

# 日本における小水力利用の現状・特集号によせて

## Preface to the Special Issue on “Utilization of Small Hydro Power in Japan”

根本泰行\*

### 1. はじめに

コロナウイルスは1年で世界を変えた、去年の1月には知らなかったZoomが何か、今では皆知っている。出張の多くがオンライン会議で不要になった。元に戻したいと思う人がいる一方で、このままの方が都合いいと考える人もいるだろう。東京では6月から人口流出が続いている。地方でのリモートワークも定着したようだ。世の中は極めて短期間で変化する。私たちは知った。

10月、菅総理は所信表明演説で「2050年に温室効果ガス排出ゼロ」を宣言した。11月に英国、12月に東京都が「2030年に乗用車新車販売の100%非ガソリン化」を宣言した。日本政府としても同様の政策を検討中だという。今夏、エネルギー基本計画は、見直しの着手期限を迎える。1年後、世界はどのように変わっているだろうか。

本特集「日本における小水力利用の現状」では、発電用途として世界で最も導入量が多い再生可能エネルギーである水力を取り上げる。7名の著者から各界における小水力の取り組み事例についてご紹介いただくが、それに先立ち、水力ならびに小水力利用の基礎について概説する。

### 2. 世界の水力エネルギー利用

海洋や河川の水は太陽エネルギーを受けて蒸発する。水蒸気は上空で冷やされて雲を作り、移動した雲が雨を降らす。山岳地で降った雨水は集まって河川を形成する。この河川の高低差を利用するのが水力エネルギーであり、太陽を源とする再生可能エネルギーである。

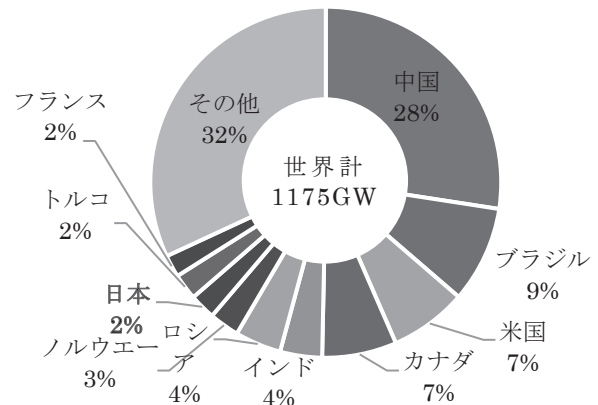


図2 世界の水力発電 (2018)<sup>(2)</sup>

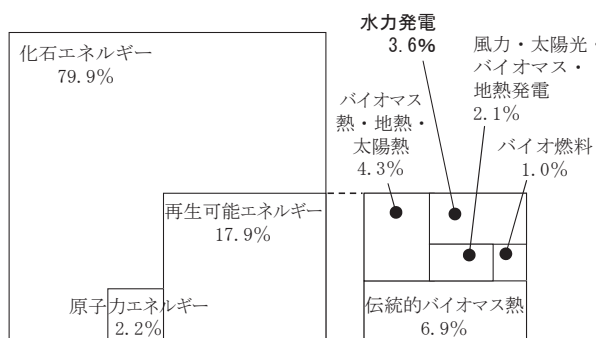


図1 世界のエネルギー利用 (2018)<sup>(1)</sup>

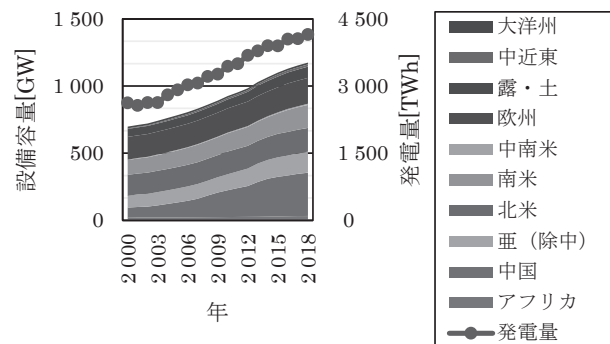


図3 世界の水力発電 (推移)<sup>(2)</sup>

\* 足利大学 教授

世界の最終エネルギー消費 378 EJ の 17.9% が再生可能エネルギーと見積もられているが、うち 6.9% は途上国等で利用されている伝統的バイオマス、4.3% はやはりバイオマスや太陽熱等の熱利用であり、発電用途としては 3.6% の水力エネルギーが最大となる。(図 1)

