

1 2. 地域循環共生圏の創造

キーワード：湧水、地下水涵養、地域活性化

概要

松本盆地の中央部に位置する長野県安曇野市では、古くから豊かな地下水・湧水を利用してきた。松本盆地は、犀川上流域に位置し、地下には水量・水質ともに日本有数の地下水が貯えられている（琵琶湖の約7割）。地下水や湧水は、地域の飲料水（2015年度（平成27年度）から上水道は100%地下水でまかなわれている。）、養魚・農業・わさび栽培、ミネラルウォーター・精密機器の洗浄水などに多様な用途に利用されている。地下水は地域の活動に欠かせないものとなっている。安曇野市にとって、地下水・湧水は、単なる飲用水に留まらず、貴重な地域資源である。地域資源を健全な状態で維持し、将来にわたって安定的に利用することは、地域活動を持続的に行う上で重要となっている。

さらに、「安曇野わさび田湧水群」は、環境省の「名水百選選抜総選挙」（平成27年3月）において4部門中2部門で日本一を獲得するなど、地下水は、豊かな自然生態系・風土・文化を育み、北アルプスの雄大な山並みと清らかな水の流れが織りなす風景は、魅力的な環境資源の役割も果たしている。このように、地下水は安曇野の暮らし、産業、観光と密接に係わり、欠かすことのできない重要な資源となっている。

地下水涵養（麦後湛水）検証事業

安曇野市では、2012年度（平成24年度）から、麦後湛水検証事業¹⁾に取り組んでいる。転作田の連作障害や抑草効果といった水田機能の維持、地力増進を促進する取組の一環で、副次的効果として、水田からの人工涵養を期待した取組である（図1）。この検証事業には、5年間で延べ82人の農家や集落営農組合などが参加し、取組農家数と面積は毎年増加し、2016年度（平成28年度）の試算では、97.0万m³（約59ha（383ほ場））が地下に涵養された。

また、アンケート調査では、参加農家の約7割が、事業（補助金制度）がなくなっても自主的に取り組むと回答し、実際に回答者の約8割が、営農メリットがあると答えた。具体的な効果として連作障害や抑草効果による収量の増加などが報告され、地下水涵養保全策としても効果を上げた。2017年度からは、事業を継続するとともに、同様の趣旨の事業として、転作田湛水事業を開始し、麦以外の転作田を対象に湛水事業を拡大している。

麦後湛水の3つの効果

連作障害対策効果

抑草効果

地下水資源涵養効果

図1 麦後湛水の3つの効果¹⁾

地域ブランドとして

安曇野市の地下水は、「安曇野わさび田湧水群」（写真1）と呼ばれ、観光資源としても高い価値を持っている。2015年（平成27年）に「名水百選」30周年を記念して行われた「名水百選選抜総選挙」（平成27年3月）²⁾において、「安曇野わさび田湧水群」は、観光地と景観の2部門で第1位を獲得した。安曇野市の観光客数は、近年増加傾向にあり、その中でも、「安曇野わさび田湧水群」への観光客数は、全体の約3割を占め、市の重要な観光資源としての役割も果たしている。



写真1 安曇野わさび田湧水群²⁾

【引用・参考文献】

- 1) 安曇野市：安曇野市水環境基本計画（マスタープラン）～水は、次世代からの預かりもの～、2017.3.
- 2) 環境：～名水百選30周年記念～「名水百選」選抜総選挙、<https://www.env.go.jp/press/102289.html> .

キーワード：震災復興、研究プロジェクト

概要

2016年(平成28年)4月14日に発生した熊本地震により激甚な被害を受けた熊本県では、創造的な復興を目指した取組が行われている。環境省、熊本県、東海大学の三者は、互いに連携、協力し、震災に見舞われた阿蘇地域の創造的復興に向けて、阿蘇山から有明海に至る森里川海のつながりをこれまで以上に強く意識した豊かな地域循環共生圏の構築するため、「阿蘇地域の創造的復興に向けた地域循環共生圏の構築に関する協定」を締結した。阿蘇地域・熊本地域は、国内でも有数の地下水利用地域であり、地下水は、上水道、農業、工業に利用されている。災害は、人命や財産に直接的な影響を与えるだけでなく、地下水にも影響する。熊本地震では、水の名所として有名な「水前寺成趣園」(熊本市中央区)の湧水が一時的に枯渇し、池の大部分が干上がるなどした(写真1,2)。災害に対する地域のレジリエンスの向上は、農業分野、環境分野においても重要であり、大学等と連携した取組が行われている。



写真1 水前寺成趣園 (4/20撮影) 1)



写真2 水前寺成趣園 (5/12撮影) 1)

協定の概要

協定では、阿蘇地域の創造的な復興に向けた地域循環共生圏の構築に関する調査、研究、教育活動や地域創生活動を実施していくため、地域の様々な関係者と協力を図り、「研究プロジェクト」および「地域創生プロジェクト」に相互に連携して取り組むとしている。研究プロジェクト²⁾を立ち上げた。

研究プロジェクトの目標は、下記3つを統合し阿蘇における地域循環共生圏の構築と創造的復興の統合提案を行うものであり、表1に示すテーマをもとに、研究全体の目標を挙げた取組が行われている。

- ・自然災害と生態系の構造、生態系サービス(主に水循環と防災・減災)との関係に基づいた創造的復興手法を開発する。
- ・熊本地震において大きな変動を受けた地下水の動的変動メカニズムの解明と今後の回復の見込み、地下水の変動が農業に与える影響について明らかにする。
- ・地域の自然資本と社会関係資本を再評価し、その資本を維持・活用することによって地域のレジリエンスを高める「地域循環共生圏」の構築手法を開発する。

表1 研究プロジェクトのテーマ

テーマ	サブテーマ
(1) 自然災害と生態系サービスの関係性に基づいた創造的復興に関する研究	① 地域循環共生圏の確立と創造的復興の総合化 ② 自然災害と生態系サービスの関係性からみた創造的復興の提案 ③ 災害による文化的サービスの変容とマネジメント手法
(2) 熊本地震による阿蘇カルデラから熊本地域の地下水を中心とした水循環への影響の評価に関する研究	① 阿蘇カルデラを含む阿蘇・熊本地域における地下水を中心とした水循環モデルの構築と熊本地震による影響の把握 ② 地震による阿蘇草原等の土地利用の変化が水循環に及ぼす影響の評価 ③ 水循環の変化が農業に及ぼす影響の評価
(3) 自然資本と社会関係資本に着目した地域循環共生圏の重層性構築に関する研究	① 阿蘇地域における地域のレジリエンスを高める地域循環共生圏の重層性構築 ② 集落レベル、市町村レベルの復興プロセスと社会関係資本に基づく創造的復興手法の提案 ③ 地域が主体となった地産地消型再生可能エネルギー活用と里地・里山再生モデル提示

【引用・参考文献】

- 1) 宮本義隆：熊本の地下水と地震の影響、地質と調査 2017 第3号、2017。
- 2) 環境研究総合推進費：S□-5、阿蘇をモデル地域とした地域循環共生圏の構築と創造的復興に関する研究。

キーワード：湧水、名水、地域活性化

概要

秦野市は、神奈川県西部に位置し、丹沢山地から発する河川によってできた扇状地地形の盆地である。市内には多数の湧水群を有し、修行に訪れた僧たちが水で身を清めたと伝えられる「護摩屋敷の水」や、弘法大師との故事に由来する「弘法の清水」（写真1）等で知られる。1985年（昭和60年）には、環境省の名水百選に秦野盆地湧水群として認定を受けた。古くから地下水に恵まれており、地下水は1890年（明治23年）に給水を開始した近代水道の水源として使用され、水道水の約70%を地下水で賄っている。秦野市では、市民共有の財産である地下水を守り育て、将来にわたって活用していく施策を着実に推進しつつ、地下水を将来に引き継いでいくために、名水の魅力を伝える取組を行っている。



写真1 弘法の清水

秦野名水の保全と利活用

秦野盆地の地下水盆（約27km²）に存在する利用可能な地下水は、2021年度（令和3年度）改定の秦野市地下水総合保全管理計画¹⁾によると約7億5千万m³であると推定されている。

秦野市では、この豊富な地下水を保全しつつ、効果的に利活用するため、秦野名水の利活用指針²⁾を定めている。利活用指針の中で、利活用の優先度の評価方法として、用途・使用量、水質（汚染リスク）、秦野名水の普及効果等の評価軸の3つの評価軸をもとに、これらを総合的に評価し、施策の優先度を定めている（図1）。

優先度が高い～中に位置する利活用として、「市民に広く秦野名水の恩恵があるもの」、「秦野名水の収支へ影響を与えないもの」、「秦野名水を汚染するおそれがないもの」、「秦野名水の名声やイメージを広めるもの」を積極的に推進する方針としている。また、利活用指針では、秦野市域に存在する地下水を水源とする水のすべてを「秦野名水」と定義し、ロゴマークを作成して、秦野名水のPRにも努めている（図2）。

名水ブランドとしての活用

秦野名水は、「名水百選」30周年を記念して行われた「名水百選選抜総選挙」（平成28年3月）³⁾において、おいしさが素晴らしい名水部門で一位を獲得した。秦野の水は、「おいしい秦野の水—丹沢の雫—」として、市内でのペットボトルの販売のほか、インターネットでの販売も実施している。また、秦野名水が湧き出す秦野湧水群を使った観光PR活動等も行っている。

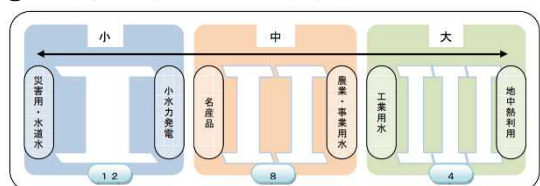
【引用・参考文献】

- 1) 秦野市地下水総合保全管理計画、秦野市、2021.
- 2) 秦野名水の利活用指針、秦野市、2014.
- 3) ～名水百選30周年記念～「名水百選」選抜総選挙、
<https://www.env.go.jp/press/102289.html> .

① 用途・使用量の評価軸



② 水質（汚染リスク）の評価軸



③ 秦野名水の普及効果の評価軸



図1 秦野名水の利活用の評価軸と評価点²⁾



図2 「秦野名水」ロゴマーク

キーワード：水循環、保全計画、湧水、名水

概要

岡崎市は、2006年（平成18年）1月1日に旧額田町と合併し乙川の上流域と下流域が岡崎市に含まれることとなった。旧岡崎市では、戦後の高度成長期を通じて都市への人口や産業が集中することによって水質汚濁、河川流量の減少、湧水、親水性の低下などの水環境に関する問題が生じている一方で、上流域に位置する旧額田町は豊かな緑と水を擁し、これを基幹産業とする林業や農業が栄えてきたが、就業者数の減少や高齢化によって山林の荒廃や耕作放棄地の増加が起こり、環境の悪化や保水力の低下などが課題となっている。

乙川流域は岡崎市内の水道水源の約50%を担っており、岡崎市では合併を機に水環境創造プランを策定し、行政・市民、有識者などで意見を出し合い、上流域から下流域まで、環境・治水・利水の面から総合的にみて、将来の望ましい水環境のあり方に関する取組を進めている。

岡崎市水環境創造プラン（岡崎市水循環総合計画）

岡崎市水環境創造プラン（岡崎市水循環総合計画）では、「水量」、「水質」、「災害（洪水・湧水）」、「水辺環境」、「水との関わり」に関連した5つの基本方針を定めている。岡崎市では、水源涵養機能の向上、湧水等の保全などの水量保全する施策から、文化活動の活性化、市民の自主的な活動の促進や、新たな観光資源の創造などの水文化の創造といった社会活動に至るまで、水に係わる事項の全てを対象とした横断的な連携のもと、将来のあるべき姿とその実現に向けた取組を進めている（図1）。

また、計画目標達成のため施策の進捗管理として、市民・企業・行政の協働により、モニタリングおよび情報の共有を図り、『岡崎市水を守り育む条例』に規定されている「水循環推進協議会」を設立・開催し、岡崎市水環境創造プラン（岡崎市水循環総合計画）の進捗状況について毎年確認を行っており、各種対策の進捗状況は年次報告書として取りまとめている¹⁾。

2017年（平成29年）2月には、水循環推進協議会の答申を受け、基本方針の一つである水量に関する取組をより一層推進していく予定とし、特に森林における公益的機能の観点からの啓発や森林整備に関する取組を強化していくとしている²⁾。



図1 岡崎市水環境創造プラン¹⁾

ホタルの里湧水群

鳥川地区は、小高い山々に囲まれた山間の集落であり、山にしみ込んだ水が区内各所で湧き出している。湧水群の一つ「延命水」は、市内外から水を取りに来る人が多く、天然のゲンジホタルが生息している貴重なホタル観賞スポットとして知られている^{とっかわ}。鳥川ホタルの里湧水群は、2015年（平成27年）に「名水百選」30周年を記念して行われた「名水百選選抜総選挙」（平成27年3月）³⁾において、秘境の地の名水部門で一位を獲得した。また、廃校となった小学校を再利用して「ホタル学校」などの学びの場や山歩きイベントなども行われている⁴⁾。森林整備などの水源保全に係る取組は、このような環境資源を守ることもつながっている。

