総説

原料牛乳をめぐる衛生上の諸問題

微生物学のおよび化学的乳質とその異常並びに対策

中 江 利 孝*

Some Hygienic Problems on Raw Milk with Special Reference to Microbiological and Chemical Contamination and its Prevention

Toshitaka NAKAE

(Faculty of Agriculture, Okayama University: Tsushima, Okayama)

牛乳は栄養学的に完全に近い食品として古くから容認されているが、そのことは同時に牛乳が良好な培養基ともなり、また食品の中では最も腐敗しやすいものの1つであることをも反映している。したがって牛乳に対する食品衛生上の規制はとくに厳正であることが要求され、その基本形態としての原料牛乳の品質、いわゆる原料乳質は広く牛乳・乳製品の品質と保存性に直接、間接に影響を及ぼす点でとくに重要といえる。最近、原料牛乳の乳質は酪農とそれを取りまく環境条件の変革に伴って大きく揺れ動いており、とくに牛乳の化学的汚染がもたらした酪農乳業の生産性に対する影響は少なからぬものがある。牛乳に対する消費者の不信感と酪農経営に対する牛乳生産者の意欲減退は、一面には最近の異常乳質問題に端を発しているともいわれており、その問題解決のためにもわれわれ学会関係者が原料乳質を改善していく先導的役割を果たさねばならない。

ここでは原料牛乳に関する食品衛生面の現状とその対策について、最近の微生物学のおよび化学的乳質とその異常の問題を中心に概説するとともに、今後の乳質改善に対するより根本的な方策とその意義について論じてみたい。なお最近の牛乳衛生と乳質改善一般の問題に関していくつかの総説¹⁻³⁾や小冊子⁴⁻⁶⁾が発表されているので、併せて参照されたい。

1. 微生物学的乳質とその異常並びに対策

(1) 微生物学的乳質の現状

原料生乳の細菌は搾乳から工場搬入までの間汚染と増殖を繰返すが、わが国の各種資料からまとめたその間の生菌数の変化は第1図²⁾のとおりである。その数値は季節、地域、衛生状態等によって異なり、最近はかなり改

善されてきていると考えられるが、死菌を含めた総菌数の場合にはさらに高い値になろう。平均していえば、搾乳直後の生菌数1,000以下/mlの生乳も工場搬入時には10万以上/mlに達し、夏場にとくに菌数増加が著しい。このような現状ではアメリカの殺菌乳用A級生乳の規格⁷⁾(各農家個乳生菌数10万以下/ml、殺菌前混合乳生菌数30万以下/ml)や国際酪農連盟(IDF)の微生物委員会で提案された低温貯蔵生乳の適当な細菌数限界⁸⁾(10万以下/ml、後に飲用に適する乳の条件にもなっている)の条件を完全に満たすには至っていない。

わが国の原料牛乳の数値的規制では乳等省令の「生乳」規格において直接個体鏡検法による細菌数(いわゆる総菌数)400万以下/mlと規定されている。東京都周辺における生乳細菌数(総菌数)の年別調査例⁹⁾¹⁰⁾は第1表

第1図 原料牛乳生産過程の細菌数(生菌数)の変動と汚染源²⁾

* 岡山大学農学部: 岡山市津島

第1表 東京周辺原料牛乳の細菌数（総菌数）の年別調査^{9,10)}

年次	検体数	<400万	<1,000万	<2,000万	<3,000万	>3,000万
昭和32	14,805	72.0%	16.9%	7.5%	2.0%	1.6%
34	16,435	80.9	15.4	4.6	0.8	0.3
36	19,855	87.0	10.3	2.2	0.2	0.2
38	19,872	86.5	12.2	1.1	0.08	0.03
40	22,156	82.9	15.6	1.5	0.06	0.04
42	21,945	84.2	15.5	0.4	—	—
43	18,654	83.7	15.95	0.4	0.09	0.02
44	14,085	80.39	19.28	0.3	0.07	—
45	13,864	90.9	8.97	0.13	—	—
46	12,746	89.9	10.83	0.17	—	—

第2表 牛乳・乳製品の低温細菌の出現率（%）の文献例^{11,12)}

	Thomas ら (1963)	Orr ら (1964)	小川 (1968)	清水 ら (1968)	Dempster (1968)	Nakae (1970)
分離菌株数	235	181	535	570	421	456
<i>Pseudomonas</i>	36.6%	56.9%	47%	90.7%	43.0%	52.0%
<i>Aeromonas</i>	—	—	8	3.0	3.1	—
<i>Alcaligenes</i>	0.8	1.1		—	—	4.6
<i>Achromobacter</i>	58.0	7.2		—	20.4	27.6
<i>Flavobacterium</i>	0.4	—		—	10.2	2.2
<i>Coli-aerogenes</i>	2.1	20.4		5.6	11.6	4.0
<i>Micrococcus</i>	—	3.9	16	—	1.4	5.0
<i>Streptococcus</i>	—	—	3	—	—	3.3
<i>Arthrobacter</i>	2.1	6.1	—	—	—	—
その他	—	4.4	26	7.0	10.3	1.3
供試製品・試料	冷蔵殺菌乳	冷蔵生乳	生乳・市乳	冷蔵市乳	牛乳・乳製品	牛乳・乳製品

のごとく、規格（400万以下/ml）に満たない不合格乳の比率は年々減少してきているが、集乳方式の変動と集乳圏の拡大が必ずしも不合格率の減少をもたらすとは限らないと指摘されている⁹⁾。しかし、昭和47年4月から大都市を中心に進められている400万規制強化の実績は上ってきているようである¹⁰⁾。

原料牛乳の個々の細菌群については、搾乳直後で *Micrococcus*, *Staphylococcus*, 乳酸菌等が、搾乳器具類、牛乳缶の段階で耐熱性の *Micrococcus*, *Microbacterium*, *Bacillus* 等が検出され、工場受入乳では乳酸菌、耐熱性 *Bacillus*, *Micrococcus* の汚染が著しい。しかしこれらの菌群は生乳を中温域で培養分離した結果であり、5~10° 培養では種々の低温細菌が検出される。冷蔵生乳、市乳、乳製品から分離される低温細菌の出現分布の文献例^{11,12)}は第2表のとおりであり、*Pseudomonas* が多く出現する他、*Achromobacter*, 大腸菌群, *Micro-*

coccus 等も検出される。

一方微生物学的品質面できくに問題となる乳房炎乳の発生状況に関して、家畜共済統計による乳房炎病傷事故件数は昭和43年24.2万件、昭和44年28.7万件、昭和45年29.4万件と増加傾向にあり、病傷総件数の25~27%を占めている。事故件数を乳房炎牛頭数とみなすならば、昭和45年は搾乳牛頭数88.5万頭の1/3を占め、潜在性乳房炎牛を含めれば搾乳牛の半数が乳房炎に罹っていることになる。乳房炎の原因菌としては *Staph. aureus*, *Str. agalactiae* が主体であるが、その他のブドウ球菌と連鎖球菌, *Cl. perfringens*, *Coryn. bovis* 等も知られており、一方抗生物質の普及に伴ってその耐性菌や新しい種類の原因菌も出現してきている¹³⁾。また乳房炎の疫学的実態調査も最近進められてきている¹⁴⁾。

以上の他の特定菌群として大腸菌群、腸球菌、耐熱性菌等の検索に関する研究も発表されている。

第3表 微生物学的異常乳の種類とその性状

種 類	原 因 菌	生 乳 の 性 状	乳 加 工 上 の 弊 害
高酸度 (酸敗) 乳	乳酸菌, 大腸菌, 他, 酸生成菌	高酸度, アルコール凝固, 酸凝固, ガス発酵, 酸味	殺菌時の凝固, チーズ酸敗等
異常凝固・分解乳	タンパク・脂肪分解菌, 低温細菌, 有孢子桿菌	レンネット様凝固, アルカリ化, ペプトン化, 不潔臭, 脂肪分解臭, 苦味	不快臭味移行 乳製品変敗
粘 質 乳	低温細菌, 有孢子桿菌, 等	粘質化, スライム形成, タンパク分解, 苦味	乳製品の粘質化
着 色 乳	低温細菌, 球菌類, 赤色酵母	黄変, 青変, 赤変	乳製品の着色変質
細菌性異常風味乳	タンパク・脂肪分解菌, 低温細菌, 有孢子桿菌	各種不快臭味, 異常凝固, 等	乳製品の風味悪変
乳 房 炎 乳	溶血性連鎖球菌・ブドウ球菌, その他	血液・凝固物混入, アルコール凝固, 熱凝固, 塩味, 細胞数, カタラーゼ等増加, 乳糖, SNF, Ca 等減少	乳房炎の伝播 食中毒の発生原因
そ の 他 病 乳	サルモネラ菌, 炭疽菌, ブルセラ菌, 結核菌, 病原大腸菌, 等	病原菌の混在, 異常変敗	食中毒の発生原因 各種疾病の発生原因
ファージ汚染乳	バクテリオファージ各種	菌体の溶解, 低細菌数	スターター, 発酵乳製品製造障害

第4表 各集乳輸送段階の生乳の低温細菌数¹⁹⁾

種 別	試 採 取 回 料 数	農 工 場 数	低 温 細 菌 数/ml (3.5°, 7日培養)			
			<1,000	1,000~ 10,000	10,000~ 100,000	100,000<
農場配管(蒸気殺菌)	1	150	88.7 %	11.3 %	0.0 %	0.0 %
バルクタンク	20	87	75.8	17.2	7.0	0.0
牛 乳 缶	170	386	15.6	21.5	42.2	20.7
工場貯乳タンク (2,000ガロン)	5	66	0.0	11.5	38.5	50.0
バルククーラー	6	24	0.0	4.2	25.8	70.0