国別で保有する水力発電設備を見ると、28% を占める中国が最大であり、以下、ブラジル、米国、カナダ、インドと続く。日本は 2% で世界第 8 位である。(図 2)

ここ 20 年でみると、世界の総設備容量は 700 から 1,175 GW、総発電量は 2,600 から 4,100 TWh へと大幅に増加しているが、そのかなりの部分は中国における大規模水力発電所の新設によるものである。(図 3)

大規模水力発電所の新設に関しては問題も生じている。130 万人を移住させる国家プロジェクトとして造られた三峡ダム・水力発電所 (2,250 万 kW) は、昨夏、大雨決壊による広範な被害が懸念された。エチオピアで建設中のグランドルネッサンスダム・水力発電所 (600 万 kW) は、ナイル川の流量に影響を与えるとしてエジプト、スーダンとの間で国際紛争化した。(ちなみに映画「黒部の太陽」で有名な黒四ダム・黒部川第四水力発電所の設備容量は 33.5 万 kW である。)

### 3. 日本の水力エネルギー利用

日本の一次エネルギー利用 20EJ のうち、再生可能エネルギー (水力含む) の比率は 11.7% がであり、水力の比率は 3.5% である。また発電量 1,051 TWh のうち、再生可能エネルギー (水力含む) の比率は 16.9% であり、水力の比率は 7.7% である。近年、日本の再生可能エネルギーとしては太陽光の伸びが著しいが、水力エネルギーの果たす役割はいまだに大きい。(図 4)

ここ 10 年でみると、発電量は 74 から 81 TWh、総設備容量は 21.9 から 22.7 GW と、ともに微増にとどまっている。総設備容量を出力別で見ると、30 MW 以上のものが 12.9 GW (57%)、30 MW 未満のものが 9.8 GW (43%) となっている。(図 5)