【引用・参考文献】

- 1) 岡崎市：岡崎市水環境創造プラン、2008。
- 2) 岡崎市水循環推進協議会：水環境創造プランの基本方針に基づく水量に関する重点施策について、2017。
- 3) 環境省：～名水百選30周年記念～「名水百選」選抜総選挙、<https://www.env.go.jp/press/102289.html>。
- 4) 岡崎市公式観光サイト：<https://okazaki-kanko.jp/mizutomidori/hotarunosato>。

1 3 . 環境技術・手法の開発

キーワード：消融雪パイプ、節水対策、積雪地域

概要

積雪地域では、幹線道路などの公共交通機関で地下水を揚水し消雪用に利用している（写真1）。また、多くの家庭でも消雪井戸を設けるなど、建物の屋根や駐車場などの消雪にも地下水が用いられている。冬期の道路交通の確保や雪処理の手段として、日常生活の利便性や生活環境の改善に大きく役立てられている。一方で、特に冬期に地下水位低下が著しく、これに伴う地層の収縮により、豪雪年に地盤沈下が進行しやすい。これらの地域では、地盤沈下対策として、節水により地下水の利用を低減し、地下水位の低下を抑えながら、効果的に消雪を行えるように、節水機器の設置の推進や集中管理システムが活用されている。



写真1 散水消雪施設

節水対策

(1) 節水機器の設置の推進

新潟県南魚沼市では、消雪用井戸降雪検知器等の設置を推進している。消雪パイプの運転をこまめに切り替え、スイッチを切るとは、地下水の節水になるとともに節電や二酸化炭素削減にも大きく貢献することになる。近年は、間欠運転機能やインバータ機能付きの降雪検知器の導入に補助金を出すなど、消雪井戸の稼働時間を減らす取組が行われている（図1）。

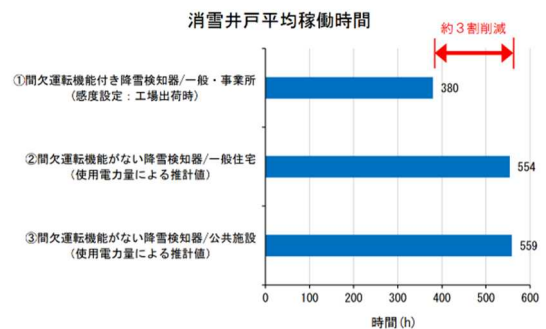


図1 間欠運転機能付き降雪検知器の効果 南魚沼市より提供

(2) 集中管理システムの導入

新潟県上越市では、消融雪利用の節水対策として集中管理システムを導入している（図2）。集中管理システムは、地下水消雪パイプ・加温式消雪パイプ・流雪溝ポンプについて遠隔地から監視・制御を行うシステムである。1997年（平成9年）～2012年（平成24年）までは、有線回線を利用して市役所のサーバーから遠隔監視や遠隔操作を行っていたが、2013年（平成25年）に携帯電話網を利用したWeb対応型の集中管理システムへ更新した（図3）。新システムでは、多数決判定によるブロック制御機能や間欠運転による節水機能も付加されている。地下水消雪パイプと加温消雪パイプは、現地自動制御や遠隔地からの強制運転・停止を行うこともできるが、中央サーバーでブロック制御（登録ブロック内の連動・多数決判定）を行うことによって、より効率的な運用が図られている。

○集中管理システムの主な機能

- ・遠隔監視（運転、降雪、故障、低水位、気温等）、遠隔操作（運転/停止）、ブロック制御（降雪検知数による多数決判定）、節水モード（外気温に応じた間欠運転）、Web配信（ブラウザ閲覧）

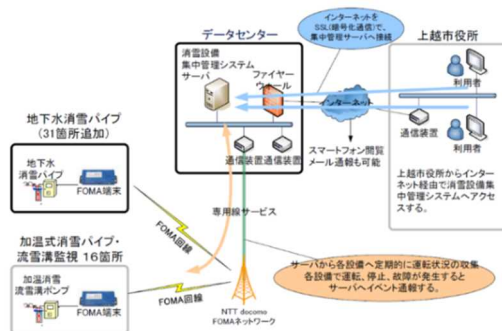


図2 集中管理システム概要図¹⁾

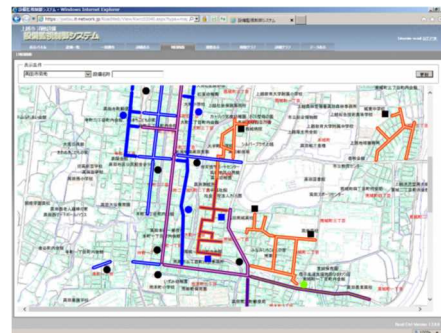


図3 WEBシステムの画面表示（地図形式）¹⁾

【引用・参考文献】

1) 大川滋：集中管理システムを用いた消融雪施設の一元管理、ゆきみらい研究発表会論文集、2015。

キーワード：地盤沈下、人工衛星、合成開口レーダ（SAR）

概要

地盤沈下は、発生すると元に戻らない不可逆的な現象であるとともに、一旦発生すると直ちに止めることが難しい。近年、関係機関の多大な努力のもとに広域地盤沈下は、沈静化に向かいつつあるが、未だ完全な収束には至っていない状況にある。地盤沈下の早期発見のためには、今後も継続的な監視が必要であり、国及び地方公共団体により水準測量による監視が行われている。

一方で、従来の水準測量を用いた地盤沈下の監視は測量に多くの費用や人員が必要となり、水準測量による地盤沈下の監視が困難な状況になりつつある。人工衛星データの活用は地盤沈下の監視体制を維持向上し、効率的、且つ効果的な地盤沈下の観測技術の一つとして期待されている技術である。

衛星データによる地盤沈下監視の仕組みと特徴

人工衛星（合成開口レーダを搭載したものを SAR 衛星^{*1}と呼ぶ。）から地表に向かって発信した電波は、常に一定の波長で進む。時期を変えて、同じ位置から電波を発信した場合、地表面の変位に応じた差が生じる（図 1）。衛星監視システムでは、2 回の電波の位相差を読み取ることにより、地表の変位量を把握する。GPS と異なり、地上観測点が不要であるため高い空間分解能があり、人工衛星データを用いた地盤沈下の監視は、既存の水準点が無い範囲も含めた面的な地盤沈下量が得られるメリットがある。また、水準測量と組み合わせて使用することで、より効果的な活用が可能となる。なお、精度の検証の面においても水準測量のデータは必要となる。

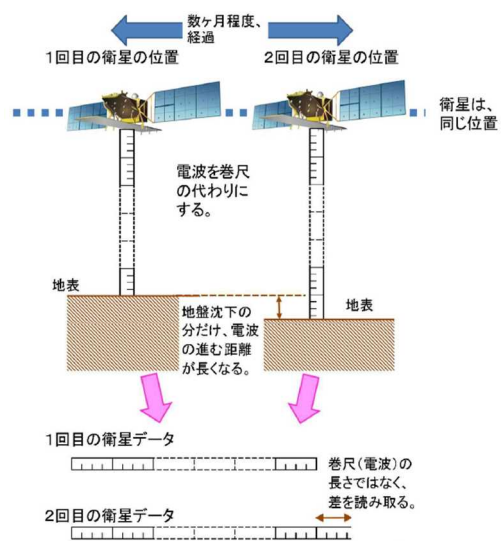


図 1 SAR 衛星による地盤沈下監視の原理

人工衛星データによる地盤沈下監視事例

人工衛星データによる地盤沈下の監視は、調査計画の策定、調査・解析、データの蓄積・管理の 3 段階で行われる。また、解析は干渉 SAR 解析 ⇒ スタッキング解析 ⇒ 2.5 次元解析の順に行われる。ここでは、ALOS2 を使用した九十九里浜での 2.5 次元解析結果を示した。

図 2 は、水準測量と人工衛星データの解析結果による地盤沈下量分布図を比較したものである。両者の分布は良く整合したものとなっている。また、水準測量との精度比較においても、決定係数 $R^2 \approx 0.9$ 、標準偏差 = 0.165 cm、最大較差 = 0.76 cm であり、良好な結果が得られている。

【注釈】

^{*1} 2014 年に宇宙航空研究開発機構（JAXA）によって、フェーズドアレイ方式 L バンド合成開口レーダ PALSAR-2 により地表を観測する ALOS-2 が打ち上げられた。ALOS-2 の後継機である ALOS-4 が 2022 年度に打ち上げ予定である。

【引用・参考文献】

1) 環境省：地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル、2018。

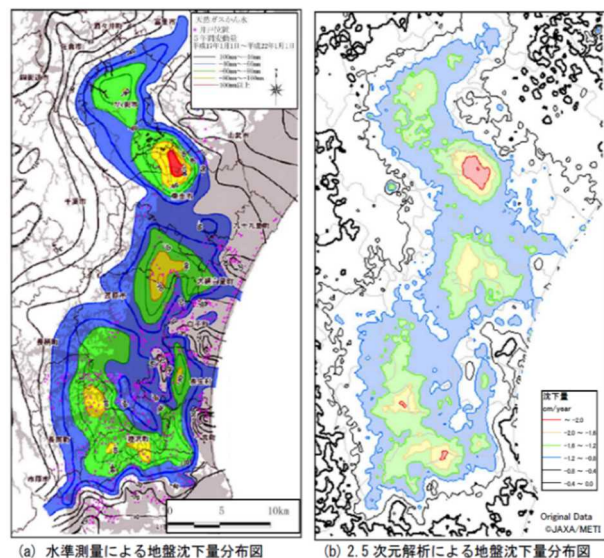


図 2 九十九里平野における水準測量による地盤沈下量分布図と ALOS による地盤沈下量分布図の比較¹⁾

（水準測量は千葉県環境審議会水環境部会資料より）

キーワード：非常時地下水利用、地下水シミュレーション、レジリエンス

概要

地震、洪水等の災害時や危機的な渇水などの非常時には安定的な水の供給が絶たれ、地下水などの代替水源の活用が行われる。2011年（平成23年）3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、地震、津波により多くの人命が失われるとともに、建築物、ライフライン施設等の社会基盤施設へも甚大な被害をもたらした。水道に関しても、187市町村（厚生労働省、2011）において断水が数週間継続するなど、生活用水の確保に窮する状況が続き、代替用水源として地下水を利用する事例が多数見られた。また、気候変動の影響により渇水リスクが増大し、月降水量における異常少雨の年間出現回数は、1901年（明治34年）～2013年（平成25年）の間で増加傾向にある¹⁾。1994年（平成6年）列島渇水では、給水制限期間：351日間、42都道府県517市町村で給水制限が実施され、工業用水や農業用水へ影響をもたらした。非常用水源として地下水が活用されたが、一方で、関東平野北部において地下水利用による地盤沈下が進行し、危機的な渇水が発生した場合の適応策が必要であり、災害時における適正な地下水利用が求められている。

災害時地下水利用システムの開発

地震や洪水等の災害や危機的な渇水時の緊急時における対応として、地下水の代替水源として活用が期待される一方で、適切な利用がなされない場合、過度な地下水の汲み上げによる地盤沈下や塩水化が生じる。

災害時の適正な地下水利用に関する適正な利用と対応について、内閣府が実施する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の研究開発テーマ²⁾のひとつとして、災害時地下水利用システム開発が採択された（図1）。

本テーマでは、環境に大きな影響を及ぼすことなく地域の実情に応じて非常時に利用できる地下水を定量的に明らかにし、非常時でも強靱な水供給システムを開発することにより、水供給サービスの被害最小化に資することを目的としている³⁾。研究開発は、次の5つのサブテーマから構成されている。

- サブテーマ□-1 非常時地下水利用システムの開発・社会実装
- サブテーマ□-2 非常時地下水利用の制度設計
- サブテーマ□-3 環境影響を考慮した地下水利用可能量評価のための統合技術の開発
- サブテーマ□-4 森林管理手法と地下水涵養量・湧水量の評価
- サブテーマ□-5 三次元水循環解析モデルの開発

政府、自治体や流域協議会（水循環基本計画に定める流域水循環協議会）が非常時地下水利用システムを実装することにより、渇水時における取水調整の最適化、災害拠点病院や水道事業者等のBCP反映による避難所・災害拠点における水源確保の実現を最終目標としている。

【引用・参考文献】

- 1) 厚生労働省：平成23年（2011年）東日本大震災の被害状況及び対応について（第97報）、p.11、2011。
- 2) 国土交通省：気候変動に適応した治水対策検討小委員会（第16回）資料、社会資本整備審議会河川分科会、2014。
- 3) 内閣府：戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）国家レジリエンス（防災・減災）の強化研究開発計画、2019。
- 4) 内閣府：国家レジリエンス（防災・減災）の強化、https://www.nied-sip2.bosai.go.jp/research-and-development/theme_4.html。



図1 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）国家レジリエンス（防災・減災）の強化テーマIV.災害時地下水利用システム開発

