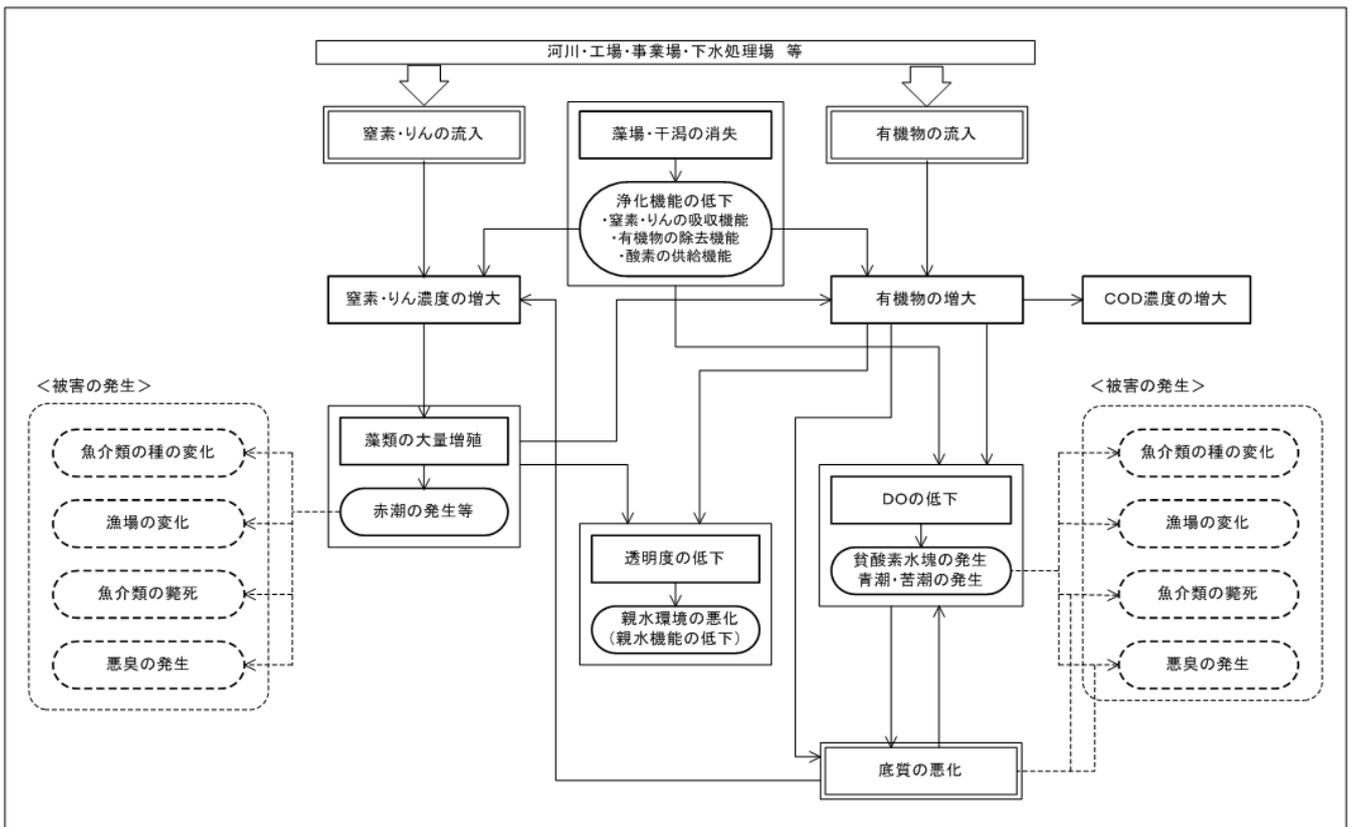


水質汚濁メカニズム

1. 閉鎖性海域の水質汚濁メカニズム

閉鎖性水域においては、外海と海水が交換しにくいいため、汚濁物質が海域内部に蓄積しやすい。また、夏期には、海面の水温上昇と河川からの淡水の流入により成層構造が発達し、海水が鉛直方向に混合しにくくなるため、底層のDOが低下しやすくなる特徴を有している。このため、閉鎖性海域においては、COD、窒素及びリンの濃度が外海と比較して高く、赤潮や貧酸素水塊といった海域環境保全上の問題が発生している。

