



## 論文内容要旨

1930年 Sjollem さんがオランダで牛のグラスタニーの発生を報告して以来、本症は各国で発生がみられ、反すう動物の主要な代謝性疾患の一つとして重要視されるに至っている。

我が国においても1971年 村上さんが岩手県下の放牧牛に発生したグラスタニーの初発例を報告して以来、本症は東北地方を中心として発生し、その予防対策の確立が叫ばれている。本症の基本的な予防対策は、土壌の改良と草種の変更であると言われながらも、その膨大な費用と草収量の減少などからその抜本的な対策は広く採用されるまでには至っていない。そのため、本症の予防には発症が予想される時期に牛にMgを補給する方法が一般に用いられてきている。このMg塩の経口投与法は、古くから広く利用されているにもかかわらず、各種のMg塩を吸収と排泄の面から比較した報告は意外に少なく、その利用性についてもまだ一定の見解に達するには至っていない。

よって、本論文は我が国において漸次増加しつつあるグラスタニーを予防する方法として、Mg塩の利用をよりの確にするために、まず、ラットおよびめん羊を用いて基礎的に各種Mg塩の吸収と排泄の機構について比較し、次に牛を用いてMg塩の作用機序について臨床薬理学的な研究を行なったものである。

### I: 種々の条件下における各種動物のMgの吸収について

#### (1) Na塩を形成するアニオンの違いがラット腸管のMg吸収におよぼす影響(第II章, 第1節)

動物に有効に利用され得るMg塩の種類についての研究は2, 3あるものの、実験方法の相違によりその結果は必ずしも一致していない。よって本実験は、Mgと共存するアニオンが腸管からのMg吸収にいかなる影響を及ぼすかを知る目的で行なった。すなわち、ラットの腸管を用いた *in vitro* の反転腸管法において、6種類のNa塩溶液(NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na Acetate, Na Citrate) 中でMg濃度と浸透圧を一定とした場合の、Mgの腸管吸収量について比較検討した。

その結果、Mg吸収量はNaCl液およびNa Citrate液で最も高く、Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>液およびNaNO<sub>3</sub>液の約1.4倍、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>液およびNa Acetate液の約2.1倍であった(表1, 図1)。

#### (2) 低Mg飼料給与下のラットに対するMg塩類の投与がMgの腸管吸収量におよぼす影響(第II章, 第2節)

上記の結果を *in vivo* において再検討する目的で、低Mg飼料給与下のラットに対してMgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub> およびMgO (それぞれMgとして5mg/100g B.W.) を経口投与し、尿中Mg排泄量から腸管のMg吸収について比較検討した。

その結果、 $Mg$  塩の投与後における尿中  $Mg$  の累積排泄量は、投与後 4 時間で 3 種類の  $Mg$  塩の間に明らかな違いが認められ、 $MgCl_2$  が最も多く、 $MgSO_4$  がこれにつぎ、 $MgO$  は最も少なかった。この排泄量の差は、 $Mg$  の腸管吸収量の差を示したものであり、3 種類の  $Mg$  塩の間では、 $MgCl_2 > MgSO_4 > MgO$  の順で吸収されやすいものと考えられた (図 2)。

(3) 通常飼料給与下のめん羊に  $Mg$  塩を経口投与した際の  $Mg$  吸収量 (第 III 章, 第 1 節)

ラットを用いた実験結果において、 $Mg$  塩の投与後初期には  $Mg$  塩の種類により吸収量に相違のあることが明らかとなった。この結果を反すう動物においても確認するためラットに用いたと同様の 3 種類の  $Mg$  塩 ( $MgCl_2$ ,  $MgSO_4$ ,  $MgO$ ) を通常飼料給与下のめん羊に投与し、出納試験によって各  $Mg$  塩の吸収量を求めた。また尿中  $Mg$  排泄量から消化管の  $Mg$  吸収量を計算し、糞中排泄量から計算される吸収量と比較検討した。

その結果、 $Mg$  塩の  $Mg$  吸収量の測定は、糞中排泄量によって求めるよりは尿中  $Mg$  排泄量を基礎として求めた方がより正確であると考えられた。この尿中  $Mg$  排泄量から求めた各  $Mg$  塩の  $Mg$  吸収量と吸収率は群間に有意の差は認めなかった。しかしながら、投与後 24 時間では  $MgCl_2$  投与群の吸収率は 5.3% と、 $MgSO_4$  投与群の 4.5% および  $MgO$  投与群の 3.7% に比較して高い傾向がみられた (表 2)。

(4) 放牧中のめん羊に投与した  $MgCl_2$  と  $MgSO_4$  の  $Mg$  吸収率 (第 III 章, 第 2 節)

本実験ではグラスステタニーの頻発する早春の牧野に放牧した 12 頭の泌乳中のめん羊に、 $MgCl_2$  と  $MgSO_4$  を投与し、梅村の Pharmacokinetics のモデルを利用して投与後 8 時間までの各  $Mg$  塩の消化管からの  $Mg$  吸収率を求めた。

その結果、 $MgCl_2$  の  $Mg$  はすでに 2 時間で投与量の 7.2% が吸収され、6 時間では投与量の 10.2% の吸収率を示した。これに対して  $MgSO_4$  の消化管からの  $Mg$  の吸収は  $MgCl_2$  よりも遅く、その吸収率は 2 時間で 5.9%、6 時間で 8.5% であった (表 3)。

(5) 牛に  $MgCl_2$  および  $MgO$  を投与した場合の  $Mg$  吸収量の比較 (第 IV 章, 第 1 節)

前述の実験結果から、 $Mg$  塩の中で最も吸収性のよい  $MgCl_2$  と、吸収性は劣るが  $Mg$  の含有率が高く広く用いられている  $MgO$  とを選択し、それらを 4 頭ずつの計 8 頭の牛に投与量を変えてルーメンフィステルから投与し、血清  $Mg$  濃度と尿中  $Mg$  排泄量を経時的に測定した。

その結果、血清  $Mg$  濃度は  $Mg$  として 50 g を投与した  $MgCl_2$  群において明瞭な増加を示したが、 $MgO$  の投与ではその増加は軽度であった (図 3)。また、尿中  $Mg$  累積排泄量は  $MgCl_2$  の投与では明らかに増加したが、 $MgO$  投与ではその増加は顕著でなかった。これを血清  $Mg$  濃度の変化と併せ考えると、両  $Mg$  塩の間には  $Mg$  の消化管吸収に差異が認められ、 $MgCl_2$  は  $MgO$  に比べて

Mgの吸収性が良かった(図4)。

以上のごとくラットを用いた基礎的な実験結果と、めん羊と牛を用いた臨床的な結果とを併せ考えると投与後8時間以内では $MgCl_2$ 、 $MgSO_4$ およびMgOの吸収量は $MgCl_2 > MgSO_4 > MgO$ の順に多いことが明らかとなった。

## II: Mg塩の投与が生体のCaの動態と酸・塩基平衡におよぼす影響

### (1) 低Mg飼料給与下のラットに対するMg塩の投与が尿中Ca排泄量におよぼす影響(第二章, 第2節)

Mg塩の投与は、単にMgの生体内濃度の変化をもたらすばかりでなく、他の無機イオンの動態にも影響する。特に同じ2価イオンであるCaとの関連を考慮する必要がある。よって低Mg飼料給与下で飼育したラットに対して、あらかじめ皮下に $^{45}Ca$ を投与しておき、さらに $MgCl_2$ 、 $MgSO_4$ およびMgOの3種類のMg塩をそれぞれ経口投与し、尿中Caおよび $^{45}Ca$ の排泄量を経時的に測定した。

