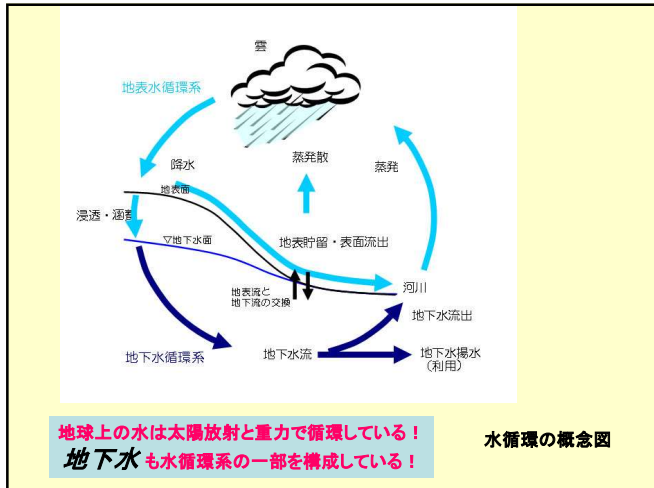


本日の話の流れ

1. もっと地下水を有効に利用しよう！
2. 熊本地域は地下水の持続的な利用に果敢にチャレンジしている！
3. 世界が評価した越境地下水管理
4. 広域地下水流動の科学的裏付け
5. 熊本地震の地下水への影響は？
6. 熊本地下水管理の成功は、アジアモンスーン地域に波及できる！

第13回ちかすいネット講演
2016年11月26日



なぜ地下水に注目するのか — 資源量 —

地球の水がバスタブ一杯の水だったら？

全水量13.86億km ³ (100%)	地下水2330万km ³ (1.69%)	地表水 11.7万km ³ (0.01%)
------------------------------------	------------------------------------	--

バスタブ (200リットル)

ボトル(2リットル)

御猪口 (20cc)

● 淡水資源の中で地下水は最大の水資源である

Kumamoto University

なぜ地下水に注目するのか？ — 利用量 — 世界の水源に占める地下水の割合

● 日本は表流水が主体であるが、地下水は、世界的には極めて重要な水資源として扱われている。

用途	地下水 (%)	表流水 (%)
飲料用	50%	50%
工業用	40%	60%
灌漑用	20%	80%

IWMI, 2007

IGES, 2007

◆ アジア・アフリカの開発途上国における人口増加と無秩序な開発により、地下水資源の枯渇が危惧されている。

◆ 地域の実態に合わせた管理により、持続的な利用が不可欠である。

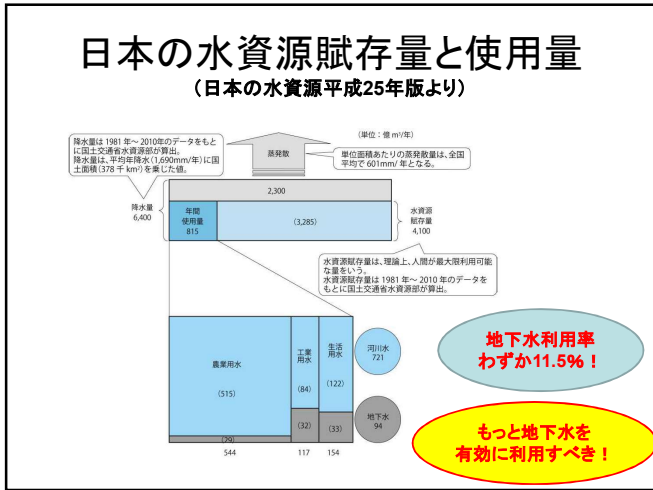
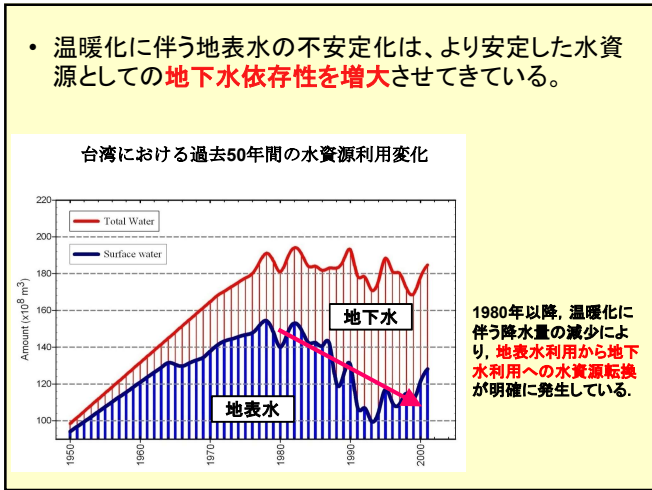
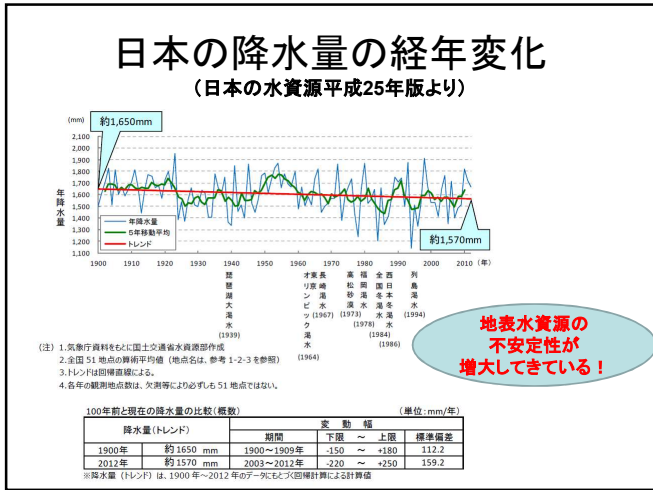
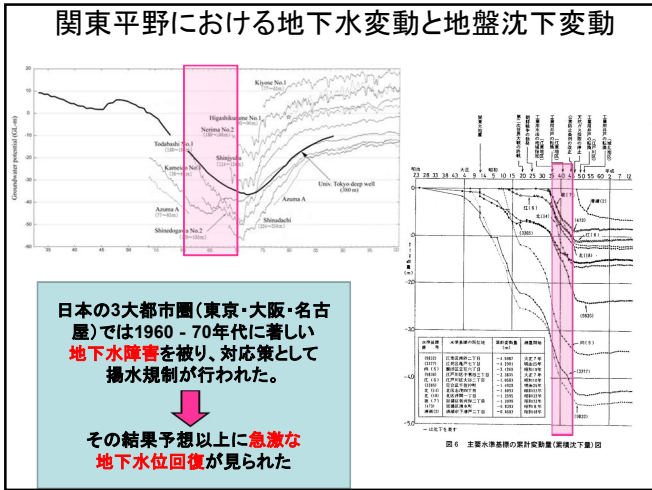
日本の水資源賦存量と使用量 (日本の水資源平成25年版より)

降水量は1981年～2010年のデータをもとに国土交通省水資源部が算出。降水量は、平均的降水量(1,500mm/年)に国土面積(378千km²)を乗じた値。

蒸発散 (単位: 億m³/年) 単位面積あたりの蒸発散量は、全国平均で60mm/年となる。

降水量	6,400	蒸発散	2,300	水資源	4,100
平均	815	総量	(3,285)	河川水	721
農業用水	(515)	工業用水	(84)	地下水	94
	150	生活用水	(122)		
	544		(33)		
			117		
			154		

地下水利用率 わずか11.5%!