閉鎖性海域における水質汚濁に影響する主な要因には、陸域（河川、工場・事業場・下水処理場等）からの有機汚濁物質及び栄養塩類の流入、河川からの淡水の流入、有機物の内部生産、沈降、堆積及び分解、底泥からの栄養塩類の溶出、外海との海水交換、潮流による海水の移動・攪拌などがある。その他、水温、日射量等の気象条件、生物による食物連鎖、漁業による海域からの取り上げ、嫌氣的条件下での脱窒などが複雑に影響している（図 3-1）。

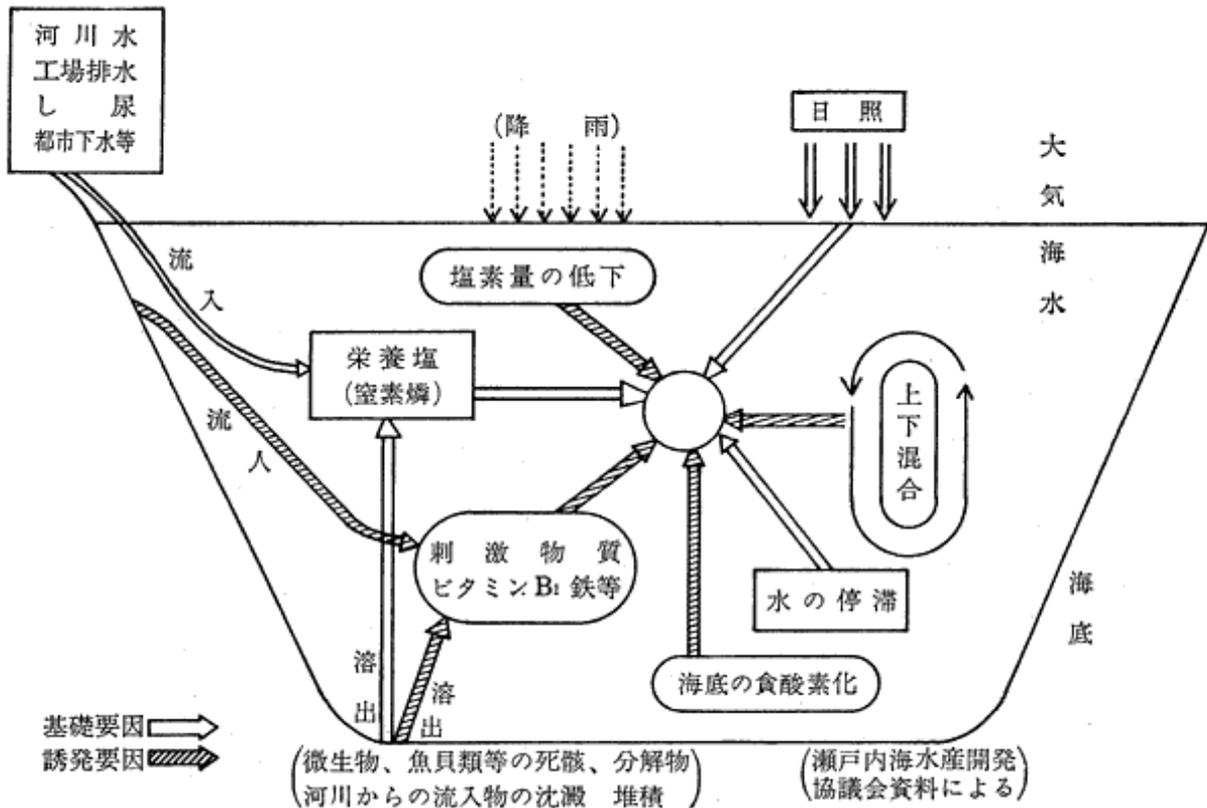


資料：第7次水質総量削減の在り方について諮問関係資料 編

図 3-1 閉鎖性海域の水質汚濁メカニズム

2. 赤潮の発生機構

内湾における赤潮は、海水が成層化し、海水の上下混合が起こりにくい状態において、プランクトンの増殖に必要な十分な日照と窒素・りん等の栄養塩類の供給があるという基礎的要因のうえに、降雨、河川水の流入による塩素量の低下に伴う物理的的刺激またはプランクトンの物質吸収の増大あるいは河川水の流入による刺激物質の補給、海底の貧酸素化による胞子の発芽の促進または刺激物質の溶出と攪拌、ビタミン B₁、B₁₂ 等のビタミン類、鉄、コバルト、ニッケル等の微量金属類、パルプ廃液、微生物や蛋白質の分解生成の添加等といった誘発要因が加わって発生するものと考えられる（図 3-2）。



