

## 10. 持続可能な地下水の保全と利用に向けて

2015年9月に開催された「国連持続可能な開発サミット」で、「持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択され、その行動計画として「持続可能な開発目標（SDGs）」が定められました。

ストックホルム・レジリエンス・センターによるSDGsの三層構造（図10-1）では、土台となっているのが「安全な水と衛生（目標6）」、「気候変動（目標13）」、「海洋資源（目標14）」、「陸上資源（目標15）」からなる「生物圏（自然の豊かさなどの生物多様性）」で、その上に「社会」や「経済」が乗る形となっています。土台となる生物多様性が整っていないければ、社会や経済の課題を解決することはできないということを意味しています。その土台の一部として「水」が存在しているのです。

国連水関連機関調整委員会（UN-Water）による

と、世界中の全ての飲料水のほぼ半分は地下水によって供給されているという報告もあり、地下水は大切な水資源の一つです。地球は水の惑星と言われており、地球上の水の総量は約14億 $\text{km}^3$ と豊富ですが、その97.5%は塩水で、淡水はわずか2.5%です。そのほとんどは氷河などの氷であるため、河川、湖などの水として存在する淡水はわずか0.008%、地下水は0.76%となります。地球上に存在する地表水や地下水を資源として考える上で、貯留量（ストック）は重要ですが、一方でこれらの地表水や地下水は、海等に流れこみ蒸発して水蒸気や雨になるなど姿かたちを変えつつ常に循環しています。この水の動きを輸送量（フロー）と言いますが、持続可能な水資源の利用と保全のためには、水資源についてストックとフローの両方を把握することが重要なのです。

この利用できる水資源量は、平均すると世界の全ての人に十分な量となりますが、実際には空間的（国や地域）、時間的（季節や時間）に偏在しているため、一人当たりの利用可能な水資源の量が足りない「水ストレスの高い地域」が存在しています。

また、バーチャルウォーター（仮想水）とは、食料や工業製品を輸入している国で、もしその食料や工業製品を自国で生産するとしたらどのくらいの水が必要なのかを推定するものです。日本は海外から食料や工業製品を輸入することで、その生産に必要な分だけ自国の水を使わずに済んでいます。他方で、海外での水不足や水質汚濁などの問題は、日本人の生活に大きく影響することになります。

河川水や地下水などどのような水資源をどのような割合で利用するかは降水量などの環境や社会活動により多様性があり、また地域や国をまたいでお互いに複雑に関係しあっています。今後、世界各国で気候変動による洪水や干ばつが多発し、水資源に様々な影響を与えることが懸念されています。「誰一人取り残さない」ため、持続可能な社会の実現に向け、あらゆるステークホルダーが連携することへの期待がますます高まっています。

国内では、水に関して総合的かつ一体的に推進する法律として平成26（2014）年に水循環基本法が制定されました。従来、「土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及ぶ」と定めた民法207条を根拠に、土地所有権の効力が地下水にも及ぶ（土地所有者が地下水を利用できる）という解釈が広くなされてきました。しかしながら、水循環基本法では地下水を含めた水が「国民共有の貴重な財産であり、公共性の高いものである」としています。翌年の平成27（2015）年には水循環基本計画を策定し、「持続可能な



図10-1 SDGsの三層構造

（出典：ストックホルム・レジリエンス・センターより引用、一部加工）

地下水の保全と利用」を促進するため、地域の実情に応じた総合的な地下水管理を行うこととしています。未解明な部分が多い地下水の実態を把握した上で、地域の多様な関係者と時間をかけて議論を重ね、地下水の保全と適正利用に向けた合意形成を図っていくことが重要であるとしています。

