

図4 - 6 1 PRTR 情報に基づく水環境中実態調査のフロ

自の推計例もある。国総研では、「a.流域の基礎情報の収集」を行った上で、GISを活用し流域毎の届出排出量、届出外排出量を効率的に推計する手法の検討を行っている(「流域のPRTR情報の整理」)。推計方法については、裾切事業所の数や排出量の把握が困難なため、十分な精度に達しておらず、今後改良が求められる。次に、「流域のPRTR情報の整理」を基に、「流域に輩出されている化学物質リストの作成」を行い、「リスクマネジメント対象化学物質の絞り込み」を行う。絞り込みに当たっては、図-1中の、「b.化学物質の物性情報」、「c.化学物質のリスク情報」を基に行う。これらの情報は環境省が公表しているが、全ての化学物質に十分な情報があるとはいえず、「化学物質リスク総合管理研究イニシャティブ」での関係研究機関の成果が期待される。

対象化学物質を絞り込んだ後は、「リスクマネジメント対象化学物質の排出源の特定」を行い、それに基づいて実際の水環境中で化学物質の挙動を調査する(図2)。国総研では、群馬県内の工業団地や下水処理場が立地するモデル流域においてPRTR情報の整理と水環境中での化学物質の挙動実態調査を実施しており、PRTR届出排出量と水域での環境中濃度の関係について検討を行っている。

### 関係者の理解による化学物質リスク管理

化学物質リスクに関する実態を把握できた段階で、流域住民や事業者などに情報を公開し、どのようなリスクマネジメントを行うかといった検討が必要になると考えられる。

国総研では化学物質リスクの現状を関係者に解りやすく表示し、効果的なリスクマネジメントに繋げるため、「化学物質リスク動態マップの作成」を行っている。このマップは、流域のGIS情報を基に、流域の化学物質について、発生源、水環境中での動態、リスクの種類や程度、対策実施による効果などを表現するものであり、掲示板機能の活用により関係者間のコミュニケーションの媒体ともなるものである（図4 - 6 2 , 4 - 6 3 参照）。

なお、対策実施による効果のシミュレーションの際には、図 - 1 中の、「d. 水環境中の化学物質挙動モデル」や、「e. 流域情報のGIS化と水文・水質モデル」が必要となる。水環境中の化学物質挙動モデルについては、化学物質リスクイニシアティブの他の研究機関と協力し、それらの成果の活用を図りたい。

また、関係者間で化学物質リスクについて正確な知識を共有し、相互理解を得る手法として、「f. 関係者の特性把握」や「関係者とのリスクコミュニケーション」について検討を行っている。



図4 - 6 2 化学物質リスク動態マップのシステム構造

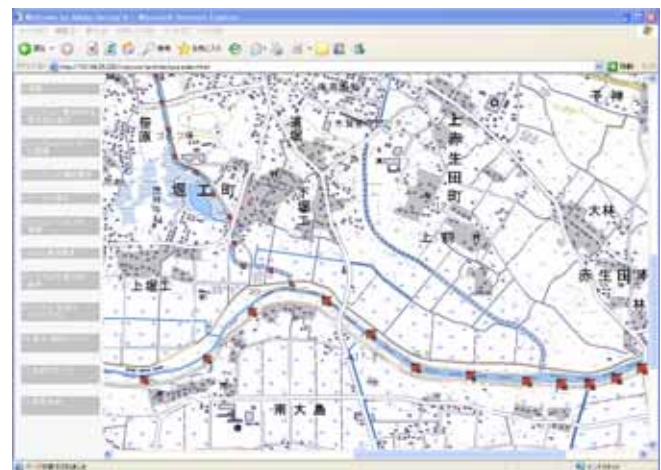


図4 - 6 3 化学物質リスク動態マップの表示例

(河川での化学物質の挙動を動画表示)

化学物質の発生源から人体や生態系に影響を及ぼすまでの流れを図4-64に示す。図中の「発生」や「移動」に関しては、前述した化学物質リスク動態マップ等が情報源として活用できる。「暴露」

「影響」は、化学物質が人体等と接触し、その影響を受けることを指すが、この暴露による化学物質の有害性に関しては、現在も様々

な機関で研究が進められているものの、その毒性等が未解明な物質はまだ多く残されている。また化学物質の有害性は物質毎に異なり、更に暴露される対象の違い(人や動植物)や個体差(性別や年齢)によって、その発現が大きく異なる。このように「暴露」「影響」に関するリスクコミュニケーションを実施する際は、化学物質の有害性は不確実性を伴うということを念頭におき、関係者間の相互理解を目指す必要がある。

