

5. 製造物の飼料原料利用に係る安全性・機能性・事業性の評価等

5-1. 安全性の確認・機能性の評価

5-1-1. 亜臨界水技術導入効果の想定（入口側・出口側）

食品廃棄物からの飼料製造工程に亜臨界水処理技術を導入した場合、入口側（原料）では、食品廃棄物等の多様な有機物の分解が可能となること、温度等の処理条件を変更することで様々な原料に対応可能となることのほか、分別が困難なプラスチックの熱溶解/分解/細粒化といった効果が期待できる。

出口側（製造）では、高温・高圧水による殺菌効果に加え、原料の低分子化効果として飼料として利用しやすい素材が生成されることが期待できる。（表 5-1-1）

これらについて、先行事例分析や実機試験をもとに検証を行う。更に、飼料事業者等へのヒアリング調査等をふまえて、事業性について検討する。

表 5-1-1 亜臨界水技術導入による入口側（原料）及び出口側（製造）の想定される効果

	入口側(原料)	出口側(製造)
先行事例を踏まえた可能性	<ul style="list-style-type: none"> 食品廃棄物等の多様な有機物の分解が可能 温度等の処理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・細粒化の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> 生成物は高温水により殺菌される。 同時に、均一に破碎されるため、安全で二次製品として利用しやすい生成物が得られる。 従来の飼料製造工程と比べ、製造工程の簡素化が見込める。(破碎・殺菌装置の置換) 亜臨界水処理により、木質バイオマス中のセルロース等の繊維分が開裂、軟化、一部が糖化され肥育牛向けの木質飼料に転換される。 以上から、植物性と動物性の食品廃棄物が混合する食品廃棄物等を亜臨界水処理すれば、バイオマス原料として優位となる。
想定される効果	<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 付加価値の高い飼料製造液体飼料(リキッドフィード) 肥育牛向け木質飼料 飼料製造工程の簡素化

5-1-2. 先行事例にみる亜臨界水処理技術の機能性・安全性

亜臨界水処理技術による製造物の機能性及び安全について、先行事例に基づいて、以下に評価する。対象とする先行事例は、表 5-1-2 に示す通りである。

表 5-1-2 飼料製造部門における亜臨界水技術導入先行事例

先行事例（国・地域）	亜臨界水の有用性（機能性・安全性）	備考
先行事例④ 木質バイオマスからの 木質飼料製造モデル （北海道・北見市） 巻末資料 5-1	<ul style="list-style-type: none"> ・亜臨界水処理により、木質バイオマス中のヘミセルロース等の繊維分が開裂・軟化され、肥育牛向けの嗜好性の高い木質飼料ができる。 ・本飼料を用いた肥育牛への給与試験から、体重の増加、枝肉重量の増加等の効果を確認 ・原料を国産木材でまかなうことができ、輸入粗飼料の代替が期待できる。 	北海道・北見市 （2017 事業化） 地元の民間資本

(1) 木質バイオマスからの木質飼料製造事例

ア 事業概要（北海道の事例）

現地法人の(株)エースクリーンが亜臨界水処理装置(反応槽 2m³)を1基設置し、地域のシラカバなどの未利用材を受け入れ、肥育牛向けの嗜好性が高い木質飼料の製造モデル事業に取り組んでいる。受け入れ量は1日平均1.3トン(月間40トン)、成牛一日当たり3,000頭相当分である。

昭和60年から3年間、蒸煮技術(200℃以下の水蒸気を使い原料を蒸し上げる)を使い、農林水産省林業試験場の委託を受けた北海道立林産試験場等で木質バイオマスの飼料化の研究が実施された。その研究結果を参考として、現地法人が新たに亜臨界水処理装置を用いて木質バイオマスの飼料化を実現したものである。

プラントは飼料取締法の許可を得て、衛生的に運転管理されている。販売価格帯は、輸入乾草の流通価格がトン当たり50千円程度であることを加味し、それよりも1割ほど安価な価格水準(工場渡し)が設定されている。これまでに地域の32か所の肥育牛飼養業者に供給され、好評を博している。

イ 亜臨界水処理技術による木質飼料製造工程の特徴

同社は、シラカバなどの未利用材をチップ化したものを原料として亜臨界水処理し(190℃・処理時間20分)、堅い繊維分を解裂、軟化して、肥育牛向けの木質飼料に仕上げている。

この亜臨界水に基づく木質飼料製造工程の特徴は、次の通りである。(図 5-1-1)

- i) 高温・高圧水を使い原料が高速加水分解を受け、木質中のヘミセルロース等の繊維質の一部が解裂・軟化、更に一部糖化などの化学組成変性を受け、繊維質の多い粗飼料

