

研究論文

生物防除 —微生物で病原菌を抑える—

前田 昌調

宮崎大学農学部生物環境科学科水産科学講座

(2009年11月26日 受理)

Biocontrol -Useful microorganisms which repress the pathogens-

Masachika MAEDA

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki

Summary : The function and activity of microorganisms are the key factors in understanding the quality of the animal production biotope, as well as the natural environment. In fact, both harmful and useful microbes exist in their environments that directly affect animal growth. Among these microorganisms, useful bacteria that can repress pathogenic microbes in the process of microbial antagonism and are utilized in biological production are called biocontrol (biological control) agents (BCAs). BCAs were applied to animal production in this study to prevent bacterial and viral diseases in fishes, animal husbandry and bees. This paper describes the outline of a study of biocontrol for animal production, and also reviews research processes on the use of microorganisms as BCAs *in situ* in animal environments.

Key words : Biocontrol, Antagonism, Microorganisms, Virus, Animal production

I. 微生物を排除する試み

「微生物は必要ない」というと、多くの人から反論がかえってくる。漬物、酒、ヨーグルトは微生物がなければできない、微生物の自然浄化力を無視するのか、それに腸内細菌の重要性は誰でも知っている、など。

しかし、思いはとにかく、現実には、微生物は排除すべきものとして扱われている。例えば、ファーストフードの卵サンドイッチを購入し、室温で3日間放置する。次に、自家製の卵サンドも同じく3日間放置して、それぞれのサンドの卵中の細菌数をしらべると、購入したサンドでは、細菌数は少ないが、自家製卵サンドからは、その1万~10万倍の細菌が計数される。ファーストフードのサ

ンド、弁当類は、72時間の保存が義務づけられ、保存料が添加されているため微生物は増えない。そして、このような食品を食べると、当然、腸内細菌にも影響することが予想される。これを、学生実験で行うと、学生は、以降、このような食品を買い控えるようである。

筆者は、保存料をすべて否定する意図はない。食品が一定期間腐敗しないということは、生活には便利であるし、緊急の場合にも役立つ。しかし、過度に、また高頻度に保存料を添加した食品を摂取することは好ましいとは思えない。

家畜飼料には、恒常的に抗生物質が添加されてきた。60年代に、抗生物質による動物成長促進効果が報告されて以来、使用され続けており、日本

でも、無添加飼料は、特別注文しなければ入手できない。ただし、家畜の出荷時期直前には、抗生物質の投与が禁止されているので、薬剤無添加の仕上げ飼料が使用される。だが、それ以前の、長期に使用する飼料には薬剤が添加されている。この薬剤入りの飼料が、長い年月にわたり生産者から意図的に（あるいは意図無く）受け入れられた背景には、動物の成長促進効果というよりは、疾病防除効果、すなわち微生物を排除しようとする潜在的な思いがある。

このように、「微生物は必要ない」といえば、多くの反論が返ってくるにもかかわらず、行動では微生物を排除しようとする。ということは、人々は、本当は微生物は不必要である、あるいは、無くても何とかなると潜在的に考えている、ということが言えるかもしれない。

だからといって、筆者は、このような思考を非難しているわけではない。微生物には、悪玉菌がたくさんおり、大変な弊害となることは事実であり、微生物を恐れ、遠ざけることは当然の帰結といえる。そして、抗生物質は、病気治療に画期的な効果をもたらした。しかし、後述するが、このように微生物を排除しようとする行動が、かえって悪玉菌を増やしている事実がある。

II. 微生物は排除できるか

マウスでは、母マウスに抗生剤を投与するなどして、無菌の子マウスを生ませることができ、また、無菌の餌を与え、生まれたマウスを無菌状態に保つことができる。しかし、このマウスは、一生無菌室で暮らさなければならない。

人間でも無菌に近い状態にはできるが、食べ物だけではなく、箸、皿もスプーンも殺菌して食事をし、無菌のエアが供給される無菌室に居続けなければならないので、通常は、このような生活をすることは難しい。

