

B-16. 地球温暖化抑制のための汚水・廃棄物処理処分システムの確立と評価に関する研究  
(2) 適正な汚水・廃棄物処理処分システム及びリサイクル導入による温室効果ガス  
排出抑制効果の評価に関する研究

研究代表者

稲森悠平

環境庁 国立環境研究所

地域環境研究グループ 水環境改善国際共同研究チーム 稲森悠平、高木博夫  
水落元之

水改善手法研究チーム 西村 修

社会環境システム部 資源管理研究室 乙間末廣、天野耕二  
森 保文

平成4～6年度合計予算額 42,318千円

(平成6年度予算額 14,958千円)

[要旨]

生活污水处理に伴い発生する亜酸化窒素（ $N_2O$ ）の抑制手法について検討を行った。生物学的排水処理においては、硝化および脱窒の双方の反応過程を通して $N_2O$ が発生するとされているが、一般的な生活排水処理は好気条件下で行われるため、ここではまず硝化反応に着目し、回分培養系を用いた検討を行った。その結果、 $N_2O$ の発生を抑制するためには水塊中の硝酸塩濃度を低く維持することが効果的であると考えられた。硝酸塩濃度を低く維持するためには嫌気過程を組み込む必要があり、一般的には栄養塩類である窒素およびリンの除去を目的とした処理プロセスと同様である。そこでこの結果を基に実際に稼働している生活系排水処理施設において、窒素およびリン除去のひとつのプロセスである間欠ばっき法と一般的なプロセスである連続ばっ気法の2種類の処理方法について $N_2O$ 発生量の抑制効果を検討した。その結果、間欠ばっき法では水塊中の硝酸塩濃度が連続ばっ気法に比べ低く維持され、 $N_2O$ の発生量も1/20程度に抑制されることが実証された。

ガラス瓶、PETボトル、アルミ缶、スチール缶については缶業界が公表している現状のリサイクル率（50～60%）を維持している社会システムにおいてはライフサイクル消費エネルギーに大差はないと考えられた。またPETボトルとPSPトレーのリサイクル方式についてエネルギー面から検討を行った結果、再資源化（マテリアルリサイクル）が焼却方式（サーマルリサイクル）に比較し有利であることが明らかになった。ここでPETボトル、PSPトレーどちらの場合も収集方法による影響はほとんどなく、想定した地域モデル（東京23区）が少々変化しても再資源化の優位性は変わらないと想像でき、小規模な都市において資源化のためにごみの長距離輸送が必要な場合

も再資源化の優位性は変わらないものと考えられた。ライフサイクルアセスメントの観点からゴミ発電について検討を行ったが、ゴミ発電を組み込むことはCO<sub>2</sub>発生量の削減に効果的であることが明きらかとなった。

[キーワード] 地球温暖化ガス抑制、排水処理、廃棄物、リサイクル、エネルギー回収  
ライフサイクルアセスメント、

## 1、序

温室効果ガスは生活排水および産業排水の処理にともない大量に発生していると考えられるが、その実態については不明な点が多い。またこれらの発生抑制のための対応手法についてはほとんど明確にされていない。本研究では特に温室効果ポテンシャルの高いN<sub>2</sub>Oについて検討を行った。一般的な排水処理は生物学的処理であり、N<sub>2</sub>Oは好気条件下での硝化過程および嫌気条件下の脱窒過程で発生する。ここで大部分の処理は活性汚泥法と言われる好気処理であるので、硝化過程についての検討が重要であると考えられた。

近年、包材・容器の使用量は着実に伸びる傾向にある。そこで、数種類の一回使用の飲料容器を例にとり、その生産とリサイクルに関する調査を行い、二酸化炭素排出量の基礎をなすエネルギー消費に関するデータを容器のライフサイクルに沿って収集、解析を行った。容器の原料として使用されるPET、ガラス、アルミ、鉄の量が他の用途を含めた全使用量に占める割合は必ずしも多くはないが、生産から最終廃棄までのライフサイクルが数週間であり、建築材料など他の用途のものとは比較にならないほど短く、社会問題となっている。

中でもPETなどプラスチックの包材・容器への対策は急を要しており、適正なりサイクル方式についての議論が高まっていることから、数種類の代替方式を想定し比較検討した。

さらに、廃棄物の代表的処理施設である焼却プラントのライフサイクルに着目し、エネルギーと二酸化炭素の収支について分析した。特に、ごみ焼却プラントに設置される発電設備についての評価を実施した。

## 2、研究目的

本研究では排水処理における硝化過程からのN<sub>2</sub>Oの発生量と発生因子の関係を実験的に検討し、その結果を基に活性汚泥法で生活排水を処理している実処理施設においてN<sub>2</sub>Oの発生抑制効果について検討を行った。近年、使用量の増大している包材・容器についてライフサイクルに沿ってエネルギー消費を求め、特にプラスチック系の包材・容器については適正なりサイクル方式を検討した。さらに廃棄物の焼却プラントについてライフサイクルに着目し、エネルギーの収支を計算し排熱利用発電の効果について評価した。

## 3、排水処理に伴うN<sub>2</sub>Oの発生と抑制に関する検討

### 3、1 回分培養系を用いた検討

硝化反応では水塊中の有機性窒素が $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NH}_2\text{OH}$ を経て、 $\text{NO}_2\text{-N}$ あるいは $\text{NO}_3\text{-N}$ へと形態を変える。そして $\text{NH}_2\text{OH}$ が $\text{NO}_2\text{-N}$ に変化する過程において、条件によっては $\text{N}_2\text{O}$ が発生する。硝化反応における窒素の最終形態が $\text{NO}_3\text{-N}$ であることから、水塊中の $\text{NO}_3\text{-N}$ の蓄積は硝化反応および $\text{N}_2\text{O}$ の発生に何らかの影響を及ぼすことが考えられる。そこで共存する硝酸濃度が $\text{N}_2\text{O}$ 発生量に及ぼす影響について検討した。

