

## 海洋深層水

古米 保、葭田隆治\*

富山県立大学・工学部、富山県立大学・短期大学部\*

2007.7.13 受理

### 1. まえがき

日本海には、日本海固有水と呼ばれる低温で、栄養塩（リン酸塩、硝酸塩、ケイ酸塩）が多く、病原菌や環境ホルモンなどが検出されない清浄な海水がある。これは、日本海の水深 200~300m から海底までの水塊で、全海水の約 80% を占めている。日本海は浅く狭い 5 海峡を通して外洋と接している。主な流入口は対馬海峡で、対馬暖流として入り、大半が津軽海峡から太平洋側に流れ出る。ところが、最も深い津軽海峡でも平均水深が 113m しかないため、対馬暖流は 200m より上の表層を流れているに過ぎない。日本海固有水形成場所は、ウラジオストックの南東沖、北緯 42 度、東経 135 度を中心とした海域で、冬季の厳しい海面冷却によって形成されると考えられている。これは、ウラジオストック付近には山脈がないため、強烈な北西ジェット流が吹出し、海面が冷やされる。冷却されて比重を増した海水は沈降するため、この海域に鉛直対流が生じる。このようにして、日本海固有水は形成すると考えられている<sup>1)</sup>。

さて、富山県では、この日本海固有水を、海洋深層水、深層水或いは富山湾深層水と呼んでいる。海洋学では水深 1,000m 以上深い海域を「深層とか深海」と呼ぶので、「商業利用している深層水」とは意味を異にしている。これは、深層水という言葉は、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よる。

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は、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に関する研究」を立ち上げている<sup>2)</sup>。これらの成果を受けて、富山県は、1995 年に滑川市の沖合

2,600m、水深 321m からの取水施設を整備し、次いで、入善町に沖合 3,000m 水深 384m からの取水設備を完成した。我々は、2000 年 4 月、大学内に「環日本海機能水バイオ研究会」を立ち上げ、「海洋深層水や電解機能水」に関わる正しい知識の普及と資源化研究を推進している。ここでは、主要な成果を報告する。

### 2. 深層水由来微生物の探索と利用

滑川深層水 (10L) 中の放線菌分離には、メンブレンフィルター法を用い、38 株を純粋分離した。これらの菌株内、*Micromonospora* sp. TP-A0316 の培養液からアポトーシス誘導活性を示す新規抗ガン抗生物質アリソスタチン<sup>3)</sup>、*Micromonospora* sp. TP-A0468 の培養液から DNA 複製阻害活性を示す新規抗ガン抗生物質コシノスタチン<sup>4)</sup>、*Streptomyces* sp. TP-A0597 から新規抗菌抗生物質ワタセマシ<sup>5)</sup>、*Streptomyces* sp. TP-A0597 から抗 MRSA 活性を示すリジカマシンの新規類縁体<sup>6)</sup>を発見した。また、滑川沖の船上で採水した水深 700m の深層水 (10L) からは、7 株の放線菌を分離した。この内の 3 株は新規抗生物質生産菌と確定し、現在構造解析中。

近年、乳酸菌が再評価され、注目を集めている。そこで、入善と滑川の深層水からの乳酸菌探索を試みた。40L の深層水から、*Enterococcus faecium* 8 株、*Enterococcus faecalis* 1 株、*Enterococcus durans* 2 株、*Leuconostoc mesenteroides* 5 株、*Weissella paramesenteroides* 8 株、*Lactobacillus* sp.1 株の 25 株 (4 属 6 種) を得た。この中には、牛乳あるいは豆乳をヨーグルト化する *Enterococcus* 属の菌や、TNF (腫瘍壊死因子) 活性の高い菌株も見られ、開発研究を進めている。このように、深層水は微生物資源としても大変有用と言える。

