

濁りの発生とその監視 システム

古土井 光 昭

1. は じ め に

港湾工事等においては、航路や泊地の浚渫、防波堤等の床掘・置換、さらにはマウンド造成のための盛砂等濁りが発生する工事につきものである。これらの発生した濁りが生物の生態や海域環境にどのような影響があるかについては、生息する生物の特性や海域環境の特性によっても異なり、現段階で十分に解明されているとはいえない状況にある。しかし、海藻類等のように微細な土粒子が付着することによって活力が減退する生物が存在することは確かであり、そうした意味から、工事に伴ういわば人為的な環境負荷としての濁りは小さければ小さいほどよいといえよう。

各地で実施されている既存の港湾工事等においてもこのような観点から、周辺の海洋環境の特性に応じて、濁りの発生を低減させるような工事の手順や工法、施工機械の採用、濁り拡散防止膜等防止対策の実施等各種の工夫がなされている。それと同時に、発生した濁りを監視して、工事に反映させていく体制を整備している場合も多い。

関西国際空港計画は、近畿地区の航空需要の増大に適切に対処するとともに、大阪国際空港の騒音問題を抜本的に解決するために、大阪湾の泉州沖 5 km に人工島を造成して空港を整備しようとするものである。したがって、空港の工事や運用にあたって新たな環境問題が生じないよう万全の措置を講ずる必要があり、人工島造成工事に伴って生ずる濁りの発生についても、多方面からの調査・研究成果をもとに各種の工法上の工夫に加えて、他に例を見ないほどの水質監視システムを構築している。

ここでは、関西国際空港プロジェクトに関連して行われた調査成果をもとに、海域の濁りと濁り拡散の予測法と課題について述べ、環境保全の積極的対応としての環境監視システムのあり方についてとりまとめた。

本文の構成は次のとおりである。

1. は じ め に

2. 海域の濁り

2.1 濁りの定義

2.2 濁りの原因と状況

3. 濁り拡散の予測

3.1 濁り拡散の予測方法

3.2 濁り拡散の予測条件

3.3 数値シミュレーションの再現性

4. 濁りと監視システム
 - 4.1 監視の考え方と監視計画
 - 4.2 監視計画のケーススタディ
5. お わ り に

2. 海域の濁り

2.1 濁りの定義

関西国際空港等の大規模な埋立等の工事に伴う土砂の濁りが、海域環境に及ぼす影響については、環境アセスメントの一環としてその影響を事前に予測する必要がある。濁りを予測するには、濁りを適確に表現できるような指標が必要であり、この指標によって定量的に表わされなければならない。

濁りの指標を決定する前に濁りとは何かを定義づける必要がある。そこで「海水の濁りは溶存物質と懸濁物質とによって海水の光学的な清澄さが損われている状態をいう」と定義した。したがって、濁りという言葉の概念には、清澄さが損われているという光学的な状況とその原因となる物質が溶存や懸濁の形で存在しているといういわば実体的な要素とが同時に含まれている。

濁りの指標としては①濁度、②透明度、③水中照度、④水色、⑤懸濁物質（SS）などを用いることができる。“工事に伴う土砂による濁りの影響の把握”という目的からみれば光学的というよりは実体的な面に重点がある。港湾工事などで濁りの予測や監視調査などで用いられる指標はSS（単位mg/ℓ）である。海域の場合には濁りに関する「環境基準」は定められていないが、水産サイドでは「水産用水基準」にSSを指標として基準を定めている。したがって、SSが定量的であるということと合わせて最もよく使われる指標となっている。SSは結果を得るには時間と費用を要するため、その短所を補うことのできる指標が必要である。このため、測定が迅速かつ容易であり、光学的にも重要な量であるとともに、実体的な面（例えばSS）との対応も良いという点で濁度（光束消散係数）を取り上げるのが最も適当であると考えられる。特に環境監視を念頭にした場合、同時に簡単に素早く測定できることが重要な条件の一つであり、さらに、SSの分布状況も把握することもできるということからも濁度が指標となることが可能である。

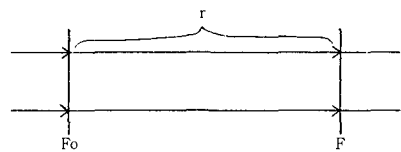
しかし、この濁度の測定だけでは濁りの実体（原因物質）は必ずしも明確とはならない。濁度はいわば濁りの量の指標であって、濁りの質の指標では必ずしもない。したがって、その質が問題となるときはそのための特別な措置が必要である。このため濁度の測定と同時にクロロフィル量、強熱減量、全有機炭素およびSi, Fe, Al, Mnなどの無機成分の測定を行ない、海中の溶存および懸濁物質の組成に関する情報を得ることが重要である。

