

令和2年度

食品等のリサイクルの新たな展開を目指す亜臨界水処理技術の導入調査委託事業

報告書

令和3年3月

株式会社 DA インベント

## 目次

1 事業概要	
1.1 事業目的	1
1.2 受注者	1
1.3 工期	1
2 メタン発酵施設への亜臨界水処理技術の導入事例の収集整理	1
2.1 目的	1
2.2 国内の事例調査	1
2.2.1 亜臨界水処理技術の導入事例ヒアリング調査	1
2.2.2 既存のメタン発酵プラント（亜臨界水処理なし）へのヒアリング調査	2
2.3 海外の事例調査	6
2.3.1 中国西寧市の事例	6
2.3.2 日本の環境を考慮した整理	7
2.4 亜臨界水処理条件及び事業化に向けた課題	9
2.4.1 メタン発酵施設における亜臨界水処理技術のメリットおよびデメリット	9
2.4.2 有識者へのヒアリング	9
3 亜臨界水処理技術のメタン発酵における機能性検討	10
3.1 試験計画	10
3.1.1 亜臨界水処理試験計画	10
3.1.2 メタン発酵試験計画	13
3.2 亜臨界水処理試験	14
3.2.1 原料について	14
3.2.2 標準食品残さの検討	20
3.2.3 亜臨界水処理結果	23
3.2.4 亜臨界水処理後の粒度分布	39
3.3 メタン発酵試験	45
3.3.1 試験方法	45
3.3.2 分析項目	45
3.3.3 原料の成分分析	46
3.3.4 メタン発酵試験結果	47
3.3.5 メタン発酵試験（連続式）	53
3.4 亜臨界水処理技術のメタン発酵における機能性の検討	58
4 メタン発酵施設における事業性の検討	59
4.1 目的	59
4.2 事業性の検討方法	59
4.2.1 前処理方法による事業性の比較	59
4.2.2 施設規模による事業性の比較	62
4.2.3 事業性の検討条件	62
4.3 事業収支算出結果	78
4.4 事業性の評価	78
4.4.1 評価結果	79
4.4.2 有識者の意見	85
5 まとめ	86

## 1事業概要

### 1.1事業目的

食品廃棄物の再生利用率は 28%と低く、特に外食産業ではプラスチックの分別に手間がかかるなどの要因から、再生利用が進んでいない。

一方で、亜臨界水処理技術は、プラスチック等の分別作業の省力化や飼肥料としての高付加価値化などが期待されたことから、昨年度事業において飼肥料製造及びメタン発酵施設への導入可能性について整理が行われた。

本事業では昨年度事業において事業実現の可能性が高いと判断されたメタン発酵施設への導入に焦点をあて、事業化に向けたさらなる課題の整理を行う。

### 1.2 受注者

株式会社 DA インベント

担当者 代表取締役 朽本信彦

連絡先 〒452-0823 愛知県名古屋市中区あし原町 86 番地

TEL : 052-505-6700

### 1.3 工期

令和2年8月18日～令和3年3月15日

## 2メタン発酵施設への亜臨界水処理技術の導入事例の収集整理

### 2.1目的

メタン発酵施設への亜臨界水処理技術の導入事例や研究成果等の情報収集を行い、亜臨界水処理条件及び事業化に向けた課題などを整理する。

### 2.2国内の事例調査

#### 2.2.1亜臨界水処理技術の導入事例ヒアリング調査

亜臨界水処理技術をメタン発酵の前処理として導入試験を行っていた会社にヒアリングを行った。ヒアリング調査の内容については、農林水産省の担当者様に事前にご相談の上、不足している情報を明らかにして決定した。

(ヒアリング調査先：A社)

#### ・亜臨界水処理技術の導入背景および現状

元々RF燃料の脱塩素技術として亜臨界水処理を検討していた経緯があり、この技術を幅広く利用するためにメタン発酵の前処理の検討を始めた。対象物は食品廃棄物と下水汚泥で、食品廃棄物のみでは性状や量が安定しないため、下水汚泥も同時に処理する事とした。

処理は連続式の亜臨界水処理装置で行われ、亜臨界水処理物に水分が多いとエネルギーを多く使用するため、水分をいかに少なくするかが課題であった。

亜臨界水処理することにより、メタン発酵しやすい有機酸が増える。一方で、昇温・冷却速度が遅い場合、メタン発酵の阻害物質であるフルフラール類が生成されるため、注意が必要である。最終的なエネルギー投入量と亜臨界水処理投入で得られるエネルギーのバランスがとれないため、魅力ある設備の提案は難しいと判断され、現在は事業を継続していない。

