

令和元年度水力発電の導入促進のための事業費補助金  
(水力発電事業性評価等支援事業)のうち  
水力発電の開発・導入のための賦存量調査事業

調査報告書  
(概要版)

令和2年2月

東電設計株式会社  
株式会社ニュージェック  
西日本技術開発株式会社  
株式会社シーテック



# 調査報告書 (概要版)

## 目 次

### 第1章 調査概要

1.1 調査の背景と目的 .....	1-1
1.2 調査の実施内容 .....	1-3
1.2.1 既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査 .....	1-3
1.2.2 本調査で算出する発電ポテンシャルの位置付け .....	1-6
1.2.3 未開発有望地点における実現可能性の評価 .....	1-7
1.2.4 ダムにおける増発電電力量可能性調査 .....	1-9
1.3 調査の実施体制 .....	1-11
1.3.1 実施体制と実施工程 .....	1-11

### 第2章 既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査

2.1 既存ダムの発電利用状況調査 .....	2-1
2.1.1 ポテンシャル調査対象地点の概要 .....	2-1
2.1.2 発電利用状況の整理 .....	2-2
2.2 発電ポテンシャル調査 .....	2-4
2.2.1 本調査で算出する発電ポテンシャルの位置付け .....	2-4
2.2.2 発電ポテンシャルの算出方法 .....	2-5
2.2.3 発電ポテンシャルの算出結果 (ケース①：実績放流量(通年) ベースの算出結果) .....	2-11
2.2.4 発電ポテンシャルの算出結果 (ケース③：規定取水量ベースの算出結果) .....	2-15
2.2.5 農業用ダムにおける発電ポテンシャル算出結果のまとめ .....	2-20
2.3 有望地点の抽出 .....	2-21

### 第3章 未開発有望地点の実現可能性の評価

3.1	調査対象地点の選定	3-1
3.2	現地調査の実施内容	3-3
3.3	実現可能性の評価	3-4
3.4	今後の検討課題	3-8

### 第4章 ダムにおける増発電電力量可能性調査

4.1	流入量予測に関するニーズ調査	4-1
4.1.1	アンケート調査	4-1
4.1.2	発電事業者ヒアリング	4-3
4.2	NEDOの方法の有用性の評価と改善の検討	4-6
4.2.1	平成30年度NEDOモデルの概要	4-7
4.2.2	平成30年度NEDOモデルの有用性の評価	4-8
4.3	複数の流入量予測手法の優劣比較	4-11
4.3.1	代表的な流入量予測手法	4-11
4.3.2	パラメーターの同定方法について	4-13
4.3.3	雨量データの補正、ダウンスケーリング、アンサンブル予測の利用について	4-14
4.3.4	システムの形態について	4-17
4.4	結論と今後の課題	4-20



## 第1章 調査概要

### 1.1 調査の背景と目的

非化石エネルギーである水力発電は、純国産でクリーンな再生可能エネルギーの中でも安定的な電力供給を長期に亘り行うことが可能な電源と位置付けられており、地球温暖化に対応するため、開発・導入を支援していく必要がある。政府としても、平成27年(2015年)7月に決定した「長期エネルギー需給見通し」において、2030年の全電源構成のうち水力発電として8.8%~9.2%程度を確保することを見込んでいる。

一方、今後の水力開発地点は小規模化、奥地化しており、開発が困難化している状況にある中で、水力開発を推進する観点から「未開発となっている地点」について経済性及び自然・社会環境に関する課題を調査・分析することが重要となっている。

このような背景のもと政府は、平成30年7月に閣議決定された第5次エネルギー基本計画において同第4次エネルギー基本計画に引き続き、以下抜粋に示す通り、「現在、発電利用されていない既存ダムへの発電設備の設置や、既に発電利用されている既存ダムの発電設備のリプレースなどによる出力増強等、既存ダムについても関係者間で連携をして有効利用を促進する。」こととし、平成26年度より、国土交通省、水資源開発機構、地方公共団体並びに農林水産省が管理する発電利用されていない既存ダムの有効利用の実現に資するため「既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャル調査（賦存量調査）」を実施してきている。

#### 「第5次エネルギー基本計画」の抜粋（第2章「第1節 基本的な方針」、p18より）

##### 4) 水力

水力発電は、渇水の問題を除き、安定供給性に優れたエネルギー源としての役割を果たしており、引き続き重要な役割を担うものである。このうち、一般水力（流れ込み式）については、運転コストが低く、ベースロード電源として、また、揚水式については、発電量の調整が容易であり、ピーク電源としての役割を担っている。

一般水力については、これまでも相当程度進めてきた大規模水力の開発に加え、現在、発電利用されていない既存ダムへの発電設備の設置や、既に発電利用されている既存ダムの発電設備のリプレースなどによる出力増強等、既存ダムについても関係者間で連携をして有効利用を促進する。・・・

本事業では、平成30年度調査<sup>1</sup>に引き続き、農林水産省並びに地方公共団体が管理する「農業用ダム<sup>2</sup>」（以下、同）について、発電に利用されていないダム直下への放流水の有無を把握するとともに、これらの放流水を発電に利用した場合のポテンシャル（出力および電力量）の試算を行った（**既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査**）。

また、平成29年度並びに30年度調査で明らかにされた「農業用ダム」における未開発有望ダム地点を対象に、現地調査を実施した上で、経済性及び自然・社会環境を踏まえた検討を実施し、その実現可能性の評価を行った（**未開発有望地点における実現可能性の評価**）。

<sup>1</sup> 「平成30年度水力発電の導入促進のための事業費補助金（水力発電事業性評価等支援事業）のうち水力発電の開発・導入のための賦存量調査事業 調査報告書  
平成31年2月 東電設計、ニュージェック、西日本技術開発、シーテック」

<sup>2</sup> 本事業の仕様書より、ここでの農業用ダムとは「ダム年鑑」に記載されている「農業用ダムおよび農業関連ダム」のうち、高さ20m以上または流域面積10km<sup>2</sup>以上のダム（流域面積が不明のダムも含む）のことをいう

さらに今年度調査では、既存ダムの運用を高度化し、発電電力量を増加させるためのダム流入量予測について現状を整理するとともに、ダム流入量予測システムを実証フェーズに移行する場合に必要な要素を検討し、システムで対象とする予測時間の長さ及びシステムの提供形態について、方向性を打ち出すとともに、今後に向けての課題を抽出した（**ダムにおける増発電電力量可能性調査**）。

本事業は、上記の調査の実施を通じて、未開発となっている既存ダムにおける水力発電の開発促進に資することを目的とする。

## 1.2. 調査の実施内容

### 1.2.1 既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査

本事業は平成 26 年度から始まっており、同年度の調査では「国土交通省直轄ダム及び水資源機構ダム」(計 122 地点)について、既存ダムの発電利用状況調査、発電ポテンシャル調査並びに有望地点の抽出が行なわれた。平成 27 年度並びに 28 年度の調査では、地方公共団体が管理する「補助ダム<sup>3</sup>」(計 448 地点)を対象として、平成 26 年度と同様に、既存ダムの発電利用状況調査、発電ポテンシャル調査並びに有望地点の抽出が行なわれた。

さらに平成 29 年度並びに 30 年度の調査では、農林水産省並びに地方公共団体等が管理する「農業用ダム<sup>4</sup>」(以下、同)を対象として、既存ダムの発電利用状況調査、発電ポテンシャル調査および有望地点の抽出が行われた。

本事業では、昨年度に引き続き農林水産省並びに地方公共団体等が管理する「農業用ダム」を対象として、既存ダムの発電利用状況調査、発電ポテンシャル調査および有望地点の抽出を行った。

#### 【これまでの調査（平成 26 年度～平成 30 年度）】

##### (1) 調査対象地点

- 平成 26 年度：国土交通省直轄ダム及び水資源機構ダム（計 122 地点）
- 平成 27 年度～28 年度：地方公共団体が管理する補助ダム（計 448 地点）
- 平成 29 年度～30 年度：農林水産省並びに地方公共団体等が管理する農業用ダム（計 529 地点）

##### (2) 調査内容

- 既存ダムの発電利用状況調査
- 発電ポテンシャル調査
- 有望地点の抽出
- 検討結果の報告



#### 【本事業（令和元年度）】

##### (1) 調査対象地点

- 農林水産省並びに地方公共団体等が管理する農業用ダム（次の各都県に位置するもの）  
岩手県、宮城県、東京都、神奈川県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、沖縄県（1 都 16 県）

##### (2) 調査内容

- 既存ダムの発電利用状況調査
  - a. 既存ダムの発電利用状況に係る資料・情報の収集
  - b. ダム基本データ及び流量データの入手
  - c. 入手データ整理・発電ポテンシャル算出地点の抽出
- 発電ポテンシャル調査
  - d. 流況整理・発電ポテンシャル算出
- 有望地点の抽出
  - e. 有望地点の抽出
- 検討結果の報告
  - f. 検討結果の報告

<sup>3</sup> 「ダム年鑑」に記載されている河川総合開発事業における竣工ダムのうち、補助事業（治水ダムを含む）に係るダム

<sup>4</sup> 本事業の仕様書より、ここでの農業用ダムとは「ダム年鑑」に記載されている「農業用ダムおよび農業関連ダム」のうち堤高 20m 以上または流域面積 10 km<sup>2</sup> 以上のダム（流域面積が不明のダムも含む）のことをいう

**a. 既存ダムの発電利用状況に係る資料・情報の収集**

以下に示す本事業で調査対象とする 1 都 16 県のうち東京都並びに神奈川県については、「ダム年鑑」に農業用ダムが掲載されていない。さらに、東京都庁並びに神奈川県庁関係局に聞き取り調査を実施した結果からも、本事業で調査対象となる農業用ダムが所在しないことを確認した。

【調査対象とする 1 都 16 県（青字：訪問・聞き取り調査を実施した 15 県）】

岩手県、宮城県、東京都※、神奈川県※、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、沖縄県（1 都 16 県）

※東京都並びに神奈川県には調査対象となる農業ダムは所在しない

したがって、東京都並びに神奈川県を除く 15 県を対象に、各県に所在する農林水産省並びに地方公共団体等が管理する農業用ダム 295 地点について、ダム事業者に対して訪問・聞き取り調査を実施し、ダム基本情報及び発電利用状況の資料収集及び整理を行った。

**b. ダム基本データ及び流量データの入手**

ダム事業者に対する訪問・聞き取り調査を実施し、調査対象ダムのダム基本データ（発電利用状況を含む）及び放流量資料・貯水位資料等のダム運用実績データを手に入れた。

本事業で調査する「農業用ダム」については、建設から管理に至るまでに各種の形態・体制があり、それを大まかにまとめると図 1.2.1-1 の通りとなる。

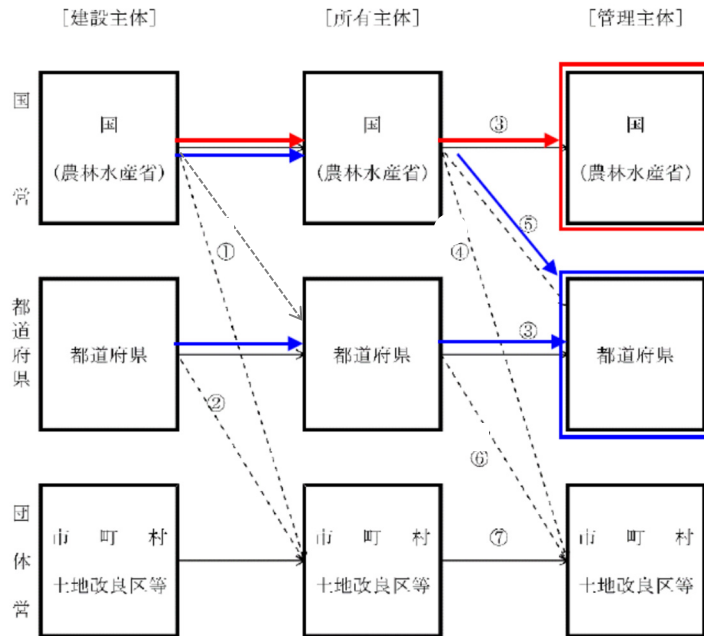


図 1.2.1-1 農業用ダムの建設から管理に至る各種形態・体制のイメージ

本事業で実施するダム事業者への訪問・聞き取り調査は、調査対象ダムが所在する 15 県にある地方農政局(農林水産省)と各県庁に所属する農政部局を対象に実施した。

一方、農業用ダムの中には、建設当時は農林水産省あるいは都道府県がダム事業者であったが、その後ダム管理を市町村や土地改良区に移管し、市町村や土地改良区がダム事業者となっているダムも含まれている。

このような「市町村や土地改良区がダム事業者」となっている農業用ダムの情報・資料についても、当該ダムが所在する県庁や地方農政局にて聞き取り・収集することとした。

#### **c. 入手データ整理・発電ポテンシャル算出地点の抽出**

ダム事業者から収集・入手した資料・情報から、各ダム地点の発電利用状況を整理・分類した上で、「発電設備が設置されていない地点（発電未利用地点）」及び「事業用発電所が既設置であるが発電未利用の維持放流や利水放流を有する地点」を、発電ポテンシャルを算出する対象地点として抽出した。

#### **d. 流況整理・発電ポテンシャル算出**

前記「c.」項で抽出したポテンシャル算出対象地点について、前記(b.)項で入手したダム運用実績データ（放流設備毎の実績放流量、貯水位等）及びダム基本データから各々の放流設備毎の流況を整理の上、発電に利用できる放流量流況を特定した。

特定した放流量流況より最大使用水量を設定すると同時に、総落差と損失水頭を計算の上有効落差を設定し、発電ポテンシャル（最大出力、年間可能発電電力量）を算出した。

#### **e. 有望地点の抽出**

前記「d.」項で算出した発電ポテンシャル算出値等を基に、開発優先順位付けによる評価を行い、今後開発を進める上で比較的有望と考えられる地点を抽出した。開発優先順位付けを行うにあたっては、算出した発電ポテンシャル値の算出精度を考慮した上で、個別地点の発電ポテンシャル規模の大小と共に、関係法令（自然公園法、森林法等）に基づく自然・社会環境面での致命的な開発阻害要因の有無、並びに入手した図面を利用した発電水路ルート（案）の検討に基づく水圧管路・発電所新設候補スペースの有無を確認した。

#### **f. 検討結果の報告**

上記一連の検討結果を取り纏め、ダム事業者に報告した。

## 1.2.2 本調査で算出する発電ポテンシャルの位置付け

本調査で算出する発電ポテンシャルは、後述する算出方法による統一的な考え方の基に、発電に利用可能なダム放流量と遊休落差から求める各地点が有する潜在量を示すものであり、図 1.2.2-1 に示す通り、水力開発の一般的な調査・事業段階における位置付けでは「(1) 事前調査」より更に前の段階のレベルのものである。

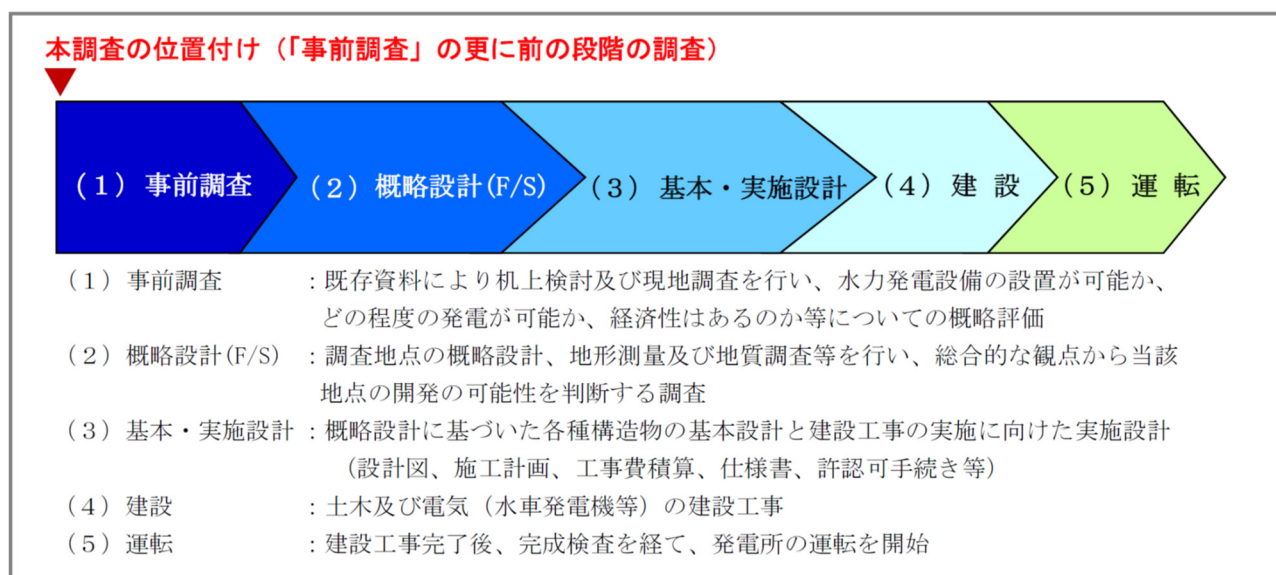


図 1.2.2-1 水力開発の一般的な調査・事業段階と本調査の位置付け

したがって、事業者が希望する経済性をもって実際に当該発電所の建設が可能かどうかを技術面も含めて評価するためには、「(1) 事前調査」や「(2) 概略設計(F/S)」を実施することが必須である。

### 1.2.3 未開発有望地点における実現可能性の評価

平成 29 年度並びに 30 年度調査で実施された「既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査」において、発電ポテンシャルを算出した農業用ダム（計 529 地点）の中から、最大出力 100kW 以上を期待できる発電未開発有望地点が抽出された。

令和元年度調査(本事業)では、平成 30 年度までの調査にて抽出された発電未開発有望地点を対象として、現地調査及び収集可能な図面等による情報収集を行い、発電所の設置可否、放流管等の既設設備の状況、道路・送電線等の周辺状況、概算工事費などから、当該地点の実現可能性を評価した。

#### 【平成 29 年度並びに 30 年度 既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査】

農林水産省並びに地方公共団体等が管理する農業用ダム（計 529 地点）を対象として、発電ポテンシャル調査を実施し、以下の内容が整理された。

- 既存ダムの発電利用状況調査
- 発電ポテンシャル調査
- 発電未開発有望地点（最大出力 100kW 以上）の抽出

#### 【令和元年度 未開発地点における実現可能性の評価】

上記調査で抽出された有望地点を対象として、現地調査及び収集可能な図面等による情報収集及び概算工事費の検討を行い、当該地点の実現可能性を評価する。

(調査内容)

- a. 概略評価
- b. 実現可能性の評価
- c. 検討結果の報告（抽出された有望地点を管理する農林水産省並びに地方公共団体に対して）

#### a. 概略評価

平成 29 年度調査結果により、発電ポテンシャル（最大出力）が 100kW を超える発電未開発の農業用ダムは計 41 箇所（A-1 方式<sup>5</sup>22 箇所、A-2 方式<sup>6</sup>19 箇所）あることが判った。さらに平成 30 年度調査結果により、発電ポテンシャルが 100kW を超える発電未開発の農業用ダムは計 25 箇所（A-1 方式 15 箇所、A-2 方式 10 箇所）あることが判った。

本事業ではこれら 100kW を超える発電ポテンシャルを有する発電未開発の農業用ダム 66 箇所を対象に、過去の調査結果を踏まえ経済性の観点で実現可能性が比較的高いと考えられる調査対象候補ダムを選定した。選定した調査対象候補ダムについて、ダム事業者への調査協力依頼・聞き取り調査を実施し、調査協力が得られたダムについて、1/25,000 地形図やダム事業者がインターネット上で提供しているダム基本情報並びに自然・社会環境条件等を机上検討により明らかにし、関係法令や各種制約事項を考慮した上で、総合的な観点で開発実現可能性を概略評価し、調査対象とする未開発有望地点を抽出した。

<sup>5</sup> A-1 方式とは、ダムに「既設放流管がある」場合で、発電計画を策定するにあたり、その放流管を発電設備の一部として利用できることを前提とするもの

<sup>6</sup> A-2 方式とは、ダムに「既設放流管がない」あるいは「利用できない」場合で、「発電設備として取水設備や水圧管路を新設すること」を前提とするもの

### **b. 実現可能性の評価**

前記(a.)項の概略評価で選定された未開発有望地点について、現地調査及び情報収集を行い、自然・社会環境条件の整理、最適発電計画の策定、経済性評価を実施し、当該地点における開発の実現可能性を評価した。特に経済性評価においては、kWh 建設単価（円/kWh）による評価に加えて、FIT 制度や建設から運転保守に至る費用を加味できる評価手法として、「内部収益率法（Project-IRR の算出）」を導入した。

### **c. 検討結果の報告**

上記一連の検討結果を取り纏め、ダム事業者に報告するとともに、開発実現に向けての関係法令・各種制約事項やFIT 制度、設備導入実績、設備認定、系統連系、支援制度等について取り纏めたテキストブック（平成 28 年度調査で作成済み）を提示し、ダム事業者が次の調査ステップへ進むことをサポートした。



## 1.2.4 ダムにおける増発電電力量可能性調査

### a. 流入量予測ニーズのアンケート調査

水力発電用の利水ダムにおいて、電力会社が所有する既存の水力発電所を対象にして、洪水時並びに融雪期におけるダム流入量の高精度予測によるダム運用効率化を図り発電電力量の増大を指向する、以下のような取り組みが実施されている。

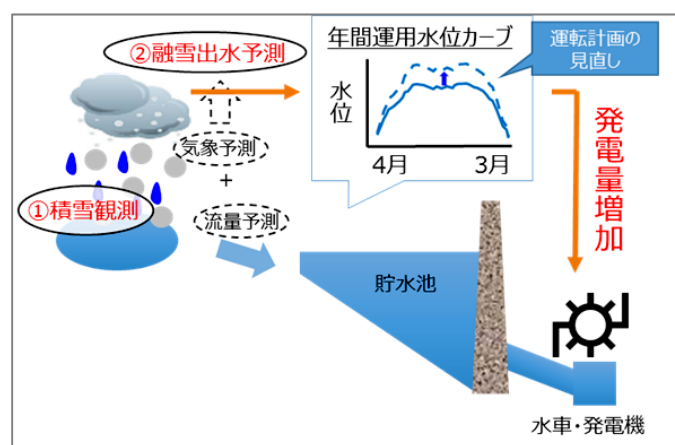
#### 【発電電力量増大策の実施事例】

○ダムの高水位運用による発電落差の増加（＝発電電力量の増加）

→ 高度化された雨量予測の活用による、洪水時ダム流入量予測の高精度化により、高水位でのダム運用を可能とすることで発電落差の増大による発電電力量を増やす

○ダム貯水池運用効率化システムの構築による既設水力発電所の発電電力量の増加

→ IoT 技術を活用し、融雪量を正確に予測・把握することにより、ダム貯水池への流入量の予測精度を高めることで、発電所や発電関連設備を新規設置、増強などすることなく、ダム貯水池運用方法の効率化により既設発電所の発電電力量を増やす



出典：国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構ホームページより抜粋

本事業では、上記の取り組みのうち、特にダムの流入量予測の部分に着目し、既存ダムの運用を高度化し発電電力量を増加させるためのダム流入量予測について検討を行う。

このため、発電用ダムを保有する発電事業者に対し、アンケート調査を実施した。

#### **b. 発電事業者ヒアリング**

アンケートの回答があった事業者のうち3事業者に対してはアンケート調査結果を深掘りするためのヒアリングを実施した。

#### **c. 流入量予測手法に対する有用性の評価および改善の検討**

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下「NEDO」という。）の平成30年度報告書「発生電力量最大化を目的としたIoT技術の活用による流入量予測精度向上および発電運用効率化技術の開発研究」の評価を行い、(1)・(2)の調査結果を踏まえた有用性の評価と改善点を検討した。

#### **d. 複数の流入量予測手法の優劣比較**

現在公開されている主要な流入量予測手法について、アンケートで得られた具体的なニーズへの適合性や、想定される計算量等について整理し、優劣を比較した。

また、流入量予測システムの実現可能性について、システム事業者へヒアリングを行った。

### 1.3 調査の実施体制

#### 1.3.1 実施体制と実施工程

本事業は、経済産業省資源エネルギー庁電力基盤整備課の補助事業として、一般財団法人新エネルギー財団が公募により選定した「委託事業者」が、同財団の指導・監理のもと実施した。

さらに、調査実施にあたっては、有識者による委員会を設置し、その指導・助言のもと調査を行った。

(1) 「既存ダム発電ポテンシャル調査」と「未開発有望地点の実現可能性評価」について  
本事業で実施する調査のうち、「既存ダム発電ポテンシャル調査」と「未開発有望地点の実現可能性評価」に関わる調査の実施にあたっては、有識者による「発電水力調査検討委員会」を設置し、その指導・助言のもと調査を行った。

