

機関番号： 12614
 研究種目： 基盤研究(C)
 研究期間： 2008 ～ 2010
 課題番号： 20580197
 研究課題名(和文) 海洋深層水を利用した付着珪藻バイオマス活用システム構築のための基礎的研究
 研究課題名(英文) Fundamental study for system architecture of the biomass application of attached diatom through the use of deep seawater
 研究代表者 鈴木 秀和 (HIDEKAZU SUZUKI)
 東京海洋大学・海洋科学部・助教
 研究者番号： 90432062

研究成果の概要(和文)：

本邦沿岸の北海道羅臼町，高知県室戸市，静岡県焼津市，三重県尾鷲市，および沖縄県久米島の5つの深層水施設から得られた付着珪藻試料を光学および電子顕微鏡を用いて分類学および生態学的に観察を行い，特定分類群に対しては室内単種培養による種(株)の保存と分子系統解析による帰属の検討も合わせて行った。その結果，深層水由来と考えられるササノハケイソウ属 *Nitzschia* とオカメケイソウ属 *Rhaphoneis* に帰属する珪藻の形態学的，分類学的，および生態的資料を得た。さらに，これらを含めた出現分類群の分析により，付着珪藻の深層水に対する生物指標的アプローチと施設汚損生物対策に対する基礎的資料を得た。

研究成果の概要(英文)：

Attached diatoms from five deep seawater (DSW) facilities of Rausu-cho, Hokkaido, Muroto-shi, Kochi Pref., Yaizu-shi, Shizuoka Pref., Owase-shi, Mie Pref., and Kume Island, Okinawa Pref. were observed with light and electron microscopies. Phylogenetic analyses were performed for some of them. This study provided the morphological, taxonomical, and ecological data of primary species, *Nitzschia amabilis* and *Rhaphoneis crinigera*, and closely related ones originated in DSW. The availability of bioindicator for DSW and the countermeasure against biofouling of culture tank in facility were suggested by the composition analysis of occurring species.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000円	510,000円	2,210,000円
2009年度	1,600,000円	480,000円	2,080,000円
2010年度	400,000円	120,000円	520,000円
年度			
年度			
総計	3,700,000円	1,110,000円	4,810,000円

研究分野：分類学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：水産学，バイオマス，分類学，海洋深層水，付着珪藻

1. 研究開始当初の背景

現在，多様化・高度化する水産物需要に対応するため，種苗放流や漁獲方法の改善等の手段により，合理的で生産性の高い「資源管理型漁業」および「つくり育てる漁業」の確

立が重要な課題となってきた。このためには，生態系の仕組みを総合的に理解し，調和を保ちながら，生産力を引き出す新しい技術の発想が不可欠である。珪藻はその問題解決の Key species になると考えている。本研究は，

付着珪藻の多様な生存戦略と適応様式に係わる諸機能を解明し、それらに基づいた持続的な資源の利用技術の開発へ結びつける基礎的取り組みである。

(1) 海洋深層水の利用可能性

本研究の基盤である海洋深層水は安定した低温性、清浄性、富栄養性という特性を持ち、また我が国の立地特性から、地方における利用可能性の高い資源として注目を集めている。その利用分野は水産分野をはじめ、食品などの製品開発、冷房などのエネルギー分野、さらには医療分野への応用など、幅広い利用が期待されている。特に生物生産利用として栽培漁業への寄与は多大である。例えば、ズワイガニ、サクラマス等の冷水性種の飼育では深層水の「低温性」が、飼育魚種の魚病防止として「清浄性」が、そして「富栄養性」が珪藻をはじめとした微小藻類の培養・増殖に適していることが明らかになっている。

