



岩手大学
IWATE UNIVERSITY

令和3年3月18日

報道機関各位

国立大学法人 岩手大学

～ 家畜生体用無線伝送式 pH センサーを世界で初めて開発！ ～

国立大学法人岩手大学と化学分析機器メーカーの山形東亜DKK株式会社（本社：山形県新庄市福田字福田山711番地109）と共同で世界初となる「家畜生体用無線伝送式 pH センサー」を開発しました。

近年、濃厚飼料の多給等が原因で牛の第一胃（ルーメン）が酸性過多（アシドーシス）となり、健康被害により牛の生産阻害が課題となっています。アニマルウェルフェア（動物福祉）の観点からも手術等で動物に苦痛を与えない非侵襲での計測機器の開発が求められています。

従来は研究機関の試験用の牛の腹部に外科的に取り付けられた窓（フィステル）を介してルーメン液を直接採取し、その都度 pH を計測していましたが、長期間にわたる pH の連続計測は困難であるとともに、外科手術等による牛への負担が課題でした。また、一般酪農家の牛にフィステルを設けることはできず、各酪農家における飼料の配合と牛の健康状態の因果関係を正確に分析することは困難でした。

そこで、本センサーを過酷な環境下であるルーメンに経口投与して留置させ、ルーメン液の pH の状態を無線伝送で長期間（約3ヶ月間）にわたりリアルタイムで監視・評価することが可能となりました。

さらに、先端部に強力磁石を取り付けたセンサー回収器により経口的にルーメン中から本センサーを吸着回収し、バッテリー交換等の整備をした後に再利用できます。

本センサーの活用により家畜の飼養管理の改善、濃厚飼料等の効率的な利用方法を見出すことによって、従来の生産阻害要因を軽減し、畜産振興に貢献するものと期待しています。

本センサーは、岩手大学の国内外の特許を動物用医薬品及び医療機器メーカーの日本全薬工業株式会社（本社：福島県郡山市安積町笹川字平ノ上1番地の1）に技術移転し、同社から農林水産省動物用医療機器の薬事承認を申請し、2020年5月19日に承認取得しており、今年8月頃に発売される予定です。医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（略称「薬機法」（旧薬事法））に基づく農水省の薬事承認取得は、2004年の本学の独立行政法人化以降初の事例となります。

(参考) pHとは、水素イオン濃度の略称で、強酸性が1、中性が7、強アルカリ性が14を表します。

<本研究成果のポイント>

- ◆過酷な環境下である牛のルーメン（第一胃）に経口投与で留置させ、ルーメン液のpHの状態を無線伝送で長期間（約3ヶ月間）にわたりリアルタイムで監視・評価でき、回収器で経口的にルーメンから回収して再利用できる無線伝送式pHセンサーを世界初で開発しました。
- ◆連続的なpH計測により、ルーメンアシドーシス（胃酸過多）が発生しない適切な飼料の管理や配合方法の開発が可能となりました。
- ◆岩手大学では初となる、農林水産省動物用医療機器の製造販売に関する薬事承認を受けた研究成果です。

【開発の経緯】

開発期間 : 2008年1月～2018年8月 (計10年7月)
薬事承認 : 2015年12月申請、2020年5月19日承認取得
販売時期 : 2021年8月頃(予定)～

【研究の背景】

- ・国内外の酪農分野では、乳牛の生産性低下の原因となるルーメンアシドーシス（第一胃が酸性化した病態）の発生を抑制することが求められています。そのルーメンアシドーシスには、①臨床型（急性）と潜在性（亜急性）があり、②種々の疾病や免疫抑制と関連し、③高泌乳牛の管理上重要な病態であり、④栄養学的見地からの対策と、⑤酪農の生産阻害要因解決の糸口となります。
- ・そのため、ルーメンアシドーシスの日動変化を長期にわたり監視することで、飼養管理の改善、最適な濃厚飼料の効率的利用により、生産阻害要因を軽減し、畜産振興に貢献できると考えました。
- ・そこで、ルーメン液のpHをリアルタイムで長期にわたり監視・評価するため、無線伝送式pHセンサーを経口投与してルーメン内に留置し、無線伝送により体外からpHの状態をモニターするシステムを世界で初めて開発しました。

