

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月27日現在

機関番号：	15501
研究種目：	若手研究(B)
研究期間：	2011~2012
課題番号：	23780257
研究課題名（和文）	暑熱下における家畜由来の温室効果ガス排出量モニタリングと実態評価
研究課題名（英文）	Monitoring and evaluation of global warming gas derived from dairy cow under heat stress
研究代表者	
	吉越 恒 (YOSIKOSI HISASHI)
	山口大学・農学部・学術研究員
	研究者番号： 10372757

研究成果の概要（和文）：近年の温暖化傾向により、特に暑熱ストレスを受けやすい乳牛では、暑熱対策が一層の課題である。一方、家畜の消化管内発酵由来のメタンは全球排出量の約25%を占め、農業分野では水田と並ぶ重要排出源である。そこで、夏季に暑熱の影響を受ける乳牛を対象に、畜舎全体を長期モニタリング可能な温室効果ガス排出量計測技術を用いて、環境インパクトに対する排出量変動評価の実証的研究を行った。周囲熱環境が牛体の生理状態に及ぼす影響とメタン・二酸化炭素排出量との関係を明らかにするため、二酸化炭素分析計を用いた排出量モニタリングシステムの構築を行い、ダイナミックチャンバー法によるガスフラックス評価手法の課題を整理した。畜舎内の風速が一定の条件下では、流入出ガスの濃度が安定し、フラックスを評価する手段としての可能性が示された。しかし、夜間では濃度差発現が小さく、精度よく測定するためには、施設内の流体解析等に基づく補完が必要であることがわかった。

研究成果の概要（英文）：The dairy cow is so heat stress-sensitive that countermeasures against recent global warming should be necessary in dairy farming. On the other hand, methane gas derived from dairy cow body, estimated to be 25% of global emission, is the major source along with the paddy rice cropping in agriculture. In order to reveal the influence of heat stress on methane and the carbon-dioxide emissions, which are exerted by the physiology state of a dairy cow, the monitoring system was constructed by using a carbon dioxide gas analyzer. The dynamic chamber method should be operated as far as certain flow conditions, otherwise a fluid analysis should be used during the night time to enhance the accuracy of the gas flux evaluation.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：農業工学、農業環境工学

キーワード：暑熱対策、温室効果気体

## 1. 研究開始当初の背景

反芻家畜の消化管内発酵由来のメタン排出量は、全球排出量の25%以上と推計される重要な排出源である。その推計基準となる原単位は、動物用環境調節室での調査に基づくも

ので、周囲環境による季節変化などの実態は不明な点が多い。従って、現場において長期モニタリングが可能な計測手法の確立が望まれていた。微気象学的手法を用い、時空間的精度を高める計測技術の開発を行った経

験と、トンネル換気型乳牛舎における熱環境と暑熱ストレス（牛体の熱収支）についての研究に関連して、当分野における研究動向と本課題の着想に至った。

## 2. 研究の目的

従来の牛体からのメタン排出量についての研究は、大型動物用環境調節室を用いた一頭毎の比較的短期間（1～3週間）の実験に基づくものであり、自然条件下や畜産現場における排出量値については実測例が非常に少ない。対象としたトンネル換気型乳牛舎は、風上側を開口し、風下側のファンにより全体を強制換気する有壁の畜舎である。本施設内は一定の気流があり、約70頭が気流方向にたなび飼いされる形態であるため、流下方向にメタン・二酸化炭素のガス濃度勾配を生じる。そこで流入と排気の濃度差からダイナミックチャンバーと同様、バルクの排出量（畜舎全体の平均的な排出量の通年データ）を計測する。また、同一の計測システムで呼吸量についても計測可能であるため、熱環境のモニタリングと併せて、通常飼養条件下の平均的な泌乳牛におけるメタン・二酸化炭素排出量の季節変化の実測をすすめ、季節的な排出量変動の実態評価、および暑熱環境下のメタン排出量と呼吸の関係について明らかにする。