その結果、各Mg塩の投与後4時間において尿中Ca排泄量に相違が認められ、 $MgCl_2$ 投与群のCa排泄量が最も多く、 $MgSO_4$ 投与群がこれにつき、MgO投与群のCa排泄量が最も少なかった。また、尿中 $^{45}Ca$ 排泄量への影響もCaの排泄パターンと一致した変化を示し、排泄の増加したCaの起源は腸管吸収量などの増加に由来するものでなく、内因性Caであろうと考察した(図5, 6)。

### (2) 通常飼料給与下のめん羊に対するMg塩投与が尿中Ca排泄量におよぼす影響(第三章, 第1節)

通常飼料給与下のめん羊に $MgCl_2$ 、 $MgSO_4$ およびMgO(それぞれMgとして2g)を1回経口投与し、尿中Ca排泄量への影響について検討した。その結果、 $MgCl_2$ および $MgSO_4$ を各々投与した群では明らかに尿中Ca排泄量は増加したが、MgOを投与した群では排泄増加は認められなかった(表4)。

### (3) 放牧中のめん羊に投与した $MgCl_2$ および $MgSO_4$ が尿中Caと尿pHにおよぼす影響(第三章, 第2節)

Mg塩の投与はCaのみならず他の体液イオン構成に変化を与え、尿pHも変化することが予測される。そこでグラスステタニー発生牧野に12頭の泌乳めん羊を放牧し、それらに対して $MgCl_2$ と $MgSO_4$ をそれぞれ経口(2g/頭)ならびに静脈内(0.2g/頭)投与し、尿中のCaとK排泄量および尿pHへの影響を経時的に調べた。

その結果、両Mg塩の経口投与では尿中Ca排泄量は増加したが、静脈内投与では全くその影響は認められなかった(図7)。尿中K排泄量はいずれの場合にも全く変化しなかった。また、尿pHは両Mg塩を経口投与することによって酸性に傾き、MgCl<sub>2</sub>投与群にその影響が強くみられた(図8)。

(4) 牛に対するMgCl<sub>2</sub>およびMgO投与が体液の酸・塩基平衡におよぼす影響(第IV章、第1節)

数種のMg塩の中で生体の酸・塩基平衡に異なる影響をおよぼすと考えられたMgCl<sub>2</sub>とMgOを、それぞれ牛に対してルーメンフィステルを通じて投与し、体液の酸・塩基平衡とCaの動態について検討した。

その結果、MgCl<sub>2</sub>の投与では第一胃内容液のpHには影響を与えなかったが、第四胃内容液のpHには軽度の低下を、また血液ならびに尿のpHの明らかな低下を引き起し、アシドーシスを発現させた(図9, 10)。一方、MgOはMgCl<sub>2</sub>とは逆に第一胃内容液のpHを上昇させ、尿pHの明瞭なアルカリ化を引き起したが、血液pHへの影響はみられなかった(図11)。

以上のごとく、Mg塩を経口投与することによってみられる尿中Ca排泄量の増加は、Mg塩の種類によって異なり、MgCl<sub>2</sub>やMgSO<sub>4</sub>の投与ではラット、めん羊および牛のいずれにおいてもCa排泄量が増加した。しかし、MgOの投与による尿中Ca排泄量の増加はラットでは軽度であり、めん羊および牛では認められなかった。これら3種のMg塩の経口投与によって引き起された尿中Ca排泄の増加は、主としてMgの腸管吸収の増加に伴って腎におけるMgの排泄が増加し、その結果として認められたものであり、MgOの投与による尿中のCa排泄量が他の2種のMg塩よりも少なかったことは吸収量が少なかったことに起因するものと考えられた。

Ⅲ： 放牧牛に対するMgCl<sub>2</sub>とMgOの混合剤給与時におけるMgの利用性について(第IV章、第2節)

IおよびIIの実験結果から、従来より広く使用されているMgOは他の水溶性のMg塩よりMgの吸収性は遅く、かつ消化管内pHの上昇を引き起すことが明らかになった。従って一定量以上のMgOを長期間使用することによる副作用の発現が危惧された。一方、Mg塩の中ではMgCl<sub>2</sub>が最も吸収され易かつ安価と考えられたが、MgOとは反対に体液の酸性化を引き起すことが明らかとなった。

よって、血清Mg濃度の低下が予想される早春の牧野に放牧した牛に対して、MgCl<sub>2</sub>とMgOとを1:1の割合で配合飼料に添加して給与し、混合剤給与の有効性についてMgO単一給与との間で比較検討した。

その結果、混合剤給与群はMgO給与群に比べてMgの吸収性が良く、尿pHへの影響も少なく、

MgOの単一添加法よりも効果的であることが明らかとなった(表5, 図12)。

以上, 本研究は, 牛およびめん羊のグラスタニーの予防に対するMg塩の利用性についての基礎的知見を得ることを目的として, ラット, めん羊および牛に対して各種のMg塩を投与し臨床薬理学的に比較検討した。ラットを用いた *in vitro* の実験結果から腸管におけるMg吸収はアニオンの種類によって影響されること, ラット, めん羊および牛における実験からMgの吸収量は  $MgCl_2 > MgSO_4 > MgO$  の順に多いことを明らかにした。そのなかで,  $MgCl_2$  と  $MgSO_4$  の投与は尿中Ca排泄量を明らかに増加させるが, MgOの投与では顕著でなかった。また, 生体の酸・塩基平衡への影響では,  $MgCl_2$  の投与で血液および尿のpHを明らかに低下させアシドーシスを引き起す一方, MgO投与では第一胃内容液と尿pHのアルカリ化を発現させた。これらの結果から, 放牧牛に対して  $MgCl_2$  と MgOの混合剤を給与し, 従来から用いられてきたMgO単一給与法と比較した結果, 混合剤給与群のMgの利用性は良く, かつ尿pHへの影響も少なくなることを実証した。

表1 ラット腸管各部位におけるMgの吸収量におよぼす6種のNa塩溶液の影響

Na塩溶液	Mg 吸 収 量 ( $\mu\text{Eq/hr/g}$ )					
	十二指腸部	空 腸			回 腸 部	5 部位の 平均値と 標準偏差
		上 部	中 部	下 部		
$\text{NaCl}$	16.5±6.1	16.9±5.2	14.3±1.1	18.9±8.2	17.6±7.7	16.9±5.7
$\text{Na}_2\text{CO}_3$	10.0±0.7	10.0±2.1	14.8±6.4	13.1±4.2	13.1±4.2	12.2±3.7
$\text{NaNO}_3$	14.7±3.0*	12.1±3.7	10.1±3.0	8.6±2.3	13.1±1.0*	11.7±2.6
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	8.2±3.7	6.8±1.3	9.1±3.2	8.9±4.0	6.8±2.8	8.0±3.0
$\text{Na}\cdot\text{Acetate}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$	10.5±1.1	5.6±2.2	5.6±3.2	6.7±0.8	6.8±1.8	7.1±1.8
$\text{Na}\cdot\text{Citrate}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	17.3±2.1	15.5±3.0	16.2±4.2	17.6±6.2	17.8±4.9	16.9±4.1

