

生理活性ペプチドの解析

—昆虫サイトカイン研究の現状—

佐賀大学応用生物科学科 早川洋一

はじめに

寄生バチに寄生された宿主昆虫幼虫は、なぜ蛹変態が阻害されるのか？これは、そもそも、筆者が昆虫サイトカイン*に興味を抱くきっかけとなった研究である。本稿では、この一見何の関係もなさそうな両者（寄生とサイトカイン）が結び付く経緯をたどりつつ、昆虫サイトカイン研究の現状を紹介したい。

I 発育阻害ペプチド (Growth-blocking peptide, GBP) の発見

カリヤコマユバチによって寄生されたアワヨトウ幼虫は、蛹へ変態できずに寄生後約11日目に幼虫形態のまま死んでしまう。もちろん、宿主が死亡する直前に寄生バチ幼虫は宿主幼虫体外へ脱出する。この寄生バチによる宿主の蛹変態阻害機構を解析する過程で見つかったのが、発育阻害ペプチド (Growth-blocking peptide, 以下 GBP と略す) である。GBP はアミノ酸 25 残基からなるペプチドで、未寄生の健康なアワヨトウ終齢幼虫に 10 pmol 程度注射することによって顕著な発育遅延を誘起する。さらに、その後の研究によって、GBP は宿主アワヨトウの遺伝子産物であり、寄生や低温といった種々のストレスによって血中（および中枢神経組織内）濃度が上昇することも明らかになった。したがって、寄生に伴う宿主アワヨトウ幼虫の発育遅延の主要因の一つが、この血液や中枢神経組織内での GBP 濃度の上昇と考えられる (HAYAKAWA, 1991; HAYAKAWA, 1995)。

Biochemical and Molecular Biological Analyses on Biogenic Peptides — Recent Studies of Insect Cytokines. By Yoichi HAYAKAWA

(キーワード：昆虫サイトカイン、発育阻害ペプチド (GBP)、寄生バチ、アワヨトウ、生育遅滞)

* サイトカイン：細胞の増殖分化や免疫応答の制御、細胞間の情報伝達、抗腫瘍作用、抗ウイルス作用などを担っているタンパク質または糖タンパク質の総称。自己分泌、傍分泌的にも作用し、内分泌的に作用するホルモンと異なる作用機序を示す。

II GBP と同族ペプチドの生理機能

GBP に関する最初の論文 (HAYAKAWA, 1990) を発表した翌年、アメリカの研究グループが GBP と一次構造上類似性の高い (70 ~ 80%) 生理活性ペプチドに関する論文を発表した (SKINNER et al., 1991)。そのペプチドは、注射によって幼虫を麻痺させることから麻痺ペプチドと命名された。1990 年初頭に二つの研究グループが独立にこうした報告をした後、しばらくこれらのペプチド研究に関する本質的な進展はなかった。1995 年、筆者らは GBP による幼虫発育遅延現象を解析する過程で、GBP が血液、皮膚、そして脳内ドーパミン濃度を上昇させる生理活性を有することを突き止めた。すなわち、GBP による幼虫発育抑制は、このドーパミン濃度上昇が密接にかかわっていることが明らかになった (NOGUCHI et al., 1995; NOGUCHI and HAYAKAWA, 1996; NOGUCHI et al., 2003)。その後、この GBP による血中ドーパミン濃度上昇の分子機構についての研究は着実に前進させることができたが、この時点でも GBP 自体の分子種（例えば、ペプチド性ホルモンと考えるべきかどうか）については曖昧なままであった。

III GBP の細胞増殖活性

GBP の一次構造を決定した時点で、いくつかのデータベースを利用してペプチドのホモロジー検索を繰り返した。しかしながら、特に意味のありそうな相同性や類似性をもつペプチド、タンパク質を見いだすことはできなかった。その後、GBP による血中や脳内ドーパミン濃度上昇について解析を進めながらも時々ホモロジー検索を続けていた。GBP の構造決定から約 7 年がたったある日、GBP 分子内に存在する 2 残基のシスティンに比重を置く条件下で検索を行ったところ、マウスヒトの EGF (epidermal growth factor) が候補の一つとして現れた。一次構造上の類似性はたかだか約 20% 程度で、通常の条件ではヒットしたことがなかった。さらに、マウス EGF もヒト EGF もアミノ酸 53 残基からなるペ

