

名古屋都市部における地域熱供給ネットワーク化の可能性に関する研究

環境工学—都市環境・都市設備

地域冷暖房 非常用兼用常用発電機 CGS エネルギー的利用

1. 研究概要

現在名古屋では、都市再生緊急整備地域を中心に都市再生プロジェクトの実施が予定されている。プロジェクトの実施によりエネルギー需要の増加が予想されるため、現在のエネルギー供給方法に加え新たな地域熱供給システムを検討していくことが必要であると考えられる。また多くの都市部の建物には、火災予防条例に基づき非常用発電装置が取り付けられているが、使われる機会は少なく、遊休化している。非常用発電装置を非常時兼用のコージェネレーションシステム（以後CGSと表記）に置き換えて常用化することで、分散型発電設備として活用することが可能である。常用化した場合、非常時に比べると稼働率が高くなるため、安定した運転が行われ安全性の向上も図ることができる。

従って本論文では都市部のエリア内にある建物すべてに地域導管を通じて熱を供給するエネルギー的面的利用を提案モデルの最終形態と位置づけ、既存の地域冷暖房(以後DHCと表記)をネットワーク化し、非常用発電装置を非常時兼用常用発電機に置き換え排熱利用を行うモデルの提案を行う。更に、ピーク時に対応するための新規プラントも設置する。最後に、モデルの省エネ効果・環境効果についても評価する。

2. 現状調査

2-1 名古屋駅周辺既存地域冷暖房施設について

名古屋駅周辺には、計画段階のものも含め7地区のDHCがあるが現在稼働しているのはJR東海名古屋駅周辺地区・名古屋駅南地区・栄三丁目地区・栄三丁目北地区・栄四丁目地区の5地区である(図1)。各地区の機器能力を以下に示す(表1)。各地区の合計冷暖房能力は約4万USRTである。

ここで、各DHCの供給対象となっている建物の熱需要量を、『建築の光熱水原単位』¹⁾の原単位、『地域冷暖房技術手引書』²⁾の地域係数(表2)および『熱供給事業便覧』³⁾の販売熱量の値を用いて算出し、機器性能と比較した。地域係数は原単位に掛け合わせて使用することとした。これを既存DHCの回収可能な余剰熱量と考えることとする(表3)。なお、栄三丁目北地区については2005年3月に供給を開始したばかりであり、販売熱量についての値を得ることができなかった。そのため、前述の5地区から栄三丁目北地区を除いた4地区を余剰能力の算出対象とした。

2-2 非常用発電装置について

- 準会員○井口 奈津紀*1 正会員 中嶋 浩三*4
 正会員 杉浦 隆之*2 同 高橋 信之*5
 同 後藤 美咲*2 名誉会員 尾島 俊雄*6
 同 増田 幸宏*3

非常時の電力供給源として自家発電設備を設置しておかなければならない建物の条件は表4の通りである。表4の条件を満たす建物の分布を図2に示す。地図中央部の栄・錦地区に特に多く分布していることがわかる。

2-3 熱需要の現状と提案モデルの対象地域

名古屋都市部の熱需要の状況を把握するため、熱負荷密度マップを作成する。名古屋駅を中心とした名古屋都市部一帯を50mのメッシュに切りわけ、各メッシュ内の建物の最大熱需要を足し合わせる。足し合わせたものをメッシュの面積で割り、熱負荷密度マップとして図示する。レンジは10段階に設定



図1 名古屋都市部既存地域冷暖房施設分布

表1 名古屋都市部既存地域冷暖房施設機器能力

施設名	熱媒体	供給温度範囲(°C)	供給供給能力(GJ/h)	冷却供給能力(GJ/h)
栄三丁目	蒸気・冷水	224,000	92	95
名駅南	蒸気・冷水	238,000	133	108
栄四丁目	蒸気・冷水・温水	126,800	22	43
JR東海名古屋駅周辺地区	蒸気・冷水・温水	417,000	168	220
栄三丁目北	冷水・温水	66,000	36	43

