

地下水資源の維持に重要なエリアが ひと目でわかるマップが完成 —水文環境図「越後平野（信濃川流域）」の公開—

町田 功¹・坂東 和郎²・藤野 丈志²・小酒 欽弥²・五十石 浩介²・
野内 冴希²・小西 雄二²・井川 怜欧¹・松本 親樹¹・内田 洋平¹・
シュレスタ ガウラブ³・バトデンベレルバヤンズル⁴・福本 幸一郎⁵

※本稿は、2024年4月12日に行ったプレス発表（https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2024/pr20240412/pr20240412.html）に加筆し、再編したものです。

ポイント

- ・消雪用水の源である地下水の帯水層や水質の分布が明らかに
- ・地下水涵養域マップでは、地下水資源への影響を反映した3つの涵養域に分類
- ・涵養域の決定プロセスを明確にし、地下水の利活用を考慮した長期的な町づくりに貢献

概要

国立研究開発法人産業技術総合研究所（以下「産総研」という）地圏資源環境研究部門地下水研究グループ町田 功前研究グループ長（現企画本部総括企画主幹）、井川怜欧上級主任研究員、松本親樹研究員らは、新潟県地中熱利用研究会、株式会社興和らと共に越後平野信濃川流域における地下水のマップ、水文環境図「越後平野（信濃川流域）」を公開しました。

地下水の適正な保全及び利用のために、国や地方公共団体は、地下水の調査や分析、そして地下水の採取制限などの必要措置を講ずるよう努める必要があります（水循環基本法^{*1}）。この措置を講じるためには、地下水に関する詳細な実態調査が必要で、その調査計画を立案するためには、あらかじめ流域^{*2}の地下水の全体像がわかっていると効率的です。

今回公開した水文環境図は、越後平野の信濃川流域を対象に、多くの断片的な地下水データをまとめ、最新の手法を用いた現地調査を実施することによって得られたデータ

から、流域の地下水の全体像をマップ化したものです。また、地下水を涵養^{*3}する機能を維持するために重要な地域もマップ化しているため（第1図 地下水涵養域^{*4}マップ）、この図を今後の地下水マネジメント^{*5}や町づくりに活かすことができます。水文環境図「越後平野（信濃川流域）」は、産総研地質調査総合センターのウェブサイトから閲覧・ダウンロードができます（<https://www.gsj.jp/Map/JP/environment.html> 閲覧日：2024年10月26日）。

開発の社会的背景

越後平野では冬期の消雪用水^{*6}に地下水が用いられています。この地下水は長岡市から新潟市にかけて分布するG1層と呼ばれる帯水層^{*7}から得られています。近年、G1層の地下水位^{*8}は低下傾向にあり（第2図）、この状態を放置すると将来的には揚水流量^{*9}の低下や、井戸の枯渇^{*10}などの障害を引き起こす可能性があります。地下水を持続的に利用するためには、帯水層への水の収支を適切な形に保つ必要があります。すなわち、帯水層から過剰な揚水を行わないよう注意を払うと共に、帯水層へ涵養される地下水の量を維持するための取り組みが必要になります。

研究の経緯

帯水層の空間的な広がりを知るためには、その地域の地下地質を知る必要があります。今回調査対象としたG1層は、越後平野の深層に存在することは知られていましたが、その全体像ははっきりとわかっていませんでした。そ

