

令和 6 年度第 2 回地下水対策検討委員会

令和 7 年 3 月 2 1 日（金）

東 京 都 環 境 局

令和6年度第2回地下水対策検討委員会

日 時：令和7年3月21日（金）10：00～11：59

場 所：WEBによるオンライン会議

1 開 会

2 議 題

- （1） 地下水ガバナンスへ向けての取組について
- （2） 地下水の実態把握の取組について
- （3） その他

3 閉 会

〔配布資料〕

会議次第

委員名簿

資料1 地下水ガバナンスへ向けての取組について

資料2 地下水の実態把握の取組について

午前１０時００分 開会

○水環境課長 本日はお忙しいところ御出席いただきまして、誠にありがとうございます。

定刻となりましたので、ただいまより令和６年度第２回地下水対策検討委員会を開催いたします。

私は、自然環境部水環境課長の久保と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

本検討委員会は、地下水対策検討委員会設置要綱第８に基づき、公開で実施いたします。また、同要綱第８の２に基づき、効率的な会議運営のため、オンラインでの開催とさせていただきます。委員の皆様には遠隔での御出席をいただいております。オブザーバーや傍聴もウェブによる参加となります。

ウェブ会議に際しまして、幾つかお願いがございます。

議事録を作成するため、発言される際には、まず最初にお名前をおっしゃっていただくようお願いいたします。また、発言される時以外は、マイクはオフをお願いいたします。事務局または皆様の通信環境によりまして、映像や音声の不調になる場合がございます。そのようなときは、ビデオをオフにすると良好になる場合がございます。

次に、委員の出席状況について、本日御出席の委員の皆様の御紹介をいたします。

五十音順に御案内をさせていただきます。

まず、愛知委員でございます。

○愛知委員 愛知です。よろしくお願いいたします。

○水環境課長 次に、朝賀委員でございます。

○朝賀委員 朝賀でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

○水環境課長 次に、杉田委員でございます。

○杉田委員 杉田です。どうぞよろしくお願いいたします。

○水環境課長 次に、千葉委員でございます。

○千葉委員 千葉です。どうぞよろしくお願いいたします。

○水環境課長 次に、辻村委員でございます。

○辻村委員 辻村でございます。よろしくお願いいたします。

○水環境課長 次に、徳永委員でございます。

○徳永委員 徳永でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

○水環境課長 次に、守田委員でございます。

○守田委員 守田です。どうぞよろしくお願いいたします。申し訳ありません。こちらの修繕工事の騒音で聞こえにくい状態でございます。

○水環境課長 承知いたしました。もし御発言等が聞こえないような場合には、チャット等で御質問いただければ、こちらで確認いたしますので、よろしくお願いいたします。

続きまして、事務局の職員を御紹介させていただきます。

自然環境部長の宮武です。

○自然環境部長 宮武でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

水環境課事業推進担当の齋藤です。

○事務局（齋藤） 事業推進担当の齋藤でございます。よろしくお願いいたします。

○水環境課長 同じく高橋です。

○事務局（高橋） 高橋です。よろしくお願いいたします。

○水環境課長 地下水管理担当の内川です。

○事務局（内川） 内川です。よろしくお願いいたします。

○水環境課長 以上でございます。

それでは、これからの会議の進行につきましては杉田委員長にお願いしたいと思いますが、皆様、お手元、または端末上にあらかじめお送りしております資料の御用意をお願いいたします。

本日の議題は、地下水ガバナンスへ向けての取組について、地下水の実態把握の取組についての2点といたしまして御意見をいただきたく存じます。

なお、本日は傍聴の申出がございますので、よろしくお願いいたします。

それでは、委員長、ここからよろしくお願いいたします。

○杉田委員長 かしこまりました。

それでは、会議に入ります前に、本日は傍聴を希望する方がいらっしゃるということです。本会議はウェブ上での傍聴のみとなっております。

それでは、傍聴人を入室させてください。

（傍聴人入室）

○事務局（内川） 入室を確認しました。

○杉田委員長 傍聴の方は退出は御自由です。どうぞよろしくお願いいたします。

それでは、ただいまから令和6年度第2回地下水対策検討委員会を開催いたします。

事務局より資料の説明をお願いいたします。

○事務局（齋藤）　ありがとうございます。事務局の齋藤でございます。

議題（１）の資料を共有させていただきます。

それでは、議題（１）地下水ガバナンスへ向けての取組について御説明させていただきます。

資料３ページ目、資料１を御覧いただければと思います。

こちらでは、関係者（ステークホルダー）との情報交換の状況や、都民向けイベントの開催状況について御報告したいと思います。

まず１件目は、エコプロ2024への出展になります。

こちらは、昨年12月に東京ビッグサイトにおいて３日間開催されまして、来場者は６万人以上が来場され、社会人のほか、小中学生が社会科見学の一環で大勢来場されておりました。

展示内容といたしましては、下のイラストにもあります事業紹介パネルの展示のほか、取組紹介の動画の放映、パンフレット等の配布を行いました。

パネルの内容といたしましては、左のパネルでは「東京の『地下水』を知ろう」というタイトルで、地下水は、河川や湖などの水と比較すると貯留量が多いものの、過剰な利用は地盤沈下などの地下水障害を引き起こすことから、保全と利用のバランスが重要であること、また、今後取り組んでいく地下水ガバナンスのイメージなどを説明したことになります。

真ん中のパネルは、地下水の基礎知識として、帯水層と難透水層とは何なのか、また、不圧地下水や被圧地下水の違いなどを説明、図解しております。また、過去に東京で起きた地盤沈下の写真を掲載するとともに、地盤沈下がどのように起こるのか、メカニズムを説明したパネルになります。

右側のパネルは、東京の地下水の最新の研究成果ということで、辻村先生、愛知先生との共同研究の内容について簡単にまとめた内容になってございまして、これらのパネルを中心に事業紹介を行いました。

その際に、来場者からいただいた質問や感想等を次の４ページにまとめております。

質問といたしまして、地下水に関連して「東京で地下水を利用しているのか。何メートル掘れば出るのか」、「トンネルなどでは水が湧いていると聞く」、「地下水位が上昇することで困ることはあるのか」といった質問がございました。地下水位の上昇に関わるお話としましては、過去にありました東京・上野地下駅の地下構造物の浮き上がりの事例を紹介いた

しました。これらの地下駅は、過剰揚水により地下水位が低下していた頃に建設されており、その後の地下水位回復により想定より大きな浮力が働いてしまい、駅が浮き上がる可能性、また床が損傷する可能性が生じたものでございます。これらは、必要な対策を講じたことで、いずれの駅も安全に利用できている実態があるといったことも説明させていただきました。

また、湧水に関連しましては、「湧水はどこから来るのか」といった質問がございました。こちらに関しましては、東京の地図上に湧水地点をプロットした湧水マップというものを5年おきに発行しておりますので、そちらを見せながら、こういった地形、こういった地域に多いか解説を行いました。

地盤沈下に関しましては、「どのくらい地盤沈下が起こったのか」、「低地部は地盤沈下リスクが高いのか」といった質問があり、過去に起こった地盤沈下の状況や、地盤沈下が不可逆的な現象であることを中心に御説明いたしました。

実態把握に関しましては、「研究をやっている理由、なぜ地下水を調べているのか」、「どのようなことが分かったのか」といった質問や、近年関心の高いPFASなどについての質問がございました。

感想としましては、「地盤沈下があったことを初めて知った」、「地盤沈下発生のメカニズムがよく分かった」、また「湧水についてはなじみがあるが、東京で地下水があるとは知らなかった」といったような感想がありまして、総じて、湧水についてはある程度なじみがある一方、東京での地下水利用や地盤沈下の要因であったことは御存じでない方が多い印象でございました。最後は御意見になりますが、「日本は水に恵まれているため、水の有効利用の意識が低い。特に、中水利用について促進すべき」といったお話もいただきました。

そのほか、ステークホルダーとの情報交換といたしましては、近隣自治体（埼玉県）へのヒアリングを実施いたしました。近年の地下水揚水量や地盤変動の状況など情報交換を行ったほか、埼玉県では地盤沈下緊急時対策要綱といたしまして、基準とする観測井におきまして一定の水位を下回った場合、警報を発令する要綱を定めておりますので、そちらの具体的な運用についてヒアリングを実施したものになります。

また、そのほか、普及啓発の取組といたしまして、イベント等で配布するレポートを増刷いたしました。

地下水ガバナンスについては、今後も情報共有や情報発信等の取組を進めるとともに、地域ごとの課題などの整理を行っていきます。また、その上で、将来的な揚水規制の在り方や

