

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
平成25年度研究開発実施報告書

「科学技術イノベーション政策のための科学  
研究開発プログラム」

研究開発プロジェクト

「イノベーション政策に資する公共財としての  
水資源保全とエネルギー利用に関する研究」

研究代表者 天野 良彦  
(信州大学 工学部 教授)

## 目次

1. 研究開発プロジェクト名 .....	2
2. 研究開発実施の要約 .....	2
2 - 1. 研究開発目標 .....	2
2 - 2. 実施項目・内容 .....	2
2 - 3. 主な結果 .....	3
3. 研究開発実施の具体的内容 .....	5
3 - 1. 研究開発目標 .....	5
3 - 2. 実施方法・実施内容 .....	6
3 - 3. 研究開発結果・成果 .....	8
3 - 4. 会議等の活動 .....	42
4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況 .....	44
5. 研究開発実施体制 .....	45
6. 研究開発実施者 .....	46
7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など .....	48
7 - 1. ワークショップ等 .....	48
7 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など .....	48
7 - 3. 論文発表 .....	50
7 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） .....	51
7 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等 .....	51
7 - 6. 特許出願（国内出願件数のみ公開） .....	52

## 1. 研究開発プロジェクト名

イノベーション政策に資する公共財としての水資源保全とエネルギー利用に関する研究

## 2. 研究開発実施の要約

### 2 - 1. 研究開発目標

信州大学ではこれまで、水資源の豊富な長野県の環境を活かし、工学部を中心にナノ水力発電システムの開発と設置、地下水を利用した次世代ヒートポンプ空調システムの開発・応用実用化の実験を進め、優れた評価を得ている。しかし、これらの新しい技術を広く社会に導入するためには、河川等の地表水では水利権の壁が存在し、また、地下水ではそもそもルール自体が存在しないことから、導入のための基準づくりや制度の整備が必要である。さらに、より広い視点では、水資源の乱用や独占を防ぐために、水を利活用する地域の人々の意識づくり・ルールづくり等、総合的・包括的な「水法」の整備や社会的合意形成が求められている。

これらを踏まえ、本プロジェクトでは水を「公共財」と認識し、水資源の保全とエネルギー源としての利活用、さらに水利マネジメントや新しい制度化などの社会システムの形成を目指し、ひいては、地域イノベーション政策の立案と手法の実装を促すことを目標とする。

### 2 - 2. 実施項目・内容

平成25年度の研究は、Ⅰ. 研究グループによる基礎調査により、栄村での小水力発電システム導入地点の決定し、水力発電システム設置の際に生じる権利や法や制度等の調査を行った。また、安曇野市において地下水の利用に関する意識調査を実施した。これら基礎調査の結果を受け、Ⅱ. 水資源の活用ケースを通じた応用研究を開始した。応用研究については、平成26年度も引き続き研究を継続する。また、PDCAサイクルを通じて、基礎調査の追加が必要な部分は再度実施し、不足部分を補う。研究の実施に当たっては、マネジメントグループが強力にコミットメントし、Ⅲ. 研究の円滑な推進を実施している。具体的な実施項目は下記の通り。

#### Ⅰ. 研究グループによる基礎調査について

- 1) 地表水及び地下水等の水資源の実態と基礎的課題の把握に関する自然科学的調査
- 2) 水利マネジメントに関する実態と基礎的課題の把握に関する社会科学的調査

#### Ⅱ. 水資源の活用ケースを通じた応用研究について

- 3) 水資源の活用ケース1:小水力発電の導入における社会・法制度課題の検討
- 4) 水資源の活用ケース2:地下水制御空調システムにおける社会・法制度課題の検討
- 5) 水資源の活用ケース3:コミュニティ維持や危機対応への自然エネルギーの地域計画

#### Ⅲ. 研究の円滑な推進の実施

- 6) 実務者会議・進捗会議の開催と協力自治体との連携

## 2 - 3. 主な結果

### I. 研究グループによる基礎調査について

- 1) 地表水及び地下水等の水資源の実態と基礎的課題の把握に関する自然科学的調査
  - ・水車設置場所である長野県 栄村小赤沢地点において、設置箇所沿いの水路1カ所にて水位計を設置し、継続的に水位観測を行った。観測結果と2)社会科学的研究グループの調査結果を基に、水車設置の設計を行い、平成25年10月に水車を設置し竣工式を実施した。
  - ・長野県内における小水力発電175件、地下水利用（温泉熱を含む）14件の導入事例のデータベース化を行い、技術面から導入効果について検討した。
  - ・松本盆地を対象として、信州大学工学部において行われている次世代型ヒートポンプの実証実験のデータと平成24年度に収集・整理したデータ(地形、水文地質、地下水等に関わる各種データ)を活用し、広域地下水シミュレーションモデルを構築し、地下水流動に関わる現況再現計算と将来予測計算を実施した。
- 2) 水利マネジメントに関する実態と基礎的課題の把握に関する社会科学的調査
  - ・地表水について、昨年度は栄村内5地点の現地ポテンシャル調査を行ったが、本年度は新たに秋山郷の3地点（小赤沢、上野原、屋敷）の追加調査を実施した。調査内容としては、研究者らによる地域住民へのヒアリング調査を実施し、認可水利権及び慣行水利権の内容、水路系統と利用水量・利用方法、農業用水路を利用する集落・農家の水利用と管理の実態、利権者の利害関係の分析調査などを行った。結果として、水利権の新たな所得の問題以上に、地区住民の合意を得るための“合意形成プロセス”が非常に重要となることが指摘された。
  - ・地下水の強化と利活用について、安曇野市の水利用および水利権の状況を明らかにするため、安曇野市民2,000名を対象とした市民意識調査を行った（有効回収数は1,225票）。結果として、地下水は地表水に比べて、取水した人や水が湧き出る土地の所有者のものであるという意識が高く、公共財としての市民の意識が低いことが分かった。また、安曇野市では、2013年4月に『安曇野市地下水の保全・涵養及び適正利用に関する条例』を施行しているが、約50%の住民が条例のことを知らないという状況が明らかになった。
  - ・小水力発電導入について、山梨県 都留市において、現地調査を行った。さらに、小水力発電や地下水保全・利活用に関する全国的な情報を収集するために、第4回全国小水力サミット(鹿児島県)、水の王国とやまシンポジウム(富山県)に参加した。

### II. 水資源の活用ケースを通じた応用研究について

- 3) 水資源の活用ケース1:小水力発電の導入における社会・法制度課題の検討
  - ・上述のように、栄村において出力1.5kWの小水力発電システムを導入した。電力の使用方法については、住民との話し合いの結果、地域の基幹産業である観光において使用される公衆トイレの電源として使用することになった。また、次年度以降導入する、災害時の非常用電源として蓄電池等の選定を開始した。
  - ・栄村での小水力発電システムの導入に並行して、導入時の社会プロセスをフローにし、体系化した。また、水利権取得に際するステークホルダーの把握や権利調整、導入手続き等の課題を抽出し行政的手続き簡素化案の検討を始めた。

- 4) 水資源の活用ケース2:地下水制御空調システムにおける社会・法制度課題の検討
- ・地下水の保全を目的に、地方公共団体が条例を施行することによって規制を行う場合の法的な問題点について、山梨県 忍野村における判例をもとに調査・分析を行った。この調査では、自己が取得した土地内に存在する井戸から飲料水を販売目的で地下水採取を行う権利を有することの確認を求めることの可否が問題となった事件などの分析を行ったが、「地下水について地方公共団体が条例で規制を加えることは法的に可能である」という解釈を採用していると思われる事例がある事を突き止めた。このほか、紀伊長島における事例などの調査を実施している。
  - ・地下水利用ルール策定のための導入条件の明確化として、工学部でのデータを基に、地下熱利用が地下水温および地下水の水質に与える影響調査を行い、熱利用による水質への影響に関する科学的データを得た。
- 5) 水資源の活用ケース3:コミュニティ維持や危機対応への自然エネルギーの地域計画
- ・小水力発電および地下水熱利用をはじめとする自然エネルギーを、平時はコミュニティ電源やコミュニティのエネルギーとして位置づけると共に、災害時には緊急用電源として活用するために必要な課題を明らかにし、次年度に実施するコミュニティの自治・防災計画へと反映させたモデル構築の方針を決定する。
  - ・なお、平成26年1月に栄村において、地域防災計画改訂の意見募集が行われ、研究協力者となっている自治体職員協力のもと、プロジェクトのこれまでの研究結果を反映した意見書を提出している。

### Ⅲ. 研究の円滑な推進の実施

- 6) 実務者会議・進捗会議の開催と協力自治体との連携
- ・教員間の意思疎通を図るため、7月から毎月の頻度で進捗会議を開催した。さらに、11月に外部から講師（埼玉大学 小松登志子 教授、都留市 奈良泰史 総務部長）を招き、自治体職員も参加した勉強会を開催した。
  - ・公開可能な情報等についてはHPを整備し、随時発信を行い、広域的に意見交換等を進めている。加えて、内部での情報共有や情報整理のためにグループウェアやデータベースを整備した。

### 3. 研究開発実施の具体的内容

#### 3 - 1. 研究開発目標

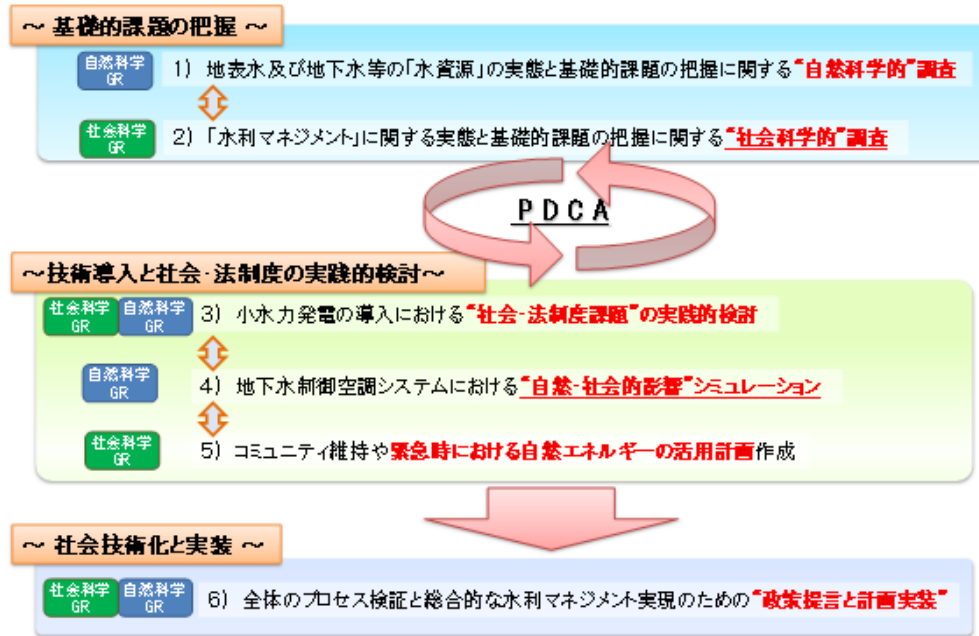
自然エネルギーを持続可能なエネルギーとして、自然に負荷をかけずに活用することは、人類の喫緊の課題である。そのためには、利用可能な資源の新技术による発掘、活用技術の開発が必要であるとともに、自然資源の保護と活用を両立可能にする社会的・法的制度の設計と、活用方法についての社会的合意形成の手法を構築することも不可欠の条件である。本プロジェクトにおいては、水資源を対象として、長野県をフィールドとして、小水力発電および地下水利用ヒートポンプの可能性と実装化について、以下のように研究目標をたてて研究を実施する。

- 1) 地域の水資源のトータルな保全と持続可能な利活用を可能にするための条件と課題を研究対象とするフィールドに即して明らかにする。
- 2) 水利用の考え方と基本ルールについて、地域内における社会的合意を形成する。
- 3) 小水力発電の導入に当たって、社会面での課題や障害がどこにあるかを実地調査によって明らかにする。
- 4) 地下水利用技術を新規に導入する際に、どのような社会的ルールが必要かを明らかにする。また、河川系を基本にした広域的な地域を単一の水コミュニティとして捉え、自治体間の利害のずれを超えて、広域に共通の目標とルールを導入することを検討する。
- 5) 自然エネルギーを地域の公共スペースの維持電源として位置づけると共に、緊急時の電源として機能するための条件を明らかにし、防災計画における導入モデルを作り上げる。
- 6) トータルな水資源の保全と生態系に負荷を与えない水資源の利活用を進めるために、一般的に必要な「水利マネジメント」の条件を明らかにするとともに、政策提言と計画実装を行う。

本プロジェクトが当面の目標とするのは、中山間地域を多く抱えた地域における水資源の保全＝活用についての社会的モデルの構築と水資源利用技術の実装化である。しかしながら、本プロジェクトの成果を基礎にして、日本における水資源の保全＝活用へと一般化を試みると共に、水以外の自然資源の保全とエネルギー活用についての提言も試みたいと思う。

### 3 - 2. 実施方法・実施内容

本プロジェクトでは、最終的な目的である「地域の水資源の保全と持続可能な水エネルギーの利活用」を実現するため、図表1に示す研究のながれを通じ、PDCAサイクルを導入し、改善を図りながら、総合的な水利マネジメントの研究開発を実施する。



図表1 研究開発のながれ

研究開発項目に対する研究の流れは、具体的に下記の通り。

- 1) 地表水及び地下水等の水資源の実態と基礎的課題の把握に関する“自然科学的”調査  
水資源の実態調査については、平成24年度から25年度にかけて調査対象地域の主要地点を選んで賦存量調査および水量調査を行い、水循環の概要について分析する。25年度から26年度にかけては、水利マネジメントの社会科学的調査等の結果を参照して、小水力発電と次世代型ヒートポンプの導入を前提として、追加調査を行う。
- 2) 水利マネジメントに関する実態と基礎的課題の把握に関する“社会科学的”調査  
調査対象地域の水利権、水利慣行および自治体の水利マネジメントについての調査を、平成24年度から25年度にかけて実施する。25年度後期から26年度にかけては、小水力の導入地点およびヒートポンプの仮想導入地点を中心に、より綿密に調査を実施する。さらに、安曇野市およびその他の調査対象地域において、住民を対象とした意識調査を25年度から27年度にかけて実施する。
- 3) 小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討  
小水力発電については、平成24年度の末頃から導入の手続きについて検討を行い、平成25年度に地域を選定して実際の導入を試みる。平成26年度から27年度については小水力導入における課題およびプロセスについてのマニュアル化を図る。
- 4) 地下水制御空調システムにおける“社会・法制度課題”の検討  
次世代ヒートポンプについては、平成24年度の末頃から平成25年度にかけて、自然科学的データをもとに地下水の循環について社会科学的、政策的見地から検討を行う。平成25年度から26年にかけては、ヒートポンプ導入についてシミュレーションをおこない、水資源の保全という視点から導入条件と望ましい導入規則について検討を行う。

5)コミュニティ維持や危機対応への自然エネルギーの地域計画

平成25年度から26年にかけて、小水力発電の実装化を進めるのと並行して、防災時のコミュニティを維持させる電源として機能させるための前提条件、必要な施策等について明確化する。

6)総合的な水利マネジメント実現のための“提言と計画実装”

平成26年度後半から平成27年度にかけて、1)から5)の研究結果を総合化させて、総合的な水利マネジメント政策を提言する。提言に当たっては、本プロジェクトによる研究成果の一般化可能性（他地域への拡大可能性）について慎重に検討を行うと共に、他の自然エネルギーへの適用可能性についても検討を加える。

なお、行政政策に反映するに当たり、プログラム総括や専門家、関連府省庁の担当者、県・市町村の行政担当者等から政策・制度への強化に対する意見を随時伺い、内容を吟味して行く事で、現実的な水資源の保全とエネルギー利用技術を生かす総合水利マネジメントとなる様に修正を加えていく。



### 3 - 3. 研究開発結果・成果

平成24年度は基礎調査として、地表水に関して栄村における水の賦存量調査を進め、栄村における小水力発電導入地点の選定を進めるとともに、小水力発電導入過程で生じた水利権の問題や行政手続き等について、制度面・手続き面での課題を抽出した。

また、地下水に関しては、シミュレーションを行うための安曇野市の各種データの取得や信州大学工学部において行われている次世代型ヒートポンプの実証実験のデータの整理を進めた。さらに、地下水の保全強化と利活用について、安曇野市の水利用および水利権の状況の調査を進めた。

平成25年度の研究では、平成24年度に引き続きⅠ．基礎調査を実施し、結果をまとめた。この結果を基に、応用研究へと進んだ。なお、Ⅱ．応用研究は、平成26年度にかけ実施する計画である。