1 産総研 地質調査総合センター地圏資源環境研究部門

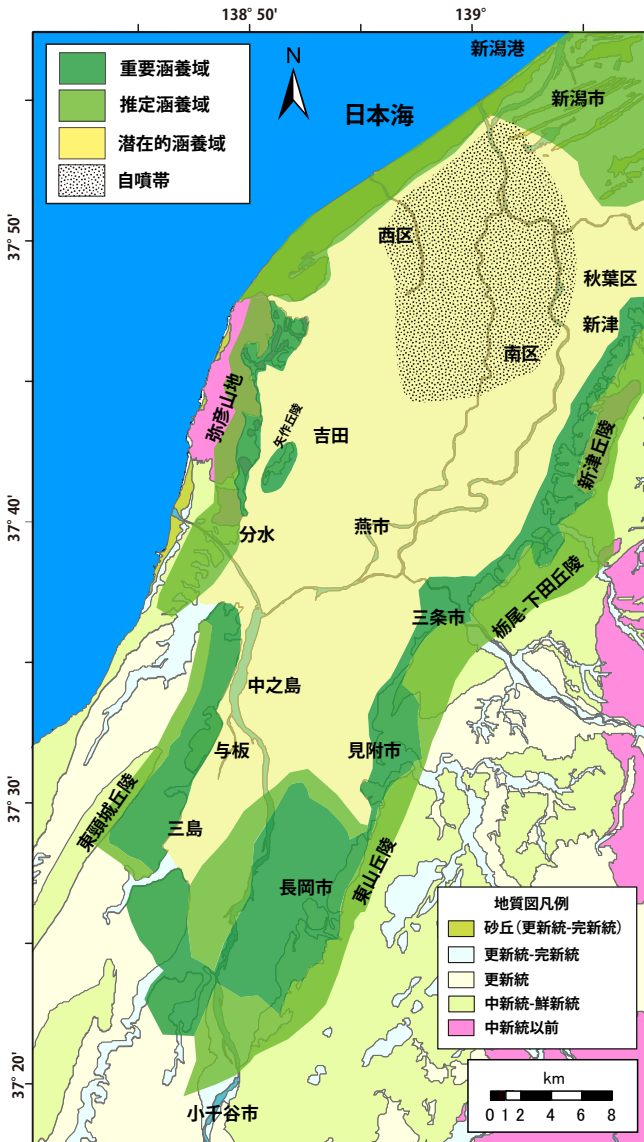
2 株式会社興和 〒950-8565 新潟県新潟市中央区新光町6番地1

3 産総研 エネルギー・環境領域再生可能エネルギー研究センター

4 モンゴル科学技術大学 モンゴル国ウランバートル市

5 日本工営株式会社 〒102-8539 東京都千代田区麹町5丁目4番地

キーワード：地下水保全域、水文環境図、涵養域、平野の地下水、消雪用水



第1図 越後平野の地下水涵養域マップ。

ここで、産総研地質調査総合センターによる海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」^{*11}を用いました。この地質情報集では当該地域の3次元的な地質構造が示されており、これに新潟県の自治体が所有する数千の消雪井戸さく井柱状図を突き合わせることで、G1層中の地下水を詳細に調査することが可能となりました。この調査によって得られた地下水の水質^{*12}や、水素、酸素、炭素の各種同位体比^{*13}の検討結果より、G1層の地下水の中には最終氷期に涵養された地下水が残留しているものがあること、現在はそれらが新たに涵養された地下水によって置き換わりつつあることなどが明らかになり、これを学術論文として公表しました(町田ほか, 2023)。

研究の内容

地下水利用や地中熱利用のための基礎データとしての水文環境図

水文環境図「越後平野(信濃川流域)」は、前節の学術的成果に加えて、地下水利用に必要なデータや考察を盛り込み、よりわかりやすく、より多くの方に利用していただくために編集したものです。従来の水文環境図と同様、地下水位、地下水の水質や各種同位体比を含めた20項目以上の地下水情報の空間分布の表示が可能です(第3図左)。また、帯水層の姿を概念図で示すなど、わかりやすく記述しています(第3図右)。加えて、今日、各地で地中熱ヒートポンプシステムの設置が進んでいることから、地中熱利用の基礎資料とするために、合計36地点にて最大深度600mまでの水温の鉛直プロファイルを掲載しました。

