

氏 名 (本籍) し 志 が 賀 あき 瓏 お 郎

学 位 の 種 類 農 学 博 士

学 位 記 番 号 農 第 204 号

学 位 授 与 年 月 日 昭 和 5 6 年 3 月 1 2 日

学 位 授 与 の 要 件 学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当

学 位 論 文 題 目 反 す う 動 物 の 低 マ グ ネ シ ウ ム 血 症 に 関 す
る 実 験 的 研 究
- 特 に , Mg と Ca 代 謝 の 関 係 に つ い て -

論 文 審 査 委 員 (主 査)

教 授 津 田 恒 之 教 授 松 本 達 郎

助 教 授 安 保 佳 一

論文内容要旨

牧草地に放牧した牛、羊などに発生する低マグネシウム (Mg) 血症 (グラスタニー) は、神経症状を示す反芻動物特有の代謝性放牧病であるが、本症は 1929 年に Sjollem によって初めて報告されて以来、世界各国でその発生がみられ、畜産業に多大の被害をもたらしている。

わが国における発症状況をみると、本症は主に東北、北海道地方において、年齢の高い、子付きまたは泌乳中の牛に多発している。

発症動物の血液所見は、血中 Mg 濃度が極端に低いのが特徴である。同時に、血中 Ca 濃度が低下するという報告もあるが、ほとんど変化しないという報告もあり、本症と Ca の血中濃度との関係は明らかではない。

本症の治療には Mg 剤の投与が極めて有効であることから、Mg の欠乏が本症の直接的原因と考えられるが、多くの動物は Mg 摂取量の不足に対してよく適応することが報告されており、Mg が何故欠乏するのか、Mg 欠乏がどのようにしてタニーに発展するのかについては不明な点が多い。

本論文は、Mg 摂取量と Mg 代謝に影響する飼料要因 (とくに Ca) および泌乳、年齢などの個体要因との関連について詳細に検討を加え、低 Mg 血症の発症機構の解明を試みたものである。

I. 冬季飼料から早春の牧草への切りかえ給与時の無機質のバランス

従来、低 Mg 血症は春先の放牧直後に発生することから、羊および牛を用い、冬季飼料から春の青刈牧草に切りかえ給与したときの無機質バランスの変化を調べた。

1. 非泌乳羊の無機質のバランス (第 II 章, 第 1 節)

非泌乳成雌羊 5 頭を用い、冬季飼料 (乾草, 配合飼料, ふすま: 7 日間) から春の青刈牧草 (14 日間) へ、ついで再び冬季飼料 (7 日間) へと切りかえ給与したときの Mg, Ca, P, Na, K の出納試験を行った。

青刈牧草は、冬季飼料に比べ可溶無窒素物と K が著しく多く、Mg, Ca, P, Na は著しく少なかった。各無機質代謝の特徴は、表 1 の通りであった (表 1)。

2. 泌乳羊の無機質のバランス (第 II 章, 第 2 節)

若齢泌乳羊 (2 歳) 4 頭を用い、冬季飼料 (ヘイキューブ, 配合飼料, ふすま: 10 日間) から春の青刈牧草 (9 日間) へ切りかえ給与したときの無機質の出納と第一胃内性状、血漿上皮小体ホルモン (PTH) 濃度、血液酸-塩基平衡の変化を調べた。その成績は表 1 と 2 に示した (表 1, 2)。

3. 泌乳牛の無機質のバランス (第 II 章, 第 3 節)

泌乳牛 2 頭を用い、冬季飼料 (ヘイキューブ, 配合飼料: 6 日間) から青刈牧草 + 配合飼料 (11 日間) へ、ついで青刈牧草 (8 日間) へと切りかえ給与したときの無機質の出納試験を行った。

各実験期の Mg 摂取量はほぼ一定で、Ca 摂取量は牧草 + 配合飼料期に約 2 倍に増加し、P 摂取量は牧草期に減少した。各無機質代謝の特徴は表 1 に示した (表 1)。

これらの3つの実験は、動物種、動物の生理状態、飼養条件などが異なっているが、これらの実験結果を通じて、1) 血清Mg濃度はMg摂取量の減少により直接影響を受けること、2) Mgの血中濃度と尿中排泄量との間に指数関数関係が成立する可能性があること、3) Mg代謝はCa代謝とたえず密接な関係があること、4) 牧草給与によるK摂取量の著しい増加および第一胃内NH₃-N濃度の著明な上昇は、従来から指摘されているMg吸収の阻害効果を示さなかったこと、などが明らかにされた。

II. MgおよびCa代謝におよぼす年齢ならびに泌乳の影響

前章の成績にもとづき、反芻動物の低Mg血症に対して、飼料、年齢、泌乳などの要因がどのような影響をもつか、またMg代謝とCa代謝との間にどのような関係があるかをさらに明らかにするため、牛および羊を用いて検討をすすめた。

1. 乳牛における血清MgおよびCa濃度と年齢の関係(第三章, 第1節)

低Mg血症多発地帯と言われている岩手県北地方のI農場において、当歳から10歳までの乳牛21頭を用い、6月から12月までの間に10回の採血を行い、血清MgとCa濃度を測定した。

その結果、低Mg血症は、1) 飼料のMg含量と関係する、2) 飼料の切りかえ直後に起りやすい、3) 泌乳動物に起りやすく、その程度は非泌乳(非搾乳)動物に比べ顕著である、4) 老齢動物に起りやすい、ことなどが明らかとなった(図1)。

2. 非泌乳羊の絶食時におけるMgとCa代謝(第三章, 第2節)

3頭の非泌乳雌牛を用い、7日間の絶食(水は自由に摂取)を行ったときのMgとCa代謝の変化を調べた。

絶食時のMgとCaの内因性糞中排泄量は6日目以降、それぞれ1.24mg/kg体重/日と3.92mg/kg体重/日ではほぼ平衡に達した。尿中MgとCa排泄量は著減し、Mgは4日目以降ほぼ0となった。血清MgとCa濃度は、絶食5日目以降急に低下したが、血清Mg濃度は、絶食7日目で3頭中2頭でなお正常範囲内にあった。しかし血清Ca濃度は、3頭中2頭で顕著に低下した(図2)。絶食期間を通じ、Mgの血清濃度と尿中排泄量との間に指数関数式が成立し、MgとCaの間には尿中排泄および血清濃度においてそれぞれ正の相関が認められた。

これらの成績から、低Mg血症の原因が単純なMg摂取量の不足に依るのではなく、Mg代謝調節のアンバランスと関係することが示唆された。

3. 低Mg飼料給与羊のMgおよびCa代謝と年齢の関係(第三章, 第3節)

低Mg状態下でのMgとCa代謝およびそれらに対する年齢の影響を調べるため、成雌牛(若齢(2~5歳)群3頭と老齢(7歳)群2頭)を用い、6段階のMg給与量によって出納試験を行った。

Mgの摂取量の減少に伴ない、糞・尿中排泄量は直線的に減少したが、出納はMg摂取量が日量1.0mg/kg体重以下では負の値を示し、血清Mg濃度はほぼ直線的に低下した(表3)。Mgの出