### 3. 農業分野への利用

深層水の農業分野への利用法としては、希釈した深層水の直接利用、あるいは電気分解による強酸性

電解水とアルカリ性電解水などの間接利用がある。我々は、500倍～1000倍に希釈した深層水に、深層水から調製したニガリ（マグネシウム含量 10ppm）と塩化カルシウム 0.3%添加した溶液を、ブドウ果房の着色始期から収穫期まで1週間毎に4回直接噴霧した。マグネシウム (Mg) とカルシウム (Ca) を添加した 500 倍希釈深層水の果房への噴霧は、特にすぐれ、Brix 糖度で 1～1.5、アントシアニン含量で約 2 倍増加した。このように、希釈深層水及び Mg と Ca 添加希釈深層水にブドウ果実の熟期促進効果を認めた。

#### 4. 電解機能深層水の利用研究

次亜塩素酸は pH によって存在状態が変化する。pH が 2.2～2.7 では塩素 (Cl<sub>2</sub>) と次亜塩素酸 (HClO) が約 2 : 8、微酸性電解水領域 (pH5～6.5) ではほぼ HClO のみ、pH8～9 では HClO と次亜塩素酸イオン (ClO<sup>-</sup>) が約 1 : 9 比となり、更に高い pH では、ClO<sup>-</sup>のみとなる。ところで、殺菌力は ClO<sup>-</sup>が弱く、HClO が 100 倍程度強い。ただし、化学的に HClO は不安定である特徴を示している。そこで、安定な電解次亜水を調製し、それを、使用時に乳酸などで pH6 程度に合わせる装置を開発すれば、大量の殺菌水が調整出来ると考え、企業と共同開発した。この装置は、深層水、3%食塩水あるいは 3%塩化カリウム溶液から、微酸性電解水 (pH5～6.5、有効塩素:20ppm) を毎分 60L 生成できる。表 1 は、3%食塩水から調製した微酸性電解水 (有効塩素濃度 20ppm、pH6.5) で、各種病原菌 (10<sup>5</sup>～10<sup>6</sup>/ml) を 1 分間処置すれば、完全に殺菌されることを示している。この微酸性電解水は、手指の消毒、魚類の鮮度保持に有効であった。

また、2003 年秋に、白ネギの赤サビ病防除のため、

表 1. 微酸性電解水の殺菌効果

試験菌	処理前菌数	1分間処理後菌数
黄色ブドウ状球菌 <i>Staphylococcus aureus</i> 209P JC-1	4.4×10 <sup>5</sup>	0
黄色ブドウ状球菌 <i>S. aureus</i> MRSA 2871	7.1×10 <sup>5</sup>	0
大腸菌 <i>Escherichia coli</i> NIHJ JC-2	1.5×10 <sup>6</sup>	0
大腸菌 <i>E. coli</i> O157:H7 (PFGE Ia)	1.8×10 <sup>6</sup>	0
大腸菌 <i>E. coli</i> O157:H7 (PFGE IIa)	2.5×10 <sup>6</sup>	0
ビブリオ菌 <i>Vibrio fluvialis</i> ATCC33809	4.2×10 <sup>6</sup>	0
ビブリオ菌 <i>Vibrio mimicus</i> (O194) NIID621-98	8.0×10 <sup>5</sup>	0
ビブリオ菌 <i>Vibrio hollisae</i> ATCC33564	3.4×10 <sup>5</sup>	0
サルモネラ菌 <i>Salmonella</i> Typhimurium 121	2.5×10 <sup>5</sup>	0
緑膿菌 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> A3	1.4×10 <sup>5</sup>	0
クレブシイラ菌 <i>Klebsiella pneumoniae</i> 402	2.6×10 <sup>5</sup>	0

3%KCl 溶液から調製した微酸性電解水 (有効塩素濃度 100ppm、pH6.0、20L) を白ネギ生産圃場 (畝幅 90cm、長さ 5m) に週 2 回動噴散布した。2ヶ月後、収穫した白ネギの赤サビ病発病度を調査した。表 2 に示すごとく、無処理区の発病度は 79.11±12.11 であるのに対し、微酸性電解水処理区の発病度は、43.11±16.29 で、有意な防除効果を認めた。また、微酸性電解水噴霧処理による白ネギ収量への影響は、認められない (表 3)。通常、電解機能水を農業利

