

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
平成26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」

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 .....	6
3 - 1. 研究開発目標 .....	6
3 - 2. 実施方法・実施内容 .....	7
3 - 3. 研究開発結果・成果 .....	9
3 - 4. 会議等の活動 .....	37
4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況 .....	39
5. 研究開発実施体制 .....	40
6. 研究開発実施者 .....	41
7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など .....	42
7 - 1. ワークショップ等 .....	42
7 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など .....	43
7 - 3. 論文発表 .....	44
7 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） .....	44
7 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等 .....	45
7 - 6. 特許出願 .....	45

## 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. 水資源の活用ケースを通じた応用研究について

- 1) 水資源の活用ケース1として、社会科学研究グループおよび自然科学研究グループによる、小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討を行った。
  - ・平成25年度に栄村でアクション・リサーチとして導入した小水力発電システムについて、導入の際に調査を行った社会・法制度や行政手続き等のフローデータをもとに、手続きの簡素化案の検討を行った。
  - ・また、地区との検討を進め、集落独自の防犯灯の設置を決定した。（※現地における積雪が、例年になく早かったため、街路灯の設置は次年度に繰り越しとなった。）
  - ・栄村に導入した小水力発電を通年で稼働して、水車性能や効率等の測定を行った。併せて、除塵や騒音等の課題検証を行った。
  - ・除塵については、メーカーの協力によって新たな除塵装置を設置し、性能試験を行った。騒音問題については、長野工業高等専門学校の倉澤英夫名誉教授の協力を得て、課題解決を行った。
- 2) 水資源の活用ケース2として、社会科学研究グループおよび自然科学研究グループによる、地下水制御空調システムにおける“社会・法制度課題”の検討を行った。
  - ・関連産業の従事者が安曇野市で行った議論では、以下のようなアクションを求める声が多く出された。
    - 自治体単独ではなく、『水資源は地域全体の資源』という考え方を啓蒙し、近隣市町村との連携を図ること。
    - 地下水量のモニタリングを徹底し、どのくらい使えるのか数値的な設定を行うこと。
    - 節水を進め、節水教育を徹底すること。
    - 水田への水張り、雨水浸透枡などを通じて地下水の涵養を強化すること。
    - 地下水に関するルールを制定するよう国に働きかけること。
  - ・この結果を踏まえ、地下水の保全や利用計画を進める上で大きく影響すると考えられる地域間における考え方や水資源の捉え方に対するギャップを検証すべく、県下77自治体の実態調査および自治体職員の水資源に対する意識調査を実施した。
  - ・また、同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方針を検討している。
  - ・これまでにプロジェクトが行った「安曇野市における市民意識調査」や「県下自治体の実態調査および職員の意識調査」、さらには、平成25年度に行った地下水流動に関わる現況再現計算と将来予測計算のデータの調査結果などを基に、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)についての議論を進めている。
- 3) 水資源の活用ケース3として、社会科学研究グループによる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の検討を行った。
  - ・栄村の実証地に『平時のコミュニティ維持や観光等への活用および非常用設備』として蓄電池を導入した。これにより、災害時の緊急電源として活用するため

の必要条件を明らかにした。

- ・ また、改めて同地区における防災計画等における水資源の位置づけについて調査を行い、災害時のライフライン確保のための電源として機能させるための前提条件を明確にした。
- ・ 県内における小水力発電および地下水・地下熱利用の導入の実績と、条例パターンの整合性を検証するため、県下自治体における条例の規制レベルの分析を行い、近隣自治体であってもその規制レベルに大きな差があり、自治体間における利害のずれが生じていることを明確化した。
- ・ また、コミュニティ維持や災害時における自然エネルギー活用や、地域外に依存しない地域内エネルギーの有効性等の検討を行い、地域計画の提言案について議論を進めている。

## II. 研究グループによる基礎調査について

I. 応用研究を実施した後、PDCAサイクルを通じて基礎調査の追加が必要な部分は、II. 研究グループによる基礎調査を実施し不足部分を補った。具体的には、これまで長野県にフォーカスして研究を進めていたが、他県でも応用可能な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となるよう6)の項目と並行して実施した。

### 4) 各研究グループにおいて不足していた基礎調査

- ・ フィールドとして設定した自治体の近隣自治体におけるヒアリング調査を行う予定であったが、政策提言に際してさらに広域的な視点からの考察が必要であるため、県下77の全自治体を対象とした実態調査と、環境行政や水行政に係わる職員の意識調査を実施し、およそ91%にあたる70自治体の回答を得た。
- ・ 関連して、国外（米国、EU）における地下水量および水質の保全政策と我が国の政策の比較や、海外（独）における法制度に関する調査を行った。
- ・ 本学におけるCOC事業との連携として、信州大学地域活性化システム論の44名の履修登録者に対して2回の講義を行った。
- ・ 平成26年度より新たに本プロジェクトの研究協力者として、健康科学大学の奈良泰史特任教授（元都留市役所総務部長）に協力いただいております。これまでの調査結果に対する情報交換や先進地事例の現地踏査として、岐阜県郡上市石徹白地区を訪問した。

## III. 社会技術化と実装

### 5) 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

- ・ 本プロジェクトによる研究成果の一般化の可能性（他地域への応用の可能性）について検討を行うため、調査範囲を対象フィールドから長野県下全域の自治体に広げ、実態調査や行政職員の意識調査を実施した。上記のとおり、これらの調査結果を基に、総合的な水利マネジメント政策の提言を検討中である。
- ・ 現実的な水資源の保全とエネルギー利用技術を活かす総合水利マネジメントとなるよう、前出の通り、県下自治体の実態調査を行い、政策・制度強化のための意見収集を行った。

#### IV. 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

- ・ 毎月開催している進捗会議に加え、社会科学者グループメンバーおよび、マネジメントグループが集まり、実際に長野県内の水資源の現状について県の委託を受けて調査・観測を行っている企業の担当者を講師として招き、長野県下における水資源の現状に関する勉強会を開催した。
- ・ なお、事業の推進に当たり、マネジメントグループでは、随時、各研究者と個別に情報交換を行って情報を整理し、研究代表者に連絡を行う事で円滑な事業を推進している。
- ・ 定期的で開催されている信州小水力会議においても、プロジェクトの進捗状況を発表し、水の総合マネジメントに関心を持つ市町村の拡大に努めた。
- ・ 現在、信州大学では COI 事業（平成 25 年度 革新的イノベーション創出プログラム（COI STREAM）『世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献するアクア・イノベーション拠点』）が進められている。同じ水資源を扱うこともあり、この COI 事業と連携を図るため、現在建設中の「国際科学イノベーションセンター」内に、本研究のパネル展示を行うべく準備を進めている。

### 3. 研究開発実施の具体的内容

#### 3 - 1. 研究開発目標

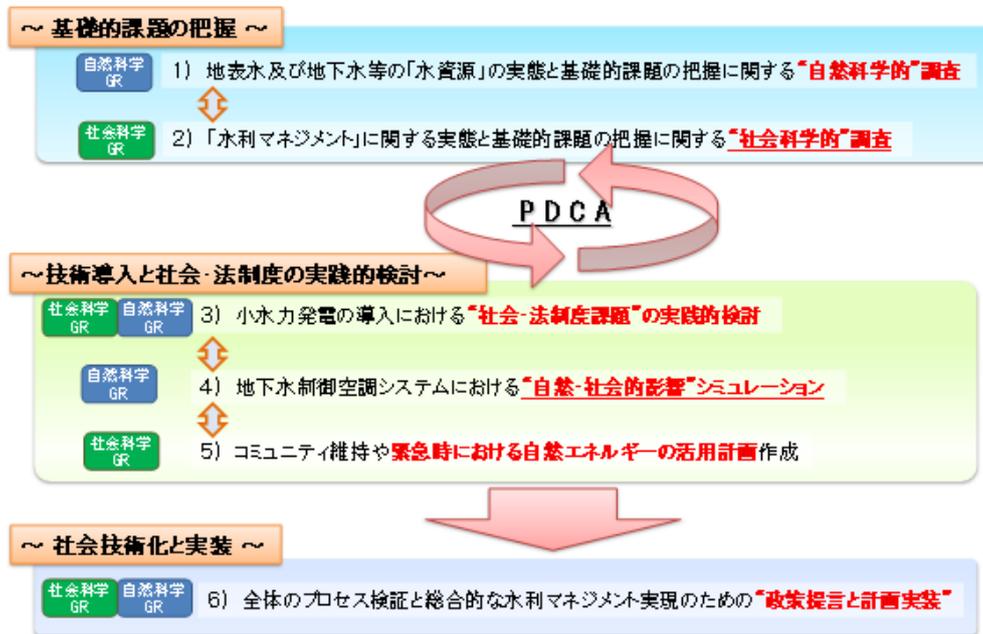
自然エネルギーを持続可能なエネルギーとして、自然に負荷をかけずに活用することは、人類の喫緊の課題である。そのためには、利用可能な資源の新技术による発掘、活用技術の開発が必要であるとともに、自然資源の保護と活用を両立可能にする社会的・法的制度の設計と、活用方法についての社会的合意形成の手法を構築することも不可欠の条件である。本プロジェクトにおいては、水資源を対象として、長野県をフィールドとして、小水力発電および地下水利用ヒートポンプの可能性と実装化について、以下のように研究目標をたてて研究を実施する。

- 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

これまでの研究では、地表水および地下水といった水資源について、1. 地域における小水力発電の導入、2. 地下水制御空調システム、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の3つの活用ケースを設定し、平成25年度には、主に基礎的課題の把握を行うための基礎調査を実施し、平成26年度には、前年度の不足を補いつつ、応用研究を中心に研究を進めた。

#### I. 水資源の活用ケースを通じた応用研究について

- 1) 水資源の活用ケース1として、社会科学研究グループおよび自然科学研究グループによる、小水力発電の導入における“社会・法制度課題”の検討を行った。
  - ・平成25年度に栄村でアクション・リサーチとして導入した小水力発電システムについて、導入の際に水利権、土地の権利、保安林の観点からそれぞれ個別の部署での手続きが必要であった。また、それらの担当者が連携をしておらず手続きが煩雑であった。これらのことから、小水力発電の導入に際して専門知識を有する専門職員、あるいはアドバイザーを設置する必要があるだろう。加えて、関連部署が行政手続きの共通マニュアルを作成し、各窓口で同じ対応が出来るよう整備しても良いだろう。
  - ・また、小水力発電によって得られた電力の有効的な活用方法について、村内関係各所のヒアリング調査を行い、導入地区と検討を重ねた結果、独立型の防犯灯をプロジェクトと協働で設置することを決定した。具体的には、地区が電柱を設置し、その電柱にプロジェクトが防犯灯を設置するという役割分担を決め、2014年12月上旬までに地区側が電柱を設置した。（図表1）しかしながら、12月9日時点で既に積雪があり、根雪となってしまったため、電気の配線および防犯灯の取り付け作業は、次年度に繰り越すこととなった。



図表1 地区が設置した電柱

- ・継続課題として、以下の除塵問題および騒音問題の解決に取り組んだ。
  - 除塵について  
小水力発電を通年で稼働させる上で、塵芥による取水障害が生じていた。

図表2～図表5は、当初設置した除塵スクリーンと、スクリーンに張り付いた塵芥の様子である。



図表2 旧除塵スクリーン



図表3 秋の除塵スクリーン



図表4 冬季の  
除塵スクリーン



図表5 冬季の除塵作業

メーカー（日本エンジニア株式会社）の協力（当該事業とは別に飯尾との共同研究開発品）により、U字溝に特殊なスクリーンを設置して塵芥と水流とを分離する除塵装置を導入した。図表6～8のとおり、発電に必要な水はスクリーンを透過してヘッドタンクに入り、落ち葉などの塵芥はスクリーン上を余剰水流とともに通過する仕組みである。