当該調査の実施体制と実施工程を、それぞれ図 1.3.1-1 及び図 1.3.1-2 に示す。

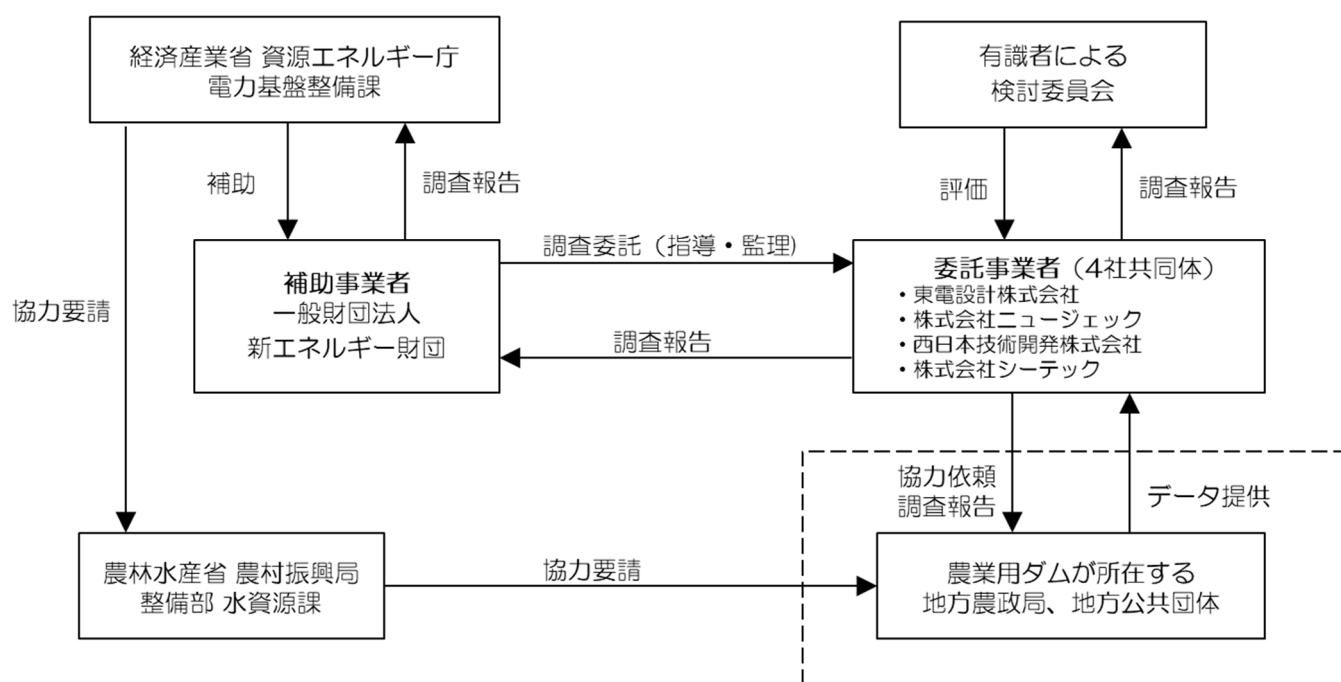


図 1.3.1-1 「既存ダム発電ポテンシャル調査」と「未開発有望地点の実現可能性評価」に関わる調査の実施体制



(2) 「ダムにおける増発電電力量可能性調査」について

本事業で実施する調査のうち、「ダムにおける増発電電力量可能性調査」に関わる調査の実施にあたっては、有識者による「流入量予測高度化検討委員会」を設置し、その指導・助言のもと調査を行った。

当該調査の実施体制と実施工程を、それぞれ図 1.3.1-3 及び図 1.3.1-4 に示す。

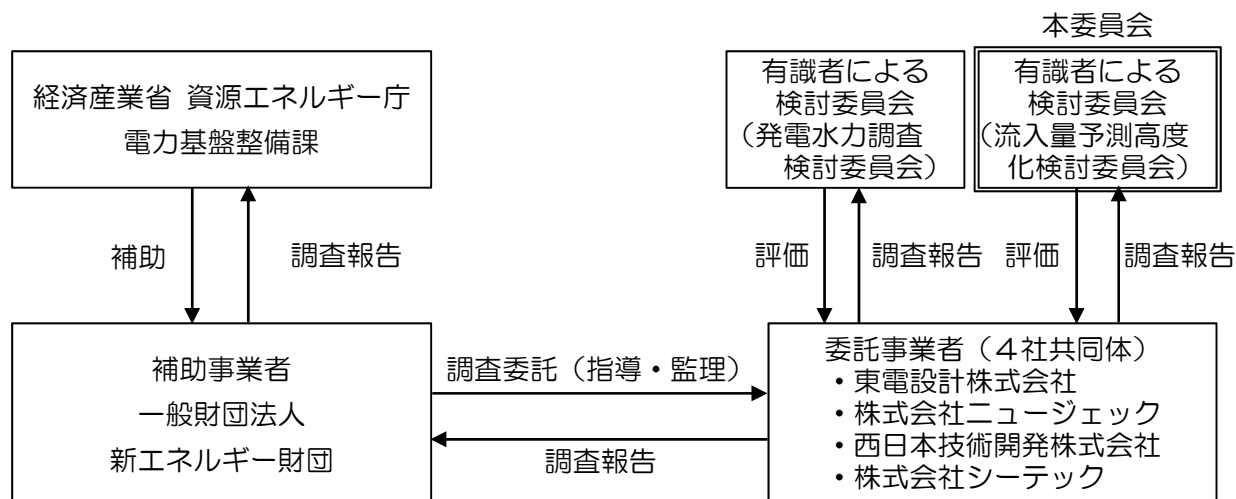


図 1.3.1-3 「ダムにおける増発電電力量可能性調査」に関わる調査の実施体制

調査項目	2019年(令和元年)						2020年(令和2年)		
	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
(1) ダムにおける増発電電力量可能性調査			着手						
a. 流入量予測のニーズの調査			アンケート作成		アンケート送付・集計				
b. 発電事業者へのヒアリングの実施									
c. 流入量予測手法に対する有用性の評価および改善の検討									
d. 複数の流入量予測手法の優劣比較									
(2) 流入量予測高度化検討委員会の開催									
検討委員会の開催						第1回 ◎		第2回 ◎	
(3) 報告書作成									完了

図 1.3.1-4 「ダムにおける増発電電力量可能性調査」に関わる調査の実施工程

## 第2章 既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査

農林水産省並びに地方公共団体等が管理する「農業用ダム<sup>1</sup>」(以下、同)を対象として、ダム基本情報及び発電利用状況に係る情報を収集すると共に、これらの情報を基に発電未利用の放流量を有するダムを抽出のうえ発電ポテンシャル(発電出力及び年間可能発電電力量)を算出した。調査対象地点の発電利用状況を整理しポテンシャル算出対象地点を抽出した結果、並びに算出方法を含む発電ポテンシャルの算出結果を以下に示す。

### 2.1 既存ダムの発電利用状況調査

#### 2.1.1 ポテンシャル調査対象地点の概要

本調査では、図 2.1.1-1 に示す 15 県に所在する農業用の既存ダムを調査対象として、「ダム年鑑」に記載されている「農業用ダムおよび農業関連ダム」のうち「堤高 20m 以上または流域面積 10 km<sup>2</sup>以上のダム」をベースに、同年鑑に記載されていないがダム事業者への聞き取り調査により当該条件に該当すると考えられる農業用ダムを加えた、合計 295 ダムを調査対象地点として選定した。

図 2.1.1-1 は調査対象地点数を県別に整理した上で発電目的の有無を整理したものであり、調査対象地点の諸元を流域面積と堤高の相関図で表したグラフを図 2.1.1-2 に示す。

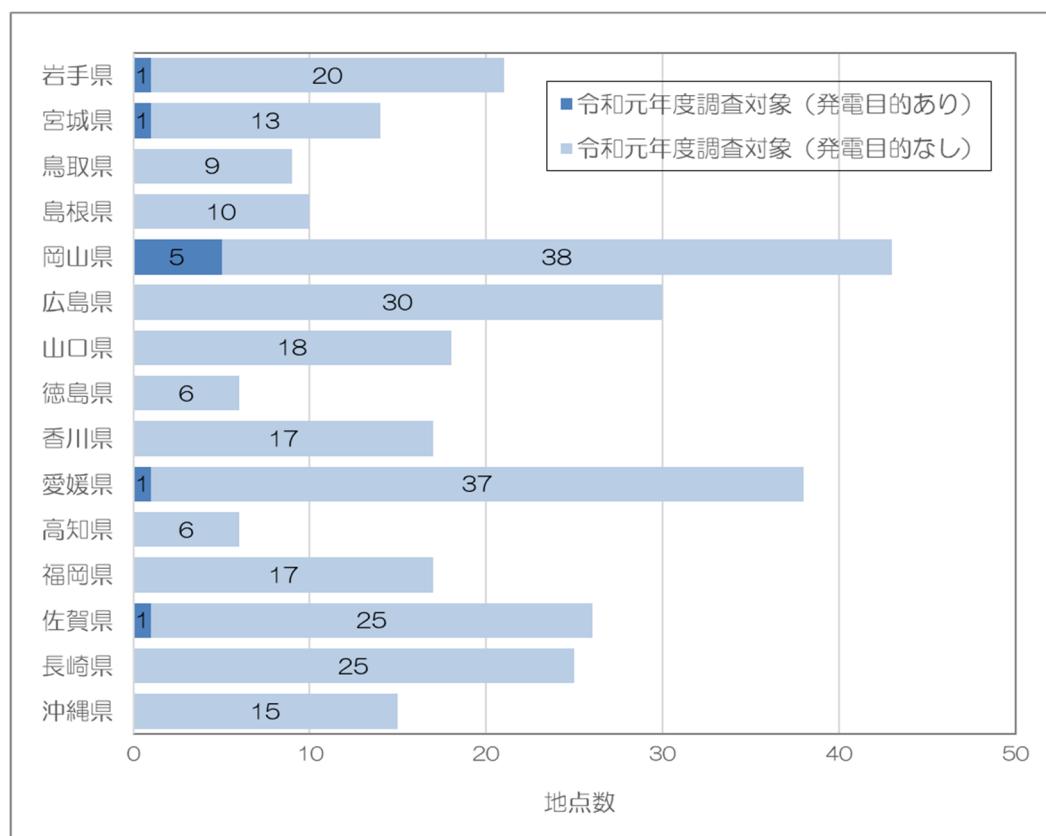
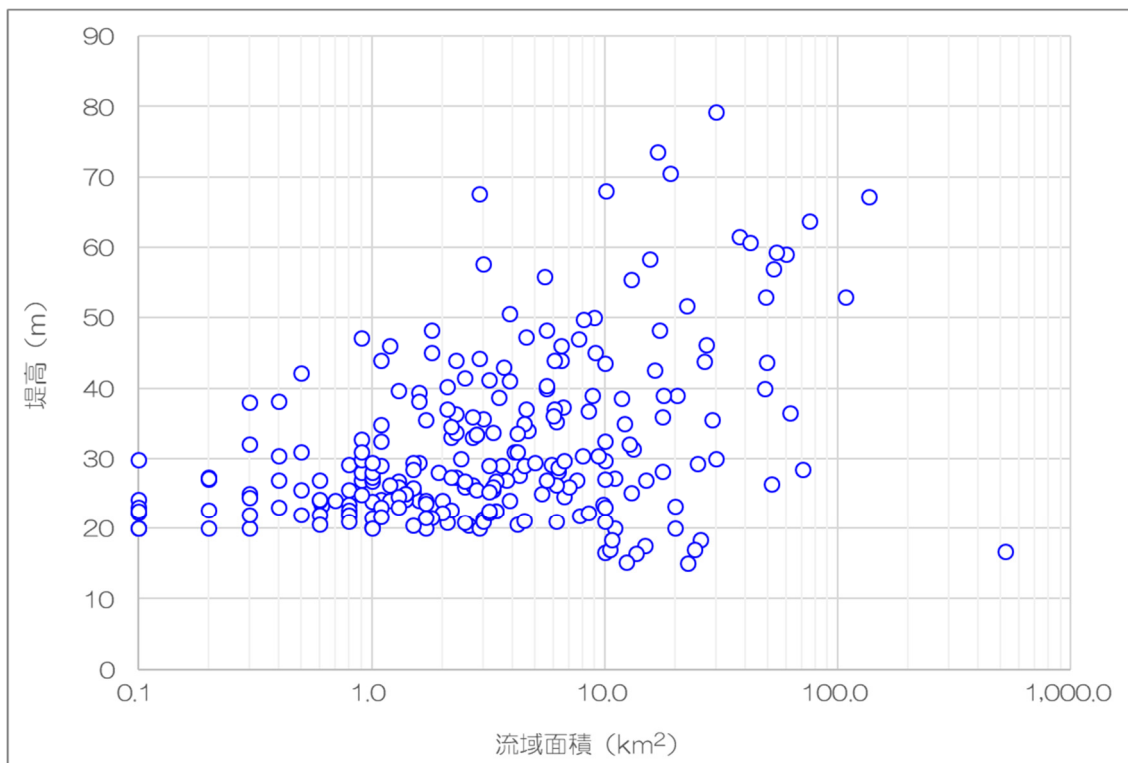


図 2.1.1-1 調査対象地点数 (県別)

<sup>1</sup> 本事業の仕様書より、ここでの農業用ダムとは「ダム年鑑」に記載されている「農業用ダムおよび農業関連ダム」のうち堤高 20m 以上または流域面積 10 km<sup>2</sup>以上のダムのことをいう



※ダム事業者への聞き取り調査にて、流域面積や堤高が不明である地点を除く

図 2.1.1-2 調査対象とした農業用ダムの流域面積と堤高の関係

### 2.1.2 発電利用状況の整理

調査対象地点の発電利用状況について、ダム事業者への訪問・聞き取り調査を実施した。その結果を踏まえ、既設発電所（事業用発電所／管理用発電所）の有無及び発電に利用可能な放流量の有無等の観点から整理した結果を表 2.1.2-1 並びに下図に示す。

このうち、表 2.1.2-1 中の網かけで示す「発電所が設置されていない地点（発電未利用地点）」及び「事業用の発電所のみが設置されている地点で発電未利用の河川維持放流、利水放流がある地点」を発電ポテンシャルの算出対象地点に分類し、調査対象とした 295 ダムのうち発電未利用の放流量があると確認された計 77 地点を発電ポテンシャルの算出対象地点として選定した。

調査対象地点の発電利用状況を県別に整理した結果を図 2.1.2-1 に示す。

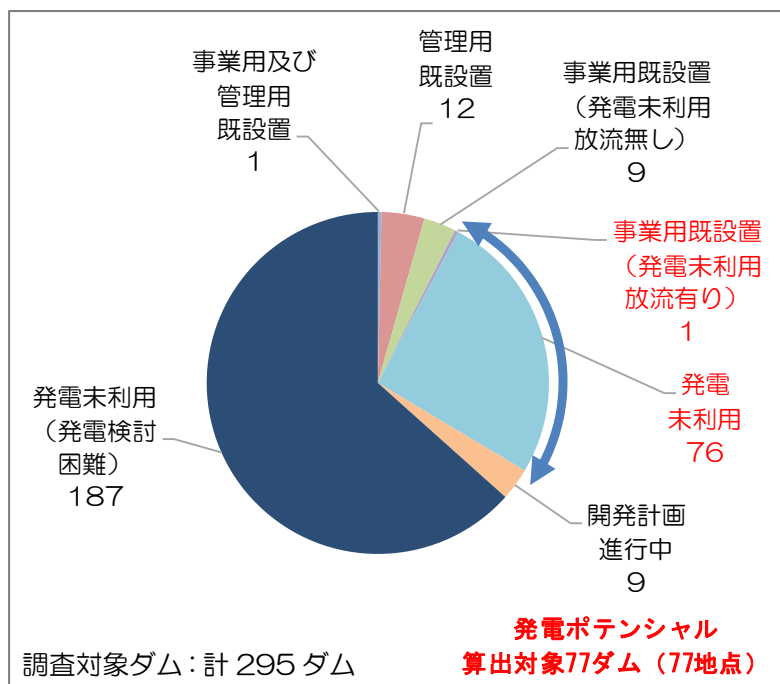


表 2.1.2-1 調査対象ダムの発電利用状況による整理

発電利用状況		ダム数	
事業用及び管理用の発電所が設置されている地点		1	
管理用の発電所だけが設置されている地点		12	
事業用の発電所だけが設置されている地点	発電未利用の河川維持放流、利水放流がない地点	9	10
	発電未利用の河川維持放流、利水放流がある地点	1	
発電所が設置されていない地点	発電未利用地点	76	
	発電所開発計画が進行中の地点	9	
	圧力導水等の理由で発電利用可能は放流水なし、ダム廃止・建設中、取放水量等の流量資料なし 等	187	
合 計		295	

: 発電ポテンシャル算出対象地点

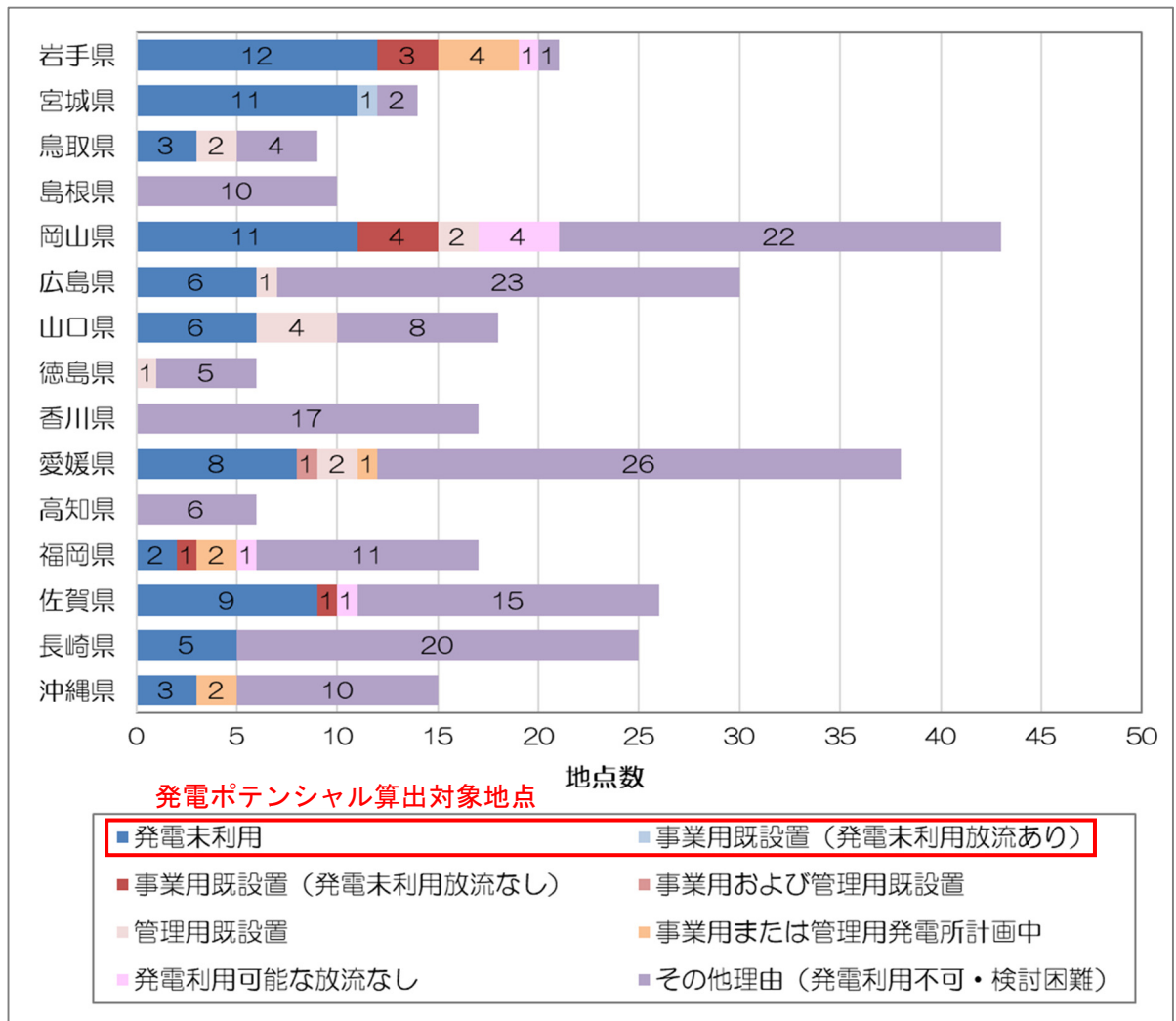


図 2.1.2-1 調査対象ダムの発電利用状況による整理 (県別)



## 2.2 発電ポテンシャル調査

### 2.2.1 本調査で算出する発電ポテンシャルの位置付け

本調査では、農業用ダムを対象にして、発電利用状況を調査のうえ発電ポテンシャルの算出対象地点を選定すると共に、ダム事業者から提供された関係資料を基に各地点における発電ポテンシャルを算出した。ここで算出された発電ポテンシャルは、統一的な考え方の基に、発電に利用可能なダム放流量と遊休落差から求める各地点が有する潜在量を示すものであり、図2.2.1-1に示す通り、水力開発の一般的な調査・事業段階における位置付けでは「(1)事前調査」より更に前の段階のレベルのものであり、事業者が希望する経済性をもって実際に発電所の建設が可能かどうかを技術面も含めて検討する実現可能性に係る評価は行っていない。つまり本調査では、後述する算出方法に示す統一的な考え方を基に、最大使用水量、有効落差及び水車・発電機合成効率を設定のうえ発電ポテンシャルを算出しており、以下に示すような個別地点特有の様々な具体的条件や開発阻害要因は反映されていない。

- ・ 法令に規制された地域への立地による許認可手続きや地元利害関係者等との調整（ダム事業者とダム管理者間の協議を含む）の可否及び解決の難易度等（自然・社会環境条件）
- ・ 発電所並びに水圧管路の設置スペースの有無、既設設備の流用可能範囲、既設放流管の分岐方法と施工の難易度、資機材搬出入の難易度（既設の搬出入路の有無）、系統連系の難易度等（物理的条件）
- ・ 上記の諸条件を反映した工事費の算出と経済性の評価

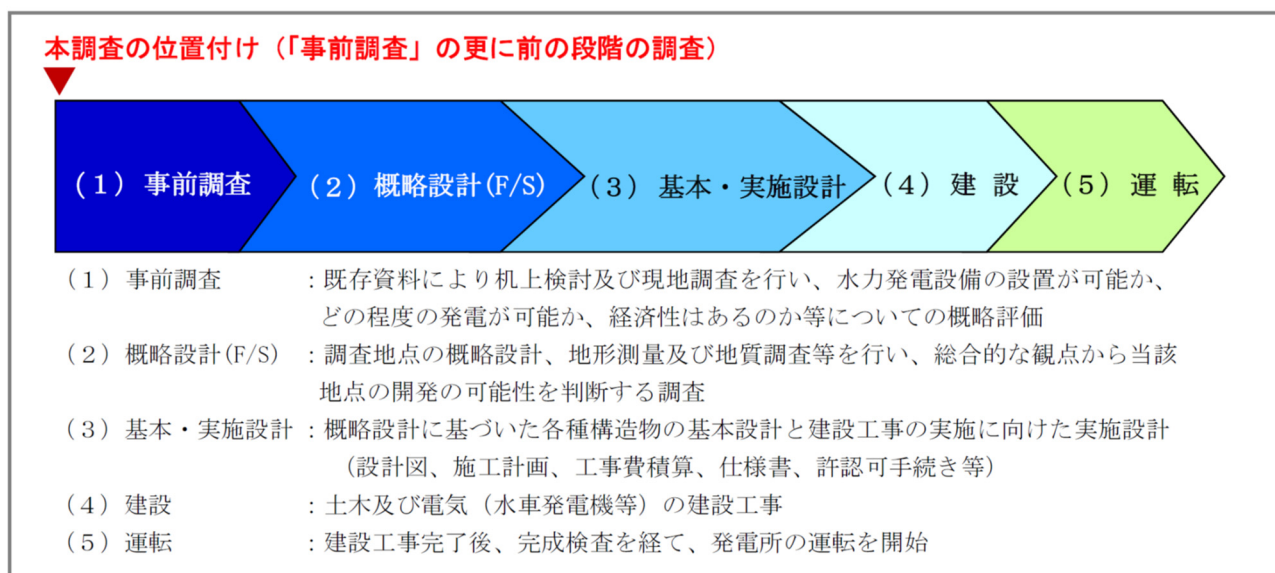


図 2.2.1-1 水力開発における一般的な事業段階と本調査の位置付け

したがって、事業者が希望する経済性をもって実際に当該発電所の建設が可能かどうかを技術面も含めて評価するためには、「(1) 事前調査」や「(2) 可能性調査 (F/S)」を実施することが必須であることに留意する必要がある。

## 2.2.2 発電ポテンシャルの算出方法

### (1) 調査対象ダムの既設放流管の有無による算出区分の分類

本事業では、平成 30 年度調査において適用された発電ポテンシャルの算出方法に則り、発電ポテンシャル値（最大出力並びに年間可能発電電力量）の算出を行った。

具体的には、個別ダムの既設放流管の現況に応じた発電設備の設置形態（既設放流管利用／水圧管路新設）の観点で、ダム事業者への聞き取り調査で得られたデータ・情報に基づき、既設放流管有りのダムについては、「発電設備として既設放流管を利用すること」を想定した「A-1 方式」に分類した。一方、「既設放流管がない」あるいは「利用できない（詳細不明を含む）」ダムの場合には、「発電設備として水圧管路新設すること」を想定した「A-2 方式」に分類した。以下に、A-1 方式と A-2 方式に分類されるダムの具体的な事例を示す。

A-1 方式（既設放流管利用）の具体例として、水資源機構寺内ダムの事例を図 2.2.2-1 に示す。当該ダムでは発電に利用可能なダム直下への放流が「既設放流管」を通して行われており、この既設放流管を「水圧管路」の一部として利用して発電設備を設置できる可能性<sup>2</sup>がある。これにより、新設する水圧管路の延長を最小限にできると同時に取水設備の新設（ダム堤体穴開け等による）を避けることができるため、建設工事の難易度や工事費用を抑制できると考えられる。

