

〈論文〉

でんぷん工場排水のトリプシンインヒビター(TI)活性がメタン発酵処理に与える影響および TI 活性制御方法

永森 泰彦<sup>1)</sup>, 足利 伸行<sup>1)</sup>, 田村 博<sup>2)</sup>, 石毛 崇之<sup>3)</sup>

(株) 東芝 社会システム開発部 (〒183-8511 東京都府中市東芝町 1, E-mail: yasuhiko.nagamori@toshiba.co.jp)<sup>1)</sup>

(株) 東芝 水資源リサイクル事業推進部 (〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1, E-mail: hiroshi2.tamura@toshiba.co.jp)<sup>2)</sup>

(株) 東芝 水・環境システム第二部 (〒105-8001 東京都港区芝浦 1-1-1, E-mail: takayuki.ishige@toshiba.co.jp)<sup>3)</sup>

概要

ジャガイモ(馬鈴薯)を原料とするでんぷん製造工場から排出される排水のメタン発酵処理では、ジャガイモ由来のタンパク質の分解を阻害する阻害物質の存在により無希釈ではメタン発酵処理が阻害を受ける。本報告では、排水のトリプシンインヒビター(TI)活性に着目し、TI 活性とメタン発酵処理との関係を調査し、メタン発酵阻害を受けない TI 活性値を明らかにした。また排水中の TI 活性を加熱による熱失活によって低減するための温度条件を明らかにすると共に、加熱処理プロセスを導入した場合の利点と課題について述べた。

キーワード: でんぷん工場排水, たんぱく質, メタン発酵, 阻害, トリプシンインヒビター

1. はじめに

嫌気性処理であるメタン発酵は、好気性処理に対して曝気が不要で、余剰汚泥の発生量も少なく、また、発生したバイオガスをメタン発酵槽の加温などの燃料に用いることができるなどの利点があり、食品工場を中心に普及しつつある。

ジャガイモ(馬鈴薯)を原材料とするでんぷん工場では、製造工程で高濃度の有機排水が排出される。この排水は液肥として畑に撒くなど有効利用されている。しかし量が多く1度に使用しきれないため、貯留する必要がある。その際、条件によっては臭気を発生する場合がある。メタン発酵などで排水処理を行うことで環境への排出負荷を大幅に低減することができる。

でんぷん工場排水をメタン発酵処理することにより、好気処理と比較して低ランニングコストで排水の有機物濃度を低減することができる。しかし無希釈ででんぷん工場排水をメタン発酵処理すると、メタン発酵阻害が発生する場合があります。一般的には排水を数倍に希釈して処理を行うことが多い<sup>1)</sup>。この希釈倍率が適切でなければ、阻害により処理性能が低下したり、反対に排水処理施設が大型化して設置費用が過大となるなどの問題が生ずる。希釈倍率を決定するためには、排水中の阻害物質とメタン発酵阻害との定量的な関係を把握すると共に、その制御が重要である。

本報告では、ジャガイモに含まれるタンパク質分解酵素の活性を阻害する物質に着目し、阻害物質の定量的評価手法と排水の阻害物質濃度を制御するための手法について述べる。

2. でんぷん工場排水の性状

本報告の試験では、北海道士幌町農業協同組合でんぷん工場内の排水処理施設の排水を使用した。このでんぷん工場では近隣農家で生産されたジャガイモを原料としてでんぷん製造を行っており、主に収穫期の9～11月の間季節操業を行っている。

Fig.1 にジャガイモでんぷん生産工程と排水の概略フローについて示す。工場に搬入されたジャガイモは、まず付着した石・泥などが洗浄除去される。この工程での洗浄水は低濃度排水として排出される。洗浄されたジャガイモは磨砕された後、デカンター(遠心分離機)で固形物が遠心分離される。この工程での脱水ろ液はデカンター排水として排出される。分離された固形物からでんぷん粕が取り除かれ、濃縮・乾燥されてでんぷんが生産される。

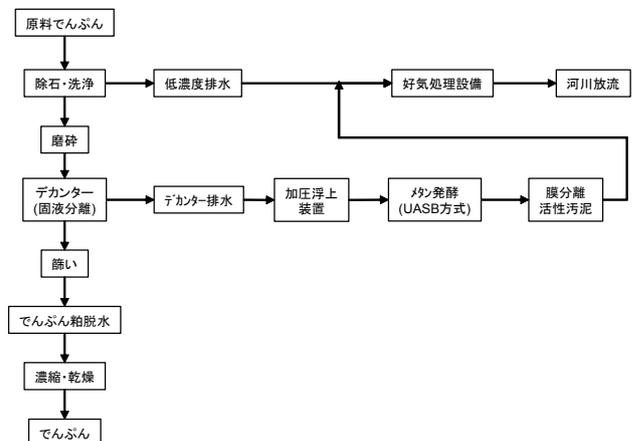


Fig.1: Flow diagram of potato starch production and effluent water in Shihoro plant

