

栃木県における水熱源未利用エネルギー利用による CO₂削減効果の推計

東洋大学 学生会員 ○櫻岡 健汰

東洋大学 正会員 村野 昭人

1. 研究の背景・目的

2015年に採択された「パリ協定」が掲げている長期目標の達成に向けて、大きな役割を果たすと考えられているのが省エネルギー対策である。対策は着実に進んでいるが、さらなる省エネルギーに向けて未利用エネルギーの利用が注目されている。未利用エネルギーには多種多様なエネルギー源が包含され、現状では主に河川水や下水処理水の温度差エネルギーやごみ焼却排熱、工場・変電所排熱、自動車排熱などがあり、ヒートポンプや直接利用など用途は様々である。

本研究では、その中の河川水・下水処理水のポテンシャルを把握することを目的とする。栃木県を対象として、河川水・下水処理水利用による水熱源ヒートポンプと、従来型である大気熱源ヒートポンプに比べた CO₂削減効果について推計する。

2. 各種データの算出

(1) 供給可能量の推計

本研究では、冷房や暖房の使用時期などを考慮して、年間を冷房期（6～9月）、暖房期（11月～2月）に分けて分析を行った。まず、河川流量や下水処理量、水温などの基礎データや様々な制約条件からその利用可能量を算出した。次に、配管での熱損失を考慮した最終的な月別供給可能量を算出した（表1、表2）。なお、配管での熱損失率に関しては、既往研究¹⁾に基づき、冷房期は3.65%、暖房期は8.05%に統一した。

表1 河川水利用における供給可能量

冷房期	6月	7月	8月	9月
賦存量合計(TJ)	27240.7	38624.9	50011.5	31180.6
利用可能量(TJ)	272.4	386.2	500.1	311.8
供給可能量(TJ)	262.5	372.2	481.9	300.4
暖房期	11月	12月	1月	2月
賦存量合計(TJ)	17022.6	16140.3	7890.9	7895.7
利用可能量(TJ)	170.2	161.4	78.9	79.0
供給可能量(TJ)	156.5	148.4	72.6	72.6

表2 下水処理水利用における供給可能量

冷房期	6月	7月	8月	9月
賦存量合計(TJ)	147.4	82.3	188.6	250.7
利用可能量(TJ)	117.8	65.7	150.6	200.3
供給可能量(TJ)	113.5	63.3	145.1	193.0
暖房期	11月	12月	1月	2月
賦存量合計(TJ)	284.0	335.7	280.1	252.6
利用可能量(TJ)	226.8	268.1	223.8	201.7
供給可能量(TJ)	208.6	246.5	205.7	185.5

表3 算出式一覧

	熱源	算出式一覧
賦存量(TJ/月)	河川水	導入可能流量(m ³ /月)×利用温度差(K)×比熱(MJ/t·K)×比重(t/m ³)
	下水処理水	月別下水処理量(m ³ /月)×(月別放流水温-月別平均気温)(K)×比熱(MJ/t·K)×比重(t/m ³)
利用可能量(TJ/月)	河川水	賦存量(TJ)の1%
	下水処理水	賦存量(TJ)×ヒートポンプ効率(79.9%)
供給可能量(TJ/月)	河川水	利用可能量(TJ)×(1-熱損失率)
	下水処理水	

供給可能量の算出式を表3に示した。河川水温については、栃木県自体の値が欠損していたため、福島県と茨城県のデータを平均した値を採用した。下水処理水の月別放流水温については、栃木県の年間平均放流水温に対し、各地の処理場の月別値から求めた月別係数を乗じることで算出した。

(2) プラント COP の算出

プラント COP とは熱源機、ポンプ、冷却塔、空調機ファン等を含んだトータルの効率である。従って、水熱源ヒートポンプの効率のみならず、冷温水の送水に伴うエネルギー消費などを考慮し、発生装置の COP に 0.85 を乗ずることでプラント COP とした。また、水熱源ヒートポンプの COP については、河川水や放流水温などから下田ら²⁾の手法によって算出した。この手法では、気温を用いて大気熱源ヒートポンプの COP を算出することも可能である。冷房期及び暖房期のヒートポンプ利用温度はそれぞれ 7°C、47°C とした。

【連絡先】 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学 TEL:049-239-1399, E-mail: s16E01900581@toyo.jp

【キーワード】 未利用エネルギー、温度差エネルギー、水熱源ヒートポンプ、賦存量、プラント COP

表4 冷房期各熱源別のプラント COP

冷房期	大気熱源温度[°C]	熱源水温度 (河川水) [°C]	熱源水温度 (下水処理水) [°C]	利用温度[°C]	大気熱利用 プラントCOP	河川水利用 プラントCOP	下水処理水利用 プラントCOP
6月	26.1	19.2	27.5	7	5.27	6.61	5.06
7月	29.5	21.0	28.9	7	4.80	6.20	4.88
8月	31.2	25.1	33.7	7	4.59	5.43	4.32
9月	27.2	24.7	31.7	7	5.11	5.50	4.53

