

8 栄養塩類管理に向けたモニタリング戦略・研究プラットフォームの提案

8.1 モニタリング手法の検討

三河湾の再生に向けて、目標の達成状況の確認、施策効果の把握、未解明な機構を解明するためにもモニタリングは必須である。

- モニタリングの構成は、図 8.1.1 に示すように、各種施策効果の把握および目標達成状況の確認のための「施策効果把握のためのモニタリング」と、未解明な事象の解明や不確実な要因をクリアにするための「機構解明のためのモニタリング」に大別される。

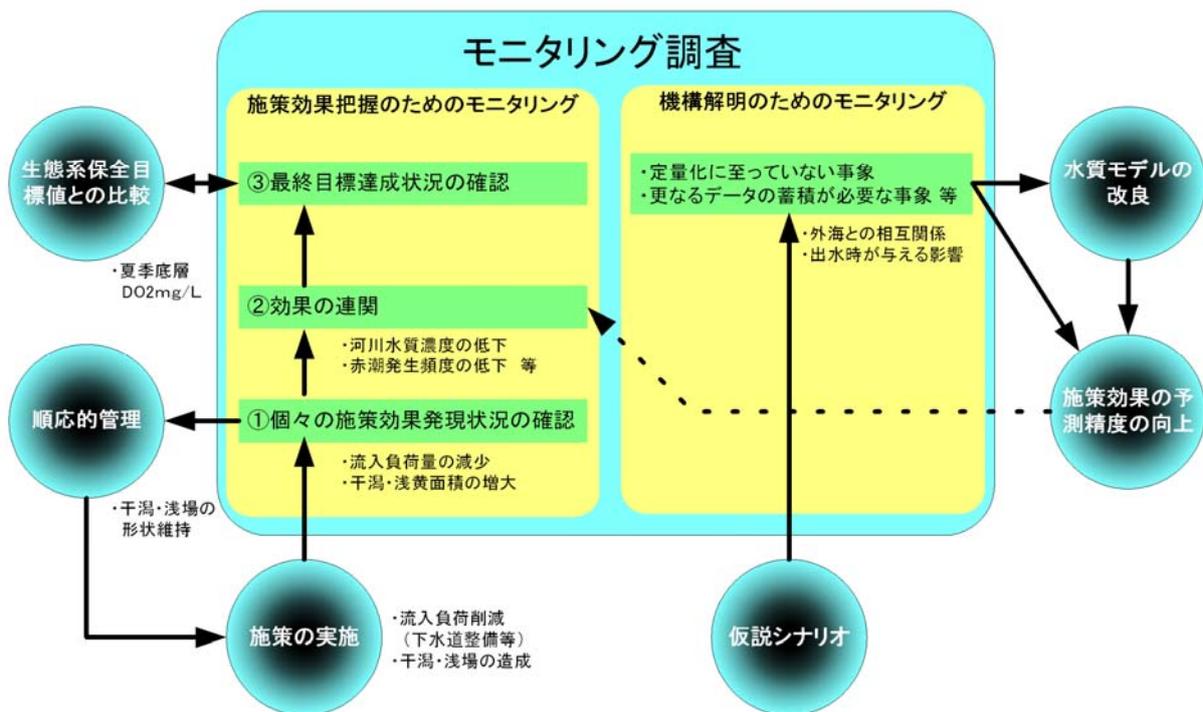


図 8.1.1 モニタリング調査の体系図

8.2 施策効果のための把握モニタリング

「**施策効果把握のためのモニタリング**」は、長期間にわたることから、できるだけ既存のモニタリング調査を活用することを念頭に置くものとする。また、個々の施策の効果把握（区分A）と全体の目標達成状況の把握（区分B）とに大別した（図8.1.1.1）。

- 流入負荷削減や干潟・浅場造成の直接的な施策効果を把握するため、河川水質調査や干潟・浅場生物調査を実施する。
- また、目標達成状況の把握のために、懸濁態有機物、赤潮発生状況、生態系保全目標としての夏季底層 DO 濃度などの貧酸素水塊発生状況、高次の水生生物を含む生物多様性を把握するための魚類調査を実施する。
- 新生堆積物の沈降量については、本研究の再生シナリオ（案）でも貧酸素水塊の主要因のひとつであり、生態系保全目標である夏季底層 DO 濃度を担保することが容易ではないことから、この沈降量を重要項目としてモニタリングに組み込んだ。
- 新規の連続観測項目のうち、河川水質は、流入負荷量算出に不確実な要因があることから通年計測によって不確実な要因解明も含めて負荷の削減実態を把握するものである。新生堆積物の沈降量は、赤潮の発生や出水などの影響を大きく受けて変動することから、その実態を正確に把握するものである。
- モニタリング実施と評価によって、その結果を施策や管理目標の見直しに反映させるなど順応的管理の考え方のもとで行うことが重要である。
- 酸素消費速度の室内実験は、閉鎖系で実施されるため現場の水環境を再現できず、実験方法の欠点が指摘されており、精度向上のため渦相関法を適用した現場型自動計測機器(桑江ら(2006))による検討も進めることが、望まれる。