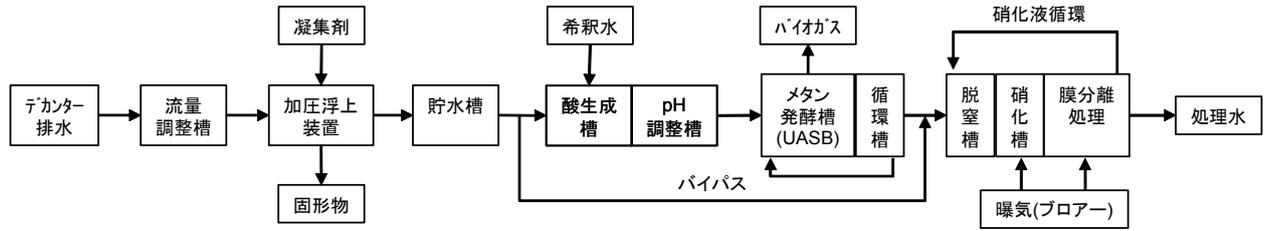


Fig.2: Flow diagram of decanter effluent water treatment

ジャガイモの約 80%は水分で、水分を除くと糖質が最も多く全体の約 17%を占める。次がタンパク質で約 2%を占め、以下、繊維、灰分などが続く。ジャガイモの糖質はほとんどがでんぷんであり、でんぷんが分離されたデカンター排水は、タンパク質が主成分で BOD が 15,000mg/l 程度の高濃度排水となる。

デカンター排水は、加圧浮上装置で主に固形性のタンパク質を取り除いた後、メタン発酵(UASB 方式)と膜分離活性汚泥法によって処理され、処理水は低濃度排水と共に別の好気性処理設備に送られ河川放流される。Fig.2 にデカンター排水処理施設のフローを示す。

まず流量調整槽で水量・水質の均一化を行う。1日分の滞留時間を取っているが、実際には次の加圧浮上装置でタンパク質を除去するために pH を下げる必要があり、酸発酵はさせるがアミノ酸分解をさせないように、適切な滞留時間で通過させている。加圧浮上装置では、タンパク質のうち主に固形性のものを高分子凝集剤を使って除去する。その後、貯水槽を経て酸生成槽、pH 調整槽と移り、給液ポンプによりメタン発酵槽へ送られる。pH 調整槽では最適温度(37℃)までの加温のみを行い、pH 調整は行わずに pH4.8 程度で給液する。これは、排水のアルカリ度を利用して中和用苛性ソーダのランニングコストを低減するとともに、アルカリによるダメージ防止と処理後の pH 上昇を抑えるためである。

メタン発酵処理後の排水は循環槽を経て脱窒槽に送られる。ここでは、循環している硝化液の亜硝酸(あるいは硝酸)イオンの酸素を使って、嫌気状態で有機物を分解し同時に窒素ガスを発生させ、窒素を系外に除去する。また、硝化反応熱の低減と BOD/N 比の確保のため、一部の排水を貯水槽から脱窒槽へバイパスしている。最終段の膜分離処理を経て透過水を得る。

本施設は窒素除去を目的に、好気性処理において硝化・脱窒プロセスを組入れている。窒素除去は BOD 除去に比べて、水槽の容積も大きくなるので、浸漬膜と組合せて、菌体濃度を数倍(MLSS で 12000mg/l 前後)にして建設コストの低減や省スペースを図っている。

### 3. メタン発酵阻害

メタン発酵処理による有機物分解プロセスの概要を Fig.3 を用いて説明する。排水中に含まれる炭水化物、タンパク質、脂質などの有機物は、加水分解後、酸生成が行われ、それぞれ単糖類、アミノ酸、高級脂肪酸な

どを経て主として低級脂肪酸であるプロピオン酸と酢酸、水素、二酸化炭素ガスに分解され、さらにメタン菌によってメタンガスに変換される。タンパク質はアミノ酸が多数結合(ペプチド結合)した物質で、タンパク質の加水分解はタンパク質分解酵素の作用によってこのペプチド結合が切断されることによって進行する。

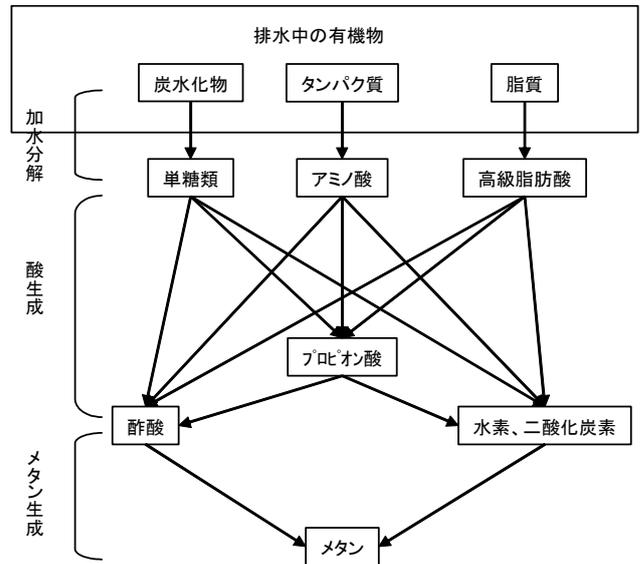


Fig.3: Anaerobic digestion process of organic material

ジャガイモなどの植物にはタンパク質分解酵素の活性を阻害する物質が含まれていることが知られている。一般的なメタン発酵阻害ではメタン菌の活性が阻害され、基質である酢酸と水素が蓄積して処理水中に残存するが、ジャガイモに含まれる阻害物質はタンパク質の分解を阻害するため処理水中にタンパク質も多く残存する。