(注) 各値は4匹のラットの平均値と標準偏差である。

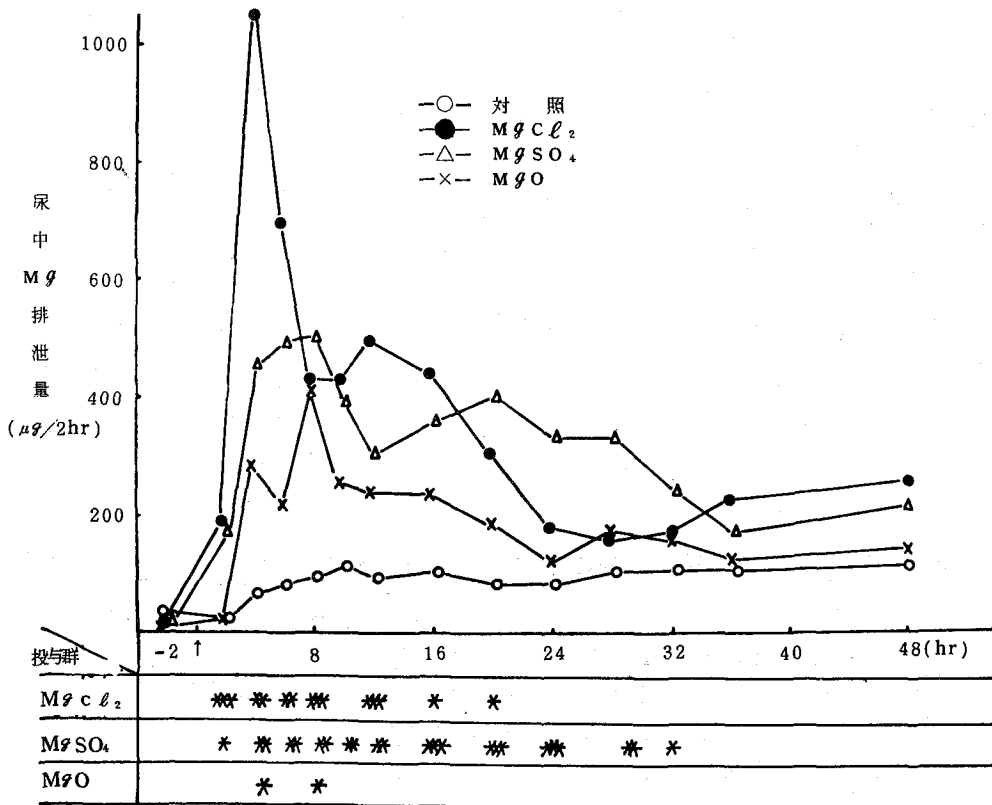
ただし, \*は3匹の平均値と標準偏差。

**	**	**	**		NaCl液
**	**	**	*		Na·Citrate液
**	**				Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 液
**	*				NaNO <sub>3</sub> 液
					Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 液
					Na·Acetate液

↓ 減

\* P < 0.05  
\*\* P < 0.01

図1 各Na塩溶液間の5部位の平均値におけるMg吸収量の有意性



注：対照群との有意性 \*P < 0.05 \*\*P < 0.01 \*\*\*P < 0.001

図2. ラットに対しMgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>およびMgOを経口投与後, 2時間あたりの平均尿中Mg排泄量

表2 尿中Mg排泄量から求めたMgCl<sub>2</sub>、MgSO<sub>4</sub>およびMgO 投与群のMg吸収量  
(4頭の平均値と標準偏差)

時間	投与群 吸収量および吸収率	MgCl <sub>2</sub>	MgSO <sub>4</sub>	MgO
0~24	Mg塩の Mg吸収量(D) Mg塩のMg投与量に 対する吸収率(E)	0.106 ± 0.054 <sup>g</sup> 5.3 ± 2.7%	0.091 ± 0.055 4.5 ± 2.7	0.074 ± 0.057 3.7 ± 2.8
0~48	Mg塩の Mg吸収量 Mg塩のMg投与量に 対する吸収率	0.122 ± 0.076 <sup>g</sup> 6.1 ± 3.8%	0.133 ± 0.084 6.6 ± 4.2	0.099 ± 0.111 5.0 ± 5.6
0~72	Mg塩の Mg吸収量 Mg塩のMg投与量に 対する吸収率	0.122 ± 0.101 <sup>g</sup> 6.1 ± 5.1%	0.135 ± 0.100 6.8 ± 5.0	0.099 ± 0.132 5.0 ± 6.6
0~96	Mg塩の Mg吸収量 Mg塩のMg投与量に 対する吸収率	0.129 ± 0.107 <sup>g</sup> 6.5 ± 5.4%	0.134 ± 0.099 6.7 ± 4.7	0.097 ± 0.121 4.9 ± 6.6

(註)

D : Mg塩のMg吸収量 (g) = 各Mg塩投与群の尿中Mg排泄量 - 対照群の尿中Mg排泄量

各Mg塩のMg吸収量

E : Mg塩のMg投与量に対するMg吸収率 (%) =  $\frac{\text{各Mg塩のMg吸収量}}{\text{Mg投与量}} \times 100$

表3 MgCl<sub>2</sub>およびMgSO<sub>4</sub>を放牧・泌乳めん羊に経口投与した時の消化管からのMg吸収率

(投与量: Mgとして2g)

時間	MgCl <sub>2</sub> 投与群	MgSO <sub>4</sub> 投与群
2hr	7.2%	5.9%
4	8.3	7.2
6	10.2	8.5
8	12.8	11.2