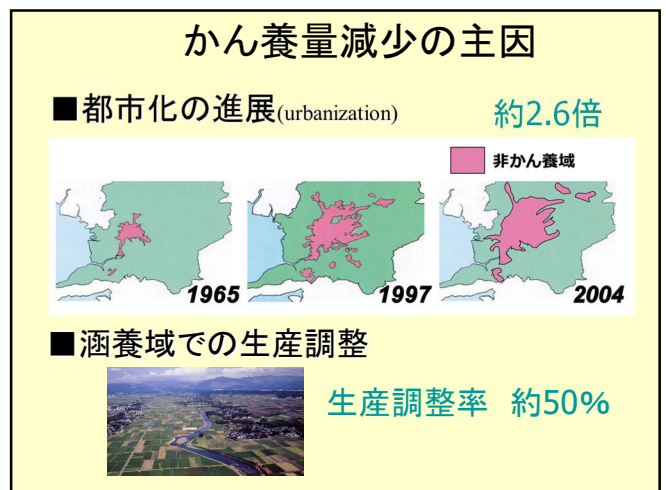
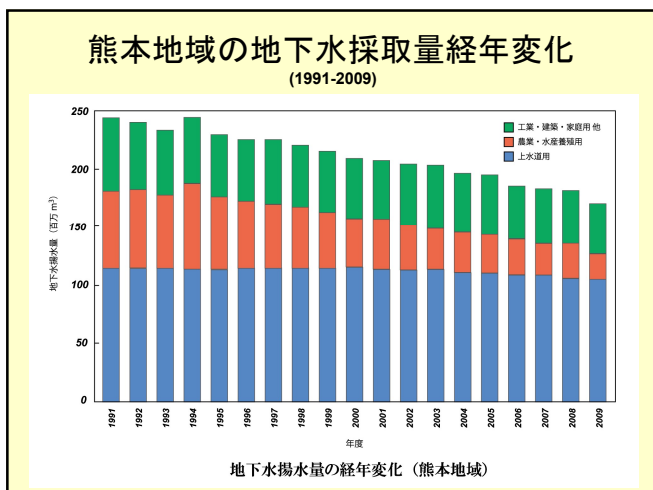
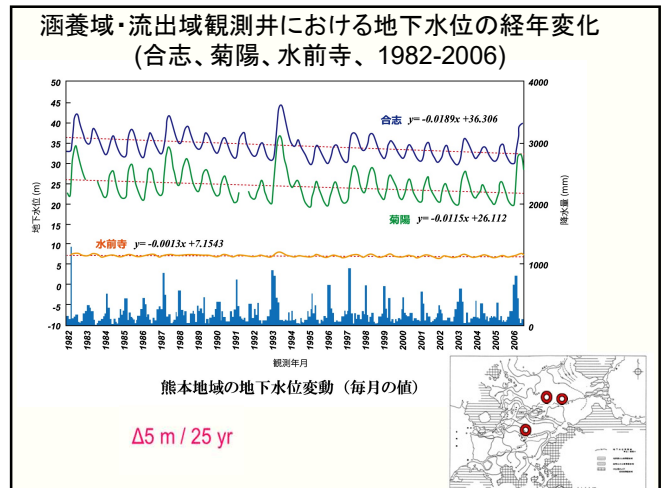
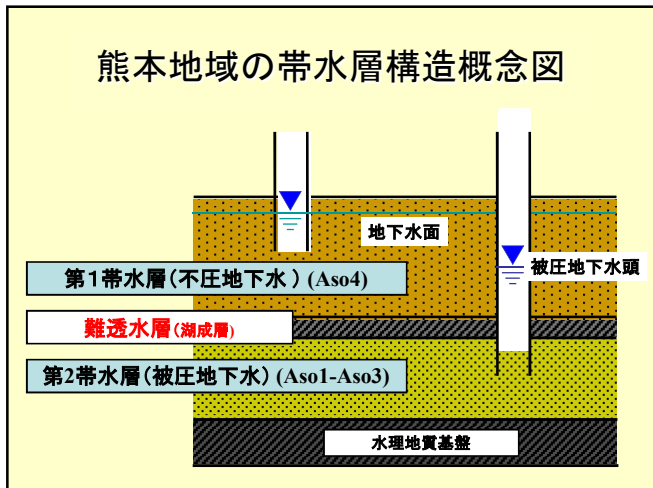
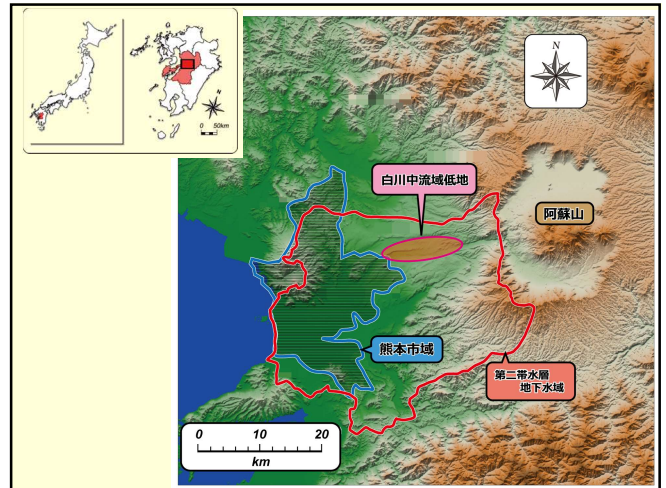


本日の話の流れ

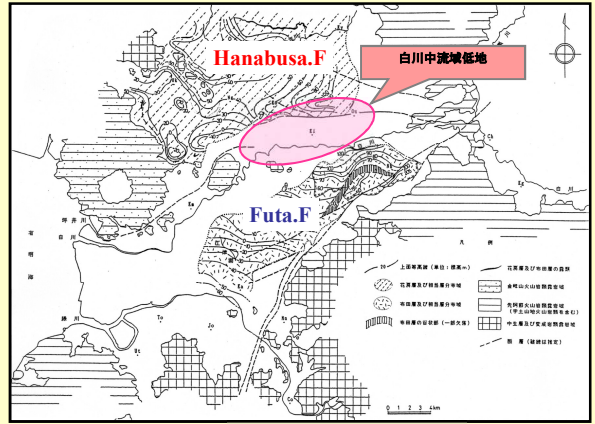
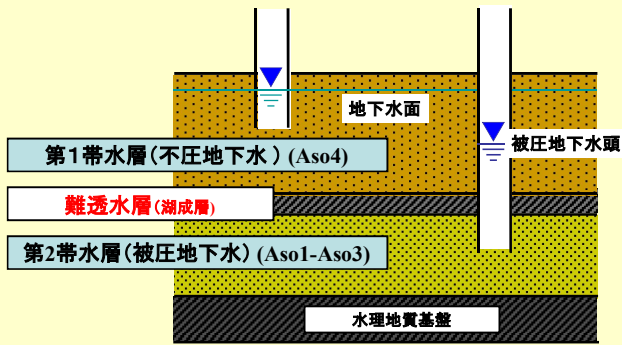
1. もっと地下水を有効に利用しよう!
2. 熊本地域は地下水の持続的な利用に果敢にチャレンジしている!
3. 世界が評価した越境地下水管理
4. 広域地下水流動の科学的裏付け
5. 熊本地震の地下水への影響は?
6. 熊本地域での地下水管理の成功は、アジアモンスーン地域に波及できる!