日本の包蔵水力 (技術的・経済的に開発可能な水力発電の資源量) を見ると、既開発のものに関しては 10 MW 以上の占める割合が大きい。

一方、未開発の有望箇所に関しては、10 MW 以下の占める割合が大きいことがわかる。(表 1) 日本では、大規模な水力発電有望箇所の多くはすで

に開発済みとなっているのである。また、現在の日本では集落を水没させ、環境に大きな影響を与える大規模水力発電の開発は社会的にも受容されにくい。

こうしたことから、水力エネルギー利用としては規模の小さな「小水力」への期待が高まっているのである。

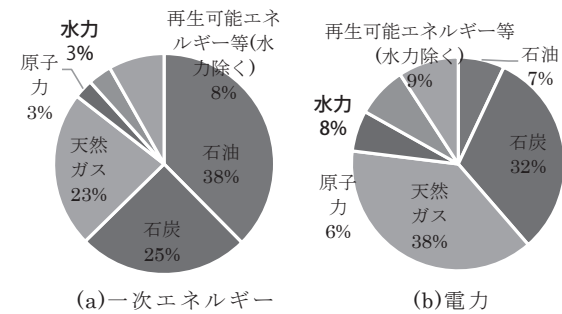


図 4 日本のエネルギー利用 (2018)<sup>(3)</sup>

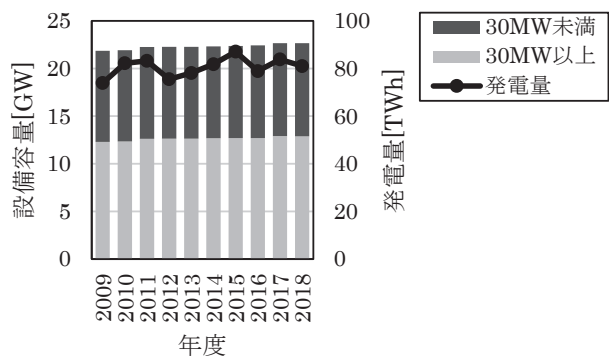


図 5 日本の水力発電電力量 (揚水を除く)<sup>(4)</sup>

表 1 日本の包蔵水力 (2018)<sup>(5)</sup>

[MW]	既開発		工事中		未開発	
	地点	出力	地点	出力	地点	出力
~1	616	251	24	8	356	235
1~10	1497	3,577	36(4)	62	2432	6,690
10~50	457	9,529	6(3)	91	227	4,059
50~100	68	4,436	1(1)	63	13	782
100~	27	5,103	0	0	3	378
計	2,049	22,645	43(8)	217	2,675	10,909

※( )内は既開発地点の増設、改造中地点数

表 2 水力発電の規模による分類

[MW]	NEDO ガイドブック	新エネ特措法, RPS 法
~0.1	マイクロ水力	対象 (小水力)
0.1~1	ミニ水力	
1~10	小水力	対象外
10~100	中水力	
100~	大水力	

#### 4. 小水力エネルギー

「小水力」の定義としては、10 MW 以下とするものと、1 MW 以下とするものが混在している。NEDO マイクロ水力発電導入ガイドブック（2003）では、10 MW 以下を小水力、1 MW 以下をミニ水力、100 kW 以下をマイクロ水力と分類しているが、定着しているとはいえない。新エネルギー法では、1 MW 以下の水力発電が新エネルギーに認定されている。また、RPS 法においても、1 MW 以下が RPS 法の対象となっている。一般的には概ね 1 MW 以下を小水力として扱っていることが多い。（表 2）

小水力発電は、その構造面から、ダムにより河川をせき止めるダム式、川の上流から水を取り発電後下流に水を戻す水路式、両者を組み合わせたダム水路式に分類される。また、利用面から、大量の水を溜める年間運用の貯水池式、電力消費の少ないときに水を溜め 1 日～数日の電力需給調整を行う調整池式、水を溜めない流れ込み式に分類される。（図 6 (a)）

水源としては、一般河川、砂防ダム・治山ダム、農業用水路、上水道施設、下水処理施設、ダム維持放流、既設発電所放流水、ビル循環水、工業用水など、様々なものが用いられている。（図 6 (b)）

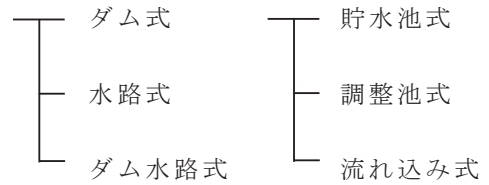
水車の種類としては、圧力水頭を速度水頭に変換して作用させる衝動式、圧力水頭を作用させる反動式が代表的である。上掛式・下掛式などの開放式水車が用いられることもある。（図 6 (c)）落差と流量の観点から最も適した水車を選択するのが一般的である。高揚程のものについては、フランシス式やペルトン式などが用いられることが多いが、低揚程のマイクロ水車用としては多様な水車が用いられている。（図 7）

#### 5. 小水力エネルギーの長所

小水力の長所として、第 1 に、年間を通じて安定した高い発電量が期待できることが挙げられる。水の流れは風や日射に比べ変動が小さいため、電力品質に悪い影響を与えない。水力発電の設備利用率は 70% 程度であり、15% 以下の太陽光、20～30% の風力など他の再生可能エネルギーと比べかなり高いことから、同じ設備容量の装置で数倍の電力を得ることができる。

