

5. 用途地域の比較と考察

5.1. 用途地域の説明

都市計画法において、住居環境を保護するため、建築することができる建築物やその用途についての制限がある。Table. 4 にその概要を示す。この基準を制約条件にして需要統合モデルを用いて需要を統合し、二酸化炭素最小化分散型電源選択モデルにて分析した。建物ごとの制約条件を Table. 5 に示す。

Table. 4 都市計画法における区分とその用途制限^{xxxix}

例示	第1種低層住居専用地域	第2種低層住居専用地域	第1種中高層住居専用地域	第2種中高層住居専用地域	第1種住居地域	第2種住居地域	準住居地域	近隣商業地域	商業地域	準工業地域	工業地域	工業専用地域
住宅、小規模の兼用住宅												
幼稚園、小・中・高等学校												
神社、寺院、教会、診療所												
病院、大学												
2階以下かつ床面積150m ² 以内の店舗、飲食店												※
2階以下かつ床面積500m ² 以内の店舗、飲食店												※
上記以外の物品販売業を営む店舗、飲食店				☆	★							
上記以外の事務所等				☆	★							
ホテル、旅館					★							
カラオケボックス												
2階以下かつ床面積300m ² 以下の独立車庫												
倉庫業の倉庫、上記以外の独立車庫												
劇場、映画館								◇	◇			
自動車修理工場								△	▲			
危険性・環境悪化の恐れがやや多い工場												
危険性・環境悪化が大きい工場												

Table. 5 都市計画法における区分とその用途制限②

建物名	第一種低層住居専用地域	第二種低層住居専用地域	第一種中高層住居専用地域	第二種中高層住居専用地域	第一種住居地域	第二種住居地域	準住居地域	近隣商業地域	商業地域
住宅	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アパート	○	○	○	○	○	○	○	○	○
住宅併用事務所	○	○	○	○	○	○	○	○	○
小売店	×	○	○	○	○	○	○	○	○
喫茶店	×	○	○	○	○	○	○	○	○
美容院	×	○	○	○	○	○	○	○	○
美容院	×	○	○	○	○	○	○	○	○
卸売業	×	×	○	○	○	○	○	○	○
不動産業	×	×	○	○	○	○	○	○	○
クリーニング・リネンサプライ	×	×	○	○	○	○	○	○	○
和食	×	×	○	○	○	○	○	○	○
ラーメン	×	×	○	○	○	○	○	○	○
中華	×	×	○	○	○	○	○	○	○
そば屋	×	×	○	○	○	○	○	○	○
ファーストフード	×	×	○	○	○	○	○	○	○
居酒屋	×	×	○	○	○	○	○	○	○
ファミレス	×	×	○	○	○	○	○	○	○
コンビニ	×	×	○	○	○	○	○	○	○
総合スーパー	×	×	×	×	×	○	○	○	○
量販店	×	×	×	×	×	○	○	○	○
スーパー	×	×	×	×	○	○	○	○	○
大型百貨店	×	×	×	×	×	○	○	○	○
会社・事務所	×	×	×	○	○	○	○	○	○
官公庁	×	×	×	○	○	○	○	○	○
シティーホテル	×	×	×	×	○	○	○	○	○
ビジネスホテル	×	×	×	×	○	○	○	○	○
ファッションホテル	×	×	×	×	○	○	○	○	○
その他宿泊業(施設含む)	×	×	×	×	○	○	○	○	○
スポーツ施設(温水プールなし)	×	×	×	×	○	○	○	○	○
スポーツ施設(温水プールあり)	×	×	×	×	○	○	○	○	○
フィットネスクラブ(温水プールあり)	×	×	×	×	○	○	○	○	○
カラオケボックス	×	×	×	×	×	○	○	○	○
パチンコホール	×	×	×	×	×	○	○	○	○
幼稚園・保育園	○	○	○	○	○	○	○	○	○
公立小中高校	○	○	○	○	○	○	○	○	○
私立小中高校	○	○	○	○	○	○	○	○	○
大学等高等教育機関	×	×	○	○	○	○	○	○	○
図書館、博物館等社会教育施設	○	○	○	○	○	○	○	○	○
寺社、協会	○	○	○	○	○	○	○	○	○
大病院	×	×	○	○	○	○	○	○	○
中病院	×	×	○	○	○	○	○	○	○
小病院	×	×	○	○	○	○	○	○	○
その他歯科、助産等の医療業	×	×	○	○	○	○	○	○	○
銭湯・サウナ	○	○	○	○	○	○	○	○	○
保健所	○	○	○	○	○	○	○	○	○
老人ホーム	○	○	○	○	○	○	○	○	○
診療所・医院	○	○	○	○	○	○	○	○	○
集会所	○	○	○	○	○	○	○	○	○
菓子小売業	×	○	○	○	○	○	○	○	○
パン小売業	×	○	○	○	○	○	○	○	○
豆腐かまぼこ等加工食品小売業	×	○	○	○	○	○	○	○	○

5.2. 各地域に建築可能な需要構造と需要統合モデルの比較

5.2.1. 各地域に建築可能な需要構造結果

まずは、その用途地域に建設できるかできないかのみを制限として 1-24 時間の間で目的関数を最小化するように需要を統合した。Fig. 52-Fig. 66 にそれぞれの建物構成、時刻別電力需要、年間の建物別需要をそれぞれ示す。

