## 5 硝化制御風量の演算方法

本編§8 風量演算方法の概要において、本技術における  $NH_4$ -N センサーを用いた風量演算方法の概要を述べた。本章では、そのうち第  $1NH_4$ -N センサーの計測値に基づくフィードフォワード(FF)制御風量、第  $2NH_4$ -N センサーの計測値に基づくフィードバック(FB)制御風量の演算式について述べる。

## 5.1 フィードフォワード制御風量

FF 制御風量は、第  $1NH_4$ -N センサーから第  $2NH_4$ -N センサーまで、つまり上流側で処理すべき  $NH_4$ -N 濃度(以下、 $NH_4$ -N 濃度減少量(理論値))に対応した風量である。FF 制御風量や FB 制御風量の演算では、単位時間当たりに流入する下水を一つの塊(以下、流体塊)として仮想的に捉えている。流体塊を用いた FF 制御風量および FB 制御風量の演算の概念図を図資 5.1 に示す。流体塊の大きさは流入流量 $Q_{in}(t)$ によって異なり、その位置情報は下水の流入に伴って更新していく。時刻tでの上流側からi番目の流体塊iの位置を $X_i(t)$  [m]とすると、第  $1NH_4$ -N センサー設置位置を起点として、 $X_i(t)$ は式(資 5.1)で表される。各流体塊は流入時に計測・演算される固有の値を保持しつつ、流下していく。

$$X_1(t) = \frac{Q_{in}(t) \cdot \Delta t}{S}, \qquad X_i(t + \Delta t) = X_{i-1}(t) + X_1(t)$$
 (\(\text{\General}\) 5.1)

ここで、 $S[m^2]$ は生物反応タンクの流下方向の断面積、 $\Delta t$ は制御周期である。

第  $1NH_4$ -N センサー設置位置に流入した際の  $NH_4$ -N 濃度は式(資 5.2)で表される。第  $1NH_4$ -N センサーの位置に流入してきた流体塊 1 に対し、式(資 5.3)により中間  $NH_4$ -N 予測値  $NH4_{md\_tgt\_1}(t)$  [mg-N/L]を演算し、さらに式(資 5.4)により  $NH_4$ -N 濃度減少量(理論値)  $\Delta NH4_{tgt\_1}(t)$  [mg-N/L]を演算する。

$$NH4_{in\_1}(t) = NH4_{in}(t), \qquad NH4_{in\_i}(t + \Delta t) = NH4_{in\_i-1}(t)$$
 (§ 5.2)

$$NH4_{md\ tat\ 1}(t) = NH4_{in\ 1}(t) - R_{UP}(NH4_{in\ 1}(t) - NH4_{out\ tat})$$
 (\(\frac{\pi}{2}\) 5.3)

$$\Delta NH4_{tgt\ 1}(t) = NH4_{in\ 1}(t) - NH4_{md\ tgt\ 1}(t)$$
 (\(\frac{\gamma}{5}\) 5.4)

ここで、 $NH4_{in\_i}(t)$  [mg-N/L]: 時刻tにおける流体塊iにおける  $NH_4$ -N 濃度、 $NH4_{in}(t)$  [mg-N/L]: 時刻tにおける第  $1NH_4$ -N センサー計測値とした。ここで、 $NH4_{md\_tgt\_1}(t)$  [mg-N/L]: 時刻tにおける流体塊 1 に対する中間点  $NH_4$ -N 予測値、 $NH4_{out\_tgt}$  [mg-N/L]: 処理水  $NH_4$ -N 目標値、 $R_{UP}$  [-]: 中間処理率、 $\Delta NH4_{tgt\_1}(t)$  [mg-N/L]: 時刻tにおける流体塊 1 に対する  $NH_4$ -N 濃度減少量(理論値)とした。

次に、 $NH_4$ -N 濃度減少量(理論値)  $\Delta NH4_{tgt\_1}(t)$  [mg-N/L]を処理特性モデル(式(資 5.5)の 1 つ目の関数)に入力し、第  $2NH_4$ -N センサー設置位置までに供給すべき風量(以下、必要累積風量(理論値)) $V_{B \ tgt\_1}(t)$  [m³]を演算する。

$$V_{B\_tgt\_1}(t) = a \cdot \Delta NH4_{tgt\_1}(t) + b$$
,  $V_{B\_tgt\_i}(t + \Delta t) = V_{B\_tgt\_i-1}(t)$  (資 5.5) ここで、 $a,b$ : 係数である。

