

Environmental and Analytical Chem.
Geochem. Laboratory
University of TOYAMA

とやま呉西圏域調査研究事業
(令和4年度事業) 報告会

2023年5月26日

カーボンニュートラル推進のための 地下水涵養事業効果の検証 ～とやま呉西圏域の地下水CO₂貯蔵状況の可視化～

チョウ ケイ
張 勁

富山大学 学術研究部理学系
(専門分野:水資源、水・栄養塩循環)



話の流れ

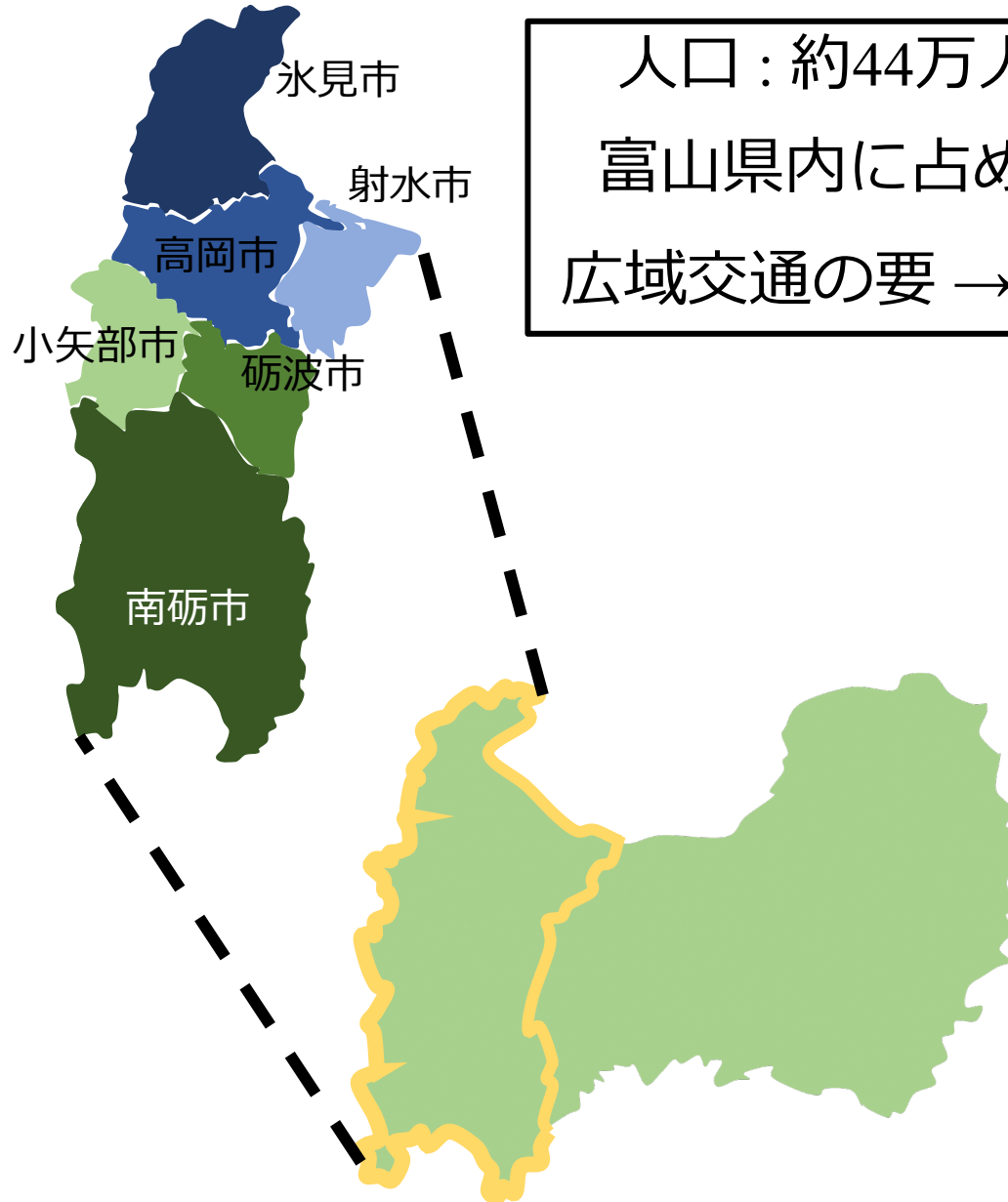
とやま呉西圏域の水循環

～政策提言に向けた科学的エビデンス

1. とやま呉西圏域をとりまく豊かな“水”
2. 地下水涵養事業
3. カーボンニュートラル達成に向けた水の活用



とやま呉西圏域の“宝”



人口：約44万人（H27.国勢調査）

富山県内に占める人口割合：41.6%

広域交通の要 → 環日本海の中核拠点

2つの水系

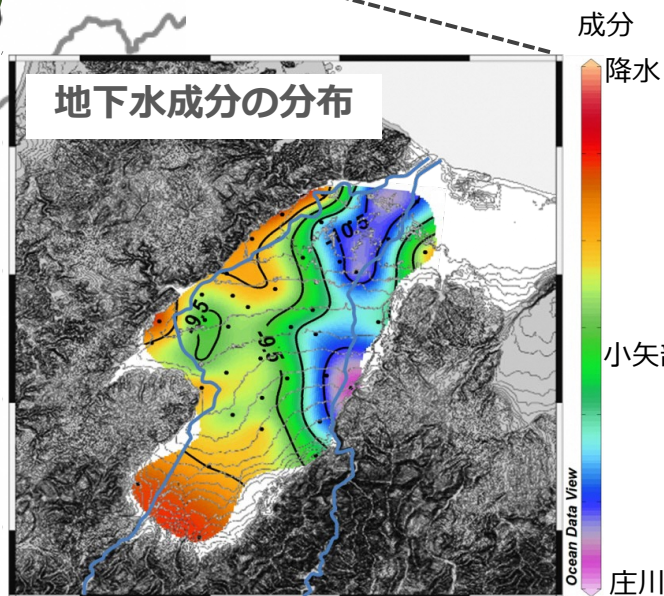
1つの水圏

地産地消

“水”が繋がる呉西圏域：山 → 里 → 海



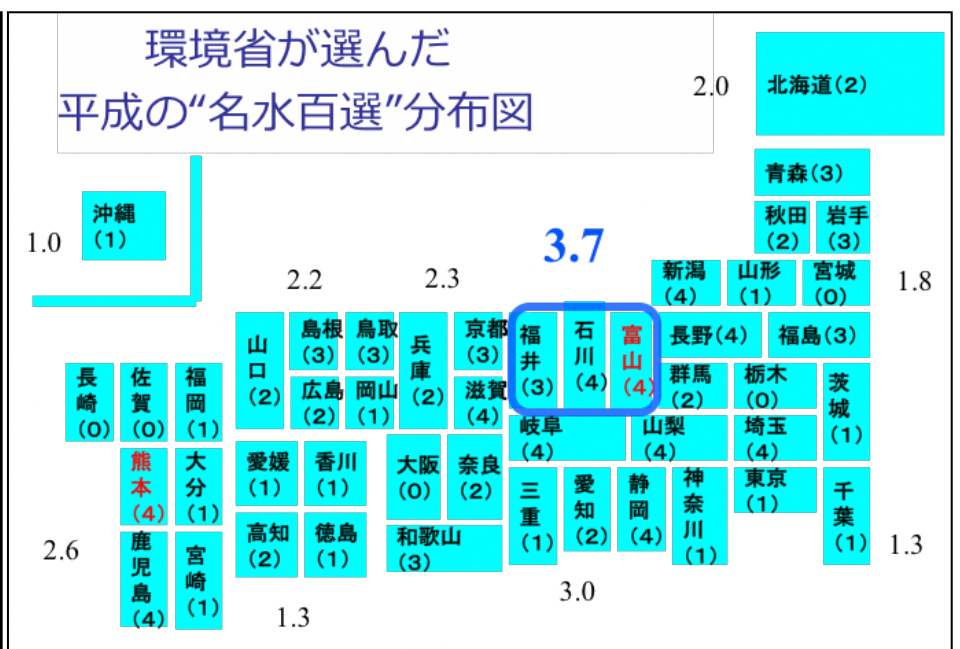
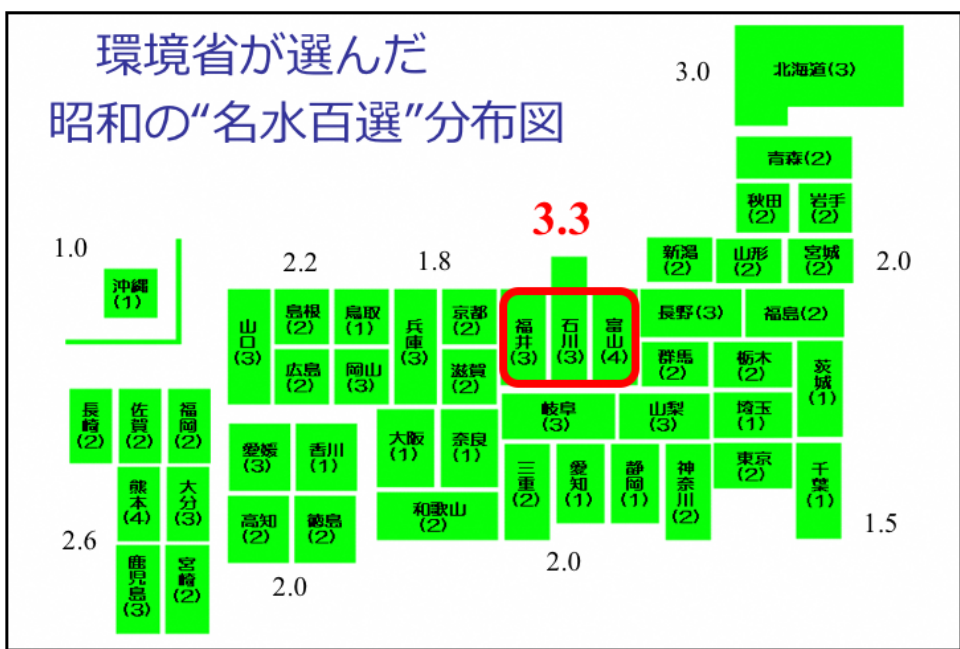
大小多くの
河川が存在



