

牛乳の無脂固形分に関する試験

第1報 県内生産牛乳の品質と気象との関連*

** 余谷行義・伊藤雄一・佐々木敏雄

Study on Solid-not-fat Content of Milk by Dairy Cattle 1. Effects of weather Condition in Mie prefecture

Yukiyoshi YOTANI, Yuichi ITO and Toshio SASAKI

緒言

最近の牛乳に対する需要の動向は高品質なものを求めてきつつあり、なかでも食生活の変化から従来の乳脂肪分よりも無脂固形分を重視する傾向が強まり、県内の牛乳取り引きにおいても乳脂率に加えて無脂固形分率を用いるようになりつつある。

一方我が国の牛乳の無脂固形分率は諸外国のそれにくらべて低いとされ、また季節的に夏期低下することが知られており、無脂固形分率の向上が生産者にとって急務となっているが、県内においては全県レベルでの乳質に関する調査例がなく、また、年間の動向も知られていない。

このような背景から本試験は牛乳の無脂固形分に関する諸要因を分析し、生産者での飼養管理技術で改善できる程度を明らかにするため計画した。

今回その第1報として、県下酪農家の生産する牛乳品質の動向を調査し、同時にそれが気象要因によって受ける影響の程度を明らかにするために実施した。

材料および方法

県下牛乳品質の動向調査：三重県酪農業協同組合連合会会員の酪農業協同組合、および県下乳業会社の協力をえて、1979年4月から1982年3月までの3年間、県下酪農家の生産する牛乳の月別出荷乳量と無脂固形分率および乳脂率のデータを収集し、県下生産牛乳の品質とその年間の推移を把握した。

牛乳品質と気象との関連：三重県気象月報¹⁾から四日市測得所（北勢）、津地方気象台（中勢）、大王崎航路標識事務所（南勢）、上野測候所（伊賀）の4地域

の月別平均最高気温（以下最高気温）、月別平均湿度（以下湿度）、月別平均日温度差（以下日温度差）、月別日照時間（以下日照時間）、月別降水量（以下降水量）、月別平均雲量（以下雲量）、月別平均風速（以下風速）のデータを収集し、一方、前述の調査で得られたデータを北勢、中勢、南勢、伊賀の4地域に分け、気象要因が乳質に影響する程度を明らかにするため、多変量解析（重回帰分析による要因分析）により寄与の程度を判定した。

なお、調査した酪農組合、取りまとめ地域は表-1に示したとおりである。

表-1 調査場所および取りまとめ地域

地域	調査酪農業協同組合	気象台・測候所
北勢	四日市酪農業協同組合	四日市測候所
	北三重酪農業協同組合	
	鈴鹿市酪農業協同組合	
中勢	津酪農業協同組合	津地方気象台
	一志酪農業協同組合	
南勢	三重酪農業協同組合	大王崎航路 標識事務所
	南勢酪農業協同組合	
	大内山酪農業協同組合	
伊賀	上野市酪農業協同組合	上野測候所
	名賀酪農業協同組合	
	青山酪農組合	

*昭和56年度、シンポジウム「家畜と環境」（日本畜産学会東海支部会）において一部発表。

** 畜産部

*** 普及企画部

結 果

牛乳品質の動向：昭和54年度約35,300トン、
昭和55年度約37,800トン、昭和56年度約40,200

トンの乳質に関する調査結果がえられ、各年度とも三重
県の生乳生産量の約80%程度の品質データを集収でき
たものと思われ、その動向は表-2に示したとおりである。

表-2 年度別、月別乳質の推移

(%)

区 分	4月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	年間平均値	
無 脂 固形分率	全平均値	8.38	8.37	8.35	8.32	8.34	8.40	8.44	8.49	8.48	8.50	8.50	8.48	8.42±0.11
	S. 54	8.34	8.33	8.30	8.28	8.28	8.37	8.39	8.45	8.44	8.44	8.43	8.42	8.37±0.08
	S. 55	8.37	8.33	8.31	8.31	8.34	8.38	8.42	8.46	8.47	8.49	8.46	8.45	8.40±0.10
	S. 56	8.43	8.44	8.43	8.36	8.39	8.44	8.51	8.54	8.52	8.56	8.59	8.56	8.48±0.11
乳 脂 率	全平均値	3.47	3.41	3.39	3.39	3.38	3.44	3.53	3.60	3.62	3.64	3.62	3.58	3.50±0.11
	S. 54	3.43	3.38	3.36	3.37	3.34	3.38	3.45	3.52	3.54	3.55	3.56	3.54	3.45±0.09
	S. 55	3.49	3.44	3.42	3.42	3.41	3.46	3.56	3.62	3.63	3.68	3.64	3.60	3.53±0.11
	S. 56	3.50	3.42	3.40	3.38	3.39	3.47	3.56	3.64	3.68	3.67	3.66	3.59	3.53±0.12

