

排水処理で脱炭素を実現する「とくとくーぶぶぶ」

小林 信彦^{*)}

1. はじめに

食品や化学工場などから排出される有機性排水は、微生物の働きを利用した生物処理法により処理されるのが一般的である。生物処理法は酸素を必要とする好気性処理と、必要としない嫌気性処理に大別されるが、様々な排水に幅広く対応できることや処理水質の良好さから、大半の排水に対し好気性処理が採用されている。

一方で嫌気性処理は排水からエネルギー(メタンガス)が得られること(創エネルギー)、処理に伴う電力費が小さいこと(省エネルギー)、余剰汚泥発生量が少ないこと(廃棄物削減)といったメリットがあるものの、単独処理では下水放流レベルの処理水しか得られないことや、適用できる排水が限られていることなどから広く普及してこなかった。

近年、地球温暖化対策としての脱炭素化やエネルギー価格の上昇に伴い、嫌気性処理のメリット(創エネルギー、省エネルギー、廃棄物削減)が注目されつつある。当社は、従来適用範囲が限られていた嫌気性処理を幅広い排水に、特に食品工場であれば殆どの排水に対応できるようにする技術「とくとくーぶぶぶ」を開発し、既に10数件の設備を納入している。本報ではその原理と得られるメリットについて述べる。

2. 嫌気性処理とは

好気性処理では反応槽(曝気槽)に酸素(空気)を供給し、微生物の働きにより排水中の有機物を主に二酸化炭素と水に分解する。これに対し嫌気性処理

では反応槽で酸素を遮断し、特殊な微生物により排水中の有機物を主にメタンガスと二酸化炭素に転換する。このため嫌気性処理はメタン発酵処理とも呼ばれる。好気性処理における曝気槽への空気供給には大きな電力が必要であり、排水処理設備全体の消費電力の大半を占めることもあるが、嫌気性処理ではこれが不要であるため消費電力は小さく抑えられる(省エネルギー)。また、発生するメタンガスはボイラーや発電機の燃料として利用できる(創エネルギー)。特に食品排水の場合、排水中の有機物は天然物由来であるため得られるエネルギーは再生可能エネルギーとして扱われる。更に余剰汚泥発生量が小さいことが嫌気性処理のメリットである。

一方で、処理水質は下水放流レベルにとどまり、適用範囲は好気性処理と比較して限定的であった(表1)。

3. 嫌気性処理の適用範囲

(1) 嫌気性処理の反応経路

嫌気性処理における反応経路を図1に示す。排水中の有機物がメタンと二酸化炭素に転換される過程において酢酸を経由するのが特徴的である。比較的分子量の大きいデンプンやタンパク質、脂質などは加水分解を受け糖類、アミノ酸、脂肪酸などの低

表1 好気性処理と嫌気性処理の比較

	好気性処理	嫌気性処理
消費電量	大きい	小さい
エネルギー	得られるエネルギーはない	メタンガスが得られる
CO ₂ 発生量	多い	少ない
余剰汚泥発生量	多い	少ない(好気性の1/5~1/20)
処理水質	河川放流可能	下水放流レベル
適用範囲	各種排水に幅広く対応	一部排水に限られていた

^{*)} KOBAYASHI Nobuhiko : 株式会社エイブル 代表取締役社長
〒350-0807 埼玉県川越市吉田739-1
TEL : 049-233-7727 FAX : 049-232-1250
E-mail : kobayashi@ablewater.co.jp