とやま呉西圏域水圏
⇒全域が“1つの水系”

“富”の基軸：水
山 → 里 → 海へ
見える化

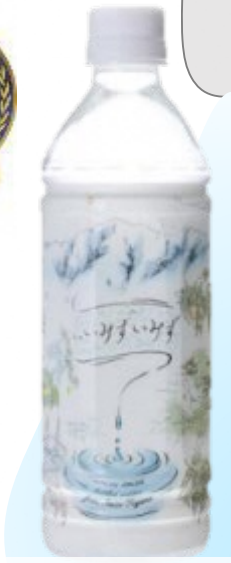
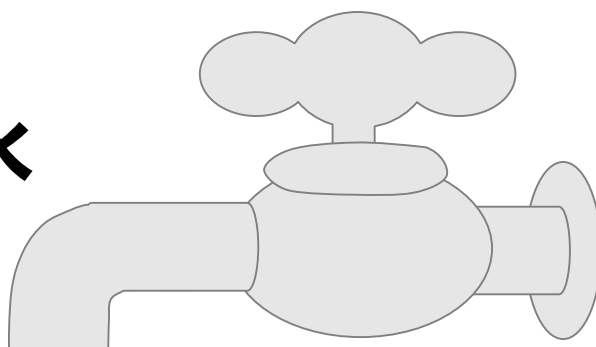
質的評価：環境省が選んだ“名水百選”



- ・ 北陸地方：名水の数の平均が多い
- ・ 富山県：名水8カ所選出 → **全国最多**



富山県の水



射水市



高岡市



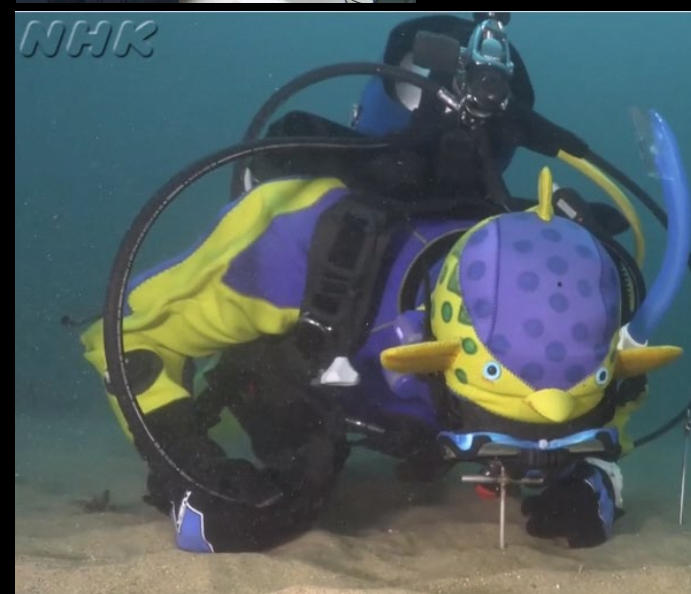
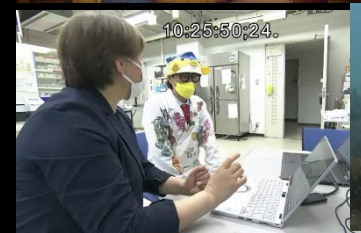
富山市



魚津市

モンドセレクション
多年度受賞

蛇口から“最高品質 ミネラルウォーター”



「ギョギョギョ 富山湾スペシャル!」

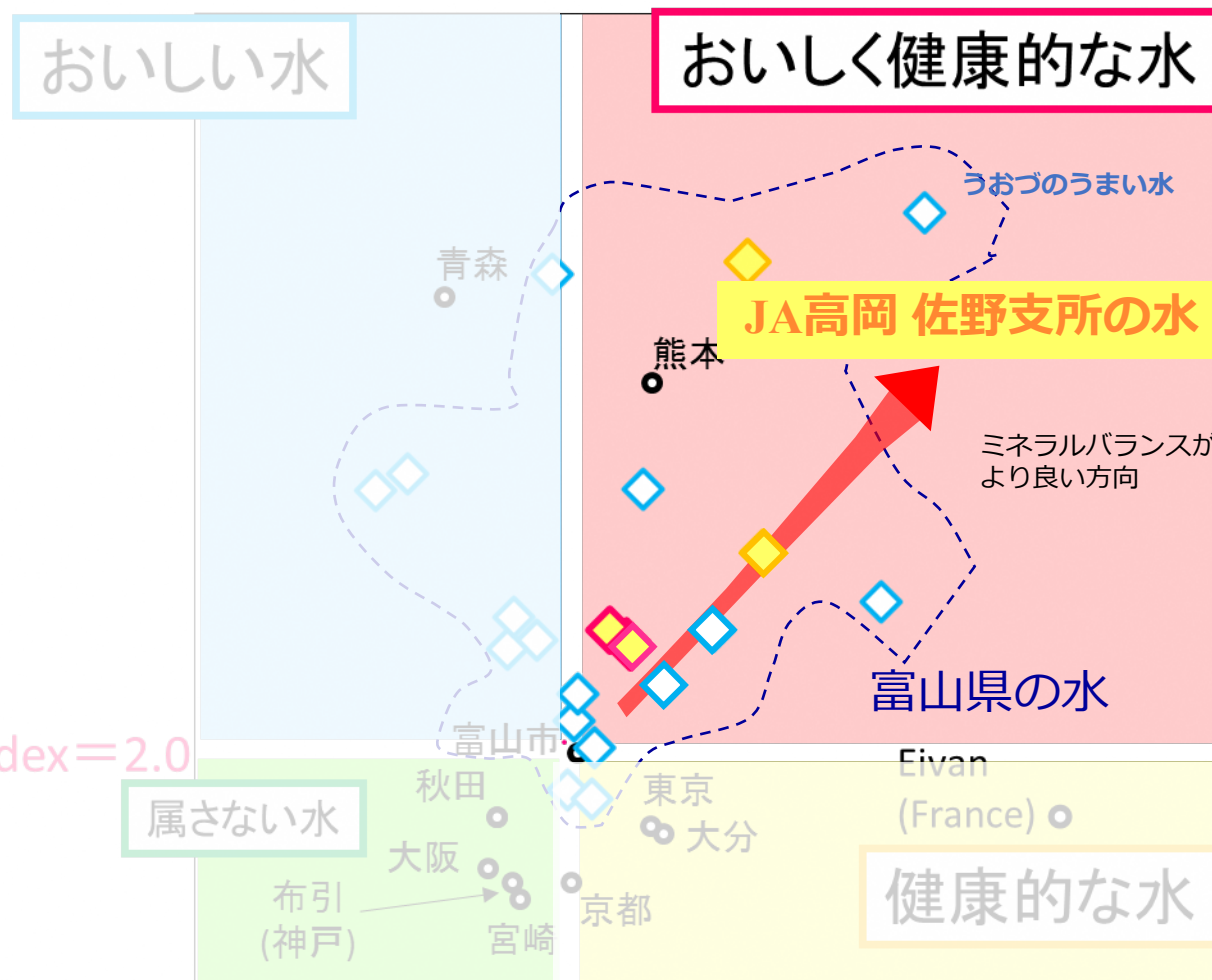
2022年8月10日

立川志の輔さんと大島麻衣さん

富山の水を きき水!

富山県の水は“おいしく健康的な水”

とやまの名水の分類



評価①：水の味の指標

$$O \text{ Index} = \frac{\text{おいしくする要素 } Ca^{2+} + K^{+} + SiO_2}{Mg^{2+} + SO_4^{2-}} \geq 2.0$$

苦味・渋味

評価②：健康(脳卒中のリスク)を考慮した指標

$$K \text{ Index} = Ca^{2+} - 0.87Na^{+} \geq 5.2$$

(Hashimoto et al. 1987)

- 全国の水道水
- ◆ とやまの名水
- ◆ 庄川扇状地の名水
- ◆ 黒部扇状地の名水

(Nahar & Zhang, 2012)

K index = 5.2

O index = 2.0

近年の温暖化が水資源に与える脅威

2000年頃より

- ・ 温暖化が顕著になり、考えられる影響が出現

高温・猛暑

乾燥・干ばつ

大雨・洪水の頻発

暖かい冬・寒い冬

デカ雪

台風・ハリケーン

冷房・エネルギー問題

山火事 水資源

土砂災害

(降雪地帯 山地 → 平野部)

