

## 栄養塩類管理の仕組みの導入に向けた課題・留意点の整理

### 1. 整理方針

栄養塩類管理の取組の中で、モニタリングや評価が実施された事例を対象に、取組事例における以下の項目の実施状況を整理し、課題・留意点等の考察を行う。

- ・管理対象区域、管理対象栄養塩類、管理対象区域における栄養塩類濃度の現状の把握及び目標値の設定
- ・栄養塩類管理の実施手法の検討、効果及び周辺環境への影響の事前評価
- ・管理計画の策定(モニタリング計画・順応的管理プロセス)
- ・対策及びモニタリングの実施
- ・効果検証、周辺環境への影響の事後評価、その結果の管理への反映

### 2. 整理結果

栄養塩類管理の仕組みの導入に向けた課題・留意点の整理を表 1 に示す。

表 1(1) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P:管理対象区域	<ul style="list-style-type: none"> <li>・香川県小豆島の内海湾の入り口付近(取組①)[図 1]</li> <li>・燧灘西部アオノリ養殖場周辺海域(取組②)[図 2]</li> <li>・児島湾口付近(取組③)[図 3]</li> <li>・加古川河口域ノリ養殖場周辺海域(取組④)[図 4]</li> <li>・二見浄化センター近傍のノリ養殖場周辺海域(取組⑤)[図 5]</li> <li>・岡東浄化センター周辺海域(取組⑥)[図 7]</li> <li>・香東川浄化センター放流先海域(取組⑦)[図 6]</li> <li>・西条浄化センター、東予・丹原浄化センター周辺ノリ養殖場周辺海域(取組⑧)[図 8]</li> <li>・加古川河口周辺海域(取組⑨)[図 9]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海域特性及び潮汐流や気象条件の変化等も踏まえ、効果や影響が及ぶ範囲を考慮した上で管理対象区域を設定する必要がある。</li> <li>・効果や影響が及ぶ範囲は必要に応じて数値シミュレーションに基づき設定することが望ましい。</li> </ul>
P:管理対象栄養塩類	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P(取組①)</li> <li>・NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P(取組②)</li> <li>・DIN、DSi、DIP(取組③)</li> <li>・TN、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、DIN、TP、DIP(取組④、⑤)</li> <li>・TN、DIN、TP、DIP(取組⑥)</li> <li>・NH<sub>4</sub>、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、TN(取組⑦)</li> <li>・NH<sub>4</sub>、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、DIP(取組⑧)</li> <li>・DIN、DIP、DSi(取組⑨)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当該海域の基礎生産の制限要因となっている栄養塩類を把握する必要がある。</li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発

取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発

取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発

取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)

取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)

取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)

取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)

取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)

取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字:取組機関へのアンケート結果、青字:有識者ヒアリング結果