年間の平均値は、無脂固形分率、乳脂率それぞれ昭和
54年度8.37%、3.45%、昭和55年度8.40%、
3.53%、昭和56年度8.48%、3.53%、3か年平
均8.42%、3.50%、であった。

年間の最高値は、無脂固形分率、乳脂率それぞれ昭和
54年度8.45%（11月）、3.56%（2月）、昭和
55年度8.49%（1月）、3.68%（1月）、昭和56
年度8.59%（2月）、3.68%（12月）、3か年平
均8.50%（1月）、3.64%（1月）であった。

年間の最低値は、無脂固形分率、乳脂率それぞれ昭和
54年度8.28%（8月）、3.34%（8月）、昭和
55年度8.31%（6月）、3.41%（8月）、昭和
56年度8.36%（7月）、3.38%（7月）、3か年
平均8.32%（7月）、3.38%（8月）であった。

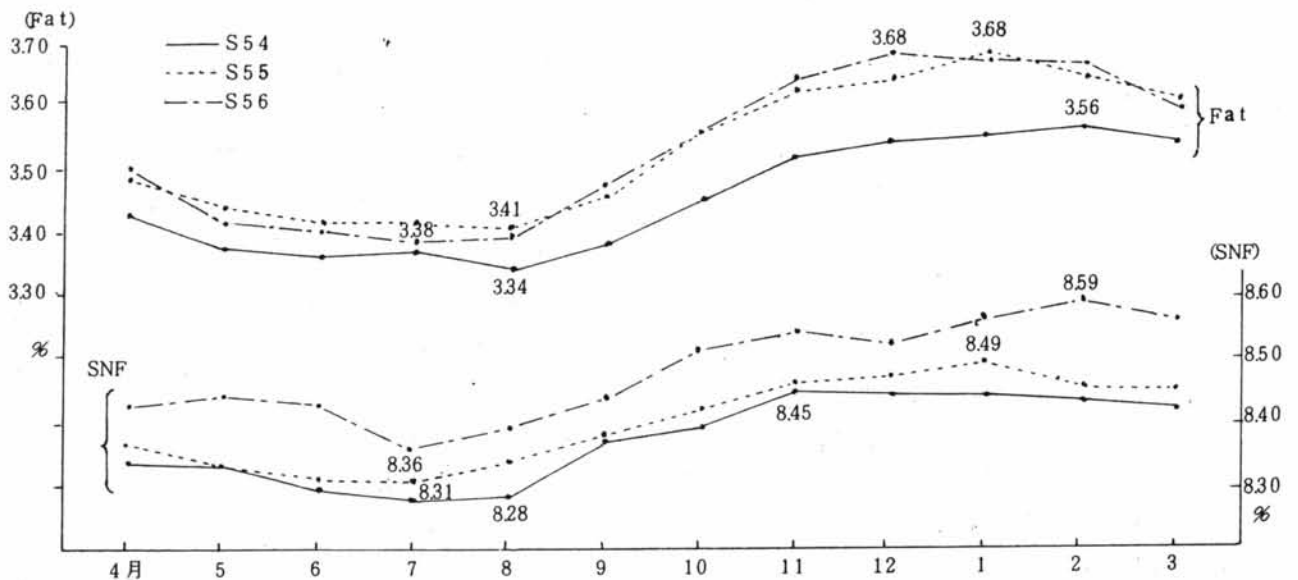


図-1 乳質の推移 (S54.4~57.3)

各年度の乳質の推移を図示すると図-1のようになり、年間の推移は各年度ともよく似ており、月別の変動は表-3に示したように差があり、無脂固形分率は6・7・8月の夏期にくらべ、12・1・2月の冬期が高く、乳脂率も同様に冬期が夏期にくらべ高かった。

また、3か年の月別乳量をそれぞれの日数で除し、年間平均値を100とし、指数化して比較すると、3・4・5月の春期が高い生産量を示し、10・11月の秋期が最低で、夏期は年間の平均値前後で推移した。

表-3 月別乳量、乳質の推移

(%)

