

第7章 余熱利用計画

第1節 駒岡清掃工場の余熱利用形態	7-1
1. ごみ焼却施設における熱エネルギーの利用形態	7-1
2. 駒岡清掃工場での余熱利用実績	7-2
2-1. 駒岡清掃工場における余熱利用形態	7-2
2-2. 駒岡清掃工場における余熱利用状況	7-3
2-3. 駒岡清掃工場における余熱利用の課題	7-4
2-3-1. 場外余熱供給の課題	7-4
2-3-2. エネルギー回収率の強化	7-7
第2節 エネルギー利用の基本方針	7-8
1. 基本方針	7-8
1-1. 現行の場外余熱供給の継続とエネルギー利用の強化	7-8
1-2. 高効率なエネルギー回収の実現	7-11
1-3. エネルギー利用の優先順位	7-11
2. 高効率なエネルギー回収と利用に向けた技術的施策	7-12
2-1. 高効率なエネルギー回収と利用に関する論点整理	7-13
2-2. 導入技術の検討等	7-14
2-3. その他の導入技術	7-15
第3節 熱利用計画	7-16
1. 熱利用計画	7-16
第4節 新清掃工場におけるエネルギー回収率	7-21
1. 前提条件	7-21
2. 電力収支	7-22
3. 年間収支とエネルギー回収率の試算結果	7-23

第1節 駒岡清掃工場の余熱利用形態

1. ごみ焼却施設における熱エネルギーの利用形態

ごみ焼却施設では、ボイラ等の熱交換器を設けることにより、ごみの焼却過程で発生する熱エネルギーを蒸気として回収し、電気、温水等の形態にエネルギーを変換することができます。蒸気として回収・変換された熱エネルギーは、燃焼用空気予熱器などのプラント機械の運転プロセスに必要な機器への利用のほか、蒸気タービンに導入することで熱エネルギーを運動エネルギーへ変換させ、発電機を駆動させて電力に変換することができます。この電力は、施設内の動力源として使用するほか、余剰分を外部電力系統へ送電（売電）することができます。また、発電以外の用途としては、高温水等を配管で移送し、供給先で熱交換することによる場外熱利用が可能となります。

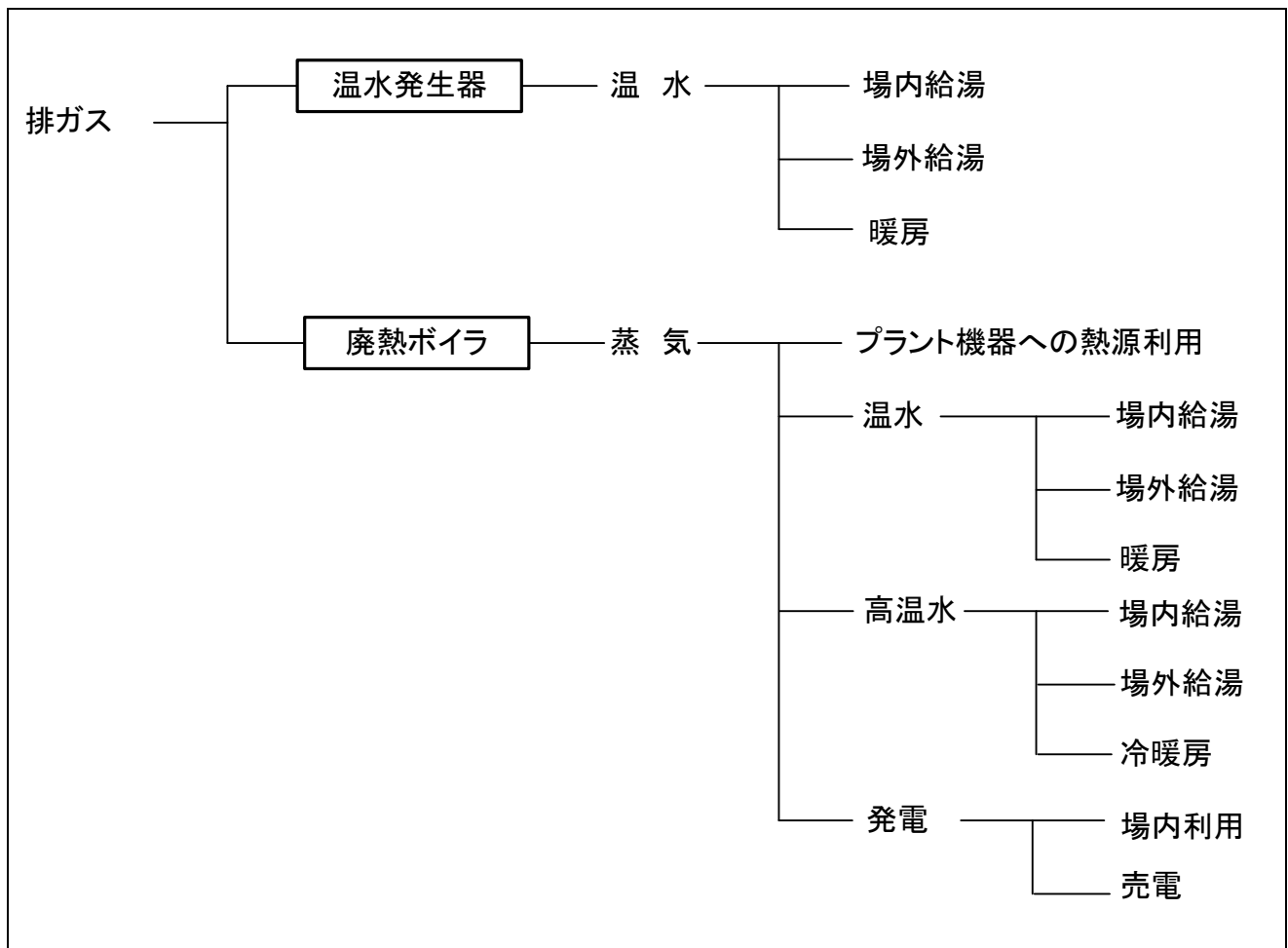


図7-1 ごみ焼却施設での余熱利用形態の一例

2. 駒岡清掃工場での余熱利用実績

2-1. 駒岡清掃工場における余熱利用形態

駒岡清掃工場は、国内でも数少ない地域熱供給を行う焼却施設であり、発電を含めた高度な熱利用を実施する施設であることが大きな特徴です。

駒岡清掃工場では、廃熱ボイラで回収した蒸気エネルギーを工場内の冷暖房や給湯等を使用するほか、場内で製造した高温水を地域熱供給事業者及び保養センター駒岡へ供給しています。

駒岡清掃工場の熱エネルギーの利用形態を図7-2に示します。地域熱供給事業者は、清掃工場から供給された熱を真駒内地区の五輪団地・柏丘団地・戸建住宅（計1,750戸）や商業施設等（11戸）の冷暖房・給湯用として利用しています。また、保養センター駒岡では、館内の冷暖房・給湯及びロードヒーティングに利用しています。

