

令和 3 年度 調査・研究報告

改修工事における 省エネルギー効果の実態調査

一般財団法人 大阪建築技術協会
アズビル 株式会社

目次

1. 目的	1
2. 調査対象	
[1] 省エネルギー改修の概要	2
[2] エネルギー使途別の消費内訳	3
3. 事例	
[1] 熱源改修	4
[2] 空調機改修	14
[3] 照明器具改修	15
4. まとめ	16

1. 目的

当協会では、既設建築物の老朽化対策及び機能維持を目的に建築設備改修の設計、工事監理を行ってきました。

近年、CO₂排出量抑制など、地球環境保護の観点からも、建築物における省エネルギー性能の向上のニーズが高まっており、建築物の新增築だけではなく、改修工事においても省エネルギー化への取り組みが欠かせない検討テーマとなっています。

本調査では、経年化した既設建築物の建築設備改修等における主要な省エネルギー手法を実例から抽出し、その事例から得られた省エネルギー効果を実績として示すことにより、今後の改修工事や設備機器等の更新工事を行う際の、より効果的な省エネルギープランニングの推進に役立てていただくことを目的としています。

2. 調査対象

[1] 省エネルギー改修の概要

省エネルギー改修は、照明や空調設備等の機器更新や外壁や開口部の断熱性強化、機器操作のチューニング等による運用改善など、多岐にわたります。

改修工事においては、省エネルギー化のみを目的として実施されるものは少なく、耐用年数超過や故障等による改修工事にあわせ、省エネルギー性能の向上を図るものが大半となっています（図 2-1、表 2-1）。ただし、安価で高性能のLED照明機器が登場したことにより、省エネルギー、ランニングコスト削減の目的のみでの改修工事も増加傾向にあります。

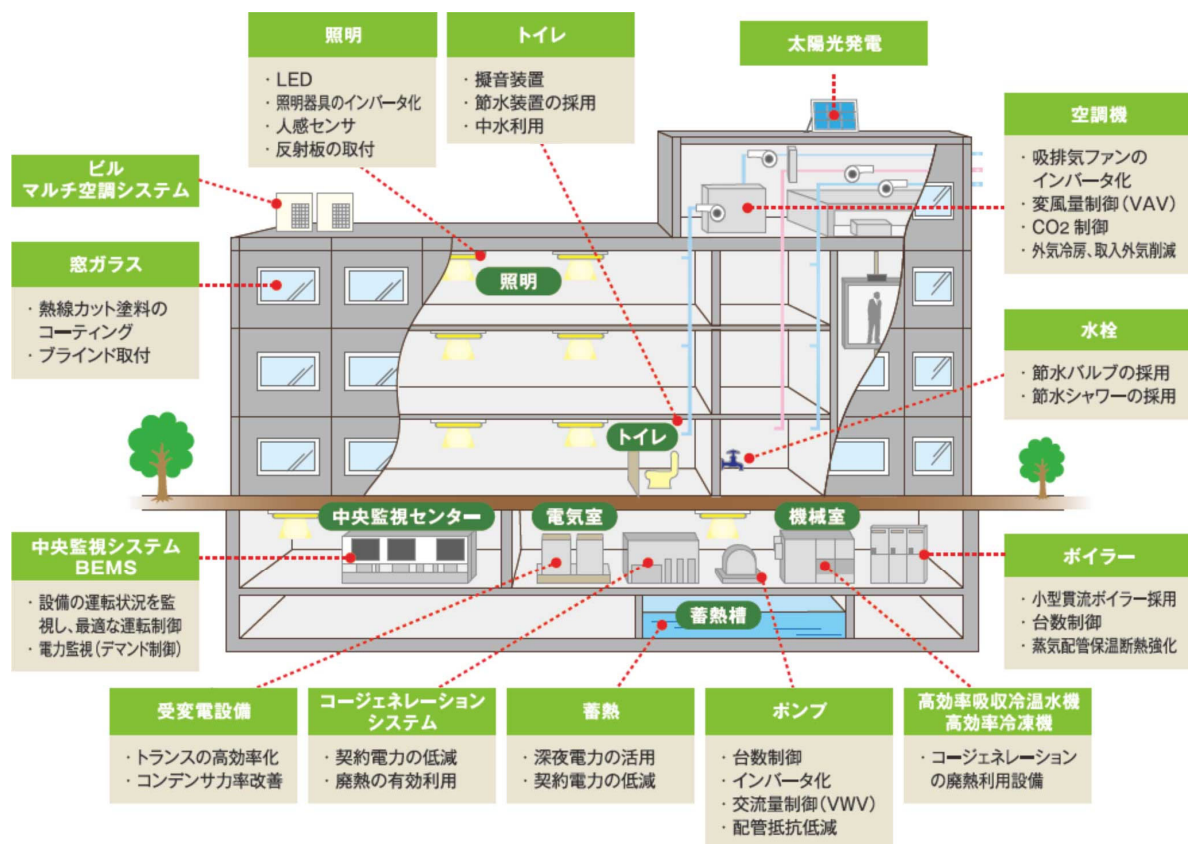


図 2-1 施設の改修による省エネルギー手法の例（一般社団法人 ESCO・エネルギー・マネジメント推進協議会 H P より）

表 2-1 改修等の動機（環境省 H P より）

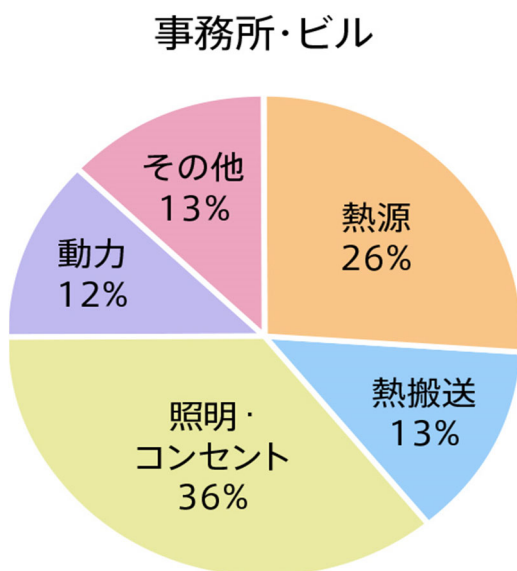
頻度	部位	改修等の動機
10～15 年に一度	設備更新工事（照明等）	設備の故障、老朽化や耐用年数超過 照明の LED 化は、省エネ・コスト削減目的で、計画よりも前倒しで工事が実施される場合がある
約 20 年に一度	設備更新工事（空調等）	設備の故障、老朽化や耐用年数超過 テナントからの要請、クレーム（特に、空調を中央制御方式から個別制御方式に変更するニーズが高い）
20 年に一度～建替えまで実施しない	大規模改修工事（外皮等含む）	ビル全体の老朽化、各設備等の耐用年数超過 耐震性能等へのニーズの高まりに伴い資産価値が相対的に低下
随時	運用改善（チューニング等）	所有者の変更（大手資本による買収等） 節電対応等の社会的要請 等

