

でん粉工場廃液の牧草地散布が牛乳乳質 におよぼす影響ならびに廃液処理の検討

祐川金次郎・有賀 秀子・高橋セツ子
松村 憲次・田辺 貞夫・菊川 洋一
(帯広畜産大学畜産物利用学教室)

三浦 弘之・三上 正幸・横尾 博
(帯広畜産大学畜産物保蔵学教室)

1974年11月11日受理

Effect of Sprinkling Pastures with Potato Starch Factory Waste Effluents on Quality of Raw Milk, and Development of a Process for Removal of Protein, Amino Acids and Potassium from Wastes

Kinjiro SUKEGAWA,* Hideko ARIGA,* Setsuko TAKAHASHI,*
Kenji MATSUMURA,* Sadao TANABE,* Yoichi KIKUKAWA,*
Hiroyuki MIURA,** Masayuki MIKAMI** and Hiroshi YOKOO**

馬鈴薯でん粉工場廃液の河川への放流は公害源として規制され、現時点ではほとんど放流が不可能な状態になっている。しかも昭和51年6月以降は、現在の暫定水質基準が全国一律排水基準に移行されるので、その処理法については関係方面の重大な問題となっている。

工業におけるでん粉製造工程は、ほとんど単なる物理的操作にすぎないため、そこから出る廃液は種類、質とも複雑なものではないが量的にはきわめて多い。またでん粉廃液は有機物を比較的多く含むため、このまま河川に放流することは他の産業、とくに水産業におよぼす影響が大きいことから、廃液処理については、これまで多くの研究はなされているが、でん粉工場は年間操業ではなく、廃液処理に多額の費用を投入することはほとんど不可能であるために、他の産業廃水処理技術の導入も困難である。しかし、でん粉工場廃液が窒素、カリウム、リンなどの肥料成分を多く含み、施肥効果のあることに注目して、牧草地への水分補給と同時に廃液による肥培かんがいを実施している地区もある(十勝支庁管内、浦幌町東部十勝でん粉工場)。でん粉工場廃液の利用による畑地かんがいは全国的にもあまり例はないが、牧草の生育に対する効果は予想以上に大きく、たとえば、牧草の緑度が増し、生育利用期間の延長、収量増

* Laboratory of Chemistry and Technology of Milk Products, Obihiro University of Agriculture and Veterinary medicine, Obihiro, Hokkaido, Japan.

** Laboratory of Preservation of Livestock Products, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Obihiro, Hokkaido, Japan.

加、牧草中の飼料成分の向上がみられるほか、放牧地の不食過繁地の利用度の増加などが顕著である。

しかし、でん粉工場廃液の継続的な散布が土壌、牧草成分、乳牛および乳質に与える影響など、初めての試みであるので十分に検討しなければならない。したがって、これらのことを考慮して、昭和46年11月から48年12月までの約2年間、廃液中の微生物相の状態、廃液散布地区と隣接対照地区の牛乳組成ならびに廃液中の過剰成分の除去法について調査、検討した。

実験方法

1. 廃液中の成分分析

工場廃液を工程によって類別し、デカンター、1次セパレーターおよび貯留池から試料を採取して測定した。

2. 廃液中の微生物

各季節ごとに貯留地各部から試料を採取、次の方法によって測定した。

- 1) 一般細菌：稀釈平板法で標準寒天培地を用い、37℃、48時間培養した。
- 2) 大腸菌群：稀釈平板法、デソキシコレート培地を用い、37℃、24時間培養し、赤色集落を大腸菌群とした。この集落を30~70 鈎菌し、BGLB培地で黄変、ガス生成したものを *E. coli* の百分率とした。また大腸菌群を類別するため、インドール生成¹⁾、メチルレッド反応²⁾、アセチルメチルカルビノール生成³⁾、クエン酸塩利用性⁴⁾ について検討し、表-1を参照して類別した。

表1 大腸菌類別法

試験		インドール	メチルレッド	アセチルメチルカルビノール	クエン酸塩利用性
<i>E. coli</i>	I型	+	+	-	-
<i>E. coli</i>	II型	-	+	-	-
中間	I型	-	+	-	-
中間	II型	+	+	-	+
<i>A. aerogenes</i>	I型	-	-	+	+
<i>A. aerogenes</i>	II型	+	-	+	+

- 3) 低温性細菌：生菌数と同様に標準平板培養法で5℃、10日間培養した。
- 4) サルモネラ菌：DHL培地に塗抹し、黒色集落を生じたものを、H₂S生成、インドール生成陰性、リジン脱炭酸陽性、マロン酸塩陰性の示したものを本菌とした。
- 5) ブドウ状球菌⁵⁾：マンニット食塩培地に塗抹し、集落の周囲に黄色環を生じたもののみを鈎菌し、グラム染色陽性球菌のみを計数した。同時にコアグラゼ試験も行った。
- 6) かび、酵母：稀釈試料をポテトグルコース培地で培養し(20℃、5日間)、生じた集落を分別計数した。

