

令和7年度畜産関係学術研究委託調査報告書

メガファームにおける廃用乳凝集処理技術に関する国内調査

2026年3月

静岡県立農林環境専門職大学短期大学部 川村英輔

宇都宮大学農学部 菱沼竜男

メガファームにおける廃用乳凝集処理技術に関する国内調査

川村英輔・菱沼竜男

静岡県立農林環境専門職大学短期大学部・宇都宮大学農学部

要約

酪農の大規模化が進展することで、搾乳装置から発生する含生乳排水や出荷できない廃用乳などの発生量が多くなり、污水处理施設の処理性能に与える影響が大きくなっている。そこで、廃用乳、搾乳施設から発生する含生乳排水を処理対象とした凝集処理について、全国2か所で調査を行った。調査した凝集処理装置は、農家が自作し、薬剤等を作業者が手動で投入する自作型凝集装置およびメーカーが販売している対象汚水や薬剤の投入、凝集および凝集物の回収までを自動で行う廃用乳専用凝集装置の2方式とした。どちらの方式においても廃用乳、含生乳排水を凝集処理することで、ろ液のBOD等の性状が凝集前に比べ、低減しており、後段に行われる污水处理施設へのBODやSSの負荷が軽減されていることが確認された。また廃用乳専用凝集装置は、凝集物を布製のろ布で回収するとともに、水分の低減が図れていた。これにより堆肥化施設への水分の持ち込みを低減していた。ランニングコストについては、廃用乳専用凝集装置の場合、処理対象汚水1tあたり、薬剤代として2,597円、電気代1,414円を合計し、4,011円であった。

1. はじめに

我が国の搾乳牛の飼養戸数および飼養頭数は年々減少しており、それに伴い生乳生産量も減少している。一方、一戸当たりの飼養頭数は年々増加しており、令和6年には110頭/戸となった（農林水産省）。昨今の酪農情勢では、経営の効率化を図るため、経営規模の拡大が図られている。令和5年度畜産統計によると乳用牛の成牛飼養頭数が300頭以上の経営体が350戸を占め、北海道は218戸と6割を占めている。乳用牛の成牛飼養頭数が300頭以上の経営体は34都府県と全国に点在しており、1戸当たりの平均飼養成牛頭数は北海道832頭に対し、都府県816頭と肉薄している（農林水産省、2024）。酪農経営を取り巻く環境を見ると経営の安定化や高収入化を

図る目的で規模拡大が進み、年間 1,000 t 以上の生乳出荷をする酪農経営、または牧場が出現し、このような経営体はメガファームと称される（一般社団法人日本乳業協会，2024）。

このような経営体では、1 経営体での搾乳頭数も多く、乳房炎などの疾病時に生産される生乳や初乳と呼ばれる分娩後約 1 週間の生乳など出荷できず廃棄しなくてはならない生乳（以後、廃用乳）が発生する。また搾乳施設では、搾乳の前搾りで搾られた生乳は廃棄される。このように出荷できない生乳を含む汚水（以下：含生乳排水）が発生し、これを搾乳施設専用の浄化槽に投入すると浄化処理が不全となる恐れがある。

そこで、廃用乳に凝集剤を添加することで、廃用乳や含生乳排水から凝集固形物を取り除くことで、搾乳施設専用浄化槽への BOD 負荷を軽減することを実施している 2 農場について、廃用乳の凝集処理の現状を把握することを目的とする。

2. 調査研究の実施方法

廃用乳の凝集処理を実施している 2 農場について、農場の概要、廃用乳の凝集処理、ふん尿の処理について、経営者から聞き取り調査をおこなった。合わせて、汚水処理施設の施工メーカーへの聞き取りと、浄化槽の規模積算数値、図面等から、汚水処理施設への廃用乳の負荷量を検討した。堆肥化施設については、規模積算を別途行い、現有施設規模との比較を実施した。

凝集処理前の汚水、凝集処理後の凝集物を 2 重にしたガーゼでろ過したろ液および凝集固形物の分析を行い、凝集処理の状況を調査した。液状物は、後段の汚水処理への影響を評価するため、pH、BOD、COD、SS、TN、TP、ノルマルヘキサン濃度を分析した。固形物については、堆肥化処理施設への影響を評価するため、水分、有機物および灰分を分析した。

3. 調査農場の概要

調査対象農場は、西日本の A 農場、東日本の B 農場を選定した。調査を実施した 2025 年 9 月現在の概要を以下に示す。

3-1. 西日本 酪農 A 牧場

飼養頭数：搾乳牛 650 頭（計画頭数 800 頭）2025 年 9 月調査時点

搾乳装置：ロボット型ロータリーパーラー40P

従業員数：12 人

【牧場の概要】

本農場は、平成 22 年に廃業した牛舎を取得し、新規就農として酪農経営を開始した。当初は搾乳牛 200 頭の飼養からスタートし、平成 26 年には 200 頭を増頭し、計 400 頭体制とした。さらに、令和 3～4 年には「強い農業づくり事業」を活用し、フリーストール牛舎、ふん処理施設、污水处理施設の再整備を実施し、総飼養頭数 800 頭規模への拡大を図った。2025 年 9 月現在では、搾乳牛が 650 頭であったが、12 月現在は計画頭数である搾乳牛 800 頭が飼養されていた。

ふん尿処理においては、フリーストール牛舎から発生するふん尿混合物を、污水处理過程で得られる浄化処理水により加水し、污水处理施設へ導入している（図 1）。また、ロータリーパーラーから発生する洗浄水および廃用乳も污水处理施設に投入しており、廃用乳については凝集処理を経た後に浄化処理される。污水处理施設では、汚水槽に貯留された原水を無薬注により固液分離機で処理し、固形物と液分に分離する。得られた液分と曝気槽からの余剰汚泥は第一調整槽に貯留され、凝集剤を添加した後、汚泥脱水機により脱水ケーキと脱水ろ液に分離される。これらの固形物および脱水ケーキは堆肥化の対象とし、生成された堆肥は戻し堆肥として牛舎の敷料に再利用している（図 2）。

子牛等に使用するおがくずは、2 社から購入しており、月 2 回の頻度で 50m³（週あたり 20m³）を確保している。なお、自給飼料の生産は行っておらず、WCS（ホールクロップサイレージ）を含む購入飼料を給与している。

【ふん尿処理】

（污水处理）

フリーストール牛舎から発生するふん尿混合物は、污水处理過程で得られる浄化処理水を用いて加水され、直径約 1m のコルゲートパイプを通じて汚水槽へ流入する。搾乳待機場においては、ふん尿混合物が搾乳施設の洗浄水によって排水溝内で押し流

され、直径約 50cm の塩ビ管を通して同様に汚水槽に導入される。また搾乳施設から排出される洗浄水および含生乳排水は、汚水処理施設に投入される。廃用乳については、凝集処理を施した後、凝集物とろ液が混合された状態で汚水槽に流される。この段階では固形物の回収は行っていない。

汚水槽に貯留された原水は、無薬注方式により固液分離機で処理され、固形物と液分に分離される。分離された液分は第一調整槽に流入し、同槽には曝気槽からの余剰汚泥も併せて導入される。第一調整槽内の汚水は、凝集剤を添加した後、汚泥脱水機により脱水ケーキと脱水ろ液に分離される。得られた脱水ろ液は浄化処理対象物として、活性汚泥法による微生物処理、膜処理、リン除去工程を経て、最終的に放流水として公共用水域へ放流される。