このような種々の微生物によって生ずる異常乳とその性状は第3表に一括表示しておく。

(2) 微生物汚染に関する最近の諸問題

最近の原料牛乳の微生物汚染は酪農・乳業の技術的変革に伴って下記のような多くの問題を提起している。

i) 機械搾乳と微生物学的乳質の関係: 手搾りに代って用いられるミルカーの普及率は近年目ざましく, 北海道で50%以上, 都府県で32%以上の普及率 (昭45年2月現在) といわれる。しかしながらこの普及に応じて乳房炎の発生と乳質低下が起ってきており, その原因としてミルカーの不適切な使用 (とくに空搾り) と洗浄不備が指摘されている¹⁵⁻¹⁷⁾。例えば生乳の生菌数, 低温細菌数ともに手搾りでは $10^2 \sim 10^3$ /ml であるのに対し, 機械搾乳では $10^4 \sim 10^6$ /ml となる¹⁶⁾。これらの問題は乳房炎対策の一環として十分考慮に入れる必要がある (後述)。

ii) バルク集乳と低温細菌: 最近冷凍機付のバルク

クーラー (バルクミルクタンク) が利用されるようになり, いわゆるバルク集乳方式が普及しつつある。このような集乳方式は従来の毎日集乳から隔日 (または数日置) 集乳を可能にし, その間の生乳の長時間冷蔵と途中での未冷却生乳の追加投入 (合乳) によって派生する低温細菌等の微生物学的問題に焦点が向けられてきている。IDF¹⁸⁾ では農場用牛乳冷却タンクは投入した生乳を 4° に速やかに冷却し, 合乳時には3時間以内にその温度まで冷却できる性能をもつことを規定しており, アメリカの3A規格でも同様の規定 (2時間以内に 4.4° まで冷却, 合乳時の乳温上昇限度 10°) がある。

Thomas¹⁹⁾ はバルクタンクを含めて各集乳段階における生乳の低温細菌数を第4表のように示している。すなわちバルクタンクとそれ以前の生乳の低温細菌数は大部分 1,000 以下/ml であり, 牛乳缶の場合よりも菌数が少ないが, その後の貯乳タンクや輸送タンクでは 1 万以上/ml の菌数となる。また山本ら²⁰⁾ によるバルククー

第5表 バルククーラー冷却乳に新たに搾乳した牛乳を追加投入（合乳）したときの
細菌学的品質²⁸⁾

生産者	月 日	累 計 合乳回数	生菌数/ml	大腸菌群/ml	耐熱性菌/ml	低温細菌/ml
No. 1	12 月 15 日	2	20,000	10	110	1,000
	16 日	4	31,000	10	60	3,500
	17 日	6	92,000	60	100	40,000
No. 2	12 月 15 日	2	216,000	30	310	131,000
	16 日	4	166,000	10	210	150,000
	17 日	6	5,000,000	70	700	1,900,000

第6表 バルク冷却生乳の微生物学的品質基準²⁸⁾

試 験 項 目	合 格	疑 わ し い	不 合 格
生 菌 数	<1,000	1,000~10,000	>10,000
最確数法による大腸菌数	<1	1~10	>10
耐 熱 性 菌 数	<100	100~1,000	>1,000
コアギュラーゼ陽性ブドウ球菌数	<10	10~100	>100
胞 子 数	<1	1~10	>10
<i>Bacillus cereus</i> 数	<0.1	0.1	>1

一の性能試験では比較的清潔な生乳の適切な取り扱いの場合に低温細菌増殖等の問題はなかった。しかしわが国のバルククーラー使用の実状では低温細菌数の増加とそれに伴うタンパク質や脂肪の分解、不快臭や苦味の発生^{12) 21) 22)}等も起らないとはいえない。とくに48時間以上にわたる冷却貯乳とその途中の合乳は明らかに低温細菌の増殖をもたすことが報告されている²⁸⁾ (第5表参照) 結論的に Thomas ら^{24) 25)} はバルク集乳と乳質の関係を論じ、厳正な衛生管理下の隔日集乳、さらに 3~4 日置の集乳は概して乳質に悪い影響を与えないが、そのためには迅速確実な 4° 以下の冷却と機器類の徹底的な洗浄が前提となることを強調している。

ところで低温細菌はもちろんながら、一般細菌に関するバルク冷却乳の問題も軽視してはならない。Davis²⁶⁾ はこのバルク乳のもつべき細菌学的品質基準を第6表のごとく提案しており、Twomey ら²⁷⁾ はさらに実用的基準としてバルク生乳の細菌数 5 万以下/ml, 耐熱菌数 2,000 以下/ml, 大腸菌数 100 以下/ml を提唱している。わが国でもバルク集乳の普及に応じて、低温細菌を含めたこの種の乳質基準を定める必要があろう。

iii) 長距離輸送と乳質: バルク集乳の普及と交通網の発達に呼応して最近では原料生乳（またはその濃縮乳）が北海道から東京、大阪に、また南九州から大阪にタンクローリー等によって長距離輸送されるようになった。タンクローリーの輸送タンクについてアメリカ 3A 規格ではタンクに水を入れた場合、気温との温度差 16.7° で

18時間保持後の水温が 1.1° 以上上昇しないように規制されており、わが国のタンクローリーもそれに準じた規格で設計されている。一般に輸送タンク段階ではバルククーラーの場合よりも低温細菌が多いが（第4表参照）、わが国における生乳の短距離輸送試験^{28~30)} では輸送中の細菌数等の乳質変化はほとんど起らなかったという。しかし10時間以上に及ぶ高い気温下の長距離輸送の場合には乳温上昇と低温細菌数の増加、さらに化学的乳質面で脂肪の塊状化（チャーニング現象）や酸化が起りうると考えられ、その方面の基礎的研究が要求されよう。とくに低温細菌の種類によっては世代時間が 5~10° で 2.5~3 時間のものがあり、つまり乳温上昇がなくても理論的には 2~3 時間の輸送中にその菌数が倍増する点に注意が喚起される^{12) 81) 82)}。

一方、最近集乳輸送タンク資材として登場してきた FRP (fiberglass reinforced polyester) 樹脂は軽量、堅牢かつ高い断熱性の特徴を有し、35° で 50 時間冷却保持した牛乳の温度は 1~2° 上昇する程度といわれる。この種のタンクについても今後の長距離輸送の実態調査を進める必要があろう。

iv) 食中毒菌汚染の問題: 牛乳・乳製品に由来する細菌性食中毒の原因菌は種々知られているが、とくにサルモネラ菌、ブドウ球菌、ボツリヌス菌、病原性大腸菌、炭疽菌等が重要である。それらに関する総括的な論文等^{33~35)} が発表されているが、菌の種類によっては食品衛生上新たな問題を提起してきている。

サルモネラ菌に関して、最近では食肉関係の施設を初め都市周辺の排水、河川等のサルモネラ汚染が重視されてきている³⁵⁾。サルモネラ菌族 (*Salmonellae*) は 5.5~45° はに生育可能で、乳牛とその排泄物、慢性乳房炎牛の乳房、牛舎環境等が汚染源となって原料牛乳にも出現することが知られている³⁶⁾。また最近の輸入飼料のサルモネラ汚染も著しいといわれており³⁷⁾、飼料や空気から生乳への混入も十分考えられる。

ブドウ球菌は乳房炎菌としても知られるが、病原性のものは耐熱性毒素を産生するので危険である。昭和30年の脱脂粉乳事件はその原料牛乳を汚染したブドウ球菌が濃縮工程中の事故によって増殖し毒素を産生した点で食品衛生史上牛乳由来の大きい食中毒事件として記憶に新しいところである。牛乳・乳製品におけるブドウ球菌汚染と食中毒の問題は Minor ら³⁸⁾の総説に詳細に論じられている。

ボツリヌス菌 (*Cl. botulinum*) は土壌、水、塵埃、乳牛とその排泄物に分布して生乳への汚染の可能性があるが、致死率の高い毒素を産生する点で危険が大きい。わが国で検出頻度の高いE型ボツリヌス菌は 5° でも発育して毒素を産生する低温性菌の性格をもつので、長期冷蔵乳の場合に危険性が増大すると指摘されている³⁹⁾。

病原性大腸菌は原料牛乳からの分離例がほとんど知られていないが、動物体や牛乳・乳製品からの検出や中毒事件の報告^{40) 41)}がある。

炭疽菌 (*B. anthracis*) によって起る炭疽病は人畜共通伝染病であるが、わが国では例年20~30頭の家畜 (主に牛) に発生し、昭和40年には岩手、群馬、愛知を筆頭に19道県59頭 (うち牛56頭) の多発をみた。牛乳への汚染はなかったものの岩手県でその屠牛の肉から20名の炭疽病患者が発生し、その地域の牛乳が多量に廃棄された。炭疽菌は12~42° で発育して毒素を産生し、芽胞は乾燥状態で長期間生存できるので危険である。また炭疽罹患牛は乳汁にも菌を分泌することが知られている⁴²⁾。

以上の他、食中毒との関連において溶血連鎖球菌⁴³⁾、*B. cereus*⁴⁴⁾、*Cl. perfringens*⁴⁵⁾、*V. parahaemolyticus*⁴⁶⁾の問題も最近とり上げられている。

V) その他の微生物学的乳質の問題: 原料牛乳中には種々の耐熱性細菌 (とくに非病原性芽胞形成菌)、酵母、かび、バクテリオファージ等が存在する他、従来知られなかった低温性の^{12) 21)}大腸菌、芽胞形成菌、病原菌が発見されてきている^{12) 21)}。これらの菌は最初の汚染が少ない場合でも長時間の生乳冷蔵段階においてかなりの増殖が認められることから、冷蔵乳であっても無視することはできない。