また、駒岡清掃工場では、蒸気タービン発電機で発電した電力を場内での動力に使用し、余剰電力を電力会社へ売却しています。

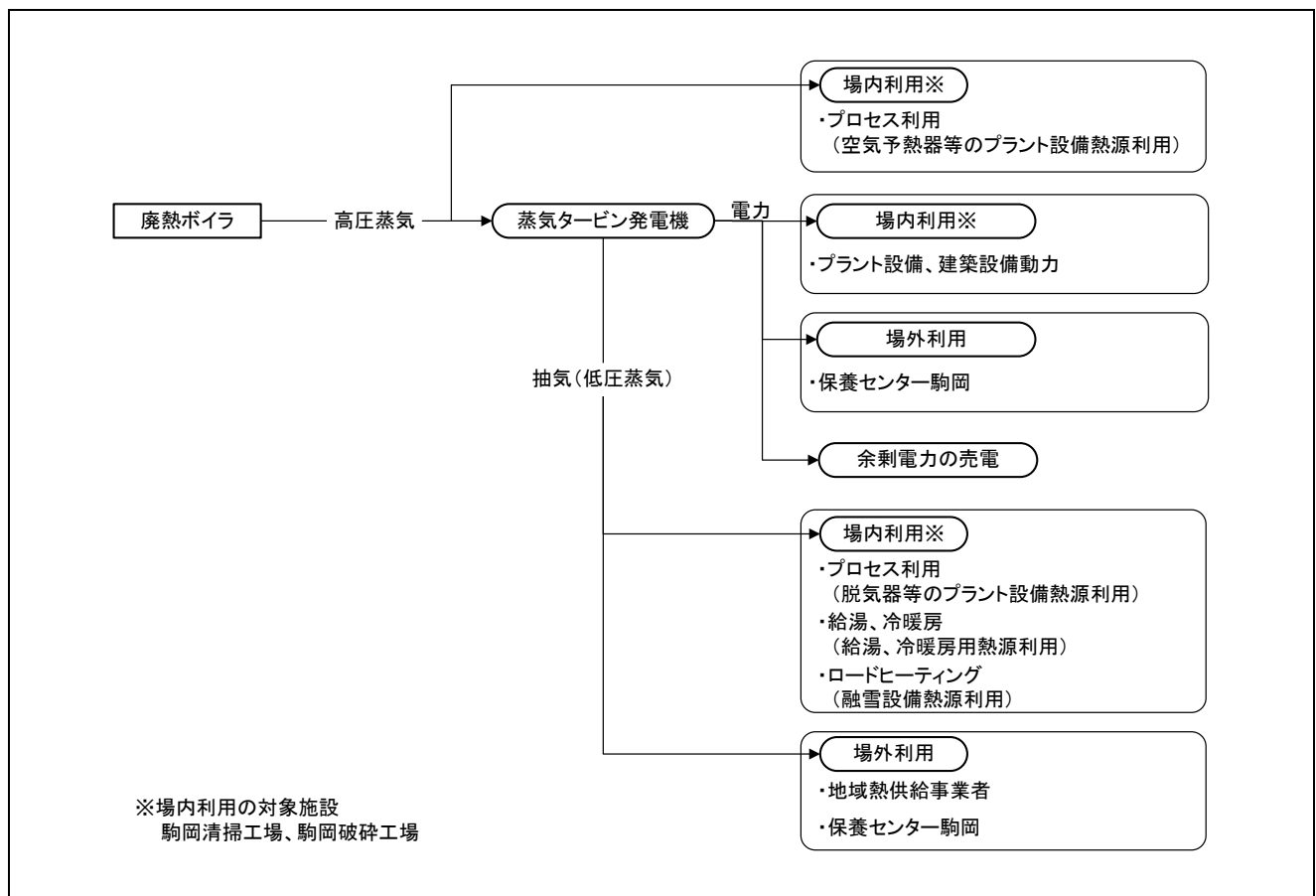


図7-2 駒岡清掃工場における熱利用形態

2-2. 駒岡清掃工場における余熱利用状況

駒岡清掃工場における場外への余熱供給量及び地域熱供給事業者の熱供給量の実績を表7-1に示します。駒岡清掃工場の余熱供給量は、熱輸送管による放熱分を除くと、夏季に約2,000～3,000GJ/月、冬季に約5,000～7,000GJ/月となり、地域の熱需要が高まる冬季においては、地域熱供給事業者の熱供給量全体の内、約3割を供給していることになります。

また、駒岡清掃工場における電力収支の平成28年度実績を表7-2に示します。年間で20,123MWhを発電し、うち13,728MWhを自己消費し、6,300MWhを余剰電力として売電しています。日々の発電量に対して自己消費量を賄えない場合もあり、757MWhの電力を外部より調達(買電)しています。また、保養センター駒岡への送電については、十分な余剰電力量が見込める場合に送電しており、平成28年度においては95MWhを送電しています。

表7-1 場外余熱供給量と地域熱供給事業者による熱供給量(平成28年度)

	外部余熱利用				地域暖房 熱供給量※ (GJ)
	地域暖房 (GJ)	保養センター (GJ)	熱輸送管放熱 (GJ)	合計 (GJ)	
4月	6,550	444	1,413	8,406	10,052
5月	562	61	309	932	6,201
6月	1,822	231	1,416	3,469	2,211
7月	2,478	408	1,558	4,444	2,478
8月	3,067	453	1,499	5,020	3,067
9月	2,226	340	1,508	4,073	2,226
10月	4,662	354	1,486	6,502	6,864
11月	6,030	781	1,392	8,203	12,791
12月	5,685	1,340	1,419	8,444	15,424
1月	5,444	1,197	1,317	7,958	17,235
2月	5,312	1,024	1,239	7,576	14,555
3月	6,328	748	1,413	8,489	13,426
計	50,165	7,382	15,969	73,516	106,531

※地域熱供給事業者による熱供給量である。

表7-2 電力収支(平成28年度)

電 力 量 (kWh)							
月	発 電 量	発 電 電 力 使 用 先 内 訳			買電量 [B]	場内使用量 [C] =A+B	発電電力 充足率(※) A÷C×100% (%)
		逆送電力	所内使用量 [A]	保養センター 送電量			
4	1,309,878	198,270	1,111,608	0	12,440	1,124,048	98.9
5	240,624	50,353	190,271	0	541,844	732,115	26.0
6	2,396,342	1,067,806	1,328,536	0	35,896	1,364,432	97.4
7	2,864,942	1,306,353	1,558,589	0	0	1,558,589	100.0
8	1,978,768	648,233	1,311,755	18,780	11,795	1,323,550	99.1
9	2,863,594	1,313,114	1,488,350	62,130	0	1,488,350	100.0
10	1,762,722	558,508	1,190,264	13,950	30,703	1,220,967	97.5
11	1,306,648	183,335	1,123,313	0	17,386	1,140,699	98.5
12	1,316,420	163,596	1,152,824	0	15,057	1,167,881	98.7
1	1,286,450	215,513	1,070,937	0	64,195	1,135,132	94.3
2	1,356,680	305,770	1,050,910	0	16,540	1,067,450	98.5
3	1,439,902	289,039	1,150,863	0	11,437	1,162,300	99.0
合計	20,122,970	6,299,889	13,728,220	94,860	757,293	14,485,513	—

※場内使用量に対する発電量の充足割合のこと。買電が発生する場合は使用量に対して発電量が不足している。
(出典：平成28年度 駒岡清掃工場運転年報より作成)

2-3. 駒岡清掃工場における余熱利用の課題

2-3-1. 場外余熱供給の課題

時間別余熱供給実績について夏季と冬季の代表的な傾向を図7-3と図7-4に示します。駒岡清掃工場では、地域熱供給事業者と保養センター駒岡へ熱供給を実施していますが、供給する過程で発生する放熱等による熱損失があり、供給した全ての熱量を利用できる訳ではありません。また、地域熱供給事業者においては、熱需要に応じて熱供給を行っており、駒岡清掃工場からの熱供給量に対して需要が上回る場合は、メインプラントにおいて重油ボイラでの再加熱を実施することで不足熱量を補っています。夏季においては、熱需要のほぼ全量を駒岡清掃工場からの熱供給で賄っています。一方で、熱需要が高まる冬季においては、駒岡清掃工場からの熱供給量が熱需要の約3割に留まっており、熱供給量の強化が課題となっています。

次に、駒岡清掃工場から地域熱供給事業者及び保養センター駒岡への熱供給系統図について、当初計画時と現在の差異を図7-5に示します。保養センター駒岡への熱供給については、地域熱供給事業者のメインプラントを経由した戻り側の低温熱をカスケード利用¹する形態で計画されています。しかしながら、現状においては冬季の熱需要を賄える熱量を供給出来ていないため、地域熱供給事業者では保養センター駒岡の熱需要を満足させるためにメインプラントで利用できる一部の熱源温水を利用することなく、保養センター駒岡を経由して駒岡清掃工場へ返送している実態があります。

以上を総括すると、駒岡清掃工場における余熱利用の課題としては、冬季における熱供給量の増強をはかることで、熱需要に対応し、且つ効率的なカスケード利用を実現することにあります。

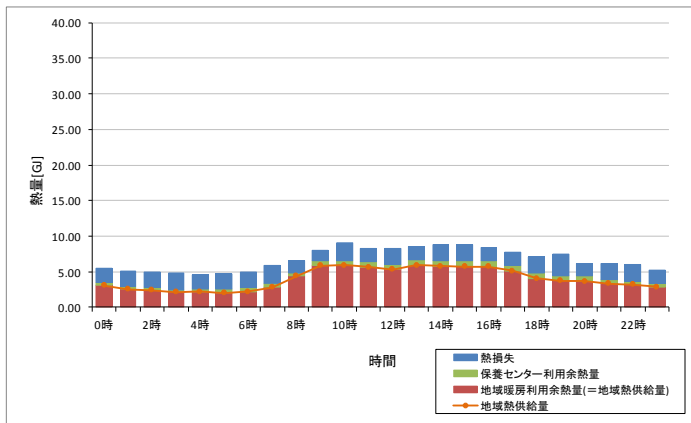
¹ 資源やエネルギーを利用することにより性質や性能が低下するが、この資源やエネルギーを捨てることなく多段階に利用することをカスケード利用という。

駒岡清掃工場から地域熱供給事業者及び保養センター駒岡への熱供給を例にとると、地域熱供給事業者は、駒岡清掃工場から供給された140℃の高温水を利用して地域へ熱供給を行い115℃に温度が低下した高温水を返送する。保養センター駒岡では、115℃の高温水を用いて熱利用し、70℃まで温度が低下した温水を駒岡清掃工場へ返送する。駒岡清掃工場では、70℃の温水を加熱し140℃の高温水を製造して地域熱供給事業者へ供給する。

第7章 余熱利用計画

時間別余熱供給実績(夏季)2016年8月平均値

項目	単位	時間																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
駒岡清掃工場余熱供給量	GJ	5.56	5.18	5.10	4.87	4.72	4.80	5.02	5.94	6.70	7.84	8.68	8.37	8.30	8.37	8.68	8.75	8.22	7.84	7.08	7.61	6.24	6.47	6.24	5.41
保養センター利用余熱量		0.42	0.47	0.37	0.33	0.32	0.61	0.60	0.53	0.46	0.65	0.65	0.71	0.71	0.81	0.80	0.80	0.82	0.80	0.76	0.74	0.76	0.56	0.51	0.44
地域暖房利用余熱量		3.17	2.65	2.54	2.26	2.32	2.17	2.28	2.85	4.58	5.71	5.54	5.73	5.35	5.67	5.69	5.60	5.57	5.26	4.04	3.92	3.83	3.65	3.42	3.03
熱損失		1.97	2.05	2.19	2.28	2.07	2.01	2.14	2.55	1.66	1.48	2.49	1.94	2.24	1.90	2.19	2.35	1.83	1.78	2.28	2.95	1.65	2.26	2.32	1.93
地域熱供給量		3.05	2.52	2.39	2.13	2.22	2.00	2.22	2.77	4.39	5.86	5.89	5.64	5.30	5.88	5.75	5.70	5.71	5.10	4.07	3.70	3.68	3.33	3.16	2.86
駒岡清掃工場余熱供給量	t	2.35	2.19	2.16	2.06	2.00	2.03	2.13	2.52	2.84	3.32	3.68	3.55	3.52	3.55	3.68	3.71	3.48	3.32	3.00	3.23	2.65	2.74	2.65	2.29