表 2. 白ネギの赤サビ病発病度

	検査株数	発病度/株	発病度/全体	新葉から1葉目の発病度	新葉から2葉目の発病度	新葉から3葉目の発病度
噴霧処理区	128	43.11±16.29	43.23	19.44	46.3	60.49
無処理区	81	79.10±12.11	79.04	52.73	86.33	98.24
有意差*		あり				

\*t 検定 : 5%

表 3. 白ネギ収量への影響

	新鮮重 (g/株)		乾物重 (%)	
	軟白部	葉身部	軟白部	葉身部
噴霧処理区	98.21±39.04	95.92±43.45	7.86	7.18
無処理区	112.19±34.04	112.17±55.30	6.21	5.58
有意差*	なし	なし		

\*t 検定 : 5%

用するには、植物の酸焼け防止のため、強酸性電解水とアルカリ性電解水を交互散布する。しかし、白ネギでは、微酸性電解水の酸焼けは認められなかった。

さらに、シイタケ生産工場では、工場の床が糸状菌や酵母により汚染される。そこで、微酸性次亜水の生成装置（アクアライザー T-30 型、有限会社ヘルス製）で調製した電解次亜水（有効塩素濃度 100ppm、pH10）と微酸性電解水（有効塩素濃度 20ppm、pH6.0）を交互散布することで、衛生管理に成功した。現在、本装置は、豆腐製造工場やプールの衛生管理など、大容量を必要とする現場に導入されはじめた。

## 5. 深層水商品の開発

深層水を利用した商品が都会のスーパーでも見られるようになった。我々は、化粧品、ビールや味噌などを開発した。ここでは、化粧品を報告する。

石英斑岩と呼ばれる岩石が岐阜県山中から採掘され、水質改善や土壌改良剤として利用されていた。この石英斑岩ゲル化物は、ゲル化物の粒子同士が強く結合し、経時とともにゲル粒子と水分が分離して、美容素材としての利用を困難としていた。そこで、

海洋深層水を石英斑岩ゲル化物に配合すると、安定したゲル化物質（深層水ゲル）が調製できた。また、ラットにおける急性経口毒性試験、ウサギにおける眼刺激性試験と皮膚一次刺激性試験を行い、美容素材としての安全性を確認した。

この鉱石は、公的機関より「ケイ酸・ケイ酸アルミニウム焼結物」として化粧品原料用に適合していると認定を受けた。そこで、この深層水ゲルを使い、固形石鹸やクリームを試作し、モニター調査を行った。石鹸はツッパリ感が少なく、アセモ、ニキビやアトピー性皮膚炎など、肌トラブルを抱えるユーザーから、好評を得た。写真1は、幼児期からのアトピー性皮膚炎を持つ女性（21歳）が、一日一回の石鹸洗浄とクリーム塗布した例である。処理1日後、痒みなどの不快な症状は少なくなり、2週間後には明らかな改善が見られた。写真2は、アトピー性皮膚炎3歳男児の例で、痒みから酷い患部を呈していたが、毎日、朝、夕方、就寝前の3回処置（石鹸洗浄後、ローションを塗り、クリームを塗布）を行った。処置翌日から、痒みが消え、炎症も除序に回復し、4週間後には、驚くほどの改善効果を認めた。

