

・ 中小規模都市における実現可能性調査

人口 10～50 万人未満の中規模都市や、10 万人未満の小規模都市における廃棄物処理システムの特徴を活かした低炭素・省 CO₂ 対策について、現行の処理システムの検証を行うとともに、更なる低炭素・省 CO₂ 化に向けた実現可能性調査を計画・実施した。

- 1 . 南但広域行政事務組合

1 . 現行システムの検証

(1) 南但広域行政事務組合の概要

- ・ 計画収集人口 55 千人（養父市 24 千人、朝来市 31 千人）
- ・ 面積 826km²（養父市 423km²、朝来市 403km²）
- ・ 兵庫県の北部に位置し、「但馬」南部の養父市及び朝来市からなり、但馬・山陰地方と京阪神大都市圏を結ぶ交通の要衝の地にある。
気候は日本海型で、一般に多雨多湿で梅雨期、秋雨期には降雨が多く、冬季は大陸から季節風が吹き積雪も多く、多雪区域と呼ばれるところもある。東部を円山川が南から北に流れ、その支流の八木川、大屋川、与布土川などが流下し、それらの河川に沿って小規模な平地が開けており、地域の南部は瀬戸内海へ流れる市川の源流地域となっている。



出典) 組合 HP より

(2) ごみ処理システムの概況

南但広域行政事務組合におけるごみ処理フローは、下図のとおりとなっている。

平成 28 年度実績で、人口 56 千人に対してごみ総排出量 19 千トンであり一人当たりのごみ排出量 925g/人日と、ほぼ平均的な状況である。

ごみ総排出量 19 千トンに対し、総資源化量は 5.7 千トン（メタンガス回収量を含む）であり、リサイクル率は 30%と全国平均に比して高い水準となっている。

また焼却残渣は、全量セメント原料化が行われている。

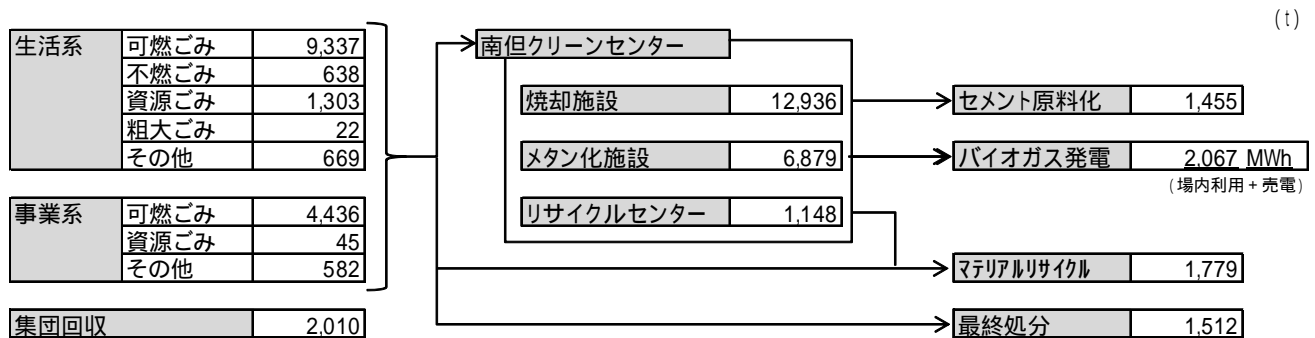


図 - 1 - 1 南但広域行政事務組合におけるごみ処理フロー（2016 年度）

出典) 環境省一般廃棄物処理実態調査平成 28 年度実績

中間処理施設（南但クリーンセンター）では、焼却施設とメタン化施設のコンバインドシステムを採用しており、機械選別された厨芥類・紙ごみ等はメタン発酵槽で発酵処理され、回収されたバイオガスによってバイオガス発電を行っている（メタン発酵残渣は焼却施設で焼却処理）。処理規模としては40t/日程度の小規模施設ながら、メタン化処理の特性を活かして発電・売電を可能とした施設である。

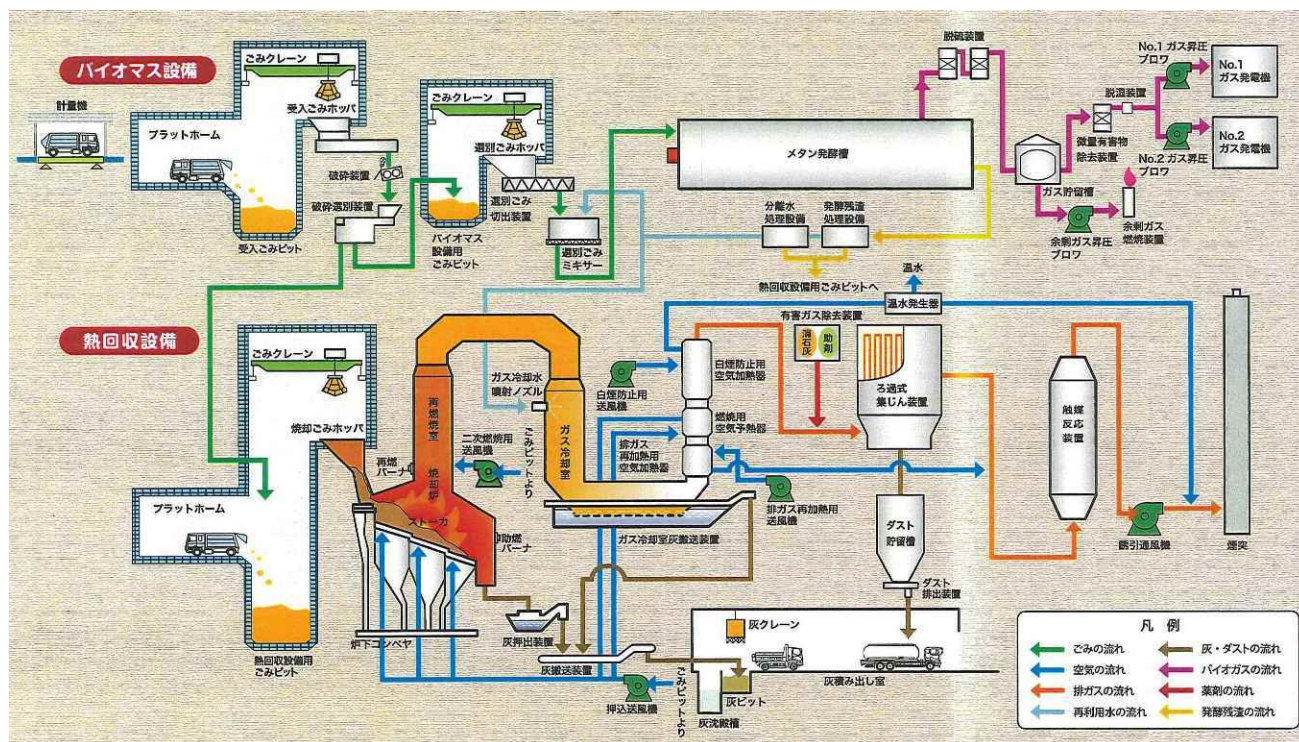


図 - 1 - 2 南但クリーンセンターにおけるごみ処理フロー

出典) 組合 HP

(3) 温室効果ガス排出状況

南但広域行政事務組合における温室効果ガス排出状況について、収集運搬工程及び中間処理（焼却・メタン化）工程に係る温室効果ガスの排出状況を検証した結果、以下のとおりであった。

1) 収集運搬

南但広域行政事務組合では、直営車両 13 台、委託車両 7 台の計 20 台で構成市内全域の生活系ごみ（可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみ、粗大ごみ等）を収集している。

本調査において収集した走行データ（走行距離、燃費等）から推計した年間の燃料給油量は約 74kL/年となることから、年間の CO₂ 排出量は 190tCO₂/年（排出係数：軽油 2.58tCO₂/kL）となる。

構成市内の計画収集人口は、平成 28 年度実績で 56,415 人であることから、人口一人当たりの生活系ごみ収集運搬に係る CO₂ 排出量は 3.4kgCO₂/人となり、本調査の全国データ解析で得られた平均値 4kgCO₂/人と比較して低い水準にあることが伺える。

表 - 1 - 1 南但広域行政事務組合における収集運搬過程のCO₂排出量

収集運搬に係る 給油量（推計） （L/年）	収集運搬に係るCO ₂ 排出量* ¹ （tCO ₂ /年）	人口1人当たりの 収集運搬に係る CO ₂ 排出量 （kgCO ₂ /人・年）	同 全国平均水準* ² （kgCO ₂ /人・年）
73,800	190	3.4	4.0

*1 CO₂排出係数は、温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における排出係数より軽油 2.58tCO₂/kL を使用。

*2 別途実施の全国データ解析結果より。

2) 中間処理

中間処理工程における温室効果ガス排出量としては、プラスチック類の焼却、焼却炉の立上げ下げ時等に使用する燃料使用量、及び施設の稼働にあたって外部から調達する電力量が挙げられる。2016年度における実績は下表のとおりであり、人口一人当たりのCO₂排出量は259kgCO₂/人と試算された。

表 - 1 - 2 南但クリーンセンター（焼却+メタン化施設）におけるCO₂排出状況（2016年度）

項目		活動量	CO ₂ 排出係数*	CO ₂ 排出量 （tCO ₂ ）	人口一人当たり のCO ₂ 排出量 （kgCO ₂ /人）
焼却施設 /メタン化 施設	プラスチック焼却	4,982 t	2.77 tCO ₂ /t	13,800	259
	燃料使用量	14.6 kL	2.49 tCO ₂ /kL	36	
	消費電力量	3,911 MWh	0.418 tCO ₂ /MWh	1,635	
	発電電力量	2,067 MWh	0.418 tCO ₂ /MWh	-864	
	計			14,607	

* 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における排出係数より。
燃料は灯油。電力は、2019年提出用の関西電力の値を利用。

2 . 実現可能性調査の計画・実施

2 - 1 . ICT 技術等の活用による収集運搬効率化

(1) 背景と趣旨

南但広域行政事務組合では、直営車両 13 台、委託車両 7 台の計 20 台で構成市内全域の生活系ごみ（可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみ、粗大ごみ等）を収集している。このうち可燃ごみの収集エリアは下図のようになっており、週 2 回の収集（月・火、木・金）を 11 台の車両で分担して収集を行っている。

収集ルートを選択は、運転員又は委託事業者に委ねられており、各々の判断で効率的なルートが選択されている状況だが、エリア全体を通した収集ルートの最適性について第三者による検証を行った等の経緯はないことから、更なる総走行距離の削減と、これに伴う燃料消費量及び CO₂ 排出量の削減の余地はあるものと考えられた。

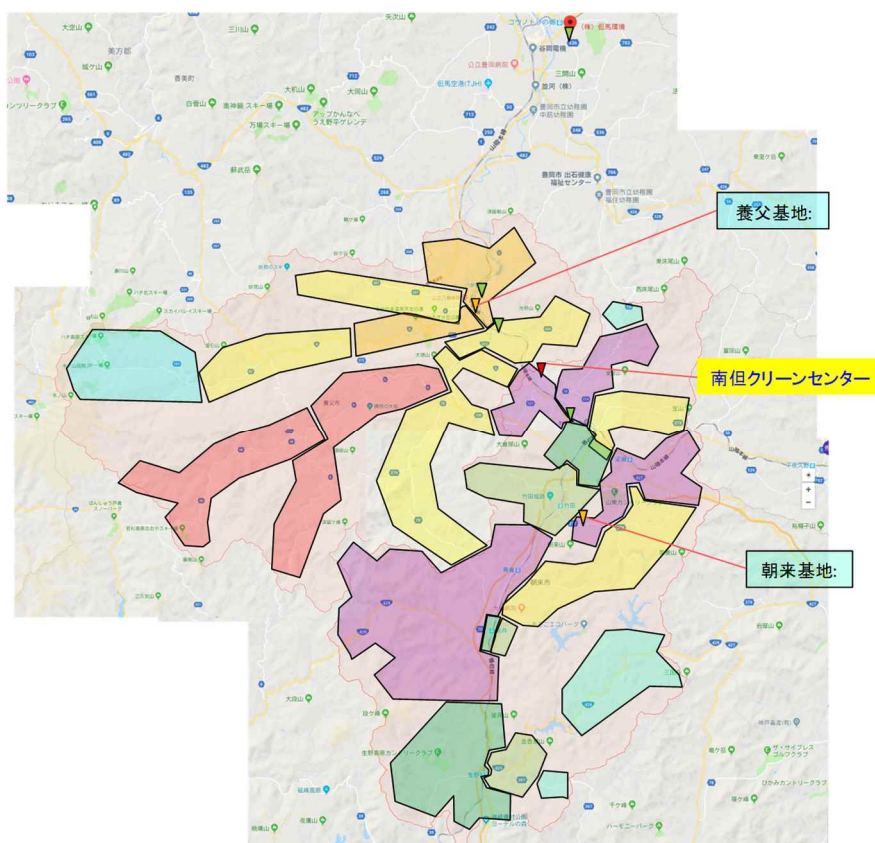


図 - 1 - 3 南但広域行政事務組合における可燃ごみ収集エリア

(2) 調査条件の設定と調査方法

1) データ収集範囲の設定

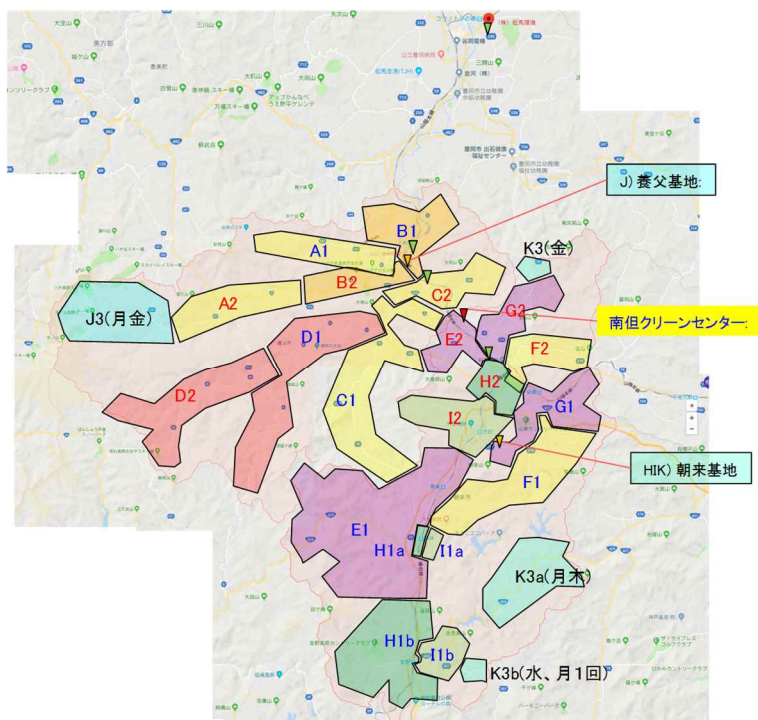
本調査における収集ルートの最適化の検討においては、可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみ等の生活系ごみ全般を対象とした。

20 台の収集車両に各々 ID を付し（下表）当該車両ごとの走行ルート、距離、燃料消費量等のデー

タを収集・解析することにより、現状の収集運搬の実態を明らかにした上で、最適化のシミュレーションを行った。

下図は、可燃ごみの収集エリアごとに、区割り（エリア分け番号）を付したものであり、各々、左表の車両と紐付けがされている。なお、同じAエリアで「A1」、「A2」と分かれているのは、週2回の収集（月・火、木・金）のうち、前者が1回目の収集（月又は木）、後者が2回目の収集（火又は金）のエリアを指している。

収集車両ID		区割り（可燃）	
SID	NID		シミュレーション
1	12	区割りHIK	K3a
2	3		
3	9		
4	10		
5	13		
6	20	区割りEG	G
7	1	区割りJ	J
8	11		
9	19	区割りEG	E
10	14	区割りAC	A
11	7	区割りHIK	I
12	18	区割りD	D
13	8		
14	15	区割りAC	C
15	6	区割りHIK	H
16	17	区割りB	B
17	5		
18	4		
19	2		
20	16	区割りF	F



注) 可燃ごみ以外の収集車両は以下のとおり。
 SID2: 主にプラ製容器、紙製容器等を収集
 SID3: 主に紙製容器を収集
 SID4: 主にびん類を収集
 SID5: 主に粗大ごみ、危険ごみを収集
 SID8: 主に段ボール、ペットボトル等の資源ごみを収集
 SID13: 主にプラ製容器を収集
 SID17: 主にプラ製容器、紙製容器を収集
 SID18: 主にプラ製容器、紙製容器を収集
 SID19: 主にびん類を収集

図 - 1 - 4 最適化検討対象車両と可燃ごみの区割り（エリア分け）

2) 実証期間

2019年11月～12月の間の車両走行データと、年間の収集実績データ等を基に、1年間の収集運搬工程におけるルート最適化効果を検証した。

3) データ収集・解析の全体の流れ

収集車両の走行データを始めとする最適化シミュレーション用のデータ収集と解析の流れを次図に示す。

収集データは、車両走行データと地図データに大別される。

車両走行データは収集車両からの実地走行データ（走行距離、走行時間、走行位置及びごみ集積状況）と、担当者及びクリーンセンター計量器で計量される給油量データ、ごみ重量データで構成され、前者は収集車両へのセンサー機器の設置により、後者は組合からのデータ提供により収集した。

地図データは、収集ステーションの位置を地図上で特定するためのデータであり、組合において台帳管理されている図面の提供を受け、電子データ化を行った。

収集した車両走行データ及び地図データは、システム上で連結し、経路モデルとした整理した上で、遺伝的アルゴリズムを活用した最適化シミュレーションにより、最適収集エリア及びルートの抽出を行った。

走行データの収集から最適化シミュレーションまでの一連の機器類、システム類は、レンタル契約により調達した。

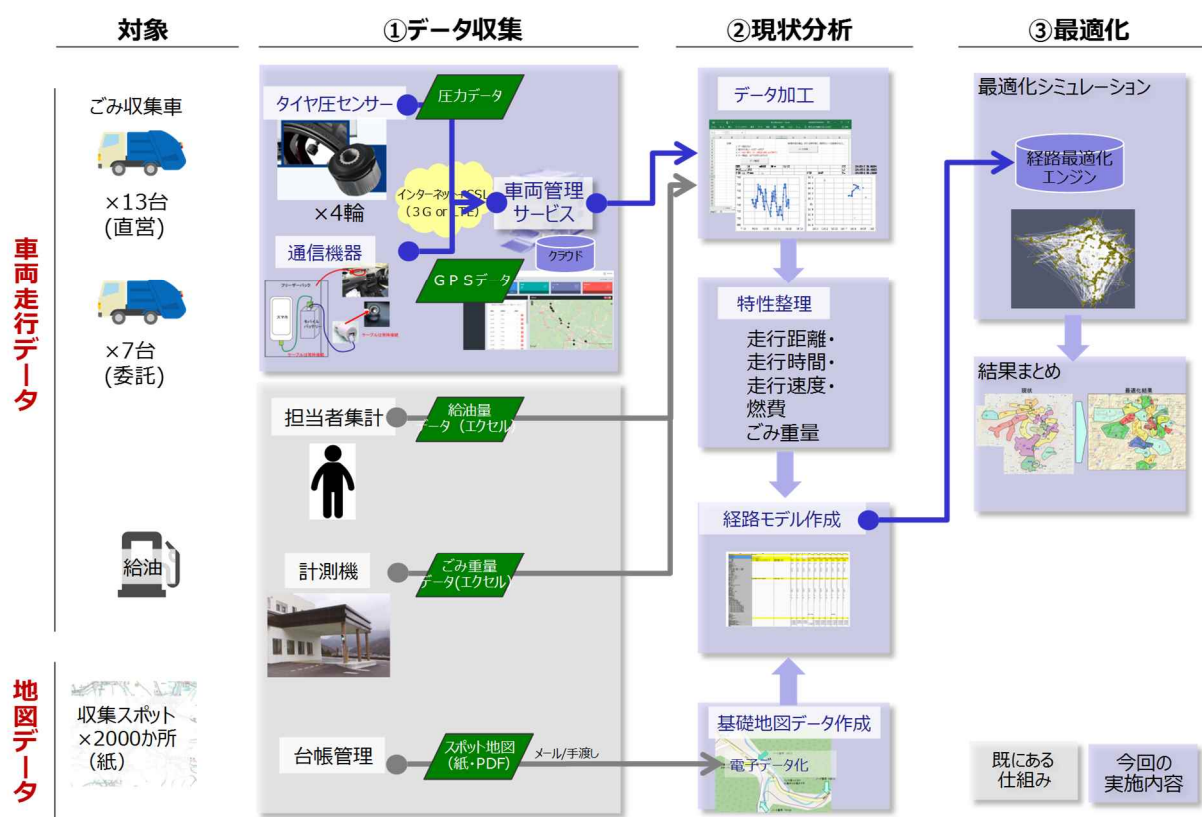


図 - 1 - 5 収集ルート最適化に向けたデータ収集・解析の流れ

走行データの収集

ア．重量計測用センサーの取付

収集車両において、経路のどの時点でどの程度のごみ積載量となっているかを把握するため、タイヤの空気圧の変化を読み取るセンサーを設置し、空気圧の変化からごみ積載量の変化を推計することとした。

センサーの外観と設置の様子を次図（写真）に示す。



図 - 1 - 6 タイヤ空気圧計測用
センサー



図 - 1 - 7 タイヤ空気圧センサー設置の様子

イ．位置情報収集用 GPS 端末の取付

収集車両の走行位置、走行距離等を計測するため、GPS 端末を各社量に設置した。

端末は一般的なスマートフォンを利用し、モバイルバッテリーとともに運行中はシガーソケットで充電しつつダッシュボードなど電波の当たりやすい場所に設置した。

収集終了後は、シガーソケットから USB ケーブルを抜き、袋ごと事務所へ移動した上で、事務所内でコンセントから充電を行った。

GPS 端末の設置・運用の概要を下図に示す。

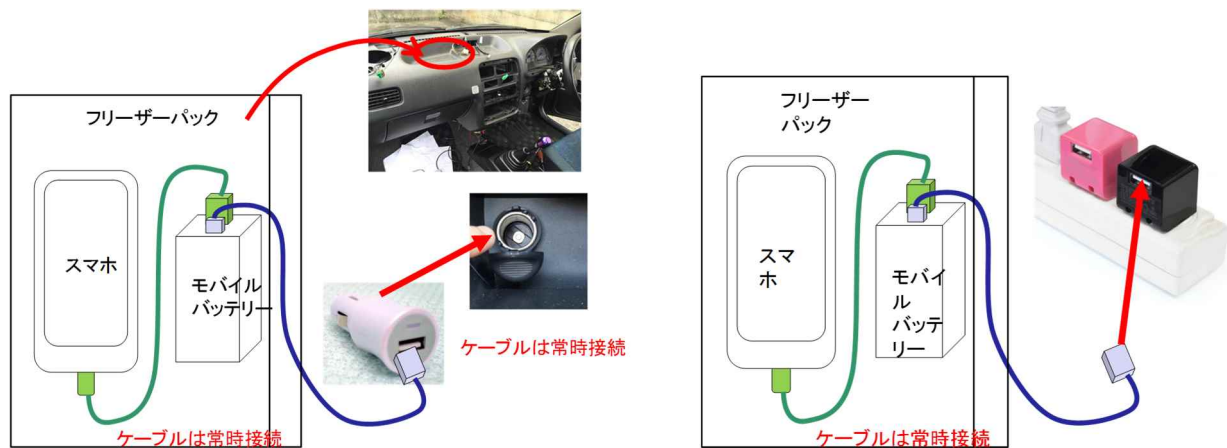


図 - 1 - 8 GPS 端末の設置・運用の概要
(左：昼間の車両走行時、右：夜間の事務所での充電時)