地下水ガバナンスをどう進めていくか、今後の方向性について検討を進めていきたいと考えております。

以上が地下水ガバナンスへ向けての取組となります。

○杉田委員長 御説明ありがとうございました。

ただいまの御説明に関しまして、御意見、御質問等ありましたら、先生方、よろしくお願いいたします。御質問、御意見等ございませんでしょうか。よろしいですか。

警報の運用というのは、埼玉県と同様にいずれは東京都でもということを考えていらっしゃるのでしょうか。

○事務局（齋藤） 御質問ありがとうございます。

現在は、前回の検討委員会でも近年の揚水の状況等は御説明したところでございますが、地下水位自体は上昇しておりまして、揚水量も減少傾向であるというのが平成の初期頃からずっと引き続いております。そのため、直ちに管理水位等を設定するということは今のところ考えてはおりませんが、愛知先生の研究結果によって、どれぐらい水位が低下したらどれぐらい地盤沈下が起こる可能性があるのかということの評価をいただく予定でございますので、それに合わせて、将来的には前例のある埼玉県さん等の取組を参考に、管理水位等、様々な管理の方法を検討していきたいと考えております。

○杉田委員長 ありがとうございます。

千葉先生から手が挙がっていらっしゃいます。お願いいたします。

○千葉委員 御説明ありがとうございました。せっくなので少しコメントさせていただきたいと思います。質問ではなくてコメントのみになります。

多くの方がこのエコプロに来られて、このパネルを見ていただいたということで、まずすごくそれがよかったなと思いましたし、いろいろな質問が出てきた中で、過去の地盤沈下のことを知らない方もいらっしゃったり最近のPFASの問題もはじめ、水に関連することに関心を持っておられる方々もいるのだなということが分かり、こちらからの働きかけでいろいろと意識を高めていける可能性が伺い見られたのかなと思いますお聞きしていました。

これから、地下水ガバナンスに向けての取組を進めていくということに当たり、今回作っていただいたパネルを拝見していたのですが、例えば、今後の工夫の在り方として、今回作っていただいたパネルは、地下水がどうなっているのかということが説明の主になっていると思います。しかし、普通の一般市民の感覚からしてみれば、地下水を直接使っていない人

というのがかなり多いという中で、何のために税金を投入して地下水のことを詳しく調べて知っておく必要があるのかというところは気になりますし、そこは説明できる必要があるのではないかと思います。

地下水が、ふだん使われていない、あるいは目に見えていなくても、インフラの一部であって、東京のこの環境の一部を成しているんだということ、そもそも地下水がなぜ要なのか、なぜ自分たちにとって大事なのかという理解を一步挟んであげる必要があるのかなと思います見えていました。

最近ですと災害対応です。レジリエンスに関わる話ですとか、いざという時の水としての地下水みたいな話もあると思うので、市民の生活とか安全性に地下水がどう関わってくるのか、要はこれを見ていただいた方が地下水をもっと身近なものとして捉える、自分事として関わられるような課題設定というのが、恐らく市民の方々を巻き込んでいく上ではとても大事になるのかなと思うので、科学の伝え方というのも、市民目線との間を取っていくような伝え方がしていければいいのかなと思って拝見していました。

以上です。ありがとうございます。

○杉田委員長 ありがとうございました。

事務局から何かありますか。よろしいですか。

○事務局（齋藤） 事務局でございます。

千葉先生、貴重な御意見ありがとうございます。

確かにおっしゃるとおり、今の普及啓発といいますか、地下水ガバナンスの情報発信のやり方としましては、今利用されている方には結構なじみがあるといいますか、響くような形であるのですが、一般の方にはなかなか伝わりづらい部分というのが多々あるかと思います。先ほど、一般市民の方が自分事として関わられるような発信の仕方を工夫したほうがよいのではないかという御意見をいただきましたので、今後、千葉先生とも御相談させていただきながら、都民全体に広く地下水のことを知ってもらえる取組を考えていきたいと思いますので、何とぞ御教授のほどよろしくお願いいたします。

○千葉委員 ありがとうございます。

○杉田委員長 ありがとうございます。よろしくお願いいたします。

ほかに御意見等ございますでしょうか。特にありませんでしょうか。よろしいでしょうか。それでしたら、次の議題に移りたいと思います。

それでは、議題の（２）地下水の実態把握の取組についてに移ろうと思います。

事務局より御説明をお願いいたします。

○事務局（齋藤） 事務局でございます。

また資料を共有させていただきます。

それでは、議題（２）地下水の実態把握の取組について説明させていただきます。

こちらにつきましては、共同研究を行っております筑波大学、辻村先生及び東京大学、愛知先生にも御説明をお願いしております。

５ページ目、資料２を御覧ください。

まず１点目が、筑波大学、辻村先生との共同研究であります地下水流動系の解明について、２点目が、東京大学、愛知先生との共同研究であります地下水の揚水等の影響予測について、３点目が、都で実施しております不圧地下水の実態調査についてとなります。

まず１点目、地下水流動系の解明についてですが、こちらは地下水の涵養－流動－流出のプロセスの解明を目指すものになります。

右側に本年度の実施状況の概要を記載してございますが、昨年度までの調査結果を踏まえまして、本年度は区部の北側の台地部から低地部のデータが不足している地域を中心といたしまして、台地部と低地部における地下水の関係解明を目的に、96地点の調査及び解析を行っております。

次に２点目、地下水の揚水等の影響予測についてですが、こちらは、長期的な揚水による地下水及び地盤への影響を予測するシミュレーションモデルの構築を目指しております。本年度は局所地下水流動・地盤変形連成モデルの構築を行っておりまして、区部北部の足立区で作成しております。対象地域の地質モデルを複数構築し、今後は揚水量分布に基づく数値シミュレーションを実施し、再現性を確認する予定でございます。

次に、３点目の不圧地下水の実態調査になりますが、こちらは令和４年度から令和６年度にかけて都が実施しました調査について報告をさせていただきます。

６ページ目を御覧ください。

こちらでは、地下水流動系の解明の取組について概要を示してございます。取組の概要としましては、地下水がどこで涵養され、どのくらいの時間をかけ、どこを流れているかを把握することによりまして、東京の地下水における涵養－流動－流出のプロセスの解明を目指すものとなっております。

実施体制といたしましては、筑波大学、辻村先生の研究室と東京都環境科学研究所による共同研究でございまして、令和元年度より開始しております。

当研究の特徴といたしましては、複雑な地形、地質構造に加え、人為的な揚水の影響により、東京の地下水流動系は非常に複雑であると言われておりました。これまで地下水の流向に関する大まかな検討はなされているものの、涵養源の推定や滞留時間の評価等に関する調査は十分に行われていませんでした。そこで、本研究では、建設局土木技術支援・人材育成センターの観測井等の地下水、また地表水及び湧水における同位体、溶存ガス等のトレーサー成分を分析し、観測井による水理水頭分布データと統合し解析することにより、東京における地下水の涵養－流動－流出のプロセスの解明を目指しております。

展開方法といたしましては２段階に分かれておりまして、第１段階の被圧地下水の広域流動の概況把握として、建設局の地下水位観測井、実際に測定した場所は都内39地点83井になります。こちらから採水、各種トレーサー分析を行いまして、水理水頭の空間分布と統合・解析し、地下水の流動方向、滞留時間等の概況を把握いたしました。

現在は、第２段階の地下水と地表水との交流に関する概況把握に入っておりまして、第１段階におきましてデータの不足していたエリアを中心に、地下水、河川水、湧水におけるトレーサー成分の空間分布調査及び検討をし、河川から地下水への涵養域、地下水から湧水、河川への流出域及び台地から低地への地下水流動等の把握を進めております。

７ページから、地下水流動系の調査結果につきまして辻村先生に御説明をお願いしたいと思います。辻村先生、よろしくお願いいたします。

○辻村委員　ありがとうございます。辻村でございます。

地下水流動系の解明に関わる実態調査について、特に今年度の成果を中心に御報告申し上げます。

昨年、能登の地震の際に、水道インフラの途絶に伴いまして代替水源としての地下水の重要性が注目を浴びたところでございますが、そういった地域においても、やはり日頃からコミュニティがしっかりしているところ、あるいはある程度の実態調査が進んでいるところでは、比較的速やかにスムーズに地下水の利用がうまくいったという御報告もございます。そういった観点も含めまして、実際に地下水がどのように流れているのか、どのくらいの時間をかけて、どこからどこへ向かって流れているのかということを平時においてしっかり把握しておくことが、非常時において代替水源として地下水を利用する場合、あるいはその地