図表6 新たな除塵装置1

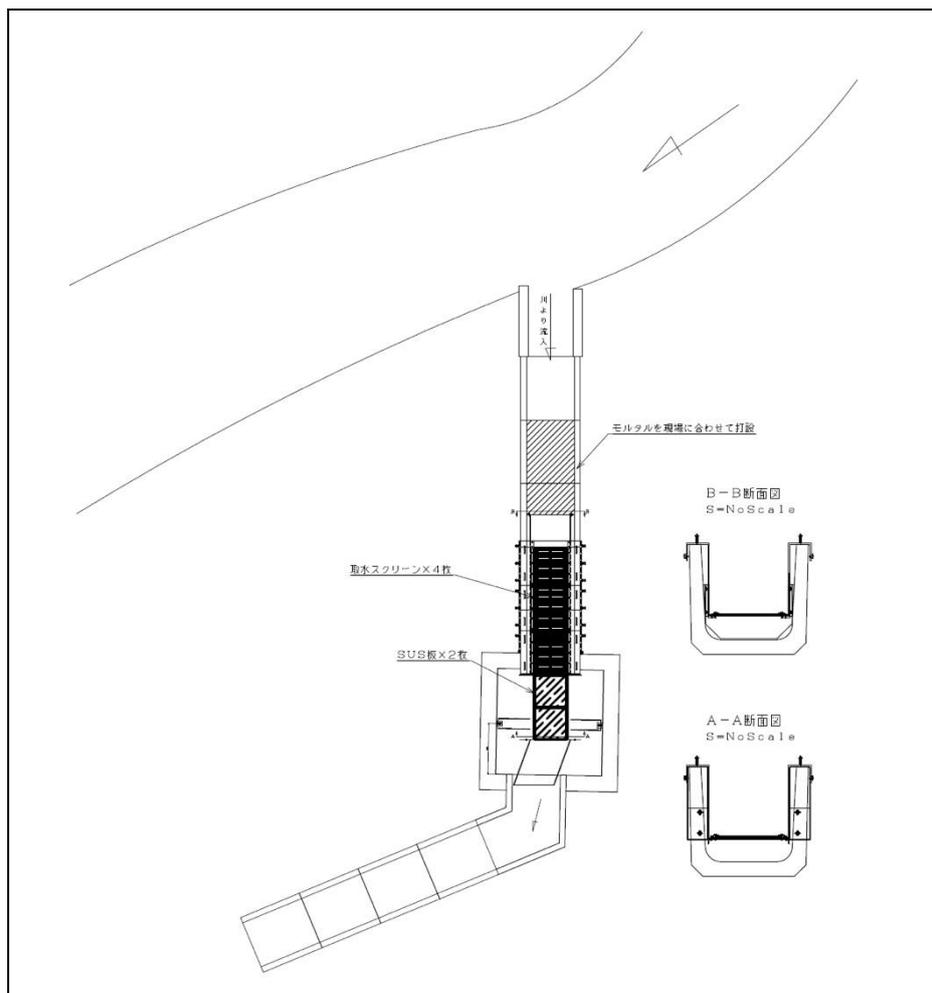


図7 新たな除塵装置2

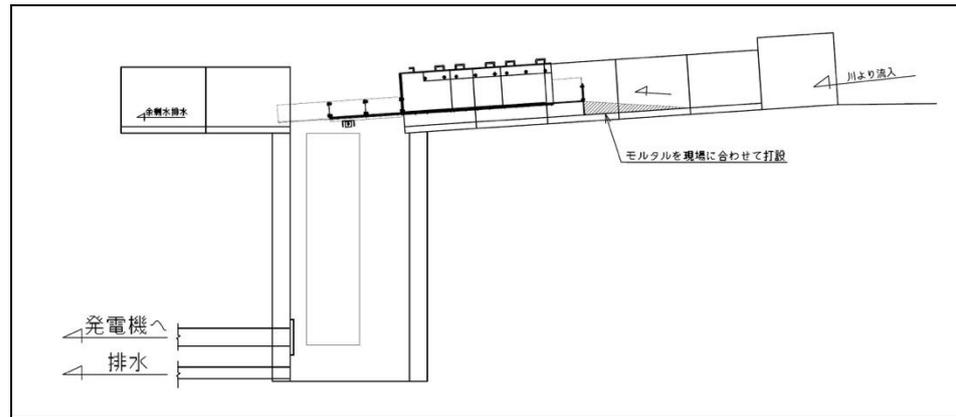


図8 除塵装置による取水

除塵装置全体の図面を図表9、図表10に示す。



図表9 除塵装置 設置参考立面図



図表 10 除塵装置 設置参考側面図

この新たな除塵装置の設置により、除塵に係るメンテナンスが飛躍的に改善され、発電システムの安定した運転を行うことが可能となった。

・ 騒音問題について、

除塵問題が解決し水車が稼動すると、周囲の住民から騒音問題が提起された。そのため、この問題が解決するまで、小水力発電システムの運転を停止することを決定した。

騒音規制法（昭和 43 年法律第 98 号）は、第 2 条第 1 項で規定する特定施設から出る騒音を規制する法律であり、本プロジェクトが設置した小水力発電システムは、この特定施設にあらず、騒音規制法は適用外である事が判明した。今回住民から提起された騒音問題が、各種法令に抵触しないとはいえ、地域住民から提起された問題を抱えたままプロジェクトを進めることはできないため、その他の騒音関連規制等の確認作業と平行し、課題解決に着手した。尚、課題解決にあたっては、音響や騒音といった分野を専門に研究してきた長野工業高等専門学校の倉澤英夫名誉教授らに協力を依頼した。

騒音対策として、水車を厚さ 30mm の合板で囲い水車小屋を設けた。（図表 11 および図表 12）水車の回転音を遮断するため、水車小屋の内側の全ての面に防音シートを貼った。（図表 13）



図表 11 水車小屋設置前

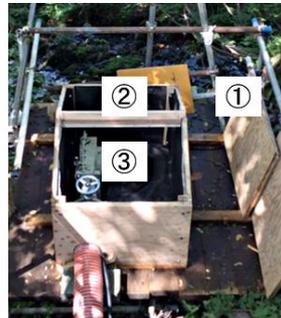


図表 12 水車小屋設置後



図表 13 防音シート

騒音測定を行った結果を図表14に示す。図表15, 図表16の①～④は、図表14の測定場所①～④に対応している。



図表15 水車小屋



図表16 架台下部

図表14 騒音測定結果1

測定場所	単位：dB(A)		
	水車 運転なし	水車運転時	
		フタ なし	フタ あり
①	81.2	81.2	78.3
②	76.6	87.9	74.1
③	76.9	88.2	74.7
④	—	86.0	86.0

2014.7.14測定値

水車小屋による防音効果

- ① 2.9dB減少
- ② 13.8dB減少
- ③ 13.5dB減少
- ④ 変化なし

上記の結果から、水車架台上部では騒音減少の効果がみられたが、架台の下部では変化が見られなかった。

騒音問題を提起した住民の住宅Aと水車設置箇所との位置関係を図表17に示す。小赤沢対岸の国道脇ガードレール沿い⑤、住宅Aの2階⑥、住宅Aの3階⑦で騒音測定を行った。その結果を図表18に示す。



図表17 水車設置箇所と測定値の位置関係

図表18 騒音測定結果2

測定場所	単位：dB(A)		
	水車 運転なし	水車運転時	
		フタ なし	フタ あり
⑤	60.2	60.2	60.5
⑥	—	—	53.6
⑦	—	—	52.9

← フタの有無による  
dB値の変化なし。  
ただし、機械音（ブーン音）  
を可聴。

水車の運転時（フタあり・なし）および水車を運転しない状態での騒音レベルの差は見られなかった。しかし、水車の運転時には、機械音を可聴した。この機械音が、住民から提起された騒音問題の原因となっていた。

そこで、機械音を特定するために、スペクトル解析を実施した。

機械音としての音源は、水車動翼の回転による騒音が考えられる。その騒音の卓越周波数  $f$  は、次式（1）で表される。

$$f = nzS \quad \dots (1)$$

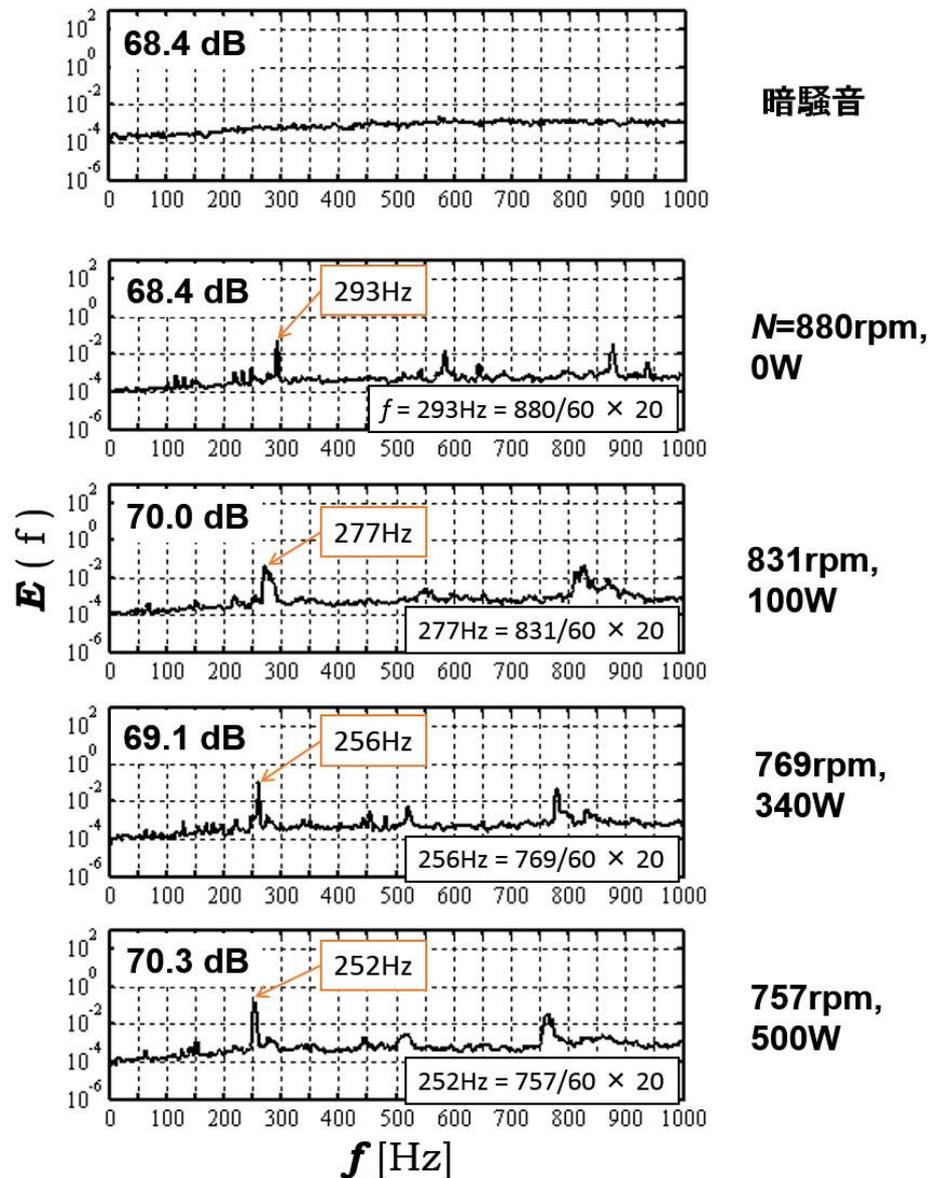
$n$  : 高調波の次数（基本離散周波数  $n=1$ ）

$N$  : 水車の回転数 rpm

$S$  : 水車の回転数 rps

$z$  : 動翼枚数（タービンの羽根枚数）

スペクトル解析の結果を図表19に示す。この結果、出力によって変化した  $N$  に対応して、式（1）による機械音の卓越周波数が現れた。



図表 19 スペクトル解析結果

水車架台下部における、機械音の卓越周波数による騒音の低減に対する対策として、排水口には塩ビ管を接続し、管には防音シートを巻き、出来る限り音の振動を吸収するよう対策を施した。また、配水管を一部埋設処理することによって、管の振動を吸収させた。（図表 20）

排水管を約 10 メートル延長し、沢の下流に向けて排水させた。また、管の一部は埋設したが、露出している箇所については、防音シートを巻いて騒音対策を施した。（図表 21）

一連の調査および対策により騒音問題を解決したため、2014年8月20日より発電システムを再稼働した。



図表 20 対策後の架台下部



図表 21 対策後の配水管

尚、今回の除塵や騒音の対策は、あくまでも現場固有の対策であるが、エネルギーの地産地消を考えると、送電設備やコストの関係もあり、小水力発電装置を地域内に設置するのが、ロスが少なく理想的である。つまり、小型とはいえ、生活圏内に発電所を設置することになるため、小水力発電を導入する際には、予め騒音問題が発生するリスクを想定すべきである。

- 先進事例調査

小水力発電を地域で運営している事例として「小水力発電を核とした持続可能な地域社会」モデルとされる岐阜県郡上市白鳥町石徹白地区を訪問し、NPO 法人地域再生機構 理事 平野彰秀氏およびNPO 法人やすらぎの里いとしろ 理事長 久保田氏へのヒアリング調査を行った。



図表 22 上掛け水車と農産加工所



図表 23 農業用水を利用した  
螺旋水車

地区のシンボルにもなっている上掛け水車（図表 22）は出力 2.2kW で、平成 20 年度採択 JST-RISTEX「地域に根ざした脱温暖化・環境共生社会」研究開発プロジェクトによって設置されたものである。同水車が発電した電力は、すぐ側の農産加工所で利用されている。また、同じ農業用水路の上流には、出力 800W のらせん水車（図表 23）が導入されており、電力については道路を挟んだ建物に引き込まれ、NPO 法人「やすらぎの里いとしる」の事務局で照明等に利用されている。

