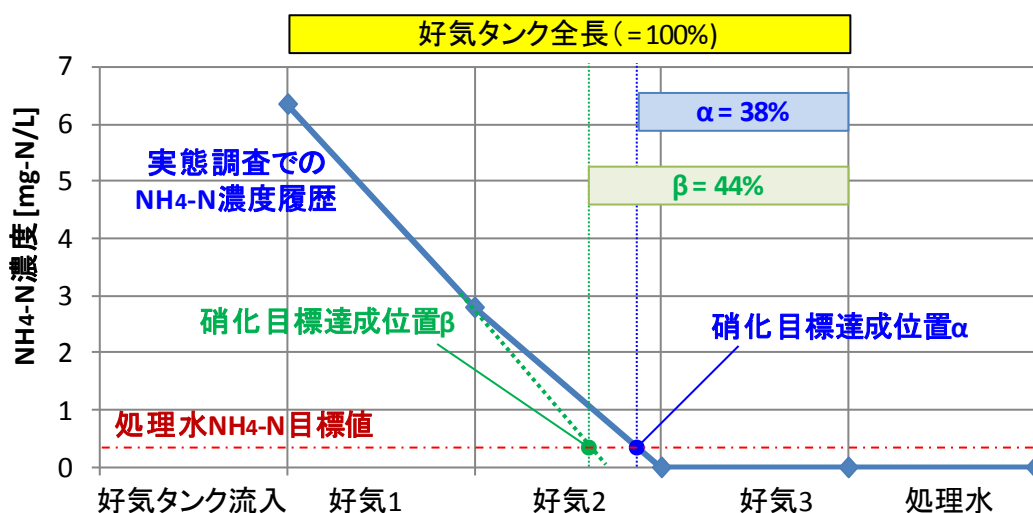


2 導入効果検討における風量削減率の試算方法

2.1 硝化目標達成位置の算出式

本編 §19 導入効果の検討に示したように、本技術の導入効果を検討する際に、処理場の状況に応じて3つの風量削減率の試算方法（試算方法A, B, C）を設定した。そのうち、試算方法A, Bでは、好気タンク内のNH₄-N濃度履歴と処理水NH₄-N目標値との交点（硝化目標達成位置）に基づき風量削減率を試算する。本編 §19 導入効果の検討(1) 硝化目標達成位置では、NH₄-N濃度履歴のグラフを用いて試算する方法を述べたが、本節では具体的な算出式について示す。

図資 2-1 に NH₄-N 濃度履歴の例を示し、式(資 2.1)に硝化目標達成位置 α の算出式を示す。図資 2-1 については本編図 3-4 の再掲であり、処理水 NH₄-N 目標値は 0.38 mg-N/L である。硝化目標達成位置 α の大きさは、好気タンク全長のうち処理水 NH₄-N 目標値との交点以降の長さの割合で定義される。式(資 2.1)において、 k_n から始まる項は好気タンク n （交点が存在する好気タンク）内での割合を表し、 Σ の項は好気タンク $n+1$ 以降の割合の合計を表す。図資 2-1 の例では、 $n=2$, $N=3$, $k_1=k_2=k_3=33.3$, $NH_{4n-1(=1)}=2.8$ mg-N/L , $NH_{4n(=2)}=0.0$ mg-N/L , $NH_{4out_tgt}=0.38$ mg-N/L であり、 $\alpha=38\%$ となる。



図資 2-1 硝化目標達成位置の概念図 (図 3-4 再掲)

$$\alpha = k_n \left(1 - \frac{NH_{4n-1} - NH_{4out_tgt}}{NH_{4n-1} - NH_{4n}} \right) + \sum_{i=n+1}^N k_i \quad (\text{資 2.1})$$

ここで、 α [%] : 硝化目標達成位置、 NH_{4i} [mg-N/L] : 好気タンク i でのNH₄-N濃度、 k_i [%] : 好気タンク全長における好気タンク i の長さの割合、 n : 処理水NH₄-N目標値との交点が存在する好気タンク i 、 N : 好気タンクの総数、 NH_{4out_tgt} [mg-N/L] : 処理水NH₄-N目標値である。

