

京都水族館における環境共棲技術 Environmental technology in the Kyoto aquarium

大成建設株式会社設計本部設備設計第一部
Taisei Corporation, M&E Engineering I, Design Division

斧田 浩一
Koichi ONODA

キーワード：省 CO2 (CO2 Emissions)、内陸型水族館 (Inland Aquarium)、蓄熱 (Heat Storage)、人工海水 (Artificial sea water)、再利用水 (Reuse Water)

1. はじめに

京都水族館は、京都市民の憩いの広場である梅小路公園の一角に計画された、国内最大級の内陸型総合水族館である。「水と共につながる、いのち。」をコンセプトに運営するこの水族館は、低炭素社会実現の為に国土交通省より選定された「環境モデル都市」京都にふさわしい環境配慮型的水族館を目指して計画された。

水族館の設備にはイルカ水槽を利用した蓄熱システムや太陽光発電、BEMS の利用などの省 CO2 技術を採用している。さらに水槽水処理設備では、水槽補給に使用する海水を全て人工海水としているほか、逆洗排水の洗浄水の再利用なども取り入れている。

今回は、採用した主な建築環境設備、水処理設備を紹介する。

2. 建築概要

計画地は、京都駅の西約 800m にある梅小路公園（約 12.5ha）の北側の一角に位置し、水族館の南側には公園の広大な芝生広場が広がっている。

建物の計画に当たっては、芝生広場との関係を重視し、施設南側に屋外展示部分を多く設けることで、芝生広場との連続性に配慮した構成としている。そして水族館の屋外展示スペースと芝生広場とを緩やかに仕切ることを意図して、南面ファサードには「水の膜」をイメージしたガラスウォールを採用している。

ガラスウォールにはスリットが設けられ芝生広場からの風が通り抜けることが可能である。展示動線は、水・緑・光・風を感じながら各ゾーンを立体的に巡れることを意識して計画している。

また建物外壁は、断熱と遮音性を重視して極力開口部を少なく計画し、南側の開放性に配慮しながらも外皮負荷削減（PAL 値低減）に努めている。

写真1 建物全景



表1 建物概要

建築概要

建物名称：京都水族館
建築主：オリックス不動産株式会社
設計監理：株式会社東洋設計事務所
大成建設株式会社一級建築士事務所
所在地：京都府京都市下京区観喜寺町35番地の1ほか
建築面積：5948.25 m²
延床面積：10974.29 m²
最高高さ：14.97m
構造：鉄筋コンクリート造
階数：地上3階 塔屋1階
施工：大成建設(株)関西支店
工期：2010年7月～2012年1月

3. 採用した環境技術

3.1 複合型熱源システム

本建物には、外調及び水処理温調用共用として、高効率型空冷ヒートポンプモジュールチラーと氷蓄熱空冷ヒートポンプチラーを採用した。

熱源システムは、容量の異なる空冷ヒートポンプチラー3台と氷蓄熱空冷ヒートポンプチラーを並列に容量制御を行う方式とした。熱源の効率化、ピーク負荷の削減、負荷平準化のために、熱源容量のおよそ6割を占めるイルカプールの温調を夜間にのみ行うことで熱源全体の

ピークシフトを行う計画とし、熱源容量削減を図った。イルカプール自体を蓄熱槽とし、夜22時から朝6時まで蓄熱運転を行い、昼間は原則温調を行わないこととした。

1日の水槽温度変化は、実測の結果から夏期ピーク時2℃、冬期で1℃程度で推移しており、当初の想定2~3℃よりも熱取得・損失が比較的少なく、イルカへの負担もなく水槽の蓄熱利用ができた(図2、3)。また図4、5に夏期及び冬期の熱源負荷内訳を示す。夜間のみのイルカ水槽への温調により、ピークカット及び熱源容量の削減を実現できた。

