「ICTを活用した効率的な硝化運転制御技術導入ガイドライン（案）」の概要

本編

国土交通省国土技術政策総合研究所

第１章 総則

〇目的　〇ガイドラインの適用範囲
〇ガイドラインの構成　〇用語の定義

■下水道事業における大幅なコスト縮減や省エネルギー化に寄与するため、革新的技術である「ICTを活用した効率的な硝化運転制御技術」について、実証研究の成果を踏まえて、技術的事項を明らかにし、導入を促進する。
■本ガイドラインは、地方公共団体などの下水道事業者が本技術の導入を検討する際に参考にできるように、技術の概要と評価（第２章）、導入検討（第3章）、計画・設計（第4章）、維持管理（第5章）などに関する技術的事項についてとりまとめたものである。

技術の概要・特徴の把握

第２章 技術の概要

〇技術の概要　〇適用条件
〇実証研究に基づく評価の概要

■ 技術の目的（§5）

本技術はICTを活用して、下水処理における硝化を適切に制御し、

- **処理水質（アンモニア性窒素：NH_4-N）の安定化**
- **消費電力低減（ブロワ風量削減）**
- **維持管理業務の軽減**

を実現することを目的とする。

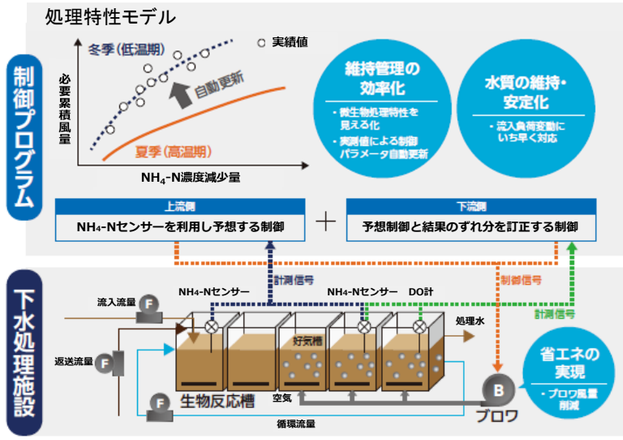
■ 技術の概要・特徴（§6, 7）

2台のNH_4-Nセンサーから得られる情報を活用した3つの機能により、適切な硝化運転、消費電力低減、維持管理業務の軽減を実現。

流入負荷変動にいち早く対応する風量演算機能
処理の過不足を抑制し、水質安定化・風量削減

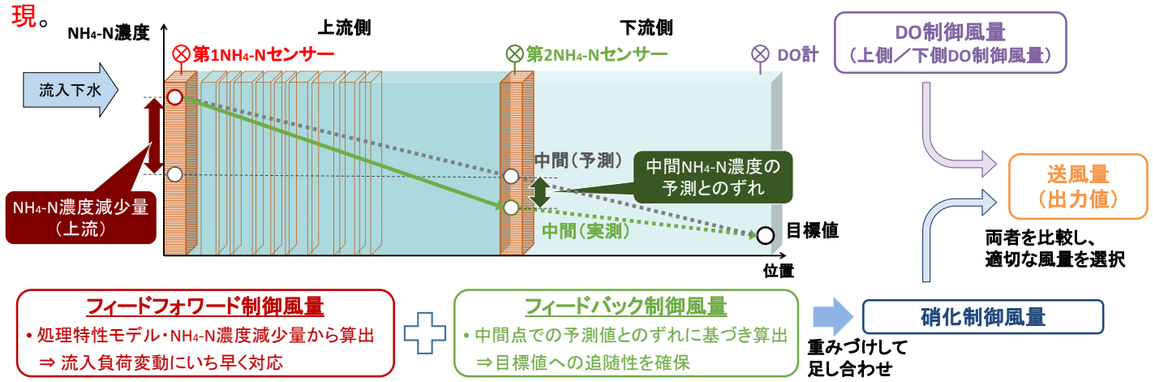
微生物の処理特性の見える化機能
処理特性変化、処理異常の傾向を早期に把握

処理特性モデルの自動更新機能
処理特性変化に対応し、予測精度を自動で維持



■ 風量演算方法の概要（§8）

2台のNH_4-Nセンサーによる**硝化制御**に、**現場の運用管理上の設定値（DO上限/下限値）に基づくDO制御を併用**することで、極端なDO上昇・低下を防ぎ、より安定した処理水質、過剰送風の抑制を実現。