・ 亜臨界水処理及びメタン発酵の条件

亜臨界水処理温度：130～180℃

亜臨界水処理圧力：5MPa 以下

メタン発酵温度：中温

メタン発酵滞留日数（HRT） 6～8 日

亜臨界水処理を行うことで、滞留時間を短かくすることができるものの、発酵槽内の窒素や塩素濃度の調整が難しくなる。安定稼働が出来れば亜臨界水処理を行わない場合と比較して、発酵槽の容量を 1/10 に抑えることができ、プラントの設置面積も 1/2 で済むというメリットがある。

## 2.2.2 既存のメタン発酵プラント（亜臨界水処理なし）へのヒアリング調査

### 1) ヒアリング調査の概要

#### ア. ヒアリング調査の目的

現状のメタン発酵プラント（亜臨界水処理なし）がどのような前処理をしていて、どのような課題があるかを明らかにするため、亜臨界水処理設備の導入の可能性があるか稼働中のメタン発酵施設担当者にヒアリング調査を行った。

#### イ. 調査項目

- ・ 原料投入量と比較したメタン発酵槽の規模について
- ・ プラントのフローの適正度
- ・ 消化液の処理方法について
- ・ その他課題
- ・ 亜臨界水処理設備の導入について

#### ウ. ヒアリング対象者

- ・一般廃棄物と産業廃棄物のメタン発酵処理を行っている業者（O社）

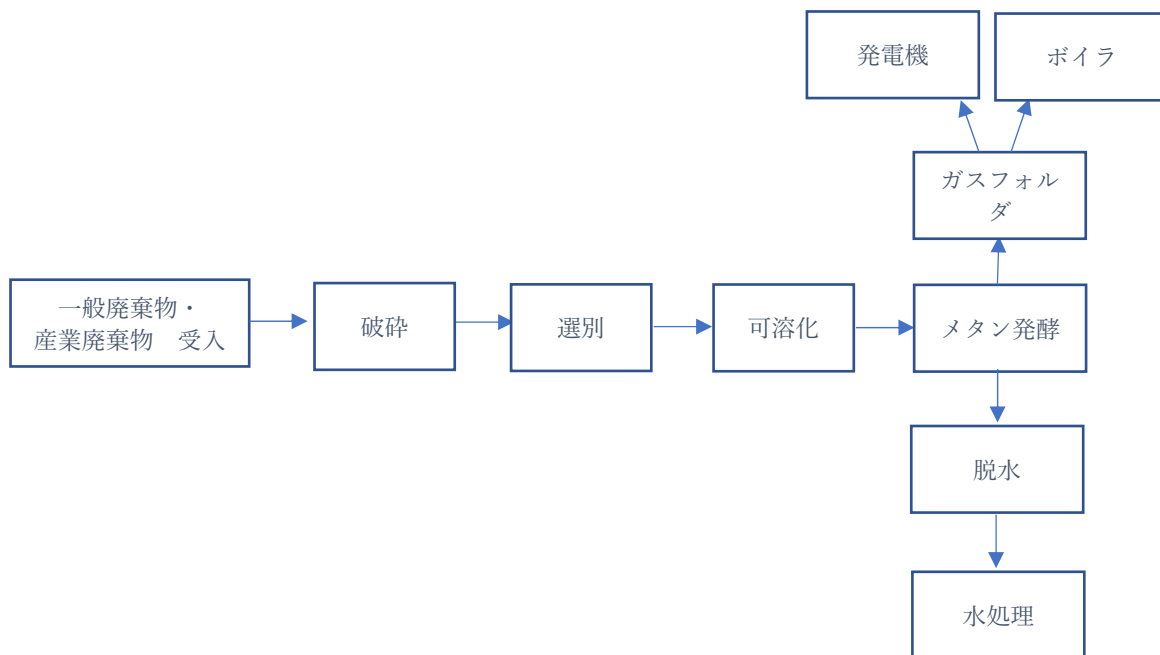


写真 2.2-1 受入荷姿



写真 2.2-2 可溶化の様子



写真 2.2-3 選別後の廃プラスチック

- ・産業廃棄物のメタン発酵処理を行っている業者（G社）

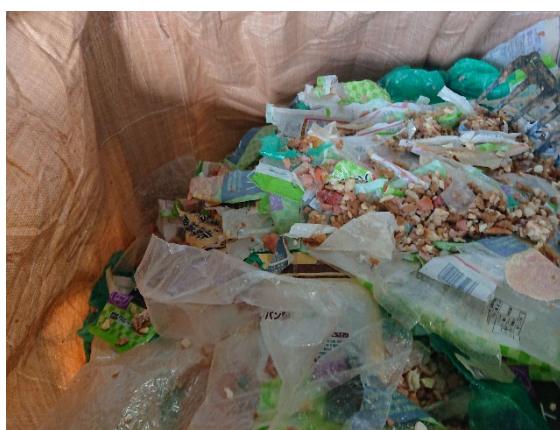
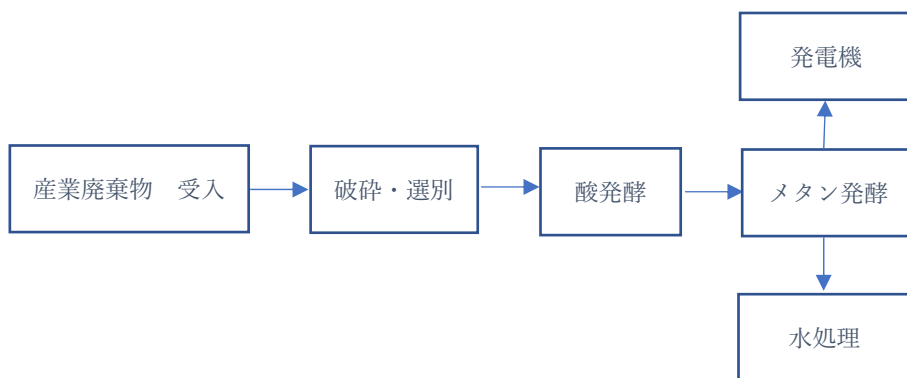


写真 2.2-4 選別後の廃プラスチック（選別機A） 写真 2.2-5 選別後の廃プラスチック（選別機B）

## 2) ヒアリング調査結果

### ア. 原料投入量と比較したメタン発酵槽の規模について

#### 【O社】

- ・メタン発酵槽は  $1,600 \text{ m}^3 \times 2$  基で合計  $3,200 \text{ m}^3$  の容量
