

平成24年度 成績概要書

研究課題コード： 7101-727421 (受託(民間)研究)

1. 研究成果

- 1) 研究成果名：厳寒地における乳用牛舎の換気方法
(予算課題名：畜舎の木造化推進に向けた低コスト・高品質な構造材の開発と木造畜舎の経済・環境評価)
- 2) キーワード：牛舎、飼養環境、換気構造、乳牛
- 3) 成果の要約：厳寒期のフリーストール牛舎等では換気量が5~6回/時(二酸化炭素濃度800ppm以下が目安)となるよう棟と軒を常時開口(間口3mにつき4cm)し、雪の吹き込み対策を行う。つなぎ牛舎では換気量が4~5回/時(二酸化炭素濃度1,000ppm以下が目安)となるよう複数台換気扇の低速連続運転によるトンネル換気が望ましい。

2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：根釧農試・研究部・地域技術G・堂腰 顕
- 2) 共同研究機関(協力機関)：林産試験場

3. 研究期間：平成22~23年度 (2010~2011年度)

4. 研究概要

- 1) 研究の背景：乳用牛舎では厳寒期の適切な換気量や換気構造、換気方法に関する情報が不足しており、牛舎内の凍結や結露、暴風雪時には換気のための開口部からの雪の吹き込みの問題が見られている。また、厳寒期の適切な換気量とこれを簡易に推定する方法が望まれている。
- 2) 研究の目的：牛舎の実態調査を基に、換気構造が畜舎内環境に及ぼす影響を明らかにし、簡易な換気量の推定方法と北海道の厳冬期に対応した換気方法や換気構造を示す。

5. 研究方法

- ・ねらい：厳冬期における舎内環境と換気構造との関係を明らかにする。
- ・試験項目等：調査牛舎；乳用牛舎8棟(フリーストール牛舎4棟、フリーバーン牛舎2棟、つなぎ牛舎2棟)(表1)、調査項目；牛舎構造、温湿度(牛舎内および外気)、二酸化炭素濃度(CO₂濃度)・アンモニア濃度(NH₃濃度)、換気量(自然換気牛舎の換気量の推定方法、昭和58年指導参考事項)、調査方法；牛舎内6カ所(天井：棟から2m下、中柱：中央給飼通路に面した柱で高さ3m、側壁：側壁に面した柱で高さ3m)および牛舎外に温湿度データロガーを設置し、厳寒期(12~2月)の温湿度を10分おきに計測するとともに、訪問時(2回；12、1月)に二酸化炭素濃度(舎内6カ所、高さ1.5m)およびアンモニア濃度(舎内3カ所、高さ1.5m)の計測と結露発生状況等の調査と酪農家への聞き取りを実施した。

