

国土交通省 令和3年度第1回

サステナブル建築物等先導事業(省CO<sub>2</sub>先導型) 採択プロジェクト

# 須磨海浜水族園 再整備事業

提案者名

株式会社サンケイビル

三菱倉庫株式会社、JR西日本不動産開発株式会社、

株式会社竹中工務店、阪神電気鉄道株式会社、

芙蓉総合リース株式会社、Daigas エナジー株式会社

An aerial architectural rendering of a coastal development project. The scene shows a sandy beach on the left, a curved promenade with a red brick path, and a large, modern building complex with curved facades and multiple swimming pools. The background features a dense urban area with various high-rise buildings and a forested hillside under a clear blue sky.

## コンセプト

歴史と松林のポテンシャルを活かし  
街との新しい接点をつくり

歴史と新しい魅力が「流れる」空間

まちと海、そして歴史をつなぐ園路  
須磨の魅力と、新しい活力が「つながる」

## ■須磨海浜水族園 再整備事業 計画概要

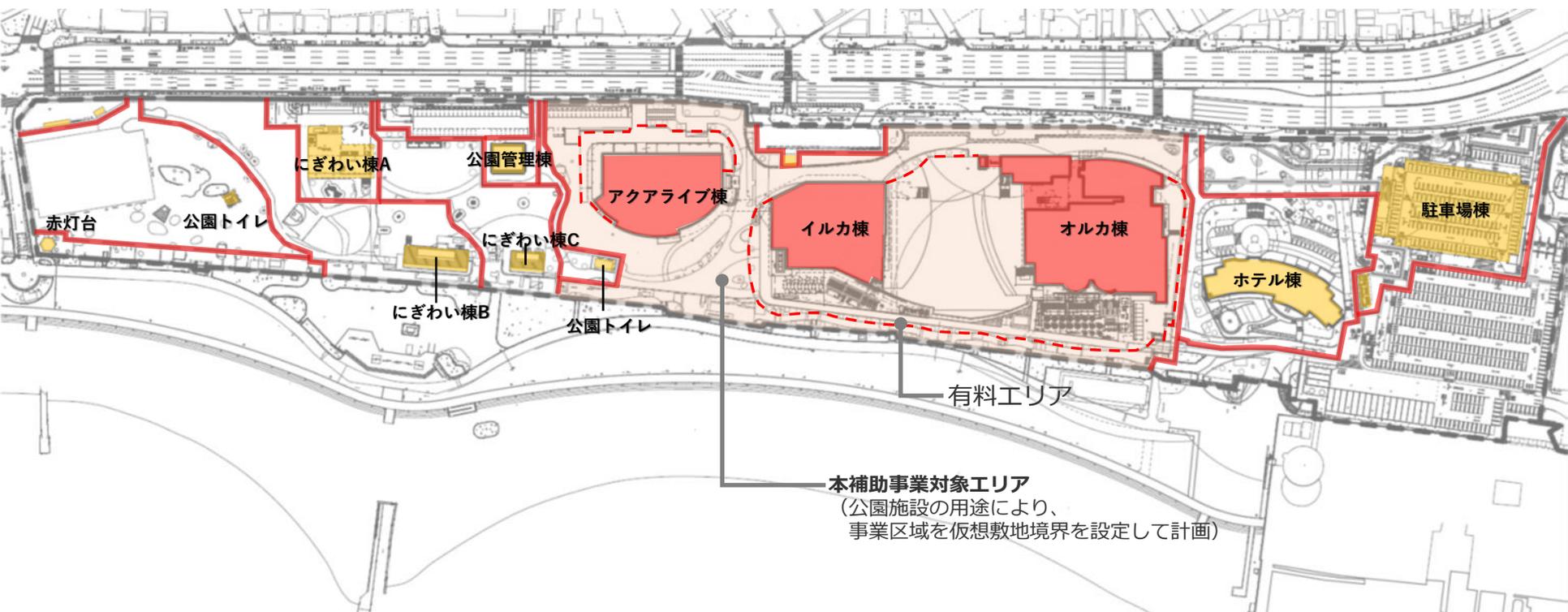
事業主 : サンケイビル+5社 (三菱倉庫、JR西日本不動産開発、竹中工務店、芙蓉総合リース、阪神電気鉄道)

計画地 : 兵庫県神戸市須磨区若宮町1丁目、須磨浦通1丁目

事業区域面積 : 10.1ha

水族館延床面積 : 22,200㎡

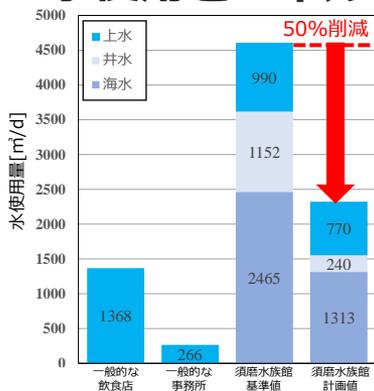
事業の目的 : 都市公園法Park-PFIの導入で、水族館を始めホテルや商業施設等の収益施設を整備し、既存公園のポテンシャルを活かした公園エリア全体の魅力向上を目的とした再整備