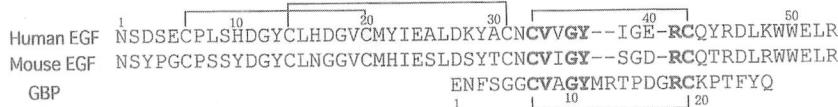


図-1 ヒト、マウス EGF とアワヨトウ GBP のアミノ酸配列

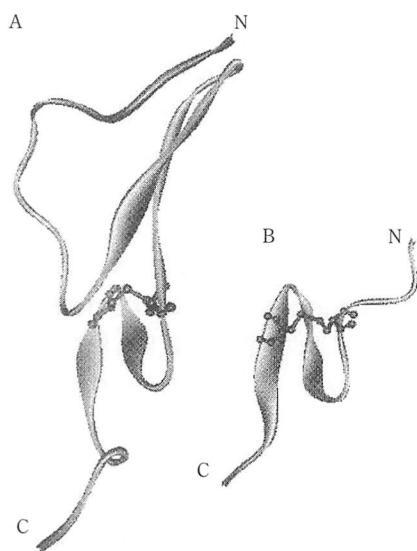


図-2 EGF (A) と GBP (B) の立体構造, N, C は各々アミノ末端, カルボキシル末端を示す

ペプチドであり、GBP の約 2 倍のサイズである（図-1）。したがって、確信はもちろん期待もほとんどないまま、取り敢えず GBP が細胞増殖活性を示すかどうかを確かめた。ターゲット細胞は、EGF 細胞増殖活性測定において最も一般的なヒトのケラチノサイトを用いた。その結果、意外にも GBP による顕著な細胞増殖活性が認められた。しかも、その濃度依存性、最大増殖速度とも EGF のそれと同等な値であることも確認された (HAYAKAWA and OHNISHI, 1998)。さらに、GBP は昆虫培養細胞である Sf 9 細胞や High Five 細胞に対しても顕著な細胞増殖活性を示すことが明らかになった (AIZAWA et al., 2001 ; OHNISHI et al., 2002)。こうした GBP の細胞増殖活性が確認された後、NMR による GBP の構造解析もなされた。その結果、わずか 25 残基の GBP が水溶液中でしっかりと立体構造をとっている、その構造はヒトやマウスの EGF のカルボキシル末端側に存在するベータヘアピン構造によく似たものであることが明ら

かになった (AIZAWA et al., 1999, 図-2)。

こうした GBP 細胞増殖活性の発見と前後して、ウィスコンシン大学の STRAND の研究グループは、アワヨトウと同じヤガ科の *Pseudopluscula includens* (P.i. と略す) 幼虫血球細胞が GBP と類似のペプチドによって活性化され細胞突起を伸長させる事実を発見した。このペプチドを plasmacyte spreading peptide (PSP) と命名した (CLARK et al., 1997)。PSP は GBP よりも 2 残基少ない 23 残基のアミノ酸からなるペプチドであり、GBP とのアミノ酸配列の相同性は約 80% となる。

ここで問題となるのは GBP 同族ペプチドともいえる PSP が、GBP 同様の幼虫発育阻害あるいは細胞増殖活性も示し、また GBP は PSP のような血球細胞活性化作用を有するかどうかである。両ペプチドは非常に類似しているとはいえ、それでも 20% 程度のアミノ酸配列の不一致がある。したがって、この相違アミノ酸配列部位が、GBP と PSP の生理活性の違いを産む要因となっている可能性もある。

IV GBP の多機能性の証明

1997 年、こうした疑問を明らかにするため、筆者らは STRAND の研究グループと共同研究を開始した。実験目的は単純なもので、GBP と PSP が上記すべての生理活性を相互に示すかどうかを確かめようというものだった。その結果、明らかに GBP は血球細胞を活性化し、また、PSP は Sf 9 細胞に対して顕著な細胞増殖活性を示し、さらに、注射によって幼虫発育を抑える活性ももつ。すなわち、GBP と PSP は互いの生理活性を併せもつことが証明された (STRAND et al., 2000)。この時点で、GBP と PSP のような同族ペプチドは昆虫のサイトカインに違いないという確信をもった。現時点で、16 種類の GBP 同族ペプチドが 12 種類の昆虫から単離され、一次構造が報告されている (図-3)。多機能性の証明はこの中の一部のペプチド (P.s. GBP, P.i. PSP) でのみ行われているに過ぎないが、構造の類似性から考えると、