濁度は、平行光束の消散係数 $C(\lambda)$ で表わされ、次式で定義される。

$$F(\lambda) = F_0(\lambda) e^{-C(\lambda)r} \dots\dots\dots(1)$$

ここで、 $F_0(\lambda)$ は入射光束、 $F(\lambda)$ は距離 r における光束、 λ は波長である。

海水の濁度 $C(\lambda)$ は海水自身、懸濁物質および溶存物質による吸収と散乱によって決まるので次式のように書くことが出来る。



図－2.1 濁度の定義

$$C(\lambda) = C_w(\lambda) + C_p(\lambda) + C_y(\lambda) \dots\dots\dots(2)$$

$$C_w(\lambda) = a_w(\lambda) + b_w(\lambda) \dots\dots\dots(3)$$

$$C_p(\lambda) = a_p(\lambda) + b_p(\lambda) \dots\dots\dots(4)$$

$$C_y(\lambda) = a_y(\lambda) + b_y(\lambda) \dots\dots\dots(5)$$

ここで a_w, a_p, a_y はそれぞれ海水自身、懸濁物質、溶存物質の吸収係数であり、 b_w, b_p, b_y はそれぞれそれらの散乱係数である。単位はいずれも m^{-1} である。

埋立工事によって土砂を投入した海域の濁度は、次のようになる。

$$C = C_w + C_p + C_y + C_{po} \dots\dots\dots(6)$$

ここで C_{po} は投入土砂による濁度であり、投入場所付近では C_{po} は C_w, C_p, C_y に較べてかなり大きいので $C = C_{po}$ と考えられ、通常 $a_{po} \ll b_{po}$ であるのでこの場合は $C \approx b_{po}$ 即ち投入土砂による散乱係数にはほぼ等しい(この散乱係数は波長依存性が極めて小さい)。しかし、投入場所から離れるに従って、沈降と拡散により、 b_{po} の寄与は相対に小さくなり、既存の自然状態の懸濁及び溶存物質の効果が無視出来なくなる。したがって、どこまでが投入土砂の影響であるかの判定はかなり困難である。

濁度の表示について、分析法でよく知られているのは「濁度とは、水の濁りの程度を示すもので、精製水 1 ℓ 中に標準カオリン 1 ㏎を含むときの濁りに相当するものを 1 度(カオリン)(または 1 ㏎ / ℓ)という。」である。これは濁りの状態を数値化したもので、わが国では上水試験方法(1978)、下水試験方法(1984)、工業用水試験方法 JISK 0101(1966)、衛生試験法(1980)などがこの方法を採用

表－2.1 濁度の各種試験方法の名称及び方法等

	視覚による方法	光学機器による方法	カオリンを用いた表示単位
工場用水試験方法 JIS K 0101	視覚濁度(暗箱比色管)	透過光濁度 散乱光濁度 積分球濁度(散乱と透過の比)	度(カオリン)
下水試験方法	視覚濁度(暗箱比色管)	積分球濁度(散乱と透過の比)	度(カオリン)
上水試験法	透視比濁法(暗箱比色管) 透視度法(透視度計)	光電光度法 ┌ 透過光測定法 ├ 散乱(反射)光測定法 └ 積分球式光電光度法 (散乱と透過の比)	度または mg / ℓ
衛生試験法	透視比濁法 ┌ 標準系列比濁法(暗箱比色管) └ 十字標識板による透視度法 (透視度計)	光電光度法 積分球式光電光度法 (散乱と透過の比)	度または mg / ℓ

している。表－2.1 に各種の試験方法を比較しているが、細かい点では若干の違いはあるが、原理的には同一の方法を用いており、差はほとんどない。

海水中の濁りの指標としての濁度は、通常港湾工事などの場合では工業用水試験法(JIS)の濁度を用いて測定していることが多い。現場用の測定機器も透過光測定法を利用した水中濁度計が市販されてい

る。測定値の評価も度（カオリン）をそのまま測定結果として示す場合がほとんどである。この場合の濁度は、あくまでも濁りの度合をカオリンに換算したときの数値であり、海水中の懸濁物質（SS）を表わしたのではない。

海水中の懸濁物質（SS）を推定するにはSSと濁度の関係を求めておくことが必要である。しかし、その関係は場所、時間、深さなどによって変化するので頻りに求めておかねばならない。実際には光の透過率を測定し、算出した光束消散係数とSSとの関係を現場で把握し、SSを推定するのが望ましい。

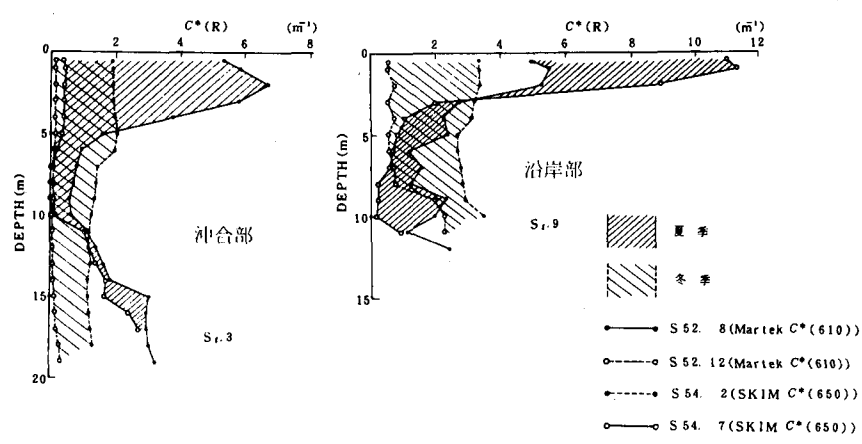
現場で用いられる水中濁度計は、海水中の一定長の光路を透過する平行光束についての透過率、すなわち光束透過率 $T(\lambda)$ を測定して光束消散係数 $C(\lambda)$ を求める光束透過率計である。（ $T(\lambda) = F(\lambda) / F_0(\lambda)$ ）したがって、 $C(\lambda) = 1/r \cdot \ln(1/T(\lambda))$