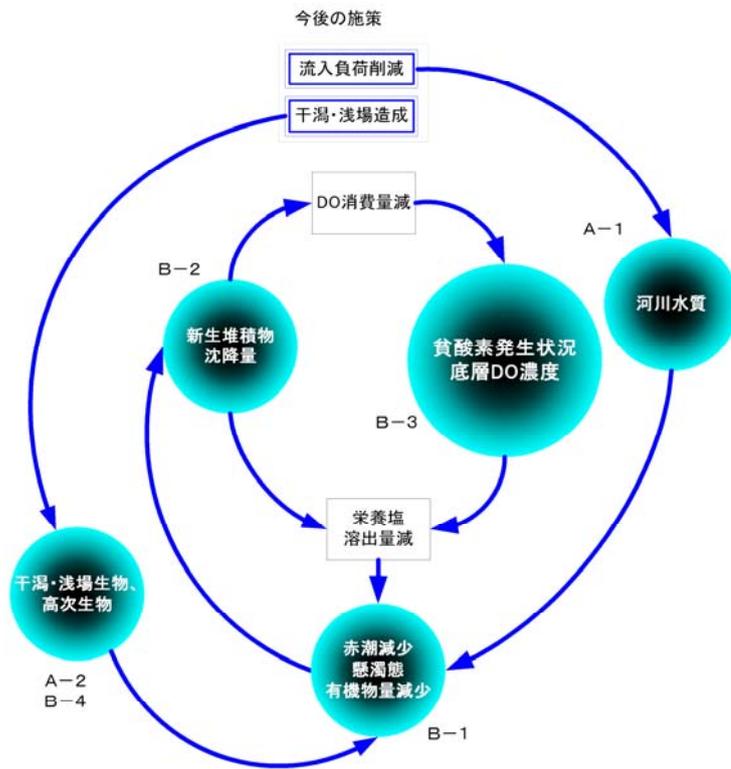


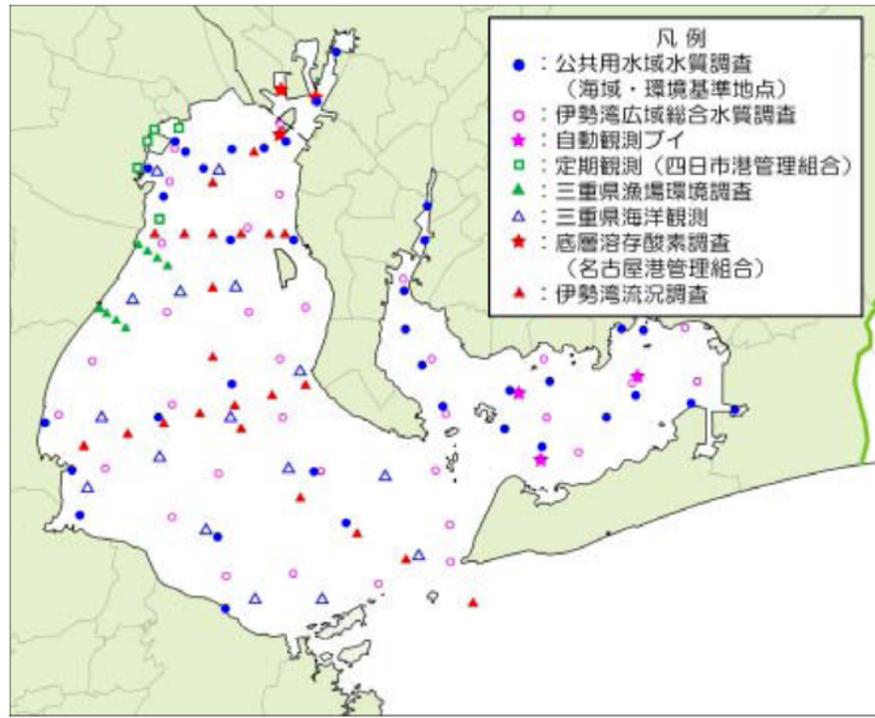
図 8.2.1 施策効果把握に関する抽出されたモニタリング項目

参 考

【参考】三河湾における既存のモニタリング調査

【海域水質】	調査機関	調査開始	調査頻度	公表方法	公表時期	調査地点数(三河湾のみ)	調査層	調査方法	水質																		
									一般項目		生活環境項目							特殊項目			健康項目					その他の項目	
									透明度	濁度	pH	DO	BOD	COD	SS	T-N	T-P	その他	溶存酸素	懸濁物質	アルト	塩化物	塩分	クロロ	フェオ	TOC	その他備考
公共用水域水質調査結果	環境省(実施機関:愛知県環境部)	昭和48年度	月1回		翌年6月頃	環境基準点:14地点 補助地点:4地点	上層:0.0m 中層:5.0m 下層:海底上0.5m	採水分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
伊勢湾広域総合水質調査	環境省(実施機関:愛知県)	昭和48年度	年4回(四季)		翌年3月頃	9地点	5m以浅:表層及び底上0.5m 5m以深:表層及び底上	採水分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
赤潮・貝毒監視事業	愛知県農林水産部水産課	平成11年度	月1回						○																		
自動観測パイ	愛知県	平成3年度	1回/時間			3地点		機器観測		○	○																
貧酸素情報	愛知県水産試験場																										
水質モニタリング解析調査	愛知県港湾局																										