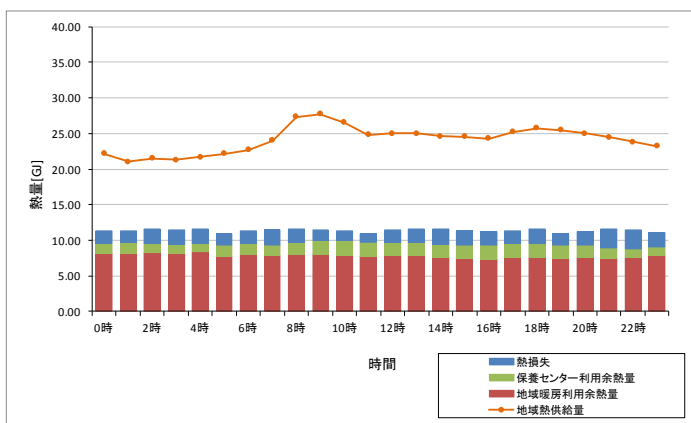


(出典：北海道地域暖房㈱提供資料)

図7-3 時間別余熱供給実績(夏季)

時間別余熱供給実績(冬季)2017年1月平均値

項目	単位	時間																							
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
駒岡清掃工場余熱供給量	GJ	11.29	11.29	11.63	11.46	11.55	10.87	11.38	11.46	11.55	11.46	11.29	10.87	11.46	11.55	11.55	11.29	11.21	11.29	11.55	10.87	11.21	11.55	11.46	11.04
保養センター利用余熱量		1.43	1.62	1.40	1.31	1.29	1.57	1.69	1.54	1.67	2.06	2.02	1.94	1.87	1.86	1.85	1.83	1.91	1.97	1.94	1.87	1.74	1.48	1.23	1.22
地域暖房利用余熱量		8.10	8.17	8.20	8.08	8.35	7.77	7.95	7.83	8.01	7.99	7.91	7.80	7.84	7.89	7.57	7.44	7.37	7.66	7.63	7.51	7.56	7.50	7.54	7.90
熱損失		1.76	1.51	2.03	2.07	1.91	1.54	1.73	2.10	1.86	1.42	1.36	1.14	1.76	1.80	2.13	2.02	1.93	1.66	1.97	1.49	1.91	2.56	2.69	1.92
地域熱供給量		22.13	21.03	21.51	21.32	21.71	22.13	22.69	23.99	27.36	27.72	26.53	24.83	25.04	25.01	24.59	24.55	24.28	25.18	25.78	25.45	25.01	24.47	23.84	23.24
駒岡清掃工場余熱供給量	t	4.79	4.79	4.93	4.86	4.89	4.61	4.82	4.86	4.89	4.86	4.79	4.61	4.86	4.89	4.89	4.79	4.75	4.79	4.89	4.61	4.75	4.89	4.86	4.68



(出典：北海道地域暖房㈱提供資料)

図7-4 時間別余熱供給実績(冬季)

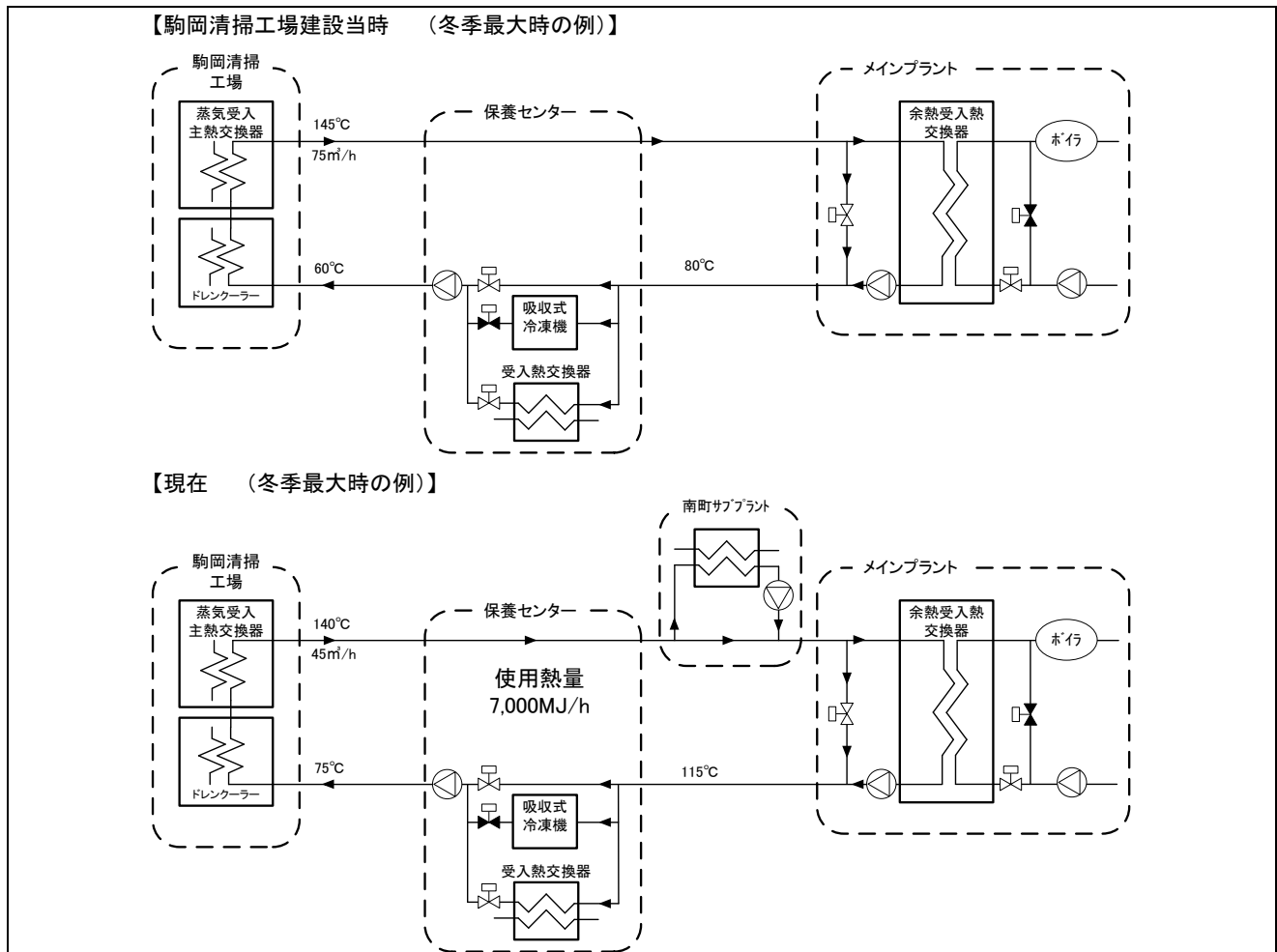


図 7-5 場外熱供給系統図

2-3-2. エネルギー回収率の強化

国においては、3Rの推進に加え、災害対策や地球温暖化対策の強化、省エネルギーと創エネルギーへの取り組みにも配慮した廃棄物処理施設の整備計画を定めた廃棄物処理施設整備基本計画を平成25年5月に閣議決定しました。また、環境省においては、国の政策目標である廃棄物処理施設整備基本計画が示す施設整備を推進・支援するため、循環型社会形成推進交付金において、高効率エネルギー回収及び災害廃棄物処理体制の強化の両方に資する包括的な取り組みを行う施設に対して、交付対象の重点化を図る事業を平成26年度から新たに創設しました。

環境省では、「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル」を策定し、交付要件の一つとして「エネルギー回収率」の強化をかね、施設規模の別、交付金の交付率の別に基準を定めています（図7-6参照）。このうち、一定以上のエネルギー回収率を達成する「高効率エネルギー回収施設」に対しては、平成30年度までの時限措置であるものの、交付金交付率を1/2とする重点化措置がとられています。