	1	5	10	15	20																	
P.s.GBP	ENF	S	G	C	V	A	G	Y	M	R	T	P	D	G	R	C	K	P	T	F	Y	Q
M.b.GBP	ENF	A	G	G	C	L	T	G	F	M	R	T	P	D	G	R	C	K	P	T	F	
S.l.GBP	ENF	A	A	G	C	A	T	G	Y	Q	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
T.n.PP I	ENF	S	G	G	C	L	A	G	Y	M	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
T.n.PP II	ENF	S	G	G	C	L	A	G	Y	M	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
H.v.PP I	ENF	S	G	G	C	I	P	G	Y	M	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	Y	
H.v.PP II	ENF	A	G	G	C	I	P	G	Y	M	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	Y	
M.s.PP I	ENF	A	G	G	C	A	T	G	Y	L	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
M.s.PP II	ENF	A	G	G	C	A	T	G	F	L	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
S.e.PP I	ENF	A	G	G	C	T	P	G	Y	Q	R	T	A	D	G	R	C	K	A	T	F	
S.e.PP II	ENF	A	G	G	C	T	P	G	Y	Q	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
S.e.PP III	ENF	V	G	G	C	T	P	G	Y	Q	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
A.y.PP	ENF	A	G	G	C	A	T	G	F	M	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
B.m.PP	ENF	V	G	G	C	A	T	G	F	K	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
P.i.PSP	ENF	N	G	G	C	L	A	G	Y	M	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	
S.e.CAP	ENF	A	V	G	C	T	P	G	Y	Q	R	T	A	D	G	R	C	K	P	T	F	

図-3 これまで報告されている GBP と GBP 同族ペプチドのアミノ酸配列

GBP : growth-blocking peptide ; PP : paralytic peptide ; PSP : plasmatocyte spreading peptide ; CAP : cardioaccelerate peptide. ペプチド名の前は鱗翅目昆虫の略種名を示す。

GBP の多様な生理機能

1. 昆虫幼虫発育の制御（発育遅延）
2. 麻痺誘起作用
3. 血球活性化作用
4. 細胞増殖活性
5. 心筋収縮作用
6. 胚発生過程の頭部形態形成

図-4 GBP が示す多用な生理機能

これまで同定された GBP および GBP 同族ペプチドの生理機能

おそらくこれらのペプチドが図-4 に列記した多様な生理機能をすべてもっているものと予想される。これら GBP 同族ペプチドは、アミノ末端の共通な三つのアミノ酸残基 (Glu(E)-Asn(N)-Phe(F)-) の配列から ENF peptide と呼ばれることもある。

V 小さなペプチド GBP が多機能性を有するゆえん

わずか 23 ~ 25 残基のペプチドが、どうして何種類もの生理機能を発揮し得るのだろうか？ この問題に答えるため、GBP 分子内で各々の生理機能に不可欠な部位

の特定を試みた。細胞増殖活性と血球活性化作用に着目し、まずは各々の活性を示す最小サイズの変異体 GBP の同定を行った。その結果、野生型 GBP と同等な生理活性を示す変異体として、細胞増殖活性ペプチドは 2 — 23GBP、血球活性化ペプチドは 1 — 22GBP が各々最小変異体 GBP であることが明らかになった。すなわち、GBP の細胞増殖活性はカルボキシル末端領域がアミノ末端領域より重要な役割を担い、血球活性化作用は逆にアミノ末端領域がより重要であると結論できる。個々の生理活性発現にとって、重要な領域が異なることを示すこれらの事実は、各々の生理作用を担う GBP レセプターの多様性を物語るものと解釈できる。なぜなら、レセプターが異なるればそのリガンドの構造は異なるはずだからである。この解釈を裏付ける実験結果は、ペプチド鎖内部のアミノ酸を置換した変異体 GBP を用いた実験でも得られた。たとえば、GBP 分子内の 16 番目のアスパラギン酸をグルタミン酸、ロイシン、アスパラギンといったほかのアミノ酸に置換した場合、いずれも細胞増殖活性は全く消失したが、血球活性化作用は野生型の 50% 程度の活性を維持する。こうした変異体 GBP を用いた一連の実験から、次の結論を導くこととなった。昆虫体内には多様な GBP レセプターが存在し、外部環境や発育ステージ、さらには、組織特異的な調節を経て分泌される GBP と結合することによって種々の GBP 活性を誘起している。もちろん、レセプター自体の各種組織における発現量も上記のような制約によって変化しているものと予想される。それでは、その GBP レセプターとは一体どのような構造からなる分子か？ この点について、現在、筆者らは解析を急いでいる。

