

AHP を利用した空調用エネルギー機器の最適な選考順序の考察

01014730 株式会社 山武 \*臼井 清治 USUI Seiji  
株式会社 山武 柴本 覚 SHIBAMOTO Satoru  
01110160 株式会社 山武 金尾 毅 KANAOK Takeshi  
01104744 名城大学 木下 栄蔵 KINOSHITA Eizo

1. はじめに

多くの建物では熱と電力の需要があり、熱は建物に設置した自前の熱源機器で対応して、電力は電力会社から購入するのが一般的である。また最近ではコジェネレーションシステムとよばれる熱と電力を同時に製造する設備を導入する建物も増えてきている。本稿では建物の熱や電力の需要を満たすものを総称して空調用エネルギー機器とよぶものとする。

実際に、熱や電力の需要を満たすための運用方法は複数通りあり、エネルギー費用や炭素排出量低減の観点から最適な選考順序を導き出すことは非常に有意義である。そのための有名な手法として、線形計画問題のシンプレックス法がある。これは需要を満たすという条件で、削減対象が最小になるように最適な選考順序を求めるものである。しかし削減対象が単一の場合は有効な手段であるが、複数の場合は適応できない。

よって、本稿では、削減対象が複数ある場合の最適な選考順序をAHP (Analytic Hierarchy Process) を利用して導き出す手法について、冷房時を対象にして紹介する。

2. 空調用エネルギー機器の設備概要

一般的に、熱は冷温水発生機やヒートポンプなどで製造して、電力は電力会社から購入している。一方、コジェネレーションシステムは熱と電力を同時に製造することができ、主に電主熱従で運転している。一般的な熱源フローとコジェネレーションを含む熱源の例を図-1 に示す。

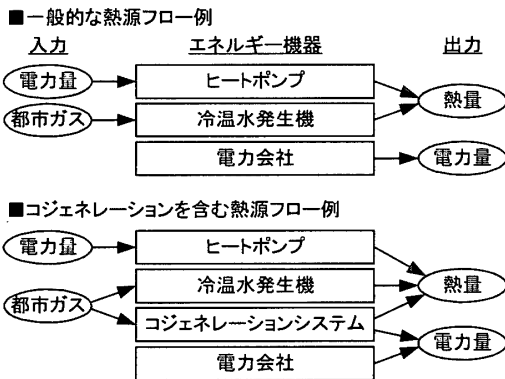


図-1 熱源フロー図の例

電力会社からの買電により熱と電力の需要を満たしている。それぞれのエネルギー機器における1時間当たりの冷却能力、発電容量、運用費用、炭素排出量および代替案としての変数を表-1に示す。注意点としては、コジェネの保守費用に比べて、他の機器の保守費用は無視できるほど小さいため、コジェネのみ運転費用に保守費用を加えて運用費用としている。

表-1 空調用エネルギー機器表

名称	冷房能力 [MJ/h]	発電機容量 [kWh]	運用費用 [円/h]	炭素排出量 [kg-CO <sub>2</sub> /h]	代替案
コジェネ1	1,013	250	3,954	182	X <sub>1</sub>
コジェネ2	1,013	250	3,954	182	X <sub>2</sub>
冷温水発生機1	1,264	-	924	70	X <sub>3</sub>
冷温水発生機2	3,165	-	2,106	161	X <sub>4</sub>
冷温水発生機3	3,165	-	2,106	161	X <sub>5</sub>
電力会社	-	1,250	22,250	473	X <sub>6</sub>

3.2 階層構造の整理

AHP を利用して最適な選考順序を算出していく場合、第一段階として問題を階層構造に分解する必要がある。対象建物における選考順序の階層構造を図-2 に示す。

総合目的は熱源選考順位の決定であり、これを決定する要素は需要と削減対象である。需要は正の要素であり、削減対象は負の要素である。需要と削減対象における代替案はエネルギー機器であり、最終的に需要の重みを削減対象の重みで除算することにより熱源選考順位の決定に関する代替案の重みを算出する。

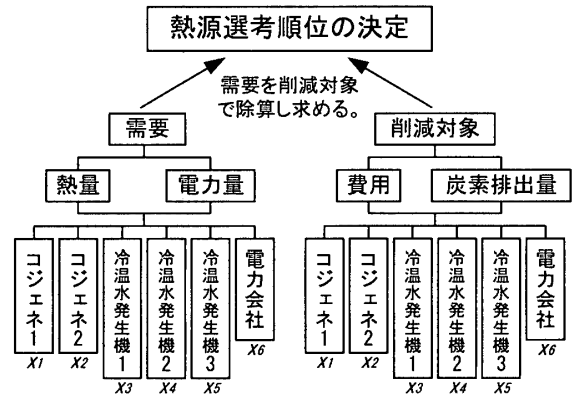


図-2 階層構造

3. AHP による分析

3.1 対象建物の設備概要

今回の対象建物は、吸収式冷温水発生機(以下冷温水発生機)が3台、コジェネレーションシステム(以下コジェネ)が2台と

3.3 重み付け

まず熱量と電力量についてのペア比較を行う。今回は熱量も電力量も同様に満たさなくてはいけないので重要度は同程度とした。費用と炭素排出量については、今回の例では費用をやや

