

利用「好氣性脫氮現象」行廢水中有機質及 氮有效去除體系之探討

林宗新*

摘要

本文為就有機質、氮同時去除體系之想法展開探討，主要探討對象為目前實用性之活性污泥膠羽，積極利用生物膜之好氣性脫氮現象以構築處理過程，對於依遺傳因子行必要功能微生物之育種，利用於廢水處理亦在檢討之列，但因遺傳因子擴散之確切安全性評價仍未建立，目前仍言之過早，此處特就「好氣性脫氮現象」，作理論性考察，利用其特徵行廢水中有機物及氮同時去除之生物化學處理體系研究現狀作總括性介紹。

【關鍵字】

1. 好氣性(aerobic)
2. 脫氮(denitrification)
3. 有效去除(effective removal)

一、前言

因人口之增加或都市之集中，湖沼、河川有遠超過自淨作用之大量廢水排出，故追求有效之處理技術為眾所週知之事。都市廢水中以機質、氮、磷為主

*親民工商專校化學工程科主任

要處理對象，將此等組成同時去除過程之檢討為效率性處理的方向之一，其中以有機質(BOD)與氮組成最終分解為 CO_2 、 H_2O 、 N_2 氣體之安定揮發組成釋出最為可能，其同時去除過程值得檢討。生物化學之廢水處理過程為巧妙利用水系微生物，如可依好氣性從屬之營養細菌行有機質之去除，及依好氣性獨立形成營養細菌之硝化細菌與嫌氣狀態之通性嫌氣性脫氮細菌間之連續作用行氮之去除，但因獨立營養細菌與從屬營養細菌之增殖速度小，在理論上為使之具相等之處理能力，應設定免洗滌之條件。

有機質及氮化合物去除有關之微生物群性質有顯著不同，為滿足其微生物群之生育條件，一般設有好氣槽及嫌氣槽運轉，但因條件之不同，反應槽有多數設置之必要，在脫氮槽因須由外添加proton供與體有機質之故，成本較高，操作管理亦繁雜，為此，重新評估傳統之生物化學處理過程，檢討有機質及氮組成有效率之同時去除過程為一有意義之事，若使不同性質之微生物群在同一槽內共存可發揮其功能，小型有效處理裝置有其可行性。

二、好氣性脫氮現象及其利用

與生物化學有機物去除目的有關者為好氣性運轉之活性污泥法或生物膜之脫氮等方法，與此相關者有不少報告。另者，於氮之去除須將氫氧化物作還原性分解之嫌氣性狀態，為此，「好氣性脫氮現象」須局部實現嫌氣性狀態方可。一般氮之去除為由從屬營養細菌將有機氮行好氣性分解生成氨態氮，首先由硝化細菌作好氣性轉為亞硝酸，進而變為硝酸態氮之氧化物，其次將此等氮氧化物以脫氮細菌還原為氮氣，菌體於充分分散之好氧條件下脫氮現象幾乎看不出來^(3,4)。為此，欲將此等微生物功能化，須有適合之環境(即為好氣脫氮現象之進行)，故於膠羽或膜狀凝聚狀態下，微生物之存在必不可少^(5,6)。

活性污泥製程於好氣條件下運轉，被認為有相當程度之脫氮反應^(7,8)，此外，撒水濾床法、回轉圓板法等代表之生物膜法，依DO之擴散限制得知生物膜易生嫌氣部分^(9,10)，依微小DO感應器測定生物膜之溶存氧(DO)分佈結果可知膜表DO為 6mg/L 之際，由膜表面約 $150\ \mu\text{m}$ 深處有DO之存在，更深處即成無氧狀

態，在此無氧部分有嫌氣性反應之進行，依上述事實，可解釋活性污泥膠羽或生物膜所見之「好氣性脫氮現象」，此為在一定環境條件下，DO為膠羽或生物膜表層部微生物所耗盡，無法朝膠羽中心滲透之狀態，Floc或生物膜內部發生嫌氣性部分，因外觀上存有液相DO，嫌氣性細菌與好氣性細菌可同時生長，各呈不同之反射反應於一反應槽內同時進行，已有不少利用此種「好氣性脫氮現象」行廢水有機質及氮除去研究之報告^(12~22)。

