

夏期の牛体冷房が乳牛の生理・生産面に及ぼす影響

濱口勇*・余谷行義*・伊藤雄一***・大保紘一****・柳原等****

Effect of Some Cooling Systems on the Physiological Responses
and Milk Yield of Dairy Cows in a Hot Summer

Isamu HAMAGUCHI, Yukiyooshi YOTANI, Yuichi ITO,
Koichi DAITO and Hitoshi YANAGIHARA

緒言

ホルスタイン種における泌乳のための適温域は4℃から24℃の範囲であり、その温度範囲外では生産を抑制して適応すると言われている。

しかし、当県を含む関東以西の地域では6月から9月にかけてこの温度域を越えており、このような条件下において乳牛は暑熱のストレスを受け、呼吸数の増加、体温の上昇、飼料利用効率の低下が見られ、泌乳、発育、繁殖といった生産機能の低下がおこる。特に、泌乳面では乳量の減少ばかりでなく、乳脂率を中心とした全固形分の低下を伴う。また、繁殖機能面においても、受胎率の低下、胎児の発育不良、発情遅延等が認められている。

このような暑熱時における乳牛の生産低下を防止する根幹は体温上昇の抑制にあり、その方法としては、牛舎構造の改善による環境温湿度の低下、散水、送風等による牛体の熱放散量の増加、給与飼料の工夫等による無効な体内発生の抑制に大別される。

県内の酪農家においても、施設面では、屋根の断熱、屋根散水、換気扇、扇風機、送風ダクトの使用、飼料給与面では、多回給与の実施等様々な対策を講じているが生産性低下抑制の効果は乏しい。

我々は前回、飼料給与面から検討し、粗飼料はカロリーの高い良質粗飼料、濃厚飼料ではTDN含量の高いものの組合せが生乳生産性の向上に寄与することが示唆された²⁾。今回は、中部電力電力利用技術研究所と共同でヒ-

トポンプシステムを利用し、スポット冷房及び今回考案した冷水が循環する熱交換プレートの牛体装着装置(冷水ジャケット)について、搾乳牛の生理、生産反応に与える影響について調査し、施設面から体温上昇の抑制及びそれに伴う生産性の低下抑制効果の検討を行った。

材料及び方法

試験I

1. 試験期間

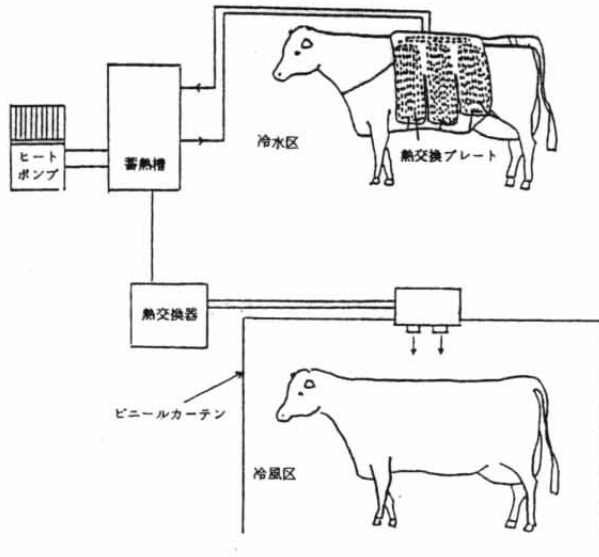
試験期間は、1988年7月11日から8月9日までの30日間であり、1期を10日間とし、各試験期末4日間を調査日とした。

2. 供試牛、試験方法及び試験区分

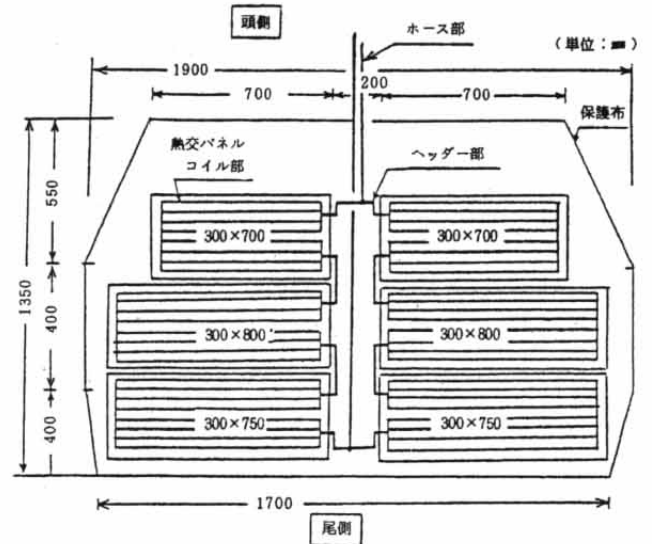
供試牛についてはホルスタイン種経産牛6頭(泌乳中期)を2頭ずつ3群に分け、3×3(n=2)ラテン方格法で試験を実施した。また、試験区分は、スポット冷房区(冷風区)、冷水ジャケット区(冷水区)とコントロールである対照区の3区を設定した。

