



# 牛の受胎率向上と疾病予防のためのウェアラブル 生体センシング技術の研究開発

畜産スマート技術の開発

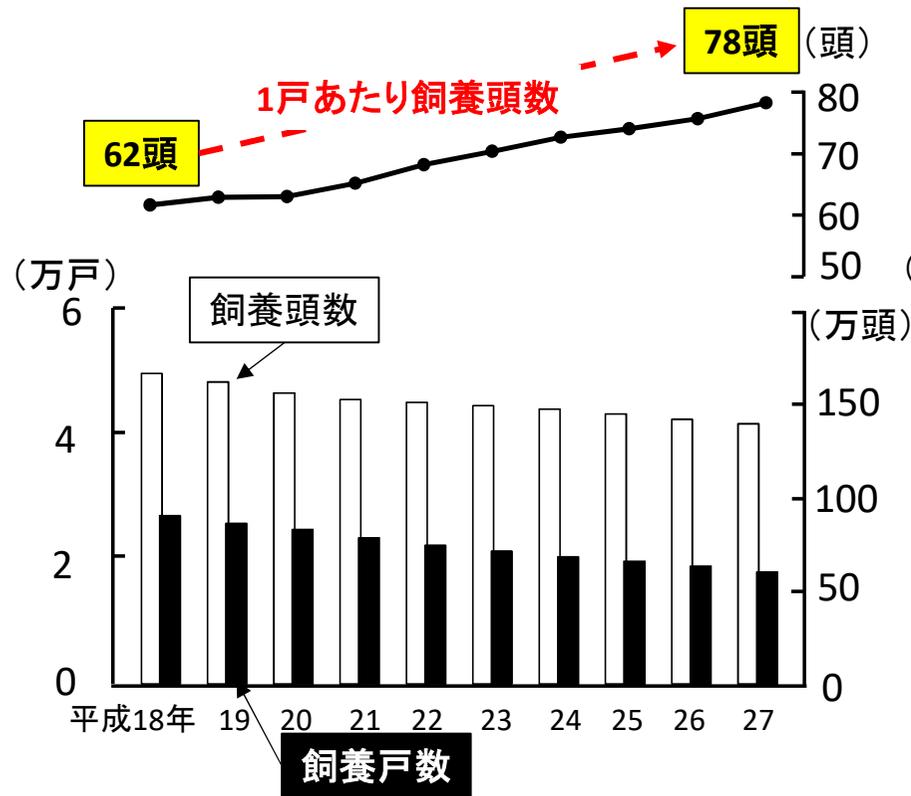
国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構  
動物衛生研究部門 病態研究領域  
新井 鐘蔵

# 日本の畜産農家の牛の飼養規模は拡大している

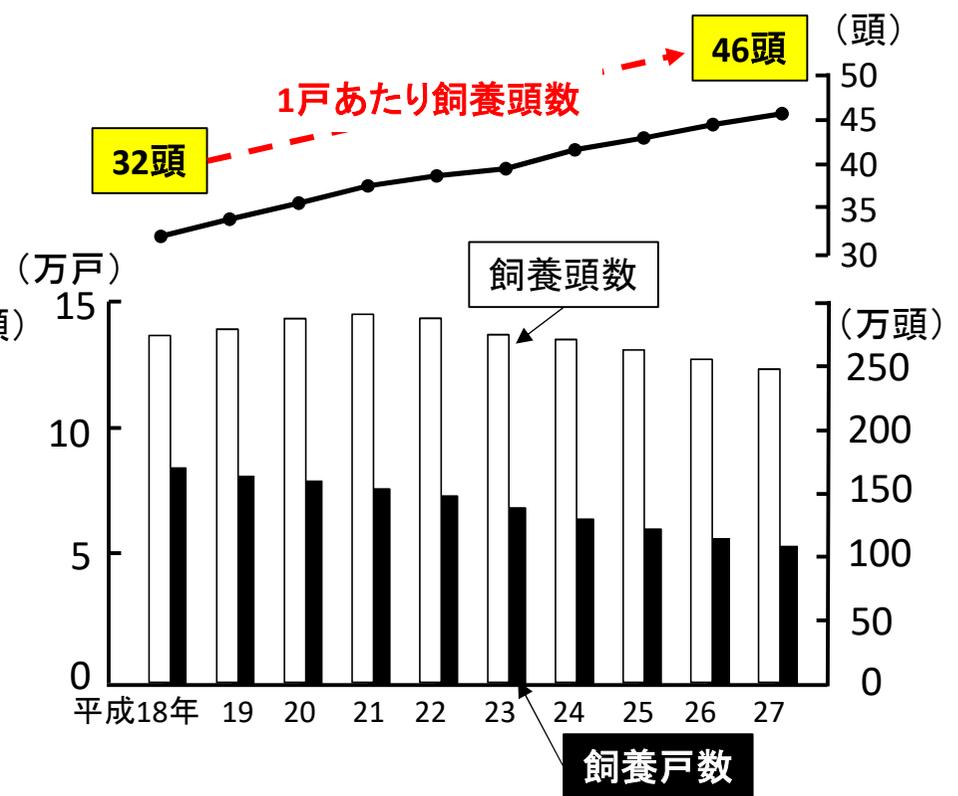


## 生産管理の省力化の技術開発は重要

### 乳用牛の飼養戸数・飼養頭数の推移



### 肉用牛の飼養戸数・飼養頭数の推移



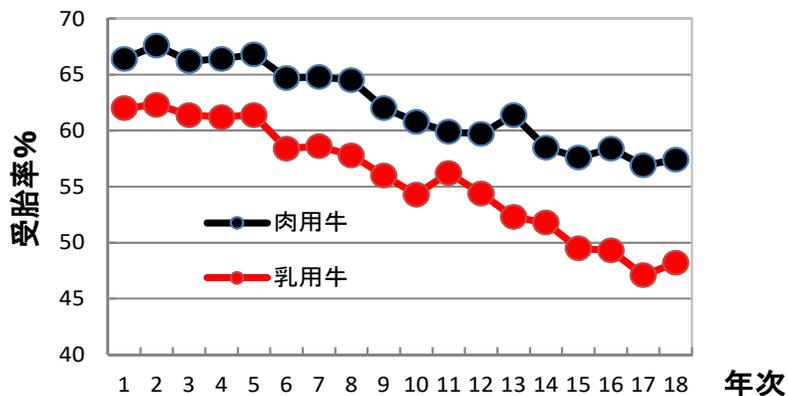
平成27年畜産統計(農林水産省)

# 牛の受胎率の低下と疾病の多発

牛の人工授精の受胎率が低下



- 優良な子牛の生産性↓
- 良質な牛乳の生産性↓



肉用牛・乳用牛の人工授精の受胎率の推移  
(2007, 家畜改良事業団調べ)

牛の疾病多発と経済的な損耗



乳牛・肉牛の疾病による被害

【平成26年度】

死廃事故頭数: 21万頭

病傷事故件数: 232万件

共済金額: 506億円 (死廃事故+病傷事故)

家畜共済統計表(農林水産省)