表 1(2) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P: 管理対象区域における栄養塩類濃度等の現状の把握	<ul style="list-style-type: none"> <li>管理運転前に放流先海域でモニタリングを実施(取組⑥、⑦)</li> <li>浅海定線等の既存モニタリングデータにより把握。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>効果及び影響の評価にあたり、取組実施前の水質レベルや変動特性を正しく把握するため、複数年の調査データが必要である。</li> <li>既存のモニタリングデータも可能な限り活用することが望ましい。</li> <li>栄養塩類は様々な要素が影響を及ぼしていることから、物理環境、海域環境、生物情報及び社会的情報等の現状把握も必要となる。</li> </ul>
P: 目標値の設定	<p>(管理対象区域に対する目標値を設定した事例はなし)</p> <p>【放流水に対する目標値】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>排水基準、総量規制基準を超過しない範囲で実施。(取組⑥)</li> <li>放流水について 10～3月に目標値を設定している。(取組⑧) NH<sub>4</sub>-N:10.0～(mg/L) TN:15.0～20.0(mg/L) TP:0.5～1.0(mg/L)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>取組の結果を評価し、評価結果を管理に反映するためには管理対象区域における水質の目標値を設定する必要がある。</li> <li>管理対象区域において生物多様性・生産性を確保する上で望ましい栄養塩類レベルが不明瞭である場合がある。</li> </ul>
P: 栄養塩類管理の実施方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>ノリ養殖施設をシートで囲う等して流れを制限した上で液肥を散布する方法と、ノリ養殖施設に小型の栄養塩類供給パイプを設置し、施肥材を順次充填する方法により栄養塩類を添加(取組①)</li> <li>施肥袋を養殖網に垂下する方法により漁場に栄養塩類を添加(取組②)</li> <li>底びき網漁船2隻を用いた耕耘試験(取組③)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実施方法は、実施可能性、期待される改善効果、周辺海域への影響の有無等を総合的に判断する必要がある。</li> <li>瀬戸内海における栄養塩類の減少の認知度が低いことや管理運転により汚れた水を排出するとの認識があることから、「豊かな瀬戸内海」の概念が世間一般に浸透していない。</li> <li>ダム放流は利水や継続性の課題があり、定期的には実施するのは困難。</li> <li>栄養塩類管理の目的がノリ養殖であるならば、ノリに必要な栄養塩類が効率的に排出されるような方策(ノリ養殖場の位置、放流口の位置を変える等)が必要である。<sup>注2</sup></li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)  
 取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)  
 取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)  
 取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)  
 取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)  
 取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(3) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P: 栄養塩類管理の実施方法の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>下水処理施設において、ノリ養殖時期に合わせて冬季(主に11～4月)に放流水中の窒素濃度を増加(取組④、⑤、⑥、⑦、⑧)</li> <li>加古川水系の平荘ダムからの一時放流(取組⑨)</li> </ul>	
P: 効果及び周辺環境への影響の事前評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>効果的で環境に配慮した栄養塩類添加手法(施肥)を開発するための実証実験を実施(取組①)</li> <li>効率的な施肥による栄養塩類添加手法開発のための実証実験を実施(取組②)</li> <li>海底耕耘による生産力回復手法開発のための実証実験を実施(取組③)</li> <li>ノリ漁場での効果的な栄養塩類管理を行うための海底耕耘手法について、三次元物理-低次生態系結合モデルを用いた数値シミュレーションにより検討(取組③)</li> <li>下水処理施設の栄養塩類管理運転に伴う栄養塩類管理がノリ漁場に与える影響について、現場調査、数値シミュレーションによる実証試験を実施(取組④、⑤)。</li> <li>ダムからの一時放流が海域の栄養塩類に与える影響調査(取組⑨)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>対策の効果や周辺海域への影響を定量的に把握するためには、実証実験や数値シミュレーション等により定量的に把握することが望ましい。</li> <li>河川や事業場排水からの栄養塩類の管理状況(排出水の量と拡散範囲)と季節別管理運転による栄養塩類の管理状況をシミュレーションにより比較することで、季節別管理運転の効果や影響を把握できる可能性がある。<sup>注2</sup></li> <li>現在の季節別運転管理の規模では放流口周辺海域の狭い範囲で詳細なシミュレーションによる影響予測・確認が必要である。<sup>注2</sup></li> <li>栄養塩類の過度の排出は、プランクトンの増加、懸濁物質の増加・沈降等から、透明度の低下による光量低下、イガイ等付着性貝類や付着珪藻の増加により海藻類の減少をもたらす可能性があり、また垂直護岸が多く閉鎖的な港湾域等では付着性貝類の脱落分解による底層の貧酸素化の増長が懸念される。<sup>注2</sup></li> <li>局所的に栄養塩類が滞留する場合は、植物プランクトンの増殖・枯死沈降に伴うCODの増加や赤潮の発生、貧酸素化、それによるベントス等への影響等を考慮する必要がある。<sup>注2</sup></li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)  
 取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)  
 取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)  
 取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)  
 取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)  
 取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(4) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P: 効果及び周辺環境への影響の事前評価		<ul style="list-style-type: none"> <li>・まずは簡単な濃度の拡散シミュレーションにより、河川を含む影響が及ぶ範囲に産卵・生息に影響する魚がいるかどうか確認する必要がある。<sup>注2</sup></li> <li>・どこに放流するかで、アンモニア態窒素の挙動(拡散範囲、硝化・取り込み速度、滞留時間)は変わってくるので、放流口周辺において詳細なシミュレーションによる動態の予測が必要である。<sup>注2</sup></li> <li>・少しの水質の変化でも生物に影響があるとの意見もあるため、シミュレーションでは平均値だけでなく最大値、最小値、濃度の変動強度、継続時間を考慮し、時空間的変動を把握する必要がある。<sup>注2</sup></li> <li>・プランクトンの種も考慮するべきだが、種によって最適な水温、光量、栄養塩類の量は異なるため、正確な予測は難しい。シミュレーションでは、注目種(ユーカンピア等)や優占種を考慮するが、パラメータの最適化が難しく、多くても4種類程度の解析が一般的である。<sup>注2</sup></li> <li>・栄養塩類の管理に対して、植物プランクトン増殖によるノリの栄養塩類取り込みの阻害や底質の悪化を予測するために、植物プランクトン等を組み込んだ、再現性のある生態系モデルをつくるのは、かなりの労力と時間がかかる。<sup>注2</sup></li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発

取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発

取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発

取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)

取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)

取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)

取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)

取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)