3. 試験設備の概要

試験設備については、第1図に示すとおりである。冷熱源として空冷ヒートポンプ式チラーユニットを使用し、蓄熱槽に10~13℃の冷水を蓄え、2台のポンプにより冷風区、冷水区へ冷水を供給した。冷風区については、蓄熱槽からポンプによって冷水を循環し、熱交換機器(エアハン)により、約20℃の冷風を作り、供試牛の上



第1図 試験設備システムの概要



第2図 冷水ジャケットの概要

部に設けた4つの吹出口から1頭当たり毎分10m³の吹出風量で周囲温度が25℃以上のとき送風するよう設定した。なお、冷風区全体をビニールカーテンで仕切った。冷水区については、蓄熱槽からポンプにより冷水を循環、牛体に直接装着した冷水ジャケット(第2図)に10~13℃の冷水を1頭当たり毎分10ℓ循環し、牛体を直接冷却した。ヒートポンプの運転については蓄熱槽水温が10~13℃程度となるよう負荷に応じて運転し、ヒートポンプ用循環ポンプは昼夜連続運転とした。

4. 給与飼料及び管理方法

飼料は粗濃比40:60(乾物比)とし、粗飼料は場内産イタリアンライグラスサイレージ、アルファルファヘイキューブ、ビートパルプを、濃厚飼料は各種単味飼料を用い、TDN給与量が日本飼料標準(1987年版)³⁾による要求量の110%となるように給与した。なお、それぞれの飼料の給与割合を第1表に示した。また、供試牛

第1表 給与飼料の構成(DM%)

飼料名	給与割合
イタリアンライグラスサイレージ	20.0
アルファルファヘイキューブ	6.8
ビートパルプ	11.4
とうもろこし	13.5
大麦(脱皮)	10.2
一般ふすま	10.2
コーングルテンフィード	10.2
大豆粕ミール	5.1
綿実	10.2
添加剤	2.4
CP	16.0
CFI	17.0
ADF	21.6
DCP	12.0
TDN	73.7

(注) 飼料の成分値は日本飼料成分表(1987)による⁵⁾

は終日舎飼とした。

5. 調査項目及び測定方法

消費電力量、消費熱量及びヒートポンプの運転時間は試験期間中毎日13時に測定記録し、外気温、試験牛舎質内周囲温、対照区室温、スポット冷房吐出温度及び冷水ジャケット冷水出入口温は自動温度記録計により試験期間中連続記録した。また、各試験期末4日間に、乳量、乳質、採食量、直腸温、呼吸数及び脈拍数を調査した。乳量はバケットミルクで搾乳後秤量し、乳脂肪、無脂固形分はそれぞれミルクチェッカー、TMSチェッカーによって測定した。直腸温、呼吸数及び脈拍は13時に測定した。なお、膈温については、1日の経時変化を見るため自動温度記録計による連続測定、体表面温度については、サーモビジョンによる測定を試みた。また、試験開始時と各試験期末に体重を測定した。

試験II

試験期間は、1989年7月15日から8月25日までの42日間であり、1期を14日間とし、各試験期末4日間を調査日とした。供試牛、試験方法、試験区分、給与飼料、管理方法、調査項目及び測定方法については、試験Iと同様に行った。

設備については冷水区は試験Iと同様であるが冷風区では送風部分で若干の変更を行った。また、両区とも運転条件を変更した。冷風区はビニールカーテンを取り除きダクトを一部改良しフレキシブルダクト(樹脂製φ125)を取り付けた。吹出口はワイド吹出口を使用し、牛体の左右から冷風が当たるようにした。また、吹出量は1頭当たり毎分5m³とし、吹出温度は室温より5℃低くなるようにし、室温が25℃以上のとき稼働するよう設定した。冷水区については1頭当たりの冷水供給量を

