

研究課題調書〔事前評価〕【個票No.1】

研究課題名 (研究期間)	豊かで美しい瀬戸内海の再生に資する適切な水質環境の探索 (R2～R4 年度)		
担当科名	1 水環境科 (水質環境担当)	2 水環境科 (安全科学担当)	3 大気環境科
実施形態	1 自主研究	2 共同研究	3 受託研究
財源区分	1 県単独	2 国委託	3 科研費 4 その他

① 研究の概要

<p>研究ニーズ等課題化の背景</p> <p>播磨灘・大阪湾では、県が目指す「豊かで美しい瀬戸内海の再生」として、富栄養や貧栄養の状態に陥ることのない良好な水質を維持するための栄養塩管理が実施されている。貧栄養化が懸念されている播磨灘では、下水処理場の窒素負荷量増加運転が進められているが、貧栄養化の解消と共に、環境基準超過や富栄養化を引き起こさないためには、水質や生態系にどのような影響を与えるかについて十分に把握しておく必要がある。</p> <p>特に、有機物指標である COD は、陸域由来の負荷量が削減され続けているにもかかわらず、海域での COD 濃度が微増傾向にあるため、この原因を解明しなければ、適切な栄養塩管理を実現することは困難である。</p> <p>このように、適切な栄養塩管理のためには、海水中や底質中でどのような物質循環が起きているのか、そのメカニズムをより詳細に把握する必要がある。</p> <p>また、今後の栄養塩管理や将来起こり得る気候変動による有機物や窒素・リンの負荷量の増減が、海水の水質や生態系にどのような変化を生じさせるのかを推計することも必要である。</p>	<p>第5次県環境基本計画の該当項目 「自然共生」</p> <p>県関連施策名等 「豊かで美しい里海としての瀬戸内海の再生」 「適応計画」 「SDGs目標 13 気候変動への対処」、 「SDGs目標 14 海洋と海洋資源の保全・持続可能な利用」</p>
--	--

目的

瀬戸内海の適切な栄養塩管理のための科学的知見を得るため以下の目的を設定する。

- 1 河川及び海洋シミュレーションモデルによる播磨灘・大阪湾の栄養塩の実態把握と水質変化による将来予測
- 2 海水の栄養状態と有機物分解の関係性の解明
- 3 底質に生息する微生物の有機物分解による物質循環への寄与の解明

内 容

- 1 降雨時の栄養塩挙動を考慮した播磨灘・大阪湾に関する河川及び海洋シミュレーションモデルの構築、構築モデルを用いた栄養塩管理又は地球温暖化による環境変化が水質及び生態系に与える影響予測
- 2 播磨灘・大阪湾における栄養塩及び分解特性格有機物の分布状況の把握、栄養塩濃度が微生物の有機物分解に与える影響の解明
- 3 沿岸域底質中に生息する微生物による有機物分解力と栄養塩供給との関係の解明

【研究の全体計画】

中課題名又は細目課題名	初年度	2年度	3年度
シミュレーションモデルによる播磨灘・大阪湾の栄養塩の実態把握と水質変化による将来予測	←		→
海水の栄養状態と有機物分解の関係性の解明	←		→
沿岸域底質中に生息する微生物による有機物分解力と栄養塩供給との関係の解明	←		→

【年度ごとの目標】

初年度	<ol style="list-style-type: none"> 1 降雨時を含む河川からの栄養塩類の負荷変動解析を行うシミュレーションモデルの改良及び適用河川の増加のための河川基礎データの整理及び播磨灘を対象とした海洋シミュレーションモデルの構築 2 播磨灘・大阪湾における栄養塩及び分解特性格有機物の分布状況の把握、栄養塩濃度と微生物の有機物分解との関係性の把握 3 底質中に生息する有機物分解力の高い微生物の選別
2年度	<ol style="list-style-type: none"> 1 降雨時を含む河川からの栄養塩類の負荷変動解析を行うシミュレーションモデルの再現性評価及び本モデルによる解析及び播磨灘を対象とした海洋シミュレーションモデルによる解析・再現性評価 2 播磨灘・大阪湾における栄養塩及び分解特性格有機物の分布状況の把握、栄養塩濃度と微生物の有機物分解との関係性の把握 3 微生物による有機物分解の特性解析
3年度	<ol style="list-style-type: none"> 1 海洋シミュレーションモデルと河川シミュレーションモデルの統合 2 播磨灘・大阪湾における栄養塩及び分解特性格有機物の分布状況の把握、栄養塩濃度と微生物の有機物分解との関係性の把握 3 微生物による有機物分解力と栄養塩供給の関係解明

