

地下水マネジメント導入のススメ

技術資料編



平成29年 4月

内閣官房 水循環政策本部
事務局

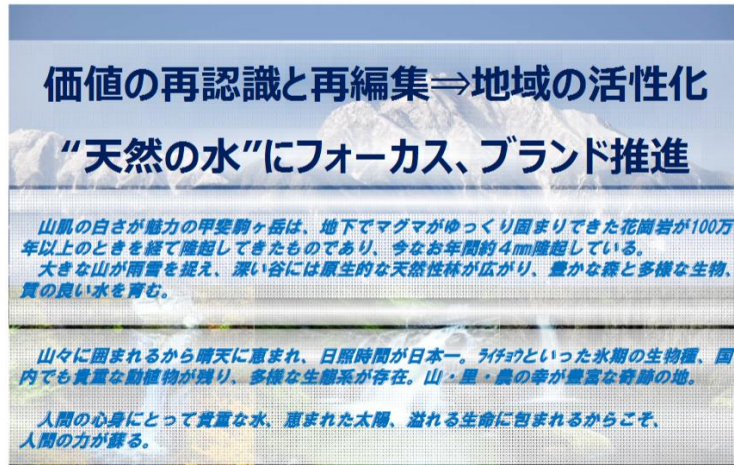
目 次

1. 地下水をとりまく社会の変化	1
1.1 地下水の価値を引き出す最近の社会活動の広まり	1
1.2 水循環基本法および水循環基本計画の策定	3
1.3 地下水マネジメントと流域マネジメントの関係	6
1.4 過去の地下水障害を教訓とする制度・条例等	7
2. 初期段階における地下水に関わる地域特性整理の方法	15
2.1 整理すべき項目	15
2.2 地形・地質	16
2.3 地下水位	20
2.4 水質	24
2.5 水収支	28
2.6 地下水利用・ニーズ等	33
2.7 過去の取組経緯・課題	37
3. 取組の進捗に応じた地下水の実態把握	41
3.1 統計資料・観測データ等による概要把握	41
3.2 現地調査等による定量化	43
3.3 時間的・空間的なデータの充実と反映	45
3.4 地下水の見える化	47
4. 初めて地下水に関わる方への参考資料	50
4.1 地下水の基礎的事項	50
4.2 地下水の保全と利用	65
4.3 地下水用語集	88

1. 地下水をとりまく社会の変化

1.1 地下水の価値を引き出す最近の社会活動の広まり

近年、地域の豊富な地下水や湧水を観光資源として活用したり、地域活性化の方策として、豊かな地下水を背景とする産業誘致や地場産業の振興など、地下水の価値を幅広い観点から引き出す試みが増えています。



「水の山」プロジェクト（北杜市）活動コンセプト

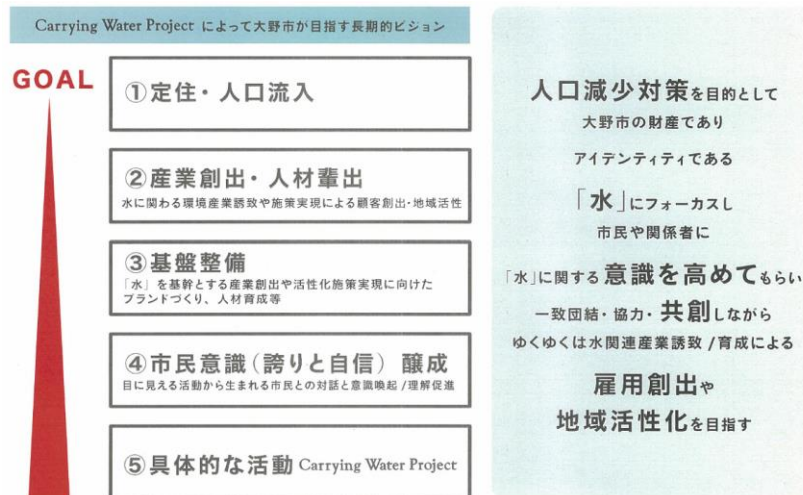
出典：環境省 HP、「Water Style サミット with CDP 2016 ウォーター日本報告会」
開催レポート、<https://water-project.env.go.jp/>



湧水めぐりを活用した観光マップの例

出典：三島市提供「街中がせせらぎ みしまっぷ」(<http://mishimap.com/>)

また、かつて地下水障害に苦しんだ地域においても、長年の取り組みにより地下水環境が回復し、現在では地域の人口減少対策の一環として、地域の地下水を活用したブランディング活動を展開するに至った例もあります。



「水」を基幹とする産業創出等による人口減少対策

出典：大野市資料

さらに、地域社会の安心に寄与する施設として、平成 28 年の熊本地震を受けて、新たな防災井戸の設置などが進められています。

防災井戸の設置について

当行は、熊本の創造的復興に向けた具体的な取り組みおよび BCP 体制強化の一環として、災害発生時の生活用水の確保を目的とした「防災井戸」を下記のとおり設置しますので、お知らせいたします。

記

1. 主旨

この防災井戸は、熊本地震で発生した断水の状況を踏まえ、生活用水確保の重要性の観点から、熊本県内の 10 か所の営業店などに設置するものです。

災害発生時には、行員の生活用水確保の場として活用するとともに、地域の給水拠点として住民の皆さまに開放いたします。

2. 防災井戸の概要

- (1) 設置場所：全 10 か所（熊本市 6、合志市 1、宇土市 1、宇城市 1、八代市 1）
- (2) 完成予定：平成 29 年 4 月中旬
- (3) 特徴：電源不要の手押しポンプ式で 1 回の汲み上げ水量約 1.2 リットル
- (4) 協力：国立大学法人熊本大学嶋田研究室
一般社団法人全国さく井協会九州支部
公益財団法人肥後の水とみどりの愛護基金



駐車場に設置

平成 28 年熊本地震後の防災井戸設置の取り組み（4 月中旬プレスリリースで差替予定）

（出典：肥後銀行 HP、<http://www.higobank.co.jp/newsrelease/2016/pdf/1702231055.pdf>）

1.2 水循環基本法および水循環基本計画の策定

「水」の価値が再認識され、幅広く利用されるようになる一方、特に地下水のような限りある資源においては、保全と利用をバランスさせることが、地下水が持続的に資源であるために重要となります。

このような現状に鑑み、水が人類共通の財産であることを再認識し、水が健全に循環し、そのもたらす恵沢を将来にわたり享受できるよう、健全な水循環を維持し、又は回復するための施策を包括的に推進していくことが不可欠との趣旨から、水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進するため、水循環基本法が制定されました。

水循環基本法は議員立法として国会に上程され、平成 26 年 3 月 20 日に参議院で全会一致、同月 27 日には衆議院にて全会一致で可決され、4 月 2 日に公布、7 月 1 日に施行されました。

水循環基本法の目的は、水循環に関する施策について、基本理念を定め、国、地方公共団体、事業者及び国民の責務を明らかにし、並びに水循環に関する基本的な計画の策定その他水循環に関する施策の基本となる事項を定めるとともに、水循環政策本部を設置することにより、水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進し、もって経済社会の健全な発展及び国民生活の安定向上に寄与することとされています。

水循環基本法(5つの基本理念)

水循環の重要性

水については、水循環の過程において、地球上の生命を育み、国民生活及び産業活動に重要な役割を果たしていることに鑑み、健全な水循環の維持又は回復のための取組が積極的に推進されなければならない。

水循環施策の
取り組みイメージ



健全な水循環への配慮

水の利用に当たっては、水循環に及ぼす影響が回避され又は最小となり、健全な水循環が維持されるよう配慮されなければならない。

流域の総合的管理

水は、水循環の過程において生じた事象がその後の過程においても影響を及ぼすものであることに鑑み、流域に係る水循環について、流域として総合的かつ一体的に管理されなければならない。

水の公共性

水が国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いものであることに鑑み、水については、その適正な利用が行われるとともに、全ての国民がその恵沢を将来にわたって享受できることが確保されなければならない。

✓ 水の適正利用、有効利用に向けた取組例

- ・水利用の合理化
- ・用途内及び用途間の水の転用
- ・雨水・再生水の利用促進
- ・節水

水循環に関する国際協調

健全な水循環の維持又は回復が人類共通の課題であることに鑑み、水循環に関する取組の推進は、国際的協調の下に行われなければならない。

水循環基本法の概要

目的（第1条）

水循環に関する施策を総合的かつ一体的に推進し、もって健全な水循環を維持し、又は回復させ、我が国の経済社会の健全な発展及び国民生活の安定向上に寄与すること

定義（第2条）

1. 水循環

→水が、蒸発、降下、流下又は浸透により、海域等に至る過程で、地表水、地下水として河川の流域を中心に循環すること

2. 健全な水循環

→人の活動と環境保全に果たす水の機能が適切に保たれた状態での水循環

基本理念（第3条）

1. 水循環の重要性

水については、水循環の過程において、地球上の生命を育み、国民生活及び産業活動に重要な役割を果たしていることに鑑み、健全な水循環の維持又は回復のための取組が積極的に推進されなければならないこと

2. 水の公共性

水が国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いものであることに鑑み、水については、その適正な利用が行われるとともに、全ての国民がその恵沢を将来にわたって享受できることが確保されなければならないこと

3. 健全な水循環への配慮

水の利用に当たっては、水循環に及ぼす影響が回避され又は最小となり、健全な水循環が維持されるよう配慮されなければならないこと

4. 流域の総合的管理

水は、水循環の過程において生じた事象がその後の過程においても影響を及ぼすものであることに鑑み、流域に係る水循環について、流域として総合的かつ一体的に管理されなければならないこと

5. 水循環に関する国際的協調

健全な水循環の維持又は回復が人類共通の課題であることに鑑み、水循環に関する取組の推進は、国際的協調の下に行われなければならないこと

○国・地方公共団体等の責務（第4条～第7条）

○関係者相互の連携及び協力（第8条）

○施策の基本方針（第9条）

○水の日（8月1日）（第10条）

○法制上の措置等（第11条）

○年次報告（第12条）

水循環基本計画（第13条）

基本的施策（第14条～第21条）

1. 貯留・涵養機能の維持及び向上
2. 水の適正かつ有効な利用の促進等
3. 流域連携の推進等
4. 健全な水循環に関する教育の推進等
5. 民間団体等の自発的な活動を促進するための措置
6. 水循環施策の策定に必要な調査の実施
7. 科学技術の振興
8. 国際的な連携の確保及び国際協力の推進

水循環政策本部（第22条～第30条）

○水循環に関する施策を集中的かつ総合的に推進するため、内閣に水循環政策本部を設置

- ・水循環基本計画案の策定
- ・関係行政機関が実施する施策の総合調整
- ・水循環に関する施策で重要なものの企画及び立案並びに総合調整

組織

本部長：内閣総理大臣
副本部長：内閣官房長官
水循環政策担当大臣
本部員：全ての国務大臣

一方、水循環基本法(平成 26 年 7 月 1 日施行)を受けて平成 27 年 7 月 10 日に、水循環に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るための基本的な計画である「水循環基本計画」が閣議決定されました。

水が人類共通の財産であることを再認識し、水が健全に循環し、そのもたらす恵沢を将来にわたり享受できるためには、健全な水循環を維持し、又は回復するための施策を包括的に推進していくことが不可欠です。このことを踏まえ、水循環基本計画では、水の適正かつ有効な利用の促進のため、地下水障害が生じることなく、生態系の保全等を確保しつつ、地域の地下水を守り、水資源等として利用する「持続可能な地下水の保全と利用」を、地方公共団体等などの地域の関係者が主体となって地域の実情に応じて取組む「地下水マネジメント」を推進することになっています。

水循環基本計画の概要	
総論 ○ 水循環と我々の関わり ○ 水循環基本計画の位置付け、対象期間と構成	(4) 水の効率的な利用と有効利用 (5) 水環境 (6) 水循環と生態系 (7) 水辺空間 (8) 水文化 (9) 水循環と地球温暖化
第1部 水循環に関する施策についての基本的な方針 1 流域における総合的かつ一体的な管理 2 健全な水循環の維持又は回復のための取組の積極的な推進 3 水の適正な利用及び水の恵沢の享受の確保 4 水の利用における健全な水循環の維持 5 国際的協調の下での水循環に関する取組の推進	4 健全な水循環に関する教育の推進等 (1) 水循環に関する教育の推進 (2) 水循環に関する普及啓発活動の推進 5 民間団体等の自発的な活動を促進するための措置 6 水循環施策の策定及び実施に必要な調査の実施 (1) 流域における水循環の現状に関する調査 (2) 気候変動による水循環への影響と適応に関する調査 7 科学技術の振興 8 国際的な連携の確保及び国際協力の推進 (1) 国際連携 (2) 国際協力 (3) 水ビジネスの海外展開 9 水循環に関わる人材の育成 (1) 産学官が連携した人材育成と国際人的交流
第2部 水循環に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策 1 流域連携の推進等 -流域の総合的かつ一体的な管理の枠組み- (1) 流域の範囲 (2) 流域の総合的かつ一体的な管理の考え方 (3) 流域水循環協議会の設置と流域水循環計画の策定 (4) 流域水循環計画 (5) 流域水循環計画の策定プロセスと評価 (6) 流域水循環計画策定・推進のための措置 2 貯留・涵養機能の維持及び向上 (1) 森林 (2) 河川等 (3) 農地 (4) 都市 3 水の適正かつ有効な利用の促進等 (1) 安定した水供給・排水の確保等 (2) 持続可能な地下水の保全と利用の推進 (3) 水インフラの戦略的な維持管理・更新等	第3部 水循環に関する施策を総合的かつ計画的に推進するために必要な事項 1 水循環に関する施策の効果的な実施 2 関係者の責務及び相互の連携・協力 3 水循環に関して講じた施策の公表

(2) 持続可能な地下水の保全と利用の推進

地盤沈下、地下水汚染、塩水化などの地下水障害の防止や生態系の保全等を確保しつつ、地域の地下水を守り、水資源等として利用する「持続可能な地下水の保全と利用」を推進する。このため、地域の実情に応じて地下水マネジメントに取り組む。

帯水層の構造、地下水の挙動、地表水と地下水の関係、地下水採取の影響等については、未解明の部分も多い。このため、国と都道府県は連携して、研究機関等の成果も活かしながら、地域の実情を踏まえ、これらの観測、調査、データ整備及び分析を推進するよう努めるものとする。

1.3 地下水マネジメントと流域マネジメントの関係

水循環基本計画においては、流域において関係する行政などの公的機関、事業者、団体、住民等がそれぞれ連携して活動する「流域マネジメント」と、地域の関係者が主体となって、「持続可能な地下水の保全と利用」に地域の実情に応じて取組む「地下水マネジメント」が示されています。

○地下水と地表水は、水循環においては一連の流れの中でつながっており、一体的に捉えるべきものです。

○流域マネジメントの主要な対象である河川水は、法に基づく管理がなされ、農業、水道、工業等の様々な分野で計画的に利用されてきました。

○流域マネジメントでは、河川流域を中心に、幅広い分野を対象として、各分野の主体が連携しつつ、流域の適切な保全や管理、施設整備、活動等を実施するため、流域水循環協議会で「流域水循環計画」を策定します(基本計画 第2部1(3))。

○流域水循環計画には、①現在及び将来の課題、②理念や将来目指す姿、③健全な水循環の維持又は回復に関する目標、④目標を達成するために実施する施策、⑤健全な水循環の状態や計画の進捗状況を表す指標等が、地域の実情に応じて段階的に設定され、森林、河川、農地、下水道、環境等の水循環に関する各種施策について有機的な連携が図られるよう、関係者は相互に協力し、実施します(基本計画 第2部1(4))。

○地下水マネジメントでは、地下水の公共性の高さも念頭において、地域社会の実情を踏まえ、持続可能な地下水の保全と利用に関わる利害関係者の調整や合意形成、取組等が適切に行われることが重要とされます。

○地下水マネジメントの取組を進めるにあたっては、流域マネジメントにおける地下水マネジメントの位置づけを、その動機や目的に応じた形で整理し、流域マネジメントの施策との相互影響や整合に留意する必要があります。

○このように、地下水マネジメントと流域マネジメントは連携をしながら推進し、一体的な運営を図っていくことが期待されます。

1.4 過去の地下水障害を教訓とする制度・条例等

近年、地下水の価値を様々な方法で引き出す試みが増えている一方、地域の地下水の実態を把握せずは無計画に採取することは、周辺の地下水利用を阻害したり、持続的利用を困難にさせる場合があります。

かつて、地下水の過剰揚水等により、全国で塩水化・地盤沈下・井戸枯れ等、様々な地下水障害を生じた時代があり、地下水環境の回復・保全および再発防止の観点から、様々な規制・制度が策定されてきました。

これらの制度等は現在も適用されており、過去または現在の地下水障害の教訓を活かしながら、地下水を慎重に利用することが求められます。

以下に、過去の地下水障害を教訓とする制度・条例等として「地下水採取規制等」、「地盤沈下防止対策要綱」、「地方公共団体における地下水に関する条例・要綱等」の概要を示します。

1.4.1 地下水採取規制等

高度経済成長期に、地下水の過剰採取により全国で大規模な地盤沈下等の被害が生じたことを背景に、地盤沈下を防止することを目的として、工業の用に供する地下水の採取を規制する“工業用水法”が昭和 31 年に、建築物用地下水の採取を規制する“建築物用地下水の採取の規制に関する法律”（以下、“ビル用水法”）が昭和 37 年に制定されました。

これらは一般に「用水二法」と呼ばれ、現在も、工業用水法により 10 都府県 17 地域、ビル用水法により 4 都府県 4 地域が指定地域とされています。

工業用水法

政令で定める地域（「指定地域」）内の井戸により地下水を採取してこれを工業の用に供しようとする者は、井戸ごとに、そのストレーナーの位置及び揚水機の吐出口の断面積を定めて、都道府県知事等の許可を得なければならない。

「指定地域」の要件としては、地下水を採取したことにより、地下水の水位が異常に低下し、塩水若しくは汚水が地下水の水源に混入し、又は地盤が沈下している一定の地域について、工業の用に供すべき水の量が大であり、地下水の水源の保全を図るためにはその合理的な利用を確保する必要があり、かつ、その地域に工業用水道がすでに布設され、又は一年以内にその布設の工事が開始される見込みがある場合に定める。

建築物用地下水の採取の規制に関する法律（ビル用水法）

指定地域内の揚水設備により建築物用地下水を採取しようとする者は、揚水設備（井戸）ごとに、そのストレーナーの位置及び揚水機の吐出口の断面積を定めて都道府県知事等の許可を受けなければならない。

指定地域の要件としては、「当該地域内において地下水を採取したことにより地盤が沈下し、これに伴って、高潮、出水等による災害が生じるおそれがある場合」とされている。

表 1.1 「工業用水法」に基づく指定地域

番号	都府県名	市 区 町 村 名	施行年月日
1	宮 城 県	仙台市の一部、多賀城市の一部、七ヶ浜町の一部	1975. 8.15
2	福 島 県	南相馬市の一部	1979. 7. 1
3	埼 玉 県	川口市の一部、さいたま市の一部、草加市、蕨市、戸田市、八潮市	1963. 7. 1 1979. 7. 1
4	千 葉 県	千葉市の一部、市川市、船橋市、松戸市、習志野市、市原市の一部、浦安市、袖ヶ浦市の一部	1969.10.11 1972. 5. 1 1974. 8. 1
5	東 京 都	墨田区、江東区、北区、荒川区、板橋区、足立区、葛飾区、江戸川区	1961. 1.19 1963. 7. 1 1972. 5. 1
6	神奈川県	川崎市の一部、横浜市の一部	1957. 7.10 1959. 4. 6 1962.11.20
7	愛 知 県	名古屋市の一部、一宮市、津島市、江南市、稲沢市、愛西市、清須市の一部、弥富市、あま市、海部郡大治町、同郡蟹江町、同郡飛鳥村	1960. 6.17 1984. 7. 5
8	三 重 県	四日市市の一部	1957. 7.10 1963. 7. 1
9	大 阪 府	大阪市の一部、豊中市の一部、吹田市の一部、高槻市の一部、茂木市の一部、摂津市、守口市、八尾市の一部、寝屋川市の一部、大東市の一部、門真市、東大阪市の一部、四条綴市の一部、岸和田市の一部、泉大津市、貝塚市の一部、和泉市の一部、泉北郡忠岡町	1959. 1. 4 1962.11.20 1963. 7. 1 1965.10.25 1966. 6.17 1978. 1.26
10	兵 庫 県	尼崎市、西宮市の一部、伊丹市	1957. 7.10 1960.11. 7 1962.11.20 1963. 7. 1
計	10 都府県		

(注) 都府県名、市町村名については環境省「平成 27 年度全国の地盤沈下地域の概況」による。

表 1.2 「建築物用地下水の採取の規制に関する法律」に基づく指定地域

番号	都府県名	市 区 町 村 名	施行年月日
1	大阪府	1962 年 8 月 31 日における大阪市の区域	1962. 8. 31
2	東京都	1972 年 5 月 1 日における東京都の区部のうち特別区の区域	1963. 7. 1 1972. 5. 1
3	埼玉県	1972 年 5 月 1 日における川口市、浦和市、大宮市、与野市、蕨市、戸田市及び鳩ヶ谷市の区域	1972. 5. 1
4	千葉県	1974 年 8 月 1 日における千葉県の区域のうち千葉市（旦谷町、谷当町、下田町、大井戸町、下泉町、上泉町、更科町、小間子町、富田町、御殿町、中田町、北谷津町、高根町、古泉町、中野町、多部田町、川井町、大広町、五十土町、野呂町、和泉町、佐和町、土気町、上大和田町、下大和田町、高津戸町、大高町、越智町、大木戸町、大椎町、小食土町、小山町、板倉町、高田町及び平川町を除く。）、市川市、船橋市、松戸市、習志野市、市原市（五所、八幡、八幡北町、八幡浦、八幡海岸通、西野谷、山木、若宮、菊間、草刈、古市場、大厩、市原、門前、藤井、郡本、能満、山田橋、辰巳台東、辰巳台西、五井、五井海岸、五井南海岸、岩崎、玉前、出津、平田、村上、岩野見、君塚、海保、町田、廿五里、野毛、島野、飯沼、松ヶ島、青柳、千種海岸、西広、惣社、根田、加茂、白金町、椎津、姉崎、姉崎海岸、青葉台、畑木、片又木、迎田、不入斗、深城、今津朝山、柏原、白塚、有秋台東及び有秋台西に限る。）鎌ヶ谷市及び東葛飾郡浦安町の区域	1972. 5. 1 1974. 8. 1
計	4 都府県		

（注）都府県名、市区町村名については環境省「平成 27 年度全国の地盤沈下地域の概況」による。

地下水の水質保全については、環境基本法において政府が水質の汚濁に関する環境基準を定めるとしており、平成 9 年 3 月に地下水も対象とした水質汚濁にかかる環境基準を告示しています。また、平成元年の水質汚濁防止法の改正では、一定の排出基準を超える有害物質を含む汚水の地下への浸透が制限され、水質の監視が義務づけられています。

平成元年度より水質汚濁防止法に基づき、都道府県などが地下水の水質汚濁状況を常時監視することとし、地下水質の測定が毎年行われています。

また、平成 9 年 4 月から、地下水の汚染が判明した場合について、都道府県知事が汚染の浄化を命ずる権限が認められました。

なお、平成 9 年 3 月に地下水の水質汚濁に係る環境基準が設定され、平成 11 年 2 月に硝酸性窒素および亜硝酸性窒素、フッ素、ホウ素の 3 項目が追加されました。

表 1.3 地下水の水質保全に関する法制度

名称	制定年	地下水の位置づけ
公害対策基本法	1967 年	大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、地盤沈下、悪臭による人の健康及び生活環境の被害を「公害」と定めている。
環境基本法	1993 年	政府は、大気汚染、水質汚濁、土壌汚染及び騒音に係る環境上の条件について、それぞれの人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持されることが望ましい基準を定めるものとする。
水質汚濁防止法	1970 年	多数の地下水汚染が顕在化してきたことに伴い、有害物質を含む水の地下への浸透を制限及び地下水の水質の監視体制の導入による地下水汚染の未然防止、地下水の水質の浄化に係わる措置命令等に関する制度的枠組みを唱えている。
土壌汚染対策法	2003 年	有害物質による土壌汚染事例の判明件数の増加が著しいことを背景に、汚染された土壌から有害物質が溶け出した地下水を飲用すること等により人の健康被害を防止するため土壌汚染の状況の把握、土壌汚染対策を実施することを内容としている。

表 1.4 地下水の水質汚濁に係る環境基準（環境基本法）

項目	基準値	測定方法
カドミウム	0.003mg/L 以下	日本工業規格（以下「規格」という。）K 0102 の 55.2、55.3 又は 55.4 に定める方法
全シアン	検出されないこと。	規格 K 0102 の 38.1.2 及び 38.2 に定める方法、規格 K 0102 の 38.1.2 及び 38.3 に定める方法又は規格 K 0102 の 38.1.2 及び 38.5 に定める方法
鉛	0.01mg/L 以下	規格 K 0102 の 54 に定める方法
六価クロム	0.05mg/L 以下	規格 K 0102 の 65.2 に定める方法（ただし、規格 K 0102 の 65.2.6 に定める方法により塩分の濃度の高い試料を測定する場合にあっては、規格 K 0170-7 の 7 の a) 又は b) に定める操作を行うものとする。）
砒素	0.01mg/L 以下	規格 K 0102 の 61.2、61.3 又は 61.4 に定める方法
総水銀	0.0005mg/L 以下	昭和 46 年 12 月環境庁告示第 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
P C B	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 K 0125 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 K 0125 の 5.1、5.2、5.3.1、5.4.1 又は 5.5 に定める方法
クロロエチレン （別名塩化ビニル 又は塩化ビニルモノ マー）	0.002mg/L 以下	付表に掲げる方法
1,2-ジクロロエタン	0.004mg/L 以下	規格 K 0125 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	0.1mg/L 以下	規格 K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法
1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下	シス体にあつては規格 K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 に定める方法、トランス体にあつては、規格 K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
1,1,1-トリクロロエタン	1mg/L 以下	規格 K 0125 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 K 0125 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	0.01mg/L 以下	規格 K 0125 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 K 0125 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 K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 に定める方法
シウラム	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 K 0125 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 K 0102 の 67.2、67.3 又は 67.4 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 K 0102 の 43.2.1、43.2.3、43.2.5 又は 43.2.6 に定める方法、亜硝酸性窒素にあつては規格 K 0102 の 43.1 に定める方法
ふっ素	0.8mg/L 以下	規格 K 0102 の 34.1 若しくは 34.4 に定める方法又は規格 K 0102 の 34.1c)（注(6)第三文を除く。）に定める方法（懸濁物質及びイオンクロマトグラフ法で妨害となる物質が共存しない場合にあっては、これを省略することができる。）及び公共用水域告示付表 6 に掲げる方法
ほう素	1mg/L 以下	規格 K 0102 の 47.1、47.3 又は 47.4 に定める方法
1,4-ジオキサン	0.05mg/L 以下	公共用水域告示付表 7 に掲げる方法
備考		
<ol style="list-style-type: none"> 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 K 0102 の 43.2.1、43.2.3、43.2.5 又は 43.2.6 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 K 0102 の 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 を乗じたものの和とする。 4. 1, 2-ジクロロエチレンの濃度は、規格 K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.2 により測定されたシス体の濃度と規格 K 0125 の 5.1、5.2 又は 5.3.1 により測定されたトランス体の濃度の和とする。 		

1.4.2 地盤沈下防止等対策要綱

地盤沈下で大きな被害を生じた濃尾平野、筑後・佐賀平野、関東平野北部の 3 地域では、地盤沈下防止等対策閣僚会議（昭和 56 年設置）において、“地盤沈下防止等対策要綱”が決定され、発効されています。これらの要綱は、地下水の過剰採取の規制、代替水源の確保および代替水供給を行い、地下水を保全するとともに、地盤沈下によるたん水などの災害の防止や被害の復旧など、地域の実情に応じた総合的な対策を目的としています。

平成 17 年 3 月に地盤沈下防止等対策要綱にかかわる関係府省により、“地盤沈下防止等対策要綱に関する関係府省連絡会議”が設置され、今後も 3 地域の地下水採取目標量を現行通りとすること、およびおおむね 5 年ごとに評価検討を行うことなどが確認され、今後とも各要綱を継続して地盤沈下対策を推進していくことが申し合わされました。

表 1.5 「地盤沈下防止等対策要綱」に基づく指定地域

	濃尾平野	筑後・佐賀平野	関東平野北部
名 称	濃尾平野 地盤沈下防止等対策要 綱	筑後・佐賀平野 地盤沈下防止等対策 要綱	関東平野北部 地盤沈下防止等対策 要綱
決 定 年 月 日	昭和 60 年 4 月 26 日	昭和 60 年 4 月 26 日	平成 3 年 11 月 29 日
一部改正年月日	平成 7 年 9 月 5 日	平成 7 年 9 月 5 日	—
評 価 検 討 年 度	平成 16 年度・平成 21 年度 ・平成 26 年度	平成 16 年度・平成 21 年度 ・平成 26 年度	平成 16 年度・平成 21 年度 ・平成 26 年度
目 的	地下水の採取による地盤沈下を防止し、併せて地下水の保全を図るため、地下水の採取規制、代替水源の確保及び代替水の供給、節水及び水使用の合理化、地盤沈下による災害の防止及び復旧等に関する事項を定めることにより、同地域の実情に応じた総合的な対策を推進する。		



出典：地盤沈下防止等対策要綱に関する関係府省連絡会議 参考資料

1.4.3 地方公共団体における地下水に関する条例・要綱等

地方公共団体においては、地域の特性に応じた地下水に関する条例・要綱等が個別に制定されています。

平成 27 年 10 月現在、地下水に関する条例等は全国で 826 あります。そのうち、都道府県の条例等は 84、区市町村の条例等は 742 です。

地方公共団体別にみると、47 都道府県のうち、85.1%にあたる 40 都道府県で地下水関連条例等が制定されています。また、全国の区市町村の 31.7%にあたる 552 区市町村で地下水関連条例等が制定されています。

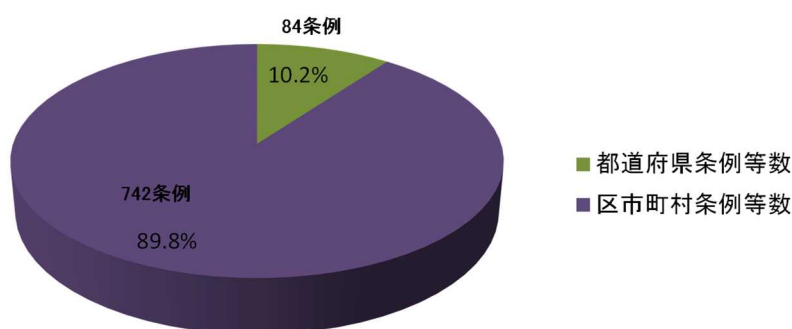


図 1.1 制定されている条例の行政区分

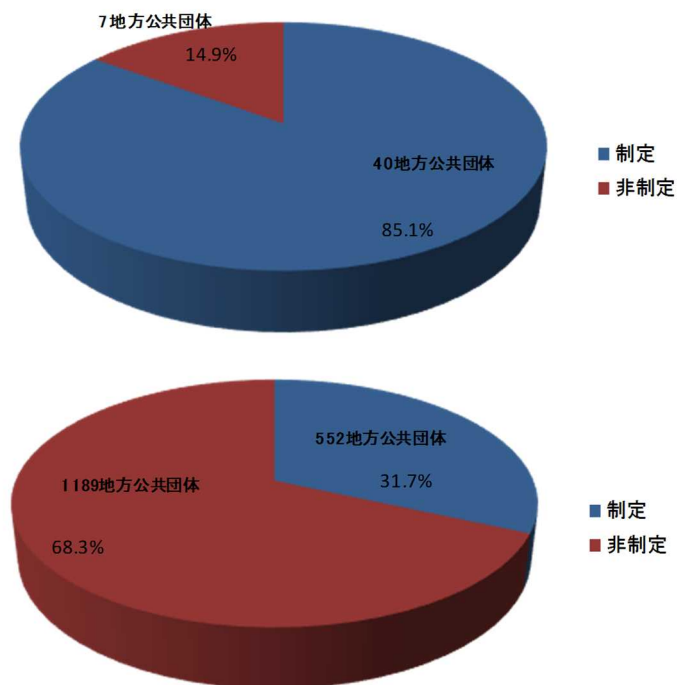


図 1.2 地下水関連条例等の制定状況（上：都道府県単位、下：区市町村単位）

2. 初期段階における地下水に関わる地域特性整理の方法

2.1 整理すべき項目

地域における地下水の概況を把握するため、次の項目の整理・検討を行います。これらの項目から地域の実情に応じて必要な項目を抽出し、実際の整理や調査を計画・実施します。

表 2.1 初期段階における地域特性整理のための調査項目

項目	調査目的・概要	調査項目例
地形・地質	地域における地下水の賦存状況、つまり主な帯水層の平面的分布や深度分布を概略把握するために、その地域の地形・地質に関する既存資料の収集と整理を行います。これにより、地下水が豊富な場所や地下水の涵養域・湧出域等を把握します。	<ul style="list-style-type: none"> ・地形図、地質図 ・水文地質図 ・帯水層分布 ・地下水賦存状況など
地下水位	地域における地下水位の経年的変化や季節的变化を把握し、また、地下水の流れの方向を把握するために、地下水位の観測データを収集・整理します。	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水位およびその分布状況 ・地下水位等高線図 ・地下水流向 ・それらの経年変化など
水質	地域の地下水中に含まれる様々な成分について、その分布や時間的な変化を把握するため、また、地下水流動を把握する際の基礎データとするために、地域内での地下水の水質成分分布を把握します。	<ul style="list-style-type: none"> ・無機成分の分布 ・地下水汚染に関わる物質の分布など
水収支	検討地域近傍に位置する気象庁、管区气象台等で過去の気象資料を収集整理し、水収支に関わる水文気象環境の概況を把握します。収集した資料を用いて、地域における水収支に関する概略整理を行います。	<ul style="list-style-type: none"> ・降水量や気温などの水文気象状況 ・河川流量や地下水位等の観測値 ・水利用量など
地下水利用・ニーズ等	地域における地下水に関わる課題・ニーズ等を把握するために、地下水利用、地下水障害、住民意識などに関する調査結果等の既存資料の収集と整理を行います。	<ul style="list-style-type: none"> ・上水道や工業用水など水利用の用途と規模 ・地下水障害の発生状況 ・地下水に関する課題など
過去の取組経緯・課題	過去に地下水をどのように扱い、利用や保全をしてきたかを把握するため、地域での地下水に関する調査、協議、施策、活動などの取組の経緯を把握します。	<ul style="list-style-type: none"> ・過去の取組の主体、枠組、保全・利用の方向性、実態把握状況、実施された施策内容など

2.2 地形・地質

2.2.1 整理の目的

地域における地下水の賦存状況、つまり主な帯水層の平面的分布や深度分布を概略把握するために、その地域の地形・地質の整理を行います。これにより、地下水が豊富な場所や地下水の涵養域・湧出域等を推定します。

2.2.2 参考となる資料

地域の地形・地質を把握するためには、表 2.2 に示す資料が参考となります。また、これら以外に既に詳細な地形・地質を調査した結果（調査報告書など）がある場合には、それらも活用することができます。

表 2.2 地形・地質に関する参考資料

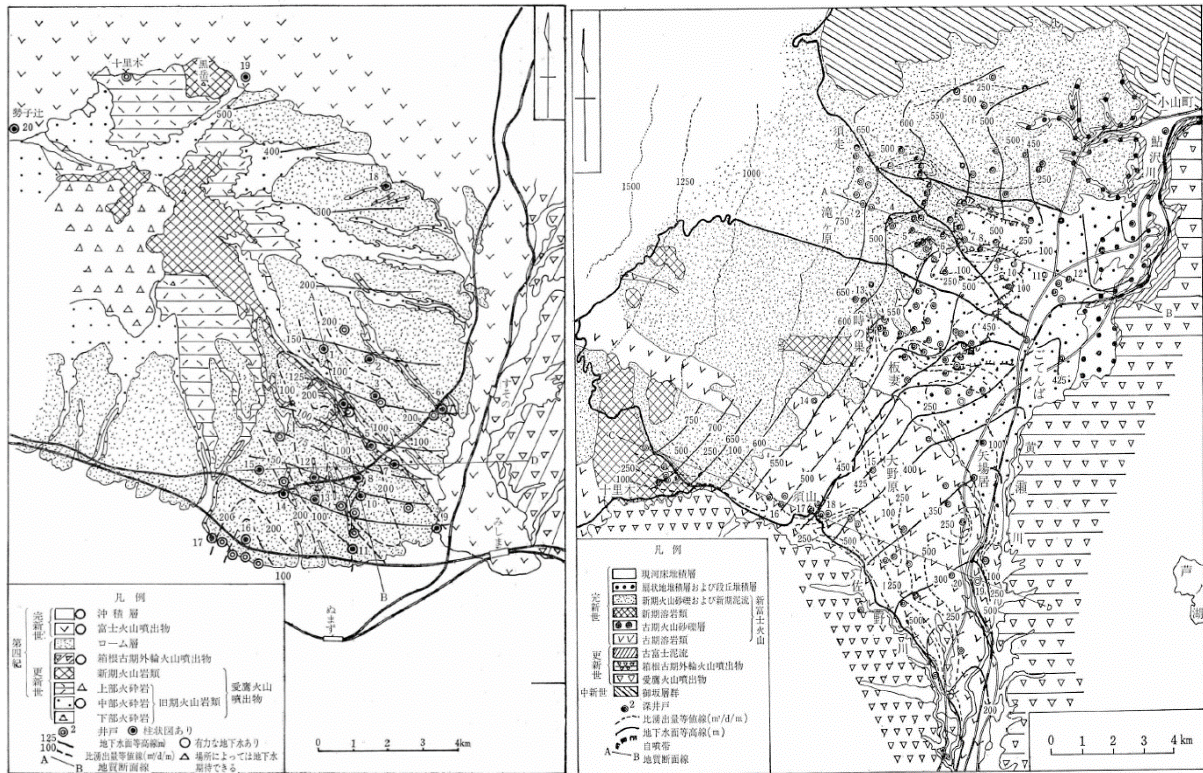
分類	資料名	発行／提供元
書籍	日本の地下水	農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会、地球社
	地下水要覧	地下水要覧編集委員会、山海堂
地図	水文環境図	産業技術総合研究所地質調査総合センター https://www.gsj.jp/Map/JP/environment.html
	水理地質図	(CD 販売)
	地下水マップ(水基本調査)	国土交通省国土政策局国土情報課 http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/w_national_map_cw.html
	20 万分の 1 土地分類基本調査	国土交通省国土政策局国土情報課 http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/land/l_national_map_20-1.html
	20 万分の 1 日本シームレス地質図	産業技術総合研究所地質調査総合センター https://gbank.gsj.jp/seamless/seamless2015/2d/
データベース	国土地盤情報検索サイト「KuniJiban」	国土交通省 http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/

2.2.3 整理イメージ事例

既存資料や出版物から地域全体の地形・地質の概要を把握できるような情報を抽出します。整理イメージ事例をサンプルとして示します。

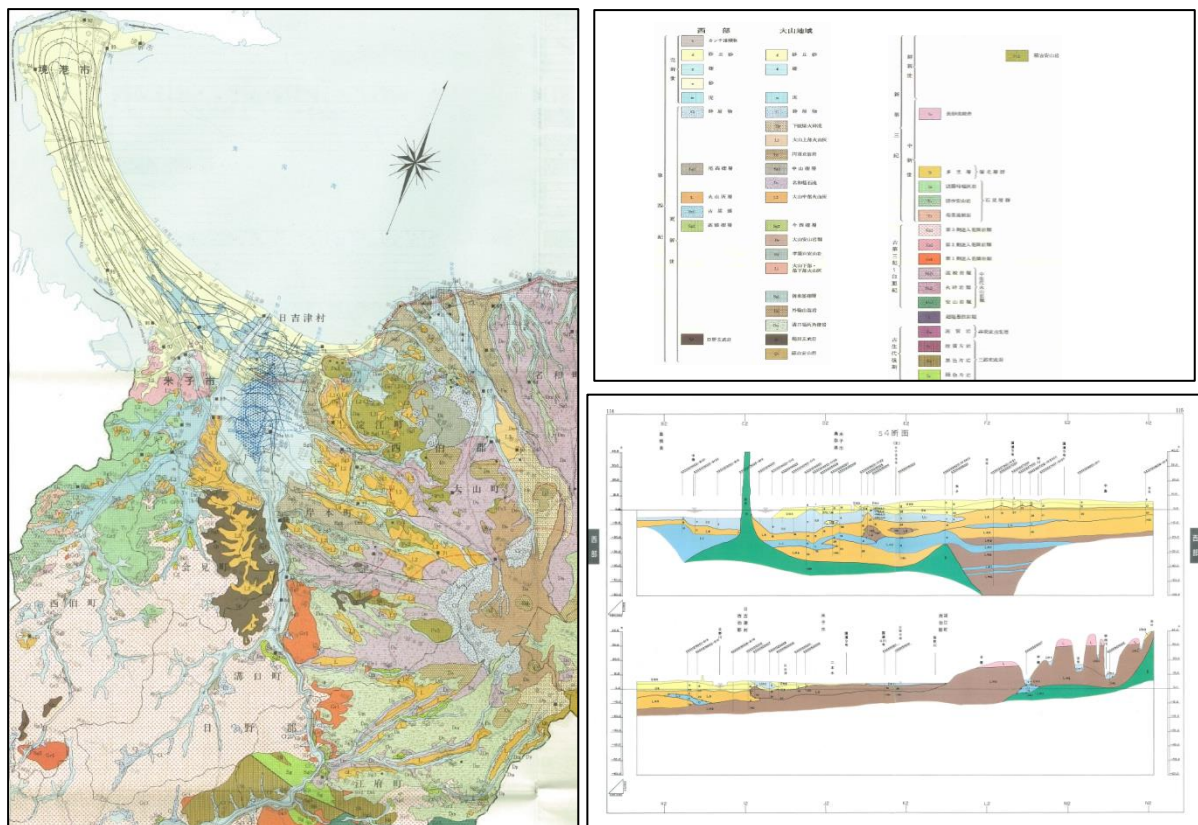
(1) 静岡県東部地域の地形・地質

『日本の地下水、農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会、1988、347～366 ページ』から抽出。