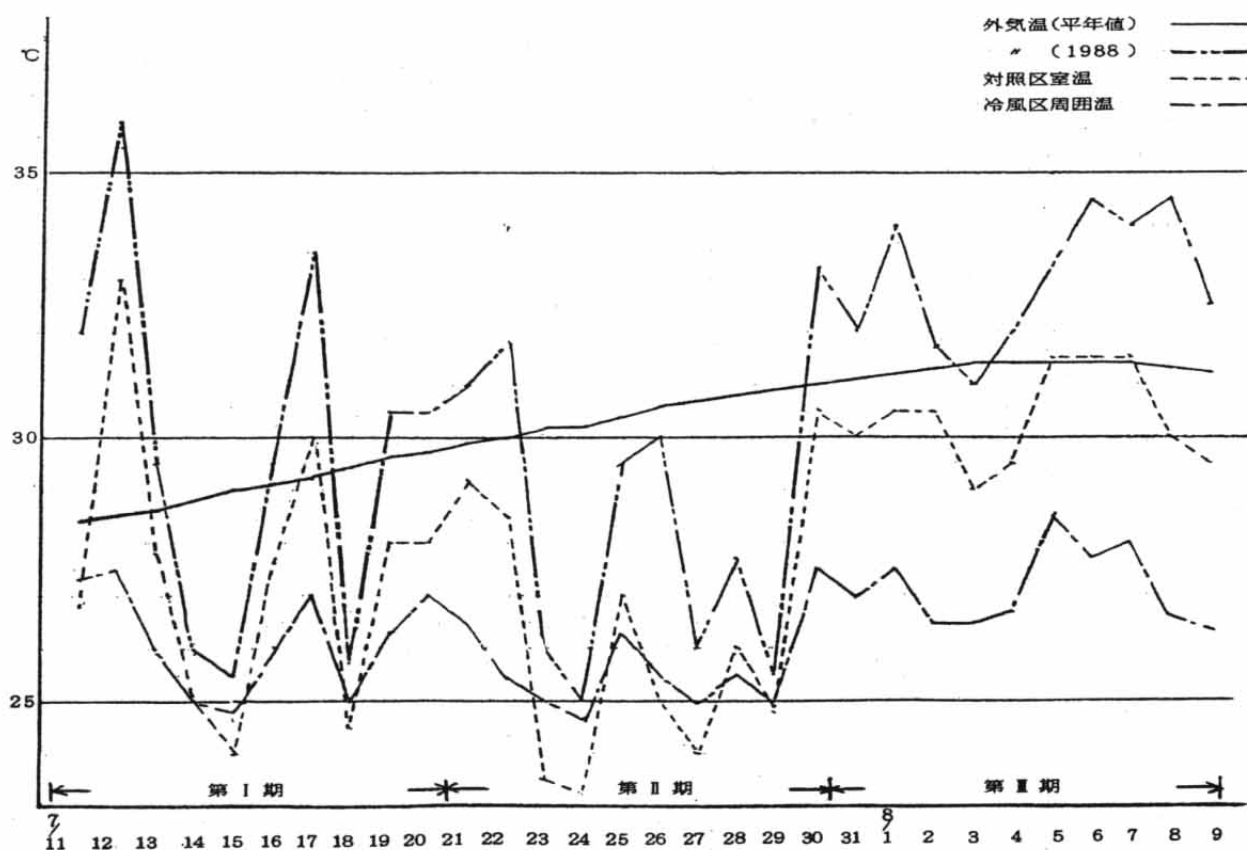
毎分8ℓとした。

結 果

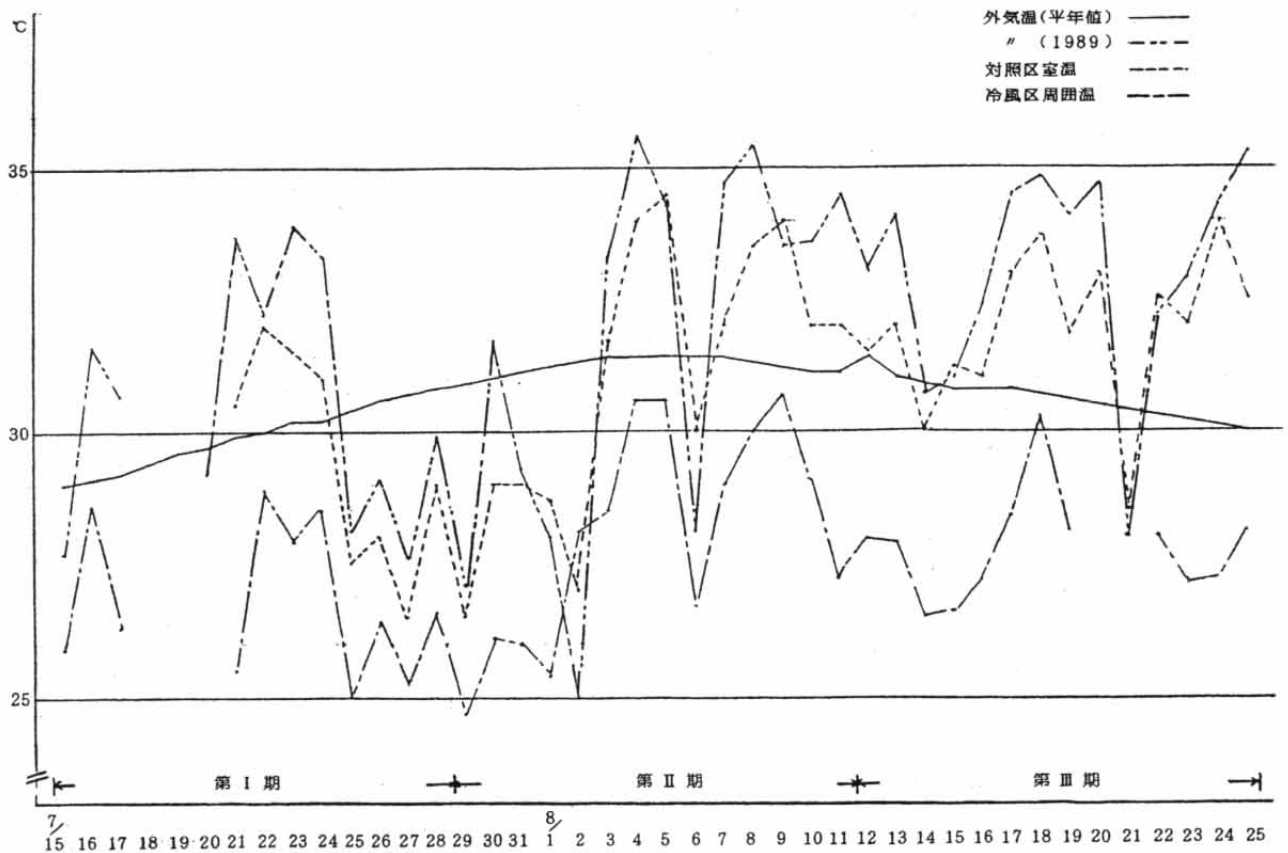
試験期間中の外気温、対照区室温及び冷風区周囲温の日最高温度の状況を第3図、第4図及び第2表に示した。試験Ⅰの各期の外気温の日最高気温を平年値と比較すると、1期では日変動が大きかったものの平年値を1℃上回り、2期では期間平均温度が28.6℃と平年値を2℃下回り、30℃を超えた日も3日間しかなかった。3期は連日30℃を超え期間平均値も平年値を2℃上回った。対照区室温は外気温を2℃程度下回る温度で推移し、冷風区周囲温は期間中の最高温度が28.5℃となり、対照区室温より1℃前後低温で推移した。試験Ⅱについては各期の外気温の平均値が常に平年値を上回り、特に3期では33.0℃と2℃以上高い温度となった。対照区室温は外気温より1℃程度低い温度で推移し、冷風区周囲温は対照区室温より2～4℃程度低い温度で推移したものの30℃を超える日が試験期間を通じ5日間あった。