3. 生乳分析

1) 合乳試料：でん粉廃液散布酪農家3戸(試料No. 4, 5, 6)および隣接無散布酪農家3戸(試料No. 1, 2, 3)を対照に、農協クーラー・ステーションに搬入された個人別混合乳を毎月2回(中, 下旬)採取した。

2) 個乳：47年11月, 48年4月, 6月, 10月の4回, 散布酪農家13戸(散布地区全戸数)および無散布酪農家3戸(合乳試料採取酪農家)の乳牛からそれぞれ個乳を採取した。

3) 成分分析：一般性状試験および成分組成分析は公定法に準じた。ただしカルシウムはEDTA法, リンはElon法, カリウム, ナトリウムは島津・コタキFP3炎光分析法(灰化温度450°C以下), マグネシウム, 鉄は日立208型原子吸光光度計で測定し, それぞれ標準曲線から含量を求めた。

また牛乳中の硝酸, 亜硝酸はNORMAN⁴⁾のカドミウムカラム還元法によって測定した。

4. 廃液処理法の検討

デカンター廃液の窒素化合物およびカリウム除去について, 次のような実験を行った。

1) 除タンパク：タンパク凝集剤として無機および有機凝集剤を用い, また各温度で5分間加熱し, 3,000 r. p. m. 5分間遠心分離して除タンパク率を求めた。

2) 窒素化合物, カリウムの除去：数種のアンバーライト系強酸性カチオン交換樹脂(IR-120B, IR-122, IR-124, IR-252)を2×16cmのカラムに50ml充填し, 2N H₂SO₄ (SV=6)で活性化後水洗した。このカラムに加熱除タンパク後のデカンター廃液を室温で通液(SV=10)して窒素化合物, カリウムの交換能力を測定した。

樹脂からの溶離は, 樹脂の2倍量のIN-NH₄OHをSV=5で流して窒素化合物を溶出させ, 溶出液を7~8回蒸発乾固してアンモニアを放出し, 窒素量を測定して回収率を求めた。同時に廃液中のアミノ酸を日本電子JLC-6AUSアミノ酸自動分析機で測定した。アミノ酸の定量は, 蒸発乾固した試料を水に溶解して100mlとし, さらに15倍稀釈して供試液とし, その0.8mlを用いた。

一方, カリウムは2N-H₂SO₄ 100mlをSV=5で溶出した。樹脂は水洗後反復使用した。

結果および考察

1. でん粉廃液中の成分

でん粉工場からの2次(可溶性)廃棄物は, 多量の水の中に比較的low濃度に含有されている有機物と無機物よりなっているが, その濃度はかならずしも一定していない。工場廃液を工程によって類別し, 各成分を測定した結果は表2のごとく, デカンター廃液がもっとも成分濃度が高い。実際に牧草地に散布されるときには, 稀釈および腐敗によるアンモニアの揮散によって窒素化合物が若干減少している。東部十勝でん粉工場では, 原料馬鈴薯平均750トン/日

表-2 でん粉廃液中の主要成分平均含量 (ppm)

区 分	成 分		
	全窒素	カリウム	リン
デカンター廃液	2,000	2,800	300
1次セパレーター	250	70	40
デカンター+1次セパレーター	534	512	82
牧草地散布時	361	610	60

処理で、デカンター、1次セパレーター廃液量はそれぞれ約600トン、3,100トン/日である。

廃液散布地区の酪農家は現在13戸で、散布対照牧草地は約200haである。でん粉廃液散布量の指標としては⁶⁾、生草1トン中に含まれる成分量から、目標収量を7トン(45年当時は5.5トン/10a)とすれば、必要窒素成分量30.1kgで、作物吸収率を46%とすると、 $164\text{m}^3/10\text{a}$ の廃液の成分量と見合うことになる。すなわち、廃液中の平均成分を全窒素400ppm、全カリウム500ppmとし、生草1トンの成分量はN 4.3kg, P_2O_5 0.6kg, K_2O 5.7kgとして計算し、その結果から初年度の散布量を $164\text{m}^3/10\text{a}$ としたが、その後経年的に廃液中の窒素、カリウムの牧草におよぼす影響が問題となり、次第に散布量を減少し、48年度には46年度散布量の45%とした。すなわち、46年度は292千トンであったが48年度は132千トンである。

2. 廃液中の微生物

廃液中の微生物相は表-3に示したように、工場からの排水口付近で各種微生物がもっとも多く、長期間滞留した廃液では一般に減少している。このことは、でん粉廃液の貯留池におけ

表-3 でん粉廃液中の微生物数 (ml当り)

