

事業場における窒素除去について (第1報)

窒素排出及び除去の実態について

Studies on Nitrogen Removal of Industrial Waste Water (I)

藤田 淳二 小坂 紀生 土取りゆき
 Junji FUJITA Norio OSAKA Miyuki TUCHITORI
 三好 健治 美澤 誠
 Kenji MIYOSHI Takeshi MIZAWA

香川県内の事業所より排出されているT-Nの実態及び既存施設での窒素除去の実態について調査を行った。各事業所より排出されているT-Nの濃度平均は17.35 mg/lであり各業種で平均値1.62～82.1mg/lとそれぞれ業種によりかなりの差がみられた。高濃度T-Nを排出している業種としては石油製品・石炭製品製造業、保健及び廃棄物処理業があった。既存施設での窒素除去は、凝集処理では低い除去率であったが活性汚泥処理では66%の除去率を示した。また活性汚泥処理では窒素とリンの除去率の間に有意水準1%で相関がみられ、一部事業所においては活性汚泥処理で窒素及びリンの高度処理が行われていた。

はじめに

近年瀬戸内海をはじめ閉鎖水域で赤潮が多発し魚介類に多大の影響を与えている。また湖沼等においても藻類の異常発生が多く見られる様になった。それに伴ない、これら水域の富栄養化対策が急がれるようになってきた。富栄養化の原因物質としては窒素、リンが主にあげられるがリンについては各事業所より排出される濃度実態はすでに調査報告^{1),2)}されており、また昭和54年に改正施行された「瀬戸内海環境保全特別措置法」による削減指導の形で関係府県で対策がなされている。一方窒素については、事業所より排出される濃度実態はまだ充分把握されていないのが現状である。そこで今回本県における各事業所より排出されている窒素濃度の実態把握及び既存施設での窒素除去の実態を把握する目的で調査を行った。なお一部事業所についてはリン濃度もあわせて調査し、窒素除去率とリン除去率との関係も調査した。その結果について報告する。

調査方法

1. 調査期間 昭和56年4月～昭和57年3月
2. 調査対象事業所

調査対象事業所は129(内12は団地)、一事業所当たり1～2回調査した。延べ調査事業所数は238であり、表

1に各業種ごとの調査事業所数を示した。業種分類の内団地以外は「日本標準産業分類表」に従い中分類番号で示した。

表1. 業種別調査事業場数

| 業種 | 調査事業場数 | 延べ調査事業場数 |
|------------------|--------|----------|
| 18 19 食料品、たばこ製造業 | 54 | 116 |
| 20 繊維工業 | 9 | 14 |
| 22 木材及び木製品製造業 | 3 | 3 |
| 24 パルプ・紙・紙加工品製造業 | 4 | 8 |
| 26 化学工業 | 11 | 11 |
| 27 石油製品、石炭製品製造業 | 2 | 5 |
| 32 非鉄金属製造業 | 3 | 9 |
| 33 金属製品製造業 | 5 | 8 |
| 35 電気、機械器具製造業 | 2 | 2 |
| 36 輸送用機械器具製造業 | 3 | 8 |
| 43 各種商品小売業 | 2 | 4 |
| 72 水道業 | 2 | 4 |
| 75 旅館その他宿泊施設 | 4 | 8 |
| 77 洗濯・理容・浴場 | 2 | 4 |
| 88 医療業 | 3 | 6 |
| 89 保健及び廃棄物処理業 | 6 | 12 |
| 91 教育 | 1 | 2 |
| 95 その他サービス業(ト場) | 1 | 2 |
| 団地排水 | 12 | 12 |
| 計 | 129 | 238 |

3. 調査項目

調査対象事業所の処理水についてT-Nを測定した。また業種番号18・19の内活性汚泥処理を行っている事業所及び20, 24, 33, 36の内凝集処理を行っている事業所については処理前後水のT-N, T-Pを測定した。