第 2 に、環境負荷が小さいことが挙げられる。水力発電は化石燃料を用いる火力発電は勿論、他の再生可能エネルギー発電に比べても単位発電量あたりの温室効果ガス排出量が少ない。（図 8）大きなダ

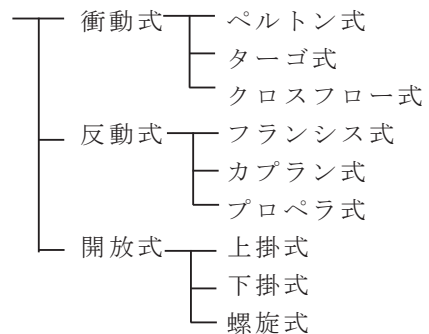
ムを必要としない小水力発電では、土地利用その他に関する環境負荷も小さくすることができる。（ただし水路式では取水口から下流域までの減水区間が



(a)構造と水の利用による分類

一般河川	ダム維持放流
砂防ダム・治山ダム	既設発電所放流水
農業用水路	ビル循環水
上水道施設	工業用水
下水処理施設	

(b)水源による分類



(c)水車による分類

図 6 水力発電の分類

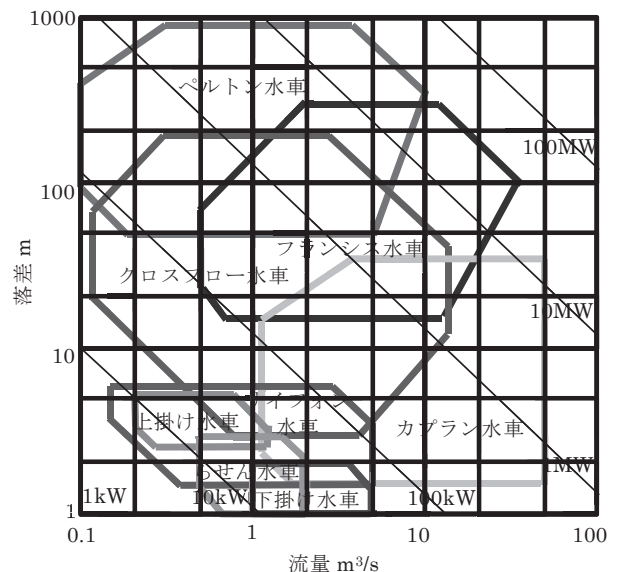


図 7 水車の適用範囲<sup>(6)</sup>

環境に影響を与える可能性があることに注意が必要である)

第3に、地域の活性化に適していることが挙げられる。地元のコンサルタント、施工業者、地元業者による保守管理などにより、地域の雇用促進に有効であり、地域内の経済循環を高めることが可能である。

第4に、日本に適したエネルギーである。国土の75%を山地が占め、世界平均の約2倍の降水量を源とする豊富な水量を誇る我が国では長きにわたり精米・燃糸などに多数の水車を利用してきた。これを活用しない手は、ない。

### 6. 小水力エネルギーの短所

小水力の短所の第1として、これは風力など他の再生可能エネルギーに関してもいえることだが、設置地点が限られることが挙げられる。落差と流量が一定以上ない場所では、設置しても十分な経済効果が得られない。

第2に、季節により水量が大きく異なる場合があることが挙げられる。農業用水路などでは、本来の目的である農業生産のために、季節で意図的に水量を変えている場合もある。

第3に、規模が小さくなるにつれ、経済性が悪化することが挙げられる。発電単価は、一般水力の11円/kWhに対し、1000kWでは23円/kWh、200kWでは27円/kWhと高くなる。(図9)小水力の建設費内訳の一例を表3に示す。

第4に、日本国内に小水力に関連したメーカーが少ないことが挙げられる。第二次世界大戦時に地域の小水力発電会社を1社に統合した日本では、規模の論理からその後水力発電所の大型化が進み、既存の小水力発電所が次々に廃止されたため、地域の小水力発電会社を残した欧州各国と違い、小水力発電機の更新・整備を行う会社が育たなかったためと思われる。

