研究論文

硫酸塩還元・硫黄脱窒プロセスによる 有機物窒素除去に関する基礎的研究

A Study on Organic Carbon and Nitrogen Removal by Sulfate Reduction and Sulfur Denitrification Process

池本 良子*・小森 友明*・井出 康行*・金井 一人**

ABSTRACT

A sulfur denitrification combined with sulfate reduction process was developed in the two phase upflow biofilm method. Sulfate reduction occurred in the first column. In the second column where nitrate was added assuming recycling from nitrification column, both sulfur denitrification and heterotrophic denitrification occurred simultaneously. Sulfate reducing activity was detected in the second column. Sulfate reducing bacteria grew in both columns playing an important role in production of acetate from protein. Sulfur denitrification bacteria stoichiometrically utilized sulfide produced by sulfate reducing bacteria. Heterotrophic denitrification bacteria stoichiometrically utilized acetate produced by sulfate reducing bacteria. The biomass growth rate was very low and excess sludge was not produced during 50 day operation. Ecological interactions were estimated in the biofilm.

Key Words : denitrification, sulfur denitrification, sulfate reduction, biofilm

要 旨

2槽型上向流生物ろ床装置を用いて硫酸塩還元と硫黄脱窒を組み合わせた処理法の可能性について検討した。人工廃水を供給した第1槽で硫酸塩還元を優先して起こすことができた。第1槽流出水とともに硝化液循環を想定して硝酸を供給した第2槽では、他栄養性脱窒と硫黄脱窒が同時に進行した。第2槽において硫酸塩還元活性が認められた。両槽に生育した硫酸塩還元細菌はプロピオン酸もしくは類似の有機物からの酢酸の生成に量論的に関与していた。第2槽中の硫黄脱窒細菌は硫酸塩還元によって第1槽から供給された硫化物を利用して量論的に脱窒を行った。第2槽中の他栄養性脱窒細菌は第1槽から供給された酢酸を利用して量論的に脱窒を行った。本処理槽の汚泥発生量は少なく、運転期間を通じて汚泥の引き抜きの必要はなかった。装置内の微生物の反応について、熱力学的に考察を行い、処理槽内で微生物の住み分けが起こっていることを推定した。

キーワード：脱窒，硫黄脱窒，硫酸塩還元，生物膜法

1. 緒 言

閉鎖性水域の富栄養化問題の顕在化により、廃水処理における栄養塩除去が重要となっている。通常、生物学的窒素除去は、有機物を電子供与体とする他栄養性脱窒細菌を用いた処理が主流となっているが、有機炭素源が不足した場合に有機物の添加が必

要となる。そこで、有機炭素源の不足する水中の窒素除去に硫黄脱窒細菌を応用する方法が提案されている^{1),2)}。この細菌は電子供与体として還元型硫黄を用い、硝酸を電子受容体として用いる細菌であり、*Thiobacillus denitrificans* が単離されている。しかし、この方法ではチオ硫酸や硫黄顆粒等の還元型硫黄を添加する必要がある。一方、硫酸塩還元細菌は

*金沢大学 Ryoko YAMAMOTO-IKEMOTO, Tomoaki KOMORI, Yasuyuki IDE

**金沢市 Kazuto KANAI

1997年11月20日受付

1998年4月24日受理

自然界に広く分布する嫌気呼吸を行う細菌であり、工学的には下水道施設からの硫化水素の発生やコンクリート腐食の問題を起こすことがよく知られている。また、嫌気性消化においてメタン生成への影響が多く検討されており、活性汚泥処理においては糸状性硫黄酸化細菌によるバルキングの原因になっていることが報告されている^{3), 4), 5), 6), 9)}。さらに、硫酸塩還元が有機物分解を促進し、特に酢酸の生成に関与していることも報告されている^{3), 5)}。硫酸塩還元は嫌気性を保つことにより容易に活性を維持することができることから、硫酸塩還元細菌を利用して硫化物を生成させることによって、硫黄脱窒細菌にエネルギー源を供給することが可能であると考えられる。