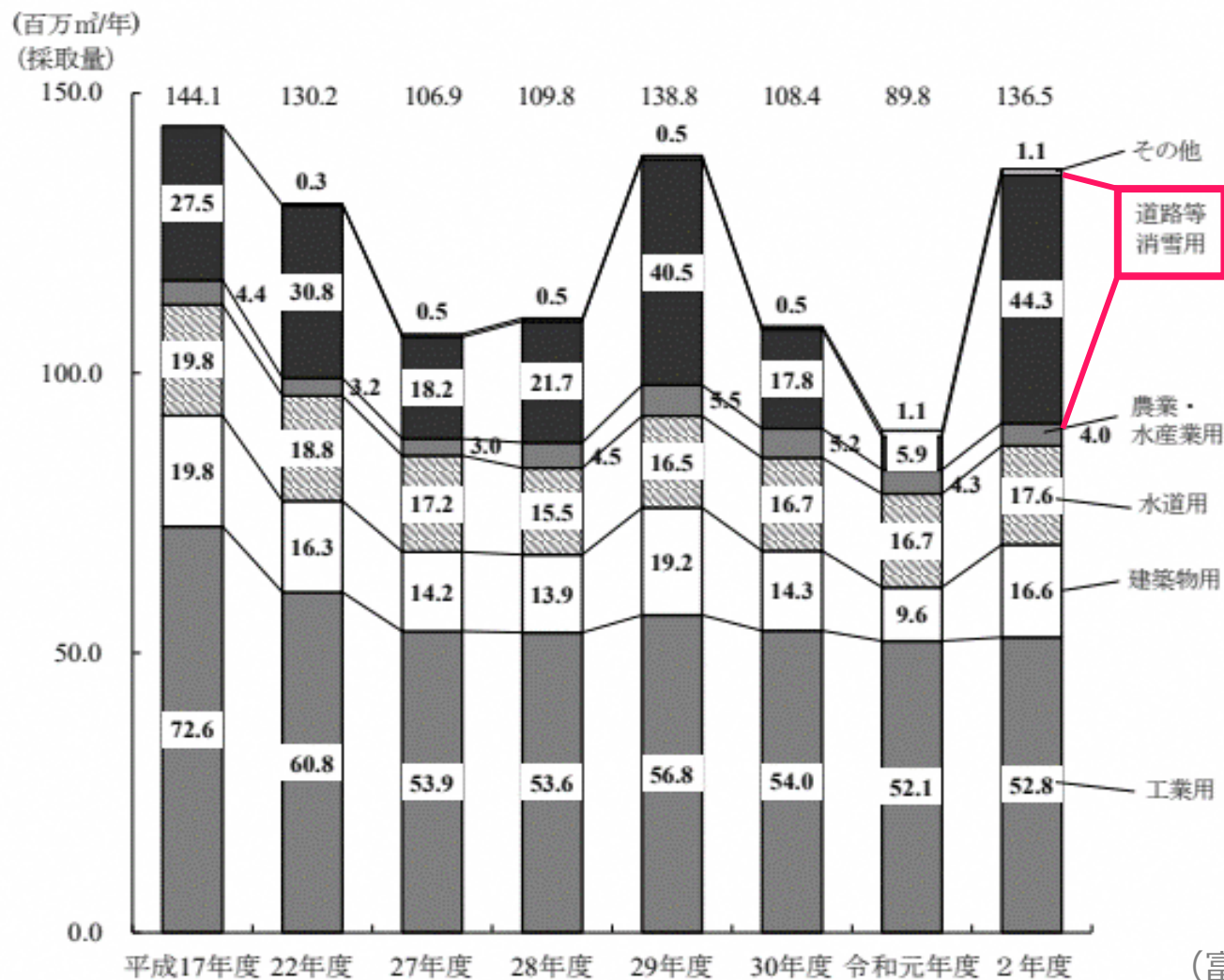
暖房・エネルギー問題

生態系

交通・生活

問題点①：地下水の利用と地下水位の低下

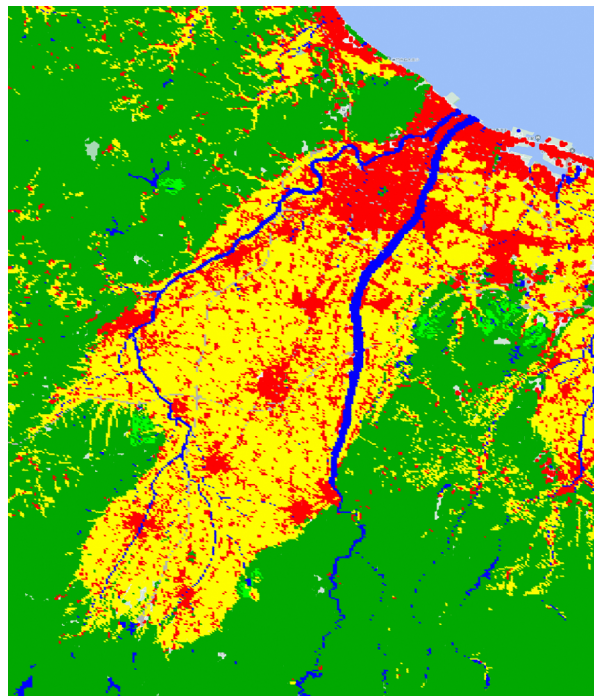
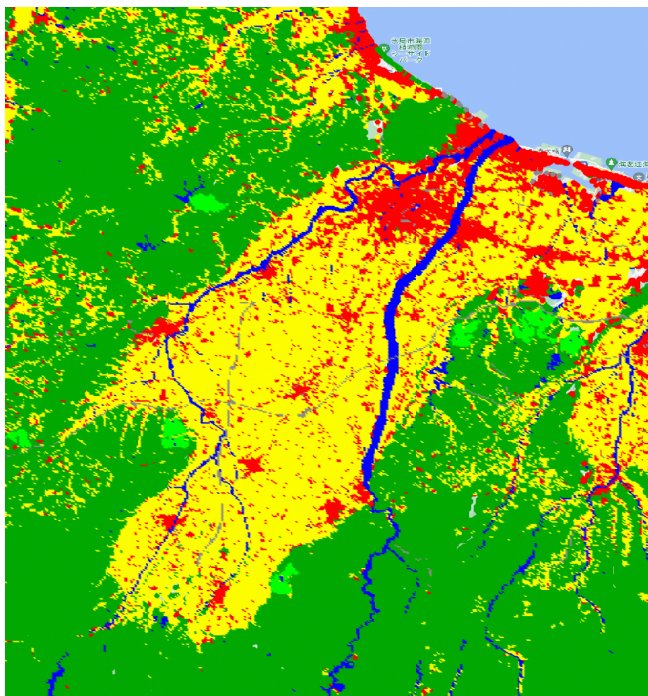
・消雪用使用量 増加



問題点②：土地利用の変化

1997年

2016年



- 森林
- 水田
- 市街地
- 道路
- 河川

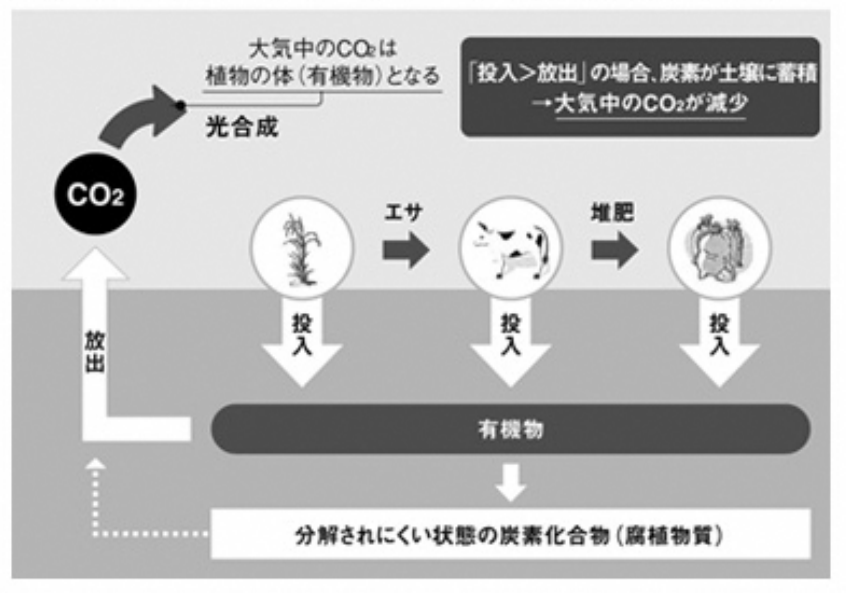
年	水田(km ²)	市街地(km ²)
1997	313	77
2016	266	115

15% 減

33% 増

水田：CO₂の吸収源

図表1:農地土壌における二酸化炭素の吸収・排出(概念図)



出典：農林水産省「地球温暖化防止に貢献する農地土壌の役割について」
(2008年3月)を参考に作成

農地の年間吸収量(日本平均)

