

肥料製造における 亜臨界水処理技術の導入検討



農林水産省
食料産業局

1. 肥料製造における亜臨界水処理技術の導入に向けた検討事項

食品廃棄物から肥料を製造する行程に、亜臨界水処理技術を導入した場合、

- 入口側（原料）においては、肥料に向かなかつた原料の循環利用のほか、プラスチック等の分別手間の軽減が期待される。
 - 出口側（製造）においては、高温水による殺菌効果や栄養価の向上効果、施設規模縮小及び労力軽減が期待できる。
- このことについて、実機試験や先行事例を元に、検証を実施。また、法律上の課題等を整理

入口側（原料）

◆原料の適用

- 多様な有機物の分解が可能
 - ・肥料に向かない原料である骨や脂肪なども分解
 - ・温度等の条件を変更することで様々な原料に対応可能
- プラスチックの分解

◆想定される効果

- 多様な有機物の循環利用、食品廃棄物の再生利用
- 分別手間の解消、人件費縮減

出口側（製造物）

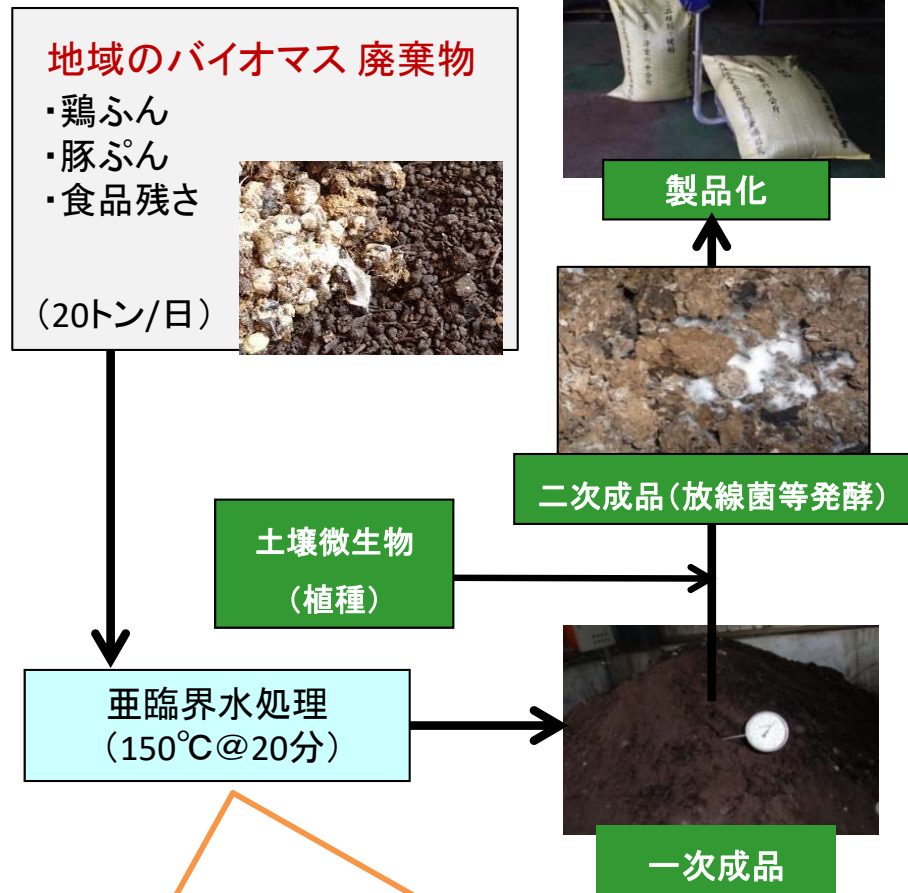
◆肥料化

- 先行事例を踏まえた可能性
 - ・一般的な有機肥料の完熟工程と比べ、発酵日数が短縮
 - ・亜臨界水処理により、動物性たんぱく原料が遊離アミノ酸へ、植物性原料は有機酸へ迅速に分解
 - ・有機酸（クエン酸）は吸収されにくい土中のミネラルなどに作用し、植物への吸収を助ける働きを持つ。
 - ・有機酸を多く含むと酸性土壌となる恐れがあるが、土壌菌に分解させることで酸性度を下げられる。
 - ・以上から、植物性と動物性の食品廃棄物が混合している生ゴミを亜臨界水処理すれば、バイオマス原料として優位
- 想定される効果
 - ・付加価値の高い肥料製造、堆肥プラントの規模縮小、繰り返し労力等の削減、臭気の低減