キーワード：帯水層蓄熱、地球温暖化対策

概要

「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）第5次評価報告書」では、地球温暖化の影響への適応とともに、再生可能エネルギーの普及による温室効果ガス排出削減等の緩和策の重要性が指摘された。「第5次エネルギー基本計画」（平成30年7月）では、エネルギー消費が熱利用を中心とした非電力が過半を占める現状から、熱利用の効率化の重要性と取組強化の必要性が示された。

帯水層蓄熱利用システムは、年間を通じて水温が安定している浅い帯水層に熱エネルギーを貯留し活用するものであり、「空気熱利用とは異なり大気中へ排熱を出さず地下に熱を蓄える」、「省エネルギーでCO₂の排出量を削減できる」などのメリットを有する。これを活用した空調システムは、高い省エネルギー性や環境負荷低減効果があり、ヒートアイランド現象の緩和等においても期待されている。

帯水層蓄熱利用システムの仕組みと特徴

帯水層蓄熱利用は、自然の地盤を熱の貯留槽として活用する技術で地中熱利用に含まれる。夏季の冷房時に生じる温排熱を帯水層に蓄え、冬季の暖房熱源に活用し、また、冬季の暖房時に生じる冷排熱を帯水層に蓄え、夏季の冷房熱源に活用する。蓄えた排熱を再生可能エネルギーとして活用することにより、ヒートポンプを効率的に稼働し、省エネ、省CO₂を図るシステムである（図1）。特に、地下水を豊富に含む地域での導入が期待されている。

国内では、まだ普及が進んでいないものの、海外、特にオランダでの普及が進んでおり、すでに約3,000件を超えるシステムが稼働している。

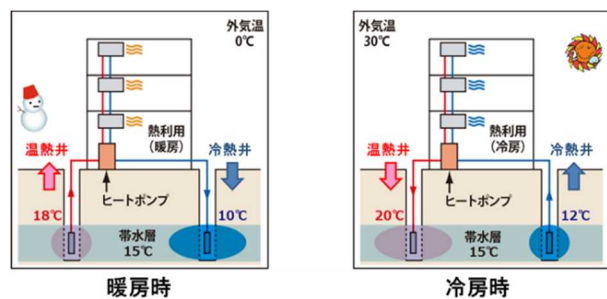


図1 帯水層蓄熱利用システムの概念図³⁾

国内における技術開発・実証事業

帯水層蓄熱利用の普及に向け、導入コストの縮減やエネルギー効率を高めるための技術開発とともに、利用に適する地盤条件に関する調査・検討が進められている。また、地下水を汲み上げ、還水することから、水圧変化による地盤沈下や水温変化による水質や微生物への影響についての研究や実証試験も進められている。

環境省のCO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業では、2015年（平成27年）～2018年（平成30年）にかけて、大阪市うめきた2期地区における実証事業¹⁾が行われた。同地区では地盤沈下を生じさせることなく地下水を有効的に活用できることが実証され、国家戦略特別区域会議の特定事業²⁾としての認定を受けた（図2）。

また、2018年（平成30年）～2021年（令和3年）にかけて、大阪市舞洲地区において、同実証事業により、複数帯水層を活用した新型熱源井システムの研究開発、帯水層蓄熱利用冷暖房の実証設備の構築及び運転に伴う省エネ性能や地盤影響の検証等が行われている。これらの実証成果により、帯水層蓄熱利用のさらなる普及につながる事が期待される。



うめきた2期地区全景（完成予想イメージ）

図2 うめきた2期地区完成予想イメージ³⁾

【引用・参考文献】

- 1) 大阪市：帯水層蓄熱利用の普及に向けた取組み、<https://www.city.osaka.lg.jp/kankyo/page/0000476996.html> .
- 2) 環境省：建築物用地下水の採取の規制に関する法律の規制緩和について、<https://www.env.go.jp/press/107137.html> .
- 3) 環境省：帯水層蓄熱の利用にあたって、～熱エネルギーを大地に蓄熱 大規模施設の冷暖房に活かす技術～、2020.

14. ケーススタディ

(1) 地盤沈下履歴がある沿岸地域における地下水利用検討事例（神奈川県川崎市）

以下の検討条件、内容により検討を行った。

- 河川涵養による流動域と降雨涵養の流動域が併存する地域における検討を行った。
- 上流涵養域と下流地盤沈下域を含む解析を実施した。
 - ・ 低地部で地盤沈下させない可能揚水量を検討した。
- 上流域と下流域における規制及び保全方策を検討した。
 - ・ 戦後は下流低地及び沿岸部で揚水し、近年は台地部で揚水が増加している状況を反映させた。
- 流域毎の地下水保全方策（涵養源保全、雨水貯留など）を検討した。
- 各流動域の揚水量と地盤沈下、塩水化への影響を簡便法により検討した。

(2) 被災地域での地盤沈下を防止しながらの災害時地下水利用検討事例（仙台平野）

以下の検討条件、内容により検討を行った。

- 現状で地下水利用が少ない地域の解析事例とした。
- 災害時における避難所等での可能揚水量と利用条件を検討した。
- 揚水による地盤沈下影響について年間水収支法を用いて検討した。
- 災害時の代替水源として地下水を利用するための準備要件を検討した。

(1) 地盤沈下履歴がある沿岸地域における地下水利用検討事例（神奈川県川崎市）

キーワード: 沿岸平野、地盤沈下、塩水化、伏流水、水収支解析、差分法

解析手法及び結果の概要

(1) 検討条件

- ・ 降雨浸透、河川、揚水井の条件を設定し、地下水位を再現した。
- ・ 観測データとして地盤沈下、地下水位、塩化物イオン濃度を用い、比較的十分な量（期間）が得られていて、それらのデータを使用した。
- ・ 観測井は既設 11 箇所の井戸を使用した（図 1）。
- ・ 地下水利用は、大きく一般事業と水道事業に区分した。

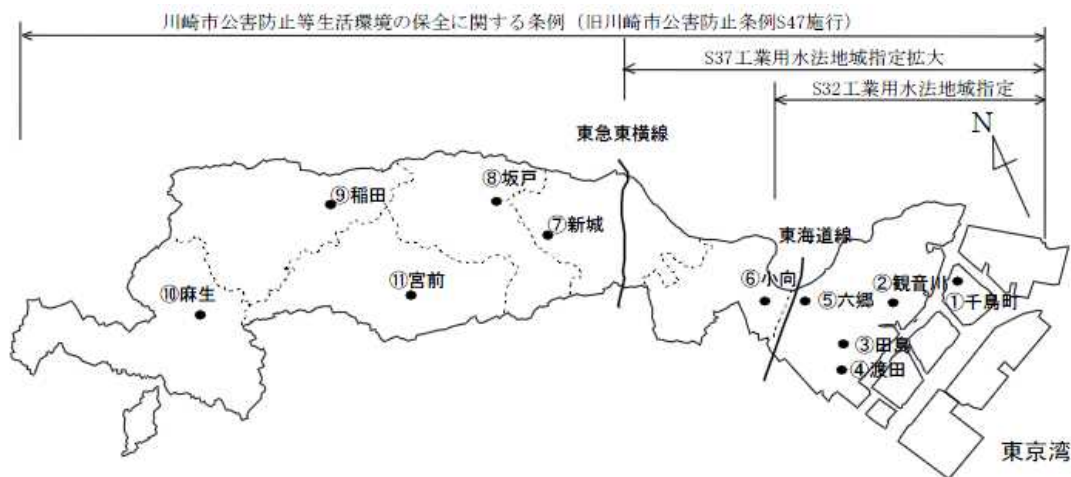


図 1 観測井の配置

出典：川崎市水環境保全計画（平成 24 年 10 月）

(2) 解析手法

具体的な検討手順は図 2 のとおりとした。

- ・ 地盤モデルは平成 18 年度報告書（川崎市）に記載された地盤モデルを利用した。
- ・ 差分法による三次元地下水シミュレーション手法（MODFLOW）を用いた。
- ・ 環境変化要因として、気候（降雨量、降雨パターン）、土地利用（地表涵養）、地下水利用（揚水量、河川水位・流量などを考慮した。
- ・ 河川は、地下水に対して涵養河川、排水河川の両方を想定し、観測データに基づいて河川水位を適切に設定した。
- ・ 地盤沈下は地下水位と地盤沈下量の年変動量の相関関係から、地下水低下に伴う地盤沈下量を推定する簡便法を用いた。
- ・ 塩水化の検討は地下水位と塩化物イオン濃度の観測データを用いて年変動量の相関関係から地下水位の年変動量に対する塩化物イオン濃度の年変動量を推定する方法を用いた。

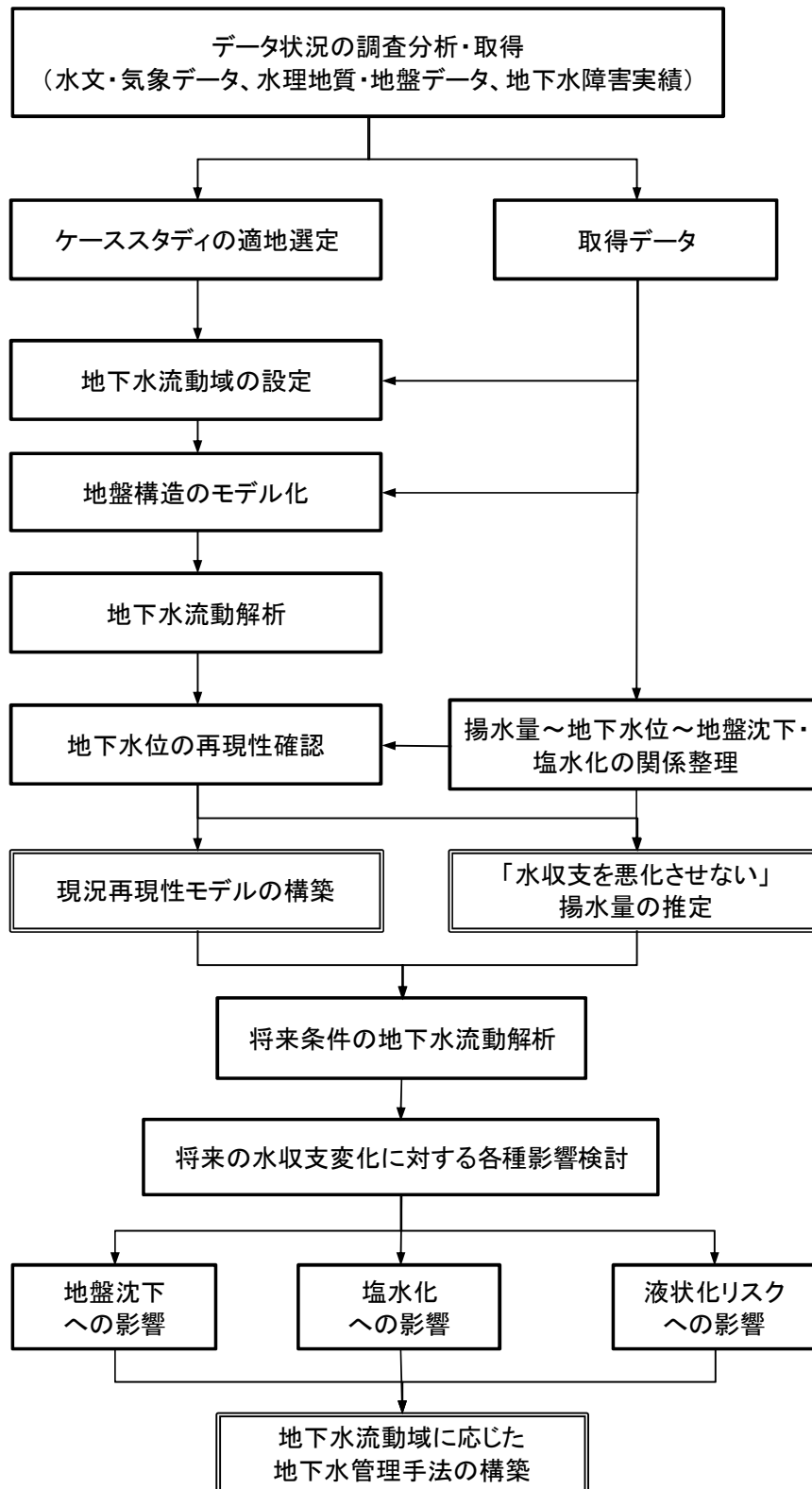


図2 沿岸平野におけるケーススタディ検討手順

(3) 解析結果

◎ 地下水位低下量

- ・現在の揚水位置で揚水量を増加させた場合、低地、臨海・埋立地、扇状地性低地における観測井の水位低下量は、大きく変化しない。揚水量の増加に比べて地下水低下量が小さいのは、多摩川からの涵養が大きいために、すぐに地下水位が回復するためであると考えられる。また、低地、臨海地域の観測所については、2010年時点の揚水箇所から離れていることから、ほとんど揚水量の増加が影響していない。
- ・台地部の宮前観測所では、20年間ゆっくり地下水位が低下し続け、揚水量が増加するにつれて地下水の低下速度が速くなる傾向にある。今後は、台地・丘陵地での観測井を増設し、より詳細に地下水低下量を把握していくことが望ましい（表1、図3）。
- ・沿岸部の千鳥観測所の年間地盤収縮量は、揚水量約40,000m³/日に対して、最大6mm/年に及ぶという結果が得られた（図4）。
- ・沿岸部の田島観測所の塩化物イオン濃度増加量は、揚水量約40,000m³/日に対して、最大600mg/lに及ぶ結果が得られた。