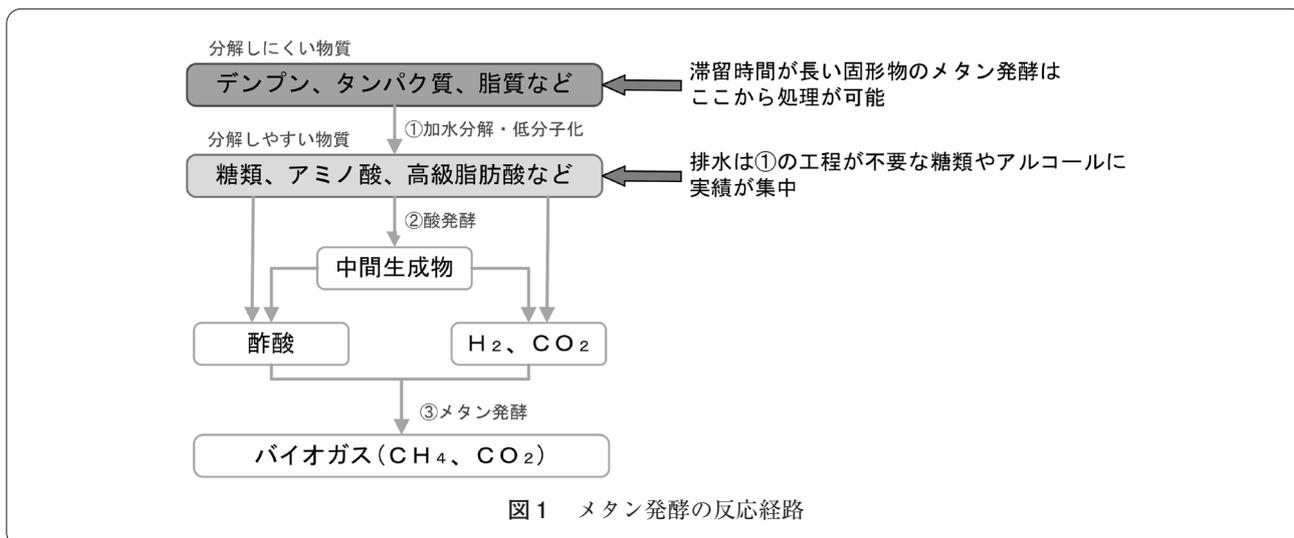


図1 メタン発酵の反応経路

分子を経由して酢酸に転換され、酢酸がメタンガス及び二酸化炭素に転換される。

(2) 従来の嫌気性処理の適用範囲

前述の通り嫌気性処理の適用範囲は限定されていたが、その中で成功例としてアルコールや糖類を挙げることができる。特にビール工場では多くの導入実績があり、当社の嫌気性処理リアクター「UASB-TLP」も初期の納入実績は製糖工場やシロップなど糖類中心であった。また、化学系排水でも単一の物質など成分が限られている排水については適用できるケースがあった。一方で一般的な食品排水など様々な成分が混在している場合、特に油分を含む排水は成功例に乏しく食品排水はメタン発酵に適さないというのが一般的な認識となっていた。

これをメタン発酵の分解工程(図1)と照らし合わせて考察すると、成功例が2段階(分子量が低く水溶性が高い成分)の組成を持つ排水に集中していることが分かる。一般的な食品排水は1段階の成分と2段階の成分が混在しており、このうち1段階(分子量が高く水溶性が低い)の成分がメタン発酵を阻害している可能性が強く示唆される。

(3) 固形物メタン発酵

排水の嫌気性処理(メタン発酵)は嫌気性微生物の塊であるグラニュールを用いたUASB法及びその改良法が実用化されている。一方で、食品残渣や下水汚泥などの固形物を対象としたメタン発酵法も多くの設備が稼働している。食品残渣や下水汚泥などには分子量が高く水溶性が低い成分も多く含まれているが、固形物メタン発酵においてはこれらの物質も処理されている。

排水のメタン発酵で処理できない成分が固形物メタン発酵では処理できる要因として、両者の反応時

間の違いを挙げることができる。固形物メタン発酵において、その反応時間は数日から数十日と比較的長い期間かけて処理が行われるのに対し、排水を対象としたUASB法では数時間から最大でも1日程度の反応時間であることが一般的である。長い反応時間が前述1段階の成分の処理を可能にしていると考えられる。

4. 嫌気性処理の適用範囲の拡大

(1) 食品残渣と排水の発生量

前述の論理からすると、排水を対象としたUASB法においても反応時間を長くすれば分子量の大きな物質も処理が可能となり、適用範囲を大きく拡大することができることになる。しかし、一般的な工場の排出量を考えるとそれは困難である。即ち、食品残渣などに対し排水量が大き過ぎるのである。ある工場の例では食品残渣の発生量は3m³/日程度であるのに対し、排水量は1500m³/日である。反応時間を同じ30日とした場合、食品残渣の処理槽は90m³で済むのに対し、排水の処理槽は45,000m³となり現実的ではない。

(2) 嫌気性処理の適用範囲を拡大する技術「とくとくーぶぶぶ」

上記の問題を解決するために当社は嫌気性処理の適用範囲を拡大する技術「とくとくーぶぶぶ」を開発し既に約10件の納入実績がある。本技術の原理を図2に示す。

原排水にはデンプンや油脂など分子量が大きく分解しにくい成分と糖類やアミノ酸など比較的分解しやすい成分の両方が含まれている。このうち分子量が大きく分解しにくい成分のみを前処理で分離する。分離した成分は全体の排水量の数%程度なの