納から、若齢群と老齢群のMgの最少必要量は日量 1.178mg と $1.450\text{mg}/\text{kg}$ 体重、真の吸収率は 47.1% と 39.8% 、内因性糞中Mg量は日量 3.11mg と $3.46\text{mg}/\text{kg}$ 体重であった。Mgの血清濃度と尿中排泄量の間には、両群ともに有意の指数関数式が得られた(図3)。低Mg状態下のMgの体内動員量は、両群とも日量約 $1.1\text{mg}/\text{kg}$ 体重で、年齢による差は認められなかった。

MgとCaの間では、両群ともに尿中排泄量と血清濃度に有意の正の相関が成立し、Ca摂取量に関係なく、低Mg血症に低Ca血症が伴ない、低Ca血症の程度も老齢群で顕著であった(図4)。

これらの成績から、老齢群の血清Mg濃度が若齢群のそれに比べ著しく低下した原因は、老齢動物のMgの吸収および排泄調節機能の低下によることが示唆された。また、Mgの血清濃度と尿中排泄量の間には有意の指数関数式が得られたことは、Mg代謝の調節機構の存在を暗示した。さらにMg代謝はCaのホメオスタシスを調節するホルモン(PTHなど)と何らかの関係をもつことが示唆された。

4. 低Mg, 低Ca飼料給与羊のMg, Ca, P代謝と泌乳の関係(第三章, 第4節)

低Mg血症の発症要因の1つと考えられる泌乳の影響を調べるため、泌乳羊と非泌乳羊各2頭ずつを用い、通常飼料および低Mg・低Ca飼料を与え、両群のMg, Ca, Pの代謝と血漿PTH濃度を比較した。

泌乳羊は、非泌乳羊に比べたえずMgの吸収率が低く、尿中排泄率が高い上に、一定の乳中分泌があるため、体内残留量は著明に少なく、血清Mg濃度も有意に低かった(図5, 6)。

他方、泌乳羊は、非泌乳羊に比べCaの吸収率は高く、内因性糞中Ca量は多かった。また泌乳羊は、CaとPを多量に乳中へ分泌し、体内残留量は著しく少なかった。血清濃度はCaで著変はなかったが、Piは低かった。

泌乳羊のPTHレベルは、一般に非泌乳羊のそれより低く、低Mg・低Ca飼料期には1日目に一過的に上昇した以外は、ほとんど変化しなかったが、非泌乳羊のPTHレベルは2つの上昇ピークがみられた(図5)。

以上の成績から、泌乳動物では、泌乳に伴うCa吸収率の上昇に対するホルモン(PTHなど)の抗高Ca作用が、同時にMgの利用性をも低下させ、乳中Mg分泌と相まって低Mg血症を誘発しやすくしていると考えられた。

Ⅲ. Mg代謝におよぼすCaの影響

これまでの成績から、Mg代謝とCa代謝はPTHなどを介して相互に影響しあっている可能性が示唆された。それ故、Mg代謝に対するCaの影響およびそれらとPTHとの関係を調べるため一連の実験を行った。

1. 非泌乳羊に対するCa給与量の多少がMg代謝におよぼす影響(第四章, 第1節)

Mg代謝におよぼすCa摂取量の影響を調べるため、非泌乳羊3頭を用い、Ca剤(CaCO₃)またはCa吸収阻害剤(Na₂C₂O₄)を飼料中に添加給与し、Mg代謝におよぼす影響を調べた。

CaCO₃の給与により、Caの体内残留量は増加し、血清濃度は有意に上昇した。他方、Mgは、尿中排泄量が有意に増加し、体内残留量は有意に減少した(表4)。血清Mg濃度は3頭中1頭で低下した。

Na₂C₂O₄の給与により、Caの糞中排泄量の増加と体内残留量の減少があり、血清Ca濃度はやや低下した。Mgは体内残留量が減少したが(表4)、血清Mg濃度には影響しなかった。

以上の成績は、Ca吸収量の増加に伴う血清Ca濃度の上昇が、尿中Ca排泄量の増加とともに尿中Mg排泄量を増加させることを示した。

2. 非泌乳羊に対する乳酸カルシウムの静脈内連続注入が血清無機質濃度とその尿中排泄におよぼす影響(第IV章,第2節)

Mg代謝に対するCaの直接的効果をより明確にするため、非泌乳羊4頭を用い、乳酸カルシウムを28.9mg(Ca量として3.75mg)/kg体重/時間の割合で頸静脈内に8時間連続注入し、血中Ca濃度の上昇がMgの尿中排泄量ならびに血清濃度に与える影響を検討した。

血清Ca濃度の経時的な上昇とともに、尿中Ca排泄量も増加し、Caの血中濃度と尿中排泄量の間には終始正の相関があった。他方、尿中Mg排泄量は有意の増加を示し、血清Mg濃度は有意に低下した(図7)。尿中CaとMgの排泄累積値の間に正の相関が、血清CaとMgの濃度の間に負の相関があった。

以上の成績から、高Ca血状態は、おそらくホルモン作用を介し、MgとNaの排泄促進、PとKの排泄抑制などの効果をもたらし、ひいては低Mg血症をひきおこす要因になることが示唆された。

3. 泌乳羊の低Mg血症におよぼす飼料中Ca含量の影響(第IV章,第3節)

泌乳に伴うCa要求量の増加とMgの体内保有率の低下との関係および血中Ca/Mg濃度比とテタニー発現との関係を明らかにするために、4頭の泌乳牛を用い、低Mg飼料により低Mg血症をおこさせる一方、Ca含量の異なる飼料を与えてCa/Mg比の不均衡をつくり、低Mg血症の程度ならびに心拍数を指標としてCa摂取量の影響を検討した。

その結果、Mg摂取量が日量約8.4mg/kg体重において、各動物とも著しい低Mg血症を呈した。低Mg飼料中のCa含量の増加は、血清Mg濃度の低下を著しくするとともに、血清Ca/Mg濃度比を上昇させ、テタニー症状(心拍数の増加,呼吸促迫,眼球突出など)を発現させた。

4. 非泌乳羊に対する低Mg・低Ca飼料から低Mg飼料への切りかえ給与がMg代謝および血漿PTH濃度におよぼす影響(第IV章,第4節)

前節の実験でみられた低Mg血症時の血中Ca/Mg濃度比の上昇とテタニーの発現との関係をより明確にするために、年齢の異なる非泌乳羊4頭を低Mg・低Ca飼料で10日間飼育した

のち、Caのみを添加給与して血中Ca/Mg濃度比を変化させ、テタニー症状の発現経過を観察した。その後、Mgを添加給与して低Mg血症の回復状態をも観察した。同時に血漿PTH濃度を測定し、Mg代謝とPTHとの関係を調べた。