(3) 微生物汚染防除の新しい対策

原料牛乳の微生物汚染に対しては技術的に種々の防除策が研究され、実施されている。その基本的方策は古くから提唱されているように、「きれいに搾ってすばやく

冷やす」ことであるが、今後考慮すべき対策について以下に述べてみたい。

i) 自動搾乳および洗浄方式: 最近ミルカーはパイプライン直結方式が大規模牧場で普及するようになる一方、ミルカー自体も搾乳時間短縮と乳房の損傷防止のためにバルセーターの搏動比や前後分房の吸引比率を改良したもの、乳汁流出終了とともにテイトカップが離脱する自動離脱方式のもの等⁴⁷⁾が登場してきている。また完全自動パイプライン搾乳—集乳方式も考案され、生乳はボタン1つで乳房から全く外界に触れることなくバルクタンクに送乳冷蔵され、さらに直接タンクローリーに無菌的条件下で送乳し工場に輸送される。この種の方式⁴⁸⁾は欧米で開発されつつあり、わが国の現状では実用化にほど遠い感があるが、生乳の外界からの汚染を防ぐ最良の策といえる。しかしこの場合でも使用後の機器と配管の洗浄を効果的に行なうことが前提となる。そのための配管の接手の改良も進められてきている一方、定置洗浄 (CIP) 法の自動化も開発されてきている。また新しい洗浄殺菌剤としてヨードフォル (Iodophor) や発泡性合成洗剤が登場してきている反面、超音波洗浄法も開発されている。

ii) 乳房炎対策の新しい方向: 基本的には乳牛の飼養衛生管理の徹底に帰せられるが、不適切な搾乳が乳房炎を誘発することから、ミルカーの確実な洗浄殺菌と改良型ミルカー (前述) の使用がまず望まれる。また乳頭にプロテクターを装着しておくのも予防策の1つである⁴⁹⁾。

実際の薬剤使用の面では乾乳期における徹底的な治療が先決である。Natzke⁵⁰⁾は乾乳期乳牛の抗生物質注入治療例 (第7表) において、100万単位のプロカインペニシリンと1gのストレプトマイシンの注入で平均91.6%の快癒率を報告している。このような乾乳期の治療は牛乳の抗生物質汚染の問題が付随しないので最適な治療方策といえよう。またこの研究者が指摘しているように、これと泌乳中の乳頭浸漬 (dipping) 処置を併せて行なえば最も効果的な乳房炎防除策といえる。乳頭の浸漬には塩素剤よりもクロルヘキシジン (0.2%) 液やヨードフォル (有効ヨウ素1%) 液がかなり有効であることが実証されている^{51) 52)}。

一方新しい乳房炎予防策として乳房炎免疫ワクチンの研究が進展してきている。それに関するNorcrossら^{53) 54)}の総説が発表されているが、溶血性連鎖球菌、ブドウ球菌等の乳房炎菌についてその抗原の接種による血清と乳汁での免疫抗体生成に関する基礎的研究が進められている。また乳房炎の免疫抗体を含めて牛の免疫グロブリンや種々の疾病に対する免疫反応の問題がアメリカ酪農科学会 (ADSA) のシンポジウム⁵⁵⁾で取り上げられている。乳房炎ワクチンの実用化は将来の興味ある問題となろう。

iii) ろ過と除菌処理: 搾乳後の生乳は貯乳冷蔵前に

第7表 乾乳期乳牛の乳房炎治療のための抗生物質注入成績の比較⁵⁰⁾

原因菌	1,000,000 単位プロカインペニシリン +1g ジヒドロストレプトマイシン			100,000 単位プロカインペニシリン +100mg ジヒドロストレプトマイシン		
	分 房			分 房		
	治療例数	回復例数	快癒率	治療例数	回復例数	快癒率
	(No.)	(No.)	(%)	(No.)	(No.)	(%)
<i>Staph. aureus</i>	713	622	87.0	102	55	53.9
<i>Str. agalactiae</i>	1,125	1,089	96.8	150	135	90.0
その他の連鎖球菌	1,607	1,449	90.2	136	99	72.8
上記以外の菌	214	192	89.7	20	18	90.9
合 計	3,659	3,352	91.6	408	307	75.2

綿布、口紙、合成繊維布等でろ過されるが、最近ろ過能率の高いまた耐圧性の口材が開発されてきている。その中には使い捨ての口材もあるが、そうでないものは使用後の確実な洗浄殺菌が要求される。他方細菌ろ過性のメンブランフィルターが細菌検査に広く利用されている⁵⁶⁾。これは孔径 10 μ m $\sim$ 8 μ m の多孔質の円形口板で実用的な意味では醸造関係の清澄除菌口材にも用いられる。牛乳のようなコロイド溶液ではろ過に困難を伴うが、脱脂乳や均質化乳の細菌ろ過による清浄化の点では今後研究の余地があるものと考えられる。

一方遠心力を利用した清浄機（クラリファイヤー）が生乳中のごみの除去に市乳工場で利用されている。この装置を農場段階で使用するのも乳質を高める上で有効な手段であるが、さらに1953年 Simonart らにより開発された遠心除菌（bactofugation）も考慮すべき手段であろう。この方法は 9,000 G の遠心力の下で 40 $\sim$ 50 $^{\circ}$ の生乳から 98.5 $\sim$ 99.8% の食中毒菌を、また 70 $\sim$ 80 $^{\circ}$ で 98 $\sim$ 99% の *Bacillus* 芽胞を除去できるといわれる⁵⁷⁾⁵⁸⁾。

iv) 低温細菌抑制の新方策：低温細菌の増殖抑制のための今後の実用的手段として、まず冷却温度引下げの問題がある。現状ではバルククーラーについて乳温 4 $^{\circ}$ 以下が提案（前述）されているが、隔日集乳や長距離輸送を考慮してさらに低い温度での冷却が要求されてくる。この問題は昭和47年10月東京で開催された IDF 年次会議でも取り上げられたが、Foster ら⁵⁹⁾および中西ら⁶⁰⁾の指摘するごとく、実質的に冷蔵生乳の細菌増殖と化学的乳質の変化を起こさない温度は 1.5 $\sim$ 1.7 $^{\circ}$ （5 $\sim$ 6 日冷蔵の場合）と考えられ、将来この温度付近までの冷却温度引下げを考慮する必要がある。

ところで低温細菌抑制のための生乳の反復変温処理法が著者ら⁶¹⁾により最近試験され、その効果が認められた。これは生乳を 4 $^{\circ}$ と 45 $\sim$ 50 $^{\circ}$ に一定時間毎に反復保持する方法で、低温細菌の急速な死滅が実証され、生乳の長期冷蔵に代わる有効な手段になり得るものと考えられる。

2. 化学的乳質とその異常並びに対策

(1) 乳成分からみた化学的乳質の現状と対策：食品衛生の上から原料「生乳」に対しては乳成分上の規制がないが、乳等省令の「牛乳」段階では乳脂肪 3.0% 以上、無脂乳固形分（SNF）8.0% 以上の規格がある。一方原料牛乳の日本農林規格では脂肪率 2.8% 以上、異臭・異味がないこと等の規格がある。「牛乳」は生乳から殺菌等の最少限の加工処理で製造されることから、生乳も「牛乳」相当の規格をもつことが望ましいことになる。日本乳業技術協会の調査⁶²⁾による全国原料生乳の主要乳成分組成は第8表に示すごとく総平均で脂肪 3.321%、SNF 8.226%、タンパク質 2.90% であり、地域的には北海道がすべて最高で南西部地方ほど数値が低くなる傾向がある。季節的には6 $\sim$ 8月に最低値が集中し、個々の工場別調査では「牛乳」の乳等省令規格に満たない例が5 $\sim$ 9月における関東近畿等の地区に数例認められる。これらの乳成分の年次的変化は第2図に示すように過去

第8表 全国原料牛乳の主要乳成分組成（昭和46年）⁶²⁾

地 区	脂 肪	全固形分	SNF（無脂乳固形分）	タンパク質
	%	%	%	%
北海道	3.469	11.877	8.408	2.969
東 北	3.411	11.661	8.250	2.891
関 東	3.217	11.380	8.163	2.875
北 陸	3.271	11.547	8.276	2.911
東 山	3.322	11.569	8.247	2.901
東 海	3.292	11.507	8.215	2.901
近 畿	3.211	11.320	8.109	2.877
中 国	3.364	11.571	8.207	2.907
四 国	3.296	11.462	8.166	2.886
九 州	3.254	11.295	8.041	2.852
平 均	3.321	11.547	8.226	2.902

第2図 わが国ホルスタイン生乳主要成分の年次的変化

0 年間 SNF とタンパク質に上昇傾向がわずかに認められる程度に過ぎない。最近における牛乳の栄養価値が脂肪よりもタンパク質に向けられている折から、乳タンパク質含量がいまだに全国平均で3.0%以下（欧米では3.3%以上）という事実には注意が喚起される。

実際に1966～68年 IDF による世界主要12か国の調査29例⁶⁹⁾において全調査牛乳の脂肪、タンパク質、SNFの総平均がそれぞれ3.91%、3.27%、8.66%に対して、その中の日本の相当数値は1968年で3.26%、3.02%、8.02%であり、全調査例中の最低値をすべて示している。このことは日本の牛乳がいかに薄いかを物語るものである。ちなみにアメリカの牛乳には脂肪3.25%以上、SNF 8.25%以上の規格がある⁷⁾。

