

# 1 はじめに

## 1.1 本分析ツール開発の背景と目的

再生可能エネルギーの導入は、地球温暖化対策のみならず、エネルギーセキュリティの確保、自立・分散型エネルギーシステムの構築、新規産業・雇用創出等の観点からも重要です。このため、環境省では、今後の再生可能エネルギーの導入普及施策の検討のための基礎資料とすべく、平成 21～22 年度に「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」、平成 23～27 年度に「ゾーニング基礎情報整備」を実施し、我が国における再生可能エネルギーの賦存量、導入ポテンシャル及びシナリオ別導入可能量の推計等を行い、併せてゾーニング基礎情報を整備しました。

本分析ツールは、中小水力発電分野において、河川上の任意の地点における導入ポテンシャル(設備容量)を分析することで、中小水力発電の事業化検討を支援することを目的として開発しました。また、導入ポテンシャルの分析に加え、各種データの検索・閲覧を行うことができます。利用者は主として 1,000kW 規模の中小水力発電事業の事業化を計画されている民間事業者、各種計画や検討を行う自治体関係者を想定しています。

## 1.2 本分析ツールの位置づけ

一般に、中小水力発電の事業化は図 1.2-1 に示すステップを経て実施されます。本分析ツールでは、このうち「ステップ 1」の有望地点選定の机上検討を支援します。

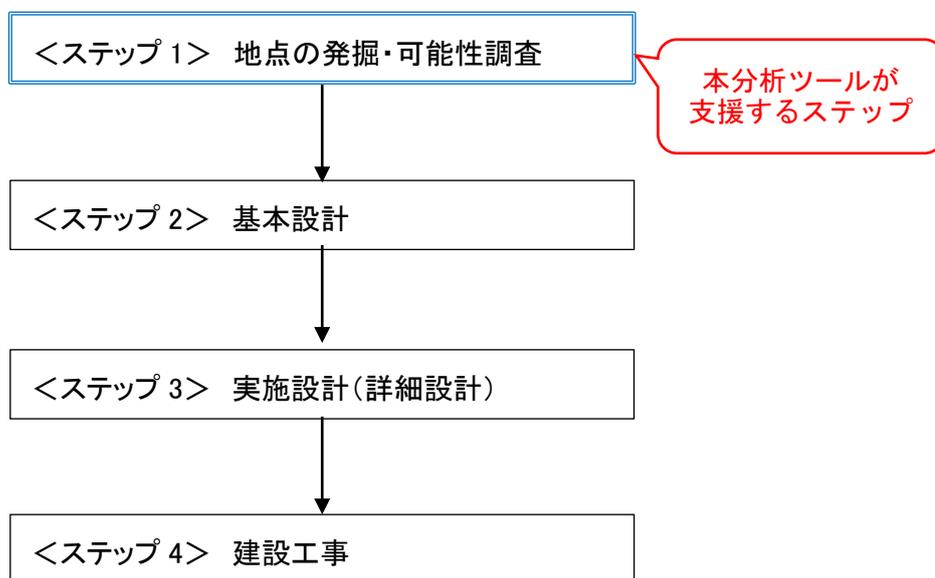


図 1.2-1 中小水力発電の事業化フロー

### 1.3 本分析ツールのご利用にあたって

「中小水力発電」とは、現在明確な定義はありませんが、出力 10,000kW～30,000kW 以下をと呼ぶことが多く、また「新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法（新エネ法）」の対象のように出力 1,000kW 以下の比較的小規模な発電設備を総称して「小水力発電」と呼ぶこともあります。

本分析ツールは、出力 1,000kW 規模の施設を想定して開発しました。発電方法は「流れ込み式」の新規開発の施設を想定し、出力及び概算工事費を計算します。

発電に利用する水量は、過去およそ 10 年間の観測流量を元に、これまでの「ゾーニング基礎情報整備」事業においてシミュレーションした数値を使用しています。概算工事費は、「水力発電計画工事費積算の手引き」（平成 25 年 3 月，経済産業省 資源エネルギー庁、一般財団法人新エネルギー財団）に記載されている経験式に基づいたモデルを構築し、計算しています。

本分析ツールの開発後、事業者の方々にご協力いただき、計算結果と実際の事業費の検証を実施したところ、事業費（概算工事費）及び建設単価は実際の事業費と±20～30%程度の乖離があることがわかりました。これは実際の工事の個別の条件を反映しきれないことによる乖離です。例えば、開発地点の諸条件（地形的条件や社会的条件等）に応じた材質・工法等を詳細設計に反映した結果、事業費が増加した、あるいは、リプレイス案件や既設の設備・施設を流用・使用することで事業費が低減した等です。そのため本ツールの算定結果の利用においては、本ツールの算定条件と実際の事業仕様との違いを踏まえた上で評価・活用いただきますようお願いいたします。