その結果、低Mg・低Ca飼料の給与により、血清Mgおよび血漿PTH濃度は有意に低下した(表5, 図8)。

低Mg・低Ca状態の羊にCaを補給すると、血清Mg濃度はさらに低下し、1頭の高齢羊(8歳)は2日目からテタニー症状を示し、4日目に血清Mg濃度は $0.29\text{ mg}/100\text{ ml}$ (血清Ca/Mg濃度比24.7)となり、5日目以降は起立不能、採食および飲水不能となって7日目に死亡した(表5, 図8)。この時の血漿PTH濃度は、4日目まで著しく低下したが、採食不能とともに急激に上昇し、死亡直前には約 $22\text{ ng}/\text{ml}$ に達した。他の3頭も同様の経過を示したが、テタニー症状は軽微で、食欲不振によってCa/Mgのアンバランスが改善されるとともに、その症状は消失した(図8)。これらの羊にMgを補給すると、血清Mg濃度は直ちに正常範囲に戻り、血漿PTH濃度は低下した。

上記の結果から、高齢の動物にテタニーが起りやすい原因は、低Mg状態下でのMgとCaのバランスの調節機能の低下によるものと考えられた。

以上、反芻動物に多発する低Mg血症の発症原因は、単にMg摂取量のみによるのではなく、飼料中の他の無機質成分、特にCaの代謝と関連すること、更にこの関連は泌乳および老齢などの生理的要因によって増強されることが明らかとなった。

表1 冬季飼料から春の青刈牧草へ切りかえ給与したときの各種動物の無機質代謝の特徴(第1~3節のまとめ)

動物	Mg代謝の特徴	Mgと他の無機質との関係			その他
		Mg代謝とCa代謝	Mg代謝とP代謝	Mg代謝とNa又はK代謝	
非泌乳羊 (第1節)	血清Mg濃度の低下	糞中排泄量(+) 尿中排泄量(+) 体内残留量(+)	糞中排泄量(+)	糞中排泄量(+) (Mg:Na, Kとも)	
泌乳羊 (第2節)	血清Mg濃度の低下、血清濃度と尿中排泄量の間指数関数関係成立	血清濃度 (+)		血清濃度 Mg:Na(-)	血清濃度Ca:Na(-)。 血漿PTH濃度と血清Ca,Mg濃度の変動パターンが近似。
泌乳牛 (第3節)	Mgの血清濃度と尿中排泄量の間指数関数関係成立	血清濃度 (+) 乳中分泌量(+)	血清濃度(-)		

