

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

中小水力発電 (Vol.2)

— 開発可能な発電量電力量と発電原価、設備利用率との関係 —

平成 27 年 3 月

Small/medium-scale Hydroelectric Generation (vol.2):
Relationships among Possible Generated Energy, Cost of Power Generation and
Energy Availability Factor

Strategy for Technology Development

Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies

国立研究開発法人科学技術振興機構
低炭素社会戦略センター

LCS-FY2014-PP-06
(平成 27 年 4 月印刷版)

概要

本稿は、中小水力発電一要素技術の構造化に基づく定量的技術シナリオと科学・技術ロードマップ（着手段階）（平成 26 年度 3 月発行）の続編である。

我が国における中小水力発電は概ね 3 万 kW 以下の発電出力のものであり、その未開発賦存量は発電出力基準で約 900 万 kW 程度とされている¹⁾。各々の発電出力は小規模であり 200kW 程度の規模の発電所では、現状の発電原価が 40 円 /kWh 前後となり、普及のためには 1/3 程度にコストダウンを行う必要がある。建設費は電気関係工事費と土木工事費に大別されるが、候補地が約 2 万地点と多いことからいずれも標準化と量産化によるコストダウンが期待できる。昨年度の報告では、水車、発電機等の電気関係工事費について材料費率の分析から標準化により 1/3 程度にできる可能性を示した。本稿では土木工事費に対して、①適切な素材を使用する、及び、②量産により一般の土木工事標準単価を適用する、というコストダウン方法を採用し、建設工事費全体を計算した。その結果発電原価を現在の 1/3 程度の 15 円 /kWh 以下にできた。

また、環境省の調査結果においては、設備利用率 60% を一定として全国の年間発電電力量が約 47TWh と試算されているが、最大使用水量を多くし、最大出力を増すことで、設備利用率は平均約 40% に下がるが、全国の年間発電電力量は約 22% 増加して約 58TWh となった。

今後は各地点固有の条件を把握し、適切な開発条件、工事方法などを検討したうえで普及に向けた提案を行う。

Abstract

The power outputs of Japanese Small/medium-scale Hydroelectric power plants are less than 30 MW and those untapped potential quantities are estimated about 9 GW power output by Ministry of the Environment in June, 2012. Each power output is small-scale, and in typical 200 kW power plants, the current costs of power generations are around 40 yen/kWh. In order to spread the small/medium-scale hydroelectric power generations, the costs of power generations must be reduced to 1/3 of the current costs. Construction costs are roughly classified into electrical construction costs and civil engineering construction costs. Since the candidate site is about 20,000 locations, each cost reduction can be expected by the standardization and mass production. In the previous report, we showed the possibility to reduce the electrical construction costs to 1/3 of the current situation, by standardizing the hydro turbines and generators with analyzing of the materials costs. In this paper, we tried to calculate the overall reduced construction costs by applying the cost down methods of (1) usage of appropriate materials and (2) employment of the general standard unit prices of mass production to civil engineering costs. As a result, it was found that it is possible to reduce the power generation costs to less than the 15 yen/kWh which is the 1/3 of current costs.

National annual generated energy of small/medium hydroelectric generations is estimated to 47 TWh by Ministry of the Environment under the assumption of 60% energy availability factor. This value can be increased to 58 TWh by increasing the maximum flow rate although energy availability factor reduce to average 40% from 60%.

In future, we propose for the dissemination of small/medium-scale hydroelectric generations, by investigating each individual site condition and appropriate construction method.

目次

概要

1. 緒言	1
2. 現在の中小水力発電原価	1
3. コストダウン方法	2
4. 総建設費構造	3
5. 都道府県別発電電力量と発電原価の計算結果	3
6. 政策立案のための提案	5
参考文献	5

1. 緒言

水力発電は他の再生可能エネルギーに比べて供給安定性に優れ、設備利用率も高い利点がある反面、電気関係工事費及び土木工事費等の建設費初期投資が大きいため普及を難しくしている。我が国では、その発電設備容量は既設が約 2000 万 kW（揚水発電を除く）、未開発賦存量が約 900 万 kW とされている¹⁾。比較的投資効率の良い大規模なダム建設を伴う発電地点はほぼ開発済みであり、今後の開発可能な地点は、主に河川を利用した中小規模の流れ込み式発電所である。これらは、地点数は約 2 万地点と多いものの、小規模であり、個別の投資効率は悪く、広く普及させるためには大幅なコストダウン策が必要である。