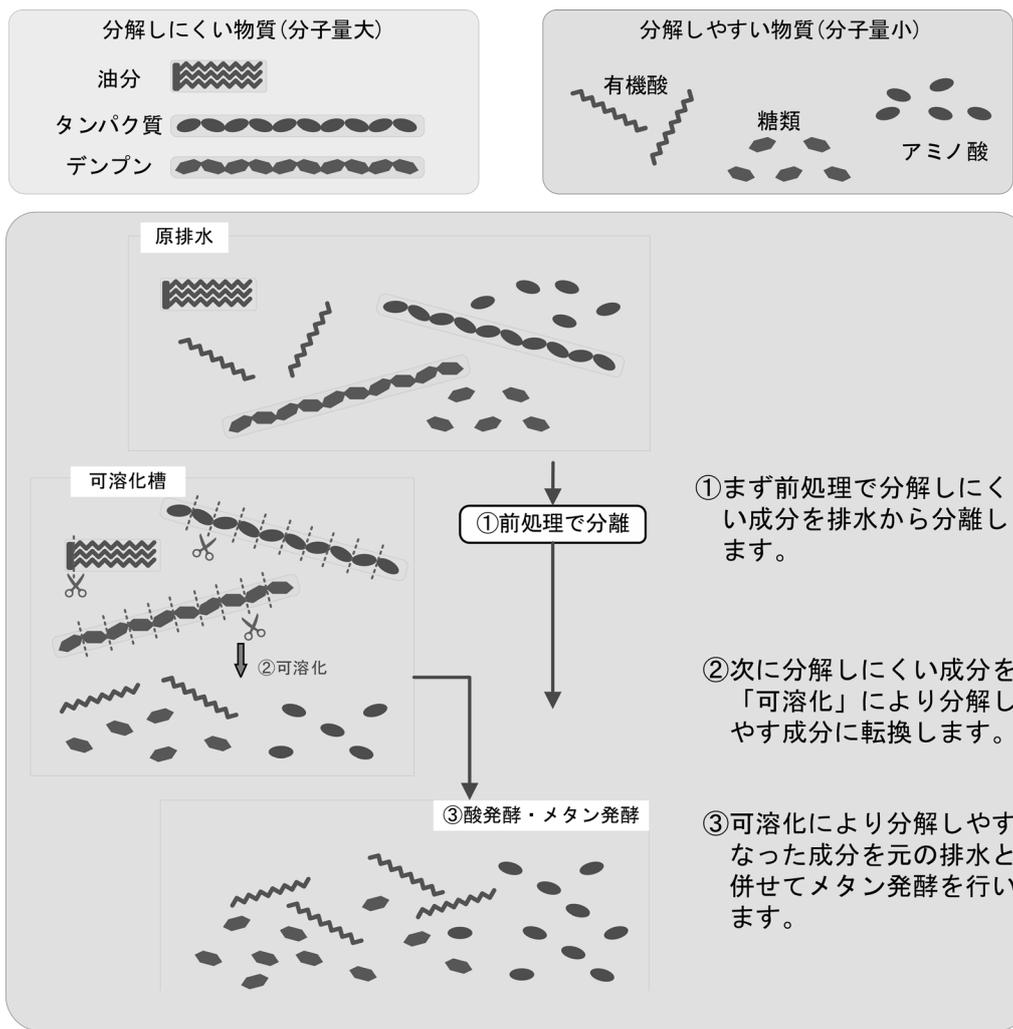


図2 「とくとくーぶぶ」の原理

で、数十日の反応時間を確保することが可能であり、加水分解・低分子化(可溶化)を行うことができる。可溶化後の排水は分解しやすい成分が主であるため、全体の排水と併せて嫌気性処理を行う。以上により反応槽の容量を現実的な大きさに抑えた上で、デンプンや油脂などを含む排水の嫌気性処理が可能となる。

本技術のキーポイントの1つは①の分離工程であるが、本稿ではその詳細について記述することは差し控える。これは当社の技術的優位性を守る意味もあるが、容易に記述できないという一面もある。即ち多種多様な排水に対し1つの手法のみでは対応することが困難であり、その排水にあわせた分離法をその都度発見・開発しているためである。本技術が適用できない排水も当然存在し、適用範囲を“すべて”ではなく“殆ど”の排水としたのはそのためである。

5. 実施例

図3に大豆製品製造排水を当社の「とくとくーぶぶ」にて処理するフローを示す。また、排水量及び水質条件を表2に示す。

調整槽に一時貯留された排水は前処理にて分子量が大きく分解性の悪い成分が分離される。分離される成分は5 m³/日(排水量の2%程度)であり、可溶化槽で加水分解・低分子化が行われる。可溶化槽の容量は125 m³(反応時間25日)であり、現実的な大きさとなっている。排水全体は酸発酵槽で酢酸への転換が行われ、可溶化槽で低分子化された成分と合流して条件槽に流入する。条件槽ではPH、温度の調整及び栄養剤の添加が行われた後、メタン発酵リアクター(UASB-TLP)でメタン発酵が行われる。メタン発酵の処理水はBOD=80 mg/L程度まで浄化されており、沈殿槽で処理水に同伴した一部のグラニュールを回収した後、好気性処理(活性汚泥)