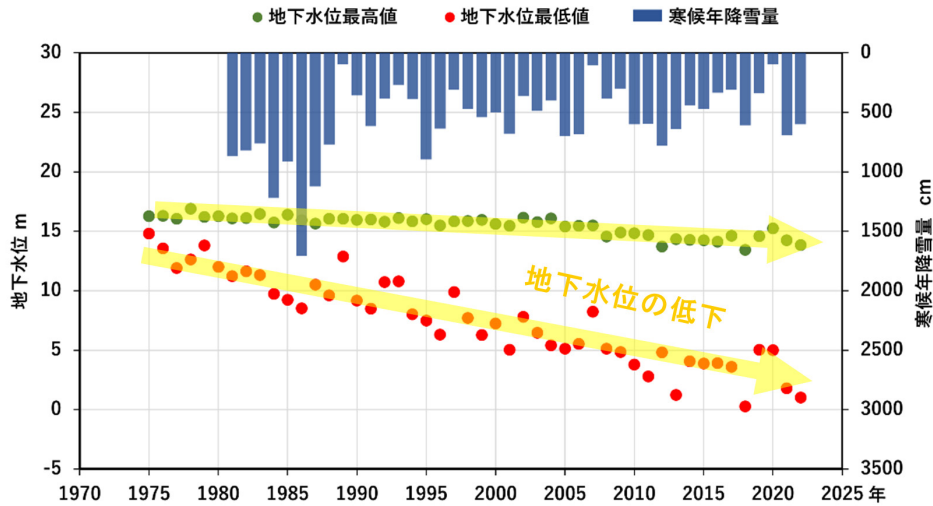
地下水涵養域マップ

水文環境図シリーズの中でも、本環境図の大きな特徴は、地下水涵養域マップを掲載していることです。涵養域は、地下地質や地下水などの現場データから導き出すものですが、自然を相手にする研究では、どうしても空間的にデータが得られない領域が存在します。そのような領域では、エキスパートジャッジによって不足部分を補完せざるを得ません。したがって、専門家によって異なる見解が生じることも考えられます。そこで、本環境図では地下水涵養域の決定プロセスも説明書で詳細に論じました。この説明書により、他の専門家による、地下水涵養域マップの検証が可能となります。このことは、別の地域で涵養域を決定する際の手順を示したことにもなります。

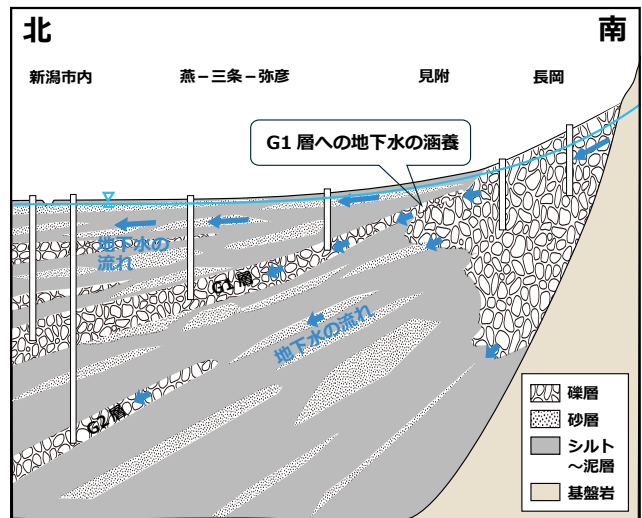
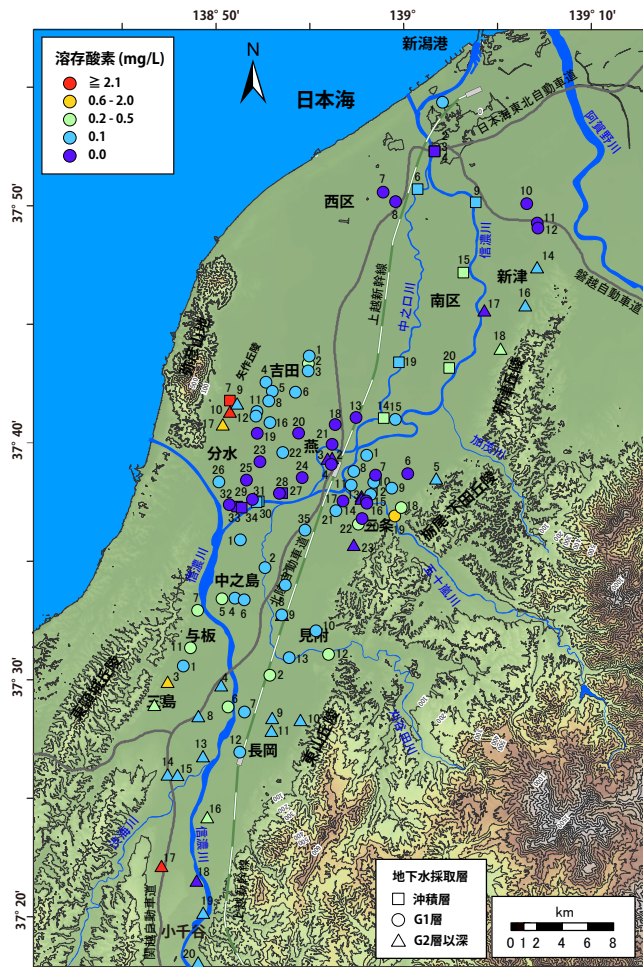
本環境図ではG1層の涵養域を以下の3つに分類しました(第4図)。

[①重要涵養域] 地下水資源量に大きく影響を与える可能性が高いエリアです。重要涵養域では、そこが森林であれば可能な限り森林のまま保全することが望ましく、市街地であれば、今後、透水性舗装材や浸透ますなどを導入して、地下水涵養を促進するなどの積極的な対策が望まれます。

