

令和5年10月3日

第2回 企業連携水循環ウェビナー 「水循環における地下水管理と持続的な利活用に向けた課題」

(国研) 産業技術総合研究所・地質調査総合センター
地下水研究グループ 井川 怜欧

- 0) 自己紹介（組織紹介）
- 1) 資源としての地下水
- 2) 水循環と地下水
- 3) 適切な地下水管理にむけて
官が果たすべき役割
- 4) 適切な地下水管理にむけて
企業に期待される役割

- 0) 自己紹介（組織紹介）
 - 1) 資源としての地下水
 - 2) 水循環と地下水
 - 3) 適切な地下水管理にむけて
官が果たすべき役割
 - 4) 適切な地下水管理にむけて
企業に期待される役割

自己紹介



(氏名) 井川 怜欧
 (所属) 産業技術総合研究所・地圏資源環境研究部門
 地下水研究グループ
 (専門) 水文学・地下水学

産総研の研究領域

エネルギー・環境領域

エネルギープロセス研究部門
 電池技術研究部門
 省エネルギー研究部門
 環境創生研究部門
 安全科学研究部門

再生可能エネルギー研究センター
 先進パワーエレクトロニクス研究センター
 ゼロエミッション国際共同研究センター

生命工学領域

健康医学研究部門
 細胞分子工学研究部門
 バイオメディカル研究部門
 生物プロセス研究部門

情報・人間工学領域

人間情報インタラクション研究部門
 人工知能研究センター
 サイバーフィジカルセキュリティ研究センター

人間拡張研究センター
 ヒューマンモビリティ研究センター
 インダストリアルCPS研究センター
 デジタルアーキテクチャ研究センター

材料・化学領域

機能化学研究部門
 化学プロセス研究部門
 ナノ材料研究部門
 極限機能材料研究部門
 マルチマテリアル研究部門

触媒化学融合研究センター
 ナノカーボンデバイス研究センター
 機能材料コンピューショナルデザイン研究センター
 磁性粉末冶金研究センター

エレクトロニクス・製造領域

デバイス技術研究部門
 電子光基礎技術研究部門
 製造技術研究部門

センシングシステム研究センター
 新原理コンピューティング研究センター
 プラットフォームフォトニクス研究センター

地質調査総合センター

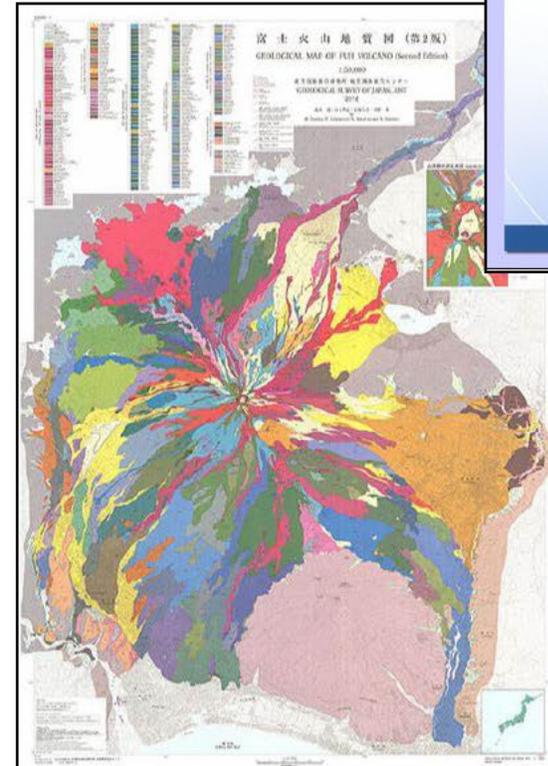
活断層・火山研究部門
 地圏資源環境研究部門
 地質情報研究部門
 地質情報基盤センター

計量標準総合センター

工学計測標準研究部門
 物理計測標準研究部門
 物質計測標準研究部門
 分析計測標準研究部門
 計量標準普及センター

融合研究ラボ

次世代治療・診断技術研究ラボ
 次世代ヘルスケアサービス研究ラボ
 資源循環利用技術研究ラボ
 環境調和型産業技術研究ラボ
 サステナブルインフラ研究ラボ
 新型コロナウイルス感染リスク計測評価研究ラボ



水文環境図「富士山」
 (現在はweb公開)

国内の地質に関連する
 情報を地球科学図と
 して公開

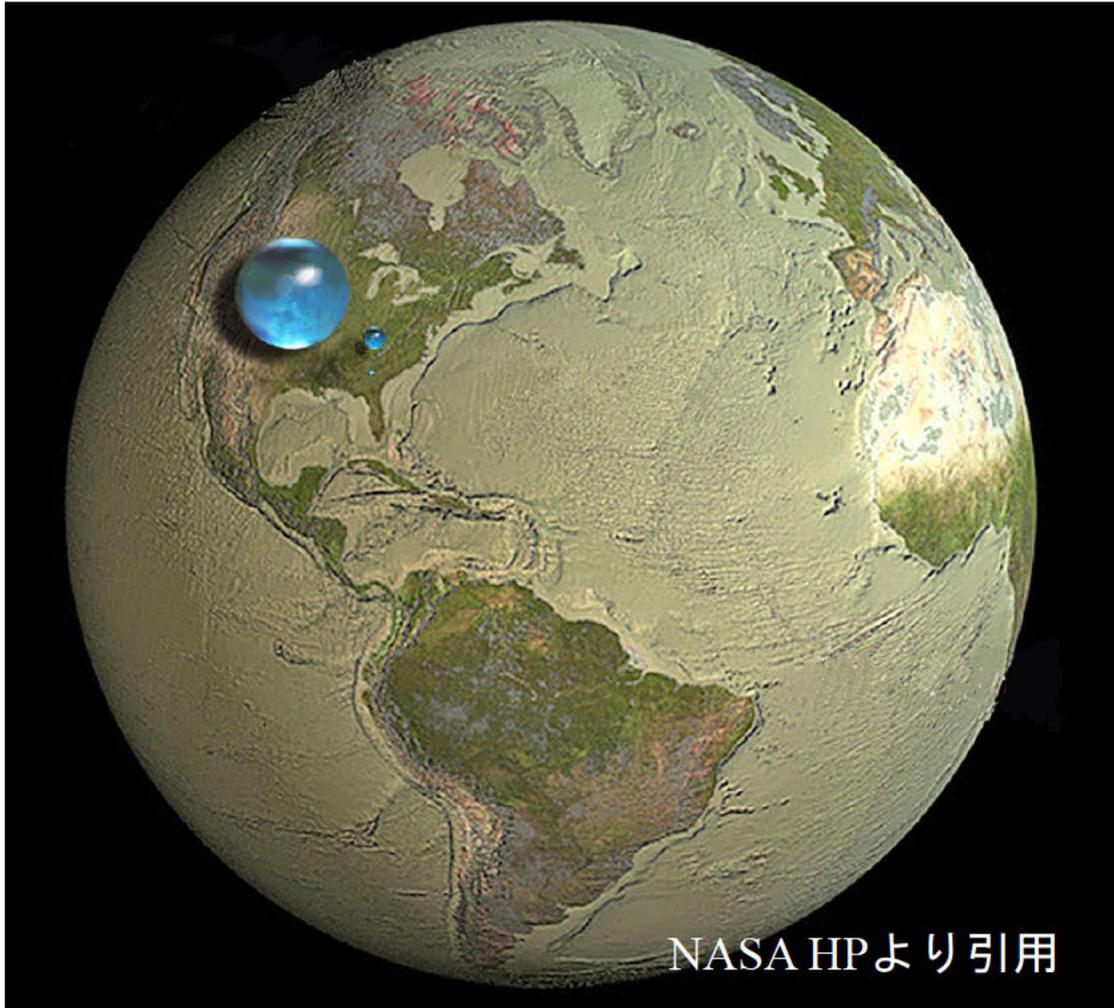
GSJ 出版物

検索

火山地質図「富士山」
 (第2版)