2Lの三角フラスコに反応の基質となる $\text{NH}_4\text{Cl}$ 、実験のパラメータとなる $\text{KNO}_3$ 、そして汚泥とを液量の合計が250mLとなるようにして密栓をし、実験開始後は経時的に系内のガスおよび水についてサンプリングし、分析を行った。サンプリングの時刻は0、2、4、6、9、14、18、21および24時間経過後とした。硝化反応の進行に伴うpHの低下を抑えるためにpH緩衝剤としてHEPESを使用し、実験開始時におけるpHを7.0に設定した。溶存酸素(DO)の十分な確保を図るためにスターラーを用いて攪拌し、また、フラスコ内に空気圧調整用の袋を設置した。

実験系は4系設定し、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度をパラメータとした。 $\text{NH}_4\text{Cl}$ を $\text{NH}_4\text{-N}$ として $30\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、また $\text{KNO}_3$ については $\text{NO}_3\text{-N}$ としてそれぞれ0、15、30および $60\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ となるように実験開始時に添加した。汚泥は、人工排水を用いて嫌気好気活性汚泥法によって順養しているものを使用し、実験開始時のMLSSは $2,000\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ とした。温度は $25^\circ\text{C}$ 、暗条件にて実験を行った。水質項目の分析は下水試験法(1984)に準じて行い、 $\text{N}_2\text{O}$ はECD付きガスクロマトグラフィーで分析した。

各系における硝化率と、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経時変化について図1および図2に示す。実験開始時に添加した硝酸濃度の値によらず、4系全てにおいて $\text{NH}_4\text{-N}$ から $\text{NO}_3\text{-N}$ への硝化反応がほぼ100%進行し、実験終了時における $\text{NH}_4\text{-N}$ の値は、ほぼ $0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ となった。また、硝化速度についても系による差がほとんどみられず、実験開始後約9時間後には全ての系において反応がほぼ終了した。以上のことから、本実験での水塊中における硝酸濃度範囲においては、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化反応は完全に行われたと考えられた。

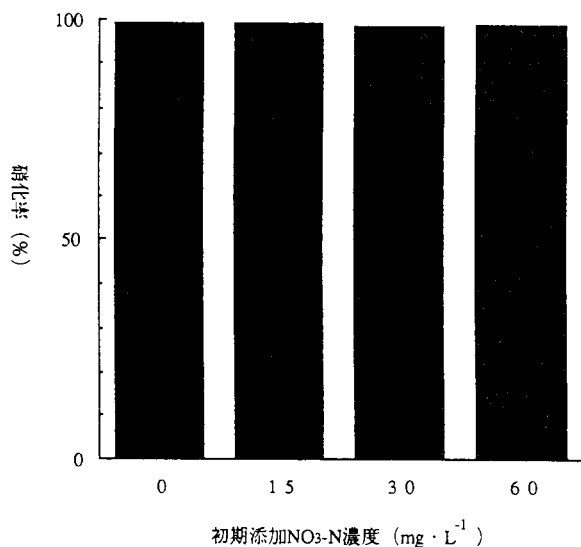


図1 回分培養実験における硝化率

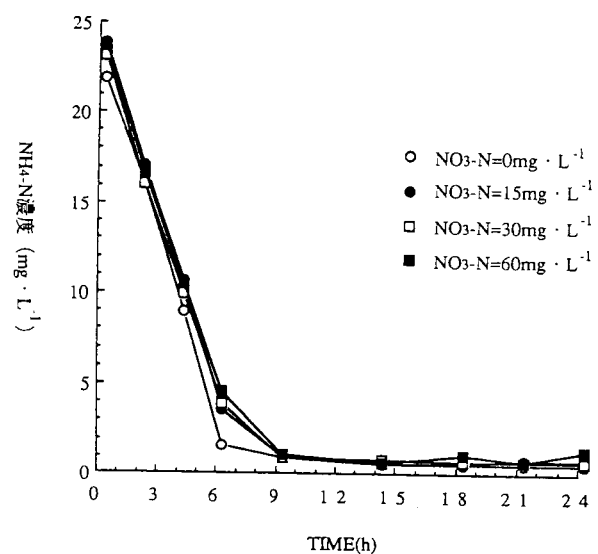


図2  $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度経時変化

実験終了時における、MLSS1mgあたりの $\text{N}_2\text{O}$ 発生量を比較すると(図3)、実験開始時の添加硝

酸濃度の高い系ほど $N_2O$ 発生量が大きいという結果が得られた。反応において消費されたアンモニア性窒素の $N_2O$ への転換率についても（図4）、添加硝酸濃度の高い系ほどその値は大きくなり、硝酸濃度が $60\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ の系においては窒素換算で約1.5%に達した。また、硝酸濃度が15および $30\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ の系においてはそれほど差がなく、それぞれ $60\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ の系の3分の1程度に抑えられた。 $0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ の系ではその値はさらに小さなものとなった。これより、水塊中の硝酸濃度が高い場合における $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝化反応時においては、 $\text{NO}_2\text{-N}$ への転換率に比較して、 $N_2O$ への転換率が増大すると考えられた。すなわち、硝酸濃度を低く維持することは、 $N_2O$ の発生を抑制するために効果的であると考えられた。

