

■カーボンニュートラル賞

<b>業績の名称</b>		西南学院中学校・高等学校の自然エネルギー利用		
<b>所在地</b>		福岡県福岡市早良区百道浜1丁目1番1号		
<b>受賞名称</b>		カーボンニュートラル賞 九州支部奨励賞		
<b>カーボンニュートラル賞 選考支部名称</b>		九州支部		
<b>建物概要</b>	<b>延床面積</b>	36030+482.21 (増築分)	㎡	
	<b>階数</b>	地下0階	地4階	塔屋0階
	<b>主用途</b>	学校		
	<b>竣工年月日</b>	2003年1月		
<b>応募 又は 関係 機関</b>	<b>代表応募者・機関</b>	鹿島建設株式会社		
	<b>建築主</b>	学校法人 西南学院		
	<b>設計者</b>	鹿島建設株式会社建築設計本部		
	<b>施工者</b>	鹿島建設株式会社九州支店		
<b>業績の概要</b>	<b>■定性的な実績</b>			
	1) 省エネルギーへの取組み・工夫			
	・維持管理における運用改善 ・自然エネルギー(自然通風、クールアンドヒートチューブなど)の利用 ・10年間の省資源、省エネルギー性の維持改善 ・屋上緑化 ・自然の日除け ・人間センサー省エネ照明			
	2) 低カーボンエネルギーへの転換			
	※該当無し			
	3) 再生可能エネルギー利用・工夫			
	・雨水利用システム			
	4) カーボンクレジット等ならびにその他			
	※該当無し			
	<b>■定量的な実績</b>			
	・一次エネルギー消費量の省エネ率を算定するための参照値(ベースライン)の根拠・出典名			
	社団法人 日本ビルエネルギー総合管理技術協会 建築物エネルギー消費量調査36報(ダイジェスト版) 1,414(MJ/年・㎡)			
	・一次エネルギー消費量の業績の実績値			
	533(MJ/年・㎡)			
	・一次エネルギー換算係数根拠			
省エネ法 9.760(GJ/年・kwh)				
・CO <sub>2</sub> 排出係数〔出典名／電力(t-CO <sub>2</sub> /kwh)〕				
エネルギーの使用の合理化等に関する法律施行規則第四条第三項(最終改正:平成26年3月31日) /0.612(t-CO <sub>2</sub> /千kwh)				
・CO <sub>2</sub> 排出量の合計				
31.4(kg-CO <sub>2</sub> /年・㎡)				
・CO <sub>2</sub> 削減率				
62.0%				
<b>支部選考 委員会選考理由</b>	この建物は「自然エネルギーの利用」を主と考え、北側教室の昼光利用、アトリウムを介した教室の自然換気、アトリウムに配管ピットを用いたクールアンドヒートチューブ利用で空調負荷の低減、又、雨水利用などの複合的な省エネや自然エネルギー利用を約10年間、定量的に出している。10年間のデータは経年劣化や削減効果を把握でき今後の改善に役に立っている、又、自然換気の利用状況を空調機の稼働、吹き降ろしファンの稼働、自然換気稼働状況を比較しシステムの有効性が確認できている。このように長年(11年間)建物施設管理者と設計者が一体となり、施工後のデータ集積により、解析をして、より良いシステムの利用に生かしている事がこの賞の選考理由とする。			

■ 業績の概要とカーボンニュートラル化に係わる取り組みの要旨

西南学院中学校・高等学校の自然エネルギー利用

鹿島建設㈱ 建築設計本部  
 ○大橋 清文  
 原 久美子

1. はじめに

本施設は西南学院大学に隣接する旧キャンパスから百道地区の新キャンパスへ校舎を新築・移転し、2003年4月に開校を迎えた。建築計画の特徴としては、旧校舎のイメージを継承し主要な外壁をレンガ積みとしたこと、教室棟の中央部分に幅10m、長さ40m、高さ19mの大きさをもつ4層吹抜のアトリウムを東西2箇所設け、1階部分の図書館・自習室・コンピューター教室を開放的な空間としたこと、各種外的な環境要因により普通教室を北側に配置していること等が挙げられる。各階平面図を図1-1に示す。

また、自然エネルギー利用として、北側教室の昼光利用（照明制御）、アトリウムを介した教室の自然換気、配管ピットを用いたクールアンドヒートチューブ、雨水利用等を採用して省エネルギー性を継続維持できる建物としている。そして、10年間継続してデータの取得・解析を行った結果、効果の確認ができた。また、これらの自然エネルギー手法の導入により、年間のエネルギー消費量および水使用量を少ない水準で抑えて運用できていることも確認できた。