これらの課題を踏まえた上でリスクコミュニケーションを実施するために、河川管理者として今後対応することになり得る化学物質の流出事故等といった様々なシチュエーションを想定し、関係者の選定や役割分担、対応法、住民等からの意見に対応するための想定Q&A作成等について検討を行っている。今後はこういった研究成果を活用し、流域における実効性のある化学物質リスクマネジメントシステムを構築していきたい(リスクマネジメントの実施)。

#### 4.4.3 沿岸域の化学物質リスクマネジメントのアプローチ

沿岸海域の底泥には、多くの有害な化学物質が蓄積していることが知られている。特に港湾域は、様々な有害化学物質の発生源に近いこと、静穏で閉鎖的な水域であることから底泥に物質が蓄積しやすく、汚染が懸念されている。一方で、港湾は、航路や泊地の水深を維持するために、しばしば浚渫をおこなって底泥を移動させる必要が生じる場所でもある。

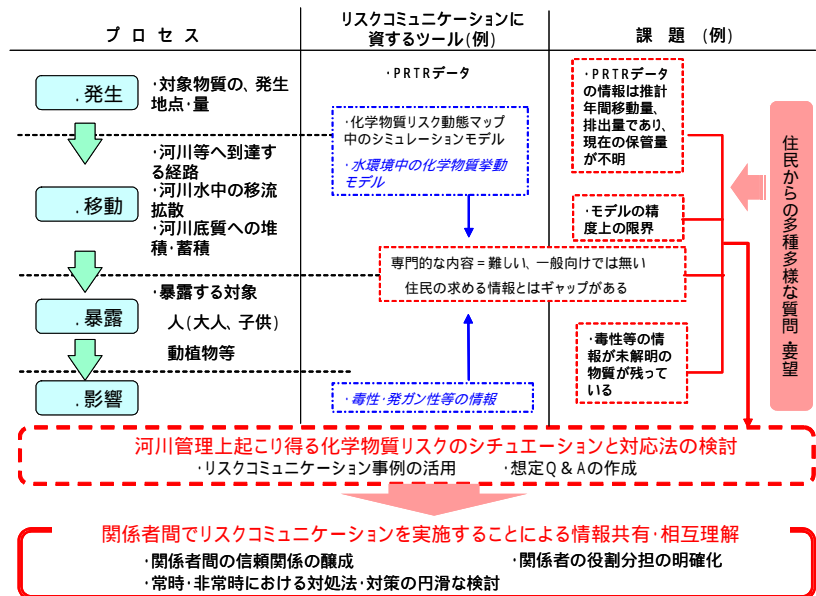


図4-64 化学物質の流れとリスクコミュニケーションにおける課題

ダイオキシン類や TBT (トリブチルスズ) などは発生源の対策や規制が行われており、発生量自体は激減していると考えられる。事実、海水中の濃度についてはかなり減少している。しかしながら、いったん底泥に蓄積されたものは分解が遅く、その量はそれほど明確な変化が生じていないため、沿岸の水環境にとって、現在では底泥が主要な汚染源となっている懸念がある。環境基準を超えた底泥に対して、具体的にどのような対策手法、処理・処分法をとればよいのかについて、技術指針が定められたものの(「港湾における底質ダイオキシン類対策技術指針」, 国土交通省港湾局, 2003) 早急に解決しなければならない課題が山積している。

### 内湾域底泥における有害化学物質汚染の実態

港湾や沿岸海域における有害化学物質の分布については、すでに環境省(当時環境庁)や国土交通省(当時運輸省)港湾局、そのほかの研究機関による調査がおこなわれている(環境庁, 1999; 同, 2000; 運輸省港湾局環境整備課, 2000; 国土交通省港湾局, 2001; 交通エコロジー・モビリティ財団, 2001)。図4-65は、東京湾表層底泥中のダイオキシン類の濃度分布(毒性等量の総和)を示す。これは、環境省・港湾局・エコモ財団による調査結果をまとめて表示したものである(Nakamuraら, 2002)。