区分	要因	内容
基礎要因	栄養塩の供給	陸域からの流入または底質からの溶出により供給
	日照	増殖に必要な日照
	水の停滞	夏期の成層期及び弱風時など
誘発要因	塩素量の低下	出水時後など河川等からの淡水供給
	刺激物質の供給	陸域からの流入または底質からの溶出により供給
	海底の貧酸素化	底質からの溶出が促進され、栄養塩・刺激物質の供給に関与

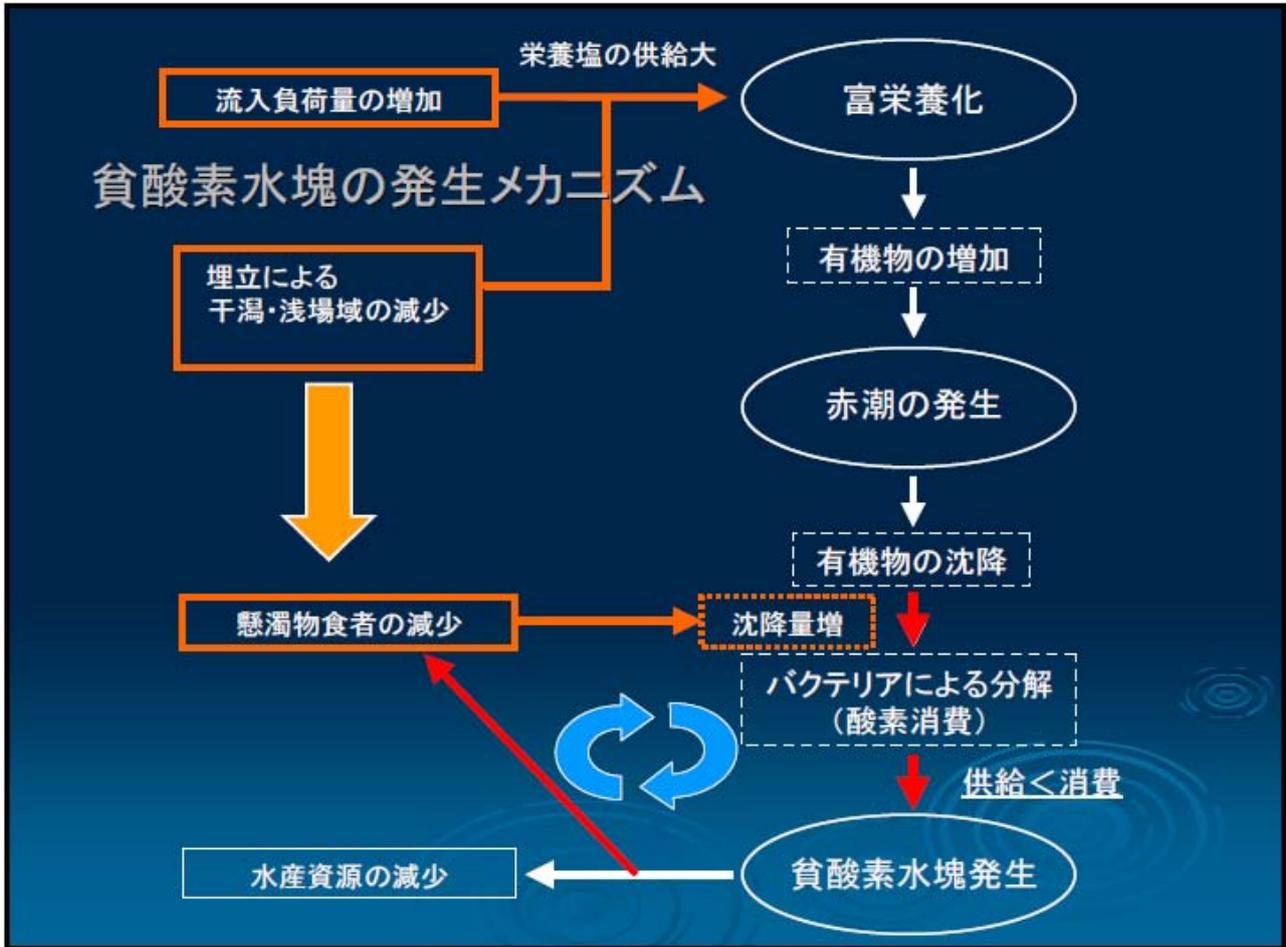
資料：「環境白書 昭和 47 年版」（環境庁）より作成

図 3-2 水質汚濁メカニズム（赤潮の発生機構）

3. 貧酸素水塊の発生機構

河川からの負荷量の増加や、埋め立てによる干潟・浅場域の減少によって富栄養化し、赤潮が発生し始めると、大量の有機物が沈降し海底に堆積する。堆積した有機物はバクテリアにより無機化されるが、この時、酸素が消費され、酸素の供給が消費に追いつかなくなると、貧酸素水塊を発生させる。