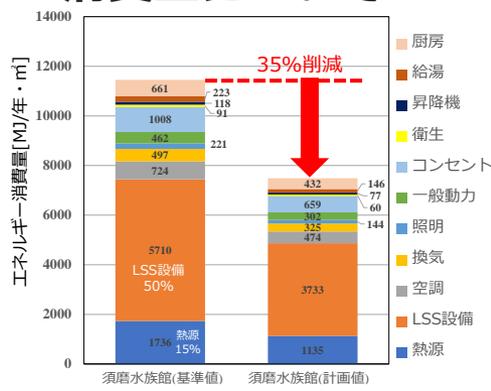
## 飼育生物の生命維持・繁殖が最重要

水温・水質維持のため大量のエネルギー・給排水が必要  
バックエリアなど過酷な作業環境（水分・塩分・臭気）

### ■ 水使用とエネルギー消費量について



基準値との水使用量の比較



既存施設とのエネルギー消費量の比較

### ■ バックエリアの環境



水槽付近の様子



調餌室の様子

### 環境負荷低減（エネルギー）

～水族館の特性に合わせたエネルギー効率利用～

### 被災の負の経験を活かしたBCP

～生物と被災者の生命～

## 水のポテンシャルを活用した付加価値の追求

### 環境負荷低減（水）

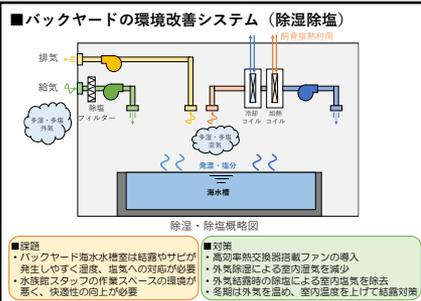
～地域資源・循環による水の効率利用～

来館者とスタッフの  
健康性・知的生産性向上

～快適な空間環境の創出～

### 除湿・除塩システム

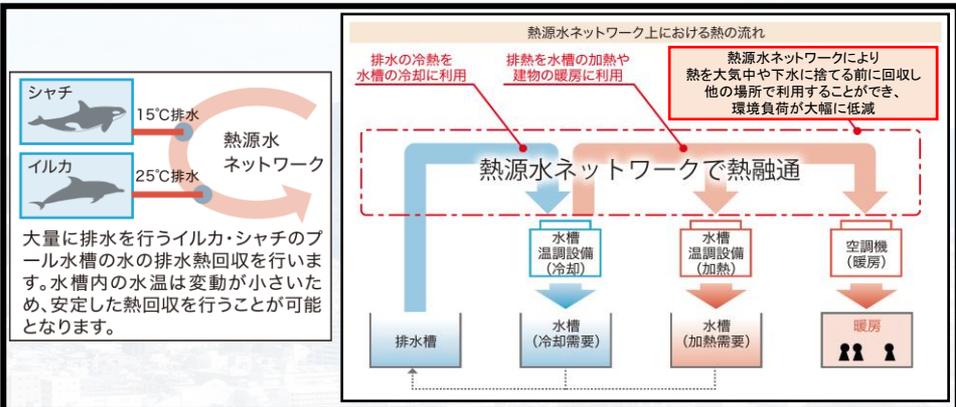
- バックヤードの除湿・除塩改善(除湿・除塩)により、スタッフの作業環境・生産
- 飼育排熱利用による除湿・除塩システム



- #### 密回遊等感染防止対策
- 画像センサーによる密集域の見えん化
  - 画像センサーによる人員移動・配置を把握し、適切な空調・換気量の制御

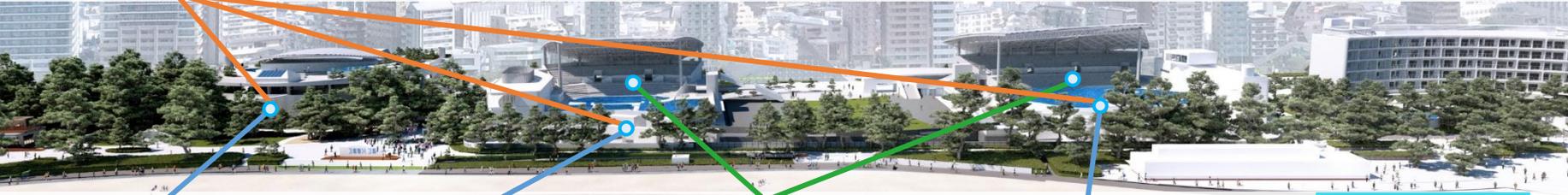
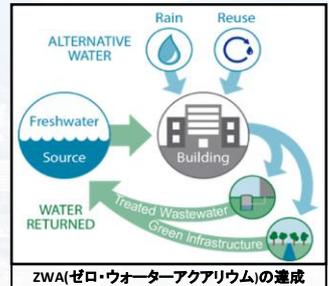
### 熱源水ネットワーク

- 3棟間で熱源水ネットワークを繋ぎエリア全体での中温熱融通を行う
- 非常時には熱源水ネットワークを介した低温送水による熱供給
- 中圧ガス認定導管と非常用発電機兼用
- CGSによる停電時の保安・防災への対応
- CGS排熱の利用による高効率運転
- CGSと中圧ガスによるBCP性の確保