1989年8月18日における冷風区及び冷水区の機器の運転状況について1日の変化を見た(第5図、第6図)。冷風区におけるエアハンの運転状態は午前3時以降から7時前の3時間を除き稼働している。エアハンが停止し

ていた時間帯の室温はいずれも25℃以下となっている。ワイド吹出口温度は停止時は周囲温より1℃弱高いが、稼働時において20℃前後で推移しており14時の周囲温との温度差は9.8℃となっている。冷水区については、熱交換プレートと密着している牛体表面温度は、35℃前後で安定的に推移していた。また、冷水が供給される入口の温度は9.1～12.8℃、出口の温度は10.6～14.3℃と昼夜を通じ安定しており、温度差も1.1～2.1℃の範囲であった。熱交換プレートの内側(牛体側)及び外側の温度推移も冷水出入口と同様な傾向を示した。試験区の機器の運転状況を第3表に示した。ヒートポンプの稼働時間は試験Ⅰで17.4時間、試験Ⅱで18.8時間となった。冷風区の稼働時間は試験Ⅰで22.5時間、試験Ⅱで20.2時間となり、試験Ⅱのほうが2時間余り短くなった。熱量は試験Ⅰで91.2Mcal、試験Ⅱで94.2Mcalと試験Ⅱのほうが3Mcal増加したが、電力量では試験Ⅰで26.7kwh、試験Ⅱで18.7kwhと試験Ⅱのほうが30%程度減少した。冷水区の稼働時間は終日運転したため両試験とも24時間である。試験Ⅱでは供給量を10ℓから8ℓにしたが、熱量では試験Ⅰで33.1Mcal、試験Ⅱで30.9Mcalと7%弱の減少となったが、電力量については両試験に差異はなかった。冷風区及び冷水区の1頭当



第3図 試験期間中の日最高気温の推移(1988)



第4図 試験期間中の日最高気温の推移(1989)

第2表 外気温・室温及び冷風区周囲温度(°C)

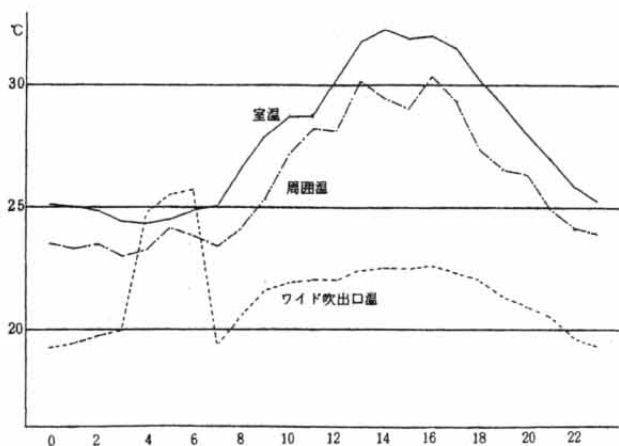
		1期	2期	3期
試験Ⅰ	対照区室温	27.5	26.2	30.4
	冷風区周囲温	26.2	25.7	28.6
	外気温	29.9	28.6	33.1
	〃(平年値)	29.0	30.5	31.3
試験Ⅱ	対照区室温	29.4	30.7	31.6
	冷風区周囲温	26.8	28.1	27.7
	外気温	30.6	31.7	33.0
	〃(平年値)	29.9	31.2	30.6

(注) 外気温平年値は津気象台観測値(30年間)