また、埋め立てにより干潟・浅場域が減少することで、そこに生息する二枚貝など、水中の懸濁態有機物を取り込む懸濁物食者が減少するので、堆積していく有機物の量が増加し、酸素消費が大きくなると考えられる（図 3-3）。

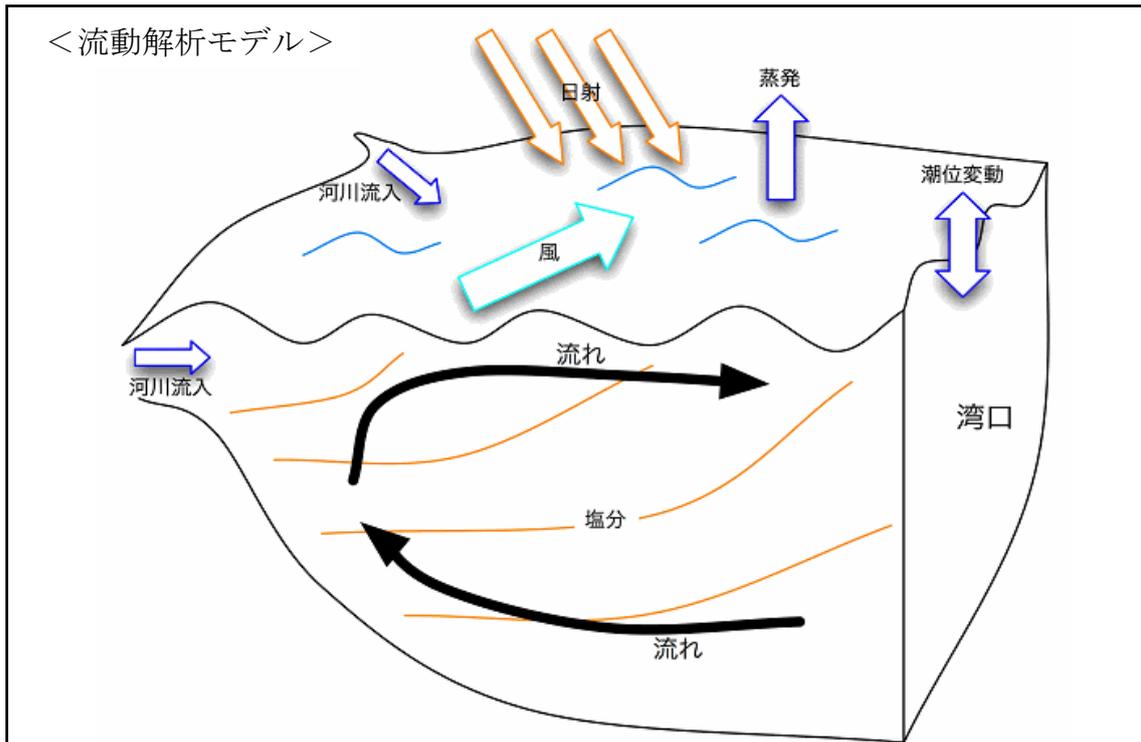
千葉県水産総合研究センターでは、東京湾における貧酸素水塊の分布予測を行い、その結果を「貧酸素水塊速報」として公表している。分布の予測におけるシステムは、流動モデルと、水質・低次生態系モデルにおり構築されている。まず、流動モデルに風、日射、河川流入、潮位などの条件を与えて、東京湾の流れと水温・塩分の構造を推定し、その推定結果を基に、動植物プランクトンを中心とした低次生態系の物質循環を再現し、その結果から溶存酸素量（貧酸素水塊）の推定を行っている（図 3-4）。