(2) 珪藻の多様性

一方、本研究の対象生物である珪藻は水圏において、今日もっとも多様に種が分化し、また生物量的にも繁栄した藻類の一つである。さらに珪藻は地球規模の炭素やケイ素循環のキーとなる貢献者として、生態学的に重要な役割を担っている。単細胞生物である珪藻の生物的特性は、他の生物群にはない特徴的な細胞構造すなわち珪酸質(SiO₂)という物質でできた細胞壁の被殻をもつ点にある。珪藻類の分類は、この形態(外形や模様)によって長年の間行われてきたが、それは実に多様性に富んでおり、10万あるいは20万種ともいわれる。

しかし海洋沿岸域に生育する珪藻類、特に付着珪藻類はその利用面での重要性が認識されている割に、分類学および生態学的研究は、国際的にも非常に立ち遅れた状態にあり、未発達の研究分野といえる。実際に本邦沿岸域に「いかなる珪藻類がどのくらい生育しているのか」という基本的なことすらほとんど未知である。

(3) 筆者の研究開始までの成果とその発展性

現在のところ、北は北海道羅臼町から南は沖縄県久米島町まで全国で官民16箇所の深層水施設で取水・分水そして利用が行われており、これらの施設における海洋深層水の研究は、その利用を検討する目的で設立された海洋深層水利用研究会、その後発展した海洋深層水利用学会と関連誌の功績は大きく、このような体制は海外に類を見ない。その中で海洋深層水に関連した付着珪藻の調査・研究は少なく、特に付着珪藻相調査や出現種の

分類学的研究は筆者らのもののみである。筆者らはこれまで富山県滑川市の県水産試験場海洋深層水利用施設、同県入善町の入善海洋深層水活用施設、高知県室戸市の県海洋深層水研究所及び北海道羅臼町の知床らうす深層水施設における付着珪藻相の調査研究をし、新種記載も含めたその一部を学会口頭および論文発表を行ってきた。それらは継続研究中で、本研究ではさらに対象施設を増加させていく予定である。これまでのところ、珪藻の中で付着生態を有するフナガタケイソウ属 *Navicula* やササノハケイソウ属 *Nitzschia*、コメツブケイソウ属 *Cocconeis* 等が、いずれも深層水中でよく増殖し、清浄培養、安定的培養が可能であり、表層水に比較して約10倍の藻体を生産できることが明らかになっている。これら明らかになった中には、珪藻の系統分類上極めて多様に進化した分類群が含まれている。これらはその多様な、かつ特徴的な殻形態や生育形態、生活環を有し、全世界的規模で各水域に繁栄している。これまで調査した海洋深層水利用施設内ではこれらの分類群が単種レベルで多量に増殖していることが明らかになった。しかし自然界に比しての増加要因等の生物学的特質は不明である。培養技術の確立・安定という今後の発展を考えると、これら基礎的かつ生物学的知見の蓄積は重要である。

2. 研究の目的

本研究は、次の5つを研究活動の柱としている。1) Monitoring, 2) Information, 3) Application, 4) Education, 5) Communication が挙げられるが、この研究期間内では以下の2項目の完成を目標とした。

(1) Monitoring ーいかなる珪藻類がどのくらい生育しているのか

・分類学的アプローチによる出現種の把握(同定・新種記載)。

・主要出現種の季節消長等の動態調査、生活環および生育戦略の解明。

(2) Information ー誰でも分かる珪藻の同定

・出現種のデータベース構築。

本研究が遂行され、その成果により、次の応用研究へのステップアップが期待される。

(3) Application ー新たなバイオビジネスの可能性

これまでの研究の結果、付着珪藻はこれ自体水産バイオマスの資源化となりうることが判明した。これにより次段階の付着珪藻の活用システムの検討の時期に入ってきていると考えられる。そこには新たなバイオビジネスの可能性が眠っており、水産・医薬シー

ズの探索によるこの新しい水産バイオマス活用は、海洋深層水利用施設を保有する地域社会を含めた総合的なシステム構築を目指した戦略の提言に資する基礎資料となりうると考える。