表1 地下水シミュレーションによる揚水量を増加させた場合の年間水収支

	揚水量 127,722 (m ³ /日) 1.00倍		揚水量 137,822 (m ³ /日) 1.08倍		揚水量 145,558 (m ³ /日) 1.13倍		揚水量 177,340 (m ³ /日) 1.39倍	
	流入	流出	流入	流出	流入	流出	流入	流出
貯留量 ^{*1}	1.5	1.1	1.7	1.2	1.7	1.2	2.0	1.2
固定境界 ^{*2}	1.6	6.9	1.7	6.9	1.5	6.9	1.7	6.9
揚水井	0.0	46.6	0.0	50.3	0.0	53.1	0.0	64.7
河川境界	67.9	35.1	71.0	35.9	73.3	35.6	83.8	35.3
降水量	18.9	0.0	18.9	0.0	18.9	0.0	18.9	0.0
合計	89.9	90.7	90.7	94.3	95.4	96.8	106.4	108.2

(単位：×10⁶ m³/y)

※1：貯留量は2010年4月時点を基準とする。

※2：固定水頭境界はモデル北西側境界からの流入と南東側の東京湾への流出からなる。

※3：倍率は揚水量の比率を表し、2010年の現況再現計算結果を1.0倍としたものである。

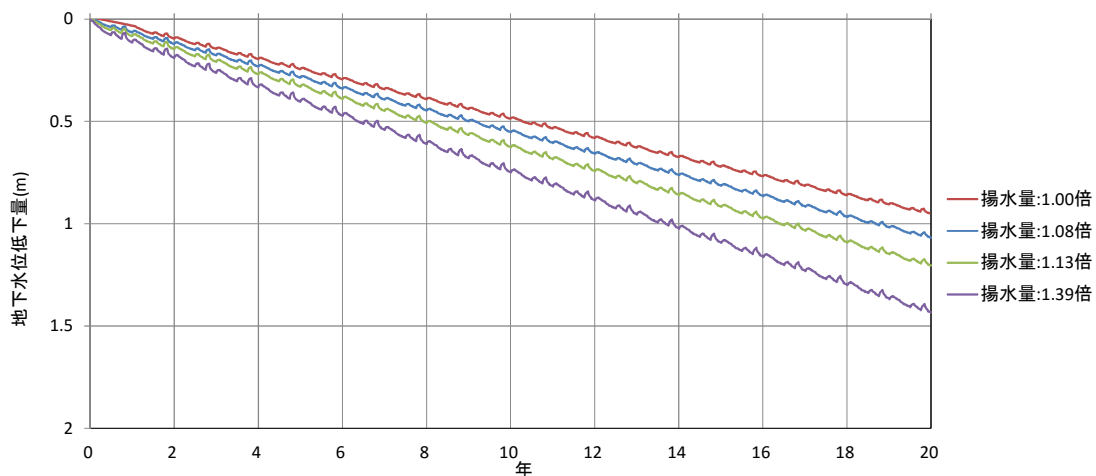


図3 宮前観測所の地下水低下量の経年変化（台地・丘陵地）

② 地盤沈下量

観測井における地下水位低下に伴う粘土層の圧密沈下量を予測した。圧密沈下量の予測には、「地盤収縮量と地下水位観測データの相関関係に基づいて推定する経験的手法」を用いた。図4の千鳥観測所の年間地盤収縮量は、揚水量約40,000m³/日に対して、最大6mm/年に及ぶという結果が得られた(図5)。

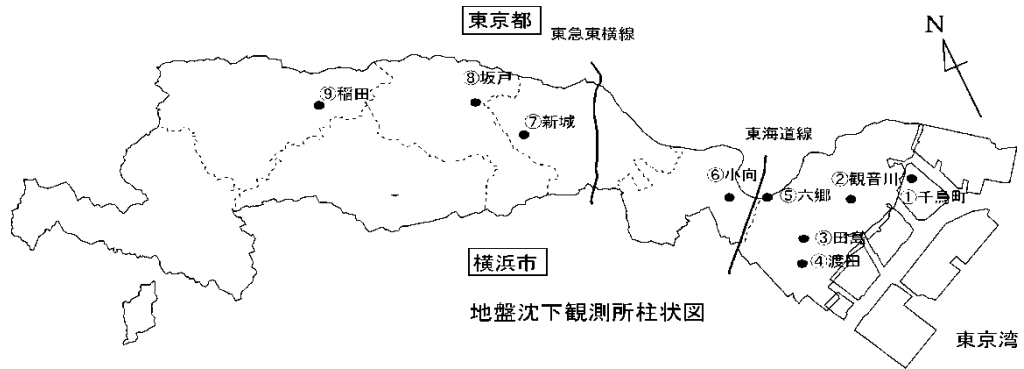


図4 地盤沈下観測所位置図

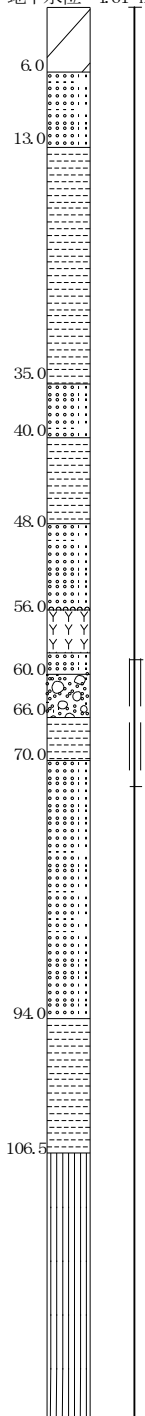
出典：川崎市水環境保全計画（平成24年10月）

【①千鳥町】

- ・井戸深：131.0m
- ・粘性土（シルト）層厚：46.5m
- ・地下水位がある程度回復した昭和57年以降のデータで地下水－地盤収縮変動量の関係を整理

千鳥町地盤沈下観測所

井戸深 131.0 m
標高 13.29 m
地下水位 -4.61 m



柱状図凡例

- 表土
- 砂
- 砂礫
- シルト
- 粘土
- 腐植土
- 泥岩
- ストレーナー

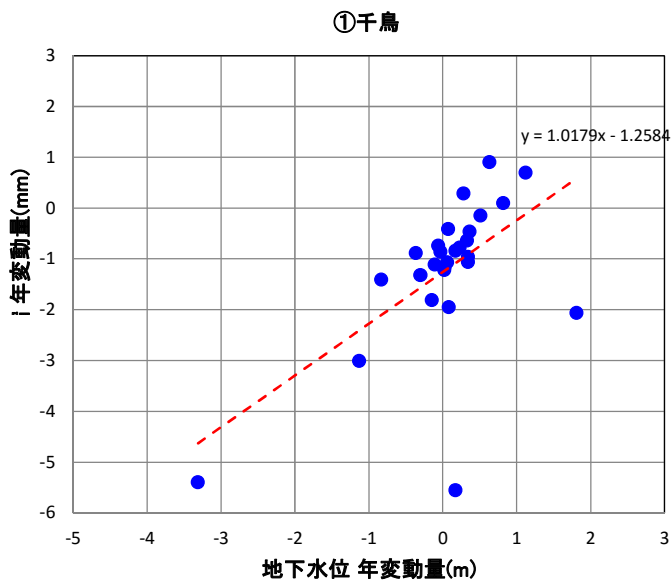
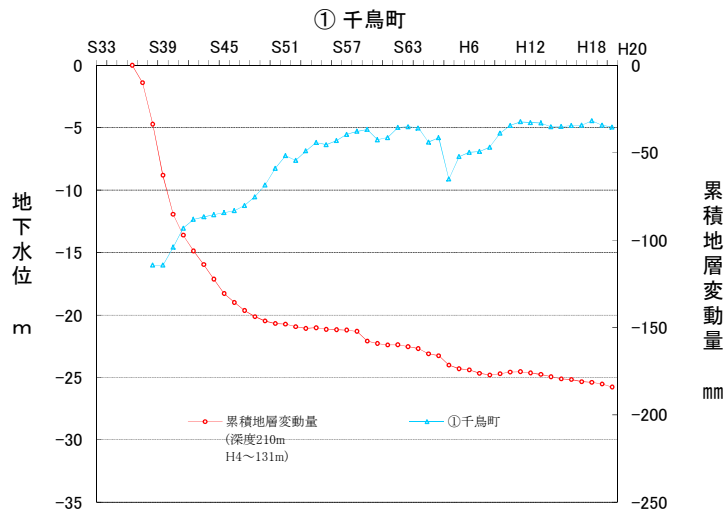


図5 地下水位年変動量と地盤収縮年変動量の関係

③塩水化

図6に観測井位置図を示す。地下水低下量と塩化物イオン濃度の関係から、低地、臨海・埋立地で揚水した場合の塩化物イオン濃度の増加量を算出した。地下水低下量に対して塩化物イオン濃度増加量が比較的大きい③田島観測所の塩化物イオン濃度増加量は、揚水量約40,000m³/日に対して、最大600mg/lに及ぶ結果が得られた（図7）。

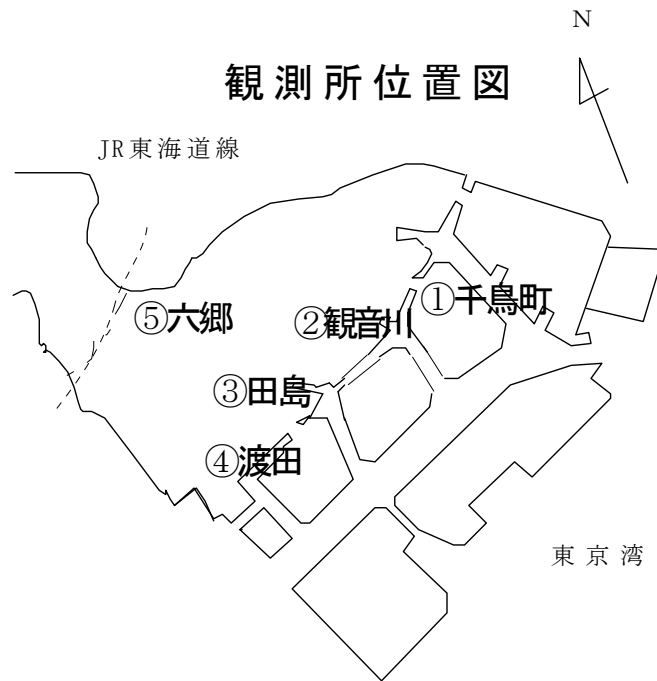


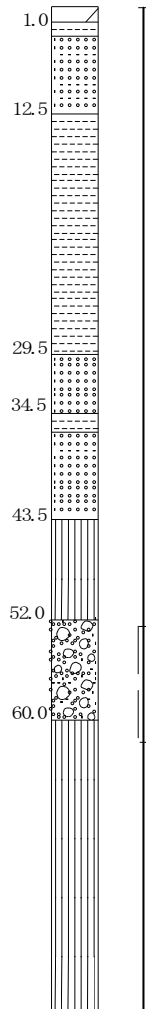
図6 観測井戸位置図

【③田島】

- ・井戸深：85.0m
- ・粘性土（シルト）層厚：18.0m
- ・観測開始時期 S63 からの地下水位－塩化物イオン濃度変動量（ストレーナ位置）の関係を整理
- ・地下水 1m 低下した場合の塩化物イオン濃度（グラフの傾き）：116.16mg/l