↑社カタログより抜粋

表2 地域係数

地域	冷熱	温熱
名古屋	1.1	0.9

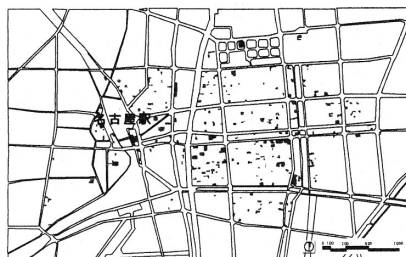
表3 既存地域冷暖房余剰能力算定値

地区	余剰能力	
	温熱(GJ/h)	冷熱(GJ/h)
栄三丁目	87(94.7)	52(51.2)
名駅南	113(63.1)	59(54.9)
栄四丁目	15(70.6)	14(31.3)
JR東海名古屋駅周辺地区	105(63.1)	33(31.5)
栄三丁目北	-	-

※ 括弧内は機器性能に対する余剰能力の割合をパーセント表記したものと『熱供給事業便覧』³⁾を元に算出

表4 非常用発電装置設置についての規定

火災予防条例	第46条	防火対象物
消防法施行規則	第12条第4項	延焼面積が1,000㎡以上の建物 特定用途防火対象物 延焼面積が1,000㎡以上の建物



凡例
 ■ 非常用発電装置設置義務のある建物

図2 非常用発電装置設置義務のある建物分布図

し、色が濃いメッシュ内ほど負荷が高くなっている。その結果を図3に示す。これは冷熱・温熱の最大需要負荷密度を足し合わせたものである。この熱負荷密度マップから中央部の栄・錦地区の負荷が高くなっていることがわかる。また、都市再生緊急整備地域内は全体的に負荷が高く、ほぼ均一に負荷が分布していることがわかり、二号地区に比べると地域ごとの偏りが少ない。これは二号地区内の住宅の占める割合が都市再生緊急整備地域内よりも高いからであると考えられる。提案モデルの対象地域を都市再生緊急整備地域と定め、加えて特に熱負荷の高い二号地区の一部も対象にすることとした。この対象とした部分は図3に図示したとおりである。

2-4 供給対象施設

熱負荷密度マップから、都市再生緊急整備地域の方が二号地区よりも負荷にばらつきがなく、エネルギーの面的利用には望ましい環境であると言える。そこで、「名古屋市地域冷暖房施設の整備促進に関する指導要綱」（表5）に従い供給施設には都市再生緊急整備地域内の延床面積3,000㎡以上の建物を選んだ。負荷の平準化をはかるため建物用途については制限を設けないこととした。以上の建物に加え、非常時兼用常用発電機を設置する建物にも熱供給を行うため、供給対象建物の分布は図4のようになる。総延床面積は768万㎡である。建物用途別の延床面積内訳を表6に示す。上記の供給対象建物の熱需要量を『都市再開発におけるコージェネレーションシステム導入推進に関する調査総括報告書』⁴⁾から参照した冷房・暖房・給湯原単位を用いて算出する。^{※注)}その結果、温熱需要1,695TJ/年、冷熱需要3,054TJ/年となり、合計で4,749TJ/年の熱エネルギー需要となることがわかった。

3. 地域熱供給ネットワーク化モデルの提案

3-1 DHC ネットワーク化概要

まず初めに名古屋駅周辺の既存DHC2地区と栄周辺の2地区を地域導管でつなぐ。この地域導管は都市再生緊急整備地域の中央を横断する太閤通り・広小路通り沿いに通すこととする。このネットワーク化により各地域冷暖房施設間での熱融通が可能となる。モデルでの熱供給はこの導管を基本として行うことになり、熱供給の供給媒体は蒸気のみとする。

3-2 CGS ネットワーク化概要

次に非常時兼用常用発電機を建物に設置し、地域導管につなぐ。非常時兼用常用発電機を設置するのは、非常用発電装置を設置する義務があり、かつ地域冷暖房加入努力義務のある建物とした。ただし、これらの建物は提案モデルの対象地域とした都市再生緊急整備地域、熱負荷の高い二号地区の一部に含まれていなければならない。この対象となる建物を図示し、ネットワーク化したのが図5である。この図からは既存DHCに加入している建物は除いてあ