第5に、日本の河川や用水路には多くのごみ、そして木の枝や枯れ葉が流れてくること、その掃除が手間であることが挙げられる。そのため、各水車メーカーはスクリーンや除塵機のしくみを工夫している。

第6に、これが最も大きな問題と言えるが、水の使用に関する利害関係(水利権)は非常に複雑であり、法的手続きが煩雑となることが挙げられる。小水力に関連してとくに大きな問題となる河川法の抜粋を表4に示す。

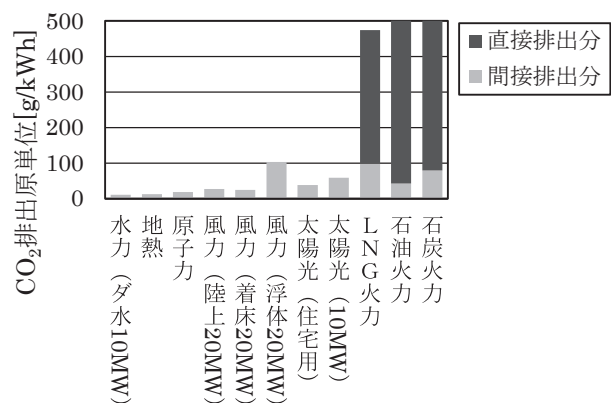


図8 CO<sub>2</sub>排出原単位<sup>(7)</sup>

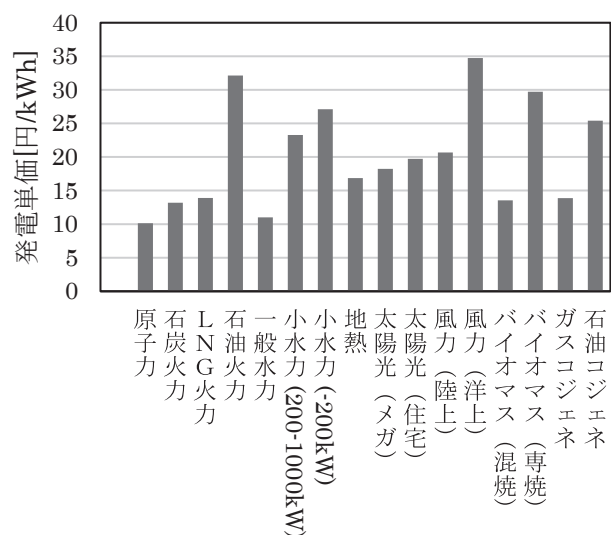


図9 発電コスト (2020年モデル)<sup>(8)</sup>

表3 小水力発電の建設費内訳 (一例)<sup>(9)</sup>

		コスト比率	パラメータ
電気工事費	水車	50~60%	落差
			流量と効率
			回転数
	発電機	10~20%	回転数
			極数
			電圧
	制御盤	30%	周波数
			電圧
			系統連系有無
土木工事費	電気工事費× 50~500%		取水口形状
			水路形状
			水圧管形状
			堰堤有無

### 7. 小水力エネルギー利用と制度

他の再生可能エネルギーと同様に、小水力発電においても普及を目的として、2012年、固定価格買取制度（FIT）が導入された。2009年からの10年間で買取価格が48円から24円/kWhまで大きく低下した太陽光とは異なり、小水力の買取価格に大きな変動は生じていない。小水力の買取価格は、発電出力と、新設か既設（既に設置している導水路を活用して電気設備と水圧鉄管を更新したもの）かによって異なっており、2020年現在の買取価格は新設のもので20～34円/kWh、既設のもので12円～25円/kWhで設定されている。（図10）

FIT制度による小水力発電買取発電量は、年々増加しているが、2019年度段階でまだ4TWh未滿にとどまっている。これは日本の水力発電の総発電量の5%に満たない。この理由として、煩雑な手続きと高い初期投資費用などが挙げられている。（図11）