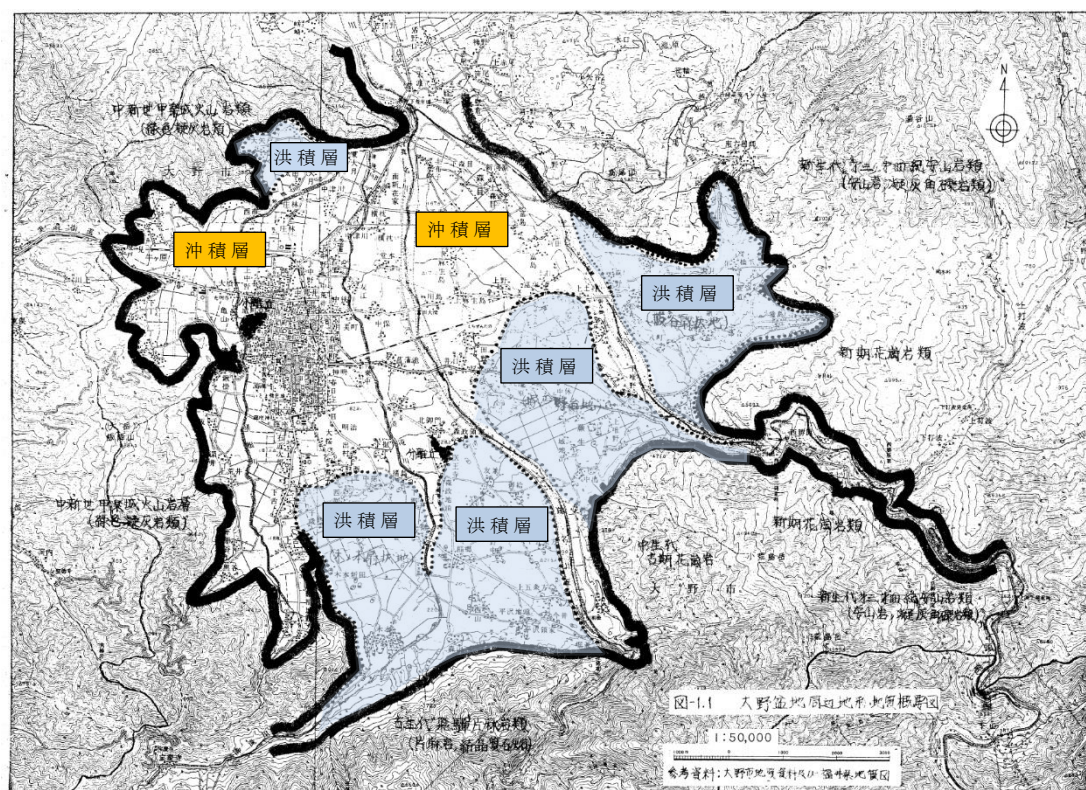
(2) 鳥取県米子地域・弓浜半島の地形・地質

『鳥取県水文地質図、1981、農林水産省中国四国農政局計画部資源課』から抽出。

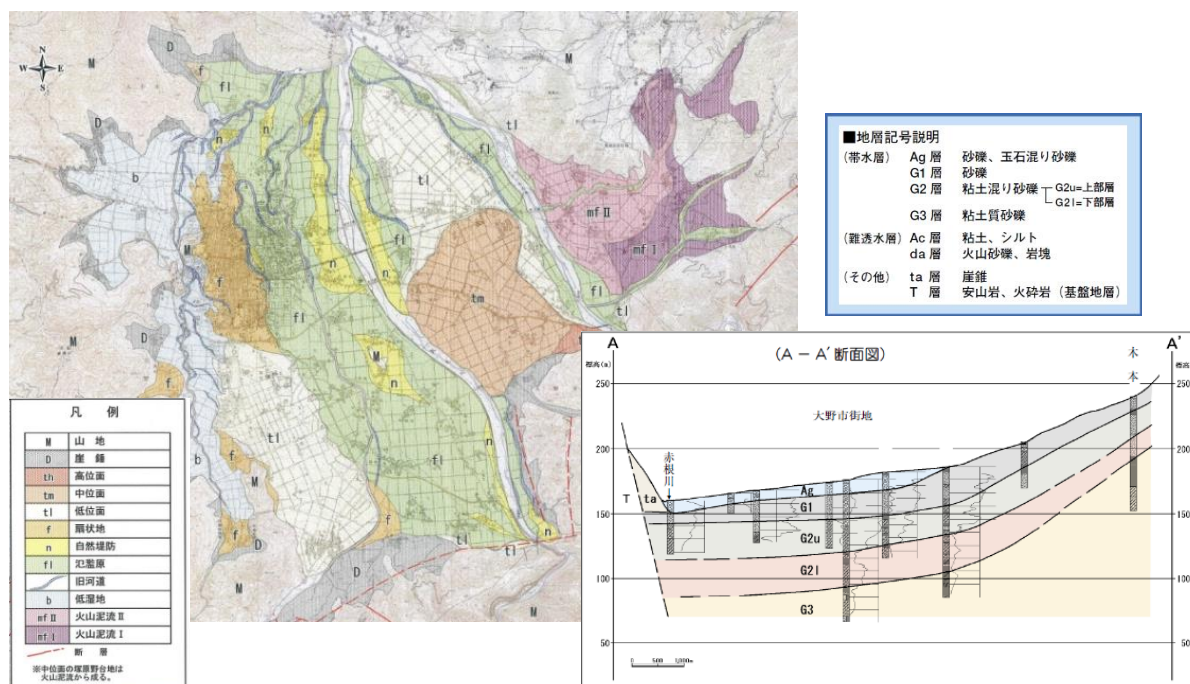


(3) 福井県大野市の地形・地質

『大野市水資源調査業務報告書、1984、大野市、1～4 ページ』から抽出し、説明を追記。



『大野市地下水総合調査報告書、2003、大野市、17 ページ』から抽出。



2.2.4 整理結果からわかること

整理結果から三次元的な地層分布が分かります。それぞれの地層が持つ特性から地下水を貯留することができる帯水層がどこにあるのか、そこには地下水がどのくらい含まれるのかを把握します。

(1) 結果の見方・読み方

地形図：読み取るべき情報は土地の起伏・高低差の状況です。地形図上に描かれた等高線に着目すれば、土地の傾斜の有無やその緩急（等高線間隔が密であるほど斜面は急）がわかります。

地質図：地表面の下にどのような種類の地層がどのように分布しているかを示します。地質毎に色分けされ、地層の地質時代、区分と名前、色・模様・記号、種類が凡例で示されています。

柱状図：地質断面図や平面図と共に、その地点のボーリング調査の結果として示されます。堆積物の種類を色や記号で長柱状に表し、それぞれの堆積層の地面からの深さや層厚を把握することができます。

(2) 結果からわかること

資料整理の結果から次のようなことがわかります。

- **地形的な地域の特徴：**

河川の流れの状況、合流地点などを中心として、洪積台地や沖積平地がどのような配置となっているかなどの地下水賦存状態を推定する上での地形的特性を把握することができます。

- **三次元的な地層分布：**

地域内の地層の構成と地層材料（砂、礫、粘土など）が平面的あるいは深さ方向にどのように広がっているかがわかります。

- **帯水層分布と地下水の賦存状況：**

帯水層の数とその深さと厚さ、難透水層の深さと厚さを把握することができます。粘土層と砂礫層が明確に分かれていない場合もあり、その透水係数の大きさによっては帯水層として扱われることもあります。地下水の賦存状況は、地層の透水性と貯留性の大きさから判断されます。

- **地域の地下水利用可能性：**

地域全体の中で透水性が高く、地下水を豊富に抱える帯水層の分布がわかります。地質材料の詳細がわかれば、地下水が豊富であるか少ないかに基づき、帯水層としての利用価値の高さがわかります。不圧帯水層か被圧帯水層か、それぞれ層厚や深度がどれくらいかにより、地下水の利用しやすさが異なります。

さらに、深い層まで掘ったボーリングデータや詳細な地質構造、その地域の地形形成史などの資料があれば、より詳しく地下水の分布や賦存状態の推定ができる場合もあります。

2.3 地下水位

2.3.1 整理の目的

地域における地下水位の経年的変化や季節的变化を把握し、地下水の流れの方向を把握するために、地下水位の観測データを収集・整理します。

2.3.2 参考となる資料

地域の地下水位の状況を把握するためには、表 2.3 に示す資料が参考になります。また、これら以外に既に地域において詳細な地下水位を調査した結果がある場合には、それを活用することもできます。

表 2.3 地下水位に関する参考資料

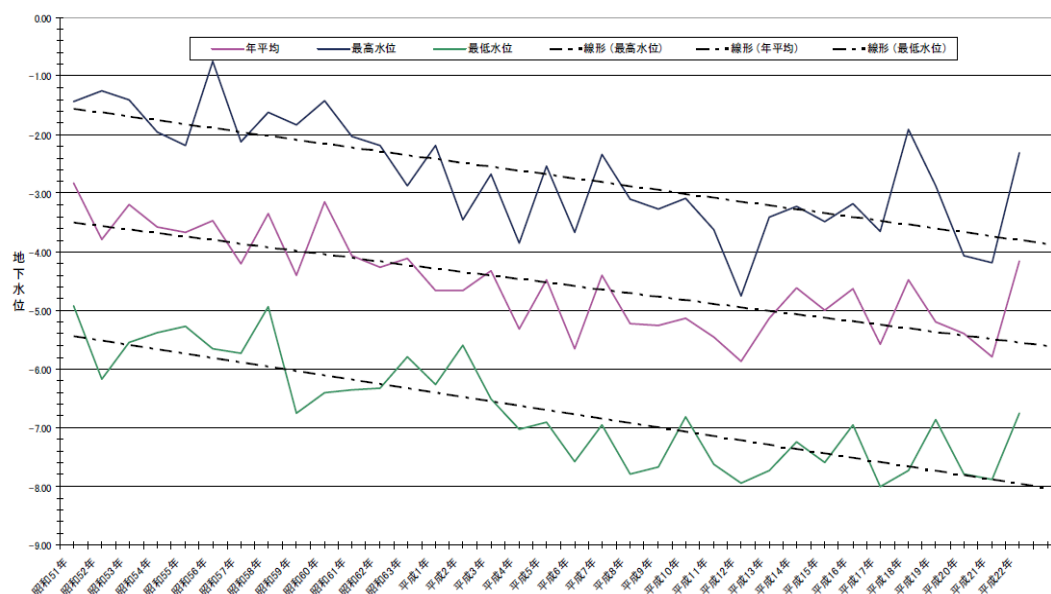
分類	資料名	発行／提供元
書籍	日本の地下水	農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会、地球社
	地下水要覧	地下水要覧編集委員会、山海堂
地図	地下水マップ(水基本調査)	国土交通省国土政策局国土情報課 http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/w_national_map_cw.html
データベース	水文水質データベース(地下水位・水質)	国土交通省 http://www1.river.go.jp/
	全国地下水資料台帳(水基本調査)	国土交通省国土政策局国土情報課 http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/basis/underground/F9/exp.html

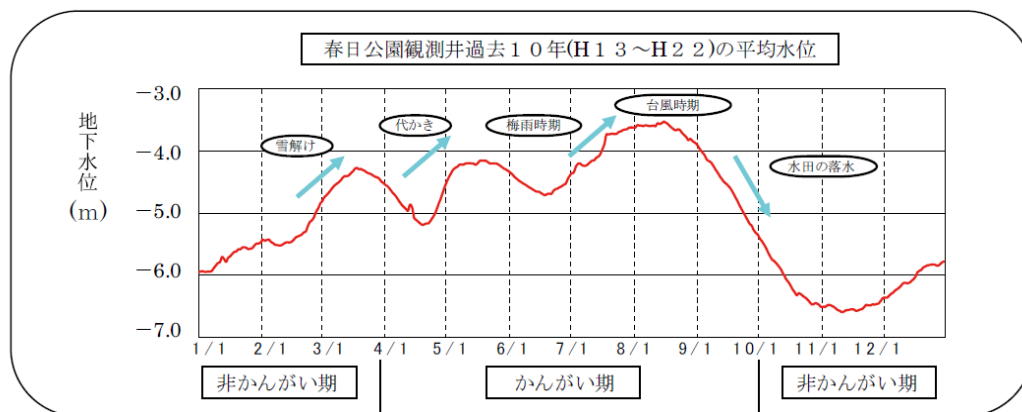
2.3.3 整理イメージ事例

既存資料や出版物から地域全体の地下水位の概要を把握できるような情報を抽出し、整理します。整理イメージ事例をサンプルとして示します。

(1) 福井県大野市の地下水位

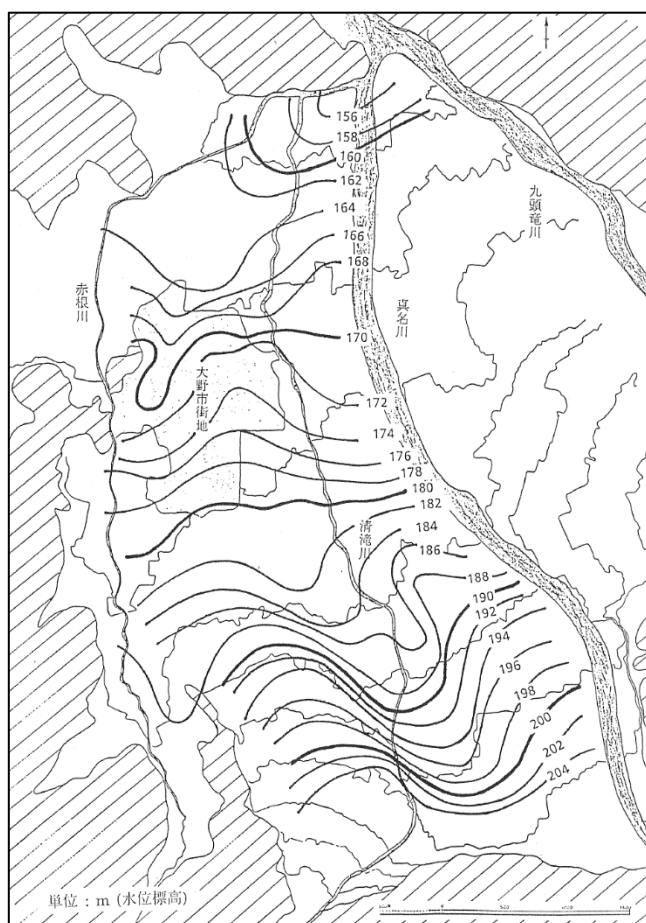
『越前おおの湧水文化再生計画、2011、大野市、4 ページ』から抽出。



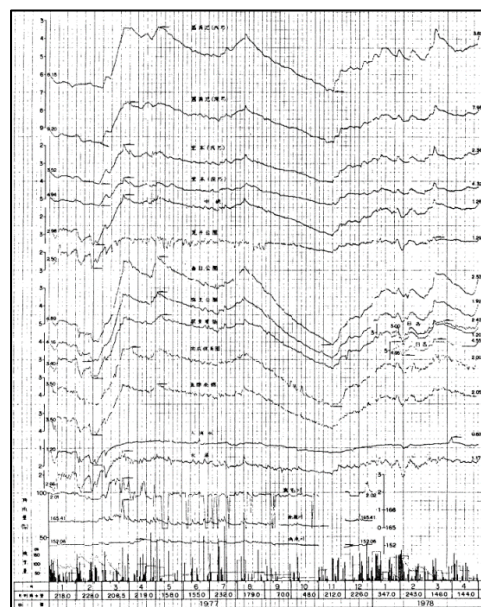


地下水の平均的な期別変化状況

『大野盆地地下水利用実態調査業務、1991、大野市、31 ページ』および『大野市内地下水収支調査事業委託、1977、大野市、75 ページ』から抽出。



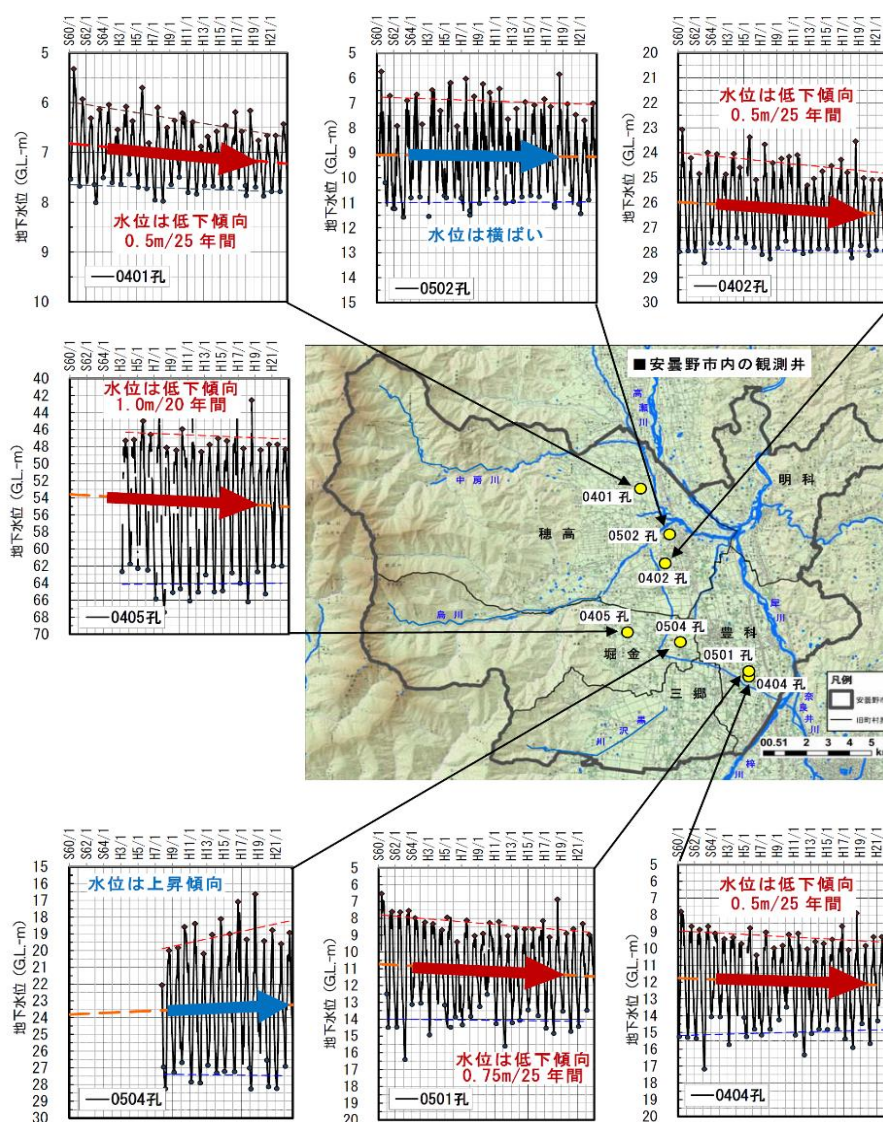
地下水位変化状況（等高線図）



地下水位変化状況（地点）

(2) 安曇野市の地下水位

『安曇野市地下水資源強化・活用指針、2012、安曇野市地下水保全対策研究委員会、14 ページ』から抽出。



2.3.4 整理結果からわかること

(1) 結果の見方・読み方

地下水位等高線図：地下水位の値が同じ地点を結んだ線を地図上に描き入れたものです。土地標高と同様に、等高線の間隔が密であるほど水面は急勾配になり、逆に等高線の間隔が粗いほど水面の勾配は緩やかになります。また、同じ地質内であれば、急勾配であるほど地下水流速は大きくなります。地下水の流動方向は、一般に地下水位等高線に直交するという性質があります。被圧地下水の場合は、地下水の水圧の等高線図となります。

(2) 結果からわかること

資料整理の結果から次のようなことがわかります。

- 地域の地下水賦存量の変化傾向
観測値が同地点で経年的にある場合、経年的な地下水位（被圧地下水の場合は地下水の水圧）の変化傾向から地下水賦存量の変化傾向（増加、安定、低下）を知ることができます。新規取水を開始した時期を境に地下水位が経年的に低下し続けている場合は、地下水循環量に比べて過剰な水量を取水しており、持続的な利用が困難となる懸念があります。また、年毎の変動の大きさから、気象条件の影響を受けやすいかがわかります。
- 揚水量管理において注意すべき時期
地下水位の季節的な変化特性から、融雪による涵養、代掻き・田植え期の水田涵養、出水期の降雨による涵養など、地下水位に影響を与えている要素がわかります。涵養量が増える時期には地下水位あるいは地下水圧が上昇傾向にあり、逆に地下水位あるいは地下水圧が低下傾向にある時期を特定することにより、地下水利用に注意が必要な時期を把握することができます。
- 地下水循環系の把握
地下水位等高線図（あるいは地下水圧の等高線図）から地下水の流動方向とそのスタート地点である涵養域の場所を把握することができます。観測値が同時期に複数地点あれば、地下水位あるいは地下水圧の等高線図を作成して地下水流動方向をおおよそ把握することができ、地下水が地域のどの領域からどの領域へ流れているかという情報に基づいて、涵養域や湧出域の場所を知ることができます。
- 揚水地点と影響がおよぶ地点の関係性
自然状態あるいは継続的に地下水を揚水している元の状態での地下水位あるいは地下水圧の等高線図と、ある場所で地下水を新たに揚水した場合の地下水位、地下水圧の等高線図を比較することにより、どの範囲で地下水位、地下水圧に影響が出ているかを推定することができます。

これらにより、地下水位の経年的変化からは保全と利用のバランス状況を把握することができ、季節的な変化からは地域の地下水がどのような自然的・人工的な影響を受けているのかが把握できます。ただし、測定している井戸がどの帯水層の水位あるいは水圧を示しているのかに留意する必要があります。

2.4 水質

2.4.1 整理の目的

地域の地下水中に含まれる様々な成分がどのようなになっているかを把握するため、また、地下水流動を把握する際の基礎データとするために、地域内での地下水の水質成分分布を整理します。

2.4.2 参考となる資料

地下水水質が計測されている場合、その結果を用いて地域の地下水の概要を把握することができます。また、表 2.4 に示すような書籍やデータベース情報も地域の地下水の水質を把握するため、参考にすることもできます。

地下水質の調査項目としては、表 2.5 のように無機溶存成分（陽イオン、陰イオン）と地下水汚染に関する、いわゆる環境基準値をもつ項目が挙げられます。それぞれ、地下水流動の目安とすること、地下水汚染の状況を把握することができます。

表 2.4 地下水の水質に関する参考資料

分類	資料名	発行／提供元
書籍	日本の地下水	農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会、地球社
	地下水要覧	地下水要覧編集委員会、山海堂
地図	地下水マップ(水基本調査)	国土交通省国土政策局国土情報課 http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/w_national_map_cw.html
データベース	水文水質データベース(地下水位・水質)	国土交通省 http://www1.river.go.jp/
	地下水質測定結果	環境省 http://www.env.go.jp/water/chikasui/index.html
	放射性物質の常時監視(地域による)	環境省 http://www.env.go.jp/air/rmcm/index.html
基準	地下水の水質汚濁に係る環境基準	環境省 http://www.env.go.jp/kijun/tika.html

表 2.5 水質調査項目の概要

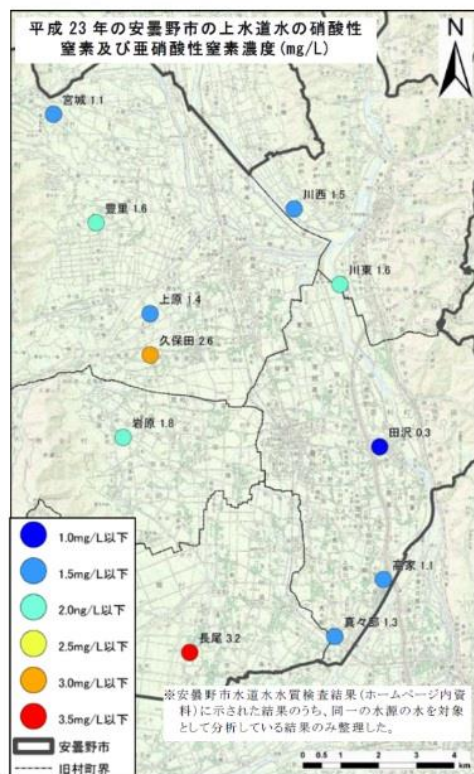
分 類		水 質 項 目	概 要
地下水流動 の目安となる 項目 (無機溶存 成分)	陽イオン	ナトリウムイオン カリウムイオン カルシウムイオン マグネシウムイオン	これらイオンの化学分析結果から、シュレティフ ダイアグラムやトリリニアダイアグラムを描き、 溶存成分の特徴を把握するとともに地下水を 分類。
	陰イオン	塩化物イオン、重炭酸イオ ン、硝酸イオン、硫酸イオン	
地下水汚染に関する 項目		地下水の水質汚濁に係る環境基準(環境基本法)参照(表 1.4) http://www.env.go.jp/kijun/tika.html	

2.4.3 整理イメージ事例

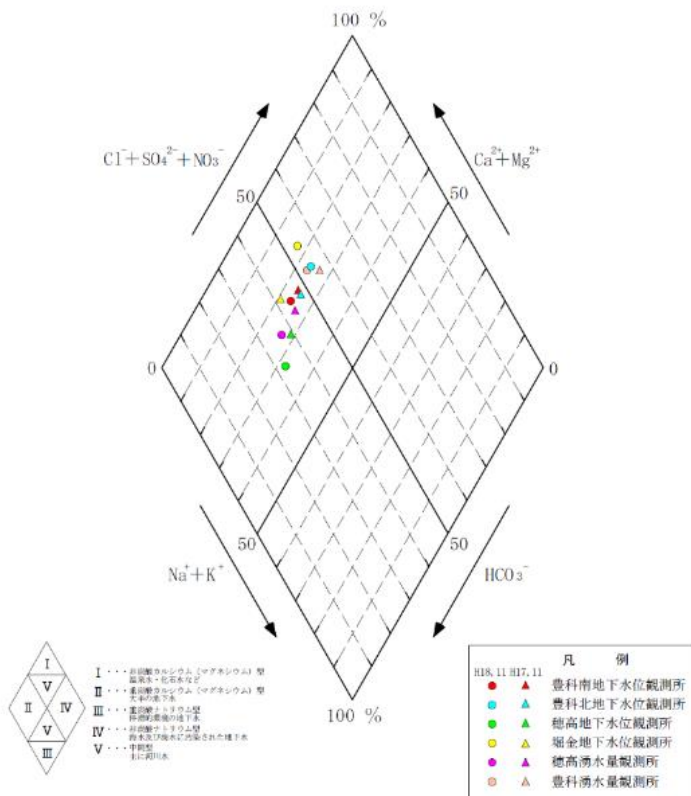
既存資料や出版物から地域全体の地下水質の概要を把握できるような情報を抽出し、整理します。整理イメージ事例をサンプルとして示します。

(1) 長野県安曇野市の水質

『安曇野市地下水資源強化・活用指針、2012、安曇野市地下水保全対策研究委員会、16 ページ』および『平成 18 年度地下水実態調査報告書、2007、安曇野市水資源対策協議会、20～21 ページ』から抽出。



水道原水中の硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素濃度



キーダイアグラム

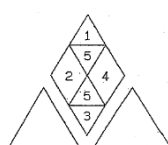
(2) 福井県大野市の水質

『大野盆地地下水利用実態調査業務、1991、大野市、52・61・43 ページ』から抽出。

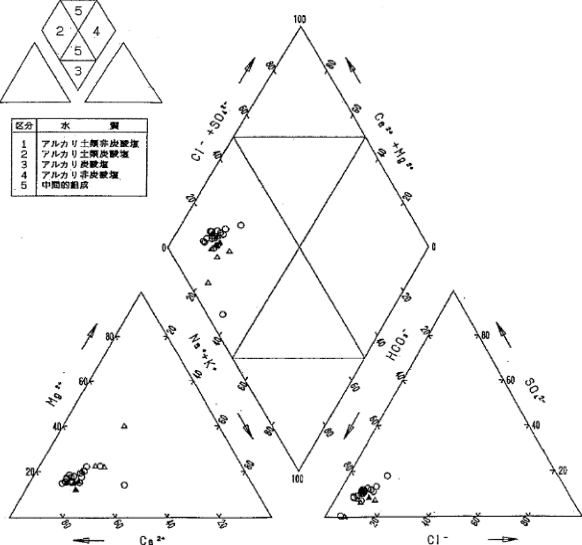


地下水の水質整理結果（左：水温、中：電気伝導度、右：pH）

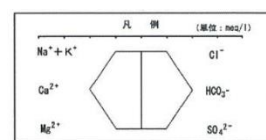
『大野市地下水総合調査報告書、2003、大野市、68～69 ページ』および『結の故郷越前おおの』の地下水と湧水～湧水文化の再生～、2013、大野市、18 ページ』から抽出。



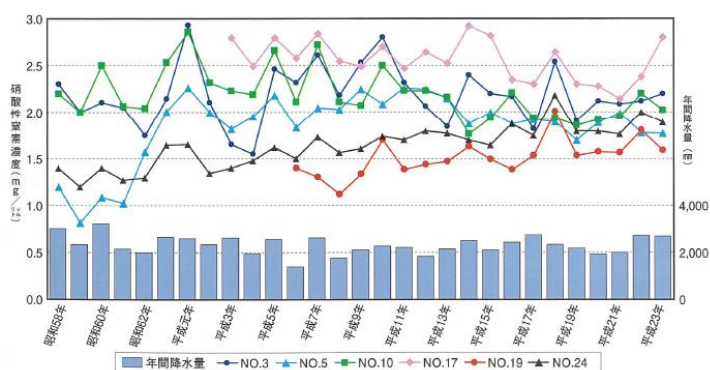
区分	水質
1	アルカリ土壌由来水
2	アルカリ土壌由来水
3	アルカリ土壌由来水
4	アルカリ土壌由来水
5	中間的水質



トリリニアダイアグラム



シュティフダイアグラム
(ヘキサダイアグラム)



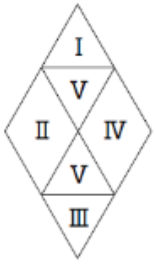
硝酸性窒素濃度の経年変化

2.4.4 整理結果からわかること

(1) 結果の見方・読み方

トリリニアダイアグラムあるいはキーダイアグラムは、プロットされる領域により 5 区分され、それぞれ表 2.6 のような特徴があります。地下水質の型から地下水を大まかに分類することができます。

表 2.6 地下水質の分類（トリリニアダイアグラム）

型	型名	化学式表示	水の分類*	領域区分
I	アルカリ土類非炭酸塩型	Ca-SO ₄ 型 Ca-Cl 型	温泉水・鉱泉水及び化石塩水が含まれている水	
II	アルカリ土類炭酸塩型	Ca-HCO ₃ 型	河川水や浅い地下水	
III	アルカリ炭酸塩型	Na-HCO ₃ 型	淡水性の被圧地下水	
IV	アルカリ非炭酸塩型	Na-Cl 型 Na-SO ₄ 型	海水および海水が混入した地下水・温泉水	
V	中間的組成	-	上記の混合	

*大まかな分類であり、これらの場所の水が必ずしもここで示される型となるわけではない。

(2) 結果からわかること

資料整理の結果から次のようなことがわかります。

- 地下水循環系の把握
無機溶存成分の地下水質データを用いて、シュティフダイアグラムやトリリニアダイアグラムを作成し、地点ごとに地下水がどこから来るのか（地下水の由来やおおよその経路）を推定することができます。地下水循環系を把握する方法の一つです。
- 用途による水質面での適合性
飲用や工業用など用途別に用水としての適否や湧水地などでの環境への適合性を判断するために用います。水質項目と基準値が定められているので、分析結果と基準値とを比較することで適合性を判断することができます。
- 地下水汚染の状況
地下水汚染、特に人為的要因による汚染に関する水質項目に関する同地点、経年的な観測データから経年的な地下水質の変化傾向を把握することができます。複数地点での水質観測結果から汚染の広がり、汚染物質の分布状況、それらの経時的な変化（低減、停滞、拡大など）を把握し、汚染源を特定して、浄化を行うなどの対策立案にも用いることができます。

2.5 水収支

2.5.1 整理の目的

地域の地下水の賦存量と循環量を把握するために、おおよその水の動きを示す水収支算出結果を整理します。

2.5.2 参考となる資料

過去に水収支を算出した調査報告書等がある場合、参考にすることができます。表 2.7 に示すような日本の地下水についてまとめた書籍や地域の水文、地下水、地誌等に関する書籍、データベース等により、地域の有用な情報を得られる場合があります。

表 2.7 地下水の水収支に関する参考資料

分類	資料名	発行／提供元
書籍	日本の地下水	農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会、地球社
	地下水要覧	地下水要覧編集委員会、山海堂
地図	地下水マップ(水基本調査)	国土交通省国土政策局国土情報課 http://nrb-www.mlit.go.jp/kokjo/inspect/landclassification/water/w_national_map_cw.html#807
データベース	水文水質データベース(地下水位・水質)	国土交通省 http://www1.river.go.jp/
	地下水ブックガイド	日本地下水学会(WEB 公開) http://www.jagh.jp/jp/g/activities/torikichi/book/

既にその地域において水収支が検討されている場合には、これを活用することができます。未検討の場合には、下記のような方法で算出することもできます。

(例)水収支法

$$P = E + R + \Delta S$$

ここで、 P ：降水量

E ：蒸発散量

R ：地表面流量（河川流量）

ΔS ：貯留量変化

水収支を計算する時は、まず時間的・空間的な境界（例えば、1年間・流域界）を明確にして、水収支を考える期間と対象領域を設定します。降水量や河川流量は実測値として比較的容易に得られますが、蒸発散量は推定する必要があります。また、地下水位と帯水層の厚さ等の諸元がわかっている場合には、1年間の地下水位変化から貯留量変化を算出することもできます。

水収支を検討する上では、水収支を算出する目的に応じた表 2.8 に示す項目が重要となります。「広域水循環の水収支の概況把握」における重要な項目は全ての目的において共通する項目です。その他の目的では、特に重要となる項目についてのみ記載しています。

地下水収支を検討することにより、例えば、年あたりの地下水賦存量の変化を次の式で評価することができます。丸数字①～⑥は、図 2.1 の地下水の流入および流出に関わる要素を示しています。

$$\text{年あたりの地下水賦存量の増加量} = (\text{年間流入量 (① + ③ + ⑤)}) - (\text{年間流出量 (② + ④ + ⑥)})$$

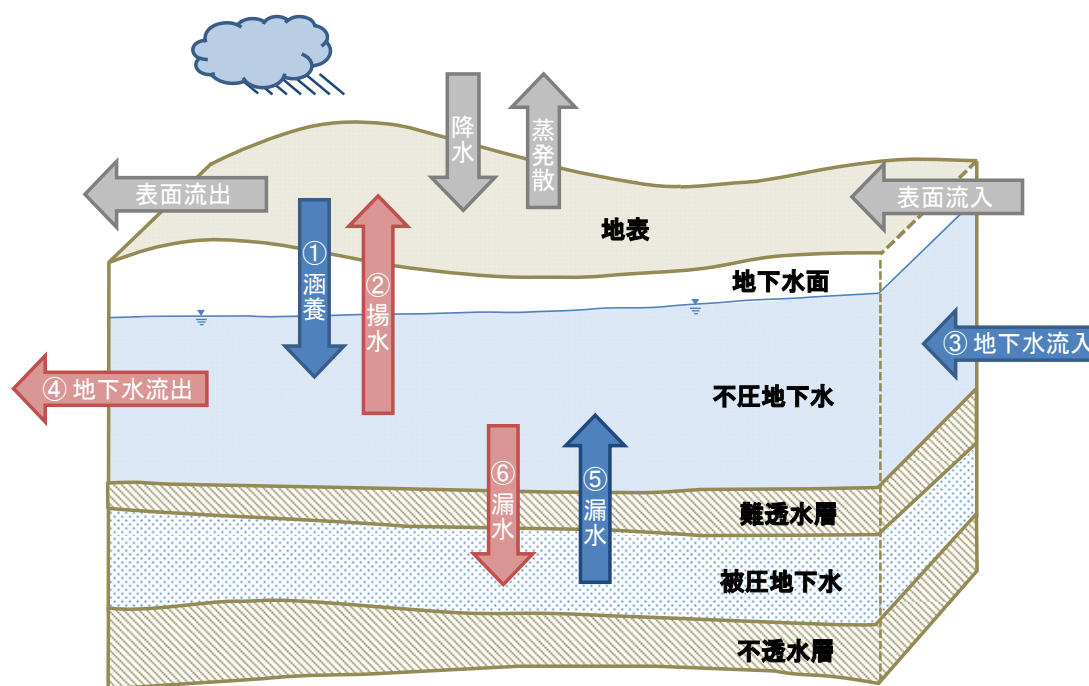


図 2.1 地下水収支の概要（対象範囲の浅い不圧地下水の例）

地下水収支は、地下水の涵養（①）や揚水（②）のみで変化するのではなく、揚水（②）の規模が大きな場合には、周辺地下水の引き込み（③、⑤）の増加や、下流域への流下等（④、⑥）の減少が生じる場合や、その影響が対象範囲の上流域や下流域の地下水収支に影響する場合もある点に留意する必要があります。

表 2.8 水収支算出の目的と重要項目

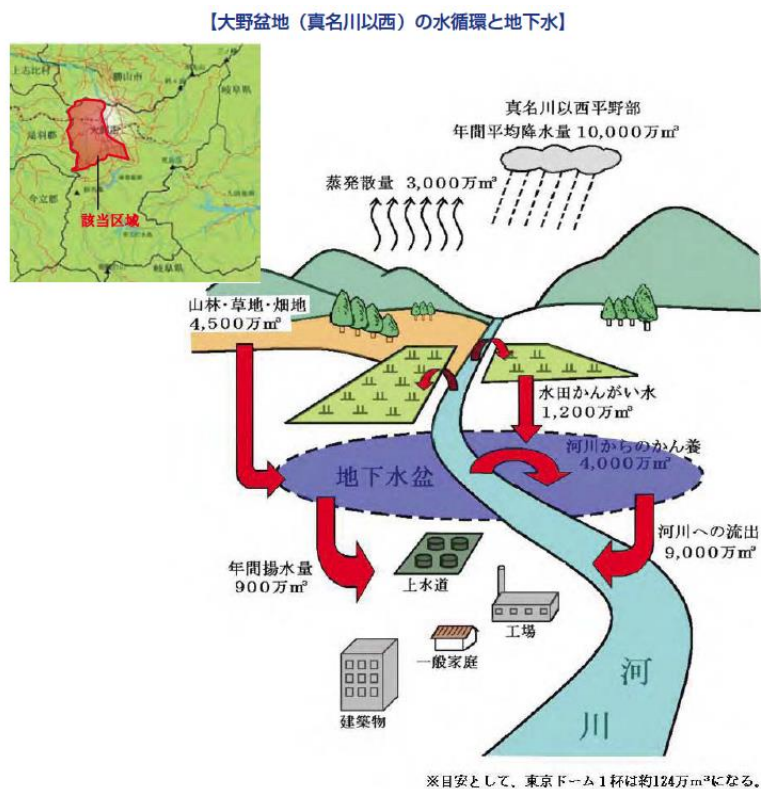
目 的	重要な項目
広域水循環の水収支の概況把握	<ul style="list-style-type: none"> ・気象観測地点（降水・気温等）の空間分布 ・河川流量や土地利用形態 ・河川からの取水量、地下水揚水量等の水利用データ
平地における水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・土地利用形態、特に下水道整備区域（雨水）
山地における水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・樹林、植生に関する情報（広葉樹・針葉樹等）
水田における水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・取水量、減水深に関する情報
地下水利用が盛んな地域での地下水収支	<ul style="list-style-type: none"> ・涵養域、涵養量 ・帯水層別の地下水揚水量

2.5.3 整理イメージ事例

既存資料や出版物から地域全体の水収支の概要を把握できるような情報を抽出し、整理します。整理イメージ事例をサンプルとして示します。

(1) 福井県大野市の水収支

『大野市地下水保全管理計画、2005、大野市、4ページ』から抽出。



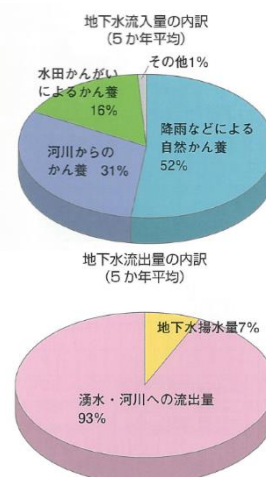
地下水収支の概略評価の例

『「結の故郷 越前おおの」の地下水と湧水～湧水文化の再生～、2013、大野市、12ページ』から抽出。

大野盆地真名川以西の地下水収支の推計

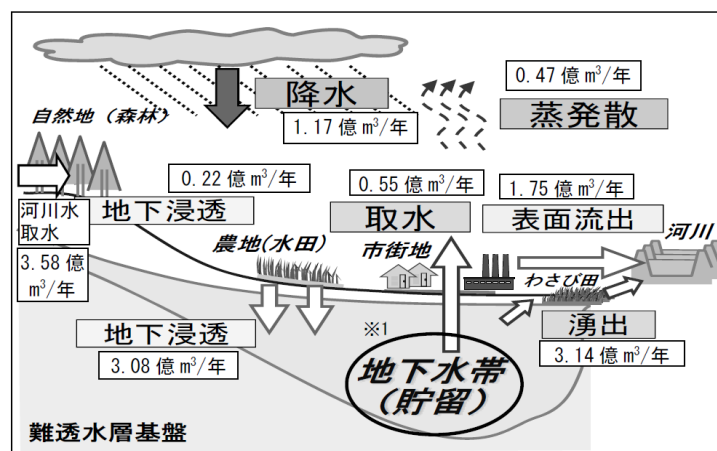
区分	内 容	平成18年	平成19年	平成20年	平成21年	平成22年	5か年平均
流入量	降雨などによる自然かん養	53,560	41,618	38,385	37,169	54,856	45,117
	河川からのかん養	26,436	26,528	26,545	26,604	29,102	27,043
	水田かんがいによるかん養	14,268	14,220	14,220	14,220	14,220	14,229
	その他	387	92	423	1,540	814	651
	小 計	94,651	82,458	79,573	79,533	98,992	87,040
流出量	地下水揚水量	6,411	5,985	5,937	5,721	5,902	5,991
	湧水・河川への流出量	85,213	75,609	75,867	74,593	87,530	79,762
小 計		91,624	81,594	81,804	80,314	93,432	85,753
水 収 支		3,027	864	-2,231	-781	5,560	1,287

(単位:千m³/年)



(2) 長野県安曇野市の水収支

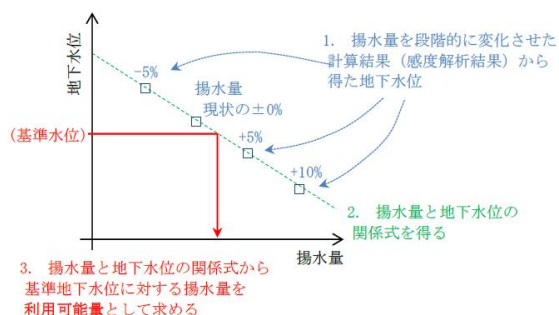
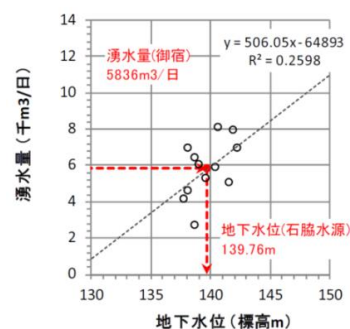
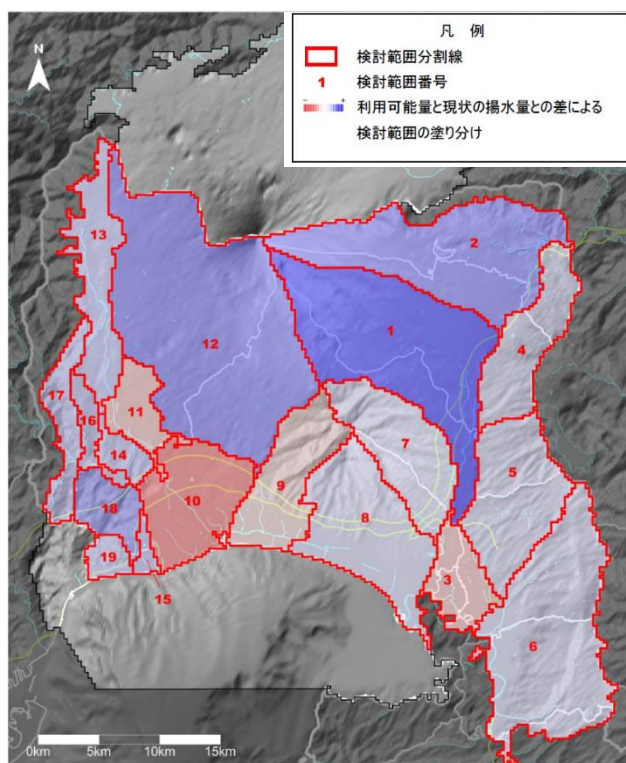
『安曇野市地下水資源強化・活用指針、2012、安曇野市地下水保全対策研究委員会、5 ページ』から抽出。



※1 水収支は赤字であり、年間約 0.06 億 m^3 (600 万 m^3) の地下水量が減少している

(3) 静岡県東部地域の水収支

『地下水賦存量調査業務委託、2015、静岡県、4-3～4-5 ページ』から抽出。



2.5.4 整理結果からわかること

資料整理の結果から次のようなことがわかります。

- 地域における地下水賦存量の変化
地域の地形・地質構造から推定される地下水賦存量が地下水の出入のバランスが取れて安定的であるのか、あるいは流出・揚水が過剰となって減少傾向にあるのかがわかります。
- 地域における地下水循環量
降雨の直接涵養や河川や水田からの涵養量、湧出量や揚水量の大きさから毎年の循環量を把握することができます。
大規模な取水をしても、取水に伴い地下水流動状況が変化し、循環量が増加して大きく十分な地下水の補給が得られる場合や、逆に、取水規模は小さくても補給が少なく、循環量が増えない場合もあります。そのため、取水量と地下水循環量変化との関係を把握することが地域での地下水利用量を決めるための助けになります。
- 利用できる地下水量の目安
上記の地下水の循環量の大きさ、取水に伴う地下水流動状況や地下水循環量の変化から、地域において利用できる地下水量の目安を見積もることができます。循環量の変化が一定の範囲内となるように地下水を利用する、あるいは、過去に支障を生じなかった取水量等を参考に地下水位の変化などをモニタリングしながら、大きな変化を生じない範囲で利用することが持続的な地下水利用には有用です。