VI GBP の昆虫における普遍性

先にも触れたように、現在約 12 種類の昆虫から数多くの GBP 同族ペプチドが報告されている。ただ、この 12 種類の昆虫すべてが鱗翅目に属し、異目種においての報告はない。鱗翅目以外の昆虫に GBP は存在しないかもしれない。そう主張するアメリカ人研究者を知っている。しかしながら、筆者はそう思えなかった。なぜなら、先にも紹介したように、GBP は初期の形態形成から細胞性免疫作用など種々の重要な生理機能を併せもつ (TSUZUKI et al., 2004)。昆虫にとって基本的な生命維持機構ともいえる、これほど重要な生理機能を調節するサイトカインがなくて済むはずがない。たとえ、構造的類似

性が低いとしても、機能的には相同的なサイトカインが存在するに違いない、というのが筆者の主張であった。

双翅目昆虫に属するショウジョウバエは遺伝学、分子生物学的実験手法が使える代表的モデル生物である。筆者らは、以前からこのショウジョウバエ GBP に興味を抱いていた。そこで、これまで鱗翅目昆虫で報告されている GBP および同族ペプチドの cDNA の塩基配列を基に種々のプライマーを作成して PCR を行ったり、また、GBP cDNA をプローブにショウジョウバエ cDNA ライブライバーのスクリーニングを行ったりして、ショウジョウバエ GBP 遺伝子の単離を試みた。残念ながら、こうした試みはすべて失敗に終わった。そこで、ペプチドとして GBP の単離も試みようとしたが、いかんせんショウジョウバエ幼虫から取れる血液量の制限は克服し難い障壁となった。

そこで、発想を切り替え、周り道ではあるが同じ双翅目でも大型のニクバエから GBP 様ペプチドを精製し、

その一次構造を基にショウジョウバエのデータベース上に類似ペプチドを探すこととした。材料にはヒツジギンバエ (*Lucilia cuprina*) を用いた。血液を氷上で 50% アセトン中に採血し、遠心によって上清の血清ペプチド成分を集めた。この粗抽出液を出発材料に用い、血球細胞活性化作用を指標にして全部で 5 段階の逆相系 HPLC によって最終的に精製品を得ることができた。ペプチドシーケンサーと飛行時間型質量分析計 (TOF/MS) を用いて構造決定した結果、驚いたことに、活性因子は GBP よりもさらに小さなペプチド (アミノ酸 19 残基) であることが明らかになった (図-5)。アミノ酸配列上での GBP との類似性は低く 20% 程度であるが、分子内にシステインが 2 残基存在し、しかも、それらの位置は

TILSA PSNCQ QTDFK GRCL

図-5 ヒツジギンバエから単離した新規サイトカインの一次構造

ATTATTAATTCAACAAGTGATCGAACATGAAGTGTAAAGCATTTCAAGACAGAATTAAAT	60
A F Q T E L N	
TATTTGTTTCAATAATTGCTATTAAATCCAGTATTAAATTGGTTTATAAAATTAAAAA	120
Y L F F N N L L F N P V L I W F Y K L K	
CAAAATATGTGTAAAATTATTTATTTTCGTTATAATTACAGTTCTAAACCATAAC	180
Q N M C K I I L F F V I I N T V S K P Y	
GATTGTCAATTATATAAAAATCTAGCAACTGAAAGGTCTTtGGACCTTCAAATGGTTT	240
D C Q F Y K N L A T E R S F G P S N G F	
CAACATGATTTAGCATTCATCATAGAATTAAATAATTACCAAAAAACTTACAGCCACAA	300
Q H D L A F H H R I N N L P K N L Q P Q	
AGACCTATGACTCCTCCAAAATCGGTTGTACCCAGCGCTCCAATCAACAATAATAAT	360
R P M T P P K S V V P S A P I N N N N N	
GTAAACATTAGTAGTGATAATGAAGCGGTTAATATCTCTTACGTACGATTTAAGCGCT	420
V N I S S D N E A V N I S L R <u>T I L S A</u>	
CCTTCCAATTGTCACACAAACAGATTAAAGGTCGTTATAGTTTAAATTGTATAT	480
P S N C Q Q T D F K G R C L *	
AATAATTGTTATAACTAATAAAATGCTAATTGATAATAACAGTGTAAATATAAA	540
AAAAAAAAAAAAAAA	565