田島地盤沈下観測所

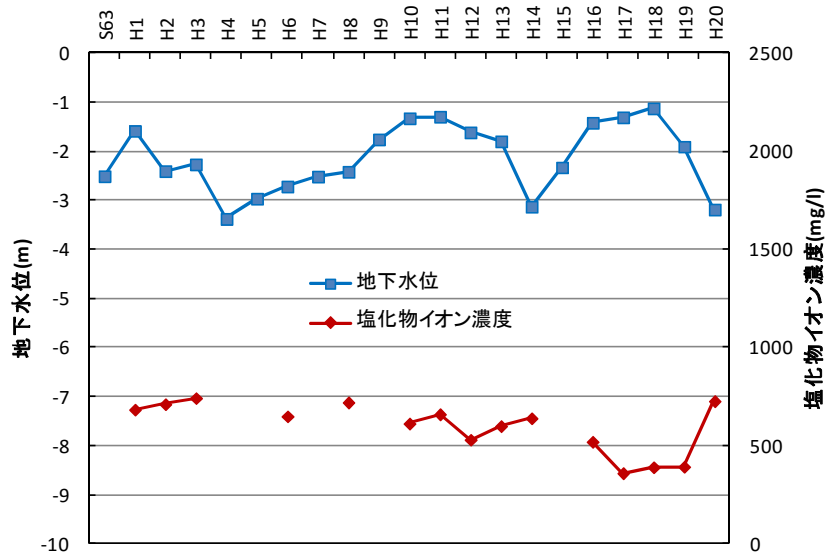
井戸深 85.0 m
 標高 0.91 m
 地下水位 -1.30 m



柱状図凡例

- 表土
- 砂
- 砂礫
- シルト
- 粘土
- 腐植土
- 泥岩
- ストレーナー

③田島



③田島

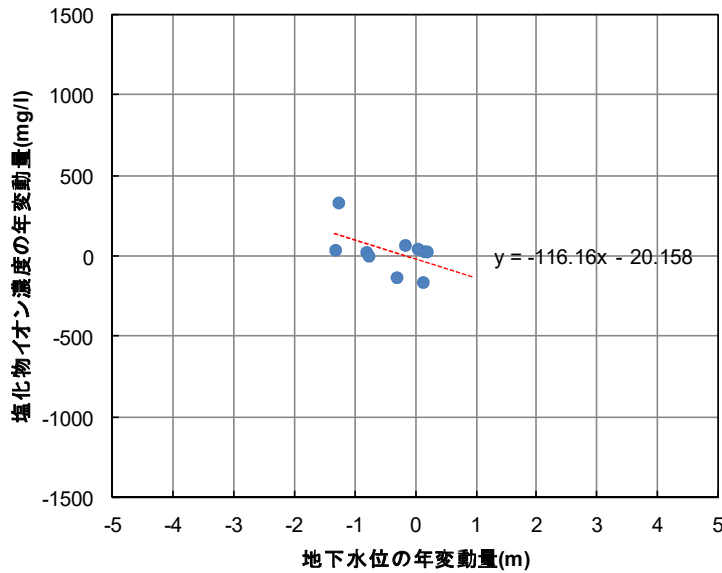


図7 地下水－塩化物イオン濃度の関係（田島）

今後の地下水保全・利用方針

a. 丘陵地

市西部に広がる丘陵地は緑地や自然が残っており、以東の地下水や湧水の自然涵養水源となっているほか、多摩川沿岸では伏流水の供給があり、湧水周辺の湿地には豊かな生態系が育まれる。基本的には市の地下水涵養域に該当するため、積極的な地下水涵養を図っていく地域とする。

b. 台地部

近年、住宅地としての開発が著しく、都市化が進んでいる地域である。丘陵地と同様、多摩川沿岸では伏流水の供給があるが、今後も開発が進み、家庭用井戸、防災井戸としての浅井戸に加えて事業用の深井戸需要も見込まれる。水環境の改善・再生、都市熱環境改善の面から地下水利用が期待されるが、揚水と地盤沈下の相関も一部地域で見られることから、水循環維持の観点から地下水流動域全体の健全性維持を考慮し浸透施設や雨水貯留などによる積極的な地下水の涵養、保全を図りつつ、利用を図っていく地域とする。

c. 低地部、沿岸埋立地

軟弱な沖積粘土層と砂層からなる平野部であり、過去に地盤沈下の問題が顕在化した。近年では地盤沈下は沈静化しているが、解析結果では水位低下 1m あたり 1 mm/年程度の地盤沈下や塩水化が生じる可能性がある。また、不圧地下水位の上昇による液状化の危険性、構造物の浮き上がり等が懸念される。当地域は工場などの事業性井戸利用の需要があるが、大きな地下水の涵養は期待できないことから、規制による地下水の保全を図りながら、累積性の地盤沈下を監視しつつ利用を図っていく地域とする。

他の地方公共団体に適用する場合の留意点

a. 環境変化要因

- ・環境変化要因としては、気候（降雨量、降雨パターン）、土地利用（地表涵養）、地下水利用（揚水量）、河川水位・流量などが挙げられる。
- ・今後、数十年から 100 年を対象とする場合、気候変動の影響も考慮する必要があり、降雨パターンによる地下水涵養の変動を検討するには、計算時間刻みについても十分な検討が必要である。
- ・川崎市の土地利用は、現在までに緑地が減少し、建物用地が大部分を占める結果であったため、今回は将来条件として土地利用の変化を考慮しないこととしたが、一般には、緑地（特に涵養量が多い水田）の面積の変化により地表涵養が大きく変わる可能性があるため、土地利用の変遷に留意する必要がある。
- ・地下水利用は、大きく、農業、工業、上水の 3 つに区分され、それぞれの用途によって、揚水量の変動が異なる。農業であれば、地下水依存度や水田面積の変化に応じて将来的な変動を想定する必要があり、工業、上水であれば、工業団地の建設計画や、地下水依存度に留意する必要がある。
- ・河川は、地下水の境界条件として大きな影響を与える要素であり、地下水に対して涵養河川、排水河川の両方が想定される。一般には、観測データに基づいて河川水位を適切に設定する必要があり、堰の建設や河床掘削などに伴い、河川水位が変動することに留意する。

b. 地盤沈下

- ・地盤沈下は、一般に粘性土の圧密沈下現象であり、粘性土が厚く堆積している低平地での問題が大きい。このような粘性土の圧密特性が十分に把握できる情報があれば、圧密沈下を対象とした解析手法を適用することも可能である。
- ・圧密沈下を対象とした地盤沈下解析は、一般に、モデル化が困難な場合が多い。そのため、川崎市で適用した地下水位と地盤沈下量の年変動量の相関関係から、地下水低下に伴う地盤沈下量を推定する方法が簡便でよいと考えられる。ただし、過去に大きな地下水位低下と地盤沈下を経験してい

る場所では、圧密沈下の履歴を考慮して、水位低下量と沈下量の関係を正規圧密領域と過圧密領域に区分して観測データを整理する必要がある。

c. 塩水化検討手法

- 今回は、塩水化の問題に関する検討手法として地下水位と塩化物イオン濃度の観測データを用いて年変動量の相関関係から地下水位の年変動量に対する塩化物イオン濃度の年変動量を推定する方法を採用した。
- 上記の手法は、過去の大きな地下水位変動が沈静化し、塩淡水境界の変動が落ち着いた後の期間に対して適用できるものと推定される。したがって、地下水位と塩化物イオン濃度の観測期間が10年程度以上得られていることが適用に当たっての要点と考えられる。

(2) 被災地域での地盤沈下を防止しながらの災害時地下水利用検討事例(仙台平野)

キーワード:被災地域、地盤沈下、水収支把握、年間水収支法、地下水防災利用

解析手法及び結果の概要

2.1 仙台平野における災害発生時の地下水供給

(1) 検討目的

被災地域であり、かつ現状で地下水利用が多くない地域であることを踏まえ、水収支に着目して災害発生時の地下水供給の可能性、地下水位と地盤沈下の関係を調べることを目的とした。

(2) 検討手順

図1のフローに従って検討、解析を実施した。

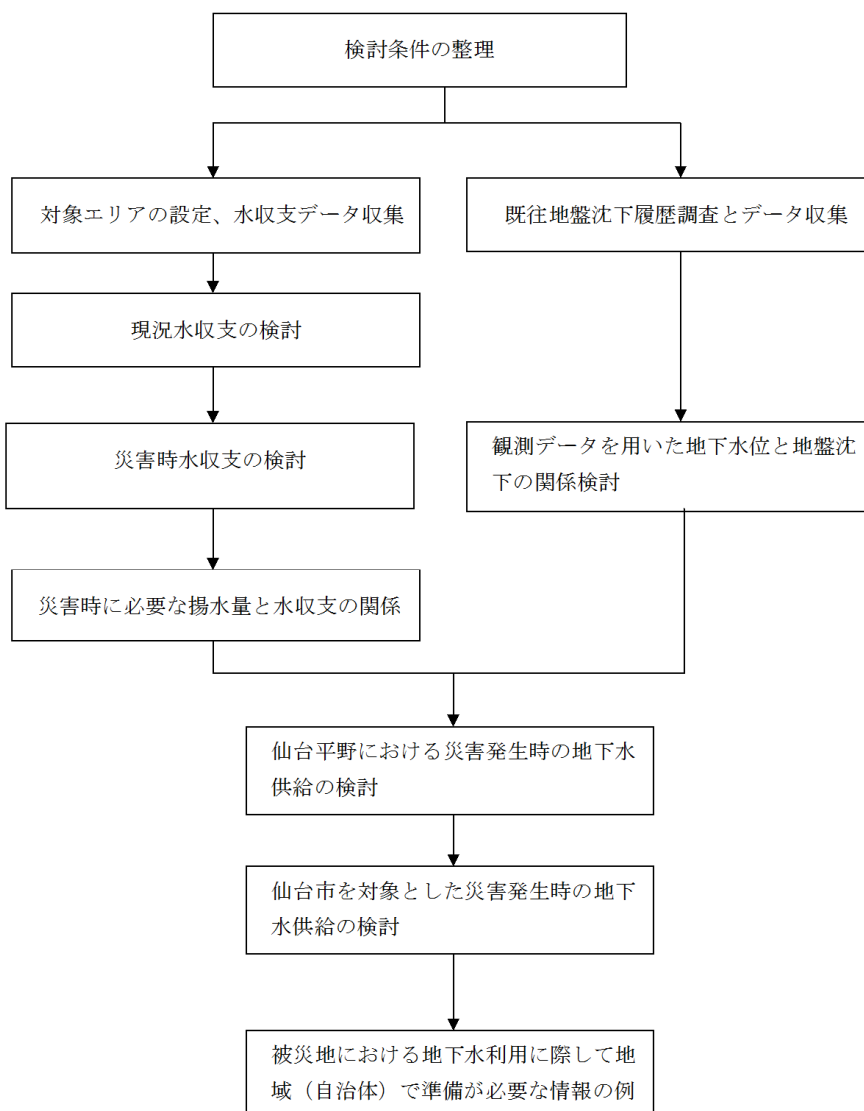


図1 仙台平野における災害時地下水利用検討フロー

(3) 検討条件

- ・水収支データ 対象地域、対象面積
- ・地下水盆の水収支の算定方法（年間水収支）
- ・地下水涵養量 水田部 減水深：20mm/日、非水田部 1mm/日
- ・年間地下水利用量
- ・地盤沈下データ
- ・災害時の年間水収支
災害時生活用水としての地下水揚水量の推定、災害時生活用水として必要な揚水量

a. 対象地域

- ・仙台平野は、**図 2** に示すように、国土調査 50 万分の 1 土地分類図における「仙台福島平野」の範囲を参考として、宮城県の内、仙台市、多賀城市、塩竈市、七ヶ浜町、利府町、名取市、岩沼市を対象とした。
- ・上記の内、地下水に関する水収支（地下水盆）の範囲は、「台地」、「低地」、「水面」とした。

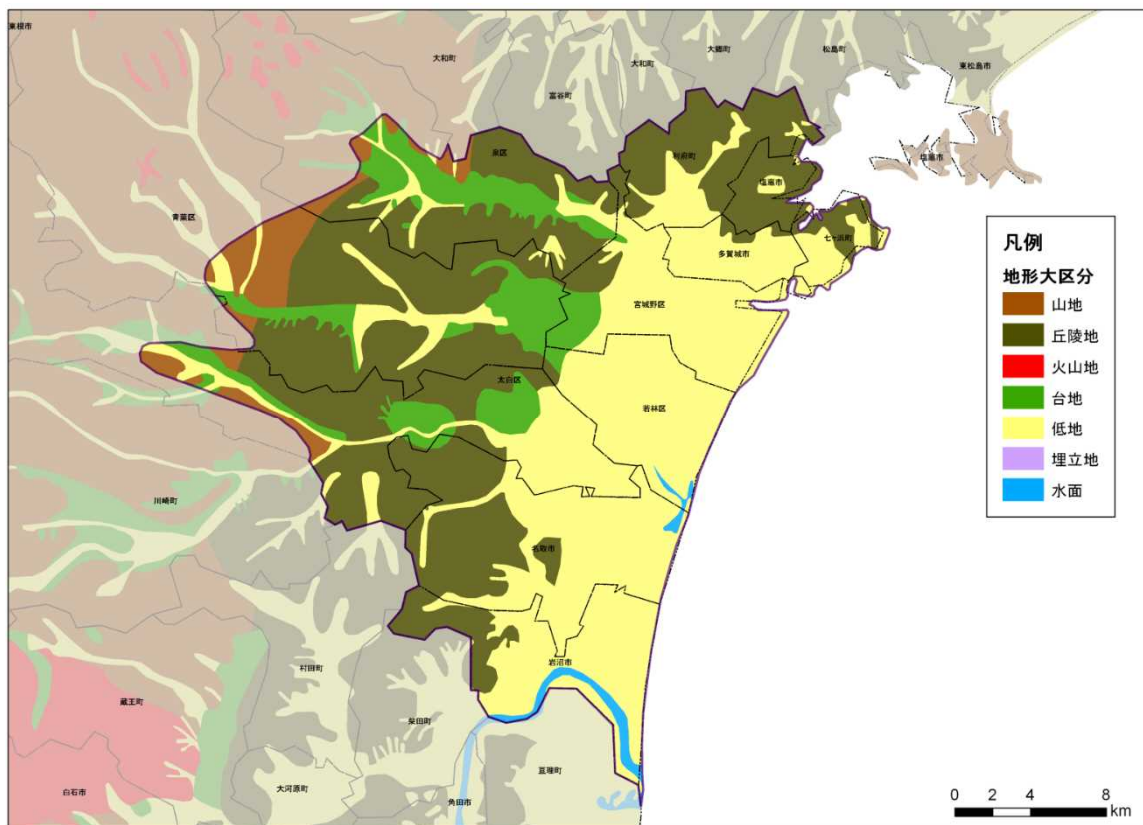


図 2 仙台平野の水収支対象域（低地＋台地＋水面）

（「国土調査 50 万分の 1 土地分類図」の Shape ファイルを利用して ArcGIS により作成）

b. 水収支の算定方法（年間水収支）

図 3 に水収支算定方法を示す。

【水収支の算定方法】

- 地下水盆全体のかん養量 $W = (A1 \times w1) + (A2 \times w2)$
- 地下水盆全体の地下水利用量 $Q = Q1 + Q2 + Q3$
- 年間の水収支 $B = W - Q$
- 単位面積当たりの水収支 $H = B / A$