2.2 濁りの原因と状況

海中の濁度は海水自身による吸収および散乱の他に海中に多く存在する有機、無機懸濁物による吸収、散乱や溶存有機物による吸収の総合的な結果であるから、海中に含まれる物質の質や量が時空間的に変動する場合には濁度も時空間的に変化する。

自然状況下における濁りの変動要因としては、一般に次のことが考えられる。

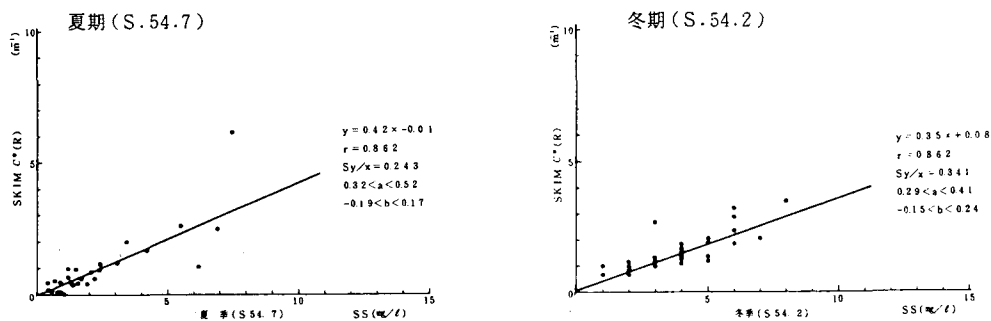
- ①プランクトン等の生物的要因による濁りの発生と消滅
- ②潮流、恒流、密度流、鉛直流等の物理的水塊構造による懸濁粒子、沈降粒子の移動（底層流による底泥の再浮上あるいは海底付近の懸濁粒子の移動を含む）
- ③河川水等の陸域からの濁りの負荷の拡散と沈降
- ④波浪による浅海域の海底泥の舞い上がりあるいは海底付近の懸濁粒子の移動



図－2.2 濁度の鉛直分布

大阪湾における沖合部と沿岸部における濁度の鉛直分布を図－2.2に示す。

濁度と海中懸濁物との関係は、海中に存在する物質の組成や粒子の大きさによって変る。図－2.3は大阪湾における濁度と海中懸濁物（SS）との関係を示す実測例である。夏季、冬季とも相関係数は0.8以上



濁りの拡散の数値シミュレーションは近年急速に発展してきたが、解析解による方法に比べ、濁りの発生条件、流れの取扱い、地形境界に対する順応性などの点では数値シミュレーションに分がある。水理模型実験に較べれば、数値シミュレーションでは物質拡散、計算の誤差や安定性の問題、モデル開発に高度な技術を要するなどの問題はあるが、水理模型実験の場合のような相似律、模型歪（鉛直縮尺の水平縮尺に対する比）、計測、トレーサ、結果の再現性などの問題がないこと、条件の設定や変更が容易であることなどの点で最近では数値シミュレーションが頻繁に利用されるようになっている。

濁りの拡散は、発生源より発生した土砂粒子が、流れによる移流、乱れによる拡散および土粒子自身も沈降によって三次元的に拡がるものとして取扱っている。

流れに対しては、非圧縮粘性流体の連続式および水平・鉛直の運動方程式を基本式とする。一方、濁りの拡散に対してはフィック型の拡散方程式が用いられる。

拡散計算において、濁りを構成する土砂の粒子は流れによる移流、拡散および粒径に応じた沈降をするが実際的にはいくつかの粒径群に分けられ、その粒径群に応じた代表沈降速度で沈降するものとして個別に濃度分布を計算し、その濃度に関しては線型重ね合わせが可能であるとして、混合粒径の土砂濃度が求められている。

濁り拡散の度合いは、土粒子の粒径（沈降速度）と流れの大きさ（乱れの強さ）に支配される。流れ・乱れが強く土粒子の粒径が小さければ沈降する量が少く遠くに運ばれる。逆に、流れ・乱れが弱く土粒子の粒径が大きくなれば沈降の比率が高くなって拡散範囲は小さくなる。