①設備利用率最大化モデルでは 3 種類、②分散最初化モデルでは 2 種類の需要構成が出来た。

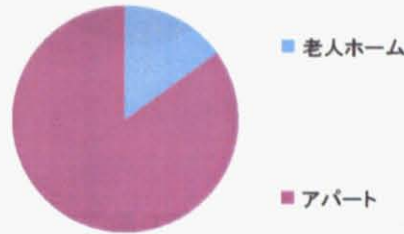


Fig. 52 ②分散最小化、第一種低層住宅専用地域から第一種住居地域の建物構成

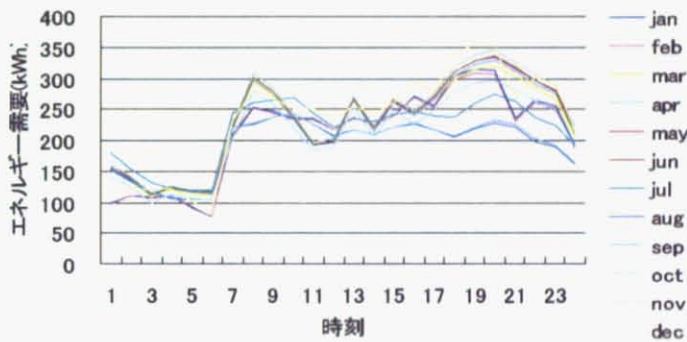


Fig. 53 ②分散最小化、第一種低層住宅専用地域から第一種住居地域の時刻別電力需要

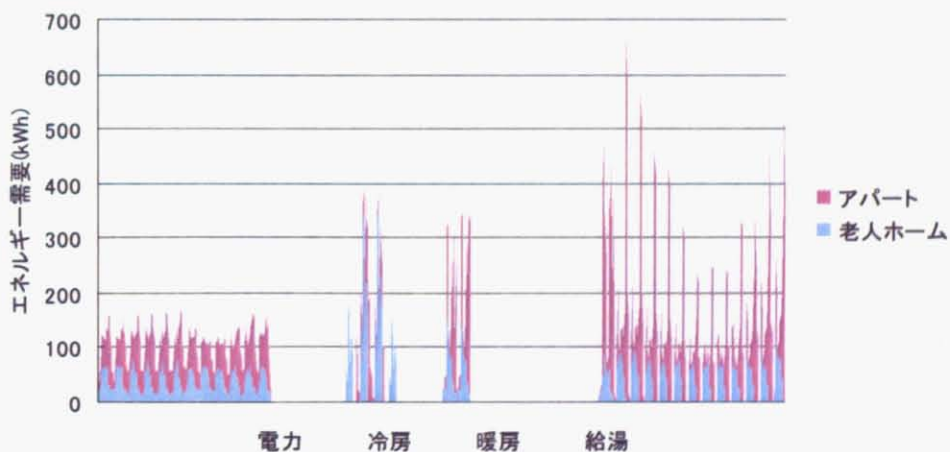


Fig. 54 ②分散最小化、第一種低層住宅専用地域から第一種住居地域の一年を通しての建物別・需要別のエネルギー需要

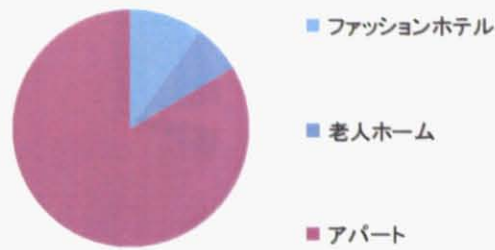


Fig. 55 ②分散最小化、第二種住居地域以下の建物構成建物構成

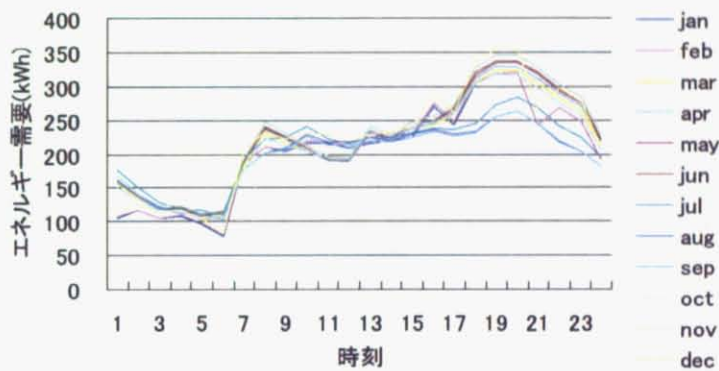


Fig. 56 ②分散最小化、第二種住居地域以下の時刻別電力需要

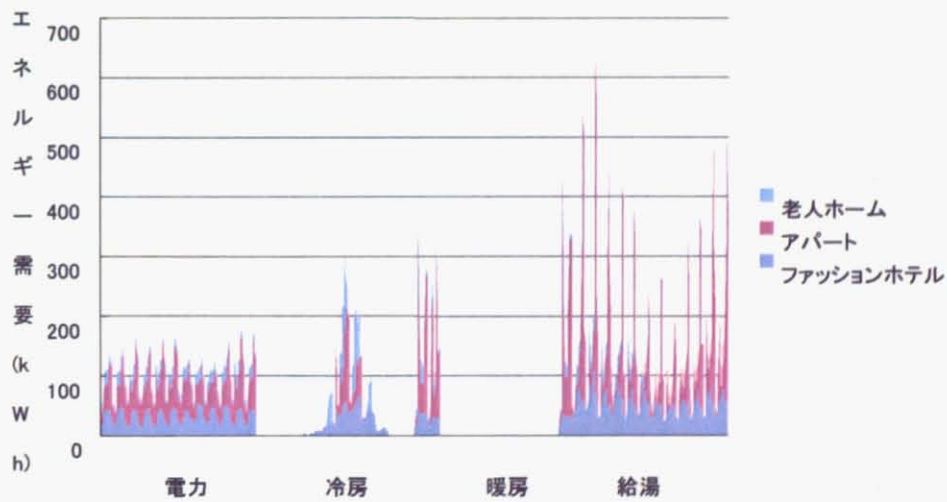


Fig. 57 ②分散最小化、第二種住居地域以下の一年を通しての建物別・需要別のエネルギー需要



Fig. 58 ①設備利用率最大化、第一種低層住宅専用地域から第二種低層住宅専用地域の建物構成

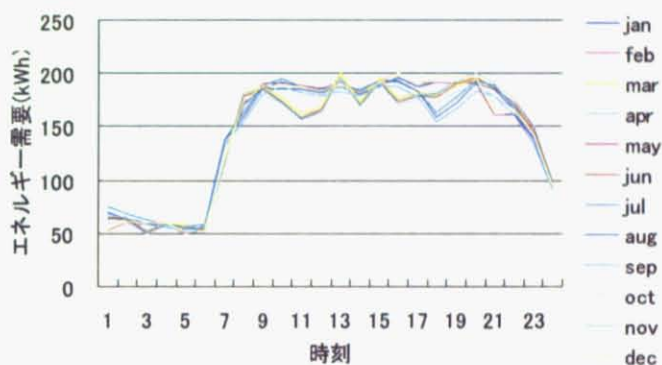


Fig. 59 ①設備利用率最大化、第一種低層住宅専用地域から第二種低層住宅専用地域時刻別電力需要

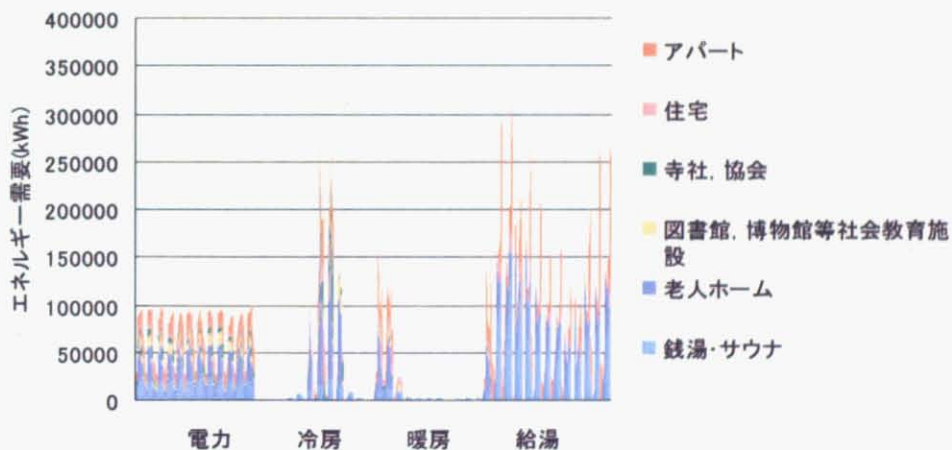


Fig. 60 ①設備利用率最大化、第一種低層住宅専用地域から第二種低層住宅専用地域の一年を通しての建物別・需要別のエネルギー需要

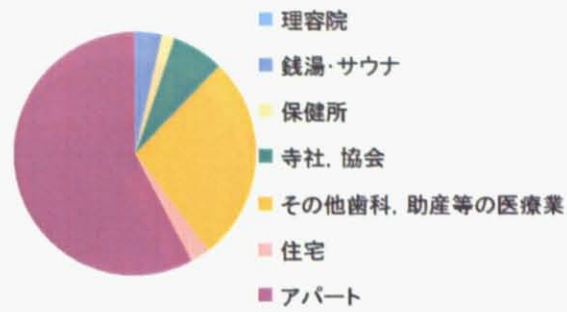


Fig. 61 ①設備利用率最大化、第一種中高高層住居専用地域の建物構成

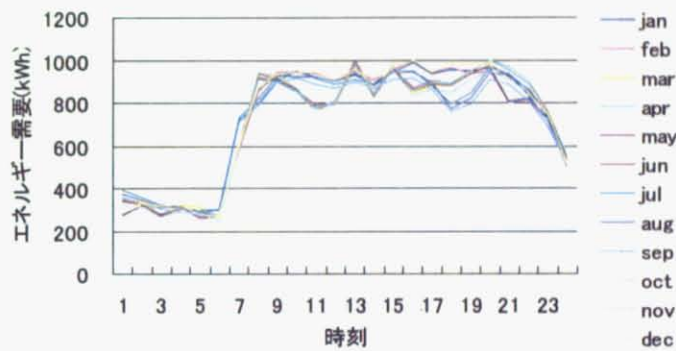


Fig. 62 ①設備利用率最大化、第一種中高高層住居専用地域の時刻別電力需要

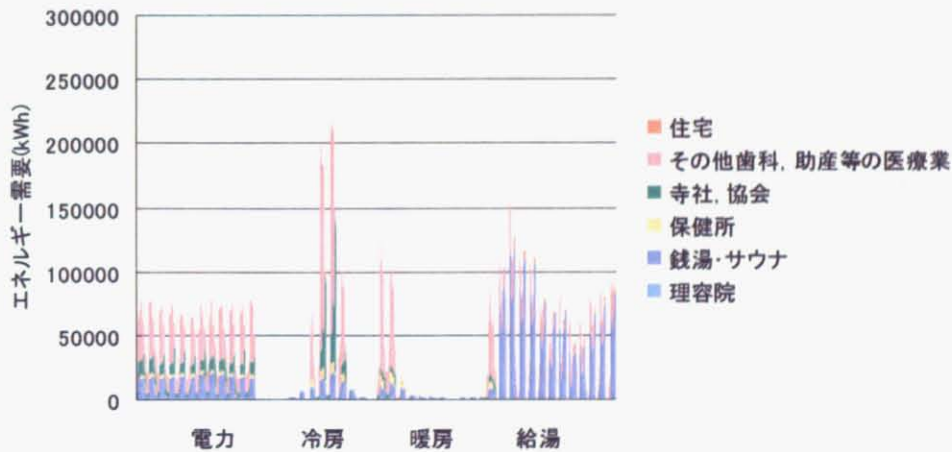


Fig. 63 ①設備利用率最大化、第一種中高高層住居専用地域の一年を通しての建物別・需要別のエネルギー需要

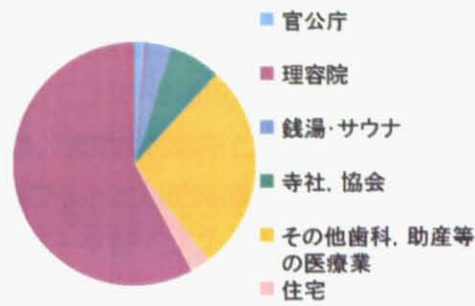


Fig. 64 ①設備利用率最大化、第二種中高高層住居専用地域の建物構成

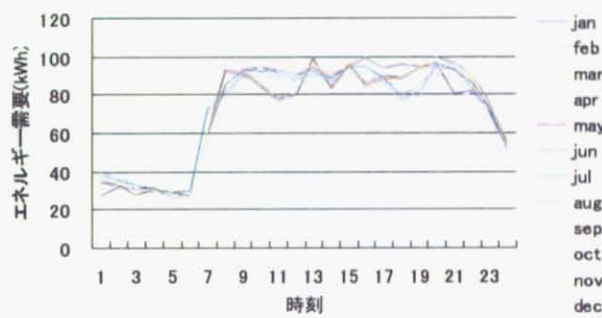


Fig. 65 ①設備利用率最大化、第二種中高高層住居専用地域の時刻別電力需要

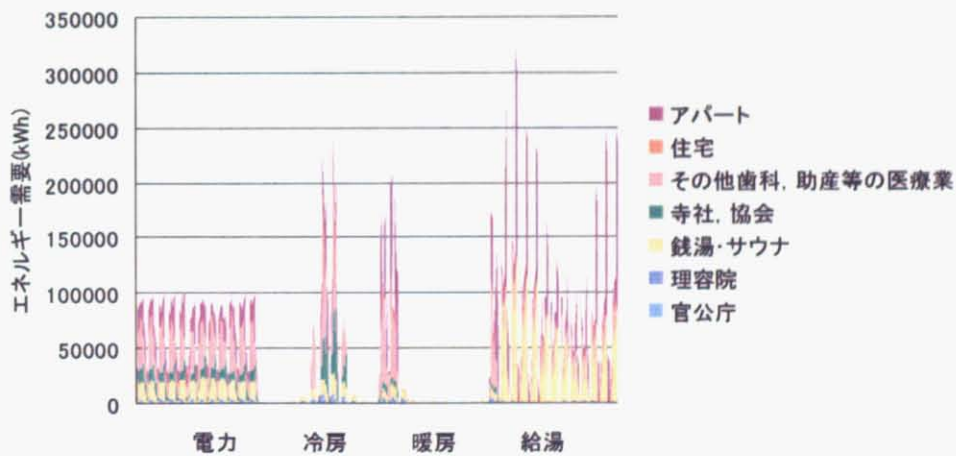


Fig. 66 ①設備利用率最大化、第二種中高高層住居専用地域の一年を通しての建物別・需要別のエネルギー需要

5.2.2. 需要統合モデル及び規模の比較

2 種類の需要統合方法(設備利用率最大化と分散最小化)の結果から3種類の規模 350kWh, 3500kWh, 35000kWh (1月から12月各月の24時間分を足した需要が100MW, 1000MW, 10000MW)の需要データを作成した。そのデータをインプットとしてコスト最小化と二酸化炭素排出量最小化の分散型電源の最適化を行った。サマリーをTable6に表示する。また総合効率とマイクログリッドの規模の関係をFig. 67及びFig. 68に示す。分散最小化需要データをインプットとした時の、コスト最小化分散型電源運転計画を規模別にFig. 69-Fig. 74に示す。また分散最小化需要データをインプットとした時の、二酸化炭素最小化分散型電源運転計画を規模別にFig. 75- Fig. 80に示す。

コスト最小化モデルの結果、規模が大きくなるにつれて、総合効率が増大した。これは規模が大きくなるにつれて選択される分散型電源の規模も大きくなり、それら個々の分散型電源の効率向上が影響していると考えられる。実際、②分散最小化モデルの100MWh, 1000MWh, 10000MWhにはそれぞれNG60, NG1000, NG5000と大きな規模のガスエンジンが選択され、それらの定格運転時の効率は0.3, 0.34, 0.37となっている。二酸化炭素最小化モデルの場合は顕著な傾向はみられなかった。これは、コスト最小化の際は、投資した分散型電源を最大限利用しようとするため、分散型電源の効率がそのまま総合効率に反映したと考えられる。二酸化炭素最小化の場合は、夜間の二酸化炭素の少ない電力購入したり、熱需要がない場合には発電を抑える結果となり、相対的に分散型電源の稼働時間が小さく、総合効率に規模の効果があらわれなかったと考えられる。

分散最小化モデルと設備利用率最大化モデルを比較した時、分散最小化モデルの結果のほうが二酸化炭素削減にとって好ましい値をとる場合が多かった。各時間の熱電比の平均を求めたところ、分散最小化モデルの需要の方が8.1および1.2と、設備利用率最大化モデルの9,31,29よりも小さい値となった。電力の変動は設備利用率最大化モデルの方が昼間の間は平たんなものの、夜の需要が小さいために、1-24時間の電力の分散を計算したところ、分散最小化モデルは0.25,0.24と小さく、設備利用率最大化モデルのほうは3種とも0.33であった。今回の分析では系統と常時連結しており、電力の売買が自由であったため、極端なピークが存在しても系統から購入することで、設備投資を抑えることが可能と考えられる。当初の予定では、系統から独立して運転した場合の最適化も行い、ふたつの需要統合モデルの結果を比較するはずであった。しかし、DERCAMモデルを複雑に改良したため、独立運転条件下での計算時間が大幅に延び最適解に至ることができず断念した。

今回の分析条件下においては、電力の平滑さよりも熱需要が多いほうが効率的な運転を可能にしていると考え、今後の分析には分散最小化モデルを使用する。

Table. 6 規模別結果

*ピンクの枠は最低値、オレンジの枠は最高値

規模(MW/year)	需要統合方法	コスト最小化				二酸化炭素最小化			
		総合効率	CO2 削減割合	総合効率	payback	CO2 削減割合	総合効率	payback	
100	分散最小	0.55	0.99	0.62	1.6	0.94	0.65	7.9	
1000	分散最小	0.55	1.02	0.64	1.7	0.96	0.61	8.9	
10000	分散最小	0.55	1.00	0.65	0.0	0.62	0.61	4.9	
100	設備利用最大	0.53	0.87	0.58	1.3	0.95	0.62	8.7	
1000	設備利用最大	0.53	1.03	0.60	1.3	0.94	0.58	9.0	
10000	設備利用最大	0.53	1.04	0.64	1.6	0.94	0.59	12	

