

うきは市 農的水循環環境調査業務 【概要版】



うきは市 水資源対策室

調査の目的

- ①うきは市の特徴である地下水の農的循環システムの調査を行うことで、農業と関連が深い自然環境項目を客観的に評価し、ブランディングによる農林水産業の基幹産業化を加速させるもの。
- ②解明されていない地下水の実態を把握して、今後の水資源政策に生かすもの。
- ③すぐにも上水道に加入したいとの考えを持っている市民が一定数存在している。その実態を把握していくとともに、将来の地下水の安全性についても分析を行い、判明した地下水の状態を伝えていくことで、市民の上水道事業への理解を深めていくもの。

調査で分かること

- ・ 地下資源の実態把握（賦存量、流動状況）。
- ・ 地下水の将来予測解析。
- ・ 適正揚水量の検討。
- ・ 地下水保全に必要な施策検討。
- ・ 水質、水量に困っている地域の実態調査。
- ・ 地下水の実態、恩恵、保全を周知するための方法検討。
- ・ 地下水の問題点、地域の実態を周知する方法検討。

1年目の業務一覧（平成28年度）

1. 資料の収集・整理

気象、地形、各種統計データ、市内のボーリング柱状図を収集。

2. 事業者へ井戸水利用実態アンケート

用途、利用量、井戸形状、深さの調査。資料提供及び測水の協力依頼。

3. 地形地質構造解析

地形地質の把握、地質断面図の作成など。

4. 井戸形状の確認

次年度以降に水位測定、採水可能な井戸を現地にて確認。

1年目に分かったこと

2. 事業者へ井戸水利用実態アンケート

420の事業所に配布 → 120通の回答。
複数の井戸所有者あり → 回答井戸数159本。

■ 井戸掘削時の資料が有る → 約 2 割

■ 年間の取水量・取水日数

- ・ 記入有 7 割
- ・ 年間10万m³以上（約500m³／日）の事業所もあった。

■ 次年度以降の測水調査

- ・ 協力できる → 約 6 割