表5 暖房期各熱源別のプラント COP

暖房期	大気熱源温度[°C]	熱源水温度 (河川水) [°C]	熱源水温度 (下水処理水) [°C]	利用温度[°C]	大気熱利用 プラントCOP	河川水利用 プラントCOP	下水処理水利用 プラントCOP
11月	5.40	12.6	14.9	47	2.99	3.52	3.72
12月	-0.10	9.7	10.6	47	2.67	3.29	3.36
1月	-2.50	7.3	6.6	47	2.55	3.11	3.07
2月	-1.60	6.2	7.5	47	2.59	3.04	3.13

既往研究³⁾に基づき熱源温度を設定した。冷房期の
大気熱源温度は宇都宮市の月別平均気温+6°C、熱
源水温度は河川水温及び下水処理水の放流水温+3°C
とし、暖房期の大気熱源温度は宇都宮市月別平均気
温-4°C、熱源水温度は河川水及び下水処理水の放流
水温-4°Cとした。算出した冷房期及び暖房期の月別
の各熱源プラント COP を表4、表5に示した。

熱源水温度と利用温度の差が大きいほど、プラン
ト COP の値が低くなっている。暖房期より冷房期
の方が全体的に効率良くなるのは、その温度差が原
因と考えられる。大気熱利用と比べた効率の変化率
を求めると、河川水利用は冷房期平均+20.1%、暖房
期平均+20.2%、下水処理水利用は冷房期平均-4.9%
、暖房期平均+22.9%であった。河川水、下水処理水利
用ともに効率が上昇すると予想していたが、冷房期
における下水処理水利用については効率が減少した。
この要因としては、下水処理水利用時の熱源水温度
と利用温度の差が大きくなることが考えられる。

3.CO₂削減量の算出

供給可能熱量と各熱源利用時のシステム COP を用
いて省エネルギー量を算出し、それらの値に削減さ
れるエネルギーの CO₂ 排出原単位を乗じることで、
水熱源ヒートポンプ利用による CO₂ 削減量を算出し
た(図1)。今回は、従来の大気熱源ヒートポンプの
エネルギー源を電力と定義した上で算出を行った。
その結果、冷房期での河川水利用によって合計で約
6040t-CO₂、下水処理水利用によって合計で約 26.9t-
CO₂ の削減となった。このような差が生じたのは、
下水処理水利用における効率が従来の大気熱利用に
比べて下回ることが原因と考えられる。暖房期での
河川水利用によって合計で約 3490t-CO₂、下水処理

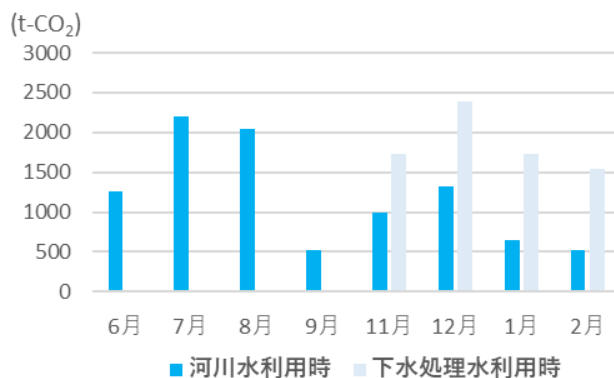


図1 月別 CO₂削減量の比較

水利用によって合計で約 7390t-CO₂ の削減となった。
暖房期では、効率の点ではほとんど差が無い
ため、供給可能量の差が削減量の違いを生んだと考
えられる。すなわち、暖房期においては、河川水よ
り下水処理水からの方が安定したエネルギー量が
得られる結果となった。熱源別で見ると、河川水利
用によって合計で約 9520t-CO₂、下水処理水利用
によって合計で約 7410t-CO₂ と河川水利用の方
がやや削減量が多い結果となった。

4.結論および今後の課題

本研究では、水熱源利用ヒートポンプによる従
来の大気熱利用と比較した CO₂ 削減量を熱源ごと
に算出した。その結果、年間トータルで、河川水利
用では約 9520t-CO₂、下水処理水利用では約 7410t-
CO₂ の削減という結果となった。しかし、この結果
はポテンシャル評価であり、供給距離に伴う熱損失
率の変動や供給可能な範囲、さらには経済的な導
入可能性などを考慮して分析することが、今後の課
題として挙げられる。

参考文献

- 1) 森他：全国の未利用エネルギー利用による省エネ効果の推計，エネルギー・資源，Vol.21，No.4(2000)
- 2) 下田他：都市未利用エネルギーの活用可能性評価手法に関する研究 第1報大阪市における各熱源の利用可能量と熱需要に関する調査と分析，空気調和・衛生工学会論文集，No.61，(1996)
- 3) 福井他：熱源水ネットワークに研究河川水熱利用システムによる省エネルギー効果のシミュレーション分析