いま沈降速度と土粒子径との間にストークスの法則が適合するとすると、海水の温度 20°C 、土粒子の密度 2.65 で粒径 1 ミクロン（ 10^{-4} cm ）の粒子の沈降速度は約 10^{-4} cm/s である。沈降速度は粒径の自乗に比例するので、水深 20 m を沈降するに要する時間は 10 ミクロン径で 55 時間、100 ミクロン径で 30 分、1 ミリ径で 20 秒となる。したがって、1 ミリ径以上では直ちに沈降するため濁りの拡散はほとんど関係せず、また数ミクロン径以下ではほとんど沈降しないため沈降による鉛直分布よりは移流、拡散による水平分布が重要となる。

数値シミュレーションにおいて、沈降の効果により鉛直分布を考慮する必要のある粒径 10 ミクロンから 100 ミクロンのオーダーの“沈降しにくい”土砂に対しては三次元モデルを用い、粒径 10 ミクロン以下の“沈降しない”土砂に対しては二次元平面モデルで広域を対象領域とし水平分布の計算がされる。

三次元モデルにおいては、多層の水平流速成分、鉛直流成分、鉛直渦など細かい流れが計算でき、濁りも水平のみならず鉛直分布も計算できる。この三次元モデルは“沈降しにくい土砂”を対象としたもので、海面から海底までの沈降時間が潮汐周期の 0.1 から 10 倍の範囲を対象としているため、計算領域はこの間の水平総流量の大きさから決められ、通常の場合数 km 程度の範囲に限定できる。

表－3.1 に関西国際空港計画調査において開発された予測モデルとその特徴を示す。

表一 3.1 関西国際空港計画調査における開発モデルとその特徴

モデル名	特徴	適 用 性
① 流れモデル 1 (陰解法)	格子間隔が小さい場合でも比較的大きな時間刻みで計算ができるが、領域の形状により大容量の計算となる。	
② 流れモデル 2 (陽解法)	水深方向の格子数が少なく、領域が正方形に近い場合有利であるが、格子間隔が小さい場合には有利でない。	
③ 土砂拡散モデル 1 (陰解法)	定常的な濃度分布になるのに要する計算時間は時間刻みと平均繰返し回数とによって決る。疑似拡散の導入は収束条件に対しては不利である。	
④ 土砂拡散モデル (陽解法)	時間刻みは流速、拡散計数、沈降速度により決る。沈降速度が小さい場合には定常的な分布になるまで時間を要する。	
⑤ 成層時の流れモデル	夏季の成層時の流れを計算するもので、レイヤーモデルとレベルモデルとを組合わせたものである。水深や地形が複雑なところで計算不安定を起しやすい。	
⑥ 成層時の土砂拡散モデル	成層時に境界面付近に分布する土砂濃度を計算する。境界面での土砂の取り扱いが難しい。	
⑦ モンテカルロ法	拡散方程式に依らず、粒子を乱数発生させて濃度分布を求める。舞い上がりや障害物周辺での濃度分布をモデル化しやすいが、乱数発生のための計算時間が大部分を占めるため、所要量の乱数を効率的に発生させる必要がある。	
⑧ MAC法 (I)	質通マーカー及び境界マーカーを移動させることにより、流れや物質濃度を計算する。投入瞬間の土砂拡散等過渡的現象の表現在優れている。	
⑨ MAC法 (II)	MAC法 (I) は円筒座標系を用いたが、MAC法 (II) では二次元座標系を用いて開発した。また、MAC法 (I) にはない機能として、一般流を考慮できる不等距離格子法を採用、負荷の連続投入に対応できる、堆積厚を計算できる等を追加した。一般流のもとでは疑似拡散による分布の非対称性が見られる。	
⑩ 三次元解析解	三次元の解析解モデルで任意時刻の任意点の拡散を落下、崩壊、拡散の平均濃度を求めることができる。解析解であるため地形表現が難しい、また、1点の予測にかかると計算時間は短い、予測地点の数、負荷点の数、予測時刻の数に比例して計算時間が増加してしまう。	
⑪ 土運船投入モデル (I)	土運船から瞬間的に放出された土砂の拡散を落下、崩壊、拡散の3段階に分けて予測する。各段階の移行時の取扱い、流動場の取扱いが難しい。	
⑫ 土運船投入モデル (II)	土運船投入モデル (I) で土運船からの土砂放出が連続的な場合を取り扱う。	
⑬ 土運船投入モデル (III)	鉛直方向の運動方程式も考慮し、鉛直流の計算も行うモデルであるが、計算式が複雑であり、計算結果の表現が従来モデルと整合性がとれず解釈が難しい。	

3.2 濁り拡散の予測条件

予測計算にあたって、現場の流れを再現することが重要であり、淡水流入量、水深及び潮流に関する条件によって、流れが決定されればこれを用いて濁りの計算に移る。濁りのシミュレーションは濁りの発生源となる土砂の粒径加積曲線から設定した各代表粒径毎にSSの負荷量を与え(発生原単位)、拡散計算を行っている。沈降速度は、その代表粒径について与えられ計算タイムステップ毎に負荷量の何%かが減少していき、粒径毎の計算結果が足し合わせて全土砂に対する拡散計算結果を導いている。したがって、予測計算にあたっては濁りの発生原単位、沈降速度及び施工モデル等を適切に与えなければならない。

