

## 第5章 中小水力発電の賦存量および導入ポテンシャル

本章では、わが国の河川（農業用水は除く）および上下水道における中小水力発電の賦存量を算定し、さらに社会経済条件を考慮した上で導入ポテンシャルの推計を行った。

その結果、発電の賦存量（設備容量）は河川で1,800万kW、導入ポテンシャルは80～1,500万kWとなった。また、上下水道および工業用水道の導入ポテンシャルは14～16万kWと推計された。

以下に、上記に至る検討内容の詳細を説明する。

### 5.1 既存調査レビューと課題整理

#### (1) 既存調査のレビュー

わが国の中小水力発電に関する賦存量等の算定・推計事例を表5-1に示す。それぞれ設備容量（kW）または発電電力量（kWh/年）により、全国の中小水力発電の賦存量を試算しているが、その推計値には大きなバラツキがある。

表5-1 中小水力発電に関する既存調査一覧

調査主体		区分 注)	設備容量 (万 kW)	発電電力量 (億 kWh/年)	備考
経済産業省	第5次包蔵水力調査	技術	4,650	1,360.00	低落差発電や小規模水力も含めた出力規模100kW程度以上の水力を調査
		理論		7,176.00	国土数値情報と、野口研究所の推計方法を採用
		理論		2,846.00	上記について、「河川」に絞った場合
経済産業省	未利用落差発電包蔵水力調査(平成16,17年度)	理論	3.2	1.98	出力10kW以上で、年間通水期間が185日以上、落差1.5m以上の地点を抽出した水力ポテンシャル
		技術	2.6	1.83	
農水省(財)水土総合研究所	上記の見直し	理論	70.1	14.20	「未利用落差発電包蔵水力調査」では1地点、出力11kWと見積もられている農業用水路の理論包蔵水力が、10kW以上4地点(出力計46kW)、10kW以下10地点(出力計57kW)と試算。その他、数水路を対象に同様の推計を行い、基幹的水路1km当たり31.6千kWh/(km・年)の包蔵水力
(財)野口研究所	-	理論	67,760		全国を162水系に分割し、水系ごとに河川流域(集水域)を標高別に9段階に区分して、各区分の降水量をすべてダムなどにより貯留して発電した場合のポテンシャルを求める。

注) 上表で「区分」は、賦存量の算定方法の違いを示す。「理論」とは、地形情報、流量情報等から机上の計算により算定された賦存量を示し、「技術」とは、設置有望箇所の現地調査、設置可能機器の想定等までを含めて検討した賦存量を示す。

環境省では平成 20 年度に、「小水力発電の資源賦存量全国調査」（以降、「昨年度調査」と称する。）を実施している。この調査では、表 5-1 に示した「理論」賦存量を算定することを目的に、地理情報システム（G I S）を用いて、全国の水系網のモデル化を行い、100m セグメント（ノード）単位での賦存量算定を行っている。水系網のモデル化は、河川（集水路）と農業用水路を区分して実施し、賦存量算定もそれぞれについて実施し、機器出力（kW）として試算している。同調査における賦存量算定結果は、河川（集水路）について約 2,500 万 kW、農業用水について約 1,300 万 kW となっている。

同調査では、地域住民、民的・公的セクターを含む地域の多様な主体が、温暖化防止対策としての中小水力開発を理解し、地域における中小水力の開発可能性や開発目標を具体的に認識・イメージできるように、理論包蔵水力の考え方に基づく水力発電の賦存量を、俯瞰的情報提供として「見える化」することを主目的として実施したものである。このため、100m ノード単位での賦存量を試算したものの、最終調査成果はこれを 2.5km サイズのメッシュ単位で集計し、「賦存量マップ」の形でとりまとめている（図 5-1）。



図 5-1 「小水力発電の資源賦存量全国調査」における試算結果

## (2) 既存調査における課題整理

前項で整理した既存調査はいずれも中小水力発電の賦存量を試算したものである。賦存量とは、理論的に算出することができるエネルギー資源量であり、種々の制約要因（土地用途、利用技術など）は考慮していない数値である。本業務の目的は、導入ポテンシャルの算定であるため、エネルギーの採取・利用に関して種々の制約要因を考慮し、エネルギーとして利用可能な資源量を算定する必要がある。以下に具体的な課題を示す。

### 既存の賦存量調査における課題

「未利用落差発電包蔵水力調査」では、出力 10kW 以上で、年間通水期間が 185 日以上、落差 1.5m 以上という制約を設定した上で調査を行っており、その目的は広く導入ポテンシャルを調査するという本業務の目的とは異なるものとなっている。

### 環境省の昨年度調査（平成 20 年度 小水力発電の資源賦存量全国調査）における課題

環境省が実施した「平成 20 年度 小水力発電の資源賦存量全国調査」では、全国一律に賦存量を算定しているものの、算定方法の前提にいくつかの課題がある。以下に課題の例を示す。

#### 1) 流量の設定

賦存量算定に用いる河川（集水路）の流量については、過去の実績値を用いているものの、平水年の日流量の平均値を採用している。これは常に一定の流量が河川を流下しているという前提条件に立っており、流量の季節変動、河川管理上の最低維持流量の確保などは考慮しておらず、導入ポテンシャル推計にあたっては、必ずしも適正とは言えない。

#### 2) 建設費用の検討

導入ポテンシャルを推計するには、賦存量だけでなく、設備導入に要する費用を考慮する必要がある。昨年度調査では、建設費用に関する検討は行われておらず、賦存量や導入ポテンシャルの算定のためには、データの充実が必要となる。

## 5.2 調査実施フロー

中小水力発電の導入ポテンシャル推計における調査実施フローを図 5-2 に示す。

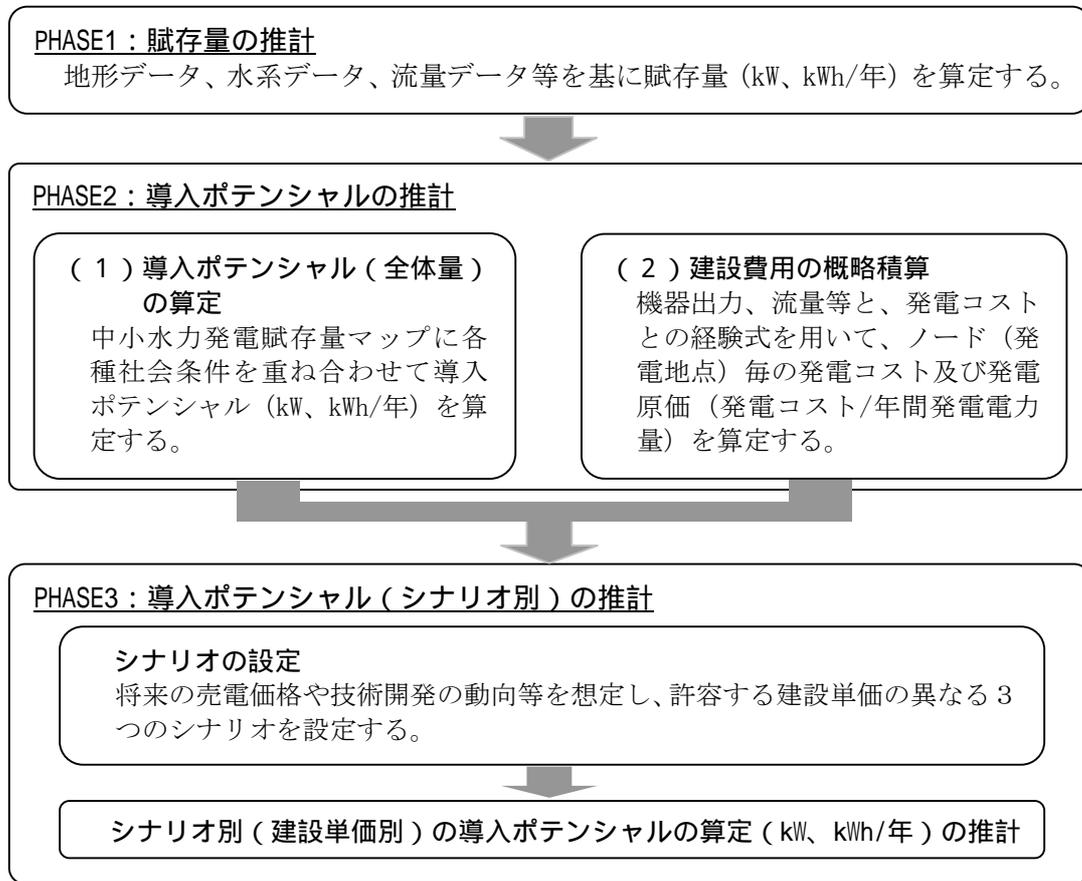


図 5-2 中小水力発電の導入ポテンシャル推計における調査実施フロー

賦存量の推計では、昨年度調査における 100m セグメント単位の賦存量集計結果をもとに、河川(集水路)の賦存量について、使用可能水量を設定しなおし、より現実的な賦存量を算定した。一方で、農業用水路においても中小水力発電の導入が考えられるが、河川と比較して落差及び取水から発電に至る施設の設置工事を行う用地確保が難しい等の課題があるため、保守的に考えて本調査では導入ポテンシャル推計の対象から除外した。

なお、環境省の昨年度調査では、100m セグメント単位で賦存量を算定しているが、発電の効率や開発容量を考慮した場合、一定以上の流量と落差が必要であることから、100m 単位での賦存量算定は技術的な妥当性に欠ける。そのため本調査では、算定に使用した河川データ(水系モデル)のネットワーク構造を吟味した結果、合流点間の「リンク」単位で発電を行う(リンクの上端で取水し下端で発電する)ことが、実際の中小水力発電の設備設置イメージに近いと考え、リンクの下端に仮想発電所を設定し、仮想発電所単位で賦存量を算定した(図 5-3)。

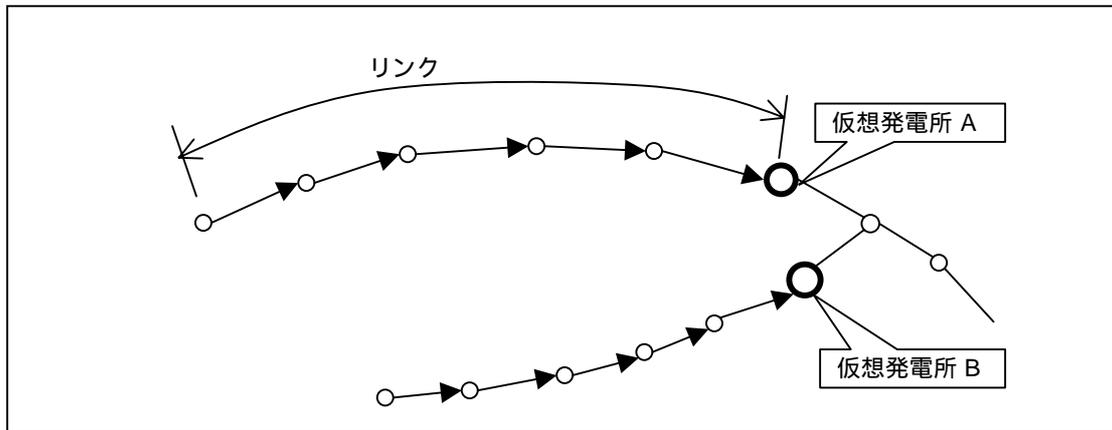


図 5-3 リンク単位での仮想発電所の設定

また建設費用の概略積算では、賦存量推計によって得られた設備容量 (kW)、水力発電に利用する有効落差 (m)、使用可能水量 ( $\text{m}^3/\text{秒}$ ) をパラメータとして、「中小水力発電ガイドブック」(財団法人 新エネルギー財団) に記載されている工事費算定式により、設備設置のための工事費及び装置調達費用を概算した。

導入ポテンシャル (全体量) の推計では、上記で作成した賦存量マップに対して、ArcGIS を用いて各種社会条件を重ね合わせ、中小水力発電施設が設置可能な仮想発電所を特定し、地点数を求め、設備容量と発電電力量を集計した。重ね合わせる社会条件としては、「道路からの距離」、「最大傾斜角」、「法規制等区分」を設定した。

導入ポテンシャル (シナリオ別) の推計では、導入ポテンシャル (全体量) に対して、許容建設単価の異なる 4 つのシナリオについて導入ポテンシャルを推計した。

### 5.3 中小水力発電（河川部）の賦存量の推計方法

#### 5.3.1 推計に使用した各種データとその信頼性

中小水力発電の賦存量推計にあたっては、ArcGIS の機能を活用し、全国の水路網を対象として、水路網上に設定した仮想発電所単位での設備容量を算定した。算定に用いた基礎データ（空間データ）の仕様を表 5-2 に示す。いずれも、環境省の昨年度調査で使用された情報である。

表 5-2 賦存量推計に使用したデータ一覧

区分	使用したデータ	情報源	精度（縮尺等）	使用目的
地形（標高）データ	数値地図 50m メッシュ標高	国土地理院、（財）日本地図センター	1/25,000 地形図から読み取った、50m メッシュ単位の標高値	水路区間の高低差の算出
水系（水路）データ	数値地図 25000 空間データ基盤	国土地理院、（財）日本地図センター	1/25,000 地形図から作成された、道路、水路、鉄道等のベクタ型データ	水路区間データの生成
流量データ（注）	流量観測所の実測値データ	国土交通省・都道府県	流域を代表する流量観測所の名称及び、各流量観測所における過去 3 年～10 年の日流量データ	仮想発電所における流量の算定
取水量データ	土地改良区における取水実績値	土地改良区等	取水点の名称、所在地および、各取水点における水利権に基づく日用水取水量（1 年分）	取水量の集計

### 5.3.2 河川部の賦存量推計方法

河川部における中小水力発電の賦存量については、環境省の昨年度調査における賦存量算定条件に対して、以下の追加検討を行った。

#### (1) 賦存量算定単位(仮想発電所)の設定

昨年度調査は、全国の河川を100m毎の小区間に分割(全国で約281万区間)し、その単位で賦存量を算定していた。しかしながら、一般的な中小水力発電装置の構造を考慮すると、取水口→導水路→落差工(水圧管路)→発電装置によって、数百m～数km程度の規模を要することが多い。

本調査では、賦存量算定に用いる河川線形ネットワークデータ(数値地図25000空間データ基盤に収録されている「水路区間」データについて、分流点および合流点を「ノード」、ノード間の流路を「リンク」とする水路ネットワークデータに変換したものを精査し、同データのリンク部分が中小水力発電装置の規模にほぼ一致すると想定して、リンクの上端で取水し、下端の小区間に発電装置を設置すると仮定した(図5-4)。

さらに、このリンク下端の小区間を「仮想発電所」と呼ぶこととし、リンクの高低差と取水する小区間の流量(使用可能水量)から、仮想発電所における賦存量(設備容量)を算定した(図5-5)。