(堆肥化処理)

第一に、汚水処理施設の汚水槽に貯留された原水は、無薬注方式により固液分離機で処理され、固形物と液分に分離される。分離された液分は曝気槽からの余剰汚泥とともに第一調整槽に貯留され、凝集剤を添加した後、汚泥脱水機により脱水ケーキと脱水ろ液に分離される。このうち、固形物および脱水ケーキが堆肥化対象物として利用される。

第二に、離乳舎および育成牛舎から搬出される、おがくずを含むふん尿混合物も堆肥化対象物として処理される。

これらの堆肥化対象物は、まず下部送風機構を備えた堆肥舎にてかさ比重の調整を行った後、約 2 週間の堆積処理を経る。続いて、下部送風および攪拌機を備えた堆肥化処理施設にて、約 20 日間の堆肥化処理が実施される。

堆肥化処理後の製品は、用途に応じて 2 つの経路に分けられる。ひとつは、スクリー型攪拌機を備えた堆肥化処理施設にてさらに処理され、堆肥として販売される。もうひとつは、乾燥ハウスにて処理され、牛舎の敷料等に用いる戻し堆肥として再利用される。

【凝集処理】

凝集処理装置は、不要となった容量 1m³のステンレスタンクに、羽根が二段構造の攪拌機を組み合わせた簡素な構造で構成されている。搾乳施設の排水は、マスから水

中ポンプを介して待機場の排水溝へ移送されるが、配管を分岐することで、廃用乳を容易にタンクへ貯留できる仕組みとなっている（図3）。運用においては、出荷予定の搾乳牛の搾乳が終了し、治療中の牛の搾乳が開始されるタイミングで作業者がバルブ操作を行い、廃用乳が直接タンクに流入するよう切り替える。廃用乳の貯留が完了した後は、バルブを元に戻し、以降の洗浄水は通常通り排水溝へ流れるように制御される。調査日は、約 800L の廃用乳を凝集処理していた。

凝集処理は、作業者が廃用乳の量に応じて 3 種類の薬剤、新凝集剤 α （以下： α ）、ポリ塩化アルミニウム（以下：PAC）、凝集助剤（以下：アニオンポリマー）を準備し、攪拌しながら順次添加することで行われる。処理量 800L に対する標準的な添加量は、 α が 500mL の計量カップ 1 杯分、PAC が 5L バケツ 1 杯分、アニオンポリマーは少量である。凝集操作は約 10 分で完了し、処理後はタンク下部のバルブを開放して、凝集固形物とろ液を混合状態のまま排水溝へ流し込み、汚水槽へ移送する。この段階では固形物の分離は行わず、後段の污水处理工程において、ふん尿混合物とともに固液分離機および汚泥脱水機で処理され、最終的に固形物として回収される（図4）。

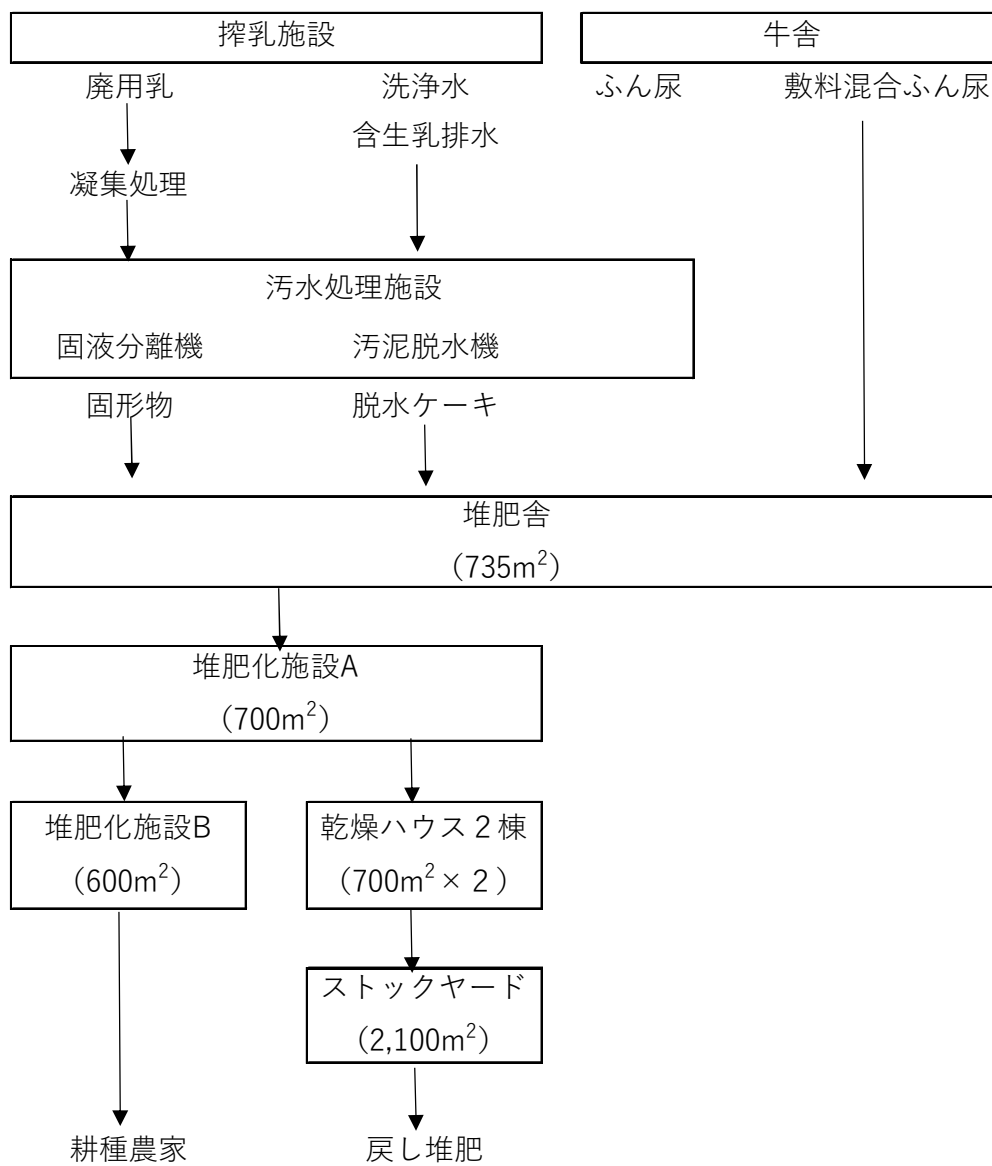


図1 家畜ふん尿処理フロー図 (A 牧場)

