

## 川崎市水道局における小水力発電の導入

### The Adoption of Micro Hydroelectric Power Generation in Waterworks Bureau, City of Kawasaki

渡辺 尚夫

川崎市水道局総務部経営企画

Takao Watanabe

Management Planning Group, Administration Department, Waterworks Bureau, City of Kawasaki

#### Abstract

Hydraulic energy can be acquired also in Japan and is recyclable and clean energy with no release of carbon dioxide. Micro hydroelectric power generation not over 1000kW is admitted by the RPS law which was constituted in May of 2002. In waterworks, there is unused energy around the pipeline losing potential energy by pressure reducing valve, etc. And the hydroelectric power generation by use of this unused energy was planned. This is the first attempt as the cooperative venture for micro hydroelectric power generation by a local government and a private enterprise. By the plan, the power of 170kW will be generated by use of the head drop of 37.9m between Shiomidai water treatment plant and Sueyoshi distribution reservoir. And the power of 160kW will be generated by use of the head drop of 18m between Nagasawa water treatment plant and Saginuma distribution reservoir.

**Key words:** micro hydroelectric power generation, unused energy, potential energy, new energy, grid-connected operation

#### §未利用エネルギー利用の背景

水力エネルギーは純国産エネルギーとして、我が国の電力供給量の約1割を占め、8割を海外からのエネルギーに頼っているエネルギー供給構造の中で重要な役割を果たしている。また、地球温暖化の原因物質の一つである二酸化炭素を排出しない再生可能なクリーンエネルギーである。1992年リオデジャネイロで開催された地球サミットによる国連気候変動枠組条約の目的を達成するために、1997年採択された京都議定書では、先進国に対して温室効果ガスの削減を義務づけており、我が国においては1990年のレベルと比較して2008年から2012年の間に6%の削減が求められている。

また、2003年10月の資源エネルギー庁エネルギー基本計画においても、地方公共団体の役割として、省エネルギー、新エネルギー推進のための先進的な取組を積極的に行うことが期待され、国はこうした取組が促進されるよう配慮することになっている。

このような状況下、水力発電は非常に有効なエネルギーといえる。2002年5月には、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」いわゆるRPS法が成立し、1,000kW以下の小水力発電は新エネルギー等電気のひとつとして認められ、利用が義務づけられた電力会社にとって確保したいエネルギーとなった。

一方、水道事業においては減圧弁等により位置エネルギーを消費した管路が、未調査のまま活用されていないのが現状で、電力会社の試算によれば全国で40万kWhほどの未利用エネルギーがあるという。川崎市水道局は、中長期展望という施策の中で環境への配慮を謳っており、長沢浄水場におけるISO14001取得や環境会計と共に、この未利用エネルギーの利用を計画した。

#### §計画の概要

これら環境への配慮を踏まえ、局は、各種新事業手法を検討する中でマイクロ水力発電を立案したが、発電機のインシヤルコスト・ランニングコストは元より、直接経費には表れにくい各種取扱主任技術者の養成などのリスクに苦慮していた。しかし、平成15年4月、電気事業者に対して新エネルギー等を利用して得られる電気を一定量以上利用することを義務付けたRPS法が施行され、電力会社は購入できる自然エネルギーを求めており、共同でこの課題に取り組むことによって双方にメリットがあることが判明した。そのビジネススキームを保有しているのが東京電力の関連会社である日本自然エネルギー株式会社であり、ここと共同でこの事業に取り組むことにより、川崎市水道局のマイクロ水力発電はスタートした。自

己資金で設備した発電機による電力を、自己消費または売電というパターンは良く見受けられるが、地方自治体と民間企業による共同事業としてのマイクロ水力発電は、全国でも初めての試みとなる。

このマイクロ水力発電は、未利用の水力資源を有効に活用する。川崎市にも未利用のまま、減圧弁等で位置エネルギーを消費した管路が数か所あり、これらを調査した結果、経済性・長期安定性・水利権などのハードルをクリアできる2か所で、実際に発電を行う。発電した電力は、高圧系統連系で直接電気事業者へ売電し、その収益を日本自然エネルギー(株)が受け取り、発電機に係る建設費・維持管理費等の各種コストを差し引いた利益を両者で配分するので、川崎市は発電機の設置場所や管路、位置エネルギー等の提供だけで直接費用負担はせず、地球環境に貢献すると共にわずかではあるが収益を得ることができる。