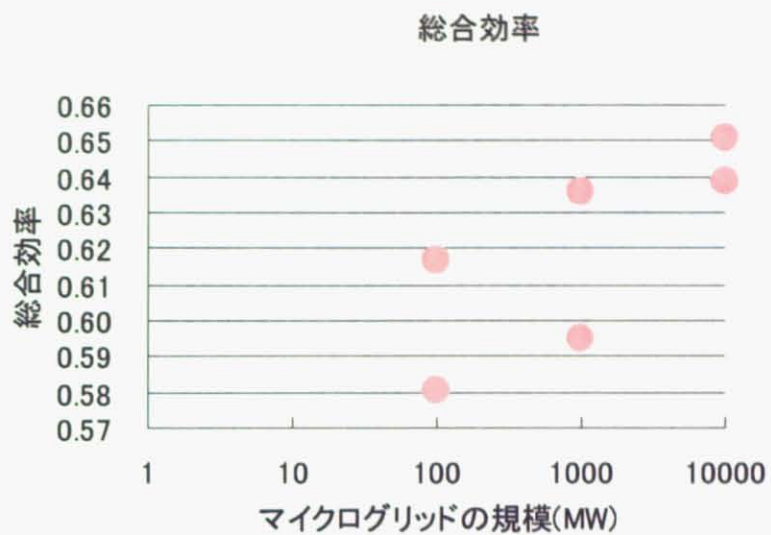


Fig. 67 マイクログリッドの規模と総合効率（コスト最小化）

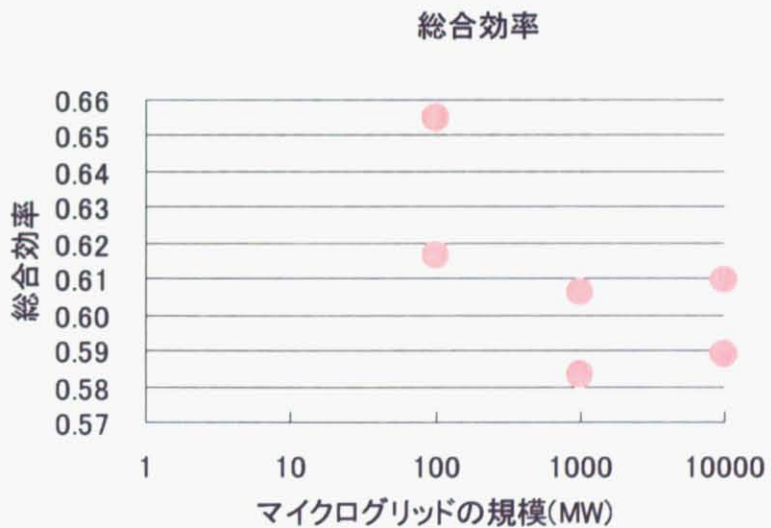


Fig. 68 マイクログリッドの規模と総合効率（二酸化炭素最小化）

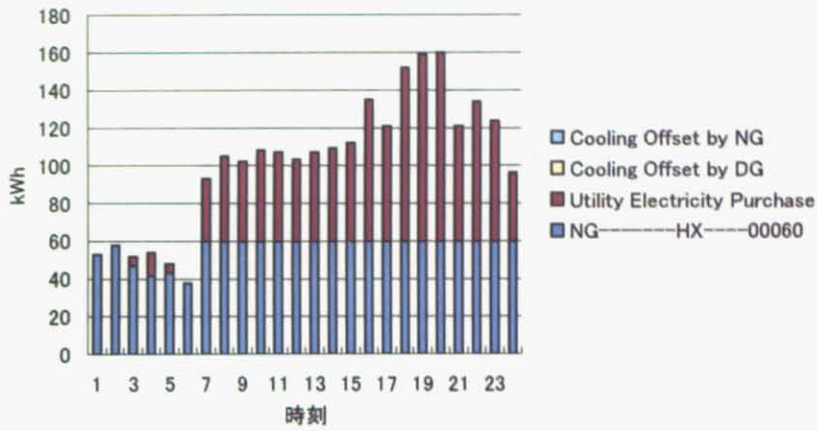


Fig. 69 1月の分散型電源の運転計画（コスト最小化、分散最小化、100MW）

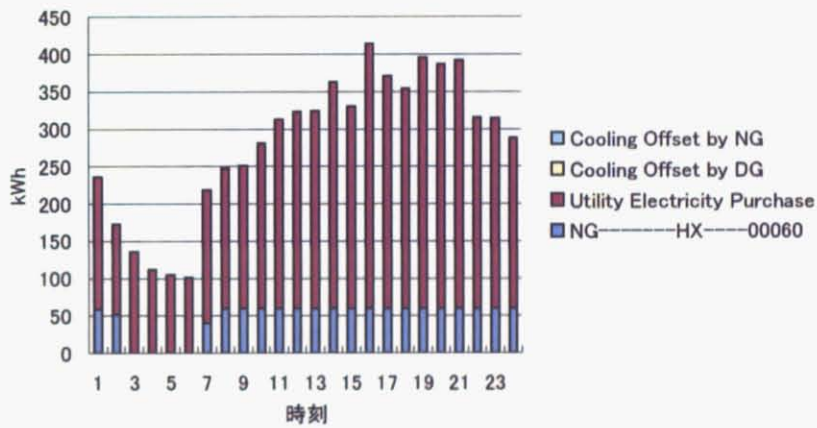


Fig. 70 7月分散型電源の運転計画（コスト最小化、分散最小化,100MW）

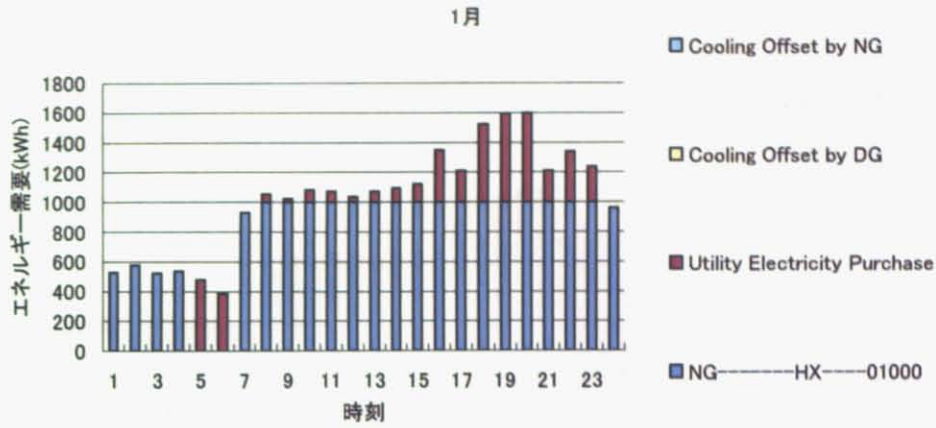


Fig. 71 1月分散型電源の運転計画（コスト最小化、分散最小化,1000MW）

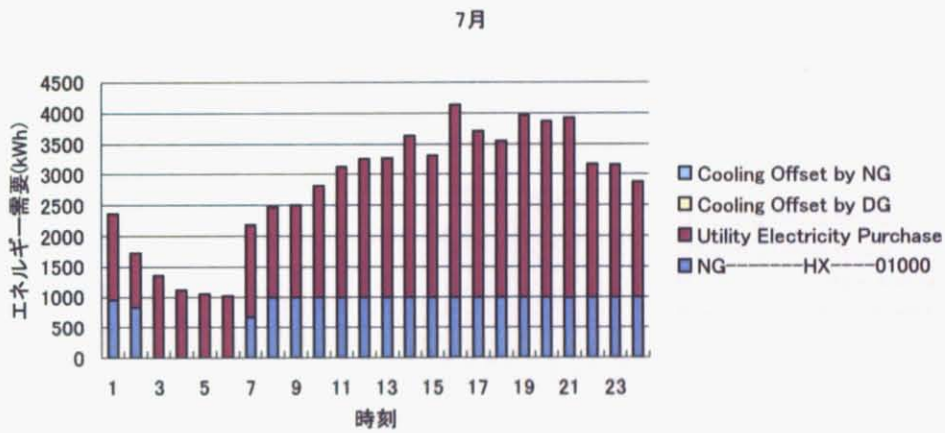


Fig. 72 7月分散型電源の運転計画（コスト最小化、分散最小化,1000MW）

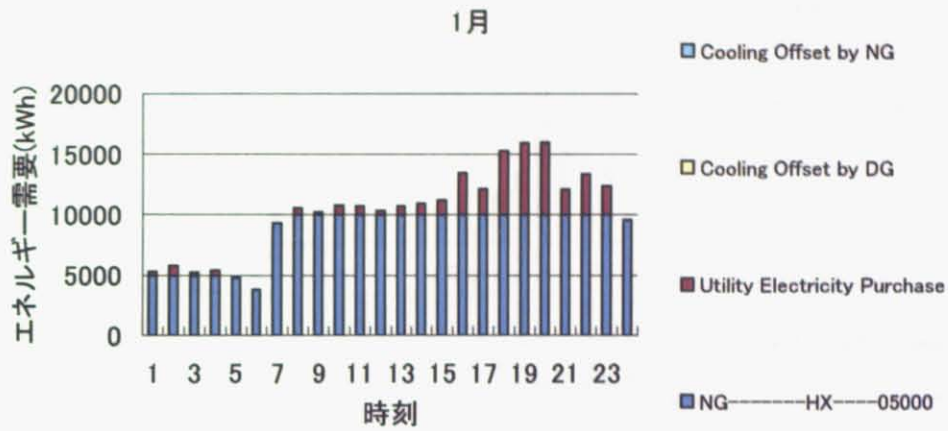


Fig. 73 1月の分散型電源の運転計画 (コスト最小化、分散最小化,10000MW)

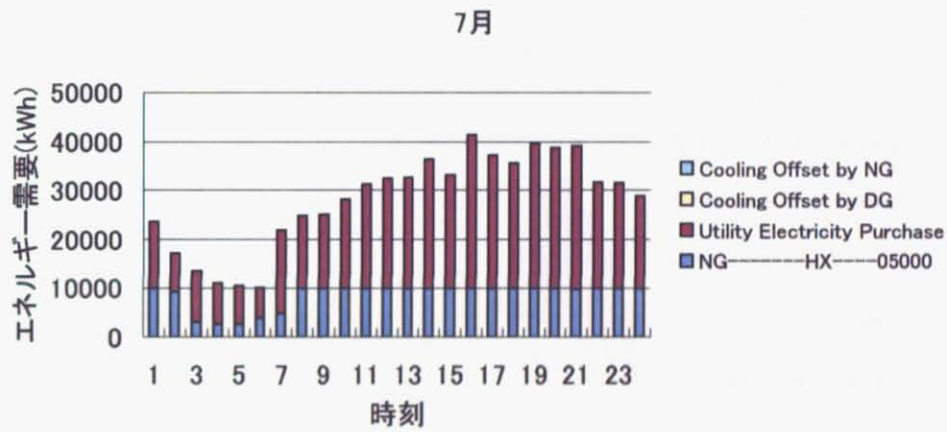


Fig. 74 7月の分散型電源の運転計画 (コスト最小化、分散最小化,10000MW)

