

第5回海洋深層水利用学会賞（2018年度）

海洋深層水の有効利用と有用微生物の探索と産業への応用

Useful application of deep-sea water and
screening of promising microorganisms and application to the industry

今田千秋¹

Chiaki IMADA

1. はじめに

この度は2018年度の海洋深層水利用学会の学会賞を受賞させていただき大変光栄に存じます。小生は2009年から個人会員として本学会に入会して以来、一貫して海洋深層水（以下、DSW）の微生物について基礎研究を行うとともに、産業利用に向けて積極的に研究を企画し、実践してまいりました。その中で、たくさんの方々にご指導、ご支援を頂きましたこと、この場を借りて深く感謝申し上げます。DSW研究はまだまだ発展と深化の可能性を持つ分野です。この受賞を糧に、今後も更にDSW研究に取り組んでまいりたいと存じます。以下、今回の受賞の対象となりました研究内容と今後の展望について触れさせていただきます。

2. DSWからの有用微生物分離と分離株の諸性状

有用微生物の分離源が微生物数の多い表面海水（SSW）、沿岸の海底堆積物や海洋生物由来に限られており、新規活性物質の発見頻度が著しく減少してきたことから、これまでほとんど微生物の分離例がないDSWに着目し、全国8か所の取水設備（図1）からDSWとその直上のSSWを入手し、微生物の群集構造を遺伝子レベルで調べました。その結果、図2に示しますようにSSWには存在しない独自の群集構造がDSWに存在し、新たな微生物の分離源とし

て大変有望であることを明らかにしました（Tera-hara *et al.*, 2016）。表1に示しますように、特に伊豆赤沢（F）は他のDSWと比較すると硝酸塩濃度が高いことから、他のDSWとは異なった珍しい微生物が存在することが示唆されました。そこでこのDSWから微生物の分離を試みようと考えましたが、DSW中の微生物数はSSWと比較すると大変少なく、図3に示しますようにSSWの千分の一以下であることから（今田, 2012）、微生物分離が困難を極めることが予想されました。そこで試行錯誤の末、DSWの取水設備においてDSWの懸濁物を除去するためのバッグ状フィルター（図4、孔径約0.5 μm ）



図1 Geographical locations of DSW pumping stations in Japan where we collected DSW and SSW samples in this study

¹ 国立大学法人東京海洋大学学術研究院（〒108-8477 東京都港区港南4-5-7）

を微生物分離に用いることを思いつき、取水設備より使用済みのフィルターを入手し、その底部を切り取り、各種条件下で微生物を分離培養し、得られた

微生物から有用微生物の探索を行いました。

その結果、抗癌物質生産放線菌 (Yang *et al.*, 2019), 酸化ストレス耐性物質生産海洋細菌 (Shibata *et al.*, 2015), 細胞賦活物質生産海洋細菌 (柴田ら, 2016), チロシナーゼインヒビター生産海洋性乳酸菌 (今田, 2012), 酸化ストレス耐性物質生産性海洋酵母 (野村ら, 2013) など産業的に有用な微生物を次々に分離しました。それらの微生物の分類学的性状や培養条件を調べたのち、有効物質を培養液から単離・精製して構造解析を行うとともに各種培養細胞に対する生物活性を明らかにしました。これらの中には陸上に全く見られないユニークな性状を有する微生物、新種の微生物および新規物質生産微生物も数多く存在し、DSWが新規有用微生物の宝庫であることを明らかにしました。

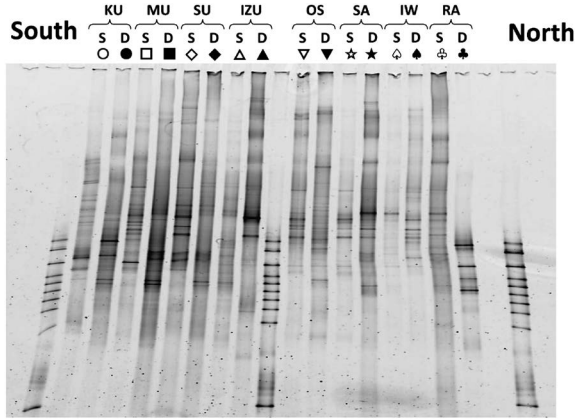


図2 Denatured gradient gel electrophoresis banding pattern of bacteria of DSW and SSW samples from eight pumping stations. D and S above the gel represent DSW and SSW, respectively. Symbols: circles, Kumejima (Ku); squares, Muroto (Mu); diamonds, Suruga (Su); triangles, Izu-Akazawa (Izu); reverse triangles, Oshima (Os); stars, Sado (Sa); Spade, Iwanai (Iw); clovers, Rausu (Ra).