なお、地域における水収支算出結果を解釈するには、以下の点に留意する必要があります。

- 水収支の算出における対象範囲（空間・深度・期間等の範囲）
- 水収支算出に用いたデータ（実測値、統計値、推定値を明確にする）
- 水収支算出における仮定条件の整理（例：減水深の地域的な違いはないとした）

2.6 地下水利用・ニーズ等

2.6.1 整理の目的

地域における地下水に関わる課題・ニーズ等を把握するために、地下水利用、地下水障害、住民意識などに関する調査結果を整理します。

2.6.2 参考となる資料

(1) 地下水の利用状況及びニーズ・要望

地域における地下水の利用状況は、表 2.9 に示すような公表データを用いて推定することができます。また、地下水に関するニーズ・要望の把握には、住民、事業者等に対するアンケート調査が有効な手段となる場合もあります。既にその地域におけるアンケート調査結果等がある場合には、活用することもできます。

表 2.9 地下水用途毎の統計資料

用途	統計資料名	公表単位	発行頻度	管轄
水道用	水道統計	都道府県	年度毎	厚生労働省
工業用	工業統計 用地・用水編	都道府県、市町村	年度毎	経済産業省
農業用	農業用地下水利用実態調査	都道府県	約 10 年毎	農林水産省

(2) 地下水に関する課題

地下水に関する課題は、地域特性によって大きく異なります。平常時において、現在直面している、あるいは将来明らかになる可能性のある課題の例を表 2.10 に示します。これらの課題が顕在化した時期があれば、調査あるいは対策の報告書等が参考資料として利用することができます。地震災害、渇水等の緊急時における水利用、井戸障害や湧水枯渇等の課題もありますが、そういった場合でも平常時の課題を把握しておく必要があります。

表 2.10 地下水に関する課題

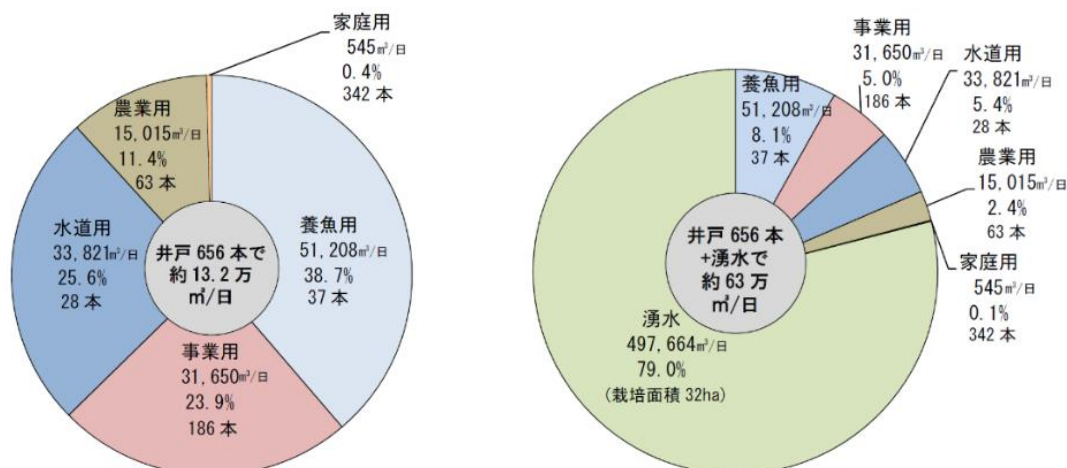
分類	課題
水量	地下水位低下による障害（取水障害、地盤沈下、塩水化）
	地下水位上昇による障害
	新規大規模取水者への対応
	地下水涵養量の低下
	雨水浸透面の減少
水質	地下水の水質汚濁に係る環境基準（環境基本法）を満たさない汚染（表 1.4 参照）

2.6.3 整理イメージ事例

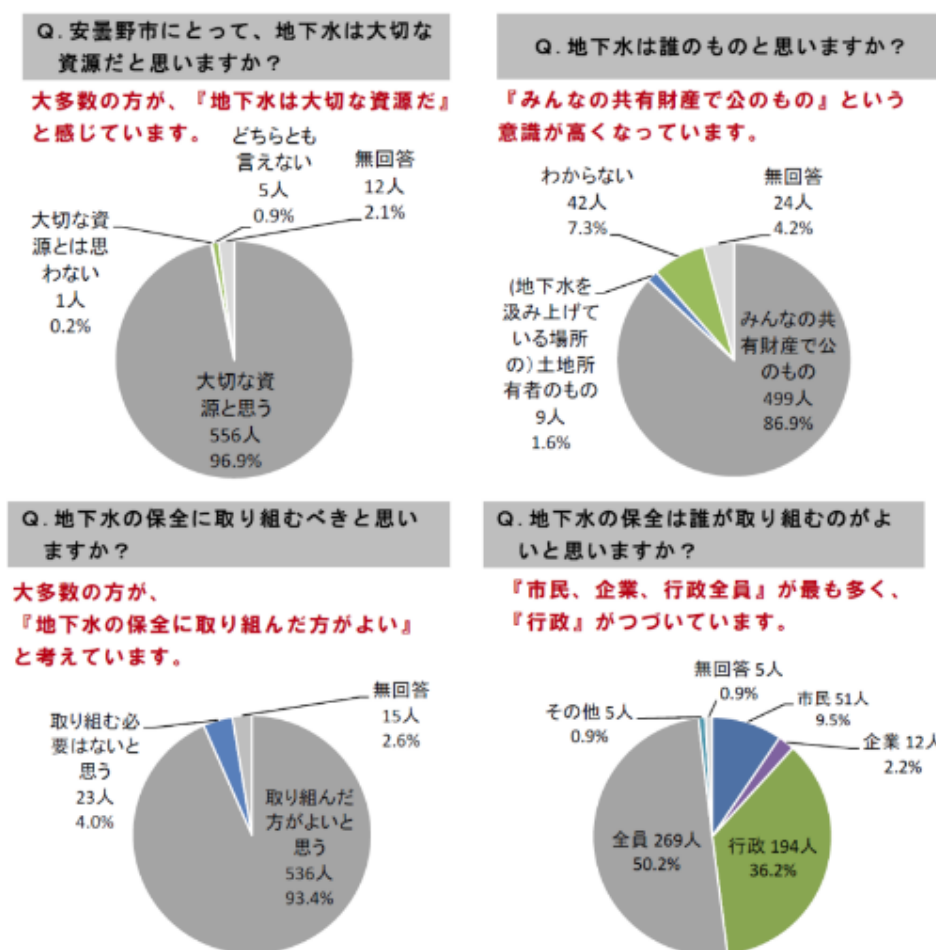
既存資料や出版物から地域の地下水利用やニーズ等を把握できるような情報を抽出し、整理します。整理イメージ事例をサンプルとして示します。

(1) 長野県安曇野市の地下水利用・ニーズ等

『安曇野市地下水資源強化・活用指針、2012、安曇野市地下水保全対策研究委員会、6 ページおよび 13 ページ』から抽出。



湧水を含めた地下水の用途毎の取水量・取水率および取水井戸本数



地下水保全に関するアンケート結果

(2) 静岡県東部地域の地下水利利用・ニーズ等

『東部地域地下水脈調査業務委託、2014、静岡県、6～24 ページ』から抽出。

番号	市町村	県地下水条例 指定地域	地下水系区域	地下水揚水量	
				(m^3 /年)	(m^3 /日)
1	御殿場市	-	富士東麓	24,112,741	65,882
2			箱根西麓	1,424,512	3,892
3			富士東麓	29,232,788	79,871
4	裾野市	-	愛鷹山	2,444,399	6,679
5			箱根西麓	177,629	485
6			富士東麓	7,643,173	20,883
7	小山町	-	箱根西麓	339,245	927
8			富士東麓	3,030,083	8,279
9	沼津市	-	愛鷹山	30,182,709	82,466
10			西浦・戸田丘陵部	1,049,281	2,867
11	三島市	-	富士東麓	4,907,005	13,407
12			箱根西麓	725,286	1,982
13	長泉町	-	富士東麓	36,798,595	100,543
14			愛鷹山	3,132,985	8,560
15	清水町	-	富士東麓	29,255,778	79,934
16	富士市	規制地域①	愛鷹山	1,695,006	4,631
17		規制地域②	富士西麓	79,346,500	216,794
18		規制地域②	愛鷹山	29,533,015	80,691
19		規制地域③	富士西麓	76,974,762	210,314
20		規制地域③	愛鷹山	253,011	691
21	富士宮市	規制地域③	富士西麓	4,648,516	12,701
22		規制地域④	富士西麓	89,429,733	244,344
23	富士市	適正化地域⑤	富士西麓	3,849,318	10,517
24		適正化地域⑤	愛鷹山	1,232,989	3,369
25		-	富士西麓	0	0
26		適正化地域⑥	富士西麓	3,832,307	10,471
27		適正化地域⑦	富士西麓	2,820,899	7,707
28	富士宮市	適正化地域⑦	富士川右岸・芝川右岸丘陵部	40,059	109
29		適正化地域⑧	富士西麓	1,584,389	4,329
30		-	富士西麓	0	0
31		適正化地域⑨	富士西麓	2,035,051	5,560
32	静岡市清水区 旧蒲原町	適正化地域⑨	富士川右岸・芝川右岸丘陵部	2,121,422	5,796
33		適正化地域⑩	富士川右岸・芝川右岸丘陵部	964,925	2,636
34	富士宮市 旧芝川町	-	富士西麓	566,777	1,549
35		-	富士川右岸・芝川右岸丘陵部	2,153,574	5,884
36	富士市 旧富士川町	適正化地域⑨	富士西麓	8,548,387	23,356
37		適正化地域⑨	富士川右岸・芝川右岸丘陵部	0	0
38		-	富士西麓	1,556,255	4,252
39		-	富士川右岸・芝川右岸丘陵部	2,497,878	6,825
合計				490,140,981	1,339,183

地域別の年間揚水量および日揚水量

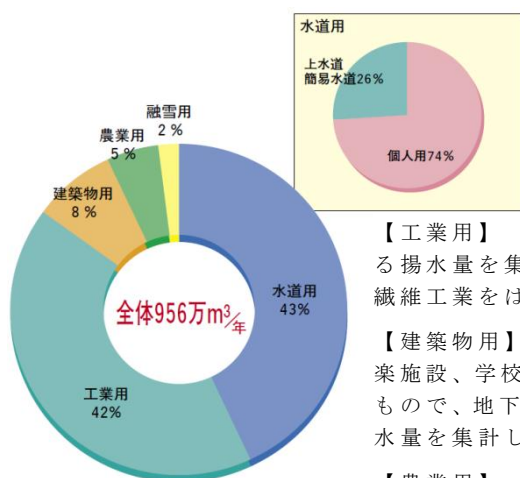


用途別の月毎揚水量

(3) 福井県大野市の地下水利用・ニーズ等

『大野市の地下水、2003、大野市、6 ページ』から図を抽出。

『大野市地下水保全計画、2006、大野市、4～5 ページ』の説明記述を整理



地下水の利用状況

【水道用】 上水道の普及率は 10.6%、簡易水道を含めても 36.1% の普及率（平成 13 年度末集計）で、ほとんどの家庭や事業所が、家庭用ホームポンプや水中ポンプを用いて地下水を利用している。また、上水道や簡易水道についても、その水源の大部分を地下水に頼っている。

【工業用】 地下水保全条例に基づく吐出口径 50mm 以上のポンプによる揚水量を集計している。大野市では大きな工場はあまり多くないが、繊維工業をはじめとして地下水揚水量全体の約 42% を占めている。

【建築物用】 事務所や百貨店、小売店、飲食店、旅館、公衆浴場、娯楽施設、学校、官公庁など工業用に含まれない様々な業に使用しているもので、地下水保全条例に基づく吐出口径 50mm 以上のポンプによる揚水量を集計している。

【農業用】 水田かんがい用として、平成 13 年で年間約 50 万 m³ の使用が推計されている。

【融雪用】 地下水保全条例の中で、地下水抑制地域内では国道、県道、市道や公益上必要な通路、広場以外での融雪のための地下水使用を禁止しているが、実際には雪が降ると家の前や駐車場などで地下水を用いた融雪を行っているところが見受けられる。

2.6.4 整理結果からわかること

資料整理の結果から次のようなことがわかります。

- 用途別・地域別の地下水利用特性と季節的変動性
各用途における地下水利用量の全体に占める割合から、地域で特に重視すべき用途が把握できます。用途別月毎の地下水揚水量から各用途における利用量の季節的変動特性がわかります。全体に対する量的な比率が小さくても、融雪用のように特定の期間のみ使用量が増加する用途もあり、地域特性として把握しておく必要があります。また、地域毎の揚水量を整理した結果から、どの地域の利用量が多いかを把握することもできます。
- 地下水依存度の大きさ（水の全体利用量に対する地下水が占める割合）
地域での各用途における地下水依存度の高さを把握することができます。用途毎の将来的な需要予測があれば、今後の地下水管理上で留意が必要な状態にあるかどうかを判断することもできます。
- 住民意識、地下水利用者の意識
アンケート調査結果などから地域住民や利用者が地下水利用や地下水の現状に関して、どのような意識を持っているかを把握することができます。実際に発生している地下水障害の有無やその種類が把握できることもあります。
- 対策の対象・必要性・緊急度
用途別の地下水利用状況とその経年変化、および地下水障害の発生状況から、地下水に関する対策の対象となる用途・地域、その必要性・緊急度がどの程度なのかを把握することができます。

2.7 過去の取組経緯・課題

2.7.1 整理の目的

過去に地下水をどのように扱い、利用や保全してきたかを把握するため、地域での地下水に関する調査、協議、施策、活動などの取組の経緯を整理します。

2.7.2 参考となる資料

地下水に関する地域における過去の取組や課題を把握するため、地方公共団体等による公表資料、調査報告書、議会や協議会等の議事録、ホームページ等の情報を利用することができます。また、過去の地下水に関する課題については、表 2.11 に示すようなデータベースから情報を収集し、整理することができます。

表 2.11 過去の取組経緯・課題に関する参考資料

分類	資料名	発行／提供元
書籍	日本の地下水	農業用地下水研究グループ「日本の地下水」編集委員会、地球社
	地下水要覧	地下水要覧編集委員会、山海堂
データベース	全国地盤環境情報ディレクトリ	環境省 http://www.env.go.jp/water/jiban/directory/index.html
	全国の地盤沈下地域の概況	環境省 https://www.env.go.jp/water/jiban/chinka.html

地下水に関するこれまでの取組の経緯および課題をまとめる上では、表 2.12 に示す項目ごとに内容整理を行うことが有意義です。時系列で整理を行うと取組の流れが分かりやすくなります。

表 2.12 地下水に関する取組経緯・課題整理の主要項目

項目	記述内容
主体	地域における地下水の保全と利用を主体的に実施してきた団体について(例:国、県、市町村等の行政、企業、協議会等)
目的	地下水の保全と利用に対する目的について (例:飲用水としての保全、企業誘致のための積極的な利用等)
保全と利用の方向性	利用を重視しているのか、保全を重視しているのか、両方のバランスを重視しているのか、地下水に対する地域のスタンスについて
枠組みの構築	行政のみなのか、民間企業等の利用者も含めているのかなど、地下水に関する取組の枠組みについて
実態把握	地下水位、流動、利用量、涵養量等の計測など地下水の実態把握方法やシミュレーション等の手法について
合意形成	地域での地下水に対する合意形成方法について (例:協議会等の枠組みを活用等)
施策の実施	地下水に関して実施している施策内容について (例:地下水位調査、揚水量の届出、地下水涵養事業等)
評価・見直し	目標等を設定している場合には、その評価方法(例:〇〇観測井で年間通して〇m以上等)や目標の見直しの時期(例:5年に1回の見直し等)について

2.7.3 整理イメージ事例

既存資料や出版物から地域での過去の取組経緯と課題を把握できるような情報を抽出し、整理します。整理イメージ事例をサンプルとして示します。

(1) 福井県大野市の過去の取組経緯・課題

年代	実施内容
1970	<ul style="list-style-type: none"> ・地形・地質の概要整理 ・より詳細な地質状況を把握するため電気探査を実施 ・帯水層の水理定数を把握するため揚水試験を実施 ・地下水の賦存機構の考察、地下水貯留量の算出 ・地下水流動を把握するためのトリチウムによる地下水年代測定 ・気象、地表水、水理地質、地下水、地下水利用等の各種調査の実施、これに基づく地下水収支の検討
1980	<ul style="list-style-type: none"> ・水利用の現況と将来、地下水の現況、融雪、排雪に関する水利用、新規水資源の必要性について検討 ・電気探査、地下水検層、地下水位観測、揚水試験、注水試験、流向・流速調査、追跡試験等の各種調査の実施 ・地下水流動量、人工涵養方法の検討 ・地下水変動解析及び水収支解析の実施 ・地下水－地表水関連分析 ・統合水運用計画(案)、地下水管理計画(案)の検討
1990	<ul style="list-style-type: none"> ・雨水浸透能力の調査、地下水涵養の実験、定量化の検討 ・継続的な地下水位観測の開始
2000	<ul style="list-style-type: none"> ・大野市地下水総合調査として、これまでの成果とりまとめの実施 ・水文地質、地下水位、水質、地表水、揚水量、土地利用、地下水障害等の各種調査を実施 ・地下水シミュレーションモデルの作成、モデルによる水収支、将来予測の実施 ・市民へのアンケート実施 ・地下水保全管理計画策定委員会(学識者、国・県の関係機関、土地改良区・商工会・市民の代表者)を経て、2005年に段階的な目標、最終数値目標を設定した地下水保全管理計画を策定 ・地下水保全管理計画に基づき、目標達成のため、地下水位の継続的な監視、湧水量の把握、水田湛水等の涵養事業の推進、地下水揚水量の把握を継続的に実施
2010	<ul style="list-style-type: none"> ・監視のための継続的なモニタリングを実施 ・より一層の地下水保全と継続的な利用の必要性から、大野市民を含めた関係者が地域共有の貴重な資源である地下水を再認識すること、関係者や団体とより連携し、実効ある取組を推進していく必要性を認識 ・大野市地下水保全計画と並び、ハード対策のみならず、地下水保全意識の醸成に向けたソフト対策(啓発、教育、調査研究等)についても役割分担を定めた計画である「越前おおの湧水文化再生計画」を2011年に大野市湧水文化再生検討委員会(学識者、国・県の関係機関、土地改良区・商工会・市民の代表者)を経て、策定

主に地下水の実態を把握するための基礎的な調査検討

より一層の地下水実態把握、管理計画策定に向けた検討

既存調査とりまとめ、地下水管理計画策定。施策の推進、枠組みによる合意形成。

地下水への意識向上・醸成。さらなる推進に向けた評価・見直し。

(2) 福井県大野市の取組スキーム

『越前おおの湧水文化再生計画、2011、30 ページ』から抽出。

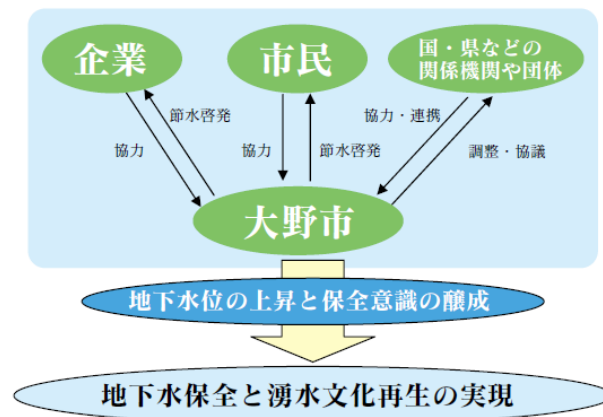
【それぞれの役割】

大野市：計画全般の進行管理、関係機関団体との調整協議、啓発普及活動の推進など

市民：大野市地下水保全条例の遵守、節水の励行、地域での地下水保全活動への積極的参加など

企業：大野市地下水保全条例の遵守、企業活動における地下水保全への配慮、地下水保全対策への直接的、間接的参加や行政が行う調査研究に対する積極的協力など

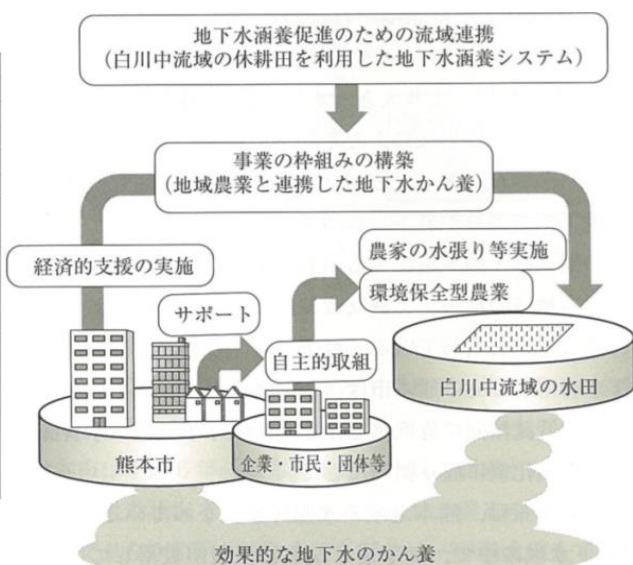
国・県などの関係機関や団体：各所管の施策事業の推進



(3) 熊本県熊本市の過去の取組スキーム

『持続可能な地下水利用に向けた挑戦ー地下水先進地域熊本からの発信ー、2016、132 ページおよび 169 ページ』から抜粋。

1976年	熊本市地下水保全都市宣言
1977年	熊本市地下水保全条例制定
1978年	熊本県地下水条例制定（地下水採取届け出制）
1988年	熊本県地下水質保全要綱制定
1990年	熊本市水の科学館オープン 熊本県地下水質保全条例制定
1991年	熊本市が中心となって（財）熊本地下水基金設立
1992年	肥後銀行を中心とした民間による（財）肥後の水資源愛護基金設立
1994年	第1次熊本県水資源総合計画策定
1996年	熊本県、熊本市で第1次熊本地下水総合保全管理計画策定
2001年	2つの条例を一本化して熊本県地下水保全条例制定（「地域共有の貴重な財産」、大口地下水採取の届出、採取量報告義務化）。県・市で白川中流域水田かん養モデル事業を開始（H15まで実施）
2003年	SONYと白川中流域の農家の協定により地下水涵養する環境中立事業の開始
2004年	白川中流域で地下水涵養事業を開始。熊本市地下水保全プラン制定
2007年	熊本市地下水保全条例改正
2009年	熊本市地下水保全プラン策定
2012年	公益財団法人くまもと地下水財団を発足、熊本県地下水保全条例改定（「公共水」と位置づけ、地下水採取の許可制）
2015年	熊本県地下水と土を育む農業推進条例制定



2.7.4 整理結果からわかること

取組経緯に関する資料整理の結果から次のようなことがわかります。

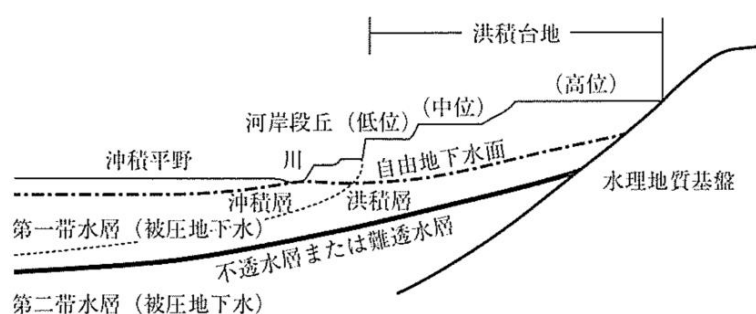
- 調査検討の順序
時系列で調査検討項目を辿ることにより、地域での地下水に関する取組において、どのような調査検討をどの段階で、どのくらいの期間で行ってきたかを把握することができます。目的に応じて、その時点での次の調査検討として何をすべきかを考える場合に役立ちます。
- 地域における地下水に対する意識の変遷
調査検討、施策、合意形成方法、目的や計画の評価・見直しなどの経緯を追っていくことにより、地域の地下水関係者の間でその時点での地下水の状況や課題に対する認識がどのように発信、共有が図られてきたのかという変遷を把握することができます。特に、取組の方向性（利用重視か保全重視か）に大きな変化があった場合、取組内容にも変化が見られることがあります。
- 地域の実情に応じた取組スキーム
地域毎の課題特性に応じて、過去にどのような構成で取組のスキームが作られたのかを把握することにより、現在地域が抱えている課題に対して、どのような枠組みで新たなスキームを構築していくかを考える場合に役立ちます。

3. 取組の進捗に応じた地下水の実態把握

3.1 統計資料・観測データ等による概要把握

○地下水マネジメントの目的の設定や、地下水協議会等の設置にあたり、関係者が地域の地下水について共通のイメージを持つことが重要であり、地域の地下水の概況を示す資料があると有用です。

○地下水マネジメントの対象範囲における帯水層構造、地下水の賦存形態、涵養域・流動域・湧出域、面的な流れ方向、地下水収支の構成等について、例えば、模式図、平面図、断面図、鳥瞰図等により示します。



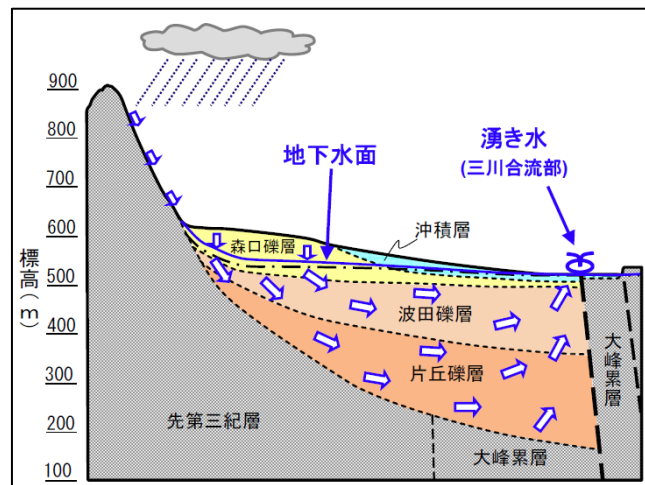
地下水の概況を説明する模式図の例

(出典：持続可能な地下水利用に向けた挑戦－地下水先進地域熊本からの発信－)



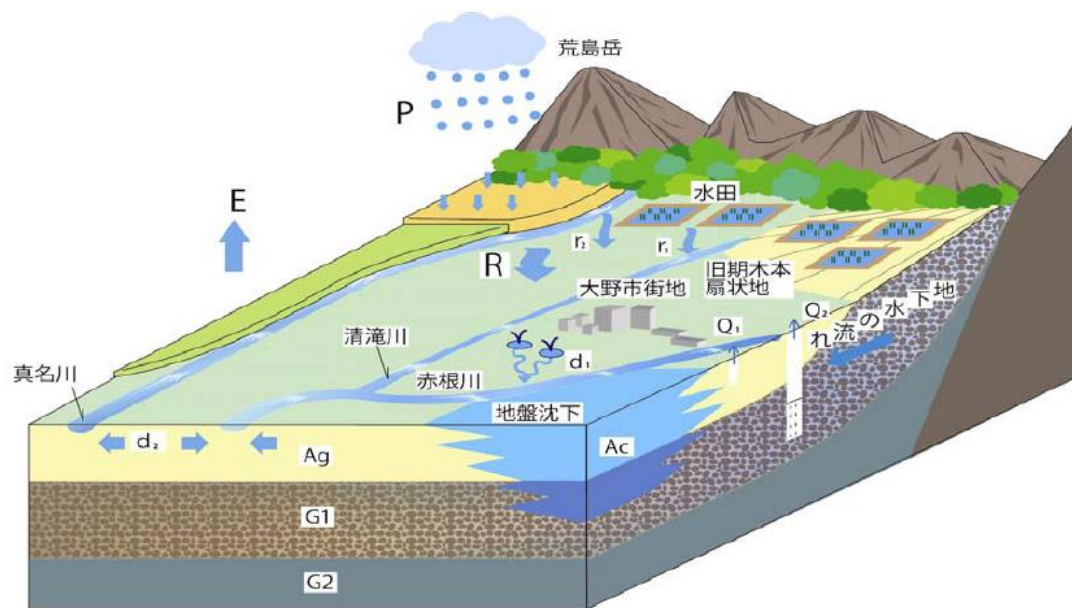
地下水の概況を説明する平面図の例

(出典：第2次熊本市地下水保全プラン（H26～30年度）)



地下水の概況を説明する断面図の例

(出典：安曇野市地下水資源強化・活用指針)



凡 例

第一帯水層	P: 降雨	Q ₁ : 浅井戸からの汲み上げ量
粘性土層	E: 蒸発散	Q ₂ : 深井戸からの汲み上げ量
第二帯水層	R: 降水からのかん養	d ₁ : 地表への地下水流出 (湧水)
水文地質基盤	r ₁ : 水田からのかん養	d ₂ : 河川への地下水流出
	r ₂ : 河川からのかん養	

地下水の概況を説明する鳥瞰図の例

(出典：大野市地下水年次報告書～平成 26 年度版～)

3.2 現地調査等による定量化

○立ち上げ段階から合意形成・実施段階に移行し、地下水利用の持続可能性に係る管理指標・管理基準等を、地域の合意形成のもとに設定する場合には、指標の適切な項目や評価位置、基準値等を検討するため、地下水の実態を定量的に把握する必要があります。

- 例えば、水道水源やミネラルウォーター等の産業用水源としての地下水利用の持続可能性を管理するためには、取水井戸又は周辺の地下水位を管理指標として、短期的および長期的に許容可能な地下水位の変動幅を設定することが考えられます。このためには、平常時の地下水位の変動幅を把握する必要があります。
- また、異常渇水時に地下水利用が急増して地域全体の地下水位が低下する場合には、取水の深さが十分でない井戸等で井戸枯れを生じる場合があるため、基準観測井を選定し、井戸枯れを防ぐための基準水位を設定することが考えられます。このためには、地下水位分布とその季節変動等を踏まえて基準観測井を選定したり、井戸調査結果等に基づく井戸枯れを生じない水位を把握する必要があります。

○地下水マネジメントの目的を踏まえ、また、地域の合意形成に基づく管理指標・管理基準等の設定のため、必要に応じて地下水調査・井戸調査等を実施し、地下水の実態把握の定量化、地下水位等高線図等の作成、および地下水収支等の精度向上を図ります。

整理する主な項目

- ・地下水概念モデル（定量化）
- ・地下水位等高線図（合意形成に関わる範囲等）
- ・地下水収支（井戸調査、取水量アンケート調査等を反映して精度向上）

○地下水に関する現地調査の手法、考え方等を取りまとめた資料の例として、以下が挙げられます。

『地下水調査および観測指針（案）』山海堂、1993
建設省河川局監修，（財）国土開発技術研究センター編集

『地下水ハンドブック』、建設産業調査会、1998.
地下水ハンドブック編集委員会

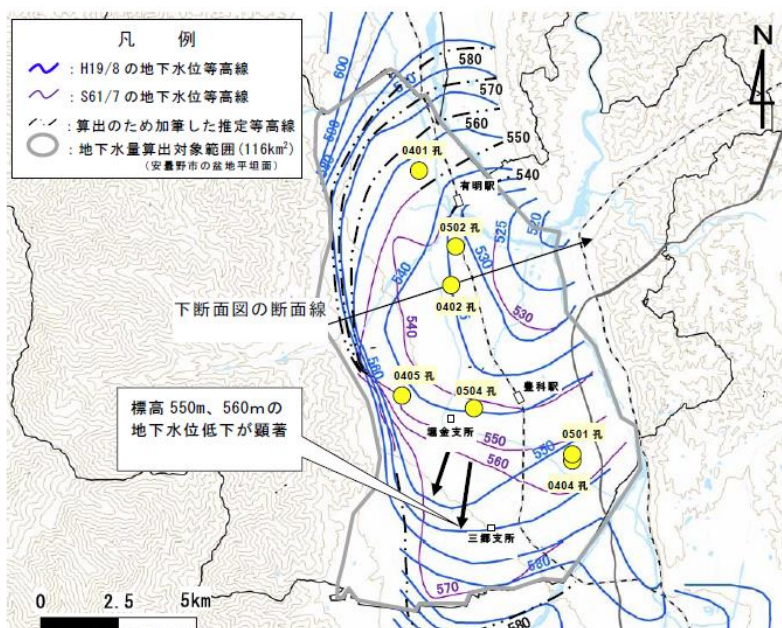


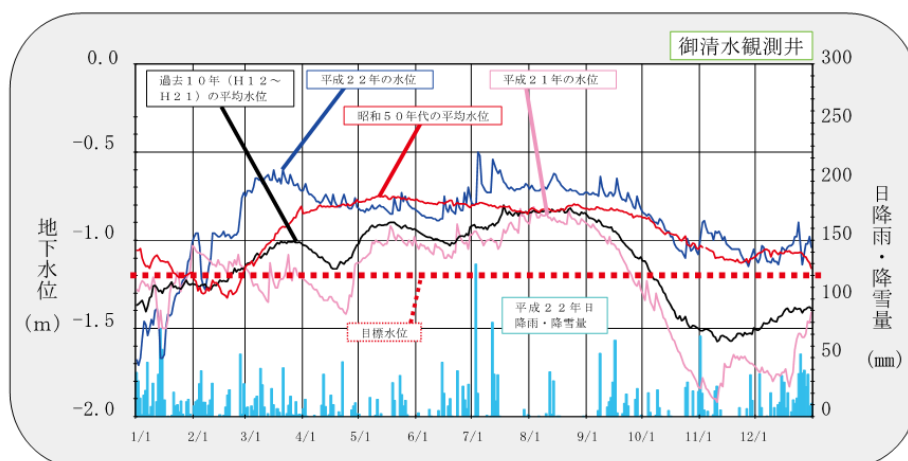
図 4.6 安曇野市周辺の昭和 61 年と平成 19 年の地下水位等高線の比較

現地調査に基づく地下水位等高線図の作成例

出典：安曇野市地下水資源強化・活用指針

最終の保全目標水位（昭和 50 年代の地下水位）	
御清水観測井	年間を通じて 1.2 m 未満※
春日公園観測井	年間を通じて 5.5 m 未満※
菖蒲池（浅井戸）観測井	年間を通じて 7.0 m 未満※
最終の保全目標水質（自然的要因を除く）	
水道法の飲料水の水質基準に適合	

※大野市地下水総合調査において、御清水観測井が湧水で満たされるための水位が 1.2 m 未満とされた。その御清水観測井の水位が 1.2 m の時、春日公園観測井では 5.5 m となり、菖蒲池（浅井戸）観測井では 7.0 m となるとされたため、それぞれの観測井の水位を目標水位として設定した。



現地調査に基づく目標数値設定の例

出典：越前おおの湧水文化再生計画

3.3 時間的・空間的なデータの充実と反映

○地下水マネジメントは、継続的にその内容を見直しながら適正化を図り、持続可能な地下水の保全と利用を推進するものです。このため、継続的な観測による季節変化や経年変化の把握、観測箇所の増加による地下水位等高線図の精度向上、井戸調査・取水量アンケートの定期的な実施などによる地下水利用実態の変化や地下水収支の変化の把握等、時間的・空間的なデータの充実を図り、地下水マネジメントの見直しに反映することが有用です。

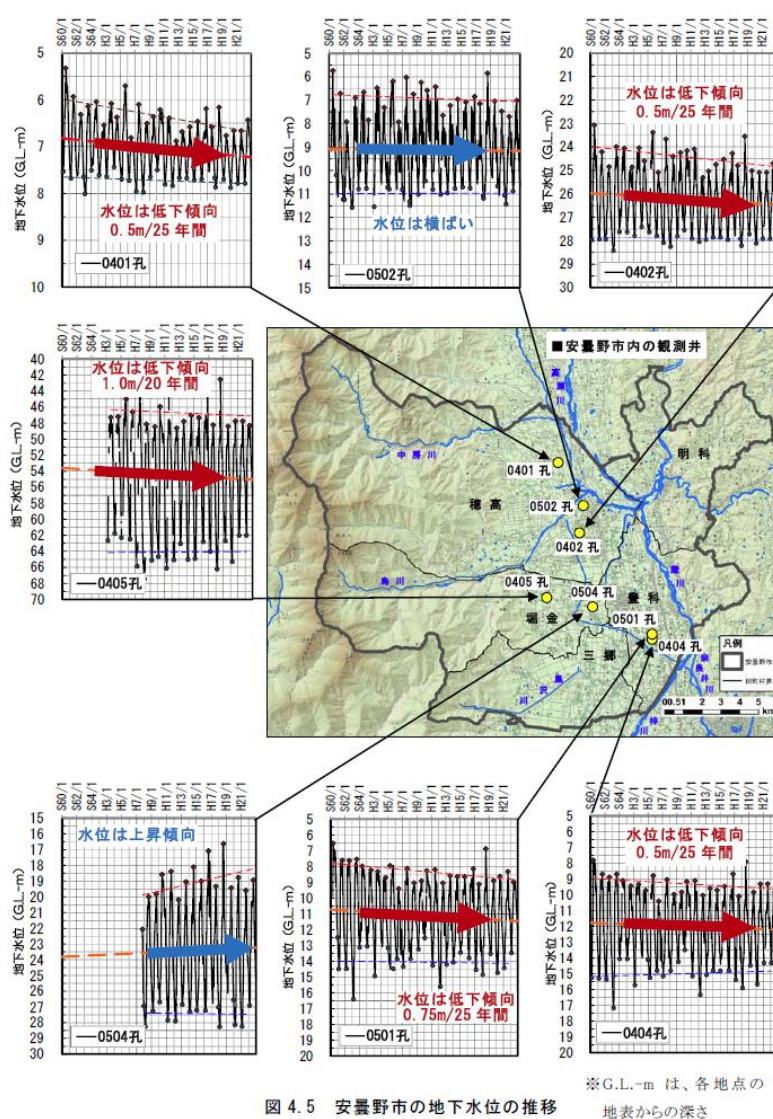
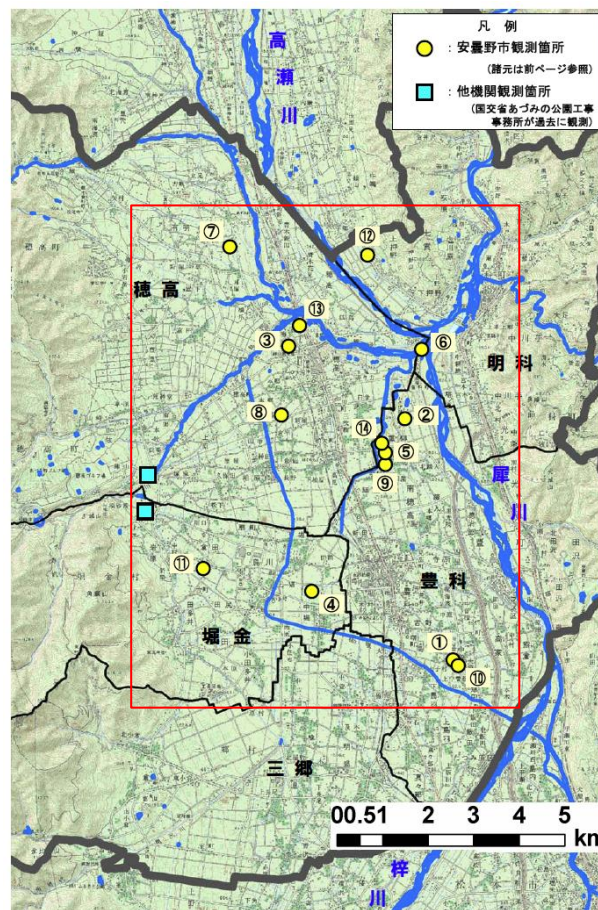
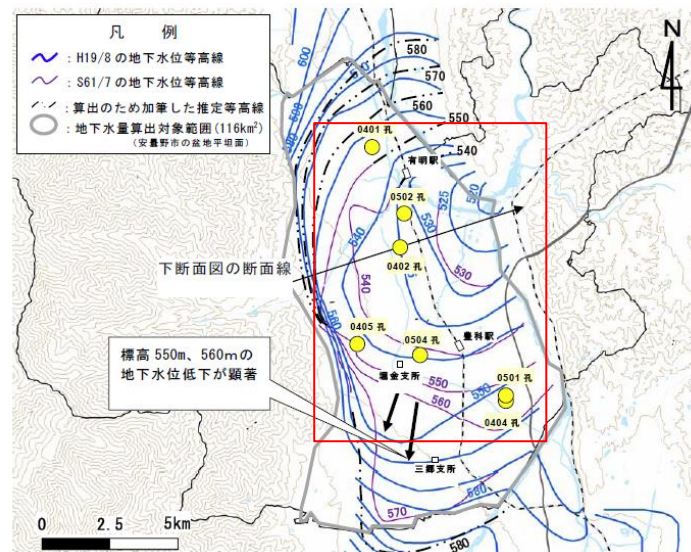


図 4.5 安曇野市の地下水位の推移

経年変化を観測した事例

出典：安曇野市地下水資源強化・活用指針



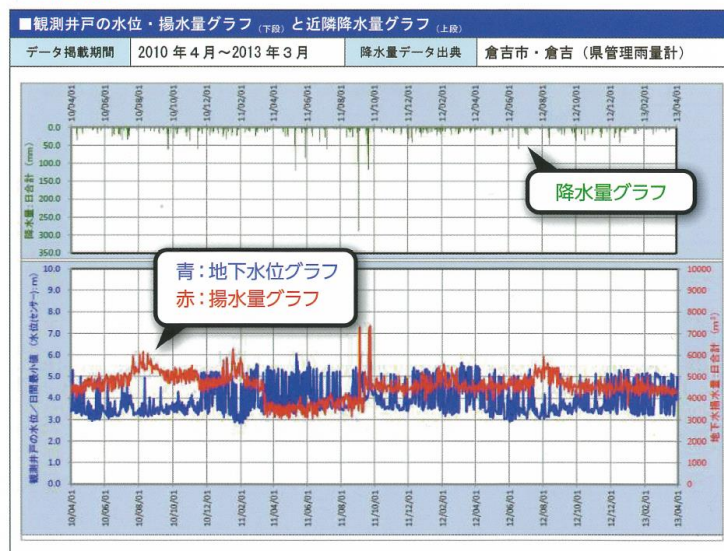
観測箇所数を増加した事例

出典：安曇野市地下水資源強化・活用指針

3.4 地下水の見える化

○地域の関係者が地下水に関する共通の理解とイメージを持ったり、地域住民の啓発に有用なツールとして、地下水の「見える化」が、様々な形で試みられています。

◆水位公開



URL <http://www.pref.tottori.lg.jp/240903.htm>

協議会HPにおける地下水位の「見える化」の例

出典：鳥取県持続可能な地下水利用協議会パンフレット



〔 御清水観測井 地下水位表示板 〕

地域住民に向けた地下水保全効果の「見える化」の例

出典：大野市地下水年次報告書～平成26年度版～

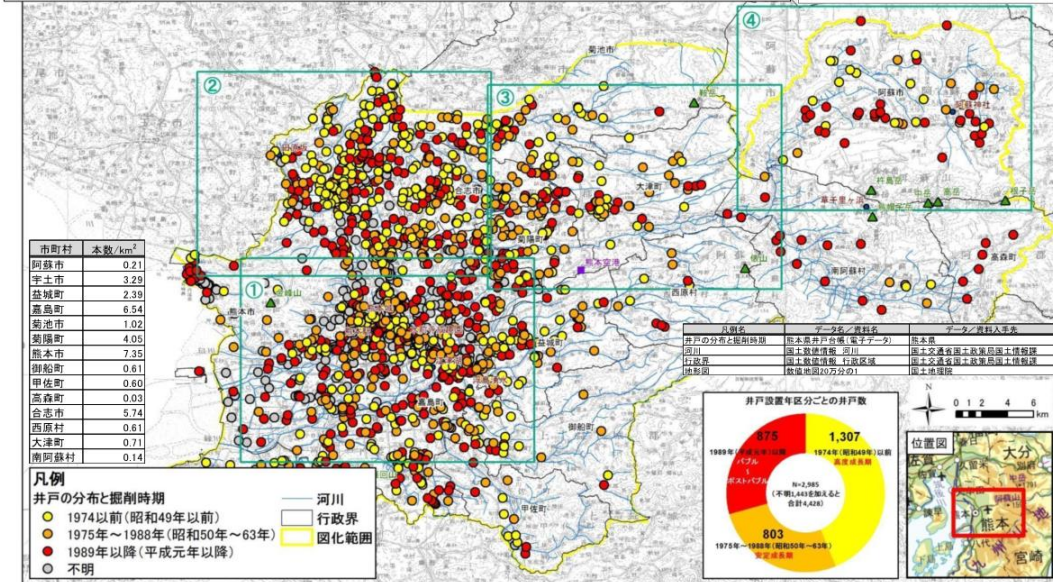
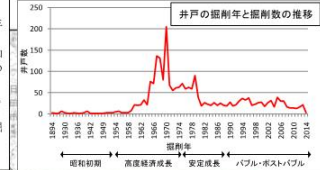
図3 くらしの中の井戸（地下水）