細菌等の微生物研究は、医薬品、発酵食品、抽出諸酵素の利用など人類に多大な恩恵をもたらした。次世代は藻類だといわれる。その中でも珪藻はその筆頭に挙げられるであろう。海洋深層水から得られる珪藻類はその生物量だけでなく、新種や珍種も多い。従って、可能性を秘めたこれら珪藻の海洋生物資源としての確保・保全は極めて重要である。
(4, 5) Communication & Education 一分かち合い、次世代へ

海洋深層水に関しては、現在、海洋科学技術センターをはじめ富山県、高知県等で盛んに研究が行われているが、これらの研究をより活発化させ、深層水利用の普及・促進を図っていくには、産官学による連携と多分野の人々の活発な交流が不可欠である。この意味で本研究の波及は、海洋深層水の研究・利用の促進に寄与し、新たな産業分野の創出も期待される。それは地域における科学技術活動、延いては地域の産業の振興や地域住民の生活の質の向上を通じた地域活性化にもつながるものである。

3. 研究の方法

(1) **Monitoring:** 出現珪藻相調査と主要分類群の分類および生態学的解析

光学及び走査型・透過型電子顕微鏡による珪藻細胞(生細胞や被殻、及び群体)の観察による形態学的情報の収集。これまで得られた試料に加え、新たに静岡県焼津市の駿河湾深層水利用研究施設、三重県尾鷲市海洋深層水研究所、沖縄県久米島町の久米島海洋深層水開発(株)の試料を解析する。これらから得られた出現分類群の帰属の決定及び同定のための文献資料とタイプ標本・試料の探索をする。

(2) **Information:** データベース構築

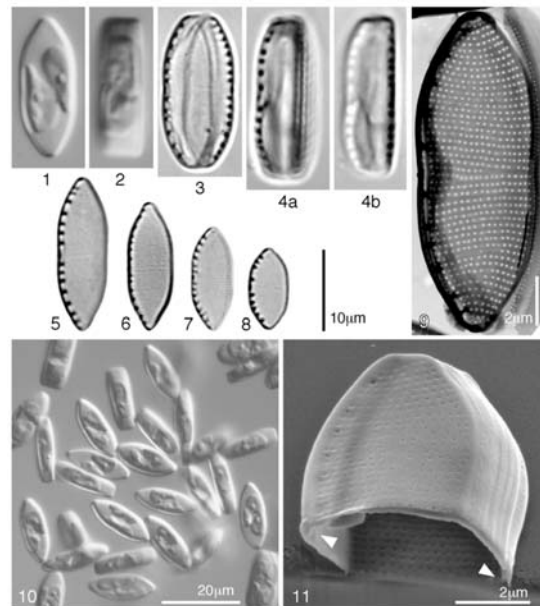
研究対象施設からの試料を分析することにより、ほぼ本邦沿岸域全体をカバーできる。これにより海洋深層水施設に出現する珪藻類の包括的な出現種リストの作成が可能になる。

4. 研究成果

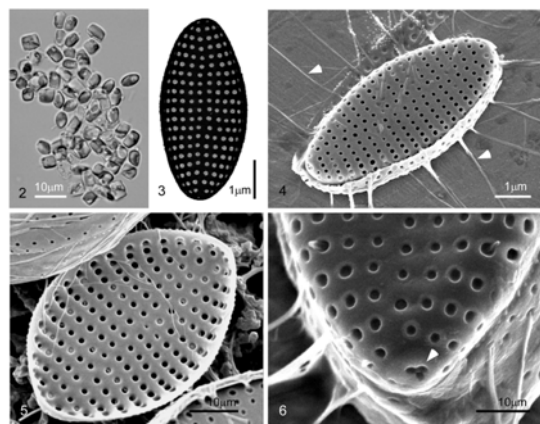
(a) 高知県室戸海洋深層水施設と北海道知床らうす深層水施設に出現した付着珪藻相の通年調査より出現種の形態学的情報を収集し、他施設との比較検討を行った。その結果、