ウ．走行データの収集・整理

前項ア及びイで収集したデータと、ごみ重量データ、給油量データとを突き合わせて整理することにより、車両ごとの走行距離、走行時間、走行速度、燃費の情報を整理した。

整理の流れは次図のとおり。

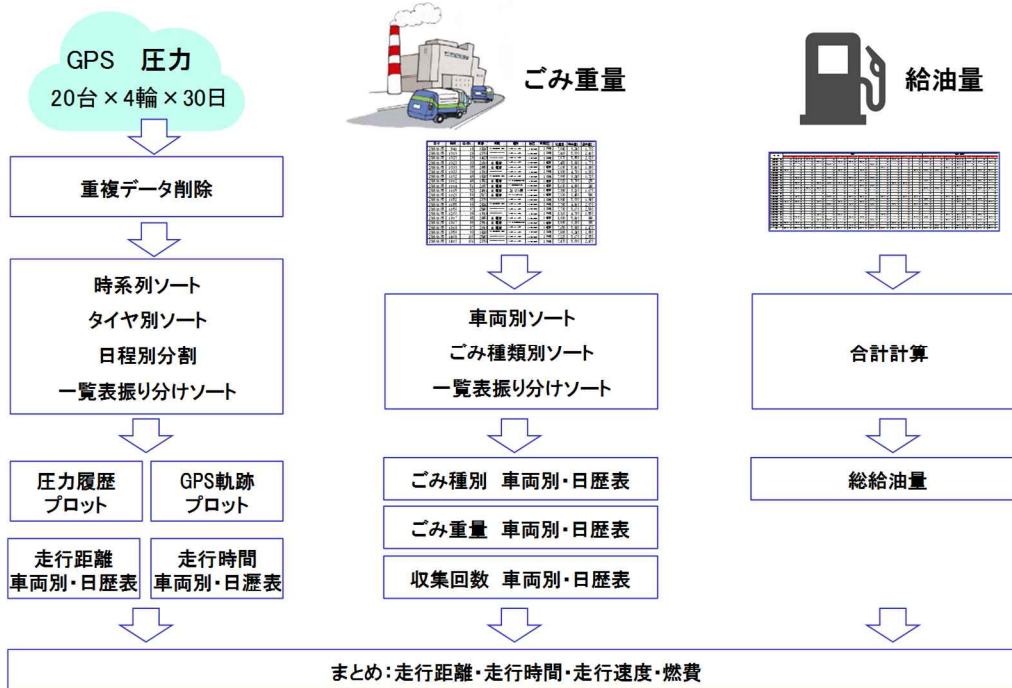


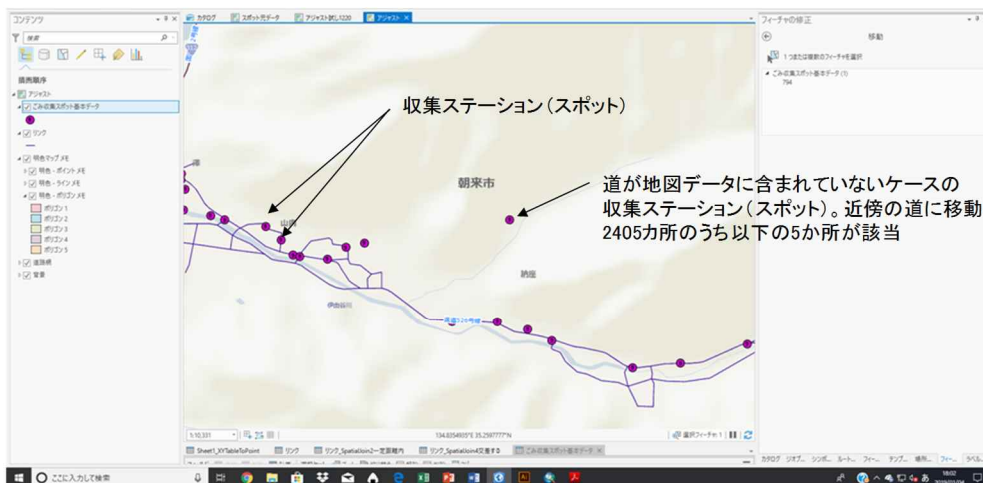
図 - 1 - 9 車両走行距離等のデータ整理の流れ

地図データの作成

収集ステーションを地図データ化し、最適化シミュレーションができる地図データに変換するにあたって、次の手順を踏んだ。

ア．収集ステーション（スポット）は、道路（リンク）上の点として定義した。

この際、地図データに含まれていない道路上の収集ステーションが 5 か所存在したため、近傍の地図データ上の道路に移動する設定を行った。



JOIN FID	Shape	Join_Count	TARGET FID	POINT_X	POINT_Y	メモ タイプ	メモ
638	ポイントZ	1	747	134.623644	35.323297	3	38.59
639	ポイントZ	1	748	134.624111	35.322547	3	38.59
463	ポイントZ	1	535	134.781847	35.343712	3	34.65
464	ポイントZ	1	538	134.781436	35.342792	3	34.65
1592	ポイントZ	1	1784	134.838009	35.263677	3	45.24

道が地図データに含まれていない収集スポット

図 - 1 - 10 収集ステーションの地図情報化イメージ

イ．道路（リンク）は、ノードとノードの線分として定義した。

この際、収集ステーション（スポット）は、道路（リンク）データに含めた。

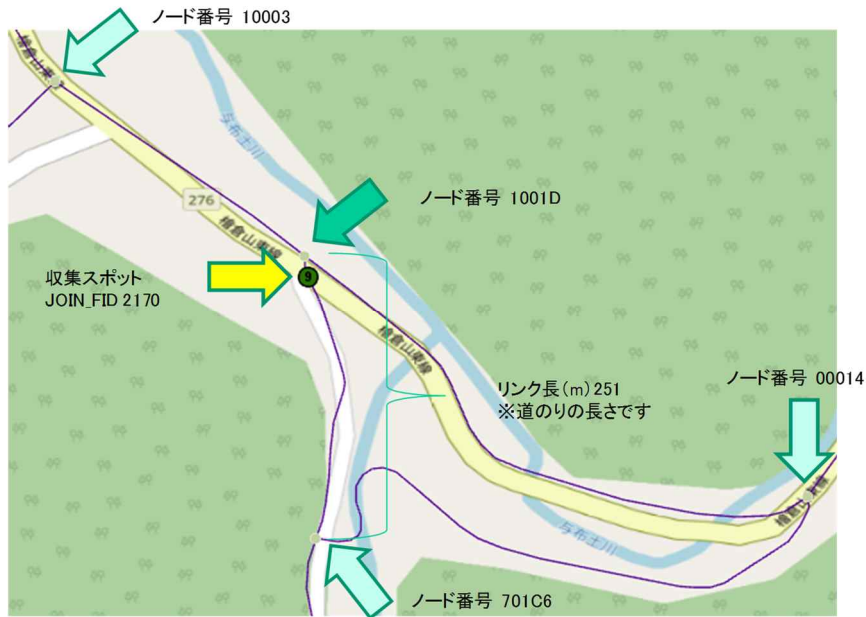


図 - 1 - 1 1 道路（リンク）の定義イメージ

経路モデルの作成

最適化シミュレーションにあたっては、実際の地図情報をモデル化する必要があるため、下図の要領で、車両走行データ及び地図データから得られた情報を経路モデルに変換した。

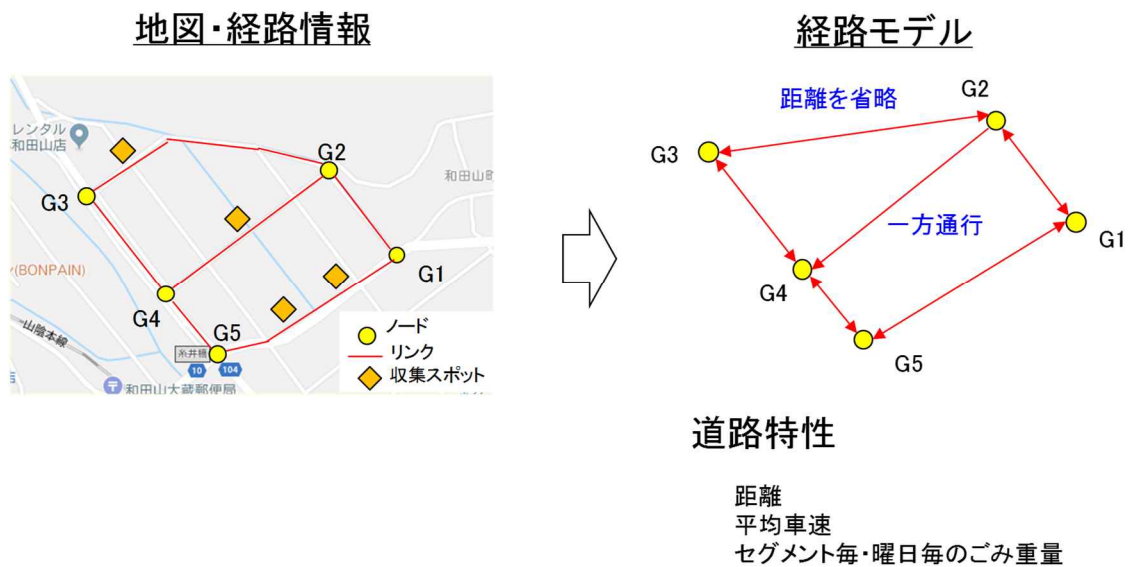


図 - 1 - 1 2 地図・経路情報から経路モデルへの変換イメージ

経路最適化シミュレーション

経路最適化のシミュレーションは、遺伝的アルゴリズムを使った最適化エンジンを使用した。

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms:GA) とは、生物界の進化の仕組みを模倣する解探索手法として、1975年にミシガン大学の John Holland が提案したもので、出鱈目の初期解群を生成した後、各解の評価 (点数付け) を行い、点数に基づく選択淘汰 (点数の高い解のみが残り、低い解は棄却される) を一定回数繰返す (世代交代) ことにより、最終世代に最終的な最良解が得られるというシミュレーション手法である。

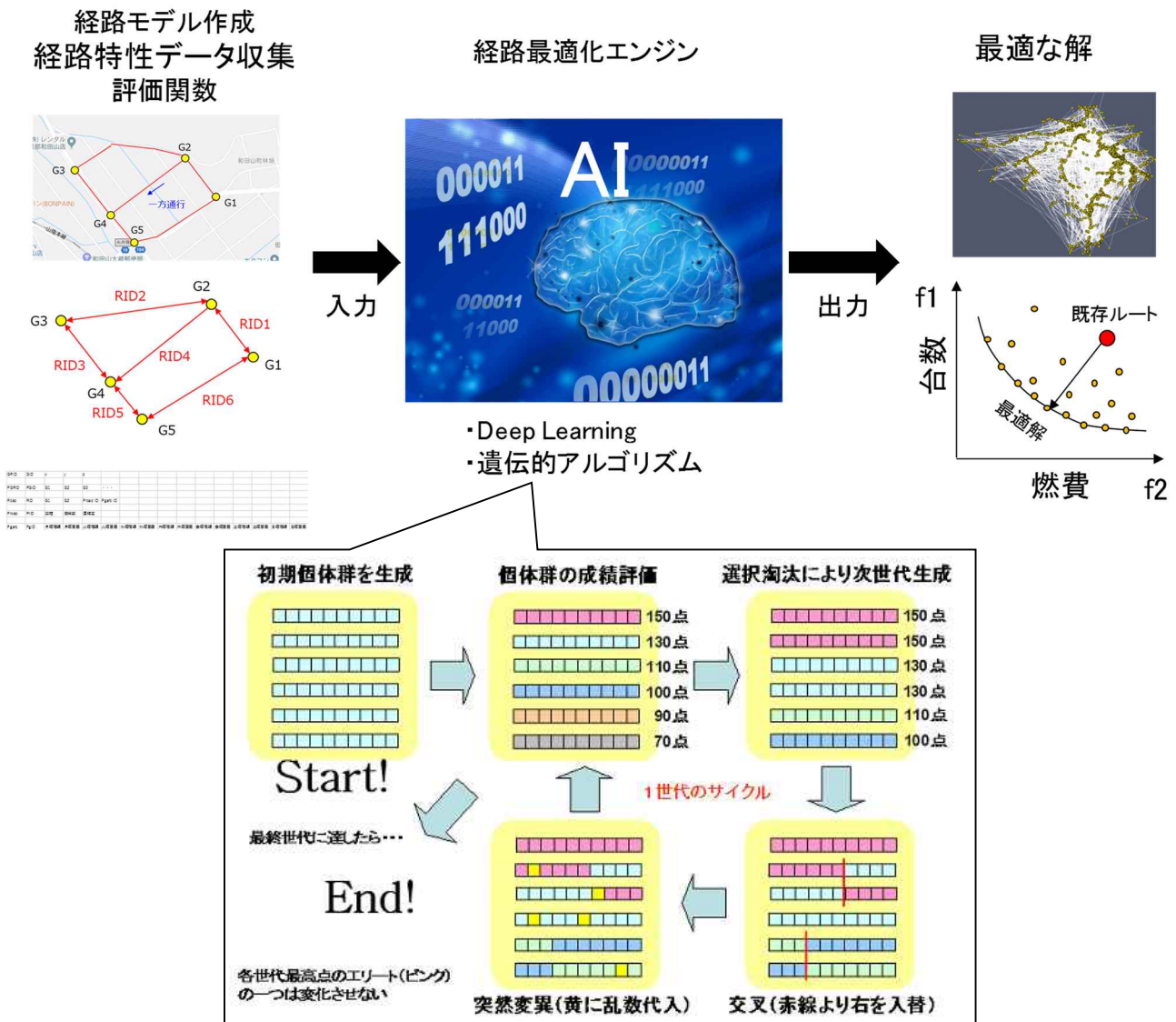


図 - 1 - 1 3 遺伝的アルゴリズムによる最適化シミュレーションのイメージ

以上、静岡理工大学 HP より

http://www.sist.ac.jp/~kanakubo/research/evolutionary_computing/genetic_algorithms.html

(3) 調査結果

1) 走行データの整理

走行データは、2018年11月5日～30日と、12月10～21日までの計6週間分を収集した。

収集したデータは、下図のようなダッシュボード上で位置情報として表示、確認するとともに、CSVデータとしてダウンロードした上で、最適化シミュレーション用のデータとして整理した。

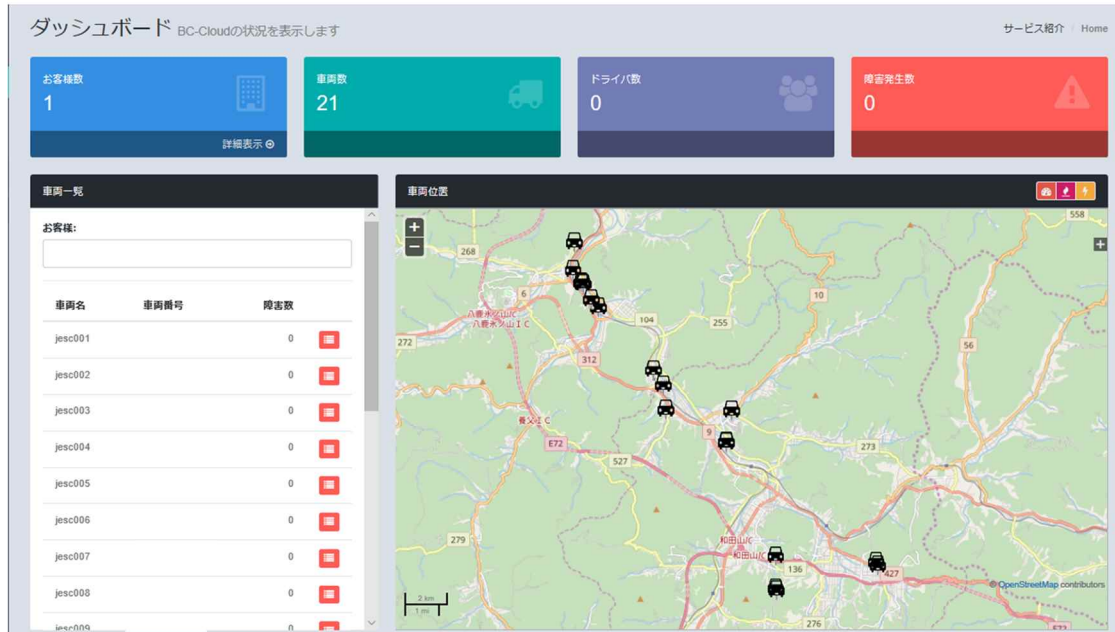
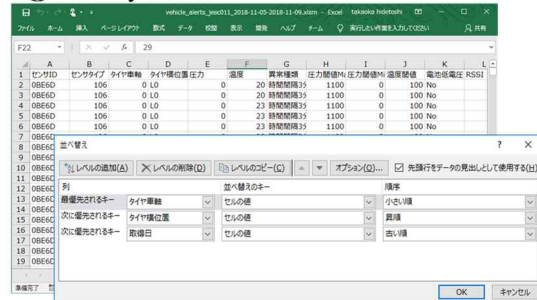


図 - 1 - 14 GPSデータの表示イメージ

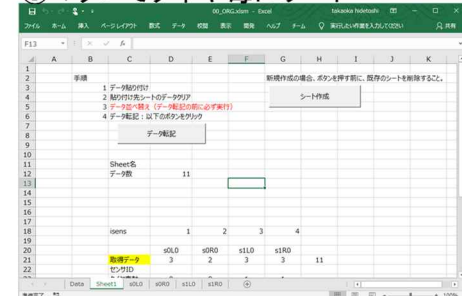
①CSV



②Sort by Excel



③マクロでタイヤ毎にソート



④タイヤ毎の1週間分の時系列データ

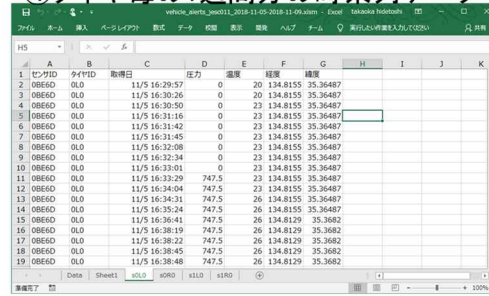


図 - 1 - 15 GPSデータの取得・整理イメージ

整理したデータを、収集車両ごとの軌跡として表示した結果を以下に示す。

下図は、車両 ID S14 (N15) の車両の例である。

エリア分けした「C1」内を収集した日のデータであり、圧力履歴の情報から、午前中にエリア内の収集を行い、昼頃にクリーンセンターへ搬入して業務を終了した様子が伺える。

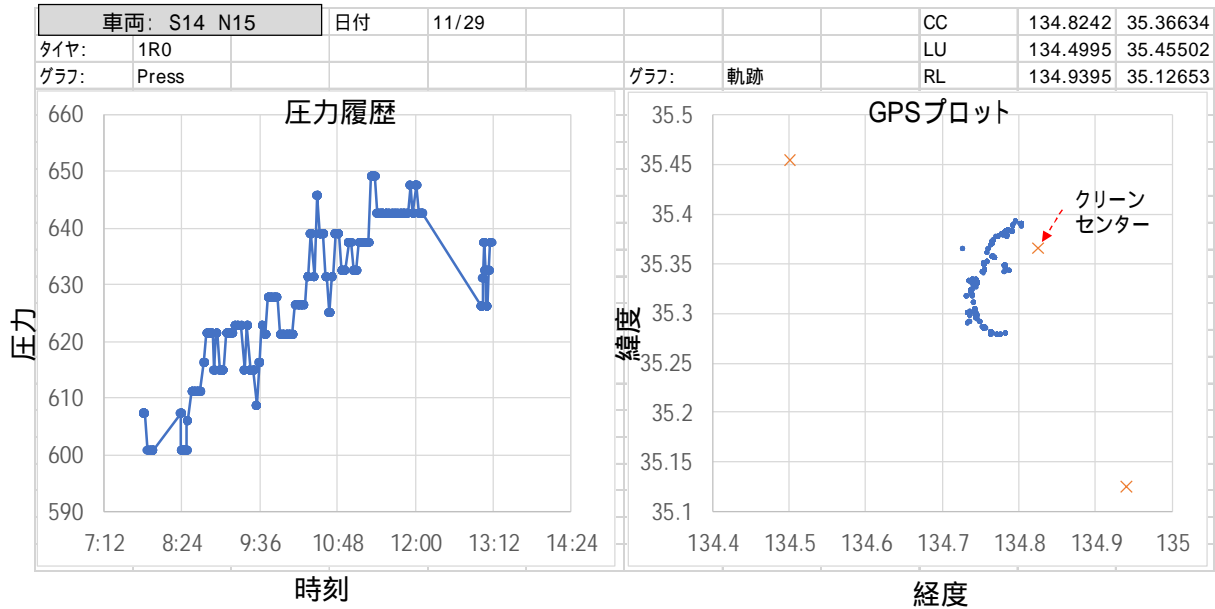


図 - 1 - 1 6 車両走行データの整理例 (圧力履歴と GPS 位置情報) (1)

S14 N15 C1

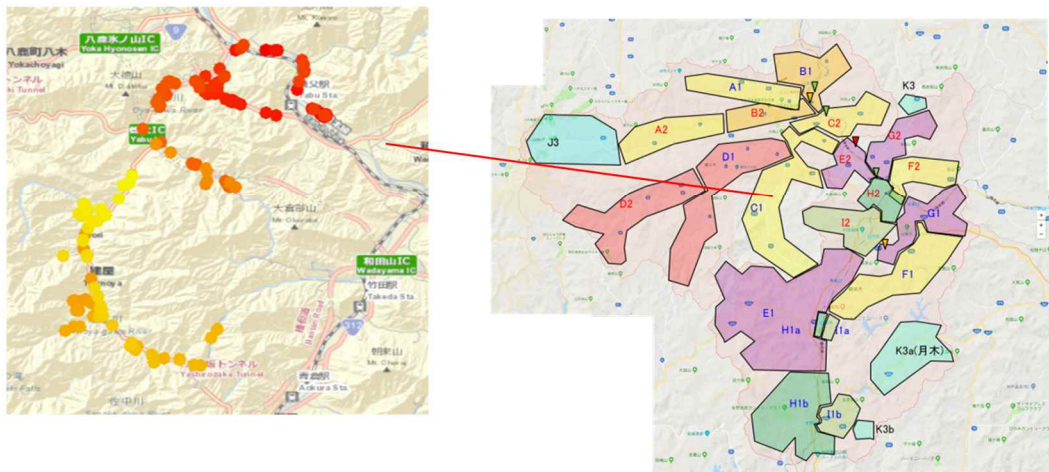


図 - 1 - 1 7 車両走行データの地図情報化例 (1)