域の地下水、地表水、両方含めた水循環のガバナンスに対しても重要な知見を与えることになると思っております。

これまでの研究等においては、東京は台地と主に低地の部分から地形的には構成されていますが、区部台地部から低地部境界付近における、特に地下水の流動及び湧水、地表水との関わり合いについてのデータが少なかったという実態がございました。これに伴いまして、令和6年度については、地図上、オレンジの四角が地下水、青の三角が河川水、緑の丸が湧水ですが、台地と低地の境界に近いところを中心に水のサンプリングを行いまして、その解析を行ってきたところでございます。

8ページをご覧ください。

この赤い線で示しているところが、標高10メートルで、台地と低地の境界に相当するところ です。赤い線よりも図上左側が台地、主に図上右側、河川の周辺あたりが低地に相当するところ です。低地側、台地側、併せまして、地下水、湧水、河川水の採取をここに示した各地点において行いました。

9ページをご覧ください。

丸で示した地点が湧水、四角で示した地点が地下水、三角で示した地点が河川水で、各地点における酸素安定同位体比の空間分布を示しています。赤やピンク、オレンジ等の暖色で示しているものが値としては相対的に高いもの、一方で、青や水色の寒色で示しているものが値としては低いものを示しています。この値の高低、あるいは値が比較的近いものという区分けによって、水がある程度連続して動いているところなのか、全く違う起源に由来するものなのかといった、主に空間的な情報を把握することが可能になってまいります。

この図面を見ていただきますと、台地の中央部あたりですと赤やオレンジの印が多くなっておりまして、地下水の酸素安定同位体比が相対的に高い傾向があります。一方で、低地側では青や水色で相対的に低い値を示す地下水が多くなってございます。また、この図面で北側に目を移しますと、ある程度台地側と低地側で酸素安定同位体比の値が違うところもありながらも近いところが多く見られるのに対しまして、この図面で南側のほうは、台地側と低地側である程度、酸素安定同位体比の値が異なるような傾向が強くなってきています。

10ページをご覧ください。丸で示した地点が湧水、四角で示した地下水でございます。六角形の形は、イオンの形で含まれている溶存成分の空間的な特徴を示しています。六角形の中央線から各頂点まで距離が、左側ですと、上からナトリウムイオンとカリウムイオン、真

ん中がカルシウムイオン、下がマグネシウムイオンを表しています。右側ですが、上から順に塩素イオン、重い炭酸と書いて重炭酸イオン、そして硫酸イオン、並びに少し折り返して黒の色がつけてある部分が硝酸イオンを示してございます。基本的な化学的な特性の最もベースになる、基礎になるデータをここに示しています。

また、湧水はこの六角形を白抜きで示し、地下水にグレーから少し黒い色をつけていますが、便宜的に浅いものを薄いグレー、深いものを濃いグレーで色づけをしています。20メートル、それから20メートルから90メートル、90メートル以深という区分けをしておりますが、これは便宜的に全体のバランスを考えてそのようにしているだけで、帯水層に沿って分けているものではありません。相対的に浅い部分が薄い色、深い部分が濃い色という形で示していると御理解をいただきたいと思います。

台地と低地の部分に注目をいたしますと、特にこの北側では、湧水や地下水も含めまして溶存成分の特徴について六角形の形が中央に膨らんでいるダイヤモンド型を示しています。カルシウムイオンと重炭酸イオンがほかのイオンに比べると多く含まれているのが特徴で、一般的な浅めの地下水についてよく見られる特徴でございます。これが低地側にも広がっているのが見られます。一方、この図面で少し南側の低地を見てみますと、今度は左方が長くなっているような特徴を示します。ナトリウムイオンの濃度と重炭酸イオンの濃度が高くなっており、台地側の水質とは異なってくることを示しています。

北側では、台地から低地に向かってある程度、質的な類似性が見られるのに対して、中央側では、南側になってきますと、台地と低地でかなり異なった溶存成分の特徴が見られます。

11ページをご覧ください。

これまでの資料は平面図で見えていましたが断面図で見るとどうなるかということをお示しします。この図面で、AとA'という点線で示しているところ、それからBとB'、CとC'という具合に、台地から低地に向かう断面図を作成して、溶存成分や酸素安定同位体比の質的な情報を重ねて示すと、次のように見られます。

12ページをご覧ください。

左側の図がA-A'断面図になります。この断面図において、左側が台地、右側が低地です。一番上に地形の地表面を示していきまして、先ほどの説明のとおり、六角形の形が示しているのは溶存成分の値です。それから、茶色の棒グラフで示しているのが、二酸化ケイ素といまして、岩石や鉱物に起源のあるものです。さらに四角の中に示されているのが酸素安定

同位体比の相対的に高いか低いかというのを併せて示しています。赤の点線で縦に入れているところが、ちょうど台地と低地の境界線に相当いたします。図中に青い太線で示しているのが地下水の水位、専門用語では水理水頭とありますが、地下水位の等高線を示しています。これは地下水位のデータが近傍にあるところを引っ張ってきたもので、この台地から低地におおよそ地下水がどちらからどちらに向かって流れているのかということを示しています。矢印で、その流れの方向を傾向として示しています。

これを御覧いただけますと、A-A' 断面図の台地部については、海拔標高の値を左側に縦軸で示していますが、海拔標高のマイナス50メートルあたりからマイナス150メートルあたりで浅い部分から深い部分に、なおかつ低地に向かうような流れが見られて、ちょうど低地と台地の境界部分、赤い破線のあるところで、その流れがほぼ低地に向かうような水平に近い方向になって、やや低地に向かって流動が深いところから浅いところに向かうような流れに移行してまいります。酸素安定同位体比及び溶存成分も台地側と低地側でほぼ類似していますので、ここでは大まかな流れが台地から低地に向かうような、台地と低地の間で地下水の連続的な流れが生じていると考えてもいいのではないかと考えています。

一方、真ん中のB-B' 断面図を見てみますと、水位から見た地下水の流れは、台地から低地に向かって流れているように見られますが、水質や酸素安定同位体比は、浅いところで一部台地と低地で類似性がありますが、深いところに入ってまいりますと、かなり形も異なりますし酸素安定同位体比も異なってまいります。ここでは、実態として台地から低地に向かうような主要な流れがあるということは言い切れないところでございます。

13ページをご覧ください

C-C' 断面図になります。台地と低地の間で地下水位は、確かに台地の方が高い状態ですが、低地内の地下水位に注目しますと、一部を除いてほぼ地下水位の値が大きくは変わらないという特徴があります。赤の数値で示しているものが地下水位ですが、低地においてほとんど変化が見られないというような特徴がございます。恐らく、このC-C' 断面という方向に向かって地下水の動きが低地内ではほとんどなく、むしろこの断面図に対して完全に垂直ではないですが手前から奥に向かうような流れが卓越しているために、こうしたことが起きていると思われますし、酸素安定同位体比についても明確な、あるいは溶存成分についても明確な類似性が見られませんので、この部分では、台地から低地に向かうような流れは、少なくとも主要な流れではないということが見てとられるかと思えます。

14ページをご覧ください。

まとめますと、台地と低地の水のつながりという観点からすれば、台地、低地の境界の主に北側では一部連続性があるし、実際流れもあるというふうに思量されますが、一方で、台地、低地の境界部の中央部付近まで南下してまいりますと、そこでは台地から低地の流れというのは明確には見られませんし、質的にもかなり違ったものがありました。台地と低地の地下水の連続性ということからしますと、これには場所による地域差がかなりあると考えられます。

こうしたことを考慮し令和7年度につきましては、これまでデータが少ないところを中心に調査を実施してまいりたいと考えております。

15ページをご覧ください。

並行して、都内の地下水の流動の三次元可視化ということも予定をしております。先ほどの御質問にもあったように、一般の方にはなかなか地下水の流れの実態というものが見にくい、分からないというところがございます。これを科学的にも正しく、なおかつ分かりやすい形で三次元的に可視化することを、次年度試行したいと思っています。あくまでも、これまで観測を行ってきた実のデータに基づいた上で、一部数値モデル等によってデータの少ないところの補足も行って、地下水のまず水位の空間分布を再現した上で、地下水がどのように流れているか、例えば、特に先ほどお示ししたような台地と低地の境界部分で流れが複雑になっていることも中心に念頭に置きながら、流れをある程度実態として可視化していくということを試行したいと考えております。

地下水流動の実態解明についての説明は以上です。

○事務局（齋藤） 辻村先生、ありがとうございました。

続きまして、2点目の地下水の揚水等の影響予測についてとなります。

こちら、16ページに概要を記載してございます。取組の概要といたしましては、地下水の揚水が地下水や地盤へ与える影響を定量化いたしまして、地盤沈下が起きる地下水位や湧水に影響が生じる地下水位、またはその地下水位に達する揚水量等を予測するシミュレーションの構築を目指すものとなっております。

