

災害時等における非常時 地下水利用システムの開発

主席研究員 宮川幸雄

公益財団法人 リバーフロント研究所

発表の概要

1. 研究開発の社会的背景
2. 全体概要
3. 地下水揚水量シナリオの開発
4. 非常時地下水利用システムの構成
5. シナリオ解析例
6. 社会実装を実現するための取組
7. まとめ



本発表は東京大学 未来ビジョン研究センター 沖大幹教授の非常時地下水利用システムの成果発表に基づき作成

参考URL : <https://www.rfc.or.jp/sip.html>

1. 研究開発の社会的背景

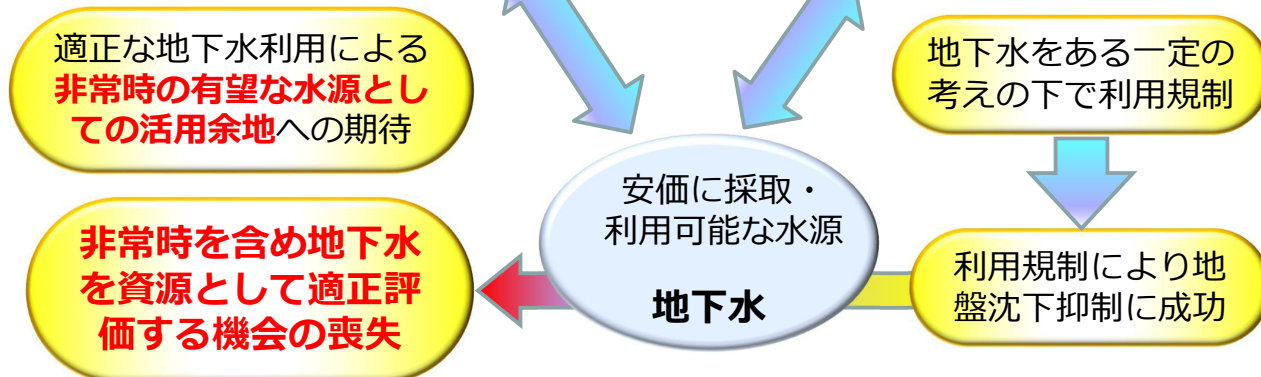
○全国1741市区町村の**75.6%** (1316自治体)で震災後の**応急給水策として井戸を活用**する計画 (地域防災計画) を策定



大量の揚水による地盤沈下

既存技術では**適正な地下水利用量を把握/設定不可能**

地盤沈下による井戸の抜け上がり (濃尾平野)



非常時/渇水時の適正可能利用な**地下水揚水量の事前把握/確認**や**定量評価**を可能とする技術の開発

1. 研究開発の社会的背景 (行政/施策の動き)

令和2年度

水循環基本計画改正

災害時地下水利用システムの研究開発、社会実装に向けた検討を行う旨明記

・国は、地方公共団体における大規模災害時における地下水等の利用を推進するため、「災害時地下水利用システム」の研究開発を進めるとともに、その成果を用いたマニュアルの作成等による社会実装に向けた検討を行う。

令和3年度

水循環基本法改正

「地下水の適正な保全及び利用」に関する規定の追加

・国及び地方公共団に地下水の観測、整理、分析等の努力義務の規定の追加

令和4年度

水循環基本計画一部見直し

「災害時地下水利用システム」の知見等を活用する旨等が記載

・国は、「災害時地下水利用システム」の研究開発で得られた知見等を活用し、地下水の収支や地下水の水量、水質、水温に関する挙動、地盤変動の把握、そのための調査・解析技術の開発等を推進する。

地下水マネジメント推進プラットフォームの活動

地下水マネジメント推進プラットフォーム

関係府省庁、先進的な取組を行っている地方公共団体等の公的機関、大学、研究機関、企業、NPO等が参画し、地域の地下水の問題を解決するため、関係者の協力の下、地下水マネジメントに取り組みようとする地方公共団体へ適切な助言を行うなど一元的に支援する。