[2] エネルギー使途別の消費内訳

建築物におけるエネルギー消費は、オフィスビルを例にとると、「照明・コンセント」(36%)、空調等に要する「熱源」(26%)、「熱搬送」(13%)で、全体の約75%を占める状況となっております(表2-2)。

こうしたことから、本調査では、省エネ効果の大きな寄与度が期待される、[1]熱源改修、[2]空調機改修、[3]照明器具改修の3項目の改修事例を対象とします。

円グラフ・表2-2 建物用途におけるエネルギー使途別の消費内訳例(環境省HP：
(出所) 関東経済産業局「中小企業の支援担当者向け省エネ導入ガイドブック」より)



エネルギー使途		主なエネルギー消費機器
熱源	熱源本体	冷凍機、冷温水機、ボイラなど
	補機動力	冷却水ポンプ、冷却塔、冷温水一次ポンプなど
熱搬送	水搬送	冷温水二次ポンプなど
	空気搬送	空調機、ファンコイルユニットなど
照明・コンセント	照明	照明器具
	コンセント	事務機器など
動力	換気	駐車場ファンなど
	給排水	揚水ポンプなど
	昇降機	エレベータ、エスカレータなど
その他	その他	トランス損失など

3. 事例

[1] 熱源改修

熱源設備とは、主に電気・ガスを使用して、施設の冷房暖房等の空調や給湯などに使用する冷熱・温熱を製造する設備。吸収式冷温水機、圧縮式冷凍機、空冷ヒートポンプチラーなどがある。

■事例 1：物販施設 施設の利用実態に合わせた機器への更新により 熱利用の総合効率を改善した事例

改修前

施設の冷暖房や冷蔵設備などを賄う、現状の熱源システムは、吸収式冷温水発生機(4台)とそれに伴う冷却塔、冷温水1次2次ポンプ、冷却水ポンプ及び冷却塔一体型冷温水発生器(5台)で構成されている。



図 3-1 設備機器 1

表 3-1 熱源システムの構成(改修前)

名称	冷却能力 (kW)	加熱能力 (kW)	台数 (台)
吸収式冷温水発生器	949	940	1
	985	1279	1
	527	779	2
冷却塔	-	-	4
冷温水1次ポンプ	-	-	8
冷却水ポンプ	-	-	8
冷温水2次ポンプ	-	-	8
冷却塔一体型吸収式冷温水器	65.6	65.6	1
	105	127	1
	281	273	1
	141	160	1
	281	273	1
合計	3334.6	3896.6	

改修後

- ・機器の更新時にシステムの構成を高効率空冷ヒートポンプチラー(10台)及びピーク時間帯の節電効果の高い高効率空冷ガスヒートポンプチラー(4台)に変更した。
- ・導入する空冷ヒートポンプチラーにはVWT(可変温度設定)制御を導入し、空調環境を維持しながら効率をさらに向上させた。
- ・空冷ヒートポンプチラーへ更新することで熱源機の冷却水が不要になり、運転管理の簡素化になり、冷却水水質管理、清掃、運転切替の点検費などの維持管理費用の削減を図っている。

表 3-2 熱源システムの構成(改修後)

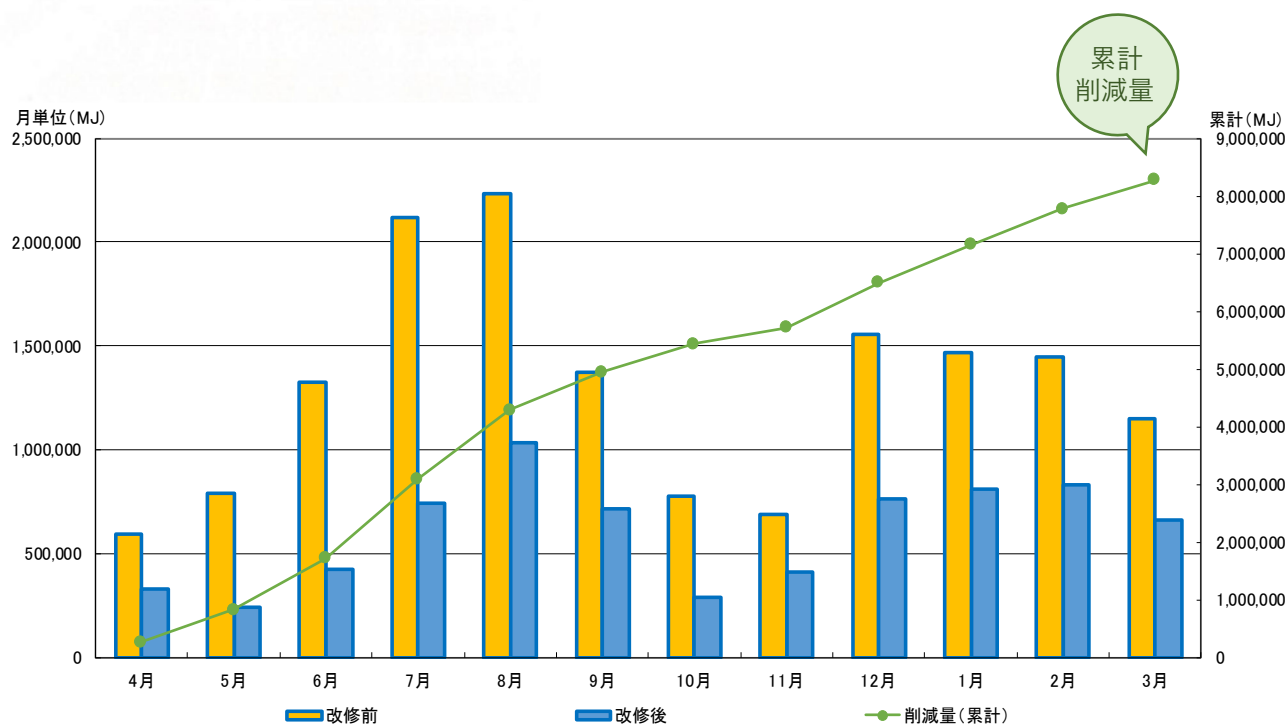
名称	冷却能力 (kW)	加熱能力 (kW)	台数 (台)
空冷 HP チラー	180	940	6
	150	150	4
冷温水2次ポンプ	-	-	4
空冷 GHP チラー	71	80	4
合計	2264	2300	



図 3-2 設備機器 2

削減
実績

改修前（ベースライン）と 改修後(2019年度実績) の比較



実績比較 単位: (MJ)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
改修前	594,871	791,062	1,325,799	2,115,511	2,231,481	1,370,949	772,966	691,029	1,552,328	1,467,087	1,450,198	1,148,415	15,511,695
改修後	329,269	237,976	424,492	743,940	1,031,771	713,394	289,813	412,641	761,382	807,962	828,559	658,272	7,239,471
削減量	265,601	553,086	901,308	1,371,571	1,199,710	657,555	483,153	278,387	790,946	659,125	621,639	490,143	8,272,224
削減率	44.6%	69.9%	68.0%	64.8%	53.8%	48.0%	62.5%	40.3%	51.0%	44.9%	42.9%	42.7%	53.3%
削減量(累計)	265,601	818,687	1,719,995	3,091,566	4,291,275	4,948,831	5,431,984	5,710,371	6,501,317	7,160,442	7,782,080	8,272,224	

