

## 飼料へのセレン添加が若雌鶏の組織、卵および 排泄物セレン濃度におよぼす影響\*

大石武士・犬塚澄雄\*\*

### Effects of Supplement of Selenium in Diet on Tissues, Eggs, Urine and Faeces Selenium Concentration in Pullets\*

Takeshi OHISHI and Sumio INUZUKA\*\*

#### Synopsis

Experiment was carried out to study on selenium metabolism of laying hens. Nineteen Rhode Island Red laying pullets of 170-days-old were used to determine the effects of graded amounts of dietary selenium on tissues, eggs, urine and faeces (not separated) selenium contents. As basal diet, commercial feed for laying hen containing 0.23 mg selenium per kg. was provided to laying pullets for 2 weeks. Following basal diet period, pullets were fed on diet containing, respectively, 0.44 and 0.53 mg selenium per kg. for 3 weeks. Blood was obtained to determine selenium levels and GSHpx activities. Concentration of selenium in egg yolk, egg white, urine and faeces was also determined. At the end of each period, six laying pullets were sacrificed to collect the liver and the kidney samples.

When a sufficient amount of selenium for physiological requirement was provided to laying pullets, body weight, egg production and others in laying pullets were not improved by the additional supplement of selenium in diets. Blood selenium levels and plasma GSHpx activities were not affected by graded amounts of dietary selenium. It can be seen that selenium over the physiological requirement reduced its utilization. Selenium content in egg white, urine and faeces increased with increasing amount of dietary selenium, but, that in egg yolk was not exactly in proportion to selenium levels of diet. Excretion ratios of selenium in egg yolk, egg white, urine and faeces changed depending on the amount of selenium intake.

#### I 緒 言

著者らは産卵鶏のセレン代謝におよぼす諸要因について一連の検討を加え、先に産卵鶏の発育卵胞中のセレン含量について報告<sup>1)</sup>した。鶏のセレンの吸収、生体での貯留および分布は、セレンの化学的形態および摂取量によって影響されるといわれるが、SCOTTとTHOMPSON<sup>2)</sup>は、セレンの添加量を0.

2~0.8ppmまで段階的に増加させヒナに給与しても、組織中のセレン含量は給与セレン水準と必ずしも比例しなかったと報告している。また、セレンの尿中排泄量と飼料のセレン量との関係には、ある閾値が存在する可能性についても示唆されている<sup>3)</sup>。そこで、産卵鶏に悪影響をおよぼさないと考えられる範囲で、給与飼料中のセレン水準を段階的に高め

\* 本研究の経費の一部は、昭和57年度近畿大学学内助成金(番号36)によった。

\*\* 農学科畜産学研究室(Lab. of Animal Science, Dept. of Agriculture, Kinki Univ., Higashiosaka, Osaka, 577, Japan)

た場合、セレンの組織および卵中への蓄積量や糞尿中への排出量がいかなる影響を受け、それが摂取セレン量とどのような関連性を有するかを検討した。その結果、若干の知見が得られたので報告する。

## II 材料および方法

冬季に孵化した170日齢のロードアイランドレッド種の若雌鶏19羽を用いた。供試時の体重および産卵率は、それぞれ1.9kg, 84%程度であった。鶏は単飼ケージで飼育し、実験期間中の管理は先の報告<sup>1)</sup>に準じて行った。

実験期間を8週間とし、最初の2週間には基礎飼料を給与した。次の3週間には0.44mg/kgに、残りの3週間には0.53mg/kgにセレン濃度を調整した飼料を給与し、各期間をI期、II期、III期とした。

飼料給与量は先の報告<sup>1)</sup>と同一の方法で決定し、それを一日一回一定時刻(午前八時)に給与した。飲水は水道水を自由に飲ませた。体重は毎週計測し、飼料摂取量、産卵状況は毎日記録した。

基礎飼料にはセレン濃度0.23mg/kgの市販成鶏用飼料を用いた。セレン添加飼料は基礎飼料に亜セレン酸ナトリウムを添加して調整した。

血液セレン濃度および血漿GSHpx活性の測定のためI期の3, 5, 10および14日目に、また、II期とIII期の3, 5, 10, 14, 18および21日目に常法に従って翼下静脈より採血した。卵黄および卵白中のセレン濃度は、採血を行った日に産卵された卵を集卵し、卵重を秤量したのち、卵黄と卵白に分離して凍結乾燥を行ったのち分析に供して求められた。排泄物は飼料給与時より翌日の給与時まで排泄され

