Ca 摂取量と白鼠の歯牙及び骨格の発育との関係

金沢大学医学部公衆衛生学教室(主任　石崎有信教授)
宇　津　弘

(昭和34年12月3日受付)
(本論文の要旨は第12回栄養食糧学会において発表した.)

栄養学的見地から，無機質中 Calcium, Phosphorus, Magnesium は，人類及び動物身体の支持組織である骨骼及び歯牙の構成上，重要なる物質であり，また発育に対しても欠くべからざる物質であることは周知の事実である．特に主として検討する Ca については，古来幾多の先人により研究が行われ多数の報告がある．しかしこれらの報告は，利用率からみたものもあれば，消化吸収率から調べたものもあり，また蓄積率から検索したものなど種々である．

著者は飼料中の Ca の含有率を異にした数種類の飼料で白鼠を飼育して，それらが歯牙及び骨の発育に及ぼす影響について実験を行つたのであるが，従来この種の発育実験は主として化学分析によつて観察する方法により行われたものが多数を占め，骨においては Sherman, Booher ; [1] Sherman, Compbell ; [2] Whitcher, Booher, Sherman ; [3] Toepfer, Sherman ; [4] Cox, Imboden ; [5] Landford, Sherman ; [6] Duyne, Landford, Toepfer, Sherman ; [7] 速水などの [8,9] 報告があり，歯牙においても 1799 年既に Hatchett [11] は歯牙の分析を行つて，その成分について発表を行つており，Wainright (1933), Logan (1935), Bowes 及び Murray (1935～36), Armstrong 及び Brekhus (1937), LeFure 及び Manly (1938), French etal (1938～39), Bird etal, Tefft, French 及び Hodge (1941), Ockerse (1943) など [12] は人歯について分析を行い，また種々の動物の歯牙についての分析に関しては Weber (1932), König (1932), Logan (1936), Bremer (1939), Murray (1936) など [13] の報告があり，これら動物の歯牙と人の歯牙との比較がなされている．また松田 [14] (1927), Smith, Lantz (1933), Murray (1936) [15] らは白鼠の歯牙の分析を行つている．

著者は本実験における研究方法として，上記の如く歯牙及び骨の分析を行うとともに，動物の発育の見地から歯牙及び大腿骨の計測を行い，また歯牙においては岡田の醋酸鉛生体染色法を用いて白鼠切歯象牙質の形成量を測定しその値から，飼料中の Ca 含有量を種々に変えた場合の動物の歯牙及び骨への影響を観察し，またこの象牙質形成量の測定値と灰分分析値との間の相違乃至は関連性について検討しようと試みた．

実験方法

1) 実験方法及び飼料

実験動物は生後約50日体重 70g 前後の健康なる雄性同腹の白鼠を用い，なるべく同一条件のもとに一定期間飼育した．実験前に4日～5日間の準備期間をおき，次に示した準備食を投与した．その組成は次の通りである．

実験準備食 :

小麦粉………・……………………65.8 (%)
粉ミルク………………………………32.9
塩化ナトリウム………………………0.65
沈降炭酸カルシウム…………………0.65

飼料の組成は第1表の如く，飼料中の Ca 含有量を 100g について 100mg, 200mg, 300mg, 400mg, 600 mg, 800mg の6種類の段階に変化させることにし，

第1表　投給飼料組成　(%)

群 / 組成	Ca100 mg%	Ca200 mg%	Ca300 mg%	Ga400 mg%	Ca600 mg%	Ca800 mg%
脱脂粉乳	6.0	14.5	23.2	31.5	48.0	65.0
カゼイン	15.0	11.5	9.0	6.0	3.0	0
小麦粉	68.0	63.0	56.8	51.5	38.0	24.0
大豆油	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
エビオス	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
混合塩	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

The Relation between Ca Intake and Development of Teeth and Bone in Albino Rat.
Hiroshi Utsu, Department of Public Health (Director : Prof. A. Ishizaki), School of Medicine, University of Kanazawa.

各群それぞれの Ca 量になるようにし，予め日本食品標準成分表[16]にもとづき，脱脂粉乳，カゼイン，小麦粉の成分中の Ca 量から計算により算出した．また蛋白質，炭水化物，カロリーについても同様に算出した．また大豆油，エビオス，混合塩は各群ともに同量添加した．いうまでもなく，飼料調製後，分析を行つて，所定の含有量になるよう確めた．混合塩は Hubbell, Mendel 及び Wakeman[17]の処方の中から $CACO_3$, KH_2PO_4 を除き，燐酸鉄の代りに枸櫞酸鉄を以て代用した．また Vitamin D 源として大豆油 100g に対しチョコラ A. D を 9000 I. U. 混入したものを用いた．混合塩の処方は次の通りである．

Hubbell, Mendel and Wakeman

Salt Mixture[17]

$MgCO_3$………25.0	KI…………………0.08
$MgSO_4$………16.0	$MnSO_4$……………0.35
NaCl…………69.0	NaF ………………1.00
KCl…………112.0	$Al_2(SO_4)_3K_2SO_4$…0.17

これらの処料はいずれも，それぞれの食品を Mesh 70 の試験篩でふるい，大コルベンに入れて長時間振盪して充分混和し，今一度同一番号の篩を通した後に使用に供した．投与飼料の1日所要量は予め準備期間中に概算量を調査しておいた．また飼料は毎日一定量を計つて与え，蒸溜水は自由に摂取させた．体重は5日毎に測定し，体重測定約6時間前に飼料壺を取り去り，空腹状態に於て測定した[18]．

実験時の飼育は飼育籠に1匹宛入れ，季節的の変動を避けるため，室温を 22°C の恒温に保つようにつとめた[18]．

実験期間は15日間とした．これは実験期間が20日間以上になると白鼠切歯の咬耗のため，後に記載する醋酸鉛生体染色線が消失し，実験前後の象牙質像の比較ができなくなるからである．

2) 象牙質形成量測定法

実験開始時と実験終了時に岡田の醋酸鉛生体染色法[19]により，歯牙硬組織に時刻を描記した．すなわち実験開始時に0.5%醋酸鉛溶液 0.7mg/kg を，実験終了時に 1.0mg/kg を白鼠の尾静脈に注射した．第2回目の注射後2日を経過した後にエーテル麻酔にて屠殺，下顎両側切歯及び一側の大腿骨を摘出した．

A）切片標本の調製

切歯は10%ホルマリン液にて1昼夜以上浸漬して固定したる後，1%塩酸中に入れ，キップのガス発生装置により室温にて硫化水素をたえず通じ，切歯象牙質に沈着した鉛を硫化物とながら脱灰し氷結切片を作つた．切片は切歯長軸中央部を横断（附図1）連続切片を作つた．

B）測 定 法

醋酸鉛注射により歯牙硬組織に沈着した2本の鉛線の間隔を，脣側，舌側，遠心側，近心側の4カ所について顕微鏡下にミクロメーターにて測定し，その値を以て象牙質各部位における形成量とした．また切片の厚さは 15μ であり，標本を見易くするために Hämatoxylin の単染色とした．（第1図 A, B）

3) 醋酸鉛生体染色法についての検討

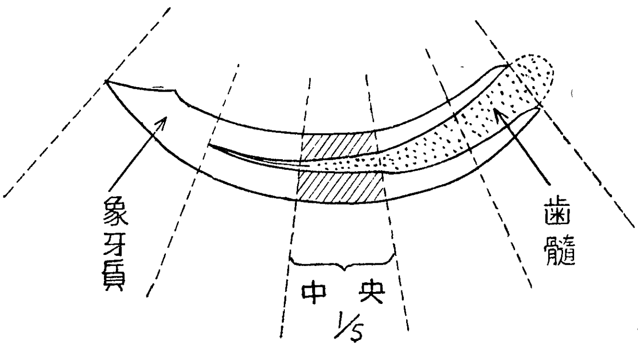
実験を行うに先立ち，岡田の醋酸鉛生体染色法[19]について追試を行つたところ，種々の点に疑問が生じたのでこれらについて検討を行つた．

実験は白鼠を2群に分ち，Ⅰ群（♂2匹，体重平均 102g）には 0.5% の醋酸鉛溶液を醋酸鉛について 0.2 mg/kg, 0.5mg/kg, 0.8mg/kg を，Ⅱ群（♂2匹，体重平均 104.5g）には 1.0mg/kg, 1.5mg/kg, 2.0mg/kg をそれぞれ各々4日間隔，午後12時に尾静脈に注射，体重はその都度測定し，最後の注射日より4日後にエーテルにて屠殺，切歯を1%の塩酸に浸し，硫化水素を通じながら脱灰，氷結切片を作製した．

A）象牙質形成量測定上の誤差について

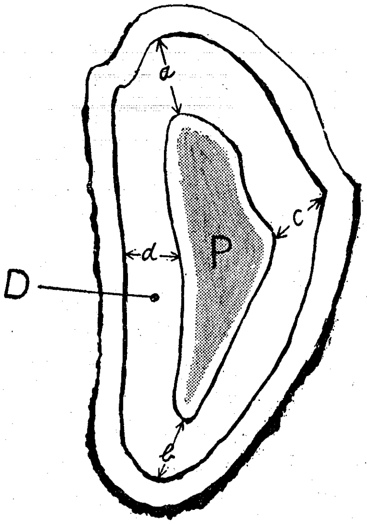
本実験における実験期間は15日間であつて，実験開

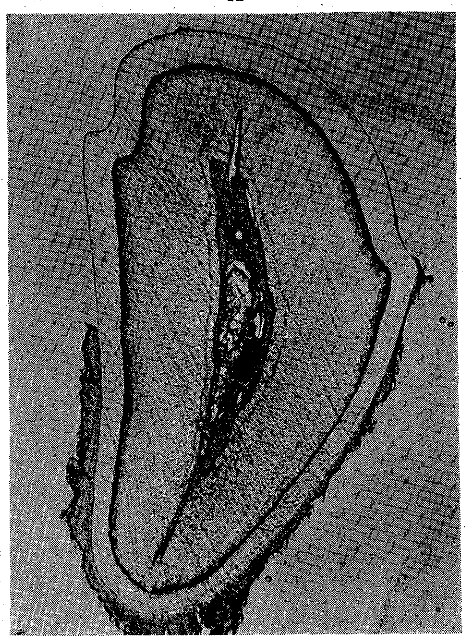
附　図　1



第　1　図

B　　　　　　　　A





a………唇　側　　P………歯　髄
b………舌　側
c………遠心側　　D………象牙質
d………近心側

第　2　表

群	注射回数 / 白鼠No.	第1回←(4日)→第2回←(4日)→第3回←(4日)→屠殺 注射量	体重	注射量	体重	注射量	体重	体重
Ⅰ	3	0.2mg/kg	103g	0.5mg/kg	113g	0.8mg/kg	114g	117g
	4	0.2	101	0.5	119	0.8	124	137
Ⅱ	1	1.0	104	1.5	115	2.0	124	126
	2	1.0	105	1.5	113	2.0	107	120

第3表　4日間隔で行つた醋酸鉛生体染色線の測定値間の誤差検定　単位μ

群	計測部位 / 回数	1〜2	2〜3	4〜5	5〜6	2つの測定値間の誤差
Ⅰ	1	60.72	59.34			
	2	59.34	59.34			
	3	59.34	59.34			
	平均	59.8	59.3			0.5
Ⅱ	1			67.62	64.86	
	2			70.38	70.38	
	3			67.62	62.10	
	平均			68.5	65.8	2.7

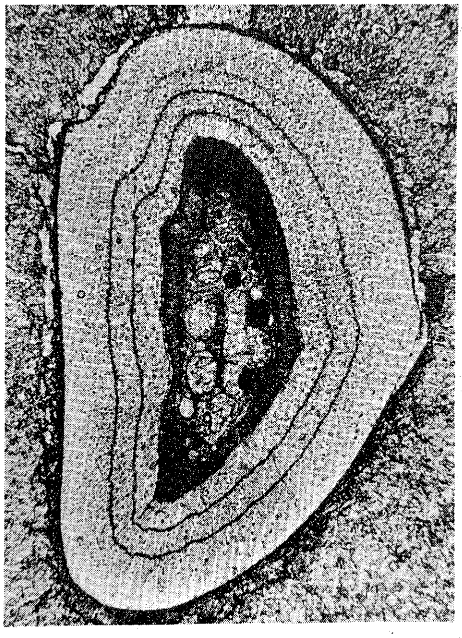
始時と終了時に注射した醋酸鉛により切歯象牙質に沈着した2条の鉛線の間隔を計測する訳であるが，その計測値が正確に15日間の象牙質の形成量乃至は発育速度を示しているものであろうか．それを確るために細かく日数をくぎり，4日間隔に3回醋酸鉛を静注し，沈着したる3条の鉛線の間隔を測定して得られた2つ

