

関西大学 高槻ミュージックキャンパス
 ~ 社会貢献型都市キャンパスを目指した環境・設備計画 ~
 TAKATSUKI MUSE Campus of Kansai University

~ Environmental Campus Design in Conscious of the Local Community ~

株式会社 竹中工務店 大阪本店設計部
 Design Department, Osaka Main Office, Takenaka Corporation
 布上 亮介、世利 公一
 Ryosuke HOGAMI, Kouichi SERI

キーワード : 安全・安心のまちづくり (Community Development of Safety and Security) 安全・安心のキャンパスづくり (Creating Safety and Security Campus) エコキャンパスづくり (Creating Ecological and Sustainable Campus) 社会貢献(Contribution to Community)、コージェネレーション (Combined Heat and Power)

1. はじめに

関西大学高槻ミュージックキャンパスは、JR高槻駅北東地区開発事業の一つに位置づけられ、一体的なまちづくりとともに進められてきた。本キャンパスは、小学校、中学校、高等学校、大学、大学院、生涯学習センターを一つの建物に併せ持つ、他に類を見ない総合教育施設である。「社会貢献型都市キャンパス」を目指し、多くの施設を地域開放するとともに、災害時には防災拠点となるべく、避難所機能を備える計画とした。計画にあたり、以下の3つの基本コンセプトを掲げた。

1. 「安全・安心のまちづくり」 …… 地域防災拠点としての設備機能の確保
2. 「安全・安心のキャンパスづくり」 …… 児童、生徒、学生の安全・安心の確保
3. 「ECOキャンパスづくり」 …… 環境配慮技術の積極的採用とエネルギーの有効活用

建物概要

建物名称 : 関西大学 高槻ミュージックキャンパス
 建築主 : 学校法人 関西大学
 所在地 : 大阪府高槻市白梅町7番1号
 建築面積 : 7,759.14 m²
 延床面積 : 53,033.96 m²
 階数 : 東館・西館 地上13階、塔屋1階
 北館 地上4階
 構造 : 東館・西館 鉄骨造
 北館 鉄筋コンクリート造
 用途 : 学校
 工期 : 2008年11月~2010年2月



写真 1 建物外観

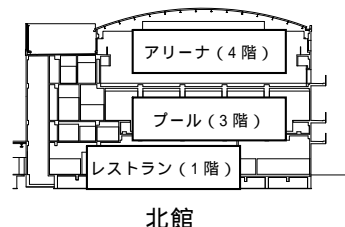
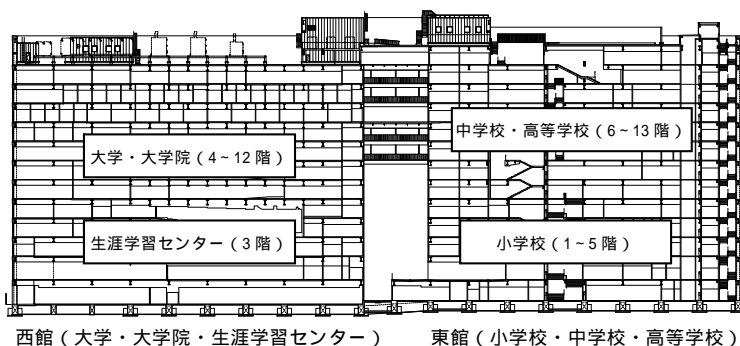


図 1 建物断面図

2. 安全・安心のまちづくり

東日本大震災以降、BCP（事業継続計画）に対する関心が強まっているが、本件はそれ以前から地域防災拠点としての設備機能を確保する考えをいち早く取り入れ、実践してきた。

当時は阪神淡路大震災や新潟中越地震の経験から、避難所と避難生活の実態が調査された文献が多くあった。その中で、ライフラインが断たれことが避難所の生活環境に困難を極めさせたひとつの要因であることが、アンケート調査からも読み取れた。

