

# 1. 序論

## 1. 1 研究の背景と目的

高度成長期以降大きな問題となった工場排水等による水質汚濁については、水質汚濁防止法による排水規制等により改善されてきている。しかし、地下水については、その使用による地盤沈下がまず問題となり、その対策が重点的に進められてきた。地下水質の保全対策が進められるようになったのは、トリクロロエチレンやテトラクロロエチレン等の有機化合物による汚染が問題となった1980年代になってからである。また、土壌汚染対策については、農用地に対する対策は進められていたものの、市街地を対象とした対策は遅れていた。

近年、水質汚濁防止法の改正による地下水監視体制の強化や、市街地における土壌汚染を対象とした土壌汚染対策法の制定等、土壌、地下水汚染に対する対策が進められているものの、次項で示すように土壌や地下水における環境基準超過事例の件数は依然多く、問題となっている。

土壌・地下水汚染は、河川環境にも大きな影響を与えうるものであり、これらの汚染を未然に防ぐこと、汚染が生じたときの拡散を最小限に抑えることは、今後の河川管理において重要な課題である。

さらに、化学物質移動拡散量届出制度（Pollutant Release and Transfer Register：PRTR）が施行され、化学物質を扱う事業所の位置や使用されている化学物質の種類などが公表されるようになったことから、こうした情報も取り入れた河川管理のあり方の検討が必要である。

しかし、地下水流動やそれに伴う化学物質の拡散などは非常に複雑な現象であり、そのメカニズム解明には長い時間を要する。また、地下水流動やそれに伴う化学物質の拡散、流域での化学物質使用状況など様々な情報を統合したツールはまだ無いのが現状である。

そこで本研究では、既往の知見を活用し、様々な情報を統合した河川における化学物質管理の考え方の枠組を提案することを目的として検討を行った。

## 1. 2 日本における土壌・地下水汚染の現状と取り組み

### 1. 2. 1 土壌・地下水汚染の現状

図-1.2.1.1は、環境省による平成14年度土壌汚染調査<sup>1)</sup>をもとに作成した、土壌環境基準超過事例数（調査対象：揮発性有機化合物および重金属等）の経年変化である。環境基準を超過した事例が増加傾向にあることが分かる。また、平成3年から平成14年までの環境基準超過事例の合計1042件のうち回答が得られた868件について、同時に他の汚染が確認された割合を見ると、直接の因果関係は不明であるものの、4割弱のケースで地下水や伏流水、公共用水域の汚染が確認されている（図-1.2.1.2）。

図-1.2.1.3は、環境省による地下水質調査<sup>2)</sup>をもとに作成した、平成14年度地下水概況調査における水質環境基準超過率を表したものである。調査地点数は物質によって1020～4414地点と異なるものの、揮発性有機化合物や重金属等については、超過率は1%以下となっている。しかし、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素については超過率が6%近くとなっており、他の物質と比較して高い値を示している。

また、土壌・地下水汚染が水域に及ぼす影響について、自治体関係者へヒアリングを行ったところ、油が川岸の崖の中間部より染み出して川に流入する状況が長期間続いているが原因が特定できず、オイルフェンスやオイル吸着マット等で対応するに留まっている事例等があることがわかった。

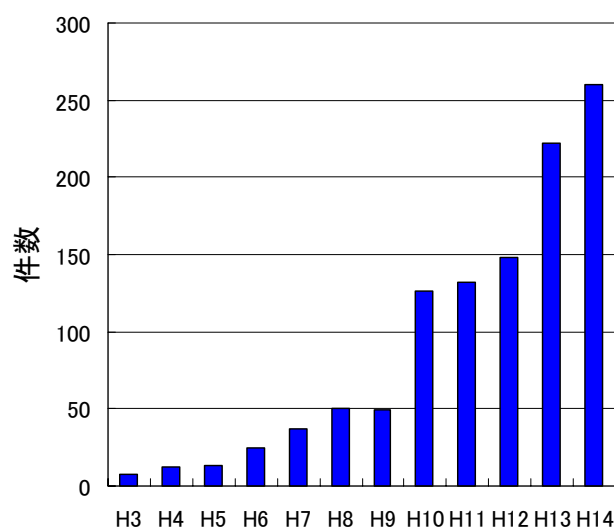


図-1.2.1.1 土壌環境基準超過事例数の経年変化（環境省による調査結果<sup>1)</sup>をもとに作成）  
（調査対象：揮発性有機化合物および重金属）