取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(5) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
<p>P: モニタリング計画の策定</p>	<p>【試験区及び周辺海域の水質モニタリング[実証実験](取組①)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: NH<sub>4</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P</li> <li>・調査場所: 試験区、対象区及び周辺海域において最大19地点</li> <li>・時期等: 令和2年1月21日、2月4日</li> <li>・モニタリング方法: 表層での採水</li> </ul> <p>【ノリ葉体の色調等のモニタリング[実証実験](取組①)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: ノリ葉体の色調、乾海苔の品質</li> <li>・調査場所: 試験区及び対照区</li> <li>・時期等: 12～2月</li> <li>・モニタリング方法: 試験区と対照区のノリ葉体の色調を測定するとともに、乾海苔に加工して製品を評価</li> </ul> <p>【養殖漁場における水質モニタリング[実証実験](取組②)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: 水温、塩分、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、PO<sub>4</sub>-P、珪藻密度</li> <li>・調査場所: アオノリ養殖漁場9地点</li> <li>・時期等: 平成31年3月第2週から令和元年5月第1週まで週1回</li> <li>・モニタリング方法: 機器測定及び表層での採水</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・栄養塩類だけでなく、周辺海域への影響を評価できるモニタリング項目も必要である。</li> <li>・管理運転の効果、影響を自然現象と区別するために対照となる地点のモニタリングも必要となる。</li> <li>・周辺環境への影響については、対策実施期間以外に影響が発生する可能性があるため、年間を通してのモニタリングが必要であり、既存の海域モニタリングとの連携・活用による効率的・効果的なモニタリングが必要となる。</li> </ul> <p>【モニタリング項目】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・下水処理施設の季節別管理運転にあたっては、下水の窒素の安定同位体比が河川水や海水と比較して高い傾向があれば、河川水、海水、下水の3つは区別が可能だと考えられ、ノリの窒素安定同位体比を分析すればそれらの寄与率は推定できると考える。<sup>注2</sup></li> <li>・栄養塩類が滞留する場所があれば、植物プランクトンの細胞数、種組成、底質等を月1回モニタリングするのが良い。<sup>注2</sup></li> <li>・海草藻類を含む生態系への影響を確認する場合、基本項目(水温、塩分、透明度)、水中照度、SS、栄養塩類、クロロフィル、植物プランクトン、動物プランクトン、藻場、付着生物などの調査項目を実施する必要がある。<sup>注2</sup></li> <li>・クロロフィル a により、植物プランクトンのマクロな動態はわかるが、種組成(大型珪藻であるかどうか等)も調査した方が良い。<sup>注2</sup></li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発

取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発

取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発

取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)

取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)

取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)

取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)

取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)

取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点…茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(6) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
<p>P:モニタリング計画の策定</p>	<p>【ノリ葉体の色調等のモニタリング [実証実験](取組②)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目:アオリ葉体の SPAD 値、収穫量、乾燥品の品質</li> <li>・調査場所:試験区及び対象区</li> <li>・時期等:平成 31 年 4 月</li> <li>・モニタリング方法:試験区と対象区におけるアオリ葉体の SPAD 値の測定、湿重量に換算した収穫量及び乾燥品の評価</li> </ul> <p>【周辺環境の水質モニタリング [実証実験](取組③)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目:濁度、DIN、DSi、DIP</li> <li>・調査場所等:耕耘試験場所の周辺海域 11 地点(詳細調査点:1 地点、広域調査点:10 地点)</li> <li>・時期等:令和 2 年 2 月 11 日(詳細調査点:耕耘前後の 1 時間を含む 5 時間、広域調査点:耕耘直後から 30 分に 1 回)</li> <li>・モニタリング方法:機器測定及び表層・底層での採水</li> </ul> <p>【周辺環境の水質モニタリング(取組④)】(兵庫県水産技術センター)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目:水温、塩分、栄養塩等</li> <li>・調査場所等:ノリ養殖場周辺海域 38 地点(変更有り)</li> <li>・時期等:調査内容によって異なる(5 月～翌年 3 月、月 1 回、ノリ生産期を中心に実施)</li> <li>・モニタリング方法:調査船もしくは陸路による採水及び機器測定、一部連続観測。ノリ葉体の色調調査。</li> </ul>	<p>【モニタリング場所】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査範囲はシミュレートの影響範囲をカバーし、特に滞留しやすい近傍の藻場・干潟や港湾を含める必要がある。<sup>注 2</sup></li> <li>・放流先への影響を調べるには、放流口からノリ養殖場や影響が予測される範囲までの連続した地点での調査が有効である。<sup>注 2</sup></li> <li>・拡散シミュレーションにより、濃度と拡散範囲の経時変化を予測し、窒素が滞留する場所を特定して、その範囲で詳細な現地調査(プランクトンのバイオマス量や底質の調査等)により影響をみていく方法が確実である。<sup>注 2</sup></li> </ul> <p>【モニタリング期間】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・底質の悪化や夏場の赤潮は、経年的な堆積や分解・溶出により起こるため、1～2年の観測が必要であると考える。</li> <li>・植物プランクトンの種組成は季節や年によって変わるため評価は難しく、長期的なモニタリングが必要である。<sup>注 2</sup></li> <li>・調査時期は海藻類発生初期で植物プランクトンブルーミング前の初春と透明度の低下や植物プランクトン発生時期の初夏を含む 3～4 季(例:3 月、5 月、8 月、12 月)とし、藻場を構成する海藻類の消長は 3～5 年の周期で変動することが多いので、上記のモニタリング調査で藻場を含む生態系への影響を評価するには 10 年程度は見ておく必要がある。<sup>注 2</sup></li> </ul>