ポータルサイトによる情報提供

情報を一元的に得ることができるポータルサイトを設置し、基礎的な情報、代表的な地下水盆の概況、条例策定状況の紹介等を行う。

相談窓口の設置

相談窓口を設置し、関係府省庁、先進的な取組を行っている地方公共団体等の幅広い知見等を紹介する。

アドバイザーの派遣

水循環アドバイザーの制度を活用し、地方公共団体等の課題に応じたアドバイザーの紹介、派遣を行う。

地下水マネジメント研究会

地下水に関する基礎的な知識を提供するとともに、先進的に取組を進めている地方公共団体、研究機関などの多様な知見等を提供し、意見交換を行う。

地下水データベース

国、地方公共団体等が収集する地下水位、地下水質、採取量及びこれらに関する観測所情報等のデータを相互に活用するためのデータベースを構築し、運用を行う。

ガイドライン等に関する情報提供・内容の充実

地下水に関するガイドライン等を紹介するとともに、プラットフォームの活動を通じて得た知見を活用して内容の充実を図っていく。

相談

支援

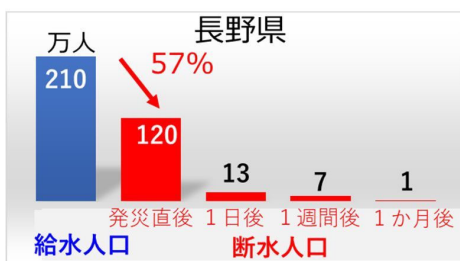
地下水マネジメントに取り組みようとする地方公共団体

1. 研究開発の社会的背景（想定される被害）

「南海トラフ巨大地震」で想定される被害

○南海トラフ巨大地震発生時は愛知県・三重県・静岡県で最大約1190万人の断水が発生（給水人口1290万人の約9割）

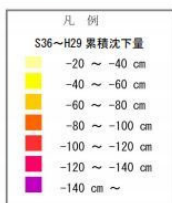
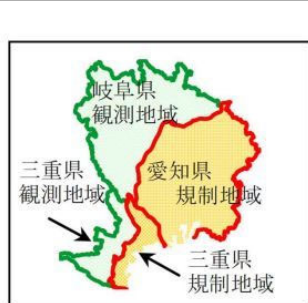
○災害時には生活用水だけでなく、工業用水・農業用水、更には耕作地の除塩等に必要の水を含めた水供給について予め計画を立てておくことが必要



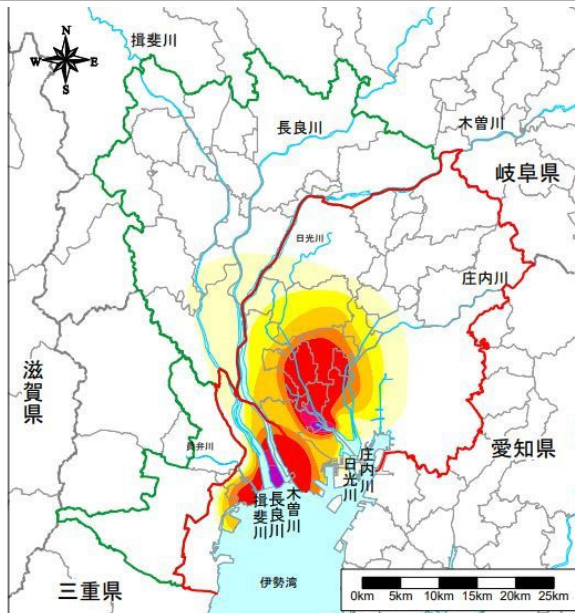
中央防災会議「南海トラフ巨大地震の被害想定について（第二次報告）」
（平成25年3月18日）より

1. 研究開発の社会的背景（濃尾平野の地盤沈下）

- 昭和36年以降の累積地盤沈下量は、昭和36年から昭和50年代初め頃まで沈下の進行が顕著であり、その後、地盤沈下は沈静化。木曾三川の河口部、庄内川流域で、最大1m以上に達する。
- 昭和60年には濃尾平野地盤沈下防止等対策要綱が策定され、規制地域内の地下水採取に係る目標量（年間2.7億m³）が定められている。



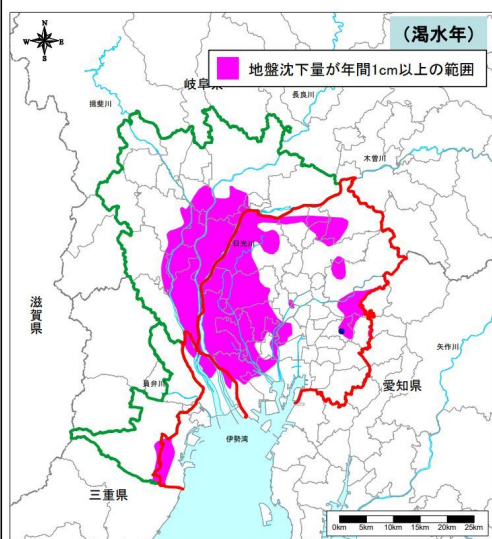
累積地盤沈下量等量線図
(昭和36年2月~平成29年11月)



地盤沈下防止等対策要綱に関する関係府省連絡会議(令和2年2月26日)資料より

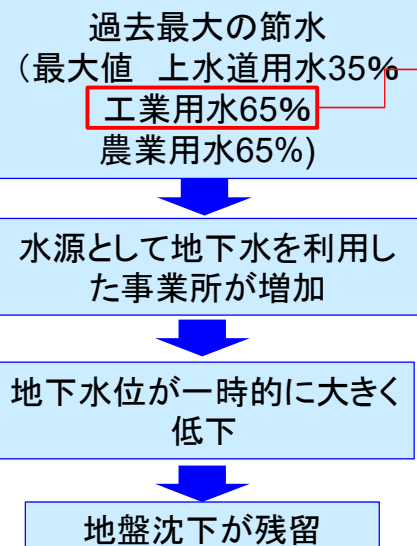
1. 研究開発の社会的背景（災害時の地下水利用）

- 渇水であった平成6年には濃尾平野で年間1cm以上の地盤沈下が発生。
- 過去最大の節水により水源として地下水を利用した事業所が増加したことが一因。
(平成6年の年間揚水量は目標量より小さい2.4億m³/年であったが沈下が発生。
→地盤沈下の影響、経済の影響を踏まえ災害時の地下水利用方法を定めておくことが必要)

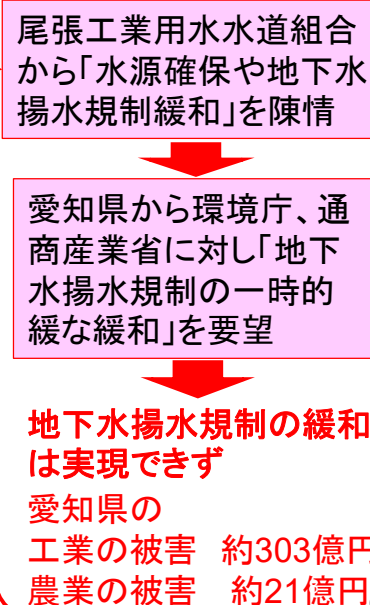


●:名古屋気象観測所 年間降水量:1,061mm(名古屋)
地盤沈下量が年間1cm以上の範囲図
(平成5年11月1日~平成6年11月1日)