深層水由来の珪藻の生態的特徴を知る上で重要な資料を得、深層水に対する付着珪藻の生物指標的アプローチの可能性を得た。

(b) 静岡県駿河湾深層水利用研究施設から得られた珪藻の室内単種培養による種(株)の保存とそれらの特性評価の実施、分類学的アプローチによる帰属の検討を行った。その結果、10属12分類群を確認した。その内 *Nitzschia laevis* Hustedt と同定された有縦溝珪藻に対して、イギリスよりタイプ試料を取り寄せ、光学及び電子顕微鏡による詳細な観察を行い、形態学および分類学的基礎的資料を得た。その結果、命名規約上の問題点を見だし、本種に対して新名 *Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki を与えた。また *Rhaphoneis crinigera* Takano と同定された無縦溝珪藻を光学及び電子顕微鏡による詳細な観察および分子系

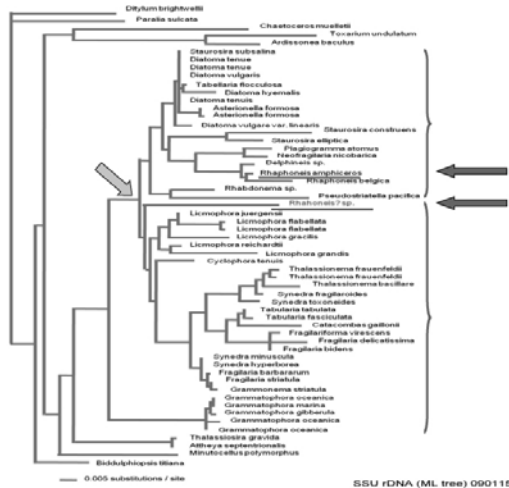


▲*Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki の形態(鈴木ほか 2009, 論文-7)より)



▲*Rhaphoneis crinigera* Takano の形態(鈴木ほか 2009, 学会発表の30)より)

統解析を行ったところ、本種に対して新属を設立し、そこに新組合せすべきであるという結論を得た。なお本種から抽出される特定成分は産業利用(化粧品等)への応用価値が極めて高いことが見出され、現在、同施設と民間企業との間で商品開発中である。



▲*Rhaphoneis crinigera* Takano の分子系統解析結果(鈴木ほか 2009, 学会発表の 30)より)

(c) 三重県みえ尾鷲海洋深層水施設のハバノリ培養実験水槽に出現した付着珪藻試料を解析し、種組成及び出現種の形態学的情報を収集し、他施設との比較検討を行った。その結果、高知県室戸海洋深層水施設の珪藻相と高い類似性を確認し、また施設汚損生物としての基礎的資料を提供した。

(d) 海洋深層水施設内試料と天然試料(岩礁、砂地及び海藻・海草付着)との分類学的及び形態学的な比較検討を行った。具体的な観察対象分類群は *Achnanthes*, *Arachnoidiscus*, *Berkeleya*, *Caloneis*, *Cocconeis*, *Cocconeopsis*, *Delphineis*, *Gomphonema*, *Mastogloia*, *Nitzschia*, *Parlibellus*, *Pinnularia*, *Tabularia* である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 13 件)

1) 陽 詩織、鈴木秀和、南雲 保、田中次郎、海産底生珪藻の形態と分類(2) ヒメクダズミケイソウ属(ヒメクダズミケイソウ科、フナガタケイソウ目)(第1部)、植物研究雑誌、査読有、Vol. 86、2011、印刷中。

2) 福田華那、鈴木秀和、田中次郎、南雲 保、神奈川県天竺島産アマモ葉上に付着する珪藻類、日本歯科大学紀要・一般教育系、査読無、Vol. 40、2011、pp. 57-63。

3) Suzuki, H., Nagumo, T. & Tanaka, J. *Nitzschia amabilis* nom. nov., a new name for the

marine species *N. laevis* Hustedt, Diatom Research, 査読有、Vol. 25, 2010, pp. 223-224.