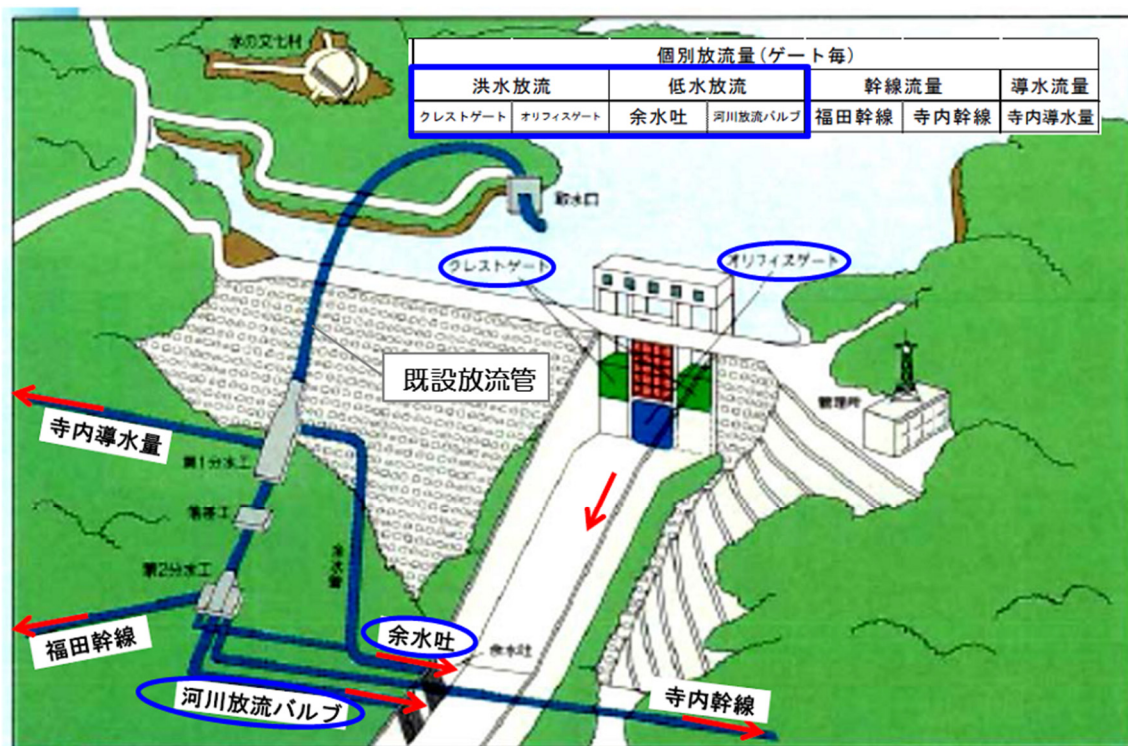


図 2.2.2-1 算出区分 A-1 方式に分類されるダムのイメージ

<sup>2</sup> 既設放流管を水圧管路として利用する場合、既設放流管の通水能力が課題となるが、地方公共団体が管理する補助ダムを対象に実施した発電ポテンシャル調査（平成 27 年度及び 28 年度調査）では、A-1 方式に分類された 220 ダムのうち 1 箇所を除き、「既設放流管通水能力>発電最大使用水量」の関係にあることを概略評価で確認している。

一方、A-2方式（水圧管路新設）の具体例として、国土交通省近畿地方整備局猿谷ダム（電源開発西吉野第一発電所あり）の事例を図2.2.2-2に示す。当該ダムでは、既設の堤内放流管（コンジットゲート）の出口はダム堤体背面の下記写真に示す位置にあり、この放流管を発電用に流用することは不可であり、発電所を設置するには「水圧管路新設」が必要となる。このようなダムに発電所を設置する場合、新設する水圧管路の延長が長くなると同時に取水設備の新設（ダム堤体穴開け等による）も必要となり、A-1方式に分類されるダムと比較して、建設工事の難易度が格段に上がると同時に工事費も増大すると考えられる。



図 2.2.2-2 算出区分 A-2 方式に分類されるダムのイメージ

以上の通り、仮に同程度のポテンシャル量（最大出力、年間可能発電電力量）を有するダムを比較した場合、発電所設置の技術的・経済的な実現可能性は、A-1方式とA-2方式で異なる（=A-1の方がA-2よりも実現可能性は高い）と想定されるので、その差異を考慮してこの算出区分による分類を導入している。



## (2) 発電ポテンシャルの算出

個別地点の発電ポテンシャルの算出は、表 2.2.2-1 に示す算出方法（平成 30 年度調査時と同等）にて実施し、発電ポテンシャル計算書として取り纏めた。

発電ポテンシャル計算書に盛り込む内容・検討項目は以下の通りとした。

- (a) 10ヶ年平均貯水位の算出
- (b) ダムの既存放流設備の整理と  
10ヶ年平均ダム放流量流況・  
流況表の作成
- (c) 最大使用水量  $Q_{max}$  の設定
- (d) 有効落差の算出
- (e) 水車形式の選定
- (f) 水車・発電機の合成効率の算出
- (g) 発電出力(最大出力)の算出
- (h) 年間可能発電電力量の算出  
(水車の足切り流量を考慮)

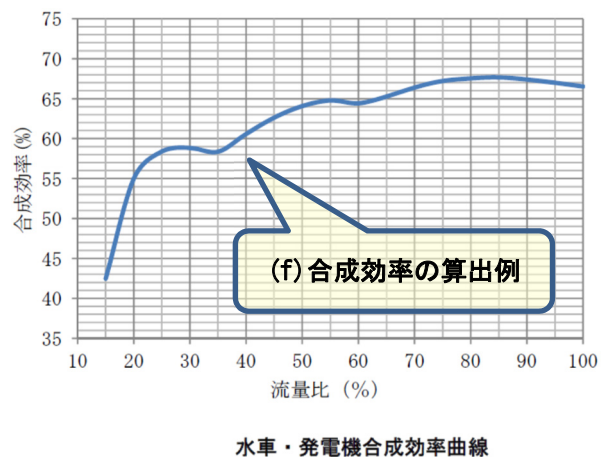
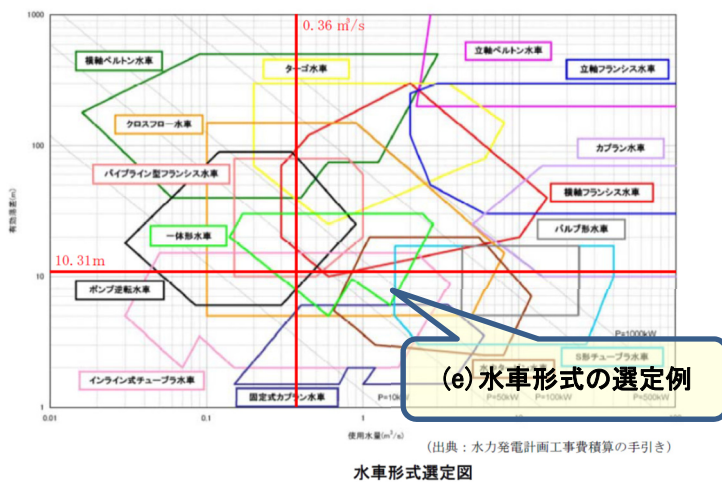
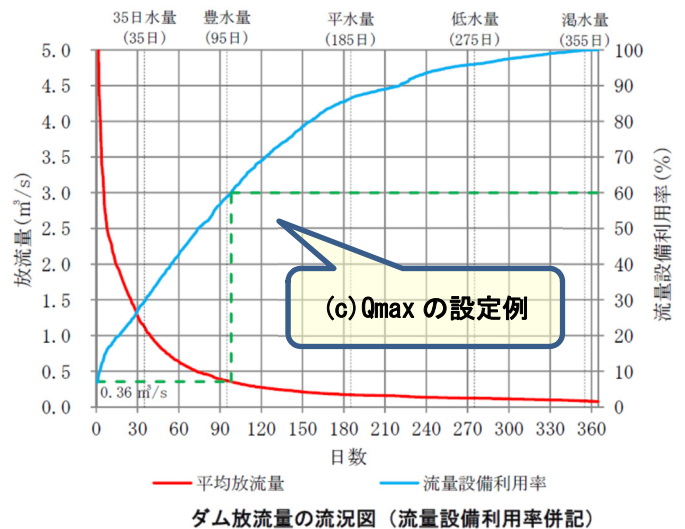
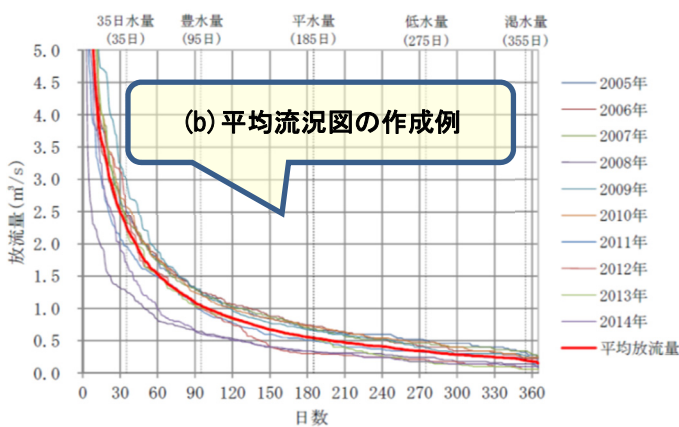
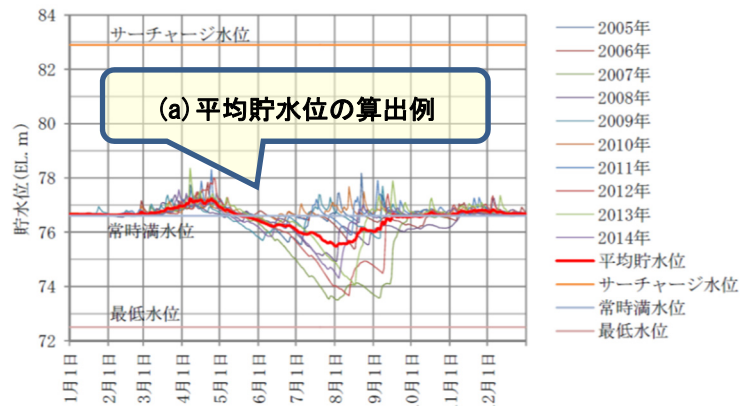


表 2.2.2-1 発電ポテンシャル算出方法

流量資料	実績放流量、実績取水量、規定取水量	
分類	A-1 (既設放流管利用)	A-2 (水圧管路新設)
①最大使用水量 $Q^{*1}$ [m <sup>3</sup> /s]	ポテンシャル算出対象流況図における「流量設備利用率60%に相当する流量」、あるいは同流況図における「豊水量（95日流量）に相当する流量」	
②総落差 $H^{*2}$ [m]	ダム水位実績平均値－放水位	
③損失水頭 $H_{loss}$ [m]	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートダム：総落差<math>H \geq 10m \rightarrow H \times 4.0\%^{*3}</math>  <span style="padding-left: 2em;">：総落差<math>H &lt; 10m \rightarrow H \times 9.0\%^{*3}</math></span></li> <li>・フィルタイプダム：総落差<math>H</math>によらず <math>\rightarrow H \times 10.0\%^{*3}</math></li> </ul>	
④有効落差 $H_e$ [m]	$H_e = H - H_{loss}$ (= ②－③)	
⑤水車形式	設定した①最大使用流量および④有効落差から「水力発電計画工事費算定の手引き」 <sup>*4</sup> を基に選定	
⑥水車・発電機合成効率 $\eta$	選定した⑤水車形式により「水力発電計画工事費算定の手引き」 <sup>*4</sup> を基に算定	
⑦最大出力 $P$ [kW]	$P = 9.8 \times Q \times H_e \times \eta$ $= 9.8 \times \text{①} \times \text{④} \times \text{⑥}$	
⑧年間可能発電電力量 $E$ [kWh]	ダム放流量流況を基に「中小水力発電ガイドブック」 <sup>*5</sup> で示されている流況～効率法（概算法）により算出	

※1 収集した流量資料の種類に応じて、下表の通り、最大使用水量 $Q_{max}$ を設定する。設定根拠は、平成27年度並びに28年度調査結果の整理・分析結果に基づく。

収集資料の種類	流況図作成に利用するデータ	$Q_{max}$ の設定法
ダム管理 月報(年報)	実績放流量(通年) (実績取水量を含む年間ダム放流量)	流量設備利用率 60%相当
	実績放流量(灌漑期のみ) (実績取水量を含む灌漑期のみのダム放流量)	豊水量相当
取水量記録	実績取水量(通年) (取水量以外のダム放流量を含まない)	豊水量相当
	実績取水量(灌漑期のみ) (取水量以外のダム放流量を含まない)	豊水量相当
水利使用規則	規定取水量	豊水量相当

※2 総落差 $H$ の算出に必要な「放水位」については、A-1方式は「既設放流管出口標高」、A-2方式は「ダム下流減勢池導流壁天端標高-1m」を基本とする。ただし、収集資料から得られる情報に応じて、A-1方式についても「ダム下流減勢池導流壁天端標高-1m」を採用する。

さらに、これら情報（ダム水位実績を含む）が得られず総落差 $H$ の算出が不可の場合には、平成27年度並びに28年度調査において採用した、「堤高」を利用して総落差（有効落差）を算出する。

※3 これらの比率は、平成27年度並びに28年度調査結果を整理・分析した結果を踏まえ設定した。

※4 水力発電計画工事費算定の手引き（平成25年3月 資源エネルギー庁）

※5 中小水力発電ガイドブック（新訂5版）新エネルギー財団 水力地熱本部

### (3) 農業用ダムにおける発電ポテンシャル算出結果の留意点（算出結果の取り纏め区分）

本調査で対象とした農業用ダムでは、過去の調査で対象とした国土交通省直轄ダムや地方公共団体管理の補助ダムと違い、ダム放流量や利水放流量（農業取水水量）の観測記録（実績値）が灌漑期のみとなり、補助ダムのように利水放流量を含めた「年間を通じたダム放流量（実績値）」が把握できないダムもある。

本調査で実施したダム事業者への訪問・聞き取り調査により、個別ダム毎にダム事業者より入手することができた流量資料の種類は、下記の通りである。放流・取水量の記録がないダムについては、ダム管理規程や水利使用規則等から「規定取水水量」の情報を入手した。

- ・実績放流量（通年、灌漑期のみ）：農業取水水量を含む、ダムからの全放流量<sup>3</sup>
- ・実績取水水量（通年、灌漑期のみ）：農業取水水量のみ
- ・規定取水水量（通年、灌漑期のみ）：水利使用規則等で規定されている許可取水水量

上記の各種流量資料をベースに、個別地点ごとに流況図を作成し発電ポテンシャルを算出することになるが、利用する流量資料により、算出される発電ポテンシャル値には特に算出精度面で特徴・差異がある。そこで、下図に示す北海道に所在する2ダムについての発電ポテンシャル算出結果（平成29年度調査）より、以下の特徴・差異があることを考察・確認した。

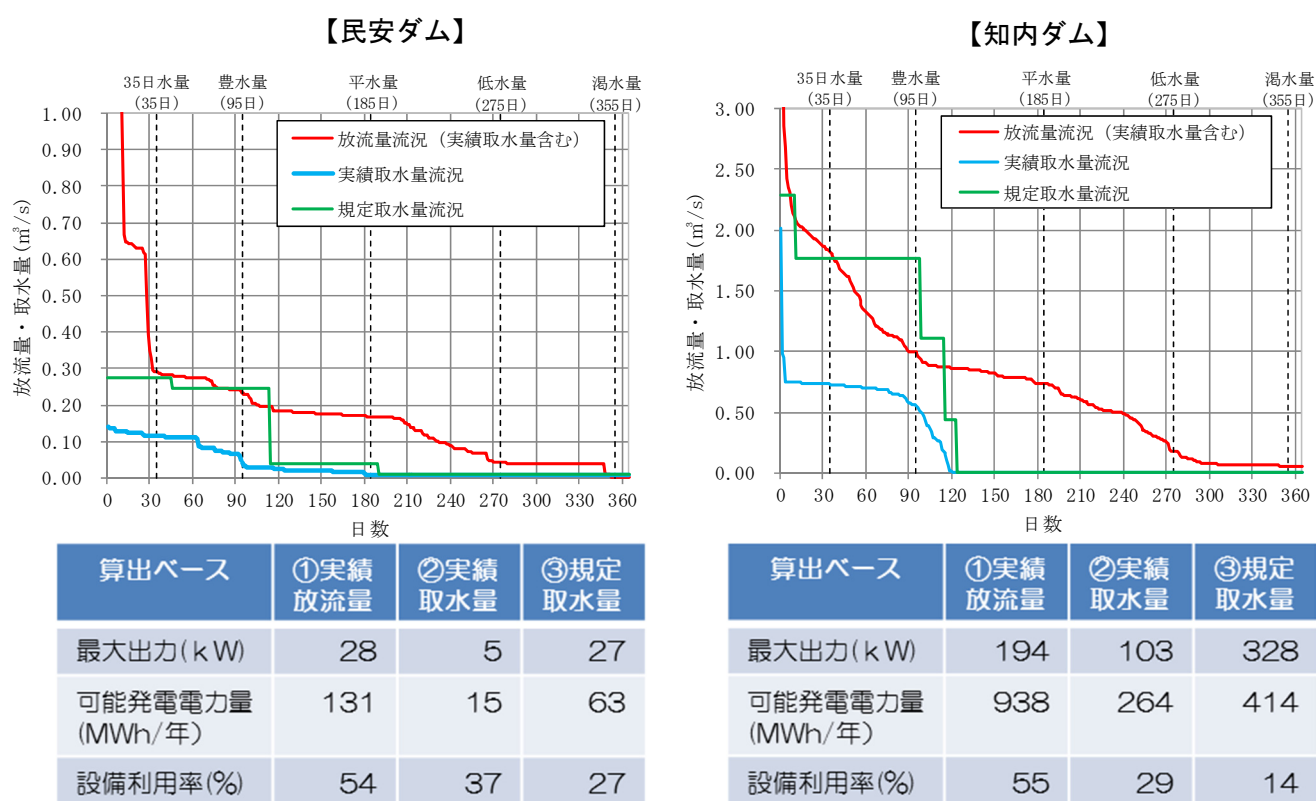


図 2.2.2-3 流量資料の種類に応じた発電ポテンシャル算出結果の比較

<sup>3</sup> ダムからの全放流量のうち、農業用水量をダムから専用の圧力管路等により直接灌漑流域に導水している場合は、当該水量を発電利用不可とし、発電ポテンシャル算出対象流量から除外している。

## 【考察結果】

ケース①：実績放流量(通年) ベースの算出結果について (図 2.2.2-3 における赤線)

- 本調査では、当該ダム地点の「遊休落差」と「利用可能な通年のダム放流量(農業取水量を含む)」を最大限利用することを念頭に、潜在している発電ポテンシャル値を算出することを前提条件としている
- 上記の観点で、「実績放流量(通年) ベース」の流量資料にて発電ポテンシャル値を算出することができるダムは、当該ダム地点の通年の河川流況(ダム放流量流況)を反映した本来の発電ポテンシャル値であると言える

ケース②：実績取水量ベースの算出結果について (図 2.2.2-3 における青線)

- 上記ケース①と比較して、個別ダム地点の現地事情・条件に応じて、今回算出した発電ポテンシャル値には以下の特徴があることに留意する必要がある
  - 本調査での前提条件の通り「取水量以外のダム放流量を通年発電に利用できる」地点であった場合には、今回調査では実績取水量のみで発電ポテンシャルを算出することとなるので、通年の河川流況(ダム放流量流況)を反映できていないため、出力・電力量共、過小評価している傾向となる
  - 一方、現地事情等により「取水量以外のダム放流量を発電に利用できない」地点であった場合には、最大使用水量を実績取水量流況図の「豊水量」に相当するとして算出した今回ポテンシャル値は、過大に評価している可能性がある
  - 「実績放流量(灌漑期のみ)」ベースの算出結果も、個別ダム地点の現地事情・条件(非灌漑期のダム放流量の発電利用の可否)に応じて、上記と同様の傾向となる
  - 以上のことから、ケース②に相当する地点のポテンシャル算出値は、ケース①と比較して、算出精度の面で劣ることに留意する必要がある

ケース③：規定取水量ベースの算出結果について (図 2.2.2-3 における緑線)

- 取水量・放流量の実績値に基づく算出ではないので、その算出値には実際の河川流況が全く反映されていない。今回示した2ダムの事例では、算出されたポテンシャル値における、ケース①と比較したその大小関係は、ケースバイケースとなっている。以上のことから、その算出精度はケース①と比較して著しく劣っていることに留意する必要がある

以上の考察結果を踏まえて、個別地点ごとのポテンシャル算出結果は、算出結果の精度上の差異を考慮して、「ケース①～③」の区分にて取り纏めることとした。

ただし、今年度調査で「ケース②」区分に相当するダムはなかった。

### 2.2.3 発電ポテンシャルの算出結果（ケース①：実績放流量（通年）ベースの算出結果）

今年度調査にて発電ポテンシャルを算出した77地点のうち、ケース①に該当する農業用ダムは計57地点であった。これらケース①に区分された発電ポテンシャル算出対象地点について、前項に示した算出方法に基づき発電ポテンシャルを算出した。表2.2.3-1はその算出結果を所在地別に取り纏めたものであり、これら57地点の合計で3,107kW、14.97GWhの発電ポテンシャルを有していることが判った。

ケース①のポテンシャル算出結果を種々の切り口で整理・分析した図を、図2.2.3-1～図2.2.3-3に示す。

表2.2.3-1 発電ポテンシャル算出結果(ケース①)

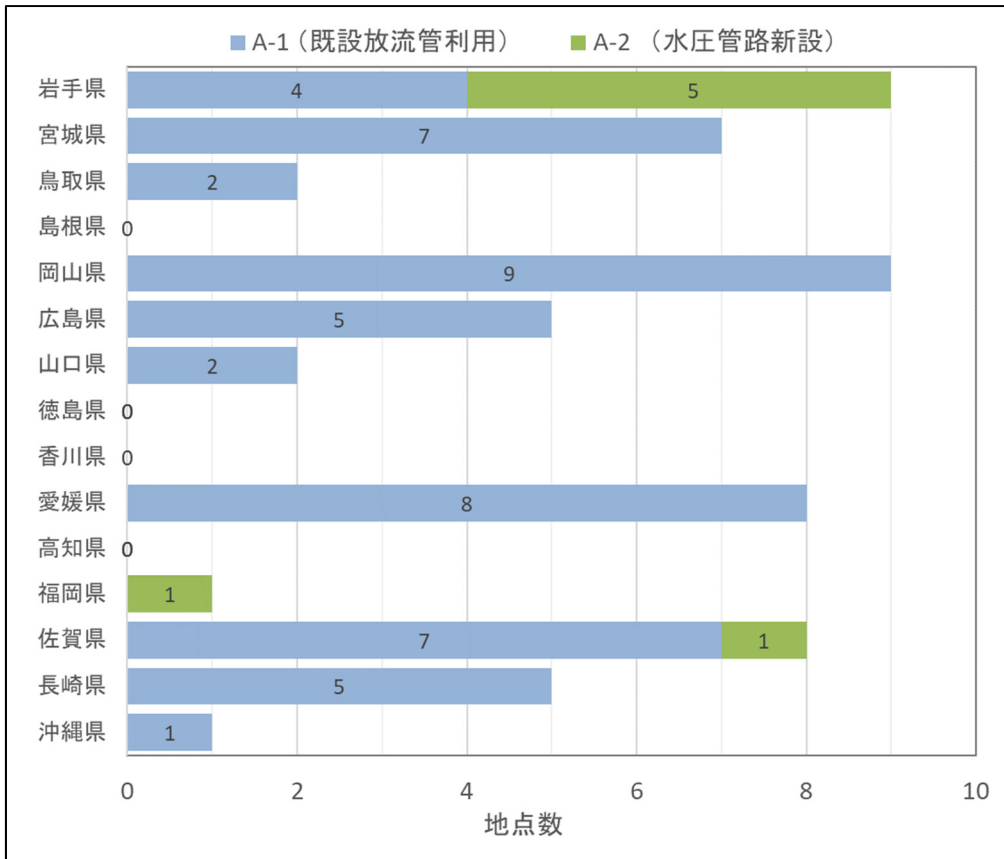
	所在地	ポテンシャル算出対象地点数	①発電未利用	②事業用既設置(発電未利用放流あり)	最大出力合計[kW]	算出区分		年間可能発電電力量合計[kWh/年]
						【A-1】[kW]	【A-2】[kW]	
1	岩手県	9	9	0	692	108	584	3,405,223
2	宮城県	7	6	1	1,157	1157	0	5,206,831
3	鳥取県	2	2	0	100	100	0	491,496
4	島根県	0	0	0	0	0	0	0
5	岡山県	9	9	0	216	216	0	1,020,653
6	広島県	5	5	0	346	346	0	1,645,988
7	山口県	2	2	0	63	63	0	304,344
8	徳島県	0	0	0	0	0	0	0
9	香川県	0	0	0	0	0	0	0
10	愛媛県	8	8	0	123	123	0	568,876
11	高知県	0	0	0	0	0	0	0
12	福岡県	1	1	0	1	0	1	4,422
13	佐賀県	8	8	0	211	102	109	948,872
14	長崎県	5	5	0	160	160	0	1,195,713
15	沖縄県	1	1	0	31	31	0	142,056
	合計	57	56	1	3,100	2,406	694	14,934,474