原因



行政の対応



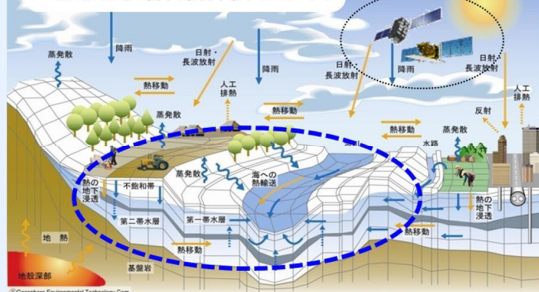
2. 全体概要(非常時地下水利用システムの概要)

水文・社会条件設定

気象,水循環,揚水など**計算境界条件**の設定

地域防災計画調査や**制度設計**および
防災井戸実態調査

三次元水循環解析モデル

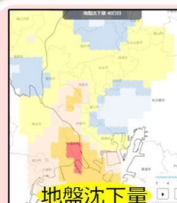


地下水くみ上げ量と地下水位変動の関係を予測

地下水位変動と地盤沈下の関係を導出

揚水の程度・期間と地盤沈下の関係を解析

揚水量をどの程度に抑えれば良いか判断を支援



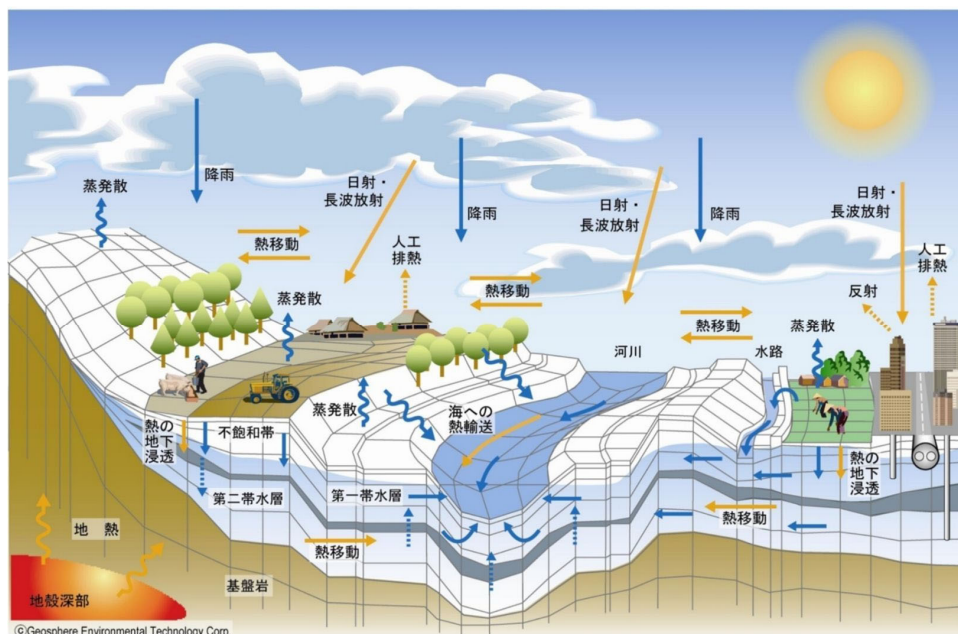
ユーザインターフェース

非常時地下水利用システム

2. 全体概要(三次元水循環解析モデル)

『GETFLOWS(ゲットフローズ)』

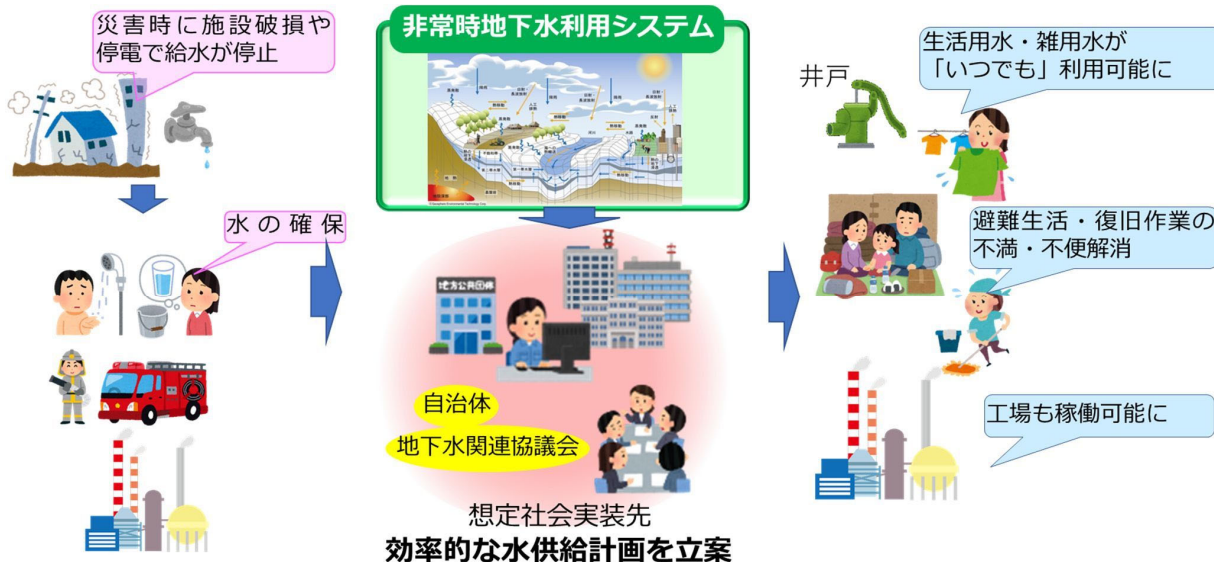
(GEneral purpose Terrestrial fluid-FLOW Simulator)



