

酪農場における乳生産の安定化のための 飼養/労働環境改善に向けた検討

岩月 宏樹¹・石川 志保²・石井 一英³・落合 知⁴

¹北海道大学大学院 工学研究院 環境創生工学専攻 (〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目)
E-mail: iwatsuki.hiroki.u5@elms.hokudai.ac.jp

²酪農学園大学准教授 農食環境学群循環農学類(〒069-8501 北海道江別市文京台緑町 582 番地)
E-mail: shiho@rakuno.ac.jp (Corresponding Author)

³北海道大学教授 大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目)
E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp (Corresponding Author)

⁴北海道大学特任助教 大学院工学研究院 (〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目)
E-mail: satoru-ochiai@eng.hokudai.ac.jp (Corresponding Author)

酪農業において乳量の安定化のための牛舎環境は重要である。本研究では 1) 乳量安定化対策として牛舎の空気環境、2) 搾乳時間に基づく作業性を検討した。牛舎内に温湿度センサを設置し、暑熱ストレスの指標である THI を算出し、 $THI \geq 72$ を閾値として乳量への影響を調査した。搾乳作業の評価は、作業時間を調査し、搾乳経験の違いによる作業時間と乳量変化を調査した。全 16 頭の乳牛は、THI による乳量削減量と乳量の多寡 5 つに分類され、牛舎全体で約 30%の乳牛に暑熱ストレスによる搾乳量低下が見られた。すなわち、乳牛の飼養環境において空気環境と乳量を考慮した飼養配置が牛舎全体の乳量の低下を防ぐことができると示唆された。また、搾乳作業準備時間が短い時に搾乳量は多い傾向であったことから、搾乳準備時間を短縮化することがもう一つの対策であることが示唆された。

Key Words: animal welfare, daily farm, heat stress, milking, THI

1. 序論

現在酪農では、飼養戸数は減少している一方で飼養頭数は増加しており、大規模化が進んでいると言える。しかし、規模に応じた体制が整っておらず、設備投資の負担や限られた労働力による適切な固体管理、深刻な人手不足などが課題となっている。人手不足の解決方法として、機械化や酪農ヘルパーなどの外部委託が挙げられ、北海道において酪農ヘルパーを利用している農家の戸数は飼養戸数の減少とともに年々減少しているが、1 戸当たりの年間利用日数は、平成 25 年度では 20.86 日、令和 2 年度では 23.57 日と増加している¹⁾。また、酪農ヘルパーの研修期間はおよそ 2 週間であり技術が未成熟なまま現場に出る場合もあると考えられ、作業のもたつきなどが起こり乳量が減少してしまう恐れがある。酪農の収入の多くは乳であり、搾乳量は収入量と同義であることから作業のもたつきは無いほうが好ましい。

さらに酪農は他の畜産と比較しても長時間労働であるという問題を長年抱えている。1 日に 2 度以上の搾乳や清

掃、飼料作りなど多くの作業があることや、作業のもたつきの蓄積、家族経営が 95%を占めている酪農²⁾には農業適用除外 6 項目が適用され労働時間に制限がないことが理由であると考えられる。長時間に及ぶ作業や施設管理のコストは、人にも環境にも負荷がかかることから労働時間の短縮化が求められている。以上のことから、作業時間を短縮化したうえで乳量を安定化することができる方法が必要である。そこで本研究では、乳量の安定化と作業時間の削減という 2 つに着目した。

また、近年は地球温暖化の影響により気温の上昇により乳牛の適温域である 4°C~24°Cを外れるとストレスを感じ乳量が減少するため、暑熱対策を行う必要がある。しかし、その対策方法は、牛舎全体でのミスト散布や換気扇の取り付けなど初期投資額が大きく、運転に必要なエネルギー投入量が大きくなり、環境負荷の増加が見込まれる。そこで、資源投入量を抑えた状態での生産量の増加が最も望ましい対策と言える。さらに、近年は日本でもアニマルウェルフェアに配慮した飼養管理が求められるようになっており、その指針として、物理的、熱の不快