の計測値の間に如何程の誤差があるかについて検討してみた．（第2表，第3表）第2図はⅠ群，第3図はⅡ群における鉛の沈着線を示し，その計測成績及びその誤差は第3表の通りである．すなわち第2図及び第3図の 1〜2，2〜3 及び 4〜5，5〜6 は各々4日間に形成された象牙質であつて，それらの各々の計測値が4日間の象牙質の形成量であり，発育測度が等しければ同一動物における上記2つの計測値は同一の値である筈である．しかるに第3表に示されたる如くⅠ群においては 0.5μ，Ⅱ群においては 2.7μ の誤差を認めた．但し，これは同一部位について，3回計測を行つた平均値についてであるが，この程度の誤差ならば計測上の誤差範囲として許容されてもよいと思う．

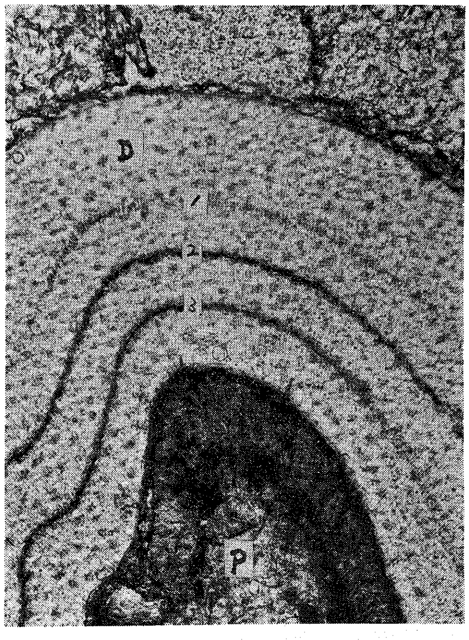
（B） 醋酸鉛の用量と沈着線との関係

岡田氏は 0.1〜1.0%の醋酸鉛溶液を動物量 1kg に対対し醋酸鉛にして 1〜2mg を静脈注射するとしている．白鼠の場合は体重が軽小であり，たとえば体重 100g とすれば上記用量の 1/10 すなわち 0.1〜0.2mg で充分な筈であるが，実際に行つてみるとこの量では鉛が全く沈着しなかつたり，沈着しても点線状に不鮮明な場合などがあつたので，前述した如く醋酸鉛の注射用量を色々と変えて適用し検討してみた．Ⅰ群には各4日間隔に 0.2mg/kg，0.5mg/kg，0.8mg/kg を，Ⅱ群には同様に 1.0mg/kg，1.5mg/kg，2.0mg/kg を注射したところ，第2図及び第3図の如き結果を示した．すなわち 0.2mg/kg の場合は沈着線が点線状であつて，脣側及び遠心側の一部に沈着したが，その他の部分には全く沈着しなかつた．0.5mg/kg，0.8mg/kg はいずれも沈着は良好であり，沈着線の太さもほぼ同一であつた．Ⅱ群においては 1.0mg/kg 以上になると沈着線は次第に太くなり測定値が不正確になる恐れがある．以上の如く 0.2mg/kg 以下では沈着の可能性が薄く，1.0mg/kg 以上も多く用いる必要はなく，したがつて 0.5mg/kg 前後の用量が最も適当なようである．（第3図の 2.0mg/kg 注射の場合，用量が最も多く，したがつて沈着線が太くなる筈であるが，静注の際の血管外漏れのためか他の沈着線に比較して細く現われている．）

第2図 醋酸鉛注射量と鉛沈着線の比較



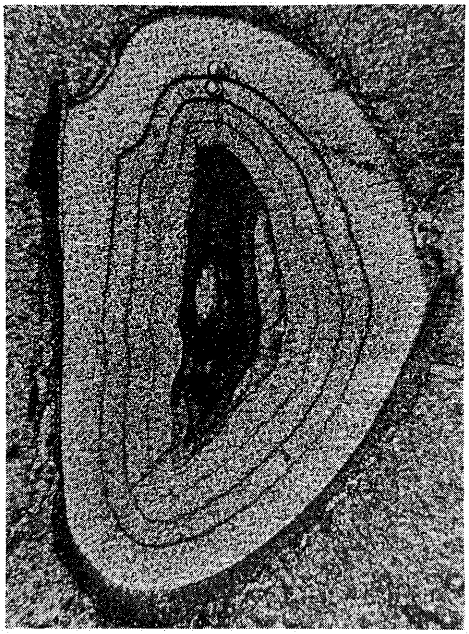
（×26）



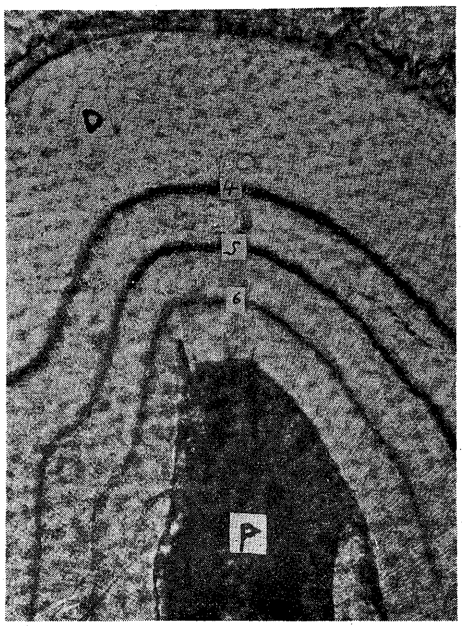
（×150）

白鼠下顎切歯中央部横断面
1〜2〜3は各々4日間隔で注射した
醋酸鉛生体染色線，午後12時静注
1………0.2mg/kg
2………0.5mg/kg
3………0.8mg/kg
D→象 牙 質　　P→歯 髄

第3図　醋酸鉛注射量と鉛沈着線の比較



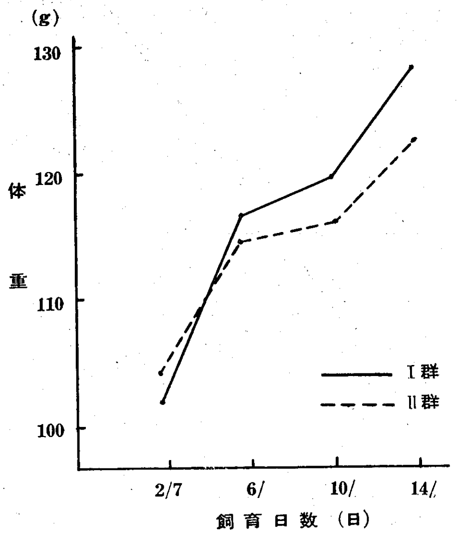
(×26)



(×150)

白鼠下顎切歯中央部横断面
4〜5〜6は各々4日間隔で注射した
醋酸鉛生体染色線，午後12時静注
4………1.0mg/kg
5………1.5mg/kg
6………2.0mg/kg
D⟶象牙質　　P⟶歯　髄

第4図　醋酸鉛静注による体重の変化



(C)　醋酸鉛注射が発育に及ぼす影響について

第4図に示した如くII群は醋酸鉛の用量が多いため，体重曲線の上昇度は明らかに低いようである．しかし例数の少いこの実験成績からただちに結論を下すことはできないが，1.0mg/kg 以上を用いると体重の減少を来している点からみて，多少とも影響があるように思われる．また用量が 2.0mg/kg 及びそれ以上になると動作が緩慢になり，食慾不振などの中毒症状を起し，実験上不利な結果を来すようである．

4) 切歯，大腿骨及び飼料の分析

切歯及び大腿骨は筋肉その他を充分に除去し，残存せる血液などを清潔なるガーゼにて清拭したる後，秤量した後電気炉にて灰化した．Ca の定量分析は A. O. A. C の微量法[20]，P は Fiske 及び Subarrow の方法[21]を用いた．飼料の分析も Ca の定量分析は A. O. A. C の微量法[20]，P は Fiske 及び Subarrow の方法[21]を用いた．蛋白質は Kjeldahl 法，含水蛋素は Bertrand 法を用いた．

実験成績

1) 飼料の分析

A）飼料の分析値

飼料の分析値は第４表の通りである．すべて 100g 中の含有量で現わすことにする．蛋白質については 21〜24g，平均 21.8g，炭水化物においては 48〜56g，平均 53.0g であり，脂肪の含有量は各群とも 5.0g である．カロリーは 333〜353cal，平均 344.3cal であり，次の公式によつて算出した．

(炭水化物＋蛋白質)×４＋(脂肪×９)

Ca は各群ともに概ね予期した水準の Ca 量に近似した値を示しており，Ca のＰに対する比率は 0.26〜1.10 であつて高 Ca になるにしたがい比率は大となる．

B）食品分析表による計算値と実測値との比較

飼料の分析値については前記の通りであるが，飼料の調製は予め食品標準成分表[16]によつて各食品について Ca 量を主体とし，Ca 含有量を 100g 中 100mg から 800mg までの６種類に分類し，各群とも蛋白質は約20%，含水化物は 51〜60%，その他所要栄養素を含有するように作つたのであるが，これを計算により求めた値と，実測した値との間に如何程の差異があるかについて，両者の値を比較してみた．第４表は実測値，第５表は計算値である．

第４表　飼料 100g 中の各栄養素含有量

群	Ca100 mg%	Ca200 mg%	Ca300 mg%	Ca400 mg%	Ca600 mg%	Ca800 mg%
蛋白質 g	21	22	21	21	22	24
脂　肪 g	5	5	5	5	5	5
炭水化物 g	56	53	56	51	54	48
Ca　mg	96	213	288	404	578	798
P　mg	372	425	464	515	612	725
Ca/P	0.26	0.50	0.63	0.78	0.94	1.10
カロリ－cal	353	345	353	333	349	333

第５表　食品成分表に基き計算した飼料 100g 中の各栄養素の計算値

群	Ca100 mg%	Ca200 mg%	Ca300 mg%	Ca400 mg%	Ca600 mg%	Ca800 mg%
蛋白質 g	22	21	20	20	22	22
炭水化物 g	54	55	54	55	53	52
脂　肪 g	5	5	5	5	5	5
カロリ－cal	349	349	341	345	345	341
Ca　mg	100	201	302	403	600	802
P　mg	365	414	458	512	604	713

Ca における計算値と実測値の差は 3.3〜6.4%，平均 4.5%の差異であり，計算値が大なるもの，実測値が大なるものなどあり，一定の傾向はみられなかつた．

Ｐにおいては両者の差は 0.6〜2.7%，平均 1.6%の差異を示し，実測値の方が計算値の方より高い値を示す傾向がみられた．蛋白質においては 1.0〜11.8%，平均 5.7%であつて一部の群を除いた他は実測値の方が高い値を示した．炭水化物においては 1.9〜7.8%，平均 4.7%の差異であつたが，一定の傾向はみられなかつた．カロリーについては 1.1〜3.5%，平均 2.1%の差であるが，一定の傾向は示さなかつた．

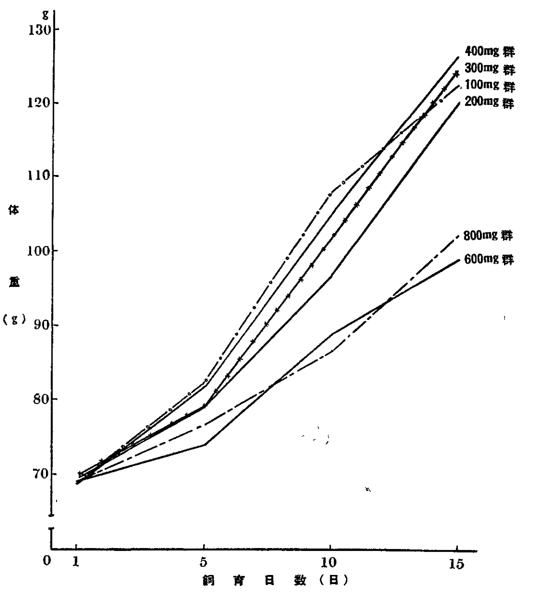
2）体　　重

第５図に各群の飼育日数に対する体重の平均値の変化をあらわした．Ca-100mg%，群は実験当初は順調な増加を示したが，実験の終りにおいて少し増加がにぶつた．Ca-200mg% 群は順調な体重増加を示したが，Ca-100mg%群より体重増加はわずかに低調であつた．