また、中小水力発電候補地は、その発電能力が水量と落差といった地点固有の制約に依存する反面、全国に広く分布しており、普及が進めば他の再生可能エネルギーとも併用した分散型エネルギー源としても有望である。

本稿は、中小水力発電の普及促進のあり方について、未開発賦存量の適切な把握や、建設費のコストダウンの可能性を中心に提案するものである。前年度の提案書²⁾では建設費の内水車や発電機などの電気関係工事費のコストダウン可能性について示した。本稿では建設費の大半を占める土木工事費のコストダウン方法について示し、発電電力量と発電原価の計算を行う。また各都道府県別の発電電力量と発電原価の関係についても各河川の流況を考慮して計算し、今後の開発可能性について比較検討できるようにする。

なお、新技術導入の可能性、および水利権など法規制への対応については、今後進める。

2. 現在の中小水力発電原価

現在の発電原価を把握するため、モデル化した発電出力 200kW 前後の中小発電所を想定し、総建設費と発電原価を計算する。計算条件としては、流量は一律 $0.5\text{m}^3/\text{s}$ とし、落差と水路長を変化させることにより発電出力を変えた。設備利用率 60%、経費率 8% とし、水車と発電機の総合効率は 0.72 とした。現在のコスト計算には「水力発電計画工事費積算の手引き」³⁾（平成 24 年度新エネルギー財団）を用いた。水路については、取水口から水車まで水圧管（従来は鉄管）で直接導水する一般的に安価な工法とした。結果は図 1 に、以下に示すコストダウン方法による発電原価と比較して示す。

3. コストダウン方法

まず候補地である未開発地点が約 2 万地点と多く、量産効果が期待できることから、電気関係工事費については前年度の提案書の結果により現在の 1/3 とした。また、土木工事費については以下のようなコストダウン方法を採用した。

- ① 土木工事費の大半を占める水路に使う水圧管材質を従来の鉄から落差 100m 以下で使用可能な FRPM 管（強化プラスチックモルタル管）を使用することで、材料費と敷設費が約 1/3 に削減できる。未開発地点の有効落差は大きく取れず、ほとんどが 100m 以下であり、FRPM 管が使用できる。FRPM 管は鉄管に比べ軽量で扱いやすく、しかもコンクリート基礎工事が不要であるため敷設工事費、材料費とも安価であり、既に中小水力発電で使用実績がある。
- ② 量産により工事の効率が改善でき、一般土木工事の積算標準単価⁴⁾が使えることで、水路掘削費を約 1/3 に削減できる。

図 1 に 200kW 前後の中小発電所について、現在の総建設費と発電原価および、コストダウン後のそれらの値を比較して示す。総建設費についてはいずれも発電出力に比例して大きくなっている。一方、発電原価は発電出力の増加とともに低下するが、100kW 以上ではほぼ一定となっており、出力を増しても発電原価は一定以上下がらないことを示している。発電出力が増すと単位発電電力量当たりの発電機関係費は減少するが、水路工事費は増加するため、互いに相殺して発電原価がほぼ一定となるためである。発電出力が 100kW 以上では現在の発電原価は 35 ~ 40 円 / kWh であるのに対し、コストダウン方法により約 1/3 の 15 円 / kWh 以下になり、普及可能な発電原価にできる。