## 1.4 本分析ツールの機能

本分析ツールでは、中小水力事業推進支援のために特に有用と思われる機能を、専用メニューにより操作できるようにしてあります。

具体的には、以下の 4 つの機能を動作するためのボタンを専用ツールバー(図 1.4-1)として画面に配置しています。



図 1.4-1 専用ツールバー

### 1) 導入ポテンシャルの簡易シミュレーション機能 (事業化可能性評価)



利用者が①河川上の取水点、②導水管設置ルート、③放水点を地図画面上に描画し、さらに計算条件を入力することにより、「設備容量(kW)」、「概算工事費(千円)」、「建設単価(kW/千円)」を自動計算します。

### 2) 中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性検索機能 (あるもの探し)



環境省が平成 28 年度までに実施した「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」及び「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備」において作成した GIS データを用い、河川流量や勾配の値を指定して該当する箇所を地図上で強調表示できます。

### 3) 中小水力発電の導入に関わる基礎情報属性表示機能 (あるもの探し)



2)とは逆に、地図上の図形を選択し、その図形に関連する情報を表示することができます。

### 4) 距離・落差計測機能 (あるもの探し)



地図上で複数の地点を選択し、その間の距離と落差を測定することができます。

## 1.5 用語解説

### 1) 賦存量

設置可能面積、平均風速、河川流量等から理論的に算出することができるエネルギー資源量。現在の技術水準では利用することが困難なものを除き、種々の制約要因(土地の傾斜、法規制、土地利用、居住地からの距離等)を考慮しないもの。

### 2) 導入ポテンシャル

エネルギーの採取・利用に関する種々の制約要因による設置の可否を考慮したエネルギー資源量。「種々の制約要因に関する仮定条件」を設定した上で推計されます。

### 3) シナリオ別導入可能量

エネルギーの採取・利用に関する特定の制約条件や年次等を考慮した上で、事業採算性に関する特定の条件を設定した場合に具現化することが期待されるエネルギー資源量。

事業採算性については、建設単価等を設定した上で事業収支シミュレーションを行い、税引前のプロジェクト内部収益率(PIRR)が一定値以上となるものを集計しました。

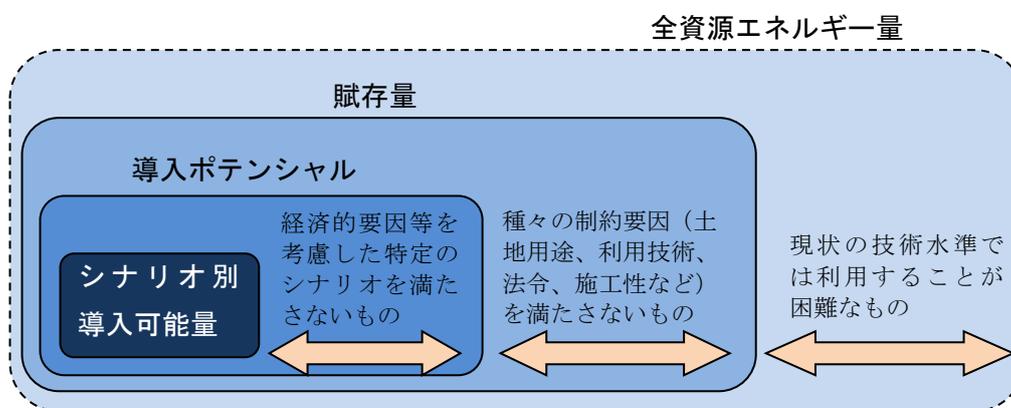


図 1.5-1 賦存量・導入ポテンシャル・シナリオ別導入可能量の概念図

### 4) GIS (Geographic Information System)

地理情報システム。地理的位置を手がかりに、位置に関する様々な情報を持った複数のデータ(空間データ)をコンピュータを用いて総合的に管理・加工し、視覚的表示や高度な分析を行なうシステムです。

## 5) レイヤ

GIS においては、複数のデータが地図上に層状に重ね合わせて表示されます。このとき、基本の地図に各種データを配置して1つの地図画面を構成する構造を、レイヤー構造(階層的構造)と呼び、配置されているそれぞれのデータの「層」を「レイヤ」(または「レイヤー」)と呼びます。

地図表示の上下関係はレイヤ管理画面(ソフトウェアにより名称は異なります)で管理します。

本分析ツールで扱うデータのレイヤイメージを図 1.5-2 に示します。このうちの「シナリオ別導入可能量データ」、「標高データ」、「陰影図データ」は初期状態では非表示設定としているため、表示される地図には現れません。