【海域底質・生物】	調査機関	調査開始	調査頻度	公表時期	調査層	調査方法	底質											生物(プランクトン)							
							粒度	pH	酸化還元	乾燥減	強熱減	COD	T-N	T-P	TOC	硫化物	沈殿量	同定	計数						
							伊勢湾広域総合水質調査	環境省(実施機関:愛知県環境部)	昭和48年度	年2回(夏、冬)	翌年3月頃		採泥分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
赤潮・貝毒監視事業	愛知県農林水産部水産課	平成11年度	月1回																		○	○	○		
赤潮・苦潮調査	愛知県水産試験場					冊子																			
自然環境保全基礎調査	環境省					環境省HP																			
農林水産統計年報						冊子																			



➤ 次の項目を主要な施策効果および目標達成状況の把握のためのモニタリング項目として提案する。

表 8.2.1 施策効果把握のためのモニタリング項目(案)

区分	モニタリング指標		想定アウトプット	調査位置等	方法	頻度	項目	既存モニタリング調査		
								活用の可能性	実施主体	
A 個々の施策効果の把握	A-1	河川水質	河川水質（平水時）	河川水質の向上	順流末端 当古（豊川） 米津（矢作川）	定期採水調査	月1回（平水時）	T-N,T-P,BOD,COD	○	豊橋河川事務所
			順流末端の流入負荷量	流入負荷量の減少	当古	多波長の光計測装置による測定（霞ヶ浦で実施例あり）	毎時（通年）	T-N,T-P,COD（形態別）の推定 *出水時の採水分析も定期的 に実施し、光強度と採水水質値との 相関解析を実施して、推定パラメータを 同定する	△	豊橋河川事務所 （データの 一部活用。例 えば、L-Q 式検討にあ たり、Qを 事務所 で実施して いる流量 観測デー タから活 用する など）
	A-2	干潟・浅場生物	底生生物の現存量	生物の多様性の向上	既存・造成の 干潟・浅場 （特定箇所）	コトラード調査	年2回以上 （春季、夏季）	底生生物の種類数・個体数・湿重量 [参考情報：直上DO、底質（粒 度、硫化物、T-N,T-P,COD など）]		
			二枚貝類の現存量	生物の多様性の向上 浄化機能の向上（正の スパイラル効果の 確認）	〃	コトラード調査	年2回以上 （春季、夏季）	二枚貝の種類数・個体数・湿重量、 殻長組成など		
		藻場の面積・密度	生物の多様性の向上 浄化機能の向上（正の スパイラル効果の 確認）	干潟・浅場の 周辺域 （特定箇所）	現地調査	年1回以上 （春季～夏季）	藻場の範囲、生育密度、葉長など [参考情報：透明度、光量]			
B 全体効果の把握	B-1	懸濁態有機物	海域栄養塩（平常時）	海域水質の向上 懸濁態有機物の減少 （正のスパイラル効果の 確認）	公共用水域水 質調査地点	定期採水調査	月1回（平常時）	T-N,T-P,COD （懸濁態・溶存態の 分画含む）	○ （公共用水域水質測 定結果、但し懸濁・ 溶存の分画なし）	愛知県環境部
			透明度	親水性の向上	〃	〃	〃	透明度	○	愛知県環境部
		赤潮発生状況	赤潮発生海域、赤潮 発生日数、赤潮構成 種など	赤潮発生の低減 （正のスパイラル効果の 確認）	湾全域	現地調査	月1回以上の観測 様々な通報情報	赤潮発生海域、赤潮原因種の優占 種と細胞数、発生状況と発達状 況、最大面積等	○	愛知県水産試験場
	B-2	新生堆積物沈降水量	沖合の新生堆積堆積物沈降水量	新生堆積物量の減少 （正のスパイラル効果の 確認）	沖合部3地点 ※愛知水試 のブイ近傍	従来型トラップの設置・回収	年1～2回 （春季、夏季）	沈降水量（SS,VSS,PON など） プランクトン組成		
						連続設置（従来型 トラップ）	連続観測 （春季～夏季）			
						連続設置（自動 トラップ・回収機器の 開発による） ^{注3）}	連続観測 （春季～夏季）			
	B-3	貧酸素水塊発生状況	底層DO濃度	底層DO濃度の向上 貧酸素水塊面積の減 少	湾全域	連続観測	毎時	水温、塩分、濁度、DO	○ （愛知水試観測ブイ）	愛知県水産試験場
						現地調査	月3回（夏季）	DO	○	愛知県水産試験場
現地調査						月1回	DO、水温、塩分	○ （公共用水域 水質測定結果）	愛知県環境部	
B-4	高次生物	魚類等の生息種、生息量 沖合の底生生物の生息種、生息量	生物の多様性の向上	湾全域	採取計測	年1回以上 （春季）	種類数、個体数、体長			
				湾全域	漁獲統計資料調査	—	漁獲量（水産有用種のみ）	○ （農林水産統計年報）	愛知県	