集落ではエネルギー自給率 100%以上を目指しており、地区では新たに 68kW と 103kW の小水力発電施設を建設中であった。50 年あまりの間に人口が 4 分の 1 以下まで減少してしまった小さな集落が、その生き残りをかけ、合計 140kW の小水力発電の建設に向けて、100 世帯全戸の合意を得て組織づくりを行った。

特筆すべきは、国の資金を活用するために、農業用水の維持管理を主目的とする専門農協（石徹白農業用水農業協同組合）を新設したことである。また、獲得を目指した資金にあわせた組織づくりを行っており、そのために全戸を説得して回った合意形成のノウハウは、追従する各地域でも大いに参考になるとだろう。さらに、核となる人材が複数配置されていることや、住民が主体となって積極的に事業を推進する姿勢が強く感じられた。

- 2) 水資源の活用ケース2として、社会科学グループおよび自然科学グループによる、地下水制御空調システムにおける“社会・法制度課題”の検討を行った。
  - ・ 関連産業の従事者が安曇野市で行われた議論では、以下のようなアクションを求める声が多く出された。
    - 自治体単独ではなく、『水資源は地域全体の資源』という考え方を啓蒙し、近隣市町村との連携を図ること。
    - 地下水量のモニタリングを徹底し、どのくらい使えるのか数値的な設定を行うこと。
    - 節水を進め、節水教育を徹底すること。
    - 水田への水張り、雨水浸透枡などを通じて地下水の涵養を強化すること。
    - 地下水に関するルールを制定するよう国に働きかけること。
  - ・ 自然科学グループは、地中熱利用システム運用シミュレーションを実施して、安曇野市を含む松本盆地における地中熱導入適地を地中熱ポテンシャルマップとして整理を行った。

浅い地盤中に存在する定温の熱エネルギーを利用する技術である「地下熱利用」は、一般的に「地中熱利用」と呼称されることが多い。しかしながら、地下水の熱をそのまま利用するものや地中で土壌や間隙水等と熱交換するものなど、その熱源としての利用形態はさまざまである。なお、地中で熱交換するタイプ（クローズド型）を「地中熱」利用、地下水を揚水し地上で熱交換するタイプ（オープン型）を「地下熱」利用と定義した。

#### 【地中熱利用ポテンシャルマップの作成方法】

松本盆地における地中熱導入適地（クローズド型）について考察し、次の手順で地中熱ポテンシャル（熱交換量）を求める。

##### ・ STEP1 対象地域のスクリーニング

地中熱利用のためには、その場所に熱需要が存在することが大前提となる。そこで、検討対象範囲を、平成 25 年度の検討成果を踏まえて、広域地下水流動シミュレーションの検討範囲とする。

##### ・ STEP2 水文地質情報の収集・整理

標準地域メッシュ区分に基づき、対象となる地域を約 250m四方でメッシュ分割し、GIS を用いてメッシュ毎の地質情報、地下水位情報を整理する。水文地質情報のメッシュ化に用いた情報は、平成 24 年度検討ならびに平成 25 年度検討において収集・整理したものをを用いる。

##### ・ STEP3 帯水層情報およびパラメータの整理

地中熱利用システムの導入効果が高いのは、地中の熱伝導が大きく、さらに地下水流動による熱の移流効果が期待できる箇所である。そこで熱伝導現象の関連情報に加え、移流現象に関係する情報も整理対象として、地下水位、難透水基盤上面高、飽和帯・不飽和帯厚、平均熱伝導率、平均透水係数、ダルシー流速、見かけの熱伝導率等のメッシュ情報を作成する。

##### ・ STEP4 数値解析による地中熱交換量の推算

地中熱ヒートポンプの設計・性能予測ツールとしてシステムの計画・設計に広く利用されている GroundClub を用いてシミュレーションを行う。

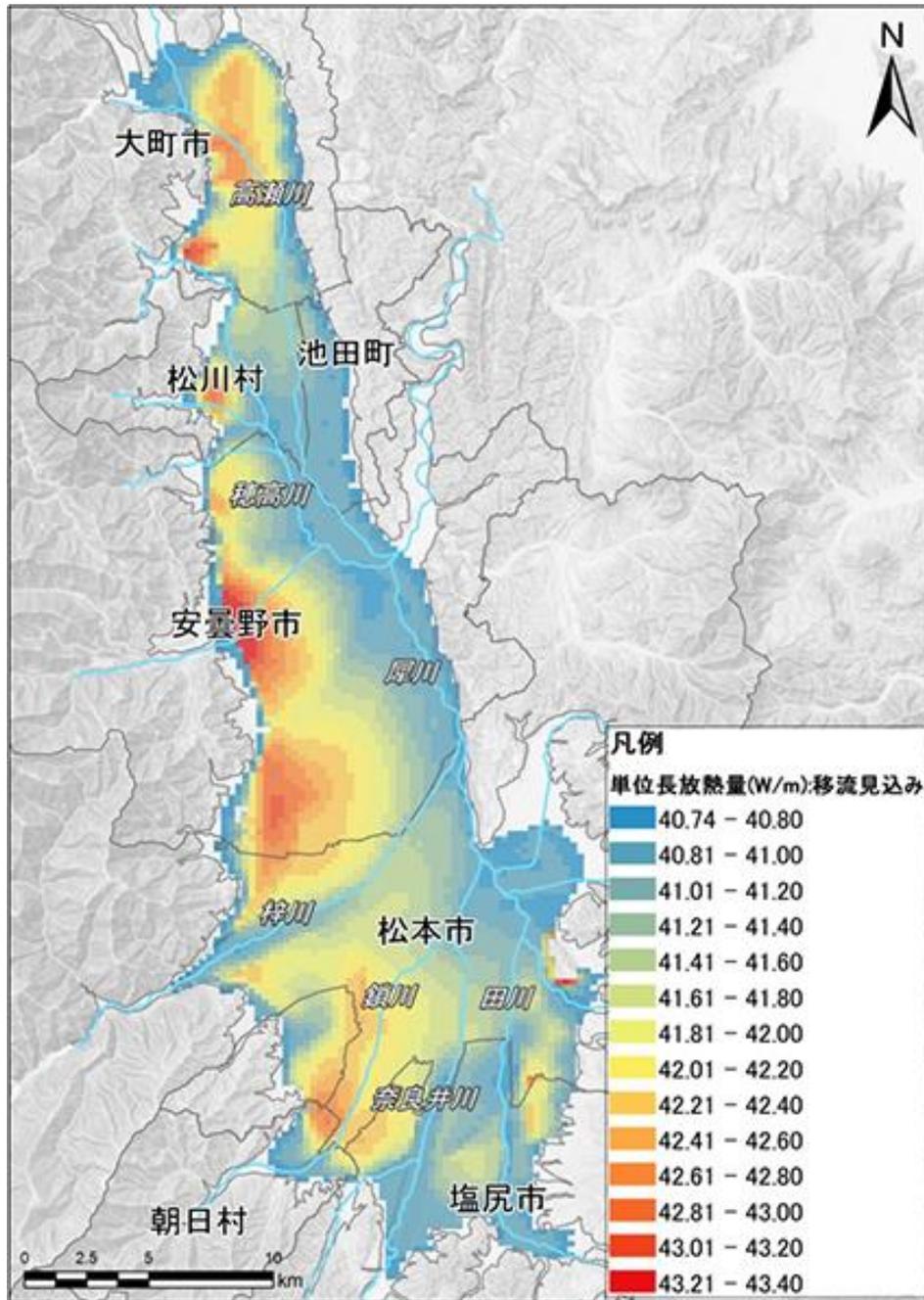
##### ・ STEP5 地中熱ポテンシャルマップの作成

STEP4 までの結果より、熱伝導および移流効果を見込んだ地中熱ポテンシャルが面情報として得られる。これにより、地中熱利用システムの導入適地を評価する。

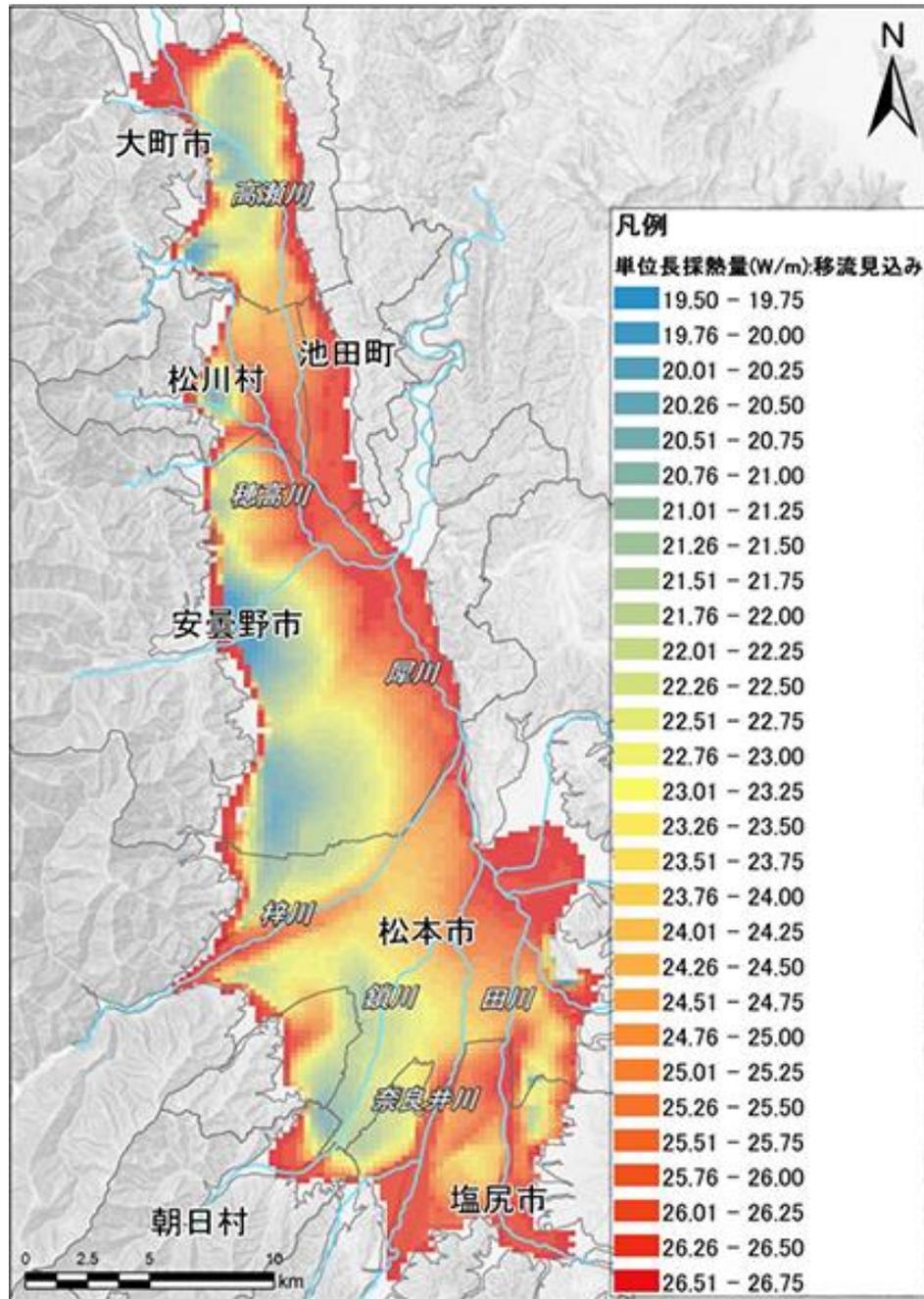
#### 【地中熱利用ポテンシャルマップとその評価】

各メッシュで整理した見かけの熱伝導率と体積熱容量から冷房時と暖房時でそれぞれ熱交換量を評価したものが図表 24（冷房時）、図表 25（暖房時）である。なお、シミュレーション結果は、熱交換井戸単位長さあたりの交換熱量としてワット（W）で示している。

図表 24 と図表 25 は、モデル地域とした長野県の冷暖房需要を反映して、暖房時の熱交換量分布（図表 25）は飽和帯且つ地下水流速の早い箇所ほどポテンシャルが大きいものの、冷房時の熱交換量分布（図表 24）は反対に、不飽和帯厚さの大きい箇所ほどポテンシャルが大きくなっている。



図表 24 地中熱ポテンシャル：冷房期間



図表 25 地中熱ポテンシャル：暖房期間

- ・ 社会科学研究グループは、これらの結果を踏まえ地下水の保全や利用計画を進める上で大きく影響すると考えられる地域間における考え方や水資源の捉え方に対するギャップを検証するため、県下 77 の全自治体を対象とした実態調査と、環境行政や水行政に係わる職員の意識調査を実施した。調査は、県下自治体のおよそ 91%にあたる 70 自治体の回答を得た。調査の結果については、4) に記載する。
- ・ また、これまでにプロジェクトで行った「安曇野市における市民意識調査」や