エネルギー内訳 単位: 電気(KW) ガス(m3)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
電気 改修前	5,539	12,929	29,274	45,684	49,456	30,963	16,225	6,110	12,196	12,596	11,843	10,311	243,126
改修後	30,535	21,748	38,603	66,942	91,285	63,012	25,597	36,986	69,158	74,223	76,046	60,083	654,218
ガス 改修前	12,018	14,775	23,113	37,103	38,862	23,750	13,658	14,031	31,851	29,870	29,658	23,284	291,973
改修後	695	572	1,061	2,013	3,130	2,187	889	1,148	1,920	1,857	1,919	1,597	18,985

グラフ・表 3-1 改修前と改修後の比較

機器自体の性能が向上したこと、施設の使用状況により追従した制御が可能となったことにより、エネルギー使用量は 53.3%削減されている。

累計削減率
53.3%

■事例2：スポーツ施設 高効率な機器への更新により 省エネルギーを図った事例

改修前

現状はガスエンジンコージェネ（200kW×1 台）を使用して、夏季には吸収冷温水器で排熱利用を行い、3 台のブラインチラーと共に冷房などの需要を賄うシステムとなっている。現時点での施設の運用状況による負荷に対して最適な容量の熱回収となるように、システム全体の効果的運転を検討した。

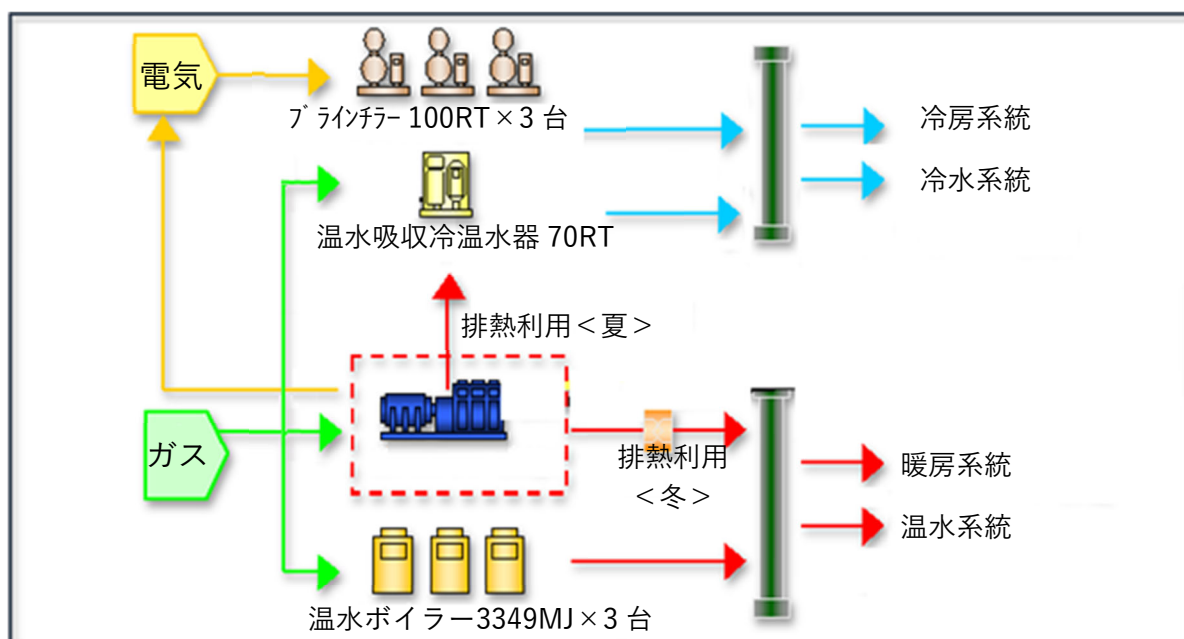


図 3-3 イメージ図(改修前)

改修後

既設ガスエンジンコージェネ（200kW×1 台）及び吸収式冷温水器は廃止し、新たにガスマイクロコージェネ（25kW×3 台）を設置することにより、冷水需要はブラインチラーにて賄い、温水需要は、温水ボイラーおよび新設マイクロコージェネ排熱利用としたおこなえるシステムへ再構築する事で、コージェネ総合効率を上昇させ、熱源システム全体の省エネルギー化を図った。

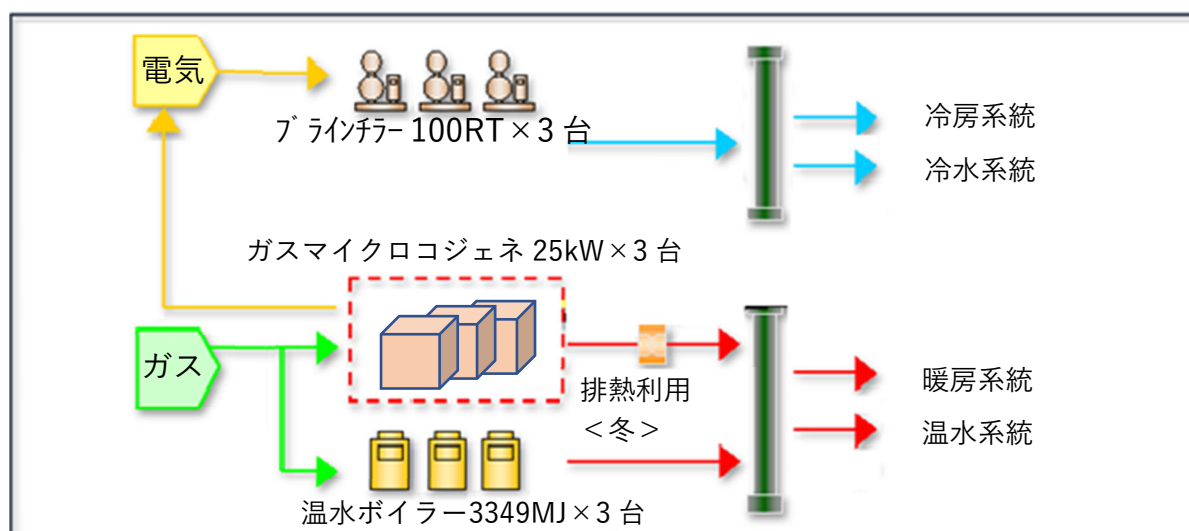
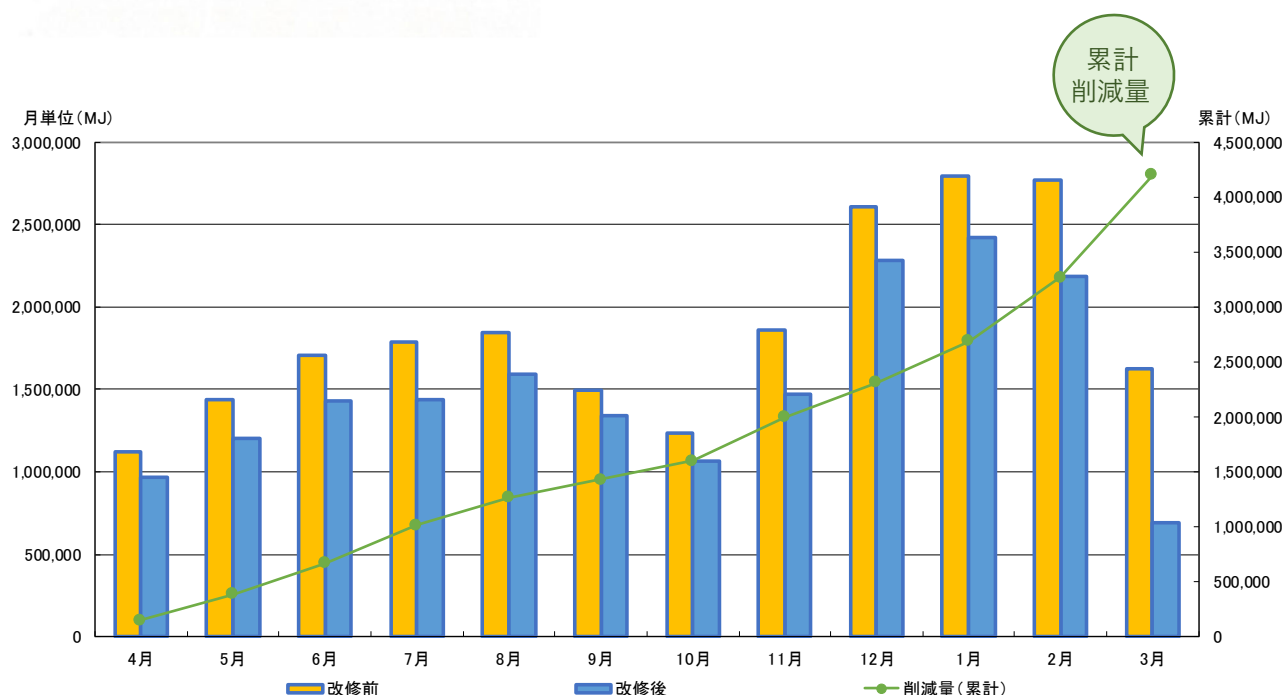