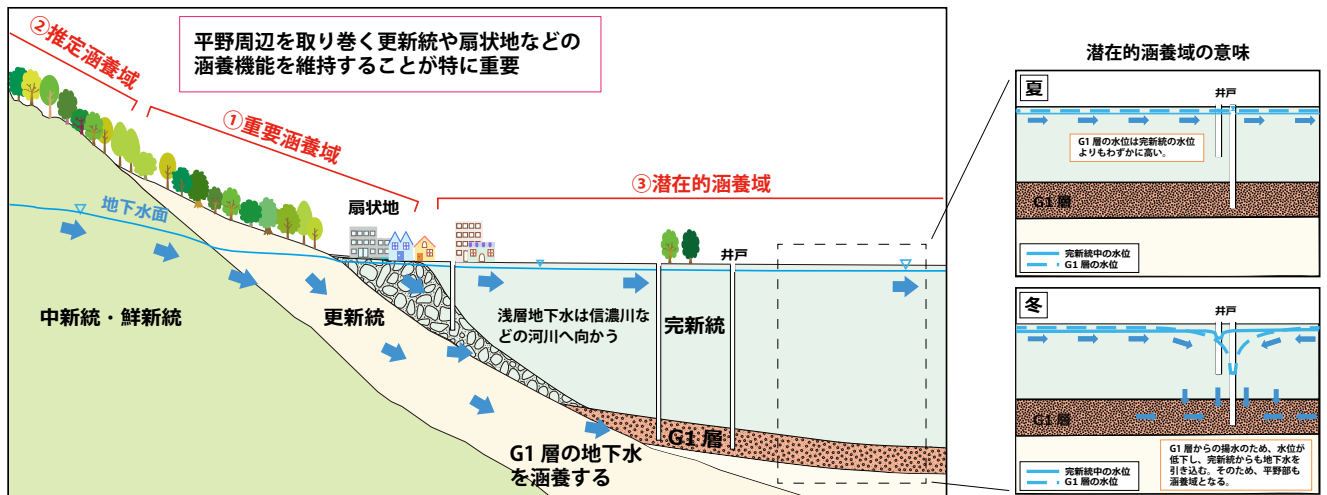
[②推定涵養域] 現時点では、データから涵養域であることは明らかになっていませんが、地形・地質や過去の研究事例から涵養域であると推定される地域です。推定涵養域の土地開発も地下水資源に影響を与えられま



第2図 長岡市における地下水位の変化(長岡市堤岡中学校観測井:新潟県環境局, 2023)。地下水位は帯水層中の地下水の貯水量を示しています。冬期は消雪用水の揚水によりG1層の地下水位は低下し, 地下水位最低値を示します(赤色●)。一方, 春以降はG1層に地下水が涵養されて, 地下水位は上昇して地下水位最高値を示します(緑色●)。地下水位の最低値も最高値もゆるやかに低下していることは, 当該地域の地下水の揚水量が涵養量を上回っていることを示しています。



第3図 水文環境図「越後平野(信濃川流域)」。地下水の水質分布を示すマップ(左)や, G1層の地下水の流れ(右)などが掲載されています。G1層は連続性の良い礫層^{*14}です。長岡市周辺では地表付近に分布しますが, 北に向かって低くなる方向に緩く傾斜しており, 新潟市内の海岸部では深度160 mに達します。G1層中の地下水は, 概して北に向かって流動しており, 長岡市周辺はG1層中の地下水の涵養域の1つになっています。



第4図 G1層の涵養域(東西断面)。①重要涵養域と②推定涵養域は地形と地質が大きく関係しています(左図)。一方、③潜在的涵養域(右図)は平野部に分布しています。自然状態(夏期)ではG1層中の地下水位は完新統中の水位よりもわずかに高いため、完新統中の地下水はG1層に流入しませんが、冬期の揚水によってG1層の水位が下がると、完新統中の地下水がG1層に引き込まれます。図中の「中新統」、「鮮新統」、「更新統」、「完新統」は地質の古さを示す用語です。この中で最も古いものは中新統で、今から約530万～2300万年前の地層、最も新しいものは完新統で約1万年よりも新しい地層です(<https://geosociety.jp/name/content0062.html> 閲覧日:2024年10月26日)。

[③潜在的涵養域] 平野部にもたらされた降雨は浅層地下水となり、自然状態では水平方向に流れるため、G1層にほとんど流入しません。しかし、G1層にて大量の地下水を揚水し続けると浅層から地下水が引き込まれます。その場合、浅層地下水^{*1}もG1層の涵養源となることから、このような領域を潜在的涵養域としました。このように本環境図では、地下水資源の利活用という観点から、長期的な町づくりを目指す上で留意すべき地域を明らかにしています。