注1：区分欄のアルファベットは図参照。流入負荷対策については、事業の進捗等を確認する。

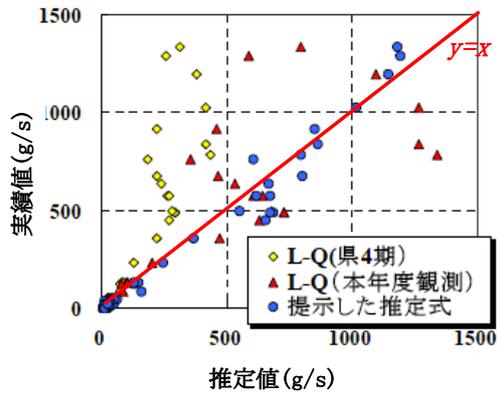
注2：上記の調査頻度は実現しやすいように、できるだけ最小限の回数となるように整理した。有機物沈降水量だけは、重点項目として、連続設置及び自動トラップ機器開発などのテーマも示した。

注3：新生堆積物量は赤潮や出水の発生規模・頻度によって大きく変動すると考えられることから、連続観測の実施が望まれる。連続観測の費用軽減のためには、「新生堆積物の自動的トラップ・回収装置」の研究開発が必要である。

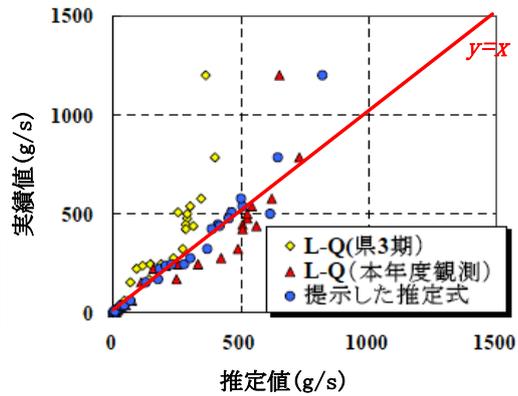
- ここで、河川水質については、負荷削減の効果を検証するために、豊川の順流末端で多波長励起蛍光光度計による長期間の機器計測をあげている。通常、負荷量の算定には、採水分析にもとづいて作成したL-Q式か原単位法が用いられるが、いずれの手法も用いる出水時等の水質分析値や原単位によって大きく変化することが知られている。
- そのような観点から、負荷量の精度を向上させるために、時々刻々変動する実際の負荷量を光学的な機器で連続的に計測する試みが既に20年程度前から検討されている。最近では、かなり精度も向上し、L-Qで推定した負荷量よりも精度が高いという報告も見られるようになって来た。

このような機器計測の検討は霞ヶ浦に流入する河川でも実施されており、そこでは

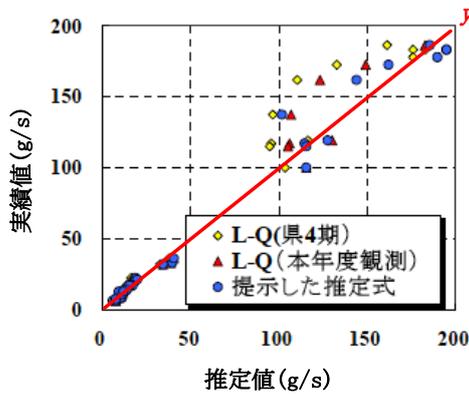
- 図に示すように、クロロフィル-a計測用の1つの波長を用いた手法で、COD、T-N、T-Pの負荷量が算出されている。光学的手法で計測された負荷量と実測された負荷量を比較すると、光学的手法でこれらの負荷量を精度良く推定することができ、CODではL-Q式で算定した結果よりも光学的計測による方の精度が高くなっている((財)理工学振興会(2006))。
- 負荷項目の様々な物質は、光学的に特徴ある吸収・散乱特性のあることが知られており、たとえばNO₃-Nであれば207~214nmにピークの吸収帯を有する(滝(1981))と言われている。そのようなことから、1つの波長だけではなく複数の波長で計測することで、様々な負荷項目の計測精度を向上させる現地実験も行われており、霞ヶ浦では出水時における支川からの流入負荷量の推定精度を向上させるための検討が進められている(平成18年度霞ヶ浦汚濁負荷流量特性検討業務報告書、平成19年3月)。
- このようなことから、霞ヶ浦での現地実験結果なども踏まえて、三河湾でも設置型の機器を用いた光学的手法による連続観測を実施し、同時に出水時などの流量、水質の採水分析結果を用いて機器計測値の解析・評価を行い、より精度の高い負荷量のデータを長期間に渡って計測・蓄積してゆくことが重要と思われる。