実施体制といたしましては、東京大学、愛知先生の研究室と、東京都環境科学研究所による共同研究となっており、平成29年度から開始しております。

展開方法といたしましては、第1段階として、東京都建設局土センの観測井における過去

の地下水位と地盤収縮の履歴を高精度に再現する一次元地盤沈下モデルを作成し、地盤の物性値を推定してまいりました。現在は第２段階に入っておりまして、同じく建設局土センの観測井の周辺に、過去の地下水位と地盤収縮の履歴を高精度に再現する局所地下水流動・地盤変形連成モデルの作成を進めております。また、第３段階といたしましては、局所地下水流動・地盤変形連成モデルを広域地下水流動モデルと連結しまして、帯水層がつながる地下水流動を考慮した高精度予測の実施を目指しております。

下の図、こちらには、あくまでシミュレーションの結果のイメージでございますが、緑色のメッシュで示してございます箇所が広域モデルによる予測の範囲、黄色いメッシュで表しております箇所が局所モデルと広域モデルの連結による予測の範囲となります。また、黒い四角でプロットしてあるものが建設局土センの観測所でありまして、水色の四角でプロットしてある20か所におきましては一次元モデルを構築した箇所になります。黄色のメッシュ、局所モデルの範囲内におきまして、100メートルから500メートルと、より細かいメッシュで地下水位の低下量や地盤収縮量を高精度に予測することを目指しており、現在は右上の足立区の局所モデルを作成中でございます。

それでは、ここから研究結果について愛知先生に御説明をお願いしたいと思います。愛知先生、よろしくお願いいたします。

○愛知委員 承知しました。

今年度は、先ほど御紹介いただきましたように、足立区周辺を対象とした局所モデルの作成に取り組んでまいりました。特に前回からの進捗としては、東京層群も含めてモデルを幾つか作るというところで、令和６年度第１回地下水対策検討委員会のときには、構築した結果が思わしくないところもあったのですが、それを解決するために幾つか取り組んできたことについて御紹介したいと思います。

まず、大きな問題点は、水平方向といいますか地層の方向に連続性があまりないものが確率的に生成されやすい、されてしまうということがあったので、それを排除し、連続性が優先的に生成されるように工夫をしました。まずボーリング情報から各地層の走向・傾斜を推定するというを行いました。

どのように行ったかといいますと、足立区全体ですと2,500本余りのボーリングがあるのですが、これに対しまして、各深度・区間でいろいろな層、泥であったり砂であったり礫であったりするのですが、その層に対して平面で考えたとき、どういう角度が、類似したもの

に、同一のものに当たりやすいかということコンピューターであらゆる角度を試しまして、相関が高い方向を探すということをしました。かつ、ボーリング情報によっては、化石の有無ですとか、それから火山灰ですとか、あとN値等の情報も入っていますので、そういうものも一致するようであれば、より類似性が高いものがあると判断し、相関に有利に働くように加点するということにいたしました。

もちろん、この方向が確実に相関に有利になると言い切れるわけでもありませんので、その値に比例して、確率的に走向・傾斜を選択して、いろんなモデルを作るということです。確率的には、最もこの分析で求めた相関値が高いところでない層も、相関が高い可能性もあるということで一応生成されるようにはしております。

平面の方向が決まりましたら、その方向に重みをつけたカーネル密度推定という手法を使いまして、その方向に同じようなものが存在する確率が高い、また、厚みの情報についても内挿するということをいたしました。ただ、内挿をするときに、どれぐらいの範囲まで有効に内挿できるのかとか、自信を持って内挿できるのかということについては、要するに、どれぐらい重みをつけてよいのかということについてはあらかじめ分からないので、重みをつける方法についての、基本的な考え方は、内挿した結果、複数のボーリングの隙間を確率的に、砂である確率は何%か、泥である確率は何%か、礫である確率は何%かというような形で、その内挿の推定をするわけなのですが、その推定結果の確率分布の情報エントロピーによって判断することにしました。

情報エントロピーの考え方としては、東京の地下は砂か泥か礫とかで構成されていることは誰しもが知っていることで、その場所の確率が本当に五分五分であれば、何も情報を知らないのとむしろ一緒であり、何でもありという状態です。もう少し自信を持って砂であるとか泥であるとかということが言える、例えば、砂が90%、泥が10%というような情報であれば、意味があるということになりまして、持っている確率分布の情報の意味の度合いとして、どれぐらい我々に情報をもたらしているかということ測る尺度になります。

例えば、コイン投げとかさいころで考えた場合、コイン投げでしたら、2分の1という確率は何もそのコインについて知らないのと一緒ですし、さいころ6分の1というのは、そのさいころの特性について何も知らないのと一緒ということになりまして、これは情報エントロピーが最大の状態になります。ところが、コインがちょっとゆがんでいて、表が3分の1とか、裏が3分の2とかというようなことが分かっているとしたら、それは、そのコインに

ついてよく知っているということになります。同様に考えまして、この場所が砂の確率が高いという情報を知っているとしたら、それは情報エントロピーは低いということになります。

内挿の重みを変えていったときに、出来上がった地層の確率分布に応じて、情報エントロピーというのは決まってきます。つまり、どれぐらいの意味のある情報の内挿ができているかということなのですができるだけ広い範囲の情報を集めたほうが良いという一方で、あまり広い情報を集めて内挿し出すと、周辺の平均に近づいていき、情報エントロピー的には増大していくということが起こります。

右のグラフのように相関の距離を広げていきますと、あるところから情報エントロピーが急激に増大し始めるということがあります。要するに、地層の傾斜の方向に手を伸ばし過ぎた結果、情報が多過ぎて訳が分からなくなってくるという状況です。情報エントロピーが急激に増大する直前の距離が、最も適した相関距離で、具体的には、グラフ的にいいますと2階部分が最大になるような場所ということです。そういうものを探索しまして、できるだけ広く情報を集めますが、一方であまり情報が訳が分からなくなる距離を決めて、それを重みとします。具体的に言いますと、このカーネル密度推定のカーネル関数が正規分布の関数なのですが、この距離を標準偏差の値に取るというようなことをしまして、これでどれぐらい、そこまでの情報を内挿情報として用いるかという、その重みの距離に使ったということになります。

18ページをご覧ください。

このような方法で内挿いたしまして、確率分布と、それから地層の厚さの分布というのが内挿されるのですが、その結果に基づいて乱数で地層モデルを生成するというのをいたしました。2,500本のボーリング情報があるとコンピューターでやってもかなり時間がかかりますので、足立区全域に関しては現在も作成中という段階なのですが、分かりやすく、どういことが行われているかということで、一部分切り出した状態でやった図をお示しいたします。

足立区の一部の領域なのですが、左側が、まず砂、礫、シルトとかの存在確率だけに基づいて、まず乱数で生成したモデルになります。これだけでも何となく礫層が断面から見ますと北側に傾斜しているように見えますが、向きを変えれば厳密には北東に傾斜してまして、その下にうっすらシルト層みたいなものがあったり、その下に細砂層があたりします。それから、浅いほうは割と泥がちで、沖積層のような層が載っていますが、まだしましま感が

強いといえますか、やはり乱数で生成されているので、いろいろ反映できていない部分があり、平均の地層の厚さとかがあまり合っていません。

それを合うように焼鈍法という手法を使いまして、地層の厚さが期待値に近くなるように確率的に修正するということをします。それにより、少し層相変化の連続性が向上するところがありますし、実際、地層の厚さまで情報が合ってきますので、よりもっともらしいほうに近づいていくと、そういうようなことを期待してやりますということです。

焼鈍法という手法の特徴としては、確率的に、あるモデルの1か所の地層のメッシュを取り出してきて、それを例えば違う層に変えます。例えば、そこはもともと砂だったのをシルトに変えたときに、元の形に比べて地層の平均厚さにより近づくかどうかということをチェックします。そのときに、確率的にそれを認めるか認めないかということがありまして、まず改善する場合はもうオーケーということになりますが、仮に少し悪化する場合でも、初期は認めるというやり方になります。