使用回轉圓板法行有機質與氮之同時去除，對有機質(CH_3OH)之負荷為 $3.5\text{g/m}^2\text{日}$ ，水處理滯留時間為十一小時，氧氣分壓為 0.15atm 以下時之 $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率（依硝酸反應）會減少，但全氮(T-N)除去率有增加之傾向，此表生物膜上之「好氣性脫氮」受氧濃度影響⁽¹⁷⁾，另者，可積極利用此等生物膜之好氣性脫氮現象行好氣性、嫌氣性微生物群構成之反應槽⁽²³⁾，反應槽內因有設置氧透過膜，其表面有生物膜形成，由實驗之氮氣組成除去流束數據，可知脫氮反應亦同時發生，依此結果，由氧氣透過層表面之朝向液體方向分別有好氣層、嫌氣層各自形成，同時進行有機氧化反應、硝化反應之脫氮反應。

活性污泥之一般膠羽大小約為 $100\sim 200\mu\text{m}$ ，假設內部有存在嫌氣性領域，其體積亦小，無法依活性污泥法行氮之積極去除，故須行在膠羽分散系使脫氮反應以高比率進行之「間歇曝氣氧化池」，在此處理裝置中，曝氣時間對氮去除之影響甚大，時間若過長，脫氮細菌之活性將下降，若過短，硝化反應無法充分進行，活性污泥膠羽或生物膜常於液體流中曝露，易使膠羽呈流體力學性之破壞而變小，此外，生物膜亦生膜之剝離^(25~27)，為此，有機質及氮除去之好氣性、嫌氣性微生物的安定維持困難，又於生物膜法，膜之面積與反應槽之體積較小，其處理能力有限。

三、有效率廢水處理體系之構築

以高濃度又大量之廢水行有機質及氮除去處理體系之性能提升而言，維持單位反應槽、單位體積內微生物量之高度維持必不可少。為加大微生物之附著面積，利用懸浮之砂或活性碳等粒子表面之流動層型反應槽之研究者不少。平田等^(28,29)採用CB濾材（煤之燃灰與水泥結合劑(cement binder)作成者）作為擔體之三相流動槽廚房排水生物處理體系已有提案，在此一體系中，TOC之除去因厚水負荷而有變化，但仍能安定處理，另者，硝化反應或脫氮反應因有機質濃度之影響而生變動，氮之去除不安定，但全氮之平均除去速度為 $4.2\text{g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$ ，此係因上述生物膜之不安定所致。

利用流動型反應槽之特徵，使微生物於擔體內行高濃度固定化應用於廢水處理之研究不少^(30,31)亦有應用增殖速度慢之硝化細菌，以固定法固定於擔體內行實際廢水處理之報告^(32,33)，依本法，硝化細菌在擔體內部達 $1.8 \times 10^{10}\text{cells/cm}^3$ ，對 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度為 250mg/L 之高濃度廢水，亦能以滯留七小時除去85%，就一般而言，微生物固定化之手續繁雜，實際處理易生微生物增殖之細胞洩漏或擔體控制之困難，若能迴避上述問題點，簡單之微生物密集化手段即可應用於廢水處理。

四、利用多孔質擔體行微生物群之捕捉與構成

以多孔質擔體作為細胞擔體，應用於微生物、動植物之培養不少^(34~36)，其優點為只須在反應槽內與細胞混合，即可維持擔體內細胞之高濃度，以平均粒徑 $10\sim 30\mu\text{m}$ 之細胞模擬粒子混合液預備之攪拌槽型反應槽，在其中添加平均細孔為 0.83mm 之多孔質聚銨酯(PU)泡棉(urethane foam)擔體後，細胞模擬粒子快速為擔體所捕捉，漸漸呈平衡狀態，在此平衡狀態下混合液之粒子濃度較擔體無添加時之平衡濃度為小，故捕捉粒子呈現擔體之濃縮⁽³⁷⁾。