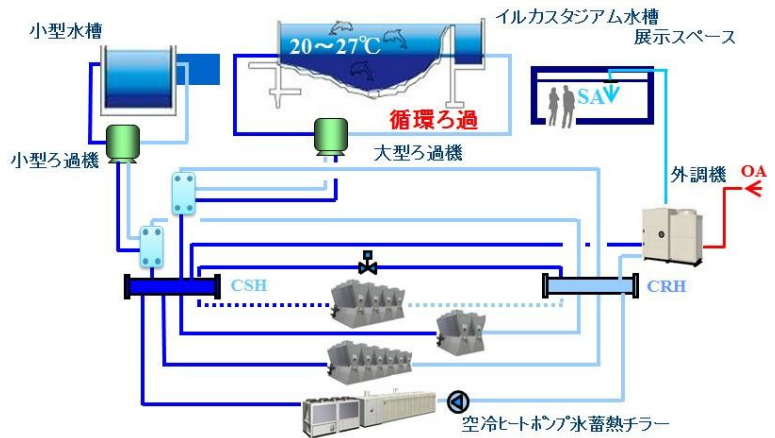


図1 熱源フロー

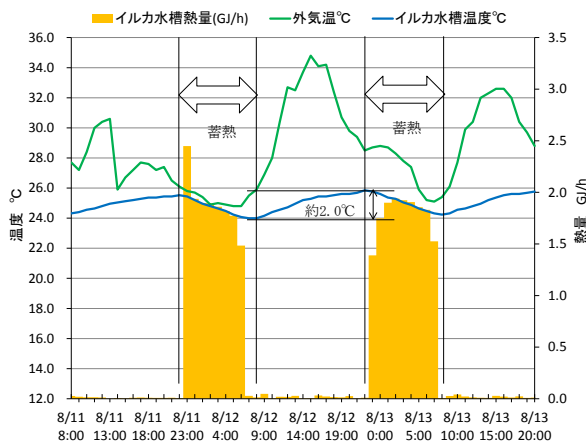


図2 夏期水槽水温・外気温・処理熱量の時刻別変化

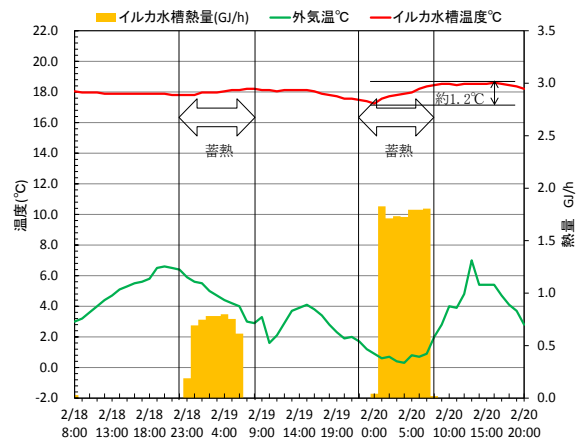


図3 冬期水槽水温・外気温・処理熱量の時刻別変化

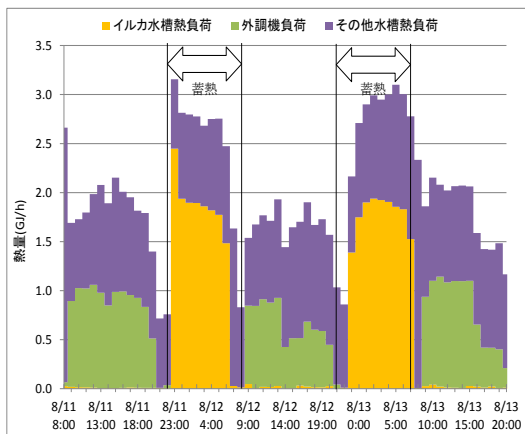


図4 夏期水槽 外調機・その他水槽負荷時刻別変化

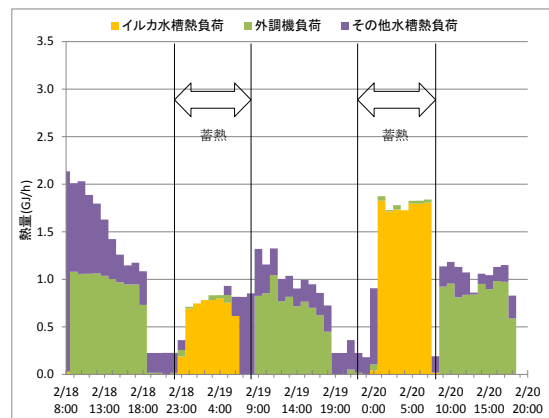


図5 冬期水槽 外調機・その他水槽負荷時刻別変化

複合熱源システムとイルカスタジアム水槽の蓄熱槽利用の長所として以下が挙げられる。

- ① ランニングコストの低減
- ② ピーク負荷削減による契約電力の低減
- ③ 熱源の高効率運転
- ④ 夜間電力利用による低CO2 原単位電力でのCO2削減（本計画は東日本大震災前に計画）
- ⑤ 熱源容量及びスペースの削減

3.2 ミスト噴霧

イルカスタジアムの北面道路側は、集合住宅に隣接しており、ショー開催時の騒音には、当初から配慮が必要であった。そこで観客席からの直接音を遮断するために、イルカスタジアム観覧席の北側外壁には開口を設けずに、全てRC壁で覆う計画としている。また音の伝搬、雨がかりと日射遮蔽のため、大屋根状の庇が設置されている。