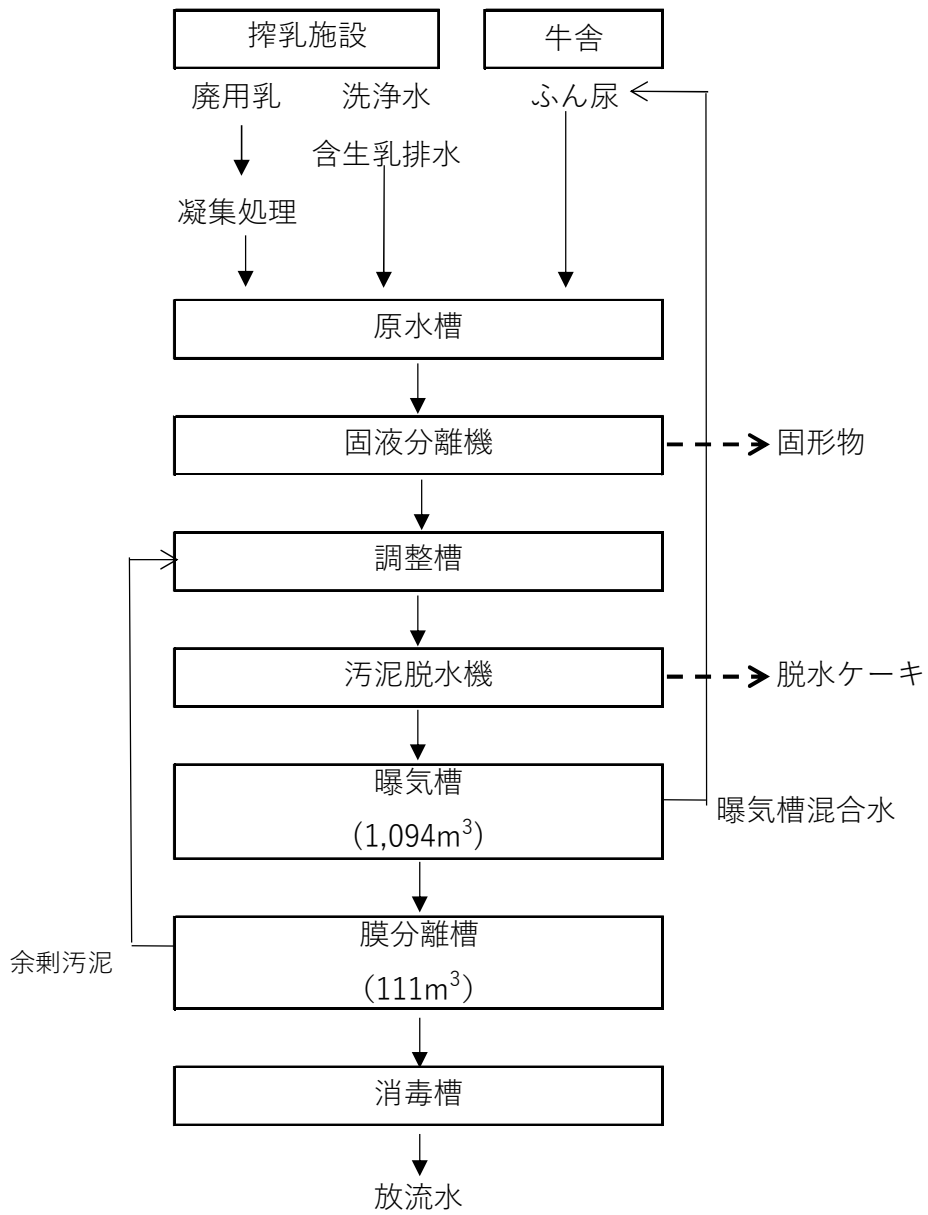


図2 汚水処理フロー図 (A 牧場)



図3 凝集タンク・家畜用浄化槽への流路切り替えバルブ (A 牧場)

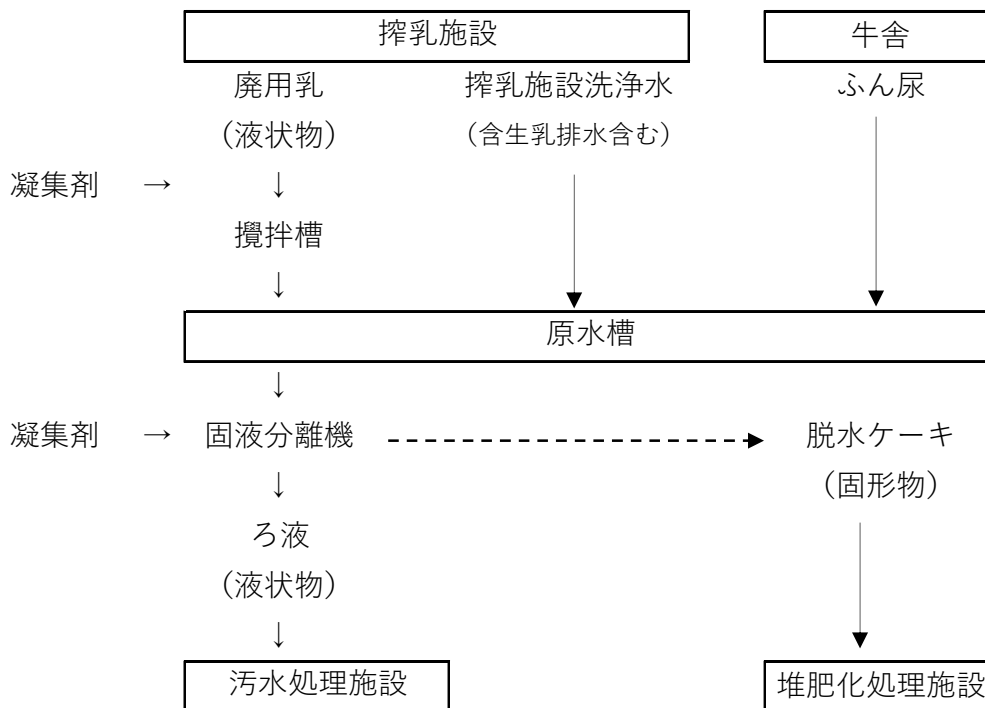


図4 廃用乳凝集処理フロー図 (A 牧場)

3-2. 東日本 B 牧場

飼養頭数：搾乳牛 500 頭（計画頭数 500 頭）2025 年 9 月調査時点

搾乳装置：ロボット型ロータリーパーラー40P

従業員数：60 人（3 つの農場合計）

【牧場の概要】

本牧場は、搾乳牛を飼養する 2 つの酪農農場（第 1 農場および第 2 農場）と肥育牛を飼養する肥育農場の計 3 農場で構成されている。本調査の対象は、酪農第 2 農場である。

飼養頭数は、酪農第 1 農場に搾乳牛 1,000 頭、酪農第 2 農場に搾乳牛 500 頭、肥育農場に肥育牛 1,000 頭を有している。飼料畑は総面積 70～80ha で、そのうち自己所有地は 40ha である。主に青刈りトウモロコシを栽培し、堆肥を散布して自給飼料生産を行っている。

搾乳装置は、酪農第 1 農場ではロータリー型ミルクングパーラーを、酪農第 2 農場では 40 ポイントのロボット型ロータリーパーラーを導入している。搾乳装置の洗浄水は両農場とも污水处理施設で浄化処理されており、酪農第 2 農場では搾乳施設の待機場からの洗浄水および凝集処理後のろ液が処理対象となっている。