図 3-4 イメージ図(改修後)



改修前（ベースライン）と 改修後(2019年度実績) の比較



実績比較 単位: (MJ)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
改修前	1,125,193	1,442,356	1,709,164	1,786,206	1,842,619	1,496,487	1,239,001	1,859,315	2,607,243	2,793,673	2,768,350	1,623,775	22,293,382
改修後	971,412	1,205,111	1,430,113	1,437,570	1,592,614	1,337,492	1,062,868	1,468,923	2,286,635	2,419,610	2,189,108	688,996	18,090,452
削減量	153,781	237,245	279,050	348,635	250,006	158,995	176,133	390,392	320,608	374,063	579,242	934,779	4,202,930
削減率	13.7%	16.4%	16.3%	19.5%	13.6%	10.6%	14.2%	21.0%	12.3%	13.4%	20.9%	57.6%	18.9%
削減量(累計)	153,781	391,026	670,077	1,018,712	1,268,717	1,427,712	1,603,845	1,994,237	2,314,845	2,688,908	3,268,151	4,202,930	

エネルギー内訳 単位: 電気(KW) ガス(m3)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
電気 改修前	8,088	16,273	32,839	63,265	73,554	45,767	16,167	64,706	119,207	120,558	130,845	44,386	735,655
改修後	24,814	56,929	70,669	95,547	110,565	85,081	52,337	84,503	147,122	146,384	129,822	35,830	1,039,602
ガス 改修前	23,250	28,523	30,859	25,972	24,994	23,329	24,027	27,284	32,084	35,934	33,140	26,457	335,853
改修後	16,205	14,433	16,453	11,223	11,411	11,269	12,268	14,315	18,905	22,020	20,490	7,540	176,532

グラフ・表 3-2 改修前と改修後の比較

既存のガスエンジンコージェネ 200kW からガスマイクロコージェネ 75 kW×3 に更新したことにより、発電量が減少し電気使用量は増加したが、排熱利用の効率が改善されたことによりトータルのエネルギー使用量は 18.9%削減されている。

累計削減率
18.9%

■事例 3：スポーツ施設 施設の利用実態に合わせて、 方式の変更を行った事例

改修前

外融式氷蓄熱槽を採用しており、昼間の冷水利用時にも夜間と同じ製氷運転モードで運用している。

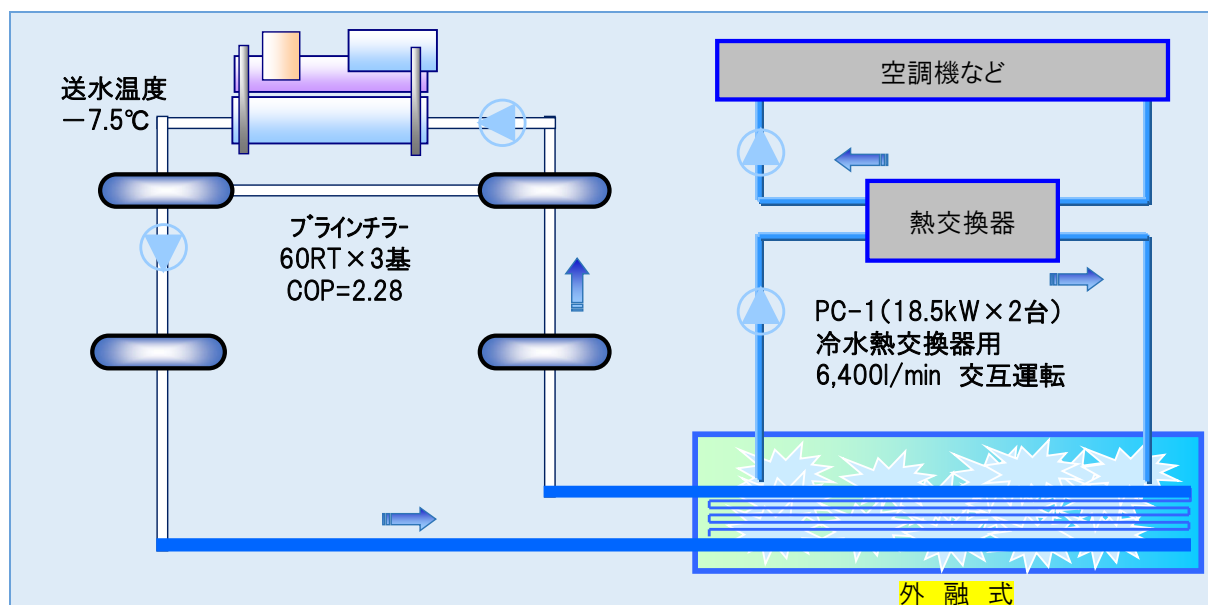


図 3-5 イメージ図(改修前)