## §水車の選定とCO<sub>2</sub>削減効果

川崎市宮前区にある標高 83.4m の潮見台浄水場で生産された上水は、需要と供給のバランスを調整するため、直径 1,500mm の2号送水管を使用して自然流下により、横浜市鶴見区にある標高 45.5m の末吉配水池に送られ、市内に配水されている。その落差は 37.9m で、この送水管の途中に 170kW。さらに落差約 18m の川崎市多摩区長沢浄水場～同宮前区鷺沼配水池を結ぶ3号送水管に 160kW のマイクロチューブラ水車による発電機を取り付け、年間約 220 万 kWh の水力発電を行う計画である。これは、一般家庭に換算すると約 630 世帯の電気をこの2台の発電機で賄うことができることになる。川崎市全世帯の 0.1% ほどの電力だが、約 800t の CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)と、約 200kg の NO<sub>x</sub>(窒素酸化物)を削減することができる。

水は重力により、高い場所から低い場所へと流れ、その力で水車により発電機を回せば電気が発生するが、それは次式により表せる。

$$\text{発生電力(kWh)} = 9.8 \times \text{流量(m}^3/\text{s)} \times \text{落差(m)}$$

ここでいう落差は、実際の標高差より導いた静落差から、管路の摩擦等による損失水頭を引いた有効落差となる。さらに現実には水車や発電機においても効率の損失が発生するので、それらに乗じた値が発生電力となり、現在の中小水力用発電機の場合、水車(0.75~0.90)、発電機(0.82~0.93)程度の損失がある。以下が計画段階の損失水頭の算出結果である。

川崎市水道局 マイクロ水力発電計画 損失水頭計算結果(常時出力時)

| ケース |        | 単位                  | 1       |        |         | 2       |        |        |        | 備考       |
|-----|--------|---------------------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|--------|----------|
| 諸元  | 使用管路   |                     | 3号送水管   |        |         | 2号送水管   |        |        |        |          |
|     | 取水地点   |                     | 長沢浄水場   |        |         | 潮見台浄水場  |        |        |        |          |
|     | 放水地点   |                     | 鷺沼配水池   |        |         | 末吉配水池   |        |        |        |          |
|     | 取水位    | m                   | 78.000  |        |         | 83.400  |        |        |        | 浄水場H.W.L |
|     | 放水位    | m                   | 60.000  |        |         | 45.500  |        |        |        | 配水池H.W.L |
| 損失計 | 対象管路   |                     | ①長沢     | ②潮見台   | ③2送     | ①潮見台    | ②2送    | ③1送    | ④4配    |          |
|     | 管路長    | m                   | 1,687   | 500    | 3,777   | 2,187   | 8,377  | 7,051  | 1,198  |          |
|     | 管径     | m                   | 1,300   | 1,500  | 1,300   | 1,500   | 1,500  | 1,500  | 1,500  |          |
|     | 流量(平均) | m <sup>3</sup> /day | 140,895 | 25,270 | 166,165 | 104,400 | 79,130 | 71,200 | 62,100 |          |
|     |        | m <sup>3</sup> /s   | 1.63    | 0.29   | 1.92    | 1.21    | 0.92   | 0.82   | 0.72   | 年間平均流量   |
| 算   | 流速     | m/s                 | 1.23    | 0.17   | 1.45    | 0.68    | 0.52   | 0.47   | 0.41   |          |
|     | 発電使用流量 | m <sup>3</sup> /s   | 1.60    |        |         | 0.60    |        |        |        |          |
|     | 損失水頭   | m                   | 7.63    |        |         | 3.83    |        |        |        |          |
|     | 総落差    | m                   | 18.000  |        |         | 37.900  |        |        |        |          |
|     | 有効落差   | m                   | 10.370  |        |         | 34.071  |        |        |        |          |