重要として3を用いた。それぞれのペア比較マトリクスを表-2に示す。

表-2 ペア比較マトリクス

	熱量	電力量		費用	炭素排出量
熱量	1	1	費用	1	3
電力量	1	1	炭素排出量	1/3	1

次に、それぞれのペア比較マトリクスの固有値を求めこれを重みとする。熱量と電力量の重みを  $W_1$ 、費用と炭素排出量の重みを  $W_2$  とすると以下になる。

$$W_1 = \begin{pmatrix} 0.5 \\ 0.5 \end{pmatrix}, W_2 = \begin{pmatrix} 0.75 \\ 0.25 \end{pmatrix}$$

次にそれぞれのエネルギー機器に対してペア比較を行い、ペア比較マトリクスから固有値を算出してこれを重みとする。しかし、今回はエネルギー機器表から得られる熱量、電力量、費用、炭素排出量を比較して正規化することにより重みを算出することができる。このような柔軟性はAHPの特徴である。

熱量と電力量についての評価マトリクスを  $Y_1$ 、費用と炭素排出量についての評価マトリクスを  $Y_2$  とすると以下になる。

$$Y_1 = \begin{pmatrix} 0.105 & 0.143 \\ 0.105 & 0.143 \\ 0.131 & 0 \\ 0.329 & 0 \\ 0.329 & 0 \\ 0 & 0.714 \end{pmatrix}, Y_2 = \begin{pmatrix} 0.112 & 0.148 \\ 0.112 & 0.148 \\ 0.026 & 0.057 \\ 0.06 & 0.131 \\ 0.06 & 0.131 \\ 0.63 & 0.385 \end{pmatrix}$$

よって、需要についての代替案の評価ベクトルは熱量と電力量の評価マトリクス ( $Y_1$ ) と熱量と電力量の重み ( $W_1$ ) の積になり、同様に削減対象についても費用と炭素排出量の評価マトリクス ( $Y_2$ ) と費用と炭素排出量の重み ( $W_2$ ) の積になる。よって需要についての評価ベクトルを  $Z_1$ 、削減対象についての評価ベクトルを  $Z_2$  とすると以下になる。

$$Z_1 = Y_1 W_1 = \begin{pmatrix} 0.124 \\ 0.124 \\ 0.066 \\ 0.165 \\ 0.165 \\ 0.357 \end{pmatrix}, Z_2 = Y_2 W_2 = \begin{pmatrix} 0.121 \\ 0.121 \\ 0.034 \\ 0.078 \\ 0.078 \\ 0.569 \end{pmatrix}$$

3.2節で述べたように需要は正の要因、削減対象は負の要因であることから  $Z_1$  を  $Z_2$  で除算することにより総合的な代替案の重みが得られ、この重みを  $A$  とすると以下のようになる。

$$A = Y_1 / Y_2 = \begin{pmatrix} 0.124 / 0.121 \\ 0.124 / 0.121 \\ 0.066 / 0.034 \\ 0.165 / 0.078 \\ 0.165 / 0.078 \\ 0.357 / 0.569 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.025 \\ 1.025 \\ 1.941 \\ 2.121 \\ 2.121 \\ 0.628 \end{pmatrix}$$

よって熱源の優先順位は表-4に示すように総合的な重みが高いエネルギー機器から選定すれば良いことが分かる。

表-4 エネルギー機器の選考順位

	名称	代替案	
1位	冷温水発生器2	$X_4$	2.121
1位	冷温水発生器3	$X_5$	2.121
3位	冷温水発生器1	$X_3$	1.941
4位	コジェネ1	$X_7$	1.025
4位	コジェネ2	$X_2$	1.025
6位	電力会社	$X_6$	0.628

#### 4. まとめ

本稿では、需要を満たすという条件のもとで複数の削減対象について、それぞれの重要度を考慮した空調用エネルギー機器の選考順序を、AHPを利用して算出した。

近年までは、空調用エネルギー機器の運用方法はエネルギー機器の安定供給や費用低減が主な目的であったが、最近になって地球温暖化などの観点から炭素排出量の抑制が必要になってきた。つまり、これら複数の削減対象を満足させるような運用をしなくてはならなくなり、運用者の考え方などにより削減対象の重要度も変わってくるため、これを考慮した最適な空調用エネルギー機器の選考順序を考える手法が求められる。

今回の事例研究では、対象建物での熱量と電力量の需要を満たすという条件のもとで、運用面における削減対象を費用最小と炭素排出量最小の2目的を考えたときの最適な運用方法を導き出した。しかも従来のAHPの手法では、評価マトリクスを作成する場合、すべての要素についてペア比較を行わなくてはならないが、今回はエネルギー機器自体の特性値をそのまま重みとして利用しているため、演算が複雑化せず運用者の手間も軽減されている。つまり運用者は主として費用最小および炭素排出量最小の重要度を数値化することにより、自分の考え方が反映された最適な熱源選考順序が得られるという利点があり、近年における環境問題などの観点から、空調用エネルギー機器の選考の有効な手段の1つになると考えられる。

最後に、今回は単純にエネルギー機器の選考順序を求めただけであるが、実際には熱と電力の需要量の予測が必要であり、エネルギー機器は極端な低負荷で運転することが出来ないということを考慮に入れて最適な熱源を選定する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 木下栄蔵, 「AHP 手法と応用技術」, 総合技術センター, 1993.
- 2) 木下栄蔵, 「入門 AHP (決断と合意形成のテクニック)」, 日科技連出版社, 2000.
- 3) 木下栄蔵, 「わかりやすい意思決定論入門 (基礎からフuzzy理論まで)」, 近代科学社, 1996.
- 4) 木下栄蔵, 「AHPの理論と実際」, 日科技連出版社, 2000.
- 5) 日本コージェネレーションセンター編, 「コージェネレーション総合マニュアル」, 通産資料調査会, 2000.