省エネルギーの取組み・工夫に関して、下記の3点にて説明する。

- ① 建物施設管理者と設計者が一体となった維持管理に関する運用改善
- ② 自然エネルギー利用計画の10年間における性能確認
- ③ エネルギー消費量および水消費量の10年間の省資源、省エネルギー性の維持・改善

2. 施設概要

■ 建築

建物名称	西南学院中学校・高等学校
建築主	学校法人 西南学院
設計	日建・鹿島 設計協働企業体
監理	㈱日建設計
施工	建築：鹿島・清水・竹中・九州建設共同企業 電気設備：㈱九電工 空調・衛生設備：東洋熱工業㈱
所在地	福岡県福岡市早良区百道浜 1-1-1
敷地面積	49,330 m <sup>2</sup>
建築面積	13,346 m <sup>2</sup> +120.17 m <sup>2</sup> (増築分)
延床面積	36,030 m <sup>2</sup> +482.21 m <sup>2</sup> (増築分)
規模	地上4階
構造	RC造(教室棟) SRC造(体育館) S造(駐輪場)
建物高さ	24m
工期	2001年6月1日～2003年1月31日 (増築：2009年1月13日～2010年1月15日)

■ 空調設備

空調方式	ガスヒートポンプパッケージ方式 (GHP) 天井隠蔽タイプ(教室) 床置き壁吹出し(アトリウム) 床置き床吹出し(チャペル)
換気設備	全熱交換器

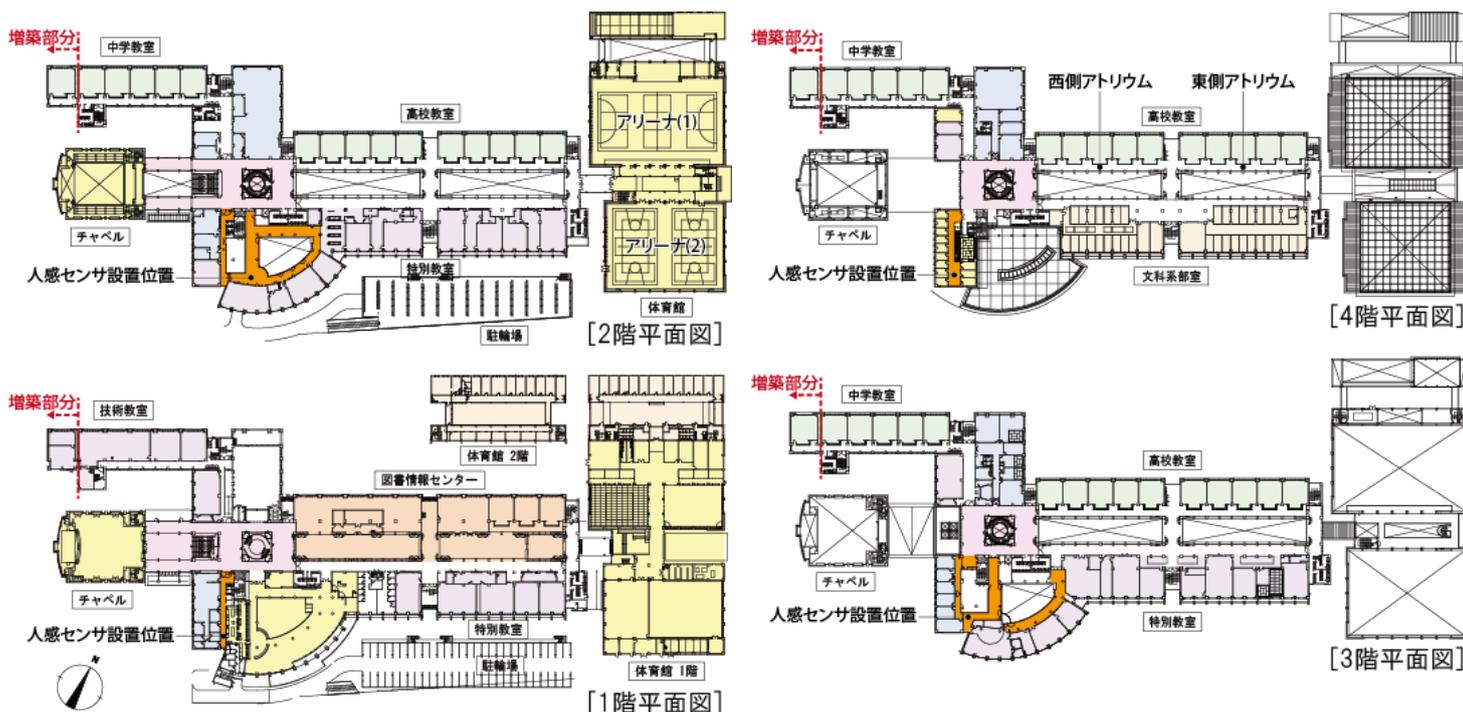


図 1-1 各階平面図

様式 3-1

■ 電気設備

受変電 三相 3 線 6.6kV、60Hz、1 回線受電  
 小学校と同一引込みから高圧分岐(2010 年 1 月以降)