「県下自治体の実態調査および職員の意識調査」、さらには、平成25年度に行った地下水流動に関わる現況再現計算と将来予測計算のデータの調査結果などを基に、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）についての議論を進めた。その結果、条例のパターンとして、特段の規制のないものから、井戸の掘削・設置、取水等について許可制を取り、是正命令を行う権限を定めた上で、それぞれについて罰則を設けるといった強い規制を加えているものまで、規制の強度に濃淡が見られた。条例における規制強度を図表26に示す。

図表26 条例における規制強度

	許可制	届出制	規制なし
強い   弱い	許可制 + 命令 + 罰則	届出制 + 命令 + 罰則	
	許可制 + 罰則	届出制 + 罰則	
	許可制 + 命令	届出制	
	強い ← — — — → 弱い		

- 県内における小水力発電および地下水・地下熱利用の導入の実績と、条例パターンの整合性を検証するため、県下自治体における条例の規制レベルの分析を行い、近隣自治体であってもその規制レベルに大きな差があり、自治体間における利害のずれが生じていることを明確化した。条例における規制の強度の濃淡が地下水の水域と一致しておらず、ある自治体が強い規制を加えても他の自治体が十分な規制を加えていないために地下水保全の観点からは不十分な事態になっていることが明らかとなった。
- 条例の規制レベルとは別に、各市が制定している条例の形態を図表27に示す。また、図表28では自治体を長野県の地理的条件をもとに概念的に整理して示したものである。これによって、近隣地域であっても形態が大きく異なることがわかった。

図表27 市が制定している条例の形態

松本市	安曇野市	塩尻市	大町市	飯田市	駒ヶ根市	伊那市	諏訪市	岡谷市	茅野市	佐久市	上田市	小諸市	東御市	千曲市	長野市	須坂市	中野市	飯山市
A	A	D	D	D	C	B	B	B	B	A	D	B	C	B	B	A	B	C

タイプA：水環境保全，水資源・地下水環境保全に特化した条例

タイプB：自然環境保全型，または、公害防止条例型

タイプC：地下水に言及していない条例

タイプD：条例なし

図表 28 条例の形態による地域概念表

タイプ A	水環境保全，水資源・地下水環境保全に特化した条例
タイプ B	自然環境保全型，または，公害防止条例型
タイプ C	地下水に言及していない条例
タイプ D	条例なし

			飯山市
			中野市
		長野市	須坂市
大町市		千曲市	東御市
安曇野市		小諸市	佐久市
松本市		上田市	茅野市
塩尻市		岡谷市	諏訪市
伊那市			
駒ヶ根市			
飯田市			

- 3) 水資源の活用ケース3として、社会科学研究グループによる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の検討を行った。
- ・ 栄村の実証地に『平時のコミュニティ維持や観光等への活用および非常用設備』として利用できるよう移動可能型の蓄電池の選定を行い、実機を現地に導入した。蓄電池の選定においては、発電能力を鑑みて非常時に携帯電話の充電を行ったり、コンセント式の 100V 電源で電灯を使えるよう、USB 端子やコンセントが直接利用できる機種を選定した。図表 29 にて移動式蓄電池の仕様を示す。

図表 29 移動式蓄電池の仕様



製品名	FECORAGE TROLLEY II 1056
入力電圧	DC12V
最大出力	1,000W
推奨連続出力ワット数	700W
対応出力電圧	100V
内蔵バッテリー	1056Wh 酸化鉄リチウム バッテリー×2 台並列
重量	約 25.2Kg

## II. 研究グループによる基礎調査について

I 応用研究を実施した後、PDCAサイクルを通じて基礎調査の追加が必要な部分は、II. 研究グループによる基礎調査を実施し不足部分を補う。具体的には、これまで長野県にフォーカスして研究を進めていたが、他県でも応用可能な総合

的な水利マネジメント実現のための提言と計画実装となるよう6)の項目と並行して実施した。

4) 各研究グループにおいて不足していた基礎調査

- ・ フィールドとして設定した自治体の近隣自治体におけるヒアリング調査を行う予定であったが、政策提言に際してさらに広域的な視点からの考察が必要であるため、県下77の全自治体を対象とした実態調査と、環境行政や水行政に係わる職員の意識調査を実施した。

**【調査の概要】**

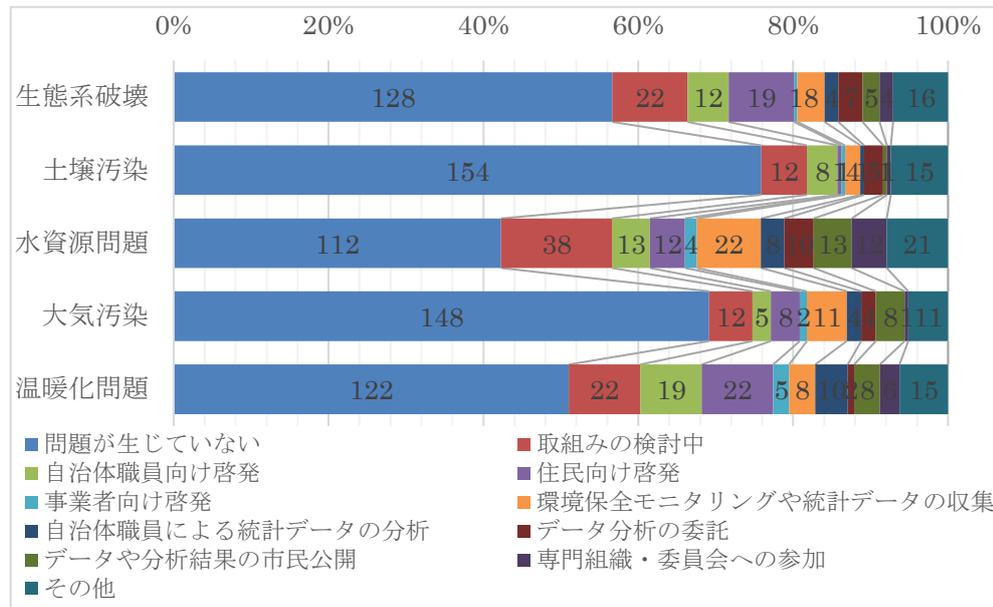
2014年1月末に県下77自治体の職員を対象に次の2つの調査を行った。(A)77自治体の水資源に関連する業務を行っている5つの部署（環境政策系部署，商工系部署，農林系部署，上下水道系部署，建築土木系部署）の代表者（計385部署）を対象とした水資源管理の取り組みに関する実態調査，(B)前述の部署に所属する職員5名を対象（1,925名）とした，水資源管理に関する意識調査。ただし，市町村の人口規模によっては各部署に5名の職員が在籍していない場合もあり，その場合は部署内の全員に回答を求めた。

(A) 回収数 2022 票（回収率 57.14%）

(B) 回収数 799 票（男性 698 名，女性 87 名，不明 14 名），平均年齢 42.17 歳

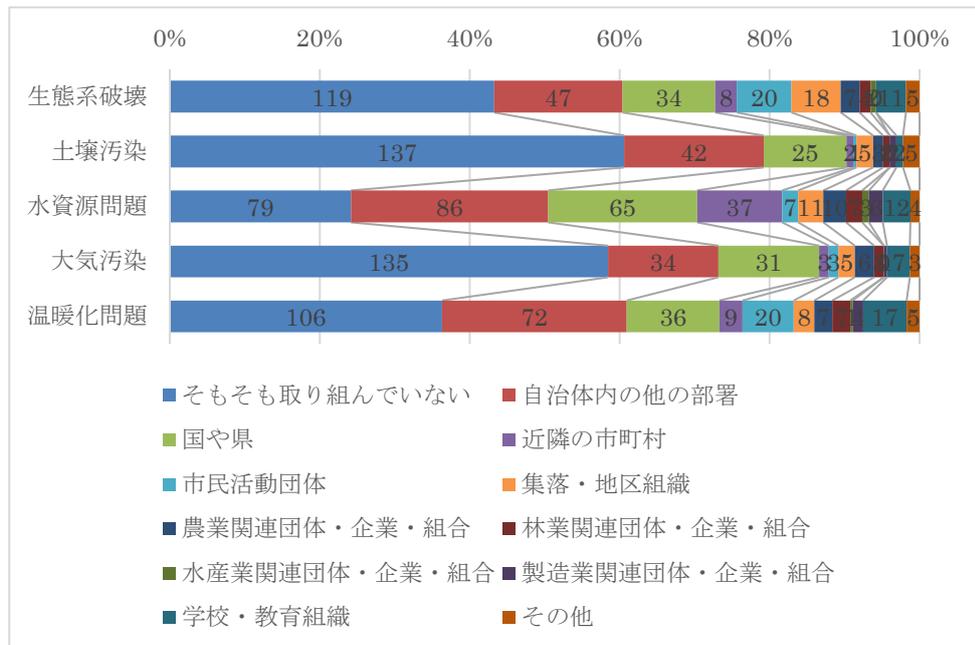
**【A 実態調査の結果】**

各種環境に対する部署ごとでの取り組みについて複数回答で尋ねたところ、図表30のように多くの環境問題に対して、問題自体が生じていないという認識であった。実際には、これらの環境問題は発生しているものの、「部署での取り組み」という質問で尋ねたため、総体的に問題が生じていないという結果になったのだろう。一方で、水資源問題については、これらの環境問題の中で最も問題が生じているという認識であり、特に、「取り組みを検討している」「環境保全のモニタリングや統計データの収集を行っている」という回答が、他の環境問題に比べて多いという結果であった。



図表 30 環境問題に対する取り組み

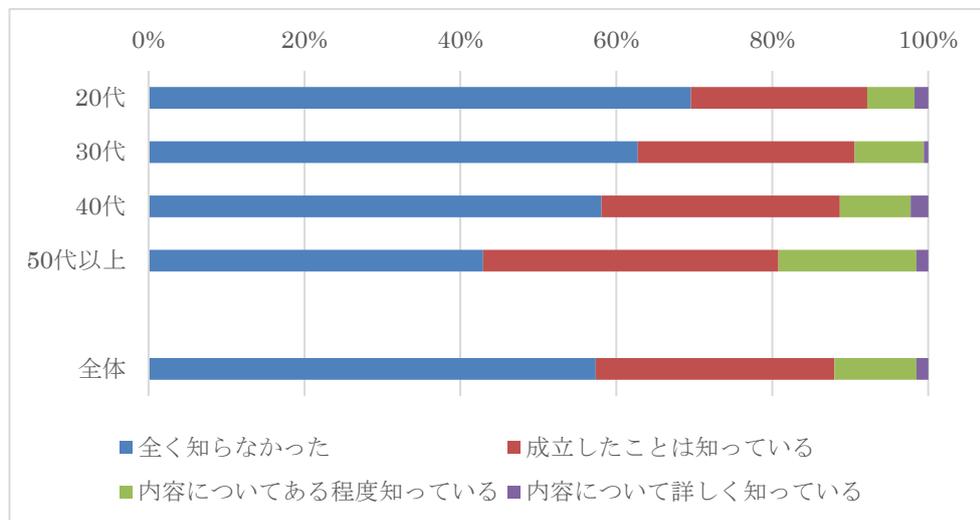
- 環境問題に対する他の組織との連携について複数回答で尋ねたところ、図表 31 のように多くの環境問題について「そもそも取り組んでいない」ことが多い。また、水資源問題については、他の環境問題と比べると、相対的に「自治体内の他の部署」との連携が取られているものの、全体の 25%程度に留まっており、十分な連携が取れているとはいえないだろう。また、水資源に関する問題解決のためには、同じ水域や水瓶域である近隣市町村との連携した取り組みが必要となるが、近隣市町村との連携は 10%を下回っている。これらの連携を強めていくための取り組みが早急に望まれる。