区 分	4月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
無脂固形分率	abc 8.35	abc 8.34	bc 8.31	c 8.28	c 8.30	abc 8.36	abc 8.40	ab 8.44	a 8.45	a 8.46	a 8.45	ab 8.44
乳 脂 率	cd 3.46	de 3.40	de 3.38	de 3.37	e 3.36	cde 3.42	bc 3.56	ab 3.57	a 3.59	a 3.61	a 3.60	ab 3.56
乳 量	a 108.1	a 107.4	b 103.1	c 100.0	c 100.0	d 95.0	e 93.1	e 93.1	de 94.6	d 96.2	b 102.7	a 106.6

注1 乳量は年間月別平均値を100とした指数

2. 右肩異文字間は有意差あり、(Duncan, Duncan' S)

また、図-1に示したように、経年的にみると、無脂固形分率、乳脂率ともに漸次高くなっており、また、表-4に示したとおり、年度間の差の検定を行なったところ無脂固形分率では年度ごとに高くなっている。さらに、乳脂率でも、昭和54年度にくらべ、昭和55、56年度が高い結果となった。

表-4 年度間の乳質の比較

区 分	無脂固形分率	乳 脂 率
S 54	8.34 %	3.43 %
S 55	8.36	3.51
S 56	8.44	3.51
S 54とS 55の差	0.02 *	0.08**
S 54とS 56の差	0.10 **	0.07**
S 55とS 56の差	0.08 **	0.

n=48
** : Pr (t=2.704) = 0.01
* : Pr (t=2.021) = 0.05

なお、表-2とそれ以降の表の無脂固形分率、乳脂率の数字が若干異なるのは、表-2の数字は県全体のそれを算出するのに、それぞれの地域の乳量で重みづけをした加重平均値で表わしたものであり、それ以降の数字は各年度、各地域の月別の記録をそのまま分析に使用し、単純平均値で表わしたためである。

牛乳品質と気象要因との相関係数：各月各地域の乳質および地域乳量と、三重県気象月報¹⁾から得られた

気象データの年度別および地域別の平均値は表-5のとおりである。

気象要因で特に目立ったことは、昭和55、56年度が冷夏で、年度の最高気温が昭和54年度にくらべ約1℃も低かったが、湿度は昭和54年度にくらべ昭和55、56年度が高く、降水量は昭和56年度が低い数値を示している。各地域では、伊賀地方が伊勢地方の3地域にくらべ、湿度が高く、日照時間、降水量ともに少なく、風速が小さく、日温度差が大きいという傾向があり、平野部にくらべて盆地の特徴をよく表わしている。他の伊勢平野3地域では、南勢地域の日温度差が小さいこと、風速が大きいことが目立った。

これら10個の形質間の相関係数を求め、その相関行列を表-6に示した。

無脂固形分率は、すべての形質との間に相関がみとめられ、乳脂率、地域乳量、日照時間、風速との間に正の相関、最高気温、湿度、日温度差、降水量、雲量との間に負の相関が認められた。また、乳脂率は、日温度差と日照時間以外の形質との間に相関が認められ、無脂固形分率、地域乳量、風速との間に正の相関、最高気温、湿度、降水量、雲量との間に負の相関が認められた。

地域乳量は、乳質との間の相関以外では、風速との間に正の相関、日温度差、雲量との間に負の相関が認められた。気象形質間では多くの相関が認められ、各形質が複雑に絡み合っていた。