■ 複数系列への適用について（§9, 10）

【複数系列における送風量制御方式】

- NH_4-Nセンサーの設置を**代表池に限定（設置台数を削減）**
- 代表池ではNH_4-N計測値に基づき送風量制御。
  他の池では**代表池の制御結果（DO）を展開**する方法を構築

【複数系列制御におけるシステムの適用範囲】

- 代表池と処理方式・躯体構造が同一
- 流入水質が同様
- 各流量、MLSS、風量配分が同程度で運転可

■ 技術の適用条件（§11, 12, 13）

本技術は、(1) 活性汚泥を用いた処理方式で、好気タンクを有すること、(2) 明確なNH_4-Nの処理目標があること、(3) 送風量が制御可能であることを満たせば適用可能である。ただし、本技術の導入効果は、処理場の条件等によって異なることから「効果的な条件」を合わせて示す。

【効果的な条件】

・水質安定化・風量削減効果が高くなることが予想される推奨条件

項目	効果的な条件
流入	• 流入水質（負荷）の変動が大きい
ブロワ	• 風量削減時に運転台数の低減が見込まれる
現状の運用	• DO制御が安定して運用されている • 過剰曝気の時間帯がある • 処理特性の季節変化が大きく、送風量制御に係る制御パラメータの調整が必要

・本技術の導入時に導入する計測器を減らすことができ、費用を低減できる推奨条件

項目	効果的な条件
処理設備	• 同一の方式、躯体構造の系列が多い • 流量計、DO計、MLSS計が設置済み

【導入シナリオ例】

（1）流入・運転条件の変更時に導入
新規運転管理手法の効率的な構築に貢献

導入タイミング	具体例
既存設備の更新・変更時	• ブロワの更新時 • 散気装置の更新時 • 下水処理施設の変更時（系列の増設・廃止など）
処理水NH_4-N目標値変更時	• 処理プロセスの変更時（段階的高度処理化など） • 能動的管理（季節別運転）の適用時

（2）既存設備の更新時に導入
導入工事費の一部を共通化でき、費用を低減

導入タイミング	具体例
既存設備の更新・変更時	• 監視制御システムの新設・更新時

■ 技術の評価項目および評価結果（§14, 15）

【実証実験による評価】

処理水NH_4-N濃度を目標以下に制御しつつ、対照系列（従来DO一定制御※）と比べ、風量を16.9%削減を達成。

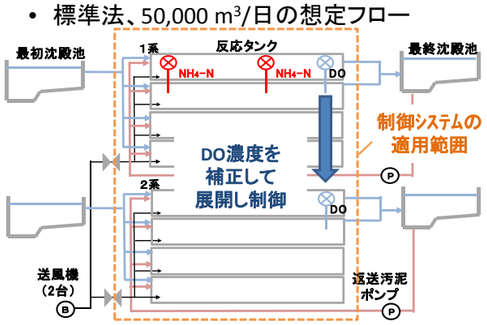
項目	目標	成果
処理水水質（NH_4-N濃度）	平均濃度≦1.0mg-N/L	平均 0.33mg-N/L
風量削減効果	風量10%減（vs. DO一定※）	風量16.9%減

※実下水処理場の水処理系列（循環式硝化脱窒法）に本技術を適用。対照系列は従来DO一定制御（DO目標値2.0 mg/L）。

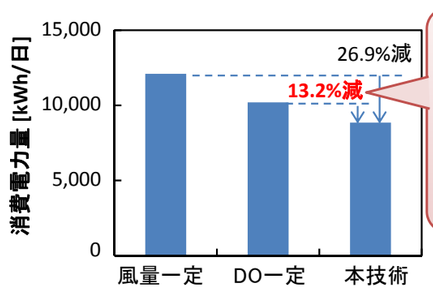
水質・風量削減効果ともに目標を達成（実証実験）

【ケーススタディによる評価】 仮想処理場を設定し、消費電力・温室効果ガス排出量・コスト・経費回収年を試算

- 標準法、50,000 m³/日の想定フロー



- 消費電力量（標準法、50,000 m³/日）



コスト・経費回収年
・電力削減費：739万円/年
・経費回収年
監視制御システム更新時に本技術を導入：**3.1年**
（本条件での目標: 5.1年）

導入効果の把握

第３章 導入検討

〇導入検討手法　　〇導入効果の検討例

【導入検討手順】

試算方法の検討（§17）
処理プロセス変更の有無や、運転状況等に応じて風量削減率の試算方法を選択

実態調査（§18）
(1) 制御システムの適用範囲の確認
(2) 複数系列制御方式における代表池の選定
(3) 現行の運転におけるNH_4-Nの処理状況の把握
(1), (2)：§10 制御システムの適用範囲に従う