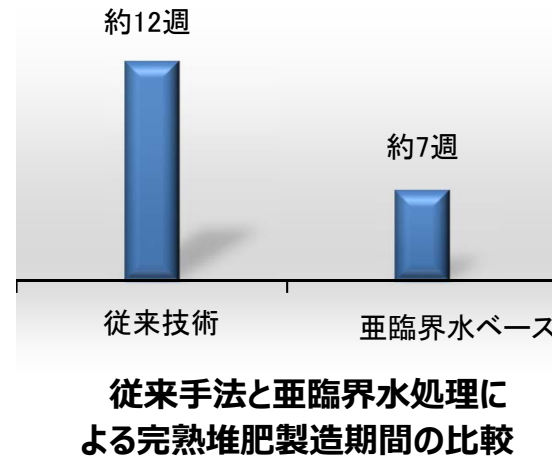
2. 先行事例にみる亜臨界水処理技術の機能性・安全性（1）

- 亜臨界水処理装置を活用することで、鶏ふんや食品残さを原料として、完熟有機肥料を短期間で製造。
- 装置内で熱による殺菌、加水分解による原料の低分子化により、放線菌等土壌微生物による発酵が進みやすい環境を形成。

台湾の事例



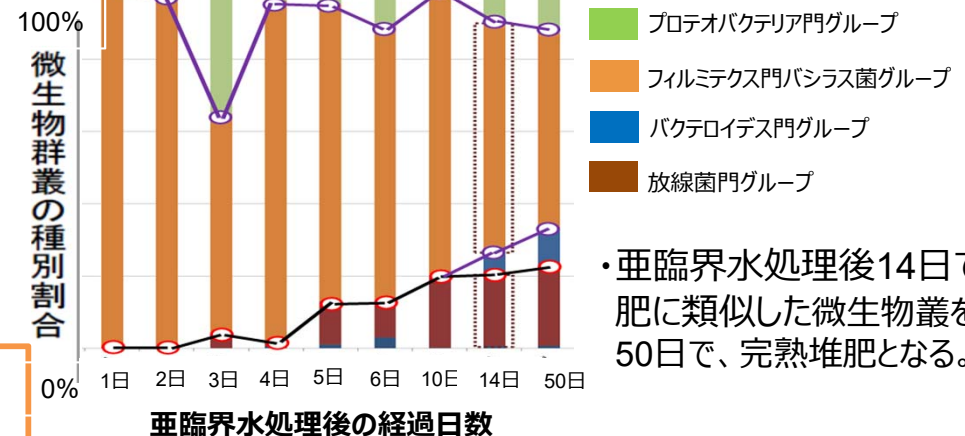
- ・熱処理による殺菌により、土壌微生物の生息を促進できる環境を調製。
- ・加水分解による低分子化効果で、土壌微生物が消化しやすい物質に転換。



完熟工程時間の短縮効果

- ・従来技術による食品廃棄物等を原料とする経験的な完熟堆肥製造期間を、ヒアリング調査により確認（中央大学調べ）
- ・亜臨界水処理による完熟堆肥製造期間は、台湾の先行事例より記載（下図参照）。

亜臨界水処理堆肥完熟工程の微生物叢変化（門レベル）



- ・亜臨界水処理後14日で、完熟堆肥に類似した微生物叢を形成。約50日で、完熟堆肥となる。

出典：亜臨界水処理完熟工程の微生物叢遺伝子解析
 (筑波大学生命環境系 内海准教授)