6. 研究の成果

- 1) 自然換気牛舎であるフリーストール牛舎およびフリーバーン牛舎に関して、厳冬期(12~2月)の日平均温度は棟開口部を閉鎖し、軒開口部がないC牛舎、D牛舎でそれぞれ3.4~4.3℃、0.1~1.0℃と、棟および軒に開口部がある牛舎(A牛舎-2.9~-1.9℃、B牛舎-2.8~-1.1℃、E牛舎-4.3~-5.2℃、F牛舎-4.0~-5.3℃)に比べて高かったが、日平均絶対湿度はC牛舎で $4.17\sim 4.41\times 10^{-3}\text{kg/kg}$ 、D牛舎で $3.31\sim 3.57\times 10^{-3}\text{kg/kg}$ と棟および軒に開口部がある牛舎(A牛舎 $2.40\sim 2.63\times 10^{-3}\text{kg/kg}$ 、B牛舎 $2.64\sim 2.96\times 10^{-3}\text{kg/kg}$ 、E牛舎 $2.21\sim 2.50\times 10^{-3}\text{kg/kg}$ 、F牛舎 $2.15\sim 2.47\times 10^{-3}\text{kg/kg}$)に比べて高かった。なお、C牛舎では結露の発生、D牛舎では構造材の腐食が見られ、牛舎内の日平均温度が-4℃を下回ったE牛舎およびF牛舎では凍結の問題が見られた(表2)。
- 2) 湿度が低く、牛舎内の凍結が見られなかったA牛舎およびB牛舎の換気量はそれぞれ、5.92、5.40回/時であった(表2)。また、A牛舎およびB牛舎における棟の開口幅は間口(牛舎幅)3mにつき、それぞれ3.95cm、3.64cmであった。そのため、厳寒期の自然換気牛舎では牛舎内を-3℃以上とし、湿度をできるだけ低くするためには、適切な換気回数は5~6回/時が適切であると考えられ(表3)、これを達成するためには牛舎の棟および軒の開口幅は間口3mにつき4.0cmが適切であると考えられた。また、雪の吹き込み対策としてA牛舎では棟からの風が当たる側に防虫ネットを設置、B牛舎では軒に吹き込み防止用の板を付けており、いずれも防止効果が認められた(図1)。
- 3) つなぎ牛舎に関して、H牛舎の厳寒期の日平均絶対湿度は $5.50\sim 6.64\times 10^{-3}\text{kg/kg}$ と高く、日平均相対湿度も80.7~93.7%と高く、結露の問題があった。一方、G牛舎では、舎内の日平均温度は6.2~7.8℃と外気温との差はH牛舎と大きな差はなく、日平均絶対湿度は $4.40\sim 5.00\times 10^{-3}\text{kg/kg}$ 、日平均相対湿度が74.7~77.4%と低く、換気量(4.07回/時)は推奨値(4回/時)を満足していた(表2)。そのため、厳寒期のつなぎ牛舎において、牛舎内が凍結しない温度(4℃以上)とし、湿度をできるだけ低く抑えるためには、複数台の換気扇を低速で連続回転させるトンネル換気が望ましいと考えられた。なお、換気量は換気扇からの排出空気の風速に基づいて調節する。
- 4) 牛舎内の換気量と二酸化炭素濃度との間に負の相関($y=-238.05x+1971.4$ 、 $R^2=0.878$)が認められ、換気回数目標値5回/時(自然換気牛舎)、4回/時(つなぎ牛舎)における二酸化炭素濃度はそれぞれ約800ppm、約1,000ppmであった(表3)。

表1 調査牛舎の概要

項目	A牛舎	B牛舎	C牛舎	D牛舎	E牛舎	F牛舎	G牛舎	H牛舎
牧場名	A牛舎	B牛舎	C牛舎	D牛舎	E牛舎	F牛舎	G牛舎	H牛舎
牛舎構造	木造	鉄骨	木造	鉄骨	木造	木造	木造	木造
飼養方式	フリーストール	フリーストール	フリーストール	フリーストール	フリーバーン	フリーバーン	タイストール	タイストール
収容頭数(頭)	225	320	98	152	90(育成30)	70(乾乳)	80	75
牛舎面積(m ²)	3255	3576	1261	1806	1426	1268	997	964
牛舎容積(m ³)	21187	22241	7280	8959	8975	8502	3799	3813
棟構造	リッジキャップ	リッジキャップ	セミモニタ	オープンリッジ	セミモニタ	セミモニタ	なし	煙突
棟開口幅	150mm×2	180mm×2	0-1000mm ²⁾	420mm	570mm	570mm	—	20cm ² ×12
間口あたり ¹⁾	3.95cm	3.64cm	0-10.6cm	4.59cm	6.15cm	6.09cm	—	—
軒開口幅	230mm	200mm	なし	なし	150mm	140mm	なし	35mm
機械換気	なし	送風機	送風機	なし	なし	送風機	トンネル換気	送風機

1)棟開口部の牛舎間口当たりの広さ

2)カーテンにより開口部の広さを調整可能だが、冬期間は閉鎖

表2 調査牛舎における厳冬期の温湿度、換気回数、二酸化炭素(CO₂)濃度

	A牛舎	B牛舎	C牛舎	D牛舎	E牛舎	F牛舎	G牛舎	H牛舎	
温度(°C) ¹⁾	外気	-7.4	-7.7	-3.5	-4.5	-7.8	-7.7	-5.0	-4.6
	天井	-1.9	-1.1	4.3	1.0	-4.3	-4.0	7.7	9.0
	中柱	-2.0	-2.6	3.4	0.9	-5.6	-4.7	7.8	9.6
	側壁	-2.9	-2.8	3.8	0.1	-5.2	-5.3	6.2	8.4
絶対湿度(10 ⁻³ kg/kg)	外気	1.84	1.76	2.06	2.10	1.78	1.76	2.20	2.01
	天井	2.63	2.96	4.41	3.57	2.50	2.45	5.00	6.64
	中柱	2.56	2.64	4.17	3.31	2.26	2.47	4.95	6.03
	側壁	2.40	2.70	4.27	3.09	2.21	2.15	4.40	5.50
換気回数(回/時) ²⁾	天井	5.9	5.4	3.2	4.6	5.6	3.0	4.1	2.3
CO ₂ 濃度 ³⁾ (ppm)	舎内	632	894	1184	964	596	639	1189	1765