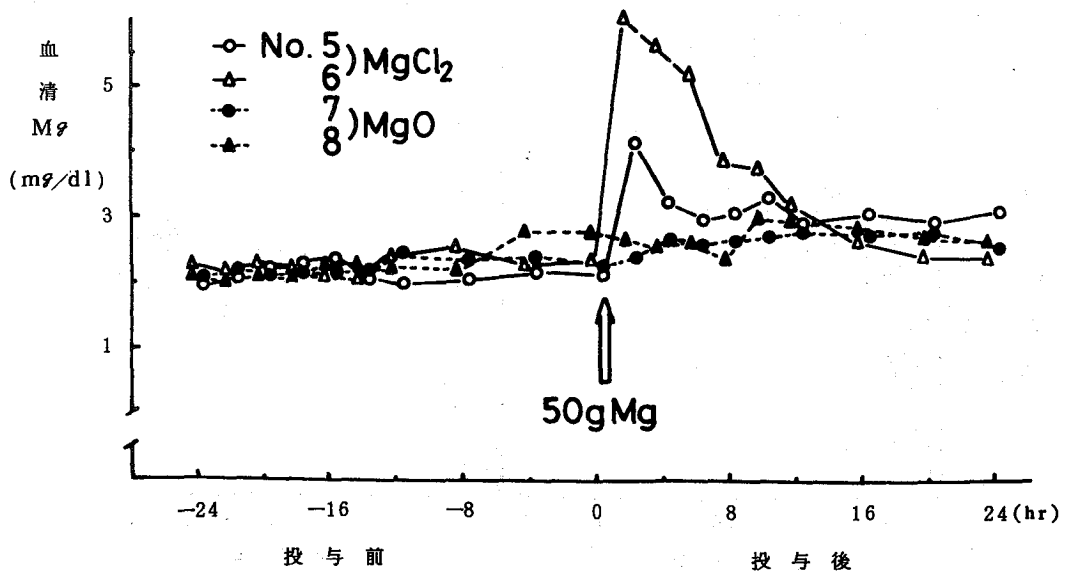
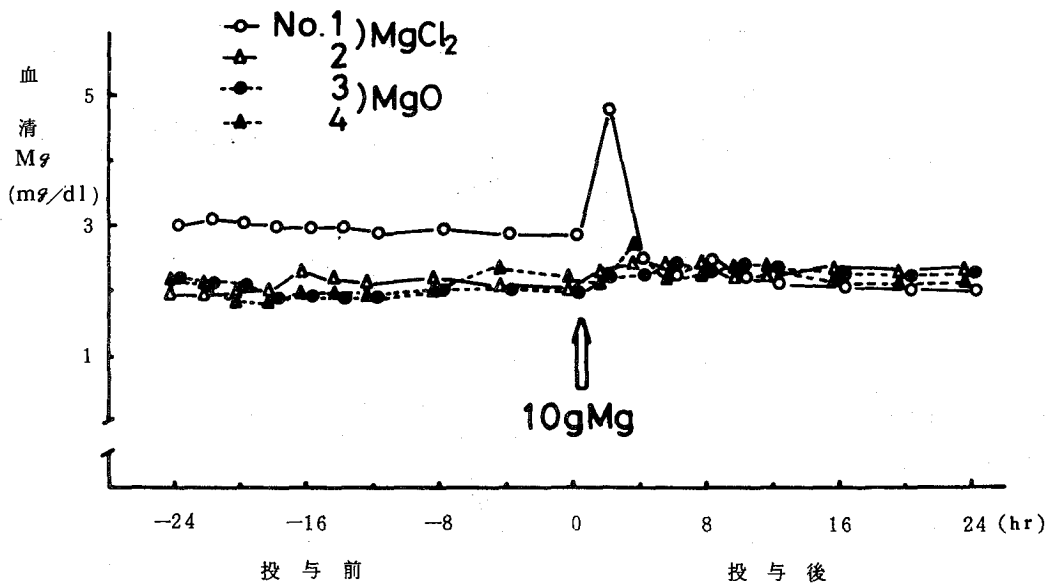


図3. 牛に対するMgCl<sub>2</sub>およびMgOの第一胃内投与が血清濃度におよぼす影響

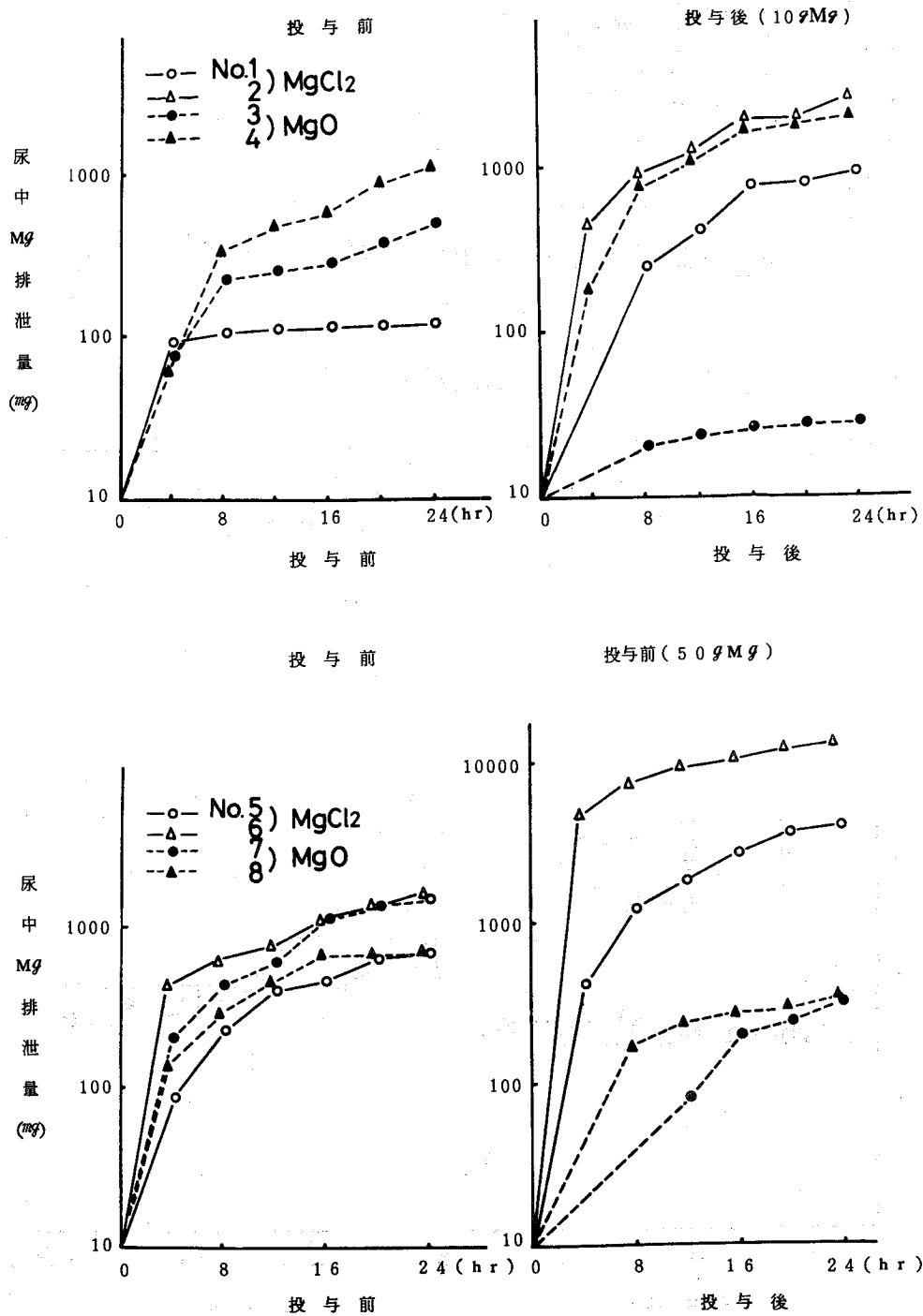


図4. 牛に対するMgCl<sub>2</sub>およびMgOの第一胃内投与が尿中Mgの累積排泄量におよぼす影響

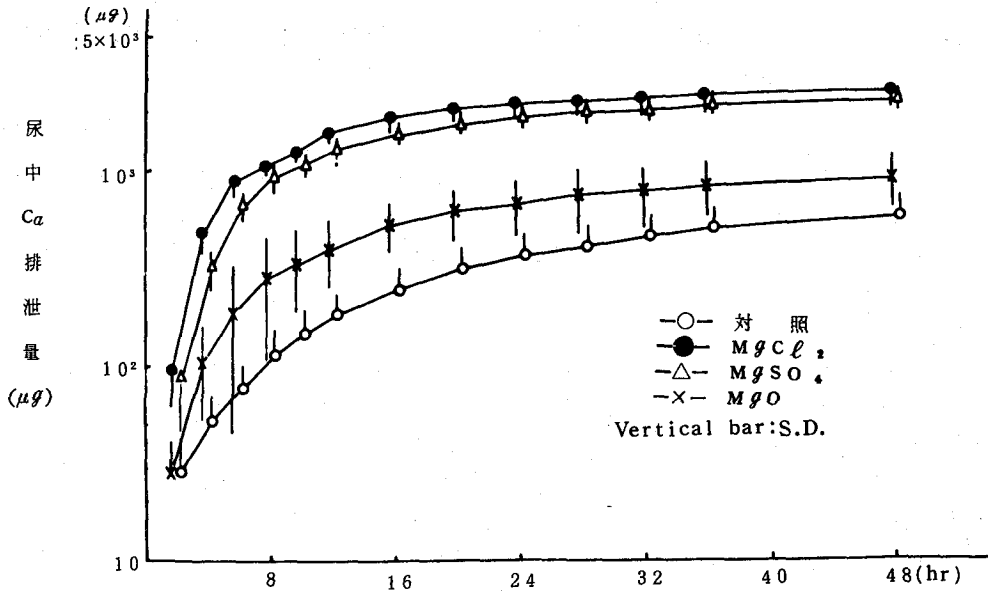


図5. ラットに対する $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  および $\text{MgO}$ の経口投与が尿中 $\text{Ca}$ の累積排泄量におよぼす影響