算出区分 A-1：既設放流管利用を想定した検討

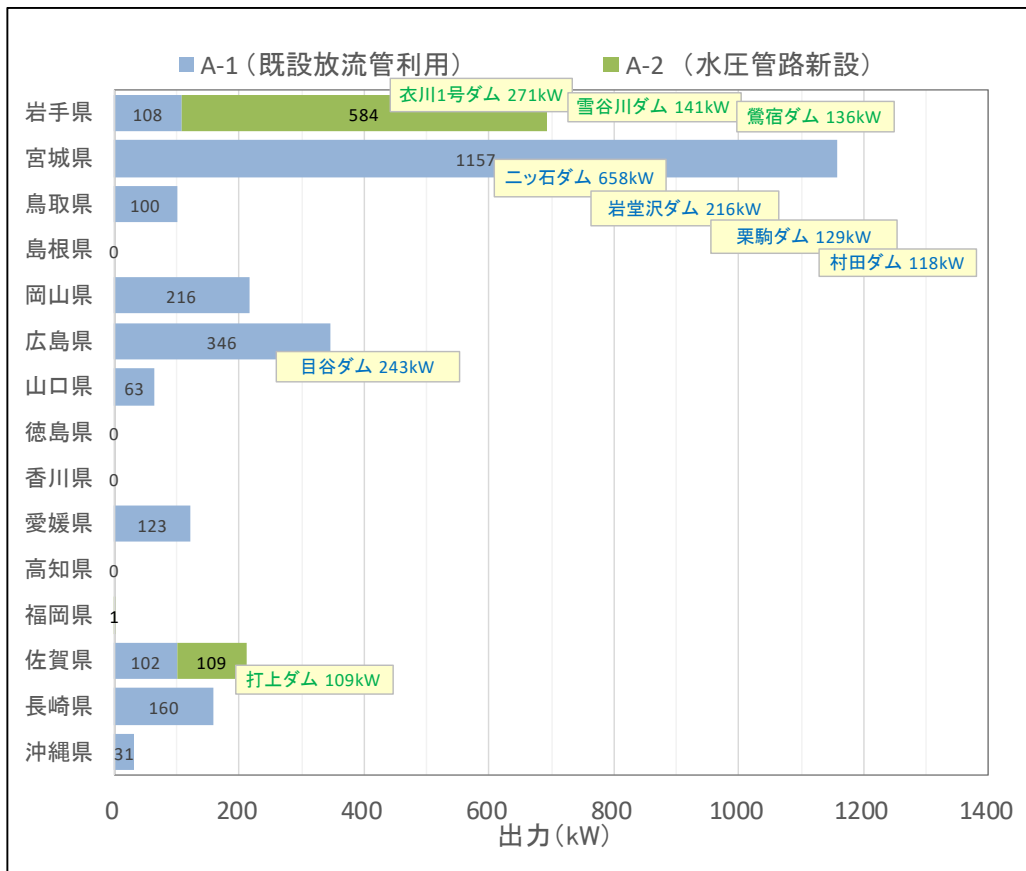
A-2：水圧管路新設を想定した検討

図2.2.3-1(b)に示す通り、発電ポテンシャル値（最大出力）100kW以上の地点が計9地点あり、岩手県に271kWの衣川1号ダムを含め3地点、宮城県に658kWの二ッ石ダムを含め4地点、広島県並びに佐賀県に各1地点づつあることが判った。





(a) 地点数



(b) 最大出力合計

図 2.2.3-1 発電ポテンシャル算出結果 (ケース①)

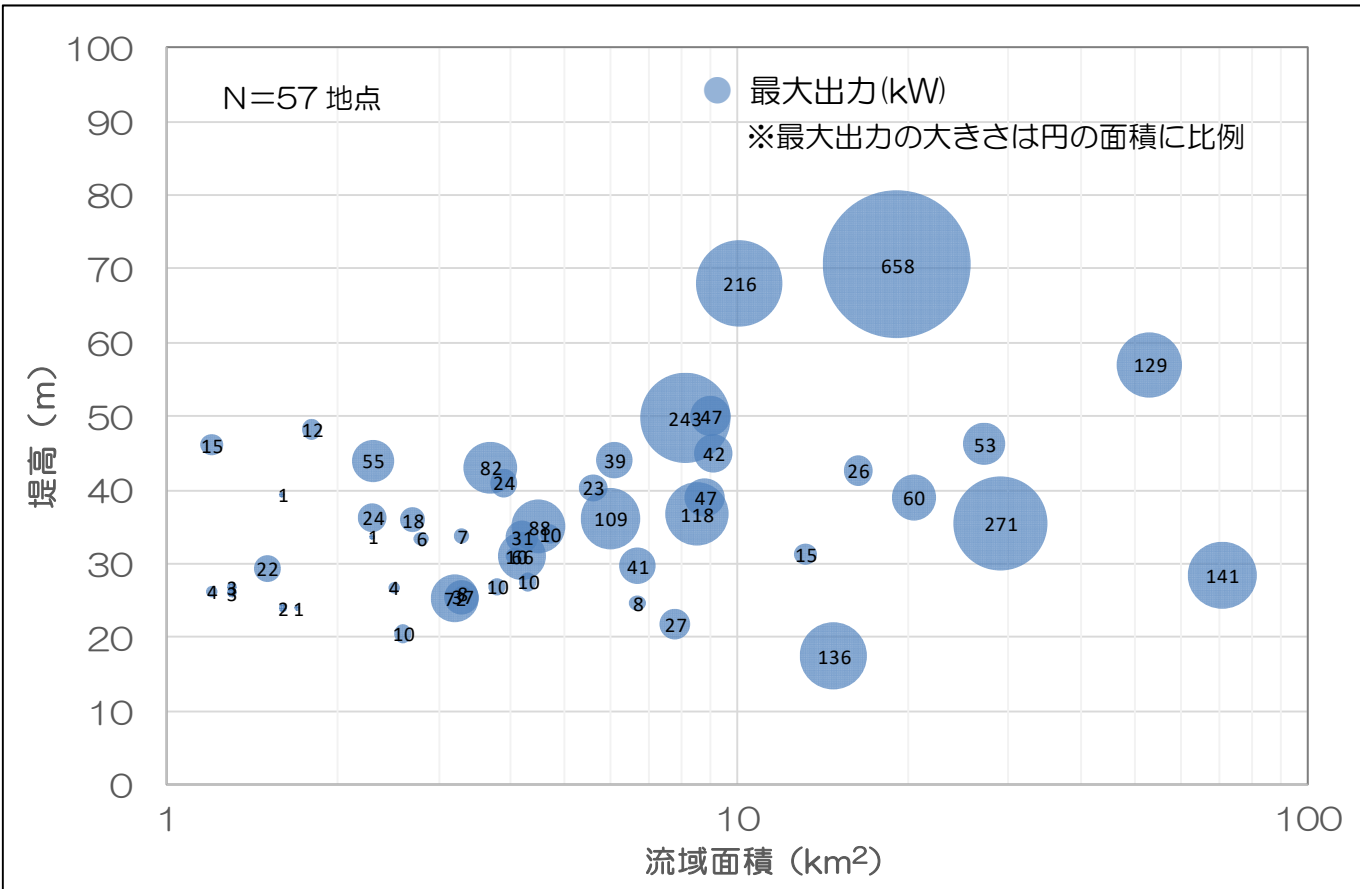
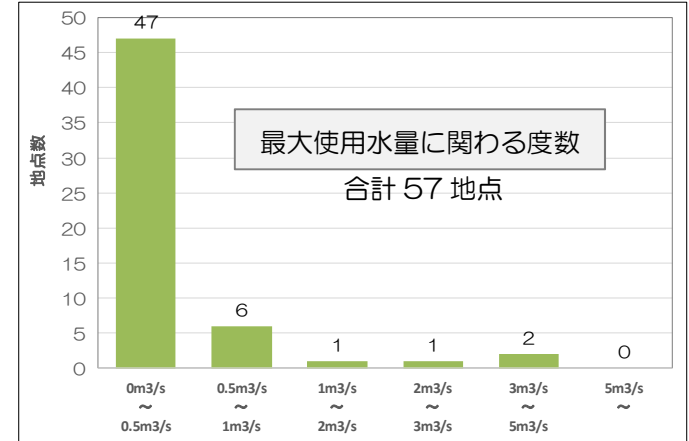
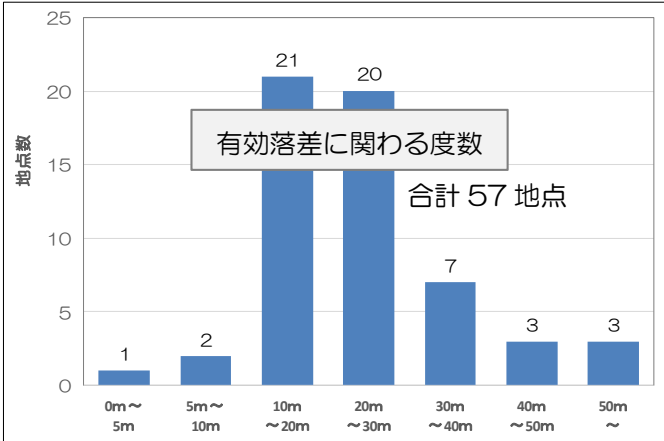
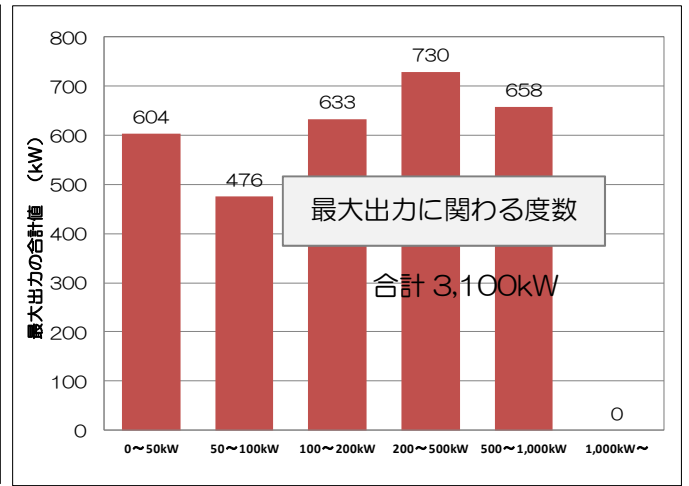
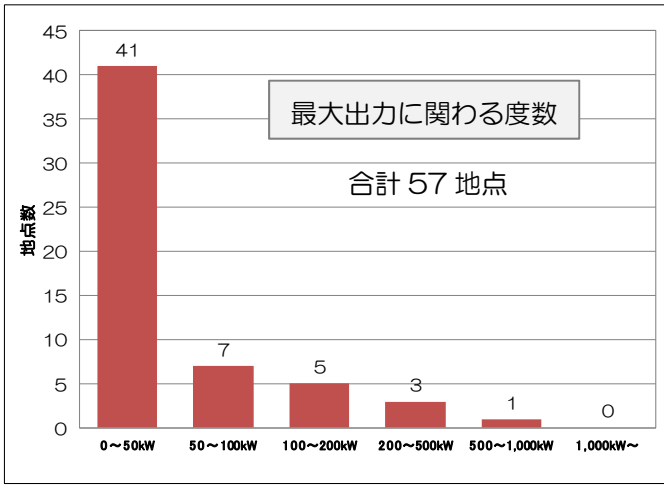


図 2. 2. 3-2 発電ポテンシャル算出結果 (ケース①)

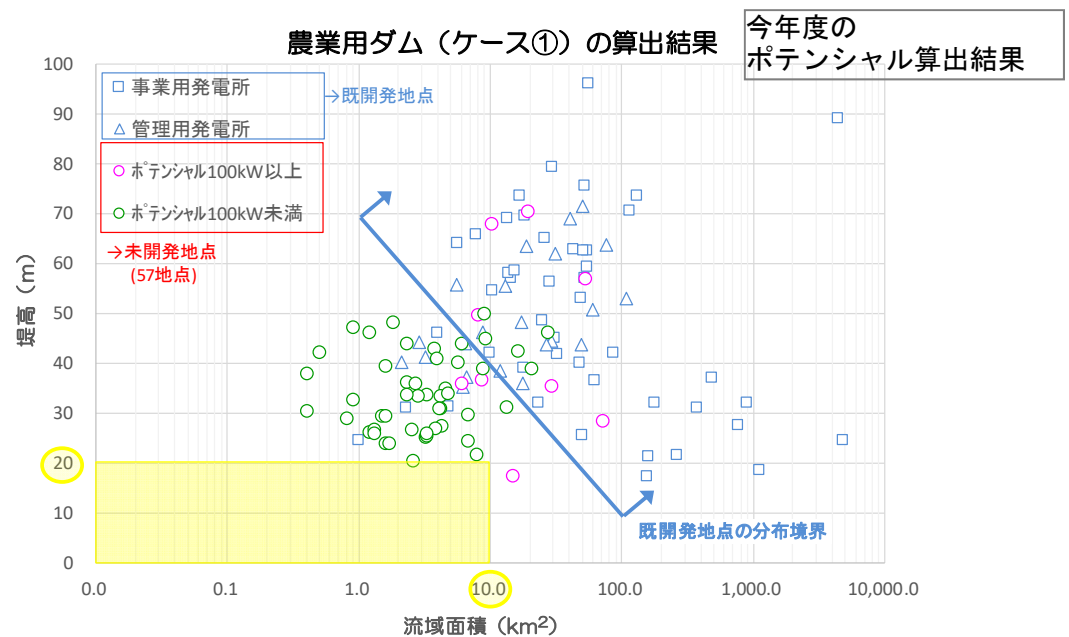
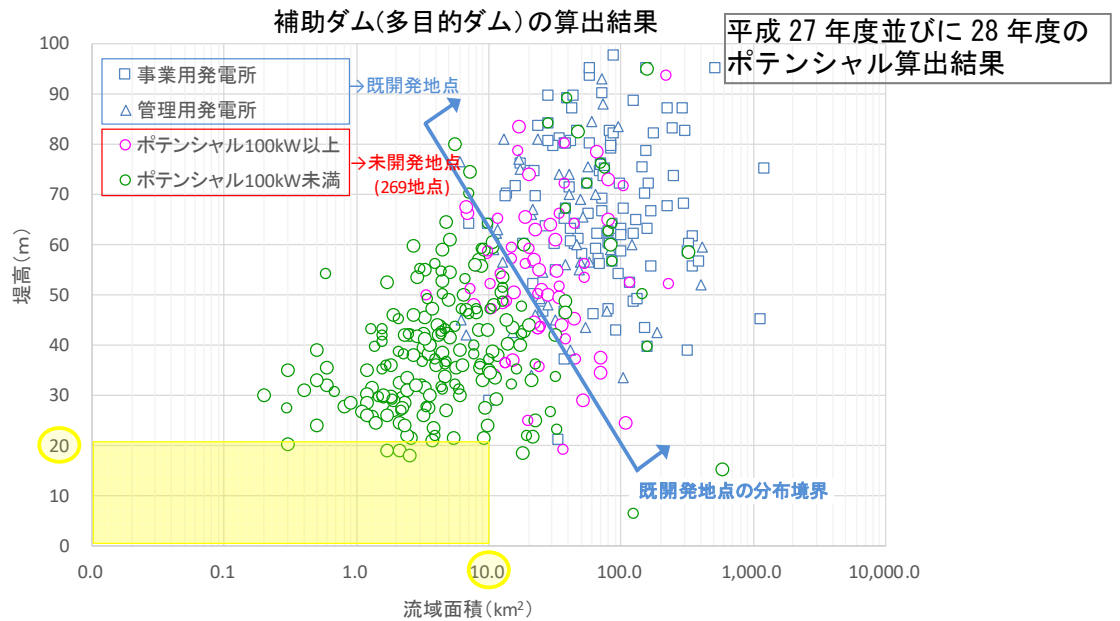


図 2. 2. 3-3 発電ポテンシャル算出結果 (ケース①)

図 2. 2. 3-3 は「既開発地点」と「未開発地点」に分けて、「ダム流域面積と堤高」の関係を整理したものである。上段の図は過去の本調査にて発電ポテンシャルを算出した「補助ダム」での結果であり、下段の図は「農業用ダム (ケース①)」の今年度調査における算出結果である。

下段の図より流域面積及び堤高ともその規模の大きいダムについては、補助ダムと同様に農業用ダムでも水力発電開発済みであることが判る。各図中の青線は、既開発地点の分布状況から線引きした境界線を表しており、この境界線の右側及び近傍に分布する未開発地点は、既開発地点と同程度の流域面積及び堤高を有するダムであることから、今年度調査でケース①に区分された農業用ダムについても図中の境界線の右側及び近傍に分布している 100kW 以上のポテンシャルを有する地点が数箇所あり、このような地点(ダム)については小水力発電開発の可能性を有していると考えられる。

## 2.2.4 発電ポテンシャルの算出結果（ケース③：規定取水量ベースの算出結果）

今年度調査にて発電ポテンシャルを算出した 77 地点のうち、ケース③に該当する農業用ダムは計 20 地点であった。一方、今年度調査で「ケース②」区分に相当するダムはなかった。

これらケース③に区分された発電ポテンシャル算出対象地点について、前項に示した算出方法に基づき発電ポテンシャルを算出した。表 2.2.4-1 はその算出結果を所在地別に取り纏めたものであり、これら 20 地点の合計で 1,439kW、5.08GWh の発電ポテンシャルを有していることが判った。

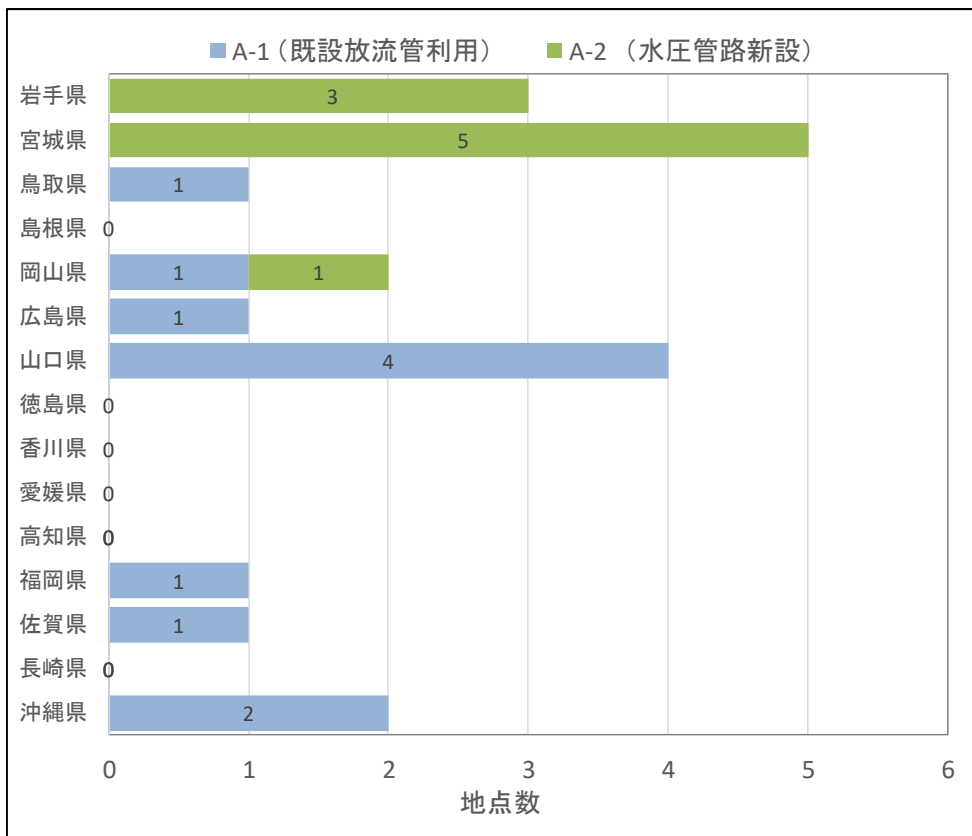
ケース③のポテンシャル算出結果を種々の切り口で整理・分析した図を、図 2.2.4-1～図 2.2.4-3 に示す。

表 2.2.4-1 発電ポテンシャル算出結果(ケース③)

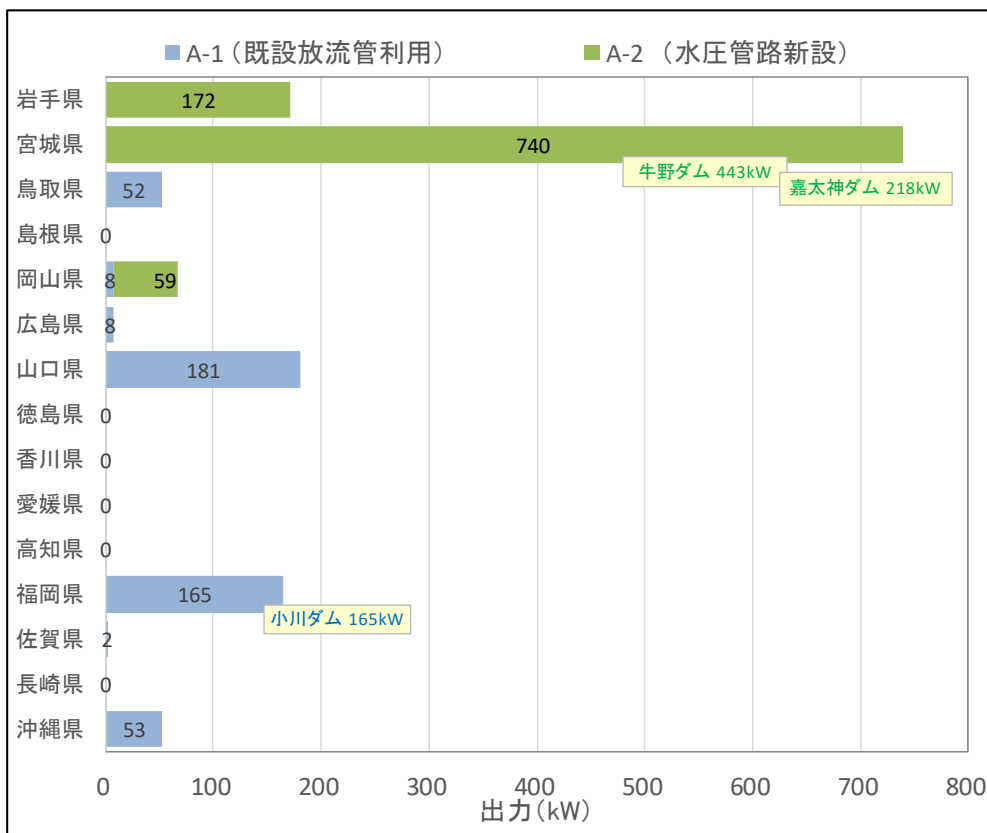
	所在地	ポテンシャル算出対象地点数	②事業用既設置(発電未利用放流あり)		最大出力合計 [kW]	算出区分【A-1】 [kW]	算出区分【A-2】 [kW]	年間可能発電電力量合計 [kWh/年]
			①発電未利用					
1	岩手県	3	3	0	172	0	172	223,490
2	宮城県	5	5	0	740	0	740	2,791,212
3	鳥取県	1	1	0	52	52	0	343,200
4	島根県	0	0	0	0	0	0	0
5	岡山県	2	2	0	67	8	59	194,926
6	広島県	1	1	0	8	8	0	68,328
7	山口県	4	4	0	181	181	0	556,104
8	徳島県	0	0	0	0	0	0	0
9	香川県	0	0	0	0	0	0	0
10	愛媛県	0	0	0	0	0	0	0
11	高知県	0	0	0	0	0	0	0
12	福岡県	1	1	0	165	165	0	426,784
13	佐賀県	1	1	0	2	2	0	14,262
14	長崎県	0	0	0	0	0	0	0
15	沖縄県	2	2	0	53	53	0	465,156
	合計	20	20	0	1,439	469	971	5,083,462

算出区分 A-1：既設放流管利用を想定した検討  
A-2：水圧管路新設を想定した検討

図 2.2.4-1(b)に示す通り、発電ポテンシャル値（最大出力）100kW 以上の地点が計 3 地点あり、宮城県に 443kW の牛野ダムを含め 2 地点、福岡県に 1 地点あることが判った。



(a) 地点数



(b) 最大出力合計

図 2. 2. 4-1 発電ポテンシャル算出結果 (ケース③)

