

UASBメタン発酵と 膜分離活性汚泥法

北海道・士幌町農業協同組合
澱粉工場の廃水処理



士幌町農業協同組合の巨大な澱粉工場

はじめに

北海道の十勝地方は、農業産出額で道全体の約23%を占めており、道内で最大の農業生産地域です。なかでも、畑作では畑作4品と言われる馬鈴しょ（じゃがいも）、小麦、豆類（大豆、小豆、インゲン）、ビート（甜菜）を中心とした輪作が行われており、その馬鈴しょからつくる食品用澱粉は、この地域の大きな産業の一つとなっています。

その澱粉を製造する拠点施設の一つ、士幌町農業協同組合が運営する巨大な澱粉工場では、そこから排出される工場廃水の処理にUASBメタン発酵設備や膜分離活性汚泥法など最新の水処理技術が導入されており、食品加工関係者のみならず水処理関連業界からも

大きな注目を集めています。そこで、今回のトピックスは、この士幌町農業協同組合・澱粉工場の概要と廃水処理のしくみについて読者の皆様にご紹介いたします。

再編整備で工場を新設

士幌町は、十勝平野の北部、とち帯広空港から北へ約50kmに位置する人口約7,000人の農業と酪農を主な産業とする町です。士幌町農業協同組合が馬鈴しょからの澱粉製造を開始したのは昭和21年からですが、平成7年から13年にかけて行われた再編整備で、地域内に点在していた澱粉工場も集中化と合理化が押し進められました。士幌町農業協同組合澱粉工場も、それまで行ってきた士幌馬鈴薯施設運営協議会（士幌町、音



馬鈴しょから澱粉を分離するデカンターからは、 $3,000\text{m}^3$ ／日の廃水が出る



澱粉を粒子の大きさごとに分けるセパレータ

更町、木野町、上士幌町、鹿追町など5農協）からの原料馬鈴しょの受け入れをさらに4農協分拡大することになり、平成13年に工場を新設。その際、地域環境の改善策の一環として廃水処理施設もつくられました。

工場は馬鈴しょの収穫時期である8月末から11月末までの約90日間、30人ほどの職員が交代で24時間運転を行い、1日1,500tの原料馬鈴しょから300～330tの澱粉を製造しています。

工場に運び込まれた馬鈴しょは、泥や石を洗い流すための洗浄工程を経た後、磨砕機によって細かくすりつぶされます。粉々になった馬鈴しょは、水を加えられながらデカンターと呼ばれる遠心分離器で固液分離され、さらに遠心ふるいによって粕を分離し、その中の液状化した澱粉成分だけを取り出します。分離された澱粉はセパレータと呼ばれる機械でさらに粒子の大きさごとに分けられ、濃縮、脱水、乾燥のそれぞれの工程を経て片栗粉などの澱粉製品となります。

日量3,000m³の廃水処理

水処理の対象となっているのは、その際にデカンターから排出されるデカンター排水約3,000m³/日です。廃水処理施設がつけられるまでは、窒素やリン、カリウムなどを多く含んでいることもあり、貯留池に貯められ液肥として牧草地などにまいていました。