4. 測定法について

T-Nは有機態窒素, アンモニア態窒素, 硝酸態窒素, 亜硝酸態窒素の総和をもってT-Nとした。アンモニア態窒素と有機態窒素の含量はJISK0102の45・1による前処理により分解を行ないインドフェノール法あるいは中和滴定法にて測定した。さらに硝酸態窒素と亜硝酸態窒素の含量はJISK0102の44・2による前処理によりアンモニアへの還元を行ないインドフェノール法あるいは中和滴定法にて測定した。T-PについてはJISK0102の46・3により定量した。

結果及び考察

1. 処理水の濃度分布

今回行った調査対象事業所は129事業所, 延べ事業所数は238であり各業種ごとの処理水中T-N濃度範囲及び平均値は表2に示したとおりである。またT-N濃度

表2 業種別T-N濃度

| 業種 | 範囲 (mg/l) | 平均 (mg/l) | n |
|-------|-------------|-----------|-----|
| 18・19 | 0.76 ~ 58.2 | 15.8 | 116 |
| 20 | 4.03 ~ 26.3 | 10.3 | 14 |
| 22 | 1.09 ~ 6.65 | 3.28 | 3 |
| 24 | 0.75 ~ 3.1 | 2.05 | 8 |
| 26 | 0.36 ~ 4.16 | 1.62 | 11 |
| 27 | 1.5 ~ 89 | 53.1 | 5 |
| 32 | 0.32 ~ 8.5 | 2.64 | 9 |
| 33 | 6.67 ~ 54.5 | 25.4 | 8 |
| 35 | 0.54 ~ 13.5 | 7.02 | 2 |
| 36 | 0.92 ~ 3.87 | 1.96 | 8 |
| 43 | 12.0 ~ 13.7 | 12.8 | 4 |
| 72 | 7.7 ~ 13.7 | 10.3 | 4 |
| 75 | 2.15 ~ 23.8 | 8.20 | 8 |
| 77 | 5.05 ~ 6.2 | 5.55 | 4 |
| 88 | 4.60 ~ 42.3 | 25.5 | 6 |
| 89 | 2.9 ~ 160 | 74.3 | 12 |
| 91 | 14.2 ~ 15.7 | 15.0 | 2 |
| 95 | 80.7 ~ 83.5 | 82.1 | 2 |
| 団地 | 2.21 ~ 48.7 | 23.0 | 12 |
| 全業種 | 0.32 ~ 160 | 17.35 | 238 |

の相対度数分布を図1に示した。業種番号43, 72, 75, 88, 89, 91及び団地排水はいずれも浄化槽関係排水であり一括して示した。食品品製造業は10mg/l以下について詳細にクラス分けして図に示した。なお図1には試料数の少ない業種の分布は省略した。

表2に示したように全業種の平均濃度は17.35mg/lであり業種別の平均値の範囲は化学工業の1.62mg/l~その他サービス業の82.1mg/lである。化学関係では, 本県には窒素関係を製造する事業所はなく業種別で最も低い値を示したものと思われる。最大値を示した業種はその他サービス業に入るト場である。牛豚等の血液等によるものと思われる。比較的低い平均値を示した業種としては業種番号24, 36があり, 比較的高い平均値を示したものは27, 89がある。89は本調査ですべてし尿処理場であり最高値として160mg/lのT-Nを示した。本県におけるし尿処理場では, 一部脱窒施設を設置している事業所もあり, 業種番号89の中で低い値として2.9mg/lを示しているのはこの為である。業種番号27に相当する事業所としては石油精製工場とコークス製造工場があり, コークス製造工場より出るガス液処理水の中に高濃度窒素が含有されている為高い値を示した。

つぎに各業種における処理水中の窒素濃度分布であるが全体では10mg/l以下が51%をしめており10~20mg/lは21%と高濃度になるにつれ減少している。食品品製造業であるが, この業種も10mg/l以下が最も多く44%をしめており高濃度になるにつれ減少している。食品品製造業の内やや高い窒素濃度で排出しているものとしては, 豆腐, 油あげ製造業, 畜産食品品製造業, 水産食品品製造業があった。食品品製造業の10mg/l以下については階級巾を1mg/lとし図示した。1mg/l~7mg/lまではほぼ同じ出現率であるが0~1mg/l, 7~10mg/lは低い出現率を示した。