微生物を排除しようとする考え方は、前出の家畜の場合だけではなく、魚類養殖の現場にもある。以前より（そして現在でも）、養殖水を無菌状態にする努力が尽くされている。通常、紫外線やオゾン発生装置の中に養殖水を通すことによって、微生物を殺滅する。または、微細なフィルターを通すことによって、微生物をフィルター上に捕集し、水中から除去する。しかし、これらの装置を

通過した水が、魚のすむ水槽に入ると、水中の微生物数は殺菌前と同等となる。なぜならば、水槽の壁から、給与する餌から、空気中から微生物が供給されるからである。そして、殺菌した水は、微生物数が少なく、かつ、これまで微生物を支えてきた栄養があるので、あらたに加入した微生物がより勢いよく増加する (Maeda, 2004)。

「より勢いよく増加する」との表現のなかに、微生物同士の牽制効果（拮抗作用、あるいは栄養の競合など）が示されている。殺菌前の水には、多くの微生物が息しているもので、これらが牽制して、新規の微生物はなかなか参入できない。しかし、人間が殺菌した水では、古参微生物がない（干渉しない）ため、新規の微生物は、より増える (前田, 2005)。

養殖水に抗生物質を投与した場合でも、当初、水中の細菌数は減少するが、その数は数日で復元する。永続的に効果のある抗菌剤（塩素剤など）を使用して、微生物をふえないようにすることもできるが、このような水では魚は住めない。同じようなことは、人間生活の場合にもいえる。

III. 抗生物質を使うとウイルスが増える

1. 自然界のウイルスの数

自然界では、ウイルスの数が予想外に多いことがわかり、科学者にも衝撃をあたえたのは最近のことである。これまでのウイルスの計数は、寒天培地や動物細胞を使用した培養方法でおこなってきたが、この方法での、海水、淡水中のウイルス数は、数10個/mlほどの値である。しかし、1980年代のおわりに、電子顕微鏡で海水や河川水を直接に観察する方法が採用された結果、ウイルス数は、1 ml当り数万から数億個あることがわかった (Bergh, 1989)。

そして、この自然界に存在する大量のウイルスが、除去されるのか、されないのかに関心が集まり、また、家畜での免疫不全ウイルス病（養豚）、ロタウイルス下痢症（肉乳牛）、または、鶏インフルエンザウイルス病などが多発する現状において、自然界におけるウイルスの存亡のメカニズムが問われるようになった。

2. 微生物によるウイルスの不活化

ウイルスが自然界でどのような増減を繰り返す

のかについては、1970年代に研究が始められている。特に、小児麻痺ウイルス（ポリオ）や、病原性腸内ウイルス（コクサッキー）などは、下水処理場から海岸に流れこむため、観光客の多いハワイの大学や衛生研究所がしらべ、海水中でウイルスは短時間で、その活性（感染能力）を失うことが報告された（Gerba, 1977）。また、これらの研究に先立ち、自然界でのウイルスを不活化する細菌の存在が報告されている（Gundersenら, 1967）。

3. ウイルス不活化プロセス

ウイルスは、中心に遺伝子（DNA, RNA）があり、その周りは薄い膜（外皮）でおおわれている。この外皮は、タンパク質や脂質でできているので、ある種のタンパク分解酵素や脂質分解酵素で破壊される。上記のウイルスを不活化する細菌は、これらの酵素を生産して、ウイルスの外皮に穴などをあけている。そして、ウイルスは外皮が損傷すると、その感染能力をほとんど失うため無害化する（Herrmann & Cliver, 1973）。その他に、海藻などにもウイルスを不活化する物質があるが、細菌は、生存している間は、ウイルス不活化物質を連続的に生産するため、その効力がより持続すると考えられる。

4. 抗生物質の投与でウイルスがふえる

ウイルスを分解する自然細菌は、概して抗生物質などによって増殖能を失う。このため、抗生物質投与下では、ウイルスを抑圧していた細菌が減少することになり、ウイルスはより感染・増殖する機会を得て、その数を増す。ウイルス数が増大すれば、異種間の交雑の頻度が増し、新たなウイルスの出現の可能性が増すことになる。

