

深層水のひみつ

古米 保*
五十嵐康弘
葭田隆治

Potentiality of Deep Sea Water

Tamotsu FURUMAI*,
Yasuhiro IGARASHI
and Ryuji YOSHIDA¹富山県立大学工学部生物工学研究センター*、
富山県立大学短期大学部¹Biotechnology Research Center* and College of Technology¹, Toyama Prefectural University

1. まえがき

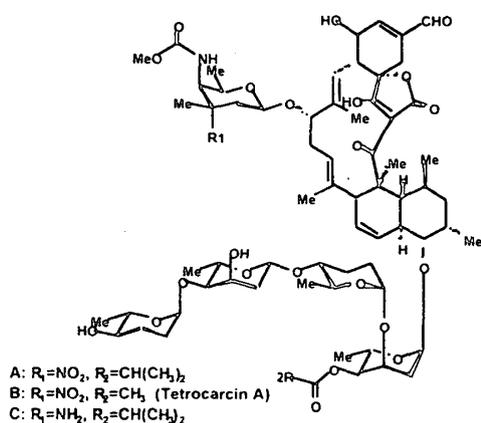
日本海の水深 200m~300m 以深には、日本海固有水と呼ばれる、低温で、栄養塩に富む清浄な水塊があり、日本海全海水の 80%を占めると言われている。この日本海固有水は、海洋深層水、深層水あるいは富山湾深層水と呼ばれているが、海洋学での「深層とか深海」とは意味を異にしている。これは、深層水ということばは、響きが良く、語感が神秘的ということで、関係者や開発企業などにより好んで使われたことに起因する。平成 13 年に農林水産省は、消費者の混乱を防ぐため、(社)マリノフォーラム 21 内に深層水協議会を設置し、海洋深層水を「光合成による有機物生産が行われず、分解が卓越し、かつ、冬季の鉛直混合の到達深度以深の海洋水」と定義付けている。

一方、この深層水の利用研究は、1881 年フランスのダルソンバールが深層水の冷たさを利用した海洋温度差発電を提案したのが最初と考えられている。日本における深層水利用研究は、1970 年代の温度差発電が最初で、本格的な研究として 1986 年に科学技術庁が富山県と高知県で「海洋深層水資源の有効利用技術の研究に関する研究」を立ち上げ、続いて、1995 年富山県は、滑川市の沖合 2,600m、水深 321m からの採水設備を完成させた。そこで、我々は、深層水の非水産分野利用研究として「深層水由来微生物による創薬リードの探索研究」と「電解機能深層水の利用研究」を開始した。ここでは、これまでの研究成果について紹介したい。

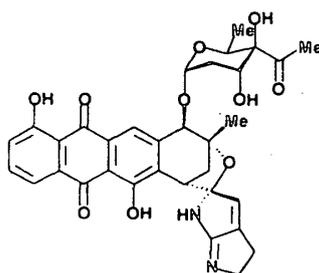
2. 深層水由来微生物による創薬リードの探索研究

近年、医薬品の探索資源として注目されている海洋微生物は藻類などの海洋生物から分離されるのが一般的で、深層水からの分離例は知られていない。また、溶存酸素含有量の分析から、富山湾深層水は過去数十年間に新たに形成された形跡は無いと言われている。そこで、このような環境でも、放線菌や糸状菌などの微生物は孢子として保存されているのではと考え、永い年月保存された微生物に新たな生理活性物質産生の可能性を求めた。