図-6 ヒツジギンバエから単離した新規サイトカインの cDNA の構造

ヒツジギンバエ新規サイトカイン cDNA 塩基配列およびそれから予想されるアミノ酸配列。精製標品より得られたペプチドシーケンス (下線部) を基にプライマーを作成し、PCR によって増幅した cDNA の塩基配列を決定した。

GBPとGBP様ペプチドのアミノ酸配列

· pseudaelitia	—MKTISILFCVILTLQYNG—ADGKLKDLFGKIHDSVHGTAOKVKEDLNSLFHPND-K
· Mamestra	—MKTITILFCVILTLQYNG—ADAQFKDGLFGKIHDSVHGTAOKVKQDLNTIFNPNA-K
· Spodoptera	—MKFTIAILFCVVLSLQYS—ANGSPQNFIA NYRQKLHESINNIQNVRSLFHPNENK
· M.sexta	—MKLFFIVSCVAILAISCSPPVNGDNLNGFGDIHKVHHAG—RGVGKLFKLEN—
· lucilia	—MCKIIILFFVIINTVSKPY—DCQFYKNLATERSFGPSNGFQHDLAFHHRINN—
· AG2254	—MKNSTRTAVWLLCLALLAITTAPSPVLSDEGGDEQEEQATAPTP—
· AG2248	GRRKRRTLIA NYPPKEAVVLAVSRKTKRNFCIVLKRVFEKQVIA MKLIVLFLFGVV—
· DMCG0015917	—MLIRINPLVLCIPLVFLLTTEARTPRSGNDRI VFPKDDDTSSRFTYSTTTTEEP—
· DMCG0012517	—MSNLGSILLLLIC1CERSQRQRFSHPEWTNDGIVYPGSEDDLWDTGANWQLVVR—
· DMCG0014069	—MNTATTIAIGLMMFIPILMQLDPQIANWSAQIAELQEOPDKLAYCRSLQQQKLR—
· pseudaelitia	NQQGNNDASSNHFADSEEN—TDAAKKPDEVTPATTTTAAAPAVPN—APSND
· Mamestra	KQQENKDESSNHFVEDESEEDFAAAAAARKPVETPAAPEASSETTI EPVTSSTPLASSEN
· Spodoptera	KLQQNNDAASSIFFVEESEEDFAAAAARRPVEVTPSTTTTVPK—
· M.sexta	—SDTRNEARIVFPDDDDQ—VAPRREOPKITTAKPTTEAPTPTTTAAN—
· lucilia	—LPKNLQPQRMTPKSVVPSAPINNNNN—
· AG2254	EANGEEGVGEGEATTDGEEAAETDG—
· AG2248	—AASVSYAYPVGCGEDEPEQPAPPAPLVRAT—AIA
· DMCG0015917	—ASTIALRLESTNSTEQITSGSEELVNEN—
· DMCG0012517	—FLMQRQQLRFCIALARFDEOLVPGTAGCQALLANGPLMANCDIG—NIE
· DMCG0014069	—IPLQNTGCATILSNGLG—
· pseudaelitia	PTTLAPSTTTKGRENFGGGCVAGYMRTPDGRCKPTF—
· Mamestra	ATT LAPSTTVKGRENFGGGCLTGFMRTPDGRCKPTF—
· Spodoptera	VETTTKNATDDKGRENFAAGCATGYQRTADGRCKPTF—
· M.sexta	—TAETTTKGRENFAAGCATGFLRTADGRCKPTF—
· lucilia	VNISSDNEAVNISLRTILSAPSNQCQDFKGRCL—
· AG2254	ANPGGMFVMQPINILLAPACKPGYRVDHKGKCRPTL—
· AG2248	EEVNNLLDVQKANVIDPPKVCDDGMLDHQKCRPTIMG—
· DMCG0015917	—TTVLVVIDNRILLETQKCPGFELFG-KRCRKP—
· DMCG0012517	DLTMTRLYAEGEILLDTSRKCRPGLLEFG-VRCRRA—
· DMCG0014069	—VTGEMILLEIQRKWA—WGLLLAGCRKLA—