本研究は、硫酸塩還元と硫黄脱窒を組み合わせた処理方法を開発することを目的としたものである。本研究で提案する処理プロセスの概略を Fig. 1 に示す。第1槽では、主に硫酸塩還元によって有機物の低分子化と硫化物の生成を行う。続く第2槽では、第1槽から持ち込まれた硫化物と低分子化された有機物を用いた脱窒を行う。後段の第3槽では、硝化と残存したわずかな有機物および硫化物の酸化を行う。2, 3槽は硝化液循環方式である。本処理プロセスのメリットとしては、有機物の低分子化を嫌気条件下で硫酸塩還元によって行うため、有機物分解を硫酸塩還元と酸素呼吸に依存する従来の硝化液循

環方式よりも汚泥の増殖量が少ないこと、硫酸塩還元細菌の持つ高い有機物分解促進能力によって有機物除去率が高まること、系内に硫黄粒が生成されるために窒素の負荷変動に強くなること等が考えられる。一方、デメリットとしては、硫化水素の発生を防ぐことが必要であること、処理プロセスがやや複雑になることなどが挙げられるが、これらは装置上の工夫で克服できると考えている。適用先としては小規模下水処理施設や浄化槽を想定しているが、その他畜産排水などの有機物、窒素ともに高濃度の排水にも適用が可能であると考えられる。本論文は、このようなプロセスによる排水処理が実施可能であるかどうかを検討することを主な目的として、第1槽と第2槽についての基礎実験を行った。さらに、得られた結果から、処理槽内の微生物反応について量論的な検討を行うとともに、それらの微生物の相互作用について考察を行った。

2. 実験方法

実験には Fig. 2 に示すような上向型生物ろ床装置を2槽用いた。両装置とも、直径140mm、高さ300mmの亚克力円筒からなり、上部2/3に生物付着担体として発泡プロピレンを充填した。第1槽は硫酸塩還元細菌を集積するために、Table 1 に示す人工排水で約1カ月間馴養した。第2槽は硫黄脱窒細菌を集積するために、Table 1 中の基質 C で馴養した。その後、両装置を接続し、第1槽には Table 1 の人工排水を、第2槽には第1槽の処理水を通水し、第2槽目の下部から、後続の硝化槽を想定して硝酸塩を添加した。

Fig. 1
Schematic concept
of sulfate reduction-sulfur
denitrification process.

Fig. 2 Experimental set up and sampling points.

A: influent. B: effluent of the first reactor, C: sampling tap at the lower part of the second reactor, D: effluent

Table 1 Composition of artificial wastewater and the substrate in the batch experiments

	Wastewater	Substrate		
		A	B	C
CH ₃ COOK	200	200	200	0mg/ℓ
Polypeptone	400	400	400	0
Yeast Extract	40	40	40	0
NaHCO ₃	71	71	71	71
KCl	175	175	175	175
MgSO ₄ ·7H ₂ O	157	157	0	0
CaCl ₂	51	51	51	51
KH ₂ PO ₄	91	91	91	91
MgCl ₂	61	61	61	61
Na ₂ S	0	0	0	100
NaNO ₃ *	250 (Run 1) /500 (Run 2)	0	500	500
C/N ratio	3.6 (Run 1) /1.8 (Run 2)			

*added in the bottom of the second reactor.