5. 善玉菌の利用によるウイルスの排除

近年、薬剤や化学肥料が多く使われるようになり、自然界の善玉菌が減少し、その結果、ウイルスの数が増大しているといわれている。このため、家畜でもウイルス病が多く発症しているが、このような場合に、ウイルスを破壊する善玉菌の使用が効果的と考えられる。そして、善玉菌の使用では、長期間に投与する方法もあるが、比較的高濃度の生菌剤を、短期間に投与することで、家畜腸

内に善玉菌の存在情報（クオラムセンシング、後述）を伝え、効果を得る方法もある。

VI. 抗菌剤を使うと悪玉菌が増える

バンコマイシンは、最後の抗生物質といわれ、院内感染菌、特にMRSAに効果がある。MRSAは、メチシリン耐性黄色ブドウ球菌（Methicillin resistant *Staphylococcus aureus*）で、「恐怖のマーサ」ともよばれ、院内で猛威をふるっている。これまで、バンコマイシンは副作用（腎毒性、下痢、悪心、嘔吐、食欲不振など）があるため、あまり使用されてこなかった。よって、いまだ耐性菌があまり増えていない。あたりまえのことだが、抗生物質を使用しなければ耐性菌は増えない。

このバンコマイシンと同じ系列に属する抗生物質に、アボバルシンがあり、構造がよく似ている。毒性が強いので人の治療には使われず、家畜飼料添加物として使用された。そして、1990年代はじめに、欧米でバンコマイシンに耐性のある腸球菌があらわれ、関係機関を驚ろかせたが、これはアボバルシンを家畜に与えたためとわかり、以後使用禁止となった。こうした同じ系列同士の抗生物質で耐性を示す現象を、交叉耐性という（三瀬, 2005）。

耐性菌は、抗生物質の流入阻害機構や排出促進機構を獲得しているものが多い。これには病院で使う大量の消毒剤も関与している。すなわち、消毒剤に耐性を示す菌は、目的としている消毒剤だけではなく、他の消毒剤、抗生物質、防腐剤、金属イオンなどにも耐性になっている。多くの場合、こうした耐性菌は、消毒剤や抗生物質を区別なく排出したりして、その効果をなくしている。

V. 微生物との共存、そして共生へ

前述のMRSAに関係する黄色ブドウ球菌については、健康な人に対しては、軽い食中毒のほか、傷口などに入り化膿させるぐらいで、それほどひどい症状を呈しない。しかし、病気で弱っている患者に感染すると、肺炎や敗血症など命にかかわる症状を呈することになり、しかも大半の抗生物質が効かないという2重の危険性をあらわす（三瀬, 2005）。

また、肺炎菌は、健康な人の上気道等にも生息しており、通常は疾病とはならないが、体調がわ

るいときなどには肺炎を起こす。その他、腸内にも悪玉菌は常時いる。とすれば、これらの悪玉菌は除かなくてはならないことになるが、薬剤、抗菌グッズを使えば、悪玉菌とともに善玉菌も排除することになり、上述のようにウイルスが増加したり、耐性菌が出現したりする。

このような状況では、からだの抵抗力・免疫力をつけることも大切であり、この免疫力と腸内微生物との間には、下記のような密接な関係がみられる。

1. 免疫と微生物

微生物が体内に全く生息しない無菌のマウスには、無菌ではないマウスと比較して、食物摂取量が少なく、腸管の消化吸収細胞数も少なく、また腸管自体も小さいといった特徴がある。そして、免疫機能も劣っており、例えば、抗体IgAなどの産生能が著しく低い。ところが、この無菌マウスの腸管内に微生物が棲み始めると、正常な免疫系が出現する。このことは、微生物が免疫細胞の構築や機能発現に直接関与していることを示している。

人の場合、腸管には消化吸収細胞があるだけでなく、約 10^8 個の神経細胞があり、これは、脳以外に分布する神経細胞数の約半分に相当し、加えて、全身のリンパ球の60%以上が腸管に集中し、抗体全体の約60%が腸管でつくられている。このように、腸は免疫機能の役割も担っているが、ここには約100種類、100兆個ほどの微生物（細菌）が生息し、その重さは1Kgに達する。