【研究の内容】

- ・計測対象としてpHを指標とすることで、ルーメンの発酵や液性状の状態を正確に把握可能となります。
- ・ルーメン内に長期間留置可能なセンサー仕様として、耐腐食性、防塵性、防爆性、耐水性を備え、体内から外部受信器まで安定して電波信号を到達させ、計測終了後は回収ツールによりセンサーを経口から外部に取り出せる構成とすることを見出しました。
- ・本研究ではその仕様を探求し、ルーメンpHの長期間計測を可能とする無線伝送式pHセンサーを開発しました。これにより、従来は不明とされてきたルーメンアシドーシスの発生機序が解明できるようになり、pHに関係する他の疾病発生機序解明ツールの提供が可能となりました。

【研究の特徴、従来技術との相違等】

- ・本研究で開発した無線伝送式pHセンサーは、耐食性素材の筐体とし、電波発信用アンテナ部分は特殊樹脂でカバーされ、高精度ガラス電極式pH計、回収用チェーンを備えることで、上

記仕様を満し、コードレスでルーメン pH を長期間（約 3 カ月間）計測・監視を達成しました。

- ・従来のルーメン pH の測定は、経口的採取やルーメン穿刺、腹部に穴をあけ胃から直接採取をする方法しかありませんでした。
- ・従来方法では連続したルーメン pH の計測・監視が困難であり、放牧牛の計測も困難でした。
- ・ルーメン液の採取にあたり動物に苦痛を与えるものでした。
- ・ルーメンアシドーシス等の病態の発生機序解明には長期間の連続的な計測が必要でした。

【研究成果による社会的効果・実施効果】

- ・約 3 か月間の長期にわたり安定した無線伝送でルーメン pH の計測・監視が可能となりました。
- ・本センサーによりルーメン pH を指標とした新たな飼養管理と疾病予防による生産性向上の道を開拓しました。
- ・本センサーは牛の経口から回収可能であり、整備して再利用可能としました。

【研究成果の内容】

本研究で開発した無線伝送式 pH センサーの構成について述べます。

- (1) 無線伝送式 pH センサー本体は、図 1 (a) に示すように外径 30mmφ、長さ 150mm の SUS316 製筐体にガラス電極、計測ユニット、通信ユニット、バッテリー、が格納され、両端はポロプロレン樹脂のアンテナハウジングキャップと回収チェーンを備えたステンレス製キャップで密閉され、過酷なルーメン環境の中で長期間安定した計測・監視を可能とする堅牢性を備えています。同図 (b) は端部の分解図です。

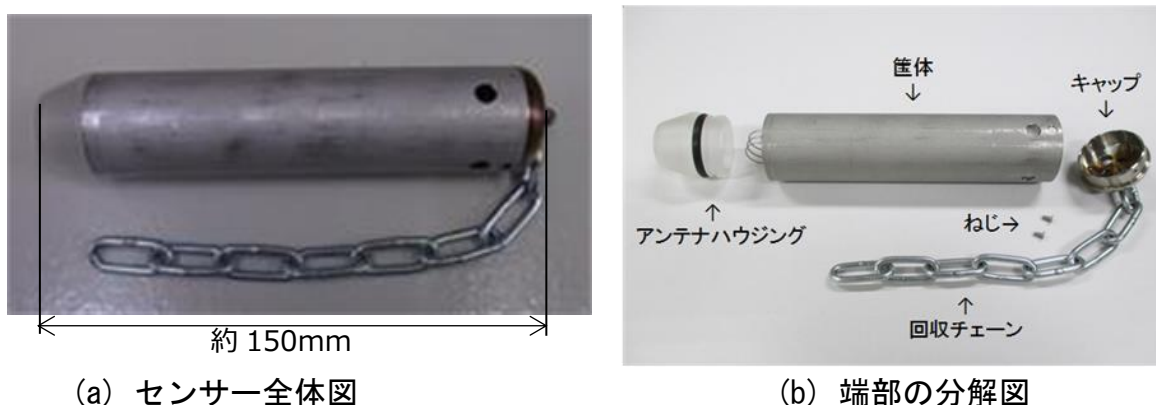


図 1 無線伝送式 pH センサー

- (2) 無線伝送式 pH センサーの計測システムは、図 2 に示すように、1 台の受信機で 8 個のセンサーからの信号を同時受信可能であり、センサーの台数に応じて受信機を増設できます。わが国で使用する電波は特定小電力無線（429MHz 帯）であり、各国の電波法に基づいてこの近傍の周波数で信号伝送を行います。