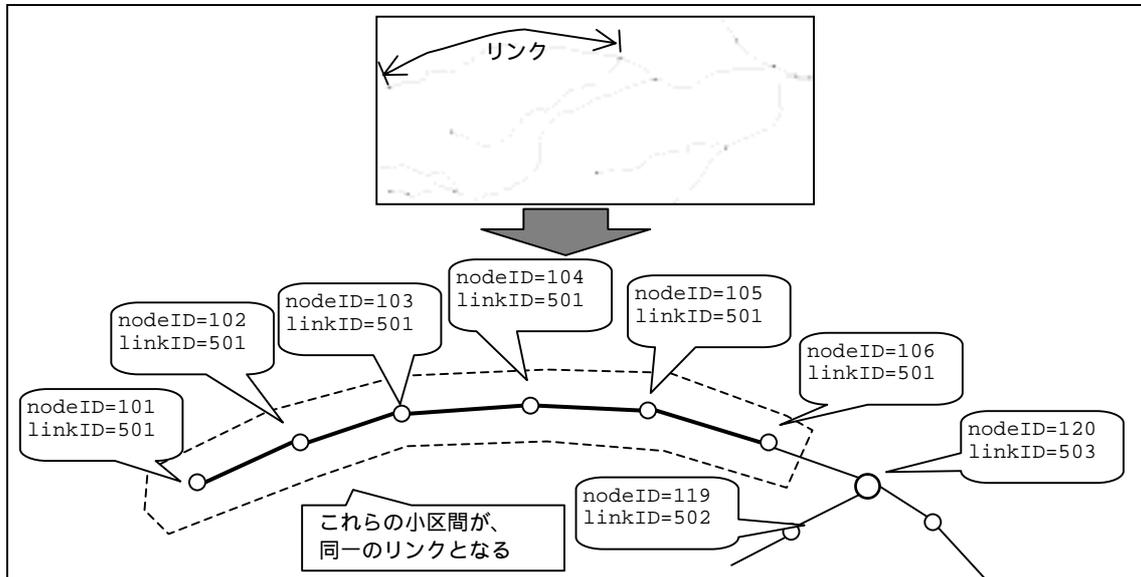


図5-4 小区間の統合によるリンクの定義

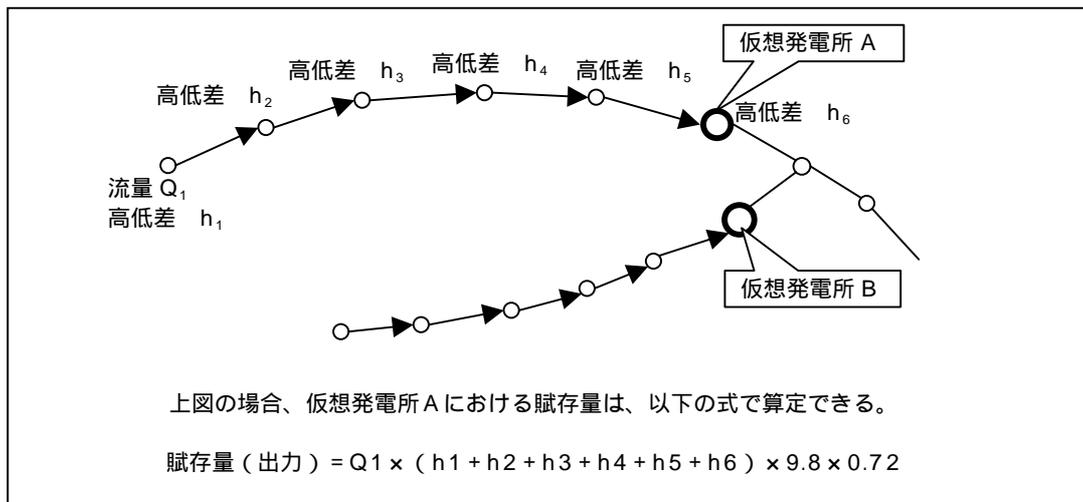


図 5-5 リンク単位での仮想発電所の設定

なお、本調査では上記の方法で設定した仮想発電所により賦存量を算定したが、算定精度を向上させるためには、将来的には以下の事項を考慮していくことが必要である。

- ・既開発水力発電所との関係の整理

既存の水力発電所が設置されている箇所近傍にある仮想発電所は、既に開発済み箇所として、賦存量として評価から除外する必要がある。

- ・長いリンクの分割

本調査では、リンクの最上流部で取水し、最下流部で発電するというモデルを構想したが、リンクの長さによっては、リンクの途中で発電した方が効率的な場合もある。したがって、リンク長が一定の長さ以上の場合、リンク中間に仮想発電所を増設して賦存量を算定することが現実的である。

- ・流量の設定

都道府県などが設置している流量観測所では、観測所の上流側に流れ込み式発電所の取水口があり、観測所の下流に発電所があるという位置関係になっているものがある。この場合、流量観測は減水区間で行われているため、得られた観測値は実際の流量よりも小さくなっており、算定した賦存量は過小評価となっている可能性がある。

- ・農業用水路の考慮

本調査では農業用水路は賦存量算定の対象としていないが、全国の用水路網全てを対象とすれば、ある程度まとまった規模の賦存量が計算できるであろうこと、また農業用水路でも高効率で出力が得られる装置の開発が期待できることなどから、将来的には農業用水路も含めた賦存量算定を行うことも考えられる。

上記に示したように、本調査において算定した中小水力発電の賦存量については、検討の前提条件が明確になった段階で数値を精査していくことも必要である。ただし本検討では、増加要因、減少要因の双方があることから、全体の賦存量、導入ポテンシャルの推計値については、ほぼ現実に沿った値が得られるものとして作業を行った。

## (2) 仮想発電所の諸元整理

### 取水によるリスクが最も高いノード点の選定

リンク下端に仮想発電所を設定して賦存量を算定するにあたり、個々の仮想発電所の使用可能水量を設定する必要がある。河川部の流量は、流域単位で流量観測所における実測値から設定される単位面積当たり流量に基づき、上流から累加計算を行って、100m 小区間毎に算定した。一方、仮想発電所はリンク単位で取水→発電を行うことを想定して設定されているので、保守的な観点から、そのリンク内で最小となる 100m 小区間の流量を、仮想発電所における使用可能水量として設定すべきである。河川流量だけであれば、最上流部が最小となるが、リンクの途中で用水への取水が行われる場合があり、取水量を考慮した流量算定を行う必要がある。

厳密には、過去 10 年間程度の流量の実測値をもとに、最も流量が少なくなるノード点を抽出することが望ましい。しかしながらそのためには、281 万区間すべてについて、3,650 日分の流量データを設定（上流からの累加計算）しなければならない、非現実的である。そのため、表 5-3 に示すように、3,650 日（365 日×10 年間）のうち、用水取水が多くなる時期の特定の日を定め、その日の流量が最小流量であると仮定することとした。

#### ● 厳密な方法

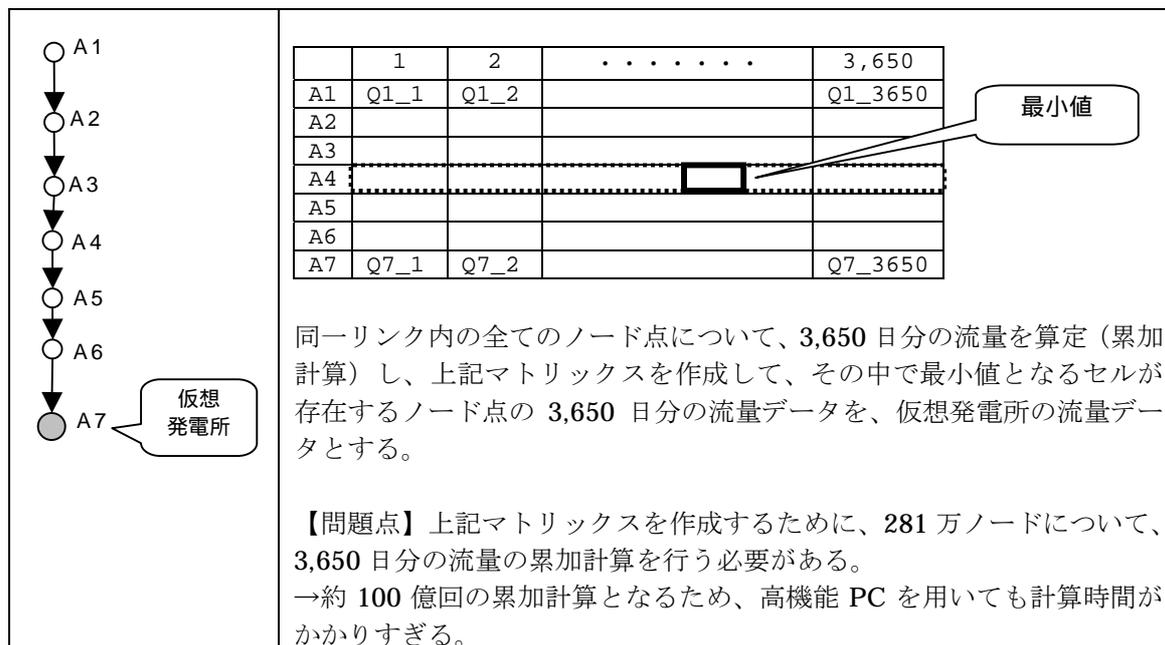


図 5-6 仮想発電所の使用可能水量とすべき流量を持つ小区間の抽出方法（1）

●計算の簡素化

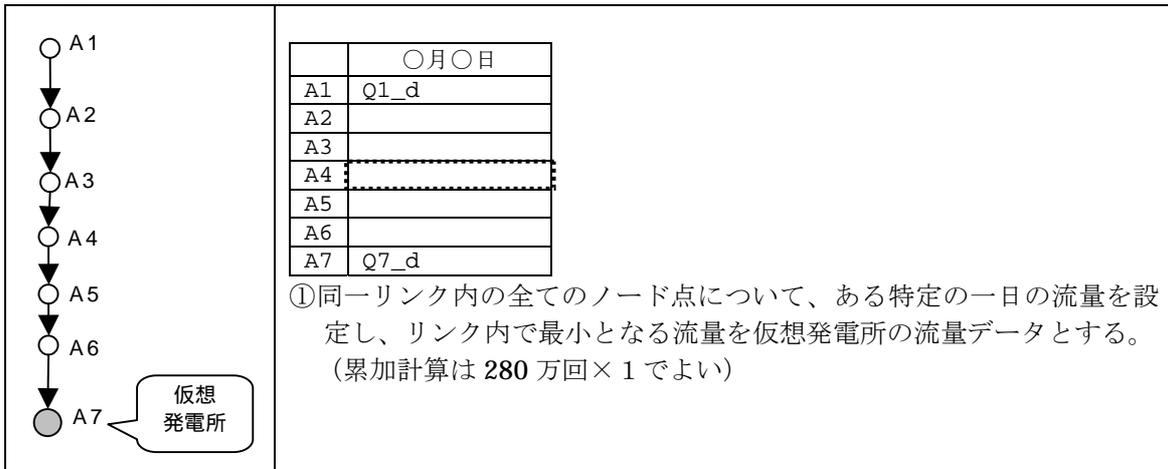


図 5-7 仮想発電所の使用可能水量とすべき流量を持つ小区間の抽出方法 ( 2 )

上記に基づき、仮想発電所の使用可能水量として設定すべき流量を持つノード点の抽出を、以下の手順で行う。

流量の実測値は、昨年度調査において、全国を 319 に分割した流域 (以降「ブロック」と称する。) 単位で取得したものを利用した。ブロック別の 10 年間の日流量のうち、取水を考慮して、流量が比較的小さくなる日を設定し、その日の流量を当該ブロックの基本流量とする。

「流量が比較的小さくなる日」の設定は、ブロック単位に、ブロック内の全ての取水点について最大取水量となる日を抽出し、さらに取水点別に取水量が最大となる取水点の取水発生日とする。

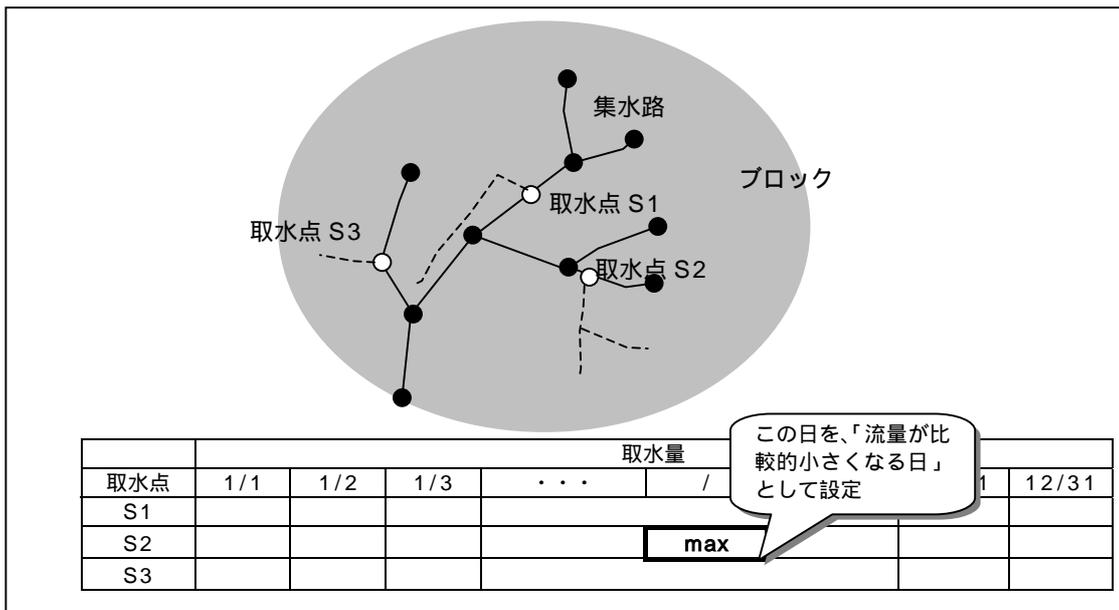


図 5-8 最大取水日の抽出

次に、上記の日におけるブロックの日流量（10年であれば10回分）のうち、最小となる年を抽出し、これをブロック単位の基本流量とし、この値をもとにブロックの流域面積から、単位面積当たりの流量（原単位）を算定した（表5-3）。

表5-3 ブロック別の最小年の抽出

ブロック	月 日の日流量							
	x年	x年	年	・・・	x年	・・・	xx年	年
1			min					
2					min			
3							min	

ブロック内の小区間毎に、流量の累加計算を行い、各リンク内での最小流量となる小区間を選定し、この小区間の流量を、仮想発電所における使用可能水量とした。

#### 仮想発電所の有効落差の設定

有効落差は、発電機への導水部分での損失水頭を水路1mあたり0.002m（1/500）と仮定し、リンク全体の高低差から、図5-9に示すとおり算定した。

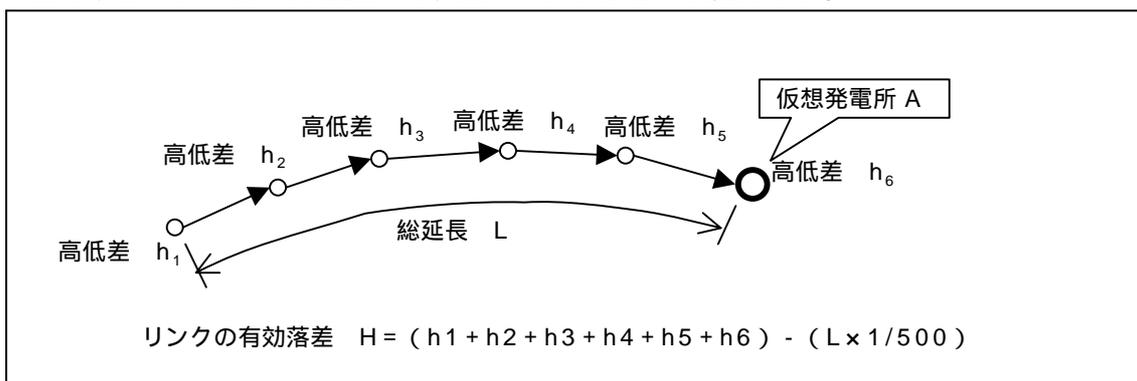


図5-9 最大取水日の抽出

#### (3) 仮想発電所における年間総使用可能水量の算定

賦存量算定に用いる使用可能水量は、昨年度調査では、平水年の年間平均値を用いていたが、本調査では流量の年間の変動を考慮するため、昨年度使用された流域（ブロック）別の流量データ（10年分、流域によっては3年のみ）をもとに、流況曲線を作成して算定した。なお、設備容量上の最大流量を超える流量、および発電可能な最小流量未満の流量、さらに河川維持流量を下回る流量を「使用不可」として計算対象から除外した（図5-10）。

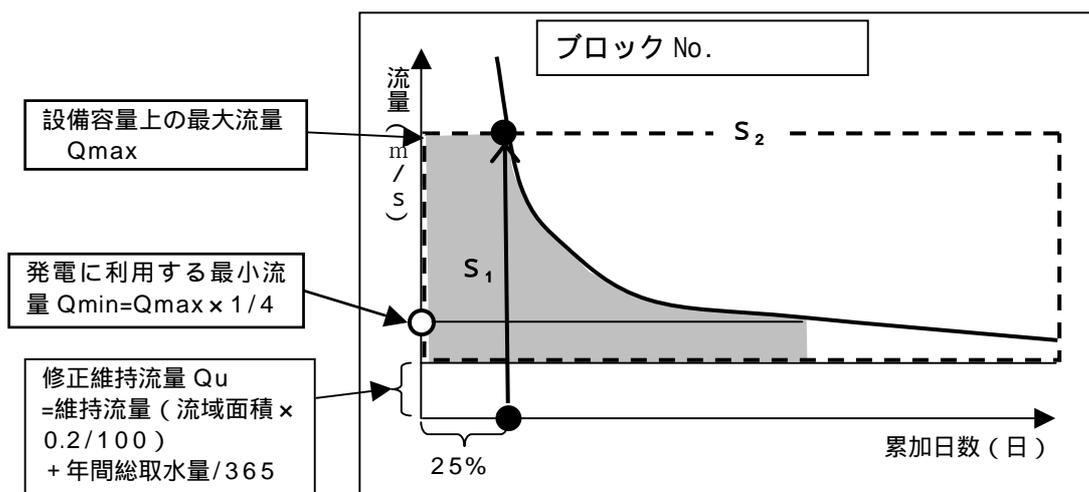


図 5-10 流況曲線による使用可能水量の設定

ここで、農業用水等への取水が多様な場所で発生するため、使用可能水量の算定は、仮想発電所毎に累積流量と上流側取水量を算定して流況曲線を作成して行うことが必要となる。しかしながら、仮想発電所数は全国で約 18 万点あり、この全てに累積流量及び取水量を設定することは現実的ではない。