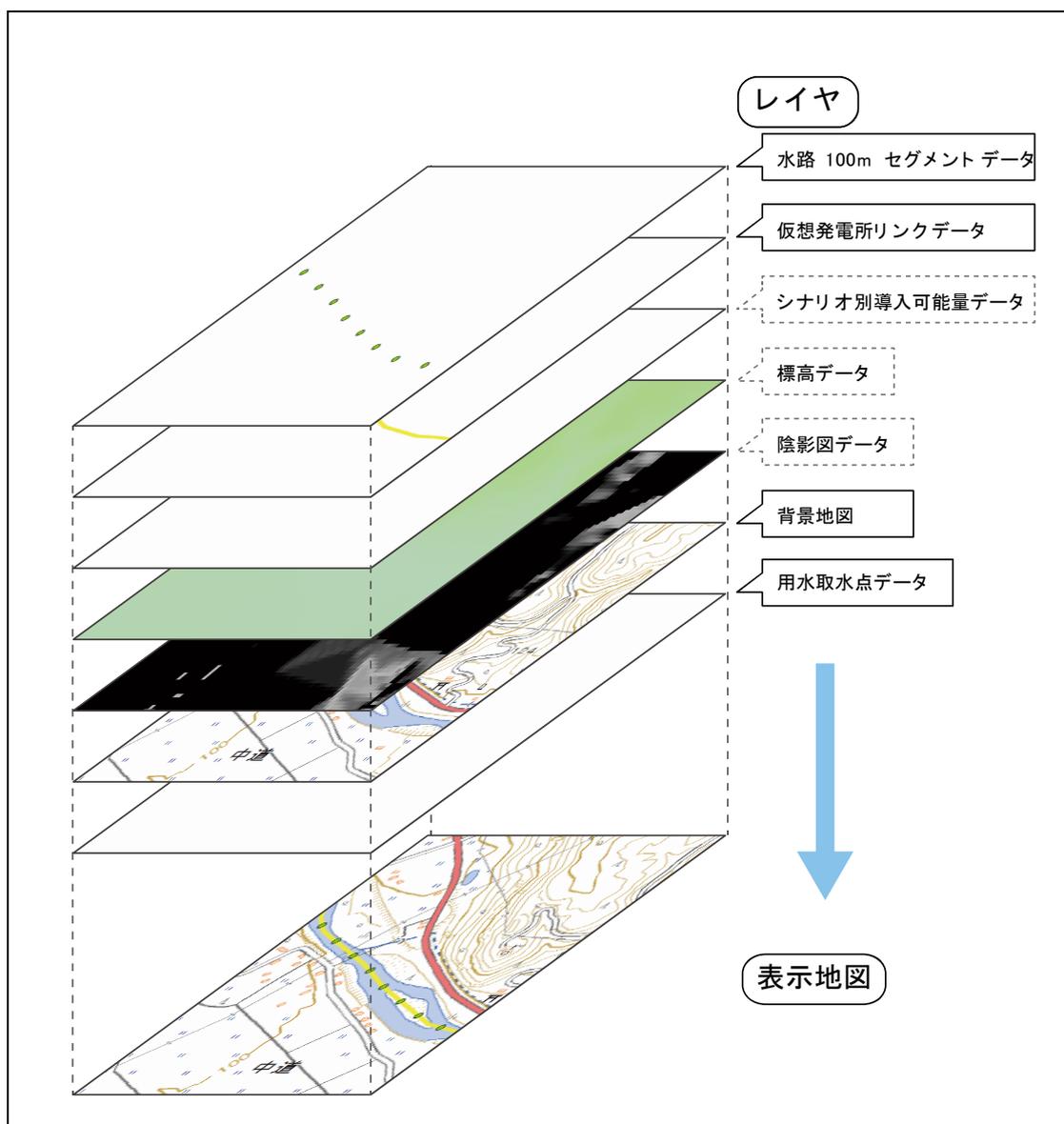


図 1.5-2 本分析ツールにおけるデータのレイヤ構造

## 6) 図形情報と属性情報

GIS で扱うデータは、「図形情報」と「属性情報」を持ちます。「図形情報」は地図上に表示される幾何学的な形状についての情報で、図形(面(ポリゴン)、線(ライン)、点(ポイント))で表示されます。「属性情報」は図形情報に結びつく非幾何学的な情報で、本分析ツールで扱う情報では河川名、標高等が該当します。「属性情報」は「属性」とも呼ばれ、文字情報で表示されます。

## 7) 地物

地物という言葉は、天然と人工にかかわらず、地上にあるすべての物の概念のことで、河・山・植物・橋・鉄道・建築物・行政界など、実世界に存在するものに与えられる名前です(国道交通省国土地理院 HP「地理情報標準第2版(JSGI2.0)の入門」([http://www.gsi.go.jp/GIS/stdind/nyumon\\_0440.html](http://www.gsi.go.jp/GIS/stdind/nyumon_0440.html)))。

地図上で表現されるものは全て地物と呼ばれます。

## 8) 属性検索

GISにおけるデータの検索方法のひとつ。GISで扱うデータの持つ複数の属性について、ひとつ以上の条件を指定し、その条件に合致する属性を持つ地物(図形)を地図上で抽出・表示する検索方法です。