◎現システムにおける課題

- ・ 常時製氷運転モードによる不効率

外融式氷蓄熱槽を採用しており、蓄熱槽から冷水を取りだす昼間時にも、夜間と同じ製氷モード(送水温度 -7.5°C)で運用されており、効率が悪くなっている。

- ・ 残蓄量制御が不可能

常に蓄熱槽を介しての熱供給となっている為、残蓄量がゼロとなっても放熱を続けざるを得ない。

結果、槽内温度が上昇し翌日の蓄熱運転に支障が生じている（悪循環）。

◎システム検討課題

- ・ 高効率な追掛運転及び残蓄熱量を最適且つ容易に維持できるシステムの検討が必要。

改修後

- ・内融式氷蓄熱システムへ改修し、夜間などの蓄熱時には、ブラインチラーを製氷モード(送水温度 -7.5°C)で運転し、冷水を利用する昼間運転時には冷房モード(送水温度 5°C)の運転を行うことでCOPの向上を図った。
- ・負荷予測による残蓄熱量制御により、ブラインチラーを自動的に起動/停止させ、蓄熱槽の有効活用を図った。
- ・また、冷水熱交換器用ポンプの台数制御を行い負荷に適した送水を行った。

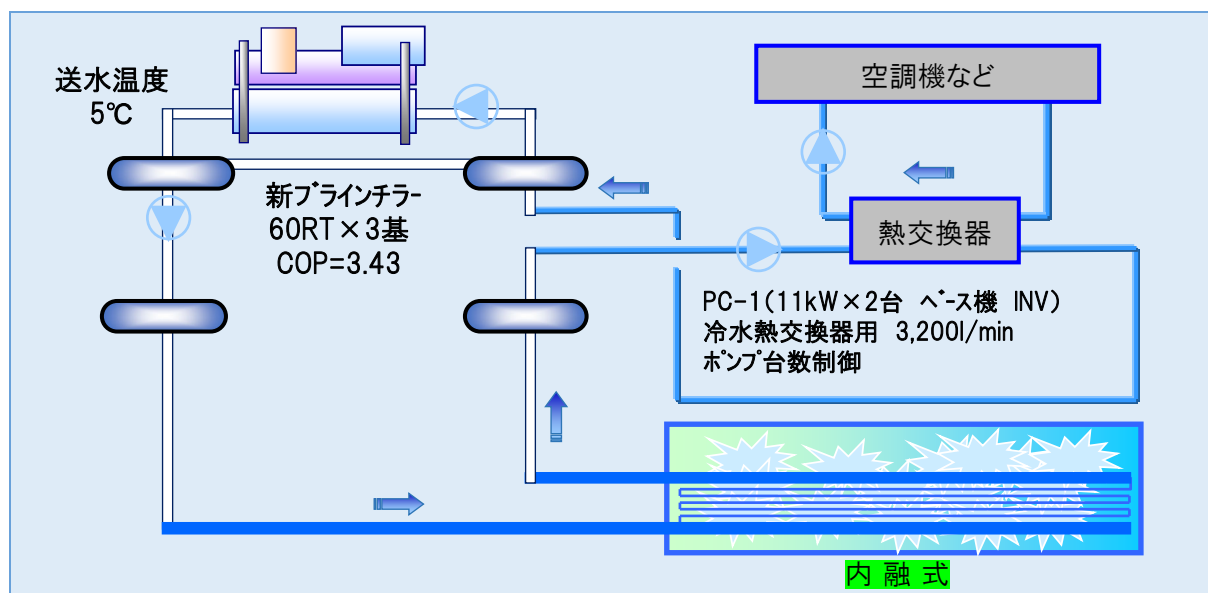
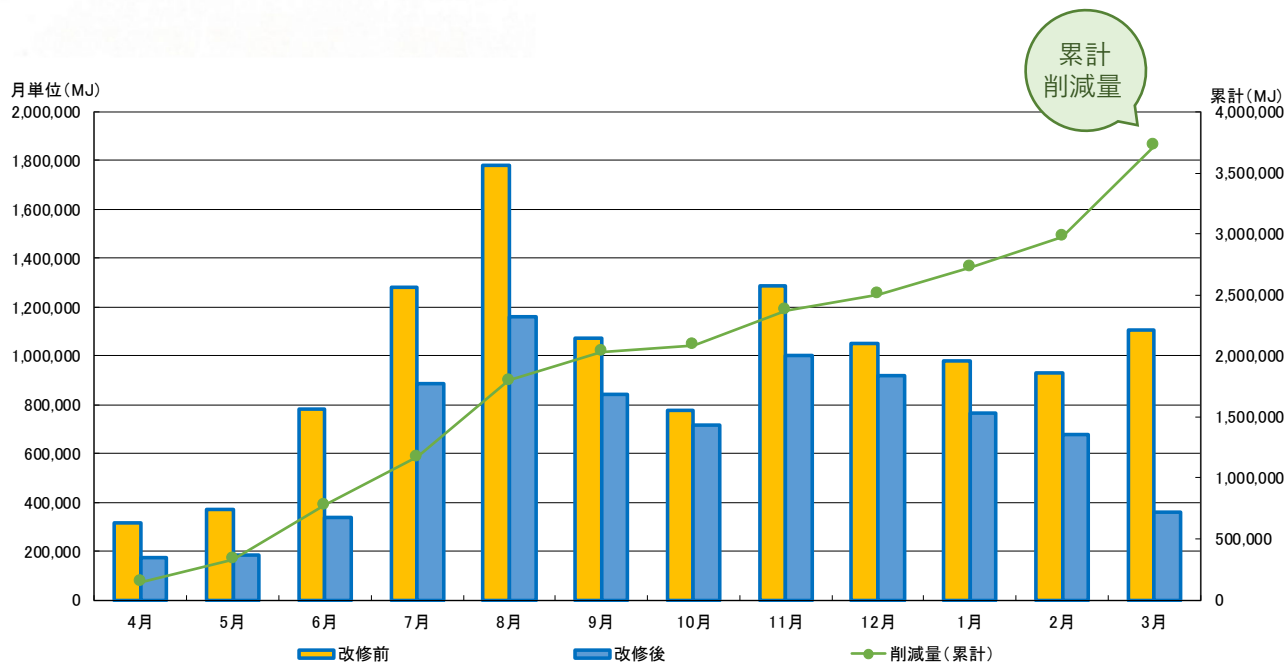


図 3-6 イメージ図(改修後)



改修前（ベースライン）と 改修後(2019年度実績) の比較



実績比較 単位: (MJ)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
改修前	317,161	372,227	780,702	1,283,538	1,782,859	1,074,947	774,095	1,287,852	1,051,308	980,948	929,006	1,105,105	11,739,748
改修後	172,215	184,718	338,243	884,315	1,159,068	841,088	717,760	1,001,386	918,611	762,851	679,072	360,037	8,019,363
削減量	144,946	187,509	442,460	399,223	623,791	233,859	56,335	286,466	132,697	218,097	249,934	745,069	3,720,385
削減率	45.7%	50.4%	56.7%	31.1%	35.0%	21.8%	7.3%	22.2%	12.6%	22.2%	26.9%	67.4%	31.7%
削減量(累計)	144,946	332,455	774,915	1,174,138	1,797,929	2,031,788	2,088,123	2,374,588	2,507,285	2,725,382	2,975,316	3,720,385	