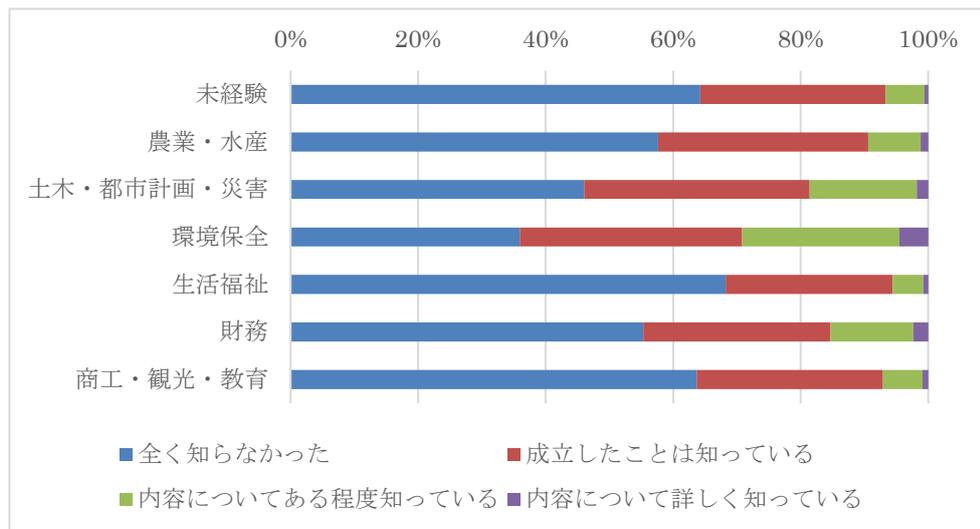
図表 31 環境問題に対する他の組織との連携

【B 意識調査の結果】

- 環境に対する意識を、世代と業務経験によって分類するため、まずこれまで経験してきた業務経験の内容をもとにクラスター分析（Ward法）によって、回答者を7種類に分類を行った。第1のクラスターはいずれの業務経験も少なく就業年数の少ない「未経験タイプ」であり、第2のクラスターは、農業に関する仕事や水産業に関する業務を多く経験している「農業・水産業タイプ」、第3は、土木系、都市計画、災害対策を多く経験しているタイプ、第4は、環境保全に関する業務を多く経験しているタイプ、第5は、生活環境や福祉業務を多く経験しているタイプ、第6は財務を多く経験しているタイプ、そして、第7は、商工、観光、教育に関する業務を多く経験しているタイプである。
- 2014年3月に「水循環基本法」が衆議院本会議で全会一致により可決され、法案が成立したが、これについての知識について尋ねたところ、図表32のように、全体として過半数の回答者が、水循環基本法の成立について知らないという結果であった。とくに、若年層では、70%近い者が水循環基本法について知らないという状況である。また、業務経験別（図表33）で見ると、環境保全系の者は、成立についてだけでなく、内容についても知っているものの、業務上、水に携わっているその他の部署については、過半数が成立すら知らないという状況であり、今後、水循環基本法の周知を徹底する必要があるといえるだろう。

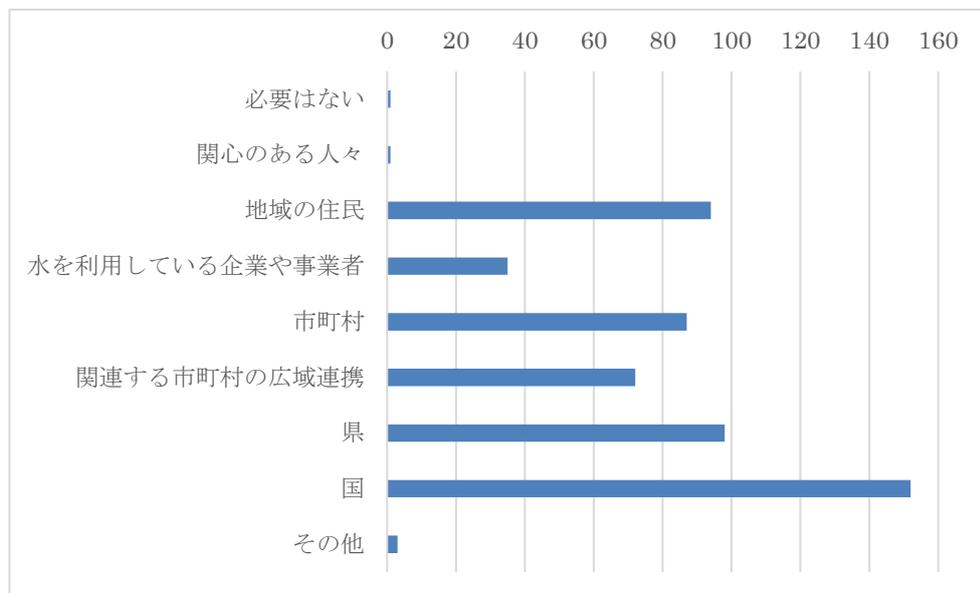


図表 32 世代別の水循環基本法の知識

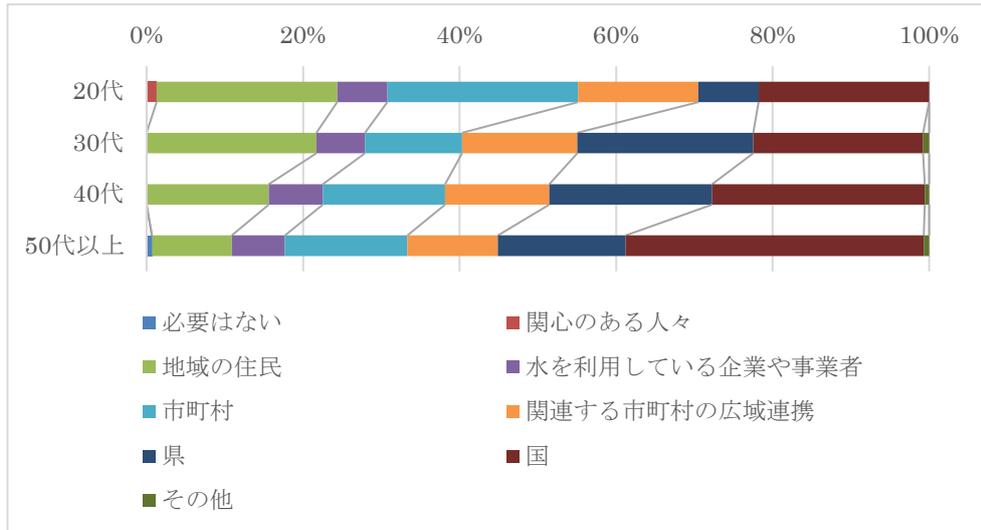


図表 33 業務経験別の水循環基本法の知識

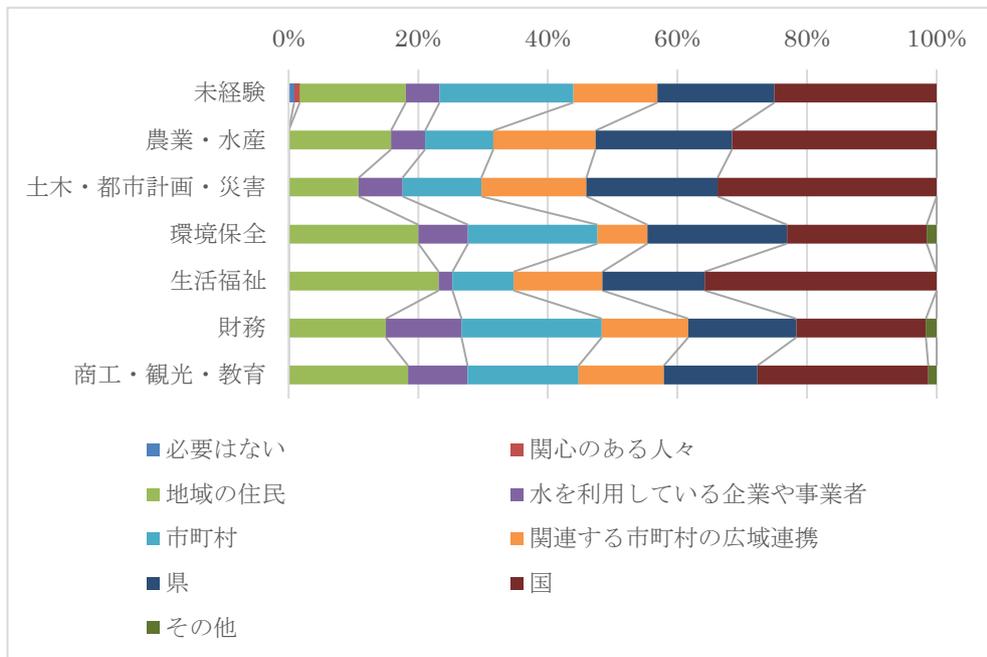
- 水資源を適切に保全していくとしたら、誰がそれを担っていくのがよいと思うかについて複数回答で尋ねたところ、表 34 のとおり、「国が管理するのがよいと思う」者が最も多い結果であった。また、その中でも特に担うべき組織を1つだけ選んでもらった者を、世代別に集計したものが図表 35 であり、業務経験別に集計した者が図表 35 である。世代があがるほど、国の管理を求めており、若い世代ほど、より小さな単位での水の管理を求めていることが分かる。また、業務経験別では、環境保全に関わる業務に携わった者は、総体的に、国による管理の割合が低く、市町村レベルでの管理や地域での管理に対する割合が高かった。



図表 34 水資源管理者

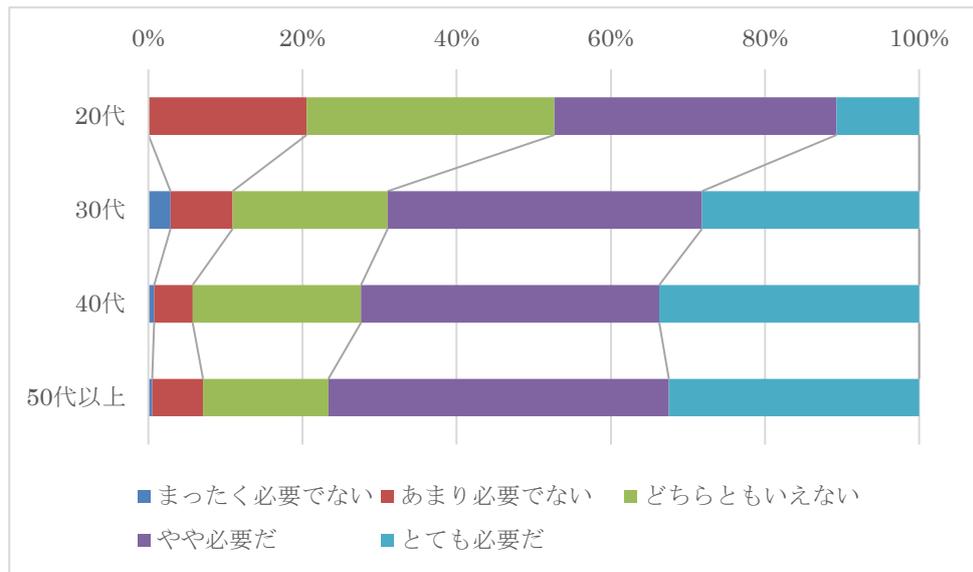


図表 35 世代別の水資源管理者

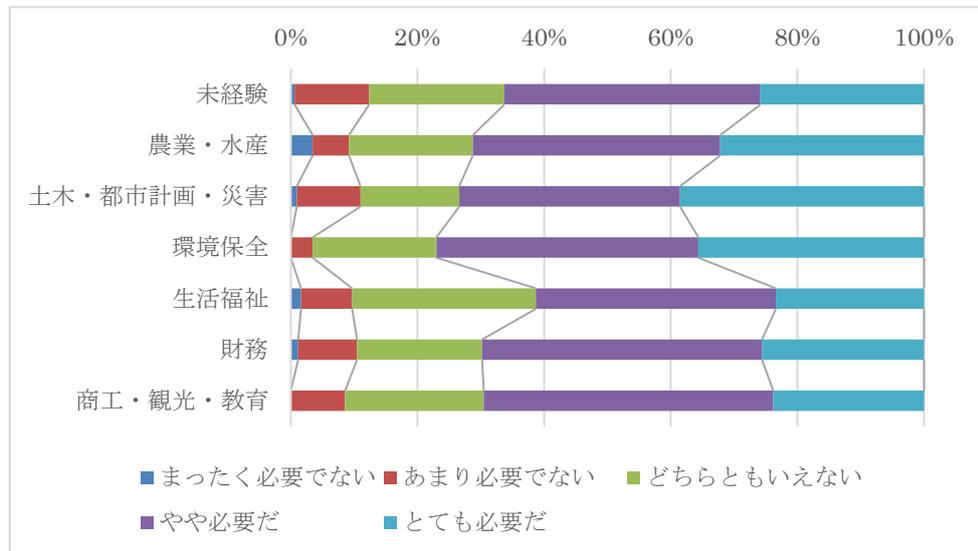


図表 36 業務経験別の水資源管理者

- ・ 地域の資源である地下水の取水に関する取り決めの必要性について世代別に集計したところ、表 37 の通りであった。全体として、取り決めの必要性は高く認知されている。20代においては、必要性の認知が低い結果であった。また、業務経験別に集計したところ図表 38 の通りであった。環境保全の業務に携わった者の中では、特に必要性が高く認知されていることが分かった。