業種番号43, 72, 75, 88, 89, 91及び団地排水については一括して浄化槽関係排水として図示したが, 業種番号89以外はし尿と雑排水の合併処理水と考えてよく, 20mg/l以下で出現率56%をしめしている。70~80mg/l及び100mg/l以上での出現があるが, これは業種番号89によるものである。し尿処理場排水においては, 各事業所によって大巾な濃度差が確認された。それは, 施設の型, 運転方法によって異なるものと思われる。

業種番号20の繊維工業については, 染色工場がほとんどであり, 10mg/l以下の出現率が64%をしめていた。しかし一部高濃度窒素の出現も確認された。

2. 既存排水処理施設での窒素除去率及びリン除去率との関係

調査対象とした処理施設は活性汚泥処理施設と凝集処理施設についてである。活性汚泥処理施設は本県では食

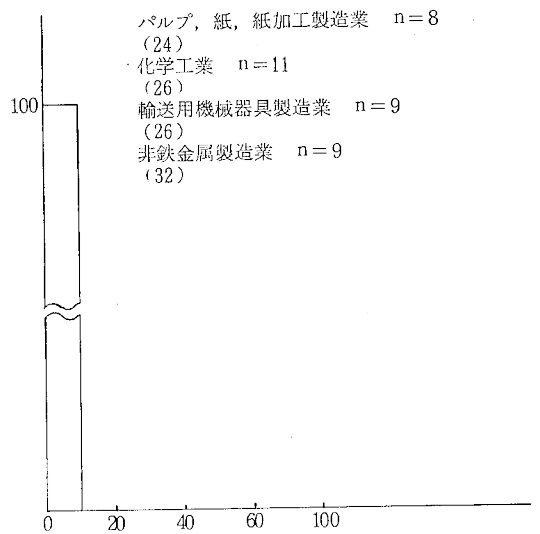
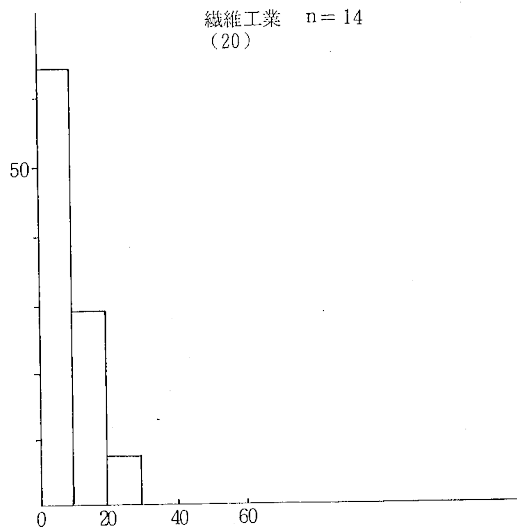
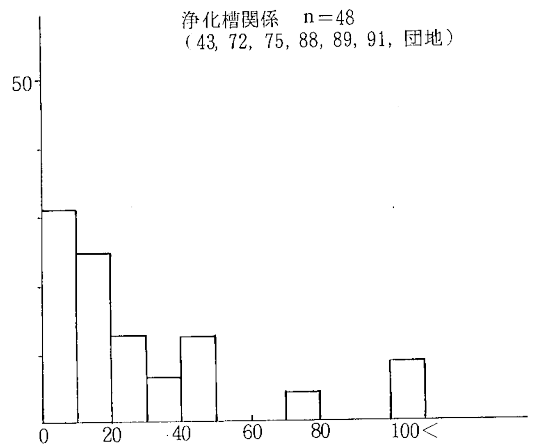
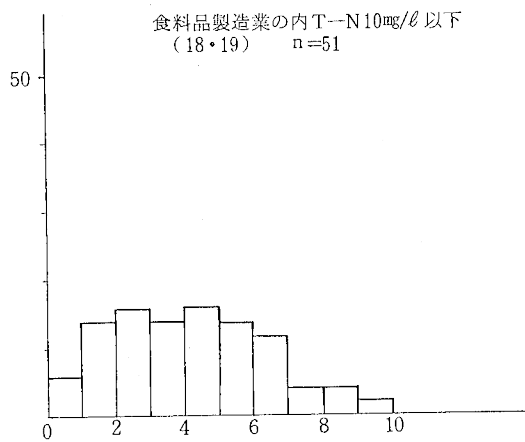
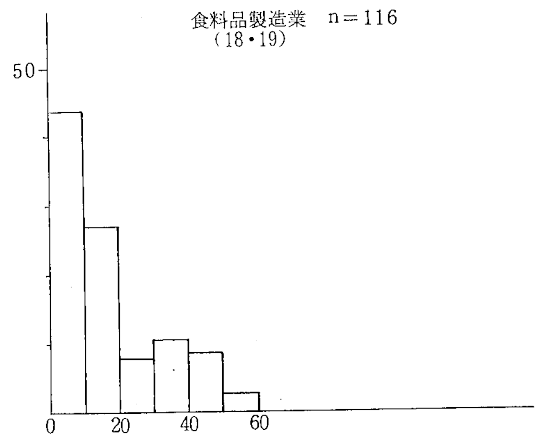
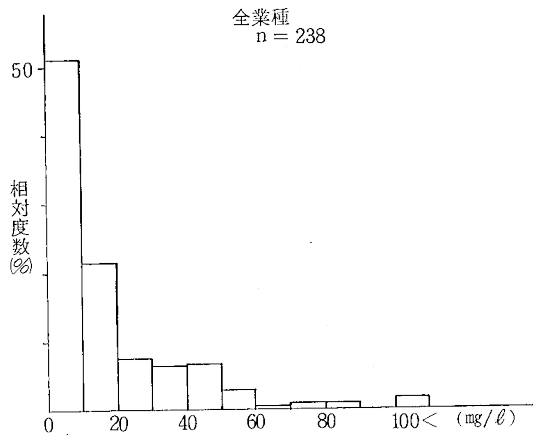