に転換される。

ii) 肥育牛向けの嗜好性の高い木質飼料が短時間で製造できる。

iii) 需要拡大に向け、地元の畜産業者や試験研究機関と連携して木質飼料の給与効果を検証している。



(上) 亜臨界水処理による木質飼料製造工程

(下) 亜臨界水処理装置(蒸煮)による木質飼料の給与効果

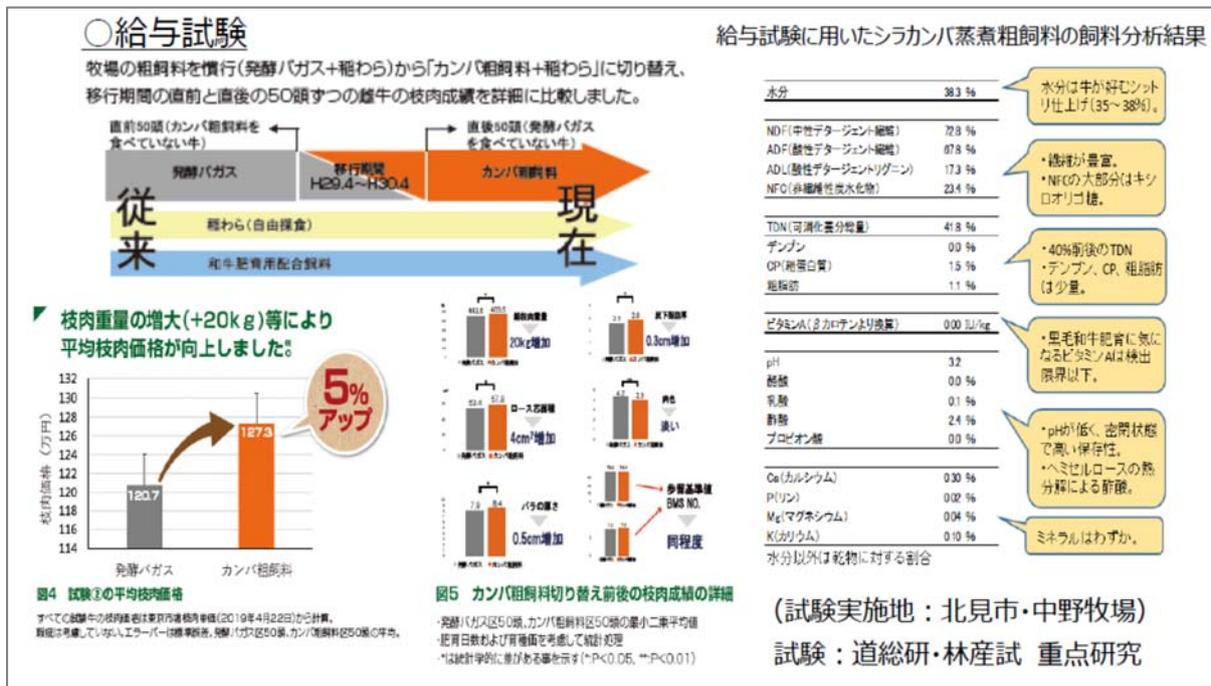


図 5-1-1 木質バイオマスからの肥育牛向け木質飼料製造モデル

ウ 木質飼料製造における亜臨界水処技術の安全性・機能性

木質飼料製造における亜臨界水処技術の安全性・機能性についてまとめると、次の通り。

○安全性

- i) 高温・高圧水による処理であるため、処理中に有害物が含まれる心配がない。生成物は、放熱後ただちに梱包して製品化されるので二次的な汚染リスクも少ない。
- ii) 処理過程で酢酸等が産出されるので、pH が 3.2 と低く、長期保存が可能である。

○機能性

- i) 従来の蒸煮技術に比べ、生成物中のムラが少なくでき、生成物を破砕する工程が省ける。
- ii) 繊維質が多く、酢酸を含み甘酸っぱい香りがする牛の嗜好性の高い粗飼料が 1 時間ほどの短時間で製造できる。

iii) 成分分析データ（乾物ベース）

粗たん白と粗脂肪含有量が少なく、粗繊維は 70.8%で、従来のシラカバ蒸煮木質飼料（日本標準飼料成分表）より更に 20%ほど高い。TDN（可消化養分総量）では、両者とも 58%台で、ビタミン A（βカロテン）は微量であることから、稲わら飼料の代替品としての利用が想定される。

iv) 肥育牛給与試験データ

試験条件：①飼料を上限 800g までとする稲わらとの併用給与（試験区・6 頭），
②稲わらのみ給与（対照区・5 頭）

増体重：①0.56kg/日に対して②0.52kg/日で、飼料効率は試験区のほうが 8%ほど高い。

枝肉重量：①442kg/日に対して②419kg/日で、試験区のほうが 6%ほど高い。

（参考資料）肉牛ジャーナル編集部：地域資源を活用した循環型畜産事例「白樺の飼料化で資源循環型畜産を～北海道北見市 ㈱エースクリーン」肉牛ジャーナル, 2016.

11

v) 北海道総合研究所・林産試験場による重点研究の結果

1 日 500g の給与条件の下で、枝肉重量が 8%増え、価格が 5%アップとなった。木質飼料の普及促進に役立てるため、本研究成果の地域への還元に努める。

（参考資料）北海道総合研究所：「黒毛和牛肥育農家向け資料」, シラカンバを原料とした黒毛和牛肥育牛向け粗飼料の給与方法と給与効果」、2020

エ 木質飼料製造における亜臨界水処技術の事業性

- i) 亜臨界水処理コストの目安（2m³ 装置）は、トン当たり、ランニングコスト（人件費除く）平均 4,200 円，減価償却費（17 年償還）で平均 7,800 円である。

シラカバなどの原料調達経費と人件費等を加味すると、総計トン当たり 40,000 円前後となる。

- ii) 海外から輸入される粗飼料の価格帯はトン当たり 37,300～45,000 円（CIF ベース）で

ある。北海道での流通価格は 50,000 円/トン前後であることから、それより 1 割ほど低価格で供給すれば畜産農家にも受け入れやすく、事業として成立する可能性がでてくる。(参考資料) 農林水産省生産局畜産部飼料課ほか：飼料を巡る情勢，平成 28 年 7 月

iii) 事業性を改善するうえで、現行の月産 40 トンのモデル事業から 200 トン規模への拡大が必要であるとされる。規模を拡大するには、装置の大型化が必要であり、これによりスケールメリットが期待できる。今後の課題は、北海道総合研究所との給与試験の成果をふまえ、木質飼料への地元畜産農家の理解を得て、需要の拡大を図ることである。

5-1-2. 実機試験による亜臨界水技術による機能性の検証

(1) 亜臨界水処理の有無による成分変化

同一試料に対し実機による亜臨界水処理（160℃/20 分）を行った試料（処理区）と行っていない試料（未処理区）の成分を比較し、亜臨界水処理による成分変化を確認した。また、参考として市販の液体飼料と養豚用食品副産物の成分値との比較を行った。（表 5-1-3）