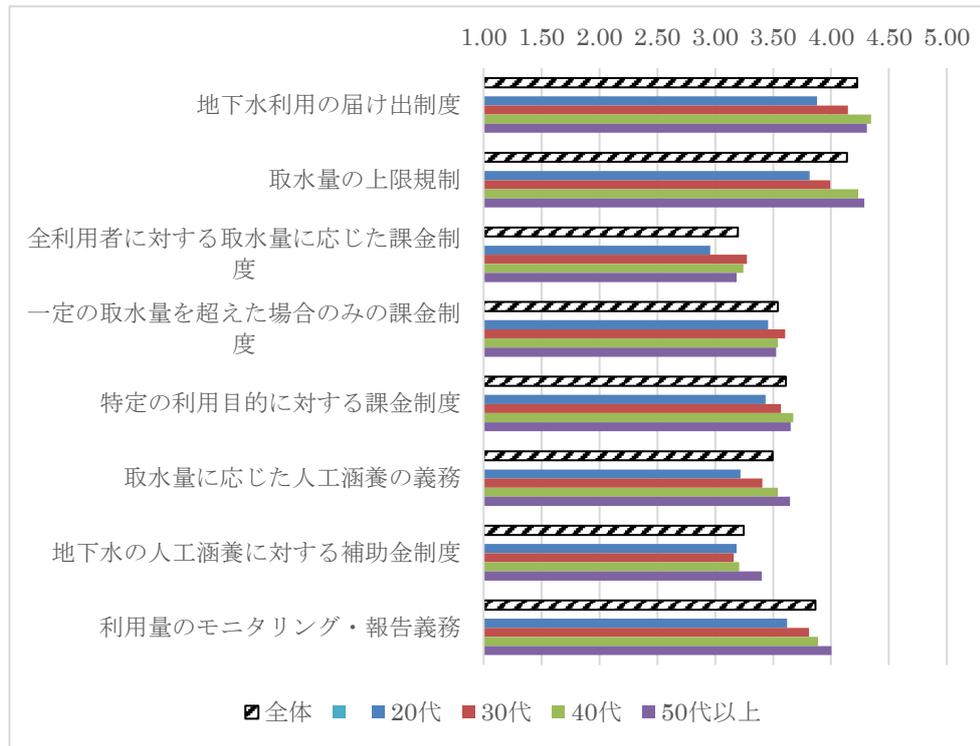


図表 37 世代別の水資源管理者



図表 38 世代別の水資源管理者

- さらに、地下水の取水制限に関する政策として様々な政策の必要性について「1. まったく必要でない」から「5. とても必要だ」の5件法で尋ねたところ、図表 39 の通りとなった。最も必要性が高く認知されている政策は「地下水利用の届出制度」である。最も必要性が低いと認知されている政策は「全利用者に対する取水量に応じた課金制度」である。全般に、課金制度に対しては必要性が低く認知されている。また、涵養に対する補助政策や義務化についても、必要性はそれほど高くない。また、世代別に見ると、若い世代ほど、いずれの政策案についても必要性を低く認知している。このような結果の一方で、利用の届出制度だけでは、地下水の取水量管理を行うことは難しく、ステークホルダーの権利調整を行いながら、より実効性のある政策を検討する必要があるといえる。

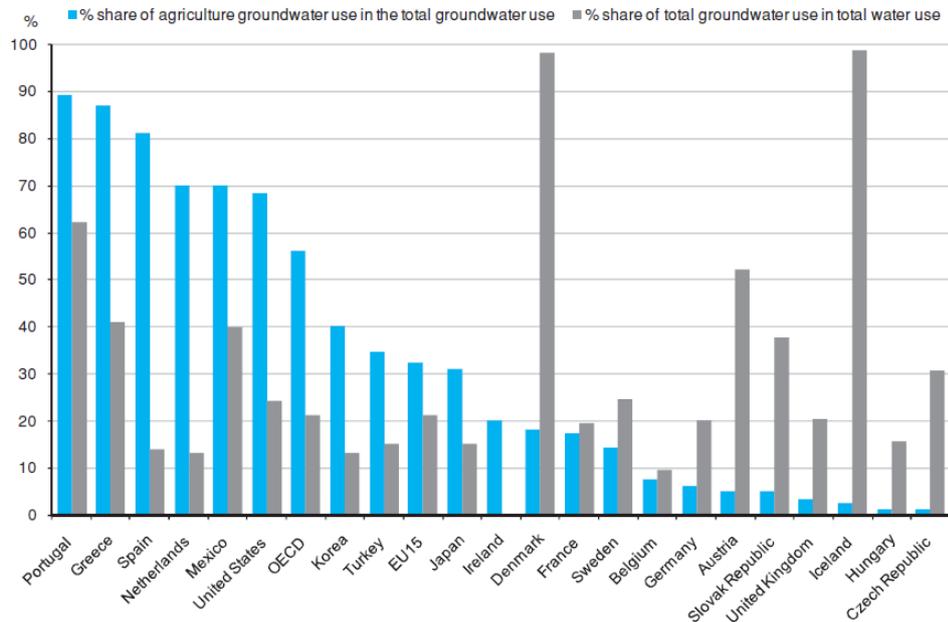


図表 39 地下水の取水制限に関する各政策の必要性

- ・ 以上のことに関連して国外（米国、EU）における地下水量および水質の保全政策と我が国の政策の比較や、海外（独）における法制度に関する調査を行った。

**【地下水資源管理に関する日欧米比較】**

地下水に対する経済的な依存度が比較的高い欧米では、国によって大半の飲料水や農業用水を地下水に頼ることも珍しくない（図表 40）。経済成長が進むにつれてその傾向は顕著になってきており、地下水資源利用地域間の摩擦や農工業由来の水質汚染が深刻な問題となっている。そのため、地下水資源の量的・質的保全管理に関し、いずれも日本に比べて先進的な対応が先行してとられ始めている。具体的に、日本と欧米における地下水資源利用に関する政策の違いは、現状において次の3つのポイント：（1）管理主体と管理範囲、（2）管理ツール、（3）モニタリングシステムの確立、に大別することができる。



図表 40 Share of agricultural groundwater use in total groundwater use and total groundwater use in total water use (出所: Figure 5.3. in “Managing Water for All”, OECD 2009)

(1) 管理主体と管理範囲 一流域ベース vs. 自治体ベースー

ヨーロッパでは、地理的・水文学的なまとまりから流域を一つの資源管理の単位として捉え、「流域管理」していくことが、2000年12月にEUが発効した水枠組み指令（Water Framework Directive）により、EU加盟国全体の共通達成事項として遵守されることになった。それに伴い、実際の地下水マネジメントにおいても、流域内の複数自治体による地域（もしくは国）レベルの共同管理計画が主流になっていきつつある。一方アメリカでは、州政府主導による域内地下水管理・モニタリングが一般的となっている（Gerlak, et al. 2013）。日本においても、熊本県白河流域のような流域管理の先進的事例は点在するが、全国的な管理計画の枠組みとして法的拘束力を有したり、実際に施行されたりするまでには至っておらず、行政的境界で区切られた管理手法が大勢を占めている。

(2) 管理ツール ー直接規制から経済的手法へー

日本においては、20世紀初頭より、工業用水としての地下水過剰取水に伴う地盤沈下が顕在化したことから、工場の地下水採取規制が確立されている。また、水質に関する水質汚濁防止法も、高度経済成長期に顕在化した地下水の塩水化や重金属汚染が発端となり、特定の汚染主体から排出される汚染水濃度の規制が主な規制となっている。これらの直接規制を用いた規制手段は、工場など汚染主体が容易に特定できる点源汚染には効果的であるが、農業などの汚染主体が特定困難な面源汚染の場合、コストが甚大となり、効果的でない。このような面源汚染の規制には、経済的なインセンティブを利用した管理ツールが近年注目を集めている。欧米でも点源汚染には直接規制が適用されているが、

面源汚染に対しては、特に農業において環境直接支払と呼ばれる補助金制度の施行が1980年代後半より開始されている。日本においても、近年、田圃を用いた涵養や環境負荷の小さい営農法へ転換などに対して、この環境直接支払が適用される事例が散見されるようになってきている。また、面源汚染に対する新しい経済的手法として、アメリカでは水質取引制度の運用が各地で開始されている。さらに、欧米では、水資源の適正な価値を反映するため、水価格の適正化（Water pricing）に向けた体系整備も近年進んでいる。

また、(1)と関連して、日本の各種政策においては、汚染事業者単位で基準が設定されているのに対し、欧米ではまず流域単位で最適な取水量レベル・汚染レベルの基準設定を行ったうえで、それらの総量基準をベースに流域内の事業者に対する規制遵守レベルの決定や取水量の配分、環境支払価格の決定がなされている。これら日欧米間の地下水資源管理ツールの違いについては、特徴を図表41～42にまとめた。

	管理単位	直接規制		経済的手法		
		取水許可	水位基準 モニタリング*	取水料 (課徴金)	水量取引 (水利権取引)	直接支払 (補助金)
日本	事業単位	△				△
EU	流域単位	○	○	△		
アメリカ	流域単位	○	○	△	△	

**図表41 地下水管理ツールの日欧米比較**

○は全国規模の地下水管理ツールとして施行されていることを表している。一方、△は地域限定的に施行されている、あるいは現在整備段階にある地下水管理ツールを表している。

	管理単位	汚染 タイプ	直接規制	経済的手法		
			環境基準 (汚染基準)	排水 課徴金	水質 取引	直接支払 (補助金)
日本	事業単位	点源				
		面源	○			○
EU	流域単位	点源	○	△		
		面源				○
アメリカ	流域単位	点源	○	△	△	
		面源			△	○

**図表42 地下水質管理ツールの日欧米比較**

○は全国規模の地下水管理ツールとして施行されていることを表している。一方、△は地域限定的に施行されている、あるいは現在整備段階にある地下水管理ツールを表している。

### (3) モニタリングシステム

以上のような地下水資源管理ツールの実効性を担保するためには、精度の高い水循環解析モデルや事業者の取水・排水行動予測モデルが必要不可欠である。

これらの技術方法論的革新を促し、より実効性の高い政策を立案・施行していくためにも、広域的な地下水モニタリングシステムを整備し、定期的かつ精緻なモニタリングを通じた地下水賦存量や水質などのデータ収集・情報開示を推進することが地下水マネジメントにとっての世界的な共通認識となっている。アメリカではすでに、全米中の主要な地下水源ごとの地下水賦存量や水質のモニタリングが日常的に行われ、そこから集められたデータはひとつに集約され、随時ウェブサイト上で更新されている。EUでも、水枠組み指令発効により、ヨーロッパ全域を結ぶ水情報提供システムの立ち上げが決定し、その確立に向けて各国が準備を進めている段階である。

#### 【ドイツの水法に関する調査内容】

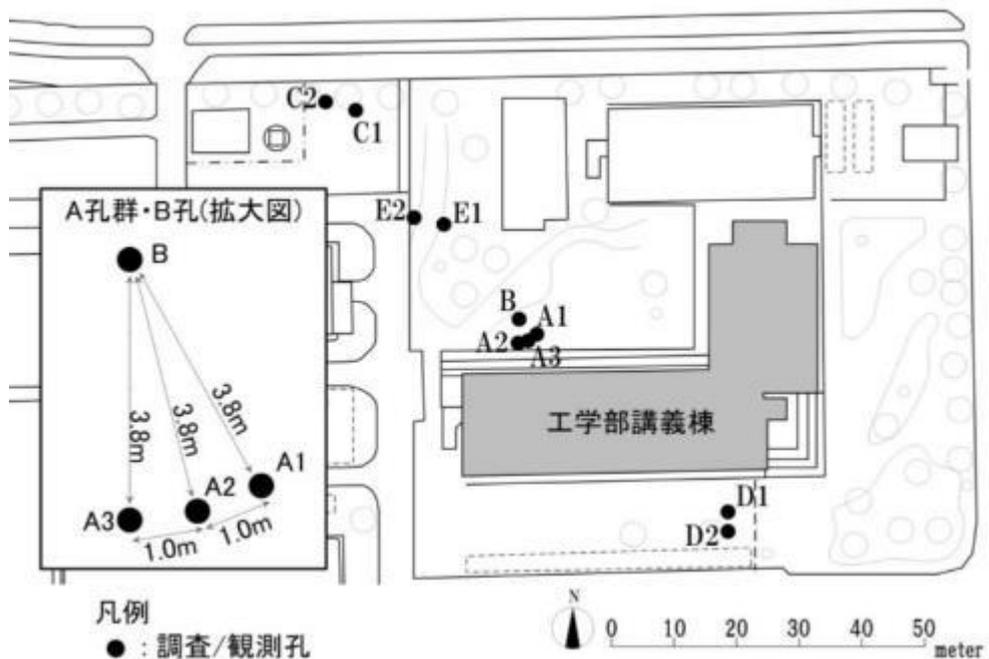
ドイツでは、基本法上（Grundgesetz）、当初、連邦には水管理の枠組みを規定する権限のみが帰属しており、枠組の具体化と補充は各ラントの水法によるものとしていた。しかし、その後、EUで水域保護を要求する指令が成立し、EU指令の国内法化の作業が求められるようになった。その際、各ラントの水管理に関する権限が強力であったことが、国内法化の作業の支障となることが意識されるようになり、2006年の連邦制改革において、連邦は単なる枠決定に関する権限ではなく、水管理法に対して競合的立法権限（konkurrierende Gesetzgebung）を有することが明記された（Art. 74 Abs. 1 Nr. 32 GG）。但し、ラントは、補充権限を失うことの代償として、汚染物質又は施設（Stoff oder Anlagen）に関する規定に該当しない限り、連邦法上の諸規定を逸脱する権利を有することも認められている（Art. 72 Abs. 3 Satz 1 Nr. 5 GG）。この競合的立法権限に基づいて、ドイツは、2009年、水管理法（Wasserhaushaltsgesetz）を全面的に改正し、現行の水管理法が成立するに至った。このドイツの水管理法は、陸水域（oberirdische Gewässer）、沿岸水域（Küstengewässer）、地下水（Grundwasser）を対象とし、包括的に水域を管理している。

