

東京駅周辺新規熱供給地区における熱供給システムの最適化に関する検討

その2 エネルギー供給バランス及び導入効果の予測

地域冷暖房 熱供給システム 導入効果

○正会員 尹 軍\*  
正会員 韋 新東\*\*  
正会員 高 偉俊\*\*\*  
正会員 李 海峰\*\*\*\*  
正会員 高橋信之\*\*\*\*\*  
名誉会員 尾島俊雄\*\*\*\*\*

1. はじめに

前報では、地域における熱供給システムの省エネルギー・環境保全・経済性、バックアップ効果を図るため、東京駅周辺新規熱供給地区における熱供給システムを対象にし、その最適化の手法と熱供給システムのケース設定を行ったが、本報では、エネルギー供給バランスの計算及び省エネルギー・環境保全・経済性、バックアップ効果の予測を研究目的とする。

2. 計算最大温熱需要量・電力需要量・最小余剰能力の計算及び圧力面の検討

新規熱供給地区及び周辺地区の計算最大温熱需要量・電力需要量・最小余剰能力を計算し、その結果を表1に示す。Oプラントの最小余剰能力は新規熱供給地区の計算最大温熱需要量より大きく、M2プラントプラスNプラント、或いはM2プラントプラスYプラントの最小余剰能力も新規熱供給地区の計算最大温熱需要量より大きいので、熱供給の余剰能力及び熱供給バランスから考えれば、熱源ネットワーク化より新規熱供給地区に熱供給をすることができる。しかし、熱をS地区へ供給するため、十分な供給圧力(末端圧力は最低0.73MPa)が必要である。本節では、熱源ネットワーク化より(ケース3、4、5)、Oプラント、M2プラントプラスNプラント、或いはM2プラントプラスYプラントの余剰能力をSプラントに供給するために、その供給圧力を検討する。

熱源ネットワーク化の場合、接続配管の配置は道路の下にし、その接続配管はなるべく最短距離で結ぶ(前報その1の図1を参照)。その直径は0.35mに設定した。また、連続方程式及び運動方程式から、蒸気流量および配管圧力平衡を計算する。

連続方程式は各交差点において、流出及び流入の和がゼロにならなければならない(図1参照)。ここで、交差点に流入する場合、プラスとし、交差点に流出する場合、マイナスとする。従って、

$$\sum q_{ij} = 0 \quad (1)$$

$q_{ij}$  = 交差点 i の配管 j の流量 (m<sup>3</sup>/h)

運動方程式は各プラント(X)熱源から供給する目的地(Z)までの圧力差が同じでなければならない。言い換えれば、

$$P_x - (\sum \Delta P')_{x \sim z} = \text{Constant} \quad (2)$$

$P_x$  は熱源 x の供給圧力で、 $(\sum \Delta P')_{x \sim z}$  は熱源 x と目的地 z の間の摩擦損失である。また、その摩擦損失では、熱源に流入する場合、負を仮定し、熱

表1 計算最大温熱需要量・電力需要量・最小余剰能力

供給区域名	計算最大温熱需要量 (MW)	最小温熱余剰能力 (MW)	計算最大電力需要量 (MW)
Oプラント	145.61	28.84	78.94
Nプラント	11.77	8.58	6.38
M1プラント	30.80	1.18	20.51
M2プラント	63.73	18.26	34.55
Yプラント	48.23	10.04	32.12
Sプラント	23.83	—	18.47

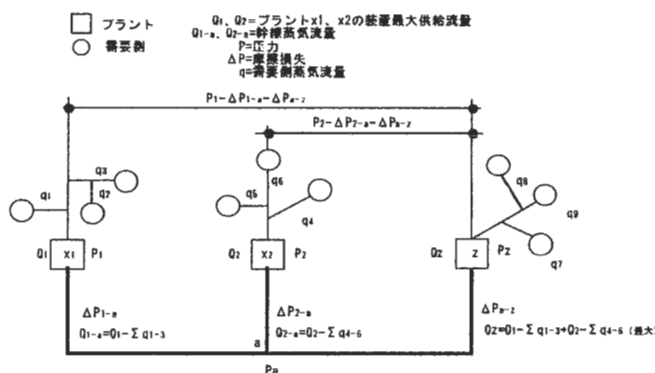


図1 熱源ネットワーク化したイメージ

源に流出する場合、正を仮定した。

表2には蒸気流量・圧力の計算結果を示している。Oプラント、M2プラントプラスNプラント、或いはM2プラントプラスYプラントの余剰能力をSプラントに供給し、Sプラントのピーク時の温熱需要量を満たす。また、Sプラントへ蒸気の最小圧力は0.85MPaである。従って、供給圧力からみても熱源ネットワークが可能である。

