

大深度地下インフラを利用した熱・電エネルギー供給システムに関する研究(その2)

正会員 藤嶋 晋平 *1 正会員 増田 幸宏 *3
同 池田 直樹 *2 正会員 高橋 信之 *4
名誉会員 尾島 俊雄 *5

熱源ネットワーク 大深度地下インフラ
大容量CGS

1. はじめに

前報では東京都心部において大深度地下インフラを利用した分散型の大容量CGSプラントを設置する提案を行い、その効果としてCGS設備容量削減効果、プラント人員削減効果、環境保全性効果、バックアップ効果の4つの効果を定性的に述べた。本報ではその4つの効果を定量的に評価するための手法とその定量的評価結果を求めることを目的とする。

2. CGS設備容量削減効果

CGS容量の設定方法はまず、エネルギー供給対象地域全体で必要とするCGS設備容量の合計を算出し、それから、各立坑のCGSプラントの設備容量を求める(表1)。算出方法は以下の式を用いる。

・全地域のCGS設備容量(kw) = ピーク必要蒸気量 × 1.1 (安全率) × 発電効率 / 排熱回収効率 × 二次換算値

・各地域のCGS設備容量(kw) = 全地域のCGS設備容量 × ピーク時における各地域の必要蒸気量の割合

また、通産省の報告書における豊洲地域の30万kwCGSの検討¹⁾を参照し、さらに大丸有地域でプラント設置スペースを確保することの困難さ考慮して、各地域のCGS容量は表3のように設定した。なお、CGS単機容量の最大は10万kw、各地域CGS最大設置台数は4台とし各地域のCGS容量と設置台数を求めた(表2)。

表1 地域別CGS容量(万kw)

	大丸有地域	六本木地域	新宿地域	築地地域	豊洲地域	合計
STEP1 大深度型	6.5	11.5	18.5	14.5	30.0	81.0
地域自立型	20.0	12.0	26.5	17.0	10.5	86.0
STEP2 大深度型	25.0	25.0	27.0	38.0	30.0	145.0
地域自立型	27.5	26.0	41.0	41.0	14.5	150.0

大深度地下で

ネットワーク化させたケース(大深度型)と大深度を利用せず各地域で自立したケース(地域自立型)を比較した。STEP1、STEP2ともに大深度でネットワークさせることでCGS容量を5万kw削減させることができた。

表2 CGS設置台数

	STEP1		STEP2	
	CGS容量(万kw)	台数	CGS容量(万kw)	台数
新宿地域	10.0	1	10.0	2
	8.5	1	7.0	1
六本木地域	6.5	1	10.0	2
	5.0	1	5.0	1
大丸有地域	6.5	1	10.0	2
	4.5	1	5.0	1
築地地域	10.0	1	10.0	3
	4.5	1	8.0	1
豊洲地域	10.0	3	10.0	3

3. プラント人員削減効果

プラントの運転停止方法は月別に地域ごとのCGSプラントを停止させる方法とする。そこで各月のピーク必要蒸気量(ここでは必要蒸気量に安全率1.1を

かけた値)を全地域のCGS排熱回収能力の総量から差し引き、算出された値を余剰熱量とする。この余剰熱量よりも排熱回収能力が小さい地域のプラントをCGS運転停止可能地域とした。月によってCGS運転停止可能地域のパターンが生まれるが、その中でもそれぞれの地域においてCGS容量の合計が大きいプラントを優先的に停止させた地域をプラント運転停止地域とした(表3)。

表3 月別プラント運転停止地域

	STEP1プラント運転停止地域	STEP2プラント運転停止地域
1月	無	無
2月	大丸有	無
3月	築地	無
4月	新宿&大丸有	新宿&豊洲
5月	大丸有&六本木&築地	赤坂&築地
6月	大丸有&築地	築地
7月	六本木	豊洲
8月	大丸有	無
9月	大丸有&築地	築地
10月	新宿&大丸有&築地	築地&豊洲
11月	六本木&築地	赤坂&大丸有
12月	大丸有&六本木	豊洲