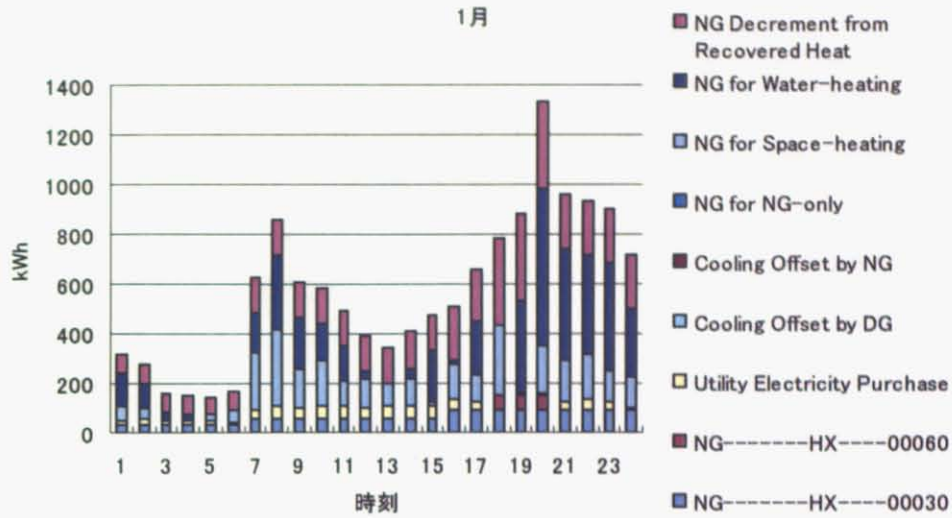


Fig. 75 1月の分散型電源の運転計画（二酸化炭素最小化、分散最小化,100MW）

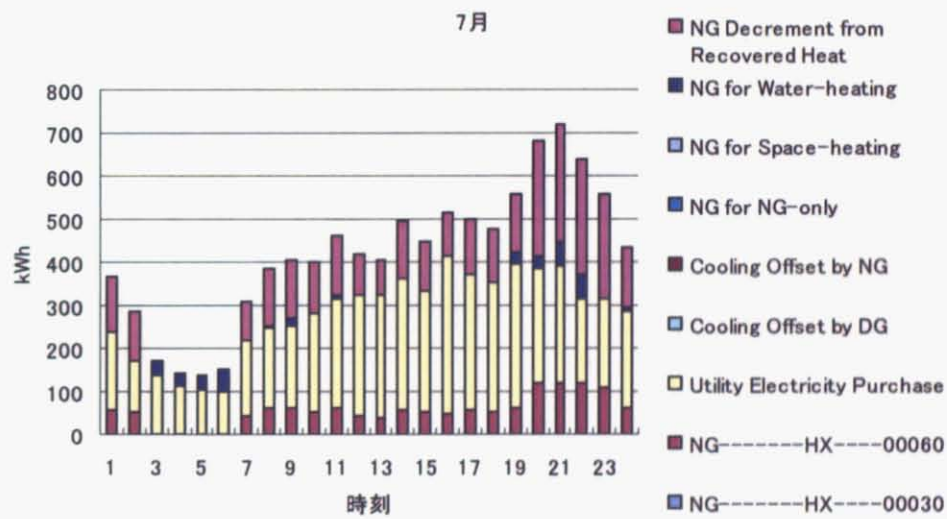


Fig. 76 7月の分散型電源の運転計画（二酸化炭素最小化、分散最小化,100MW）

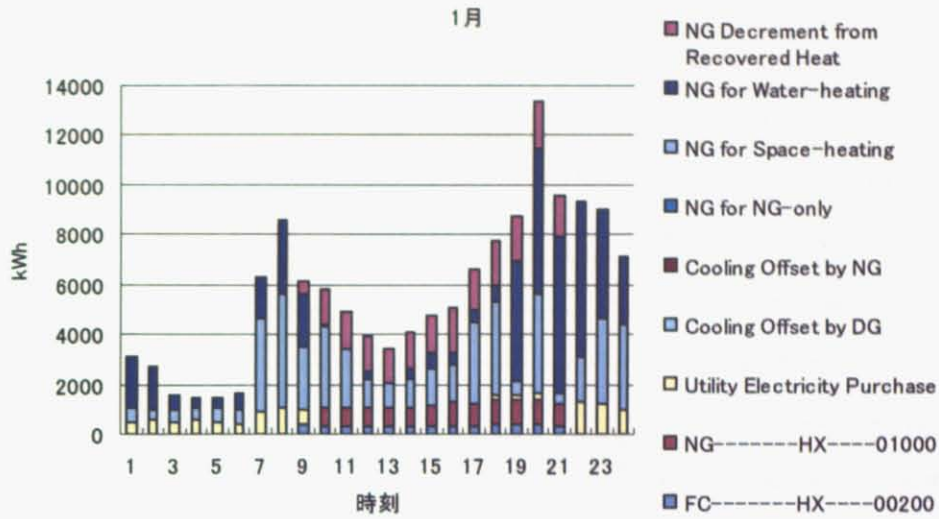


Fig. 77 1月の分散型電源の運転計画（二酸化炭素最小化、分散最小化,100MW）

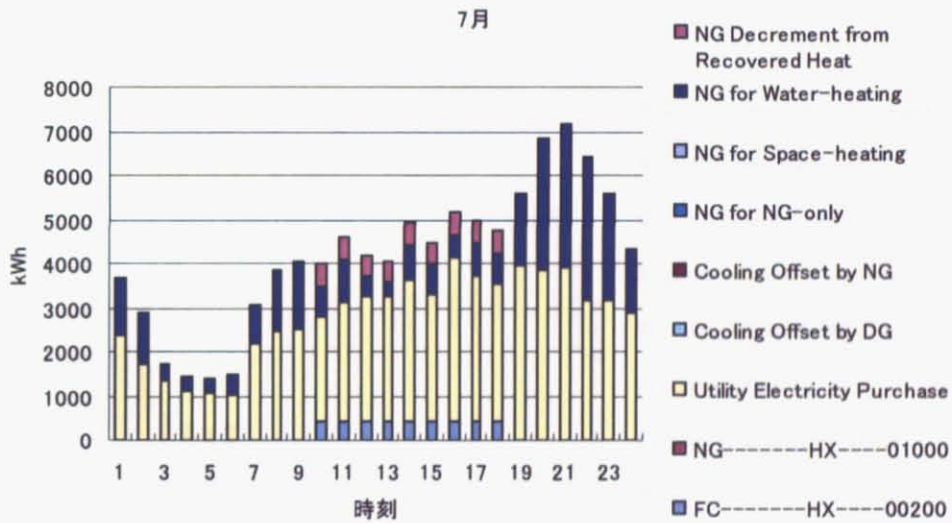


Fig. 78 7月の分散型電源の運転計画（二酸化炭素最小化、分散最小化,100MW）

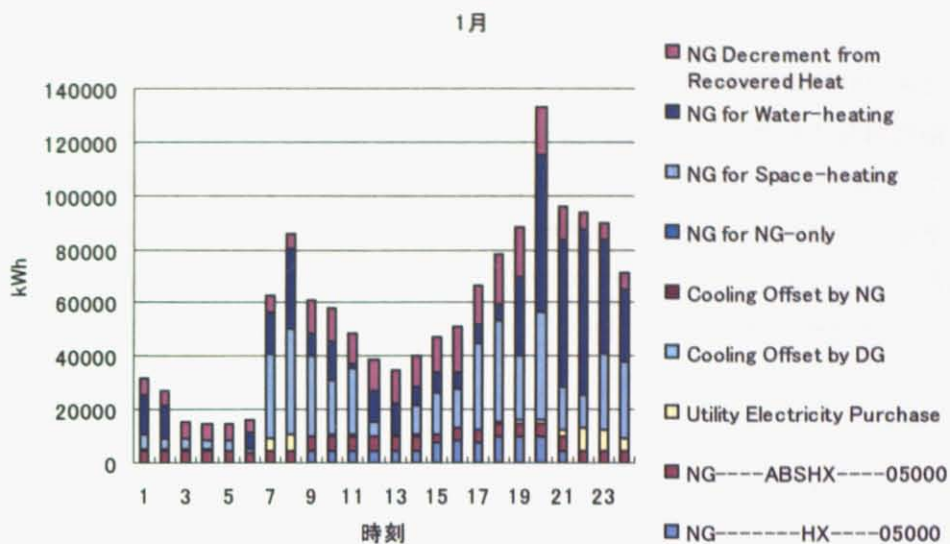


Fig. 79 1月の分散型電源の運転計画（二酸化炭素最小化、分散最小化,100MW）

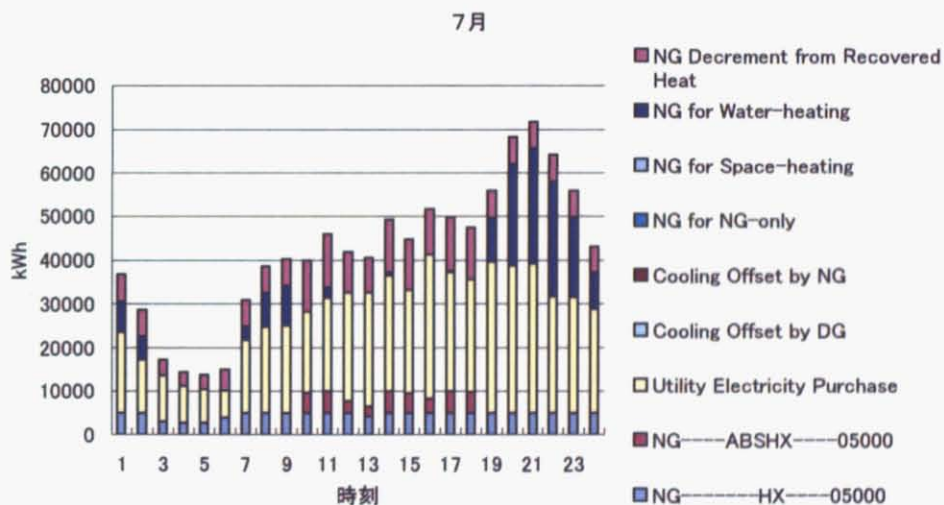


Fig. 80 7月の分散型電源の運転計画（二酸化炭素最小化、分散最小化,100MW）

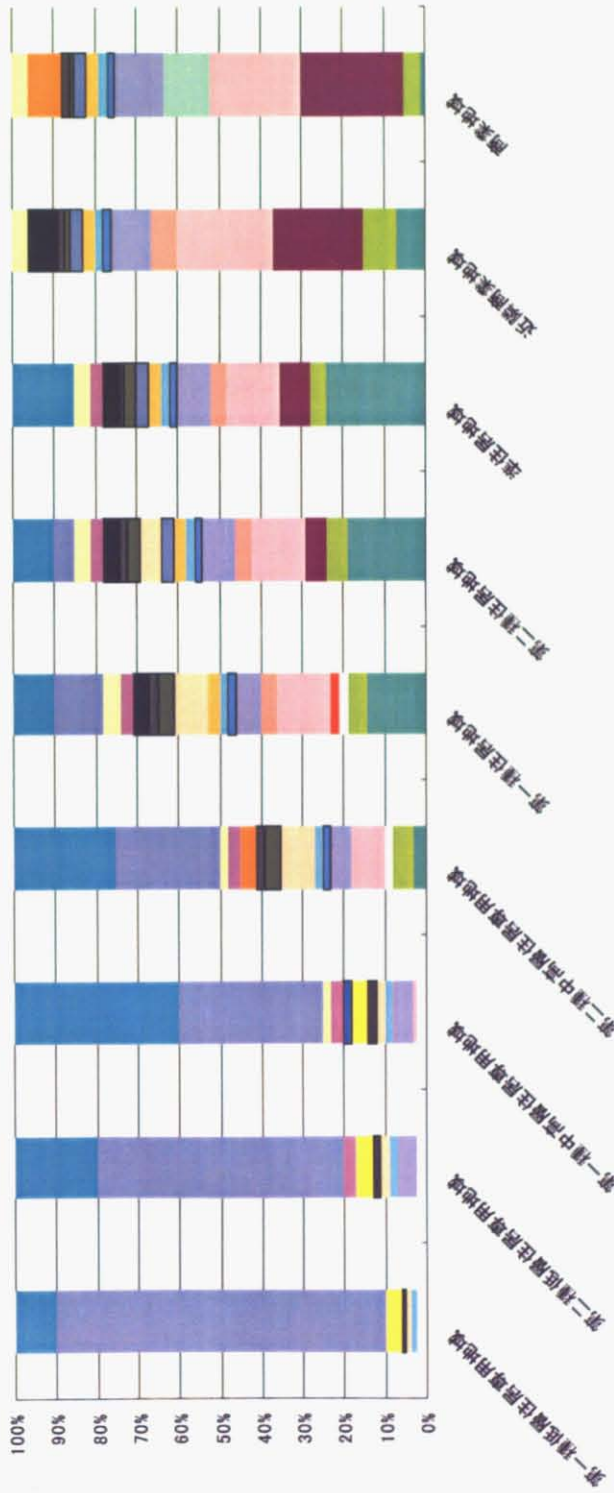
5.3. 制約条件強化での分散最小化需要統合分析

5.3.1. 制約条件強化での分散最小化需要統合結果

次に分散最小化モデルを用いて、用途地域の制限を強化し、それぞれの都市構造から逸脱しないように、Table7.に示すような制約条件をくわえた。需要のインプットには原単位に平均的な建物面積をかけた値を用いた^{xxvii}。各種建物を分類し、それぞれの分類全体である一定以上の構成割合を占めないように制約を設けた。それぞれの用途地域の結果を Fig. 81 に示す。Fig. 82 からみられるように、学校と事務所の分類以外は制約いっぱいまでうめる結果となった。各分類からは、量販店、ラーメン屋、大病院など建物当たりの熱需要が大きいものが選ばれる傾向があった。Fig. 83-Fig. 91 に各地域の月別の電力需要を示す。