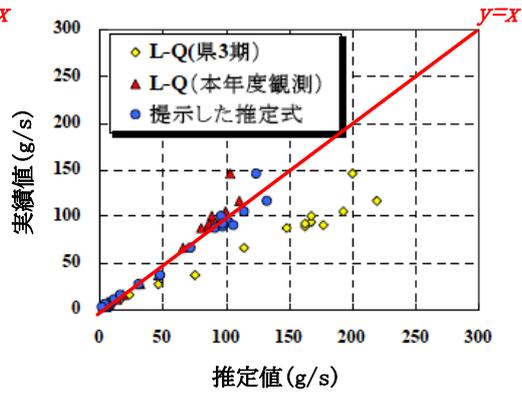
(a) COD推定結果



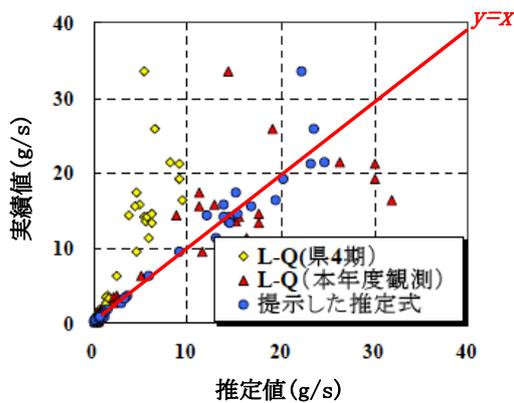
(d) COD推定結果



(b) T-N推定結果

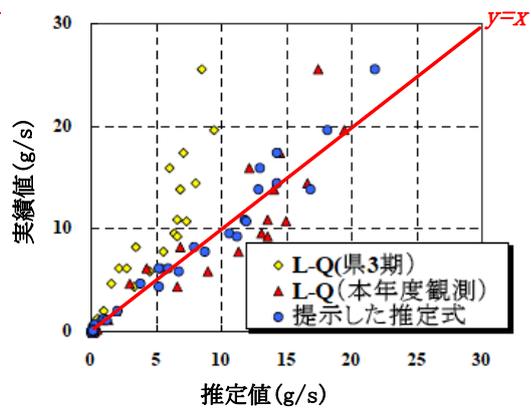


(e) T-N推定結果



(c) T-P推定結果

恋瀬川



(f) T-P推定結果

園部川

図 8.2.2 汚濁負荷の推定結果

8.3 機構解明のためのモニタリング

現況の物質循環機構の不確実性を解明するための方針を以下に示し、機構解明のためのモニタリング項目を表に示す。

A) 干潟・浅場での物質循環機構

- ・二枚貝類の場所別現存量や水深別現存量
- ・干潟・浅場の底泥からの形態別栄養塩類溶出速度

三河湾の物質循環を把握する上で、二枚貝類の現存量と干潟・浅場からの栄養塩の溶出速度は重要なパラメータであるが、既往知見の不確実性が高い。本研究における水質モデルによる評価では、現況の干潟・浅場は有機物の無機化の場であるが、栄養塩のシンクかソースかという議論にまで至らなかった。したがって、上記の2項目の実態を把握することで、干潟・浅場の浄化機能評価の精度向上が可能である。

B) 流域・河川からの流入負荷量

- ・B-1: 出水時における河川からの負荷量
- ・B-2: 湾直流入域(中小河川、有機・無機の比率、豊川用水の還元水からの負荷)
- ・B-3: 雨天時の下水処理場からの越流による負荷

本研究では、平常時の夏季を対象に水質モデルを用いて、物質循環量を評価した(但し、淡水流量は出水も含めた総量で評価)。今後は、通年評価も必要であり、出水時や降雨時の負荷量を適切に評価できる手法や原単位等を取りまとめる必要がある。なお、本研究では、豊川順流末端で出水時水質調査を実施したが、小規模な出水しか捉える機会がなかった。

C) 沖合における底泥と直上水との関係

- ・出水や赤潮に伴う底泥からの溶出速度、酸素消費速度の変化

水質モデルで設定した沖合の溶出速度は約20年前の室内実験値であり、当時の実験日数(14日間)は現在の条件(1~2日程度)と大きく異なることから、現場値に近い溶出速度が評価できる現在の実験条件で溶出速度を再評価する必要がある。また、出水に伴う新生堆積物によって、溶出速度が大きく異なる結果も見受けられたことから、(出水前後の現地調査)、沈降有機物量の変化も考慮した現象の解明が重要である。

D) 湾口部における流出入水量、水質等の境界条件

本研究で設定した湾口部は伊勢湾の水質の影響を受けており、また、湾口境界の水質濃度のデータも十分な知見が少ない。この濃度の設定によっては、湾口部での物質収支が大きく異なることから、その実態把握が重要である。

E) 河口での土砂堆積量、堆積土砂の性状

矢作川は江戸後期に河口部の付け替えがあり、河口からの土砂供給が大きく変わった。昭和 30 年以降の海図を解析すると、一部のエリアで土砂が堆積傾向にあることが明らかとなったが、用いたデータが十分ではなかったことから、干潟・浅場の形成維持にかかる土砂動態の実態（特に地形・底質変化、海域での土砂移動）を十分に把握することはできていない。そこで、これら堆積土砂の堆積量、粒径、性状等について把握し、土砂供給機構について現象説明を進めることが重要である。