第13回ちかすいネット講演
2016年11月26日





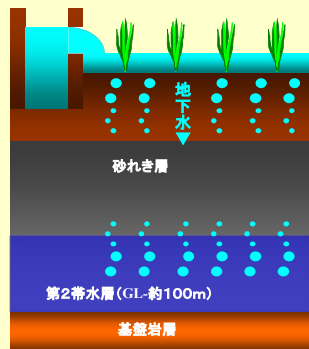
熊本地域の帯水層構造概念図



湖成層の分布状態

休耕田を利用した、地下水人工涵養のしくみ

用水路
(かんがい水=白川河川水)



- ◆白川中流域低地は、高い浸透特性がある。『ザル田』(減水深：100mm～200 mm/日) 減水深10～15mm/d (全国平均値)
- ◆減反政策による水田の減少が地下水涵養量低下に影響！
- ◆河川からの「かんがい水」を利用し、休耕期の田畑に「水」を張る
- ◆吸い込まれた「かんがい水」は地下水を涵養する(地下水人工涵養)

地下水保全のための流域連携(2004-2014)



熊本市長、県知事、大津町・菊陽町町長

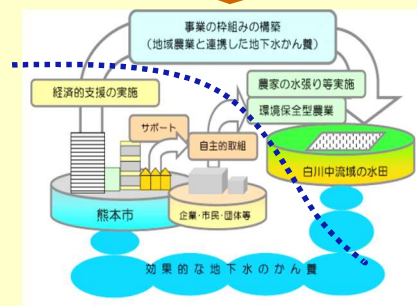
白川中流域低地 休耕田の灌水前後の様子

本日の話の流れ

1. もっと地下水を有効に利用しよう！
2. 熊本地域は地下水の持続的な利用に果敢にチャレンジしている！
3. 世界が評価した越境地下水管理
4. 広域地下水流動の科学的裏付け
5. 熊本地震の地下水への影響は？
6. 熊本地域での地下水管理の成功は、アジアモンスーン地域に波及できる！

第13回ちかすいネット講演
2016年11月26日

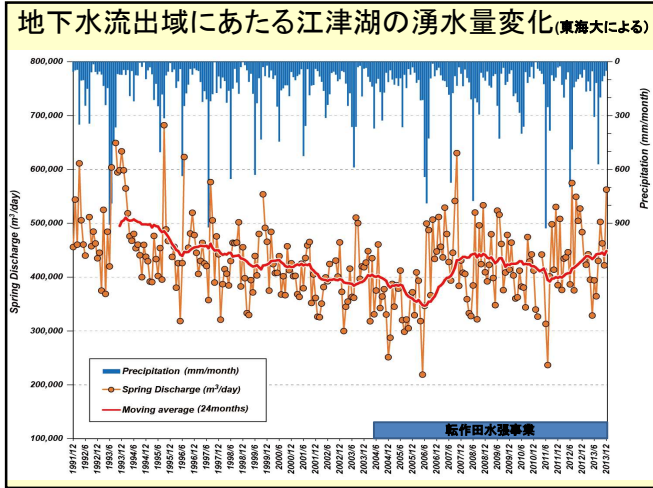
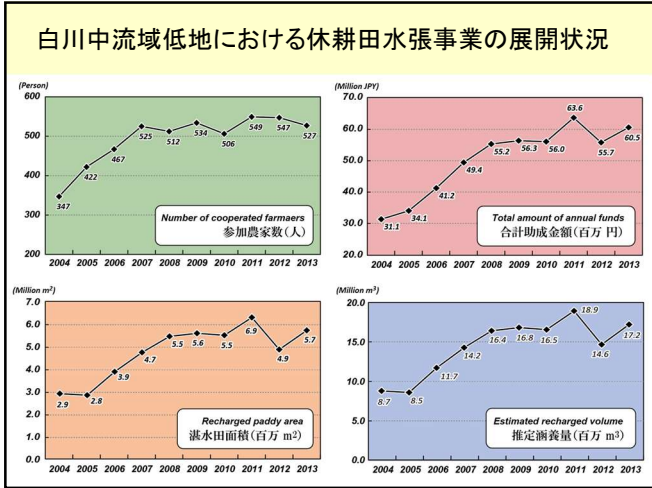
地下水涵養促進のための流域連携 (白川中流域の休耕田を利用した地下水涵養システム)



行政境界を越えた地下水管理 Trans-boundary Groundwater Management

熊本市・熊本県
地下水条例に
組み込まれている





'Water for Life' UN-Water Best Practices Award 2013

2013年3月22日、オランダ・ハーグ市において開催された『世界水の日』式典において熊本市が国連“生命(いのち)の水(Water for Life)”最優秀賞(水管理部門)を受賞し、表彰を受けました。日本で初めての受賞で、世界でも地下水利用では初めての受賞。

カテゴリ: 1: 水管理部門

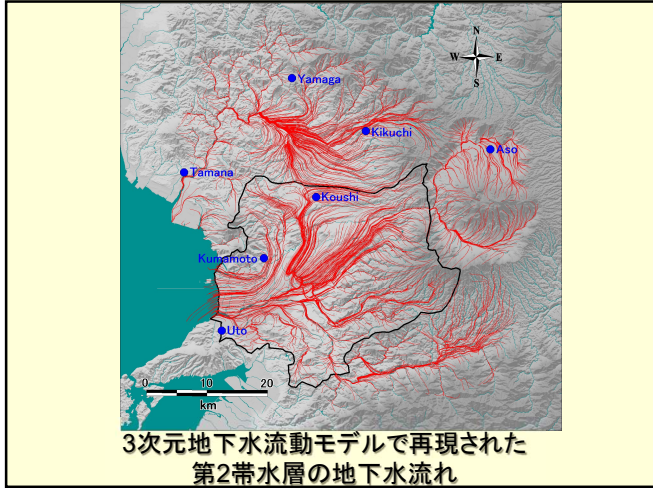
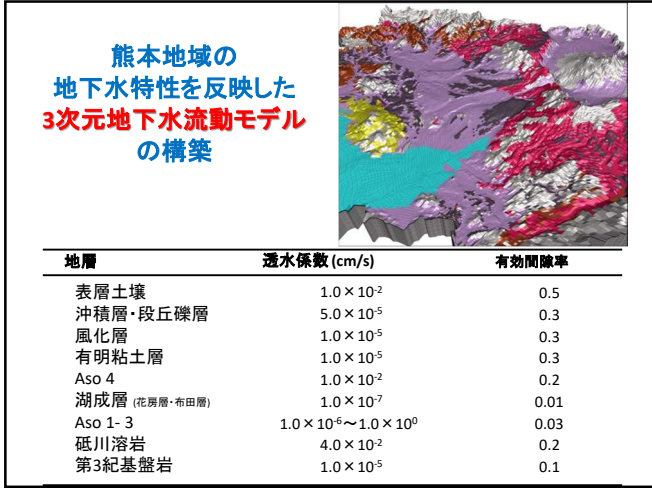
『自然のシステムを利用した地下水保全』