ア 基本となる 5 項目

粗たん白、粗繊維、粗脂肪、粗灰分、可溶無窒素物について処理区と未処理区を比較した結果から、亜臨界水処理することで、粗脂肪が低くなり、可溶無窒素物が高くなった。

表 5-1-3 亜臨界水処理の有無による成分変化比較表（基本成分）

測定項目	単位	処理区	未処理区	(参考) 市販液体飼料	(参考) 養豚用食品副産物 成分値
pH		4.9			
含水率	%	82.9	75.1	75.3	
粗たんぱく	%	17.0	15.7	15.0	9.6
粗繊維	%	5.9	8.8	0.8	2.1
粗脂肪	%	26.9	33.3	14.1	4.2
粗灰分	%	4.6	4.4	4.0	3.3
可溶無窒素物	%	45.7	37.7	66.0	80.8
ナトリウム	%	0.49		0.97	
リン	%	0.32		0.28	
アミノ酸	%	13.1		13.91	
遊離アミノ酸	%	0.50			

- 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飼料素材
- 未処理区
同一原料の亜臨界水処理前の原料
- 市販液体飼料
A社の販売している食品小売店等から排出された食品廃棄物を原料とした液体飼料
- 養豚用食品副産物成分値
養豚用食品副産物「食品副産物を蒸気間接型乾燥装置で乾燥し、CPがおおむね 8%、EEがおおむね 4%のもの」の公定規格に消化率が収載された成分値（出典：日本標準飼料成分表）

※ 含水率以外の成分は、乾物ベースで記載。
飼料成分は、原料や製造工程により、変わるためご留意されたい。
動物由来タンパク質は、「飼料及び飼料添加物の成分規格等に関する省令」で成分規格及び製造の方法等の基準が示されており、留意されたい。

(2) 亜臨界水処理効果が期待できる成分比較

ア アミノ酸/遊離アミノ酸

たん白質成分は亜臨界水処理によりアミノ酸から遊離アミノ酸が抽出できる。その抽出割合は、今回の処理温度条件（160℃）では0.5%程度であった。ただし、食品廃棄物自体にある程度の遊離アミノ酸が含まれる可能性があることから、この数値は亜臨界水処理による効果として捉えきれない面がある。

イ カルシウム

遠心分離後の水溶液中のカルシウム含有量を未処理区と比較すると、3倍ほどの違いがある。原料中の魚アラなどの骨が亜臨界水処理により溶出したと考えられる。（表 5-1-4）

表 5-1-4 カルシウム含有量比較表

測定項目	単位	処理区	未処理
カルシウム（溶液中）	%	0.35	0.11

ウ 有機酸

種別ごとの有機酸の含有量をみると、表 5-1-5 の通りである。乳酸、酢酸、クエン酸、プロピオン酸、ギ酸の順に多く、トータルで0.56%（現物ベース）である。そのうち乳酸が最も多く、0.4%含まれることは飼料として有用である。

プロピオン酸やギ酸は飼料の防カビ剤、調整剤として添加が認められており、それぞれ現物あたり0.3%、0.5%以下とされていることから、特に問題となる濃度ではない。

表 5-1-5 有機酸含有量（処理区）

測定項目	単位	亜臨界水処理済	測定項目	単位	亜臨界水処理済
酢酸	%	0.12	シユウ酸	%	0.025未満
プロピオン酸	%	0.03	クエン酸	%	0.07
乳酸	%	0.4	ギ酸	%	0.03

※ 有機酸は現物ベースの測定単位・mol/moleと規定し、現物ベース1.17%で表示。

エ 微量ミネラル成分等

微量ミネラル成分は、ある濃度範囲は必要であり、多すぎると中毒を引き起こす。今回の結果は、中毒を引き起こす水準以下の濃度であるため、問題はないといえる。その他、ナトリウム含有量から試算された塩分濃度も0.5%程度で、市販液体飼料よりも微量である。

オ 亜臨界水技術の安全性及び機能性

- i) 高温・高圧水のみで処理するため、処理中に有害物が含まれることがない。また、生成物は放熱後ただちに梱包して製品化されるため、二次的な汚染リスクも少ない。加えて、pHは3.2と低く、長期保存も可能である。
- ii) 従来の蒸煮技術と比べて、ムラが少なく処理工程が簡素化でき、肥育牛にとって嗜

好性の高い粗飼料が短時間で生成できる。

- iii) 木質飼料の成分分析から、TDN（可消化養分総量）が高く、かつ繊維質に富み、給与試験結果から、肥育牛に対する飼料効果の高いことが明らかにされている。

カ 亜臨界水技術の事業性

- i) 現地の輸入粗飼料の流通価格は、トン当たり 50 千円前後である。その 1 割ほど安い価格で供給すれば、畜産農家も受け入れやすく、事業として成立する可能性がある。
- ii) 事業性を安定的に確保に向け、地元の試験機関による給与試験の成果もふまえた需要拡大による生産規模の拡大が見込まれる。
- iii) 全国各地への普及に向けては、先行事例に見るように、地元の畜産試験場と連携した給与試験をもとに畜産農家の木質飼料への理解度の醸成を図ることが要諦となる。

(3) 実機試験にみる亜臨界水技術の安全性・機能性（まとめ）

ア 亜臨界水技術の安全性及び機能性

- i) 原料の食品廃棄物を破砕し、均一なスラリー状の生成物ができる。
高温・高圧水で処理することで、原料の食品廃棄物を殺菌できる。
- ii) 肉や魚などのたん白質からアミノ酸が一部遊離、家畜が吸収しやすい飼料ができる。
繊維質を含む野菜くずから有用な乳酸を含む飼料ができる。
- iii) 魚アラなどの骨が分解され、カルシウムが全体に広がり、カルシウム含有量が多い飼料の素材ができる。