筆者らが過去に行ったでんぷん工場排水のメタン発酵処理試験の結果を 1 例として紹介する。無希釈の加圧浮上装置処理水に対して小型のカラムを用いてメタン発酵処理を行ったところ、低負荷であっても 2~3 週間経過すると有機物除去率は大きく低下した。その試験における運転初期の除去率が高い時の処理水と除去率低下時の処理水に含まれるタンパク質、酢酸、プロピオン酸を Fig.4 に示した。Fig.4 ではそれぞれの分析値を COD<sub>Cr</sub> 値に換算することによって処理水の COD<sub>Cr</sub> 全体に占める割合として示している。除去率低下時には酢酸に加えてタンパク質が多く残存し、処理水質の悪化の一因がタンパク質分解酵素の活性阻害

によるものと推察された。

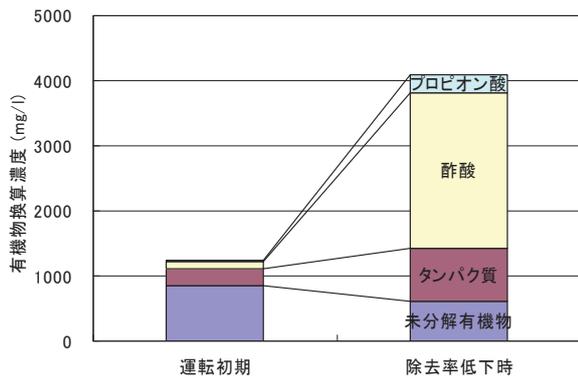


Fig.4: The rate of propionic acid, acetic acid and protein in CODcr of treatment water

この活性阻害を評価する方法としてトリプシンインヒビター(TI)活性がある<sup>2)3)</sup>。TI活性は、ペプチド結合を有するベンゾイルアルギニンパラニトロアニリド(BAPA)を基質として、タンパク質分解酵素の1種であるトリプシンによる加水分解反応(Fig.5)において、阻害物質を含む排水サンプルを添加することによる反応の劣化の程度によって阻害活性を定量する方法である。TI活性は食品の加工によっても変化し、加熱により熱失活することが知られている<sup>3)4)</sup>。

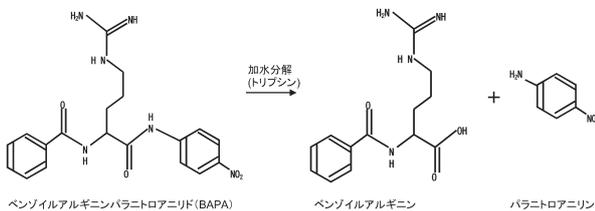


Fig.5: BAPA hydrolysis process by Trypsin

#### 4. 実験方法

本章では、まず、阻害物質の定量的評価方法としてTI活性の測定方法を4.1節で示す。次にその制御方法を検討するために、4.2節でTI活性とメタン発酵阻害との関係について調査するための、4.3節でTI活性を低減するための実験方法を示す。

##### 4.1 トリプシンインヒビター活性測定

排水に含まれるメタン発酵阻害物質を定量するため、トリプシンインヒビター(TI)活性の測定を行った。測定手順を以下に示す。試験管に、純水で希釈した排水サンプル100 $\mu$ l、トリプシン溶液100 $\mu$ l、BAPA溶液2500 $\mu$ lを採り、純水にて3100 $\mu$ lまでメスアップした。トリプシン溶液はトリプシン80mgに0.05mol/lトリス塩酸緩衝液(Tris)を加えて125mlとした。BAPA溶液はBAPA20mgをジメチルスルホキシド1mlに溶解後、Trisを加

えて50mlとした。試験管を恒温振とう器にセットして37 $^{\circ}$ Cで10分間反応させ、取り出して30%酢酸溶液500 $\mu$ lを添加して反応を停止させた。分光光度計(SHIMADU UV-1600)で波長410nmの吸光度を測定した。排水サンプルの代わりに純水を加えて同様の操作を行ったブランクサンプルの吸光度を0.01低下させる量を1活性単位(Unit)とし、排水サンプル1mlあたりのTI活性を式1により求めた。

$$TI = (B - S) \times C \times \frac{1000}{V} \times \frac{1}{0.01} \quad (1)$$

- TI : TI活性(Unit/ml)
- B : ブランクサンプルの吸光度(Abs)
- S : 排水サンプルの吸光度(Abs)
- C : 希釈倍率
- V : サンプル容積( $\mu$ l)

前述のトリプシン溶液の適切な添加量を決定するための試験を別途行った。トリプシン溶液を0~400 $\mu$ lの範囲で変えて、ブランクサンプルの吸光度を測定した。実験は3回実施し、1回目と2回目は同条件で行い、3回目は調査後、冷蔵保存して2日経過したトリプシン溶液を使用した。その結果をFig.6に示す。添加量の増加に伴い吸光度は対数関数的に変化した。この結果から、近似的な比例関係の範囲にあり、吸光度が1付近となる100 $\mu$ lをトリプシン溶液の添加量とすることにした。また、実験3の結果から、時間の経過によってトリプシンの活性が低下することが判明し、トリプシン溶液は測定毎に調査して速やかに使用することにした。

