

7. 地下水関連

7-1 基準値

地下水の水質汚濁に係る環境基準(平成9年環境庁告示第10号)は、環境基本法第16条第1項による地下水の水質汚濁に係る環境上の条件につき、人の健康を保護する上で維持することが望ましい基準として定めたもので、表7-1に示すものである。

表7-1 地下水の水質汚濁に係る環境基準

項目	基準値	測定方法
カドミウム	0.01mg/L以下	日本工業規格(以下「規格」という。)K0102の55に定める方法
全シアン	検出されないこと。	規格K0102の38.1.2及び38.2に定める方法又は規格K0102の38.1.2及び38.3に定める方法
鉛	0.01mg/L以下	規格K0102の54に定める方法
六価クロム	0.05mg/L以下	規格K0102の65.2に定める方法
砒素	0.01mg/L以下	規格K0102の61.2又は61.3に定める方法
総水銀	0.0005mg/L以下	昭和46年12月環境省告示第59号(水質汚濁に係る環境基準について)(以下「公共用水域告示」という。)付表1に掲げる方法
アルキル水銀	検出されないこと。	公共用水域告示付表2に掲げる方法
PCB	検出されないこと。	公共用水域告示付表3に掲げる方法
ジクロロメタン	0.02mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2又は5.3.2に定める方法
四塩化炭素	0.002mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2、5.3.1、5.4.1又は5.5に定める方法
1,2 ジクロロエタン	0.004mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2、5.3.1又は5.3.2に定める方法
1,1 ジクロロエチレン	0.02mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2又は5.3.2に定める方法
シス 1,2 ジクロロエチレン	0.04mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2又は5.3.2に定める方法
1,1,1 トリクロロエタン	1mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2、5.3.1、5.4.1又は5.5に定める方法
1,1,2 トリクロロエタン	0.006mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2、5.3.1、5.4.1又は5.5に定める方法
トリクロロエチレン	0.03mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2、5.3.1、5.4.1又は5.5に定める方法
テトラクロロエチレン	0.01mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2、5.3.1、5.4.1又は5.5に定める方法
1,3 ジクロロプロペン	0.002mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2又は5.3.1に定める方法
チウラム	0.006mg/L以下	公共用水域告示付表4に掲げる方法
シマジン	0.003mg/L以下	公共用水域告示付表5の第1又は第2に掲げる方法
チオベンカルブ	0.02mg/L以下	公共用水域告示付表5の第1又は第2に掲げる方法
ベンゼン	0.01mg/L以下	規格K0125の5.1、5.2又は5.3.2に定める方法
セレン	0.01mg/L以下	規格K0102の67.2又は67.3に定める方法
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10mg/L以下	硝酸性窒素にあつては規格K0102の43.2.1、43.2.3又は43.2.5に定める方法、亜硝酸性窒素にあつては規格K0102の43.1に定める方法
ふつ素	0.8mg/L以下	規格K0102の34.1に定める方法又は公共用水域告示付表6に掲げる方法
ほう素	1mg/L以下	規K0102の格47.1若しくは47.3に定める方法又は公共用水域告示付表7に掲げる方法
備考		
1 基準値は年間平均値とする。ただし、全シアンに係る基準値については、最高値とする。		
2 「検出されないこと」とは、測定方法の欄に掲げる方法により測定した場合において、その結果が当該方法の定量限界を下回ることをいう。		
3 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の濃度は、規格43.2.1、43.2.3又は43.2.5により測定された硝酸イオンの濃度に換算係数0.2259を乗じたものと規格43.1により測定された亜硝酸イオンの濃度に換算係数0.3045を乗じたものとの和とする。		

また、一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令（昭和 52 年総理府令・厚生省令第 1 号）において、地下水等検査項目として毎年 1 回以上測定しなければならない項目が同省令別表第 2 に示されている。その別表第 2 を表 7 - 2 に示す。