免疫系は、自己と非自己（侵入者）とを識別し、非自己を攻撃する機能の他に、最近の知見では、これに加えて、非自己が生体自身にとって危険かそうではないかという価値判断をしていることが明らかにされた。これは「デンジャーセオリー」と呼ばれている。このように、非自己であっても、善玉菌のように、自らの生体に有益と判断した場合には攻撃しない、いわゆる免疫寛容が成り立っている。さらに腸内の細菌相が良ければ、免疫系が強化されることも明らかにされた。

免疫系のバランスの崩れから生じるアレルギーは、微生物の働きで抑制される。異物（抗原）が生体内に侵入すると、免疫系は、Th1とTh2という2種類の細胞を作製するが、これらは、抗体を

つくりだす細胞（B細胞）に抗体産生を指令する役割を担っている。このTh1とTh2とがバランスよく分布していると、アレルギーはおこりにくいことがわかっているが、Th2が過剰にあるとアレルギーとなる。例えば、幼児は自己防衛のため、免疫力の強いTh2がTh1より多くあるので、アレルギー症状をおこしやすい。ここで、腸内の善玉菌がTh1を誘導する作用を行うことが明らかにされ、善玉菌の投与の結果、Th2が相対的に少なくなり、アレルギーが予防、あるいは改善されることになる。

また、アレルギー児と非アレルギー児の間には腸内細菌相に有意な相異があり、善玉菌の多い児童では、アトピーなどのアレルギーは発症しにくい。さらに、抗生物質を長期間服用している人にも、腸内微生物が少ないため、アレルギーが多いが、このような人に善玉菌を投与すると、アレルギーが緩和され、さらに、善玉菌の拮抗作用で悪玉菌が抑圧されるため、抗生物質の投与量も減少する。

なお、無菌マウスは、無菌ではないマウスの1.5倍も長生きするが、免疫系が未発達のため、病害菌による感染症をおこしやすく、一生を無菌室で暮らさなければならない。

2. 微生物で微生物を制御する

動物の体内、あるいは皮膚には善玉菌と悪玉菌が共に生息している。動物の免疫力によって、悪玉菌の感染が阻止されるとともに、善玉菌の拮抗力によって、悪玉菌の暴走が抑制されてもいる。このような自然のシステムにより、日常的には動物の健康が維持されているが、しかし、家畜や養殖魚の場合には、過密飼育状態であり、運動量が少なく、また増体重を目的とした濃密飼料の給与など、自然状態とは異なった環境での飼育例が多い。よって、通常よりも疾病の発生する頻度が高いといえる。

このため、生産者は、薬剤に依存する傾向にあるが、前述のように、薬剤によってかえって悪玉菌の増加することが多々ある。

ここで、薬剤に替えて、微生物（善玉菌）を使用する方法があり、この方法を生物防除、生物学的防除、あるいはバイオコントロールという。

1) 微生物の相互作用

動物生体と環境との接点（インターフェイス）における微生物の機能は、動物の生残、成長等に様々な作用をおよぼす。例えば、魚類の体表面やその周辺の有用微生物と有害（病原）微生物との相互関係において、有害微生物が優勢である場合には、魚介類の感染・罹病する機会も増大し、一方、病原菌の増殖を抑制する有用微生物が優勢である状態では、魚介類の疾病感染頻度の減少する可能性がある。病原菌が優占しない場合においても、魚体の抵抗力が弱い場合等では疾病は発生するが、伝染性疾病のように、健康と考えられていた魚介類が短期的に感染する過程では、このような微生物間の相互作用、平衡関係が関与すると考えられる。

自然界で進行している微生物の相互作用には、中立、共生（片利、相利等）、競合等がみられるが、この中で、競合は自然界では恒常的に進行している現象といえる。微生物は、他の生物と同様に、隣接する生物や環境要因に対応して生存しなければならないが、特に微生物の場合は、増殖が速く、かつ生物量も多いため、他の生物よりも競合の度合いは大きいと考えられる。この競合の例では、後述する微生物間の拮抗作用などがあり、さらに、概して栄養塩が十分量存在する生息場の少ない自然環境では、微生物間で物質をめぐる競合がおきる。