廃用乳の処理は、酪農第 1 および第 2 農場ともに、酪農第 1 農場の堆肥化施設にて堆肥化処理を行っている。酪農第 2 農場では、搾乳施設の含生乳廃水は凝集処理を経て、ろ液は浄化処理、回収された固形物と畜舎から搬出されたふん尿混合物は肥育農場に搬出し堆肥化処理されている（図 5）。堆肥化施設は、酪農第 1 農場にスクリュウ型攪拌機を備えた堆肥化処理施設 1 棟、ハウス（36m×50m×高さ 0.5m）、堆肥舎 1 棟を有し、酪農第 2 農場および肥育農場にもそれぞれ堆肥舎 1 棟が設置されている。堆肥化物は篩にかけて処理され、大型の木片は再利用される。

生産された堆肥は、牛舎のベッド材として戻し堆肥を用い、通路には戻し堆肥とおがくずを敷き詰め、スクレーパーにより除ふんを行っている。また、堆肥は自給飼料畑への施用に加え、野菜農家を中心に 2t 車 1 台あたり 3,000 円で販売されている。資材面では、生の剪定枝を 1 台あたり 40m³で 2,000～3,000 円にて購入しており、月間

使用量は未定である。おがくずは月間 40m³を牛舎で使用し、単価は 2,000 円/m³である。

【ふん尿処理】

（浄化処理）

本施設の処理対象物は、搾乳施設の待機場から発生する洗浄水、搾乳装置の洗浄水、ならびに前絞り乳および廃用乳である。廃用乳および含生乳排水については、専用の凝集装置にて凝集処理を施した後、得られたろ液が污水处理施設へ導入される。

処理方式としては、回分式活性汚泥浄化槽を用いた間欠曝気運転を採用しており、微生物による有機物分解を促進している。さらに、浄化された水は浸漬型膜による膜処理を経て、最終的に処理水として公共用水域への放流が可能な水質にまで浄化される。

（堆肥化処理）

酪農第 2 農場における堆肥化対象物は、フリーストール牛舎から発生するふん尿混合物および廃用乳凝集装置により生成される凝集固形物である。これらの有機性廃棄物は、農場内に設置された堆肥舎に一時保管されるが、当該施設内での堆肥化処理は実施していない。これらの固形物は、肥育農場で発生した堆肥と混合された後、飼料畑へ散布されることで、土壌改良材として再利用されている。これにより、農場全体として有機資源の循環利用が図られている。

【凝集処理】

酪農第 2 農場では、搾乳工程に伴い発生する前絞り乳、搾乳装置の洗浄水、廃用乳を対象として、専用の廃用乳凝集装置による処理を実施している。搾乳はロボット型ロータリーパーラーにより 1 日 3 回行われており、調査時点では搾乳牛 499 頭、治療牛 30 頭が飼養されていた。廃用乳は別タンクに貯留され、処理対象液は前絞り乳および洗浄水を中心に、約 3m³/日であった。

凝集装置は、原水槽、薬品 A 作液タンク、薬品 A 貯蔵タンク、薬品 B 溶解装置、凝集配管、回収かごから構成されている。凝集配管は、混合配管、攪拌配管、曲成配管からなり、これらの内部で廃用乳、薬液 A、薬液 B を混合反応させることで凝集処理を行う。処理液は自動送液され、回収かごへ排出される（図 6）。

処理条件としては、原水 25L/分に対し、溶解率 1.3%の薬品 A を 16L/分、薬品 B を 1.23g 添加している。回収かごには 100 メッシュのナイロン製ろ布が設置されており、凝集固形物はろ布内に留まり、自重によりろ液が外部へ排出される。排出されたろ液は污水处理施設へ送られ、原水に対して約 1.5 倍に相当する 4.5m³のろ液が得られている。

凝集後の固形物は、回収かご内で数時間放置された後、脱水ケーキとして堆肥舎へ搬出される。約 0.5m³が得られている（理論上の排出量は 300kg）。回収かご、およびろ布は、次回の処理に使用するため、作業者が高圧洗浄機により洗浄する。

調査時の運転条件では、処理対象液を 25L/分で凝集管に移送し、1.5m³/時の処理能力で約 3m³の液を 2 時間で処理していた。装置の最大対応能力は 50L/分であり、最大処理量は 3m³/時に達する。なお、処理対象物は最長で 22 時間貯留されることがあり、その間はバルククーラーにより品温を 10℃以下に冷却・攪拌を行い、品質保持と安定処理を図っている。

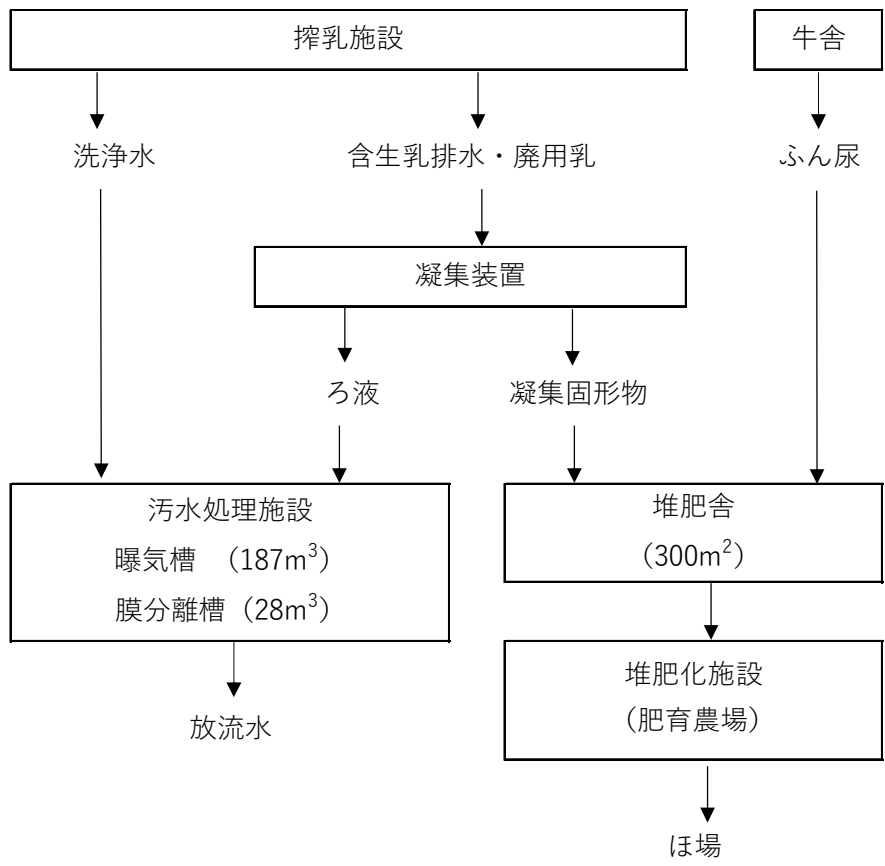


図5 家畜ふん尿処理フロー図 (B 牧場第2農場)