さからの自由があげられており、対策は必須であると考えられる。

そこで本研究の目的を以下のように設定した。

- ①暑熱ストレスの評価手法を用いて乳量変化を明らかにし対策を検討する。
- ②経験回数の違いによる作業時間の見える化と搾乳作業時の作業者の違いによる乳量への影響を考察する。

2. 暑熱ストレスが乳量へ及ぼす影響

(1) 研究および研究対象

a) 暑熱ストレスの計測方法

温湿度とCO₂センサを牛舎内の梁に複数箇所取り付け、空気環境を毎分計測した。そして、得られたデータを用いて以下の式より毎分のTHIを1)式より算出した³⁾。

$$THI=0.8 \times AT + 0.01RH \times (AT - 14.3) + 46.3 \quad 1)$$

ここで、AT: 周辺温度(%) RH: 相対湿度(%) とした。

b) 対象牛舎及びセンサ情報

各種センサは図-1 のとおりに設置した。

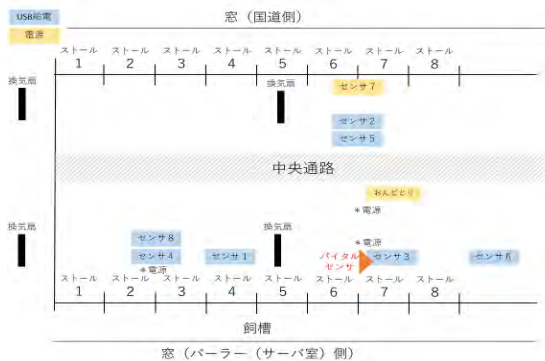


図-1 牛舎に設置したセンサの位置

センサ性能を評価するため、JIS規格に準拠する「おんどとり」と汎用性の高いセンサを設置した。それぞれのセンサの様子は以下の通りである。

おんどとり：JIS規格に準拠するセンサ

センサ1～6：自作センサ(1.2.3は温湿度とCO₂を計測。

4.5.6は温湿度のみ計測)

センサ7：Amazon-CO₂ センサ8：K30-CO₂

(2) 暑熱ストレス評価

本節では、THIを算出し乳量へ影響を検討、そして乳量減少を抑える方法を考察した。既往研究によるとTHIは72以上になると乳量は減少し、2～3日後影響が現れる⁴⁾

ことから影響の遅効性についても併せて評価をした。

a) 対象期間のTHI

THIを調査するにあたり、THIが高くデータロス数の少ない7月2日のセンサデータを用いて各センサの特性を評価したところ、おんどりのみ低く推移し、特にセンサ5は湿度が100%の時間が9時間24分間あった。換気扇の位置によって湿度が変化する可能性とセンサの電圧キャリブレーションが正確に行われていないことが示唆された。なお、本実験ではTHIに相対湿度を用いるため、おんどり以外のセンサの不正確性を考慮して、正解値であるおんどりデータを牛舎の空気環境値(正解値)とした。乳牛はTHIが68以上でストレスを感じ始め、72を超えるとTHIが1上がるごとに乳量が0.88kg低下する⁴⁾ことから、本研究ではTHI≥72を指標とした。そこで以下に68と72を超えた日数を表-1にまとめた。7月と8月にTHIが高い日が多いことから、主に7月及び8月のTHIの経時変化及びならびに乳量変化を考察する。

表-1 各月のTHI68以上、72以上の日数

| | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 |
|----------|----|----|----|----|-----|
| THI≥68日数 | 5 | 25 | 22 | 13 | 1 |
| THI≥72日数 | 0 | 16 | 14 | 0 | 0 |

b) 7月に着目したTHIと全頭乳量の変化

図-2にTHIと全頭乳量平均の日変化を示す。特に後半は全ての日でTHI≥72であり、7月は前半と後半で72を境界にTHIが分布しており暑熱ストレスの影響が判断しやすいと考えた。また、牛舎では治療や分娩などでストール間に移動があるが、1か月という期間ではストール間での牛の移動が少ないため各牛の乳量変化の調査ができる。そこで、7月に着目して乳量とTHIの影響を調査した。