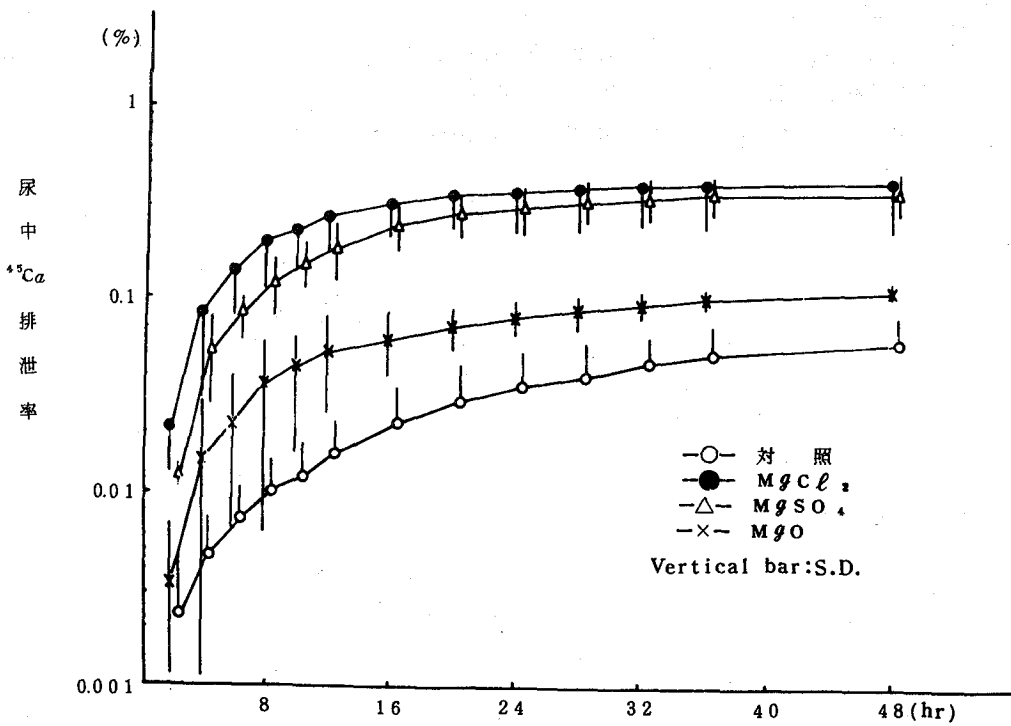


図6. ラットに対する $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{MgSO}_4$  および $\text{MgO}$ の経口投与が尿中 $^{45}\text{Ca}$ の累積排泄率におよぼす影響

表4 めん羊に対するMgCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub>およびMgO投与が単位時間あたりの尿中Ca排泄量とCa排泄率におよぼす影響

(4頭の平均値と標準偏差)

	時間 (hr) 投与群	0 ~ 8	~ 24	~ 32	~ 48	~ 56	~ 72	~ 80	~ 96
		尿中Ca排泄量 (mg/hr)	28±12	43±39	23±23	21±17	28±21	23±19	28±25
対照	28±12	43±39	23±23	21±17	28±21	23±19	28±25	25±21	
MgCl <sub>2</sub>	75±62	85±53	41±35	27±19	18±19	16±10	13±17	21±23	
MgSO <sub>4</sub>	44±28	72±29	78±47	43±24	44±27	28±19	16±22	30±20	
MgO	21±07	30±25	19±22	22±17	19±21	20±14	14±12	29±26	
尿中Ca排泄率 (%)	130±57	152±77	75±32	69±11	98±15	82±16	106±39	84±17	
対照	130±57	152±77	75±32	69±11	98±15	82±16	106±39	84±17	
MgCl <sub>2</sub>	293±100 <sup>a, b</sup>	341±147 <sup>b</sup>	150±61	101±19 <sup>a</sup>	67±35	61±12	57±41	63±37	
MgSO <sub>4</sub>	212±114	517±470	322±400 <sup>a</sup>	202±128	172±34 <sup>a</sup>	108±21	66±51	115±41	
MgO	103±49 <sup>b</sup>	100±20 <sup>b</sup>	86±66	75±16	94±66	79±23	80±67	96±30	

