黒毛和種子牛の鉛中毒

小林正人* 渡辺一博 佐藤慎一¹⁾

山形県中央家畜保健衛生所、山形県くみあい畜産研修センター¹⁾

要 約 山形県内のある黒毛和種繁殖施設で、1987年から88年の間に、哺乳子牛8頭が急死した。発育良好で食欲旺盛な子牛が、突然に旋回運動、興奮、狂騒状態、体温上昇、虚脱などの症状を発生し、10分から18時間の経過で全頭死亡した。病理学的検査では大脳の神経細胞の急性壊死、腎尿細管上皮細胞の変性・壊死および好酸性核内封入体がみられた。全例の腎および肝から鉛が検出され、1例の胃内容から2%の鉛を含む鉄サビが確認された。牛房の鉄柵に鉛丹さび止めペイント(JIS K5622)が塗装されていたが、広くサビが発生し、多量に剝離していた。以上の結果から、本症例を鉛中毒と診断した。——キーワード：子牛、中毒症、鉛、臓器中鉛含量、鉛丹塗料

.....東北家畜臨床研誌 15(1): 37-43, 1992

ABSTRACT Lead Poisoning of Calves of Japanese Black Cattle. Masato Kobayashi*, K. Watanabe, and S. Satoh ¹⁾ (Yamagata Chuoh Livestock Hygiene Service Center, Yamagata Agriculture Cooperation Animal Husbandry Training Center ¹⁾)

Sudden death of 8 suckling calves occurred in an breeding farm from 1987 to 1988. The calves with good growth and having a good appetite suddenly showed circling, excitement, madness, hyperthermia and coma, and died in the course of 10 min to 18 h. A histopathological examination revealed acute neorosis of the nerve cells of the encephalon, degeneration and necrosis of the renal tubular epithelium and fromation of eosinophilic intranuclear inclusion bodies. Lead was detected in the kidney and liver in all cases, and rust containing 2% of lead was found in the rumen and omasum in one case. Steel pipes separating each stall widely became rusty in spite of painting with red lead paint (JIS K 5622) and flakes of the rust peeled off in great quantities. The deaths were determined as being from lead poisoning. —— **Key Words** : calf, poisoning, lead, lead content in organs, red lead paint.

..... *Tohoku J. Vet. Clin.* 15(1): 37-43, 1992

緒 言

鉛は家畜、とくに幼若な牛において最も一般的な毒物のひとつとされ、諸外国では多くの中毒の報告がある^{2*} (4, 6, 10, 12, 17, 20, 22, 33, 34)。国内でも近年、牛^{31, 35)}、猿²¹⁾での中毒が報告され、これらはいずれもサビ止め塗料に含まれた鉛が汚染源とされている^{21, 31, 35)}。子牛の鉛中毒は急性経過をとるために生前診断をすることがむづかしく、死後に病理学的検査と臓器内鉛の定量によって診断される場合が多い。しかし、特徴的な肉眼所見を欠くために剖検では判明しにくく、実際の発生は診断されているものよりも多いと考えられている^{6, 22)}。

今回著者らは黒毛和種哺乳子牛の突然死の発生に遭遇し、鉛中毒と診断したのでその概要を報告する。

2 材料と方法

1) 供試牛：昭和62年および63年に死亡した8頭の黒毛和種子牛(1～3カ月令)を供試した。これらのうち、

血液および血清生化学検査には5頭を、臓器の病理組織学的検査には8頭を、臓器中の鉛含量の測定には8頭(5頭はホルマリン固定材料、3頭は非固定臓器およびホルマリン固定材料)、第一胃および第四胃内容は2頭から採材し、各々供試した。各検索材料の対照としては、昭和62年度に最上家畜保健衛生所に病性鑑定に持ち込まれた同月令の黒毛和種子牛7頭(3頭は非固定臓器、4頭はホルマリン固定材料)を供試した。

2) 中毒汚染源の検索材料：鉛の汚染源の調査のために、パドックの土壌、畜舎の鉄柵の塗料および剝離したサビ、井戸水、さらに乾草、わら、サイレージおよび配合飼料を採取した。また、対照としては、最上家畜保健衛生所管内の数地点の表土ならびに農家の飼料を供試した。