さらに、令和 2（2020）年に水循環基本計画の改定、令和 3（2021）年に水循環基本法の改正がされました。これまで、水循環基本法では、責務に関する規定や基本的施策に関する規定においては、地下水が明示されていませんでした。地下水の過剰揚水による地盤沈下をはじめとする障害は、その回復に極めて長時間を要するとともに、一般的に地域性が極めて高く、その挙動等の実態が不明な地域が多い状況となっており、様々な課題が残っていました。これらの課題に対応し、地下水に関する健全な水循環を回復していくためには、国及び地方公共団体において、地下水マネジメントを一層推進していく必要があるとの認識のもと、地下水の位置づけを明確にする改正が行われました。改正された水循環基本法では、国と地方公共団体が策定・実施する施策として「地下水の適正な保全及び利用に関する施策」が明記されるとともに、事業者及び国民の協力に関する責務も定められました。加えて、国と地方公共団体は、地域の実情に応じ、地下水に関する調査・情報収集、地下水の保全・利用に関する協議組織の設置といった、地下水マネジメントに関する必要措置を講ずるべき旨の努力義務が定められました。

また、新たな水循環基本計画では、次の 3 本の柱、すなわち①流域マネジメントによる水循環イノベーション、②健全な水循環への取組を通じた安全・安心な社会の実現、③次世代への健全な水循環による豊かな社会の継承に重点的に取り組むこととしています。

なお、国は、水循環基本法の改正を受け、2022 年 3 月現在、水循環基本計画の見直しに向けた検討を行っています。

東京都は、地下水対策検討委員会において検証された東京の地盤沈下と地下水の情報に関する結果を報告書として公表してきました。前回の報告書「これからの地下水保全と適正利用に関する検討について」（平成 28（2016）年公表）の中では、国や社会状況の変化を踏まえながら、東京の地下水を取り巻く現状に正面から向き合い、より適正な地下水管理の方法を検討していく必要があるとしました。

人は古くから、地下水や湧水を身近な水源として、生活用水や農業用水に利用してきました。東京においても、特に多摩地域では地下水は今でも貴重な水源として活用されています。一方、特に区部低地部においては、大正期以降、急激に工業化が進行し、また戦後は、工業化とともに都市化が急激に進行したことにより、多量の地下水が汲み上げられた結果、累計で最大 4.5m もの甚大な地盤沈下が引き起こされました。こうした経緯から、東京では昭和 30 年代から区部低地部を中心に揚水規制が実施され、一部地域を除き、都全域が規制対象地域となっています。現在では、地盤沈下は沈静化、地下水位も回復していますが、沈下した地盤は元には戻っておらず、ゼロメートル地帯の高潮対策など、課題は残っています。

地下水利用は、人間に恩恵をもたらすとともに、過剰に利用すれば、環境に悪影響を持たすということを踏まえ、保全と適正利用の調和を図る必要があります。そのため、前回の報告書において、まずは地下水の多様な実態を正しく把握するための実態把握を着実に進め、継続していき、「地下水の保全と適正利用」のあり方を議論する下地づくりを行う必要があるとしています。

これを受けて、持続可能な地下水の保全と利用に向け東京都は平成 29 年度から学術機関と連携し、東京の地下水の実態把握を進めています。

## 10- 1 東京の地下水位と地盤沈下の状況等に関する検証結果

第 8 章において、都内全域・地域ごとの地下水位、地盤の状況及び地下水揚水量について、第 9 章において東京都が学術機関と連携し調査研究を進めている地下水の実態把握について整理しました。

### (1) 東京の地下水位と地盤沈下の状況 (8-2～8-5)

ここ数年の都内全域における地下水位は全域的に上昇傾向ですが、上昇幅は小さくなっています。

また、地盤は最近では1年間に2cm以上沈下している地域はなく、現在では地盤沈下は落ち着いています。ただし、区部低地部における地層別の変動量を見ると、深層では膨張しているものの、沖積層を主体とする浅層は現在も収縮し続けていることが分かりました。

なお、平成27年度の検証結果では、多摩台地部での揚水が、離れた区部台地部の地下水位に影響を与えていることが確認されています。

### (2) 地下水の実態把握にむけた調査研究

#### ア 地下水流動系解明 (9-1)

地下水の涵養源や流動経路、滞留時間の解明に向けて、地下水中に溶け込んでいる様々な物質をトレーサーとして用い研究を行っています。

これまでに東京都の保有する観測井等や河川水、降水の採水・分析を行い、これらのデータを解析する中で、多摩の一部地域では浅層部と深層部の地下水が交流するなど、地下水の複雑な流れが存在することを示唆するデータが得られています。