Ca-300mg%群は実験当初は増加は低調であつたが中頃より恢復し，実験の終りには好調な増加を認めた．

Ca400mg%群は実験当初より，増加量は大であり，実験終了時において最高であつた．以上の４者は殆んど同じ曲線を画いて上昇し著しい差はない．それに反し Ca-600mg%及び Ca800mg%群はともに全期間を通じて体重増加は非常に緩慢であつて，他の群に較べて遙かに低調であつた．

第５図　体　　重



3）象牙質形成量の測定

実験開始時と実験終了時に白鼠の尾静脈に 0.5% 醋酸鉛溶液を注射し，切歯象牙質に沈着した２条の鉛線

の間隔を顕微鏡下にミクロメーターにて，遠心及び近心側（第6図），唇側及び舌側（第7図）の4カ所を測定して得られた象牙質形成量である．しかし，その値は連続切片10枚の計測値の平均値である．

近心側における平均値の動きをみるとCa-100mg%，Ca-200mg%群の順序に徐々に上昇を示し，Ca-300mg群までは急激に上昇しているが，Ca-400mg%群以上は漸次下降する傾向がみられる．

遠心側においては Ca200mg が形成量は小さく，Ca300mg%群において急激に上昇し，Ca400mg%群以上は漸次下降する状態は前者と同様の傾向である．

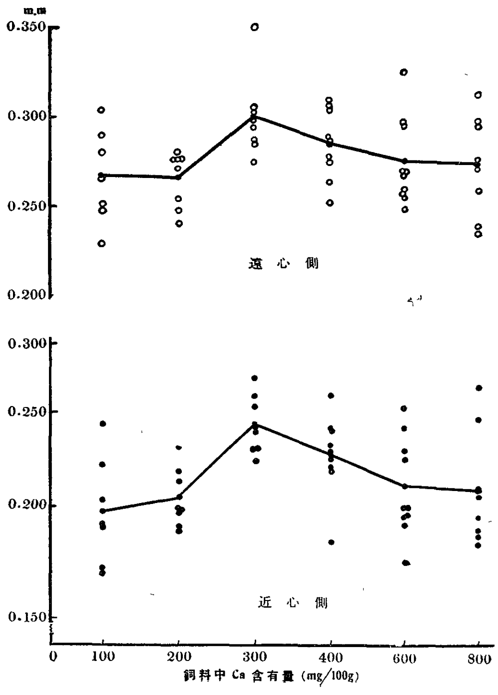
唇側の平均値の動きをみると近心側の場合と類似した傾向を示しており，Ca-200mg%群と Ca-300mg%群の差及び Ca-300mg%群と Ca-800mg%群の差は前記近心側及び遠心側に比して遙かに少ないようである．

舌側における平均値の動きをみると Ca-200mg%群が最も形成量が大であり，Ca-300mg%群はむしろ低い値を示しており，Ca-400mg%群以上高 Ca の群になるにしたがい平均値は下降し，形成量の少さいことを示している，

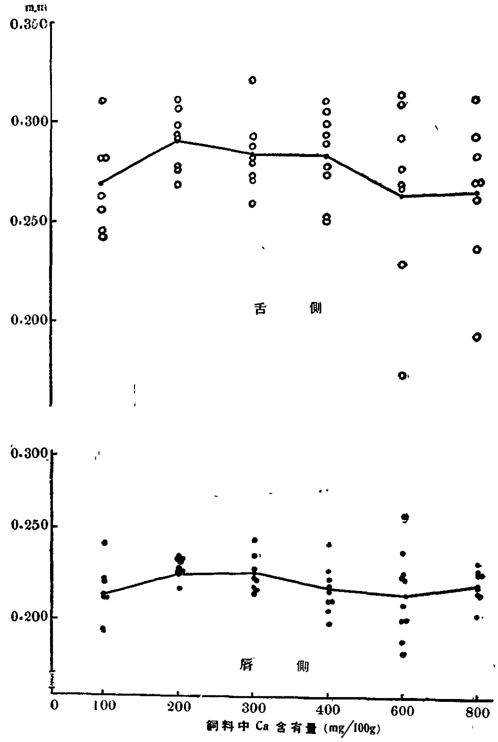
以上各方向における象牙質形成量をグラフから総括的にみると，

近心側においては Ca-300mg＞Ca-400mg%群，唇

第6図　象牙質各部位における形成量



第7図　象牙質各部位における形成量



側においては Ca-300mg%＞Ca-200mg%群，遠心側においては Ca-200mg%群の方が小さい値を示しているが，Ca-300mg%＞Ca-400mg%群，舌側においては Ca-300mg%群は小さい値を示していて，Ca-200mg%＞Ca-300mg%＞Ca-400mg%群

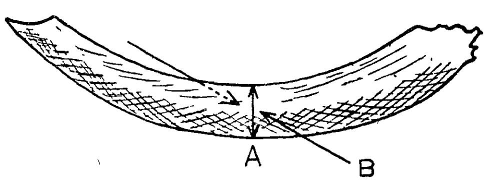
の如き結果とり，遠心側及び近心側は明らかに Ca300mg%群が最も形成量が大であることが推察できる．しかし舌側及び唇側においては Ca200, 300, 400mg% 3群間の差は明らかでない．体重増加量と切歯象牙質形成量の相関は第8表に示した．

4）切歯の計測及び分析

（A）　切歯の計測

動物の歯牙の計測及び計測値について詳細なる文献

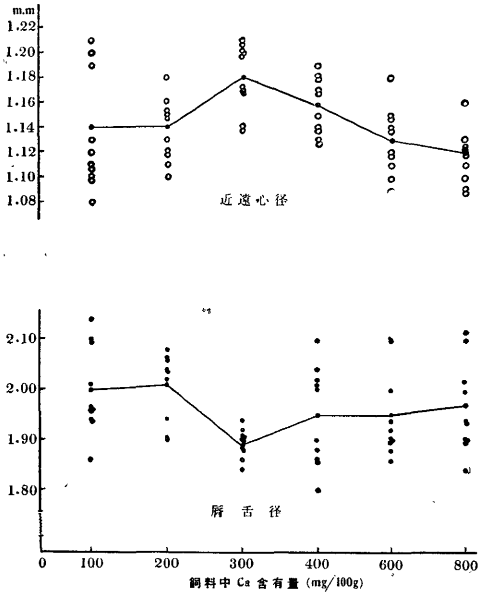
附　図　2



A………唇　舌　径
B………近　遠　心　径

は見当らないので，著者考案による方法にて計測した．附図2に示したように切歯のおうよそ中央部附近で，脣舌径は副尺測微計にて計測し，近遠心径に Dial Guage (1/100mm) にて測定しそれぞれの平均値を求めた．その結果は第8図に示した．

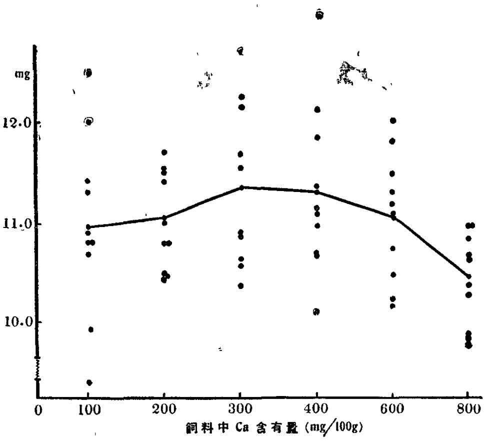
第8図 切歯計測値



近遠心径における平均値の動きのグラフ(第8図)をみると，Ca-100mg%群，Ca-200mg%群は同一の値であつて，それらの間に差は認められず，漸次上昇を示しCa-300mg%群が最も高い値であつて，Ca-400mg%群，Ca-500mg%群，Ca800mg%群は次第に低い値を示しながら下降している．これらの傾向はあたかも前記象牙質形成量における遠心側及び近心側のグラフにみられる傾向と全く類似しているようである．

脣舌径におけるグラフ（第8図）をみると Ca-200mg%群は Ca-100mg%群よりわずかに高い値であるが，それらの群間には明かな差異は認められず，次いで急激に下降して Ca-300mg%群は最も低い値を示しており，漸次上昇しているが Ca-400mg%群，Ca-600mg%群は同一の値であり，Ca-800mg%群もわずかに高い値を示しているが，Ca-400mg%～Ca-800mg%群の間には著明な差異は認められない．これを近遠心径と比較してみると全く正反対の傾感を示していることがうかがわれる．またこれらの事実は白鼠切歯の発育が一定の方向，すなわち近心及び遠心方向に発育増大する傾向があることを示すものと考えられる．体重増加量と切歯計測値の相関関係をみると第9表に示したように近遠心径においては0.3程度の順相関があるが，脣舌径においては無相関であつた．各群における平均値及びその信頼限界は第11表の通りである．

第9図 切歯中 Ca 含有量



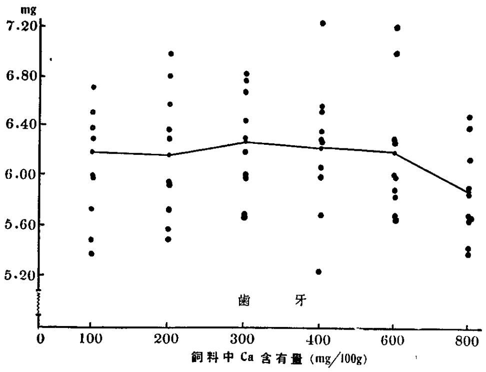
（B） 切歯中の Ca

電気炉にて灰化した歯牙について A. O. A. C の微量法により定量分析を行い，それらの Ca 含有量を求めた結果，第9図の如き成績であつた．すなわち Ca-100mg%群においては最大値 12.57mg，最小値 9.40mg，平均値 10.99m.g，Ca-200mg%群においては最高値 11.71mg．最低値 10.45mg，平均値 11.04mg，Ca-300mg%群では最高値 12.72mg，最低値 10.58mg．平均値 11.37mg，Ca-400mg%群においては最高値 13.08mg，最低値 10.11mg，平均値 11.30mg，Ca-600mg%群では最高値 12.03mg，最低値 10.16m6mg，平均値 11.05mg，Ca-800mg%群においては最高値 10.99mg，最低値 9.78mg，平均値 10.43mg であつた．各群の平均値についてその優劣をみると，Ca-300mg%群＞400mg%＞600mg%群＞200mg%群＞100mg%群＞800mg%群の順序であり，Ca-300mg%群が最大値を示し，切歯中の Ca 含有量が最も大であつた．またグラフについてその曲線を観察すると，Ca-100mg%，Ca-200mg%，Ca-300mg%と上昇曲線を示し，Ca-200mg%をピークとして Ca-400mg%，Ca-600mg%，Ca-800mg%は漸次下降を示している．体重増加量と切歯中 Ca の相関々係をみると第10表に示したように +0.3 程度の順相関があつた．各群における平均値及びその信頼限界は第11表の通りである．

（C） 切歯中のP及び Ca とPの比率

分析は Fiske 及び Subartow の方法により，切歯中のP含有量を求め，第10図の如き結果をえた．すなわち Ca-100mg%群においては最大値 7.45mg，最小

第10図　切歯中P含有量



値 5.37mg，平均 6.19mg，Ca-200mg% においては最大値 6.99mg，最小値 5.53mg，平均 6.19mg，Ca-300 mg%では最大値 6.84mg，最小値 5.73mg，平均 6.29 mg であり，Ca-400mg%においては最大値 13.08mg，最小値 10.11mg，平均 6.24mg，Ca-600mg%では最大値 7.21mg，最小値5.67mg，平均 6.20mg，Ca-800mg %では最大値 6.50mg，最小値 5.42mg，平均 5.87mg であつた．各群の平均値について比較してみると

Ca-300mg%>Ca400mg%>Ca-600m%>Ca-$\frac{100mg}{200mg}$%>Ca-800mg%群

の順序であつて Ca-300mg%が最高値であり，P含有量が最も大であつた．また各群の平均値をグラフで観察すると Ca100mg% 及び Ca-200mg% は同一値であり，それより Ca-300mg%は上昇曲線を示し最高位にあるが，飼料中 Ca 量の増加に伴い曲線は下降している．また Ca-800mg%を除いた各群の間には一応の変化はあるけれども，左程著明な差異は認められなかつた．