(註) (+): 正の相関関係, (-): 負の相関関係を示す。

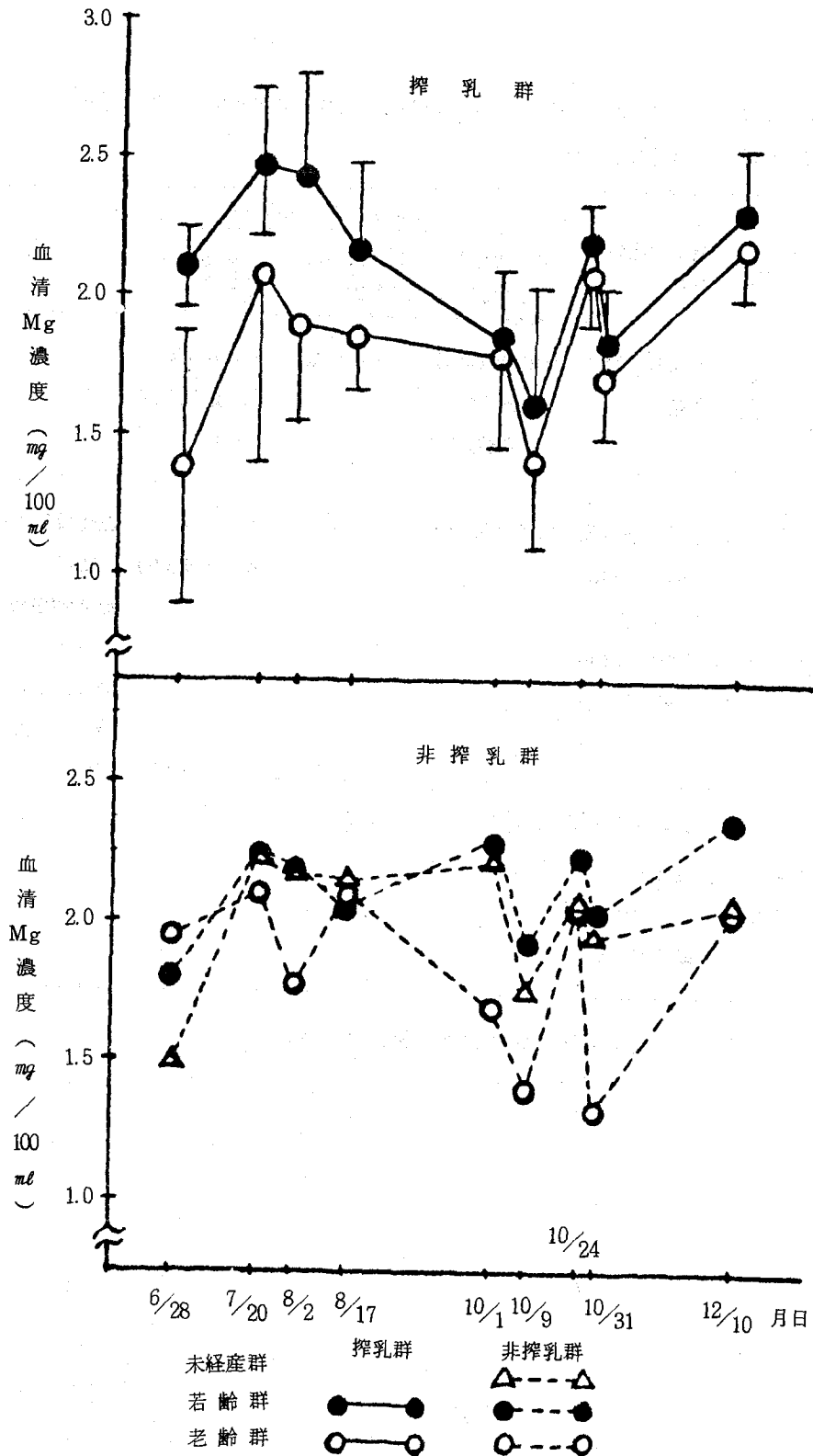


図1 搾乳および非搾乳牛の年齢群別の血清Mg濃度の変化

表2 泌乳羊の冬季飼料給与期と青刈牧草給与期におけるMg, Ca, P, Na, Kの出納
および血清濃度の比較

		糞 摂取量	中 排泄量	みかけの 吸収量	乳 分泌量	中 排泄量	体内 残留量	血清 濃度
		(mg/kg体重/日)					(mg/100ml)	
Mg	対 照	61.7 (100.0)	436 (70.7)	181 (29.3)	23 (3.7)	7.6 (12.3)	82 (13.3)	240
	1) 牧 草	*** 30.0 (100.0)	*** 20.2 (67.3)	*** 9.8 (32.7)	1.8 (6.0)	** 4.5 (15.0)	* 3.4 (11.3)	* 219
Ca	対 照	186.8 (100.0)	1455 (77.9)	413 (22.1)	331 (17.7)	1.7 (0.9)	6.6 (3.5)	10.2
	牧 草	*** 45.3 (100.0)	*** 40.8 (90.1)	*** 4.5 (9.9)	22.1 (48.8)	1.6 (3.5)	*** -19.1 (-42.2)	9.9
P	対 照	110.7 (100.0)	95.9 (86.6)	14.8 (13.4)	14.4 (13.0)	0.2 (0.2)	0.2 (0.2)	4.9
	1) 牧 草	*** 50.2 (100.0)	*** 42.4 (84.5)	7.8 (15.5)	12.8 (25.5)	*** 0.4 (0.8)	-5.8 (-10.8)	4.4
Na	対 照	40.9 (100.0)	28.7 (70.2)	12.2 (29.8)	5.5 (13.4)	20.5 (50.1)	-13.6 (-33.3)	333.6
	牧 草	*** 16.8 (100.0)	*** 6.7 (39.9)	10.1 (60.1)	6.9 (41.1)	*** 9.0 (53.6)	* -5.7 (-33.9)	335.2
K	対 照	276.4 (100.0)	63.3 (22.9)	213.1 (77.1)	18.4 (6.7)	179.9 (65.1)	14.9 (5.4)	19.5
	牧 草	*** 623.3 (100.0)	71.9 (11.5)	*** 551.3 (88.4)	14.9 (2.4)	*** 482.1 (77.3)	54.3 (8.7)	19.0

1) : 3頭の羊の平均を示し、他は4頭の羊の平均値を示す。

カッコ内の数字は、摂取量に対するパーセンテージ(%)を示す。

** ** * **

：対照の値からの有意差を示し、それぞれP<0.05, P<0.01およびP<0.001。

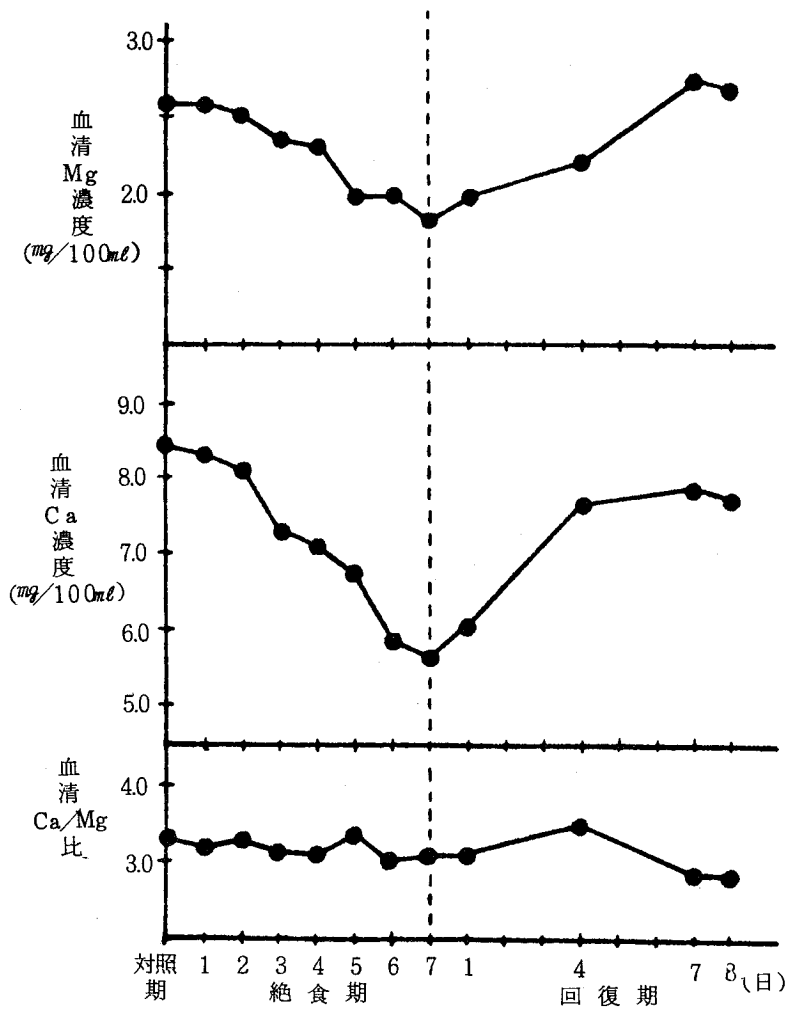


図2 絶食期における血清Mg, CaおよびCa/Mg比

表3 Mgレベルの異なる飼料を給与したときのMgの出納および血清濃度の
変化と年齢の関係

実験期	群	Mg摂取量	糞中Mg 排泄量 (mg/kg体重/日)	みかけの 吸収量	尿中Mg 排泄量	Mg体内 残留量	血清 Mg濃度 (mg/100ml)
対照 I 期	若齢群	5623	3456	2166	1229	934	264
	老齢群	5497*	3595	1902	726***	1176	314
	平均	5574 ^a	3511 ^{ai}	2063 ^a	1032 ^{a,g}	1029 ^{a,g}	284 ^a
対照 II 期	若齢群	4581	3163	1418	845	573	251
	老齢群	4451	3061	1390	686	704	281
	平均	4529 ^b	3122 ^{aj}	1407 ^b	782 ^{a,h}	625 ^{abhi}	263 ^a
低Mg飼料 I 期	若齢群	2036	1382	653	310	343	228
	老齢群	2052	1627	425	462	-036**	232
	平均	2044 ^c	1505 ^b	539 ^c	386 ^b	153 ^{bj}	230 ^b
低Mg飼料 II 期	若齢群	1012	1074	-062	101	-163	184
	老齢群	1045**	1108	-063	130	-195	159**
	平均	1020 ^d	1082 ^c	-062 ^d	109 ^c	-171 ^c	178 ^{c,g}
低Mg飼料 III 期	若齢群	503	573	-071	074	-145	177
	老齢群	526	581	-055	077	-132	124***
	平均	512 ^e	576 ^d	-064 ^d	075 ^d	-139 ^c	156 ^{c,h}
低Mg飼料 IV 期	若齢群	281	396	-114	036	-150	139
	老齢群	293	443	-155	031	-185	072***
	平均	286 ^f	417 ^e	-131 ^d	034 ^e	-164 ^c	112 ^d