Table. 7

最高割合制約	第一種低層住居専用地域		第二種低層住居専用地域		第一種中高層住居専用地域		第二種中高層住居専用地域		準住居地域		近隣商業地域		商業地域	
	80	60	35	25	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0
住宅	80	60	35	25	12	5	0	0	0	0	0	0	0	0
マンション	10	20	40	25	10	10	15	0	0	0	0	0	0	0
住宅併用事務所	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小売店・美容院等計	0	5	5	5	6	8	8	10	12					
卸売業・不動産業計	0	0	2	2	4	4	4	4	4					
クリーニング	0	0	0	1	1	1	1	1	1					
飲食店計	0	0	1	8	13	13	13	23	22					
スーパー・量販店など計	0	0	0	0	2	5	7	22	25					
会社・事務所	0	0	0	6	15	20	25	10	5					
官公庁	0	0	0	5	5	5	4	8	4					
ホテル等計	0	0	0	0	4	4	4	6	11					
スポーツ施設等計	0	0	0	0	3	3	3	3	3					
カラオケ・パチンコ等計	0	0	0	0	3	3	3	3	3					
学校計	3	4	4	8	8	5	0	0	0					
図書館等計	1	2	2	2	2	2	1	2	2					
病院計	0	0	2	4	4	4	4	7	8					
銭湯	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
保健所・老人ホーム等計	4	4	4	4	4	3	3	1	1					
菓子等小売業	0	3	3	3	3	3	3	0	0					



- 会社・事務所
- 量販店
- 小売店
- 居酒屋
- 和食
- ファッションホテル
- クリーニング・リネン・サブライ
- フィットネスクラブ(温水プールあり)
- 公立小中学校
- 集会所
- 大病院
- その他歯科、助産等の医療業
- 卸売業
- 官公庁
- スーパー
- ラーメン
- ファミレス
- 飲食業
- その他宿泊業(施設含む)
- 銭湯・サウナ
- パチンコホール
- 私立小中学校
- 保健所
- 中病院
- 菓子小売業
- 不動産業
- 住宅併用事務所
- コンビニ
- 中華
- そば屋
- シティホテル
- 美容院
- スポーツ施設(温水プールなし)
- カラオケボックス
- 大学等高等教育機関
- 図書館、博物館等社会教育施設
- 小病院
- ハン小売業
- 住宅
- 総合スーパー
- 大型百貨店
- ファーストフード
- 喫茶店
- ビジネスホテル
- 美容院
- スポーツ施設(温水プールあり)
- 幼稚園・保育園
- 老人ホーム
- 寺社、協会
- 診療所・医院
- 豆腐かまぼこ等加工食品小売業
- マンション

Fig. 81



Fig. 82

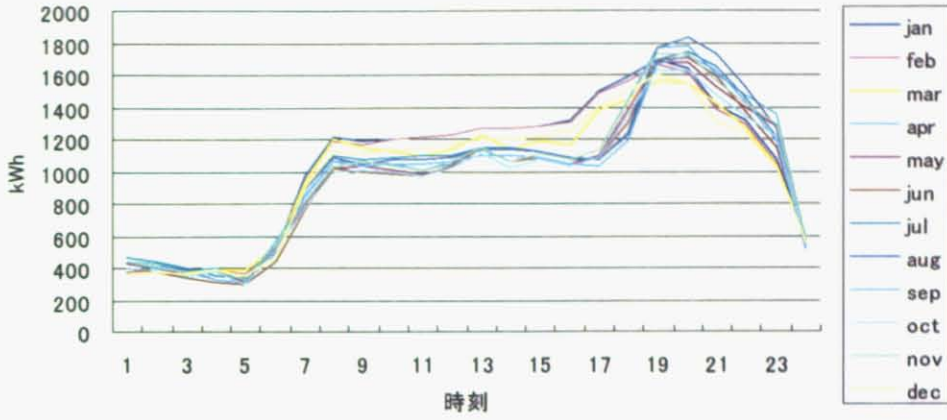


Fig. 83 第一種低層住居専用地域

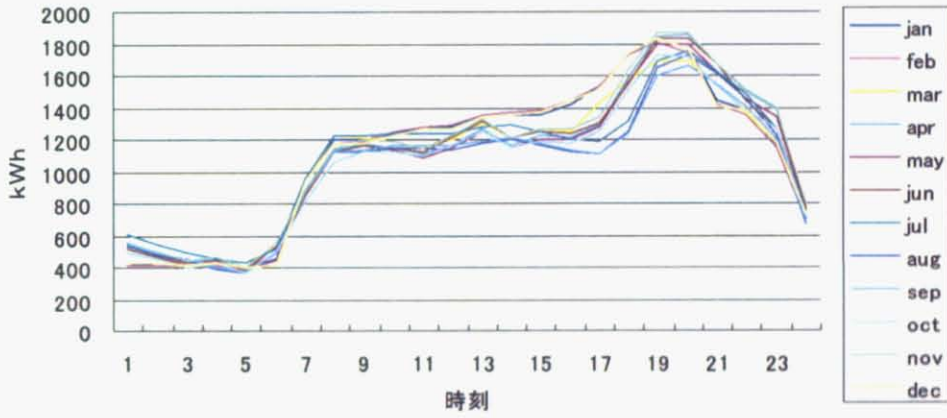


Fig. 84 第二種低層住居専用地域

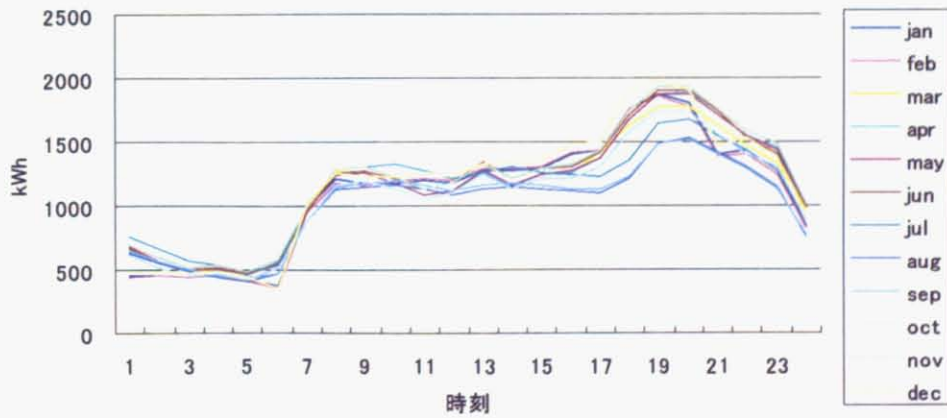


Fig. 85 第一種中高層住居専用地域

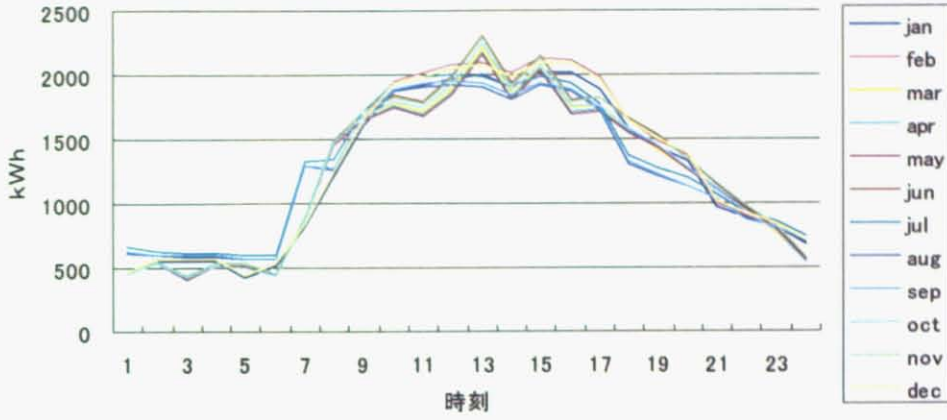


Fig. 86 第二種中高層住居専用地域

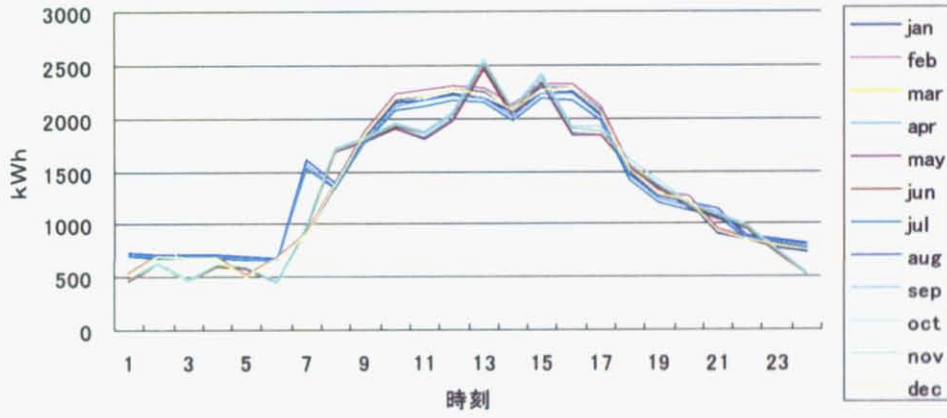


Fig. 87 第一種住居地域

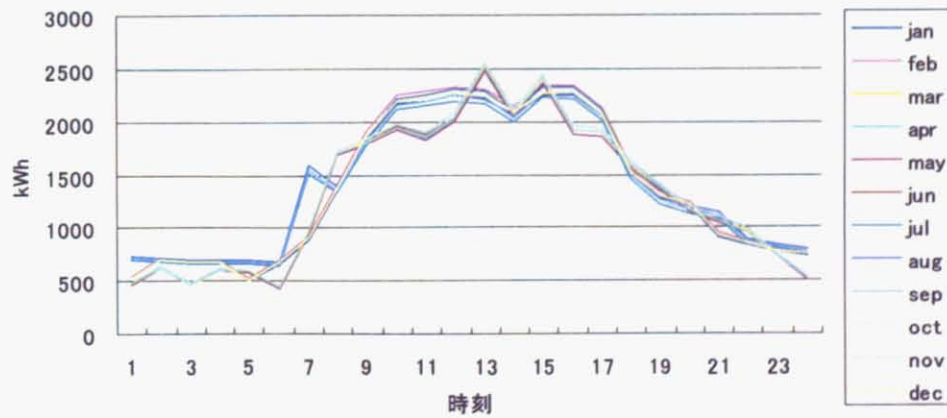


Fig. 88 第二種住居地域

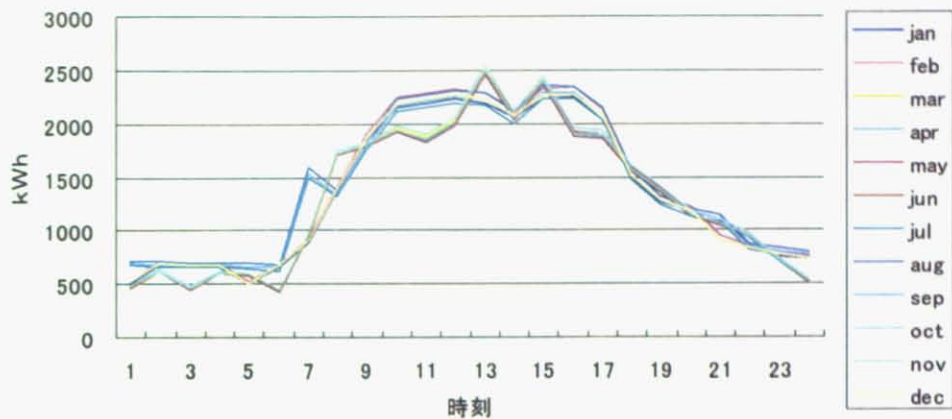


Fig. 89 準住居地域

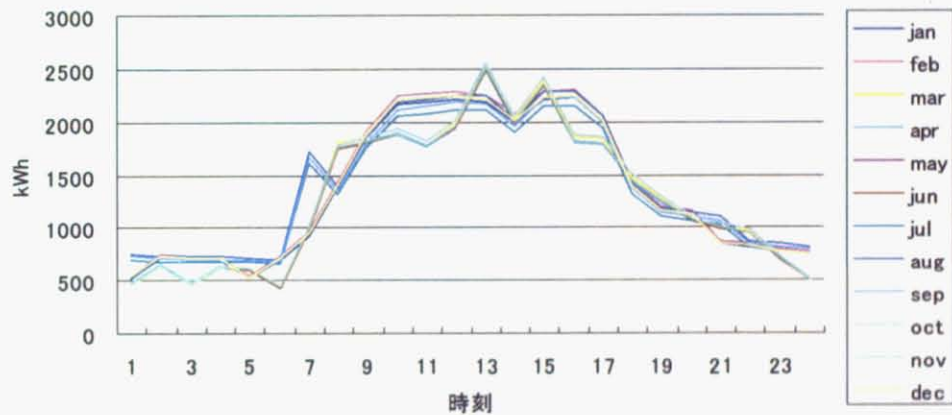


Fig. 90 近隣商業地域

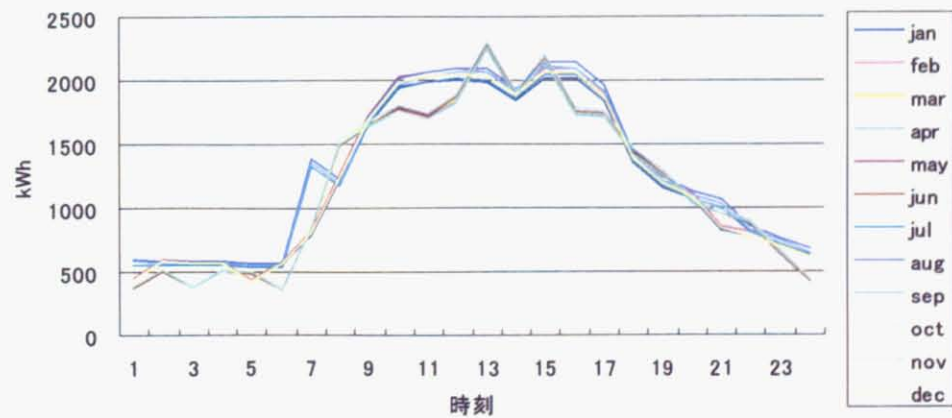


Fig. 91 商業地域

5.3.2. 二酸化炭素最小化モデルにおける目的関数と二酸化炭素排出量の比較

各用途地域において、1月から12月の一日の需要を足した値が1000,000kWの場合二酸化炭素最小化する分散型電源を分析した。Fig. 92に各用途地域の炭素削減量を示す。また分散最小化の目的関数値と二酸化炭素削減割合をFig. 93に示す。第一種住居地域においては10年の経済制約のもとでは分散型電源は導入されない結果となった。導入された分散型電源はFig. 94の通りである。