新清掃工場の焼却施設については、国の政策目標を踏まえ、駒岡清掃工場のエネルギー回収率（平成28年度実績10.0%）に対して大幅に機能を強化します。

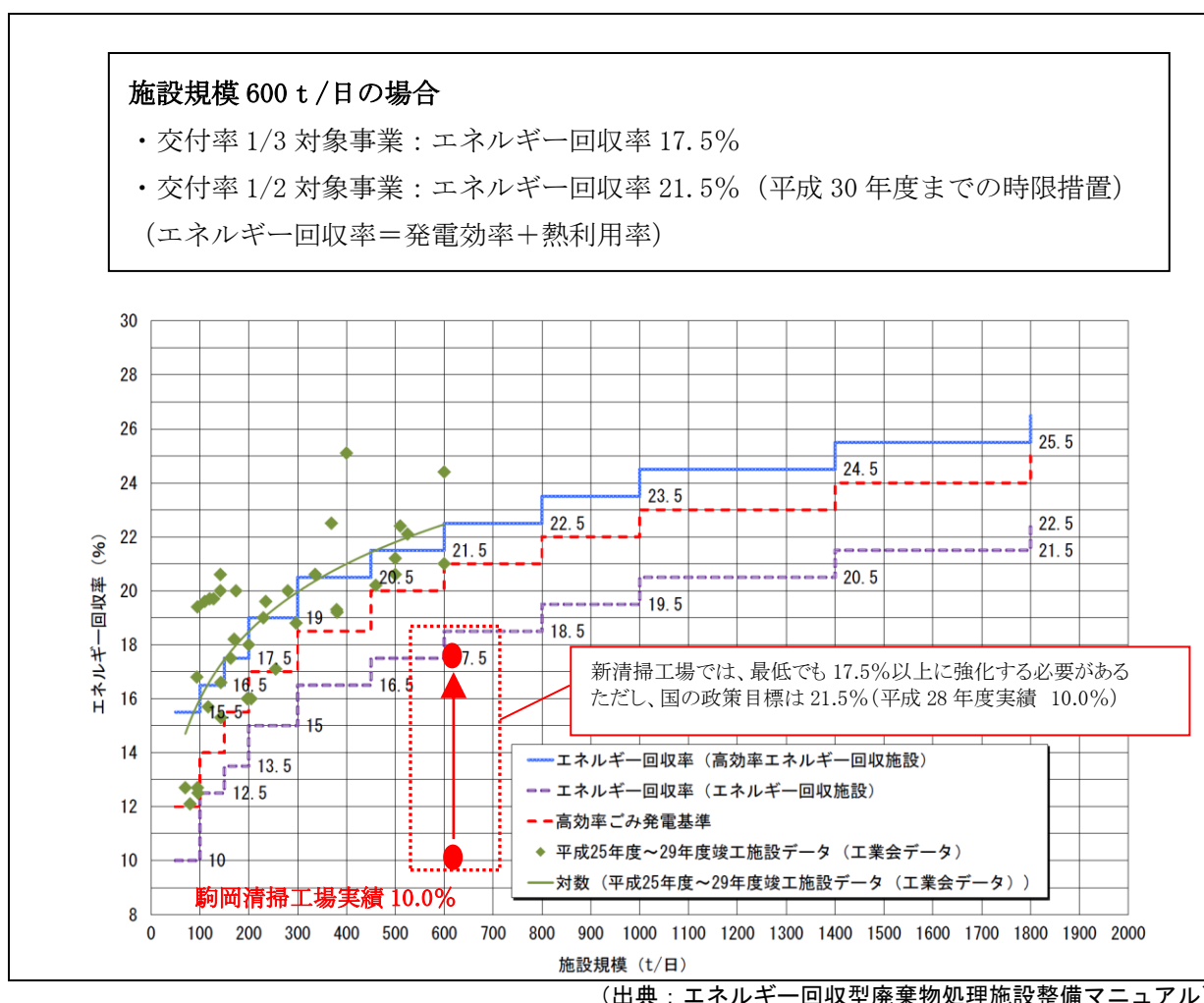


図7-6 エネルギー回収率の基準値

第2節 エネルギー利用の基本方針

1. 基本方針

新清掃工場のエネルギー利用の基本方針は、新スリムシティさっぽろ計画に基づき、次のとおりとします。

「エネルギー利用の基本方針」

新清掃工場は、エネルギー供給拠点としての役割を見据え、ごみ焼却エネルギーをより効率的に回収するシステムを導入し、廃棄物発電や熱利用を推進するとともに、既存の熱供給ネットワークを生かした効率的・安定的なエネルギー利用の推進を目指します。

1-1. 現行の場外余熱供給の継続とエネルギー利用の強化

新清掃工場では、駒岡清掃工場が担っている地域の熱エネルギー供給拠点としての機能を引き継ぎます。このため、駒岡清掃工場に設置されている熱源水管を新清掃工場まで延長し、既存の熱供給インフラを継続して活用し、ボイラの高温高压化による効率の高い熱利用により、現行の場外余熱供給を強化して継続します。

また、平成 25 年に策定された「真駒内駅前地区まちづくり指針」では、駅前地区の土地利用再編に合わせた取組として「駒岡清掃工場の排熱を利用した地域熱供給の活用・発展など環境にやさしいまちづくり」を目指しており、本計画では同指針と整合を図ります。

新清掃工場は、エネルギー供給拠点としての役割を見据え、熱利用を推進するとともに、余熱供給量の増加により、1 次エネルギー及び二酸化炭素削減効果を生み、低炭素で効率的・安定的なエネルギー利用を図ります。

この方針に基づき、場外余熱供給量については、地域熱供給量の約 9 割を賄うことを目標とし、場外への余熱供給条件を図 7-7 のとおり決めました。これにより、駒岡清掃工場課題の一つとなっている「温水の保養センター駒岡へのカスケード利用」が解決される見通しであるほか、熱エネルギー利用が大幅に強化される見通しです（図 7-8 参照）。また、地域熱供給事業者による熱供給量に対する供給量不足も大幅に改善される予定です（図 7-9 参照）。

場外余熱供給条件

○施設内に整備する温水発生装置での入口蒸気条件

蒸気温度：158℃、蒸気圧力：0.49MPa

○温水供給条件

温度：145℃（高温水）

○計画熱供給量

夏季：12.0GJ/h（5月～10月）

冬季：25.5GJ/h（11月～4月）

【新清掃工場（冬季最大時の例）】

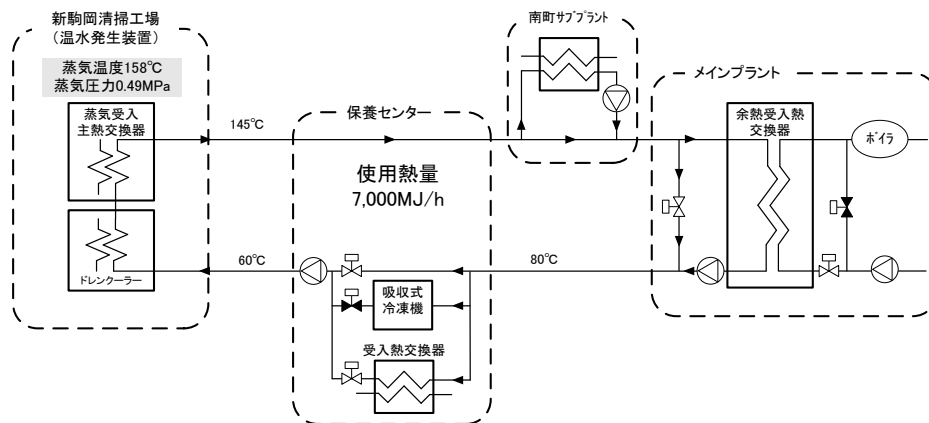


図7-7 新清掃工場における場外余熱供給条件

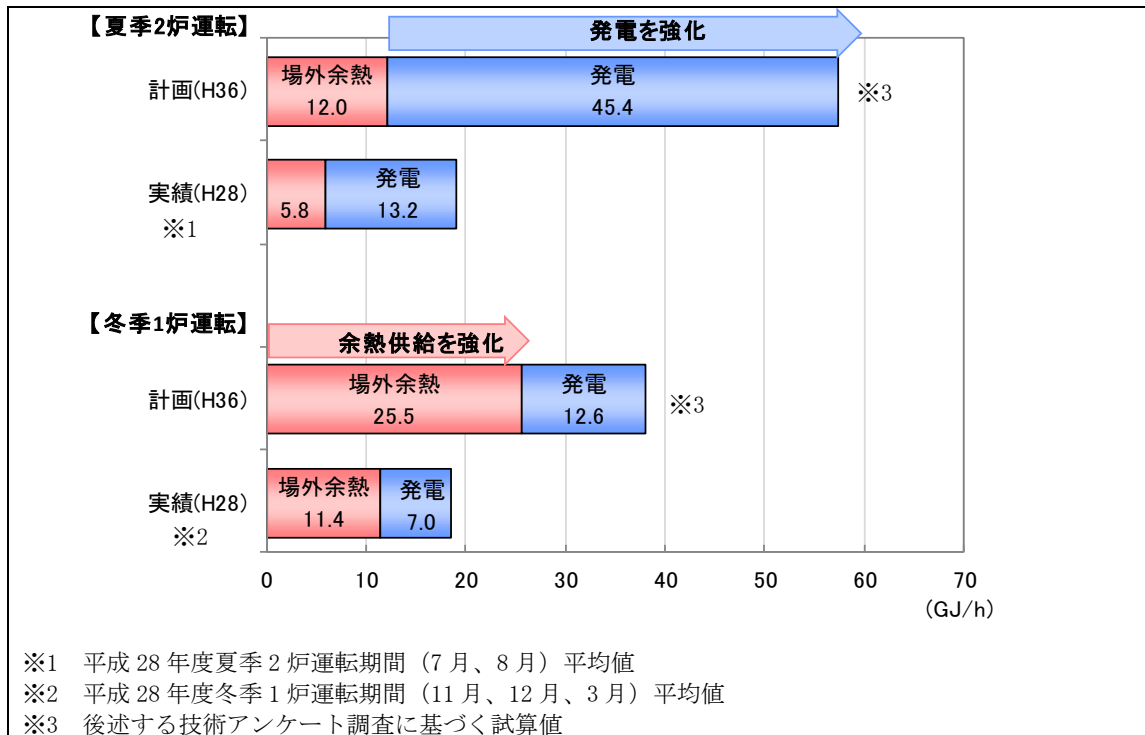


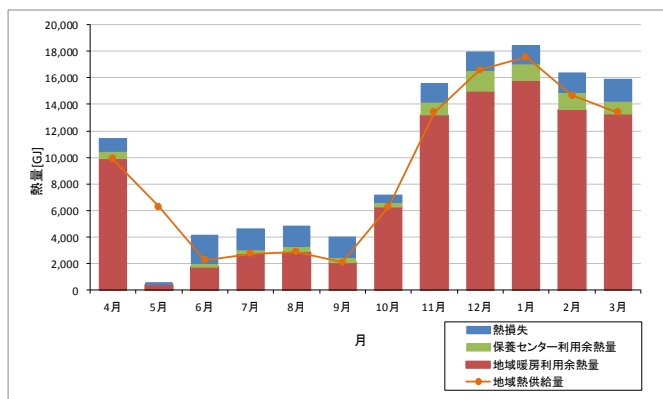
図7-8 エネルギー利用の強化

第7章 余熱利用計画

月別余熱供給実績(将来予測)