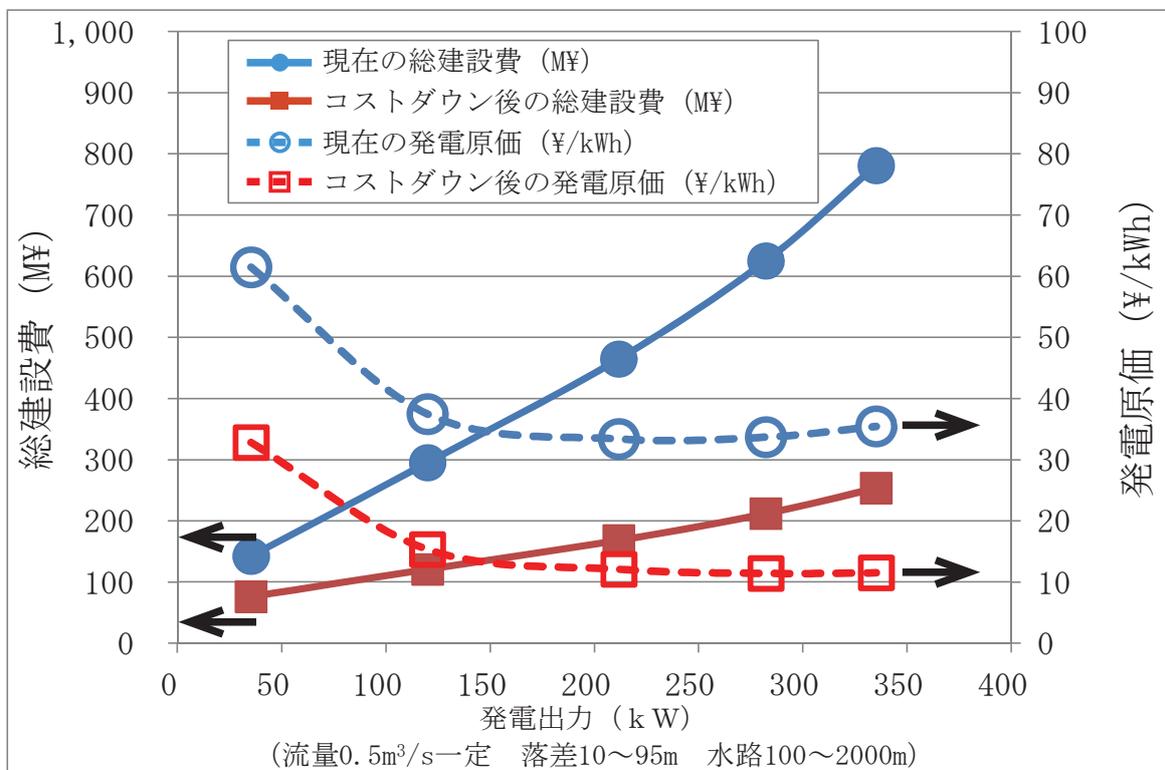


図 1 発電出力と総建設費および発電原価の関係
 (現在とコストダウン後の比較：いずれも設備利用率 60% 経費率 8%)

4. 総建設費構造

図 2 に代表的な出力 212kW 発電所の総建設費構造例を示す。

現在の総建設費は管水路工事費が大半を占めている。管水路材質が鉄のため、基礎工事のコンクリート費用分が大きいこと（FRPM 管には不要）および掘削費が大きいことが主因である。

一方、前項のコストダウン方法では、水車等電気関係工事費、および管水路工事費をそれぞれ約 1/3 にできることから、総建設費を約 1/3 に削減できる。

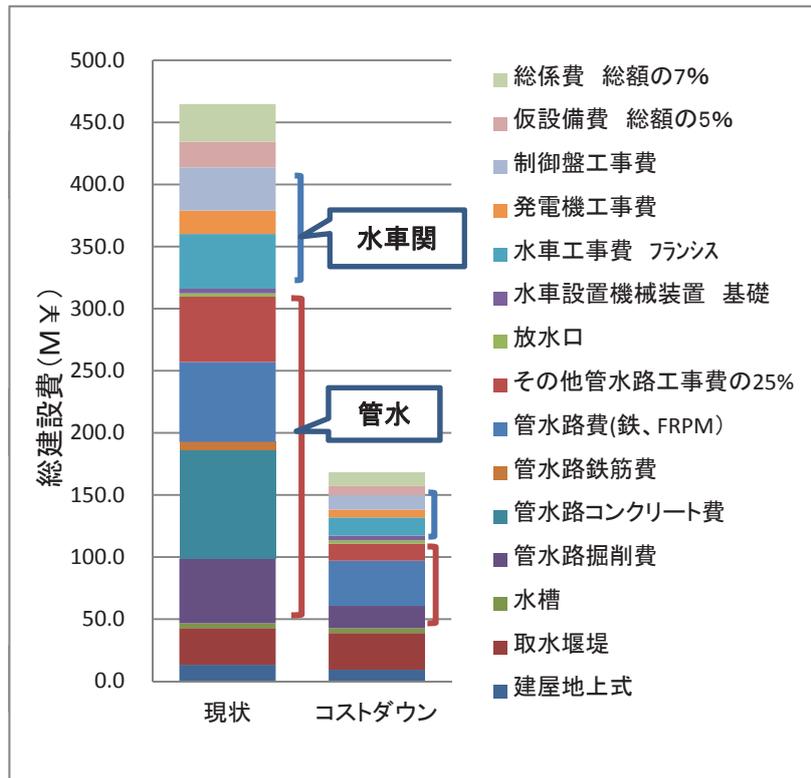


図 2 現在とコストダウン後の総建設費構造の比較
 (流量 0.5m³/s、有効落差 60m、水路長 1000m 発電出力 212kW の計算例)