4) 栗山佳奈、鈴木秀和、南雲 保、田中次郎、海産底生珪藻の形態と分類(1) シオハリケイソウ属(オビケイソウ科、オビケイソウ目)、植物研究雑誌、査読有、Vol. 85、2010、pp. 79-89。

5) 鈴木秀和、川崎泰司、倉島 彰、南雲 保、田中次郎、三重県みえ尾鷲海洋深層水施設のハバノリ培養実験水槽に出現した付着珪藻、Diatom, 査読有、Vol. 25、2009、pp. 160-163。

6) 砂澤洋平、鈴木秀和、能登谷正浩、藤田 大介、富山湾氷見市沿岸のテングサ場における付着珪藻 *Arachnoidiscus ornatus* Ehrenb., Diatom, 査読有、Vol. 25、2009、pp. 79-85。

7) 鈴木秀和、花井孝之、南雲 保、田中次郎、海産底生珪藻 *Nitzschia amabilis* Hide. Suzuki (珪藻綱)の形態、植物研究雑誌、査読有、Vol. 84、2009、pp. 273-278。

8) 鈴木秀和、豊田健介、矢崎育子、山口邦久、海産底生性珪藻 *Achnanthes pseudogroenlandica* Hendey (珪藻綱)の形態、植物研究雑誌、査読有、Vol. 84、2009、pp. 131-142。

9) 石井織葉、鈴木秀和、田中次郎、南雲 保、海産底生珪藻 *Caloneis linearis* (Grunow) Boyer の形態、日本歯科大学紀要・一般教育系、査読無、Vol. 38、2009、pp. 57-60。

10) 鈴木秀和、渡邊 徹、南雲 保、藤田大介、北海道知床らうす簡易取水施設から採集した付着珪藻、海洋深層水研究、査読有、Vol. 9、2008、pp. 69-78。

11) Suzuki, H., Tanaka, J., Nagumo, T. & Kuzumina, A. E., Morphological and taxonomical study of *Cocconeis baikalensis* (Skvortzov & Meyer) Skvortzov, In: Likhoshway, Y. (ed.), Proceedings of the 19th International Diatom Symposium 2006, 査読有、2008, pp. 107-114. Biopress Limited, Bristol.

12) Suzuki, H., Nagumo, T. & Tanaka, J., Morphology and taxonomy of *Cocconeis subtilissima* Meister (Bacillariophyceae) and two closely related taxa from the coastal waters of Japan, The Journal of Japanese Botany, 査読有、Vol. 83, 2008, pp. 269-279.

13) 栗山佳奈、鈴木秀和、田中次郎、南雲 保、海産付着珪藻、*Tabularia fasciculata* (C.A. Agardh) Williams & Round の殻微細構造、日本歯科大学紀要・一般教育系、査読無、Vol. 37、2008、pp. 43-46。

[学会発表] (計 42 件)

1) 小澤拓也、海産付着珪藻 *Mastogloia* sp. の形態と分類、日本藻類学会第 35 回大会、2011 年 3 月 27 日、富山県富山市

2) 鈴木秀和、管状群体を形成する海産珪藻

*Parlibellus*属 2種の形態と分類、日本藻類学会第 35 回大会、2011 年 3 月 27 日、富山県富山市

3) 三瓶ゆりか、沖縄県久米島沿岸の海産付着珪藻相、日本藻類学会第 35 回大会、2011 年 3 月 27 日、富山県富山市

4) 石井織葉、羽状珪藻 *Gomphonema* cf. *augur* var. *gautieri* の形態と生活環、日本藻類学会第 35 回大会、2011 年 3 月 28 日、富山県富山市

5) 鈴木秀和、アマモ葉上付着珪藻群集の構造解析、平成 23 年度日本水産学会春季大会、2011 年 3 月 28 日、東京都港区

6) 鈴木秀和、沖縄県久米島のクビレズタ(海ぶどう)養殖水槽に出現した付着珪藻、第 14 回海洋深層水利用学会全国大会海洋深層水 2010 久米島大会、2010 年 11 月 18 日、沖縄県久米島町