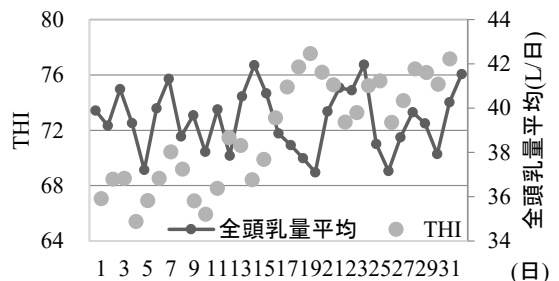


図-2 7月のTHIと乳量の経時変化

c) 個体別の標準化した乳量変化の調査

6月の各牛乳量データの平均を求め、日常的に各個体

からとれる平均乳量とみなし、7月における各牛の乳量変化を調査するための基準値とした。そして、各個体の平均乳量と標準偏差をもとに7月の乳量を標準化し、平均乳量からの乳量変化を値として見られるようにした。(以下、その乳量変化値を標準得点とする。)標準化とは、データを平均値0,標準偏差1となるように変換することである。6月を基準とした理由は、7月の飼養配置とほぼ同じであり、乳量の調査を実施し易いことと、THIが72を超える日が見られなかった(表-1)ことがあげられる。標準得点を求め変化量を捉えたところ、乳牛は7月後半にかけて乳量上昇、ほぼ一定、乳量減少の3つの乳量変動タイプにグループ化することができた。図-3にその3種類の標準得点変化の例を示す。また、全16頭の牛の変動タイプの内訳を表-2に示す。

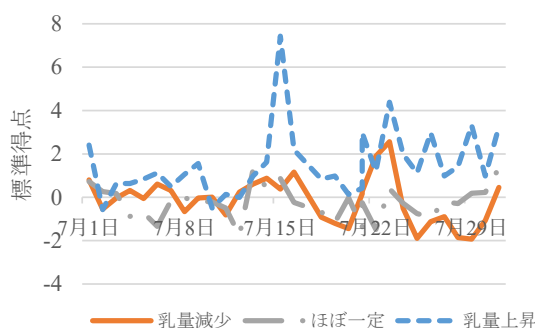


図-3 標準得点変化の例

表-2 乳量変動タイプの内訳

| 乳量上昇 | ほぼ一定 | 乳量減少 |
|------|------|------|
| 5頭 | 5頭 | 6頭 |

これより $THI \geq 72$ の環境下では、約35%の乳牛が暑熱ストレスの影響により乳量を減少させている可能性が示唆された。牛舎には、乳量の多い牛(乳量スコアの低い牛)、乳量の少ない牛(乳量スコアの低い牛)があり、乳量の多い牛のほうが乳量の日変動が大きい傾向にある。そこで、6月をもとにした各乳量スコアをもとに牛舎全体の乳量平均を出し、牛舎全体での乳量平均を39.37(L/日)とした。そこで、平均からの差を求め、乳量平均(L/日)から ± 2 (L/日)を基準に各牛の乳量の多寡を調査した。表-3にその内訳を示す。

表-3 乳量の多寡の内訳

| 乳量が多い | ほぼ平均 | 乳量が少ない |
|-------|------|--------|
| 7頭 | 2頭 | 7頭 |

以上の表-2,表-3より、マトリックスを作成したところ暑熱ストレスの影響を受ける牛は、表-4に示すように

5つにグループ化することができた。

表-4 $THI \geq 72$ での乳量への影響とグループ化

| | 乳量が多い | ほぼ平均 | 乳量が少ない |
|------|-------|------|--------|
| 乳量上昇 | 3頭 | | 2頭 |
| ほぼ一定 | 1頭 | | 4頭 |
| 乳量減少 | 3頭 | 2頭 | 1頭 |