その理由としては、この組合せが非常に無数にあるわけなのですが、あまり初期の段階で厳密に改善しないやつは駄目だとしてしまいますと、本当は2メッシュ変えたらすごくよくなるのに、1メッシュ変えた時点では悪くなるというような場合に、1メッシュ変えなかったために、永遠にその2メッシュ変更した先のよい解を探せないということが起こり得ますので、初期は割と自由度を高め、少し悪くなってもいいよとして、いろいろな組合せを探索するということです。要するに何か融けたような状態といえますか、鉄が熱い状態みたいな形で割と自由に形を変えられる状態で、それを徐々に温度を下げていくと固体になって、形を自由に換えられなくなっていくのですが、それを模擬した意味で焼鈍法という名前になっています。徐々に許さないように持っていき、より厳密に確率分布に従う場合しか許さないように調整していきます。このスケジュールといえますか、どういうふうに、どれぐらい許してというようなところに、さじ加減があって、そこは100%こういう手法と決まっているわけではないのですが、一般的な指針に従って行ったところ、出来上がりとしては一応改善していくということは確認できました。

北東傾斜の地層が生成されているのですが、これは大深度地下地盤図でもほぼ同様の走向・傾斜の断面図になっていまして、既存のものと割と整合した結果が得られていますので、この方法を延長していけば、足立区全域に広げたモデルもうまくいくのではないかと思います。

足立区全域は、かなり広くて2,500本ありまして、先ほど、全ての組合せで一番いい方向を探すではないですが、相関値を分析しますとかなり時間がかかるということで、今作成中ということになっております。

19ページをご覧ください。

数値シミュレーションに向けた揚水量データの整理を進めてきておりまして、前回御質問いただいた部分もありますが、先ほどの手順で、地質モデルによって透水係数分布を最終的に決めていくわけですが、それに応じて鉛直方向の揚水量の分布を換算するということを行います。その上で、水平方向のメッシュ単位で揚水量を各井戸ごとに合計しまして、それで設定をするという方針で進めています。

当初、水平方向はどうするのかということで、所在地が必ずしも正確に決まっていなかった井戸をどのように考えるのかということが課題と考えられたのですがこの部分は実はそんなに問題ではないかもしれないということが分かってきました。20ページをご覧ください。

まず井戸の所在地をマッチングしていく作業を非常に大変なのですが進めていただきました。結果、住所のマッチングレベルですが、基本的には字丁目まで特定できたものというのがほとんどで、字丁目まで特定できなかった井戸に関しては、全体の揚水量の3%程度しかない状況でした。住所不定ということで字丁目の中心座標に配置せざるを得ないというような揚水量が実はそんなに多くないということが分かりました。基本的には、かなり精度よく井戸の所在地が分かっているので、水平方向については、特にこの3%を無理やり全面に割り振るようなことをしなくても大丈夫かなと考えております。

全体に割り振るとすると、水平方向と鉛直方向の兼ね合いでものすごく複雑なことになり、どのように割り振るかということが非常に悩ましいのですが、今回のデータですと、基本的にはその部分の影響は、水平方向に割り振るという処理をしなくてもよいのかなと考えています。先ほどの手順のように各井戸のポイントごとに鉛直方向の透水係数分布を考えて、揚水量を深度ごとに割り振ることができそうだと考えています。

右側が、仮に100メートルメッシュにした場合に、どのような水平方向の井戸分布になるかということで、メッシュに直接統合、つまり字丁目の面積ごとに割り振るということをしていない場合のグラフが緑色で、割り振った場合が青色となります。割り振った場合のほうが字丁目の形が不自然に出てしまい、元々のデータの場合でも、多いところと少ないところが実はメッシュごとにはつきりあるということがあり、より現実に近いほうはメッシュに直接統

合した場合です。そのため、無理やり割り振るというよりは、元の位置を大事にするというほうがいいのかということ、総合的に考えました結果、水平方向の分配はなしで、鉛直方向の分配のみを考えれば、少なくとも足立区は十分だと考えています。

他の地域に行って、また同じように井戸の揚水量分布を分析した場合に、同じになってくれるかは分からないのですが、今回はこれでよさそうだと考えております。

井戸の揚水量の分配のほうは、足立区のモデルがもうすぐ完成すると思うのですが、完成後に自動的に割り振って計算開始できると考えております。

令和7年度以降の予定としましては、足立区局所モデルに揚水量分布を設定したもので再現シミュレーションを実施します。広域モデルと連結することによって、ある程度信頼できる境界条件を設定した状態で計算しまして、地盤沈下がどのように再現されるかということを検証したいと思います。あとは、モデルの構築方法についてはある程度確立してきましたので、他地域の部分を作るのは、割と範囲を設定して待っていればできるということです。こちらと同時に構築を進めていきたいと思っています。

具体的には、低地の南部地域、江東区、墨田区辺りです。それから台地低地境界付近について構築したいと考えております。これは先ほど東京都さんの方から御紹介いただいた、局所モデルのメッシュの位置のイメージ図がありましたが、そちらに大体のとった形で一応考えております。

新しい話としては、地盤沈下と地下水位のモニタリングデータから、塑性変形開始を感知できるかということに関して、技術開発を行う必要があると考えていまして、こちらの検討も併せて行っていきたいと考えています。

まず、これまで一次元地盤沈下シミュレーションで、その観測データを合わせるということ、をほぼ東京全域でやってきたわけですが、そのモデルを用いて、地表面変形を測っていたら塑性変形開始を検知できるかという検証を予察的にやってみました。実施した理由としては、地表面で変形をモニタリングする、例えばGPSなり何なりで地盤沈下をモニタリングしていたら、数値シミュレーションの予測を外れて塑性変形を開始してしまった場合、揚水をストップする必要があると思うのですが、そういうようなことが本当にできるんだろうかという、どのように検知できるのかなと思ひまして、再現解析した一次元モデルで水位を下げたり上げたりするようなことを試行しました。実際にやってみますと、分かる場合もあるのですが、多くの場合で、地盤沈下だけをモニタリングしていても、なかなか早期に塑性変

形が開始したということを検知するということが困難だということが分かってきました。

従来、地下水管理、地盤沈下管理というのは、モニタリングしていて危なくなったら止めようというような方針だったと思うのですが実は、いつストップするのかというのはそんなに簡単な話ではないことが分かってきたということです。

実際、塑性変形が生じているか否かというものを、50%は危ないとか、90%は危ないというような形で評価することになると思うのですが、それで警鐘を鳴らすというか、ストップしようかなというところにつなげていく推定技術の開発というのが必要ではないかなと考えました。実は遺伝的アルゴリズムにしても、何にしてもそうですが、幾つか有力なモデルというのを持っています。そちらを用いて、あるモデルだと塑性変形、あるモデルだと弾性変形どちらでもデータをよく説明しますという状況なのですがやはり再現性の微妙な差によって、塑性変形モデルあるいは弾性変形モデル、どちらである確率が高いかというようなことが見えてきます。例えば、塑性変形モデルが合ってきている気がするという状態になると、塑性変形を開始している確率が高いということになります。

そんなような形で確率的に判断するというような手法を検討しまして、数値モデル内の相互検証では、そういうことをすばうまく確率的に警告できるのではないかと、塑性変形確率90%とかというようなことを、そこそこの精度で言えそうだという感触は得ました。ただ、これはあくまで数値モデル同士の比較検証で、ある種理想的な条件でやっているのだから、実際その数値モデルというのは、必ずしも実地盤の全ての変形挙動を取り込めているかどうか分からないところがありますので、できるだけ実地盤材料等で同様の検証をして、そのような技術で本当に実地盤にも適用できそうなのかということを検証する必要があるかなと思っています。

もちろん、モデル同士の比較検証ももっと複雑な構造のものもやらないといけないと思っていますし、そういったようなことを令和7年度から9年度に向けて行っていきたいということです。その一環として、まず粘土鉱物の中でも透明なラポナイトというものがありまして、こちらを用いた室内実験というのを行って、塑性変形をしている状態、していない状態というのを可視化しながら、同時に数値モデルで同様の検証をしたときに、ちゃんとお互い合っているのかどうかというようなことを検証したいということを考えています。これがまず1つ目です。

もう一つは、よりフィールドスケール、実地盤に近いというところで、こちらは主に台湾

で実装されているのですが、磁気式沈下計というものがありまして、これは非常に高解像度で地層の層別沈下を計測できるというものになっています。原理的には、地層側に磁石がついていて、井戸内にプローブを下ろすと磁石の位置が分かるので、それが移動しているか、していないかということを見ることによって層別沈下を測るという原理でございます。磁石をいろいろな地層に取り付けていくだけですので、そのカップリングの問題はもちろんあるのですが、適切に設計すれば、割と安価に1本の井戸で層別沈下を非常に高解像度で取れるというものになっています。

こちらは、アメリカの地質調査所も来年度あたりから実装すると言っていて、世界的に今後注目を浴びていく方法と思っています。台湾の研究者とも交流を始めていて、データの使用許可を得られそうな感触を得ていますので、技術を検証していきたいと思っています。