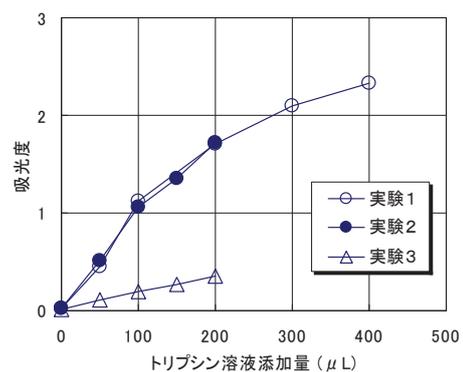


Fig.6: Effect of Trypsin solution volume and freshness on absorbance

##### 4.2 小型メタン発酵連続試験

排水のTI活性とメタン発酵阻害との関係を調べるための小型メタン発酵試験装置による連続運転を行った。試験装置の外観とフローをPhoto.1とFig.7に示す。装置は3系統の独立したメタン発酵処理系を備えている。

メタン発酵槽は有効容積 5l で、槽内に有機物濃度が VSS で約 4%のグラニュール(造粒したメタン菌)2.5l が投入されている。恒温水槽内に設置された循環槽とメタン発酵槽との間で液循環が行われ、メタン発酵槽の上向流速を一定とすると共に、発酵槽の温度を 37℃付近に保っている。給液ポンプによって循環水へ原水が注入され、注入によって循環槽から越流した水を処理水として得る。メタン発酵槽で発生したバイオガスは脱硫処理された後、発生ガス量を計測することができる。



Photo.1: Lab scale anaerobic digestion treatment units

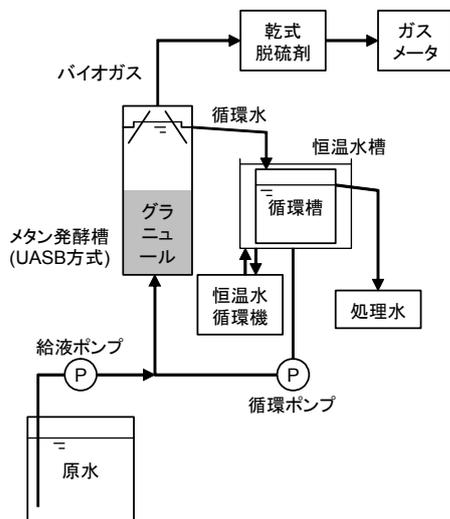


Fig.7: Flow diagram of lab scale anaerobic digestion treatment

でんぶん工場排水処理設備の加圧浮上装置からの排水を貯水槽で採取して、水道水を希釈水として加えてTIを調整した。採取した排水の水質を Table.1、各系の原水 TI 活性を Table.2 に示す。BOD 容積負荷を揃えて 3~9kg/m<sup>3</sup>/日の範囲で段階的に上げる連続運転を行い、TOC 除去率と処理水の有機酸(酢酸、プロピオン酸)濃度によって処理状況を評価した。

Table.1: Test water quality

CODcr (mg/l)	9700
BOD (mg/l)	10000
T-N(mg/l)	1100
SS (mg/l)	200
TOC (mg/l)	4226
TI (Unit/ml)	2964

Table.2: Test condition

試験装置	No.1	No.2	No.3
TI (Unit/ml)	2000	1500	1000

#### 4.3 加熱試験

TI 活性を低減するための方法の一つとして加熱による TI 活性の失活が考えられる。そこで加熱と TI 活性との関係を得るため、以下の試験を行った。

##### (1) 模擬排水による試験管加熱試験

まず、加熱温度・時間の条件を決定するために、TI 活性を含む溶液を模擬排水として用いた。模擬排水はジャガイモを原料として作製し、TI 活性がデカンター排水と同程度の 3000Unit/ml 程度になるよう調整した。市販のジャガイモ 150g と水 450ml をミキサーで 40 秒粉碎・混合したものを遠心分離機 (KOKUSAN H-108m2)により遠心分離(3000rpm、5 分間)した上澄みを 1μm のフィルターでろ過して模擬排水を得た。加熱温度・時間と TI 活性との関係を把握するために、模擬排水 10ml をそれぞれ試験管に採り、恒温水槽で温度 60℃、70℃、80℃、時間 10~60 分の範囲で 10 分刻みで加熱し、流水で冷却後、遠心分離(3000rpm、5 分間)して得られた上澄みの TI 活性を測定した。

##### (2) デカンター排水の試験管加熱試験

加熱では TI 活性の低下と共に排水中に含まれるタンパク質が熱変性を起こし凝固することが予想される。Fig.2 で示したように、現在デカンター排水中の固形性タンパク質を加圧浮上装置で除去している。加熱処理で凝固したタンパク質を除去することで同等の効果が得られると、pH 調整のための硫酸や高分子凝集剤が不要になるなど前処理費用の低減が期待できる。すなわち排水処理施設において加熱処理はデカンター排水に対して行うことが合理的と考えられる。そこで、TI 活性とタンパク質の低減効果を調査するため、試験管での加熱試験を以下の手順で行った。デカンター排水 10ml をそれぞれ試験管に採り、加熱器で温度 80℃、100℃、時間 0~30 分の範囲で加熱し、流水で冷却後、遠心分離(3000rpm、5 分間)した上澄みを試験サンプルとし、TI 活性とタンパク質を測定した。タンパク質は有機体窒素から換算係数 6.25<sup>5)</sup>を用いて算出した。試験