Ca のPに対する比率は第6表に示した如く，各群を通じてで 1.81〜1.78 あり，平均 1.79 であつて各群間に著明な変動はなかつた．

第6表　切歯における Ca : P

Ca 100mg%	1.78
Ca 200mg%	1.79
Ca 300mg%	1.81
Ca 400mg%	1.81
Ca 600mg%	1.79
Ca 800mg%	1.78

体重増加量と切歯中Pの相関々係は第10表に示したように +0.2 程度の順相関であつた．各群における平均値及びその信頼限界は第11表の通りであつた．

5) 大腿骨の計測及び分析

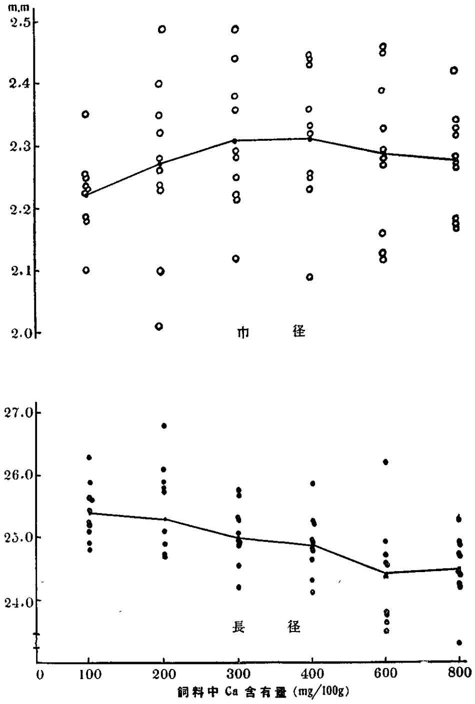
(A)　大腿骨の計測

長径は腓側顆，大転子間の距離を副尺付測微計にて計測し，幅径は骨幹の最も細い部位の直径を Dial Guage (1/100mm) にて計測した．

幅径について大腿骨を計測した成績は第11図に示した如くであるが，変化のばらつきが大きいために，平均値の正確な比較は困難であるが，Ca-300mg% 群及び 400mg%群が最も発育がよいようである．

長径においては Ca-100mg%が最も良好な発育を示し，Ca 含有量の高い飼料の群はかえつて長径の平均値は小さい傾向を示している．

第11図　大腿骨計測値



体重増加量と大腿骨計測値との相関々係は長径の方は +0.5 であつて，かなりの順相関がみられが，幅径の方は無相関である．各群における平均値及び信頼限界は第11表に示した．

(B)　大腿骨中の Ca 含有量

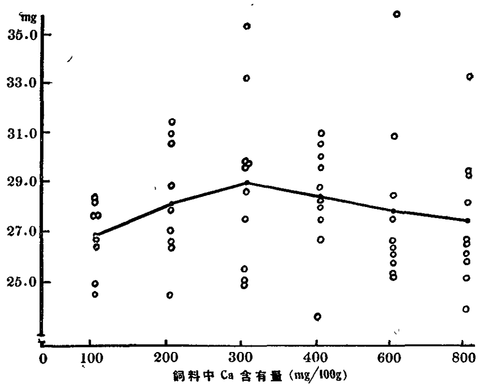
大腿骨を灰化して得られた資料を A. O. A. C の微量法にて定量分析し，大腿骨中の Ca 含有量を求めた．その結果は第12図に示した如くである．各群の平均値についてその優劣をみると

Ca-300mg%>Ca-400mg%>Ca-200mg%>Ca-600 mg%>Ca-800mg%>Ca-100mg%群

の順位で，Ca-300mg%が Ca 含有量が最も大であり，次いで Ca-400mg%が優位を占めていた．各群平均値の動きのグラフについて観察すると大腿骨の場合も，歯牙における場合と類似した傾向を示している．

歯牙中の Ca 含有量と大腿骨中の Ca 含有量とを比較してみると両者は全く同一の傾向があることがうかがわれ，歯牙及び大腿骨とも Ca-300mg%が最大値を示しており，Ca-100mg%，Ca-200mg% は飼料中 Ca 含有量に応じて上昇を示しているが，Ca-300mg%以上の群は飼料中 Ca 含有量の増加に伴い，かえつてグラフは下降する様相を呈している．これは先に述べた象牙質形成量の測定における近心側及び遠心側のグラフ，切歯の近遠心側の計測におけるグラフ及び大腿骨の幅径計測値におけるグラフと同様の傾向を示しているように思われる．大腿骨中 Ca 含有量について各群の平均値及びその信頼限界は第11表の通りである．体重増加量と大腿骨中 Ca 量の相関々係は +0.4 強であつて順相関がみられる．

第12図　大腿骨中 Ca 含有量



(C)　大腿骨のＰ含有量及び Ca とＰの比率

大腿骨中のＰの含有量について分析した結果，第13図の如き成績であつた．各群の平均値について優劣を比較してみると

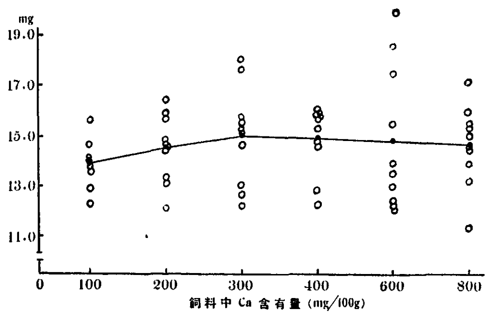
Ca-300mg%>Ca-400mg%>Ca-600mg%>Ca-800mg%>Ca-200mg%>Ca-100mg%群

の順序であり，Ca-300mg% 群が最もＰの含有量が高い．また各群の平均値についてグラフで観察すると Ca-300mg% をピークとして Ca-100mg% Ca-200mg%は上昇曲線を示し，Ca-400mg% 以上は漸次曲線は下降を示しているが，Ca-300mg%と Ca-400mg, Ca-600mg%，Ca800mg%の間には左程の差異は認められなかつた．

大腿骨中のＰ含有量について，各群の平均値及びその信頼限界は第12表の通りである．体重増加量と大腿骨中Ｐ量の相関々係は +0.3 強であつて順相関がみられる．

Ca に対するＰの比率は第７表の如く，最高 1.95〜最低 1.91 であり，平均 1.94 であるが，各群間に著明な変化は認められなかつた．

第13図　大腿骨中Ｐ含有量



第７表　大腿骨における Ca : P

Ca 100mg%	1.95
Ca 200mg%	1.94
Ca 300mg%	1.95
Ca 400mg%	1.93
Ca 600mg%	1.93
Ca 800mg%	1.91

第８表　体重増加量と切歯象牙質形成量の相関

脣　側	遠心側	近必側	舌　側
+ 0.247	+ 0.254	+ 0.208	+ 0.222

第９表　体重増加量と切歯及び大腿骨計測値の相関

切　歯		大　腿　骨	
脣舌径	近，遠心径	長　径	幅　径
+ 0.036	+ 0.315	+ 0.532	+ 0.071

第10表　体重増加量と切歯及び大腿骨中の Ca，Ｐ量の相関

切　歯		大　腿　骨	
Ca	P	Ca	P
+ 0.310	+ 0.224	+ 0.473	+ 0.371

第　1　1　表

	N=10 Ca100mg%		N=10 Ca200mg%		N=10 Ca300mg%		N=10 Ca400mg%		N=10 Ca600mg%		N=10 Ca800mg%	
	$\bar{x}$	m (α=0.05)	x	m (α=0.05)	$\bar{x}$	m (α=0.05)	x	m (α=0.05)	$\bar{x}$	m (α=0.05)	x	m (α=0.05)
切歯 Ca 量 (mg)	10.99	11.66≧m≧10.33	11.04	11.38≧m≧10.69	11.37	11.95≧m≧10.79	11.30	11.92≧m≧10.69	11.05	11.51≧m≧10.60	10.43	10.76≧m≧10.10
切歯 P 量 (mg)	6.19	6.64≧m≧ 5.75	6.19	6.55≧m≧ 5.83	6.29	6.58≧m≧ 6.00	6.24	6.62≧m≧ 5.86	6.20	6.57≧m≧ 5.82	5.87	6.14≧m≧ 5.60
ca/P	1.78		1.79		1.81		1.81		1.79		1.78	
切歯唇舌径 (mm)	2.00	2.06≧m≧ 1.93	2.01	2.05≧m≧ 1.96	1.89	1.91≧m≧ 1.87	1.95	2.02≧m≧ 1.88	1.95	2.01≧m≧ 1.89	1.97	2.03≧m≧ 1.90
切歯近遠心径 (mm)	1.14	1.17≧m≧ 1.10	1.14	1.15≧m≧ 1.12	1.18	1.20≧m≧ 1.16	1.16	1.17≧m≧ 1.14	1.13	1.15≧m≧ 1.11	1.12	1.13≧m≧ 1.10

第　1　2　表

	N=10 Ca100mg%		N=10 Ca200mg%		N=10 Ca300mg%		N=10 Ca400mg%		N=10 Ca600mg%		N=10 Ca800mg%	
	$\bar{x}$	m (α=0.05)	$\bar{x}$	m (α=0.05)	$\bar{x}$	m (α=0.05)	$\bar{x}$	m (α=0.05)	$\bar{x}$	m (α=0.05)	$\bar{x}$	m (α=0.05)
大腿骨 Ca 量 (mg)	26.92	28.13≧m≧25.71	28.17	29.87≧m≧26.46	29.09	31.48∨m≧26.71	28.64	30.23≧m≧27.06	28.10	30.50≧m≧25.71	27.76	29.70≧m≧25.82
大腿骨P量 (mg)	13.86	14.70≧m≧13.01	14.51	15.49≧m≧13.52	14.98	16.38≧m≧13.58	14.89	15.85≧m≧13.93	14.84	16.84≧m≧12.83	14.60	15.74≧m≧13.46
Ca/P	1.95		1.94		1.95		1.93		1.93		1.91	
大腿骨長径 (mm)	25.40	25.73≧m≧25.08	25.32	25.99≧m≧24.64	25.05	25.39≧m≧24.72	24.89	25.24≧m≧24.53	24.42	25.00≧m≧23.85	24.52	24.91≧m≧24.13
大腿骨幅径 (mm)	2.22	2.27≦m≦ 2.18	2.27	2.37≧m≧ 2.17	2.31	2.39≧m≧ 2.23	2.31	2.39≧m= 2.23	2.29	2.38≧m≧ 2.20	2.28	2.23≧m≧ 2.22

第13表 白鼠切歯象牙質の各部位に於ける1日の形成量 単位μ

	例数	唇側		遠心側		近心側		舌側	
		$\bar{x}$	m ($\alpha=0.05$)	$\bar{x}$	m ($\alpha=0.05$)	$\bar{x}$	m ($\alpha=0.05$)	$\bar{x}$	m ($\alpha=0.05$)
Ca 100mg%	7	14.4	$15.5\geqq m\geqq 13.3$	17.8	$19.4\geqq m\geqq 16.2$	13.2	$15.1\geqq m\geqq 11.4$	17.8	$19.4\geqq m\leqq 16.1$
Ca 200mg%	8	15.2	$15.7\geqq m\geqq 14.5$	17.7	$18.6\geqq m\geqq 16.8$	13.8	$14.7\geqq m\geqq 12.9$	19.3	$20.1\geqq m\geqq 18.4$
Ca 300mg%	8	15.2	$15.7\geqq m\geqq 14.6$	20.0	$21.3\geqq m\geqq 18.8$	16.5	$17.3\geqq m\geqq 15.5$	18.8	$19.9\geqq m\geqq 17.6$
Ca 400mg%	9	14.6	$16.7\geqq m\geqq 12.6$	19.0	$20.1\geqq m\geqq 18.0$	15.4	$16.5\geqq m\geqq 14.2$	18.8	$20.0\geqq m\geqq 17.5$
Ca 600mg%	10	14.4	$15.6\geqq m\geqq 13.3$	18.3	$19.4\geqq m\geqq 17.2$	14.1	$15.4\geqq m\geqq 14.1$	17.2	$19.5\geqq m\geqq 14.8$
Ca 800mg%	8	14.9	$15.5\geqq m\geqq 14.4$	18.2	$19.7\geqq m\geqq 16.7$	14.0	$15.7\geqq m\geqq 12.2$	17.4	$19.6\geqq m\geqq 15.1$