* *

図-7 4種の鱗翅目昆虫 GBP とヒツジギンバエ *Lucilia*, ショウジョウバエ (DM), カ AG で同定された類似ペプチド遺伝子の構造

ペプチド性サイトカインの共通点

- 分子量 2,500 Da 前後, アミノ酸 19~25 残基
- アミノ酸 110~210 残基程度の前駆体として合成される
- 活性をもつサイトカインは前駆体タンパク質のカルボキシル末端領域にコードされている
- 活性化の際にサイトカインのアミノ末端とその前のアルギニンまたはリジンの間でプロセッシングを受ける
- サイトカインには以下のコンセンサス配列が存在する
X₅₋₈ C X₆₋₉ G R/K C X₁₋₆

565 bp と短く、アミノ酸 112 残基からなる前駆体ペプチドとして合成され、カルボキシル末端に位置するサイトカイン領域が翻訳後調節を受けて切り出されることが明らかになった (HAYAKAWA, 2003; HAYAKAWA and TSUZUKI, in preparation)。

ヒツジギンバエというニクバエから GBP 様サイトカインの単離を試みたのは、あくまでもショウジョウバエの GBP を同定したかったからである。そこで、今回得られたヒツジギンバエサイトカインの cDNA 塩基配列を用いて、*Drosophila melanogaster* のデータベース上のホモロジー検索を行った。その結果、3種類の類似配列をもつ遺伝子が見つかった。さらに、同様にしてカ (*Anopheles gambiae*) のデータベース上でもホモロジー検索を行い、やはり 2種類の類似配列遺伝子が同定できた (図-7)。鱗翅目 (アワヨトウ, ハスマンヨトウ, ヨトウガ) の GBP, ヒツジギンバエ, ショウジョウバエ, カ各々の GBP 様ペプチド間の一次構造上で類似性は乏しい。しかしながら、cDNA の全体構造あるいはペプチド領域の構成アミノ酸などを客観的に眺めたとき、そ

図-8 GBP 同族サイトカインの共通性

鱗翅目昆虫、双翅目昆虫から発見したサイトカインには、上記のような共通性がみられる。このような低分子サイトカインは、昆虫類に広く存在するサイトカインである可能性も十分あるものと考えられる

GBP のそれに比較的似ている。また、生理機能においても昆虫培養細胞 Sf 9 に対する細胞増殖活性が確認でき、GBP のような多機能性をもつサイトカインであろうと考えられる。この精製したヒツジギンバエサイトカインのアミノ酸配列情報を基にプライマーを作成し、PCR によって cDNA の単離に成功した。その塩基配列を図-6 に示した。やはり、GBP cDNA 同様に、全長が

ここにはいくつかの共通性が見いだされる(図-8)。今回、同定できた数種類の昆虫サイトカインの構造上の特性が、他目種、さらには昆虫類全体に適合するものかどうか、現時点ではわからない。しかしながら、筆者は少なくともヒツジギンバエの精製ペプチド、また、ショウジョウワバエやカで同定できたペプチドのいくつかは生体内でサイトカインとして機能しているものと考えている。

おわりに

これまで、動物界で知られる最小サイズのサイトカインは、EGFといって良いと思う。今回紹介した昆虫のサイトカインは、それをはるかに下回る低分子量であり、ヒツジギンバエのサイトカインに至ってはわずか19アミノ酸残基で明瞭な血球細胞活性化作用と細胞増殖活性を示す。身体のサイズが小さな生物は、ハードの面でもソフトの面でも合理化を迫られる。一つの分子にいくつもの複数の機能をもたらせるのは宿命といえるかもしれない。GBPやその同族ペプチドも、またその典型的な例ではないだろうか。おそらく1種類のペプチドが、発育ステージや組織の違いに対応して5種類以上の全く異なる生理機能を果たしているはずである。もちろん、現時点で、こうした非常に低分子量のサイトカインが昆虫類全般に存在しているものかどうかは明確ではない。しか

しながら、鱗翅目や双翅目に存在する似たようなサイトカインが他目種にも存在しないはずはない、というのが筆者の予想であり、現在、甲虫目昆虫を中心にこの種のサイトカイン同定を目指している。

本稿は、一昨年、岩手大学で開催された応用動物昆虫学会大会の小集会で発表した“生理活性ペプチド解析法—昆虫サイトカイン、単離・構造決定の試み”を中心にしてまとめたものである。小集会での話題提供の機会を与えて下さった戒能洋一氏(筑波大学)と高林純示氏(京都大学)に御礼申し上げる。