そこで、地域の防災拠点として、まず電気、上下水のインフラ設備の強化に取り組んだ。避難所は北館のアリーナと武道場とし、緊急避難所用間仕切りユニット（写真2）をレイアウトし、災害時収容人員を約400人と想定した。



写真 2 緊急避難所用間仕切りユニット

2 - 1 災害時に必要な電力の確保

災害時の停電対策として、受電方式の多重化を図った。信頼性の高い特別高圧電力を2回線で受電し、特別高圧電力とは別供給ルートでの高圧受電を行った。特別高圧電力が2回線とも停電した場合に高圧受電に切り替わり、保安負荷系統に電力の供給を行う。さらに特別高圧電力及び高圧電力のどちらとも停電した場合、コージェネレーション設備による保安負荷系統への電力供給が可能なシステムを構築した（図2）。

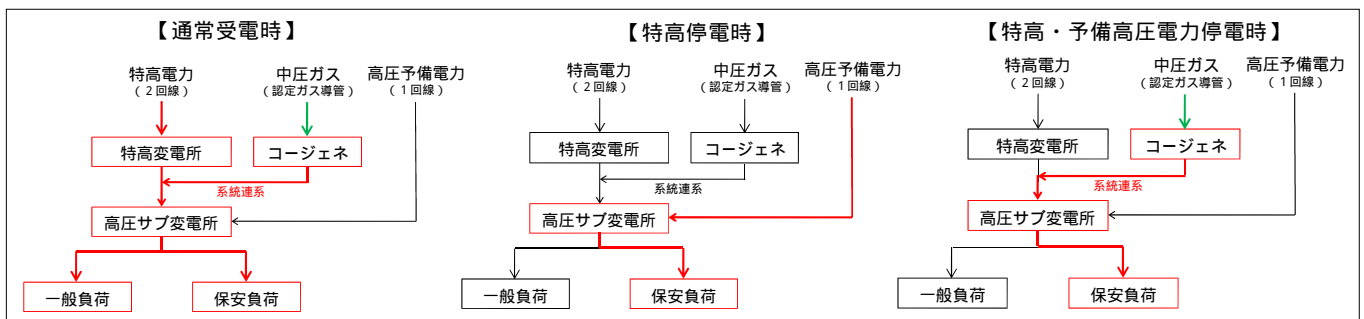


図 2 停電時のフロー図

導入した非常用発電機兼用コージェネレーション設備は、防災拠点としての保安電源や火災時の非常電源だけでなく、日常の商用電力使用量を抑え、空調負荷や給湯負荷へ排熱を利用することで、エネルギーを有効に活用するシステムとしての役割も担っている。

コージェネレーション設備の燃料である中圧ガス導管は、ガス会社と連携し、（社）日本内燃力発電設備協会のガス専焼発電設備用ガス供給系統評価の400gal相当の地震動に対する性能評価を受け、建物内に引き込む計画とした。認定ガス導管は大阪府堺市～東大阪市までが認定済区画であったが、本キャンパスの建設に当たり、東大阪市～高槻市までの導管の認定を取得した（図3）

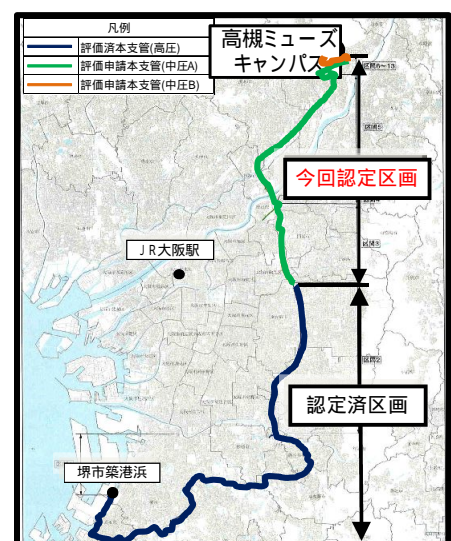


図 3 認定中圧ガス導管の供給ルート図

2 - 2 避難所の居住環境に配慮した計画

災害時に避難所となる北館のアリーナ、武道場の居住環境を快適にするため、前述したコージェネレーション発電機の保安負荷に部分的な照明と空調を見込み、付属する熱源機器や冷却塔、ポンプ類