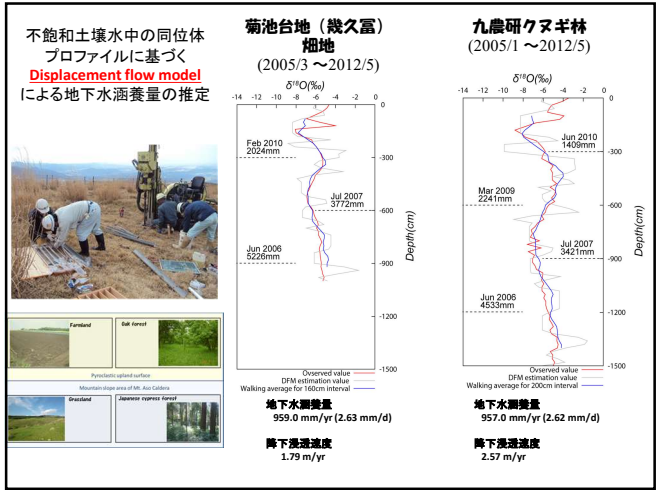
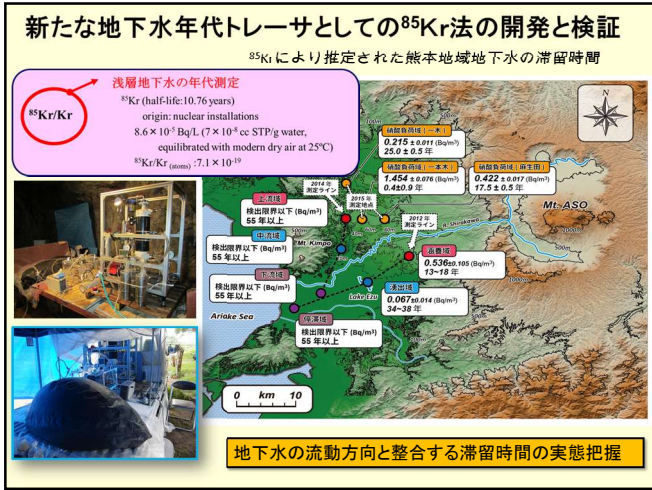
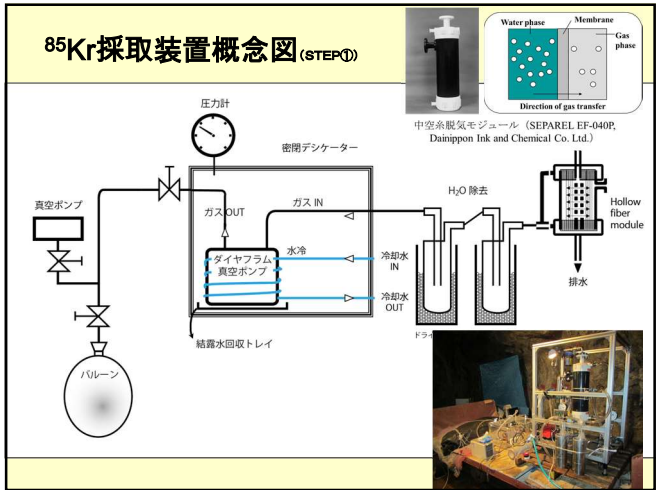
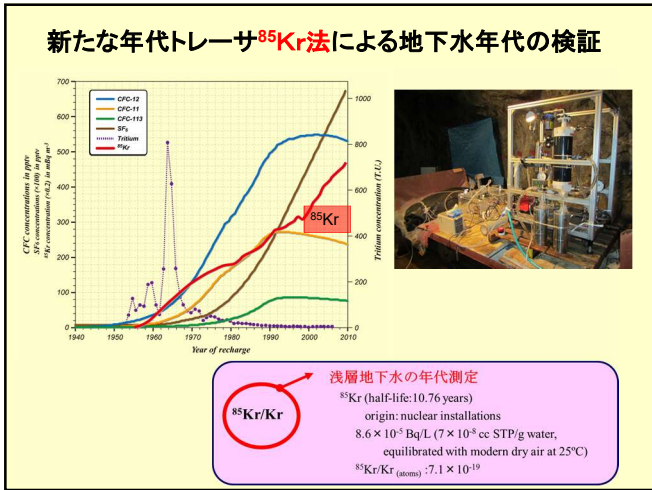
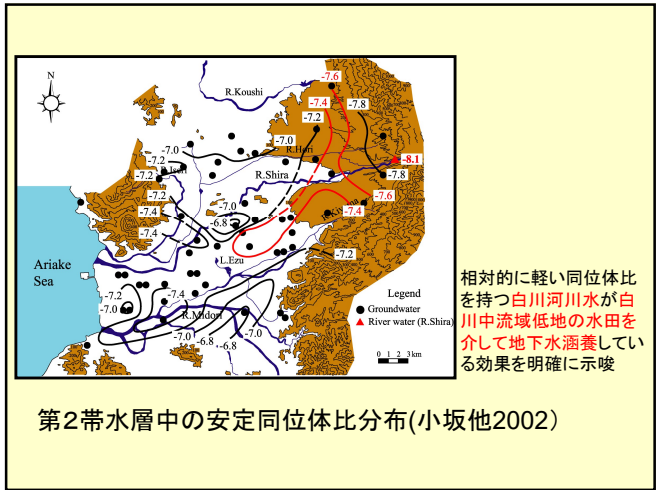
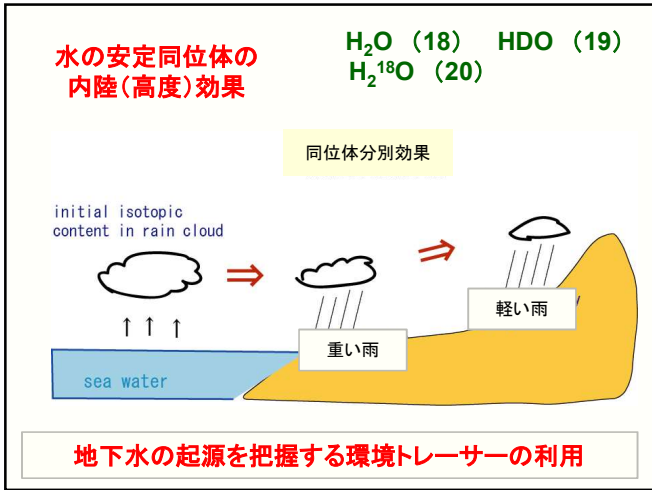
- 熊本地域の水循環について
- 水田を活用した地下水かん養について
- 節水市民運動について
- 広域連携(財)くまもと地下水財団について

本日の話の流れ

- もっと地下水を有効に利用しよう!
- 熊本地域は地下水の持続的な利用に果敢にチャレンジしている!
- 世界が評価した越境地下水管理
- 広域地下水流動の科学的裏付け
- 熊本地震の地下水への影響は?
- 熊本地域での地下水管理の成功は、アジアモンスーン地域に波及できる!