導入効果の検討（§19）
(1) 風量削減率の試算
(2) 電力・温室効果ガス削減量の試算
(3) コストの試算
（建設費、維持管理費、電力削減費、経費回収年）

導入判断（§20）

【導入効果の検討例（§21, 22）】

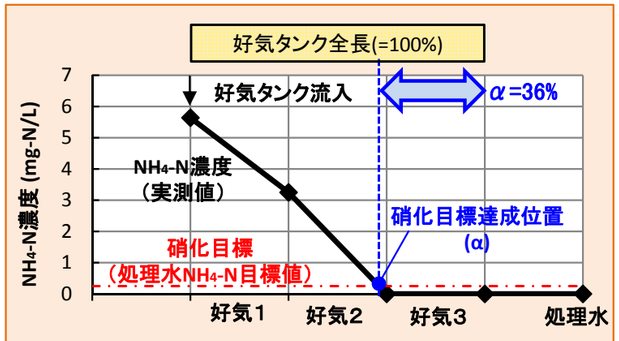
■ 導入を検討する処理場の設定条件

項目	設定条件
処理方式	標準活性汚泥法
処理規模	50, 000 m^3/日（日最大）、40,000 m^3/日（日平均）
系列数	2系列、計8池 （同一躯体構造・同一の運転条件）
ブロワ仕様、風量調節機構	鋳鉄製多段ターボブロワ2台、インレットベーン制御・台数制御
送風量制御方式	DO一定制御
処理水NH_4-N目標値	0.25 mg-N/L
導入システム数	1システム
検討中の導入タイミング	ケース①： 監視制御システムの更新・新設に併せて導入 ケース②： 既存の監視制御システムを改造して導入
導入判断の目安	経費回収年6年以内

■ 実態調査による現行の運転における処理状況の把握

実態調査による各槽のNH_4-N濃度実測値と、目標とする処理水NH_4-N濃度の交点を硝化目標が達成された位置とし、好気タンク全長に対する、交点から好気タンク末端までの長さの比を硝化目標達成位置(α)として算出する。

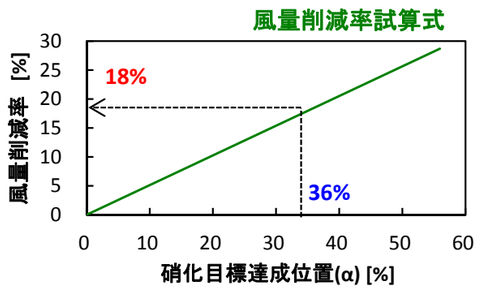
硝化目標達成位置(α)は好気タンク全長に対する過剰曝気領域の割合



アンモニア性窒素(NH_4-N)の処理状況（実態調査結果）
各マスの長さの比は各好気タンクの滞留時間比（容積比）に相当

NH_4-Nの処理状況を調査し、硝化目標達成位置（過剰曝気の程度）を把握

■ 風量削減率の試算結果



硝化目標達成位置(α)から風量削減率を試算

■ 消費電力・温室効果ガス・コストの試算結果

項目	ケース①（監視制御の更新時に併せて導入）	ケース②（監視制御を改造して導入）
電力削減量	1,880 kWh/日	1,880 kWh/日
温室効果ガス削減量	1,090 $kgCO_2$/日	1,090 $kgCO_2$/日
建設費	1850万円/年	5550万円/年
維持管理費	137万円/年	137万円/年
電力削減費	1030万円/年	1030万円/年
経費回収年	2.07年	6.22年