## 9) QGIS

無償のオープンソース GIS ソフトウェア。多くの研究機関や官公庁での利用実績があり、プラグインによる拡張機能が充実しているため、本分析ツールのソフトウェアとして選定しました。

## 10) プロジェクトファイル

QGIS でデータ表示状態を保存するファイル。保存する情報は、①配置したデータ(レイヤ)群、②凡例等を含むデータの表示設定、③地図の投影法、④最後に表示された地図の表示範囲(領域)です。プロジェクトファイルを保存することで、次回作業時に同じ状態で開始することができます。

## 11) プラグイン

ソフトウェアが標準的に持っている機能以外の機能を追加するための小さなプログラム。QGISにおいては、本分析ツールや背景地図を表示する「TileLayer Plugin」がこれに該当します。

## 1.6 ツールに搭載されている中小水力発電関連データ

本分析ツールには、中小水力発電に関するゾーニング基礎情報を含め、これまで環境省が作成・利用してきた様々なデータ(GIS データ)が搭載されています。

これまでの事業の詳細及び報告書等は、環境省ホームページ「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報」(<https://www.env.go.jp/earth/zoning/index.html>)の「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」をご覧ください。

本分析ツールに搭載されている主なデータを以下に説明します。

### ● 仮想発電所リンク

全国の河川について河川水路網を合流点で分割し、合流点から合流点までの「リンク」について、リンクの上流端を取水点、下流端を発電所(放水点)とする「仮想発電所」として定義したモデルのデータです。

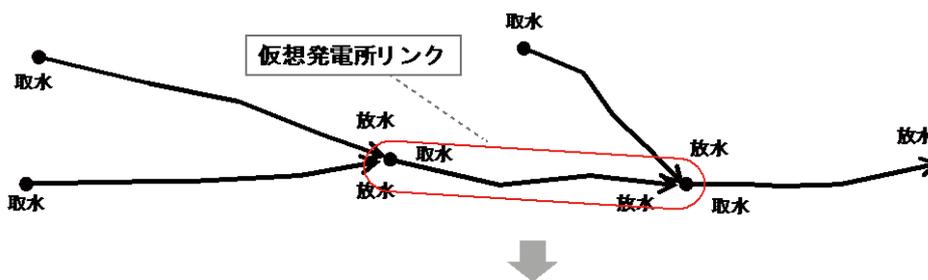


図 1.6-1 仮想発電所リンク模式図

仮想発電所リンクモデルは、「平成 21 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(環境省)において、全国の河川における中小水力発電賦存量推計のために構築したもので、全国に約 28 万か所(リンク)の仮想発電所を定義しています。

上記調査では、仮想発電所ごとに設定した使用可能水量と有効落差を用いて発電出力(設備容量:kW)を算定し、全仮想発電所の数値を合計して全国賦存量及び導入ポテンシャルを推計しています。

本分析ツールでは、上記調査において「導入ポテンシャル」の算定ができた仮想発電所のデータを線(ライン)の形式で搭載しており、設備容量(の階級)に応じて着色して表示されます。

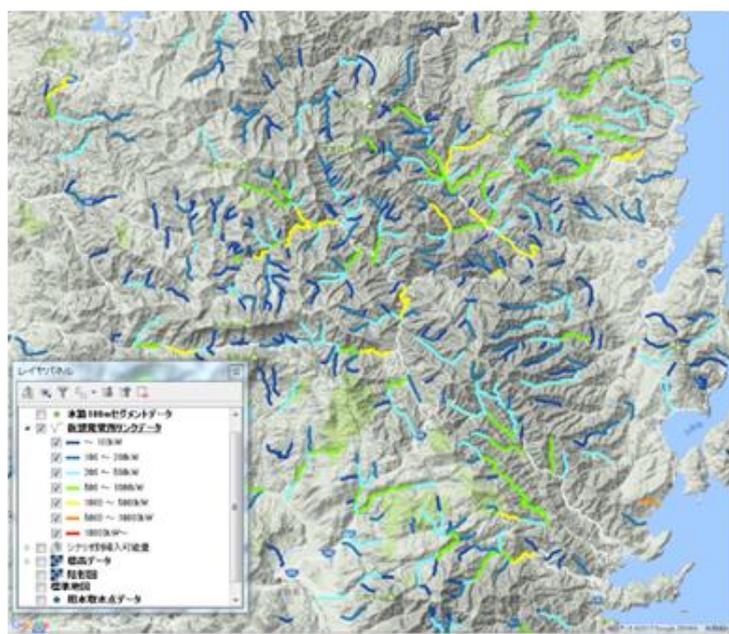


図 1.6-2 仮想発電所リンクの表現

## ●水路 100m セグメント

全国の河川を 100m単位で分割した点データです。前述の仮想発電所リンクの最上流端及び最下流端は、この水路 100m セグメントのいずれかを用います。

本分析ツールでは、水路 100m セグメントの属性情報として、「流域面積」(小流域の面積を上流から累加したもの)、「標高値」、「幅員 3m 以上の道路までの距離」及び「使用可能水量( $\text{m}^3/\text{秒}$ )」を搭載しています。「使用可能水量( $\text{m}^3/\text{秒}$ )」は、流量観測所・ダムの実測流量データと流域面積をもとに、流域面積按分により算定した推計値です。