農地土壌の表層30cm、炭素換算

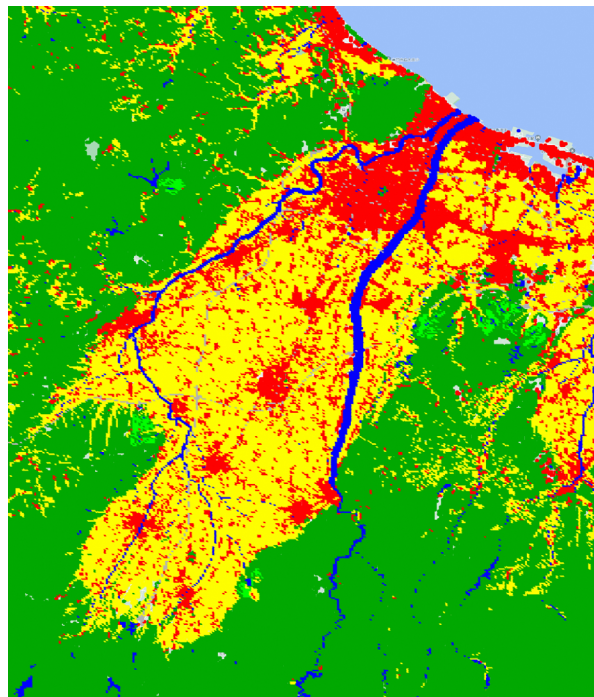
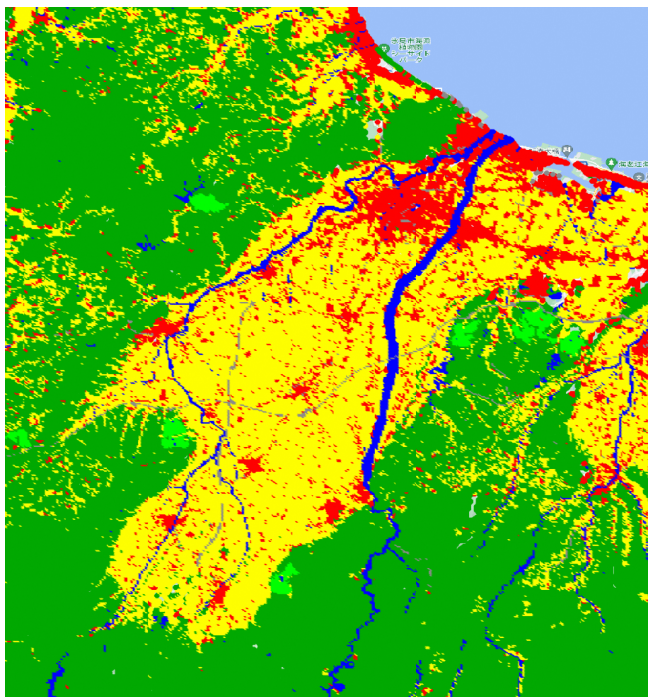
- 水田：1.9億トン
- 畑：1.6億トン
- 樹園地：0.3億トン
- 森林：20-30億トン

農地：平野部でのCO₂吸収源として有用

問題点③：土地利用の変化とCO₂吸収量の減少

1997年

2016年



- 森林
- 水田
- 市街地
- 道路
- 河川

年	水田(km ²)	市街地(km ²)
1997	313	77
2016	266	115

水田が占める割合
8割
7割

15% 減

33% 増

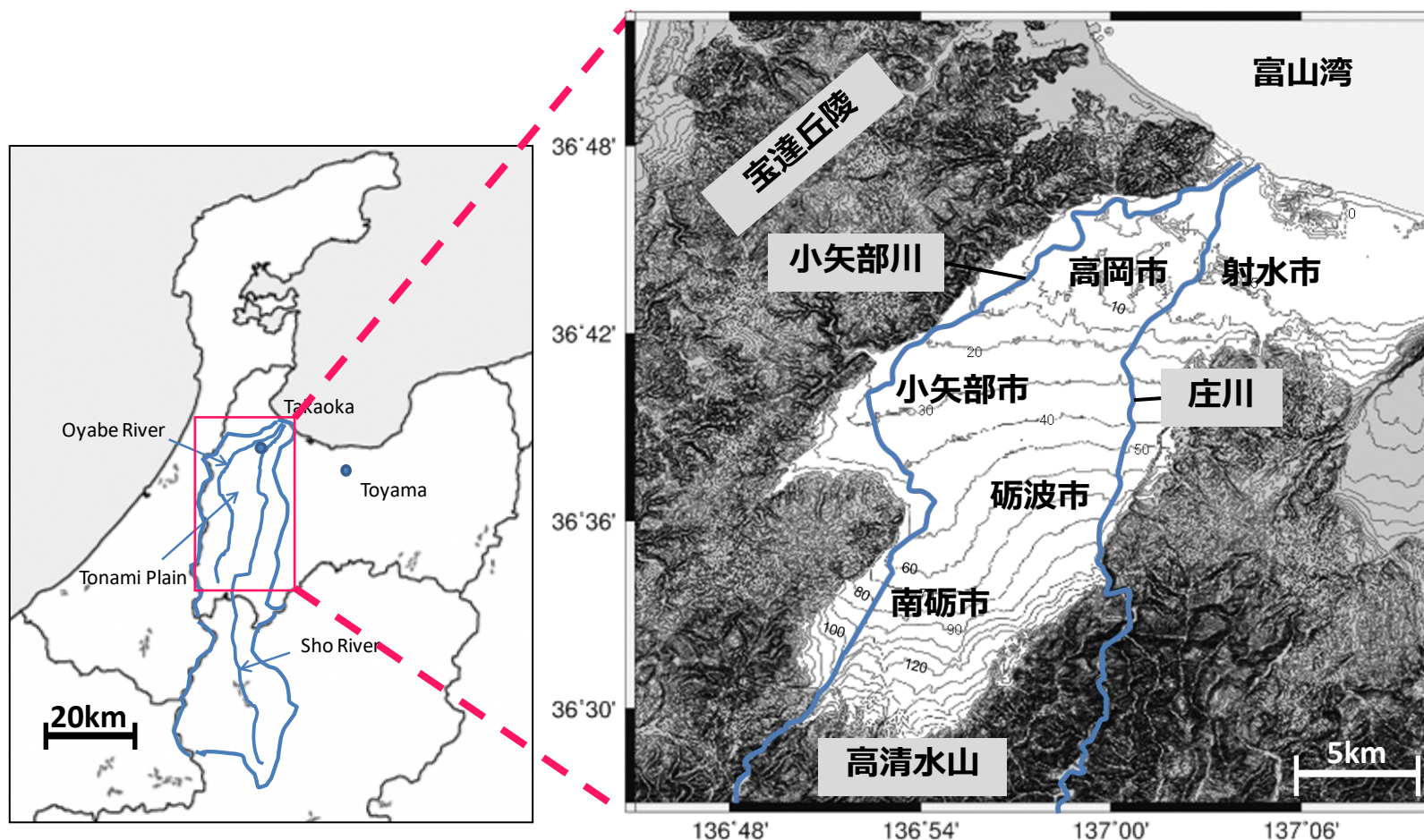
CO₂吸収量：数トン/年減少

“富の元”庄川扇状地地下水の今を知る

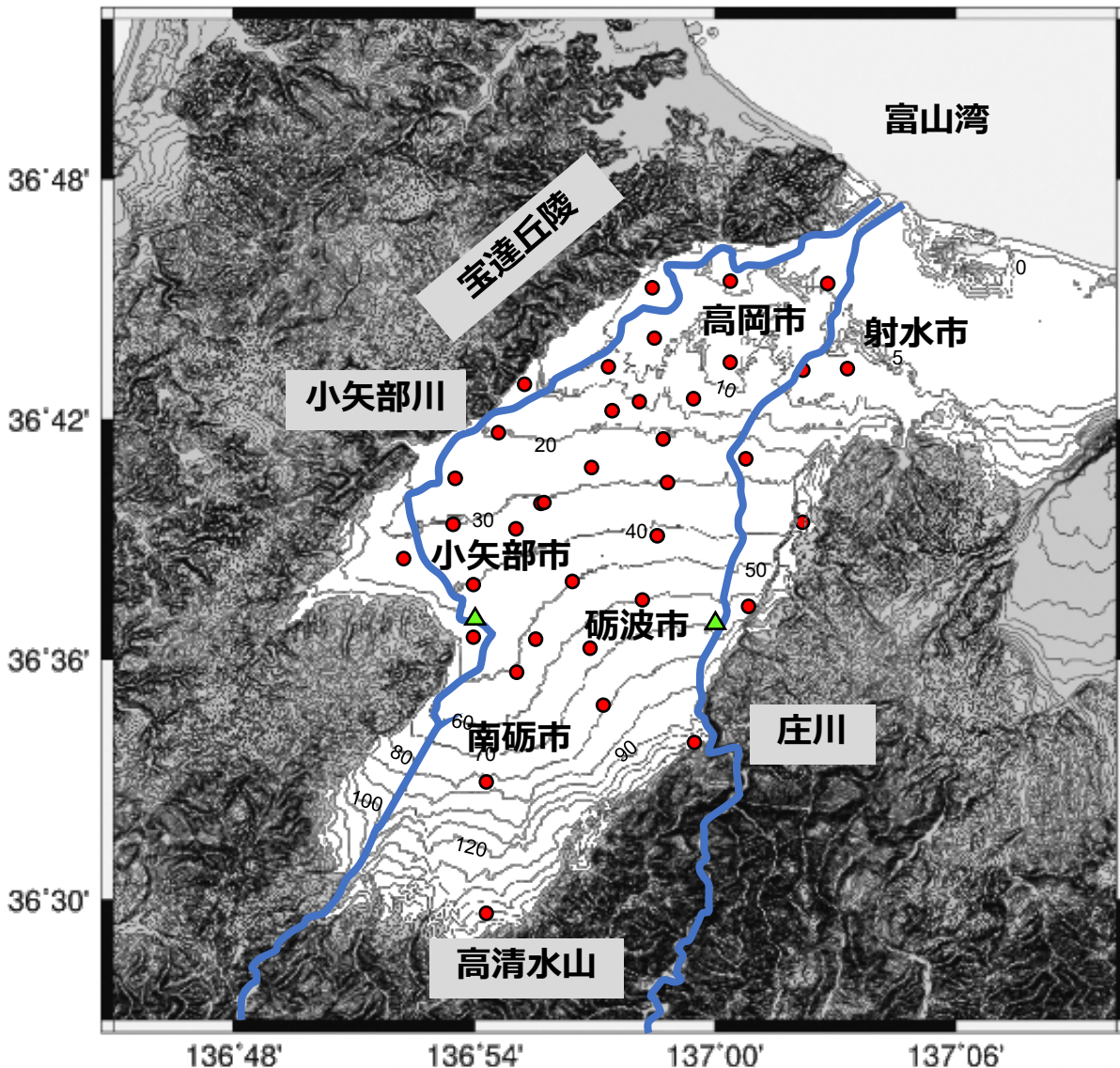
工業用水、田畑の灌漑、道路用消雪などに利用

県全体で**1億3200万トン** → 高岡市周辺では **7割 (9100万トン)**

(富山県, 2002)