另者，於嫌氣性或好氣性廢水處理下，以高濃度微生物為擔體，亦有不少利用多孔質擔體之報告^(38~41)，為多孔質擔體所捕捉之微生物群難以脫離，故由

高濃度微生物組成之處理製程可實現，多孔質PU泡棉擔體依通氣攪拌下，使活性污泥微生物混合液投入其中培養之⁽⁴³⁾，培養開始後，微生物由擔體中心擔待，隨時間之增長漸朝擔體週邊擴散，此流動層型反應槽之多孔質擔體的微生物擔持過程受擔體多孔構造之懸濁微生物群擔體捕捉過程及擔持之微生物群擔體脫離過程所支配，依此等結果，多孔質擔體有最適大小，因行操作條件之控制，可行擔持微生物量之控制。

Fill & Draw方式之流動層型反應槽中不同大小孔質擔體之活性污泥微生物群擔持，達一定狀態時微生物群所呈之反應特性表示如下⁽⁴²⁾，反應槽內之混合液DO為6.5~7.5mg/L，基質投入後之反應過程引生有機質之減少，可區分為Phase-1與Phase-2，於Phase-1中隨有機質之減少，採用大小為7.10mm之擔體，脫氮反應進行，採用大小為5mm之擔體則無進行，此結果表示於有機質及氮之同時去除體系構成中，須採用適切大小之多孔質擔體。但在注排式之回分培養實驗，硝化反應於有機質存在下不進行，待有機質去除後方才進行，此係因硝化細菌較有機質氧化細菌增殖速度慢所致，欲依此多孔質擔體所擔持微生物群之廢水處理連續進行時，為維持好氣性脫氮反應，有必要行硝化反應，故以循環型推流反應槽較有效⁽⁴⁴⁾，採用此一反應槽，於DO為6mg/L條件下作八小時之滯留實驗，可達有機質之去除及80%氮之同時去除。

依漢斯等人⁽⁴⁵⁾之研究，於反應裝置中採用聚胺酯泡棉為多孔質擔體，作各區域之DO控制以行有機質、氮同時去除之檢討，全氮除去率達90%，此為依反應槽內之DO作不同程度之控制，適切行有機質氧化細菌、硝化細菌、脫氮細菌在反應槽內保持所致，故適切利用多孔質擔體行反應槽之設計，可高效率除去廢水中之有機質及氮，今後此種體系之最適條件檢討成為必要。

四、結語

以上所述為在活性污泥或生物膜法所能觀察之「好氣性脫氮現象」，積極利用作有機質與氧化物同時除去過程之過去與現在，利用適切大小之多孔質擔體，妥研操作法，使廢水中有機質及氮可同時除去之反應槽作成已成可能，此

外，在廢水處理上利用多孔質爲擔體，亦須求擔體之耐久性，已有若干種耐久性優良之製品，故求更低廉、更耐久之多孔質擔體開發爲至要。

參考文獻

- 1.高原義昌，“廢水的生物處理”，地球社，1980。
- 2.濱宏，橋本獎，小笠泰，下水道協會誌，25(292)，58,1988.
- 3.Focht. D. D. and A. C.Chang, Adv. Appl. Microbiol., 19.153,1975.
- 4.Krui. J. M. Wat Res., 10. 337,1976.
- 5.Rittman. B. E. and W. E. Langeland, J. WPCF. 57. 4,1985.
- 6.羽野忠，ケイミカル・エンジニアリング，6(3)，143,1987.
- 7.赤木靖春，岸本民也，ケイミカル・エンジニアリング，7，10,1986。
- 8.Richard, M. G., Q. J. Hao and D. Jenkins, Proc. 55th Ann. WPCF. Cont., St. louis. Mo,1982.
- 9.洞沢勇，“生物膜法”，忠考社，1982.
- 10.北尾篤嶺，大森英昭，山本康次，下水道協會誌，20(229).20,1983。
- 11.Chen. Y. S. and H. R. Bungay,Biotechnol. Biocng., 23, 781,1981.
- 12.Chen. G. H. H. Ozaki and Y. Terashima, Wat. Sci. Tech., 21, 791,1989.
- 13.Watanabe. Y., S. Masuda. K. Nishidome and C. Wantawin ,Wat Sci. Tech., 17, 385,1984.
- 14.Wu. Y. C. ane E. D. Smith,"Fixed Film Biological Processes For Wastewater", Noyes Data Corporation,1983.
- 15.增田純雄，石黒政儀，渡邊義公，下水道協會誌，16(187)，24,1979。
- 16.增田純雄，渡邊義公，石黒政儀，下水道協會誌，19(215)，12,1982。
- 17.增田純雄，渡邊義公，石黒政儀，下水道協會誌，23(262)，49,1986。
- 18.增田純雄，渡邊義公，石黒政儀，下水道協會誌，24(278)，19,1987。
- 19.渡邊義公，下水道協會誌，19(221)，52,1982。
- 20.渡邊義公，西留清，石黒政儀，下水道協會誌，19(223)，30,1982。