本分析ツールにおいて水路 100m セグメントは、点(ポイント)データの形式で搭載されており、単一色(黄緑)の凡例で表示されます。

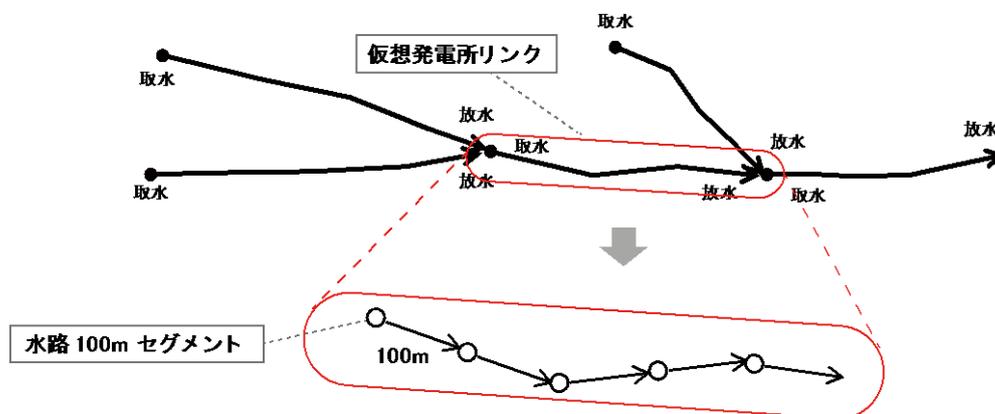


図 1.6-3 水路 100m セグメント模式図

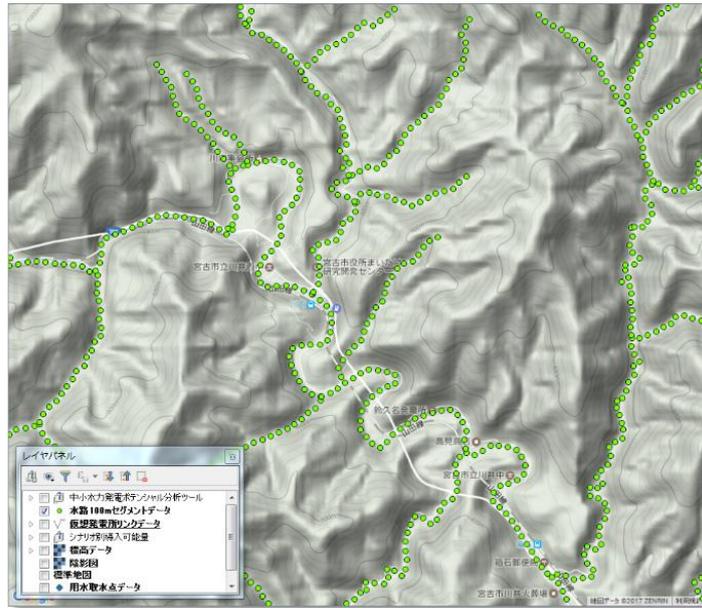


図 1.6-4 水路 100m セグメントの表現

## ●シナリオ別導入可能量

導入ポテンシャルが計算できた仮想発電所(河川リンク)のうち、FIT の売電単価と PIRR により設定したシナリオを達成できる仮想発電所を抽出したものです。

シナリオは、経済産業省調達価格等算定委員会において示された調達価格(売電価格)を参考に下表に示す4つを設定し、さらに各シナリオを達成するための開発可能条件を設定することで、仮想発電所の抽出を行いました。

本分析ツールにおいてシナリオ別導入可能量は、前述した仮想発電所の取水点(リンク上流端)の点(ポイント)データの形式で搭載されており、シナリオごとに単一色の凡例で表示されます。

表 1.6-1 シナリオ概要

シナリオ	達成すべきシナリオ	開発可能条件	備考
1	24 円/kWh×20 年間で税引前 PIRR≥7%	事業単価 < 115 万円/kW	PIRR≥8% では 108 万円/kW
2	20 円/kWh×20 年間で税引前 PIRR≥8%	事業単価 < 90 万円/kW	
3	29 円/kWh×20 年間で税引前 PIRR≥7%	事業単価 < 139 万円/kW	PIRR≥8%では 131 万円/kW
4	34 円/kWh×20 年間で税引前 PIRR≥7%	事業単価 < 163 万円/kW	PIRR≥8% では 153 万円/kW