牛の受胎率低下と疾病多発は、畜産経営にとって大きな問題



早期発見が重要



牛の健康状態を個体ごとに「見える化！」

少人数で牛群管理・監視を可能にする畜産スマート技術の開発

# 動物用ウェアラブルセンサ

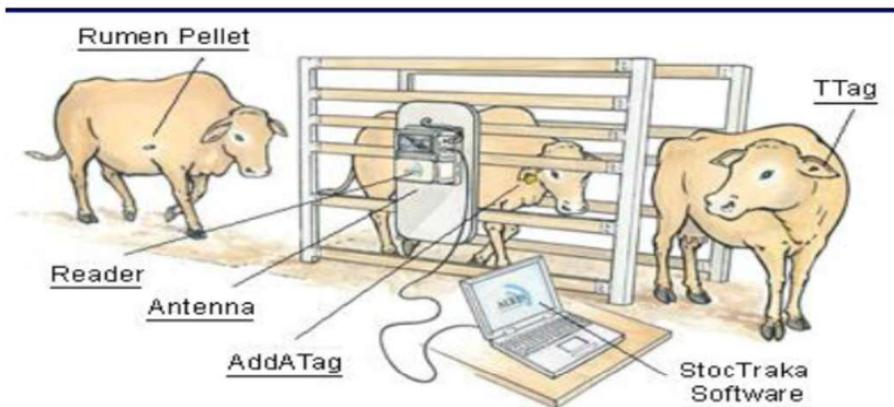
✓ 動物用ウェアラブルデバイスの代表的な製品は、**個体識別用のRFID**(Radio Frequency Identification)**タグ**で、米国、欧州、オーストラリアを中心に家畜やペットに普及している。

✓ 動物用RFID製品の生産量の国別比較

中国(45%)、米国(16%)、ドイツ(11%)、  
 カナダ(6%)、オーストラリア(5%)、スイス(5%)、  
 英国(5%)、ニュージーランド(2%)……  
 <低価格で単純な製品>

## RFIDタグの動物への用途

タイプ	対象動物
埋め込み型	ペットの犬・猫、魚類、馬
耳タグ	牛、豚、山羊、シカ
首輪型	牛、大型の野生動物



Sources Top Aleis, bottom left Nedap, bottom right...

(Wearable technology for animals 2015-2025: IDTechEx, 2014より引用)

**マイクロチップによる個体識別**  
 「動物の保護及び管理に関する法律」では、犬やねこなどの動物の所有者は、自分の所有であることを明らかにするために、マイクロチップの装着等を行うべき旨が定められています。また、特定動物（危険な動物）や特定外来生物を飼う場合には、マイクロチップの埋込みが義務づけられています。

- 動物の個体識別（所有者明示措置）に係る法律等の関係条文抜粋**
- 動物の保護及び管理に関する法律（昭和48年法律第105号）・抜粋
    - （動物の所有者又は占有者の義務等）
    - 第7条第3項 動物の所有者は、その所有する動物が自己の所有に係るものであることを明らかにするための措置として従属大臣が定めるものを講ずるよう努めなければならない。
  - 動物が自己の所有に係るものであることを明らかにするための措置（平成18年環境省告示第23号）・抜粋
    - 第4（2）動物の区分ごとの識別器具等の種類
      - イ 家畜動物等及び版示動物
        - ① 所有者の氏名及び住所を記載した首輪、名札等又は従属大臣が定める型に付されたマイクロチップ、人形、脚環等によること。なお、首輪、名札等経時的変化等により脱落し、又は消失するおそれの高い識別器具等を装着し、又は廃棄する場合には、補足的な措置として、正座敷印、マイクロチップ、脚環等のより耐久性の高い識別器具等を使用し、装着すること。
        - ロ 特定動物
          - 人の生命、身体又は財産に害を加えるおそれが高いことから、厳格な個体の管理が必要である特定動物については、原則としてマイクロチップ（危険に属する動物についてはマイクロチップ又は脚環）を装着することとし、（以下、略）

**ペットの身元証明として**  
 迷子、災害、事故などによって、毎年たくさんの犬やねこなどのペットが保護され、そのうちの多くは飼い主が見つかるままになっています。万が一の場合に備えて、飼い主が分かるようにしておくことは、飼い主の義務です。マイクロチップは、耐久性が高く、脱落しにくいいため、安全で確実なペットの身元証明になります。

**特定動物や特定外来生物を飼うときに**  
 「動物愛護管理法」や「外来生物法」によって特定された危険な動物（特定動物）やヤブカンムリや人の生命・身体、農林水産業などに被害を及ぼすおそれのある動物（特定外来生物）を飼う場合には、マイクロチップなどによる個体識別措置が義務づけられています。

**犬やねこを海外から連れて帰るときなどに**  
 犬やねこを海外から日本に持ち込む場合には、マイクロチップなどで確実に個体識別しておく必要があります。また、海外に連れて行くときには、マイクロチップが埋め込まれていないと持ち込めない場合があります。

**マイクロチップを知っていますか？**

突然の迷子、災害、盗難、事故……ペットは住所も名前もいえません。そんなとき、**マイクロチップ**は確実な身元証明になります。

環境省

発行：環境省自然環境局総務課動物愛護管理室  
 所在地：〒100-8975 東京都千代田区麹町1-2-2  
<http://www.env.go.jp/nature/dobutsu/aigo/>  
 制作：（社）日本動物保護管理協会  
 編集・デザイン：あすか工房  
 平成20年3月発行

〇お問い合わせ：ご質問にお応えするお電話受付、施設案内、お問合わせ窓口はコチラ

環境省

(環境省のパンフレット)

# 動物用ウェアラブルセンサの今後の見通し

✓ 今後、non-RFID (beyond RFID) の様々な機能を持った動物用ウェアラブルシステムの開発と市場の拡大が進むと予想されている。

＜動物の健康管理、病気の検査を可能にするような生体センシング技術＞

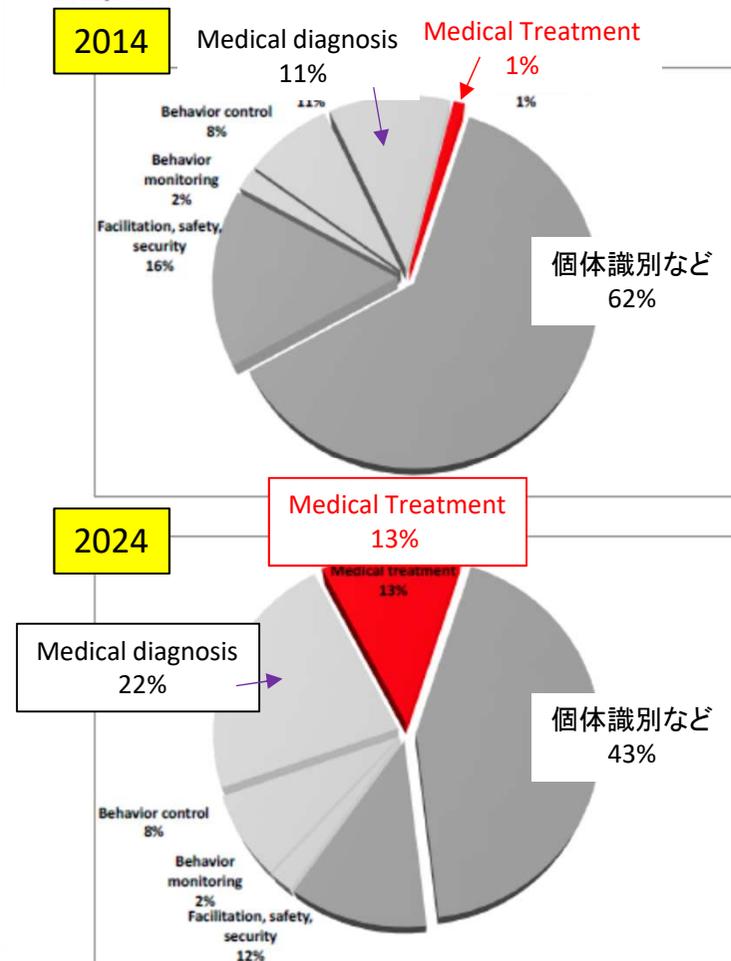
✓ 市場規模は、今後10年間で2.5倍に拡大する見通し

PETS		LIVESTOCK ENDANGERED SPECIES ETC
Behavior monitoring Behavior control Facilitation: autoentry and feeding	Tracking by GPS, camera etc Diagnostics temporarily fitted Safety Security	Diagnostics permanently fitted Diet control Medical treatment



