

# 簡易シミュレーションによる連結完全混合槽型水蓄熱槽の死水域検知手法に関する研究 -CFD解析データを用いた死水域検知指標の検討-



窪田道徳 (大阪大学 現関西電力) 相良和伸 (大阪大学) 山中俊夫 (大阪大学)  
甲谷寿史 (大阪大学) 桃井良尚 (大阪大学) 一瀬茂弘 (中部電力)

## はじめに

### 【背景】

- 水蓄熱式空調システムは、竣工後に設計意図通りの性能が発揮されていないケースもあり、所期の性能を発揮させるための性能評価に関心がもたれている。

### 【目的】

- 簡易シミュレーションを用いて、蓄熱性能に大きい影響を与える死水域を検知する手法の確立を目的としている。

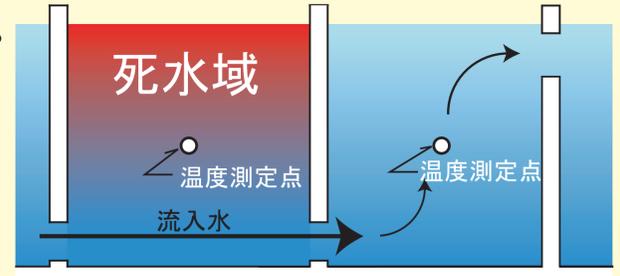


死水域が検知された分割槽に対して、死水域発生防止策を講じることにより、蓄熱量を増加させることが可能であると考えられる。

## 死水域とは？

- 槽内水が流入水と混合せず、蓄熱に関与しない領域のこと。
- 死水域が存在すると、各分割槽が完全混合している場合と比較して蓄熱量が減少してしまう。

冷水蓄熱時（冷たい水が流入してくる場合）



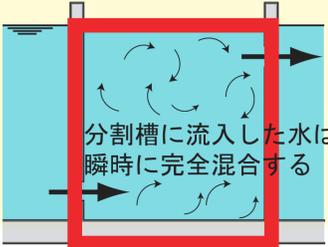
## 【死水域を検知するには？】

- 死水域が存在すると、各分割槽の蓄熱量に影響が現れるため、
  - 実測されたみかけの蓄熱量（各分割槽の槽中央付近にて実測された槽内温度から算出）
  - 各分割槽が完全混合している場合の蓄熱量（簡易シミュレーションの結果から算出）
- 2つの蓄熱量を比較し、死水域発生の影響を把握することで死水域の検知を行う

## 死水域検知手法

### 【簡易シミュレーション】

- 各分割槽は完全混合、完全断熱 → 死水域が存在しない状態を想定
- 各分割槽にて熱収支式を解き、各分割槽の槽内温度を算出する → 算出された槽内温度を用いて各分割槽の蓄熱量を算出する



### 【死水域検知指標（無次元温度差）】

無次元蓄熱量（＝無次元温度）

- 完全混合している場合の蓄熱終了時の蓄熱量を基準

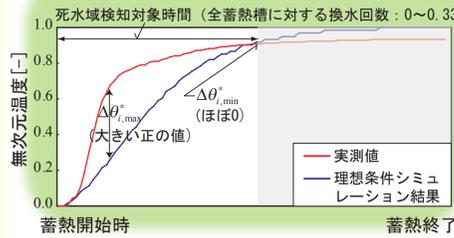
$$Q_i^*(t) = \frac{\rho c_p V_i (\theta_i(t) - \theta_{i,init})}{\rho c_p V_i (\theta_{i,fin} - \theta_{i,init})} = \theta_i^*(t)$$

無次元温度差（＝蓄熱量の差）

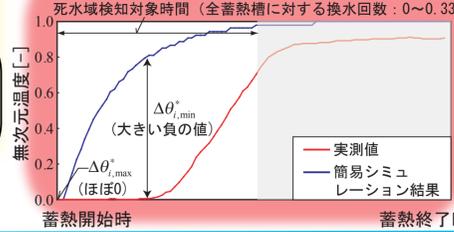
$$\Delta \theta_i^*(t) = \frac{\theta_{i,mea}(t) - \theta_{i,ideal}(t)}{\theta_{i,fin} - \theta_{i,init}} (= \Delta Q_i^*(t))$$

【記号】  
 $Q$ : 蓄熱量 [J]     $\rho$ : 水密度 [kg/m<sup>3</sup>]     $c_p$ : 水の比熱 [J/(kg·K)]  
 $V$ : 槽容積 [m<sup>3</sup>]     $\theta$ : 温度 [°C]     $t$ : 時間 [s]  
 $init$ : 蓄熱開始時     $fin$ : 蓄熱終了時     $i$ : 槽番号     $\Delta$ : 差分  
 $mea$ : 実測     $ideal$ : 完全混合時    \*: 無次元