<事業単価の定義>

「事業単価」(円/kW) = 現状の全事業費(円) / 設備容量(kW)

= (電気設備費 + 土木工事費 + 道路整備費 + 送電線敷設費 + 開業費) / 設備容量

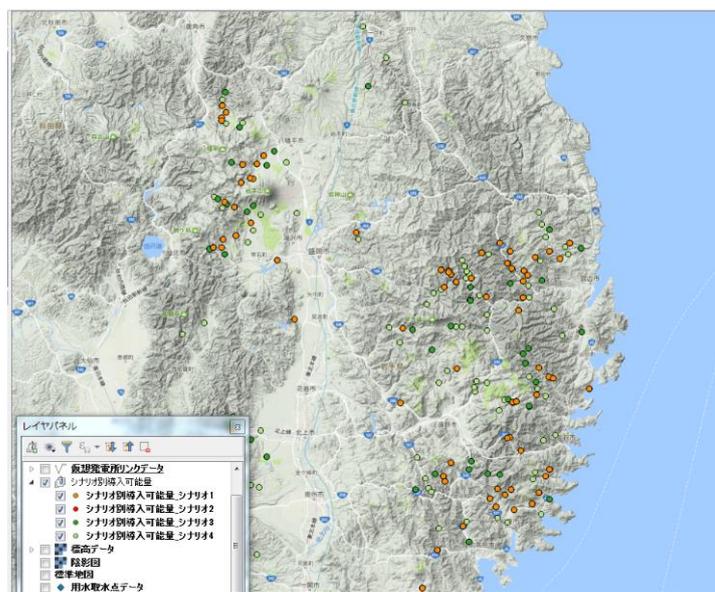


図 1.6-5 シナリオ別導入可能量の表現

## ●かんがい用水取水点

「平成 22 年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」において収集した農業用水路の頭首工の位置データ(点データ)です。中小水力発電の計画にあたり、計画区間でかんがい用水取水が行われている場合は、使用可能水量を少なく見積もるなどの配慮が必要になります。そのような目的で参照していただくことを想定して搭載したデータです。

本分析ツールにおいてかんがい用水取水点は、点(ポイント)データの形式で搭載されており、単一色(青)の凡例で表示されます。

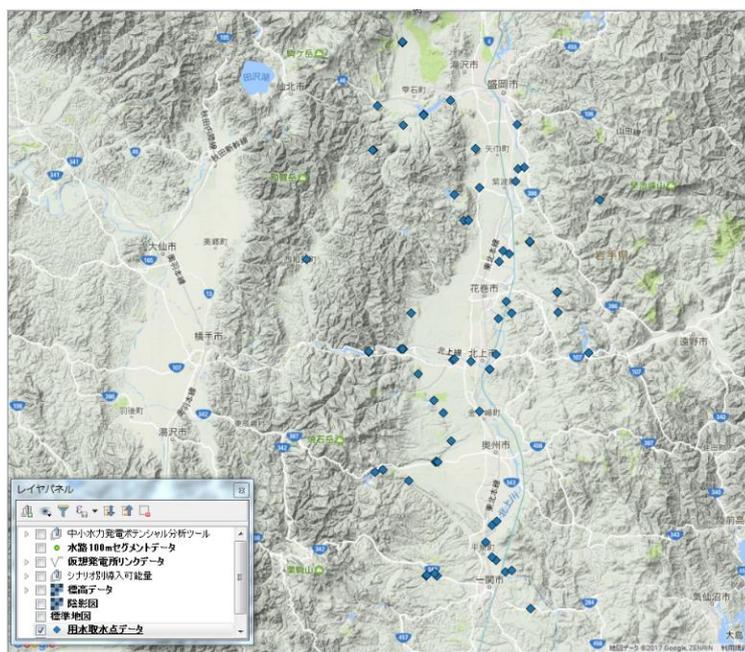


図 1.6-6 かんがい用水取水点の表現

## ●各種背景図データ

本分析ツールに搭載しているデータはいずれも GIS データ(地理空間データ)であり、地図上に図形として表現して利用するものです。ツールの使い勝手向上のため、一般的な地図データを、背景図として表示できるようにしてあります。具体的には、以下の3つの背景図画像データを用意しています。

### ①地理院地図

国土地理院がインターネット上に公開している地形図データです。一般に紙媒体で販売されている地形図を画像データとしたものです。表示縮尺に応じて最適化された画像が表示されるなど、ツールの背景図としての使い勝手のよいものとなっています。このデータは、インターネット上に公開されているものに本分析ツールがアクセスして表示させますので、利用にあたっては PC をインターネットに接続した状態でツールを使うことが必要となります。