採年 取月	微生物相	1 (排水管付)			2 (ポンプア)	3 (滞留水)
		近	口	口	口	
47.5	一般細菌数	1.3×10^5	2.3×10^5	2.0×10^5		
	大腸菌数	< 10	< 10	< 4 × 10		
	低温性細菌数	< 10	< 10	< 10		
	サルモネラ菌	-	-	-		
	ブドウ状球菌	-	+	-		
	酵 母	1.8×10^3	2.4×10^3	4.1×10^2		
	カ ビ	1.2×10	1.1×10	2.1×10		
47.7	一般細菌数	4.2×10^5	6.2×10^6	4.2×10^3		
	大腸菌数	1.8×10^2	6.2×10^3	< 3.2 × 10		
	低温性細菌数	4.6×10^2	4.6×10^2	1.8×10		
	サルモネラ菌	-	+	-		
	ブドウ状球菌	+	+	-		
	酵 母	1.6×10^2	1.8×10^2	1.0×10		
	カ ビ	1.4×10	1.2×10	4.1×10		
	一般細菌数	8.0×10^6	2.3×10^6	4.0×10^6		

採年 取月	微生物相	1 (排水管付)	2 (ポンプア ップロ)	3 (滞 留 水)
47. 11	大腸菌数	2.4×10^4	8.7×10^4	4.5×10^3
	低温性細菌数	2.1×10^6	1.3×10^6	8.6×10^4
	サルモネラ菌	+	+	-
	ブドウ状球菌	+	+	+
	酵 母	3.4×10^3	6.6×10^4	9.0×10^3
	カ ビ	4.6×10^3	7.5×10^3	3.5×10
48. 1	一般細菌数	1.3×10^6		
	大腸菌数	2.1×10^4		
	低温性細菌数	5.2×10^6	—	—
	サルモネラ菌	+		
	ブドウ状球菌	+		
48. 6	一般細菌数	6.5×10^5		
	大腸菌数	5.0×10		
	低温性細菌数	4.0×10^5	—	—
	サルモネラ菌	-		
	ブドウ状球菌	+		
48. 7	一般細菌数	6.0×10^5		
	大腸菌数	1.2×10		
	低温性細菌数	3.1×10^6	—	—
	サルモネラ菌	+		
	ブドウ状球菌	+		
48. 9	一般細菌数	1.6×10^8		
	大腸菌数	1.7×10^6		
	低温性細菌数	<10	—	—
	サルモネラ菌	+		
	ブドウ状球菌	+		

※ 47.11月、48.9月はデカンターから直接採取

る時間経過にもなると各成分が減少していることに関係があり、微生物の栄養源が低下するためであろう。操業開始(9月)によってデカンターからの廃水がポンプアップロへ移動する時期になると、一種の攪拌現象および栄養分が豊富になるので各種微生物数が非常に多くなる。夏季間の気温上昇による微生物数の増加は著しいものではなく、そのほとんどがデカンター廃水、すなわち土壌からのものである。

でん粉工場産液中、食品汚染の指標として、微生物学的にとくに問題になるのは大腸菌群、サルモネラ菌、ブドウ状球菌の存在である。これらの菌は、ヒトおよび乳牛に対して食中毒、乳房炎にも関係するものであり、牧草地に散布した場合の空中飛散、散布時の滞留廃液の牛体付着などの影響がどのような形で現れてくるかである。

ポンプアップ口付近から分離したブドウ状球菌について、その微生物学的性質から典型的な *staphylococcus* 属が分離される。このことは廃液散布による二次的な汚染の安全性に一つの問題点を残しているといえるが、後述のように現時点では牛乳への移行は認められない。サルモネラ菌も廃液中にはつねに認められるが牛乳移行はない。また大腸菌は *E. coli* I型のものが多いが、牛乳中のものとは異っている。

3. 牛乳乳質

前述のような組成をもった廃液を一定量、定期的に牧草地に散布した場合の牧草の生育および各成分の増加は無散布地区の牧草に比べて多く、その肥料的効果は十分に認められるが、土壤に与える影響も見逃してはならない。

牧草地に廃液をかん水すると、その浸透性が減退してゆくことが報告されている⁷⁾。これは廃液中の有機物などの作用で、土壤の間隙構造に変化を与えるためで、土壤の保水力は大きくなるが、作物の利用の面からはあまり有効に作用していなく、排水不良の傾向がみられるといわれている。また散布量にもよるが、一般に土壤中の窒素化合物、カリウム量が増加するとともに、表-4に示したように草量も増し、かつ牧草中の窒素、リン、カリウムも高くなり、

表-4 でん粉工場廃液散布による牧草の変化(平均値, 乾物中%)

	生草重 kg/10a	乾草重 kg/10a	全窒素	硝酸態 窒素	リン酸	カリウム	カルシウム	マグネシウム
散布地区								
散布前	45.6. 8	2,730	404	1.97	0.016	0.262	2.27	
散布後	46.6.11	3,290	416	2.89	0.228	0.460	3.69	0.31
	47.6.12	3,950	593	2.66	0.190	0.337	3.43	0.35
	48.6.14	3,624	619	2.58	0.190	0.313	3.19	0.14
対照地区								
	47.6.12	2,880	430	1.88	0.034	0.299	2.48	0.34