庄川扇状地は一つの水系

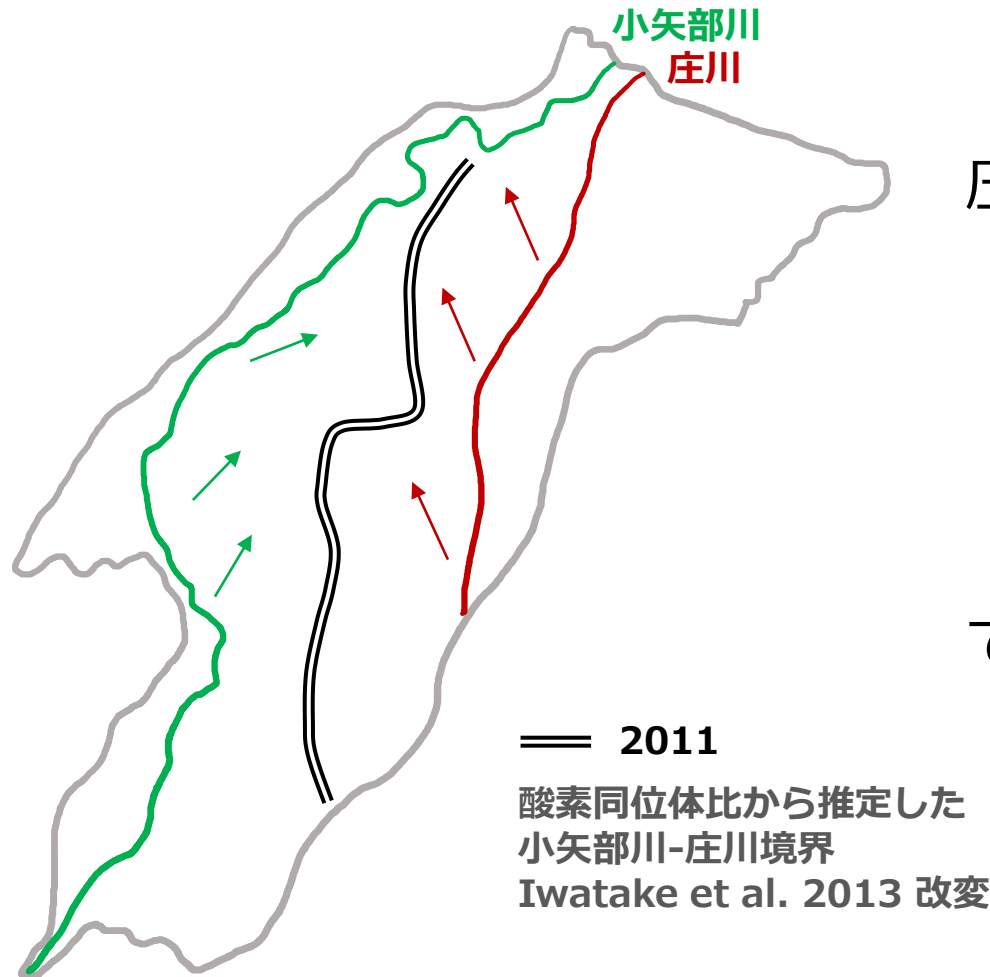


水の繋がりを
見える化のために
地下水を調査

令和元年調査地点：

- ：庄川扇状地-地下水 38地点
- ▲：河川水 2地点

量的評価：地下水の涵養源 ～庄川と小矢部川



庄川扇状地地下水は

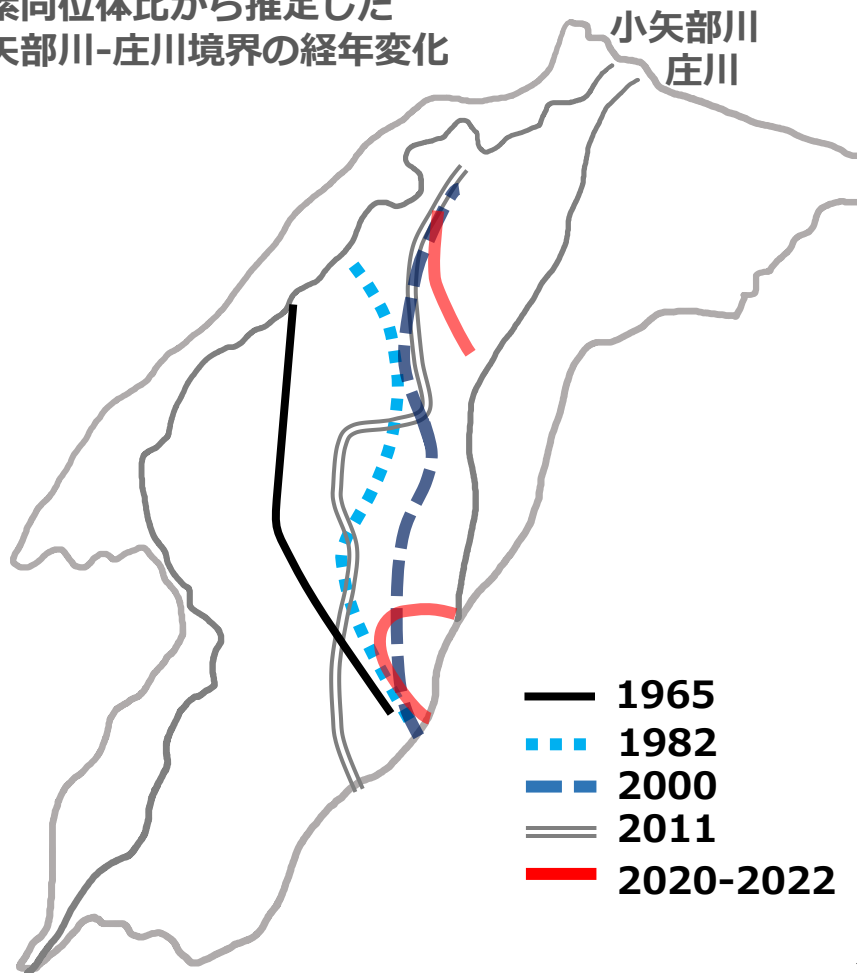
- ・ 小矢部川
- ・ 庄川
- ・ 地表からの降水

で形成（涵養）されている

小矢部川-庄川間で“バランス”を保っている

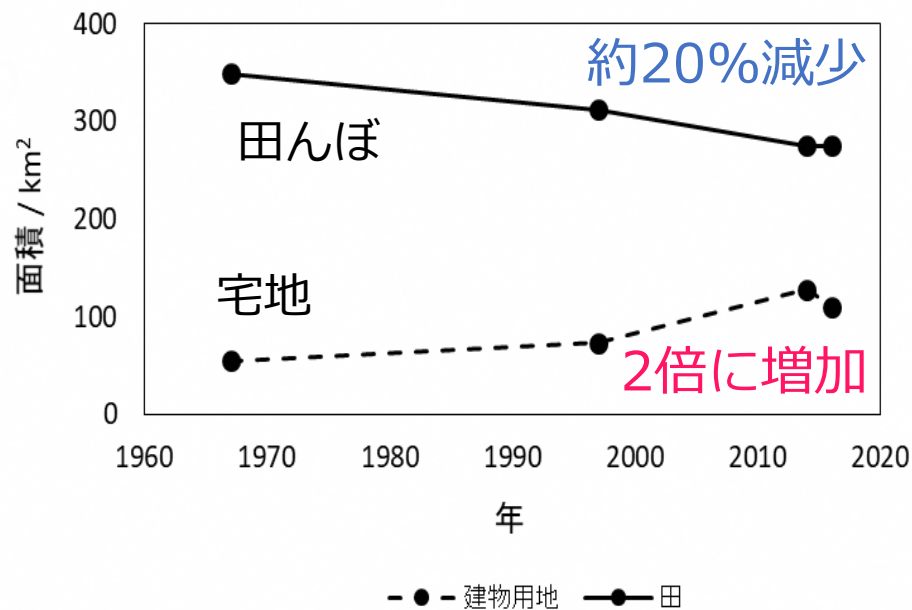
地下水の涵養 ～庄川と小矢部川の勢力の変化

酸素同位体比から推定した
小矢部川-庄川境界の経年変化



降水量・揚水量・土地利用の影響
境界は複雑に変化

※GISによる解析



土地利用の変化 ⇒ 田んぼ：減少 宅地：増加

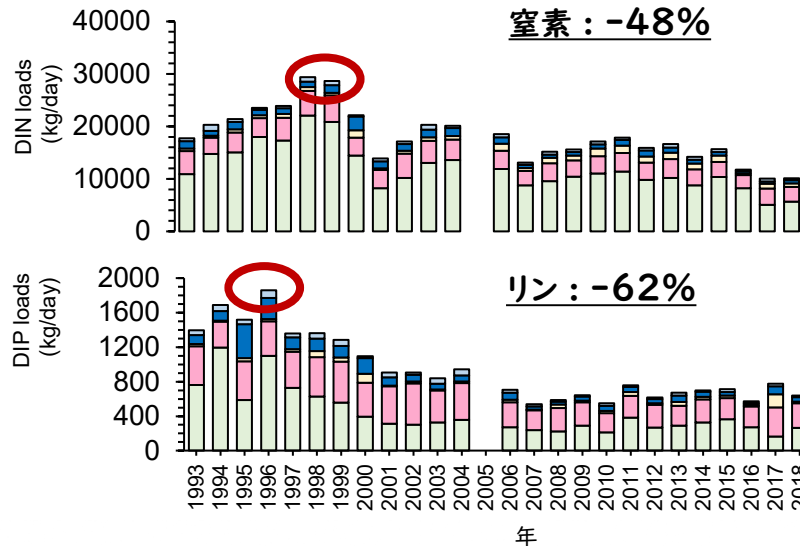
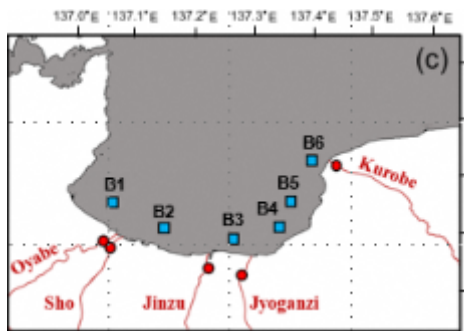
↓
扇状地内に地下水の浸透：減少

1965年と現在の比較

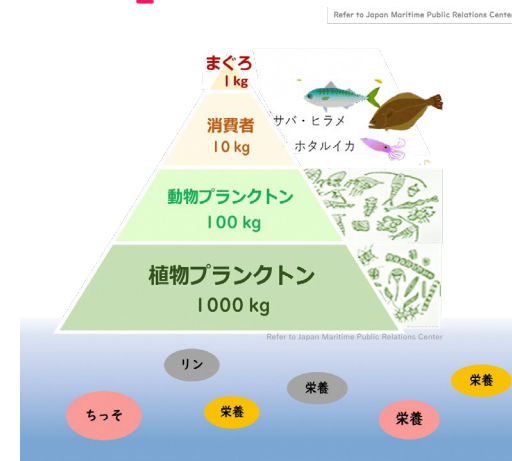
庄川由来の浸透水 減少

勢力：扇状地中央～庄川付近まで衰退

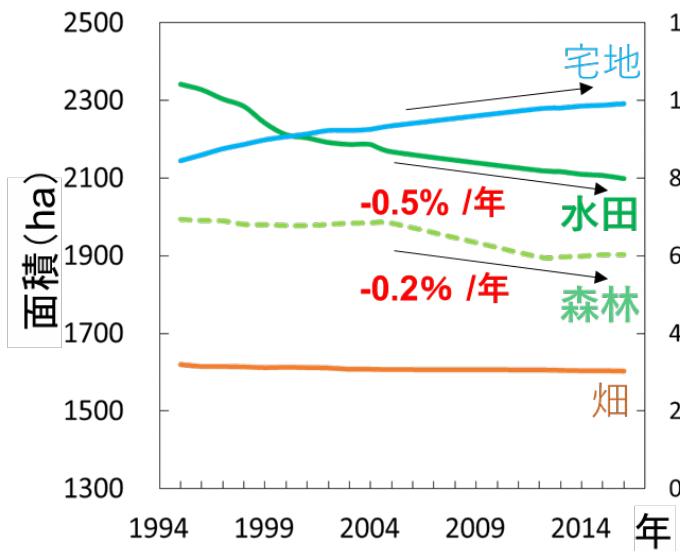
30年間 海への栄養塩供給量の減少



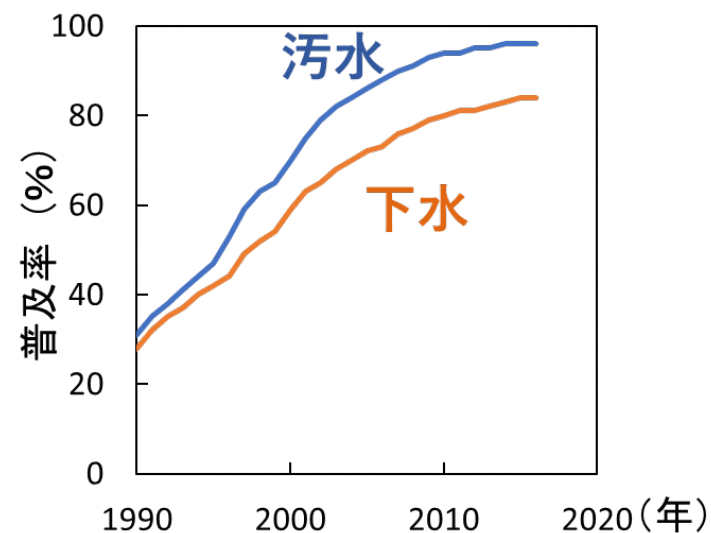
CO₂固定量半減



➤ 窒素：土地利用の長期変化



➤ リン：汚水・下水処理



県西部・県東部の有力な涵養地域

集水域標高 1000-2000m

集水域標高 700m

県東部

県西部

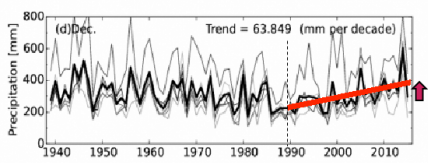