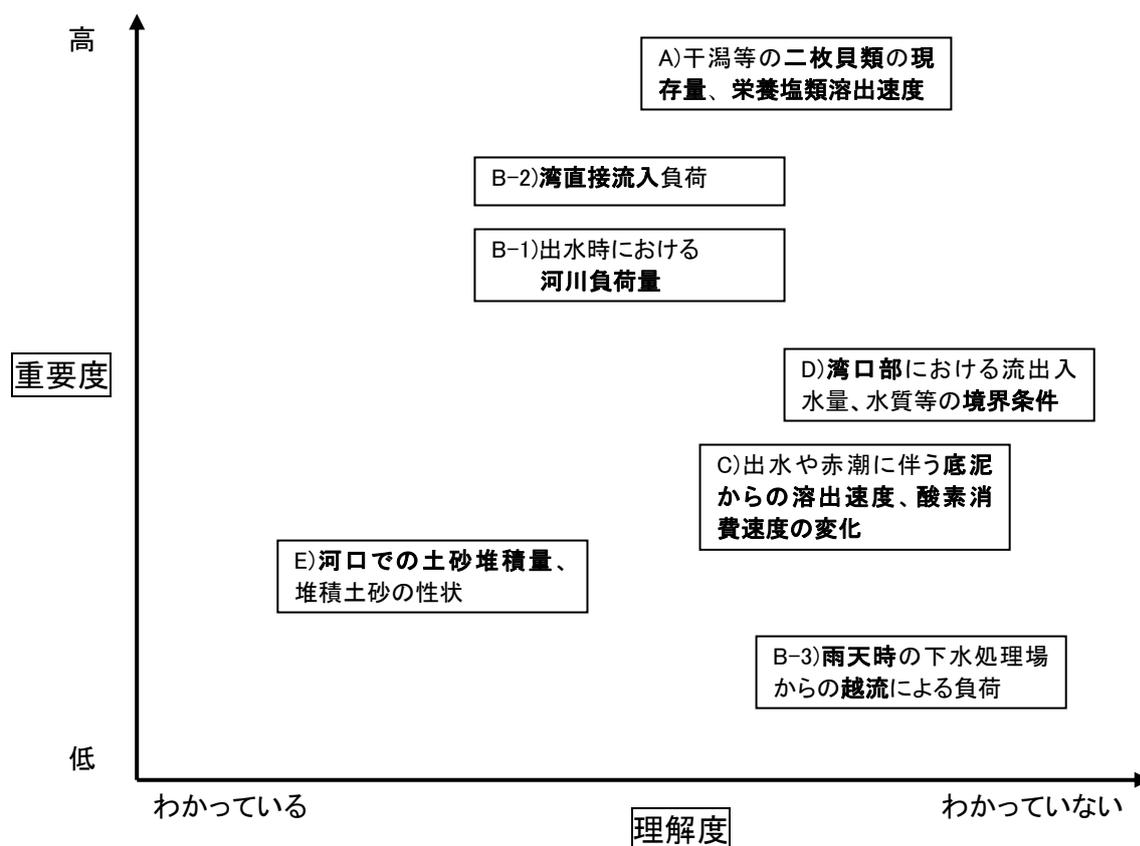


図 8.3.1 機構説明のためのモニタリング項目の優先度の整理

表 8.3.1 機構解明のためのモニタリング項目（案）

区分		測定項目	目的	調査位置等	方法	頻度	項目	既存モニタリング調査	
機構解明のための調査	A	干潟・浅場での物質循環機構	二枚貝類の場所別現存量、水深別現存量	<ul style="list-style-type: none"> 干潟・浅場の浄化機能はそこに生息する二枚貝類の現存量に依存する。 現在、二枚貝類の現存量は漁獲量からの推定値を用いており、この推定方法には不確実性が大きい。 よって、現地調査により場所別、水深別の二枚貝類現存量を得ることで推定精度の向上を図る。 また、殻長別の現存量を把握することで、再生産の状況についても把握する。 	干潟・浅場域を対象に湾内10側線程度	採泥分析	年2回（春季、夏季）	種類数、個体数、湿重量、殻長（水中DO、底質粒度組成）	<ul style="list-style-type: none"> 豊橋河川事務所 三河港湾事務所 愛知県水産試験場 名古屋港湾空港技術調査事務所
		干潟・浅場の底泥からの形態別栄養塩類溶出速度	<ul style="list-style-type: none"> 底泥からの栄養塩類の溶出速度は、季節変動や空間変動が大きいと考えられる。 現在、一色干潟に適用した既存のモデルで得られた溶出速度を設定しているが、二枚貝の現存量が大きな場での値であり、過大な値ではないかと考えられる。 よって現地調査によりこれらのデータを得ることにより、栄養塩類の溶出速度の精度向上を図る。 	干潟・浅海域を対象とし、うち5～10側線、水深帯別に各3点程度	室内実験	年1回（夏季）	栄養塩類溶出速度	<ul style="list-style-type: none"> 豊橋河川事務所 三河港湾事務所 愛知県水産試験場 名古屋港湾空港技術調査事務所 	
	B	流域・河川からの流入負荷量	出水時における河川からの負荷量	<ul style="list-style-type: none"> 流域・河川負荷量は、実測流量×水質や、原単位法等によっているが、特に出水規模別の負荷量、その形態に関するデータの蓄積が必要である。 現地調査で平水時～出水時負荷(L-Q)を取得し、負荷量の精度向上を図る。 	豊川、矢作川、境川の順流末端部	現地観測採水分析	出水時年2回	流量、水温、BOD、COD（PCOD、DCOD）、濁度、SS、T-N、I-N、PON、DON、T-P、I-P、POP、DOP、TOC、土粒子径、Si（SiO ₂ -Si）	<ul style="list-style-type: none"> 豊橋河川事務所 愛知県水産試験場
			湾直流入域流入負荷（有機・無機の比率、豊川用水（還元水）からの負荷）	<ul style="list-style-type: none"> 通年の物質循環量を評価するため、多波長の光計測装置によって流入負荷の連続観測を実施する。 上記の負荷量の連続観測は、負荷の流出特性から単年度で把握できるものではなく、3～5ヵ年程度実施して負荷量の総量の変動を把握し、その結果をもとに負荷算定の大きな課題となっている面源負荷の解析にもフィードバックさせる。 	豊川順流末端（当古橋）	多波長の光計測装置	連続観測	BOD、COD（PCOD、DCOD）、濁度、SS、T-N、I-N、PON、DON、T-P、I-P、POP、DOP、TOC、土粒子径、Si（SiO ₂ -Si）	