これら相関関係のうち、乳質と地域乳量との正の相関、無脂固形分率と日温度差との負の相関が認められたこと

表-5 各形質の年度別・地域別平均値

区 分	月別地域乳量 kg	最高気温 ℃	湿 度 %	日温度差 ℃	日照時間 hr	降水量 mm	雲 量	風 速 m/s	乳 脂 率 %	無 脂 固形分率 %	
全 体	787.3±460.2	18.9±7.5	71.8±8.4	8.1±2.2	1712±318	1258±771	6.4±1.3	2.9±1.2	3.48±0.11	8.38±0.11	
年度別	S54	735.6±441.0	19.5±7.8	70.6±8.1	8.2±2.2	1712±364	1241±710	6.3±1.1	2.9±1.2	3.44±0.09	8.34±0.08
	S55	788.1±454.7	18.5±7.5	72.7±8.9	7.7±2.1	1627±283	1462±906	6.5±1.5	2.9±1.1	3.51±0.11	8.36±0.10
	S56	838.2±487.7	18.8±7.5	72.1±8.3	8.3±2.2	1791±284	1071±637	6.2±1.1	2.9±1.1	3.51±0.12	8.44±0.11
地域別	北勢	891.9±133.8	19.0±7.6	71.3±8.1	8.3±1.1	1736±312	1329±890	6.6±1.1	2.8±0.5	3.50±0.13	8.41±0.08
	中勢	260.5±29.2	18.9±7.7	70.7±7.9	8.0±1.1	1762±311	1322±770	6.4±1.3	2.7±0.4	3.46±0.11	8.33±0.09
	南勢	1,464.6±100.2	18.8±7.2	70.3±10.8	5.5±1.0	1778±291	1341±713	5.7±1.4	4.4±0.8	3.53±0.11	8.48±0.10
	伊賀	532.2±32.9	19.0±8.2	75.1±5.6	10.6±1.5	1573±326	1040±684	6.8±0.9	1.6±0.4	3.44±0.07	8.30±0.06

全体：n=144、年度：n=48、地域：=36

表-6 各形質間の相関行列

形 質	地域乳量	最高気温	湿 度	日温度差	日照時間	降水量	雲 量	風 速	乳 脂 率	無脂固形分率
地 域 乳 量	—									
最 高 気 温	—	—								
湿 度	—	0.810**	—							
日 温 度 差	-0.574**	-0.238*	—	—						
日 照 時 間	—	—	-0.493**	—	—					
降 水 量	—	0.608**	0.455**	-0.235*	—	—				
雲 量	-0.210*	0.671**	0.759**	—	-0.514**	0.522**	—			
風 速	0.720**	-0.307**	-0.518**	-0.638**	0.331**	—	-0.492**	—		
乳 脂 率	0.260**	-0.793**	-0.689**	—	—	-0.486**	-0.658**	0.462**	—	
無 脂 固 形 分 率	0.596**	-0.536**	-0.543**	-0.318**	0.204*	-0.323**	-0.609**	0.682**	0.772**	—

n=144 ** : Pr (r=0.254) = 0.01 * : Pr (r=1.946) = 0.05

は検討を要するものと考えられた。

気象要因が乳質におよぼす影響：気象要因が乳質にどの様に影響しているかを明らかにするため、乳質と高い相関が認められ、各要因間には高い相関が認められない要因を選んで重回帰分析による要因分析を行ない寄与率と相対寄与率を求めた。結果は表-7、表-8に示すとおりである。

重回帰式は、いずれの場合も有意で無脂固形分率では

寄与率8.05%となり、相対寄与率は地域乳量26.4%、最高気温23.6%、風速21.5%、年次17.7%、雲量10.8%の順となり気象要因のしめる割合は55.9%となった。各年度内での寄与率も同様の数値を示し、寄与率に占める気象要因の大きさは、昭和54・55・56年度それぞれ7.06%、6.95%、7.32%とほとんど変化がなかったが、その内訳は昭和54年度は最高気温が大きく、昭和55・56年度は風速の数値が大きかっ

表-7 無脂固形分率に対する各要因の寄与率

(%)

区 分	寄与率	相 对 寄 与 率*					
		地域乳量 (月別乳量)	最高気温	雲 量	風 速	年 次	
全 体	80.5	26.4	23.6	10.8	21.5	17.7	
年 度	S54	69.7	29.4	43.2	11.2	16.2	-
	S55	82.3	30.5	16.4	15.3	37.8	-
	S56	85.4	26.8	35.1	1.9	36.2	-
地 域	北 勢	92.6	0.5	38.0	11.2	0.9	49.3
	中 勢	88.3	3.6	57.9	7.1	3.3	28.1
	南 勢	88.4	3.3	25.9	8.3	12.0	50.5
	伊 賀	77.5	3.9	57.9	3.3	12.5	22.4

注) *は各要因の寄与率に占める割合

表-8 乳脂率に対する各要因の寄与率

(%)

区 分	寄与率	相 对 寄 与 率*					
		地域乳量 (月別乳量)	最高気温	雲 量	風 速	年 次	
全 体	77.5	5.7	67.1	13.1	3.9	10.2	
年 度	S54	83.3	3.9	87.3	6.2	2.5	-
	S55	78.8	15.7	59.0	25.1	0.2	-
	S56	73.1	0.8	82.4	4.5	12.3	-
地 域	北 勢	91.1	1.2	51.6	9.9	5.9	31.4
	中 勢	90.4	4.8	72.0	7.7	4.3	11.2
	南 勢	90.4	5.8	53.5	14.5	12.0	14.1
	伊 賀	91.2	3.2	81.7	2.4	12.6	0.1