3. DSWを用いた野菜の水耕栽培および美容と健康分野へのDSWの応用

(株)DHC海洋深層水研究所長山田勝久博士との共同研究において、野菜水耕栽培分野へのDSWの

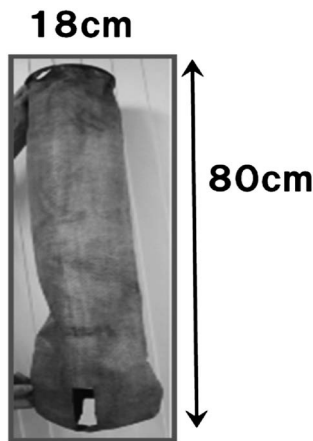


図3 Bag filter used for the isolation of DSW. microorganisms. Nagoya Filter Co. Japan (type CB×400M: 180φ×800 mm).

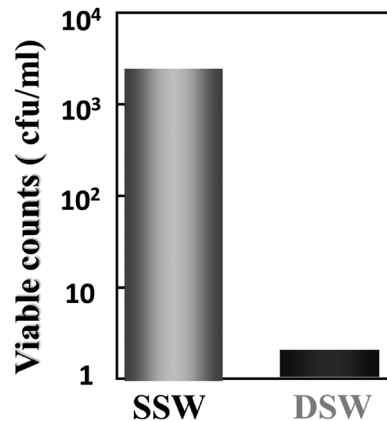


図4 Viable counts of bacteria in DSW and SSW in Izu-Akazawa.

表1 各施設の海洋深層水の主な化学成分の分析結果

施設	取水日	硝酸イオン mg/l	フッ素 mg/l	ナトリウム mg/l	カリウム mg/l	カルシウム mg/l	マグネシウム mg/l	塩化物イオン mg/l	硫酸イオン mg/l	臭化物イオン mg/l
A	H19. 1.30	0.29	0.99	11,000	400	410	1,300	19,000	2,900	61
B	H17. 6.20	未分析	1.00	10,600	601	363	1,300	19,500	2,720	65
C	H19. 4.18	2.0	1.30	9,000	440	450	1,200	19,300	2,700	69
D	H16. 8. 1	0.33	1.20	10,800	370	410	1,300	19,300	2,680	66
E	H19. 5. 9	0.30	0.82	11,000	402	442	1,290	20,000	2,810	未分析
F	H19. 2.23	2.50	0.90	10,500	390	384	1,220	18,000	2,600	67

利用研究にも着手し、多種類の野菜がDSWでも発芽すること、特にカイワレダイコンの生長は、DSWを終濃度5%添加することにより、カイワレの胚軸長と重量および総ビタミンC含量が最大値を示し、これらの値はSSWや水道水より優れており、DSWでもカイワレの生長を阻害せずにCa/Mg比の上昇を抑えた野菜を作る方法を確立することができました(岡本ら, 2013)。

ヒト皮膚由来線維芽細胞を用いてコラーゲン合成に及ぼすDSWの影響を調べた結果、水溶性安定化ビタミンC誘導体(リン酸-L-アスコルビルマグネシウム)存在下において、DSW 0-1.0%を添加してコラーゲン合成量を調べた結果、0.9%DSWを添加すると無添加のものの190%までコラーゲン合成量が増加したのに対し、SSW添加では合成量がほとんど増加しなかったことから、DSWのコラーゲン合成促進作用はSSWには見られない特異的な作用であることを示しました(野村ら, 2011)。

Ca/Mg比の増加による正常ヒト由来線維芽細胞の石灰化を抑制すること(山田ら, 2016)や線維芽細胞のコラーゲン合成を促進することを明らかにしました(野村ら, 2011)。またDSWを育毛へ応用するための基礎研究(野村ら, 2016)やDSWが有する腸管バリア能などについても報告しています(鈴木ら, 2015)。さらにDSWが紫外線照射により誘導される正常ヒト線維芽細胞の石灰化を抑制する効果についても明らかにしています(山田ら, 2017)。