サンプルの全窒素、アンモニア性窒素、硝酸性窒素を水質分析計(Hach DR-4000)で測定し、式 2 を用いてタンパク質を求めた。亜硝酸性窒素は微量であったため無視した。

$$C_P = 6.25 \times (C_{T-N} - C_{NH3-N} - C_{NO3-N}) \quad (2)$$

- $C_P$  : タンパク質(mg/l)
- $C_{T-N}$  : 全窒素(mg/l)
- $C_{NH3-N}$  : アンモニア性窒素(mg/l)
- $C_{NO3-N}$  : 硝酸性窒素(mg/l)

また、比較のため未加熱処理水として加圧浮上装置処理後の水を採取し、TI 活性、TOC、タンパク質を同様の方法でそれぞれ測定した。

### (3) デカンター排水の連続加熱試験

最後により実機に近い連続処理での性能を把握する目的で、土幌町農業協同組合でんぷん工場の敷地に本機場(ジャガイモ処理量 1500t/日)に適用する規模の1/100 スケールの試験装置を設置してデカンター排水の連続加熱試験を行った。試験装置の外観を Photo.2、フローを Fig.8 に示す。原水タンクに入れたデカンター排水をポンプによって加熱器に上側から投入し、加熱器の下側から蒸気を供給して排水と接触させて加熱し、滞留タンクで加熱状態を一定時間保持した。滞留タンクの入り口と出口付近には温度計が設置され、この温度を蒸気供給量によって調整した。滞留タンクには調整可能な越流堰があり、越流水の量によって滞留時間を調節した。熱処理後のタンパク質が凝固した排水は小型デカンターで固液分離され、脱離液を処理水とした。

試験の加熱条件は、温度を 80~90℃に保ち、時間を 5~15 分に調整した。実際は、滞留タンクの入り口温度が 86℃、出口温度が 80℃となっていた。加熱時間が 5.4 分と 16.3 分の 2 条件で、それぞれ 3 回の試験を行った。デカンター排水と処理水の TI 活性、全窒素(T-N)、浮遊物質(SS)を測定した。T-N はタンパク質、SS は固形物の除去性能に相当するものとして測定した。



Photo.2: 1/100 scale heat treating apparatus

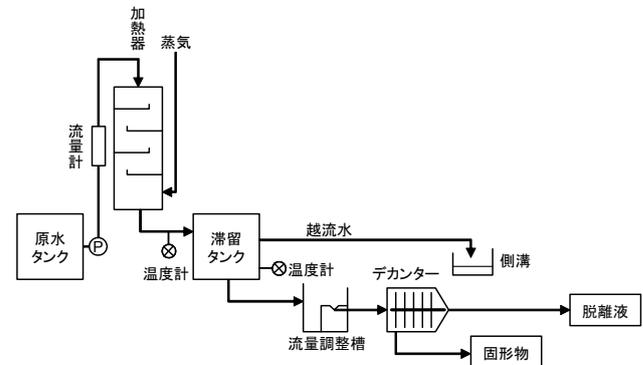


Fig.8: Flow diagram of heat treatment process

## 5. 結果および考察

### 5.1 TI 活性とメタン発酵阻害

TI 活性を 2000、1500、1000Unit/ml にそれぞれ調整した排水のメタン発酵連続試験の結果を Fig.9、Fig.10 に示す。Fig.9 に BOD 容積負荷と TOC 除去率の経時変化を示した。Fig.10 に酢酸、プロピオン酸、pH の経時変化を示した。Fig.9 において TI 活性が 1500、2000Unit/ml の排水では BOD 容積負荷が 3kg/m<sup>3</sup>/日の段階で運転開始直後から TOC 除去率が低下傾向を示した。処理水の酢酸とプロピオン酸が増加傾向のまま、TOC 除去率が 40%程度まで低下した。回復傾向がみられないため試験を停止した。

一方、TI 活性が 1000Unit/ml の排水では試験開始後 1 週間程度は TOC 除去率が低下し、処理水中の酢酸も増加する傾向を示したが、その程度は他の半分程度で、運転を継続するに従って酢酸が低下し、TOC 除去率も上昇に転じて、3 週間後には初期の状態に回復した。その後 30 日目から負荷を 5→7→9kg/m<sup>3</sup>/日と段階的に増加させた。負荷変更直後は有機酸がやや増加したものの、その値は立ち上げ初期ほどではなく、数

日で低下傾向に転じた。結果として TI 活性が 1000Unit/ml の排水でのみ 9kg/m<sup>3</sup>/日での安定処理が可能であった。以上の結果から TI 活性を 1000Unit/ml 以下に制御することでメタン発酵処理の阻害が防止できると考えられた。