6) 体重増加量と各測定値間の相関

A）象牙質形成量

体重増加量と，切歯象牙質形成量との相関々係は第8表に示した如く，各部位ともに相関は認められなかつた．

B）切歯及び大腿骨の計測値

第9表に示した如く，体重増加量と切歯の計測値の相関々係をみると近遠心径においては +0.3 程度の順相関があるが，唇舌径においては無相関であつた．また大腿骨においては長径の方は +0.5 であつて，かなりの順相関がみられるが，幅径は無相関であつた．

C）切歯及び大腿骨中 Ca, P の分析値

第10表に示した如く，体重増加量と切歯中の Ca においては +0.3 程度の順相関がみられたが，P においては有意の相関は得られなかつた．また大腿骨中 Ca の相関は +0.473 程度の順相関であり，P の相関は +0.371 程度の順相関であつた．

7) 以上各項目の実験成績について，各々の平均値の信頼度95%の信頼限界を求め，第11表，第12表，第13表にまとめて示した．

考 察

1) 硬組織生体染色法と象牙質形成量について

骨及び歯牙硬組織の発育過程の研究に，生体染色は合理的な方法として応用されているが，従来行われていた Arzarin, Trypanblau, Karmin などによる各種の色素を用いる方法は，色素の褪色，あるいは切片標本が鮮明を欠き，精細なる組織学的研究には不適当であつた．

Schour 及び Hoffman (1935)[22] は1～4%の弗化曹達 0.15～0.8cc を，ラッテ，天竺鼠，栗鼠，家兎，猫及び犬などに，48～96時間の間隔をおいて投与し，それらの歯牙象牙質に変質層を形成せしめ，これを基準として一定時間に形成された象牙質の幅を測定し，1日に形成された象牙質の厚さの増加量を算出した．

最近では岡田，三村（昭13）[23] は 0.1～1% の醋酸鉛溶液 1～2mg を動物の静脈に注射することにより，切歯象牙質発育線上に鉛の沈着線を生ずることを発表し，また岡田，三村[24] は骨においても骨層板及び Havers 氏層板に，歯牙におけると同様に鉛の沈着線を生ずることを証明している．これら岡田，三村の方法は前述した各種の色素に較べて，切片作製に伴う各種薬品の作用を受けて褪色することなく，明瞭なる生体染色線を施すことができる点において，前者より遙かに優れているようである．

前記 Schour 及び Hoffman はその実験結果について，各種動物の象牙質形成速度はいずれも1日およそ 16μ，限界は 15.2～16.9μ であると報告している．三村（昭13）[25] は大黒鼠，天竺鼠，家兎，幼弱なる仔犬及び仔猿に醋酸鉛注射による生体染色を施し，大黒鼠，天竺鼠及び家兎では下顎切歯の中央部における横断切片について，また犬及び猿では下顎切歯の歯頸部における横断切片について，一定時日間に形成された象牙質の厚さを測定し，その1日の形成速度を求めた結果を第14表の如く報じており，象牙質形成速度は各々の動物によつて異つており，同一の歯牙においてもその測定部位によつて測定値，すなわち形成速度は異るものであつて，Schour 及び Hoffman の唱える各種動物は各々同様の象牙質形成速度を有するという説には全く首肯し難いと発表している．三村の実験において，大黒鼠の場合の測定値をみると体重に較べて一般に測定値は小である．測定部位による値の変化についてみると，

舌側（18.6μ）＞遠心側（16.1μ）＞近心側（14.6μ）＞唇側（11.9μ）の順に形成速度が異つており，これを著者の行つた実験と較べてみると，

第14表　各種動物の象牙質形成速度[14]（三村による）

	大黒鼠	大竺鼠	家　兎	仔　犬	仔　猿
体　重	150g	500g	2.5kg	3.4kg	3.2kg
測定部位	1 中央部	1 中央部	1 中央部	2 歯頸部	2 歯頸部
脣　側	11.9	17.0	25.2	9.2	1.9
遠心側	16.1	15.0	33.3	7.4	2.4
近心側	14.6	14.6	23.2	7.3	2.6
舌　側	18.6	15.2	18.7	8.7	1.3

Ca-100mg%　遠心側＞舌側＞脣側＞近心側
Ca-200mg%　舌側＞遠心側＞脣側＞近心側
Ca-300mg%　遠心側＞舌側＞近心側＞脣側
Ca-400mg%　遠心側＞舌側＞近心側＞脣側
Ca-600mg%　遠心側＞舌側＞脣側＞近心側
Ca-800mg%　遠心側＞舌側＞脣側＞近心側

上記の傾向を綜合すれば，

遠心側（20.10μ）＞舌側（19.76μ）＞脣側（16.07μ）＞近心側（15.74μ）の順となり，各群の計測値の平均値はいずれの部位も三村の計測値よりも遙かに大である．これは飼料の影響によるものか，否かは断言し難い．以上の結果から各群ともに一般に切歯の発育は先ず遠心の方向に指向され，次いで舌側であり，近心側は発育が抑制されているようである．これは一般に齧歯類の歯牙は人類のそれと異り，歯牙は歯根の末端にある歯胚によりたえず新生され，歯牙は永久に成長をつづけ，一方切端部は咬合により磨耗し，消失するのであるが，一定の曲率を保つように遠心側の方がより多く成長するのであろう．

また横方向の発育をも検討しなければならない．切歯が横方向に発育することは白鼠の尾静脈に醋酸鉛溶液を注射すると切歯象牙質の歯髄に近い側の発育線上に鉛の沈着線を生ずるが，時日の経過に伴い，その日数だけ外側に向つて移動し20日，あるいはそれ以上の日時の経過により鉛線は脱落，消失する事実からみても横方向の発育を証明し得るのである．

布施及びその協力者[26]は象牙質の発育について i）質的発育と ii）量的発育とに区別し，質的要素とは象牙質における単位体積における（イ）石灰化の良否及び（ロ）構造との良否であり，量的要素については（イ）縦軌発育と（ロ）横軸発育に細別し，横軸発育を更に厚さと幅の増加に分類している．著者は岡田，三村[23]の生体染色法を用いて，白鼠切歯象牙質の形成量から Ca 含有量の異なる飼料投与による切歯象牙質の発育の相違を計測的見地からうかがつた．計測は切歯の横断法について行つたが，布施[27]は切歯横断切片による形成速度の測定は比較的便宜的な値であつて，むしろ縦断切片による方が正しい値を得られると批判しているが，横断切片法でも，第6図及び7図に示した如く，各群の差異を比較的明確に知ることができた．すなわち計測した部位により幾分相違があり，断定的にはいうことはできないが，計測値の大なる群の順に列記すると，次のようになる．

脣　側→Ca-200mg%, Ca-300mg%＞Ca-800mg%＞Ca-400mg%＞Ca-600mg%＞Ca-100mg%

遠心側→Ca-300mg%＞Ca-400mg%＞Ca-600mg%＞Ca-800mg%＞Ca-100mg%＞Ca-200mg%

近心側→Ca-300mg%＞Ca-400mg%＞Ca-600mg%＞Ca-800mg%＞Ca-200mg%＞Ca-100mg%

舌側→Ca-200mg%＞Ca-300mg%, Ca-400mg%＞Ca-100mg%＞Ca-800mg%＞Ca-600mg%

以上の結果から検討すると，計測部位により各群の最高値は同一ではないけれども，綜合的にみるならば，Ca-200mg%－Ca-300mg%－Ca-400mg% の範囲が最も象牙質形成量が大である点からみて，Ca 含有量 300mg%前後が最も歯牙の発育が大であるといえよう．

2）切歯及び大腿骨の計測値について

飼料中の Ca 含有量が異なる場合，その Ca 量に応じて動物の硬組織，特に切歯及び大腿骨の長さ及び幅などについて発育上如何なる影響を及ぼすかについて検討を試みた．

切歯の計測については，先人の文献にはないようである．したがつて切歯の計測は切歯のほぼ中央部において，近心，遠心径は Dial Guage（1/100mm）にて，また脣舌径は切歯の形態が彎曲しているため（副尺付）測微計にて計測した．大腿腿骨については岡田[28]の方法を用いて計測した．すなわち長径は腓側顆，大転子間の距離について（副尺付）測微計にて計測し，幅径は骨幹の最も細い部位の直径を Dial Gauge（1/100 mm）にて計測した．

切歯における実験成績は第8図に示した如く，近心，遠心径においては Ca-100mg%, Ca-200mg%は同一値であるが，次第にグラフは上昇を示し，Ca-300 mg%が最高値であり，漸次 Ca-400mg%, Ca-600mg %, Ca-800mg%は下降を示している．すなわち近心，遠心的発育は飼料中 Ca-300mg%含有の場合が最も良好であり，それ以上 Ca 量を増しても反対に発育は低下し，頭打ちの状態を示している．

また脣舌径においては Ca-300mg% が最低値であり，Ca-400mg% 以上の群は漸次上昇を示し，前者近

心，遠心径の場合と全く相反するグラフを示している．これらは1）項の象牙質形成量と比較してみると互に関連した傾向があることがうかがわれる．すなわち象牙質形成量においても全般的に遠心側が最も大である．すなわち切歯の発育は遠心方向が最も大であることからみても，2）の計測値と一致する．また齧歯類切歯の解剖学的植立状態及び構造からみても，切歯の発育は切端方向及び横軸的方向，特に遠心方行に行われ，近心側は2つの切歯が互に相接しているような位置的関係からみても近心方向の発育は抑制されていることがわかる，したがつて成長のさかんであるものほど彎曲は強く唇舌径は小さい値を示すことになる．

大腿骨における幅の計測値については第11図に示した如くであり，グラフについて観察すると Ca-100mg%，Ca-200mg%は上昇曲線を示し Ca-300mg%，Ca-400mg は同一値であつて，これをピークとして Ca-600mg%，Ca-800mg% の曲線は下降している．すなわち大腿骨の幅径の発育は Ca-300mg%，Ca-400mg%が最も良好であり，高 Ca になるにしたがい発育は抑制されて頭打ちの状態を示している．

大腿骨の長さについては Ca-100mg%が最大値であつて最も発育が良好であるが，Ca-200mg%以上は Ca 量の増加に伴い漸次計測値は減少を示している．

大体，動物の発育，生長を主とした実験的研究において，切歯象牙質形成量及び切歯，大腿骨の計測値から栄養学的に発育を検討した文献は少い．最近では岡田[28]は白鼠を用いて各種 Ca 塩類の投与実験を行い，速水[8,9]は各種 Ca 給源の生体内利用に関する実験において骨粉群と対照群について大腿骨及び脛骨の長さについて計測し，群間の差異を求めているが，切歯の計測は行つていない．Hammett[29] (1925) は骨発育の生物化学的研究において大腿骨の長さを計測し，生後年齢，雌雄別に区分して，相互間の差異を検討している．私の実験において，実験終了時の白鼠生後年齢を65日として，Hammett の成績と比較してみると，Hammett は雄鼠 27.0mm±0.24，雌鼠 26.1mm±1.7 と報告しており，著者の計測値，最低 24.5～最高 24.4 mm よりも，かなり大きい値を示しており，雄の方が雌よりも大きい値を示している．

また，切歯と大腿骨の発育について，その計測値から両者の間に関連性乃至は類似性について検討してみると，第8図，第11図のグラフにみられる如く，切歯については近遠心径においては，前述したように Ca-300mg%，次いで Ca-400mg% が最大値を示し，大腿骨については，その幅径において Ca-300mg%，Ca-400mg%が同一値であつて最大値であるところから，切歯の計測値と同様の傾向を示しているが，切歯の唇舌径と大腿骨の長径についてその傾向は異つていた．速水[30]は大腿骨の長径は体重に比例すると唱えているが，著者の実験においても体重増加量に対する大腿骨長径の相関は +0.5 であつてかなりの順相関が見られた．

3）切歯及び大腿骨における Ca

1650 年頃 Parey[32]は既に Calcium が肉体の機能中重要な役割をもつていることを知つていた．その後多数の学者，先人らにより研究されてきたが，Mitchell[33] etal は成人の身体を分析して全 Ca の99%が骨と歯牙に含まれていることを明かにし，Bessy King 及び Quinn (1935)[34]らは動物実験を行い，分析の結果を雄鼠では，身体総 Ca の 99.32±0.02%，雌鼠では 99.33±0.02%が骨格と歯牙に含まれていると報告している．以下 Ca を歯牙と大腿骨とに区別して詳述する．