る。エネルギー供給時の配管は、このCGSの配管から個々の建物に伸ばしていくことになるが、煩雑になるためここでは図示しない。非常時兼用常用発電機を設置した建物は、非常時兼用常用発電機から電力を得ることとなり、発生した温水は自家消費して、蒸気のみ地域導管へと送る。蒸気使用の優先順位は、給湯>暖房>冷房とした。

3-3 新規プラント設置

提案モデルの最終形として、ピーク時に足りない熱を供給するための新規プラントを設置する。必要となる容量は700GJ/hである。ピーク時のためのプラントであるため、一箇所に大容量の機器を設置する



図3 名古屋都市部熱負荷密度マップ

表5 名古屋市地域冷暖房施設の整備促進に関する指導要綱

地域冷暖房促進地区	市街区区域のうち第一種低層住居専用地域および第二種低層住居専用地域を除く区域
地域冷暖房加入義務のある建物についての規定	予定される熱供給区域内において延床面積30,000㎡以上の建築物を所有または管理している事業者は、当該地域冷暖房に加入しなければならない
地域冷暖房加入努力義務のある建物についての規定	予定される熱供給区域内において延床面積3,000㎡以上の建築物を所有または管理している事業者は、当該地域冷暖房に加入するよう努めなければならない



図4 供給対象建物分布

表6 供給対象建物用途別延床面積内訳 [㎡]

住居	業務	商業	宿泊	医療	合計
880,000	4,900,000	1,200,000	570,000	130,000	7,680,000

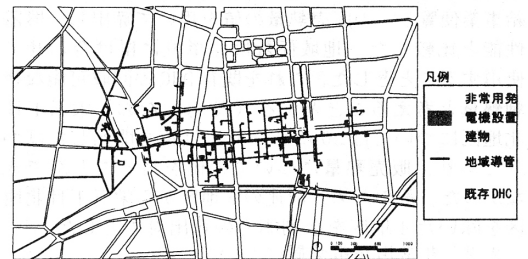


図5 CGSのネットワーク

のではなく、複数箇所に容量を分けて設置するのが望ましい。以下に新規プラントの候補地を選定する条件を示す。

- (1) 敷地内・周辺の建物の熱負荷密度が高い
- (2) プラント立地可能な大きさの敷地
- (3) 主要な地域導管との距離が近い

これらの条件より、候補地として選んだプラント敷地候補地を図6に示す。今回のモデルでは新規に設置することとしたが、新たな敷地に設置せず、既存DHC内に増設することも可能である。

モデルのシステム概略図を図7に示す。

3-4 CGSの機器設定とシミュレーション

今回用いるCGSは非常時兼用する発電機として小容量に対応できるガスエンジンを採用することとする。また今回の提案モデルでは都市ガスの中圧導管が当該施設まで通っているという前提でそれぞれの設定を行っている。

まず非常時兼用常用発電機 (CGS) の容量設定を行う。今回は対象地域内の安定したエネルギー供給を目的としているため、ピーク時の需要に補機動力分を加えたものを発電機の容量とした。152の建物に2台ずつの設置となり、容量合計は約116,000kWとなる。今回確実に蒸気が取れるのは容量が500kW以上のものと設定した。発電効率・排熱回収率はM社カタログより、ガスエンジンの発電容量300kWクラスで最も発電効率が良いものを採用した。他の機器効率と合わせて表7-1・表7-2に示す。なお、計算はすべて高位発熱時の効率で行うものとする。機器運転方法の基本方針は表8の通りとする。部分負荷効率についてはCGSのみ考慮した(表9)。

次に、CGSの運転方法について検討する。今回は3ケースについてシミュレーションを行った。必要熱量は2-4での算出結果を元に、送熱ロスを加味して算出した。その結果、4,240TJ/年の熱量が必要であることがわかった。シミュレーションにおける各ケースの設定は以下の通りである。なお、名古屋都市部では供給対象とする個々の建物に、電気事業法で定められた電力融通が可能な提携関係があるという前提で各ケースの想定を行っている。

ケース1:

全ての発電機を各建物の電力需要にあわせて運転させる。全ての発電機を常に運転させることで熱を相当量得ることができる。ただし、負荷が低い時には運転効率が落ち、省エネ効果が低くなる可能性がある。