処理水の pH はいずれも中性域で、TI 活性による差はあまり見られなかった。また、処理水中に TI 活性は検出されなかった。

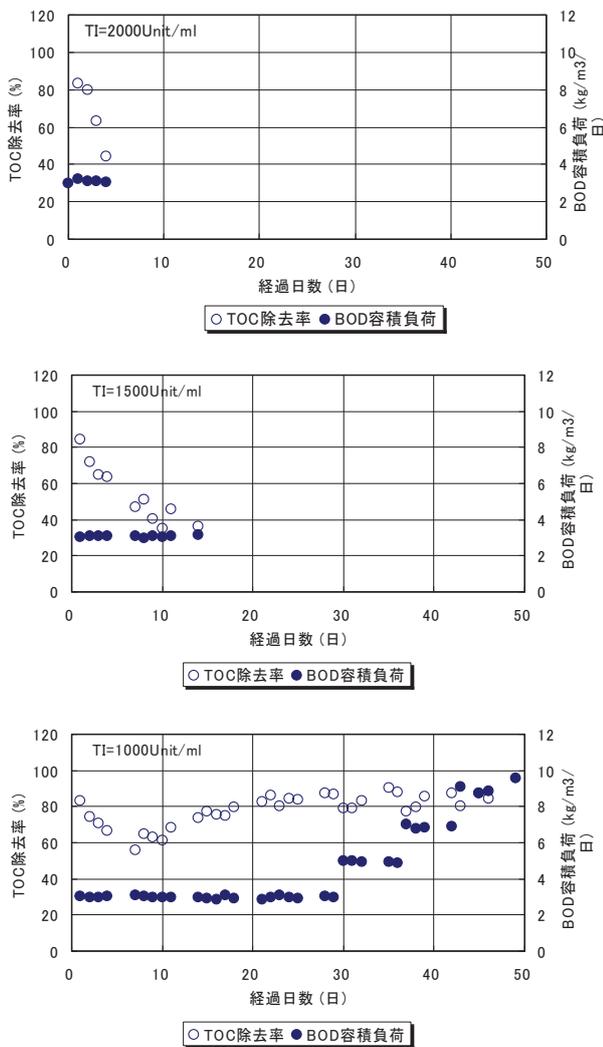


Fig.9: Effect of TI activity on anaerobic digestion performance

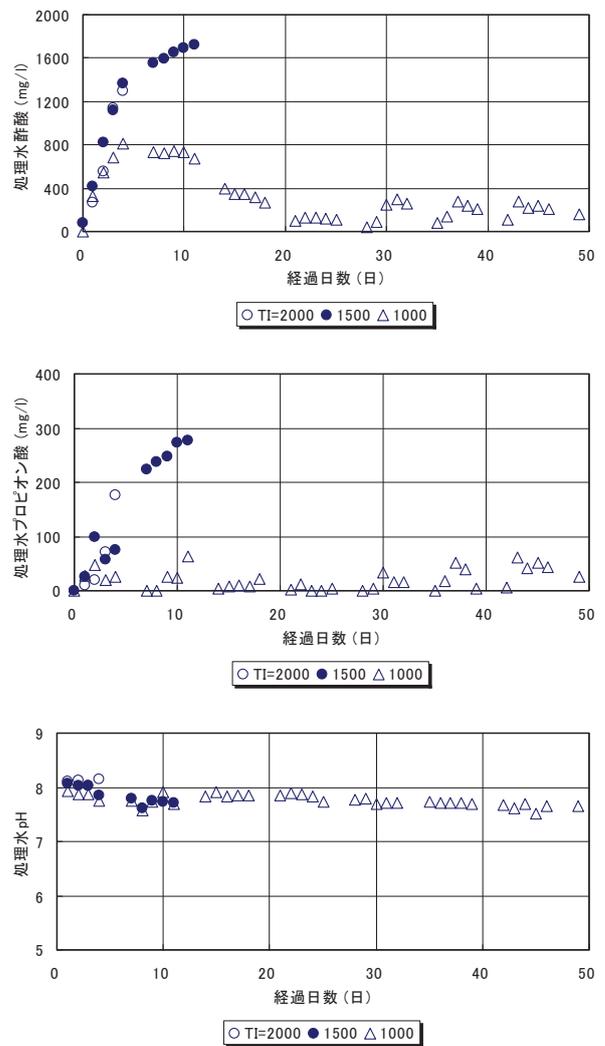


Fig.10: Effect of TI activity on anaerobic digestion treatment water quality

## 5.2 加熱による TI 活性の失活とタンパク質の凝固

### (1) 加熱試験結果

Fig.11 にジャガイモ原料の模擬排水の加熱試験の結果を示す。模擬排水の TI 活性 3000~3500Unit/ml は 10 分以上の加熱処理により処理温度に応じて低下し、60℃、70℃、80℃でそれぞれ約 2000、1500、500Unit/ml に低下し、除去率で示すとそれぞれ 41%、56%、67%であった。

一方、加熱時間の TI 活性に対する影響は、加熱時間を 10 分以上に長くしても TI 活性はほとんど低下しておらず、加熱時間は 10 分程度で十分であることが示唆された。