も発電機負荷とした。北館のトイレ、シャワー室は災害時使用可能とし、加圧給水ポンプを発電機回路とするとともに、シャワー給湯についてはコージェネレーション発電機の排熱を利用する計画とした。

災害時に対策本部となるインフォメーションセンターとマルチミーティングルームは照明、コンセントを発電機負荷とした。

表 1 停電時保安負荷リスト

災害時解放エリア	設備機能					備考	
	照明	コンセント	給水	排水	空調		
西館	インフォメーションセンター			-	-	-	災害対策本部予定室
	マルチミーティングルーム			-	-	-	
北館	武道場	(50%)	-	-	-	-	
	アリーナ、ステージ	(25%)	-	-	-	-	
	災害備蓄倉庫	(50%)	-	-	-	-	
	シャワー室		-	-	-	-	
	トイレ		-	-	-	-	
	廊下	(50%)	-	-	-	-	

2 - 3 給水の確保

阪神淡路大震災における水道の復旧状況は、震災発生後約1か月には80%であった(参考文献: 阪神・淡路大震災における避難所の研究)。文献を踏まえ、400人30日分の生活用水を確保する計画とした。飲用水については、災害発生3日後からペットボトルが支給され続けるものとして、災害用生活水源容量の設定を行った。

生活用水となる水源には、受水槽・貯湯槽内の保有水に加え、大きな貯水源であるプールの水を浄化し、災害時に生活用水として使用できるシステムを導入した。浄化された水は、避難所となる北館のトイレに設けた非常水栓に供給を行っている。また、給水車用の送水口を設け、受水槽への給水補給を可能とした(図4)