- 0) 自己紹介（組織紹介）
- 1) 資源としての地下水
- 2) 水循環と地下水
- 3) 適切な地下水管理にむけて
官が果たすべき役割
- 4) 適切な地下水管理にむけて
企業に期待される役割

地球の体積と水の体積



<http://www.universetoday.com/65588/what-percent-of-earth-is-water/>

地球上のすべての水のうち、

塩水：96.5%

淡水：3.5%

その内訳は？

河川と湖沼：0.3%

地下水：30.8%

氷床：68.9%

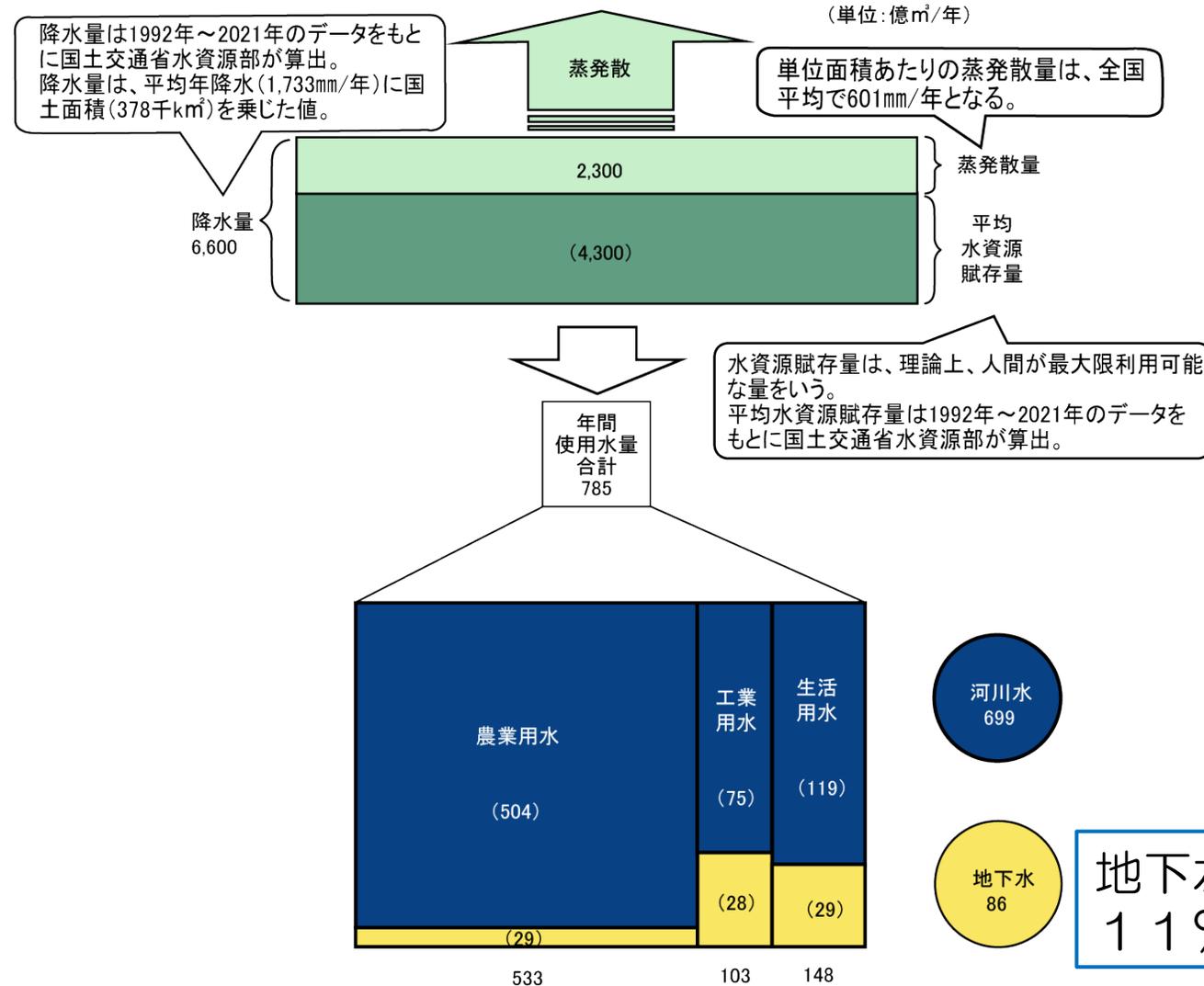
使える水

使えない水

ということは？

地球上の“使える水”の内
99%は地下水

～日本国内の水資源における地表水と地下水の割合～

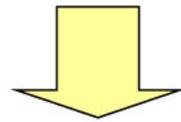


地下水資源とはどのような存在か

天然資源

更新可能資源

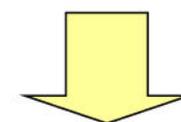
(食料, 水, 材木
天然繊維etc…)



うまく管理すれば
持続的に使える!

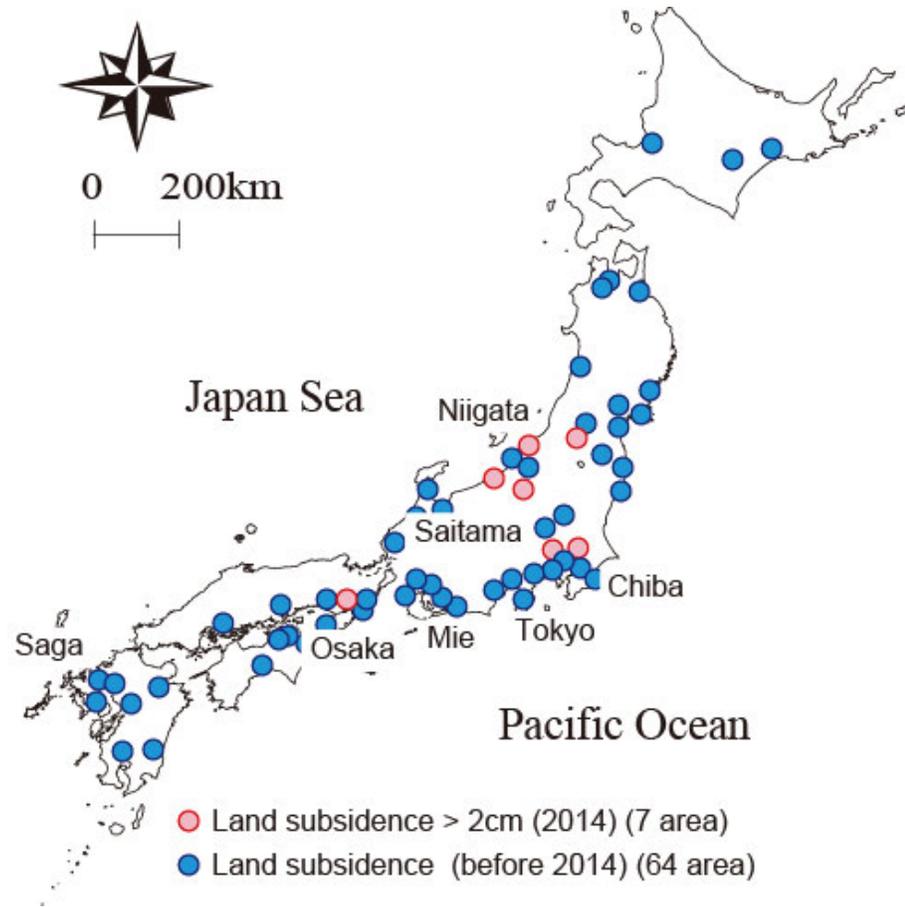
非更新可能資源

(鉱物, 石油,
石炭etc…)