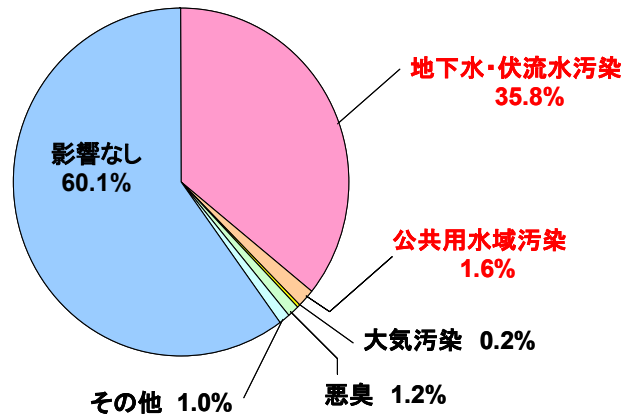


図-1.2.1.2 土壌汚染と同時に確認された他の汚染（環境省による調査結果<sup>1)</sup>をもとに作成）  
 ※平成3年から平成14年までの土壌環境基準超過事例総数 1042 件のうち、回答が得られた 868 件についての内訳（ただし、土壌汚染との直接の因果関係は不明）

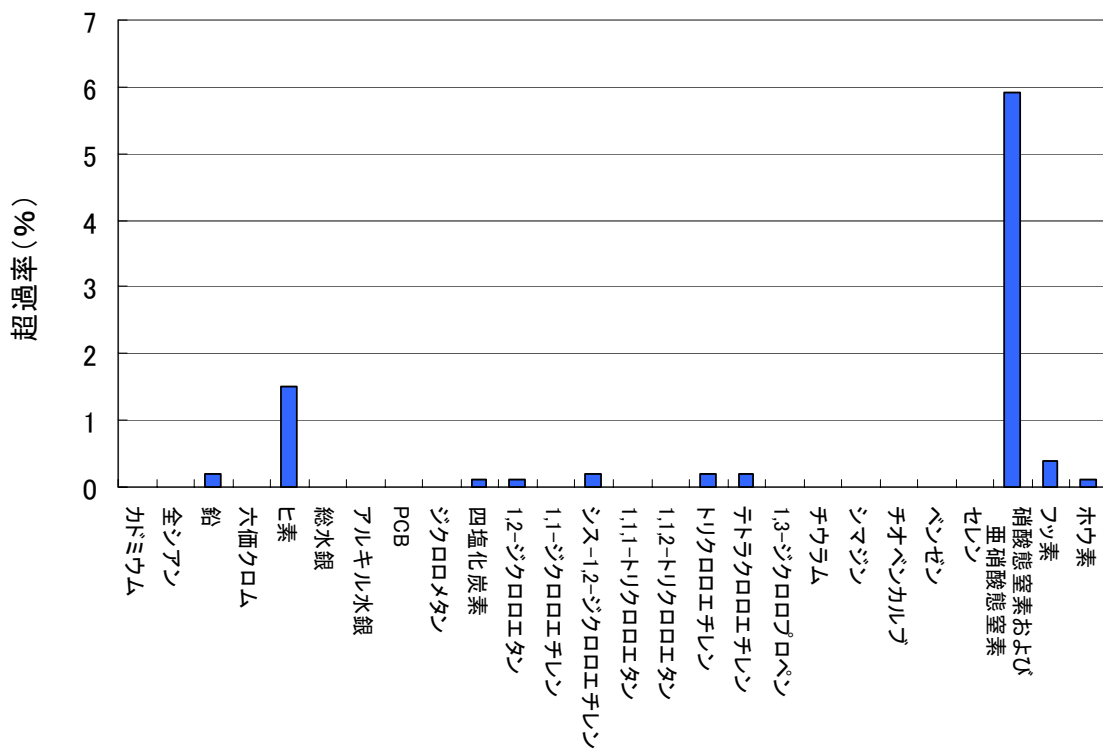


図-1.2.1.3 平成14年度地下水概況調査における環境基準超過率（環境省による調査結果<sup>2)</sup>をもとに作成）  
 調査地点：1020～4414 地点（物質によって異なる）