## 3. 研究の方法

二酸化炭素・メタンガス分析計を用いた排出量モニタリングシステムの構築である。初年度および次年度において、分析計の運用試験とフラックス測定値の精度検証を行い、技術的問題点の整理と解決を順次進め、長期連続測定と計測手法の確立を達成する。現地において長期測定を行い、メタン排出量の季節変動を明らかにする。本研究は、「牛体熱ストレス時における温暖化リスクと対策法評価」研究と連携して行うこととしている。これらの環境データを同時に得ることで、周囲環境および牛体の生理状態がメタン・二酸化炭素排出量に及ぼす影響について解析を進める。

## 4. 研究成果

(1) 熱環境の解明：夏期晴天日におけるトンネル換気乳牛舎内の気温、露点温度、風速の経時変化（図1）は、終日強制換気を行うため、風速は約3m/sで一定であった。一方、牛舎内の気温は風下にかけて約+0.4℃と僅かに増加する程度であり、畜舎内の微気象環境に大きな差異はみられなかった（図2）。

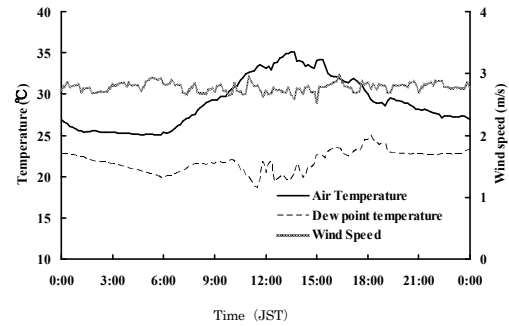


図1. 夏期晴天日におけるトンネル換気乳牛舎内の気象環境の日変化

暑熱ストレス評価に用いる THI (Temperature Humidity Index) について、トンネル換気型と従来型牛舎を比較した（図3）。両乳牛舎ともに日中80を超え、耐え難いストレスとされる範囲にあった。開放型に比べ、トンネル換気型は若干低く推移するが、両者の差は明瞭ではなく、THIで風速が異なる環境を表現できないことが示された。

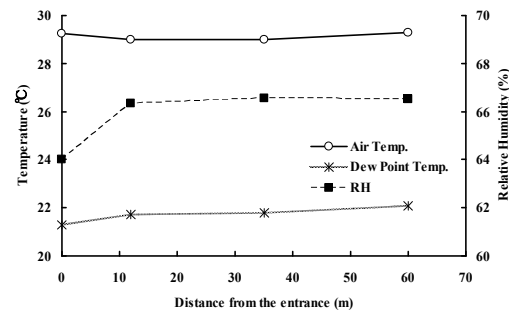


図2. トンネル換気乳牛舎の入口からの距離と各気象要素の変化

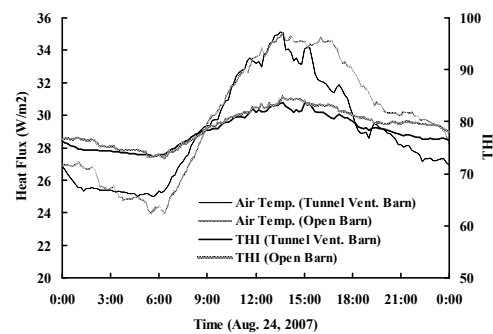


図3. トンネル換気乳牛舎と開放型牛舎の気温およびTHIの日変化

一方、両畜舎内の単位牛体表面あたりの熱放射量（頭熱放射量および放射熱伝達量）を試算した結果、トンネル換気型は開放型に比べ、放射熱伝達量で約2倍弱、対流熱伝達量では約4倍であった。

(2) ガスサンプリングシステムの構築

トンネル換気型牛舎の模式図を図4に示す、また、サンプリングシステムの概略図を図5に示す。フラックス計測のサンプルガスは、流入（風上側）、流出（風下側）および中間の3点において採取し、ガス分析計に交互に導入することで、濃度差を測定した。