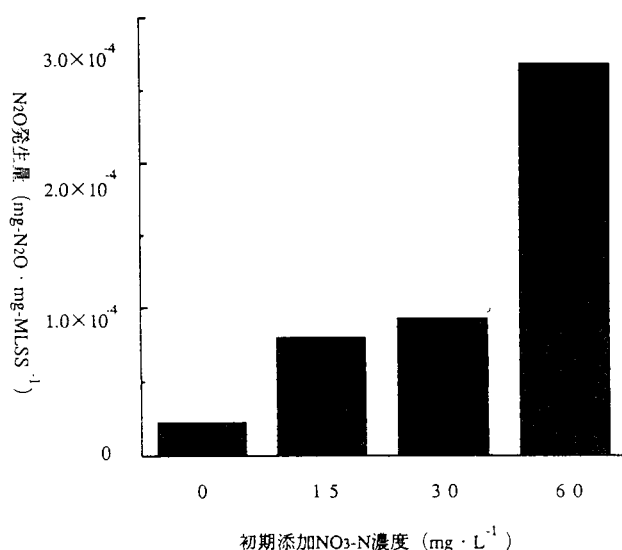


図3 MLSS1mgあたりの $N_2O$ 発生量

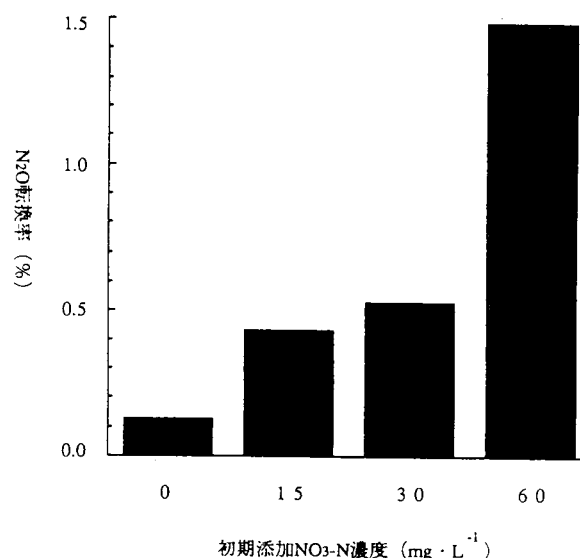


図4  $\text{NH}_4\text{-N}$ の $N_2O$ 転換率 (%、窒素換算)

### 3、2 実排水処理施設における検討

実験は千葉県内にある団地の生活排水処理施設を用いて行った。その概要を図5に示す。この処理施設は一般的な標準活性汚泥法に嫌気過程を組み込んだ間欠ばつ気活性汚泥法で処理を行っている。この処理施設は4系列のばつ気槽で構成されており、この内の2系を用いて実験を行った。1系列は好気/嫌気時間配分を30分/60分に設定し、間欠ばつ気運転を行い、もう1系列は一般的な標準活性汚泥に対応させるために連続的なばつ気運転を行い、両者の $N_2O$ 発生量を比較した。

処理の過程でばつ気槽から発生するガスのサンプリングについては、以下のような方法を採用した。本処理装置は機械式ばつ気装置を用いた回遊式のため、ばつ気に伴いばつ気槽水面から大気中へと放出されるガスの様子は、流下方向に向かってばつ気攪拌装置近傍と最も遠い箇所では放出量等がかなり異なる。そこで、図5に示したように、ばつ気槽水面においてばつ気の影響を強く受ける場所（B点）とほとんど受けない場所（A点）の2点にフロート付きのチャンバーを設置し、あらかじめ定めた時刻に各チャンバー内のガスを回収した。そして、B点において回収されたガスについてはばつ気に伴って大気中に放出されたものとみなし、検出されたガス濃度とばつ気風量とを掛け合わせることで発生量を求めた。また、A点において回収されたガスについてはばつ気とは無関係にばつ気槽水面から大気中に放出されたものとみなし、検出されたガ

ス濃度とばっ気槽水面積とを考慮することによってガス発生量を算出した。処理水中に溶存する $N_2O$ 濃度はヘッドスペース法で測定した。

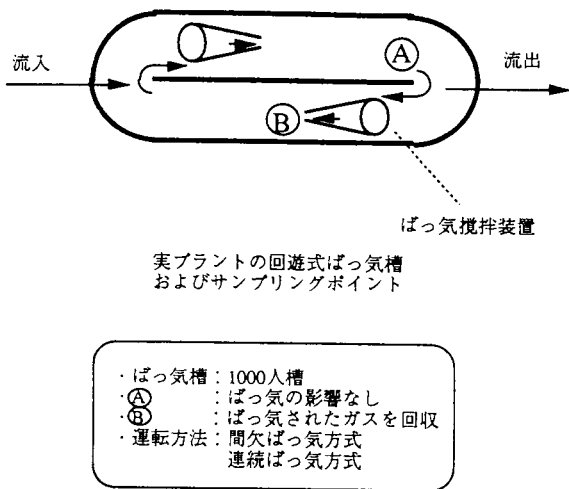


図5 団地生活排水処理施設の概要等

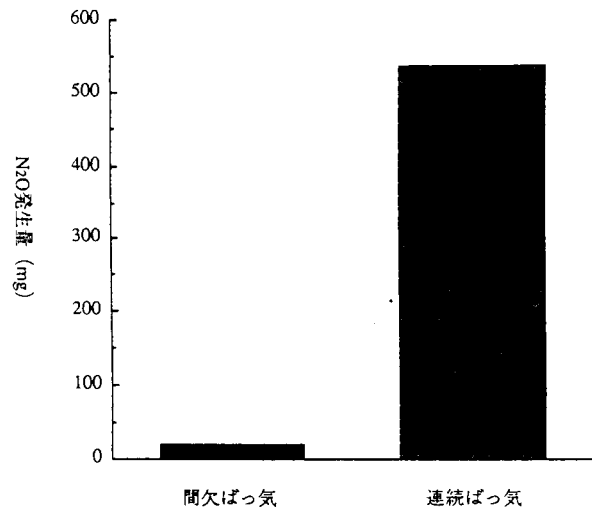


図6 流入下水 $1m^3$ あたりの $N_2O$ 発生量

流入下水 $1m^3$ あたりに換算した $N_2O$ 発生量を図6に示す。発生量は間欠ばっ気方式では20mgなのに対して連続ばっ気方式では536mgと、間欠ばっ気方式と連続ばっ気方式では極めて大きな差がみられた。各ばっ気槽中に溶存する $N_2O$ 濃度は処理水 $1m^3$ あたりに換算すると間欠ばっ気方式では $3.04 \times 10^{-3} mg$ 、連続ばっ気方式では $7.47 \times 10^{-4} mg$ であり、大気中に放出される $N_2O$ に比較して無視できる量であった。