このような低成分乳対策としては、まずその原因ひいては乳成分に及ぼす影響要因および乳汁生成機構を充分把握しておく必要がある。その詳細は多くの総説^{64～67)}や著書⁶⁸⁾に譲るとして、基本的には、乳成分を主に左右する遺伝形質の意義を認識し、集団遺伝学を導入した乳牛の育種選抜⁶⁹⁾の推進や、飼料を中心とした飼養管理面、季節と気象環境の面、家畜衛生面等の改善が要求されてくる。特に低脂肪乳は乳牛への粗飼料給与不足から、低タンパク乳は濃厚飼料、青草のような高エネルギー飼料の不足から、また低乳糖乳は乳房炎（潜在性のもも含めて）の発生から生じ易く、低成分乳全般には高温多湿の気象条件、栄養障害、運動不足等もその原因となる。したがってこれらの飼養衛生管理面の改善が乳成分向上につながることになる。

さらに低成分乳の遠因を現在の乳質基準と原料乳取引

から考えてみると、現状の乳成分規格と脂肪取引制度が低成分乳を招来したともいえる。すなわち乳成分に関する生乳成分規格がないことと脂肪以外の成分が原料乳取引上無視されていることは、歴史的にも乳成分（とくにSNF）向上への努力を抑制していたといえよう。その対策としては早急に脂肪とSNF成分を加味した乳質基準や取引制度を設定することであり、その前提として主要乳成分の迅速定量法の確立や脂肪生産に偏重した産乳飼養標準の是正が要求されよう。

(2) 低酸度2等乳、異常風味乳と対策

酸度の低いアルコール凝固乳を低酸度2等乳または低酸度アルコール不安定乳と称するが、塩類またはそれとタンパク質の不均衡によって起こるもので、一般にカゼイン、乳糖が低くCa、Na、Clが多い^{70) 71)}。潜在性乳房炎乳や低脂肪乳もこのような性状を呈する例が多い⁷²⁾。この種の異常乳は乳等省令規格（酸度0.18%以下）には合格するが、日本農林規格（アルコール試験陰性）で不合格となり、乳加工上からも熱不安定性を有する理由から不適当な原料乳といえる。外国では第2次大戦中オランダのユトレヒト地方で集団発生した例があるが、わが国では昭和30年代までは10%以上の発生率を示した。最近では1～1.5%の発生率に低下してきているが、昨年来広島県での集団発生例⁷³⁾も知られている。

これらの発生原因は濃厚飼料多給、飼料不足、栄養障害、酷暑厳寒、疾病、ホルモン障害等による乳汁合成と分泌の変調に帰せられるが、発生地区によってその原因が多様であり、それぞれに応じた対策が要求される。要は環境条件、疾病の種類、飼料の給与状態、栄養生理状態を充分把握した上で適切な処置を講ずることである⁷⁴⁾。

第9表 アイオワ大学付属牧場における生乳18,622例の異常風味出現頻度⁷⁴⁾

種	類	出現頻度
飼料	臭	88.4%
収れん（アストリンゼント）	臭	12.7
牛体	臭	11.0
酸化	臭	6.0
陳腐	臭	4.1
不潔飼料	臭	4.0
塩味	臭	3.6
金属	臭	2.8
不潔	臭	2.6
不自然	臭	1.3
ランシッド（脂肪分解）	臭	1.2
プロムグラス	臭	0.2
その他	臭	1.4

異常風味乳は日本農林規格で異臭、異味がないことと規制されているが、しばしば市乳段階に持込まれて消費者の苦情の対象となる。Kratzer ら⁷⁴⁾によるアイオワ大学付属牧場の異常風味乳に関する4年間の調査では、第9表に示すごとく、飼料臭が圧倒的に多く、その臭気成分も研究されている⁷⁵⁾。飼料臭の他には牛体臭、不潔臭、酸化臭等も起こり得るが、低酸度2等乳や乳房炎乳における塩味、微生物汚染に伴うランシッド(脂肪分解)臭、腐敗臭、苦味、酸味等も時々問題となる⁷⁶⁾。

これらの異常風味対策として市乳段階では脱臭処理が行なわれるが、生乳ではその風味汚染を未然に防ぐ処置を講ずるのが先決である。特に臭気の移行し易い飼料給与を是正するとともに搾乳後の生乳の善処策(低温保持、環境の臭気からの隔離等)に留意すべきである。

(3) 化学的汚染とその防除対策

抗生物質、農薬、PCB 等による生乳の化学的汚染⁸⁵⁾⁷⁷⁾は大きな社会問題を提起した。この化学的汚染を含めて原料牛乳に本来存在しないような異物の汚染は種類が多く、広い意味のその異物汚染乳の内訳は第10表のとおりである。ここではとくに生体内からの乳汁移行によって起る化学的汚染を中心に論ずることとする。この種の汚染の重要性から抗生物質、農薬、PCB については最近多くの規制措置がとられており、それを一括して第11表に示した。

i) 抗生物質：原料牛乳の抗生物質汚染は主として乳房炎の治療を通して(一部は抗生物質添加飼料を通して)おこり、発酵乳製品の発酵障害という企業的な損失はもちろんのこと、衛生面では抗生物質耐性菌の増加、人体の過敏症(アナフィラキシー)の発生、腸内菌叢の変

動等の問題を与える。その詳細は多くの総説^{8)78~82)}に発表されているのでここでは触れないが、乳等省令では投与後3日以内の生乳の出荷が禁止されており、最近では第11表に示すような規制措置がとられている。

東京都の調査において、抗生物質検出用 TTC 試験陽性(ペニシリン 0.03 IU/ml まで検出可能)を示す原料生乳は昭和31年 5.6%、昭和44年末~45年初めに5.57%あったが、昭和45年秋に0.6%に低下している⁴⁾。また昭和45年4~9月の神奈川県⁸³⁾の成績では陽性率がTTC 試験で1.6%、ディスク法で6.9%であった。しかしそれ以後の市乳を含めた東京、神奈川の調査では陽性のものがディスク法(ペニシリンで0.0025 IU/mlの感度)でもほとんど検出されなくなっている⁸⁾⁸³⁾。なお多くの文献から総合した抗生物質の乳房注入による牛乳への残留データは第12表のとおりである。表中のペニシリンの場合、出荷規制のある注入後3日(72時間)においてもTTC 陽性限界値(0.03 IU/ml)以上の例がある。楠山⁸⁴⁾もTTC 陽性(ただし0.0075 IU/ml以上)で判定した抗生物質の牛乳への移行量と残留期間がエアゾール剤、親水性剤、油性剤の順に大きくなり(最高残留期間は油性剤で5日)、注入分房から別の分房へも移行する等の事実から、抗生物質投与後3日までの生乳出荷規制は再検討を要すると指摘している。また注入剤着色規制(第11表参照)もこの色素と抗生物質の移行速度が必ずしも一致せず、今後検討を要する問題である。このような抗生物質の“指示薬(marker)”の問題はFeagan, ら⁸⁵⁾⁸⁶⁾によって検討されている。

牛乳の抗生物質汚染対策としては、基本的には抗生物質使用の規制、残留性の少ない別の薬剤使用など(乳房

第10表 異物汚染乳の種類と内容

種 別	主 な 汚 染 物 質	汚 染 原 因 また は 根 拠	汚 染 に よ る 弊 害
偶発的混入	牛舎環境(昆虫、敷わら、飼料、 ごみ、土壌、汚水等) 牛体(皮膚片、ふん便) 搾乳関係(搾乳者の毛髪、衣服 片、金属、紙、洗剤)	牛舎の不衛生 乳牛管理の不備 同 上 搾乳管理の不備 搾乳器具の洗浄すすぎ不完全、 取扱者の不衛生	有害菌の汚染増殖、伝染病の媒介、 異常沈でん物の存在 同上および細菌数増加 有毒金属による中毒 残留洗剤、殺菌剤による発酵障害
人為的投入 (違反行為)	加 水 中和剤 防腐剤 異種脂肪、異種タンパク質	生乳の増量 高酸度乳の中和 新鮮度の不法保持 不法増量	比重、脂肪率、SNF(無脂乳固 形分)の低下 成分の異常、細菌数増加 人体へ有害、発酵障害 乳製品製造の支障
生体内から 乳汁へ移行	ホルモン剤 抗生物質 放射性核種 農薬とPCB	生長促進、乳房炎治療のため投 与 汚染農作物、飼料、 井水、廃水からの移行	人体の障害、抗生物質過敏症、 耐性菌出現、発酵障害 人体組織の破壊 慢性中毒、疾病の発生

第11表 抗生物質、農薬、PCB に対する牛乳汚染の規制措置

日 本	WHO/FAO	ア メ リ カ
抗生物質 獣医用抗生物質着色の義務付 (青色1号25mg/10ml注入剤) (昭46, 農林省) 残留ペニシリン許容量(牛乳) 0.03 IU 以下/ml (昭47, 東京都, 他)	ペニシリン安全限界濃度 (1968) 0.01 IU 以下/ml または 0.006 ppm	USPHS: A 級生乳 (1965) 抗生物質 0.05 IU 以下/ml FDA 残留許容量 { ペニシリン, クロラムフェニコール (一) ストレプトマイシン 0.2 ppm テトラサイクリン 0.1 "
農 薬 DDT, BHC 全面使用禁止 (昭46, 農林省) 牛乳の暫定許容基準 β-BHC 0.2ppm 以下 総 DDT 0.05 " デイルドリン 0.005 " (昭46, 厚生省)	(1969) ADI (mg/kg/日) DDT 0.005 デイルドリン 0.0001 ヘプタクロル 0.0005 リンデ ン 0.0125 アルドリン 0.0001 実際残留限界 牛 乳 乳 製品 0.025 ppm 0.625 ppm 0.005 " 0.125 " 0.005 " 0.125 " 0.004 " 0.1 " 0.005 " 0.125 "	FDA 許容基準 (1963) 総 DDT (乳脂肪中) 1.25 ppm (牛乳として 0.05 ppm)
PCB 牛乳の暫定許容基準案 0.1 ppm 以下 (昭47, 食品衛生調査会)	規制措置案作成中 (1972)	FDA 残留許容基準 (1972) { 牛乳・乳製品 (乳脂肪として) 2.5 ppm (牛乳そのものとして 0.1 ppm) 最終動物飼料 0.5 " 動物飼料成分 (魚粉を含む) 5.0 "