## 1. 2. 2 土壤汚染対策

日本における土壤汚染対策は、足尾銅山からの排水による水田の汚染や、富山県におけるイタイタイ病の発生などを踏まえ、まず農用地の汚染対策から始められた。農用地における土壤汚染や人の健康を損なうおそれがある農作物が生産されることを防止するため、1970年に「農用地の土壤の汚染防止等に関する法律」が制定された。この法律では、カドミウムおよびその化合物、銅およびその化合物、ヒ素およびその化合物が特定有害物質に指定されている<sup>3)</sup>。

しかし、様々な化学物質が製造、使用されていることによる環境汚染への懸念や、廃棄物処理に関連して市街地における土壤汚染への関心が高まってきたことから、2002年に土壤汚染対策法が制定された。土壤汚染対策法では、揮発性有機化合物、重金属等、農薬等の計25物質が特定有害物質に指定されている。

土壤汚染対策法においては、特定有害物質を製造・使用する事業場の廃止時、もしくは土壤汚染や地下水汚染による健康への影響の恐れがある場合に調査が行われる。この調査で汚染が発見された場合には、その土地は指定区域に指定され、汚染の範囲や汚染物質濃度などを記した指定区域台帳に記載・公表される。都道府県知事は、指定区域の土地所有者や汚染原因者に対し、汚染土壤の封じ込め、浄化などの措置を行うよう命令することができる。土地所有者や汚染原因者が汚染の浄化等の措置を行い、指定基準（土壤溶出量基準、土壤含有量基準）が満たされれば、その土地は指定区域を解除され台帳からも削除される<sup>4)</sup>。

土壤汚染対策法の制定により、汚染土壤の直接曝露および汚染地下水摂取による健康へのリスクを低減するための様々な対策が実施されるようになった。しかし、対象となる事業場や汚染物質が限定されていること等から、下記のような課題が残っている。

- ・ 明らかに汚染がある場合等を除き、操業中の事業場は同法の対象外であり、土壤調査の義務がない。
- ・ 「健康へのリスクの低減」が同法の目的であるため、立入禁止措置、覆土措置、封じ込め措置なども対策として認められている。つまり、汚染物質が完全に除去されるわけではない。そのため、資産としての土地の価値低下という新たな問題が生じている。
- ・ ガソリンスタンド跡地からのガソリン漏洩など、油による汚染が問題となっているが、油は種類が多く統一した規制が困難であること等から、土壤汚染対策法の対象となっていない。2006年に「油汚染対策ガイドライン」<sup>5)</sup>が示されたが、これは油汚染に対応する際の考え方や参考となる技術資料が示されているもので、規制値や基準値が定められているわけではない。

## 1. 2. 3 地下水汚染対策

日本における水質汚濁対策は、1958年に制定された「公共用水域に排出される水の保全に関する法律（水質保全法）」、「工場排水等の規制に関する法律（工場排水規制法）」、およびこの二法を一体化して1970年に制定された水質汚濁防止法で定められていたように、工場などから公共用水域に排出される排水の水質規制が中心であった。

しかし、1980年代後半からトリクロロエチレンなどによる地下水汚染が問題となってきたこと、地下水は一度汚染されると回復が困難であることなどから、1989年に水質汚濁防止法が改正され、地下水質の常時監視、水質汚濁防止法で指定された特定有害物質を含む排水の地下への浸透禁止

などが盛り込まれた<sup>6)</sup>。さらに、1996年の同法改正により、都道府県知事が地下水汚染原因者に対し浄化措置を命令できるようになる<sup>7)</sup>など、地下水汚染対策のための法整備が進められている。