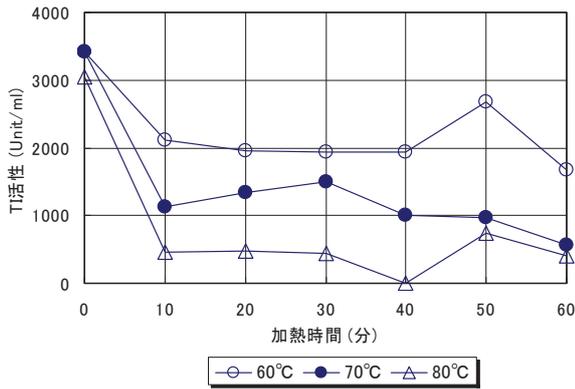


Fig.11: Between heating conditions and TI activity of mock wastewater from starch producing plant

次にデカンター排水の試験管での加熱試験におけるTI活性とタンパク質の結果を Fig.12 に示す。TI活性では模擬排水と似た傾向を示したが低下量はより大きく、80°Cでは 0~100Unit/ml まで、97%以上除去でき、100°Cでは 100%除去できていた。タンパク質については分析値のばらつきもあり、温度による差異は明確には認められなかった。しかし 80°C、100°Cいずれの温度においても 10 分以上加熱することで排水のタンパク質は約 1/3 程度に低下しており、加熱による凝固成分を除去することにより、タンパク質を 67%程度除去できることが示唆された。

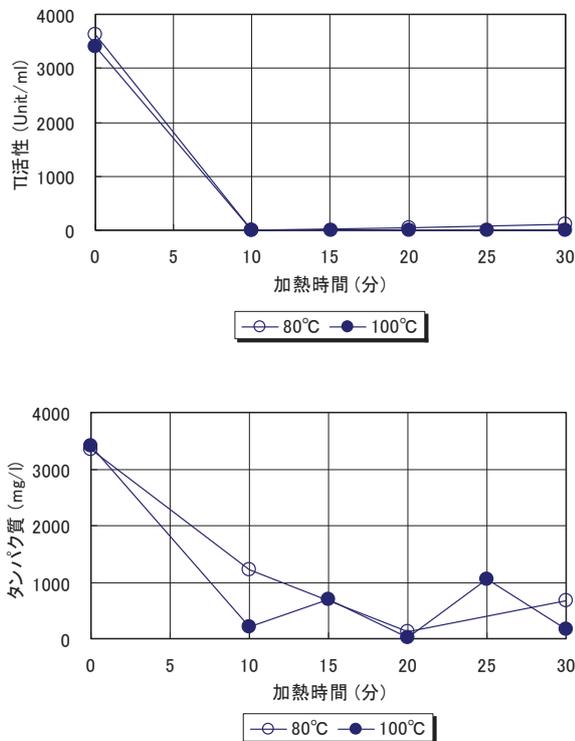


Fig.12: Between heat conditions and TI activity and protein of decanter effluent water

次にデカンター排水の連続加熱試験の結果を Table.3 に示す。この試験に使用したデカンター排水は

工場の生産工程で上流の一次デカンターから直接採取したため流量調整槽のデカンター排水よりも濃度が高くなっている。Table.3 には加熱時間が 16.3 分での処理水 1 と 5.4 分での処理水 2 の分析値とそれらの一次デカンター排水に対する除去率を示している。

TI 活性はいずれも 1000Unit/ml 以下となっていた。加熱時間が長い処理水 1 の除去率がわずかに高くなっていた。T-N も処理水 1 が若干よい除去率を示した。処理時間によってこれらの除去率が若干増加すると思われてもよいと思われる。Fig.12 の試験管加熱試験の結果ではタンパク質の除去率が 66%を示しており、Table.3 に示した T-N の除去率は、これと比較するとやや劣る。TI 活性と T-N の除去率から連続試験の結果は試験管の結果にやや劣るが傾向は似ており妥当な結果と考えられる。

Table.3: Results of continuous heating tests for effluent water from decanter

	TI 活性 (Unit/ml)	T-N (mg/l)	SS (mg/l)
一次デカンター排水	5595	1860	4000
加熱処理水 1 (80~86°C, 16.3 分)	556 (90%)	807 (57%)	1373 (66%)
加熱処理水 2 (80~86°C, 5.4 分)	676 (88%)	867 (53%)	1817 (55%)

SSの除去率は良くはなく、処理水のSSが1000mg/lを超えている。この原因としては、排水に溶解しているタンパク質が凝固してSSが増加したこと、および凝固したタンパク質の固液分離が良好でなかったことと推察される。

(2) TI 活性と加熱処理条件の関係

Fig.9 に示した小型メタン発酵連続試験の結果から、排水の TI 活性が 1500Unit/ml 以上ではメタン発酵阻害が発生し、1000Unit/ml では発生しなかった。この結果から、阻害を防止するためには排水の TI 活性を 1000Unit/ml 以下にすることが必要と考えられた。メタン発酵阻害に対する TI 活性の閾値は 1000~1500Unit/ml の範囲にあると思われる。今回は試験では、TI 活性の測定精度を考慮して排水の TI 活性の調整を比較的大きくとしたが、今後この範囲でのメタン発酵阻害性を評価する必要があると思われる。

加熱処理によって TI 活性を低減することができた。Fig.11 に示した加熱試験から、TI 活性の除去率には温度が大きく影響することがわかった。時間の影響は大きくなく、10 分程度で十分と考えられた。また、Fig.12 と Table.3 に示したデカンター排水の加熱試験では模擬排水の場合よりも高い除去率が得られた。TI 活性がより高い一次デカンター排水の連続試験においても約