導入可能性を判断のうえ、導入に向けた具体的な検討に進む

第４章 計画・設計

〇導入計画
・導入・計画手順
・施設計画の検討
・機器仕様・配置の検討

【導入計画手順（§23）】

導入計画の策定開始（§24）

本技術に必要な設備の設置計画（§25）
必要な設備の設置状況を確認。不足設備（特にNH_4-Nセンサー）や監視制御システムの設置計画を策定。

留意点の整理、計画とりまとめ（§26, 27）

■ 本技術導入に必要な設備

目的	必要な設備
送風量の演算	• NH_4-Nセンサー2台／システム • 各流量計（流入・循環・返送） • DO計 • MLSS計（複数系列制御適用時※）
送風量の制御	• ブロワおよび送風制御装置 • 風量調節弁および調節弁制御装置 • 風量計

※ 展開池では、各流量計・DO計・MLSS計が必要（§9参照）

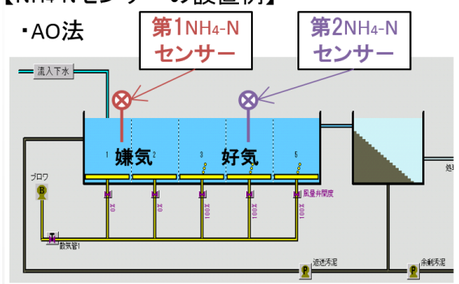
設置済：継続して活用。未設置：本技術と併せて導入

■ 本技術導入時のNH_4-Nセンサーの設置位置

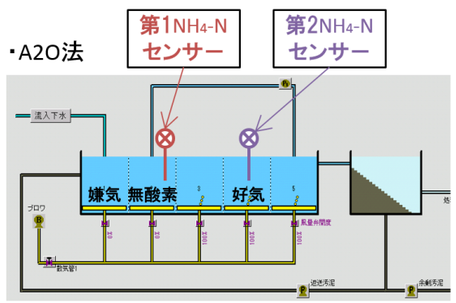
• 第1NH_4-Nセンサー：返送（循環）混合直後、第2NH_4-Nセンサー：好気槽の中間

【NH_4-Nセンサーの設置例】

・AO法



・A2O法



第５章 維持管理

〇運転管理
〇保守点検
〇緊急時の対応と対策

■ 制御システムの立ち上げ（§29）
本技術の試運転により、
• 風量演算に必要な処理特性モデル（初期値）を構築
• 目標とする水質範囲に入るように、NH_4-Nの処理状況の実態に基づき、制御パラメータを設定
➡ 試運転結果に問題なければ、本運転開始

■ 本運転中の監視項目（§30）
制御効果を確認・維持するため、下記項目を監視
• **処理水NH_4-N濃度**
⇒目標値との乖離状況で、運転が適切か判断
• **処理特性グラフ**
⇒過去のグラフと比較し、微生物の**処理特性の急変や運転異常（NH_4-Nセンサー異常等）**を判断

■ 本運転中の保守項目（§31）
適切な運転のため、下記項目を点検
• **NH_4-Nセンサー、他の計測器**
⇒定期的に計測器洗浄、部品交換
• **監視制御設備**
⇒従来と同様、点検・補修を実施

■ 緊急時の対応（§32）
• 処理水NH_4-N濃度が目標値と大きく乖離した場合
⇒NH_4-Nセンサー校正、制御パラメータ調整
• 処理特性グラフでの異常検知時
⇒非定常運転の有無を確認、NH_4-Nセンサー校正
• 計測器保守作業や豪雨時など非定常な場合
⇒既存マニュアルに従う（従来制御へ切替など）