(Wearable technology for animals 2015-2025: IDTechEx, 2014より引用)

Indicative trend of market value by function of wearable animal electronics including ancillaries and systems



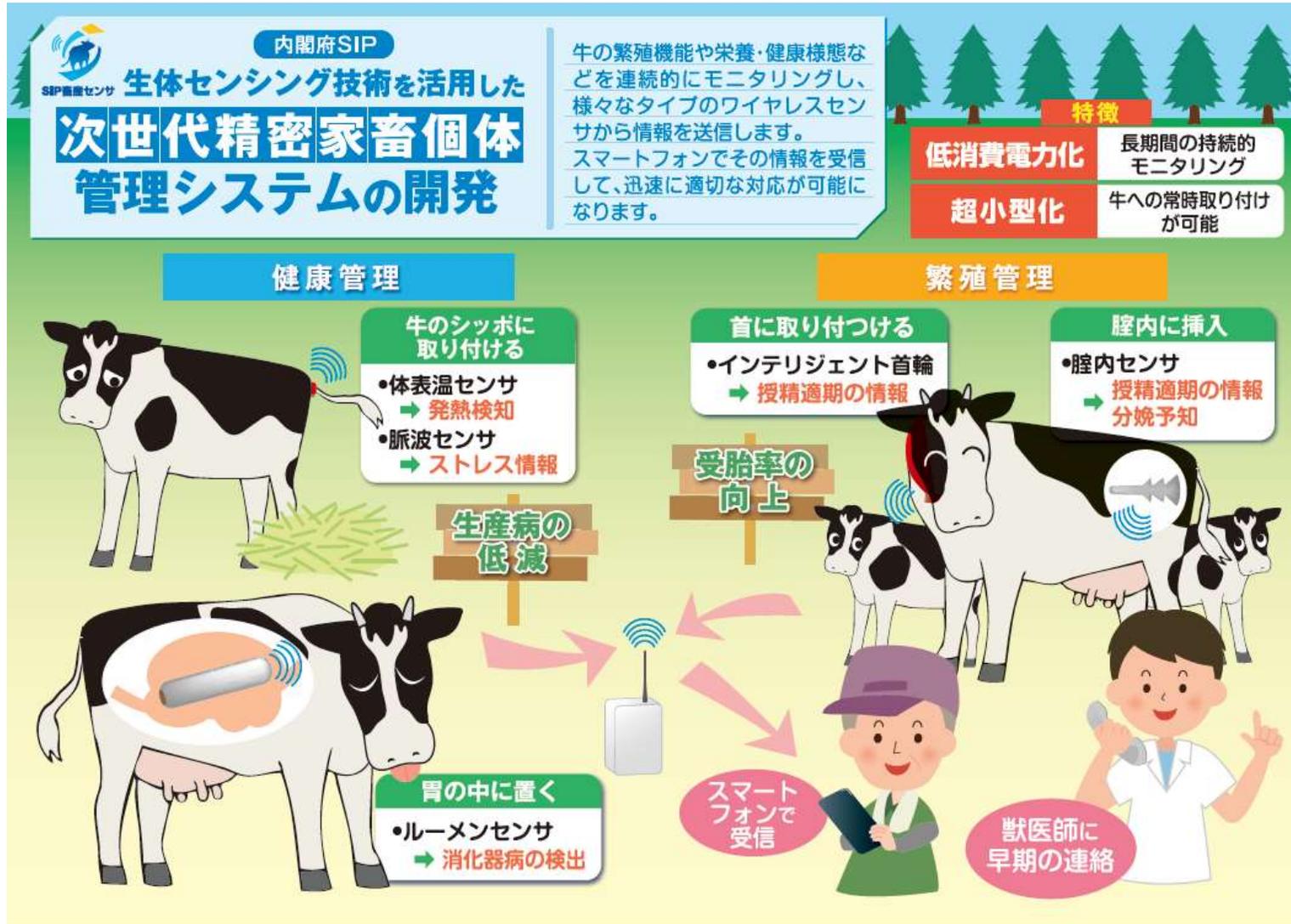
# 牛のウェアラブル生体センシング技術の開発

## 目標

牛の繁殖機能や健康状態を**常時モニタリング**できる、**実用的**なウェアラブル生体センシング技術の開発と製品化・普及



牛の人工授精の受胎率を15%向上、生産病の早期診断と治療費の半減





# 研究体制(産官学連携・農工連携)

基盤研究から製品化まで一体的に実施

## 【センサシステムの開発】

産業技術総合研究所  
九州大学

工学

## 【検査(診断)の基盤技術の開発】

農研機構 岩手大学  
東京大学 徳島大学

獣医学  
畜産学

## 【製品化技術の開発】

富士平工業 山形東亜DKK  
日本全薬工業 マイメディア

企業

## 【実証試験・普及技術の開発】

農研機構 北海道立総合研究機構  
酪農学園大学 兵庫県淡路農業センター  
信州大学 島根県畜産技術センター  
広島県立総合技術研究所

情報

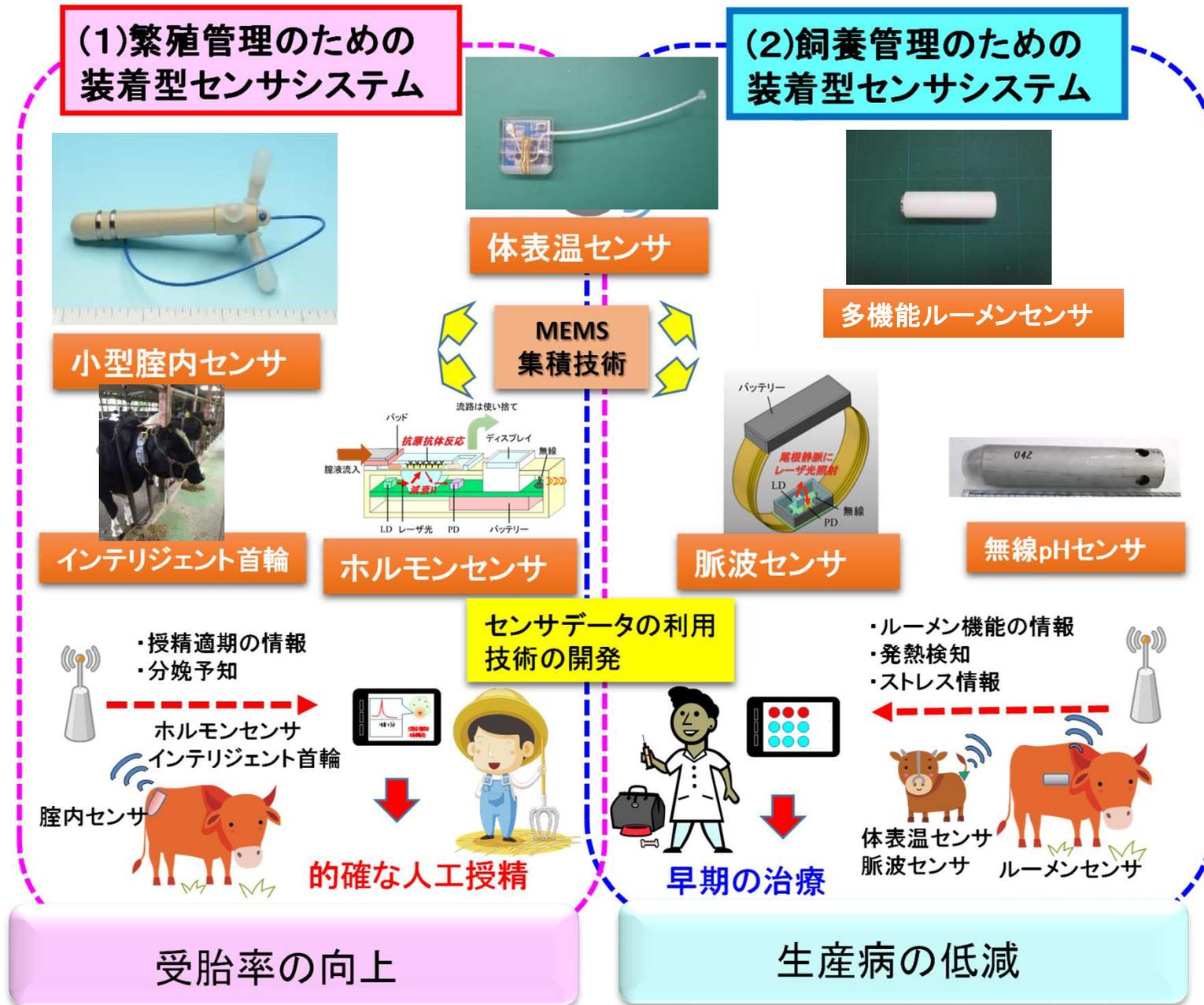
## 【調査】

マイクロマシンセンター

## 《協力機関》

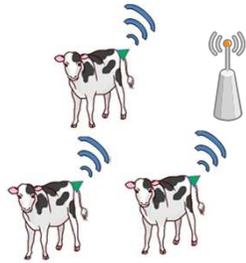
富士通 NOSAI東北家畜臨床研修センター 福岡県農林総合試験場  
オリオン機械 NOSAI道東 JA釧路太田農協 稲作産業 栃木県県央家畜保健衛生所

# 牛の各種ウェアラブルセンサ端末と利用技術の開発



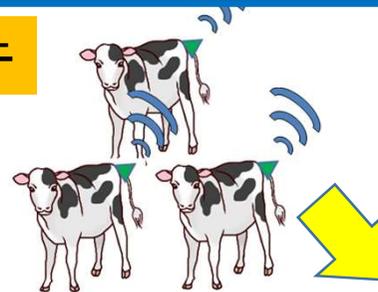
(2)健康管理のための  
装着型センサ システム

子牛



牛群編成

育成牛



肥育牛



①尾根部に装着するセンサ  
(体表温センサ)

○生後3ヶ月程度まで装着  
→子牛の肺炎(発熱)を早期発見

②尾根部に装着するセンサ  
(脈波センサ)