Mg摂取量中には飲水中Mg量を含む。

a, b, c, d, e, f : 同一欄の異なった肩文字は有意差を示す (P < 0.01)。

g, h : 同一欄の異なった肩文字は有意差を示す (P < 0.01)。

i, j : 同一欄の異なった肩文字は有意差を示す (P < 0.05)。

*, **, *** : それぞれ同一実験期の若齢群の値からの有意差を示し、P < 0.05, P < 0.01およびP < 0.001。

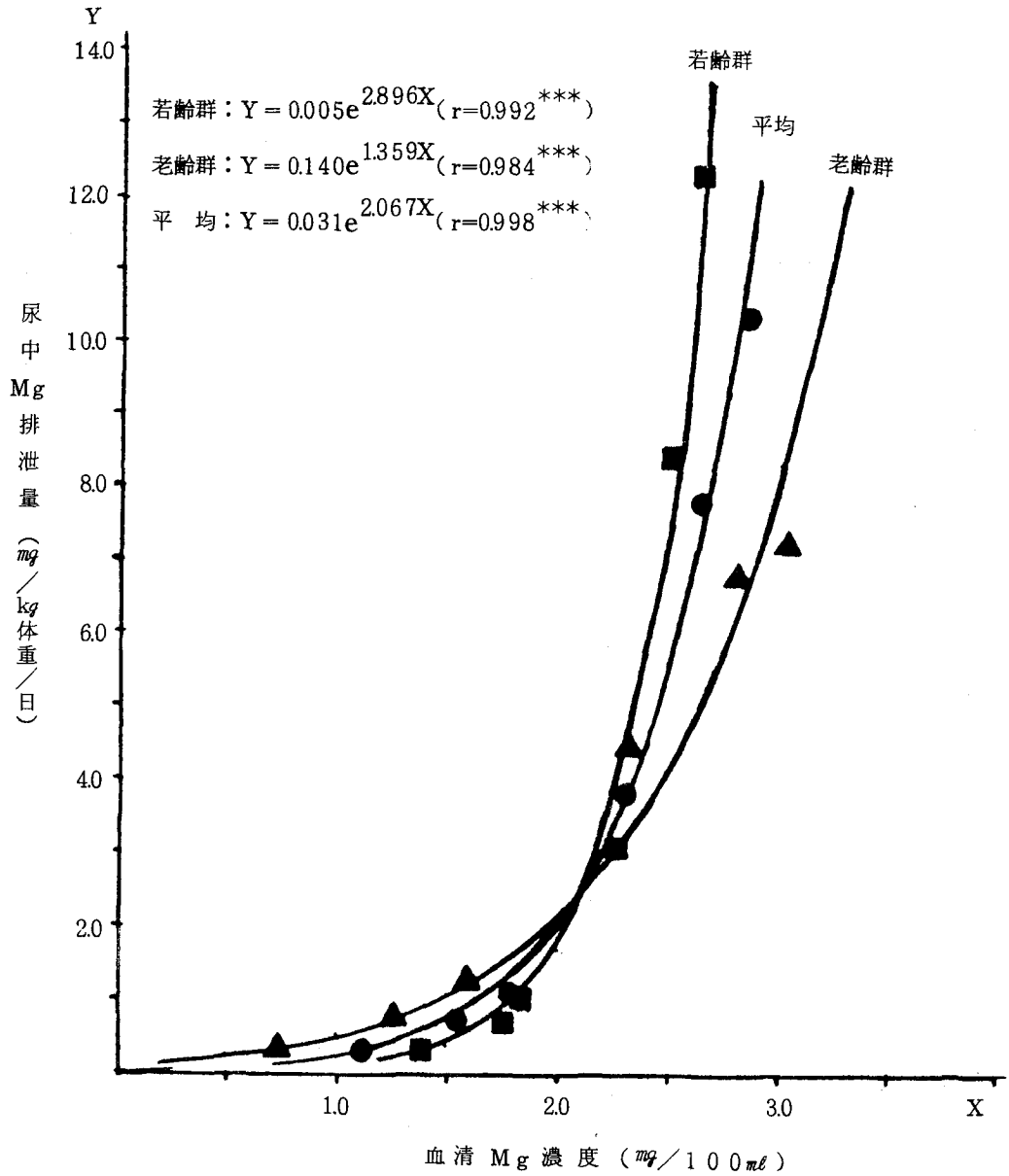


図3 Mgレベルの異なる飼料を給与したときの血清Mg濃度と尿中Mg排泄量との関係および年齢の影響

表4 CaCO₃ またはNa₂C₂O₄ を添加給与したときの非泌乳羊におけるMgの出納

実験期	動物 No.	(日) Mg 摂取量	糞中排泄量 (mg/kg/体重/日)	みかけの吸 収量	尿中排泄量	体内残留量	Mgの摂取 量に対する 体内残留率 (%)
対 照 期	1	57.5	34.1	23.4	14.7	8.7	15.1
	2	(7) 54.8	37.3	17.5	9.2	8.3	15.1
	3	55.6	37.7	17.9	10.1	7.8	14.0
	Ave.	55.96	36.36	19.60	11.33	8.26	14.73
CaCO ₃ 給 与 期	1	57.5	39.3	18.2	16.5	1.7	2.9
	2	(7) 54.8	38.8	16.0	16.6	-0.6	-1.1
	3	55.6	36.9	18.7	15.8	2.9	5.2
	Ave.	55.96	38.33	17.63	16.30*	1.33**	2.33**
Na ₂ C ₂ O ₄ 給 与 期	1	57.5	38.2	19.3	15.0	4.3	7.5
	2	(7) 54.8	39.6	15.2	10.3	4.9	8.9
	3	55.6	39.6	16.0	11.1	4.9	8.8
	Ave.	55.96	39.13	16.83	12.13	4.70***	8.40***