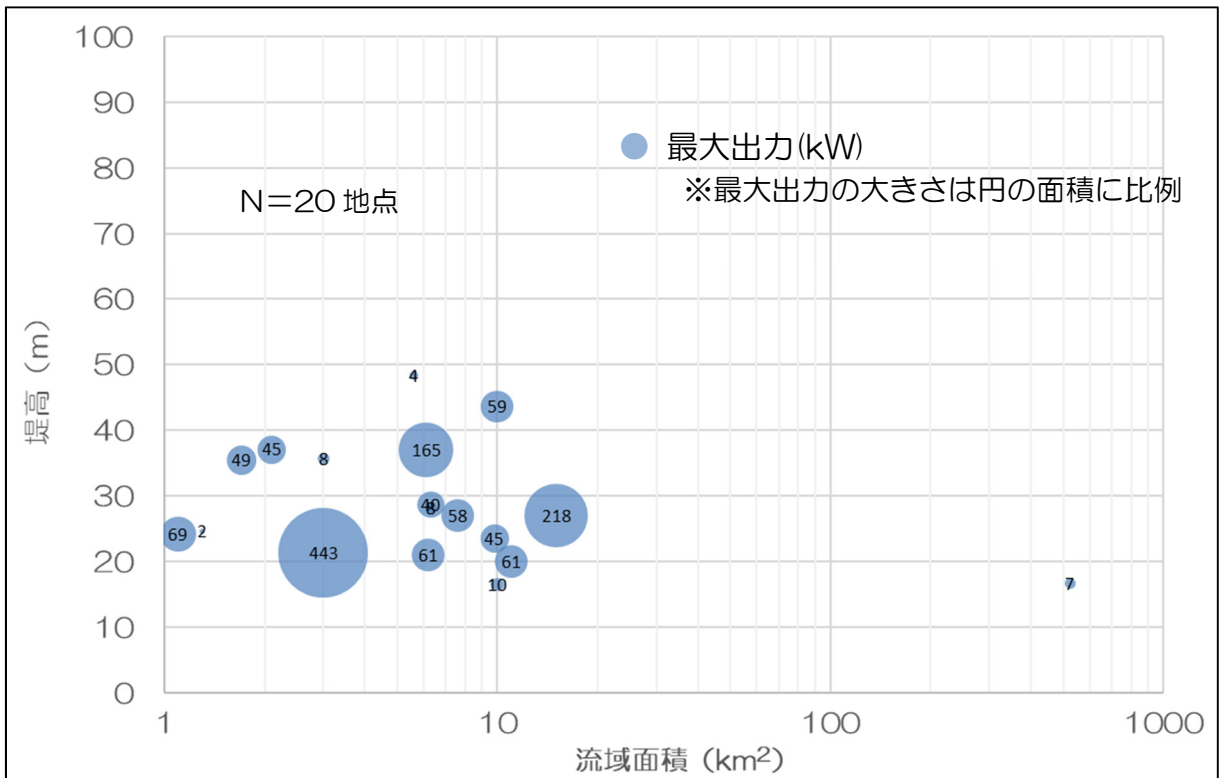
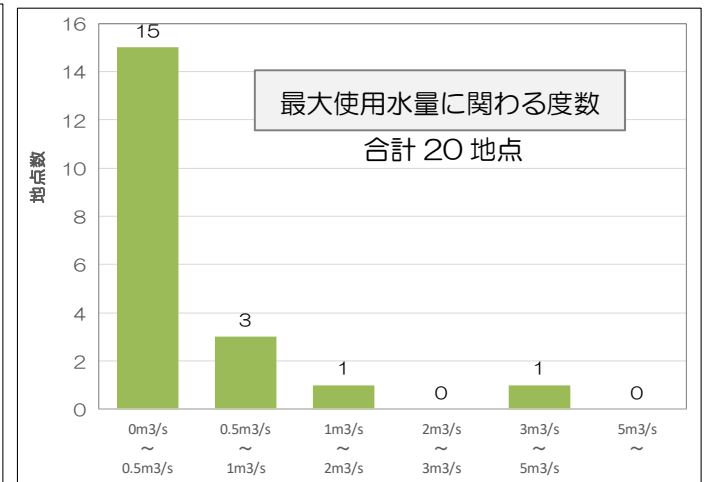
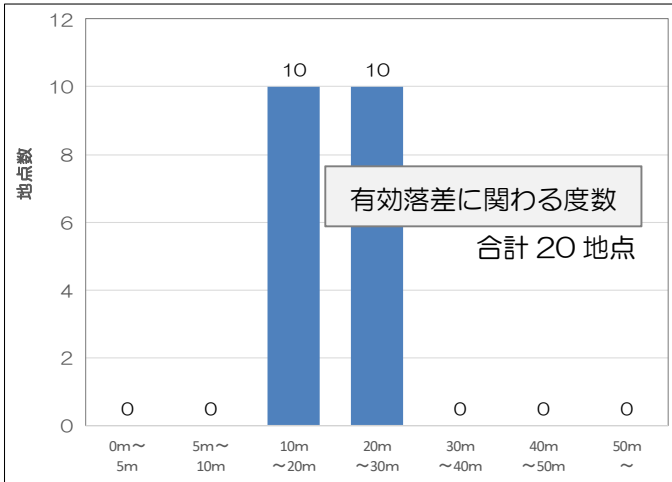
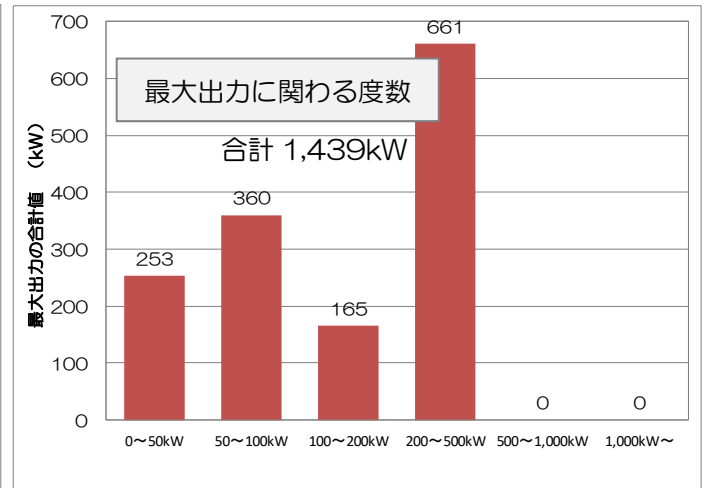
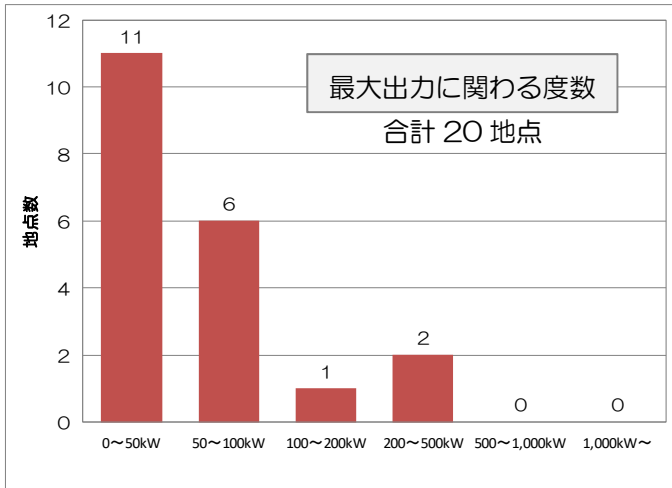


図 2. 2. 4-2 発電ポテンシャル算出結果 (ケース③)

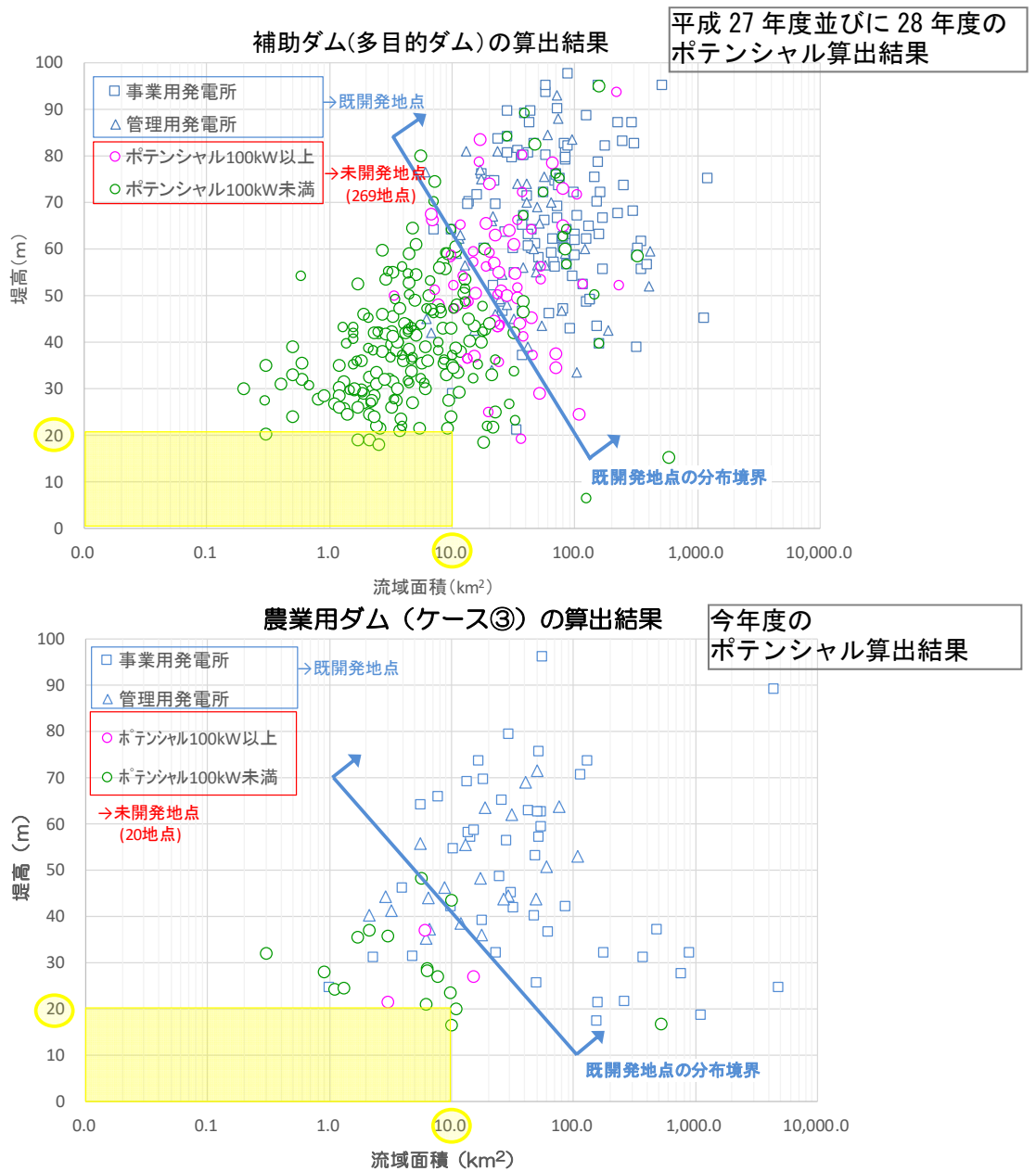


図 2. 2. 4-3 発電ポテンシャル算出結果 (ケース③)

図 2. 2. 4-3 は、「既開発地点」と「未開発地点」に分けて、「ダム流域面積と堤高」の関係を整理したものである。上段の図は過去の本調査にて発電ポテンシャルを算出した「補助ダム」での結果であり、下段の図は「農業用ダム(ケース③)」の今年度調査における算出結果である。

下段の図より流域面積及び堤高ともその規模の大きいダムについては、補助ダムと同様に農業用ダムでも水力発電開発済みであることが判る。各図中の青線は、既開発地点の分布状況から線引きした境界線を表しており、この境界線の右側及び近傍に分布する未開発地点は、既開発地点と同程度の流域面積及び堤高を有するダムであることから、小水力発電開発の可能性を有していると考えられる。

一方、ケース③に分類されるダムは、取水量や放流量の実績値を記録する義務のない小規模なダム（溜池）と考えられ、前ページ下段の図に示す通り、今年度調査で図中の境界線の右側及び近傍に分布している地点はほとんどない。さらに、ポテンシャル算出値も実際の河川流況を反映した値にはなっておらず、ポテンシャル算出精度が著しく劣ることから、ケース③に区分される地点（ダム）における小水力発電開発の優先順位は低いと考える。



## 2.2.5 農業用ダムにおける発電ポテンシャル算出結果のまとめ

本年度調査を含め、これまで全国の農業用ダムを対象に3ヶ年（平成29年度～令和元年度）で実施した発電ポテンシャル調査において、計824ダムを対象にポテンシャル調査を実施し、計293ダムについて発電ポテンシャル値を算出した。図2.2.5-1～2.2.5-2は、3ヶ年分の調査結果を「既開発地点」と「未開発地点」に分けて、「ダム流域面積と堤高」の関係で整理・取り纏めたものである。

図2.2.5-1は、発電ポテンシャルを算出した293ダムのうち、ポテンシャル算出精度が高い「ケース①」に区分された計156ダムについて取り纏めた図である。右図に示すように、図中の境界線の右側及び近傍に分布している100kW以上のポテンシャル値を有する地点が多数あり、このような地点については小水力発電開発の可能性を有していると考えられる。

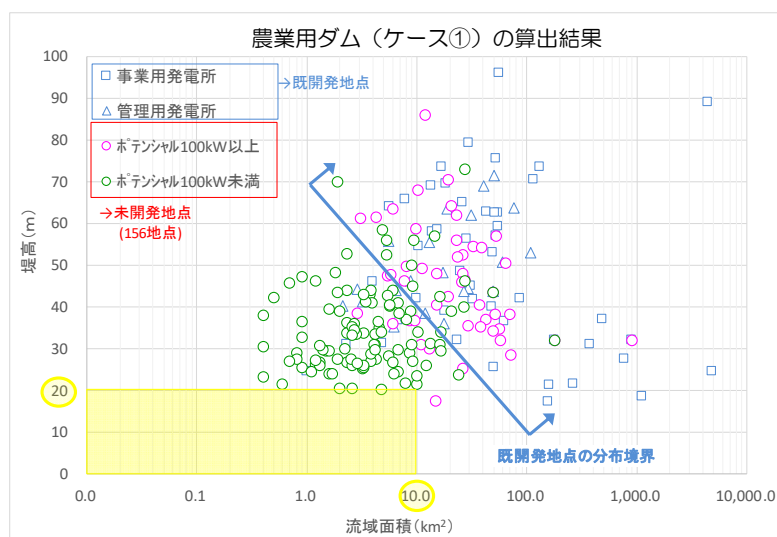


図2.2.5-1 3ヶ年分の農業用ダム発電ポテンシャル算出結果（ケース①）

一方、ポテンシャル算出精度が高くない「ケース②並びに③」区分に相当するダムでは、計137ダムのポテンシャル値を算出した。その取り纏め結果を図2.2.5-2に示す。

下図に示すように、図中の境界線の右側及び近傍に分布している100kW以上のポテンシャル値を有する地点がいくつかあるが、これらの地点については、算出に利用した放流量資料が通年ではない、実績データに基づいていない等の課題がありポテンシャル算出精度が低いため、ケース①に区分されたダムと比較して開発優先順位は低いと考える。

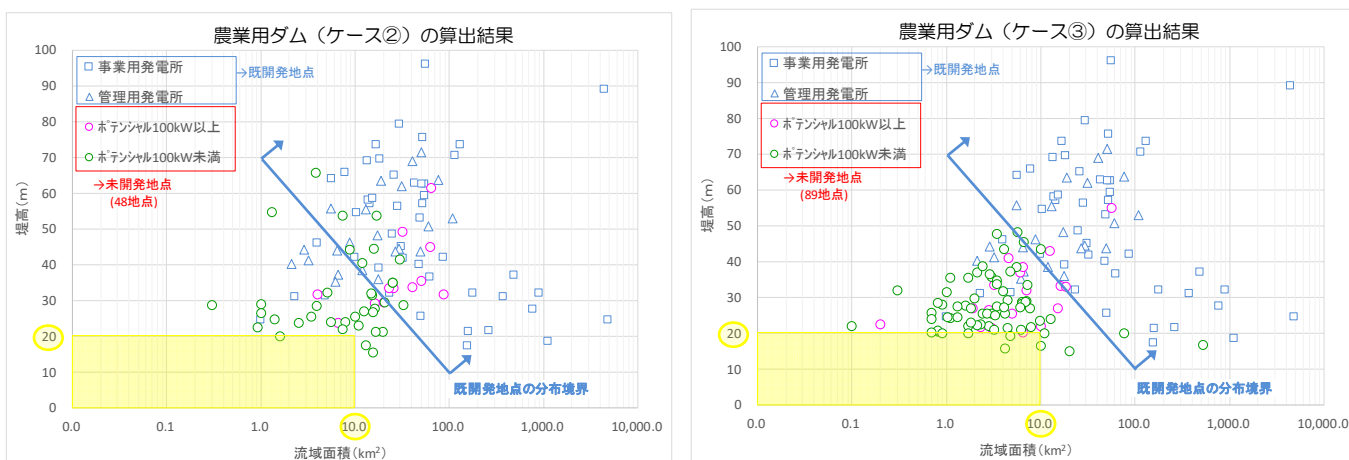


図2.2.5-2 3ヶ年分の農業用ダム発電ポテンシャル算出結果（ケース②及び③）

## 2.3 有望地点の抽出

本年度調査で発電ポテンシャルを算出した 77 地点のうち、各算出区分（ケース①～③、A-1 及び A-2 方式）毎に、出力 100kW 以上の地点（合計 12 地点）を抽出した一覧表を、表 2.3-1 に示す。

このうち、ポテンシャル算出精度が低い「ケース③」に区分された 3 地点を除く、表 2.3-1 に示す一覧表において水色で網掛けにて示した 9 地点（A-1 方式：5 地点、A-2 方式：4 地点）を、「比較的高い発電ポテンシャルを有する有望地点の候補」として抽出した。

これら 9 地点について、以下の観点で机上検討を行い、現時点では致命的な開発阻害要因が見当たらないことを確認した。

- ・ 関係法令に基づく開発規制区域との位置関係による、自然・社会環境条件上の開発阻害要因の有無
- ・ 発電水路ルート(案)の検討に基づく、水圧管路・発電所新設候補スペースの有無

ただし、これらの 9 地点は比較的高い発電ポテンシャルを有する開発有望な候補地点と考えられるものの、実際に開発が可能であるかの判断にあたっては、現地調査の実施を通じて、以下の実現可能性に係る事項を確認する必要がある。

- ・ 法令に規制された地域への立地による許認可手続きや地元利害関係者等との調整（ダム事業者とダム管理者間の協議を含む）の可否および解決の難易度等（自然・社会環境条件）
- ・ 水圧管路の敷設ルート・延長、発電所の設置スペースの有無、資機材搬出入の難易度（搬出入路の有無）、系統連系の難易度等（物理的条件）
- ・ 上記の諸条件を反映した工事費の算出とそれに基づく経済性の評価

特に今回抽出された地点の半数程度を占めるフィルタイプのダムでは、放流設備が「ダム堤体から独立した取水塔設備～既設放流管」から構成されているため、「ダム堤体に設置された取水設備～既設放流管」を利用する場合（コンクリートダムに多い）と比較して、水圧管路の敷設延長が長くなる傾向にあり、このことは建設工事費の増加要因となるのでコンクリートタイプダムでの発電計画地点と比較して、経済性を低下させる可能性があることに留意する必要がある。

さらに、これら発電未開発地点を開発する場合、電力会社の既設系統に連系して全量を売電するケースが多いと想定されるが、その場合発電所候補地点の近傍の既設配電線に連系することとなる。その際の電力会社との系統連系協議の結果によっては、系統連系に伴い配電線増強費用や電圧変動対策等について費用負担が発生する可能性があり、それが当該発電計画の実現可能性に致命的な影響を及ぼす恐れがあることに十分留意することが必要である。従って今後実施すべき F/S 調査等の段階で、系統連系の可否（空き容量の有無等）について電力会社に確認することが必須であることに留意する必要がある。

表 2.3-1 有望候補地点の抽出結果（最大出力 100kW 以上の 12 地点を抽出）

: 有望候補地点

【算出区分 A-1 方式に分類される出力 100kW 以上の 6 地点、最大出力順に整理】

No.	ダム諸元								発電ポテンシャル算出結果					
	所在地	ダム名	水系名	目的	ダム事業者	流域面積 (km <sup>2</sup> )	型式	堤高 (m)	算出区分	最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	有効落差 (m)	最大出力 (kW)	年間可能発電電力量 (kWh/年)	設備利用率 (%)

【ケース①：実績放流量（通年）ベースの流量資料に基づく算出結果】

1	宮城県	ニツ石	鳴瀬川	A	東北農政局	19.1	R	70.5	A-1	1.60	51.6	658	3,027,720	52.5
2	広島県	目谷	江の川	A	中国四国農政局	8.1	R	49.7	A-1	0.71	44.8	243	1,182,864	56.0
3	宮城県	岩堂沢	北上川	A	東北農政局	10.1	G	68.0	A-1	0.52	54.0	216	946,366	50.0
4	宮城県	栗駒	北上川	FAP	宮城県	53.0	G	57.0	A-1	0.54	32.2	129	567,672	50.2
5	宮城県	村田	阿武隈川	A	宮城県	8.5	E	36.7	A-1	0.55	28.3	118	533,616	51.6

【ケース③：規定取水量ベース(水利使用規則)に基づく算出結果】

1	福岡県	小川	城井川	A	福岡県	6.1	R	37.0	A-1	0.84	26.2	165	426,784	29.5
---	-----	----	-----	---	-----	-----	---	------	-----	------	------	-----	---------	------

【算出区分 A-2 方式に分類される 100kW 以上の 6 地点、最大出力順に整理】

No.	ダム諸元								発電ポテンシャル算出結果					
	所在地	ダム名	水系名	目的	ダム事業者	流域面積 (km <sup>2</sup> )	型式	堤高 (m)	算出区分	最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	有効落差 (m)	最大出力 (kW)	年間可能発電電力量 (kWh/年)	設備利用率 (%)

【ケース①：実績放流量（通年）ベースの流量資料に基づく算出結果】

1	岩手県	衣川1号	北上川	FA	岩手県	29.0	E	35.5	A-2	3.27	11.9	271	1,339,087	56.5
2	岩手県	雪谷川	新井田川	FA	岩手県	70.9	G	28.4	A-2	2.70	7.8	141	701,856	56.8
3	岩手県	鷲宿	北上川	FA	岩手県	14.8	G	17.5	A-2	4.24	4.8	136	679,248	57.0
4	佐賀県	打上	濁川	A	九州農政局	6.0	R	36.1	A-2	0.55	27.0	109	435,804	45.6

【ケース③：規定取水量ベース(水利使用規則)に基づく算出結果】

1	宮城県	牛野	鳴瀬川	A	宮城県	3.0	R	21.4	A-2	3.60	16.1	443	1,786,176	46.0
2	宮城県	嘉太神	鳴瀬川	FA	大和町	15.0	E	27.0	A-2	1.32	21.8	218	779,568	40.8

※ ここで算出した発電ポテンシャルは、現状発電に利用されていない放流量から求めた各地点が有する潜在量であって、発電所を実際に設置して運用する際の開発阻害要因（自然・社会環境条件、施工条件及び経済性）を考慮した数値ではない。

個別ダムの既設放流管の現況に応じた発電設備の設置形態（既設放流管利用／水圧管路新設）の観点で、ダム管理者への聞き取り調査で得られたデータ・情報に基づき、以下の通り分類

A-1 方式：「既設放流管がある」場合は、発電設備として既設放流管を利用することを想定

A-2 方式：「既設放流管がない」あるいは「利用できない」場合は、発電設備として水圧管路を新設することを想定

発電ポテンシャルを算出する際に、ベースとした流量資料の種類に応じて、以下の通り分類

ケース①：通年の実績放流量（農業取水量を含む）ベースの流量資料に基づき、発電ポテンシャルを算出した地点。ダムによる流量調整後の通年の河川流況を反映した、本来のポテンシャル値

ケース②：実績取水量ベースの流量資料に基づき、発電ポテンシャルを算出した地点。農業用水の取水量（実績値）のみでダムからの維持放流量等の放流量を含んでおらず、ケース①よりもポテンシャル算出精度が劣る

ケース③：規定取水量（水利使用規則等に記載）に基づき、発電ポテンシャルを算出した地点。ダムからの取水・放流量の実績値が一切反映されておらず、ケース①や②よりもポテンシャル算出精度が著しく劣る

## 第3章 未開発有望地点の実現可能性の評価

### 3.1 調査対象地点の選定

平成29年度並びに30年度調査で実施された「既存ダム有効利用に係る発電ポテンシャルの調査」において、農林水産省並びに地方公共団体等が管理する農業用ダム（計529地点）を対象に、発電に利用されていないダム直下への放流の有無が把握されると共に、これらの放流を発電に利用した場合の発電ポテンシャル値（出力及び年間可能発電電力量）の試算並びに有望地点の整理が行われた。

本調査では、平成29年度並びに30年度調査において発電ポテンシャルが算出された地点のうち、比較的発電規模が大きい未開発地点（最大出力100kW以上）を対象に、机上検討による概略評価結果、当該ダムの水力開発・調査の実施状況並びにダム管理者の調査要望等を踏まえ、図3.1-1に示す7地点（ダム）を選定し、現地調査を行うことにより、水路ルート、発電所の設置位置、既存設備の流用可否、道路等のアクセス、系統連系点の候補等について整理した上で、当該7地点の小水力発電開発についてその実現可能性の評価を行った。



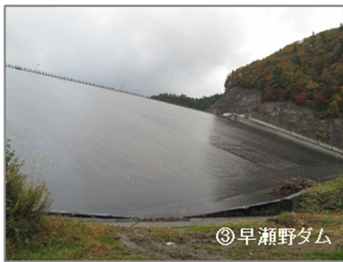
①天間ダム

①天間ダム	
所在地・河川名	青森県・高瀬川水系坪川
ダム事業者	青森県
竣工年	1970年
ダム型式/用途	重力式コンクリート/FA
ダム堤高/堤頂長	50.5m/202.8m
ダム諸/堤体積	/107千m <sup>3</sup>
ダム元流域面積	63.5km <sup>2</sup>



②二庄内ダム

②二庄内ダム	
所在地・河川名	青森県・岩木川水系二庄内川
ダム事業者	東北農政局
竣工年	1995年
ダム型式/用途	ロックフィル/A
ダム堤高/堤頂長	86.0m/430.8m
ダム諸/堤体積	/3,450千m <sup>3</sup>
ダム元流域面積	31.9km <sup>2</sup> (直接:11.9km <sup>2</sup> )



③早瀬野ダム

③早瀬野ダム	
所在地・河川名	青森県・岩木川水系虹貝川
ダム事業者	東北農政局
竣工年	1985年
ダム型式/用途	ロックフィル/A
ダム堤高/堤頂長	56.0m/285.9m
ダム諸/堤体積	/1,350千m <sup>3</sup>
ダム元流域面積	22.8km <sup>2</sup>



④医王ダム

④医王ダム	
所在地・河川名	石川県・大野川水系森下川
ダム事業者	石川県
竣工年	2001年
ダム型式/用途	ロックフィル/FA
ダム堤高/堤頂長	58.8m/208.2m
ダム諸/堤体積	/593千m <sup>3</sup>
ダム元流域面積	9.7km <sup>2</sup>



⑤野洲川ダム

⑤野洲川ダム	
所在地・河川名	滋賀県・淀川水系野洲川
ダム事業者	近畿農政局
竣工年	2009年
ダム型式/用途	重力式コンクリート/A
ダム堤高/堤頂長	54.4m/142.0m
ダム諸/堤体積	/114千m <sup>3</sup>
ダム元流域面積	32.5km <sup>2</sup>