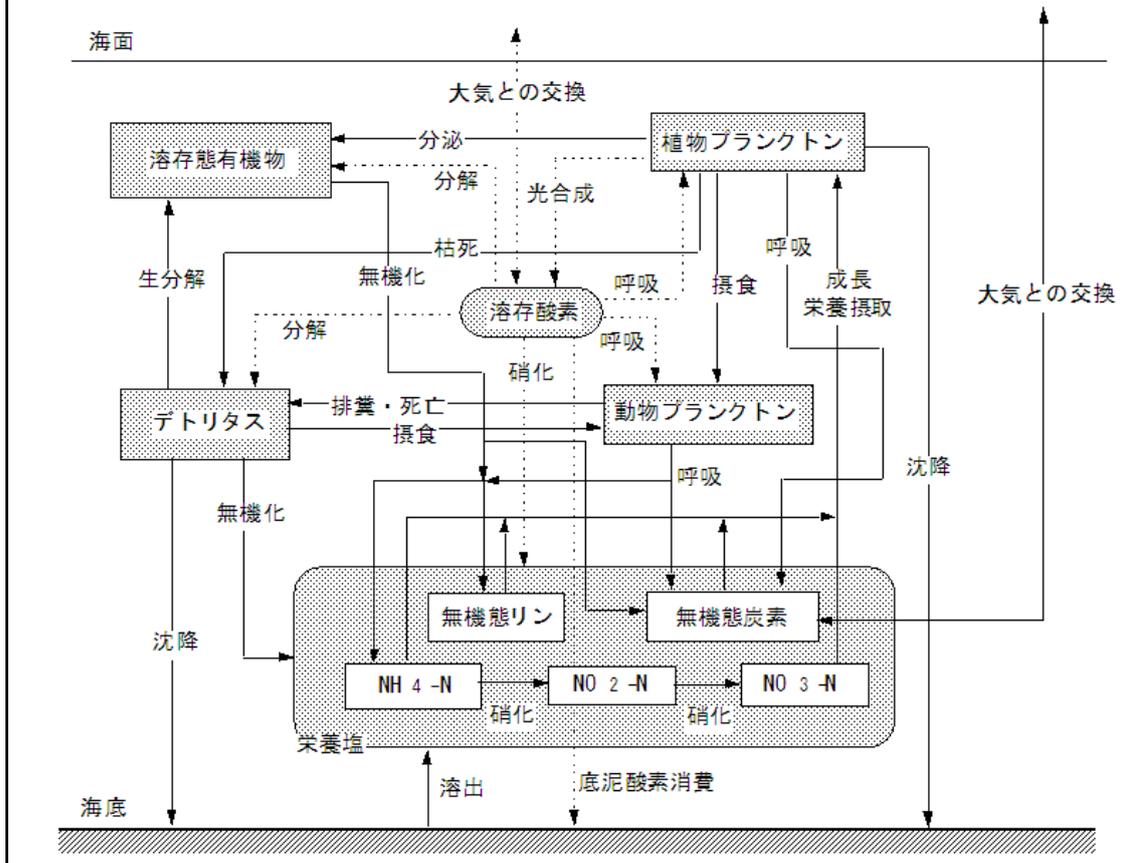
区分	要因	内容
直接要因	酸素消費過多	酸素供給量に対し酸素消費量が過多になることにより生じる
減少要因	バクテリアによる分解	底質の有機物などをバクテリアが分解する際に酸素を消費する
	硝化作用	アンモニア性窒素が硝化作用により酸素が消費される
	生物による呼吸	生物の呼吸により酸素を消費する
	大気への放出	大気と海水の境界面から大気に放出される
	外洋への流出	外洋との海水交換のうち流出分
増加要因	光合成による供給	植物プランクトンの光合成活動による供給
	大気からの溶解	大気と海水の境界面から水塊に溶解される
	外洋からの流入	外洋との海水交換のうち流入分
	陸域からの流入	河川等を通じ陸域からの流入分
誘発要因	上下混合の減少	夏期の成層期において上下混合が減少し、底層への酸素供給が阻害
	底質への有機物供給量増加	動植物などが死滅し、底質に有機物が沈降する
	→プランクトンの増加	植物プランクトンが増殖することにより、有機物の沈降量が増加する
	→富栄養化	富栄養化により、植物プランクトンが増殖する
	→陸域からの流入	陸域からの栄養塩が流入することで富栄養化する
	→底質からの溶出	底質が貧酸素状態になることで栄養塩が溶出し易くなる
	干潟・浅場の減少	干潟・浅場が減少することで海域の浄化機能が低下する