とくに硝酸態窒素含量が多くなっている⁷⁾。ここで問題になるのは、廃液散布によって牧草中の硝酸態窒素の比較的高いもの、一般的な危険水準と考えられている乾牧草中0.2%以上のものが主体給与飼料として家畜体内に入る時期には十分な注意が必要である。かりにこの程度の硝酸態窒素量が乳牛に対して急性症状を示さなくても、長期間の飼養では慢性中毒の危険性もある。しかし、48年度は散布量の制限によって窒素含量が若干低下し、しかも草量も十分確保できることがわかった。したがって、廃液散布量は牧草中の成分、とくに硝酸態窒素含量をチェックしながら決定する必要がある、散布の管理体制を強化しなければならない。

1) 牛乳成分組成: 一般性状試験(比重, 酸度, アルコール試験, 風味など)については、廃液散布地区(試験地区)と無散布地区(対照地区)の両者間に差異は認められなく、また各成分組成についても、1, 2の例外を除き、秋から冬にかけて高く、春から夏に低くなり、一般的な季節変動傾向を示した。表-5に各成分の平均値を示したが、各成分含量についての両者

表 5 対照および試験酪農家の牛乳成分組成 (47.5~48.4)

成分 試料	比重	酸度 (%)	全固 形分 (%)	脂肪	タンバ ク質	乳糖	灰分	カルシ ウム (mg%)	リン	塩素	カリ ウム	ナトリ ウム	鉄	マグネ シウム
対酪 1	1.0328	0.15	11.84	3.58	3.16	4.20	0.74	119.7	89.1	114.3	170.4	53.0	0.13	10.3
農 2	1.0336	0.15	12.39	3.98	3.26	4.32	0.74	129.4	90.1	114.1	167.0	47.1	0.13	10.0
酪家 3	1.0286	0.12	10.32	3.26	2.85	3.65	0.63	109.6	77.9	97.4	141.6	46.0	0.11	9.3
平均	1.0332	0.15	12.12	3.78	3.21	4.26	0.74	124.6	89.6	114.2	168.7	50.0	0.13	10.2
試酪 4	1.0341	0.15	12.29	3.70	3.37	4.31	0.74	127.6	94.4	103.4	170.4	51.1	0.13	10.8
農 5	1.0338	0.15	12.05	3.58	3.27	4.26	0.74	121.9	96.0	103.1	169.8	52.4	0.12	10.8
酪家 6	1.0339	0.15	12.35	3.70	3.31	4.32	0.74	126.0	92.7	104.9	170.1	49.7	0.12	10.5
平均	1.0339	0.15	12.23	3.66	3.32	4.30	0.74	125.2	94.4	103.8	170.1	51.1	0.12	10.7

※ No. 3 は平均値から除外

間の有意差検定の結果にも有意差は認められない。

今回の調査対象になった酪農家の牛乳成分組成を他地区の同期間のものと比較してみると、全固形分、脂肪、タンパク質、灰分含量がいずれも高く(表-6)^{8,9)}、でん粉廃液散布牧草摂取

表-6 十勝、釧路地域原料乳組成 (%)

地	域	全固形分	脂 肪	タンパク質	乳 糖	灰 分
十 勝	45. 12	12.05	3.44	3.26	4.42	0.74
	46. 11	11.96	3.58	3.27	4.36	0.75
清 水	45. 12	12.25	3.70	3.12	4.32	0.72
	46. 11	11.95	3.68	3.10	4.31	0.70
大 樹	45. 12	12.29	3.79	3.22	4.16	0.69
	46. 11	12.00	3.58	3.18	4.21	0.73
釧 路	45. 12	11.89	3.62	3.22	4.32	0.73
	46. 11	11.87	3.47	3.04	4.14	0.73
北 海 道	45~46	11.90	3.50	3.06	4.26	0.72

の有無にかかわらず、とくにタンパク質含量が多い。すなわち、この地区の牛乳の成分組成は、脂肪とタンパク質含量のバランスがよく、乳成分からみた乳質としては良好であるといえよう。

乳汁の塩類組成も廃液散布の有無にかかわらず、合乳および後述の個乳においても両者間の有意差は認められない。しかし、リン含量は試験地区が若干高い傾向を示した。飼料中に過剰のリンが含まれる場合には、骨に蓄積され、そこから生体に供給されるという緩衝機構にとりこまれるため、乳中への移行はほとんど影響がないという報告や^{10~13)}、わずかに乳中の濃度が増加するという説がある¹⁴⁾。

塩素についても両者間に有意差は認められないが、対照乳に若干多く、でん粉廃液中微生物の乳房汚染による乳房炎発生という問題は、間接的ではあるが試験乳の塩素含量からみても、