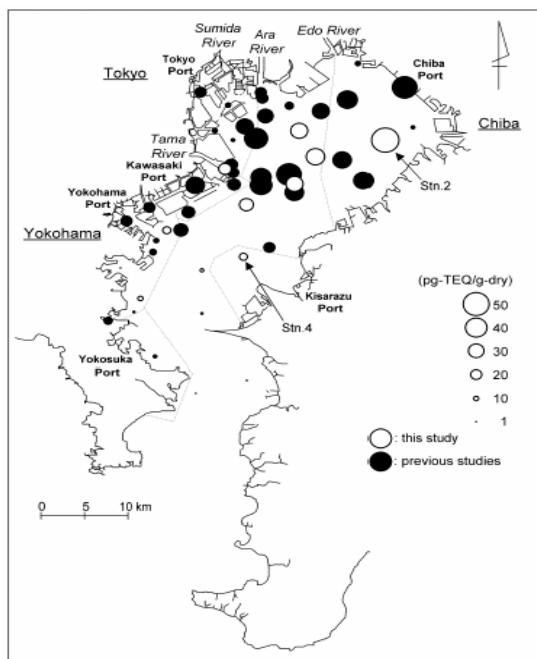


図4-65 東京湾表層底泥中のダイオキシン類の濃度分布(Nakamuraら, 2002)

市原港など一部の港湾の中には非常に高濃度の汚染底泥も見つかっているが（図には表示していない）東京湾スケールで見れば湾奥部に高濃度の領域が広がっており、横浜港から袖ヶ浦付近を結ぶ線をおおざっぱな境界として、その南部海域の表層底泥の濃度は低めであることがわかる。この濃度分布は、底泥の粒径や有機物濃度の分布ときわめてよく一致し、湾奥特に千葉側で濃度が高い。底泥の含泥率とダイオキシン類濃度の相関もよく、ダイオキシン類が粒径の小さな、有機分に富んだ底泥粒子に選択的に吸着していることが示唆される。

東京湾においては、ダイオキシン類の鉛直方向の濃度分布もよく調べられている。図4-66は、<sup>210</sup>Pb法による年代測定と並行して測定された鉛直濃度分布測定結果から、推定堆積年代毎の濃度分布を示したものである。年代測定には数年程度の誤差を含む可能性があるが、湾奥の底泥では、おおむね、1970年頃の堆積泥に濃度の極大がある。東京湾では平均的に年間約1cmの堆積があることから、堆積物表面から約30cm程度深いところに汚染のピーク濃度があることになる。これに対して、湾の入口付近の底泥では、表層に近いほど濃度が高いという特性が見いだされている。異性体・同族体の成分分析結果から、湾奥の極大値の汚染は、主として農薬不純物由来のダイオキシン類が主体であり、湾口部表層の近年の汚染は、燃焼由来のものが主体ではないかと推定されている。穴道湖や霞ヶ浦、琵琶湖・大阪湾などの底泥についても同様の詳細な調査・解析が行われている（例えば、益永ら、1998；酒井ら、1999）。

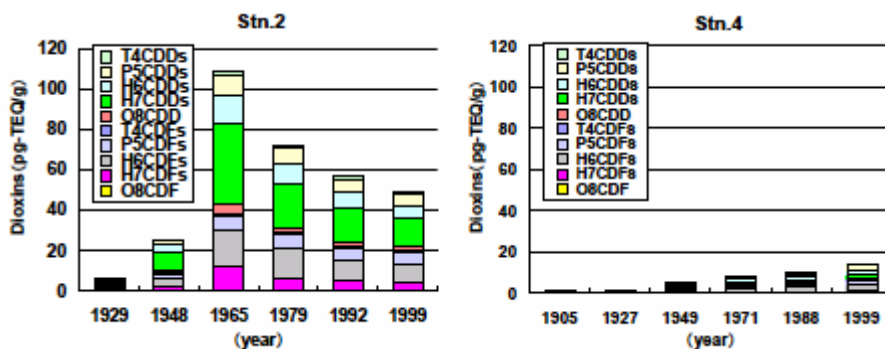


図4-66 東京湾湾奥部(Stn.2)及び湾口部(Stan.4)におけるダイオキシン類の鉛直方向濃度分布(Nakamuraら、2002)

沿岸海域における環境ホルモン物質の大規模な実態調査としては、環境省による環境ホルモン戦略計画(SPEED 98)に基づく調査研究、国土交通省(当時運輸省)港湾局の調査