- ・ 測定可能な形状 → 約 2 割

■ 地下水保全条例を知っている → 約 1 割

4. 井戸形状の確認

約250箇所確認 → 測定可能な井戸131本。
その中から次年度選定し、測定及び採水する。
（個人宅、事業所、公共施設）

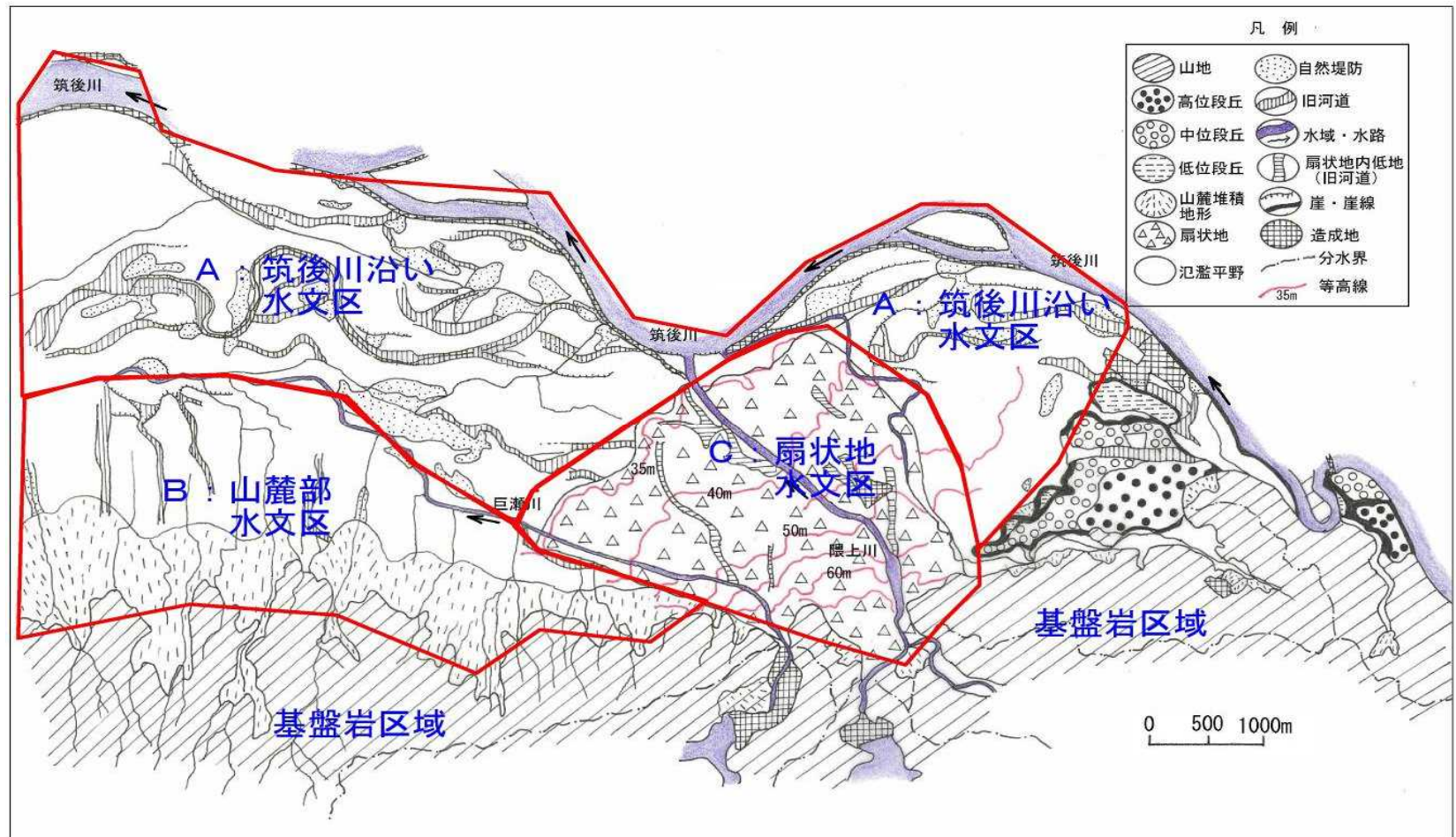


1年目に分かったこと

3. 地形地質構造解析（地下水の流れを考慮して設定した分析範囲）

地形・地質の特徴を考慮すると3つの地下水区分の存在が予想される。

- A：筑後川沿い水文区
- B：扇状地水文区
- C：山麓部水文区



地形・地質から想定される地下水区分

1年目に分かったこと

3. 地形地質構造解析（地下水をはぐくむ地層）

地下構造を把握するために4箇所の断面図を作成した。下図は東西方向の断面図。

・ 赤色：阿蘇山の火山灰の層（Aso-4）⇒ 水を通さない不透水層

・ 不透水層より上：第一帯水層

↓
浅井戸

・ 不透水層より下：第二帯水層

↓
深井戸

地下水位

第一帯水層

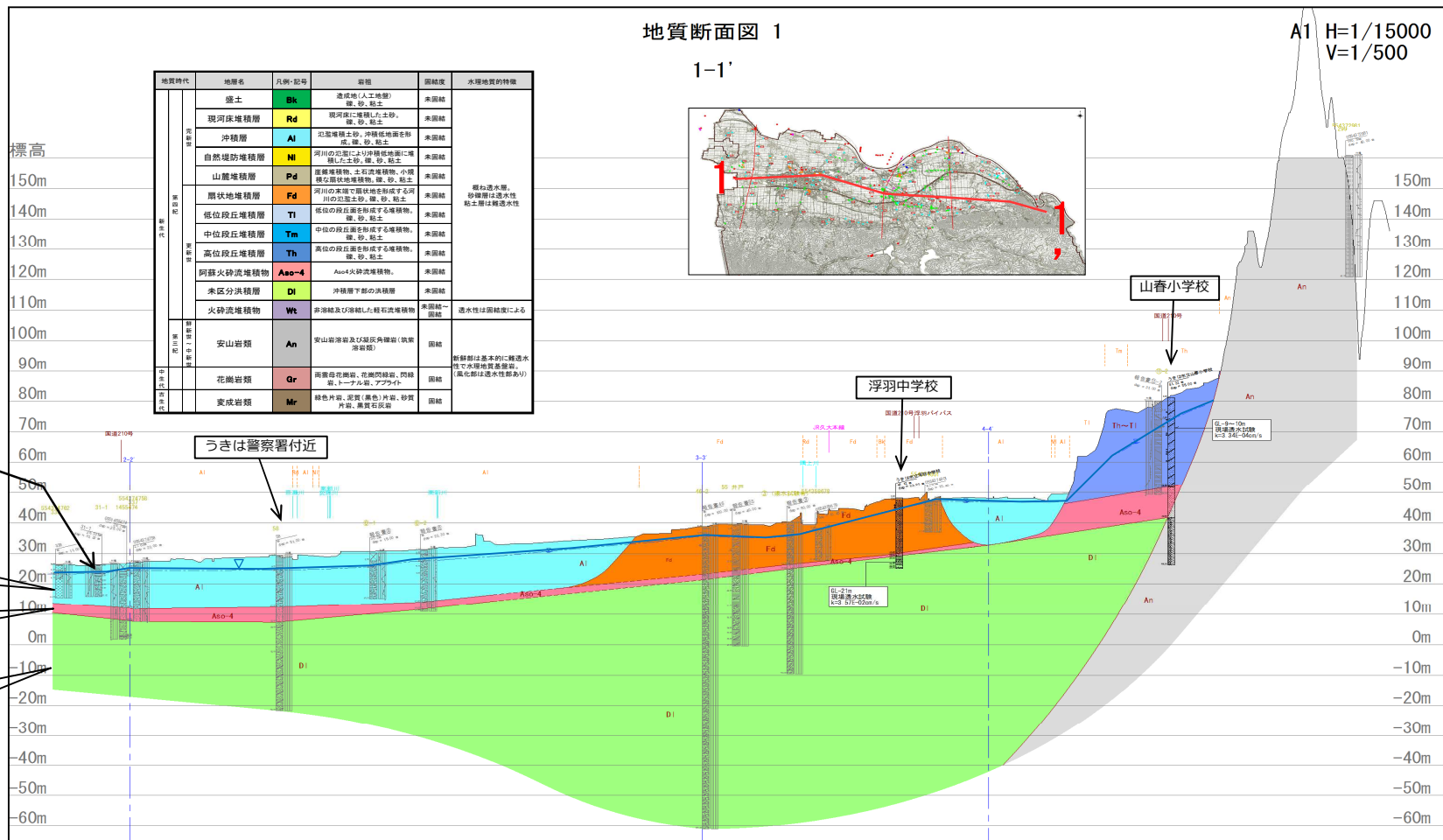
Aso-4(不透水層)

第二帯水層

地質断面図 1

1-1'

A1 H=1/15000
V=1/500



2年目の業務一覧（平成29年度）

1. 新規観測井戸設置

地下水の水質・水位を継続的に観察するため、2箇所に観測井戸を設置。

2. 現場透水試験

水位を人工的に低下させた後に回復状況を測定し、地盤の透水係数(水の通しやすさ)を確認。

3. 一斉測水調査

地下水の流れの方向と季節的な水位変化を把握。

4. 連続水位観測調査

地下水位を連続的に観察し、継続的な水位変化を確認。

5. 水質調査

うきは市の地下水の特徴を確認し、その流動経路、涵養期限、滞留時間を把握した。

6. 定期検査

河川水水質検査11地点
地下水水質検査22地点(うち農薬調査1地点)