■ 昇降機設備

車椅子用 15 人乗 60m/min 1 台 (1~4 階)

■ 衛生設備

給水方式 受水槽(FRP)+ポンプ圧送方式 (上水)  
 受水槽(地下ピット)+ポンプ圧送方式 (雑用水)  
 給湯方式 ガス瞬間湯沸器 (家庭科教室・理科室・厨房)  
 個別貯湯式電気温水器  
 排水設備 建屋内一汚水・雑用水合流方式  
 敷地内一雨水・汚水分流  
 ガス設備 低压引込み  
 消火設備 屋内消火栓設備、屋外消火栓設備、消火器  
 特殊設備 雨水利用設備、屋外機散水設備

※ 詳細はその他の添付資料-1 に示す。

3. 設計時コンセプト

設計提案競技時の施設計画基本理念の一つとして、**自然と調和した快適環境を創造する**という設計コンセプトを学院に提示し、配置計画・建築計画・設備計画の中にさまざまな自然エネルギー利用手法を盛り込んだ。そのうち、北側教室の昼光利用、アトリウムを介した教室の自然換気、配管ピットを用いたクールアンドヒートチューブ、雨水利用について、その 10 年間の実測結果及び既往文献の学校の一次エネルギー消費量・給水使用量との比較も定量的に示す。

4. 建物施設管理者と設計者が一体となった維持管理に関する運用改善 : ①

施設管理者へのエネルギー使用状況等の報告は、月次報告と年次報告の 2 通りにて対応を行った。月次報告に関しては、使用状況を施設運用にタイムリーに反映して頂くために、表 4-1 に示す通り、2004 年 8 月から開始している。

月次報告はメールにて行い、その月の運用に関するコメント、エネルギー使用量、給水使用量のデータを施設管理者にタイムリーに送付して、運用の参考にして頂くこととした。各データは、その月のデータだけではなく、前の月および前の年のデータも一緒に送付し、先月および前年度と比較してどのような状況になっているのかを施設管理者が把握できるようなことを意図してグラフ作成を行った。図 4-1 に月次コメントの一例を示す。月次報告および解析データは年度毎にデータおよびファイルにまとめて保管して、迅速に過去のデータが閲覧できるようにした。

年次報告は、それぞれの年度の終わりに上記月次報告および

その年度に解析を行ったデータを報告書としてまとめ、学校に訪問して直接に施設管理者および学院関係者に報告を行い、次年度の施設運用の参考にして頂くこととした。年次報告の内容としては、エネルギーの使用状況の報告および建物に導入した自然エネルギー利用技術の効果実績の記載、その年度に行った西南学院中高に関連する受賞資料および雑誌掲載資料等である。図 4-2 に 2007 年度 (5 年目) の報告書目次を示す。

図 4-1 月次コメント

図 4-2 2007 年度 (5 年目) 報告書の目次

5. 自然エネルギー利用計画の 10 年間における性能確認 : ②

本施設には、設計時のコンセプトに示した通り各種の環境配慮手法が導入されている。設計段階ではその効果がどの程度見込めるのかを、各種シミュレーション等にて解析を行っている。<sup>1~2)</sup> また、竣工後 1 年間の計測データを取得して、比較を行った結果、設計段階での予想とほぼ一致した内容となっていたことが確認できた。<sup>1)</sup>

1 年以降も省エネルギー性がどの程度維持できているのかを確認することを目的として、10 年間継続して計測を行った自然エネルギー利用手法について以下に示す。

表 4-1 竣工から 10 年間の変遷

西暦	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
平成	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度	2013年度
年次	竣工年	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目	7年目	8年目	9年目	10年目	11年目
小学校		竣工	開校									
中高			大学がグラウンドとして使用 (灯光器、散水)									
			手洗い水洗のバルブ調整									
			GHPのスケジュール運転									
			廊下照明の間引き									
			1年次報告	2年次報告	3年次報告	4年次報告	5年次報告	6年次報告	7年次報告	8年次報告	9年次報告	10年次報告
			月次報告開始									
							雨水不調装置休止					
								教室増築				
									電力は小学校と同一引込			
小学校									小学校新築			
										開校		