### 損失水頭内訳

| 項目           | 損失水頭(m) |        | 備考 |
|--------------|---------|--------|----|
| a. 摩擦による損失水頭 | 5.6110  | 2.6731 |    |
| b. その他損失     | 2.0229  | 1.1563 |    |
| 合計           | 7.6339  | 3.8294 |    |

※1 損失計算に用いた設定流量は平均値とした

※2 損失計算に用いた計算式は「水理公式集(発電編)S46年度版」に基づいた

これにより、発生する電力は、江ヶ崎の場合次式により推定できる。

$$\text{発生電力(kWh)} = 9.8 \times \text{水車の損失} \times \text{発電機の損失} \times \text{流量(m}^3/\text{s)} \times \text{落差(m)}$$

$$162.2\text{kWh} = 9.8 \times 92\% \times 88\% \times 0.6\text{m}^3/\text{s} \times 34.071\text{m}$$

更に、水車の選定を行うこととなる。小水力発電は、今までの水力発電と比べスケールメリットがないのが短所で、普及が

進まない原因の一つである。それを克服するために東京電力と富士電機(株)共同開発のマイクロ水力発電システムを採用した。このシステムは徹底した低コストを採用しており、信頼性重視から経済性重視への転換を目的として開発されたもので、次のような特徴がある。

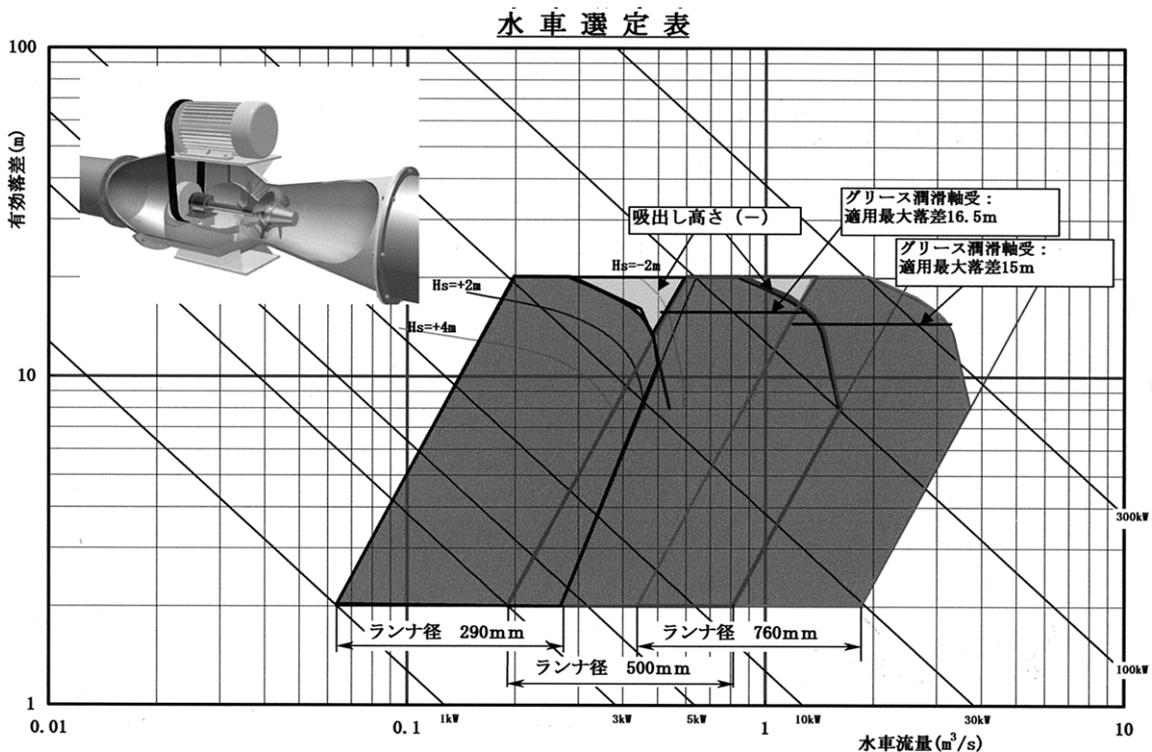
- ① 簡素化：あれば便利、信頼性の向上といった仕様の排除。
- ② 標準化：効率低下を許容し、使用領域の拡大をねらった3タイプに限定。
- ③ 汎用品多用化：専用部品の排除、量販品の多用化。