3) 鉛の定量法：生体試料、飼料およびサビの鉛含量は、これらを硫酸・硝酸・過塩素酸で湿式灰化⁹⁾し、また土壌などは王水処理¹⁹⁾し、各々ジチゾン・ベンゼン法⁹⁾で定量した。

Accepted 20 March 1992 / Received 25 February 1992

* Correspondence to: Yamagata Chuoh Livestock Hygiene Service Center, Urushiyama 736, Yamagata-shi, Yamagata 990-21 (〒990-21 山形県山形市漆山736)

4) 血液および生化学検査: 赤血球・白血球数は自動血球計測器、血小板は Fonio 変法、血清総蛋白質はビュレット法⁸⁾、アルブミンは BCG 法²⁹⁾、ZTT は Reinhold 法²⁷⁾、ブドウ糖はグルコースオキシダーゼ法²⁴⁾、CPK は紫外外部吸収法³⁰⁾、AST (GOT)、ALT (GPT) は Reitman- Frankel 法の変法²⁸⁾、 γ -G T は γ -グルタミル- P- N- エチル- N- ヒドロキシエチルアミノニリド基質法⁷⁾、LDH は Cabaud- Wróblewski 法¹⁾、尿素窒素はウレアーゼ・インドフェノール法¹⁵⁾、Ca は O C P C 法²⁵⁾、Mg はキシリジンブルー直接法³⁶⁾、無機リン (I P) は P-メチルアミノフェノール還元法⁵⁾、Cl は Schales- Schales 法³²⁾、Na、K は炎光光度法¹⁴⁾ に準じて測定した。

5) 微生物学的検査: 細菌検査は死亡牛全例の実質臓器および小腸内容について、血液寒天および D H L 寒天培地を用いて実施した。またウイルスは 2 例について実質臓器から分離を試みた¹³⁾。

6) 病理学的検査: 死亡牛全例について行い、剖検後 10 %ホルマリンで固定し、ヘマトキシリン・エオジン染色を施して鏡検した。また、腎臓の一部は透過型電子顕微鏡¹⁶⁾で観察した。

1 に示した。發育良好で食欲旺盛な子牛が突然に発症し、補液や抗生物質の投与などに反応せず、1 時間から長い例でも半日の経過で全頭死亡した。

哺乳子牛の死亡は 7 月から 9 月に集中して発生したが、死亡事故発生当日および前日の気温は必ずしも高くなく、年間の最高気温を記録した時期には発生しなかった。月令は 1 ~ 3 カ月令に集中する傾向がみられた。

表 1 発生状況

症 例	年 月 日	日 令	経 過	主 な 症 状
1	S 62. 7. 17	50	1 時間	虚脱、体温上昇 (43℃以上)
2	7. 28	48	10 分	突進、狂騒
3	8. 7	83	4 時間	興奮
4	8. 16	45	12 時間	虚脱、体温低下 (37.7℃)
5	8. 22	53	18 時間	興奮
6	8. 24	87	14 時間	旋回運動
7	9. 5	49	2 時間	虚脱、痙攣、体温上昇 (42.6℃)
8	63. 6. 8	33	1 時間	旋回運動、体温上昇 (43℃以上)

表 2 血液検査および血清生化学検査

		症 例		Na		
		3	4	5	6	7
赤 血 球	($10^4/\mu\ell$)	1,128	1,161	1,120	842	963
Ht	(%)	40	45	41	30	54
白 血 球	($/\mu\ell$)	7,000	14,800	3,300	20,500	3,600
血 小 板	($10^4/\mu\ell$)	N T ^{a)}	N T	N T	5.8	26
総蛋白質	(g/dl)	5.6	5.9	6.4	7.1	6.6
ブドウ糖	(mg/dl)	256	11	50	N T	198
AST (GOT)	(KU)	124	792	220	N T	139
ALT (GPT)	(KU)	19	38	24	N T	27
LDH	(Wro. U)	3,600	15,300	5,900	N T	3,300
γ -G T	(I U)	17	92	26	N T	36
CPK	(I U)	368	N T	1,780	N T	304
尿素態窒素	(mg/dl)	5.3	20.8	10.9	N T	15.6
Ca	"	9.9	8.7	10.2	N T	12.0
Mg	"	2.3	3.4	2.9	N T	3.0
I P	"	8.8	16.5	13.7	N T	11.5
Cl	(mEq/L)	99	N T	N T	N T	107
Na	"	137	141	140	N T	151
K	"	4.0	9.3	5.0	N T	10.0

a) 検査をしなかった。

成 績

1. 牛の飼育環境

中毒症状を呈した牛が発生した施設は、赤土の丘陵地帯にあり、3 棟の繁殖牛舎は昭和 56 年から 58 年までに建築されたものであった。牛房は鉄柵で仕切られ、鉄柵にはサビ止め塗料 (鉛丹さび止め塗料 J I S K 5622) が下塗りされ、その上に樹脂塗料が塗布されていた。しかし、子牛の死亡の発生時には、鉄柵が塗装の内側から腐食して、塗料はサビと一緒に剝離脱落していた。