2) 生物防除（バイオコントロール）製剤とプロバイオティクス

生物防除（生物学的防除、バイオコントロール、Biological control, Biocontrol）は自然界に進行している生物間の競合の中で、主として拮抗作用を利用した方法であり、天敵生物を増殖させることによって病原生物の防除を行う目的で開発された。実用化では、外部より天敵生物を（多くの場合には増殖させた後に）移入する直接的な技術と、有害微生物を阻害する、あるいは低減するような植物を栽培する等して、当該生産植物を保護するといった間接的技術、さらに両者の特徴を併用する方法等が採用されている。

プロバイオティクス（probiotics）は、原生動物の生産物で、他の原生動物の増殖を促進する物質をあらわす語彙として提唱された。その後、プ

ロバイオティクスの用語は、動物の腸内細菌相に効果的な作用を及ぼす栄養補助剤として用いられるようになり、さらに、腸内細菌相組成を宿主の健康増進あるいは成長促進に有効な状態に保つ微生物と定義されるにいたった。プロバイオティクスの意義は、例えば無菌の動物はより容易に罹病することからも推察できる。すなわち、成長した健康なニワトリの腸内容物や少量の糞を若鶏に投与した場合、若鶏の病原菌 *Salmonella infantis* への抵抗性が増大する。若鶏消化管内において、新しく構成された細菌群が *S. infantis* の侵入、定着を阻止したと考えられている。

プロバイオティクスは、上記の定義の如く、病原菌に対して拮抗作用を発現するというよりは、場の競合などにより、結果として病原菌の定着を阻害する微生物をあらわす。このような特徴により、プロバイオティクスとバイオコントロール製剤（Biocontrol agents）とは区別され、後者は、病原生物を殺滅するか、その増殖を阻害する作用を及ぼし、同時に生産を目的とする動植物に対しては少なくとも無害であるか、あるいは成長促進、代謝増進効果等を及ぼす生物と定義される。

動物生産環境でも、他の自然生態系と同様に、多数の細菌や微小藻類および原生動物等が分布し、これらの微生物は直接的あるいは間接的に相互作用をおよぼしているが、近年これらの微生物のプロバイオティクスおよびバイオコントロール製剤としての利用が注目されるようになった。

3) 新しい抗菌活性について

微生物の抗菌機能は、抗生剤に見られるような物質がその作用の主役と考えられている。その他には、微生物同士が接触することで、一方が他を排除する作用もある。一方、これらの作用とは異なり、近年、クオラムセンシング（quorum sensing）が注目されている。これは、細菌の一定以上の存在数・量によって、すなわち存在という情報を感知することによって、他の微生物の代謝が変化するという現象である。この作用は、1970年代より報告されているが、総合的な研究がはじまったのは約15年前からで、クオラム（quorum）とは議会における定足数（議決に必要な定数）のことを指し、細菌の数が一定数を超えたときにはじめて特定の物質が産生されることを、案件が議決され

ることに喩えて名付けられた (Nealsonら, 1970; Hornbyら, 2001). クオラムセンシングを行う細菌は多種にわたるが, これらには共通の情報伝達機構の存在することが明らかになっている. クオラムセンシングを行う細菌は細胞内でオートインデューサーと呼ばれる物質を産生しており, オートインデューサーは, 細胞内でDNA, RNAの転写を制御する因子に作用して, 特定のタンパク質の合成を促進する働きを持っており, 自分自身の細胞内で働くだけでなく, 菌体外に分泌され, それが他の細胞内に取り込まれることによって, 他細胞にも作用する. このオートインデューサーには, N-アシル-L-ホモセリンラクトン (AHL) 類と呼ばれる物質の働くことが明らかになっており, さらに多くの物質が作用すると考えられている. このようなクオラムセンシングの機能を保持している細菌を, 家畜などの動物が一定以上の量で摂取した場合には, この量の細菌が消化管内を通過し, これを感知した病原菌が, その代謝を変化させ, 結果として増殖が抑制される場合がある. このクオラムセンシングの機構は, その全容が明らかになっていないが, 現在の微生物学研究ではブームとなっている領域の一つで, このようなセンサー機構を利用した病原菌排除の研究が, 医学分野でも進んでいる.