市街地における井戸の分布を掘削年区分ごとに示す。電子データとして井戸台帳にまとめられている井戸だけで4,428本存在する。熊本県が所有する電子データ版井戸台帳には明治期に掘られた井戸が掲載されている。掘削年が明記されている最古のものは明治27年の井戸である。

高度経済成長期（1974年以前）に掘削された井戸は1,307井（掘削年代不明の井戸を除いたうちの44%）であった。1975年以降の昭和期（14年間）にも803の井戸（同27%）が、平成元年（1989年）以降の26年間で875の井戸（同29%）が掘削されているが、井戸の掘削数は高度経済成長期に比べ減少傾向にあると考えられる（右下円グラフ参照）。

市町村ごとの面積と井戸本数の関係を見ると、熊本市では7.35個/km²、宇土市では3.29個/km²の密度で井戸が存在していた（左表参照）。地域別にみると、熊本市中心部（次頁①）ではどの掘削年区分の井戸もみられるが、やや平成期に掘削された井戸が多い。一方、熊本町周辺では1974年以前に掘られた井戸が多くみられる（同②）。地下水の商業域にあたる大津町周辺に井戸は少ない（次頁③）。井戸の掘削数が他の市町村に比べ少ない阿蘇市は、平成期に掘削された井戸が多くを占める（同④）。井戸の掘削数が他の市町村に比べ少ない阿蘇市は、平成期に掘削された井戸が多くを占める（同④）。井戸の掘削数が他の市町村に比べ少ない阿蘇市は、平成期に掘削された井戸が多くを占める（同④）。

全体的な井戸の分布は江津湖～熊本市中心部に多いほか、熊本市北部～合志市の菊池川流域にも多くみられる。



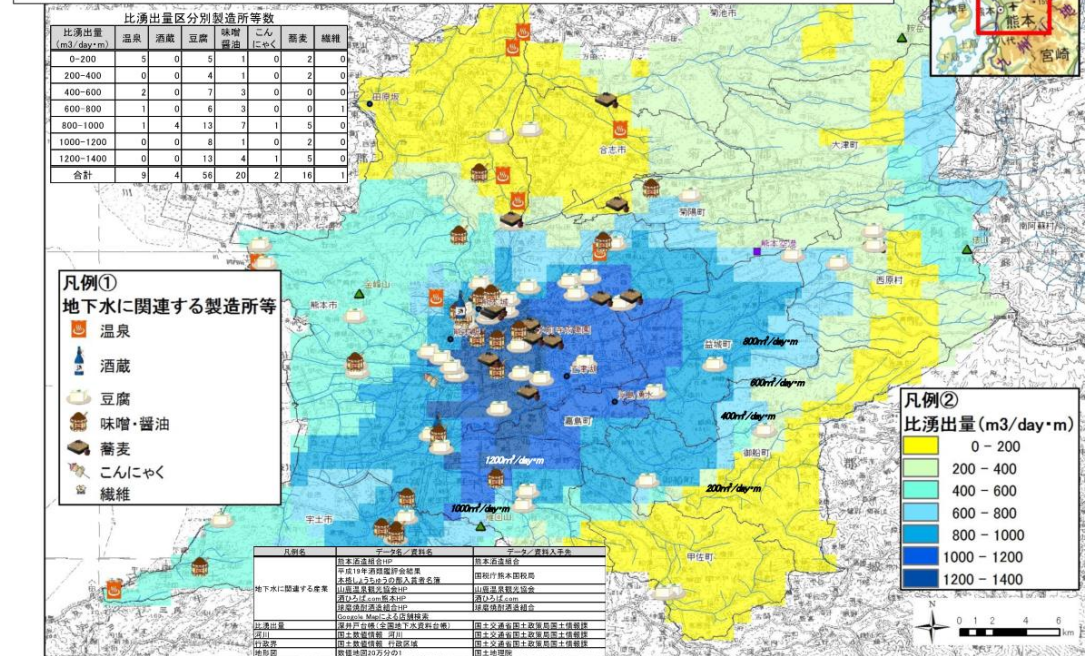
くらしと地下水(井戸)の関わりの「見える化」の例

図6 地域産業に寄与する地下水

熊本地域で営まれている産業のうち、地下水との関連性が深いと考えられるものを抽出して図示した。合わせて比湧出量も示した。比湧出量とは水位変動量に対する揚水量の割合（揚水量／水変動量）を表し、ある井戸で地下水位を1m低下させた時の揚水量を意味する。比湧出量が高い場所は地下水を汲んでも水位が下がりにくい地域であることを示す。計算式は右下に示す。

37ある製造所等のうち23（全体の88.0%）は200m³/day/m以上の比湧出量がある地域に存在することがわかった。

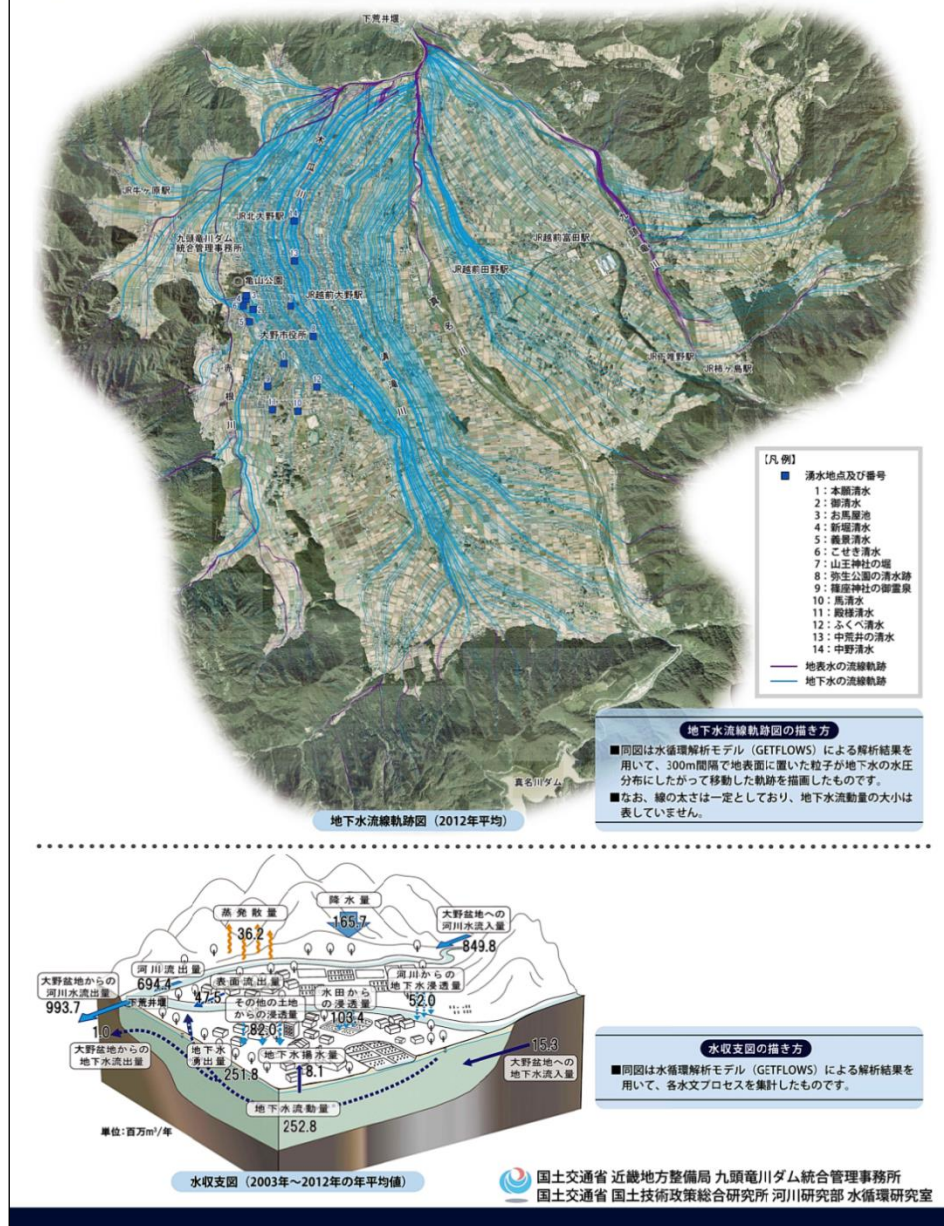
熊本市では良質な地下水を利用した酒造りや豆腐づくりが地下水の利用しやすい市街地周辺で古くから行われていることに加え、近年は地下水を利用した蕎麦屋も多くみられるようになっている。熊本地域の地下水は、地域の食品業や温泉業を支える重要な郷土資源の一つと考えられる。



地域産業と地下水利用の「見える化」の例

出典：地下水の情報図簿等の作成に関する検討業務 試作図（国土交通省国土政策局）

水循環解析モデルによる大野盆地の地下水の流れ



シミュレーション結果の「見える化」の例

出典：大野市資料

○地下水シミュレーションに関する考え方、手法等を取りまとめた資料の例として、以下が挙げられます。

『水循環解析に関する技術資料 ～地表水と地下水の一体的な解析に向けて～』
国土技術政策総合研究所資料、第 883 号、2016.3

『地下水シミュレーション』
公益社団法人日本地下水学会編、技報堂出版、2010

4. 初めて地下水に関わる方への参考資料

4.1 地下水の基礎的事項



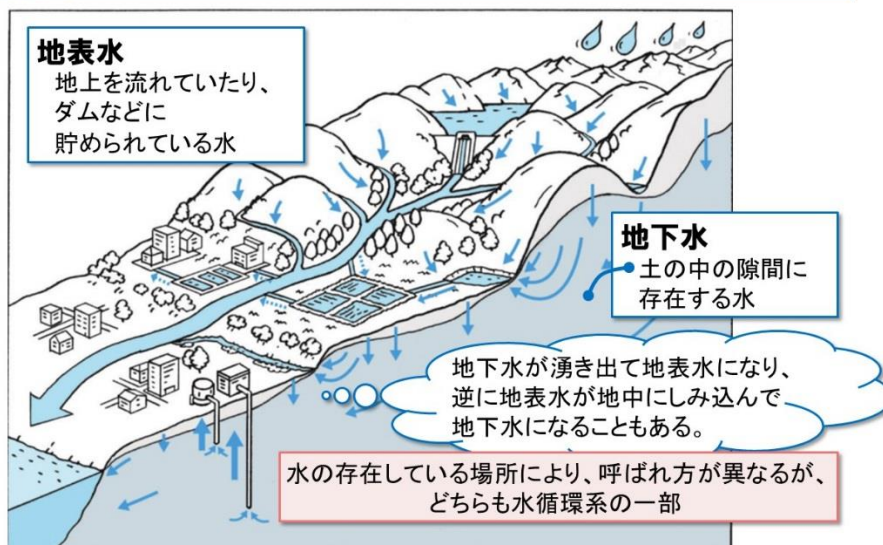
地下水の基礎的事項

～初めて地下水に関わる方へ～

1. 地下水とは
2. 地下水の流れ
3. 水利用と地下水
4. 地下水位から分かること
5. 知っておきたい地下水用語（別紙）

1. 地下水とは

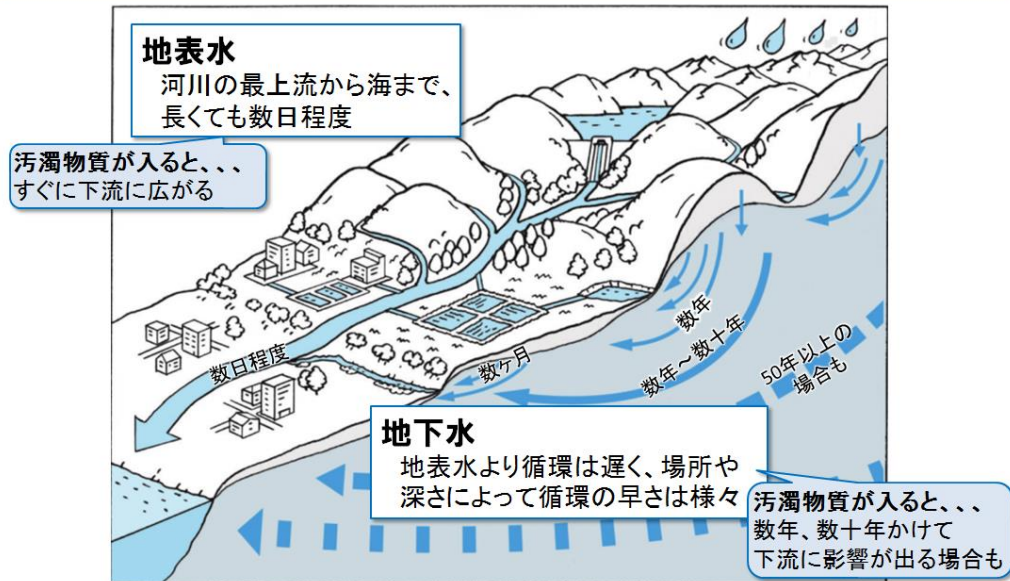
地表水と地下水



- 一般的に行政で取り扱う範囲の水循環は、大きく地表水と地下水に分けられます。
- 地表水は、溪流や川のように地上を流れていたり、貯水池、ダムなどに貯められている水です。
- 地下水は、雨が地表面から地中に浸透して、土の中の隙間の部分に存在する水です。
土の中の隙間を全て地下水で満たしている場合を飽和状態とよびます。
地表近くなど、土の中の隙間に水と空気が両方ある場合を不飽和状態といい、その場合、不飽和状態の部分の水を土壌水と呼ぶ場合もあります。
- 地表水は、重力により、標高の高いところから低いところに向かって流れます。
- 地下水は、重力だけでなく圧力によって流れる場合もあり、場所によっては下から上への流れもあります。
- 例えば、谷や崖下の湧水のように水が地表面に湧き出ている場所では、地下水が深いところから浅いところに向かって流れている場合があります。
地下水は、地形や地下の地質、圧力(水圧)などの条件により、三次元的に流動します。
- 地表水と地下水は、全く異なる場所の、特性も違う流れですが、その時に「水」が存在している場所によって呼び方が異なるだけであり、実際には「水」として循環している一連の流れの一部で、同じものです。
- 例えば山に降った雨は地表面から浸透し、地下水として流動した後に、湧水として再び地表面に湧出し、そこから谷に沿って、溪流や河川として地表面を流下するといった流れがあります。
河川が山地から扇状地に流出すると、河川水の一部は地中に再度浸透して地下水となって流動し、また河川水の一部はかんがい用水として農地に流されて、そこから地中に再度浸透して地下水となる場合もあります。
扇状地から平野に地中をゆっくりと流動した地下水の一部は河川に流出し、河川水として海に流出したり、河川に流出しなかった地下水の一部は、そのまま地下水として海に流出したりします。
- 便宜的に、水循環を地表水と地下水に分けて議論する事は多いですが、実際には、どちらも一連の水循環系の一部であり、地表水に関する施策や事業が地下水に、また地下水に関する施策や事業が地表水に相互に影響を及ぼす可能性が大きいということに、留意する必要があります。

1. 地下水とは

循環の早さ



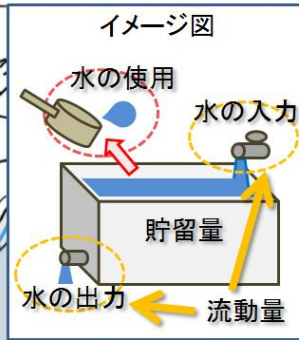
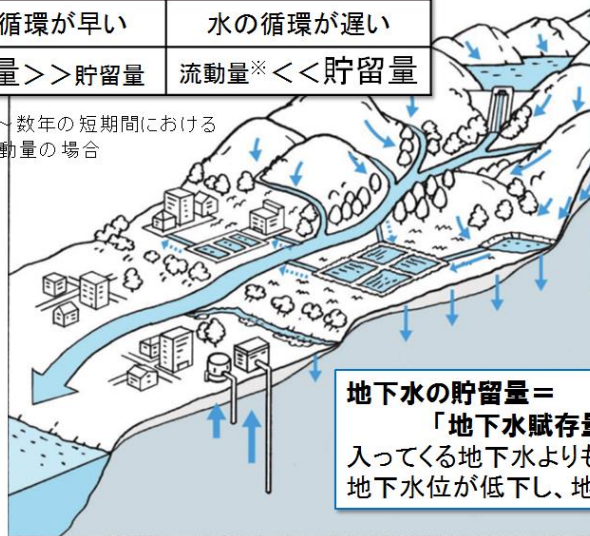
- 地表水の流れる速さは、一般に毎秒 1cm～数 10 cm 程度（1 日に 1km～数十 km 程度）です。
- 地下水の流れる速さは、速くても毎秒 0.01cm～0.1cm（1 日に 10m～100m 程度）、土壌や地質条件によっては毎秒 0.001cm 未満（1 日に 1m 未満）の場合もあります。
- 河川の最上流から海に到るまでは、長くても数日程度です。
- 地下水の循環にかかる時間は、循環の経路により大きく異なり、浅い局所的な循環と、広域や深部の大きな循環では桁違いとなります。
水田から浸透した水が地下水となって、近くの崖下で湧出するまで数ヶ月から数年程度、山に降った雨が浸透して、浅い地下水となって近くの沢などに湧き出てくるのに数年、山に降った雨が地下水となって、そのまま低地まで流れてくるのに数年から数十年、上流域の山で深く潜った地下水が海岸付近まで達するには、早くても 20 年から 30 年、あるいは 50 年以上の長い期間を要する場合があります。
- 循環の早い河川に汚濁物質が流出した場合は、数日程度で流され、その影響は早く広く下流域に拡散します。
- 循環の遅い地下水に汚濁物質が流出した場合、その影響は数年、数十年かけて徐々に下流域に伝わる場合があり、影響の表れ方が河川の場合と大きく異なります。
- 調査や検討の対象とする地下水が、こういった場所や深さの流れなのかによって、考えるべき時間スケールや、必要な調査期間、適切な観測間隔などは大きく異なるということに、留意する必要があります。

1. 地下水とは

流動量(循環量・水収支量)と貯留量(賦存量)

地表水	地下水
水の循環が早い	水の循環が遅い
流動量 >> 貯留量	流動量 ※ << 貯留量

※数ヶ月～数年の短期間における
循環流動量の場合



地下水の貯留量＝
「地下水賦存量(ふそんりょう)」
 入ってくる地下水よりも使用する水量が多いと、
 地下水位が低下し、地下水賦存量が減少する

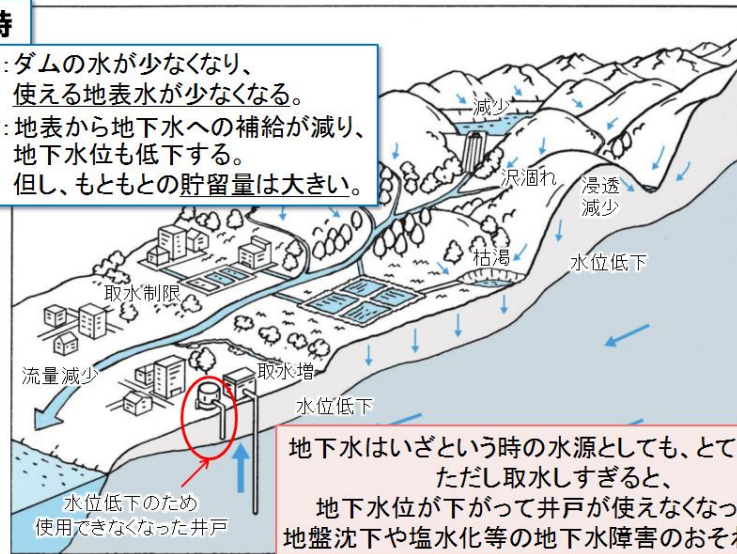
- 地表水は、ダムなどに溜めている貯留量よりも、流れ続けている河川の流量、例えば1ヶ月あるいは1年間に循環する流量の方がはるかに大きいという特性があります。
- 地下水は、流れが非常に緩やかで、水の循環に長い期間が必要なため、数ヶ月あるいは数年間程度の短期間で考えると、循環する量よりも地下に溜まっている貯留量の方が、はるかに大きいという特性があります。
 この貯留量を「地下水賦存量」とよび、地下水資源を評価する指標の一つとされています。
- 河川の水を一時的に大量に取水しても、循環が早いので数日程度で水位も流量も回復します。
- 地下水は、循環している量が比較的小さいため、循環量の規模をはるかに超える大量の地下水を取水すると貯留部分の水が減少することになり、地下水位の低下や、周辺井戸への影響を生じることがあります。

1. 地下水とは

流動量(循環量・水収支量)と貯留量(賦存量) 渇水時

渇水時

地表水: ダムの水が少なくなり、
使える地表水が少なくなる。
地下水: 地表から地下水への補給が減り、
地下水位も低下する。
但し、もともとの貯留量は大きい。



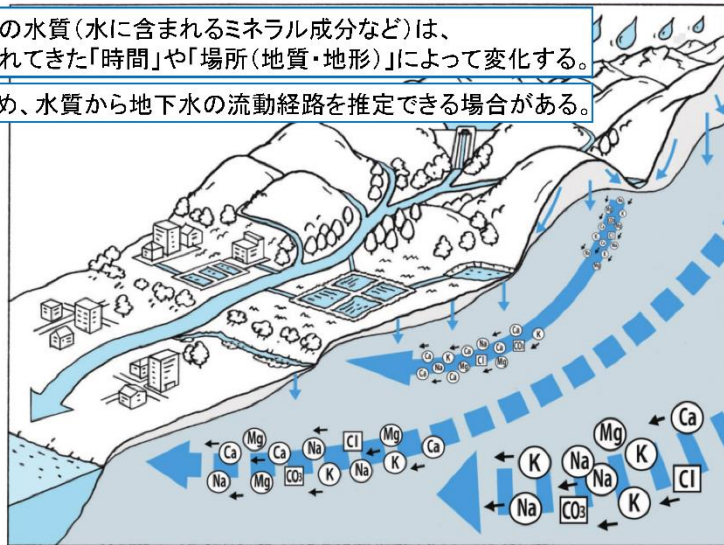
- 渇水になると、地表水ではダムや河川の水が少なくなり、水道水源などに優先的に割り当てる場合があります。
- また、降雨不足による地表からの浸透量の減少や、渇水に伴う地下水利用の増加などにより、地下水位が低下する場合があります。地下水位が低下すると、浅い井戸で取水が困難になったり、地盤沈下や塩水化などの地下水障害を引き起こす場合もあります。
- 地表水の場合には、渇水のためにダムの貯水量が枯渇するような事態も生じますが、地下水の場合には通常の利用量に比べれば貯留量が大きく、短期間で枯渇するような事態には比較的なりにくいといえます。
そのような背景から、例えば、「冬に雪を溶かすために多量の地下水を汲み上げて地下水位が多少低下しても、春先の田植えの時期から梅雨にかけて水田の湛水や降雨による浸透・涵養等で地下水位が回復するといった形で、地下水の収支がどうなっているのか詳しくはわからないものの、年間でそれなりにバランスが取れて長年問題なくやってきた」といった地域もあります。
- しかし、気候変動などにより雨や雪の降り方が変わってきたため、従来からの経験則では対応できなくなることが想定されます。
- 地域の資源として地下水を安定して活用するためには、渇水時にも利用し続けられるのか、既存井戸に取水障害を生じないかなどに、従来以上に配慮が必要となってきました。
- 地下水の実態を把握し、地下水の取り扱い方を地域全体で考え、地下水利用あるいは地下水保全に係る様々な関係者の相互理解と合意のもとに、適切なマネジメントを行うことが有用です。

1. 地下水とは

地下水の水質

地下水の水質（水に含まれるミネラル成分など）は、水が流れてきた「時間」や「場所（地質・地形）」によって変化する。

そのため、水質から地下水の流動経路を推定できる場合がある。



○地下水の水質は、長い年月をかけて変化するものであり、変化の様子は、地質や地形、土壌、植生などの場の条件により異なります。

○例えば、地下水を汲み上げて市販されているミネラルウォーターのミネラル成分には、カルシウム、マグネシウム、カリウム、ナトリウムなどがあります。これらの成分は、地下水が長い時間をかけて地中を流動する間に、水と岩石や鉱物とが接触し、相互作用により取り込まれたもので、地下水にイオンの形で含まれています。

他にも、塩化物や重炭酸などのイオンや、二酸化ケイ素などの成分も流動とともに取り込まれたり、あるいは地下水から地中に出ていき、その結果として、地下水の水質が形成されます。

○一般的には、地中の比較的浅い部分を流動して、岩石や鉱物との接触時間が短い地下水には、他の成分と比較して、カルシウム成分が相対的に多く含まれる傾向があります。

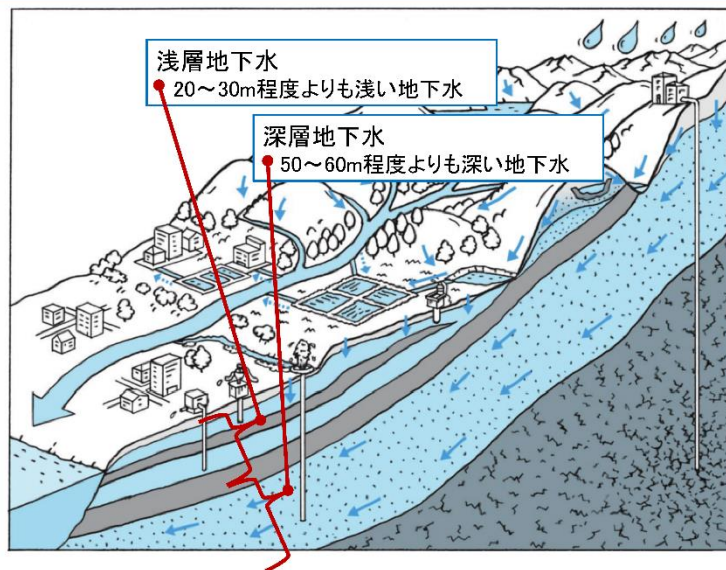
一方で、地中の深い部分を長い時間かけて流動して、岩石や鉱物との接触時間が長い地下水には、ナトリウムやカリウムが相対的に多く含まれる傾向があります。

○地下水の水質の特性を利用して、地質条件や地形条件によっては、地下水の水質の分布から、涵養域等を推定できる場合もあります。

例えば、ある涵養域から流動してくる地下水と、別の涵養域から流動してくる地下水との間で、地下水の成分が大きく異なっていれば、取水利用しようとしている地下水の成分と照合することにより、水源がどこにあるのかといった情報を得られる場合があります。

1. 地下水とは

地下水の種類(深さによる区分)

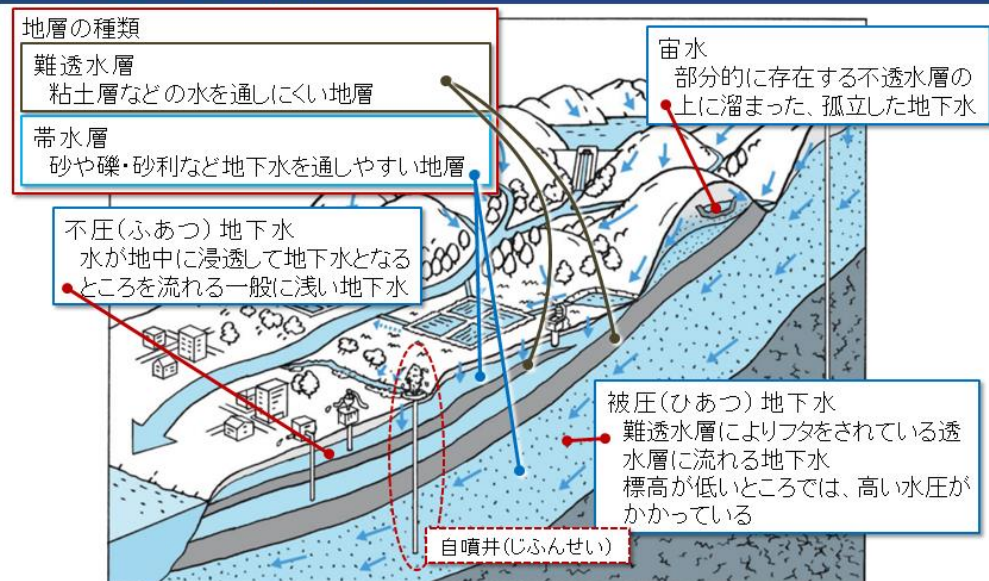


○地下水には、岩盤の亀裂や割れ目などを流動する裂か水（れっかすい）や、石灰岩の鍾乳洞の中を流れるものなどもありますが、本資料では、砂や礫など、比較的水を通しやすい層の地下水を対象とします。

○「浅い地下水と深い地下水」、あるいは「浅層地下水と深層地下水」という言い方をする場合があります。目安としては、概ね 20~30m 程度よりも浅い地下水を浅層地下水、50~60m よりも深い地下水を深層地下水と呼ぶことが多いですが、明確な深さの定義があるわけではありません。

1. 地下水とは

地下水の種類(地層の状況による区分)



- 砂や礫砂利などの「比較的地下水が流れやすい地層」、言い方を換えると「地下水を通しやすい地層」のことを帯水層（たいすいそう）とよびます。
一般に、地下には、浅い帯水層や深い帯水層など、複数の帯水層があり、帯水層と帯水層の間は、粘土層などの水を通しにくい「難透水層」と呼ばれる地層により分け隔てられています。
- 降水や河川水、貯水池等の水が地表面から浸透してそのまま地下水となるような、地表面付近の「浅い」帯水層などを不圧帯水層、また、ここを流れる地下水を不圧地下水とよびます。
- 地表面付近の帯水層と難透水層で分け隔てられている「深い」帯水層などで、帯水層が地下水で満たされており、上部の難透水層との境界面に上向きに水圧がかかっているような圧力状態の帯水層を被圧帯水層、また、そこを流れる地下水を被圧地下水とよびます。
一般には、被圧地下水は標高の高い山地などにつながっており、山地などで地表から浸透してきた水が地下水となり、被圧帯水層の中を平野部まで流動しています。このため、被圧地下水には、水源域の高い標高に相当する高い水圧がかかっています。
下流の平野部で被圧帯水層まで井戸を掘削すると、高い水圧のため、地下水位が地表面より高く、水が湧き出たり噴出する場合があります、このような井戸を「自噴井（じふんせい）」とよびます。
- 「深い」帯水層の場合でも、その帯水層の上部に難透水層がなく帯水層が地表までつながっている場合、あるいは、帯水層が満杯ではなく地下水面がある場合には、被圧されていないため不圧帯水層であり、ここを流れる地下水は不圧地下水となります。
- 帯水層の中の限られた範囲に粘土層などの難透水層が存在し、その難透水層の上に地下水が溜まって存在する場合に、この地下水を「宙水（ちゅうすい）」と呼びます。
宙水は、他の地下水とはつながりがなく、粘土層の上の限られた場所に形成されるため、渇水が続くと雨水による水の供給が途絶えて、消失する場合があります。

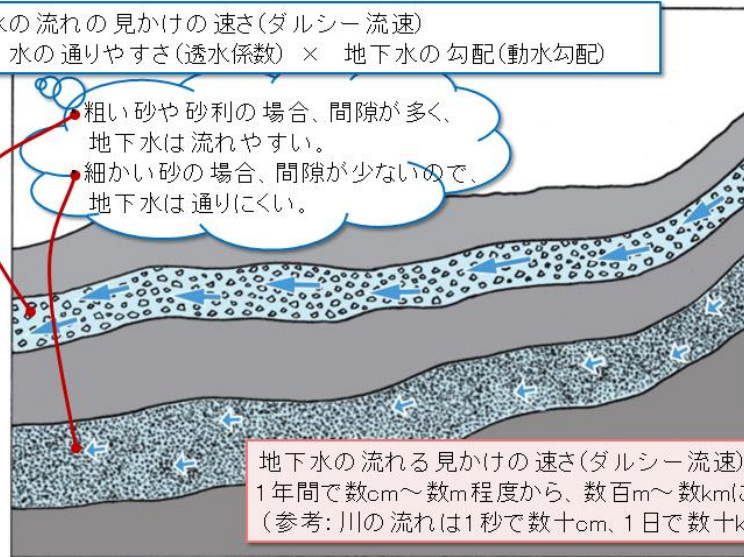
2. 地下水の流れ

地下水の流れる速さ

地下水の流れの見かけの速さ(ダルシー流速)

$$= \text{水の通りやすさ(透水性係数)} \times \text{地下水の勾配(動水勾配)}$$

- 粗い砂や砂利の場合、間隙が多く、地下水は流れやすい。
- 細かい砂の場合、間隙が少ないので、地下水は通りにくい。



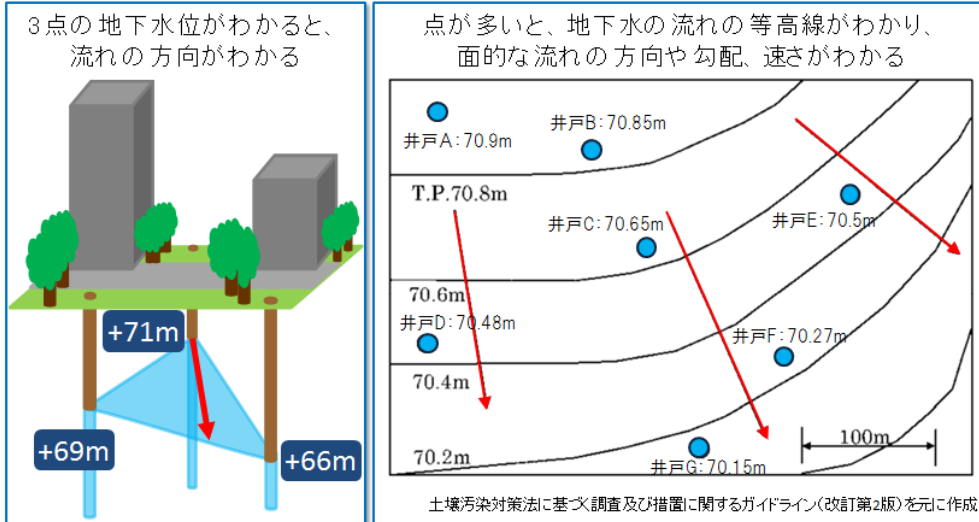
地下水の流れる見かけの速さ(ダルシー流速)は、
 1年間で数cm～数m程度から、数百m～数kmにもなる。
 (参考: 川の流は1秒で数十cm、1日で数十km程度)

- 地質・地下水調査等の資料で「地下水の速さ」と記されている場合、【実流速（土粒子の隙間を水が通り抜ける実際の速さ）】ではなく、慣例的に【見かけの流速（単位面積を単位時間当たり通過する流量）】で示している場合が一般的です。
- 見かけの流速は、流量(m^3)を通過断面積(m^2)と時間(sec)で割ることにより、 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{sec}$ 、つまり m/sec のように流速の単位となるもので、これをダルシー流速と呼びます。
- 【実流速（土粒子の隙間を水が通り抜ける実際の速さ）】は【見かけの流速（ダルシー流速）】を間隙率（土粒子断面における隙間の割合）で割った値となり、例えば間隙率（隙間の割合）が 0.2 なら【実流速】は【見かけの流速（ダルシー流速）】の 5 倍となります。
- 地下水の見かけの流速（ダルシー流速）は、帯水層の水の通りやすさや地下水の勾配により変わります。
- 粗い砂や砂利のようなもので構成される砂礫層や礫層などの地層では、「間隙」と呼ばれる地層中の隙間の部分が大きいため、水が通過しやすく、見かけの流速は早くなります。
 一方、細かい砂などで構成される砂層や細砂層などの地層では、地層中の隙間の部分が小さいため、水が通過しにくく、見かけの流速は遅くなります。
- 地表水と同じように、地下水も勾配が大きくなれば早く流れます。
- 地表面付近の浅い不圧地下水の場合、地下水面は地形面に平行に近い状態になることが多いため、地形勾配が急であれば、地下水面も急勾配であることが想定されます。
 一方、深い地下水、特に被圧地下水の場合、帯水層を満たしている地下水は、上流側と下流側の水圧の差で押し流されている状況のため、必ずしも地形面の勾配と同じ傾向にはなりません。
- 地下水の見かけの流速（ダルシー流速）は、「帯水層の水の通りやすさ」×「地下水の勾配」となります。ここで、帯水層の水の通りやすさを「透水性係数」、地下水の勾配のことを「動水勾配」とよび、【透水性係数×動水勾配】で地下水の見かけの流速（ダルシー流速）が求まります。
- 例えば、粗い砂や砂利の礫層で、水の通りやすさを示す透水性係数が毎秒 100 分の 1cm 程度の場合を考えます。ここで、地形の勾配が 100 分の 1、つまり 100m の水平距離で 1m の高低差がある地域で地下水面の勾配も 100 分の 1 とみなすと、帯水層の地下水の見かけの流速（ダルシー流速）は、【毎秒 100 分の 1cm × 0.01 = 毎秒 0.0001cm】と求められます。
 これを 1 日あたりに換算すると 1 日 10cm 弱程度、1 年間でも 30m 強程度となります。
- 仮に、平野で勾配が緩く 1000 分の 1 程度、又は、細かい砂の層で透水性係数が毎秒 1000 分の 1cm 程度であれば、地下水の見かけの流速（ダルシー流速）は 10 分の 1 程度で、1 年間に 3m 程度となります。
- 透水性係数と動水勾配の組み合わせにより、地下水の見かけの流速（ダルシー流速）は、1 年間で数 cm ～数 km にもなり、大きな幅があります。(参考: 川の流は 1 秒で数十 cm 程度、1 日で数十 km)
- 地下水の見かけの流速（ダルシー流速）は、帯水層の特性や、地下水の勾配などにより、百倍も千倍も異なるというオーダースケールの話になるため、地下水が循環する時間を考える際にも、現地条件によって考えるべき時間スケールが大きく異なるということに、留意する必要があります。

2. 地下水の流れ

地下水の流れの方向を知る方法

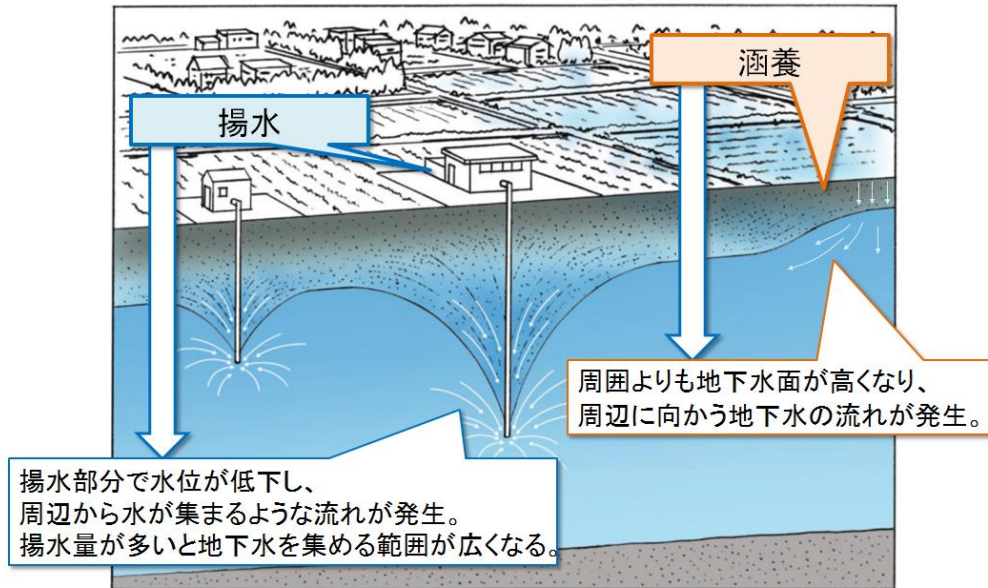
川の流れは「線」⇔ 地下水の流れは「面」



- 地下水の面的な流れの方向を知るためには、3 箇所の地下水位を計り、3 点を結ぶ平面を考える方法があります。
- 河川の水は高いところから低いところへ方向に流れますが、面的な地下水の流れの方向を知るためには、その場所における地下水の勾配の方向を知る必要があります。
地表の標高の等高線図と同じように、地下水の水位の等高線図があれば、等高線と直角方向が流れの勾配の方向と分かり、等高線が密であれば勾配が大きいと分かります。
これを地下水位等高線図、または地下水位分布図とよびます。
- 地下水位分布図を描くためには、できるだけ多くの箇所の、できるだけ同じ時期の地下水位の観測値を得る必要があります。
それぞれの観測箇所の地下水位を入力して GIS 等のソフトウェアの機能で等高線を引くと、観測値の無い描画範囲端部にも等高線が引かれたり、観測点を中心とする窪地のような地下水位が表現される場合があります。また、観測点が分布する範囲の外側の地下水位を外挿で求める場合には、あくまで推定である点に注意が必要です。
地下水位のデータは所々でしか得られていない場合が多く、これらをもとに等高線図を描いても、必ずしも正確ではない箇所がある点に留意する必要があります。

2. 地下水の流れ

人工的な流れ



○井戸から地下水を汲み上げるにより、人工的な地下水の流れが生じます。

○例えば、ある場所で地下水を汲み上げると、そこで地下水面の低下が起こり、これがある範囲に広がります。

この地下水面の低下の様子は、ちょうど円錐を逆さにしたように見えるので、これを地下水の降下円錐と呼び、そこに周辺から地下水が集まる人工的な流れを生じます。

地下水を大量に汲み上げたために降下円錐の影響が広範囲に及んだり、汲み上げる井戸の本数が多く密なために降下円錐の影響が重ね合わさる場合には、地下水位の低下により近隣井戸の取水に支障を生じることもあります。

○浸透や地下水涵養によっても人工的な流れを生じます。

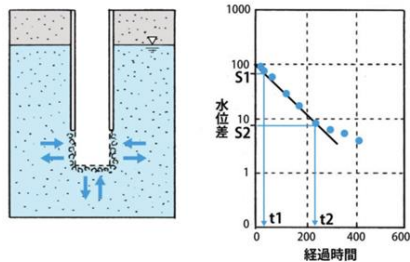
○人工的な流れは井戸だけで起こるわけではなく、例えば、冬場の水田に水を張って、水を浸透させて地下水への涵養を生じさせる場合には、水田の下で地下水面が周囲よりも高くなり、水田の直下から周辺に向かう地下水の人工的な流れを生じます。

2. 地下水の流れ

地下水の流れやすさを知る方法

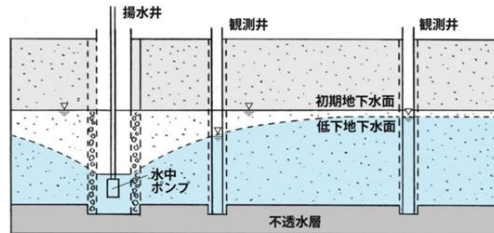
単孔式現場透水試験

場所によるバラツキが大きいので、精度を上げるには多点での調査が必要



揚水試験(多孔式現場透水試験)