イ 飼料化事業における亜臨界水処理装置の導入可能性（図 5-1-2）

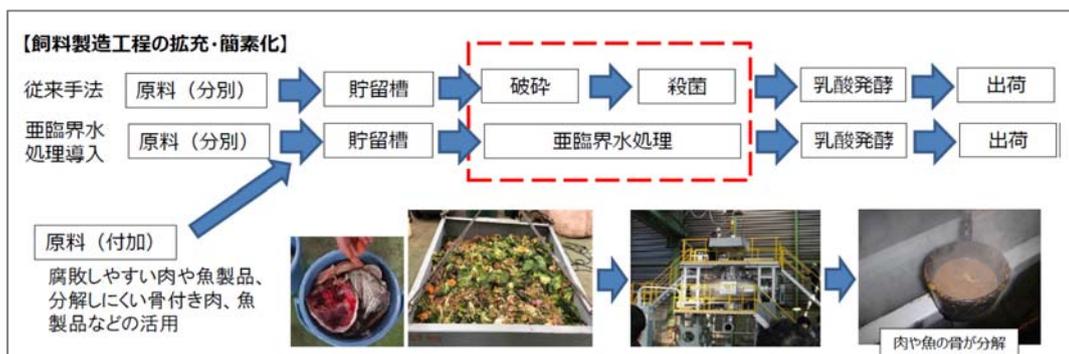


図 5-1-2 亜臨界水処理装置の導入／破砕・殺菌装置を置換

- i) 破砕、殺菌の工程を同時に実施できるので、破砕・殺菌装置を亜臨界水処理装置で置き換えることが可能となる。
- ii) 腐敗しやすい肉や魚製品、分解しにくい骨付き肉や魚アラを原料として受け入れ、飼料として活用することが可能となる。

ウ プラスチックの処理

亜臨界水実機試験の結果、プラスチックの処理に関して以下の点が明らかになった。

- i) プラスチックの加水分解は確認できなかったため、プラスチックの分別手間の軽減には直接的にはつながらない。
- ii) 食品廃棄物やおが粉混合物の中でプラスチックが細粒化されたため、プラスチックの分別手間の軽減に向けては適切な濾過方法の開発が必要となる。

5-2. 事業性の検討

5-2-1. 食品廃棄物の飼料化における亜臨界水処理装置に関するヒアリング調査

(1) ヒアリング調査の概要（飼料販売事業者）

ア ヒアリング調査の目的

食品廃棄物等の飼料製造販売事業の省力化や簡素化等に向け、亜臨界水技術の新たな展開の検討に当たり、現状の事業の調査と亜臨界水技術の導入に対する考え方を把握するため、事業者への聴き取りやヒアリング調査票の回収による調査を行った。

イ ヒアリング対象者

表 5-2-1 ヒアリング対象者リスト

区分	依頼業者数	回答業者数
飼料販売業者	1	1
食品廃棄物の再生利用業者	7	6

ウ 書面での回答をいただけなかった方の意見は以下の通り。

・飼料販売会社（U社）

飼料販売事業は、半径 100-200km 程度の圏域を一事業単位とし、飼料を畜産業者にひろく販売する業態で、海外からの輸入飼料も扱う。これに対して、食品廃棄物の再生利用業は、原料調達から飼料製品の販売まで半径 50km 程度の圏域を事業単位として成立するもので、弊社の飼料販売事業のビジネスモデルになじみにくい。

・食品廃棄物の再生利用業者

V社：原料調達量は日量 300 トンで国内最大級の規模、自社養豚場に飼料製品を供給する。亜臨界水装置は、弊社の規模では小さ過ぎる。弊社では、欧州の製造装置を導入済みで、現行の飼料製造工程を変更する必要性がない。

X社：原料調達量は日量 30 トンで平均的な規模である。飼料製品は、養豚向けリキッドフィードや養鶏向け乾燥飼料など様々で、既往設備を取り換える必要性がない。

Y社：乾燥装置を使っている。亜臨界水処理装置は液状飼料（リキッドフィード）製造

に向くと判断する。

エ ヒアリングの方法

電話で趣旨を説明後に、「ヒアリング調査票」を送付して記入いただいた。一部の企業には訪問の上、聞き取り調査を行った。また、ヒアリング調査様式は、1月に有識者委員会に諮り、その結果をふまえて作成した。

【ヒアリングの前提条件】

- ・ 亜臨界水反応装置の基本的な性能
 - i) メーカーは国内に複数あり、反応槽の大きさは2~10m³である。
 - ii) 数値データを取得できたメーカー3社の内容を吟味、2m³装置をプロトタイプとした。
1回の投入量は1.8m³（反応槽容量の90%）、1サイクル（バッチ）約1時間。1日8時間稼働で6~7回転が可能。1日6回転の場合、10.8m³（5.4トン）、年間（365日稼働）で、3,940（1,970トン）の処理が可能とした。
- ・ 装置価格及びランニングコスト・減価償却費
装置メーカーへの聞き取り調査や見積りの結果を参考として、以下の通りとした。

表 5-2-2 亜臨界水処理装置のコスト

区分	コスト	備考
装置価格 (反応槽 2m ³)	平均 2.75 億円 (2.5~3 億円)	本体、ボイラー等の付帯設備及び設置工事を含む。(建屋、電気、給水等工事費は含まない)
処理量	5.4 トン/日 (年間 1,970 トン)	6 バッチ/日、稼働日数:365 日
ランニング コスト	処理物 1 トン当たり平均 4,200 円 (3,400~5,000 円)	電気・水道・燃料+保守費 (人件費は含まない)
減価償却費	年額 14,600 千円 処理物 1 トン当たり 7,410 円	17 年定額法による。

(2) ヒアリング調査結果 (回答内容)

ア 亜臨界水処理装置に関する質問

- ・ 食品廃棄物の亜臨界水処理効果として期待されることは何か？ (回答 2/3)
 - i) 腐敗しやすい魚・肉類の残さも高温高压の水で加水分解処理できること (1/3)
 - ii) 1時間程度の処理により、飼料の素材が得られること (1/3)
 - iii) 亜臨界水処理プロセスで、たん白質は一部アミノ酸に、澱粉は澱糖、脂肪は脂肪酸に転換されることから、消化吸収性が向上していること (1/3)