両槽の空塔滞留時間は約3時間に設定した。添加硝酸塩濃度は Run 1で、250mg/ℓ, Run 2では500mg/ℓとした。流入下水中の炭素と硝化液中の窒素から求めたC/N比は Run 1で3.6, Run 2で1.7と、炭素源がやや不足した条件である。

定期的に流入水, 第1槽流出水, 第2槽下部のサンプリングタップ流出水および処理水を採取し, 水質分析をおこなった。分析項目は, 硫酸塩・硝酸塩・亜硝酸塩 (イオンクロマトグラフ), 有機酸 (液クロマトグラフ) および硫化物 (メチレンブルー法) である。また, 実験最終日に装置を解体し, 槽内の微生物を取り出して, 回分実験により, 硫酸塩還元速度, 硫黄脱窒速度および他栄養性脱窒速度の測定を以下のように行った。処理槽内汚泥を遠心分離し, 最終濃度1000mg/ℓとなるように複数個のふ卵瓶 (容積100mℓ) に投入し, あらかじめ窒素をパージすることによって酸素を除去した基質を満たして栓をした後, 20℃の恒温室内でマグネチックスターラーによって攪拌培養し, 一定時間毎に1本づつ開栓して分析に供した。添加基質は, Table 1に示した A, B, Cの3種類と A にモリブデン酸ナトリウム960mg/ℓを添加したものである。基質 A は硫酸塩還元速度, 基質 B は他栄養性脱窒速度, 基質 C は硫黄脱窒速度の測定に用いた。

3. 実験結果と考察

3.1 処理成績と処理槽内の水質変化

両槽を単独に馴養した結果, 約1カ月間で, 第1槽では, 処理水の硫酸塩がほぼ消失し, 良好に硫酸塩還元が進行していることが確認された。第2槽では処理水の硫酸塩濃度が増加し, 良好なガス発生が認められたので, 両槽を接続した。Fig. 3は2槽を接続してからの処理槽内の硫酸塩, 硝酸塩の経日変化を示したものである。運転開始後約20日から, 第1槽で硫酸塩がほとんど消失し, 第2槽で再び増加が認められる。これは第1槽で硫酸塩還元がおり, 第2槽で生成した硫化物が再酸化されていることを示している。一方, 第2槽下部から添加した硝酸塩は処理水ではほとんど検出されなかった。このことは, 第2槽では硫黄脱窒が進行していることを示唆するものである。しかし, 第2槽の硫酸塩濃度が流入水の濃度まで回復せず, 処理水に硫化物が残存したために, Run 2で第2槽へ添加する硝酸塩濃度を2倍に増加した。その結果, 処理水の硫酸塩はほぼ流入水のレベルまで回復し, 処理水に硫化物が流出することはなくなったが, 硝酸塩が過剰となり処理水に残存した。

Fig. 4は処理槽内の水質変化の典型例を示したものである。第1槽では硫酸塩の還元に伴って蛋白質が酢酸に転換されていることがわかる。筆者らは, 活性汚泥中の硫酸塩還元細菌が蛋白質由来の有機物

Fig. 3 Course of the sulfate and nitrate concentrations.

Fig. 4 Change of the organic composition.

Fig. 5 The results of the batch experiment in the anaerobic conditions using the biomass in the first reactor. Mo+: Sodium molybdate was added to the substrate.

からの酢酸生成に関与していることを報告しており^{5), 6)}, 本結果と一致している。一方, 第2槽では硝酸の減少に伴って, 硫酸の増加と酢酸の減少が認められた。第2槽では硫化物を用いた硫黄脱窒と酢酸を用いた他栄養性脱窒の両者が起こっていたと考えられる。硝酸濃度を増加した Run 2では Run 1よりも

硫酸塩濃度が増大し, 硝酸塩濃度が低下しているが, 処理水中に TOC が 20mg/l と Run 1 よりも多く検出された。本処理槽の汚泥発生量は少なく, 運転期間を通じて汚泥の引き抜きの必要はなかった。