資料：「三河湾における貧酸素水塊形成過程に関する研究 中田喜三郎」より作成

図 3-3 水質汚濁のメカニズム（貧酸素水塊の発生メカニズム）



<水質・低次生態系モデル（貧酸素水塊解析モデル）>



引用：「貧酸素水塊分布予測システムのイメージ」（千葉県水産総合研究センター）より

図 3-4 水質汚濁のメカニズム（貧酸素水塊発生のメカニズム）

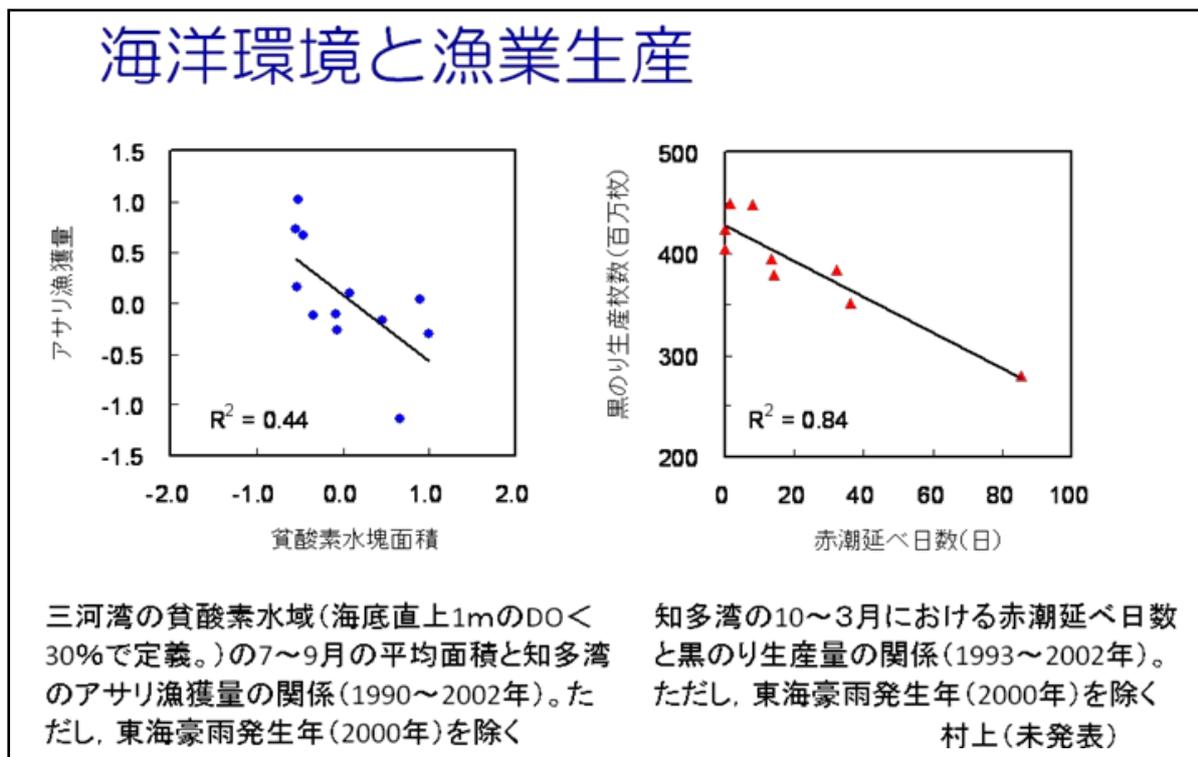
4. 水産資源への影響

赤潮や貧酸素水塊は漁業生産に悪影響を及ぼすことが経験的に知られている。その一例として、三河湾における貧酸素水域（海底直上1mの溶存酸素飽和率 30%未満をいう。）の7～9月の平均面積と知多湾におけるアサリ漁獲量の関係(1990～2002年。ただし、一時に大量に有機物の流入が起こった東海豪雨発生年の値を除く。)によると、夏季貧酸素水塊面積が大きい時にはアサリ漁獲量が少ない傾向が見られる(図3-5 左図)。