注) 位置情報の色は、薄い色 (黄色) から濃い色 (赤色) になるに従って時間が進む様子を表している。

下図は、車両 ID S15 (N6) の車両の例である。

エリア分けした「H1」内を収集した日のデータであり、圧力履歴の情報から、午前と午後に分けて4回程度、現地とクリーンセンターを往復した様子が伺える。

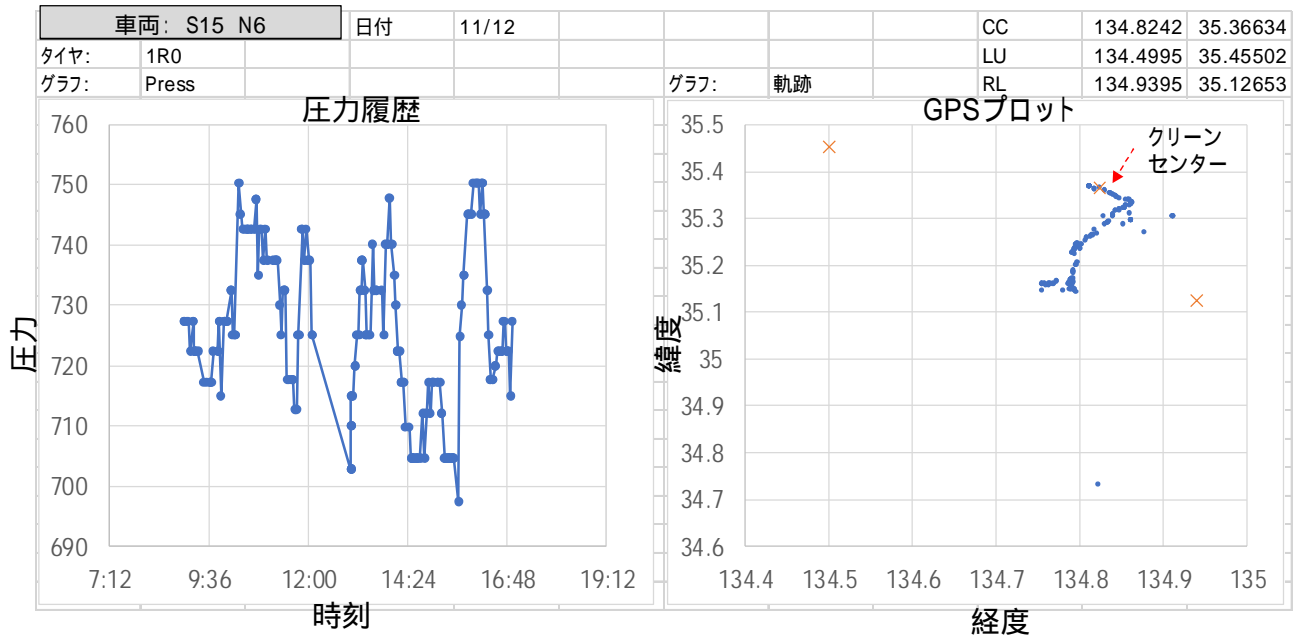


図 - 1 - 18 車両走行データの整理例 (圧力履歴と GPS 位置情報) (2)

S15 N6 H1

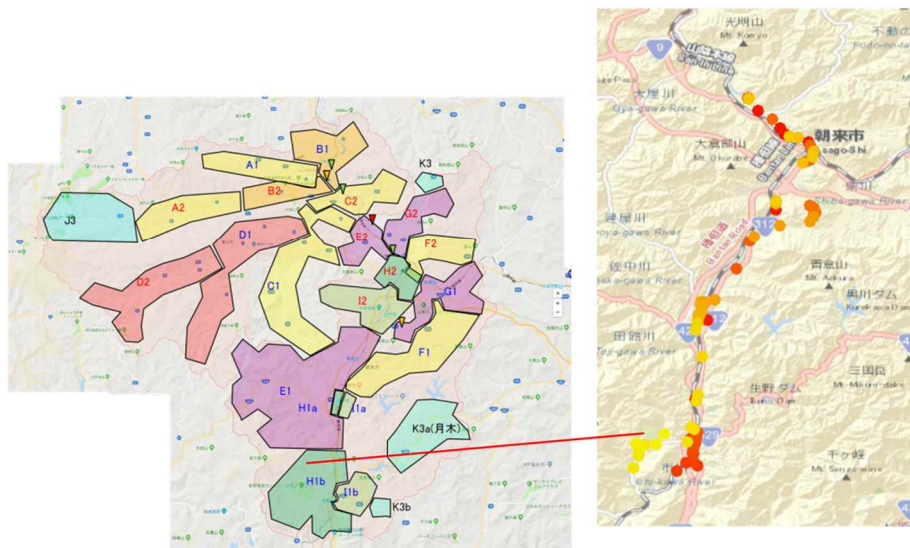


図 - 1 - 19 車両走行データの地図情報化例 (2)

注) 位置情報の色は、薄い色 (黄色) から濃い色 (赤色) になるに従って時間が進む様子を表している。

以上のデータ整理の結果、収集車両ごとの走行距離、走行時間、走行速度および燃料給油量は以下のとおりであった。

表 - 1 - 3 車両走行データに基づく走行距離等一覧

SID	NID	可燃 区割り	走行距離 (km)					走行時間 (Hr)					平均走行速度 (km/h)					
			11月-12月					11月-12月					11月-12月					
			月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	月	火	水	木	金	
1	12	K3a	70		131	126		2.3		8.5	4.3		24.1		15.4	21.4		区割りHIK
2	3		54	101	104	168	75	4.5	6.7	5.9	7.7	5.6	12.1	12.6	12.6	15.3	13.6	
3	9		59	108	139	78	74	4.6	7.2	7.3	5.8	8.3	12.6	12.5	15.9	11.9	8.9	
4	10		63	141	79	76		5.5	7.2	6.7	6.8		9.7	15.0	8.4	10.3		
5	13		71	124	45	64	97	5.1	8.2	3.6	3.5	8.6	12.7	14.0	12.2	16.2	11.2	
6	20	G	78	55	55	82	43	5.2	4.8	5.6	5.8	4.5	15.0	10.7	8.5	14.0	9.6	区割りEG
7	1	J	66		95	73	80	3.3		5.7	4.3	3.3	19.3		12.3	21.2	21.5	区割りJ
8	11				101	103	57			5.2	5.6	3.4			16.7	14.1	15.2	
9	19	E	100	34	107	116		6.0	3.5	6.4	6.4		16.8	11.9	10.8	18.3		区割りEG
10	14	A	86	87	62	44		6.6	5.5	5.6	4.0		13.0	14.3	11.1	11.3		区割りAC
11	7	I	145	121	112	117	93	7.6	6.7	8.4	7.1	8.9	18.0	13.9	13.0	16.6	10.4	区割りHIK
12	18	D	80	138	98	105	83	6.7	7.1	2.5	3.5	6.9	13.1	20.1	22.7	23.9	16.4	区割りD
13	8		123	88	123	89	70	7.9	8.9	11.5	8.4	8.2	13.9	9.6	13.6	10.2	8.7	
14	15	C	76	52	77	72	47	7.2	5.8	6.1	5.5	4.5	10.4	7.8	9.8	12.8	8.1	区割りAC
15	6	H	146	78	106	133	73	6.6	6.3	7.3	6.2	7.6	20.2	10.0	11.2	18.9	9.7	区割りHIK
16	17	B	93	89		99	82	6.7	5.9		4.6	3.8	13.7	13.9		21.3	14.7	区割りB
17	5		90	94	85	80	92	7.6	5.1	6.3	6.2	6.9	11.9	16.4	14.7	14.0	15.2	
18	4		99	108	125	108	87	7.3	7.2	7.4	6.5	6.2	11.9	14.9	13.5	13.2	11.6	
19	2		58				74	5.9				3.8	9.7				15.1	
20	16	F	72	59	101	38	0	7.1	3.1	8.0	2.1	4.9	10.2	9.5	12.5	12.9	7.7	区割りF
全体合計			7,747					530.1					14.6					
可燃ごみ収集分合計			3,362					220					15.2					

表 - 1 - 4 車両走行データに基づく給油量一覧

SID	NID	可燃 区割り	給油燃料(L)		
			11月	12月	
			4週 間分	2週 間分	
1	12	K3a	119	83	区割りHIK
2	3		293	110	
3	9		382	201	
4	10		188	177	
5	13		141	112	
6	20	G	367	163	区割りEG
7	1	J	189	167	区割りJ
8	11		224	125	
9	19	E	512	302	区割りEG
10	14	A	288	187	区割りAC
11	7	I	460	305	区割りHIK
12	18	D	579		区割りD
13	8		488	261	
14	15	C	332	202.2	区割りAC
15	6	H	526	284	区割りHIK
16	17	B	188	139	区割りB
17	5		319	185	
18	4		321	238	
19	2		133	65	
20	16	F	288	187	区割りF
全体合計			6,337	3,493	
可燃ごみ担当車両合計			3,848	2,019	

表 - 1 - 5 車両走行データに基づく燃費等整理結果

項目	単位	全体	可燃ごみ	備考
週間走行距離	km/週	11,121	5,273	IoTデータより
週間走行時間	Hr/週	530	220	IoTデータより
平均走行速度	km/h	21.0	23.9	週間走行距離/週間走行時間
総走行距離	km	66,725	31,638	IoTデータ収集期間 6週分
総燃料消費量	L	9,830	4,661	全体：南但クリーンセンター様集計データ 可燃ごみ：燃費から逆算
燃費	km/L	6.8		全体の総走行距離/総燃料消費量

2) 最適ルート解析

前項で整理した車両走行データを基に、地図データ（経路モデル）上で最適化シミュレーションを行った。

遺伝的アルゴリズムによる最適化シミュレーションは、当初の出鱈目な走行ルート（第 1 世代）からスタートし、最終的に 400 万回（400 万世代）の最適化計算を繰り返して、最適ルートの抽出を行った。

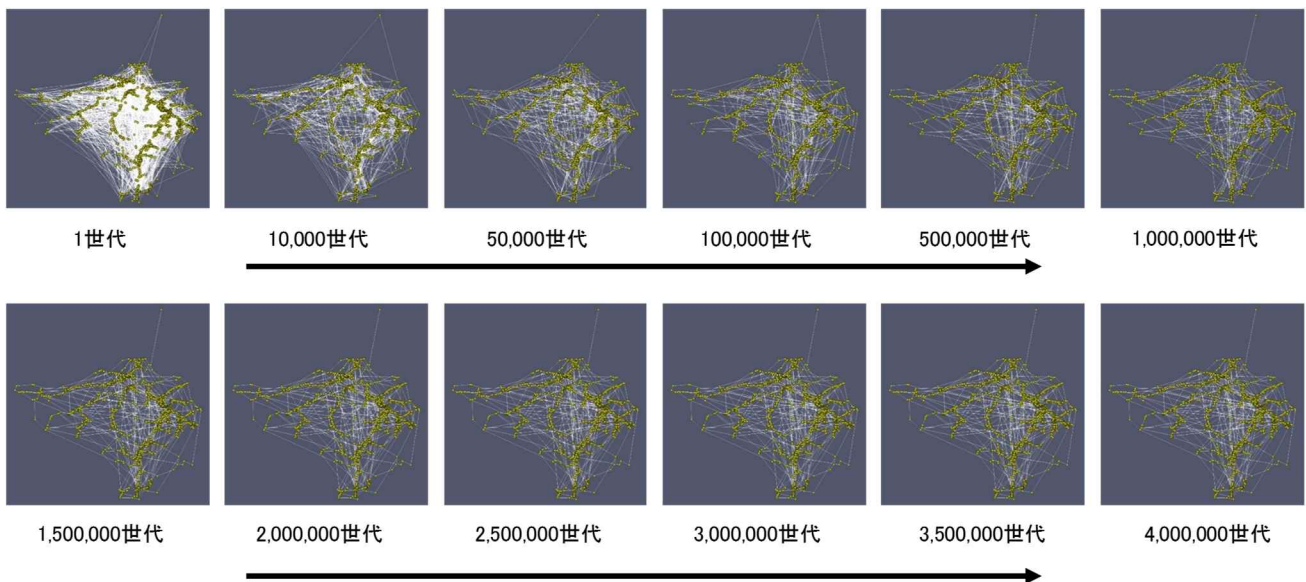


図 - 1 - 2 0 最適化シミュレーションの経過（経路計算図）

可燃ごみ

可燃ごみのシミュレーションにあたっての条件を以下に示す。

- ・収集車の基地と車両台数は、現状と同等する。(11台×2日間で全域を回収)
- ・現状のエリア分けにとらわれずに最適ルート(走行距離の最少化)を検討する。
- ・収集車両の最大積載量は2tとし、これに到達した場合は南但クリーンセンターへ搬入する。
- ・週1回(月・火)分の計算を基に計算する。

シミュレーションの結果抽出された可燃ごみの最適ルートによるエリア分けを以下に示す。

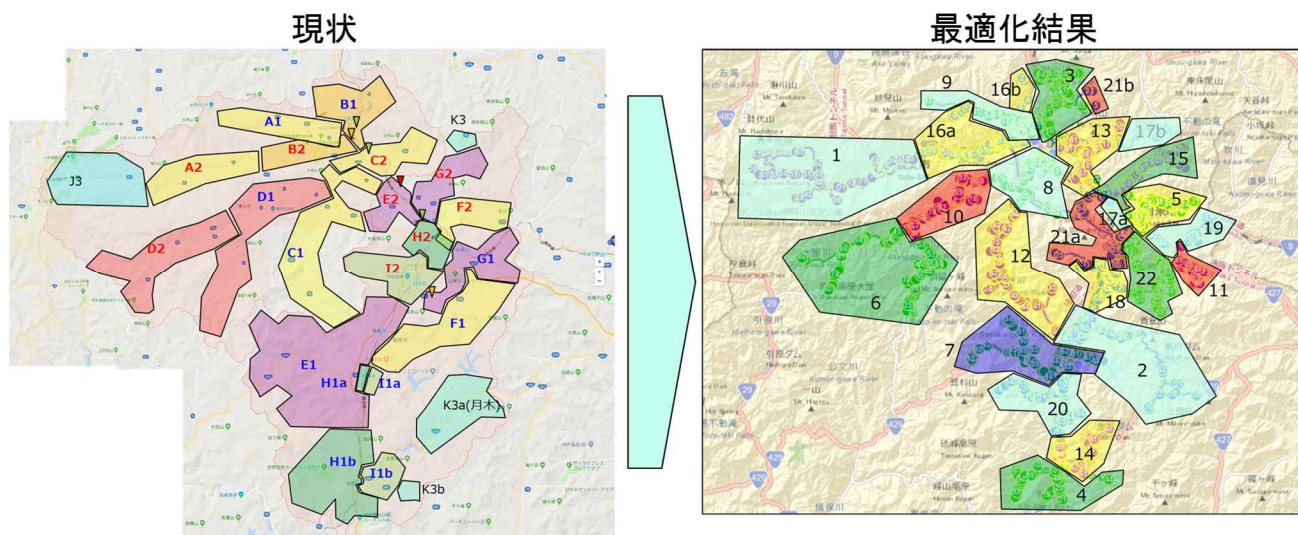


図 - 1 - 2 1 可燃ごみ収集ルート最適化によるエリアの変化

これまで、直営、委託の区分毎に分担されていたエリア分けを白紙の状態から見直すことにより、現状のA2エリアとJ3エリアとを一つにする(最適化後エリア1)、C1・C2エリアを3つに区分する(最適化後エリア8, 12, 13)などの変化が提示された。

以下、最適化後の22のエリア分けの詳細を示す。

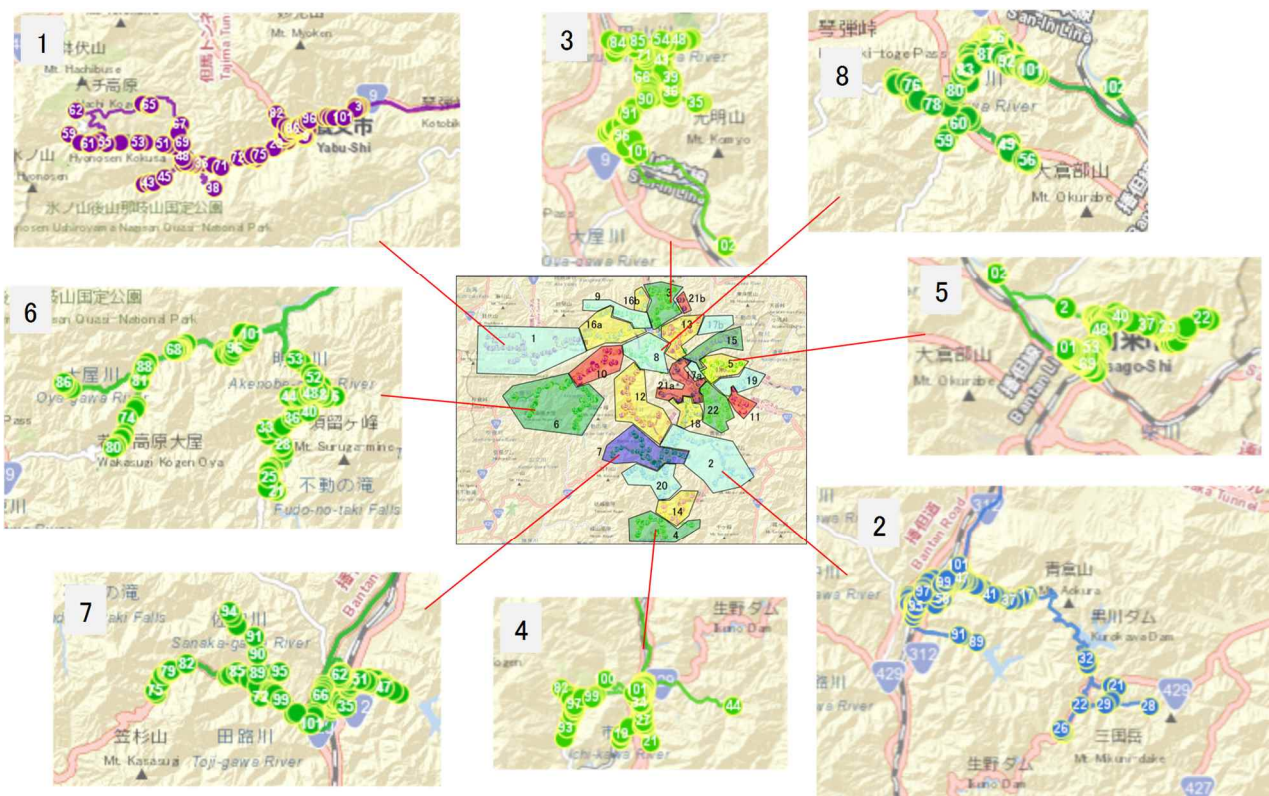


図 - 1 - 2 2 可燃ごみ収集ルート最適化後のエリア分けと収集ルート (1)

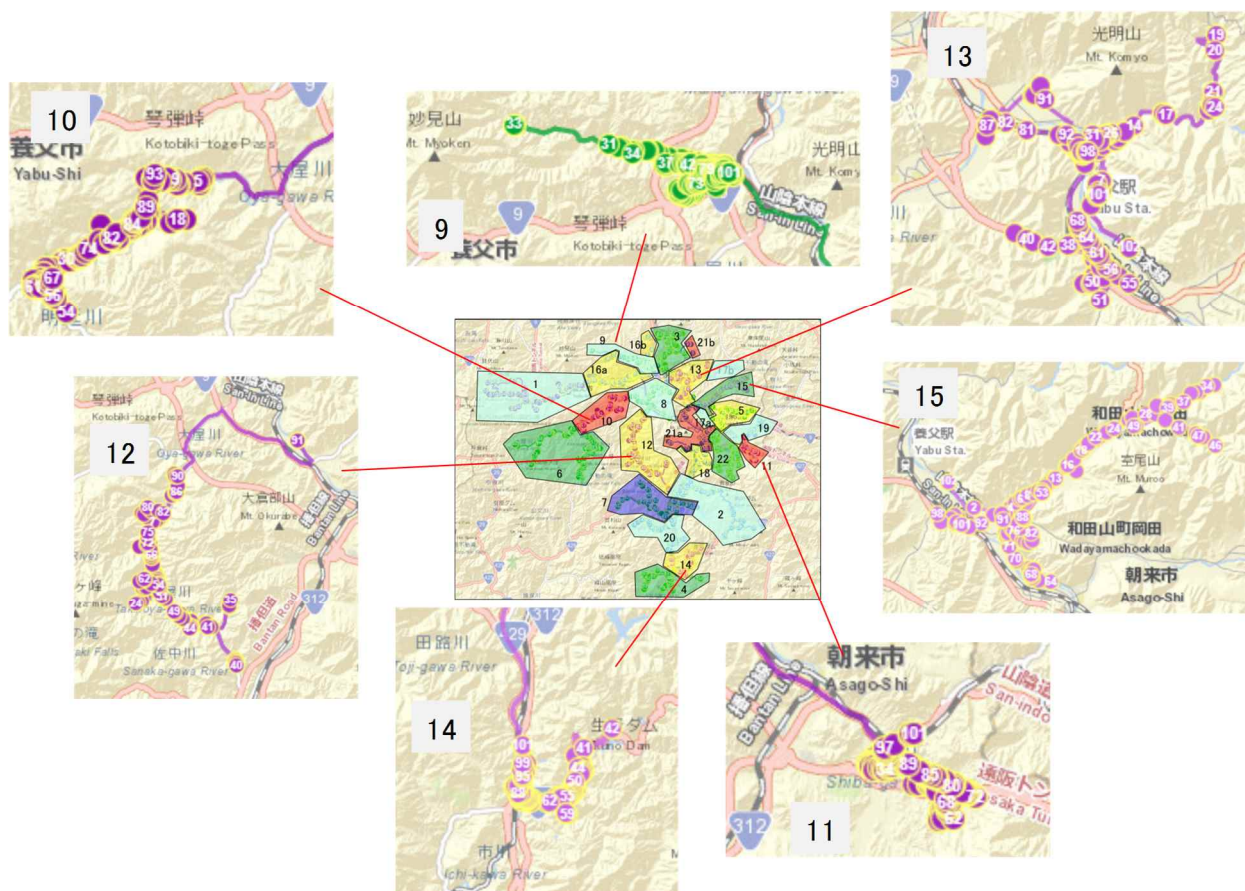


図 - 1 - 2 3 可燃ごみ収集ルート最適化後のエリア分けと収集ルート (2)