しかし、デカンター排水には有機物とともに2%ほどのタンパク質が含まれており、貯留している間にこ



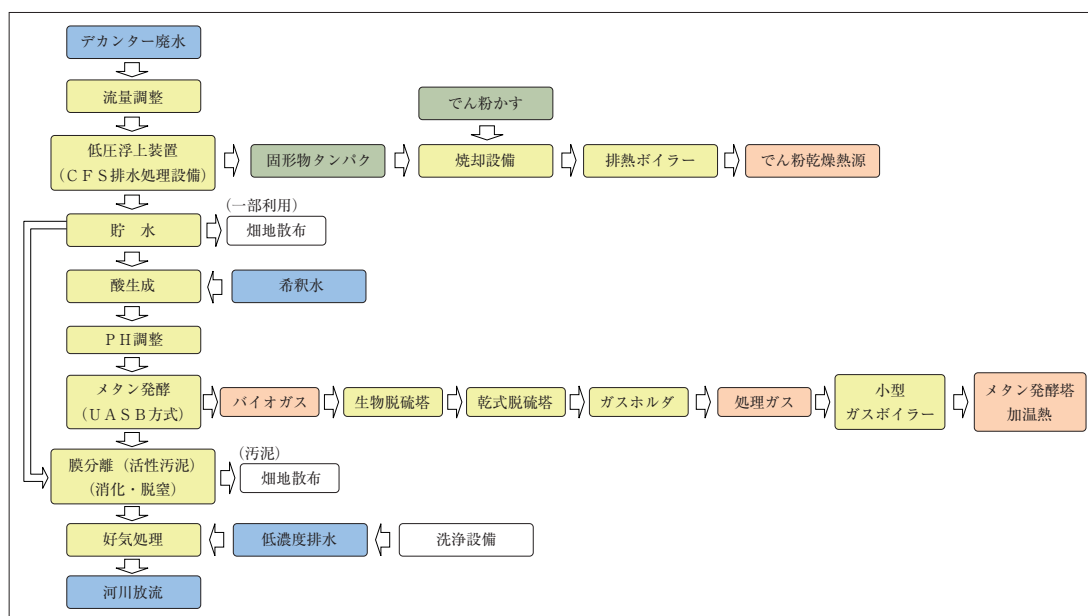
澱粉製品は粉体輸送で近くにある巨大なサイロへと送られる



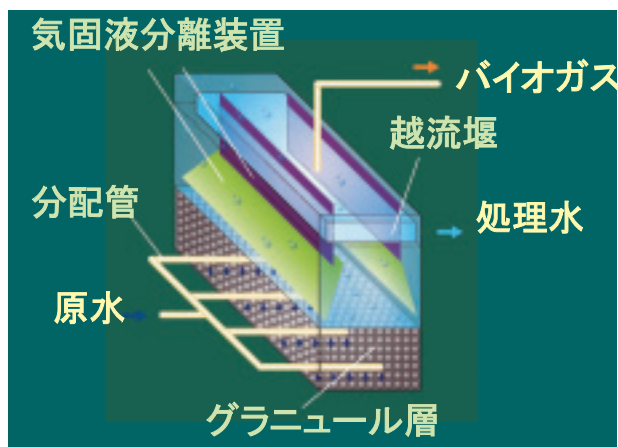
澱粉は片栗粉などの製品に

れらが自然発酵して臭いが出ることなどが問題となっていました。

廃水処理は、そのタンパク質を低圧浮上装置「CFS廃水処理設備」で分離し、凝集剤で固めて除去することから始まります。低圧浮上処理は、原水に微細空気を注入し、空気によって懸濁質を包み込んでフロックを浮上させて分離・除去する技術で、無機質、有機質



廃水処理施設のフロー



UASBメタン発酵設備の構造

を問わずSS分離に使われています。

こうしてタンパク質が除去された廃水は、バイパスを通して1,000m³はそのまま好気性処理の曝気槽に送られますが、残りの2,000m³は嫌気性処理の最初の工程である酸生成槽に入ります。そこからPhや温度調整をするための調整槽を通してUASB方式のメタン発酵槽（2,000m³×2）に送られます。

UASBメタン発酵設備

UASB（Upflow Anaerobic Sludge Blanket Process・上向流嫌気性汚泥ろ床法）とは、嫌気性微生物の集塊作用を利用して活性の高い菌体をグラニユール（直径2～3mmの粒状汚泥）として反応槽に大量に保持する方法で、反応槽の下部から廃水を注入して嫌気状態で廃水中の有機物を分解させるものです。通常の嫌気性処理に比べて高速の処理が可能で、曝気を必要としないためわずかな電力で運転でき、副産物として大量のメタンガスを生成します。

反応槽内部に入った廃水は、下部に沈殿しているグラニユールの層に均一に拡散され、有機物はメタンガスや二酸化炭素などに分解されます。ガスを表面に付けたグラニユールはエアリフト効果で処理水とともに浮上していき、上部に取り付けられたセトラーによってガスを捕集するとともに、処理水とグラニユールを分離してきれいな水だけを取り出すという仕組みです。

「排水中にはまだ1％程度のタンパク質が残留しており、このタンパク質から生成されるアンモニアによりpH調整されるため、pH調整剤を使用していません。しかし、澱粉廃水にはがメタン発酵過程での有機物の

分解を阻害する物質が含まれているため、酸生成過程で600m³／日の水を加えて希釈しています。熱処理する方法もありますが、ランニングコストの面からこの方法が最良であると判断しました。