7. 概略の水収支の検討

地下水の収支と地下水賦存量を概略算定。

8. 地下水の流動モデルの構築

次年度の解析、シミュレーションのための水利地質モデルの作成。

9. 地下水利用実態補足調査

H27年度上水道事業に関するアンケートを再度分析することで、市民の潜在的な水量・水質についての不安に関しての検証を行った。

2年目に分かったこと

1. 新規観測井戸設置

浮羽中学校（扇状地）
山春小学校（段丘地形）

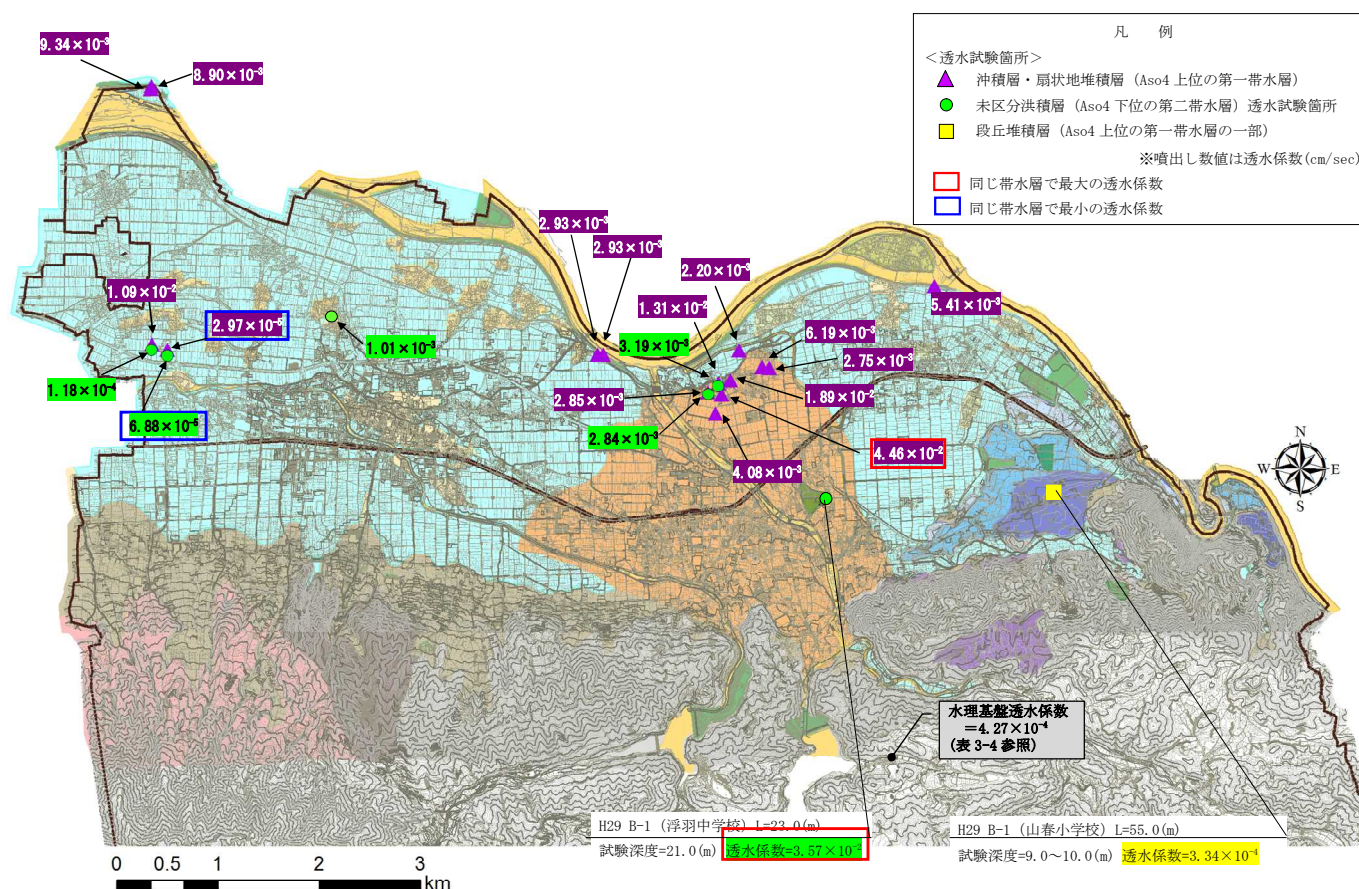


2. 現場透水試験

新規観測井戸 2 箇所を実施

- ・ 新たな地質資料を基に、1年目に作成した地質構造図などを修正。
- ・ 平野部の第一、第二帯水層は水を通しやすい。
- ・ 段丘地形の第一帯水層は、水を通しにくい。
- ・ 山間部の地層は、岩盤の割に水を通しやすい。

現場透水試験結果図



観測井戸設置状況写真

2年目に分かったこと

3. 一斉測水調査

72箇所×2回（夏・冬）

項目：①地下水位 ②pH値 ③電気伝導度 ④水温

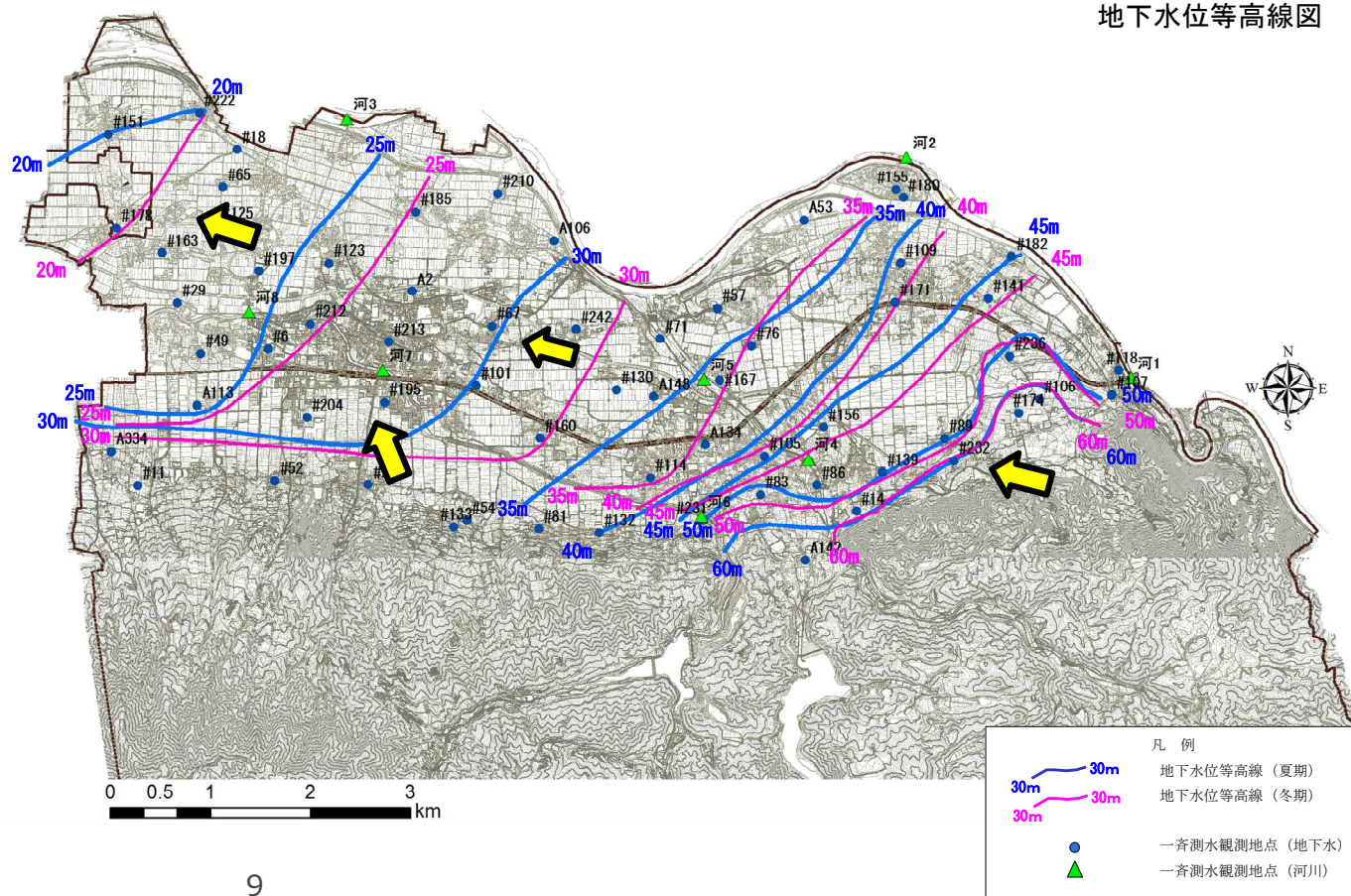


- ・地下水は概ね北西及び西側方向に流れている。
- ・夏期の地下水位は、冬季の地下水位に比べて高いことから、夏期ほど涵養量が多いことが分かる。
- ・山間部も夏期の涵養量が多いことが分かる。