#### Ⅰ. 研究グループによる基礎調査について

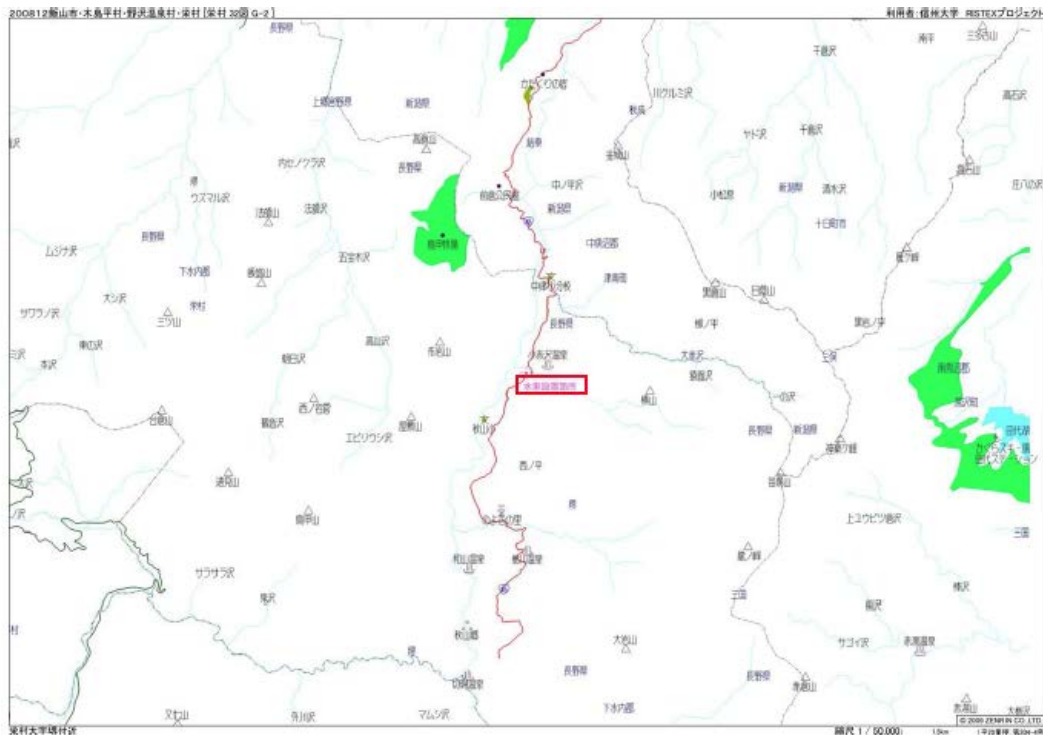
#### 1) 地表水及び地下水等の「水資源」の実態と基礎的課題の把握に関する“自然科学的”調査 【自然科学研究グループ】

##### 1) - 1 地表水に関する自然科学的基礎調査

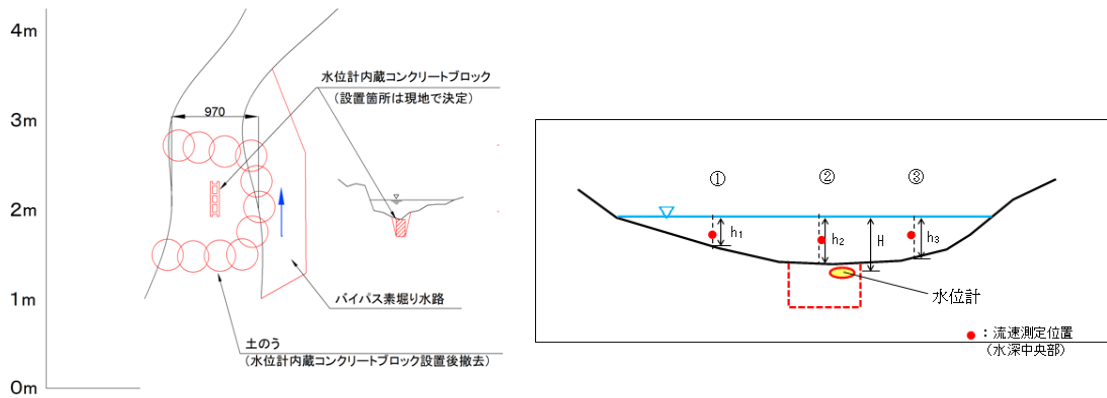
##### a. 水車の設置場所と設置個所の流量・水位観測

水車設置場所の選定は、社会科学研究グループによる対象地域の集落の立地状態、水利慣行の状態、水利権の所有状況などの調査結果を下に、共同して実施した（詳細は2)-1を参照のこと）。設置場所は、小赤沢川左岸に流入する消雪溝排水地点であり、消雪目的で使用された後の水を発電に利用する。

本個所に水車を設置するにあたり、栄村小赤沢地点（図表2）において、設置箇所沿いの水路1カ所にて水位計（図表3）を設置し、継続的に水位・流量観測を行った。



図表2 対象地点



図表3 水位計設置模式図

※水路の中央部に市販のコンクリートブロックに圧力式の水位計を内蔵し、掘込み設置し測定。

水位・流量観測は、7回/年の頻度で実施し(図表4、図表5)、水位(H)－流量(Q)曲線(図表6)を求めた。水位(H)－流量(Q)曲線は水位だけで流量を算定できるものである。結果として、十分な発電量が見込まれると推定し、水車の設計と導入に入った。

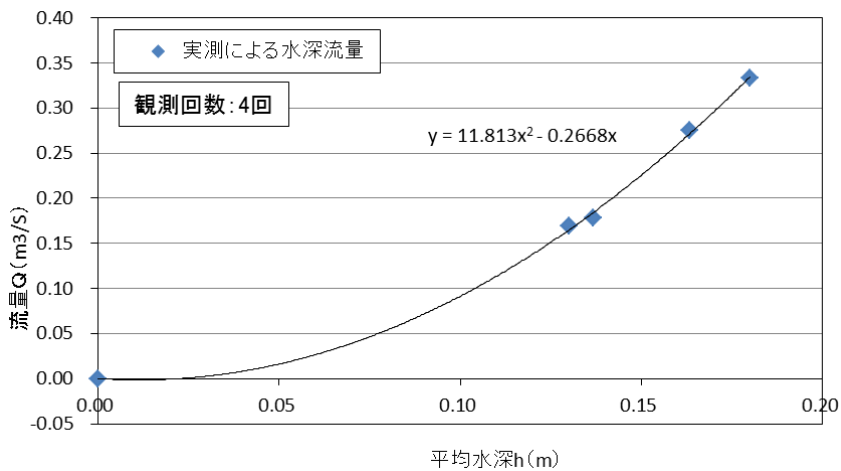
図表4 小赤沢地点 水位・流量観測日一覧

回	観測日	流量箇所	備考
第1回	H25. 6.28	測定水路	水位計設置と流量観測
第2回	H25. 7.18	〃	
第3回	H25. 8. 6	〃	水車配置検討のため簡易測量も実施
第4回	H25. 9.17	〃	発電取水路施工
第5回	H25.10.10	水槽	小型水車設置
第6回	H25.11.20	〃	
第7回	H25.12.11	〃	

図表5 水路流量観測結果

	6/28	7/18	8/5	9/17
水深① h1(m)	0.21	0.19	0.20	0.24
水深② h2(m)	0.14	0.10	0.10	0.15
水深③ h3(m)	0.14	0.10	0.11	0.15
平均水深 $h=(h1+h2+h3)/3$ (m)	0.16	0.13	0.14	0.18
水位計水深 H(m)	0.22	0.19	0.14	0.27
断面積 $A=h \times B$	0.26	0.21	0.22	0.29
流速① v1(m/s)	0.86	0.76	0.68	0.95
流速② v2(m/s)	1.20	0.86	0.92	1.32
流速③ v3(m/s)	1.10	0.82	0.84	1.20
平均流速 $V=v1+v2+v3$ (m/s)	1.05	0.81	0.81	1.16
流量 $Q=A \times V$ (m <sup>3</sup> /s)	0.28	0.17	0.18	0.33

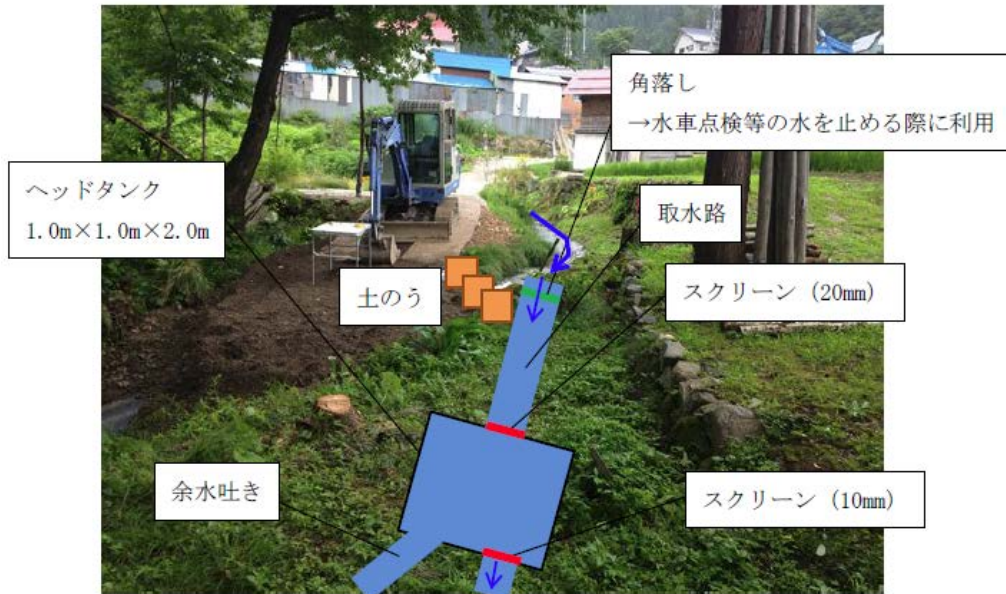
※H25.6.28～H25.9.16については、この期間は水車が設置されていないので、水路の流況を測定した。



図表6 小赤沢水路の水位(H)－流量(Q) 曲線

b. 水車の設計と導入

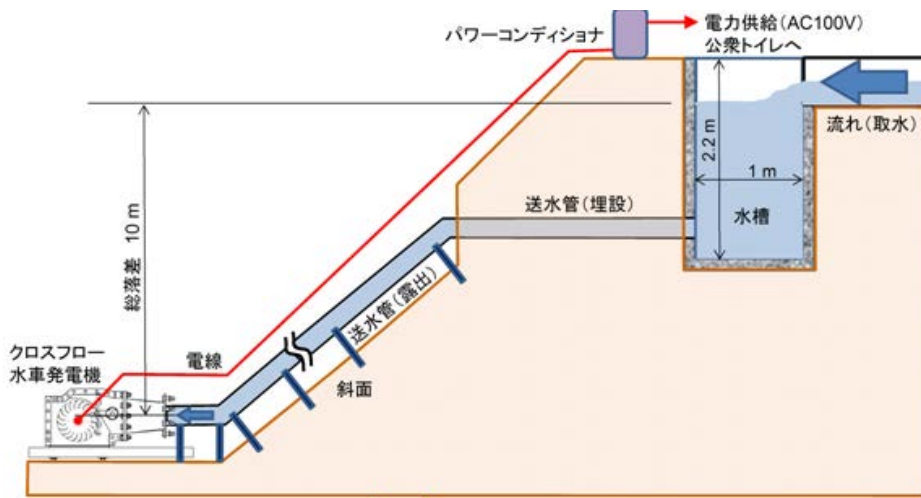
水位(H)ー流量(Q) 曲線の結果もとに、想定する水車の設置場所で、除塵スクリーンと、クロスフロー水車を設置すると仮定して最大発電量を算定した(図表7、図表8、図表9)。発電量の算定に当たっては、i)損失係数、ii)流量を仮定して、iii)発電量(最大出力)の算出を行った。結果として、1.43kW程度の最大発電量が見込めると算出した(図表10)。



図表7 ヘッドタンク設置地点



図表8 配管ルート図 (崖上から撮影)



図表9 発電設備模式図

i) 損失係数

- 1) 入口損失  $h_e=0.5$  (角張り)
- 2) 曲がり損失  $h_b$ =小さな曲率の曲がりはないが、水車手前の曲がり分のみ考慮  
 $0.3 \times 2$ カ所=0.6と仮定

$$3) \text{摩擦損失 } f = \frac{12.7gn^2}{D^{1/3}} = \frac{12.7 \times 9.8 \times 0.012^2}{0.15^{1/3}} = 0.0337$$

$$f \frac{L}{D} = 0.0337 \times \frac{20\text{m}}{0.15\text{m}} = 4.493$$

- 4) バルブ損失  $h_v=0.6$
- 5) スクリーン

$$h_r = 8 \sin \theta (t/b)^{4/3} = 1.73 \times 1.0 \times (1/0.5)^{4/3} = 4.36$$

ii) 流量計算

$$V = \sqrt{\frac{2gH}{1+h_e+h_b+f \frac{L}{D}+h_v+h_r}}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \times 9.8 \times (10 - 0.3)}{1 + 0.5 + 0.3 + 3.067 + 0.6 + 4.36}}$$

$$= 4.44 \text{ m/s}$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} \cdot V = \frac{\pi \times 0.15^2}{4} \times 4.44$$

$$= 0.0784 \text{ m}^3/\text{s} < 0.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

iii) 最大出力発電量

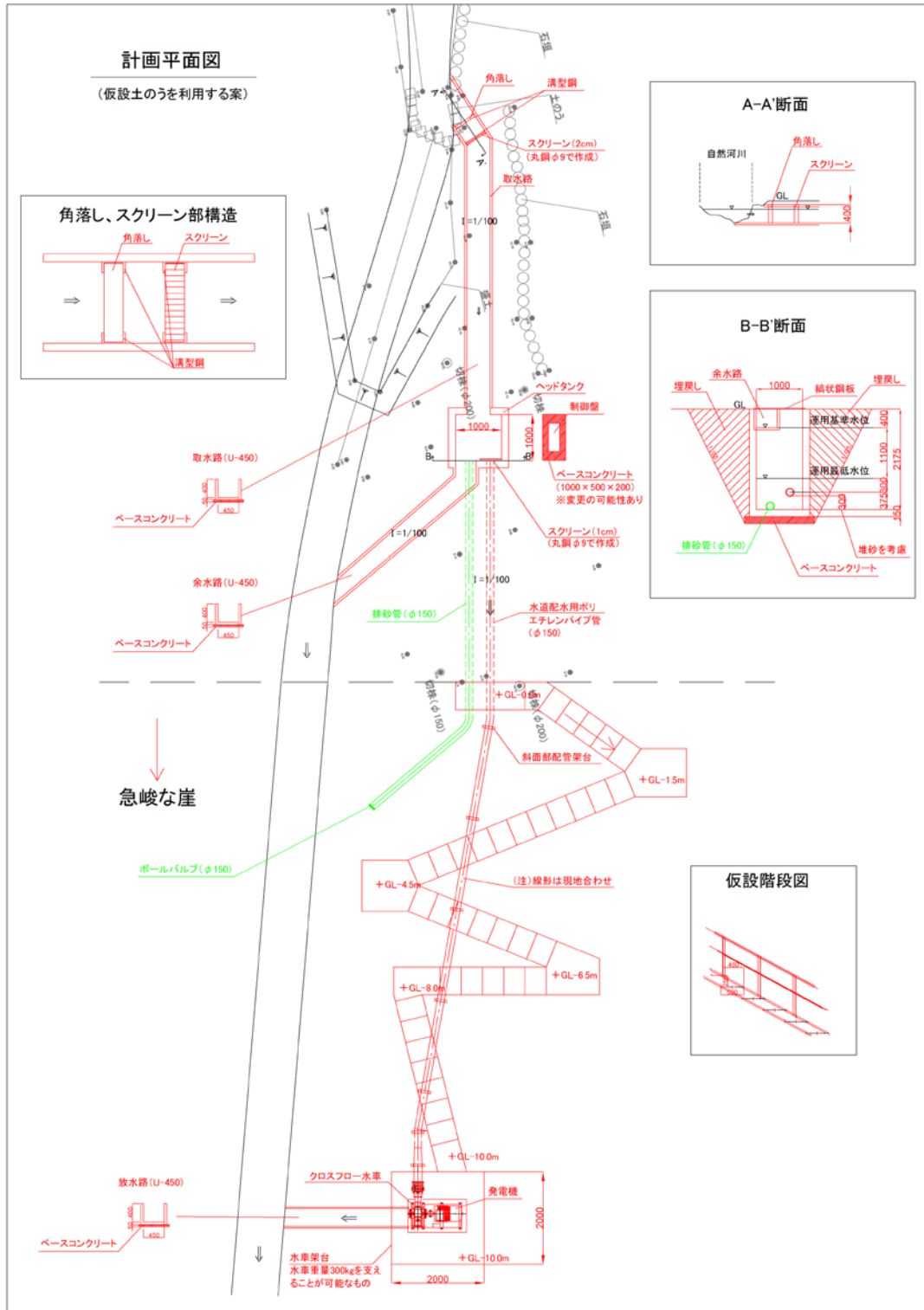
前述の水理計算書から出力を求めると、図表10の通りとなった。概ね、1.43kWの発電量が得られると見込まれ、十分な発電量が確保できると判断した。

図表10 発電量推定計算

諸量		スクリーンなし	取水口スクリーン有り	取水口スクリーン+水槽スクリーン有り	備考
損失係数	入口損失	he	0.5	0.5	0.5
	曲がり損失	hb	0.6	0.6	0.6
	摩擦損失	f・L/D	4.493	4.493	4.493
	バルブ損失	hv	0.6	0.6	0.6
	出口損失	ho	1.0	1.0	1.0
	スクリーン損失	hr	0	4.36	4.36
	計	$\sum h$	7.193	11.553	11.553
総落差(m)	H	10.0	10.0	9.9	スクリーン影響の実測水位低下を考慮
流速(m/s)	$V=(2gH/\sum h)^{0.5}$	5.22	4.12	4.10	
流量(m <sup>3</sup> /s)	$Q=\pi \cdot D^2/4 \times V$	0.0922	0.0728	0.0724	
損失落差(m)	$HH=(\sum h-hr) \times V^2/2g$	6.25	6.23	6.17	スクリーン通過後の損失を考慮
有効落差(m)	$H'=H-\sum h$	3.75	3.77	3.73	
水車効率	Cp	0.6	0.6	0.6	
発電機効率	Cg	0.9	0.9	0.9	
水車・発電機効率	Cp・Cg	0.54	0.54	0.54	
出力(KW)	$P=9.8 \times H' \times Q \times Cp \cdot Cg$	1.83	1.45	1.43	