4. 今後の展望

私にとってDSWは主に2つの大きな可能性を秘めた研究対象です。まず1つは、清浄な水であるために微生物数が少ないために、一般的にはあまり研究されておらず、新規の微生物探索の興味深い対象であるということです。これまでは主に伊豆赤沢のDSWを研究対象としてきましたが、今後は日本各地のDSWについても有用微生物探索を行うことが必要と考えております。また隣国の韓国や台湾のDSW研究者とも連携し、国際的なDSW研究も進めていきたいと思っております。2つ目は、DSWを「機能

水」ととらえ、科学的・学術的な実証を行い、社会に貢献できるDSWの産業利用を推進するということです。

また、2019年度からニュースレター編集長に就任させていただきましたので、本学会の使命、方向性、有益な情報を届け、若い研究者を育む、また産学官を繋ぎ関係性を深めるコミュニケーション促進に、微力ながら貢献できればと思っております。会員の皆様の研究成果や想いを伝える「レター」の発展に努めますので、ぜひご協力をお願い申し上げます。

参考文献

- 今田千秋 (2012) 海洋における新有用微生物. 海洋深層水研究, 13(1), 33-40.
- 野村道康・有賀みずえ・山田勝久・今田千秋・小林武志・濱田(佐藤)奈保子 (2011) 培養ヒト線維芽細胞のコラーゲン合成に対する伊豆赤沢海洋深層水の効果. 海洋深層水研究, 12(1), 11-17.
- 野村道康・山田勝久・今田千秋・小林武志・寺原猛 (2013) 伊豆赤沢海洋深層水から分離した酵母の酸化ストレス耐性に関する研究. 海洋深層水研究, 14(2), 98-99.
- 野村道康・山田勝久・根岸智史・今田千秋 (2016) 海洋深層水の育毛剤への利用. 海洋深層水研究, 17(2), 39, 2016.
- 岡本良子・有賀みずえ・山田勝久・今田千秋・小林武志・寺原 猛 (2013) 伊豆赤沢海洋深層水の作物の発芽とカイワレの生育に及ぼす影響. 海洋深層水研究, 14(1), 35-42.
- Shibata, Y., K. Yamada, C. Imada, T. Terahara and T. Kobayashi (2015) Phenotypic characterization of a microbe producing substances for oxidative stress resistance isolated from the deep seawater in Izu-Akazawa, Japan. *Deep Ocean Water Res.*, 15(3), 117-124.
- 柴田雄次・齋藤美恵・山田勝久・寺原 猛・小林武志・今田千秋 (2016) 伊豆赤沢海洋深層水から分離した微生物が生産する細胞賦活物質の研究. 海洋深層水研究, 17(1), 9-16.
- 鈴木正宏・山田勝久・野村道康・今田千秋 (2015) 海洋深層水が腸管バリア能に及ぼす影響. 海洋深層水研究, 16(2), 39.
- Terahara, T., K. Yamada, J. Nakayama, Y. Igarashi, T. Kobayashi and C. Imada (2016) Bacterial community structures of deep-sea water investigated by molecular biological techniques. *Gene*, 576, 696-700.

- 山田勝久・鈴木正宏・野村道康・柴田雄次・今田千秋 (2015) 種々のカルシウム／マグネシウム比で培養したヒト線維芽細胞の活性と海洋深層水添加効果. 海洋深層水研究, 15(3), 99-106.
- 山田勝久・鈴木正宏・野村道康・柴田雄次・今田千秋 (2016) 海洋深層水はCa/Mg比の増加による正常ヒト線維芽細胞の石灰化を抑制する. 海洋深層水研究, 17(1), 1-8.
- 山田勝久・柴田雄次・野村道康・今田千秋 (2017) UVA照射により誘導される正常ヒト線維芽細胞の石灰化の対する海洋深層水の抑制効果. 海洋深層水研究, 18(1), 1-7.
- Yang, T., K. Yamada, T. Zhou, E. Harunari, Y. Igarashi, T. Terahara, T. Kobayashi and C. Imada (2019) Akazamicin, a cytotoxic aromatic polyketide from marine-derived *Nonomuraea* sp. J. Antibiot., 72, 202-209.