- ・1日固形物 30 トン、液状および泥状物 15 トン受入しており、固形物の約 15% (4 トン程度) は、運搬用ゴミ袋や包装容器で廃プラスチックとして除かれる。前処理として可溶化槽で  $40^\circ\text{C}$ ・3 日間処理して可溶化。発酵は滞留日数 30 日程度で運用されているが、原料を固形物濃度 90% になるよう加水しているため、発酵槽に対して原料はフルで投入されている状況であった。

#### 【G社】

- ・産業廃棄物のみを対象としており、120 トン/日の受入。固形物濃度は 95% になるよう加水して調整。前処理として酸発酵を  $37^\circ\text{C}$  で 2~3 日間行う。発酵槽は  $1,200 \text{ m}^3 \times 2$  基で合計  $2,400 \text{ m}^3$  の容量。発酵の滞留日数は 20~30 日程度。

### イ. プラントのフローの適正度

**【O社】**

- ・紙パッケージやプラスチック等で個包装されている物をすべてホッパーの中へ投入しても、比重によって選別する選別機によって選別可能。
- ・1社当たり2トンずつぐらい、多数の会社から受入する事で成分の均一化が可能

**【G社】**

- ・食品残さとプラスチック等が混合された状態で受入し、破碎分別後のプラスチック等は焼却又は洗浄後 RPF として燃料利用。
- ・プラント導入時の資金調達と設計は親会社によって行われており、装置毎に異なるメーカーの装置を使用している。

ウ. 運用上の不良箇所（パイプライン等の運搬経路の課題など）について

**【O社】**

- ・可溶化槽の底に種や生米、繊維等が堆積する。そのため、4カ月に1回底に溜まった物をバキュームで吸い取り、焼却処分している。1回あたりに回収する量は20トン程度。
- ・発酵後の消化液を脱水機へ送る工程において、配管にりん酸化合物が固着し、配管が閉塞する。それを予防するため、月に1回、配管を外して洗浄している。

エ. 消化液の処理方法について

**【O社】**

固液分離後、固形物は堆肥化の原料として、液体部分は水処理。

**【G社】**

活性汚泥法により水処理、水処理後の固形分は堆肥化原料として利用し、液体部分は河川放流。

オ. その他課題

**【O社】**

- ・プラントの運用においてコストがかかる順に①残さの処分費②脱水の高分子凝集剤③水処理費用
- ・固形物濃度90%になるよう原料に加水（処理水を利用）しているため、水処理する量も増える。

