

乳牛の快適性向上のための暑熱対策(第3報)

飲用水の地下冷却技術の検討

岩崎方子* 佐々木敬之** 安富政治

Heat Measure for Improving Comfort of Dairy Cattle
(The Third Report)

Consideration of the Underground cooling Technology of Drinking Water

Ayako Iwasaki, Hiroyuki Sasaki, Masaharu Yasutomi

要 約

暑熱時の乳牛の快適性を高めて生産性の低下を防ぐため、飲用水の地下冷却効果について検討した。

- 1 地下1mに全長20mの水道管を埋設することで、35℃以上の猛暑日が続く年には、水温の低下が確認され、水温差は対照区より最大2.6℃低くなった。
- 2 気温が高くなると飲水量は増加するが、給水管の地下埋設により水温を28℃以下にすることでより飲水量が増えると考えられた。

キーワード：乳用牛、暑熱対策、飲水量、地下冷却水

緒 言

乳牛、特に近年改良の進んだ高泌乳牛にとって、暑熱期の飼養管理は重要になっている。

とりわけ近年は、夏季の異常高温が続いているため、従来からの送風や冷水ミスト対策、屋根や壁に使われている断熱素材による遮熱対策に追加する新たな対策が求められている。

また、酪農経営においても、新たにカウコンフォート(乳用牛の快適性)の概念が導入され、家畜と人が快適に過ごす環境を整えることが必要になっている。

そこで、暑熱時の乳牛の快適性を高め、生産性低下を防ぐため、新たな技術として、地下冷却水の給水について検討したところ、地下1mに全長20mの水道管を埋設することで、水温が従来の給水方法よりも1.6~2.6℃低くなり、平均飲水量が22%多くなることを前報りで報告した。

そこで平成26年度からは、同一気象条件下で検証できるよう、給水管の配管を施工し直して、気温と飲水量、乳量について検討した。

材料及び方法

1. 給水管の地下埋設効果の検証

(1) 地下冷却水の給水による飲水環境改善効果

当センター乳牛舎南側に、通常の飲用水給水管から分岐させ、地下1m、全長20mの地下バイパス給水管を設置した(図1)。さらに同一気象条件下で供給できるよう給水管を増設し、バルブの切り替えで地下冷却水と慣行の水を交互に給与できるよう施工し直した(図2)。

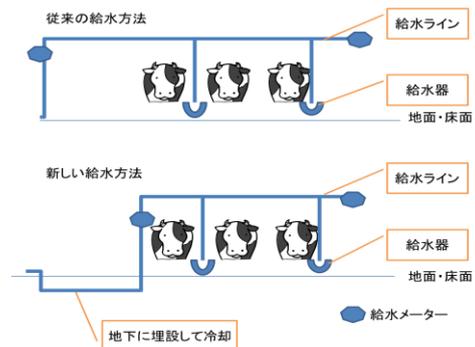


図1 地下冷却水の供給方法

* 京都府農林水産部畜産課

** 京都府農林水産部経営支援・担い手育成課

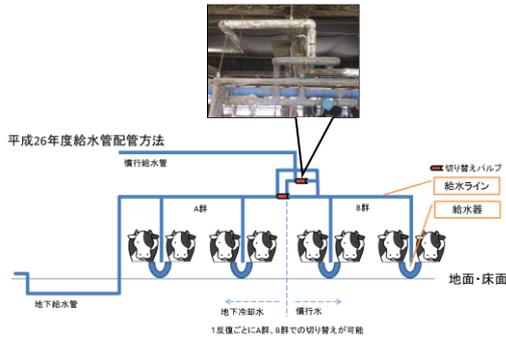


図2 給水管の増設と切り替え

ア 試験期間

平成26年7月14日～8月29日
平成27年7月6日～8月14日

イ 供試牛

当センター乳用牛舎の南側に繋養されているホルスタイン種雌牛8頭(4頭×2区)を試験用牛群とした。同一気象条件下で比較するため、産次、泌乳ステージが同等になるよう牛群A、牛群Bを決定した(表1)。

表1 供試牛群の産次、分娩後日数および乳量

年度	群	頭数	産次*	分娩後日数*	乳量(kg)*
H26	A	4	1.3	149.7	30.9
	B	4	1.7	146.0	27.5
H27	A	4	1.5	178.0	34.9
	B	4	1.3	177.8	33.8