小水力のFIT制度については、電気の活用が、自治体の防災計画等に位置づけられることなどを義務付ける「地域一体型」という別種類の地域活用要件の導入が計画されている。また、現在の固定価格買取から、変動する市場価格にプレミアム（補助額）を上乗せする、FIP制度への移行が予定されている。（図12）

### 8. おわりに

日本の小水力のポテンシャルは、環境省によると14GWである。河川と農業用水だけで9GW以上であるとされ、その多くが1MW以下である。（表5、表6）

日本全体のエネルギー自給率は10%に満たないが、地方自治体に目を向けると、自給率数千%の町や村も存在する。その多くが主に水力利用をしている自治体である。（表7）

古くから用いられてきた、日本に最も適した再生可能エネルギーを上手に利用することにより、コロナ後の世界が「グリーンリカバリー」していくことを強く望んでいる。

表4 小水力に関連する河川法（抜粋）<sup>(10)</sup>

法令等	届出・許可等	届出先
河川法	・流水の占有の許可	当該河川管理者
	・土地の占有の許可	
	・工作物の新築等の許可	
	・土地の掘削等の許可	
	・河川保全区域における行為の許可	
	・地盤検査、一部使用検査	地方整備局等の事務所又は都道府県の担当部局
・完成検査		
	・ダム操作規程の承認申請	当該河川管理者