3.2 槽内微生物の活性

Fig. 5は第1槽内微生物を用いた嫌気条件下での回分実験結果の1例を示したものである。硫酸塩 75 mg/l (0.75mM) の減少に伴い, 硫化物が 25mg/l (0.76 mM) 生成し, 硫酸塩還元が量論的に進行していたことから, 硫酸塩の減少速度を0次反応と仮定して求め, 硫酸塩還元活性とした。Fig. 6は無酸素条件の回分実験の結果を示したものである。Fig. 6(a)は電子供与体としてペプトンと酢酸を添加したものであり, 酢酸の減少に伴って硝酸が減少している。硫酸塩の増加はほとんど認められないことから, 本実験条件下では, 他栄養性脱窒が優先して起こったと考えられる。亜硝酸の蓄積が2時間後にわずかに認められたため, [硝酸性窒素+亜硝酸性窒素]の減少速度を他栄養性脱窒速度として求めた。Fig. 6(b)は電子供与体として硫化物を添加したものであり, 硝酸の減少に伴って硫酸塩が生成しており, 亜硝酸の蓄積はほとんど認められなかった。硫黄脱窒細菌は以下の式

Fig. 6

The results of the batch experiment in the anoxic conditions using the biomass of the second reactor. The substrates using the batch experiment were acetate in (a) and sulfide in (b).

Table 2 Activity of Sulfate reduction, sulfur denitrification and organic denitrification bacteria obtained from the batch experiments.

	Reactor 1	Reactor 2
Sulfate reducing rate (mg-SO ₄ /gMLSS·hr)	12.7	3.1
Sulfur denitrification rate coefficient (mg-N/gMLSS·hr)		2.4
Organic denitrification rate coefficient (mg-N/gMLSShr)		14.4

にしたがって脱窒反応を行うことが知られている。

本実験では、硝酸85mg/l (1.3mM) の減少に伴い硫酸塩73mg/l (0.76mM) が生成しており、硫酸塩の生成量が量論値 (0.81mM) よりもやや少ないことから、汚泥の自己分解による他栄養性脱窒が同時に進行していたものと考えられる。そこで、硫酸塩の増加速度を求め、(1)式の量論に従って、硫黄脱窒速度に換算した。

Table 2に各槽の硫酸塩還元速度、他栄養性脱窒速度および硫黄脱窒速度をまとめて示した。活性汚泥中の硫酸塩還元速度は0.05-2.5 mgSO₄/gMLSS·hrであることから、両槽の硫酸塩還元活性は非常に高いことが分かる。また、第2槽において、第1槽の1/3程度の高い硫酸塩還元活性が認められたことから、無酸素条件下で硫酸塩還元が進行していることがうかがえる。一方、硫黄脱窒細菌の活性は他栄養性脱窒細菌の1/5程度であった。

3.3 槽内微生物の代謝

嫌気条件の回分実験時に基質に硫酸塩還元細菌の呼吸阻害剤であるモリブデン酸塩を添加した結果をFig. 5にあわせて示した。モリブデンの添加により、硫酸塩還元は完全に抑制されている。それに伴い、酢酸の増加量が低下し、プロピオン酸の蓄積量が増大していることが分かる。プロピオン酸から酢酸への分解に対する硫酸塩還元細菌の関与形態としては、以下の2通りが存在する。

- 1) 硫酸塩還元細菌が直接プロピオン酸を資化して酢酸にまで不完全酸化する場合 (*Desulfobulbus propionicus*)

- 2) 水素酢酸生成細菌との共存下で水素を利用する場合 (ほとんどの硫酸塩還元細菌は水素を利用できる、例外は *Desulfobacter acetoxidans*, *D. latus* 等⁹⁾)

(3)の反応は(4)の反応により水素が消費されない限り進行せず、(3)式と(4)式をあわせると(2)式と同様な式となることから、硫酸塩還元細菌がプロピオン酸を直接資化しても、水素を利用して硫酸塩3分子の還元にとまってプロピオン酸4分子から酢酸4分子が生成されることとなる。

Fig. 7は、本実験における硫酸塩還元量と硫酸塩還元が関与した酢酸の生成量の関係を示したものである。回分実験では、モリブデンを添加しない条件下の酢酸の生成量 ($\Delta\text{Ace}(\text{Mo}^-)$) から、モリブデン添加時の酢酸の生成量 ($\Delta\text{Ace}(\text{Mo}^+)$) を差し引いて、硫酸塩還元細菌が関与した酢酸の生成量 ($\Delta\text{Ace}(\text{SRB}) = \Delta\text{Ace}(\text{Mo}^-) - \Delta\text{Ace}(\text{Mo}^+)$) を推定した。一方、前述したように第1槽内でも硫酸塩の還元に伴い酢酸の生成が認められたことから、処理槽内の硫酸塩還元が関与した酢酸生成量を以下のように

Fig. 7 Relationship between reduced sulfate and produced acetate by sulfate reduction.