測水状況写真

地下水位等高線図



2年目に分かったこと

4. 連続水位観測調査

5箇所×約7ヵ月



① Aso-4下の第二帯水層 ⇒ 雨水の影響を受けにくい
Aso-4が無い第二帯水層 ⇒ 雨水の影響を受けやすい

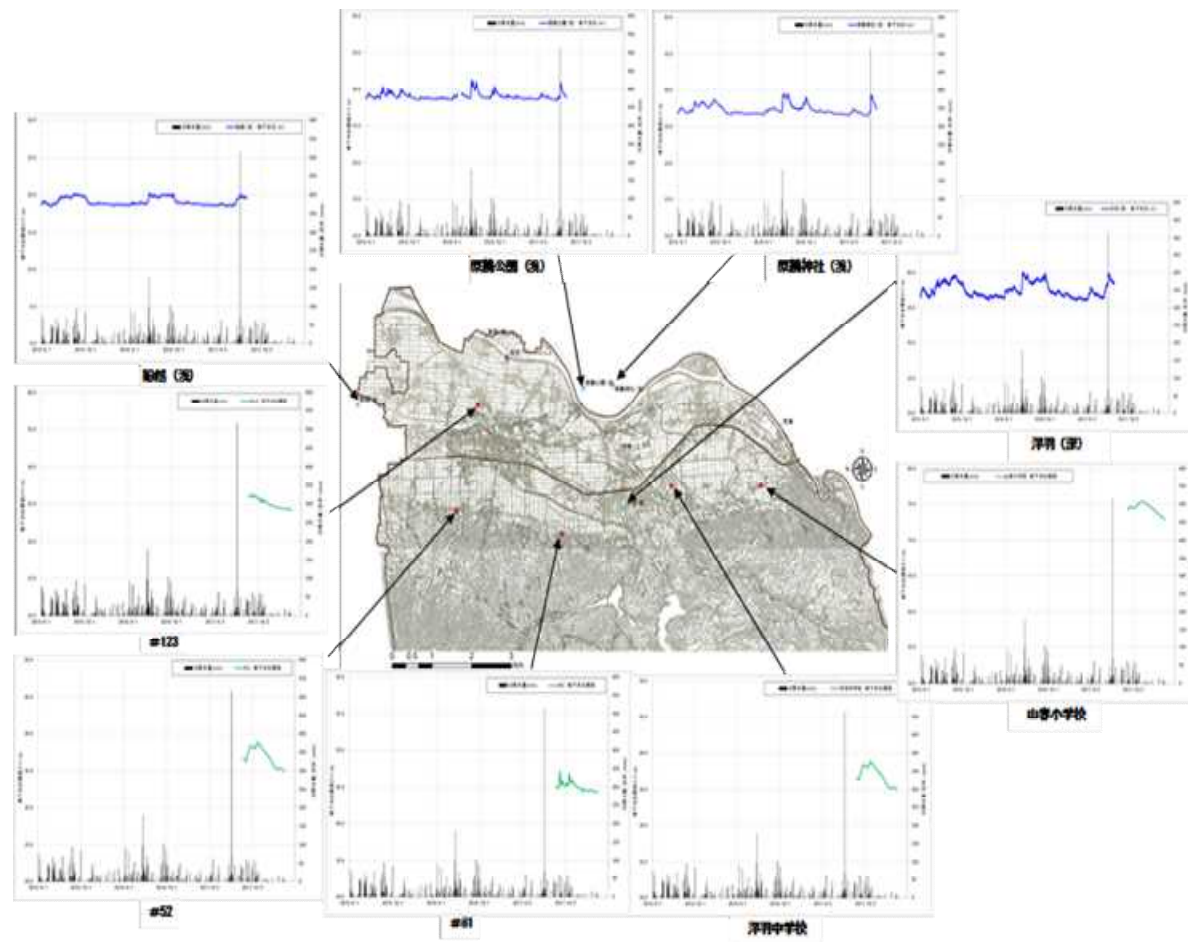
② 地下水位は、
かんがい期に入る6月上旬に上昇し、
かんがい期が終了する10月上旬に低下する。

地下水位の変動幅は、
筑後川からの距離が遠い → 変動幅大きい
〃 距離が近い → 〃 小さい

※筑後川に近いほど地下への流入が多く、地下水位が安定しているため、
変動幅が小さいと考えられる。

③ 長期観測記録
国土交通省所管の観測地点（1975年～2017年）
42年間の水位変動は横ばい傾向。

※現状で地下水位の低下はほとんど見られず、安定した水位を示している。



2年目に分かったこと

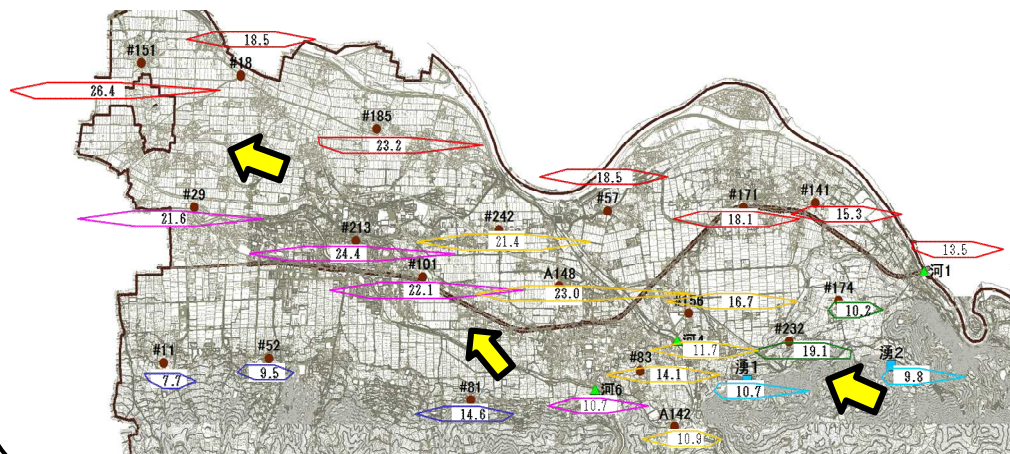
5. 水質調査（うきはの地下水の特徴）

■主成分イオン分析／30検体

- ・ヘキサダイアグラムとは、
地下水のイオン成分濃度を六角形に図示したもの。
北西及び西側方向へ行くほど六角形が大きくなる



北西及び西側方向へ行くほどイオン成分が多くなる。



- ・トリリニアダイアグラムとは、
イオン成分濃度の割合から地下水の特徴を示すもの。

水質区分	I	アルカリ土類非炭酸塩型 【主な水質型：CaCl ₂ ，CaSO ₄ 】 海岸地帯の初期段階の塩水化地下水など。 鉱泉水、化石水に多くみられる水質。
	II	アルカリ土類炭酸塩型 【主な水質型：Ca(HCO ₃) ₂ 】 浅い地下水、河川水など一般的に見られる水質で徐々にIIIへ移行する。
	III	アルカリ炭酸塩型 【主な水質型：NaHCO ₃ 】 涵養されてから比較的時間経過が長い水。 被圧(深層)地下水に見られる。
	IV	アルカリ非炭酸塩型 【主な水質型：NaCl，NaSO ₄ 】 火山起源の温泉水、またはその影響を受けた地下水や海水が混入した塩水化地下水など。
	V	中間型 河川水、伏流水、浅層地下水など。

うきは市の地下水は、アルカリ土類炭酸塩型に区分され、平野部、山間部ともに浅い深度を流れている。

■市販ミネラルウォーターとうきはの地下水との比較

国産ミネラルウォーター30試料と名水百選の多くはアルカリ土類炭酸塩型。

うきは市の地下水もアルカリ土類炭酸塩型。

<うきは市の地下水水質の特徴>

うきは市の地下水は、市販ミネラルウォーターや名水百選と同じイオンバランスである。

2年目に分かったこと

5. 水質調査（うきはの地下水の特徴）

■同位体の分析 33検体

雨が多かったり、標高が高い場所では、水中に軽い同位体が多くなる等の特徴を利用して、地下水の涵養域の推定や流動状況の把握が出来る。



- ・ 平野部の主な地下水涵養源はその標高に降った雨水が多くを占め、山間部からの地下水の流入も想定される。
- ・ 筑後川に近い平野部は、筑後川から水路を伝って水田に張った水が特に地下へ浸透している。
又、筑後川の河川水が直接地下へ流入していることも考えられる。
- ・ 山間部の地下水は、採水地点よりも標高の高い背後の山間部を涵養域としている。