項目	単位	月												合計	夏季平均 (5月～10月)	冬季平均 (11月～4月)
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3			
駒岡清掃工場余熱量	[t]	4,836	244	1,757	1,943	2,054	1,696	3,041	5,137	7,177	8,035	7,169	6,562	49,651	1,789	6,486
保養センター利用余熱量		246	10	127	127	182	165	123	292	551	712	589	453	3,578	122	474
地域暖房利用余熱量		4,590	233	1,630	1,816	1,872	1,530	2,918	4,844	6,626	7,323	6,580	6,108	46,073	1,667	6,012
駒岡清掃工場余熱量	[GJ]	11,413	575	4,147	4,586	4,848	4,001	7,176	15,573	17,957	18,410	16,364	15,897	120,948	4,222	15,936
保養センター利用余熱量		580	25	300	300	430	390	290	995	1,575	1,268	1,325	969	8,446	289	1,119
地域暖房利用余熱量		9,910	415	1,740	2,750	2,880	2,080	6,300	13,188	14,968	15,807	13,595	13,291	96,925	2,694	13,460
熱損失		923	136	2,107	1,536	1,538	1,531	586	1,390	1,414	1,334	1,445	1,637	15,576	1,239	1,357
燃料使用量	ガス量	[m3]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A重油	[L]	0	200,800	17,050	0	0	0	0	6,150	49,193	52,463	32,450	356,672	36,308	23,970
供給熱量	ガス供給熱量	[GJ]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	A重油供給熱量		0	5,886	530	0	0	0	204	1,631	1,739	1,076	118	11,184	1,069	795
	計		0	5,886	530	0	0	0	204	1,631	1,739	1,076	118	11,184	1,069	795
環境数値	1次エネルギー量	[GJ]	668	8,432	1,088	159	181	190	193	1,263	3,298	3,612	2,694	23,208	1,707	2,161
	CO2排出量	[t-CO2]	33	573	67	8	9	9	10	67	202	220	159	74	113	126
電力使用量	昼間	[kWh]	48,097	42,901	26,656	12,538	14,080	14,439	13,158	31,729	42,629	52,045	50,583	47,560	396,415	20,629
	夜間		20,343	16,532	16,790	3,694	4,411	4,939	6,687	11,107	19,985	25,178	26,477	21,240	177,383	8,842

※駒岡からの余熱供給量12GJ/h(夏季)・25.5GJ/h(冬季)とした場合



（出典：北海道地域暖房㈱提供資料）

図7-9 月別余熱供給量の将来予測（供給熱量強化後）

1-2. 高効率なエネルギー回収の実現

本計画におけるエネルギー利用の方針を実現するには、ごみの燃焼エネルギーを高効率に回収し利用する必要があります。また、新清掃工場の焼却施設の建設工事費については、環境省の循環型社会形成推進交付金を活用する計画であり、交付要件に定めるエネルギー回収率を達成する必要があります。

本市の上位計画である「札幌市まちづくり戦略ビジョン」、「札幌市エネルギービジョン」、札幌市一般廃棄物処理基本計画「新スリムシティさっぽろ計画」においては、焼却施設について高効率なエネルギー回収の推進による廃棄物発電、熱利用の推進を示しています。新清掃工場の焼却施設が目標とするエネルギー回収率については、これら上位計画と環境省が示す「廃棄物処理施設整備基本計画」との整合を図る必要があります。一方で、平成30年度においては、「廃棄物処理施設整備基本計画」と「循環型社会形成推進交付金交付要綱」の見直しが予定されており、国が政策目標とするエネルギー回収率等が見直される可能性があります。

以上を踏まえ、新清掃工場の焼却施設が目標とするエネルギー回収率については、現時点における国の政策目標であるエネルギー回収率 21.5%以上を目指すものとし、今後、必要に応じて見直しを行います。

1-3. エネルギー利用の優先順位

新清掃工場では、ごみ焼却により発生するエネルギーの様々な活用を検討しており、その利用にあたっては、優先順位の設定が必要となります。

ごみ処理施設の機能を維持するために必要なエネルギーとしては、ごみ燃焼空気予熱設備などのプラント設備に使用する蒸気、施設稼働に使用する電力が挙げられます。

また、発生蒸気の利用用途として、地域熱供給事業者及び保養センター駒岡への場外余熱供給も新清掃工場の重要な役割となります。

以上のことから、新清掃工場におけるエネルギー利用の優先順位は、次のとおりとします。

新清掃工場のエネルギー利用優先順位

- ① ごみ処理に必要なエネルギー（蒸気、電力）への活用
- ② 場外余熱供給に必要なエネルギーへの活用
- ③ 電力会社への売却、その他への活用

2. 高効率なエネルギー回収と利用に向けた技術的施策

内閣に設置された地球温暖化対策推進本部が平成14年3月19日に決定した「地球温暖化対策推進大綱」では、廃棄物分野に関連する施策として、廃棄物の発生抑制、再使用、再生利用の推進による廃棄物焼却量の抑制を図りつつ、燃やさざるを得ない廃棄物からのエネルギーを有効活用する廃棄物発電やバイオマスエネルギー活用等により、化石燃料の使用量の抑制を推進するとされました。

さらに、平成20年3月25日に閣議決定された「廃棄物処理施設整備計画」では、廃棄物処理施設の整備には温室効果ガスの排出抑制に配慮することが極めて重要との認識に立ち、平成24年度までに「ごみ焼却施設の総発電能力を約2,500MWへ向上させる」ことを目標に定めています。このため、環境省では、廃棄物分野における更なる温暖化対策推進を目的とした制度の充実及び強化の一環として、高効率ごみ発電を行う施設に対して、交付率1/2の積極的な拡充支援を行うことが平成21年度から平成25年度までの時限措置として「循環型社会形成推進交付金」のメニューに追加されるとともに、高効率発電に向けての施策が「高効率ごみ発電施設整備マニュアル（平成21年3月、平成22年3月改訂）」として取りまとめられました。

このような経過ののち、平成23年3月11日に東日本大震災が発生したことで、大量に発生する災害廃棄物の処理が大きな課題として浮き彫りになり、廃棄物処理施設が復興を支える重要施設であることが再認識され、発電機能を有する焼却施設が分散型電源の一つとして評価されるに至りました。また、多くの廃棄物処理施設でインフラの寸断、燃料や薬品等の資材確保・供給の困難性が浮き彫りとなったことから、インフラの二重化、資材の保管機能の重要性が認識されました。

こうした背景のもと、平成25年5月に閣議決定された「廃棄物処理施設整備計画」においては、3Rの推進に加え、災害対策と地球温暖化対策の強化、省エネルギーと創エネルギーへの取り組みにも配慮した施設整備を推進するものとし、(災害に対して)「強靱な一般廃棄物処理システムの確保」、サーマルリサイクルの推進により期間中に整備されたごみ焼却施設の発電効率の平均値を21%（平成29年目標）とすることを目標として定められました。

このため、環境省においては、廃棄物処理施設整備基本計画が示す施設整備を推進・支援するため、循環型社会形成推進交付金において、高効率エネルギー回収及び災害廃棄物処理体制の強化の両方に資する包括的な取り組みを行う施設に対して、交付対象の重点化を図る事業を平成26年度から平成30年度まで、新たに創設しました。また、環境省では、災害対策と高効率なエネルギー回収機能の実現に向けた施策が「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル（平成26年3月、平成28年3月改訂）」として取りまとめられました。

ここでは、以上のような背景とエネルギー利用の基本方針を踏まえ、新清掃工場に導入する高効率なエネルギー回収と利用に向けた技術的施策について取りまとめました。

2-1. 高効率なエネルギー回収と利用に関する論点整理

高効率なエネルギー回収・利用を導入するための技術要素は決して新しくはないものの、その重要な点はごみ焼却に由来する熱エネルギーを効率的に回収し、利用することにあります。

高効率ごみ発電施設整備マニュアル及びエネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアルを参考に、技術要素と施策について表7-3に取りまとめました。