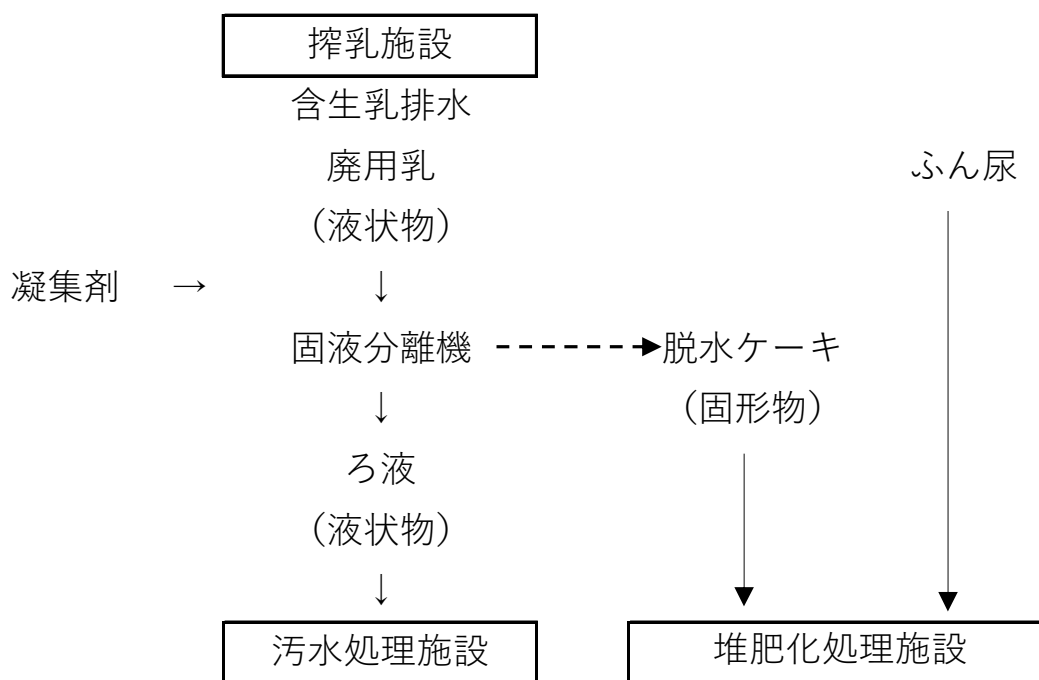


図6 廃用乳の凝集処理フロー図 (B 牧場第2農場)

4. 廃用乳凝集処理の概要

4-1. A 牧場（自作型廃用乳凝集装置）

凝集処理装置は、不要となった容量 1m³のステンレスタンクに、羽根が二段構造の攪拌機を組み合わせた簡素な構造で構成されている（図7）。搾乳施設の排水は、マスから水中ポンプを介して待機場の排水溝へ移送されるが、配管を分岐することで、廃用乳を容易にタンクへ貯留できる仕組みとなっている。運用においては、出荷予定の搾乳牛の搾乳が終了し、分娩後約 1 週間の牛や治療中の牛の搾乳が開始されるタイミングでバルブ操作を行い、廃用乳が直接タンクに流入するよう作業者の手で切り替える。廃用乳の貯留が完了した後は、バルブを元に戻し、以降の洗浄水は通常通り排水溝へ流れるように制御される。調査日は、約 800L の廃用乳を凝集処理していた。

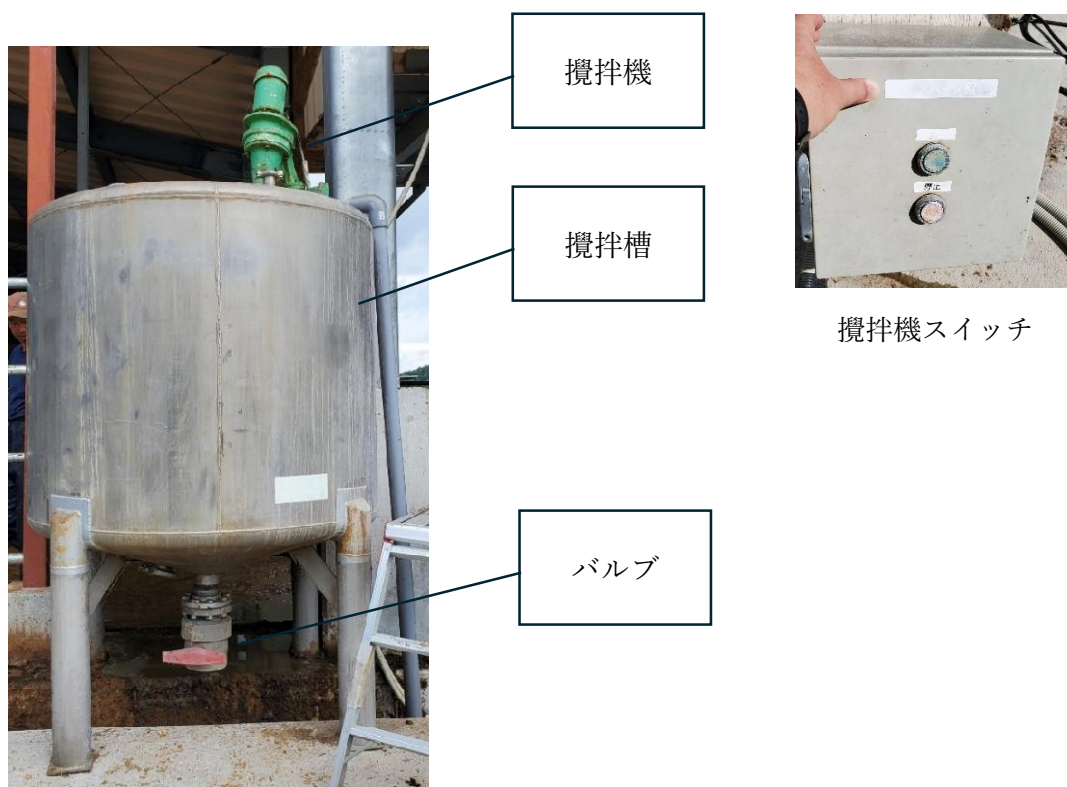


図7 自作した凝集反応装置

凝集処理は、作業者が廃用乳の量に応じて3種類の薬剤（ α 、PAC、アニオンポリマー）を準備し、攪拌しながら順次添加することで行われる（図8）。処理量800Lに対する標準的な添加量は、 α が500mLの計量カップ1杯分、PACが5Lバケツ1杯分、アニオンポリマーは少量である（図9）。凝集操作は約10分で完了し、処理後はタンク下部のバルブを開放して、凝集固形物とろ液を混合状態のまま排水溝へ流し込み、汚水槽へ移送する（図10）。この段階では固形物の分離は行わず、後段の污水处理工程において、ふん尿混合物とともに固液分離機および汚泥脱水機で処理され、最終的に固形物として回収される（図4）。