■溶存ガスの分析 24検体

地下水が涵養された当時の溶存ガス濃度を求め、過去の大気濃度と対比することで、地下水の年齢を推定することができる。



- ・ 平野部の地下水は、約20年～35年前に涵養された水。
- ・ 山間部の地下水は、約50年前に涵養された水。 ※山間部の一部は約64年と推定。

2年目に分かったこと

7. 概略の水収支の検討

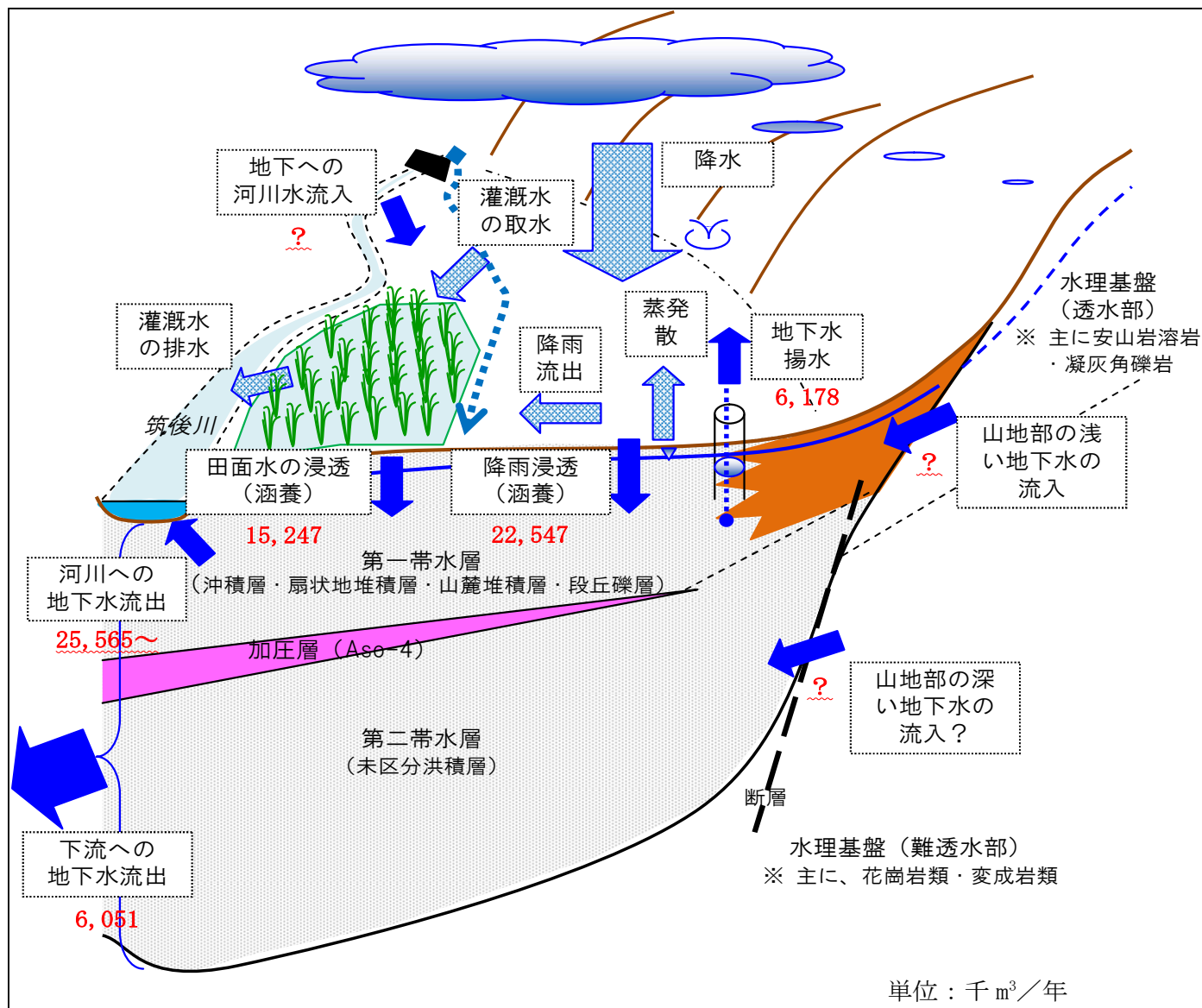
<流 入>

- ①降雨浸透 約2200万 m^3
 - ②田面水の浸透 約1500万 m^3
 - ③山地部の浅い地下水の流入
 - ④山地部の深い地下水の流入
 - ⑤地下への河川水流入
- } 調査中

<流 出>

- ⑥地下水揚水 約600万 m^3
(生活用、工業用、営業用、農業用)
- ⑦河川への地下水流出 約2500万 m^3 以上
- ⑧下流への地下水流出 約600万 m^3 以上