※：対照群における全個体の96時間にわたっての平均Ca排泄量を100%として各値を算出したもの。

a：対照群との間に5%の危険率で有意差を示すもの。

b：MgCl<sub>2</sub>とMgOとの投与群間に5%の危険率で有意差を示すもの。

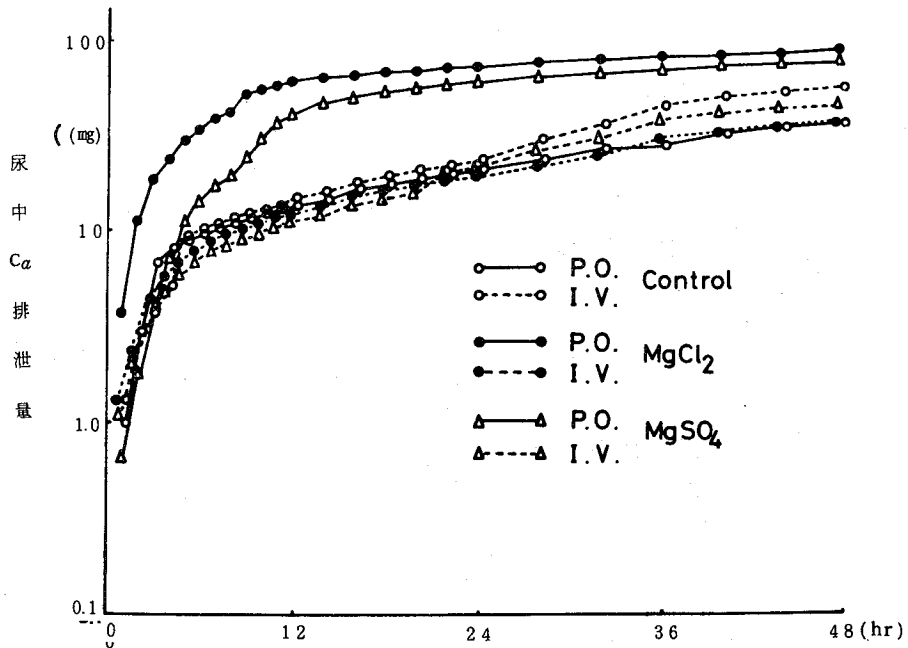


図7. めん羊に対する $MgCl_2$ と $MgSO_4$ の経口(P.O.)および静脈内(I.V.)投与が尿中Caの累積排泄量におよぼす影響

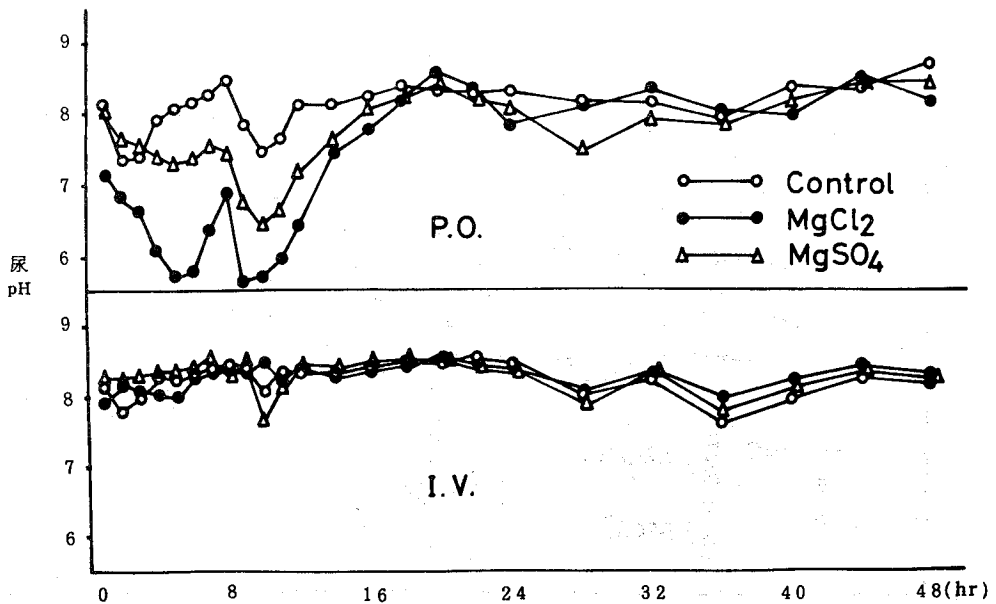


図8. めん羊に対する $MgCl_2$ および $MgSO_4$ の経口(P.O.)および静脈内(I.V.)投与が尿pHにおよぼす影響

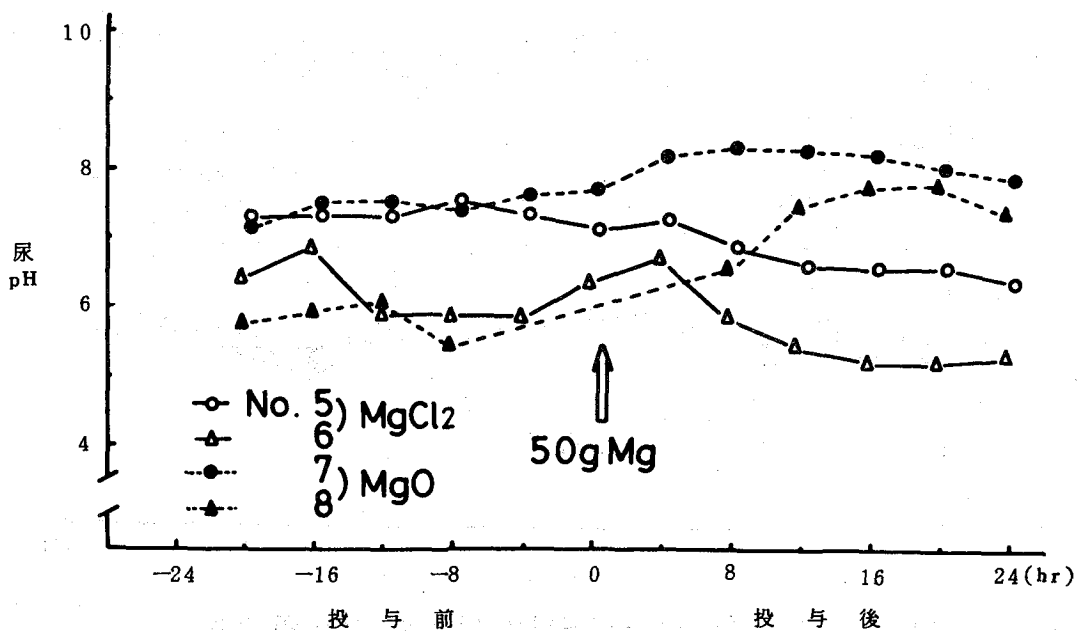
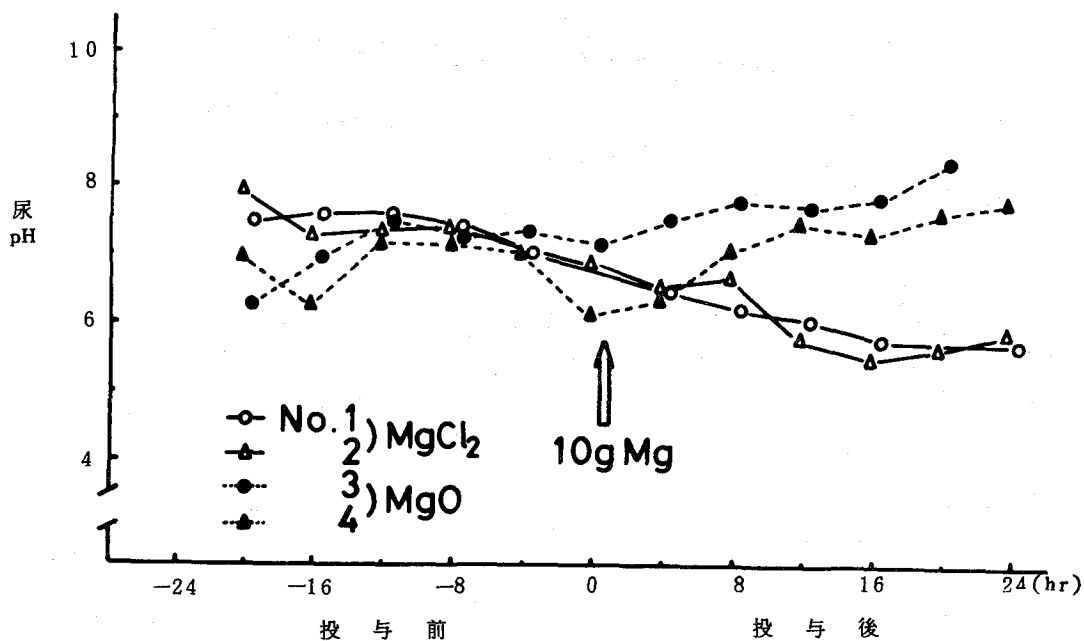