陸域の様々な水問題(水資源、水環境、水災害)において要請される実用的かつ客観的な水文・水理モデリングに供する目的として(株)地圏環境テクノロジーが開発

2. 全体概要(ユースケース)

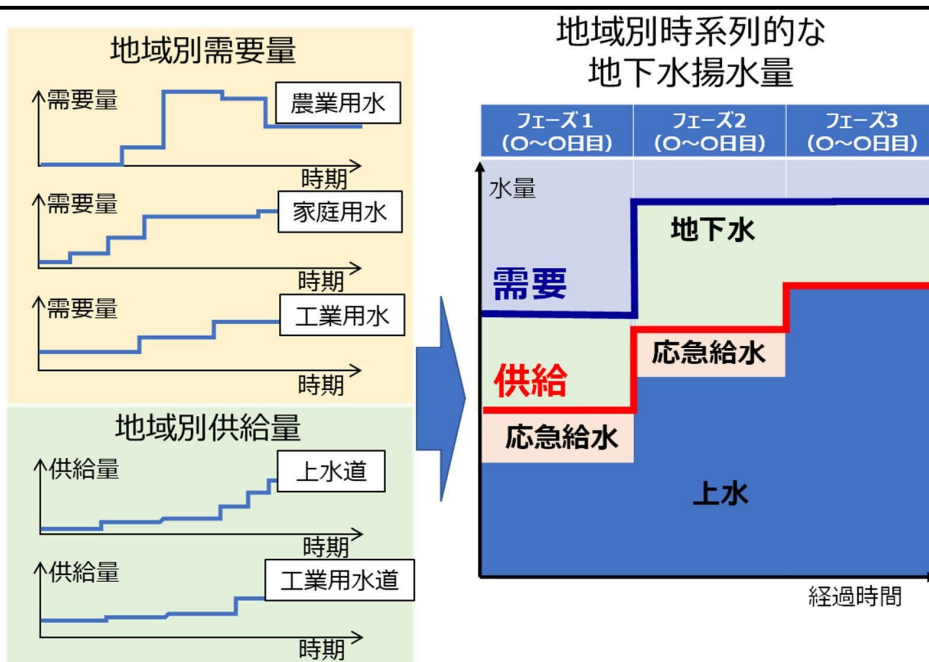
- 国や自治体や流域協議会が、災害時や危機的渇水時に一定の地盤沈下量以下に維持する地下水供給可能量を算出し、経済等への影響を踏まえた効率的な水供給計画を立案する。
(シナリオに基づく事前計画の立案、地震発生後の事前計画の見直し等に活用)
- 更に水供給計画等を踏まえ、防災井戸の設置が必要な場合は設置場所・くみ上げ能力について検討



3. 地下水揚水量シナリオの開発

- 関東平野（首都圏直下地震）および濃尾平野（南海トラフ巨大地震）を対象に、社会経済活動の変化を反映した地域別需要量と地域別供給量からの差から必要な地域別（市町村）地下水量を算出。

※自治体が災害時の水利用を具体的に想定できるシナリオを提供



3. 地下水揚水量シナリオの開発

地震発生時の水の不足量の算出（需要量・供給量の推計方法）

- 需要量については、原単位に中央防災会議（内閣府）の被害想定調査結果より断水人口・断水率や全焼棟数等を掛け合わせて算出。非断水地域については平時の需要量を想定。
- 供給量については、平時の供給量に上水道・工業用水道については、中央防災会議の被害想定調査結果の断水率を、農業用水については被災時の供給率を（65%）掛け合わせて算出。

需要量
(断水地域)

家庭用水 = 原単位 × 断水人口
 ※発生～3日 3% / 人・日 4日～10日 20% / 人・日
 11日～21日 100% / 人・日 22日～28日 250% / 人・日(被災前給水量)
 (愛知県地域防災計画より)

都市活動用水 = 平時の需要量 × 断水率 × (1 - 全壊・消失率)
 ※家庭用水同様の割合で需要量が増減することを想定

消火用 = 40m³/棟 × 全焼棟数 × 0.1

工業用水・農業用水
 = 平時の需要量 (地震時・浸水状況は別途考慮)

供給量

上水道・工業用水道 = 平時の供給量 × (1 - 断水率)
 - 被害による漏水量 + 備蓄量 (上水道)

