다.

또한 총설 및 미리리뷰의 경우에는 본지에 게재된 투고요령을 참고 하시기 바랍니다.