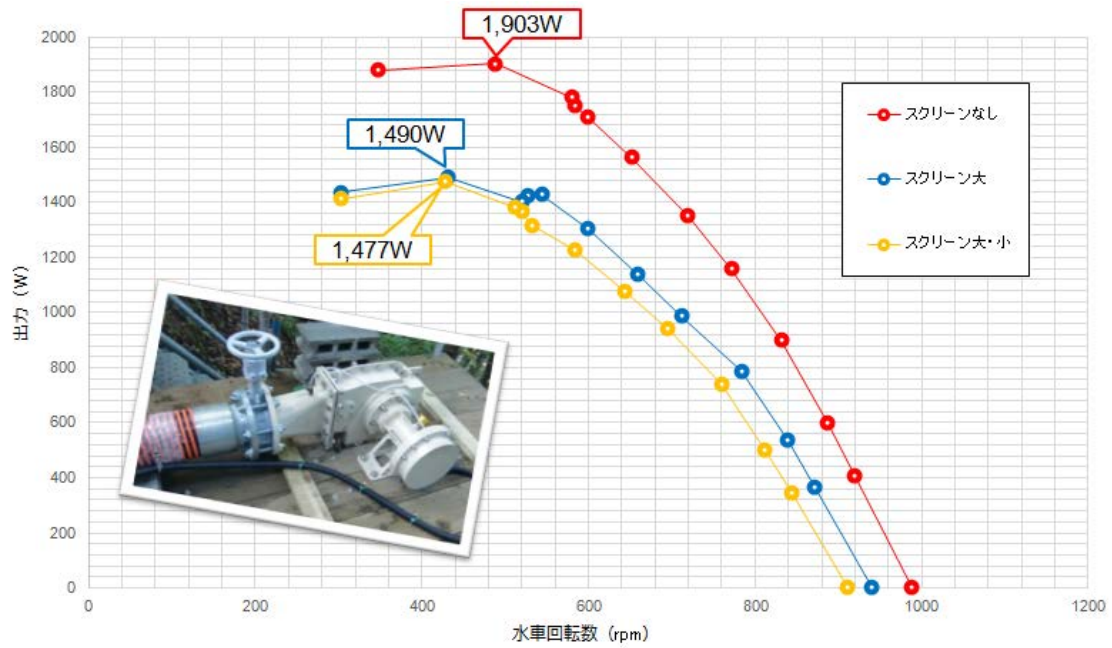
iv) 発電設備の設計と竣工

iii) の最大出力発電量の算定結果を下に、水車の発電設備配置計画図を作成し、竣工に移った（図表11）。



図表11 発電設備配置計画平面図

2013年10月10日に水力発電システムを設置し、運転を開始した。発電量は、1,477Wであり、ほぼ設計通りの発電量が得られた(図表12、図表13)。また、2013年10月18日に、地域住民を巻き込んだ竣工式を開催した。



図表12 水力発電システムの発電量

図表13 発電量推定値と現地発電量との比較

	推定発電量	現地発電量
スクリーンなし	1.83KW	1.90KW
取水口スクリーンのみ	1.45KW	1.49KW
取水口+水槽スクリーン	1.43KW	1.48KW

## 1) - 2 地下水に関する自然科学的基礎調査

### a. 広域地下水シミュレーションモデルの構築と、現況再現計算・将来予測計算

地下熱関連調査として、平成24年度業務において対象地域の松本盆地における地形、地質、気象、地下水・湧水の流量・水質、河川流量、地下水揚水量、水田湛水実験データ等の基礎データについて収集・整理した。安曇野における地下熱利用時の影響を調べるためには、広域の地下水流同状況を把握する必要がある。そこで、本年度はこれら収集データに基づき松本盆地を対象とする広域地下水流動シミュレーションモデルを構築し、現況再現計算および将来予測計算を実施した。

図14は、地下水流動の解析領域と数値シミュレーションモデルで入力する基本条件の一つである土地データを示したものである。また、表15は地域特性、境界条件などの諸条件をまとめたものである。

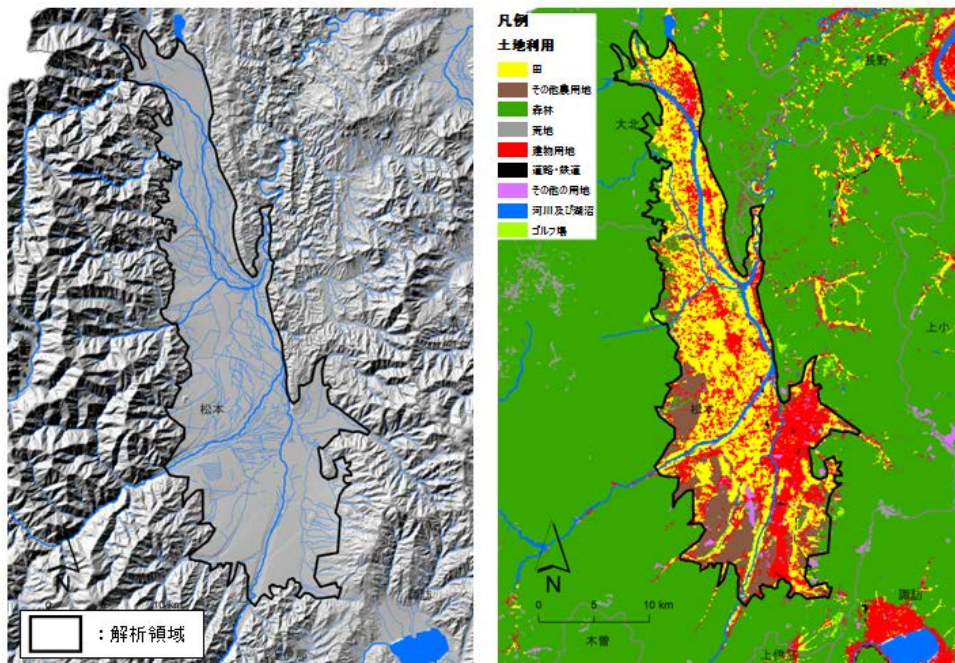


図14 松本盆地モデルの解析領域



表15 数値シミュレーションモデルに加えた諸条件

項目	諸条件
地域特性	地質構造、水田からの涵養、河川からの伏流、地下水取水、地下浸透量等
境界条件	モデル領域の縁辺上を不透水境界として扱う。モデル化対象河川からの浸透量に関しては、河川の縦断情報を下に条件設定。
モデル化対象河川の設定	流域氾濫原のレーザープロファイラ(LP)データより河川の縦断情報を取得し、川幅のスクリーニングを行い、モデル化対象河川(犀川(梓川)、高瀬川、穂高川、奈良井川、鹿島川、乳川、烏川、鎖川)の設定を実施。
河川水位	LPデータより取得する最深河床高(河川水位)を一定値で設定
標高情報	国土数値情報250メッシュ標高データ
帯水層基底面等高線 地下水位等高線の設定	盆地内の砂礫層等の堆積物を帯水層とし、盆地内の分布状況を設定
透水係数の設定	既存資料より、松本盆地内の井戸やボーリングにおける地層の透水係数を整理
有孔間隙率	地下水ハンドブック(1998)より松本盆地の有効間隙率として20%を採用
河川伏流量(河川からの浸透量)	国土交通省が管理する全国109水系を主対象として、河川流量および伏流量調査に関する文献より、河川単位長さあたりの伏流量を設定(伏流量は0.0007(m <sup>3</sup> /s/m))

次に、信州大学 藤縄が開発した準3次元地下水流動シミュレーター「FEGWF」を基に広域地下水流動シミュレーションモデルを構築した。準3次元地下水流動シミュレーター「FEGWF」は離散化手法に有限要素法を用いることから、ここでは有限要素解析用の三角形メッシュを作成し、地下水位分布の現況再現計算を行った。計算の方針を表16に記す。また、図17 左に数値シミュレーションにより得られた計算地下水位コンターを示す。実測値をもとに得られた地下水位コンター(図右)と比較して、ほぼ、流動機構が再現できており、この結果を基に解析を行う。なお、工業利用の揚水による影響が大きい松本盆地南部の工業団地付近で、地下水揚水量に推定値を用いたため計算値と観測値に若干の乖離がみられるが、安曇野市を中心とする地域への影響は少ないため、本検証結果を採用することとした。そこで、この地下水位結果を基に、飽和帯および不飽和帯の分布や地下水流速の分布などを整理し、将来予測計算を行った。

表16 準3次元地下水流動シミュレーター「FEGWF」に用いた計算の方針

項目	諸条件
計算の方針	<ul style="list-style-type: none"> <li>・広域準3次元地下水流動シミュレーション</li> <li>・2009年の涵養量、揚水量のもと、地下水位が定常状態になるまで非定常計算(2009年:土地利用情報を入手できる最新年)</li> </ul>
時間刻み	・時間刻みは0.001時間から開始し、計算の安定状況に応じて最大5時間となるように設定
パラメータ (透水係数、有効間隙率)	・各地域において文献値を元に設定
涵養量、揚水量	・実態に即して分布および量を設定
河川伏流量	・文献調査結果より、平均的な伏流量を設定

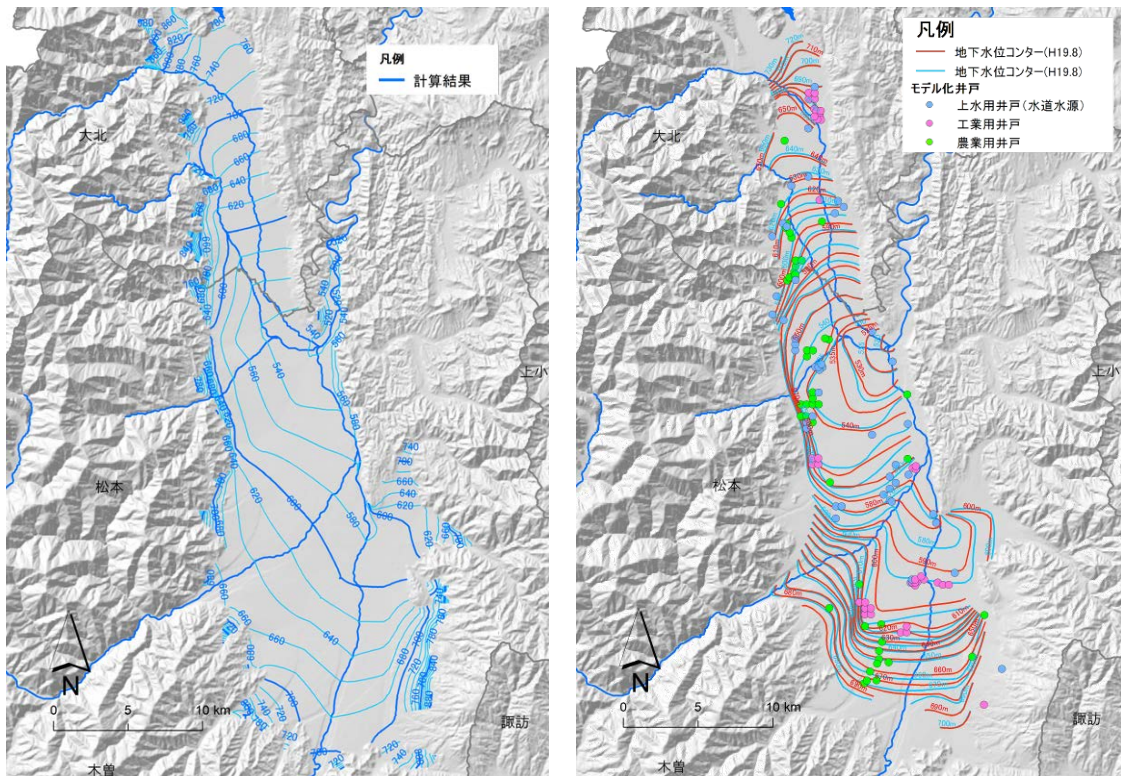


図17 地下水位コンター (左：解析結果、右：観測結果)

b. 将来予測計算

松本盆地において構築した広域地下水流動シミュレーションモデルを用いて将来予測計算を実施する。ここでは特に、松本盆地の地下水賦存量に着目し、以下に示す2つのシナリオ『【シナリオ1】1994年の気象状況が継続する』、『【シナリオ2】耕作放棄地率が50%となる』の下、地域の地下水資源の脆弱性について、将来予測計算を行った。

【シナリオ1】「1994年の気象状況が継続する」

図18に示すとおり、過去20年程度のうち長野県内の各地において年間降水量が最も少なかったのは、平成6年渇水（または1994年渇水）と呼ばれる1994年である。ちなみに、1994年は全国的に記録的な異常気象が続き、特に夏には高温と小雨が継続したことに起因する水不足が全国で深刻な問題となった年である。こうした渇水の影響を受けて、全国で地表水を水源とする水資源が不足し、各地で地表水不足を補うために地下水の利用する動きが多くみられた。その結果として全国各地で地下水位低下などの地下水障害が発生し、地盤沈下地域が拡大することとなった。もし、このような異常渇水が複数年継続した場合に、地下水賦存量がどのような影響を受けるかを検証するため、シナリオ1では1994年の気象条件（降水量、気温、日射量）が継続する条件を設定した。

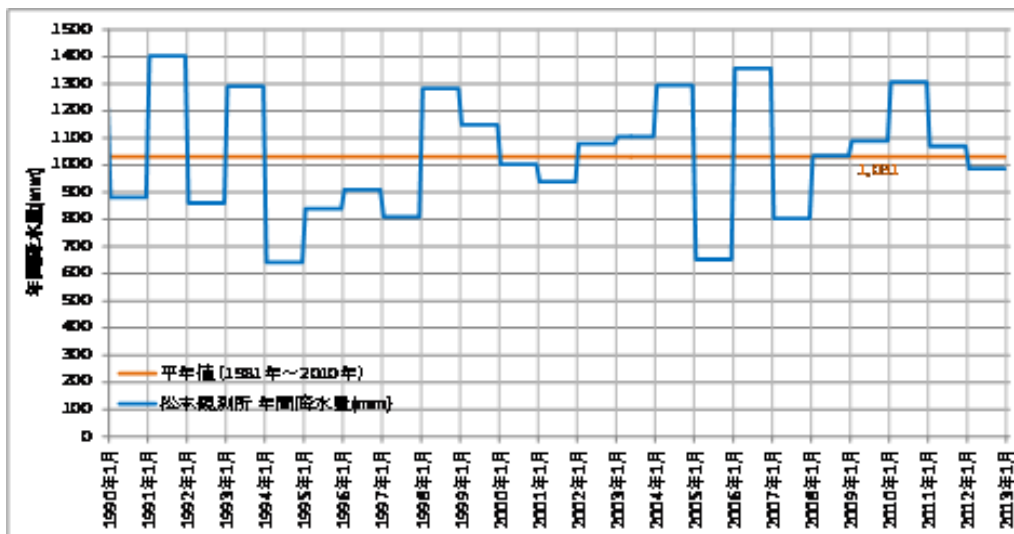


図18 松本観測所における年降水量の経年変化

【シナリオ2】「耕作放棄地率が50%となる」

水田湛水期間における地下水涵養機能が、地域の地下水資源を形成する上で非常に大きな役割を果たすことは様々なデータから明らかである。そこで、ここでは水田からの地下浸透量がさらに減少するシナリオを設定し、予測計算を実施した。

表19に、作物統計（2009年）より整理した耕作放棄地率を示す。この内容は現況再現計算の条件にも採用しているが、表より、木曽を除く県内全域で概ね10%後半から30%前半の耕作放棄率となっていることがわかる。今後、水田農業の担い手の減少が予想されるだけでなく、2018年をめどにコメの生産調整（減反）の廃止が予定される状況下では、米価下落により今後将来的に耕作放棄地が増加する可能性が想定される。このような背景を踏まえ、シナリオ2では現状（2009年時点）の水田面積に対して耕作放棄率が50%に達したと想定して地水浸透量を概算し、計算条件に設定した。

表19 作物統計（2009年）より整理した耕作放棄地率とシナリオ2の設定値

計算シナリオ	作物統計（2009年）			③耕作放棄地率 =(①-②)/①
	田耕地面積 (ha)	① 本地面積 (ha)	② 水稲作付面積 (ha)	
現況	12,503	11,249	7,324	34.9%
シナリオ2	12,503	11,249	5,625	50.0%

2ケースで実施した将来予測計算結果を表20に整理した。両ケース共に、現況に比べて涵養量を小さく設定した条件となるため、地下水賦存量が減少することとなり、松本盆地全域（計算領域全域）で見た場合、共に地下水賦存量が約500万トン減少する結果となった。また、地点別に地下水位低下状況を確認したものが、図21および図22である。将来予測計算結果では地下水位の傾向として、地域の主要河川に近接しない地点（W1、W2、W4、W5、W6）で、涵養量の減少に伴って地下水位も低下しており、その低下量が数センチから数十センチとなることがわかった。

図表20 将来予測計算結果（地下水賦存量）

項目		将来予測計算ケース		
		現況	CASE 1 渇水継続	CASE 2 水田涵養量減少
松本盆地	地下水賦存量（百万 m <sup>3</sup> ）	16,106	16,101	16,101
	現況からの減少量（百万 m <sup>3</sup> ）	-	5	5