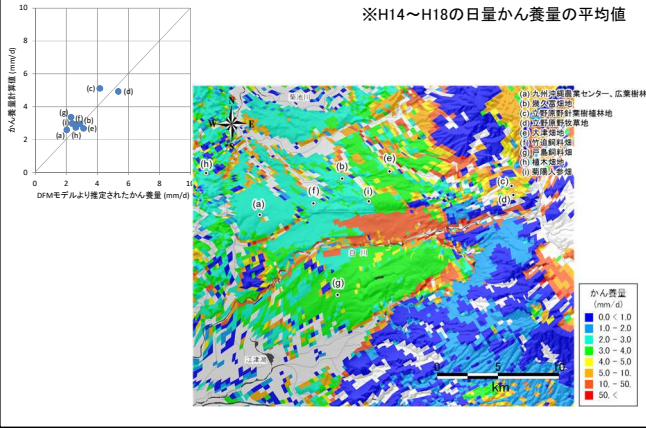
第13回ちかすいネット講演
2016年11月26日





地下水流動モデルによる熊本地域の涵養量分布推定

※H14～H18の日量かん養量の平均値



3次元地下水流動モデルによる白川中流域低地の水田利用・人工湛水効果の解析的検討

検討対象領域	水収支要素	単位	Case1	Case2	Case3	Case4
			水田無し	水田100%	水田50%	水田50%+人工湛水
地表部 (熊本地域全域)	降水量 (2013)	$\times 10^6$ (m ³ /y) (mm/d)	2036	2036	2036	2036
	蒸発散量 (2013)	$\times 10^6$ (m ³ /y) (mm/d)	749	750	750	750
	涵養量 (2013) (含湛放水等)	$\times 10^6$ (m ³ /y) (mm/d)	1576	1690	1657	1668
第二帯水層 上面(熊本地域全域)	涵養量	$\times 10^6$ (m ³ /y) (mm/d)	490	582	552	557
	地下水取水量	$\times 10^6$ (m ³ /y) (mm/d)	158	158	158	158
白川中流域	地表面からの涵養量 (含湛放水等)	$\times 10^6$ (m ³ /y) (mm/d)	288	415	367	377
	第二帯水層への涵養量	$\times 10^6$ (m ³ /y) (mm/d)	144	236	206	212
江津湖	地表面からの湧出量	$\times 10^6$ (m ³ /y)	159	181	174	175
	第二帯水層上面からの湧出量	$\times 10^6$ (m ³ /y)	162	185	178	179

白川中流域低地は1600年代の加藤清正によって新田開発されて以来、地域の重要な地下水涵養域として機能している。熊本の地下水は自然起源の火砕流帯水層に人間の生産活動が重なって形成されたユニークな流動系である。
地域の持続的地下水管理はこのユニークな仕組みを巧みに活用した取り組みである。



本日の話の流れ

1. もっと地下水を有効に利用しよう！
2. 熊本地域は地下水の持続的な利用に果敢にチャレンジしている！
3. 世界が評価した越境地下水管理
4. 広域地下水流動の科学的裏付け
5. 熊本地震の地下水への影響は？
6. 熊本地域での地下水管理の成功は、アジアモンスーン地域に波及できる！

第13回ちかすいネット講演
2016年11月26日

嘉島町浮島周辺の湧水変化 (一時的な濁水の湧出)

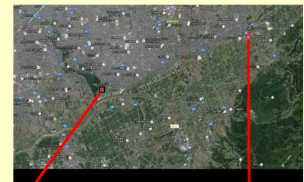
国土地理院航空写真による



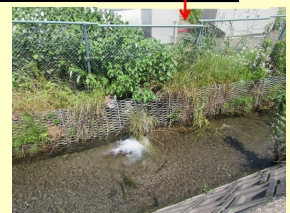
4月16日

5月30日

地震に伴う 地下水変化 (2016.06)



新たな湧水の出現(水貫寺江津湖・広木公園)

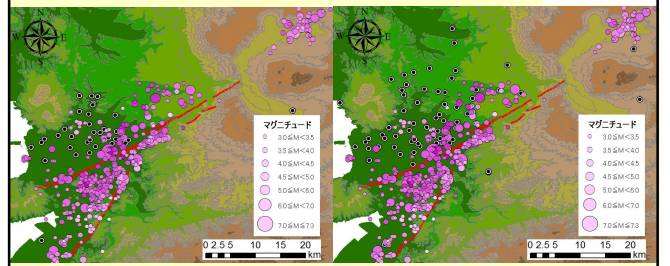


地下水取水井の自噴化(益城町運動公園)

地震に伴う水前寺成趣園における池の枯渇とその後の回復(市川による)



観測井戸ネットワーク



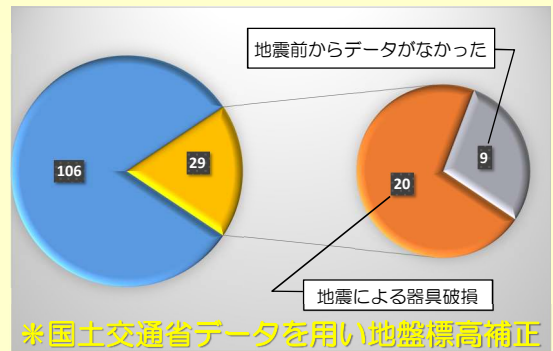
用いた水位データの概要

熊本県、熊本市、上下水道局、国土交通省が管轄する観測井戸

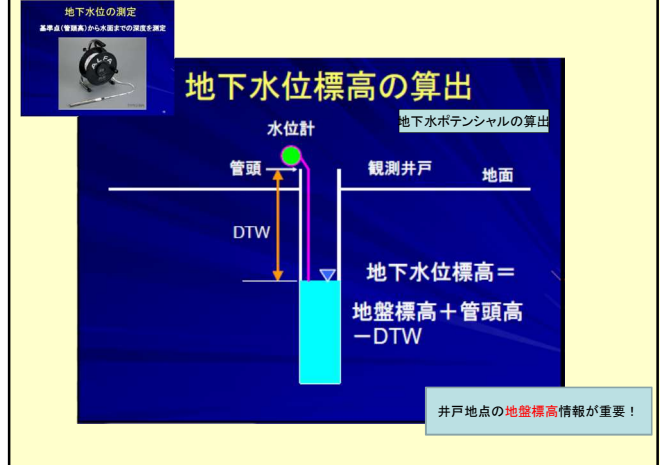
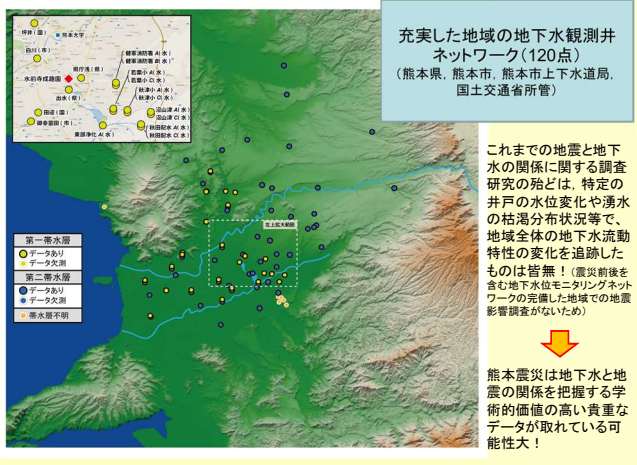
- ▶ 熊本県観測
 - ❖ 33地点
 - ❖ 2015年4月1日から2016年5月31日まで (60分毎デジタルデータ)
- ▶ 熊本市観測
 - ❖ 33地点
 - ❖ 2015年4月1日から2016年5月31日まで (60分毎デジタルデータ)
- ▶ 上下水道局観測
 - ❖ 46地点
 - ❖ 2015年4月1日から2016年5月31日まで (60分毎デジタルデータ)
- ▶ 国土交通省観測
 - ❖ 23地点
 - ❖ 2015年4月1日から2016年5月16日まで (60分毎デジタルデータ)