注) *は表-7と同様

た。また地域乳量はいずれの場合も全体のそれと同様の傾向であった。

地域内の寄与率も全体、年度と同程度の数値を示したが、相対寄与率では年次と最高気温が大きい数値を示し、月別乳量(全体、年次の場合の地域乳量)は小さかった。気象要因が寄与率に占める割合は、北勢、中勢、南勢、伊賀でそれぞれ50.1%、68.3%、46.2%、73.7%となり、おむね全体および年度の気象要因の占める割合と同程度であった。気象要因のうち風速は南勢、伊

賀で若干大きい数値であったが、他は小さかった。また、年次については北勢、南勢で大きい数値を示した。

乳脂率でも全体の寄与率は77.5%と無脂固形分率のそれと同程度であったが、相対寄与率は最高気温67.1%、雲量13.1%、年次10.2%、地域乳量5.7%、風速3.9%の順となり、気象要因の占める割合は84.1%と非常に大きかった。各年度内の寄与率も同様の数値を示し、寄与率に占める気象要因の大きさは、昭和54・55・56年度それぞれ96.1%、84.3%、99.2%

となり、全体でのそれと同等か上廻る数値を示した。その内訳はいずれの年度も最高気温が大きかったが、昭和55年度では雲量が、昭和56年度では風速が若干大きい数値となった。地域内の寄与率は、すべての地域で90%以上となり、全体での寄与率を上廻っていた。相対寄与率でも同様の傾向で、気象要因の占める割合は北勢、中勢、南勢、伊賀それぞれ67.4%、84.0%、80.1%、96.7%となり、伊賀が高く北勢が若干低い数値となった。その内訳は伊勢3地域ではほとんど変化がなかったが、伊賀で風速の数値が若干高かった。月別乳量は無脂固形分率同様小さい数値であった。

年次については北勢で若干大きい数値であったが、無脂固形分率のそれよりも各地域で小さく、特に伊賀では極端に小さい数値であった。

考 察

乳質が夏期低下することは多くの報告^{4,5,6)}もあり、よく知られているが、本報でも夏期低く、冬期高い結果となった。また、乳量の年間推移の結果で、春期が最も多く夏期は年間の平均値前後で推移し、秋期が最も低く、冬期から回復する傾向があることは、北海道をのぞく全国的な傾向で、特に西日本でそれが顕著であるという平野⁵⁾の調査結果とよく合致し、また季節について、無脂固形分率、乳脂率、乳蛋白質率および全国形分率は夏に低く、冬に高い傾向を示し、乳量と乳糖率はその逆を示したという横内³⁾の報告とも同様の傾向となった。

経年的に乳質、特に無脂固形分率が向上してきたのは、本試験の時期が県下酪農家の間で乳質に対する関心がたかまってきた年度であり、乳牛の飼養管理改善などの要因と、昭和55・56年度の2年続きの冷夏で代表される低気温の要因があいまって良い結果となったのではないかと考えられる。

乳質との相関関係で、気温、湿度との間に負の相関があるのはよく知られており^{4,5,6)}降水量、雲量はそれらが気温、湿度との間に正の相関があることから理解でき、風速も気温、湿度との間に負の相関があることから当然と思われた。これらのことは気温、湿度が上昇し、雨が多くなれば乳質は低くなり、気温、湿度が低下し、風が強くなって晴れた日が多くなると乳質が高くなる。つまり、乳質は明らかに夏期が低く、冬期に高いことがうかがえた。地域乳量は、県下4地域の地域差をみるために、その地域の生産乳量を地域差とみなしたものであるが、日温度差、雲量との間に負の相関、風速との間に正の相関があったことは、三重県というせまい地域でも気象に地域差があることを示唆していると考えられる。また、日温度差と無脂固形分率との間に負の相関があったが、山

岸ら²⁾のズートロン内における実験で、高温、高湿条件でも温度、湿度に日内変動をつけた区の方が、つけない区よりも対照とした低温区に対する低下が乳量、無脂固形分率ともに少なかったという報告と逆の結果となっているが、このことも前述した気象の地域差、すなわち、平野部程風速が大きく、日温度差が低く、山間部程風速が小さく、日温度差が大きいということに起因しているのではないかと考えられた。