### 井水処理設備の高度利用

- 井水を利用した非常時の飲料水の確保
- 井水を利用した便所水の確保
- 給水本管の破断時も井水の利用により
- CGSの冷却
- 井水蒸気及び海水排熱利用による、観覧席の冷却と快観覧者の適性向上
- 節水と井水・海水利用によるゼロウォーター・アクアリウムの達成



- #### アクアライブ棟
- 水冷ビルマルによる高COP運転
  - 水冷外調機による高COP運転とVAV制御
  - 飼育熱源との熱源水カスケード利用によるポンプ動カレス水冷空調

- #### イルカ棟
- 水冷ビルマルによる高COP運転
  - 水冷外調機による高COP運転とVAV制御
  - 飼育熱源との熱源水カスケード利用によるポンプ動カレス水冷空調

- #### スタジアム暑熱対策システム
- 環境適応を促す屋外空間の暑熱対策
  - 自然風と運動した透風システムによる観覧者の快適性向上
  - 排熱蒸気及び海水排熱利用による、観覧席の冷却と観覧者の快適性向上

- #### オルカ棟
- 水冷ビルマルによる高COP運転
  - 水冷外調機による高COP運転とVAV制御
  - 飼育熱源との熱源水カスケード利用によるポンプ動カレス水冷空調

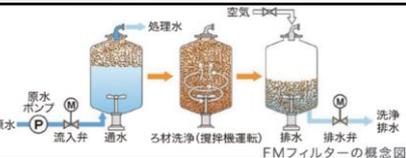
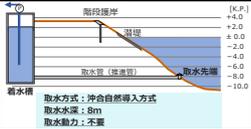
- #### 超節水型ろ過システム
- FMフィルタろ過器にて、逆洗の海水及び排水量を減らし、下水への負荷を低減
  - プールオーバーフロー水の再利用