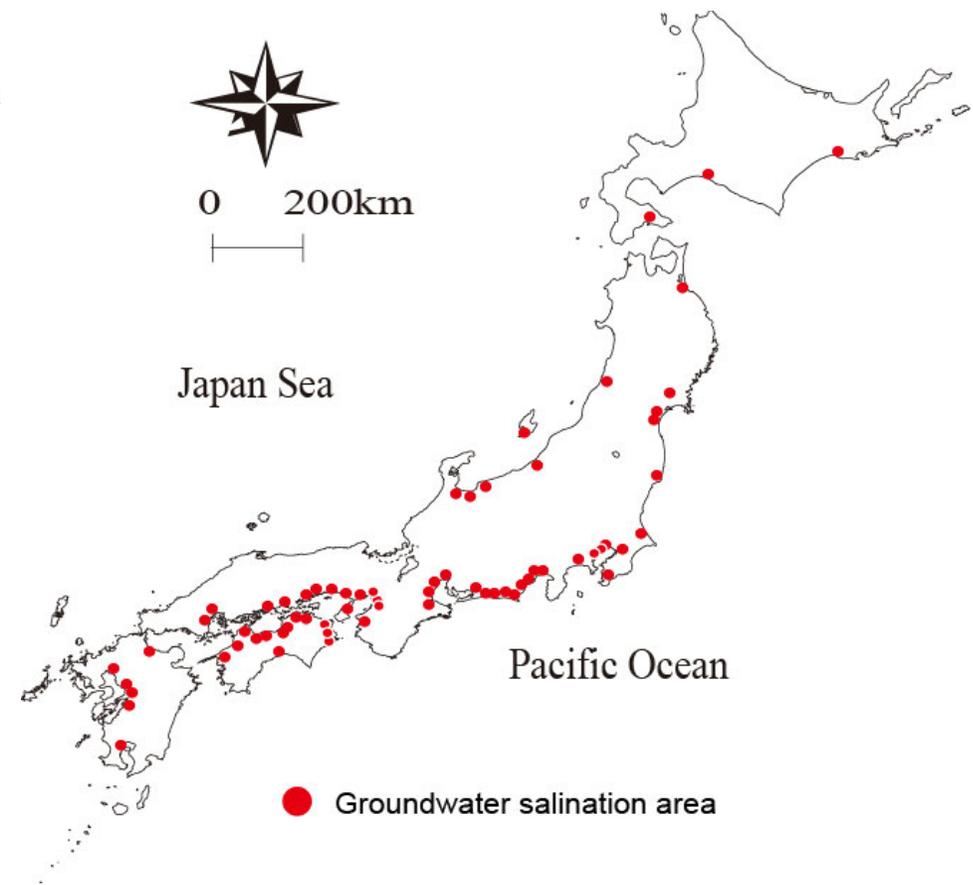
将来的に枯渇する

不適切な地下水管理が引き起こした地下水障害



地盤沈下

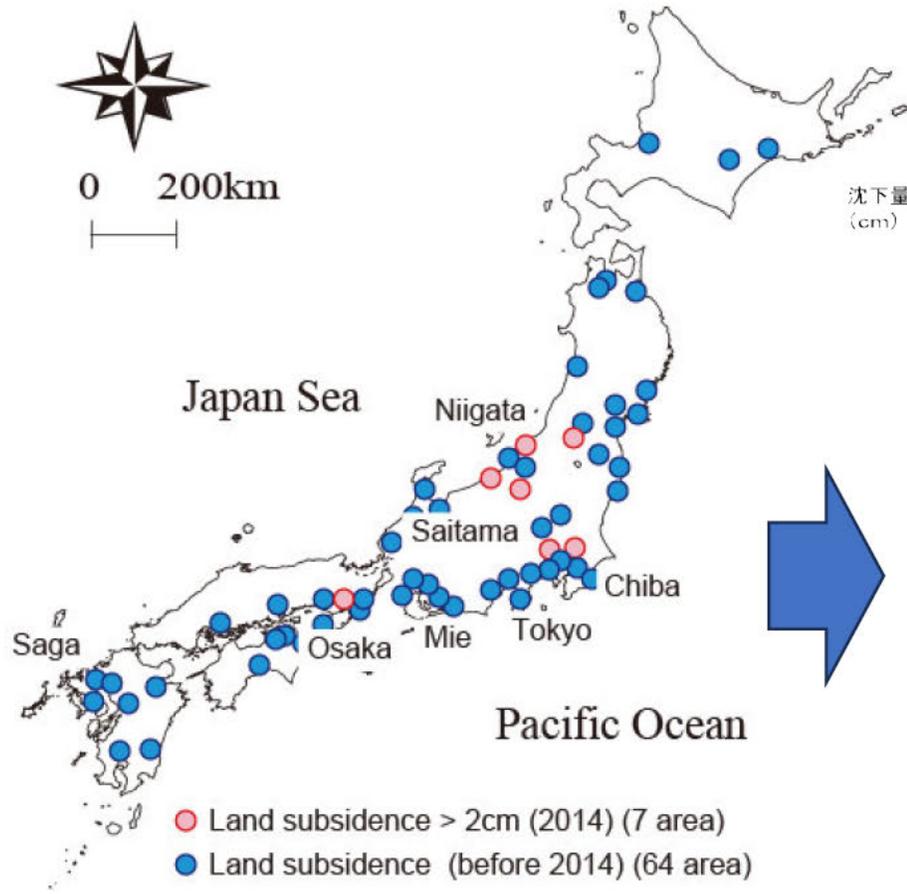
(地面がどんどん下がっていく)



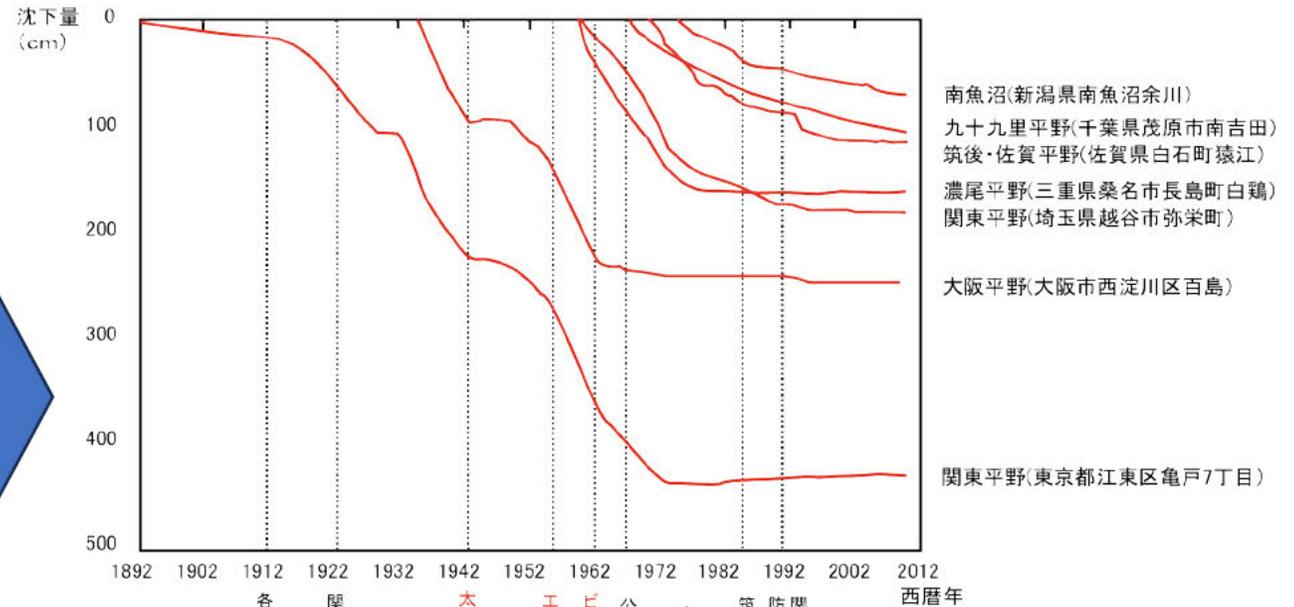
地下水の塩水化

(地下水が塩水に変わっていく)