と同様に大深度型と地域自立型とする。また、プラント人員の設定方法は以下の計算式²⁾を使用する。

保守人員:(3名×4班編成+1名日動)×稼働プラント数
管理職:所長1名+総務3名+技術者3名×稼働プラント数

STEP1、STEP2におけるプラント人員

表4 プラント人員削減率

	人員(人/年)	削減人数(人/年)	削減率(%)
地域自立型	85	0	0
大深度型STEP1	59	26	30.6
大深度型STEP2	69	16	18.8

削減人数、削減率を表4にまとめた。地域自立型CGSに比べ大深度地下ネットワーク型CGSはSTEP1では30.6%、STEP2では18.8%人員を削減することができることがわかった。

4. 環境保全性効果

環境保全性において、大深度でネットワーク化することでの一番の効果はCGS機器の負荷を高く運転することで機器の総合効率をあげられることにある。まず、ここで地域自立型と大深度型における総合効率を比較する。STEP1、STEP2ともに発電効率が著しく向上し、全体の総合効率ではSTEP1において、地域自立型CGSより大深度ネットワーク型CGSは平均6.0ポイント上昇し、同様にSTEP2においても3.7ポイント上昇した(表8,9)。

表5 STEP1 CGS効率

STEP1 CGS効率	地域自立型(%)					大深度型(%)
	新宿	六本木	大丸有	築地	豊洲	
発電効率	27.7	26.6	28.9	25.5	21.6	31.9
排熱回収率	46.9	47.1	46.9	47.2	47.6	47.3
総合効率	74.6	73.6	75.8	72.7	69.2	79.2

表6 STEP2 CGS効率

STEP2 CGS効率	地域自立型 (%)					大深度型 (%)
	新宿	六本木	大丸有	築地	豊洲	
発電効率	29.8	29.8	30.6	28.6	25.0	31.9
排熱回収率	46.8	46.8	47.0	46.3	47.0	47.3
総合効率	76.6	76.6	77.6	75.0	72.0	79.3

本研究における環境保全性効果は、CO₂削減量、投入一次エネルギー量削減量(省エネルギー)について評価する。ここで、比較システムの設定を行う。比較システムには 従来型、地域自立型、大深度型CGSの3つを比較対象とした。それぞれのシステムの概要は以下の通りである。

従来型

従来型は現在、行われているエネルギー供給システムの一般的な方式として考える。エネルギー供給先は地冷需要家(地域冷暖房加入建物)、新規需要家(未加入建物、再開発建物、地域冷暖房加入努力建物)であるため、地冷需要家には各地域冷暖房施設が供給している方式で、新規需要家に対して、電力は系統電力、冷房はPAC空調、暖房、給湯が都市ガスから供給されるものとする。

地域自立型

地域自立型は従来型のボイラーをCGSに置き換え、その地域のエネルギー需要量はその地域のCGSで賄うものである。ただし、CGSは熱主電従運転するため、不足電力量が発生する。不足電力量が発生した場合は系統電力から電力を購入する。

大深度型

大深度型は地域自立型をベースに大深度地下幹線でネットワーク化したものである(図1)。

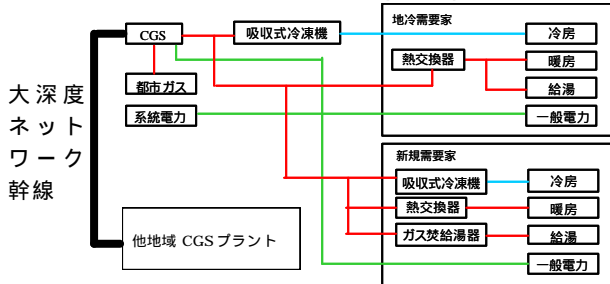


図1 大深度型システム図

4.1 CO₂削減効果

CO₂排出量の削減率はSTEP1では、従来型と比較して地域自立型CGSの削減率2.6%、削減量は7.4万t/年、大深度ネットワーク型CGSの削減率は10.4%、削減量は33.0万t/年であった。STEP2では、従来型と比較して地域自立型CGSの削減率10.4%、削減量は46.5万t/年、大深度ネットワーク型CGSの削減率は14.0%、削減量は62.7万t/年であった。