カ. 亜臨界水処理設備の導入について

**【O社】**

- ・医療系の廃棄物処理に良いのでは。
- ・家庭系の一般廃棄物の受入検討等しているが、発酵し易いもので量を確保するのは難しいと思われる。

**【G社】**

- ・現在の施設は 1,000 坪程度の面積が必要であるが、亜臨界水処理装置を導入する事で酸発酵槽等が省けて、規模縮小できるメリットがあると考える。
- ・有害物質（廃プラ）の無害化に活用できる可能性があると考える。

## 2.3 海外の事例調査

### 2.3.1 中国西寧市の事例

中国西寧市にレストランから排出される厨芥ごみを亜臨界水処理して、メタン発酵を行っている事例がある。中国では近年廃棄物や下水から精製した油を食用油として販売する問題が発生しており、レストランごみの適正処理に力が入られている。本施設では、レストランごみに多く含まれ油分の除去、原料の均一化を目的に、メタン発酵施設の前処理に亜臨界水処理技術が採用されている。

メタン発酵ラインの受け入れ量は 100t/d で消化槽の規模は 3000 m<sup>3</sup>、HRT は 30 日で稼働している。処理プロセスフローを図 2.3-1 に示す。

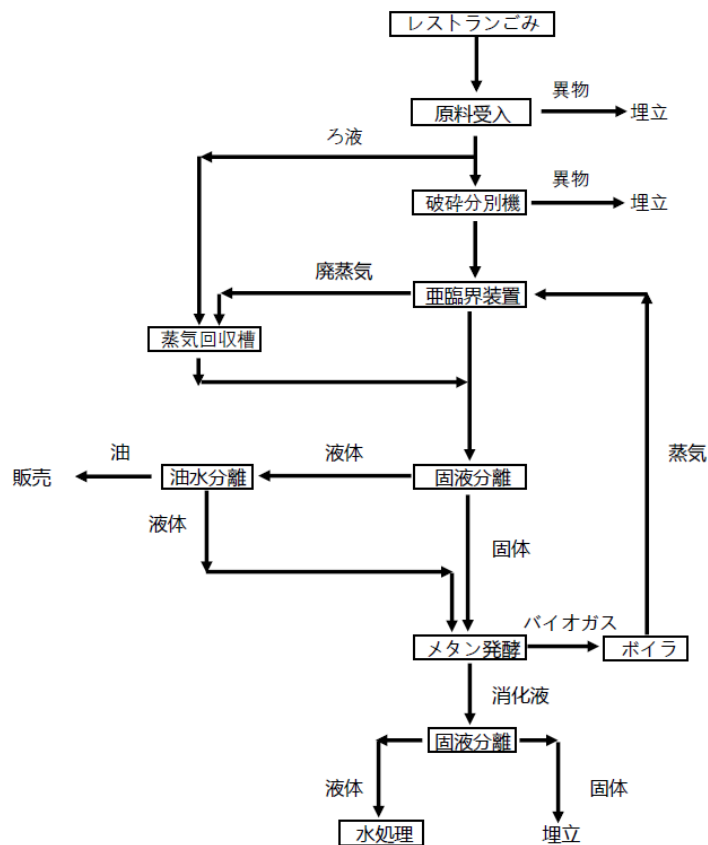


図 2.3-1 プロセスフロー

プラントフローの適正度について、亜臨界水処理により加熱された原料は粘度が低下して、油水分離工程の効率を上げている。



### 2.3.2 日本の環境を考慮した整理

日本では家庭の厨芥ごみは「一般廃棄物」として家庭内の他のごみと一緒に排出される。外食産業から排出される生ごみ・食べ残し等は「事業系一般廃棄物」として処理している場合が多い。外食文化が根付いている中国では大小さまざまな食堂レストランがあり、毎日大量の廃棄物が発生している。一部の排出者は行政のごみ処理場でごみ処理をしているが、廃棄物・食べ残しなどを有償で買い取って家畜のエサとして転売する業者、オイルトラップ・下水などの油を買い取って精製し食用油として転売する業者などがあり、処理の現実には複雑である。中国政府は食の安全、生態環境改善を厳しく遂行する方針を示して優先的な予算を付けごみ処理場を建設している。しかしながらごみ収集車を廻しても、排出者にとっては「ただで捨てる」ことになり協力的でない者も多数存在する。このように中国ではレストランごみを回収する時点で大きな課題を抱えている。今回紹介した西寧市では条例を発布し、ごみ回収を義務化し、罰則を設けて成果を上げている。西寧市で飲食店を開く際には、本件ごみ処理場に事前登録することが定められておりごみ収集の経路に組み込まれるため不法な処理をしにくい仕組みになっている。西寧市の方式は中国国内で「西寧模式」として成功モデルの例となっている。

