

Team Eco-Town      マイクログリッドおよび地域冷暖房により構成される  
 複合システムの導入における環境適合性および経済性の把握

担当者

中山 亮(M1)      米田 知史(B4)

2014 年度班紹介資料

1. 緒言

近年、エネルギー需要の増大に伴い、業務部門におけるCO<sub>2</sub>排出量が増加している。低炭素化手段の一つとしてマイクログリッド(MG)および地域冷暖房(DiHC)を併用した複合システム(MG-DiHC)を提案する。従来のシステムにMG-DiHCを適用した際の初期費用およびCO<sub>2</sub>排出量は適用する地域の規模毎に異なる。また、トレードオフ関係にある初期費用およびCO<sub>2</sub>排出量の低減に対する要望強さは導入者毎に異なると考えられる。そこで、本研究においては、初期費用およびCO<sub>2</sub>排出量の同時低減を可能とする総合評価指標の最適化を行なった。

2. 解析条件および手法

2・1 解析条件

本研究において想定した従来型およびMG-DiHCの概略図を図1(a)および図1(b)に示す。業務部門の需要家としてホテル、オフィス、ならびに店舗を想定した。各需要家への電力供給は、従来型において、系統電源からの買電により賄われる。熱需要は都市ガスからの燃料で稼働させたガスボイラ(GB)、吸収式冷温水器(ACH)、熱交換器(HE)、ならびに貯湯タンク(HC)により賄われる。また、ガスエンジン(GE)の設置および需要家間のエネルギー融通が行なわれないものとする。一方、MG-DiHCにおいて、電力需要は系統電源およびGEにより賄われる。熱需要を都市ガスからの燃料で稼働させた熱源機器により賄う。なお、熱の融通を行う際、文献(2)を参考に定めた配管損失が生じるとする。

2・2 解析手法

解析においては、電力および熱需給量における制約のもと、総合評価指標であるCO<sub>2</sub>排出量および初期費用の和を最適化する。本研究における総合評価指数の定義式を式(1)に示す。制約式としては、電力・熱需給のバランス式がある。また、環境性に対する評価指標として、MG-DiHCのCO<sub>2</sub>削減率を式(2)に定義する。

$$z_{k,l} = \alpha \cdot EUACost^{-1} \cdot IniC_{k,l} + \beta \cdot EEC^{-1} \cdot CO2_{k,l} \dots\dots\dots(1)$$

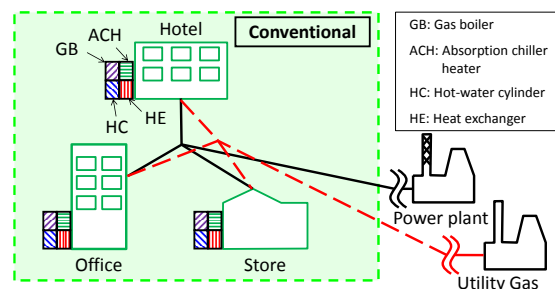
$$CO2R_{k,l} = (1 - \frac{CO2_{k=MG-DiHC,l}}{CO2_{k=Conventional,l}}) \cdot 100 \dots\dots\dots(2)$$

MG-DiHC[-], *l*:配管総延長(1000m, 5000m, ならびに10000m), *k*:エネルギー需要形態(従来型およびMG-DiHC), *EUACOST*:購入電力1kWhあたりの料金[JPY/kWh], *IniC*:初期費用の合計[JPY], *EEC*:購入電力1kWhあたりのCO<sub>2</sub>排出量[kg-CO<sub>2</sub>/kWh], *CO2*:年間のCO<sub>2</sub>排出量[kg-CO<sub>2</sub>],  $\alpha$ :初期費用に対する要望強さ[-],  $\beta$ :CO<sub>2</sub>排出量に対する要望強さ[-], *CO2R*:CO<sub>2</sub>削減率[%]

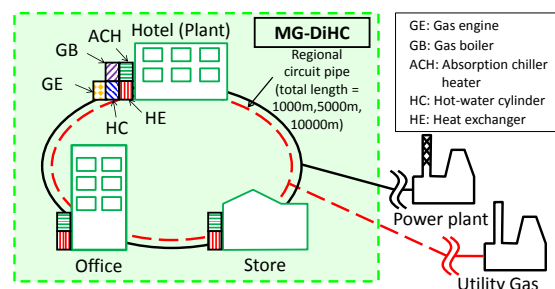
式(1)において、CO<sub>2</sub>項および*IniC*項の単位を正規化するため、CO<sub>2</sub>排出量および初期費用にそれぞれ購入電力1kWhあたりの電気料金およびCO<sub>2</sub>排出量の逆数を乗じた。CO<sub>2</sub>排出量および初期費用の低減に対するMG-DiHC導入者の要望強さを $\alpha$ および $\beta$ で表す。また、地域規模の差異を模擬するために、3種類の配管総延長が設定される。本研究において想定した要望強さおよび配管総延長を表1に示す。

Table 1 Analysis conditions

Desirable strength for objective function [-]	$\alpha$	0.4, 0.5, 0.6
	$\beta$	0.6, 0.5, 0.4
Total pipe length [m]		1000, 5000, 10000



(a)Conventional system



(b)MG-DiHC

Fig.1 Schematic diagram of Conventional system and MG-DiHC

### 3. 結果および考察

#### 配管総延長の変化が総合評価指標に与える影響

従来型およびMG-DiHCの場合における総合評価指標の変化を図3に示す。図3よりMG-DiHCおよび配管総延長を5000m, 10000mに変化させた場合、 $\alpha: \beta=4:6$ における総合評価指標の値が $\alpha: \beta=5:5$ および $6:4$ の際と比較して微小となった。この理由を各機器によるCO2排出量の観点から検討する。