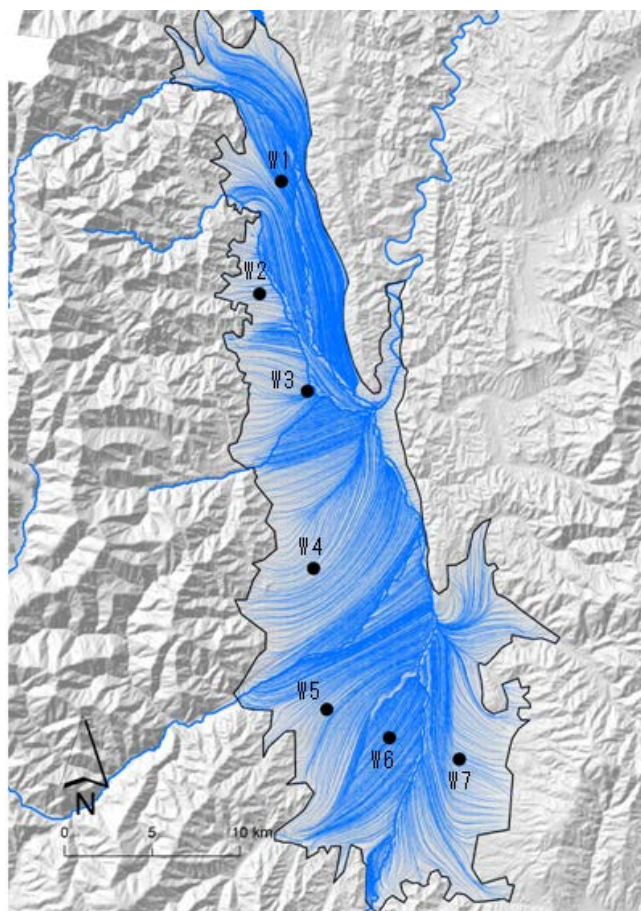


図 21 将来予測計算結果と水位整理地点

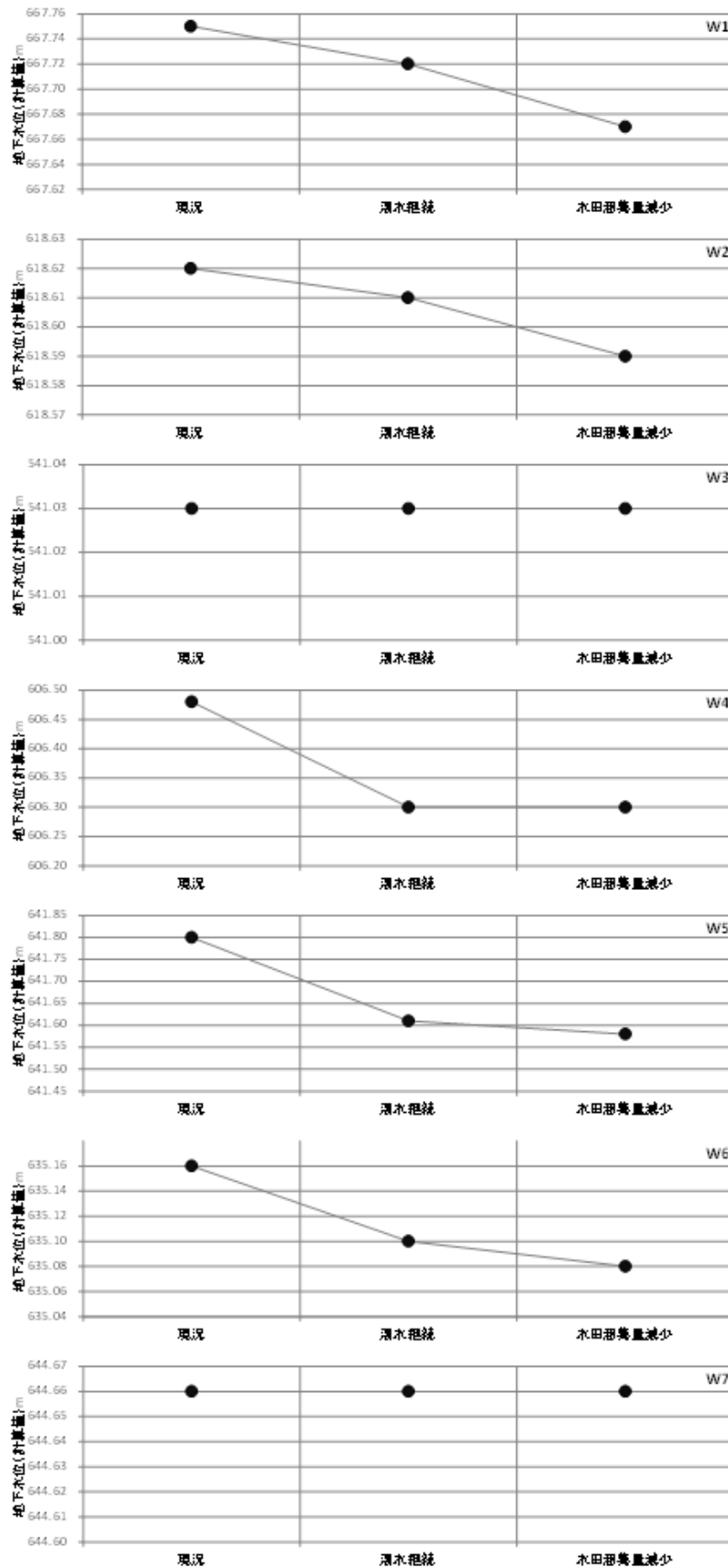
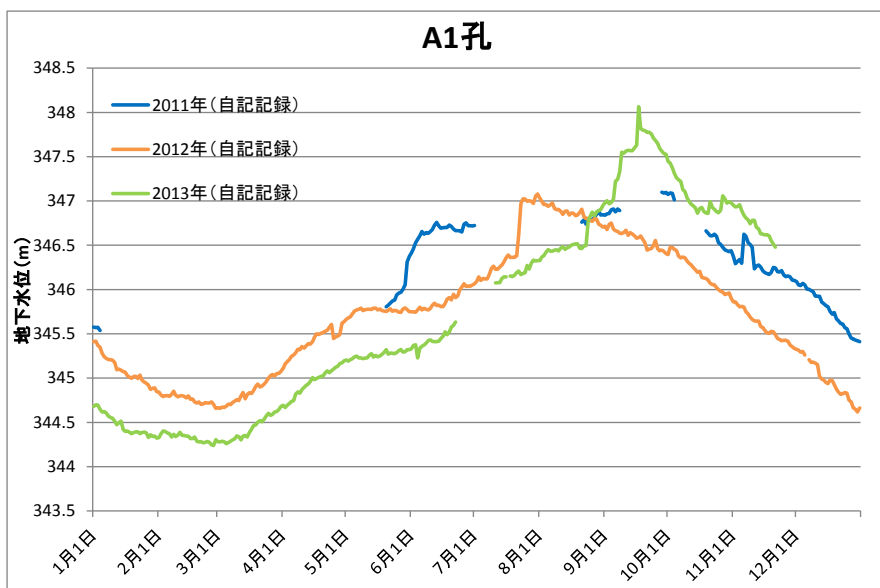


図22 計算結果整理地点における計算地下水位の変化

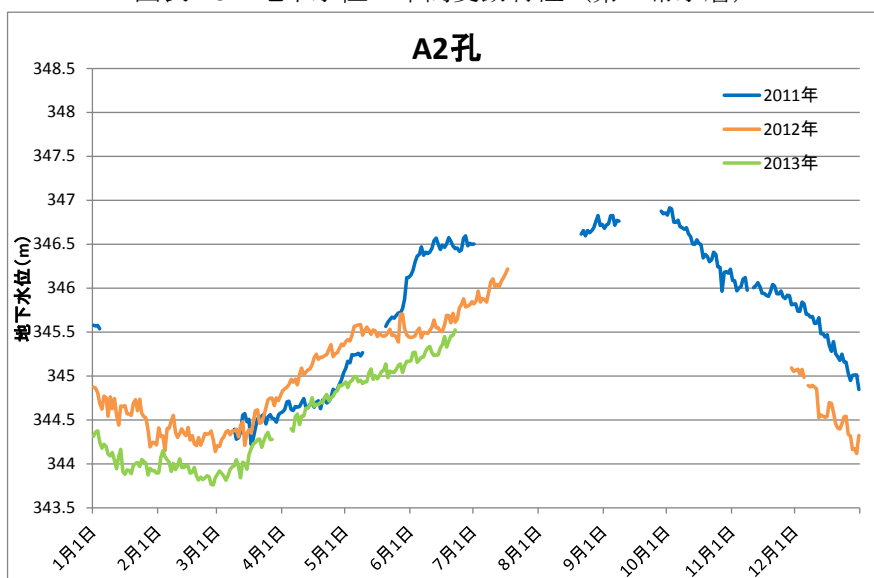
c. 地下水制御型ヒートポンプ空調システムに伴う地下水環境変化の把握

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構「次世代型ヒートポンプシステム研究開発『地下水制御型高効率ヒートポンプ空調システムの研究開発』」を通じて、信州大学工学部キャンパス内講義棟に導入された地下水制御型ヒートポンプ空調システムに関連して設置された10孔の井戸を対象とし、システム実証試験に伴う地下水環境の変化を把握するために観測データを整理し、地下水解析を行った。

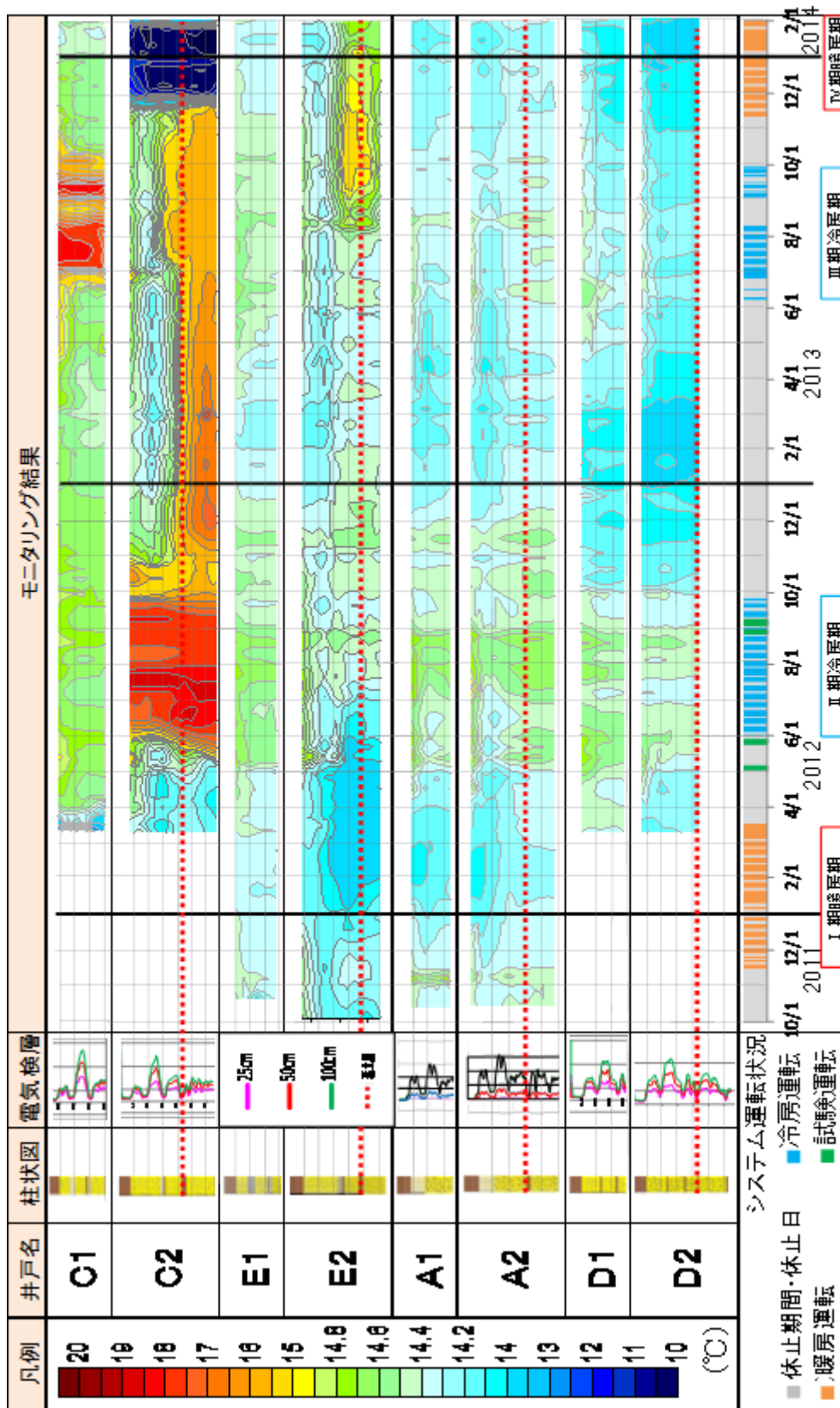
オールコアボーリング(φ66mm、DL-75m)と電気検層による地盤構造のデータ、地下水位(図23、図24)と地下水温の鉛直分布のデータを下に、実証試験期間中における帯水層蓄熱状況を、原位置観測と数値シミュレーションから把握した。また、帯水層の蓄熱状況の温度変化を、可視化ソフトウェアSurfer(Hulinks社)を用いて図化した(図25)。



図表 23 地下水位の年間変動特性 (第一帯水層)



図表 24 地下水位の年間変動特性 (第二帯水層)



図表25 帯水層の蓄熱状況の温度変化

d. 地下水制御型ヒートポンプ冷暖房実証試験の地下水への影響評価

地下水制御型ヒートポンプ冷暖房実証試験においては、冷暖房の際に地下水を揚水し、空調室内と熱交換後、地下に注水するが、この注水時に、地下水の水質に与える影響を調査した。

① 調査方法

地下熱利用による影響評価をするため、手押しポンプを用いて、図26に示す観測井A1孔、A2孔、A3孔、E1孔、E2孔で各1回、注水井C1孔、C2孔は時間変化も同時に見るため各3回の合計11回の採水を行った。採水時に場を乱さないように慎重に揚水した井戸水のpH、電導度EC、酸化還元電位ORP、溶存酸素濃度DOおよび温度Tをモニターし、各測定値が一定の値になるのを待ってポリビンおよびガラス瓶に地下水サンプルを採水した。

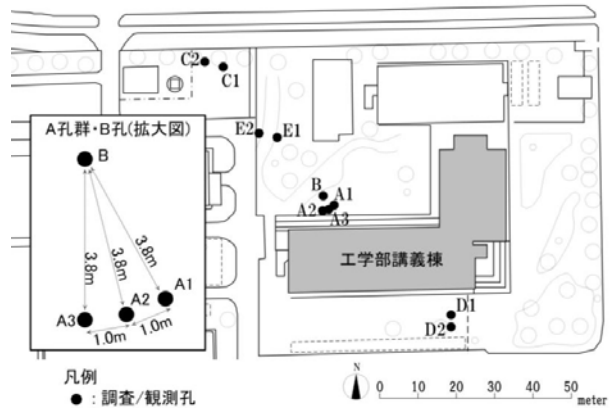


図26 井戸の位置  
Cは注水井、EおよびAは観測井、Dは揚水井を示す。

なお、溶存ガスのクロロフルオロカーボン類CFCs(CFC-12, CFC-11, CFC-113)と六フッ化硫黄SF<sub>6</sub>用のサンプルリングはIAEAのサンプリング方式に準拠し、大気に触れないように慎重に採水した。また大気ガスの採取は、注水井(C孔)、観測井(A孔)、揚水井(D孔)の地表付近で各1回行った。調査孔別、帯水層別の調査項目の一覧を表27に示す。

主要溶存成分の内、陰イオンはイオンクロマトグラフィ、陽イオンとアルカリ度は滴定、SiO<sub>2</sub>は分光光度計を用いて分析した。

表 27 調査孔別、帯水層別の調査項目の一覧

調査孔	帯水層	井戸概要	調査日	調査項目				
				pH	ORP	EC	DO	主要溶存成分
C1孔(1回目)	第一	注水井	5月29日	●	●	●	●	●
C1孔(2回目)	第一	注水井	9月13日	●	●	●	●	●
C1孔(3回目)	第一	注水井	11月23日	●	●	●	●	●
C2孔(1回目)	第二	注水井	6月12日	●	●	●	●	●
C2孔(2回目)	第二	注水井	9月25日	●	●	●	●	●
C2孔(3回目)	第二	注水井	11月23日	●	●	●	●	●
E1孔	第一	観測井	6月5日	●	●	●	●	●
E2孔	第二	観測井	7月4日	●	●	●	●	●
A1孔	第一	観測井	6月27日	●	●	●	●	●
A2孔	第二	観測井	9月14日	●	●	●	●	●
A3孔	第三	観測井	7月11日	●	●	●	●	●
D1孔	第一	揚水井	×					
D2孔	第二	揚水井	×					



## ② 水温の変化

冷房期間中(6~9月)の9/13は注水したC孔の第1帯水層の水温は19.8℃と試験前に比べて4.5℃上昇している。一方、観測孔E, Aは、15.2~15.8℃と0.6~1.2℃の上昇にとどまっている。暖房期間中(11月~)の11/23は注水したC孔の第2帯水層の水温は11.3℃と試験前に比べて3.9℃低下しているのに対し、C孔の第1帯水層の水温は14.6℃と平時の水温に戻っている。

## ③ 主要溶存成分

何れの孔の地下水もカルシウム-重炭酸型の典型的な浅層地下水水質を示している。すなわち、地下水中の二酸化炭素の水和反応によって重炭酸イオンと水素イオンが生成されるとともに、岩石-水相互反応による陽イオン交換によって形成された循環性の地下水といえる。注目すべき点として、注水孔および観測孔とも注水に伴う主要溶存成分の変化は微小で、注水に伴う地下水溶存イオンへの影響は極めて小さいことが分かった。なお、11月にC孔の第1帯水層のCl濃度が上昇したのは、10月に行われた塩水トレーサー試験のためC孔の第1帯水層に注入された食塩水の影響だと考えられる。

## ④ 温度T、pH、溶存酸素濃度DO、酸化還元電位ORPおよび電導度EC

第一帯水層のC, E, A孔に注目すると、C孔への注水が始まる前の5月末~6月末では、いずれの孔においても水温は15.2~15.5℃の範囲にあり、pHは6.3~6.7、ECは0.24~0.27mS/cmの範囲にあるのに対し、DOとORPには違いが認められた。一方、第一帯水層への温水注水中の9月には、注水井Cの第一帯水層では20℃まで水温が上がるとともに、DOとORPは上昇している。なお、C1孔のDOとORPが6月に比べて9月の方が高いのは、揚水から注水までの過程で大気と接触して大気平衡に近づき溶存酸素濃度が増加した水が注水されることによって増加したものと考えられる。

第二帯水層のC, E, A孔については、6月中~9月中のT、pH、DO、ORP、ECの変化はほとんど見られなかった。一方、第二帯水層への冷水注水中の11月には、注水井Cの第二帯水層では、それまで15.2℃だった水温が11.3℃まで下がるとともに、pHは8.09から7.06に大きく低下している。これは、前述したように、揚水から注水までの過程で大気と接触して大気平衡に近づきpHが低下した水が注水されることによって低下したと考えられる。