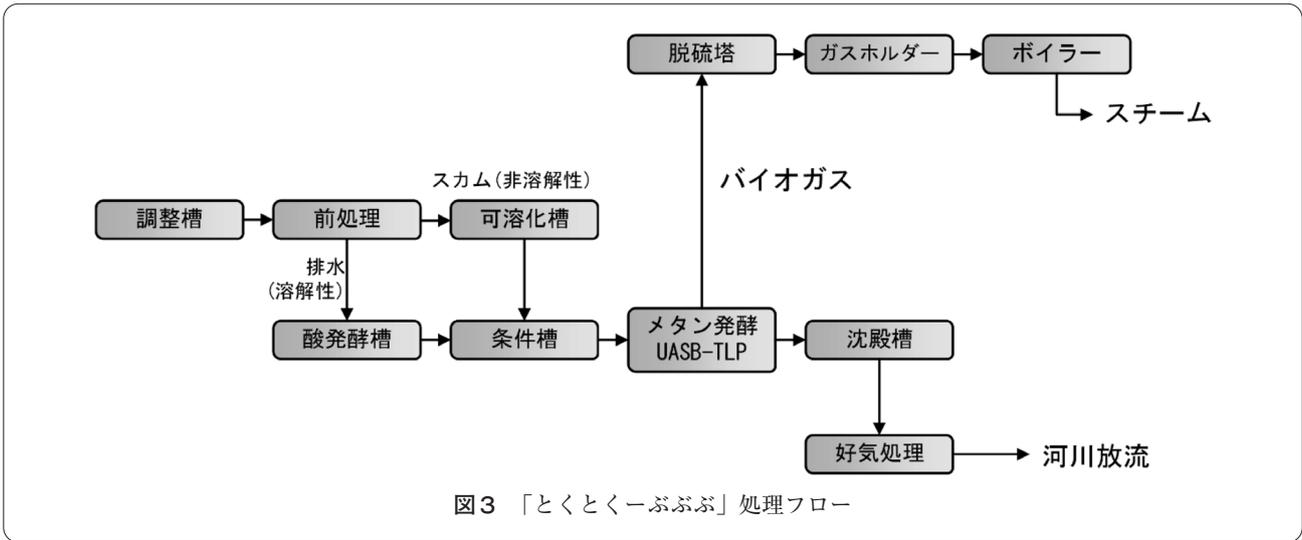


図3 「とくとくーぶぶぶ」処理フロー

表2 排水量及び水質条件

	原水	放流規制値
排水量 [m ³ /日]	250	
PH [-]	3.8	5.8 ~ 8.6
BOD [mg/L]	2300	60
CODcr [mg/L]	4000	-
SS [mg/L]	300	60

で仕上処理後に河川放流される。一方、発生したメタンガスは脱硫塔で硫化水素を除去された後、ガスホルダーで一時的に貯留され、ボイラー燃料として利用される。発生するガス量は約 300 Nm³/日 (メタン換算) であり、これを燃料として約 3.5 T/日の蒸気を得ることができる。

表3に本排水をすべて好気性で処理した場合との比較表を示す。嫌気性処理の場合、消費電力が1/6、汚泥発生量が1/10程度となり、それに伴いCO₂発生量も減少する。また、発生するメタンガス

表3 好気性処理と嫌気性処理の比較

CO₂換算係数：電力 0.571 kg/kWh, 汚泥 236.4 kg/t (焼却処分時)

	好気性処理		嫌気性処理	
		CO ₂ 発生量		CO ₂ 発生量
消費電力 [kWh/年]	315,200	180	52,500	30
発生蒸気量 [t/年]			1100	-302
汚泥発生量 [t/年]	490	115	51	12
合計 CO ₂ 発生量 [t/年]		295		-260

を燃料として蒸気を得られるため、本来使用するはずだったエネルギー (都市ガスなど) の使用を抑制でき、その分のCO₂発生量を削減できる。合計でのCO₂発生量は好気性で295 t/年に対し嫌気性処理では-260 t/年となり、その差は約550 t/年にも上る。

6. まとめ

脱炭素化への取り組みは重要であるが、事業者の利益も重要である。当社の排水処理法「とくとくーぶぶぶ」は、これらを両立する嫌気性処理を多くの工場排水において適用可能にするものである。事業者のみならずあらゆる人が「とくとく」ということからこのようなネーミングをしている。本技術の普及により「とくとく」と「ぶぶぶ」が広がっていくことを期待している。



図4 大豆製品製造排水の嫌気性処理設備