図9. 牛に対する $MgCl_2$ および $MgO$ の第一胃内投与が尿 pH におよぼす影響

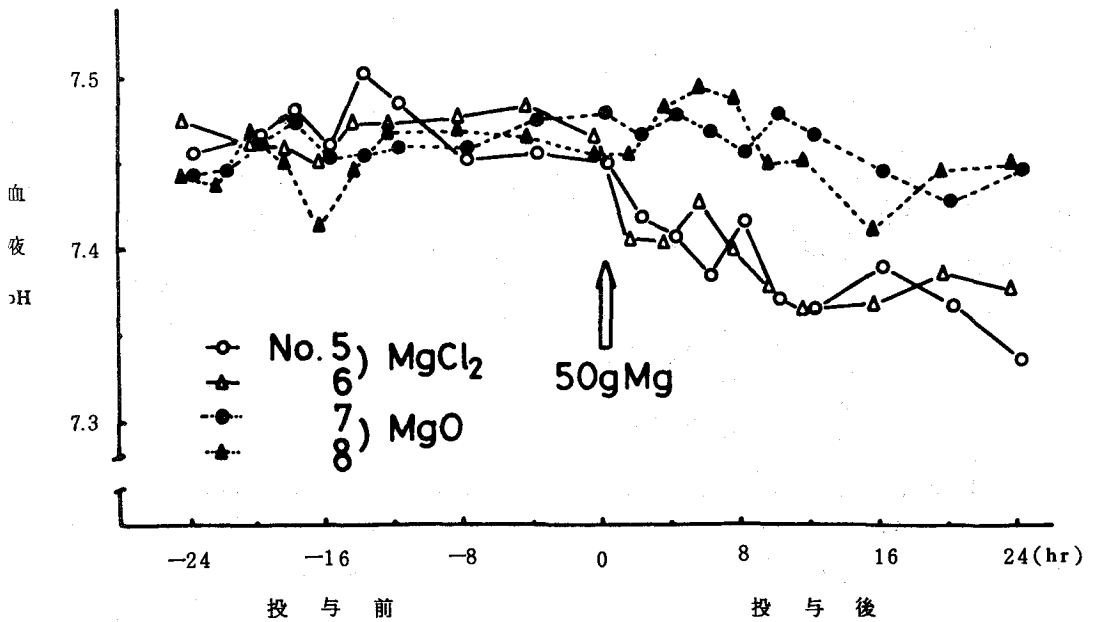
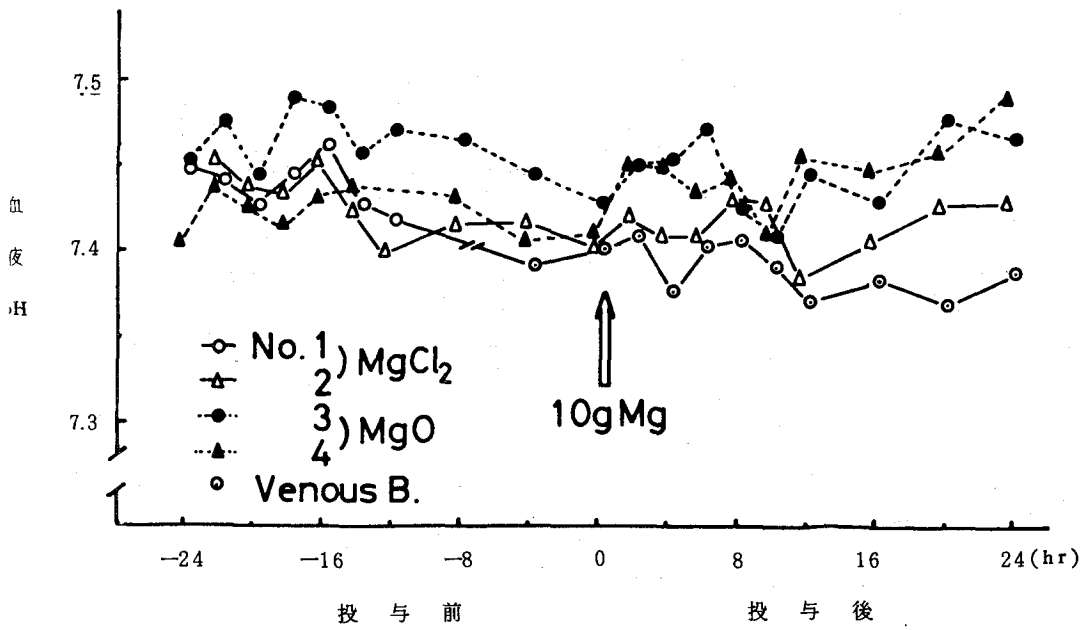


図10. 牛に対する  $MgCl_2$  および  $MgO$  の第一胃内投与が血液 pH におよぼす影響

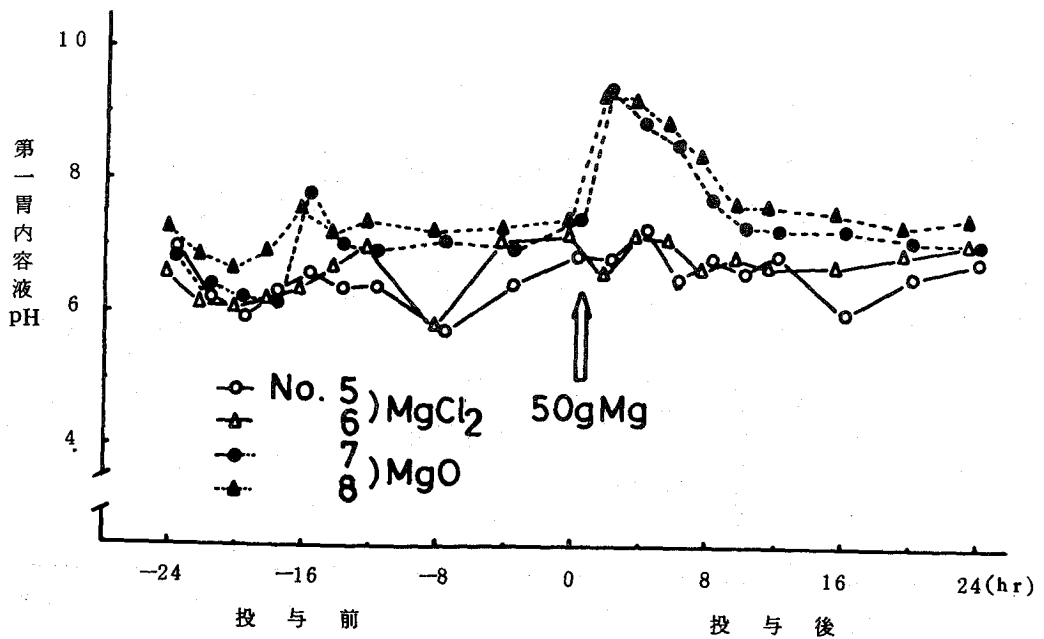
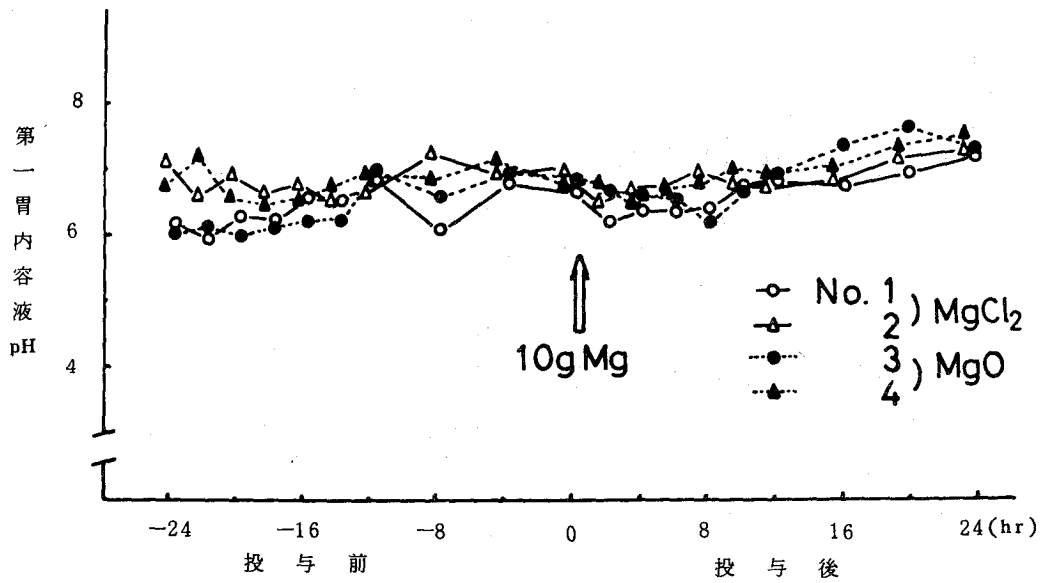