（A） 切歯の Ca

歯牙の無機成分の分析は今日まで種々の方法が行われて来た．従来の簡単な分析法は歯牙を電気炉にて灰化して行われたので，水分と有機成分とを分離することなく，また，高熱のため無機質の構造的変化を生ずる欠点があつた．Gabriel (1894)[36]は乾燥器にて充分乾燥した歯牙を KOH を加えた Glycerin で処理して有機物を除去する方法を考案したが，最近では Glycelin の代りに Ethylen Glycol を用いて有機質を除去しているようであり[37]この方法にて分析すれば高熱による無機成分の構造的変化をさけることができるといつている．

著者は，実験目的が全歯牙中に含まれている Ca と，大腿骨の Ca とを比較する関係上，歯牙を殊更に琺瑯質，象牙質に分離しなかつた．また分析については歯歯牙を予め秤量したる後，通常行われているように電気炉にて灰化し，定量分析を行つた．

1799 年に Hatchett[11]は歯牙を分析した結果，歯牙も骨と同様に主として燐酸 Calcium と炭酸 Calcium から成立つていることを証明した．

第15表　歯牙の無機成分[38]
（Leicester による）

	Ca(%)	P(%)	Ca/P
琺瑯質	36	17	2.12
象牙質	27	13	2.08

その後歯牙の無機成分について幾多の学者により分析が行われているが，人類の歯牙の分析値は研究者に

より多少異るが，Leicester [38] はこれら多くの人々の実験成績を第15表の如くまとめている．

また，種々の動物の歯牙について多くの分析が報告されており，動物の歯牙と人類の歯牙との比較がなされている．Leicester は一般に人類の歯牙は，動物の歯牙よりも完全に石灰化しているようであるといつている．このことは反芻動物 (Weber, 1932) や犬 (König, 1932 ; Logan, 1935 ; Bremer, 1939) の歯牙の ca 含有量が少いことについて証明している．また，Bremer (1939) は犬についてその歯牙の高い有機量を指摘し，Murray (1936) は家兎，野兎，モルモット，馬の歯牙が特に Mg 値が高く，特に象の牙は最も高い Mg 値を示すことを報告している [38]．白鼠の歯牙の分析は，松田 [14] (1927)，Smith 及び Lantz (1933)，Murray [15] (1936) らによつて行われている．彼等は白鼠の切歯について，残存無機質，Ca, P, Mg について分析しているが，松田は最もよく調査を行つていて，生後年齢 23日〜150 日までの白鼠を，生後年齢別に 7 群に分類して発育実験を行い，上顎と下顎の切歯の相違点について，一般に下顎切歯の方が，残存無機成分，Ca, P, Mg 値は大であり，いずれの場合でも切歯のたどる変化は並行していた，また，それらの成分は生後日数に応じて増加を示したと報告している．(第16表参照)

第16表　Mean Observed Amount of Ca, P in Incisor Teeth of Age [14]
(松田による)

Age	Ca		P		Ca/P	
	Uper	Lower	Uper	Lower	Uper	Lower
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
23	3.02	3.42	1.76	1.96	1.72	1.74
30	4.75	5.31	2.67	2.94	1.78	1.81
50	8.77	8.96	5.09	4.93	1.72	1.82
65	11.39	11.75	6.85	6.85	1.66	1.72
75	12.77	13.40	7.17	7.23	1.78	1.85
100	15.46	15.39	9.06	8.92	1.71	1.73
150	19.89	20.59	11.09	11.58	1.79	1.78

彼の実験における生後年齢65日 (著者の実験期間は15日であり，生後 50 日前後の白鼠を用いた.) の下顎切歯の Ca 量は 11.75mg であり，著者の実験において最高値を示した Ca-300mg%の平均 11.37mg とはかなり相違があり，P 量においても，松田は 6.85mg を記録し，著者の 6.29mg より遙かに高い値を示している．これら分析値の相違は実験飼料によるものか，あるいは動物の個体差によるものであろうと考えられる．

著者の飼料中の Ca 量の変化が，白鼠切歯の Ca 沈着に与える影響について実験を行つたものであるが，実験結果は第 9 図に示した通り，飼料中の Ca 含有率が 0.287% である Ca-300mg% までは，飼料中の Ca 含有率の増加にしたがつて切歯への Ca 沈着は増加を示し，また，Ca-400mg% (Ca 含有率 0.405%) も，前者 Ca-300mg%に較べると幾分沈着量は下廻つているが，ほぼ同一の沈着程度であつた．しかしそれ以上の群はいずれも，飼料中 Ca 含有率は増加しても切歯の Ca 沈着量は増加せず低調であつた．

Ca の影響に関しては，古く 1916 年に Gies 及び Perlzweig [39] は食餌中の Ca 不足はクル病特有の骨変化と同様に，動物切歯の弱化を来たすことを報告し，Toverud [40] (1923) は低 Ca 飼料は白鼠切歯の全灰分，Ca, P の低下を招来することを唱えている．著者の実験における Ca-100mg%は飼料中 Ca 量は 0.096 %であつて至適 Ca 量からみれば，遙かに含有率は低いが，上記の Gies 及び Perlzwieg, Toverud らのいう激しい変化はみられなかつた．しかしこれらは飼料中の Vitamin D (以下 V. D と省略) の存否が大きな影響をもつているようであり，Leicester 及びその他多数の学者は V. D が存在すると Ca 及び P の摂取量が低くても，その不足を補うものであることを強調しており，著者は各群の飼料に V. D 源として，大豆油 100g に対しチョコラ D 液を 9000 I.U. 添加したものを，毎日 1〜2 滴与えたため，上記の如き不足な Ca 量にもかかわらず左程発育上の障害及び歯牙への悪影響もみられなかつたものと思われる．しかしながら歯牙における栄養学的，病理学的の根本概念として，上記の Ca 不足の場合に起るクル病性変化は，形成時の歯牙にのみみられるものであつて，既に完成してしまつた歯牙では，その後の全身の metabolic な影響によつて，一度沈着した歯の Ca 塩が再び回収されるというようなことは起らないと Lund 及び Armstrong [41] は強調している．

Clarke 及び Smith [42] (1935) は飼料中から無機塩だけを完全に除いて白鼠を飼育し，その切歯の発育をしらべて，切歯の発育速度は減少を示し，無機物の含有量も著しく減少し，6〜12週間後に白鼠の骨は著しく変化し，全無機物の減失を示したが，歯牙は実験の終りにおいてさえ無機塩の少量を残存していたと報告している．以上のように12週後でさえもわずかながら，ともかく無機塩が残されるところからみると骨を犠牲にして歯を保護する現象が起るものと結論している．

Arnim, Clarke, Anderson 及び Smith [43] (1936) らは前記 Clarke 及び Smith の実験について，歯牙を組織学的にしらべたら，象牙質においては非常に不規則で，不完全であつたという．また，このような飼料の後に，再び無機塩の量あ正常に戻すと，骨は完全に恢復したが，歯牙に起きた変化は恢復せず，不規則な構造の象牙質はその儘残存するが，その下によく石灰化された第二次象牙質を形成するといつている．これらの研究の栄養上の Stress の点において，歯牙と骨との根本的相違を示しており，そしてこの相違は骨が塩分の再吸収と再沈着が可能であるという事実によるものであり，また，歯牙においてはそのようなことは起りにくいのであると Leicester はいつている．このようなことからみると歯牙と骨の形成の機序が全く違つているように思われる．

一般に歯牙は，それが形成される時期の体液の性状によつて非常に影響をうける．したがつて不良な食餌，その他の条件によつて体液の生状が変化すると形成時の歯牙は必ずその影響を蒙り，障害を残すといわれている．このように形成時の歯牙は Kymograph にたとえられる程全身の Metabolic な影響を鋭敏に反映するのである．しかし歯牙は一旦形成が完了すると逆に最も Metabolic な影響を受け難い器官に変るといわれ，この点 Ca が何時でも必要に応じ動員されるとされている骨とは全く異なり，歯牙では一度沈着した Ca は動員されることがないという[63]．Sherman [44] は歯牙は骨に較べて非常に遅い代謝を行うといい，また，骨の Ca は栄養的予備として役立つが歯牙の Ca は役立たないといつている．しかし齧歯類の切歯は，人類の歯牙と異なる点は，歯根の末端にある歯胚によつて歯は絶えず生長し，発育が行われるのであるから，その動物の全生存期間中の条件の変化が生長しつづける歯牙に生じた変化によつて示されることになるわけである．

以上のように白鼠切歯の生態からみれば，飼料による影響はただちに切歯に鋭敏に反映するものであることは，前記先人らの研究により充分に立証されているのであるが，著者の実験では飼料中の Ca 量を種々に数段階に変えた場合，飼料中の Ca 量の摂取が少いと，それに応じて歯牙への Ca 沈着は明らかに減少を示していたが，飼料中 Ca 量を増すと次第に切歯への沈着は明らかに増加を示し，また，飼料中 Ca 量が 0.405%以上は飼料中 Ca 量を増しても，切歯への Ca 沈着は左程増加を示さず，飼料中 Ca 量が 0.578%は沈着量は幾分減少し，頭打ちの状態を示し，飼料中 Ca が 0.798%では，沈着量は最も低調であつた．以上の結果からみて，飼料中 Ca 含有量が 0.213%〜0.578%の程度が，切歯への Ca 沈着はほぼ一定しており，就中，0.287%及び 0.404%の場合が最も良好であつた．

B）大腿骨の Ca

飼料中 Ca 含有量と白鼠の体内に沈着する Ca 量との関係については，Sherman, Booher; [1] Sherman, Campbell; [2] Whitcher, Booher, Sherman; [3] Toepfer, Sherman; [4] Cox, Imboden. [5] Landford, Sherman; [6] Duyne, Landford, Toepfer, Sherman; [7] 速水 [8] などの報告がある．これらの実験成績を綜合的にみると，飼料中の Ca 含有率が 0.2% [6,8] 位が白鼠における至適域の最低であつて，Ca 含有率を次第に増加すると，発育，補乳，生活力，死亡率などの見地からよい結果が得られた．また体内に沈着する Ca 量もそれにしたがつて増加するが，Whitcher ら (1936) は飼料中 Ca 含有率 0.53%が以上になつても，左程体内に沈着する Ca 量は増さないと述べ，Cox, Imboden (1936) は飼料中の Ca 含有率 0.49%，Toepfer, Sherman (1936) は 0.64%の程度が最もよい成績であつたと報告している．また Cox, Imboden はまた，Ca 含有量を 0.8%に増した場合でも大した影響は認められなかつたが，更に増加して 2.45%にすると，Ca/P の如何にかかわらずその結果は不良であつたと述べている．Sherman, Booher (1931) は粉乳の比率を増減し，乳酸 Ca を添加して，飼料中 Ca 量を 0.16%，0.21%，0.32%，0.50%の飼料で白鼠を飼育したところ，体内に沈着する Ca 量は飼料中の Ca 含有量の増加に伴つて大となることを報じている．速水は白鼠を用いて Ca の含有量がそれぞれ 0.158%，0.259%，0.318%，0.592%，0.974%と段階的に増加する飼料で実験を行い，Ca の骨への沈着及び Ca 利用率を比較検討し，飼料中 Ca 含有率 0.158%は明らかに不足であり，したがつて骨への沈着はあまり良好ではなく，総体的に飼料中 Ca 含有率が多くなる程，動物の成長，骨の発育，骨への Ca 沈着は良好であるが，0.6%以上になると必ずしも，Ca 量に応じて増加せず，1.0%以上になるとむしろ良好ではない．飼料中 Ca 含有率の至適域の上の限界は 1.0%までであり，また至適域の最低は 0.2%程度と思われ，全体的に骨への Ca 沈着という点からみると飼料中 Ca 0.2〜1.0%が，大体用い得る限界であり，特に 0.6%前後が最もよい結果が得られると報告しており，大西 [45] は米と脱脂蛹を主とした飼料に Ca を $CaCO_3$ として含有量を種々に変えて白鼠に与え，化骨への影響をみたら，Ca の適量は 0.5〜1.0%がよく，0.75%のときが最良