資料編

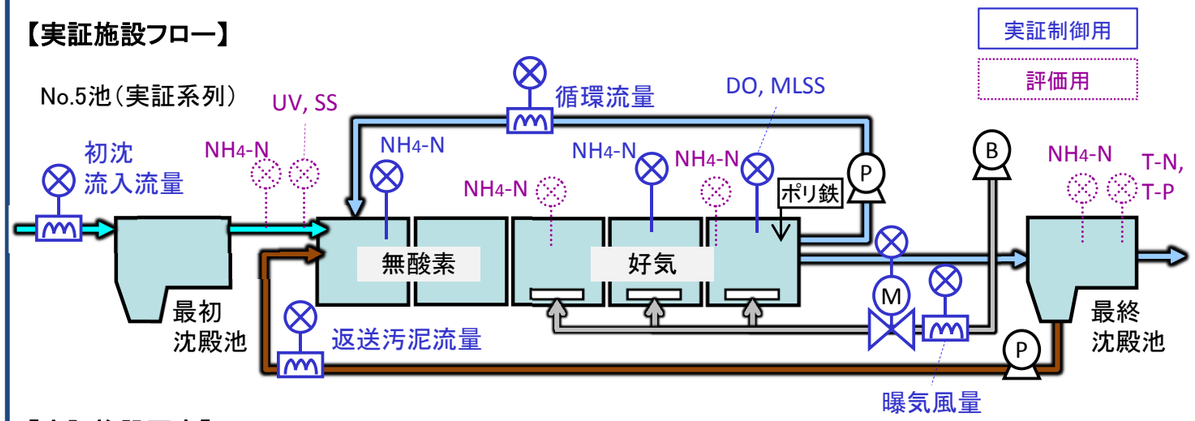
【実証研究概要】

- ■ 研究名称：ICTを活用した効率的な硝化運転制御の実用化に関する技術実証研究
- ■ 実施者：日立製作所・茨城県共同研究体
- ■ 実施期間：平成26年7月～平成27年3月（H26年度）、平成27年6月～平成28年3月（H27年度）
- ■ 実施場所：茨城県流域下水道事務所霞ケ浦浄化センター

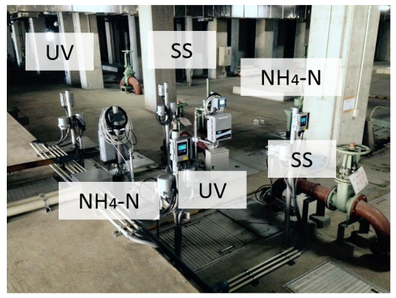
【実証施設概要】

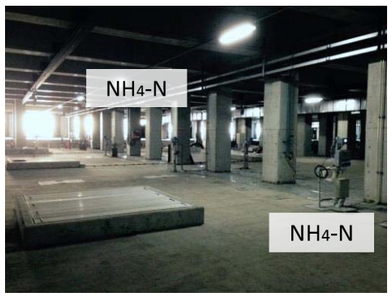
- ■ 実証対象：No.5池（実証系列：本技術を適用）、No.6池（対照系列：従来送風量制御を継続）
- ■ 処理方式：凝集剤併用型循環式硝化脱窒法（無酸素2槽、好気3槽）　■ 処理能力：6,500 m³/日
- ■ 従来送風量制御：DO一定制御（好気3槽目：2.0 mg/L）

【実証施設フロー】



【実証施設写真】





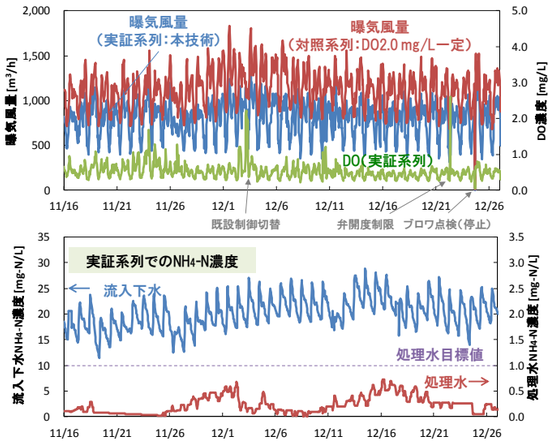
【実証研究結果】

■ 実証研究項目および結果のまとめ

項目	成果目標 【実証期間】	成果（○：成果目標を達成）
①長期制御性	平均処理水NH4-N濃度≦1.0mg-N/L、風量10%減を長期間で達成【通年】	○：全98日間の運転で、風量16.9%減（DO一定制御比）、処理水NH4-N濃度0.33mg-N/L達成
②目標可変性	平均処理水NH4-N濃度≦0.1, 2.0 mg-N/Lを達成【各1週間程度】	○：0.1 mg-N/L運転（38日間）、2.0 mg-N/L運転（19日間）いずれも管理目標を下回る運転
③複数系列制御方式	No.5運転をNo.6に展開(DO手動変更)で同程度の処理を確認【1～3日程度】	○：全2回（48時間）、DO手動変更による複数系列制御の効果を確認
④試算方式	風量削減効果と採水調査結果から、風量削減効果の試算方法を構築	○：処理場の運用、導入シナリオに応じた試算方法を確立