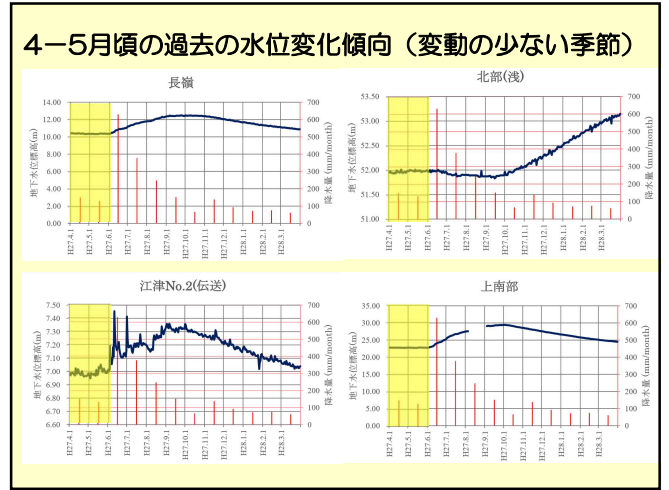
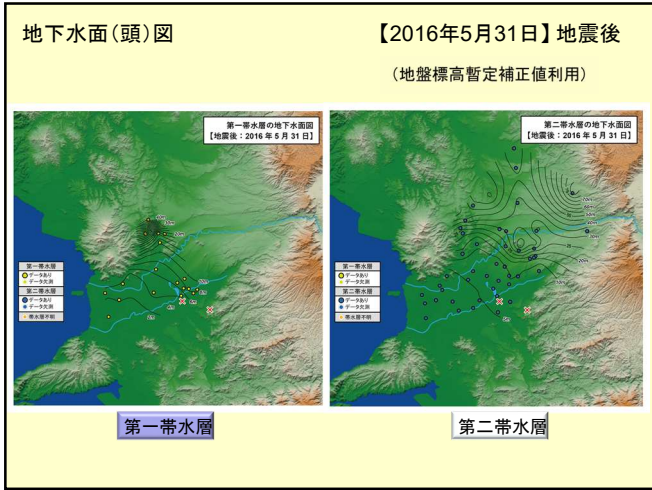
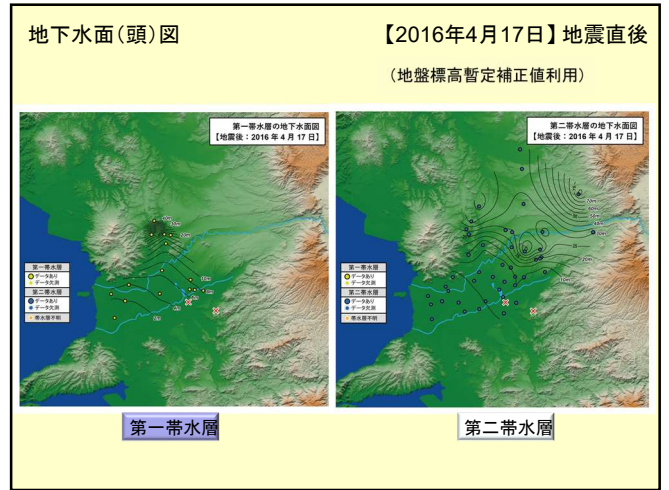
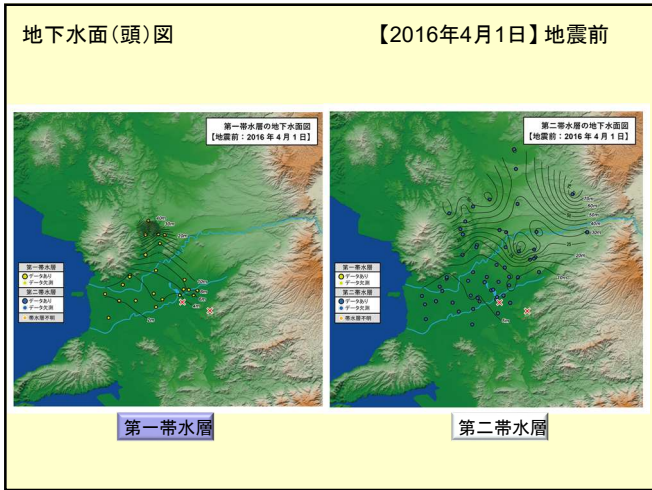
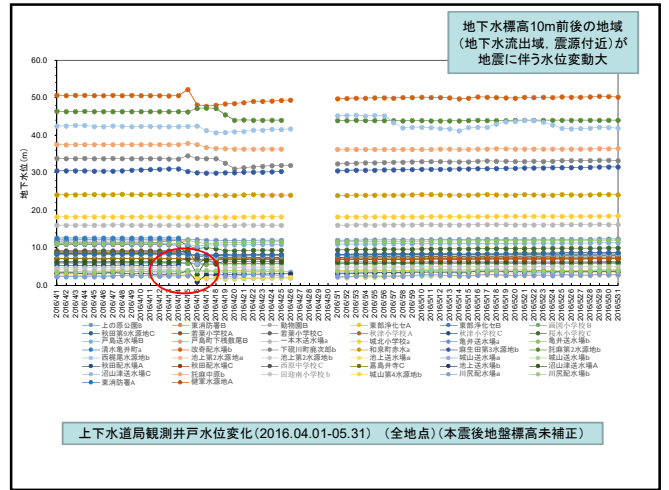
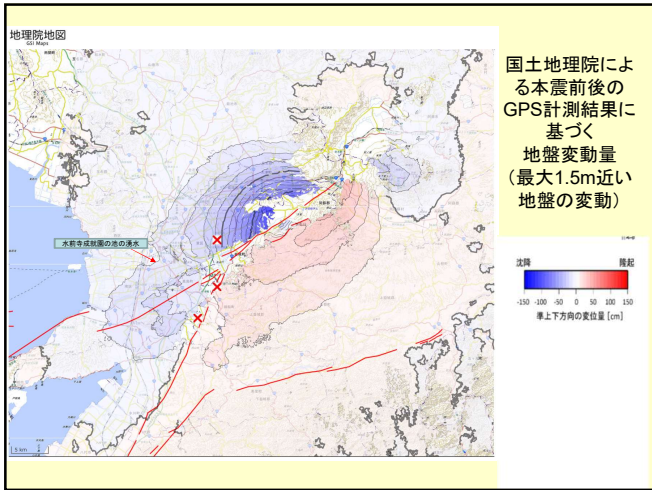
計135地点