た量を一日の排泄量とし、糞尿を分離することなく集取し、凍結乾燥後、セレン濃度の分析に供した。

各期の最終日に6羽をと殺解体し、それぞれの鶏の肝臓および腎臓を凍結乾燥したのちセレン濃度の測定に供した。従って、臓器中のセレン濃度以外の結果はI期、II期およびIII期において、それぞれ、19羽, 13羽, 7羽についての平均値として示した。

各試料のセレン濃度および血漿GSHpx活性の測定は先の報告<sup>1)</sup>と同一の方法で行った。

## III 結果および考察

Table 1に給与飼料中のセレン水準の相違が、若雌鶏の体重、飼料摂取量、産卵率、卵重などにおよぼす影響について検討した結果を示した。

体重はI期に比較して、II期およびIII期が有意( $p < 0.05$ )に優れていたが、II期とIII期では有意( $p < 0.05$ )な差は認められなかった。飼料摂取量はII期が有意( $p < 0.05$ )に多かったが、一般的に産卵鶏が示す摂取量と大きく違うものではなかった。産卵率は、いずれの期においても80%以上を示し良好であり、各期で有意差( $p < 0.05$ )は認められなかった。卵重および卵黄重量は、給与飼料中のセレン水準が高まるにつれて増加し、各期のあいだで有意( $p < 0.05$ )な重量差が認められた。しかし、卵白重量はIII期のみ有意( $p < 0.05$ )な増加が認められたにすぎなかった。

これらの結果を考察すれば、本実験で用いた程度の飼料中のセレン水準は、若雌鶏の成長や生産性に悪影響をおよぼすことはなく、むしろ、これらを改善するように思われた。しかし、実験開始時におけ

Table 1. Effects of graded amounts of dietary selenium on body weight, feed intake, egg production and egg weight in pullets

	Dietary selenium contents (mg/kg)		
	0.23 Period I	0.44 Period II	0.53 Period III
Body weight (g)	1996.0 ± 241.0 <sup>1a</sup>	2125.7 ± 204.8 <sup>b</sup>	2200.8 ± 117.4 <sup>b</sup>
Feed intake (g/bird/day)	106.7 ± 19.4 <sup>a</sup>	115.5 ± 14.7 <sup>b</sup>	109.1 ± 12.0 <sup>a</sup>
Egg production (%)	84.1 ± 15.4	88.9 ± 8.1	82.3 ± 11.6
Egg weight (g)	47.2 ± 3.1 <sup>a</sup>	49.6 ± 4.7 <sup>b</sup>	51.6 ± 3.5 <sup>c</sup>
Egg yolk weight (g)	11.8 ± 0.8 <sup>a</sup>	13.0 ± 0.9 <sup>b</sup>	13.7 ± 0.8 <sup>c</sup>
Egg white weight (g)	29.4 ± 2.8 <sup>a</sup>	29.8 ± 2.7 <sup>a</sup>	30.5 ± 2.8 <sup>b</sup>

1) Average ± standard deviation

Figures with different superscript are significant ( $P < 0.05$ )

Table 2. Effects of graded amounts of dietary selenium on tissues, eggs, urine and faeces selenium contents and GSHPX activities in pullets

	Dietary selenium contents (mg/kg)		
	0.23	0.44	0.53
	Period I	Period II	Period III
	Selenium contents ( $\mu\text{g/g D.M.}$ )		
Blood ( $\mu\text{g/ml}$ )	0.975 $\pm$ 0.040 <sup>1)</sup>	0.282 $\pm$ 0.034	0.278 $\pm$ 0.019
Liver	1.733 $\pm$ 0.249 <sup>a</sup>	1.399 $\pm$ 0.273 <sup>b</sup>	1.842 $\pm$ 0.178 <sup>a</sup>
Kidney	2.296 $\pm$ 0.340 <sup>a</sup>	2.822 $\pm$ 0.435 <sup>b</sup>	2.764 $\pm$ 0.123 <sup>b</sup>
Egg yolk	1.027 $\pm$ 0.104 <sup>a</sup>	1.187 $\pm$ 0.122 <sup>a</sup>	1.145 $\pm$ 0.069 <sup>a</sup>
Egg white	1.026 $\pm$ 0.078 <sup>a</sup>	1.029 $\pm$ 0.069 <sup>a</sup>	1.197 $\pm$ 0.075 <sup>b</sup>
Urine and faeces	0.506 $\pm$ 0.116 <sup>a</sup>	0.817 $\pm$ 0.199 <sup>b</sup>	1.104 $\pm$ 0.175 <sup>c</sup>
GSH <sub>px</sub> activity (Unit/N mg)	24.40 $\pm$ 4.95	24.77 $\pm$ 3.88	24.40 $\pm$ 2.79