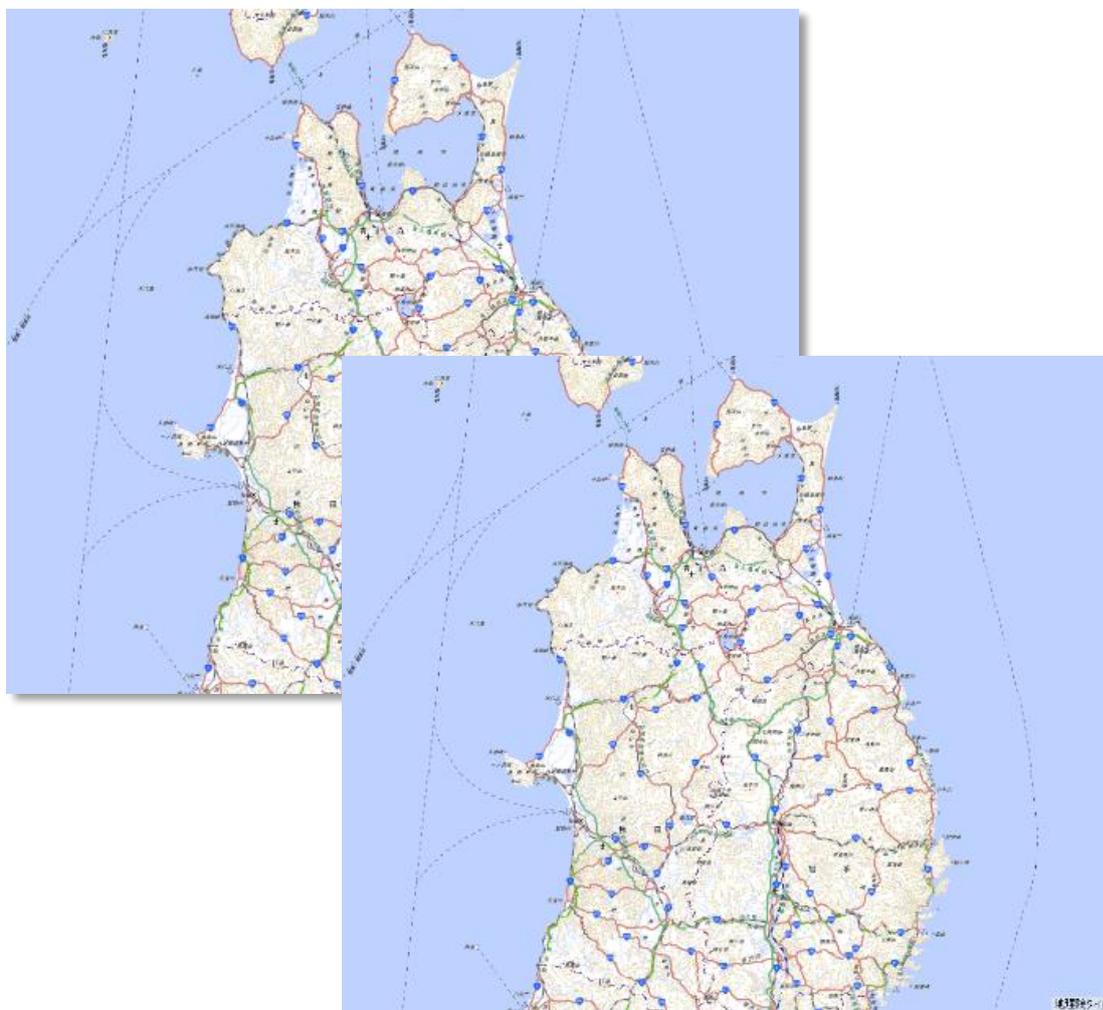


図 1.6-6 地理院地図

## ②陰影図、標高データ

国土地理院が一般に配布している「基盤地図情報」のうち、「数値標高モデル 10m メッシュ 標高」データ ([https://fgd.gsi.go.jp/download/ref\\_dem.html](https://fgd.gsi.go.jp/download/ref_dem.html)) を用い、標高値あるいは地形の起伏を画像で表現したデータです。