目的関数値が低いほど二酸化炭素削減割合が大きい傾向が見られた。Fig. 95に用途地域別二酸化炭素排出量の構成割合 Fig. 96には目的関数と各種二酸化炭素排出源からの二酸化炭素排出量を比べた。目的関数と発電機の二酸化炭素排出量との関係はきわめて低く、反対に系統電力からの二酸化炭素排出量には比例し、都市ガスからの二酸化炭素排出量には反比例する傾向がみられた。よって、本分散最小モデルは発電機の効率に影響を与えるものとはいいがたく、熱量が増大しているために二酸化炭素排出量の削減との関係が見られたと考えられる。

用途地域	目的関数値	二酸化炭素削減割合
第一種低層住居専用地域	0.090	0.744
第二種低層住居専用地域	0.098	0.736
第一種中高層住居専用地域	0.098	0.721
第二種中高層住居専用地域	0.123	0.973
第一種住居地域	0.131	1.000
第二種住居地域	0.132	0.955
準住居地域	0.132	0.958
近隣商業地域	0.132	0.933
商業地域	0.121	0.921

Fig. 92 二酸化炭素最小化モデルと各用途地域の比

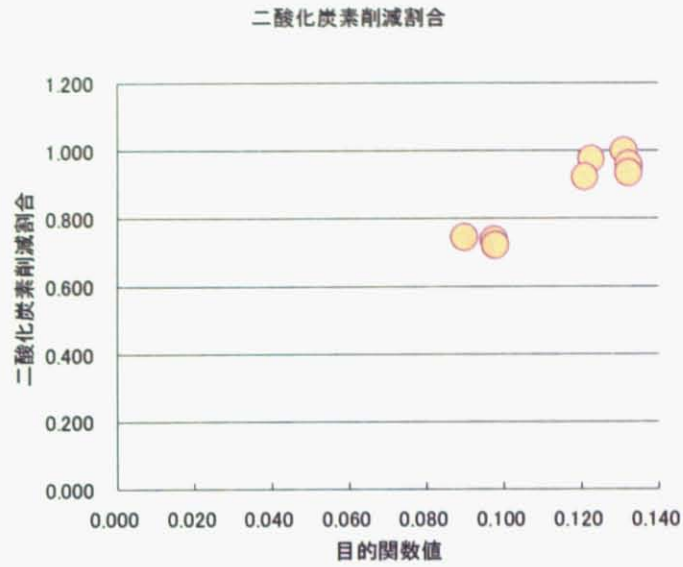


Fig. 93 二酸化炭素削減割合と目的関数

発電機種	太陽光発電	燃料電池	ガスエンジン	ガスエンジン
定格容量(kW)	100	200	1000	100
第一種低層住居専用地域	15	1	1	
第二種低層住居専用地域	5			13
第一種中高層住居専用地域	3		1	6
第二種中高層住居専用地域	11	1	1	
第一種住居地域				
第二種住居地域	16		1	
準住居地域	16		1	
近隣商業地域	17		1	
商業地域	12	3	1	

Fig. 94 用途地域と導入された分散型電源

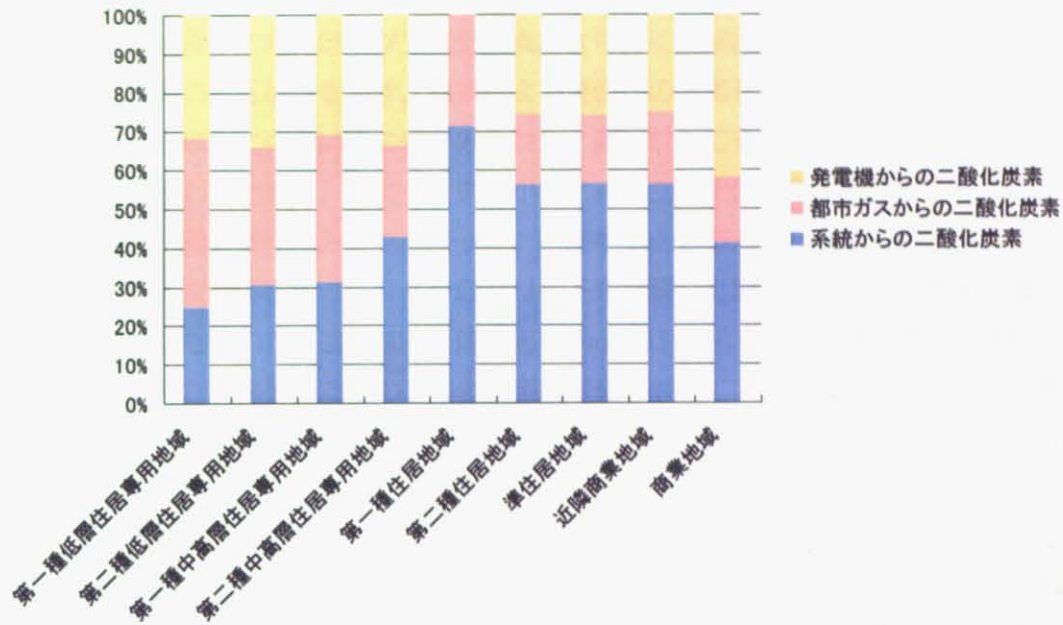


Fig. 95 用途地域別二酸化炭素排出量の構成割合

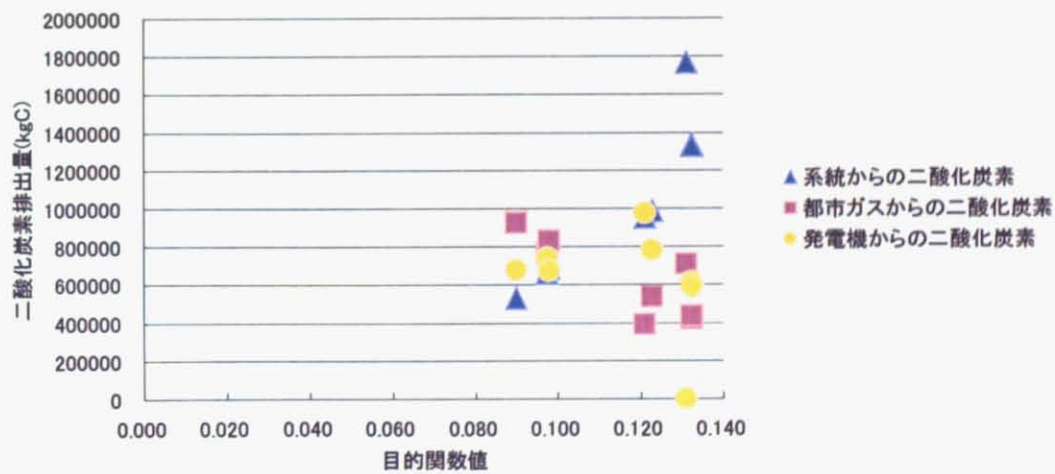


Fig. 96 目的関数値と各種二酸化炭素排出量

5.3.3. 二酸化炭素最小化モデルにおけるマイクログリッドの規模の比較

同じ建物構成で、1月から12月の一日の需要を足した値が100000kW及び、1000000kWの各用途地域の需要の分析を行った。マイクログリッドの規模と二酸化炭素排出削減割合の関係をFig. 97に示す。マイクログリッドの規模が大きいほうが二酸化炭素がより多く削減される傾向がみれた。Fig. 98-Fig. 101に規模別の分散型電源の運転計画を示す。規模による優位性の根拠を模索したが、熱電比、系統電力購入割合、システム総合効率などについての差がみられず、運転計画にも特に違うところもみうけられなかった。またFig. 102に示したとおり、二酸化炭素最小化による二酸化炭素削減割合とマイクログリッドの規模を比較したところ、同じ傾向はみられなかった。系統電力と都市ガスから全てのエネルギーを購入した場合に発生する二酸化炭素排出量と、マイクログリッドを構築した場合の二酸化炭素排出量との差を総エネルギーコストで除したものを用途地域別・規模別にFig. 103に示す。第一種低層住宅専用地域においては1000MW規模の方がコスト当たりの二酸化炭素削減量が顕著に大きい結果となった。また近隣商業、第一種住居地域を除いては、みな1000MW規模の方が安く単体量当たりの二酸化炭素を削減できる結果となった。

既存の研究においては、単体の建物の規模別コジェネレーションの導入評価が行われている。周らは延床面積5000m²及び1000m²大の2種類を比較しているが^{xxxviii}、オフィスビル、病院、ホテル、店舗、スポーツ施設において述べ床面積が大きいほうがコジェネレーションシステムの導入量は大きく費用回収年数も短い結果となっている。複数の建物を統合した本研究においても、同様の傾向を示したといえる。

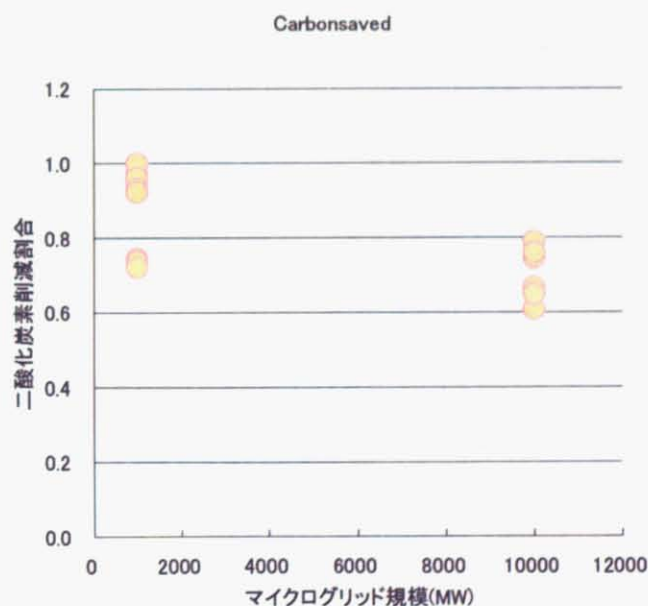


Fig. 97 マイクログリッドの規模と二酸化炭素削減割合

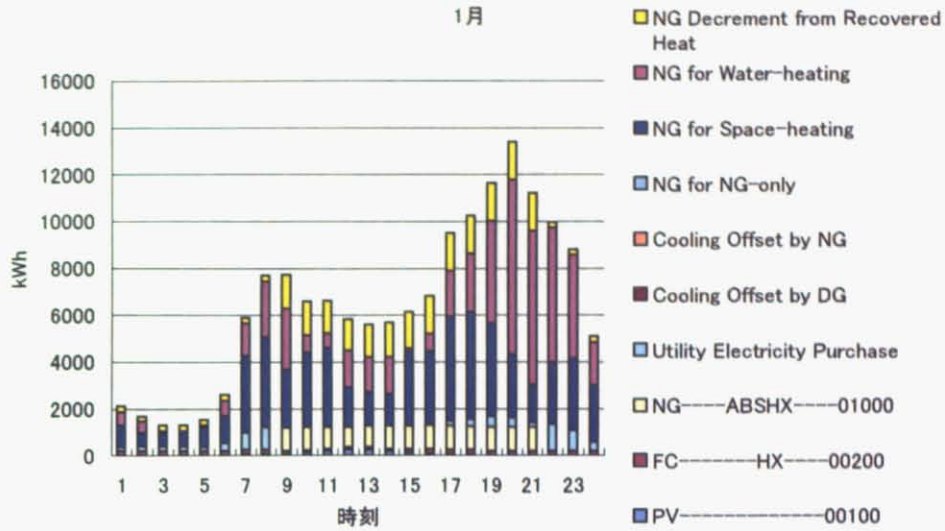


Fig. 98 1月の第一種低層住宅専用地域における分散型電源の運転計画(100MW)