1) Average $\pm$  standard deviationFigures with different superscript are significant ( $P < 0.05$ )

る供試鶏の日齢は170日齢と若く、また、初産開始後の日数もあまり経過していない状態にあった。産卵鶏ではこの時期はなお成長の途上であり、卵重も加齢に従って重くなることが認められている<sup>4)</sup>。従って、ここで認められた体重や卵重の増加が給与飼料中のセレン水準の相違に起因するものか、あるいは加齢にともなう増加であるかを検討する必要があった。そこで、日齢を不変とした場合の給与セレン水準の影響を偏相関を用いて検討した。その結果、給与セレン水準と体重や卵重の間には、有意( $p < 0.05$ )な相関関係を認めることはできず、ここで認められた体重や卵重の増加は給与セレン水準の影響ではないと推測された。この結果から栄養的に適量のセレンが若雌鶏に給与されている場合、飼料への微量のセレン添加が若雌鶏の成長や生産性を改善する効果は期待できないと考えられる。

Table 2 に I～III期の組織、卵および排泄物中のセレン濃度と血漿 GSHPX 活性の平均値を示した。なお、II期およびIII期の肝臓と腎臓のセレン濃度以外の結果については、前の期間に給与された飼料の影響を考慮して1～7日間の測定値を除外した。Fig. 1 に血液セレン濃度と血漿 GSHPX 活性の、Fig. 2 に卵黄、卵白および排泄物中のセレン濃度について、各期の経日的な推移を示した。

血液セレン濃度については、基礎飼料を給与したI期に比較して亜セレン酸ナトリウムを添加したII期、III期が有意( $p < 0.05$ )に増加することはなかつ

た。また、II期とIII期のあいだにも有意( $p < 0.05$ )な差を認めることはできなかった。経日的な推移についても、II期の10日頃にわずかに増加する傾向がみられたが有意とはいえなかった。さらに、給与セレン水準の高いIII期においてもほとんど変化せず、ほぼ一定の濃度で推移した。

血漿 GSHPX 活性についても血液セレン濃度の場合と同様であって、血液セレン濃度および血漿

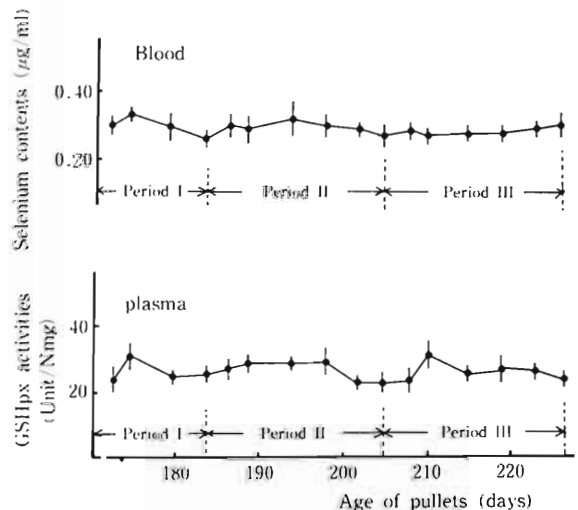


Fig. 1. Blood selenium contents and GSHPX activities as affected by graded amounts of dietary selenium