センサーからの電波伝搬距離は約 40m であり、中継器を用いると最大 300m 間での計測・監視が可能です。また、インターネット回線を用いると遠隔地からの計測・監視やデータ活用によるスマート酪農を可能とするものです。

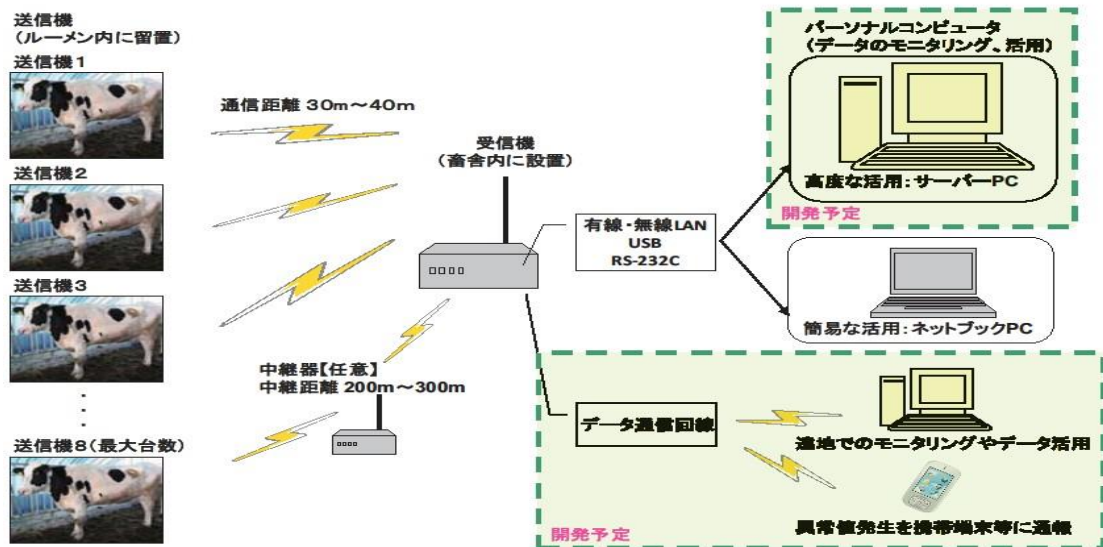


図2 無線伝送式 pH センサーの計測システム

(3) 無線伝送式 pH センサーに関する岩手大学の国内外特許を日本全薬工業(株)に技術移転し、同社から農水省に動物用医療機器の薬事承認申請を 2015 年 12 月に提出し、2020 年 5 月 19 日に承認取得しました。今年 8 月頃からの販売開始に向けて取り組んでいます。

本計測システムの活用により、牛群管理・高泌乳牛栄養管理のモニター、栄養管理状態・飼料設計・品質評価、飼料変更評価が可能となり、畜産分野の栄養管理指導者のためのツールとして、乳生産・繁殖成績向上や疾病対策の充実化への貢献が期待されています。