流体塊iに対し、第  $1NH_4$ -N センサー流入時から時刻tまでに供給された風量の累積値を $V_{B\_i}(t)$  [ $m^3$ ]とすると、必要累積風量(理論値) $V_{B\_tgt\_i}(t)$  [ $m^3$ ]との差分を第  $2NH_4$ -N センサーまでの滞留時間の予測値で除した値が、単位時間当たり流体塊iに供給すべき風量となる。したがって、第  $1NH_4$ -N センサーから第  $2NH_4$ -N センサーまでN個の流体塊が存在していたとすると、時刻 $t+\Delta t$  において上流側の好気タンクに供給すべき風量  $QB_{up}(t+\Delta t)$  [ $m^3/h$ ]は式(資 5.6)で表される。  $QB_{up}(t+\Delta t)$ から好気タンク全体への風量を算出したものが FF 制御風量  $QB_{FF}(t+\Delta t)$  [ $m^3/h$ ]となり、算出式は式(資 5.7)で表される。

$$QB_{up}(t + \Delta t) = \sum_{i=1}^{N} \left\{ \left( V_{B_{\_}tgt_{\_}i}(t) - V_{B_{\_}i}(t) \right) \div \frac{S\left( L_{up\_all} - X_{i}(t) \right)}{Q_{in}(t)} \right\}$$
 (\text{\text{\text{\text{\text{\text{9}}}}} 5.6)

$$QB_{FF}(t + \Delta t) = \frac{D_{up} + D_{down}}{D_{up}} \cdot QB_{up}(t + \Delta t)$$
 (\text{\tinite\text{\text{\texi{\text{\tinitte{\text{\texi{\texi{\texi{\text{\text{\text{\text{\text{\texi{\text{\texi{\t

ここで、 $L_{up\_all}$  [m]は上流側、つまり第  $1\mathrm{NH_4\text{-}N}$  センサーから第  $2\mathrm{NH_4\text{-}N}$  センサーまでの距離、 $D_{up}$  [-]は上流側の好気タンクへの風量配分比、 $D_{down}$  [-]は下流側の好気タンクへの風量配分比である。

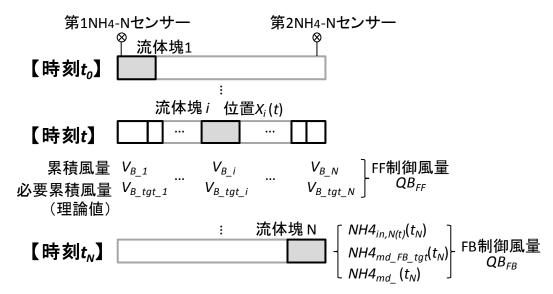
## 5.2 フィードバック制御風量

FB 制御風量では、中間 NH<sub>4</sub>-N 予測値と第 2NH<sub>4</sub>-N センサー計測値とのずれに応じて風量を演算するが、濃度変動の時間遅れは流体塊の概念を用いて考慮している。時刻tにおいて、第 2NH<sub>4</sub>-N センサー設置位置に到達した流体塊の中間 NH<sub>4</sub>-N 予測値 $NH4_{md\_FB\_tgt}(t)$  [mg-N/L]は、流入時の NH<sub>4</sub>-N 濃度  $NH4_{in\_N(t)}(t)$  [mg-N/L]を用いて式(資 5.8)より演算する。そして、FB 制御風量  $QB_{FB}(t+\Delta t)$  [m³/h]は、中間 NH<sub>4</sub>-N 予測値 $NH4_{md\_FB\_tgt}(t)$  [mg-N/L]と、第 2NH<sub>4</sub>-N センサーによる計測値 $NH4_{md}(t)$  [mg-N/L]とのずれにより、式(資 5.9)により算出する。

$$NH4_{md\_FB\_tgt}(t) = NH4_{in\_N(t)}(t) - R_{UP}(NH4_{in\_N(t)}(t) - NH4_{out\_tgt})$$
 (\(\text{\ti}\text{\texi{\text{\texi{\text{\texi{\text{\text{\text{\text{\texi{\text{\text{\texict{\texi{\text{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texictex{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi{\texi}\texi{\texi

$$QB_{FB}(t+\Delta t) = QB(t) - C_{par}(Z) \left( NH4_{md\_FB\_tgt}(t) - NH4_{md}(t) \right) \tag{§ 5.9}$$

ここで、QB(t) [m³/h]は時刻tにおける好気タンク全体への曝気風量、 $C_{par}(Z)$ は離散時間の並列 PI コントローラーの伝達関数である。



図資 5-1 流体塊の概念を用いた FF 制御風量、FB 制御風量の演算概要