注 1) 取組①:播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②:燧灘西部アオリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③:備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④:下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)

取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)

取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)

取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)

取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)

取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(7) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P: モニタリング計画の策定	<p>【二見浄化センターの放流水の水質測定(取組⑤)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>調査項目: 水温、pH、BOD、C-BOD、COD、大腸菌群数、塩化物イオン、TN、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、TP</li> <li>調査場所等: 排水口 1点</li> <li>時期等: 年間、月2回</li> <li>モニタリング方法: 浄化センターが分析</li> </ul> <p>【ノリ養殖場の水質モニタリング(取組⑤)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>調査項目: 水温、塩分、透明度、COD、DIN、DIP</li> <li>調査場所等: ノリ養殖場周辺海域 18地点</li> <li>時期等: 10～3月、期間中に10回</li> <li>モニタリング方法: 明石市より漁協に委託</li> </ul> <p>【周辺海域の水質モニタリング(取組⑤)】(兵庫県水産技術センター)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>調査項目: 水温、塩分、栄養塩等</li> <li>調査場所等: ノリ養殖場周辺海域 26地点(変更有り)</li> <li>時期等: 調査内容によって異なる(5月～翌年3月、月1回、ノリ生産期を中心に実施)</li> <li>モニタリング方法: 調査船もしくは陸路による採水及び機器測定、一部連続観測。ノリ葉体の色調調査。</li> </ul>	<p>【モニタリング方法】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>栄養塩類濃度の変化を現地で調べるためには連続観測(例えば1時間ごと)が必要である。係留型の栄養塩分析装置もあるが、自動採水器により採水し回収・分析するならば比較的簡単に観測が可能である。</li> <li>塩分や水温の連続観測でも季節別管理運転の放流水(淡水、高水温)の挙動はある程度解析が可能である。<sup>注2</sup></li> <li>シミュレーション結果より高濃度の窒素が分布すると予測された地点において、平常時、出水時、大潮、小潮、または一潮汐間の濃度を確認することが望ましい。<sup>注2</sup></li> <li>効果や影響を調べるためには、塩分、栄養塩、クロロフィル、濁度の連続観測または短期間、高頻度(3時間ごと程度)の調査が必要になる。広域的な影響については、人為的な排出量の増加が元の何割になるかにもよるが、現状のような増加の割合では、台風、強風、出水、海流の変化等による変動のほうが大きく、その影響を定量的に把握することは難しい。<sup>注2</sup></li> <li>管理運転の前後で色落ちさせたノリを設置して数時間ごとの活性を調査することで季節別運転管理だけの効果が把握できる可能性がある。<sup>注2</sup></li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発

取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発

取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発

取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)

取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)

取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)

取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)

取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)

取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(8) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P:モニタリング計画の策定	<p>【周辺海域の水質モニタリング(取組⑥)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目:水温、塩分、全窒素(TN)、全リン(TP)、無機態窒素(DIN)、無機態リン(DIP)、排水口付近の底泥中 AVS 及び COD</li> <li>・調査場所等:岡東浄化センター周辺海域 15 地点</li> <li>・時期等:平成 30 年 10 月中旬～平成 31 年 3 月下旬 10/22(事前調査)、12/17(管理運転中)、1/17(管理運転中)</li> <li>・モニタリング方法:表層、底層(B-1 m)での採水、機器測定、排水口付近で採泥</li> </ul> <p>【放流水、放流先海域の水質モニタリング(取組⑦)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、TN 等</li> <li>・調査場所等:放流先海域</li> <li>・時期等:管理運転前(H21)、管理運転時(H23～26) 月 1 回</li> </ul>	

- 注 1) 取組①:播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②:燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③:備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④:下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)  
 取組⑤:下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)  
 取組⑥:下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)  
 取組⑦:下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)  
 取組⑧:下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)  
 取組⑨:加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討
- 注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)
- 備考) 課題・留意点・・・茶色字:取組機関へのアンケート結果、青字:有識者ヒアリング結果