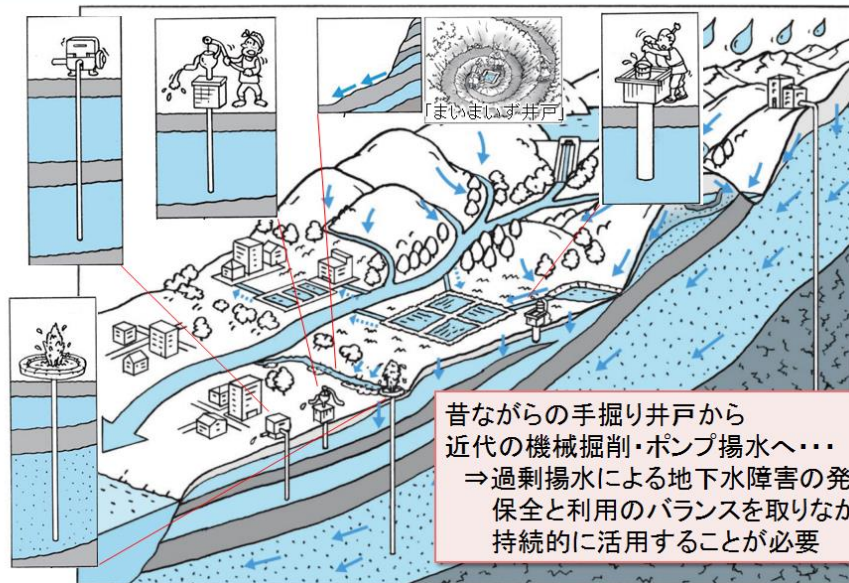
精度よく面的な状況を把握できるため、流れやすさの評価には、こちらがおすすめ



- 地下水を利用するにあたり、どの程度の流量が流れているのかを推定したい場合や、どの地層を取水対象とするのが最も汲み上げやすいかなど、地下水の流れを把握したい場合には、最も基本的な情報として、地層中の地下水の流れやすさを知る必要があります。
そこで、人工的な地下水の流れを作ることにより、地層中の水の通りやすさを知る方法があります。
- 単孔式現場透水試験とよばれる、1本のボーリングで地層の水の通りやすさを調べる方法があります。
例えば、①ボーリングの最深部を地下水が出入りできるようにしておく、②次に、ボーリング内から水を抜いてボーリング内の水位を人工的に一旦低下させる、③その後、周辺から地下水が流入してきて水位が回復する時の水位上昇の速さから地層の水の通りやすさ（透水係数）を評価する、といった方法があります。
- 揚水試験（多孔式現場透水試験）とよばれる、複数のボーリングを用いて地層の水の通りやすさを調べる方法があります。
「揚水井」とよばれる井戸から地下水を汲み上げながら、周辺の「観測井」とよばれる複数の井戸で地下水位の低下の様子を観測します。この時の「揚水量と地下水位との関係」から、地層の水の通りやすさなどを評価する方法があります。
- 単孔式現場透水試験は、あまりに水の通りやすい地層の場合には、水を抜いてボーリング内の水位を人工的に一旦低下させようとしても直ぐに水位が上昇したり、水位が低下しなかったりするため、本来、砂礫層や礫層には適用できません。
一方、揚水試験は、水の通りやすい砂礫層や礫層にも適用できます。
- 単孔式現場透水試験では、ボーリング内外に地下水が出入りしている箇所近傍の局所的な透水係数しか得られません。このため、同じ帯水層で実施したとしても、場所により桁レベルで大きく異なる結果となる場合があります。
揚水試験では、試験を実施している区間に分布している帯水層の平均的な透水性を評価でき、また、複数の井戸で実施しているため比較的精度が高く、また、揚水による影響がどの程度の時間で周辺に及ぶのかといった分析も可能です。

3. 水利用と地下水

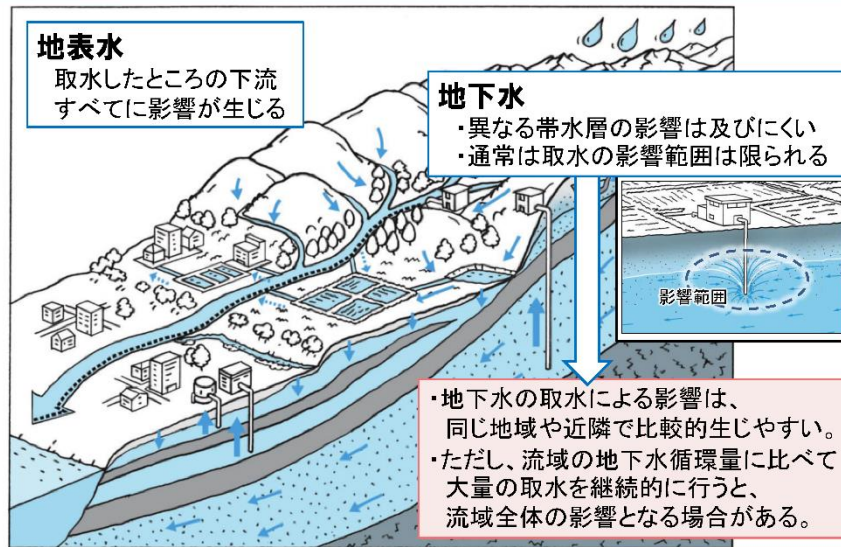
地下水の取水利用



- 地下水の利用は古くから行われており、弥生時代の遺跡からも井戸の跡が発掘されています。
- 掘削機械の無かった古い時代には、例えば、崖下に湧き出てくる湧水を使ったり、すり鉢状の穴の底に浅い井戸を掘って地下水を汲み上げる「まいまいず井戸」などの手掘り井戸が作られていました。
江戸時代に入ると、地面を突いて穴を掘る金棒掘りや上総（かずさ）掘りが広がり、掘削の深さも 500m に達して、自噴する深井戸も普及します。
大正に入ると技術が進み、のみ先のビットがついた鋼管をモーターで回転させながら掘進するロータリー式掘削工法が導入され、1000m 以上の井戸も設置可能になり、深い地下水の利用が始まりました。
- 第二次世界大戦後から高度成長期にかけて、地下水の過剰な揚水により、多くの地域で地盤沈下や塩水化といった地下水障害が生じました。
その後、長年にわたる揚水規制により、多くの地域で地盤沈下などは沈静化しています。
このような過去の経験を活かし、再び過剰揚水で地下水障害を生じることがないように留意しつつも、地下水の保全と利用のバランスを取りながら、地域の資源として地下水の持続的な活用を図る時代を迎えています。

3. 水利用と地下水

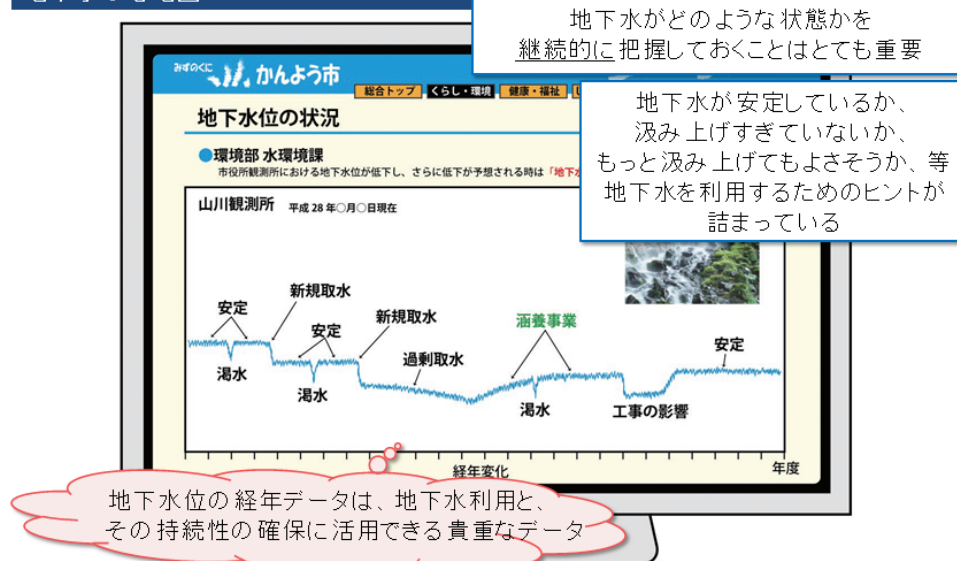
水利用による影響



- 河川は、上流から河口まで一続きでつながっている一方向の流れです。
このため、ある場所で支川が合流すればその分の流量が増え、ある場所で取水されればその分の流量が減り、それらの増えた量や減った量は、その場所から河口までの全ての区間にそのまま影響します。
例えば、上流域に川の水を取水する浄水場などを設置すると、その分、河口まで一律に川の流量は減少します。
- 地下水は、地形や地質などの条件により、あらゆる方向に動きます。
このため、ある場所で取水した場合に、取水する帯水層の広がりや、その帯水層における地下水の循環量などにより影響が及ぶ範囲や影響の程度は異なります。
大規模な取水をしても、取水に伴い地下水流動状況が変化し、循環量が増加して十分な地下水の補給が得られる場合には、取水箇所周辺における地下水位低下等の影響範囲は狭い場合もあります。逆に、取水規模は小さくても地下水の補給が少ない場合には、取水箇所の周辺で地下水位低下等の影響を広く生じる場合もあります。
地域における地下水の循環量を調査し、また、取水に伴う地下水流動状況や地下水循環量の変化を推定し、その範囲内で利用する、あるいは、過去に支障を生じなかった取水量等を参考に、地下水位の変化などをモニタリングしながら大きな変化を生じない範囲で利用することが、持続的な利用を確保する上で有用です。
- 地下水の取水利用による影響は様々であり、また、対応の仕方も様々です。
- ・既存井戸の近隣に新設井戸を設置して取水開始した場合の、既存井戸の取水能力への低下（井戸干渉による水の奪い合い）
⇒ 対応【適切な距離を離して設置し、適度な取水を行う】
 - ・帯水層の地下水循環量に比べて大量の取水を継続した場合の、同じ帯水層から取水している下流側井戸への影響
⇒ 対応【帯水層の地下水位が経年的に低下し続けられない範囲で取水する】
 - ・海岸部における地下水揚水による海水の陸側への引き込み（塩水化）
⇒ 対応【地下水を引き込むような場所や量での取水を避ける】
 - ・かつてない水準まで地下水位（深層地下水の場合は地下水の水圧）が低下して生じる地盤沈下
⇒ 対応【原因を把握して、大幅な地下水位（地下水の水圧）の低下を避ける】

4. 地下水位から分かること

地下水の心電図



○地域の地下水賦存量や地下水収支の実態を詳細に把握し、地下水利用による将来の影響を精度よく予測するためには、多くの調査や解析が必要となります。

しかし、地下水の状態が安定しているかどうかを把握するだけならば、地下水位を経年的に確認すれば可能であり、既存井戸や観測井を用いて容易に実施できます。

○地域の地下水利用の安定性、持続性を確保するため、地域で地下水位のモニタリングを行い、渇水等により地下水利用に影響が予想される場合に注意報を出しているケースもあります。

○地下水位の経年データにおいて、地下水位が安定していれば、地下水循環量の範囲内で持続的に利用できる状況です。

また、新規取水により地下水位が低下しても、経年的に地下水位が安定していれば、持続的に利用できる状況です。

一方、新規取水を開始した時期を境に地下水位が経年的に低下し続けている場合は、地下水循環量に比べて過剰な水量を取水しており、持続的な利用が困難となる懸念があります。

そこで、取水量を低減する、または涵養事業等により地下水を補給して地下水位が経年的に安定する状況を回復すれば、持続的に利用できる状況となります。

○地下水位の経年データを得ることにより、地域全体で、どの程度までの取水量であれば持続的に利用できるかの目安を得られます。

さらに、どの程度の渇水であれば地下水位がどの程度低下する、といった経験に基づく予測や対応が可能となる場合があります。

また、一時的な工事による地下水位低下等の影響が、どの程度の時間で元の状態まで回復する、といった経験に基づく予測や対応が可能となります。

○地下水位の経年データがない場合は、何らかの地下水障害が起きた時になって地下水位を観測し始めても、元々の地下水障害前の状態や、経年的な地下水位の変化傾向が分からなければ、原因や因果関係を特定できず、対策も検討できません。

地下水の保全と利用

1. 地下水の様々な利用形態
2. 地下水障害と保全の取り組み
3. 地下水に関わる制度の動向
4. 地域の取り組み事例

	<p>○本章では、「地下水の保全と利用」のうち、利用に関わる部分について説明します。</p>
<div data-bbox="193 786 1098 1402"> <div>1. 地下水の様々な利用形態</div> <div>地下水の様々な利用用途</div> <div> <p>地下水の特徴</p> <p>【簡易性】 井戸で容易に得られる</p> <p>【経済性】 他の水資源より一般に安価</p> <p>【良質な水質】 不純物質が土壌に付着・ろ過</p> <p>【恒温性】 表流水より夏は冷たく、冬は暖かい</p> <p>【新たな利用ニーズ】 観光資源、熱エネルギー源</p> </div> <div> <p>地下水特性</p> <p>水質 (良質)</p> <p>水温 (温度・恒温性)</p> <p>その他</p> <p>飲料用 — 家庭用、商業用 (ミネラルウォーター等)</p> <p>調理用 — 家庭用、営業用</p> <p>飲食品製造用 — 酒類、清涼飲料、豆腐、菓子類など</p> <p>工業用 — 化粧品・生コンクリート製造など (原料)</p> <p>工業用 — 精密機器製造・染色など (製品処理・洗浄)</p> <p>養魚用 — うなぎ、あゆ、ます類など</p> <p>農作物栽培用 — 施設園芸 (花きなど)・水耕栽培など</p> <p>浴 用 — 銭湯など</p> <p>消雪用 — 消雪パイプ・ヒートポンプ、ヒートパイプの利用など</p> <p>温調用 — 施設園芸 (ハウスメロンなど)</p> <p>紡績・織物工業など</p> <p>事務所用</p> <p>* 温調用とは、施設内の温度又は湿度の調整のために使用される地下水をいう。</p> <p>冷却用 — プラスチック製造・ゴム製造・化学工業など</p> <p>湧水公園、信仰対象、温泉用、鉱業用 (天然ガス採取等) など</p> <p>出典:平成25年版 日本の水資源 国土交通省水管理・国土保全局水資源部</p> </div> </div>	<p>○地下水、容易に得られ、安く、良質という特徴があり、また、年間を通して温度が一定であることから熱利用への活用や、水文化的要素から観光資源としての利用もされるなど、様々な用途に用いられています。</p>
<div data-bbox="193 1438 1098 2056"> <div>1. 地下水の様々な利用形態</div> <div>地下水の様々な利用用途</div> <div> <p>地下水使用の用途別割合</p> <p>出典:平成27年版 日本の水資源の現況 国土交通省水管理・国土保全局水資源部</p> </div> </div>	<p>○主な用途は、「工業用水」「生活用水」「農業用水」「養魚用水」となっています。</p> <p>○以下に、各用水における利用状況を説明します。</p>

1. 地下水の様々な利用形態

工業用水としての使用



生コンクリート製造プラント
出典：一般社団法人セメント協会HP

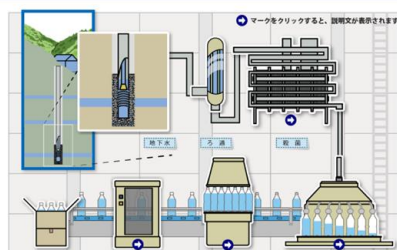


半導体の洗浄
出典：一般社団法人造水促進センターHP

○工業用水としては、生コンクリート製造、半導体等の精密機械製造、製紙工業、化学工業など、多くの産業で利用されています。

1. 地下水の様々な利用形態

産業用水としての使用



清涼飲料水の作り方
出典：一般社団法人全国清涼飲料工業会HP



酒造

○食品、飲料品の製造においても地下水は重要な原材料となっています。

1. 地下水の様々な利用形態

生活用水としての使用



上水道の水源井戸
出典：熊本県の水需要の状況、安曇野市地下水資源強化・活用指針



地域の湯水の共同利用
出典：富山県 地下水涵養の推進に向けて

○生活用水として、水道水源を地下水で賄っている地域も多くあります。

1. 地下水の様々な利用形態

農業用水としての使用



水田での利用



わさび栽培

出典:安曇野市地下水資源強化・活用指針

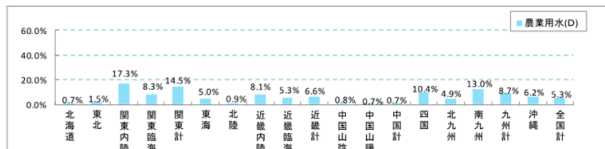
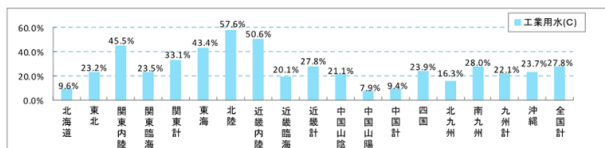
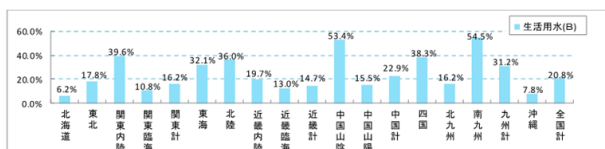


○農業用水としては、水田だけではなく、畑作や果樹栽培においても利用されています。
○また、林産物への利用として、山葵田で用いる水には年間を通して一定温度である恒温性が求められるため、地下水は貴重な水源となっています。

1. 地下水の様々な利用形態

生活用水、工業用水、農業用水の地下水利用状況

地域によって利用状況にばらつきがある



地域別用途別地下水依存率

出典:平成27年版 日本の水資源の状況 国土交通省水管理・国土保全局水資源部



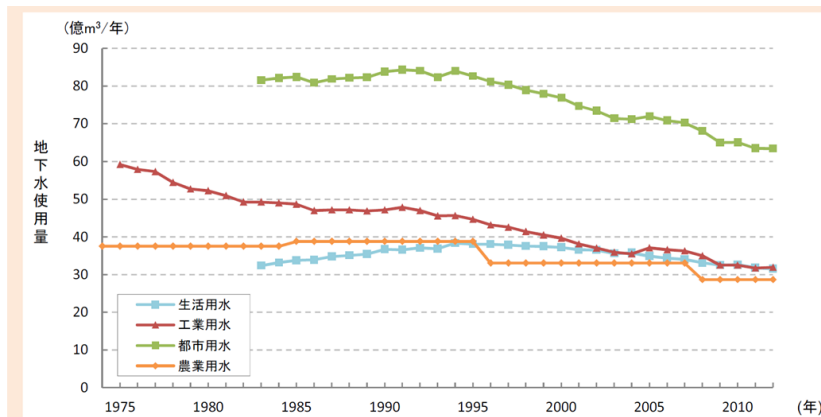
地域別都市用水(生活+工業)の水源別利用量

	(単位:億円/年)				
	河川水	地下水	合計		
北海道	14.2	91.8	1.3	8.2	15.5
東北	21.1	79.6	5.4	20.4	26.5
関東	55.5	79.0	14.7	21.0	70.2
関東内陸	10.5	57.6	7.7	42.4	18.2
関東臨海	45.0	86.5	7.0	13.5	52.0
東海	26.8	62.3	16.2	37.7	43.0
北陸	4.6	51.0	4.4	49.0	9.1
近畿	30.8	81.2	7.1	18.8	37.9
近畿内陸	6.8	70.7	3.8	29.3	9.6
近畿臨海	24.0	84.8	4.3	15.2	28.4
中国	29.1	85.7	3.3	14.3	23.4
四国	17.9	89.6	2.1	10.4	20.0
九州	8.3	69.9	2.6	30.1	11.9
北九州	21.1	73.0	7.1	27.0	26.2
南九州	12.2	83.7	2.4	16.3	14.6
沖縄	6.9	59.3	4.7	40.7	11.6
全国	2.0	88.7	0.3	11.3	2.2
全国	202.4	76.1	63.4	23.9	265.9

○地下水への依存状況は地域により異なりますが、生活用水または工業用水の地下水依存率が40%を超える地域も多くあります。

1. 地下水の様々な利用形態

生活用水、工業用水、農業用水の地下水使用量の推移



(注) 1.国土交通省水資源部作成

2.都市用水(生活用水及び工業用水)は、国土交通省水資源部調べによる推計量である。

3.農業用水は、農林水産省「農業地下水利用実態調査(1974年4月～1975年3月調査、1984年9月～1985年8月調査、1995年10月～1996年9月調査及び2008年度調査)」による。

出典:平成27年版 日本の水資源の状況 国土交通省水管理・国土保全局水資源部

○経年的には、工業用水の低下傾向が顕著です。

1. 地下水の様々な利用形態

水産用水としての使用



養魚への利用
出典：安曇野市地下水資源強化・活用指針

○魚の養殖にも地下水は多く使われています。

1. 地下水の様々な利用形態

水産用水としての使用量

地域区分	養魚用水使用量(百万 m^3 /年(%))			
		河川水	地下水	その他
北海道	486.6	343.4 (70.6%)	77.3 (15.9%)	66.0 (13.6%)
東北	1,518.6	889.5 (58.6%)	357.3 (23.5%)	271.8 (17.9%)
関東内陸	527.3	271.9 (51.6%)	45.4 (8.6%)	210.0 (39.8%)
関東臨海	50.2	34.8 (69.3%)	10.2 (20.3%)	5.2 (10.4%)
東海	818.5	251.6 (30.7%)	403.5 (49.3%)	163.5 (20.0%)
北陸	82.2	67.2 (81.8%)	14.4 (17.5%)	0.6 (0.7%)
近畿内陸	131.8	94.7 (71.9%)	30.8 (23.4%)	6.3 (4.7%)
近畿臨海	233.8	206.0 (88.1%)	27.8 (11.9%)	-
山陽	99.4	97.9 (98.5%)	1.5 (1.5%)	-
山陰	315.5	122.3 (38.8%)	189.2 (60.0%)	3.9 (1.2%)
四国	129.2	65.3 (50.6%)	63.9 (49.4%)	0.0 (0.0%)
北九州	206.3	122.9 (59.6%)	56.6 (27.4%)	26.8 (13.0%)
南九州	171.2	51.3 (30.0%)	72.7 (42.4%)	47.2 (27.6%)
沖縄	0.1	-	0.1 (66.4%)	0.0 (33.6%)
全国	4,770.6	2,618.9 (54.9%)	1,350.4 (28.3%)	801.3 (16.8%)

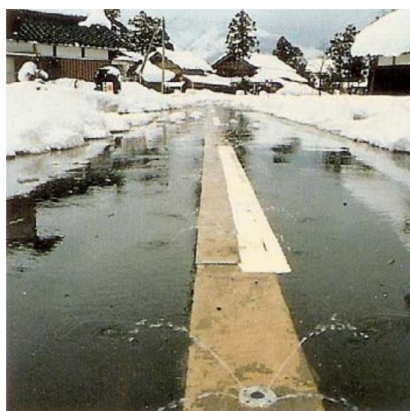
(注) 1.国土交通省水資源部調べ
2.使用水量は2013年度の値である。
3.地域区分については、用語の解説を参照
4.四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

出典：平成27年版 日本水資源の現状 国土交通省水管理 国土保全局水資源部

○水産用水としての水利用は、東北、東海、関東内陸、北海道等で多く、特に地下水に着目すると東海、東北で多くなっています。

1. 地下水の様々な利用形態

消雪・融雪用水としての使用



融雪のための散水
出典：富山県地下水指針

○積雪地域では消雪や融雪のためにも地下水が使われています。

1. 地下水の様々な利用形態

消雪・融雪用水としての使用

地域区分	消雪パイプ使用水量(百万m ³ /年(%))			
	河川水	地下水	その他	
北海道	0.7	—	0.7 (90.5%)	0.1 (9.5%)
東北	235.0	1.3 (0.5%)	232.0 (98.7%)	1.8 (0.7%)
関東内陸	1.6	1.5 (93.2%)	0.1 (6.8%)	—
関東臨海	—	—	—	—
東海	15.9	0.5 (3.4%)	15.4 (96.5%)	0.02 (0.1%)
北陸	102.7	40.4 (39.4%)	60.2 (58.7%)	2.0 (2.0%)
近畿内陸	14.1	8.4 (59.4%)	5.5 (39.3%)	0.18 (1.3%)
近畿臨海	5.4	4.5 (83.5%)	0.9 (16.4%)	0.004 (0.1%)
山陽	6.8	5.0 (72.7%)	1.9 (27.3%)	—
山陰	0.006	0.006 (100.0%)	—	—
四国	—	—	—	—
北九州	—	—	—	—
南九州	—	—	—	—
沖縄	—	—	—	—
全国	382.3	61.6 (16.1%)	316.7 (82.8%)	4.1 (1.1%)

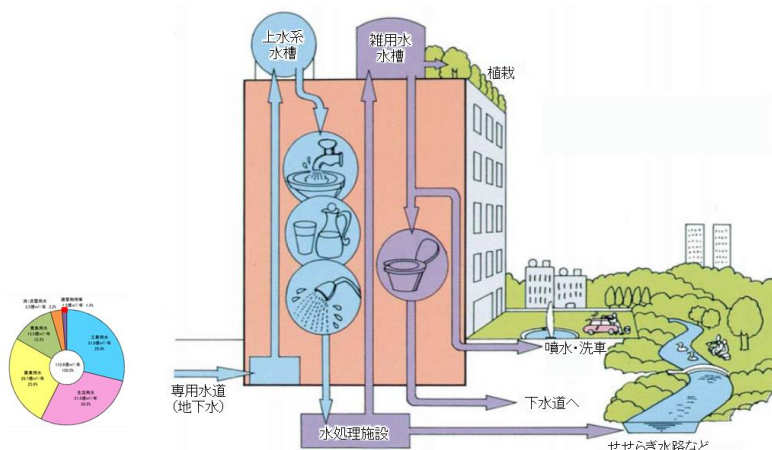
(注) 1.国土交通省水資源部調べ
2.使用水量は2013年度の値である。
3.地域区分については、用語の解説を参照
4.四捨五入の関係で合計が合わない場合がある。

出典:平成27年版 日本の水資源の状況 国土交通省水管理・国土保全局水資源部

○消雪・融雪用水としての利用は、東北や北陸で特に多くなっています。

1. 地下水の様々な利用形態

ビル用水としての使用



出典:千葉県水の話2013 パンフレット 一部改訂

○地下水は事務所ビルや病院等における専用水道としても広く用いられています。

1. 地下水の様々な利用形態

環境用水としての使用



湧出地下水の活用イメージ
出典:八王子市水循環計画



玉川上水・内藤新宿分水散歩道
(東京都新宿区)

○近年では、地下構造物に漏出した地下水を環境用水として利用するような事例もあります。

<div data-bbox="220 159 1069 237"> <div>1. 地下水の様々な利用形態</div> <div>地方公共団体の地下水利用拡大の動向</div> </div> <div data-bbox="264 288 1064 663"> <div>地下水利用拡大の意向がある地方公共団体数</div> <div>地下水を利用している</div> <div> <div>①-1 現在、利用しており、今後、利用を拡大する意向がある</div> <div>①-2 利用を拡大する意向があるが、利用の拡大に伴う地下水への影響を懸念</div> <div>①-3 利用を拡大する意向はない</div> <div>②-1 現在利用していないが、今後、利用する意向がある</div> <div>②-2 現在、利用していない。今後、利用する意向があるが、利用の拡大に伴う地下水への影響を懸念</div> <div>②-3 現在、利用しておらず、今後も利用する意向はない</div> </div> <div> <div>利用拡大の意向あり</div> <div>地下水を利用していない</div> <div>利用の意向あり</div> </div> <div> <div>294</div> <div>125</div> <div>121</div> <div>4</div> <div>5</div> <div>881</div> </div> <div>出典：平成27年度地下水保全・利用方策調査業務報告書（国土省水資源部）</div> </div>	<p>○地下水は、産業・生活・農業さらには観光資源や防災用水として広く活用できることから、今後、さらに地下水の利用を拡大したいと考えている地方公共団体も多数あります。</p>

	<p>○本章では、「地下水の保全と利用」のうち、保全に関わる部分について説明します。</p>
<div>2. 地下水障害と保全の取り組み</div>	

<div>2. 地下水障害と保全の取り組み</div> <div>地下水障害の例</div> <table> <tr> <th>地下水障害</th><th>現象の一般的な特徴</th></tr> <tr> <td>①井戸枯れ</td><td>過剰揚水や掘削工事等の人為的要因により地下水位が低下し、井戸内に流入する地下水が少なくなり、井戸が干上がる現象。</td></tr> <tr> <td>②地盤沈下</td><td>粘土層が近接する帯水層からの過剰揚水により、粘土層中の間隙水が流出し、粘土層が圧密収縮した結果として地表面が沈下する現象。</td></tr> <tr> <td>③塩水化</td><td>沿岸部において過剰揚水により塩水が帯水層中を遡上し、地下水に海水が混入し、地下水の塩濃度が飲用や農業用に適さないほど高くなる現象。</td></tr> <tr> <td>④地下水汚染</td><td>人の健康に有害な物質が地中を移動して帯水層に達し、地下水が汚染された状態。工業排水や生活排水、農地等を通じて浸透した化学物質等の人の活動による場合と、砒素など自然由来による場合がある。</td></tr> <tr> <td>⑤湧水消失・湧出量減少</td><td>雨水浸透面の減少による涵養量の変化、過剰揚水、地震災害等の自然的要因などによって周辺環境が変化し、湧出量が減ったり消失する現象。</td></tr> </table>	地下水障害	現象の一般的な特徴	①井戸枯れ	過剰揚水や掘削工事等の人為的要因により地下水位が低下し、井戸内に流入する地下水が少なくなり、井戸が干上がる現象。	②地盤沈下	粘土層が近接する帯水層からの過剰揚水により、粘土層中の間隙水が流出し、粘土層が圧密収縮した結果として地表面が沈下する現象。	③塩水化	沿岸部において過剰揚水により塩水が帯水層中を遡上し、地下水に海水が混入し、地下水の塩濃度が飲用や農業用に適さないほど高くなる現象。	④地下水汚染	人の健康に有害な物質が地中を移動して帯水層に達し、地下水が汚染された状態。工業排水や生活排水、農地等を通じて浸透した化学物質等の人の活動による場合と、砒素など自然由来による場合がある。	⑤湧水消失・湧出量減少	雨水浸透面の減少による涵養量の変化、過剰揚水、地震災害等の自然的要因などによって周辺環境が変化し、湧出量が減ったり消失する現象。	<p>○主な地下水障害として「井戸枯れ」「地盤沈下」「塩水化」「地下水汚染」「湧水消失・湧出量減少」等が挙げられます。</p>
地下水障害	現象の一般的な特徴												
①井戸枯れ	過剰揚水や掘削工事等の人為的要因により地下水位が低下し、井戸内に流入する地下水が少なくなり、井戸が干上がる現象。												
②地盤沈下	粘土層が近接する帯水層からの過剰揚水により、粘土層中の間隙水が流出し、粘土層が圧密収縮した結果として地表面が沈下する現象。												
③塩水化	沿岸部において過剰揚水により塩水が帯水層中を遡上し、地下水に海水が混入し、地下水の塩濃度が飲用や農業用に適さないほど高くなる現象。												
④地下水汚染	人の健康に有害な物質が地中を移動して帯水層に達し、地下水が汚染された状態。工業排水や生活排水、農地等を通じて浸透した化学物質等の人の活動による場合と、砒素など自然由来による場合がある。												
⑤湧水消失・湧出量減少	雨水浸透面の減少による涵養量の変化、過剰揚水、地震災害等の自然的要因などによって周辺環境が変化し、湧出量が減ったり消失する現象。												

<div>2. 地下水障害と保全の取り組み</div> <div>①井戸枯れ</div> <div>過剰揚水による井戸枯れ</div>	<p>○井戸枯れは、狭い範囲に多数の取水井戸が設置されて、同時に大量の地下水を汲み上げたときなどに、比較的浅い井戸において取水が困難になったり、井戸の能力が低下するような場合です。</p>
---	--

2. 地下水障害と保全の取り組み

②地盤沈下

発生事例



写真-1 三重県桑名郡水戸町の水戸の抜け上がり状況（平成26年6月撮影）
※ 近隣の水準点(C45-90)における累積沈下量：117cm(昭和36年～平成27年)
出典：平成27年における濃尾平野の地盤沈下（東海三県地盤沈下調査会、2016）



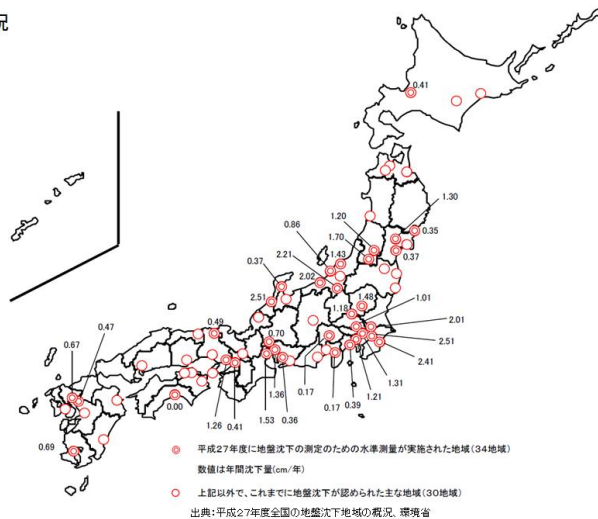
出典：全国地盤環境情報デレトリ、環境省

○過去には数m単位で地盤が沈下したり、地面から建物が浮き上がったりするような顕著な事例もありました。

2. 地下水障害と保全の取り組み

②地盤沈下

全国の発生状況

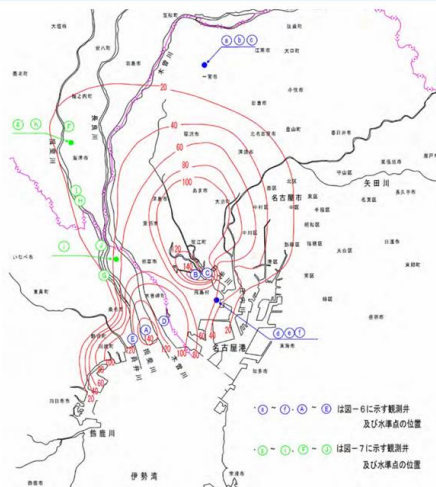


○近年は、全国的には地盤沈下は収束してきていますが、北陸地方や房総半島など、消雪・融雪のための地下水利用やガス田における地下水の汲み上げなどにより地盤沈下が継続している地域もあります。

2. 地下水障害と保全の取り組み

②地盤沈下

発生事例



濃尾平野における昭和36年以降の累積沈下量等高線図（cm）
出典：平成27年における濃尾平野の地盤沈下（東海三県地盤沈下調査会、2016）

○かつて濃尾平野では広域に地盤沈下が生じていました。

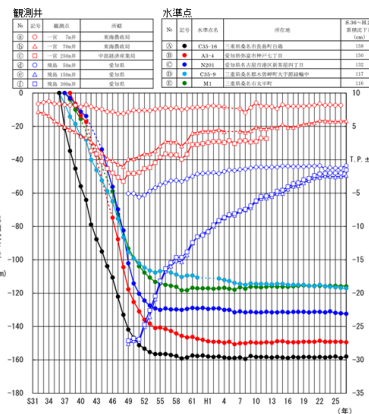
2. 地下水障害と保全の取り組み

②地盤沈下

対策(地下水採取に関する規制等)と効果



東海三県における揚水規制地域
出典:平成27年における濃尾平野の地盤沈下(東海三県地盤沈下調査会、2016)



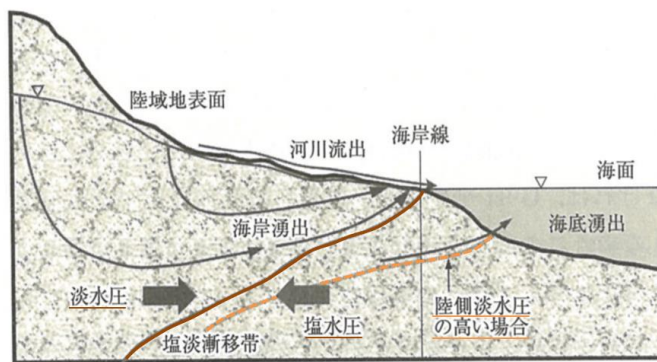
濃尾平野における地下水位の回復と地盤沈下の収束状況
出典:平成27年における濃尾平野の地盤沈下(東海三県地盤沈下調査会、2016)

○しかし、揚水規制等により地下水位が回復し、地盤沈下の進行は概ね収束している状況です。

2. 地下水障害と保全の取り組み

③塩水化

塩淡水境界



淡水圧で塩水の侵入を押し戻している

地下水流動状況による塩淡水境界の変化
出典:地圏の水環境科学

○海岸部では、陸側から地下水を押し出そうとする流れと、淡水である地下水よりも重たい海水が地下水の下に潜り込もうとする流れとが押し合いをしている状況があります。

○この結果、一定の幅の中で、塩淡水境界と呼ばれる海水と地下水の境界面が形成されており、この境界面が陸側に深く侵入することを塩水化と呼びます。

2. 地下水障害と保全の取り組み

③塩水化

発生事例:愛媛県西条市

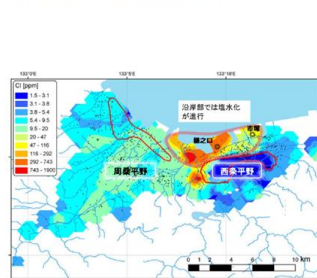
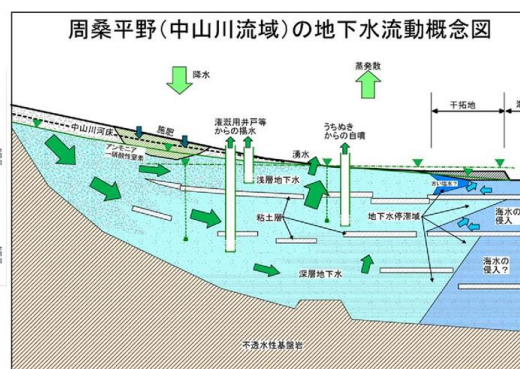


図2-8 地下水の塩化物イオン濃度の分布



塩水化が進行している事例

出典:西条市地下水保全管理計画(案)

○実際には海岸付近において帯水層は複数にわかれている場合が多く、帯水層毎に塩水の侵入は生じています。

2. 地下水障害と保全の取り組み

③塩水化

対策の例

塩水侵入の押し戻し

・地下水位の上昇
・淡水圧の強化

涵養量の増加

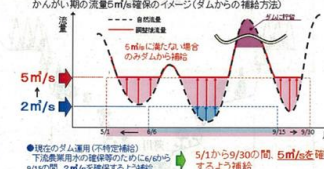
地下水利用量の抑制

地下水涵養量の増加策

- (1) 加茂川の瀬掘り（地下水浸透域の河床掘削） (2) 加茂川流域の森林整備の拡大
(3) 加茂川流量の確保策（黒瀬ダムの水利利用）



加茂川流量の確保策（黒瀬ダムの水利利用）



また、地下水位の低下は、需要（地下水利用量）が供給（地下水涵養量）を上回ったときに起こることから、地下水利用量を抑制することも検討します。

地下水利用量の抑制策

- (4) 渇水時の節水強化 (5) 農業用水のかんがい期における地下水利用の効率化

塩水化進行の防止策の例

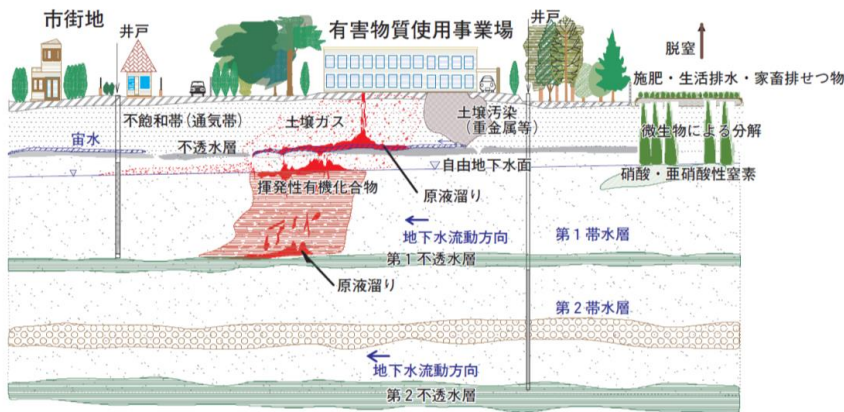
出典：西条市地下水保全管理計画（案）概要版に加盟

○このような塩水化を抑制するために、地表や河川からの地下水涵養を促進したり、地下水利用量を抑制することにより、地下水位の上昇や淡水圧の強化により塩水の侵入を押し戻そうとする取組があります。

2. 地下水障害と保全の取り組み

④地下水汚染

発生要因



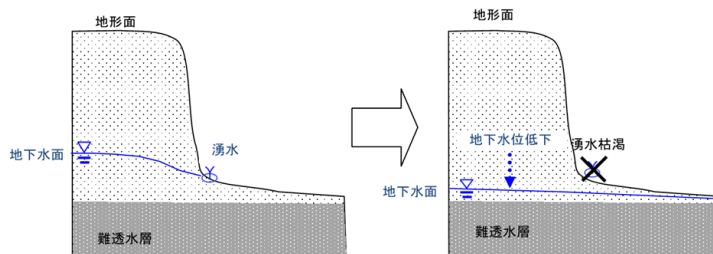
楢井1989を基に作成

○工場跡地や有害物質を使用している事業場からの漏出により地下水が汚染される場合があります。

2. 地下水障害と保全の取り組み

⑤湧水消失、湧水量減少

湧水消失の例



○都市化による雨水浸透面の減少などにより、湧水の消失が多く都市で生じました。

2. 地下水障害と保全の取り組み

⑤湧水消失、湧水量減少

湧水消失の例



写真2 平成20年「本願清水」が平成の名水百選に選定



写真3 枯涸した本願清水（昭和53年）

御清水の水位と湧水状況の変化



地下水位低下に伴う湧水の枯涸の例
出典：越前おおの湧水文化再生計画

○湧水を回復・維持しようとする取組は全国各地で行われています。

2. 地下水障害と保全の取り組み

⑤湧水消失、湧水量減少

対策の事例

(1) 基準観測井

名水百選にも選ばれた市観光振興点にもなっている「御清水観測井」。市街地南部に位置し過去に大規模な井戸枯れが起きたこともある「香

日公園観測井」。市街地東部に位置する「菟池（溪）観測井」の3井を基準観測井とする。

【基準観測井】

観測井名	井戸深度（m）	標高（地盤高）（m）
御清水観測井	15	171.67
春日公園観測井	15	180.52
菟池（溪）観測井	30	180.55



基準観測井による地下水位のモニタリング
出典：越前おおの湧水文化再生計画

○11月頃の湧水状況の写真



○1月頃の湧水状況の写真



水田湛水事業
出典：大野市HP

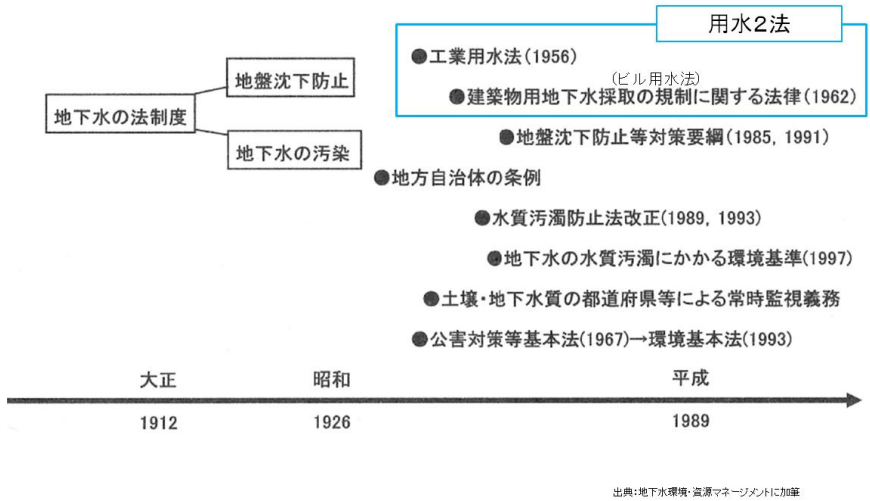
○湧水維持のために基準観測井戸を設けてモニタリングをしたり、水田からの地下水涵養を促進するような取組も行われています。

3. 地下水に関わる制度の動向

○本章では、地盤沈下問題が生じる以前からの地下水に関わる歴史的経緯や制度の変遷、さらに近年の動向を紹介します。

3. 地下水に関わる制度の動向

歴史的経緯



○地下水に係る法制度は、大きく「地盤沈下防止」と「地下水の汚染」の2つのテーマで始まりまし
た。
○特に、地盤沈下防止に関しては「用水2法」とよばれる「工業用水法」と「ビル用水法」が長年にわたり地下水行政の軸になり、地盤沈下の収束に大きく貢献しました。