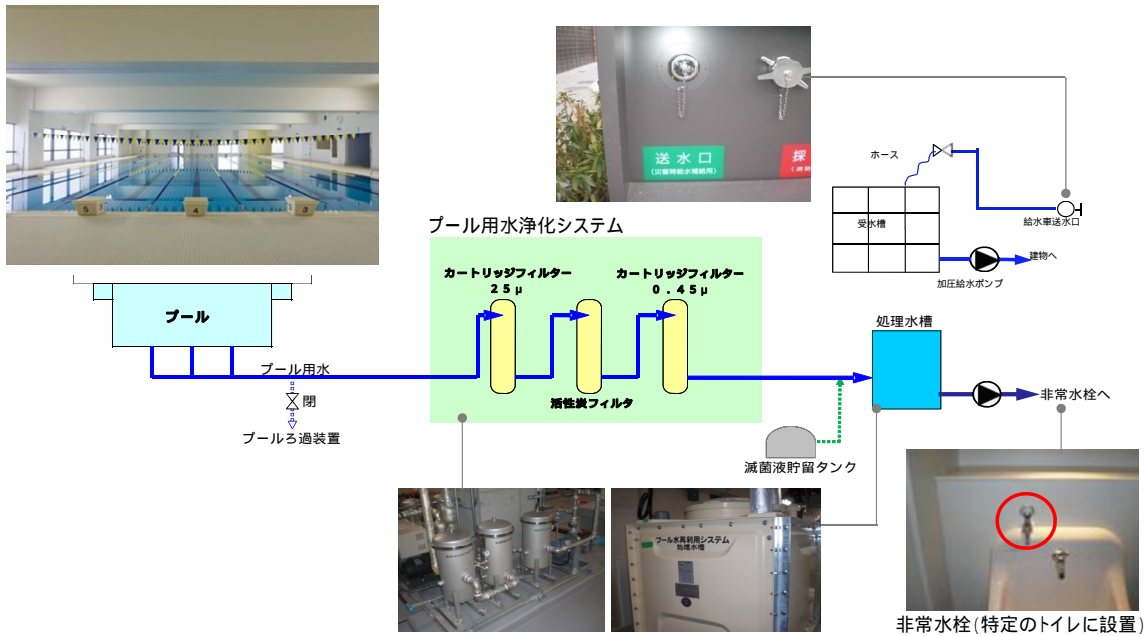


図 4 災害時給水フロー図

2 - 4 排水の確保

災害時の下水本管断絶時の対策として、構内に汚水貯留槽、雑排水貯留槽を設けた。災害発生1週間後にはバキュームカーが到着するものと想定し、約400人、1週間分の汚水、雑排水を貯留可能な計画とした(図5)。災害時に使用する小便器や手洗い器については、停電時でも稼働できるよう、自己発電型の水栓を設置した。

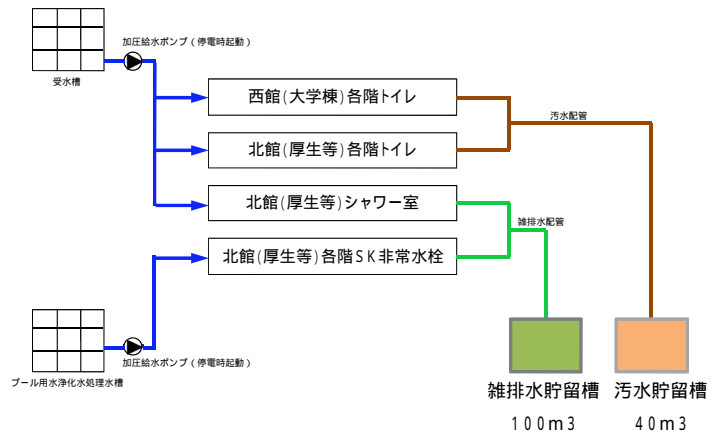


図 5 災害時排水フロー図

2 - 5 災害備蓄倉庫

北館3階に約340㎡の災害備蓄倉庫を設け、災害時の食料、飲用水ペットボトル、避難テント、組み立て式マンホールトイレ等を備蓄している。災害が発生した場合に公的援助が開始されるまでに3日を要すると想定し、3日分の非常食を備蓄している。(写真3、4)



写真3 災害備蓄倉庫



写真4

組立式マンホールトイレ

3 . 安全・安心のキャンパスづくり

3 - 1 セキュリティの確保と防災設備の充実

児童・生徒の安全・安心を確保する為に、防犯・防災設備を充実させた。防犯設備はITV、緊急警報、入室管理等をはじめ、小学生を対象とした登下校通知設備（RFIDタグを検知し、登下校情報を管理できる設備）を設置した。(図6)

防災設備は、本キャンパスが一般市民に対して一部地域開放されることから、全館にスプリンクラー設備を設けている。また、一次安全区画の非常用エレベータ附室や廊下には機械排煙設備を設け、避難時の安全性を確保した。