自治体は地下水の調査や分析、そして地下水採取の制限などの措置を講じるよう努めることが義務付けられています。越後平野の信濃川流域では、主にG1層中の地下水を消雪用水に利用していますが、これは同じ「水がめ」から複数の自治体が地下水を揚水していることを意味しています。G1層中の地下水を持続的に利用し続けるためには、各自治体が協力して調査、対策を行うことが必要です。

今後の予定

今後も都市域や地下水情報を必要としている地域を中心に水文環境図を作成し、地域の地下水情報を発信し続けると共に、地下水の持続的利用に資するための研究を行っていきたくと考えています。

文献

- 町田 功・坂東和郎・藤野丈志・五十石浩介・野内冨希・小西雄二・井川怜欧・松本親樹・バトデンベレル バヤンズル・福本幸一郎(2023) 越後平野G1層中の地下水流動と水質形成. 地下水学会誌, 65, 221-254.
- 新潟県環境局(2023) 長岡地区の地盤沈下(47). <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/405889.pdf> (閲覧日:2024年6月26日)
- 岡村行信・宮地良典・井上卓彦・天野敦子・楮原京子・船引彩子・ト部厚志・内田洋平・稲崎富士・駒澤正夫・大熊茂雄・堀川晴央・小松原 琢・竹内圭史(2011) 海陸シームレス地質情報集,「新潟沿岸域」. 数値地質図S-2, 地質調査総合センター.

用語解説

*1 水循環基本法

健全な水循環の維持または回復という目標のもと、2014年7月に制定された法律です。2021年6月に改正され、国・地方公共団体の責務に「地下水の適正な保全及び利用に関する施策」が含まれること及び事業者・国民の責務として、当該施策への協力が含まれることが明確化されました。

***2 流域**

大局的な地下水の流れや地下水資源を考える上で、最も重要な地形単位です。越後平野(信濃川流域)の場合は信濃川を含む平野を取り囲む、地形上の尾根線をたどって囲った範囲です。

***3 涵養**

雨が地下に浸透し、地下水資源になることです。

***4 涵養域**

涵養が起こる主たるエリアです。G1 層中の地下水の涵養域といった場合は、G1 層中の地下水を補充するための雨がもたらされる地域を指します。

***5 地下水マネジメント**

地下水の適正な保全と利用に着目した総合的な地下水管理・利用のあり方です。

***6 消雪用水**

冬期に道路の除雪などに使われる地下水で、消雪パイプなどに用いられています(写真 1)。その水源として越後平野では地下水が用いられています。



写真 1 消雪パイプから水が流出しているところ。

***7 帯水層**

透水性と貯留性が良く、井戸から連続して地下水を汲むことができる地層です。

***8 地下水位**

井戸の中に表れる水面の標高。例えば、地下水位が 0 m の場合は、井戸の中の水面が海水準と同じ高さになることを意味しています。

***9 揚水流量**

時間あたりの揚水量。同じ井戸でも、地下水位が低下すると揚水流量が減ります。

***10 井戸の枯渇**

地下水位の低下により井戸の中の水が消失する現象です。このような場合、井戸をさらに深く掘り下げるなどの対策が行われます。

***11 海陸シームレス地質情報集「新潟沿岸域」**

産総研地質調査総合センターが公開している、越後平野での包括的な地質調査結果をまとめた資料です(岡村ほか, 2011)。

***12 地下水の水質**

ここでは地下水中に含まれる無機成分などを指します。

***13 水素, 酸素, 炭素の各種同位体比**

ここでは重水素・トリチウム・酸素 18・炭素 13・炭素 14などを指します。これらの成分は、涵養域や地下水年代(涵養からの経過時間)の情報などを含んでいます。

***14 礫層**

礫(粒径 2 mm 以上の碎屑物)を多く含む地層。礫の隙間は通常、砂や泥で充填されています。

***15 浅層地下水**

浅層地下水と深層地下水は厳密には定義されておらず、ここでは G1 層の上位の完新統中の地下水を指します。なお、しばしば深度 20 ~ 30 m 程度よりも浅い地下水が浅層地下水と呼ばれます。

MACHIDA Isao, BANDO Kazuro, FUJINO Takeshi, KOZAKE Kinya, ISOISHI Kosuke, NOUCHI Saeki, KONISHI Yuji, IKAWA Reo, MATSUMOTO Shinji, UCHIDA Yohei, SHRESTA Gaurav, BAYANZUL Batdemberel and FUKUMOTO Koichiro (2024) Groundwater protection zones in Shinano River Basin, Echigo Plain - New release of Water Environmental Map No.14.

(受付：2024 年 6 月 26 日)