また、その3タイプの仕様は、表の通りである。

江ヶ崎の場合有効落差が34mと高いことによりS型を2台直列に配置することにより適用落差をクリアした。

以下に3タイプの水車選定表を示す。

|    | ランナ径  | 適用落差    | 出力      |
|----|-------|---------|---------|
| S型 | 290mm | 2~20m   | 90kW以下  |
| M型 | 500mm | 2~16.5m | 200kW以下 |
| L型 | 760mm | 2~15m   | 250kW以下 |



水車は、上水道の送水管に取り付けられているため、上記の効率以外にも水道事業の運用上の損失が考えられる。正月や連休等の特異日には定格の使用流量を下回る場合が有るし、管路の更正等メンテナンスによる断水も想定される。計画段階ではこれらを考慮し、年間発電電力量を1,226MWhとした。これにより、環境庁の「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(H12.9)」による一般電気事業者の排出係数(0.357kg-CO<sub>2</sub>/kWh)を利用すると、年間のCO<sub>2</sub>削減量は437.7tとなる。

§電気事業者への売電と高圧系統連系

江ヶ崎発電所のある水道施設は、浄水場から配水池への送水途中にある圧力制御施設で、低圧受電による電動弁駆動という低負荷のため、所内で発電した電力を消費できず、全電力量を高圧系統連系により電気事業者に売電することとしたが、これにより設備投資額は増加することとなる。

マイクロ発電を系統連系させるには、資源エネルギー庁により公表されている「系統連系技術要件ガイドライン」の技術要件に従う必要があり、二つの方法がある。発電出力50kW未満で逆潮流がない場合の低圧系統連系。発電出力2,000kW

未満で逆潮流も可能な高圧系統連系。発電出力 160kW で売電を計画している江ヶ崎発電所は後者に当たり、誘導発電機の発電電圧 400V を昇圧変圧器により、6,600V に昇圧し、電気事業者の高圧電力線に接続し売電している。しかし技術要件の逆潮流ありの場合に要求される単独運転検出装置等が必要となり、変圧器と合わせてコストを圧迫している。

しかし、一般の水力発電における発電原価の中で大きなウェイトを占めているのが建築土木費であるが、水道施設におけるマイクロ発電の場合、トンネルや導水路を新たに作る必要はなく既設の施設を利用するため、その割合は、太陽光発電や大型の風力発電と比べてもかなり少ない。スケールメリットの少ないマイクロ水力発電であるが、上下水道施設などを利用することにより、事業化への道が開ける。

水道施設を利用した発電を高圧系統連系させた場合に、注意しなければならないのは、系統連系した電力線が停電したときである。一般的には発電機の出力を遮断した場合は、水車の破損を防止するため、水車への水の流れを止める必要があるが、水道の送水管や配水管に取り付けた場合は、水の流れを止めることは断水に繋がる危険があるため許されない。リスク管理としては、水系統や電気系統に冗長性を持たせることや、他ルートからの水流の確保が確認されてからの、水車への流入停止といった措置が必要となる。コストの削減により事業化が可能となったマイクロ水力発電であるが、安定給水のためのリスクは全て排除し、安全対策には万全を期す必要がある。

### §今後の課題と方向

地球サミットによる気候変動枠組条約の目的を達成するために採択された京都議定書では、先進国に対し温室効果ガスの削減を義務づけている。それを受けて平成 15 年度より、経済産業省において「クレジット(排出削減量)取引・移転試行事業」が始まった。これは、京都メカニズム(CDM/JI)を通じて得られたクレジットの保有、取引、移転等に関する諸々のインフラを整備することが目的である。川崎市水道局は日本自然エネルギー(株)と共同で、水道事業体としては唯一、既存の排出削減プロジェクトの排出削減量認証を希望するカテゴリー2に参加し、江ヶ崎発電所において削減効果の認証を受けた。これによりクレジットに対する認識を深め、川崎市の目標である地球環境貢献を具現化するための方策を習得し、更なる削減目標を模索すべく努力していくことになる。