① 濁りの発生原単位

濁りの発生原単位は、既往の調査結果を基に取扱い土砂の性状、現場の平均的流況及び施工条件等を勘案する必要がある。表－3.2に例として「関西国際空港建設事業に係る環境影響評価書」で用いた発生原単位を示す。

② 濁りの沈降速度

濁りの計算において沈降速度をどこまで現場条件に近似できるかが重要な事項の一つである。流れ、乱れを伴う海水中での微細粒子の沈降特性については未だ不明なところもあり、現場での観測又は目的に応じた室内試験を通じて推定するのが現状である。

微細粒子の沈降速度または粒度分布の室内試験法としては、比重計法、光透過法、コーンカウンターによる方法のほか、低濃度での測定用としての吸い上げ方法、あるいは大型の沈降筒による円筒法などがある。

比重計法(JISA 1204)あるいはその改変法では、海域で微細粒子が粒子間結合を伴いながら沈降する条件とは大分異っている。また、光透過法では測定高さが小さく、懸濁物質によって、差が大きく、コーンカウンターによる方法では、測定の条件が海域での沈降過程、条件と異なっている。

吸い上げ法または円筒法は懸濁濃度のSS又は堆積したSSを時間的に直接測定して沈降速度を求めるもので、吸い上げ法および円筒法による測定は、高さ40cmから3mまでの各種沈降筒および懸濁濃度について検討されている。海水中を沈降する際に微細粒子が相互に結合して、粒径が次第に大きくなり、沈降距離および懸濁濃度の大きさと関係があることを意味している。したがって、現場海域での微細粒子の沈降速度の見積りにおいてはできるだけ大きい沈降距離をとって、懸濁濃度も濁り発生時に発生点周辺でみられる懸濁濃度(100ppm～1,000ppm)で行うのが望ましいといえる。

室内試験では静水中での沈降実験であり、これが現場海域の流れ、乱れのある中でどのような挙動を示

表－3.2 工種別の層別濁り発生

区分	工 種	濁り発生原単位			濁り成分の分類		
		原単位	層分布(%)			山 土	海底土
			上層	中層	下層	A	B
空港島の施工に係るもの	敷 砂 工 (I)	4 kg/m ³	6	20	74		○
	敷 砂 工 (II)	15kg/m ³	13	13	74		○
	サンドドレーン工	2 kg/本	37	8	55		○
	サンドコンパクション工	30kg/本	37	8	55		○
	盛 砂 工	15kg/m ³	13	13	74		○
	捨 石 工	1 kg/m ³	100	0	0	○	
	直 投 工 (I)	15kg/m ³	13	13	74		○
	直 投 工 (II)	85kg/m ³	13	13	74		○
	揚 土 工	15kg/m ³	13	13	74		○
	液 漂 工	65kg/m ³	15	19	66		○
連絡橋の施工に係るもの	敷 砂 工	3 kg/本	14	24	62		○
	杭 打 工	9 kg/本	28	27	45		○
	橋 脚 工	1 kg/m ³	100	0	0	○	
	埋 戻 工	15kg/m ³	13	13	74		○
	根 固 工	1 kg/m ³	100	0	0	○	
	液 漂 工	35kg/m ³	15	19	66		○
南大阪湾岸の施工に係るもの	床 貼 工	10kg/m ³	15	19	66		○
	直 投 工	45kg/m ³	13	13	74		○
	捨 石 工	1 kg/m ³	100	0	0	○	
	被 覆 石 工	1 kg/m ³	100	0	0	○	
	裏 込 石 工	1 kg/m ³	100	0	0	○	

すかは明らかでなく、今後の検討が必要である。

表－3.3には設定した沈降速度の例として「関西国際空港建設事業に係る環境影響評価書」で用いたものを示す。

3.3 数値シミュレーションの再現性

開発モデルの予測結果の再現性を、関西国際空港建設予定海域で行われた直投実験の結果をケーススタディとして示す。対象とした工事の概要、計算条件および計算結果は以下のとおりである。

①直投工事の概要

施工海域：関西国際空港建設予定海域西端
水深約 18.5 m

施工時期：昭和 59 年 3 月

作業船：3,000 m³ 積土運船

取扱土砂量：山土 3,010 m³

②計算条件

予測モデル：三層位モデル（上層 0～6 m，中層 6～12 m，下層 12 m 以下）

格子間隔：100 m

濁り発生原単位：15 kg / m³

濁り発生量：45.15 ton（上層：中層：下層＝13：13：74）

粒度分布：山土の粒度分布についての室内実験の結果（比重計法）から次のように設定する。

粒径範囲（μ）	0～8	8～14	14～20	20～30	30～50	50～74	74～200
沈降速度 10 cm/s	3.111	8.64	22.1	49.8	138	311	864
粒度組成（％）	1.00	0.33	1.33	30.67	28.00	5.33	14.67