いまのところ関係はないものと考えられる。マグネシウム含量は、両地区の牧草中の差はほとんどなく、乳中でも両者間の差は少ないが、10mg/100ml 以下の乳汁もあり、一般に従来の報告値よりも低い。また合乳、個乳中にも全期間を通じて、硝酸態および亜硝酸態窒素はほとんど検出されなかった。

しかしこのような試験は、動物の生体生産物である乳汁におよぼす影響をみるわけであるから、かなり長期間の調査が必要である。

2) 個乳の無機成分組成：廃液散布による牧草中のカリウム、リン含量が高くなる無機成分のアンバランスの問題から、牛体を通して乳汁にもこの影響がでてくるかどうかについて、対照酪農家3戸および試験酪農家13戸の個乳について無機成分を測定した結果を表-7に示した。季節による多少のバラツキはあったが、両者間に有意差は認められない(表-8)。

表-7 牛乳中無機成分の平均値 (mg%)

区 分	成 分	試料数	カルシウム	リ ン	カリウム	ナトリウム	マグネシウム	鉄	マグネシウム 10mg%以下
対 照	47. 11	26	131.7	100.3	175.7	53.4	10.7	—	5(19.2%)
	48. 4	13	121.2	88.3	157.4	51.5	13.1	0.082	3(21.4%)
	48. 6	11	121.0	95.3	172.6	56.8	14.0	0.113	0
	48. 10	9	133.8	91.7	169.8	43.6	12.9	0.140	0
試 験	47. 11	113	131.3	99.6	165.1	57.4	10.4	—	36(31.9%)
	48. 4	46	128.5	96.6	160.1	52.8	10.6	0.086	14(30.4%)
	48. 6	45	127.1	96.0	166.2	60.9	13.9	0.084	0
	48. 10	41	129.8	95.7	155.5	57.8	14.6	0.160	0

表 8 有 意 差 の 検 定

		カルシウム	リ ン	カリウム	ナトリウム	マグネシウム	鉄
対 照 区	平 均 値	126.03± 11.39	95.75± 10.91	158.97± 13.38	53.70± 12.37	12.91± 2.86	0.12± 0.05
	試 料 数	44	51	38	50	50	37
試 験 区	平 均 値	128.08± 10.32	99.22± 14.54	156.40± 17.72	59.93± 12.75	12.61± 2.67	0.12± 0.06
	試 料 数	175	193	182	174	193	143
平均値の有意差 (t 検定)*		t _{0.1} = 1.14	t _{0.2} = 1.54	t _{0.3} = 0.56	t _{0.4} = 0.62	t _{0.5} = 0.07	t _{0.6} = 0.03

* $t_{0.1 \sim 0.6} < t(\phi: \infty, \alpha = 0.05) = 1.96$

わが国の牛乳無機成分の平均含量は、Ca: 100~115, P: 85~100, Cl: 95~110, K: 150~160, Na: 50~55, Mg: 10~13 mg/100ml の範囲であるので、この調査結果では、Ca, K が若干高く、Mg がやや低いということになるが、いずれも異常値ではない。なお廃液散布地区の乳牛に低マグネシウム血症例が2, 3みられたと同時に、低マグネシウム牛乳も対照地区に

比較して若干多い傾向がある。しかし48年5月以降、乳牛に対するマグネシウム投与によって、ほとんど正常値の範囲になった。

3) 牛乳中の微生物：表-9に对照，試験酪農家合乳の各種微生物数の範囲比較を示した

表 9 对照，試験酪農家原料乳中の各種細菌数の範囲比較 (ml当り)

対 照 牛 乳	総 菌 数	一般細菌 生 菌	低 温 性 細 菌	大腸菌群	試 験 牛 乳	総 菌 数	一般細菌 生 菌	低 温 性 細 菌	大腸菌群
No. 1	10 ⁶ ~10 ⁷	10 ⁵ ~10 ⁷	10 ² ~10 ⁶	10 ~10 ⁵	No. 4	10 ⁶ ~10 ⁷	10 ⁵ ~10 ⁶	10 ³ ~10 ⁶	10 ~10 ⁴
2	10 ⁵ ~10 ⁷	10 ⁴ ~10 ⁶	10 ² ~10 ⁵	~10 ³	5	10 ⁶ ~10 ⁷	10 ⁵ ~10 ⁶	10 ³ ~10 ⁶	10 ³ ~10 ⁵
3	10 ⁶ ~10 ⁷	10 ⁴ ~10 ⁷	10 ³ ~10 ⁷	10 ³ ~10 ⁵	6	10 ⁶ ~10 ⁷	10 ⁵ ~10 ⁶	10 ³ ~10 ⁶	10 ² ~10 ⁵

が、両者間の差異は認められなかった。しかし前述のように、この地区の生乳の成分組成上の面では良好な乳質であるといえることができるが、細菌的な点ではかならずしも良質な牛乳とはいえず、衛生面での指導強化が必要である。すなわち、生乳の成分規格に定められている細菌数 400万/ml 以下の牛乳は、夏季8月で10%、冬季12月で80%であった。なおこの地区では現在バルク・クーラーは使用されていない。