2. 発生状況

事故発生時の黒毛和種繁殖牛の飼育頭数は、67 頭であった。子牛の生産は 58 年から始まり、繁殖成績は良好であったが、60 年からは哺乳子牛に原因不明の死亡が発生するようになり、事故率は 10% を越えた。死亡事故の発生状況を表

3. 臨床症状

主な臨床症状としては、病初に虚嘔、旋回運動がみられ、その後、興奮、壁に向かって突進したり、また柵に頭を打ちつけるなどの異常な行動、即ち強迫運動としての神経症状が約半数の例でみられた。しかし、他の例では前駆症状を伴わずに虚脱状態に陥り、呻吟、振戦、痙攣を呈して死亡した。興奮時には体温が著しく上昇し、多くの例で43℃を越え、死後にも高体温を認めた。

4. 血液検査

血液検査における主な所見は、赤血球数の増加とヘマトクリット値の上昇であったが、Na 4では赤芽球の出現と赤血球の多染性が認められた(表2)。白血球は発症時に増加し、瀕死期に減少していたが、特に好中球の減少が目立った。血小板数は測定した2例ではいずれも減少していた。

5. 血清生化学検査

測定した生化学成分のうち、GOT、GPT、LDH、 γ -GTP、CPK活性値およびK、IP濃度では上昇がみられた(表2)。また、血糖は4例中2例で、乳酸は検索した1例で著しい上昇が見られた。IPは4例中3例で著しく(1例で中等度)上昇し、またKは4例中2例で著大な上昇を認めた。

6. 微生物学的検査

実質臓器から病原菌の分離を試みたが、ほとんど陰性であった。しかし、Na 3および4では腸管膜リンパ節から大腸菌が検出され、またNa 4の十二指腸内容から大腸菌が 4.2×10^8 /g分離された。また、Na 5および6でウイルス分離を試みたが、いずれも陰性であった。

7. 病理学的検査

検索した8例の剖検所見としては、大腿部筋肉の煮肉状変化と水腫、リンパ節の腫脹、心外膜、心内膜、胸腺・腎および肝の出血、細気管支内の泡沫充満、肝の煮肉様の変性等が多くの例で見られたほか、大脳の充血、水腫、髄液増量および脳室拡張が少数例でみられた。また、第一胃内に砂と小石が認められる例(Na 1)もあった。

病理組織学的所見を表3に示した。大脳皮質の神経細胞の急性壊死と脳水腫による神経網の空胞変性が全例に見られ、少数例では小脳および延髄にも変化が見られた。腎では多くの例で尿細管上皮細胞の変性、壊死および間質の細胞浸潤がみられ、2例(Na 5および6)で好酸性核内封入体が見られた。核内封入体は皮質深部の近位尿細管のみならず、皮質全域で、また遠位尿細管から集合管にまでみられ、封入体を入れる核はときに膨化していた。封入体の大きさは不同で、ときに核のほとんどを占

表3 病理組織学的検査所見

臓	器	病理組織所見	症		例					Na	
			1	2	3	4	5	6	7	8	
大 腎	脳 臓	神経細胞の変性・壊死	+	+	+	+	+	+	+	+	
		尿細管の変性・壊死	-	-	-	+	+	+	+	+	
		好酸性核内封入体	-	-	-	-	+	+	-	-	
		間質の細胞浸潤	-	-	+	+	+	+	+	-	
肝	臓	巣状壊死	-	-	+			+	+	+	
		線維・胆管増生	-	-	+	+	+	+	+	+	
心	臓	心筋線維の変性	-	-	-	-	-	+	+	-	
		出血	-	-	+	-	+	+	-	-	
		肺									
肺		肺胞壁間の増生	+	+	+	+	-	-	+	+	
		肺胞内滲出液充満	-	-	+	+	-	-	-	+	
		鬱血	-	-	+	+	-	+	-	+	
小 腸		粘膜上皮の変性・壊死	+	+	+	-	+	-	+	-	
		固有層の好中球浸潤	-	-	+	-	-	-	+	-	
脾		濾胞の粗性化	-	-	NT ^{a)}	+	+	+	+	-	
リンパ節		濾胞の粗性化	-	-	+	+	NT	+	+	+	
胸 腺		髄質の出血	+	+	+	+	+	+	+	+	