流況：現地調査時の流況を再現

拡散係数：10⁴ cm² / s

希釈係数：0.9

③計算結果

現地調査結果と予測計算結果を図－3.1に示す。

全般的には予測計算結果のほうが濃度は高めであるが、濃度分布の傾向、拡散パターンはほぼ一致しており、予測モデルはおおむね再現していると考えられる。

表－3.3 土砂の沈降速度別構成比

No.	粒径範囲（μ）	沈降速度（m/日）	構成比（％）		
			海底土	山	土
				A	B
1	0～8	2.7	1.5	1.5	1.0
2	8～14	7.5	5.5	0.5	0.33
3	14～20	19.1	33.0	2.0	1.33
4	20～30	43.0	42.0	46.0	30.67
5	30～50	119.5	14.0	42.0	28.0
6	50～74	268.8	4.0	8.0	5.33
7	74～200	746.7	—	—	14.67

（注）山土Bにおいては、濁りの発生負荷として200μ以上の粒子が18.7%存在するが、沈降速度が速いため拡散予測の対象とはしなかった。

直投後：30分

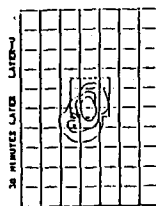
直投後：1時間

(実測値)

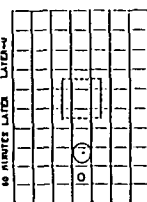
(計算値)

単位： $\times 10^{-1} \text{mg}/\ell$

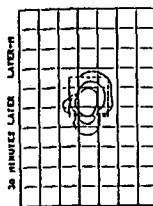
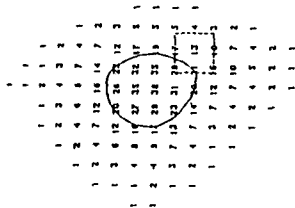
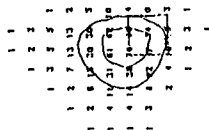
(計算値)単位： $\times 10^{-1} \text{mg}/\ell$



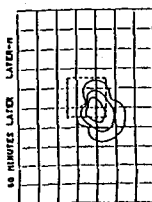
上層



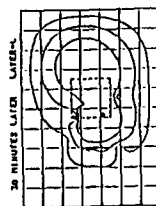
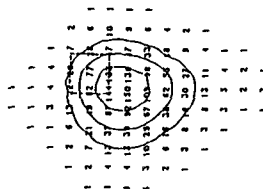
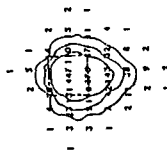
上層



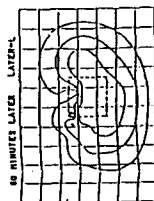
中層



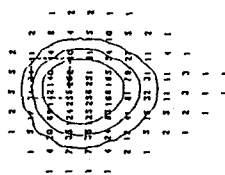
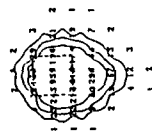
中層



下層



下層



注) 等濃度線は2, 5, 10 mg/ℓ を表示

図-3.1 再現シミュレーション結果

4. 濁りと監視システム

4.1 監視の考え方と監視計画

各種工事の実施にあたっては、周辺海域の環境への影響を極力防止することが要求される。そのために事前に環境影響評価が実施され、工事による影響の予測評価、防止対策の検討がなされるが、予測評価や防止対策を万全なものにするためには、工事実施段階における検証、監視が必要とされる。

濁り等の監視のためには濁りそのものの監視のみならず、濁りに関連する項目や影響を受ける項目である水質、底質、生物全般にわたって観測、監視する必要がある。実際的な監視作業は、あらかじめ定めた環境変化の許容範囲（監視基準、環境目標値等）を超えないよう工事を管理し、工事の円滑な遂行と合せ実施されることになる。

したがって、濁り等の監視とは、港湾工事等の海域での作業において（工事着工前及び工事竣工後のある程度の期間を含む）

①水域環境を評価し、環境悪化を未然に防止する。

②工事を円滑に遂行する。

という立場から

①水域環境の現況を把握すること。

②工事の影響を把握し、原因を明確にするための基礎資料を得ること。

③ 環境変化を評価すること。

を目的とすべきものである。

監視計画の策定の手順は図－4.1に示すとおりであるが、策定にあたっては工事の特性、水域環境および背後地域の特性を十分考慮することが必要である。

4.2 監視計画のケーススタディ

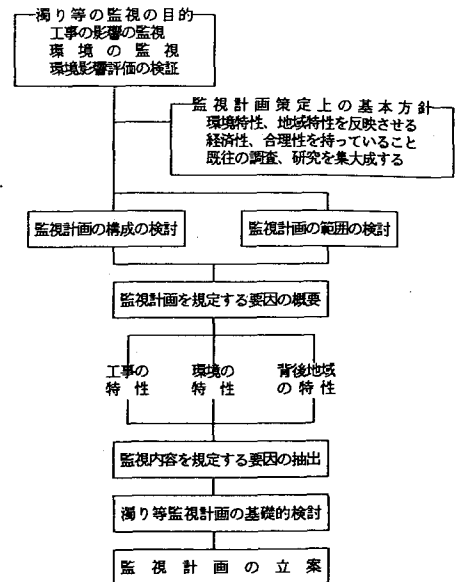
関西国際空港の建設事業に係る監視計画を濁り等の監視計画のケーススタディとして以下に示す。