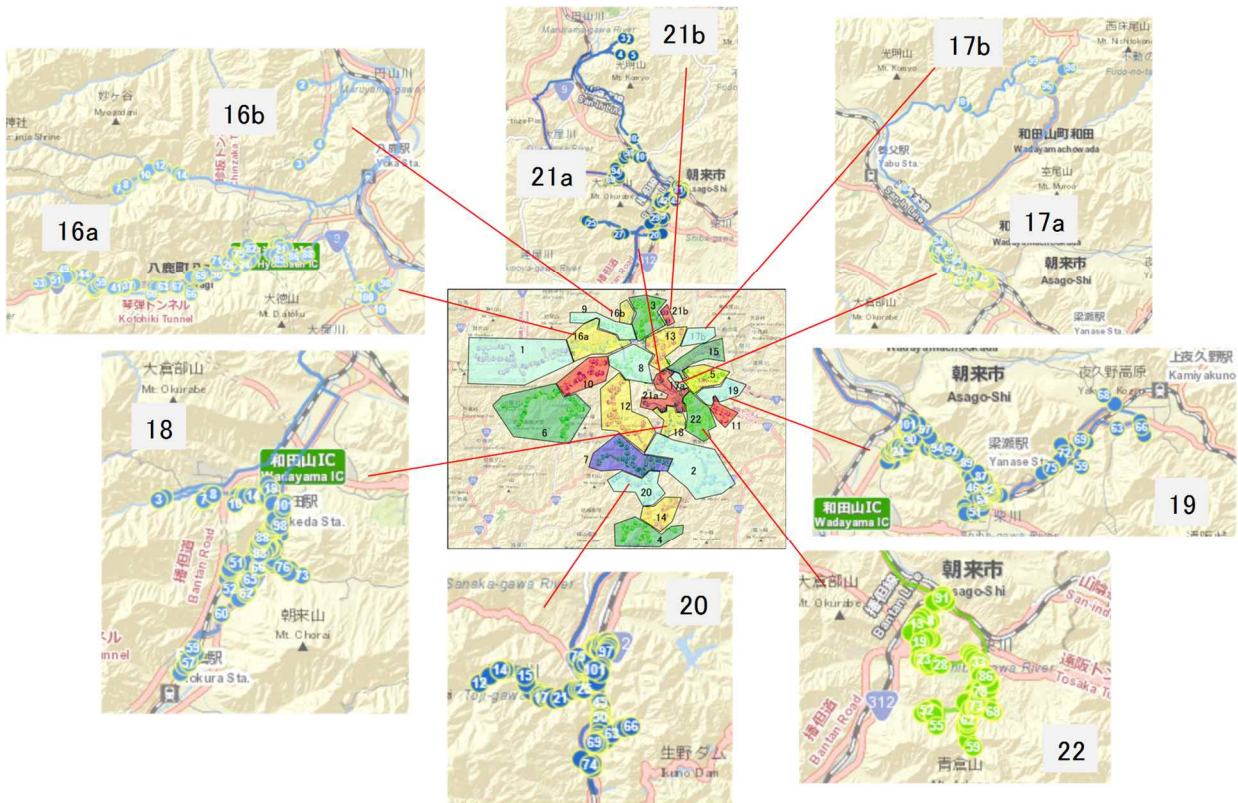


図 - 1 - 2 4 可燃ごみ収集ルート最適化後のエリア分けと収集ルート (3)

以上の最適化による走行距離等の削減効果を下表に整理した。

試算の結果、最適化前後で5%の走行距離削減効果が見られ、これにより燃料削減量 2,132L/年、CO₂削減量 5.5tCO₂/年が得られるとの結果となった。

表 - 1 - 6 可燃ごみ収集の最適化試算結果

ごみ種別	稼働曜日					稼働収集車両		走行距離*			燃料削減量 (L/年)	CO ₂ 削減量 tCO ₂ /年
	月	火	水	木	金	直営 (台)	委託 (台)	現状 (km/月)	最適化 (km/月)	改善率		
可燃ごみ						4	7	23,288	22,080	5%	2,132	5.5

*可燃ごみは週2回収集の前半(月・火)分に8を乗じて月間値を算出。

不燃ごみ・資源ごみ等

不燃ごみ・資源ごみ等のシミュレーションにあたっての条件を以下に示す。

- ・収集車の基地と車両台数は、現状と同等する。(対象ごみ毎の収集実績を考慮)
- ・収集エリアは白紙の状態から最適ルートを検討する。(走行距離の最少化)
- ・収集エリアの検討にあたっては、不燃ごみ、缶類、びん類、ペットボトル、プラ製容器、紙製容器を対象に、各車両が分担して収集する際の最小パターンエリア分けを行い、走行距離の低減効果を見ることとする。
- ・収集車両の最大積載量は2tとし、これに到達した場合は南但クリーンセンターへ搬入する。但し、

対象ごみの比重によって積載可能量は異なるため、実績ベースでの南但クリーンセンターへの搬入頻度の違いを加味して計算する。

- ・ 1 台の車両で複数種類のごみを収集する場合もあるが、シミュレーション上では 1 台の車両で 1 種類のごみを収集するものと仮定する。
- ・ 不燃ごみ、缶類、びん類、ペットボトルについては月次の走行データ、プラ製容器、紙製容器は週次の走行データを基に走行距離を計算する。

シミュレーションの結果抽出された不燃ごみ・資源ごみ等の最適ルートによるエリア分けを以下に示す。

なお、収集エリアは全部で 12 に区分された。これは、不燃ごみ・資源ごみ等の収集に統一のエリアを使用する場合の最小パターンを想定したものであり、実際の配車計画に当たっては、他のごみとの同時収集（混載）のケースも含めながら検討することが考えられる。

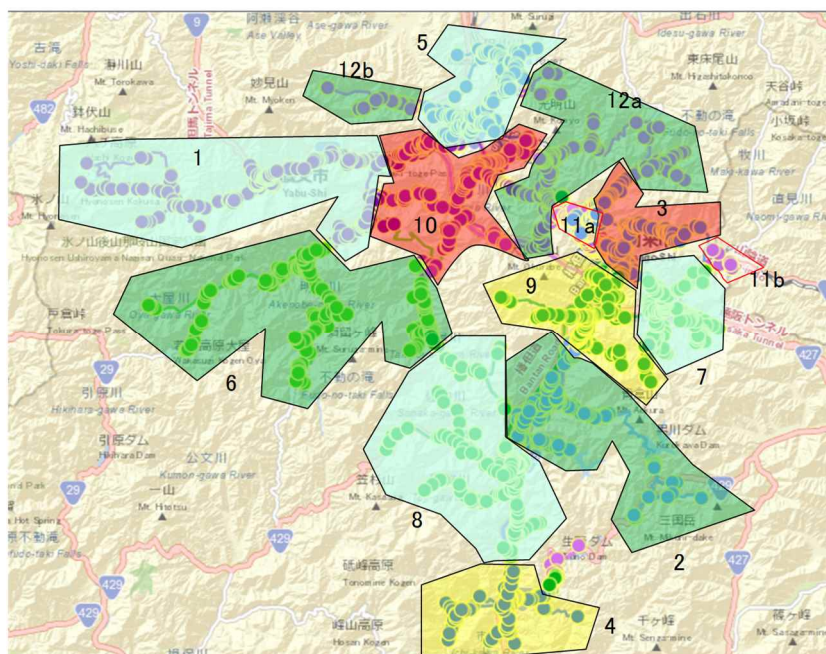


図 - 1 - 2 5 不燃ごみ・資源ごみ等最適化ルートによるエリア分け結果

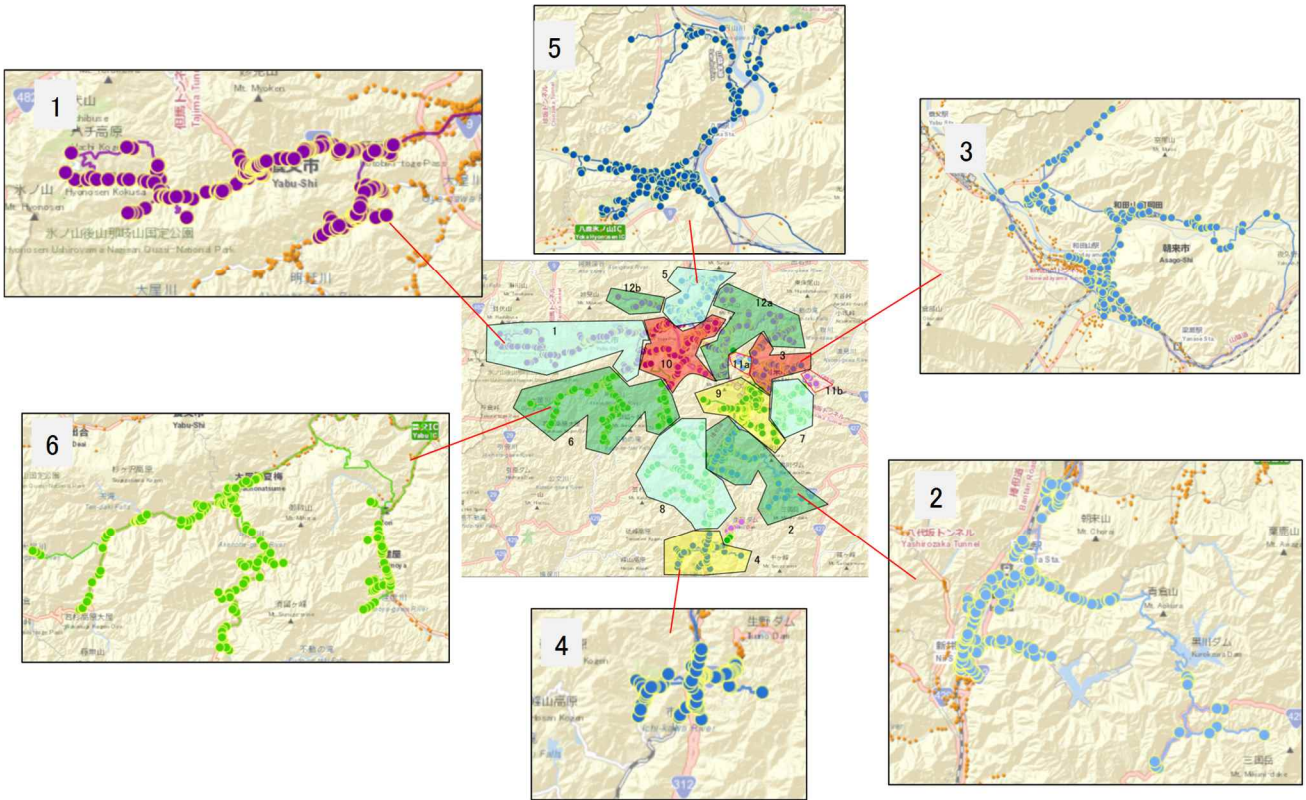


図 - 1 - 2 6 不燃ごみ・資源ごみ等収集ルート最適化後のエリア分けと収集ルート (1)

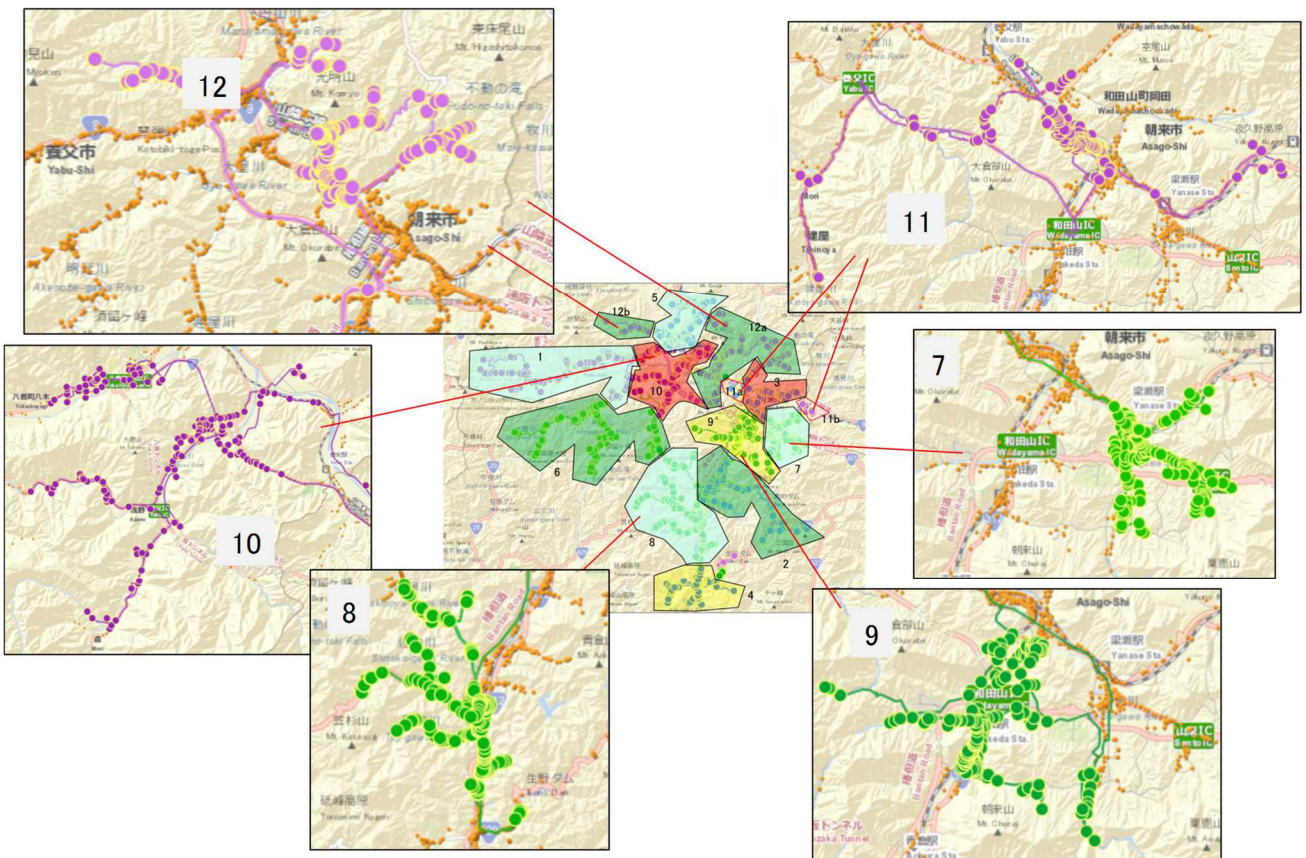


図 - 1 - 2 7 不燃ごみ・資源ごみ等収集ルート最適化後のエリア分けと収集ルート (2)

表 - 1 - 7 不燃ごみ・資源ごみ等収集の最適化試算結果

ごみ種別	走行距離*			燃料削減量 (L/年)	CO2削減量 tCO2/年
	現状 (km/月)	最適化 (km/月)	改善率		
不燃ごみ	3,059	2,304	25%	1,332	3.4
缶類	2,087	1,735	17%	621	1.6
びん類	2,377	1,877	21%	882	2.3
ペットボトル	1,030	1,335	-30%	-538	-1.4
プラ製容器	5,056	5,816	-15%	-1,341	-3.5
紙製容器	4,920	4,832	2%	155	0.4
合計	18,529	17,899	3%	1,112	2.9
(参考)ペットボトル、プラ製容器、紙製容器は変更無しの場合	18,529	16,922	9%	2,836	7.3

* プラ製容器と紙製容器は1週分に4を乗じて月間値を算出。

家庭ごみ収集全体の最適化効果

前項 及び の結果から、家庭ごみ収集全体のルート最適化による効果を下表に示す。

可燃ごみ及び不燃ごみ・資源ごみ等全体を、本調査における最適化シミュレーションを行った結果、走行距離全体で4%の削減が図られ、燃料削減量 3kL/年、CO₂削減量 8tCO₂/年を得られるとの試算となった。

なお、ペットボトル、プラ製容器については、シミュレーションの関係上、改善率がマイナスとなっており、全体の削減効果を下げる方向に働いている。参考までに、ペットボトル、プラ製容器、紙製容器をそのままとした場合の試算結果は下表最下段のとおりであり、計7%の削減効果となる。

表 - 1 - 8 家庭ごみ収集全体の最適化試算結果

ごみ種別	走行距離*			燃料削減量 (L/年)	CO2削減量 tCO2/年
	現状 (km/月)	最適化 (km/月)	改善率		
可燃ごみ	23,288	22,080	5%	2,132	5.5
不燃ごみ	3,059	2,304	25%	1,332	3.4
缶類	2,087	1,735	17%	621	1.6
びん類	2,377	1,877	21%	882	2.3
ペットボトル	1,030	1,335	-30%	-538	-1.4
プラ製容器	5,056	5,816	-15%	-1,341	-3.5
紙製容器	4,920	4,832	2%	155	0.4
合計	41,817	39,979	4%	3,244	8.4
(参考)ペットボトル、プラ製容器、紙製容器は変更無しの場合	41,817	39,002	7%	4,968	12.8

* 可燃ごみは週2回収集の前半(月・火)分に8を乗じて、プラ製容器と紙製容器は1週分に4を乗じて月間値を算出。

2 - 2 . エネルギー利用等の高度化

(1) 背景と趣旨

南但クリーンセンターは、焼却炉の熱回収設備としてプレート式熱交換器が設置されており、焼却炉にて発生した燃焼ガスより高温空気を生成している。この高温空気を、燃焼空気、場内給湯設備の熱源、白煙防止空気などに用いられている。白煙防止空気は、冬季などの外気温が低い際に利用されるものであり、それ以外の期間では熱が有効に利用されていない状態であり、低炭素化に向けた課題となっている。

熱の有効利用先としては、近隣の農業施設や温浴施設なども考えられるが、まずは公共施設系での活用を念頭に近隣施設を検討した結果、近隣の病院 2 施設を抽出し、各々にヒアリングを行った結果、公立豊岡病院組合立朝来医療センター（兵庫県朝来市和田山町法興寺 392 番地。以下「朝来医療センター」）への熱供給可能性が考えられた。

朝来医療センターでは、熱利用設備の熱源として燃料ボイラが設置されており、燃料ボイラにて生成される温水は、場内給湯、空調（外気調和）に用いられている。場内給湯は、主に入院患者の入浴と食事準備等に給湯を利用している。

以上を踏まえて、朝来医療センターにおける場内給湯に必要な熱を、南但クリーンセンターの白煙防止空気不要時の未利用熱にて補完することで、温室効果ガスを削減する事業の実現可能性を検討することとした。

両施設は 7km 程度離れているため、蓄熱輸送による熱供給の可能性を検討した。

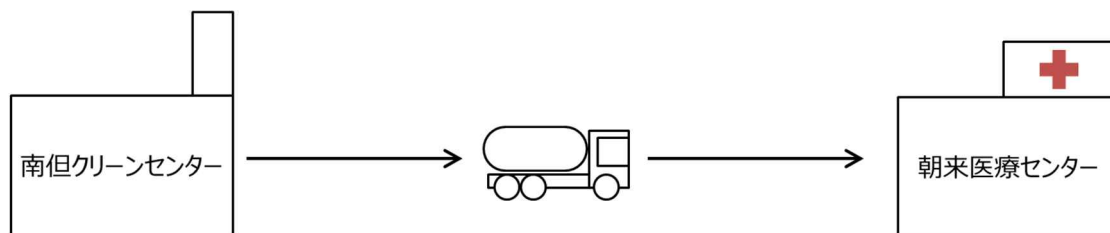


図 - 1 - 2 8 未利用熱の活用検討モデル

(2) 調査条件の設定と調査方法

1) 調査対象範囲

本調査における清掃工場排熱の有効利用実現可能性検討の対象施設を以下に示す。

清掃工場（熱源）：南但クリーンセンター

熱需要施設：朝来医療センター

< 施設概要 >

南但クリーンセンター	朝来医療センター
竣工 2013 年	開院 2016 年
焼却能力 43t/日（熱回収設備設置）	病床数 150 床

南但クリーンセンターにおける余熱のポテンシャル

南但クリーンセンターの実運転データを用いて、未利用熱を活用可能な量とその期間を検討、確認

した。

確認の結果は以下のとおり。

ア．南但クリーンセンターにおける未利用熱を活用可能な量：**1.1GJ/h程度**

現在、南但クリーンセンターでは、白煙防止空気 165 程度を煙道に吹き込んでいる。この白煙防止空気を 80 まで熱回収を行うことで、未利用熱を活用するものとして試算した。

イ．南但クリーンセンターにおける未利用熱を活用可能な期間：**145日/年**

白煙防止空気を 80 まで減温後に煙道に吹き込むことで、白煙防止能力が低下する。白煙防止能力が低下した状態においても、白煙が発生しない条件を未利用熱が活用可能な期間とした。

夏季（6～9月） 122日×2未利用熱回収可能期間割合95%×5焼却炉稼働率90% = 104日

冬季（11～3月） 151日×5未利用熱回収可能期間割合0%×0焼却炉稼働率90% = 0日

その他季（4,5,10月）92日×未利用熱回収可能期間割合50%×焼却炉稼働率90% = 41日

朝来医療センターにおける熱需要

朝来医療センターでの熱需要の概要をヒアリングにより確認した。

朝来医療センターの場内給湯ラインは2系列あり、貯湯槽の温水は65℃、貯湯槽の容量は3m³となっている。

場内給湯は、1系列にて温水の供給を行い、もう1系列にて温水を生成し、温水の供給を行っている系列の貯湯槽が空になると、温水供給・温水生成が切り替わるというかたちで運用されている。（下図）

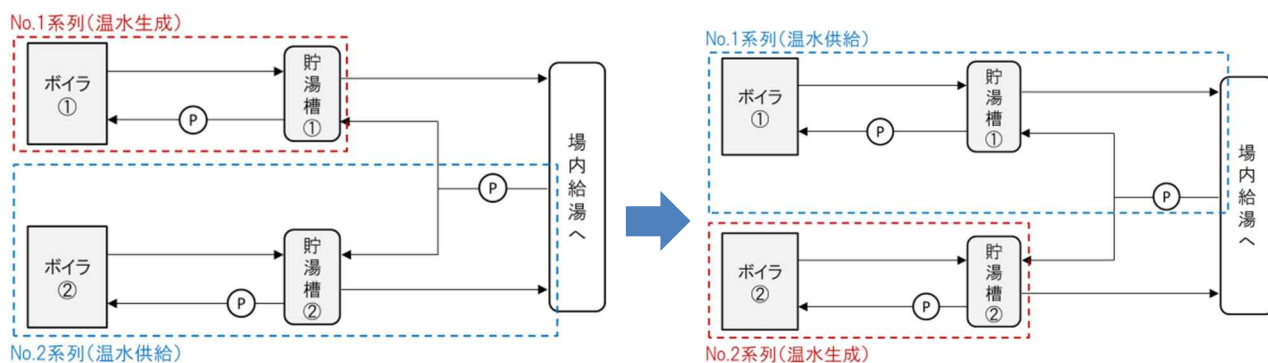


図 - 1 - 2 9 場内給湯運用イメージ

1日の給湯使用量は、10m³であり、1日の給湯需要のピークは、入院患者の入浴と昼食準備が重なる10時～12時となる。ピーク時には2時間のうちに貯湯槽3m³が空になる。（次図）