⑥津風呂ダム

⑥津風呂ダム	
所在地・河川名	奈良県・紀の川水系津風呂川
ダム事業者	近畿農政局
竣工年	1962年
ダム型式/用途	重力式コンクリート/AW
ダム堤高/堤頂長	54.3m/240.0m
ダム諸/堤体積	/222千m <sup>3</sup>
ダム元流域面積	38.8km <sup>2</sup>



⑦日出生ダム

⑦日出生ダム	
所在地・河川名	大分県・駅館川水系日出生川
ダム事業者	九州農政局
竣工年	1969年
ダム型式/用途	ロックフィル/A
ダム堤高/堤頂長	48.0m/196.3m
ダム諸/堤体積	/534千m <sup>3</sup>
ダム元流域面積	26.0km <sup>2</sup>

図 3.1-1 調査対象地点（ダム）の位置図・主要諸元



## 3.2 現地調査の実施内容

### (1) 現地調査の目的

前節「3.1」で、調査対象地点として選定した計7地点について、実現可能性評価を実施するための基礎資料を得るため、ダム管理者を訪問し聞き取り調査を実施すると同時に、各ダム地点の現地調査を実施して、既設設備の状況、発電所設置スペースの有無、資機材搬出入経路の状況、系統連系の候補地点の確認等を実施した。

### (2) 現地調査での具体的な実施事項

#### a. 関連資料の収集

- ・ダム平面図、縦断図および正面図等
- ・既設放流管・設備の平面図および縦断図等
- ・最新の貯水位・放流量資料

#### b. 現地での確認事項

- ①各種法規制関係（事前に関係ホームページ等にて確認）
  - ・自然公園法、自然環境保全法、野生生物の保護に関する保護規制、国有林野法、森林法 等
- ②現在の維持・利水放流の状況
  - ・発電に利用されていない維持・利水放流の放流目的とその放流量
  - ・既得水利権者等との利害関係等、維持・利水放流に係わる特有課題の有無
- ③既設取水設備・放流設備の概要
  - ・取水設備および放流設備の位置ならびにその概要（放流目的別の放流箇所等）
  - ・既設放流管の延長および出口標高
  - ・現在の維持・利水放流の放流状況
- ④発電所設置スペース
  - ・既設放流ゲート室等、既設設備内の水車・発電機等設置スペース
  - ・発電所新設スペース、水圧管路の分岐点及び水圧管路敷設ルート（既存ダム関連設備のメンテナンスを妨げないこと等を考慮）
- ⑤資機材搬出入用道路
  - ・既設設備外に水圧管路および発電所新設の場合の当該発電所位置までの新設道路の必要性
- ⑥系統連系の候補となる既設の送・配電線
  - ・発電ポテンシャルが「2,000kW未満」（高圧連系）の場合は、既設6.6kV配電線への連系が基本となるので、発電所新設地点と既設配電線との位置関係およびその直線距離（1/25,000地形図等を利用して、図上にて計測）
  - ・発電ポテンシャルが「2,000kW以上」（特別高圧連系）の場合は、既設送電線（22kV以上）への連系が基本となるので、発電所新設地点と既設送電線との位置関係およびその直線距離（1/25,000地形図等を利用して、図上にて計測）

### 3.3 実現可能性の評価

#### (1) 検討内容

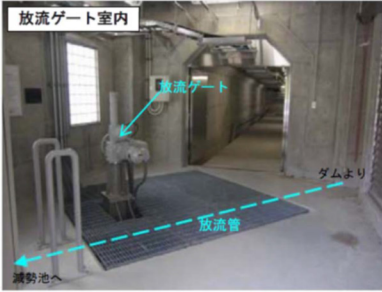
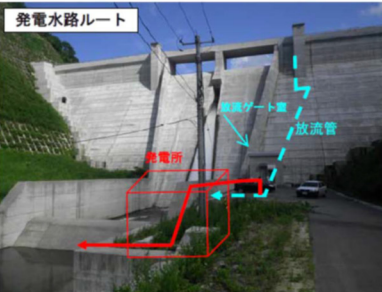
ダム管理者から提供された流量資料・図面等を利用し、かつ現地調査での確認結果を基に、各地点について以下の5項目の検討を実施した。

- ①各種法規制による開発阻害要因の有無の確認
- ②概略水路ルート of 検討 (新設水圧管路ルート並びに発電所位置の検討)
- ③最適発電計画の検討 (発電規模の経済性比較による最適発電計画の策定)
- ④概算工事費の算出 (「水力発電計画工事費積算の手引き<sup>1)</sup>」により算出)
- ⑤経済性の概略評価

(固定価格買取制度 (以下、FIT 制度) を考慮した内部収益率(Project-IRR、以下 PIRR) の算出とその感度分析を実施。農林水産省所管の助成制度<sup>2)</sup>に基づく「交付金」を利用した場合 (国費率 50%) も考慮。また、維持管理費用については、「コスト等検証委員会報告書 平成 23 年 12 月 19 日 エネルギー・環境会議 コスト等検証委員会」の「参考資料 1 各電源の諸元一覧」に記載されている「小水力」の算出方法により概算)

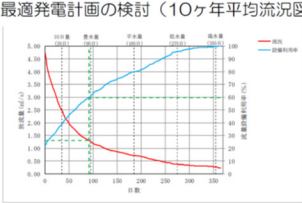
前頁に記載の各検討項目の検討イメージは、以下の通りである。

#### 概略水路ルートの検討

#### 最新の流量資料を反映した最適発電計画の検討

最適発電計画の検討 (10ヶ年平均流況図を利用)

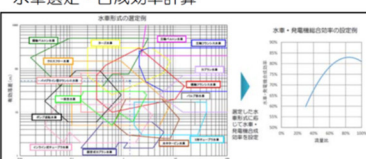


最適発電計画における出力、発電電力量等の算定

維持放流設備	最大使用水量	有効落差	合成効率	最大出力
1.05 m <sup>3</sup> /s	115.84m	0.8217	979kW	

日数	日数	使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	負荷率	合成効率	発電電力量 (kWh)	平均発電電力量 (kWh)	発電電力量 (kWh)
16	16	1.05	100	0.8217	979	979	275,936
35	19	1.03	98	0.8252	965	972	443,232
46	9	1.02	97	0.8269	957	961	1,383,848
185	90	0.45	43	0.7123	364	661	1,427,760
275	90	0.42	40	0.6929	330	347	749,520
355	80	0.24	23	0.5610	153	242	464,640
365	10	0.20	19	0.5314	121	137	39,888
計	365						4,877,808

水車選定・合成効率計算



#### 概算工事費の算定

種算項目	金額	設備概要	備考
I. 本工事費			
1) 土地補償費	0		(2)×(3)×(4)×5% 全設備が事業者用地の場合は計上しない
2) 建物関係	2,500	地上式	発電所建物を計上
3) 土木関係	7,381		(1) - (2)×(3)
① 水路	6,710		
a. 取水ダム	0	既設利用	既設利用または必要ない場合は計上しない
b. 取水口	0	既設利用	既設利用または必要ない場合は計上しない
c. 沈砂池	0		計上しない
d. 導水路	0		計上しない
e. 水槽	0		計上しない
f. 余水路	0		計上しない
g. 本工事費	3,800	設備	取水口を含む

#### 検討結果の整理

◎ダム地点 発電計画概略諸元表

項目	諸元
水系・河川名	一級河川○○川水系○○川
流域面積	7.2km <sup>2</sup>
河川流量(取水可能流量)	◎ダム放流量(2004年1月～2013年12月、10ヶ年平均) 最大 3.44 35日 0.68 豊水量 0.29 平水量 0.14 紙水量 0.08 濁水量 0.04 最小 0.04 年平均 0.26
発電所位置	◎県○○市
取水口位置	同上
取水口位置	同上
発電方式	ダム式
取水水位	EL. 300.00m
放水水位	EL. 274.20m
総落差	25.80m
有効落差	最大 23.90m
使用水量	最大 0.15m <sup>3</sup> /s
出力	最大 26kW (常時出力 0kW)
年間可能発電電力量	145.5MWh
ダム用	形式 重力式コンクリート (◎ダム) 高さ 46.00m 堤長 115.00m
沈砂池	該当なし
水	槽 該当なし
水路	導水路 該当なし 水圧管路 延長約○○m 放水路 延長約○○m 放水口 —
発電所	地上式

<sup>1)</sup> 「水力発電計画工事費積算の手引き 平成 26 年 3 月 資源エネルギー庁 新エネルギー財団」  
URL: [http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity\\_and\\_gas/electric/hydroelectric/download/](http://www.enecho.meti.go.jp/category/electricity_and_gas/electric/hydroelectric/download/)

<sup>2)</sup> 助成制度の詳細は「農山漁村地域整備交付金交付要綱」並びに「農山漁村地域整備交付金実施要領」を参照のこと  
URL: [http://www.maff.go.jp/j/study/other/e\\_mura/oomori/n-koufukin.html](http://www.maff.go.jp/j/study/other/e_mura/oomori/n-koufukin.html)

## (2) 検討結果

表 3.3-1～3.3-3 は、各ダム発電計画諸元、主要設備諸元、概算工事費及び PIRR 値の感度分析結果（助成制度に基づく交付金を考慮した場合を含む）を取り纏めたもので、経済的観点での実現可能性の評価結果を示すものである。

FIT 制度においては、水力発電の売電単価を設定する際に、事業者の収益として「税前 PIRR7%」を前提条件としており、本調査ではこれを経済性評価の目安とした。

表 3.3-1 及び 3.3.-2 に示す、医王、野洲川、天間並びに二庄内ダムについては、同表中の経済性の欄に示されている通り、交付金考慮無しの場合かつ維持管理費用がベースケースでも、5～10%程度の比較的高い PIRR 値の確保が可能であることが判る。さらに、農水省所管の「交付金」（国費率 50%：概算工事費の半額を交付と仮定）を考慮した場合、その経済性は一層向上し、維持管理費用がベースケースの場合でも 10%～17%程度の高い PIRR 値の確保が可能であることが判る。また、本調査では工事費の増減をパラメータとした感度分析も実施しており、これら 4 つのダムについては、交付金を考慮した場合、仮に同表中の概算工事費よりも 20%程度増加した場合でも 5～11%程度（維持管理費ベースケースの場合）の PIRR 値を維持することが可能であることが判った。以上の通り、感度分析結果から推定される経済性の傾向を踏まえると、これら 4 ダムにおける小水力発電事業の開発は、高い実現可能性を有していると考えられる。

表 3.3-2 に示す日出生ダムについては、現状、ダム直下の発電所新設候補地点に至る車輛等の通行可能なアクセス道路がないので、工事費にその新設費用を「含める場合」と「含めない場合（国営整備事業等にて負担を想定）」の 2 つのケースについて経済性の概略評価を実施した。同表中の経済性の欄に示されている通り、「アクセス道路の新設費用を含める」ケースでは交付金を考慮した上で維持管理費用をベースケースの 9 割程度に抑制することで、7%程度の比較的高い PIRR 値を確保できる可能性があることが判る。一方、「アクセス道路の新設費用を含めない」ケースにて交付金を考慮する場合は、維持管理費用ベースケースでも 13%程度の高い PIRR 値の確保が可能であることが判る。さらにこのケースで工事費が 20%程度増加した場合でも、感度分析の結果からは 8%程度（維持管理費ベースケースの場合）の高い PIRR 値を維持することが可能であることが判った。以上より、日出生ダムの小水力発電開発は、アクセス道路新設費用を含めない方式にて実施することができれば、高い実現可能性を有していると考えられる。

表 3.3-3 に示す早瀬野ダムについては、同表中の経済性の欄に示されている通り、交付金を考慮すれば、維持管理費用をベースケースの 8～9 割程度に抑制すること、あるいは工事費について 10%程度以上の削減が可能であれば、5～7%程度の PIRR 値を確保できる見込みがあり、その実現可能性が高まると考えられる。

表 3.3-3 に示す津風呂ダムについては、同表中の経済性の欄に示されている通り、交付金考慮の有無に関わらず、感度分析の結果からもほとんどの検討ケースで PIRR 値が算出不能であり、経済性の観点における津風呂ダムでの小水力発電事業開発の実現可能性は低いと考える。

本調査での検討結果より、農業用ダムの小水力発電開発においては FIT 制度と併用して農水省所管の「交付金」を利用できるというメリットを活かしつつ、今後詳細な調査検討を進める中で工事費の削減を検討・達成した上で、維持管理費用についてもできる限りその削減・抑制を図ることができれば、農業用ダムで発電未開発のまま取り残されている地点についても、その経済性の改善を見込むことができ、その開発実現性を高めることができると考える。



表 3.3-1 各地点の発電計画諸元と経済性の概略評価結果

項目		医王ダム（石川県）		野洲川ダム（滋賀県）		天間ダム（青森県）		
発電計画諸元	最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.70		2.61		4.57		
	有効落差 (m)	37.57		34.64		17.82		
	水車・発電機合成効率	0.77		0.80		0.72		
	最大出力 (kW)	199		713		575		
	年間可能発電電力量 (MWh/年)	1,599		3,368		3,385		
	設備利用率 (%)	92%		54%		67%		
主要設備諸元	取水口	既設取水設備利用		既設取水設備利用		既設取水設備利用		
	水圧管路	既設放流管流用部	水圧管路新設部	既設放流管流用部	水圧管路新設部	既設放流管流用部	水圧管路新設部	
	管種	鋼管(埋設)	鋼管(埋設)	鋼管(埋設)	鋼管(埋設)	鋼管(埋設)	鋼管(露出)	
	管径 (m)	0.8	0.5	1.4	1.0	1.2	1.3	
	延長 (m)	427	40	72	25	34	49	
	計 (m)	467		97		83		
	発電所	半地下式		半地下式		地上式		
	放水路・放水口	暗渠		暗渠		暗渠		
	延長 (m)	40		10		8		
	水車型式	横軸フランシス水車		横軸フランシス水車		クロスフロー水車		
送配電線	近傍配電線へ高压連系		近傍配電線へ高压連系		近傍配電線へ高压連系			
延長 (km)	0.2		0.2		0.2			
経済性	概算工事費 (百万円)	262		557		610		
	kW建設単価 (百万円/kW)	1.31		0.78		1.06		
	kWh建設単価 (円/kWh)	164		165		180		
	FITによる売電収入 (百万円/年)	52		93		93		
	交付金考慮無しPIRR(20年) <sup>*1</sup>	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	
	維持管理費 (百万円/年)	ベース	17	9.6	27	7.9	29	6.4
		×0.9	15	10.3	24	8.5	26	7.0
		×0.8	14	11.0	22	9.0	23	7.6
	交付金考慮PIRR(20年) <sup>*1</sup>	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	
	維持管理費 (百万円/年)	ベース	17	16.8	27	14.1	29	11.6
		×0.9	15	18.0	24	15.0	26	12.6
		×0.8	14	19.2	22	15.9	23	13.5

\*1 法人税控除前のプロジェクト内部収益率(Project-IRR)、当該欄が「-」の場合は算定不能を示す。

表 3.3-2 各地点の発電計画諸元と経済性の概略評価結果

項目		二庄内ダム（青森県）		日出生ダム（大分県）				
				アクセス道路の新設費用を含める		アクセス道路の新設費用を含めない		
発電計画諸元	最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.45		0.78				
	有効落差 (m)	57.51		33.75				
	水車・発電機合成効率	0.79		0.77				
	最大出力 (kW)	199		199				
	年間可能発電電力量 (MWh/年)	1,337		1,185				
	設備利用率 (%)	77%		68%				
主要設備諸元	取水口	既設取水設備利用		既設取水設備利用				
	水圧管路	既設放流管流用部	水圧管路新設部	既設放流管流用部	水圧管路新設部	既設放流管流用部	水圧管路新設部	
	管種	鋼管(埋設)	鋼管(埋設)	鋼管(埋設)	鋼管(露出)	鋼管(埋設)	鋼管(露出)	
	管径 (m)	1.1	0.4	0.8	0.6	0.8	0.6	
	延長 (m)	459	68	102	10	102	10	
	計 (m)	527		112				
	発電所	半地下式		地上式				
	放水路・放水口	暗渠		-				
	延長 (m)	6		-				
	水車型式	横軸フランシス水車		バイブライン型フランシス水車				
送配電線	近傍配電線へ高压連系		近傍配電線へ高压連系					
延長 (km)	0.1		0.4					
経済性	概算工事費 (百万円)	264		274		206		
	kW建設単価 (百万円/kW)	1.33		1.38		1.04		
	kWh建設単価 (円/kWh)	197		231		174		
	FITによる売電収入 (百万円/年)	43		38		38		
	交付金考慮無しPIRR(20年) <sup>*1</sup>	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	
	維持管理費 (百万円/年)	ベース	17	5.6	17	2.5	15	7.3
		×0.9	15	6.5	16	3.4	14	8.2
		×0.8	14	7.3	14	4.3	12	9.0
	交付金考慮PIRR(20年) <sup>*1</sup>	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	
	維持管理費 (百万円/年)	ベース	17	10.3	17	5.0	15	13.0
		×0.9	15	11.7	16	6.6	14	14.4
		×0.8	14	13.0	14	8.1	12	15.8

\*1 法人税控除前のプロジェクト内部収益率(Project-IRR)であり、当該欄が「-」の場合は算定不能を示す。

表 3.3-3 各地点の発電計画諸元と経済性の概略評価結果

項目		早瀬野ダム（青森県）		津風呂ダム（奈良県）		
発電計画諸元	最大使用水量 (m <sup>3</sup> /s)	0.97		0.66		
	有効落差 (m)	26.92		39.65		
	水車・発電機合成効率	0.77		0.77		
	最大出力 (kW)	198		198		
	年間可能発電電力量 (MWh/年)	1,035		855		
設備利用率 (%)	60%		49%			
主要設備諸元	取水口	既設取水設備利用		既設取水設備利用		
	水圧管路	既設放流管流用部	水圧管路新設部	既設放流管流用部	水圧管路新設部	
		鋼管(埋設)	鋼管(露出)	鋼管(埋設)	鋼管(埋設)	
	管種					
	管径 (m)	1.4	0.6	1.5	0.5	
	延長 (m)	160	10	46	45	
	計 (m)	170		91		
	発電所	地上式		地上式		
	放水路・放水口	-		暗渠		
	延長 (m)	-		26		
水車型式	パイプライン型フランシス水車		横軸フランシス水車			
送配電線	近傍配電線へ高圧連系		近傍配電線へ高圧連系			
延長 (km)	0.2		0.2			
経済性	概算工事費 (百万円)	246		296		
	kW建設単価 (百万円/kW)	1.24		1.50		
	kWh建設単価 (円/kWh)	238		346		
	FITによる売電収入 (百万円/年)	33		28		
	交付金考慮無しPIRR(20年) <sup>※1</sup>	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	
	維持管理費 (百万円/年)	ベース	16	1.4	18	-
		×0.9	15	2.4	16	-
		×0.8	13	3.4	14	-
	PIRR値 (%)					
	交付金考慮PIRR(20年) <sup>※1</sup>	維持管理費	PIRR値	維持管理費	PIRR値	
維持管理費 (百万円/年)	ベース	16	3.1	18	-	
	×0.9	15	4.9	16	-	
	×0.8	13	6.6	14	-	
PIRR値 (%)						

※1 法人税控除前のプロジェクト内部収益率(Project-IRR)、当該欄が「-」の場合は算定不能を示す。

### 3.4 今後の検討課題

#### (1) 本調査の位置付け

本調査については、図 3.4-1 に示す通り、水力開発の一般的な調査・事業段階における位置付けでは「(1) 事前調査」に該当するものである。

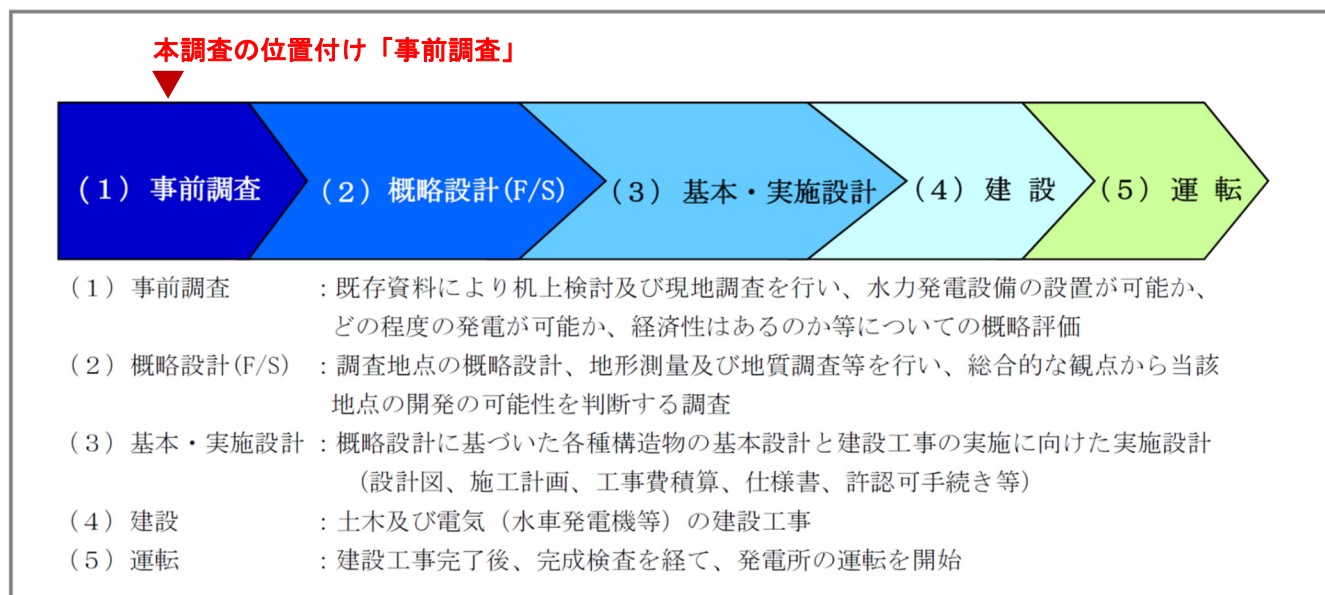


図 3.4-1 水力開発の一般的な調査・事業段階と本調査の位置付け

したがって、事業者が希望する経済性をもって実際に当該発電所の建設が可能かどうかを技術面も含めて評価するためには、「(2) 概略設計(F/S)」を始めとする次段階の調査・設計を実施し、計画精度を高めてゆくことが必須である。

#### (2) 今後の調査における留意事項

- 本調査では、コストダウンの観点から、既設取水設備並びに既設放流管を可能な限り発電設備として流用する計画を策定しているが、発電負荷遮断時の水撃圧の検討やそれに基づく既設放流管をはじめとする既設放流設備への影響検討は未実施であり、今後の調査で検討する必要がある。
- 本調査では、電力会社の系統に連系して全量を売電する計画とし、発電所候補地点の近傍の既設配電線に連系することとしたが、今後の調査で、系統連系の可否 (空き容量の有無等) について電力会社に確認する必要がある。電力会社との系統連系協議の結果によっては、系統連系に伴い配電線増強費用や電圧変動対策等について費用負担が発生する可能性があり、それが当該発電計画の実現可能性に致命的な影響を及ぼす恐れがあることに十分留意することが必要である。

- 前節「3.3」でも記述した通り、本調査で算出した概算工事費は、「水力発電計画工事費積算の手引き」における「1. 規模選定工事費積算の手引き」に準拠して算出した概算値であり、相応の誤差を含んでいる。したがって、今後 F/S 調査や基本設計を実施して、工事費の算出精度を高めることが必須であることに留意する必要がある。特に水車・発電機関係の電気機械設備については、今後の FIT 制度の先行きを見通しつつ小水力開発を急ぐ事業者も多いことから、当該市場は売り手市場になっており、価格自体も上昇・高止まりしている傾向がある。最近の事例では、メーカー見積り額が「水力発電計画工事費積算の手引き」により算出された金額の 2 倍程度になるようなことも珍しくないような状況である。特に、既設取水・放流設備を最大限利用することで新設する水路構造物を最小限にすることを指向する本発電計画地点のようなケースでは、全体工事費に占める割合が土木関係工事費よりも電気機械関係工事費の方が大きく全体工事費の 4~5 割を占めている。したがって、電気機械設備の価格上昇は、計画地点の経済性に多大な悪影響を及ぼすことに十分留意し、今後の F/S 調査や基本設計段階でその価格動向等に注目することが必須である。

## 第4章 ダムにおける増発電電力量可能性調査

### 4.1 流入量予測に関するニーズ調査

#### 4.1.1 アンケート調査

発電用ダムを保有する発電事業者団体（電気事業連合会、公営電気事業経営者会議、水力発電事業懇話会、大口自家発電施設者懇話会）に対し、ダムの流入量予測における予測期間・計算周期に関するニーズを把握するとともに、計算に利用するデータを選定するため、アンケート調査を実施した。