第12表 抗生物質の乳房注入による牛乳中残留のデータ

抗 生 物 質	分房当り注入量	注入後の時間	牛乳中残留/ml	発 表 者
プロカインペニシリンG	300,000 IU	72 hr	0.06 IU	Jackson ら (1950)
	500,000 "	96	0.29 "	Randall ら (1954)
	300,000 "	48	0.053 "	吉田ら (1957)
	100,000 "	72	0~0.069 "	Rollins ら (1970)
	150,000 "	48	0 "	松元ら (1971)
クロルテトラサイクリン (オーレオマイシン)	210 mg	120	0.25 mg	Edwards (1953)
	200 "	24	0 "	小 野 (1970)
ストレプトマイシン ジヒドロストレプトマイシン	300 "	24	1.03 "	吉田ら (1957)
	300 "	48	1.00 "	Jacobs ら (1966)
	100 "	72	0~1.0 "	Rollins ら (1970)
	200 "	48	0.07 "	松元ら (1971)
クロラムフェニコール	500 "	96	0	Brunschwiler (1961)

炎対策の項で既述)を考慮する必要がある。すでに汚染された牛乳からの抗生物質除去のためには、牛乳の希釈、冷蔵放置、ペニシリナーゼ等酵素処理、ヒドロキシルアミン処理のような方策が考えられている^{78), 87)}。抗生物質の不活性化酵素は種々の微生物から抽出されており、ペニシリン関係ではそのアシラーゼまたは β -ラクタマーゼでペニシリンを分解できる。その実用的な意味ではチーズ原料乳への適用があるほか、ペニシリン過敏症対策としての利用等が研究されている^{78), 88)}。しかし経済性や実際の食品衛生上の問題から考えた場合、この種の薬剤処理には難点があろう。現状の可能な手段としては抗生物質を含まない大量の牛乳で希釈するが、冷蔵時間を延長させることであり、後者の場合、例えば0.13~0.53 IU/ml ペニシリン含有生乳の1~3 $^{\circ}$ 、6日冷蔵でペニシリンの46.6%を失活させ得る⁸⁹⁾。しかしこの場合でも確実な除去手段とはいえず、結局は原料牛乳への抗生物質汚染を未然に防ぐことが先決といえる。

ii) 農薬: 原料牛乳の農薬汚染の問題は諸外国では10数年前から話題となっていたが、わが国では高知衛研の西本ら⁹⁰⁾による昭和40年の畜産食品等の調査を手始めとして、上田ら⁹¹⁾による昭和44年の牛乳分析における β -BHCの検出を契機に、衆知のごとく大きな社会問題を提起した。上田⁹²⁾はこの β -BHC発見の経緯を最近詳細に発表している。

各種農薬のうち有機水銀剤は昭和43年に稲作に禁止され、有機リン剤は残留性が低く牛乳への移行が少ない点で問題は少ないと考えられるが、有機塩素剤は残留性が高く牛乳に移行し易い点で問題が大きかったといえる。ちなみに有機塩素剤の土壌中の残留性(95%消失までの平均年数)はDDT 10年、リンデン(γ -BHC) 6.5年、ディルドリン8年と推定されており、 β -BHCはさらに

残留性が高いといわれている。農薬の残留毒性の問題は関係の総説等^{93), 94)}に譲るとして、結果的に第11表に示すごとく、昭和46年にDDT, BHCの全面使用禁止や牛乳中の暫定許容基準が決定されたが、その間の牛乳の有機塩素剤汚染の状況は文献^{85), 91), 95), 96)}を総合して第13表のとおりである。すなわち、昭和44年夏頃からの本格的調査以降、昭和45年前半をピーク(β -BHCの最高は大阪の2.43 ppm)として以後減少し、昭和46年6月暫定許容基準設定後はその基準量(第11表参照)を越えるものがほとんどなくなってきた。なおFAO/WHO(1969)では各種有機塩素剤のADI(1日体重1kg当り摂取許容量)と、牛乳・乳製品の実際残留限界(practical residue limit)を第11表に示すように定めている。ところで牛乳の農薬汚染経路を文献^{87~89)}から総合して図示すると第3図のごとくなる。主な汚染経路は土壌環境→飼料→乳牛を経て生体から牛乳に移行するが、わが国のBHC汚染の場合、日本特有の稲わら飼料が主因であったこと、そのBHCが精製されたリンデン(γ -BHC)でなく、残留毒性の高い β -BHCが多量に含まれていた点で問題が

第3図 農薬による牛乳汚染の可能な経路

第13表 わが国の牛乳の有機塩素系農薬汚染の現状(83/91/95/96)

時期	種別	試料数	(単位: ppm)									
			α -BHC	β -BHC	γ -BHC	δ -BHC	総BHC	DDE	DDD	DDT	総DDT	デイルドリン
昭和44年 7~9 月	生乳(高知)	12	0.088	0.255	0.009	0.017	0.369	0.006	0.011	0.019	0.036	0.008
	市乳(東京)	2	0.022	0.033	0.002	0.002	0.059	0.004	0.009	0.006	0.019	0.002
	市乳(大阪)	2	0.078	0.140	0.005	0.011	0.234	0.004	trace	trace	0.004	0.002
昭和44年 7~12 月	生乳(関東)	—	0.020	0.041	0.009	0.002	0.072					
昭和45年 2 月	生乳(北海道)	1	0.011	0.008	0.001	—	0.020	0.003	0.002	0.006	0.011	0
	生乳(大阪)	1	0.274	0.970	0.013	0.051	1.308	0.004	0.001	0.009	0.014	trace
	生乳(岡山)	1	0.042	0.14	0.002	—	0.19	0.004	0.035	0.006	0.045	0.003
	生乳(長崎)	1	0.274	1.288	0.009	0.035	1.606					0
昭和46年 1~3 月	生乳(7道県平均)	14	0.016	0.056	0.002	—	0.076	0.004	0.002	0.004	0.010	0.002
昭和46年 7 月	市乳(東京)	14	0.009	0.017	0.003	0.001	0.030	—	—	—	0.006	0.003
昭和47年 2 月	市乳(東京)	5	0.005	0.009	0.001	0.002	0.017	—	—	—	0.004	0.001

trace

trace

第14表 各種乳牛飼料の農薬汚染状況⁹⁵⁾ (大阪府)

単位: ppm

種 別	α -BHC	β -BHC	γ -BHC	総 BHC	DDE	DDD	DDT	総 DDT
稲 わ ら	3.5	5.2	1.9	12	0.015	0.10	0.51	0.62
配 合 飼 料	0.027	trace	0.019	0.054	0	0	0	0
乾 草 ベ レ ッ ト	0.087	0.054	0.031	0.19	trace	0	0.022	0.022
ふ す ま	0.075	0.035	0.10	0.25	0	0	0	0

大きかったといえる。稲わら飼料の汚染がいかに著しかったかは昭和45年当時各種飼料の農薬汚染状況を調査した大阪のデータ⁹⁵⁾をみても納得される。その1例は第14表に示す。一般に西日本にいくほど病害虫発生が多いために、稲作に使用する BHC, DDT の量が東日本よりかなり多く、結果的にこの種の粗飼料に依存していた乳牛から農薬汚染度の高い原料生乳が生産されたことになる。

農薬汚染飼料から牛乳への移行率に関してわが国の実験データはほとんど知られていないが、Saha¹⁰⁰⁾はその値(飼料中と牛乳中の農薬含量の比率)を計算し、DDT 0.03, 総 DDT 0.04, デイルドリン 0.4, ヘプタクロルエポキシド 0.5 と発表している。このうちデイルドリンのようなドリン剤は有機塩素剤の中で毒性が大であり、しかも牛乳への移行率が高い点ではとくに今後の監視が必要である。このように牛乳に移行した有機塩素剤は大部分乳脂肪に結合するといわれる¹⁰¹⁾。

牛乳の農薬汚染防除策としては、汚染源である飼料を給与しないことが先決であるが、その汚染飼料からの有機塩素剤分解除去のために蒸気または溶媒処理、紫外線照射、乾燥脱水処理等が試みられている。また乳牛の体脂肪への蓄積排除のためには活性炭、フェノバルビタール、またはその組合せの給与が、汚染牛乳からの農薬除去には H_2O_2 処理、紫外線照射、高圧蒸気処理、乳脂肪の分子蒸留等が試みられている。これらの方策は Fries¹⁰²⁾ や Cook ら¹⁰⁸⁾、他の総説に論じられている。汚染牛乳の H_2O_2 処理の場合¹⁰⁴⁾、0.03~0.06% H_2O_2 液の使用は DDT の30~50%、リンデンの18%を分解できるといわれるが、 H_2O_2 使用についての食品衛生上の問題が残されている。その他塩素系農薬を微生物で分解させる試みもなされている¹⁰⁵⁾。

iii) PCB: PCB の環境汚染の問題は最近のもっとも大きい関心事として話題となっているが、その一般的な問題は多くの総説^{106~109)}にゆずるとして、牛乳におけるその汚染を中心にここでは論ずることにする。

