

中国における都市下水道廃熱有効利用に関する研究 (その2) 下水廃熱利用による主要都市の環境保全効果

下水道廃熱 有効利用 環境保全効果

正会員 ○ 尹 軍⁽¹⁾
正会員 韋 新東⁽²⁾
正会員 高 偉俊⁽³⁾
正会員 高橋信之⁽⁴⁾
正会員 尾島俊雄⁽⁵⁾

1. 研究の目的

前報では、具体的な省エネルギーの内容の1つとして身近に存在する下水道廃熱を活用した場合の賦存量の推計をし、下水道廃熱有効利用システムの導入効果を検討した。本報では、CO₂、NO_x、SO_x、粉塵の削減効果を推定し、今後、エネルギー有効利用面、地球環境保全面などから都市域での下水未利用エネルギーを活用した地域冷暖房の導入促進が重要であることを明らかにした。中国における主要都市下水道廃熱を有効利用する場合の環境保全効果を評価することを本研究目的とする。

2. 環境保全効果の推定方法

下水道廃熱有効利用の環境保全効果を推定するためには、多くの仮定が必要となる。まず、下水未利用エネルギーを活用するシステム、比較対象となる下水未利用エネルギーを活用しないシステムを設定する必要がある。また、機器の効率及びCO₂、NO_x、SO_x、粉塵の排出量原単位を設定する。

下水未利用エネルギーを活用しない場合と下水未利用エネルギーを活用する場合をそれぞれ図1にシステム設定した。また本研究が下水道廃熱有効利用の波及効果をマクロに把握することが目的であるため、熱媒搬送動力は考慮しない。

A) 下水未利用エネルギーを活用しない場合の暖房

石炭 → ボイラ → 熱交換器 → 温熱

B) 下水未利用エネルギーを活用しない場合の冷暖房

商用電力 → 空気熱源ヒートポンプ → 温熱
↓
冷熱

C) 下水未利用エネルギーを活用する場合

下水処理水 → 流入下水 → 熱源交換機 → 温熱
↓
商用電力 → 水熱源ヒートポンプ → 冷熱

図1 比較するシステムの設定

ヒートポンプのCOPは熱源温度によって変化するため、地域の気象条件によって変化する。また排出量は石炭の種類、ボイラの効率、浄化効率などによって変化する。全国各対象地区について正確に求めることは作業量が膨大になるため、略算により求めた。機器効率、排出量原

表1 機器効率表

ボイラ効率	68%	空気源HP冷熱時COP	4
熱交換器効率	1	水源HP冷熱時COP	4.6
輸電損失	5%	空気源HP温熱時COP	3.5
電力受電端効率	28%	水源HP温熱時COP	4.3

表2 排出量原単位

SO _x	34g/Mcal	CO ₂	4.82Kg/Mcal
NO _x	1.8g/Mcal	粉塵	2.2g/Mcal

単位はそれぞれ表1~表2に示す。

空気源ヒートポンプと比べて、下水未利用エネルギーを活用する有害物削減量は式1で計算する。

$$z = a \times b / c / (1 - d) \quad (1)$$

ここでz: 空気源ヒートポンプと比べて、下水未利用エネルギーを活用する有害物削減量

a: 原単位

b: 投入エネルギー削減量

c: 電力受電端効率

d: 輸電損失

ボイラと比べて、下水未利用エネルギーを活用する有害物削減量は式2で計算する。

$$y = a \times e \quad (2)$$

ここでy: ボイラと比べて、下水未利用エネルギーを活用する有害物削減量

e: 省エネルギー

CO₂削減密度は式3で計算する。

$$x = z_3 / m \quad (3)$$

ここでx: CO₂削減密度

z₃: CO₂削減量

m: 市区面積

3. 下水道廃熱有効利用の環境保全効果の推定結果

前章によって、中国における主要20ヶ都市下水道廃熱利用の環境保全効果について各々の削減量を表3に示す。

CO₂削減密度が大きければ、下水道廃熱有効利用の可能性が高い。CO₂削減密度の平均値は13.2kg/d.km²である。主要都市の環境指標が高ければ、利用可能性も高い。CO₂削減密度と環境指標の二つの基本指標を使って、中国における主要都市下水道廃熱利用の可能性を類型化し