a) 検査をしなかった。

め、数は1ないし4個とさまざまであった。電子顕微鏡で観察すると、中心部は電子密度が高く不整な年輪状を示し、辺縁が縮毛状を示した(写真1)。

肝臓では巣状壊死および小葉内の線維増生ならびに胆管増生が、肺では鬱血、肺胞壁間の増生、肺胞内の滲出液の充満と好中球浸潤が、脾、リンパ節および小腸のリンパ装置ではリンパ球の減数と壊死が、胸腺では髄質の

写真1 腎尿細管上皮細胞の核内封入体(×3,000) 電子密度が高く、不整な年輪状で、周縁が縮毛状を示す。

表4 臓器中の鉛含量

症例 No	腎		肝		脳		心
	生臓器	ホルマリン 固定材料	生臓器	ホルマリン 固定材料	生臓器	凝血塊	
1	NT ^{a)}	3.5	NT	3.2	NT	NT	
2	12.6	4.7	7.1	NT	1.4	NT	
3	NT	12.0	NT	6.4	NT	NT	
4	NT	4.9	NT	5.2	NT	NT	
5	36.0	11.6	53.5	41.3	1.8	NT	
6	NT	296.4	NT	99.9	NT	NT	
7	NT	0.4	NT	6.6	NT	NT	
8	19.8	0.5	6.3	0.5	0.7	2.0	
対照	(n=3)	(n=4)	(n=3)	(n=4)	(n=3)		
	0.4±0.3 ^{b)}	0.2±0.2	0.2±0.2	0.2±0.2	0	NT	

単位: ppm (湿重量) . a) 検査しなかった。b) 平均値±標準偏差。

出血が、さらに小腸では粘膜上皮の変性・壊死およびコクシジウムの寄生がみられた。

8. 臓器内鉛含有量

各臓器内の鉛含量について検索した結果、No 8の心臓内の凝血塊は2.0 ppmの鉛を含有していた。臓器組織をホルマリンで固定していない、いわゆる生臓器の鉛含量は3例で測定したが、腎では12.6 ppmから36.0 ppm、肝では6.3 ppmから53.5 ppmと高い値を示し、大脳皮質からも0.7 ppmから1.8 ppmの鉛が検出された。この3例については、ホルマリン固定材料も同時に測定したが、腎では約1/3に減少していた。

ホルマリン固定材料のみを分析した5例では、3 ppmから296.4 ppmの範囲で鉛が検出され、核内封入体を確認されたNo 5、6が特に高かった。対照として、3頭の子牛の腎および肝の生材料の鉛含量を測定したところ、0.4±0.3 ppmおよび0.2±0.2 ppmであり、脳からは検出されなかった。また、対照とした他の4頭の腎・肝のホルマリン固定材料ではともに0.2±0.2 ppmであった。No 8の第一胃および第四胃内容物は42および49 ppmの鉛を含有していた。

牛が飼育されていた周囲の塗料、コンクリート、土、飼料、水などの汚染の源と考えられたものの鉛含量を検索した成績を表5に示した。No 8の胃内容物を水洗して比重の大きい沈渣も選別し、実体顕微鏡で観察した。その結果、砂に混じって長さ3 mm前後の鉄サビが確認され、一部のサビの表面に樹脂塗料が確認された(写真2)。

この沈渣は20 mg/gの鉛を含有していた。鉄柵から削り取った塗料から35.1%の鉛が検出された。パドックの小

石は、対照とした他の地域の表土に比較して高い値であった。また、飼料中の鉛含量は対照の飼料の含量に比べて高い値を示さなかったが、母牛の乳汁中の鉛濃度は0.23±0.19 ppmであり、対照牛の肝と同程度の鉛濃度を示した。