5. 都道府県別発電電力量と発電原価の計算結果

図 3 に前項のコストダウン方法を用いて、全国の主な都道府県別発電電力量と発電原価、およびこれらに影響の大きい設備利用率との関係を計算した結果を示す。各都道府県について、設備利用率を 25 ~ 80% の間で変え、それぞれの発電原価が 15 円 /kWh 以下で発電電力量が最大になるような設備利用率を求めた。その設備利用率は、都道府県で平均約 40% となる。

計算には各都道府県の代表的な水系の流量データ⁵⁾と既設の流れ込み式発電所⁶⁾の平均的な河床勾配を使用した。

環境省の調査結果においては、設備利用率 60% 一定として全国の年間発電電力量が約 47TWh と試算されているが、最大使用水量を多くし、最大出力を増すことで、設備利用率は平均約 40% に下がるが、全国の年間発電電力量は約 22% 増加して約 58TWh となった。一方、発電原価は多少増加するものの、加重平均で 13 円 /kWh 程度に抑えられる可能性がある。また、設備利用率を調整することの影響は都道府県ごとにばらつきがある。岐阜、福島、富山県は設備利用率を調整

することにより 4~5 円 /kWh の発電原価の増加で、年間発電電力量は 40% 程度増加するが、新潟県では 10% 程度の増加に留まっている。これは、対応する河川の流況の差によるところが大きい。

本計算では、県ごとの代表的な河川の流量データを用いているため、平均的な各都道府県の傾向を概観できるが、具体的な普及の検討にはさらに個別の河川の流量データを把握する必要がある。