表 1(9) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P: モニタリング計画の策定	<p>【排水口近傍定期水質測定(取組⑧)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: TN、TP、COD</li> <li>・頻度: 毎月1回</li> <li>・調査場所等: 各浄化センターにおいて、排水口(100~110m 先)で1点及び沖合(500~1,000m 先)で1点</li> <li>・モニタリング方法: 浄化センターが採水分析</li> </ul> <p>【ノリ養殖漁場海域連続観測(取組⑧)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: 硝酸塩濃度、吸光度、臭素値、水温</li> <li>・調査場所等: ノリ養殖場海域 1点</li> <li>・時期等: 冬季 毎正時</li> <li>・モニタリング方法: 観測装置による自動観測</li> </ul> <p>【ノリ養殖場内定期水質測定(取組⑧)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: 水温、塩分、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、PO<sub>4</sub>-N、珪藻密度</li> <li>・調査場所等: ノリ養殖場</li> <li>・時期等: 10~3月 毎週1回</li> <li>・調査地点: ノリ養殖漁場3区画 それぞれ3点ずつ</li> <li>・モニタリング方法: 漁業者が採水、愛媛県水産研究センター栽培資源研究所にて分析</li> </ul>	

- 注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)  
 取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)  
 取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)  
 取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)  
 取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)  
 取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討
- 注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)
- 備考) 課題・留意点…茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(10) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
P: モニタリング計画の策定	<p>【周辺海域の水質モニタリング[実証実験](取組⑨)】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・調査項目: 水温、塩分、DIN、DIP、DSi</li> <li>・調査場所等: 加古川河口周辺海域 40 地点(栄養塩類は 21 地点)</li> <li>・時期等: 平成 20 年 3 月 6,11,13 日</li> <li>・モニタリング方法: 機器測定及び表層での採水</li> </ul>	
P: 順応的管理プロセスの検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・専門部会、連絡協議会を年1回ずつ開催し、情報共有を行っている。メンバーは市、県、漁協・漁連。(取組⑤)</li> <li>・県水大気課、下水道課、水産課及び関係市町等で構成する「豊かな海づくりに係る検討会」を開催し、栄養塩管理運転等に関する情報交換を実施(取組④、⑤)。</li> <li>・関係各課による「豊かな海の実現に関する連絡会議」を開催し、モニタリング結果などの情報を共有している。(取組⑥)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目標未達成の場合や周辺環境への影響が確認された場合等、さまざまな状況を想定して管理への反映方法について検討を行う必要がある。</li> <li>・周辺環境への影響発生に対して迅速な対応が求められるため、周辺環境への影響を評価する項目について、管理基準(対策の中断等を判断するための目安)を設けることが望ましい。</li> <li>・各主体を交えて、モニタリング結果等の各種情報の共有や議論を行う場を設けることが重要である。</li> <li>・ひな型となる調査手法と評価手法がないために、行政の他部局や一般に対しての説明が難しい。</li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発

取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発

取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発

取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)

取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)

取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)

取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)

取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)

取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(11) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
D: 対策及びモニタリングの実施	<p>●モニタリング実施機関</p> <p>[放流水の水質測定]</p> <p>取組④: 加古川下流浄化センター            取組⑤: 明石市下水道部局            取組⑥: 岡東浄化センター            取組⑦: 高松市下水道施設課            取組⑧: 西条浄化センター、東予・丹原浄化センター</p> <p>[周辺海域のモニタリング]</p> <p>取組④、⑤: 兵庫県水産技術センター            取組⑥: 岡山県水産研究所(周辺海域)、岡山県環境文化環境管理課(環境基準点)            取組⑧: 西条浄化センター及び東予・丹原浄化センター(排水口近傍)、愛媛県環境部局(環境基準点)</p> <p>[ノリ養殖場でのモニタリング]</p> <p>取組⑤: 明石市下水道部局が明石沿岸の漁協に委託            取組⑥: 岡山県水産研究所            取組⑧: 愛媛県水産研究センター</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・関係機関の連携により、効果的にデータを取得する必要がある。</li> <li>・対策及びモニタリングの実施にあたっては、モニタリング結果等の各種情報を関係者間で共有する仕組みが必要となる。</li> <li>・調査の実施に当たって、予算と人員が確保されていない。</li> <li>・下水処理施設の季節別管理運転期間中、リン濃度の調整が困難な場合がある。</li> <li>・浄化センターでは栄養塩濃度を上げるとCODも上がり、コントロールが難しい。</li> <li>・下水処理施設の季節別管理運転の実施において、流入水中の窒素濃度が比較的低い場合は、流域総合計画にける目標値の達成は困難である。</li> </ul>