3. 先行事例にみる亜臨界水処理技術の機能性・安全性（2）

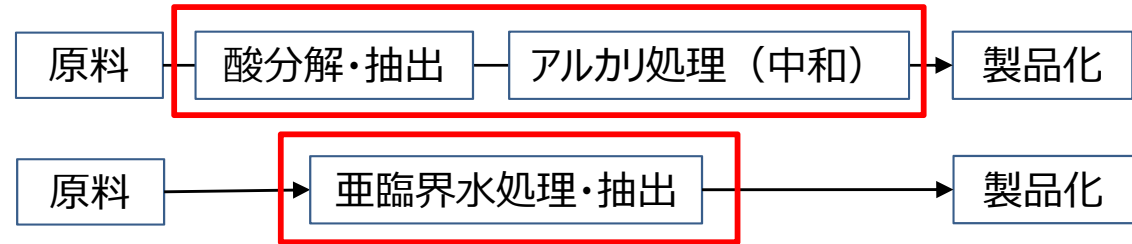
- 亜臨界水処理により、動物性たん白質由来のアミノ酸液肥製造工程が簡素化。
- アミノ酸を含む液肥は、植物の生長を促進、増収効果を確認。

台湾の事例



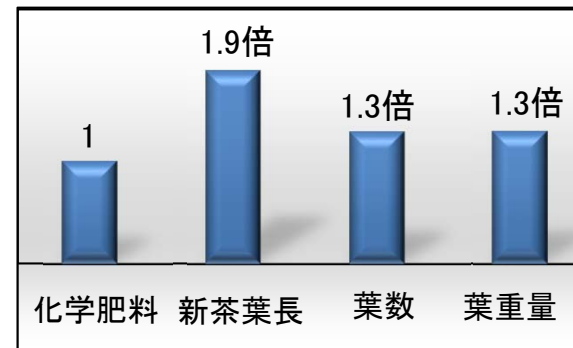
アミノ酸溶液の抽出工程の簡素化

・従来の酸分解法や酵素処理法に比べ、高温・高圧水を溶媒とする加水分解を使うので、処理工程を簡素化できる。



農作物等へのアミノ酸液肥施用効果

・アミノ酸の植物への吸収による成長促進効果が認められる。
 ・吸収されなかったアミノ酸は土壌菌の栄養となり、土づくりに有用。



亜臨界水アミノ酸液肥
 1,000倍希釈水の葉面散布効果
 (台湾・正福茶園施用試験)

※日本では廃豚、廃鶏の利用は禁止されているため、水産物等の利用が考えられる。

4. 先行事例にみる亜臨界水処理技術の機能性・安全性 (3-1)

- 木質バイオマスの亜臨界水処理によりリグニンが分解・液状化され、高濃度のフルボ酸溶液を抽出できる。
- 木質バイオマスを亜臨界水処理して生成したフルボ酸溶液は、栽培試験により植物成長促進効果が確認できた。



高濃度フルボ酸溶液の抽出

植物成長促進効果が期待されるフルボ酸主体のリグニン溶解液を、亜臨界水処理 (高温高压水) により木質バイオマスから抽出できる。

区分	濃度	備考
天然界のフルボ酸	0.03~4.1ppm※1	湿地帯に溜まりやすい。ピート層中のものが商用化
亜臨界水ベースの高濃度フルボ酸液	5,000-7,000ppm※2	高濃度ゆえ扱いやすい。(希釈して使用)

※1 参考文献「河川を通しての陸から海への物質輸送-腐植物 質の特性と錯覚性能-」(長尾誠也) に記載の数字より算出

※2 東レテクノ株式会社が分析した亜臨界水処理した白樺チップ、柳チップのフルボ酸換算濃度

亜臨界水由来のフルボ酸液肥による水耕栽培試験

・水稲に対する初期段階の成長効果を確認。

区分	養液のみ	1,000倍希釈水+養液
水稲	初期成長(6週目)	
	①背丈 32cm	①背丈 72cm
	②茎数 1本	②茎数 3.5本
	収穫期 (20週目)	
③穂数 24穂	③穂数 22穂	
④千粒重量 28.7g	④千粒重量 30.6g	
スギ苗木	○晩秋期活着率:10,000倍希釈で最大化, 60%	

(注) 国土交通省委託研究成果を援用

5. 先行事例にみる亜臨界水処理技術の機能性・安全性 (3-2)

