

第16回

「海藻の褐藻や緑藻の仲間もフェロモンを分泌する」

徳田 廣

プロフィール

略歴：

東京大学農学部教授を定年退官後、1990年から1994年までJANUSに顧問として在籍
専門：

海洋の油汚染、海洋生態学、藻類学

著書：

- ・ 海藻資源養殖学（緑書房）
- ・ 海藻検索図鑑（北隆館）
- ・ 図鑑海藻の生態と藻礁（緑書房）

植物界において、最初にフェロモンの存在が明らかにされたのは、微生物に於いてであって、淡水産菌類のカワリミズカビ *Allomyces* が、それであった。次いで淡水産緑藻のオオヒゲマワリ (*Volvox* spp.) においてもフェロモンの存在が解明された。

フェロモンについては、最初に動物界を中心に研究が進められ、次いで、植物界でもその存在が知られて研究が進められた^{2),3)}。植物でフェロモンが最も良く研究されてきたのは、海産褐色藻類に関してである。

更に1998年には、海産緑藻類のフェロモンの発見が千葉大学の富樫辰也教授によってなされた⁴⁾。緑藻ハネモ (*Bryopsis plumosa*) において、雌性配偶子が雄性配偶子を誘引するフェロモンを分泌することが、世界に先駆けて解明されたのである。

人間は主に視覚や聴覚で情報を得ているが、大半の生物は様々な化学物質を主要な手掛かりにして情報を得ている。これらの多様な化学物質の中には、同じ種の仲間同士が交換する化学信号が含まれ、生物が生きていくために必要な社会的な関係を調節している。

このような信号をフェロモンと呼ぶ⁵⁾。

フェロモンは、動植物がその体内で生産し、体外に分泌して同種個体間に作用し、特定の行動や生理的変化を引き起こさせる化学物質の総称である。それゆえ、動植物の体内で分泌されて、その個体自身に作用するホルモンとは区別されている。

このホルモンという言葉に対応してつくられた名称がフェロモンであって、フェロモンは、1559年、P. Karlson 及び M. Luescher により、ギリシャ語の *pherein*= to transfer (運ぶ) と *hormone* = to excite (興奮させる) をもとにつけられた造語である¹⁾。

一般的にフェロモンは比較的低分子の炭化水素を基本構造とする有機化合物である。その活性はきわめて高く強いうえ、その作用は種特異性が高く、微量で効果を現わす。その身近な応用例としては、害虫駆除剤があげられる。

殺虫剤とは異なり、フェロモンはその作用が種特異的であるその性質ゆえに、抵抗性を持つような心配は

ない。さらに揮発性の高いものが多く、易分解性であるために残留性の心配もない。フェロモンのこのような性質に注目して、害虫駆除に役立てようとする考えは、極めて理にかなったものといえ、広く応用されているわけである¹⁾。

但し、フェロモンの研究が進むに連れ、フェロモンという化学物質によるコミュニケーションの世界は複雑で多彩なものであることが明らかになりつつあり、ある場合にはフェロモンとホルモンの境界が曖昧であったり、個体ごとに違う臭いを持つことが重要であったりする現象や過去の経験が反応を左右する現象もありうるなど、従来のフェロモンの定義についても再考の余地が有ると、米国・ロックフェラー大学のWilliam C. Agosta 教授は述べている⁵⁾。

フェロモンは多くの動物で知られている季節ごとの交尾活動はもとより、魚類の回遊などにも、関与している。特に昆虫などのような生物においては、情報伝達物質としての役割が極めて大きく、またそのフェロモンの種類の数も豊富である。害虫予防という応用的側面から、昆虫では特に研究が進んでいる。

ドイツの有機化学者 A. Butenandt は、蛾の性フェロモンの研究で知られている。1959 年、Butenandt は、100 万匹にも及ぶカイコガ(*Bombyx mori*)を研究材料として、20 年以上の歳月を費やして、その性フェロモン“ボンビコール(Bombykol)”の構造を明らかにした。

その後、多くの昆虫フェロモンが次々と解明されたが、フェロモンはその作用方式から、大きく二つの型に分類することができる。一つは、同種の他個体の臭覚を通じて神経中枢に送り、特定の行動を引き起こさせる『解放させるフェロモン(releaser pheromone)』である。もう一つは、同種の他個体に生理的変化を起こさせるとによって間接的に行動に影響する、あたかも引き金をひくような『起動フェロモン(primer pheromone)』である。