4 考 察

急性鉛中毒の病徴は、急性および亜急性の経過を示すが、一般に前

写真2 胃内容から選別した鉄サビ(×3)
サビ止め塗料が鉄サビとともに剝離している。
一部には上塗りされた樹脂塗料が付着している。

表5 汚染源の調査

検 査 材 料	発 生 農 場	対 照
塗 料 (mg/g)	351	NT ^{a)}
鉄 柵 の サ ビ (")	7.7	NT
胃 内 容 か ら 選 別 し た サ ビ (")	20	
飼槽コンクリート (ppm)	50	NT
パドックの表土 (")	8.89	NT
パドックの小石 (")	76	NT
畜舎周辺の表土 (")	20	10.7±5.8 (n=3) ^{b)}
乾 草 (")	0.24	0.49±0.36 (n=5)
ワ ラ (")	0.34	0.52±0.29 (n=6)
サ イ レ ー ジ (")	0.82	0.61±0.59 (n=7)
配 合 飼 料 (")	0.03	0.03±0.02 (n=7)
乳 汁 (")	0.23±0.19 (n=4)	NT
井 戸 水 (ppb)	1.5	NT

a) 検査しなかった。 b) 平均値±標準偏差。

者では子牛が突然に発症し、経過が急なために特異的な症状が確認されずに、死後に診断される場合が多い^{6, 22)}。子牛は虚脱に陥り、痙攣と呻吟を呈するが、一部の症例では狂騒状態の兆候を示し、柵に突進したり、壁をよじ登ろうとするなどの興奮性の神経症状を示す^{6, 10, 31, 35)}。また、痙攣による筋肉の激しい運動、または中枢神経性の異常、あるいはその両方に起因すると思われる体温の上昇が認められている^{10, 35)}。血液検査所見では貧血、奇形赤血球、有核赤血球の出現に加えて、好塩基性斑点の出現が報告されている^{2, 17)}。

ほとんどの急死例では、剖検時に特徴的病変を欠き、

比較的経過の長い例では軽度の胃腸炎、肝臓と腎臓の変性、心外膜の出血、髄膜と脳の血管の鬱血、脳脊髄液の増加などのみられることが知られている^{2, 10)}。組織学的には脳の神経細胞の急性壊死に加えて、腎尿管上皮細胞の変性と好酸性核内封入体が特徴的である^{4, 17, 33)}。核内封入体は皮質深部にみられ、大きさと数は臓器の鉛含量と相関するが、鉛が検出されても封入体のない場合もあると報告されている^{4, 33)}。

本症例では、2例を除いて虚脱、巡回運動、興奮、突進などの神経症状がみられ、これらは従来の鉛中毒の報告と一致していた^{6, 10, 33, 35)}。血清生化学的検査ではGOT、GPT、LDH、 γ -GT活性値の著しい上昇が認められたことから強い肝臓障害が、またCPKやLDH活性値の著しい上昇から筋肉の障害が各々示唆された。これらは、肝臓の巣状壊死、骨格筋の煮肉様変性等の病理所見と一致していた。また、2例でみられた著しい血糖の上昇はショック状態を示唆し、心外膜の出血や気管支内の泡沫の充満等の所見と一致するものと思われた。

脳の充血、脳脊髄液の増加、神経細胞の急性壊死等の所見は、従来の報告と一致していた^{2, 10)}。2例でみられた腎尿管上皮細胞の変性と好酸性核内封入体はこれまでの報告と一致していたが、6例ではHE染色で核内封入体はみられなかった。これは、鉛濃度の低い症例では封入体の出現頻度が低い、というThomsonの報告と一致している³³⁾。

健康牛の臓器中の鉛含量は、腎臓および肝臓で平均1.02 (0.67~1.77) ppm および1.04 (0.48~1.44) ppm と報告されている²⁶⁾。また、臨床症状および剖検所見から鉛中毒を疑った症例の臓器中の鉛含量は、腎臓では86.1%が25 ppm以上を示し、肝臓では74.7%が10 ppm以上を示した¹²⁾。さらに、胃内容から原因物質が確認できた鉛中毒の症例のうち82%の症例で、腎臓の鉛含量が25 ppm以上を示したことが報告されている¹²⁾。これらのことから、腎臓の鉛含量が25 ppmを越えれば鉛中毒と診断でき、また10 ppmを越えれば鉛中毒を疑うことが可能であり、他の検査所見を併せれば診断できることが報告されている^{3, 20, 34)}。