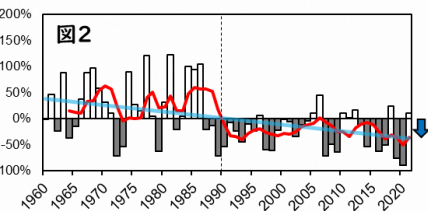
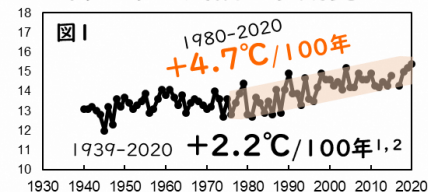
片貝川扇状地
黒部川扇状地

庄川扇状地

海底湧水

富山湾

富山県の気候の長期変化



▲平野部(農地・市街地)

← 県東部(海底湧水あり) →

← 県西部(海底湧水なし) →

中山間地域

扇状地扇頂

水田からの浸透の影響

片貝川扇状地

片貝川

黒部川扇状地

黒部川

庄川

庄川扇状地

小矢部川

河川下流
河口付近

標高
約200m

水・栄養塩循環への影響(仮説)

勾配:急、平野部:少

気候変動の影響
(少雪・多雨化)

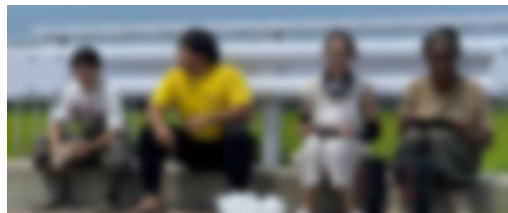
勾配:緩、平野部:多

人為的影響

適応策 1 :カーボンニュートラルのための地下水涵養

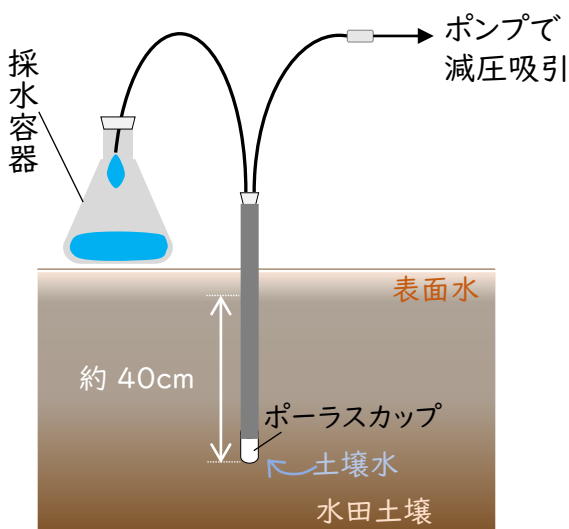


休耕田での地下水涵養
砺波市柳瀬地区 (本研究検証地点)



土壌水採取装置

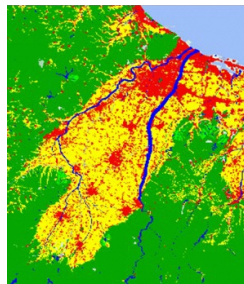
小林(2001)を参考に作製・設置



◆ 水浸透量: 5.4×10^5 L / 日 / ha (砺波市データ)

◆ N-NO₃付加量: 200-300トン / 日 / ha (試算)

2016年



■ 森林
■ 水田
■ 市街地
■ 道路
■ 河川

地下水減少分・栄養塩減少分を
補うためには…

水田面積 **~5%程度**で
通年or冬季のみ実施

富山モデル気候変動に適応した水・栄養塩循環管理

気候変動

栄養塩供給の管理

科学的根拠

事業目的:

気候変動に適応した持続的な水・栄養塩循環システムの保全に向けた管理方策の提案



環境研究総合推進費 (No. 2-2101)