Fig. 8 Relationship between utilized nitrate by heterotrophic denitrification bacteria (DNB) and decreased acetate.

に求めた。まず、硫酸塩還元依存性酢酸の生成速度(k)をFig. 5のモリブデン添加実験から求めた。次に、第1槽における硫酸塩還元が関与しない酢酸の生成量を処理槽の水理学的滞留時間から推定した($\Delta \text{Ace}(\text{SRB}) = kt$)。次に、第1槽における酢酸の実生成量(ΔAce)からこれを差し引くことにより、硫酸塩還元が関与した酢酸生成量を求めた($\Delta \text{Ace}(\text{SRB}) = \Delta \text{Ace} - \Delta \text{Ace}(\text{SRB})$)。図中の点線は硫酸塩還元が式(2)に従って起こったと仮定した場合の理論線である。実験結果は理論線とよく一致していることから、硫酸塩還元細菌は式(1)に従って

酢酸生成に関与していたと推定することができる。本結果は、活性汚泥内の硫酸塩還元細菌の挙動と類似しており、下水由来の硫酸塩還元細菌の特性であると考えられる。

一方、酢酸を栄養源とした他栄養性脱窒は式(5)で表すことができる。

処理槽内では硫黄脱窒と他栄養性脱窒が同時に進行していたので、硫黄脱窒によって消費された硝酸を硫酸塩の増加量から(1)式に従って求めることにより、他栄養性脱窒細菌によって消費された硝酸量を推定し、酢酸の消費量とプロットしたのがFig. 8である。回分実験における、脱窒量と酢酸の消費量も併せて示した。実験結果は、脱窒反応が式(5)に従って起こったと仮定した理論線とよく一致したことから、槽内の他栄養性脱窒細菌は主に酢酸を利用してたと推定することができる。即ち、第2槽での脱窒は、第1槽で硫酸塩還元によって生成された硫化物と酢酸を用いて安定して起こっていたことを示すものである。

3.4 槽内微生物相の推定

本実験では、第2槽で高い他栄養性脱窒活性と硫黄脱窒活性が確認された。Run 1の硝酸塩が不足する条件で硫黄脱窒が抑制されたのは、熱力学的には(1)式で示される硫黄脱窒の $\Delta G^0 = -12.04^{\text{kJ}}$ であり、(5)式で示される他栄養性脱窒の $\Delta G^0 = -23.74^{\text{kJ}}$ であることから、他栄養性脱窒が優先化したためであ

Fig. 9 Biological interaction model in the denitrification column.

と考えることができる。しかし、Run 2の条件で有機物が残存したにも関わらず硫黄脱窒が完全に起こり、その活性も高かったことから両者が処理槽内に共存していると考えられる。

一方、硝酸が存在する（無酸素条件の）第2槽で高い硫酸塩還元活性が確認された。硝酸塩還元（脱窒）と硫酸塩還元が同時に進行することは、次式に示すように熱力学的には説明できない現象であり、活性汚泥処理では硝酸の存在により硫酸塩還元が抑制されることが報告されている。

硫酸塩還元細菌が処理槽内で発酵的代謝のみを行っていたか、休眠状態であったことも考えられるが、嫌気性消化においては硫酸塩の存在下でも、長期間の運転では熱力学的には不利なメタン発酵の方が硫酸塩還元よりも優先することが報告されており⁹⁾、硫酸塩還元が酸素の存在下でも起こることも知られている¹⁰⁾。