図11. 牛に対する  $MgCl_2$  および  $MgO$  の第一胃内投与が第一胃 pH におよぼす影響



表5 放牧牛に対する混合剤 (MgCl<sub>2</sub> + MgO) およびMgOの給与が尿pHにおよぼす影響

項目	給飼条件 給飼時間 群	給与後5日		給与後10日		給与後15日		給与後20日	
		舎飼期		放牧後5日		放牧後10日		放牧後15日	
		0~3hr	3~6hr	0~3hr	3~6hr	0~3hr	3~6hr	0~3hr	3~6hr
尿pH	対照群 (A)	7.97±0.06	7.92±0.04	7.49±0.10	7.49±0.10	7.57±0.30	7.47±0.38	8.06±0.15	7.91±0.15
	MgO給与群 (B)	8.07±0.18	7.53±0.08	7.53±0.08	7.53±0.08	7.36±0.77	7.55±0.51	8.21±0.10	8.19±0.07
	混合剤給与群 (C)	8.09±0.21	7.56±0.04	7.56±0.04	7.56±0.04	7.68±0.30	7.53±0.30	7.99±0.07	7.86±0.14
有意差		A×B P<0.001 B×C P<0.001	A×B P<0.001 B×C P<0.05	-	-	-	-	B×C P<0.01 A×B P<0.01 B×C P<0.001	

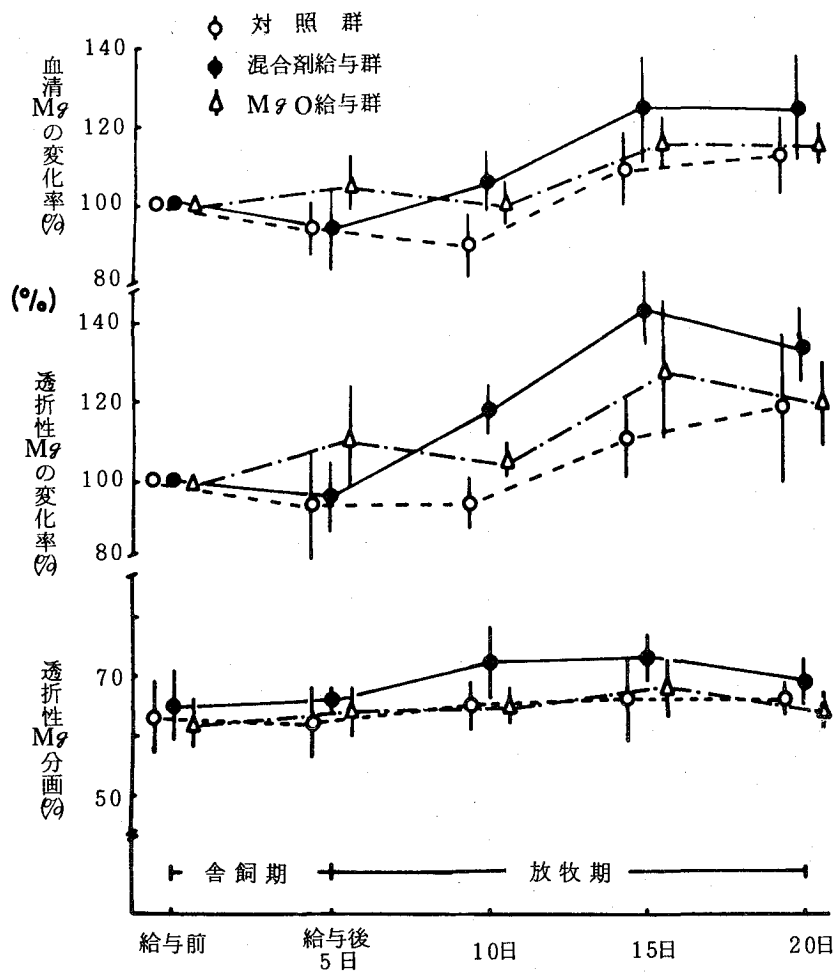


図12. 放牧牛に対する混合剤(MgCl<sub>2</sub>+MgO)およびMgOの給与が総Mg(血清)および透析性Mg(血漿)濃度の変化率におよぼす影響

## 審査結果の要旨

反すう動物の低Mg血症は早春の牧野などに放牧された牛、めん羊に発生する疾病で、血中Mg含量の低下を主徴とし、時に痙攣を發して死亡するのでグラスタニーといわれ、主要な放牧病の一つである。本症の予防、治療にはMg塩の投与が有効であるが、塩の種類、投与方法などにはなお不明の点が多く、一定の見解に達していない。よって本論文では各種のMg塩について、Mgの吸収、体内代謝像に及ぼす影響などに関する基礎的事実を明らかにしつつその応用について、臨床薬理学的研究を行ったものである。

著者はまずラットを用い、Mgと共存するアニオンの種類がMgの吸収に及ぼす影響について *in vitro* および *in vivo* で実験し、 $MgCl_2 > MgSO_4 > MgO$  の順で吸収され易いことを確めた。

次に通常飼料給与下、および放牧下のめん羊に同様のMg塩を投与し、出納試験およびそれらの結果の数学的処理から、各Mg塩の吸収率はラットで得られた結果とほぼ同様であることを知った。Mg塩の投与は単にMgの生体内濃度に変化をもたらすばかりでなく他の無機イオンの動態にも影響する。Mg塩の経口投与により、Caの排泄が増加するが、その程度は $MgCl_2 > MgSO_4 > MgO$ の順に多いことを確めた。この事実は $^{45}Ca$ の同時投与によって内因性Caの排泄増加に由来することを知り、またKの排泄には全く影響しないことを確めた。

次に牛を用いて実験を行った。まず $MgCl_2$ とMgOを投与し、第1胃内液、第4胃内液、血液および尿のpHについて調査したところ $MgCl_2$ は全般的に各体液の酸性化を、またMgOは逆にアルカリ化をもたらした。Mg吸収率、尿中Ca排泄量に及ぼす影響は他動物におけるものと同様であった。これらの成果をもとに、低Mg血症が発生し得ると思われる牧野に放牧された牛に $MgCl_2$ とMgOを1:1の割合で混合して配合飼料と共に給与したところ、他のMg塩の単一給与と比較し、Mgの吸収性はよく、尿性状に及ぼす影響も少なく、すぐれたMg塩給与法であることをはじめて実証した。

以上、本研究は反すう家畜におけるMg塩の生体内運命に関する基礎的知見をもとに新たに低Mg血症に対するMg塩類利用法を開発したもので、家畜生理学および臨床薬理学上貢献するところ極めて大きく、審査員一同農学博士の学位を授与するに値すると判定した。