エネルギー内訳 単位: 電気(KW) ガス(m3)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
電気 改修前	32,496	38,138	79,990	131,510	182,670	110,138	79,313	131,952	107,716	100,507	95,185	113,228	1,202,843
改修後	17,645	18,926	34,656	90,606	118,757	86,177	73,541	102,601	94,120	78,161	69,577	36,889	821,656

グラフ・表 3-3 改修前と改修後の比較

当初設計の時点より冷水の需要が大きくなり、エネルギーロスが生じていたが、方式を変更して効率を改善することにより、冷水需要のピーク時に大きな効果の実現され、年間で 31.7%のエネルギーが削減されている。

累計削減率
31.7%

■事例 4：展示施設 施設の利用実態に合わせて、
方式の変更を行った事例

改修前

- ・ 施設の特徴として、夏季を含めた年間 365 日、1 日 24 時間、暖房需要がある。
- ・ 現行システムでは、ガス温水ボイラーにて暖房需要を賄っており、夏季などの低負荷時には、パージロスなどのエネルギーロスが大きくなっていた。
- ・ 別途、ガス吸収式冷温水発生機により、冷暖房需要を賄っているが、機器が更新時期となっていた。

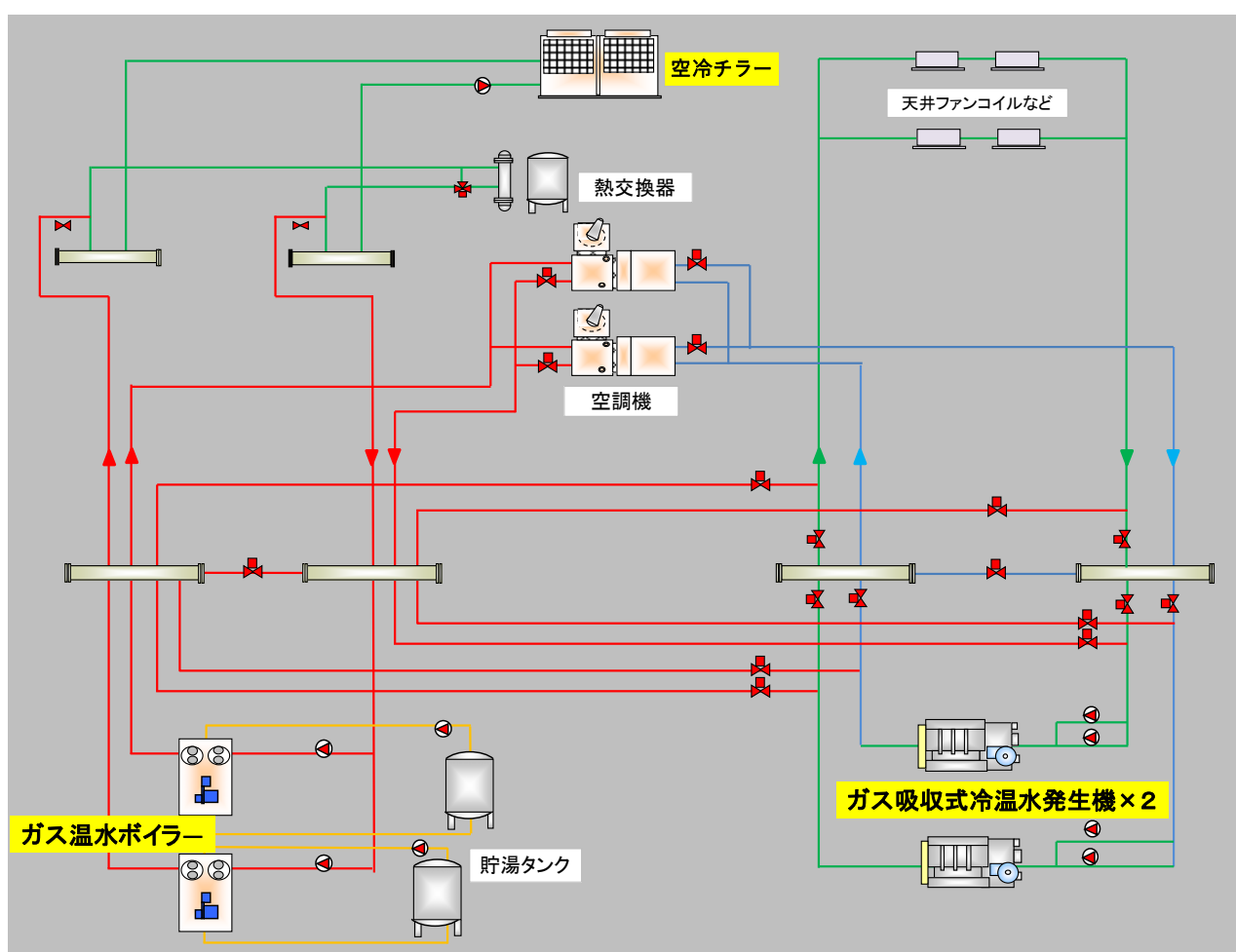


図 3-7 イメージ図(改修前)

改修後

- ・夏季の低負荷時などのエネルギー効率を改善するために、**ガス温水ボイラー**を廃止し、**真空式温水ヒータ**と**循環加温ヒートポンプ**を採用した。
- ・**マイクロコジェネシステム**を導入し、排熱を回収して温水需要に利用することで、省エネルギーと共に発電による電力削減を行う。同時にガス契約をコジェネ契約に統一することでガス料金の単価変更によるコスト縮減を図った。
- ・老朽化した**ガス吸収式冷温水発生機**は、**空冷ガスヒートポンプチラー**へ更新し、省エネ化を図った。
- ・別途設置されている既存**空冷チラー**系統にも、空冷ガスヒートポンプチラーから冷水を供給し、省エネルギーと冷水供給のバックアップを図った。