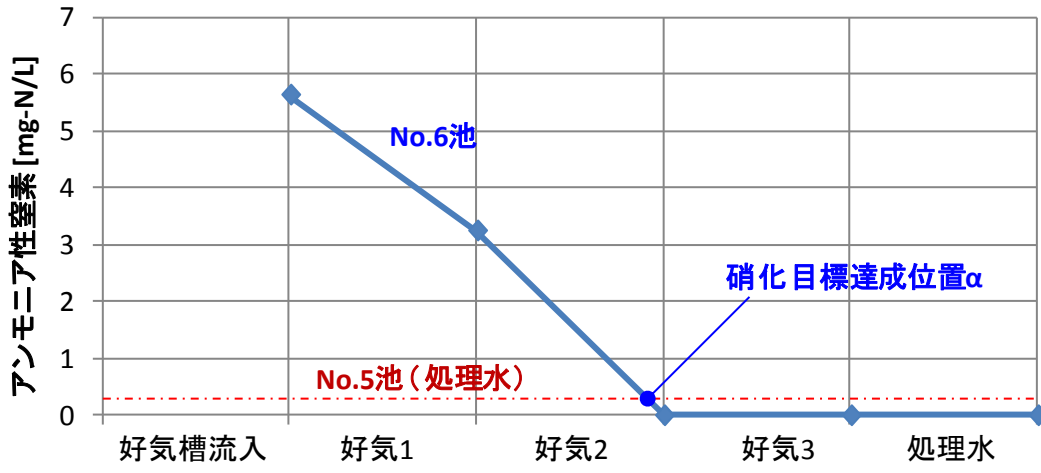
ところで、**図資 2-1**において、好気タンク 2 では硝化が完了しており、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度履歴の傾きは好気タンク 1 より小さくなっていった。好気タンク 2 の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の減少（グラフの傾き）が好気タンク 1 と同様であったと仮定すると、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 目標値との交点は、硝化目標達成位置 α の上流側となる可能性がある（硝化目標達成位置 β ）。硝化目標達成位置 β の算出式を式(資 2.2)に示す。式(資 2.2)では、好気タンク $n-1$ での $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度変化に基づき、好気タンク n 内での処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 目標値と交点の位置を算出する。なお、 k_n/k_{n-1} の項は、好気タンク $n-1$ 、 n の長さの違いを補正するための項である。**図資 2-1**の例では、 $\text{NH}_4\text{-N}_{n-2(=0)}$ （好気タンク流入水の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度）= 6.7 mg-N/L であり、 $\beta = 44\%$ と算出できる。

$$\beta = k_n \left\{ 1 - \frac{\text{NH}_4\text{-N}_{n-1} - \text{NH}_4\text{out_tgt}}{\frac{k_n}{k_{n-1}} \cdot (\text{NH}_4\text{-N}_{n-2} - \text{NH}_4\text{-N}_{n-1})} \right\} + \sum_{i=n+1}^N k_i \quad (\text{資 2.2})$$

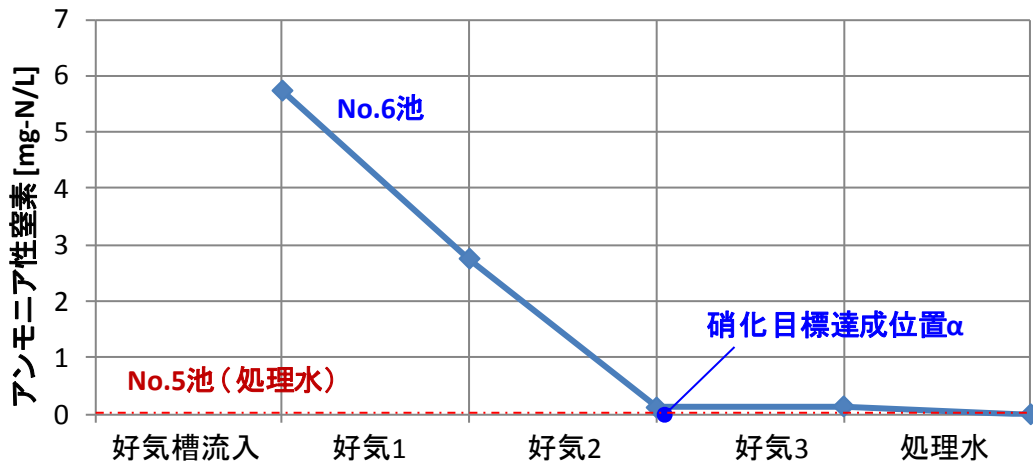
2.2 導入前処理状況と風量削減率の関係（試算方法 A の構築）

3つの風量削減率の試算方法（試算方法 A, B, C）のうち、試算方法 A は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の処理状況として、処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 目標値に到達した位置（硝化目標達成位置）から風量削減率を試算する方法であり、実証研究結果に基づき構築した風量削減率試算式を用いる。以下に、風量削減率の構築に用いた実証研究結果、ならびに構築方法についてまとめる。