様式 3-2

## 5.1 北側教室の昼光利用効果

### 5.1.1 計測の目的

昼光利用によるエネルギー削減効果の各種実測や検討事例はあるが、10年間連続して、昼光利用による照明用電力削減効果を確認し続けた事例はない。この実測により、経年劣化等を考慮に入れた照明用電力消費量の削減効果の定量的な把握が可能になる。

### 5.1.2 計測結果

10年目の2階の教室の月次昼光利用効果を図5.1-1に示す。照明電力消費量の月次傾向としては、6月まで増加し、8月に減少してその後また増加するという傾向が見られ、8月を除き、約150~220kWh/月室で推移している。8月の照明用電力消費量が少ない理由は、夏休みに入り教室の使用が少なくなったことに起因する。削減効果は、夏期は高く冬期は低い。これは、冬期は日照時間が短いため昼光を利用する時間が少なくなるためと思われる。年が経過するほど、照明用電力の使用量が全体的に増加している傾向となっている。図5.1-2に各年度の教室毎の昼光利用による電力削減効果の推移を示す。北側教室の昼光利用はエネルギー削減に寄与しているが、削減効果としては、初期の削減効果のおよそ半分程度の効果となっている。人工照明を調光することにより、2012年度(10年目)の時点で1教室当たり12.6~18.8%の電力削減効果(312~322.9kWh/年の削減効果)が得られている。削減効果の割合は2011年度(9年目)以降では、どの教室も20%を切った値で推移した。

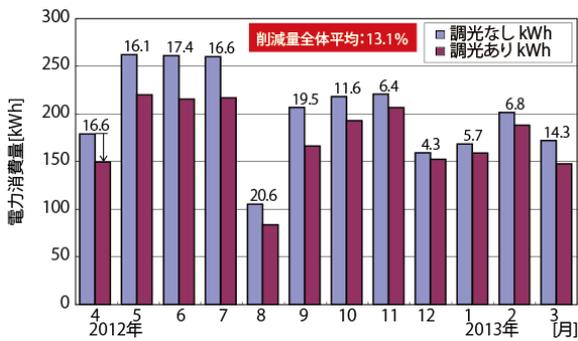


図 5.1-1 3階高2-1 教室エネルギー消費量 (10年)

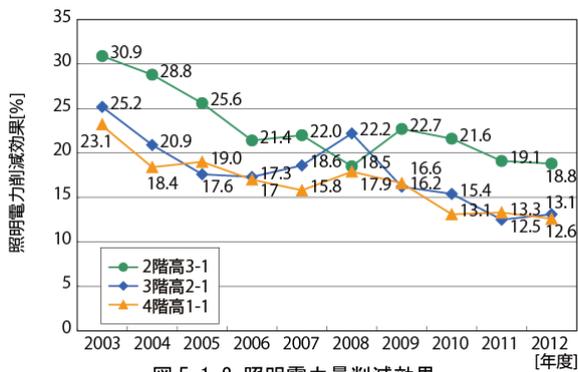


図 5.1-2 照明電力量削減効果

## 5.2 アトリウムの自然換気の効果

### 5.2.1 計測の目的

自然換気により、アトリウムの室温がどのようになっているのか、アトリウム内の機器がどのように稼働しているのかを把握し、計画したアトリウムの計画妥当性および自然換気の有効性を確認する。また、10年間計測を行うことにより、施設管理者がどのような運用を行ったのか、また年間のアトリウム関連機器の稼働イメージを把握することを目的とした。アトリウムの空調換気システム概要を図5.2-1に示す。

## 5.2.2 計測結果

2012年度(10年目)の西側アトリウムの自然換気およびGHP稼働時間の月次積算値を図5.2-2に示す。自然換気に関しては、4~11月まで稼働している。1階のGHPは、通年にて運転しているが稼働時間は少ない。4階のGHPは、ほとんど運転していないことが確認できた。冬期の暖気がアトリウムトップにたまったものを吹きおろすために設置した吹き降ろしファンは、冬期に多少使用されていることが確認できた。

図5.2-3に西側のアトリウム機器運転時間の年次比較を示す。1階GHPの稼働時間は減少傾向にある。2007年度(5年目)がピークとなり、2012年度(10年目)には約500時間の稼働となっている。4階のGHPはほとんど稼働していない。自然換気は、2009年度(7年目)で一時使用を控えているようであるが、年を追うごとに稼働時間が増加していることが分かる。吹き降ろしファンに関しては、2012年度(10年目)から多少稼働しているが、それ以前はあまり稼働していないのが現況である。