そのため本調査では、同一ブロック内であれば、いずれの仮想発電所においても流況曲線の形は類似すること、また一般に降水量が多い日に取水も多くなると想定し、ブロック毎の流況曲線から以下に示す手順で仮想発電所毎の使用可能流量を算定した。

表 5-4 仮想発電所毎の使用可能流量の算定手順 ( 1 )

【手順 1】ブロックにおける使用可能水量の算定

Step1	維持流量分を据切する。維持流量は、流量観測地点の流域面積に $0.2 \text{ m}^3/\text{sec}/100\text{km}^2$ を乗じて算出する。なお、ブロック内の全ての取水点における取水量の年平均値を維持流量に加算し、修正維持流量 ( $Q_u$ ) とする。
Step2	日数の 25% (3,650 日であれば上位からの累加日数 912 日前後の流量) を最大流量として仮決めし、その 1/4 の流量を、発電に利用する最小流量とする。
Step3	図 5-10 上の $S_1/S_2$ を計算し、この値が 60% 以上であれば、Step4 に進む。60% に満たない場合は、最大流量とする日数の率を 26%、27%・・・と増やして同一の計算を行い、60% に達した時点での日数の率を確定する。  上記について、取水量を変更して限界の流量を複数パターン設定し、パターン毎に、限界の流量/ $Q_{\text{max}}$ と、 $S_1/S_2$ の関係を整理し、回帰式を得る。
Step4	日数を 365 日とした場合の $S_1$ を求める。

表 5-5 仮想発電所毎の使用可能流量の算定手順（2）

【手順2】仮想発電所における使用可能水量の算定

Step5	仮想発電所毎に、その仮想発電所の流域面積をもとに $Q_{max}$ を算定し、また仮想発電所の上流側の取水量から、仮想発電所毎の修正維持流量を求める。
Step6	仮想発電所ごとに、 $Q_{max}$ と限界の流量との比を算定し、Step3 で設定した回帰式を用いて、ノード点の $S_1/S_2$ を決定する。
Step7	仮想発電所の $S_2$ を算定【 $(Q_{max}-\text{限界の流量}) \times 3650$ 】し、これに $S_1/S_2$ をかけて、仮想発電所の $S_1$ を得る。
Step8	日数を 365 日とした場合の $S_1$ を求める。これが、仮想発電所における年間使用可能水量となる。

図 5-11 は、あるブロックについて、使用可能水量を設定し、限界の流量/ $Q_{max}$  と、 $S_1/S_2$  の関係を整理して回帰式を導いたものである。このようなシートを全 319 流域に対して作成し、仮想発電所が所属するブロックにより回帰式を設定した。

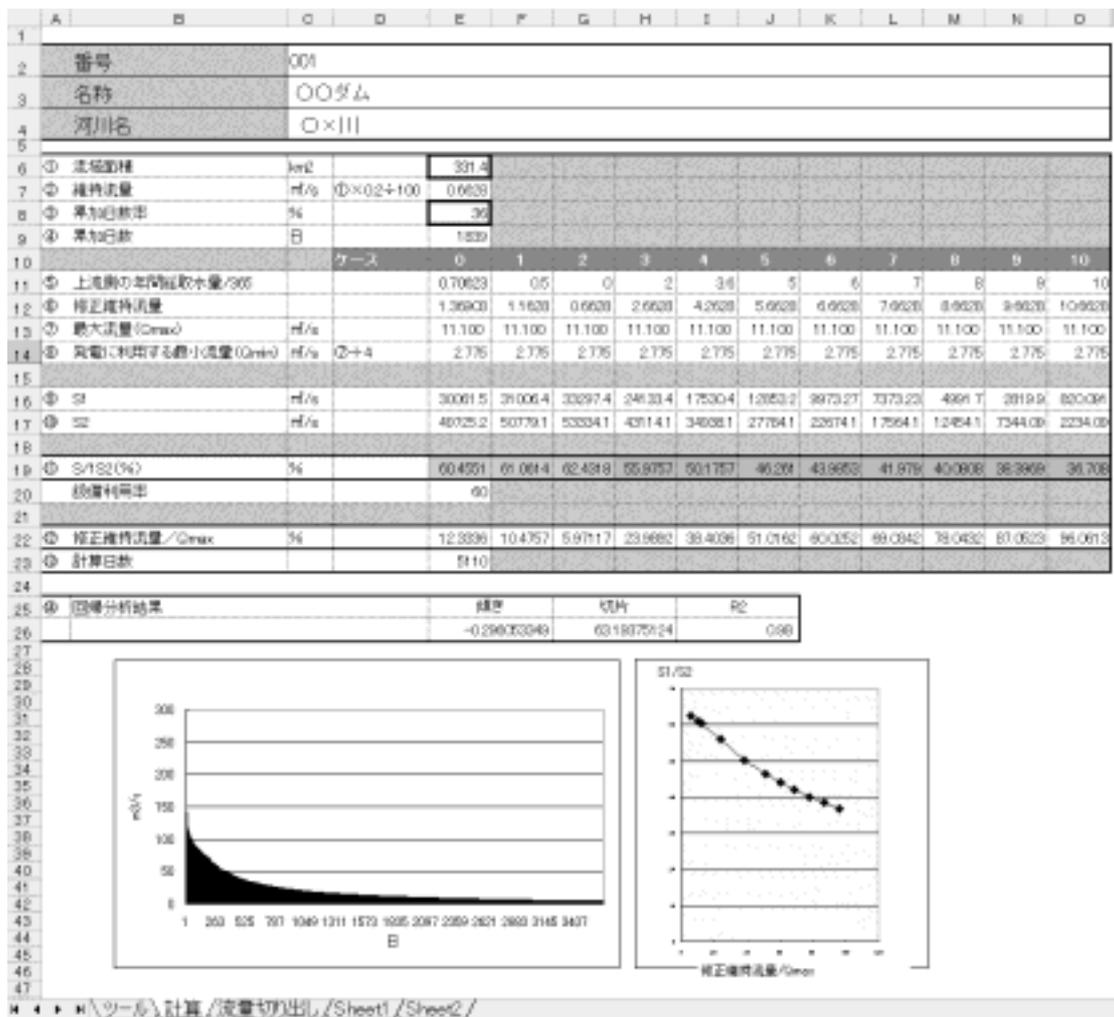


図 5-11 流況曲線による使用可能水量の算定

### 5.3.3 賦存量（補正前）推計結果

前述の推計方法によって、中小水力発電の賦存量を算定した結果を表 5-6 及び図 5-12 に示す。これによると補正前の賦存量は約 2,900 万 kW、仮想発電所の地点数は約 18 万点となった。

表 5-6 中小水力発電賦存量（補正前）推計結果

賦存量（補正前） （設備容量）	2,895 万 kW
仮想発電所地点数	183,255 地点

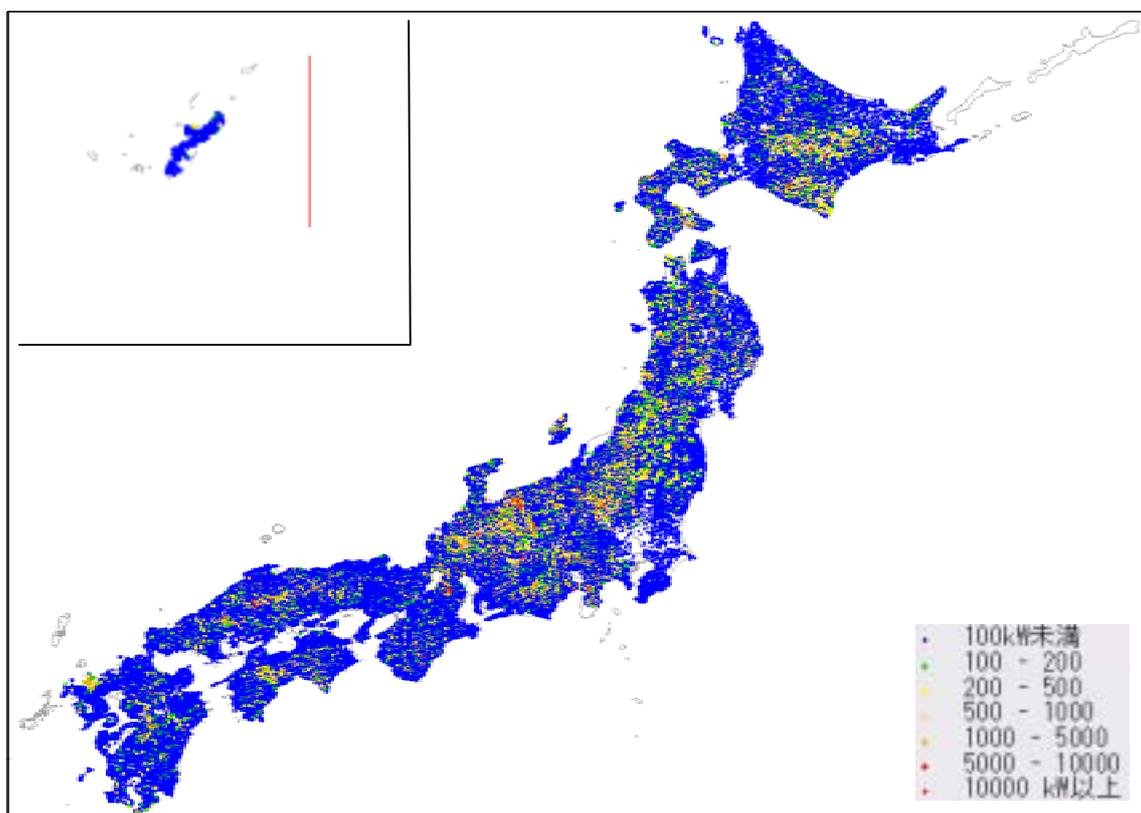


図 5-12 河川部における中小水力発電賦存量（補正前）推計結果

### 5.3.4 建設単価および設備規模による補正

#### (1) 建設単価による補正方法

##### ①建設費用の概略積算

河川部における中小水力発電の装置設置のための工事費を算定した。算定にあたっては、「中小水力発電ガイドブック」(財団法人 新エネルギー財団)に記載されている工事費産出方法(経験式)を参考とした。この経験式は、機器出力、高低差(有効落差)、使用可能水量をパラメータとして、中小水力発電の設置に必要な各施設の工事費を算定するものである。個々のパラメータの説明は表5-7に示す。また具体的な算定式を表5-8に示す。

表5-7 「中小水力発電ガイドブック」における工事費算定方法

項目	算定式パラメータ1 y=f(x)		算定式パラメータ2 y=g(x)		備考
	x	y	x	y	
発電所建物	出力	工事費			地上式、地下式、半地下式のうち、地上式を採用。
取水ダム	高低差 <sup>2</sup> ×ダム頂長	コンクリート量	コンクリート量	工事費	ダム基準とせき基準がある。→ダムは一般に堤体高15mを超えるもののため、今回はせき基準を採用。ダム頂長は、ある河川事務所における既設砂防えん堤実績値から、70mと想定。
取水口	流量	水路内径	水路内径×流量	工事費	内径は管の種類により異なるが「幌型(全巻)」を想定。導水管により無圧式と圧力式がある。→せきの場合、無圧式を採用。
沈砂池	流量	工事費			スラブ有、スラブ無しがある。今回はスラブ無しを想定。
開きよ	流量	√幅×高さ	√幅×高さ	工事単価	1mあたり。リンク長の30%を想定。
水圧管路	流量、有効落差	内径	内径	工事単価	1mあたり。リンク長の70%を想定
放水口	流量	水路半径	水路半径×流量	工事費	ゲート有とゲート無しがある。今回はゲート無しを想定。導水管により無圧式と圧力式がある。→せきの場合、無圧式を採用。
機械装置基礎	流量×有効落差 <sup>2/3</sup> ×√台数	工事費			
電気設備工事費	出力/√有効落差	工事費			

※各々の項目は右図を参照



表 5-8 「中小水力発電ガイドブック」における工事費算定式

項目	算定式
発電所建物	工事費（千円）＝0.084×出力 <sup>0.830</sup>
取水ダム	最大流量＝流量÷設備利用率 高低差 <sup>2</sup> ×ダム頂長＝最大流量×198 コンクリート量（m <sup>3</sup> ）＝11.8×（高低差 <sup>2</sup> ×ダム頂長） <sup>0.781</sup> 工事費（百万円）＝0.21×コンクリート量 <sup>0.866</sup> ※取水ダムの工事費については、直接的に有効なデータが得られなかったため、既存事例から概略設定した。具体的には上記の（高低差 <sup>2</sup> ×ダム頂長）をダムの規模として流量に比例するものと考えて算定した。結果的には事業費全体に占める割合が10～13%となった。
取水口	[流量が4.4 m <sup>3</sup> /s未満のとき] 水路内径（m）＝1.8m [流量が4.4 m <sup>3</sup> /s以上のとき] 水路内径（m）＝1.036×流量 <sup>0.375</sup> 工事費（千円）＝19.7×（水路内径×流量） <sup>0.506</sup>
沈砂池	工事費（千円）＝18.2×流量 <sup>0.830</sup>
開きよ	$\sqrt{\text{幅} \times \text{高さ}} = 1.09 \times \text{流量}^{0.379}$ 工事単価（千円/m）＝122×（ $\sqrt{\text{幅} \times \text{高さ}}$ ） <sup>1.19</sup>
水圧管路	内径（m）＝0.888×流量 <sup>0.370</sup> 工事単価（千円/m）＝357×内径 <sup>1.14</sup>
放水口	工事費（百万円）＝9.54×（水路半径×流量） <sup>0.432</sup> 水路半径は、水圧管路で算定
機械装置基礎	工事費（百万円）＝0.0595×（流量×有効落差 <sup>2/3</sup> ×台数 <sup>1/2</sup> ） <sup>1.49</sup>
電気設備工事費	工事費（百万円）＝12.8×（出力／ $\sqrt{\text{有効落差}}$ ） <sup>0.648</sup>

### 発電単価および建設単価の算定

発電単価はおよび建設単価は下式により算定した。

$$\text{発電単価 (円/kWh)} = \frac{\text{工事費 (円)}}{\text{年間発電電力量 (kWh)}}$$

$$\text{建設単価 (円/kW)} = \frac{\text{工事費 (円)}}{\text{設備容量 (kW)}}$$

### 建設単価による絞込み

一般に、中小水力発電の事業性を考慮する場合、発電単価にして 250 円～300 円/kWh 未滿が一つの水準として考えられている（「小水力エネルギー読本」（小水力利用推進行議会編））。これに対して、本調査では、発電単価 500 円/kWh 程度であっても補助金 1/2 および地方債等を活用すれば実現可能性があると考え、発電単価 500 円/kWh（建設単価にして 260 万円/kW に相当）を閾値として、経済的な賦存量を絞り込むこととした。

建設単価による絞込み結果を図 5-13 に示す。なお、ここで使用する工事費はこれまでの経験式から算定したものであり、取水口から導水施設、水圧管路までのすべての施設が必要との前提で計算している。実際には、地形、既存の構造物等の条件から、今回算定に用いた全ての施設を必要としない場合もあり、そうした点を考慮すると、今回の工事費算定結果は、実際よりも割高に算定されているといえる。また、設備費用は、今後の技術開発により、コスト削減を期待することができる。