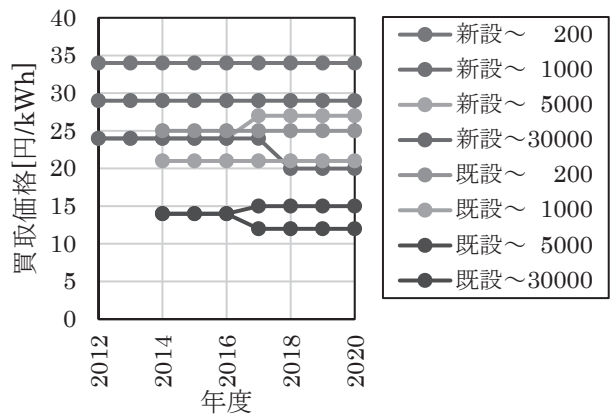


図10 FIT制度の小水力発電買取価格<sup>(11)</sup>

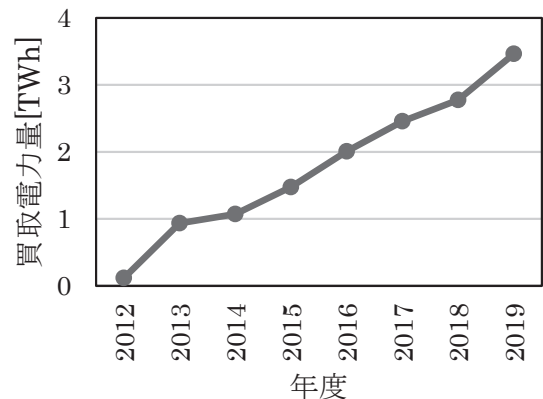


図11 FIT制度の小水力発電買取電力量<sup>(12)</sup>

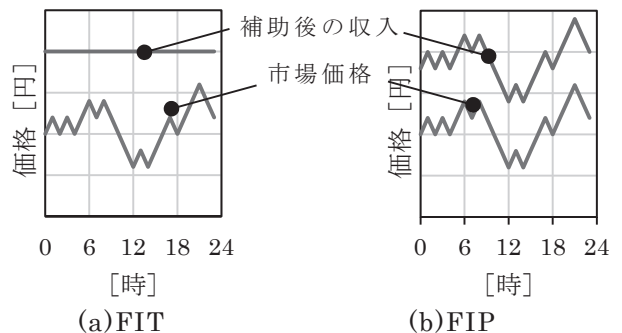


図12 FIP（フィードインプレミアム）制度

## 謝辞

本記事の作成に当たり、貴重なご助言をいただきました。全国小水力推進協議会・事務局長の中島大様に、心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- 1) REN21, Renewables 2020 Global Status Report (2020)
- 2) International Renewable Energy Agency, Renewable Capacity Statistics 2020 (2020)
- 3) 資源エネルギー庁, エネルギー白書 (2020)
- 4) 資源エネルギー庁, 総合エネルギー統計 (2020)
- 5) 資源エネルギー庁, 水力発電について・データベース
- 6) 日本小水力発電(株), <http://www.smallhydro.co.jp/products/syutsuryoku.html> を参考に作成
- 7) 電力中央研究所, 日本における発電技術のライフサイクル CO2 排出量総合評価 (2016)
- 8) 資源エネルギー庁, 長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告 (2015)
- 9) 科学技術振興機構, 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) (2014)
- 10) 新エネルギー財団, <https://ryuryodatabase.nef.or.jp/law/>
- 11) 資源エネルギー庁, <https://www.fit-portal.go.jp/> (2020)
- 12) 資源エネルギー庁, [https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving\\_and\\_new/saiene/kaitori/index.html](https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/index.html)
- 13) 環境省, 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 (2010)
- 14) 環境省, 平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング調査報告書 (2011)
- 15) 千葉大学倉阪研究室, 環境エネルギー政策研究所, 永続地帯 2019 年度版報告書 (2020)

表 5 日本の再生可能発電ポテンシャル<sup>(13)</sup>

	設備 [GW]
太陽光	150
風力 (陸上)	300
風力 (洋上)	1,600
バイオマス	38
地熱	14
中小水力	14
合計	2,116

表 6 日本の中小水力発電ポテンシャル<sup>(14)</sup>

[MW]	河川		農業用水	
	地点	設備容量	地点	設備容量
~0.1	4,614	289	224	11
~0.2	4,431	645	128	18
~0.5	5,604	1,793	121	38
~1	3,059	2,129	54	36
~5	1,878	3,350	61	117
~10	83	530	5	39
10~	17	246	2	40
計	19,686	8,982	595	299

表 7 自治体エネルギー自給率<sup>(15)</sup>  
(30MW 未満の水力を含む)

	都道府県	市町村	自給率 [%]
1	山梨県	南巨摩郡早川町	4826
2	熊本県	球磨郡五木村	2122
3	高知県	土佐郡大川村	1872
4	長野県	木曾郡王滝村	1872
5	長野県	北安曇郡小谷村	1404
6	奈良県	吉野郡野迫川村	1339
7	大分県	玖珠郡九重町	1209
8	長野県	東筑摩郡生坂村	1091
9	長野県	下伊那郡大鹿村	1069
10	長野県	下伊那郡平谷村	1064

本特集「日本における小水力利用の現状」では、以下の方々に各界における小水力の取り組み事例について、ご執筆・ご報告いただいた。この場を借りてご協力に心から御礼申し上げたい。

### 著者略歴



根本泰行（ねもと やすゆき）  
足利大学工学部教授  
日本太陽エネルギー学会編集委員，日  
本風力エネルギー学会代表委員  
博士（工学）

執筆者（敬称略）	記事タイトル
那須野ヶ原土地改良区連合 星野恵美子	那須野ヶ原土地改良区連合における水力発電等再生可能エネルギーの取り組み
都留市地域環境課 小俣昌寛 （代筆：根本泰行）	都留市における小水力の取り組み
伊勢崎市上下水道局下水道施設課 高草木俊行	伊勢崎浄化センターにおける小水力の取り組み
東京発電水力事業部マイクロ水力グループ 濱田督子	東京発電の中小水力発電事業
新那須温泉供給 稲川隆太	栃木県内における民間企業による河川からの流れ込み式小水力発電事業
栃木県環境森林部地球温暖化対策課 山口司	栃木県の小水力における取り組み
鶴岡工業高等専門学校 本橋元	鶴岡高専におけるマイクロ水力の取組み