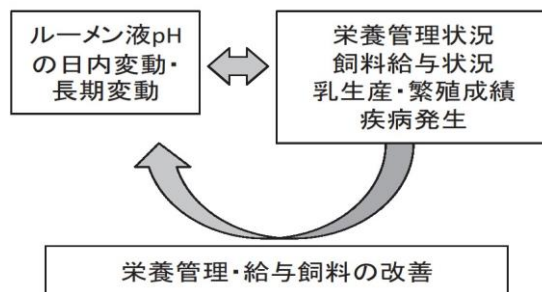


図3 無線伝送式 pH センサーの用途

(4) 本センサーによるルーメン pH の長期間計測・監視結果

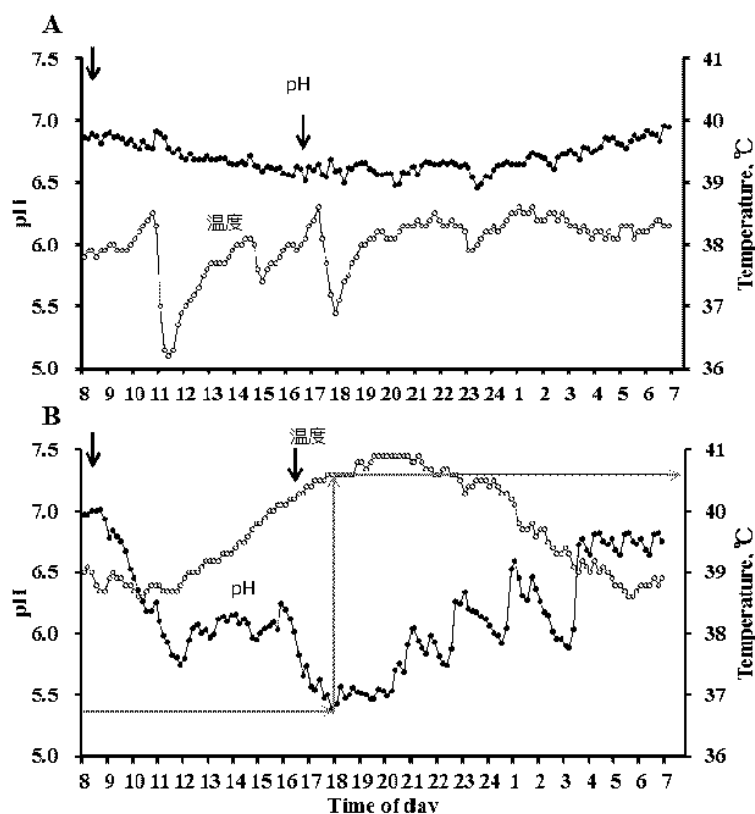


図4 飼料の違いによるルーメン pH の日動変化
(上図 A: 乾草 / 下図 B: 濃厚飼料)

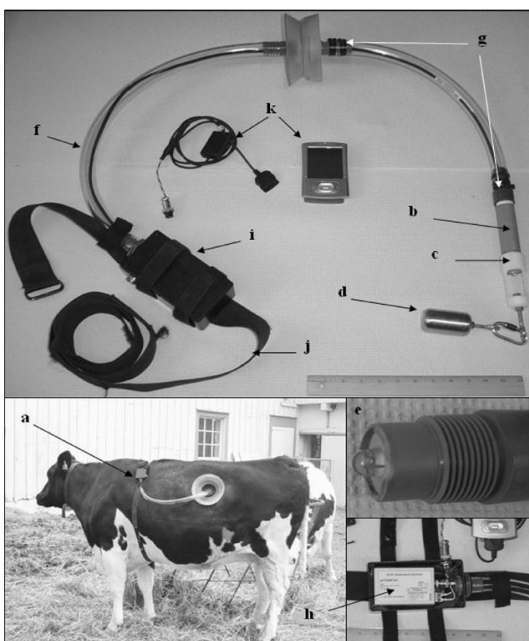
図4に飼料の種類の違いによるルーメン pH の日動変化の比較を示します。

上図 A は粗飼料として乾燥した牧草を与えた牛の、下図 B は濃厚飼料を与えた牛のルーメン液の pH とその温度を本研究成果の無線伝送式 pH センサーで連続計測した結果を表しています。

飼料の違いや給水のタイミングでの pH や温度の変化の詳細が把握でき、データの推移を観察することで、ルーメンアシドーシスの兆候などを事前察知することができました。

このような分析方法は従来技術ではなし得なかったものであり、今後の病態と pH の関係など、獣医学的見地からの波及効果が期待されています。

【参考：従来技術とその問題点】



大学や畜産試験場などの研究機関における従来のルーメン pH 測定方法は、図5に示すように牛の腹部に穴をあけてフィステル（又はルーメンカニューレともいう）を装着し、直接ルーメンに pH センサーを投入し、又はルーメン液をその都度採取し、計測していました。あるいは、ルーメン部位への注射器による穿刺でルーメン液採取を行う方法もありますが、位置特定の正確性や衛生面での課題があります。この方法は動物の苦痛を伴うものでもあり、可能なかぎり避ける必要があります。一般の酪農家の牛からのルーメン pH 計測は経口的採取を行うものが主ですが、ルーメン pH 値の日動変化を計測するには、作業担当に大きな負担がかかり、長期間の計測・監視は困難でした。さらには多頭飼の牛舎で牛群管理を行う場合、同じタイミングでのルーメン pH の変動を比較観察する必要があり、従来方法では達成が困難な管理方法でした。