また、ノリ養殖期間である10月～3月の知多湾における赤潮延べ日数と黒ノリ生産枚数の関係では、赤潮の延べ日数が増加すると黒ノリの生産枚数が減る傾向にある(図3-5 右図)。1980年代後半から低栄養塩下で増殖し、赤潮状態が長期にわたって続く *Eucampia zodiacus* という大型の珪藻の赤潮がめだつようになってきている。

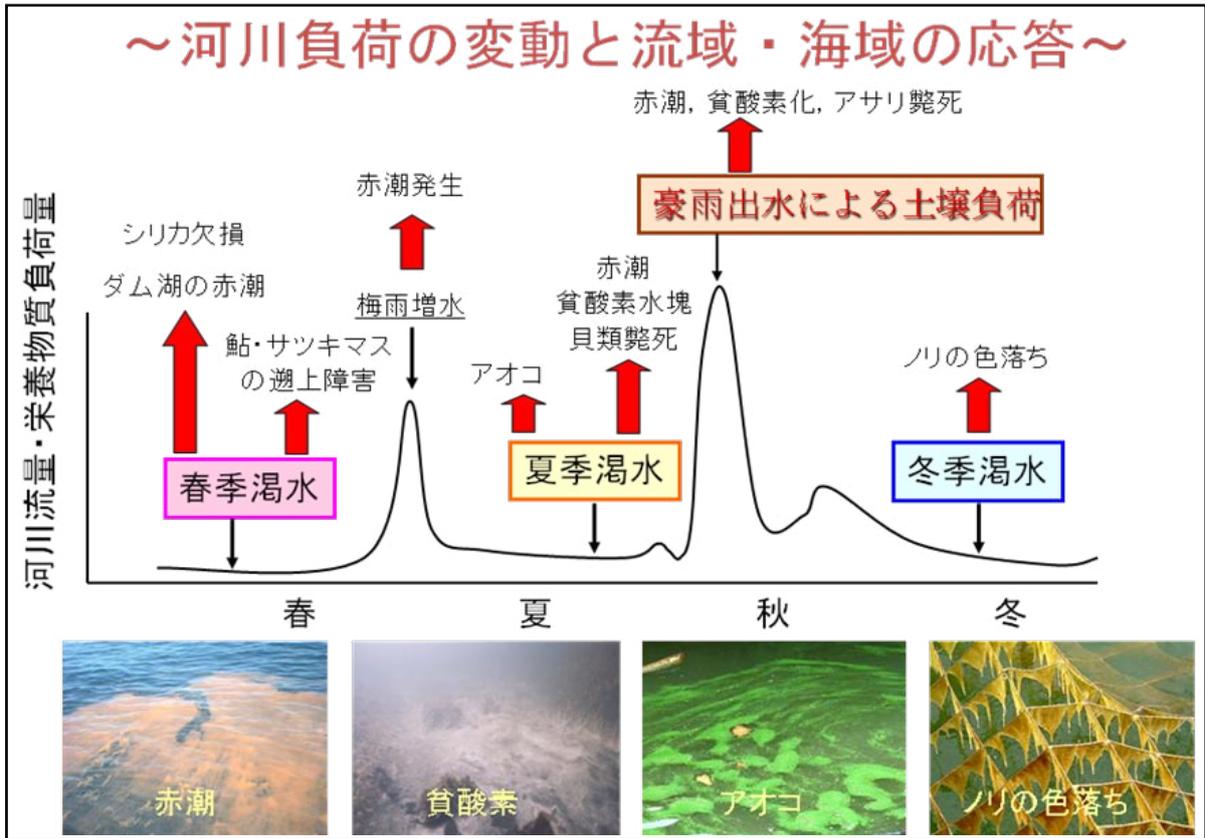
河川からの流量の季節的变化は、海域への栄養物質負荷の量だけでなく質にも影響を及ぼし、それらの季節変化を通じて漁場環境に影響を及ぼす可能性がある(図3-6)。