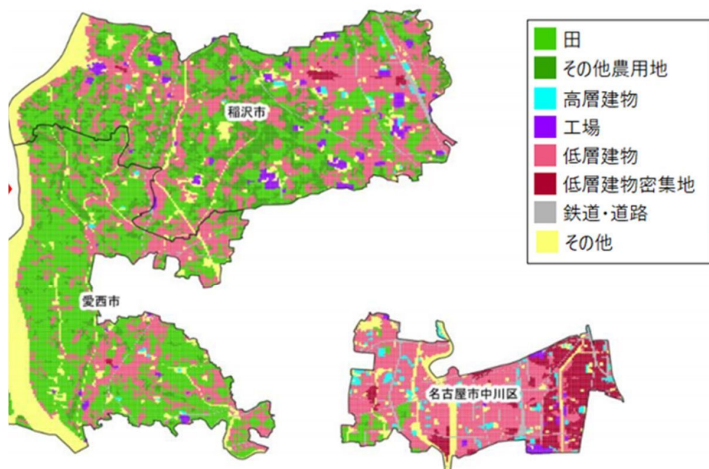
農業用水道 = 平時の供給量 × 被災時の供給率 (65%)

地下水 = 平時の供給量

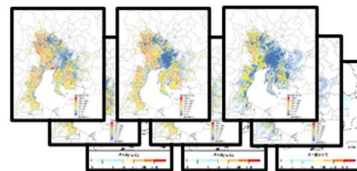
13

3. 地下水揚水量シナリオの開発

不足量を土地利用別に分布



250mメッシュの日別地下水揚水量シナリオ



賄う量や用途を変えた複数シナリオ

14

3. 地下水揚水量シナリオの開発（経済被害額原単位）

※単年度の経済被害額のみ計上しており、複数年に及ぶ被害については計上していない。

生活用水

・ 6640円/m³

※水道事業の費用便益分析マニュアルより算定

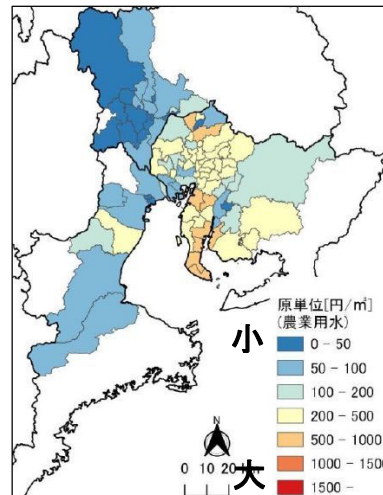
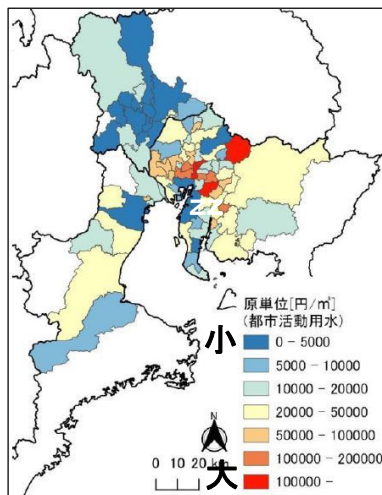
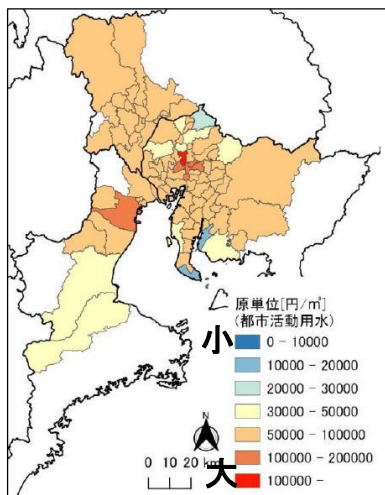
消火用水