○牛群編成や給与飼料の切り替え  
→ストレス状態を早期発見・管理の適正化

③経口投与型ルーメンセンサ  
(ルーメン機能の検知)

○肥育開始～出荷まで(1回投与)  
→常時モニタリングで消化器病を  
自動検出・治療の効果判定  
→食欲や増体・肉質の制御

牛の生産サイクルに対応できる  
センサシステムを一体的に開発

子牛の誕生

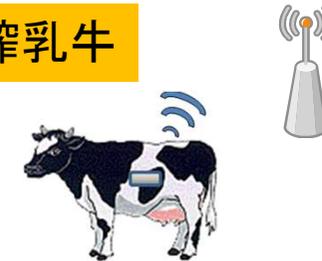


(1)繁殖管理のための  
装着型センサ システム

繁殖牛



搾乳牛



⑤腔内センサ(分娩予知)

○分娩間際の牛に装着  
(数日程度のモニタリング)  
→正確な分娩予知による分娩監視の軽  
労化・分娩事故の予防

④腔内センサ(授精適期の検知)

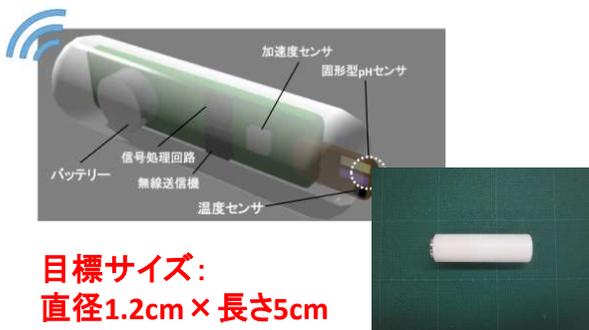
○人工授精を行いたい雌牛に装着  
(数週間のモニタリング)  
→排卵時期を予察して、授精適期を判定  
→受胎率向上と空胎日数の縮小

③経口投与型ルーメンセンサ  
(ルーメン機能の検知)

○搾乳開始～出荷まで(1回投与)  
→常時モニタリングで消化器病を  
自動検出・治療の効果判定  
→食欲や増体・乳量・乳質の制御

# 牛の健康管理に役立つ無線式ウェアラブルセンサの開発

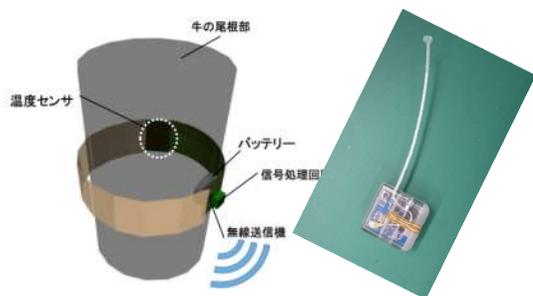
## 胃内留置型の多機能型ルーメン (第一胃) センサを新規開発



目標サイズ:  
直径1.2cm × 長さ5cm

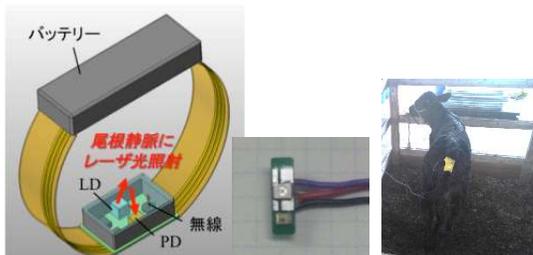
- 1) 長期間(2~3年)連続して胃運動や発酵状態(ルーメン液pH・温度)をモニタリングできる小型の無線ルーメンセンサを開発
- 2) 成牛のルーメン運動や食欲などの消化器機能が自動検出ができる技術を開発

## 尾部への装着型体表温センサを新規開発



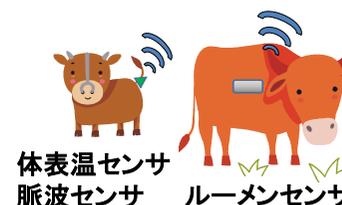
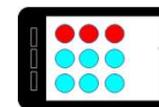
- 1) 必要期間連続して牛の体表温度をモニタリングできる装着型の無線体表温センサを開発
- 2) 子牛の発熱(肺炎など)を自動検出できる技術を開発