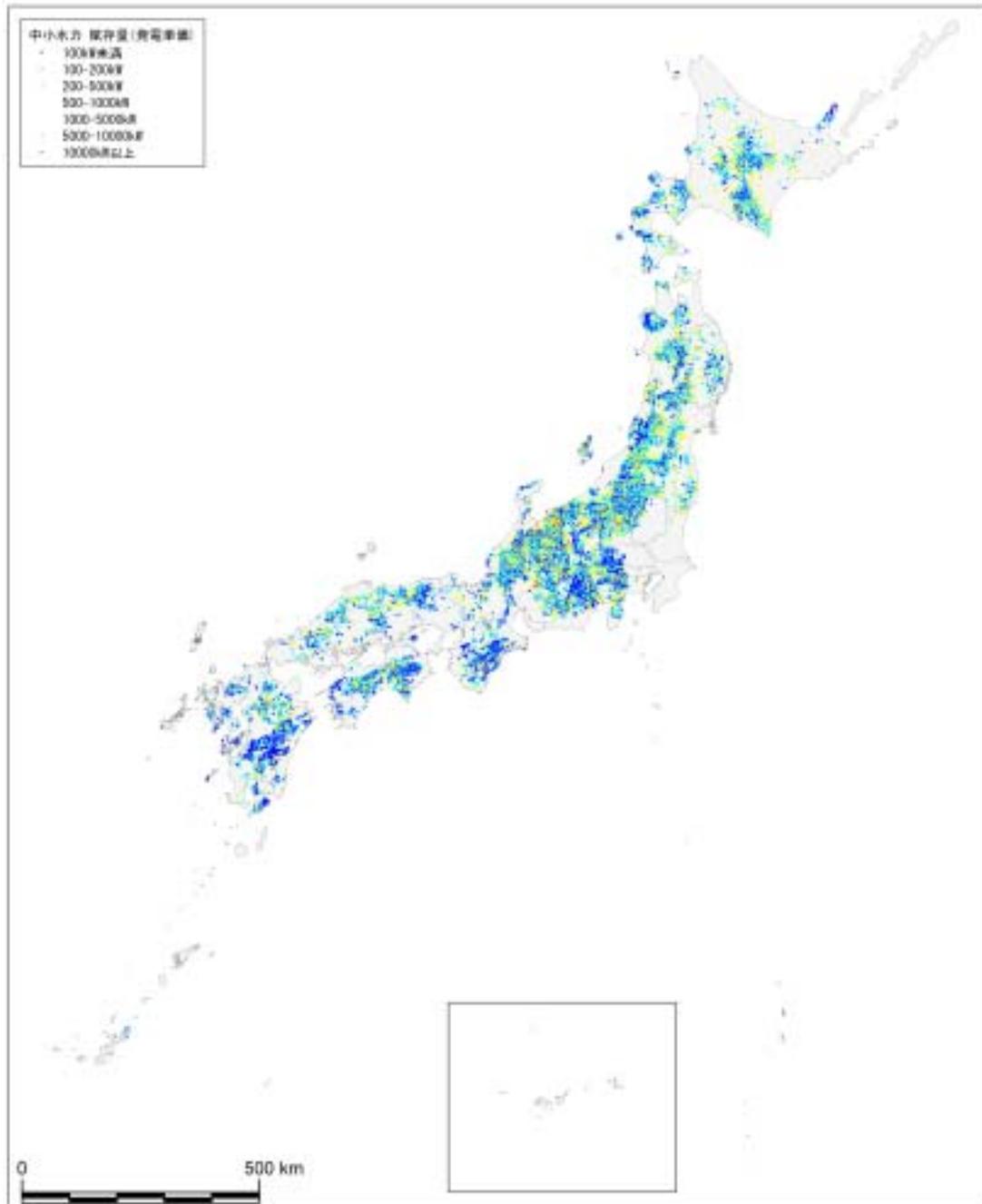


図 5-13 建設単価 260 万円/kW 未満となる仮想発電所の抽出結果

## (2) 設備容量による補正

「マイクロ水力発電導入ガイドブック」(新エネルギー・産業技術総合開発機構)によれば、水力発電の規模を設備容量により表 5-9 のとおり分類している。

表 5-9 出力による水力発電の分類

分類	設備容量
①大水力 (large hydropower)	100,000kW 以上
②中水力 (medium hydropower)	10,000kW ~ 100,000kW
③小水力 (small hydropower)	1,000kW ~ 10,000kW
④ミニ水力 (mini hydropower)	100kW ~ 1,000kW
⑤マイクロ水力 (micro hydropower)	100kW 以下

出典：「マイクロ水力発電導入ガイドブック」(新エネルギー・産業技術総合開発機構)

表 5-9 の分類によれば、中小水力発電は設備容量 1,000kW~100,000kW の範囲となる。しかしながら本業務では設備容量の下限は設けず、30,000kW までの出力を中小水力発電の範囲として定義することとした。これは以下の理由による。

- ・ 中小水力発電の導入ポテンシャルを探るという観点から、上表に示すミニ水力、マイクロ水力についても、小水力発電の範疇に含めるべきと考えられる。
- ・ 経済産業省による中小水力発電開発費補助事業の対象事業では、出力 3 万 kW 以下の水力発電を中小水力発電と定義している。

設備容量が 3 万 kW 未満となる仮想発電所の抽出結果を図 5-14 に示す。

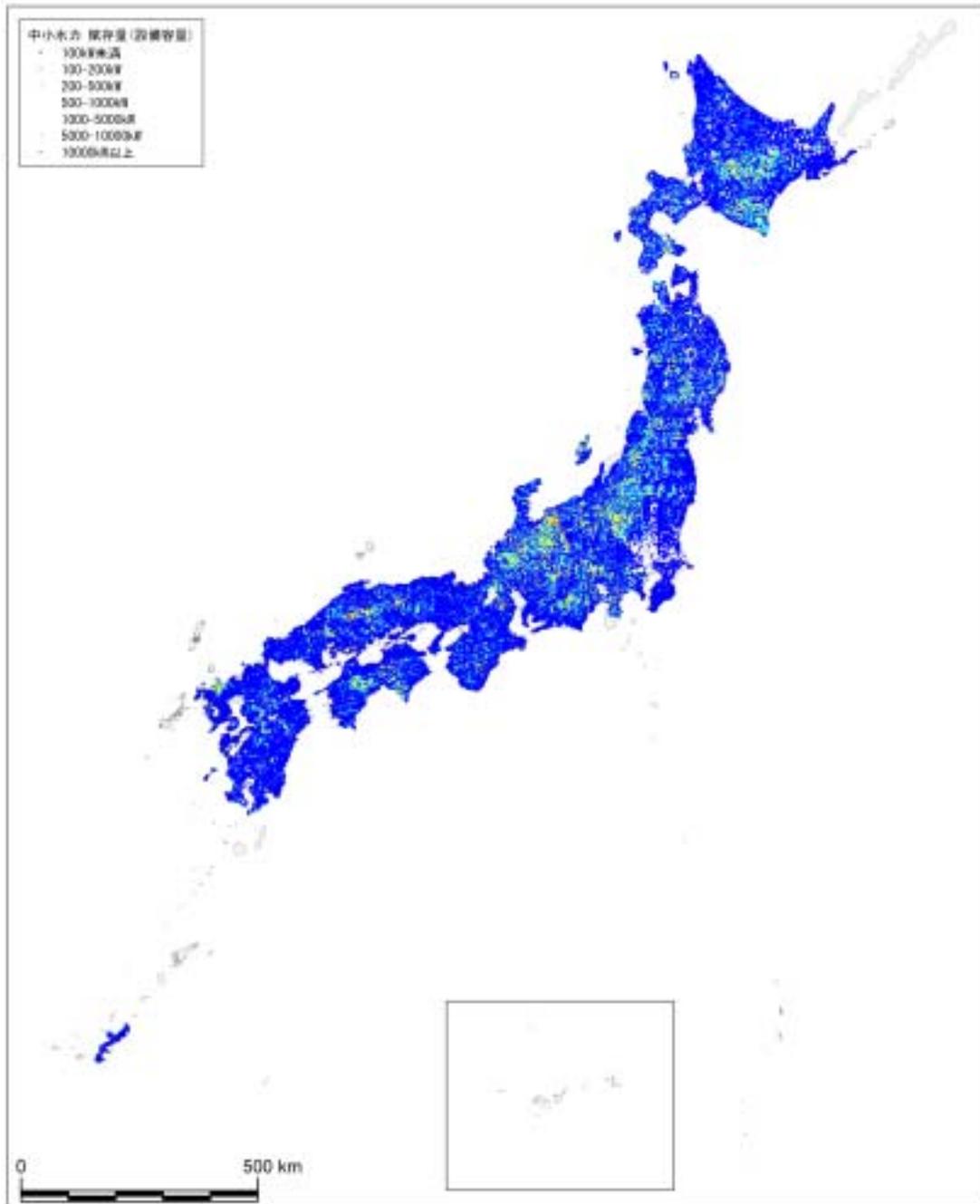


図 5-14 設備容量が 3 万 kW 未満となる仮想発電所の抽出結果

### 賦存量（補正後）の推計結果

以上に示した算定方法に基づき、発電単価 500 円/kWh 未満（建設単価 260 万円/kW 未満）でかつ、設備容量（出力）が 30,000kW 未満、という条件を満足する河川部の仮想発電所を抽出し、賦存量を推計した。その結果、賦存量は約 1,800 万 kW、仮想発電所地点数は約 27,000 地点となった。推計結果を表 5-10、その分布図を図 5-15 に示す。

また、その電力供給エリア別の分布状況を表 5-11～12 および図 5-16～17 に示す。これによると最も賦存量が大きな地域は約 500 万 kW の東北地域であり、全体の 27%を占めている。次いで中部地域、北陸地域、東京地域、北海道地域の順になっている。一方、これを仮想発電所の地点数で見ると、東北地域、中部地域、東京地域、北海道地域の順になる。

表 5-10 中小水力発電の賦存量（補正後）推計結果

賦存量（補正後） （設備容量）	1,811 万 kW
仮想発電所地点数	26,798 地点

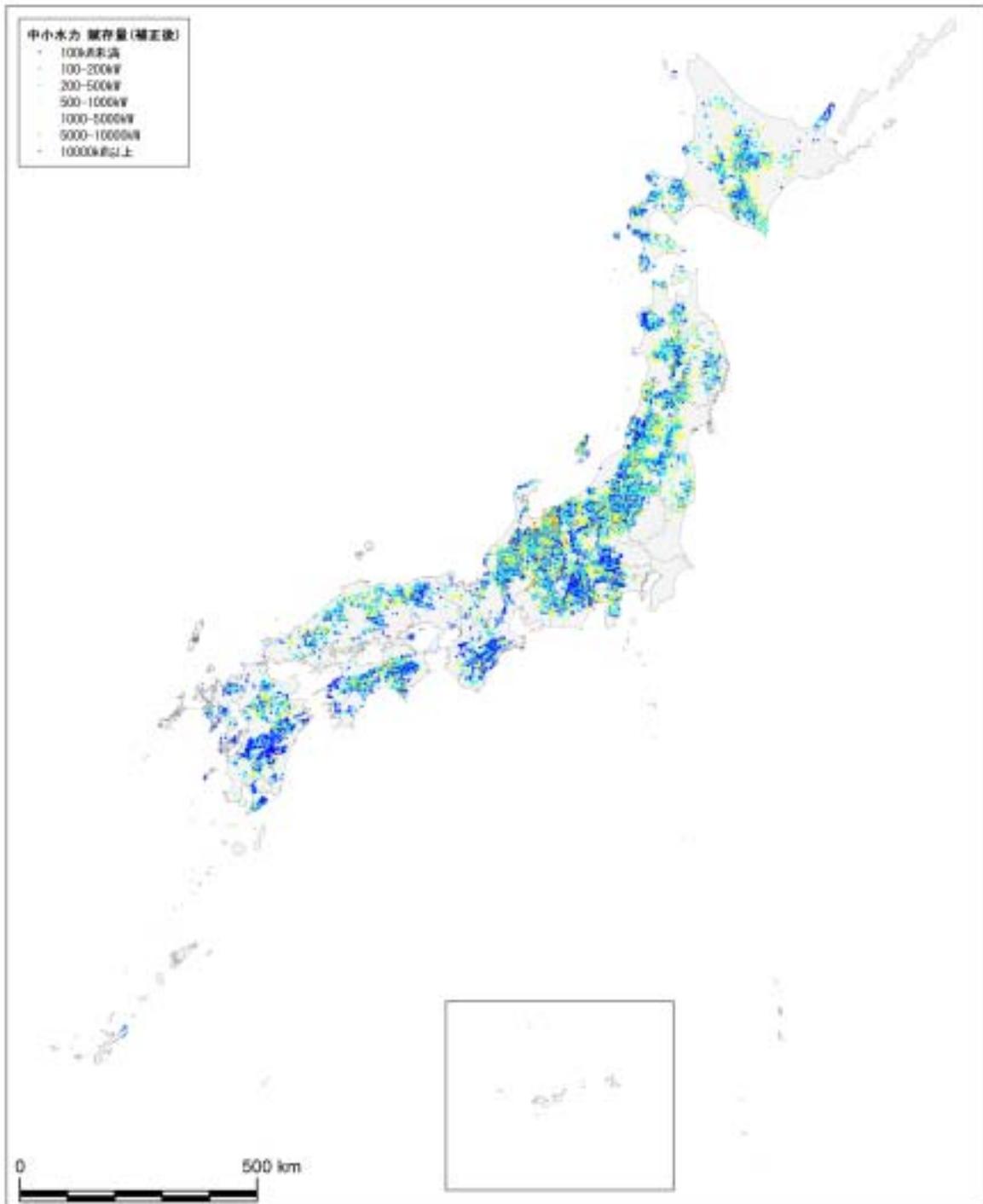


図 5-15 河川部における中小水力発電賦存量（補正後）分布図

表 5-11 電力供給エリア別の中小水力発電の賦存量推計結果（設備容量：万 kW）

設備容量区分 (万 kW)	※ 範囲外	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄	合計
100 未満	0	3	9	5	2	8	2	1	3	4	0	37
100～ 200	1	9	21	11	6	15	3	3	5	6	0	80
200～ 500	2	25	64	28	18	40	7	11	12	16	0	223
500～ 1,000	2	30	94	38	24	52	6	12	13	20	0	291
1,000～ 5,000	6	68	222	102	110	132	16	33	29	44	0	762
5,000～ 10,000	1	16	58	35	48	42	4	4	7	15	0	230
10,000 以上	3	5	31	25	92	23	1	1	7	2	0	190
合計	15	156	498	244	300	312	39	66	74	107	0	1811

※ここで、「範囲外」とは、電力会社別集計にあたり電力会社境界線ポリゴンによる集計を行っているが、仮想発電所のポイントデータの中には、この電力境界ポリゴンからはみ出すデータが稀に存在する（海外線付近など）。このように集計から漏れた点を範囲外として計上している。

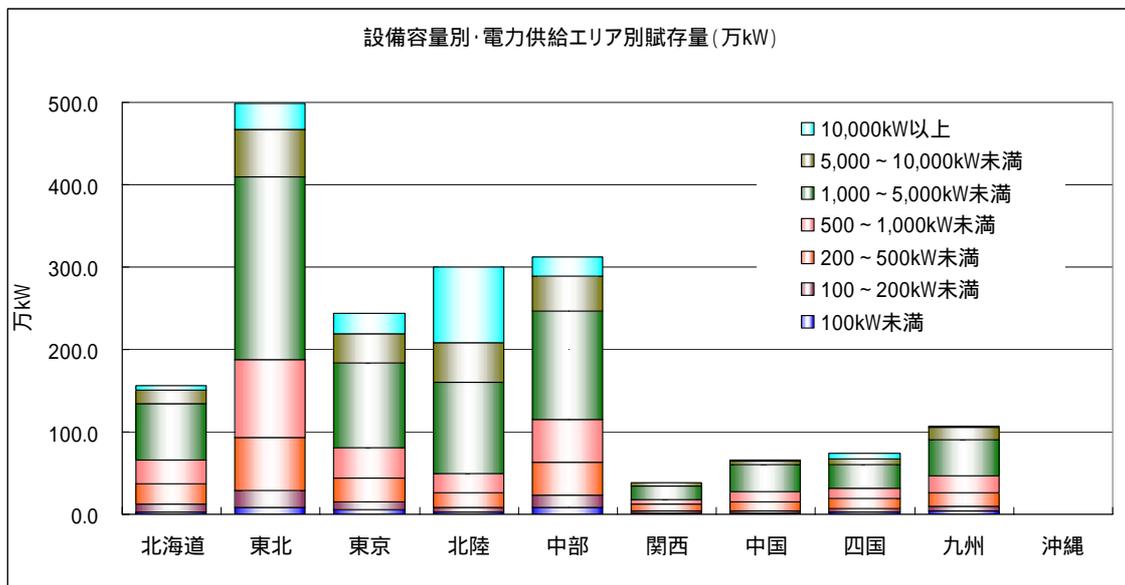


図 5-16 電力供給エリア別の中小水力発電の賦存量（設備容量：万 kW）

表 5-12 電力供給エリア別の中小水力発電の賦存量推計結果（地点数）

設備容量 区分 (万 kW)	※ 範囲外	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄	合計
100 未満	54	492	1,344	843	371	1,394	308	213	422	569	1	6,011
100～200	61	584	1,415	733	402	1,057	182	223	324	435	3	5,419
200～500	63	769	1,988	875	544	1,222	234	331	390	503	3	6,922
500～ 1,000	28	422	1,332	527	341	736	92	169	184	290	1	4,122
1,000～ 5,000	29	352	1,150	506	527	661	78	169	149	234	0	3,855
5,000～ 10,000	2	25	86	51	71	62	6	6	11	22	0	342
10,000 以上	2	4	21	17	57	17	1	1	5	2	0	127
合計	239	2,648	7,336	3,552	2,313	5,149	901	1,112	1,485	2,055	8	26,798