以下の39事業者から回答を得た。

- 電気事業連合会 : 10事業者
- 公営電気事業経営者会議 : 22事業者
- 水力発電事業懇話会 : 4事業者
- 大口自家発電施設者懇話会 : 3事業者

アンケートから、以下の通り、2日先までの毎時の予測と、1週間または2週間先までの日総流入量などの大まかな予測に対するニーズが多数であることが分かった。

質問：各発電計画の段階において、それぞれ、ダム流入量予測の必要性はどの程度あるか。

回答

発電計画	意見（各計画段階毎のダム流入量予測の必要性）	整理
1年先～数年先	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去の実績流入量から統計的に流入量を想定している（渇水・豊水・通常など数パターン）。</li> <li>・ 期間の総流入量で考えており、それが概ね平年並み（（例）約1,000万m<sup>3</sup>）程度といった想定をしている。等</li> </ul>	→ 詳細な流入量予測の必要性は小さい。
1ヶ月先～2ヶ月先	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去の同時期の実績流入量に比べ、○割増／○割減といった程度の想定をしている。</li> <li>・ 期間の総流入量で考えており、それが概ね平年並み（（例）約1,000万m<sup>3</sup>）程度といった想定をしている。</li> <li>・ 月間天気予報を参考にしている。等</li> </ul>	→ 詳細な流入量予測の必要性は小さい。
1週間先～2週間先	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 詳細な流入量予測は不必要                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 過去の同時期の実績流入量を想定すればよい。</li> <li>・ 定量化できないが立案者のカン程度の予測を反映させる必要。</li> <li>・ 過去の同時期の実績流入量より多め／少なめといった程度の想定は必要。</li> <li>・ 週間天気予報を参考にしている。等</li> </ul> </li> <li>◆ 詳細な流入量予測が必要                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 対象期間の日総流入量が概ね〇〇m<sup>3</sup>程度といった想定が必要。</li> <li>・ 週間雨量予測をもとに、経験的な流出係数により、日平均流入量を予測。</li> <li>・ 5日先までの総雨量が分かれば、その間の最適発電計画の策定が可能となり、ダム無効放流が回避できる。等</li> </ul> </li> </ul>	→ 詳細な流入量予測が不必要なケースから、必要なケースまで、さまざま。 → 流入量予測が必要なケースでは、特に、日ごとの総流入量の予測が必要。
4日先	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定量化できないが立案者のカン程度の予測の反映が必要。</li> </ul>	
3日先	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 定量化できないが立案者のカン程度の予測の反映が必要。</li> <li>・ 時間雨量、連続時間雨量などの過去の同様な状況を参考に、実績流入量を想定する必要がある。</li> <li>・ 対象期間の総流入量が概ね〇〇m<sup>3</sup>程度といった想定が必要。</li> </ul>	

発電計画	意見（各計画段階毎のダム流入量予測の必要性）	整理
2日先	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆詳細な流入量予測は不必要 <ul style="list-style-type: none"> <li>・最近の実績流入量を想定すればよい。</li> <li>・定量化できないが立案者のカン程度の予測の反映が必要。</li> </ul> </li> <li>◆詳細な流入量予測が必要 <ul style="list-style-type: none"> <li>・対象期間の日総流入量が概ね<math>○○m^3</math>程度といった想定が必要。</li> <li>・対象期間の毎正時流入量が概ね<math>○○m^3</math>程度といった想定があると良い。</li> <li>・国交省は36時間分の流入量予測システムがあり、洪水期にダム水位下げ方向圧力がある。しかし治水側と利水側では目的が異なり、定量的な計画説明と相手側提示データの検証が必要。治水者が無駄なゲート放流を行わない程度の精度が必要。</li> <li>・至近の流況を反映し、過去実績や気象予測、立案者の経験から流入カーブを予測している。等</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 詳細な流入量予測が不必要なケースから、必要なケースまで、さまざま。</li> <li>→ 予測流入量が必要なケースでは、具体的には、 <ul style="list-style-type: none"> <li>・日々の総流入量の予測</li> <li>・減衰・増加カーブの概算的な予測</li> <li>・毎正時の流入量の予測等のケースがある。</li> </ul> </li> </ul>
1日先	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆詳細な流入量予測は不必要 <ul style="list-style-type: none"> <li>・現状では計画策定時点の流入量が継続するという仮定で計画。</li> <li>・定量化できないが、立案者のカン程度の予測の反映が必要。</li> <li>・過去の同時期の実績流入量より多め／少なめといった程度の予測は、あれば役立つ。</li> <li>・これまでも流入量予測を整備してきたが、経験に基づいた予測の方が精度が高い。</li> </ul> </li> <li>◆詳細な流入量予測が必要 <ul style="list-style-type: none"> <li>・現在の流入量及び気象の予測を反映させる必要がある。</li> <li>・対象期間の毎時間の具体的なダム流入量の想定が必要。</li> <li>・流出モデルにより毎時の流入量を予測するシステムを構築中。</li> <li>・至近の流況を反映し過去実績や気象予測、立案者の経験から、流入カーブを予測している。</li> <li>・総流入量に加えて、状況に応じて日間内での減衰、増加カーブを概算的に予測する必要がある。等</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 詳細な流入量予測が不必要なケースから、必要なケースまで、さまざま。</li> <li>→ 詳細な流入量予測が無くても対応できているが、ある方が良い。</li> <li>→ 予測流入量が必要なケースでは、具体的には、 <ul style="list-style-type: none"> <li>・減衰・増加カーブの概算的な予測</li> <li>・毎正時の流入量の予測等のケースがある。</li> </ul> </li> </ul>
当日	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象期間（毎時）の流入量が約<math>○○m^3/時</math>という想定が必要。</li> <li>・至近の流況を反映し過去実績や気象予測、立案者の経験から流入カーブを予測する必要がある。総流入量に加えて、状況に応じて日間内での減衰、増加カーブを概算的に予測する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 減衰・増加カーブの概算的な予測、あるいは、毎正時の流入量の予測が必要となる。</li> </ul>

アンケートで得られたニーズを満足できる気象データとして、下記が考えられる。（表 4.1.2-1 参照）

- 降水短時間予報 1（10分ごと 6時間先まで）
- 降水短時間予報 2（1時間ごと 15時間先まで）
- MSM1（3時間ごと 39時間先まで）
- MSM2（6時間ごと 51時間先まで）
- GSM1（6時間ごと 132時間先まで）
- GSM2（24時間ごと 264時間先まで）

上記によりアンケートで一部要望が見られた2週間には足りないものの、要望の比較的多く見られた1週間はカバーでき、メッシュサイズもある程度細かいため、以下の検討では、これらを利用して11日先（264時間先）までを予測することを基本に考えるものとした。

#### 4.1.2 発電事業者ヒアリング

アンケートの回答があった事業者のうち3事業者に対してはアンケート調査結果を深掘りするためのヒアリングを実施した。予測時間の長さなどについては、以下の通り。

質問：ダム流入量予測の具体的な目的について、異なる規模や種類のいくつかのダムを例に、実状をご教示ください。また、そこで必要とされる、ダム流入量予測の予測時間や更新時間間隔について、ご教示ください。

回答

Q1	A	B	C	整理
ダムによる流入量予測のニーズの違い	<ul style="list-style-type: none"> <li>水系一貫の運用をしているダムと、単独で運用しているダムとで、欲しい流入量予測の長さが異なる。</li> <li>水系一貫の運用をしている水系のダムは、下流の発電所運用も考慮した最適な発電運用計画を策定するためにも1週間先までの流入量予測がほしい。</li> <li>単独で運用しているダムはそれより短くても良い。また、出水対応としての予備放流時に、最適な水位低下操作を実現するためにも高精度な流入量予測が必要である。その流入量予測の長さは、ダム毎に異なると思うが、概ねダムの規模に比例するという感覚ぐらいで明確な目安はない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大規模な多目的ダムと小規模な発電専用ダムとで、必要となる流入量予測の期間の差は特にならない。</li> <li>水系一貫の運用をしている水系はないが、水系の最上流に当機関が取水するダムがあり、その下流に他の機関のダム・発電所がある。そのような最上流のダムでは、水系一貫的な考え方を考慮する必要があり、1週間先までのニーズは特に高い。</li> <li>ただし、上記に該当しないダムでも、同じく1週間程度の予測が欲しい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>調整池式の発電所と貯水池式の発電所で異なる。貯水池式は流入量予測を増発電に活かすことができる。調整池式は急な雨を予測することの必要性が高い。</li> <li>発電計画を立てるためのニーズとしては、日・週だけでなく、月・年の予測もあるとよいが、月・年の予測は実用的な精度が得られないと思われる。</li> <li>雨量予測情報に基づいて、実用性のある予測精度で計算できる時間までをシステムの対象にすべき。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 予測時間の長さに関して、ダムの規模による違いはあまり無い。</li> <li>→ 予測時間の長さは、1週間先までのニーズが高い。</li> </ul>
計算単位等	<ul style="list-style-type: none"> <li>1週間先までの流入量予測については、1日1回得られれば良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>発電計画を立てる上で、流入量予測は1週間先までのニーズが高い。ただし、発電計画は2週間先まで立てるので、もし予測可能なら2週間先までであると良い。</li> <li>具体的な感覚としては、1、2日先までは時間単位の予測、それ以降の1週間先までは半日単位（12時間単位）程度、さらに、1週間先以降2週間先までは日単位（24時間単位）程度の予測があると良い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象庁のGSM（20kmメッシュ）が、近年132時間先までを6時間ごとと配信するようになったので、今回構築する場合、そこまでとするくらいが適切と思われる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ 1週間先までの予測を24時間ごとに行えると良い。</li> <li>→ 気象庁のGSMを用いた場合、132時間（=5.5日）先までの予測を6時間ごとに行える。</li> </ul>

追加ヒアリングの結果、下記のことが把握できた。

- ダムの規模による予測時間のニーズの違いはあまりなく、どのダムも概ね 1 週間先まで予測できると良い。

また、上記のような予測時間のダム流入量予測を考えた場合、その計算へのインプットデータとして用いることができる気象予測データは、次ページの表のうち 1～7 のデータとなる。



表4.1.2-1 気象予測情報の種類

赤枠のデータは、流入量予測システムへのインターネットデータとして利用が考えられる。

NO.	所管	名称	予測時間	空間解像度	時間解像度	更新頻度	メンバー数	情報提供開始	データ項目	備考
1		降水短時間予報1	6時間	約1km	1時間	10分	1	2018.6	降水量	
2		降水短時間予報2	15時間	約5km	1時間	1時間	1	2018.6		
3		MSM1	39時間(≒1.6日)	約5km	1時間	3時間	1	2013.5	降水量、気温、風、湿度、日射量、雲量	日射量は、2017.12~
4		MSM2	51時間(≒2.1日)	約5km	1時間	6時間	1	2019.3		
5		MSMアンサンブル	39時間(≒1.6日)	約5km	1時間	6時間	21	2019.6	降水量、気温、風、日射量	
6	気象庁	GSM1	132時間(≒5.5日)	約20km	1時間	6時間	1	2007.11	降水量、気温、風、湿度、日射量、雲量	日射量は、2017.12~
7		GSM2	264時間(≒11.0日)	約20km	3時間	24時間	1	2013.3		
8		週間アンサンブル1	264時間(≒11.0日)	約120km	6時間	12時間	27	2014.2	降水量、気温、風、湿度、雲量	
9		週間アンサンブル2	264時間(≒11.0日)	約50km	3時間	12時間	27	2017.5		
10		1ヶ月アンサンブル1	33日	約250km	1日	1週間	50	2006.3	降水量、気温	
11		1ヶ月アンサンブル2	816時間(≒34.0日)	約50km	3時間	12時間	50	2017.7	降水量、気温、風、湿度、雲量	
12		3ヶ月アンサンブル	120日	約250km	1日	30日	51	2010.2		
13	NCEP*1	GFS1	192時間(≒8.0日)	約50km	3時間	6時間	1	2006.1	降水量、気温、風、湿度、雲量	インターネットでデータダウンロード可能
14		GFS2	384時間(≒16.0日)	約100km	3時間	6時間	1	2005.2		
15	JAXA*2	GSMaP_RNC	6時間	約10km	1時間	1時間 (10~17時のみ)	1	2017.8	降水量	

※1(米国)国立環境予測センター (National Centers for Environmental Prediction; NCEP)

※2 宇宙航空研究開発機構

※3 GSM2は空間解像度が高いが単一の情報、週間アンサンブルは空間解像度は低いが多数の情報であるため確率的な扱いが可能。

参考URL

<http://www.jmbc.or.jp/jp/online/f-online0.html#file311>

<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forecast-system-gfs>

[https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP\\_RNC/riken/guide\\_j.htm](https://sharaku.eorc.jaxa.jp/GSMaP_RNC/riken/guide_j.htm)

## 4.2 NEDO の方法の有用性の評価と改善の検討

NEDO の平成 30 年度成果報告書「発生電力量最大化を目的とした IoT 技術の活用による流入量予測精度向上および発電運用効率化技術の開発研究」のダム流入量予測計算モデル（黒部川水系）を対象に、前掲の 4.1 の調査結果を踏まえ、具体的なニーズに対する有用性の評価、および、改善点の検討を行った。

上記研究開発では、ダムにおける年間発生電力量を増大させることを目的として、黒部川水系の電力ダム群を対象に、下記が実施されている。

- IoT 技術の活用検討（積雪、気温、河川水位等の観測データ）
- 積雪・融雪モデルの構築
- ダム流入量予測計算モデルの構築
- 流入量予測に基づくダム群の最適運用の検討

また、上記の結果、従来、同水系で用いられている予測・運用方式に比べ、水系全体の発生電力量を増加させられることの可能性が示された。

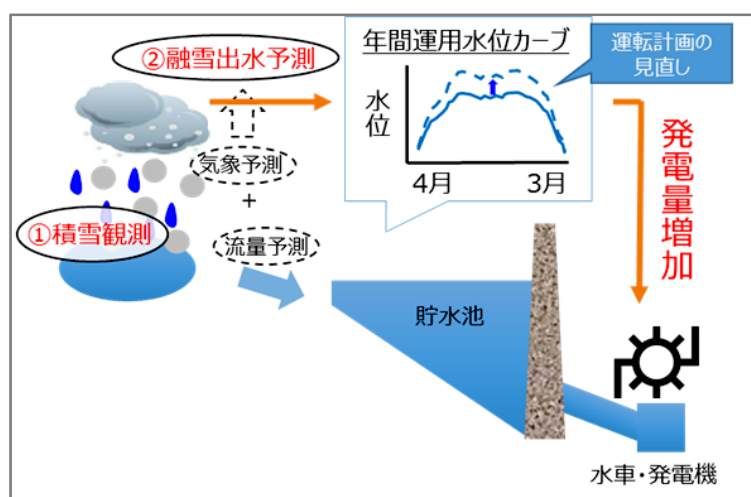


図 4.2-1 発生電力量増大の検討  
(NEDO ホームページより抜粋)

上記の NEDO による平成 30 年度研究業務成果のうち、特に「ダム流入量予測計算モデル」（以下「NEDO モデル」という。）の部分を対象とし、以下では、今回の取り組みにおけるアンケート・ヒアリングの調査結果等を踏まえ、流入量予測への具体的なニーズに対する有用性の評価、および、改善点の検討を行う。

#### 4.2.1 平成30年度 NEDO モデルの概要

平成30年度 NEDO モデルの斜面モデルは、下図のような 50m メッシュの詳細なモデルを、数 km<sup>2</sup> の部分流域ごとに集中型のモデルで近似することにより、計算所要時間を短縮している。

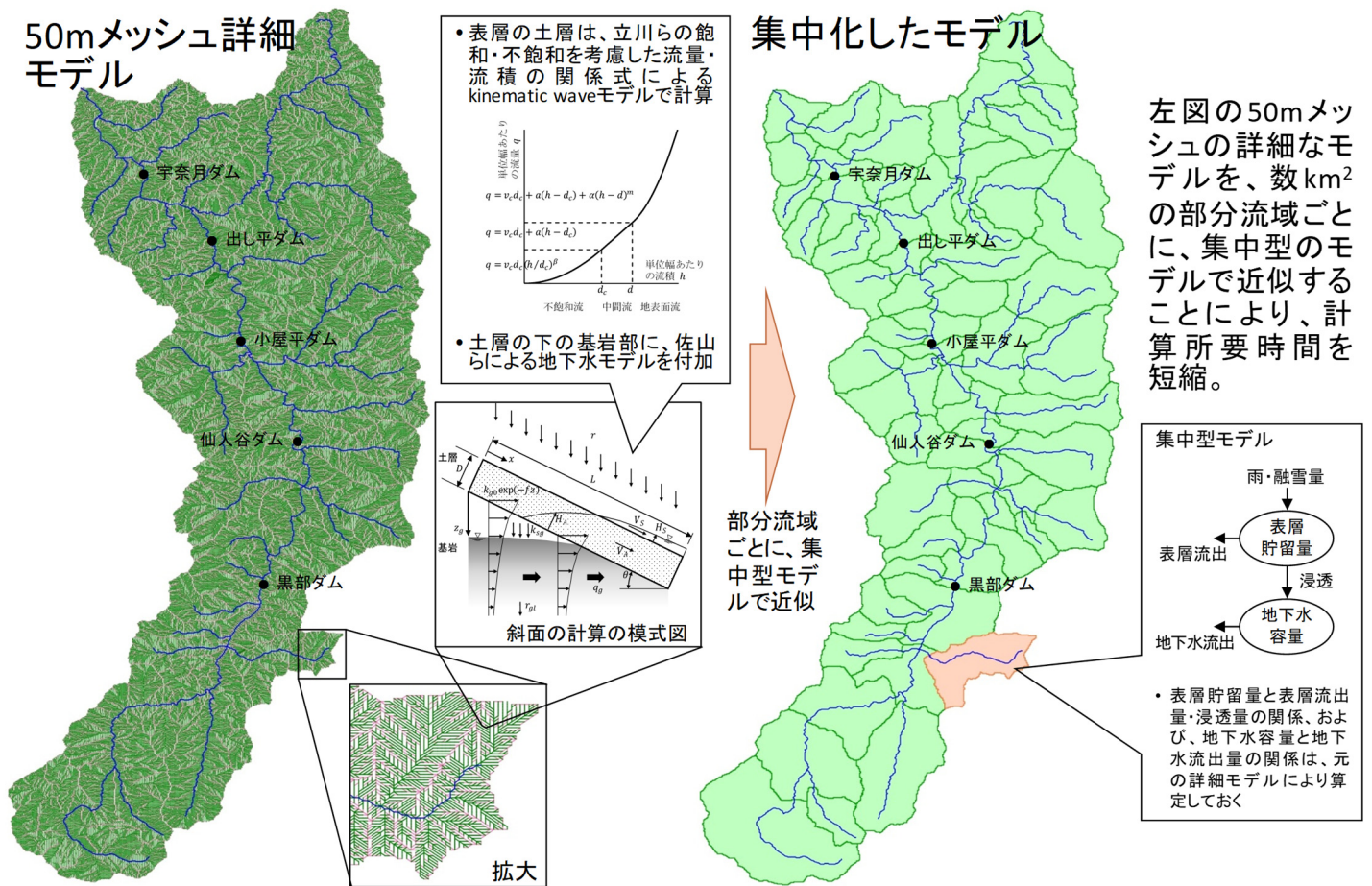


図 4.2.1-1 平成30年度 NEDO モデルの概要

#### 4.2.2 平成30年度NEDOモデルの有用性の評価

4.1のアンケート・ヒアリングの調査結果等による流入量予測への具体的なニーズをもとに、流入量予測計算に求められる要件を挙げると、下記のとおりである。

- ✓ 十分に速い計算速度で、数日～2週間程度の長さの計算を行えること
- ✓ 短期流出、長期流出とも扱えること
- ✓ 全国の河川に適用でき、河川ごとに定数の同定が可能であること
- ✓ 河川ごとの多様なダムや取水系統等をモデルに組み込めること
- ✓ ダム流入量などのデータの同化ができ、予測精度を確保できること

このうち、1項目の計算速度に関しては、気象庁が配信する雨量予測データを利用する場合、具体的に対象とする計算対象時間の長さや計算頻度について、次のケースが考えられる。

- 3時間ごとに39時間先までの計算を行う。
- 6時間ごとに132時間先までの計算を行う。
- 12時間ごとに264時間先までの計算を行う。

また、アンサンブル予報データを利用する場合は、さらに速い計算速度が必要である。

前ページに挙げた要件に対する平成 30 年度 NEDO モデルの対応状況は、下記の通りである。  
また、これらの課題も含め、平成 30 年度 NEDO モデルの課題を整理すると、次ページの表の通りである。

表 4.2.2-1 流入量予測計算に求められる要件に対する、平成 30 年度 NEDO モデルの対応状況

	流入量予測計算に求められる要件	平成 30 年度 NEDO モデル		有用性の評価
		現状	課題	
1	十分に速い計算速度で、数日～2週間程度の長さの計算を行えること	→ 分布型モデルを集中型モデルで近似することにより、計算時間の軽減が図られている。	→ 分布型モデルを集中型モデルで近似する方式について、黒部川以外の河川でも有効性を確認する必要がある。 → 分布型モデルを集中型モデルで近似しない元のモデルについても、斜面表層の計算は、京大モデルで日本各地への適用がされているものであり、メッシュサイズを細かくしすぎなければ広く展開可能と思われる。	※ (問題ないと思われるが、他流域での有用性を確認する必要がある。)
2	短期流出、長期流出とも扱えること	→ 短期流出を対象とする既存の黒部川出水予測モデルに地下水の計算が付加され、長期流出への対応が図られている。	特になし	○ (問題なし)
3	全国の河川に適用でき、河川ごとに定数の同定が可能であること	→ 黒部川に適した定数設定となっている。	→ 黒部川以外の河川にもモデルを適用し、定数設定の有効性を確認する必要がある。 → 適切な定数設定を可能とするためには、広い流域においても、計算が速く行えることが必要である。	※ (問題ないと思われるが、他流域での有用性を確認する必要がある。)
4	河川ごとの多様なダムや取水系統等をモデルに組み込めること	→ 京大の水文モデル構築システム OHyMOS を用いて構築されており、河川に応じた組換えや拡張は比較的しやすい。	特になし	○ (問題なし)
5	ダム流入量などのデータの同化ができ、予測精度を確保できること	→ 河道の流れの計算にカルマンフィルタが適用され、ダム流入量、河川水位データの同化が図られている。	→ ダム流入量、河川水位データの同化について、黒部川以外の河川にも適用し、有効性を確認する必要がある。	※ (問題ないと思われるが、他流域での有用性を確認する必要がある。)

表 4. 2. 2-2 平成 30 年度 NEDO モデルの課題とそれに対する考察

要素	概要	課題	考察
1. 気象データ	気象庁解析雨量 気象庁 MSM (気温) を使用	<ul style="list-style-type: none"> <li>1ヶ月・3ヶ月予報データの精度について、他地域でも確認する必要がある。</li> <li>1ヶ月・3ヶ月予報の雨量波形に模擬的な変動を加え、予測流入量にバラツキを持たせて「5.発電運用最適化」で用いる処理を行っているが、十分に機能しておらず、改善が必要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回の取り組みにおいては、1ヶ月・3ヶ月先の予測は対象としないため、考慮しなくてよい。</li> <li>今回の取り組みにおいては、「5.発電運用最適化」は対象としないため、考慮しなくてよい。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>気象庁 MSM</li> <li>週間予報アンサンブル GPV } → 使用。</li> <li>1ヶ月予報アンサンブル GPV } → 精度が悪いため用いず、気候値</li> <li>3ヶ月予報アンサンブル GPV } → を使用。</li> </ul>		
2. 気象データの補正	入力データとして用いている国土交通省解析雨量は降雪期の精度が十分でないため、積雪・融雪モデルにより計算された積雪深と、実績積雪深の比較により、解析雨量のデータに対する補正係数を算定している。	<ul style="list-style-type: none"> <li>他地域でも、モデルによる積雪深と実績積雪深を比較し、地域ごとに補正係数を算定する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>なるべく多くの観測点の積雪深データを用的、補正係数に空間分布を与えらることで、精度が向上すると考えられる。</li> <li>積雪深データが無い地域は、流量データによる水収支解析等も必要と考えられる。</li> </ul>
3. 積雪・融雪の計算	1km メッシュの国土交通省解析雨量および 5km メッシュの MSM 地上気温データを入力とし、気温による雨雪判別、および、圧雪を考慮した積雪過程による積雪の量・密度の算定を行っている。	<ul style="list-style-type: none"> <li>黒部川の流域面積では気温の影響が支配的と判断し、気温の限界のみ考慮したが、流域面積の小さい溪流等では、斜面に当たる日射や風による融雪過程も無視できないケースが想定される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>全国に展開するためには、対象流域ごとに考慮する融雪過程を精査する必要があると考えられる。</li> </ul>
4. 流出計算	山腹斜面の流出計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>計算速度について、他流域（流域面積の広い流域）でも確認する必要がある。</li> <li>分布型モデルを集中型モデルで近似することについて、他流域でも有効性を確認する必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>分布型モデルを集中型モデルで近似することについては、部分流域の大きさを揃える等、モデル化が難しい河川もあると考えられ、全国の河川を対象に行うのは難しい可能性がある。</li> </ul>
	河道の流れの計算	<ul style="list-style-type: none"> <li>kinematic wave モデルに基づいた計算により、1時間毎の河川流量を計算している。</li> <li>カルマンフィルタを適用し、ダム流入量、河川水位の観測データを計算へフィードバックし、1時間毎に計算を補正している。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>kinematic wave モデルは急流河川に適する。緩流河川に適用するため、緩流河川での有効性を確認する必要がある。</li> <li>計算速度について、他流域（流域面積の広い流域）でも確認する必要がある。</li> <li>様々なタイプのダムモデルを作成する必要がある。</li> </ul>
5. 発電運用最適化	1年先(3月末まで)の予測流入量をもとに、最適な貯水位の運用をサンプリング確率 DP により計算。 アンサンブルの気象予測データを元に 27 ケースの融雪・流出計算を行い、それらの計算結果を用いて最適化計算を行う。	<ul style="list-style-type: none"> <li>水系ごとにダム・発電所の条件の違いが大きいためモデルを作り直す必要がある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>今回の取り組みにおいては、「5.発電運用最適化」は対象としない</li> </ul>

## 4.3 複数の流入量予測手法の優劣比較

### 4.3.1 代表的な流入量予測手法

現在公開されている主要な流入量予測手法について、アンケートで得られた具体的なニーズへの適合性や、想定される計算量等について整理し、優劣を比較した。

- (1) 国土交通省洪水予測基幹システム
- (2) RRI モデル
- (3) WEB-DHM
- (4) HYDREEMS (電中研モデル)
- (5) 京大モデル