乳量上昇とほぼ一定を暑熱ストレスによる影響を受けなかったとした場合(頭数)、表-5に示す通り5つにグループ化することができた。

表-5 暑熱ストレスの影響を受ける牛と受けない牛のグループ化

| | 乳量が多い | ほぼ平均 | 乳量が少ない |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|
| 暑熱ストレスの影響を受けない | グループ 1(4頭) | | グループ 4(6頭) |
| 暑熱ストレスの影響を受け乳量が減少 | グループ 2(3頭) | グループ 3(2頭) | グループ 5(1頭) |

(グループ5の1頭に関しては、データの取得が半月のみであったため考慮しないこととした。)

上記のグループ化と標準得点の変動より、乳量スコアが高い牛が特に暑熱ストレスの影響を受けていることが分かった。乳量スコアが高い牛に焦点をあてた暑熱対策は、牛舎全体への暑熱対策よりも小さい規模で行うことができ、省エネ化に大きく貢献すると考えられる。現在の暑熱対策は送風機やミスト、冷房といった水や電力を消費するものが主流である。つなぎ飼いの牛舎であれば、各個体の管理が可能となるため乳量スコアの低い牛のストールに対策を講じるだけで乳量の安定化に繋がり、場所の変更や、特定の牛のみへの対策で搾乳量を安定化できることは初期費用の削減につながり、多くの酪農家にとって有益なものであると考えられる。

3. 作業時間の変化と乳量への影響

(1) 研究方法

酪農学園大学の作業者を対象に10月10日~12月1日まで週に1度、現地調査をおこなった。作業者は、平日は朝晩で4人、昼は1人で土日は朝晩が2人、昼は1人で酪農学園大学の学生と、とわの森三愛高等学校の学生によって行われ1週間ごとに交代する。また、酪農学園大学における作業スケジュールは以下の通りである。

- ・9:00~10:30掃除・ベッドメイク

- ・10:30～12:00 給餌
- ・13:30～14:30 給餌
- ・14:30～16:00 掃除・ベッドメイク
- ・16:30～17:30 給餌・搾乳

調査対象期間の始め2回はその全ての時間の作業内容について作業時間調査を行ったが、掃除やベッドメイクは人によって作業手順や清掃具合に差があり、全ての情報を収集することは困難であったため今回は搾乳について着目した。調査期間は11月で対象者は12人であり、乳量の調査をするにあたって暑熱ストレスの影響を受けないものとした。これにより、暑熱ストレスによる影響と、搾乳作業による影響を分離して調査することができ、本研究で検討した乳量への影響因子を分離し、作業時間による影響のみを考察できることとした。

(2) 作業内容及び作業時間に関する調査結果

搾乳作業は作業に不慣れと考えられる高校1年生によって行われた。多くの人が夏休みに搾乳作業の実習を行っており、本研究における搾乳作業経験回数は夏休み実習後何回かをヒアリングし、「3回目の水曜日」であれば、

$$(\text{過去2回}) \times (\text{5日間}) + (\text{今週3日目}) = 13 \text{回}$$

と設定した。また、実家が酪農家であるかも加えて聞いた。次に、搾乳作業手順について前項同様説明する。酪農学園大学では、プレディップ・タオル2枚拭き方式で、ミルカーはパイプラインミルカーを使用していた。⁵⁾

- 〈前しぼり〉乳頭刺激
- 〈プレディッピング〉乳頭の殺菌など
- 〈乳頭清拭(WET)〉乳頭に付着した汚れを拭きとる
- 〈乳頭清拭(DRY)〉同上
- 〈ミルカー装着〉搾乳機の取り付け
- 〈ミルカー離脱〉自動
- 〈ポストディッピング〉搾乳後の乳を洗い流す、乳頭の保護など