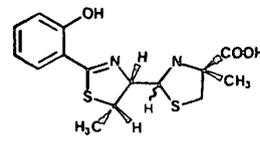
深層水中の微生物（放線菌・糸状菌）分離にはメンブランフィルター法を用いた。平成7年12月22日に採水した深層水(10L)から、糸状菌16株(4属11種)と放線菌38株(3属)を純粋分離した。次いで、得られた微生物は液体培地で振盪培養し、抗生物質産生活性能を調べ、抗グラム陽性菌活性を示す放線菌11株と糸状菌5株、抗グラム陽性・陰性・糸状菌活性を示す放線菌1株と糸状菌2株、抗グラム陽性・陰性菌活性を与える放線菌1株並びに抗糸状菌活性を示す放線菌4株と糸状菌1株を認めた。続いて、これらの活性物質を分析し、放線菌生産抗生物質としてアンチマイシンA1、アクチノマイシンX2、エルーギン、ポリエナムクロライド、ロザミシン及びTAN1323D物質を、糸状菌生産抗生物質としてブレフェデリン、シトルリン、グリオトキイシン、シューロシンAとシネラゾールを既知抗生物質として同定した。これらの内、エルーギンは海洋由来の *Pseudomonas aeruginosa* の生産物として報告された抗生物質で、*Streptomyces* 属放線菌から得られたことは興味深い。この研究過程で、3種類の新規生理活性物質を発見した。即ち、*Micromonospora* sp. TP-A0316 の産生物質は、培養液から酢酸エチル抽出、逆相シリカゲルクロマトグラフィー、ゲルろ過などで処理し、A、B及びC成分を単離した。AとC成分は新規物質で、深層水が「有磯の海」から採水されていることに鑑み、アリソスタチン(Arisostatin)と命名した。B成分は既知抗癌抗生物質テトロカルシンA(Tetrocarcin A)と同定した。Arisostatin Aはヒトの乳癌、脳腫瘍、大腸癌、肺癌由来の培養細胞に強い殺細胞活性を示し、その作用はチューブリン重合阻害によることが判明した。同様に、*Micromonospora* sp. TP-A0468 の産生物質も単離され、「越の国」に因み、コシノスタチン(Kosinostatin)と命名した。本物質はヒトの乳ガン、脳腫瘍、大腸ガン、肺ガン、胃ガン由来の培養細胞を低濃度(IC₅₀値0.1~0.01μM)で抑制し、ヒトDNAトポイソメラーゼType IIを3~10 μg/mlで阻害する興味ある新規抗癌抗生物質である。加えて、*Streptomyces* sp. TP-A0597 の生産する新規抗グラム陽性菌物質を単離し、ホタルイカの学名「ワタセニア・シンチランス」に因み、ワタセマイシン(Watasemycin)と命名した。このように、富山湾深層水は医薬・農薬の微生物資源としても有望と考えている。



アリソスタチンの構造



コシノスタチンの構造



ワタセマイシンの構造

3. 電解機能深層水の利用研究

ある処理を加え、新たな機能を付与した水は機能水と呼ばれている。機能水を調整するには、微弱なエネルギーを水に付与する方法がとられており、電気分解処理、セラミック

処理、膜処理などが用いられている。1980年代後半に、希薄な食塩水を電気分解すると陽極側には強力な殺菌力を持つ酸性水が生成する。この水は、超酸性水、超酸化水、強酸化水、アクア酸化水、電解陽極水あるいは機能水と呼ばれ、主に医療分野で注目を浴び、病院における MRSA の院内感染防止の作業、歯科領域の殺菌、内視鏡の洗浄・殺菌などに実用化されている。殺菌原理は、0.1%程度の食塩 (NaCl) を添加して数ボルトの直流低電圧で電気分解を行うと、陽極側に生成する次亜塩素酸 (HClO)、ヒドロキシルラジカル ($\cdot\text{OH}$)、過酸化水素 (H_2O_2) などによると考えられている。一方、深層水は約 3.4% の NaCl を含むので、これを電気分解すると強力な殺菌水が作れるのではと予想し、得られた電解機能水の殺菌効果について検討すると共に、利用研究を行った。

3-1. 殺菌効果

深層水、純水で 30 倍に希釈した深層水及び 0.1% NaCl 含有純水をそれぞれ、スーパーオキシドラボ (株) アmano社) で 12 分間電気分解し、電解機能深層水 (原液)、電解機能深層水 (x30 倍希釈) 及び 0.1% NaCl 電解水を調製し、グラム陽性菌細菌 (11 株) とグラム陰性細菌 (4 株) 及び酵母 (4 株) に対する殺菌効果を調べた。これらの電解機能水は、電解機能水中の有効塩素濃度と比例した殺菌効果を示し、特に、電解深層水 (原液) は殺菌力が強い。また、深層水の NaCl 濃度は 3.4% であるので、塩濃度をほぼ同一にした電解深層水 (x30 倍希釈) と 0.1% NaCl 電解水を比較すると、*Bacillus subtilis* ATCC6633 に於いて、電解深層水 (x30 倍希釈) の方が殺菌力は強い。これは、両者の有効塩素濃度と過酸化水素濃度は同じであることより、深層水中の微量成分により生成する未同定なラジカルなどの作用を示唆していると考えられる。一方、市販の電気分解装置は電極の消耗が激しく、海水用の装置開発が必要となった。そこで、高岡市の大木樹脂工業(株)と海水用電解装置の開発を行い、生成する酸性水とアルカリ水及び混合水 (酸性水:アルカリ水=1:1) の殺菌力を調べ、何れの水にも殺菌作用を確認した。そこで、これらの機能水を水産、食品並びに農業分野へ利用することを検討した。