図4に配管総延長5000mおよび10000mにおける購入電力、GE, GB, ならびにACHによるCO2排出量を示す。

図3(a)より、 $\alpha: \beta=4:6$ の際、購入電力によるCO2排出量が減少したため、CO2排出量は減少傾向を示した。一方、図4(b)および図4(c)より、 $\alpha: \beta=5:5$ および $6:4$ の際、配管総延長の増大に伴いCO2排出量は増大した。ここで、図5、図6に配管総延長が5000m,10000mにおける暖房出力線図および電力需給線図を示す。図5より、配管総延長の増大に伴い、 $\alpha: \beta=5:5$ において、ACHによる暖房出力が増大した。また、図6より、 $\alpha: \beta=5:5$ の際に、配管総延長の増大につれて、GEによる電力出力が増大していた。これより、 $\alpha: \beta=5:5$ の際に、 $\alpha: \beta=4:6$ と比較してCO2排出量が多大となったと考えられる。 $\alpha: \beta=6:4$ の際には、 $\alpha: \beta=5:5$ と同様の傾向が見られた。その結果、総合評価指標に含まれるCO2項が $\alpha: \beta=5:5$ および $6:4$ の場合と比較して $\alpha: \beta=4:6$ の場合に微小となった。

以上より、配管総延長が5000mから10000mに変化する際、 $\alpha: \beta=4:6$ におけるMG-DiHCの総合評価指標が最小となった。

#### 4. 結言

- (1) 配管総延長の増大に伴い、複合システム(MG-DiHC)における総合評価指標の値は上昇する。
- (2) 配管総延長を5000mから10000mに変化させた際に、MG-DiHCの総合評価指標の値は経済性と比較して環境性に対する要望強さ $\alpha$ が大きい場合に最小となる。

#### 参考文献

- (1) 進士誉夫, “スマートエネルギーネットワークとエネルギー最適化”, 経営の科学, Vol. 56, No. 7(2011), pp.395.
- (2) 千葉孝男, “改訂 蒸気・高温水システム-配管系から施工まで-”, (2009), pp.231.

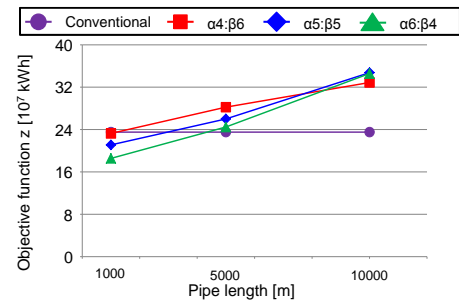


Fig.3 Objective function in Conventional system and MG-DiHC in 1000m, 5000m, and 10000m

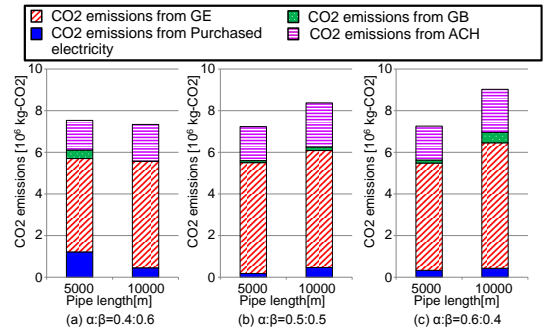


Fig.4 CO2 emissions in winter from GE, GB, ACH, Purchased electricity ( $\alpha: \beta=4:6, 5:5, 6:4$ )

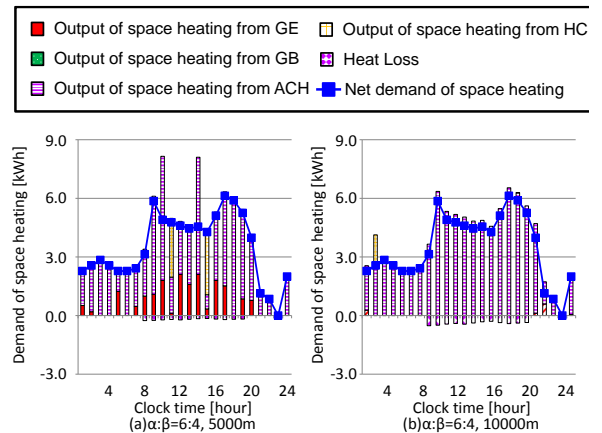


Fig.5 Demand and supply of space heating in winter( $\alpha: \beta=0.5:0.5$ , Pipe length = 5000m and 10000m)

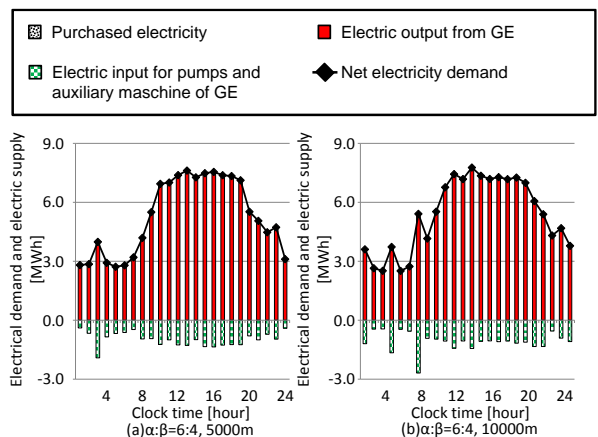


Fig.6 CO2 emissions in winter from GE, GB, ACH, Purchased electricity ( $\alpha: \beta=4:6, 5:5, 6:4$ , pipe length 10000m)