ケース2:

電力需要にあわせて容量の小さい発電機から順次動かす。容量の小さいものから動かすため、負荷が低いときにも定格運転が可能になり効率が良い。一方で、蒸気が確実に取れる容量の発電機を動かす時間が少なくなり回収可能熱量が少なくなる可能性がある。

ケース3:

電力需要にあわせて容量の大きい発電機から順次動かす。容量の大きいものから動かすため運転台数を減らすことができる。また、ケース2に比べ回収可能な熱量が多くなる。

この設定で一年間分のシミュレーションを行った。結果を累積負荷曲線として図8・図9に示す。ケース1では必要熱量の半分以上を回収可能熱量で補うことができることがわかる。しかし一年のうち半分以上の時間で回収可能熱量が必要熱量を上回りその分の熱が有効活用できなくなる。ケース2では発電機から発生する熱がほとんどなくCGS排熱が有効に活用



図6 新規プラント候補地

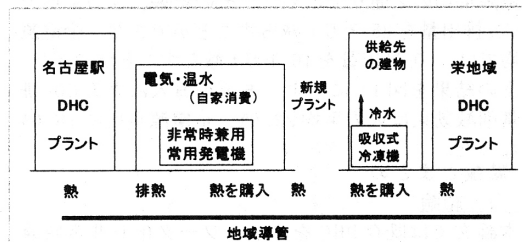


図7 システム概略図

表7-1 機器能力

発電効率	41.5%
[高位発熱時]	[37.4%]
排熱回収効率	34.9%
吸収式冷凍機効率 (提案モデル)	1.2
吸収式冷凍機効率 (従来モデル)	1.0
ガス焚き給湯器 効率	0.8
温水ボイラ効率	0.8

表7-2 機器能力

ボイラ効率	0.85
既存DHCシステム COP	0.85
電力需要増効率	0.389
都市ガス需要増 効率	1.0
送熱ロス	0.05
送熱ロス	0.1

(文献⁵)より一部抜粋)

表8 運転方法

運転方法	電主熱従運転
補機動力電力消費量	機器容量の10%

表9 CGS部分負荷効率設定

発電効率	$Y = -0.001X^2 + 0.2623X + 25.689$
排熱回収効率	$Z = 0.0007X^2 - 0.1617X + 44.163$

(※ 負荷率をXとする 文献⁵)より一部抜粋・改訂)

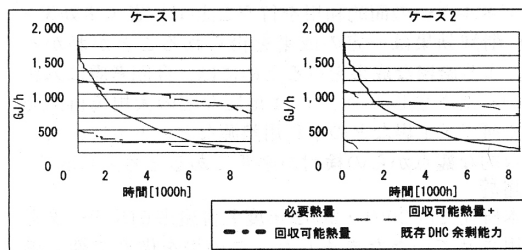


図8 ケース1・ケース2累積負荷曲線

できない。そこで発電機排熱、既存DHCの回収可能な余剰熱量、新規プラント製造熱量のバランスがうまく取れているケース3の運転方法を採用する事とする(表10)。なおケース3では、設置を見込んだ152の建物のうち容量の大きい方から順に97の建物分のみのCGSの運転で、152の建物の電力需要に対応できることがわかった。

4. 提案モデルの評価

4-1 省エネ効果について評価

省エネ効果は一次エネルギーの消費量によって現状と提案モデル(ケース3)導入後と比較することとした。その結果、一次エネルギー使用量は1,070TJ/年削減できることがわかった。以上の結果を図10に示す。モデル導入による省エネルギー効果は9.9%となった。

4-2 環境効果について評価

環境効果はそれぞれのCO₂排出量をCO₂排出原単位より算出し比較することとした。なおCO₂排出原単位は表11の通りとした。比較対象は省エネ効果同様、現状と提案モデルのケース3である。これを、火力平均・全電源平均の2通りで求めた。その結果、火力平均ではCO₂排出量を25.3万t減らすことができた。全電源平均では、CO₂排出量を16.4万t減らすことができた。以上の結果を図11に示す。モデル導入によるCO₂排出量削減効果は火力平均23.0%、全電源平均で18.0%となった。