② 具体的研究ニーズ、県行政施策との関連 【必要性】

(1) 目標とする成果

1) 河川及び海洋シミュレーションモデルによる播磨灘・大阪湾の栄養塩の実態把握と水質変化による将来予測

播磨灘では、規制や対策により、陸域からの汚濁負荷量が削減され、水質が改善された。一方で、近年ノリの色落ちや漁獲量の減少が見られ、播磨灘が貧栄養化したことが影響しているとの指摘もある。平成27年10月に一部改正された瀬戸内海環境保全特別措置法で瀬戸内海を「豊かな海」とする基本理念が新設されるなど、播磨灘の栄養塩管理は喫緊の課題となっている。さらに、2019年には瀬戸内海は全国で初となる全窒素及び全りんの下限值が設定され、より一層陸域からの栄養塩供給対策が見込まれて、陸域からの流入負荷を含めた栄養塩濃度の管理の重要性が増している。降雨時に増

大する河川からの栄養塩負荷量を推計するシミュレーションモデルを海洋シミュレーションモデルに統合することにより、総合的に播磨灘の栄養塩濃度を把握することを可能とし、今後の栄養塩管理施策に資することが出来る。

2) 海水の栄養状態と有機物分解の関係性の解明

貧栄養化対策として播磨灘で実施されている下水処理場の窒素排出量増加運転は、海中の窒素濃度を上昇させるだけではなく、生態系に利用されることにより有機物濃度にも影響を与える。播磨灘や多くの瀬戸内海海域では、有機物指標である COD が陸域負荷量の減少にも関わらず海水中濃度が微増する現象が起こっており、その原因は分かっていない。このような状況の下で、窒素排出量増加運転の実施を拡充すれば、COD 濃度の更なる上昇による環境基準超過や富栄養化を引き起こす懸念が持たれる。そのため、海水の栄養状態の変化が微生物の有機物分解にどのような影響を与えるかを解明する必要がある。

COD 濃度が微増傾向にある海域は、貧栄養化の傾向にあることから、栄養塩不足による微生物の有機物分解能の低下が生じている可能性がある。このことを明らかにするため、まずは、栄養塩濃度の変化によって有機物の分解速度や分解特性が変化するかどうかを、室内実験により検証する。実験には播磨灘・大阪湾の海水を用い、窒素・りんを添加する等して、酸素消費速度、有機物量、炭素・窒素・りん比 (CNP 比) 及び蛍光スペクトル等の変化をみる。

同時に、播磨灘・大阪湾における海水中有機物の分解特性を調査し、季節性や地域性の有無について解析する。海水のサンプリングは、常時監視等の既存調査の活用し、海水中有機物の CNP 比や蛍光スペクトル等から多角的に分解特性を調べる。

3) 沿岸域底質中に生息する微生物による有機物分解力と栄養塩供給との関係の解明

海域の水質が一定レベルに維持されるには滞りない物質循環が必要である。特に海域における一次生産には無機性の窒素及びりんが必要とされる。これらを生成する無機化過程に主要な役割を担うのが土壌・底質を主要な棲みかとする微生物である。

本研究では、干潟や河口域等の底質から分離した微生物を用いて、植物プランクトン培養液、植物枝葉破砕物浮遊液等の有機物の分解能及び栄養塩生成について、定量的に把握するための調査を行う。

(2) 当該研究課題を現時点で取り組む必要性

1) 河川及び海洋シミュレーションモデルによる播磨灘・大阪湾の栄養塩の実態把握と水質変化による将来予測

現在、ため池の「かいぼり」や、下水処理場の運転管理の変更等様々な栄養塩管理の対応策が実施されているが、それぞれの窒素供給対応策が海域へ与える影響についての実態は明らかになっていないことが多い。これは、陸域の窒素発生源が山林、水田、畑地、市街地、下水処理場等多岐にわたって存在し、それぞれが「肥料」や「し尿」といった様々な形態で窒素を発生させていることに加え、窒素が発生し流出する量が気象条件にも影響されるなど、陸域で発生した窒素が海域へ供給されるまでのメカニズムが複雑になっていることが大きな原因である。また、播磨灘海域は閉鎖性海域特有の潮流を有しており、陸域及び隣接する大阪湾等から流入する栄養塩が複雑な挙動を示す。そのため、播磨灘の栄養塩管理に効果的な施策を実施するためには、陸域からの栄養塩供給量を定量的にシミュ