### 各棟の空調システム

- 屋内設置による空調機器の塩害対策と高寿命化

### 海水の沖合自然導入方式

- 沖合自然導入方式による無動力取水

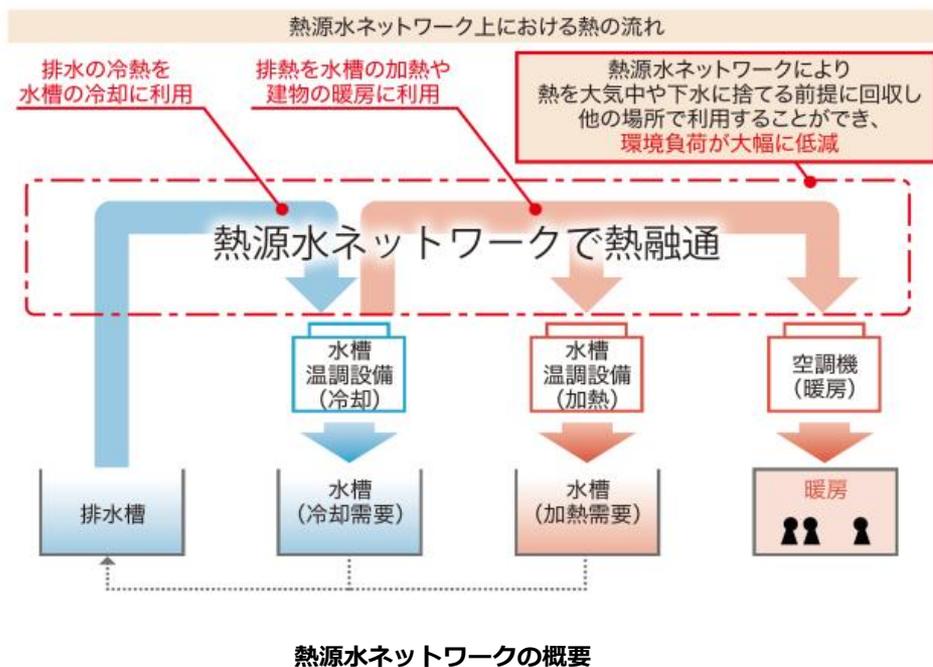


- エネルギーの環境負荷低減
- 水の環境負荷低減
- 来館者・スタッフの健康性・快適性の向上
- 被災の経験を活かしたBCP

採用した各種設備手法

# 環境負荷低減（エネルギー） ～水族館の特性に合わせたエネルギー効率利用～

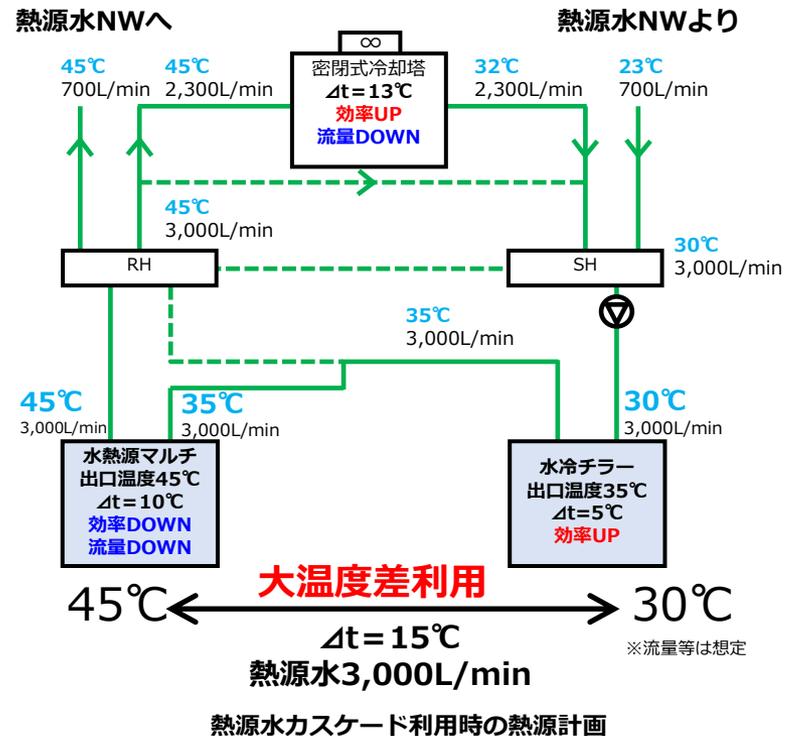
## ■ 熱源水ネットワークと繋がる空調システム



熱源水ネットワークと水冷空調による省エネ効果

➡ エネルギー消費量を25%削減

## ■ 熱源水カスケード利用（大温度差と流量の削減）



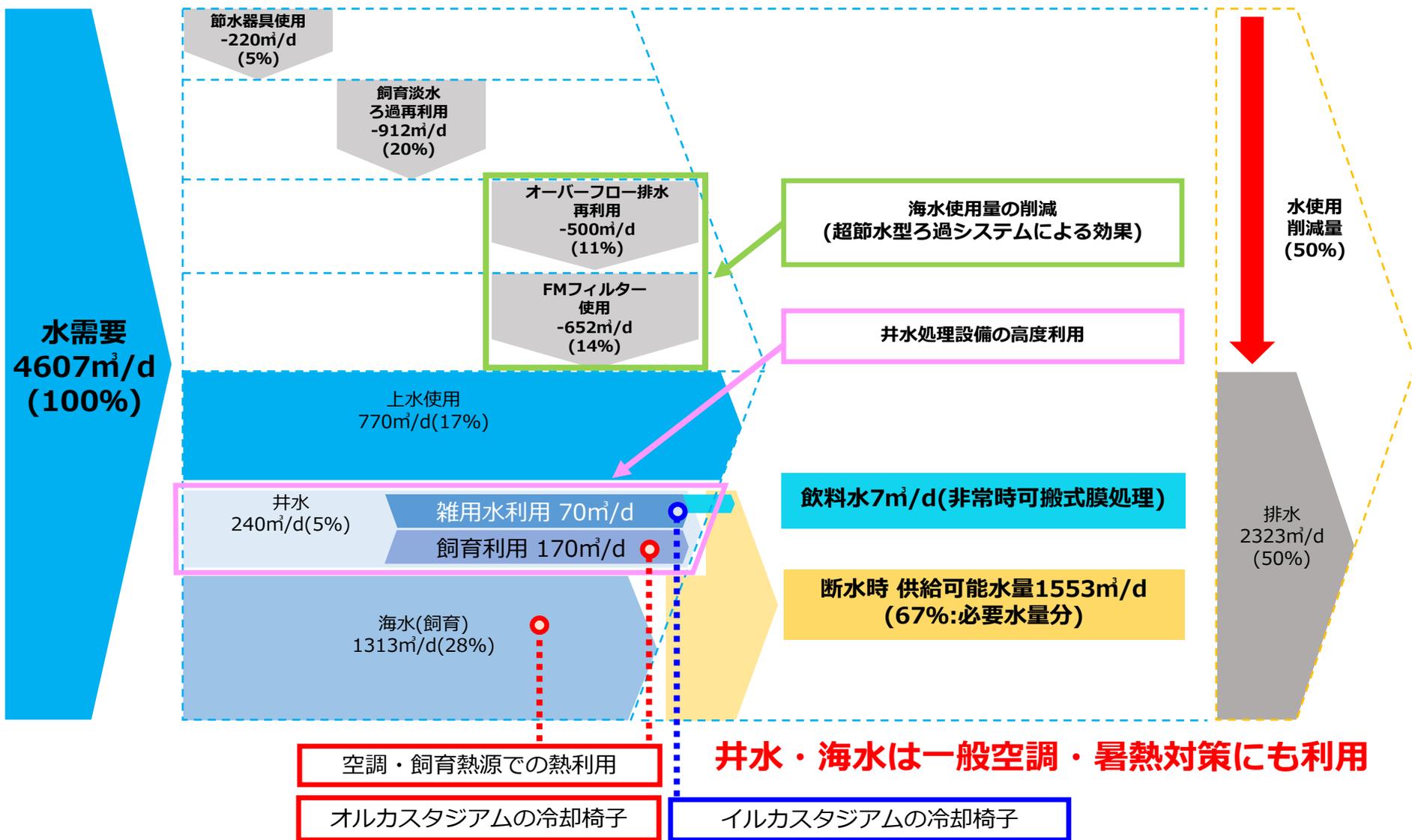
全体水量は1/2

➡ 3乗則により  
ポンプ動力1/8

負荷・外気条件により、  
熱源水温度・流量を制御

➡ 最も高いシステム  
COPを目指す

ZWB（ゼロウォータービル）ならぬ  
**ZWA（ゼロウォーターアクアリウム）**

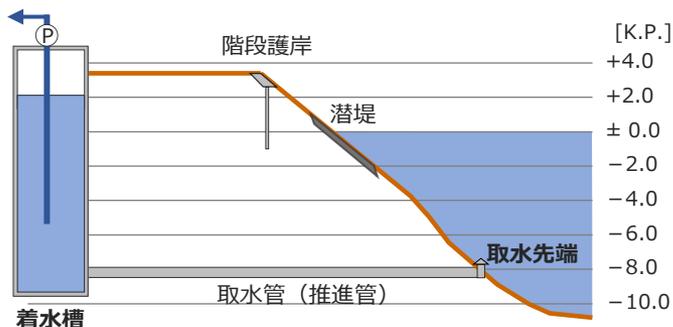


## ■被災経験者からのヒアリング

阪神大震災での須磨水族園の経験	本計画の対応	対応技術
<ul style="list-style-type: none"> <li>・インフラの断絶(断水)により、水冷式発電機が起動できず、取水・ろ過が不能 →多くの飼育生物が犠牲となった。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インフラを強化</li> <li>・井水非常時の高度利用 →非常時の発電機冷却を可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水の沖合自然導入</li> <li>・井水処理設備</li> <li>・特高2回線受変電</li> <li>・中圧A導管によるガス引込</li> <li>・非発兼用コジェネ</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・電力インフラの復旧に3日間も要した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長期停電時の電力選択投入対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コジェネ+受変電設備</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・限られた資源を希少固体(海獣類)に充てるのが精一杯であり、魚類が死滅した</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>・暑熱による負担が大きい夏季の場合、寒冷地域生物の被害拡大が予想させる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インフラ停止時の熱供給対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・熱源水ネットワーク</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>・震災後、水族園内を避難所や近隣中学校の臨時教室の機能として活用した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非常時の洗浄水、飲用水供給</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・井水処理設備</li> </ul>