本実験でも、硝酸塩の存在下でも硫酸塩還元が起こり、処理槽内で硫黄の酸化還元サイクルが形成されていることも十分に考えられるであろう。硫黄のサイクルが形成されれば、硫酸塩還元細菌によって生成された硫化物が繰り返し利用されるとともに、有機物の分解が進むことが期待できる。

このような現象は、以下の3つの仮説で説明することができる。(1)硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌、他栄養性脱窒細菌が処理槽内の縦方向に住み分けを行っている(Fig.9(a))。即ち、装置底部には他栄養性脱窒細菌が増殖し、利用可能な有機物が消費され低濃度となった中間部には硫黄脱窒細菌が、窒素が消失した装置上部では硫酸塩還元細菌が増殖する。

(2)生物膜内で有機物、窒素および硫黄の濃度勾配が生成されている(Fig.9(b))。即ち、生物膜表面

部に他栄養性脱窒細菌、中間部に硫黄脱窒細菌、担体近傍に硫酸塩還元細菌が住み分けを行っている。

(3)微小空間内では硫酸塩還元細菌のごく近傍域に硫黄脱窒細菌が生育し、嫌気条件が保たれている(Fig.9(c))。実際にはこれらのいずれか、もしくは複数が重なり合って、生物相が構成されていると考えられる。

4. 結 言

上向流生物ろ床装置を用いて硫酸塩還元と硫黄脱窒を組み合わせた処理法の可能性について検討した結果、以下のことが分かった。

- 1) 第1槽で硫酸塩還元を優先して起こすことができた。
- 2) 第2槽では、他栄養性脱窒と硫黄脱窒が同時に進行した。
- 3) 両槽に生育した硫酸塩還元細菌はプロピオン酸もしくは類似の有機物からの酢酸の生成に量論的に関与した。
- 4) 第2槽中の硫黄脱窒細菌は第1槽から供給された硫化物を利用して量論的に脱窒を行った。
- 5) 第2槽中の他栄養性脱窒細菌は第1槽から供給された酢酸を利用して量論的に脱窒を行った。
- 6) 第2槽に高い硫酸塩還元活性が認められたことから、硫酸塩還元細菌と硫黄脱窒細菌により硫黄のサイクルが形成されていたと推定された。
- 7) 本処理槽の汚泥発生量は少なく、運転期間を通じて汚泥の引き抜きは必要はなかった。

以上のことから、硫酸塩還元と硫黄脱窒を利用した処理は十分に可能であることが明らかとなった。今後、有機物組成・水温・pHの影響、炭素・窒素・硫黄のバランス、負荷変動の影響など詳細な検討を行う必要がある。

謝辞：担体を提供くださいましたダイワ工業株式会社に感謝いたします。また、実験に御協力くださいました研究室卒業生、松本文彦氏および百瀬大志氏（現静岡県庁）に、感謝します。本研究の一部は平成7年度文部省科学研究補助金試験研究(B)(2)No07555463の補助により行いました。

参 考 文 献

- 1) Matsui, S. and Yamamoto, R. (1986). A new method of sulfur denitrification for sewage treatment by a fluidized bed reactor. Wat. Sci. Tch., 18, 355-362.
- 2) 田杭秀規・古米弘明 (1996) 硫黄脱窒濾過プロセスにおける付着生物膜量および脱窒活性の分布特性, 環境工学研究

論文集, 33, 247-256.