3. バックアップ効果・一次エネルギー投入量・汚染物排出量・ランニングコストの計算

3.1 バックアップ効果の計算

前節の分析から、熱源ネットワーク化した場合、他のプラントの余剰能力を利用して、Sプラントへ熱を供給することが可能である。すなわちケース3、4、5では年間全時間帯、

表2 プラント同士連結の蒸気流量・圧力の計算表

熱供給	Sの計算圧力 (MPa)	配管幹線	直径 (m)	長さ (m)	計算流量 (m <sup>3</sup> /s)	計算摩擦損失 (MPa)
O → S	0.85	O~S	0.35	820.00	2.12	0.03
熱供給	Sの計算圧力 (MPa)	配管幹線	直径 (m)	長さ (m)	計算流量 (m <sup>3</sup> /s)	計算摩擦損失 (MPa)
M2, N → S	0.86	M2~S	0.35	725.00	1.65	0.02
		N~S	0.35	255.00	0.47	0.00
熱供給	Sの計算圧力 (MPa)	配管幹線	直径 (m)	長さ (m)	計算流量 (m <sup>3</sup> /s)	計算摩擦損失 (MPa)
Y2, M2 → S	0.85	M2~1	0.35	30.00	1.65	0.00
		1~S	0.35	695.00	2.12	0.03
		Y2~1	0.35	335.00	0.47	0.00

他のプラントから、熱供給、或いはバックアップが可能である。ケース1、2では熱源ネットワーク化をしないため、バックアップができない。

### 3. 2次エネルギー投入量・汚染物排出量の計算

図2には一次エネルギー投入量を示している。搬送によるエネルギー投入量を無視すれば、ケース1、3、5の一次エネルギー投入量は同じで、ケース2、4の一次エネルギー投入量は同じである。また、ケース2、4の一次エネルギー投入量はケース1の一次エネルギー投入量より約15.4%削減となった。同様に、ケース1、3、5の汚染物質の排出量は同じで、ケース2、4の汚染物質の排出量は同じである。ケース2、4のCO<sub>2</sub>・SO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub>排出量はケース1、3、5のCO<sub>2</sub>・SO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub>排出量よりそれぞれ約36.7%、約48.0%、約39.6%削減となった(図3~図5)。従って、コージェネ(ケース2、4)の熱供給システムは一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>・SO<sub>x</sub>・NO<sub>x</sub>の排出量の点においては有効である。

### 3. 3コスト計算

表3には各ケースのコストの比較を示している。ここで、コストを初期投資とランニングコストに分け、計算する。初期投資は熱源ネットワーク化の配管費と諸設備費がある。配管費では長さは1785m、単価は245万円/mとし、計算する。諸設備費はその単価と設備能力で計算する。諸設備費の単価ではコージェネ設備は2.5億円/MW、受電設備は5万円/kW、ボイラー設備は800万円/(トン/時)、吸収式冷凍機設備は12万円/冷却トン、冷却塔設備は2.5万円/冷却トンと設定する。ランニングコストは文献(1)を参照し、計算する。表の示すように、ケース1、3、5のランニングコストは同じで、ケース2、4のランニングコストは同じである。また、ランニングコストではケース2、4はケース1、3、5に比べて年間約5.65億円削減となった。比較システムに対する初投資の増額分を、同様に比較システムに対するランニングコストの増額分を除いたものが投資回収年数を定義する。ケース2の投資回収年数は約7年間強、ケース4の投資回収年数は約15年間弱となった。従って、コージェネ(ケース2、4)の供給システムはランニングコストの点においては有効である。