⇒震災時には水、電力、熱の自立が重要である

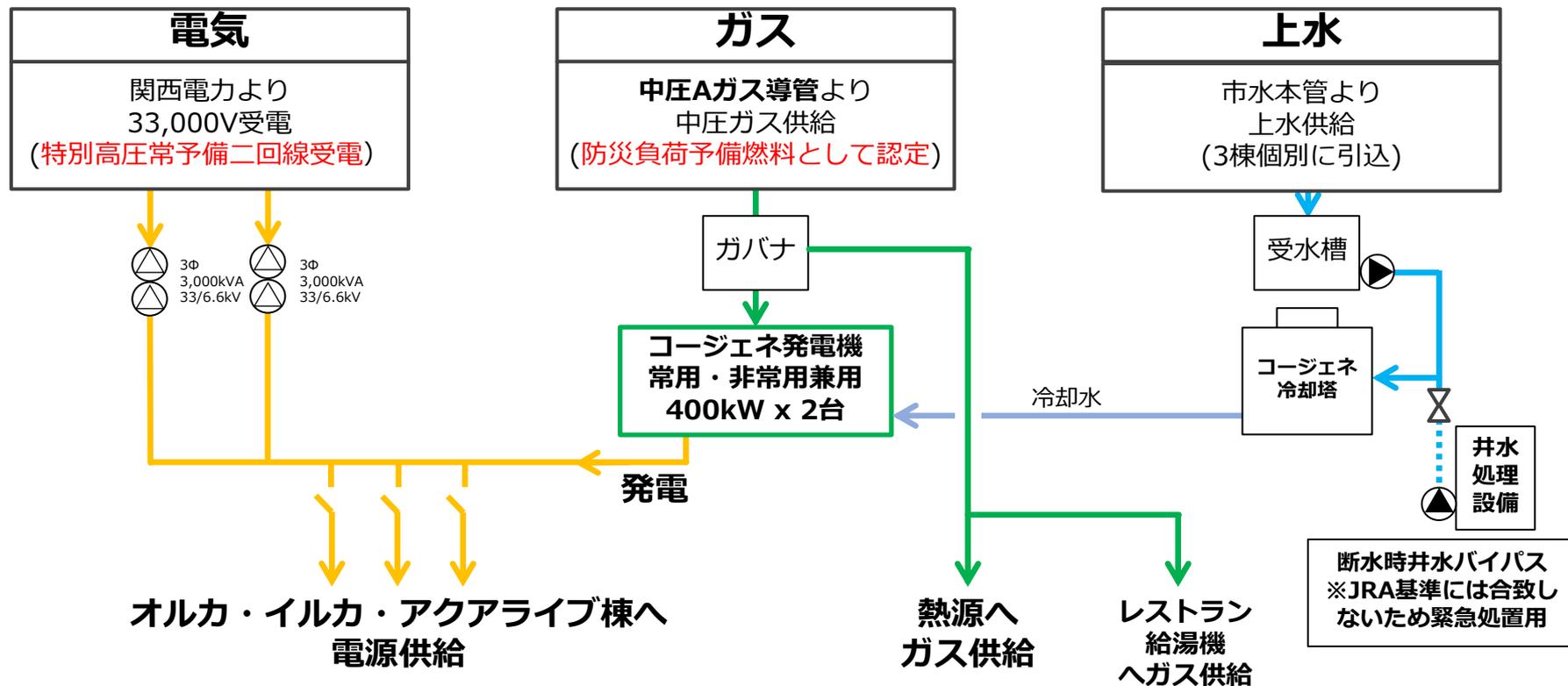
海水取水設備



## ■海水取水設備により、非常時には動力不要で取水

- ・飼育生物を保護し、事業継続計画(BCP)を強化
- ・取水先端器具+取水管で、年中安定して海水を取得  
⇒温度変化の少ない海水を、建物の空調と飼育熱源に利用

取水方式：沖合自然導入方式  
 取水水深：8m  
 取水動力：不要  
 取水先端流速：0.02m/s



**電力：**水族園3棟一括で**特別高圧常予備2回線受電**

インフラ停電時も中圧Aガスコージェネにて一部電力供給可能

**ガス：**オルカ棟**中圧Aガス**供給（乗用・非常用兼用コージェネ発電機へ中圧供給）

オルカ棟・イルカ棟のレストラン・シャワーへの供給も可能

※中圧Aガス導管は阪神・東日本大震災レベルの地震でも供給停止しなかった実績あり

**上水：**各棟で市水より受水槽方式にて引込

**井水：**イルカ棟に井戸から取水し処理設備を介して供給

## ■ スタジアムの暑熱対策：利用者の環境適応を考慮した暑熱環境対策※1

屋外における暑熱環境対策は多様な温熱環境を用意し、  
その中から利用者が自分に適した環境を選択できるような温熱環境計画が望まれる

スタジアムの屋外観客席において多様な温熱環境の客席を用意して  
利用者が座席を選択することで環境適応を促し、熱的快適域を広げた空間を提供する

※1中野：利用者の環境適応を考慮した暑熱環境対策, 2017

## ■ ショースタジアムでの環境適応の考え方

### 観客の期待・心づもり

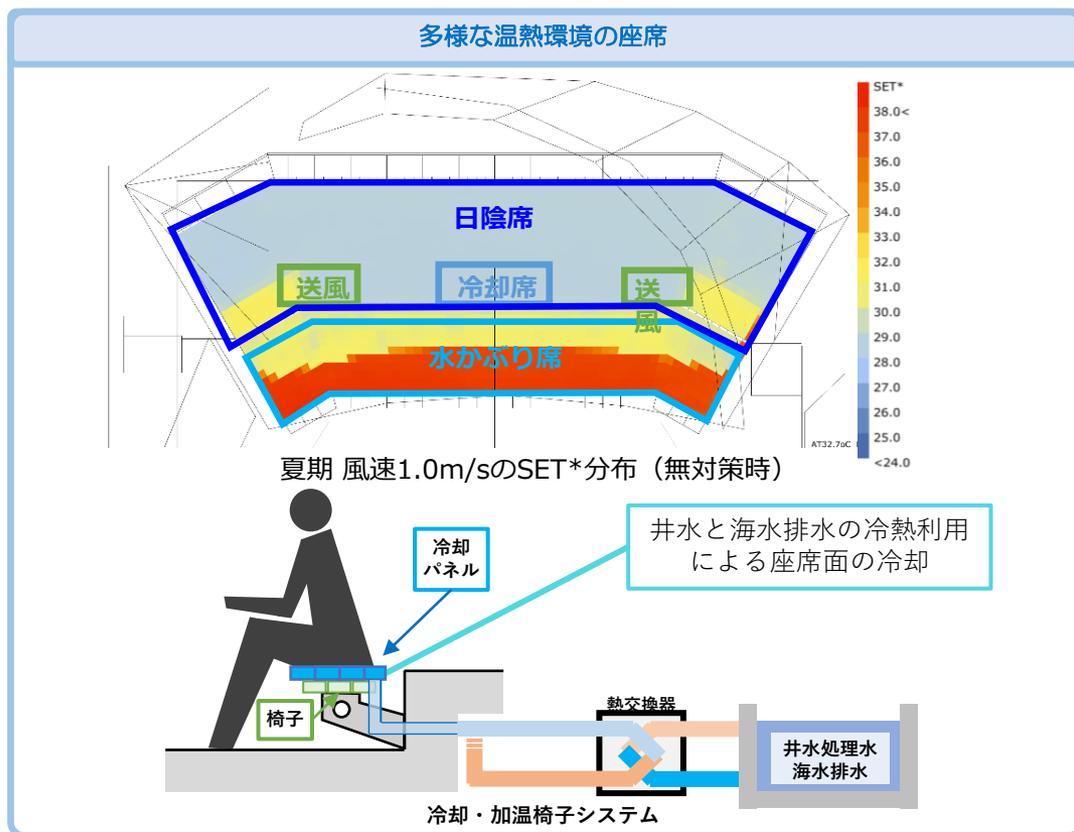
- ・暑くても近くでショーを観たい
- ・水に濡れたくないけど近くで観たい
- ・日陰の海が見える席で観たい
- ・遠くても涼しい席で観たい
- ・...