予定では、塑性変形の早期検知について、弾性変形から塑性変形に生じた瞬間から、あまり時間遅れなく塑性変形に移行したということをモニタリングデータから判断して、それに基づいて揚水をストップさせて、そうしたら地盤沈下が何ミリかに抑えられますといったことを実証していきます。この研究を3年計画ぐらいで進めていきたいと考えております。

説明は以上になります。

○事務局（齋藤） 愛知先生、ありがとうございました。

最後に22ページを御覧いただければと思います。

都で実施しております不圧地下水の実態把握調査について御説明させていただきます。

地盤沈下に直接関連するのは、深いところにある被圧地下水が主となりますが、不圧地下水は、その涵養源でもありまして、また湧水の起源でもあることから、これまでも幾度か調査を行っております。

令和4年度は湧水実態把握調査といったものを行っております。目的といたしましては、湧水のモニタリングとして水量等の基礎データを取得するものです。

調査内容といたしましては、都内の主要な湧水56地点におきまして、豊水期と渇水期の年2回、湧水量等の調査を実施したものです。

結果の概要といたしましては、湧水量について、前回の平成28年度の調査と比較しまして、12地点で湧水量が5割以上減少しておりました。こちらにつきましては、調査前の30日間、1か月間の合計降水量が大きく減少していることが大きいと考えられました。また水質につ

きましては、pH、電気伝導度、TOC等々を測定しておりますが、大きく悪化した項目はございませんでした。

令和5年度には湧水分布状況調査を実施しております。目的といたしましては、湧水保全の普及啓発といたしまして、都内の湧水の分布状況について5年ごとに取りまとめを行っておりまして、「湧水マップ」といったものを作成し公表するものでございます。

調査内容といたしましては、湧水は区市町村で所在地等を把握しておりますので、区市町村に湧水の状況調査を依頼し、回答に基づき情報を更新したものになります。

結果概要といたしましては、都内湧水地点数は591地点で、前回の平成30年度と比較して17増34減、全体としては17減でありました。増加の理由の多くは、従来より湧出していたと考えられる地点が調査の充実により発見された、またはマップ未掲載地点の掲載化によるものでございます。減少理由につきましては、枯渇のほか、土地改変、また自然湧出ではないことの判明、複数地点の湧水群としての統合化などがございました。

令和5、6年度には、観測井現況調査・維持管理調査といったものを実施しております。

こちらの目的としましては、過去に行った湧水涵養域調査の際に設置した浅井戸が9本残存しておりまして、現在使われていなかったことから、今後の利活用を検討したものでございます。

調査内容といたしましては、井戸の健全性を確認しまして、洗浄により機能を回復するとともに水位計を設置したことになります。

結果概要といたしましては、洗浄可能な井戸につきましては、ブラッシングや堆積物の浚渫を実施いたしました。そのうち、比較的健全であった計6本の井戸に自記水位計を設置いたしまして、15分間隔でデータを取得しているものです。そのうち2本の井戸では、水位のほか、電気伝導率の測定が可能となっており、今後もデータの取得を継続する予定でございます。

今後も湧水や涵養域の保全を目的として、湧水量や不圧地下水の水位などを継続的に取得し、蓄積していくことを目指したいと考えております。不圧地下水の調査に向けた御助言など、皆様からいただければと思っております。よろしくお願いいたします。

資料2の資料についての説明は以上となります。

○杉田委員長 ありがとうございました。大変詳しく御説明いただきましてありがとうございます。

ただいまの御説明に関しまして、御意見、御質問等ございましたら、先生方、お願いいたします。

徳永先生、お願いいたします。

○徳永委員 ありがとうございます。いろいろ、いつも精力的に調査研究されていることについて敬意を表するところでございます。

辻村先生がおやりになられている研究の6ページについて、東京都さんから御説明いただいた資料ですが、おっしゃっていることはそのとおりだと思うのですが、東京都は一部の地域で大規模揚水があつて、いわゆる自然のシステムとしての挙動に加えて人工的な擾乱がかなりあるのではないかという、そういう位置づけが一方であるのかなと思っています。今、辻村先生がおやりになられているものをそういう観点から見ると、どう新しいことが分かるのかなというようなところを、何か最後まとめられるときにうまく入れていただくとうれしいなと思います。コメントになります。よろしくお願いいたします。

それから、愛知先生の研究は、確率論的にやっていくという、その方向性についてはよく理解するのですが、物がたまるというのは、後背地があつて、どこから堆積物がやってきて、どういう場所でどのような物理プロセスでたまるかという、そういう物理過程なので、そういうようなものが、この議論、もしくは評価のところに入ってくることがより望ましいかなという気がするので、その辺についてお考えを伺いたいということです。

それからもう一つ、塑性変形のところは、実は、例えば、厚い泥があつたりすると、塑性変形を始めた時点を確認して揚水を止めても、その後しばらくの間、塑性変形が続くということが条件によっては起こり得ると思うので、まずはターゲットとして塑性変形開始時を見ますという意図は一定程度は理解するのですが、沈下に対してのウォーニングを出すとする、そのあたりのシステムとしての挙動の中での何を見ないといけないのですかという議論があつてもいいのかなという気がしたというのがコメントです。

すなわち、厚い難透水層があつて、何回か水位が上がったり下がったりすると、多分インターフェースのところから少しずつ変形が起きて、その部分はコンソリデートするのだが、真ん中はまだ柔らかいということがあり得て、そういう場の中で真ん中のあたりが塑性変形しちゃうと、帯水層の水位を戻しても継続して沈下が起こるということは起き得るだろうというのがコメントをしたイメージです。

それから、3つ目は、東京都の不圧地下水の実態把握についてです。東京都として、様々

なお立場で東京都の地下水に関する様々な調査がされているという認識をしているので、そのあたりを整理して、東京都環境局として、東京の地下水に関する調査はこんなふうに全体としてなっていて、どんな理解が進んでいるのですか、もしくはそれを統合して理解するとどんな方向があるのですかというようなことを事務局として進めていただくといいのではないかなと思いましたということをコメントさせていただきます。

私からは以上です。

○杉田委員長 ありがとうございました。

辻村先生からコメントはありますか。

○辻村委員 ありがとうございます。

確かに人間活動がどのような影響を地下水の流れに、あるいは量と質、両方だと思いますが、及ぼしているのかというのは当然のことながら重要なポイントで、既に1970年代に出ている論文でも、台地の特に中央部では、ちょうど地下水位（水理水頭）の谷が、いわゆる被圧地下水にも明確に表れていて、それはもともとの地盤の基盤岩面の形状と、それから揚水による両方の影響があるだろうということは指摘されていて、それ自体は現状も見られる現象ではあります。

相対的に言えば、東京都の地下水というのは、人為的な影響が流れに直接影響を及ぼしているという部分は、他地域に比べると少ないのかなとは思いますが、一方で、現在の状況で、それをどう評価すべきなのか。持続可能な水資源の保全と利用という観点からしたときに、地下水と地表水を一体の水循環の一部として勘案し、なおかつ流域総合水管理という観点からも考慮したときに、どのようにそれを説明、あるいは解釈すべきなのかという観点は当然重要だと思うので、そういった少し俯瞰的に見た考察を加える中で、先ほど徳永先生がおっしゃったような部分についてもきちんと考えていくことが必要なのかなというふうに思っているところではございます。

○杉田委員長 ありがとうございました。

愛知先生御回答お願いできますでしょうか。

○愛知委員 ありがとうございました。

堆積プロセスについては、できるだけ取り込みたいというのはすごく思っているところですが、一方で、東京都内のボーリングデータで、なかなか堆積環境まで分析したボーリングデータは、そんなに数がなく限られた情報の中で、どういうプロセスだったら許容範囲なの

か、あるいはそうではないのかというところをできるだけ取り込みたいと考えていますが、そこをうまく表現するというのがこれからの課題かなと思っています。

あとは、恐らくそういう出来上がりが本当に物理的に整合したものになっているかどうかというものを、うまく判断できる手法があるとよいのですが現状そのまま定式化がなかなか難しいといえますか、地質屋さんに見てもらえば「いや、こんな形じゃないんじゃない」とかというのもあると思うのですが、今のところ、そういう堆積学的知見みたいなものを定式化する方法を現状思いつけていない状況です。幾つか粗いアイデアはあるのですが、うまくいくかどうかはまだ分からないというところです。取り入れることでよりブラッシュアップされるとか、あるいはおかしいものを弾けるということがあると思いますので、ぜひやっていきたいと思っています。