また、工場は夏から秋にかけての3カ月間しか操業しませんが、メタン発酵施設が休止している間もストックされたグラニユールは良好に保持されており、運転開始の半月くらい前から準備運転をするだけで、十分な処理能力を発揮します」（土幌町農業協同組合澱粉工場・片山茂男工場長）。

膜分離活性汚泥法でさらに浄化

メタン発酵槽での滞留時間は1.5日間で、処理水はその後硝化・脱窒工程を経て膜分離活性汚泥法によってさらに浄化されます。膜分離に使用されている膜は、0.4ミクロンほどの微細な孔があいた精密ろ過膜を樹脂製の型枠の両側に貼り付けた平膜構造になっており、この膜カートリッジ150枚で1ユニットが構成されています。ここでは96ユニット・14,400枚が使用されているとのこと。

こうして、流入時に平均値でBOD9,000mg/l、SS800mg/lだった廃水は、BOD 5 mg/l、SS 1 mg/l以下というきれいな水に生まれ変わります。

「膜分離された処理水にはSSがほとんど存在せず、BODが確実に5 mg/l未満になります。もちろん大腸菌などのバクテリアもろ過されます。また、処理槽内のMLSSは平均して13,000mg/lほどあるため、反応槽をコンパクトにして省スペース化が図れました。ただ、窒素が増えすぎるとMAPが発生し膜を詰まらせてし



膜分離ユニットの構造



廃水処理施設の全景



膜分離槽からの処理水を汲み上げる配管が並ぶ

まうので、その点だけを注意しながら運転しています。膜は月1回の洗浄を行いながらすでに8年が経過しましたが、特に大きな問題もなく、維持管理面でもメリットが大きいと感じています」(同)。

こうして浄化された処理水は馬鈴しょの泥などを落とした後の洗浄水と合わせて活性汚泥処理後に河川に放流されています。

1時間に500m³のバイオガスを生成

また、メタン発酵槽から発生するバイオガス(メタン60%)は1時間に450~500m³もあるため、硫化水素を取り除くための脱硫装置には、生物脱硫と乾式脱硫を併用しています。

当初は乾式脱硫装置のみで脱硫を行ってききましたが、コストのかかる鉄系の脱硫剤を減らしてランニングコストを抑えるため、平成18年に12,000m³/日の処理能力を持つ生物脱硫装置を導入しました。

生物脱硫装置は、充填剤を詰めた脱硫塔内部に上から膜処理水をスプレーしながらバイオガスを通気させ、充填剤表面に形成される生物膜(硫黄酸化細菌)によって硫化水素を除去するもので、原理は下水処理で使われている生物脱臭装置とほぼ同じです。

「生物脱臭装置内の硫黄酸化細菌は帯広畜産大学が研究していた種菌を使っていますが、この設備も工場の休止期間は止まってしまいます。そこで、10m³ほどをタンクに貯蔵しておいて、脱硫装置が稼働する際に循環水に混ぜてスプレーし、生物膜の再生を行うようにしています」(同)。

バイオガスは現在、メタン発酵槽などの加温に使用

されていますが、気温の高い日などはかなりの量のガスが余るそうです。そこで、今後は規模の大きなボイラを新たに導入して、澱粉の乾燥のための熱源などに利用したいとのことでした。

現在、乾燥設備の熱源は、ふるい設備で分離された澱粉粕と低圧浮上装置で除去されたタンパク質を焼却する際に発生する熱のほか、補助燃料として重油が使われています。この重油をバイオガスに転換することでエネルギーコストのさらなる削減を進めるとともに、地球温暖化の防止にも貢献していきたいとのことでした。

おわりに

澱粉工場における廃水処理と下水処理の大きな違いは、処理する原水の汚濁濃度が高いこととその性状が安定しており、稼働期間が短いということです。そのほかの水処理の過程は下水道とほぼ同じですが、随所に新技術を活用した創意工夫が行われており、技術開発を進めるうえでのヒントが数多くありました。

また、今回取材した廃水処理施設は(株)東芝によってシステムの導入が行われたものですが、東芝では、このUASBメタン発酵設備を2段組み合わせ、さらに高濃度な廃水を好気性処理なしで下水放流可能にする「2-Stage」システムを開発し、食品加工工場や製薬工場などに導入しており、今後の展開が期待されています。

最後になりましたが、取材の際にお世話になりました片山茂男工場長をはじめ士幌町農業協同組合・澱粉工場の皆様に誌面をお借りして御礼申し上げます。