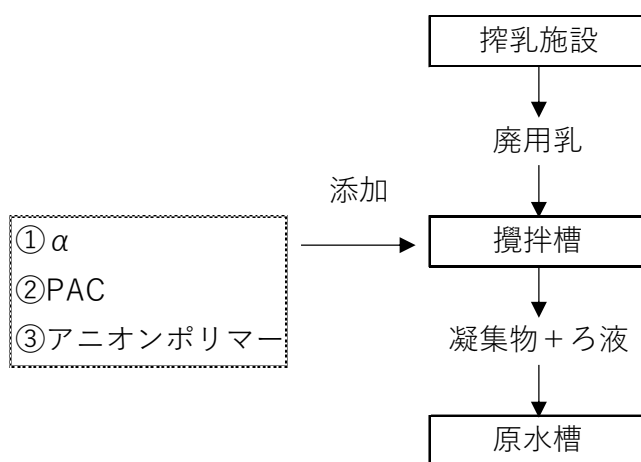


図8 凝集反応のフロー図



図9 凝集反応に用いた薬剤

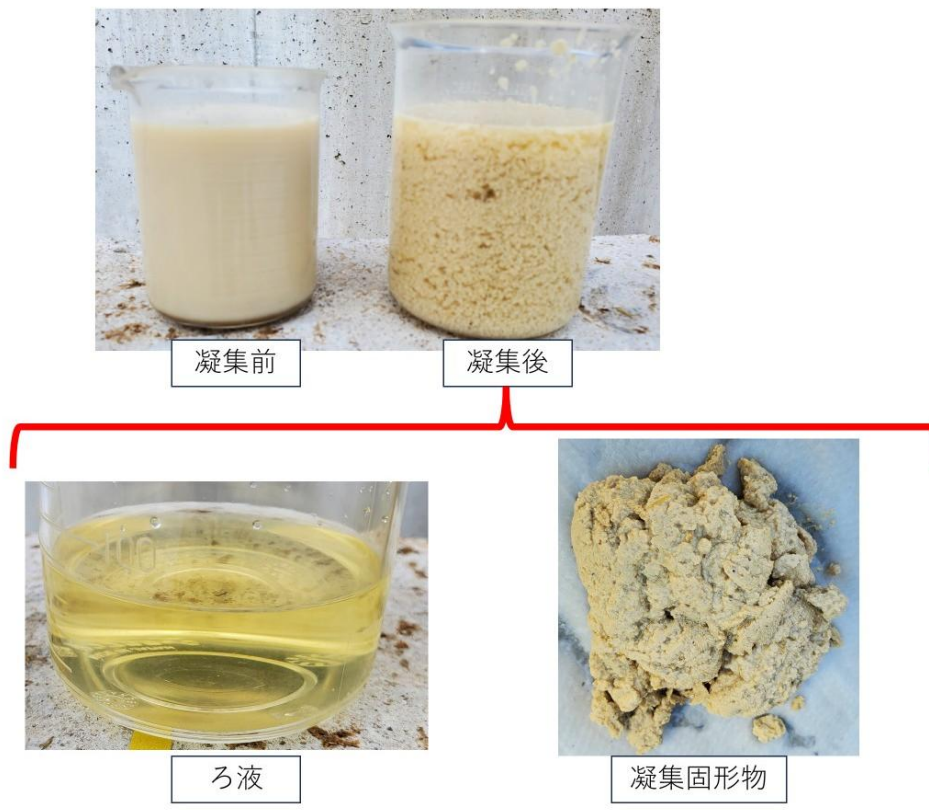


図 10 凝集反応前後の様子

凝集前の廃用乳の pH は 3.9 を示していたが、凝集処理後は 3.6 であった。

凝集前の廃用乳の性状は、BOD、COD、SS が 1 万台の濃度であったが、凝集処理後のろ液は、BOD,4,200mg/L、8,400mg/L、150mg/L に減少していた（表 1）。除去率は、COD が 24%であったが、その他の項目は 74%から 99%と高い値となった。

凝集処理により、後段の污水处理施設への影響が緩和されていることが、明らかとなった。

表 1 凝集前後の液分の性状

	pH	BOD mg/L	COD mg/L	SS mg/L	n-Hx mg/L	T-N mg/L	T-P mg/L
凝集原液	3.9	16,000	11,000	22,000	850	1,200	300
ろ液	3.6	4,200	8,400	150	91	110	12.0
除去率	—	73.8	23.6	99.3	89.3	90.8	96.0

凝集処理装置のランニングコストは、薬剤の購入費用として、年間 691,152 円が必要となる（表 2）。1 日の処理量を 0.8t/日とすると、年間 292t の処理量となり、含生乳排水 1 t 当たりの薬剤代が 2,367 円となった。

なお凝集反応に用い攪拌機は、稼働時間が短く消費電力量が小さいため、ランニングコストに含めていない。

表 2 凝集剤のコスト A 農場

	荷姿	税込み価格	使用量	年間コスト
α	2kg	¥5,500	月に 10kg	¥330,000
PAC	20kg	¥2,970	月に 200kg	¥356,400
アニオンポリマー	1kg	¥1,320	月に 300g	¥4,752
				¥691,152

※処理量 800L/日で年間 292 t 処理の場合

4-2. B 牧場（廃用乳専用凝集装置）

ロボット型ロータリーパーラーから発生する排水のうち、生乳が混入する前搾り乳（含生乳排水）と搾乳装置の洗浄水、および廃用乳を処理対象とする専用の廃用乳凝集装置で凝集処理を行っている。調査時点では、搾乳は1日3回行われており、搾乳牛499頭分の前搾り乳および洗浄水が、約3m³/日排出していた。なお治療牛30頭分の廃用乳は別タンクに貯留され、肥育農場で堆肥化処理されていた。

凝集装置は、原水槽、薬品A作液タンク、薬品A貯蔵タンク、薬品B溶解装置、凝集配管、回収かごから構成されている（図11）。処理対象汚水は、バルククーラー内で10℃以下に保冷されている。凝集配管は、混合配管、攪拌配管、曲成配管からなり、これらの内部で凝集対象液、薬液A、薬液Bを混合反応させることで凝集処理を行う（図12、写真1～3）。処理液は自動送液され、回収かごへ排出される。