また、多摩台地部と区部低地部とでは、地下水の涵養源が異なることを示唆する結果も得られていますが、今後更にデータを蓄積する必要があります。

#### イ 地下水の揚水等の影響予測 (9-2)

どこでどのくらい揚水すると、どの地盤にどのくらいの影響が生じるかを予測する、信頼度の高いシミュレーションモデルの構築を目指しています。

現在は地盤沈下リスクを丁寧に評価すべき地域について、逆解析による地盤情報の推定を行い、一次元地盤沈下モデルを作成しています。その結果、区部低地部の調査地点における地盤内の間隙水圧の状況の推定から、区部低地部では粘土層の間隙水圧が十分に下がりきらなかったため圧密が部分的にしか進んでおらず、大幅な地下水の低下があると地盤沈下が再開する余地があることを示唆しています。

今後、この一次元地盤沈下モデルを基に、地下水流動と地盤変形を精緻に計算するモデルを作成し(局所地下水流動・地盤変形連成モデル)、その他の地域では比較的単純で負荷の低い計算が行えるモデルを作成して(広域地下水流動モデル)、2つのモデルを連結することにより広範囲におけるシミュレーションモデルを構築することを試みていきます。

### (3) 考察

現在の地下水位と地盤沈下の状況及び実態把握の進捗状況を踏まえると、現行規制を継続しつつ、学術機関と連携して地下水の実態をより正確に把握していくための科学的知見などのデータを収集、蓄積し、時間をかけて丁寧な検証に取り組んでいくことが重要です。

## 10-2 持続可能な地下水の保全と利用の実現に向けて

### (1) 地下水実態把握の推進

東京の地下水についてはまだ未解明な点が多いのが現状です。そのため、地下水の実態把握に向けた調査研究については、引き続き、学術機関と連携しながら地域特性や広域性(帯水層の面的な広がり)を踏まえながら地下水の流れ等の解明や地下水の揚水等の影響予測シミュレーションモデルの構築などを行っています。

将来にわたり持続可能な地下水の保全と利用を図るためには、②で後述するように、様々な立場の人、つまりステークホルダーとの幅広い議論を経て、相互理解と対話を進めることが不可欠であり、その議論の前

提として、実態把握から得られた科学的知見が必要となります。しかし、地下構造や地下水の状態などすべての情報を手にすることはできないことから、科学的知見の基盤の一つとなるシミュレーションモデルは一定程度の不確実性を含みます。それらを補うためには地下水や地盤の継続的なモニタリング体制を構築し、予測と得られた結果からモデルの検証を行うことが大切です。

これまで地下水を涵養するために、東京都では雨水を地下に浸透させる取り組みを進めてきていますが、今後は持続可能な保全と利用のために、地下水の涵養域や流動経路を把握することでより涵養に適した地域を調べていき、効果的な涵養手法の検討をしていくことも重要です。

また、地下水の帯水層は都県をまたいで存在しているため、近隣自治体の地下水の相互影響について把握していく必要もあります。

これらの解明には時間を要することが予想されるため、着実に推進することが求められます。

## (2) 「地下水ガバナンス」へ向けて

これまで、東京都を含む地盤沈下の問題があった地域では、行政により揚水を制限する地下水管理が行われてきました。持続可能な地下水の保全と利用に向けては、地下水を利用する立場や地下水揚水によって影響を受ける可能性のある立場、地下水を保全する立場など、多様なステークホルダー（住民、事業者、団体、行政など）が存在するため、これらの主体間における対話や合意形成が重要となります。

東京都では現在、その前提となる地下水の実態把握を行いつつ、それらの最先端の研究内容等を分かりやすくまとめたリーフレット等を作成するなど、準備をしている段階にあります。