不適切な地下水管理が引き起こした地下水障害



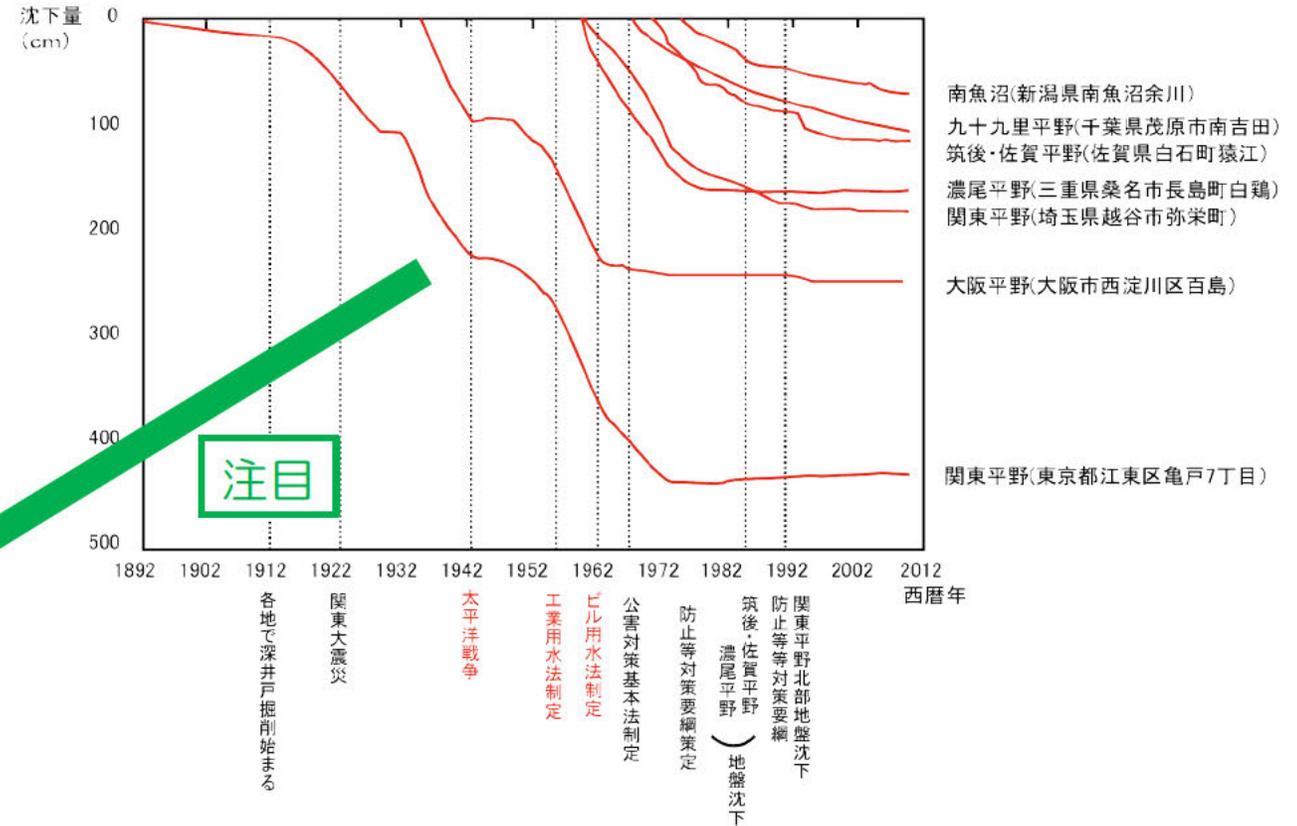
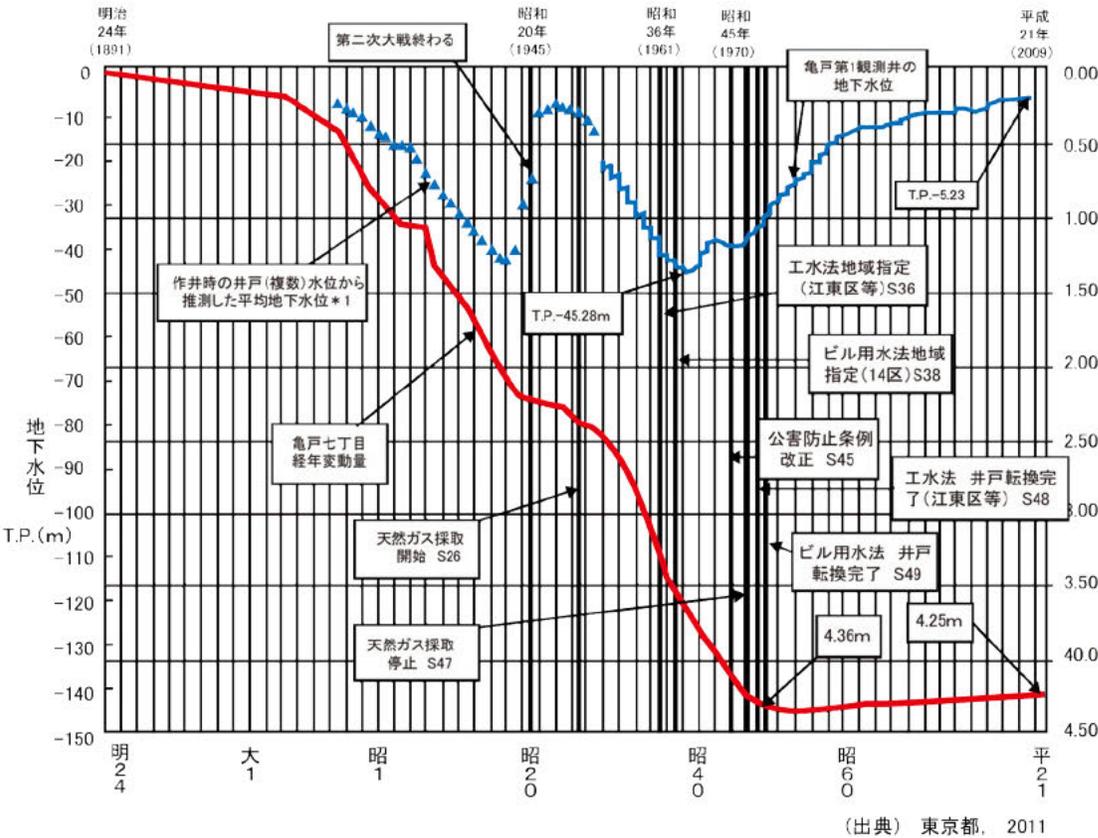
地盤沈下
(地面がどんどん下がっていく)



各地で深井戸掘削始まる
関東大震災
太平洋戦争
工業用水法制定
ビル用水法制定
公害対策基本法制定
防止等対策要綱策定
筑後・佐賀平野
濃尾平野
関東平野北部地盤沈下防止等対策要綱
地盤沈下