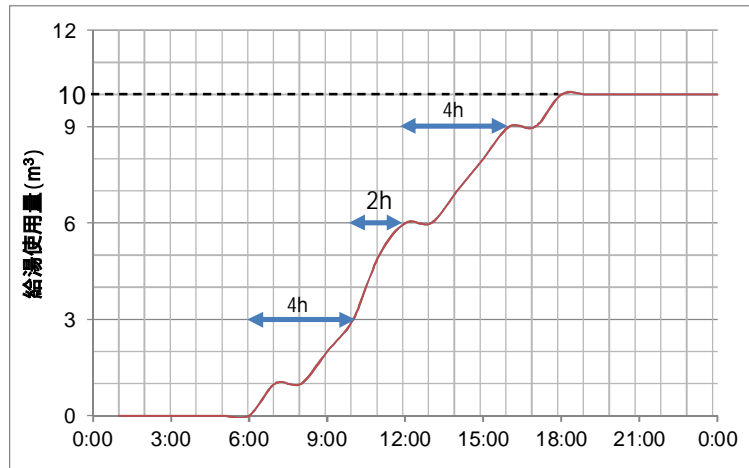


図 - 1 - 3 0 1日の給油使用状況

一方の外気調和ラインは、冬季は燃料ボイラによる温水、夏季は電気式チラーによる冷水を用いている。

2) 未利用熱の輸送手段

南但クリーンセンターと朝来医療センターは約 7km の距離があり、配管を用いた熱媒体の輸送は現実的ではない。そのため、輸送手段は熱媒体を車にて輸送する方式とした。熱媒体の種類は、温水または潜熱蓄熱材の 2 種類を想定した。



図 - 1 - 3 1 (参考) 熱供給検討範囲の位置関係

2) 実証期間

2018年12月～2019年1月の朝来医療センターにおける熱利用データと、2016年11月～2018年6月の南但クリーンセンターにおける稼働データを基に、1年間の熱供給事業を実施した場合の実現可能性を検討した。

(3) 検討結果

1) 熱利用事業スキームの設計

南但クリーンセンターの余熱のポテンシャルや朝来医療センターでの熱需要のバランスを総合的に判断し、以下のような全体像にて連携を行うものとした。

なお、朝来医療センターの外気調和の熱供給は、冬季がメインであり、南但クリーンセンターで白煙防止が必要な時期と重なるため、検討から除外した。

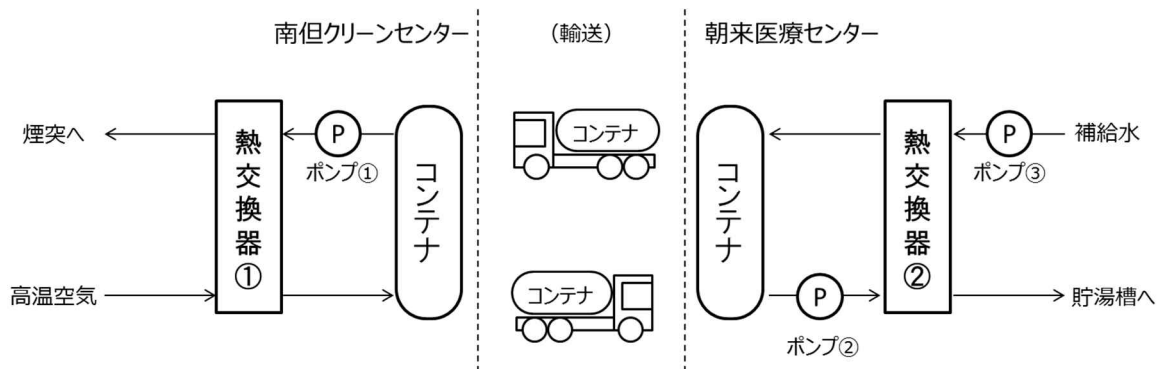


図 - 1 - 3 2 熱利用の全体像

南但クリーンセンターからの温水受け入れによる朝来医療センターでの熱供給の運用は、現状の運用に即して、次図のイメージで行うものとした。

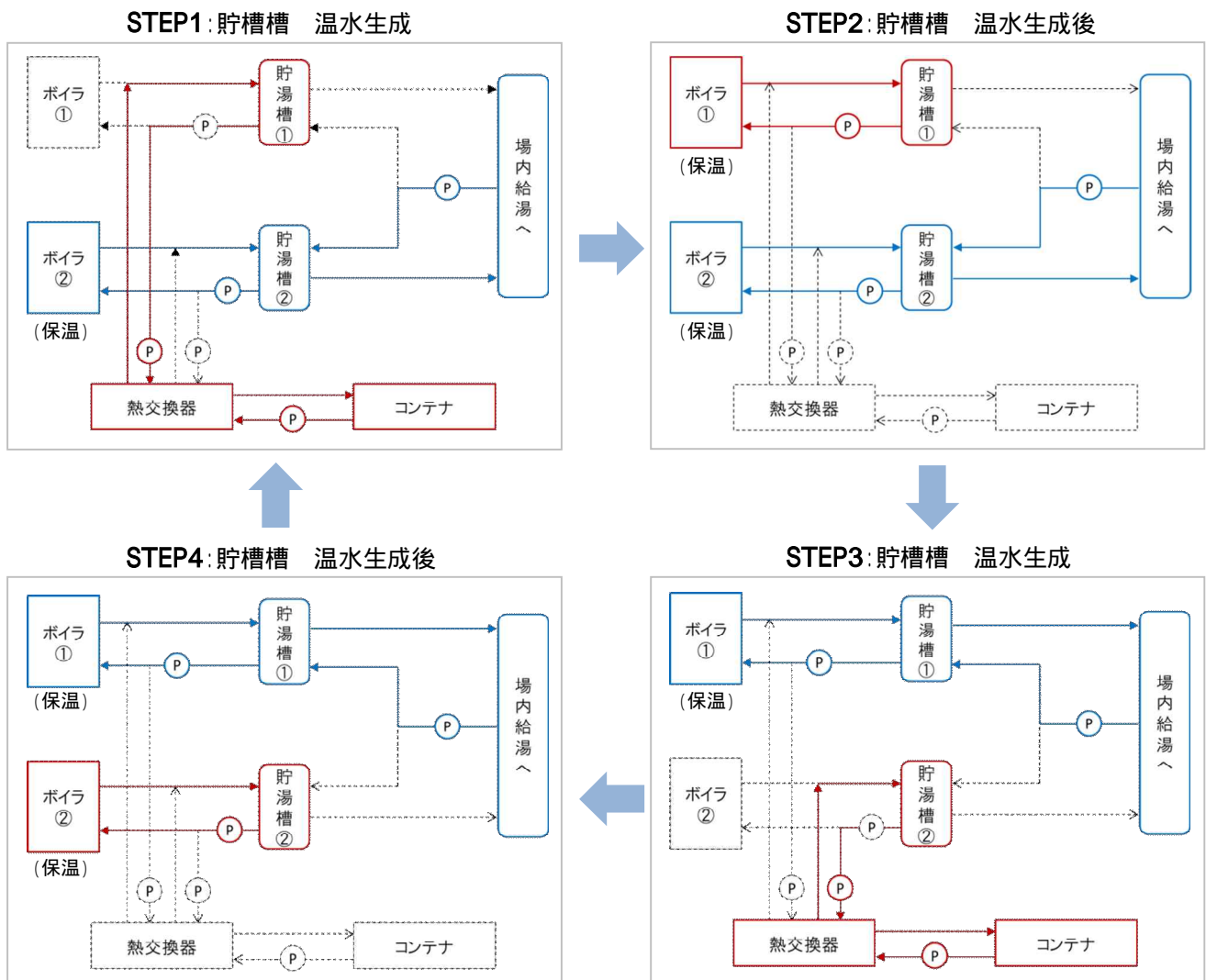


図 - 1 - 3 3 朝来医療センターでの温水受入・熱利用の運用（イメージ）

2) 温水を利用する場合

タイムスケジュール

熱供給媒体として温水を利用した場合のタイムスケジュールは以下のとおりとなった。

各施設における熱交換に要する時間、熱輸送に関する時間は以下のとおりとなるため、当該時間を前提として、朝来医療センターの熱需要（17 時以降の温水供給（1m³）を超える供給はなし）に対応可能な 1 日のタイムスケジュールを設定した。

- ・南但クリーンセンターでの熱交換に要する時間 4 時間
- ・コンテナの輸送に要する時間（各施設でのコンテナ積替等の時間を含む） 1 時間
- ・朝来医療センターでの温水生成時間 2 時間

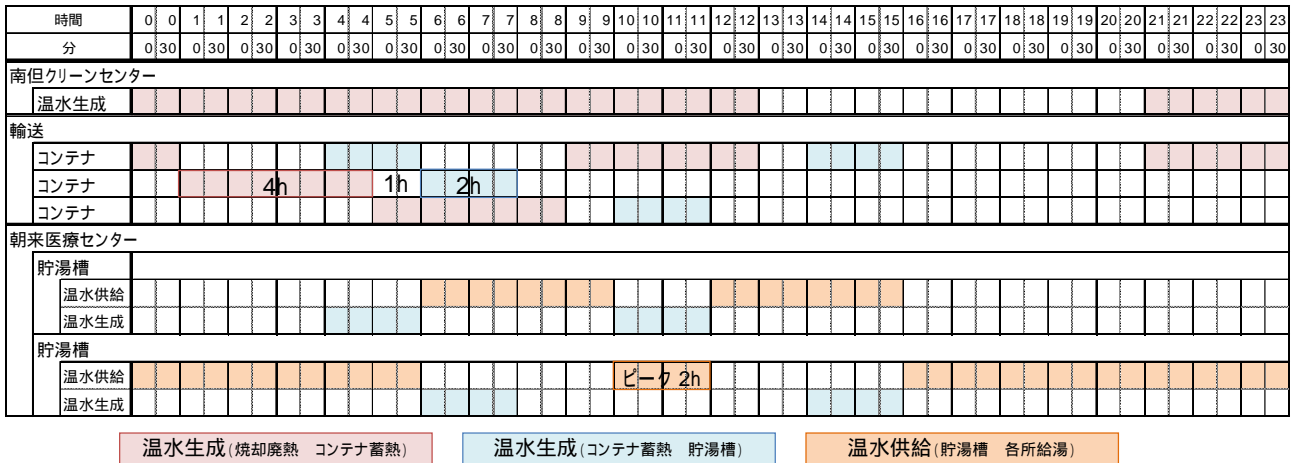


図 - 1 - 3 4 温水供給の場合のタイムスケジュール

機器構成 (追加機器)

温水供給に係る追加機器の一覧を下表に示す。

南但クリーンセンター側では高温空気から 110 の温水を生成するための熱交換器 1 基とポンプ式を追加するものとした。

朝来医療センター側では、南但クリーンセンターからの輸送された温水から、65 の温水を生成するための熱交換器 1 基とポンプ式を追加するものとした。

表 - 1 - 9 温水による熱供給に係る追加機器一覧

機器	設置数	仕様	備考
南但クリーンセンター			
熱交換器	1基	<ul style="list-style-type: none"> 形式 フィンチューブ式 伝熱面積 300m² 流量 空気量(加熱側) 12,500m³_N/h 水量(被加熱側) 10t/h 	110 の温水を4hで10t生成
ポンプ	1基	<ul style="list-style-type: none"> 形式 渦巻き式 吐出量 12t/h 揚程 65m 電動機容量 5.5kW 	
朝来医療センター			
熱交換器	1基	<ul style="list-style-type: none"> 形式 プレート式 伝熱面積 6.0m² 流量 水量(加熱側) 10t/h 水量(被加熱側) 3.0t/h 	65 の温水を2hで3t生成
ポンプ	1基	<ul style="list-style-type: none"> 形式 渦巻き式 吐出量 12t/h 揚程 45m 電動機容量 3.7kW 	
ポンプ	2基	<ul style="list-style-type: none"> 形式 渦巻き式 吐出量 3.0t/h 揚程 75m 電動機容量 3.7kW 	

CO₂削減効果

南但クリーンセンターからの温水供給により、朝来医療センターの給湯ラインにおける重油代替を行った場合のCO₂削減効果を以下のとおり試算した。

試算の結果、年間で9tCO₂のCO₂削減効果が見込まれた。

ア．重油使用量低減によるCO₂排出削減量

- ・ 温水生成熱量 10,000kg/日×(65-15) ×比熱 4.1868kJ/kg・ ×145 日/年 = 303,543,000kJ/年
- ・ 重油削減量 温水生成熱量 303,543,000kJ/年÷(重油熱量 39,100kJ/L ^a×温水ボイラ効率 85%)
= 9,134L/年
- ・ CO₂ 排出削減量 9,134L/年×2.710kg-CO₂/L ^a = 24,753kg-CO₂/年

イ．消費電力増加によるCO₂排出増加量

	電動機 (kW)	負荷率 (%)	消費電力 (kW)	日稼働時間 (h/日)	年間稼働日数 (日/年)	消費電力量 (kWh/年)	CO ₂ 排出量 ^b (kg-CO ₂ /年)
ポンプ	5.5	80	4.4	16 (4h × 4)	145	10,208	4,267
ポンプ	3.7	80	3.0	8 (2h × 4)	145	3,480	1,455
ポンプ	3.7	80	3.0	8 (2h × 4)	145	3,480	1,455
合計						17,168	7,177

関西電力株式会社 0.418kg-CO₂/kWh ^b

ウ．熱媒体の輸送によるCO₂排出増加量

$$\begin{aligned} & \text{運搬距離 } 14\text{km/往復} \times 4 \text{ 往復/日} \times 145 \text{ 日/年} \div \text{軽油燃費 } 2.5\text{km/L} ^c \times 2.619\text{kg-CO}_2/\text{L} ^a \\ & = 8,507\text{kg-CO}_2/\text{年} \end{aligned}$$

エ．全体でのCO₂排出削減量

温水ボイラでの重油使用量低減による効果	24,753kg-CO ₂ /年
温水生成に必要な機器の消費電力増加による効果	7,177kg-CO ₂ /年
温水生成熱媒体の輸送時の燃料使用量増加による効果	8,507kg-CO ₂ /年
	9,069kg-CO ₂ /年

経済性

熱供給による経済性について、次表のとおり試算された。

イニシャルコストについては、2分の1程度の補助金の活用が見込まれるため、11,600千円程度の実負担での実現可能性があるものと想定される。

ランニングコストについては、90%以上が人件費となり、朝来医療センターの燃料費削減分を見込んで大きくコスト増になると想定された。

表 - 1 - 10 朝来医療センターへの温水供給に係る経済性試算結果

機器	数量	コスト(千円)	備考
イニシャルコスト			
南但クリーンセンター			
熱交換器	1基	4,500	
ポンプ	1基	500	
小計		5,000	
輸送			
車両	1基	8,000	
コンテナ	3基	9,000	容量：10t
小計		17,000	
朝来医療センター			
熱交換器	1基	1,500	
ポンプ	1基	400	
ポンプ	2基	800	
小計		1,200	
イニシャル計		23,200	
ランニングコスト			
南但クリーンセンター			
電力費	10,208kWh/年	117	関西電力：11.4円/kWh
機器整備費	1式	200	
小計		317	
輸送			
人件費	2名	14,000	
燃料費	3,248L/年	394	軽油：121円/L
車両維持費	1式	700	
小計		15,094	
朝来医療センター			
燃料費	9,134L/年	-768	A重油：84円/L
電力費	6,960kWh/年	80	関西電力：11.4円/kWh
機器整備費	1式	600	
小計		-88	
ランニング計(1年間)		15,323	
コスト計(15年間)		253,045	

配管コスト、工事コスト等不含

2) 潜熱蓄熱材を利用する場合

タイムスケジュール

熱供給媒体として潜熱蓄熱材を利用した場合のタイムスケジュールは以下のとおりとなった。

各施設における熱交換に要する時間、熱輸送に関する時間は、温水の場合と同様以下のとおりとなるため、当該時間を前提として、朝来医療センターの熱需要(17時以降の温水供給(1m³)を超える供給はなし)に対応可能な1日のタイムスケジュールを設定した。

- ・南但クリーンセンターでの熱交換に要する時間 4時間
- ・コンテナの輸送に要する時間(各施設でのコンテナ積替等の時間を含む) 1時間
- ・朝来医療センターでの温水生成時間 2時間

CO₂削減効果

南但クリーンセンターからの温水供給により、朝来医療センターの給湯ラインにおける重油代替を行った場合のCO₂削減効果を以下のとおり試算した。

試算の結果、年間で11tCO₂のCO₂削減効果が見込まれた。

ア．重油使用量低減によるCO₂排出削減量

- ・ 温水生成熱量 10,000kg/日 × (65-15) × 比熱 4.1868kJ/kg・ × 145 日/年 = 303,543,000kJ/年
- ・ 重油削減量 温水生成熱量 303,543,000kJ/年 ÷ (重油熱量 39,100kJ/L^a × 温水ボイラ効率 85%)
= 9,134L/年
- ・ CO₂排出削減量 重油削減量 9,134L/年 × 2.710kg-CO₂/L^a = 24,753kg-CO₂/年

イ．消費電力増加によるCO₂排出増加量

	電動機 (kW)	負荷率 (%)	消費電力 (kW)	日稼働時間 (h/日)	年間稼働日数 (日/年)	消費電力量 (kWh/年)	CO ₂ 排出量 ^b (kg-CO ₂ /年)
ポンプ	5.5	80	4.4	16 (4h × 4)	145	10,208	4,267
ポンプ	3.7	80	3.0	8 (2h × 4)	145	3,480	1,455
ポンプ	3.7	80	3.0	8 (2h × 4)	145	3,480	1,455
合計						17,168	7,177

関西電力株式会社 0.418kg-CO₂/kWh^b

ウ．熱媒体の輸送によるCO₂排出増加量

$$\text{運搬距離 } 14\text{km/往復} \times 3 \text{ 往復/日} \times 145 \text{ 日/年} \div \text{軽油燃費 } 2.5\text{km/L}^c \times 2.619\text{kg-CO}_2/\text{L}^a \\ = 6,380\text{kg-CO}_2/\text{年}$$

エ．全体でのCO₂排出削減量

温水ボイラでの重油使用量低減による効果	24,753kg-CO ₂ /年
温水生成に必要な機器の消費電力増加による効果	7,177kg-CO ₂ /年
温水生成熱媒体の輸送時の燃料使用量増加による効果	6,380kg-CO ₂ /年
	11,196kg-CO ₂ /年

経済性

潜熱蓄熱材での熱供給による経済性について、次表のとおり試算された。

イニシャルコストについては、2分の1程度の補助金の活用が見込まれるため、42,150千円程度の実負担での実現可能性があるものと想定される。

ランニングコストについては、90%以上が人件費となり、朝来医療センターの燃料費削減分を見込んでも大きくコスト増になると想定された。

表 - 1 - 1 2 朝来医療センターへの潜熱蓄熱材による熱供給に係る経済性試算結果

機器	数量	コスト(千円)	備考
イニシャルコスト			
南但クリーンセンター			
熱交換器	1基	4,500	
ポンプ	1基	2,000	
小計		6,500	
輸送			
車両	1基	15,000	
コンテナ	2基	60,000	容量：21m ³ (熱量1,400kWh)
小計		75,000	
朝来医療センター			
熱交換器	1基	1,000	
ポンプ	1基	2,000	
ポンプ	2基	800	
小計		2,800	
イニシャル計		84,300	
ランニングコスト			
南但クリーンセンター			
電力費	10,208kWh/年	117	関西電力：11.4円/kWh
機器整備費	1式	200	
小計		317	
輸送			
人件費	2名	14,000	
燃料費	2,436L/年	295	軽油：121円/L
車両維持費	1式	700	
小計		14,995	
朝来医療センター			
燃料費	9,134L/年	-768	A重油：84円/L
電力費	6,960kWh/年	80	関西電力：11.4円/kWh
機器整備費	1式	600	
小計		-88	
ランニング計(1年間)		15,224	
コスト計(15年間)		312,660	(ランニング15年として)

配管コスト、工事コスト等不含

出典

- a 特定排出者の事業活動に伴う温室効果ガスの排出量の算定に関する省令(経済産業省・環境省)に基づき作成
- b 電気事業者別排出係数(平成29年度実績)/環境省・経済産業省公表
- c 2013年度収集運搬データ(10t以上コンテナ車)/http://www.kenpaikyo.or.jp/works/file/2013_nenpi.pdf

(4) 今後の課題

1) 熱輸送時間短縮可能性

経済性の検討結果において示したように、温水・潜熱蓄熱材のいずれの供給方法においても、ランニングコストのほとんどが熱輸送に係る作業人件費によって占められ、燃料費削減効果を大きく上回る結果となった。作業人件費の削減にあたっては、熱輸送に係る作業時間を短縮し、人数の削減又は

専任職員ではなく併任職員で対応可能とするなどの措置が必要と考えられる。

作業時間の短縮には、熱交換効率の向上が必要となるが、例えば温水による供給の場合、クリーンセンターでの温水加温4時間は、加熱側の空気（排ガスから熱回収した後の高温空気）の熱量から加温時間が決まるものであり、具体的には2.5t/h程度の流量で4時間かけて10tを加温する想定としている（ポンプの容量は10t/hとしているが、これは、加温時間経過に伴う空気と温水の温度差縮小などの諸条件を考慮した上で、余裕を見込んで決めた機器容量としている。）。空気側の熱量としてはもう少しだけ余裕はあるものの、加温時間を大幅に短縮（例えば1時間等に）することは、空気側の熱量が足りないため不可能と考えられる。

従って、熱量の余裕分を削って加温時間を短縮することは可能だが、機器の容量が大きくなりコストアップにつながる一方で、人件費を削減する（専任職員を減らす）ところまではおおよそ、現状では時間短縮の可能性は難しいものと考えられる。

今後、より熱交換効率や熱容量の大きい蓄熱材（例えば化学蓄熱材等）の開発動向により、どの程度の経済性向上が望めるか等を検討していくことが重要である。

2) 熱の需給バランスの調整可能性

朝来医療センターからのヒアリング時に聞き取りした朝来医療センターの熱需要の全体量（給湯ラインと外気調和ラインの年間合計相当量）は、南但クリーンセンターの未利用熱の全体量（年間合計）とほぼ同程度であることが推察された。従って、両者の需給バランスを合わせることによって、大幅な熱の有効利用量増の可能性も考えられた。