1日当たり2人の作業者が搾乳を行い、各作業時間の計測としては一人当たり取得できた3頭分の搾乳作業時間データを平均化した。全16頭のうち3頭分のデータは少ないが、二人で作業を行うため同じ牛に対して2人の作業時間による搾乳合計時間が多かったためであった。また、各作業の時間は、乳頭に触れてから4つの乳頭に対して作業を終えるまでの時間を計測し、途中で乳牛が暴れたなどで作業が中断された場合も継続して時間を測定した。なお、乳頭清拭はこれよりタオル拭きと表記する。

(3) 作業内容及び作業時間に関する考察

作業経験回数の最多は24回目で最小は8回目であった。また、多くの対象者の実家は酪農家であり、作業経験

がある可能性が見られた。ポストディッピングは作業以外の人が行っている場合や計測が難しい場合から多くの作業者がND(No Data)となった。次に各作業の作業時間平均をとり、搾乳作業における時間の割合について図-3示す。

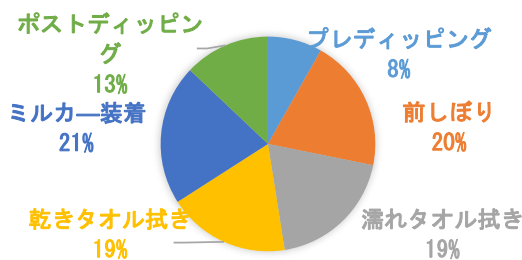


図-3 各作業時間

ディッピング作業以外がほぼ均等に作業時間を占めていることが分かった。次に、各工程で計測した作業時間の中でも最も関連の大きかったタオル拭きについて図-4示す。

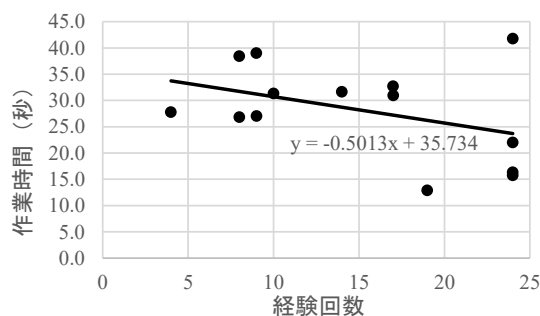


図-4 タオル拭きと経験時間の相関

タオル拭きでは、経験回数が増えるほど作業時間が短縮する傾向にあると考えられた。さらに、作業業者によっては乾きタオルと濡れタオルを分けていないか、濡れタオル拭きのみ行っており、作業時間がタオル拭き一回分で終わる場合があった。慣れによるものではなく、タオルの枚数による違いであれば濡れタオル1枚で完結させることが作業時間の短縮化に繋がるが、タオル拭き後の乳頭の汚れ具合も考慮しなければいけなく、今後の課題として検討していくべきであると考えられる。そして、乳牛から最大量乳量を探るためには、前しぼり後から1分～1分半でミルカーを装着することが理想⁶⁾であるが、ミルカー装着後にミルカーが外れてしまうことによって搾乳が中断され搾乳時間自体が伸びてしまうことがある。つまり搾乳準備や搾乳時間が長時間に及ぶと最大乳量をとれなくなるだけでなく、乳量が出ていないのにも関わらず搾乳を続けてしまう過搾乳が起こる可能性がある。

このことから前項の作業内容と乳量の関係について考察する。

〈タオル拭き〉

タオルを用いて2回拭く作業があり、より衛生的になるが、作業時間も倍になるだけでなく乳牛が暴れることで作業が中断し、前しぼりからミルクー装着までの時間が延びる可能性も上がるため濡れタオル拭きのみにして作業時間短縮化を図るべきであると考えられる。