- 注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)  
 取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)  
 取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)  
 取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)  
 取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)  
 取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討
- 注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)
- 備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(12) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
C: 効果検証	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期観測、連続観測、数値シミュレーション及びノリ色調調査結果から、下水処理水が近隣のノリ漁場に到達していることを確認し、増加した窒素も同様の経路を辿ってノリ漁場に到達し、養殖ノリの生産安定化に寄与しているものと推測された(取組④、⑤)。</li> <li>効果検証のためのモニタリング結果の評価に際して、モニタリング地点の中で最も深い場所の底層は処理水の影響を受けていないと仮定し TN の上昇量を確認したところ、管理運転による周辺海域の窒素濃度が上昇することが確認できた。(取組⑥)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地のモニタリングだけでは評価が難しい場合には、シミュレーションも併用して効果を確認する必要がある。</li> <li>栄養塩類濃度の変化や生産性の向上等と管理運転との因果関係の把握が難しい。</li> <li>潮汐の影響を強く受ける海域では、様々な潮時のデータを収集し、管理運転の効果発現状況のモデル化を図り湾外のノリ養殖への影響を検討する必要がある。加えて継続的な調査を実施し、長期的な効果を検証する必要がある。</li> <li>データにばらつきがあり、海域での栄養塩類の増減評価は難しい。</li> <li>備讃瀬戸では、栄養塩類の起源が河川水と海水であることと、鉛直混合が活発な海域でアンモニア態窒素がすぐに硝化されるためにほぼ硝酸態窒素が占めるので、窒素の安定同位体比によりノリが吸収する窒素の起源と寄与率をうまく求めることができた。一方、栄養塩類の起源が複数あり、排出される窒素形態も異なる海域では、安定同位体比による起源の特定が難しい場合がある。<sup>注2</sup></li> </ul>

- 注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)  
 取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)  
 取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)  
 取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)  
 取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)  
 取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討
- 注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)
- 備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(13) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施状況	課題・留意点
C: 周辺環境への影響の事後評価	<ul style="list-style-type: none"> <li>報告例なし</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地のモニタリングだけでは評価が難しい場合には、シミュレーションも併用して周辺海域への影響を確認する必要がある。</li> <li>季節別運転管理がなされる冬季のシミュレーションにより、有機懸濁態の発生と堆積を予測し、観測により検証することが望ましい。<sup>注2</sup></li> <li>広域的な影響については、人為的な排出量の増加が元の何割になるかにもよるが、現状のような増加の割合では、台風、強風、出水、海流の変化等による変動のほうが大きく、その影響を定量的に把握することは難しい。<sup>注2</sup></li> <li>高濃度のアンモニア態窒素は植物プランクトン（微小藻類）の成長阻害を引き起こす。海域にアンモニア態窒素が流れ込むとpHの上昇に伴って毒性の強い遊離アンモニアの割合が多くなる。下水道排水口周辺海域における魚介類（特に幼稚仔）など生態系への悪影響がないことを確認する必要がある。<sup>注2</sup></li> <li>直接影響を受けるのは主に魚類であるが、移動するため影響を特定するのは難しい。季節別運転管理の場合、放流口周辺海域に生息または河川に行き来する生物の生息状況や産卵場を確認し、併せて処理水の影響（特にアンモニア耐性等）の研究成果等を確認して判断するしかない。季節別運転管理の前後で生息調査等を実施しても、移動するため影響の把握は難しい。表層拡散するため、ベントス等への直接的な影響はあまり考えられないが、発生した懸濁物の堆積が生じれば、生物に影響が出る。<sup>注2</sup></li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発  
 取組②: 燧灘西部アオリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発  
 取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発  
 取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)  
 取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)  
 取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)  
 取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)  
 取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)  
 取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討  
 注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)  
 備考) 課題・留意点・・・茶色字: 取組機関へのアンケート結果、青字: 有識者ヒアリング結果

表 1(14) 課題・留意点の整理

手順	優良事例による実施例	課題・留意点
A: 評価結果の管理への反映	<ul style="list-style-type: none"> <li>・専門部会、連絡協議会をそれぞれ年1回ずつ開催(明石市、兵庫県、5漁協、漁連)。漁業者と行政で意見交換を行い、お互いに環境状況の理解を深めている。(取組⑤)</li> <li>・県水大気課、下水道課、水産課及び関係市町等で構成する「豊かな海づくりに係る検討会」を開催し、栄養塩管理運転等に関する情報交換を実施(取組④、⑤)。</li> <li>・周辺海域の窒素濃度上昇効果が明らかになったため、他の事業場への横展開につなげる。(取組⑥)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・評価結果を迅速に管理に反映することが重要であり、そのためには目標値や管理基準(周辺海域への悪影響の有無を判断する基準)等を予め設定する必要がある。</li> <li>・評価結果等が関係者間で共有され、意見交換する場を設ける必要がある。</li> </ul>