1)12~2月における日平均値。温湿度データロガーの設置場所は天井(牛舎の最高点から約2m下)、中柱(飼槽面にある柱の通路から高さ約3m)、側壁(側壁にある柱の通路から高さ約3m)である。計測は10分ごと。

2)水分収支法による。牛舎カーテンやドアを閉め、温湿度が安定している23時台の外気と舎内(天井)の平均温湿度で計算。

3)12と1月に牛舎内で測定。舎内6カ所の最低値および最高値の平均値。二酸化炭素濃度計(GCH-2018、佐藤商事)で、牛舎内のドア・カーテンが閉めきった状態で測定。

*C牛舎とH牛舎では結露の発生、E牛舎とF牛舎では凍結の問題が見られた。

表3 厳冬期における乳用牛舎の舎内環境の目標値

項目	方法	フリーストール牛舎 (自然換気)	つなぎ牛舎 (機械換気)
温度	温湿度データロガー	-3°C以上	4°C以上
換気量 ¹⁾	水分収支法	5~6回/時	4~5回/時

目標換気量に相当するCO₂濃度²⁾ CO₂濃度計(GCH-2018) 800ppm以下 1,000ppm以下

1)天井(棟開口部から約2m下)の夜間(18~5時)の温湿度から計算。換気量の計算方法は成績書ならびに根釧農試HPIに掲載している。また、つなぎ牛舎の換気量は換気扇の排出空気の流れを下記の計算式から算出して調節する。

$$\text{換気扇の排出空気の流れ(m/秒)} = \frac{(\text{牛舎容積m}^3 \times 4\text{回/時})}{(\text{換気扇の1台あたりの面積m}^2 \times \text{換気扇台数} \times 60 \times 60)}$$

2)牛舎内のドア・カーテンなどを閉め切った状態で測定(6カ所の最大値と最小値の平均値、高さ1.5m程度)する。

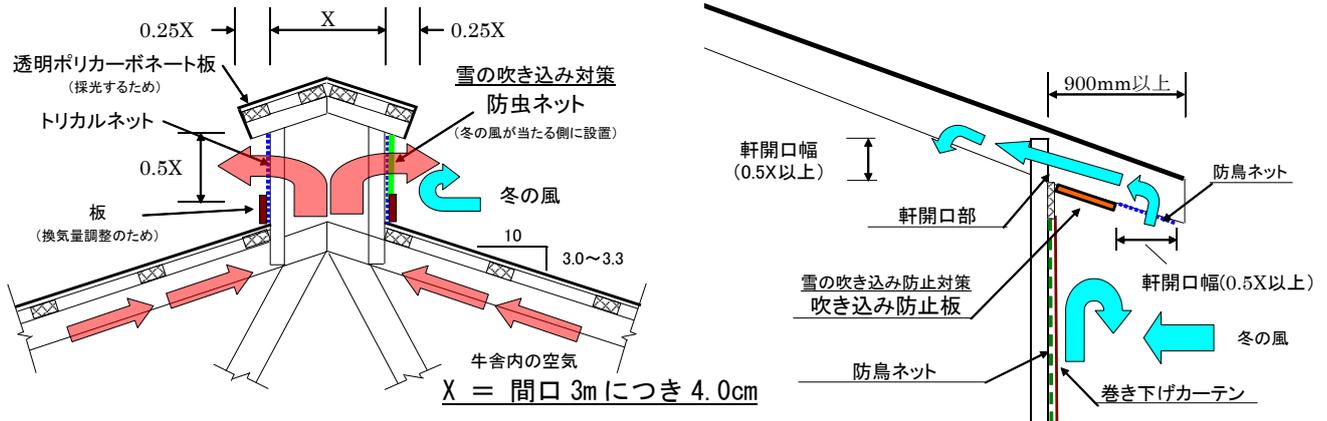


図1. 自然換気牛舎の換気構造と雪の吹き込み対策(左:棟構造、右:軒構造)

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- (1) 乳用牛舎の環境評価と改善対策、畜舎設計に活用できる。
- (2) 絶対湿度および換気量(水分収支法)の計算方法は根釧農試ホームページに掲載している。

2) 残された問題とその対応

- (1) 哺育・育成牛に対する寒冷対策を経常研究(H24-26年)にて実施中である。