## ⑤ まとめ

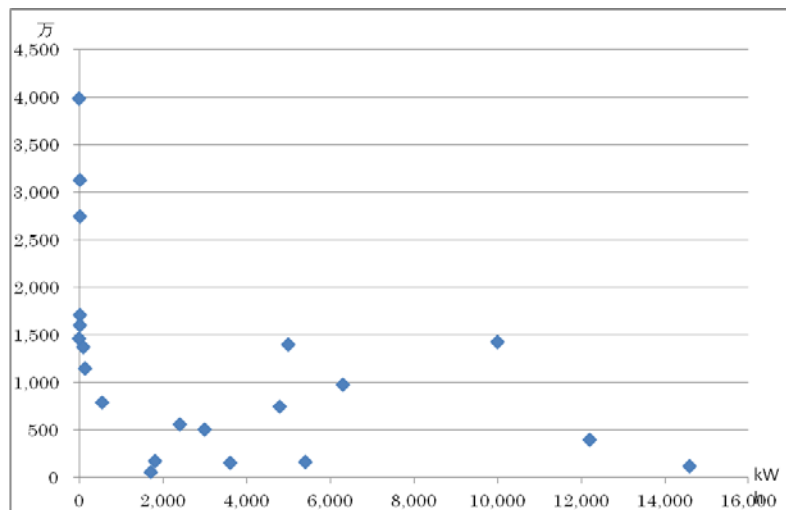
地下熱利用による地下水の水質への影響を調べた結果、第一帯水層から、第二帯水層への注水による影響や、揚水により一度地上に出た水が大気と接触することによる影響はみられた。しかし、本試験ではそれほど大きな熱交換を行なわないため、熱利用による影響は出なかった。以下に、結果をまとめて示す。

- 1) pHやDOの変化から地下水が揚水により地上に出たことで大気と接触して大気平衡に近づいた水が注水されたため、それに伴う変化を及ぼすことが分かった。
- 2) 主要溶存成分の濃度変化から、第一帯水層の地下水が第二帯水層に注水されることにより変化する成分も見られたが、基本的には微小な変化にとどまっている。

1) - 3 小水力発電・地下水利用の導入事例と技術面から導入効果について

長野県が公表している新エネ設備導入状況や全国小水力利用推進協議会が公表している導入状況を下に、長野県内における水力発電176件、地下熱利用（温泉熱を含む）19件の導入事例調における導入効果について調査を行った。

まず、小水力発電においてであるが、長野県に設置された176件のうち、マイクロ水力発電(100kW以下)が17件、ミニ水力発電(100～1,000kW)が38件、小水力発電(1,000～10,000kW)が76件、中水力発電(10,000～100,000kW)が39件に分類される。このうち事業費まで調査できた21件について、事業費における発電量1kW当たりの単価は、図表28のようになった。一般的に言われている小水力になればなるほど、1kW当たりの単価は高くなる傾向があるが、長野県でも同様の傾向にある。また、中小水力発電で売電を考えた場合、建設費は100万円/kW以下で無いと採算を取ることが難しくなることを考えると、規模が小さいほど採算性は厳しくなる現状にある。



図表28 長野県内の小水力発電の規模と1kW当たりの単価

一方で、無電化地域で農業を行う場所に、小水力発電システム(数十W)と電気柵(十数km)を導入することにより、野生鳥獣類による農作物被害対策に利用したケースも見受けられた。年間百万円を超える農作物被害が生じていたが、その被害をほぼゼロにすることができ、2～3年で採算をとることができた事例である。現状では、売電で利益を売ることは難しい状況にあるが、電力をどのように有効利用するかを考えることにより、採算を売することは可能である。

なお、地下熱利用に関しては、導入事例19件のうち、地下水を用いたものが8件、温泉水を用いたものが6件、地下熱のみを利用したものが5件であった。その利用形態としては、ヒートポンプを利用して空調に利用するもの、給湯に利用するもの、発電をおこなうもの、空調や融雪など複合的に利用するものなど、様々な利用がなされており、またサンプル数も少ないために、定性的な評価にはできなかった。

2) 「水利マネジメント」に関する実態と基礎的課題の把握に関する“社会科学的”調査【社会科学研究グループ】

2) - 1 地表水に関する社会科学的基礎調査

a.水車の導入地点の選定

地表水について、前年度、研究フィールドとして設定している栄村において、5地点の現地ポテンシャル調査を行ったが、本年度も引き続き、春の雪解けを待って自然科学グループと共同で新たに3地点（小赤沢、上野原、屋敷）の調査を実施した。

調査内容としては、流量や落差の確認のほか、水源の確認や水の管理方法等について地域住民にヒアリングを行った。

結果として、調査を行った8箇所から、発電水車の導入地点として小赤沢地区を選定した。選定の理由は次のとおり。

- ① 発電に利用するための十分な落差が確保できる。
- ② 周囲に発電した電力を供給し、利用できそうな公共施設が複数存在する。
- ③ 地区に協力を要請し、合意を得るための窓口が明確である。



図表29 左：対岸からみた水路、中：現地調査の様子、右：水源地の確認

発電用水車の導入を決定した栄村小赤沢地区において、社会科学研究グループが水利等に関する独自調査を実施した。なお、該当の河川（水路）は、地図に載っておらず、準用河川にも該当しない河川であることが判明した（図表30）。



図表30 独自に行った水源地調査（地区を流れ水路を見える化したもの）

本水路は、本来的には消雪用水として利用されており、豪雪地域として知られる同地域では、冬季になると上流で雪が用水路に投げ込まれる。これにより流水の量が著しく減少し、発電に支障をきたすことが予想される。また、凍結や雪崩等により水車に不具合を生じるリスクも予想される。しかしながら、本箇所を導入できると、冬季に豪雪により集落が孤立した場合でも、非常用電源が確保できるようになるため、防災計画に貢献できるようになり、その意義は大きいと判断し、導入を進める事にした。

水利権について上流の水利権者と下流の水利権者に関連する裁判例を見ると、水利権の設置目的に適合する限りでは、上流が優先するというのが準則である。この準則からすれば、上流における消雪用水としての本来の利用に関して制約を課すことは困難ということになる。このことから、少なくとも他の水利権者から該当の水流の利用水量に関して法的な主張がなされるという事態は、水流が小赤沢川へ至る最下流地に位置するところを考えると発生しないであろうと判断した。

よって、水車の導入にあたり、許可申請等の必要ない河川(水路)を利用する場合には、日頃からその水を利用している地区住民に合意を得るプロセスは非常に重要となることが指摘された。本項目は、3) 水資源の活用ケース1：小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討において、より詳細に検討を進める。

#### b. 発電電力の使用用途

今回水車の導入場所として選定した小赤沢地区には、公衆トイレ(苗場の清宮)、小赤沢公民館、栄村高齢者いきがいセンター、栄村役場秋山支所(秋山郷総合センター とねんぼ)などの施設があり、これらの施設への電力利用を見込み検討を進めた(図表31)。



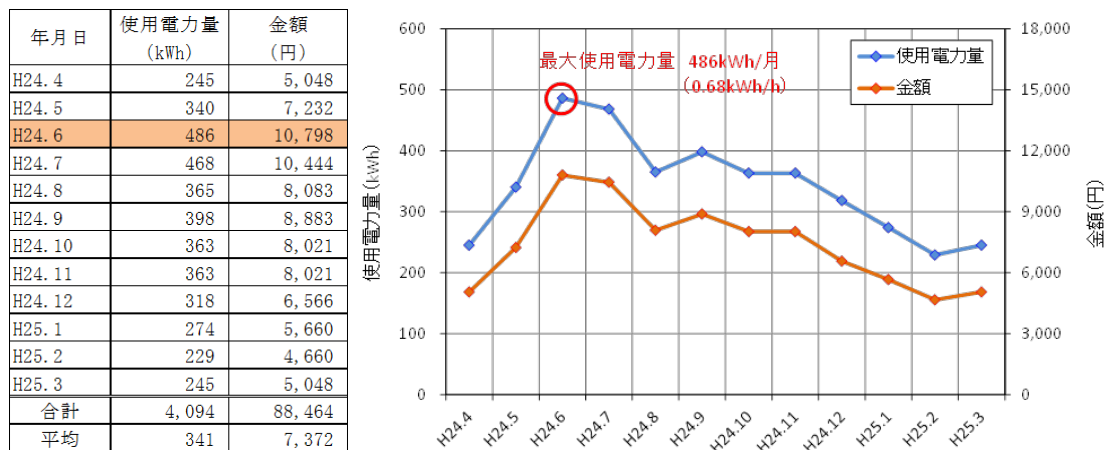
図表31：発電想定地付近の施設

このうち、今回のRISTEX事業では、予算と自然科学グループが求めた想定発電量(約

1.5kW)に加え、各施設の電力利用状況を鑑みて用途の検討を行った。結果として、公衆トイレへの利用を行い、余剰電力で緊急時のバッテリーとして蓄電し役場秋山支所付近で利用の利用や、秋山小学校から意見が寄せられた照明への利用を行う事とした。

公衆トイレは苗場山の玄関口に位置し、小赤沢で唯一の公衆トイレであり、住民や観光客(登山者)の利用がなされているが、基本的に冬期は閉鎖される。夏季はトイレへの利用、冬季は豪雪により集落が孤立した際の非常用電源への利用が見込まれ、当事業との趣旨とも合致する。

消費電力をみると、公衆トイレは、循環式トイレであり汚水洗浄のため常にブロワ(送風機)が稼働しているため、一定の電力を消費する。必要電力量は1月当たりの使用電力量が最も大きいH24.6の486kWh/月より、1時間当たりの必要電力量は、0.68kW(=486kWh/30日/24時間)と見積もられる(図表32)。よって、本発電計画の常時出力でも公衆トイレの電力を賄うことが可能であり、余った電力に蓄電等も十分にできる。



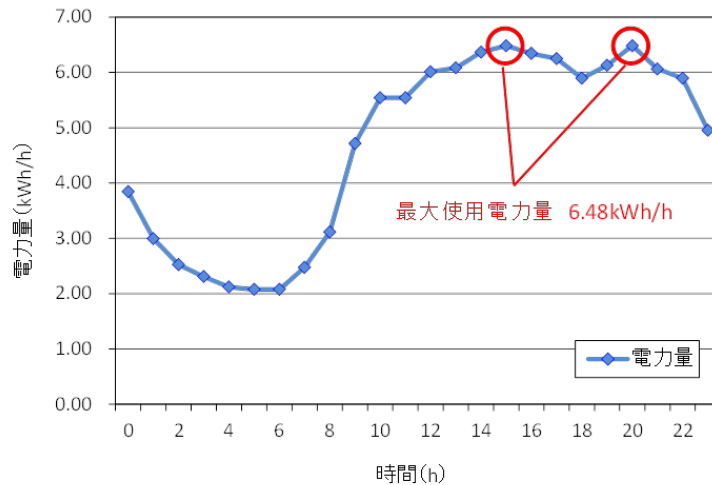
図表 32 使用電力量 (公衆トイレ)

また、栄村役場秋山支所の消費電力は、月別で見ると時の最大電力量は3,368 kWh/月 (4.68 kWh) であるが、施設の利用状況に応じ、時間帯によって必要電力が変動する。

一般的な需要の負荷率形態は概ね表33に示すとおりであり、住宅地帯では15時と20時が最大となる。栄村役場秋山支所は時間当たりの使用電力量の変動が大きいため、電力量の需給バランスを考慮することとし、1時間当たりの最大使用電力量を算定すると、図表34に示すように6.48kWh/hとなる。

時間	最大電力に対する 負荷率 (%) 【住宅地帯】	電力量 (kWh/h)
0	59.3	3.84
1	46.2	3.00
2	38.9	2.52
3	35.6	2.31
4	32.7	2.12
5	32.0	2.07
6	32.0	2.07
7	38.2	2.48
8	48.0	3.11
9	72.7	4.71
10	85.5	5.54
11	85.5	5.54
12	92.7	6.01
13	93.8	6.08
14	98.2	6.37
15	100.0	6.48
16	97.8	6.34
17	96.4	6.25
18	90.9	5.89
19	94.5	6.13
20	100.0	6.48
21	93.5	6.06
22	90.9	5.89
23	76.4	4.95

表 33 電力量の需給バランス



図表 34 栄村役場秋山支所 需要電力量

## 2) - 2 地表水に関する社会科学的基礎調査

### a. 地下水の強化と利活用について～安曇野市の水利用および水利権の状況の調査分析～

地下水の強化と利活用について、安曇野市の水利用および水利権の状況を明らかにするため、安曇野市民2,000名を対象とした市民意識調査を行った。2013年12月時点の住民基本台帳をもとに、それぞれ85行政区の人数を基準に比例割当の層化ランダム抽出を行い、郵送で調査票を送付した。有効回収数は1,225票で回収率は61.25%であった。なお、調査票の送付の前に依頼状の送付と、催促状(回答メ切的1週間前)の送付を行なった。

家庭での地下水の利用については、回答者の80.5%が地下水を利用していなかった。過去に使っていたが現在は使っていない回答者は10.5%、生活用水(飲料用を含む)の利用者は8.2%、農業利用が3.8%であった。

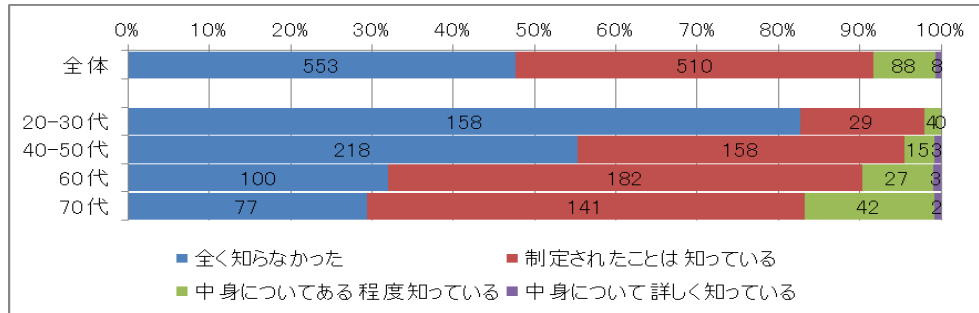
地下水や地表水(河川の水)の水利権が誰にあるかを探ねたところ表35の通り、地下水は地表水に比べて、取水した人や水が湧き出ると土地の所有者の者であるという意識が高く、公共財としての意識が低いことが分かった。このような意識には、家庭での地下水利用の有無による違いは見られなかった。地下水保全のためには、地下水を公共財として認識することが重要である。今後、どのような要因が地下水を公共財として捉えることに繋がるのかについて検討していく必要がある。

表 35 地下水と地表水の水利権の認識

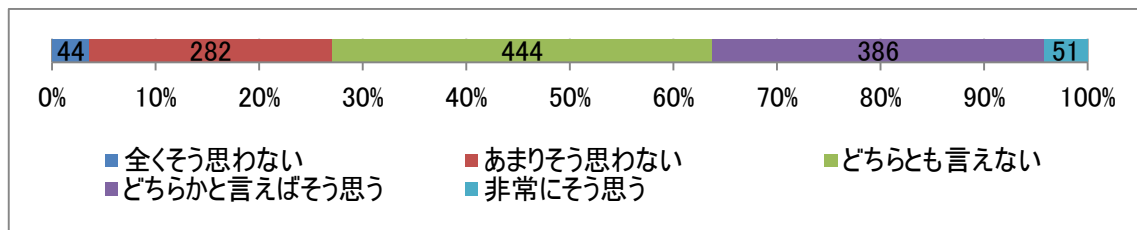
	取水した人 のもの	水がわき出ている 土地の所有者	その地域の人の たちのもの	国や県など 公のもの	その他	合計
地下水	32 (2.66%)	153 (12.74%)	685 (57.04%)	281 (23.40%)	50 (4.16%)	1201 (100%)
地表水	30 (2.50%)	31 (2.59%)	678 (56.55%)	413 (34.45%)	47 (3.92%)	1199 (100%)

安曇野市では、地下水の保全涵養を目的とし、2013年4月に『安曇野市地下水の保全・涵養(かんよう)及び適正利用に関する条例』を施行している。この条例では、市内における地下水の新規採取について届け出制、協議制とする取水ルールについての独自の規定が盛り込まれている。この条例について知っていたかを尋ねたところ、図表36の

ように約50%の住民が知らないという状況であった。特に若年層で知らない者が多かった。地下水の保全・涵養のためには、次世代を担う若い世代の協力が必要不可欠であり、これらの世代に向けた周知の工夫をしていく必要があるだろう。また、この条例による保全・涵養が促進されると思うかを尋ねたところ、図表37のように、促進されると思う者は全体の36.5%に留まった。現在の条例では新規取水について届け出とするに留まっている。より効果的な条例にするためには、取水制限などを組み込んだ条例の制定が必要となるだろう。また、それに併せて条例の後ろ盾となるような法律の整備も求められる。今後、具体的な法整備のガイドラインの作成を行っていく。