PCB は DDT と類似した構造をもつために、一般の有機塩素剤と似た汚染経路を経て牛乳に移行する。実際の汚染例としては1969年オハイオ州でサイロの壁塗料中の PCB がサイレージを汚染し、これを給与された牛の乳汁への移行例や、除草剤溶媒に誤用した PCB が牧草を汚染して放牧牛の乳汁に移行した例(1970年, ポルチモ

第15表 PCB 10 & 100 mg/kg 給与牛からの牛乳・乳製品の PCB と脂肪含量¹¹¹⁾

試 料	乳牛 No. 1 PCB 10 mg/kg		乳牛 No. 2 PCB 100 mg/kg	
	PCB	脂 肪	PCB	脂 肪
	mg/kg	%	mg/kg	%
全 乳	3.893	5.05	36.099	5.65
ク リ ー ム	23.321	17.50	262.872	22.60
脱 脂 乳	0.456	0.14	1.522	0.13
加 熱 脱 脂 乳	0.165	0.14	0.427	0.13
脱 脂 粉 乳	1.677	1.65	4.838	1.51
カ テ ー ジ チ ーズ	1.486	1.50	5.930	1.20
ホ エ ー	0.284	0.03	1.621	0.04

ア) が知られている¹⁰⁶⁾。このように PCB は汚染飼料の摂取により乳牛の体組織、牛乳、尿に出現し、市乳や乳製品にもその汚染が確かめられている¹⁰⁰⁾¹¹⁰⁾。Platonow ら¹¹¹⁾による実験では乳牛に体重 1kg 当り 10 mg または 100 mg の割合で PCB を給与すると、第15表のように牛乳・乳製品に移行するという。このデータから PCB が有機塩素農薬と同様に脂肪の多い製品に濃縮されることがわかる。

わが国の牛乳の調査例⁹⁵⁾では昭和46年5月から昭和47年2月の間牛乳中の PCB はほとんど検出されず、調製粉乳4例からは0.01~0.02 ppm 検出している。また科学技術庁の調査¹¹²⁾では牛乳26件中23件に検出され、平均 0.004 ppm, 最高 0.02 ppm であった。これに対して母乳では大阪で最高 0.7 ppm 検出され一般に牛乳よりも多い。この PCB の規制については昭和47年8月食品衛生調査会より牛乳中 0.1 ppm 以下の暫定許容基準が答申され、アメリカ FDA では昭和47年3月に他の畜産食品、飼料等を含めた同様の暫定基準が出されている(第11表参照)。

PCB の汚染防除策は現状では模索段階であり、自然界および回収の PCB に対する紫外線または放射線照射、高温加熱分解、微生物による分解等¹⁰⁶⁾が試みられているが、牛乳や飼料段階での分解除去は今後の問題といえよう。なお、OECD では PCB の全面使用禁止を最近打出しており、FAO/WHO でもその許容基準等の設定の準備を進めている。

iV) 放射性核種: 昭和28年のビキニ核実験以来牛乳の放射能汚染は食品衛生面(とくに乳幼児に対する)から取上げられたが、最近では核実験回数の減少によってこの問題が下火になってきている。しかしながら今後当分はその監視を続ける必要があろう。放射性落下物は大気、雨水、土壌から飼料を通して牛乳に移行するが、とくに危険性の大きい ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I (それぞれ半減期は28年、30年、8日)等が牛乳関係で重視される¹¹³⁻¹¹⁵⁾。

わが国の牛乳の昭和37年の調査では ^{90}Sr 6.9~12.8 pCi/L、 ^{137}Cs 44.0~92.7 pCi/Lであり、昭和40~41年ではそれぞれ 3.2~41.8 pCi/Lと10.4~123.6 pCi/Lであった。一般に春と秋に高く、地域では ^{90}Sr が北海道、 ^{137}Cs が北部太平洋側で高かった。また ^{131}I は核実験後の早い時期に一時的に高まるという。これらの数値は欧米の結果よりも概して低い。その後も不定期に調査されているが、漸次減少傾向にあり、食品衛生上の危険性はないといわれている。最近の外国のデータではフィンランドの牛乳で ^{90}Sr 125 pCi/L、 ^{137}Cs 85 pCi/Lの報告がある¹¹⁶⁾。このような放射性核種の牛乳汚染の規制面では、内閣放射能対策本部(昭37 & 42)の基準として全 β 放射能 25 Ci/km² 降下(緊急事態第2段階)時に人工栄養児用牛乳から調製粉乳への切替、 ^{90}Sr 20~100 mCi/km² 降下(持続事態第1~第2段階)時にその程度により調製粉乳への切替または調製粉乳から ^{90}Sr の除去指導、 ^{131}I が牛乳中 0.4 Ci/L以上の時に要監視、等の基準が出されている¹¹⁷⁾。

放射性核種の防除策としては、乳牛への高カルシウムまたは非放射性ヨウ素給与による ^{90}Sr または ^{131}I の乳汁分泌の抑制、 ^{90}Sr 吸収量の高いマメ科牧草給与の制限、牛乳のイオン交換処理や電気透析等による除去が研究され、一部実用化されている¹¹⁸⁾。最近の報告ではカリウム含量の低い荒地土壌は砂地土壌の10倍程度 ^{137}Cs を有し、その草地での放牧牛の乳汁にも影響が出ることから、放牧地の土壌改良による改善策も指摘されている¹¹⁹⁾。

V) 微量有害金属: 原料牛乳は搾乳とその後の集乳段階で酪農機器類からの微量金属汚染が知られているほか飼料や飲水を通しての牛乳への移行もある。現状では原料牛乳に起因した汚染有害金属の中毒事件は発生していないが、乳製品や広く食品に関連する意味では粉乳のヒ素中毒、魚介類を通しての有機水銀中毒(水俣病)、米や農作物を通してのカドミウム中毒(イタイイタイ病)等が発生して大きな社会問題を起している。

牛乳関係では最近銅、鉛、セレン(Se)等が取上げられている。銅は鉄とともに脂肪の酸化を促進して原料生乳に酸化臭を与える点でも問題があるが、長期間摂取すれば毒性をもたらす危険がある。Duin¹¹⁹⁾によれば、酪農機器に使用されるステンレス鋼は銅を吸着する性質があることを指摘し、また生乳の銅汚染源は主に搾乳・

集乳の機器類で、一部は洗剤、殺菌剤、湯沸器やボイラーの水に由来するという。ステンレス鋼の銅吸着の除去策としてはEDTA等キレート剤の適用が研究されている。鉛の問題は乳牛の環境にその汚染がある場合、その牛乳への蓄積が毒性を与え、牛乳へも分泌される点で危険がある¹²⁰⁾。一方セレンは家畜の成長促進剤として使用され、飼料中に含有する。したがって牛乳にも1 ppm以下ではあるが検出されており³⁵⁾、今後の監視が要求される。以上のほか、前述のような他の食品で問題となった水銀、カドミウム、ヒ素はもちろん、ニッケル、亜鉛などについても牛乳への汚染を軽視することはできない。このような有害金属は不慮の事故からの混入もさることながら、水銀のように微生物による有機水銀への転換³⁵⁾も知られていることから、原料牛乳の微生物汚染との関連においても、また広く無機有害金属の有機金属への転換の可能性においても十分考慮すべき問題といえる。

Vi) その他の化学的汚染物: 上述した化学的汚染物以外に、原料牛乳への汚染または混入の可能性があるものには、酪農機器の洗浄後の水洗不足による洗浄剤や殺菌剤の汚染、非合法的に原料牛乳に加えられる中和剤、防腐剤、異種食品成分(異種脂肪、異種タンパク質)がある。とくに中性洗剤、塩素殺菌剤、防腐剤には毒性の強いものが多いので注意を要する。牛乳の防腐に実際にニトロフラズン等の保存料が非合法に使用された例もある¹²¹⁾。異種脂肪は加工乳段階で最近問題となったが、原料牛乳段階でのその監視も加水の問題とともに要求される。

一方、牛乳以外の食品においてマイコトキシン(とくにアフラトキシン)¹²²⁾とニトロソアミン¹²³⁾が発ガン性の関係で重視されている。

アフラトキシンには B_1 、 B_2 、 G_1 、 G_2 、 M_1 、 M_2 等があり、 B_1 がもっとも発ガン毒性が高く、以下 G_1 、 B_2 、 G_2 の順である。これらは飼料を通して牛乳に移行するが、マイコトキシンの飼料汚染と乳牛への影響について最近Lynch¹²⁴⁾が総説を発表している。乳牛へのアフラ

第16表 乳牛へのアフラトキシン投与の実験例¹²⁴⁾

アフラトキシン	乳 牛
投 与 量	0.5 mg/kg (全量 300 mg)
分泌物への回収率	合 計 4.52%
	{ 牛乳 0.18% (M_1)
	{ 尿 1.55% (M_1+B_1)
	{ ふん便 2.79% (B_1+M_1)
B_1 から M_1 への変換	0.35%
分泌総アフラトキシン中 投与 48 hr までの分泌割合 (%)	85

第17表 原料牛乳の乳質改善指導のための視察採点票の例 (概要)