現状、まだ大分前段階という気はしているのですが、例えば、割と若い領域、沖積層ですとか、あるいは12万5,000年前の海進期の堆積物とか、そのあたりですと割と堆積環境等も含めた知見がかなり多いので、そういう手法がうまくいくかどうかというのは、検証しながらやっていくのかなと思っています。現状はそこがうまく取り込めていないので、要らないもの、あり得ないものも計算してしまうかもしれない、そういう状況かと思います。引き続き、それはぜひ検討していきたいというところです。

また、塑性変形の検知についてですが、おっしゃるように、いつストップをかけたかで、その後どれぐらい恒久変形が起きてしまうか、塑性変形が起きてしまうかというのは、問題というか、よく分からないと思っていますのですが、基本的には、いつの段階で気づいたらどれぐらい沈下するのかというのを、まずいろいろ知見をためる必要があると思います。基本的には、一番最初の塑性変形が始まりかけた状態で——というのは、やっぱり塑性変形状況領域に到達した層が非常に薄い状態なので、非常に早期に気づけば、残る恒久変形も1ミリとか、そういうようなレベルでストップできる可能性はあります。ただ、実際には、そのタイミングに気づくのはなかなか難しいということがあって、変形だけではなくて、例えば地下水位の変化の挙動とかもヒントにしたいというのもありまして、これは塑性変形に入ると貯留性が変わるので、恐らく揚水量変化と地下水位変化の応答関係に変化が生じる可能性があって、その両方を見て情報を追加できないかという構想もあります。

弾性変形のどの段階で危ないかということに関しては、先ほどの考え方でいくと、同様な再現性のモデルをたくさん持っておいて、その中で観測データに合うものの発言権といいま

すか、その発言力を重みづけして、それで新しいデータが入ってきて塑性変形が始まってくると、その塑性変形だと予測しているモデルの発言力が高まっていくので、それで早めに気づくという話があるのですが、そういうモデル群の中には、非常に早い段階で塑性変形かもしれないよという判断をするモデルもいますし、実際、弾性変形の領域でも塑性変形だと判断をするモデルもいたりして、その割合で判断するということになります。それがどの段階を危ないとしたほうがいいのかということは、例えば降水確率30%で傘を持って行くべきかどうかみたいな問いになると思うのですが、今後ちょっと知見をためて、塑性変形の確率がどれぐらいだと判断した段階で止めるのかという情報の使い方ですとか、そういうようなところも含めて、致命的な変形が生じないような段階での警告の出し方みたいなことを総合的に検討していく必要があるかなと思っています。

まだ、どれぐらい気づけて、どれぐらい止められるのかがちょっと私自身もよく分かっていないところがあるので、その辺はいろいろ知見、経験を積みながら、どのようなガイドラインでやるのがよさそうかというのを決めていきたいとか、検討していきたいと思っています。

○杉田委員長　ありがとうございました。

それでは、先ほど徳永先生の不圧地下水へのコメントに関して、事務局から何かございますでしょうか。

○事務局（齋藤）　事務局でございます。

先生がおっしゃられたとおり、過年度の調査ということで、こちらはもう大分昔から、昭和の年代から、当部署でもいろいろな調査を行っているところではございます。その都度いろいろな課題に対して答えられるような調査を行ってきたところではございますが、現状の課題等を整理しまして、今後どういったような対策、方策が必要なのか、またどういったような調査や回答が必要なのかというものを整理して進めさせていただければと思います。

○徳永委員　東京都環境局さんだけではなく、様々な部局で様々な観点から地下水に係る調査、研究とか事業はされていると思うので、そういうようなものを東京都というサイズできちんと一回まとめておくということがいいのではないのでしょうか。よろしくお願いいたします。

○事務局（齋藤）　事務局です。ありがとうございます。

他の部署でも湧水や不圧地下水の調査ですとか、地下水に関連する調査等々、水循環に関

する調査を行っていると思いますので、部署をまたいだ横断的な連携等、今後強めていきたいと考えております。

○杉田委員長 御回答ありがとうございました。

守田先生、お願いいたします。

○守田委員 幾つか質問させていただきます。

まず、辻村先生の御研究です。本当にこの間、地道に水質調査を重ねられて、大分流動機構というのも明らかになってきた面があります。以前に質問したことと関連するのですが、1970年代とか揚水が多くて広域的に水位が下がった時代、今は大分揚水規制が進んで、それほどではなくなってきたのですが、現在調べている流動機構は、つまり東京という地に結構普遍的な傾向ですか。それとも、そういう時代時代の揚水の状況によって変わってくるものなのですか。つまり、今の状態で調べている台地と低地の関係とかそれは揚水の状況によって変わってくるものなのかということが一つあります。

もう一点は、地下水の流れは三次元的なものですから、いつも上から見た平面的な台地と低地の図面を見てきたのですが、今回は特に断面図が入ってきました。三次元的なものだから、台地から低地へという水平方向の動きと同時に、地表から垂直方向に地下水が入ってくるわけです。そういう地表から被圧とか、そういうところへ入ってくる流れみたいなものが流動機構の中にその辺を調べられる予定があるのかどうかということです。

また古い話で恐縮なのですが、1980年代に、例えば台地で揚水した場合に、その揚水した地下水の補給というのは垂直方向が卓越しているのか、水平が卓越しているのか、そういう議論があったわけです。下町は当然上側の厚い有楽町層がありますから上から入ってこないで、水平方向が卓越して、当時はそれが浦和水脈とかそういうことにつながっていくのですが、では、台地で汲んだ場合に、垂直方向と水平方向はどちらが卓越するかという話というのは結構ホットな議論になりました。つまり、シミュレーションのときに透水量係数をどうするかという議論に関わってきます。三次元化するということで、垂直方向の流動と、それから水平方向の流動の関係みたいなものも今後多少調べられる予定があるのか、その辺をお聞きしたいということが辻村先生に対する質問でございます。

それから、愛知先生の御研究も、東京の地盤沈下に関して、そのメカニズムを徹底的に追求されるということですので素晴らしいと思うのですが、令和6年度第1回地下水対策検討委員会の際に多層帯水層の場合の揚水の配分で、垂直方向の配分の際にどうするかということ

を質問したと思うのですが、今回は透水係数で配分するというで一応やられているんですね。非常に難しい問題だと思うのですが、実際はその帯水層ごとに、今度は水理水頭が違う場合、そうするとまた複雑になりますよね。

だから、現在は揚水規制の関係で、特に水位がそろってきましたが、また違ってきの場合に、今は直接関係ないが、一般的な考え方として、そういう多層の場合の揚水量の帯水層の配分といいますか、それはどう考えていけばいいのか、その辺のことをお伺いしたいというのがあります。

第3点です。これは事務局さんをお願いしたいのです。徳永先生のコメントと非常によく似ているのですが、東京の地下水の問題というのも、すごく長い歴史を持っているわけです。一時すごく揚水規制が進んで大分回復したとか、いろいろなことで経過があるのですが、現在、東京都の地下水問題の何が問題なのかということです。湧水で枯渇だとか、あといろいろな問題、特に地下構造物への漏水の問題があります。そういう問題を整理していただいて、どういう人が関わっているか、これは地下水ガバナンスとも関係するのですが、どういうステークホルダーがここに関係しているかということも同時に整理していただきたいです。

前から非常に歯がゆく思っているのは、例えば多摩のほうの地下水をくみ上げて水位が下がったというときに、多摩のほうの水道水というのは水道局ですが、環境局と水道局で、全くその辺の関わりを持てないという状況の中で、各縦割りの中でいろいろ考えてきているわけです。そういうことも含めて、何が問題か、問題はどのような原因があって、どういうところが関わってきているのかということ整理していただいて、東京の地下水問題の今というのを分かりやすく説明できればいいなということを思っておりました。

住民とか、そういう方に対する説明ということでありましたが、多少そういうところまで突っ込んで調査すると、さらに問題が分かりやすくなるのではないかと思います。

○杉田委員長　ありがとうございます。

最初の御質問から辻村先生、お願いします。

○辻村委員　ありがとうございます。重要なポイントをいただきました。

まず最初に、長い歴史の中で現状があるというところと、それから、特にかつての揚水の影響等も含めて、この流れというものをどのように考えるかというのは非常に重要な問題だと思います。

東京都は、先生がよく御存じのように、被圧地下水が主ですが、非常に多くの観測井のデ

ータが、過去四、五十年以上にわたってあるわけですが、データを見直していますと、現状において、地下水位の観点からすれば一種の定常状態になっているのかなと感じています。