* , ** および *** : 対照期からの有意差を示し、それぞれP < 0.05 , P < 0.01 および
P < 0.001。

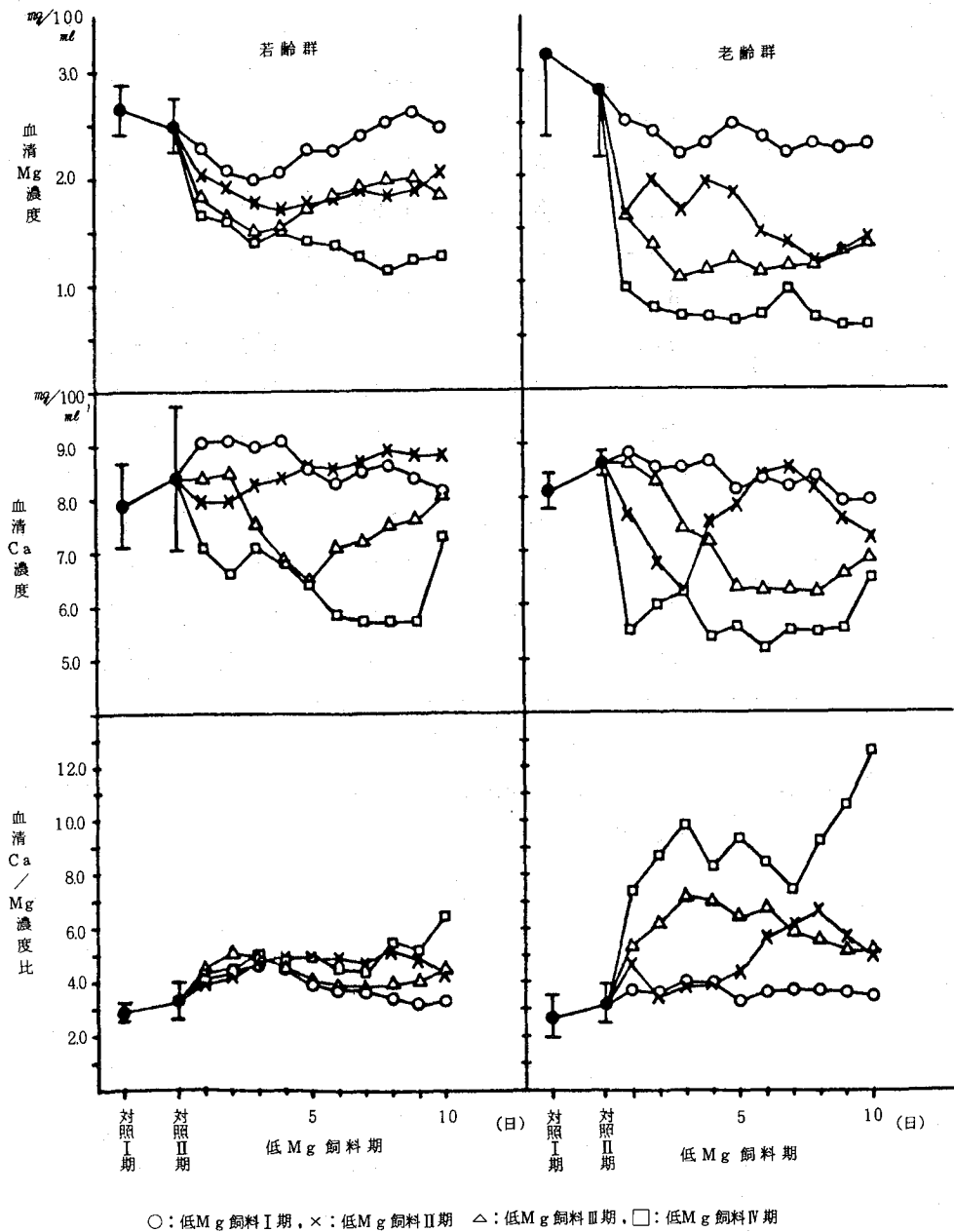


図4 Mgレベルの異なる飼料を給与したときの血清MgおよびCa濃度，血清Ca/Mg濃度比の経時的変化と年齢の関係

表5 非泌乳羊に対する低Mg・低Ca飼料から低Mg・正常Ca飼料へ切りかえ給与したときのMgの出納と血清濃度

実験期	動物 (日)	Mg 摂取量	糞中Mg 排泄量 (mg/kg体重/日)	みかけの 吸収量	尿中Mg 排泄量	体内 残留量	血清 Mg濃度 (mg/100ml)
対照期 (8-10)	No. 1	5829	3902 ^a	1927 ^a	1472 ^a	454 ^{a,d}	2.94 ^a
	A-3	5842 ^{***} _{a'}	3896 _{a'}	1946 _{a'}	1136 _{a'}	810 _{a'}	2.54 ^{***} _{a'}
低Mg・ 低Ca飼 料期 (1-5)	No. 1	526 ^b	1437 ^b	-9.12 ^b	125 ^b	-10.37 ^{a,b,e}	1.36 ^{b,d}
	A-3	514 _{b'}	984 _{b'}	-470 _{b'}	173 _{b'}	-6.43 _{b'}	1.64 _{c'}
(6-10)	No. 1	521 ^b	538 ^b	-0.17 ^b	0.31 ^b	-0.48 ^b	0.86 ^{b,c,e,f}
	A-3	507 _{b',d,d'}	481 _{b'}	0.25 _{b'}	0.50 _{b'}	-0.26 _{b'}	1.99 ^{***} _{b'}
低Mg・ 正常Ca 飼料期 (1-4)	No. 1	532 ^b	7.05 ^b	-1.73 ^b	0.42 ^b	-2.15 ^b	0.50 ^{c,g}
	A-3	511 [*] _{b',c,d'}	4.67 _{b'}	0.44 _{b'}	0.43 _{b'}	0.01 _{b'}	1.48 ^{**} _{c'}
(5-6)	No. 1	0	1.26	-1.26	0.15	-1.41	0.68
	(5-8) A-3	4.87 _{c',e'}	4.10 _{b'}	0.77 _{b'}	0.42 _{b'}	0.36 _{b'}	2.06 _{b'}