*産次、分娩後日数、乳量は試験開始時の平均値

ウ 試験区分

地下給水管を通じた飲用水の群(以下試験区)と当センター慣行の飲用水の群(以下対照区)に区分し、反転法により、平成26年は1試験期間1週間4反復、平成27年は1試験期1週間6反復試験を実施した(表2)。

表2 飲水環境の改善効果試験期間

年度	反復	試験期間
H26	1	7/14～7/17
	2	7/28～7/31
	3	8/11～8/14
	4	8/25～8/28
H27	1	7/6～7/9
	2	7/13～7/16
	3	7/20～7/23
	4	7/27～7/30
	5	8/3～8/6
	6	8/10～8/13

エ 調査項目

(7) 水温

午前9時と午後4時に、牛が飲用しているウォーターカップに温度記録計(おんどとり Jr.TR502i(株式会社ティアンドディ社製))を設置して測定した。

(イ) 飲水量

午前9時と午後4時に、給水管に設置した水道メーターの数字を読み取り、頭数で除して平均飲水量を算出した。

(ウ) 乳量

ミルカーに装着したミルクメーターにより毎日測定した。

結果及び考察

1. 給水管の地下埋設効果の検証

(1) 地下冷却水の給水による飲水環境改善効果

ア 水温

平成26、27年の水温および気温の推移を表3に示した。平成26年度の平均水温は、試験区が午前9時で24.9℃、午後4時で25.8℃、対照区においては午前9時で25.4℃、午後4時で25.9℃であり、水温差は午前9時で0.5℃、午後4時で0.1℃であった。平成27年の平均水温は試験区は午前9時で25.1℃、午後4時で26℃、対照区は午前9時で26.2℃、午後4時で26.4℃であり、水温差は午前9時で1.1℃、午後4時で0.4℃であった。

いずれの年度も前報よりも水温差が小さくなったが、慣行の水温よりも低い傾向が見られた。平成26年度の水温差は2反復目の午前9時で最大1.3℃、平成27年度の水温差は6反復目の午前9時で最大1.7℃であった。

表3 水温および気温の推移

年度	区分	反復	水温(℃)*		最低気温(℃)	最高気温(℃)	
			9:00	16:00			
H26	試験区	1	24.3	25.1	22.8	32	
		2	25.8	27.6	22	33.3	
		3	25.0	25.6	23.1	31.1	
		4	24.5	25.0	21.9	29.3	
	平均		24.9	25.8	22.5	31.4	
	対照区	1	24.8	25.5	22.8	32	
		2	27.1	27.8	22	33.3	
		3	25.0	25.2	23.1	31.1	
		4	24.7	24.9	21.9	29.3	
	平均		25.4	25.9	22.5	31.4	
	H27	試験区	1	22.3	23.2	20.9	26.3
			2	24.7	25.5	25.2	30.9
3			24.9	25.0	24.5	30.3	
4			25.5	26.6	25	32.1	
5			27.1	28.2	24	36.1	
6			26.1	27.7	23.8	32.4	
平均			25.1	26.0	23.9	31.4	
対照区		1	22.8	23.7	20.9	26.3	
		2	25.8	25.6	25.2	30.9	
		3	25.8	25.9	24.5	30.3	
		4	26.6	26.6	25	32.1	
		5	28.1	28.5	24	36.1	
	6	27.8	28.3	23.8	32.4		
平均		26.2	26.4	23.9	31.4		

*水温は試験期間中の平均値
最低気温及び最高気温は試験期間中の最低及び最高気温の平均値(気象庁データ京都府福知山市)

イ 飲水量(日・L/頭)

平成26、27年の平均飲水量及び気温の推移を表4に示した。平均飲水量は、平成26年は112.1L、対照区で114.6L、平成27年は試験区で120.1L、対照区で117.6Lであった。どちらの年も試験区と対照区で有意な差は認められなかった。