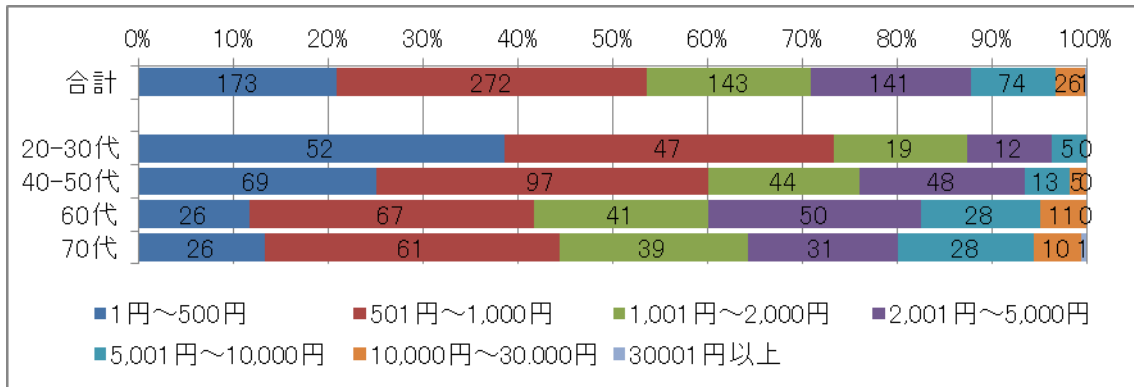
図表36 安曇野市の地下水保全・涵養条例の知識



図表37 条例による保全・涵養が促進

#### b.安曇野市民の水に関する住民意識と水保全の協力行動についての意識調査

安曇野市民の水保全に対する協力行動を明らかにするため、仮想評定法（CVM）による調査を行った。まず、水資源を守るための基金の設立への賛否は、73%が賛成しており、多くの市民が賛成していることが分かった。図表38は、賛成する者に対して、具体的な金額として、1年間に寄付しようと思う金額を尋ねた結果である。全体では最も多いのが、年間500円～1000円で、平均値は2,503円であった。村山・渡邊(2007)が安曇野市民、安曇野市の観光業者を対象に、景観保全のために捨ヶ堰と言われる施設を守るための寄付金額を調査した結果では、安曇野市民の平均寄付金額が2,726円、観光業者の寄付金額が9,677円であった。これらの平均値と比べると、水保全に対する評価は、景観に比べると全般に低いことが分かった。年代別の分析では、若年層ほど寄付金額が少ない。また、世帯年収による違いは年代による違いほど明確な差は認められなかった。



図表38 CVMによる寄付金額

また、安曇野市の地下水が減少した理由について、図表39の項目がどの程度当てはまるとするか「1.全く当てはまらない」から「5.よく当てはまる」で尋ねたところ、「地下水の利用に関する情報不足」が最も高く、「国や地方自治体が、適切な啓発活動をしてこなかったこと」、「事業用としての地下水の利用」とつづく。この結果からも、地下水利用についての市民の知識不足が顕著に見られている。自治体による啓発活動の不足も指摘されているように、今後は条例などによる指導に加えて、地下水利用の見える化を行うなど、対策を検討する必要があるだろう。

図表 39 地下水減少の理由の意識

地下水減少の理由	平均値 (SD)
地下水の保全に関する制度がなかったこと	3.86 (1.03)
国や地方自治体が、適切な啓発活動をしてこなかったこと	3.95 (0.97)
事業用(工業、農業、養魚など)としての地下水の利用	3.92 (0.97)
一般家庭での水道水の利用	2.88 (1.08)
地下水を保全する技術の不足	3.45 (0.99)
地下水保全に関する市民の意識の低さ	3.88 (0.97)
減反や宅地化による地下水を養う場所の不足	3.82 (0.94)
地下水の利用に関する情報不足	4.02 (0.91)

また、安曇野の地下水保全を誰が担っていくのがよいと思うかを複数回答で尋ねたところ、図表40のように、地方自治体による地下水保全の取り組みに期待する者が最も多く、続いて水利用事業者であった。この結果からも、地下水を公共財として管理する意思が低いことが分かる。一方で、行政主体による水保全の取り組みには肯定的であり、条例などによる管理の在り方について今後も検討を行っていく。

図表 40 安曇野の地下水保全の担い手 (複数回答) N=1225

必要なし	関心の ある人々	地域の 住民	水を利用 する事業者	地方 自治体	国	その他
11 (0.90%)	99 (8.08%)	576 (47.02%)	763 (62.29%)	1098 (89.63%)	711 (58.04%)	14 (1.14%)



本年度は安曇野市民を対象に行ったが、安曇野の地下水は安曇野市のみで利用しているわけではなく、近隣の地域での水利用の影響を強く受ける。そのため次年度は、同じ松本平に貯留する地下水を活用する近隣市町村でも同様の調査を行う予定である。また、今回の調査からも地下水を利用する産業における責任は高く認知されていることが分かった。これらのことを踏まえ、次年度は企業としての水利用に対する態度を調査していく。

## 2) - 3 水利権に関する先進事例調査

### a. 先進事例調査～小水力発電の導入事例について～

「小水力発電のまち」として全国的にも知名度の高い山梨県都留市を訪問し、社会科学の側面のヒアリング調査を実施した。都留市では「エコバラタウンつる構想」を掲げ、地域資源を守り、育て、次世代に継承するとともに、積極的に活用して、健康的で環境の持続性を大切にする市民のライフスタイルを確立する中で、環境をテーマとする地域産業の振興につなげる「エコロジカル・バランスタウン」の実現を目指している。平成16年4月、都留市制50周年を記念して、水のまち都留市のシンボルとして、市内を流れる準用河川で市が管理している家中川に、市役所を供給先とする下掛け水車方式による小水力発電所「元気くん1号」を設置した。設置にあたっては、市民参加型とするため市民債（つるのおんがえし債）を考案し、事業費の約40%にあたる1,700万円を市民から集めた。このようなプロセスを導入したことによって資金面の補填のみならず、水を公共財として管理する市民の意識を高めることができたという。これらの発電所で発電された電気は、常時は市役所の電力として利用し、夜間や休日には電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）によって売電されている。現在では、上掛け水車の「元気くん2号」、らせん水車の「元気くん3号」が同流域に追加設置され、3基体制で年間およそ15万kWhを発電し、約50%の電力自給率を確保している。



図表41 左から「元気くん1号、2号、3号」

発電に利用している家中川の上流は一級河川の桂川で、富士五湖の一つである山中湖を水源として岩盤上を流れ、都留市を通過する。この豊富な水と地形が作り出す高度差から、古くから水力発電の適地として複数の発電所が存在し水の文化が育まれた。大正時代からの大資本による大規模な発電所開発によって、桂川流域では大きな恩恵を受けた。昭和に入り、いくつかの発電所（夏狩・三の丸）は大手電力会社（東京電力）と合併し、その後廃止となり取り壊されたという歴史を持つ。



図表42 今も現役で残っている水道橋

今も市内には古いレンガ造りの水道橋などが残されており、橋の上を大量の水が流れている。このような背景を持つ地域であったため、市からの新たな小水力発電事業案に対し、市民からの反対はそれほど多くなく、地域での合意形成にそれほど労力を必要としなかったという。市民の中には、地域を流れる水資源の発電利用について、歴史的・

文化的価値を見出す者も多く存在した。

b. 先進事例調査～全国的な小水力発電の普及状況について～

全国的な小水力発電の普及状況を調査するために、平成25年11月7(木)～8(金)の日程で開催された第4回全国小水力発電サミット in 鹿児島に参加を行った。

国土交通省からは、河川法の改正として、従属発電について登録制度を創設した事に触れられ、水利使用手続きの簡素化・円滑化や水利権取得までの期間の大幅な短縮(5カ月⇒1カ月)が可能となった旨が紹介された。

南信州・飯田産業センターからも事例紹介について発表がなされたが、地場のポテンシャル(地場に集積した精密産業と天竜川周辺の水系)に依存した取り組みの紹介となった。天竜川水系のうち121本が準用河川であり、市の許可があれば、飯田市では自由に発電を行う事ができる。

この立地の優位性を下に、水力発電を行う自治体について立候補をお願いしたところ多くの自治体が手を挙げた。しかしながら、さまざまな条件を考慮した結果、1箇所のみで実証実験を行った。選定を行うにあたり、水力発電ができる箇所と電力の利用方法とのミスマッチ、水力発電の設置後の管理に関する住民の同意について、合意が難しかったと触れられた。

鹿屋市柳谷集落(通称「やねだん」)からは、再生可能エネルギーとは全く異なる話で、過疎化する集落で、リーダーシップを発揮し、村内での自給自足の生活確立に向けた取り組みがなされた。新たな地域ブランドの商品の創出や、エネルギーの自給自足としてバイオマス等に取り組んできた。地域活性化の成功のカギは、住民が協力して取り組む事であるが、事業を進めるにあたり無関心層をどのように巻き込むか、また成功にやっかんだ反対勢力をどのように巻き込むかが鍵になると発表された。この問題の解決には、地域活性化を担うリーダーの存在が不可欠であり、住民に利益得をもたらすための人材の育成が必要であると述べられた。

討論では、水利権の問題については緩和の傾向にあるが、水力発電のメンテナンス等を誰が行うのか等、周辺住民との合意形成が、水力発電の普及成功に向けた鍵であるとされた。また、他の再生可能エネルギーとの連携も重要であり、それぞれの優位性を生かしながら再生可能エネルギーの普及に取り組むとされた。

さらに、地域でめざす発電事業とファイナンスという分科会では、投資と言う観点からすると、水力発電については情報が不足している点が指摘された。水力の賦存量のデータは、防災対策のデータ等を用いると、既にあるようにも見受けられる。水力発電の普及や投資を活性化させるうえでも、国の方で防災対策等と絡めたデータを公表してもらえると、普及は進むように思われるとの指摘がなされた。



図表43 全国小水力発電サミットin 鹿児島

c. 先進事例調査～富山県における水に関する総合的施策について～

2013年8月8日、富山県が主催し置県130年記念事業の一環として富山市で「水の王国とやまシンポジウム」が開催された。シンポジウムの冒頭で、毎年県の主催で行われている中学生を対象とした「水の作文コンクール」の表彰式があった。仮想水の問題や水とともに暮らす地域の文化など、水資源を強く意識しその重要性を中学生がよく理解しており、富山県の水に関する教育水準の高さを理解した。また今回が29回目という歴史の長さをとってみても、富山県がはやくから水に対する関心を高め、理解を深める活動を実践してきた熱意がうかがえた。

富山県では、水に関わる施策を総合的に推進するため、平成3年（1991年）3月に「とやま21世紀水ビジョン」を策定しており、その中で「水に関する歴史風土と水文化の継承」を挙げ、県内における水文化を後世に伝える教育活動に早くから積極的に取り組んでいる。同ビジョンでは、次に水を活かした産業振興を掲げ、全国屈指の名水の保全に努める一方で利活用にも積極的である。

地下水についても施策の基本方向として、[豊富で良質な地下水を将来にわたって利用していくため、地下水は県民共有の貴重な資源であるとの認識のもとに、地下水採取条例や「富山県地下水指針」に基づき、県民、事業者及び行政が一体となって各種の地下水保全、涵養のための施策を推進するとともに、地下水の水質保全に努める。]と明記し、地下水採取条例により基準を設けて届出制とするなど、利用する際のルールを設定している。

翌9日には、歴史的土壌改良施設で、国の登録有形文化財にも指定されている庄内用水合口堰堤および、庄内水記念公園の中にある庄内水資料館（アクアなないろ館）を訪問し、富山県における治水と利水の歴史に関する調査を行った。これらの施設は、同地域における水文化を継承するための具現化された施設と言える。資料館では、古くから林業で栄えた東砺波郡の住民と発電所建設計画を巡り水利権争いを繰り返して、県民を巻き込んだ議論を呼び、さらには衝突の末に流血事件にまで発展した「庄川流木事件」

（1916（大正2）年～1933（昭和8）年）をはじめ、同地の農工業をはじめとする産業が発展するために、先人たちが治水に励み、水との戦いを繰り返して用水を切り開いた歴史など、過去から現在までの庄川の水利用について学ぶことができる。



図表44 左：庄内用水合口堰堤／右：庄川水資料館

II. 水資源の活用ケースを通じた応用研究について

3) 水資源の活用ケース1：小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討【社会科学  
研究グループ、自然科学研究グループ】

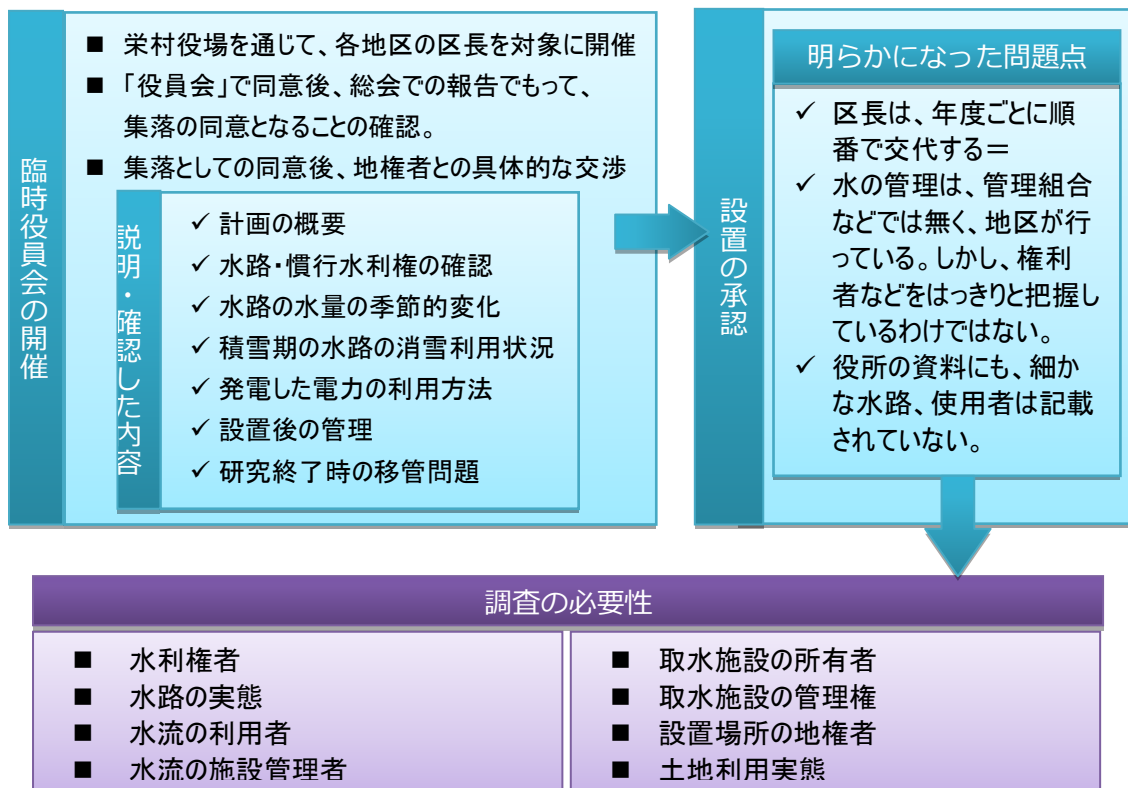
a. 水車導入事例までの社会プロセス

2) 「水利マネジメント」に関する実態と基礎的課題の把握に関する“社会科学的”調査に記載した通り、栄村において出力1.5kW級の小水力発電システムを導入した。本項目では、栄村での小水力発電システムの導入に並行して、導入時の社会プロセスをフローにし、体系化した。栄村での導入事例までの社会プロセスは図表45のようになる。



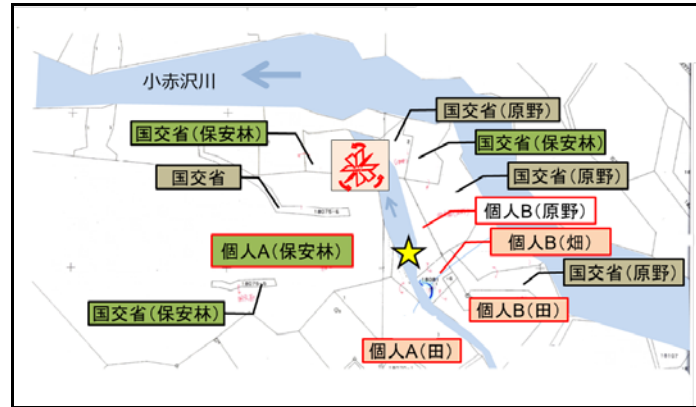
図表45 社会プロセスフロー

1. の候補地の選定については、昨年度の報告の通りであるが、今年度新たに3地域の調査を行った。2.の地域住民への説明、および3.の土地利用実態調査については、前述の通り行った。また、図表46は調査の結果の一部である。



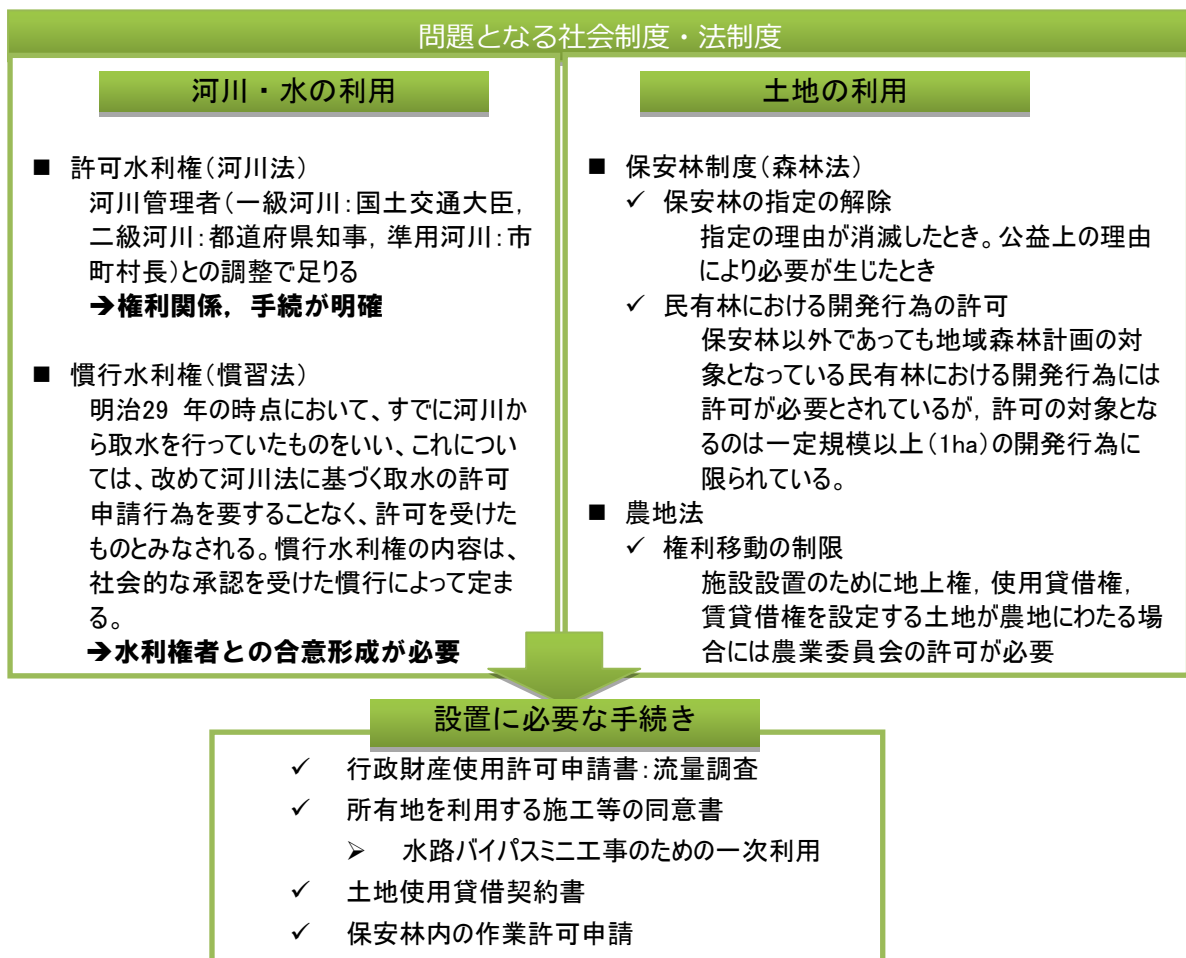
図表46 社会プロセスフロー2

2. 栄村小赤沢地区における小水力発電設置を前に、実際に利用する水路に関する実態調査を行った。上述の通り、水路は役場の資料や地図にも情報が掲載されておらず、現地調査やヒアリング調査を行い、各戸における水利用の状況や取水方法等の利用実態を明らかにし、また、土地の利用実態や所有者へのヒアリング調査を行った。調査結果は、図表47の通り。