一方、本調査による試算の結果では、下記のとおり南但クリーンセンターの未利用熱のうち、朝来医療センターに供給・利用できたのは8.8%程度との結果となり、朝来医療センターの燃料費削減効果もわずかな範囲に留まる結果となった。

本調査における熱利用率の試算

【利用可能な熱量】

・時間あたり熱量	1.1 GJ/h	年間平均として
・焼却炉の年間稼働率	90 %	
・年間供給可能日数	145 日/年	
年間利用可能熱量	3,445 GJ/年	

【利用する熱量】

温水生成量	10,000 kg/日	
加熱温度	50	15 65
水の比熱	4.1868 kJ/kg·	
年間温水生成熱量	304 GJ/年	

【熱利用率】

年間温水生成熱量 / 年間利用可能熱量	8.8 %
----------------------------	--------------

要因は、南但クリーンセンターからの未利用熱供給可能期間が夏季を中心とした年間5ヵ月程度であるのに対し、朝来医療センターの熱需要は、冬季を中心とした期間（主に外気調和系統）であったことが挙げられる。

この需給間のギャップを解消し少しでも熱利用率を上げて熱利用の効果を得るためには、需給双方

の稼働パターンや設備条件等が大きく見直されるなどの状況変化が必要と考えられる。

3) その他

本調査では、温水又は潜熱蓄熱材による熱媒体を通した熱供給（熱輸送）を検討したが、南但クリンセンターで生成した温水を、直接、朝来医療センターの給湯ラインで利用することも技術的には可能である。

需給双方が別組織のため、水質保証（衛生管理）の責任分界が難しく、温水の直接利用はハードルが高いと考えられるが、例えば需要側で供給側の熱交換系統以降の一切の管理責任を担うなど、踏み込んだ事業スキームを構築できた場合、需要側の熱交換器が不要となり、作業人件費も半分程度に抑えられる可能性がある。

温水による熱利用を進める場合に整理すべき一つの観点と考えられる。

3. 低炭素・省CO₂効果等の評価

(1) CO₂排出量削減効果

前項1.及び2.の結果をもとに、南但広域行政事務組合の収集運搬及び中間処理・エネルギー有効利用工程における低炭素・省CO₂効果等の検討結果(用役関係)を下表に示す。

収集運搬工程において4%程度のCO₂削減が見込まれるとともに、中間処理/エネルギー利用工程において朝来医療センターへの熱供給が実施できた場合のCO₂排出削減量が1%程度見込まれたことから、全体で2%の削減との試算結果となった。

表 - 1 - 1 3 CO₂排出量削減効果(用役関係)

項目		現状	方策実施後	
収集運搬	給油量(L/年) 本調査における走行データからの推計	73,800	70,550	
	CO ₂ 排出量(tCO ₂ /年)	190	182	
	削減効果(%)	-	4%	
中間処理/ エネルギー 利用	燃料使用量(kL/年)	14.6	14.6 (朝来医療センター重油削減量) - 9.1 (熱媒体輸送用軽油増加量) + 3.2	
	消費電力量(MWh/年)	3,911	3,921 (朝来医療センターポンプ消費電力増加量) + 7.0	
	発電電力量(MWh/年)	2,067	2,067	
	CO ₂ 排出量(tCO ₂ /年)	807	798	
	削減効果(%)		1%	
	合計	CO ₂ 排出量(tCO ₂ /年)	997	980
		削減効果(%)		2%

CO₂排出係数: 軽油(2.58tCO₂/kL)、プラスチック焼却(2.77tCO₂/t)、灯油(2.49tCO₂/kL)、重油(2.71tCO₂/kL)、電力(0.418tCO₂/MWh)

中間処理/エネルギー利用における熱利用は、温水利用の場合を計上。

(2) 地域貢献効果

本調査では、南但クリーンセンターにおける余熱を朝来医療センターにおいて利用した場合に経済効果を得ることは難しいとの結果となったが、前項2.(4)において記したように、今後の技術開発等や設備条件等の変化によっては、経済的に成立できる事業モデルを形成できる可能性はあると考えられる。

焼却施設における余熱を地域の医療施設で利用することで、医療施設側の経営安定化やサービスの向上等に資することも可能であり、地域貢献効果を高める意味でも、地域での熱利用について検討していくことが重要と考えられる。

- 2 . A 市

1 . 現行システムの検証

(1) ごみ処理の状況

A 市のごみ処理の概況を以下に示す。

ごみの分別は、一般ごみ、資源ごみ（空き缶、びん・ガラス類、ペットボトル、プラスチック製容器包装、使用済み小型家電、水銀使用廃製品）、粗大ごみなどとなっており、直接搬入ごみと併せて、年間 109 千トンの処理を行っている（2016 年度）。

中間処理施設は焼却施設が 2 施設、資源化施設が 1 施設、粗大ごみ処理施設が 1 施設となっており、処理残渣は最終処分場へ搬入されている。

(2) 温室効果ガス排出状況

ごみ処理に伴う CO₂ の排出状況は、おおよそ以下のとおり試算される。なおここでは、次項で計画・実施する実現可能性調査に関わる中間処理の部分について、2016 年度時点の状況を整理した。

A 市清掃工場の 2016 年度におけるプラスチック焼却、燃料使用及び電力消費に係る CO₂ 排出量は、21,121tCO₂/年となり、ごみ処理量当たりでは 300kgCO₂/t と試算された。別途、本調査で精査した全国のごみの焼却処理に係る人口一人当たりの CO₂ 排出量等から導出したごみ焼却処理量当たりの CO₂ 排出量はおおよそ 200～300kgCO₂/t 前後と想定されることから、同工場における CO₂ 排出量はほぼ平均に近い水準にあると考えられる。

表 - 2 - 1 A 市清掃工場における CO₂ 排出状況の試算（2016 年度）

項目		活動量 ^{*1}	CO ₂ 排出係数 ^{*2}	CO ₂ 排出量 (tCO ₂)	ごみ処理量当 りの CO ₂ 排出量 (kgCO ₂ /t)
A 市清掃 工場	プラスチック焼却	9,144 t	2.77 tCO ₂ /t	25,329	300
	燃料使用量	1,120 千 Nm ³	2.23 tCO ₂ /千 Nm ³	2,497	
	電力消費量	15,894 MWh	0.418 tCO ₂ /MWh	6,644	
	発電電力量	31,936 MWh	0.418 tCO ₂ /MWh	-13,349	
	計			21,121	

*1 プラスチック焼却量は、年間焼却処理量 × (1 - 水分率) × プラスチック類組成比 (H29 清掃事業概要より 63,081 × (100-45.3) × 26.5%) 乾燥ベース
燃料使用量、電力消費量、発電電力量は、市提供データより。

*2 温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度における排出係数より。燃料は都市ガス（助燃バーナ等）、電力は、2019 年提出用の電力会社の値を利用。

2. 実現可能性調査の計画・実施

中間処理施設におけるエネルギー管理の最適化とエネルギー利用等の高度化

(1) 背景と趣旨

A市では、A市清掃工場の発電電力量の内、所内消費分を除く余剰電力量は、現在、小売電気事業者へ売電しているが、売電先の電力供給先は特定しておらず、例えば地域新電力等を活用した“電力の地産地消”を実現した場合、更なる地域低炭素化、地域経済循環等に貢献できる可能性がある。また一方で、施設の運転計画にあたっては、過去の運転実績を基に、安定稼働・適正処理の観点から運転計画を策定しているが、近年のICT技術の進展により、様々な条件を加味した運転計画の自動策定が可能になってきており（運転計画最適化システム）、安定稼働・適正処理を確保しつつ、例えば電力需要の多い時期に発電電力量を増加させるなどの運転計画を立てることで、“電力の地産地消”を更に高めることができる可能性がある。

本調査では、こうした市の現状を踏まえ、中間処理工程（焼却処理）における運転計画を自動化することによって、電力需要に応じた発電を実現するとともに、当該発電電力を活用した地域新電力事業の可能性を検討し、“電力の地産地消”の高度な運用の可能性について検討を行った。

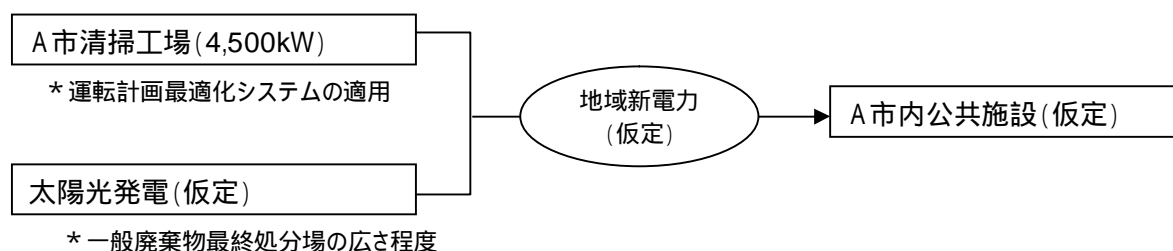
(2) 調査条件の設定と調査方法

1) 調査範囲の設定

本調査における実現可能性調査の範囲を下図に示す。

地域エネルギー事業の発電側として、A市清掃工場のほかに、一定規模の太陽光発電を設置した場合を想定した。（太陽光発電の規模としては、一般廃棄物最終処分場の広さ程度を参考に設定。）

需要側としては、A市の公共施設を想定した。



2) 実証期間

施設稼働データ（2018年度）と、直近の電力市場データ等を基に、1年間の中間処理・発電と地域エネルギー事業実施の効果を検証した。

3) データ収集・解析の全体の流れ

本調査におけるデータ収集・解析の流れを下図に示す。

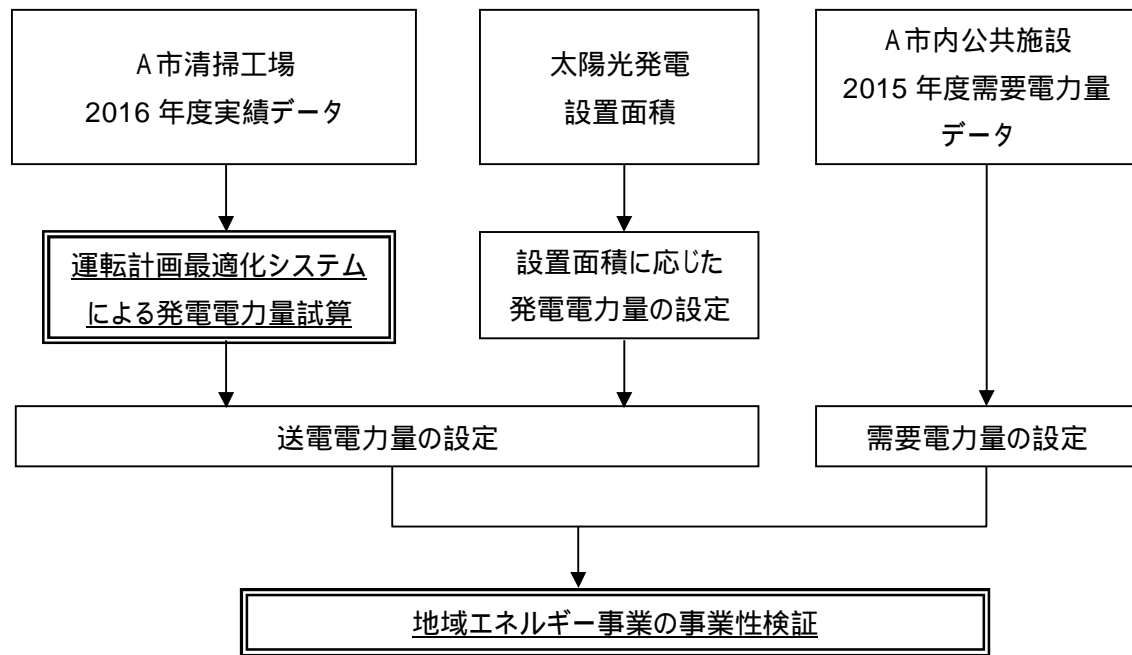


図 - 2 - 2 データ収集・解析の流れ

(3) 調査結果

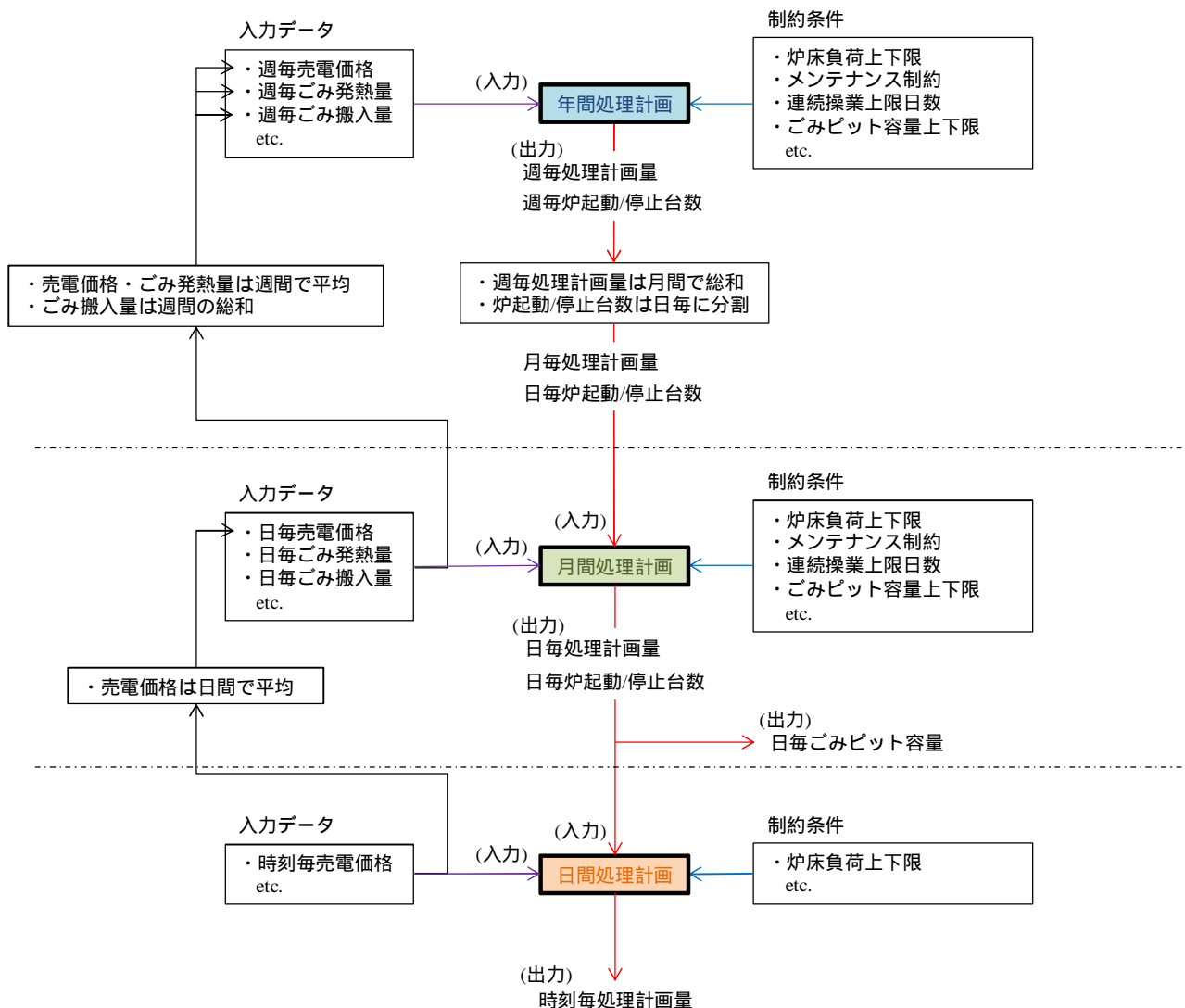
1) 運転計画の最適化

最適化手法

本調査で検討した運転計画最適化システムの概要を以下に示す。

従来の運転計画では、処理を中心とした手動による運転計画の立案を行っていたところ、数理最適化手法を用いた運転計画の自動策定システムを活用し、電力需要に応じた運転計画の立案の効果を検証したものである。

最適化計算の流れは次図のとおりであり、年次、月次、日次の各段階ごとに、施設稼働上の制約条件（炉床負荷、メンテナンス制約、連続操業上限日数、ピット容量等）の下での処理計画、炉の運用（立上げ下げ）を最適化し、外部供給電力量の最適化と燃料消費量の削減等を図るものである。



年間/月間/日間処理計画ではそれぞれ、
 制約条件の下、目的関数(= 売電収入 - 各種費用)を最大化するような、
 週毎/日毎/時刻毎処理量を計算する。

$$\text{目的関数} Y = \text{売電収入} - \text{ユーティリティ費用} - \text{助燃費用}$$

図 - 2 - 3 運転計画最適化システムにおける最適化計算の流れ

本調査では、上記システムを用いた最適化計算を行い、年間の外部供給電力量の最適化効果等を検証した。

検証にあたっての条件は、以下のとおりである。

< 検証条件 >

- ・ ゴミ搬入量、ゴミ発熱量について、A市清掃工場の2016年度実績に基づいた。
- ・ 炉床負荷、メンテナンス制約、連続作業上限日数、ピット容量等の制約条件は、A市清掃工場の現行条件をそのまま適用した。

- ・最適化に必要な電力需要を表す指標には、JEPX の取引価格（2018 年実績）を活用し、取引価格の多寡に応じて発電電力量を最適化することとした。

表 - 2 - 2 電力需要の指標として設定した電力取引価格（税込）
（2018 年暦年の電力会社エリアの約定価格から設定）

項目	単位	16年04月	16年05月	16年06月	16年07月	16年08月	16年09月	16年10月	16年11月	16年12月	16年01月	16年02月	16年03月
夏季ピーク@	¥/kWh	0.00	0.00	0.00	16.60	15.47	10.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平日昼間@	¥/kWh	8.63	9.37	10.12	16.60	15.47	10.30	9.89	9.87	9.69	16.61	17.78	10.03
夜間休日@	¥/kWh	8.24	8.34	8.82	9.63	9.95	7.92	9.61	9.48	8.63	11.87	13.87	9.00

運転計画最適化

最適化シミュレーションの結果、運転計画の最適化状況を下図に示す。

1号炉では、5～6月、11～12月にかけて稼働停止期間を各々半月程度にとどめ、2号炉でも、6月及び11月を中心とした2カ月程度の稼働停止期間を1.5カ月に短縮する計画となった。

1号炉、2号炉合わせた全体では、全炉停止期間は1カ月程度で変化はないものの、1炉稼働期間が2カ月程度あったところ、最適化後は0.5カ月程度に短縮され、年間全体でできるだけ均して処理するかたちになった。

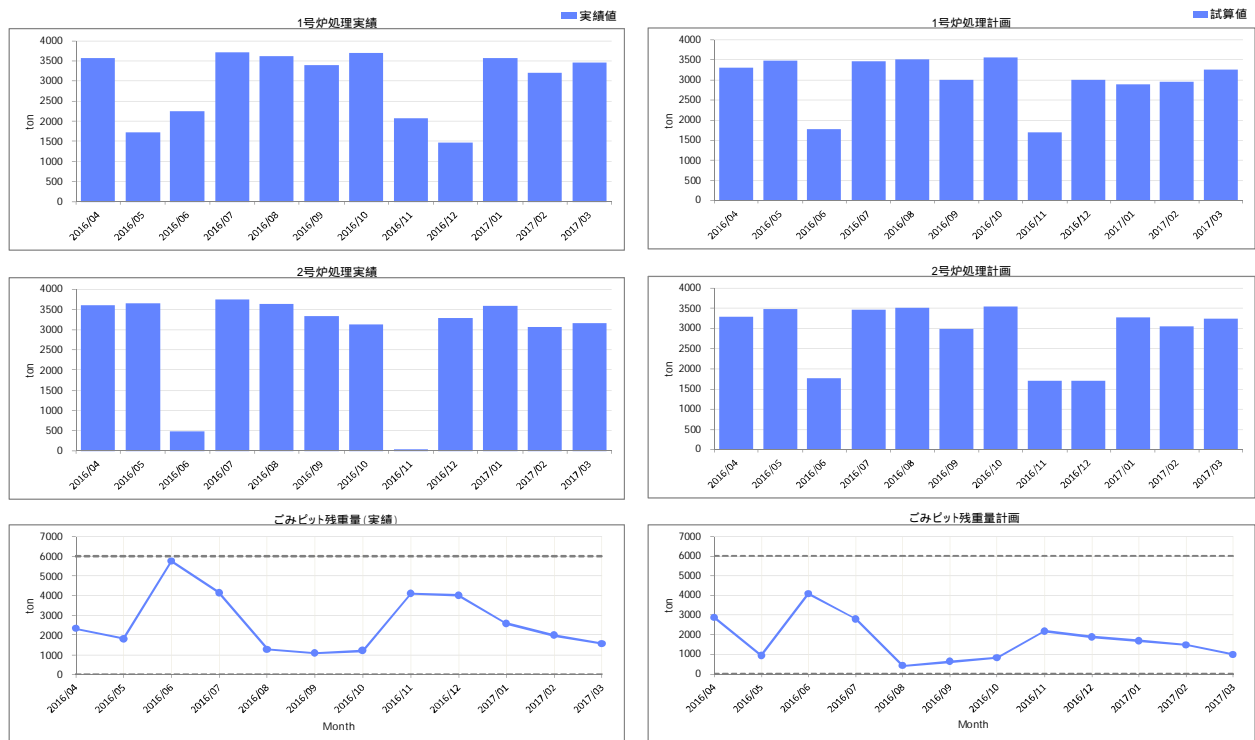


図 - 2 - 4 運転計画最適化結果（2016 年度：年間月次）
左：実績、右：最適化試算結果

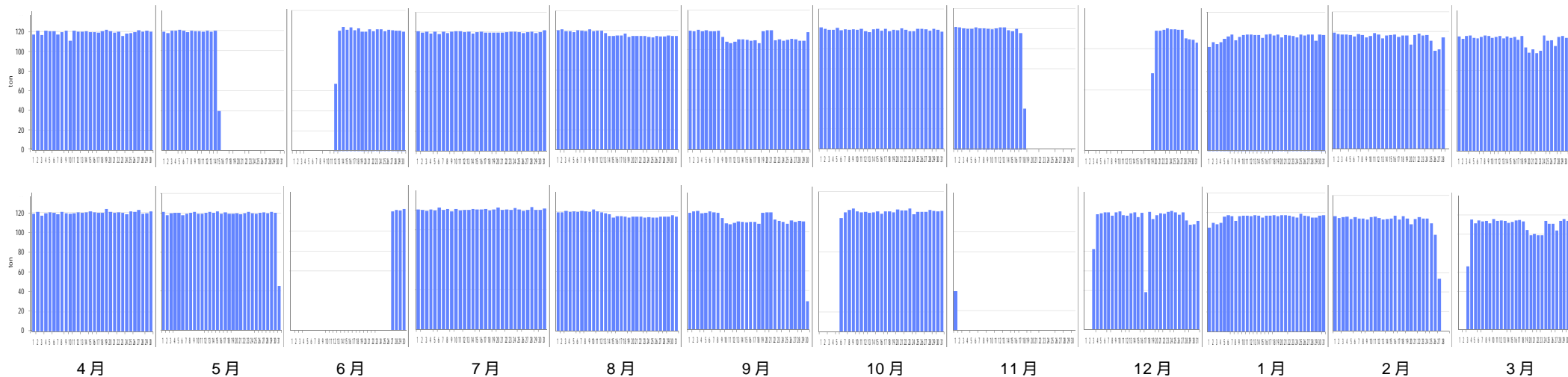


図 - 2 - 5 運転計画最適化 (2016年度：年間日次 実績)