表7-3 高効率なエネルギー回収と利用に向けた技術と施策

●熱回収能力の向上に向けた技術	
より多くの熱を蒸気として回収するための技術パッケージ	
①低温エコノマイザの採用	
②低空気比燃焼の採用	
●蒸気の効率的利用に向けた技術	
より利用可能な蒸気を増やすための技術と施策パッケージ	
①高効率無触媒脱硝の採用	
②乾式排ガス処理の採用	
③白煙防止条件の設定なし	
●熱利用の効率向上	
効率良く電気に変換する、または効率良く熱利用するための技術パッケージ	
①高温高圧ボイラの採用	
②抽気復水タービンの採用	
③水冷式復水器（余熱利用）の採用	

2-2. 導入技術の検討等

新清掃工場に導入する熱回収・熱利用技術について表7-4に示します。

表7-4 新清掃工場に導入する熱回収・熱利用技術

	計画条件	技術導入の目的等
燃焼設備 (燃焼装置)	・低空気比燃焼の採用	・低空気比燃焼の実施により、ボイラでの熱回収効率向上を図る。 ・必要に応じて排ガス再循環を行う。
排ガス冷却設備	・低温エコノマイザの採用	・駒岡清掃工場に設置している「減温塔」を採用せず、ボイラと低温エコノマイザにより排ガスからの熱を吸収し、蒸気での熱回収量向上を図る。
	・高温高压ボイラの採用 400℃×4.0MPa(計画値)	・蒸気の高温高压化により蒸気単位あたりの熱エネルギー密度を高めることで、蒸気タービン発電機の発電量向上等のエネルギー利用効率の向上を図る。 ※駒岡清掃工場は 255℃×2.02MPa
	・水冷式復水器の採用	・冬季に大量に必要とするロードヒーティング熱源として活用する。 ・夏季においては、従来通り空冷式復水器のみでの対応とする。
余熱利用設備	・抽気復水タービンの採用	・抽気復水タービンを採用し、場内及び場外余熱利用熱源に抽気蒸気を使用することで、総合的な発電効率の向上を図る。
	・場内余熱利用計画	・抽気蒸気を場内の給湯、冷暖房、ロードヒーティングの熱源として利用する。
	・場外余熱利用計画 (地域熱供給)	・地域熱供給事業者と保養センター駒岡へ温水を供給する。 ・場内に整備する専用の温水発生器(熱交換器)への蒸気条件はヘッダーで 158℃、0.49MPa。 ・温水発生装置からの熱供給量は、145℃の高温水にて、夏季 12.0GJ/h、冬季 25.5GJ/h とする。
	・場外余熱利用計画 (南清掃事務所)	・駒岡清掃工場敷地内に設置されている南清掃事務所の給湯及び暖房熱源として温水を供給する。 ・また、残置部分のロードヒーティング熱源についても供給する。
排ガス処理設備	・高効率無触媒脱硝の採用 ・乾式排ガス処理の採用	・第6章に定めた公害防止基準値を十分に達成可能な処理技術として採用する。 ・ボイラで回収した蒸気を排ガス処理工程に消費しない技術であることから、効率的な熱利用の向上が期待できる。

2-3. その他の導入技術

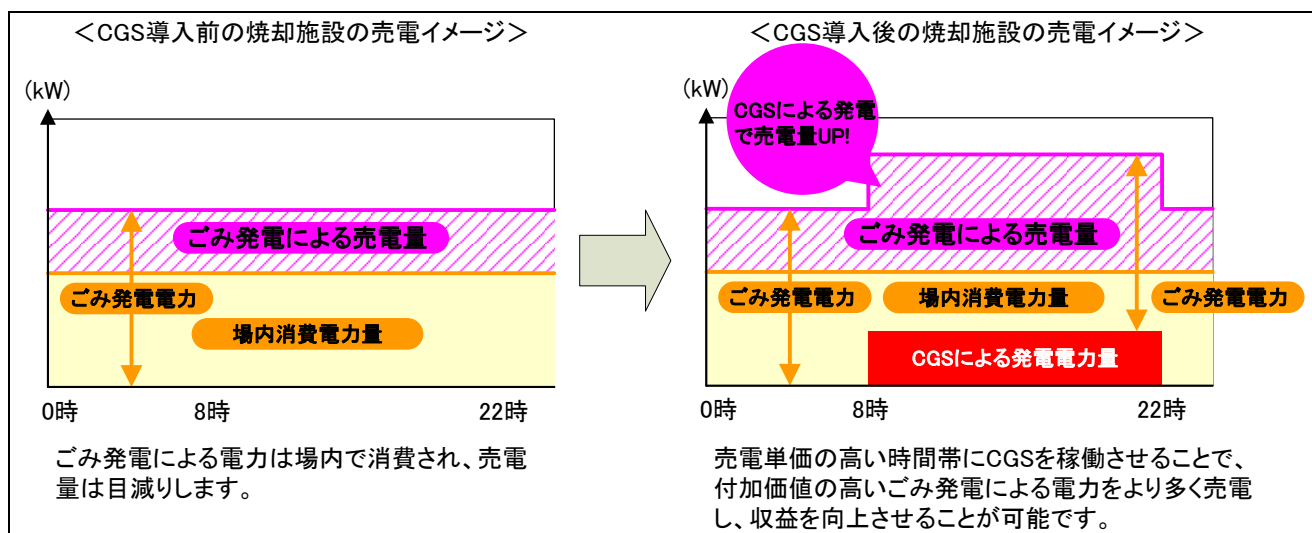
新清掃工場では、災害発生に伴う電源喪失時を想定して**ブラックスタート用非常用発電機²**を確保する計画です。新清掃工場では、通常時においては蒸気タービン発電機で発電した電力を利用することで外部からの電力供給をゼロとする計画ですが、万が一の大地震発生時には安全のために施設を停止して安全点検等を行うことが想定されます。その際、外部からの電力供給が断たれた場合、焼却炉を起動するための電力が不足するため、非常用発電機により焼却炉と蒸気タービン発電機を安全に起動させることで、外部電源が喪失した場合であっても、焼却処理を再開可能な計画とします。

一方で、非常用発電機については、万が一の災害発生時等の非常時のみの運用であり通常時は設備が遊休状態となることから、費用対効果を最大化させるための検討が必要となります。

また、新清掃工場では、燃料に都市ガスを採用する方針であることから、費用対効果を最大化することを目的に、非常用発電機を活用した都市ガス・コージェネレーションシステム（以下「CGS」という。）の導入を計画します。

焼却施設への CGS の導入効果については、次のような効果が期待されています（図 7-10 参照）。

1. CGS による発電で場内消費電力をまかなうことで、環境にやさしく付加価値の高いごみ発電による電力を、より多く電力市場へ提供できる。
2. 売電単価の高い時間帯に CGS を稼働させることで、売電収益が向上する。
3. CGS 稼働に伴い発生する廃熱を場内の暖房・給湯等へ利用することで、場内熱利用で使用するボイラ蒸気量が減少し、蒸気タービン発電機でのごみ発電量及び売電量が増加する。



（出典：「一般社団法人日本ガス協会 清掃工場の強靱化と低炭素社会の実現に向けて」を参考に作成）

図 7-10 CGS 導入による売電量増加のイメージ

² 外部からの電力供給が断たれた際に、設備を起動できる補助電源（発電機等）のこと。

第3節 熱利用計画

1. 熱利用計画

以上の検討結果を踏まえ、新清掃工場における熱利用計画を以下のように取りまとめました。

(1) エネルギー回収率と熱利用の考え方

- ・達成目標とするエネルギー回収率は21.5%以上とします。
- ・熱需要が少なくごみ量が多い夏季は、2炉運転状態を極力維持するものとし、発電優先とします。
- ・熱需要が高くごみ量が少ない冬季の1炉運転時においては、余熱供給を優先としますが、蒸気タービン発電機による発電も可能とします。

(2) 蒸気タービン発電システムの考え方

- ・場外余熱供給量が増える冬季においても、1炉運転・低質ごみであっても発電可能であることを目標とします。
- ・抽気復水タービンを採用します。
- ・復水器は空冷式（2分割）と水冷式の2系統とし、夏季は空冷式復水器のみの運転とし、冬季のみ空冷式と水冷式を並列運転する計画とします。
- ・水冷復水器については、ロードヒーティング等の熱源として活用し、低温廃熱の有効利用を図ります。
- ・蒸気タービン発電機の定格出力については、年間平均発電効率を経済的な効率とするため、駒岡清掃工場での実績に基づく低質ごみから高質ごみまでの出現頻度を基に設定し、ごみ発熱量毎に蒸気発生量と場外・場内での余熱利用量を加味した上で、平均発電量が最大となる点を定格出力として計画します。事業者の提案に際しては、駒岡清掃工場のごみ質出現頻度（制御システムにおける低位発熱量演算値の記録によるもの）を参考情報として提供することで、効率の良い蒸気タービン発電システムの提案により決定します。

表 7-5 平成 25～28 年度における駒岡清掃工場における低位発熱量出現頻度（参考）

ごみ低位発熱量 (kJ/kg)	5,499 以下	5,500 ～ 5,999	6,000 ～ 6,499	6,500 ～ 6,999	7,000 ～ 7,499	7,500 ～ 7,999	8,000 ～ 8,499	8,500 ～ 8,999	9,000 ～ 9,499
出現頻度	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.5%	14.9%	42.3%

ごみ低位発熱量 (kJ/kg)	9,500 ～ 9,999	10,000 ～ 10,499	10,500 ～ 10,999	11,000 ～ 11,499	11,500 ～ 11,999	12,000 ～ 12,499	12,500 ～ 12,999	13,000 ～ 13,499	13,500 以上
出現頻度	28.6%	9.8%	3.1%	0.7%	0.1%	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%