本症例では生臓器を用いた3例で腎臓の鉛含量が10 ppmを越えており、Clarkeらの診断基準³⁾を満たしていた。また、対照子牛の生材料での肝臓・腎臓中の鉛含量は、いずれも1.0 ppm以下であった。ホルマリン固定材料の診断的価値についての報告は乏しい³⁵⁾。本症例で生臓器と並行して測定した3例のホルマリン固定材料のうち2例は、ホルマリン固定中に鉛含量が約1/3に低下し、

1例は1/10以下に低下していた。これは、組織の切りだしの大きさ、ホルマリンの交換頻度、保存期間等によって影響を受けたことが考えられるが、固定前の含量は固定後よりも高濃度であったと考えるのが妥当である。

№8の胃内容中の鉄サビおよび鉄柵に使用されていた塗料から高度の鉛を検出した。聞き取り調査により、塗料は「鉛丹サビ止め塗料 J I S K 5622」と確認された。この塗料は溶剤下溶物中の93%以上の四三酸化鉛を含有しており²³⁾、鉛中毒の原因となっている^{21, 31, 35)}。

鉛鉱山地帯の放牧牛で発生した鉛中毒で、汚染源と疑われた土壌の鉛含量は2,000 ppm から10,000 ppm あったと報告されている¹¹⁾。今回発生がみられた農場は、火山灰が堆積した赤土の丘陵地にあり、畜舎周辺の表土およびパドックの小石の鉛含量は、対照とした他の地域の表土および山形県内の田畑 (4.9 ± 2.3 ppm)³⁷⁾ に比較して高い水準にあった。しかし、これらの土砂が主たる汚染源であるとは考えられなかった。また、飼料の鉛含量は対照と同じレベルであったのに対して、乳汁中の鉛濃度が正常値 ($0.02 \sim 0.04$ ppm)^{18, 22)} よりも高く、母牛も鉛を摂取していたことが示唆された。