図1. T-Nの業種別相対度数分布図

料品製造業に多く用いられており、凝集処理施設はパルプ、紙、紙加工品製造業、繊維工業及び非鉄金属、金属製品製造業の内表面処理を行っている事業所に多く用いられている。そこでこれらの事業所を対象に処理前、処理後のT-Nを測定し、またT-Pについてもあわせて測定し、調査を行った。調査結果を表3に示した。

表3. 既存施設における窒素、リンの除去率

| | 業種 | 窒素除去率(%) | リン除去率(%) | 工場数(n) |
|--------|---------------|----------|----------|--------|
| 活性汚泥処理 | 食料品製造業 | 66.4 | 58.5 | 49 |
| 凝集処理 | 繊維工業 | 18.8 | 81.6 | 7 |
| 加圧浮上処理 | パルプ・紙・紙加工品製造業 | 57.0 | 82.7 | 6 |
| 凝集沈殿処理 | 表面処理関係 | 36.3 | 96.2 | 5 |

活性汚泥処理では、窒素、リンいずれも60%前後除去されていた。一方凝集処理では凝集剤に塩鉄またはPAC、硫酸バンドを使用しているため、リンの除去は80%以上と非常に良かった。窒素については繊維工業では、18.8%、表面処理関係では36.3%と低い除去率を示したがパルプ、紙、紙加工品製造業では57.0%の除去率を示した。パルプ、紙、紙加工品製造業は今回の調査ではすべて古紙再生工場であり、原水中の高濃度浮遊物質が凝集除去されるため他の凝集処理にくらべ高い除去率を示しているものと思われる。