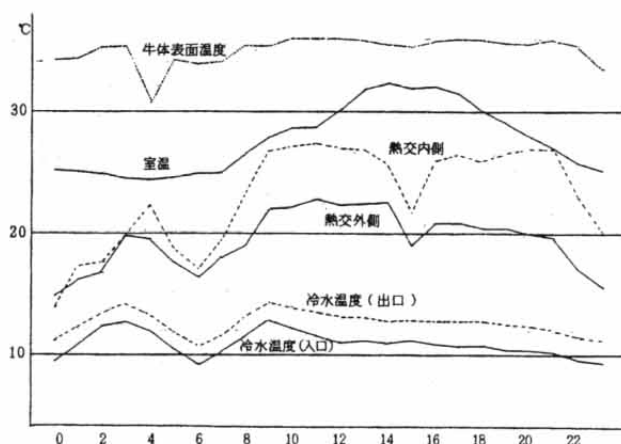
たりの冷却熱量を冷却熱量及び稼働時間から算出すると、冷風区では試験Ⅰ、試験Ⅱでそれぞれ2,014, 1,977kcalとなり、冷水区では試験Ⅰ、試験Ⅱでそれぞれ682, 643kcalとなり、冷水区の冷却熱量は概ね冷風区の1/3程度となった。

1989年7月23日午後5時における供試牛の体表面温度分布を第7図に示した。測定時点における供試区室温

は30°C、周囲温は26°Cであった。対照区では、肩、肋腹、乳房が36°C以上になっており、四肢、前胸、背の部分を除き35°Cを超えている。冷風区では送風位置が肋腹部であるため中躯が35°C以下となっているが、依然、肩及び乳房では36°C以上となっている。冷水区についても、冷風区と同様な温度分布となっている。膻温の1日の変化を第8図に示した。対照区では膻温が38°C台を維持しているのは午前3時から9時迄の6時間のみであり9時以降から次第に上昇し、午後3時から10時迄40°Cを超える膻温となっている。冷水区では1日の日変化は少なく常に38°C台を推移しており、1日の温度差は0.7°Cである。冷風区は対照区と冷水区の間中間的な膻温の推移を示しており、午前1時から午後2時までは38°Cで、午後2時から午前1時までの間は39°C台で推移しており1日の温度差は1.7°C程である。体重、直腸温、脈拍、呼吸数の変化を第4表に示した。試験Ⅰでは、直腸温については、対照区、冷風区、冷水区でそれぞれ39.8, 39.0, 38.9°Cとなり、対照区と冷水区間で明らかな差が認められた。また、冷風区については冷水区、対照区いづれの区とも差は認められなかった。呼吸数についても直腸温と同様の傾向が認められ、対照区、



第5図 冷風区における各所の経時的温度変化 (1989年8月18日)



第6図 冷水区における各所の経時的温度変化 (1989年8月18日)

第3表 各機器の1日当たり運転実績

	ヒートポンプ		冷風区			冷水区	
	電力量	稼動時間	電力量	熱量	稼動時間	電力量	熱量
試験Ⅰ	90.4 kWh	17.4	26.7 kWh	91.2 Mcal	22.5	10.9 kWh	33.1 Mcal
試験Ⅱ	93.2	18.8	18.7	94.9	20.2	10.8	30.9

第4表 生理的状态

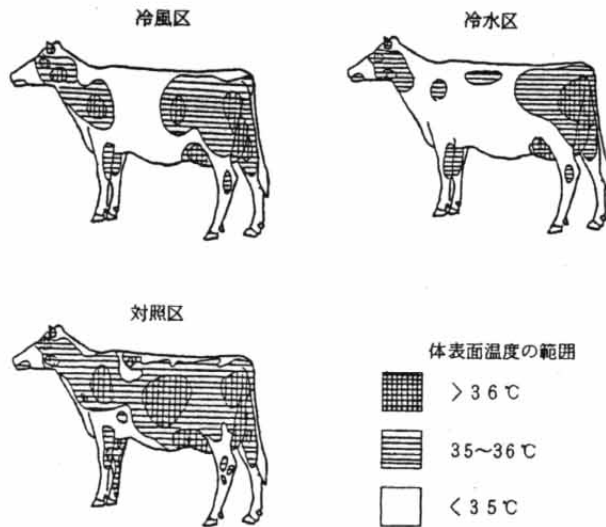
		体重	直腸温	脈拍	呼吸数
		(kg)	(°C)	(回/分)	(回/分)
試験Ⅰ	冷風区	578.0	39.0 ^{ab}	75.0	69.7 ^{ab}
	冷水区	568.2	38.9 ^a	73.2	51.8 ^a
	対照区	566.0	39.8 ^b	76.0	91.3 ^b
試験Ⅱ	冷風区	572.5	39.3 ^{ab}	69.9	76.6 ^{ab}
	冷水区	568.2	38.8 ^a	77.0	66.3 ^a
	対照区	566.0	40.1 ^b	69.7	93.5 ^b

(注) 異符号間に有意差あり (p<0.05, Duncan's test)