上：1号炉、下：2号炉

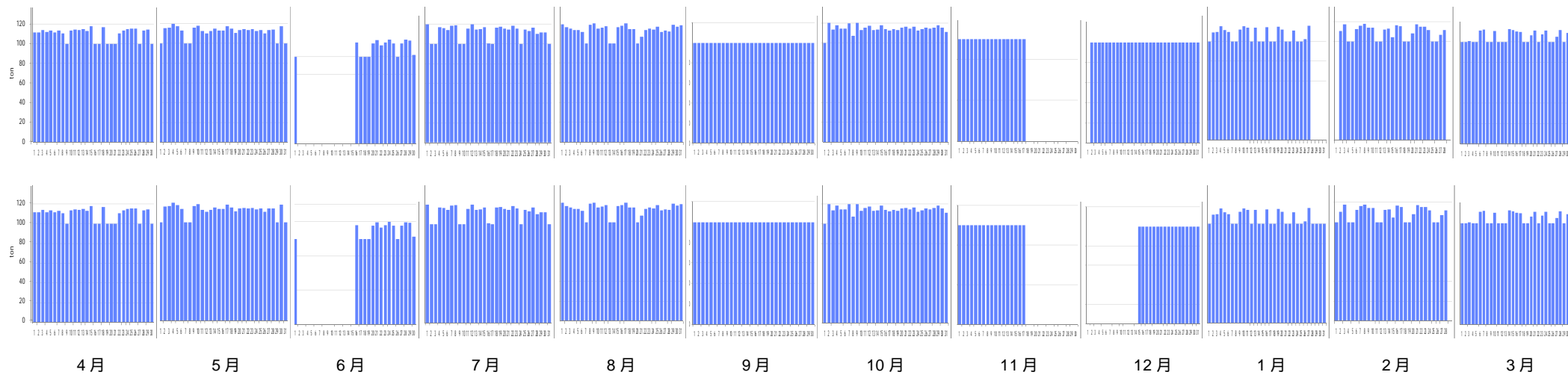


図 - 2 - 6 運転計画最適化 (2016年度：年間日次 最適化試算結果)

上：1号炉、下：2号炉

発電電力量、送電電力量

前項 での運転計画最適化による発電電力量、送電電力量の変化を下図に示す。

従来実績において大きく送電電力量が小さくなっていた 6 月及び 11 月の値がかさ上げされ、年間を通してコンスタントに外部電力供給する方向に変化している。

また処理量当たりの発電電力量は、2 炉稼働期間の増加等により年間平均で 3%程度向上しており、その分年間の発電量自体も向上し、CO₂ 排出量としても向上する結果となっている。

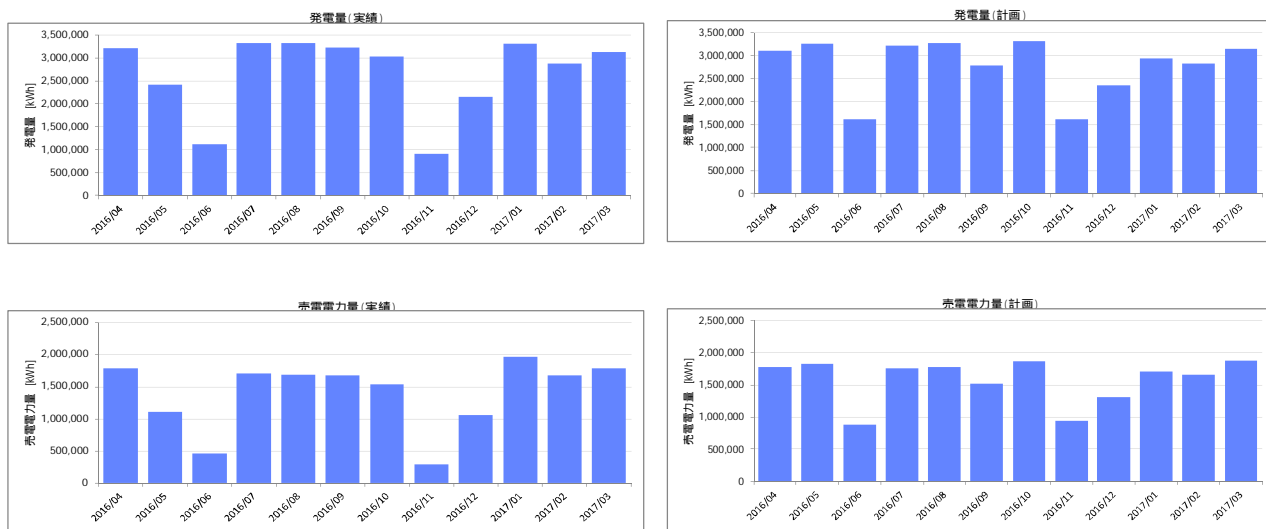


図 - 2 - 7 運転計画最適化による発電電力量・送電電力量の変化 (2016 年度：年間月次)
左：実績、右：最適化試算結果

表 - 2 - 3 ごみ処理量当たりの発電電力量 (kWh/t)

	2016/4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	平均
実績	447.6	456.7	422.1	446.6	457.6	481.6	444.5	445.7	476.1	463.2	464.1	479.1	457.1
最適化 試算結果	469.8	468.2	457.2	464.3	465.8	462.5	466.8	475.4	501.6	477.3	471.6	483.5	472.0

2) 地域新電力事業の事業性と事業効果

各電力量データの設定

ア. A市清掃工場からの送電電力量

地域新電力事業における調達電力の軸となるA市清掃工場からの送電電力量について、検証対象とした2016年度実績及び最適化後の値は、前項1)の結果より、下図のとおり設定した。

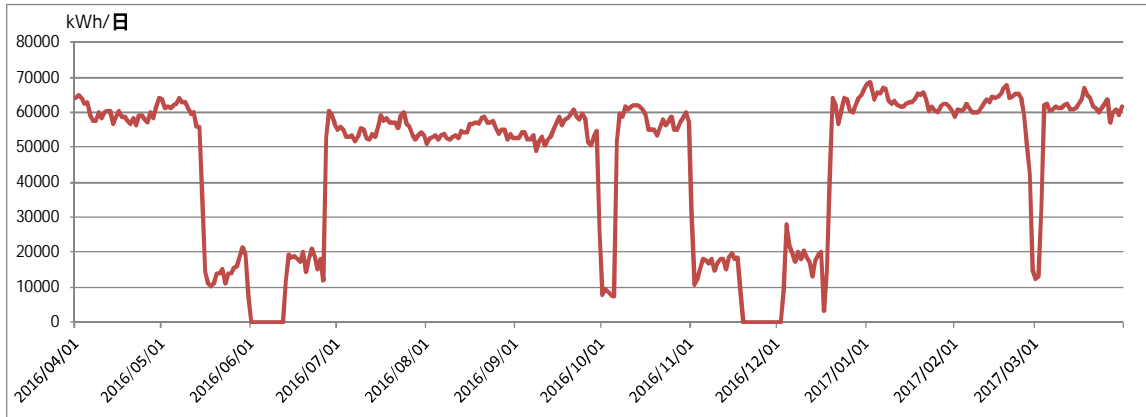


図 - 2 - 8 送電電力量 (2016 年度日次 実績)

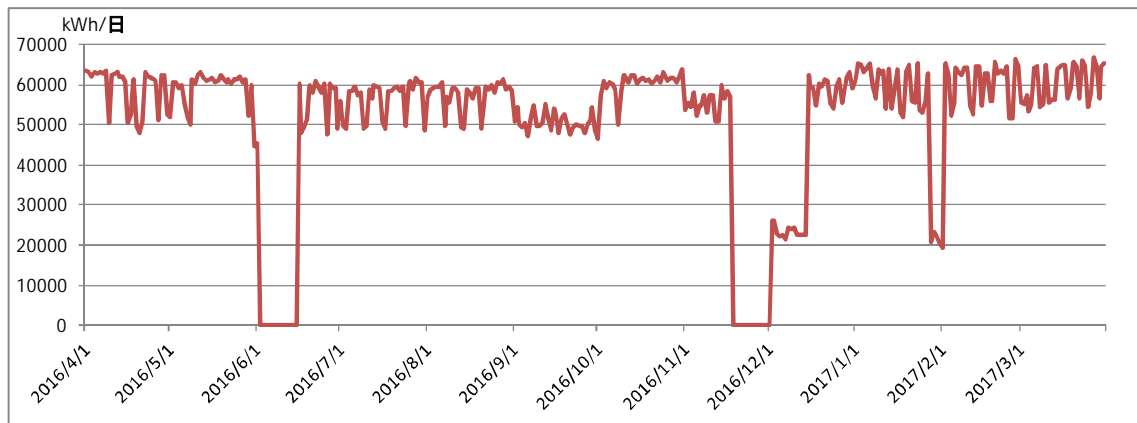


図 - 2 - 9 送電電力量 (2016 年度日時 試算結果)

イ．太陽光発電電力量

太陽光発電の規模については、現在、暫定的に多目的広場として利用されている一般廃棄物最終処分場の広さ程度の太陽光発電設備を設置した場合を想定した。

現在利用されている広場全体（70m×70m）に、500kW 相当の太陽光発電設備を設置すると仮定すると、A市の平均日射量（NEDO 日射量データベース閲覧システムより）から季節毎の PV 出力の違い（*）を考慮した太陽光発電電力量を下図のとおり設定した。

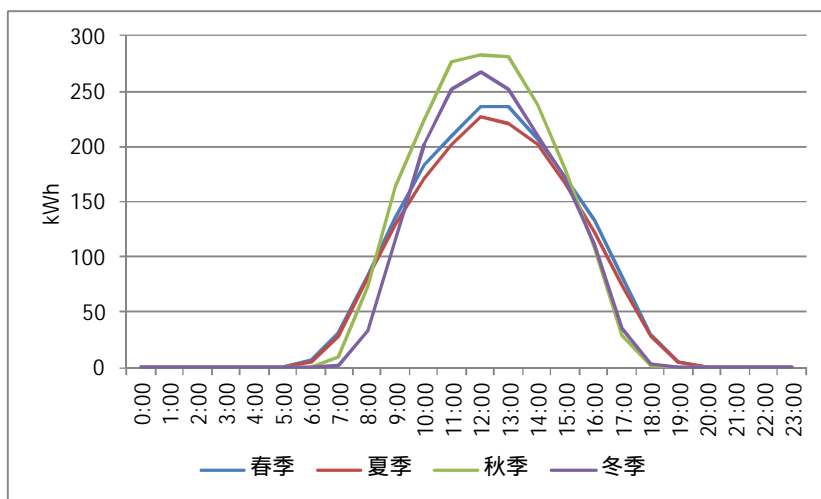
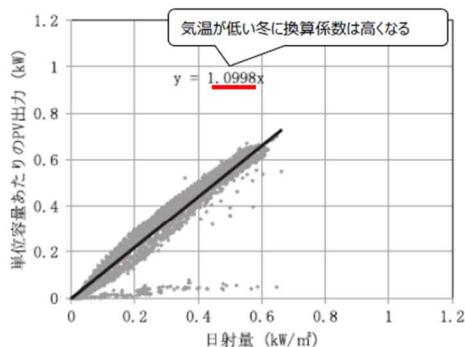
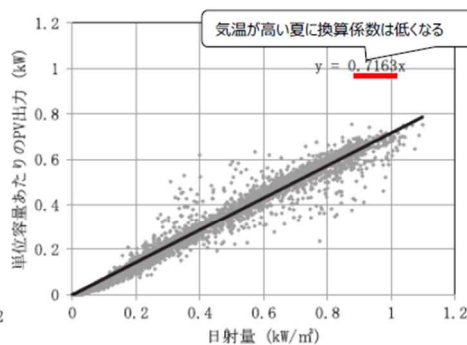


図 - 2 - 1 0 季節毎の太陽光発電電力量パターン（季節別平均）

（*）太陽光発電の季節毎の違いについて、下記換算係数により設定した。



付 7-1 図 日射と PV 出力との相関（1 月）



付 7-8 図 日射と PV 出力との相関（8 月）

季節	換算係数
冬期	1.013775
春期	0.777933
夏期	0.744967
秋期	1.02735

「電協研第72第3号 配電自動化技術の高度化 付録7日射とPV出力との相関」参照

出典) 平成 29 年度北九州市における廃棄物発電のネットワーク化に関する実現可能性調査委託業務報告書

ウ．公共施設における需要電力量

需要側は、A市の公共施設を対象とする想定とした。

対象とした公共施設は下表のとおりで、負荷率の高い廃棄物処理施設、水道施設、病院や電力量データの得られなかった施設を除く全 97 施設について、施設の種類毎にグルーピングを行い、他都市の同種施設の事例を参考に各々の需要カーブと想定負荷率を設定した上で、需要電力量カーブのパター

ンを設定した。

表 - 2 - 4 需要側公共施設一覧

No	施設名	施設数
1	市民交流センター等	2
2	防災関連施設	3
3	支所等	3
4	消費生活センター	1
5	職員会館	1
6	庁舎等	12
7	学習市民センター等	9
8	市民センター	1
9	公設市場	1
10	保健センター	1
11	福祉会館等	2
12	障害者関係施設	2
13	高齢者福祉施設	5
14	青少年センター	1
15	留守家庭自動会	1
16	保育施設	1
17	火葬場	1
18	環境関連施設	6
19	衛生関連施設	3
20	ごみ処理関連施設	2
21	交通関連施設	1
22	道路関連施設	2
23	公園等	2
24	交通関連施設	3
25	施設整備室分室	1
26	保健所	1
27	小学校・中学校・幼稚園	3
28	調理場	2
29	教育文化センター	1
30	文化施設	3
31	スポーツ施設	4
32	図書館関連施設	11
33	上下水道庁舎	1
34	上下水道局事務所	1
35	下水道関連施設	3

本調査において設定した需要電力量カーブのパターンを次図に示す。

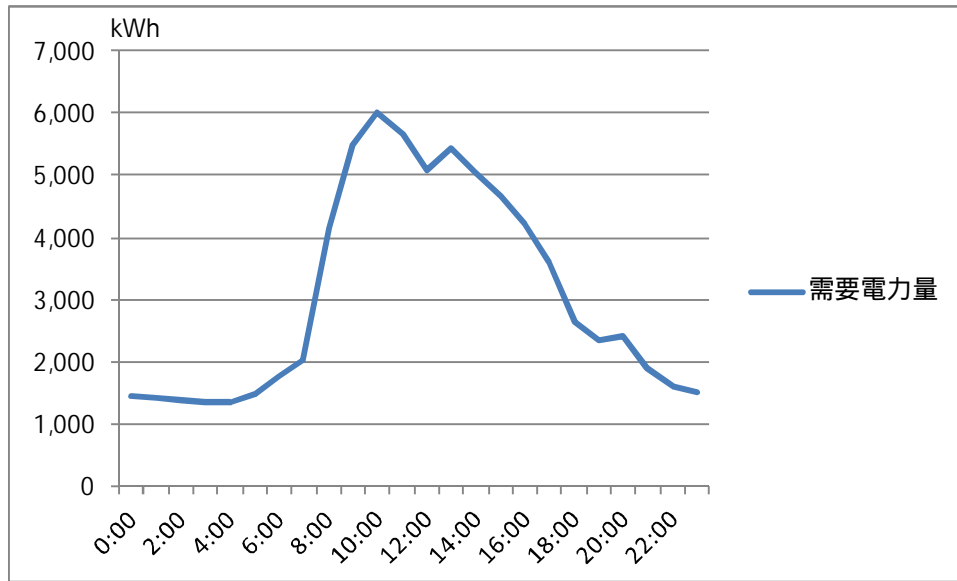


図 - 2 - 1 1 A市公共施設（97施設）の需要電力量パターン
（年間 日平均）

シミュレーションのケース設定

事業性のシミュレーションは、以下の3つのケースで実施した。

<本調査におけるシミュレーションケース>

- ケース1 現状ケース（発電側：清掃工場のみ）
- ケース2 電源拡大ケース（発電側：清掃工場＋太陽光発電）
- ケース3 運転計画最適化ケース（発電側：清掃工場運転計画最適化＋太陽光発電）

シミュレーション条件

ア．発電側

A市清掃工場 4.5MW
太陽光発電 0.5MW 計 5MW

* 調達価格は、A市清掃工場（バイオマス分、非バイオマス分）及び太陽光発電ともに、JEPX価格（下表）に連動した価格で調達するものと仮定。

表 - 2 - 2 電力需要の指標として設定した電力取引価格（税込）再掲
（2018年暦年の電力会社エリアの約定価格から設定）

項目	単位	16年04月	16年05月	16年06月	16年07月	16年08月	16年09月	16年10月	16年11月	16年12月	16年01月	16年02月	16年03月
夏季ピーク@	¥/kWh	0.00	0.00	0.00	16.60	15.47	10.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平日昼間@	¥/kWh	8.63	9.37	10.12	16.60	15.47	10.30	9.89	9.87	9.69	16.61	17.78	10.03
夜間休日@	¥/kWh	8.24	8.34	8.82	9.63	9.95	7.92	9.61	9.48	8.63	11.87	13.87	9.00

イ．需要側

公共施設 21MW

*すべての施設を高圧施設と仮定して、基本料金、従量料金ともに電力会社の料金メニューの - 10% で設定。燃料調整費は電力会社の 2018 年暦年の実績値を適用。

ウ．計画値同時同量、需給バランス調整、その他

- ・発電及び需要予測 前週同曜日の実績を予測値として計画することでインバランス発生。
- ・常時バックアップ 電力会社の現行料金メニューを適用。
- ・市場調達・売却 JEPX スポット価格として 2018 年暦年の電力会社エリアの約定価格を 30 分コマごとに適用。
- ・インバランス精算 常時バックアップ及び市場調達・売却によっても調整しきれなかったインバランス分について、2018 年 1 月～12 月までの実績平均値（12 月は速報値）9.90 円を適用。
- ・託送料金 電力会社エリアの高圧標準接続送電サービス（基本料金、従量料金）を適用。

シミュレーション結果

ケース 1

ア．事業性

シミュレーションの結果、ケース 1 の年間の新電力事業における電力量の取引状況は下図のとおりとなり、夜間の余剰分は JEPX へ売却する一方で、昼間のほとんどは JEPX 等から調達して不足分を補うバランスとなった。

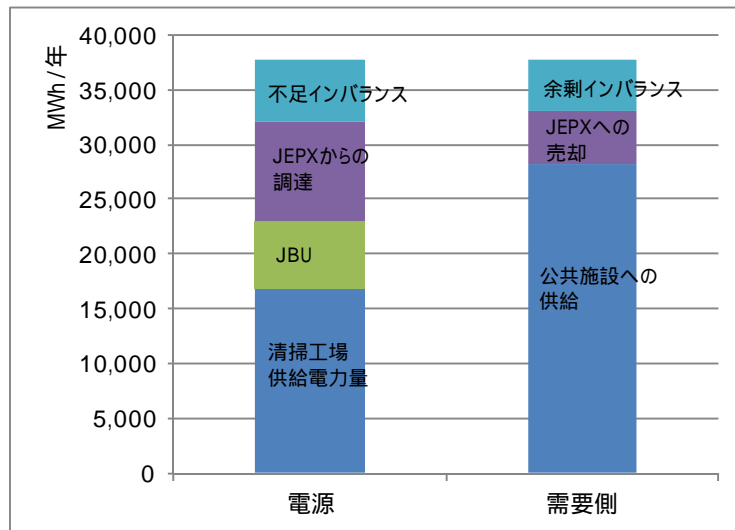


図 - 2 - 1 2 年間需給バランス (ケース 1)

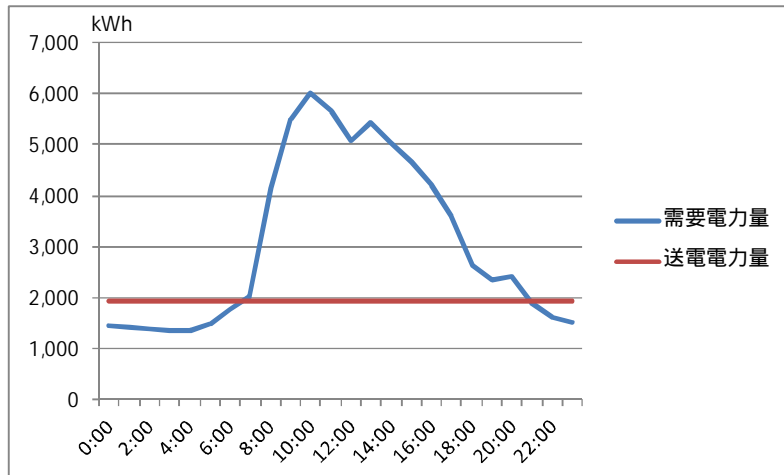


図 - 2 - 1 3 1日の需給バランス(年間平均)(ケース1)

以上により、年間を通した新電力事業の事業収支は、以下のとおりとなり、売上合計 654 百万円(税抜)に対し、年間事業収支差額(経常利益)は 65 百万円と試算された。

表 - 2 - 5 新電力事業における単年度事業収支試算結果(税抜)(ケース1)

項目	金額(百万円)
売上	654
支出 (内ごみ発電調達分)	589 (177)
経常利益	65
経常利益率	10%

月間の推移は下図のとおりであり、7月、1月、2月に月次収支がマイナスとなるものの、累積では年間を通して安定した経常利益が確保されるものと試算された。

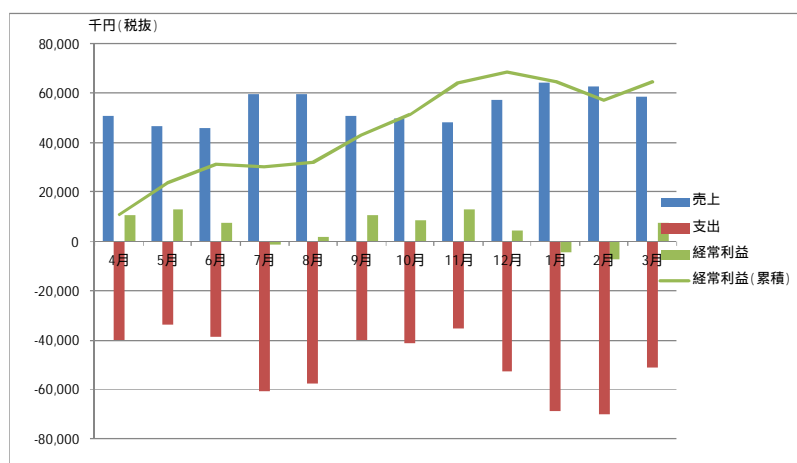


図 - 2 - 1 4 新電力事業における年間事業収支(ケース1)