科学的エビデンス

- 水循環に関する科学的知見
栄養塩・水循環量・質の 定量化
陸と海をつながり
- 気候変動の影響
栄養塩・水循環の変化
影響要因・変動要素の特定
将来予測

適応策の検討

- 監視を要する項目・地点の立案
(効果的・効率的モニタリング)
- 休耕田・耕作放棄地の有効利用
(地下水涵養マップ)
- 地下水の持続的利用策
(汲み上げ時期・水深・再利用)
- モデルによる適応策の有効性の検証

富山の異常気象・温暖化の危機

北陸中日新聞 2018年(平成30年)5月11日(金曜日) 富山 20

極端化進行 内陸に集中

今年1月初め、北陸3千5百年ぶりの雪に見舞われたとくに福井は三日連続で約五センチの降雪を記録するなど、一日でたぶん降るのが特徴だった。この雪の降り方は、将来の気候を暗示しているかもしれない。(土田薫)

温暖化なのに豪雪

地球温暖化が進むと、内陸山間部の豪雪が増える。気象庁気象研究所の川原宏明主任研究員(写真)は、コンピュータシミュレーションで、そんな結論を導き出した。一世紀末には、これまで十年に一度の豪雪が、これまでに十年に一度の豪雪になるという。ただし気温が上がるのだから、北陸や東北の日本海沿岸部には、雪ではなぐ海が生まれる。雪ではなぐ海が生まれる。雪ではなぐ海が生まれる。

■日本海に「収束帯」
暖かくなるのに豪雪が増えるのはなぜか。川原さんはメカニクスを説明する。「大陸からの寒気の吹き出しは、温暖化によって弱まり、日本海に「収束帯」が形成される。収束帯は、すでに回数が増えている。豪雨の回数が増える。」

■米国で氷点下30度
欧米でも豪雪が深刻だった。1970年代は、世界の気温が低下気味で、寒冷化が進んで氷河時代になるのでは、という予想がメディア

記録的な大雪で車が立ち往生し、道路も2月8日、福井前坂井市で

気候がおかしい!? 猛暑 猛寒



←北陸中日新聞
2018年5月11日

富山の平均気温の変化

富山地方気象台予測

温暖化進めば今世紀末

富山 平均気温 5度上昇

富山地方気象台は、地球温暖化対策が進まない場合、21世紀末の富山県の年間平均気温が現在より約5度上昇するとの予測をまとめた。1時間の降水量が50ミリに達する「滝のように降る雨(気象庁)の回数の増加も見込まれる。同気象台によると、年間の平均気温は現在、富山市で14.1度となっており、21世紀末には現在の鹿児島市(18

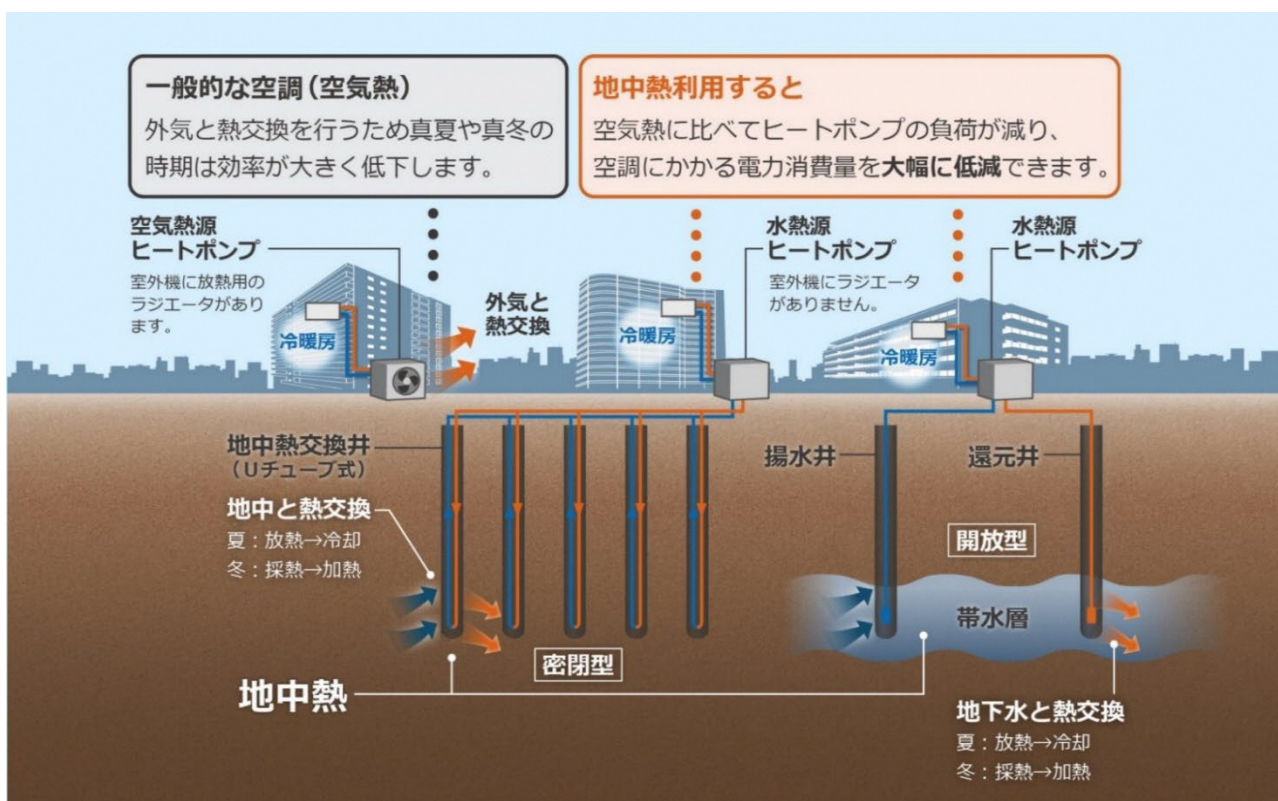
北日本新聞→
2018年5月30日



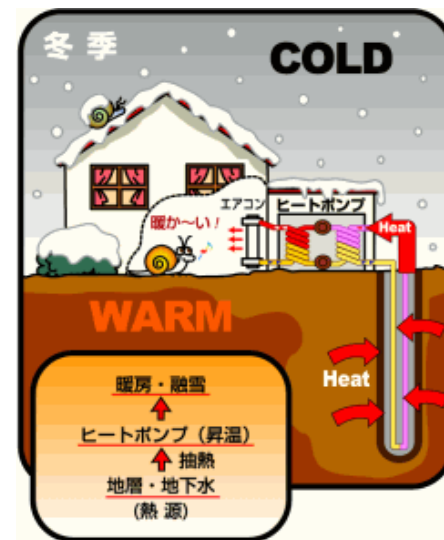
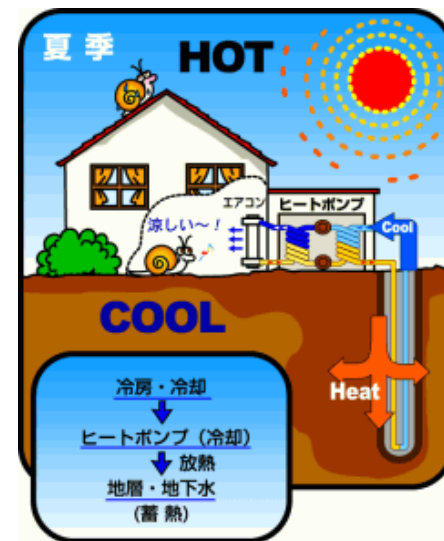
気候変化 → 水循環を大きく変化させる恐れ

カーボンニュートラルのための地下水利用

- 地下水の持つ熱エネルギーを有効利用
 - 無散水式の道路用消雪・室内冷暖房
 - 地中熱利用ヒートポンプ (Geo-HP)