図11 凝集反応装置の設置状況

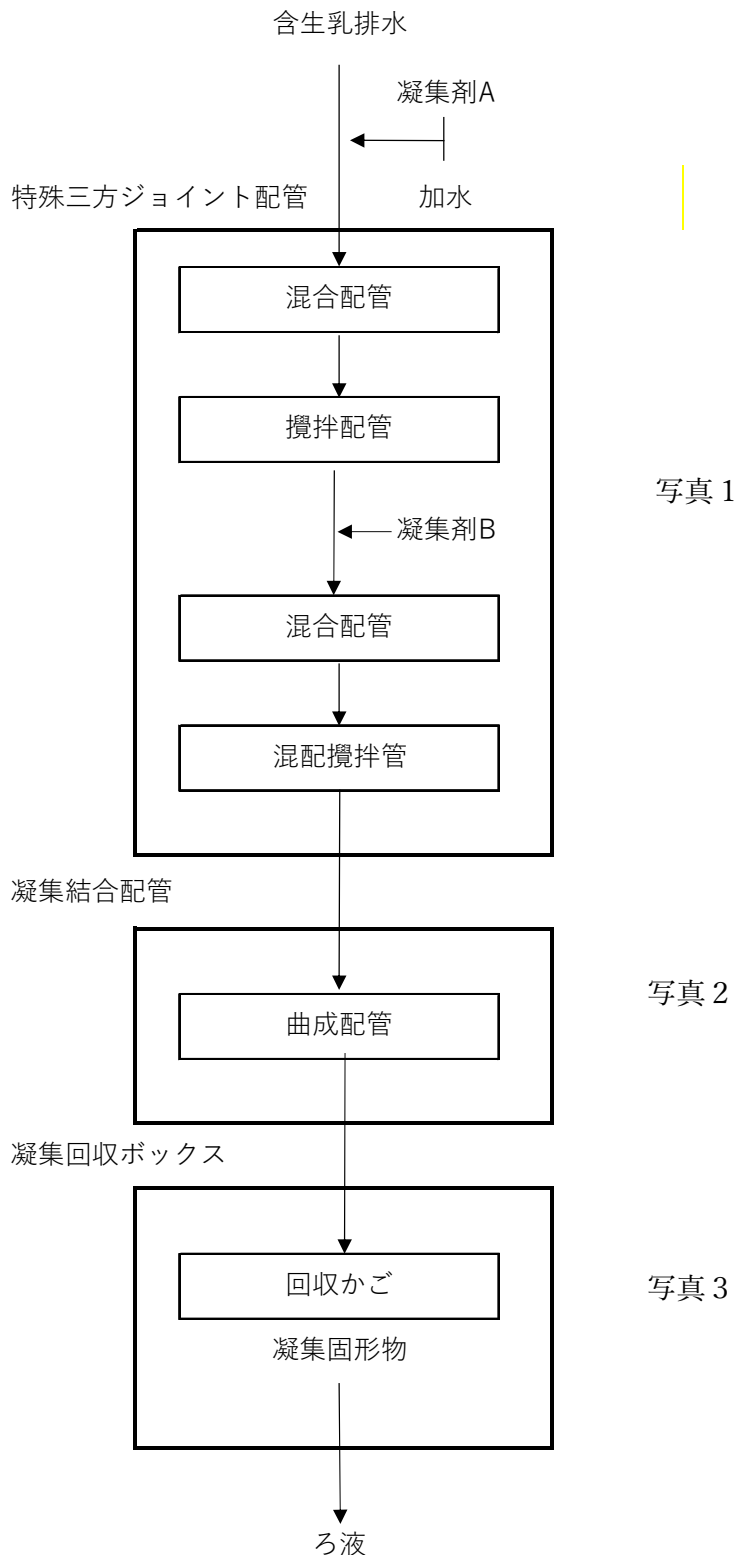


図12 凝集反応ユニットの構成



写真1 三方ジョイントの構成

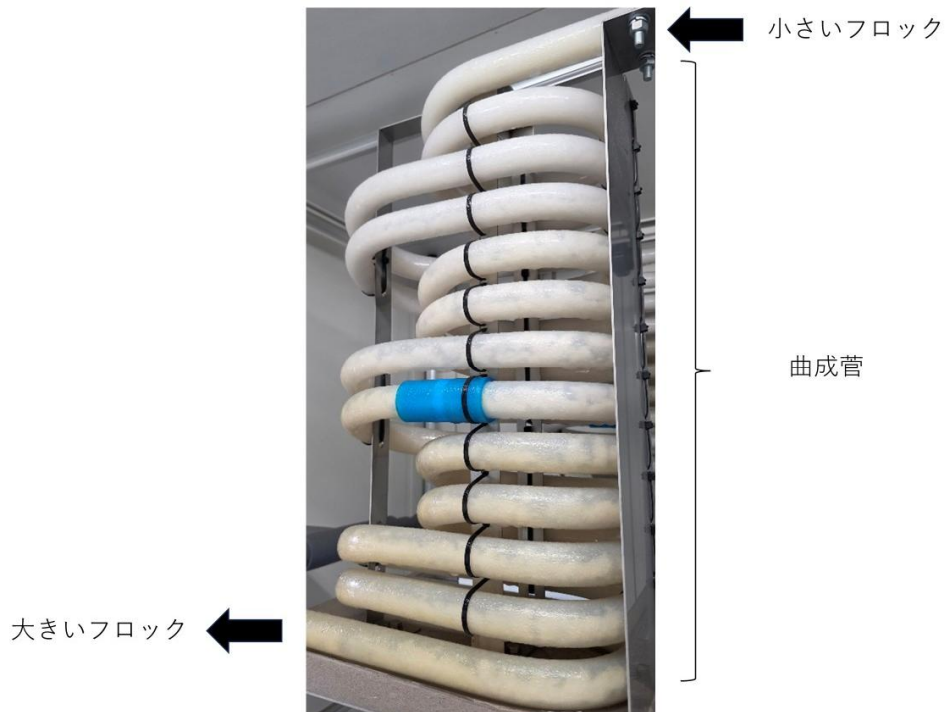


写真2 凝集時の曲成管の様子



写真3 凝集液（上）と回収かご（下）

処理条件としては、原水 25L/分に対し、溶解率 1.3%の薬品 A を 16L/分、薬品 B を 1.23g 添加している。回収かごには 100 メッシュのナイロン製ろ布が設置されており、凝集物はかごに投入される。凝集固形物はろ布内に留まり、自重によりろ液が外部へ排出される（写真 3）。排出されたろ液は污水处理施設へ送られる。ろ液の量は、凝集剤添加により原水に対して約 1.5 倍に相当する 4.5m^3 となる。

凝集後の固形物は、回収かご内で数時間から 1 日間放置された後、脱水固形物として堆肥舎へ搬出される。理論上の排出量は 300kg であるが、実際には約 0.5m^3 が得られている。回収かご、およびろ布は次回処理に備えて作業者が高压洗浄機により洗浄し、翌日の凝集物投入に備える。

調査時の運転条件では、処理対象液を 25L/分で凝集管に移送し、 1.5m^3 /時の処理能力で約 3m^3 の液を 2 時間で処理していた（図 13）。装置の最大対応能力は 50L/分であり、最大処理量は 3m^3 /時に達する。なお、処理対象物は最長で 22 時間貯留されることがあり、その間はバルククーラーにより冷却・攪拌を行い、品質保持と安定処理を図っている。



図 13 凝集反応前後の様子

凝集前の廃用乳の pH は 5.7 を示していたが、凝集処理後は 5.0 であった。

凝集前の廃用乳の性状は、BOD、COD が 1 万台の濃度であったが、凝集処理後のろ液は、BOD が 3,700mg/L、COD が 5,000mg/L、SS が 45mg/L に減少していた（表 3）。除去率は、COD が 61.5%であったが、その他の項目は 84%から 99%と高い値となった。特に SS は除去率 99%と高い値となった。

凝集処理により、後段の污水处理施設への影響が緩和されていることが、明らかとなった。

表 3 凝集前後の液分の性状

	pH	BOD mg/L	COD mg/L	SS mg/L	n-Hx mg/L	T-N mg/L	T-P mg/L
凝集原液	5.7	26,000	13,000	8,400	520	1,400	230
ろ液	5.0	3,700	5,000	45.0	33	83.0	37.0
除去率	—	85.8	61.5	99.5	93.7	94.1	83.9

凝集処理装置のランニングコストは、薬剤の購入費用として、年間 2,843,940 円が必要となる（表 4）。1 日の処理量を 3t/日とすると、年間 1,095t の処理量となり、含生乳排水 1 t 当たりの薬剤代が 2,597 円となった。

表 4 凝集剤のコスト（B 農場）

	荷姿重量	税込み価格	使用量	年間コスト
薬剤A	1t	¥231,000	約1カ月で1本	¥ 2,772,000
薬剤B	10kg	¥11,990	約2カ月で1本	¥ 71,940
				¥ 2,843,940

※処理量3t/日で年間1,095tの処理量の場合

次に凝集装置の消費電力量であるが、消費電力の大部分が処理対象物である含生乳排水の冷却のために消費されていた（表5）。含生乳排水1tあたりに換算すると55.3kWであった。東日本管内の低圧電力の料金単価が25.57円（夏季27.14円）から電気料金を算出すると1tあたりの電気代が1,414円となった。