近代化により工業用水としての地下水揚水量が増加したことで、全国で地盤沈下が深刻化

不適切な地下水管理が引き起こした地下水障害



東京都（亀戸）における地盤沈下量と地下水位の経時変化

地下水は回復しても地盤沈下は回復しない → 適切な地下水管理が必要

適切な地下水管理にむけて

2014年7月：水循環基本法が施行されました
(2021年6月に一部改正)。

水循環

水が、蒸発、降下、流下または浸透により、
海域等に至る過程で、地表水または地下水
として河川の流域を中心に循環すること。



水循環の目指す姿

「健全な水循環」とは、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をいいます。

5つの基本理念

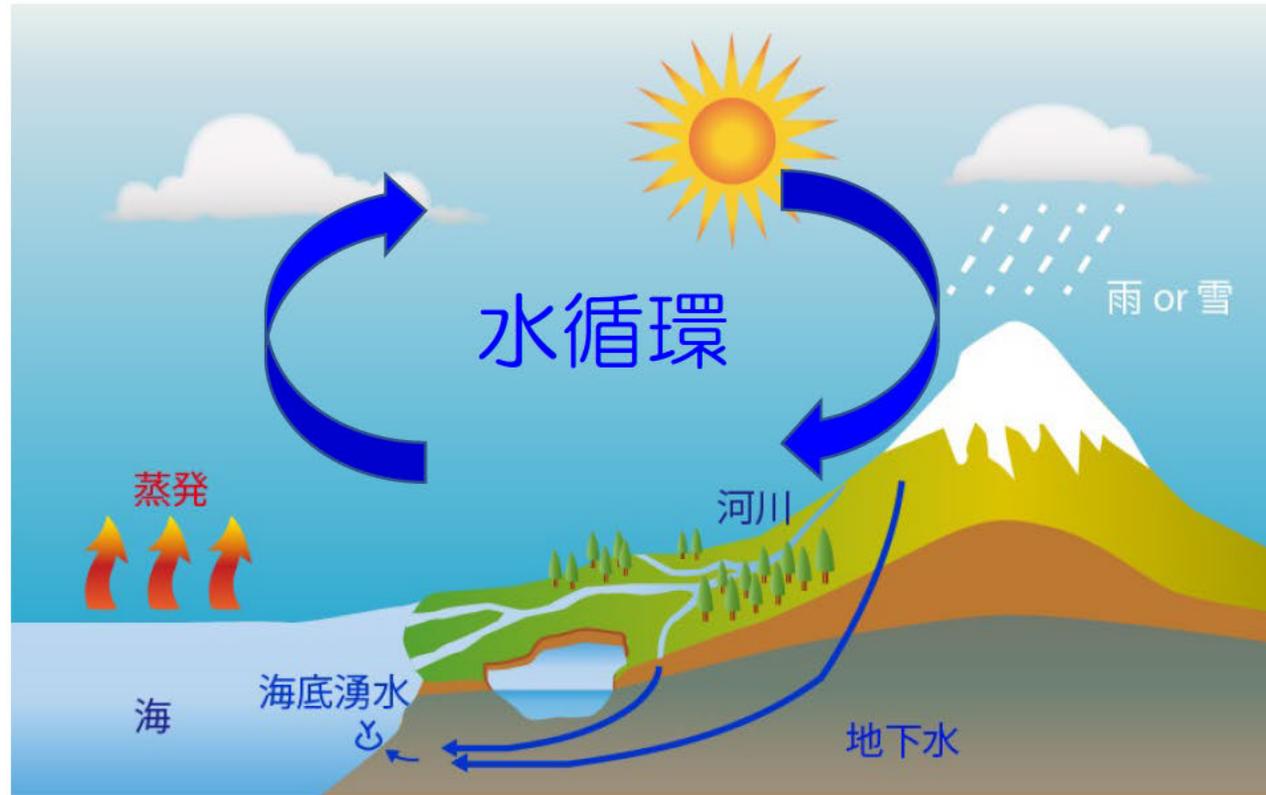
- 水循環の重要性
- 水の公共性
- 健全な水循環への配慮
- 流域の統合的管理
- 水循環に関する国際的協調

本法では、これまで個別に管理されてきた地表水と地下水を
公共の財産として水循環の視点から流域単位で統合的に
管理してことを目指している。

では、水循環の視点からみた地下水の存在について
簡単にご紹介したいと思います。

- 0) 自己紹介（組織紹介）
- 1) 資源としての地下水
- 2) 水循環と地下水**
- 3) 適切な地下水管理にむけて
官が果たすべき役割
- 4) 適切な地下水管理にむけて
企業に期待される役割