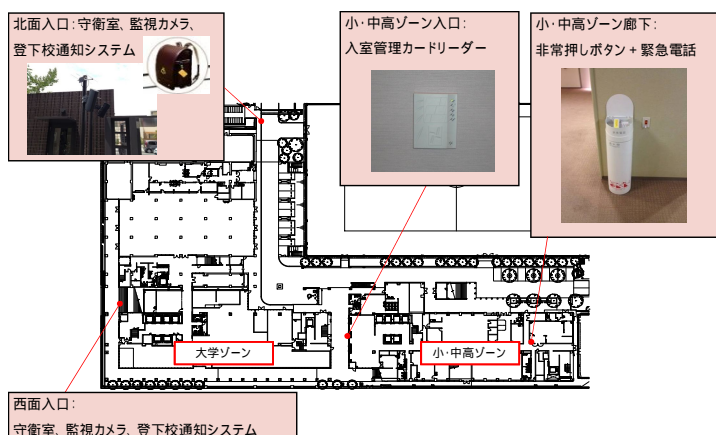


図6 校内セキュリティ設備

3 - 2 地域防災拠点を考慮した消防計画

本キャンパスは幅広い年齢層の人間が混在する他に類のない総合教育施設である。この特殊な建物特性を考慮した上、火災や地震を想定して、弱者（小学生など）も含めた順次避難計画のケーススタディを行った。地域防災拠点としての災害を想定したインフラ整備計画やキャンパスの順次避難計画は、建築主が作成した地震対応マニュアルや自衛消防計画などに反映され、運用されている。毎年実施されている高槻市との合同防災訓練では、出火階を想定し、消防はしご車による救出訓練、消火栓の放水訓練、生徒・学生・教職員の避難訓練が行われている。(写真5)



写真5 高槻市との合同防災訓練

4 . ECO キャンパスづくり

4 - 1 コージェネレーション設備

熱源構成は排熱投入型ガス吸収式冷温水発生機と空冷ヒートポンプチラーによるガス・電気のベストミックスを計画した。

コージェネレーション設備で発電した電力は、系統連系して建物使用電力のピークカットに貢献している。排熱は冷暖房（排熱投入型ガス吸収式冷温水発生機）、温水プールの昇温、厨房給湯、シャワ

ーに利用している。コージェネレーション設備からの排熱温水は、冷暖房及び給湯熱源として利用している。排熱温水配管は、需要が安定している冷暖房熱源に優先利用できるよう負荷に対して並列回路を構成し、コージェネレーションシステムの総合効率を高く維持できるよう配慮した（図7）。