○混合域内の温度を測定している場合

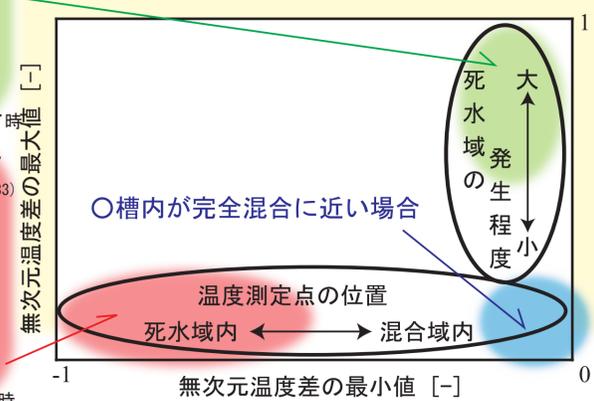


○死水域内の温度を測定している場合



### 【死水域検知指標が示す値と死水域の関係】

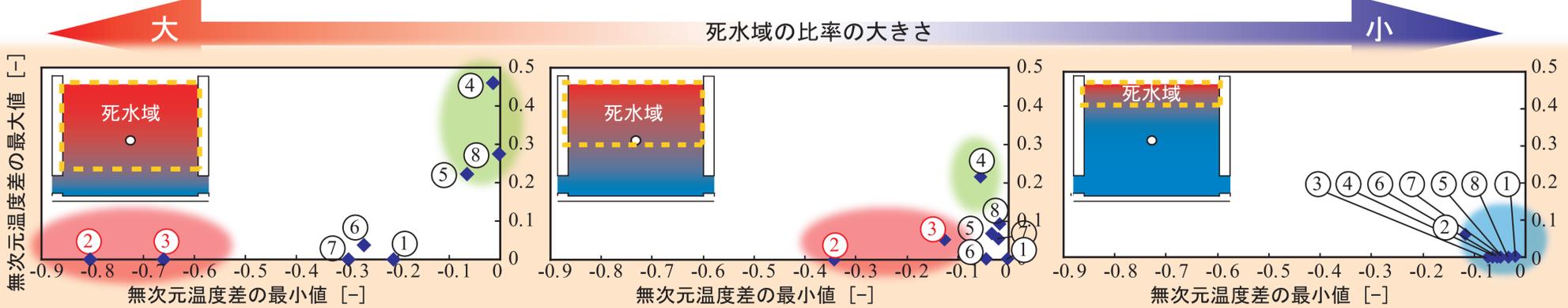
- 無次元温度差の最大値と最小値をグラフにプロットすることにより死水域を検知する。



## 諸条件が死水域検知指標に与える影響

### 【死水域の比率が死水域検知指標に与える影響】

- 水蓄熱槽内の死水域の比率の大小により、死水域検知指標が示す傾向について検討を行う。（※図中の番号は分割槽番号を示している）
- 死水域検知指標を適用するデータはCFD解析により生成し、第2槽と第3槽に死水域が存在するデータを用いた。

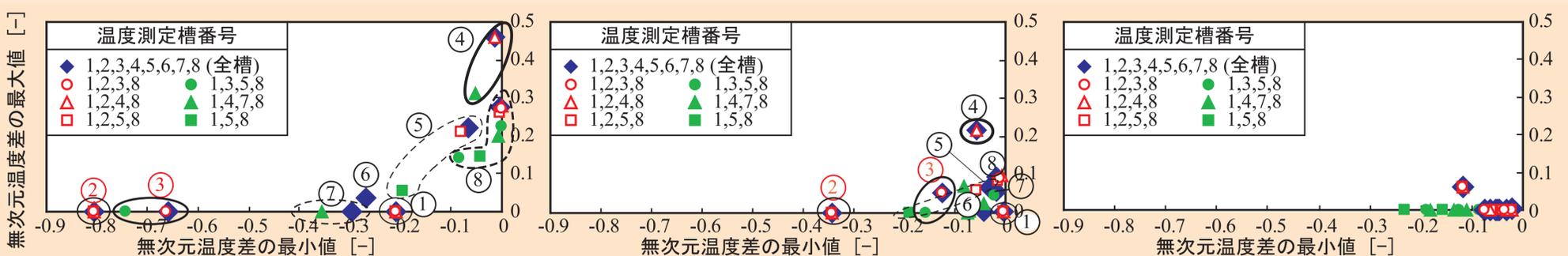


死水域の比率が大きいほど、指標の値の絶対値が大きくなる

死水域の比率が小さいほど、指標の値の絶対値は0に近づく

### 【温度測定槽数が死水域検知指標に与える影響】

- 実稼動システムでは、全ての分割槽で温度が測定されていることはほとんど期待できないため、温度測定槽数が死水域検知指標の検知能力に与える影響について検討を行う。



- △□で示すように、始端槽付近に位置する第2槽の温度測定をすることで、全ての分割槽で温度測定した場合（図中◆）に近い値を示す。→ 温度測定槽数が少ない場合でも、始端槽付近にて温度測定を行うことにより死水域検知能力を確保することができると考えられる。

**まとめ** 本研究では、簡易シミュレーションを用いた死水域検知手法を提案し、諸条件が死水域検知指標に与える影響について検討した。今後は、提案した死水域検知指標を実稼動システムに適用し、死水域の検知を行う予定である。