イ 食品廃棄物再生利用事業の状況に関する質問

i) 食品残さの入手先及び種別 (回答 3/3)

表 5-2-3 食品残さの入手先及び種別

業 種	回答	食品残さの種類	回答
食 品 製 造	2	大豆粕・米ぬか	1
		パン・菓子類	2
		おから等	
		食品残さ (工場)	2
		返品・過剰生産分	1
食品卸・ 小売り	2	調理残さ (店舗)	2
		売れ残り (加工食品)	2
		売れ残り (弁当等)	1
外 食		調理屑 (店舗)	
		食べ残し	
家 庭		調理屑 (店舗)	
		食べ残し	

ii) 入手区域 (回答 1/3)

※ 1社から回答あり、県外も含め幅広い地域から原料を入手している。

iii) 受入費用 (回答 1/3)

25 円/kg

- ・ 1社から回答あり、25 円/kg は関東地域における自治体の一般廃棄物処理費を参考にすれば妥当な価格であると考えられる。

iv) 受入量 (回答 1/3)

35 t/日

- ・ 1社から回答あり、回答書を提出いただけなかった企業は HP 情報から最大量は 300 トン/日、平均的には 30~50 トン/日の範囲にあると推察される。

v) 製品出荷量 (回答 1/3)

42 トン/日

vi) 稼働日数 (回答 1/3)

365 日/年

vii) 飼料化の性状及び製造工程 (回答 3/3)

- ・ 乾燥の場合 (1/3 回答) : 破碎と乾燥工程のみで、殺菌工程は含まない。全国の飼料会社に製品を送送するため、輸送中の保存性の観点からリキッド化には制約があることから、亜臨界水処理装置の導入は考えにくいとの回答を得た。
- ・ リキッドフィード (乳酸発酵なし) の場合 (1/3 回答) : 乾燥と発酵を除く全工程を含む。
- ・ リキッドフィード (乳酸発酵あり) の場合 (1/3 回答) : 乾燥を除く全工程を含む。

亜臨界水処理装置は、破碎～加熱工程を一台で行い、リキッド飼料と乾燥飼料の両方に対応可能となる。

viii) 設備費用（破碎機・殺菌装置）（回答 0/3）

ix) ランニングコスト（破碎機・殺菌装置）（回答 1/3）

表 5-2-4 ランニングコスト（破碎機・殺菌装置）（千円/年）

水光熱費	点検・補修費	ランニングコスト 小計	人件費
16,485	13,750	30,235	102,730

- ・ 1社から回答あり、破碎・加熱工程にかかるランニングコストは 30,235 千円/年（1日当たり処理量 35 トン、年間 12,800 トン）であり、処理量 1 トンあたりに換算すると 2,360 円/トンとなる。亜臨界水処理装置に置き換えた場合は、平均 4,200 円/トンであるため、亜臨界水処理装置の方が 1.8 倍ほど高くなる。

x) 減価償却費（回答 1/3）

5,749 千円/年（破碎機・殺菌装置）。

- ・ 35 トン/日処理可能な亜臨界水処理装置（2m³ の）の台数は 4 台。1 台当たりの減価償却費（17 年定額法）は年額 14,600 千円であるので、4 台は年額 58,400 千円となる。

これに対して、回答会社の減価償却費は 5,749 千円で、1/10 程度の金額である。

xi) 飼料の販売先（回答 3/3）

養豚業者（2/3）、飼料会社経由や商社経由（1/3）

- ・ リキッドフィードは、保存期間が短いため近傍エリアの養豚業者向けに販売される。飼料会社や商社経由の場合は、保存しやすい乾燥飼料を扱っていることが伺える。

xii) 飼料の販売価格（円/トン）（回答 1/3）

6,000 円/トン（運搬費別途）

- ・ 食品廃棄物の再生利用事業では、iii) の原料受け入れ費用 25,000 円/トンと飼料販売格 5,000 円/トン、合計 31,000 円/トンを事業収入とすることが読み取れる。

5-2-2. 農林畜産事業者への食品廃棄物等のリサイクルへの亜臨界水処理技術の導入に関するヒアリング調査

(1) ヒアリング調査の概要（農林畜産事業者）

ア ヒアリング調査の目的

農林畜産業者に対して、亜臨界水処理技術を利用した木質飼料について先行事例をもとに説明し、事業性を検討するためのユーザーから見たニーズ等の確認を行った。

イ ヒアリング対象者

表 5-2-5 ヒアリング対象者リスト

区分	依頼業者数	回答業者数
農業者	4	4
林業者	5	5
畜産業者	7	5
計	16	14

ウ 書面での回答をいただけなかった方の意見は以下の通り。

・ 畜産業者（2者）

弊社らが出荷する牛肉は、既に高級ブランドとしての格付けを獲得している。木質飼料を取り入れることに伴うリスクも考えねばならないので、産地全体での検討が必要である。北海道で木質飼料を取り入れたいとする畜産農家が増えていることは理解したが、各々の地域によって事情が異なるのではないかと考えられる。