VI. あらたな有用微生物の開発

このような背景において, 筆者らは, ウイルスを含む病原菌の増殖・感染を抑制し, かつ動物の成長促進作用をあらわす有用 (善玉) 菌株をいくつか確保し, その機能を明らかにするとともに, 家畜飼育, 養蜂, 水産養殖現場において実用化した.

1. 採集場所

微生物の採集では, 河川, 沿岸域を, また内陸部では, 蜂などが多く飛来する湧水域などを選定した. このような場所で数100株の細菌株を確保したが, 採集には, 水や, 泥を採るとともに, ガラス板を3日から7日間水に浸けて, ガラスに付着した細菌を採取したりした. この過程で, ガラス板に新たに付着する細菌の中には, 抗菌力の強い種類の多いことがわかった (前田, 2005).

2. 病原細菌, ウイルス, 真菌 (カビ) の増殖・感染抑制試験

分離した細菌株では, 一つの病原菌を抑えても, 他の病原菌は抑制しないことが多くあるため, いくつかの代表的な病原細菌 (サルモネラ菌, 大腸菌, 立枯病菌, ビブリオ菌等) をすべて抑制する細菌株を選定した. また, ウイルスについても, 鶏インフルエンザウイルス, 魚類の神経壊死症ウイルスなどの感染を抑える能力を持つ細菌株を選定し, 同様に真菌 (蜜蜂チョーク病菌, ブドウ黒とう病菌など) の抑制能力についても確認した. こうして, 供試細菌の中で, 病原細菌, ウイルス, 真菌を同時に抑える株を選定した.

3. 家畜, 蜜蜂, 魚類, 野菜の成長促進試験

3年にわたり, 家畜, 蜜蜂, 魚類, 野菜にいくつかの候補となる細菌株の投与を行い, 動植物の代謝阻害のないことを確認するとともに, 試験した細菌の中から, これらの成長を促進する株を選定した.

4. 細菌の分類

細菌の分類基準となる16SrRNAの解読をおこない, これまでに登録されている病原菌と合致しないことを確認した.

5. 免疫活性増進の検定

上記の段階で, 10数株の有用細菌が候補として選定されたので, 次に, 魚類に投与し, 免疫活性の増進機能についても明らかにした. 免疫活性が増大すると, アレルギーなどのストレス症状の軽減することが明らかになっている. たとえば, この有用細菌を投与した魚類のハタでは, 共食いによる斃死率が大幅に軽減するが, この効果は, ストレスの低減によると考えられている. また, 現在, 問題となっている蜂群が消失する蜂群崩壊症候群 (CCD) の原因としてウイルス説とともに, 蜂へのストレスがあげられているが, このような事例にも効果 (有用微生物の投与により蜂群の数が増大する効果) が見られる.

6. 有用菌の登録・特許申請

これらの試験結果をもとにして, 実用化に供す善玉菌を選定し, 経済産業省産業技術総合研究所

に菌株を寄託するとともに、特許申請をおこない、さらに、混合飼料として農林水産省に登録した。

7. 有用細菌の培養

有用細菌株は、異常な環境ではなく、通常の実環境に生息する株のため、培養に使う栄養には通常の実物質を使用できる。筆者らの研究室では、独自の技術として、これらの栄養物に加えて、微量栄養素を検討、添加し、有用菌の増殖力や抗菌機能の増大を促進している。この方法で培養した有用菌株は、通常の方法と比較して、菌体量が多く、また活性も大幅に強化される。

また、通常の実液体培地で培養した細菌株は、凍結によって大半が死滅するが、この微量栄養素を添加して培養した株は、凍結してもほとんどが死滅せずに生存することも明らかになった。このようにして、活性の高い善玉菌の生菌剤を、動物飼育現場において実用化した。

8. 有用細菌を使用した効果

- 1) 有用細菌株は、動物の整腸作用をあらわすとともに、腸内の病原菌・ウイルスの抑制や、消化促進等による動物の成長促進、飼料効率の向上効果をあらわした。
- 2) 養蜂への投与により、腐蛆病菌やチョーク病菌が防除され、また、蜂群の増大効果が確認された。
- 3) これまでに、水産養殖（ウナギ、ヒラメ、ハタ等）において、薬剤を使用しない養殖を実践し、また、養鶏、養豚における長期間の投与試験でも、薬剤を使用しない飼育を実施した（Maeda, 2004; Maeda, 2008）。