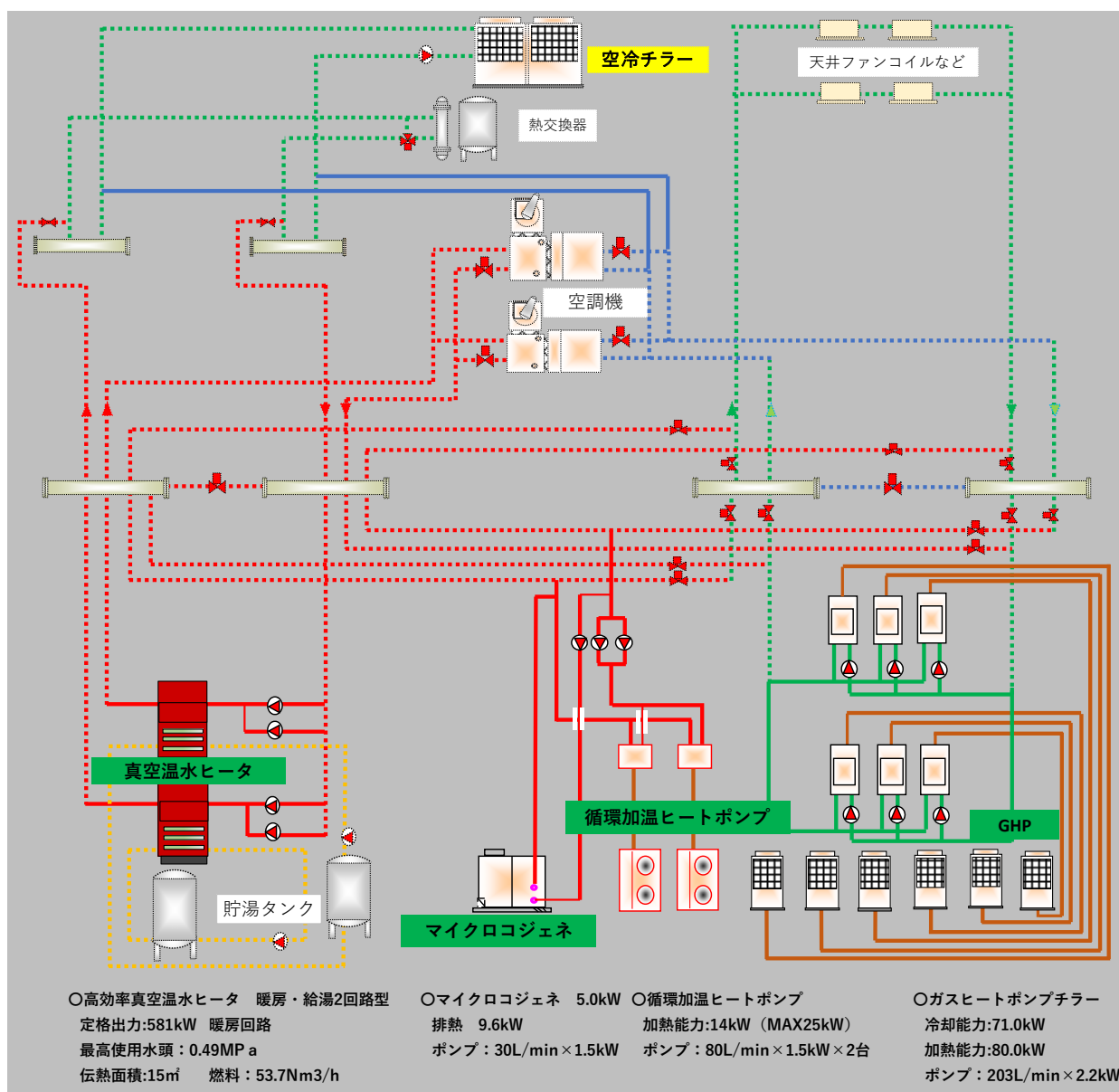
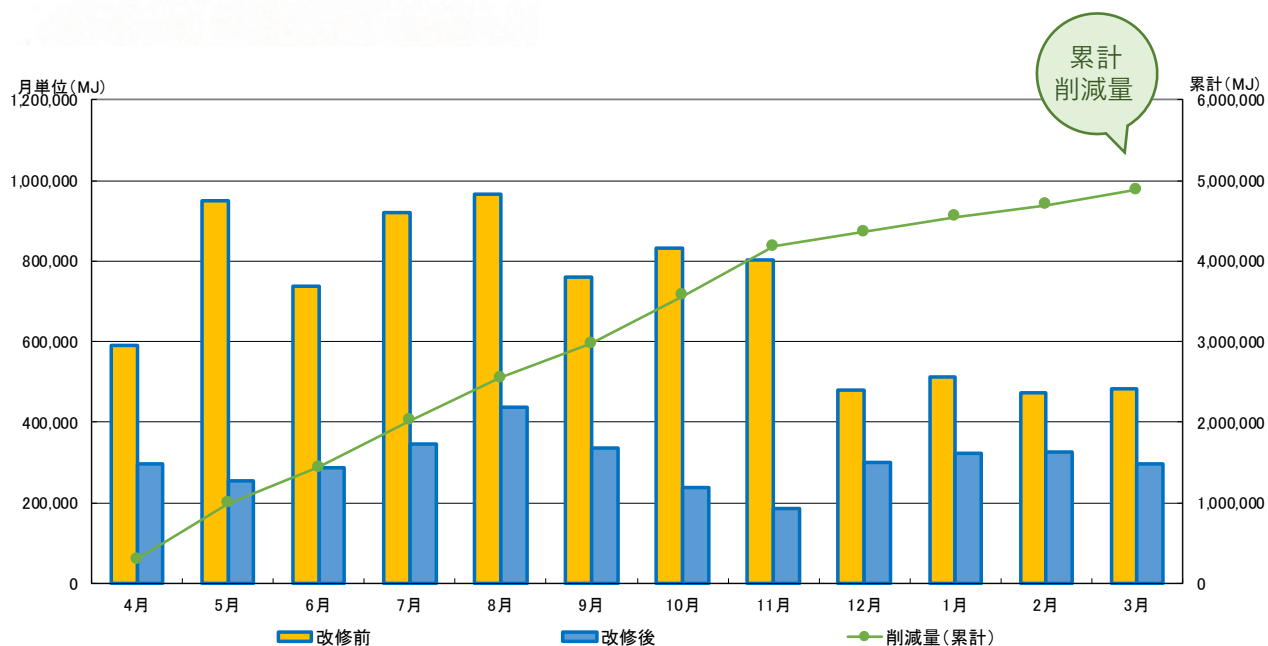


図 3-8 イメージ図(改修後)

削減
実績

改修前（ベースライン）と 改修後(2019年度実績) の比較



実績比較 単位:(MJ)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
改修前	591,125	950,481	735,927	921,729	966,555	760,391	833,182	803,316	479,900	512,055	473,602	481,770	8,510,033
改修後	296,766	253,019	285,809	346,945	437,617	336,809	237,036	185,496	301,188	323,947	326,724	297,163	3,628,520
削減量	294,360	697,461	450,118	574,785	528,938	423,582	596,145	617,820	178,712	188,107	146,878	184,607	4,881,513
削減率	49.8%	73.4%	61.2%	62.4%	54.7%	55.7%	71.6%	76.9%	37.2%	36.7%	31.0%	38.3%	57.4%
削減量(累計)	294,360	991,821	1,441,939	2,016,724	2,545,662	2,969,244	3,565,389	4,183,209	4,361,921	4,550,029	4,696,906	4,881,513	

エネルギー内訳 単位:電気(KW) ガス(m3)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計
電気 改修前	14,721	22,399	21,247	29,580	29,688	21,267	22,118	21,474	20,667	20,765	18,757	20,765	263,448
改修後	6,362	6,223	6,839	7,427	8,432	7,131	6,056	4,934	6,215	6,809	6,531	6,675	79,634
ガス 改修前	9,943	16,264	11,746	14,067	15,040	12,285	13,718	13,194	6,182	6,875	6,456	6,202	131,973
改修後	5,215	4,273	4,868	6,099	7,896	5,938	3,954	3,052	5,345	5,722	5,844	5,156	63,362

グラフ・表 3-4 改修前と改修後の比較

低負荷時の暖房効率が改善されたことにより、春季から秋季にかけて改善効果が大きくなっている。また、機器更新等によりシステム全体の効率が改善され、年間で57.4%のエネルギーが削減されている。