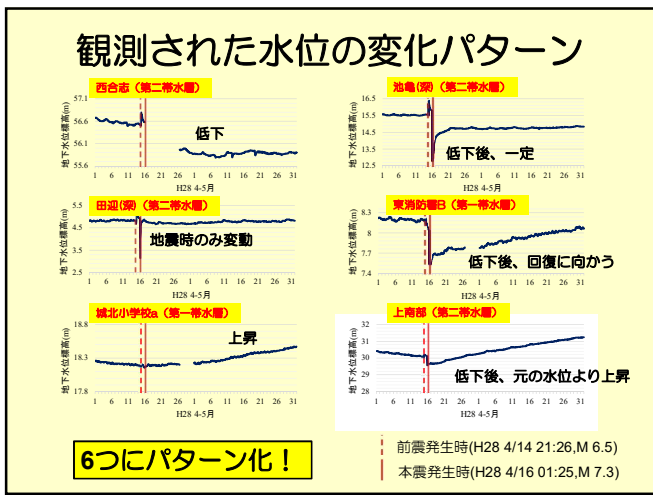
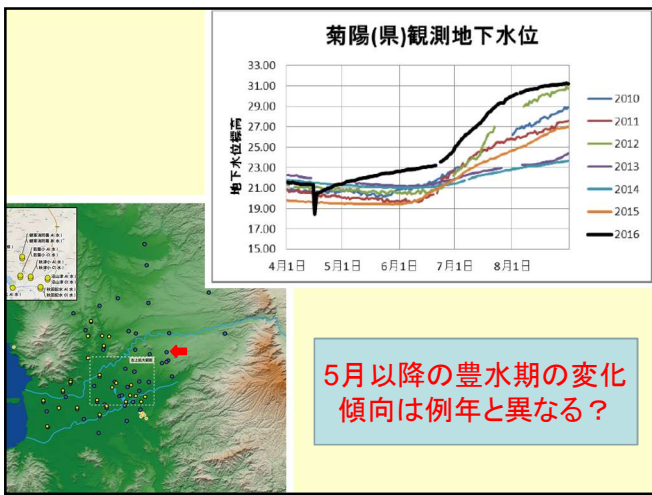
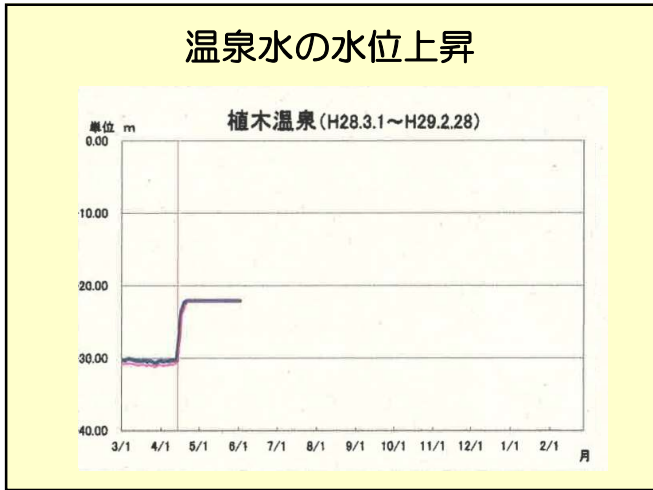
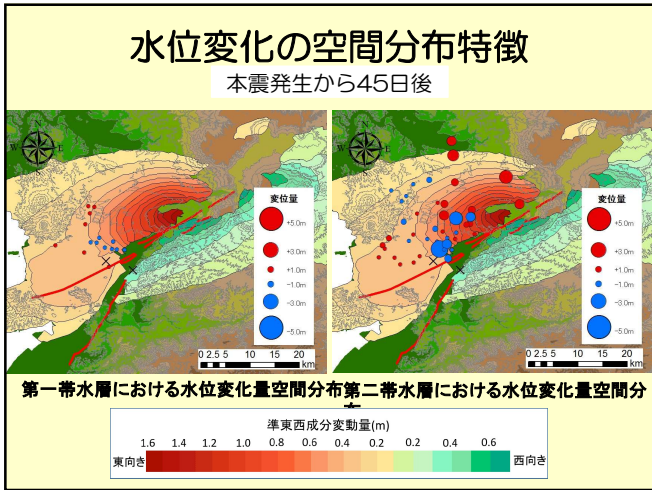
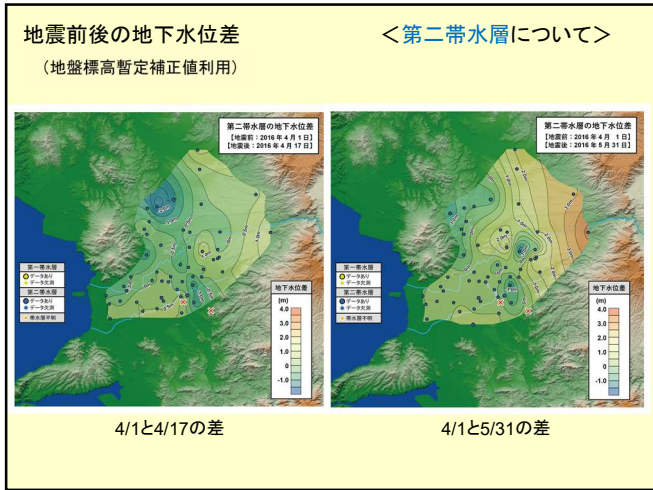
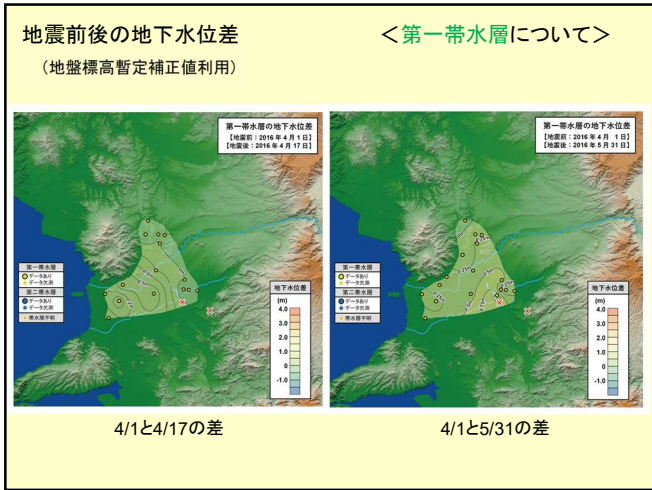
用いた水位データの概要