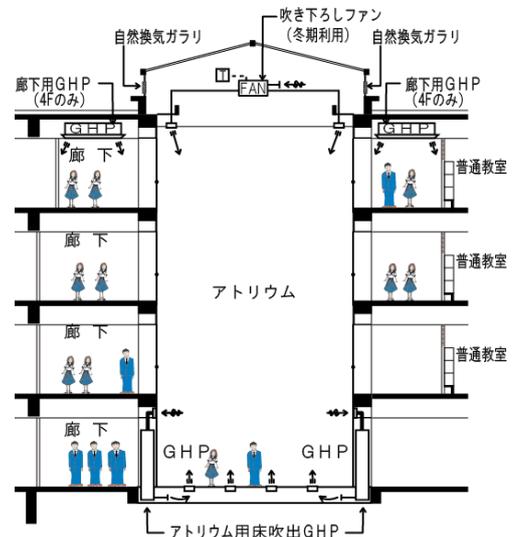


図 5.2-1 アトリウムの空調・換気システム概要

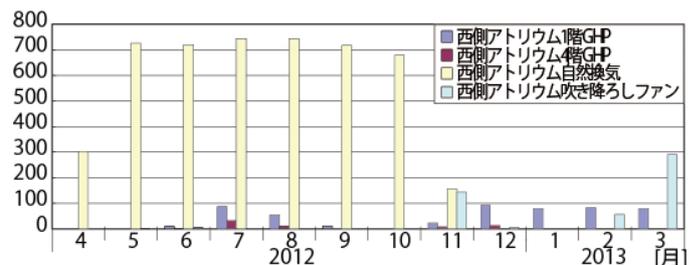


図 5.2-2 西側アトリウム自然換気・GHP稼働時間の月次積算値 (10年目)

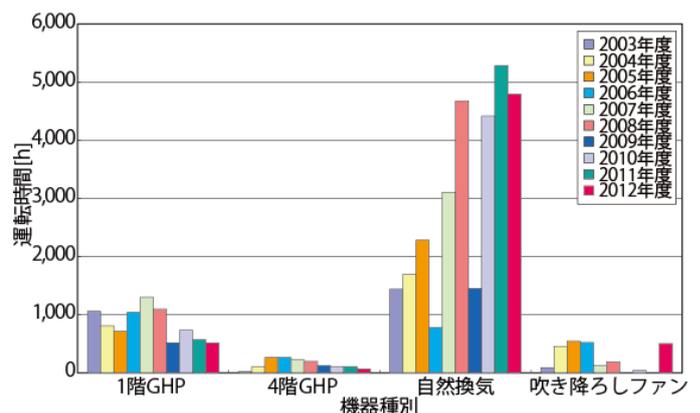


図 5.2-3 西側アトリウム機器運転時間の比較 (2003~2012年度)

### 5.3 クールアンドヒートチューブの冷却・昇温効果

#### 5.3.1 計測の目的

10年間計測を行うことにより、クールアンドヒートチューブの以下に関する内容に関して確認把握を行った。

- ・クールアンドヒートチューブの年間温度推移
- ・クールアンドヒートチューブの効果確認
- ・クールアンドヒートチューブの経年使用によるチューブ温度への影響確認

クールアンドヒートチューブの設置状況を写真5.3-1に示す。

#### 5.3.2 計測結果

図5.3-1に10年間の月毎のクールチューブの稼働時間を示す。稼働の傾向としては、3~4月までの中間期は、当初稼働時間が多かったが、年次を重ねるごとに稼働時間が少なくなっている。5~10月の稼働時間は、年次を重ねるごとに増加傾向にある。6~9月までの冷房時期にはチューブに効果が活用できていることが伺える。10月も運転していることに関しては、改善の余地があると考えられる。

図5.3-2に2012年度(10年目)のクールアンドヒートチューブのファン運転時の外気温度とチューブ出口温度の関係を示す。外気温度が5°Cの時に最大1.3°C(ただし、外気温度が5°Cの時にはクールチューブはほとんど稼働していない)、冷却効果は、外気温度が30°Cの時に最大1.3°Cである。また、冷却と昇温が変わる変曲点の温度は、20°Cとなっている。年度によって相関図の昇温と冷却の変曲点は20~25°Cと大きなばらつきがある。昇温効果および冷却効果も減少傾向にあることが分かった。特に冬期の昇温効果の減少が大きいことが分かった。経年の使用により、夏期のチューブ稼働はほとんど同様であるのに対して、冬期のチューブ稼働が相関図の低温部分のプロット数を見ても明らかに減少している。冬期は、低温の外気をチューブで昇温しても室温から見れば吹き出す空気は5°Cの外気の場合1.3~2.9°C程度しか昇温しない。5°Cの外気が6.3~9.2°C程度になっても寒いままの吹き出し空気には変わらないので、あまり使用されなくなってきたと考える。