(1)～(5)に挙げた代表的な流入量予測手法、および、4.2 に挙げた平成 30 年度 NEDO モデルについて、その手法の特徴を計算要素ごと（外力の予測、積雪・融雪の計算、流出解析、など）に分けて整理した表を次ページに示す。

さらに、今後、ダム流入量予測システムを構築する上での適用性に関する評価も、同表に示した。

表4.3.1-1 代表的な流入量予測手法の比較

	平成30年度 NEDOモデル	(1) 国土交通省 洪水予測基幹システム	(2) RRIモデル	(3) WEB-DHM	(4) HYDREEMS (電中研モデル)	(5) 京大モデル
1. 外力の予測	気象庁MSM及び週間アンサンブルGPVを使用	降水短時間予報を使用	高解像度降水ナウキャストの使用がされている。	MSMの予測雨量を、観測雨量により補正する検討がされている。	気象モデルWRFによる降水予測計算との連携が試みられている。	—
2. 積雪・融雪の計算	M.I.T. Temperature Index法に依拠	標準仕様としてはなし。	—	熱収支を考慮した計算法により積雪・融雪を計算するWEB-DHM-Sが作成されている。	—	—
3. 流出解析モデル(流域の計算方法)	京大モデルに依拠	土研分布型モデル2018版(250mメッシュ)	拡散は近似した二次元の浅水方程式を流域全体に適用	地表の熱収支、蒸発散、浸透等を取り陸面モデルを地表面に適用し、流出計算は、流域下流端からの距離によりまとめられた仮想的な河道に沿って上流側から逐次流下計算が行われる。	植生の熱収支を考慮して蒸発散を計算し、流出計算は、落水線に3段のタンクを配置したモデルで計算されている。	飽和・不飽和を考慮した流量・流積の関係式によるkinematic waveモデル。
4. 流出解析モデル(河道の計算方法)	kinematic wave法に依拠	1次元不定流モデル(kinematic wave法)	1次元のDiffusive wave河道モデルを適用	—	1次元のKinematic waveモデルを適用	—
5. データ同化	河道の計算に拡張カルマンフィルタを適用し、流加距離に伴う流量変化率を調整	横流入量(計算上はタンク貯留高)と粗度を粒子と粒子フィルターでカスケード同化をおこなう。	最適内挿法により、観測水位によってモデルの状態量を補正する手法が適用されている。	—	—	—
6. パラメータの同定	系統だった手法には依らず試行錯誤的に設定	パラメータ探索アルゴリズム:SCE-UA法 評価データ:流量 評価指標:RMSE ダム、水位観測所の小流域ごとにチューニング	SCE-UA法の適用がなされている。	—	—	—
7. データの収集	黒部川用のデータ集約システムを構築	国土交通省の統一河川情報システム	—	DIAS上で動作させる取り組みがされている。	—	—
8. サービスの提供方法	システムとして未対応	国土交通省内のネットワークを介して端末で予測結果を表示できる専用のプログラム「水害リスクライン」を開発	三井共同建設コンサルタンツ・NECにより、全国版リアルタイム氾濫予測システムの開発が行われている。	DIAS上で動作させる取り組みがされている。	—	IK-DHMという名称で全国の任意の矩形のエリアに適用できるシステムが公開されている。
懸念される事項	黒部川以外の流域での有用性を確認する必要がある。	大河川の洪水予測用のモデルであり、ダムの小流域への適用性は不明。計算負荷が比較的重い。	計算負荷が比較的重い。	モデルの作成、データ・パラメータの準備に多大な労力を要すると考えられる。	データ同化の方法について検討が必要。	河道・ダムの計算、長期流出の計算、実測データの同化等は別途検討し、付加する必要がある。
適用性の評価	計算メッシュを粗くし、計算を軽減することで、適用可能と考えられる。	△ 上記の理由により適用はやや難しいと考えられる。	○ 計算メッシュを粗くし、計算を軽減することで、適用可能と考えられる。	△ 上記の理由により適用はやや難しいと考えられる。	○ 計算メッシュを粗くし、計算を軽減することで、適用可能と考えられる。	○ 上記の対策をすることで適用可能と考えられる。



### 4.3.2 パラメータの同定方法について

流出計算モデルのパラメータを同定する手法として、現在、実用化されている「SCE-UA 法」、および、実験的に用いられている「遺伝的アルゴリズム」について、整理した。

#### (1) SCE-UA 法

SCE-UA 法は、非線形水文モデル（流出モデルだけでなく、地下水流動モデル等）の数多くのパラメータを最適化するために開発された手法であり、様々なモデルで数多くの適用実績がある。

シンプレックス法によるランダム探索、GA に類似した競争進化に、集団混合の概念を組み合わせた大域的探索手法であり、以下の手順にてパラメータの探索を行う。

- ① 浸透能、貯留高、流出発生高さなどの探索するパラメータを指定
- ② 文献値等を参考に探索範囲等の探索条件を設定
- ③ 探索パラメータをランダムに発生させて、複数のパラメータセットを作成
- ④ 各パラメータセットについて流出計算を行い、評価関数値を計算
- ⑤ 『SCE-UA アルゴリズム』に沿って、最適なパラメータセットを探索
- ⑥ ④⑤を繰り返す
- ⑦ 評価関数値が最小となるパラメータセットを探索結果として出力

#### (2) 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズム（GA）は、個別の解をあらわす遺伝子を有した個体の集合体を遺伝的に変化させることによって、より適した解を求めていく手法である。

ランダムに作成したパラメータセットの初期集団に、選択・交叉・突然変異という遺伝を模した処理を施し、世代交代を繰り返すことで、最終的に、計算と実測の誤差が小さいパラメータセットを出現させるものである。

SGA（Simple Genetic Algorithm、単純 GA）や、CHC といった、GA を拡張した手法が開発され、効率化が図られている。

上記の(1)、(2)は両手法とも、過去の洪水の実績データ（雨量、流量）を用い、流出計算モデルのパラメータ値を変えながら洪水の再現計算を何度も繰り返し、計算流量と実績流量の誤差が小さくなるパラメータ値を見出していく手法である。

一概に、どちらの手法がより最適なパラメータ値を求められるか、という評価は難しいが、実際に実用が進んでいるという点で、「SCE-UA 法」の方が実用性が高いといえる。

### 4.3.3 雨量データの補正、ダウンスケーリング、アンサンブル予測の利用について

現在公開されている主要な流入量予測に関連した手法として、雨量データの補正、ダウンスケーリング、アンサンブル予測の利用について整理した。

#### (1) 雨量データの補正

流入量予測計算への入力データには予測雨量データが必要となり、数時間以上先の雨量予測は数値予報モデルによることとなる。気象庁提供の数値予報は、モデルの空間解像度で平滑化した平均標高のモデル地形上での気象現象をシミュレートしており、モデル地形と実地形の差異が数値予報モデルの誤差の大きな要因となる。

下図に実地形（50m メッシュ標高）、5km メッシュモデル地形（2 日程度先までの予測を行う数値予報モデル MSM のモデル標高）、20km メッシュモデル地形（10 日程度先までの予測を行う数値予報モデル GSM のモデル標高）の比較例を示す。図から、モデル地形は実地形と大きく異なっており、数値予報モデルの出力値に誤差を生じることが推察される。この問題に対して、数値予報モデルにより計算された過去の予測雨量データと実績雨量データを比較し、予測雨量データの誤差傾向を分析し、分析結果に基づく補正を行うことで予測雨量の誤差を軽減することが可能となる。

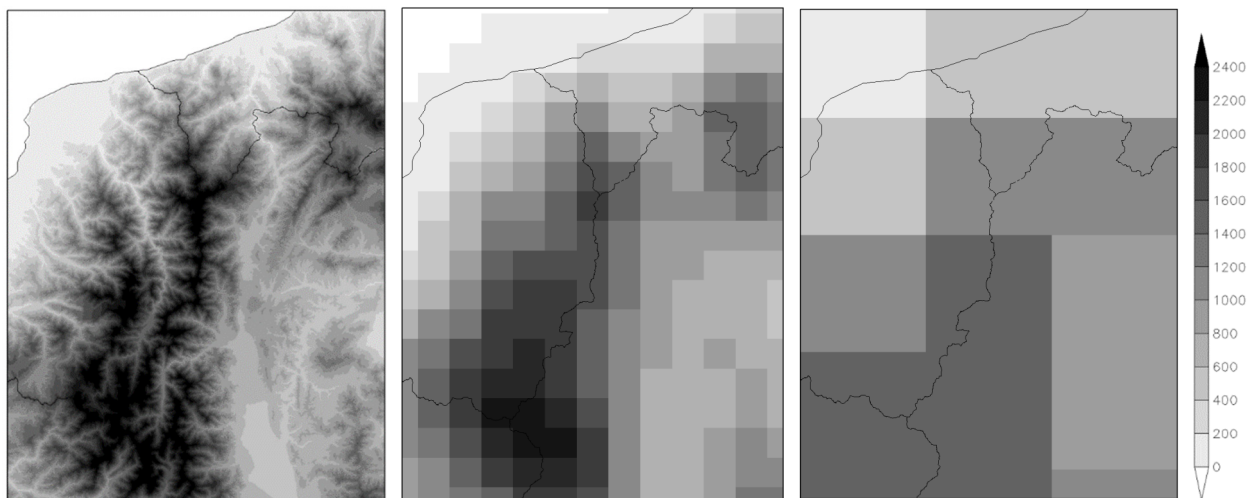


図 4.3.3-1 実地形とモデル地形の比較例

(左：実地形（50m メッシュ） 中央：5km メッシュモデル地形 右：20km メッシュモデル地形)

## (2) ダウンスケーリング

(1)に記載した数値予報モデルの空間解像度が粗いという課題に対して、高い空間解像度のデータを作成する方法をダウンスケーリングという。ダウンスケーリング方法には、1)力学的ダウンスケーリング と 2)統計的ダウンスケーリング がある。

### 1) 力学的ダウンスケーリング

力学的ダウンスケーリングでは、対象となるダム流域のみを高解像度で計算する方法である。空間解像度の粗い広域の数値予報モデルの出力値を入力として対象領域を高解像度で計算するには、局地気象モデルが用いられる。局地気象モデルとしては多くのモデルが提案されているが、WRF (Weather Research and Forecasting) が世界で最も多く利用されている。

力学的ダウンスケーリングによる降雨予測は、電力会社のダム流域、国土交通省の河川流域を対象として現在実施されている事例がある。

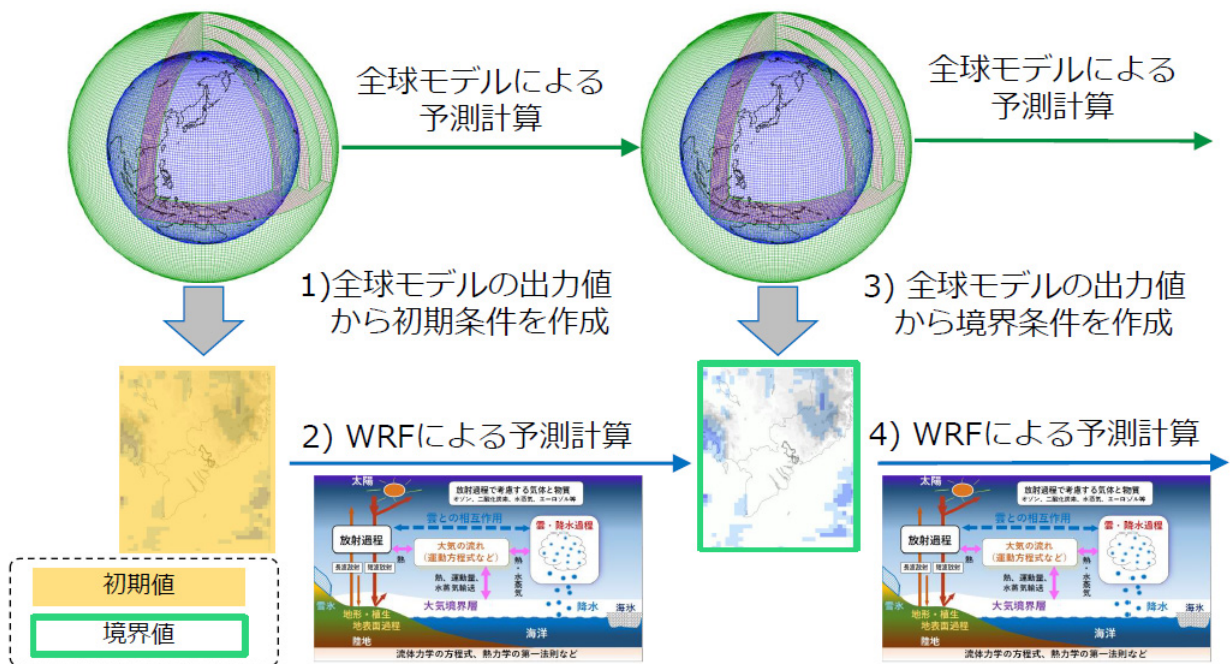


図 4.3.3-2 WRF による力学的ダウンスケーリングの計算フロー

### 2) 統計的ダウンスケーリング

統計的ダウンスケーリングは解像度の粗い情報と 1km メッシュ程度の詳細な情報との統計的な関係を予め作成しておき、この関係を用いて解像度の粗い情報から高解像度の情報を作成する方法である。この統計的な関係は、GSM (約 20km メッシュの 3 次元気象データ) と国土交通省解析雨量 (1km メッシュ降水量) のデータを用いること等が考えられる。

### (3) アンサンブル予測

数値予報モデルには、上述したモデル地形と実地形の差異に起因する誤差や、時間積分に伴う誤差、モデルの不完全性（気象現象を完全には定式化出来ていない）に起因する誤差が存在することが分っている。このような数値予報モデルの不完全性を踏まえ、確率的に予測結果を扱う手法がアンサンブル予測手法である。アンサンブル予測手法は、複数の予測情報を利用して幅を持った情報として予測情報を扱う。図にアンサンブル予測のイメージを示す。複数の予測情報の作成方法としては、予測モデルの初期値を少しずつ変化させる初期値アンサンブルや、複数の予測モデルを用いるモデルアンサンブルがある。

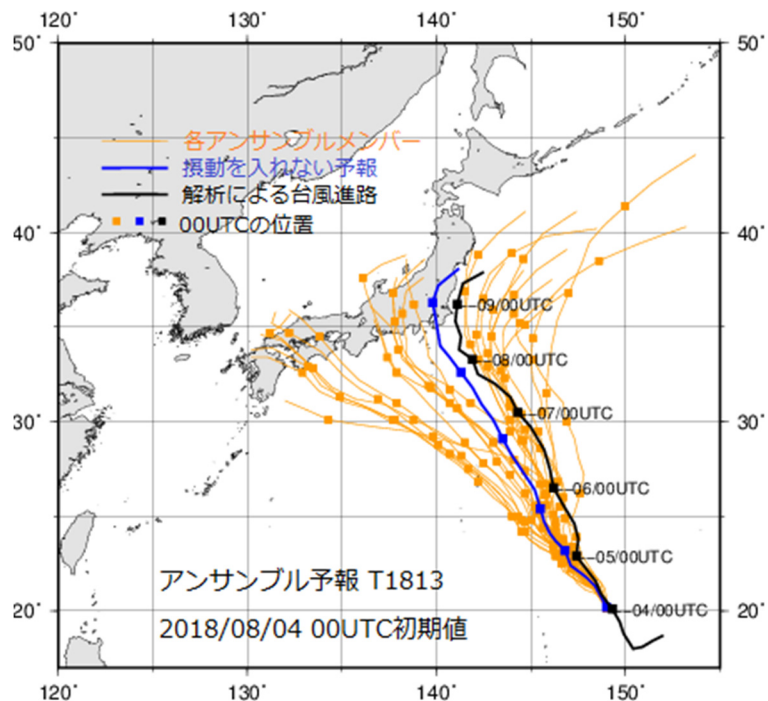


図 4.3.3-3 アンサンブル予測のイメージ  
(出典：気象庁 HP)

#### 4.3.4 システムの形態について

専用のデータセンターにデータを集約し、一括して計算を行う方式、および、各利用者のもとに置かれたサーバーで計算を行う方式について、システム事業者へのヒアリングを行い、その特徴（長所、短所等）を整理した。

- A. 専用のデータセンターにデータを集約し、そこで一括して計算を行う。…「データセンター方式（クラウド方式）」と呼ぶものとします。
- B. 各利用者（発電事業者）のもとに置かれたサーバーで計算を行うものとし、サーバーの運用を各利用者に委ねる。…「個別サーバー方式」と呼ぶものとします。

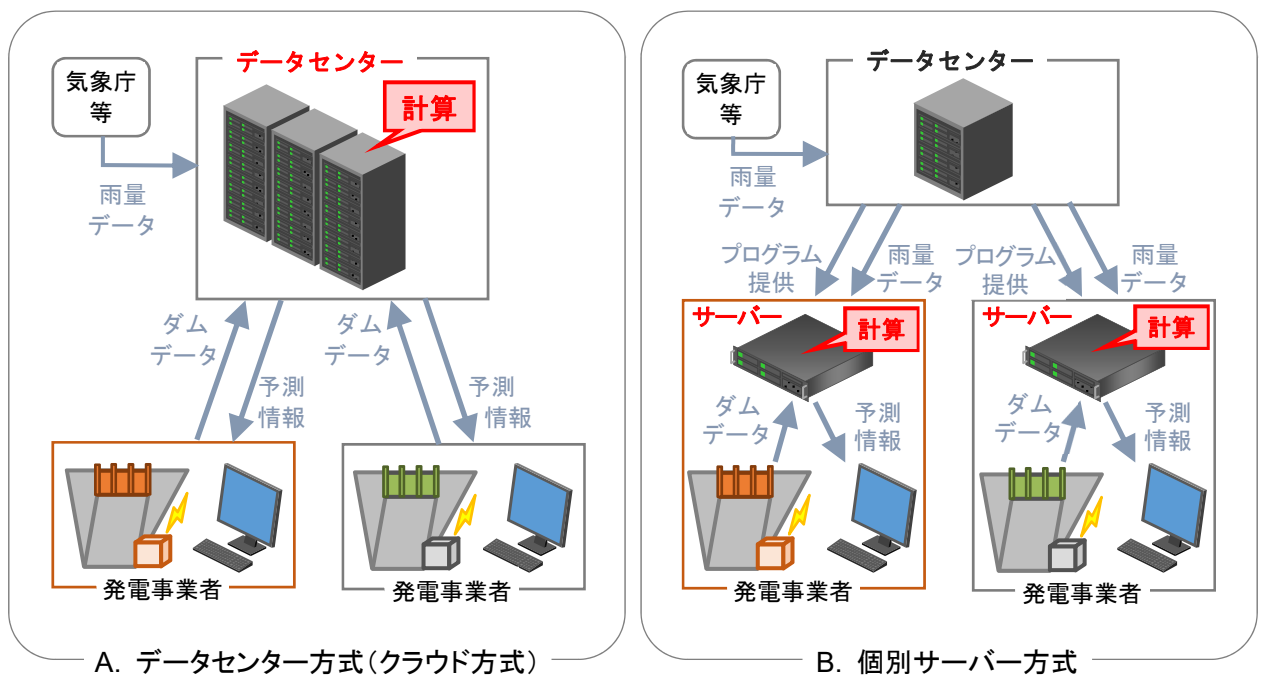


図 4.3.4-1 ダム流入量予測システムの提供形態のイメージ

表 4.3.4-1 システム形態の比較（相対的に有利な方式を赤字で記載）

	A.データセンター方式(クラウド方式)	B.個別サーバー方式
安定性	<ul style="list-style-type: none"> <li>サーバーのハードウェア障害について、システム管理者がデータセンターで対応できる。</li> <li>一般のクラウドサービスを利用した場合は、クラウド管理者が対応するため、ハードウェアに起因する障害に対する対応は基本的に不要。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>サーバーのハードウェア障害について、システム管理者が個々の現地で対応する必要がある。</li> </ul>
運用コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>個々の現地にサーバーを置く場合に比べ、一部、計算を集約することにより、マシンの台数等を削減できる可能性がある。 (詳細はサーバー数、サーバーのスペックを想定した上での算定が必要)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>データセンターに集約する場合に比べ、マシンの台数等の総量は多くなる可能性がある。</li> </ul>
保守性	<ul style="list-style-type: none"> <li>システムに対してリモートアクセス可能であるため、システムの正常稼働監視、障害発生時の対応が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地に赴かないとシステムの正常稼働確認、障害対応が出来ない。</li> </ul>
管理コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>リモートでの管理となるため安価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地対応となるため高価</li> </ul>
回線コスト	<ul style="list-style-type: none"> <li>計算を行うための気象データを個々の現場に配信する必要がなく、容量の小さいダム諸量データ、予測結果の配信のみに データセンター ⇒ 発電事業者 間の回線が必要となるため回線コストが縮減できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>計算を行うための気象データを個々の現場に配信する必要が生じるため、データセンター ⇒ 発電事業者 間の回線コストが増大する。</li> </ul>
データセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>クラウド上にデータを置くこととなるため、データセキュリティ面で問題になる可能性有。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダム諸量データ等が発電事業者から外部に出ることが無いので、データセキュリティが十分に確保出来る。 ※どこまでのデータセキュリティを確保するかの確認必要</li> </ul>
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> <li>同一水系で複数の発電事業者のダムが存在する場合等において水系全体での精度向上が容易。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>個々の発電事業者毎にダム流域毎の精度向上を図る必要がある。</li> </ul>
水系カスタマイズ	<ul style="list-style-type: none"> <li>流出モデルを水系毎にカスタマイズすることは可能</li> </ul>	

ヒアリングで指摘のあった、データセンター方式は一般のクラウドサービス（アマゾンクラウド、サクラクラウド等）を活用する方法と、システム管理者がサーバーの運用・管理を行う方法が考えられるという件について、この2種類の方式を模式図で表すと下図のとおりである。

今後、これらの両方式について、現実的にどのような構成となるのか、より検討を進め、その得失比較を行う必要がある。

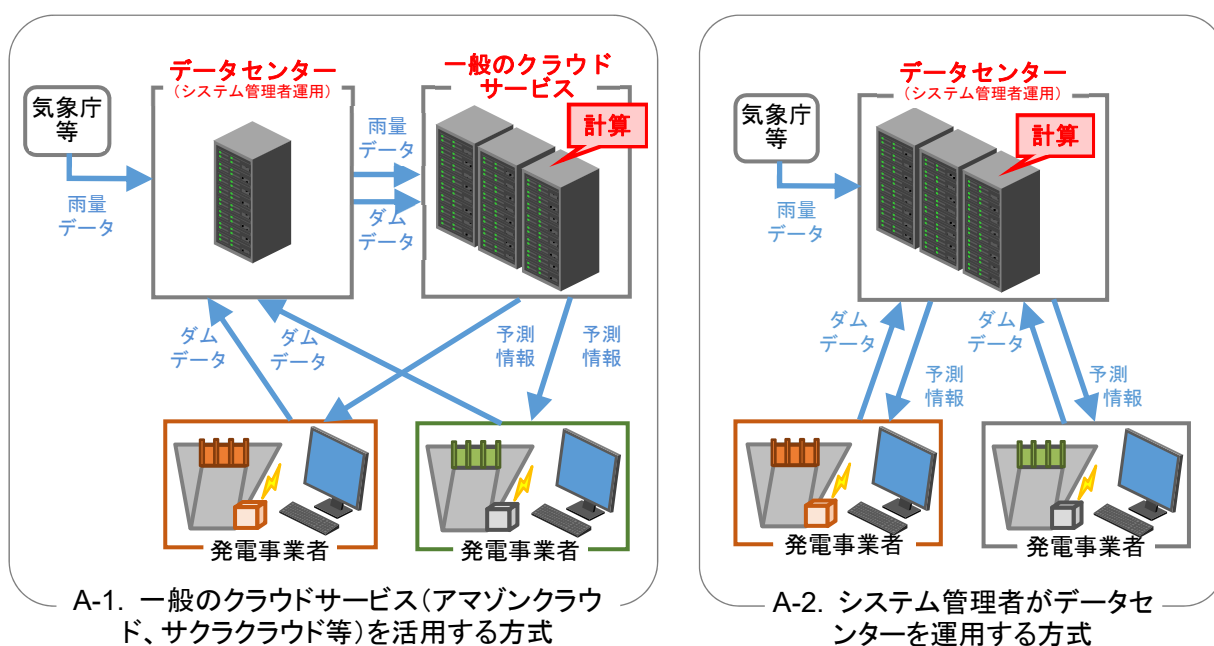


図 4.3.4-2 2種類のデータセンター方式（クラウド方式）

#### 4.4 結論と今後の課題

以上の検討により、下記の事項については記載した方向性で今後の検討を進めることが望ましいと考えられる。

- ダム流入量予測システムが対象とする予測時間の長さ：
  - ➔ 1週間程度先までを目安とする。
  
- ダム流入量予測システムの提供形態：
  - ➔ 「データセンター方式（クラウド方式）」とする。

今後、4.2、4.3の内容について、より詳細に検討を進め、流入量予測計算の手法を決める必要がある。

流入量予測計算手法の選定にあたっては、4.2、4.3で取り上げた手法のうち、複数の手法に適用可能性があると考えられるが、実際に試算も行いながら、手法の検討を進める必要がある。

ダムの操作や取水系統は河川ごとに異なるため、それをどのようにモデル化するかは大きな問題となる。

特に、現在時刻以降のダムの予定放流量をどのように設定するかは、システム構築にあたって非常に大きな問題となるため、今後、その対応方法を検討する必要がある。

また、データセンター方式のより詳しい内容（一般のクラウドサービスを利用するか、もしくは、専用のデータセンターですべて処理するか）についても、比較検討をする必要がある。