(1) 監視の範囲

工事が直接影響を及ぼす水質および水質の変化に伴う二次的な影響を受けると考えられる底質、生物等すべての水域環境の構成因子を対象とする。

(2) 計画の構成

- ①監視内容
 - 1) 監視項目
 - 2) 対象海域
 - 3) 監視点配置
 - 4) 監視層
 - 5) 監視頻度



図－4.1 監視計画策定の手順

6) 監視方法

②評価方法 1) 監視基準

2) 評価方法

(3) 監視内容

①監視項目

工事影響監視項目：工事の影響があるレベル以下に維持されていることを監視するための項目
(濁度、浮遊物質質量など)

環境監視項目：工事との因果関係が明瞭でないが環境上特に監視する必要があると判断される項目(COD, DO など、底質など)

環境計測項目：工事の影響はないと考えられる項目の内、環境の変動特性を把握するうえで必要な項目ならびに工事竣工後における環境影響評価の検証のために工事中の実態を把握しておくことが望ましい項目(水温、塩分、気象、海象など)

②対象海域(図-4.2 参照)

工事海域：施工上と工事中の安全確保の面から必然的に決まる海域

監視海域：工事の影響が及ぶ恐れのある範囲において周辺環境の特性、水域の利用状況を考慮して監視する必要があると判断される範囲

一般海域：監視海域の外側の海域で、海域特性を考慮し工事海域、監視海域との一体的な変動状況が観測できる範囲

③監視点配置(図-4.2 参照)

工事の影響は工事地点から周辺の海域に遠心的に及んでいくものであるため、ある一定の範囲から外側に及ぶ影響を適切な基準以下になるよう監視するものとし、その場所を工事地点を取り巻くラインとして設定し、そのライン上に監視点を設定するものとする。

基本監視ライン：工事の影響が基準レベル以下に維持されていることを監視する基本的なライン
——基本監視点

第一次補助ライン：工事の影響の程度及び方向性を明確にするため基本監視ラインの内側に設定する——第一次補助地点

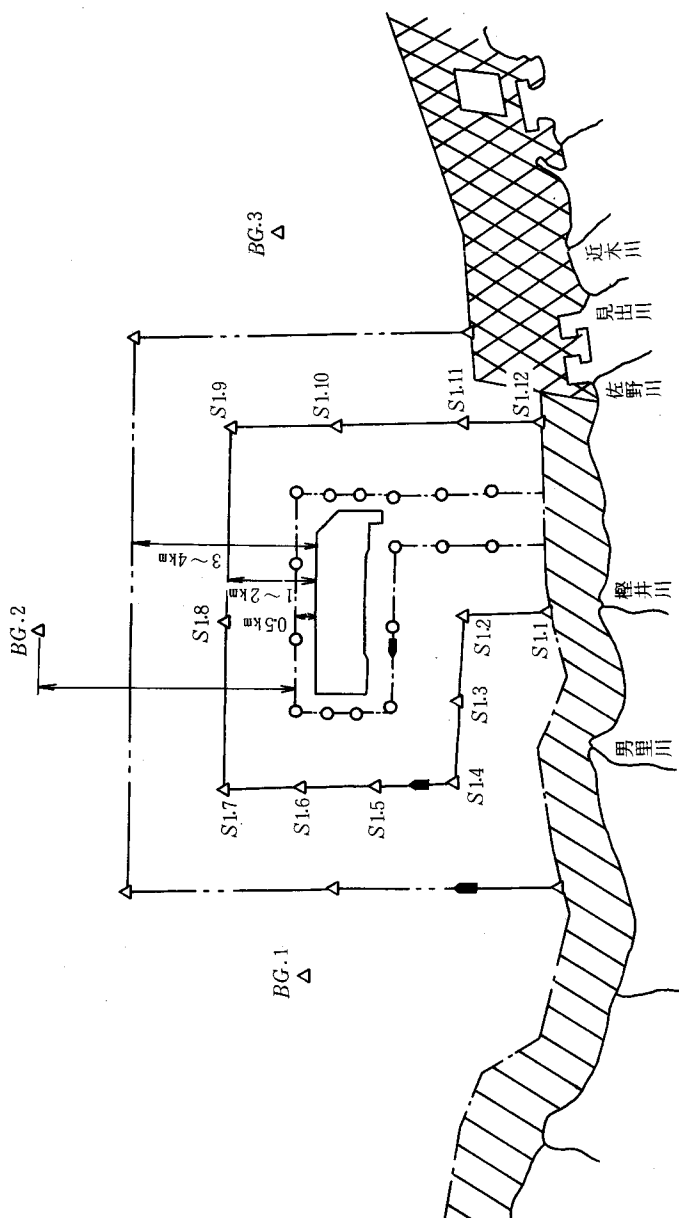
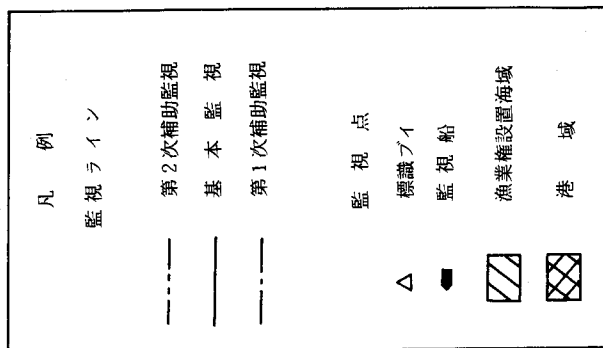
第二次補助ライン：周辺海域への影響と周辺海域からの影響とを把握するため、基本監視ラインの外側に設定する——第二次補助地点