ここに、

W：年間の地下水かん養量（体積）、A1：水田（作付け）面積、w1：水田域の単位面積当たりのかん養量（＝減水深 I－蒸発散量 E）、A2：非水田域の面積（＝A－A1）、A：地下水盆全体（原則として台地＋低地）の面積、w2：非水田域のかん養量（＝1mm/d）、Q：年間の地下水利用量（体積）Q1：農業用地下水利用量、Q2：工業用地下水利用量、Q3：上水用地下水利用量、B：年間の水収支（体積）、H：単位面積当たりの水収支（B を地下水盆全体の面積で除した換算水面高さ）

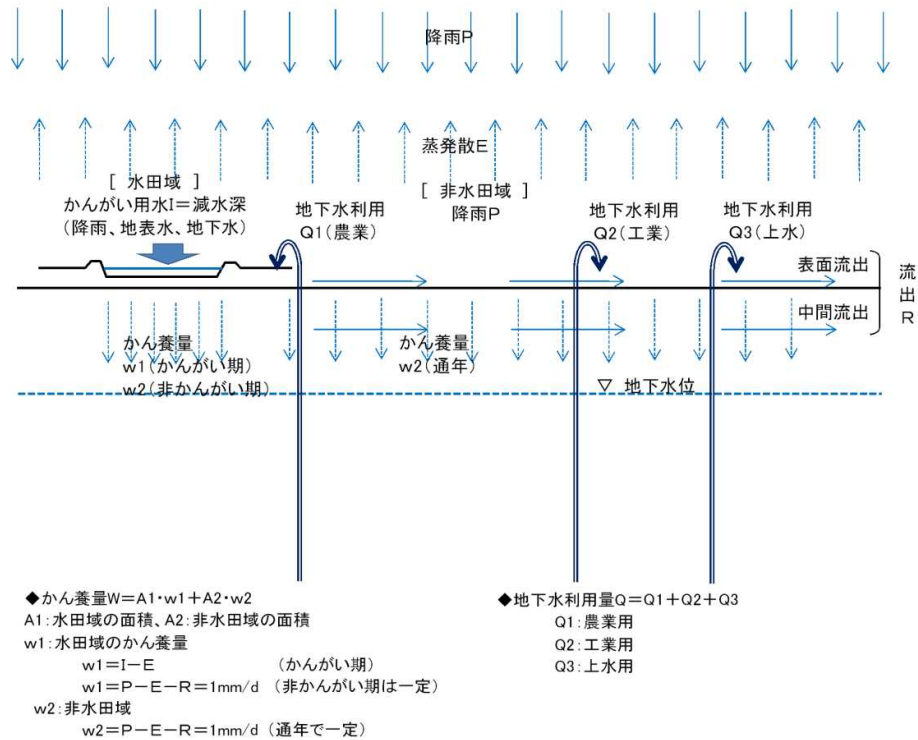


図 3 水収支算定方法

c. 地下水利用量（年間）

表 1 仙台平野の年間地下水利用量（H19年、単位：百万 m³）

市町村	工業用	建築物用	水道用	農業用	合計
仙台市	3.2	18.1	3.1	9.3	33.7
名取市	0.4	0.4	0.4	1.5	2.7
岩沼市	1.5	0.0	0.0	0.2	1.7
塩竈市	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
多賀城市	0.0	0.0	0.4	4.0	4.4
利府町	0.0	0.0	1.8	0.0	1.8
七ヶ浜町	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	5.1	18.5	5.7	15.0	44.3

出典：環境省・全国地盤環境ディレクトリ 平成 24 年度版

http://www.env.go.jp/water/jiban/dir_h24/04miyagi/sendai/detail.html#D6-1

(4) 解析結果

- ・仙台平野全体の概略の年間水収支の検討結果より、地下水利用量は地下水涵養量に対して約 17%である。
- ・仙台市内の地下水観測井において、近年は、地下水位は回復傾向にあるが、地盤沈下は継続的に進行しており、主に地層上部・沖積層が沈下の対象のようである。これは、1978 年（昭和 53 年）に発生した宮城県沖地震（M7.4）の影響が継続している可能性がある。地層下部・洪積層では、むしろリバウンド傾向が見られる（図 4）。
- ・東日本大震災時における宮城県の避難者数を参考に、災害時生活用水を利用するための地下水揚水量を算出した結果、約 230 千 m³ となった。これは、現況の年間の地下水利用量(44,300 千 m³)の約 0.5% に過ぎず、災害時の地下水利用があっても仙台平野の水収支は、ほとんど変化しない。
- ・災害時の揚水による水収支への影響は少なく、現況の地盤沈下は無関係に発生していることから、災害時の地下水利用は可能と考えられるが、地盤沈下地域における揚水は地盤の圧密沈下を促進する可能性があるため避けることが望ましい。

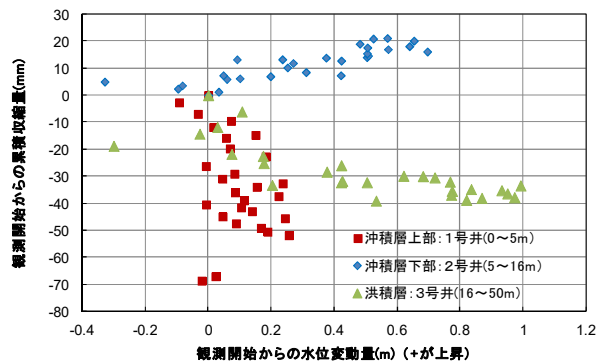


図 4 地下水位と地盤沈下量の相関関係（狐塚）

注) 縦軸（累積収縮量）は、-（マイナス）が収縮を示す

今後の地下水保全・利用方針

- ・近年、地下水位が回復傾向にあるにもかかわらず、地層上部の沖積粘性土を主体として沈下が進行しており、沈静化していない。
- ・今回の水収支解析は、仙台平野全体での概略的な検討であるが、地盤沈下が大きい範囲に限定した水収支解析が必要と考えられる。そのためには、揚水井毎の地下水利用量、位置を詳細に求めることが重要である。
- ・水収支解析では、地表からの涵養量の内、水田灌漑の割合が多い結果となった。水稲作付面積は、減少傾向にあるため、将来、地表からの涵養が減少する可能性があることから、土地利用の変遷に留意する必要がある。
- ・気候変動による降雨パターンの変動から地下水涵養が変動する可能性があり、これについては詳細な数値シミュレーションが必要と考えられる。

他の地方公共団体に適用する場合の留意

- ・地盤沈下が比較的大きい地域では、仙台市の地盤沈下測定局のような層別に地下水位と地盤収縮量を測定できる計測器の設置が望ましい。
- ・揚水井については、設置位置、揚水量、ストレナ深度など、なるべく詳細な情報を入力することが水収支の把握に役立つ。
- ・水田面積（水稲作付面積）が比較的大きい場合、地表からの地下水涵養量の占める割合が大きいと想定されるため、減水深の把握が水収支解析上、重要である。

2.2 仙台市における災害発生時の地下水供給

(1) 震災時の井戸利用事例

仙台市内で災害時応急用井戸として登録されている236件の個人用井戸及び事業所井戸を対象に、東日本大震災時の利用について仙台市が聞き取りアンケートを行った結果を図5及び図6に示す。これらの図から断水した個人では77%、事業所では81%が応急井戸を利用したことがわかる。

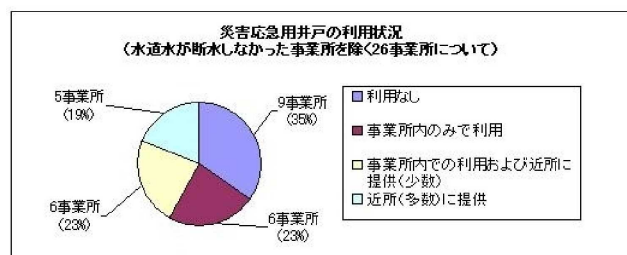
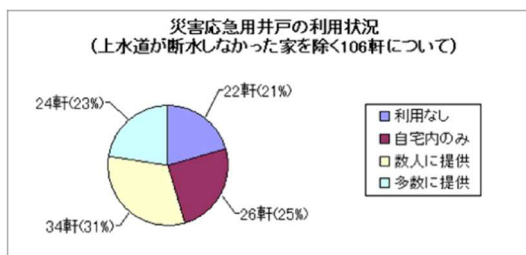


図5 災害応急井戸（個人）の利用状況

図6 災害応急井戸（事業所）の利用状況

出典：東日本大震災における災害応急用井戸の利用状況、仙台市

<https://www.city.sendai.jp/taisaku-suishin/kurashi/anzen/saigaitaisaku/sonaete/ido/>

阪神淡路大震災時の目標水量、水運搬距離、給水方法の資料をもとに、東日本大震災時の仙台市における水道復旧状況と避難者数の推移データから算定した時系列の必要生活水量を表2に示す。発災後時系列で必要な生活用水量の目安として、表2から発災後1週間後に水需要のピークがあり、必要水量は約1,410m³であることがわかる。この水量は仙台平野全体の水収支検討結果から一時利用として問題はないものと考えられる。

表 2 東日本大震災時の日数経過に対する水道復旧状況と避難者数の推移

経過日数	発災後 3 日	発災後 1 週間	発災後 2 週間	発災後 1 ヶ月
水道の復旧状況	市内各地で断水	市内各地で断水	一部断水	復旧
避難者数	96,710	70,467	3,201	2,829
必要な生活用水量	3 日 × 96,710 約 290m ³	20 日 × 70,467 約 1,410m ³	100 日 × 3,201 約 320m ³	250 日 × 2,829 約 250m ³

出典：東日本大震災の地震被害等状況及び避難状況について、宮城県
<http://www.pref.miyagi.jp/site/ej-earthquake/km-higaizyoukyou.html>

(2) 避難所における地下水利用

発災後断水時から復旧までの水利用は主に地下水に依存することになり、必要な水量は時系列で変化するが、防災時応急用井戸として登録されている個人井戸や事業所防災井戸は場所や設置数が限られていること、おおよそ100m以内の地域利用に限られることから、避難者の主な利用場所は避難所になる。

仙台市の場合、避難所は以下のa.～d.の区分、配置となっている。

- a. 指定避難所 101 箇所 避難のための広場と建物を備えた施設（市立の小学校、市立の中学校、市立の高等学校など）。
- b. 福祉避難所 34 箇所 指定避難所での生活が困難な高齢者や障がい者等の災害時要援護者を受け入れるために開設する二次的避難所（一部の高齢者施設、障がい者施設など）。
- c. 地域避難場所 37 箇所 指定避難所の確保がむずかしい地域の一時的な避難広場（25,000m²以上の公園、施設、一部の小・中・高等学校、大学など）。
- d. 広域避難場所 2 箇所 火災の広がりにより指定避難所などにとどまることができないような場合の避難広場（50,000m²以上の公園、施設など）。

このように約500km²の範囲に174箇所の避難所及び応急給水施設が配置され、避難所は約2.8km²に1箇所、応急給水施設は7.2km²に1箇所の割合で設置されていることになる。また、東日本大震災の際には他県からの応援等も含み、給水車による給水（最大75台/日、750m³/日）及び応急給水槽（19箇所、100m³/日）による応急給水が行われた（仙台市の東日本大震災による水道施設被害と震災対応の概要、厚生労働省、平成22年3月）。被災後1週間の最大水需要1,410m³/日をこれらの応急給水と既存の避難所で賄う場合、井戸の揚水能力1m³/時とし、応急給水施設による給水能力を550m³/日とすると、36避難所への井戸設置が必要で、おおよそ5避難所に1箇所の割合で防災井戸の設置が必要になる。

実際は地盤沈下を生じる可能性がある地区への浅井戸設置は避けるよう考慮する必要があり、設置箇所、井戸設置本数は制約を受ける。また、平常時と異なり、災害時はアクセス障害や停電などの被害が重なることも予想される。このため、地下水利用の観点からは現状の避難所への防災井戸や貯留槽配置を主に、個人や事業所の登録井戸（できればつるべ式井戸や停電対応井戸）の件数を増やして停電時対応や地区毎の利便性を補完する必要がある。