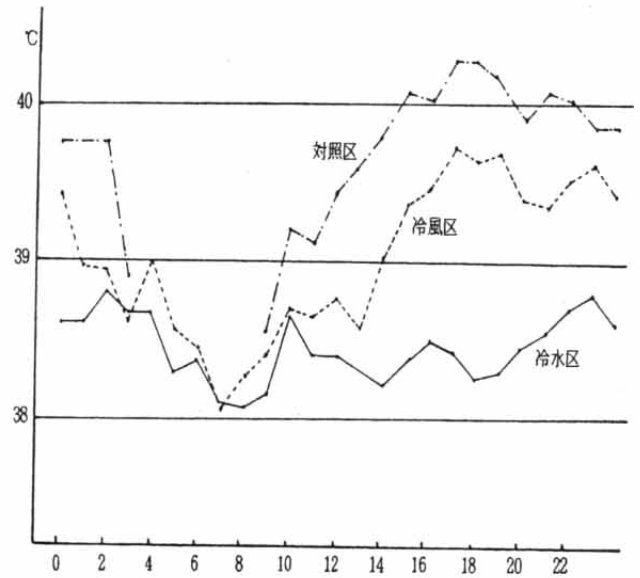
冷風区、冷水区でそれぞれ91.3、69.7、51.8回/分となり、対照区と冷水区間に明らかな差があった。また、冷風区については冷水区、対照区いずれの区とも差は認められなかった。体重、脈拍数については各試験区間に差は認められなかった。試験Ⅱでも試験Ⅰと同様な傾向となり、直腸温については、対照区、冷風区、冷水区でそれぞれ40.1、39.3、38.8°Cとなり、対照区と冷水区間に明らかな差が認められた。また、冷風区については冷水区、対照区いずれの区とも差は認められなかった。呼吸数についても直腸温と同様の傾向が認められ、対照区、冷風区、冷水区でそれぞれ93.5、76.6、66.3回/

分となり、対照区と冷水区間に明らかな差があった。また、冷風区については冷水区、対照区いずれの区とも差は認められなかった。体重、脈拍数については各試験区間に差は認められなかった。

飼料の摂取状況について第5表に示した。試験Ⅰでは、乾物摂取量は冷風区、冷水区及び対照区でそれぞれ18.24、18.45、18.04kgとなり、各区間に差はなかった。また、DCP及びTDN摂取量についても差は認められなかった。体重当たりの乾物摂取量については冷風区、冷水区及び対照区でそれぞれ3.15、3.19、3.10%となり、各区間に差はなかった。DCP充足率については冷風区、冷水区及び対照区でそれぞれ149.6、147.3、158.2%となり、対照区で試験区を8%ほど上回る傾向が見られたが差は認められなかった。TDN充足率でも冷風区、冷水区及び対照区でそれぞれ106.9、106.5、112.1%となり同様の傾向が見られたが差は認められなかった。粗効率は冷風区、冷水区及び対照区で34.3、34.5、33.6%となり、差はなかった。試験Ⅱにおいても試験Ⅰと同様の傾向となり、乾物摂取量、DCP摂取量、TDN摂取量及び体重当たり乾物摂取量については各区間に差は認められなかった。DCP及びTDN充足率についても対照区と比較して10%前後上回る傾向にあったが差は認められなかった。また、粗効率についても対照区と比較し



第7図 体表面温度分布 (1989.7/23 17:00)



第8図 腔温の経時的变化

第5表 飼料摂取状況

		摂取量 (kg)			DM/BW (%)	充足率 (%)		粗効率 (%)
		DM	DCP	TDN		DCP	TDN	
試験Ⅰ	冷風区	18.24	2.95	13.65	3.15	149.6	106.9	34.3
	冷水区	18.45	3.00	13.79	3.19	147.3	106.5	34.5
	対照区	18.04	2.91	13.48	3.10	158.2	112.1	33.6
試験Ⅱ	冷風区	16.70	2.00	12.32	2.91	148.9	105.8	31.3
	冷水区	17.18	2.05	12.64	3.03	144.8	104.2	33.2
	対照区	16.97	2.03	12.44	3.00	160.9	112.5	29.0

て冷風区で2%, 冷水区で4%上回る傾向にあったが差は認められなかった。

乳量及び乳質の変化について第6表に示した。試験Ⅰでは、乳量は対照区で22.0kgであったのに対して冷風区で24.2kg, 冷水区で24.0kgとなり、それぞれ対照区より10.0, 9.1%上回り明らかな差が認められた。乳脂量は対照区で0.85kgであったのに対して冷風区で0.93kg, 冷水区で0.96kgとなり、それぞれ対照区より9.4, 12.9%上回り明らかな差が認められた。無脂固形分量は対照区で1.95kgであったのに対して冷風区で2.19kg, 冷水区で2.18kgとなり、それぞれ対照区より12.3, 11.8%上回り明らかな差が認められた。乳質については、乳脂肪率は冷風区, 冷水区及び対照区でそれぞれ3.89, 4.07, 3.88%となり、冷水区で対照区, 冷風区と

第6表 乳量および乳質

		乳量 (kg)	乳脂肪		無脂固形分	
			量(kg)	率(%)	量(kg)	率(%)
試験Ⅰ	冷風区	24.2 ^a	0.93 ^a	3.89 ^a	2.19 ^a	9.10
	冷水区	24.0 ^a	0.96 ^a	4.07 ^a	2.18 ^a	9.07
	対照区	22.0 ^b	0.85 ^b	3.88 ^b	1.95 ^b	8.97
試験Ⅱ	冷風区	21.1	0.83	3.94	1.79	8.49
	冷水区	22.1	0.90	4.05	1.90	8.59
	対照区	19.5	0.78	4.02	1.65	8.49