表4 平均飲水量及び気温の推移

年度	区分	反復	平均飲水量	最低気温(°C)	最高気温(°C)
			%/日・頭	(試験区、対照区とも同一気象条件)	
H26	試験区	1	118.05 ± 9.17	22.8	32
		2	104.13 ± 8.93	22	33.3
		3	112.06 ± 17.18	23.1	31.1
		4	114.06 ± 15.78	21.9	29.3
		平均	112.1 ± 12.8	22.5	31.4
	対照区	1	104.98 ± 12.72	22.8	32
		2	123.65 ± 4.71	22	33.3
		3	110.63 ± 14.55	23.1	31.1
		4	119.13 ± 8.61	21.9	29.3
		平均	114.6 ± 10.2	22.5	31.4
H27	試験区	1	109.93 ± 7.00	20.9	26.3
		2	132.12 ± 19.58	25.2	30.9
		3	116.31 ± 6.12	24.5	30.3
		4	131.56 ± 10.74	25	32.1
		5	111.50 ± 4.91	24	36.1
		6	119.18 ± 5.25	23.8	32.4
	平均	120.1 ± 8.9	23.9	31.4	
	対照区	1	118.87 ± 6.94	20.9	26.3
		2	109.87 ± 8.70	25.2	30.9
		3	124.50 ± 4.48	24.5	30.3
		4	114.31 ± 5.36	25	32.1
		5	128.68 ± 5.87	24	36.1
6		109.50 ± 2.89	23.8	32.4	
平均	117.6 ± 5.7	23.9	31.4		

ウ 乳量

平成26年、27年に実施した本試験期間中の平均乳量は試験区、対照区の間で有意な差は認められなかった(表5)。

表5 試験区と対照区の乳量成績

年度	区	乳量(kg)*1日1頭あたり
H26	試験区	29.2 ± 5.54
	対照区	28.9 ± 8.34
H27	試験区	31.7 ± 3.31
	対照区	31.1 ± 4.27

*H26は4反復、H27は6反復の平均値

(2) 3年間の地下冷却水の給水効果のまとめ

ア 水温、飲水量および気温

平成25年度は最高気温35°C以上となる猛暑日が18日間と猛暑の夏となったが、平成26、27年は猛暑日数が比較的少なく、また

日照時間も短い冷夏の傾向であった(表6)。猛暑日が少なかった26、27年は、試験区と対照区の水温差が小さく飲水量にも有意な差は認められなかった。猛暑日が18日の25年は、平均水温差が1.5~2.6°Cあり、地下冷却による水温の低下効果が確認された。あわせて飲水量も試験区の方が有意に多くなった。本技術は猛暑時の対策として、夏場の飲水環境改善に有効であると考えられた。

表6 水温、飲水量、気温および猛暑日数

年度	区分	水温(°C)		飲水量	気温(°C)		猛暑日 日数
		9:00	16:00	%/日・頭	最低	最高	
H25	試験区	24.5	27.4	130.9 ± 16.0 a	21.3	34.7	18日
	対照区	26.0	30.0	106.9 ± 12.5 b	(18.2~24.3)	(27.0~37.2)	
	水温差	1.5	2.6				
H26	試験区	24.9	25.8	112.1 ± 12.8	22.5	31.5	1日
	対照区	25.4	25.9	114.6 ± 10.2	(22.0~23.1)	(29.4~33.3)	
	水温差	0.5	0.1				
H27	試験区	25.1	26.0	120.1 ± 9.7	23.9	31.4	4日
	対照区	26.2	26.5	117.6 ± 7.9	(19.1~28.2)	(23.6~36.7)	
	水温差	1.1	0.5				

猛暑日: 1日の最高気温が35°C以上の日

イ 最高気温ごとの試験区と対照区の水温和飲水量の変化

平成25、26、27年の最高気温の階層ごとの水温と飲水量の変化を表7に示した。35°C以上(猛暑日)、30~35°C(真夏日)、25~30°C(夏日)の3区分で、いずれも試験区の水温が低く、飲水量が多い結果であった。飲水量は気温が高いほど増加した。猛暑日は対照区の午後4時の水温が30°C以上と高くなった。水温の時間帯による差は、午前9時より午後4時半の方が水温は高い傾向にあった。夕方の方が日中、牛舎の環境温度が高くなるため給水管が温まり、水温が高くなったと考えられた。

表7 最高気温ごとの水温と飲水量の変化

最高気温	日数	水温(°C)						飲水量(L/頭)			
		9:00			16:00			試験区		対照区	
		試験区	対照区	差	試験区	対照区	差	試験区	対照区		
35°C以上	23	25.7	27.9	2.2	28.0	30.3	2.3	124.1	118.4		
30~35°C	44	24.9	26.1	1.2	26.6	26.9	0.3	121.1	112.0		
25~30°C	16	23.8	24.4	0.6	24.5	26.2	1.7	114.9	111.5		

ウ 試験日の最高気温と水温及び飲水量の関係性

平成25、26、27年の試験日の最高気温と水温および飲水量の散布図を図3、4に示した。気温が高いほど水温は高くなるが、試験区では28°C以上になることはなく、水温の上昇が抑えられていた。飲水量は対照区は100~140リットルの間で推移したが、試