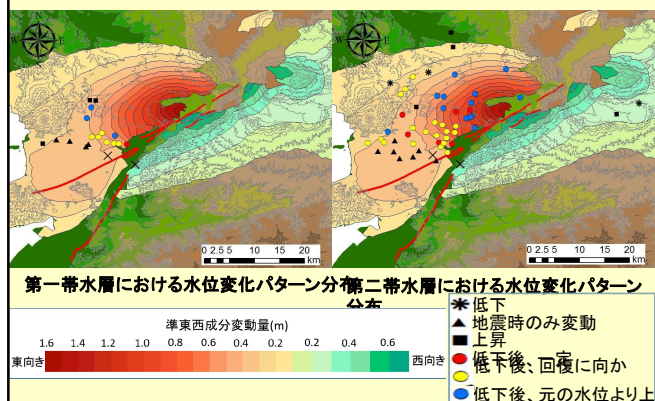
計135地点---解析には---> 計106地点





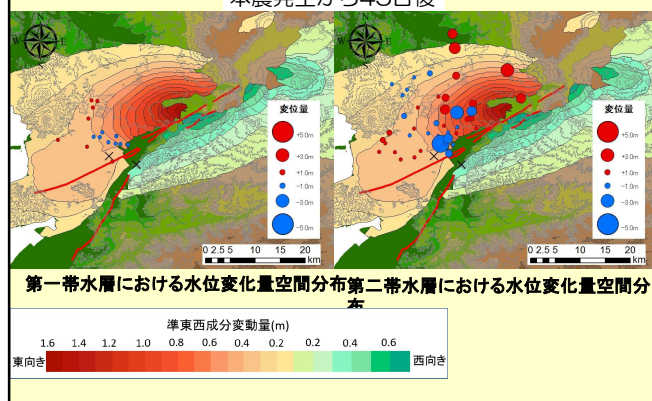


水位の変化パターンの分布



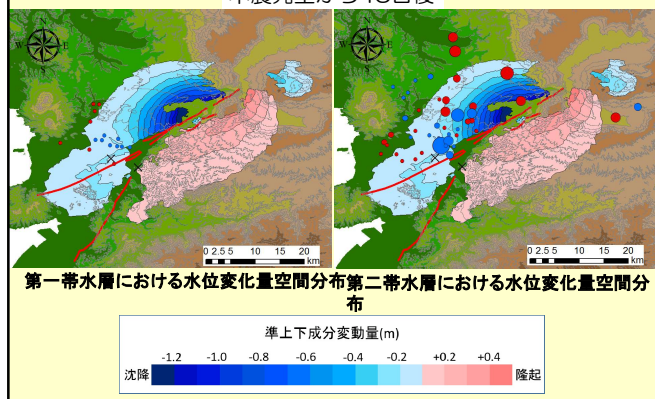
水位変化の空間分布特徴

本震発生から45日後



水位変化の空間分布特徴

本震発生から45日後



考えられる地下水位の変化要因

1. 応力場の形成に伴う地殻歪の発生
Bredehoeft (1976) JGR., 72 3075-3087
2. 断層破砕帯を通じた“みずみち”の発生/消失
King et al. (1999) JGR., 104, 13073-13082
3. 地盤の隆起や沈降に応じて地下水勾配が変化
4. 不飽和帯土壌中の土壌水の落下
Mohr et al. (2015) Geology 43, 207-210
5. 地震動により山体に賦存する地下水が開放
Wang and Manga (2015) Nature Com., doi:10.1038/ncomms8597
6. 深部地殻流体の寄与
Sibson et al. (2003) Geophys. J. Int. 154, 584-594

地震に伴う熊本地域の地下水変化

- 熊本地域全体における水源(湧水・井戸)の震災に伴う破壊被害はそれ程甚大ではない。水道の復旧に時間を要したのは配管水路の耐震管導入状況の問題。一般的に井戸は地震に強い。地表水水源だと取水口や沈砂池等が破壊する可能性大。(地下水利用企業の震災復旧遅れは、IC等の精密工業の製造ライン復旧の問題が多いと聞いている)
- 熊本およびその地域の主要水源としての地下水の水量や水質(水道水基準項目)に関しては大きな変化はない(各自自治体水道ヒアリング)。湧水は数時間から数日程度の湯湯で改善。(但し微量成分や安定同位体比等では一部の地下水に地震前後の変化の兆候も確認されている)
- 阿蘇塩井社水源の枯渇が発現しているが、山麓湧水の地震に伴う枯渇例はこれまでもある。0-40m程度の深高にある熊本地域の帯水層とは構造が異なる。
- 水前寺成就園池湧水の一時的湧水量低下(現在はほぼ回復)は、地域の観光資源としてその顧末を把握し必要に応じて今後の対応策を検討することは重要。
- 震災後の地下水位(頭)変化にはこれまでの地域の水位変動とは異なるタイプの変動が見えており、学術的に貴重なデータが得られる可能性がある。
- 配管水路の破壊は甚大であったことから、下水等や地下埋設物等の破壊に伴う湧水による地下水汚染(洗層地下水?)が懸念され、今後の水質継続モニタリングが重要。



本日の話の流れ

1. もっと地下水を有効に利用しよう!
2. 熊本地域は地下水の持続的な利用に果敢にチャレンジしている!
3. 世界が評価した越境地下水管理
4. 広域地下水流動の科学的裏付け
5. 熊本地震の地下水への影響は?
6. 熊本地域での地下水管理の成功は、アジア・モンスーン地域に波及できる!

第13回ちかすいネット講演
2016年11月26日

熊本県地下水保全条例の改定と揚水許可制の導入

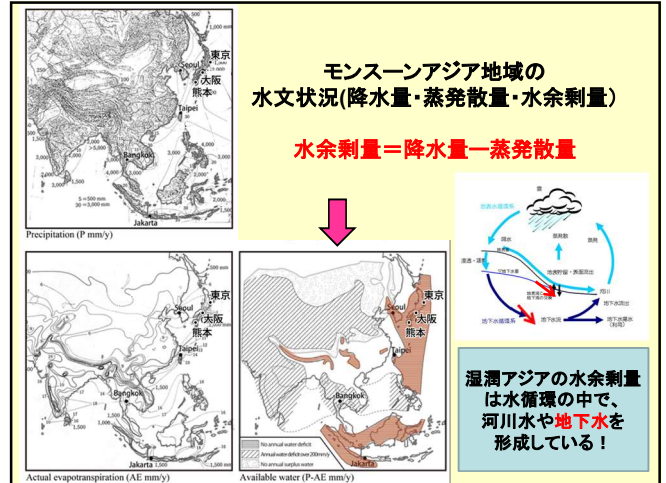
(2012.04施行、揚水規制は同年10月施行)

- 重点地域として熊本地域を取り上げ、揚水機本体の吐出口の断面積が19cm²(直径5cm)の地下水採取に対し許可制導入
- これに伴い、量水器の設置義務や、涵養対策の実施義務化等を組込む。



熊本地域の11市町村

**全国でも初めての
地下水障害の発生していない地域での地下水利用規制！**



熊本地域の地下水管理は、モンスーンアジアでの地下水管理のありかたの模範例！

- 湿潤気候にあるモンスーンアジアでは蒸発散量を上回る豊富な降水量によって潜在的な可能地下水涵養量が存在しており、揚水量管理や、人工涵養を確立することで、地下水資源を持続的に利用することは可能
- 地下水資源の存在量とその涵養・流出機構を的確に評価した上で、地域の実情に合わせた持続的な地下水管理システムを確立した熊本の事例は、日本からモンスーンアジアに向けて提案できるユニークな持続的地下水管理法
- 水循環基本法(2014.03施行)の成立を背景に、地下水の持続的管理に関して、先進地域である熊本からの全国展開がますます期待される

熊本地域における 持続可能な地下水利用に向けた挑戦と 熊本地震の影響



ご清聴ありがとうございました

第13回ちかすいネット講演
2016年11月26日