エ ヒアリング方法

電話で趣旨を説明し、同意いただいた事業者に「ヒアリング調査票」を送付して記入いただいた。各分野1事業者とは面談での意見交換を行なった。

ヒアリング調査様式は、1月に有識者委員会に諮り、その結果をふまえて作成した。

(2) ヒアリング調査結果（回答内容）

ア 亜臨界水ベースの肥育牛向け「木質飼料」に対するご関心の有無等

表 5-2-6 亜臨界水ベースの肥育牛向け「木質飼料」への関心の有無

関心度	農業者	林業者	畜産業者
関心がある	2		4
関心がない			
どちらともいえない		1	1

イ 関心を持たれる理由

i) 農業者（1/5）

米作の多角化として、飼料米サイレージ（WCS）に取り組んでいる。WCS と比べたときの木質飼料の飼料価値に関心がある。

ii) 畜産業者（木質飼料経験なし）（2/5）

新たな飼料の導入には慎重な考えである。牛が死亡すれば一頭当たり 150 万円の損害になるし、枝肉の格付けがワンランク下がると 1 割の価格減となるからである。購入するには、実際に給与試験を行い、その成績を見る必要がある。

iii) 畜産農家（木質飼料経験あり）（3/5）

育牛飼養試験の結果、これまでに使った資材のなかで効果が一番現れた。
牛の飼養に最適で、非常に使いやすい。とにかくよく食べて、食い止まらない。

ウ 肥育牛向け「木質飼料」の利用を推進するため、どのような情報がほしいか。

表 5-2-7 亜臨界水ベースの肥育牛向け「木質飼料」への関心の有無

区分	農業者	林業者	畜産業者
説明書を希望	1		
施用指針・効果を希望	2	1	2
その他の情報希望	1		

- ・農業者からは、これまで取り組んできた飼料米サイレージとの優劣比較に必要な情報として、肥育牛の給与試験データや枝肉評価への効果、シラカバ以外の樹種への適用性についてのデータ提供の希望があった。
- ・畜産業者の中で木質飼料の利用に慎重な方から、施用指針・効果についてのデータ提供の希望があった。

エ 亜臨界水蒸煮「木質飼料」の購入希望価格

農業者：50~100 円/kg 林業者：25 円/kg 畜産業者：50~100 円/kg

(3) ヒアリング調査結果（まとめ）

ア 農業者

- ・米作の多角化の関係で取り組んできた飼料米サイレージ（WCS）との関係から、木質飼料に関心を寄せている。
- ・木質飼料が飼料米サイレージ（WCS）と同等の飼料価値を持つことを検証できれば、地域の畜産農家が受け入れる可能性が高く飼料の自給率向上にも有効であると考えられる。

イ 林業者

- ・木質飼料への関心は全般に低い。

ウ 畜産事業者

- ・既に牛肉をブランド化できている地域では、飼料を変えることに伴うリスクを恐れ、木質飼料の利用には慎重な姿勢。産地全体としての検討が必要である。
- ・それ以外の地域では、木質飼料を使った経験を持つ畜産業者の評価は高く、供給価格次第でニーズが拡大できる状況にあると考えられる。これに対して、木質飼料を使った経験のない畜産業者は慎重姿勢であるので、先行事例の給与試験データを照会するなどして理解を深めることが必要である。

5-2-3. 亜臨界水処理装置導入に係る事業性の検討

(1) 食品廃棄物飼料化事業での事業性検討

ア 検討骨子

食品廃棄物飼料化事業モデルの破碎機・殺菌装置を亜臨界水処理装置に置き換える場合の事業性を、現行の事業モデルとの比較として一覧表にまとめた。(表 5-2-8)

亜臨界水処理装置の導入により、ランニングコスト、減価償却費とも経営上の負担が大きくなるため、事業性は高いとはいえない。事業多角化などの改善策が求められる。

イ 食品廃棄物飼料化事業モデル

今回のヒアリング調査で回答があった1日当たりの食品廃棄物受け入れ量35トン(年間12,700トン)で検討する。

表 5-2-8 食品廃棄物飼料化事業モデル
(亜臨界水処理装置の導入検討)

項 目		現行の事業モデル	亜臨界水装置導入後の事業モデル	
原料調達 (食品廃棄物)	調達事業所	食品製造業	食品卸・小売業 外食産業	
	内 容	大豆粕・米ぬか、パン・菓子類、おから等、食品残さ(工場)、調理残さ、売残り(弁当・加工食品)、食べ残し		
	調達量	トン/日	35トン	
		トン/年	12,800トン	
	稼働日数	365日		
	中間処理費	kg単価	25円	
年間総額		320,000千円		
リキッド飼料 製造装置 (破碎機・ 殺菌装置)	必 要 台 数	破碎機・殺菌装置一式	(破碎機/殺菌装置を 亜臨界水装置で置換) (必要台数) 2m3装置 1台 2.75億円 6m3装置 1台 5億円 (設備投資額) 7.75億円	
	ランニングコスト (水光熱費+保守費)	トン当り	2,370円	
		年間総額	30,240千円	53,800千円(43,500~64,000千円)
	設備投資額			7.75億円
	減価償却費	年間総額	5,750千円	41,030千円
事業性	製品販売量	日製造量	42トン	42トン
		年間製造量	15,330トン	
		販売単価	6,000円/トン (註) 亜臨界水処理効果で販売単価アップが見込めるかどうか、要検討。	
		事業収入	91,980千円	
		総収入	411,980千円	

ウ 食品廃棄物飼料化事業の経営採算性

・事業収入の構成

事業収入は、①食品廃棄物受け入れ中間処理費用と②製造物の販売収入の二つから成る。今回のヒアリング調査結果から、①食品廃棄物の受け入れ中間処理費用は25円/kg、②製造物の販売収入は6円/kgで、事業収入は①②合計で31円/kg(31,000円/トン)。

- ・支出の構成

破砕機と加熱装置に係るコストとして、③ランニングコストと人件費で 10.4 円/kg, ④減価償却償 0.5 円/kg, 支出として③④合計 10.9 円/kg (10,900 円/トン) が見込まれる。

- ・事業収支

以上から、事業収支は 20 円/kg 程度の黒字が見込まれる。経費として破砕機と加熱装置の他に乳酸発酵装置や製品運搬用タンクローリーなどのコストを差し引き、トータルとして事業が成立していると推察される。