乳質と地域乳量との間に正の相関があったことは、乳質も地域差があると判断でき、その原因を推察すると、前述した気象的なものもその一つと考えられるが、この調査の開始時である1979年から始まった牛乳の計画生産に伴ない牛乳の高品質化が酪農家間で高まった時期で、特に南勢地域ではグループによる乳質改善のための努力と地域での技術指導の適切さなどが大きく反映しているのではないかと考えられ、今後の乳質改善問題上留意すべき点ではないかと思われた。

要因分析の結果、とりあげた5要因で三重県全体の乳質の変動がよく説明でき、気象が乳質に与える影響が大きいことが判明した。無脂固形分率はその全変動中の約45%が気象要因の影響をうけ、乳脂率はその約65%が気象要因の影響をうけると判断され、特に乳脂率はその全変動中の約50%が気温によって影響をうけるものと考えられた。

しかしながら、無脂固形分率は地域の影響もその全変動中の20%程度うけており、このことは、横内³⁾の無脂固形分率変動に占める地域間差は全体の約4分の1と極めて大きく、乳牛の秘乳能力評価に当たり地域による相違は無視できないとする報告と同様の傾向を示していた。

今回の報告では、飼料給与等の要因はとりあげることができなかったが、地域、年次の影響が前述した飼養管理によるものであれば、今後の乳質の向上、特に無脂固形分率の向上にはかなりの部分、飼養管理面からの改善が期待できるのではないかと考えられた。

要 約

1979年4月から1982年3月までの3年間、県下生産牛乳の品質と県内各地の気象データに基づき、牛乳の品質が気象によってうける影響の程度を、重回帰分析を用いて要因分析したところつぎの結果を得た。

1. 各調査年度とも県下生産牛乳の約80%の乳質データがえられ、無脂固形分率と乳脂率の平均値はそれぞれ昭和54年度8.37%、3.45%、昭和55年度8.40%、3.53%、昭和56年度8.48%、3.53%となり、3か年の平均値ではそれぞれ8.42%、3.50%であった。

2. 乳質の年間変動のうち、最高値は無脂固形分率、乳脂率ともに1月で、最低値は無脂固形分率7月、乳脂率8月となり、無脂固形分率、乳脂率ともに春、秋期を境にして冬期高く、夏期低かった。また、乳量の年間変動は最高値が4月で最低値は10月となり、夏、冬期を境にして春期高く、秋期低かった。

3. 乳質の年度間の推移は無脂固形分率では、昭和54・55・56年度と漸次高くなり、乳脂率では昭和54年度にくらべ、昭和55・56年度が高かった。

4. 乳質と各形質の相関関係

(1) 無脂固形分率：地域乳量、日照時間、風速、乳脂率との間に正の相関があり、最高気温、湿度、降水量、雲量との間に負の相関があった。

(2) 乳脂率：地域乳量、風速、無脂固形分率との間に正の相関があり、最高気温、湿度、降水量、雲量との間に負の相関があった。

5. 気象要因が乳質におよぼす影響

(1) 無脂固形分率：寄与率は80.5%となり、相対寄与率は地域乳量26.4%、最高気温23.6%、風速21.5%、年次17.7%、雲量10.8%となった。無脂固形分率の変動中約45%が気象の影響によるものと思われ、また、同変動中約20%が地域の影響によるものと思われた。

(2) 乳脂率：寄与率は77.5%となり、相対寄与率は最高気温67.1%、雲量13.1%、年次10.2%、地域乳量5.7%、風速3.9%となった。乳脂率の変動中約65%が気象の影響によるものと思われ、なかでも同変動中約50%が気温の影響によるものと思われた。

おわりに、本試験の実施に当たって貴重なデータを提供くださった酪農業協同組合ならびに乳業会社の各位に深謝します。

文 献

- 1) 津地方気象台編(1979~1982)：三重県気象月報、1979年4月~1982年3月
- 2) 山岸規昭、穴戸弘明、三橋俊彦(1984)：無脂固形分生産に及ぼす暑熱の影響、農林水産技術会議事務局研究成果152、21~24.
- 3) 横内圀生(1984)：地域別、季節別にみた無脂固形分生産変動の解明、農林水産技術会議事務局研究成果152、15~20
- 4) 全国乳質改善協会(1980)：乳成分の向上と乳牛飼養初版、東京全国乳質改善協会
- 5) 全国乳質改善協会(1981)：乳牛の暑熱対策初版、東京全国乳質改善協会。
- 6) 全国乳質改善協会(1982)：乳質改善ハンドブック初版、東京全国乳質改善協会、