※ ここで、「範囲外」とは、電力会社別集計にあたり電力会社境界線ポリゴンによる集計を行っているが、仮想発電所のポイントデータの中には、この電力境界ポリゴンからはみ出すデータが稀に存在する（海外線付近など）。このように集計から漏れた点を範囲外として計上している。

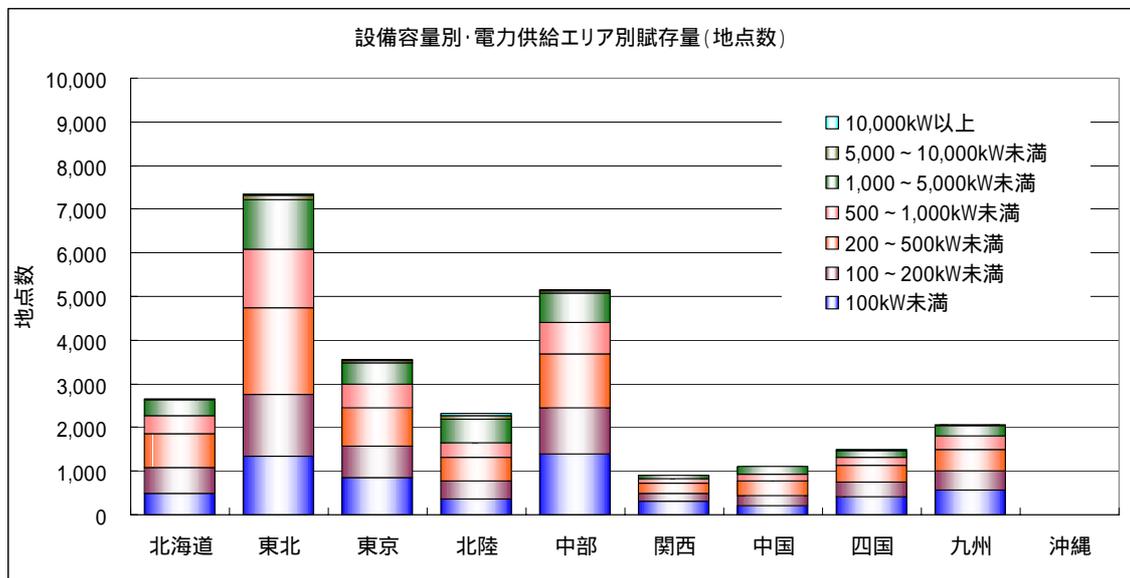


図 5-17 電力供給エリア別の中小水力発電の賦存量（地点数）

### 5.3.5 詳細データによる精度の検証

#### (1) 本調査で利用した地図データとその精度

本調査における中小水力発電賦存量の推計では、前提となる水路形状のデータとして、数値地図 25000 空間データ基盤（(財) 日本地図センター販売）に収録されている「水路データ」を用いている。このデータは、一般に縮尺 1/25,000 オーダーの地図に表記される内容に基づいて作成されているため、水路については、最上流となる河川については記載されていないことがある。

本調査は、全国の中小水力発電賦存量を推計することが目的であるため、これに適した空間位置正確度として、1/25,000 オーダーの縮尺レベルを選定しているが、今後、中小水力発電の事業化等に向けた検討を行っていく場合には、検討対象地域を限定した上で、1/1,000~1/5,000 程度の大縮尺地図を用い、小規模な河川も対象に検討を行うことが必要と考えられる。

#### (2) サンプル地区における比較

地図の縮尺に起因する賦存量把握精度の違いについて、ある砂防指定地をサンプルとして、検討を行った。

##### 水路の表現

図 5-18 は、ある砂防指定地において、本業務で利用した水路データ（数値地図 25000 空間データ基盤によるもの）と、地形図から詳細地形を読み取って作成した地形標高モデルから、GISソフトウェアにより水路網を抽出して作成した水路データとを比較したものである。

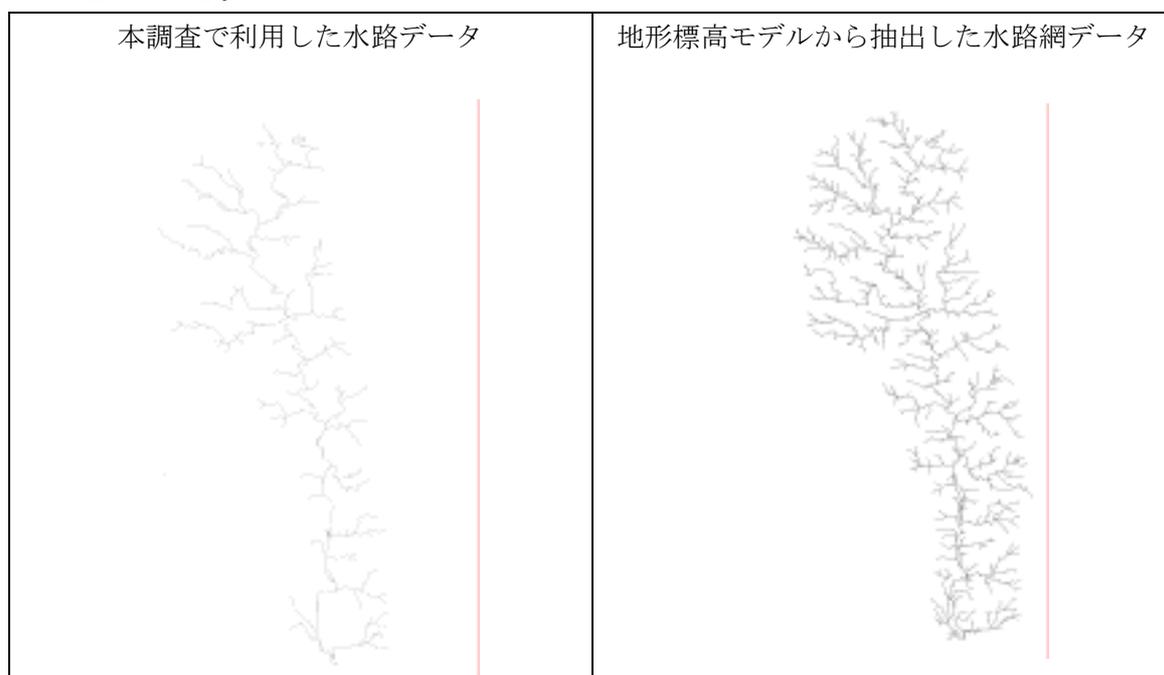


図 5-18 本調査で使用した水路データと地形標高モデルの比較

中小水力発電は、落差を確保しやすいことから、河川流域上流部のいわゆる「溪流」で実施されてきた事例が多いが、こうした箇所は1/25,000 オーダーの地図には記載がない。賦存量算定においても、こうした箇所を考慮することで、更なる開発可能区域を抽出することが期待できる。

### 発電有望箇所

中小水力発電の実効性を高めるためには、河川流量と落差が大きく見込める箇所を選定した上で、機器設置工事に要する費用をできるだけ低減することが望ましい。これに適した箇所としては、砂防えん堤が代表的である。砂防えん堤は、施設そのものが落差を発生させる構造となっているため、ここに発電装置を「付加」する形で運営することで、設置に要するコストを大きく削減することができる。

このため、既設砂防えん堤の箇所を正確にプロットすることで、より実現性の高い賦存量算定を行うことが可能となる。

図 5-19 は、砂防指定地上流部における既設砂防えん堤の位置と、本業務で賦存量を算定した仮想発電所の分布とを比較したものである。

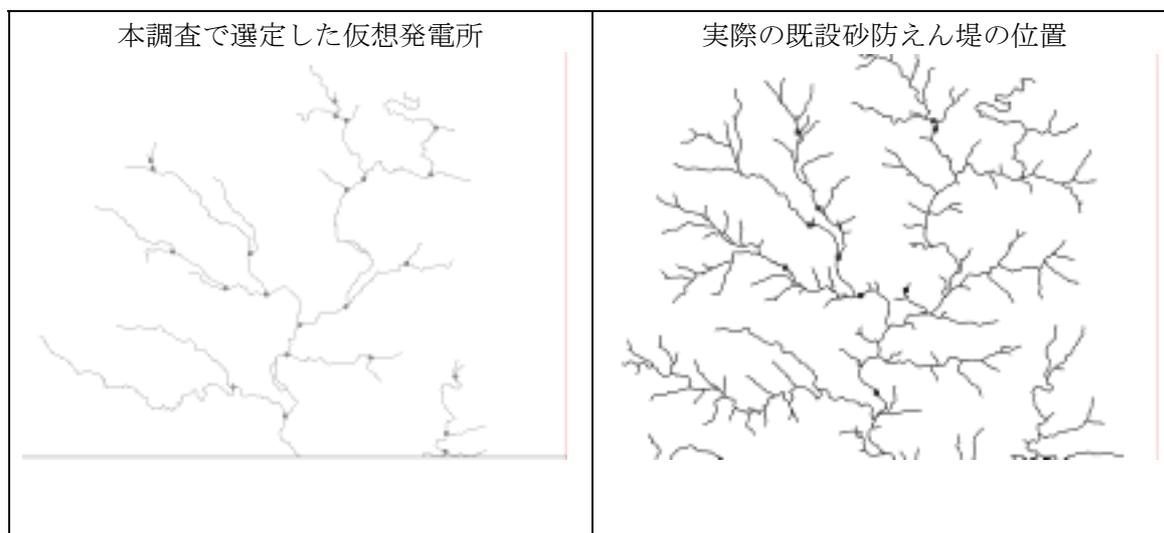


図 5-19 本調査で選定した仮想発電所分布と実際の既設砂防えん堤位置の比較

①で述べたように、砂防えん堤が設置されている水路全てを対象としていないため、単純に比較ができないが、本業務における仮想発電所の設置箇所数は、実際の既設砂防えん堤の箇所数よりも若干多くなっていると思われる。そうした点では、今回の仮想発電所の設定方法は、賦存量の算定を目的とするならば、ほぼ現実に即した方法であったと考えられる。

### (3) 縦断図の作成

上記の砂防指定地内で、地形標高モデルをもとに、河川本川の縦断図を作成し、同河川上における仮想発電所における設備容量 (kW) の分布を重ねて表示した例を、図 5-20 に示す。

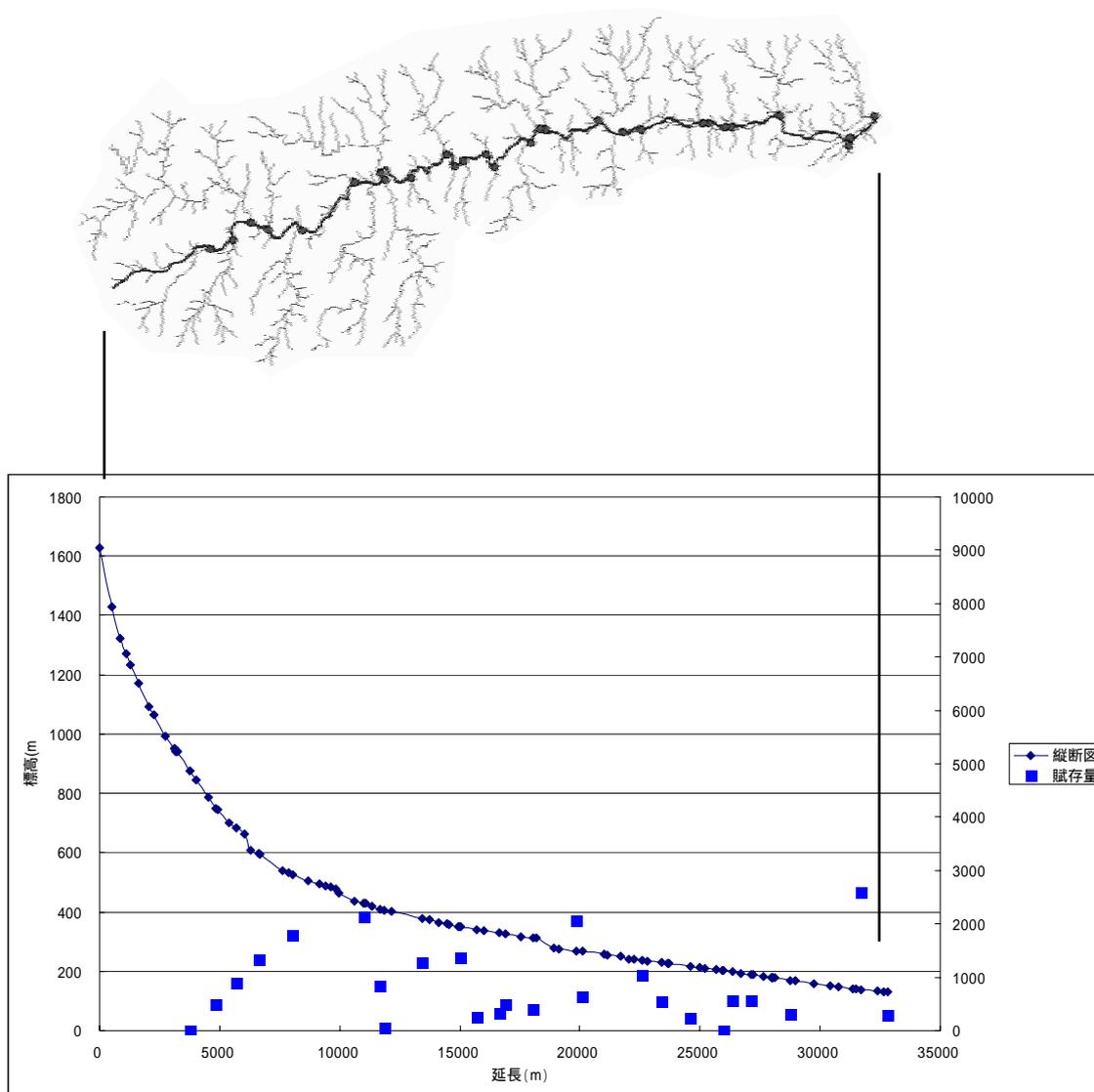


図 5-20 河川縦断図

## 5.4 中小水力発電（河川部）の導入ポテンシャルの推計

### 5.4.1 推計に使用した各種データとその信頼性

#### （１）賦存量に関するデータ

賦存量に関するデータは、5.3.5 で作成した賦存量（補正後）のGISデータとした。

#### （２）社会条件に関わるGISデータ

##### 最大傾斜角

国土地理院が刊行する数値地図（標高）：50mメッシュデータを使用し、ArcGIS Spatial Analyst 機能により8方位の最大傾斜角を算出した。

このデータから100mメッシュのグリッドデータを作成し、傾斜度20度未満と20度以上の属性を付与し、解析に用いた。

##### 幅員3m以上の道路からの距離

国土地理院が刊行する数値地図25000（空間データ基盤）の道路中心線データを使用した。情報の位置精度は2.5万分1地形図と同等である。

今回は、このデータから幅員3m以上のデータを抽出し、100mメッシュのグリッドデータを作成した。次に、ArcMapのエクステンションのExpandで1,000m（10セル）分を拡張し、道路から1,000m未満のエリアとそれ以外の属性を付与し、解析に用いた。

##### 法規制区分

#### ・自然公園(国立公園、国定公園)

環境省自然環境局自然環境計画課が「平成19年度生態系総合管理基盤情報整備業務」で整備したデータを使用した。このデータは、もともとは環境省自然環境局生物多様性センター(以降、「生物多様性センター」という)が「平成10年度自然環境情報GIS整備事業」で作成したデータ(平成11年度発行)が元になっており、このデータに対し、平成18年までに変更があった箇所について修正を加えたものである。新設された尾瀬国立公園の区域も反映されたデータとなっている。

原典資料は環境省自然環境局国立公園課の国立公園区域図・国定公園区域図であり情報の信頼性は高い。原典資料の中には、作成時期が古い紙図面上に情報を手書きで追記して公園区域を管理しているような図面もあり、このような場合は局地的に位置精度が若干落ちている場合がある。そのため、自然公園区域線の境界の位置精度が正確でない場合があり、区域検討を行うような厳密な検討や検証には向かないデータとなっている（そのため、一般には公開されていない）。

しかし、本データは、自然公園管理者の情報からデータ化したものであり、全国のすべての国立公園・国定公園について、同じ仕様でポリゴンデータ化され、属性として自然公園の地域地区区分属性（特別保護地区、第1種特別保護地域、普通地域のような属