表 7 - 2 地下水等検査項目

（一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める省令別表第 2）

アルキル水銀	検出されないこと。
総水銀	0.0005mg / L 以下
カドミウム	0.01mg / L 以下
鉛	0.01mg / L 以下
六価クロム	0.05mg / L 以下
砒素	0.01mg / L 以下
全シアン	検出されないこと。
PCB	検出されないこと。
トリクロロエチレン	0.03mg / L 以下
テトラクロロエチレン	0.01mg / L 以下
ジクロロメタン	0.02mg / L 以下
四塩化炭素	0.002mg / L 以下
1, 2 ジクロロエタン	0.004mg / L 以下
1, 1 ジクロロエチレン	0.02mg / L 以下
シス 1, 2 ジクロロエチレン	0.04mg / L 以下
1, 1, 1 トリクロロエタン	1mg / L 以下
1, 1, 2 トリクロロエタン	0.006mg / L 以下
1, 3 ジクロロプロペン	0.002mg / L 以下
チウラム	0.006mg / L 以下
シマジン	0.003mg / L 以下
チオベンカルブ	0.02mg / L 以下
ベンゼン	0.01mg / L 以下
セレン	0.01mg / L 以下
備考	「検出されないこと。」とは、第 3 条の規定に基づき環境大臣が定める方法により検査した場合において、その結果が当該検査方法の定量限界を下回ることをいう。

7 - 2 調査方法一覧

(1) 地下水位の測定期間と測定頻度

測定期間は、地下水位の低水位期と高水位期の地下水位を把握できるよう、適切な期間及び頻度とする。一般的に、測定期間は季節変化を考慮して 1 年間とする場合が多いが、少なくとも、豊水期と渇水期の地下水位を把握するように計画する。観測頻度は、地下水位の降水等による変動を把握できる頻度とする。降雨状況等による大きな地下水位変動が予想される場合には、連続的に水位測定できる自記式水位計による連続測定が望ましい。一方、谷あいの低地など地下水位変動が小さいと予想される場合には、1 週間に 1 回、あるいは 1 月に 1 回などの測定が可能な場合もある。

(2) 地下水の流れの調査

廃棄物処分場の建設では、地下深部まで掘削することは稀であると考えられることから、地下水の流れは、不圧地下水の概略の流向を把握する。一般に、不圧地下水が形成する自由地下水位は、概ね地形面と類似した形態で分布している場合が多い。不圧地下水は、地形の高いほうから低いほうへ流れており、その流れは地形の最大傾斜方向と概ね一致すると考えることができる。

計画地が、谷あいに計画されている場合には、不圧地下水はほぼ地形なりに谷筋に沿って流動していると考えても大きな間違いはない。一方、計画地が平野や幅の広い谷などに計画されている場合には、不圧地下水の流は微地形や地質構造に影響を受けている可能性がある。

そこで、維持管理基準に従う地下水モニタリングのために設置する地下水位観測井戸を、生活環境影響調査時に設置するとともに、堤体部等における地盤調査の地質ボーリング孔を活用することによって、複数の地点（2 カ所

以上の地点)で地下水位観測を実施することができる。その場合、図7-1のように、3地点以上の地下水観測井戸の地下水位を一齐に(困難な場合には、同時期に)観測することによって地下水位等高線を作成し、地下水位等高線の最大傾斜方向を地下水の流向と考える手法を用いる。

なお、複数の地下水位観測井戸の設置が困難である場合には、ボーリング孔内で地下水の流向を測定を行う手法を用いることができる。測定方法は、「地下水調査および観測指針(案)」(財)国土開発技術研究センター編集、1993)などを参照できる。

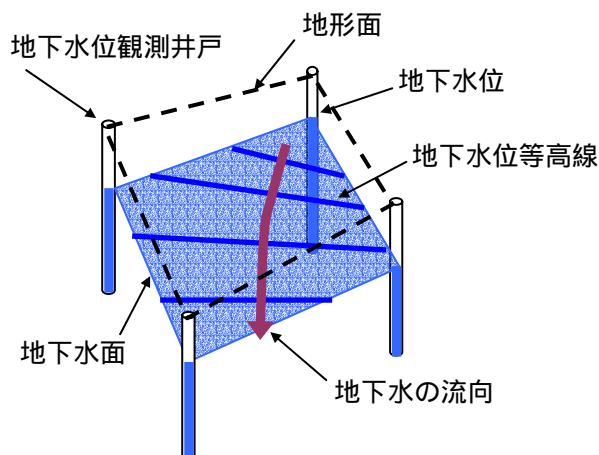


図7-1 地下水位観測井戸による地下水の流向測定方法の例

(3)地下水質の測定

地下水の水質測定を行うための地下水の採水や測定は、「地下水調査および観測指針(案)」(財)国土開発技術研究センター編集、1993)等を参照して行う。

地下水質は、室内で試験を行う場合、井戸の地下水及び湧水の採水時には採水時刻、地下水位(井戸で採水する場合)、水温、pH、電気伝導率などを測定する。また、現地踏査時に地表水や湧水の状況を把握するために、携帯式の電気伝導率計やpH計を用いて測定を行うことも有効である。