(運輸省港湾局環境整備課、2000)などがある。後者は1999年に、全国の主要な港湾域底泥中の環境ホルモン物質濃度を調べたものである。一部の港湾については2000年度に詳細な平面・鉛直分布調査が行われた。ノニルフェノール・ダイオキシン類・TBTの分布を比較すると、いずれも港湾の最奥部で最大値をとり、港口にかけて濃度がほぼ単調に減少する。しかしながら、港奥の最大値と港口の最小値の比は、TBTが最も小さく、ノニルフェノールが高いなど、濃度の低減率が物質によって異なる現象が他の港湾底泥でも見られ、化学物質によって粒子状物質への吸着性や海水への溶解度が異なることによるものと考えられる。

### **有害化学物質の分布と輸送に関するモデル化および将来予測**

本研究項目については、数理モデル解析および輸送過程に関連した現地観測や室内での実験が必要となる。最終的には、底泥の有害化学物質汚染の分布を説明し、かつ将来予測を行うことが出来るモデルを作ること、その結果を、例えば三次元汚染マップとして表示する事が考えられる。

沿岸底泥中に含まれる有害化学物質の輸送・環境運命に係わる主要な経路を、図4-67に示す(Delimanら、2001)。有害化学物質の分布に係わる時間スケールや、以下に述べる底生生物への暴露を考えると、底泥を表層の混合層と、それ以下の堆積層に大別するのが合理的と考えられる。水中もしくは底泥中には溶存成分と粒子に吸着した成分があり、それらが吸・脱着によって関係づけられる。モデル化が困難な部分は、底泥と水中との交換過程である。海底付近には、浮泥層とよばれる高濁度に懸濁した層が形成されることがあり、そこでの有害化学物質の蓄積や生物による摂取など、基本的な情報は得られていない。底泥や浮泥を食する底魚などの化学物質の生物濃縮を考える上で、水・底泥界面近傍の輸送や蓄積過程を、まず現地観測や室内実験系で調べる必要がある。その上で、沈降や巻き上げを含めた境界層の過程をモデル化する課題がある。このような、底泥と化学物質輸送に関する課題については、物理過程と絡めた実験的研究が有効であろう。

東京湾程度の湾スケールでの有害化学物質の分布については、PCBを対象とした橋本ら(1998)による一次元的な解析がある。洞海湾などでも同じような試みが行われようとしており、このような手法は上述した港湾域底泥における環境ホルモン物質の分布を統一的に説明する手がかりを与えている。また、最近東京湾におけるTBTの分布を説明した、詳細な三次元流動・富栄養化モデルと組み合わせたモデルが発表されている(産業技術総合研究所、2003)。そのモデルにおいては、今のところ水中の過程に主眼がおかれているよう

であるが、今後は底泥の過程を組み入れたモデル化の発展が期待される。

### 食物連鎖を通じた生物への化学物質移行過程および生態影響の評価

食物連鎖を解析する手法として、近年、窒素や炭素の安定同位体を測定し、同位体比から捕食・被食関係を定量的に解析する方法が注目されている。例えばある動物体内の窒素安定同位体 ( $^{15}\text{N}$ ) 濃度は、その餌中の同位体濃度よりも平均3パーミル程度高濃度になり(重い元素ほど蓄積されやすい)結果として栄養段階が高い生物ほど高濃度になる事を利用するものである。金ら(2001)は、東京湾において様々な生物体内の安定同位体比とダイオキシン類との関係を調べている。生態系の上位に位置する肉食魚の代表であるスズキは、安定同位体比が高く、同時にCo-PCBも高濃度であった。興味深いことに、同じダイオキシン類についても、Co-PCBなどのように生物濃縮が顕著に見られる物質と、逆に高次の生物ほど体内濃度が低下する物質があるようである。生物濃縮性は有害性の重要な尺度であり、生態系のリスクを考える上で非常に重要である。

実際の海域は多くの生物が食物連鎖に関与しており、同一の生物も環境によって必ずしも一定の摂餌を行っている訳ではないため、食物連鎖やそれを介した生物濃縮過程の研究は簡単ではない。それを補うため、隔離した室内実験系でのメソコスム実験施設を活用した実験的研究も、今後は有望な研究手段となるであろう。

### 生物試験法開発の必要性

浚渫土砂の海洋投棄に関して、発効間近なロンドン条約に対応するため、有害化学物質濃度と生物・生態系の影響度との関係を解明することが必要である。具体的には、ロンドン条約にもとづき数年以内に国際基準が定められる見通しとなっている「しゅんせつ土砂の海洋投棄にかかる一連の手続き」の中に規定される濃度基準(上限値および下限値の設定)や、生物を用いた毒性試験方法の設定等に際して、何らかの提案を行うことが必要とされる。