揮発性有機化合物や重金属等については、汚染源が特定しやすいこと、水質汚濁防止法による排水規制などの対策がとられたことなどから、環境基準を超過する事例は少なくなってきた。しかし、硝酸態窒素および亜硝酸態窒素については、汚染源が多岐にわたることや面源由来の割合が高いことなどから効果的な対策が取りにくく、他の物質より環境基準超過率が高いままとなっている。

#### 1. 2. 4 PRTR 制度の制定

PRTR(Pollutant Release and Transfer Resister)とは、化学物質を扱う事業者が、物質の種類、移動・排出量などを年に1度国に報告する制度<sup>8)</sup>であり、次にあげる3つの要件をすべて満たす事業者が対象となる。

- ・原油、天然ガス鉱業、製造業、電気業、自動車卸業など指定業種に該当する
- ・従業員数が21人（常用雇用）以上
- ・化学物質排出把握管理促進法における第一種指定化学物質を年間1トン以上（同法における特定第一種指定化学物質については年間0.5トン以上）扱う

対象事業者は、年間に扱った指定化学物質の種類や排出量、移動量などを決められた様式に従って国に報告し、国はそれらのデータを集計し公表する。公表されるデータは、業種や物質ごとの排出量等の合計値であるが、住民等からの請求があった場合には、各事業者の個別データも請求者に公表される。

図-1.2.4.1に、平成15年度の環境省データ<sup>9)</sup>による多摩川周辺の対象事業所位置を示した。これは、多摩川近辺の市町村における届出事業所から、2章で選定した検討対象物質（ヒ素・トリクロロエチレン・ベンゼン）を扱う事業所を抽出し、その位置（住所）を国土交通省の「街区レベル位置参照情報ダウンロードサービス」を用いて座標データに変換してGIS表示したものである。この図から、取り扱う物質を絞った場合でも河川周辺に多くの届出事業所が立地していることがわかる。河川管理者がこうした事業所の位置や取り扱う物質の種類などを把握しておくことは意味があると考えられる。

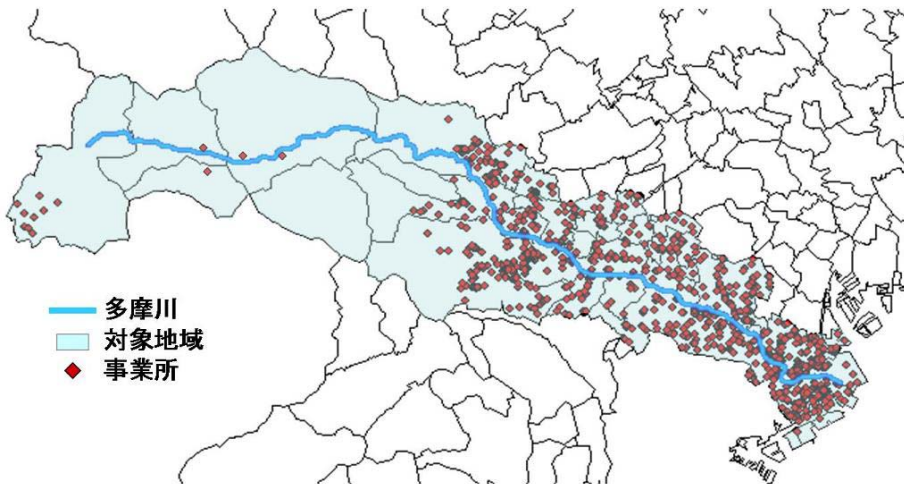


図-1.2.4.1 多摩川周辺におけるPRTRに基づく届出事業所位置

※平成15年度環境省データ<sup>9)</sup>による届出対象事業所のうち、2章で選定する対象化学物質（ヒ素・トリクロロエチレン・ベンゼン）を扱う事業所を抽出

### 1.3 欧米における取り組みの考え方

水道水源の地下水への依存率が高い欧米では、比較的早い時期から保護地域の設定など地下水の保全対策が進められてきた。ここでは、文献調査により、1994年時点でのドイツ（旧西ドイツ）・オランダ・スイス・アメリカの地下水保全対策について整理した。