雨天時の下水処理場からの越流による負荷		<ul style="list-style-type: none"> 湾直流入域の中小河川や排水路、豊川用水（還元水）からの流入負荷量及びその形態は把握できていない。 現地調査によって、負荷量と有機・無機比率を定量的に把握する。 代表地点での現地調査によって、負荷量の実態およびその形態を把握する。 	中小河川、豊川用排水路、湾直流入域等	現地観測	平常時・降雨時（灌漑期・非灌漑期の各1回程度）	〃	<ul style="list-style-type: none"> 愛知県（環境部・建設部） 		
C	沖合における底泥と直上水との関係	溶出速度の精度向上及び出水や赤潮に伴う底泥からの溶出速度、酸素消費速度の変化	<ul style="list-style-type: none"> 雨天時の下水処理場からの越流による負荷については、既存研究から得られた原単位を用いて算出した。 調査・ヒアリング等によって実測値等を得ることにより、越流負荷の精度向上を図る。 	合流式下水道雨水吐等	現地調査ヒアリング調査	出水時2回	BOD、COD、SS、T-N、I-N、T-P、I-P、TOC	<ul style="list-style-type: none"> 愛知県（環境部・建設部） 	
		現在、平均海面下5m以深での溶出速度は1986年の実験結果（14日間）を設定しているが、1～2日程度の最新の実験期間の条件下で溶出実験を実施すべきである。	河口～沖合部4～5地点	室内実験	平常時と出水後及び赤潮発生後	栄養塩類溶出速度 底泥の酸素消費速度 C、Nの安定同位体比	<ul style="list-style-type: none"> 豊橋河川事務所 三河港湾事務所 愛知県水産試験場 名古屋港湾空港技術調査事務所 		
D	湾口部における境界条件	湾口部における流出入水量、水質	<ul style="list-style-type: none"> また、底泥からの栄養塩類の溶出速度、底泥の酸素消費速度は、新生堆積物の量や発生由来によって変化すると考えられる。 室内実験や現場測定によりこれらのデータを取得することで、現象解明を進める。 	湾口部	連続観測（採水分析）	年1回（夏季）	流向・流速、水温、塩分、濁度、COD（PCOD、DCOD）、SS、DO、T-N、I-N、PON、DON、T-P、I-P、POP、DOP、TOC、Si（SiO ₂ -Si）等	<ul style="list-style-type: none"> 愛知県水産試験場 愛知県環境部 三河港湾事務所 名古屋港湾空港技術調査事務所 第四管区海上保安本部 	
E	河口での土砂堆積量	河口での土砂堆積量、堆積土砂の性状	<ul style="list-style-type: none"> 矢作川河口部においては、土砂が堆積傾向にあることが既存資料整理から明らかとなった。それら堆積土砂の堆積量、粒径、性状等について把握し、土砂供給機構について現象解明を進める。 	矢作川河口部	現地観測	年2回（平常時の3月と出水後10月）	地盤測量 粒度組成、COD、強熱減量、T-N、T-P、含水比等	<ul style="list-style-type: none"> 豊橋河川事務所 	

注1) 酸素消費速度の室内実験は、閉鎖系で実施されるため現場の水環境を再現できず、実験方法の欠点が指摘されており、精度向上のため渦相関法を適用した現場型自動計測機器(桑江ら(2006))による検討も進めることが望ましい。

8.4 研究プラットフォームの検討

栄養塩管理には、淡水や栄養塩等の供給と水産資源や親水性の享受など相互に関係しあう流域と湾域が連携した「湾の総合的管理」の視点に立つことが求められる。この視点とこれまでの検討結果をもとに、今後の栄養塩等の管理施策への展開につなげる研究開発を行うために必要な研究プラットフォームを検討した。なお、研究プラットフォームの内容は研究開発の課題・戦略、研究体制の要件（国土交通省河川局以外の他機関の連携を含む）、情報蓄積と共有方法等とした。