塩化物イオン濃度の測定方法は、日本工業規格 K0101 の32 に定める方法により、表7-2 に示す地下水等検査項目の測定方法は、表7-1 に示す測定方法を参照のこととする。

7-3 既存文献、資料

地下水に関する既存文献、資料の例は、表7-3 に示すとおりである。

表7-3 地下水に関する既存文献、資料の例

項目	既存文献、資料の例
地下水	<ul style="list-style-type: none"> ・ 地形・地質の状況 「1/5万～1/2.5万地形図、1/2.5千～1/1万地形図」, 「1/5万土地分類図」, 「1/5万～1/20万地質図」, 「1/20万土木地質図」, 「各種地盤図」, 「各種ボーリング柱状図集」等 ・ 地下水の状況 「1/5万利水現況図」, 「全国深井戸台帳」, 「地下水位観測台帳」, 「各種地下水位観測報告書」等

7-4 予測方法

(1)解析式等

(埋立地)計画地の地形地質や地下水の状況が比較的単純な特徴を有している場合や、下流側に利水施設が存在しない場合などでは、手計算レベルでの予測により十分な影響分析を行うことが可能である。

手計算レベルの影響予測方法(式)には、以下のような例がある。この手法についても、例えば、「根切り工事と地下水、(社)土質工学会、1991」や「地下水工学、河野伊一郎、1989」などに詳しい。ここでは、代表的な考え方の例を引用する。

ア 影響圏

地下水の揚水や地下構造物の建設による地下水位変化の影響範囲の目安として、影響圏半径が参照される場合が多い。影響圏半径は、揚水などにより地下水位を低下させた影響が及ばない半径であり、帯水層の透水性、貯留性、降雨による涵養特性など様々な因子の影響を受けるものであるが、帯水層(地層)を形成する土粒子の大きさから井戸での揚水時にける影響圏半径が表7-4のように提案されている。また、地層の透水係数や水位低下量から影響圏半径を推定する実験式も表7-5のように提案されている。

表7-4 揚水井戸の影響範囲
(資料：根切り工事と地下水、(社)土質工学会、1991)

土 質		影響半径
区分	粒径(mm)	R(m)
粗礫	>10	>1500
礫	2~10	500~1500
粗砂	1~2	400~500
粗砂	0.5~1	200~400
粗砂	0.25~0.5	100~200
細砂	0.10~0.25	50~100
細砂	0.05~0.10	10~50
シルト	0.025~0.05	5~10

表7-5 影響圏半径を求める実験式
(資料：根切り工事と地下水、(社)土質工学会、1991)

	条件	影響圏半径の式	提唱者
定常浸透		$R = 575 s\sqrt{DK}$	Kusakin (クサキン)
		$R = 3000 s\sqrt{k}$	Seichardt (ジハルト)
非定常浸透	被圧帯水層	$R = \alpha\sqrt{\frac{Tt}{S}}$ $\alpha = 1.5$	
	不圧帯水層	$R = \alpha\sqrt{\frac{Hkt}{S_y}}$ $\alpha = 1.5$	

ここで、Rは影響圏半径(m)、sは水位低下量(m)、Dは帯水層厚(m)、Hは不圧帯水層厚(m)、kは透水係数(m/s)、Tは透水量係数(m²/s)、Sは貯留係数、tは揚水時間(s)、また、S_yは有効間隙率である。

イ 解析式

(ア) 揚水による水位変化

揚水等による地下水位低下については、地下水の流れが平面的に見たときに平行となっていると考えられる場合について、地下水が流れる単位断面方向に着目して表7-6、図7-2に示す解析式が示されている。この式は、地下水位が低下する場所で水位が h₀ となったときの、地下水の単位幅あたりの湧出量(掘削域での湧出や井戸の揚水などが想定できる) q と、h₀ に対して x 離れた地点における地下水位低下量を計算する式で

ある。

表 7 - 6 断面二次元の浸透流解析式
(資料：根切り工事と地下水、(社)土質工学会、1991)

条件		単位奥行き当たり、 片側からの揚水流量	周辺の地下水位低下量	備考
定常浸透	被圧帯水層	$q = \frac{2kD}{L}(H - h_0)$	$h = \frac{H - h_0}{L}x + h_0$	L : 影響圏
	不圧帯水層	$q = \frac{k}{L}(H^2 - h_0^2)$	$h = \left\{ \frac{H^2 - h_0^2}{L}x + h_0^2 \right\}^{1/2}$	