験区は気温が 30℃で 150 リットル以上と増加傾向が認められた。NRC 乳牛飼養標準³⁾によると、水の摂取量 (kg/日) = 15.99 + 1.58 × DMI (kg/日) + 0.99 × 乳量 (kg/日) + 0.05 × ナトリウム摂取量 (g/日) + 1.20 × 最低温度 (℃) であり、乳量 35 kg の牛で一日約 120 リットルの水が必要な計算となる。牛は 1 日に 70~150 リットルの水を 10~15 回に分けて飲み、1 回当たり 5~7 リットルの量を数十秒で一気に飲むとされている²⁾。気温が高く暑いため、飲水量が増加するものの、給水管を地下に埋設し水温を 28℃以下に抑えることでより多く水を飲むと考えられた。

乳牛の飲水温度については、10℃と 30℃の比較を行ったところ 98%の牛は 30℃の水を飲むとの報告があり⁴⁾、乳牛は冷たい水よりもぬるい水を好むとされている。

今回の試験では水温が 28℃を上回らなかつた試験区の方が、飲水量は多い傾向にあったことから、猛暑時には水温 28℃以下の水を好むと推察する。気温が高くなると飲水量は増加するが、給水管の地下埋設により、水温を 28℃以下に抑制することでより多く水を飲むと考えられた。

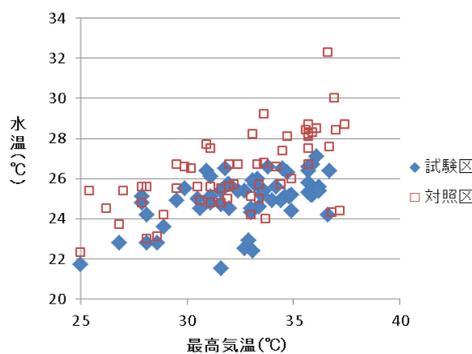


図3 最高気温と水温の散布図

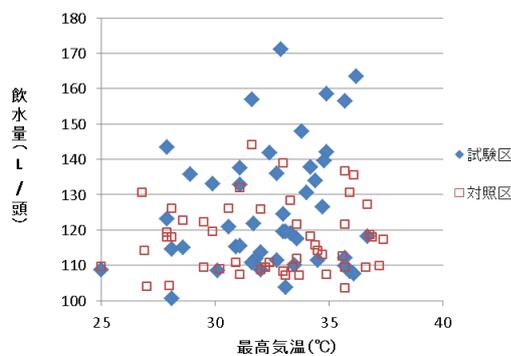


図4 最高気温と飲水量の散布図

以上のことから、給水管を地下に埋設することで水温の上昇が抑えられ飲水量が増加し、夏

場の飲水環境の向上に効果があったと考えられる。

(3) 給水管の地下埋設にかかるコスト

給水管の地下埋設に必要な資材費は 20 m あたり 21610 円であった (表 7)。なお、当センター飼養規模は 25 頭である。

表7 地下埋設給水管資材

資材	数量	単価	金額
HIパイプ 直管	7	1700	11900
HIエルボ	2	240	480
HIソケット	6	174	1044
HI直管	2	980	1960
HI45度エルボ	2	125	250
HIパイプVP4m	1	1700	1700
HIパイプVP4m	1	980	980
HIパイプ エルボ	4	125	500
HIユニオン	2	540	1080
バルブソケット	2	53	106
HIエルボ	4	102	408
HIソケット	2	77	154
HI異径ソケット	2	174	348
HI用接着剤	1	700	700
資材費合計			21610

当センターでは給水管の配管および地下への床堀り、埋め戻し工事を職員で実施したため、資材費が主な経費である。配管工事等を業者に依頼するとその経費が必要となる。

今後、給水管の地下埋設は、各農家で土地条件が異なるため酪農家に合った施工方法を提案し普及を進める。

引用及び参考文献

- 1) 佐々木浩之 藤井清和 乳牛の快適性向上のための暑熱対策 (第1報) 京都府農林水産技術センター畜産センター試験研究報告第11号 1-4 2014
- 2) 田中義春 乳牛の行動から考える牛舎施設根室農業改良普及センター営農改善資料 24 2013
- 3) NRC 乳牛飼養標準第7版, 2001
- 4) D. L. WIJKUSU, C. E. COPPCK, J. K. LANHAM, K. N. BROOKS, C. C. BAKER, W. L. BRYSON, Responses of Lactating Holstein Cows to Chilled Drinking Water in High Ambient Temperatures J. Dairy Sci. 73 1091-1099, 1990.