〈ミルクー装着〉

経験時間が長くなるほど入念につけており搾乳中にミルクーが外れる可能性が低く搾乳量が結果的に多くなることが示唆された。

(4) 作業時間と乳量に関する結果と考察

前述したタオル拭きとミルクー装着の作業を考慮し、

①乾いたタオル拭き後～ミルクー装着完了

②ミルクー装着完了～ミルクー離脱

の2つの時間を計測し、経験回数と搾乳量の関係について調査を行った。搾乳時間の理想は5分程度であるが、一度ミルクーが外れると②の搾乳時間が伸びてしまうため、ミルクーが外れないようにして搾乳時間を短くする必要性が今回の結果から窺えた。

次に、作業者データ取得数が多い乳牛の個体番号2048と2106についてグラフ化し、乳量との関係を図-5と図-6に示す。横軸は作業者番号である。

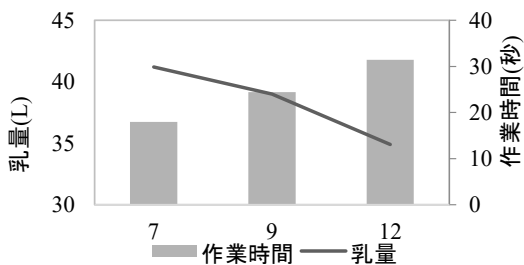


図-5 2048①: 乳量と作業時間

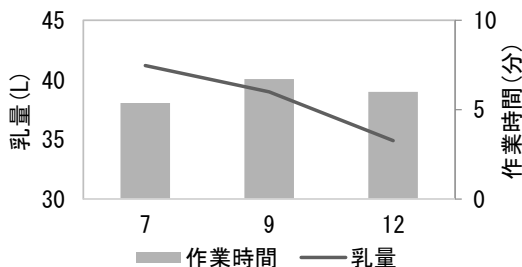


図-6 2048②: 乳量と作業時間

2048の①では、作業時間が短いほうが乳量が多くなる傾向にあったが、いずれの作業者も理想的な作業準備時間以内であり、搾乳準備においての優位さは無いと考えら

れた。しかし、②では搾乳が2回に分けられて行われた作業員12が最も乳量が高く、搾乳時間が適切な作業員7が最も乳量が多い結果となったため、搾乳時間に大きく影響されたと言える。次に2106について図-7と図-8に示す。

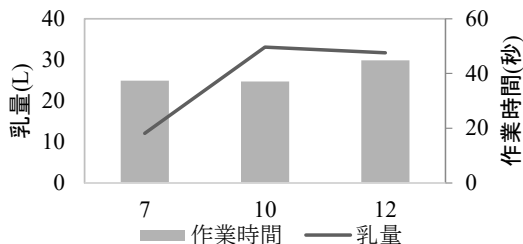


図-7 2106①: 乳量と作業時間

2048と同様にいずれも理想的な作業時間以内であるが、搾乳量が15Lも差が出たことから、先ほどと同様に搾乳時間に依存している可能性が考えられた。

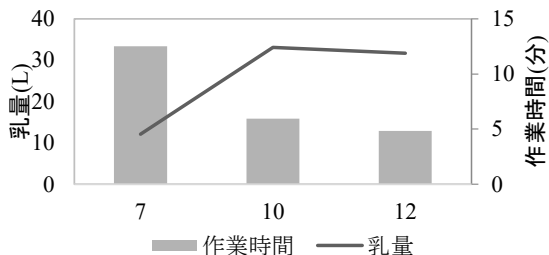


図-8 2106②: 乳量と作業時間

この図から搾乳時間によって乳量に変化したといえる。原因としては不明であったが、搾乳時間を理想的な時間に収めることが最大乳量を得るうえで重要であると考えられた。また、その他の乳牛についても同様に①よりも②の搾乳時間と乳量に関係性が見られたことから、多少時間がかかってもミルクーが外れないようにしっかりと取り付け、1度の搾乳で理想的な搾乳時間内に搾乳を終えることの重要性が示唆された。また、経験時間が長いほど搾乳量が多いという相関も見られなかった。しかし、参考のできたデータ数が少なかったため、今後より多くのデータを取得して乳量と作業時間の関係についてみていく必要がある。