## 脈波センサを利用した装着型ストレスセンサを新規開発



- 1) 必要期間連続して牛の脈波をモニタリングできる装着型の無線脈波センサを開発
- 2) 牛群のストレスを自動検出し、飼養管理の適正化を実現

- ・ルーメン機能の情報
- ・発熱検知
- ・ストレス情報



的確な治療

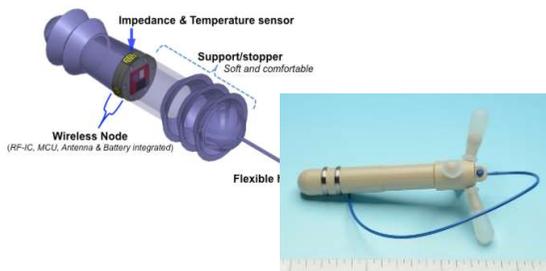


ルーメン機能や体表温の連続モニタリング技術の新規開発  
→生産病の早期診断と低減化

脈波連続モニタリング技術の新規開発  
→牛群の飼養管理の適正化

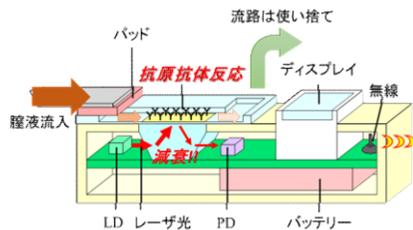
# 牛の繁殖管理に役立つ無線式ウェアラブルセンサの開発

## 留置型の小型腔内センサを新規開発



- 1) 繁殖周期(1ヶ月程度)連続して腔内電気抵抗値(及び温度)をモニタリングできる小型腔内無線センサを開発
- 2) センサを利用した排卵時期の高精度予察と授精適期を判定する技術を開発

## 携帯型の簡易ホルモンセンサを新規開発



- 1) 数種類の性ホルモン測定ができる携帯型ホルモンセンサの開発
- 2) 腔内センサと合わせて精度の高い分娩予知技術を開発

## 高効率アンテナシステムを用いた首輪型中継器を新規開発



- 1) 首輪中継器により畜舎内や放牧場で無線データの長距離送受信が可能なシステムを実現



授精適期の高精度検出技術の  
新規開発  
→受胎率の向上

精度の高い分娩予知技術の  
新規開発  
→分娩管理の負担軽減

## 【研究成果の一例】

### 小型腔内センサ



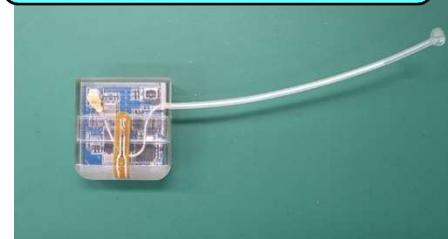
腔内に留置する

牛の排卵時期を予測



受胎率を向上

### 体表温センサ



体表(尾根部)に設置

体温を測定



- ・発熱(肺炎など)の発見
- ・分娩予知

### 小型ルーメンセンサ



胃内に留置する

胃の機能を測定



- ・胃の疾患を早期発見
- ・食欲評価

# ○牛の体温を持続的にモニタリングして健康管理

- ▶牛の体表温度を持続的にモニタリングできる無線体表温センサシステムを開発しました。
- ▶実験的に作出した肺炎牛の発熱状態を検出できる事が確認できました。



体表温センサ装着器具



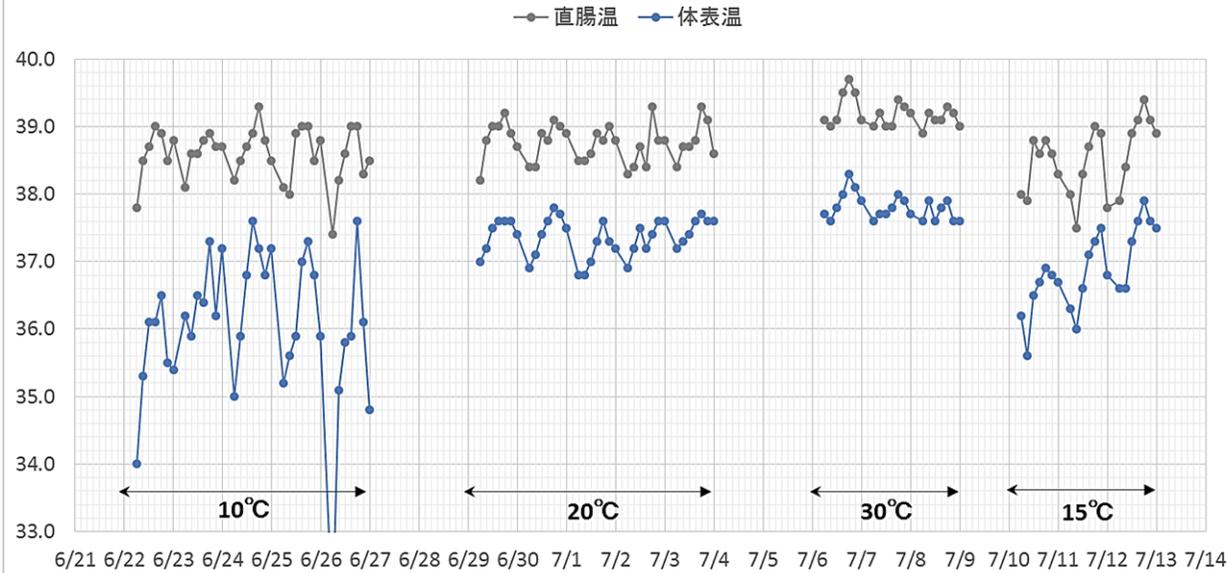
牛の尾根部に装着した体表温センサ

牛の体温を持続的に測定することで、肺炎など発熱を生じる疾患牛の早期発見が期待されます。



# 気温変化と体表温度変動の関係 (人工気象室実験)

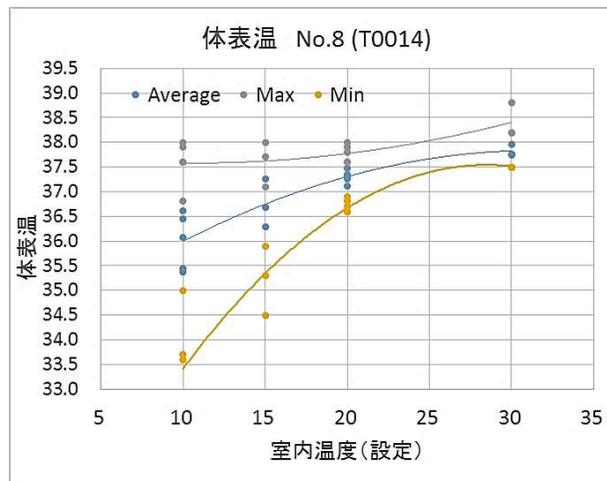
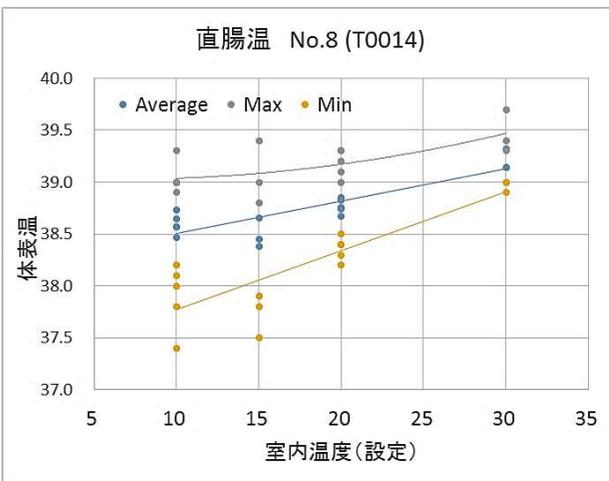
気温の変化が直腸温、体表温に与える影響 (No.8 T0014)