図表47 土地の利用実態

これらを踏まえ、問題となる社会制度・法制度を纏めると図表48のようになる。



図表48 問題となる社会制度・法制度

国交省が管轄する河川法は、2013年12月に小水力発電への水利権の利用について、許可制から登録制へと簡素化された。しかし、実際に小水力発電を設置する場合には、農林水産省や林野庁等が所管する法令にも多く抵触する可能性が指摘された。小水力発電の積極的な設置のためには、それら関連省庁を統合した組織が必要となるであろう。次年度はこれらを踏まえ、より具体的な行政手続き簡略化のための提言案を検討する。

4) 水資源の活用ケース2：地下水制御空調システムにおける“社会・法制度課題”の検討  
【社会科学グループ、自然科学グループ】

a. 地下水の保全を目的に、地方公共団体が条例を施行する場合の法的な問題点について

地下水保全のために地方公共団体が条例により規制を行う場合の法的な問題点について検討するために、井戸を設置しようとする者について村長の許可を受けることを義務付ける忍野村地下水資源保護条例のもとで、自己が取得した土地内に存在する井戸から飲料水販売目的で地下水採取を行う権利を有することの確認を求めることの可否が問題となった事件を分析した。

民法207条は「土地の所有権は、法令の制限内において、その土地の上下に及ぶ」としており、同206条は「所有者は、法令の制限内において、自由にその所有物の使用、収益及び処分をする権利を有する」としている。これらの規定を素直に解釈し、土地所有者の所有権がその土地の地下に存在する地下水にも及び、地下水は土地所有者の私有財産であると考えた場合、土地の所有権者はその土地の地下に存在する地下水についても所有権を有しており、地下水の使用、収益、処分について制限を加える場合には「法令」による必要があると考える余地がある。一般に「法令」とは国の法律と命令のことを指し、地方公共団体の定める「条例」はこれには含まれないとされている。そうすると、地方公共団体が条例により地下水の使用、収益、処分に制限を加えることはできないという解釈が成り立つ余地がある。この解釈によると、そのような条例は違法無効であるということになる。さらに、日本国憲法29条2項は「財産権の内容は、公共の福祉に適合するように、法律でこれを定める」としており、地方公共団体が条例で財産権（土地所有者の地下水に対する所有権）の内容に制約を加えることはこの規定に反するものであり、違憲無効であるという解釈が成り立つ余地がある。このように、地下水保全のために地方公共団体が条例により何らかの規制を行おうとする場合、法的な問題が生じる可能性がある。

忍野村地下水保護条例は、「地下水資源の保全及び有効活用を促進するため、地下水の採取に関し必要な規制を行うことにより、地域住民の恒久的な生活用水を確保し、大量採取による周辺地域の地盤沈下を防止し、及び国指定の天然記念物である忍野八海を保護すること」を目的とし、規制地域内（忍野村全域）での井戸の設置を村長の許可にかからしめ、無許可での井戸の設置について罰則を用意している。また、特別規制地域内での井戸の設置については、揚水量制限（1日当たり20立方メートル以下）や井戸の設置本数制限（1事業所につき1本）を設けるなど、より厳しい許可基準を設けている。さらに、「地下水の枯渇が明らかに著しく、公共用の水道水源等に影響があると認められる」場合に、村長に井戸設置者に対する指導・勧告、措置命令権限を付与し、命令違反については罰則を設けている。

このように、本件条例は地下水の採取に制約を課すものであるが、地裁判決（甲府地判平成24年7月17日（平成23年（ワ）526号））も高裁判決（東京高判平成25年2月14日（平成24年（ネ）5626号）も本件条例が有効である（違憲・違法ではない）ことを前提に、原告の請求を棄却している。これらの判決からすると、判例実務では民法と日本国憲法について上述のような解釈を採用しておらず、地下水について地方公共団体が条例で規制を加えることは法的に可能であるという解釈を採用していると理解することができそうである。そうすると、多くの事例を収集・分析し、地下水の保全・利活用のために、地方公共団体が条例によりいかなる規制を構築していくことが望ましいかという仕組み論の検討に歩を進めることができそうである。

ただし、本件では当事者が条例の有効性について主張立証しておらず、明示的には争点とされていない。また、本件は下級審判決である点にも留意が必要である。そのため、上記の仕組み論の検討と並行して、この点が正面から争われた場合にどのような判断が行われるか、引き続き関連する裁判例を収集し、分析を加えていく。

#### b. 地下水利用ルール策定のための導入条件の明確化

前項の基礎調査の項目で示した通り、地下水利用ルール策定のための導入条件の明確化として、工学部でのデータを基に、地下熱利用が地下水温および地下水の水質に与える影響調査を行い、熱利用による水質への影響に関する科学的データを得た。

次年度以降は、地下水利用ルール策定のための導入条件を明確化するための調査・分析を引き続き実施する。具体的には、上記の科学的エビデンスなどをもとに、水資源の保全という視点から導入条件と望ましい導入(利用)規則についての検討を行い、地下水利用ルール策定(案)をまとめる。

さらに、平成26年度は関連産業の従事者へのヒアリング調査を実施することによって、産業間での権利調整等に関する検討を行う。また、海外における事例等の情報収集を行い、同意識調査や他地域の取り組み内容をもとに、受益者の協力を確保するための手法と負担原則に関する取り纏めを行う。



#### 5) 水資源の活用ケース3: コミュニティ維持や危機対応への自然エネルギーの地域計画【社会科学研究グループ】

長野県栄村では、2011年の3月12日に逆断層型直下型の地震『長野県北部地震』に見舞われ、マグニチュード (M) 6.7の最大震に続いて、M5以上の2回の余震の被害にあった。また、2014年の2月15日の大雪では、屋敷集落に役場から避難準備情報が出され、秋山地区ではケーブルテレビが矢櫃付近で断線したためテレビ視聴・告知放送・インターネット接続が不能になり18日午後まで利用できないなどの被害が出た。このように栄村では、地震・大雪のほか大雨などの自然災害の際の危機対応策を考える必要がある。

また、栄村は、高齢化率45%と高齢化が進んでおり、若者が勤めに出て集落にいない昼間の時間帯に地震が発生した場合、高齢者のみで災害にどう対応するのかといった特有の課題が挙げられる。長野県北部地震の際は、午前4時に地震が発生したために各集落で素早くお年寄りの安否確認・救出などが住民の力で行われたことが全国の人びとに強い印象を与えた。こうした地域住民のネットワークをどのようにして維持していくかが今後の課題としてあげられる。特に、長野県のような中山間地を多く抱える地域においては、地域特性や立地条件を活かした水資源のエネルギー利用の有効利用が求められる。

このような背景を踏まえ、栄村に豊富にある水路の利用を踏まえて小水力発電の導入によるコミュニティの自治・防災計画へと反映させたモデル構築の検討を開始している。

上述のように、当事業では、平時に発電電力を地区の公共施設である公衆トイレの電源やコミュニティ電源として利用し、災害時には緊急用電源として導入することとした。平成26年度の研究開発では、引き続き研究開発を進め、上述のケースを下に災害時には緊急用電源として活用するために必要な課題を明らかにし、次年度に実施するコミュニティの自治・防災計画へと反映させたモデル構築を進める。

なお、栄村において、平成26年1月に地域防災計画改訂の意見募集が行われた。事業途中ではあったが、研究協力者となっている自治体職員協力のもと、プロジェクトのこれまでの研究結果を反映した意見書を提出した。具体的な内容として、下記の項目を意見書として提出を行った。

- ・地域資源として水資源エネルギー利用と保全の両立
- ・比較的外部からの影響を受けにくい地下水の飲料水や生活用水の利用、平時での生活・農業等へのヒートポンプへの熱源利用
- ・井戸・湧水等の情報管理と維持管理
- ・公民館等、地域コミュニティの保全 など

### III. 研究の円滑な推進の実施

#### 6) 実務者会議・進捗会議の開催と協力自治体との連携【マネジメントグループ】

研究代表者の変更など不測の事態の発生もあり、各研究グループ間および研究者間の情報共有を目的とし、7月から毎月進捗会議を開催し、計8回の進捗会議を開催した（次項 3 - 4. 会議等の活動を参照）。

また、11月に外部から2名の講師（埼玉大学 小松登志子 教授、都留市 奈良泰史 総務部長）を招き、自治体や市民参加型の公開勉強会を開催した。長野県内の自治体職員のほか、国の公的機関からも御参加いただいた。

研究の進捗などの公開可能な情報や、展示会・講演等については、7月に信州大学のホームページ内にプロジェクト専用サイトを

(<http://www.shinshu-u.ac.jp/research/project/ristex/>) を整備し、随時情報発信を実施している。

加えて、内部での情報共有や情報整理のためにグループウェアの活用や講演情報や関連記事や資料、各研究グループの活動状況等についてはデータベース化し、メンバーで情報共有を行っている。（図表49）

さらに、信州大学 池田・藤縄らは、各地表水・地下水を用いた再生可能エネルギー技術の普及と水の総合マネジメント導入による環境保全のために、自治体や関係団体が参画する信州小水力会議や地下水・地下熱資源強化活用研究会(AGREA)を運営している。今年度の各研究会の開催は図表50のとおり。



図表49 プロジェクト専用サイト

#### 図表50 信州小水力会議や地下水・地下熱資源強化活用研究会(AGREA)の開催状況

##### ◎信州小水力会議

開催日	名称	場所	概要
2013/05/29	第12回 信州小水力会議	信州大学 工学部	参加自治体・団体等： 長野県内の9市町村、企業5社、長野県
2013/10/01	第13回 信州小水力会議	”	参加自治体・団体等： 長野県内の10市町村、企業5社、長野県

##### ◎地下水・地下熱資源強化活用研究会(AGREA)

開催日	名称	場所	概要
2013/09/04	地下水・地下熱 資源強化活用研 究会 設立総会	メトロポリタ ン長野	研究会の設立総会を実施し、約30人が出席。
2013/11/14 ～11/15	熱応答試験 (TRT)・解析講習 会	14日：メトロポ リタン長野 15日：信州科学 技術総合振 興センター	研究会が主催し、14日：最新の研究情報や熱応答試験の実施例等の発表会を開催し、15日：キャンパス内にて、TRT施設の見学と実習を行った。

### 3 - 4. 会議等の活動

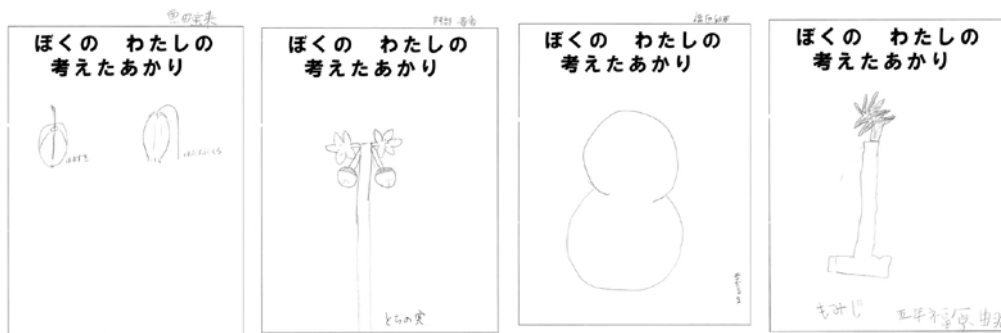
・実施体制内での主なミーティング等の開催状況

年月日	名称	場所	概要
2013/04/01	第1回 研究プロジェクト全体 会議	信州大学 人文学部	研究の全体計画および各研究グループにお ける年度計画等について再度確認と情報共 有を行った。
2013/04/02	栄村現地調査	栄村秋山郷の3集 落(小赤沢、屋敷、 上野原)	前年度に引き続き、豪雪により断念していた 水車導入に際する現地調査を実施し、小赤沢 を導入地点として決定した。
2013/04/23	栄村現地調査	栄村小赤沢	発電計画立案のための現地調査を行った。ま た、地区住民や地権者の合意形成のため、地 区住民の主要メンバーに研究計画の概要説 明を行った。
2013/05/08	栄村現地調査	栄村小赤沢	公図を基に簡易測量等を行い、水車設置地点 の土地所有者を明確にするための調査を実 施した。
2013/05/14	小赤沢地区説明会	栄村小赤沢公民館	当該地区への小水力発電導入に際し、地区の 合意を得るため臨時役員会を招集し説明会 を開催した。説明会では、研究プロジェクト および小水力発電の導入計画を説明し、地区 の合意を得た。
2013/06/07	栄村現地調査および打 合せ会議	栄村小赤沢	水車設置の関係者(水車設計、土木工事、全 体システム設計、大学研究者等)が現地に集 合し、現場で設計に関する妥当性や方向性 に関する議論を行った。
2013/06/13	社会科学グループ 会議 #1	信州大学 人文学部	栄村における水車導入について情報共有を 行い、社会科学領域における調査等に関する 役割分担や法制度等に関する検討を行った。
2013/06/23	小赤沢地区 水源地調 査	栄村小赤沢	社会科学グループによる水源地調査を 実施し、水路の流れと利用方法についてヒア リング調査を含む現地調査を実施した。
2013/07/03	社会科学グループ 会議 #2	信州大学 産連本部および工 学部	社会科学Gにおける会議を実施し、学会 参加や水源地調査の報告等を行い、調査を踏 まえた水資源の法的解釈等の検討を行った。
2013/07/18	栄村現地調査および打 合せ会議	栄村小赤沢	水車設置の関係者(水車設計、土木工事、全 体システム設計、電気設備工事、大学研究者 等)が現地に集合し、現場確認および工事ス ケジュール等の確認・擦り合わせを行った。
2013/07/23	第2回 研究プロジェク ト全体会議および勉強 会	信州大学 産連本部および工 学部	社会科学Gがこれまでに調査等によっ てまとめた河川や保安林、農地等の利用に関 連する法制度課題、土地利用に際する契約に 関する課題等について報告を行い、研究者に よる議論を行った。
2013/08/26	第3回 研究プロジェクト全体 会議	信州大学 産連本部および工 学部	各研究グループや研究における進捗状況等 を確認し、問題点や課題等について検討を行 った。
2013/08/29	水車導入のための土木 工事着工に伴う現地打 合せ	栄村小赤沢	工事着工に伴い、業者および地権者と打合 せを行い、現場の調整を行った。
2013/08/30	水車設計に関する打合 せ会議	信越工業	工事着工となった現場の状況を共有し、水車 および周辺設備の詳細検討を行った。
2013/09/05	自然科学研究G(小水 力チーム)会議	信州大学 工学部	小水力チームおよびマネジメントGによる会 議を開催し、設備に対する保険加入や電力の 使用方法に関する検討を行った。
2013/09/17	流量調査および現地確 認	栄村小赤沢	大型の台風が通過した直後の現場確認を行 い、流量調査を実施した。
2013/09/27	第4回 研究プロジェク ト全体会議	信州大学 産連本 部および工学部	各研究グループにおける進捗状況等を確認 し、課題等について検討を行った。また、公 開型勉強会を開催することを決定した。