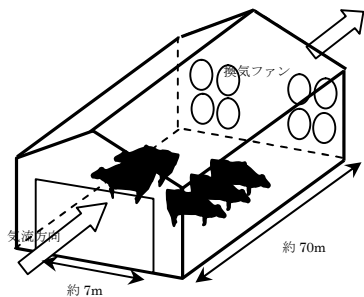


図4. トンネル換気型乳牛舎模式図

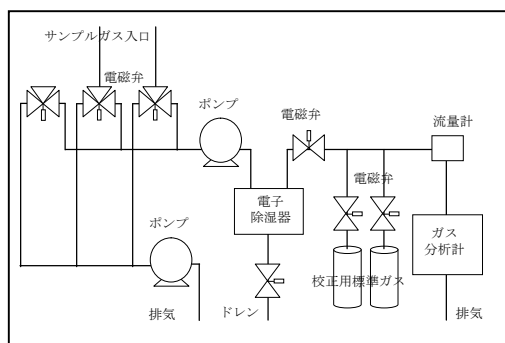


図5. ガスサンプリングシステム

メタンガスについては、連続的に計測できるFIDガス分析装置が予算の都合で入手不可能となっていたため、随時、手動によりサンプリングバッグに捕集したガスを調査したが、畜舎入口と出口のメタン濃度差で当初予想された約60~100ppbとならなかった。これは、流入する空気中のメタン濃度が、周囲の畜舎の影響で高いことが多かったためと推定され、本手法による計測が、周辺状況によっては困難となることがわかった。

そこで、CO<sub>2</sub>分析計によるシステムを構築し(図5)、ここでは、気流速と濃度差の変化からフラックスを推定することとした。本手法では、厳密には、畜舎内の換気率を考慮しなくてはならないが、現地でも運用可能なSF<sub>6</sub>などを用いた分析計による直接計測ができなかったため、畜舎内に定置した風速計のデータによって代表させることとした。

(3) フラックスシステムの運用

図6に畜舎内の風速の経時変化、および図7にフラックス(推定値)の経時変化を示す。畜舎内の風速は、日中の気温上昇に伴って、通気用ファンの強弱が段階的に変動するた

め、夜間では約1.0m/s程度で運用されるが、日中では2.0~2.7m/sとなるように、非常に強い換気が行われている。さらに、秋季に気温が20℃程度まで低下した場合には、換気ファンを作動させることは少なく、その場合の風速は0.5m/s以下となった。二酸化炭素の濃度差では、1.0~2.0m/sでは、10~30ppm程度の濃度差となったが、風速が大きい場合には濃度差が非常に小さく、また風速が非常に小さい場合には、非常に大きな値となるため、フラックスの推定値が過大となり、スパイク状のノイズなどのデータの扱いが非常に難しいことがわかった。

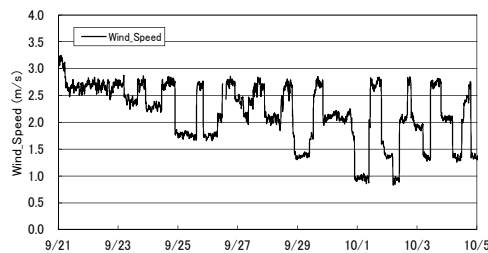


図6. 畜舎内風速の経時変化

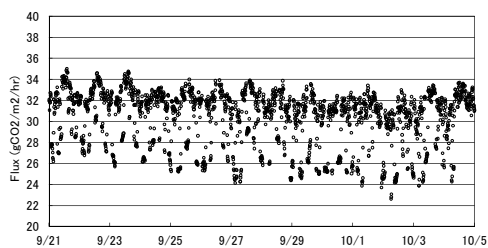


図7. 畜舎内CO<sub>2</sub>フラックスの経時変化

上記の結果を総合して、トンネル換気型の牛舎においては、その平均通風の流速が1~2m/s前後の場合、すなわち春季~夏季の日中と夜間では、ある程度、放出量の評価が可能と推測された。しかし、弱風速や夜間などの条件下では、濃度差の把握が困難であり、正確なフラックスの長期評価には、別途、牛舎内の空気混合と換気状態を推定するなどの方法を用いることや、例えば、渦集積法のように平均化時間を長くするとといったノイズを低減する手法を用いる必要があることが示唆された。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉越 恆 (YOSHIKOSHI HISASHI)

山口大学・農学部・学術研究員

研究者番号: 10372757

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：