3-2. 魚介類の鮮度保持

上記酸性水とアルカリ水に、タイ、バショウカジキ、フクラギ、シイラを「ドブズケ」し、魚介類表面の一般細菌、大腸菌、腸炎ビブリオ、真菌類を調べた。いずれの処理でも、生菌数の減少を認めた。これらの内、シイラは鮮度保持が難しい魚と言われている。そこで、シイラの K 値 (魚の鮮度測定指数) を測定したところ、アルカリ水、酸性水処理でシイラの K 値は低く、鮮度保持されていることが判明した。反対に、タイなどの日持ちの良いと言われている魚の K 値には変動は認められなかった。加えて、カキは鮮度保持の難しい食材であるのが、機能水で処理すると細菌数の減少を認めた。

3-3. コンクリート表面の衛生管理

HACCAP の導入により、魚河岸では衛生管理がこれまで以上に求められている。そこで、氷見漁業協同組合の協力下で、海水用電解装置で調製した酸性水、アルカリ水並びに混合水を 50m^2 当たり 30L 散布した。コンクリート表面の衛生管理に有効であること、魚臭の脱臭に使えることを確認した。

3-4. 生野菜の殺菌

大腸菌 0-157 汚染のカイワレダイコン事件は大きな社会問題として人々の記憶に残っている。この例のように、生野菜は決して無菌の食材ではない。そこで、市販の生野菜(各1g)を電解深層水(10ml)で1分間処理し、生野菜に付着する微生物の殺菌を試みた。キャベツ、ミニトマト、トマト、ニンジン、タマネギ、長ネギ、サラダ菜、カイワレダイコン、ピーマン、レタス、キュウリなどの生野菜(1g)には、 $10^3 \sim 10^7$ の細菌が検出される。そして、電解機能深層水の殺菌力は0.1%NaCl電解機能水より強く、ニンジン、キャベツ、ミニトマト、トマト、長ネギでは電解機能深層水処理により、一般細菌、腸内細菌共に全く検出されなかった。

3-5. 電解機能深層水氷の利用

電解機能水の殺菌力は不安定であることは良く知られている。そこで、電解機能水を製氷し、氷中有効塩素の経時変化を調べた。この氷は、 -27°C で2ヶ月間の保存して、約50%の有効塩素濃度が保持されていることを確認した。そこで、この氷の上に、刺身用のアジ、甘エビ、サバ、イチゴ、カイワレダイコン、モヤシを置いた。16時間酸性の氷に保存した野菜と魚類はいずれも損傷を受けていたが、アルカリの氷に保存したこれらには変化がなかった。特に、サバでは対照よりも鮮度良く保存されていた。

3-6. 電解機能アルカリ深層水の利用

深層水を電気分解すると、上述の酸性水に加え、アルカリ水が生成する。この電解機能アルカリ深層水を使うと、緑色を保持した野菜類の漬物が作れる。また、このアルカリ水を希釈・調製すると、飲料水として利用できるだけでなく、ラーメンのスープや料理に使えることが判った。

3-7. その他

富山湾深層水の特徴は、水温が $1 \sim 2^{\circ}\text{C}$ と極めて低いことが挙げられる。この低温性を利用し、高温期の栽培が難しいハウレン草や赤カブのアンダークーリング栽培(地中に深層水を流し、土壌を冷やして栽培する方法)を実験し、平地でも収量良く栽培できることを実証した。また、氷見市の「いきいき地ビール社」と、ビール醸造に深層水を使い新しいビールを開発し、高岡市の「リットライフ社」と共同で、深層水を使った新しい石鹼を開発した。

この様に、富山湾深層水は潜在力を秘めた有用な資源と考えられる。我々は、科学的な証明に基づく論理的な開発をめざして、富山県立大学内に環日本海機能水バイオ研究会(事務局：0766-56-7500、内線647)を組織し、企業や県試験研究機関と活動している。

参考文献

富山湾深層水を考える会編、「深層水ってなに」、北日本新聞社、平成13年12月発行