・ 127,074円/m³

都市活動用水※1・工業用水※1・農業用水※2・市町村毎に原単位を設定

※1 域内総生産額／平常時の水需要量×途絶係数

※2 市町村別農業出荷額／平時の水需要量



都市活動用水の経済被害原単位

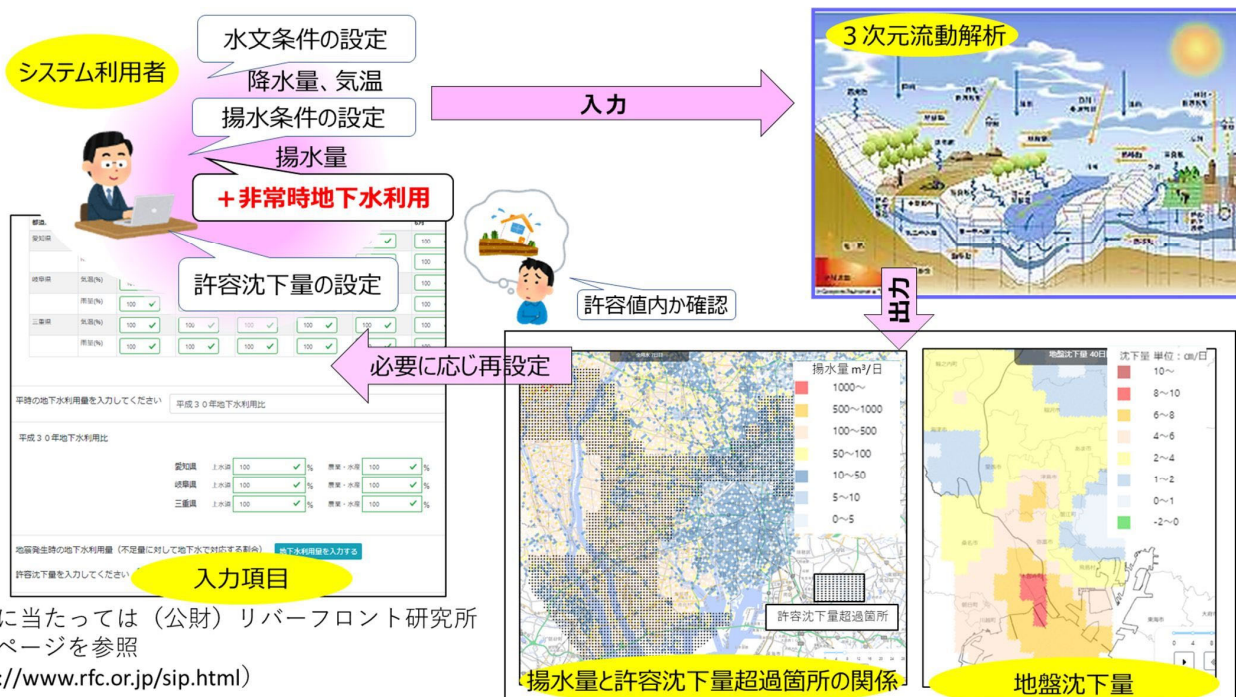
工業用水の経済被害原単位

農業用水の経済被害原単位

4. 非常時地下水利用システムの構成

○地震発生時、渇水時の安全な（許容範囲以上の地盤沈下が生じない）

地下水利用量の把握



※利用に当たっては（公財）リバーフロント研究所ホームページを参照
 (<https://www.rfc.or.jp/sip.html>)

5. シナリオ解析例

○7月に南海トラフ巨大地震発生した場合を想定
(サンプルとして下記6ケースを比較)

	1-1	2-1	2-2	3-1	3-1'	3-2
揚水規制量	揚水規制なし	全揚水量の4割		全揚水量の8割		
用途別の規制		農業用水のみ (42%規制)	農業・工業用水 (41%規制) 家庭・都市活動用水※ (21%規制)	農業用水のみ (84%規制)	農業用水のみ (84%規制)	農業・工業用水 (82%規制) 家庭・都市活動用水※ (41%規制)
地域別の規制		一定	一定	一定	3-1で沈下量大きい市町村は100%規制、残りの市町村は76%規制	一定

※平成6年の渇水時の対応を準拠して農業用水・工業用水は同率の揚水規制、家庭用水・都市活動用水はその1/2の揚水規制

→地震発生時の地下水利用量（経済被害額）と最大沈下量のトレードオフを定量化（実際の活用には地域の実情を踏まえた判断が必要）

→本発表ではケース1-1、3-1、3-1'の3ケースの結果を次に示す

17

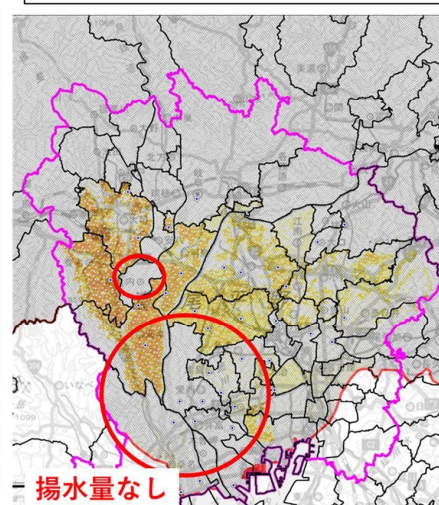
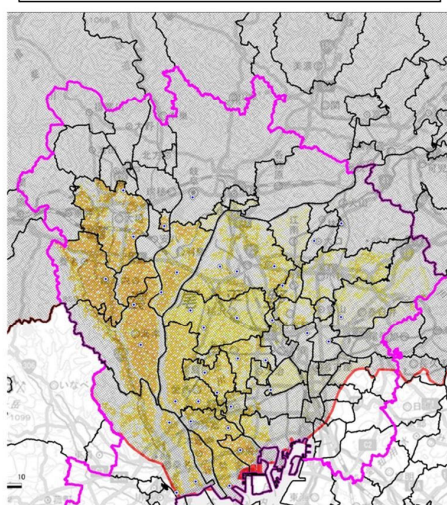
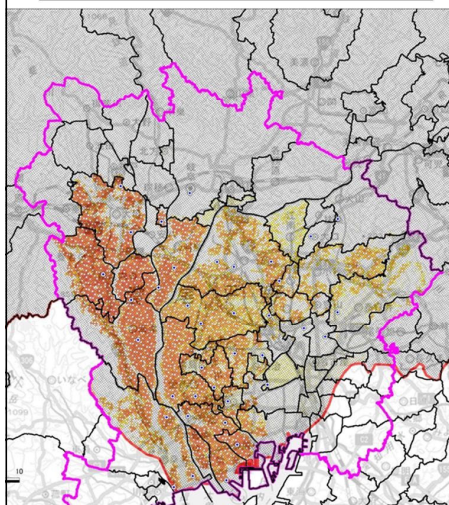
5. シナリオ解析結果例（揚水量）