(注) 異符号間に有意差あり (p<0.05, Duncan's test)

比較して明らかに高くなった。無脂固形分率は冷風区、冷水区及び対照区でそれぞれ9.10, 9.07, 8.97%となり、差は認められなかった。試験Ⅱでは、乳量、乳脂量及び無脂固形分量はそれぞれ冷風区で21.1, 0.83, 1.79kg, 冷水区で22.1, 0.90, 1.90kg, 対照区で19.5, 0.78, 1.65kgとなり、試験Ⅰと同様、冷風区及び冷水区で多くなる傾向となったが差は認められなかった。乳脂肪率は冷風区、冷水区及び対照区でそれぞれ3.94, 4.05, 4.02%, 無脂固形分率はそれぞれ8.49, 8.59, 8.49%となり各試験区の間には差は認められなかった。

考 察

夏期の高温による乳量減少の程度は乳期、乳量等より異なり、乳量の多いものほど減少は大きく、柴田らの報告では⁷⁾西南暖地の6～9月にかけての減少率は17～20%に達すると推定されており、HAFEZ¹⁾によれば、環境温度が21℃から27℃の間で、乳量は徐々に減少し、27℃以上でその減少は著しいとしているが、対照区においては、日最高気温の平均が試験Ⅰ、試験Ⅱにおいて限界値を上回っており、かなりヒートストレスであったと思われる。また、冷風区においても、対照区より1℃から4℃低く推移しているものの、各試験の後半において限界値を上回っており、ヒートストレスを受けたと考えられる。

柴田らは⁹⁾、乾乳牛の試験において、体温は環境温度が32℃において39℃を超え、呼吸数は環境温度の上昇と共に増加したと報告している。今回の試験において、試験Ⅰでは、直腸温については対照区、冷風区及び冷水区で、それぞれ39.8℃, 39.0℃, 38.9℃となり、対照区と冷水区の間で差が認められ、冷風区についても、差は認められなかったが、対照区との温度差が0.8℃であった。また、呼吸数についても対照区、冷風区及び冷水区で、それぞれ91回/分, 70回/分, 52回/分となり、対照区と冷水区の間で差が認められ、冷風区についても、直腸温と同様対照区との差が21回/分あり、ヒートストレスの影響は対照区がもっとも大きく、冷水区ではかなり緩和され体温及び呼吸数の増加抑制効果はそれぞれ0.9℃, 39回/分であった。しかし、冷風区については、当初の運転条件が室温が25℃を超えた時点で稼働するように設定されており、しかも施設の能力により、吹出温度が室温より5℃低くなるよう設定したため、周囲温度の日最高温度が30℃を超える日もあり、体温及び呼吸数の増加抑制効果は少なかった。また、脈拍数については、各区において変化がなかった。穴戸によれば⁹⁾脈拍数は体温の上昇と共に増加すると言われているが、柴田らの報告では⁹⁾環境温度の上昇に伴う熱放散機能亢

進の一例として体深部より体表面への血流量の増加も認められており、1回心拍出量の増加によって補償されたと思われる。なお、試験Ⅱについても同様な結果となった。

柴田ら^{6), 8)}は、高温環境下における生体の熱平衡には、給与飼料及び採食時間が大きく影響し、第一胃運動の低下、消化管内における飼料の滞留時間の増加により、飼料摂取量の減少が認められると報告している。しかし、今回の試験においては、飼料摂取量及び体重当たりの乾物摂取量は、試験Ⅰ、Ⅱ共、各区において変化はなかった。これは、給与飼料の栄養水準が75%と高かったためと考えられる。しかし、粗効率については各区に差はないものの対照区で低い傾向を示しており、飼料摂取による熱発生量の増加が乳量低下、乳生産効率の低下及び体温上昇を誘発したと考えられる。

試験Ⅰにおいて乳量は対照区、冷風区及び冷水区でそれぞれ22.0%, 24.0%, 24.2kg/日となり、冷風区、冷水区において10%程度の乳量低下抑制効果が認められ、試験Ⅱにおいても、冷水区で若干上回るものの同様の傾向となった。このことは、体温及び呼吸数の増加抑制による体熱発生量の抑制によるものであり、乳量においても、ヒートストレス抑制の効果が認められた。乳質については、乳脂肪率が試験Ⅰで冷水区が明らかに高くなったが無脂固形分率では変化はなく、試験Ⅱにおいては差は認められなかった。本試験では、飼料摂取量に変化がなく、しかも、摂取乾物中の粗繊維割合についても17%を維持しており、TDN充足率についても100%を越えているため乳質に差がなかったものと思われる。