#### ①ドイツ<sup>10),11)</sup>

ドイツでは、飲料水の約7割を地下水に依存していることから、連邦水管理法により地下水を含め河川、湖沼等の利用は国の利用計画の下で厳しく管理されている。しかし、統一前の旧西ドイツ、東ドイツにおける地下水管理対策は大きく異なっていたため、現在も課題が残っている。

旧西ドイツでは、飲料水源となる地下水の保全のため「汚染物質の河川への到達時間」と「井戸など水源までの距離」という2つの指標から保全地域を4段階にゾーニングしており、それぞれの段階に応じて施設の立地や行為の禁止が定められている。ゾーンⅠは井戸から半径10m以内の範囲で、関係者以外の立ち入りが禁止され、農薬・肥料の使用が禁止されている。ゾーンⅡは、病原性微生物による地下水汚染を防ぐことを目的として設定されているエリアで、地下水が井戸まで50日以内に到達する範囲と定められ、農場や厩舎、建築資材倉庫などの立地が禁止されている。なお、この50日という数字は、病原性微生物が地下水で死滅する平均日数を経験的に割り出したものである。ゾーンⅢは、主に産業活動による地下水汚染を防ぐために井戸から2kmの範囲に設定され、難分解性物質の使用や貯蔵に関する規制が定められている。ゾーンⅣは、水源涵養域全域が対象となっており、非分解性物質や放射性物質などに対する規制が定められている（図-1.3.1）。

旧西ドイツでは、このように地下水の保全対策が進められていたが、それと比較して旧東ドイツでは対応が遅れていたため、東西ドイツ統一後は、旧東ドイツ地域における汚染への対応が課題の1つとなっている。

#### ②オランダ<sup>10),11)</sup>

オランダでは、ドイツにおける地下水保全の考え方をベースとして、同様のゾーニングと立地

や行為の禁止が定められている。しかし、国土の多くが干拓地であり地下水位が高いなど、ドイツとは地質条件等が異なること、ドイツで用いられている「50日」という値の科学的根拠について議論となったことなどから、保護の範囲は実情にあわせて設定されている。例えば、ゾーンⅡの範囲として、ドイツでは「地下水が50日以内に井戸に到達する範囲」と定めているが、オランダでは「地下水が井戸に到達するまで10年～25年、あるいは井戸までの距離が2km以内」と定めるなど、1つのゾーンの範囲を設定するために、距離および地下水が井戸に到達するまでの時間の両方を同時に用いている。

### ③スイス<sup>10),11)</sup>

スイスでも、ドイツにおける地下水保全の考え方をベースとして、同様のゾーニングと立地や行為の禁止が定められている。スイスは地形的に地下水流速が大きな地域が多く、保護範囲が広範囲に及ぶことがあるが、人口密度、社会活動の状況などに応じて柔軟な対応が取られている。

### ④アメリカ<sup>12)</sup>

アメリカでは、EPA(Environmental Protection Agency：環境保護庁)の「地下水保全戦略」に基づき、対象地域を次の3つに区分し、地下水の使用目的や汚染の可能性等に応じて保護対策を講じることとされている。