90%の除去率が得られている。デカンター排水の TI 活性をメタン発酵阻害が発生しない 1000Unit/ml まで下げられるためには加熱温度を 80℃以上にする必要があると考えられた。

### (3) 加熱による排水の前処理に対する検討

排水処理プロセスは現在 Fig.2 に示したとおり、排水の前処理として凝集剤を添加した固形分の除去が加圧浮上装置で行われている。この加圧浮上装置の TI 活性、T-N、SS の除去性能を Table.4 に示した。加圧浮上装置は SS 除去性能が高く、TI 活性や T-N は、固形物に含まれる分が除去されたものと考えられる。加圧浮上装置では TI 活性は 1000Unit/ml 以下になっていないが、清水による希釈を行っているためメタン発酵阻害は発生していない。

Table.3 と Table.4 を比較すると、加熱処理では TI 活性と T-N の除去では加圧浮上処理より良い結果が得られた。加熱処理がこれらの除去率で優れる理由は、加圧浮上処理では固形物に由来する成分が主に除去されるのに対して、熱処理では溶解性成分にも影響を及ぼすことができるからである。

一方 SS の除去については、加圧浮上と比較した結果では劣っていた。凝固した固形物を適切に分離除去する方法の開発と凝固成分がメタン発酵処理に及ぼす阻害性の評価が今後必要になるとと思われる。

**Table.4:** water quality before and after floatation separator equipment

	TI 活性 (Unit/ml)	T-N (mg/l)	SS (mg/l)
デカンター排水	3615	1400	2600
加圧浮上処理水	2018 (44%)	1100 (22%)	200 (97%)

加圧浮上処理水には TI 活性が 2000Unit/ml 程度残存するため、希釈水の添加が必要となる。加熱処理では TI 活性を 1000Unit/ml 以下に低減できるため希釈が不要であり排水処理の処理水量を低減できる。また、加熱処理は運転に要する費用の内、熱の供給を、メタン発酵で発生するバイオガスを燃料として購うという考え方で、凝集剤を添加する必要がある加圧浮上装置と比較して安価に運用することが可能である。試算では加熱処理装置の運用コストは本機場(ジャガイモ処理量 1500t/日)では、加圧浮上装置の約 1/10 程度に低減できる結果が得られており、固形物除去の課題を解決することで、でんぶん工場排水の前処理として優れた方法になり得ると考えられる。

## 6. まとめ

本報告では、ジャガイモに含まれるタンパク質分解酵素活性阻害とでんぶん工場排水のメタン発酵阻害との関係に着目し、TI 活性とメタン発酵処理との関係から阻害が発生しない TI 活性を明らかにすると共に、排水中の TI 活性を除去する方法として加熱による熱失活について定量的に評価し、失活に必要な熱処理条件を示すことができた。さらに排水処理施設に加熱処理プロセスを導入した場合の利点と課題とを現有設備との比較において示すことができた。

### [参考文献]

- 1) 柳長太, 佐藤正夫, 高原義昌, 堀口真: 膜複合二相式メタン発酵システムによる馬鈴薯澱粉製造脱蛋白質廃水の処理, 応用糖質科学, Vol.42, No.4, 337-344 (1995)
- 2) 小村章代, 藤原孟: サツマイモのトリプシンインヒビターについて(第三報) 諸酵素に対する阻害力と分子量, 梅花短期大学研究紀要, No.25, 89-92, (1976)
- 3) 棚橋勝道, 高野克己, 松本信二, 鴨居郁三, 小原哲二郎: 大豆トリプシンインヒビターの熱失活に及ぼすタンパク質の影響, 日本食品工業学会誌, Vol.35, No.8, 534-540, (1988)
- 4) 益永宏太郎: 日本食品科学工学会誌, Vol.46, No.5, 352-355, (1999)
- 5) 瓜谷郁三, 駒野徹, 志村憲助, 中村道徳, 船津勝: 蛋白質の定量法 第3版, 61, (1990)

# Effect of Trypsin Inhibitor in Potato Starch Plant Effluent on Anaerobic Digester and Control of TI Activity

Yasuhiko Nagamori<sup>1)</sup>, Nobuyuki Ashikaga<sup>1)</sup>, Hiroshi Tamura<sup>2)</sup>, Takayuki Ishige<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Social-infrastructure Systems R&D Dept., Toshiba Corporation

<sup>2)</sup>Water & Environmental Systems Marketing Dept., Toshiba Corporation

<sup>3)</sup>Environmental Systems Dept. 2, Toshiba Corporation

## Abstract

The efficiency of anaerobic digestion process will become lower under condition of no dilution for wastewater at potato starch factory. The inhibitor exists in potato and it will block hydrolysis process.

In this paper, trypsin inhibitor (TI) activity of the effluent water has been measured as the inhibitor and its permissible level is estimated experimentally. As heat treatment decreases TI activity by heat inactivating so heating conditions are shown to decrease TI activity under no blocking level. And then the advantages and problems for introducing heating process in the water treatment plant as compared with the existing floatation separator are shown.

## Key words:

starch plant effluent, protein, anaerobic digestion, inhibition