引用文献

- 1) AIZAWA, T. et al. (1999) : J. Biol. Chem. 274 : 1887 ~ 1890.
- 2) _____ et al. (2001) : ibid. 276 : 31813 ~ 31818.
- 3) CLARK, K. D. et al. (1997) : ibid. 272 : 23440 ~ 23447.
- 4) HAYAKAWA, Y. (1990) : ibid. 265 : 10813 ~ 10816.
- 5) _____ (1991) : ibid. 266 : 7982 ~ 7984.
- 6) _____ (1995) : J. Insect Physiol. 41 : 1 ~ 6.
- 7) _____ (2003) : Zool. Sci. 20 : 1597.
- 8) _____ and A. OHNISHI (1998) : Biochem. Biophys. Res. Commun. 250 : 194 ~ 199.
- 9) _____ and S. TSUZUKI (2004) : in preparation.
- 10) NOGUCHI, H. (1995) : Insect Biochem. Molec. Biol. 25 : 197 ~ 201.
- 11) _____ and Y. HAYAKAWA (1996) : ibid. 26 : 659 ~ 665.
- 12) _____ et al. (2003) : ibid. 33 : 209 ~ 217.
- 13) OHNISHI, A. et al. (2001) : J. Biol. Chem. 276 : 37974 ~ 37979.
- 14) SKINNER, W. S. (1991) : ibid. 266 : 12873 ~ 12877.
- 15) STRAND, M. R. et al. (2000) : J. Insect Physiol. 46 : 817 ~ 824.
- 16) TSUZUKI, S. et al. (2004) : Mech. Dev. : in press.

新しく登録された農薬(9ページからの続き)

「殺虫殺菌剤」

- イミダクロブリド・プロベナゾール水和剤
21360 : オリゼメートアドマイヤー顆粒水和剤(バイエルクロップサイエンス) 2004/10/06
イミダクロブリド 4.0%, プロベナゾール 48.0%
稲: いもち病, イネミズゾウムシ, イネドロオイムシ: 移植時: 1回: ベースト肥料に溶かし側条施肥田植機で施用する。3回以内(本田では2回以内)

「除草剤」

- クロメプロップ・テニルクロール・ベンゾビシクロン水和剤
21363 : 草若丸フロアブル(八洲化学) 2004/10/13
21364 : トクヤマ草若丸フロアブル(トクヤマ) 同
クロメプロップ 5.7%, テニルクロール 4.8%, ベンゾビシクロン 3.8%
移植水稻: 一年生広葉雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ(九州を除く), ミズガヤツリ(北海道を除く), ヘラオモダカ(北海道, 東北, 九州),
- カフェンストロール・ベンズルフロンメチル・ベンゾビシクロン水和剤
21365 : クミアイテロスフロアブル(クミアイ化学工業) 2004/10/13
21366 : テロスフロアブル(エス・ディー・エスバイオテック) 同
カフェンストロール 4.2%, ベンズルフロンメチル 1.0%, ベンゾビシクロン 4.0%

移植水稻: 水田一年生雑草, ホタルイ, ミズガヤツリ(北海道を除く), ヒルムシロ, ヘラオモダカ(北海道, 東北)

●カフェンストロール・ベンズルフロンメチル・ベンゾビシクロン水和剤

- 21367 : テラガードフロアブル(クミアイ化学) 2004/10/13
21368 : SDS テラガードフロアブル(エス・ディー・エスバイオテック) 同

カフェンストロール 6.0%, ベンズルフロンメチル 1.5%, ベンゾビシクロン 4.0%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ(東北), ヘラオモダカ(北海道), ヒルムシロ, セリ, アオミドロ, 藻類による表層はく離

●カフェンストロール・ベンズルフロンメチル・ベンゾビシクロン水和剤

- 21369 : テラガード L フロアブル(クミアイ化学工業) 2004/10/13
21370 : SDS テラガード L フロアブル(エス・ディー・エスバイオテック) 同

カフェンストロール 4.2% ベンズルフロンメチル 1.0%, ベンゾビシクロン 4.0%

移植水稻: 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ, (近畿・中国・四国, 九州), 藻類による表層はく離(近畿・中国・四国, 九州)

(22ページに続く)