注 1) 取組①: 播磨灘南部から備讃瀬戸ノリ養殖場における施肥による生産力回復手法の開発

取組②: 燧灘西部アオノリ養殖場における施肥による栄養塩類供給技術開発

取組③: 備讃瀬戸ノリ養殖場における海底耕耘による生産力回復手法の開発

取組④: 下水処理施設の季節別管理運転(加古川下流浄化センター)

取組⑤: 下水処理施設の季節別管理運転(二見浄化センター)

取組⑥: 下水処理施設の季節別管理運転(岡東浄化センター)

取組⑦: 下水処理施設の季節別管理運転(香東川浄化センター)

取組⑧: 下水処理施設の季節別管理運転(西条浄化センター、東予・丹原浄化センター)

取組⑨: 加古川水系の平荘ダム一時放流による加古川河口周辺海域への栄養塩類添加効果の検討

注 2) 有識者ヒアリング結果(令和元年度瀬戸内海における豊かな海の確保に向けた方策検討業務(本編)より抜粋)

備考) 課題・留意点・・・茶色字:取組機関へのアンケート結果、青字:有識者ヒアリング結果

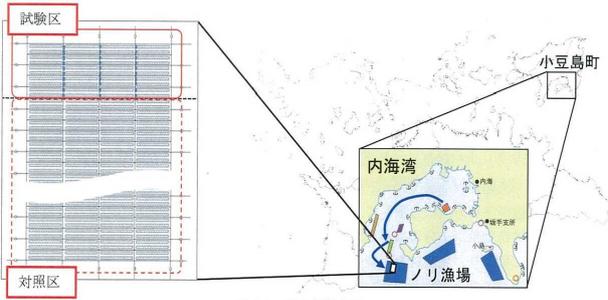