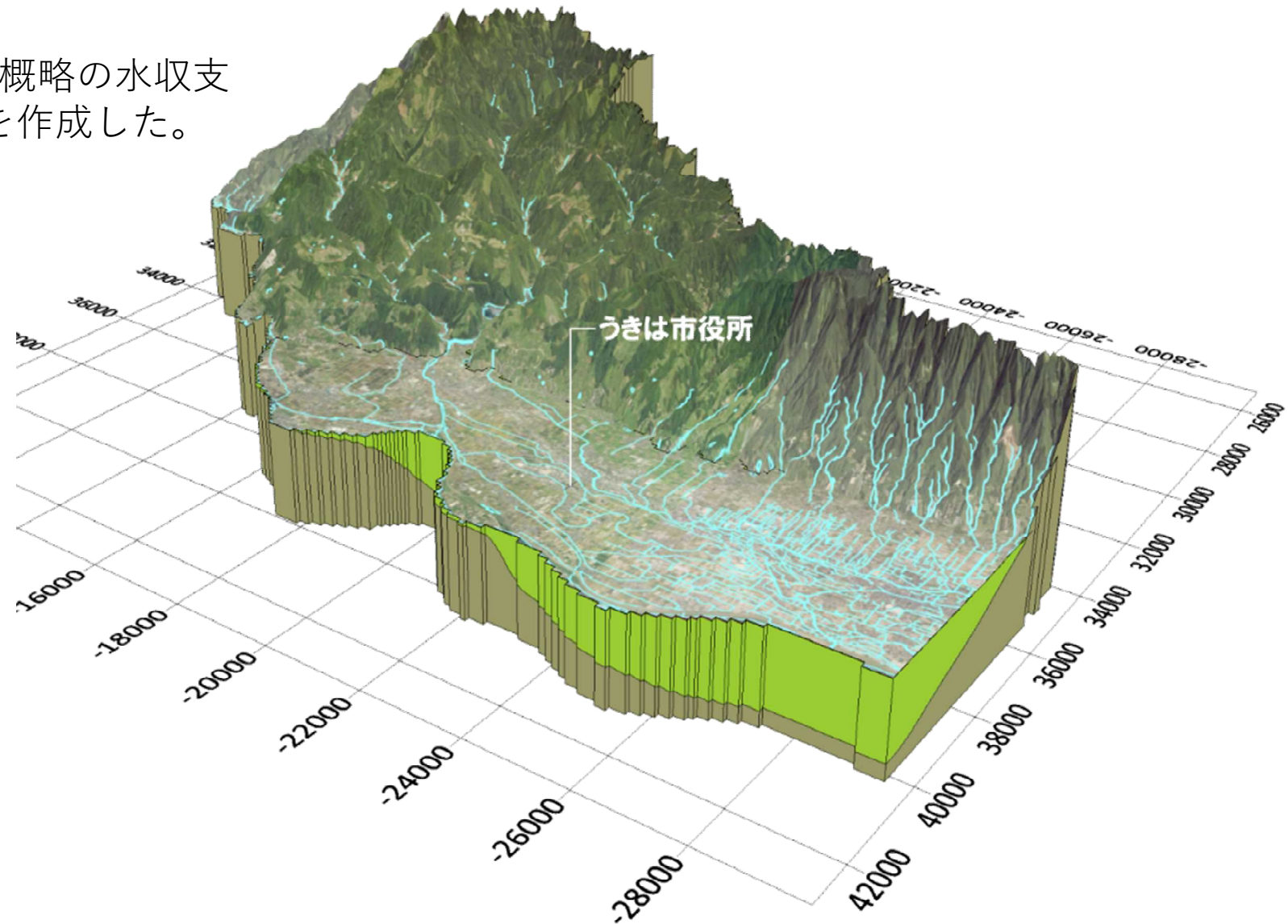
単位：万 m^3 /年



2年目に分かったこと

8. 流動モデルの構築

2年目までの現地調査、概略の水収支を用いて、データベースを作成した。



2年目に分かったこと

9. 地下水利用実態補足調査

平成27年度うきは市上水道事業に関するアンケート結果を再度分析し、市民の潜在的な水量・水質についての不安に関して検証した。

■井戸水の水質・水量に関する不安がある世帯数は、

有効回答数5,297世帯の中で3,028世帯 ⇒ **57.2%**

問9で上水道へ加入すると答えた1,457世帯（27.5%）に絞ると997世帯 ⇒ **68.4%**

さらに、問10で速やかに加入すると答えた575世帯数（10.9%）に絞ると426世帯 ⇒ **74.1%**

上水道が早急に必要と感じている世帯ほど、水質・水量に困っていることが分かった。



既存の水質検査結果等も併せて、地域の水質・水量に困っている実状を把握し、上記を実証することで10.9%の向上につなげる。

校区	井戸水の水質・水量に不安がある世帯数の比率 (n=5297)	問9で上水道加入と回答した中で水質・水量に不安がある世帯数の比率(n=1457)	問10で速やかに上水道加入と回答した中で水質・水量に不安がある世帯数の比率(n=575)
千年	62.6%	73.3%	70.9%
吉井	55.3%	68.2%	80.4%
福富	59.9%	69.9%	72.6%
江南	55.5%	69.0%	68.6%
妹川	51.7%	50.0%	66.7%
姫治	46.1%	100.0%	100.0%
小塩	42.1%	42.9%	42.9%
山春	53.6%	71.4%	77.1%
大石	58.6%	65.8%	77.8%
御幸	57.9%	66.0%	75.0%
不明	56.0%	61.8%	50.0%
総計	57.2%	68.4%	74.1%

n: 統計対象とした総世帯数

3年目の内容（平成30年度）

1. 連続水位観測調査

5箇所×約9ヵ月

2. 水質調査

主成分（8項目）／10検体

同位体／10検体

溶存ガス（SF₆、CFC s）／10検体
（流動経路、涵養期限、滞留時間）

3. 定期検査

河川、コミュニティセンターなど／34箇所

4. 流動モデルの修正

3年目のデータを含めてモデルの修正

5. 現況の地下水量と水収支を算定

地区別の地下水量と水収支を算定

6. 予測解析

気象、揚水、土地利用の異なる条件の下、複数のケースで予測解析。

7. 総合検討

適正揚水量、有効利用の可能性、市条例を推進するための保全と管理体制(案)の検討。

8. 地域を特定した地下水利用実態調査

場所を絞った地下水の利用状況（水質悪化、水量不足など）の把握。

9. 資料の作成

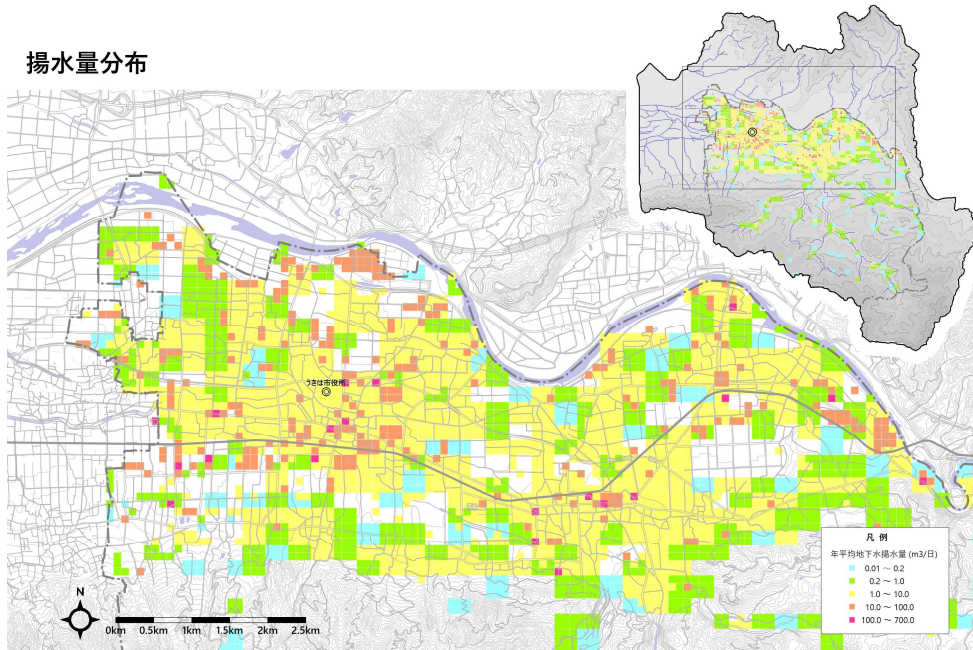
- ・地下水の実態、恩恵、保全の取り組みなどを、分かりやすく解説した資料。
- ・市条例の理解促進とその遵守を促すための、地下水採取者、行政関係者向けの資料。