2013/10/01	水車設置のための現地 事前打合せ会議	栄村小赤沢	現場にて土木工事および電気工事の進捗確認 を行い、水車試作機の設置に関して最終調 整を行った。
2013/10/10	水車試作機の据え付け 工事	栄村小赤沢	試作機が完成し、栄村小赤沢への設置を行っ た。
2013/10/18 ～10/19	栄村小赤沢地区小水力 発電竣工式	栄村小赤沢	栄村長や村議会議員、地域の住民が参加し、 小水力発電の竣工式を開催。発電システム の実装を開始した。
2013/11/01	試作機の点検および流 量調査	栄村小赤沢	稼働を始めた水車の点検を行い、流量調査を 実施した。
2013/11/18	積雪時における水車稼 働状況の確認および現 地打合せ会議	栄村小赤沢	積雪のあった現地で水車の稼働状況を記録 した。課題となっている除塵対策について検 討を行った。
2013/11/22	RISTEX研究プロジェ クト公開勉強会	ビレッジ安曇野	2名の講師を招いて公開型の勉強会を開催し た。研究フィールドとして連携している栄村 や安曇野市をはじめ、県内から7つの市町村 から水行政や環境対策の担当者等が出席し た。
2013/11/23	第5回 研究プロジェク ト全体会議	ビレッジ安曇野	各研究グループにおける進捗状況等を確認 し、これまでの研究成果についてまとめ、プ ロジェクトによる新たな知見やプロジェク トの構造化・一般化について検討を行った。
2013/12/05	第2回 国際ワークショ ップ	JST東京本部別館 1Fホール	JST-RISTEXが主催した第2回国際ワークシ ョップ～科学技術イノベーション政策のた めの科学の「地域における実践と普遍化」～ に参加し、国際的視点から多くのアドバイ スを受けた。
2013/12/06	地下水利用における環 境影響に関する打合せ 会議	埼玉大学	CRESTの研究を進める埼玉大学の小松教授 を訪問し、地下水利用に際する環境影響につ いて意見交換を行った。
2013/12/11	水車の稼働状況の確認 および秋山小学校との 意見・情報交換会	栄村小赤沢 および秋山小学校	水車の稼働状況の確認を行い、秋山小学校に おいて、発電した電気の利用方法について校 長・教頭と意見交換を行った。
2013/12/19	第6回 研究プロジェク ト全体会議	信州大学 産連本 部および工学部	各研究グループにおける進捗状況等を確認 し、主に予算執行に関する検討を行った。
2014/01/16	水車の冬期稼働状況の 確認		およそ1メートルの積雪下における発電状況 の確認を行った。また、地権者の協力を得て、 稼働状況の調査検討を行った。
2014/01/29	第7回 研究プロジェク ト全体会議	信州大学 産連本 部および工学部	各研究グループにおける進捗状況等を確認 し、今後必要な研究内容等を精査した。また、 新たに参加するメンバー等について検討を 行った。
2014/02/13	社会科学研究グループ 会議 #3	信州大学人文学部	社会科学研究Gにおける会議を実施し、次 年度計画等の検討を行い、新メンバーのプ ロジェクトでの役割等について議論した。
2014/02/19	第7回 研究プロジェク ト全体会議	信州大学 産連本 部および工学部	各研究グループにおける進捗状況等を確認 し、年度成果のまとめと次年度計画に関する 検討を行った。
2014/03/01 ～03/02	プログラム全体会議 (合宿)	クロスウェーブ府 中	JST-RISTEX「科学技術イノベーション政策 のための科学 研究開発プログラム」のプ ログラム全体会議（合宿）に出席し、他プ ロジェクトとの情報交換等を行った。
2014/03/13	第8回 研究プロジェク ト全体会議	信州大学 産連本部および工 学部	各研究グループにおける進捗状況等および 次年度計画に関する確認を行い、各研究グ ループにおける役割分担等の検討を行った。

#### 4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

栄村小赤沢地区に導入した小水力発電は、地区の公共施設への電力供給および、緊急時のバックアップ電源として活用できるように設計を行ったが、それ以外にも、地域の子どもたちに対する環境教育への展開を目指し、竣工式には地元小学校の全校生徒および職員たちの参加を募った。この際に、自分たちの地域で作った電気をどのように利用することができるかを考えてみて欲しいと投げかけ、後日、子供たちから、秋山らしい電灯に利用したいとの返答があり、地域の小学校との連携に展開している。（図表51）



図表51 栄村村立秋山小学校の児童が作成した電力の利用方法案

また、安曇野市で実施した意識調査において、上述の通り、市民は地下水を公共財として管理する意思が低いことが分かった。一方で、行政主体による水保全の取り組みには肯定的であった。このデータを基に、更に企業や関連産業従事者等の調査を進め、条例などによる地下水管理の在り方や行政計画等について、今後も同市と協同し検討を行っていく。

## 5. 研究開発実施体制

### (1) 社会科学研究グループ

- ① リーダー名： 岡本 卓也（信州大学 人文学部、准教授）
- ② 実施項目：
  - 2) 「水利マネジメント」に関する実態と基礎的課題の把握に関する“社会科学的”調査
  - 3) 小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討
  - 4) 地下水制御空調システムにおける“社会・法制度課題”の検討
  - 5) コミュニティの維持、危機対応への自然エネルギー利用の地域計画
  - 6) 総合的な水利マネジメント実現のための“提言と計画実装”

### (2) 自然科学研究グループ

- ① リーダー名： 池田敏彦（信州大学 工学部、名誉教授・特任教授（研究））
- ② 実施項目：
  - 1) 地表水及び地下水等の「水資源」の実態と基礎的課題の把握に関する“自然科学的”調査
  - 3) 小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討
  - 4) 地下水制御空調システムにおける“社会・法制度課題”の検討
  - 6) 総合的な水利マネジメント実現のための“提言と計画実装”

### (3) マネジメントグループ

- ① リーダー名： 天野良彦（信州大学 地域共同研究センター長／工学部 教授）
- ② 実施項目：
  - 1) 地表水及び地下水等の「水資源」の実態と基礎的課題の把握に関する“自然科学的”調査
  - 2) 「水利マネジメント」に関する実態と基礎的課題の把握に関する“社会科学的”調査
  - 3) 小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討
  - 4) 地下水制御空調システムにおける“社会・法制度課題”の検討
  - 5) コミュニティの維持、危機対応への自然エネルギー利用の地域計画
  - 6) 総合的な水利マネジメント実現のための“提言と計画実装”

## 6. 研究開発実施者

研究グループ名： 社会科学研究グループ

氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
岡本 卓也	オカモト タクヤ	信州大学 人文学部	准教授	社会科学研究G統括 研究開発実施項目2. において人文・社会的な視点での 調査研究
栗田 晶	クリタ ショウ	信州大学 経済学部	准教授	研究開発実施項目2. 6. において法学的な視点での調査 研究
大江 裕幸	オオエ ヒロユキ	信州大学 経済学部	講師	研究開発実施項目5. 6. において法学的な視点での調査 研究

研究グループ名： 自然科学研究グループ

氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
池田 敏彦	イケダ トシヒコ	信州大学 工学部	名誉教授・特 任教授 (研究)	自然科学研究G統括 研究開発実施項目1. 3. 4. 6. において工学的な視点での調査 研究
藤縄 克之	フジナワ カツユキ	信州大学 工学部	教授	研究開発実施項目1. 4. 6. において工学的な視点での調査 研究
中屋 眞司	ナカヤ シ ンジ	信州大学 工学部	教授	研究開発実施項目1. 4. 6. において工学的な視点での調査 研究
飯尾 昭一郎	イイオ ショウイチ ロウ	信州大学 工学部	准教授	研究開発実施項目1. 4. 6. において工学的な視点での調査 研究
赤塩 久美子	アカシオ クミコ	信州大学 工学部	研究 補助員	研究開発実施項目1. 3. 4. 6. において資料の整理等研究補助

研究グループ名： マネジメントグループ

氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項目
天野 良彦	アマノ ヨシヒコ	信州大学 地域共同研究 センター	センター長 (教授)	研究統括 マネジメントG統括 研究開発実施項目1.～6.に おける地域企業・自治体との マネジメント
林 靖人	ハヤシ ヤスト	信州大学 地域戦略セン ター	准教授	研究開発実施項目1.～6.に おける地域企業・自治体との マネジメント
赤崎 寿樹	アカサキ ヒサキ	信州大学 産学官 連携推進本部	助教	研究開発実施項目1.～6.に おける地域企業・自治体との マネジメント
増山 憲一郎	マヤマ ケンイチロ ウ	信州大学 人文学部	研究員	研究開発実施項目1.～6.に おける地域企業・自治体との マネジメント



## 7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### 7-1. ワークショップ等

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2013/ 11/14	地下水・地下熱資源 強化活用研究会 「熱応答試験(TRT)・ 解析講習会」	メトロポリタ ン長野および 信州大学 工学部	40名	地下水・地下熱資源強化活用研究会と 地中熱利用促進協会の主催により、長 野市内で、適切な地中熱システムの構 築に欠かせないTRTの基礎や実施例 を解析実習するための熱応答試験 (TRT)・解析講習会を開催した。
2013/ 11/22	公開勉強会	安曇野市	29名	研究メンバーの他に、日頃から地域で 水資源の保全やエネルギー計画等を 担当している行政職員の参加を募り、 公開型の勉強会を実施した。講師とし て、埼玉大学の小松教授および都留市 の奈良総務部長を招き、地下水・地表 水のエネルギー利用に関する事例を 発表していただき、各地域における現 状等について情報交換を行った。

### 7-2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

#### (1) 書籍、DVD

- ・ 広報誌「信大NOW」第84号 記事掲載 (page.05~06)  
 栄村秋山郷で小水力発電システム稼働開始 水資源の保全・活用に新たな一歩 [信州  
 大学RISTEX研究プロジェクト]  
 発行日：2013年11月29日 (隔月発行) 発行：国立大学法人 信州大学  
 制作：信州大学 広報室

#### (2) ウェブサイト構築

- ・ 信州大学のホームページ内にプロジェクト専用サイトを整備し、随時情報発信を実施。  
 サイト名：信州大学RISTEX研究プロジェクト「信州型水マネジメントモデルの研究」  
 URL： <http://www.shinshu-u.ac.jp/research/project/ristex/>  
 サイト開設日： 2013年7月1日

#### (3) 学会 (7-4.参照) 以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・ 2013年5月29日 信州大学工学部 地域共同研究センター  
 第12回 信州小水力会議 「RISTEX研究プロジェクト～イノベーション政策に資す  
 る公共財としての水資源保全とエネルギー利用に関する研究～」 (増山)
- ・ 2013年6月11日 ホテルモンターニュ松本  
 長野県地中熱利用促進協議会研修会  
 講演テーマ「オープンタイプ地下熱利用システムについて」 (藤縄)
- ・ 2013年06月13日 八千代エンジニアリング株式会社 本社第一会議室  
 八千代エンジニアリング社内講演会  
 講演テーマ「地下熱・温泉熱の利活用について」 (藤縄)

講演テーマ「エコ水車の開発と普及～里山におけるナノ水力発電によるエネルギーの地産地消～」(池田)

- ・ 2013年07月09日 静岡県庁 小水力技術セミナー  
講演テーマ：エコ水車の開発と普及(池田)
- ・ 2013年08月05日 諏訪市豊田 クリーンレイク諏訪  
第3回 下水道エネルギー利用研究会  
講演テーマ：「小水力発電の将来と下水道処理場における可能性」(飯尾)
- ・ 2013年08月08日 サンシップとやま 水の王国とやまシンポジウム  
パネルディスカッション：「ふるさとの水を守り、育む」(藤縄)
- ・ 2013年08月28日 アルカディア市ヶ谷 私学会館  
CREST研究課題シンポジウム 地下温度環境の変化と地下水保全「未来の子供達へ」  
講演テーマ：「地下熱・温泉熱利用と地中温度について」(藤縄)
- ・ 2013年09月04日 ホテルメトロポリタン長野  
地下水・地下熱資源強化活用研究会 設立総会  
講演テーマ：「地下水・地下熱資源の強化・活用による豊かな社会の形成に向けて」  
(藤縄)
- ・ 2013年09月26日 千曲市産業支援センター 新技術講演会  
講演テーマ：エコ水車の開発と普及 ～小出力発電の現状と将来～(池田)
- ・ 2013年10月1日 信州大学工学部 講義棟  
第13回 信州小水力会議 「イノベーション政策に資する公共財としての水資源保全とエネルギー利用に関する研究 ～社会科学的視点から見た設置の問題～」(岡本)
- ・ 2013年10月23日 サン・アルプス大町 大北自然エネルギーフェア  
講演テーマ：エコ水車の開発と普及 ～地域の小水力発電の取り組み～(池田)
- ・ 2013年10月28日 木祖村役場 木祖村自然エネルギー協議会  
講演テーマ：「エコ水車の開発と普及 ～小水力発電の可能性～」(池田)
- ・ 2013年10月31日 東京ビッグサイト NEDO 省エネルギー技術フォーラム2013  
講演テーマ：「地下水制御型高効率ヒートポンプ空調システムの研究開発」(藤縄)
- ・ 2013年11月11日 山口大学 水力エネルギーに関する講演会  
講演テーマ：「エコ水車の開発と普及」(池田)
- ・ 2013年11月14日 ホテルメトロポリタン長野  
地下水・地下熱資源強化活用研究会(AGREA)／NPO法人地中熱利用促進協会「熱応答試験(TRT)・解析講習会」  
講演テーマ：「地下水・熱利用における最新の研究動向」(藤縄)
- ・ 2014年01月25日  
NPO法人地球熱&地下水資源活用NET 第2回トークセッション「地下水 みえない水資源」  
講演テーマ：「エネルギー資源としての地下水」(藤縄)
- ・ 2014年02月13日 安曇野市穂高交流学習センター みらい  
安曇野市×信州大学人文学部 連携協定 講演会  
講演テーマ：地下水利用空調でエコ生活(藤縄)
- ・ 2014年02月18日 JST東京本部別館ホール  
JST新技術説明会 [二次電源／次世代エネルギー]

講演テーマ：「効率的地下熱空調設計のための熱パラメータ解析ツール」（藤縄）

- ・ 2014年03月04日（場所：信州大学工学部）  
第1回信州大学見本市 知の森総合展2014 ポスター展示  
「新技術導入に対する市民の環境意識（RISTEX研究プロジェクトより）」（岡本）
- ・ 2014年03月04日（場所：信州大学工学部）  
第1回信州大学見本市 知の森総合展2014 ポスター展示  
「水利用技術の導入実装における法的課題等の整理（RISTEX研究プロジェクトより）」（栗田）
- ・ 2014年03月15日 高山村公民館 高山村 小水力発電講演会  
講演テーマ：「エコ水車の開発と普及」（池田）
- ・ 2014年03月20日 KKRホテル熱海  
熱海グリーンエネルギー推進協議会 第1回シンポジウム「グリーンエネルギー総動員で地域の新生！」  
講演テーマ：「エコ水車の開発と普及」（池田）

## 7 - 3. 論文発表

(1) 査読付き（ 3 件）

●国内誌（ 3 件）

- ・ 富樫聡・藤縄克之：  
2孔式塩水トレーサ試験と3次元数値モデルの逆解析による帯水層定数の同定，  
土木学会論文集 C, Vol.69, No.3, pp.297-311（2013）
- ・ 上原健人・藤縄克之：  
ケルビンの線源関数の高精度漸近解とパウエル共役傾斜法を用いた熱応答試験  
関連パラメータの逆解析法とその適用，  
地下水学会誌 Vol.55, No.3, pp.253-268（2013）
- ・ 濱野太宏・富樫聡・上原健人・藤縄克之：  
水理地質環境が熱応答試験のパラメータ同定に与える影響に関する実験的研究，  
土木学会論文集 C, Vol.70, No.1, pp.54-66（2014）

●国際誌（ 0 件）

(2) 査読なし（ 1 件）

- ・ 栗田晶・岡本卓也：  
既存用水路を利用した小水力発電技術導入の慣行水利権との関係における問題点  
—長野県下水内群栄村堺小赤沢地区における消雪溝排水用水路への水車設置を中心  
として—，信州大学法学論集 23号（2014年）317-332頁

## 7 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

(1) 招待講演（国内会議 0 件、国際会議 0 件）

(2) 口頭発表 (国内会議 4 件、国際会議 0 件)

- ・ 2013年06月21日 いわて県民情報交流センター アイーナ  
産学連携学会 第11回大会 オーガナイズドセッション『RISTEX』プロジェクトに見る産学連携の展開の『ヒント』、「イノベーション政策に資する公共財としての水資源保全とエネルギー利用について」(林)
- ・ 2013年10月11日 秋田県民会館ジョイナス  
日本地下水学会2013年秋季講演会、地下水型HPシステムによる大規模・小規模冷房実証試験結果について(石原貴之・奥平圭祐・藤縄克之)
- ・ 2013年10月11日 秋田県民会館ジョイナス  
日本地下水学会2013年秋季講演会、sWaterによるエルダー問題の解析(中山宏之・藤縄克之)
- ・ 2013年10月11日 秋田県民会館ジョイナス  
日本地下水学会 2013 年秋季講演会、地下水流動場における熱応答試験時の熱移動解析(上原健人・富樫聡・藤縄克之)

(3) ポスター発表 (国内会議 1 件、国際会議 0 件)

- ・ 2013年06月21～22日 いわて県民情報交流センター アイーナ  
産学連携学会 第11回大会 「文理融合プロジェクトの創出～公共財としての水資源保全とエネルギー利用について～」(赤崎・林)

## 7 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等

(1) 新聞報道・投稿 (4 件)

- ・ 2013年09月04日 日本経済新聞  
「地下水・地下熱で研究会」信大工学部 空調普及へ企業連携
- ・ 2013年10月19日 信濃毎日新聞  
湧き水活用 トイレや非常用電力に「信大グループ 秋山郷で小水力発電」
- ・ 2013年10月25日 新建新聞  
「秋山郷で小水力発電稼働」
- ・ 2013年10月26日 北信濃新聞  
栄村秋山で小水力発電施設が竣工「鉛筆削りで発電を確認」

(2) 受賞 (1 件)

- ・ 濱野太宏(工学部社会開発工学科) : 土木学会中部支部優秀研究発表賞「地盤環境が熱応答試験結果に与える影響に関する実験的研究」(2013年5月13日)[藤縄指導による]

(3) その他 (2 件)

- ・ 2013年10月25日 信州大学HPトピックス掲載 「水資源の保全・利用する社会実装研究スタート! 一栄村・秋山郷で小水力発電竣工セレモニー開催」  
([http://www.shinshu-u.ac.jp/topics/archive\\_data/2013/10/post-609.html](http://www.shinshu-u.ac.jp/topics/archive_data/2013/10/post-609.html))

- ・ 2014年1月26日 15:00放送 平成25年度放送公開講座「信州「知の森」が拓くエネルギーの近未来 ～エコ生活のヒントあります～」 SBC信越放送  
「エネルギーの地産地消社会へ～地域で見つめる水エネルギー～」 (林)

#### 7 - 6. 特許出願

なし