○揚水量分布（発災60日後）

ケース1-1
(揚水規制なし)
水利用規制に伴う被害額：なし
最大沈下量：16cm程度

ケース3-1
(8割規制、農業用水のみ)
水利用規制に伴う被害額：約150億円
最大沈下量：3cm程度

ケース3-1'
(8割規制、農業用水のみ、地域別規制)
水利用規制に伴う被害額：約155億円
最大沈下量：2cm未満



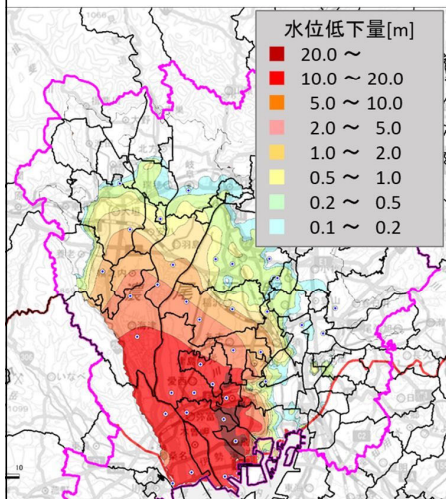
・揚水量の設定範囲：解析領域内かつ要綱地域内に設定、帯水層の分布域にのみ設定

18

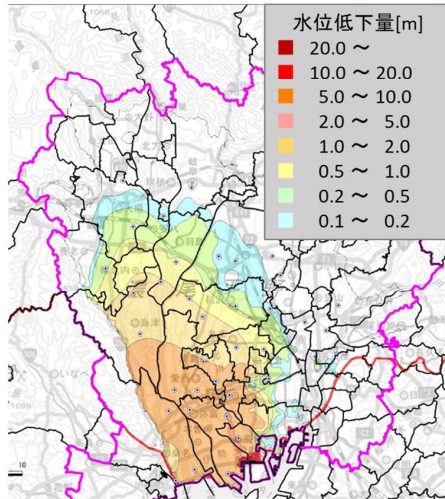
5. シナリオ解析結果 (水位低下量)

○水位低下量 (発災60日後) (第一帯水層 (G1等))

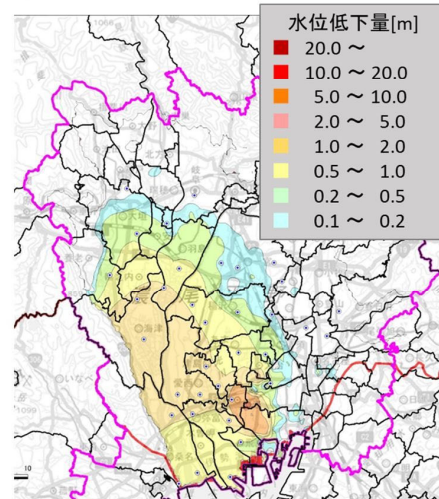
ケース1-1
(揚水規制なし)
水利用規制に伴う被害額：なし
最大沈下量：16cm程度



ケース3-1
(8割規制、農業用水のみ)
水利用規制に伴う被害額：約150億円
最大沈下量：3cm程度



ケース3-1'
(8割規制、農業用水のみ、地域別規制)
水利用規制に伴う被害額：約155億円
最大沈下量：2cm未満

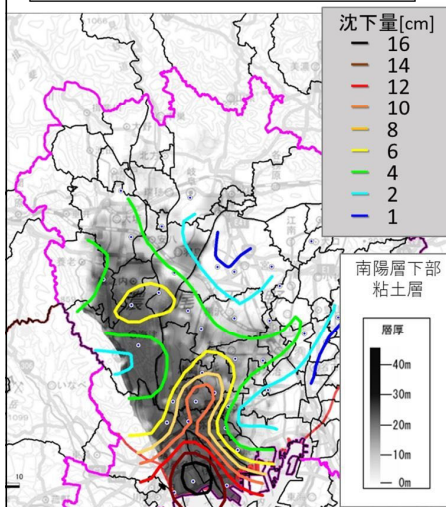


19

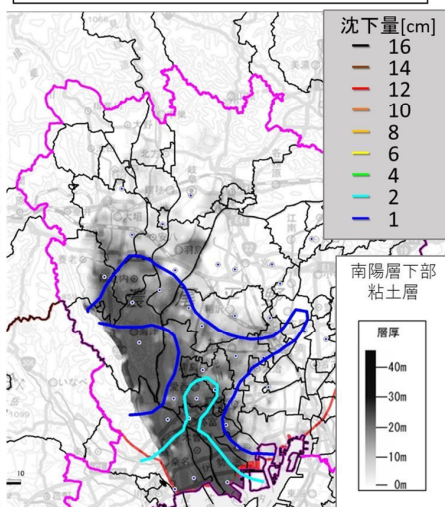
5. シナリオ解析結果 (最大沈下量)

○最大沈下量

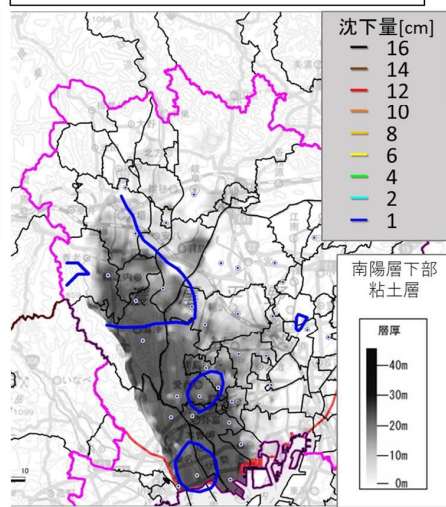
ケース1-1
(揚水規制なし)
水利用規制に伴う被害額：なし
最大沈下量：16cm程度