3年間の調査で分かったこと

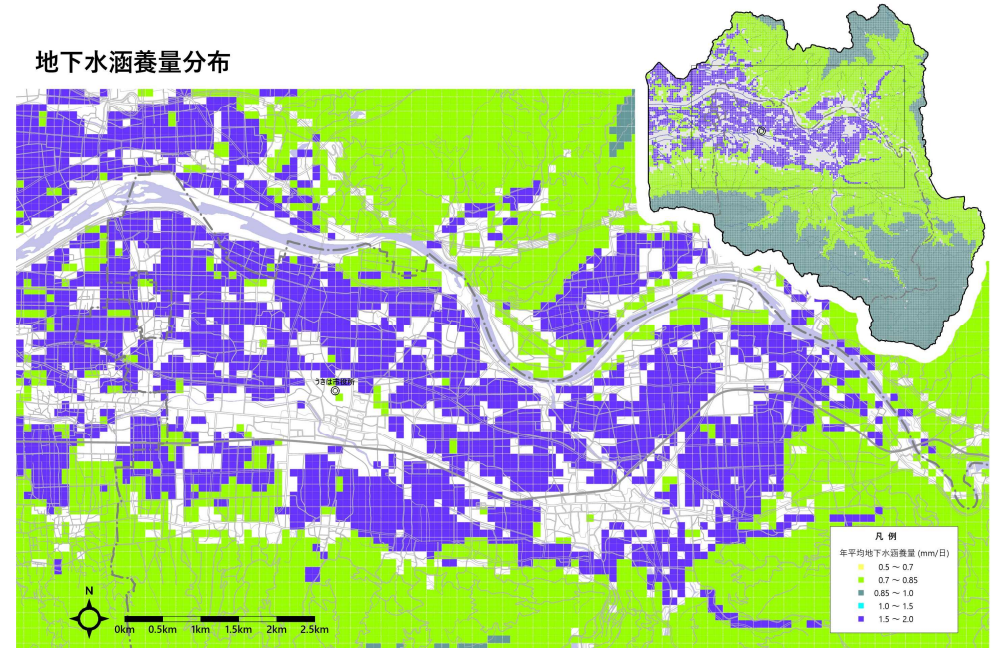
1. 現況の地下水賦存量を算定

地下水賦存量については、うきは市内の基盤より上位のAso-4を除く地層（帯水層）の容積を設定した有効空隙率で除して算定した結果、**約7.4億トン**と推計された。

揚水量分布



地下水涵養量分布



3年間の調査で分かったこと

2. 地下水流動モデルを構築し、地下水収支を算定

■ 流入計 2,685万 m^3 /年

内訳: 田面水の浸透量 767万 m^3 /年

降水の浸透量 542万 m^3 /年

河川水の流入量 410万 m^3 /年

山地部からの地下水流入量 966万 m^3 /年

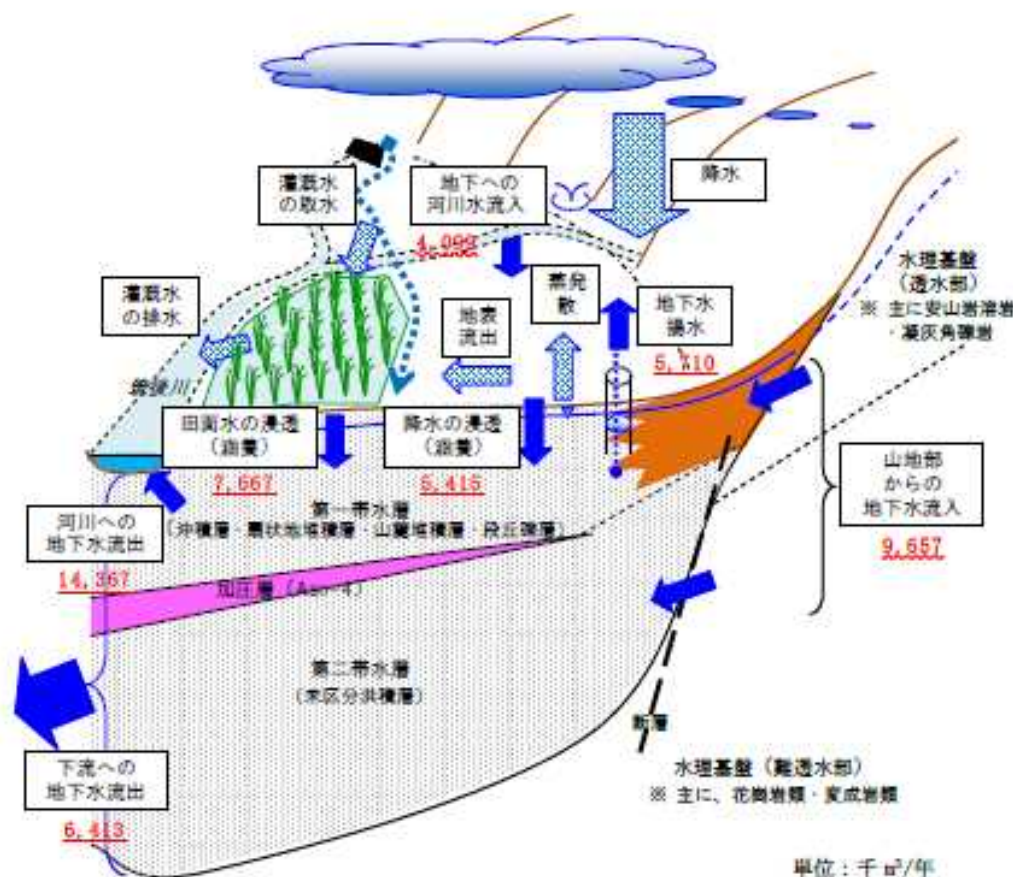
■ 流出計 2,697万 m^3 /年

内訳: 筑後川への地下水流出量 1,437万 m^3 /年

下流域への地下水流出量 641万 m^3 /年

揚水量 619万 m^3 /年

[平地部 571万 m^3 /年、山地部 48万 m^3 /年]



注) 「田面水の浸透」とはかんがい期の水田からの灌漑水と降水の浸透を、「降水の浸透」とは非かんがい期の水田と全期間の他の地目からの降水の浸透を意味する。

地下水流動モデルに基づく水収支

3年間の調査で分かったこと

3. 地下水流動モデルに基づく地区別の地下水賦存量と水収支（平成27年）

地区別の平地部における地下水賦存量と水収支を下表に示す。

地下水賦存量は、江南、千年など西側の地区ほど大きい（注：吉井地区は面積が狭いため小さい）。また、山地部に接する福富、御幸、山春地区では、地下水流入のうち、山地部からの地下水流入が平地部からの地下水流入を上回っている。これらの地区では山地部が地下水涵養源として重要であることが伺える。

単位：千m³/年

地 区 名		平地部 (市域)	平地部 (江南)	平地部 (千年)	平地部 (吉井)	平地部 (福富)	平地部 (大石)	平地部 (山春)	平地部 (御幸)
流 入	降水の浸透	5,415	860	774	50	1,326	436	1,082	888
	田面水の浸透	7,667	1,877	1,549	55	962	720	1,005	1,501
	地下への河川水流入	4,099	360	253	547	26	1,597	16	1,301
	山地部からの地下水流入	9,657	1	23	3	3,265	77	2,638	3,650
	平地部（他地区）上流からの地下水流入	－	7,147	5,962	4,159	1,403	1,839	802	2,020
	平地部（市外）上流からの地下水流入	－	－	10	－	－	113	620	－
	小計	26,838	10,246	8,570	4,813	6,982	4,780	6,162	9,359
流 出	地下水揚水	5,710	866	797	758	797	741	618	1,133
	河川への地下水流出	14,367	2,204	1,535	276	685	3,153	3,774	2,740
	平地部（他地区）下流への地下水流出	－	1,146	6,216	3,775	4,112	877	1,747	5,460
	平地部（市外）下流への地下水流出	6,413	6,002	－	－	1,154	－	－	－
	小計	26,489	10,217	8,548	4,808	6,747	4,772	6,139	9,333
地下水貯留量変化（＋：増加、－：減少）		348	29	22	5	235	8	24	27
地下水賦存量（千m ³ ）		736,363	236,087	164,105	37,802	84,576	33,078	62,229	118,487
第1帯水層（千m ³ ）		133,977	14,495	13,049	5,325	47,380	7,430	18,713	27,586
第2帯水層（千m ³ ）		602,386	221,592	151,056	32,478	37,196	25,648	43,516	90,901