(3) 余熱利用計画

新清掃工場における場内及び場外余熱利用計画について取りまとめました。（表7-6参照）

表7-6 場内・場外余熱利用リスト（案）

余熱利用種類	熱媒体	熱量	その他
場内冷暖房給湯（管理用諸室等）	低圧蒸気	技術提案・実施設計による	電気式も可
大空間用暖房（プラットホーム等）	低圧蒸気	技術提案・実施設計による	蒸気式を原則
地域熱供給事業者 （保養センター駒岡含む）	145℃高温水	25.5GJ/h（10月～5月） 12GJ/h（5月～10月）	カスケード利用
南清掃事務所 暖房給湯※1 （駒岡清掃工事敷地内）	80℃温水	将来的な南清掃事務所の運用 計画や長期的な設備改修計画 等を踏まえて設定する	
南清掃事務所 ロードヒーティング※2 （駒岡清掃工事敷地内）	約50℃温水	2.7GJ/h（概ね11月～3月）	水冷復水器の冷 却水を熱媒体と して活用
場内ロードヒーティング※3	約50℃温水	19GJ/h（概ね11月～3月）	

※1 駒岡清掃工場敷地内に残る南清掃事務所向けの熱供給を行うものとします。なお、供給熱量については、南清掃事務所の将来的な活用計画や設備改修計画等を踏まえて決定します。

※2 南清掃事務所におけるロードヒーティング範囲は3,000m²とし、必要熱量を2.7GJ/hと見積もりました。

※3 場内ロードヒーティング範囲については、敷地進入道路、構内道路、ランプウェイ、駐車場を対象とします。敷設面積については、事業者の提案（実施設計含む）により決定するものとし、現時点においては、本計画における施設配置計画を踏まえ21,000 m²と仮設定し、必要熱量を19GJ/hと見積もりました。

① 場内余熱利用（抽気利用を前提）

- ・熱源として利用する低圧蒸気は、タービン抽気蒸気を原則とします。
- ・場内の管理諸室における冷暖房・給湯方式については、蒸気式又は電気式のいずれかを選択し、事業者による費用対効果分析を踏まえた提案により決定します。
- ・場内の冷暖房・給湯に蒸気式を採用する場合は、余熱利用設備に整備する場内用温水発生装置にて温水を製造し、暖房設備及び給湯設備の熱源とします。冷房設備については、吸収式冷凍機を用います。
- ・上記にかかわらず、プラットホーム等の大空間には蒸気による暖房設備（ストリップヒーターによる輻射暖房システム等）を設けるほか、冬季における設備機器の凍結対策として、炉室、機械室、地下階及び復水器置場、その他機器冷却水を使用する部屋等の凍結対策が必要な諸室（空間）に蒸気による暖房設備を設けます。
- ・駒岡清掃工場の敷地内に位置する南清掃事務所等については、引き続き活用していく方針です。

② 場内余熱利用（ロードヒーティング）

- ・ロードヒーティング（融雪設備）については、水冷式復水器の冷却水の循環水（冷却水）を熱媒体に用います。
- ・計画設計発熱量 250 W/m²とします。

（出典：「北海道開発局道路設計要領 第5集 第4章ロードヒーティング設備」※1）

※1 出典は発熱線による設計ですが、必要とする設計発熱量は同等と考え採用しています。

（900 kJ/m²・h に相当します）なお、本市の清掃工場におけるロードヒーティングの設備能力については一律 1,047 kJ/m²・h で設計されていることを踏まえ、設備上の設計条件を 1,047 kJ /m²・h とし、収支計算を 900 kJ/m²・h で計画します。

- ・新清掃工場でのロードヒーティング範囲については、敷地進入出路、場内道路、ランプウェイ、駐車場、計量機ピットを対象とします。敷設面積については、事業者の提案（実施設計含む）により決定するものとし、現時点においては、本計画における施設配置計画を踏まえ 21,000 m² と設定します。
- ・南清掃事務所でのロードヒーティング範囲については、駐車場及び構内道路とし、対象面積は約 3,000m² とします。
- ・その他の水冷復水器の循環水を用いた熱利用方法については、事業者の提案も参考とします。

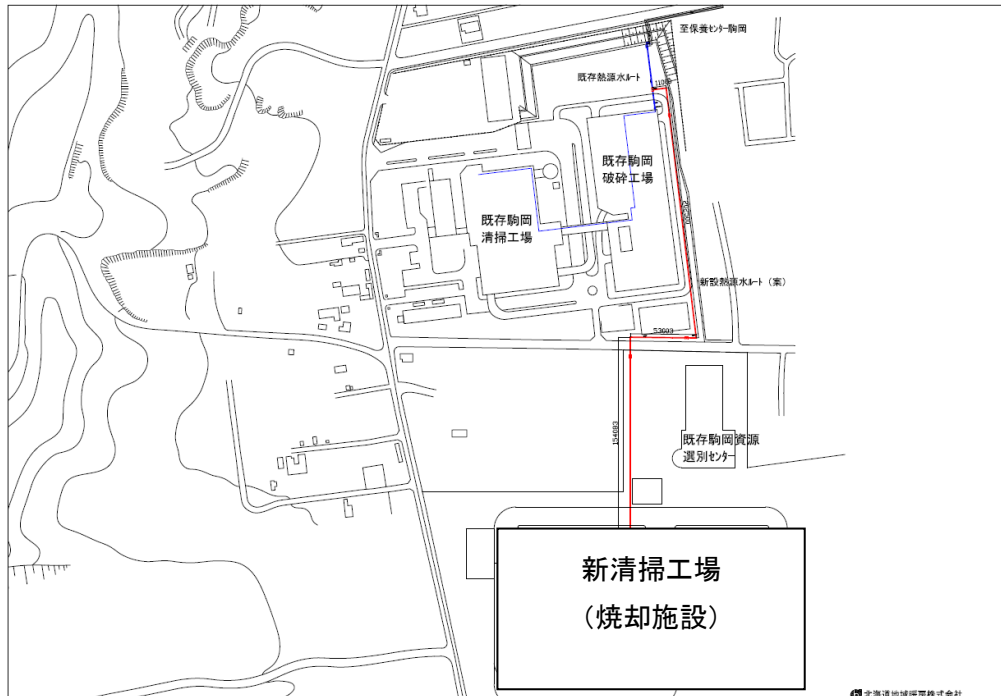
③ 場外余熱供給（供給計画）

- ・地域熱供給事業者及び保養センター駒岡への熱供給を継続します。
- ・保養センター駒岡への熱供給については、地域熱供給事業者からの戻り温水を用いたカスケード利用とします。
- ・地域熱供給事業者への熱供給量については、145℃の高温水を熱媒体とし、最大供給量については、夏季需要期（5月～10月）は 12.0GJ/h、冬季需要期（10月～5月）は 25.5GJ/h とします。

④ 場外余熱供給（設備計画）

- ・熱供給配管については、既存配管を有効活用し、新清掃工場から駒岡清掃工場までの間を新たに敷設します。（図7-11 参照）
- ・熱媒体とする高温水については、焼却施設の地域熱供給事業者専用区画に設ける専用熱交換器（高温水発生器）にて製造します。
- ・専用区画内の熱交換器等の管理は、地域熱供給事業者が実施することから、専用区画の設置位置については、急な故障対応などを考慮し、工場棟建屋外から直接出入可能な経路の確保や機器メンテナンス用マシンハッチの設置を考慮した場所とします。
- ・熱交換器の熱源については、158℃、0.49MPa の低圧蒸気（抽気蒸気）とします。
- ・熱交換器への蒸気受入量の変動に追随するためのバッファ設備（蒸気アキュムレータ等）を設置し、地域熱供給事業者からの戻り温水温度上昇対策としての蒸気ドレン冷却コンデンサを設置します。
- ・万が一の供給熱量不足に備え、高圧蒸気溜めから減圧弁を使用した蒸気供給ラインを確保します。

- ・駒岡清掃工場と同様に、熱交換器への蒸気受入制御及び熱源水温度制御用調節計等について、地域熱供給事業者から遠隔監視可能な設備を設置します。具体的には、地域熱供給事業者との協議により決定します。



（出典：北海道地域暖房㈱提供資料をもとに作成）

図7-11 温水供給配管敷設ルート（案）

⑤ 場外電力供給

- ・駒岡清掃工場の敷地内に残る南清掃事務所等については、駒岡清掃工場から電力を供給しており、これら施設については単独で受変電する設備を有していません。新清掃工場と別敷地（隣地ではない）となることから、新たに自ら商用電力を受電する設備を整備する必要があります。

⑥ コージェネレーション計画

新清掃工場では、ブラックスタート用非常用発電機を活用し、都市ガスを燃料としたCGSを計画します。CGSで発電した電力については、破砕施設が稼働する昼間時間帯の場内消費電力に充当し、付加価値の高いごみ由来エネルギーによる発電電力を外部へ売却します。

CGSの導入により、「ごみ由来エネルギーの地域供給施設」としての機能向上を図ります。

- ・形式については、高効率ガスエンジン発電機を標準とします。
- ・定格発電出力については、全休炉状態から1炉を立ち上げて蒸気タービン発電機による自立運転を確立するまでの間に必要な電力を確保するために必要な容量以上とします。この容量には、施設の運転に必要な建築設備動力分も含まれます。
- ・運転時間については、昼間10時間/日を基本として計画します。
- ・オーバーホールや定期点検期間を除き、焼却施設、破砕施設が稼働する間は運転します。また、オーバーホールや定期点検を行う時期は、原則として全炉休止期間とします。