3. 地下水に関わる制度の動向

工業用水法

1956年制定
政令で定める地域（「指定地域」）内の井戸により地下水を採取してこれを工業の用に供しようとする者は、井戸ごとに、そのストレーナーの位置及び揚水機の吐出口の断面積を定めて、都道府県知事の許可を得なければならない。
「指定地域」の要件としては、地下水を採取したことにより、地下水の水位が異常に低下し、塩水若しくは汚水が地下水の水源に混入し、又は地盤が沈下している一定の地域について、工業の用に供すべき水の量が大きく、地下水の水源の保全を図るためにはその合理的な利用を確保する必要があり、かつ、その地域に工業用水道がすでに布設され、又は一年以内にその布設の工事が開始される見込みがある場合に定める。（具体的には、宮城県、福島県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、愛知県、三重県、大阪府、兵庫県の10都府県で指定されている。）

届出ではなく、許可制！

番 号	都府県名	市 区 町 村 名	面積 (km ²)	施行年月日
1	宮 城 県	仙台市の一部、多賀城市の一部、七ヶ浜町の一部	90	1975.8.15
2	福 島 県	原町市の一部	41	1979.7.1
3	埼 玉 県	川口市の一部、さいたま市の一部、草加市、蕨市、戸田市、地ヶ谷市、八潮市	154	1963.7.1 1979.7.1
4	千 葉 県	千葉市の一部、市川市、船橋市、松戸市、習志野市、市原市の一部、浦安市、旭ヶ丘市の一部	326	1969.10.11 1972.5.1 1978.8.1
5	東 京 都	墨田区、江東区、北区、荒川区、板橋区、足立区、葛飾区、江戸川区	254	1961.1.19 1963.7.1 1972.5.1
6	神 奈 川 県	川崎市の一部、横浜市の一部	73	1957.7.10 1959.4.6 1962.11.20
7	愛 知 県	名古屋市の一部、一宮市、津島市、江南市、尾西市、稲沢市、西春日井郡の一部、豊楽郡、中島郡、海部郡	458	1960.6.17 1984.7.5
8	三 重 県	四日市市の一部、桑町	34	1957.7.10 1963.7.1
9	大 阪 府	大阪市の一部、豊中市の一部、吹田市の一部、高槻市の一部、茨木市の一部、摂津市、守口市、八尾市の一部、寝屋川市の一部、大東市の一部、門真市、東大阪市の一部、四条堀市の一部、岸和田市の一部、泉大津市、貝塚市の一部、和泉市の一部、志保町	432	1959.1.4 1962.11.20 1963.7.1 1965.10.25 1966.6.17 1978.1.26
10	兵 庫 県	尼崎市、西宮市の一部、伊丹市	95	1957.7.10 1960.11.7 1962.11.20 1963.7.1
計	10 都 府 県		1,957	

出典：平成21年版 日本の水資源 国土交通省水管理・国土保全局水資源部

○工業用水法は昭和 31 年に制定され、「指定地域」は 10 都道府県で指定されています。

3. 地下水に関わる制度の動向

建築物用地下水の採取の規制に関する法律(ビル用水法)

指定地域内の揚水設備により建築物用地下水を採取しようとする者は、揚水設備(井戸)ごとに、そのストレーナーの位置及び揚水機の吐出口の断面積を定めて都道府県知事の許可を受けなければならない。

指定地域の要件としては、「当該地域内において地下水を採取したことにより地盤が沈下し、これに伴って、高潮、出水等による災害が生じるおそれがある場合」とされている。(具体的には、埼玉県、千葉県、東京都、大阪府の4都府県で地域指定されている。)

番号	都府県名	市区町村名	面積(km ²)	施行年月日
1	大阪府	大阪市	203	1962. 8. 31
2	東京都	特別区全域	577	1963. 7. 1 1972. 5. 1
3	埼玉県	川口市、さいたま市、蕨市、戸田市、鳩ヶ谷市、	253	1972. 5. 1
4	千葉県	千葉市の一部、市川市、船橋市、松戸市、習志野市、市原市の一部、鎌ヶ谷市、浦安市	564	1972. 5. 1 1974. 8. 1
計	4 都府県		1,597	

出典：平成21年版 日本の水資源 国土交通省水管理・国土保全局水資源部

○「ビル用水法」は4都府県で地域指定されています。

○いずれも地下水の採取に都道府県知事の許可が必要とされており厳しい規制といえます。

3. 地下水に関わる制度の動向

地盤沈下対策要綱

濃尾平野、筑後・佐賀平野及び関東平野北部の3地域については、地盤沈下防止等対策関係閣僚会議において、地盤沈下防止等対策要綱が決定されている。

	濃尾平野	筑後・佐賀平野	関東平野北部
名称	濃尾平野地盤沈下防止等対策要綱	筑後・佐賀平野地盤沈下防止等対策要綱	関東平野北部地盤沈下防止等対策要綱
決定年月日	昭和60年4月26日	昭和60年4月26日	平成3年11月29日
一部改正年月日	平成7年9月5日	平成7年9月5日	—
評価検討年度	平成16年度・平成21年度・平成26年度	平成16年度・平成21年度・平成26年度	平成16年度・平成21年度・平成26年度
目的	地下水の採取による地盤沈下を防止し、併せて地下水の保全を図るため、地下水の採取規制、代替水源の確保及び代替水の供給、節水及び水使用の合理化、地盤沈下による災害の防止及び復旧等に関する事項を定めることにより、同地域の実情に応じた総合的な対策を推進する。		

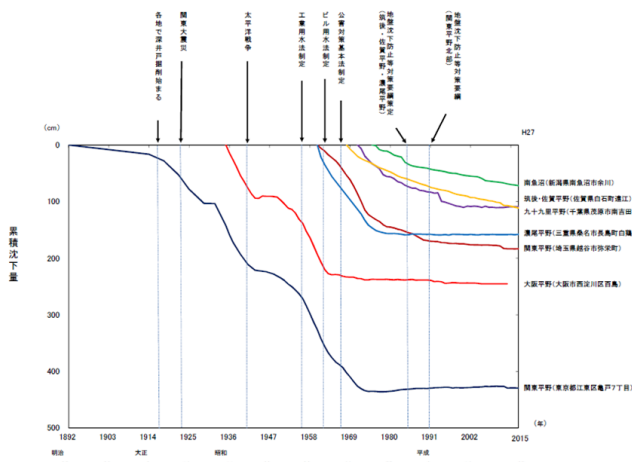


出典：地盤沈下防止等対策要綱に関する関係府省連絡会議 参考資料

○濃尾平野、筑後・佐賀平野、関東平野北部の3地域では、地盤沈下防止等対策要綱が決定されています。

3. 地下水に関わる制度の動向

地盤沈下対策の効果



代表的地域の地盤沈下の経年変化

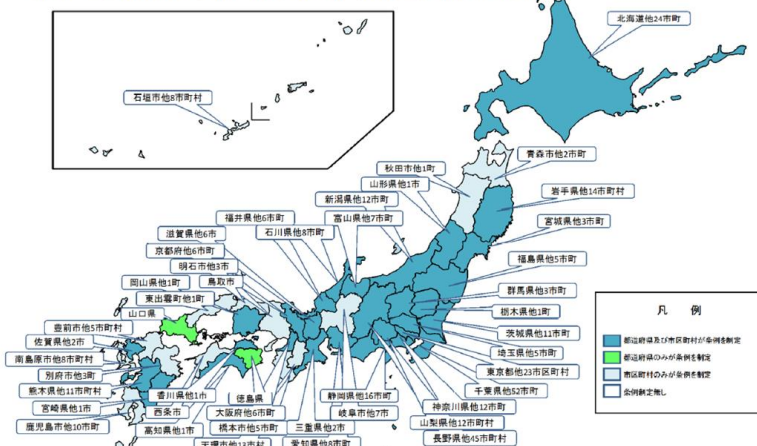
出典：平成27年度 全国地盤沈下地域の概況 環境省・水・大気環境局

○これらの制度により、全国的には概ね地盤沈下は収束しつつあります。

3. 地下水に関わる制度の動向

地下水に関する地方公共団体条例

※条例等517件の内訳は、条例420件、要綱79件、指針・要領・方針・計画等18件

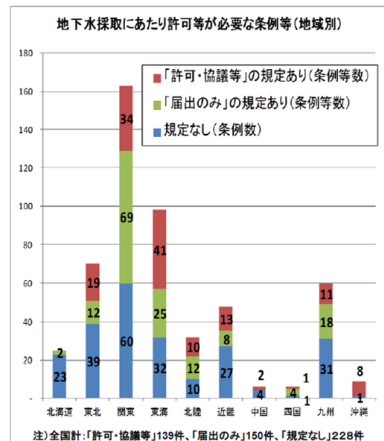


出典：国土審議会 水資源開発分科会 第11回 配布資料より

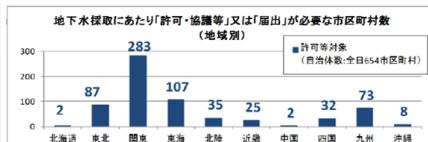
○全国では、個々の地方公共団体においても多数の条例が制定されています。

3. 地下水に関わる制度の動向

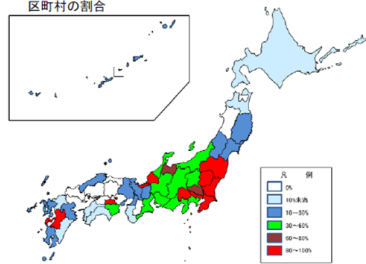
地下水に関する地方公共団体条例



注)全国計:「許可・協議等」119件、「届出のみ」150件、「規定なし」228件



地下水採取にあたり「許可・協議等」又は「届出」が必要な市区町村の割合

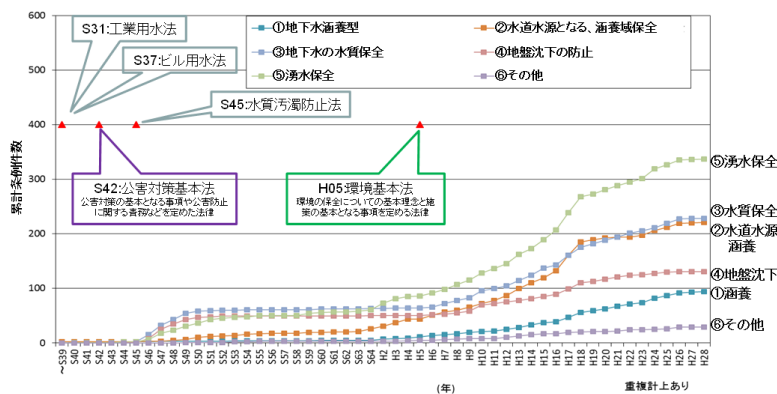


出典：国土審議会 水資源開発分科会 第11回 配布資料より

○特に北関東では、地下水採取にあたり「許可・協議等」又は「届出」が必要な市区町村の割合が高くなっています。

3. 地下水に関わる制度の動向

地下水に関する地方公共団体条例



○全国の条例の制定傾向をみると、従来からの地盤沈下防止のための過剰採取の規制のほか涵養、湧水保全、といったものまで、趣旨・目的が多様化してきています。

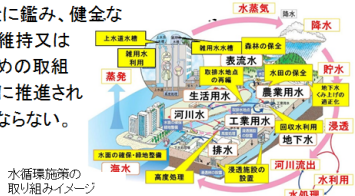
3. 地下水に関わる制度の動向				○地下水の水質に関しては環境基本法が基準となっています。																																																											
地下水の水質汚濁に係る環境基準(環境基本法)																																																															
<table><tr><th>項目</th><th>基準値</th></tr><tr><td>カドミウム</td><td>0.003mg/L 以下</td></tr><tr><td>全シアン</td><td>検出されないこと</td></tr><tr><td>鉛</td><td>0.01mg/L 以下</td></tr><tr><td>六価クロム</td><td>0.05mg/L 以下</td></tr><tr><td>砒素</td><td>0.01mg/L 以下</td></tr><tr><td>総水銀</td><td>0.0005mg/L 以下</td></tr><tr><td>アルキル水銀</td><td>検出されないこと</td></tr><tr><td>PCB</td><td>検出されないこと</td></tr><tr><td>ジクロロメタン</td><td>0.02mg/L 以下</td></tr><tr><td>四塩化炭素</td><td>0.002mg/L 以下</td></tr><tr><td>クロロエチレン(別名塩化ビニル又は塩化ビニルモノマー)</td><td>0.002mg/L 以下</td></tr><tr><td>1,2-ジクロロエタン</td><td>0.004mg/L 以下</td></tr><tr><td>1,1-ジクロロエチレン</td><td>0.1mg/L 以下</td></tr><tr><td>1,2-ジクロロエチレン</td><td>0.04mg/L 以下</td></tr></table>		項目	基準値		カドミウム	0.003mg/L 以下	全シアン	検出されないこと	鉛	0.01mg/L 以下	六価クロム	0.05mg/L 以下	砒素	0.01mg/L 以下	総水銀	0.0005mg/L 以下	アルキル水銀	検出されないこと	PCB	検出されないこと	ジクロロメタン	0.02mg/L 以下	四塩化炭素	0.002mg/L 以下	クロロエチレン(別名塩化ビニル又は塩化ビニルモノマー)	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	0.1mg/L 以下	1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下	<table><tr><th>項目</th><th>基準値</th></tr><tr><td>1,1,1-トリクロロエタン</td><td>1mg/L 以下</td></tr><tr><td>1,1,2-トリクロロエタン</td><td>0.006mg/L 以下</td></tr><tr><td>トリクロロエチレン</td><td>0.01mg/L 以下</td></tr><tr><td>テトラクロロエチレン</td><td>0.01mg/L 以下</td></tr><tr><td>1,3-ジクロロプロペン</td><td>0.002mg/L 以下</td></tr><tr><td>チウラム</td><td>0.006mg/L 以下</td></tr><tr><td>シマジン</td><td>0.003mg/L 以下</td></tr><tr><td>チオベンカルブ</td><td>0.02mg/L 以下</td></tr><tr><td>ベンゼン</td><td>0.01mg/L 以下</td></tr><tr><td>セレン</td><td>0.01mg/L 以下</td></tr><tr><td>硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素</td><td>10mg/L 以下</td></tr><tr><td>ふっ素</td><td>0.8mg/L 以下</td></tr><tr><td>ほう素</td><td>1mg/L 以下</td></tr><tr><td>1,4-ジオキサン</td><td>0.05mg/L 以下</td></tr></table>		項目	基準値	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	トリクロロエチレン	0.01mg/L 以下	テトラクロロエチレン	0.01mg/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	硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10mg/L 以下	ふっ素	0.8mg/L 以下	ほう素	1mg/L 以下	1,4-ジオキサン
項目	基準値																																																														
カドミウム	0.003mg/L 以下																																																														
全シアン	検出されないこと																																																														
鉛	0.01mg/L 以下																																																														
六価クロム	0.05mg/L 以下																																																														
砒素	0.01mg/L 以下																																																														
総水銀	0.0005mg/L 以下																																																														
アルキル水銀	検出されないこと																																																														
PCB	検出されないこと																																																														
ジクロロメタン	0.02mg/L 以下																																																														
四塩化炭素	0.002mg/L 以下																																																														
クロロエチレン(別名塩化ビニル又は塩化ビニルモノマー)	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	0.1mg/L 以下																																																														
1,2-ジクロロエチレン	0.04mg/L 以下																																																														
項目	基準値																																																														
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																																																														
トリクロロエチレン	0.01mg/L 以下																																																														
テトラクロロエチレン	0.01mg/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																																																														
硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素	10mg/L 以下																																																														
ふっ素	0.8mg/L 以下																																																														
ほう素	1mg/L 以下																																																														
1,4-ジオキサン	0.05mg/L 以下																																																														
出典：環境省HPより抜粋																																																															

3. 地下水に関わる制度の動向		○平成26年には水循環基本法が制定され、「健全な水循環を維持又は回復するための施策を総合的かつ一体的に推進することが必要」とされました。
水循環基本法の制定		
<div>○都市への人口集中、産業構造の変化、地球温暖化に伴う気候変動等の要因により水循環が変化</div> <div>↓</div> <div>○渇水、洪水、水質汚濁、生態系への様々な問題が顕著に</div> <div>↓</div> <div>○健全な水循環を維持又は回復するための施策を、 総合的かつ一体的に推進することが必要</div> <div>↓</div> <div>水循環基本法の制定(平成26年7月1日施行)</div>		

3. 地下水に関わる制度の動向		○水循環基本法に基づき、水循環政策本部が設置されています。						
水循環基本法のポイント								
<div>1. 水循環に関する施策を推進するため、水循環政策本部を設置</div> <div>2. 水循環施策の実施にあたり基本理念を明確化</div> <div>3. 国、地方公共団体、事業者、国民といった水循環関係者の責務を明確化</div> <div>4. 水循環基本計画の策定</div> <div>5. 水循環施策推進のための基本的施策を明確化</div>								
水循環施策の総合的かつ一体的推進		<div>水循環政策本部－内閣に設置－</div> <table><tr><td>目的</td><td>水循環に関する施策を“集中的”かつ“総合的”に推進するため。</td></tr><tr><td>組織</td><td>水循環政策本部長：内閣総理大臣 水循環政策副本部長：内閣官房長官及び水循環政策担当大臣 水循環政策本部員：すべての国務大臣</td></tr><tr><td>事務</td><td>✓ 水循環基本計画の案の作成及び実施の推進 ✓ 関係行政機関が水循環基本計画に基づいて実施する施策の総合調整 ✓ 水循環に関する施策で重要なものの企画及び立案並びに総合調整</td></tr></table>	目的	水循環に関する施策を“集中的”かつ“総合的”に推進するため。	組織	水循環政策本部長：内閣総理大臣 水循環政策副本部長：内閣官房長官及び水循環政策担当大臣 水循環政策本部員：すべての国務大臣	事務	✓ 水循環基本計画の案の作成及び実施の推進 ✓ 関係行政機関が水循環基本計画に基づいて実施する施策の総合調整 ✓ 水循環に関する施策で重要なものの企画及び立案並びに総合調整
目的	水循環に関する施策を“集中的”かつ“総合的”に推進するため。							
組織	水循環政策本部長：内閣総理大臣 水循環政策副本部長：内閣官房長官及び水循環政策担当大臣 水循環政策本部員：すべての国務大臣							
事務	✓ 水循環基本計画の案の作成及び実施の推進 ✓ 関係行政機関が水循環基本計画に基づいて実施する施策の総合調整 ✓ 水循環に関する施策で重要なものの企画及び立案並びに総合調整							
健全な水循環の維持又は回復								
経済社会の健全な発展 国民生活の安全向上								
<div></div> <div>第1回水循環政策本部会合(2014年7月18日) で挨拶する安倍内閣総理大臣</div>								

水循環基本法の基本理念

水循環の維持又は回復のための取組が積極的に推進されなければならない。



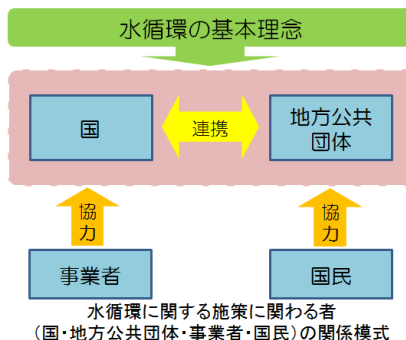
- ・水利用の合理化
- ・用途内及び用途間の水の転用
- ・雨水・再生水の利用促進
- ・節水

水は、水循環の過程において生じた事象がその後の過程においても影響を及ぼすものであることに鑑み、流域に係る水循環について、流域として総合的かつ一体的に管理されなければならない。

健全な水循環の維持又は回復が人類共通の課題であることに鑑み、水循環に関する取組の推進は、国際的協調の下に行われなければならない。

3. 地下水に関わる制度の動向

水の利用に当たっては、健全な水循環への配慮に努めるとともに、国又は地方公共団体が実施する水循環に関する施策に協力するよう努めなければならない。



3. 地下水に関わる制度の動向

帯水層の構造、地下水の挙動、地表水と地下水の関係、地下水採取の影響等については、未解明の部分も多い。このため、国と都道府県は連携して、研究機関等の成果も活かしながら、地域の実情を踏まえ、これらの観測、調査、データ整備及び分析を推進するよう努めるものとする。

83

<p style="text-align: center;">3. 地下水に関わる制度の動向</p> <p>水循環基本計画のポイント</p> <p style="text-align: center;">1. 流域単位で水循環計画を新たに策定</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地方公共団体、国の地方支分部局、事業者、団体、住民等が一体となり、<u>流域水循環協議会を設置。</u> ・ 流域水循環協議会が、各分野の横串を刺した<u>総合的な流域水循環計画を策定。</u> ・ 流域水循環計画で示される基本的な方針のもとに有機的な連携が図られるよう、<u>森林、河川、農地、下水道、環境等の水循環に関する各種施策について関係者は相互に協力し、施策を実施。</u> <p style="text-align: center;">2. 関係者が一体となった地下水マネジメント</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地方公共団体、国の地方支分部局、地下水利用者、その他の関係者が連携し、<u>地下水協議会を設置。</u> ・ 地下水協議会の構成主体が連携し、<u>地下水の実態把握、保全・利用、涵養、普及啓発等に関して基本方針を定め、地域の実情に応じ段階的に実施。</u> ・ 国と都道府県は連携を図り、観測、調査、データ整備及び分析を実施。 	<p>○【持続可能な地下水の保全と利用の推進】を図るための方策として、『関係者が一体となった地下水マネジメント』が推奨されています。</p>

	○最後に、全国における取組事例を紹介します。
--	------------------------

4. 地域の取り組み事例

4. 地域の取り組み事例	
<div> <div>事例 県全域を対象(鳥取県)</div> <div>持続的に地下水を利用するための緩やかな取組例</div> </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> 県民の生活や農業をはじめとする産業の健全な発展の基盤として地下水を将来にわたって持続的に利用できるようにすることを目的。 地下水採取事業者等により構成される協議会がモニタリングを行い、県（学識経験者との研究プロジェクト）がデータの評価・分析を実施、両輪の枠組み <div> <div> <div>持続可能な地下水利用協議会</div> <div> <div>条例に協議会を位置づけ</div> <ul style="list-style-type: none"> 地下水の水位、水質等の調査(モニタリング)及び結果の公表、水源涵養(森林整備事業)を実施、採取の適正化及び合理化、情報交換等 <div> 事務局：鳥取県生活環境部・大気環境課 会 員：一般事業者(採取事業者) 水道事業者(水道事業者等) 賛助会員：協議会の目的に賛同する者 71会員(84事業所)(H27.5.26時点) </div> </div> </div> <div> <div>地下水研究プロジェクト</div> <div> <div>条例に基づき設置、知事の任命</div> <ul style="list-style-type: none"> 左記協議会のモニタリング方法の助言・指導(測定データの分析・評価) 水文・地下流動解析など目的に応じた研究 <div> 事務局：鳥取県生活環境部 委 員：鳥取大学、鳥取県立大学、県職員 等 </div> </div> </div> <div> 事業計画、モニタリング等の報告、相談 ← 助言、指導、助成事業の実施に協力 </div> <div> <div>車の両輪として機能</div> <div>地下水を将来にわたって持続的に利用できる環境を守る</div> </div> </div> </div>	

○鳥取県では、地下水利用者による協議会が地下水位等の情報を共有し、このデータを県が学識者を含めて設置している地下水研究プロジェクトにより評価することにより、持続的な地下水利用環境が維持される体制としています。

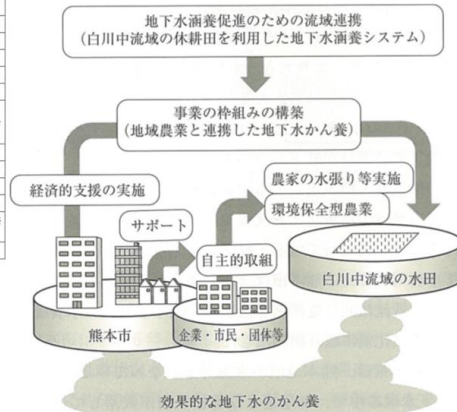
4. 地域の取り組み事例																																			
<div> <div>事例 県全域を対象(鳥取県)</div> <div>持続的に地下水を利用するための緩やかな取組例</div> </div> <div> <ul style="list-style-type: none"> ミネラルウォーターの生産量、全国で第3位、西日本一の生産量15事業所、民間10社が参入。 地下水を将来にわたって持続的に利用できる環境を守る。 <div> <div>鳥取県内のミネラルウォーター</div> <div> </div> <div> <table> <thead> <tr> <th>名 称</th><th>採水場所</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>1 宝雪の水</td><td>鳥取市</td></tr> <tr><td>2 雨滝万葉水</td><td>鳥取市</td></tr> <tr><td>3 鳥取大砂丘ジオブルー</td><td>鳥取市</td></tr> <tr><td>4 よなごの水</td><td>米子市</td></tr> <tr><td>5 ミライズ</td><td>米子市</td></tr> <tr><td>6 倉吉の水</td><td>倉吉市</td></tr> <tr><td>7 白山の水</td><td>倉吉市</td></tr> <tr><td>8 智恵の水</td><td>智恵町</td></tr> <tr><td>9 琴浦の水</td><td>琴浦町</td></tr> <tr><td>10 だいせん北麓の水</td><td>大山町</td></tr> <tr><td>11 いろいろはす(LOHAS)</td><td>伯耆町</td></tr> <tr><td>12 森の水だより</td><td>伯耆町</td></tr> <tr><td>13 まめな水</td><td>江府町</td></tr> <tr><td>14 天然水 奥大山</td><td>江府町</td></tr> <tr><td>15 奥大山の天然水</td><td>江府町</td></tr> <tr><td>16 奥大山の美しい水</td><td>江府町</td></tr> </tbody> </table> </div> </div> </div>		名 称	採水場所	1 宝雪の水	鳥取市	2 雨滝万葉水	鳥取市	3 鳥取大砂丘ジオブルー	鳥取市	4 よなごの水	米子市	5 ミライズ	米子市	6 倉吉の水	倉吉市	7 白山の水	倉吉市	8 智恵の水	智恵町	9 琴浦の水	琴浦町	10 だいせん北麓の水	大山町	11 いろいろはす(LOHAS)	伯耆町	12 森の水だより	伯耆町	13 まめな水	江府町	14 天然水 奥大山	江府町	15 奥大山の天然水	江府町	16 奥大山の美しい水	江府町
名 称	採水場所																																		
1 宝雪の水	鳥取市																																		
2 雨滝万葉水	鳥取市																																		
3 鳥取大砂丘ジオブルー	鳥取市																																		
4 よなごの水	米子市																																		
5 ミライズ	米子市																																		
6 倉吉の水	倉吉市																																		
7 白山の水	倉吉市																																		
8 智恵の水	智恵町																																		
9 琴浦の水	琴浦町																																		
10 だいせん北麓の水	大山町																																		
11 いろいろはす(LOHAS)	伯耆町																																		
12 森の水だより	伯耆町																																		
13 まめな水	江府町																																		
14 天然水 奥大山	江府町																																		
15 奥大山の天然水	江府町																																		
16 奥大山の美しい水	江府町																																		

○鳥取県は全国で第 3 位、西日本では第 1 位のミネラルウォーター生産量を誇っています。

4. 地域の取り組み事例

その他の事例 熊本市(熊本地域地方公共団体連携、従来型、保全重視)

1976年	熊本市地下水保全都市宣言
1977年	熊本市地下水保全条例制定
1978年	熊本県地下水保全条例制定(地下水採取届け出制)
1988年	熊本県地下水保全要綱制定
1990年	熊本市水の科学館オープン 熊本県地下水保全条例制定
1991年	熊本市が中心となって(財)熊本地下水基金設立
1992年	肥後銀行を中心とした民間による(財)肥後の水資源愛護基金設立
1994年	第1次熊本県水資源総合計画策定
1996年	熊本県、熊本市で第1次熊本地下水総合保全管理計画策定
2001年	2つの条例を一本化して熊本県地下水保全条例制定(「地域共有の貴重な財産」 大口地下水採取の届出、採取量報告義務化)、県・市で白川中流域水田かん養モ デル事業を開始(H15まで実施)
2003年	SONYと白川中流域の農家の協定により地下水涵養する環境中立事業の開始
2004年	白川中流域で地下水涵養事業を開始。熊本市地下水量保全プラン制定
2007年	熊本市地下水保全条例改正
2009年	熊本市地下水保全プラン策定
2012年	公益財団法人くまもと地下水財団を発足、熊本県地下水保全条例改定(「公共 水」と位置づけ、地下水採取の許可制)
2015年	熊本県地下水と土を習む農業推進条例制定



出典:持続可能な地下水利用に向けた挑戦ー地下水先進地域熊本からの発信ー

○熊本地域は最も古くから地下水に関する取組を行ってきた先進地域の一つです。当初は熊本市のみの取組でしたが、涵養域における取組の必要から熊本地域全体に取組の輪を拡げ、更には「くまもと地下水財団」の設立など、取組の進捗に応じて実施体制も変化してきています。

4.3 地下水用語集

地下水用語集

(立ち上げ段階版)

本文出典：『地下水用語集』公益社団法人日本地下水学会編を参考に作成
図表出典：各図等に記載

目 次

1. 基本用語	1
2. 地下水流動	6
3. 水収支	15
4. 地下水の物理	19
5. 地質	26
6. 地下水調査	29
7. 水利用	34

凡 例

1. 見出し語：既存の報告書等で出現頻度が高いと思われる順序で配列し、関連する用語はできるだけその用語に続けた。見出し語の後に読み仮名、説明文、注記（説明文内の語句の補足説明）の順に示した。
2. 説明文：できるだけ平易な言葉を用い、専門的な用語は（ ）内に記すようにした。（例）：隙間が水で満たされた領域（飽和帯という）
3. 注記：説明文内の語句の補足説明がある場合は、その語句の右上に「*」を付し、説明文の後に記した。
4. 説明文内での見出し語：用語の説明文内で見出し語が出てくる場合は、その語をゴシック体として直後に（ ）付きで掲載ページ番号を記した。（例）：
地下水(1)
5. 単位：原則として SI 単位系を用いた。

索引

あ

圧力水頭	21
圧力ポテンシャル	20

い

位置水頭	21
位置ポテンシャル	20
井戸枯れ	36

う

雨水浸透	12
------------	----

え

塩水化	25
塩淡水境界	24

か

過剰揚水	35
可能蒸発散量	15
間隙水	1
間隙比	23
間隙率	23
観測井	29
涵養	11
涵養域	11

き

機械掘り	34
許容揚水量	36

け

ケーシング	30
減水深	17
検層	31

現場透水試験	33
--------------	----

こ

コアサンプル	27
洪積台地	26

し

実蒸発散量	17
失水河川（失水河流）	12
室内透水試験	33
地盤沈下	34
自噴井	34
自由地下水面	3
シュティフダイアグラム	5
主要化学種	4
蒸発	15
蒸発散	15
人工涵養	11
浸透流解析	14

す

水中ポンプ	30
水文地質図	26
水理ポテンシャル	19
スクリーン	29

せ

扇状地	13
全水頭	20

そ

測水調査	31
------------	----

た

帯水層	2
-----------	---

第四紀.....	27
ダルシーの法則	23
段階揚水試験	33
単孔式現場透水試験	33
淡水レンズ.....	25

ち

地下水.....	1
地下水位	19
地下水域	9
地下水涵養.....	11
地下水検層.....	31
地下水シミュレーション	14
地下水収支.....	15
地下水障害.....	34
地下水の実流速	24
地下水の見かけの流速.....	23
地下水賦存量	7
地下水分水界	7
地下水盆	9
地下水流動系	8
地下水利用.....	34
地質柱状図.....	28
宙水	4
沖積層.....	26
沖積平野	26

て

適正揚水量.....	36
電気検層	31
電気伝導度.....	31

と

透水係数	21
動水勾配	21
透水量係数.....	23
得水河川（得水河流）	12
吐出口.....	30

土壌水.....	1
----------	---

な

難透水層	3
------------	---

ひ

被圧	3
被圧水頭	21
被圧帯水層	3
被圧地下水	4
pH	31

ふ

不圧	3
不圧帯水層	3
不圧地下水	3
伏流水.....	13

ほ

掘り抜き井戸	34
--------------	----

み

水収支.....	15
水循環.....	6

ゆ

湧水	13
----------	----

よ

揚水試験	33
------------	----

り

流域	7
流出域.....	12

1. 基本用語

【地下水】（ちかすい）

地表面より下に存在する水（土壌・岩石の間隙や割れ目に存在する水）の総称。地下水面より上にあり、隙間が水で満たされていない領域（不飽和帯という）の水を**土壌水**(1)、地下水面（**自由地下水面**(3)という）より深く、隙間が水で満たされている領域（飽和帯という）の水を**地下水**として区別する場合もある。地球上の全ての水の量のうち、**地下水**の割合は1%にも満たないとされている（図 1.1）。

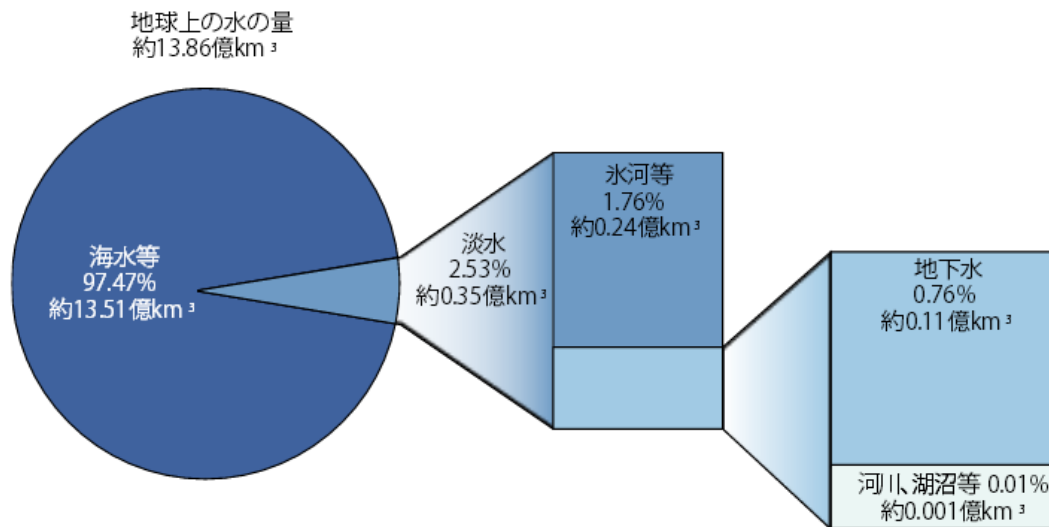


図 1.1 地球上の水の量の分布

（出典：平成 27 年版 日本の水資源の現況、国土交通省水管理・国土保全局水資源部）

【間隙水】（かんげきすい）

土壌や岩石などの多孔質体の隙間部分（間隙という）に含まれる水のこと。不飽和状態では他に気体（一般に空気）が含まれる。

【土壌水】（どじょうすい）

地下に存在する水のうち、土壌層中の全ての水を指す場合と地表面と地下水面の間に存在する不飽和帯の水に対して総称的に用いる場合がある。間隙レベルでは、土粒子との結合力によって存在している吸着水（結合水）、土粒子の微細な隙間にある水の表面張力によって発生する力（毛管力という）によって支えられている毛管水および土壌の隙間にあつて重力により自由に移動可能な水（重力水あるいは自由水という）とがある（図 1.3 および図 1.2）。

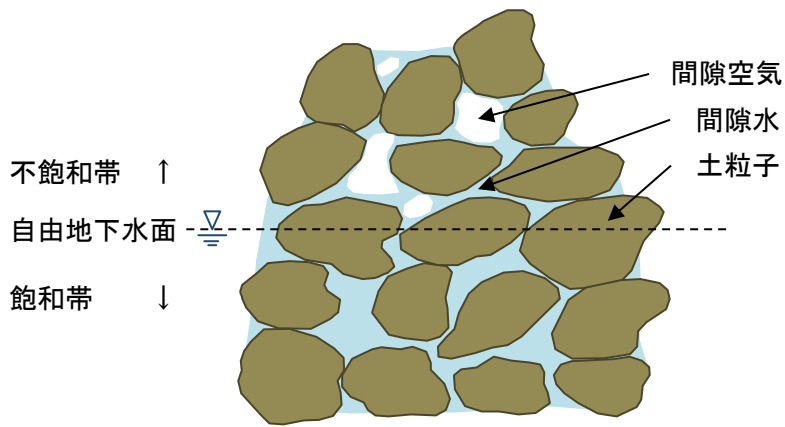


図 1.2 飽和と不飽和

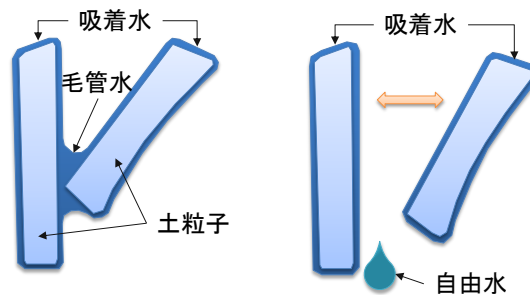


図 1.3 毛管水と重力水（自由水）

【帯水層】（たいすいそう）

水の通しやすさ（透水性という）と水をためる能力（貯留性という）が高く、井戸での取水や湧水として連続して地下水(1)を供給し得る地層のことである。代表的な地層として砂礫層、砂層がある。一般に帯水層は自由地下水面(3)をもつ不圧帯水層(3)と上下を加圧層*に挟まれた被圧帯水層(3)とに分けられる。（図 1.4）。

*帯水層の上部または下部に位置する、それに比べて著しく透水性が低い地層のこと。

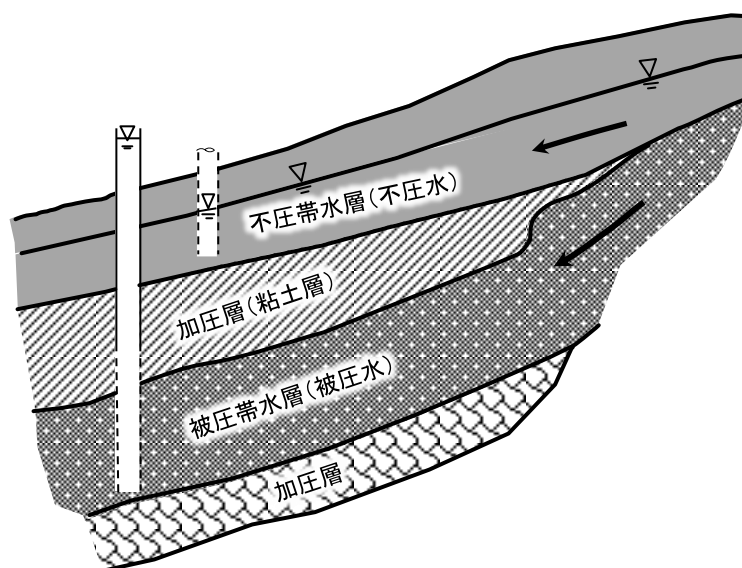


図 1.4 不圧帯水層と被圧帯水層

（出典：土の力学、技報堂出版を元に作成）

【被圧地下水】（ひあつちかすい）

一般に上部と下部に難透水層を有した地層中にあり、その地点の自由地下水面(3)位置から計算される静水圧より大きな圧力を有した地下水(1)（図 1.5 および図 1.6）。

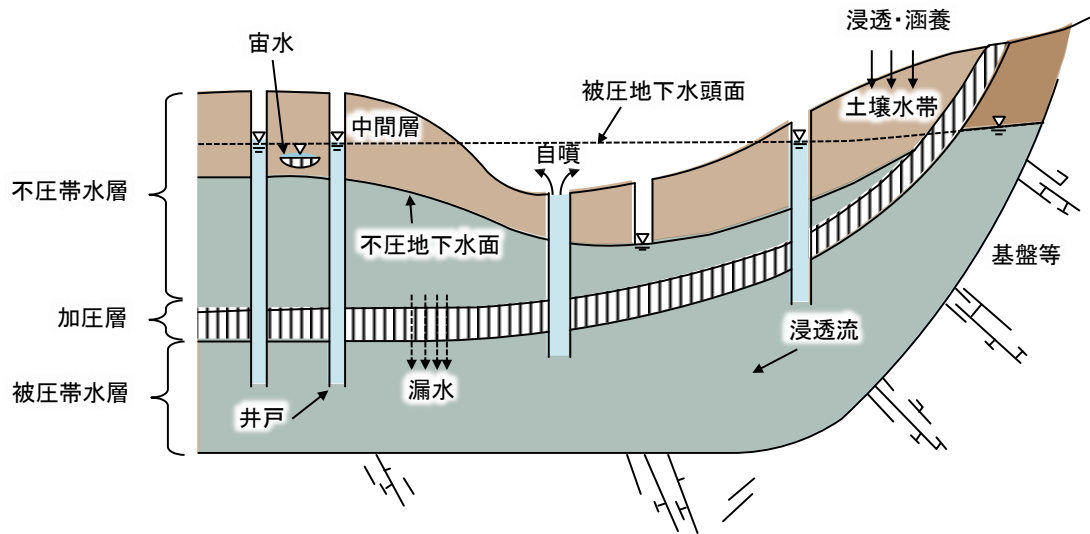


図 1.6 帯水層の形態

（出典：地下水ハンドブック、建設産業調査会を元に作成）

【宙水】（ちゅうすい）

不圧地下水(3)の一種。地表からの浸透水が比較的浅い地層中の、粘土質のはさみ層*などの上に捕捉されたもの。「ちゅうみず」ともいう（図 1.7）。

*比較的厚い層にはさまれた質の異なる薄い層のこと。

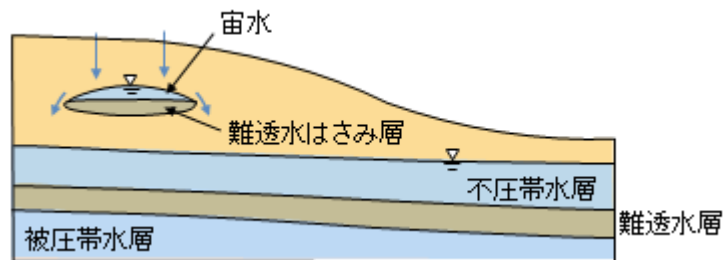


図 1.7 宙水の概要

【主要化学種】（しゅようかがくしゅ）

地下水中に比較的豊富に含まれる溶存イオンを主要化学種という。陽イオン*は Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+ 、陰イオン**は HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} のほか、人間活動の影響のあるところでは NO_3^- が加わる。これらイオンの濃度と組成比は地下水(1)の水質特性を表す（図 1.8）。また、降水、浸透、流動などの過程で水の経路の土壌特性等に依存したイオン種が溶存し、経路や接触時間に応じた地下水水質を形成する（図 1.9）。

* Na^+ ：ナトリウムイオン、 K^+ ：カリウムイオン、 Ca^{2+} ：カルシウムイオン、 Mg^{2+} ：マグネシウムイオン

** Cl^- ：塩素物イオン、 HCO_3^- ：重炭酸イオン、 SO_4^{2-} ：硫酸イオン、 NO_3^- ：硝酸イオン

【シュティフダイアグラム】（しゅていふだいあぐらむ）

河川水や地下水(1)などの水質組成を表現する図法の一つであり、 $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 $\text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-$ の濃度の大きさを、中央鉛直線からの距離として六角形に示す。中央線から頂点までの長さが各々の成分の濃度を示すので、六角形の大きさが濃度の高低を、また六角形の形が水質組成の特徴を表す。ヘキサダイアグラム、パターンダイアグラム、6成分水質図とも呼ばれる（図 1.8）。