なお、国の水循環基本法に基づいて作成された「地下水保全ガイドライン（第二版）」や「地下水マネジメントの手順書」では、多様なステークホルダーが垂直的・水平的に協働しながら、地下水資源の利用と保護に関して意思決定していく協働型の地下水管理を「地下水ガバナンス」と定義しています。

この地下水ガバナンスを進めるには、例えば以下のような取組が考えられます（図 10-2）。

地下水についての基本的な情報や、専門的で難解な研究成果について、できるだけ分かりやすく情報発信を行う必要があります。そして、住民や事業者、団体などの地下水に関するステークホルダーとなりうる方々と、地下水に関する知識や情報を共有していきます。

また、科学的な情報（科学知）だけではなく、地下水を利用する住民や事業者、団体などの方々が普段の生活や経済活動の中で得ている「生活知」や「経験知」を共有し、互いに地下水リテラシーを向上させていくことも大切です。

勉強会などの機会を通じて、こうした情報の共有や、それに基づく話し合いをすることで、地下水に関してそれぞれが抱えている課題等について、共通認識や相互理解を醸成します。さらに、将来的には協議会などを設置して議論を深めていきます。これらの過程を経て、持続可能な地下水の保全と利用に向けた計画策定など、多様なステークホルダー間における合意形成を目指します。これらのプロセスには時間をかけて取り組んでいくことが重要です。

更に、その計画に従い、各主体が地下水の保全や涵養、利用などを行いつつ、地下水位や湧水量、地盤の状態などを確認するためモニタリング調査を実施します。モニタリングを実施する主体は行政や事業者などが考えられます。これらのモニタリングの実施は、地域の児童や学生達の学びの場や地域社会のつながりの場としての活用も考えられます。得られたモニタリング結果は、勉強会や協議会における合意形成の材料としてフィードバックしていくことになります。