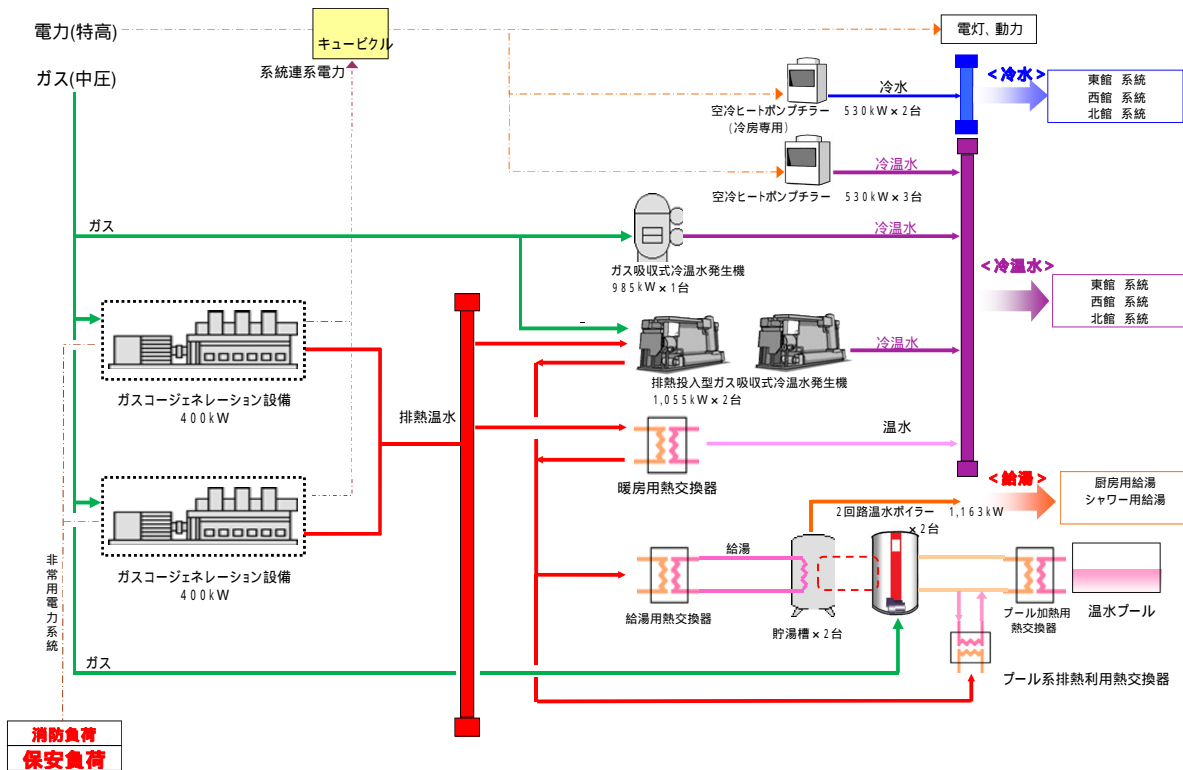


図7 熱源系統図

4-2 照明・空調エネルギー低減への取り組み

各教室の照明は、初期照度補正 + 明るさセンサー付の照明を全面的に採用した。トイレ及び廊下は人感センサーによるON・OFF制御とし、照明用電力使用量の低減を図った。また、トイレにはLED照明を採用している。（写真6、7）

大空間で大人数を収容する講堂（西館5階のミュージックホール、北館4階のアリーナ等）はCO2センサーによる外気量導入制御を行い、外気負荷の低減を図った。さらに、外気冷房制御を取り入れ、中間期や冬季の冷房負荷の削減に努めた。

1階の図書館系統の空調機外気取り入れは、地下ピットを通過するクールダクト（約100m）により供給されている。ダクト材質は耐久性や熱伝導性を考慮し、合金めっき鋼板製としている。（図8）



写真6 明るさセンサー連続調光器具

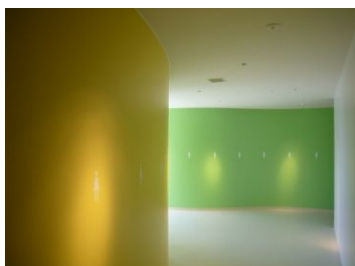


写真7 LEDダウンライト



クールダクト(地熱)による外気負荷低減

<西棟>

<東館>

図8 クールダクト概略図

4 - 3 自然エネルギーの積極的採用

自然エネルギーを積極的に活用する為、屋上に太陽光発電パネル(定格10kW)、グラウンド部に風力発電機(定格1kW)を3本設置した。それぞれ、建物の電力に系統連系している。また、屋上は緑化を行い、ヒートアイランド現象の抑制に努めるとともに、下階の冷暖房負荷の低減を図った。(写真8)

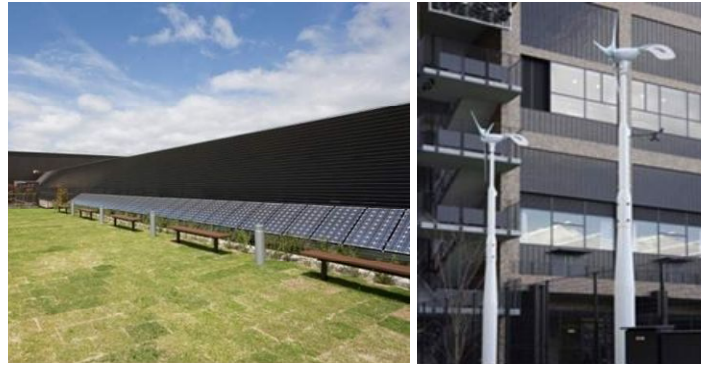


写真8 太陽光発電と風力発電設備

4 - 4 水資源の確保

雨水利用設備を設置し、植栽の散水、水景設備の補給水に利用している。衛生器具は節水型器具を全面的に採用した。また女子用大便器は、小便・大便をセンサーが判別し、洗浄水量を自動調節する装置を導入した。(写真9)