Mgの摂取量中には飲水中Mg含量を含む。

No.1の羊は低Mg・正常Ca飼料期の7日目にテタニーで死亡した。

A-3: 3頭の羊の平均値

a, b, c または a', b', c': No.1 または A-3 の同一欄における異なった肩文字は相互に有意の差を示す (P < 0.01)。

d, e および f, g または d', e': No.1 または A-3 の同一欄における異なった肩文字は相互に有意差を示す (P < 0.05)。

*, **, ***: 同一飼料期のNo.1の羊の値からの有意差を示し、それぞれ P < 0.05, P < 0.01 および P < 0.01。

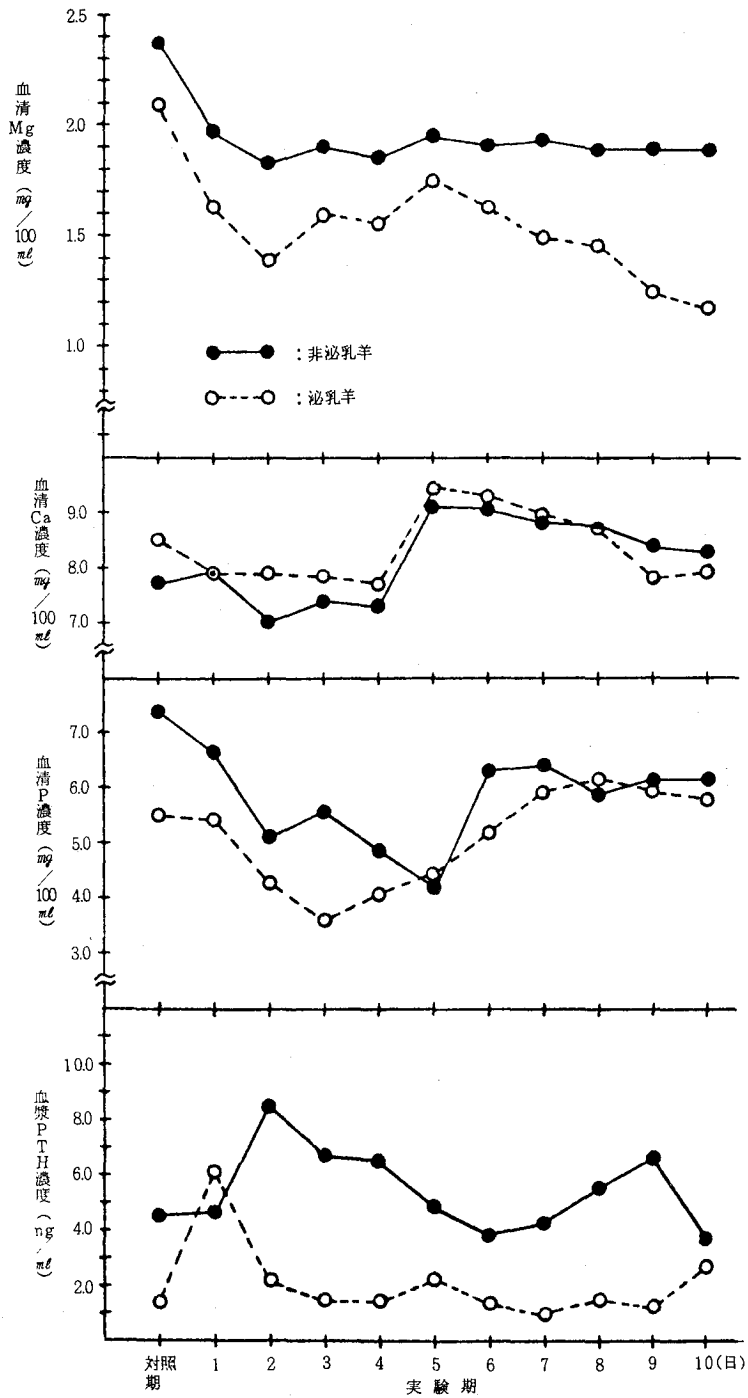


図5 低Mg・低Ca飼料給与時の泌乳および非泌乳羊における血清Mg, Ca, P濃度ならびに血漿PTH濃度の経時的変化

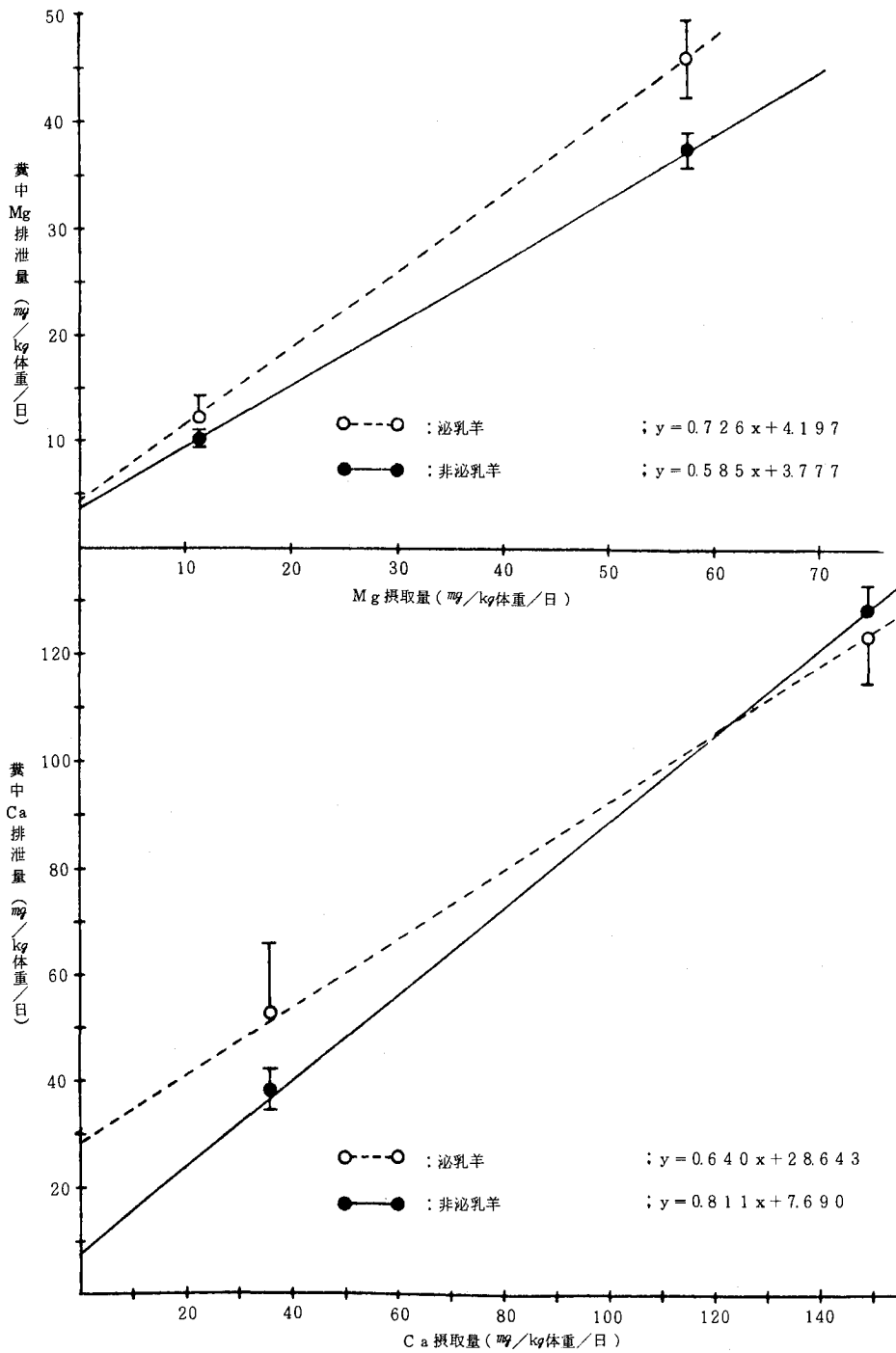


図6 通常飼料および低Mg・低Ca飼料給与時の泌乳ならびに非泌乳羊におけるMgとCaの摂取量に対する糞中排泄量の関係

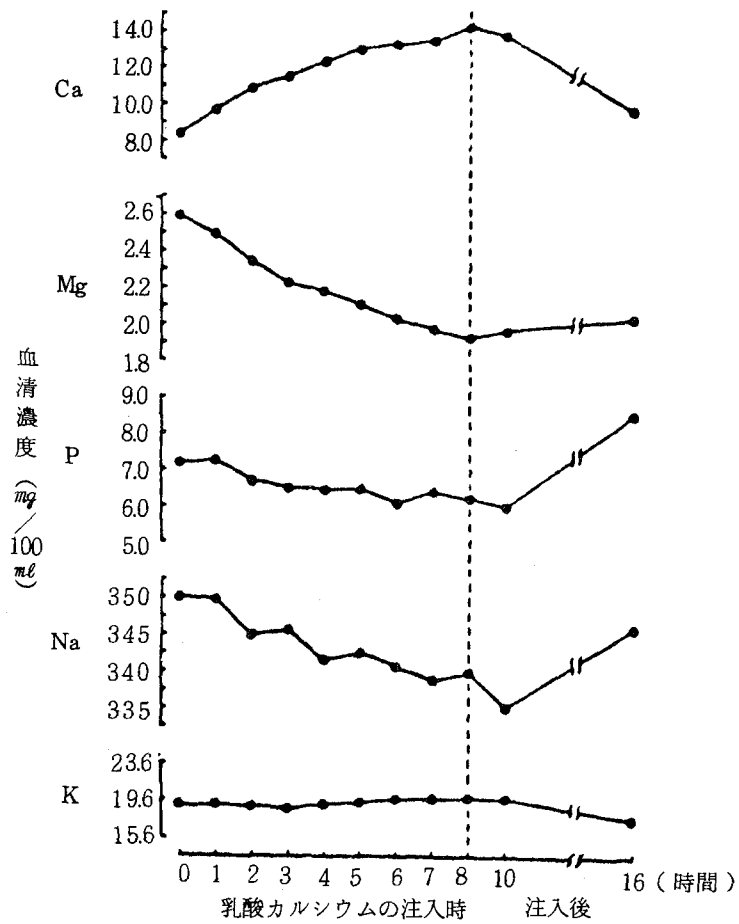


図7 乳酸カルシウムの頸静脈内連続注入時の血清Ca, Mg, P, Na およびK濃度の経時的变化

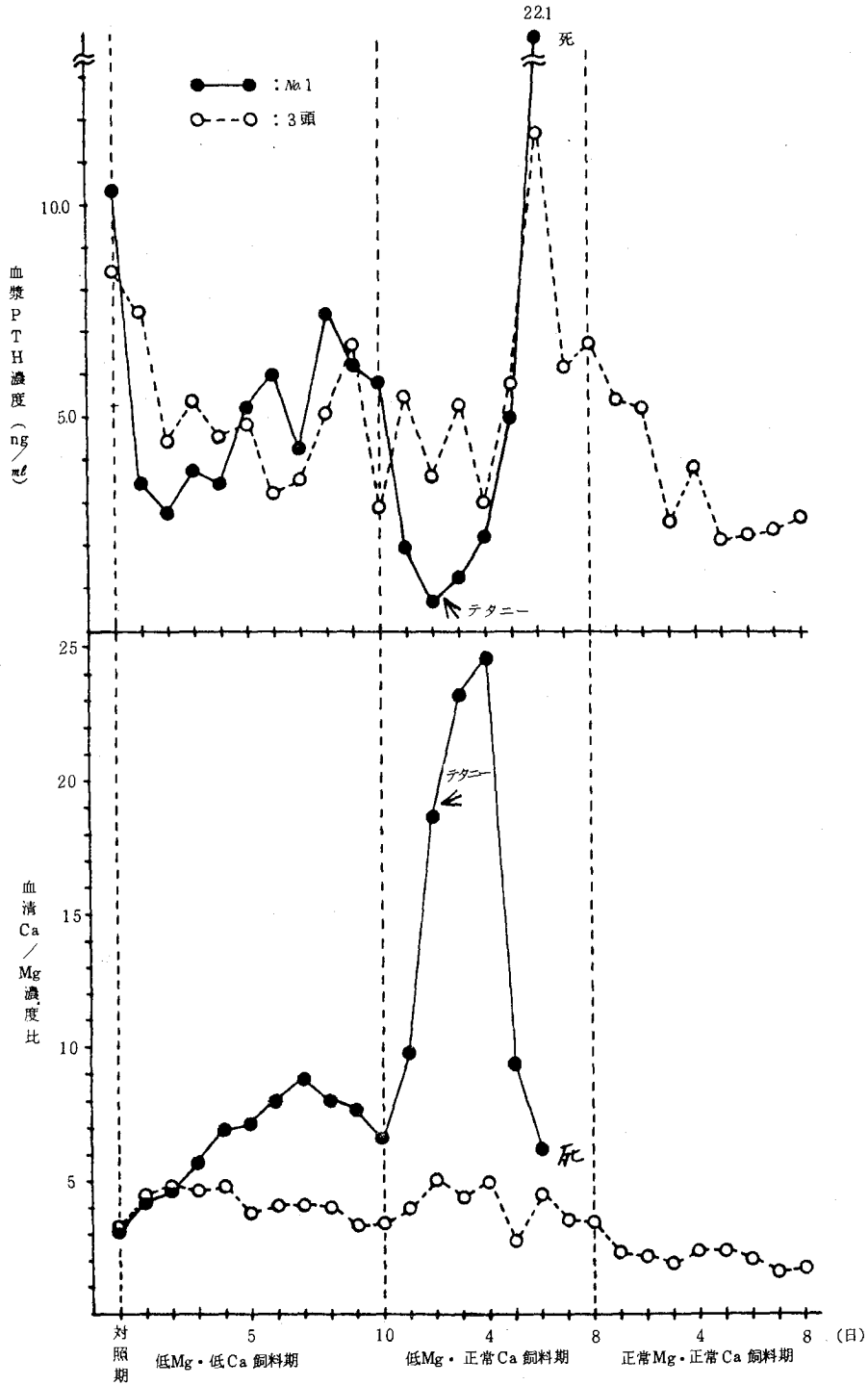


図8 非泌乳羊に対する低Mg・低Ca飼料から低Mg・正常Ca飼料および低Mg・正常Mg飼料へ切りかえ給与したときの血漿PTH濃度と血清Ca/Mg濃度比の変化

審査結果の要旨

放牧された牛、羊などに発生する低マグネシウム (Mg) 血症は世界各国で報告され、我が国でも主に事北、北海道地方にみられる。本症は Mg の欠乏が直接的原因と考えられるが、Mg の欠乏原因、発症にいたる機構など不明の点が多い。本論文は、これらの点について解明を試みたものである。