騒音に配慮した結果、スタンド客席部が庇と円弧状の壁に囲まれた閉鎖空間となり、南北間の通風が期待できず、客席部分の夏期温熱環境の悪化が懸念された。このためエア搬送ファンによる通風、ミスト噴霧による蒸散効果などの対策案を立案したが、事前のシミュレーションにより、最も効果があると予想されたミスト噴霧を採用して、ノズルを客席上段に設置することとした。

図6にミスト噴霧前後の気温変化状況を示す。温度測定は、工事期間中の9月に行った。測定日の外気温は、31℃でミストを約30分後に測定した。測定した12点のうち、ノズルに近い客席は最大3℃程度の温度低下が見られ、ミスト噴霧の有効性が確認できた。

写真2 イルカスタジアム

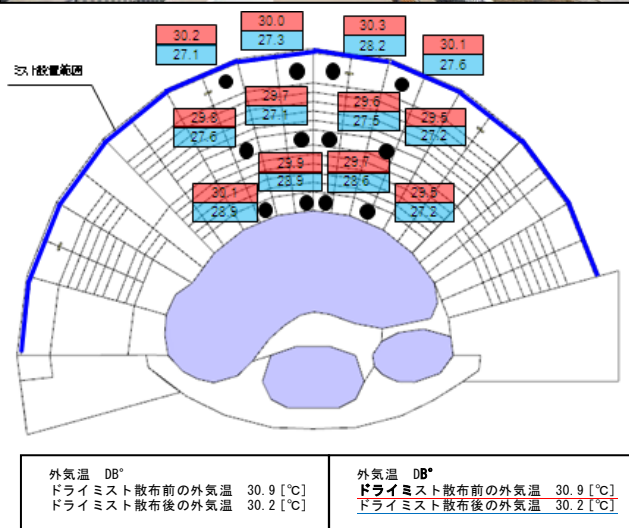


図6 ミスト噴霧前後の気温変化

3.3 その他の環境技術

3.3.1 地中熱利用の複合換気システム

館内の換気は空調機の気化熱と地中熱を利用した空調換気システムを採用している。

機械換気時は、建屋ピットから外気を導入してクールピット効果により、外気負荷を低減する。外気ガラリは、公園側に設置することによって、中間期～夏期においては気化熱での外気負荷低減も期待した計画とした。さらにAHU風量は、CO2濃度により換気量を制御している。自然換気時は、公園側からの風を館内に導き換気を行う。クールピットは、外気取入口から外調機吸込口まで約70mを有している。

