

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3 熱供給システムの総合評価

地域冷暖房 熱供給システム 総合評価

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

1. はじめに

第1報と第2報では、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の研究手法提案と熱供給システムの設定を行った。また、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行った。本報では前報において設定されたいくつかの熱供給システムを総合評価し、その地区における熱供給システムの選定を研究目的とする。

2. 評価項目の選定及び類型化

評価項目として、前報で計算したデータを基に、重要性が高く、且つ独立因子で、総合評価に最も関係のある主要な因子を選択し、表1にまとめた。表の示すように、一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>排出量、ランニングコスト、初期投資、バックアップ効果の5つ評価項目を取上げた。ここで、一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>排出量、ランニングコスト、初期投資の値は小さければ小さいほど、バックアップ効果の値は大きければ大きいほど、その熱供給システムの総合評価は高いと考えられる。

前報で計算し得た5つケースの一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>排出量、ランニングコスト、初期投資、バックアップ効果の結果に基づいて変数クラスター分析を行った。その変数クラスター分析樹形図を図1に示している。図のように、5つ評価項目は2つグループが分類できる。第1グループは一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>排出量とランニングコストである。それらの因子は正比例の関係にある。第2グループは初期投資、バックアップ効果である。熱源ネットワーク化により、初期投資が増えるが、そのバックアップ効果も増加する。同時に、前報で計算し得た5つケースの一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>排出量、ランニングコスト、初期投資、バックアップ効果の結果に基づいてサンプルクラスター分析を行い、その結果を表2に示している。表2のように、5つケースは3つ類型が分類できる。類型1のケース4では、初期投資は高いが、他の評価項目はよい。類型2はケース3、5である。初期投資がケース4に比較すると少ないが、熱源ネットワーク化することでバックアップ効果が高い。しかし、ボイラに依存しているため、一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>排出量は多く、ランニングコストも高い。類型3では、ケース1はボイラーシステム、ケース2はコージェネシステムである。初期投資に関しては、ケース1のほうが有利であるが、省エネルギー性等はケース2のほうが有利である。なお、両者も熱源ネットワーク化をしないため、バックアップ効果がない。

表1 評価項目

評価項目	備考
一次エネルギー投入量	×
CO <sub>2</sub> 排出量	×
ランニングコスト	×
初期投資	×
バックアップ効果	○

注：○は評価項目値が大きければ大きいほど、×は評価項目値が小さければ小さいほど、評価が高いことを表す。

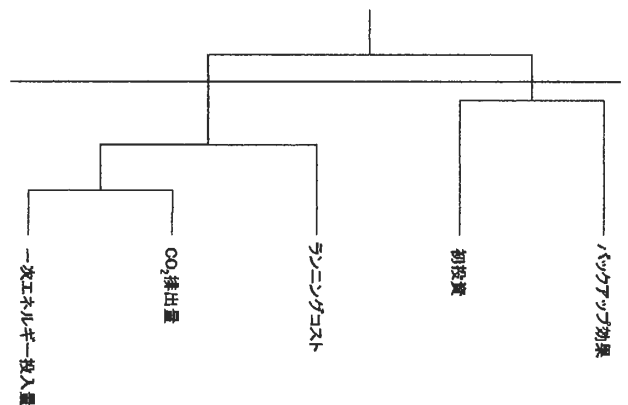


図1 クラスター分析樹形図

表2 類型化

評価項目 \ ケース	1	2	3	4	5
一次エネルギー投入量	×	○	×	○	×
CO <sub>2</sub> 排出量	×	○	×	○	×
ランニングコスト	×	○	×	○	×
初期投資	○	×	○	×	○
バックアップ効果	×	×	○	○	○
類型	3	3	2	1	2

注：○：良い ×：悪い

3. 相関分析及び評価項目の再選定

前出の評価項目間の相関係数を計算し、その結果を表3に示している。表のように、一次エネルギー投入量、CO<sub>2</sub>排出量、ランニングコストの間の相関係数が0.8より高い値を示している。したがって、総合評価項目は最終的に一次エネルギー投入量、初期投資とバックアップ効果を3つ選択した。

4. 熱供給システムの総合評価及び選定

熱供給システムを総合評価するため、主成分解析法で解析する。主成分解析法により検討ケースの主成分の固有ベクトルを算出し、その結果を図2に示している。結果として、バックアップ効果の主成分の固有ベクトル値は負値、一次エネルギー投入量、初期投資の主成分の固有ベクトル値は正値で