今回調査した酪農学園大学の作業員の搾乳では、2人で作業をうまく連携をとりながら行っており、①の時間が基本的に理想的な時間に収まっているが、②の時間が定まっていないことが多く乳量も日ごとに大きく違っていたと言える。したがって、乳量の安定化のためにはタオル2枚拭きを1枚に変更する必要は無く、パイプラインミルクーミルクーの正しい使い方や装着の練習を行

うことで乳量が安定化すると考えられる。そして、同様に作業時間の短縮化と乳量の安定化を同時に行う作業効率化においても、搾乳時間を5～6分に収める搾乳作業が効果的であると考えられた。

4. 結論と今後の展望

(1) 結論

THI \geq 72 から生じるとされる暑熱ストレスによって日常的に乳量が多い牛の約30%の乳量が減少したと考えられ、その後THIが高い日が連続しても慣れは見られなかった。そして、乳量の少ない牛は暑熱ストレス影響を受けるという環境下でも乳量が減少することは無いと考えられ、乳量の多い牛に絞って暑熱対策を行うことの有用性が示唆された。また、搾乳作業では搾乳時間を5～6分の理想的な時間で終わることができるように搾乳準備を行うことが最も作業時間の短縮化に貢献することが改めて示唆された。

(2) 今後の展望

乳牛の個体特性を泌乳曲線も考慮しておこない、より大規模な酪農場での調査を実施することにより、大規模化が進んでいる現状に根差した対策を行うことができる。

さらに、牛舎の中での湿度の高い場所や、風通しなどを考慮し、牛の移動のみで乳量を安定化できればさらに効果的なものになると考える。また、作業データをさらに取得し、作業手順や理想時間のマニュアル作成を行うことができれば人手不足の課題の解決に貢献すると考えられる。

参考文献

- 1) 酪農ヘルパー全国協会一般社団法人:酪農ヘルパーの利用実態(確報),2022
- 2) 北海道農政生産振興局畜産振興課:北海道の酪農・畜産をめぐる情勢,2022
- 3) Sakatani, M.: Effects of summer heat stress on domestic animals, *Japanese Journal of Large Animal Clinics*, 5(Supple), pp.238-246, 2015
- 4) 戸田克史,藤岡一彦,家木一:暑熱環境が搾乳牛の乳生産及び生理機能に及ぼす影響(i), pp.1-10,1998
- 5) National Mastitis Council: Recommended milking procedures, pp.1-4, 2013
- 6) 早坂貴代史,山口諭,阿部隼人,曾我部道彦:北海道ホルスタイン検定牛群の泌乳曲線形状の実態とその泌乳・繁殖特性,及び除籍理由,北海道農研研報,198, pp.23-58,2013

(Received March 28, 2022)

(Accepted August 22, 2022)

A STUDY TO IMPROVE FEEDING AND WORKING ENVIRONMENT FOR STABLE MILK PRODUCTION IN DAIRY FARMS

Hiroki IWATSUKI, Shiho ISHIKAWA, Kazuei ISHII, Satoru OCHIAI

In the dairy industry, it is important to keep barn environment good to stabilize the milk yield. In this study, 1) the barn air quality and 2) the workability based on milking time were investigated. Temperature and humidity sensors were installed in the barn, and THI, an index of heat stress, was calculated to investigate the effect of heat stress on the milk yield with THI \geq 72 as a critical value. For the evaluation of milking work, we investigated the working time and the change of working time and milk yield with milking experience. All 16 dairy cows were classified into five categories on milk yield reduction and milk yield due to THI, and about 30% of the cows reduced their milk yield due to heat stress. This result suggests that the feeding arrangement of dairy cows considering air quality to prevent the reduction of milk yield in the whole barn. In addition, the milking yield tended to be higher when the milking preparation time was shorter, suggesting that shortening the milking preparation time is another countermeasure to prevent the decline in the milk yield.