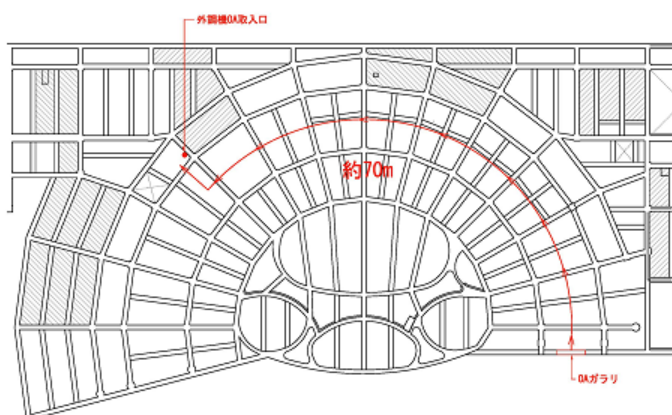


図7 クールピット外気取入経路

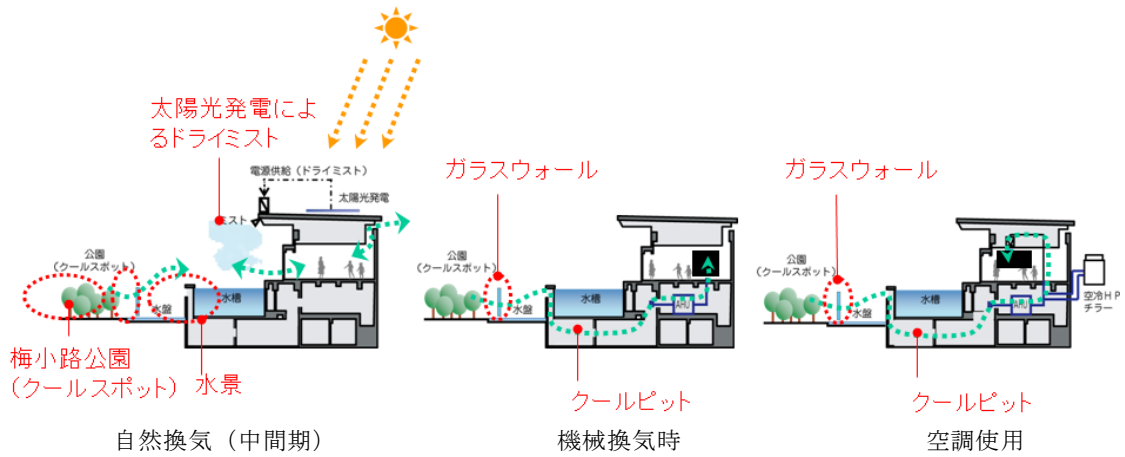


図8 複合換気システム

3.4 水処理システム

内陸部に建設される水族館では、沿岸部の水族館に対し以下の課題がある。

- ・大量の新鮮な海水供給方法
- ・海水補給・運搬に伴う環境負荷・ランニングコストの低減
- ・大量の海水排水方法

これらの問題を解決するために展示・飼育水槽の水処理システムとして、以下の事業性・環境性能に優れた3つのシステムを採用した。

3.4.1 人工海水製造システム

京都水族館は、日本で初めて全量人工海水で運営する水族館として計画された。一般的に内陸部で海水を必要とする場合は、天然海水を自動車などにより輸送し、貯留槽に貯留して使用する。この方法では輸送車により発生するCO₂等の環境負荷増大に加え、海水を貯留する為の大容量の貯留槽等のスペースが必要となる。本システムでは、輸送する物質は塩化ナトリウムを主成分とする「海水の素」のみとして海水運搬に伴うCO₂を大幅に削減するとともに、システム設置に要するスペースの縮小化を実現した。人工海水は溶解槽、調整槽、補給槽等を経て、各飼育水槽に供給される。