まず、著者は本病が春の放牧初期に発生が多いことから、冬期飼料から青刈牧草への転換が羊および牛の無機質バランスに及ぼす影響を泌乳、非泌乳の動物を用いて調べた。その結果、血清 Mg 濃度は摂取 Mg 量に影響される。Mg の血中濃度と尿中排泄量の間には指数関係が成立する。Mg および Ca 代謝は密接に関係する。K 摂取量の増加は Mg の吸収を阻害しないことなどが明らかとなった。

次に、高年齢あるいは泌乳中の動物に発症が多いことから、実地調査および各種飼料の給与による実験的低 Mg 血症の作成を行ない、Mg を中心とする無機質バランスの測定を行った。非泌乳羊を絶食させたところ、明らかに血中 Mg 量は低下するが発症することではなく、単に Mg 量の不足が発症の原因とはならないこと、老齢羊は若齢羊に比べ、Mg の吸収および排泄機能が低下していること、Mg の代謝調節に上皮小体ホルモン (PTH) が関与しているらしいことなどが示された。更に、泌乳羊は、非泌乳羊に比べ、Mg の吸収率低く、尿中、乳中への排泄が多いので、血清 Mg 濃度は低く保たれること。加えて Ca の吸収率が高いので、血清 Ca 濃度には著変はないものゝ、PTH などの抗高 Ca 作用が、同時に Mg の利用性をも低下させることなどが、低 Mg 血症を誘発しやすくしていると考えられた。

上述の実験から、Mg と Ca 代謝の関連の高いことが示唆されたので、炭酸カルシウムおよび Ca 吸収阻害剤としての磷酸ソーダの飼料への添加給与、または乳酸カルシウムの静脈内注入を行って、Mg とのバランスを変化させた。高 Ca 血状態は、尿中 Mg の排泄増加をもたらし、低 Mg 血症の誘因となることを知り、更に低 Mg 血症に特有のテタニー症状の発現は、低 Mg 血状態下での Mg と Ca バランスの調節機能の低下に由来するものとの結果を得た。

以上、著者は種々の実験成果から、反すう動物に多発する低 Mg 血症は、単に Mg 摂取量のみ原因とするのではなく、Ca 代謝との関連が深いこと、老齢、泌乳などの生理的要因も関与することなどを明らかにした。これらの成果は学術、実際の両面の進展に貢献するところが大きい。よって審査員一同、農学博士の学位を授与するに価すると判定した。