表3 有害物削減量の推定結果

地区	温熱時： SOx削減量	温熱時： CO ₂ 削減量	温熱時： NOx削減量	温熱時： 粉塵削減量	冷熱時： SOx削減量	冷熱時： CO ₂ 削減量	冷熱時： NOx削減量	冷熱時： 粉塵削減量	ポイラ 時：SOx 削減量	ポイラ 時：CO ₂ 削減量	ポイラ 時：NOx 削減量	ポイラ 時：粉塵 削減量
上海	215.0	30.5	11.4	13.9	114.4	14.4	6.1	7.4	688.0	97.5	36.4	44.5
北京	118.3	16.8	6.3	7.7	62.9	7.9	3.3	4.1	378.5	53.7	20.0	24.5
武漢	101.3	14.4	5.4	6.6	53.9	6.8	2.9	3.5	324.2	46.0	17.2	21.0
南京	89.1	12.6	4.7	5.8	47.4	6.0	2.5	3.1	285.1	40.4	15.1	18.5
天津	82.9	11.8	4.4	5.4	44.1	5.6	2.3	2.9	265.3	37.6	14.0	17.2
広州	68.2	9.7	3.6	4.4	36.3	4.6	1.9	2.3	218.2	30.9	11.5	14.1
瀋陽	63.3	9.0	3.3	4.1	33.7	4.2	1.8	2.2	202.5	28.7	10.7	13.1
重慶	59.4	8.4	3.1	3.8	31.6	4.0	1.7	2.0	190.2	27.0	10.1	12.3
大連	47.8	6.8	2.5	3.1	25.4	3.2	1.3	1.6	152.9	21.7	8.1	9.9
成都	46.9	6.6	2.5	3.0	24.9	3.1	1.3	1.6	150.0	21.3	7.9	9.7
ハル濱	42.0	6.0	2.2	2.7	22.4	2.8	1.2	1.4	134.5	19.1	7.1	8.7
杭州	39.8	5.6	2.1	2.6	21.2	2.7	1.1	1.4	127.3	18.0	6.7	8.2
西安	39.9	5.7	2.1	2.6	21.2	2.7	1.1	1.4	127.7	18.1	6.8	8.3
蘇州	38.6	5.5	2.0	2.5	20.5	2.6	1.1	1.3	123.4	17.5	6.5	8.0
蘭州	33.3	4.7	1.8	2.2	17.7	2.2	0.9	1.1	106.6	15.1	5.6	6.9
済南	33.3	4.7	1.8	2.2	17.7	2.2	0.9	1.1	106.6	15.1	5.6	6.9
石家荘	33.0	4.7	1.7	2.1	17.5	2.2	0.9	1.1	105.5	15.0	5.6	6.8
太原	31.3	4.4	1.7	2.0	16.7	2.1	0.9	1.1	100.3	14.2	5.3	6.5
長春	31.5	4.5	1.7	2.0	16.8	2.1	0.9	1.1	100.8	14.3	5.3	6.5
青島	31.4	4.5	1.7	2.0	16.7	2.1	0.9	1.1	100.5	14.2	5.3	6.5
鄭州	28.1	4.0	1.5	1.8	14.9	1.9	0.8	1.0	89.8	12.7	4.8	5.8

注：CO₂削減量の単位はton/d、他の量の単位はkg/dである。

表4 環境保全による中国における主要都市の類型化

類	都市名	考察
1類	石家荘、南京、蘇州、 上海、南通、杭州、汕頭、 合肥	CO ₂ 削減密度が高く、 環境指標が低い
2類	北京、鄭州、青島、瀋陽、 蘭州、ハル濱、西寧、 太原、烏魯木齊、重慶	CO ₂ 削減密度がへいき んちとほぼ一致で、環 境指標が高い
3類	天津、秦皇島、呼和浩特、 長春、昆明、銀川、 南昌、成都、長沙、西安、 広州	CO ₂ 削減密度が不一致 で、環境指標が2類型 より低く、1類型より 高い
4類	大連、済南、連雲港、寧 波、廈門、武漢、海口、 珠海、貴陽、北海、三亚、 温州、湛江、煙台、福州、 深セン、桂林、南寧	CO ₂ 削減密度と環境指 標が小さい

下水道廃熱有効利用の環境保全効果の推定結果としては、Bシステムと比べれば、SOx削減量は温熱時2.0~215.0kg/d、冷熱時1.1~114.4kg/d、NOx削減量は温熱時0.1~11.4kg/d、冷熱時0.1~6.1kg/d、粉塵削減量は温熱時0.1~13.9kg/d、冷熱時0.1~7.4kg/d、CO₂削減量は温熱時0.3~30.5ton/d、冷熱時0.1~14.4ton/d、Aシステムと比べれば、SOx削減量は6.4~688.0kg/d、NOx削減量は0.3~36.4kg/d、粉塵削減量は0.4~44.5kg/d、CO₂削減量は0.9~97.5ton/dと推測される。

4. おわりに

以上の結果には高効率浄化機器の活用は含まれておらず、それを含めると削減効果はさらに大きくなると推測される。今回は環境保全効果について検討したが、今後はより詳細な解析を行い、下水道廃熱有効利用システムの特性を分析し、都市全域に設置された際の効用評価のための資料を作成していくことが必要である。

た。中国における主要都市のクラスター分析結果を表4に示す。四つグループに分けられる。

参考文献：中国国家統計、1996

*1 早稲田大学理工学総合研究センター客員研究員・博士
*2 早稲田大学理工学総合研究センター客員研究員・修士
*3 早稲田大学理工学総合研究センター講師・博士
*4 早稲田大学理工学総合研究センター助教授・博士
*5 早稲田大学教授・博士

Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr.
Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Mr.
Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr.
Prof. Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr.
Prof. WASEDA Univ. Dr.