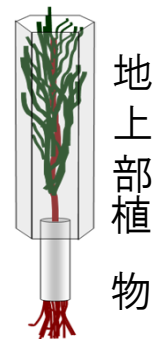
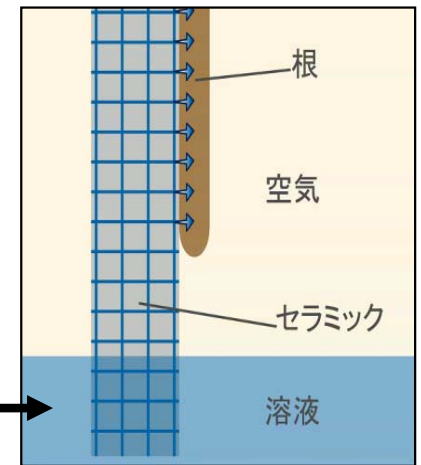


水耕栽培の実施条件

- 栽培期間：2019年9月－2020年2月
- 栽培環境：セラ不動（ナトリウムランプによる温度調整室）
- 試験1： 水稲（日本晴）栽培試験
 - ①養液※¹のみ
 - ②フルボ酸溶液※² 10,000倍希釈水 + 養液
 - ③フルボ酸溶液1,000倍希釈水 + 養液

- 試験2： スギ苗木（挿し穂）育苗試験
 - ①水のみ
 - ②フルボ酸溶液10,000倍希釈水、③フルボ酸溶液1,000倍希釈水

フルボ酸溶液、養液



※1 養液・・・ Plant Cell Physiol 22 1067~1074

※2 フルボ酸溶液・・・木質バイオマスを亜臨界水処理して得られたリグニン溶液

(註) 国土交通省委託研究成果を援用

6. 実機試験による亜臨界水技術による機能性の検証（1）

- 食品廃棄物を亜臨界水処理したことによる成分変化を確認、また参考に市販の食品残さ加工肥料の公定規格値と比較

測定項目	単位	現物ベース			乾物ベース	
		処理区	未処理区 (堆肥)	(参考) 公定規格記載値 (食品残さ加工肥料)	処理区	未処理区 (堆肥)
pH		4.9	7.2		4.9	7.2
含水率	%	82.9	43.8			
全窒素	%	0.50	2.35	2.5	2.9	4.2
全炭素	%	7.78	26.9		45.5	47.9
リン酸 (P ₂ O ₅)	%	0.25	0.78	1.0	1.45	1.39
カリウム (K ₂ O)	%	0.31	0.40	1.0	1.69	0.71
カルシウム (CaO)	%	0.1(0.08)	1.67 (0.04)		0.56	2.97
C/N比		15.7	11.4		15.7	11.4
マグネシウム (MgO)	%	0.015 (0.02)	0.68 (0.008)		0.09	1.21
アミノ酸	%	2.46	—		13.11	—
遊離アミノ酸	%	0.08	—		0.50	—

※ カルシウム、マグネシウムの括弧書きは、製造されている堆肥の成分ではなく、実機試験で用いた試料を遠心分離し、溶液中に溶け出した含有量を記載。
肥料成分は、原料や製造工程により、変わるためご留意されたい。

処理区 : 食品小売店等から排出された食品廃棄物（肉・魚を含む）を亜臨界水処理したもの

未処理区 : 処理区と同一原料より、製造販売されている堆肥

公定規格記載値 : 「肥料取締法に基づき普通肥料の公定規格を定める等の件」に記載の“食品残さ加工肥料”の含有すべき主成分の最小値を記載。

7. 実機試験による亜臨界水技術による機能性の検証（2）

○ 亜臨界水処理により有機酸が期待される有機酸含有量を確認した。

○ 参考値

測定項目	単位	亜臨界水処理区	
		現物ベース	乾物ベース
アンモニア態窒素	%	0.016	0.09
水溶性リン酸	%	0.38	1.08
酢酸	%	0.12	0.70
プロピオン酸	%	0.03	0.19
乳酸	%	0.40	2.34
シュウ酸	%	0.025未満	0.15未満
クエン酸	%	0.07	0.42
ギ酸	%	0.03	0.16
EC	mS/cm	1.1	