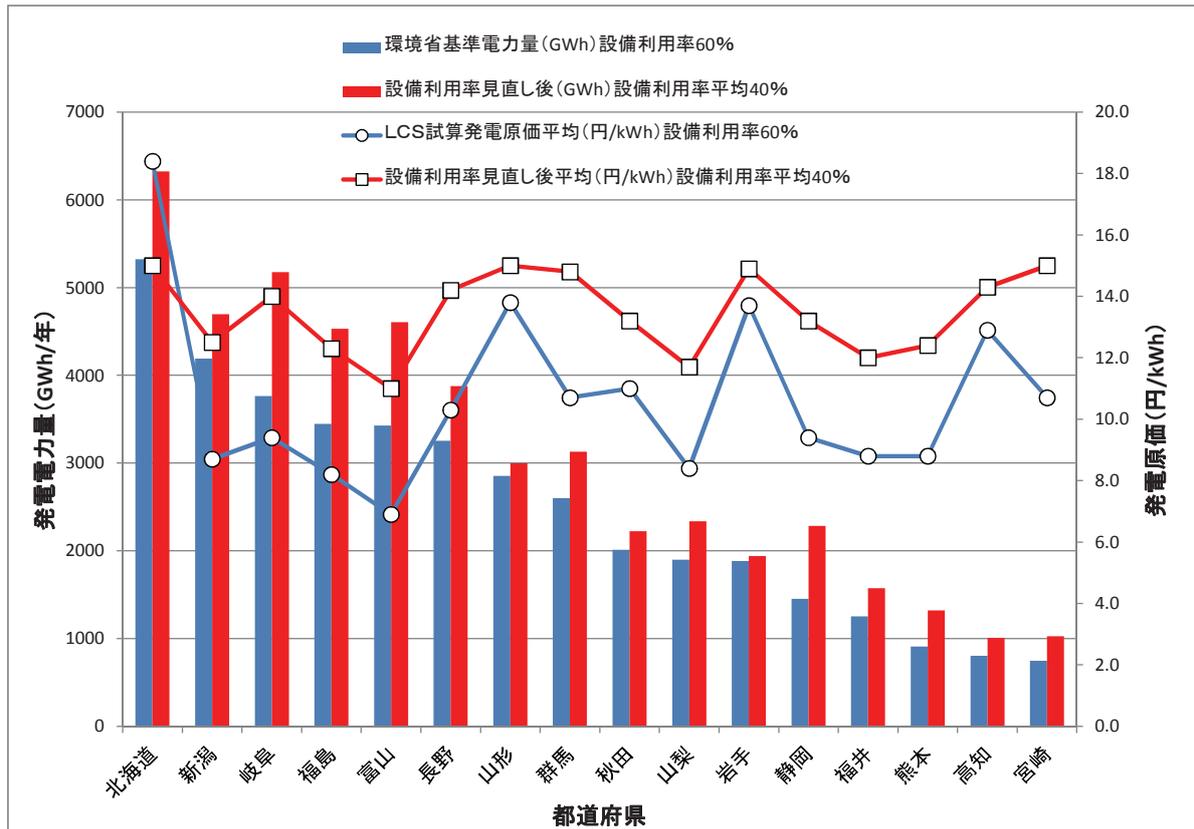


図3 主要都道府県別年間発電電力量と発電原価の比較（有効落差平均 50m）
（環境省報告書（設備利用率 60%）と設備利用率見直し後（平均 40%）の比較。）

6. 政策立案のための提案

本稿では、全国についての概算を示したが、今後は各地点固有の条件を把握し、適切な開発条件、工事方法などを検討したうえで普及に向けた提案を行う。

- (1) 日本の中小水力発電の未開発賦存量は約 900 万 kW とされている。大きな再生可能エネルギー源であるが、現状では建設費としての初期コストが高く、普及の妨げになっている。現在の総建設費構造を分析し既存の各電源の発電原価に近づける可能性を検討した。
- (2) 一例として発電出力が 200kW 前後の規模が見込める候補地点について試算したところ現在の発電原価は 35 ～ 40 円 /kWh 程度であり、普及可能な発電原価に近づけるためには現在の 1/3 程度にコストダウンをする必要がある。
- (3) 未開発地点は全国に約 2 万地点あり、広く普及させることによりコストダウン効果が見込める。前年度の提案書では水車などの電気関係工事費は標準化と量産により現在の 1/3 にコストダウンできることを示した。本稿では建設費の大半を占める土木工事費についても量産効果が期待できることから、コストダウン方法として一般の土木工事積算標準単価の適用や、100m 以下の有効落差で使用可能で安価な FRPM 管の採用などを検討した。その結果、発電出力が 100kW 以上の地点については発電原価を現在の約 1/3 の 15 円 /kWh 程度にコストダウンできる可能性がある。
- (4) 以上のコストダウン方法により、環境省の調査結果の年間発電電力量約 47TWh に対し、最大使用水量を多くし最大出力を増すことで、設備利用率は平均約 40% に下がるものの、全国の年間発電電力量は約 58TWh と約 22% 増加できる。

参考文献

- 1) 「平成 23 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」、環境省、平成 24 年 6 月。
- 2) 「中小水力発電—要素技術の構造化に基づく定量的技術シナリオと科学・技術ロードマップ（着手段階）—」、(独) 科学技術振興機構低炭素社会戦略センター、「イノベーション政策立案のための提案書」、平成 26 年 3 月。
- 3) 「水力発電計画工事費積算の手引き」、一般財団法人 新エネルギー財団、平成 25 年 3 月。
- 4) 「下水道工事積算標準単価」、一般財団法人 建物物価調査会、平成 25 年版。
- 5) 「水文水質データベース」、国土交通省、<http://www1.river.go.jp/> (2015 年 1 月時点閲覧可)。
- 6) 「水力発電所データベース」、一般社団法人 電力土木技術協会、<http://www.jepoc.or.jp/hydro/> (2015 年 1 月時点閲覧可)。

低炭素社会の実現に向けた
技術および経済・社会の定量的シナリオに基づく
イノベーション政策立案のための提案書

技術開発編

中小水力発電 (Vol.2)
— 開発可能な発電量電力量と発電原価、設備利用率との関係 —

平成 27 年 3 月

Small/medium-scale Hydroelectric Generation (vol.2):
Relationships among Possible Generated Energy, Cost of Power Generation and Energy Availability Factor
Strategy for Technology Development,
Proposal Paper for Policy Making and Governmental Action
toward Low Carbon Societies,
Center for Low Carbon Society Strategy,
Japan Science and Technology Agency,
2015.3

国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

(平成 27 年 4 月印刷版)

本提案書に関するお問い合わせ先

- 提案内容について・・・低炭素社会戦略センター 主任研究員 浅田 龍造 (Ryuzo ASADA)
- 低炭素社会戦略センターの取り組みについて・・・低炭素社会戦略センター 企画運営室

〒102-8666 東京都千代田区四番町5-3 サイエンスプラザ4階
TEL : 03-6272-9270 FAX : 03-6272-9273 E-mail : lcs@jst.go.jp
<https://www.jst.go.jp/lcs/>

© 2015 JST/LCS

許可無く複写・複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