冷風区及び冷水区では試験Ⅰと試験Ⅱにおいて運転条件の変化を行ったが、消費電力及び冷却熱量とも差はなく、設定条件は同一と考えられる。冷却熱量については冷風区で2,000kcal/時/頭であるのに対し冷水区では660kcal/時/頭となり、熱効率は1/3程度となった。牛舎冷房の際には1頭当たり1,200kcalから2,100kcalの冷房能力が必要なされており、冷風区は同水準と考えてよい。

柴田ら⁷⁾は、所要経費と増乳量から牛舎冷房の経済効果を検討し、平均乳量が25kg以上の牛群構成でなければ効果は少ないとしているが、冷房によるヒートストレスの緩和による乳質の向上、受胎率の向上、分娩時の事故及び分娩障害を防止、軽減する効果はあるとしている。今回の試験では経済性及び繁殖性についての検討は行わなかったが、スポット冷房により、乳量では8～10%の増乳効果が認められ、呼吸数、体温についても増加抑制効果が認められたことから、暑熱のストレスが最も大きいとされる泌乳最盛期及び分娩前後の乳牛のみを対

象として、冷房することは有効であると考えられた。今後は経済性、繁殖性についても検討を行い、適正な運転条件を探る必要がある。

冷水ジャケットを用いた冷房方式の報告例は見られないので比較できないが、今回の試験では、生産面、生理面でスポット冷房と同程度の効果が得られた。また、熱効率については660kcal/日/頭とスポット冷房の1/3程度となり、牛舎冷房に必要な冷房能力として示されている下限値である1200kcalをもかなり下回っている。このことから考えると、牛体を直接冷却する本方式は、牛舎或いは牛体の周囲を冷却する従来の方式。即ち、牛舎冷房及びスポット冷房と比較して効果的であるといえる。しかし、冷水ジャケットは試作段階であり、装着性及び耐久性に問題があるため、実用化するためにはなお改良の必要があると考えられる。

要 約

夏期の高温が生乳生産及び生理面に及ぼす影響とスポット冷房及び熱交換プレート利用による冷水ジャケットの効果を明らかにするため、延12頭の乳牛を用い1988年から2年間にわたり試験を行った。その結果次のような知見を得た。

1. 体温及び呼吸数は対照区でそれぞれ40.0℃、90回/分であったが、冷風区ではそれぞれ39.2℃、73回/分、冷水区ではそれぞれ38.9℃、59回/分となり、両区で体温及び呼吸数の増加抑制効果が認められた。
2. 体重当たり乾物摂取量は各区間に差はなかった。
3. 乳量は対照区と比較して冷風区で1.3~2.2kg/日(8~10%)、冷水区で2.0~2.6kg/日(9~13%)増加し、乳量減少抑制効果が認められた。しかし、乳質に差はなかった。

4. 冷却能力は冷風区で2,000kcal/日/頭、冷水区で660kcal/日/頭となり、熱効率は1/3となった。

謝 辞

本研究にあたり冷房システムのメンテナンス及び成績の取りまとめについて御協力、御指導をたまわった日立冷熱株式会社宮川、前田両氏に感謝致します。

引用文献

- 1) HAFEZ, E. S. E. (1968) : Adaptation of Domestic Animals. 1st. ed. Lea & Febiger, Philadelphia.
- 2) 伊藤雄一ら(1984) : 乳牛の無脂固形分に関する研究, 2. 飼養管理が乳質におよぼす影響, 三重県農業技術センター研究報告, 13.
- 3) 向井彰夫(1981) : 乳牛の暑熱対策(全国乳質改善協会編)195-277, 全国乳質改善協会, 東京
- 4) 農林水産技術会議(1987) : 日本飼養標準・乳牛, 中央畜産会, 東京
- 5) 農林水産技術会議(1987) : 日本飼料成分表, 中央畜産会, 東京
- 6) 柴田正貴ら(1982) : 濃厚飼料多給時における乾乳牛の熱発生量, 各種生理反応に及ぼす環境温度の影響, 日畜会報53(1), 33-38
- 7) 柴田正貴ら(1982) : 夏期における乳生産の様相と牛舎冷房の効果, 家畜の管理18(2), 48-57
- 8) 柴田正貴(1983) : 高温環境下における乳牛の熱収支と乳生産, 日畜会報54(10), 635-647
- 9) 穴戸弘明(1981) : 乳牛の暑熱対策(全国乳質改善協会編)65-92, 全国乳質改善協会, 東京

SUMMARY

Effects of cooling systems on the respiration rate, rectal temperature and milk production of dairy cows were studied in two summer seasons in 1989 and 1990.

According to a 3×3(n=2) latin square, experiment was carried out with six cows kept under a spot cooling air-conditioned house(SAC treatment), with cows clothed with individual cool water jackets with the heat exchange plates(CWJ treatment) and under untreated condition(control).

Results obtained were as follows:

The SAC treatment were lowered both respiration rate and rectal temperature from 90 rpm and 40.0℃ to 73 rpm and 39.2℃ respectively. Those of the CWJ treatment were 59 rpm and 38.9℃. There was no difference in the average dry matter intake among the treatments.

Both treatments increased daily milk production by 8 to 10% or 9 to 13%.

Calculated cooling capacity of the CWJ and SAC treatment was 660 kcal and 2000 kcal per head respectively.