性)を保持しているため、利用価値が高い。今回のように概ね100mメッシュのグリッドによる解析を行うには十分な精度と内容であると考えられる。

今回の解析では、このデータから100mメッシュのグリッドデータを作成し、解析に用いた。

・原生自然環境保全地域、自然環境保全地域、国指定鳥獣保護区、  
世界自然遺産地域区域図

自然公園のデータと同様、生物多様性センターが「平成10年度自然環境情報GIS整備事業」で作成したデータをもとに、平成18年までに改変があった箇所について、環境省自然環境局自然環境計画課が平成19年度に更新を行ったデータである。このデータから100mメッシュのグリッドデータを作成し、解析に用いた。

**都道府県境界**

基盤地図情報(25000レベル)に含まれる県境界のXMLデータをシェープファイルに変換し、都道府県境界データとして編集したものを使用した。

このデータから作成した100mメッシュのグリッドデータを使用し、集計を行った。

**電力供給エリア境界**

電力各社ホームページのサービスエリア・管轄などと国土地理院数値地図25000(行政界・海岸線)より日本大学生産工学部長井研究室で作成したデータを使用した。海域は電力各社の陸域管轄地の延長上を範囲として区分している。データはシェープファイルに変換し電力会社管轄境界データとして編集したもので、区域精度は概ね2.5万分1地形図レベルである。このデータから作成した100mメッシュのグリッドデータに変換後に使用し、集計を行った。

## 5.4.2 導入ポテンシャル推計方法

### (1) 導入ポテンシャル全体量の推計

賦存量データに複数の社会条件をGIS上で重ね合わせ、導入ポテンシャル(kW、kWh/年)を推計する。重ね合わせる社会条件は「道路からの距離」、「最大傾斜角」、「法規制等区分」とした。設定した開発可能条件および開発不可条件を表5-13に示す。

なお、「道路からの距離」を条件とした理由は、道路からあまりに離れた距離の地点に発電施設を建設することは現実的ではないと考えられるためである。同様に「最大傾斜角」についても斜度の地点に発電施設を建設することが現実的でないことから斜度20度以上の地点は開発不可とした。

表5-13 小水力発電における導入ポテンシャルの算定条件

条件項目 (○内の数字は絞込み順)	開発可能条件	開発不可条件
①道路からの距離	幅員3m以上の道路から1km未満	幅員3m以上の道路から1km以上
②地形等区分—最大傾斜角	20度未満	20度以上
③法規制等区分	自然公園(第2種特別地域、第3種特別地域、普通地域)	自然公園(特別保護地区、第1種特別地域) 原生自然環境保全地域 自然環境保全地域 国指定鳥獣保護区 世界自然遺産地域

### (2) シナリオ別の導入ポテンシャルの推計

中小水力発電では建設単価(万円/kW)をパラメータとして、4つのシナリオを設定する。各シナリオにおける建設単価を表5-14に示す。

表5-14 シナリオ別の建設単価

シナリオ	建設単価 (工事費/設備容量)
シナリオ1	50万円/kW 未満
シナリオ2	100万円/kW 未満
シナリオ3	150万円/kW 未満
シナリオ4	260万円/kW 未満

### 5.4.3 導入ポテンシャル推計結果

導入ポテンシャル（全体量）の推計結果を以下に示す。なお、詳細なデータは巻末資料に収録している。

#### （１）導入ポテンシャル（全体量）の分布状況

中小水力発電の導入ポテンシャルのシナリオ別分布状況図を図 5-21 に示す。これによると、地域偏在性が高く、特に北陸地方に比較的多く分布していることが分かる。

なお、中小水力発電の場合、下図で導入ポテンシャルの全体量が網羅されている。

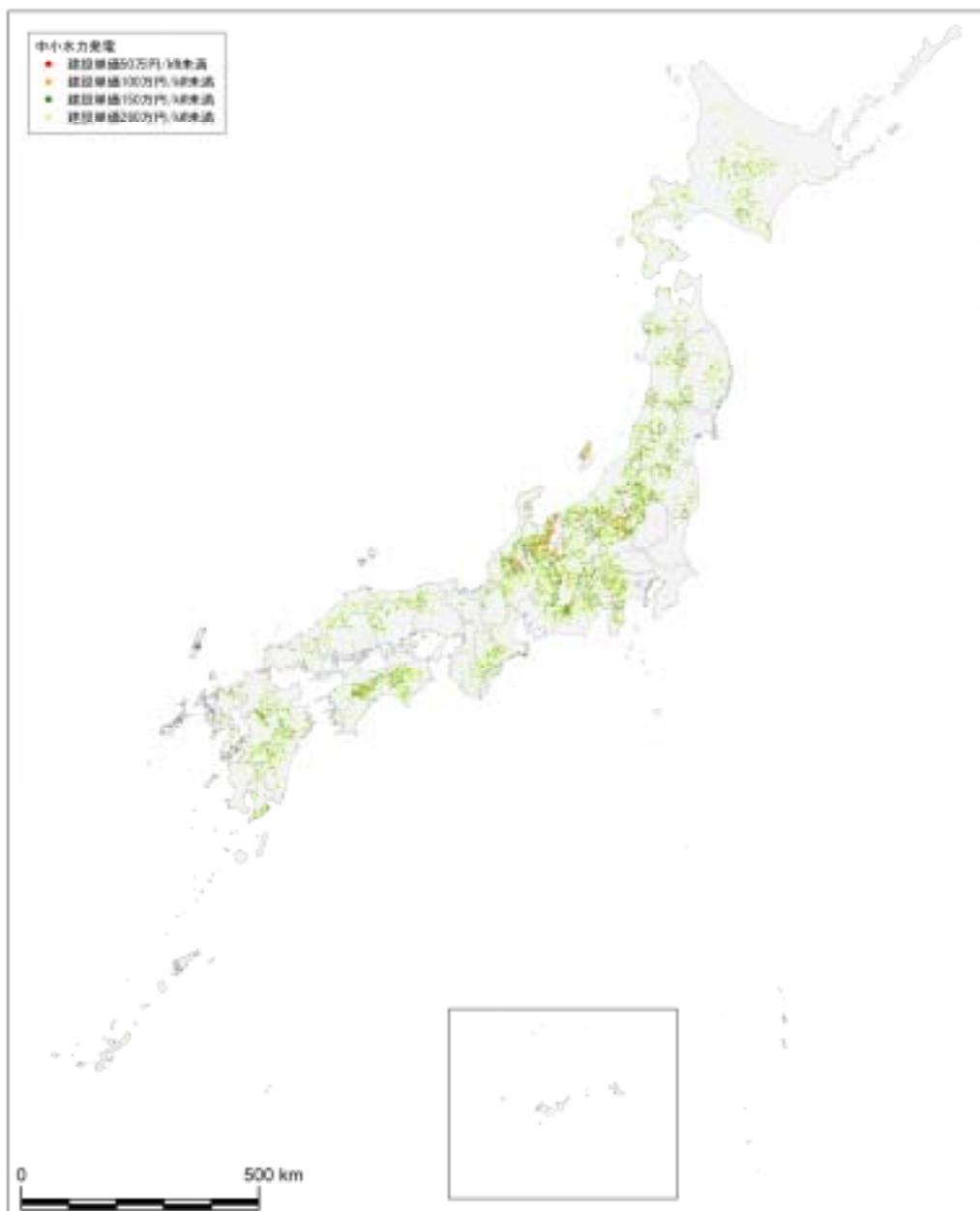


図 5-21 中小水力発電の導入ポテンシャル（全体量）分布状況図

## (2) 導入ポテンシャル推計結果

導入ポテンシャルの集計結果を表 5-15 および図 5-22 に示す。これによると、導入ポテンシャル全体は約 1,500 万 kW となった。仮想発電所の地点数は約 21,000 地点と推計された。

表 5-15 中小水力発電の導入ポテンシャル推計結果

条件項目	条件	全国
導入ポテンシャル (全体量)	仮想発電所の地点数	20,848 地点
	設備容量	1,525 万 kW
導入ポテンシャル (シナリオ別)	シナリオ1: 50 万円/kW 未満	79 万 kW
	シナリオ2: 100 万円/kW 未満	517 万 kW
	シナリオ3: 150 万円/kW 未満	919 万 kW
	シナリオ4: 260 万円/kW 未満	1,525 万 kW

※導入ポテンシャルには既開発分を含んでいる。

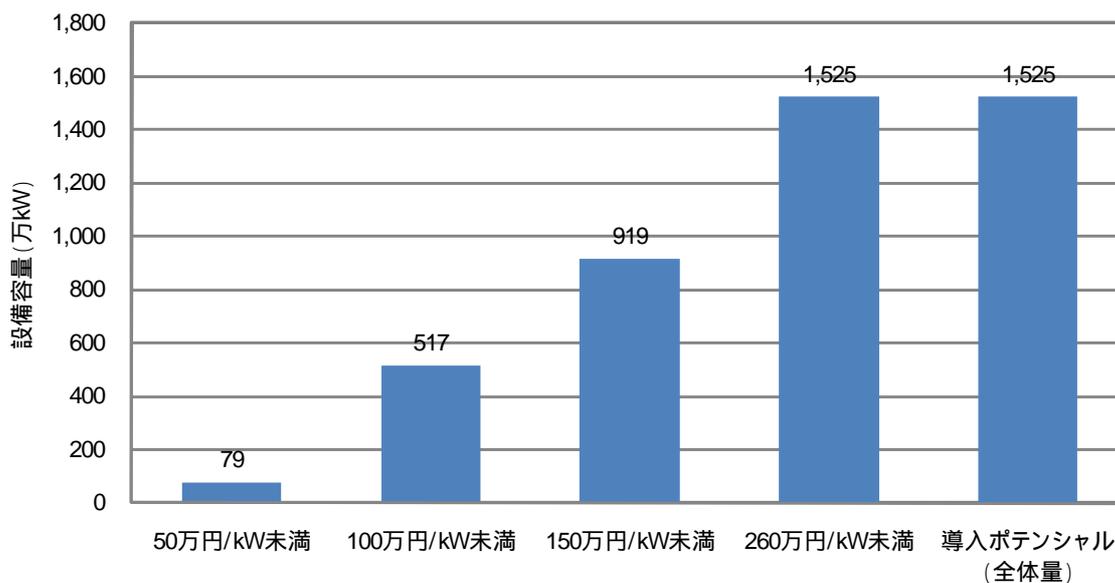


図 5-22 中小水力発電のシナリオ別導入ポテンシャル

### (3) 電力供給エリア別および都道府県別の導入ポテンシャル分布状況

#### 電力供給エリア別の分布状況

電力供給エリア別の導入ポテンシャル分布状況を図 5-23 および表 5-16 に示す。全体量で見ると、東北地域が最も大きく全体の 27%を占めている、次いで、中部地域が 18%、東京地域が 15%で続いている。

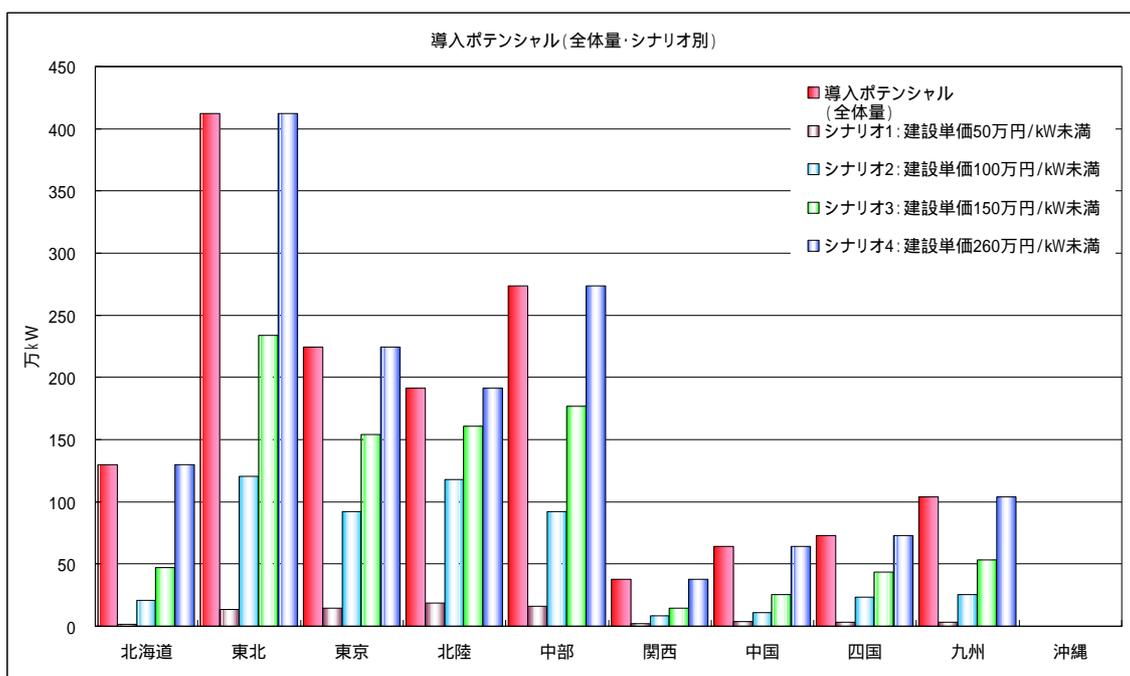


図 5-23 電力供給エリア別の中小水力発電の導入ポテンシャル

表 5-16 電力供給エリア別の中小水力発電のシナリオ別導入ポテンシャル推計結果

条件項目	条件		全国	(範囲外)	北海道	東北
導入ポテンシャル (全体量)	仮想発電所の地点数	点	20,848	239	1,711	5,080
	設備容量	万 kW	1,525.1	14.7	129.7	412.0
導入ポテンシャル (シナリオ別)	シナリオ1:建設単価 50万円/kW未満	万 kW	78.7	2.6	1.7	13.6
	シナリオ2:建設単価 100万円/kW未満	万 kW	516.8	5.5	20.5	120.8
	シナリオ3:建設単価 150万円/kW未満	万 kW	918.6	9.3	47.2	233.9
	シナリオ4:建設単価 260万円/kW未満	万 kW	1,525.1	14.7	129.7	412.0

条件項目	条件		東京	北陸	中部	関西
導入ポテンシャル (全体量)	仮想発電所の地点数	点	2,875	1,511	4,189	818
	設備容量	万 kW	224.6	191.4	273.7	37.9
導入ポテンシャル (シナリオ別)	シナリオ1:建設単価 50万円/kW未満	万 kW	14.5	18.5	15.9	2.1
	シナリオ2:建設単価 100万円/kW未満	万 kW	92.1	117.9	92.3	8.3
	シナリオ3:建設単価 150万円/kW未満	万 kW	154.1	160.9	177.0	14.3
	シナリオ4:建設単価 260万円/kW未満	万 kW	224.6	191.4	273.7	37.9

条件項目	条件		中国	四国	九州	沖縄
導入ポテンシャル (全体量)	仮想発電所の地点数	点	1,073	1,410	1,934	8
	設備容量	万 kW	64.4	72.7	103.8	0.2
導入ポテンシャル (シナリオ別)	シナリオ1:建設単価 50万円/kW未満	万 kW	3.5	3.0	3.1	0.0
	シナリオ2:建設単価 100万円/kW未満	万 kW	10.8	23.5	25.1	0.0
	シナリオ3:建設単価 150万円/kW未満	万 kW	25.2	43.3	53.5	0.0
	シナリオ4:建設単価 260万円/kW未満	万 kW	64.4	72.7	103.8	0.2

※ここで、「範囲外」とは、電力会社別集計にあたり電力会社境界線ポリゴンによる集計を行っているが、仮想発電所のポイントデータの中には、この電力境界ポリゴンからはみ出すデータが稀に存在する（海外線付近など）。このように集計から漏れた点を範囲外として計上している。

### 都道府県別の分布状況

電力供給エリア別の導入ポテンシャルについて、都道府県ごとの分布状況を表 5-17 と図 5-24～25 に示す。これによると、最も導入ポテンシャル（全体量）が大きいのは岐阜県で約 140 万 kW、二番目以降には、北海道の 130 万 kW、新潟県の約 122 万 kW、群馬県と富山県が 112 万 kW、長野県が 109 万 kW と続いている。