(3) 災害発生時の地下水供給に際して検討が必要な事項の例

仙台市を対象とした検討例をもとに、災害発生時の地下水供給の可能性等を検討する場合に必要な情報の例を挙げると次のようになる。

a. 現況の把握

○避難所の数と配置現況

- ・避難所の区分、管理者（解錠責任者）、受け入れ可能人数、設備状況
- ・避難所へのアクセス（平常時、主道路通行不能時）
- ・ライフライン遮断時の対応

○登録防災井戸の状況把握

- ・井戸の管理状況、水質（飲用可能かどうか）
- ・設置場所の周知（防災マップ、Webサイトなど）

b. 被害想定及び必要水量予測

○想定避難者数

- ・地域住民、近隣地域からの避難者
- ・時系列の避難者数予測

○災害時の水需要予測

- ・既往災害事例をもとにした時系列予測
- ・避難者数を考慮した総量とピーク予測

○地下水で賄う必要がある水量

- ・給水車など公助で見込める応急給水量

c. 地下水利用施設の配置計画

○避難所への井戸、貯留槽配置計画

- ・b. による必要量と各避難所の担保水量
- ・防災マップへの利用施設の記載と広報
- ・地下水利用施設が具備すべき条件（飲用、生活用）

○防災計画

- ・感震器の設置、自家発電装置などの停電対応
- ・避難所へのアクセス確保方策
- ・地域防災計画への反映

参考資料

参考資料1 地下水保全に関する条例及び観測配置の例

表1 水源地の保全に関する条例等

都道府県	市町村	条 例	施行年月日
北海道	—	北海道水資源の保全に関する条例	平成 24 年 4 月 1 日
北海道	ニセコ町	ニセコ町水道水源保護条例	平成 23 年 5 月 1 日
秋田県	—	秋田県水源森林地域の保全に関する条例	平成 26 年 4 月 1 日
山形県	—	山形県水資源保全条例	平成 25 年 4 月 1 日
茨城県	—	茨城県水源地域保全条例（議員提案）	平成 24 年 10 月 3 日
群馬県	—	群馬県水源地域保全条例	平成 24 年 6 月 26 日
埼玉県	—	埼玉県水源地域保全条例	平成 24 年 4 月 1 日
山梨県	—	山梨県地下水及び水源地域の保全に関する条例	平成 24 年 12 月 27日
神奈川県	座間市	地下水を保全する条例	平成 10 年 4 月 10 日
新潟県	—	新潟県水源地域の保全に関する条例	平成 25 年 12 月 27日
福井県	—	福井県水源涵養地域保全条例	平成 25 年 4 月 1 日
富山県	—	富山県水源地域保全条例	平成 25 年 4 月 1 日
石川県	—	水源地の供給源としての森林の保全に関する条例	平成 25 年 4 月 1 日
石川県	白山市	水道水源地の保護に関する条例	平成 23 年 4 月 1 日
長野県	—	長野県豊かな水資源の保全に関する条例	平成 25 年 3 月 25日
長野県	佐久市	佐久市水資源保全条例	平成 25 年 1 月 1 日
滋賀県	—	滋賀県水源森林地域保全条例	平成 27 年 4 月 1 日
岐阜県	—	岐阜県水源地域保全条例	平成 25 年 4 月 1 日
岐阜県	東白川村	東白川村水道水源保護条例	平成 11 年 4 月 1 日
三重県	—	三重県水源地域の保全に関する条例	平成 27 年 4 月 1 日
京都府	—	京都府森林水源地域の保全等に関する条例	平成 30 年 3 月 30日
徳島県	—	徳島県豊かな森林を守る条例（議員提案）	平成 26 年 4 月 1 日
熊本県	熊本市	涵養の促進に関する指針	平成 24 年 4 月 1 日
宮崎県	—	宮崎県水源地域保全条例	平成 26 年 3 月 17日

表2 条例における地下水域の保安全管理体制に関する規定（平成26年3月現在）

都府県名	地方公共団体間連携	審議組織設置	事業者 自主管理	住民参加
東京都	板橋区、小金井市、日野市、 国分寺市、東久留米市	小金井市、日野市、国分寺 市、八丈町、新島村		板橋区、小金井市、日 野市、国分寺市、東久 留米市
神奈川県	座間市	秦野市、座間市、真鶴町		座間市
新潟県		十日町市、南魚沼市、湯沢 町、魚沼市	長岡市、十日町 市	
石川県		野々市市、内灘町		金沢市
山梨県		笛吹市、中央市、昭和町、 鳴沢村、富士河口湖町	昭和町、富士吉 田町	
静岡県			静岡県、浜松市	
長野県		安曇野市		安曇野市
愛知県			津島市	
岐阜県	岐阜市			
京都府		城陽市	城陽市	
愛媛県		西条市		西条市
高知県		香南市		
福岡県		宗像市		
佐賀県				小城市
長崎県			大村市	
熊本県	熊本県、熊本市	熊本市	熊本県、熊本市、 西原市	熊本県、熊本市
鹿児島県		与論町		
沖縄県		宮古島市、糸満市、うるま 市、伊江村	石垣市	
関連地方 公共団体 数	9	30	13	12

出典) 千葉知世：地下水保全に関する法制度的対応の現状、水利科学、No.7

表 3 地盤沈下観測地点の配置状況

地域名	面積 (km ²)	地盤沈下観測点数と配置密度 [※]		
		基準点	観測井	1箇所あたり面積(km ²)
関東平野南部（埼玉県）	2,868	594	32	5
関東平野北部（栃木県）	598	163	26	3
関東平野南部（千葉県）	2,154	696	51	3
九十九里平野	1,090	414	4	3
関東平野北部（群馬県）	311	134	5	2
関東平野北部（茨城県）	305	143		2
関東平野南部（東京都）	1,020	490	42	2
甲府盆地	80	40		2
静岡（静岡）	30	27		1
豊岡盆地	23	22		1
富士・岳南	22	25		1
関東平野南部（神奈川県）	307	484	16	1

※環境省の全国地盤環境情報ディレクトリ、平成30年度全国の地盤沈下地域の概況に記載された測量面積、水準点の観測基準点数、沈下計を設置している観測井数の情報を収集、整理し、これらのデータを用いて、地盤沈下観測地点の配置密度={面積/（基準点数+観測井数）}を算出している。

表 4 地下水位観測井の配置状況

流域区分	流域名	面積 (km ²)	地下水位観測井数と配置密度 [※]	
	(地下水流動域名)		観測井	1箇所あたり面積(km ²)
広域	九十九里平野	1,090	13	84
	新潟平野	606	28	22
	高田平野	191	13	15
	安曇野扇状地	70	5	14
	庄川扇状地	880	67	13
	岡崎平野	151	14	11
	甲府盆地	80	13	6
	福井平野	200	29	7
	愛知県尾張地域	580	152	4
	豊岡盆地	23	9	3
	静岡平野（静清）	30	15	2
	砺波平野	127	58	2
河川流域	熊本白川流域	1,041	56	19
	庄川流域（高岡市）	91	12	8
都県市	群馬県	311	20	16
	富士吉田市	122	4	31
	東京都	1020	104	10
	北杜市	603	30	20
	静岡市	141	15	9
	富士市	245	28	9
	秦野市	103	20	5
	静岡県（条例指定地域）	450	155	3
地下水流動域	熊本白川流出域（熊本市）	389	33	12
	大野盆地清滝川涵養域	22	11	2
	大野盆地清滝川流出域	22	15	1

※地下水位観測井の配置状況について概況を知るために、環境省の全国地盤環境情報ディレクトリ、自治体がまとめている「地盤沈下・地下水位観測年報」や自治体HPの地盤沈下情報などに記載された最近の地下水位観測井数及び面積の情報を収集している。これらのデータを用いて、地盤沈下観測点の配置密度（面積/観測井数）を算出した。

表5 用水二法及び条例による地下水採取規制の例

法令 都府県名	市町村	採水法	規模			構造		適用条件
			揚水管径	吐出径	揚水量	井戸深度	ストレーナ下限	
工業用水法		動力		6cm ² 以上				工業用
ビル用水法		動力		6cm ² 以上				建築物用
宮城県	松島町	動力	30mm以上			20m以上		
福島県	福島市	動力			30m ³ /日			
東京都	板橋区	動力						出力300W超
東京都	小金井市				500m ³ /日			
神奈川県	小田原市				12.5m ³ /時			
神奈川県	開成町	動力	100mm以上			20m以上		
神奈川県	真鶴町	動力	150mm以下	50mm以下	125m ³ /日	80m以上		第4種指定地域
新潟県	長岡市	動力		4cm ² 以上			20m以深	
新潟県	十日町市	動力					20m以深	十日町地域
新潟県	田上町	動力				30m超		禁止、許可取得
新潟県	湯沢町		100mm以下 150mm以下 150mm以下 150mm以下	32mm以下 40mm以下 50mm以下 65mm以下				1号井戸 2号井戸 3号井戸 4号井戸
新潟県	魚沼市		150mm以下 150mm以下 200mm以下	50mm以下 65mm以下 80mm以下		60m以下 80m以下 120m以下		第1種規制地域 第2種規制地域 第3種規制地域
富山県		動力		21cm ² 超				
富山県	滑川市	動力		21cm ² 超				
富山県	上市町			5cm ² 超				
石川県	金沢市	動力		6cm ² 超				
石川県	内灘町	動力		11.4cm ² 超		水面30m超		
石川県	白山市	動力		19.62cm ² 超				
石川県	中能登町	動力		11.4cm ² 超				揚水機30m以深
福井県	大野市	動力		19.6cm ² 超				
山梨県	富士河口湖町			6cm ² 超				
静岡県		動力		14cm ² 超				
静岡県	富士市	動力		5cm ² 以上 14cm ² 以下				規制地域、適正化地域
静岡県	伊豆市	動力 手動		5cm ² 以上				
静岡県	掛川市	動力		19cm ² 超				
静岡県	浜松市	動力		5cm ² 以上				
京都府	大山崎町	動力			20m ³ /日			
京都府	向日市			19cm ² 超				
京都府	城陽市	動力						
大阪府	島本町	動力		5cm ² 以上				
愛媛県	西条市	動力		21cm ² 以上				
高知県	香南市	動力			100t/日			
福岡県	豊前市	動力		19cm ² 超		40m以上		
福岡県	宗像市	動力			10m ³ /日			
佐賀県	小城市	動力		6cm ² 超				
長崎県	南島原市	動力		5cm ² 超		20m超		
長崎県	五島市	動力		25.4mm超		水面20m超		
長崎県	熊本市	動力		19cm ² 超				
長崎県	西原村	動力 自噴	19cm ² 以上	6cm ² 以上				
熊本県		動力 自噴		6cm ² 超 19cm ² 超 50cm ² 超 125cm ² 超 19cm ² 超				届出、重点指定 許可取得、重点 届出、指定 許可取得、重点 提出。重点

出典) 千葉知世：地下水保全に関する法制度的対応の現状、水利科学、No.7、pp.42-47、2014

表6 地下水採取規制を実施している地方公共団体の要綱及び協議会自主規制の例

都府県名	地方公共団体の要綱等	協議会による自主規制
青森県	青森市揚水設備以外の動力設備による地下水採取の届出に関する要綱、八戸市地下水採取の届出に関する要綱	
山形県	山形県土壌・地下水汚染取扱要綱（素案）、山形市雨水浸透施設設置普及推進要綱、山形市地盤沈下の防止及び地下水の適正利用に関する行政指針	
福島県	猪苗代町水道水源保護要綱	
栃木県	栃木県地下水揚水施設に係る指導等に関する要綱	
茨城県	茨城県地下水汚染対策指導要綱	
埼玉県	埼玉県地盤沈下緊急時対策要綱、さいたま市地盤沈下緊急時対策要綱	
千葉県	千葉県土壌汚染対策指導要綱、千葉県地下水汚染防止対策指導要綱、佐倉市残土等による土地の埋立て、盛土又はたい積行為に関する指導要綱、千葉市土壌汚染対策指導要綱、千葉市地下水汚染防止対策指導要綱	
東京都	温泉動力の装置の許可に係る審査基準、世田谷区温泉掘削に伴う地下水及び湧水の保全に関する要綱、杉並区雨水流出抑制施設設置指導要綱、三鷹市環境配慮指針、大田区土壌汚染防止指導要綱、江東区中高層集合住宅建設に関する指導要綱	
神奈川県	秦野市地下水の保全及び利用の適正化に関する要綱、中井町地下水採取に関する指導要領、川崎市土壌汚染対策指導要綱、横浜市工場等跡地土壌汚染対策指導要綱	
富山県	朝日町地下水の採取に関する指導要綱、魚津市地下水の採取に関する指導要綱	庄川・小矢部川地域地下水利用対策協議会、富山地域地下水利用対策協議会
福井県	福井県地盤沈下対策要綱、永平寺町地下水採取に関する要綱	
新潟県	長岡市消雪用揚水設備の使用等の基準に関する要綱、長岡市地盤沈下緊急時対策実施要綱、長岡市小国地域における消雪用及び融雪用の地下水利用適正化対策要綱、妙高市地下水利用の届出に関する要綱、妙高市浅井戸の届出に関する要綱、南魚沼市消雪用地下水削減対策要綱新潟県地下水汚染対策事業補助金交付要綱	
長野県	茅野市地下水資源利用の適正化に関する要綱、下諏訪町地下水利用指導要綱、白馬村開発指導要綱、小谷村開発事業等指導要綱、安曇野市ほか地下水の保全及びかん養に関する指針、長野県飲用井戸等衛生対策要領、長野県環境影響評価指導要綱	アルプス地域地下水保全対策協議会
静岡県	御殿場市土地利用事業指導要綱、裾野市土地利用事業指導要綱、小山町土地利用事業指導要綱、富士宮市地下水の保全及び利用に関する指導要綱	地下水利用対策協議会（黄瀬川地域、浜名湖西岸地域）
愛知県	名古屋市土壌汚染対策指導要綱	尾張地域地下水保全対策協議会、豊橋市地下水保全対策協議会