座席の温熱環境の見える化  
(デジタルサイネージ等)

アンケート等  
による満足度  
評価を反映

温熱環境も加味した座席の選択

環境適応による快適域の拡大

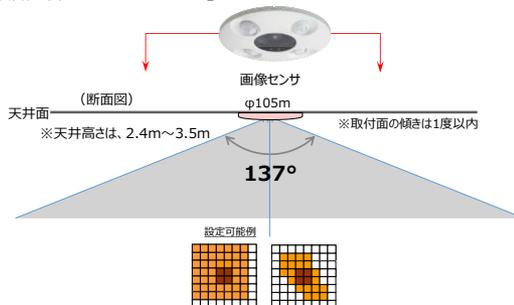


## 密接対応

レストラン  
ショップ

### 検知センサー

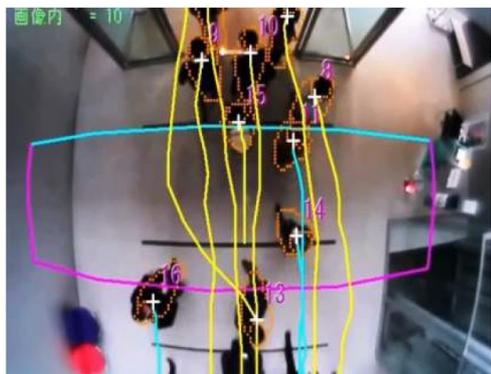
[検知エリア：7.2m×7.2m]



室内分布を計測

## 密集対応

アクアライブ各階



エリア内人数を計測

## 密閉対応

アクアライブ各階  
レストラン  
ショップ

CO2濃度を計測

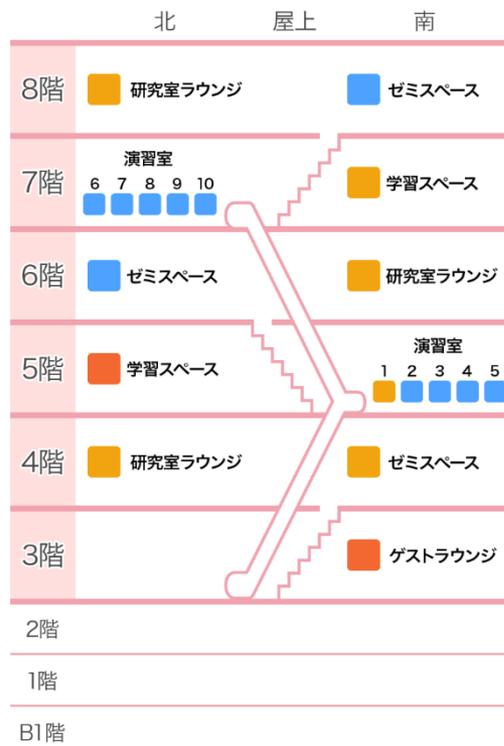
### 見える化

	通常時	パンデミック等時
室内分布	レストラン空席情報	密接回避運用・情報
エリア人数	混雑情報	密集回避運用・情報
CO2濃度	適正換気の確認	密閉回避運用・情報



Area  
エリア利用状況/温度・湿度分布状況

2019/12/20  
12:10

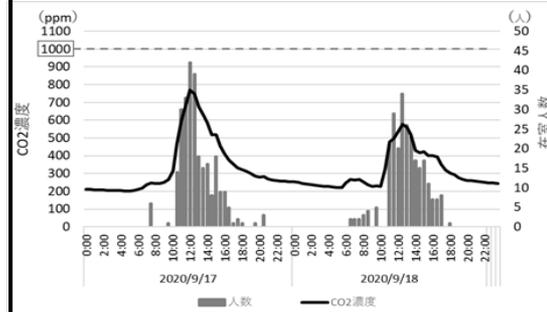
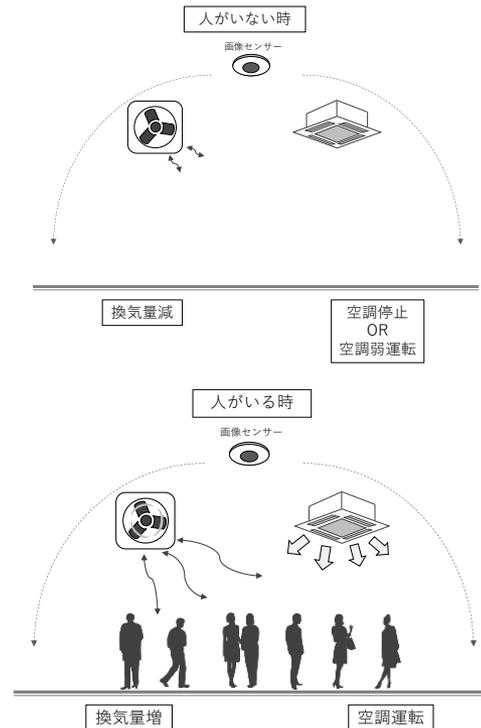