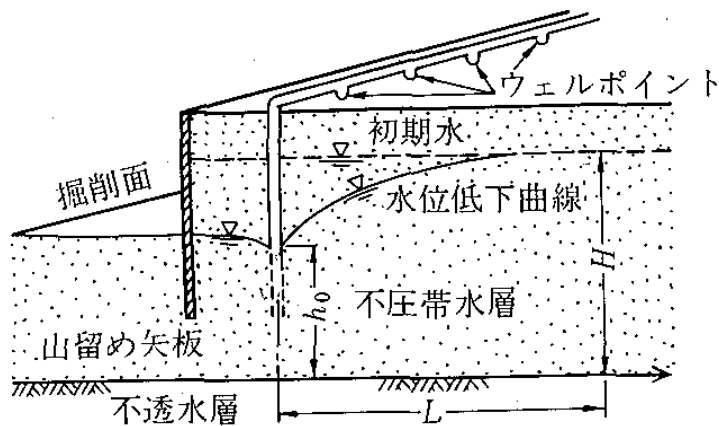


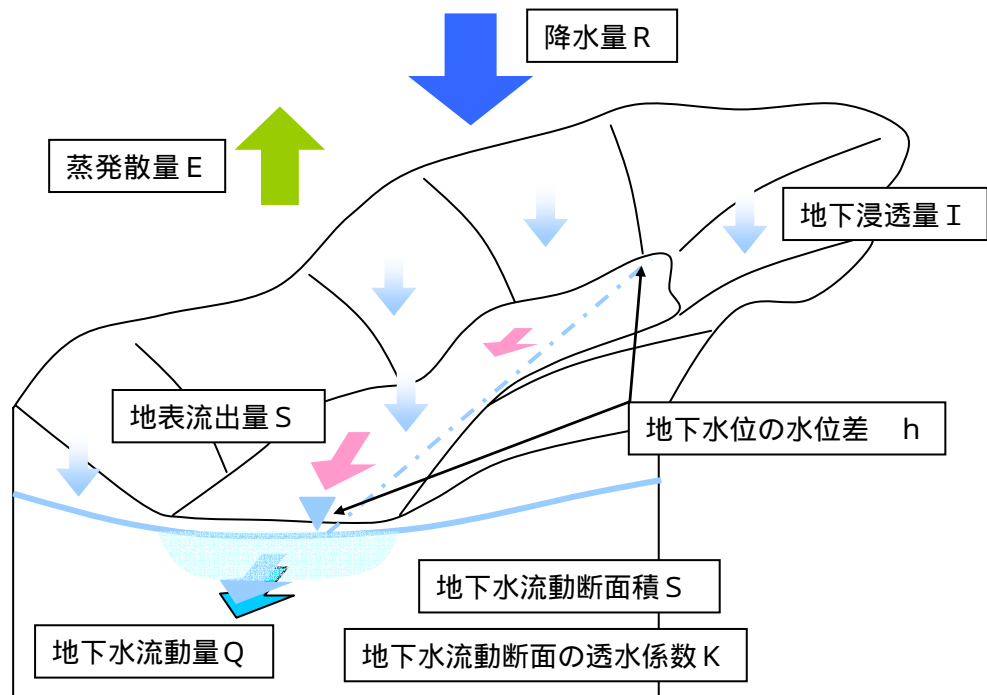
図 7 - 2 表 7 - 6 に対応する地下水流れの模式図

(イ) 水収支による検討

施設（埋立地）計画地の立地する集水域の流域の改変程度が地下水へどのような影響を及ぼす可能性があるのかを概略検討する方法である。図 7 - 3 に施設（埋立地）の計画される集水域を例として考え方を示す。

計画地における水収支は、季節変動を考慮して 1 年間の単位として検討する。集水域の水収支は、 $R = E + I + S$ となり、降水量は、蒸発散量、地下浸透量、地表流出量に分配される。このうち、地下浸透量がすべて地下水を涵養すると考えると、計画地の集水域から流出する地下水流動量 Q は、1 年間の収支検討であることから地下水の流れる時間を無視でき、 I と等しいと考えられる。また、地下水流動量 Q は、ダルシー式から $Q = K \cdot h \cdot S$ となることから、 $Q = I = K \cdot h \cdot S$ である。