イ．電力の地産率・地消率

ケース1において、地域新電力事業における電力の地産地消割合を表す「地産率」「地消率」*を評価した結果を下表に示す。A市清掃工場からの送電電力量の地域内公共施設での消費割合は69.2%となり、一方の地域内公共施設で消費した電力量における電力地産率は43%と評価された。

表 - 2 - 6 事業内電力地産率・地消率（ケース1）

	送電電力の地消率	需要電力の地産率
電力量割合 (%)	69.2%	43.0%

* 需給バランスの状況を見る指標として、電力の事業内地産率・地消率の考え方がある。地産率は、ごみ発電等の供給電力量のうち、地域の需要家に販売した電力量の割合であり、地消率は、地域の需要家の消費電力量に占めるごみ発電等の地産電源からの購入電力量の割合である。地産率・地消率を高めることが需給バランスを取ることにつながるとともに、地域の低炭素化を進めることにもつながる。

ウ．財政効果

A市清掃工場における売電収入と、市内公共施設における買電支出について、財政効果の観点から評価を行った結果を下表に示す。

A市清掃工場の売電と市内公共施設の見電の状況について、各々の現状を以下のように設定した上で試算を行った結果、全体で17～76百万円程度の財政効果（A市清掃工場からの買電はFIT無しと比較した場合）が見込まれるとの試算を得た。

< 試算条件 >

- ・現状のA市清掃工場のFIT外の売電単価を一般値として10円/kWhと仮定。
- ・現状の市内公共施設の見電先を電力会社（標準料金メニュー）と仮定。

表 - 2 - 7 電力地産地消による財政効果の試算結果（ケース1）

		現状 (FIT 活用)		現状 (FIT 無し)	ケース1	
A市清掃工場	売電単価(円/kWh)	(FIT 分) 17	(非FIT 分) 10	10	(JEPX 連動) 7.92～17.78	
	売電収入(百万円/年)	226		167	177	
市内公共施設	買電単価(円/kWh)	27			24	
	買電支出(百万円/年)	674			608	
財政効果(百万円/年)		-			現状と比較 -17	現状と比較 -76

太陽光発電の整備費用含まず

ケース2 電源拡大

ア. 事業性

シミュレーションの結果、ケース2の年間の新電力事業における電力量の取引状況は下図のとおりとなり、夜間の余剰分はJEPXへ売却する一方で、昼間のほとんどはJEPX等から調達して不足分を補うバランスは変わらないが、太陽光発電の導入により昼間の需要に対する送電電力量が若干増えるかたちになっている。

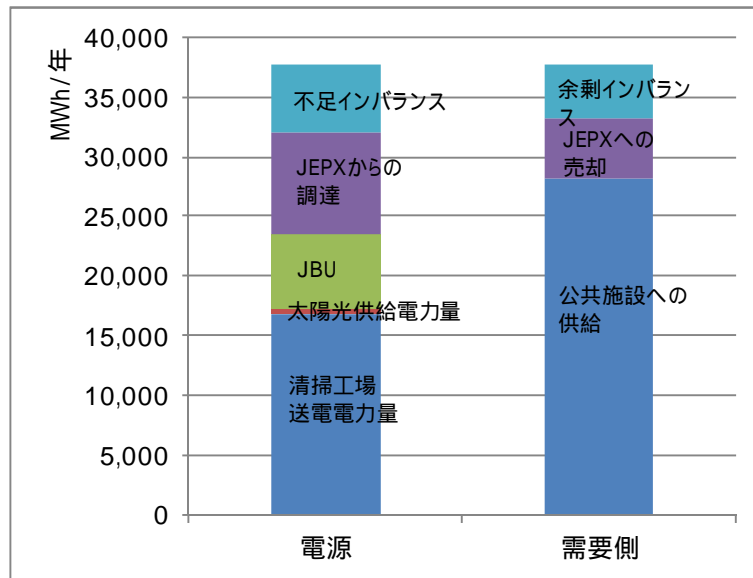


図 - 2 - 15 年間需給バランス (ケース2)

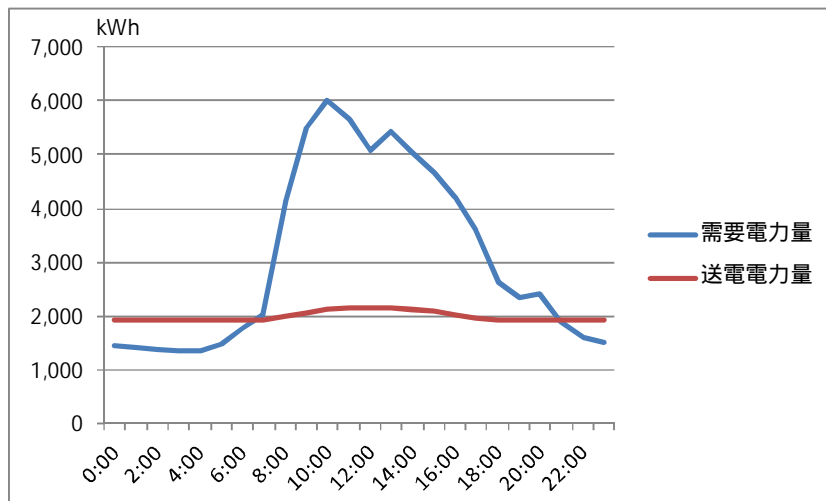


図 - 2 - 16 1日の需給バランス (年間平均)(ケース2)

以上により、年間を通した新電力事業の事業収支は、以下のとおりとなり、太陽光発電の導入により収支規模が百万円程度ずつ大きくなるほかは、ケース1とほぼ同様であり、売上合計655百万円(税抜)に対し、年間事業収支差額(経常利益)は65百万円と試算された。

表 - 2 - 8 新電力事業における単年度事業収支試算結果（税抜）（ケース 2）

項目	金額(百万円)
売上	655
支出 (内ごみ発電・太陽光発電調達分)	590 (184)
経常利益	65
経常利益率	10%

月間の推移は下図のとおりであり、ケース 1 と同様、需要の大きい 7 月、1 月、2 月に月次収支がマイナスとなるものの、累積では年間を通して安定した経常利益が確保されるものと試算された。

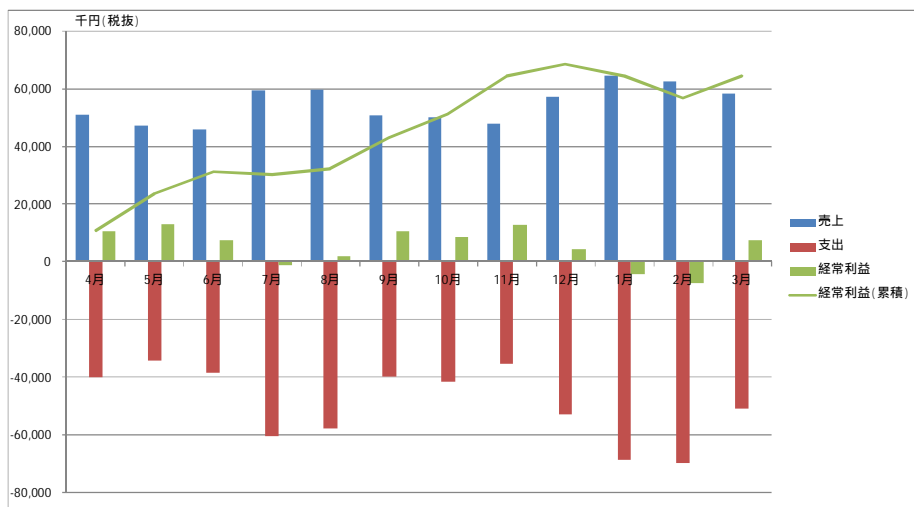


図 - 2 - 1 7 新電力事業における年間事業収支（ケース 2）

イ．電力の地産率・地消率

ケース 2 において、地域新電力事業における電力の地産地消割合を表す「地産率」「地消率」を評価した結果を下表に示す。A 市清掃工場及び太陽光発電からの送電電力量が地域内公共施設での消費される割合は 72.0% となり、昼間の需要に対する太陽光発電の導入効果で、ケース 1 と比較して 3% 程度の地消率向上となった。また一方の地域内公共施設で消費した電力量における電力地産率も 44.7% と評価され、こちらも向上する結果となった。

表 - 2 - 9 事業内電力地産率・地消率（ケース 2）

	送電電力の地消率	需要電力の地産率
電力量割合 (%)	72.0%	44.7%

ウ．財政効果

A 市清掃工場における売電収入と、市内公共施設における買電支出について、財政効果の観点から

評価を行った結果を下表に示す。

A市清掃工場の売電と市内公共施設の買電の状況について、各々の現状を以下のように設定した上で試算を行った結果、全体で28～87百万円の財政効果が見込まれるとの試算を得た。

< 試算条件 >

- ・現状のA市清掃工場のFIT外の売電単価を一般値として10円/kWhと仮定。
- ・現状の市内公共施設の買電先を電力会社（標準料金メニュー）と仮定。

表 - 2 - 1 0 電力地産地消による財政効果の試算結果（ケース2）

		現状 (FIT 活用)		現状 (ごみ発電 FIT 無し)	ケース2	
A市清掃工場	売電単価(円/kWh)	(FIT 分) 17	(非 FIT 分) 10	10	(JEPX 連動) 7.92～17.78 太陽光:18	
	売電収入(百万円/年)	226		167	188	
市内公共施設	買電単価(円/kWh)	27			24	
	買電支出(百万円/年)	674			608	
財政効果(百万円/年)		-			現状 と比較 -28	現状 と比較 -87

太陽光発電の整備費用含まず

ケース3 運転計画最適化

ア．事業性

シミュレーションの結果、ケース3の年間の新電力事業における電力量の取引状況は下図のとおりとなり、夜間の余剰分はJEPXへ売却する一方で、昼間のほとんどはJEPX等から調達して不足分を補うバランスは変わらないが、太陽光発電の導入により昼間の需要に対する送電電力量が若干増えるかたちになっているうえに、運転計画最適化による発電電力量の増加により、送電電力量全体の底上げがなされた。

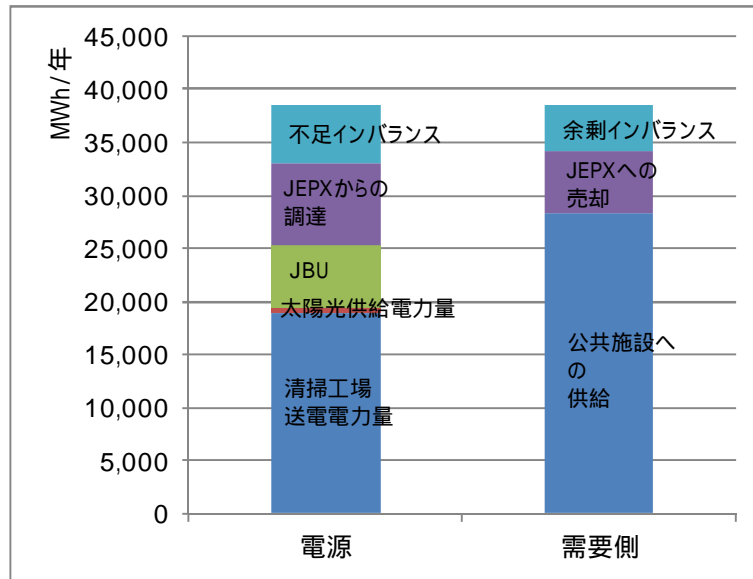


図 - 2 - 1 8 年間需給バランス (ケース 3)

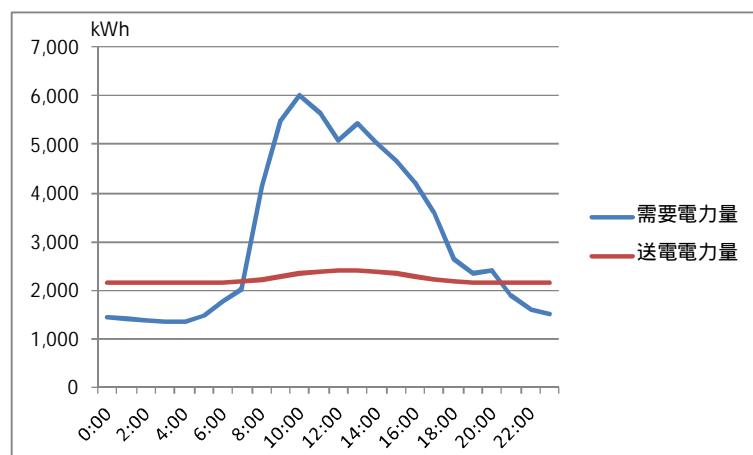


図 - 2 - 1 9 1日の需給バランス (年間平均)(ケース 3)

以上により、年間を通した新電力事業の事業収支は、以下のとおりとなり、運転計画最適化による発電電力量の向上により収支規模が 10 百万円程度ずつ大きくなるほかは、ケース 1, 2 とほぼ同様であり、売上合計 663 百万円 (税抜) に対し、年間事業収支差額 (経常利益) は 64 百万円と試算された。

表 - 2 - 1 1 新電力事業における単年度事業収支試算結果 (税抜)(ケース 3)

項目	金額(百万円)
売上	663
支出 (内ごみ発電・太陽光発電調達分)	599 (202)
経常利益	64
経常利益率	10%

月間の推移は下図のとおりであり、ケース 1 , 2 と同様、需要の大きい 7 月、1 月、2 月に月次収支がマイナスとなるものの、累積では年間を通して安定した経常利益が確保されるものと試算された。

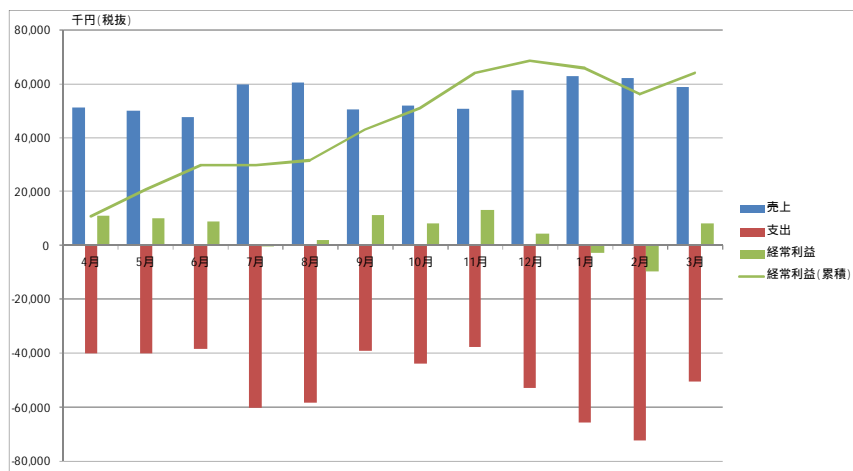


図 - 2 - 2 0 新電力事業における年間事業収支 (ケース 3)

イ．電力の地産率・地消率

ケース 2 において、地域新電力事業における電力の地産地消割合を表す「地産率」「地消率」を評価した結果を下表に示す。A 市清掃工場及び太陽光発電からの送電電力量が地域内公共施設での消費される割合は 67.0%となり、送電電力量全体が底上げされたため、夜間の余剰分も増える関係で、ケース 2 よりやや低くなった。

一方、地域内公共施設で消費した電力量における地産電源の割合を示す電力地産率は 48.5%となり、昼間需要に対する地産電源割合の増加によりケース 1 , 2 よりもさらに向上する結果となった。

表 - 2 - 1 2 事業内電力地産率・地消率 (ケース 3)

	送電電力の地消率	需要電力の地産率
電力量割合 (%)	67.0%	48.5%

ウ．財政効果

A 市清掃工場における売電収入と、市内公共施設における買電支出について、財政効果の観点から評価を行った結果を下表に示す。

A 市清掃工場の売電と市内公共施設の見電の状況について、各々の現状を以下のように設定した上で試算を行った結果、全体で 46 ~ 105 百万円の財政効果が見込まれるとの試算を得た。

< 試算条件 >

- ・現状の A 市清掃工場の FIT 外の売電単価を一般値として 10 円/kWh と仮定。
- ・現状の市内公共施設の見電先を電力会社 (標準料金メニュー) と仮定。

表 - 2 - 1 3 電力地産地消による財政効果の試算結果（ケース3）

		現状 (FIT 活用)		現状 (ごみ発電 FIT 無し)	ケース3	
A市清掃工場	売電単価(円/kWh)	(FIT 分) 17	(非 FIT 分) 10	10	(JEPX 連動) 7.92 ~ 17.78 太陽光:18	
	売電収入(百万円/年)	226		167	206	
市内公共施設	買電単価(円/kWh)	27			24	
	買電支出(百万円/年)	674			608	
財政効果(百万円/年)		-			現状 と比較 -46	現状 と比較 -105

太陽光発電の整備費用含まず

3) 収集運搬と中間処理との連携による効率化の可能性

中間処理施設を中心とした低炭素・省CO₂化方策には、前項までで検討した運転計画最適化+エネルギー利用等の高度化のほかに、ごみの搬入場面を捉えた方策も考えられる。

下図は、収集運搬車両からのごみの搬入時に、例えば発生源別に搬入口を管理することにより、ごみピット内のどの場所にどのようなごみ質のごみが堆積しているか把握できるようになるため、電力需要に応じて炉内に供給するごみの質を最小限の攪拌作業により実現することなどが考えられる。

実現のためには、発生源ごとのごみ質の違いについて調査するとともに、攪拌による均質化の達成度等についても、クレーンの稼働量等と併せてシミュレーションを行う必要がある。

焼却施設の協力が得られる場合は、このような方策の可能性について実地での検討を行うことが考えられる。

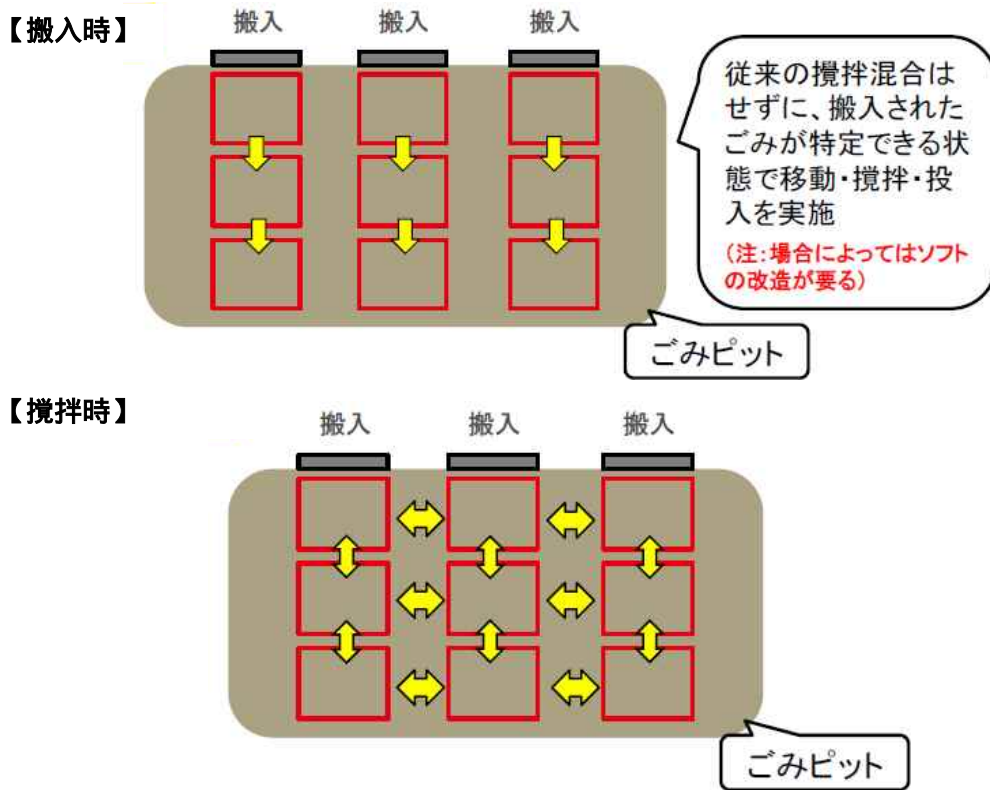


図 - 2 - 2 1 ごみの搬入管理によるピット内攪拌作業の効率化 (イメージ)

3. 低炭素・省CO₂効果等の評価

(1) CO₂排出量削減効果

本調査において検討した低炭素・省CO₂化方策によるCO₂削減効果を下表に示す。

ケース1では、地域内での地消費電力は増加するものの、市全体としてのCO₂排出量に変化はない。これに対し、ケース2では、太陽光発電導入により2%削減、ケース3では、運転計画最適化による発電電力の向上と燃料消費量の削減により5%削減との試算を得た。

表 - 2 - 1 4 中間処理施設におけるエネルギー管理の最適化とエネルギー利用等の高度化によるCO₂削減効果

			現状	ケース1	ケース2	ケース3	備考
発電電力量	A市清掃工場	MWh/年	31,936	31,936	31,936	32,977	発電原単位の向上により増加
	太陽光発電	MWh/年	0	0	629	629	
内 地域内供給量 (地消費電力)		MWh/年	0	11,582	12,042	13,097	市内公共施設での消費量
燃料消費量(助燃バーナ)		千 m ³ /年	48	48	48	40	立上下げ回数に応じて削減
CO ₂ 削減量		tCO ₂ /年	-	-	263	716	発電電力量の増加 燃料消費量の削減
		%	-	-	-2%	-5%	

(2) 地域貢献効果

本調査において検討した低炭素・省CO₂化方策による地域貢献効果の例を下表に示す。

すべてのケースにおいて、地域新電力事業への売電、地産地消を進めることにより、従来は外部流出していた公共施設の買電費用が地域内で循環することによる地域経済循環効果が見込まれる。また、地域新電力事業で得られた収益(経常利益)を地域サービス等に活用することができれば、その分の地域サービス等向上効果が見込まれる。さらに、発電側・需要側双方での財政効果により削減された行政コスト分を他の行政サービスで活用することができれば、その分の行政サービス等向上効果を見込むことが可能である。

表 - 2 - 1 5 中間処理施設におけるエネルギー管理の最適化とエネルギー利用等の高度化による地域貢献効果

		現状	ケース1	ケース2	ケース3	備考
地域経済循環効果	百万円/年	0	674	674	674	外部流出していた公共施設の買電費用の地域内循環
地域サービス等向上効果	百万円/年	0	65	65	64	地域新電力の利益を基にした地域サービス等の実施可能性
行政サービス等向上効果	百万円/年	-	17~76	28~87	47~106	行政コスト削減分を基にした行政サービスの拡充可能性