の化骨が得られたと報告している．

先人による研究報告によると，飼料中の Ca 含有量と動物体内の Ca 沈着量との関係及びその至適値についての各人の共通した見解は飼料中 Ca 含有率 0.2%[6,8] あたりが至適域の最低であり，0.49%[5] ～0.53%[3] ～0.6%[8] ～0.64%[4] 程度が至適域の最上であろうといわれている．これらの率からみると著者の用いた最低量0.096%は明らかに不足のようでありYoumans[46]は Ca が不足な飼料で動物を飼育すれば，その不足の程度によつて，発育の障害が認められ，骨格は薄弱で，その灰分含有率も Ca 含有量も正常値に達しないと報告しており，Boelter, Grenberg[47] ら (1941) は Ca 含有率 0.01%の低 Ca 飼料を白鼠に与えて，それらに Ca 欠乏症状を惹起せしめた結果，発育の低下，活動力及び感受性の減退，血清中の Ca 濃度の減少，骨においては極度の脱灰を来したと記載している．著者の実験においては低 Ca の場合の Ca 含有率は 0.096%であるが，上述のような Ca 欠乏症状はみられなかつたが，体重増加も良好でなく，骨への Ca の沈着量からみても 26.92mg で，最低であつた．第12図のグラフにみられる如く，大腿骨中の全 Ca 量の平均は，飼料中 Ca 含有率が 0.096%の群が最低であり，0.287% をピークとして，それ以上に飼料中 Ca 含有量が増加すると骨への Ca 沈着は次第に減少の様相を呈して曲線は下降している．すなわち飼料中 Ca 含有率が 0.287%の場合が骨への Ca 沈着及び発育などの点において最も良好な結果を示したのであるが，前述した諸文献の成績に較べると，著者の成績は遙かに低い値を示している．また速水及び二，三の報告は飼料中の Ca の一定限度以上は飼料中の Ca 量を如何に増しても骨への沈着は決して増さないことを強調している．Whitcher らの成績では飼料中のPの含有率を 0.42～0.43% とし，Ca 含有率を 0.53%，0.70%，0.84%，1.04%と増加実験を行つたら Ca の沈着に著明な差を見出せなかつたが，Pの含有量を増して0.73%にして Ca 含有量を増すと，極めてわずかながら Ca の沈着量も増したという．著者の場合においては Whitcher の報告などと一致した傾向を見出すことができるのであつて，結局大腿骨への Ca 沈着は飼料中の Ca 含有率が 0.287% の前後すなわち 300mg% あたりが最もよい結果が得られるようである．

4) 切歯及び大腿骨におけるP量並びに飼料中の Ca とP比の影響

既に McCollun や Sherman 以来，多くの学者によつて認められている如く，飼料中 Ca 量が動物の発育に及ぼす影響乃至は硬組織への沈着などの見地から検討するならば，単に Ca の至適量の摂取のみならず，Ca に関連してPの含有量の多寡が大きな意義を有し，且つまた無機物質中特に Ca とPの代謝障害が，歯牙や骨の発育に大きな影響を及ぼすといわれている．したがつて Ca とPの比率が今日まで久しく問題となつている．

著者の実験において切歯中のP量は（第10図参照）Ca-100mg%から Ca-600mg% までは，Ca300mg%の群が最高値を示した他は，左程変化がなく，Ca-800mg%が最低値であつた．また大腿骨中のP量においても（第13図参照）Ca-100mg% と Ca-800mg% が最低であつて．Ca-300mg% の群が最高値を示した．以上の結果からみて切歯と大腿骨はほぼ一致した傾向を示しており，Pの切歯及び大腿骨への沈着量は両者共に Ca-300mg%群が最も大である結果を示している．

次に各群別に，特に飼料中の Ca に対するPの比率をも考慮に入れて，各群の傾向について検討しよう．しかしながら，飼料中の Ca とPの含有量乃至は Ca/P の比率（第4表参照）の点から上記の成績をみるならば，著者の用いた飼料は Ca/P の比率は最低 0.26～最高 1.10 であつて，実験の重点を Ca 摂取量においたため，その比率の変化の範囲は狭く，先人の研究にみられるような著明な変化をみることができなかつた．

Ca-100mg% の群においては発育は最も低調であつた．飼料中のP量 0.372，Ca/P 0.26 であつて明らかに低 Ca，高Pの状態であつた．正木[48]はパンとうどん粉を主成分とし，V. A, V. D を除いた低 Ca，高P飼料を白鼠に与えたら，歯牙においては高度の形成障害と石灰化不全を来したと報告しており，V. A, V. D の添加が必要であると結論している．著者の実験においては各群の飼料には V. A, V. D を添加しているため，歯牙においても正木氏の実験のような激しいクル病性変化をみなかつたが，P沈着量は 6.19mg であつて低調であつた．また，大腿骨のP沈着量も 13.86mg であつて，各群に較べて最低値であり，明らかに沈着量の減少を認めた．P欠乏の実験的研究は古く先人により多くの報告があり，1918年 Osborn 及び Mendel はP含有量の少い飼料で，白鼠について成長実験を行つており[49]，1921 年 Sherman 及び Pappenheimer[50]は白鼠に 0.08% のPを含む飼料を与えてクル病を惹起せしめたことを報告し，飼料中の Ca とPの比率の重要性を強調している．また Day 及び McCollum (1938) はわずか 0.015% の低P飼料で白鼠を飼育したら 2～4 週間は徐々に成長したが，次第に衰弱して 7～9 週後斃死したと報じている[51]．McCollum et al[52] は Ca : P を 1 : 6 (Ca/P 0.17), 或いは 6 : 1 (Ca/P 6.0) に変化すると実験的クル病を起したと記載しており, Bethke, Kick 及び Wilder[53] (1932) は鼠の成長と骨形成について Ca/P の比率が 0.25 になると発育は低下し, 大腿骨の灰分量は軽度の減少を示したと報告している. 著者の場合は, Ca-100mg% 群における Ca/P の比率 0.26 は McCollum et al のあげている比率のように甚だしいものでないから, 他の群に較べて軽度の発育不良, Ca, P の沈着量の減少を来した外は著明な病的変化を認めなかつた.

Ca-100mg% の群においては飼料中P量 0.425%, Ca/P 0.50 であつて, 前者に較べて Ca/P の比はかなり増加しているが, 切歯におけるPの沈着量は 6.19 mg であつて何等著明な変化を示していない. また, 大腿骨においては 14.51mg であり, 前者よりもかなり増加を示している.

Ca-300mg% の群においては切歯のP沈着量は 6.29 mg であつて, 前二者に較べてわずかながら増加を示し, 各群中最大値であつた. 大腿骨においても前二者よりわずかに増加を示し, 14.98mg の沈着量であつた. この群の飼料中P量は 0.464%, Ca/P 0.63 であるが, 動物の成長, 体重の増加及びその他の実験成績からみて, 比較的良好であり, Ca/P の比からみても適当な比率であると思われる.

Ca-400mg% の群においては飼料中P量 0.515%, Ca/P 0.78 であつて飼料の条件からみても前者より飼料中P含有量は増加しているにもかかわらず, 切歯及び大腿骨へのPの沈着は前者に比しわずかであるが低下を示し, 前者 Ca-300mg%の群についで良好である.

Ca-600mg%の群においては, 飼料中P量 0.612%, Ca/P 0.94 であつて, 切歯におけるP沈着量は 6.20mg であつて, 前者 Ca 400mg%の群よりもP量は低下を示しており, 大腿骨においてもP沈着量は 14.84mg であり, 前者に較べると差はきわめてわずかであるが少い.

Ca-800mg% の群においては, 飼料中 Ca 及びP量 0.798%及び 0.725%, Ca/P 1.10 であり, 切歯のP沈着量は 5.87mg であつて, 他の群に較べて最低であつた. 大腿骨におけるP量は 14.60mg で, 前者 Ca-600mg%群に較べて明らかに沈着量の低下を示した.

以上の如く各群別に切歯及び大腿骨中のPの沈着量, ならびに飼料中の Ca/P の比について述べた. しかしながら著者の用いた飼料中のP量は最低 0.372%〜最高 0.725%であつて, Pの影響をみる実験としては量的変化の幅が狭いため, Pの影響による著明な変動はみられなかつた.

各群の飼料中P含有率は夫々 0.372, 0.425, 0.464, 0.515, 0.612, 0.725%であり, Ca の場合と同様にP含有率は階段的に増加しており, 既に述べた Ca の実験結果は, 動物の切歯及び大腿骨への沈着はある程度まではその摂取量に比して増加するけれども, 一定限度以上は沈着量が次第に減少するのと同様にPにおいてもこれらの傾向がみられた. すなわち切歯におけるPの沈着の傾向としてみられるのは, Ca-100mg% 群 (飼量中P 0.372%, Ca/P 0.26), Ca 200mg%群 (P 0.425% Ca/P 0.50) Ca-300mg%群 (P 0.464%, Ca/P 0.63) までは飼料中P量の増加に伴つて切歯へのPの沈着は漸次増加を示しているが, Ca-400mg% 群 (P 0.515%, Ca/P 0.78), Ca-600mg%群 (P 0.612%, Ca/P 0.94) のP沈着量は頭打ちの状態にて減少を示しており, Ca-800mg%群 (P 0.725. Ca/P 1.10) は前者より更に沈着率が減少を示している.

大腿骨におけるPの沈着の傾向は Ca-300mg%群までの各群は飼料中P量の増加に伴つて骨へのP沈着も漸次増加し, Ca-300mg% 群は最高を示し, Ca-400, 600,800mg% の群のP沈着は横ばいの状態にて幾分減少を示している. しかしながら以上の傾向は, 飼料中のPとともに Ca との相互関係, すなわち Ca/P の比率を考慮する必要があると思う.

Ca/P の比率について, 古く McCollum[52] は Ca : P の至適値は 1 : 0.67 (Ca/P 1.49) であり, この場合が最も石灰化が良好であると提唱している. Cox, Imboden[5] は Ca 摂取量の増加に伴つて Ca/P の比率の至適値も増加するといい, Ca 含有量を種々に変えた場合, の至適 Ca/P の比率を発表した. (第17表)

第 1 7 表

Ca 含有量 (%)	0.245	0.490	0.735	1.225
至 適 Ca/P	0.33	1.0	1.5	1.66

(Cox, Imboden による)

第17表からみると Ca 含有量 0.245mg の時 Ca/P 比率が 0.33 であつて, 著者の実験における Ca 含有量が 0.213mg, Ca/P 比率 0.50 に比較すると割合低い Ca/P 比率であるが, Ca 含有量 0.490mmg 以上の場合は比率の増加は非常に大であり, 著者の実験値より遙かに大きく上廻つている. 正木[48]は McCollum の Ca/P 比率を異常にした飼料で白鼠を飼育すると, いずれの場合でも琺瑯質, 象牙質, 顎骨の石灰化不全, 形成障害をきたし骨においてもクル病性変化, 骨萎縮を惹起する. この際 Ca よりPを多くすると, その反対の場合よりも激しい症状を呈すると報告してい

る．しかしながら著者の実験における Ca 量に対する P量は全般的に低 Ca, 高Pの状態であるにも拘らず，正木の実験の場合の如き症状はみられなかつた．

大体歯牙の構造と組成が Ca 及びPの摂取量の減少によつて影響されることは，古くより多くの研究により明らかなる事実であるが，歯牙はそのような Ca やPの欠乏に対して，骨におけるよりも鋭敏でないといわれている．その事実を裏付けるものとして Ca やPの摂取量が少い場合，骨には重篤なクル病性変化を引き起すが，歯牙には単に軽い変化を呈するに過ぎないことを，多くの研究者が報告している[60]．(Templin Steenbock, 1933; Gaunt, Iruing, 及び Thompson, 1939; Gaunt 及び Iruing, 1939, 1940; Lund 及び Armstrong, 1942 a, 1942 b; Smith, 及び Light, 1945.)