利用分布  
■ 混雑 70~85%未満  
■ やや混雑 60~70%未満  
■ 空いている 50%未満

見える化の参考イメージ

※サイネージ等で表示検討予定

### 省CO2制御

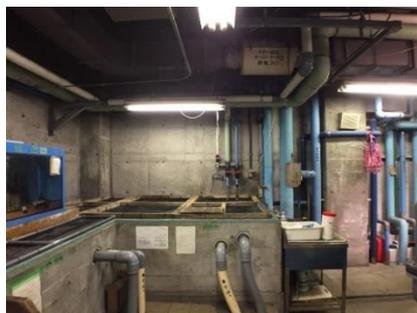


人数とCO2濃度にて外気量制御  
 ※最大40CMH/人の外気処理可

## ■海水槽バックヤード室の課題と対策

- ・海水水槽からの塩気が室内に拡散されサビが発生しやすい
- ・水槽からの発湿による温熱環境の悪化および結露リスク
- ・魚の臭いが充満することでの作業環境の悪化
- ・換気風量の増加による換気負荷・消費エネルギー増

- ・室内空気冷却による除湿・除塩・消臭
- ・排熱利用・換気風量制御による省エネルギー



水槽バックヤード室



サビが発生したポンプ

### ■換気風量による消費エネルギー

湿気・塩分除去のため10回換気をとっており、換気によるエネルギー消費が大きくなる



### ■魚の臭い

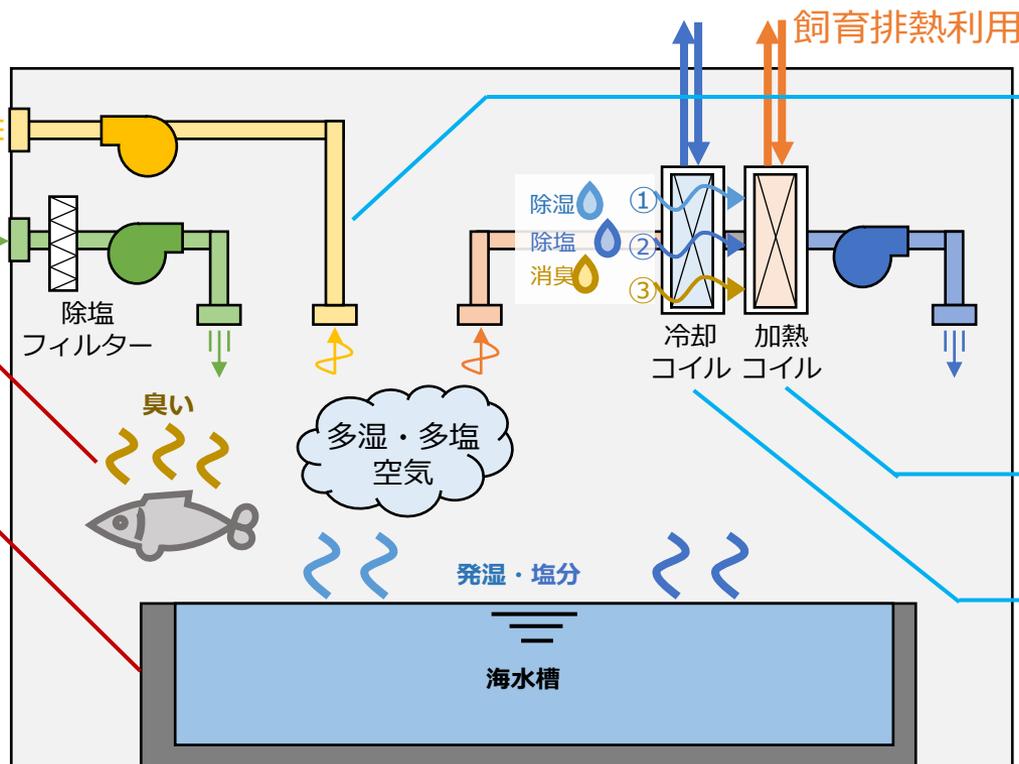
水槽から出た魚は浸透圧の違いから、臭い成分であるトリメチルアミンが放出される



### ■水槽からの発湿・発塩

水槽内の水の循環・ブローにより空气中に水分・塩分が拡散され、結露やサビによる劣化のリスクが高まる

- 課題点
- 改善策



### ■換気風量制御

室内環境に合わせて換気風量を絞りを、換気による負荷・エネルギー消費量を削減する

除湿 ①除湿による室内温熱環境改善

除塩 ②空気中の塩気を水滴が付着した熱交換器面に当てて除塩を行う

消臭 ③水に溶けやすい空気中の臭い成分(トリメチルアミン)は結露水に当てて、水に溶かし排水する

### ■排熱利用による再熱温調制御

飼育排熱を利用し除湿冷却された空気を再熱し室内の温調を行う

### ■超高効率熱交換器での除湿冷却

除湿・除塩概略図