7) 岸 克彦、管状群体を形成する海産珪藻 *Parlibellus* とそれに付着する珪藻類、日本珪藻学会第 30 回研究集会、2010 年 11 月 6 日、福岡県福岡市

8) 三瓶ゆりか、沖縄県久米島沿岸の海産付着珪藻類、日本珪藻学会第 30 回研究集会、2010 年 11 月 6 日、福岡県福岡市

9) 山岡末季、砂地に生育する海産珪藻 *ダエンケイソウ* 属 *Cocconeopsis* 2 種の形態、日本珪藻学会第 30 回研究集会、2010 年 11 月 6 日、福岡県福岡市

10) 山田絢加、天神島産アマモ付着珪藻の現存量と種組成の葉齢間での比較、日本珪藻学会第 30 回研究集会、2010 年 11 月 6 日、福岡県福岡市

11) 小澤拓也、海産付着珪藻 *Mastogloia smithii* Thwaites の形態と分類、日本珪藻学会第 30 回研究集会、2010 年 11 月 6 日、福岡県福岡市

12) Ishii, O., Sexual reproduction and auxospore morphology of heteropolar raphid diatom *Gomphonema* cf. *augur* var. *gautieri*, 21st International Diatom Symposium, 2010, 8, 31, St. Paul, Minnesota, United States of America

13) Ozawa, T., Morphology of five *Mastogloia* species, 21st International Diatom Symposium, 2010, 8, 31, St. Paul, Minnesota, United States of America

14) Nagumo, T., Biodiversity of epiphytic diatom community of seagrass *Zostera marina* from Japan, 21st International Diatom Symposium, 2010, 8, 30, St. Paul, Minnesota, United States of America

15) Suzuki, H., The effects of temperature and light on growth rates of lotic benthic diatom assemblages, 21st International Diatom Symposium, 2010, 8, 30, St. Paul, Minnesota,

United States of America

16) 小澤拓也、粘液柄をもつ海産付着珪藻 *Mastogloia chersonensis* の形態と分類、日本珪藻学会第 31 回大会、2010 年 5 月 9 日、東京都小金井市

17) 石井織葉、*Gomphonema augur* Ehrenberg の形態と分類、日本珪藻学会第 31 回大会、2010 年 5 月 9 日、東京都小金井市

18) 陽 詩織、管状群体を形成する海産珪藻 *Berkeleya* 属 2 種の形態、日本珪藻学会第 31 回大会、2010 年 5 月 8 日、東京都小金井市

19) 鈴木秀和、みえ尾鷲海洋深層水施設のハバノリ培養実験水槽に出現した付着珪藻、第 13 回海洋深層水利用学会全国大会海洋深層水 2009 室戸大会、2009 年 11 月 12 日、高知県室戸市

20) 小澤拓也、北海道厚岸湖産 *Mastogloia liaotungensis* Voigt の形態と分類、日本珪藻学会第 29 回研究集会、2009 年 10 月 17 日、山形県山形市

21) 三石恭子、汽水藻ホソアヤギヌ (*Caloglossa ogasawaraensis*) に付着する珪藻類、日本珪藻学会第 29 回研究集会、2009 年 10 月 17 日、山形県山形市

22) 福田華那、神奈川県天神島産アマモ葉上に付着する珪藻類、日本珪藻学会第 29 回研究集会、2009 年 10 月 17 日、山形県山形市

23) 石井織葉、*Pinnularia* 属および *Caloneis* 属の殻形態の比較、日本珪藻学会第 29 回研究集会、2009 年 10 月 17 日、山形県山形市

24) Ishii, O., Morphology and sexual reproduction of marine *Caloneis* specie, The 9th International Phycological Congress 2009, 2009, 8, 6, Tokyo, Japan