**日内変動パターン:** 直腸温、体表温ともに、6-9時に最低温、18-21時に最高温を示すという、同様のパターンを示す。

**1日最高温度:** 直腸温、体表温ともに、気温低下に伴い低下。しかし低温時でも最高体表温の低下の割合は小さい。

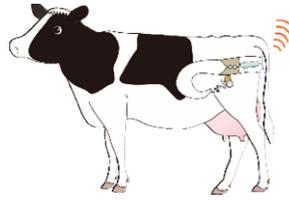
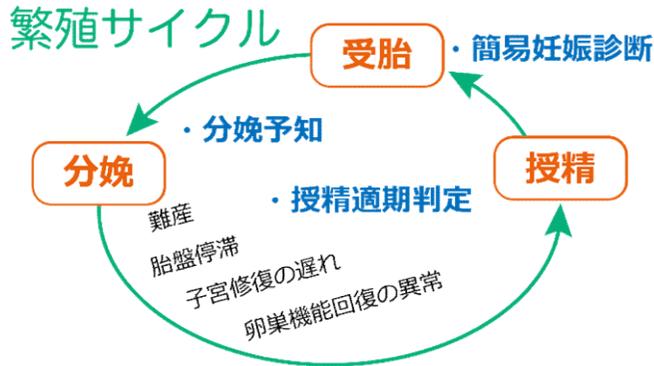
**1日最低温度:** 直腸温、体表温ともに、気温低下に伴い低下。特に体表温は低温時に著しく低下



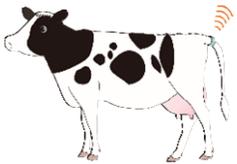
**日内変動:** 直腸温、体表温ともに温度低下に伴い拡大。特に体表温では低温時に著しく拡大

# ○腔内センサや体表温センサを活用した、牛の人工授精の 受胎率向上や安全な分娩を目指して

開発例

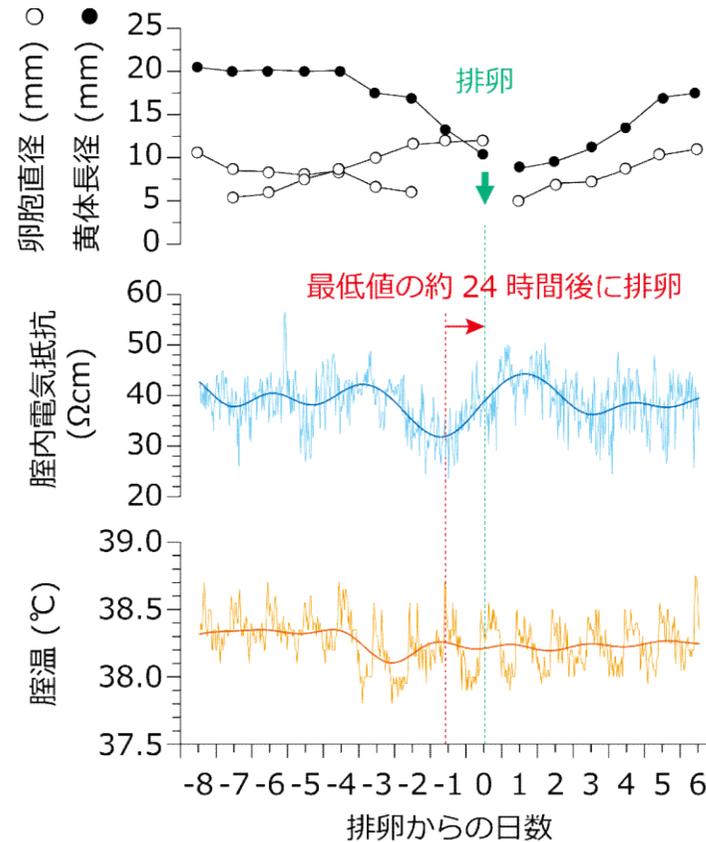
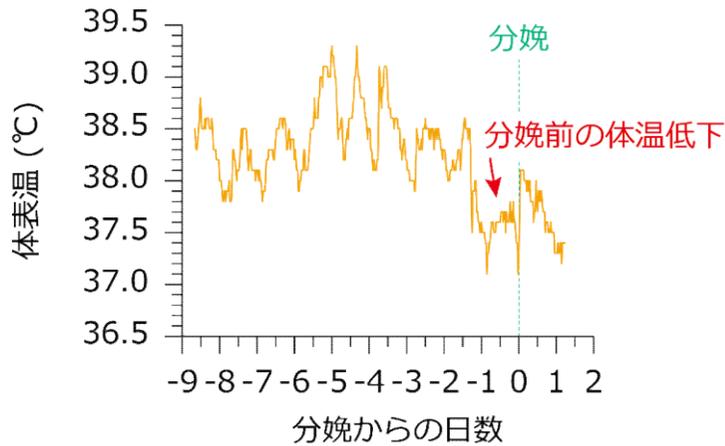