水循環とはなにか？



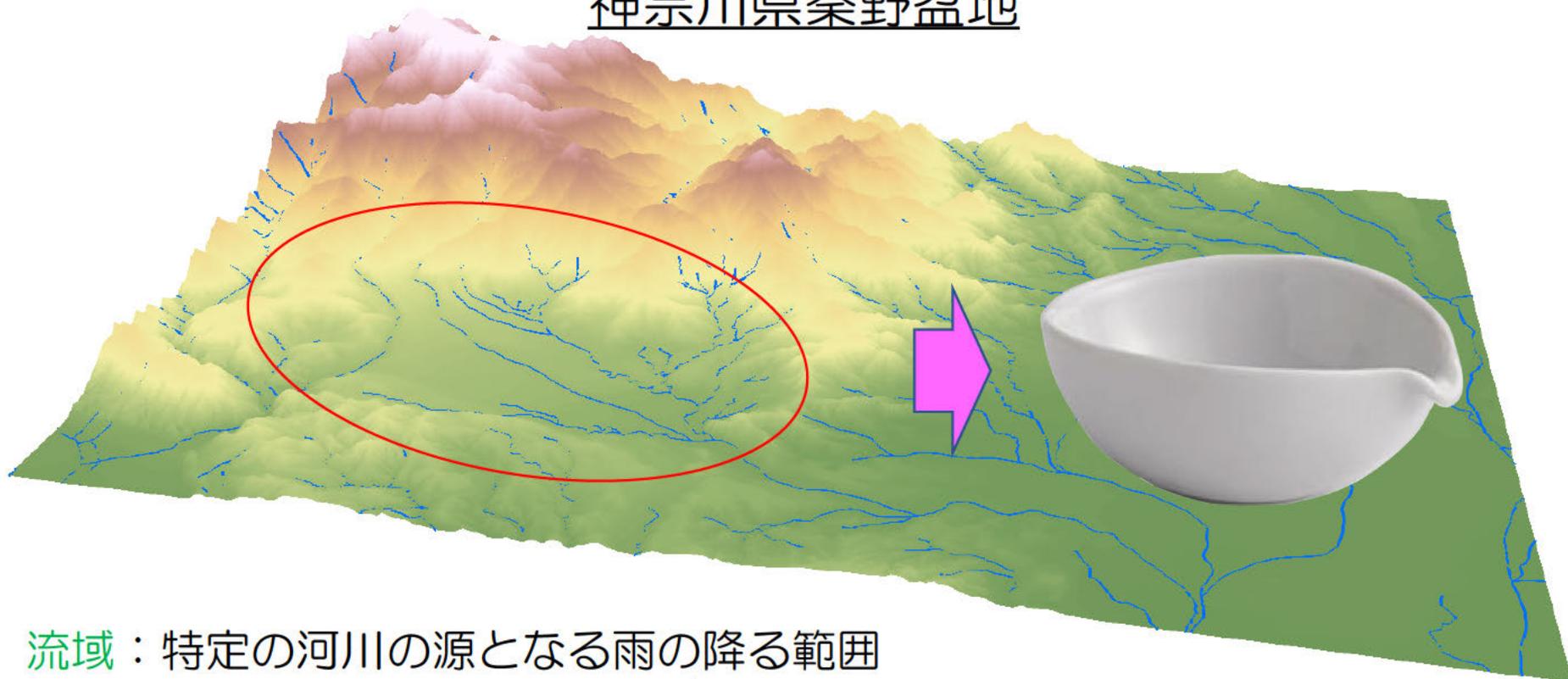
水循環：地球上の水の輸送過程の総称



海水→水蒸気（蒸発）→雲→雨または雪→河川水や地下水→海水

流域とはなにか？

神奈川県秦野盆地

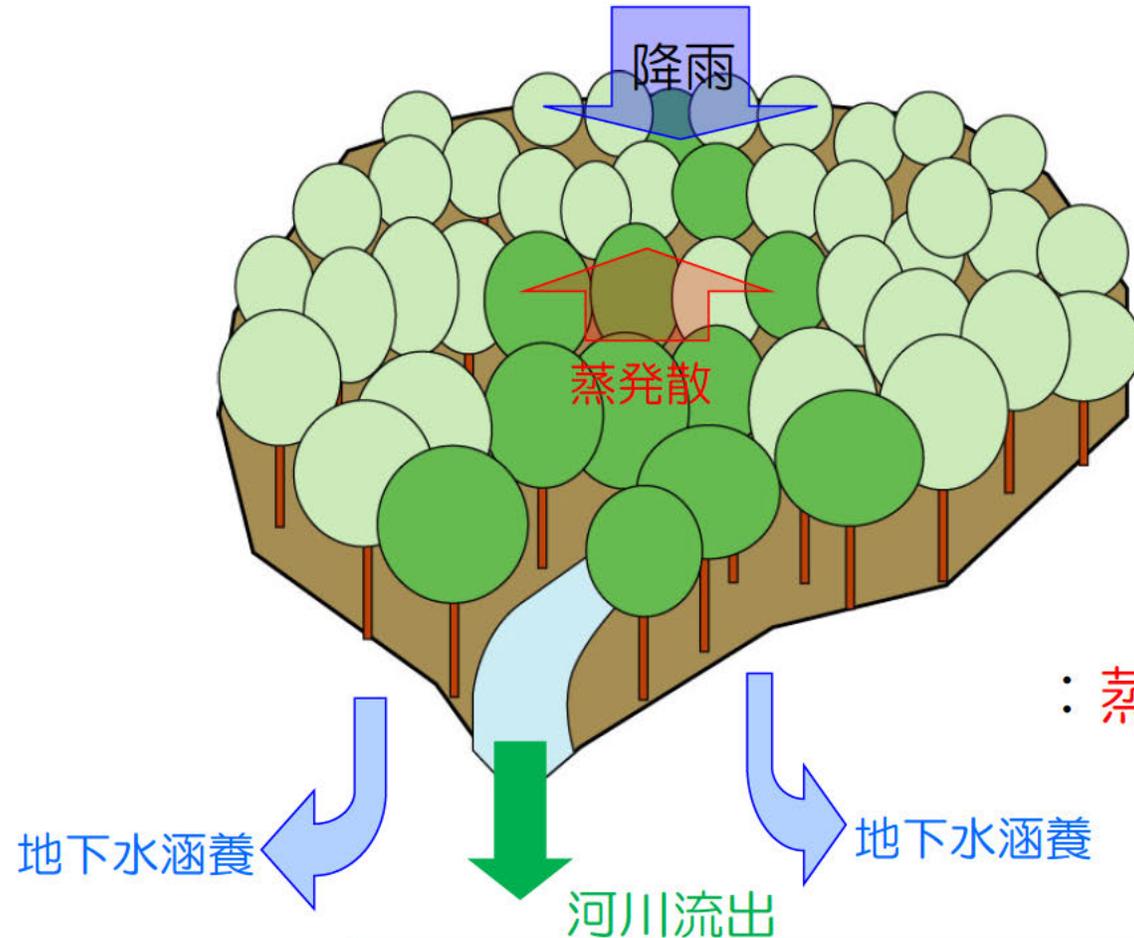


流域：特定の河川の源となる雨の降る範囲
一般的には、分水界と呼ばれる**地形の尾根筋（稜線）を連ねた線によって囲まれた範囲**のこと。

流域の中の全ての水（資源）の起源は、流域に降った雨（降水）であることから
水資源を管理するためには、まずは対象となる流域（器の形や大きさ）を決定することが
何よりも重要。

水収支と地下水

流域内の水循環の大元となる水収支を把握することが重要



水収支：
流域に出入りする水の量
の関係

一般的に
Input (入ってくる水)
：降水 (雨水)
Output (出ていく水)

：蒸発散、河川流出、地下水涵養

$$\text{降水量} = \text{蒸発散量} + \text{河川流出量} + \text{地下水涵養量}$$

水収支と地下水

$$\text{地下水涵養量} = \text{降水量} - \text{蒸発散量} - \text{河川流出量}$$

水収支式から地下水とは、降水量から蒸発散と河川流出を差し引いた余りの存在であることが分かる。



したがって、流域における水収支を理解しなければ、適切な地下水管理を実施することは難しい。
また、管理するためには、地下水が、どこから来て、どこに向かって、どのくらいのスピードで、どのくらいの量が流れているのかなどを把握しておく必要がある。



したがって、適切な地下水管理を行う上では、“見えない水”である地下水の情報を“見える化”することが第一歩！

地下水情報の見える化

自分の家の近所の地下水の
水温を調べた

水温が18℃でした。
これはどう解釈すべ
きでしょうか



えっ！う、うむ、そ
うだな・・・水温が
高いと言えなくもな
いが、一つの地点情
報だけではなんとも
言いようが・・・。



地下水データベース

蓄積データ

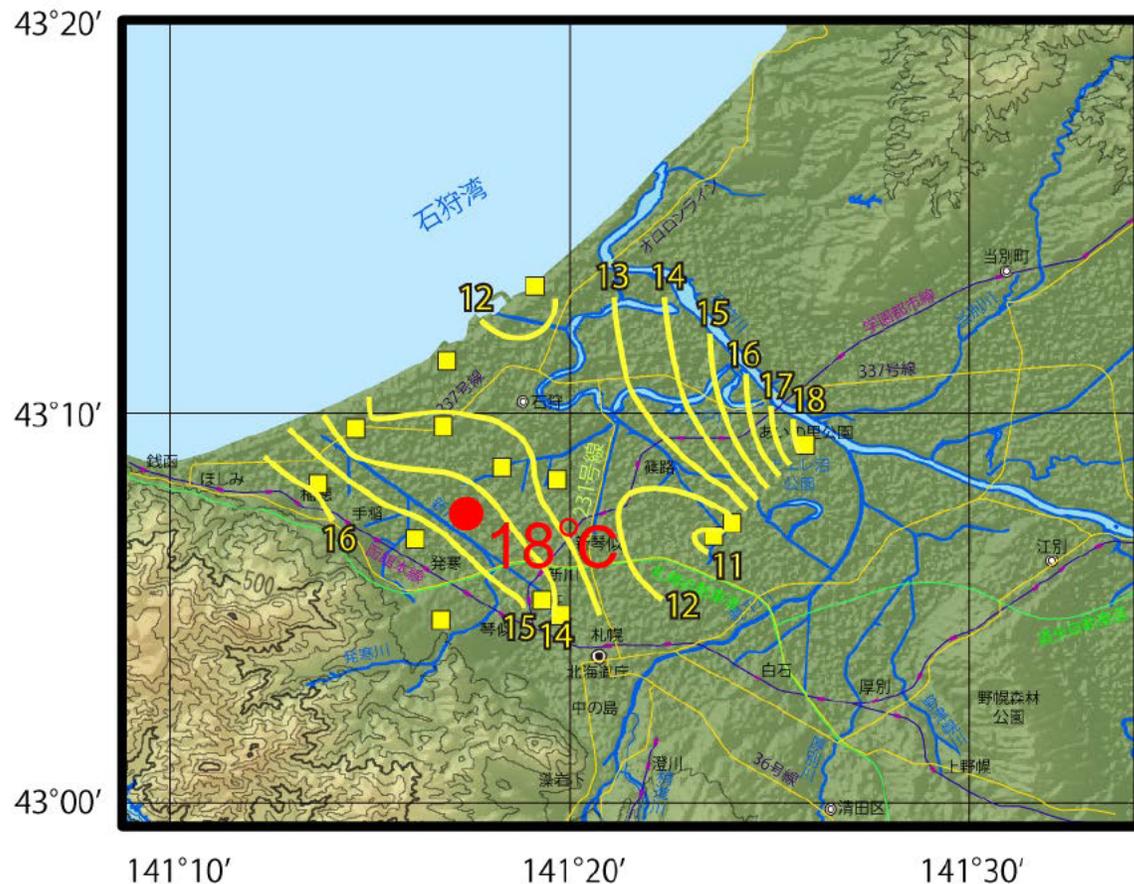
- 地下水関係データ
- ・観測所情報
- ・地下水位
- ・地下水質
- ・揚水量（採取量）
- ・湧水量 等