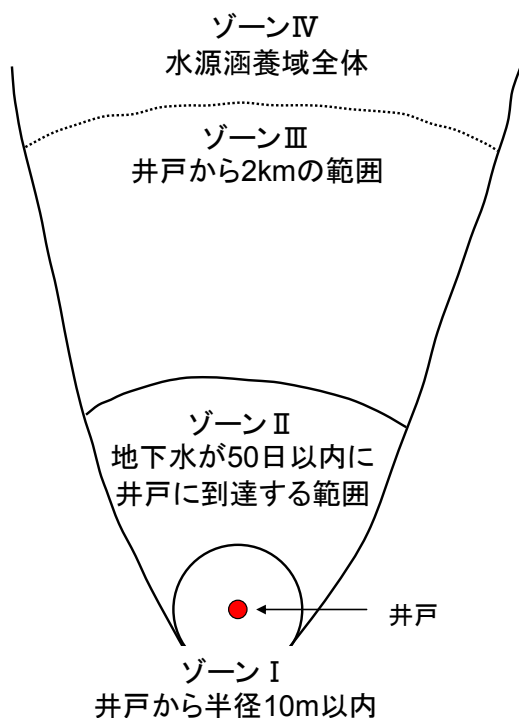
クラスⅠ：地下水が汚染されやすく、かつ代替水源がない地域

クラスⅡ：地下水が現在利用されているか、将来利用される可能性がある地域

クラスⅢ：将来ほとんどまたはまったく使用されない地下水

具体的な保護範囲の設定、保護計画の策定および実施は、それぞれの地域の特性に応じて各州政府が行うことになっている。しかし、EPAに強制力がないこと、保護計画策定のための財源がない州があることなどから、多くの州で保護計画が策定されていない。

保護計画を策定した州の事例を見ると、保全地域の範囲は、ヨーロッパと同様に地下水が井戸等へ到達するまでの時間を軸として定められていることが多く、地域や状況によっては距離を軸として定めることができるとされている。



- <規制内容>
- ゾーンI (ゾーンII, IIIの内容含む)
- ・関係者以外の立ち入り禁止
  - ・農薬や肥料の使用禁止
- ゾーンII (ゾーンIIIの内容含む)
- ・農場や厩舎、建築資材倉庫などの立地禁止
  - ・鉄道や道路の関連施設の立地禁止
  - ・墓地の立地禁止 など
- ゾーンIII
- ・難分解性物質の使用や貯蔵の規制
  - ・廃棄物処分場や廃水処理場の立地禁止
  - ・病院の立地禁止 など
- ゾーンIV
- ・石油精製所や化学工場などの立地禁止
  - ・汚染物質の保管や地下貯蔵 など

図-1.3.1 ドイツにおける地下水保全のためのゾーニング (藤縄<sup>11)</sup> をもとに作成)

表-1.3.1 ドイツ・オランダ・スイスにおける地下水保護地域の範囲

ゾーン		ドイツ	オランダ	スイス
I	範囲	井戸から半径 10m 以内	井戸までの距離が最低 30m 地下水が井戸に到達するまで最低 60 日	井戸から半径 5~20m
	想定する汚染源 (物質)	あらゆる汚染物質	病原性バクテリア・ウイルス・化学物質	細菌・化学物質
II	範囲	地下水が 50 日以内に井戸に到達する範囲	地下水が井戸に到達するまで 10 年~25 年、あるいは井戸までの距離が 2km 以内	井戸など取水地点から 100m、かつ汚染物質が取水地点に到達するまで最低 10 日以上帯水層中に滞留する範囲
	想定する汚染源 (物質)	病原性微生物	難分解性化学物質	病原性微生物・難分解性化学物質
III	範囲	井戸から 2km の範囲	その他の涵養域	第 II ゾーン内の地下水質保全のための緩衝帯
	想定する汚染源 (物質)	産業活動	地下水の水質保全に関連のある物質	—



#### 1. 4 本研究の位置づけと研究の進め方

土壌汚染やそれと同時に水域汚染が判明した事例、水質事故の事例が増加傾向にあることや、PRTR 制度に基づき化学物質の使用状況など様々な情報が公開されるようになったことから、河川管理者が、河川近傍を流れる地下水を介した化学物質の漏洩の河川等への影響に迅速、適切に対応するための予防段階、危機管理段階それぞれにおける管理ツールの開発が必要である。

本研究を進めるにあたっては、1. 化学物質の種類が膨大であること、2. 地下水流動やそれに伴う汚染物質移動のメカニズムは非常に複雑な現象であり、詳細な解明には時間がかかること、3. 現場における管理の考え方の枠組がないこと、が課題として挙げられる。

そこで、地下水汚染のリスク管理に関する総合的な議論を行うための第一歩として、まず河川管理者が化学物質の漏洩に対応するための管理の枠組みを提案することに重点を置き、1. 対象物質を絞り込む考え方の提案、2. 管理の枠組を提案するため、既存モデルを活用したケーススタディの実施、3. 汚染物質の拡散経路、河川への到達時間をコア情報とした対応マップの提案、について検討を行った。