前者には、集合フェロモン、警報フェロモン、性フェロモン、アリの道しるべフェロモン、他個体の体表面に直接触ることによって受容できる接触フェロモン(contact pheromone)などが属し、後者にはミツバチの女王物質(queen substance)やシロアリの階級分化物質が属する。

Streptococcus faecalis は、連鎖球菌の一種で、ヒトや鳥類の腸内に存在する細菌であるが、これは2種類のフェロモンを分泌することが知られている。共にペプチド(アミノ酸同士の結合で出来ている短い鎖状の化合物)で、どちらも8個のアミノ酸から成っている⁵⁾。

それ以前に、植物でフェロモンが最も長年に渡り研究されてきたのは、褐藻類に関してで、褐藻類 14 目 40 種について、10 種類のフェロモンの存在が明らかにされており、それぞれの化学構造までもが決定されている^{2), 3)}。そのいずれもが不揮発性のC₈またはC₁₁の不飽和炭化水素である。その一部を表 1 に示した。

表1. 褐藻類の性フェロモン²⁾

フェロモンの化学名	該当する褐藻名
ectocarpene	<i>Ectocarpus siliculosus</i> (シオミドロ) <i>E.fasciculatus</i> (シオミドロ属) <i>Sphaerelaria rigidula</i> (ミツデクロガシラ) <i>Adenocystis utricularis</i>
desmarestene	<i>Desmarestia aculeata</i> (ウルシグサ属) <i>D.viridis</i> (ケウルシグサ) <i>Cladostephus spongiosus</i>
dictyopterene	<i>Dictyota dichotoma</i> (アミジグサ)
lamoxirene	コンブ科、アイヌワカメ科、レッソニア科の29種
multifidene	<i>Cutleria multifida</i> (ヒラムチモ) <i>Chorda tomentosa</i> (ツルモ属)
viridiene	<i>Syringoderma phinneyi</i> (ウスバオオギ属)
fucoserratene	<i>Fucus serratus</i> (ヒバマタ属) <i>F.vesiculosus</i> (ハシモ) <i>F.spiralis</i> (ハシモ)
finavarrene	<i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Dictyosiphon foeniculaceus</i> (ワイキョウモ)
cystophorene	<i>Cystophora siliquosa</i>
hormosirene	<i>Hormosira</i> <i>Xiphophora chondrophylla</i> <i>X.gladiata</i> <i>Durvillaea potatorum</i> <i>D.antarctica</i> <i>D.willana</i> <i>Scytoniphon lomentaria</i> (カヤモノリ) <i>Colpomenia peregrina</i> (ウスカワフクロノリ)

コンブ目、ウルシグサ目及びケヤリ目の海藻では、同一フェロモンにより、造精器の爆発的開裂と精子の放出、それに続く精子の誘引が誘発される。

ウルシグサ属の *Desmarestia aculeate* とケウルシグサ *D.viridis* においては *desmarestene* が、ツルモ属の *C.tomentosa* においては *multifidene* が、さらにコンブ属の *Laminaria digitata* とコンブ目の数種においては、卵一個当たり $2 \sim 6 \times 10^{-11} g$ 含まれる *lamoxirene* が上記の活性を示す。いずれも $10^{-10} \sim 10^{-12} M$ で有効である。

特に、*C.tomentosa* の場合が最も低濃度で活性を示し、20秒間に600個のフェロモン分子が造精器の細胞表面にぶつかるだけで精子の放出が起るという。

海産藻類では、微細藻類である珪藻の *Rabdonema*

や鞭毛藻サヤツナギ属の *Dinobryon* においても、フェロモンの存在が明らかになっている。

上記の植物フェロモンは、ほとんどが性フェロモンである。すなわち、雌性配偶子が発したフェロモンによって、その元へ雄性配偶子が誘引され、受精を容易ならしめる性格のものである。

近年は、浅海域の開発により喪失する藻場が多く、人為的に藻場を造成する事例が多くなっている。藻場を形成している海藻は、浅海の水質を浄化する。従って、藻場は海産生物の生育場として重要である。藻場は、浅海の環境維持並びに生態系の維持保全に貴重な役割を果たしている。