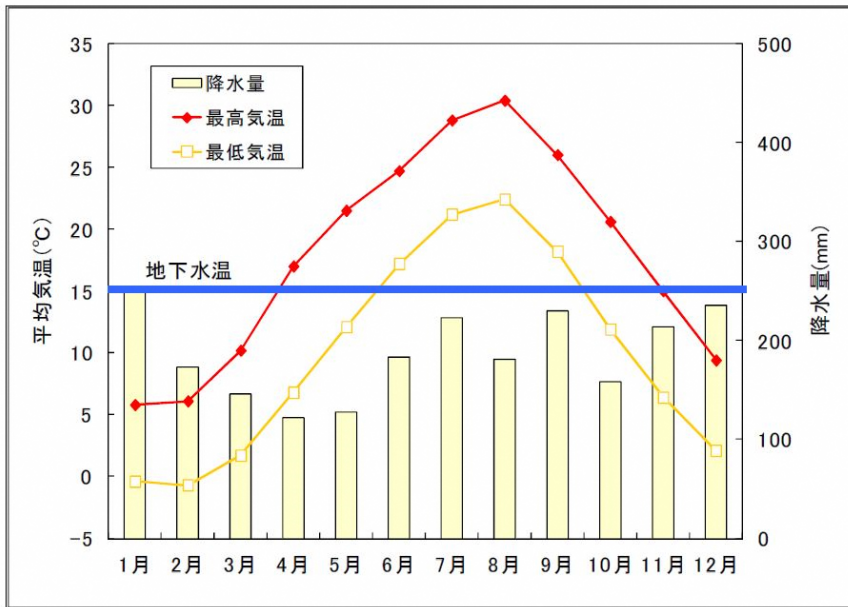
川田工業HPより引用



三菱マテリアル資源開発(株)より

地中熱利用ヒートポンプ in 富山大学五福キャンパス

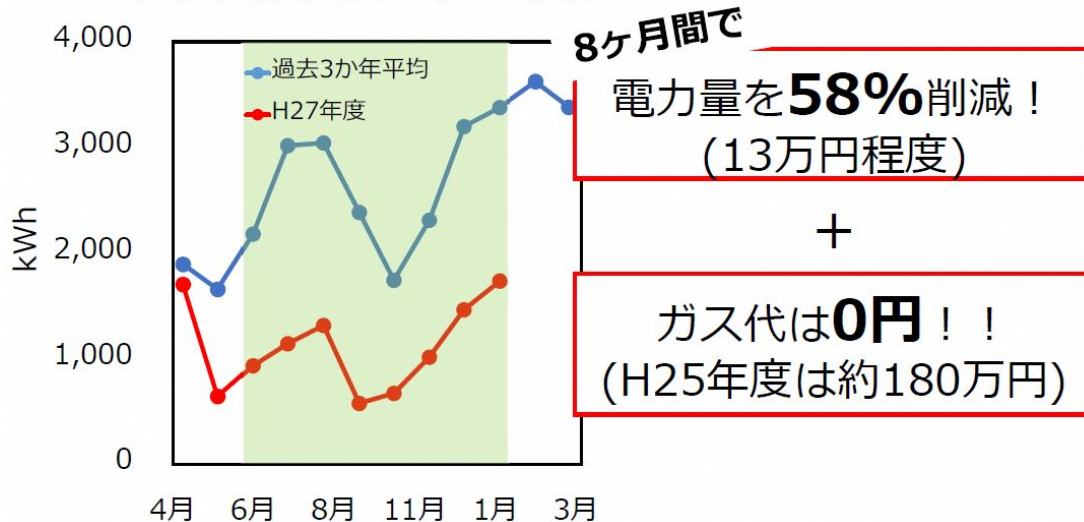
富山の気温・降水量と地下水温



富山大学 オープン型Geo-HP導入



共同利用棟の電力量変化

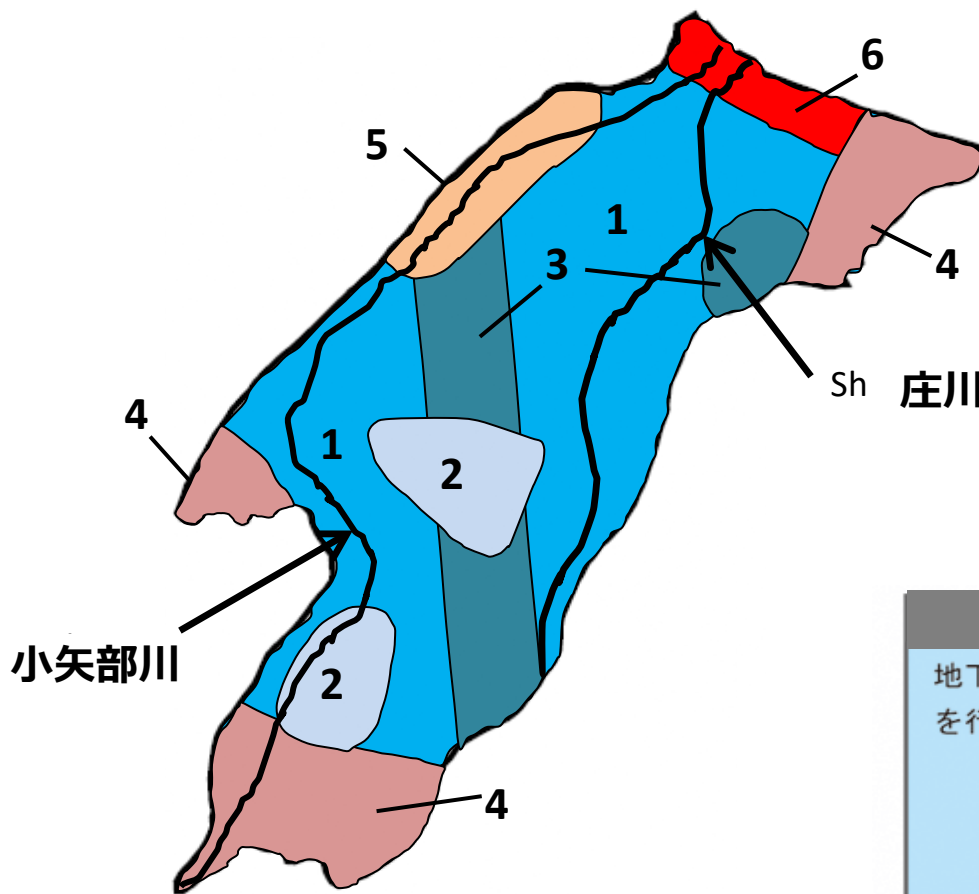


令和4年度まで：

年間水熱費用 **2/3 減**

CO₂放出量 **2/3 減**

とやま呉西圏域における地中熱利用ヒートポンプ



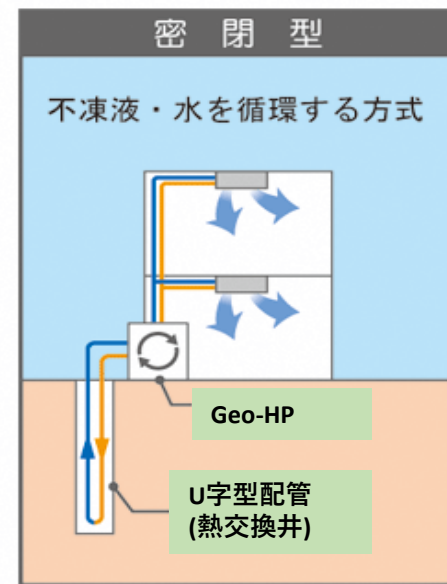
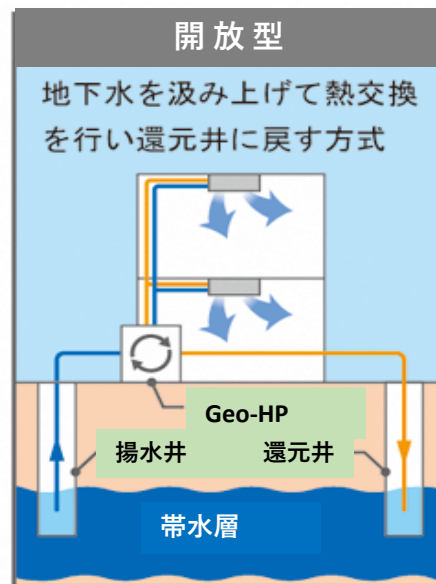
No.1~3 → 開放型のGeo-HP

No.4, 5 → 閉鎖型のGeo-HP

No.6 → **Geo-HP使用制限**

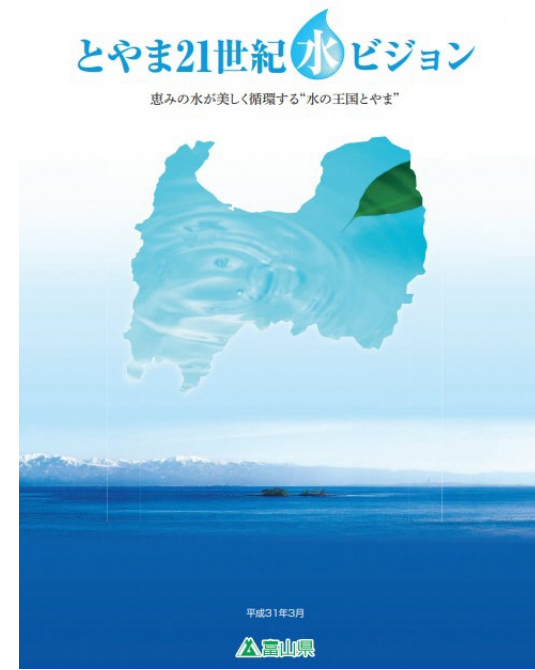
小矢部川

Iwatake et al. (2013)



水の王国とやま 水ビジョン

- 1976年 地下水の採取に関する条例
- 1985年 名水百選（4箇所）
- 1991年 とやま21世紀水ビジョン策定
- 1992年 地下水指針策定
- 2008年 平成の名水百選（4箇所）
- 2008年 IAH Toyama
- 2013年 水源地域保全条例
- 2013年 水の王国とやまシンポジウム
- 2014年 水循環基本法
- 2019年 流域水循環計画 認定



カーボンニュートラル達成にむけた適応策：水利用

環境政策等へ提言 地域特性に応じた課題解決のための連携強化

1. 高岡市

- カーボンニュートラル推進のための、**地下水熱利用の試験的導入**

2. 砺波市

- 砺波市地下水・水質保全等検討委員会（2013年～）

砺波市の持続的地下水利用を目的とする地下水・水質保全に係る科学的エビデンス

↳ R4年度より、県西部砺波市柳瀬地区で実施されている休耕田涵養地を対象に調査開始

3. とやま呉西圏域調査研究事業（2017～2019、**2022年度**）

- 呉西圏地域の特性である地下水資源の有効活用の観点から、
 - ・ 庄川扇状地の水環境と持続可能な水利用
 - ・ 陸から海への栄養塩～豊かな富山湾と街づくり

地域行政と密に連携し、ニーズへ対応しながら、具体的な適応策を提案する

本事業に参加した研究室メンバー



特命助教
片境 紗希



令和2年度修了
孫 夢奇 (中国)



修士課程2年
張 芸馨 (中国)



修士課程2年
北澤 唯佳



修士課程1年

Boungnaphalom
Paviphone (ラオス)



博士課程1年

Lura Jokam (カメルーン)

ご清聴ありがとうございました!

