

<報告>

メインテーマ：【メタン：温暖化対策と高度利用技術】

日 時： 2025 年 7 月 12 日(土) 13:30~16:30 参加者：58 名（非会員 0 名、Web28 名）

場 所： おおきに会議室 Zoom による Web 併用 CPD： 3 時間

講 演 1 『家畜がもたらす環境問題と環境負荷低減のための方策～最新の知見に基づく検討～』

講 師： 廣岡 博之 農学博士 京都大学農学研究科 名誉教授

講演概要

（１）日本の牛肉生産の概要

日本の国産牛肉は、主として和牛 4 品種（黒毛和種、日本短角種、無角和種、褐毛和種）と乳用種の去勢雄牛と廃用雌牛（乳を搾った後の雌）、乳用種と黒毛和種を交配した交雑種からなる。肉用牛の生産量は、和牛約 171 千トン、乳用種約 82 千トン、交雑種 95 千トンの国産約 351 千トン（41%）と輸入約 502 千トン（59%）である。また、生産農家で育った和牛約 750kg は、生体⇒枝肉⇒部分肉⇒精肉と加工されたのち、精肉店で売られる量は約 300kg と 4 割になる。



廣岡博之先生

（２）メタンに関する問題とその低減策

世界全体の温室効果ガス（以下、GHG）排出は約 590 億 t-CO₂ で、農林業とその他土地利用で 24%、うち農業分は約 10% を占めている。それに対して日本の農林水産分野の GHG 排出量は 4,747 万 t-CO₂（2019 年度）で、メタン（CH₄）は消化管内発酵によるもの 756 万 t-CO₂、家畜排せつ物管理から 233 万 t-CO₂ で、稲作の 1,195 万 t-CO₂ に次いで多い。また家畜排せつ物管理による亜酸化窒素（N₂O）は 369 万 t-CO₂ である。この比較からわかるように、世界全体と比較して、日本における家畜からの温室効果ガスの排出量がいかに少ないかが分かる。

本講演では、まず、牛がなぜゲップとして CH₄ を排出しているかについての話がなされた。牛は牧草等の人間が利用できない飼料を食べて成長することができる。ウシには 4 つの胃があり、一番大きい胃であるルーメンには 10~100 億個の細菌、10~100 万個のプロトゾア、千~10 万個の真菌が存在する。ウシはこのような微生物の力を借りて牧草等の人間が利用できない飼料を分解してエネルギーや栄養素に変え、牛肉や牛乳を生産してくれている。ところが微生物がセルロースなどを分解する過程で水素（H₂）が生成され、ルーメン内に H₂ が充満するため、古細菌であるメタン菌が H₂ を CH₄ に変換し、ウシはその CH₄ を生理機能の一環としてゲップとともに口から排出している。

畜産の分野では、これまで、濃厚飼料の割合の高い飼料の給与、油脂添加物の給与、抗生物質の投与、メタン合成系を阻害する 3-ニトロプロパノールの利用やカギケノリのような海藻の給与、低メタン牛の育種選抜など、さまざまなメタン低減策が提唱されているが、生産現場でのメタン測定の困難さが大きなハードルとなっている。廣岡研究室では、反芻家畜の消化管内発酵による CH₄ 排出低減の研究により、亜麻仁油脂肪酸 Ca 給与により 64% の低減効果のあることを見出している。

近年、CH₄ が約 12 年と短寿命 GHG であることから、従来の放射強制力より算出された GWP（地球温暖化係数）の利用に代わって気温変化をより反映した新しい指標 GWP* の利用が提唱され、第六次 IPCC の AR6 報告書でも議論されている。ウシは植物を飼料として摂取し、CH₄ を排出しているが、その CH₄ は約 12 年間で CO₂ に変換され、その CO₂ は光合成によって

植物体に蓄積されて、それをまた牛が摂取するという炭素の生物循環の中にあるとみなすことができる。このような生物的な炭素循環の話と地下から人為的に CO_2 を掘り出すような話とを同列に扱うことはいかなるものかと思われる。また、日本の酪農生産と肉用肥育生産において、従前の GWP を用いた場合と新しい GWP* を用いた場合のウシからの消化管内メタン排出量の推移と予測を日本レベルで行ったグラフが提示され、GWP* を適用すると現在の日本の場合、ウシからのメタン排出は温暖化に対して中立以下にすることができることが示唆された。

（３）窒素に関する問題とその低減策

畜産における窒素による環境負荷は、以下の点で問題になる。①尿からのアンモニアは揮発し、臭気や大気を汚染、②農地に排泄されたふん尿は硝酸塩となり地下水を汚染、③汚染された水を飲水することで、硝酸中毒はメトヘモグロビン血症をおこし、1 歳以下の乳幼児ではブルーベビー症候群を引き起こすこともある、④堆肥化の過程で発生する N_2O は CO_2 の 298 倍の GWP であるなどが挙げられる。

講演では国内外の乳用種（ホルスタイン種）に関する窒素の個体レベルでの出納や全畜種を考慮した日本国内の都道府県別窒素収支、家畜のふん尿由来の窒素の問題の所在などが話された。また、すでに終了した政策であるが、オランダの環境負荷規制であるミネラル会計制度（MINAS）について、農家別の窒素とリンの収支の算出方法や農家ごとの過剰窒素とリンに対する課税制度の導入、MINAS による許容栄養素の上限などが紹介され、さらに MINAS は特に酪農における窒素やリン管理でうまく機能したにもかかわらず、欧州司法裁判所で硝酸指令違反と裁決された経緯などが話された。