特に地下水保全について見ると、ドイツの水管理法は、地下水を所有権の対象とすることができないことを明記した上で（水管理法4条2項）、水量及び水質の両面について保全のための規定を有している。即ち、水域利用について許可又は特許を要することを原則として規定した上で（水管理法8条）、水量保全については、家庭用、農業用等、一定の目的による水利用で水収支に対して重大な負の影響を生じる恐れのない場合等につき許可を要しないとしている（水管理法46条）。他方、水質保全については、水の性質を悪化させる恐れのない場合に限り、地下水への物質の混入及び流入に許可を与えることができ（水管理法48条1項）、物質の設置又は放置を行うことができる（水管理法48条2項）としている。その他、ドイツの水管理法は、地下水の水量及び水質を良好な状態に保つこと（地下水の涵養も含む）を内容とする管理目標を定めている他（水管理法47条）、地下水利用のための掘削段階においても、届出を求め、掘削により地下水の水質を悪化させる物質が混入する場合には許可を要する等の規定を有している（水管理法49条）。また、同法には、許可又は特許なくして水域を利用した者を、5万ユーロ以下の過料に処するとする罰則規定が用意されている（水管理法103条1項1号、2項）。

【地下熱利用時の帯水層蓄熱状況調査】

- 平成24年度および平成25年度にNEDOの実証事業として実施された信州大学工学部キャンパス内の実証試験データより、帯水層蓄熱状況を検討するとともに、地下熱利用システム導入にあたっての留意点および導入適地の考え方を整理した。

新規に開発された地下水制御型HPシステムでは、信州大学工学部講義棟の近傍に設置した複数の井戸を熱源または地下水流動制御用に用いている。図表43に地下水制御型ATESシステムのための調査孔、観測孔の位置図を示す。なお、これらの井戸システムを利用して、2シーズンの実証試験が実施されている。

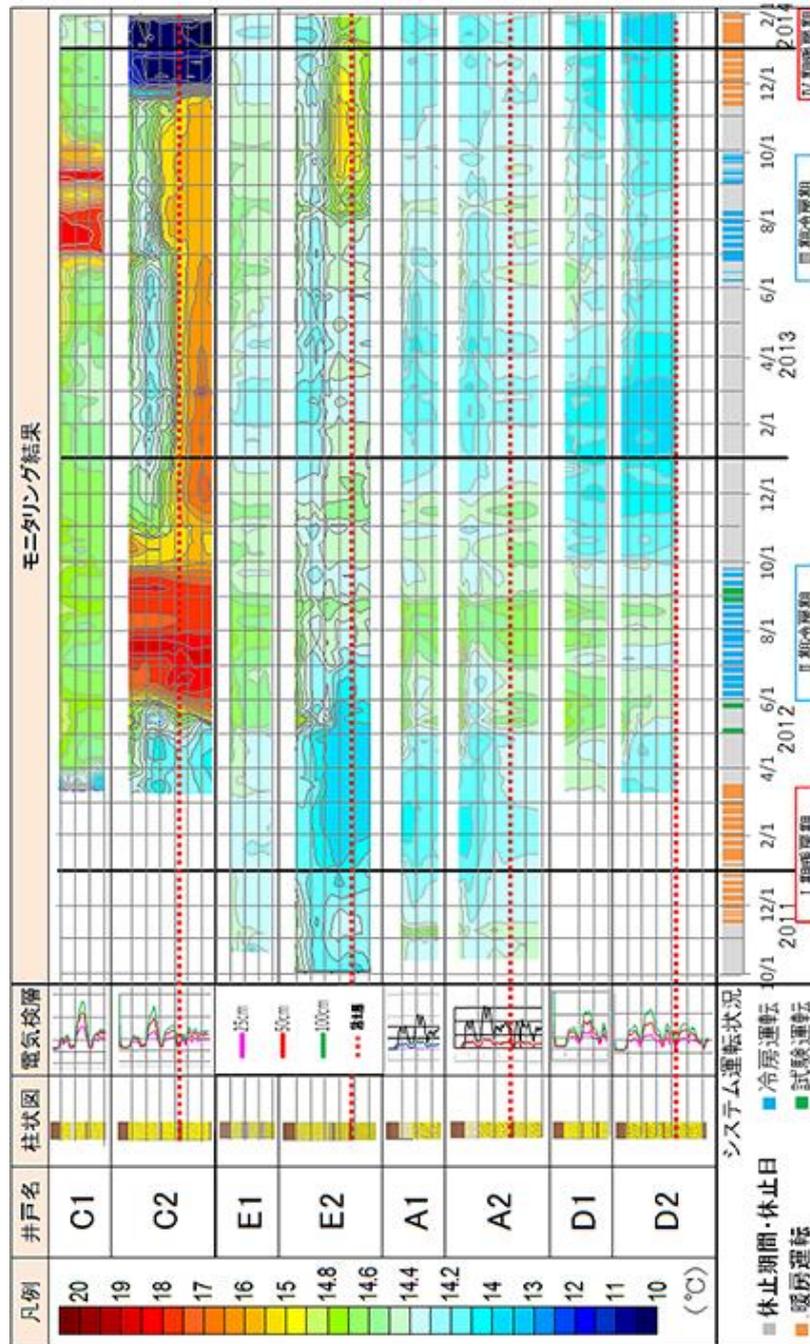


図表 43 地下水制御型 HP システムのための調査孔、観測孔の位置図

平成24年度および平成25年度業務において、信州大学工学部キャンパスにおいて実施した実証試験データを取りまとめ、帯水層蓄熱状況を時系列で整理したものが図表44である。この図から、以下の結果が確認できる。

- シーズン1の夏季実証運転期間中にC2孔より注入した温水が貯留されている。
- シーズン2の夏季実証運転期間中にC1孔より注入した温水が貯留されている。
- シーズン2の冬季実証運転期間中にC2孔より注入した冷水が貯留されている。
- E2孔では、シーズン1およびシーズン2にC1孔より第一帯水層に貯留した冷水および温水が確認できた。

以上の調査結果より、帯水層に貯留した温水および冷水は、少なくとも1年程度は残存することが明らかとなった。



図表 44 地下水温度分布の時間変化

【地下熱導入適地について】

信州大学工学部キャンパスにおける実証試験結果から、帯水層に貯留した温水および冷水は、少なくとも1年程度は残存することが明らかとなり、今後、帯水層蓄熱が期待できることがわかった。

この調査結果を踏まえると、地下熱利用システムおよび帯水層蓄熱の導入適

地は次のように考えることができる。

#### 【水理地質環境】

- 地下水流速が小さい（動水勾配が小さい） 箇所ほど蓄熱ならびに熱回収の効率が向上するため、導入適地といえる。
- 地下水面が高いほどポンプ揚程が小さいため、ポンプ稼働に要する電力を減ずることができるため、導入効果が高い。
- 揚水試験等により評価された透水量係数が大きいほど、より効率的に熱源となる地下水を取得でき、また透水性の高い地盤ほど還元能力も期待できる。
- 還元井への注水の際に、人為的な圧力注水の必要がなく、自然注水による還元が可能な箇所ほどシステムの維持管理に優れている。
- 異なる帯水層間における人為的な地下水の交流を避けるためには単一の帯水層を対象とした蓄熱をする必要があり、このとき地質構造の理解に基づき、透水性が高く層幅の厚い帯水層を対象とするのが望ましい。

#### 【地下水質】

- 地下水中に溶存する鉄イオンの濃度が高いほど地盤および還元井の目詰まりが生じやすいため、地下水質の把握が重要となる。
- 還元井の目詰まりの原因として、①還元水中の懸濁物質、②還元井や帯水層での微生物の増殖、③帯水層内の化学反応、④還元井の酸化・腐食、⑤還元井中に混入する空気、⑥土粒子の配列変化などがあり、これらを踏まえた地下水水質の評価に留意が必要である。

### III. 社会技術化と実装

#### 5) 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

- ・ 本プロジェクトによる研究成果の一般化の可能性（他地域への応用の可能性）について検討を行うため、調査範囲を対象フィールドから長野県下全域の自治体に広げ、実態調査や行政職員の意識調査を実施した。上記のとおり、これらの調査結果を基に、総合的な水利マネジメント政策の提言を検討中である。
- ・ 現実的な水資源の保全とエネルギー利用技術を活かす総合水利マネジメントとなるよう、前述の通り、県下自治体の実態調査を行い、政策・制度強化のための意見収集を行った。

### IV. 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

- ・ 毎月開催している進捗会議に加え、社会科学研究グループメンバーおよび、マネジメントグループが集まり、実際に長野県内の水資源の現状について県の委託を受けて調査・観測を行っている企業の担当者を講師として招き、長野県下における水資源の現状に関する勉強会を開催した。
- ・ なお、事業の推進に当たり、マネジメントグループでは、随時、各研究者と個別に情報交換を行って情報を整理し、研究代表者に連絡を行う事で円滑な事業を推進している。

- ・ 定期的に行われている信州小水力会議においても、プロジェクトの進捗状況を発表し、水の総合マネジメントに関心を持つ市町村の拡大に努めた。
- ・ 本学における COC 事業との連携として、信州大学地域活性化システム論の、市民を含む44人の履修登録者に対して2回の連続講義を開催した。本研究プロジェクトを事例にワークショップを開催し、環境問題における水資源や、地域資源の保全やエネルギー利用における課題や問題点等について、次世代の人材と一緒に検討を行った。
- ・ 現在、信州大学では COI 事業（平成25年度 革新的イノベーション創出プログラム（COI STREAM）『世界の豊かな生活環境と地球規模の持続可能性に貢献するアクア・イノベーション拠点』）が進められている。同じ水資源を扱うこともあり、この COI 事業と連携を図るため、現在建設中の「国際科学イノベーションセンター」内に、本研究のパネル展示を行っている。

### 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
2014/04/11	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、改めてプロジェク ト全体で確認し、情報共有を行った。
2014/04/14	栄村ヒアリング調査	栄村内の各地	栄村を訪問し、電力の有効的な活用方法等 について、ヒアリング調査を行った。
2014/04/22	水車の点検 および性能試験	栄村小赤沢	水車に接続した水路について、流速や流量を 簡易計測し、水車の水の取り込み能力等につ いて、簡易試験を行った。
2014/04/28	プロジェクト マネジメント会議	信州大学 人文学部	マネジメントGが集まり、研究プロジェクト の方向性や成果について議論し、情報共有を 行った。
2014/05/14	水車の性能テスト	栄村小赤沢	4月22日のデータを基に、計測機器を現地に 持ち込んで、水車の性能試験を実施した。
2014/05/26	プロジェクト マネジメント会議	信州大学 人文学部	プロジェクト全体の計画とアウトプットに 関して、マネジメントGで検討会議を行った。
2014/06/13	アドバイザーとの打合 せ	栄村小赤沢	平成26年度からアドバイザーに就任した奈 良泰史 健康科学大学特任教授が、栄村の小 水力発電を訪問し、改良前の除塵装置を確認 し、打合せを行った。
2014/06/17	第2回 研究プロジェクト全体 会議	信州大学 産学官 連携推進本部 および工学部	定例のプロジェクト全体会議を開催した。各 研究グループにおける進捗状況等の確認を 行った。
2014/07/02	除塵装置の設置	栄村小赤沢	課題となっていた除塵について、水路に新た な除塵装置を設置した。
2014/07/15	騒音問題の対策と測定	栄村小赤沢	水車導入地域から騒音問題が報告されたた め、専門家を交えて現地での騒音の確認お よび測定を行った。
2014/07/22	伊那谷アグリイノベー ション第7回シンポジ ウム「食料・エネルギ ー・水の自給率 ～現状 と課題～」	中川文化センター 大ホール	伊那谷アグリイノベーション推進機構が主 催したシンポジウムに参加し、伊那谷にお けるエネルギーや水資源の問題について情報 交換を行った。
2014/07/23	騒音対策会議	信州大学 工学部	水車導入地の騒音問題について、専門家を 交えて会議を開き、対策を検討した。
2014/07/29	移動式蓄電池 (TROLLEY II)テスト	栄村小赤沢	非常時に活用可能な移動式蓄電池を栄村の 現地に導入し、小水力発電システムと接続し た。
2014/07/30	第3回 研究プロジェクト全体 会議	信州大学 産学官 連携推進本部 および工学部	定例のプロジェクト全体会議を開催し、各研 究グループにおける進捗状況等を確認した。 現状の課題や対策等についても、議論や意見 交換が行われた。
2014/08/01 ～08/03	小水力発電の先進事例 調査	郡上市石徹白地区	地域住民が中心となって小水力発電の運営 を行っている地域の事例調査として、岐阜県 郡上市石徹白地区を訪問し、ヒアリング調査 を行った。
2014/08/04	小水力発電の騒音対策 および測定	栄村小赤沢	水車導入地にて、騒音対策のための追加工事 を行った。工事完了後、現地にて改めて騒音 測定を行った。