厚生省施行通達 (昭30)	東京都多摩地区 城戸 ¹²⁵⁾ (昭36)	アメリカ農務省(USDA) (1958)	アメリカ (アイオワ) Harthey ら ¹²⁶⁾ (1968)
点数	点数	点数	点数
乳牛の衛生 20 (健康, 清潔, 給飼 給水の3項目)	乳牛について 18 (健康8, 飼養10)	搾乳方法 20	バルクタンク 6 (固形物)
牛舎の状態 20 (位置, 構造, 環境 に関して10項目)	牛舎について 30 (位置10, 構造6, 舎内14)	搾乳場所 15	ミルカー 24 (固形物, 水分, ミ ルクホース等4項 目)
搾乳取扱 35 (搾乳夫, 牛乳室, 冷却装置・方法の 3項目)	給水について 5	搾乳機器 25	パイプラインまたは 搾乳バケツ 12 (固形物, 水分)
器具 25 (搾乳缶, 牛乳缶, ろ過器, 洗浄法, 滅菌法の5項目)	搾乳について 47 <div> <div>搾乳者 7</div> <div>搾乳方法 8</div> <div>搾乳器具 20</div> <div>生乳取扱 12</div> </div>	牛乳の冷却 15	衛生状態 30 (バルクタンク, ミ ルカー, パイプライ ン, 乳房等5項目)
計 100	計 100	便所・排水 10	乳 房 28 (乳房・乳牛の洗浄 手入れ, 拭きタオ ル等5項目)
		敷地内一般 5	計 100
		計 100	

トキシン投与の実験例は第16表¹²⁴⁾のごとく, 0.5mg/kgの混合アフラトキシンを投与後牛乳, 尿, ふん便に合わせて4.52%量出現し, その内85%は48時間以内に分泌される。このうち牛乳への分泌量は少なく, しかも B_1 が M_1 に変換されて M_1 だけが牛乳に出現している。ところで実際の牛乳関係のアフラトキシン汚染調査はイギリス, 南アフリカ, アメリカで行なわれているが, 生乳, 市乳, 一部の乳製品についてその汚染はほとんど認められていない。今後わが国でもこの方面の定期的な調査が必要と考えられる。

ニトロソアミンは亜硝酸と第二級アミンとの反応で生成し, 発ガン性が確かめられている。食品関係では小麦粉, 肉製品, チーズ等について慶田¹²⁸⁾が論じているが, 原料牛乳については現状では未知数といってよい。しかし牛乳中に第二級アミンの存在が知られており, 微生物の作用でも生成の可能性が指摘されていることから, 亜硝酸塩が存在すればニトロソアミンの生成が市乳や乳製品の製造段階以降を含めて起り得ることも考えられる。この分野の研究も今後考慮に入れる必要があろう。

3. 原料牛乳の衛生的改善の方法論

原料牛乳に関して, その乳質改善のための基本的な方法論を確立しておくことは食品衛生担当者にとって重要なことである。以下にその改善指導に関する主な方法を述べる。

(1) 視察採点票の作成

わが国では昭和30年に牛乳生産者に対する衛生取締強化のための厚生省令施行通達が視察採点票とともに出され, 城戸¹²⁵⁾も東京都多摩地区の乳質改善指導に牛乳飼養環境採点基準を立案している。またアメリカでも種々

の採点票が作成されており, これらの採点票の概要は第17表に示す。表中 Harthey ら¹²⁶⁾の採点票は最近の搾乳一集乳方式に則したものであり, わが国でもこれに準じた採点票を作成する必要がある。このような視察採点票は, 城戸¹²⁵⁾も指摘しているように, 乳質とその環境の衛生状態を具体的な数値で把握できるため, 衛生指導担当者はもちろん, 生産者にとっても重点事項を十分理解できる上, 改善指導の効果の程度を比較検討したり, この数値を統計処理したりすることが可能である。

(2) 特性要因図作成とその利用

広く工業生産の分野では品質管理の一方策として特性要因図が利用されている。この方法は乳製品工場でも応用され¹²⁷⁾ 例えば市乳の一連の製造工程における汚染可能な個所を順を追って主幹工程ラインの線から分枝状に図示し, 製品の品質管理手段に活用している。

酪農家段階の搾乳と集乳過程にこの特性要因図を適用することは, 微生物の汚染経路, 異物汚染乳の場合の汚染源等の究明に有効な手段となる。その特性要因図作成に当たっては, 生乳が工場に搬入される間の可能な汚染源の要因を順序を追って幹線から分枝配列し, 各分枝線において派生する要因をさらに分枝させておく。実際にある原料牛乳生産地区についてその実情に合った特性要因図を著者が試験的に作成してみたが, その1例は第4図のとおりである。このような特性要因図を原料生乳に適用した際の効果は, 第1に迅速に汚染源と汚染経路を解明することができ, さらにその防除対策を通して搾乳一集乳過程のより衛生的かつ合理的な新方式を導き出すことができよう。

第4図 原料牛乳の汚染に関する特性要因図の1案

(3) 原料乳質に対する今後の衛生管理体制のあり方

原料牛乳はいまや環境および食品公害の中の典型的な対象物の1つとして、微生物汚染と化学的汚染の渦中に存在を強いられている。その渦中から原料牛乳を脱却させ、安全性を保证するためには食品衛生部門、農業および食品工業部門、さらに獣医、公衆衛生、薬学等の部門における綿密な連繫体制を確立する必要がある。昨今の牛乳の化学的汚染の場合でも単なる現状の汚染物質の微視的な監視でなく、それを取巻く広域環境を考慮に入れ、その関係部門の協力の下に巨視的かつ系統的調査が要求される。このような方法論と体制は春田¹²⁸⁾も指摘しているところである。

さらに重要なことは食品衛生関係者が牛乳の各種汚染に対する監視と警告のみに留まることなく、その汚染を未然に防ぐ方策と汚染発生後の改善処置を充分牛乳生産者に徹底させ、積極的に指導して行くことである。そのためには個々の関係省庁を越えた衛生管理体制を確立するとともに、牛乳・乳製品の基本形態としての原料牛乳をもっと高い次元の対象食品として位置づけ、その上に立った適確な乳質基準を確立すべきであろう。

文 献

- 1) 中江利孝: 畜産の研究 **24**, 275, 399, 533, 725, 833 (1970).
- 2) 中江利孝: 日畜会報. **42**, 481 (1971).
- 3) 春田三佐夫: 乳質改善資料 No. 11, 1 (1972).
- 4) 田中錠太郎, 他: “最近の牛乳衛生と調査研究” (1970) 乳業ジャーナル社.
- 5) 全国乳質改善協会: “乳質改善資料” 昭和46年10月 (1971).
- 6) Flake, J. C. et al.: “Methods for Production of High Quality Raw milk” (1972) IAMFES, Inc.
- 7) U. S. Dept. of Health, Education, and Welfare: “Grade ‘A’ Pasteurized Milk Ordinance” p. 12 (1967), U. S. Government Printing Office, Washington.
- 8) Solberg, P.: IDF, VI-DOC-44, 日本国際酪農連盟, 資料第14号, VI-54 (1967).
- 9) 東京都衛生局編: 乳肉衛生業務資料, 昭和45年版 (1971).
- 10) 海沼 勝: 乳質改善資料 No. 11, 15 (1972).
- 11) Thomas, S. B., Druce, R. G.: Dairy Ind. **34**, 351 (1969).
- 12) 中江利孝: 乳技協資料 **20** (5) 2 (1970).
- 13) 平間英夫: 畜産の研究 **23**, 1073 (1969).
- 14) 柿沼誠一, 他: 日獣医師. **25**, 57 (1972).
- 15) Fell, L. R.: Dairy Sci. Abstr. **26**, 551 (1964).
- 16) 宮沢文雄, 野附 巖, 中野竜雄: 食衛誌. **6**, 242 (1965).
- 17) 野附 巖: 畜試年報. No. 7, 110 (1969).
- 18) Hall, H. S.: IDF, B-DOC-6. 日本国際酪農連盟, 資料第20号, B-45 (1970).
- 19) Thomas, S. B.: Milchwissenschaft **21**, 270 (1966).
- 20) 山本藤五郎, 浜田 寛, 志賀勝治, 吉野正純, 小石川常吉, 石井徳義: 畜試研報. No. 20, 13 (1969).
- 21) 矢野信礼: 食衛誌. **5**, 103 (1964).
- 22) 矢野信礼: 畜試年報. No. 10, 83 (1972).
- 23) Walzholz, G.: IDF, III-IV-DOC-43, 日本国際酪農連盟, 資料第14号, III-29 (1967).
- 24) Thomas, S. B., Druce, R. G.: Dairy Sci. Abstr. **33**, 339 (1971).
- 25) Thomas, S. B., Druce, R. G.: J. appl. Bact. **34**, 659 (1971).
- 26) Davis, J. G.: J. Soc. Dairy Technol. **16**, 150, 224 (1963).