ウイルスは、薬剤で抑えることが困難な微生物であるが、前述のように、実環境では、ウイルスは細菌によって分解され、その感染拡大が抑止されている。しかし、抗生物質などの薬剤は、細菌を殺滅する。このため、ウイルスを抑えてきた細菌が薬剤の使用によって減少した結果、ウイルス数が増大する。実際に、恒常的に抗生物質を飼料に混合し、給与している養豚現場では、子豚の30%以上が免疫不全ウイルス病によって死亡する事態となっている。

また、養蜂群が壊滅する蜂群崩壊症候群

（Colony Collapse Disorder, CCD）では、蜂群が消失した巣箱に新たな群を移植しても、同様の症状を呈すること、また、CCDの発症した巣箱より、蜂疾病ウイルスの分離されていることなどから、ウイルス病が疑われている。養蜂では、疾病（腐蛆病）予防に抗生物質が使われ、また、採蜜対象の果樹の疾病防除にも薬剤が使用されるので、ウイルスが増加する状況にあると考えられる。

薬剤を使用した結果ウイルス数が増大すれば、交雑頻度が増し、あらたなウイルスが出現し、時には新たな疾病にいたることになる。我々の研究で確保した有用細菌株は、ウイルスを抑制する機能を保持しているため、薬剤では困難であったウイルスの排除が可能となる。また、この生菌剤の採用により、抗生剤などの使用が低減し、経費の削減効果も得られる。

要約

動物生体と環境との接点（インターフェイス）における微生物の機能は、生産環境の質的良否をあらわす主要素の一つとなっている。実際に、病害菌と善玉菌は、ともに動物生産環境や腸内等に生息して、動物の生残、成長等に様々な影響をおよぼす。これまでの研究で、この微生物環境において、病原菌を抑制する機能を保持する有用微生物を利用する方法、生物防除（バイオコントロール）を採用した結果、動物の細菌性疾病やウイルス疾病の防除に効果がみられた。本稿では、このような有用細菌の役割と、その実用化プロセスについて述べた。

キーワード：生物防除、拮抗作用、微生物、ウイルス、動物生産

参考文献

- Bergh, O., K. Y. Borsheim, G. Bratbak, M. Haldal (1989) High abundance of viruses found in aquatic environments. *Nature*, **340**, 467-468.
- Gerba, C. P., S. M. Goyal, E. M. Smith, J. L. Melnick (1977) Distribution of viral and bacterial pathogens in a coastal canal community. *Mar. Pollut. Bull.*, **8**, 279-282.
- Gundersen, K., A. Brandeberg, S. Magnusson, E. Lycke (1967) Characterization of a marine bacterium associated with virus inactivating capacity.

- Acta Pathol. Microbiol. Scand.*, **71**, 281-286.
- Herrmann, J. E., D. O. Cliver (1973) Degradation of coxsackievirus type A9 by proteolytic enzymes. *Infect. Immun.*, **7**, 513-517.
- Hornby, J. M., E. C. Jensen, A. D. Lisec, J. J. Tasto, B. Jahnke, R. Shoemaker, P. Dussault, K. W. Nickerson (2001) Quorum sensing in the dimorphic fungus *Candida albicans* is mediated by farnesol. *Appl. Environ. Microbiol.*, **67**, 2982-2992.
- Nealson, K. H., T. Platt, J. W. Hastings (1970) Cellular control of the synthesis and activity of the bacterial luminescent system. *J. Bacteriol.*, **104**, 313-322.
- Meda, M. (2004) Interactions of microorganisms and their use as biocontrol agents in aquaculture. *La Mer*, **42**, 1-19.
- 前田昌調 (2005) 水圏の環境微生物学. 講談社, 東京, pp. 204.
- Maeda, M. (2008) Sustainable aquaculture in the estuary area. *Tropic. Agricult.*, **1**, 32-38.
- 三瀬勝利 (2005) 薬が効かない. 文春新書, 東京, pp. 198.