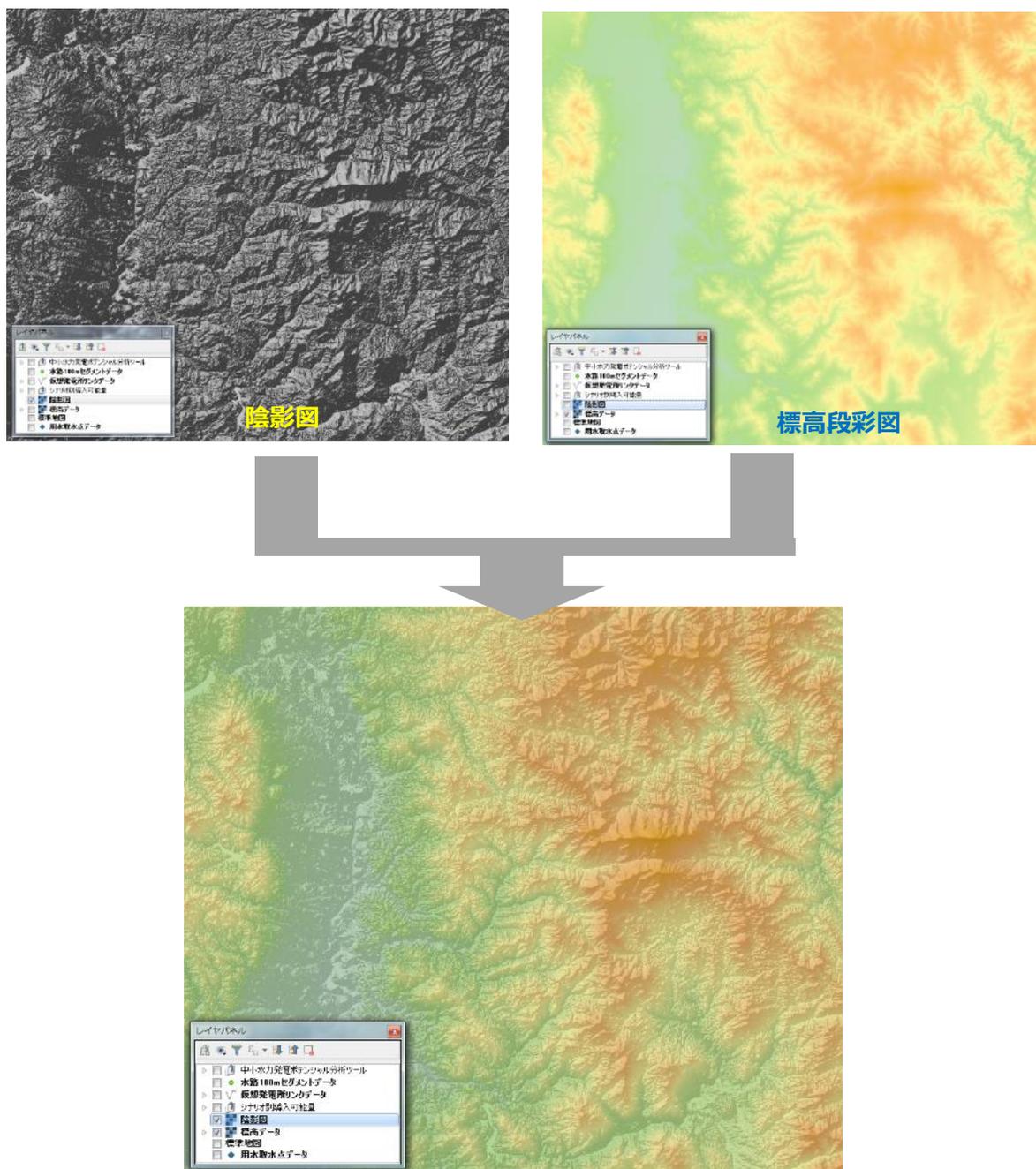


図 1.6-7 標高投影図データと陰影図データの重ね合わせ

## 【参考】各データのソース、計算方法

本分析ツールでは、地図に表現する GIS データの「属性情報」として様々な数値的情報を搭載しています。これらはこれまでの環境省の調査業務において、基本的に一般に入手可能なデータを加工して作成されたものです。作成方法の概要を以下に説明します。詳細については、「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査」(平成 21 年度～23 年度)、「再生可能エネルギーゾーニング基礎情報整備」(平成 24 年度～28 年度)の各報告書を参照してください。

### 1) 使用可能水量

全国の 329 か所の流量観測所における直近約 10 年間の日流量(実測値)を元に、流況、維持流量、及びかんがい取水を考慮し、さらに設備利用率が 60%となる場合の年間使用可能水量を算定した上で、流況曲線から設備容量上の最大流量( $\text{m}^3/\text{秒}$ )を試算した値です。

詳細は「平成26年度 再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」p.54～68 を参照ください。

### 2) 標高

水路 100m セグメントの標高値。国土地理院の「基盤地図情報(数値標高モデル)10mメッシュ(標高)」から取得しています。

### 3) 有効落差

標高差から損失水頭を差し引いた値です。以下の式で計算します。

$$\text{有効落差 (m)} = (\text{取水点標高} - \text{放水点標高}) - (\text{導水管長} / 500)$$

### 4) 設備容量

設備容量(発電出力)は以下の式で計算します。

$$\text{設備容量 (kW)} = \text{使用可能水量} \times \text{有効落差} \times 9.8 \times \text{発電効率 (0.72)}$$

### 5) 概算工事費

概算工事費は「水力発電計画工事費積算の手引き」(平成 25 年 3 月, 経済産業省 資源エネルギー庁、一般財団法人新エネルギー財団)に記載されている経験式に基づき、設備項目ごとに計算します。詳細は「平成 26 年度報告書の p.65～67」を参照ください。

### 6) 建設単価

建設単価は以下の式で計算します。

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