ケース3-1
(8割規制、農業用水のみ)
水利用規制に伴う被害額：約150億円
最大沈下量：3cm程度



ケース3-1'
(8割規制、農業用水のみ、地域別規制)
水利用規制に伴う被害額：約155億円
最大沈下量：2cm未満



※背景は主な沈下対象層厚

23

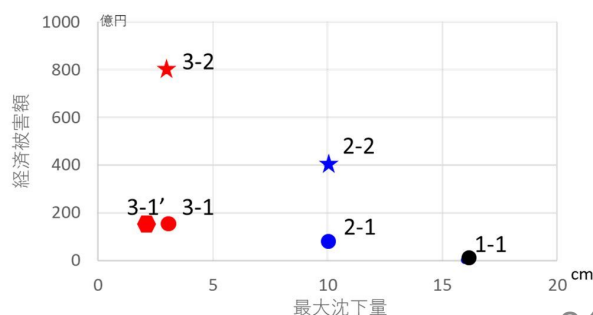
20

5. シナリオ解析

○7月に南海トラフ巨大地震発生した場合を想定
(サンプルとして下記6ケースを比較)

	1-1 ●	2-1 ●	2-2 ★	3-1 ●	3-1' ●	3-2 ★
揚水規制量	揚水規制なし	全揚水量の4割		全揚水量の8割		
用途別の規制		農業用水のみ (42%規制)	農業・工業用水 (41%規制) 家庭・都市活動用水※ (21%規制)	農業用水のみ (84%規制)	農業用水のみ (84%規制)	農業・工業用水 (82%規制) 家庭・都市活動用水※ (41%規制)
地域別の規制		一定	一定	一定	3-1で沈下量大きい市町村は100%規制、残りの市町村は76%規制	一定
最大沈下量	16cm程度	10cm程度	10cm程度	3cm程度	2cm未満	3cm程度
水利用規制に伴う被害額	なし	約75億円	約402億円	約150億円	約155億円	約793億円

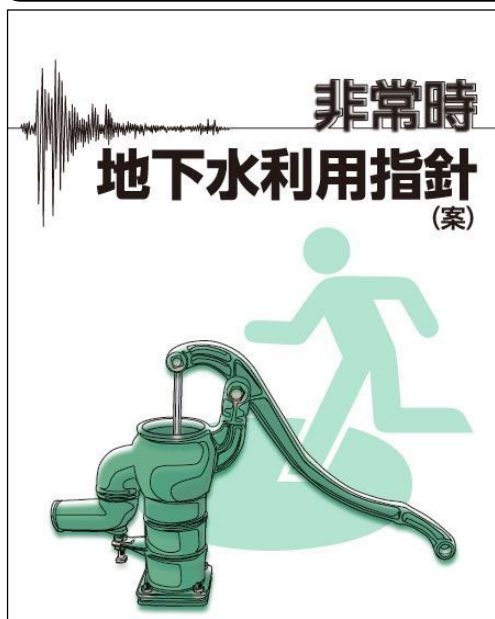
※平成6年の渇水時の対応を準拠して農業用水・工業用水は同率の揚水規制、家庭用水・都市活動用水はその1/2の揚水規制
→地震発生時の地下水利用量（経済被害額）と最大沈下量のトレードオフを定量化
(実際の活用には地域の実情を踏まえた判断が必要)



21

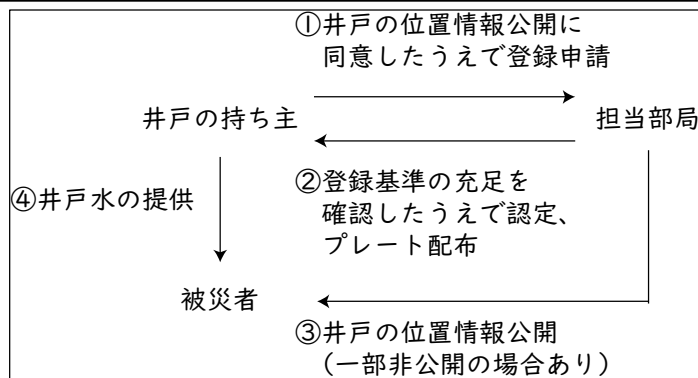
6. 社会実装を実現するための取組

○非常時地下水利用を促進させるため、災害用井戸の設置に関わるQ and Aを作成

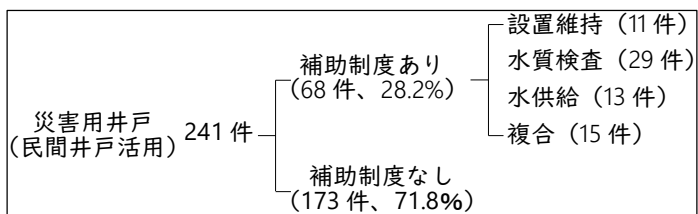


32項目に関するQ and A

大阪公立大学webにて公開



災害用井戸の運用フロー



災害用井戸に対する補助の種類

22

7. まとめ

- 国や自治体や流域協議会が、経済等への影響を踏まえた効率的な水供給計画を立案するための、本邦初の技術を備えたシステムが完成。
- 首都圏直下地震時や南海トラフ巨大地震時に想定される具体的な水の不足量の時系列シナリオから、災害時に一定の地盤沈下量以下に維持する地下水供給可能量が算出可能
- システムには作成した水供給計画を踏まえ、防災井戸の設置場所・くみ上げ能力について検討可能な機能を付与するとともに、既存の井戸を防災井戸として登録する際に必要な観点を整理した非常時地下水利用指針（案）を作成（必要な防災井戸の設置、登録を推進）。
- 引き続き地下水マネジメント推進プラットフォーム等を通じて、災害時における地下水の必要性 やシステムの紹介等を行い、社会全体で災害時や危機的渇水時における適切な非常時地下水利用を推進するための取組を実施予定。