CSVデータよりグラフ作成も可能

データ登録は CSVもしくはPDFでも可能

地下水マネジメント推進プラットフォーム
地下水データベース

地下水の周辺情報の重要性



水文環境図No.8「石狩平野(札幌)」
深度100mの水温分布(町田ほか, 2015)

自分の家の近所の地下水の
水温を調べた



水温が18°Cでした。
これはどう解釈すべ
きでしょうか



周辺の地下水は14
~15°C程度である
ことを考えると有意
に高い値ということ
ができるな。

複数地点のデータを図化することで、より正確に地下水の特性を理解することができる。

- 0) 自己紹介（組織紹介）
- 1) 資源としての地下水
- 2) 水循環と地下水
- 3) 適切な地下水管理にむけて
官が果たすべき役割**
- 4) 適切な地下水管理にむけて
企業に期待される役割

持続的な利用に向けて、地下水を適切に管理するためには、**点（井戸）の情報から線（流れ）の情報**へと変換する必要があります。すなわち**地下水の流れ**を把握することが不可欠です。

また、地下水の変化は非常にゆっくりなため、定常状態（自然状態）を把握するためには、過去のデータをしっかりとコンパイルしておく必要がある。

しかし、通常、古い資料は時間が経つと処分され、手に入れることは難しくなる。



地域ごとの地下水情報を定期的に整理する（水文環境図）

水文環境図

- 初期画面
- 説明書
- PDF版
- 使い方
- 注意事項



水文環境図「富士山」説明書

小野昌彦¹・井川裕敏¹・町田 功¹・丸井敦尚¹・村中康秀²・神谷貴文²・大山康一²・伊藤 彰²

1 国立研究開発法人産業技術総合研究所地質調査総合センター
2 静岡県環境衛生科学研究所

目次

- はじめに
- 富士山および周辺地域の概要
 - 地形・水系・土地利用
 - 地質
 - 帯水層
- 地下水流動
- 地下水の地球化学的研究
 - 地下水の塩水化（南西斜面）
 - 酸素・水素安定同位体比による地下水流動系の解明（東斜面、南西斜面）
 - 地下水中の硝酸性窒素（愛鷹山、南西斜面）
 - 地化学トレーサーによる地下水年代の研究（東斜面、南西斜面）
- 現況の地下水質および地下温度
 - 現地調査の方法
 - 現地測定の結果
 - Cl⁻濃度およびNO₃⁻濃度
 - 酸素・水素安定同位体比
 - V濃度

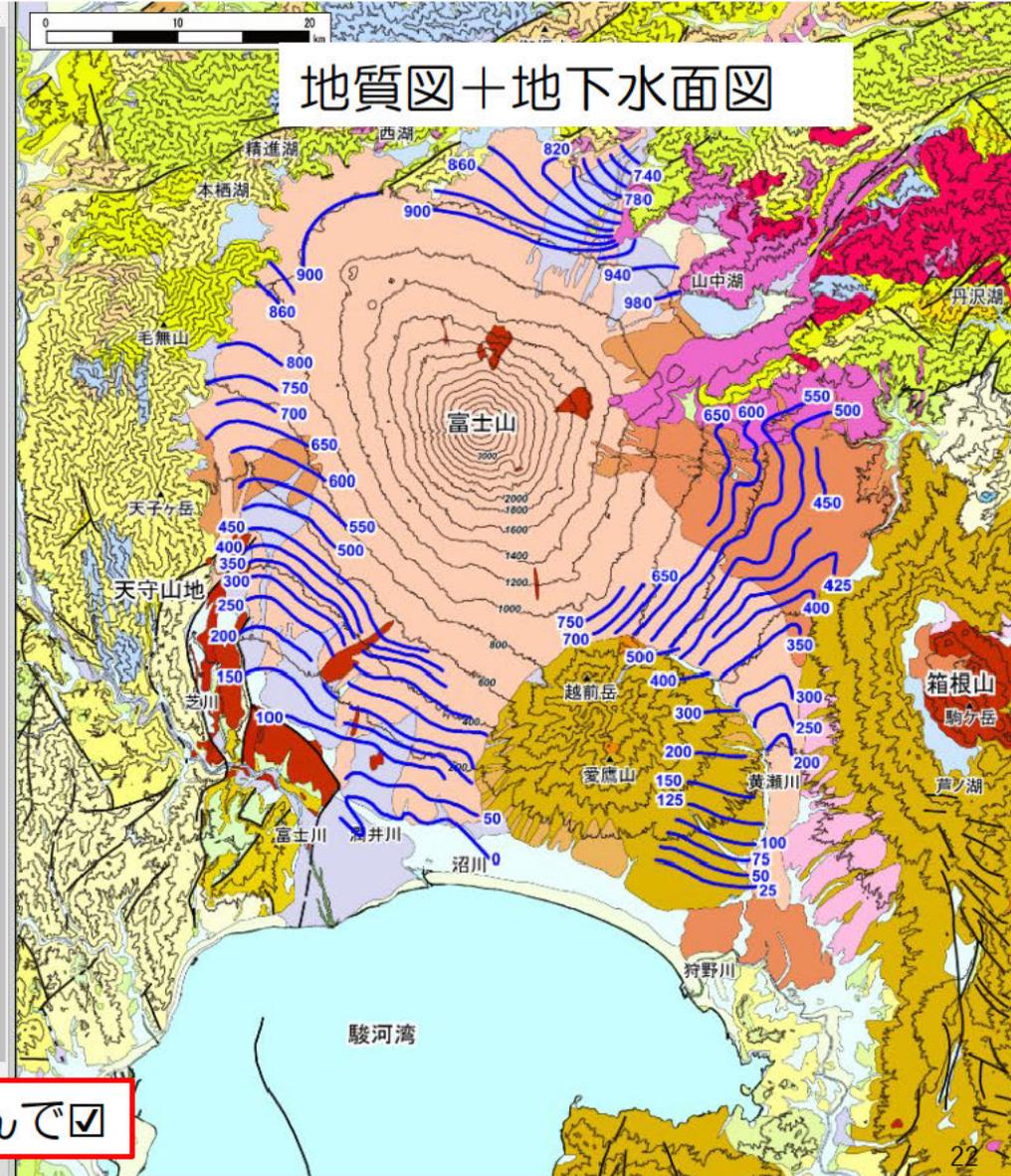
謝辞
参考文献
付録
付図

水文環境図 No.9 「富士山」 国立研究開発法人 産業技術総合研究所 地質調査総合センター

- 初期画面
- 説明書
- PDF版
- 使い方
- 注意事項

- 地形・地質・地域の情報
 - 地形図 Topographical map
 - 等高線 Contour map
 - 水系図 Drainage map
 - 地質図 Geological map
 - 主要地点名 Geographical names
 - 補足地点名 Additional geographical names
 - 主要道路・軌道線図 Railroad/track
 - 緯度線と経度線 Latitude and longitude line
 - 土地利用図 Land use map
- 水文地質情報
- 地下水位情報
 - 1986年以前 before 1986
 - 2013年夏季 Summer, 2013
 - 2013年冬季 Winter, 2013
- 調査地点の位置図
- 水温・水質
- 同位体