※ 肥料成分は、原料や製造工程により、変わるためご注意ください。

8. 実機試験による亜臨界水技術による機能性の検証（3）

- 今回の試験では、亜臨界水処理により、肉や魚が分解され、植物の成長に有用な遊離アミノ酸が溶出した肥料素材ができる。
- 亜臨界水処理により、植物の成長を促すクエン酸と阻害要因となる酢酸等の有機酸が生成され、弱酸性となった。
- 亜臨界水処理により含水率が高くなるため、固形肥料を製造する場合は水分調整に時間とコストが必要となる。

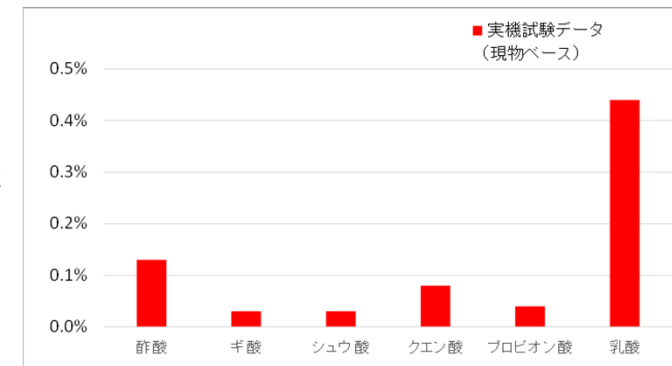
【アミノ酸含有量】

- ・亜臨界水処理区では、タンパク質中のアミノ酸が遊離し、アミノ酸を吸収しやすい肥料が製造できた。
- ・ただし、今回は未処理区の遊離アミノ酸含有量を測定できなかったため、亜臨界水処理の定量的な効果は不明。

区分	処理区
遊離アミノ酸含有量	0.47%

【有機酸の生成】

- ・亜臨界水処理により、植物のミネラル吸収に有用なクエン酸が生成される。
- ・一方、植物の生長阻害要因となる酢酸や乳酸が生成された。
- ・有機酸の対応として、施肥のやり方を工夫する必要がある。



【pH値】

- ・処理区のpH値は4.9と酸性を示しており、汎用的な肥料とするには、改善が必要である。
- ・ただし、クエン酸等の有用な有機酸が失われることになることに留意。

区分	処理区
pH	4.9

【含水率】

- ・亜臨界水処理により含水率が高くなる。
- ・有機肥料として好気性発酵するには、水分調整に時間とコストを要する。

	亜臨界水処理前	亜臨界水処理後	差
含水率	74.8%	81.2%	6.4%

9. 実機試験による亜臨界水技術による機能性の検証（4）

- 食品容器によく利用されるプラスチック（PP,PE,PS）と食品廃棄物、おが粉を混ぜて、亜臨界水処理を実施。
- 190℃、45分の処理条件下では、プラスチックは加水分解されなかったものの、細粒化は確認できた。
- 200℃以上の高温で亜臨界水処理すると、食品廃棄物が炭化する恐れがあるため、肥料製造において、プラスチックの加水分解は期待できない。今後、細粒化したプラスチックを除去する方法が確立できれば、亜臨界水処理の導入によるプラスチックの分別手間の軽減ができる可能性がある。