これらのうち、大腸菌群について類別した結果は表-10のようで、でん粉廃液中の大腸菌群

表-10 廃液および牛乳中の大腸菌群の類別

試 料	実験数	E. I型	E. II型	中間I型	中間II型	A I型	A II型	その他	不 明
No. 4 牛乳	44			1		19	1	22	1
5	60		1	11		48			
6	60		1	12	4	29	2	10	6
廃 液	94	37	2	31	10	6	1	7	

E. I 型 : *Escherichia coli* I 型

E. II 型 : *Escherichia coli* II 型

A. I 型 : *A. aerogenes* I 型

A. II 型 : *A. aerogenes* II 型

E. coli II型, 中間I型, II型, *A. aerogenes* I型, II型はしばしば原料乳中にも認められるが、これらは普遍的に原料乳にみ出される微生物であり、廃液中に典型的な *E. coli* I型が試験乳に認められないことは、廃液中の大腸菌が散布によって原料乳を汚染している可能性はきわめて低いものと考えられる。またブドウ状球菌についても、廃液中からマンニット食塩培地を黄

表 11 廃液および牛乳中のマンニット食塩培地陽性細菌の類別

試 料	試料数	桿 菌	球 菌	コアグララー ゼ (+)	コアグララー ゼ (-)
No. 4 牛乳	25	3	22	1	21
5	22	1	21	5	16
6	23	1	22	12	10
廃 液	35	28	7		7

変するコロニーを取り出したが、そのほとんどが桿菌であったのに対して、牛乳中のものはほとんど球菌である（表 11）。サルモネラ菌についても、むしろ対照乳に高い出現率がみられるので、かならずしも廃液散布による汚染とは考えがたい。

以上のように、廃液中および原料乳中の各種微生物の存在状態を対比してみた結果、廃液散布による微生物学的な牛乳汚染の可能性は現時点では、きわめて少ないといえよう。

4. 廃液処理法の検討

でん粉工場からの可溶性廃棄物は、大量の水の中に比較的low濃度に含有されている有機物と無機物よりなっているが、東部十勝でん粉工場の場合には、廃液中のすべての成分を除去する必要はなく、牧草地散布の場合、現在窒素およびカリウムの過剰が問題になるので、これら成分の過剰分のみを除去すればよい。しかも廃液中窒素およびカリウムが圧倒的に多いのは、表-2に示したようにデカンター廃液であり、1次セパレーター廃液はほとんど問題にならない。この工場では、デカンター廃液が600トン/日であるので、この廃液の処理法について検討した。

1) タンパク質の除去：馬鈴薯タンパク質については中曾根ら¹⁰⁾によって詳細に検討され、全窒素中約40%を占め、水不溶性のグロブリン様タンパク質および可溶性のアルブミン様タンパク質からなっており、その量的関係はほぼ同様であり、ホリアクリルアミドゲル電気泳動法などによって28の画分よりなることが報告されている。

工場廃液中の有機成分の除去法には各種添加剤、加熱処理法その他各種の処理法が報告されている。でん粉工場のデカンター廃液中のタンパク質の凝集剤として、処理後の二次汚染を考慮して、 $Al_2(SO_4)_3$ 、 $AlCl_3$ 、 $FeCl_3$ などを用いた結果は図-1に示したように、 $Al_2(SO_4)_3$ 、 $AlCl_3$ では1%添加でも全窒素の約25、35%、 $FeCl_3$ では0.5%添加で約35%の凝集を示したが（3,000 r.p.m. 5分間遠心分離）、添加量からみて実際的ではない。また有機凝集剤としてポリ

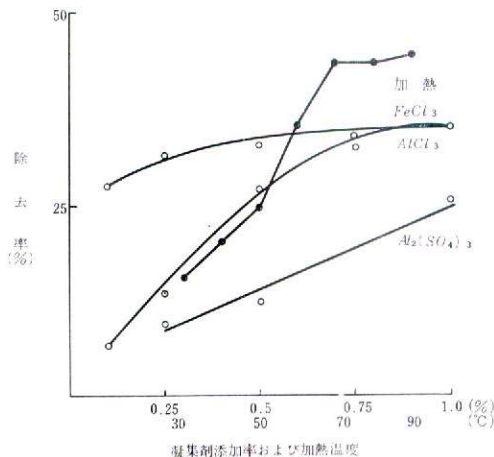


図-1 凝集剤添加および加熱によるN化合物の除去

アクリルアミド系のもの数種類についても試験したが、でん粉廃液の場合は凝集力が弱い。一方、加熱処理では、60～70°C、5分間加熱で37～45%と、タンパク質のほとんどが凝集除去できるので実際的にも可能で、加熱源としては乾燥機の排熱風の再利用も考えられる。