- 27) Twomey, A., Crawley, W. E.: N. Z. J. Dairy Technol. **3**, 120 (1968).
- 28) 北浦弥太郎, 他: 日獣医師. **14**, 103 (1961).
- 29) 有馬俊六郎, 他: 畜産の研究 **19**, 1515 (1965).
- 30) 佐々木敏雄, 伊藤雄一: 同上 **25**, 1581 (1971).
- 31) 矢野信礼: 酪農科研. **16**, A 127 (1967).
- 32) 春田三佐夫: 食品衛生研究 **18**, 246, 709 (1968).
- 33) Keogh, B. P.: J. Dairy Res. **38**, 91 (1971).
- 34) 辺野喜正夫, 善養寺 浩: “新細菌性食中毒” (1972) 南山堂.
- 35) 辺野喜正夫, 戸谷哲也: 食品衛生研究 **22**, 638 (1972).
- 36) Marth, E. H.: J. Dairy Sci. **52**, 283 (1969).
- 37) 橋本秀夫, 他: メディアサークル No. 103, 13 (1968).
- 38) Minor, T. E., Marth, E. H.: J. Milk Food Technol. **35**, 77 (1972).
- 39) Read, R. B. Jr., Bradshaw, J. G., Francis, D. W.: J. Dairy Sci. **53**, 1183 (1970).
- 40) 鈴木達行: 防衛衛生 **13**, 1 (1966).
- 41) 矢挽輝武, 浜田輔一: 食衛誌. **10**, 26 (1969).
- 42) 佐藤静夫: 技協資料 **16**(2), 3 (1966).
- 43) Lee, I., Koburger, J. A.: J. Milk Food Technol. **33**, 323 (1970).
- 44) Goepfert, J. M., Spira, W. M., Kim, H. U.: ibid. **35**, 213 (1972).
- 45) Duncan, C. L.: ibid. **33**, 35 (1970).
- 46) Nickelson, R., Vanderzant, C.: ibid. **34**, 447 (1971).
- 47) Armstrong, D. V., Bidkert, W. G., Gerrish, J. B., Spike, P. W.: J. Dairy Sci. **53**, 658 (1970).
- 48) Nielsen, P. S., Stamer, E.: Dte. Milchwiss. **21**, 1334 (1970).
- 49) 豊島五郎: 獣畜新報. No. 541, 413 (1971).
- 50) Natzke, R. P.: J. Dairy Sci. **54**, 1895 (1971).
- 51) Schultze, W. D., Smith, J. W.: ibid. **55**, 426 (1972).
- 52) 山口 明, 他: 獣畜新報. No. 576, 1025 (1972).
- 53) Norcross, N. L., Stark, D. M.: J. Dairy Sci. **53**, 387 (1970).
- 54) Norcross, N. L.: ibid. **54**, 1880 (1971).
- 55) USDA: ibid. **54**, 1309 (1971).
- 56) Graves, D. C., Schipper, I. A.: Appl. Microbiol. **14**, 535 (1966).
- 57) Moreno, V., Kosikowski, F. V.: Milchwissenschaft **25**, 545 (1970).
- 58) Torres-Anjel, M. J., Hedrick, T. I.: J. Dairy Sci. **54**, 326 (1971).
- 59) Foster, E. M. *et al.*: “Dairy Microbiology”, p. 179 (1957) Prentice-Hall Inc.
- 60) 中西武雄, 伊藤敏敏, 田辺忠裕: 酪農科研. **17**, A 48 (1968).
- 61) 中江利孝, 河裾信也: 昭和 47 年度日本農芸化学会大会講演要旨集 p. 224 (1972).
- 62) 日本乳業技術協会: 乳技協資料 **22** (6), 62 (1972).
- 63) Pien, J.: IDF, III-DOC-46, 日本国際酪農連盟, 資料第18号, III-41 (1969).
- 64) Orth, A.: 日本国際酪農連盟, 資料第12号, III-39 (1966).
- 65) Wheelock, J. V., Dodd, F. H.: J. Dairy Res. **36**, 479 (1969).
- 66) Kuzdzal-Savoie, S.: IDF, A-DOC-3, 日本国際酪農連盟, 資料第20号, A-65 (1970).
- 67) Jones, E. A.: J. Dairy Res. **36**, 145 (1969).
- 68) Kirchgessner, M., Frisecke, H., Koch, G.: “Nutrition and the Composition of Milk”, (1967) Crosby Lockwood & Son Ltd.
- 69) Legates, J. E.: J. Dairy Sci. **53**, 825 (1970).
- 70) 有馬俊六郎: 乳技協資料 **18** (3), 2 (1968).
- 71) 飯塚三喜: 家畜衛生試研報. No. 62, 189 (1971).
- 72) 吉田 繁: 畜産の研究 **26**, 1387 (1972).
- 73) 飯塚三喜: 同上 **25**, 1575 (1971).
- 74) Kratzer, D. D., Foreman, C. F., Freeman, A. E., Bird, E. W., Rosenberger, W. S., Nelson, F. E.: J. Dairy Sci. **50**, 1384 (1967).
- 75) Gordon, D. T., Morgan, M. E.: ibid. **55**, 905 (1972).
- 76) 穴釜雄三: 乳技協資料 **19** (1), 2 (1969).
- 77) Egan, H.: J. Soc. Dairy Technol. **23**, 177 (1970).
- 78) 中江利孝: 食品工業 **2** (9), 110 (1959).
- 79) Kiser, J. S. *et al.*: Adv. Appl. Microbiol. **11**, 71 (1969).
- 80) Terplan, G., Zaadhof, K. J.: Michwissenschaft **22**, 761 (1967).
- 81) Munro, I. C., Morrison, A. B.: J. Ass. Offic. Anal. Chem. **53**, 211 (1970).
- 82) 河端俊治: 食衛誌. **12**, 451 (1971).
- 83) 長南茂樹, 金子精一, 高橋武夫, 安方魁人, 増田二郎, 高橋 勉, 宮代諺嗣, 孫田正毅: 神奈川衛研年報. No. 20, 98 (1971).
- 84) 楠山永雄: 畜産の研究 **25**, 273 (1971).
- 85) Feagan, J. T.: XVII Int. Dairy Congr. **A**, 441 (1966).
- 86) Bauer, F., Klatt, P.: Milchwissenschaft **21**, 677 (1966).
- 87) Albright, J. L., Tuckey, S. L., Woods, G. T.:

- J. Dairy Sci. 44, 779(1961).
- 88) Jarvis, B., Berridge, N. J.: Chem. & Ind. 1969, 1721.
- 89) Shahani, K. M., Gould, I. A., Weiser, H. H., Slatter, W. L.: J. Dairy Sci. 39, 971 (1956).
- 90) 西本孝男, 上田雅彦, 田植 栄: 食衛誌. 7, 152 (1966).
- 91) Uyeta, M., Taue, S., Nishimoto, T.: J. Food Hyg. Soc. Japan 11, 256 (1970).
- 92) 上田雅彦: 科学 42, 553 (1972).
- 93) 池田良雄: 食衛誌. 9, 269 (1968).
- 94) Durham, W. F.: J. Dairy Sci. 54, 701 (1971).
- 95) 厚生省 食品 農薬汚染研究班: 食衛誌. 13, 299 (1972).
- 96) 東京都乳肉衛生課: “食品中の残留農薬実態調査” p. 14 (1972).
- 97) Kiermeier, F.: IDF, III-DOC-41, 日本国際酪農連盟 (1967).
- 98) 立川 涼, 脇本忠明, 小川恒彦: 食衛誌. 11, 1 (1970).
- 99) 松沢 寛: 食衛誌. 12, 435 (1971).
- 100) Saha, J. G.: Residue Rev. 26, 89 (1969).
- 101) Hugunin, A. G., Bradley, R. L. Jr.: J. Dairy Sci. 54, 355 (1971).
- 102) Fries, G. E.: ibid. 53, 367 (1970).
- 103) Cook, R. M., Wilson, K. A.: ibid. 54, 712 (1971).
- 104) Hekmati, M., Bradley, R. L. Jr.: Milchwissenschaft 26, 224 (1971).
- 105) Ledford, R. A., Chen, J. H.: J. Food Sci. 34, 386 (1969).
- 106) 磯野直秀, 藤原邦達: 科学 42, 312, 396, 447 (1972).
- 107) 千葉幹雄: ニューフードインダストリー 14 (8), 17 (1972).
- 108) 池田良雄: 食衛誌. 13, 359 (1972).
- 109) Bailey, S. P., Bunyan, P. J., Fishwick, F. B.: Chem. & Ind. 1970, 705.
- 110) Li, C. F., Bradley, R. L. Jr., Schultz, L. H.: J. Ass. Offic. Anal. Chem. 53, 127 (1969).
- 111) Platonow, N. S., Funnell, H. S., Bullock, D. H., Arnott, D. R., Saschenbrecker, P. W., Grieve, D. G.: J. Dairy Sci. 54, 1305 (1971).
- 112) 科学技術庁: “PCB 様物質による環境汚染の防止に関する特別研究中間報告, 昭 47. 6. 23 (1972).
- 113) 古我可一, 津郷友吉: “乳業科学新説” p. 101 (1966) 朝倉書店.
- 114) 古我可一: 乳技協資料 17 (1), 86 (1967).
- 115) Garner, R. J.: J. Soc. Dairy Tech. 18, 201 (1965).
- 116) Baker, B. E., Samuels, E. R., Pulliainen, E.: J. Dairy Sci. 55, 633 (1972).
- 117) 浦久保五郎, 城戸靖雅: 食衛誌. 11, 396 (1970).
- 118) Wiechen, A.: Milchwissenschaft 27, 82 (1872).
- 119) van Duin, H.: IDF, A-DOC-7, 日本国際酪農連盟, 資料第22号, A-18 (1971).
- 120) Hankin, L.: J. Milk Food Technol. 35, 86 (1972).
- 121) 藤井清次, 林 敏夫: 食衛誌. 3, 179 (1962).
- 122) 宮木高明, 栗飯原景昭: 同上. 6, 1 (1965).
- 123) 慶田雅洋, 津郷友吉: 同上. 10, 59 (1969).
- 124) Lynch, G. P.: J. Dairy Sci. 55, 1243 (1972).
- 125) 城戸宏昌: 日獣医師. 15, 234 (1962).
- 126) Harthey, J. C. et al.: J. Milk Food Technol. 31, 388 (1968).
- 127) 春田三佐夫: ニューフードインダストリー 11 (7), 42 (1969).
- 128) 春田三佐夫: 同上. 14 (1), 9 (1972).