つぎに、食料品製造工場の内活性汚泥処理を行っている事業所(n=49)の窒素除去率とリン除去率との関係を図2に示した。

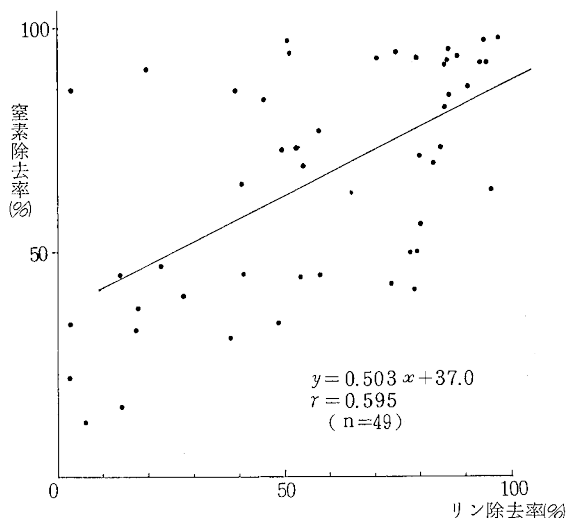


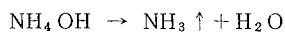
図2. 窒素除去率とリン除去率との関係

食料品製造工場における活性汚泥処理により除去される窒素とリンの除去率の相関係数rはr=0.595であり有意水準1%で相関が認められた。つまり、食料品製造業における活性汚泥処理ではリン除去率が增大するとともに窒素の除去率も増大する興味ある現象がみられた。

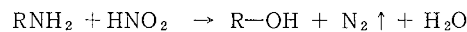
食料品製造業における一部事業所では、活性汚泥処理のみでリンが高度に除去される事はすでに確認されている³⁾が、窒素についても一部事業所で80%以上が除去される事がわかった。リンの場合は余剰汚泥と共に系外に除去する以外、リン除去は考えられないのであるが窒素の場合は余剰汚泥による系外への除去のほかには次の様なものが考えられる。

(1) 化学反応⁴⁾

(イ) アンモニアガス飛散



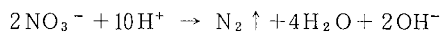
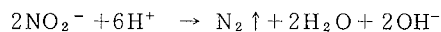
(ロ) Van Slyke 反応



(ハ) NO, NO₂ の飛散

(2) 生物反応^{5) 6)}

嫌気性条件下での脱窒菌による亜硝酸呼吸あるいは硝酸呼吸にともなう脱窒



生物処理による脱窒は嫌気状態が必要であるが、最近石川⁷⁾らにより好気性脱窒の興味ある報告がなされている。

既存の活性汚泥処理施設で良好な窒素除去が行われている事業所も一部あり、これら事業所の窒素除去がどのような形で行なわれているか、今後調べる必要があるものと思われる。

ま と め

事業所より排出される窒素量を削減するための基礎資料を得る目的で調査を行い、その結果を要約すると次のようになる。

1. 処理水のT-N濃度は全業種の平均で17.35mg/lであり業種によりかなりの差がみられた。
2. 処理水のT-N濃度の高い業種としては、業種番号27, 89, 95があげられる。逆にT-N濃度の低い業種としては24, 26, 36があげられる。
3. 食料品製造業における活性汚泥処理では窒素、リン共に、除去率は広い範囲にばらついていたが、窒素、リンの除去率の間には相関係数r=0.595, 有意水準1%で相関がみとめられた。また窒素の除去率80%以上を示した事業所が40.8%, リンの除去率80%以上を示した事業所は35%あり窒素、リン共80%以上の除去率を示した事業所は24.5%みられた。

4. 塩鉄，PAC，硫酸バンド等による凝集処理ではリンの高い除去率を示したが窒素については低い除去率であった。

文 献

1) 小倉俊彦：徳島県公害センター年報，7，73(1981)

2) 梅本 諭：兵庫県公害研究所研究報告，12，31(1980)

3) 藤田淳二：香川県公害研究センター所報，5，11(1980)

4) 田辺，渡辺：日本土壌肥科学，37，1，51(1966)

5) 村田清美：水処理技術，18，7，51(1977)

6) 宗宮 功：水質汚濁研究，3，2，33(1980)

7) 石川宗孝：環境技術，8，11，17(1979)