デカンター廃液から加熱法によってタンパク質回収を行った場合には、この工場の操業度から計算して、年間約300トン(乾物)の粗タンパク質が回収されることになり、飼料としての利用も可能であるし、さらに全廃液中の約25%の窒素化合物の除去により、廃液散布時の窒素成分過剰も一部緩和されることになる。

2) その他の窒素化合物、カリウムの除去：デカンター廃液中には、タンパク質以外に各種のアミノ酸などが存在し、70°C、5分間加熱して除タンパク質したろ液にも窒素として約1,200 ppm、カリウムは3,000 ppm程度含まれている。これらの除去にはイオン交換樹脂が考えられるので、各種のイオン交換樹脂を用いて工業規模での可能性を検討した結果、アンバーライト IR-120Bでは、SV=10で樹脂量の約7倍まで通液可能であり、このときの窒素化合物およびカリウムの除去率はそれぞれ約82%、95%であった。またIR-252では、樹脂量の約10倍までで、除去率はそれぞれ80%、97%であった(表-12, 13)。IR-122も同程度の交換容量を示したが、IR-124はかなり低下する。

表 12 IR-120BによるN-化合物, Kの除去

表-13 IR-252によるN-化合物, Kの除去

原液成分	pH	N,mg%	K,mg%
通液量ml	6.15	138.3	356.1
0 ~ 40	2.20	6.9	0.2
40 ~ 80	2.00	6.9	0.2
80 ~ 120	2.00	10.5	0.2
120 ~ 160	2.00	24.4	0.2
160 ~ 200	2.00	24.4	0.2
200 ~ 240	2.00	45.3	0.6
240 ~ 280	2.10	52.3	2.3
280 ~ 320	2.10	62.7	5.4
320 ~ 360	2.30	73.2	5.5
360 ~ 400	2.60	94.1	55.3
400 ~ 440	3.30	108.1	100.3
440 ~ 480	4.20	129.0	119.9

原液成分	pH	N,mg%	K,mg%
通液量ml	6.15	122.0	363.2
0 ~ 40	2.20	7.0	0.1
40 ~ 80	1.90	13.9	0.1
80 ~ 120	1.90	13.9	0.1
120 ~ 160	1.90	13.9	0.1
160 ~ 200	1.90	13.9	0.1
200 ~ 240	1.90	17.4	0.1
240 ~ 280	1.90	17.4	0.1
280 ~ 320	1.90	20.9	0.2
320 ~ 360	1.90	31.4	0.3
360 ~ 400	1.95	41.8	2.6
400 ~ 440	2.10	52.3	23.4
440 ~ 480	4.15	87.2	93.7

原液：70°C 5分間加熱除タンパク後のろ液
 カラム：2.0×16cm, 樹脂量50ml, SV=10
 各40ml採取

条件は表-12と同じ。

樹脂の再生は、吸着窒素化合物の溶出には1N NH₄OH, カリウムを含む無機成分は2N-H₂SO₄をそれぞれ樹脂量の2倍流すことによって離脱できる。用いたアンモニア、硫酸は液状硫酸アンモニアとしても利用でき、この中には多量のアミノ酸、カリウムも含まれている。

しかしこの程度のイオン交換能力では、これをでん粉工場廃液処理の企業応用という点では、コスト、再生液の利用処理の面で困難がある。応用可能な交換能力は現有樹脂の2～3倍以上のものでなければならないであろう。

デカンター廃液中のアミノ酸は16種検出されたが、分離不完全で定量が不可能であったアミノ酸3種（スレオニン、セリン、フェニルアラニン）が存在し、表-14に示した13種のアミ

表-14 デカンター廃液中のアミノ酸

アミノ酸	g/トン	アミノ酸	g/トン	アミノ酸	g/トン
Aspartic acid	289.6	Valine	154.2	Histidine	10.4
Glutamic acid	132.5	Methionine	12.5	Lysine	79.2
Proline	79.2	Isoleucine	68.8	Arginine	152.1
Glycine	14.6	Leucine	35.4	Ammonia	68.8
Alanine	43.8	Tyrosine	450.0		

ノ酸が定量された。それらのアミノ酸のうち、アスパラギン酸、グルタミン酸、プロリン、バリン、チロシン、リジン、アルギニンなどがおもなもので、廃液1トン中にそれぞれ290、133、79、154、450、79、152g含まれている。

以上のように、なんらかの方法によってデカンター廃液中の窒素化合物およびカリウムの一部を除去すれば、廃液散布による窒素、カリウムの過剰害を防ぐこともでき、相当量の散布も可能である。この工場では、全廃液中の窒素の約60%、カリウムの約90%はデカンター廃液からのものである。もちろん廃液散布地域の拡大によって、つまり馬鈴薯収穫面積と同程度の地域に還元散布することはもっとものぞましいことであり、成分過剰の問題もなくなるが、実際的には施設上の制限によって実現不可能である。