レーションにより把握すること及び供給された栄養塩の挙動をシミュレーションにより把握する必要があり、本研究に関する行政ニーズは高い。

2) 海水の栄養状態と有機物分解の関係性の解明

瀬戸内海では、生物の多様性及び生産性が減少し続けており、その主な原因のひとつと考えられている貧栄養化対策が進められている。しかしながら、栄養塩が海水中でどのような挙動をとるかは、十分に解明されているとはいえない。瀬戸内海には、CODが環境基準を超過する海域もあり、COD濃度が減少しない原因が分からない現状では、栄養塩を適切に管理することは困難であり、本研究により海水の栄養状態と有機物の分解機構の関係性を明らかにすることは早急な課題である。

3) 沿岸域底質中に生息する微生物による有機物分解力と栄養塩供給との関係の解明

豊かで美しい瀬戸内海の再生のためには、陸域からの栄養塩負荷量の適正化のみならず、海への入り口であり、有機物分解の場として重要な沿岸域環境の正常化が求められる。底質中に生息する微生物は、食物連鎖を経由して生産された有機性窒素及び有機性りんを一次生産に利用可能となるよう無機化することにより物質循環における最重要な役目を担っている。全窒素と全りんに関して水質目標値(下限値)を設定した現在では、底質中に生息する微生物に関する知見は重要性を増していくと考えられる。

③ 目標とする成果とシーズ・ポテンシャル [目標達成可能性] [有効性]

(1) 目標とする成果

1) 河川及び海洋シミュレーションモデルによる播磨灘・大阪湾の栄養塩の実態把握と水質変化による将来予測

河川シミュレーションモデルによる播磨灘周辺海域へ流入する主な河川の栄養塩負荷の把握、海洋シミュレーションモデルの構築及び河川シミュレーションモデルと海洋シミュレーションモデルの統合による総合的な評価。

2) 海水の栄養状態と有機物分解の関係性の解明

海水の栄養塩濃度と有機物の分解機構の関係性を把握することにより、貧栄養化対策として実施されている下水処理場の窒素排出量増加運転等による海水中の有機物濃度や質に与える影響を評価する。また、播磨灘・大阪湾の有機物分解特性の分布を把握し、COD微増の原因を明らかにする。

3) 沿岸域底質中に生息する微生物による有機物分解力と栄養塩供給との関係の解明

県内の干潟、河口域の底質中に生息する微生物による有機物分解能、有機性窒素及び有機性りんの無機化能と各機能の特性を解明する。また、両者の相互関係を明らかにする。

(2) 研究のシーズ

(研究センターでのこれまでの関連研究の実績などを記述)

1) 河川及び海洋シミュレーションモデルによる播磨灘・大阪湾の栄養塩の実態把握と水質変化による将来予測

河川シミュレーションモデルについて、加古川流域において水文・水質モデルを構築し、計算を実施したところ、流量で降雨時を含めて良い再現性が得られたが、窒素濃度においては発生源別原単位の把握が必要であることが判明した。そこで、本流の流末の水質データのみを用いて、流域内の発生源別原単위를逆推定する手法を開発し、加古川流域において高い再現性が得られた。

海洋シミュレーションモデルについて、世界的に広く使用されている海洋シミュレーションモデル ROMS を用いて、播磨灘のモデルを構築中。

2) 海水の栄養状態と有機物分解の関係性の解明

2017 年度から 2018 年度には、下水処理場の窒素排出量増加運転による海水中の有機物及び栄養塩濃度への影響を調査した。その成果として、二見浄化センターを対象とした単独処理場の影響は実測値には観測されなかったが、シミュレーションモデルを用いた複数処理場の将来予測では、播磨灘の広範囲の水質及び植物プランクトンに変化を及ぼす可能性があることを明らかにした。

また、同調査により、播磨灘における有機物難分解化の状況を有機物の CNP 比の指標を用いて解析した。その成果として、栄養塩濃度が低い海域では、溶存有機態炭素成分の割合が著しく増加する傾向がみられたことから、有機物難分解化が貧栄養化と関係する可能性を示した。

また、2018 年度には、播磨灘とその他の瀬戸内海の海水中 CNP 比の調査を 13 機関の合同調査として実施した。その成果として、窒素・りん濃度と有機物の質の変化の関係性が示唆され、COD 濃度微増の原因を解明する手がかりを得た。