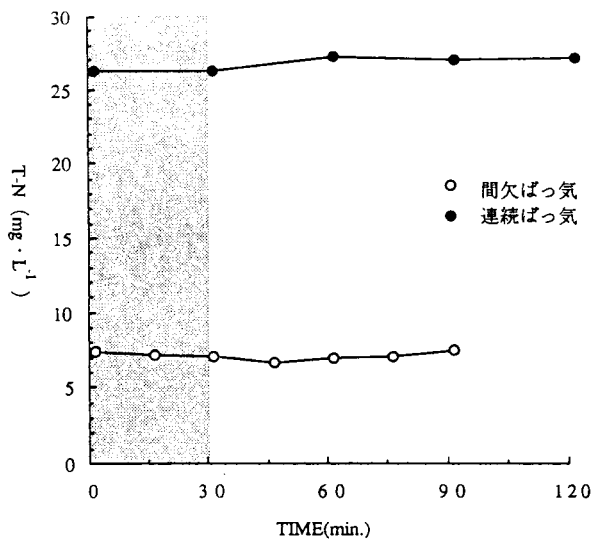


図7 処理水中のT-N濃度変化

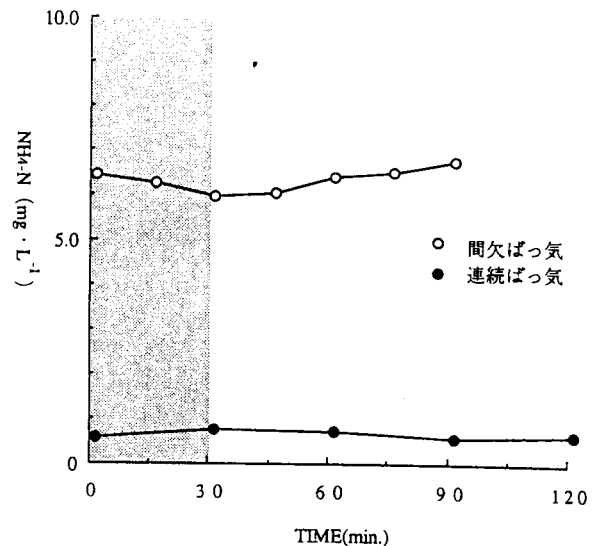


図8 処理水中の $NH_4-N$ 濃度変化

それぞれのばっ気槽よりサンプリングを行った処理水中のT-N、 $NH_4-N$ および $NO_x-N$ の濃度変化について図7、図8および図9に示す。連続ばっ気方式においては処理水中の窒素濃度が非常に高く、かつそのほとんどが $NO_x-N$ であった。窒素の除去率を比較してみると(図10)、間欠ばっ気方式では80%近くに達したのに対して、連続ばっ気方式では10%以下と、かなり低い値であった。

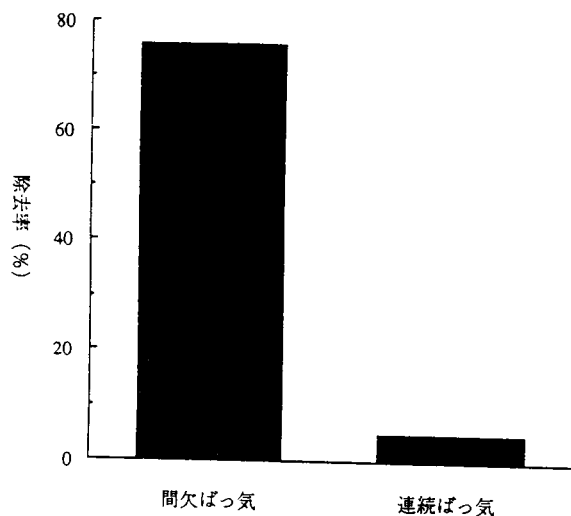


図10 各系における窒素除去率

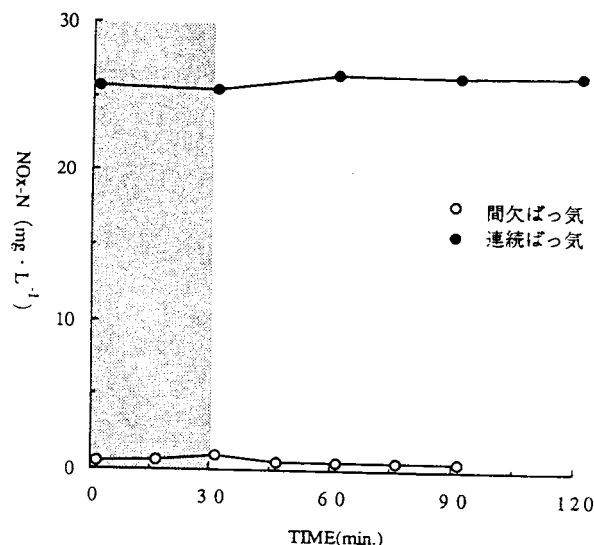


図9 処理水中NO<sub>x</sub>-N濃度変化

また、流入窒素のN<sub>2</sub>Oへの転換率については図11に示す。連続ばっ気方式では流入窒素のうち、窒素換算で約1.2%がN<sub>2</sub>Oに転換した。これらのことから、これは、連続ばっ気方式では常にばっ気が行われているために硝化反応のみが進行し水塊中の硝酸濃度が高く維持され、窒素除去率の低下に伴ってN<sub>2</sub>Oの発生量も増大したものと考えられた。これに対し間欠ばっ気方式では、非ばっ気という嫌気条件が処理プロセス中に組み込まれていることにより、効率的に硝化・脱窒反応が進行し、窒素の除去率の向上に伴いN<sub>2</sub>Oの発生も抑制されたものと考えられた。

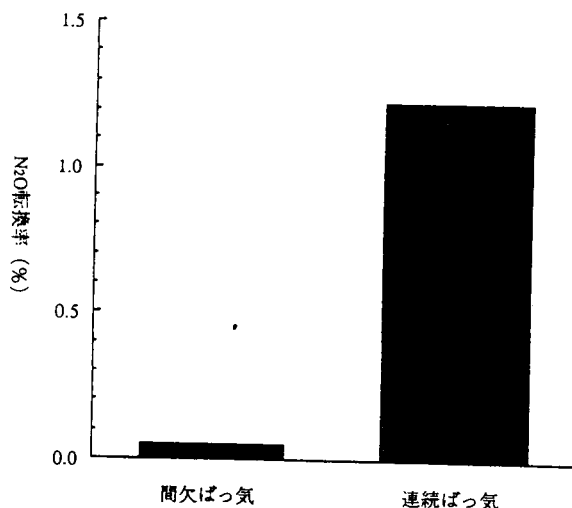


図11 流入窒素のN<sub>2</sub>O転換率

#### 4、飲料容器のリサイクルおよび廃棄物焼却施設のライフサイクル・エネルギーの解析

##### 4、1 飲料容器のライフサイクルフローと消費エネルギー

飲料容器のライフサイクルフローは、概ね図12のように記述できる。4種類の飲料容器について、図12のフローに沿って、既発表の文献、石油等消費年報、企業ヒヤリングなどからデータを収集し、加工修正し、算出した。ただし、電力消費等は原油量に換算して加算した。各ライフサイクルの過程で消費されるエネルギーを前消費エネルギーに対する比率で示したのが図13である。素材によりエネルギーを多く消費する過程が異なり、対照的なのはアルミ缶とガラスびんである。生涯で消費するエネルギーの80%以上を最初の素材製造過程で消費してしまうアルミ缶に比べ、ガラスびんは生涯の後半、容器製造以降の過程で多くのエネルギーが消費される。これらの特