本研究の一部は、昭和48年度文部省科学研究補助金によった。

要 約

馬鈴薯でん粉工場廃液を牧草地に散布した場合、その牧草を摂取した乳牛の乳質におよぼす影響ならびに廃液中の窒素化合物、カリウムの除去法について検討した。

- 1) 廃液中各成分濃度がもっとも高いのはデカンター廃液で、窒素、カリウムおよびリン含量はそれぞれ約2,000、2,800、300ppmであった。
- 2) 廃液中には一般細菌 $10^5 \sim 10^8$ 、大腸菌群 $10 \sim 10^6$ /ml、その他サルモネラ菌、ブドウ状球菌もつねに存在するが、そのほとんどは土壌から移行したものである。
- 3) 廃液散布による牧草の生育、取量は増加するが、散布量によっては、牧草中に硝酸態窒素が蓄積され、カリウム、リン含量も多くなる。
- 4) 廃液散布牧草摂取牛群と対照牛群の合乳および個乳の一般性状、各成分組成間には有

意差は認められない。しかし試験牛の乳汁のリン含量は若干高く、マグネシウムは低い傾向を示したが異常値ではない。また硝酸および亜硝酸態窒素はほとんど検出されなかった。

5) 廃液および牛乳中の各種細菌の存在状態を対比した結果、廃液散布による微生物学的な牛乳汚染は現時点では認められなかった。

6) デカンター廃液中の窒素化合物は、70°Cの加熱によって約40~45%除去でき、年間約300トンの粗タンパク質が回収され、散布廃液の窒素濃度を25%低下できる。またデカンター廃液のイオン交換樹脂処理では、非タンパク態窒素化合物の約80%、カリウムの95%を除去できるが、工業規模での可能性についてはまだ問題がある。

文 献

- 1) Society of American Bacteriologists: Manual of Microbiological Methods, 155~164 (1957).
- 2) 中西武雄: 牛乳と乳製品の微生物, 292 (1967), 地球出版(東京).
- 3) MINDER, E. T. and MARTH, H. E.: *J. Dairy Sci.*, **55**, 1410 (1972).
- 4) Norman, R. SCHNEIDER, *et al.*: *Am. J. Vet. Res.*, **34**, 133 (1973).
- 5) HOROWITZ, W.: *AOAC*, **11**, 126 (1970) Washington, D. C.
- 6) 浦幌農業協同組合: 牧草地におけるでん粉工場廃液散布調査報告書 (1972).
- 7) 北海道農地開発部: 牧草地におけるでん粉工場廃液散布調査報告書 (1974).
- 8) 北海道酪農検査所: 昭和46, 47年度事業報告書.
- 9) 雪印乳業(株): 昭和46年度原料乳分析報告書.
- 10) 乳業科学新説編集委員会編: 乳業科学新説, 3 (1967), 朝倉書店(東京).
- 11) 齊藤孝夫訳: 酪農科学の研究, **19**, B65 (1970).
- 12) 星冬四郎, 内藤元男: 泌乳, 398 (1968), 東大出版会.
- 13) KON, K. S. and COWIE, T. A.: *Milk*, **2**, 216 (1961), Academic Press.
- 14) JENNES, R. and PATTON, S.: *Principles of Dairy Chemistry*, 160 (1961), 足立達訳, 技報堂(東京).
- 15) 中曾根克己, 林 力丸, 泰 忠夫: 農化, **46**, 45 (1972).

Summary

After pasture had been sprinkled with waste effluents from a potato starch factory, we studied the effect of these wastes on milk from cows which had eaten these grasses. We also determined the best method for removing nitrogen compounds and potassium from the wastes.

1) Wastes containing high ratios of various elements were extracted in the decanter. Concentrations of nitrogen, potassium and phosphorus were about 2,000, 2,800 and 300 ppm respectively.

2) The bacteria in the wastes were mostly common bacteria (10^5 - 10^8 /ml), and *E. coli* groups (10^5 - 10^6 /ml). *Salmonella* and *Staphylococcus* were also present. Most of these bacteria came from the soil.

3) The growth and yield of the grass sprinkled with wastes were very good, although unusually amounts of nitrate, potassium and phosphorus had accumulated in the grass.

4) There was no statistically significant difference recognizable in the nature and components of the milk obtained from either the experimental or the control pasture. In the sprinkled pasture the content of phosphorus in the milk was slightly higher than normal and the content of magnesium in the milk slightly lower, although these values were not abnormal. Only slight traces of nitrate and nitrite were detectable in the milk from both pastures.

5) Of the nitrogen compounds in the decanter wastes, 40-45% were removed by heat (70°C); 25% of the nitrogen content in the wastes could be decreased by this method. About 80% of non-protein nitrogen and 95% of the potassium were removed from the decanter wastes by the ion-exchange process. There will need to be more research, however, before this removal process is adaptable on an industrial scale.