2019 年度には、栄養塩濃度の変化が有機物の微生物分解に与える影響について室内実験を実施した。現在のところ、栄養塩濃度の変化による明確な影響は把握できていないが、下水処理場の活性汚泥処理のように、有機物分解には栄養塩が必要不可欠であることは明らかであり、海水中においても同様の現象が起きている可能性は高いと考え、その現象をとらえるべく実験方法を改良し、引き続き実験を継続する。

3) 沿岸域底質中に生息する微生物による有機物分解力と栄養塩供給との関係の解明

干潟での観測に関しては 2005 年以降、赤穂市の唐船海岸、芦屋市の南芦屋浜、西宮市の御前浜、尼崎市の尼崎港人工干潟等で実施してきた実績がある。これらには半自然干潟、河口干潟、人工干潟といった形成過程が異なる干潟が含まれており、多様なフィールドに対応できる。特に尼崎港人工干潟においては、観測機器の昼夜連続設置が可能なこと、及び人的侵入による実験区の擾乱の恐れがないフィールド特性を活かして水質浄化、炭素隔離・貯留について研究を実施した。また、今回の研究で重要な役割を担う微生物の取り扱いについては、学生時代に細菌類、就職後は植物プランクトンの培養および操作経験があることから支障はない。

(3) 研究の技術的進展(ポテンシャル)

(手法、装置などの研究方法、他機関の技術を利用する場合はその内容、方法を記述)

栄養塩類の分析には機器分析、作業による分析のいずれにも対応可能である。また、重金属を含めた分析を支援する機器については ICP-MS、原子吸光光度計、オートアナライザー、分光光度計、蛍光光度計、全有機炭素計など充実している。また、当センターが保有する浅場、干潟域の付着藻類測定機器であるベントトーチ、塩分補正機能付き蛍光式溶存酸素計は他に所有する地方環境研究所は少ない。本調査ではこれらの機器を使用することにより、現場データの取得から実験室での分析を支障

なく実施することが可能である。

また、大阪大学との共同でのモデル開発、ハイスpek PCによるシミュレーションモデルの駆動が可能である。

(4) 成果の活用方策

(成果を活用する者、その活用の仕方、成果の公表の方法等について記述)

成果の活用に関しては、適切な栄養塩管理の実施のための技術的な知見として、水大気課や下水道所管課等による活用が期待される。また、自然資本としての沿岸域に新たな価値を加え、住民、国、自治体、企業による海岸保全を推進する。

成果の公表に関しては、水環境学会等の論文発表、学会発表、講演会等で広く発信する。

(5) 研究の新規性、優位性、波及効果

1) 河川及び海洋シミュレーションモデルによる播磨灘・大阪湾の栄養塩の実態把握と水質変化による将来予測

播磨灘における海洋シミュレーションにおいて陸域負荷を考慮したモデルは多数存在するが、その多くが出水時の影響を考慮していないものである。しかしながら、出水時には陸域からの栄養塩流出量の増加による海域の栄養塩濃度への大きな影響と、多量の河川水流入による海域への平水時以上の拡散が考えられる。本研究は、出水時の影響を再現する河川シミュレーションモデルと海洋シミュレーションモデルを統合させることにより、これらの影響を再現することができる。また、この影響の把握は播磨灘の栄養塩管理には不可欠であり、今後の栄養塩管理に貢献することができる。

2) 海水の栄養状態と有機物分解の関係性の解明

兵庫県は、貧栄養化対策として下水処理施設の窒素排出量増加運転という先進的な取り組みを実施しており、その効果について注目されている。本研究は、この先進的な取り組みを支える科学的知見を得るためのものであり、他に例がない新規性の高いものである。我々は、これまでに本研究を実施するための下地となる調査研究を行い、着実に成果を得てきており、実現性に関して他の機関と比べて優位にある。本研究が取り組む栄養塩と有機物の分解機構の関係性は、播磨灘・大阪湾だけではなく、あらゆる閉鎖性海域において同様の現象が起きているものであり、波及効果は高いといえる。

3) 沿岸域底質中に生息する微生物による有機物分解力と栄養塩供給との関係の解明

沿岸域に生息する生物については、物質循環の担い手として干潟の水質浄化機能に関する寄与が評価されることが多いが、物質循環の更なる一面として、有機物分解から栄養塩供給に繋げる考え方に関する知見は少ない。本県は富栄養化が続く大阪湾奥の人工干潟から、塩分濃度が大きく変動する河口干潟まで多様な生物生息環境があり、研究実施における重要な条件となる高活性の微生物を見出すことに関して有利である。