まずは、地下水に関する実態把握を継続的に推進しつつ、多様な方々に地下水について関心を持っていただけるよう、分かりやすく正確な情報提供に努めていくことが重要です。

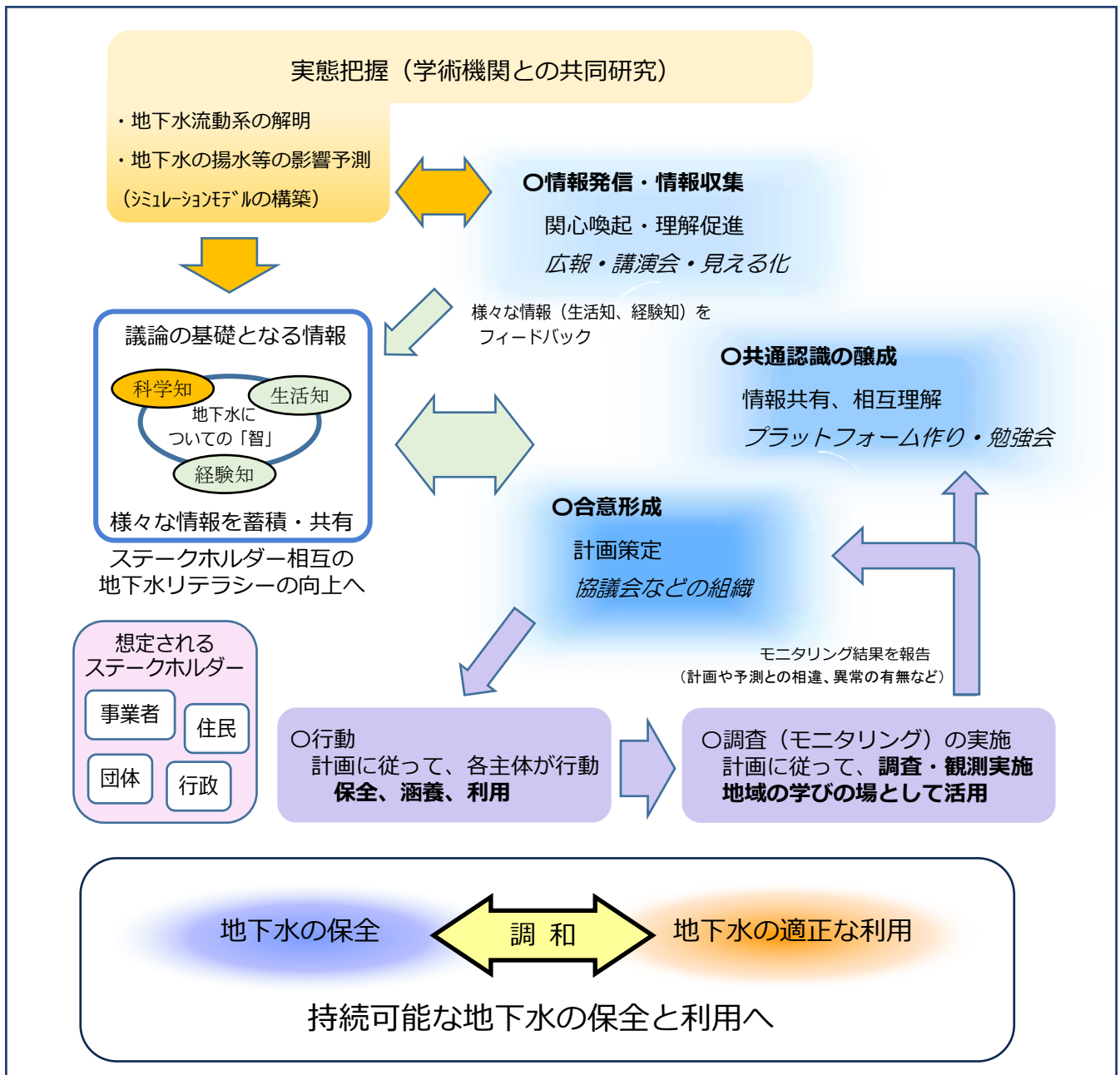


図 10-2 地下水ガバナンスのイメージ

(3) その他（非常災害時における地下水利用）

非常災害時における地下水利用は、社会的にも必要性が高いと言えます。仙台市が実施した「東日本大震災における災害応急用井戸の利用状況」調査によると、震災で断水となった地域において個人宅の8割近く（106井中84井）、事業所の7割近く（26井中17井）の登録井戸が利用されていました。

現在、内閣府が推進する「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」の中の「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」において「災害時地下水利用システム開発」の研究開発が行われています。このSIPにおける研究は、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ます。東京都が行っている地下水実態把握におけるシミュレーションモデルの構築が、長期的な地下水揚水の影響を予測するのに対して、このSIPの研究では非常時の短期的な水需要に対しての地下水利用システムの開発を目指すなど目的に違いはありますが、地下水に関する情報共有を行うなど互いに協力しています。

### 10-3 終わりに

東京はかつて過剰な揚水によって引き起こされた国内最大級の地盤沈下という公害に直面しました。昭和30年から40年頃は、地下水の流動や地盤構造の把握も不十分で地盤沈下のメカニズムもはっきりとは分からない中、国や東京都が地盤沈下を沈静化させるために揚水規制を模索し適用した時期でした。この経験は、地盤沈下の甚大な被害があったという負の面だけではなく、東京という地域全体が問題に正面から向き合ってきたという世界に誇る先進事例として捉えることができます。

最近の国の動きや社会的状況の変化をみると、従来の揚水規制による対応のみではなく、持続可能な地下水の保全と利用という観点も含めた新たな対応に向けた行動が必要になっています。東京都は、新たなステージに向けて着実に歩を進めています。

本報告書では、実態把握に向けた調査研究の途中経過について整理したものであり、研究自体はまだ途中ではありますが、今後も着実に実態把握を進めていきます。地下水の実態を踏まえた上で、持続可能な地下水の保全と利用のために幅広いステークホルダーが相互に協力する地下水ガバナンスに向けて取り組んでいきます。