注1) 平地部（市外）との地下水流入と地下水流出は、優勢な水収支項に、その収支を集約した。

注2) 第1帯水層（Aso-4より上位）、第2帯水層（Aso-4より下位）

3年間の調査で分かったこと

4. うきは市平地部の適正揚水量を算定

うきは市は、生活用水をほぼ100%地下水に依存しており、それも各家庭の井戸を水源としていることから、過剰な地下水揚水が行われた場合に、真っ先に発生する地下水障害は「井戸枯れ」と考えられる。

平成28年度に実施した地下水利用実態調査によれば、多くの家庭で浅井戸用ポンプが使われており、これらの地上設置型のポンプの揚程は7～8mとされている。一方、平成29年度に実施した冬季の一斉測水調査（平成30年1月）によれば、平地部の測定水位（GL -m）の中央値は5.5mであった。

このことから、ポンプ揚程7.0m－測定水位中央値5.5m、つまり現況から1.5mの水位低下を許容範囲と考え、次の要件に該当する地下水位を基準地下水位と定義した。

基準地下水位： 平水年気象及び現況（2015年）地下水揚水量の条件下で予測される最低地下水位から1.5m低い地下水位

地区名	地下水賦存量 (千 m^3)	第1帯水層 (千 m^3)	第2帯水層 (千 m^3)	現況揚水量 (千 m^3 /年)	適正揚水量 (千 m^3 /年)	適正/ 現況
平地部（合計）	736,363	133,977	602,386	5,710	12,880	2.26

※現況揚水量は地区ごとの現在の地下水揚水量。適正揚水量は1.5m以上の地下水低下を生じさせない揚水量である。

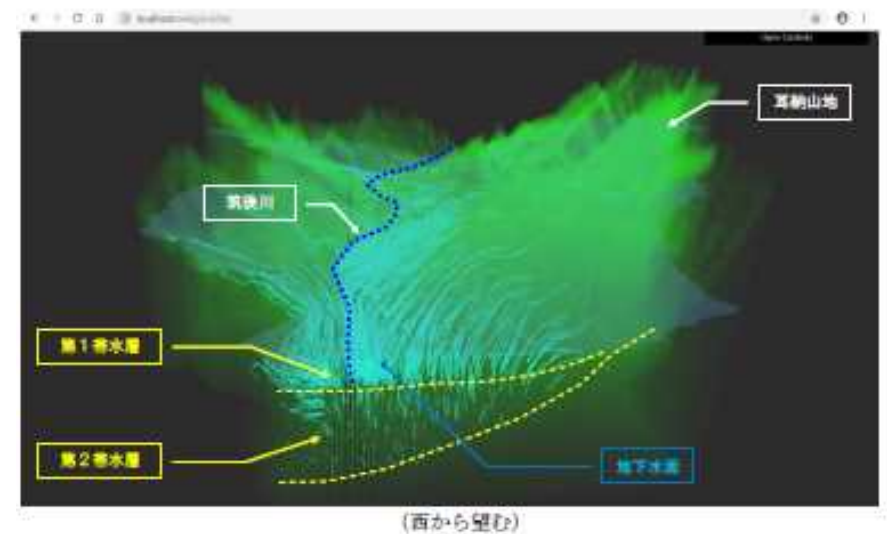
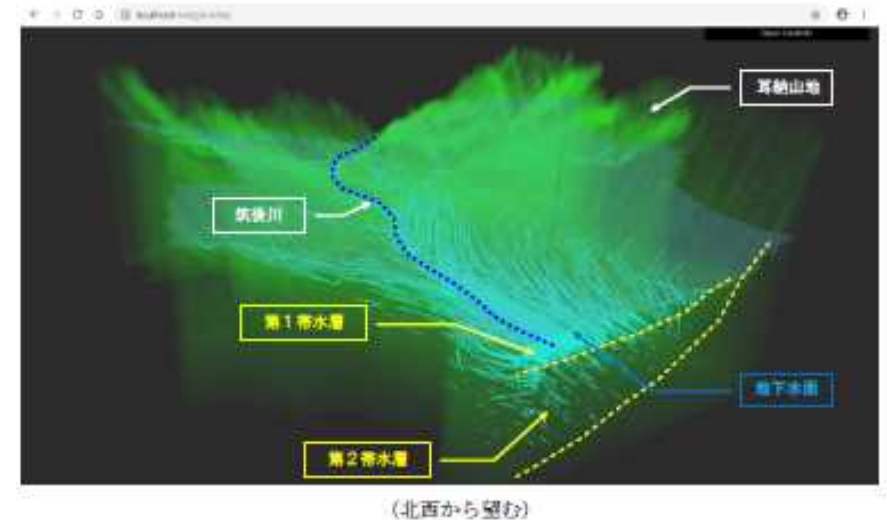
うきは市平地部全体での適正揚水量12,880千 m^3 /年は、現況（うきは市平地部の揚水量5,710千 m^3 /年）の2.26倍にのぼり、**差分の7,170 m^3 /年の地下水を開発することが可能**といえる。

3年間の調査で分かったこと

5. 現況の地下水の流動状況

構築したモデルを活用して、現況の地下水流動状況を可視化した。右図に、地下水の流れを粒子と、粒子が一定の時間内に移動する軌跡を尾として表した、地下水流跡線図を示す。

うきは市の地下水の流れは、流跡線の方から、山地部から平地部へ、そして平地部から筑後川やさらに下流の平地部へと流れている様子がわかる。また、粒子の尾の長さから、帯水層の山地部より平野部で速いこともわかる。これらの様子から、うきは市の地下水は、主に平地部の浅い帯水層、すなわち、地表からAso-4までに分布する第1帯水層において活発に循環していることが明らかである。

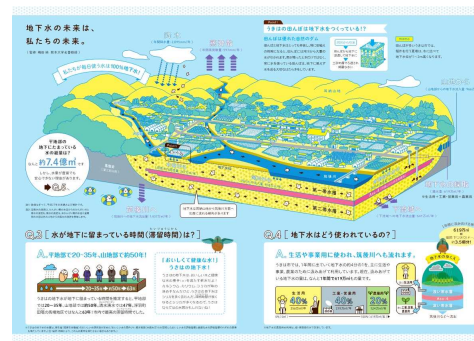


3年間の調査で分かったこと

6.普及・啓発用資料の作成

①パンフレット「うきはの恵水」

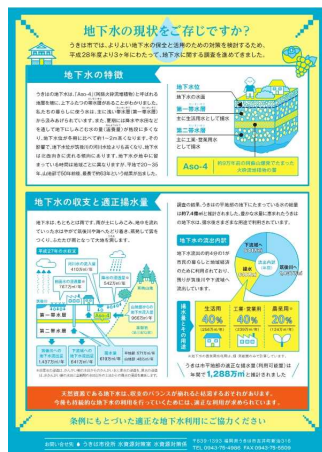
うきはテロワールの7大要素の1つである水(地下水)に着目し、表紙デザインを既存テロワールデザインとの統一性を図った。冒頭からうきはの地下水の水量・水質等を説明し、終盤では地下水の「将来的なリスク」や「保全活動」の重要性を盛り込んだ。



②うきは市地下水の保全に関する条例の普及チラシ

下水保全条例の意義と具体的手順をフローチャートで示した。裏面では、うきはの地下水の特徴と地下水の収支を分かりやすく記述した。

表面に、地



今後の取り組みイメージ

※イメージ図