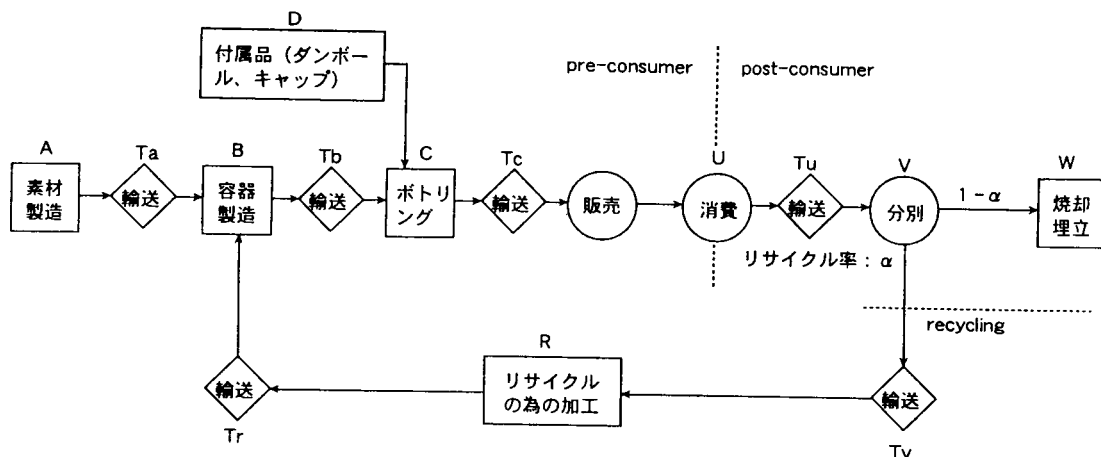


図12 飲料容器のライフサイクル・フロー

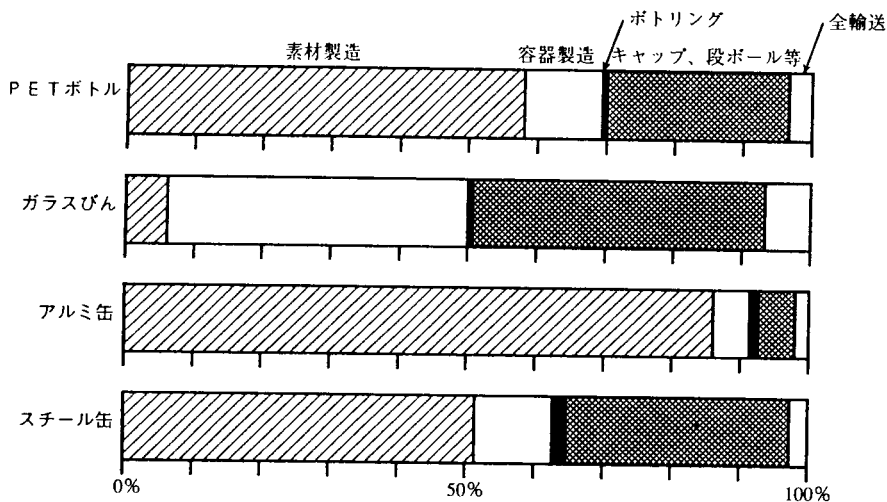


図13 飲料容器のライフサイクルにおけるエネルギー消費量内訳

徴を考慮した効率の良い対策とは、使用後のアルミ缶はとにかく最大限回収し、アルミ素材として再利用することである。一方、ガラスびんについては、びんを砕きカレットとして回収再利用するだけなら、素材生産時のわずかなエネルギーが節約されるだけである。しかし、びんのまま回収できるなら、容器製造のエネルギーも節約でき、回収にかかる付加的エネルギーを考慮しても、その効果が6、7倍に増大することがわかる。

消費以降の処理・処分形態として、リサイクルと焼却・埋立の2通りを想定し、容量1リットル当たりの消費エネルギーとリサイクル率との関係を求め、図14に示した。なお、PETボトルは焼却し、ごみ発電によって電気エネルギーを回収するものとし、PETボトルのリサイクル率とはここでは熱（電気）回収に利用される率を意味する。リサイクルを考慮しない場合、最もエネルギーを消費するのはアルミ缶であるが、リサイクルによるエネルギー節約効果の最も大きいのもアルミ缶である。約40%のリサイクル率でリサイクル無しのスチール缶と同程度になり、計算上では、完全リサイクルするとエネルギー消費をリサイクル無しの場合の25%までに少なくすること

ができる。アルミ缶の次にリサイクル効果の高いのはスチール缶である。リサイクルを前提としない時のスチール缶のエネルギー消費はアルミ缶の約2/3であるが、双方のリサイクル率が向上するにしたがい、その差は縮まり、55～60%あたりで逆転する。ガラスびんは消費エネルギーの多くを梱包用段ボールや輸送過程に費やしているため、リサイクル効果は少ない。また、PETボトルの焼却・発電によるエネルギー回収も容器のライフサイクルで消費されるトータル・エネルギーに比較すれば僅かな量といえる。

図からみると、ガラスびんとPETボトルの単位容量当たりの消費エネルギーは総じて缶容器より少ないが、計算対象としたこれらの容器は大容量であり、比較的エネルギー効率の良いものである。このことを考慮すると、缶業界が