- CGS の廃熱については、場内暖房等の場内余熱利用先へ供給し、蒸気タービン発電システムへの蒸気使用量を増加させることを計画します。なお、地域熱供給事業者及び保養センター駒岡への場外供給の熱源としては利用しません。
- 運用方法の弾力性を確保するため、CGS の発電量や廃熱利用量に過度に依存したシステム設計は行いません。これは、ごみ焼却処理の各プロセス設計を CGS に依存して計画した場合、万が一、CGS が稼働停止した際にごみ処理機能が低下又は停止したり経済性が著しく悪化することを防ぐ目的です。

第4節 新清掃工場におけるエネルギー回収率

以上の検討結果を踏まえ、新清掃工場において目標とするエネルギー回収率等を取りまとめました。なお、本節に取りまとめた各種数値については、技術アンケートを踏まえた現時点の計画値（又は試算値）であり、今後の事業発注に向けた詳細検討やプラントメーカーによる技術提案等により変更することがあります。

1. 前提条件

本計画の検討段階においては、新清掃工場で達成可能なエネルギー回収率等を検証するため、国内で類似施設の設計・施工・運営実績を有するプラントメーカ8社に対して「技術アンケート調査」を実施しました。

表7-7は、年間を通じたエネルギー回収率等を試算・検証するための計画基本数値として、技術アンケート結果を踏まえた計画諸元値を取りまとめたものです。

表7-7 技術アンケートを踏まえた計画諸元値（計画案）

	計画値	備考
ボイラ蒸気条件	400℃×4MPa	・技術アンケートでは左記を上回る高温高圧ボイラの提案もあったが、現時点では安全側の数値とした。
蒸気タービン発電機諸元		・技術アンケートでの定格出力は、概ね13,000～14,000kWの範囲で提案されており、中間的な数値を設定するものとした。
定格出力	13,500kW	
設計点の条件	夏季2炉運転時 発熱量：9,400kJ/kg	
設計点発電効率	20.7%	
CGS 諸元		
型式	ガスエンジン CGS	
定格出力	2,000kW	・技術アンケートから平均的な出力とした。
発電効率	43.2%	・定格出力が一致する機種的设计諸元による。
廃熱量	2.3GJ/h	
余熱利用量		
場内冷暖房給湯	—	・技術アンケートを参考に電気式とした。
大空間用暖房（冬季のみ）	約4.6GJ/h	・技術アンケートを参考とした。
地域熱供給事業者	25.5GJ/h（10月～5月） 12.0GJ/h（5月～10月）	・余熱利用計画による。 ・保養センター駒岡含む
南清掃事務所 暖房給湯	約1.0GJ/h（通期平均）	・現時点における暫定値とした。
南清掃事務所 ロードヒーティング	2.7GJ/h（概ね11月～3月）	・余熱利用計画による。
場内ロードヒーティング	19GJ/h（概ね11月～3月）	

2. 電力収支

表7-8に技術アンケート結果を踏まえた季節・運転形態の別に電力収支を取りまとめました。ここに示す電力収支計画値については、前述の計画諸元値の他、明瞭化作業済みの技術アンケートでの消費電力、蒸気及び熱収支等を参考に平均的な収支モデルを作成し取りまとめたものです。なお、ここでの季節区分と期間については、新清掃工場における余熱利用計画を踏まえて暫定的に定めたものです。なお、焼却施設が2炉運転を行うのは通常夏季のみであることから、その他の季節については1炉運転時のみの収支を記載しています。

表7-8 技術アンケートを踏まえた電力収支（計画案）

季節	余熱利用 熱量(ごみ由来)	余熱利用 熱量(CGS由来)	条件		運転炉数 処理負荷	ごみ質	発電出力		消費電力	買電電力	売電電力	蒸気タービン 発電効率	復水器運転計画
	GJ/h	GJ/h	破砕施設 運転有無	CGS 運転有無			蒸気タービン kW	CGS kW				%	
夏季 5/17～10/14	10.7	2.3	運転中	運転中	1炉定格	基準	4,700	2,000	3,200	0	3,500	15.04%	空冷単独運転
					2炉定格	基準	12,700	2,000	3,700	0	11,000	20.32%	空冷単独運転
	10.7	2.3	運転休止中	運転中	1炉定格	基準	4,700	2,000	2,350	0	4,350	15.04%	空冷単独運転
					2炉定格	基準	12,700	2,000	2,850	0	11,850	20.32%	空冷単独運転
	13.0	0	運転休止中	運転休止中	1炉定格	基準	4,560	0	2,350	0	2,210	14.59%	空冷単独運転
					2炉定格	基準	12,600	0	2,850	0	9,750	20.16%	空冷単独運転
中間季 (その他季) 4/1～5/16 、 10/15～10/31	24.2	2.3	運転中	運転中	1炉定格	基準	3,800	2,000	3,065	0	2,735	12.16%	空冷単独運転
	24.2	2.3	運転休止中	運転中	1炉定格	基準	3,800	2,000	2,225	0	3,575	12.16%	空冷単独運転
	26.5	0.0	運転休止中	運転休止中	1炉定格	基準	3,660	0	2,225	0	1,435	11.71%	空冷単独運転
冬季 11/1～3/31	50.5	2.3	運転中	運転中	1炉定格	基準	3,600	2,000	3,095	0	2,505	11.52%	空冷・水冷 並列運転
	50.5	2.3	運転休止中	運転中	1炉定格	基準	3,600	2,000	2,225	0	3,375	11.52%	空冷・水冷 並列運転
	52.8	0.0	運転休止中	運転休止中	1炉定格	基準	3,490	0	2,225	0	1,265	11.17%	空冷・水冷 並列運転
全休炉	0	0	運転休止中	運転休止中	休炉	—	0	0	1,190	1,190	0	—	—

3. 年間収支とエネルギー回収率の試算結果

以上の検討結果を踏まえて年間運転計画に基づく年間を通じた余熱利用計画を試算しました（表7-9参照）。年間運転計画については、焼却施設の計画ごみ処理量を130,000 t/年、破碎施設の計画ごみ処理量を15,000 t/年とし、駒岡清掃工場と駒岡破碎工場への月別搬入量実績等を参考に月別の運転計画を設定しました。なお、焼却施設のごみ質については基準ごみ（9,000kJ/kg）としました。

試算結果では、駒岡清掃工場の過去実績に対して発電効率、エネルギー回収率ともに大幅に強化・改善されています。

今後は、本計画で計画した導入技術と余熱利用計画を踏まえて、事業者からより優れた提案を受けられるよう細部の検討と条件整備を進めます。

（試算結果）

- | | | |
|--------------|---------|-------------------------|
| ○ 年間発電効率 | : 15.5% | （駒岡清掃工場 平成28年度実績：7.3%） |
| ○ 年間エネルギー回収率 | : 25.7% | （駒岡清掃工場 平成28年度実績：10.0%） |

表 7-9 年間運転計画と余熱利用計画集計表 (計画案)

(1) 年間各炉運転計画総括表														
焼却施設	単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間合計
1号炉連続運転期間	-	~5/2 (32日間)	→	←	6/7~9/25 (111日間)	→	→	10/14~12/3 (51日間)	→	→	→	3/8~ (23日間)	←	-
2号炉連続運転期間	-		5/28~7/12 (46日間)	←	→	7/31~10/13 (75日間)	→	→	→	←	12/3~3/8 (95日間)	→	→	-
1号炉運転日数	日	30	2	24	31	31	25	18	30	3	0	0	23	217
2号炉運転日数	日	0	4	30	13	31	30	13	30	28	31	28	8	216
1号単独運転日数	日	30	6	6	18	0	5	31	30	31	31	28	31	247
2号単独運転日数	日	0	0	24	13	31	25	0	0	0	0	0	0	93
1号炉停止日数	日	0	29	6	0	0	5	13	0	28	31	28	8	148
2号炉停止日数	日	30	27	0	18	0	0	18	30	3	0	0	23	149
空冷式復水器 単独運転日数	日	30	6	30	31	31	30	31	0	0	0	0	0	189
空冷式復水器・水冷式復水器 並列運転日数	日	0	0	0	0	0	0	0	30	31	31	28	31	151
全炉停止日数	日	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25

(2) 年間破砕施設運転計画総括表														
破砕施設	単位	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	年間合計
破砕施設	日	26	5	25	26	26	26	25	26	26	24	24	26	285
運転	日	4	26	5	5	5	5	5	4	5	7	4	5	80
休止日数	日													

※ 各月のエネルギー回収率は、蒸気タービンの発電効率であり、焼却炉立上げ下げ用の都市ガス由来の熱量は考慮していない。
 ※ 各月のエネルギー回収率は、CGS由来の熱量は利用熱量から控除した数値であり、焼却炉立上げ下げ用の都市ガス由来の熱量は考慮していない。
 ※ 発電効率及びエネルギー回収率は、年間を通じたシステム全体の効率を表しており、焼却炉立上げ下げ用の都市ガス由来の熱量は考慮した効率である。なお、CGS由来分については考慮していない。
 ※ エネルギー回収率、熱供給の稼働率の定義は、エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル (平成28年4月改訂 環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部廃棄物対策課) に従うこと。