過剰な栄養塩負荷は貧酸素水塊の形成や珪藻赤潮の発生をもたらすが、近年、冬季に栄養塩濃度が低くても増殖できる種類の珪藻赤潮が出現し、ノリ色落ちの原因となっている。また、近年のN/P比ならびにSi/N比の変化や海域の循環の弱まりによって、珪藻よりも生長速度が遅い鞭毛藻の赤潮が形成されやすくなっているとの指摘もある。漁場環境の保全のためには、陸域からの負荷削減以外の部分にも目を向けた水質保全策が必要である(図3-7)。



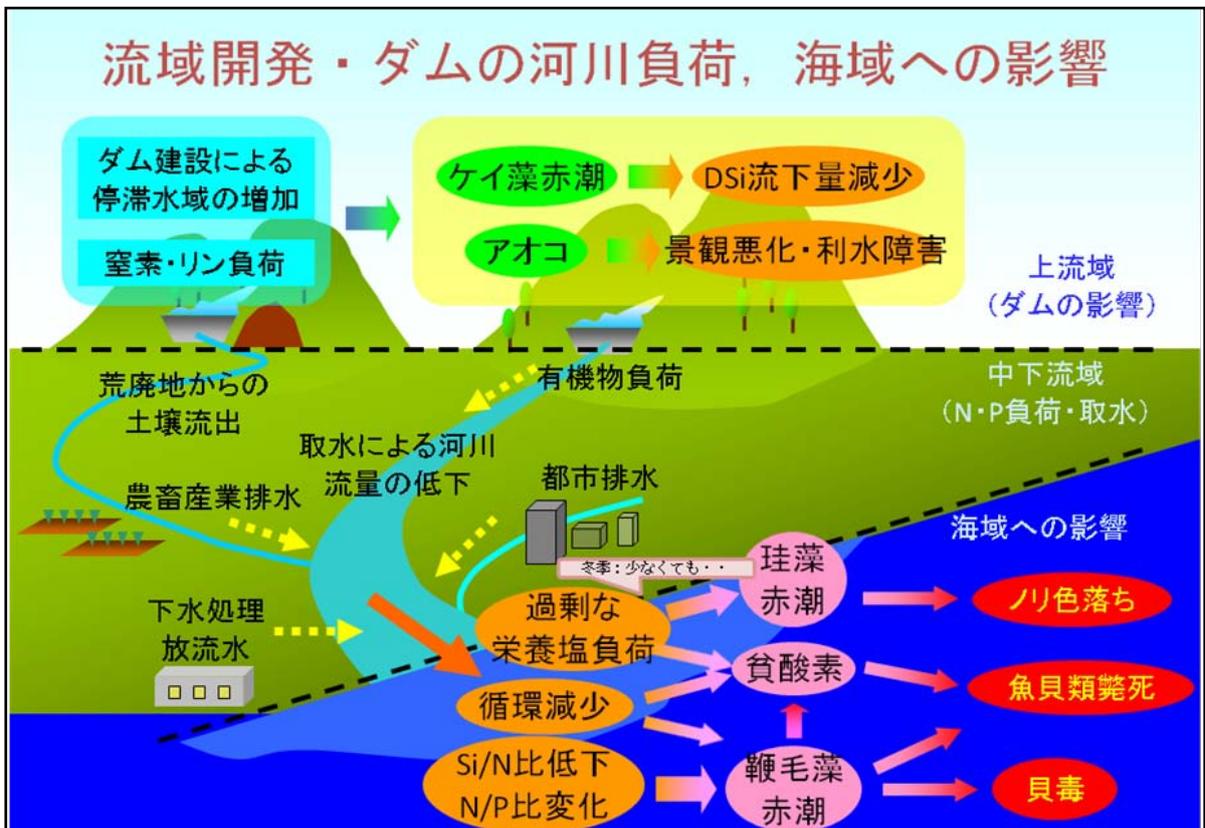
資料提供：独立行政法人 水産総合研究センター中央水産研究所 作成

図 3-5 海洋環境と漁業生産



資料提供：独立行政法人 水産総合研究センター中央水産研究所 作成

図 3-6 河川負荷の変動と流域・海域の応答



資料提供：独立行政法人 水産総合研究センター中央水産研究所 作成

図 3-7 流域開発・ダムへの河川負荷、海域への影響