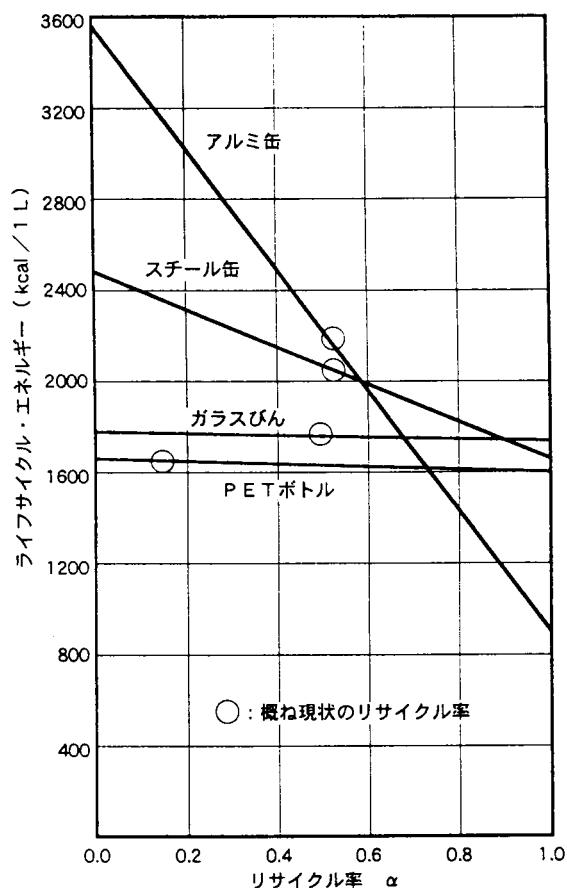


図14 飲料容器のリサイクル率によるライフサイクルエネルギー消費

公表している現状のリサイクル率 (50～60%) を維持している社会システムにおいては、ここで対象とした4種の飲料容器のライフサイクル消費エネルギーに大差はないと考えられる。

#### 4、2 PETボトルとPSPトレーのリサイクル方式の検討

プラスチック包装材の望ましいリサイクル方式については、利用、収集、処理、再利用を担うそれぞれの立場から、資源、環境、経済などの側面が議論されており、今のところまだ意見の一致は見られていない。そこで、そのような議論に資することを目的とし、プラスチック包装材の中でも使用量が着実に伸びてくるPETボトルとPSPトレーを対象に、いくつかのリサイクル方式を想定したケーススタディーを通して、それぞれの方式のエネルギー収支を比較検討した。同じ方式であってもリサイクルの効率は、地域の社会的状況によって異なるため、ここでは、東京23区をモデル化の対象とした。

検討したのは、図15に示した埋立方式、焼却方式 (サーマルリサイクル)、再資源化方式 (マテリアルリサイクル) の範疇に入る代替案で、モノマーに戻すケミカルリサイクルは他の方式に比べてその実現性がまだ小さく、利用可能なデータが十分でないことからここでは除外した。専焼方式とは、処理業者がプラスチックを別途回収し、発電効率の高い施設で焼却する方式である。また、資源化1と資源化2の違いは主に使用後の容器の回収方法の違いである。



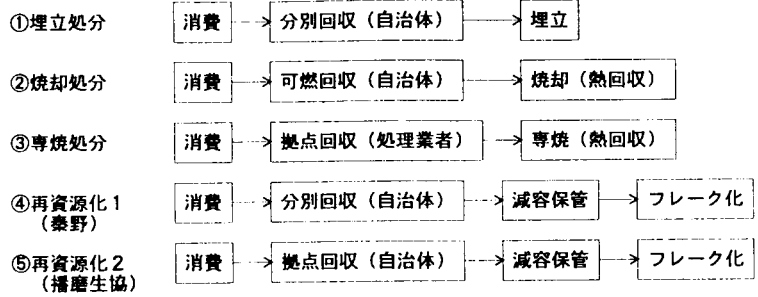
ここでは、資源化によって再生された素材はいずれ何らかの用途に生かされ、それがバージン素材の製造量を削減するものと便宜的に仮定し、それに伴うエネルギー節約量を以て再資源化方式を評価した。図16は各再資源化方式のエネルギー節約量を他の処理・処分方式と比較したものである。バージンのPETペレットおよびPSP樹脂製造に要するエネルギーは資料を参考にそれぞれ23,750kcal/kg、28,940kcal/kgとし、再資源化の歩留まり率を70%とした。

図からもわかるように再資源化の効果は著しい。これはバージン素材の製造に多量のエネルギーを使用するからである。再資源化のエネルギー節約量は焼却・発電に比べて、PETボトルの場合で約8倍、PSPトレーの場合で約4.5倍であった。プラスチックからの熱（電力）回収がエネルギー節約に寄与する量は無視し得ないが、再資源化による寄与はそれを大きく上回る。

PETボトル、PSPトレーどちらの場合も収集方法による影響はほとんどなかった。厳密な計算は実施していないが、ここで想定した地域モデル（東京23区）が少々変化しても再資源化の優位性は変わらないと想像できる。例えば、もっと小規模な都市で、資源化のためにごみの長距離輸送が必要な場合も、やはり同様の結果になるであろうと思われる。