小型無線腔内センサにより腔内電気抵抗と腔温をモニタリングすることで排卵時期が予測できることを見出しました。



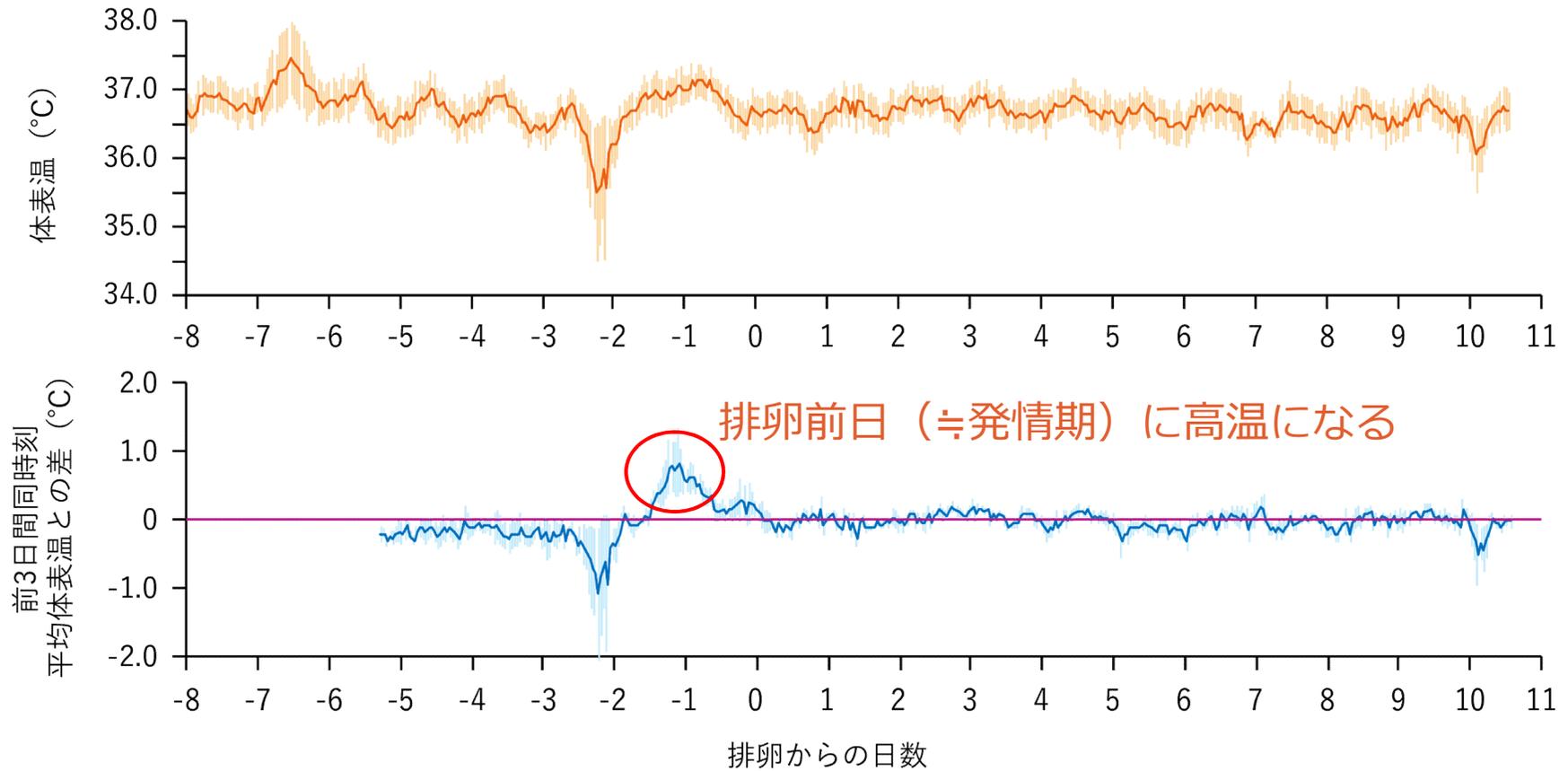
・発情周期の回帰

牛は分娩前に体温が低下しますが、尾根部に装着したセンサにより体表温をモニタリングすることで分娩予測をすることが可能です。



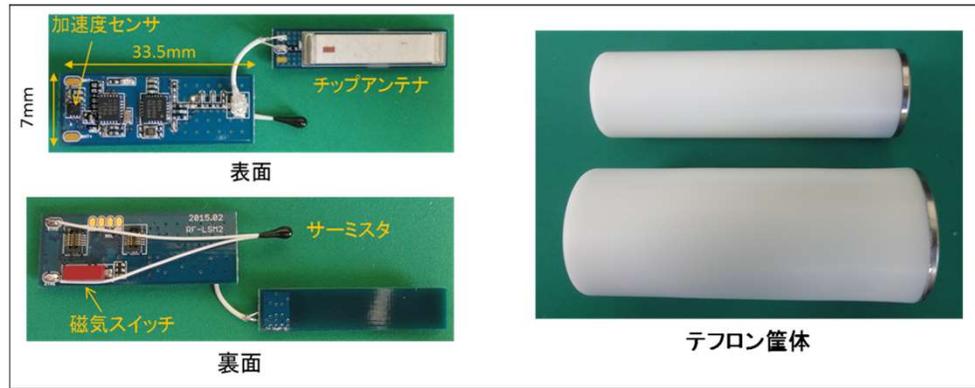
# 腔内及び体表温センサによる授精適期判定技術の開発（体表温センサ）

## 排卵前の体表温の変化と平均体表温との差異の推移（n=6）



尾根部腹側への装着

# ルーメン(牛の第一胃)センサ端末の経口投与



経口投与型のルーメンセンサ基盤 (左) テフロン筐体 (右)  
ルーメン (第一胃) の収縮運動  
ルーメン (第一胃) 内液の発酵状態

センサ端末、受信機、PC  
・センサ端末のスイッチON



センサ端末を筒に入れる



水を飲ませる



無線データの受信(計測)  
・ルーメン収縮運動  
・ルーメン液の温度

# ○牛のルーメン運動を持続的にモニタリングして胃の病気や食欲を監視

開発例

▶牛のルーメン(第一胃)運動やルーメン液の温度を非侵襲的に自動検出できる無線ルーメンセンサシステムを開発しました。

ルーメンセンサからの無線データの受信



センサの経口投与

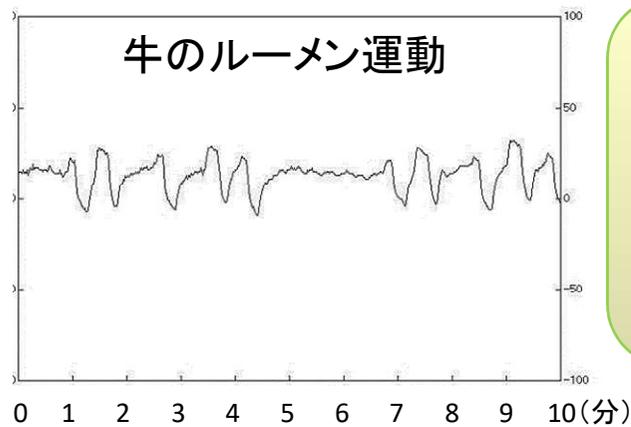
受信アンテナ

ルーメン内からの無線データ

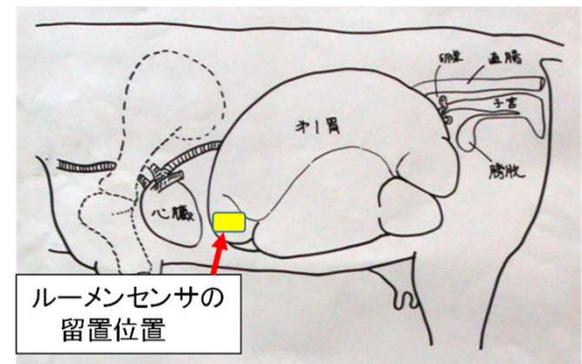
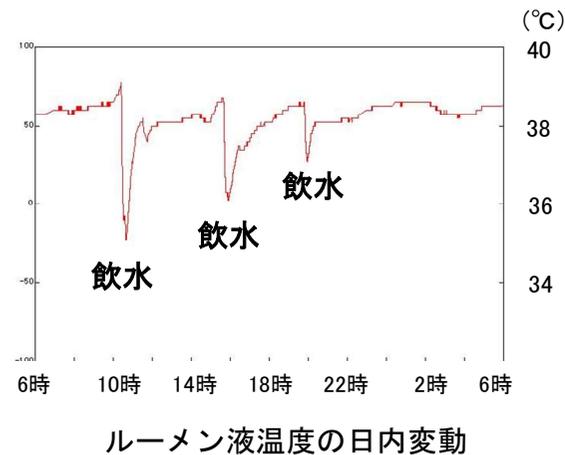


データ収集

センサ端末は胃内に持続的に留置される



牛のルーメン機能を持続的に測定することで、鼓脹症などの消化器病の早期発見や食欲など健康状態の把握が期待されます。



- 各**センサ**の**安定的モニタリング技術を開発**
- センサの活用による**人工授精の受胎率向上効果**の確認、**発熱・消化器疾患などの早期検出効果**の検証