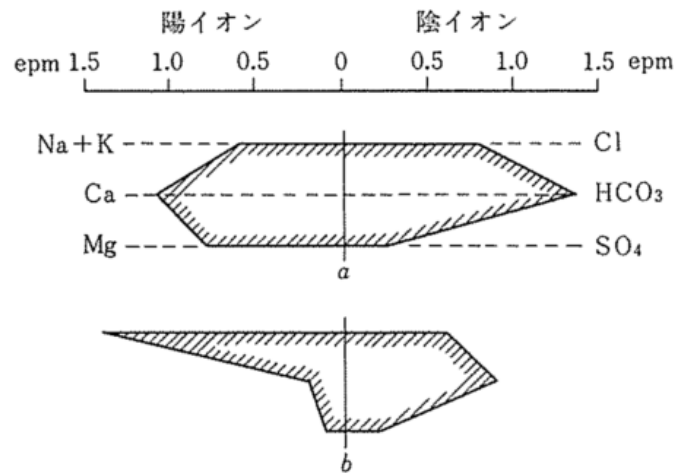


図 1.8 シュティフダイアグラム

（出典：地下水調査および観測指針(案)、山海堂）

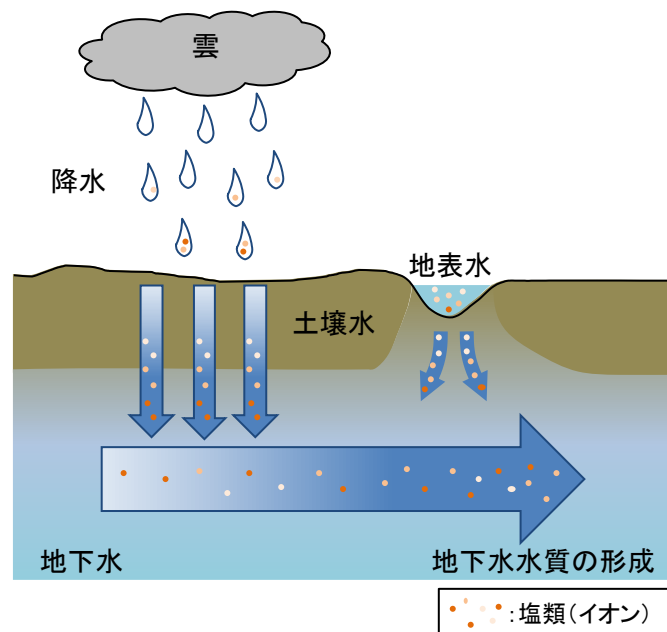


図 1.9 一般的な地下水水質組成の成り立ち

2. 地下水流動

【水循環】（みずじゅんかん）

地球上において太陽エネルギーと重力を主たる原動力として起こる、海洋における蒸発(15)→大気圏を通じた陸域への輸送→降水→表流水・地下水形成→海洋への流出の一連のプロセスを水循環（あるいは水文循環、水の大循環）という。（図 2.1、表 2.1）

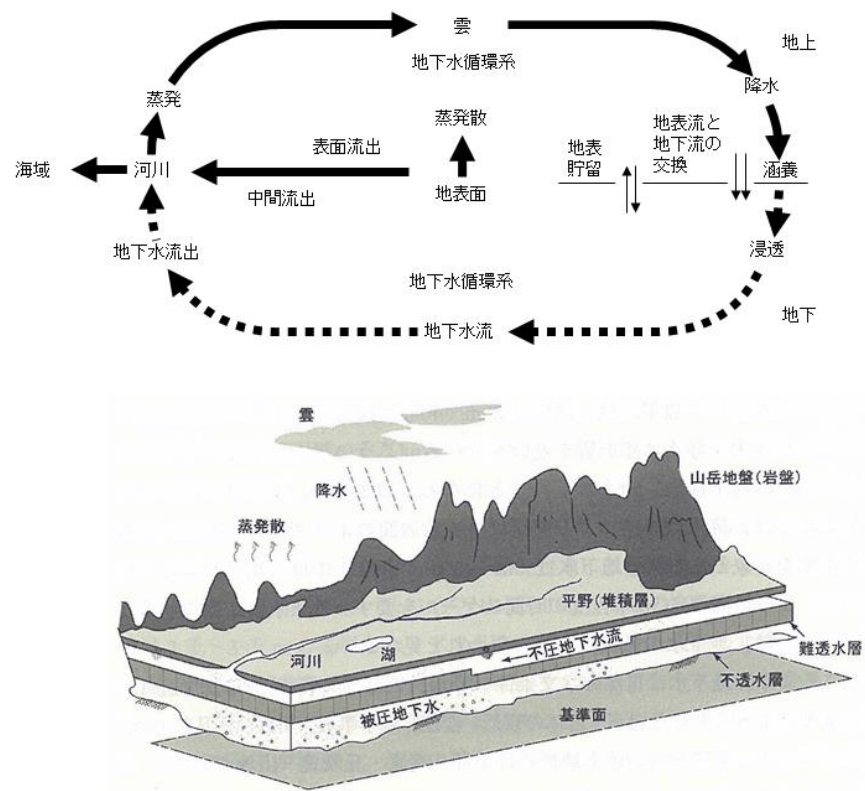


図 2.1 水循環サイクル

（出典：地下水環境・資源マネジメント、同時代社を元に作成）

表 2.1 地下水の滞留時間

（出典：地下水の保全と利用、建設省河川局河川計画課）

地 域	滞 留 時 間
黒部川扇状地*扇端部の砂丘の地下水	0.14 年
黒部川扇状地の深層地下水**	2 年以上
那須岳周辺から基底流出***する地下水	2～3 年以上
南関東の深層地下水	20 年以上
市原臨海部の深層地下水	30 年以上
済州島の火山岸中の地下水	2～9 年以上
オタワ川流域の湖沼水と地下水	約 3 年
チェコスロバキアの山地小流域からの地下水	2.5 年
テキサス州カリゾ砂岩中の地下水	最大 27,000 年
馬拉カイボ湖岸の深層の地下水	4,000～35,000 年
リビア砂漠のヌビア砂岩中の地下水	25,000～35,000 年
中央ヨーロッパの深層地下水	約 10,000 年

*扇状地(13)

**浅い不圧地下水よりも深い被圧帯水層の地下水のこと。

***地下水が低水期や渇水期においても定常的に河川等流れ出ること。

【地下水賦存量】（ちかすいふそんりょう）

地下水盆(9)単位や帯水層(2)単位などで推定される地下水(1)の存在量。対象地域の地下水位分布、帯水層(2)の形状から推定される容積および間隙率(23)などの情報から見積もられる。

【流域】（りゅういき）

対象とする河川に集水される降水の範囲。流域の形状は、一般的に地形の尾根筋を連ねた線（地形分水界という）に基づいて描かれる。

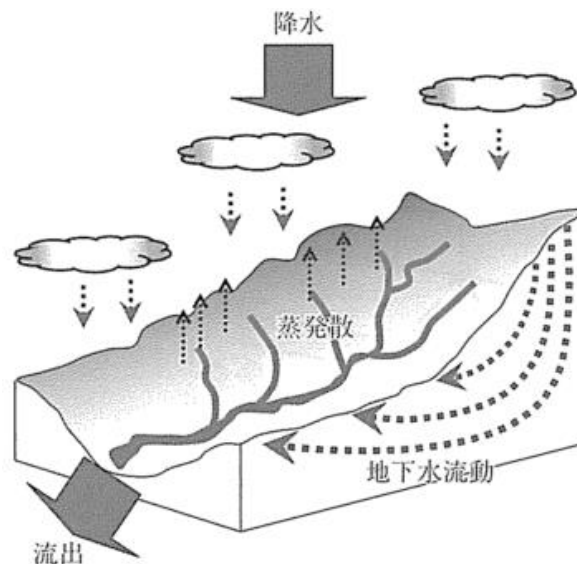


図 2.2 流域の模式図

（出典：地下水流動 モンスーンアジアの資源と循環、共立出版）

【地下水分水界】（ちかすいぶんすいかい）

地下水流動の閉境界（地下水流れが通過しない境界面のことをいう）となる仮想的な線をいう。一般に地質構造が明らかでない場合には、地形の尾根を連ねた分水界（地形分水界という）を地下まで鉛直に下ろし、それを地下水分水界と仮定する場合が多い（図 2.2）。流域(7)地下の地質条件によっては、隣接流域から、あるいは隣接の流域(7)へ地下水(1)が供給あるいは補給されることがあり、この場合、地下水分水界と地形分水界は一致しない（図 2.3）。

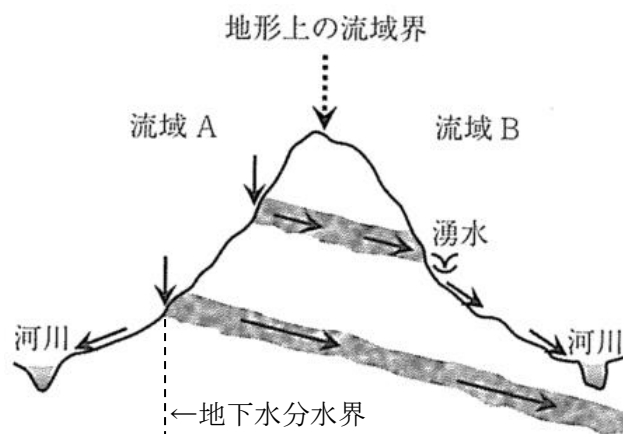


図 2.3 地形上の分水界（流域界）を超えて地下水が流動するイメージ

（出典：地下水流動 モンスーンアジアの資源と循環、共立出版を元に作成）

【地下水流動系】（ちかすいりゅうどうけい）

降水などの水文条件や地形・地質などの特性に支配された地下水流動の地域的総体。地下水流動系には、様々なスケールのもものが混在する。主に、局地的な地形の高低や地質構造に支配された、流動深度が浅く短時間で流出する流動系を局地流動系、**流域(7)**の大地形に支配され流動深度が深く緩慢で、大きな流れを地域（広域）流動系、それらの中間のスケールのもものを中間流動系と区分して呼んでいる（図 2.4）。

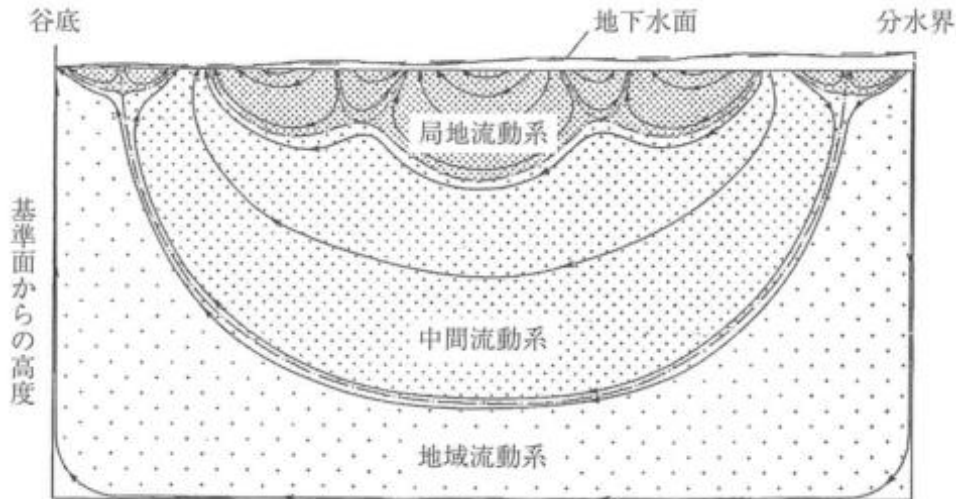


図 2.4 地下水流動系の概念図（Tóth,1963）

（出典：地下水流動 モンスーンアジアの資源と循環、共立出版）

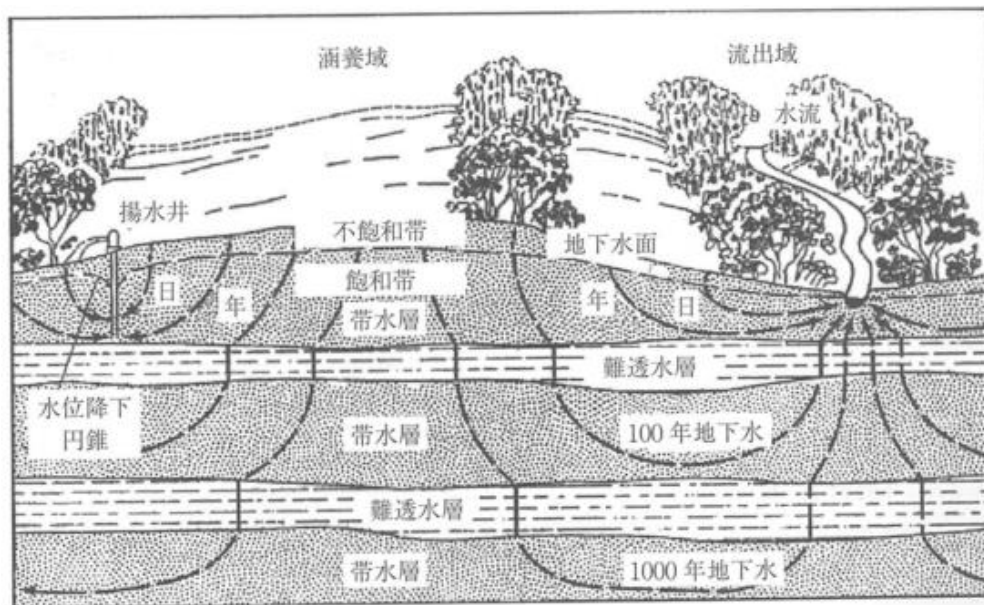


図 2.5 河川近傍の地下水の流れ（Tóth,1995）

（出典：地下水流動 モンスーンアジアの資源と循環、共立出版）

【地下水盆】（ちかすいぼん）

一般に周辺山岳地帯から土砂が流入し、厚い堆積層が積み重なる低平凹地を地質学では堆積盆（堆積盆地）と称するが、そこには同時に良い帯水層(2)が発達することから、地下水学ではこのような低平凹地を地下水盆と呼んでいる。

【地下水域】（ちかすいいき）

地域の地下水流動系(8)全体を指した言葉。地下水盆(9)が地質構造を基礎にするのに対し、地下水域は地質構造や水文学的境界などの自然要因だけでなく、揚水など人為的要因も含め、より広く流域(7)や流動系を見たときに使われることが多い（図 2.6）。

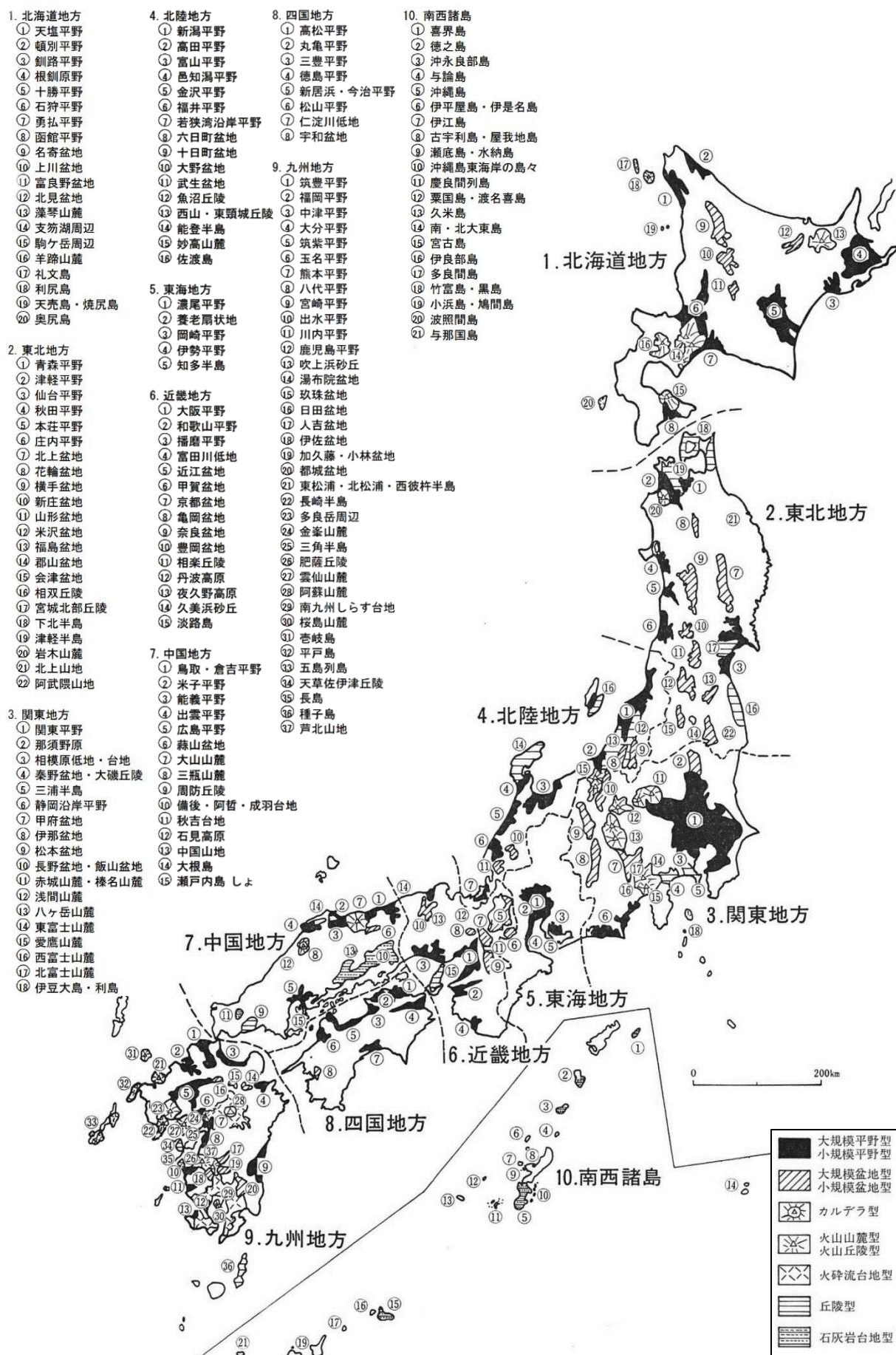


図 2.6 日本の地下水盆地と地下水区

(出典：日本の地下水、地球社を元に作成)

【涵養】（かんよう）

一般に、降水、湖沼水・河川水、貯水池・浸透ますなどの水が地下へ浸透すること（地下水(1)となること）を指す。また、^{かん}涵養が起る場所を^{かん}涵養域(11)と称する。なお、対比される言葉として、流出あるいは湧出が使われる。

【涵養域】（かんよういき）

地表から降水の浸透が起り、地下水(1)が^{かん}涵養されている地域。流出域(12)（湧出域）の対義語。

【地下水涵養】（ちかすいかんよう）

降水や地表水が地下に浸透して地下水流動系(8)に付加される作用。一般には、降水による^{かん}涵養(11)がその大半を占めるが、河川水・湖沼水の浸透、水田からの浸透、人工^{かん}涵養施設（浸透ます、^{かん}涵養池、還元井など）からの浸透、上下水道の漏水なども含まれる。

【人工涵養】（じんこうかんよう）

水を人工的に地下に浸透させ、地下水補給を行うこと。地表あるいは地下の浅い所から、不飽和帯を通して地中に浸透させる拡水法と井戸を利用して帯水層(2)に直接注入する井戸法に大別される。拡水法による一般的な手法として、浸透ます、浸透トレンチなどがある（図 2.7）。

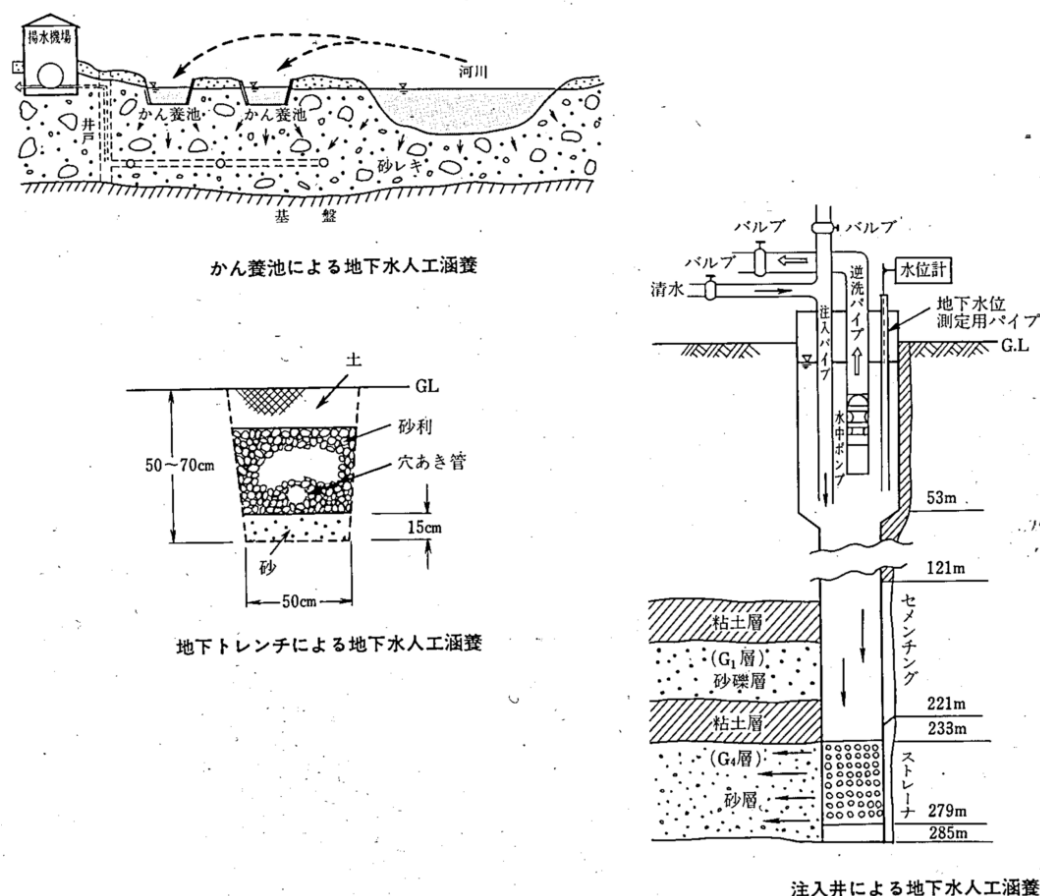


図 2.7 ^{かん}涵養工法の概要
(出典：地下水の保全と利用、建設省河川局河川計画課)

【雨水浸透】（うすいしんとう）

雨水が地表面を通して地下にしみ込むこと。

【流出域】（りゅうしゅついき）

地下水(1)が地下から地表面に向け湧き出す地域。地下水流動系(8)の涵養域(11)と対をなす地域。湧出域とも呼ばれる。

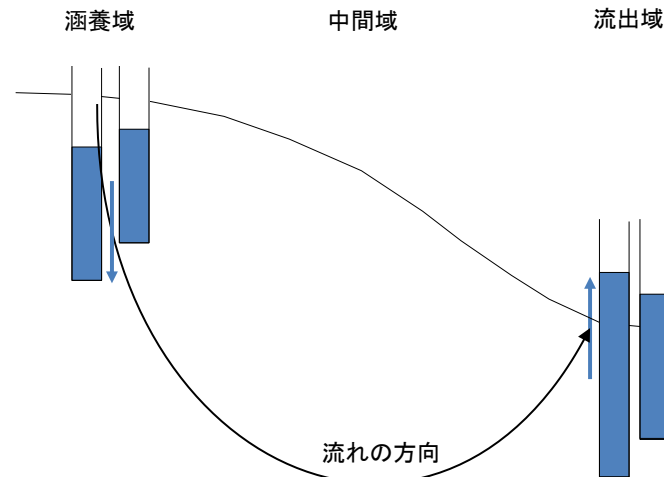


図 2.8 場所による井戸の深さと測定水位の関係の違い

【失水河川（失水河流）】（しっすいかせん（しっすいきりゅう））

地下浸透により河川流量が上流より下流で減少する（あるいは完全に伏流する）河川をいう（図 2.9）。

【得水河川（得水河流）】（とくすいかせん（とくすいきりゅう））

河川のある区間を見たとき、区間上流より下流側で流量が増加する河川（支流の流入がある場合には、その量以上に流量が増加する河川）をいう（図 2.9）。

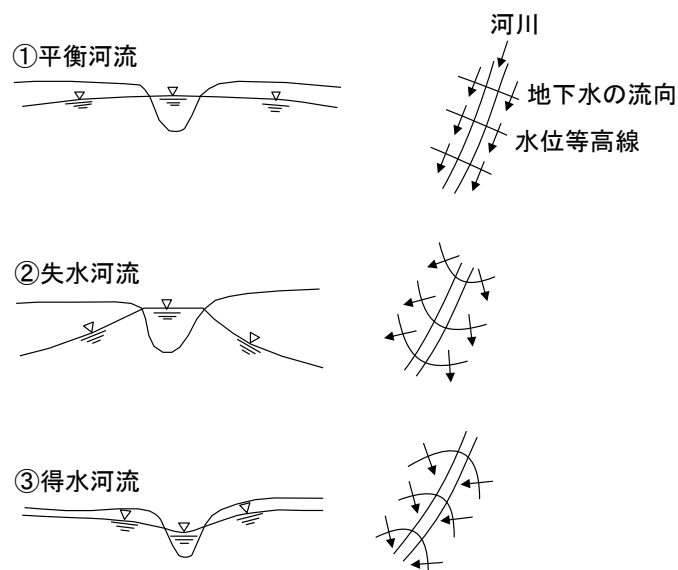


図 2.9 表流水と地下水の関係

（出典：地下水調査および観測指針(案)、山海堂）

【扇状地】（せんじょうち）

山地と平野の境界（谷口という）を頂点（扇頂という）として、下流に向かって扇が開いたような地形。扇頂から中央部（扇央という）にかけては河川水がほぼすべて地下に浸透して潤れ川となることも多く、末端部（扇端という）は上流部で浸透した地下水(1)が湧水(13)として湧き出す地域となる。

【伏流水】（ふくりゅうすい）

高透水性の河床、湖底、裂か（割れ目）などから地下に涵養^{かん}(11)された水をいう。通常の降雨浸透と異なり比較的大量の浸透に対して使われる。

【湧水】（ゆうすい）

地下水(1)が自然に地表面まで流出する現象で、地下水位(19)が地表面以上にある状況で起こる（図 2.10）。湧泉ともいう。

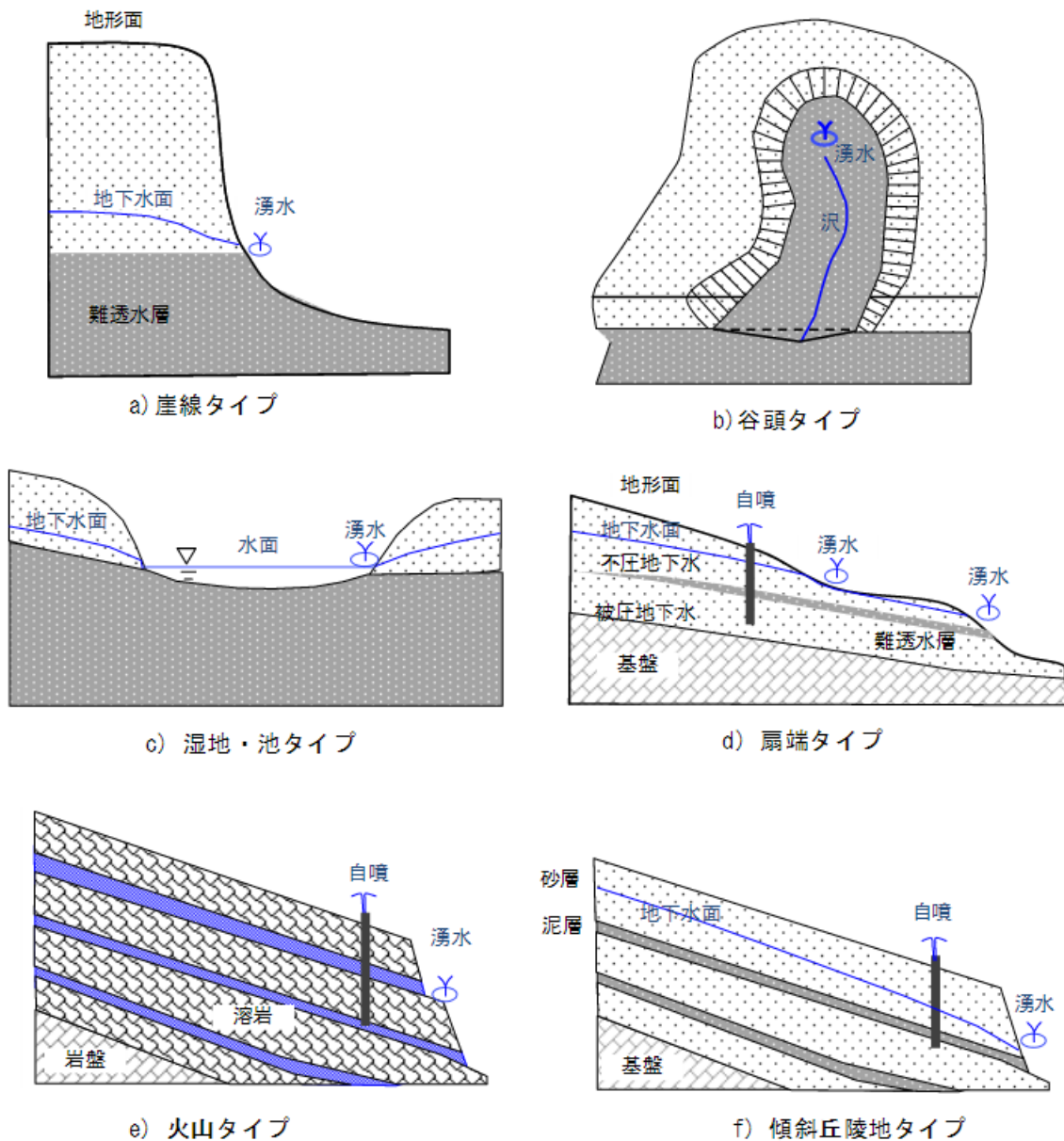


図 2.10 代表的な湧水のタイプ

（出典：湧水保全・復活ガイドライン、環境省）

【地下水シミュレーション】（ちかすいしみゅれーしょん）

実際の地下水(1)の流れ場を何らかの方法で模擬することである。コンピュータを用いる数値シミュレーションと実験的に模擬するアナログシミュレーションに分類されるが、現在では数値シミュレーションを意味することが多い。

【浸透流解析】（しんとうりゅうかいせき）

地下水学において、浸透流とは主に地盤・岩盤内における水またはその他の流体の流動を意味し、浸透流の挙動を解明することを浸透流解析と呼ぶ（図 2.11）。

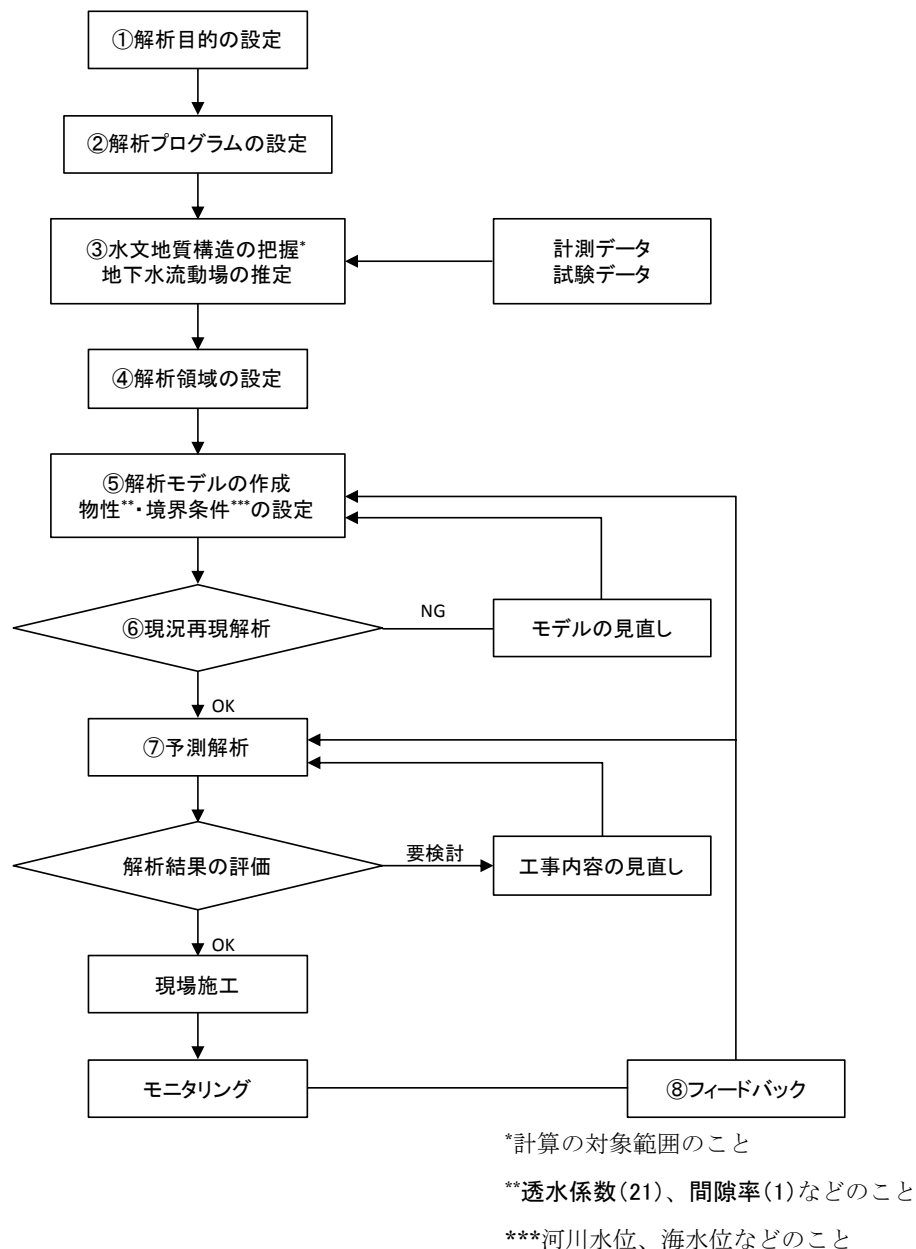


図 2.11 浸透流解析の実務におけるフローの一例
(出典：地下水シミュレーション、公益社団法人日本地下水学会)

3. 水収支

【水収支】（みずしゅうし）

流域(7)や地域において、一定期間の水収支は、

$$P=E+R+\Delta S$$

で表される。ここで P：降水量、E：実蒸発散量(17)、R：河川および地下水による流出量、 ΔS ：貯留量変化であり、いずれも累積値である。水収支法は、この式の各項を実測あるいは推定し、残った一つの項を残差として求める方法。

【地下水収支】（ちかすいしゅうし）

地下水盆(9)や帯水層(2)の単位で推定される地下水涵養量と揚水量・流出量の収支のこと。水文学的水収支は、降水・蒸発散・河川流出・地下水涵養(11)・地下水流出を含めた全体が扱われるが、その一部をより詳しく扱うもの。例えば、帯水層(2)ごとの季節単位、年単位、より長期間の単位での収支の推定が行われる（図 3.2）。

【蒸発】（じょうはつ）

一般に液体分子が運動エネルギーを得て、気体分子に変化すること。温度の上昇とともに蒸発する量が多くなる。水の蒸発は大気と接する水面、葉面、地表面および地下の不飽和間隙中에서도起こる。

【蒸発散】（じょうはっさん）

水は水面および地表面（土壌・岩石面）から蒸発(15)するとともに、植物体内を通じて主に葉面から蒸発(15)が起こり、これを蒸散という。両者を合わせて、蒸発散という。

【可能蒸発散量】（かのうじょうはっさんりょう）

ある気象条件（日射量、気温、風速、湿度など）の下で、十分に地表面に水分が供給されたときに起こる蒸発量（植生がある場合には蒸発散量）の最大値（表 3.1 および図 3.1）。

表 3.1 日本列島各地の月別可能蒸発散量

(出典：地下水調査および観測指針(案)、山海堂)

地域	札幌			仙台			東京			名古屋			高知			熊本		
E 月	E_p	E_t	E_{obs}	E_p	E_t	E_{obs}	E_p	E_t	E_{obs}	E_p	E_t	E_{obs}	E_p	E_t	E_{obs}	E_p	E_t	E_{obs}
1	—	—	—	0.53	—	0.9	1.64	0.13	1.7	0.95	0.13	1.5	1.21	0.27	2.0	0.74	0.19	1.6
2	—	—	—	1.05	—	1.8	1.99	0.25	2.2	1.76	0.21	2.0	1.74	0.36	2.3	1.24	0.27	2.2
3	—	—	—	1.87	0.33	3.2	2.37	0.67	2.6	2.52	0.58	2.8	2.41	0.81	3.0	2.20	0.80	2.8
4	2.59	0.93	—	2.78	1.20	4.8	2.98	1.60	3.2	3.35	1.60	3.5	2.82	1.78	3.5	2.71	1.77	3.8
5	3.65	2.06	3.4	3.47	2.37	5.3	3.53	2.58	3.6	3.83	2.70	4.1	3.64	2.85	3.5	3.85	2.85	4.2
6	3.85	3.14	4.0	3.45	3.30	5.0	3.38	3.50	3.5	3.90	3.90	3.9	3.85	3.83	3.3	3.94	4.18	3.9
7	3.89	4.10	4.0	3.18	4.46	5.1	3.62	4.96	4.1	4.32	5.14	4.7	4.69	50.3	3.8	4.74	5.25	4.8
8	3.48	4.20	3.9	3.40	4.52	4.8	4.27	4.97	4.5	4.93	5.07	5.1	4.81	4.92	4.4	5.04	5.18	5.4
9	2.46	2.80	2.8	2.44	3.16	3.5	2.74	3.50	3.0	3.34	3.70	3.5	3.72	3.78	3.2	3.69	20.6	4.2
10	1.08	1.48	1.7	1.35	1.18	2.1	1.81	2.00	2.2	2.13	2.00	2.5	2.44	1.86	2.9	2.35	2.06	3.3
11	0.40	0.40	—	0.68	0.90	0.8	1.42	1.00	1.9	1.36	0.87	1.9	1.43	1.10	2.0	1.12	1.00	2.3
12	—	—	—	0.19	0.26	0.0	1.29	0.42	1.7	0.71	0.32	1.4	0.96	0.49	1.7	0.53	0.36	1.6

E_p ：ペンマンの方法 E_t ：ソーンスウェイトの方法 E_{obs} ：蒸発計蒸発量 単位：mm/月

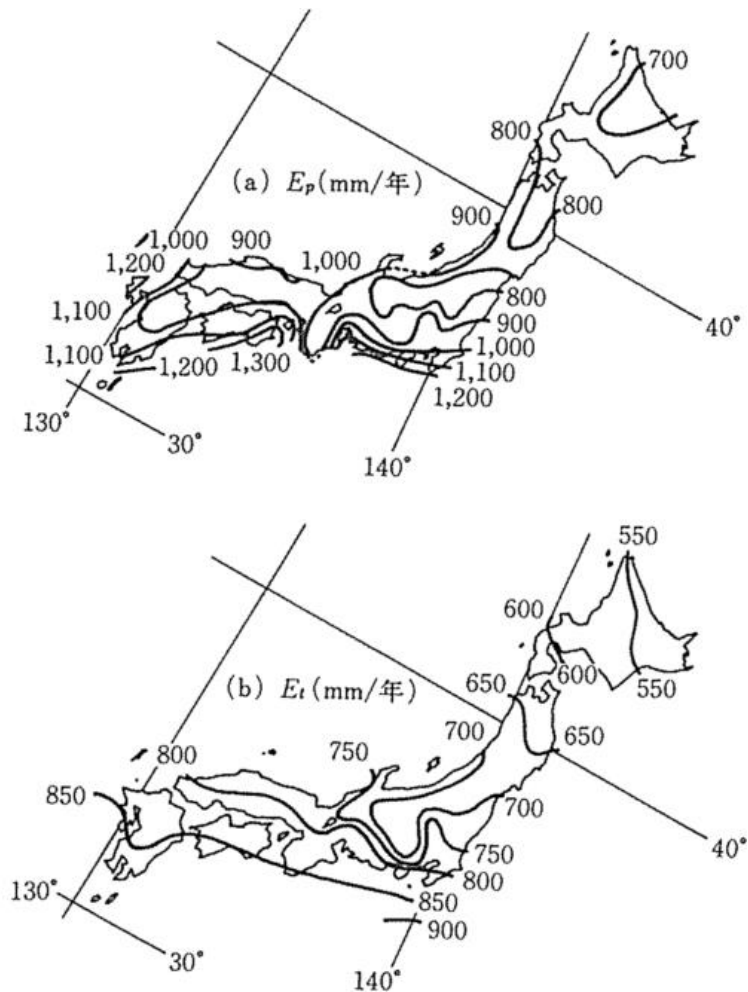


図 3.1 わが国の可能蒸発散量分布図 ((a)ペンマンの方法、(b)ソーンスウェイトの方法)

(出典：地下水調査および観測指針(案)、山海堂)

【実蒸発散量】（じつじょうはっさんりょう）

実際の蒸発散量（の推定値）。

【減水深】（げんすいしん）

水田における蒸発散量と浸透量（鉛直浸透及び畦畔浸透（横浸透））の和を水深単位で表したもの。通常、単位として mm/日を用い、日減水深という。

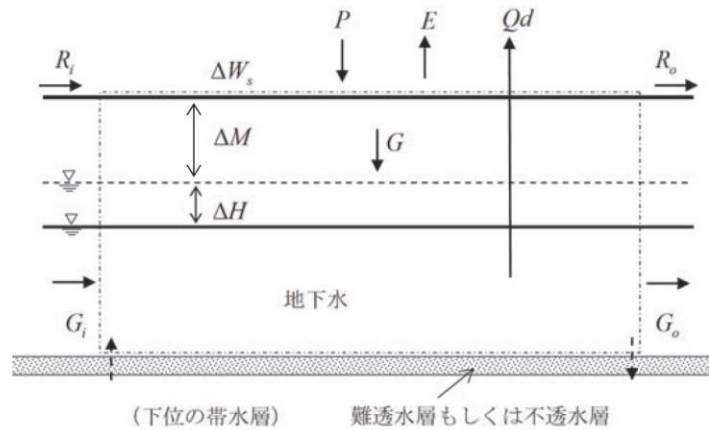


図3-3-1 不圧地下水の水収支概念図
(「地下水調査及び観測指針(案)」に加筆)

・水収支式

地表水 $\Delta W_s = P - E + R_i - R_o - G$ (3-3-1)

地下水 $\Delta H + \Delta M = G + G_i - G_o - Q_d$ (3-3-2)

ここに、

- P : 降雨量
- R_i : 表流水流入量(上流域からの地表水、かんがい水等の流入量)
- R_o : 表流水流出量(下流域への地表水、かんがい水等の流出量)
- G_i : 地下水流入量(上流域からの地下水、異なる帯水層等からの流入量)
- G_o : 地下水流出量(下流域への地下水、異なる帯水層等への流出量)
- E : 蒸発散量
- ΔW_s : 地表における貯留量変化(表流水の水位変化等)
- Q_d : 地下水揚水量・地下水湧水量
- ΔM : 不飽和帯の土壌水分量変化
(地表から帯水層上端までの土壌中の水分量の変化)
- ΔH : 地下水位変化量(対象領域の面積×貯留係数×地下水位変化)
- G : 地下水かん養量(地表から浸透する水量)

である。

対象期間を長期(たとえば1水文年)とすることにより、地表における貯留量変化や、不飽和帯の土壌水分量変化をゼロとみなせる場合がある。短い時間単位や対象領域を細分化した水収支解析は多くのデータを要し、水収支解析は困難になることが多い。その場合、地下水流動解析を行い、その計算結果を集約し水収支を推定することが可能である。

図 3.2 不圧地下水の水収支式の例

(出典：河川砂防技術基準 調査編、国土交通省水管理・国土保全局)

4. 地下水の物理

【地下水位】（ちかすい）

ボーリング孔の中で測定される水面の標高値。**被圧帯水層(3)**の場合は地表面より上になる場合もあるため、より一般的には、飽和地層の任意の点に仮想的な管を立てたときに管内に現れる水面位置（大気圧となる位置）を標高値として表したもの（図 4.1）。被圧帯水層の場合は、地下水圧を指しており、井戸の孔内水位と表現して不圧地下水の地下水位とは区別することもある。

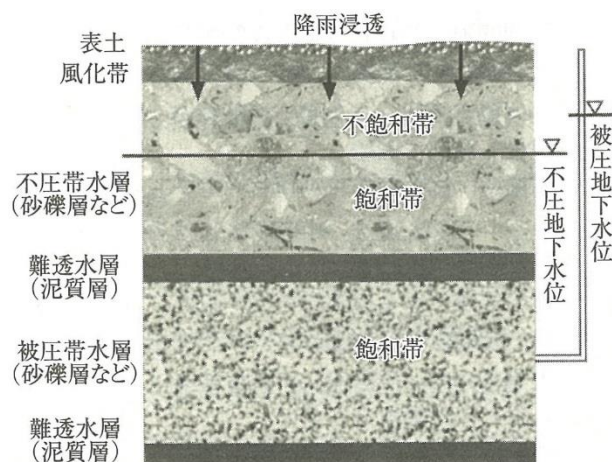


図 4.1 地表付近の帯水状態

（出典：地圏の水環境科学、東京大学出版会）

【水理ポテンシャル】（すいりぽてんしゃる）

流体のエネルギー状態を表すもので、流れはこの値の高い方から低い方に生じる。**地下水(1)**などの間隙流体の水理ポテンシャルは、位置ポテンシャルと圧力ポテンシャルの和として表される（図 4.2 および図 4.3）。