（４）ライフサイクルアセスメント (LCA) について

LCA を畜産に適用できないか、国際規格に基づいた LCA 実施手順である、①目的および調査範囲の設定、②インベントリー分析、③インパクト評価で研究された事例の紹介があった。

インベントリー分析ではデータ収集から各単位プロセスにおける投入資源量、環境負荷物質排泄量の調査、あらかじめ設定された機能単位に関連付けされた産物量の算出と各プロセスの総和で分析する。インパクト評価では環境負荷を各環境影響カテゴリーに分類、重み付け値を乗じて基礎物質に換算し影響を定量化した。指標としては地球温暖化（ $\text{CO}_2, \text{CH}_4, \text{N}_2\text{O}$ ）、酸性雨（ $\text{NO}_x, \text{SO}_2, \text{NH}_3$ ）、富栄養化（ $\text{NO}_x, \text{NH}_3, \text{T-N}, \text{T-P}$ ）で評価した事例を説明された。大型牛 1 頭あたりの地球温暖化への寄与では飼料生産と飼料輸送は CO_2 と N_2O 、家畜は CH_4 、ふん尿処理は N_2O と CH_4 が算出された。また食品残さ処理・利用システムの例では地球温暖化への影響をリキッド、乾燥、焼却で比較し、リキッドが最も環境負荷が少なくなることを示した LCA 研究が紹介された。

（文責：奥村 勝 監修：廣岡博之）



会場の様子

講演2『除菌消臭剤 MA-T のメカニズム解明が拓くイノベーション』

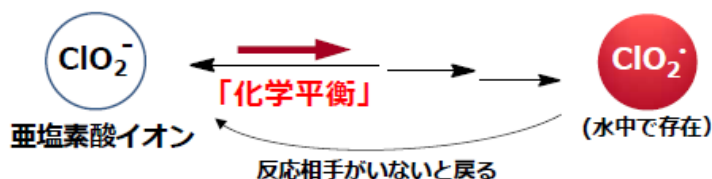
～メタン酸化、高分子高機能化、医療・医薬品開発まで～

講師： 井上 豪 博士(工学) 大阪大学大学院薬学研究科 教授

講演概要

(1) MA-T とは

MA-T (Matching Transformation System®)は、亜塩素酸イオンから必要な時に、必要な量の活性種（水性ラジカル）を生成させるものである。この水性の酸素活性種を活用し、安全かつ高い抗菌・消臭効果を発揮する液剤であり、要時生成型亜塩素酸イオン水溶液とも呼ぶ。



井上 豪 先生

水道水の消毒には日本では次亜塩素酸塩が使用されているが、欧米では亜塩素酸塩を使用しており、安全性には問題ない。

(2) MA-T の除菌消臭性

MA-T の生成した水性ラジカルは COVID-19 を始めとして多くのウィルスや菌を不活化し、除菌を可能にする。アルコールや次亜塩素酸水、次亜塩素酸ナトリウムに比べて除菌効果、消臭効果、安全性に優れており、マウスウォッシュ、口腔ケアジェル等の商品が上市されている。MA-T は安全・安定・備蓄可能なので災害時の感染症対策や除菌消臭に適している。また、このラジカルの反応性を利用して医師主導の下で抗がん剤としての治験を開始した。

(3) その他産業用途への展開

亜塩素酸の活性度を制御することで、高難度の化学反応を開拓すると共に、高分子の高機能化やデバイスへの応用、農薬・医薬品への応用が期待されている。例えば、1)MA-T の光酸化反応を利用したメタンと空気から常温常圧下でメタノールとギ酸を生成するバイオマス活用推進、2)高分子表面へ酸素官能基を導入して表面改質を行い、高分子の親水化や金属との接着性改良など。これらの成果によりオープンイノベーション大賞内閣総理大臣賞(2024 年 2 月)および科学技術分野の文部大臣表彰(2024 年 4 月)を受賞した。2021 年に設立した MA-T 工業会(約 120 社加盟)では様々な用途展開に向けて研究開発・技術開発が進められている。

(4) 創薬研究とクライオ電子顕微鏡 (CryoEM)

講師の専門である創薬の研究分野では CryoEM による蛋白質の構造解析が増えてきた。CryoEM は結晶化が不要で生理状態が観察できるので蛋白質の動的構造を観察できる。但し、サンプル前処理に氷包埋法を利用するため作成に約 1 ヶ月の時間を要することや蛋白粒子の配向性制御に問題がある。蛋白質を固定するグラフェン膜の表面を MA-T で酸化しエポキシ基を導入することにより、10～20 分でサンプル作成が可能となり、顕微鏡写真の撮影効率が飛躍的に向上した。

質疑応答

- ・ MA-T を用いたメタンから液体燃料による発電は
- ・ 工業会参加企業がどのような用途に取り組んでいるか
- ・ CryoEM では対象粒子のどこまで見えるか 等についての質疑応答があった。

(文責：太田昌三 監修：井上豪)