エ 亜臨界水処理装置導入に係る事業性の検討

- ・亜臨界水処理装置の装置台数及び設備投資規模

1 日当たり受け入れ量 35 トン (年間 12,800 トン) に必要な装置台数及び設備投資規模は、表 5-2-9 に示す通り。

表 5-2-9 亜臨界水処理装置の台数と投資規模

区分	必要台数	投資規模	備考
i) 2m ³ 装置	1 台	275 百万円 (付帯設備含む)	1.8m ³ (1.44 トン/バッチ) 1 日 6 バッチ : 8.64 トン 年間処理量 : 3,154 トン
ii) 6m ³ 装置	1 台	500 百万円※ (付帯設備含む)	5.4m ³ (4.32 トン/バッチ) 1 日 6 バッチ : 25.9 トン 年間処理量 : 9,450 トン
合計	2 台	775 百万円	

※装置メーカー見積りによる。

- ・ランニングコスト比較

- i) 前程条件

既存の破砕機と加熱装置を亜臨界水処理装置で置き換えることを前程として比較する。

既存の破砕機と加熱装置のランニングコスト : 30,240 千円/年 (ヒアリング結果)

亜臨界水処理装置のランニングコスト : 53,800 千円/年程度 (装置メーカーデータを基に試算)

- ii) ランニングコスト比較

既存の破砕機と加熱装置を亜臨界水処理装置に置き換えた場合、ランニングコストは 1.8 倍程度増えるため、事業性は低下する。

- ・設備投資額の比較

- i) 前提条件

既存の破砕機と加熱装置の設備投資額は回答を得られなかったため、亜臨界水処理装置への設備投資に伴い発生する減価償却費の事業収入に占める割合を試算し、事業性

への影響を検討する。

現行の食品廃棄物飼料化事業の年間の事業収入は410百万円規模である。

亜臨界水処理装置への設備投資額は7.75億円、年間減価償却は41,030千円。対売上減価償却費率は約10%になる。

ii) 減価償却費比較

国内の製造業平均の対売上減価償却費率は約4.5%である。これに対して、亜臨界水処理装置への設備投資に伴う対売上減価償却費率約10%は2倍の重みとなることから、過大な資金的負担が経営上の重荷になると推察される。(参考資料) 日本銀行『主要企業経営分析』平成8年10月) 事業性の改善方策

(2) 事業性改善策の検討

ア 食品廃棄物飼料化事業者としての取り組み

委員会では、反応槽容量6m³で5億円のイニシャルコストは高いので、導入が難しいとの指摘が有識者からなされた。

反応槽容量2m³では3億円であるので、装置の大型化により単位容量当たり4割ほどのスケールメリットが期待できるが、5億円のイニシャルコストでも事業性の改善には制約があることが飼料製造販売事業者へのヒアリング調査に基づく事業性の検討結果からも示された。

以上のことから、今後の具体的な導入策の検討において装置の大型化について精査する必要がある。

イ 地域が連携した食品リサイクルの取り組みへの展開策

第2回委員会において、①どこから排出された食品廃棄物を、どこで利用するのかを整理した上で、どこに亜臨界水処理装置を設置すべきか検討すべきとの意見に加え、②飼料製造単独での導入はコストが高いことから、メタン発酵等と組み合わせて有効利用するなど、事業性改善策について模索すべきとの意見が出された。

地域連携によるバイオマス利活用の取組として、「バイオマス産業都市」がある。このような取組は、地域の関係者が連携した食品リサイクルの展開を促進し、事業性の改善に寄与すると考えられる。

亜臨界水技術をコアとする食品リサイクル・ループづくりに係る地域単位での具体的な展開策を試案として図示すると、図5-2-1の通りである。

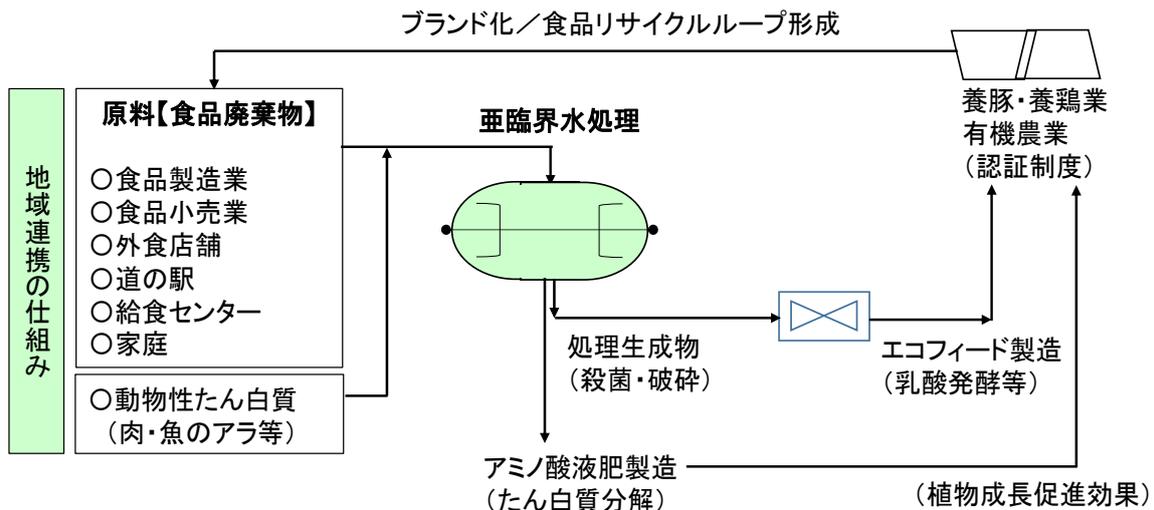


図 5-2-1 亜臨界水技術をコアとする食品リサイクル・ループ展開策の枠組み（試案）

ここで扱う原料は食品製造業から家庭に到る地域の食品廃棄物である。それらを亜臨界水処理して飼料（エコフィード）を製造、認証制度付きで地域の養豚業等向けに供給する。最終的に得られる豚肉等の畜産物をブランド化し、食品廃棄物の排出源に供給する仕組みが想定される。