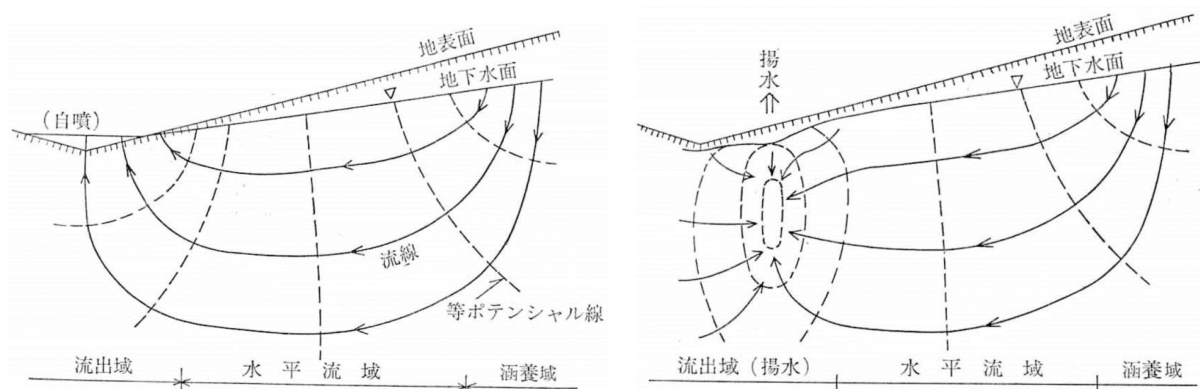


図 4.2 水理ポテンシャルと地下水流動系

（出典：日本の地下水、地球社）

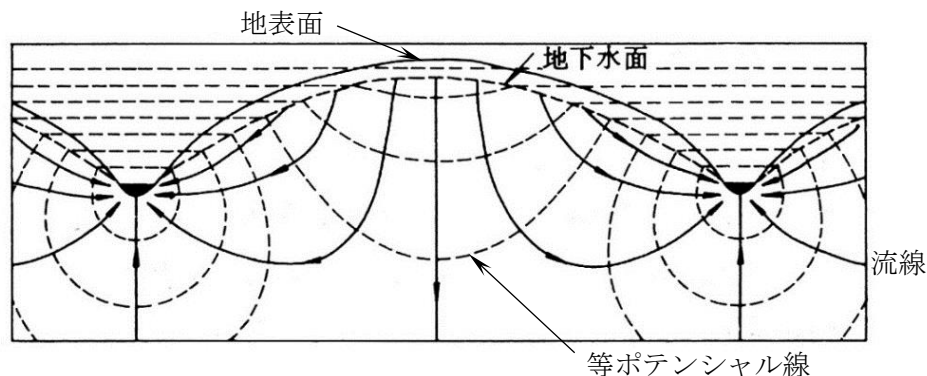


図 4.3 均質な帯水層の流線

(出典：地下水ハンドブック、建設産業調査会を元に作成)

【位置ポテンシャル】(いちぽてんしゃる)

水の位置エネルギーのこと。重力ポテンシャルともいう。

【圧力ポテンシャル】(あつりょくぽてんしゃる)

水の圧力エネルギーのこと。

【全水頭】(ぜんすいとう)

任意の地点の水のエネルギー状態（水理ポテンシャル(19)）を水柱の高さに換算して、例えばメートル単位で表したもの。位置ポテンシャル、圧力ポテンシャルのそれぞれに対応するものとして位置水頭(21)、圧力水頭(21)がある（図 4.4 および図 4.5）。

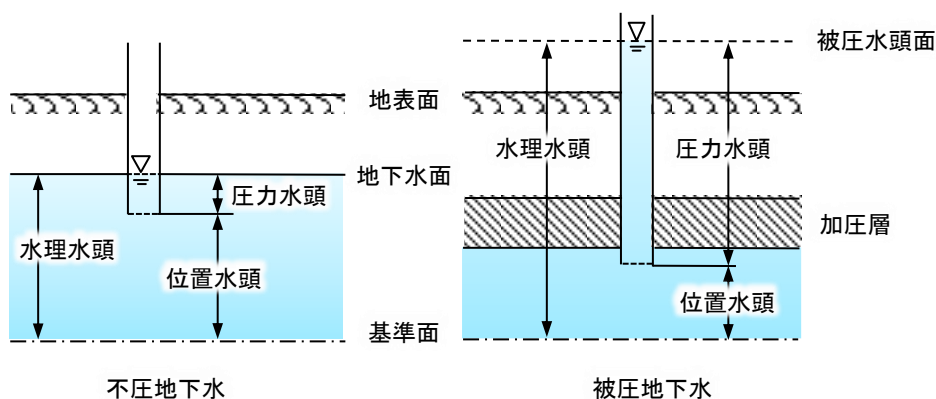


図 4.4 地下水位と水頭の物理的意味

(出典：地下水調査および観測指針（案）、山海堂を元に作成)

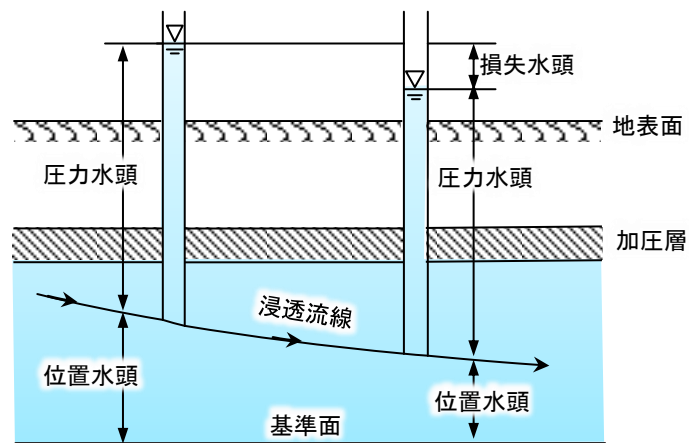


図 4.5 浸透流と水頭

(出典：地下水ハンドブック、建設産業調査会を元に作成)

【位置水頭】(いちすいとう)

位置エネルギーを水柱の高さで表した値。

【圧力水頭】(あつりょくすいとう)

水圧を水柱の高さで表した値。

【被圧水頭】(ひあつすいとう)

被圧帯水層(3)の間隙水(1)の全水頭(20) ((図 4.4 および図 4.5))。

【動水勾配】(どうすいこうばい)

流れに沿った単位距離あたりの全水頭変化(水理ポテンシャル変化)のこと。飽和地下水の流速はこの値に比例する(図 4.6)。地下水勾配とは、浅い不圧地下水(3)の水面の勾配のことをいう。

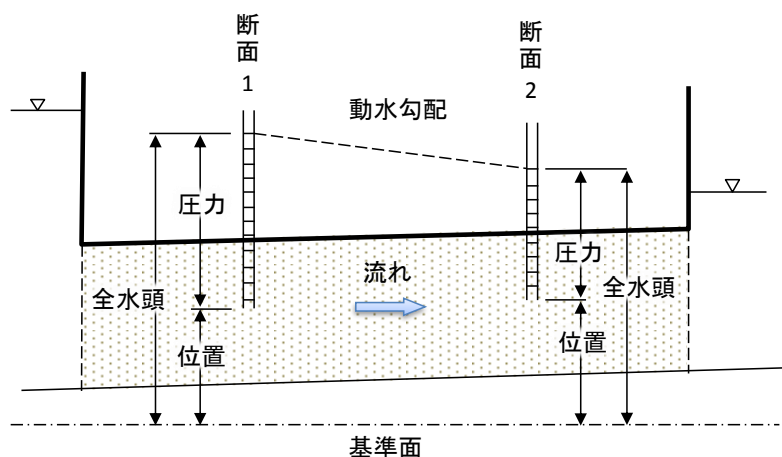


図 4.6 動水勾配の説明

【透水係数】(とうすいけいすう)

水で飽和した土や岩石の透水性(水の通しやすさ)を表す値。多孔質媒体の透水性を扱う場合に広く用いられている(図 4.7)。

透水係数 (cm/sec)												
	10^{-9}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	10^0	10^1	10^2
透水性	実質上不透水		非常に低い		低い		中位			高い		
対応する土の種類	粘性土 (C)		微細砂、シルト 砂-シルト-粘土混合土 (SF) (S-F) (M)				砂および礫 (GW) (GP) (SW) (SP) (G-M)			清浄な礫 (GW) (GP)		
透水係数を直接 測定する方法	特殊な変水位 透水試験		変水位透水試験					定水位透水試験		特殊な変水位 透水試験		
透水係数を間接的に 測定する方法	圧密試験結果 から計算							なし			清浄な砂と礫は粒度と 間隙比から計算	

図 4.7 土の種類と透水係数

(出典：土質試験の方法と解説、地盤工学会)

【透水量係数】（とうすいりょうけいすう）

透水係数(21)と帯水層(2)の厚さの積。透水量係数は帯水層全体の透水性を判断する指標である。

【間隙率】（かんげきりつ）

土や岩石などの多孔質体中の固体以外の部分を間隙（あるいは空隙、孔隙）と称し、間隙率は間隙部分の体積の全体積（間隙部分の体積+固体部分の実体積）に対する割合（図 4.8 中の①/(①+②)）で表わされる（図 4.8）。

【間隙比】（かんげきひ）

間隙比は、土や岩石の中の間隙部分の体積の土や岩石の固体部分の実体積に対する比（図 4.8 中の①/②）で表わされる（図 4.8）。土質力学などで土の透水性や圧密沈下を考える際に広く用いられる。

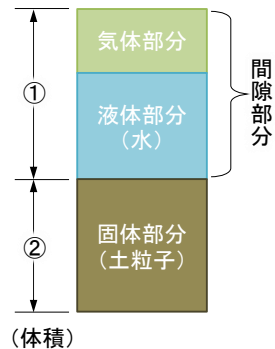


図 4.8 土壌の固・液・気相の体積割合

【ダルシーの法則】（だるしーのほうそく）

多孔質材料中の水の流れを表現する経験式であり、地下流体を扱う分野で広く利用されている基本則。砂カラム中を通過する水の流量 Q は、入口と出口の水頭差 Δh 、試料の長さ L 、断面積 A としたとき、 $Q=KA \Delta h/L$ の関係となる。 K は比例定数で透水係数(21)と呼ばれる。

【地下水の見かけの流速】（ちかすいのみかけのりゅうそく）

多孔質媒体中の流動における流量を通過断面積で除して表わした断面平均流速をいう（図 4.9）。ダルシー流速ともいう。地下水(1)では、一般的に流速とは見かけの流速のことを指す。

【地下水の実流速】（ちかすいのじつりゅうそく）

多孔質媒体中の流動において、土粒子の隙間を水が通り抜ける実際の速さのこと（図 4.9）。実流速は地下水の見かけの流速(23)（ダルシー流速）を間隙率（土粒子断面における隙間の割合）で割ったものという関係にある。

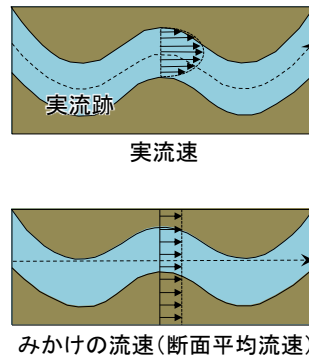


図 4.9 見かけの流速と実流速

【塩淡水境界】（えんたんきょうかい）

海岸地域の地下において、海側の塩水と陸側の淡水地下水の会合により形成される塩分濃度の境界面（遷移領域）のこと。一般に海水密度が淡水密度より数%大きいため、深度が増大するほど海水圧が淡水圧にまさり、海水が地下深部で陸側に入り込んでいる（図 4.10）。

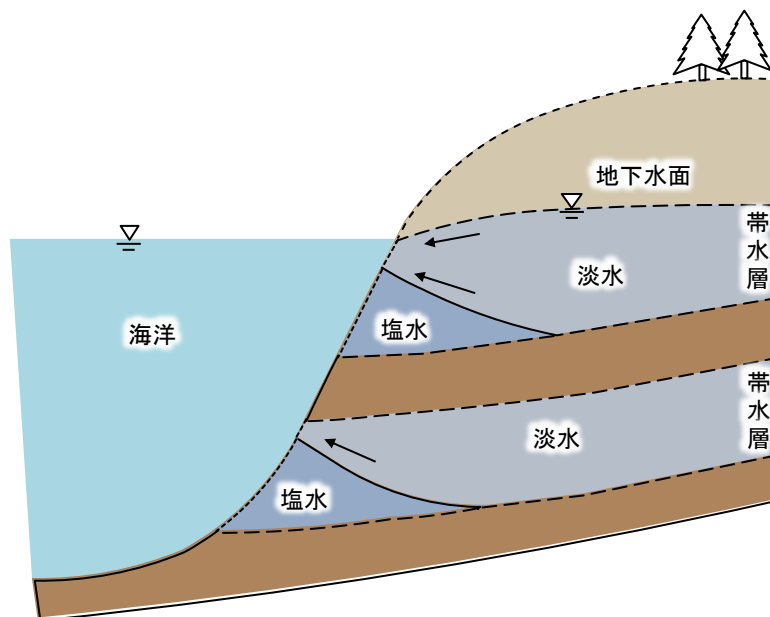


図 4.10 地下水の塩水化の模式図

（出典：最新地下水学、山海堂を元に作成）

【塩水化】（えんすいか）

沿岸地域で過剰に地下水(1)を汲み上げることより、帯水層(2)の淡水領域に塩水が侵入し、地下水(1)の塩濃度（塩素イオン濃度）が高くなること（図 4.11）。

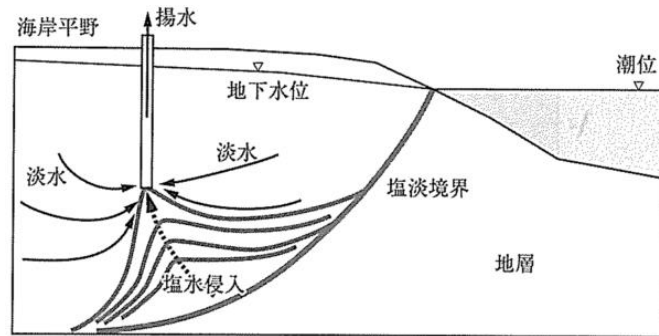


図 4.11 沿岸揚水と塩水化の模式図

（出典：地圏の水環境科学、東京大学出版会）

【淡水レンズ】（たんすいれんず）

孤立した島の地下において、島の直下まで入り込んだ塩水に浮いたレンズ形の淡水部分をいう（図 4.12）。

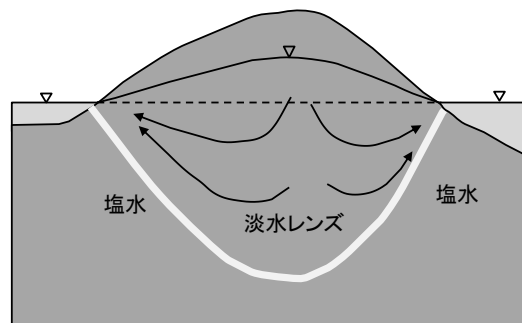


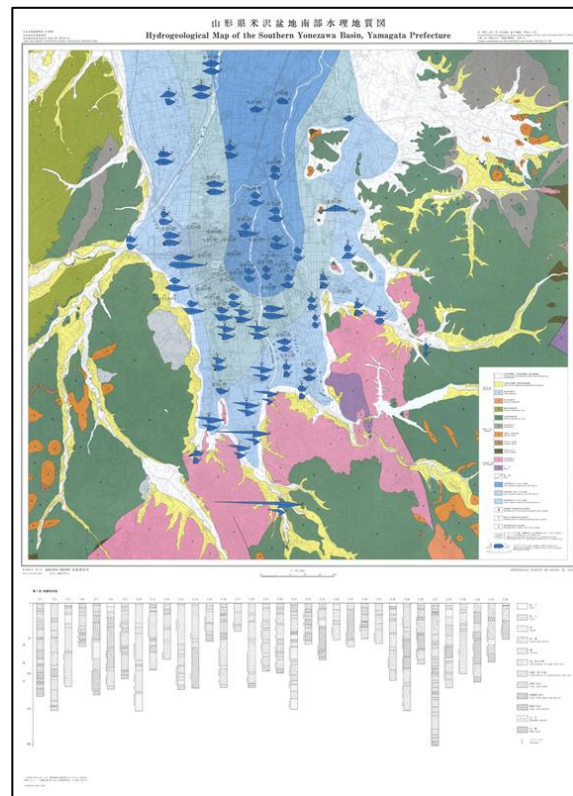
図 4.12 島の淡水レンズ（地下水面と塩淡水境界の間の部分）

（出典：地圏の水環境科学、東京大学出版会を元に作成）

5. 地質

【水文地質図】（すいもんちしつず）

地質図のうち、地表水や地下水賦存形態に着目し、河川、湧水の分布、井戸や地下水位(19)、水理定数、水質特性、人間活動などの情報を記載したもの。一般に調査地域や流域単位で作成されるが、より広域を対象としたものが「水理地質図」、「水文環境図」として出版されている（図 5.1）。



<https://www.gsj.jp/Map/JP/environment.html>

図 5.1 日本水理地質図の例

（出典：水文環境図・日本水理地質図、産業技術総合研究所地質調査総合センター）

【沖積平野】（ちゅうせきへいや）

約 1.8 万年程度前から現在までを沖積世（**第四紀(27)**更新世*末および完新世*）と呼び、この時期の堆積物が分布する平野を称する。

*年代区分名はすべて図 5.2。

【沖積層】（ちゅうせきそう）

約 1.8 万年程度前の最終氷期最盛期以降現在までに堆積した地層で、現在の河岸および海岸平野を最終的な堆積面とするもの。

【洪積台地】（こうせきだいち）

洪積世（更新世*）後期に形成された平地が、地殻変動による地盤の上昇や海水準の変動によって台地化したもの。河岸段丘、海成段丘、開析扇状地などの地形が洪積台地に相当する。

*年代区分名はすべて図 5.2。

【第四紀】（だいよんき）

約 46 億年前に誕生した地球の長い歴史の中で最も新しい時代であり、人類が進化し、活動している時代である。約 260 万年前から現在までの期間にあたり、更新世（258 万年前～1.15 万年前まで）と完新世（1.15 万年前～現在まで）の二つに分けられる。（図 5.2）。

年代	代	紀	世	年代尺度
顕生代	新生代	第四紀	完新世	現在
			更新世	1 万 1700 年前
		新第三紀	鮮新世	258 万年前
			中新世	533 万年前
		古第三紀	漸新世	2300 万年前
			始新世	3390 万年前
			暁新世	5580 万年前
	中生代	白亜紀	後期（上部）	6550 万年前
			前期（下部）	1 億年前
		ジュラ紀	後期（上部）	1 億 4600 万年前
			中期（中部）	1 億 6100 万年前
			前期（下部）	1 億 7600 万年前
		三疊紀	後期（上部）	2 億年前
			中期（中部）	2 億 2900 万年前
			前期（下部）	2 億 4600 万年前
	古生代	ペルム紀		2 億 5100 万年前
				3 億年前
		石炭紀		3 億 6000 万年前
				4 億 2000 万年前
		シルル紀		4 億 4000 万年前
				4 億 9000 万年前
		カンブリア紀		

図 5.2 地質年代区分表

【コアサンプル】（こあさんぷる）

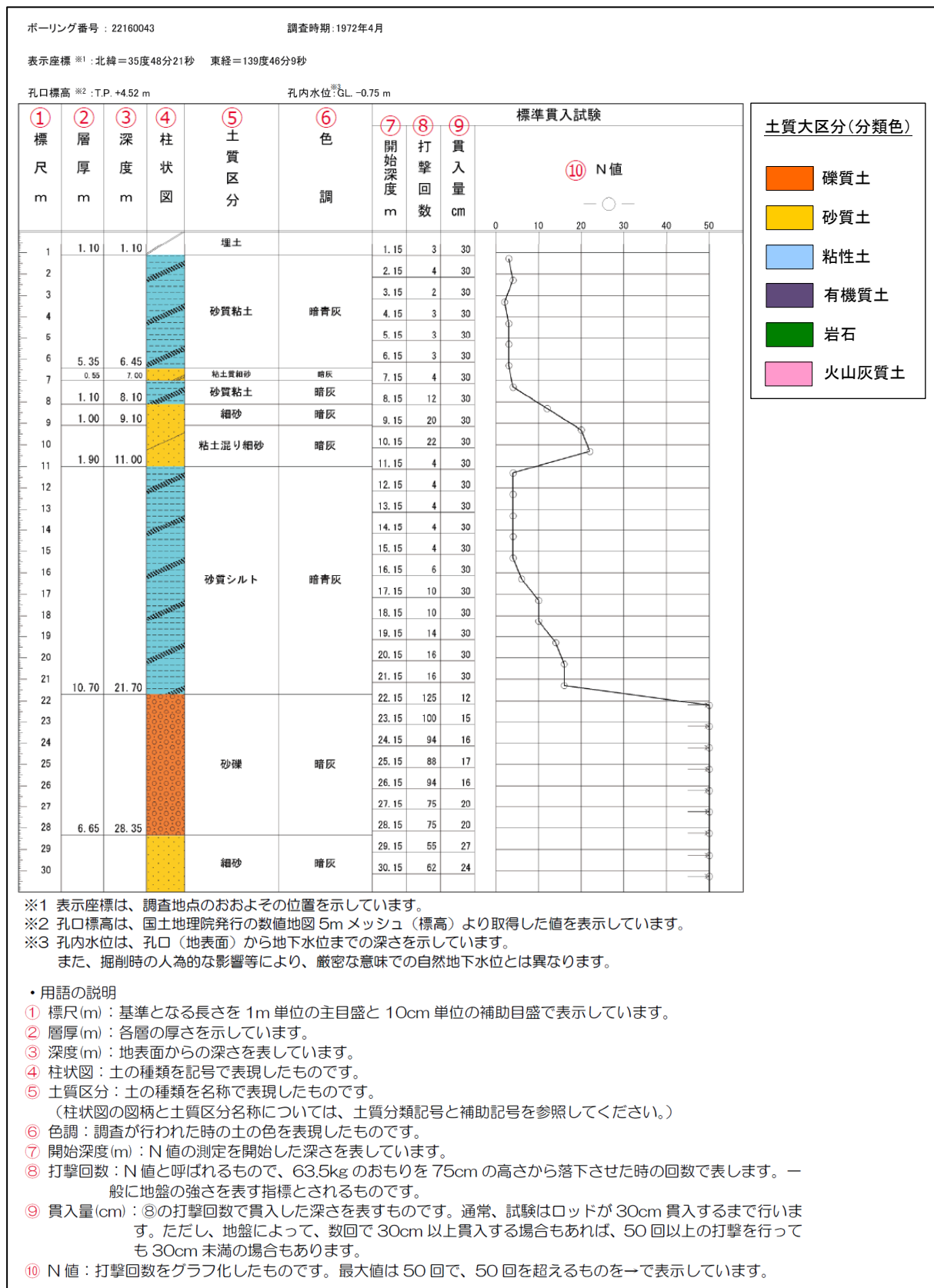
押し込みや掘削（ボーリング）などによって採取される土壌や岩石などの円柱状試料をいう。採取されたコアサンプルは地質観察および実験室での試験に利用される（図 5.3）。



図 5.3 コアサンプルの例

【地質柱状図】（ちしつちゅうじょうず）

ある地点・ある地域の地質情報を長柱状に表した図。ボーリング調査や井戸掘削時の情報、物理検層や透水試験の情報を整理したボーリング（井戸）柱状図などがある（図 5.4）。



<http://doboku.metro.tokyo.jp/start/03-jyohou/geo-web/manual/柱状図の見方.pdf>

図 5.4 ボーリング柱状図の見方

（出典：柱状図の見方、東京都土木技術支援・人材育成センターを元に作成）

6. 地下水調査

【観測井】（かんそくせい）

地下水位(19)（水圧）、地盤沈下(34)、水質などを計測するために設置された井戸あるいはボーリング孔（図 6.1）。

【スクリーン】（すくりん）

孔などをあけて加工したパイプ（塩化ビニル管、鉄管）で、**地下水(1)**を井戸の中に取り込むために設置されるもの（図 6.3）。ストレーナともいう。開孔部の構造の違いによりいくつかの種類がある（図 6.2）。

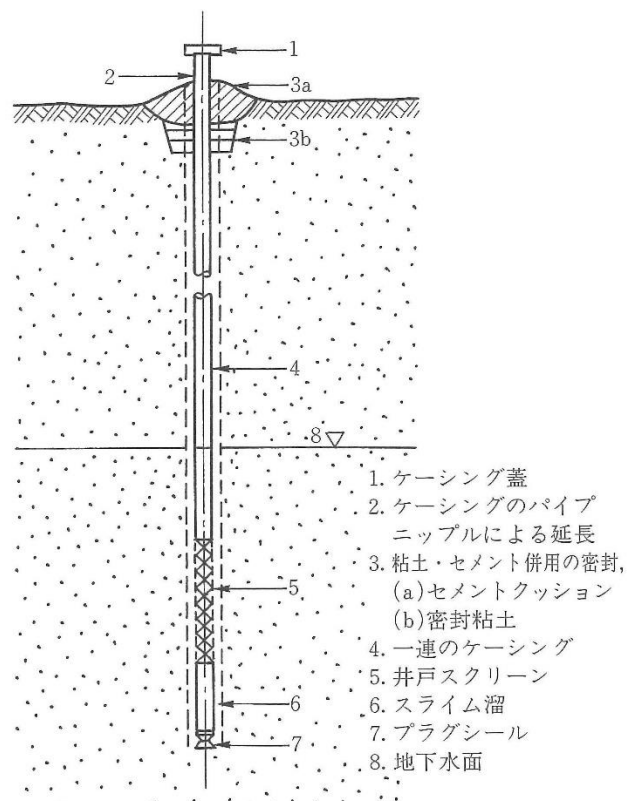


図 6.1 井戸（観測井）の例

（出典：地下水調査および観測指針(案)、山海堂）

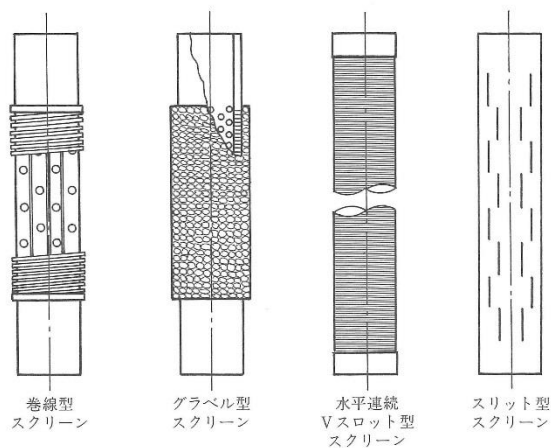


図 6.2 スクリーン構造の例

（出典：地下水調査および観測指針(案)、山海堂）

【ケーシング】（けーしんぐ）

ボーリング孔の崩壊防止・保護などを目的として、孔中に設置する鋼管や塩ビ管のこと。この内部により細い掘削管、揚水管（チュービング）や水中ポンプ(30)が入る（図 6.3）。①掘削中および揚水時の孔壁の崩壊防止、②逸水層、湧水層、軟弱層などの遮断、③地下水・温泉層に対する汚染防止、④腐食、浸食または破壊に対する保全などの機能を持つ。

【水中ポンプ】（すいちゅうぽんぷ）

深い井戸内に挿入し、水を汲み上げるための装置。狭い空間の中に設置し、温泉水など高温への対応、水を汲み上げる高さ（揚程という）が大きくても必要な揚水量が確保できることなどが需要で、用途に合わせて様々なものが販売され利用されている。

【吐出口】（としゅつこう）

水中ポンプ(30)の水の吐き出し口。吐出口の断面積は井戸の規模を表す指標として用いられ、関連する法律や条例では規制対象を決定する要素として用いられている（図 6.3）。

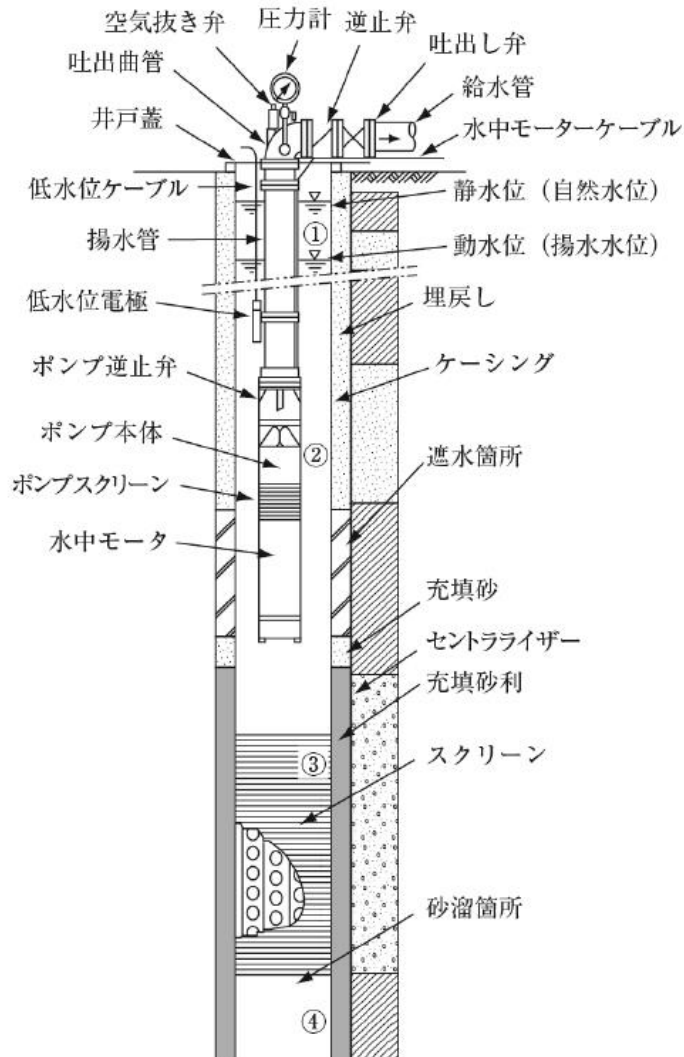


図 6.3 深井戸の構造

（出典：水道施設設計指針 2012、厚生労働省）

【測水調査】（そくすいちょうさ）

一般に水位や水深などを計測する目的の調査をいう。地下水分野では、主として井戸やボーリング孔を用いた地下水位計測を指し、同時に **pH(31)**や水温、**電気伝導度(31)**等を測定することもある。

【pH】（ピーえいち）

水の性質（酸性・アルカリ性の程度）を表し、地中の化学的環境を示す重要な水質項目のひとつ。水素イオンの濃度で表され、0 から 14 の値を取る。常温では **pH=7** が中性、**pH<7** で酸性、**pH>7** でアルカリ性となる。湧水の **pH** は 7 付近が多く、水道水は 5.5 程度～8.5 程度、降水は 5 程度である。

【電気伝導度】（でんきでんどうど）

比抵抗（単位断面積を通る電流に対する単位長さあたりの電気抵抗のこと）の逆数で、電気の流れやすさを示す。水中に含まれる電解質の量が多いほど電流が多く流れて大きな値となるため、**地下水(1)**中の陽イオン、陰イオンの溶存量の目安となる。導電率、電気伝導率、EC と呼ばれる。

【検層】（けんそう）

ボーリング孔内に様々な測定器を挿入し、孔周辺の地盤の物理的性質を深さ方向に連続的に捉えることにより地質状況を把握しようとする調査方法の総称。一般には物理検層という。原理の違いにより、**電気検層(31)**、**地下水検層(31)**、温度検層などの様々な種類がある。

【地下水検層】（ちかすいけんそう）

単一のボーリング孔を利用して地下水流動層を検出する**検層(31)**の一つ。地下水流動層の数や存在深度、厚さおよび相対的な流動速度の大小に関する情報を得ることを目的に行われる。例えば、自然状態にあるボーリング孔内に電解物質を投入することにより電気抵抗を低下させ、流入する**地下水(1)**により電気抵抗が回復する状況を経時的に測定するなどの方法が用いられる。温水を投入し、温度変化を測定するなどの方法もある。

【電気検層】（でんきけんそう）

ボーリング孔内に電極を降下させて、地層を電氣的に調査する物理**検層(31)**の総称。一般には比抵抗検層（地層に電流を流し、地層の電位差を連続して測定）と自然電位検層（**SP 検層**：坑井内に自然に発生する電位を連続して測定）を用いることが多い。岩相（堆積岩を産状、岩質などにより、同質あるいは類似グループにまとめた時の呼び方）の判定、地層の対比、透水層の位置、岩盤の風化状況などの判定や、**地下水(1)**の水質変化、原油・ガス層の検知などに使われる（図 6.4）。

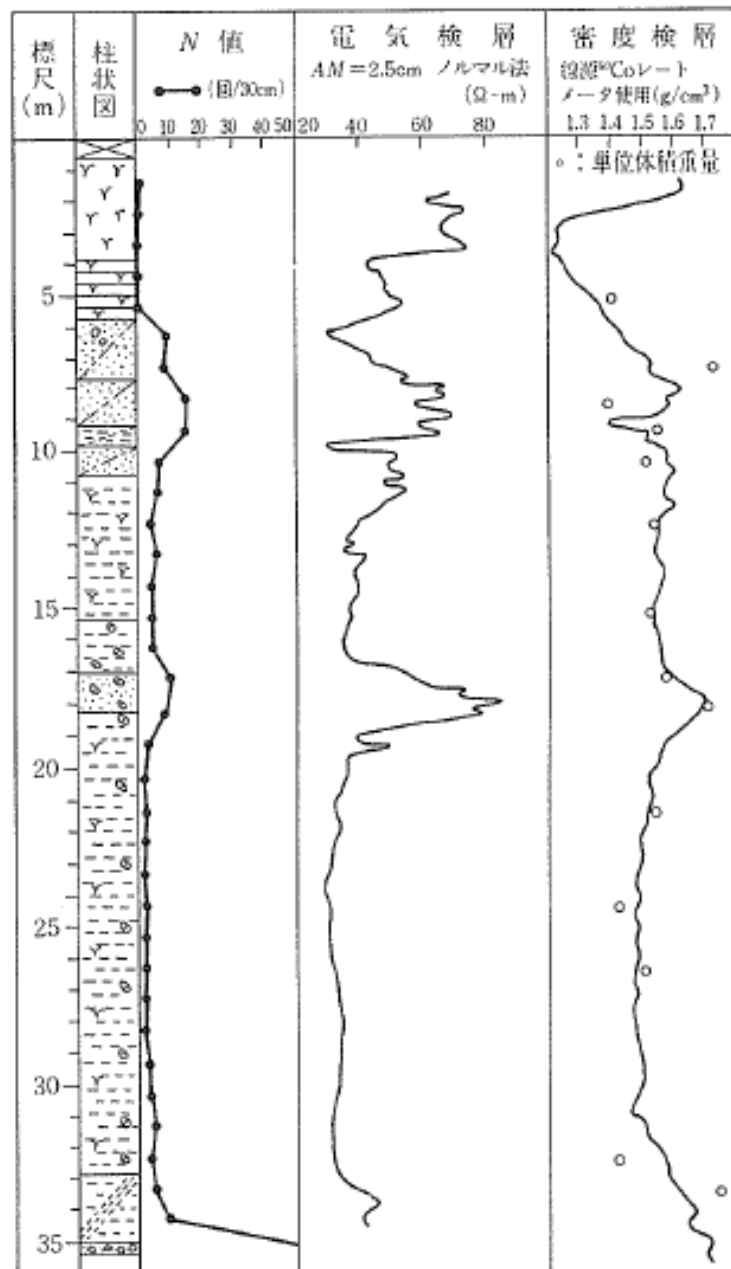


図 6.4 電気検層の結果例
(出典：地下水調査および観測指針(案)、山海堂)

【室内透水試験】（しつないとうすいしけん）

様々な多孔質材料（ガラスビーズ、標準砂、土壌、原位置で採取した試料の成型コア、岩盤の割れ目試料など）を用いて室内で行う透水試験。

【現場透水試験】（げんばとうすいしけん）

現場における調査井（ボーリング孔）などを利用した**揚水試験(33)**、注水試験、回復試験、干渉試験、トレーサー試験などを指す。**コアサンプル(27)**による室内試験に比べて、試験地点周囲の自然状態の平均透水特性やその広がりが推定できる。現位置透水試験ともいう。

【単孔式現場透水試験】（たんこうしきげんばとうすいしけん）

単一の試験孔で実施する現場透水試験法の総称。**揚水試験(33)**、回復試験、注水試験など、多くの**現場透水試験(33)**がこのタイプである。なお、複数の井戸を利用した干渉試験もある（図6.5）。

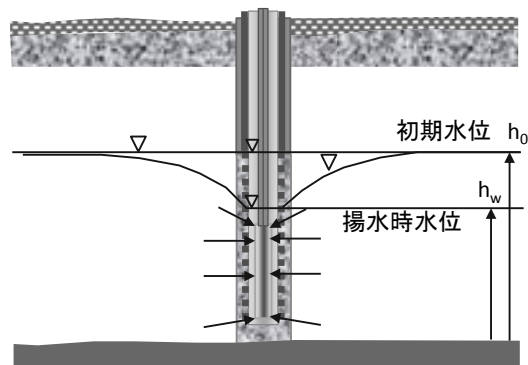


図 6.5 単孔式透水試験の概要

【揚水試験】（ようすいしけん）

井戸周辺の**帯水層(2)**の水理特性・広がりおよび井戸の揚水能力を求めるための試験をいい、前者は帯水層試験とも呼ばれ、揚水井戸と観測井戸を設けて実施する場合もある。一定の揚水量のもとでの平衡水位のデータから、比較的、簡便に透水性や揚水能力が求められる。揚水時だけでなく揚水停止時の地下水位回復データを取り、評価に供することが可能である。

【段階揚水試験】（だんかいはようすいしけん）

揚水量を段階的に変化させ、それぞれの揚水量における井戸内の水位低下量を測定する試験。測定された揚水量と水位低下量の関係から揚水に伴う水位差（地層損失あるいは帯水層損失という）や**帯水層(2)**の水頭と井戸内水位の差（井戸損失あるいは井戸ロスという）などを評価するために用いられる。

7. 水利用

【地下水利用】（ちかすいりよう）

地下水(1)を人間活動に利用する行為。飲用・生活水や産業利用をはじめ、温度利用（夏の冷却、冬の暖房・消雪、温泉）、水質利用（温泉の効能）、発電（深部地熱水の利用）、溶存ガス採取（水溶性天然ガス）などがある。

【掘り抜き井戸】（ほりぬきいど）

被圧帯水層(3)まで掘り抜いた井戸。加圧された地下水(1)が掘り抜き時に急激に上昇したり、自噴したりするような井戸のこと。

【自噴井】（じふんせい）

掘削された孔内を地下水(1)が自然に上昇し、地表の井戸口元で湧出する井戸。全水頭(20)が地表より高い位置にある被圧帯水層(3)まで掘り抜いた場合に見られる。

【機械掘り】（きかいぼり）

エンジン等の動力装置を原動力として井戸を掘り下げる工法。強い動力源を用いるため、深い井戸を掘削できるという特徴がある。日本では大正時代以降主流となり、現在では 30m より深い井戸のほとんどは機械掘りによって掘削されている。

【地下水障害】（ちかすいしょうがい）

主に地下水利用(34)や建設工事などにより生じる地下水系の変化に伴う障害で、次のように大別され、①井戸枯れ(36)、②地盤沈下(34)、③塩水化(25)、④地下水汚染、⑤湧水消失・湧出量減少などがある。P 3 4

【地盤沈下】（じばんちんか）

人工的あるいは自然の原因で地表面標高が低下する現象。最も一般的には地下水(1)や水溶性天然ガス、石油などの採取により、地層内の隙間にある水の圧力（間隙水圧という）が低下し、固まっていない柔らかい泥質の地層（未固結泥質層という）から隙間の水が絞り出されて体積が縮む（圧密収縮という）ことによって生じる（図 7.1 および図 7.2）。また、埋立地などでは、地震動により地下水位の高い砂地盤が液体状になる（液状化という）とともに間隙水(1)の排水が生じ地盤沈下が起こる。地下での採鉱や空洞建設など人為的原因でも生じることがある。

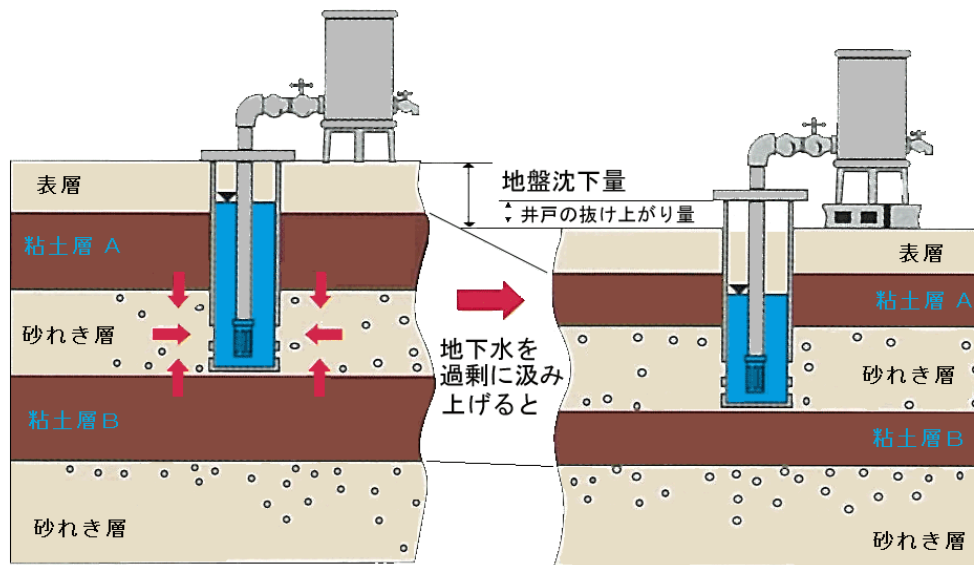


図 7.1 地盤沈下の仕組みと抜け上がり現象

(出典：地盤沈下防止への取組、千葉県HP)



図 7.2 実際の地盤沈下被害

(出典：平成 27 年における濃尾平野の地盤沈下、東海三県地盤沈下調査会)

【過剰揚水】(かじょうようすい)

帯水層(2)や環境に好ましくない影響を与える揚水のことで、井戸枯れ(36)、地盤沈下(34)、塩水化(25)などを起こすもの。

【井戸枯れ】（いどがれ）

不圧地下水(3)を汲み上げる井戸（浅井戸という）において、**地下水位(19)**が低下して井戸内に流入する**地下水(1)**がなくなり、井戸が干上がること（図 7.3）。

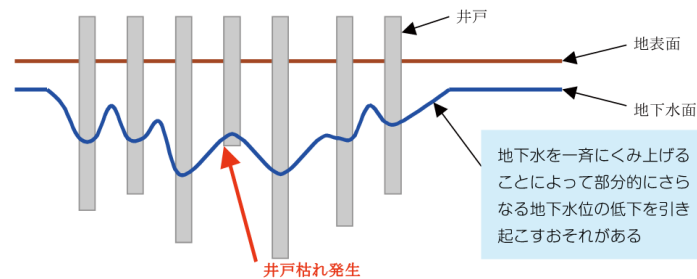


図 7.3 井戸枯れの仕組み
(出典：大野市地下水保全管理計画)

【許容揚水量】（きょうようようすいりょう）

その地域に生活する住民にとって、**地下水(1)**を汲み上げることによって生ずる利益と不利益とを考え合わせて、容認できる地下水揚水量。具体的な揚水量は、**水収支(15)**・**地下水障害(34)**・**親水環境**・**法律**・**経済**などを評価指標とし、**地域の実情**により定められる。

【適正揚水量】（てきせいようすいりょう）

ある設定された評価の考え方や評価指標で見たときの最も適正な揚水量。持続的に地下水利用を行うため、**地域の実情**に応じて関係者の合意のもとに定められ、許容揚水量に対してある程度の余裕を持った量とすることが多い。例えば、揚水にかかる費用と得られた水がもたらす利益を比較して、費用対効果が最大となる揚水量などがある。