表 5-17 都道府県別の中小水力発電の導入ポテンシャル推計結果

集計単位	仮想発電所 地点数	設備容量 (万 kW)	集計単位	仮想発電所 地点数	設備容量 (万 kW)
全国	20,848	1,525.1	愛知県	267	13.4
範囲外	239	14.7	三重県	325	9.2
北海道	1,711	129.7	滋賀県	116	7.1
青森県	203	11.2	京都府	69	6.3
岩手県	619	45.7	大阪府	23	0.5
宮城県	187	15.7	兵庫県	164	4.0
秋田県	808	54.0	奈良県	271	12.5
山形県	740	70.1	和歌山県	114	5.5
福島県	1,266	93.8	鳥取県	306	14.5
茨城県	19	2.4	島根県	273	15.5
栃木県	254	15.4	岡山県	228	14.3
群馬県	1,210	112.3	広島県	164	13.8
埼玉県	136	2.3	山口県	89	6.1
千葉県	0	0.0	徳島県	377	23.2
東京都	65	3.8	香川県	18	0.2
神奈川県	223	14.8	愛媛県	328	14.8
新潟県	1,257	121.5	高知県	700	34.7
富山県	745	112.1	福岡県	68	1.7
石川県	215	25.2	佐賀県	78	3.0
福井県	504	39.7	長崎県	67	1.5
山梨県	767	56.3	熊本県	618	32.8
長野県	1,648	108.9	大分県	282	21.9
岐阜県	1,586	138.3	宮崎県	604	32.8
静岡県	672	37.5	鹿児島県	217	10.1
			沖縄県	8	0.2

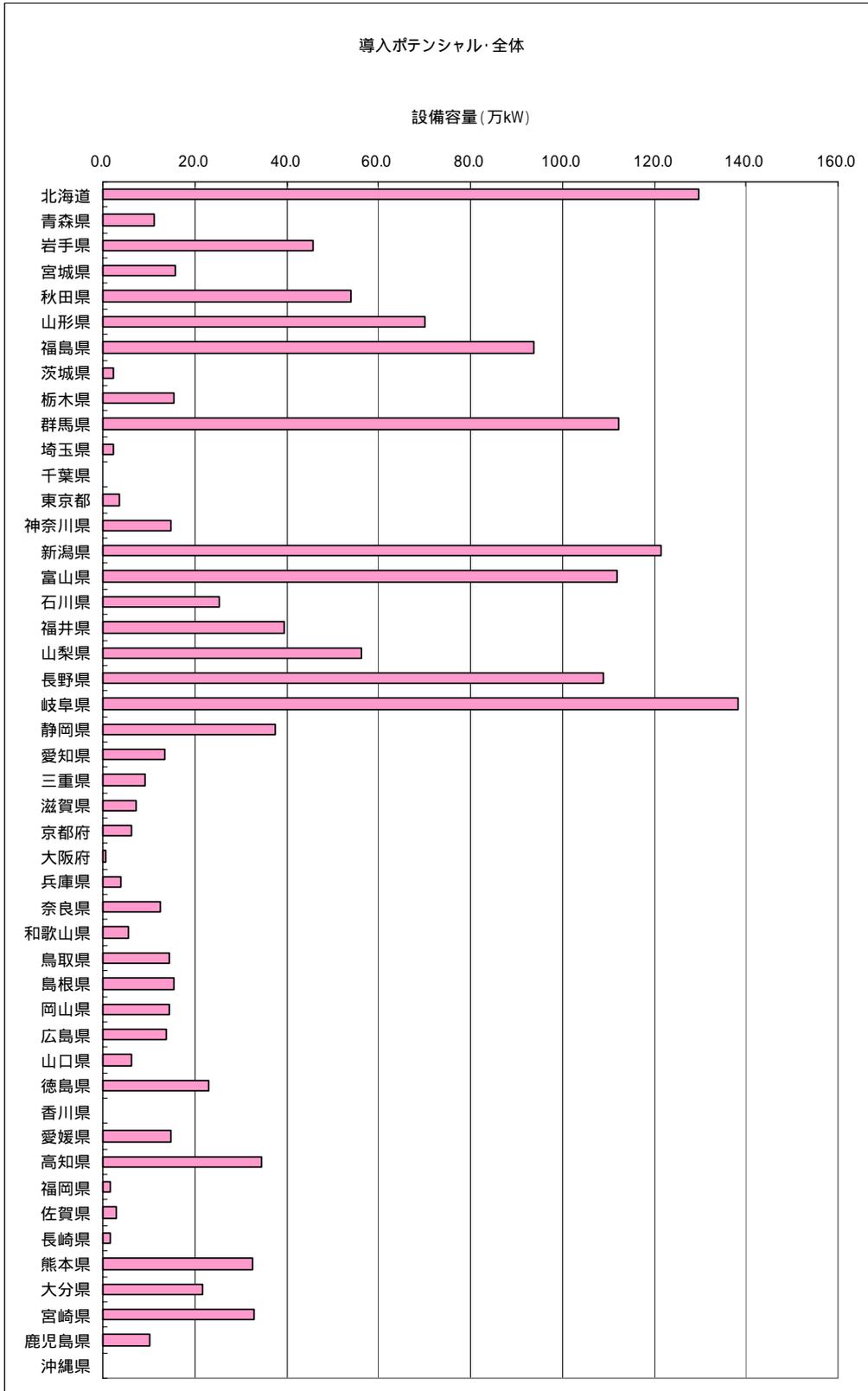


図 5-24 都道府県別の中小水力発電の導入ポテンシャル(設備容量)

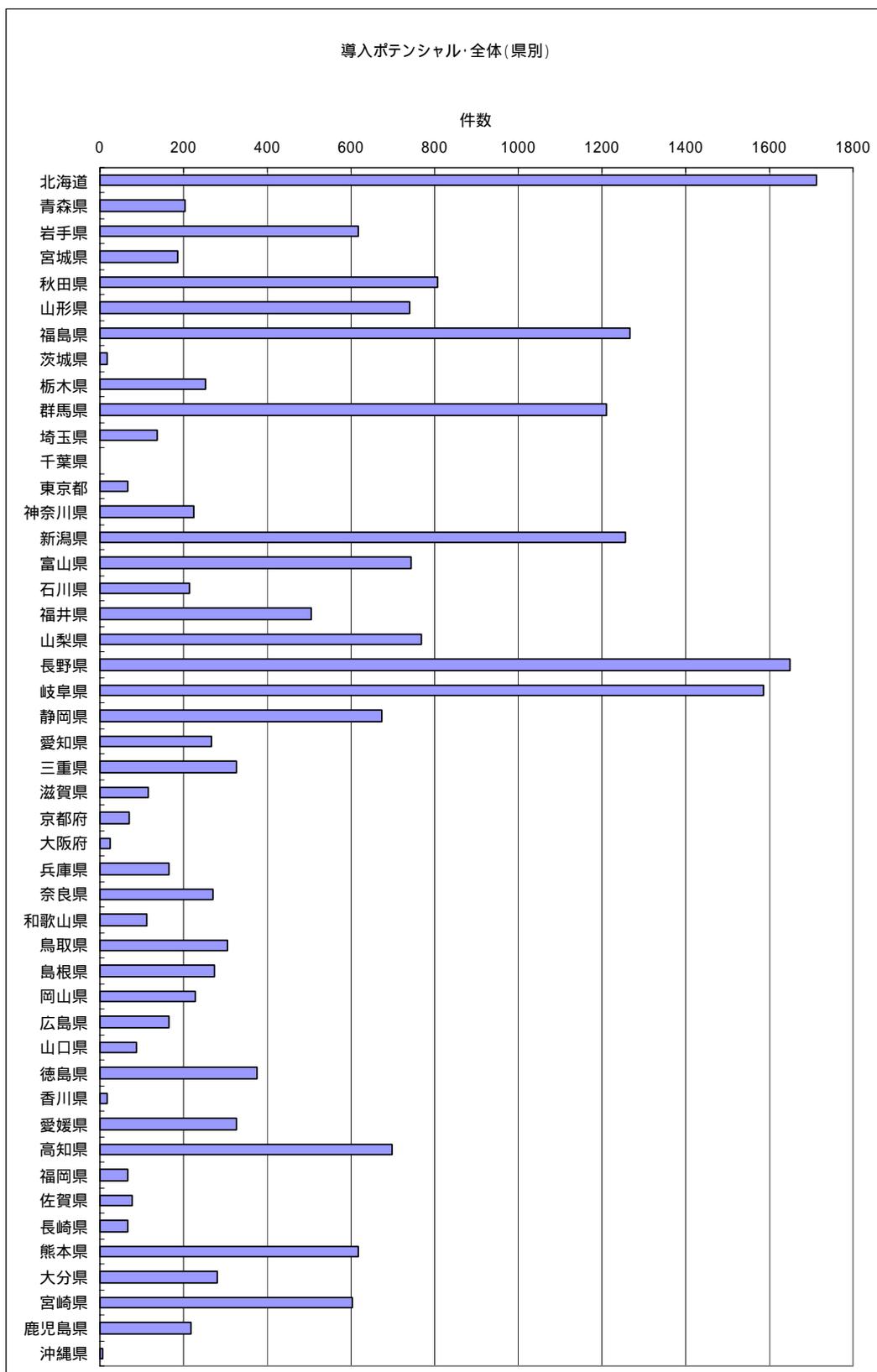


図 5-25 都道府県別の中小水力発電の導入ポテンシャル(仮想発電所地点数)

### 5.5 中小水力発電（上下水道・工業用水道）の導入ポテンシャルの推計

ここでは、河川部以外の中小水力発電の導入可能性のある領域として、上下水道および工業用水道に関する賦存量および導入ポテンシャルを概算する。

水道施設の概念図を図 5-26 に示す。

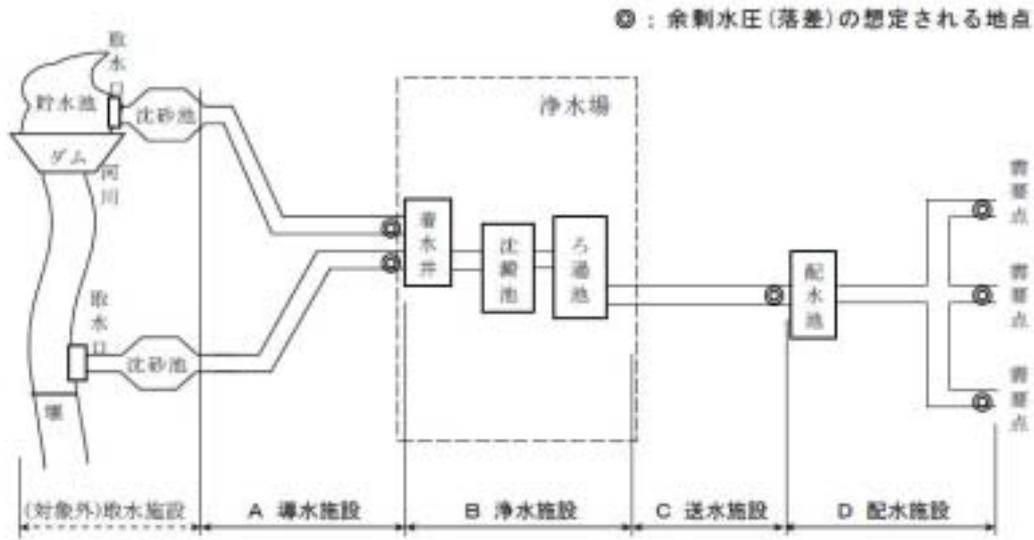


図 5-26 上下水道及び工業用水道施設の概念図

出典：新エネルギー財団（資源エネルギー庁委託調査）「H20 年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」

#### 5.5.1 既存調査の概要

（財）新エネルギー財団「H20 年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」における導入ポテンシャルを表 5-18 に示す。これによると未開発のポテンシャルは上水道が約 1 万 kW、工業用水道と下水道はともに 2,000kW 程度と提示されている。ただし、本調査はアンケート調査をベースにしており、全国的な導入ポテンシャルの一部しか集計されていない。

表 5-18 H20 未利用落差発電包蔵水力調査報告書における導入ポテンシャル

	上水道	工業用水道	下水道
(1)既開発	発電出力:8,519kW 発電量:2,358 万 kWh/年	発電出力: 18kW 発電量 : ----	発電出力:318kW 発電量:96 万 kWh/年
(2)未開発	発電出力:9,923kW 発電量:7,823 万 kWh/年	発電出力:1,916kW 発電量:1,511 万 kWh/年	発電出力:1,828 kW 発電量:1,441 万 kWh/年
合計	発電出力:18,442kW 発電量:10,181 万 kWh/年	発電出力:1,934kW 発電量:1,511 万 kWh/年	発電出力:2,146kW 発電量:1,537 万 kWh/年

### 5.5.2 本調査における推計方法

本調査では上下水道・工業用水道に関わる各協会（日本工業用水協会、日本水道協会、日本下水道協会）の公開データベース、公開資料（水道年鑑、下水道統計）により給水量や契約水量等を調査し、標準的と考えられる有効落差を乗じることによって、賦存量および導入ポテンシャルを算定した。

賦存量の推計においては、全ての事業者により発電施設が導入されることを想定して算定を行った。また、導入ポテンシャルの推計においては、経済性等を考慮し、表 5-19 に示す 2 つのシナリオに基づき算定を行った。なお、有効落差は既存アンケート調査の有効落差の平均値を設定した（表 5-20）。

その他の前提条件は以下のとおりとした。

- ・発電効率は 70%とした。
- ・上下水道の設備利用率は既開発地点の発電出力と発電量実績からそれぞれ 53.4%、48.9%とした。工業用水道の設備利用率は既存アンケート調査から 85.0%とした。
- ・工業用水道の契約水量に対する実給水量は川崎市の実績値から 78%とした。

表 5-19 導入ポテンシャルの算定シナリオ

	上水道	工業用水道	下水道
シナリオ 1	平均実績給水量 2 万 m <sup>3</sup> /日以上 2 万 m <sup>3</sup> /日とは、人口 7 万人レベルであり、全国の上水道事業者の給水量のうちの 80%が該当する。	契約水量 20 万 m <sup>3</sup> /日以上  20 万 m <sup>3</sup> /日とは、大規模なコンビナートレベルであり、全国の工業用水道事業者の給水量のうちの 63%が該当する。	日平均処理量 3 万 m <sup>3</sup> /日以上 3 万 m <sup>3</sup> /日とは、人口 10 万人レベルであり、全国の下水道事業者の処理量うちの 80%が該当する。
シナリオ 2	平均実績給水量 1 万 m <sup>3</sup> /日以上 1 万 m <sup>3</sup> /日とは、人口 3 万人レベルであり、全国の上水道事業者の給水量のうちの 88%が該当する。	契約水量 2.5 万 m <sup>3</sup> /日以上  2.5 万 m <sup>3</sup> /日とは、小規模な工業団地レベルであり、全国の工業用水道事業者の給水量のうちの 82%が該当する。	日平均処理量 1.5 万 m <sup>3</sup> /日以上 1.5 万 m <sup>3</sup> /日とは、人口 5 万人レベルであり、全国の下水道事業者の処理量うちの 90%が該当する。

表 5-20 有効落差の設定値

	上水道	工業用水道	下水道
有効落差 (設定値)	33.5m	16.2m	4.6m

### 5.5.3 導入ポテンシャル推計結果

#### (1) 上水道における賦存量および導入ポテンシャル

##### 上水道事業の緒元

本調査では平成18年度の統計値を使用した。平成18年度の上水道事業の概要を表5-21に示す。

表 5-21 上水道事業の概要

項目	内容	備考
上水道事業体数	1,409 事業	末端給水を行わない用水事業者は 79 事業体
上水道給水人口	119,670 千人	
配水能力	91,797 千 m <sup>3</sup> /日	
1日平均配水量	57,199 千 m <sup>3</sup> /日	施設利用率 62.3%
2 万 m <sup>3</sup> /日以上の事業所の 1日平均配水量合計	45,962 千 m <sup>3</sup> /日	・用水のみ事業体も含む ・事業体数は 446
1 万 m <sup>3</sup> /日以上の事業所の 1日平均配水量合計	50,199 千 m <sup>3</sup> /日	事業体数は 740

出典：水道産業新聞社「2009 年版水道年鑑」

#### H20 未利用落差発電包蔵水力調査報告書における関連データ

平成16～19年に新エネルギー財団は、1日平均配水量20,000m<sup>3</sup>以上の上水道事業体(施設管理者)に対して、発電出力が10kW以上となる地点に関するアンケート調査を実施している。同調査により明らかとなった未開発地点の緒元を以下に示す。

- ・未開発地点数 178 地点
- ・発電出力 9,923kW
- ・発電電力量 78,233MWh
- ・設備利用率 90%

同調査より、未開発地点数は178地点であり、既開発45地点の3倍以上あることがわかる。一方、その設備容量は9,923kWであり、既開発分8,634kWと同程度であることから、スケールメリットの高い地点から開発が進んだことが想像される。