この式を基本として用いると、集水域内の改変によって蒸発散量や地下浸透量の変化が生じると、地下水流動断面積が変化しないと仮定すると（これは被圧帯水層の仮定、不圧帯水層では変化する）、 h を推定することができる。上流側の地下水が変わらないと考えると、 h は下流側の地下水位変化量と見ることができる。



$$R = E + I + S \quad Q = I = K \cdot h \cdot S$$

* 検討の単位は年とする。

* 蒸発散量や地下浸透量、表面流出量等の計算は、「地下水調査および観測指針（案）」（財）国土開発技術研究センター編集、1993」等、既存文献を参考のこと。

図7-3 集水域における水収支と地下水流動量の関係

(ウ) 地下水流動障害による水位変化

施設（埋立地）の建設により地下構造物が構築されることにより地下水の流れが障害を受ける（地下水流動障害）場合がある。地下水流動障害による地下水位の変化は三次元的に生じることから手計算レベルでは難しいが、構造物建設前の地下水の流下方向に対する断面において計算する手法が、「地下水流動保全のための環境影響評価と対策、（社）地盤工学会、2004」に示されていることから参考とできる。

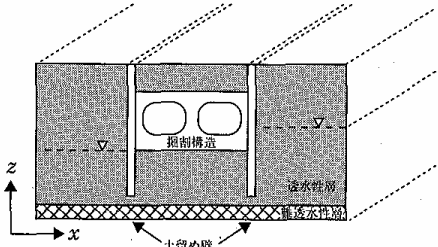
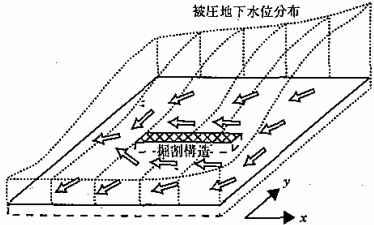
(2) 地下水の数値シミュレーション

数値シミュレーションは、施設（埋立地）計画地の地形地質や地下水の状況が複雑な特徴を有している場合や、下流側に重要な利水施設が存在する場合など、手計算レベルでは予測することが困難な場合に適用する。

近年は、数値シミュレーションは地下水の水位や流向を精度良く予測する手法として、計算機の能力向上や解析コードの公開や比較的安価なソフトが発売されていることなどから一般的となっている。地下水位の数値シミュレーションは、地下水の流動則（ダルシー式）と保存則（連続式）を組み合わせ、モデル化する領域内の水位（水頭）を計算するもので、水位（水頭）の分布から流向を把握することができる。地下水の数値シミュレーションについては、「地下水流動保全のための環境影響評価と対策、（社）地盤工学会、2004」に分かりやすく記述されており参考となる。本書より、地下水シミュレーションモデルの特徴を表7-7に引用する。

表7-7 地下水シミュレーションモデルの説明

（資料：地下水流動保全のための環境影響評価と対策、（社）地盤工学会、2004）

	鉛直二次元解析	平面二次元解析
適用性	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の流れが卓越した地下水流動場の検討に適している 線形構造物の横断方向断面の検討に適している 	<ul style="list-style-type: none"> 広域地下水流動場の検討に適している 平面的な流れ場の検討 被圧地下水位分布の検討
出力	x, z 方向の地下水流速 自由地下水位分布 (断面内)	x, y 方向の地下水流速 被圧水位分布 (水平面分布)
短所	<ul style="list-style-type: none"> 奥行き方向の流れを無視 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の流れがないとして解析 自由地下水位の検討ができない (地形が考慮できない) 降雨浸透を考慮できない
解析対象	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の迂回効果や帯水層構造を考慮した地下水流動阻害の検討 施工時地下水位低下工法の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 広域的な地下水流動阻害の検討 平面的な迂回効果の検討
		

	準三次元解析	三次元解析
適用性	<ul style="list-style-type: none"> 広域地下水流動場の検討に適している 平面的な流れ場の検討 自由地下水位分布の検討 降雨浸透を考慮できる 複数の透水性をもった帯水層の構造を考慮可能 	<ul style="list-style-type: none"> 三次元的に複雑な地下水流動場の検討が可能 詳細検討向き 自由地下水位分布の検討 降雨浸透を考慮できる 地形を考慮できる 複雑な水理構造を考慮できる (帯水層、難透水層)
出力	x, z 方向の地下水流速 自由地下水位分布 (水平面分布)	x, y, z 方向の地下水流速 自由地下水位分布
短所	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の流れがないとして解析 複数の帯水層を同時に取り扱うことができない 	<ul style="list-style-type: none"> 三次元構造データの作成に多大な努力が必要となる 境界条件の面的設置が必要となる
解析対象	<ul style="list-style-type: none"> 広域的な地下水流動阻害の検討 地形・帯水層構造・降雨浸透を考慮した平面的な迂回効果の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 三次元的な地下水流動阻害の検討 詳細な対策の検討
	