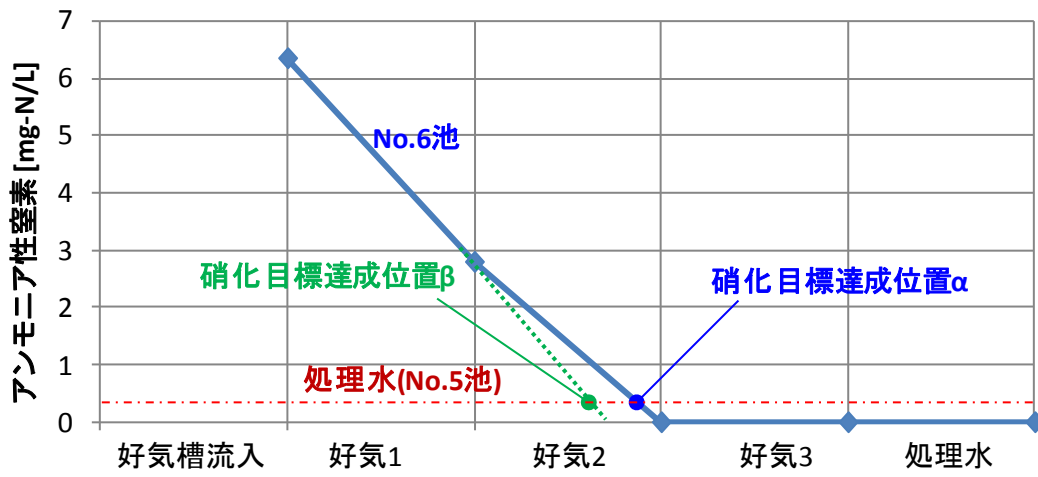
実証研究結果として、**資料編 1.4 実証研究（④採水・採ガス調査）**の詳細に示した霞ヶ浦浄化センターでの採水調査結果を用いて、試算方法 A に用いる風量削減率試算式を構築した。**図資 2-2**に、3回の採水調査における $\text{NH}_4\text{-N}$ の処理実態を示す。硝化目標達成位置としては、No.6 池の $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が No.5 池の処理水 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度に到達したと想定される位置とし、従来 DO 一定制御（No.6 池）に対する本技術（No.5 池）の風量削減効果との関係を検証した。硝化目標達成位置は、**本編 §19 導入効果の検討（1）硝化目標達成位置**に示した方法に基づき算出した。各採水調査における硝化目標達成位置を表資 2-1 にまとめる。表資 2-1 に示した硝化目標達成位置と、表資 1-16 に示した風量削減率の関係を**図資 2-3**に示す。硝化目標達成位置が 0、つまり好気タンク末端の場合は適正に風量を制御できており、風量削減率の余地はないとみなせることから、原点を通る回帰直線で近似した。回帰直線式は、式(3.1)に示したとおりである。本回帰直線式の決定係数 $R^2=0.99$ となり、良い近似を示した。これより風量削減率を簡易的に推定する場合、硝化目標達成位置を求めれば良いことが分かる。



(a) 第1回採水調査 (平成 27 年 9 月)



(b) 第2回採水調査 (平成 27 年 11 月)