■ ① 長期制御性の実証、② 目標可変性の実証

- 連続運転履歴（H27/11/16～12/27, 42日間）



- 実証結果まとめ（H27年度）

実証項目	期間（日数）	処理水NH4-N [mg-N/L] 目標値	処理水NH4-N [mg-N/L] 実測値	DO [mg/L]	風量削減率
①長期制御性	7/18 - 12/27（98日）	1.0	0.33（平均）	0.47	16.9%
②目標可変性	6/4 - 7/14（38日）	0.1	0.09（平均）	0.85	12.9%
	1/7 - 2/3（19日）	2.0	1.19（平均）	0.70	20.2%

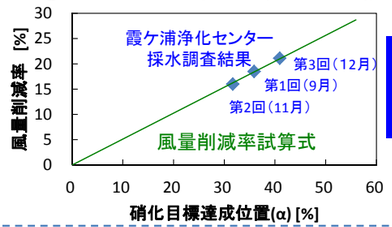
処理水NH4-N濃度を目標以下に制御しつつ、風量削減を実現

■ ③ 複数系列制御方式の実証

- 実証系列（No.5池）のDO濃度を流量・MLSS濃度で補正し、No.6池のDO設定値に反映。一定間隔で設定値を変更。
- 計48時間の実証では、No.5池・No.6池のNH4-N濃度減少量の差異が0.24 mg-N/Lと小さくなった。

短時間ではあるが、本制御方式の有効性を実証

■ ④ 風量削減効果の試算方法の構築



採水調査結果から試算式を構築（決定係数R² = 0.99）

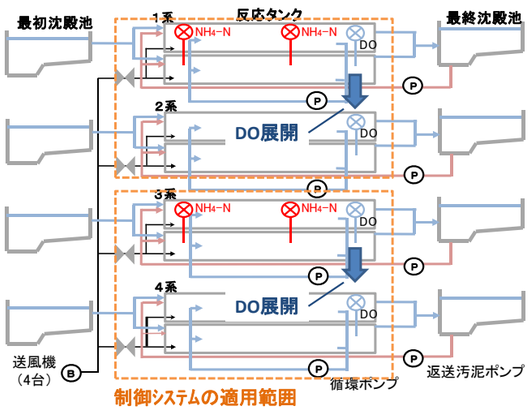
【ケーススタディ】

■ ケーススタディで設定したモデルケース

項目	設定ケース	導入タイミング
処理方式	• 標準活性汚泥法（標準法） • 循環式硝化脱窒法（循環法）	ケース① 監視制御システムの更新・新設時に導入 ケース② 既存設備を改造して本技術を導入
処理規模	• 10,000 m³/日（2系列、計4池） • 50,000 m³/日（2系列、計8池） • 100,000 m³/日（4系列、計8池）	
風量制御	• 風量一定 • DO一定 • 本技術	

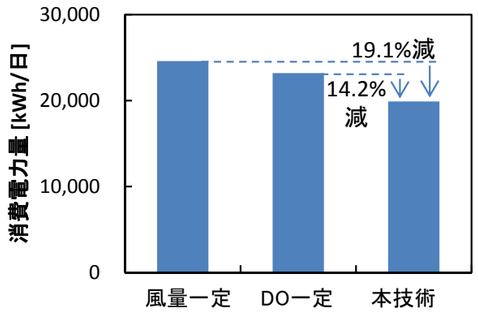
10,000 m³/日、50,000 m³/日：導入システム数 = 1, NH4-Nセンサー2台
100,000 m³/日：導入システム数 = 2, NH4-Nセンサー2台 × 2 = 4台

- 循環法、100,000 m³/日の処理場の想定フロー



■ ケーススタディで評価結果（例：循環法に関する結果）

【消費電力量（循環法、100,000m³/日）】



【本技術の導入効果（循環法、DO一定制御への導入）】

処理規模 [m³/日]	電力削減率 [%]	電力削減費 [百万円/年]	経費回収年 [年] ケース①（新設・更新）	経費回収年 [年] ケース②（改造）
10,000	15.4	2.08	26.0	78.1
50,000	12.9	8.76	2.50	7.51
100,000	14.2	18.1	2.41	5.48

本技術適用により省エネ運転（風量削減・消費電力低減）が実現
適用先の処理場条件（規模・制御方式）によって効果は異なるが、本技術導入による経済的メリットを確認