利用という観点から、それから揚水という観点からすると、東京都は他の自治体さんに比べると規制が進んでいて、利用量、揚水自体は少ない状態ですので、一種の定常状態になっているところの流動を見ているのかなという感じがしております。

一方で、これまでの調査においては、地下水の六フッ化硫黄などの濃度も使って、いわゆる滞留時間を評価していたときもございます。台地部ですと、もちろんかなり幅は広いのですが、概ね数十年から40年程度の滞留時間が多いのに対して、低地部ですと、さらに長くなって、場合によっては低地部の地下水ですと六フッ化硫黄自体が検出されないもので、明らかに60年以上の滞留時間によって構成されているものもございます。質の観点からすれば、そのくらいのタイムスパンで見る必要はあるかなとは一方で思っていますので、量と質の観点からの影響、現状、東京の地下水に関わる過去からの状況の下で今あるというところを量と質の両点できちんと説明、解釈していく必要があるのかなと思っています。

それから、やはり三次元的に、鉛直と水平の問題というのも非常に重要な問題でして、特に揚水によって誘発涵養のような場合、場の条件によっては鉛直方向の流れが出てくるということもございます。来年度、整理する段階で、水平二次元か鉛直二次元にせざるを得なくなっていたところを、バーチャル上とは言いながら三次元である程度、任意の点で三次元の流れが見えるように、できれば実データの下に、ある程度粗くても見えるようにならないかというのを試行的に行います。多分、精度は悪くなると思うのですが間違いでない範囲で見せるというところが見えてくると、それにより、どこをちゃんと見ていかなければいけないかというところにフィードバックがかけられるような気がしているので、その努力はしていきたいなと思っています。

最後に一つ、東京都全体の組織の話です。内閣官房の水循環政策本部事務局の関連で、健全な水循環に関わる企業の取組というところに関わらせていただいていたいて、今年度、1月に企業の取組の部分で、シンポジウムが国交省で開かれたのですが東京都の水道局も官民の協力の体制で出展をされていました。そういった情報もできれば東京都の中で共有されて、いい意味で統合的な施策につながっていくといいかなというところは思ったところです。

今年度ですが、上下水道の所管が厚労省から国交省に移ったということも、人工のインフラと、それから自然の水循環は、ともに一体の水循環の一部を統制しているという考え方に

基づいていて、それは昨年8月に新たに改定された水循環基本計画にも明確に書かれているところです。そういったことも勘案すれば、東京都全体で水循環の中の一環である地下水に関わっているところも、より風通しのいい状態で情報共有していかれるのがいいのかなと感じました。

以上です。

○杉田委員長　ありがとうございます。

愛知先生、お願いします。

○愛知委員　多層地盤で水頭が違う場合の揚水量の振り分けというのは非常に難しい問題で、内部には、その井戸モデルをちゃんと組み込んでいけば再現性は上がるというか、そういうものを考慮できる井戸モデルというのは幾つか考えられるところかなと思いますが、一方で計算負荷の問題もありまして、いい落としどころがどのあたりにあるのかというのは、よく分かっていないところがあります。原理的には、うまく井戸モデルを組み込むとか、そういうことによって対応できるとは思っています。

今回の検討に先立ち、準解析的な方法で、どのような項が出てくるかというようなものは、あらあら計算した結果、低地はあまり鉛直方向の動水勾配がなくて、各帯水層に似たような水頭変動パターン、かつ水頭値も同じ地点の多層計測だとそんなには変わらないというようなところがありました。今回は補正すべき項を無視して、透水係数分配でまずやってみるという感じです。ただ、もちろん場所によっては結構上下で水位差が開く場合もありますので、そういう場合にどういう割当てがいいのかですとか、あとは、都内でも足立区のほうは大丈夫だと思うのですが、低地南部をやるとなった場合に、沖積直下の地層が不飽和化した時代というのが実はありまして、不飽和化すると、等価な透水性が変わってきます。そのような地層では、影響が結構出てくる可能性はあるかなと思います。要するに、井戸枯れしたところから揚水できないということになりますので、そのような地層をできるだけ少ない計算負荷で、より実態に近いようなものを表現できないかということは、いろいろ試行錯誤しながらやっていきたいと思っております。

○杉田委員長　ありがとうございました。

事務局から問題点の整理等についてコメントをお願いします。

○事務局（齋藤）　事務局でございます。

まず、東京都の地下水問題とは何なのか課題について整理したほうがよいというような御

意見でございましたが、喫緊の東京都の地下水の問題といたしましては、今、現状は、地下水揚水を法令や条例で規制しておりまして、地下水位は回復傾向、地盤も安定しているといったような状態ではございます。

ただ一方で、そういったような状況も踏まえまして、一部の市ですとか団体さんからもう少し汲めるのではないかというような規制緩和の要望等々が出ていることも事実としてございます。それに対して地下水の実態が分からないとリスクも評価できないということで、両先生の研究を進めさせていただいているところではございますが、今後、どの地域ごとにどのようにリスクを判断して規制の在り方等を見直していくかといった課題もございます。他局等との兼ね合いもありまして、現在、都内の揚水量が減っているのは、主として水道局の揚水が減っていることに起因してございますが、仮に水道局がもっと揚水したら、状況も変わってきてしまうというようなこともございます。それぞれの部局が協力しないと解決できない問題が多々あるかと思いますので、他局の方針等も踏まえつつ、我々として今後、現状の課題と、それに対してどういう対策が必要かという整理を行っていきたいと思っております。

○守田委員 以前、この委員会で、区部の地下鉄からの漏出量が2万トン、3万トンというデータがありました。いろいろ問題があると思うのですが、そういうことに関して、できればもう少し調査等を進めていただければと思っております。

○杉田委員長 ありがとうございます。よろしくお願いいたします。

そのほかに、御意見等ありませんでしょうか。

コメントさせていただきますと、辻村先生の御研究も愛知先生の御研究も着々と進んでいて、本当に感心して伺っていたのですが、辻村先生の御研究は、これから三次元可視化のモデルをつくられるということで、断面図にもありましたように、かなり概念モデルというのはいもう大分できてきているように感じました。多分実際の数値モデルをつくられる前に概念モデルをつくられると思うのですが、大分できているという感じなのかというのを伺いたいです。

それから愛知先生の御研究は、最後に出来上がるのは一つの地層構造なのではないかと、相関距離というのはスカラーというか、1か所の数値なのですねというところをお伺いしたいと思いました。

○辻村委員 ありがとうございます。

大まかには、概念的に流れというのは、ある程度のこうであろうという理解はあるのですが、やはり幾つか、特にデータがまだないところや、実は近隣の東京都だけで地下水も閉じているわけではないので、南西域から神奈川、埼玉側との関係性や、本当に山地側から来ているところを考慮しないと説明し切れない部分もあります。どの辺りの標高を考えればいいのか、どの辺りの山地までを含めればいいのかというあたりで概念モデルですら詰め切れていないところはあります。空白になっている知見を詰めていきながら数値モデルをやるといえるか、できるだけ実データに則って、データで足りない部分を少し補完するようなイメージで概念モデルの質を高めていく方向かなとは思っています。

○杉田委員長　ありがとうございました。

愛知先生、お願いします。

○愛知委員　ありがとうございました。

出来上がるモデルは一通りではなくて、それぞれの存在可能性を確率的に求めたものですので、ある種、全ての処理が確率的にできるようになっていて、予定では20から50ぐらいつくって、その間で幅とか平均を見るというような形でやっていきたいと考えています。

相関については、今回はボーリングデータの全ての記載の位置から、自分と似たものがある方向というのをいろんな走向傾斜で調べるということをしていまして、その平面の向きごとに相関値を求めていくというような形になっていますので、平面ごとに評価される数値ということになります。それが各ボーリングのデータのところで、個々の泥、砂ごとに求められて、それに従ってどの面の確率が高いかということを経算する方式になっています。

これがベストかどうかは、分かっていないところはあるのですが、現状はどの向きに内外挿するときの信頼性が高いとか低いとかということを経率的に評価しようとしているというところでございます。

○杉田委員長　ありがとうございました。

それでは、時間となりましたので、事務局には本日の議題に対する御意見等を踏まえまして、地下水の実態把握や地下水ガバナンスの取組を今後とも進めていただければと思います。

以上をもちまして、本日本日予定されておりました議事は終了となります。

そのほか、事務局から連絡事項などがございましたらお願いいたします。

○水環境課長　特にございません。ありがとうございました。

○杉田委員長　ありがとうございます。

本日は、大変活発な御議論を賜りましてありがとうございました。

以上をもちまして令和６年度第２回地下水対策検討委員会を閉会いたします。

午前１１時５９分　閉会