66 利用「好氣性脫氮現象」行廢水中有機質及氮有效去除體系之探討

- 21.Arvin, E. and P. Harremoos, Wat. Sci. Tech., 22(1/2). 171,1990.
- 22.Gujer, W. and M. Boller, Wat. Sci. Tech., 22(1/2), 53,1990.
- 23.Timberlake, D. L., S. E. Strand and K. J. Williamson, Wat. Res., 22(12), 1513,1988.
- 24.Araki, H., K. Koga. K. Inomac, T. Kusuda and Y. Awaya, Wat. Sci. Tech., 22(3/4), 131,1990.
- 25.海野肇，橋本直樹，明帛高司，水質汚濁研究，9(10)，643,1986。
- 26.Rittman, B. E., Biotechnol. and Bioeng., 24, 501,1982.
- 27.Trulear, M. G. and W. G. Characklis, J. WPCF., 54(9), 1288,1982.
- 28.平田彰，保坂幸尚，パンパン・リリオハバスキ，前田和哉，水質汚濁研究，12, 572,1989。
- 29.平田彰，高橋千秋，高橋友嗣，水質汚濁研究，14(10)，730,1991。
- 30.橋本獎，占川憲治，濱宏，下水道協會誌，23(261)，16,1986。
- 31.須藤隆一，“微生物固定化法による排水處理”，產業用水調査會，1988。
- 32.角野立夫，中村裕紀，森直道，江森弘洋，用水と廢水，34(11)，935,1992。
- 33.江森弘洋，角野立夫，中村裕紀，第24回水質汚濁學會講演集，393,1990。
- 34.Endo. I. T. Nagamune, N. Kato. M. Nishimura and T. Kobayashi, Bioprocess Eng., 3. 63,1988.
- 35.Yamaji. H. and H. Fukuda, Appl. Microbiol. Biotechnol., 37, 244,1992.
- 36.Koge, K., Y. Orihara and T. Furuya, Appl. Microbiol. Biotechnol., 36, 452,1992.
- 37.後藤健彦，佐佐木信也，邢新會，白神直弘，海野肇，化學工學會第58年會研究發表講演要旨集，A320,1993。
- 38.Atkinson, B., G. M. Black and A. Pinches, "Biological Fluidized Bed Treatment of Water and Waste Water", p.75, Ellis Horwood Chichester,1981.
- 39.Atkinson, B., G. M. Black, P. J. S. Jewis and A. Pinches, Biotechnol. and Bioeng., 21, 193,1979.

- 40.Klein, J. and M. Kluge, Biotechol. Letters, 3, 65,1981.
- 41.Huysman, P. P. V. Meenen, P. V. Assche and W. Verstraete, Biotechnol. Letters, 5, 643,1983.
- 42.邢新會，本多裕之，白神直弘，海野肇，化學工學論文集，17(3), 524,1991。
- 43.Xing, X. H., H. Honda. N. Shiragami and H. Unno, J. Chem. Eng. Japan, 25(1), 89,1992.
- 44.Chachkes, A., X. H. Xing. H. Honda, N. Shiragami and H. Unno, 化學工學第25回秋季大會研究發表講演要旨集, N314,1992。
- 45.Hans, L. and F. Uube公開特許公報, 557,1987。