生物試験には様々なレベルがあるが、わが国で発生する浚渫土砂を対象とする場合には、我が国の底泥にありふれた底生生物を用いる試験法を開発する必要がある。ところが、我が国においては、そのような底生生物による生物試験法に関する知見はほとんど見あたらない。諸外国の事情なども参考にしながら、飼育等が簡単で安定して試験に供することができ、かつ化学物質に対して敏感で、死亡などの急性毒性のほか、形態の変化や脱皮回数などの生長に対する阻害、再生産の有無など、判定しやすい尺度によって慢性的な毒性についても影響が判定できる生物を選ぶ必要がある。対象生物を含め、試験法を緊急に研究

開発する必要がある。

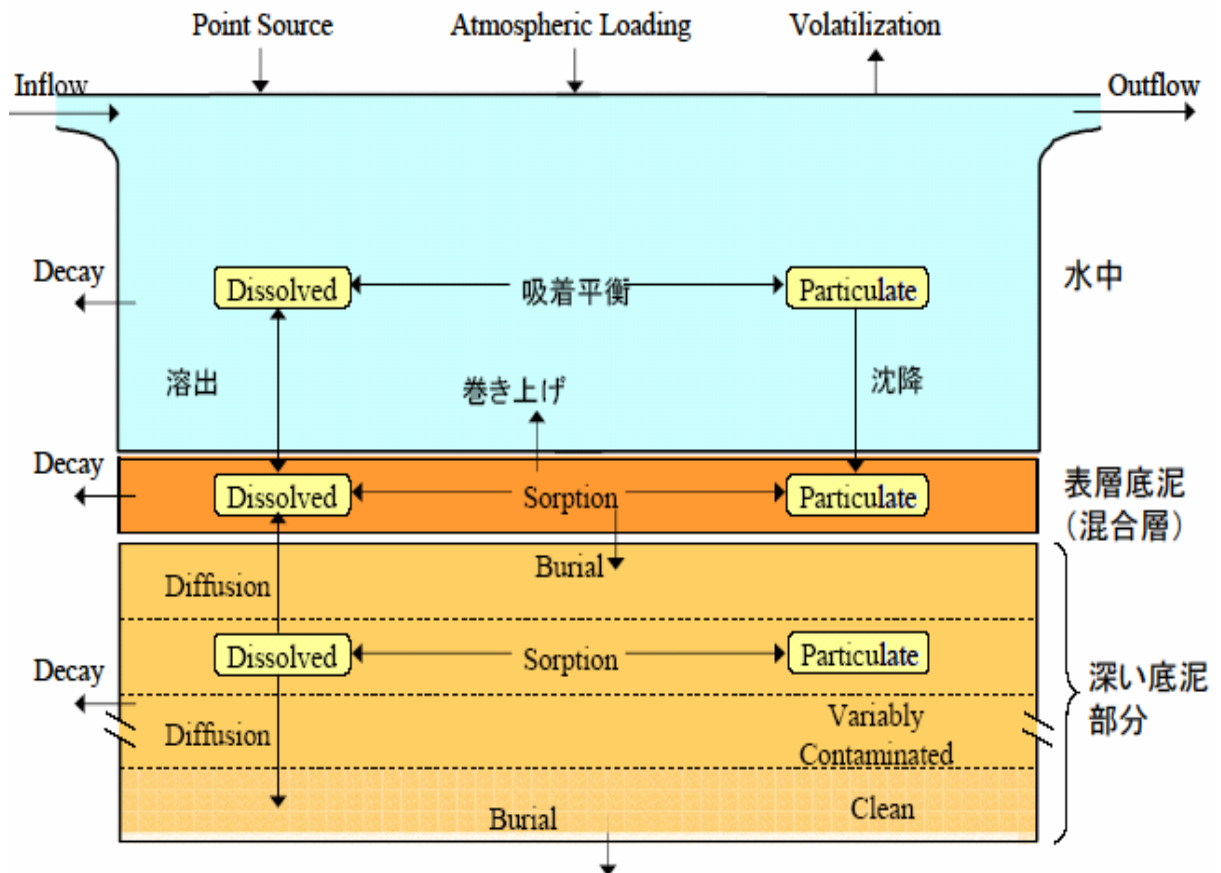


図4 - 67 沿岸域底泥中に含まれる有害化学物質の輸送・環境運命に係わる主要な経路 (Delimanら(2001)をもとに作成)