ゲル化物に活性酸素産生抑制効果があることを認めたが、そのメカニズムについては不明である。

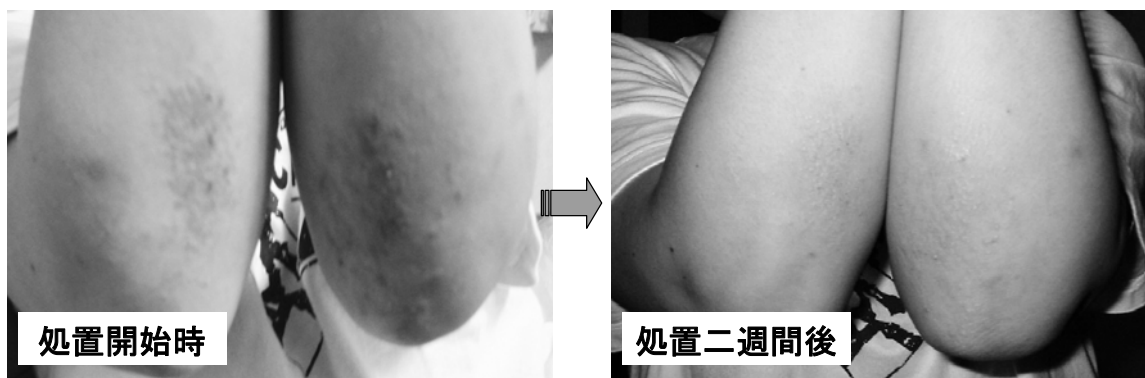


写真1. 石鹸とクリームによるアトピー性皮膚炎の改善例

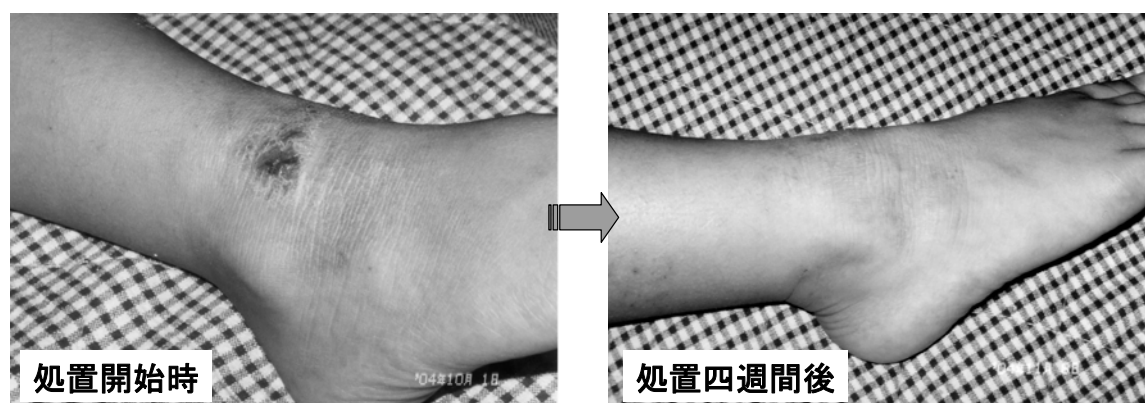


写真2. 石鹸、ローションとクリームによるアトピー性皮膚炎の改善例

6. 参考文献

1. 富山湾深層水利用研究会編：21世紀の資源、富山湾深層水、桂書房、2001年3月発行
2. 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
3. Furumai T, Takagi K, Igarashi Y, Saito N & Oki T : Arisostatins A and B, new members of tetrocaricin class of antibiotics from *Micromonospora* sp. TP-A0316. I. Taxonomy, fermentation, isolation and biological properties. *J. Antibiotics*, **53**(3): 227-232, 2000.
4. Furumai T, Igarashi Y, Higuchi H, Saito N & Oki T : Kosinostatin, a quinocycline antibiotic with antitumor activity from *Micromonospora* sp. TP-A0468. *J. Antibiotics*, **55**(2): 128-133, 2002
5. Sasaki T, Igarashi Y, Saito N & Furumai T : Watasemycins A and B, new antibiotics produced by *Streptomyces* sp. TP-A0597. *J. Antibiotics*, **55**(3): 249-255, 2002
6. Furumai T, Eto E, Sasaki T, Higuchi H, Onaka H, Saito N, Fujita T, Naoki N & Igarashi Y : TPU-0037-A, B, C and D, novel lydicamycin congeners with anti-MRSA activity from *Streptomyces platensis* TP-A0598. *J. Antibiotics*, **55**(10): 873~880, 2002