【亜臨界水処理結果】

試験条件

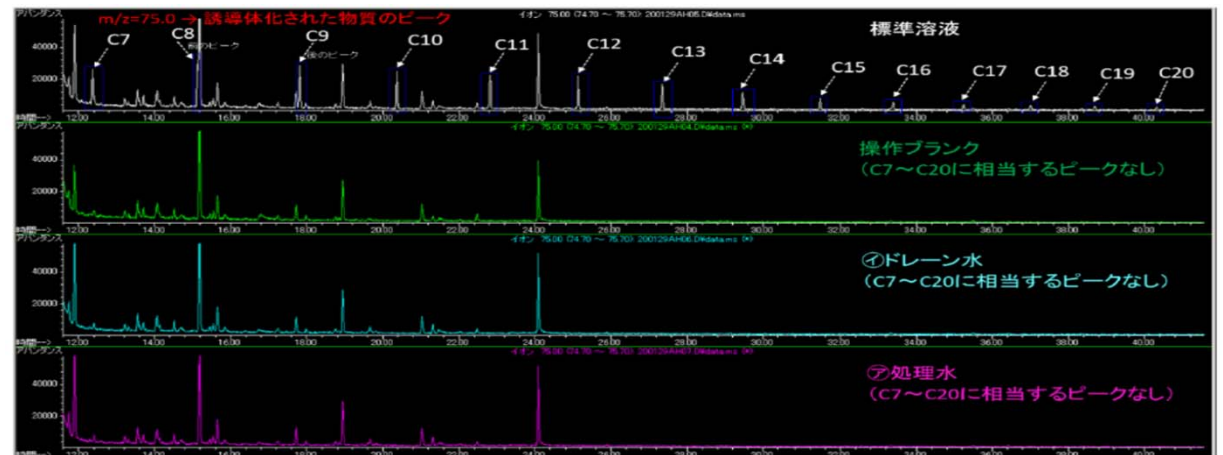
原料：食品廃棄物21kg、プラスチック原材料（PP,PE,PS）各7kg、おが粉100kg、水200kg

温度圧力条件：190℃、飽和蒸気圧、45分



【ガスクロマトグラフ分析】

炭素数7～20までの直鎖アルコールの標準試料と比較して、プラスチック原材料が高級アルコールになったのか確認。結果、高級アルコールがふくまれないことが判明。



【細粒化されることを確認】 粒度分布特性（蒸留水・塩水比重分離物）

- ・ 9割以上が、プラスチック原材料よりも小さくなったことを確認。
- ・ 約2割がマイクロプラスチック（300μm以下）となった。

10. 既存の制度等との整合性

- 肥料取締法第6条で、公定規格への登録及び仮登録の申請について規定されており、公定規格の登録にあたっては、植害試験の実施、一定の成分を保証できる製造工程を検証する必要がある。
- 肥料取締法第25条で、異物の混入防止が規定されており、プラスチックが分解処理できる処理条件が明らかにならない限り、亜臨界水処理ではプラスチックを分別手間の軽減はできない。
- 肥料成分については原料に由来する部分が大きいため、原料ごとに成分分析を実施する必要がある。

肥料取締法第6条（抜粋） （登録及び仮登録の申請）

登録又は仮登録を受けようとする者は、農林水産省令で定める手続に従い、次の事項を記載した申請書に登録又は仮登録を受けようとする肥料の見本を添えて、農林水産大臣又は都道府県知事に提出しなければならない。

二 肥料の種類及び名称（仮登録の場合には肥料の名称）

三 保証成分量その他の規格（第四条第一項第三号及び第五号に掲げる肥料にあつては、含有を許される植物にとつての有害成分の最大量その他の規格。第十条第五号及び第十六条第一項第三号において同じ。）

六 原料、生産の方法等からみて、植物に害がないことを明らかにするために特に必要があるものとして農林水産省令で定める肥料並びに第四条第一項第三号及び第五号に掲げる肥料の登録にあつては、植物に対する害に関する栽培試験の成績

肥料取締法第25条

生産業者、輸入業者又は販売業者は、その生産し、輸入し、販売する肥料に、その品質が低下するような異物を混入してはならない。

1 1. まとめ



(1) 亜臨界水処理による成分変化

- ・食品廃棄物中の魚や肉が分解され、タンパク質中のアミノ酸が一部遊離し、植物が吸収しやすくなり即効性のある液体肥料の製造ができる。
- ・酢酸や乳酸菌等の有機酸が生成され、酸性の肥料素材ができる。
- ・木質バイオマス中のリグニンが分解・液状化され、フルボ酸が抽出される。
- ・含水率が10%程度上昇する。

(2) 肥料化事業における亜臨界水処理の効果

- ・土壌微生物が活動しやすい環境が形成され、堆肥の発酵時間が短縮される。

以上のことから、**亜臨界水処理技術の活用は、肥料製造において有効な機能を発揮する。**

- ただし、
- ・肥料製造において、亜臨界水処理によるプラスチック（PE,PP,PS）原材料の加水分解は期待できない。
 - ・亜臨界水処理により生成された一部の有機酸は、植物の生長阻害要因となるため、施肥のやり方などを工夫する必要がある。