なお、既開発における導入緒元を表5-22に示す。

表 5-22 既開発における導入緒元

項目	内容	備考
既開発地点数	45 地点	内 35 地点は H15 年 RPS 法施行以降に稼働している
発電出力	8,634kW	
発電電力量	24,687MWh	
平均設備利用率	53.4%	発電電力量に関する記載のある 24 箇所の発電施設 (5,041kW) の平均

出典：新エネルギー財団（資源エネルギー庁委託調査）「H20 年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」

### 既開発自治体へのヒアリング調査

上水道施設に中小水力発電を導入している川崎市へヒアリングを行い、設備の緒元を調査した。調査結果を以下に示す。

川崎市では、取水口から配水池に入るまでの送水施設における未利用落差を活用して発電を行っている。一方、配水池から需要家までの配水施設における未利用落差は開発の対象外としていない。これは、同市の場合、70万軒の需要家毎に有効落差は存在しても、1軒あたりの水量は少なく、配水系では発電が期待できないからである。また、川崎市では、需要家における受水槽を廃止して直圧直送することを目指しており、未利用落差そのものを減らす方針である。

- ・ 配水能力 989,900m<sup>3</sup>/日 (全国比 1.078%)
- ・ 1日平均配水量 483,500m<sup>3</sup>/日 (全国比 0.845%)
- ・ 既開発地点 2地点 (民設民営 事業期間 20年)
- ・ 発電出力 260kW (90kW、170kW)
- ・ 発電電力量 1,070MWh
- ・ 平均設備利用率 47.0%
- ・ 未開発地点 なし
- ・ メータ数 約 73万個

### 上水道における賦存量および導入ポテンシャルの推計

以上より、上水道における賦存量および導入ポテンシャルを算定すると、表 5-23 のとおりになる。

表 5-23 上水道の賦存量および導入ポテンシャル推計結果

	水量 (千 m <sup>3</sup> /日)	有効落差 (m)	システム 効率 (%)	設備容量 (万 kW)	設備 利用率 (%)	発電 電力量 (億 kWh/年)
賦存量	57,199	33.5	70	15.2	53.4	7.12
導入ポテンシャル (シナリオ1)	45,962	33.5	70	12.2	53.4	5.73
導入ポテンシャル (シナリオ2)	50,134	33.5	70	13.3	53.4	6.24

※導入ポテンシャルには既開発分 (約 9,000kW) を含んでいる。

## (2) 下水道における賦存量および導入ポテンシャル

### 下水道事業の緒元

本調査では平成 19 年度の統計データを使用した。平成 19 年度における下水道事業の概要は下記のとおりである。

処理場数 2,089 ヶ所 (275 ヶ所)

晴天時平均処理量 34,751 千 m<sup>3</sup>/日 (27,961 千 m<sup>3</sup>/日)

( ) 内は平均処理量 30,000m<sup>3</sup>/日以上 of 処理場数と処理量

出典：社団法人日本下水道協会、下水道統計 2009

### H20 未利用落差発電包蔵水力調査報告書における関連データ

既開発地点における導入緒元は表 5-24 のとおりである。

表 5-24 既開発地点における導入緒元

項目	内容	備考
既開発地点数	6 地点	
発電出力	318kW	
発電電力量	960MWh	
平均設備利用率	48.9%	発電電力量に関する記載のある発電施設(318kW 分)の平均

出典：新エネルギー財団（資源エネルギー庁委託調査）「H20 年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」

また、平成 16～19 年度に新エネルギー財団は、処理量が 30,000m<sup>3</sup>/日以上または未利用落差が 7m 以上ある事業者（施設管理者）に対して、発電出力が 10kW 以上の地点に関するアンケート調査を実施している。同調査によれば、未開発地点数は 66 地点で、平均設備利用率を 85%に設定した場合、設備容量は 1,828kW、発電電力量は 13,607MWh となる。

表 5-25 新エネルギー財団による下水道施設管理者へのアンケート結果

電力供給地域	平均処理量が3万m <sup>3</sup> /日以上		(1)既開発			(2)未開発			(1)+(2)	既開発を含む導入ポテンシャル kW
	*1 平均処理量 (m <sup>3</sup> /日)	*1 処理場数	件数	発電出力 kW	発電電力量 MWh/年	件数	発電出力 kW	発電電力量 MWh/年	発電出力 kW	
北海道電力	1,323,381	17	0	---	---	4	94	700	94	210
東北電力	1,342,107	18	0	---	---	6	236	1,861	236	213
東京電力	11,832,527	83	4	224	960	29	750	5,913	974	1,879
中部電力	2,917,913	42	0	---	---	10	223	1,758	223	463
北陸電力	530,182	9	0	---	---	0	---	---	---	84
関西電力	6,919,582	61	2	94	---	9	294	2,318	388	1,099
中国電力	825,572	13	0	---	---	2	33	260	33	131
四国電力	267,079	5	0	---	---	0	---	---	---	42
九州電力	1,776,800	25	0	---	---	5	184	1,451	184	282
沖縄電力	226,650	2	0	---	---	1	14	110	14	36
合計	27,961,793	275	6	318	960	66	1,828	14,412	2,146	4,440

出典：新エネルギー財団（資源エネルギー庁委託調査）「H20 年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」  
社団法人日本下水道協会「平成 19 年度版下水道統計」

### 既開発自治体へのヒアリング調査

下水道に中小水力発電の導入を計画している川崎市へヒアリングを行い、各設備の緒元を調査した。調査結果を以下に示す。

- ・ 処理場数：4ヶ所
- ・ 合計処理量：484,731m<sup>3</sup>/日（全国比 1.4%）
- ・ 入江崎処理場の更新にあたり、以下の中小水力発電設備が H23 年度に稼動予定
- ・ 発電設備仕様：水量 1.365m<sup>3</sup>/s × 有効落差 1.4m（設備容量 14kW）
- ・ 年間発電量：10 万 kWh
- ・ 設備利用率：81.5%

### 下水道における賦存量および導入ポテンシャルの推計

以上より、下水道における賦存量および導入ポテンシャルを算定すると、表 5-26 のとおりになる。

表 5-26 下水道の賦存量および導入ポテンシャル推計結果

	水量 (千 m <sup>3</sup> /日)	有効落差 (m)	システム 効率 (%)	設備容量 (万 kW)	設備 利用率 (%)	発電 電力量 (億 kWh/年)
賦存量	34,750	4.6	70	1.3	48.9	0.54
導入ポテンシャル (シナリオ1)	27,962	4.6	70	1.0	48.9	0.44
導入ポテンシャル (シナリオ2)	31,214	4.6	70	1.1	48.9	0.49

※導入ポテンシャルには既開発分（約 300kW）を含んでいる。

(3) 工業用水道における賦存量および導入ポテンシャル

工業用水道事業の緒元

平成20年度における工業用水道事業の概要は表5-27のとおりである。

表5-27 工業用水道事業の概要

項目	内容	備考
事業体数	153事業	
計画給水量	25,704千m <sup>3</sup> /日	
現在給水能力	21,547千m <sup>3</sup> /日	
契約水量	17,346千m <sup>3</sup> /日	
給水件数	5,618件	
全給水量	13,530千m <sup>3</sup> /日	・契約水量の78%(川崎市ヒアリング)を推定給水量とした ・上水道57,199千m <sup>3</sup> /日の23%に相当する
20万m <sup>3</sup> /日以上事業所の1日平均給水量合計	8,545千m <sup>3</sup> /日	契約水量の78%(川崎市ヒアリング)を推定給水量とした
2.5万m <sup>3</sup> /日以上事業所の1日平均給水量合計	11,051千m <sup>3</sup> /日	契約水量の78%(川崎市ヒアリング)を推定給水量とした

出典：社団法人日本工業用水協会工業用水道施設総覧 DATABASE  
http://www.jiwa-web.jp/database/を基に作成

H20 未利用落差発電包蔵水力調査報告書における関連データ

既開発地点における導入緒元は表5-28のとおりである。

表5-28 既開発地点における導入緒元

項目	内容	備考
既開発地点数	2地点	需要家所有設備
発電出力	18kW	
発電電力量	不明	
平均設備利用率	不明	

出典：新エネルギー財団（資源エネルギー庁委託調査）「H20年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」

また、平成16～19年度に新エネルギー財団は、工業用水道事業者（施設管理者）に対して発電出力が10kW以上の地点に関するアンケート調査を実施している。同調査によれば、未開発地点は23地点であり、平均設備利用率を90%と設定した場合、設備容量は1,916kW、発電電力量は1,511万kWhとなる。

表5-29 新エネルギー財団による工業用水道事業者（施設管理者）へのアンケート結果

電力供給地域	契約水量(m <sup>3</sup> /d)	事業者数	(1)既開発			(2)未開発			(1)+(2)	既開発を含む導入ポテンシャル(kW)
			件数	発電出力(kW)	発電量(MWh/年)	件数	発電出力(kW)	発電量(MWh/年)		
北海道電力	251,385	5	0	---	---	0	---	---	---	154
東北電力	1,934,228	20	0	---	---	2	220	1,734	220	1,183
東京電力	3,670,420	23	0	---	---	2	400	3,154	400	2,244
中部電力	2,634,716	9	2	18	---	4	506	3,989	524	1,611
北陸電力	725,987	10	0	---	---	10	245	1,932	245	444
関西電力	2,686,255	16	0	---	---	2	51	402	51	1,642
中国電力	3,199,703	23	0	---	---	2	34	268	34	1,956
四国電力	1,088,936	13	0	---	---	1	460	3,627	460	666
九州電力	1,138,534	33	0	---	---	0	---	---	---	696
沖縄電力	16,308	1	0	---	---	0	---	---	---	10
合計	17,346,472	153	2	18	---	23	1,916	15,106	1,934	10,605

出典：新エネルギー財団（資源エネルギー庁委託調査）「H20年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」

### 自治体へのヒアリング調査

川崎市へヒアリングを行い、設備の緒元を調査した。調査結果を以下に示す。

- ・ 現在給水能力 560,000 m<sup>3</sup>/日 (全国比 2.2%)
- ・ 契約水量 520,740 m<sup>3</sup>/日 (全国比 2.4%)
- ・ 使用水量 405,000 m<sup>3</sup>/日 (H19 年度)
- ・ 開発地点 なし (新エネ財団への回答した地点は減圧の必要がなくなった)

津久井分水池から長沢浄水場への導水における未利用落差発電(柿生発電所 680kW)は神奈川県企業庁で運営しており、工業用水道事業体以外で小水力発電が実施されることがあることがわかった。配水施設での落差利用をアンケート回答している事業体もあるが、一般的に、上水道と同様に直圧直送で需要家のポンプ動力削減を図る方が合理的である。

### 工業用水道における賦存量および導入ポテンシャルの推計

以上より、工業用水道における賦存量および導入ポテンシャルを算定すると、表 5-30 のとおりになる。

表 5-30 工業用水道の賦存量および導入ポテンシャルの算定結果

	水量 (千 m <sup>3</sup> /日)	有効落差 (m)	システム 効率(%)	設備容量 (万 kW)	設備 利用率 (%)	発電 電力量 (億 kWh/年)
賦存量	13,530	16.2	70	1.7	85.0	1.29
導入ポテンシャル (シナリオ1)	8,545	16.2	70	1.1	85.0	0.82
導入ポテンシャル (シナリオ2)	11,051	16.2	70	1.4	85.0	1.06

※設備利用率(85%)は、既設の発電電力量の有効なデータが得られなかったため、「H20 年度未利用落差発電包蔵水力調査報告書」における未開発地点の予想設備利用率とした。

※導入ポテンシャルには既開発分(約 20kW)を含んでいる。

#### 5.5.4 中小水力発電（上下水道・工業用水道）のまとめ

上下水道・工業用水道における賦存量および導入ポテンシャルの推計結果のまとめを表5-31に示す。本調査より、上下水道・工業用水道の賦存量は約18万kW、導入ポテンシャルは約14～16万kWであることが明らかとなった。新エネルギー財団によるH20未利用落差発電包蔵水量調査の結果よりも値が大きくなっているのは、当該調査ではアンケート調査により得られたデータを集計しているのに対し、本調査ではその結果を全国的に展開した場合を想定しているためである。

表 5-31 上下水道・工業用水道に関する賦存量および導入ポテンシャル

		上水道	下水道	工業用水道	合計
賦存量	設備容量(万 kW)	15.2	1.3	1.7	18.2
	発電量(億 kWh/年)	7.12	0.54	1.29	8.95
導入ポテンシャル (シナリオ 1)	設備容量(万 kW)	12.2	1.0	1.1	14.3
	発電量(億 kWh/年)	5.73	0.44	0.82	6.99
導入ポテンシャル (シナリオ 2)	設備容量(万 kW)	13.3	1.1	1.4	15.8
	発電量(億 kWh/年)	6.24	0.49	1.06	7.79
参考:H20 未利用落差発電包蔵水力調査(既開発+未開発)	設備容量(万 kW)	1.8	0.2	0.2	2.2
	発電量(億 kWh/年)	0.86	0.24	0.14	1.24

### 5.6 中小水力発電の賦存量および導入ポテンシャル(まとめ)

中小水力発電の賦存量および導入ポテンシャルのまとめを表 5-32 に示す。また、河川部および上下水道・工業用水道のシナリオ毎の設備容量、発電電力量を図 5-27 に示す。

表 5-32 中小水力発電の賦存量および導入ポテンシャル

	賦存量 万 kW	導入ポテンシャル (設備容量) 万 kW				導入ポテンシャル (年間発電量) 億 kWh/年			
		シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4
河川部	1,800	80	520	920	1,500	42	270	480	800
上下水道・ 工業用水道	18	14	16	16	16	7	8	8	8
合計	1,800	90	540	940	1,500	49	280	490	810

※河川部の年間発電量は設備利用率 60%で算定

※上下水道・工業用水道の設備利用率は個別に設定

※上下水道・工業用水道のシナリオ 3 および 4 はシナリオ 2 と同じとした

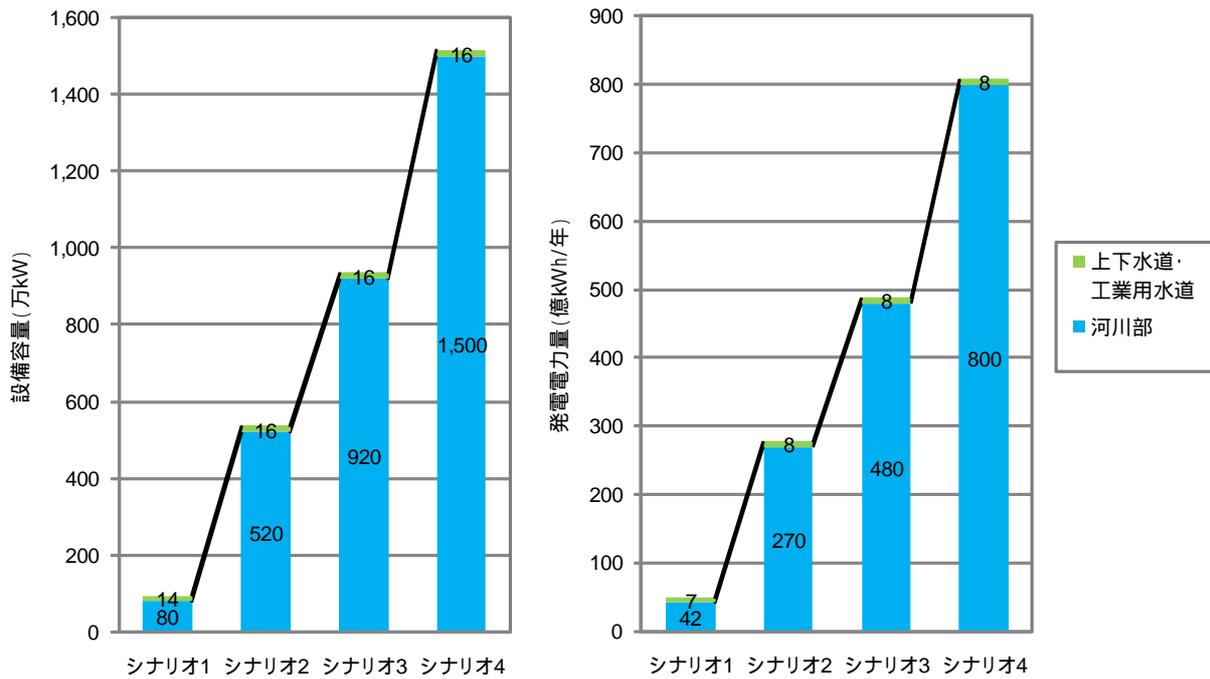


図 5-27 中小水力発電の導入ポテンシャル(シナリオ別)