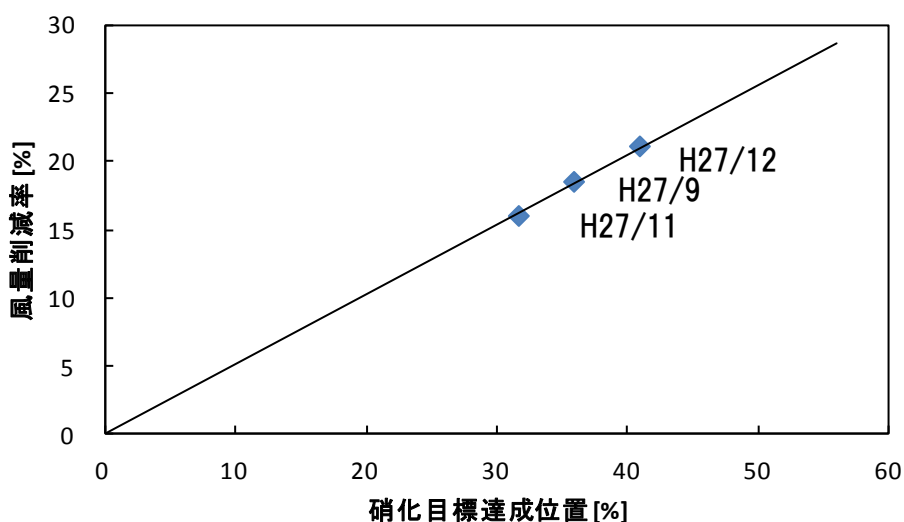


(c) 第3回採水調査 (平成 27 年 12 月)

図資 2-2 NH₄-N の処理状況

表資 2-1 採水調査における硝化目標達成位置

項目	第1回採水調査 (H27/9)	第2回採水調査 (H27/11)	第3回採水調査 (H27/12)
平均処理水NH ₄ -N濃度(No.5池) (処理水NH ₄ -N目標値相当)	0.25 mg-N/L	0.00 mg-N/L	0.38 mg-N/L
硝化目標達成位置 α	36%	32%	38%
硝化目標達成位置 β	36%	32%	44%
硝化目標達成位置(α ・ β 平均)	36%	32%	41%



図資 2-3 硝化目標達成位置と風量削減率の関係

2.3 試算方法 B の検討

霞ヶ浦浄化センターでの採水調査結果を基に、試算方法 B にて風量削減率を試算した結果を表資 2-2 に示す。試算方法 B では、硝化目標達成位置に加え、風量配分比や必要酸素量の影響を考慮して風量削減率を試算した。各試算方法による風量削減率の試算結果と実際の本技術による風量削減率の比較を表資 2-3 に示す。試算方法 A では、図資 2-3 に示したとおり、精度良く風量削減率を試算できた。また、試算方法 B では、範囲をもって風量削減率を試算しているが、本技術での運転結果（実験値）はその範囲に含まれていた。試算方法 C では、実証研究結果の平均風量削減率より 16.9%とした。以上の結果より、各試算方法により本技術による風量削減効果を精度良く試算できる見通しを得た。

表資 2-2 試算方法 B による風量削減率の検討結果

項目	第1回採水調査 (H27/9)	第2回採水調査 (H27/11)	第3回採水調査 (H27/12)
平均処理水NH ₄ -N濃度(No.5池) (処理水NH ₄ -N目標値相当)	0.25 mg-N/L	0.00 mg-N/L	0.38 mg-N/L
硝化目標達成位置 α	36%	32%	38%
硝化目標達成位置 β	36%	32%	44%
風量配分比(ケースA)	100, 90, 70	100, 90, 70	100, 90, 70
風量配分比(ケースB)	100, 100, 100	100, 100, 100	100, 100, 100
硝化目標達成位置 α'	30%	26%	32%
硝化目標達成位置 β'	36%	36%	44%
必要酸素量(BOD)	204 kg-O ₂ /日	318 kg-O ₂ /日	262 kg-O ₂ /日
必要酸素量(硝化)	436 kg-O ₂ /日	402 kg-O ₂ /日	509 kg-O ₂ /日
必要酸素量(内生呼吸)	344 kg-O ₂ /日	370 kg-O ₂ /日	383 kg-O ₂ /日
必要酸素量(DO)	35 kg-O ₂ /日	40 kg-O ₂ /日	38 kg-O ₂ /日
必要酸素量(BOD・硝化)比 γ	63%	64%	65%
推定風量削減率 x_1	13.0%	11.6%	14.4%
推定風量削減率 x_2	21.5%	22.3%	27.9%
推定風量削減率(平均値)	17.3%	16.9%	21.1%
風量削減率(実験値)	18.5%	16.4%	21.1%

表資 2-3 各試算方法による風量削減率の試算結果のまとめ

項目	第1回採水調査 (2015/9)	第2回採水調査 (2015/11)	第3回採水調査 (2015/12)
試算方法A	18.3%	16.2%	20.9%
試算方法B	12.3% - 20.5% (平均16.4%)	10.7%-18.0% (平均14.3%)	13.6%-26.7% (平均20.1%)
試算方法C	16.9%	16.9%	16.9%
実験値	18.5%	16.4%	21.1%