廃用乳専用装置の処理対象物1tあたりのコストは、薬剤代2,597円、電気代1,414円を合算し、4,011円となった。

表5 凝集装置の消費電力量（B農場）

機械名	定格出力 (kW)	稼働時間 (時)	消費電力 (kWh)
高分子溶解装置	0.2	0.3	0.1
コンプレッサー	0.75	0.1	0.075
薬液Aポンプ	0.25	0.7	0.2
薬液Bポンプ	0.2	0.7	0.1
廃用液ポンプ	0.4	2	0.8
搬送ポンプ	0.2	2	0.4
攪拌機	0.2	2	0.4
バルククーラー	7.46	22	164.12
			166.1

※処理量3t/日あたりの1日の消費電力量

5. まとめ

5-1. 廃用乳の凝集・固液分離処理技術の処理性能評価

廃用乳を処理対象とした自作型凝集装置と廃用乳専用凝集装置の処理状況を調査した（表6）。種類は異なるが、どちらの装置も廃用乳に適応可能な高分子凝集剤を用いて、凝集処理を行っていた。自作型凝集装置は、凝集固形物の回収を行っていなかったが、後段の脱水装置でふん尿混合物と合わせて、脱水ケーキとして回収されていた。一方、廃用乳専用凝集装置は、凝集物回収ボックスで固形物を回収しており、後段の汚水処理施設へのBODやSS負荷を大きく低減していた。

凝集後のろ液は、どちらの凝集処理においてもBOD、SS等の低減が図れるが、CODの除去率が低い傾向を示した。この低減により後段の汚水処理への影響が低減されていた。

ランニングコストについては、自作型の場合、処理対象物1tあたり薬剤代として2,367円、廃用乳専用凝集装置の場合、処理対象汚水1tあたり、薬剤代として2,597円、電気代1,414円の合計4,011円であった。処理対象物1t当たりの凝集剤の費用は、自作型に比べ専用装置が1.1倍、電気代を含めた総コストでは1.7倍を要した。

表 6 廃用乳凝集装置の比較

	自作型廃用乳凝集装置	廃用乳専用凝集装置
処理対象	廃用乳	廃用乳および含生乳排水
貯留方法	貯留なし	バルククーラーにて搾乳ごとの排水を貯留
	温度管理なし	4℃にて最長22時間保管
凝集剤	3種類の薬剤使用	2種類の薬剤使用
凝集方法	作業者が手作業で凝集処理	機械による自動凝集
	回分運転	連続運転
凝集固形物の回収	なし	あり
処理能力	1000L/回	3000L/回
処理時間	1000Lの処理に30分以内	1000Lの処理に40分程度
装置価格	—	2000万円
ランニングコスト	凝集剤2,367円/t	凝集剤2,597円/t
		電気代4,011円/t 合計4,011円/t

5-2. 廃用乳の凝集・固液分離処理による堆肥化施設及び浄化処理施設への影響を評価

廃用乳を直接污水处理施設に投入した場合の影響について、污水处理施設の設計書ならびに廃用乳分析値から推察した。

A牧場の污水处理施設は、設計書からふん尿混合物を処理対象としており、BOD1,080kg/日の受入量であった（表7）。廃用乳の全量が污水处理施設に投入されたとしても受入BOD量1,080kgの1.2%相当となり、現時点においても凝集処理せずに污水处理施設への受け入れが可能と推察した。

表7 A牧場の污水处理施設BOD受入量と廃用乳BOD量

	BOD (kg)	割合 (%)
污水处理施設の設計上のBOD受入量	1080	100
（パーラー排水分）	120	11
廃用乳の推定BOD量	12.8	1.2
凝集処理後の推定BOD量	3.36	0.3

B牧場の污水处理施設は、設計書から搾乳施設の洗浄水を処理対象としており、BOD140kg/日の受入量であった（表8）。凝集処理を行わず、含生乳排水が全量投入された場合、污水处理施設のBOD受入量140kgの56%相当となり、污水处理施設の処理性状に影響が出るものと推察した。

表8 B牧場の污水处理施設BOD受入量と含生乳排水BOD量

	BOD (kg)	割合 (%)
污水处理施設の設計上のBOD受入量	140	100
含生乳排水の推定BOD量	78	56
凝集処理後の推定BOD量	17	12

廃用乳を凝集処理して得られた凝集固形物を堆肥化施設に投入した場合の影響について、飼養頭数、施設容積および凝集固形物の分析値から推察した。

堆肥化施設への影響は、A農場は廃用乳の凝集物を固形物として回収しておらず、汚水処理施設の脱水機にて凝集処理後に脱水ケーキとして回収している。脱水ケーキの水分率は、搾乳牛のふんと同等の水分率であった。

一方B牧場は、含生乳排水を凝集処理して、固形物とろ液に分離している。固形物の水分率は83%となり、搾乳牛のふんと同程度の水分率であった。回収固形物の容量は0.5m³/日となり、農場全体から発生する搾乳牛1,500頭から発生するふん尿量に比べ、ごく少量であった(表9)。

これらのことから、回収固形物の堆肥化施設への影響は小さいと推察した。

表9 B牧場における凝集固形物の堆肥化施設への影響

	全重量 (kg/日)	水分量 (kg/日)
搾乳牛1,500頭のふん尿	90000	80100
凝集固形物	500	415
割合(%)	0.56	0.01

5-3. 廃用乳の凝集処理と凝集産物が与える家畜排せつ物処理施設の経済性評価

先の 5-2 で整理したように廃用乳が污水处理施設に与える影響は大きい。

B 牧場で凝集処理を導入しなかった場合、洗浄施設の BOD140 kg に加え、含生乳廃水の BOD78 kg を加え、合計で BOD218 kg が污水处理施設に流入することになる。

曝気槽容積や曝気能力を約 1.5 倍に増強しなければならず、施設導入費、ランニングコストが大きくなり、経済性への影響が推察された。この費用分を廃用乳専用凝集装置で賄うことができるのかは今回の調査で明らかにできなかったため、今後も検討が必要である。

6.まとめ

本調査は、廃用乳、搾乳施設から発生する含生乳排水を処理対象とした凝集処理について全国 2 か所で調査し、廃用乳の凝集処理について整理を行った。調査した凝集処理装置は、農家が自作し、薬剤等を作業者が手動で投入する自作型凝集装置およびメーカーが販売している対象汚水や薬剤の投入、凝集および凝集物の回収までを自動で行う廃用乳専用凝集装置の 2 方式とした。どちらの方式においても廃用乳、含生乳排水を凝集処理することで、ろ液の BOD 等の性状が凝集前に比べ、低減しており、後段に行われる污水处理施設への BOD や SS の負荷が軽減されていることが確認された。また廃用乳専用凝集装置は、凝集物を布製のろ布で回収するとともに、水分の低減が図れていた。これにより堆肥化施設への水分の持ち込みを低減していた。ランニングコストについては、廃用乳専用凝集装置の場合、処理対象汚水 1t あたり、薬剤代として 2,597 円、電気代 1,414 円を合計し、4,011 円であった。

7.謝辞

本調査を実施するにあたり、調査にご協力いただいた農場、搾乳施設、污水处理施設施工業者および廃用乳専用凝集装置の開発者の方々に深く感謝する。