5. 結論とまとめ

5-1 結論

本論文では既存DHCをネットワーク化し非常時兼常用発電機をCGSとして活用・ネットワーク化するモデルの提案を行い、導入に伴う省エネ効果・環境効果を求めた。その結果以下の結論を得た。

- ・本論文導入モデルにおいてCGSネットワーク化の際には容量が大きいものから運転をしていくのが最適な方法であると考えられる。
- ・都市再生緊急整備地域内にある延床面積3000㎡以上の建物全てに熱供給を行う場合、CGSの利用に加え700GJ/h分の容量のボイラーの増設が必要である。
- ・省エネ効果は9.9%CO₂排出量削減効果は23.0%(火力平均)の成果を挙げた。

5-2 今後の展望と課題

エネルギーの面的利用を行うことで、省エネ効果・CO₂削減効果は一定の成果を得られることがわかった。より厳密な成果を得るためには、今回考慮し入れなかったささじまライブ24地区などの大規模再開発地や河川・工場などの未利用熱源などととも、より総合的な観点からの検討が必要であると考えられる。

謝辞

本研究では2001・2002年度名古屋市GISデータを利用していただきました。この場を借りて深く御礼申し上げます。

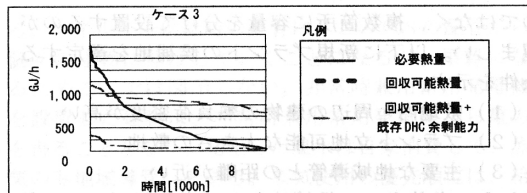


図9 ケース3累積負荷曲線

表10 ケース別必要熱量に対する各熱源の割合 単位: %

	CGS排熱	既存DHCプラント余剰能力活用分	新規プラント
ケース1	35.6	60.0	4.4
ケース2	2.3	85.9	11.8
ケース3	17.0	77.0	8.5

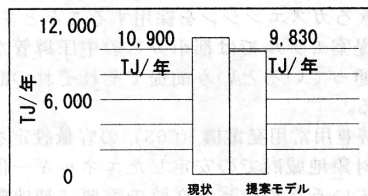


図10 一次エネルギー消費量比較図

表11 CO₂排出原単位

CO ₂ 排出原単位	ガス	電力	
		全電源平均	火力平均
	2.36[kg-CO ₂ /m ³]	0.469[kg-CO ₂ /kWh]	0.699[kg-CO ₂ /kWh]
	51.3[kg-CO ₂ /GJ]	130.3[kg-CO ₂ /GJ]	194.2[kg-CO ₂ /GJ]

2003年度 中部電力・東邦ガス公表値

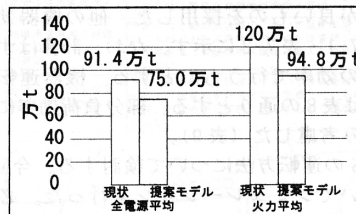


図11 CO₂排出量比較図

※注) 既存DHCの熱需要量を求める際には『建築の光熱水原単位』³⁾を用い、それ以外の計算では『都市再開発におけるコージェネレーションシステム導入推進に関する調査総括報告書』⁴⁾の原単位を用いた。これは、既存DHCの熱需要量を実績値に近い値で求めるため。それ以外の計算は新規設備の検討に関係していたため、余裕分が加味されている原単位を使用した。

参考文献

- 1) 尾島俊雄研究室 『建築の光熱水原単位』 早稲田大学出版部 平成7年
- 2) 社団法人 日本地域冷暖房協会 『地域冷暖房技術手引書<改定新版>』平成14年
- 3) 資源エネルギー庁 日本熱供給事業協会 『熱供給事業便覧』平成10～15年
- 4) 財団法人住宅・建築 省エネルギー機構 『都市再開発におけるコージェネレーションシステム導入推進に関する調査総括報告書』平成4年7月
- 5) 藤嶋晋平 増田幸宏 高橋信之 尾島俊雄 『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』2004年度

- *1 早稲田大学理工学部建築学科 *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助手・工修 *4 早稲田大学理工学総合研究センター講師 *5 早稲田大学理工学総合研究センター教授・工博 *6 早稲田大学教授・工博