固い基質に付着生活する付着生物のフジツボやイガイなどは、餌を求めて藻場にやって来る。藻場には、

単にそれらの餌というに留まらず、それらの幼生の着生を誘発する成分を含んだ藻類が生育している。

と言うに留まらず、特定の生物に対して特定の特異的な機能を有することは明らかである。その例を表2及び表3に示した。

従って、藻場は、生態系において動物の単なる餌場

表2. アカネアワビ *Haliotis rufescens* の幼生に対する着生誘起活性²⁾

検体	着床した幼生 (%)
海水	0
<i>Lithothamnion</i> sp.(イシモ属)及び <i>Lithophyllum</i> sp.(イシゴロモ属)	98
<i>Bossiella</i> sp.(イソキリ属)	4
ケイ藻類、バクテリア、微細藻類	0
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0
<i>Lithothamnion</i> 抽出物	2
同上 煮沸	6
同上 タンパク質分解酵素処理後に煮沸	23
γ -アミノ酪酸	≥ 99
α -アミノ酪酸、 β -アミノ酪酸	0
n-ブチルアミン、n-ブタノール、n-吉草酸	0
コハク酸	0
γ -ヒドロキシ酪酸	58
δ -アミノ-n-吉草酸	89
ε -アミノ-n-カプロン酸	74
L-グルタミン酸	12
D-グルタミン酸	0
L-グルタミン	0
L-アスパラギン酸	0
他の神経伝達物質	0

表3. 各種生物抽出液による、大西洋産フジツボ *Balanus balanoides* 幼生に対する着生誘発活性²⁾

生物種	着床した幼生の数		
	海水	抽出液	B.balanoides 抽出液 (コントロール)
海藻類			
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> (珪藻)	1	2	121
<i>Navicula salinicola</i> (珪藻)	1	9	133
<i>Ulva lactuca</i> (オオバアオサ)	1	4	50
<i>Fucus serratus</i> (ヒバマタ属)	1	0	8
<i>Corallina officinalis</i> (サンゴモ)	1	12	50
海綿動物			
<i>Ophelitaspongia seriata</i>	6	72	119
<i>Halichondria panacea</i> (ナミイソカイメン)	6	43	119
腔腸動物			
<i>Metridium senile</i> (ヒダベリイソギンチャク)	1	2	25
環形動物			
<i>Arenicola marina</i> (タマシキゴカイ科)	3	4	93
節足動物			
<i>Artemia salina</i> (ブラインシュリンプ)	0	13	19
<i>Lepas nilli</i> (エボシガイ科)	1	62	84
<i>Cthamalus stellatus</i> (イワフジツボ科)	0	72	109
<i>Balanus balanus</i> (フジツボ科)	2	101	104
<i>Eliminius modestus</i> (フジツボ科)	2	90	118
<i>Carcinus masens</i> (ワタリガニ科)	11	59	133
<i>Blaberus sp.</i> (ゴキブリ類)	0	50	85
軟体動物			
<i>Nucella lapillus</i> (ヨーロッパチヂミボラ)	0	9	37
<i>Mytilus edulis</i> (ヨーロッパイガイ)	1	3	102
<i>Ostrea edulis</i> (ヨーロッパヒラガキ)	0	2	17
棘皮動物			
<i>Asterias rubens</i> (ヒトデ属)	3	3	93
魚類			
<i>Anguilla Anguilla</i> (ヨーロッパウナギ)	1	9	47
<i>Blennius pholis</i> (イソギンポ科)	8	269	354

2010年5月

参考文献

- 1)大木道則他編(1994)化学辞典、(株)東京化学同人、1730pp.
- 2)北川勲、伏谷伸宏編(1989)海洋生物のケミカルシグナル、講談社、204pp.
- 3)Ingo Maier(1995)Brown algal pheromones(51-102.), F.E. Round and D.J. Chapman eds., Progress in phycological research Vol.11, Biopress Ltd., Britol., 400pp.
- 4)Togashi T., Motomura T. and Ichimura T.(1998)Gamete Dimorphism in *Bryopsis plumosa* Phototaxis, Gamete Motility and Pheromonal Attraction. Botanica Marina, Vol.41, 257-264.
- 5)William C. Agosta 木村武二訳(1995)フェロモンの謎－生物のコミュニケーション－、(株)東京化学同人、163pp.