写真9 節水対策設備

4 - 5 BEMS の設置と見える化

環境配慮技術の省エネ効果の確認と、運用後の省エネ対策のためBEMSを導入し、用途別の電力量、ガス使用量を細かく計量する計画とした。導入したBEMSにより竣工後も建築主とともにデータ分析を行い、省エネ効果の検証を可能とした。また、大学エントランス部、小学校エントランス、中高エントランスに設置した50インチプラズマディスプレイに、太陽光、風力発電等のエネルギー量を表示するとともに、本キャンパスの防災拠点としての取り組み内容を見える化した。生徒・学生の教育にも役立っている。(図9)

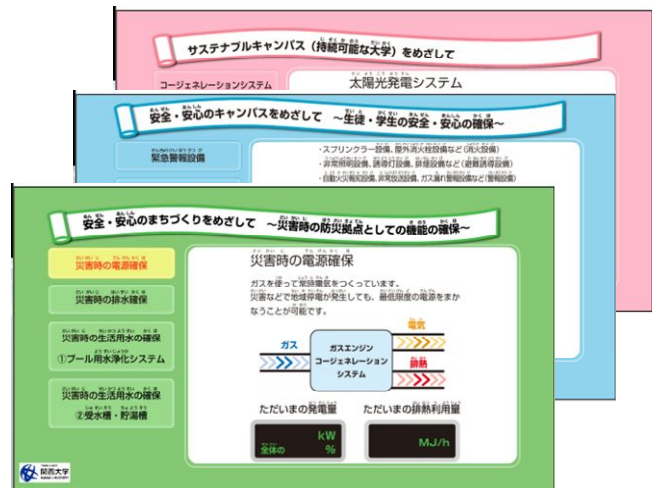


図9 見える化(モニター表示例)

5 . BEMS 実績データに基づく検証

5 - 1 コージェネレーション運転実績

デマンド発生日(2012年7月19日)の時刻別電力消費量を図10に示す。コージェネレーション発電機の運転時間は8時から20時であり、最大需要電力量は14時の1400kWとなっている。コージェネレーション設備の発電により、約60%の電力ピークカットを達成できた。

年間効率を図11に示す。発電効率は安定して40%を超えており、安定した電力を供給できている。年間を通しての総合効率は60%程度となっており、コージェネレーション設備としての効果は十分発揮できていると考えられる。

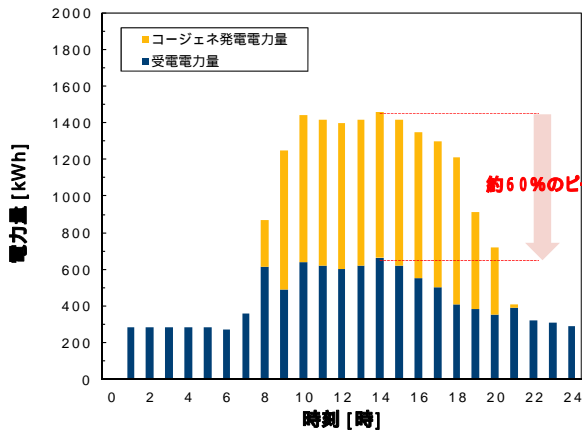


図 10 デマンド発生日時刻別電力消費量 (2012年7月19日)