PETボトルやPSPトレーの再資源化（マテリアルリサイクル）がエネル

<PETボトル>



<PSPトレー>

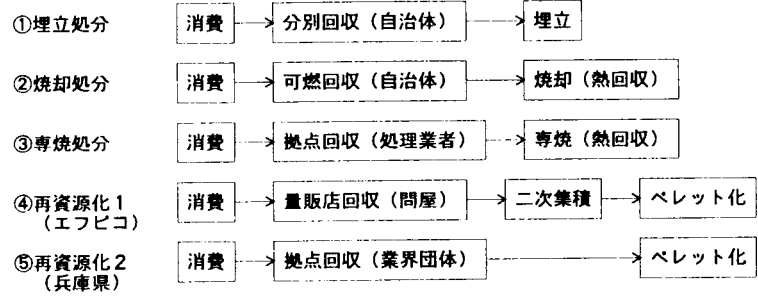


図15 回収・処理処分方式

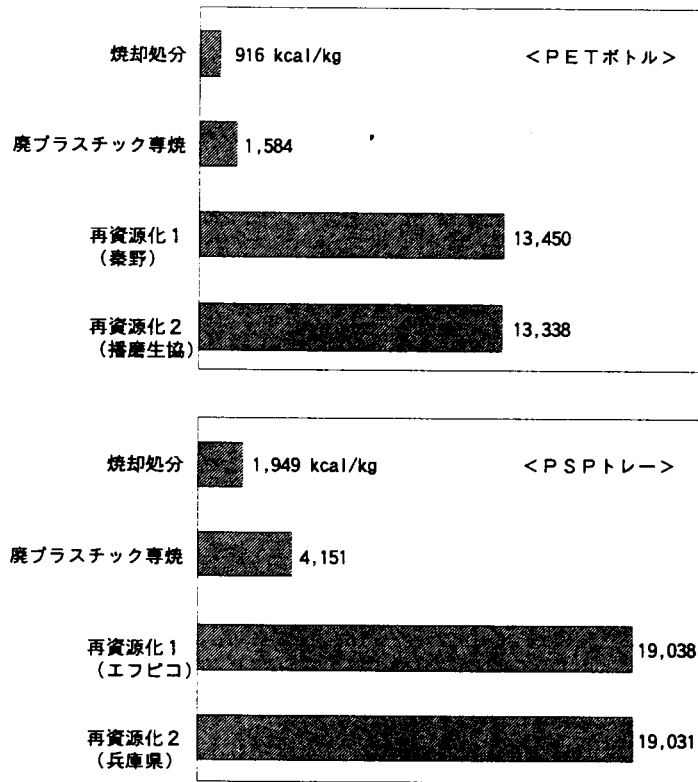


図16 回収・節約エネルギーの比較

ギー面からは優れていることは明白である。実現化への今後の課題は、(1) 再生素材の品質を向上させ、用途を飛躍的に拡大させること、(2) 経済的なハードルを克服するために各種のメカニズムを確立すること、などであろう。

#### 4、3 ごみ発電によるエネルギー回収および二酸化炭素排出量の削減

ごみ焼却場に発電施設を設置し、ごみからエネルギーを回収することは、一般の発電所における発電量を減少させ、結果として地球温暖化ガスである二酸化炭素の排出量を削減する。しかし、ごみ発電のためには発電機などの追加施設が必要であり、そのためのエネルギーや二酸化炭素の排出を考慮しなければならない。本研究では、ライフサイクル分析の観点から、ごみ焼却場における発電の評価を行った。

日処理量600トン規模で、耐用年数15年のごみ焼却場を建設、維持管理および燃料となるごみの収集・輸送に要するエネルギーをまとめると図17のようになった。最も大きな比率を占めているのが素材生産に係わるエネルギーで約4割である。厳密に言うなら補修エネルギーの2/3も部品製造のための素材生産エネルギーであり、合算すると素材生産エネルギーは約5割に達す。さらに、素材生産エネルギーの内訳をみると、その68%までが土木建築用素材（主にコンクリート）の生産に費やされている。二酸化炭素の排出量についてもほぼ同様の結果となったが、セメントや鉄鋼の生産段階で多量の二酸化炭素が排出されることから、素材生産に係わる排出量の割合がさらに大きくなる。

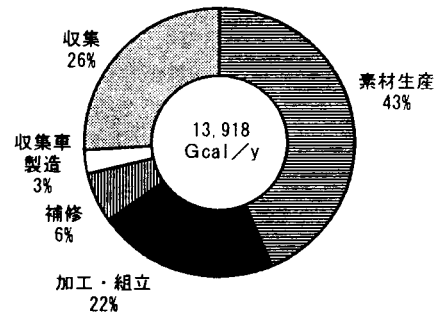


図17 ごみ焼却場建設及び収集に必要なエネルギー

ごみ焼却場のエネルギー収支を図18に示した。発電効率は東京都0区清掃工場の設計値である15.4%を適用した。消費エネルギーの大半は施設運転時の電力使用であり、建設時のエネルギーの割合は2割以下である。中でも、付加的に設置する発電設備に要するエネルギーはライフサイ

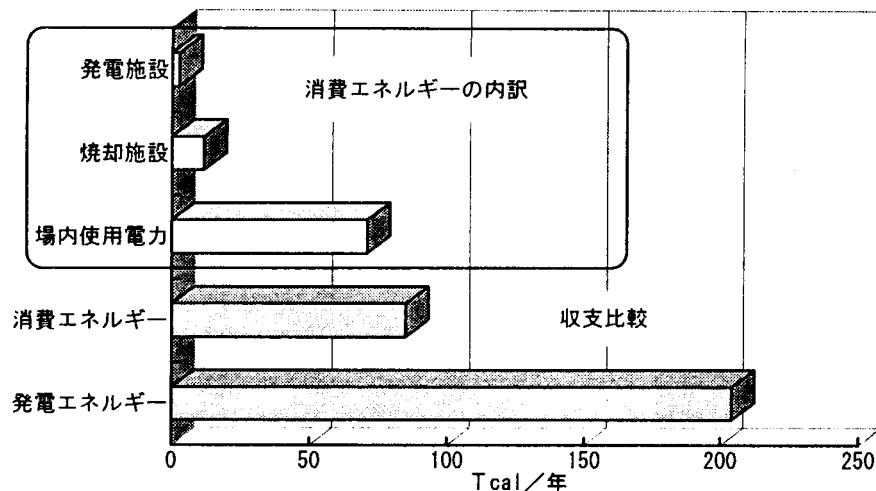


図18 ごみ発電のエネルギー収支

クル・エネルギーの内のごくわずかな部分である。一方、発電によって得られるエネルギー量は全消費エネルギーの約2.5倍になる。発電効率のもっと低い焼却場であっても、6.4%以上の効率があれば、その施設は単なるごみ焼却場というだけではなく、地域へのエネルギー供給施設といえる。仮に、発電に要するエネルギーを付加的な発電設備に係わるもののみと限定すると、わずかに0.2%以上の発電効率さえ確保できればよい。