一般海域：工事の影響のないバックグラウンドを把握する環境観測地点を設定する。

なお、監視点の設定間隔は濁りの拡散状況や流況、周辺海域の利用状況等を勘案して決定する。

④監視層

監視層についてはバックグラウンドの変動等の環境特性、工事による濁りの挙動特性から、監視項目の鉛直的なパターンを代表しうる層も設定する。



図一4.2 水質監視網配置図(例)
(護岸工事中)

⑤監視頻度

工事による濁りの時間的変動パターンおよびバックグラウンドの時間的変動パターン等工事や環境特性に関する知見をもとに監視点、監視項目の意義に対応して必要かつ十分な頻度とする必要がある。

(4) 評価方法

①監視基準

監視基準は基本監視ライン上において、工事の影響を許容する限界値として設定するものとする。

②評 価

監視基準の設定例として、例えば、水産生物の保護およびその生物が生息するに足る水質環境を維持する観点から、魚類等の生物が濁りの直接的な影響を受けないものとしての従来の生物試験結果（旧水産用水基準）に基く限界濃度からSSでバックグラウンド値+ 10mg / ℓとして監視基準値を設定した場合、評価は基本監視ライン上で計測した値からバックグラウンド測定点において計測しているバックグラウンド値を差し引いたものと 10 mg / ℓ を比較して行う。

なお、SSのバックグラウンド値の設定については 時空間的な分析を行い、その妥当性を確認しておく必要がある。

監視基準との照合はSSで行うが、実際の工事の施工において実測値が基準を超えることがないように濁度を毎日計測し、濁度とSSの相関にもとづいて、濁度による管理基準を設け、その管理基準をもとに施工管理の目安とするなどの実際的方法がとられる。

5. お わ り に

「濁りの発生とその監視システム」について、現況を中心にとりまとめたが、濁りそれ自体が、時空間的にも変動しやすく、濁りを形成する物質も多種多様でかつ海域の濁りがどのようなメカニズムで発生、消散するか必ずしも明らかでない。また、濁りと海域の動植物の生態学的な関係についても十分に明らかではない。しかし、濁りが大規模な埋立工事などの実施に際して、可視的であることも手つだい、環境影の主要な要素としてとりあげられてきた。このため、永年にわたる濁りについての現場調査や室内実験あるいは数値シミュレーション手法の開発など実態の把握と予測法の確立に努力がはらわれてきた。今後は濁りの監視システムを確立し、工事实施にともなう濁りの発生、拡散と環境への影響を明らかにする段階にきている。

取りまとめの都合上、汚濁防止対策については触れなかった。沈降剤等の化学的方法は二次汚染の可能性等から一般的でないが、物理的方法としての汚濁防止膜についても、展張方法、機材、耐久性等を含め今後の工夫が必要である。さらに、工法そのものの改善工夫によって、濁りの発生そのものを減ずることもより重要である。

濁りについての検討が進んだため、いたずらに濁りについての否定的あるいは悲観的な対応でなく、実際のでかつ積極的な環境保全への対応が可能となりつつある。今後の関係各位の御努力に期待するところ

大である。

おわりにあたり、関西国際空港の計画調査において御指導いただいた諸先生、関係各位に心から感謝をささげる次第である。

参 考 文 献

- 1) 運輸省第三港湾建設局神戸調査設計事務所：土砂による海水汚濁の予測方法，手法開発のための調査研究（通年報告書），1980，3．
- 2) 堀江毅：沿岸海域の水の流れと物質拡散に関する水理学的研究，港湾技術研究所港研技術資料，No. 360，1980.12．
- 3) 堀江毅：濁り拡散の予測手法，昭和56年度港湾技術研究所講演会講演集，1981.12．
- 4) 関西国際空港株式会社：関西国際空港建設事業に係る環境影響評価書，1986.6．
- 5) 関西国際空港株式会社：三層モデルによる濁りシミュレーション調査報告書，1985.9