- 3) 池本良子・小森友明・三宅祐司 (1994) 都市下水処理場の嫌気好気活性汚泥におけるバルキング及び硫酸塩還元に関する研究, 環境工学研究論文集, 31, 295-303.
- 4) Yamamoto-Ikemoto, R., Komori, T. and Matsui, S. (1994). Ecological interactions among denitrification, poly-P accumulation, sulfate reduction and filamentous sulfur bacteria in activated sludge. Wat. Sci. Tch., 30(11), 201-210.
- 5) 池本良子, 小森友明, 藤谷寛, 河北浩一郎, Bosque-Hamilton E. K. (1995) 酢酸とペプトンで馴化した活性汚泥における硫酸塩還元細菌と poly-P 蓄積細菌および Type 021N の相互作用, 環境工学研究論文集, 32, 295-303.
- 6) Yamamoto-Ikemoto, R., Matsui, S., Komori, T. and Bosque-Hamilton, E. K. (1996). Symbiosis and competi-

tion among sulfate reduction, filamentous sulfur, denitrification, and poly-P accumulation bacteria in the activated sludge of a municipal plant. Wat. Sci. Tch., 34(5-6), 119-128.

- 7) E. K. Bosque-Hamilton, R. Yamamoto-Ikemoto and T. Komori (1996) Effect of temperature on sulfate reduction, phosphate release and denitrification and their relation with filamentous sulfur bacteria in an anaerobic-oxic activated sludge of a municipal plant., 環境工学研究論文集, 33, 279-287.
- 8) C.N Sawyer and P. L. McCarty 著, 松井三郎, 野口基一共訳 (1982), 「環境工学のための化学基礎編」, 杜北出版.
- 9) Speece, P. E. (1996) Anaerobic biotechnology for industrial wastewaters. SPCHAE PRESS.
- 10) Schlegel, H.G. and Brown B. (1987) Autotrophic Bacteria. Springer-Verlag.

とびつくす

藤 前 干 潟

全面積の約半分の46.5haの面積が埋め立て予定となっている。因みに諫早湾の干潟は3,000haだという。

5月10日に名古屋の藤前干潟に出かけた。藤前干潟は4千ヘクタールの干潟を埋め立ててできた名古屋臨海工業地帯の中にある。喧しい外界の論議をよそに、区切られたその一画だけは、曇天の下でひっそりと憩っているかのようだった。

ゴールデンウィークには干潟フェスティバルが開かれて祭りのようににぎわいを見せたということだったが、今はすっかり静まりかえっている。午前10時、遠くにハマシギが胡麻粒ほどの大きさに見える。大きな群を作っていて、望遠鏡で眺めると思わぬ迫力に圧倒される。4千羽ほどになるという。この時間はちょうどその、ハマシギのいるあたりの潮が引きかけているのだそうだ。1時間後、我々が立っている堤防の足下まですっかり潮が引き、さっきハマシギがいた辺りまで一面の泥面が露出して干潟が全貌をあらわした。浜一面にごろごろしている石を裏返すとどの石の下からも小さな蟹の、固まりのような群れがまるで蜘蛛の子を散らすように四散する。浜一面に無数にあいた穴はみな、小エビそっくりの形をしたアナジャコの巣穴だという。

1984年にゴミの最終処分場がこの干潟に計画され、94年1月、環境アセスメントの手続きに入った。

全体が100ヘクタールほどの、その半分46.5ヘクタールの部分が事業の対象となっており、96年7月、アセスの「準備書」が縦覧された。市民団体は準備書に用意された、野鳥の行動把握についてのデータの不備を指摘し、代替案の欠如を批判している。

本誌2月号掲載の研究論文「環境アセスメントにおける野鳥の評価方法(その2)」においては、まさにその欠点をアセスの手法で解決するため、二次的影響評価の手法として、再餌行動への影響予測を導入することを提案している。この手法を使えば「野鳥以下の生態連鎖部分を間接的に評価することも可能」だとしており、こうした努力、つまり、「開発に伴って喪失する自然環境の価値を正しく把握し、適切なミチゲーションを実施していくことは、後世の人々に対する我々の責務であると考えられる」と執筆者は論文を結んでいる。環境影響評価法は、このような視座の中でこそ真に自立していくことができると言えよう。

それにしてもゴミ処分場を作れば干潟は確実に消える。あのひっそりとした小さな干潟の中にどれほどのゴミを埋め立てることができるのだろうか。

(編集部)