図5 従来のフィステル（ルーメンカニューレ）によるルーメン pH 計測例
(出典：AlZahal et al., *J. Anim Sci*, 2007)

【主要な特許】

- ①登録番号・タイトル：特許第5569911号 「検出装置およびその回収方法ならびに監視システム」
- ②出願、登録年：2009年6月出願、2014年7月登録
- ③全発明者氏名 佐藤繁、水口人史、伊藤和紀、沖田安生
- ④当該特許の概要

- ・ウシなどの反芻動物の第1胃（ルーメン）の状態を検出するための、回収可能なルーメン内留置型による無線伝送式のルーメン pH センサーと、その信号を外部で受信するための受信ユニットからなる監視システムであり、従来技術では正確かつ連続的な把握が困難であったルーメンの内部状態（特に pH）を検出できるようになり、これまで解明できなかったルーメン内の pH 状態と健康状態との相関を正確に検討することが可能となりました。
- ・本装置は、超小型ガラス電極式 pH センサー（多孔質テフロン液絡部、電極温度補償機能付き）に小電力無線による信号伝送機能を付加し、生体外で測定データを受信するシステムです。
- ・本発明により、ルーメン内 pH の変動に基づいた新たなルーメンアシドーシス（揮発性脂肪酸）対策に貢献できるため、消化器病を予防し、濃厚飼料の給与を最小限にした新たな乳牛の飼養管理体系が発展すると期待されます。

なお、本特許の海外対応特許は、米国、ドイツ、デンマーク、フランス、イギリス、オランダの6か国でも特許登録済みです。

【代表論文】（査読付き関係論文26編）

- ①論文名：“Development and testing of a radio transmission pH measurement system for continuous monitoring of ruminal pH in cows.”（牛のルーメン pH 連続モニタリングのための無線伝送式 pH 計測システムの開発及び試験）
- ②掲載誌名・巻（号）・ページ・発表年：Preventive Veterinary Medicine・103・pp.274-279・2012
- ③全執筆者氏名：**Shigeru Sato, Hitoshi Mizuguchi,** Kazunori Ito, Kentaro Ikuta, Atushi Kimura, Keiji Okada,

④当該論文の概要

- ・従来は、乳牛の胃で発生する亜急性ルーメンアシドーシス（SARA）の評価のためにルーメン内部に留置する有線式の pH センサーが用いられていたため、放牧しながらの高精度かつ連続的な計測や評価はできなかった。本研究では、ウシのルーメン内部の非常に厳しい条件の中で長期間 pH の日内変動のモニタリングを可能とする無線伝送式 pH 計測システムを開発しました。
- ・本研究では、ルーメン内部での長期計測に耐えうる構造や使用周波数等を初めて明らかにしました。無線伝送式 pH 計測システムは、ワイヤレス pH センサー、データ測定受信機、リレーユニット、モニタリングプログラム、パーソナルコンピューターから構成されます。
- ・本計測システムを用いることでこれまで不可能だった SARA の発症状況、その原因や予防方法などについて正確な分析を行うことを可能とただけでなく、商業的な酪農場での多様な研究に用いることを可能としました。

【研究者紹介】

(1) 佐藤 繁

国立大学法人岩手大学 農学部 共同獣医学科 教授

家畜生体用無線伝送式pHセンサーの研究において、獣医学の見地からのウシの第一胃（ルーメン）内部の環境条件や、pHの長期間モニタリングによる疾病、飼料成分等の関係について分析を行い、第一胃が酸性化した病態であるルーメンアシドーシス（SARA）等の防除に必要な臨床解析方法の研究を加速させ、本センサーの世界初の開発に貢献する成果をあげました。

(2) 水口 人史

山形東亜DKK株式会社 取締役・開発設計部長兼品質保証部長、岩手大学客員教授

家畜生体用無線伝送式pHセンサーの研究において、ルーメン内の化学的・物理的に厳しい環境下に長期間留置可能で、しかも最適周波数の電波帯を見出し、それらの条件をカバーするために必要な躯体やセンサーの設計、製造を担当し、本センサーの世界初の開発に貢献する成果をあげました。