ある。表1より、バックアップ効果は大きいほど、一次エネルギー投入量、初期投資は小さいほど、熱供給システムの総合評価は高いと考えられる。従って、主成分は熱供給システムの良し悪しとは負相関関係にあるといえる。主成分を総合評価指標と仮定した場合、総合評価指標（主成分の得点）が小さければ、熱供給システムの総合評価の高いことが説明できる。

表4には主成分の得点及びケース5の得点を100点、ケース3の得点を0点とし、換算した得点を示している。表に示すように、各ケースの総合評価の順位はケース5、2、4、1、3のような順番である。つまり、新規熱供給装置を設置しなく、周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化する熱供給システム（ケース5）の総合評価はもっとも高い。ボイラー、蒸気吸収冷凍機を用いて、周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化する熱供給システム（ケース3）の総合評価はもっとも低い。コージェネ（熱主）、蒸気吸収冷凍機を用いて、S新規熱供給地区へ温熱、冷熱を供給とし、周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化をしない熱供給システム（ケース2）の総合評価は2番目高い。コージェネ（熱主）、蒸気吸収冷凍機を用いて、S新規熱供給地区へ温熱、冷熱を供給とし、周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化する熱供給システム（ケース4）の総合評価はケース2の熱供給システムの総合評価より低い、ケース2の熱供給システムは周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化をしないため、Sプラントは故障した場合、バックアップ機能がない。安全性（バックアップ）から考えれば、ケース4の熱供給システムはケース2の熱供給システムより優先選択するのもよいと思われる。

以上の分析より、S新規熱供給地区における熱供給システムを導入する際、周辺地区の既存熱源の余剰能力を有効利用する熱供給システム（ケース5）を選定することも可能である。またバックアップ機能を考慮し、コージェネ（熱主）かつ周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化した熱供給システム（ケース4）も推薦できる。

## 5. おわりに

本研究では、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を検討した。その結果として、

1) コージェネ（ケース2、4）が導入されたエネルギー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、ランニングコストの点においては有効である。

2) 周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化することによって、今回の提案したプラント同士連結の

表3 評価項目間の相関係数

	一次エネルギー投入量	CO2排出量	ランニングコスト	初期投資	バックアップ
一次エネルギー投入量	1.00	1.00	1.00	-0.69	0.17
CO2排出量	1.00	1.00	1.00	-0.69	0.17
ランニングコスト	1.00	1.00	1.00	-0.69	0.17
初期投資	-0.69	-0.69	-0.69	1.00	0.57
バックアップ	0.17	0.17	0.17	0.57	1.00

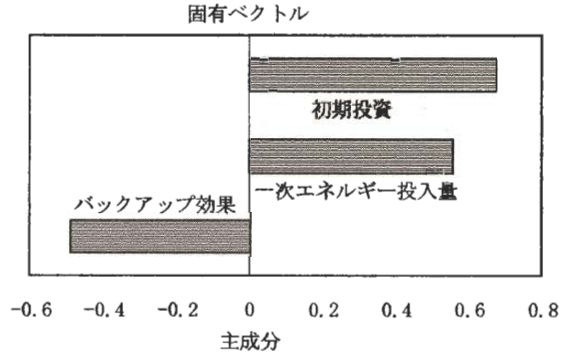


図2 主成分の固有ベクトル分布

表4 各ケースの総合評価の得点

	主成分の得点	換算した得点
ケース1	0.07	23.00
ケース2	-0.05	57.67
ケース3	0.15	0.00
ケース4	0.03	34.67
ケース5	-0.20	100.00

場合には、圧力面から考えれば、S（ケース3、4、5）プラントは稼働しなくても、Oプラント、Nプラント、M1プラント、M2プラント、Yプラントの余剰能力より熱供給できる。従って、バックアップを高めるために、広域エリアのプラントとの熱源ネットワーク化をすることが重要だと考えられる。

3) S新規熱供給地区へ熱供給システムを導入する際、周辺地区の既存地域冷暖房プラントの余剰能力を有効利用し、それらのプラントとネットワーク化することによって、わずかの設備投資で熱供給も可能である。また、コージェネ（熱主）かつ周辺地域の既存地域冷暖房プラントと熱源ネットワーク化することによって、バックアップだけではなく、省エネルギー・環境性・経済性も高くなる。

本論文では、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を提案し、分析を行ったが、あくまでもいくつか熱供給システムの単純比較である。今後、本論文で提案した研究手法を更に発展させ、熱供給システムの最適化の評価指標・評価手法の検証を目指したいと考えている。

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。

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

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