図19は1kwhの送電に必要な施設建設・運転エネルギーについて、種々の発電施設とごみ発電とを比較したものである。ごみ発電はLNG火力発電より優れているが石油火力発電の2倍強のエネルギーを要す。しかし、焼却場の発電設備のみをコストと考えると、図に示したもののの中で最も優れた施設といえる。ごみ焼却場は発電設備の有無にかかわらず必要な都市施設であること、発電のための燃料としていずれ分解し二酸化炭素などになるごみを使用しており、石油火力発電等のように新たな二酸化炭素の排出源とならないこと、などを考慮すると、ごみ発電は高く評価されるべきである。

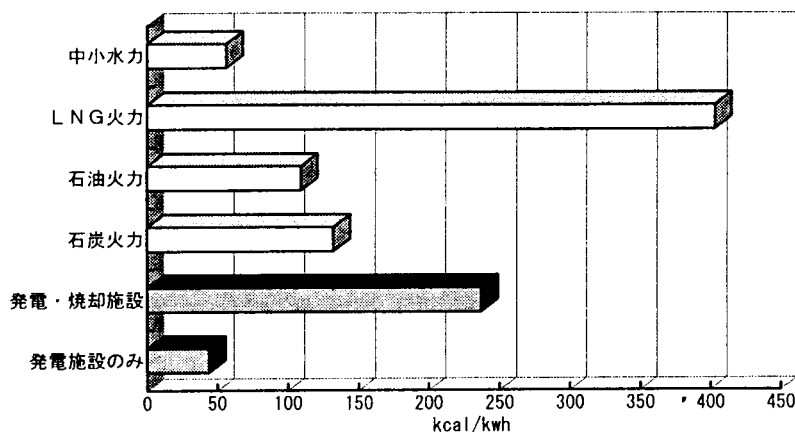


図19 1kwhの送電に必要な施設建設・運転エネルギー  
(ごみ・燃料は含まない)

## 5、まとめ

### 5、1 排水処理に伴うN<sub>2</sub>Oの発生と抑制に関する検討

生物学的排水処理においては、硝化および脱窒の双方の反応過程を通してN<sub>2</sub>Oが発生するとされているが、本研究ではまず硝化反応に着目し、回分培養系を用いて水塊中の硝酸濃度がN<sub>2</sub>O発生に及ぼす影響について検討した。その結果、水塊中の硝酸濃度を低く維持することは、N<sub>2</sub>Oの発生を抑制するために効果的であると考えられた。

実際に稼働している生活系排水処理施設において、間欠および連続ばっ気方式の2種類の処理方式についてN<sub>2</sub>O発生量および処理水質等について検討を行った。その結果、連続ばっ気方式においては水塊中の硝酸濃度が高く窒素の除去率も低い上に、N<sub>2</sub>Oの発生量も非常に大きなものとなった。これに対して間欠ばっ気方式では、窒素除去率も高く、かつN<sub>2</sub>Oの発生量も大幅に削減された。これは、間欠ばっ気方式においては、嫌気条件の組み込み効果によって効率的に硝化・

脱窒反応が進行した結果であると考えられた。以上のことから、処理プロセス中に間欠ばっ気等の嫌気条件を組み込むことは、硝酸を含めた水塊中の窒素濃度が低く維持され、窒素除去能の向上だけでなく、 $N_2O$ の発生を抑制するという面からも大変効果的であることが明らかとなった。

## 5、2 飲料容器のリサイクルおよび廃棄物焼却施設のライフサイクル・エネルギーの解析

ライフサイクルアセスメント (LCA) の考え方を、飲料容器のリサイクル及びごみ発電に適用し解析を実施した。LCAが種々の解析に導入され始めてまだ日が浅く、必要なデータが各分野に分散しており、かつ公開されていないものが多いことから、データの制度と信頼度に不安が残る。従って、ここでの計算結果も一試算の域を越えることができないが、データの蓄積とともにより詳細な解析と確かな結果の誘導が可能になろう。

## 6. 成果発表

- (1) 稲森、照沼、岡部、水落、須藤：生物処理プロセスから発生する地球温暖化ガス $CH_4$ 、 $N_2O$ の抑制，第29回日本水処理生物学会(1992)
- (2) 稲森、照沼、戎野、岡部、水落、山本、内田：間欠曝気活性汚泥法のD0自動制御と栄養塩類除去、温暖化ガス制御の関係，第27回日本水環境学会(1993)
- (3) 稲森、照沼、水落、山本、幕田、内田、木持：間欠曝気生物学的窒素・リン除去と温暖化ガス抑制における嫌気条件の効果，第28回日本水環境学会(1994)
- (4) 稲森、水落、木持、下条：生物学的処理プロセスにおける温室効果ガス亜酸化窒素の発生条件とその抑制対策，第31回日本水処理生物学会(1994)
- (5) 稲森、水落、木持、下条、照沼：生物学的硝化・脱窒反応における水塊中の硝酸濃度と $N_2O$ 発生との関係，第32回日本水処理生物学会(1995)
- (6) 乙間：製品ライフサイクルアセスメント (PLCA) の必要性和課題，LCAシンポジウム(1993)
- (7) 乙間：飲料容器のライフサイクル消費エネルギーとリサイクル効果，エネルギー・資源，Vol.15, 522-529 (1994)
- (8) 森：ごみ発電によるエネルギー回収および $CO_2$ 排出量削減効果の推定，エネルギー・資源，Vol.15, 617-624 (1994)
- (9) 乙間：資源循環型社会構築に不可欠なライフサイクルアセスメント．グローバルネット，45号，30-31 (1994)
- (10) 乙間：飲料容器のライフサイクル消費エネルギーとリサイクル効果．第10回エネルギーシステム・経済コンファレンス (1994)
- (11) 森：ごみ発電によるエネルギー回収および $CO_2$ 排出量の削減効果の推定．エネルギー資源学会，第13回研究発表会 (1994)
- (12) 森：Life Cycle Analysis of an Incineration Plant for Municipal Waste with Power Generation as Concerns Energy Consumption and Carbon Dioxide Emissions,

International Conference on EcoBalance, Tsukuba, Proc., 246-251 (1994)

(13) 乙間：Environment-oriented Product Policy in Japan. the 5-th OECD/PPCG, Nov. 2-5, Paris. (1994)

(14) 乙間：LCAのすべて：（社）未踏科学技術協会・エコマテリアル研究会編，工業調査会（1995）