図 1 取組①管理対象区域

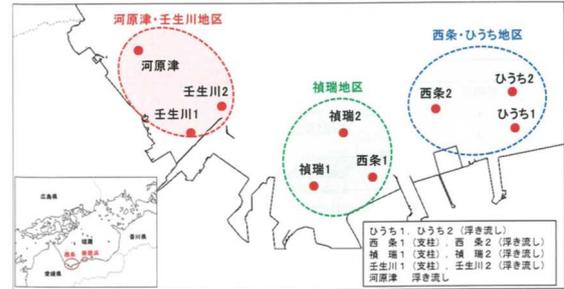


図 2 取組②管理対象区域

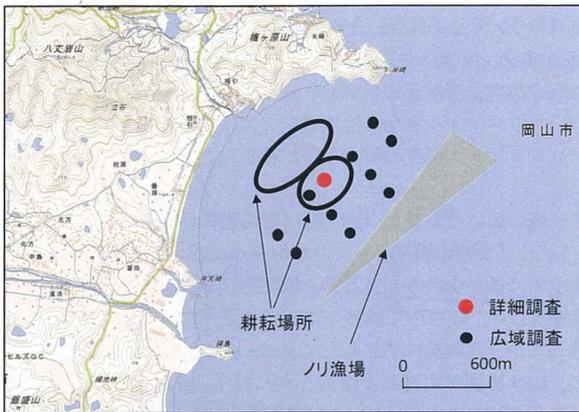


図 3 取組③管理対象区域

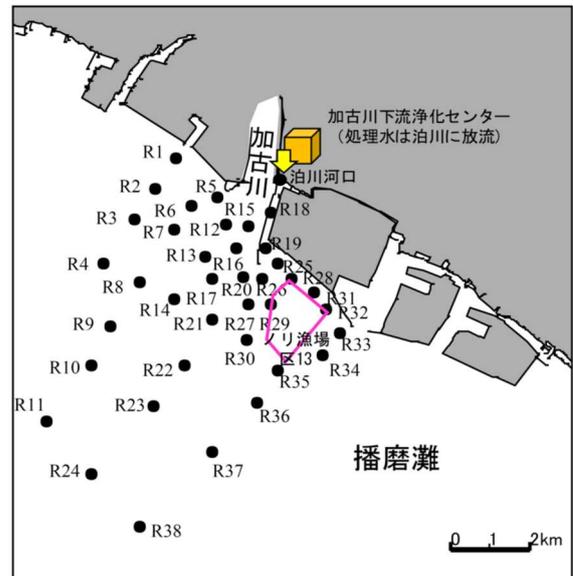


図 4 取組④管理対象区域

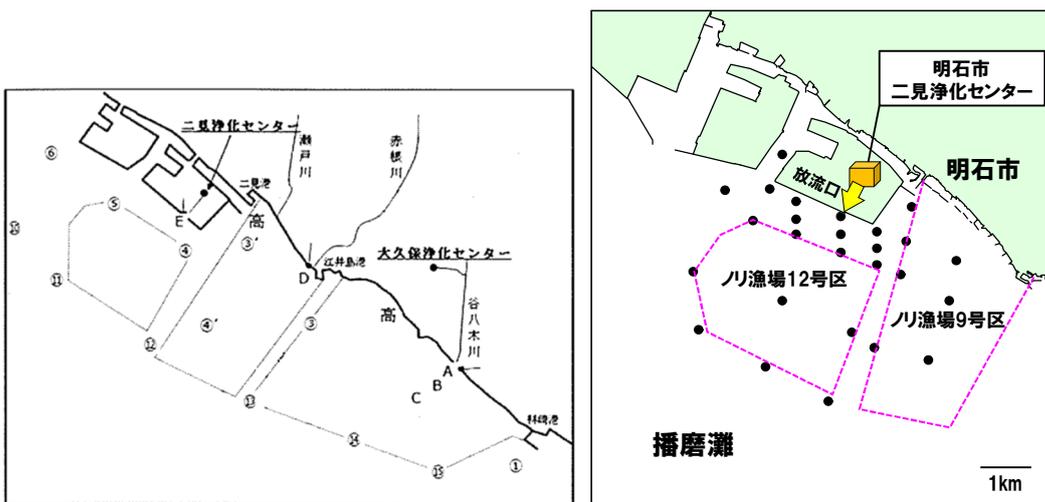


図 5 取組⑤管理対象区域

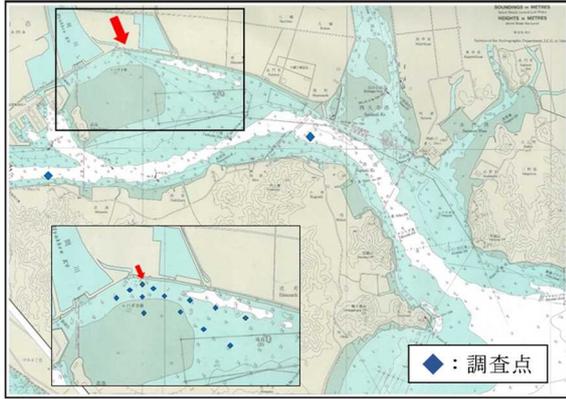


図 7 取組⑥管理対象区域

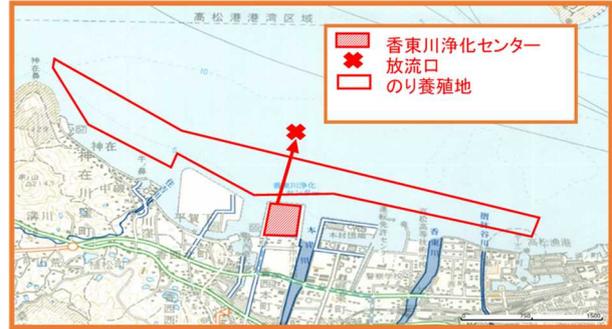


図 6 取組⑦管理対象区域

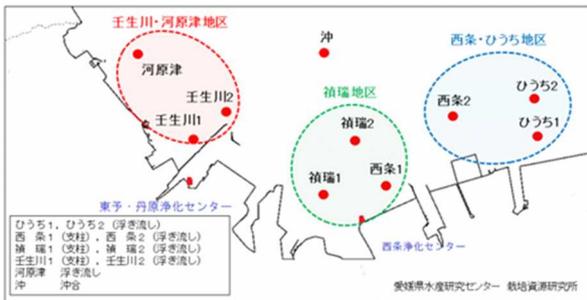


図 8 取組⑧管理対象区域

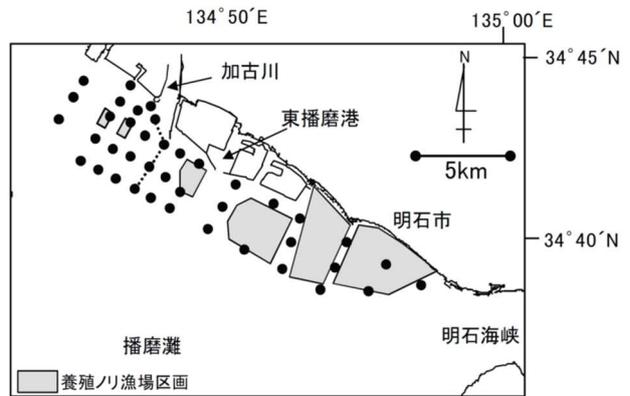


図 9 取組⑨管理対象区域