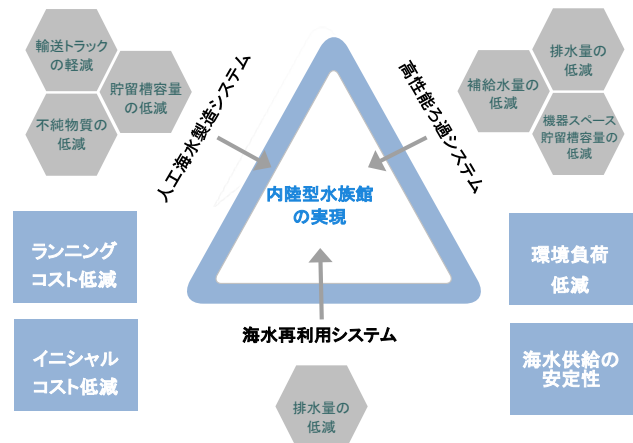


図9 水処理設備概念図

3.4.2 高性能ろ過システム

展示水槽で飼育生物からの排泄物や残餌等の有機物で水質が悪化することを防ぐために、従来のろ過システムでは、生物ろ過によりアンモニア等の有害物質を硝化させていた。しかし硝酸態窒素も水中に蓄積し、飽和状態になると、有害物質に還元して生物に悪影響を及ぼすことがある。従来のシステムでは、これらを希釈するために新鮮な海水を大量に補給する必要があった。

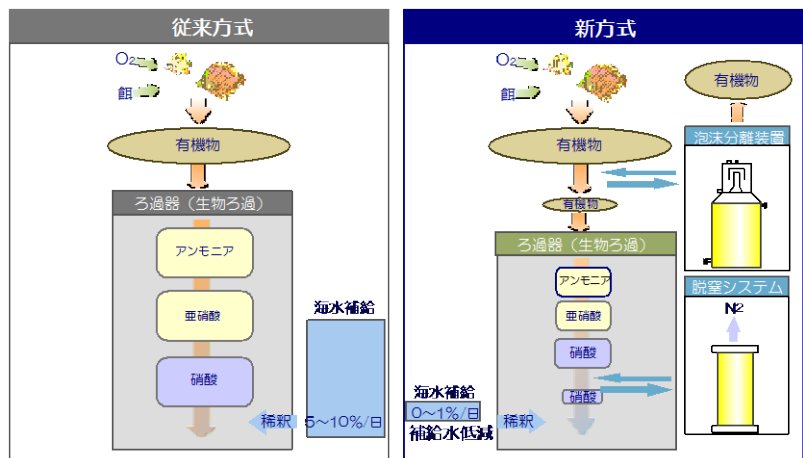


図10 高性能ろ過システム

本システムでは、硝化の前に有機物を除去することにより、生物ろ過による硝化反応の対象となる有機物を低減し、硝酸態窒素の蓄積も減少させて、新鮮海水の補給水量を大幅に減少させることが可能とした。その結果、海水製造（輸送）にかかわる CO2 排出量やコスト削減だけでなく、補給海水の温調エネルギーに関わる CO2 排出量の低減も実現した。

また従来の水族館では水質維持のために保有水量の 10% 程度の新鮮海水を補給するのが一般的であるが、高性能ろ過システムの採用により、従来の補給水の最大 1/10 程度とすることを可能とした。このろ過システムの採用によって、他にも以下のような利点が挙げられる。

- ・補給水量の低減による海水消費量、熱源負荷の低減
- ・機器スペースの縮小
- ・自動制御運転による管理の効率化

3.4.3 海水再生システム

ろ過循環に使用しているろ過器は、堆積物による内部の閉塞を防ぐために定期的に逆洗を行う必要がある。館全体での逆洗浄水量は、約 150 m³/日となる。

従来のシステムでは、ろ過器を逆洗した洗浄排水はそのまま排水槽に送水され、下水道へ排水される。

海水再生システムは、洗浄排水を再生槽に貯留して、沈殿物を除いた大部分の洗浄水は海水再生システムにより浄化される。海水再生システムは、ろ過器の洗浄水に再生水を使用することで、給水及び排水量を大幅に削減した。



図 11 海水再生システム

写真 3 ドルフィンプール（東寺方面を望む）



写真 4 水処理機械室



4. おわりに

建築環境総合性能評価（CASBEE）では、2008 年度版・新築・実施設計段階（評価認証認定機関による）にて、S ランクの認証を取得した。

京都水族館は、同年 3 月にオープンした。竣工後は、古都京都の新名所として、長く利用客の方々に喜ばれる施設となることを願っている。