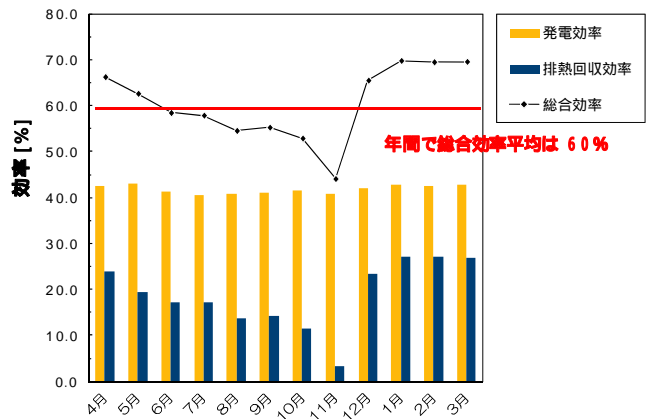
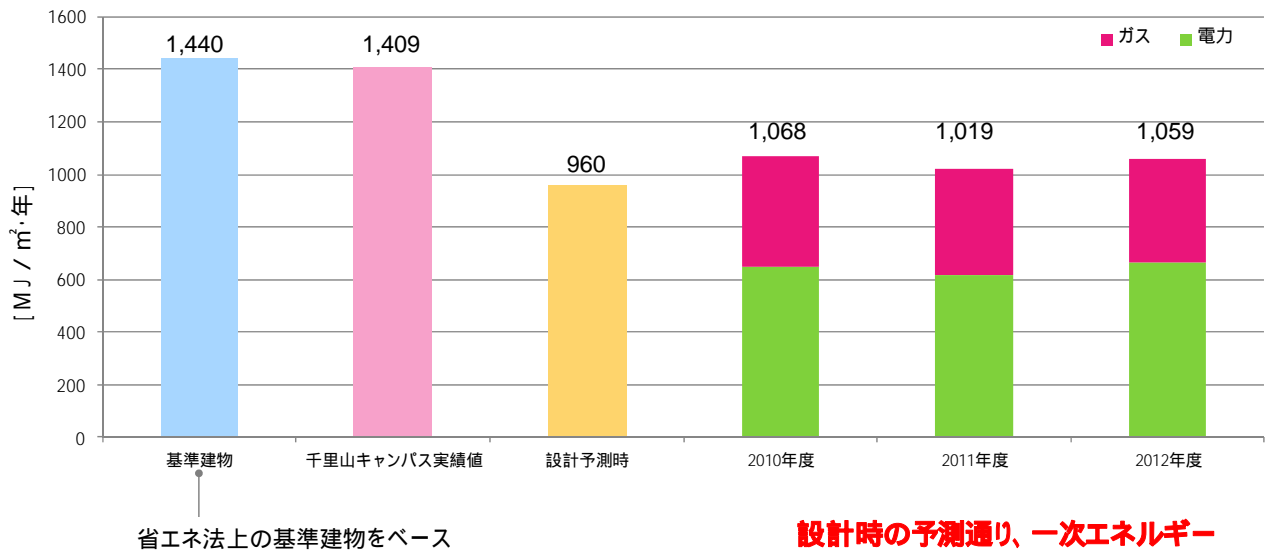


図 11 コージェネレーション設備の年間効率 (2012年4月~2013年3月)

5 - 2 一次エネルギー削減量

2012年度の一次エネルギー消費量の実績は、基準建物や既存キャンパス実績値に比べ、設計予測時とほぼ同様に30%近く削減することができた。(図12)



省エネ法上の基準建物をベース

設計時の予測通り、一次エネルギー消費量約30%低減を実現している

図 12 一次エネルギー消費量 (設計予測値、実績値に対する比較)

6. まとめ

「社会貢献型都市キャンパス」を目指した環境・設備計画に取り組んできた結果、以下の成果を上げることができた。

1. 「安全・安心のまちづくり」を目指し、災害時を想定した電気、上下水のインフラ整備計画を立案し、地域防災拠点としての設備機能確保を実現できた。
2. 「安全・安心のキャンパスづくり」を目指し、幅広い年齢層の人間が混在する建物のセキュリティ計画や順次避難計画を立案し、生徒・学生の安全・安心を確保した。計画内容は建築主が作成する地震対応マニュアルや消防計画、高槻市との合同防災訓練に一部活用された。
3. 「ECOキャンパスづくり」を目指し、様々な環境配慮技術を取り入れ、一次エネルギー消費量を基準建物よりも約30%低減することができた。