社会実装に向けた  
実証研究を進める



各センサの無線システムを統合

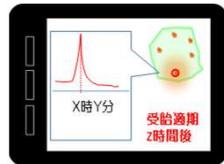
②首輪中継機から  
アンテナへデータ送信

無線アンテナ

ネットでデータを閲覧



③携帯回線等  
でサーバーへ送信



①各センサから  
首輪中継機へデータ送信



- ・生体情報(ビッグデータ)の収集、処理
- ・センサの安全性の検証(薬事法上)
- ・ニーズ動向

# ユーザ調査

- 各地域の繁殖農家、肥育農家へ現状課題、家畜個体管理システムに対して、アンケートやヒアリングによるニーズ調査の実施と研究開発へのフィードバック
- H27年度は**岩手県**と**広島県**の**ユーザアンケート調査**を試行的に**実施**
  - 岩手県飼養戸数<sup>1)</sup>:乳用牛(1,180戸、全国2位)、肉用牛(6,050戸、全国3位)
  - 広島県飼養戸数<sup>1)</sup>:乳用牛(191戸、全国23位)、肉用牛(733戸、全国18位)
  - 全国飼養戸数<sup>1)</sup>:乳用牛(19,400戸)、肉用牛(61,300戸)

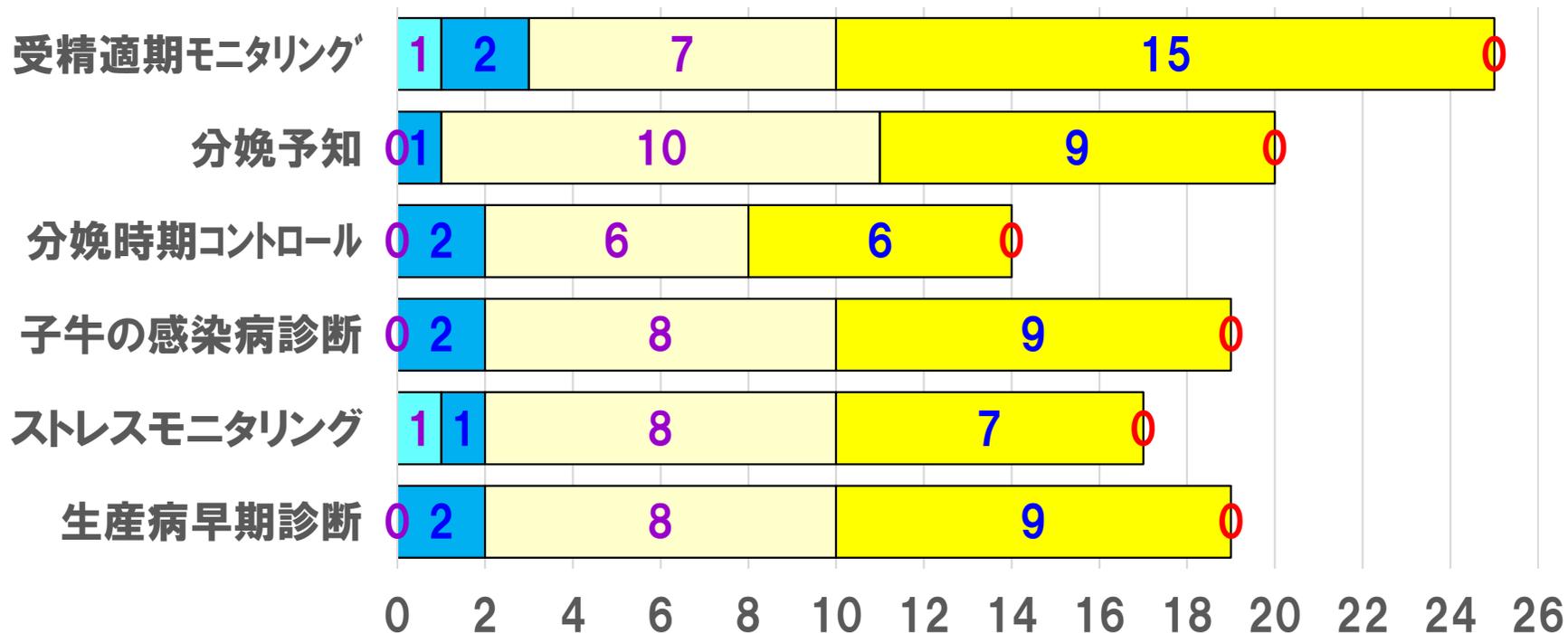


1) 畜産統計（平成25年2月1日現在）、農林水産省 大臣官房統計部）<sup>20</sup>

## アンケート結果（導入希望SIPシステム）

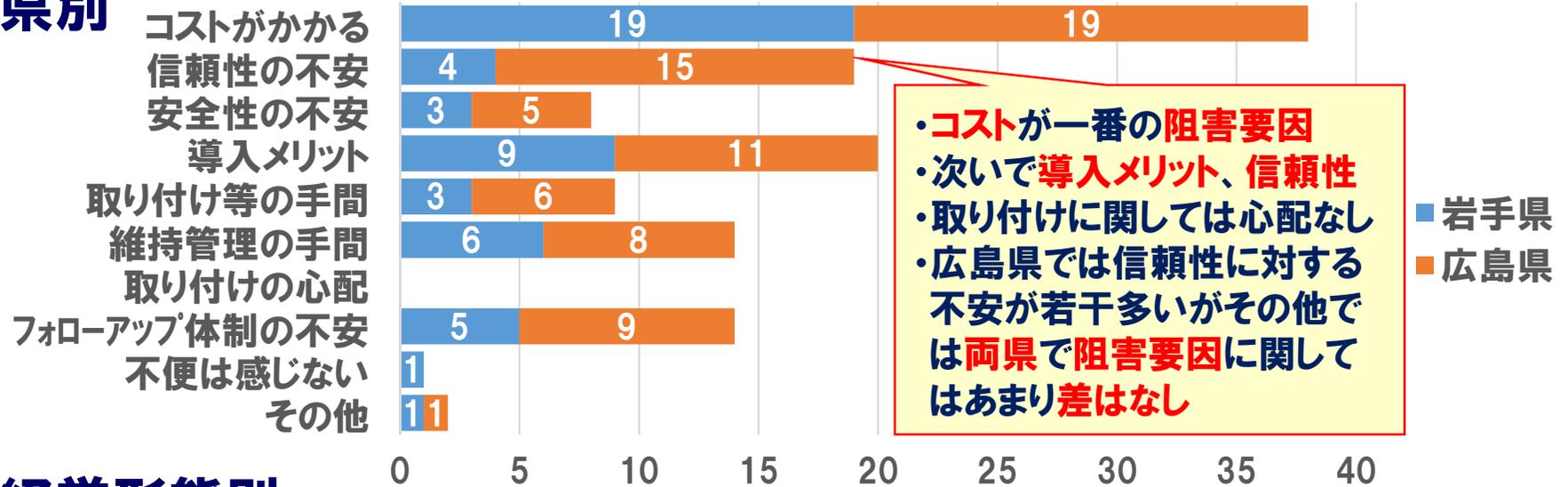
- ・センサシステムに興味がある農家へのアンケートではあったが、**全ての農家で何らかのSIPシステムを導入したいか効果があれば導入したい**と回答しており、SIPシステムへの**期待は大きい**。
- ・**最も人気のあったのは授精適期モニタリング**であり、最低の分娩時期コントロールでも全農家の1/3以上の農家が効果があれば導入したいと思っている。**広島県の方が導入したいが多く、SIPセンサシステム導入に積極的**である。
- ・41農家中、実証試験に積極的に協力しても良い農家は15農家、協力しても良い農家は20農家であり、**全体の85%以上が我々のセンサ実証に協力的**である(データ表示せず)。

□導入したい(岩手) □導入したい(広島) □効果があるなら(岩手) □効果があるなら(広島) ■導入したくない



# アンケート結果（センサシステム導入阻害要因）

## (1) 県別



## (2) 経営形態別



ご清聴ありがとうございました