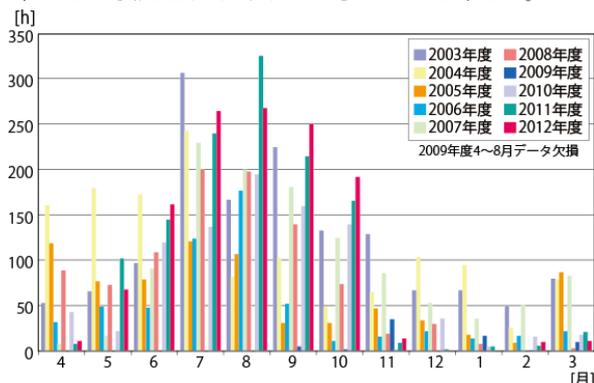


図 5.3-1 月毎のクールアンドヒートチューブ稼働時間



写真 5.3-1 チューブ内の状況

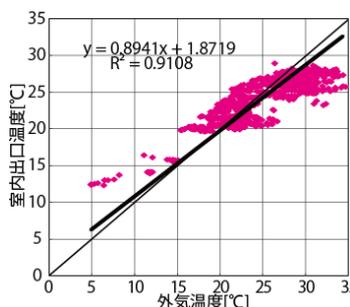


図 5.3-2 外気温度とチューブ出口温度の関係 ファン運転時(10年目)

### 5.4 雨水利用の効果

#### 5.4.1 計測の目的

雨水利用は年間の降雨量とも関係があるので、1年間のみのデータでは、利用効果を定量的に決定することが難しいと考えた。そこで、10年間継続で計測をすれば、平均的にどの程度の雨水利用状況があるのかを確認できるために、継続的な実測を行った。雨水利用システム概念図を図5.4-1に示す。

#### 5.4.2 計測結果

図5.4-1に2012年度(10年目)の建物全体の給水使用量と雨水利用量を示す。雨水利用量は95~579 m<sup>3</sup>/月であり、中水使用量(便所洗浄水)の内の18~100%を占めている。

図5.4-2に雨水利用率の推移を示す。2008年度(6年目)には雨水利用が0 m<sup>3</sup>であるのは、黄砂の影響で雨水ろ過水に濁りが出たために表4-1に示す通り、約1年半一時的に雨水ろ過装置を停止していたためである。それ以外の年度で雨水利用の効果を確認すると、雑用水使用量の内の33%(2009年度)~74%(2004年度)の高い値で推移しており、年間の雨水利用量も、1,699 m<sup>3</sup>(2005年度)~3,616 m<sup>3</sup>(2011年度)で推移している。10年間の平均としては、雨水の割合は46%であり、雑用水の約半分が雨水により賄えている。よって、雨水利用による節水効果は経年でも高いこと、また年度によって雨水利用量にばらつきがあることが確認できた。

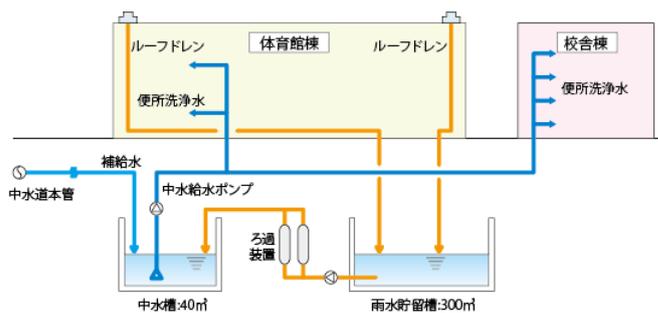


図 5.4-1 雨水利用システム

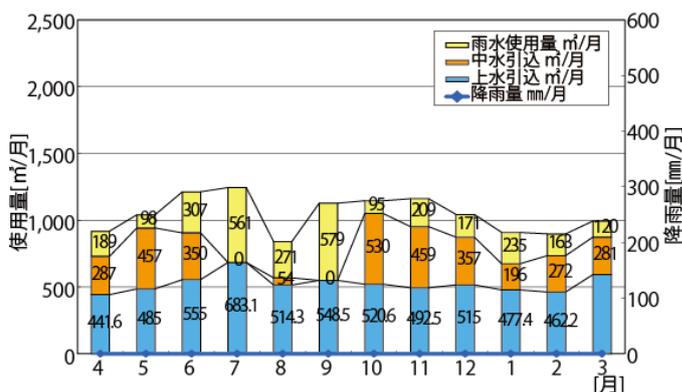


図 5.4-2 建物全体の給水使用量と雨水利用量(10年目)