表3 コストの比較

ケース1	億円	ケース2	億円	ケース3	億円	ケース4	億円	ケース5	億円
ガス基本料金	0.51	ガス基本料金	0.91	ガス基本料金	0.51	ガス基本料金	0.91	ガス基本料金	0.51
ガス投入料金	1.41	ガス投入料金	2.52	ガス投入料金	1.41	ガス投入料金	2.52	ガス投入料金	1.41
水道料金(蒸気)	0.06	水道料金(コージェネ)	0.05	水道料金(蒸気)	0.06	水道料金(コージェネ)	0.05	水道料金(蒸気)	0.06
修繕費	1.11	水道料金(蒸気)	0.03	修繕費	1.11	水道料金(蒸気)	0.03	修繕費	1.11
保守管理費	0.41	修繕費	0.68	保守管理費	0.41	修繕費	0.68	保守管理費	0.41
人件費	0.32	保守管理費	0.57	人件費	0.32	保守管理費	0.57	人件費	0.32
系統電力料金	15.04	人件費	0.19	系統電力料金	15.04	人件費	0.19	系統電力料金	15.04
小計	18.86	系統電力料金	8.29	小計	18.86	系統電力料金	8.29	小計	18.86
		売電	0.04			売電	0.04		
		小計	13.20			小計	13.20		
設備費	15.87	設備費	55.85	設備費	15.87	設備費	55.85	設備費	0.00
				ネット配管費	43.73	ネット配管費	43.73	ネット配管費	43.73
		年間削減額	5.65	年間削減額	0.00	年間削減額	5.65	年間削減額	0.00
		投資回収年数	7.07	投資回収年数	—	投資回収年数	14.80	投資回収年数	—

\* 早稲田大学理工学総合研究センター客員研究員・工博  
 \*\* 吉林建築工程学院教授・工博  
 \*\*\* 北九州市立大学助教授、早稲田大学客員助教授・工博  
 \*\*\*\* 早稲田大学理工学部助手・工博  
 \*\*\*\*\* 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博  
 \*\*\*\*\* 早稲田大学教授・工博

Advanced Research Center for Science and Engineering, WASEDA Univ. Dr., Prof., Jilin Institute of Architecture Engineering, Dr. Assoc. Prof., The University of Kitakyushu, Dr. Research Assoc., Dept. of Architecture, WASEDA Univ., Dr. Prof., Advanced Research Center for Sci. and Eng., WASEDA Univ., Dr. Prof., WASEDA Univ., Dr.

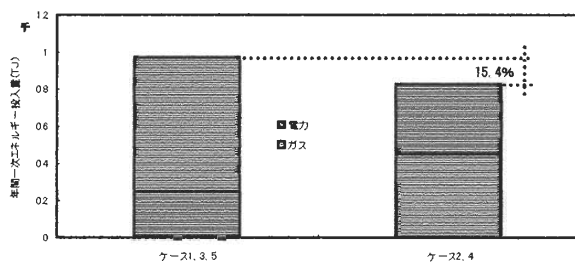


図2 一次エネルギー投入量

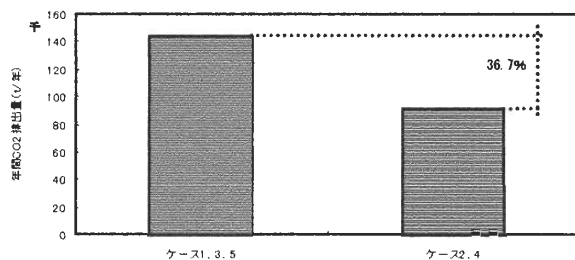


図3 年間CO<sub>2</sub>排出量

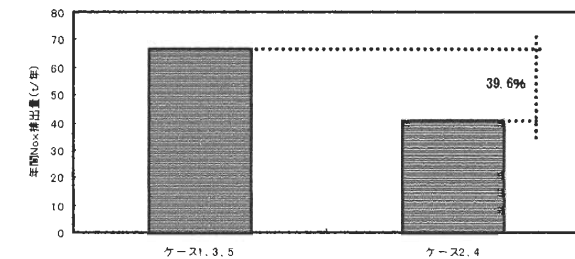


図4 年間NO<sub>x</sub>排出量

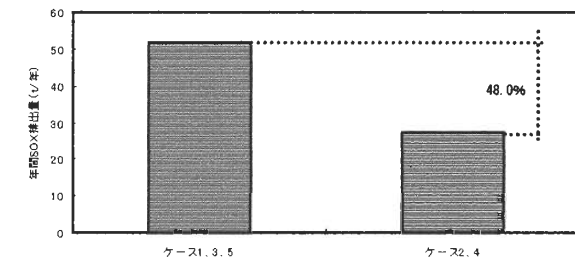


図5 年間SO<sub>x</sub>排出量

### 4. おわりに

本論では、新規熱供給地区における5つ熱供給システムのエネルギー供給バランス及び省エネルギー・環境保全・経済性、バックアップ効果を分析した。

謝辞：本研究の一部は平成12年度NEDO産業技術研究事業費助成金を受けて実施したものである。

参考文献(1)：株式会社ジェス・プロジェクトルーム：都心地区再生プランに基づく熱源ネットワークに関する調査研究，2000年3月