- 番号について
- 5
 - 1
 - 4
 - 2
 - 4
 - 4
 - 4
 - 1
 - 4
 - 4



説明書を読めば、過去の地下水も含めて網羅的に理解できる

見たい情報を選んで☑

一般に、地下水は天からの恵み（恩恵）という考えから、自由にタダで使える水資源だという認識が強い。

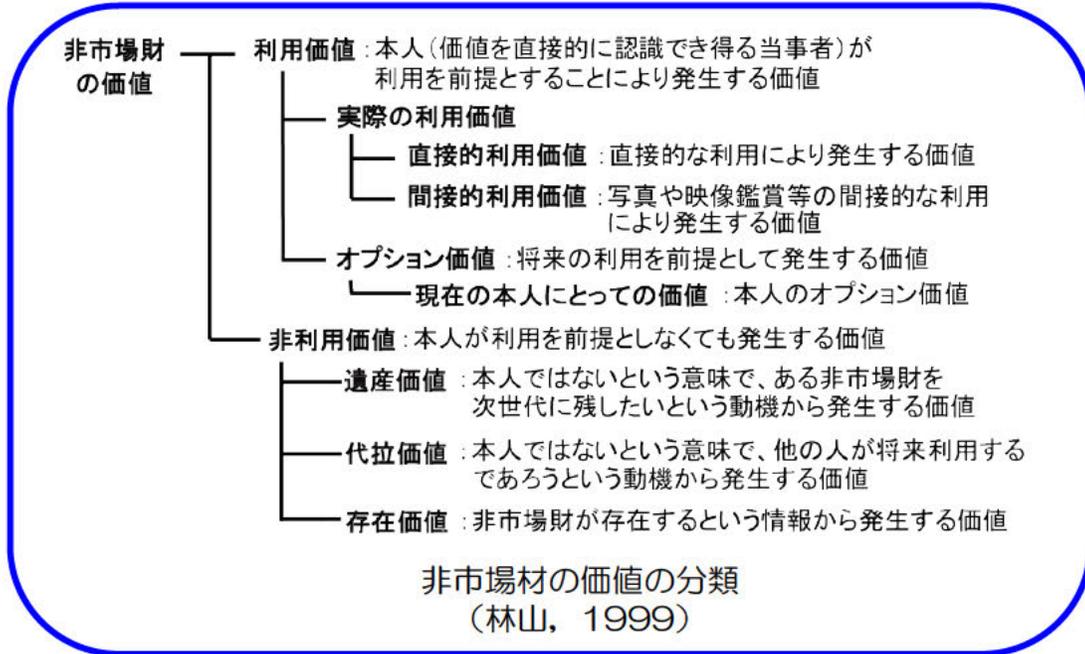
したがって、地下水管理にお金をかけることに違和感を持つ人も少なくない。

しかし、地下水は更新可能型の天然資源ではあるが、無限にあるわけではない。

健全な地下水利用を持続するためには、涵養域の保全やモニタリングなど適切な経費が必要となる。

そこで、ステークホルダーが普段意識していない、地下水の持つ多面性とそこから得ている恩恵について“見える化”を実施した。

地下水の持つ経済的価値の評価



地下水は、市場にて値段（価格）が決まっていない非市場材である。

そのため、左図の林山（1999）を参考に地下水を用途に応じて価値の分類を行った。また、利用価値と非利用価値に基づき、それぞれ適切な評価手法を用いた。

今回は、代替法、トラベルコスト法、コンジョイント法の3つの手法を用いて価値を計測した。

分類	計測方法	計測が可能な項目	
		利用価値	非利用価値
顕示選好評価	ヘドニックアプローチ	○	×
	トラベルコスト法	○	×
	代替法	○	△
表明選好評価	CVM・コンジョイント法	○	○

顕示選好評価：人々の経済活動から得られるデータをもとに環境価値を評価すること。

表明選好評価：人々に環境価値を直接たずねることで環境価値を評価すること。

地下水の持つ経済的価値の評価

代替法による経済的価値の算出（WTA：受入保証額）

用途	No	経済的価値（百万円）		
		秦野市	熊本地域 流出域	熊本地域 かん養域
都市施設用	住宅用	931	5,871	2,313
	事務所用	25	314	136
	病院用	35	512	135
	ホテル用	8	131	53
	飲食店用	9	77	20
	学校用	25	161	81
	デパート・スーパーマーケット用	2	10	4
	その他都市施設用	16	70	74
工場用	飲料・食品	81	988	565
	化学製品	490	1,219	1,463
	半導体・液晶	64	148	740
	パルプ・紙	0	1,314	985
	繊維	0	17	17
	プラスチック	11	123	429
	コンクリート	11	6	12
農地用	露地栽培	183	7,310	12,178
	施設栽培	0	580	362
養殖場用	18	0	1,711	489
消雪用	19	0	0	0
合計		1,891	20,561	20,055

＜秦野市で見た場合＞

住宅用、化学製品、露地栽培が突出して大きな値となっており、どのようなステークホルダーが地下水の恩恵を大きく受けているのかが可視化できる。

＜熊本地域で見た場合＞

流出域では都市施設用の用途が地下水の恩恵を大きく受ける一方で、涵養域では1次産業や2次産業において地下水の恩恵が大きいことがわかる。

涵養域と流出域の人口比は、およそ1：2.4が地下水のもつ経済的な価値はほぼ同額である。

（注意）

本数値はあくまで利用している地下水の恩恵を質、量、温度を基準に代替法を用いて評価したものである。地下水利用者の収益とは関係しない。

トラベルコスト法による経済的価値の算出（WTP：支払意思額）

来場者数がカウントされている秦野市と熊本地域（涵養域と流出域）の湧水を含む地下水を利用した観光施設における経済的価値をトラベルコスト法にて算出した結果、秦野市における観光施設の経済的価値は10億円以上となり、熊本地域の観光施設よりも大きな値となった。これは自然を利用した観光施設が乏しい首都圏において、地下水を通じて秦野市にもたらされる恩恵が非常に大きいことを示している。

コンジョイント分析法による経済的価値の算出（WTP：支払意思額）

生活用、防災用、景観用、信仰用としての地下水の価値について、住民アンケートに基づくコンジョイント分析を実施した。その結果、生活用の地下水保全に対するWTPは、対象地域の水道料金とほぼ同じ額となった。また、景観用については、秦野市において、トラベルコスト法により算出された価値は住民のWTPによって、算出される価格（価値）よりも、非常に大きなものとなり、景観用の地下水の価値は、住民が意識するよりも、大きいことが示された。

*上記の2つの分析法における算定データの詳細については、現在、論文執筆中のため、ウェビナーのみの公開とさせていただきます。

- 0) 自己紹介（組織紹介）
- 1) 資源としての地下水
- 2) 水循環と地下水
- 3) 適切な地下水管理にむけて
官が果たすべき役割
- 4) 適切な地下水管理にむけて
企業に期待される役割

流域における適切な地下水管理には、井戸や地下水に関する情報が不可欠である。

公的機関が所有する井戸については、一部、位置情報が公開されているものもあるが、民間の井戸については、個人情報保護法の観点から位置情報については、**ほぼ全てが非公開**となっている、

しかしながら、点の位置が定まらなければ、線としてつなぐことができない。

したがって、今後は企業連携による位置情報を含むデータセットあるいはデータベースの構築と制限付きの公開（会員登録やデータ利用希望者の身元確認など）が可能となるようなシステムづくりが期待される。

* 国際的な動向については、第一回ウェビナーの公開資料を参照

今後、日本国内においても、地下水をとりまく環境は大きく変化することが予想される。

これまでは、飲用利用や、食物生産、工業生産など、直接的に水を利用するビジネスが着目されてきたが、地下水のもつ多様性・多面性を考えると、地下水を通じた新たなビジネスの可能性は大きく広がる。

今後は、“**直接的利用価値**”以外の価値を用いた地下水ビジネスも重要になってくると考えられる。

ただし、“**直接的利用価値**”に依存しないビジネスモデルを成功させるためには、特定の企業や業種のみでの努力では難しい。そのため、管理者（官）、利用者（産）、サポート役（学）による**産官学の連携**が必要不可欠であり、今後の持続的な地下水の利活用に向けたより一層の連携の加速が期待される。

ご清聴ありがとうございました。