西寧市の食品残さはスープなどの液体の廃棄物も回収されるため水分が多く、水分率が87%程度である。日本のように固形物の状態で回収されるのではなく、液状で回収される点が大きな相違点となっている。そのまま亜臨界装置に入れるとエネルギー消費がかさむため、前段で水分を取り除く処理をしている。



写真 2.3-6 中国の廃棄物の例

・ 亜臨界水処理装置導入に向けた日本と中国における情勢の違い

表 2.3-1 に、西寧市のプラントにおける収支を記載する。本プラントでは、ごみの中に 3 %程度含まれる油分を回収して工業用に販売する油販売費は販売単価が 54,600 円/トンと高いことから、収入の 20% を占める。この油分の回収には、亜臨界水処理装置をもちいることで、油水分離の効率を上げるとともに、エネルギーコストの削減を図っている。ただし、日本では、油販売費が中国ほど高額で取引されないことから、油販売による収入は期待できない。

また、中国では、日本に比べて都市部と農村部におけるインフラ整備状況の格差は大きい。本プラントがある地区においても、計画的な断水・停電が年に数回行われるため、稼働日数の確保が難しく、日本よりも不利な状況下にある。

表 2.3-1 経済データ (15.6 円/1 元で換算)

		単価(元)	数量(元)	年間金額(元)	年間金額(円)
1 収入	処理費用	215	73000	15,695,000	244,842,000
	油販売	3500	1186	4,151,000	64,755,600
	飼料販売	450	1460	657,000	10,249,200
	収入合計①			20,503,000	319,846,800
2 支出	光熱費			3,090,000	48,204,000
	消耗品			1,652,000	25,771,200
	人件費			2,968,600	46,310,160
	保守費			2,000,000	31,200,000
	汚泥廃棄	50	7847.5	392,375	6,121,050
	支出合計②			10,102,975	157,606,410
3 利益	①－②			10,400,025	162,240,390
4 初期設備総投資金額				60,944,600	950,735,760

メタン発酵を行う処理場ではメタン発酵槽から排出される消化液の処理も重要なポイントとなる。本プラントでは、消化液は固液分離したのち、固体分は埋め立て処理を行い液体分は排水処理して下水道に排出している。日本では、北海道を中心に、消化液を牧草地、畑に散布されているが、本州では多くが固液分離して処理されている。外食産業・小売業から発生する食品残さは、比較的油分を多く含むことから、プラントの設計の際には油分の影響を考慮した全体設計が重要だと思われる。

## 2.4 亜臨界水処理条件及び事業化に向けた課題

### 2.4.1 メタン発酵施設における亜臨界水処理技術のメリットおよびデメリット

調査で明らかとなったメタン発酵施設における亜臨界水処理技術のメリットおよびデメリットを以下にまとめる。

#### 亜臨界水処理技術のメリット

- ・発酵槽の規模、プラント面積を小さくできる
- ・消化液を液肥化する際に滅菌する工程を省くことができる
- ・消化液の固形残さが減る

#### 亜臨界水処理技術のデメリット

- ・導入コストとランニングコストに対してメリットがあるか
- ・異物が混合したごみを処理する際に排出される汚泥付きのプラの処理が高価
- ・連続式亜臨界水処理装置においてプラは事前に取り除く必要がある
- ・亜臨界水処理をすると消化液中の窒素が 1.2 倍になる

### 2.4.2 有識者へのヒアリング

今回調査した事例の他に事業化が進んでいない課題について有識者へのヒアリングを行った。9月9日と10日に行った第1回有識者会議にて、事業化を検討していたが現在は辞めている業者について、亜臨界水処理装置のメーカーのみが事業化検討を進めていて、実際に装置を使用するユーザーが検討の段階から加わっていなかった事が課題としてあげられた。その他、補助事業で実施している場合などは、補助事業の終了と共に検討を辞めている場合があり、事業化検討を継続するための資金調達も課題と思われる。との話を伺う事が出来た。