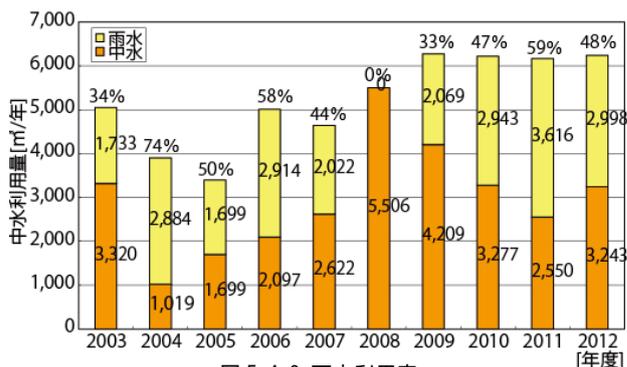


図 5.4-3 雨水利用率

## 6. エネルギー消費量および水消費量の10年間の省資源、省エネルギー性の維持・改善：③

水使用量、ガス消費量、電力消費量の月次推移および一次エネルギー、水使用量の年次推移のグラフは、メールによる月次報告時に毎月添付して、過去の使用量と比較して、現況がどうなっているのかを施設管理者に認識してもらい、**省エネルギー性の維持・改善に活用**した。

### 6.1 給水量

図6-1に水使用量の年次推移を示す。10年間を通して、水使用量の大きな変化はないが、6年目(2008年度)までは上水の方が使用比率が多かったが、それ以降は、雨水と中水を合わせた便所洗浄水の使用比率は約50%まで上昇している。水使用量合計は、2007年度(5年目)を境に減少傾向にあり、2009年度(7年目)以降約12,000 m<sup>3</sup>/年の使用量で安定している。学校にての節水努力が想定される。表4-1に示した通り、大学がグラウンド利用を2007年度(5年目)に中止したために、グラウンド散水が減少して水使用量が削減したことが主要因であると考えられる。中水使用量に関しては年次毎の降雨量の変動によって異なるが、おおよそ2,000~4,000 m<sup>3</sup>/年で推移をしている。上水使用量は、2007年度(5年目)以降急激に減少しており、大学がグラウンド利用を中止したこと以外でも、施設管理の節水意識が伺える。

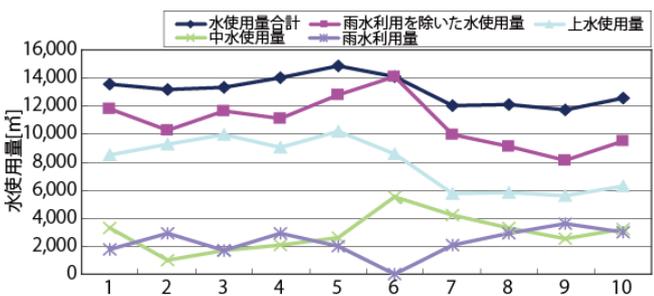


図6-1 水使用量の年次変化

### 6.2 ガス消費量

図6-2にガス消費量の10年間の毎月の推移を示す。空調方式がGHPであるので、ガス消費量の全体使用量の内85~90%が空調用で使用されている。2007年度(5年目)が突出していることを除いて、緩やかな増加傾向となっている。2007年度のガス消費量が多いのは、GHP稼働が他の年と比較して多いためである。厨房用のガス消費量は、2003年度(1年目)から2005年度(3年目)までは緩やかに減少して、それ以降は約1,000 m<sup>3</sup>/年で推移しており安定している。厨房以外のガス消費量とは、シャワー用のガス給湯器や理科実験室や家庭科室での使用するガスのことである。ガス消費量が2006年度(4年目)以降急激に減少している。当初はガス給湯器の配管内の温度確保のために夜間も配管内の水を循環させて、ガス給湯器にて常時昇温を行っていたが、2006年度(4年目)の月次報告にて施設管理者からの運用確認および提案により2007年度(5年目)以降、夜間はこの循環を停止したために削減することができた。