2014/08/20	小水力発電 他自治体より見学	栄村小赤沢	県内で小水力発電に取り組む他自治体(須坂市・木曾町)より、担当者が現地を訪問し、栄村におけるシステムを見学した。
2014/08/21	第1回 地下水・地下熱資源強化シンポジウムに参加	富山市	NPO法人「地下水・地下熱資源強化活用研究会 (AGREA)」が主催し、富山市で開催した「第1回地下水・地下熱資源強化シンポジウム」に参加し、地下水の資源強化や活用に関する情報交換等を行った。
2014/08/27	小水力発電の緊急メンテナンス	栄村小赤沢	小水力発電を導入した地域の住民から、豪雨による発電システムのエラーが発生しているとの緊急連絡を受け、急遽現地に入りメンテナンスを行った。
2014/08/30	研究プロジェクトのアドバイザーによる現地訪問	栄村小赤沢	平成26年度からアドバイザーに就任した奈良泰史 健康科学大学特任教授が、栄村の小水力発電を訪問し、改良後の除塵装置を確認した。
2014/09/17	第4回 研究プロジェクト全体会議	信州大学 産学官連携推進本部 および工学部	定例のプロジェクト全体会議を開催した。各研究グループより研究の進捗報告等が行われた。
2014/09/19	社会科学グループ勉強会	信州大学人文学部	社会科学Gが勉強会を開催した。外部講師を迎えて、長野県下の地下水資源に関して、情報や意識の共有を行った。
2014/09/25	騒音周波数の測定	栄村小赤沢	騒音問題について、詳細データを収集するため、現地に機材を持ち込み、測定を行った。
2014/10/07 ~10/08	夜間における騒音調査	栄村小赤沢	騒音問題について、生活音の少ない夜間における音の測定を行った。
2014/10/12	地下水で拓く安曇野の未来シンポジウム	安曇野市 堀金体育館	安曇野市が主催したシンポジウムに参加し、地下水資源に関する関係各所の情報収集を行った。
2014/10/23	栄村との打ち合わせ	栄村役場	栄村役場を訪問し、プロジェクトにおける小水力発電の進捗について説明し、情報共有を行った。
2014/10/27	社会科学研究グループミーティング	信州大学 人文学部	社会科学研究Gの各人が進めている研究内容について情報共有を行い、プロジェクトの全体を確認した。
2014/10/31	第5回 研究プロジェクト全体会議	信州大学 産学官連携推進本部 および工学部	定例のプロジェクト全体会議を開催した。各研究グループより研究の進捗報告等が行われた。
2014/11/10	社会科学研究グループミーティング	信州大学 人文学部	社会科学研究Gによって、アンケート調査に関する打合せを行った。
2014/11/11	栄村小赤沢地区進捗説明会	栄村小赤沢	水車を導入している栄村小赤沢地区の緊急役員会を開催し、これまでの活動や進捗状況について、地域住民に説明を行った。
2014/11/25	安曇野市 除幕式・特別講演会	安曇野市堀金 および、信州安曇野ほりまで一ゆ〜四季の里	安曇野市堀金の圃場に、地下水制御ヒートポンプを導入したビニールハウスが新設され、竣工式が行われた。また、これに併せて、研究プロジェクトが共催し、特別講演会を開催した。
2014/11/27	社会科学研究グループミーティング	信州大学 人文学部	社会科学研究Gがアンケート調査に関する打合せを行った。調査に関する具体的な質問項目等の検討を行った。
2014/12/02	第6回 研究プロジェクト全体	信州大学 産学官連携推進本部	定例のプロジェクト全体会議を開催した。各研究グループより研究の進捗報告等が行わ

	会議	および工学部	れた。栄村における住民説明会の内容について、情報共有を行い、防犯灯の設置を進める事を決定した。
2014/12/08	社会科学研究グループ ミーティング	信州大学 人文学部	社会科学研究Gがアンケート調査に関して、最終調整のための会議を行った。
2014/12/09	小水力発電に関する 打ち合わせ	栄村小赤沢	現地にて、電気工事の事業者立ち会いで打ち合わせを行った。
2014/12/15	栄村秋山地区 関連団体との打合せ	秋山木工生産組合	秋山小学校の子供たちが考案した、地域の灯りについて、実現のための検討を関連団体と協議・検討した。
2014/12/16	小水力発電に関する 打ち合わせ	信州大学 工学部	八千代エンジニアリングと打ち合わせを行った。
2015/01/15	第7回 研究プロジェクト全体 会議	信州大学 産学官 連携推進本部 および工学部	定例のプロジェクト全体会議を開催した。各研究グループより研究の進捗報告を行った。
2015/02/08 ~02/09	JST-RISTEXプロ グラム会議	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。
2015/03/18	第8回 研究プロジェクト全体 会議		26年度の最終となる、定例のプロジェクト全体会議を開催した。各研究グループより研究の進捗報告を行い、次年度（最終年度）の研究計画に関して確認を行った。

#### 4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

栄村においては、導入した小水力発電を地域の意向に沿った形で地域電源として位置づけた。また、防災の観点では、移動式の蓄電池を導入し、非常用電源としても利用が出来るように位置づけた。地域のコミュニティ電源としての地域住民の認知度については、今後の活動をフォローしていく必要がある。

安曇野市を中心とした地下水の保全や活用の観点では、アンケート調査やヒアリング調査を通じ、行政区にとらわれない広域的な連携の重要性が明らかとなった。また、条例やルールづくりにおいては、行政間で認識の違いや温度差があることが明らかとなった。

今後の展開としては、長野県下で水資源の保全や利用のための条例制定を目指している自治体や、独自のルールづくりを模索している自治体等を対象として、グループヒアリングを行い、本プロジェクトの研究成果を活用し、政策実装に繋がられるように検討を進めている。

尚、研究プロジェクトにおける調査結果や成果等について、学内の授業でも積極的に活用している。

## 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	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	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	24	10	27	9
	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	24	10	27	9
	大江 裕幸	オオエ ヒロユキ	信州大学 経済学部	准教授	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	24	10	27	9
	内田 真輔	ウチダ シンスケ	信州大学 経済学部	講師	研究開発実施項目2. において社会科学的 視点での調査研究	26	4	27	9

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	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	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	24	10	27	9
	藤縄 克之	フジナワ カツユキ	信州大学 工学部	名誉教授	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	24	10	27	9
	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	25	4	27	9
	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	24	10	27	9
*	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	25	1	27	9

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	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	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	24	10	27	9
	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	24	10	27	9
	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	24	10	27	9
*	増山 憲一郎	マシヤマ 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	25	4	27	9

## 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
2014/05/30 ・06/06	信州大学 地域活性化 システム論「環境共生 を考える」～地域資源 の保全と活用～	信州大学 全学共通 教育機構	48人	信州大学地域活性化システム 論の44人の履修登録者に対し て2回の連続講義を開催した。 本研究プロジェクトを事例に ワークショップを開催し、環 境問題における水資源や、地 域資源の保全やエネルギー利 用における課題や問題点等 について、次世代の人材と一 緒に検討を行った。
2014/08/29	第14回 信州小水力会議	信州大学 工学部	17人	長野県下より6自治体および 企業3社が参加し、第14回 目の信州小水力会議を開催。 アドバイザーの奈良氏の講演 のほか、池田名誉教授が研究 プロジェクトについて、説明 を行った。

2014/09/19	社会科学研究グループ 勉強会「データでみる 長野県の地下水」	信州大学 工学部	6人	本研究プロジェクトの社会科学 研究グループおよびマネジ メントグループのメンバーを 対象とし、外部講師を招いて 勉強会を開催した。勉強会では、安曇野市の地下水の現状 (地形等の水盆や現在行われている行政手続き等)をはじめ 県内の地下水について改めて理解を深め、情報を共有する ことにより、水資源の保全や地下水のエネルギー活用への ルールづくりの方向性を検討することを目的として開催 した。
2015/01/06	地域共同研究センター 講演会「都留市における 小水力発電の取り組み」	信州大学 工学部	約80人	信州大学の学生および一般を 対象に、アドバイザーの奈良 氏の講演会を開催し、小水力 発電のまち「都留市」の先駆 的な取り組みについて、説明 が行われた。

## 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

- ・ 特になし

### (2) ウェブサイト構築

- ・ 平成25年度に構築済み、随時情報を更新。

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

- ・ 2014年05月30日 信州大学全学共通教育機構  
地域活性化システム論「環境共生を考える」～地域資源の保全と活用1～（増山）
- ・ 2014年06月06日 信州大学全学共通教育機構  
地域活性化システム論「環境共生を考える」～地域資源の保全と活用2～（増山）
- ・ 2014年08月06日 信州大学工学部  
環境マインドを現場で体験するゼミ「エコ水車の開発と普及」（池田）
- ・ 2014年08月21日 富山第一ホテル3階大会議場  
第1回 地下水・地下熱資源強化活用シンポジウム〔富山大会〕～地下熱利用でエコ  
社会の実現を～ 「次世代の持続可能エネルギー資源：地下水」（藤縄）
- ・ 2014年08月27日 長野市ものづくり支援センター〔UFO nagano〕5階 産学交流室  
地域エネルギー利用技術研究会 第1回講演会

- 「地下熱利用システムの開発最前線」 (藤縄)
- ・ 2014/10/18 奈川夢の森 (松本市奈川)  
自然エネルギー講座 「エコ水車の開発と普及」 (池田)
  - ・ 2014/11/06 長野県工業技術総合センター  
新エネルギー周辺機器研究会「エコ水車の開発と普及」 (池田)
  - ・ 2014年11月07日 信州大学農学部 総合館S-177講義室  
京都大学地域環境科学専攻水環境工学分野講演会  
「地下熱を利用した室温制御技術と農業への活用について」 (藤縄)
  - ・ 2014年11月12日 名古屋市東区 アイ・エム・ワイ ビル  
安全品質会議協議会講演会「エネルギー資源としての地下水」 (藤縄)
  - ・ 2014/12/12 若鈴コンサルタンツ (株) 本社  
若鈴コンサルタンツ (株) 小水力技術研修会「エコ水車の開発と普及」 (池田)
  - ・ 2014年12月08日 石和温泉旅館 慶山  
第1回AGREA技術交流会「局所加温・冷却方式を用いた地下水熱源ヒートポンプシステムによる施設園芸栽培・周年安定供給技術の開発一攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業一」 (藤縄)
  - ・ 2015年01月26日 千曲市産業支援センター  
千曲市講演会「地下水熱源冷暖房技術の最新動向と活用法」 (藤縄)
  - ・ 2015年01月27日 深志神社 梅風閣  
松本市建設業協会 新年会  
「地下熱ヒートポンプを利用した省エネ空調システムについて」 (藤縄)
  - ・ 2015年02月07日 岐阜大学サテライトキャンパス多目的講義室  
NPO法人 地中熱&地下水資源活用NET 第3回 トークセッション  
地下水資源の保全と利活用「地下水、地下熱資源に関する最近の話題と展望」 (藤縄)
  - ・ 2015年03月09日 宮城県栗原市エポカ21  
農業施設学会シンポジウム【再生可能エネルギーの農業分野利用】  
「農業分野における地下水熱利用の現状と将来展望」 (藤縄)
  - ・ 2015年03月23日 坂城町役場  
坂城町水資源保全・活用講演会「地下水の保全と活用について」 (藤縄)

### 7 - 3. 論文発表

(1) 査読付き (   0件)

●国内誌 (   0件)

●国際誌 (   0件)

(2) 査読なし (   0件)

### 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 1 件、国際会議 0 件)

- ・ 2014年06月25日 下諏訪文化センター  
産学連携学会 第12回大会 産学官連携プロジェクト2  
「文理融合型研究プロジェクトにおける産学官連携」 (増山)

(3) ポスター発表 (国内会議 1 件、国際会議 0 件)

- ・ 岡本卓也 (2014) 水利権認知の違いによる地下水保全に対する意識  
日本グループ・ダイナミックス第61回大会, 東洋大学. (2014年9月6日・7日)

**7 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等**

(1) 新聞報道・投稿 (1 件)

- ・ 2014年07月22日 朝日新聞 [長野県版]  
信大改革への挑戦 [教育2014] 下  
「タコ足」束ねる組織 地域貢献「文・理系 連携後押し」

(2) 受賞 (0 件)

(3) その他 (1 件)

- ・ 2014年9月 信州大学 2014環境報告書 5-10頁  
[特集] 信州大学RISTEX研究プロジェクトレポート  
「信州型水マネジメントモデルを探る」

**7 - 6. 特許出願**

(1) 国内出願 (0 件)

(2) 海外出願 (0 件)