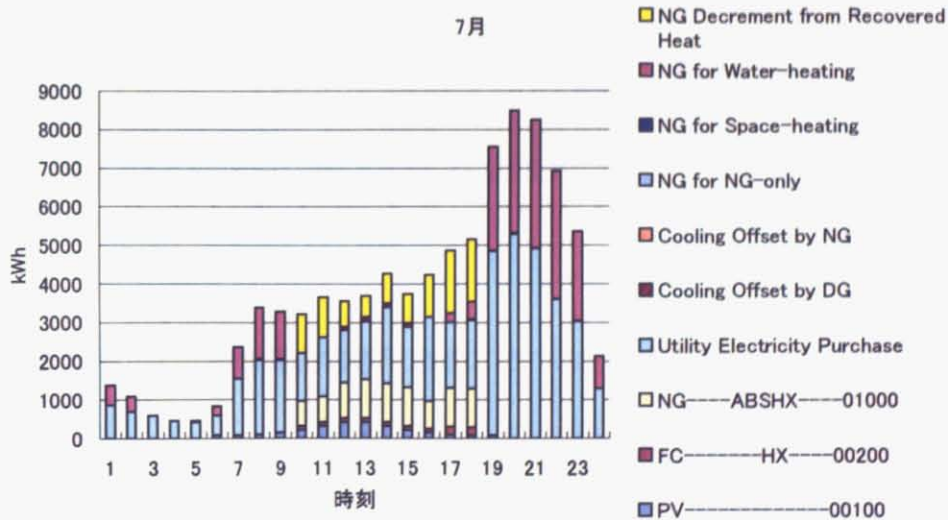


Fig. 99 7月の第一種低層住宅専用地域における分散型電源の運転計画(100MW)

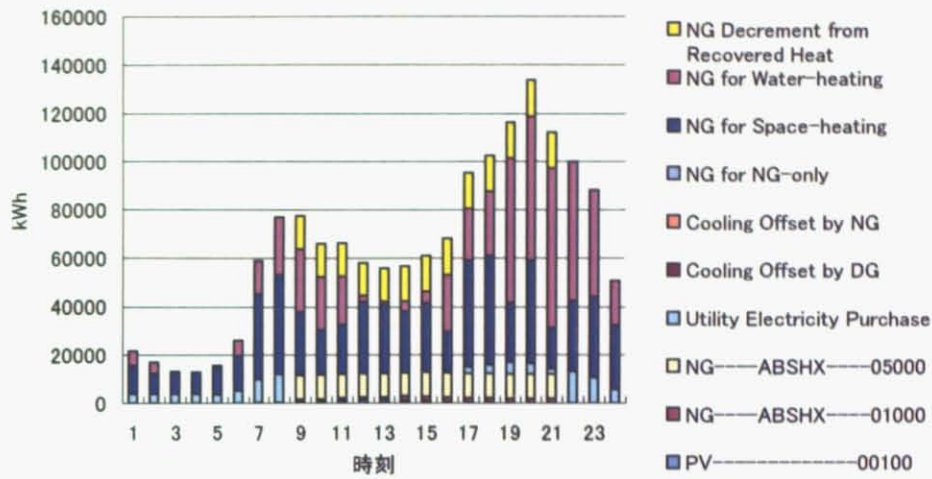


Fig. 100 1月の第一種低層住宅専用地域における分散型電源の運転計画(1000MW)

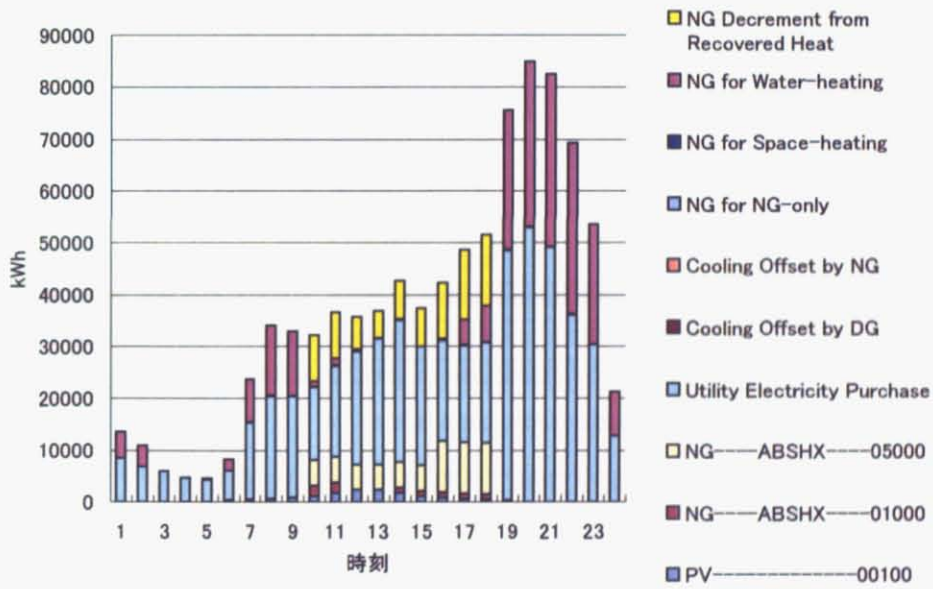


Fig. 101 7月の第一種低層住宅専用地域における分散型電源の運転計画(1000MW)

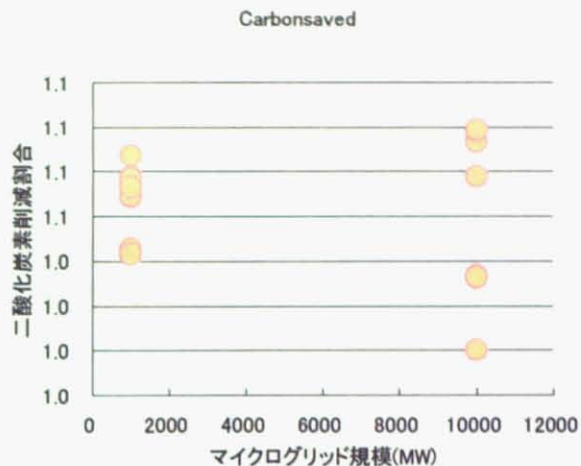


Fig. 102 マイクログリッドの規模と二酸化炭素削減割合(コスト最小化)

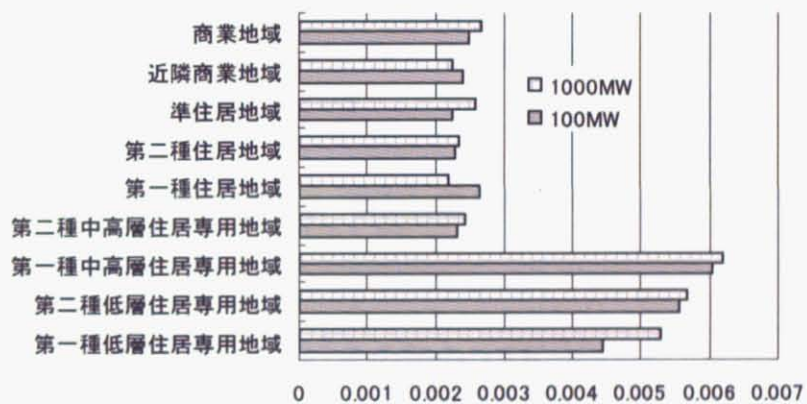


Fig. 103 マイクログリッドの規模と二酸化炭素削減割合(コスト最小化)

5.3.4. 送電線及び制御装置を含めたマイクログリッドの規模の比較

前章では規模が大きいほど二酸化炭素削減費用単価は小さい結果となったが、実際規模が大きいほど面積は大きくなり、その分送電線などの設備投資が大きくなると考えられる。Fig. 104 に示した指標を上記の計算結果に加えることで、これらの費用を考慮する。上記で得られた二酸化炭素削減費用単価(図中 DERCAM) と送電線、制御装置及びキャパシタ費用を考慮した二酸化炭素削減費用単価(図中その他のコスト)を、用途地域別・規模別に Fig. 105 に示す。送電線等を考慮した場合においても、全用途地域において規模の大きい方が単位コスト当たりの削減量が大きい結果となった。