岐阜県	岐阜県地下水の適正管理及び汚染対策に関する要綱	西濃地区地下水利用対策協議会 (大垣市、海津市、垂井町、神戸町、輪之内町、養老町、揖斐川町、大野町、池田町)、 岐阜地区地下水対策協議会
三重県	環境影響評価の実施に関する指導要綱	
京都府	八幡市地下水の採取の届出に関する要綱、京田辺市地下水保全要綱、 精華町地下水保全要綱	
大阪府	高槻市環境影響評価指導要綱	
和歌山県	白浜町地下水の保全及び利用の適正化に関する要綱、和歌山県環境 影響評価指導要綱	
兵庫県	淡路地域における残土の埋立事業の適性化に関する要綱、尼崎市工場 跡地取扱い要綱	東播地域地下水利用対策協議会 (明石市、稲美町、播磨町の全 域、神戸市、加古川市、高砂市 、三木市の一部)、伊丹市工業 用水協議会
徳島県	地下水の採取の適正化に関する要綱	吉野川下流域地域地下水利用対策 協議会
香川県		香川中央地域地下水利用対策協 議会 (高松地域、中讃地域)
愛媛県		西条市地下水利用対策協議会
福岡県	北九州市における工場・事業場及びその跡地の土壌汚染 対策指導要領	
長崎県	島原市地下水保全要綱、島原市地下水等水資源保全対策研究会規程	

参考資料 2 主な地下水用語の解説*

【か行】

加圧層（かあつそう）¹⁾

confining layer (bed またはstratum)

帯水層の上位と下位に接する相対的に透水性の小さい地層で、帯水層の地下水を被圧させている地層。主に粘土・シルト質の泥岩層などが該当する。

かん水（鹹水）（かんすい）¹⁾

braine water

かん水（鹹水）は、一般に塩分を含んだ水（塩水）を指す。淡水（生物が生存に利用できる塩分濃度の低い水）以外の水の総称。海水もかん水であり、陸域地下深部や沿岸域の地層中の地下水はある程度塩分濃度を有するかん水であることが多い。

涵養（かんよう）¹⁾

recharge

一般に、降水、湖沼水・河川水、貯水池・浸透枘（ます）などの水が地下へ浸透すること（地下水となること）を指す。また、涵養が起こる場所を涵養域と称する。なお、対比される言葉として、流出（湧出）が使われる。

涵養域（かんよういき）¹⁾

recharge area

地表から降水の浸透が起こり、地下水が涵養されている地域。地表浅部の浸透性が良好で不飽和帯が発達する地域（山地斜面、あるいは平地で相対的に地形標高の高い場所）、水田地帯などにあたる。地下水の流れは地表から下向きで、地下水面に達すると周辺のポテンシャル分布に従い流動が起こる。流出域（湧出域）の対義語。

【さ行】

蒸発散（じょうはっさん）²⁾

evapotranspiration

地表面から大気中への水の輸送を総称して蒸発散という。蒸発散は湖沼などの水体からの水面蒸発、土壌からの土壌面蒸発、植物の葉などに遮断された降水や植物体に付着した露などの蒸発（evaporation）と植物の主に葉から水蒸気が放出される蒸散（transpiration）に分けられる。これらの現象は基本的には区別して考えられているが、流域や植被面では、これらの現象が同時に生じており、蒸発と蒸散の各過程を区別することが困難である。このため、蒸発と蒸散を総称して蒸発散（evapo + transpiration）とよび、水収支の構成要素の一つとしてとり扱っている。蒸発散量の正確な算定は地下水の涵養量を知る上で重要である。なお、最近では、evaporation という術語をevapotranspirationと同様の意味で用いる場合もある。蒸発散量の測定方法としては、流域水収支やライシメーターによる水収支法、水蒸気の乱流輸送量を直接測定する渦相関法、微気象観測に基づく熱収支法・空気力学法などがあるが、いずれの方法にも一長一短がある。このため、水収支計算に際しては、経験的方法による蒸発散量の推定も行われている。蒸発散量の推定方法としては、蒸発計蒸発量に経験定数を乗ずる方法、気候資料から計算された可能蒸発散量に経験定数を乗ずる方法が用いられている。これらの推定法を用いる場合

には、経験定数の値を吟味する必要がある。

浸透率（しんとうりつ）¹⁾

permeability

多孔質媒体の固有物性の一つで、流体（水、油、空気など）の通しやすさを表す値。一般化されたダルシーの法則では間隙が一種の流体で飽和した流れは次の形で表される。

$$v = -k/\mu (d\Psi/dx)$$

この比例定数 k が浸透率（絶対浸透率）である。ここで、 μ は流体の粘性係数（Pa/s）、 Ψ は流体の水力ポテンシャル（Pa）、 x は距離（m）、 k （ m^2 ）である（SI系単位）。CGS単位系では、 μ （cP）、 Ψ （atm）、 x （cm）、 k （darcy）である。分野によっては透過度（固有透過度）透過係数（固有透過係数）などとも呼ばれる。

【た行】

帯水層（たいすいそう）¹⁾

aquifer

透水性と貯留性が良く、より実際的には井戸での取水や湧泉として連続して地下水を供給し得る地層のことである。一般に帯水層は自由地下水面を持つ不圧帯水層と、上下を加圧層に挟まれた被圧帯水層とに分けられる。代表的な地層として、砂礫層、砂層、風化し亀裂の多い溶岩層、亀裂や摂理に富む火成岩類、水による溶食孔隙や空洞のある石灰岩層などがある。

タンクモデル（たंकもでる）¹⁾

tank model

流出解析における集中型概念モデルの一種である。流出を側面や底面に流出孔を持つ複数のタンクの凍結とみなし、入力値として降雨の時間変化を与え、出力値として、各タンク側面からの流出量の和などにより河川流出量を計算するものである。タンクの構成（直列／並列、段数）や流出孔の配置（側面／底面、高さ）などは、流域特性に適したものを選択し、パラメータとなる流出孔係数は、最適化手法を用いて実測値の再現性がよいものを同定する。また、流出解析のほか、帯水層への涵養量の算定などにも応用されることがある。

地下水（ちかすい）¹⁾

groundwater

広義には、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。ただし、「地中水」を総称として使い、浅部不飽和帯の水を「土壌水」、自由地下水面以深の水を「地下水」とよぶ立場もある。近年は「地下水学」という名前が地表面下の不飽和帯・飽和帯の水全体を包含して扱う分野名となっている。

地下水位（ちかすい）¹⁾

groundwater level

ボーリング孔の中で測定される水面の標高値。被圧帯水層の場合は地表面より上になる場合もあるので、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の。当該点の間隙水圧を計り、全水頭（位置水頭＋圧力水頭）で表した値。なお、低浸透性の地層が胚胎し被圧帯水層が形成されているような地質条件では、浅部自由地下水の水位と下部被圧帯水層の地下水位は異なり、多段地

下水位とよばれることがある。

地下水域（ちかすいいき）¹⁾

groundwater basin

地域の地下水流動系全体を指した言葉。地下水盆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の要因だけでなく、揚水など人為的要因も含め、より広く流域や流動系を見たときに使われることが多い。

地下水涵養（ちかすいかんよう）¹⁾

groundwater recharge

降水や地表水が地下に浸透して地下水流動系に付加される作用。一般には、降水による涵養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、人工涵養施設（浸透柵（ます）、涌養池、還元井など）からの浸透、上下水道の漏水なども含まれる。都市部においては、舗装面の増大や排水設備の整備により直接流出が増大し、地下水涵養量が減少したため、地下水環境や水循環系に大きな変化が生じている。

地下水収支（ちかすいしゅうし）¹⁾

groundwater balance, groundwater (water) budget

地下水盆や帯水層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・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。

地下水障害（ちかすいしょうがい）¹⁾

groundwater problem

主に地下水利用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る。①地下水位の低下（自噴停止、井戸の相互干渉、可採水量の減少）、②地下水位低下による誘発障害（広域の地盤沈下、酸欠空気の発生、塩水化、地下水酸性化による鉄の腐食など）、③地下水位の著しい上昇で生じる障害（自噴量の増加による排水不良、流出量の増大による湿田化、温排水による周辺井戸の水温上昇）、④水質への障害（水質変化、汚染物質の混入、地層汚染など）。

地下水盆（ちかすいぼん）¹⁾

groundwater basin

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）と称し、そこには同時によい帯水層が発達することから、地下水学では地下水盆と呼んでいる。英語のbasinは底が凹んだ容器を意味し、日本語の「盆」をあてたものである。日本全国に「・・盆地」の名前の付いた地域も多く、一般にそのような場所では地下水利用が盛んである。大きな堆積盆地には複雑な地層構造や断層などにより複数の小堆積盆が形成されるため、それに応じて小地下水盆の形状や流動系を考える必要がある。

地下水流動系（ちかすいりゅうどうけい）¹⁾

groundwater flow system

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、流域の大地形に支配された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のを中間流動系と区分して呼んでいる。

【は行】

被圧（ひあつ）¹⁾

confind (artesian)

地下水が、浸透地域からの水圧、上位の地層の荷重による加圧、難透水性層による封塞などにより、当該地点直上の自由地下水面からの深度に応じた静水圧より大きな圧力を有していること。不圧の対義語。

不圧（ふあつ）¹⁾

unconfind

地下水が、自由地下水面からの深度に応じた静水圧状態にあること。浸透地域からの水圧または上位の地層の荷重によって加圧されていないこと。被圧の対義語。

伏没（ふくぼつ）¹⁾

waddicodition

扇状地や火山灰台地などで、河川水の全量が地下に浸透して涸れ川となる現象を伏没、また、伏没後の河道が不明瞭となる河川を末無川とよぶ。

伏流水（ふくりゅうすい）¹⁾

underflow water

高透水性の河床、湖底、裂罅（れつが割れ目）などから地下に涵養された水をいう。通常の降雨涵養と異なり比較的大量の浸透に対して使われる。涵養源である河川水や湖沼水の水位や水質変化の影響を強く受ける。

【ま行】

水収支法（みずしゅうしほう）¹⁾

water budget method

対象とする流域や地域において、一定期間（一水年）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、R：河川流量、AS：貯留量変化であり、いずれも一水年の累積値である。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である。例えば、ある流域でP、Rが実測されていれば、一水年を渇水期の始まりから翌年の渇水期の始まりまで取った場合、この一水年の最初と最後の流量差ARと、渇水期の河川流量減水率 α から

$$\Delta S = \Delta R / \alpha$$

となることから、測定されていない（測定の難しい）Eが求められることになる。

水循環（みずじゅんかん）¹⁾

water cycle

地球上において太陽エネルギーを主たる原動力として起こる、海洋における蒸発→大気圏を通

じた陸域への輸送→降水→表流水・地下水形成→海洋への流出のプロセスを水循環（あるいは水文循環、水の大循環）という。また、水は様々な形（海洋水、大気中の水蒸気、雪氷、土壤水、地下水、河川水、湖沼水など）で存在し、様々なプロセス（蒸発散、凝結、降水、浸透、降下浸透、地下水涵養、流出、人間による利用・輸送など）によって連続しており、それらの全体を含めて水循環系という。また、その一部として流域を単位とした流域水循環、都市スケールの都市水循環などという言い方も使われる。

モニタリング（地下水のもにたりんぐ）¹⁾

monitoring (of groundwater)

地下水の状況（水位、水質、水温、地下水流向・流速）を経時的に観測することをいう。一般に"モニタリング"という言葉を用いる場合には、地下水情報を単に取得する作業という意味のみならず、取得したデータに基づいて地下水の客観状況を把握し、状況をコントロールしていくための対策立案を考えることを背景にしている場合が多い。

【ら行】

流出域（りゅうしゅついき）¹⁾

discharge area

地下水が地下から地表面に向け湧き出す地域。地下水流動系の涵養域と対をなす地域。湧出域とも呼ばれる。地域（広域）・中間・局地の各地下水流動系に応じて、主谷部や局地的な谷部、がけ部に分布する。

* 出典)

1) 公益社団法人日本地下水学会編：地下水用語集、理工図書、2011

2) 山本莊毅責任編集：地下水学用語辞典、古今書院、1986

の一部を抜粋し、転載した。