① 既存の枠組み

既に伊勢湾・三河湾では、流域から湾域に至る国・関係公共団体など各種機関が連携して伊勢湾再生推進会議、三河湾流域圏会議を発足させており、それぞれの行動計画については策定済あるいは策定途上である。また、「伊勢・三河湾流域ネットワーク」など、流域・湾域の市民・NPOが一体となったネットワークが既に設立されており、貧酸素水塊の一斉モニタリングなども実施されている。

② 本研究WGでの経緯

本研究WGでは、ケーススタディとして三河湾域について詳細な情報を収集・再整理し、インパクト・レスポンス、機構間のつながりなどの機構解明を行い、三河湾を対象とした物質循環の視点に立った健全な沿岸域生態系の再生シナリオについて検討を行った。また、望ましい目標像を設定し、そのための施策の方向性についても、三河湾の生態系モデルを構築して詳細に定量的に検討を進めてきた。

今後、研究成果や再生シナリオに伴う施策の考え方については、各機関が調整を図りながら各種計画などに盛り込み、定期的に再生のための施策効果を把握し、更なる対策に反映していくことが望まれる。

③ 基盤整備の提案

今後は、本研究WGでの成果や課題を踏まえて、三河湾の再生目標の達成に向け、行政機関、学研機関、市民・NPO等様々な機関が連携して、総合的な対策を有機的に活用・推進することが必要である。このためには、技術的、政策的課題に十分検討して応えるコアメンバーで構成するチームを組織すること、定期的に施策の効果を把握し、不明な機構解明についてモニタリングを実施することが不可欠である。そこで、本研究WGを発展させ、国や地域の学研機関などが参加して、以下のような施策実施・評価のための基盤となるプラットフォームを構築した上で再生対策を推進していくことを提案する。

- ・モニタリング結果の施策評価への活用（総合的な解析と評価）
- ・施策の総合的な解析および個々の効果評価

- ・ 施策評価により、今後の優先順位についての判断材料を提供
- ・ 既存の施策やモニタリングの活用・補完など有機的なネットワークを戦略的に展開
- ・ 既存データベース（伊勢湾環境データベース）を活用した情報共有化
- ・ 三河湾での生態系の大きな問題である貧酸素水塊を直接予測するためモデルの精度向上

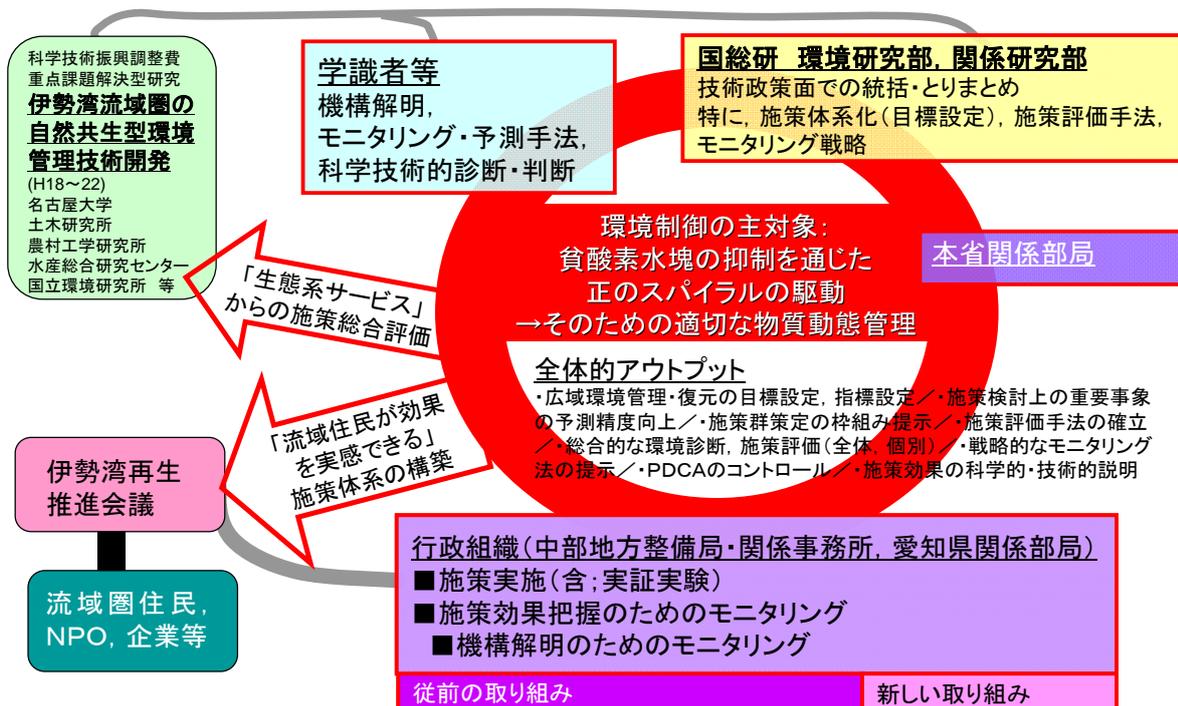


図 8.4.1 プラットフォーム案の構成図(プラットフォームは赤枠・赤丸の部分)