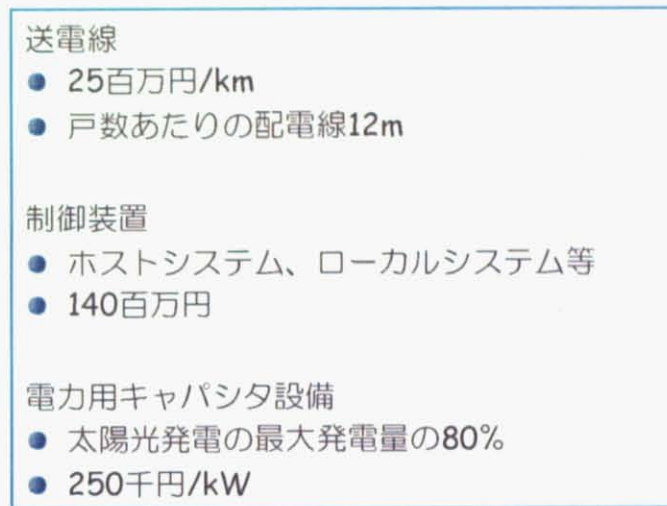


Fig. 104 送電線、制御装置とキャパシタのデータ^{viii}

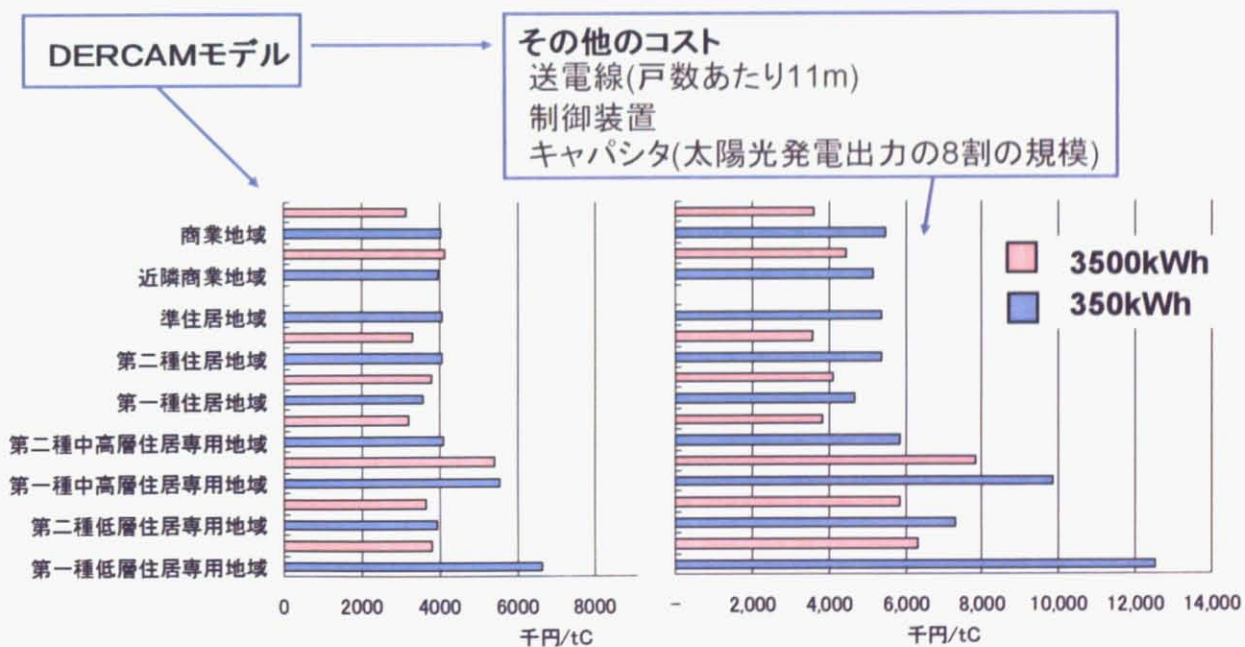
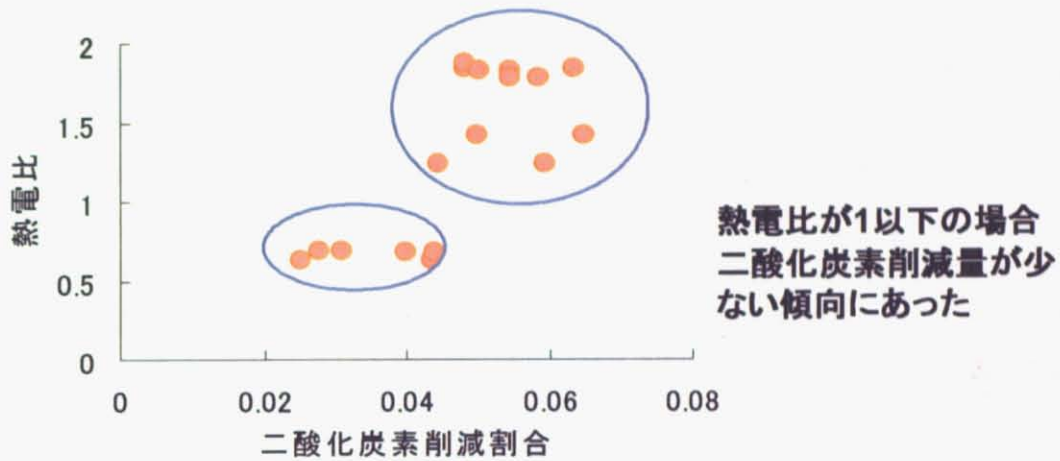


Fig. 105 二酸化炭素削減費用

5.4. 用途地域の考察

規模別に比較した場合、規模の大きい方がコスト当たりの二酸化炭素削減量が多い傾向が見られた。用途地域で比較した場合、熱需要は電力需要に対して大きすぎてもコジェネレーション効果が発揮されない結果となった。本研究においては熱電比が1より小さい場合、二酸化炭素削減量が少ない傾向にあった。今後最適な需要統合方法を模索するうえで熱電比の割合は重要な指標になると考えられる。



$$\text{熱電比} = (\text{暖房} + \text{給湯}) / (\text{電力} + \text{冷房})$$

Fig. 106 二酸化炭素削減割合と熱電比

6. まとめ

日本は温室効果ガスの排出を削減するための京都議定書の批准により、国内における温室効果ガスの排出量削減が急務である。民生部門における近年の温室効果ガス排出状況は以前増加しており、民生部門の二酸化炭素排出量の削減、省エネルギーの推進は緊急を要する課題である。新エネルギーのうち太陽光発電は国内企業が世界規模活動するなどさらなる普及が期待される自然エネルギーである。しかし、その不安定性から単独で発電することは不可能であり、また一部地域で大量に系統と連結した場合の障害が懸念されている。同じく新エネルギーである天然ガスコジェネレーションシステムは業務建物における省エネルギー、省二酸化炭素に有効な対策といわれており、近年、マイクロガスタービンや燃料電池を用いた各種コジェネレーションシステムの導入範囲が広まってきている。しかし、一方でコジェネレーションシステムは、年間の稼働時間や熱との電力の需要バランスにより経済性が大きく変動する。コジェネレーションの効果的な導入量、最適な運転計画はその普及に欠かせないものである。そのためにマイクログリッドコンセプトに注目が集まっている。電力と熱の配給システムであるマイクログリッドは効率的なコジェネレーションが行えるとともに、その内部で電熱バランスを維持し、電力系統から独立して運転できると考えられている。そして一つの安定した集合体としてマイクログリッドが複数電力系統と連結することで電力系統側の負担を緩和し、さらにはバックアップとして付加価値をも創出すると期待されている。これら多くの期待をよせるマイクログリッドであるが、未だ実証実験段階にあるマイクログリッドコンセプトを現実的なものにするために多方面からの研究がなされている。本研究ではコジェネレーションの効率に大きく影響する需要構成に関して研究を行った。方法として、電力変動が少なく熱需要が多い建物の組み合わせを都市計画法の制約のもとモデルを用いて最適化し、その運転計画を経済制約のもと二酸化炭素排出量最小化の観点から最適化した。都市計画法に基づき制約を設けることで、より現実的な建物構成を対象にマイクログリッド化に対する可能性を評価することができた。具体的には9種類の用途地域の建物制限及び一般的な建物構成を制約条件とし、組み合わせられた需要に対して最適な分散型電源の構成と運転計画を分析した。投資回収年制約下で、部分負荷運転させるように分散型電源が選択されるため、一時的なピークをカバーするための余分な発電機の投資は行われない。一方、昼間の二酸化炭素排出原単位を夜間のものより大きく設定しているため、できるだけ昼間の売電を避けるように分散型電源の投資と運転計画が決定される。総合効率は熱需要の多さと関係しており、電力購入が少ないほどその値は高くなる傾向をしめした。用途地域構成を規模別に分析した結果、需要規模が大きい方がコストあたりの二酸化炭素削減量が大きくなる傾向を示した。実証実験を終えて本格的にマイクログリッドを導入して行くにあたり、経済的に二酸化炭素削減を達成する手法のひとつとして、需要の最適組み合わせ、及びその規模の算出はよい参考になると考えられる。

7. 参考文献

-
- ⁱ IPCC第三次評価報告書
 - ⁱⁱ 経済産業省報告書 温暖化対策の経済性評価－数量モデルによる評価－
 - ⁱⁱⁱ 環境省報告書 温室効果ガス排出量算定方法検討会温室効果ガス排出量算定に関する検討結果総括報告書
2002
 - ^{iv} エネルギー白書 2006
 - ^v 独立行政法人産業技術総合研究所 財団法人電気安全環境研究所, 平成 13 年度新エネルギー・産業技術総合
開発機構委託業務成果報告書 太陽光発電技術研究開発 大量導入に向けた共通基盤技術の研究開発及び調
査「太陽光発電システム評価技術の研究開発」, 2002
 - ^{vi} 石川忠夫, 分散型電源の電力系統連携技術の最新動向, IEEJ Trans PE, Vol.126, No.10, 2006, p964-968
 - ^{vii} (社)日本エネルギー学会編, 天然ガスコジェネレーション計画設計マニュアル 2000
 - ^{viii} 川崎市, 平成15年度川崎市地域新エネルギービジョン策定等事業川崎市地域エネルギーネットワークシ
ステムの段階的導入調査事業報告書, 2004
 - ^{ix} 北九州市, 平成 16 年度北九州市地域新エネルギービジョン策定等事業～ 水素・燃料電池の利活用に向け
た調査～, 2005
 - ^x Rubio et. al, CERTS Customer Adoption Model, DER-CAM basics Electricity Markets and Policy Group,
2001
 - ^{xi} Feero et.al, Consortium for Electric Reliability Technology Solutions White Paper on Protection
Issues of the MicroGrid Concept, 2002
 - ^{xii} Abu-Sharkha et.al, Can microgrids make a major contribution to UK energy supply?, Renewable and
Sustainable Energy Reviews, Vol.10, 2006, p78-127
 - ^{xiii} 合田忠弘ら, マイクログリッド 分散型電源と電力ネットワークの共生のために, 電気新聞ブックス
 - ^{xiv} (社)日本エネルギー学会, 平成 15 年度成果報告書「都市における分散型電源活用のための次世代型地域エ
ネルギーシステムとその設計・評価技術の調査研究」成果報告書, 2004
 - ^{xv} 株式会社 テクノリサーチ研究所, 平成 16 年度系統連系問題に係る政策・技術動向等に関する調査報告
書, 2004
 - ^{xvi} D. Pudjianto et.al, Investigation of Regulatory, Commercial, Economic and Environmental Issues in
Microgrids, Proc. International Conference on Future Power Systems, The Netherlands, 2005
 - ^{xvii} 上坂真, 上下水道施設における新エネルギーの利活用(八戸市下水道施設における汚泥消化ガスを利用し
た新エネルギーの実証研究について), (社)上下水道コンサルティング協会平成 18 年度第 2 回講習会配布資
料
 - ^{xviii} Yoshihiko Matsumoto et.al, A Vision of an Electric Power Architecture for the Next Generation,
Electrical Engineering in Japan, Vol. 150, No. 1, 2005
 - ^{xix} 浅利 真宏, 低圧系統需給インターフェイスの開発－選択負荷遮断機能と低圧系統独立運転機能の開発－,
財団法人電力中央研究所 電中研報告, 2006
 - ^{xx} 諸住哲ら, 愛知万博における NEDO 新エネルギー実証プラント, 新エネルギーの開発動向 Vo.57, No.9,
p675-679
 - ^{xxi} NEDO 新エネルギー技術開発部系統連結技術グループ, NEDO における新エネルギーの系統連結技術, 配
布資料
 - ^{xxii} <http://motor.days.co.jp/its/tournews/20050423200417.html>
 - ^{xxiii} J. A. Peças Lopes, Defining Control Strategies for MicroGrids Islanded Operation, IEEE
TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 21, NO. 2, MAY 2006

-
- xxiv (財)エネルギー総合工学研究所, 新エネルギーの展望コジェネレーション技術, 2002
- xxv <http://www.gams.com/>
- xxvi <http://www.ilog.com/products/cplex/>
- xxvii 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻環境システム情報学分野, 提供データ
- xxviii 尾島俊雄研究室, 建築の光熱水原単位, 早稲田大学出版部, 1995
- xxix 国土交通省都市地域整備局都市計画課, <http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/index.html>
- xxx Washinton State University, HeatMap, <http://www.energy.wsu.edu/software/heatmap.cfm>
- xxxi (社)空気調和・衛生工学会, 都市ガスによるコジェネレーション評価プログラム-CASCADE-Computer Aided Simulation for Cogeneration Assessment & Design, 1998
- xxxii 米国立再生可能エネルギー研究所 (NREL), HOMER, <http://www.nrel.gov/homer/>
- xxxiii 伊東浩一ら, コジェネレーションの最適計画-インテリジェント・フレキシブル・コジェネレーションを目指して-, 産業図書
- xxxiv Michael Stadler et.al, Effects of a Carbon Tax on Microgrid Combined Heat and Power Adoption, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004
- xxxv 石田武志ら, 経済制約と機器の部分負荷特性を考慮した業務建物の最適CGS導入決定支援システムの構築, 電気学会論文B, Vol.125, No.4, 2005
- xxxvi 東京電力(高圧)電気需給約款
- xxxvii <http://www.tokyo-gas.co.jp/>
- xxxviii 周南ら, 日本における建物別分散型電源導入のポテンシャル, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004
- xxxix <http://www.city.kobe.jp/cityoffice/33/yoto/>

ACKNOWLEDGMENT

謝辞

本研究を行うにあたり、数多くの方にご協力いただき感謝致します。モデルを提供していただいた Lawrence Berkeley National Laboratory の皆さんに心より感謝致します。改良の助言をいただいた Ryan Firestone さん、Michael Stadler さん本当にありがとうございました。Chris Marnay 先生には親身に相談に乗っていただき研究を上げることができました。河野さんには研究方針の相談やデータの提供をしていただき本当に助かりました。浅野先生、坂東先生にはマイクログリッドの見学や勉強会への参加、多くのアドバイスなどをいただき感謝致します。鹿園先生には業界のお話をいろいろを伺うことができ大変勉強になりました。松橋先生にはお忙しい中助言をいただき感謝致します。吉田先生には詳細にたって相談にのっていただき感謝致します。そしてつたない私の話を聞いてくださり、励まし応援して下さった影本先生、阿久津先生本当にありがとうございました。また最後になりましたが、影本研究室の皆様の手助けなくしては本論文を仕上げることはできませんでした。本当にありがとうございました。