更に、腐敗しやすいため従来原料から外されてきた肉や魚のアラなどの動物性たんぱく質を受け入れ、植物成長促進効果を持つ付加価値の高いアミノ酸液肥を製造して有機農業者に供給、最終的に得られる農産物をブランド化し、食品廃棄物の排出源に供給する仕組みが想定される。（アミノ酸液肥製造の優良な事業性は、6章 6-1を参照されたい。）

参考に、分野は異なるが、有機農産物認証制度をもとに、付加価値の高い食品リサイクル・ループづくりに取り組んでいる山形県「長井市レインボープラン」の事例を示す。

このプランでは、豊かな農地を消費者が支え、農家が市民の食と健康を支えること、安心安全に裏打ちされたまちづくりのために官民を超えた協力体制が組み立てられた。

【長井市レインボープランの骨子】

- ・市民側は「レインボープラン推進協議会」を中心として、農産物認証制度管理と食ループの啓発・交流事業に取り組む。
- ・これに対して、行政側は、農林課や地域づくり推進課等が各々堆肥センターの運営、認証農産物の生産拡大と調整、生ごみの分別収集などの事業を担う仕組みである。
(参考文献)長井市HP, 中村修・遠藤はる奈:成功する生ごみ資源化～ごみ処理コスト・肥料代激減, (社)農村漁村文化協会, 2011
- ・生ごみを食品廃棄物、堆肥センターをエコフィーディングセンター、農産物認証制度を畜産物認証制度と読み替えれば、今後の目指すべき地域連携の一つの方向性が見えてくると思われる。

5-3. 既存の制度との整合性

(1) 食品廃棄物の飼料利用に係る規制

現在「食品残さの飼料利用に係る規制」の見直しが検討されており、殺菌処理温度条件が変更される見通しとなっている。亜臨界水処理は、見直し後の温度圧力条件に対応できることから、食品廃棄物由来の養豚飼料の製造現場での活用が期待できる。

ただし、飼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。

(2) 飼料の製造に関する規制

「飼料の安全性の確保及び品質の改善に関する法律」の第3条及び第4条において、飼料の製造に関する規制が示されている。

同法の趣意に基づき、プラスチックの分解処理が可能となる処理条件が明らかにならない限り、亜臨界水処理による食品廃棄物の飼料化事業におけるプラスチックの分別軽減はできないといえる。

5-4. まとめ

本章では、製造物の飼料原料利用に係わる安全性・機能性・事業性について、次の六つのアプローチから検討した。

- i) 木質バイオマスからの亜臨界水蒸煮木質飼料製造事業(北海道)の先進事例分析
- ii) 食品廃棄物の亜臨界水処理実機試験で得られた生成物の成分分析・評価
- iii) 飼料販売会社等への亜臨界水技術導入意向に関するヒアリング調査
- iv) 農林業畜産事業者への亜臨界水蒸煮木質飼料利用ニーズに関するヒアリング調査
- v) 有識者委員会における専門家等からの意見徴収
- vi) 既存の制度との整合性

(1) 亜臨界水技術の安全性

- ・ 亜臨界水技術は、食品廃棄物の破砕・殺菌工程を同時に実施できる。
- ・ 「食品残さの飼料利用に関する規制」の新たな基準(案)である「攪拌しながら90℃60分以上、121℃/絶対圧力3気圧/10分以上の加熱処理」に対応でき、食品廃棄物由来の養豚飼料の製造現場での活用が期待できる。

(2) 亜臨界水技術の機能性

- ・ 食品廃棄物を亜臨界水処理することで、肉や魚が分解されアミノ酸やカルシウムが溶出し、家畜が吸収しやすく骨を強くする等の有用な飼料素材が製造できる。
- ・ 過去の試験ではマグロの頭もほとんど形がなくなるぐらいに破砕され、骨等もやわらか

- くなるため、飼料として利用しやすい状態に転換できる（専門家見解）。
- ・繊維質の多い野菜くずからは、乳酸を主体とした豚が吸収しやすい飼料素材ができる。
 - ・木質バイオマスを亜臨界水処理することで、ヘミセルロース等の繊維質を低分子化し、肥育牛の嗜好性の高い粗飼料が製造できる。

(3) 亜臨界水技術の事業性

- ・既存の破碎機・殺菌装置を亜臨界水処理装置で置き換える場合、ランニングコスト面及び設備投資面ともに資金的負担が重く、事業性は高いとはいえない。
- ・事業性改善策
 - i) 事業者が実施する改善策として、装置の大型化がある。これによるスケールメリットとして4割程度のイニシャルコストの軽減を見込むことができる。
 - ii) バイオマス産業都市をはじめとする地域連携のもとで、食品事業者や小売事業者、飼料製造業者、農家等が一体となった効率的、かつ安定的な食品リサイクルの仕組みの構築を検討する。
 - iii) 亜臨界水技術の特性を生かし、動物性たん白質からのアミノ酸液肥製造という収益性の高い事業への展開を検討する。

(4) 今後の課題

- ・原料の選別・系統分類
食品廃棄物の飼料化事業における亜臨界水技術の導入に向けた課題には、排出源により成分が異なるため、様々な原料で細かな実機試験データを積み重ねなければ利用しにくいことと安定した原料の入手が困難であることの二面性がある。
このため、各地域において入手可能な原料の系統分類を行うことと合わせて、亜臨界水処理生成物の成分や品質に関する整理を行うことが必要である。
- ・プラスチックの処理による分別手間の削減
今回の試験結果では、プラスチックの加水分解は確認できなかったが、大部分が熱溶解し、細粒化された。細粒化されたプラスチックが分離できれば、分別手間や処理費用の削減が期待できる。
このため、実際の容器包装プラスチックを対象とした実機試験による細粒化の態様の検証、更にはプラスチック加工のために使われる可塑剤による毒性の有無の確認をふまえて細粒化したプラスチックの分離・回収技術の開発が必要である。