累計削減率
57.4%

[2] 空調機改修

◎空調機改修の主な方法

- ・空調機などの給排気ファンは、駆動する電動機の回転数が一定のため、一般に定格能力で運転されている。
- ・空調機にインバーターを設置し、室温や使用人数など空調対象室の負荷の状態変化に応じて、電動機の回転数を無段階に制御することにより、消費電力を削減する。
- ・電動機の消費エネルギーが「ファン回転数×3乗」に比例するため、大幅に運転動力が節減可能となる。

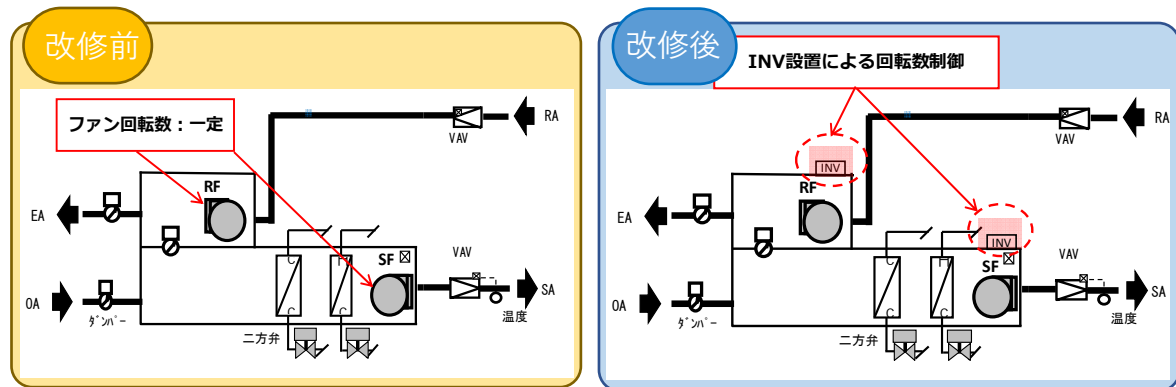


図 3-9 イメージ図(改修前・後)

削減実績

- ・Hf 化改修は蛍光灯器具のみが対象であったが、LED 改修は白熱灯、水銀灯、ハロゲン灯及び誘導灯など広範囲の照明器具が改修可能であり、削減効果も大きくなっている。
- ・器具の改修を伴わなくとも、制御の見直しを行うことによっても大きな効果が得られている。

表 3-3 削減事例

		事例 1				事例 2				事例 3				事例 4				
対象 機器		電動機定格[kW]			台	電動機定格[kW]			台	電動機定格[kW]			台	電動機定格[kW]			台	
		空調機 - 1	SF	30	1	空調機	SF	18.5	4	空調機 - 1	SF	18.5	1	空調機 - 1	SF	3.7	1	
						-1-1～4	RF	15	4						RF	3.7	1	
			空調機	SF	5.5	1	空調機	SF	22					1	空調機 - 2	SF	7.5	1
			-2				-3	RF	22					1		RF	5.5	1
		RF	15	1	空調機	SF	3.7	1	空調機	SF	3.7	1	RF	5.5	1			
					-4				-4									
		施設 使用状況		201 日／年		14 時間／日		256 日／年		14 時間／日		268 日／年		19 時間／日		365 日／年		24 時間／日
電 力 量	改修前	98,336 kWh/年				160,854 kWh/年				46,299 kWh/年				161,181 kWh/年				
	改修後	30,565 kWh/年				33,512 kWh/年				25,238 kWh/年				59,501 kWh/年				
	削減量	67,771 kWh/年				127,342 kWh/年				21,061 kWh/年				101,680 kWh/年				
	削減率	68.9%				79.2%				45.5%				63.1%				

負荷の変化が激しい施設、使用が短時間に集中しているが常時運転されていた施設など条件はそれぞれ異なるが、相対的に大きな削減効果が得られている。

[3] 照明器具改修

◎照明器具改修の変遷

照明器具の省エネルギー改修については、1990年代にインバーターを採用したHf(高効率)型蛍光灯が開発され、従来の蛍光灯器具からの改修が広く行われた。

その後、2000年代に入り、LED照明器具が実用化された。当初は白熱球の代替であったが、その後、水銀灯やハロゲン灯の用途への対応もできるようになってきた。2010年代に蛍光灯一般照明相当のLED照明器具が開発されたことにより、誘導灯や非常照明を含む、ほとんどの施設照明のLED照明への改修が可能となっている。

表 3-4 削減事例

削減実績	事例1 (LED改修)	事例2 (LED改修)	事例3 (蛍光灯のHf化)	事例4 (照明制御の改善)				
	照明設備 を LED器具 に更新	照明設備及び誘導灯 を LED器具 に更新	蛍光灯器具安定器 を 鉄心式から電子式 に更新	外構照明などの発停回路を用途ごとに細分化し、深夜の点灯箇所を最小限にする。 外部の照明器具425台が全て日没から朝5時までの点灯となっていたが、357台を日没から夜11:30までとした。				
改修概要								
対象器具	一般照明(蛍光灯、水銀灯等)、誘導灯 5,899台 ↓ LED照明器具 5,899台	一般照明(蛍光灯、水銀灯等)221台、 誘導灯32台 ↓ LED照明器具 253台	蛍光灯器具366台 ↓ Hf蛍光灯366台	設置場所	改修前		改修後	
					台数	点灯時間	台数	点灯時間
				建物外壁、外部通路等	249台	11時間	249台	5.5時間/日
				屋外灯	71台		35台	5.5時間/日
							36台	11時間/日
外構植栽	105台	33台	5.5時間/日					
対象時間	12時間／日	8時間／日	15時間／日	72台 11時間/日				
対象日数	268日／年間	310日／年間	306日／年間	365日／年間				
(1)ベースライン消費量(kWh)	4,706,714	212,694	75,940	91,175				
(2)改修後消費量(kWh)	1,588,613	96,971	55,453	50,078				
削減量 (1)-(2)(kWh)	3,118,101	115,723	20,487	41,097				
削減率(%) 2019年度	66.2%	54.4%	27.0%	45.1%				

- ・ Hf 化改修は蛍光灯器具のみが対象であったが、LED 改修は白熱灯、水銀灯、ハロゲン灯及び誘導灯など広範囲の照明器具が改修可能であり、削減効果も大きくなっている。
- ・ 器具の改修を伴わなくとも、制御の見直しを行うことによっても大きな効果が得られている（事例4）。

4. まとめ

施設運営にかかる光熱水費などの「コスト削減」に加えて、世界的な脱炭素化の流れの中、建築設備機器においては 1980 年代後半から急速に拡大したインバーター技術の汎用化に続き、1990 年代後半よりヒートポンプの高効率化が進み、さらに、2000 年代に入ると LED 照明によるほぼ全ての一般照明への代替が可能となるなど、各種機器単体の省エネルギー性能が日々改善されています。

今回の調査の対象とした、各改修工事事例では、これらの省エネルギー機器のスペックが十分効果を発揮されているとともに、事前に、現況の施設の運用状況を改めて調査し、実態に合わせた運用の改善やシステム全体の構成の見直しを実施することにより、より高い省エネルギー効果を得られていることが確認されました。

今後の適時適切な建築設備機器の改修の実施に向けた一つの判断材料となれば幸いです。