Leicester はこれら Ca やPの不足を補うものとして V. D 及び飼料中の Ca/P の比は重要なる影響を有していることを強調している．Ca とPの比率の影響について，Downs[54] (1932) は Ca とPが極くわずか不足する場合に Ca : P が 1.0 : 0.5 (Ca/P 2.0) から，0.5 : 1.0 (Ca/P 0.5) に変えた場合，歯牙の構造が次第に強く障害されることが観察している．Karshan[55,56] (1930, 1933), Karshan 及び Rosebury[57] (1933) は比較的 Ca が多くPの少い飼料による白鼠の影響は，骨では重篤なクル病性変化を来すが，切歯においては灰分，Ca, P の減少を示さず，また組織学的差異も見出せなかつたが，Ca が少くPの多い飼料では歯牙の形成障害が起るという．Karshan[58] (1931), Rosebury 及び Karshan[59] (1932) は Ca とPの両方共 Ca/P の比が低い場合，または Ca が低く，Pが高い飼料では切歯の灰分，Ca, P が約10%減少し，また強い組織学的変化をきたした．またこれらの飼料は骨の無機成分の約 30% の損失を引き起したが，飼料に Ca を再び添加すると，切歯，骨ともに正常に恢復したと報告している．Gaunt, Irving[60] (1940) は Ca/P の比が 4.0 の時がよりよい歯牙が形成されるが Ca/P の比率が 0.5 になると悪くなり，また，Ca/P の比率が 1.0 の時には，その比が 4.0 と 0.5 の時の中間位の石灰化程度を示した．しかし骨における影響は全く反対であつたと報告している．Irving[62] (1949) は Ca 代謝を障害するものについて Ca : P の低い飼料の影響は，象牙質内に著明な障害を来すが，琺瑯質には殆ど影響はなかつたが，Ca : P の比が高い飼料はエナメル芽細胞の短縮と母組織 (matrix) 形成の減退を来すと報告している．

骨に及ぼす影響について Shol 及び Wohlbach[61] (1936) は Ca/P の比が化骨に及ぼす影響について，飼料中 Ca が絶対量においては適量であつも，Ca/P の比が低いと骨の代謝が悪く，骨灰分が減少し，また Ca/P の比が特に高い時も悪影響を及ぼすといつている．また Bethke, Kick 及び Wilder[53] (1932) は鼠の成長と骨形成には Ca/P が 2.0～1.0 の時が最も良好であり，Ca/P の比が大になるにしたがつて V. D の要求量も増し，Ca/P の比が 0.25 になると発育は低下し，大腿骨の灰分量は軽度の減少を示したと報告している．

Whitcher, Booher, Sherman[3] (1936) は飼料中のP量を 0.42～0.43% とし，Ca 量を 0.53, 0.70, 0,84, 1.04%と増しても Ca の沈着には増加は認められなかつたが，P量を 0.73% に上げると Ca 量を増すにしたがつて極めてわずかであるが，Ca の沈着量も増したという．これはP量を増したことにより過大であつた Ca/P の比率が是正されて Ca 含有量に対するその至適値に近くなつたためと考えられ，Ca/P の比率が高すぎると Ca 沈着が悪くなことを証明しているわけである．

以上の先人による報告を要約すると，飼料中の Ca とPの濃度が低いと，骨は重圧なクル病性変化を招来するが，歯牙ではそれ程激しい障害を蒙らない．また歯牙は Ca が多くPの少い飼料からうける障害より，Ca が少くPが多いか，またはPも少い時の方が多くの弊害を被るという説が多い．また Leicester[60] は前記の事項について，飼料中のP量の変動は Ca 量の変動程決定的ではない，とつけ加ているところからみても，あくまでも Ca の摂取量が絶対的であつて，重要であり，Ca/P の比率の不均衡からくる害は，ある程度は V. D を補給することにより解決されるようである．

比率について Cox, Imboden[5] は普通程度の Ca 摂取量ならば，1 : 1 か，あるいはいずれか一方が，他の2倍程度ならば大して差支えなく，また比率が著しく偏る場合の悪影響は Ca が多すぎる場合の方が大であると，大幅な見解をとつていて，前記先人らの見解といささか異つた見方をしているようである．

以上先人による研究報告にもとづいて著者の実験を検討すると，切歯及び大腿骨へのPの沈着率からみて，Ca-300mg～400mg～600mg% 群，あたりが最も発育がよく，切歯，大腿骨へのP沈着の成績からみても良好であり，それらの群の飼料中の Ca/P の比率から検討して，最低 0.63～最高 0.94 であつて，McCollum のいう至適比率 1 : 0.67 (Ca/P 1.49) 及び Cox, Imboden の至適比率 (第17表) に比較すれ

ば少しく低い比率を示しているが，その他の実験成績からみるとき決して悪条件の比率とはいえないようである．しかしながら，高 Ca，低Pの場合が，低 Ca，高Pの時よりも，歯牙形成，大腿骨の石灰化がよいという先人の報告とは一致しないようであるが，Leicester の提唱している如く，実用的には飼料中のPの変動は左程考慮する要なく，Ca 摂取量が重要であつて，Ca/P からくる弊害は V. D の補給によりかなりの程度まで解決されるということの現われであろうと考える．

要 約

生後50日位の白鼠を用い，Ca 含有量がそれぞれ 0.096，0.213，0.288，0.404，0.578 及び 0.798%と段階的に増加する飼料にて飼育し，Ca 摂取量と白鼠切歯及び大腿骨の硬組織の成長との関係について，分析及び計測を行い，また切歯については岡田の醋酸鉛生体染色法を用いて象牙質形成量から比較検討し，次の如き知見を得た．

1) 白鼠の体重増加量，切歯，大腿骨の計測値及び切歯，大腿骨における Ca 沈着状態からみると，飼料中 Ca 量が多くなるにしたがつて切歯，大腿骨の分析値及び測定値は増加する．しかし Ca 量が 0.404%以上は Ca 量を増しても分析値及び測定値は増加せず，むしろ発育は低下する傾向のようにみられた．

2) 飼料中 Ca 量は 0.096%は明らかに不足であり，0.798%は余り良好ではなく，Ca 含有率が 0.288%のときが最も良好であり，0.3〜0.4%程度が最も歯牙，大腿骨への Ca 沈着及び発育の点において良好であると思われた．

3) 象牙質形成量は Ca 300mg% のとき最高であつた．またその形成量は次に示すように計測部位によつて異り，遠心側が最も大である．

各計測部位における1日の形成量（μ）

計測部位	唇 側	遠心側	近心側	舌 側
形成量	15.2	20.0	16.5	18.8

擱筆に際し，終始御懇篤なる御指導，御校閲を賜つた石崎有信教授に深謝し．御援助を戴いた三根助教授及び高野博士，教室員諸氏に感謝の意を表す．

参 考 文 献

1) **Sherman, H. C. & Booher, L. E.** : J. Biol. Chem., **93**, 93 (1931). 2) **Sherman, H. C. & Compbell, H. L.** : J. Nutr., **10**, 363 (1935). 3) **Whitcher, L. B., Booher, L. E. & Sherman, H. C.** : J. Biol. Chem., **115**, 679 (1936). 4) **Toepfer, E. W. & Sherman, H. C.** : J. Biol. Chem., **115**, 685 (1936). 5) **Cox, W. M. & Imboden, M.** : J. Nutr., **11**, 147 (1936). 6) **Landford, C. S. & Sherman, H. C.** : J. Biol. Chem., **126**, 381 (1938). 7) **Van Duyne, F. O., Landford, C. S., Toepfer, E. W. & Sherman, H. C.** : J. Nutr., **21**, 221 (1941). 8) **速水 泱** : 栄養誌, 8, 179 (1950). 9) **速水 泱** : 栄養誌, 8, 149 (1950). 10) **Leicester, H. M.** : Biochem. of the Teeth, Mosby Co., St. Louis, 1949. 11) Leicester, H. M. (10) P. 45 による. 12) Leicester, H. M. (10), P. 18 による. 13) Leicester, H. M. (10) P. 24 による. 14) **松田篤身** : J. Biol. Chem., **71**, 437 (1926〜27). 15) Leicester, H. M. (10) P. 27 による. 16) **資源協会編** : 日本食品標準成分表, 第一出版, 1954. 17) **Hubbell, Mendel, Wakeman** : Prac. Physiol. Chem., **13** Ed., P. 1375, The Brakiston CO. Inc., New York. 18) **小山篤修** : 動物実験手技, 協同医書出版, 1955. 19) **岡田正弘** : 日本薬物学雑誌, **25**, 122 (1938). 20) **永原太郎** : 食糧分析, 108頁, 雄山閣, (1948). 21) **Fiske, C. H. & Subbarow, Y.** : J. Biol. Chem., **66**, 375 (1925). 22) **Schour, B. S. & Hoffman, M. M.** : J. Dent. Res., **XV**, Nos. 3 & 4, June−August (1935). 23) **岡田正弘・三村 二** : 日本薬物誌, **25**, 122 (1938). 24) **岡田正弘・三村 二**: 第14回日本薬理学会記事, 73 (1940). 25) **三村 二** : 口腔病会誌, **12**, 371 (1938). 26) **布施貞夫・原 篤男・臼田武徳** : 日口腔科会誌, **6**, 406 (1957). 27) **布施貞夫・松田 登** : 歯界展望, **15**, 863 (1958). 28) **岡田正弘** : 国民栄養の基準に関する研究, 115, 第一出版, 1954. 29) **Hammett, F. S.** : J. Biol. Chem., **64**, 409 (1925). 30) **速水 泱・吉村喜久子・池内賢江** : 栄養誌, 8, 1 (1925). 31) **McCollum, E. V.** : 栄養新説, 朝倉書店, (1941). 32) McCollum, E. V (31) P. 169 による. 33) **Mitchell, H. H., Hamilton, T. S., Steggerda, F. R. & Bean, H. W.** : J. Biol. Chem., **158**, 625

(1945). 34) **Bessy, O. A., King, C. G., Quinn, E. J. & Sherman, H. C. :** J. Biol. Chem., **111**, 115 (1935). 35) **荒谷真平 :** 口腔生化学, (1954) 永末書店. 36) 荒谷真平 (35) P. 88 による. 37) 荒谷真平 (35) P. 88 による. 38) Leicester, H. M. (10) P. 20〜29による. 39) 荒谷真平 (35) P. 117 による. 40) **Toverud, G. :** J. Biol. Chem., **58**, 583 (1923). 41) 荒谷真平 (35) P. 117 による. 42) Leicester, H. M. (10) P. 150 による. 43) Leicester, H. M. (10) P. 150 による. 44) **Sherman, H. C. :** Ca and P in food and nutrition. 2nd ed., New York, 1948. 45) **大西延治 :** 栄養と食糧, **9**, 86 (1956). 46) **Youmans, J. B. :** J. Amer. Med, Assoc., **143**, 1252 (1950). 47) **Boelter, M. D. D. & Greanberg, D. M. :** J. Nutr., **21**, 61 (1941). 48) **正木 正 :** 歯科学報, **36**, 1007, 1127 (1931). 49) MaCollum, E. V. (49) P. 173 による. 50) **Sherman, H. C., Pappenheimer, A. M. :** J. Exp. Med., **34**, 189 (1921). 51) McCollum, E. V. (49) P. 173 による. 52) **McCollum, E. V., Simmonds, N., Parsons, H. T., Shyrley, P. G., Park, E. A. :** J. Biol. Chem. **45**, 333 (1920). 53) **Bethke, R. M., Kick, C. H. & Wilder, W. :** J. Biol. Chem., **98**, 389 (1932). 54) **Downs, W. G. :** J. Dent. Res., **12**, 363 (1932). 55) **Karshan, M. :** J. Dent. Res., **10**, 263 (1930). 56) **Karshan, M. :** J. Dent. Res., **13**, 301 (1933). 57) **Karshan, M., Rosebury, T. :** J. Dent. Res., **13**, 305 (1933). 58) **Karshan, M. :** J. Dent. Res., **11**, 64 (1931). 59) **Rosebury, T. & Karshan, M. :** J. Dent. Res., **11**, 137 (1931). 60) Leicester, H. M. (10) P. 151 による. 61) **Shol, A. T. & Wohlbach, S. B. :** J. Nutr., **11**, 275 (1936). 62) **Irving, J. T. :** J. Dent. Res. **28**, 17 (1949). 63) 荒谷真平 (35) P. 127 による.

Abstract

The relation between Ca intake and development of hard tissue, that is incisor and femur, was studied through chemical analysis, measurement and formation of dentine by Okada's Pb acetate vital staining method in especially incisor, using about fifty day old albino rats, which were fed with diet each Ca intake of level of 0.096, 0.213, 0.288, 0.404, 0.578 and 0.798mg%.

The results obtained are as follows :

1) That the conservation of Ca deposition. shows. The values of analysis and measurement in incisor and femur increase with the increase of Ca content of diet However, when Ca content is over 0.404mg% they do not increase even if Ca intake israised and growth is rather inclined to decrease.

2) Diet of 0.288mg% Ca content brings about best development and deposition of Ca in teeth and femur, that of 0.798mg% Ca content does not show so good results and that of 0.096mg% Ca content proves to be insufficient.

Erom the above results it appears that the desirable Ca content of diet is between 0.3mg% and 0.4mg% considering deposition and growth in teeth and femur.

3) The formation of dentin was highest in 300mg% of Ca content. But the values of that are variable to the position of measurement and the highest is in according distal side as shown at below table.

The formation of dentin per day in each position of measurement (μ)

position of measurement	Lip side	Distal side	Medial side	Lingual side
Formation of dentin	15.2	20.0	16.5	18.8