25) Suzuki, H., Attached diatoms on *Zostera marina* from the Akkeshi-ko estuary, Hokkaido, northern Japan, The 9th International Phycological Congress 2009, 2009, 8, 4, Tokyo, Japan

26) 藤倉克則、海洋生物のセンサス Census of Marine Life の活動と日本の海洋生物の多様性、日本動物分類学会第 45 回大会、2009 年 6 月 13 日、愛知県名古屋市

27) 鈴木秀和、汽水産底生珪藻 *Tabularia* sp. の形態と分類、日本珪藻学会第 30 回大会、2009 年 5 月 16 日、兵庫県三田市

28) 松浦玲子、駿河湾深層水から単離された珪藻 *Rhaphoneis crinigera*、平成 21 年度日本水産学会春季大会、2009 年 3 月 30 日、東京都港区

29) 石井織葉、羽状珪藻 *Pinnularia* 属および *Caloneis* 属の系統関係の考察、日本藻類学会第 33 回大会、2009 年 3 月 28 日、沖縄県西原町

30) 鈴木秀和、海産浮遊性珪藻 *Rhaphoneis*

crinigera Takanoの分類学的再検討、日本藻類学会第33回大会、2009年3月27日、沖縄県西原町

31) 石井織葉、*Pinnularia* 属2種の有性生殖と増大胞子の微細構造、日本珪藻学会第28回研究集会2008年10月26日、山梨県富士河口湖町

32) 塩飽美幸、岡山県渋川海岸産アマモ葉上に付着する珪藻類、日本珪藻学会第28回研究集会2008年10月25日、山梨県富士河口湖町

33) 三石恭子、汽水藻ホソアヤギヌ (*Caloglossa ogasawaraensis*) に付着する珪藻類、日本珪藻学会第28回研究集会2008年10月25日、山梨県富士河口湖町

34) 鈴木秀和、海産底生珪藻 *Achnanthes pseudogroenlandica* Hendey の形態と分類、日本珪藻学会第28回研究集会2008年10月25日、山梨県富士河口湖町

35) Nagumo, T. Attached diatoms in the Shiretoko Rausu deep seawater, Japan, 20th International Diatom Symposium 2008, 2008, 9, 11, Dubrovnik, Croatia

36) Ishii, O., Diversity on reproductive characteristics of the genera *Pinnularia* and *Caloneis* 20th International Diatom Symposium 2008, 2008, 9, 11, Dubrovnik, Croatia

37) Suzuki, H. Structure of auxospore and morphology of initial cell of monoraphid diatom *Cocconeis pediculus*, 20th International Diatom Symposium 2008, 2008, 9, 11, Dubrovnik, Croatia

38) Mitsuishi, K., Epiphytic diatom flora on some seaweeds from Chiba Prefecture, Japan, 20th International Diatom Symposium 2008, 2008, 9, 8, Dubrovnik, Croatia

39) 鈴木秀和、海産底生珪藻 *Nitzschia laevis* Hustedt の形態と分類、日本珪藻学会第29回大会、2008年5月25日、東京都新宿区

40) 渡辺 剛、*Delphineis* の系統分類、日本珪藻学会第29回大会、2008年5月25日、東京都新宿区

41) 石井織葉、北海道厚岸湖産アマモ葉上に付着する珪藻類、日本珪藻学会第29回大会、2008年5月25日、東京都新宿区

42) 三石恭子、千葉県館山市坂田に生育するアオサ藻の付着珪藻相、日本珪藻学会第29回大会、2008年5月24日、東京都新宿区

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 秀和 (HIDEKAZU SUZUKI)

東京海洋大学海洋科学部・助教

研究者番号：90432062

(2) 研究分担者

田中 次郎 (JIRO TANAKA)
東京海洋大学海洋科学部・教授
研究者番号：30167499

(3) 連携研究者

南雲 保 (TAMOTSU NAGUMO)

日本歯科大学生命歯学部・教授

研究者番号：70120706