以上の考察のとおり、本症例は特徴的な臨床症状、病理所見に加えて、体内に毒物の蓄積が確認されたことから、急性鉛中毒と診断した。

謝 辞

稿を終わるにあたり、電子顕微鏡写真を撮影していただいた家畜衛生試験場北海道支場中島靖之博士に深謝する。

文 献

- 1) Cabaud, P. G. and Wroblewski, F. (1958). Colorimetric measurement of lactic dehydrogenase activity of body fluids. *Am. J. Clin. Path.* 30 : 234-236.
- 2) Christian, R. G. and Tryphonas, L. (1971). Lead poisoning in cattle: Brain lesions and hematologic changes. *Am. J. Vet. Res.*, 32 : 203-216.
- 3) Clarke, E. G. C. and Clarke, M. L. (1975). *Veterinary Toxicology*. pp. 73-79. Bailliere Tindall, London.
- 4) Davis, J. W., Libke, K. G., Watson, D. F. et al. (1976). Experimentally induced lead poisoning in goats: Clinical observation and pathologic changes. *Cornell Vet.*, 66 : 490-497.
- 5) Drewes, P. A. (1972). Direct colorimetric determination of phosphorus in serum and urine. *Clin. Chem. Acta*, 39 : 81-88.
- 6) Fenstermacher, R., Pomeroy, B. S., Roepke, M. H. et al. (1946). Lead poisoning of cattle. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 108 : 203-216.
- 7) 藤沢 洵 (1980). γ -グルタミルトランスペプチダーゼ (γ -GTP). 日本臨床 (春季増刊号), 38 : 889-895.
- 9) 濱田 昭, 黒岩幸雄, 藤川福二郎, 平井邦夫, 内藤多喜夫 (1973). 最新裁判化学, pp. 314-317. 南江堂, 東京.
- 10) Hammond, P. B. and Sorensen, D. K. (1957). Recent observations on the course and treatment of bovine lead poisoning. *J. Am. Vet. Med. Ass.*, 119 : 23-25.
- 11) Harbourn, J. F. and McCrea, C. T. (1968). An unusual outbreak of lead poisoning in calves. *Vet. Rec.* 83 : 515-517.
- 12) Hatch, R. C. and Funnel, H. S. (1969). Lead level in tissues and stomach contents of poisoned cattle: A Fifteen-Year Survey. *Can. Vet. J.*, 10 : 258-262.
- 13) 加茂前秀夫, 小林和夫, 石野清之, 池田澄雄, 金田義宏 (1979). 牛下痢症ウイルスおよびパラインフルエンザ3型の妊娠牛における実験的感染と産子に及ぼす影響. 家畜試験報. №78 : 1-8.
- 14) 金井 泉, 金井正光 (1975). 臨床検査法提要 (27版). 金原出版, 東京.
- 15) Kaplan, A. (1965). Urea nitrogen and urinary ammonis. *Standard Methods of Clinical Chemistry*, Vol. V : pp. 245-256. Academic Press, New York.
- 16) 久保正法, 長田 勝, 中沢宗生, 乾 純夫 (1982). 豚の増殖性出血性腸炎の病理学的研究. 家畜試験報. №84 : 19-27.
- 17) Lynch, G. P., Smith, D. F., Fisher, M. et al. (1976). Physiological responses of calves to cadmium and lead. *J. Ani. Sci.*, 42 : 410-421.
- 18) Marshall, S. P. (1963). Effects of feeding arsenic and lead upon their secretion in milk. *J. Dairy Sci.*, 46 : 580-581.
- 19) 松坂泰明 (1978). 土壌分析法, pp. 292-293. 養賢堂, 東京.
- 20) McEwen, J. E. (1963). The seasonal incidence of lead poisoning in the north of Scotland. *Vet. Rec.*, 75 : 515-516.
- 21) 中沢力男, 小篠裕二, 牛島 公, 近藤正博 (1988). サル類の鉛中毒発症例について. 獣医畜産新報. 807 : 649-653.
- 22) Neathery, M. W. and Miller, W. J. (1975). Metabolism and toxicology of cadmium, mercury, and lead in animals: review. *J. Dairy Sci.*, 58 : 1767-1781.
- 23) 日本工業規格 (1984). 鉛丹さび止めペイント K-5622. 1-6.
- 24) 丹羽正治, 北村元仕, 斎藤正行 (1965). 臨床化学分析Ⅱ-糖および脂質. 分析化学ライブラリー 3, pp. 1-39. 東京化学同人, 東京.
- 25) 太田拔穂 (1968). O-Cresolphthalein complexon による Ca の比色定量法に関する 2, 3 の検討. 臨床病理, 16 : 659-662.
- 26) Prior, M. G. (1976). Lead and mercury residue in kidney and liver of Canadian slaughter animals. *Can. J. comp. Med.*, 40 : 9-11.
- 27) Reinhold, I. G. (1960). Flocculation tests and their application to the study of liver disease. *Advance in Clin. Chem.* 3 : 83-156.
- 28) Reitman, S. and Frankel, S. (1957). A colorimetric method for the determination of

- serum glutamic- oxaloacetic and glutamic-pyruvic transaminase. *Am. J. Clin. Path.*, 28 : 56-63.
- 29) Rordkey, F. L. (1964). Binding of bromcresol green by human serum albumin. *Aroh. Biochem. Biophys.*, 49 : 213-217.
 - 30) Rosalki, S. B. (1967). An improved procedure for serum creatine phosphokinase. *J. Lab. & Clin. Med.* 69 : 696-705.
 - 31) 坂口信好, 杉谷義博ほか (1984). 肉用牛の鉛中毒発生事例, 全国家畜保健業績発表会抄録, pp. 239.
 - 32) Schales, O. and Schales, S. S. (1941). A simple and accurate method for the determination of chloride in biological fluids. *J. Biol Chem.*, 140 : 879-884.
 - 33) Thomson, R. G. (1972). Reliability of acid-fast inclusions in the kidneys of cattle as an indication of lead poisoning. *Can. Vet. J.*, 13 : 88-89.
 - 34) Todd, J. R. (1962). A knackery survey of lead poisoning incidence in cattle in Northern Ireland. *Vet. Rec.*, 74 : 116-118.
 - 35) 上原修一, 北野良夫, 恒吉幸一ほか (1988). 子牛の鉛中毒, 日獣会誌, 41 : 822-824.
 - 36) 渡辺寛人, 田中裕晃 (1977). キシリジルブルー I と非イオン性界面活性剤を用いるマグネシウムの二波長吸光度定量. *分析化学*, 26 : pp. 635-639.
 - 37) 山形県立農業試験場 (1987). 土壤保全対策事業成績書, pp. 42-43.