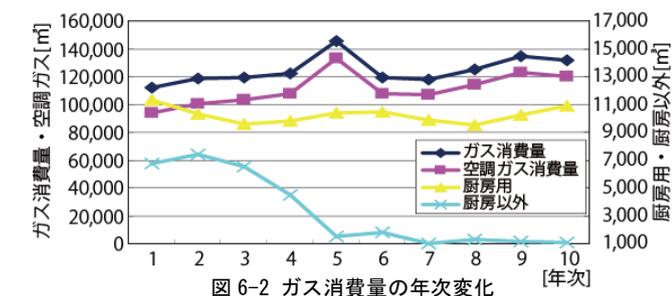


図6-2 ガス消費量の年次変化

### 6.3 電力消費量

図6-3に電力消費量の10年間の毎月の推移を示す。電力積算値としては2004年度(2年目)で減少するが、2007年度(5年目)まで増加傾向にあり、その後減少しながら約1,400,000 kWh/年で推移している。2007年度(5年目)までの増加の要因としては、表4-1中に示した大学のグラウンドの灯器の使用が関係していると思われる。また、2007年度(5年目)より行っている人感センサの設置や廊下ホール等の照明のタイムスケジュール運用も削減に寄与していると考えられる。最大電力に関しては、2007年度(5年目)の580kWが最大で、それ以上の値は出ていない。

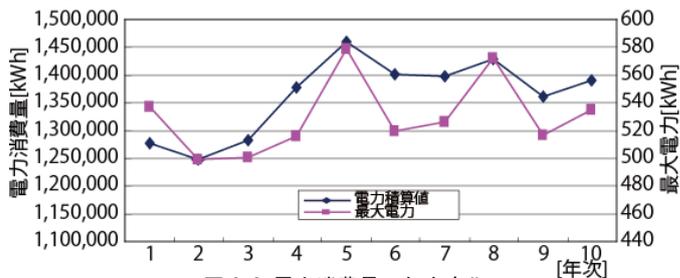


図6-3 電力消費量の年次変化

### 6.4 一次エネルギー消費量と水使用量の比較

比較の対象として、一般社団法人日本ビルエネルギー総合管理技術協会のHP<sup>3)</sup>に記載の学校のデータを採用した。

#### 6.4.1 一次エネルギー消費量の比較

図6.4-1に10年目(2012年度)の一次エネルギーの比較を示す。他のデータと比較をしやすいようにするために、延面積当たりの一次エネルギー消費量としている。前出のHP<sup>3)</sup>に記載の学校の一次エネルギー消費量のデータは、1,414 MJ/m<sup>2</sup>年であるのに対し、10年経過した2012年でも1次エネルギー消費量は533.3 MJ/m<sup>2</sup>年と低い値となっており、当施設は非常に少ないエネルギーにて運用できていることが改めて確認できた。一次エネルギー消費量の比率としては、普通教室以外の電力消費量が全体の70%程度を示していることがグラフより分かる。

#### 6.4.2 水使用量の年次比較

図6.4-2に10年目(2012年度)の水使用量の比較を示す。水使用量も他のデータと比較をしやすいようにするために、延面積当たりの水使用量としている。前出のHP<sup>3)</sup>に記載の学校の水使用量は、0.64 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>年であるので、当施設は10年を通して非常に少ない水使用量にて運用できていることを改めて確認できた。

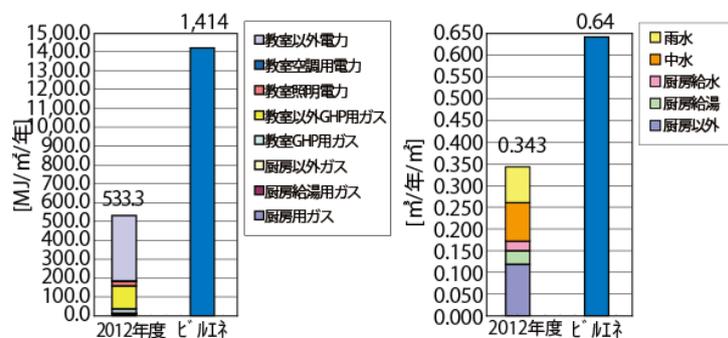


図6.4-1 一次エネルギー比較

図6.4-2 水使用量の比較

#### 【参考文献】

- 1) 高山、大橋 西南学院中学校・高等学校の自然エネルギー利用結果、クリーンエネルギー p37-44 日本工業出版 2005年5月
- 2) 日本建築学会=編 建築設計資料集成 環境 p191 丸善 2007年1月
- 3) 社団法人 日本ビルエネルギー総合管理技術協会 建築物エネルギー消費量調査36報 (ダイジェスト版) <http://www.bema.or.jp/data.html>