4.2 省エネルギー効果

投入一次エネルギー量の削減率はSTEP1では、従来型と比較して地域自立型の削減率10.7%、削

減量は7.2 PJ(ペタジュール)/年、大深度型の削減率20.5%、削減量は13.8 PJ/年であった。STEP2では、従来型と比較して地域自立型の削減率20.4%、削減量は13.0 PJ/年、大深度型の削減率24.2%、削減量は22.0 PJ/年、大深度型の削減率24.2%、削減量は26.3 PJ/年であった。

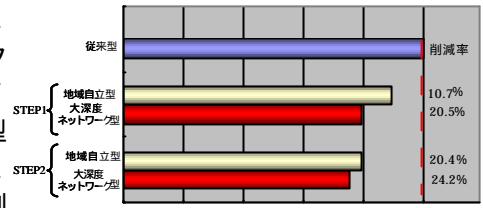


図2 CO2排出量削減割合

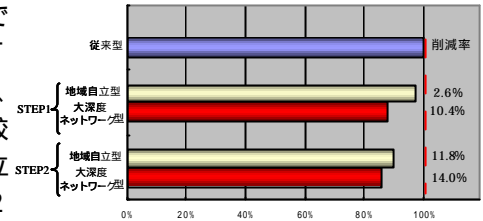


図3 CO2排出量削減割合

削減量は22.0 PJ/年、大深度型の削減率24.2%、削減量は26.3 PJ/年であった。

4.3 バックアップ効果

STEP2において、電力需要ピーク時の8月12時に大丸有、築地、新宿、六本木のCGSプラントが停止したと想定した。稼動が可能な豊洲CGSプラントを電主熱従に切り替え、その余剰エネルギーで他の地域をバックアップした。非常時のため全地域において非常時におけるエネルギー需要量でバックアップ効果を検証した。非常時のエネルギー需要量は表7³⁾のように平常時に対する割合をかけて算出した。結果、熱に関しては豊洲余剰分で他地域の需要を100%バックアップすることができ、電力に関しては47%バックアップできることがわかった(図4,5)。

表7 常時に対する非常時エネルギー需要量割合(%)

	厚生医療施設	住宅	事務所建築物	商業施設	宿泊施設	娯楽施設	教育文化施設
電気 (%)	33.9	48.4	412	32.0	0	0	5.7
冷熱 (%)	24.1	0	21.5	13.7	0	0	0
温熱 (%)	24.5	5.2	19.7	0	0	0	0

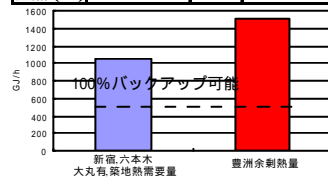


図4 熱バックアップ効果

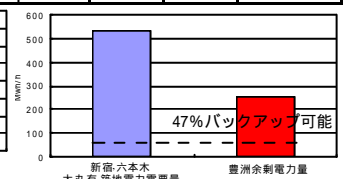


図5 電力バックアップ効果

5. まとめ

本報の提案により、CGS設備容量の5万kw削減、プラント人員を最大30.6%削減、CO₂排出量を最大で14%、62.7万t/年の削減、また投入一次エネルギー量を最大で24.2%削減でき、非常時において、本研究における被害想定のもとで熱は100%、電力は47%エネルギーバックアップできることが分かった。

参考資料

- 1)東京港臨海部における新しいエネルギーインフラストラクチャーに関する調査報告書
- 2)六本木六丁目地区再開発計画報告書
- 3)尾島研究室資料

*1 森トラスト株式会社・工修 *2 早稲田大学大学院修士課程 *3 早稲田大学理工学総合研究センター・工修 *4 早稲田大学理工学総合研究センター教授 *5 早稲田大学理工学部建築学科教授・工博

*1 MORI TRUST Corporation, M.Eng. *2 Graduate School, Waseda Univ. *3 Research associate, Waseda Univ. *4 Prof., Advanced Research Center for Science and Engineering of Waseda Univ. *5 Prof., Department of Architecture, Waseda Univ., Dr.Eng