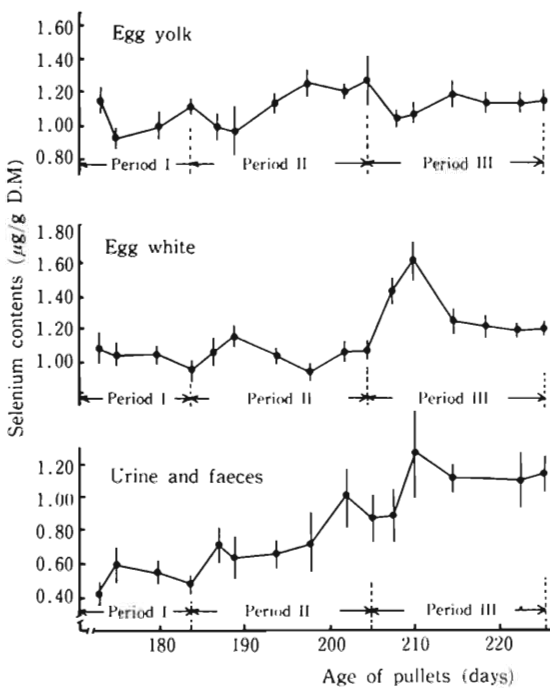


Fig. 2. Egg yolk, egg white, urine and faeces selenium contents as affected by graded amounts of dietary selenium

GSHpx 活性は、生理的に必要とされるセレン量がすでに給与されている場合、微量のセレンが添加されてもほとんど影響されず、セレン欠乏状態の家畜に添加を行うと血液セレン濃度が有意に増加したという結果<sup>5)</sup>とは異った。欠乏状態と正常状態でセレンの利用率が異なる可能性については、JENSEN<sup>6)</sup>らがセレン欠乏飼料を給与されていたヒナは、セレン強化飼料を与えられていたヒナより、注入された<sup>75</sup>Seの赤血球への結合が優れていたと報告し、著者<sup>7)</sup>らも摂取セレン量が生理的的要求量を上まわると利用率が低下することを示唆している。

生理的に要求される以上のセレン量が添加されたにもかかわらず、血液セレン濃度がほとんど一定水準に保たれていた本実験の結果から、産卵鶏においてもヒナの場合と同様に摂取セレン量が生理的的要求量を上まわると利用率が低下する可能性が推測された。さらに、後述するごとく、排泄物や卵中へのセレンの排出の増加が、給与セレン水準が高まるにつれて生じることなどがあいまって、血液セレン濃度はほぼ一定水準に保たれたものと推測された。これは生体が必要とする以上のセレンが吸収された場

合、すみやかに排泄されるような敏感な調整機構が、栄養的に要求されるセレン量の水準近くで作動する可能性を指摘している SCOTT<sup>2)</sup>らの結果と一致するものと思われる。

セレンが GSHpx の構成因子である<sup>8)</sup>ことが知られている。従って、給与セレン水準によって血液セレン濃度が影響されなかった本実験では、血漿 GSHpx も血液セレン濃度と同様な結果を示したと思われる。しかし、最近、セレンが関与しない GSHpx の存在が認められ、その生理作用についてはセレン濃度のみからは論ずることができない<sup>9)</sup>といわれ、今後詳細な検討がなされるべき課題とされている。

肝臓、腎臓中セレン濃度は、いずれの期においても腎臓で高濃度であった。この結果は著者<sup>10)</sup>らの結果と一致した。肝臓においてはII期の濃度がI期およびIII期に比較して有意 ( $p < 0.05$ ) に低かった。腎臓ではI期に比較してII期およびIII期が有意 ( $p < 0.05$ ) に高いセレン濃度を示した。II期とIII期では有意 ( $p < 0.05$ ) な差は認められなかったが、III期が若干低く、肝臓と腎臓中のセレン濃度は給与セレン水準に対して必ずしも同様の反応を示さなかった。この理由については、明らかにできなかったが、臓器や筋中セレン濃度は給与セレンの化学的形態によっても影響され、セレンが無機の形で給与された場合には、同量の有機セレンが給与された場合に比較して、肝臓中セレン濃度が低いこと、また、肝臓での結合様式も異なることが認められている<sup>11)</sup>。従って、臓器中のセレン濃度は臓器の機能や給与セレンの化学的構造の相違によって影響されると考えられる。

卵黄セレン濃度はII期、III期がI期に比して有意 ( $p < 0.05$ ) に増加した。しかし、II期とIII期では有意な差は認められなかった。経日的な推移はII期の飼料を給与したのち、7日目頃から14日目頃にかけて増加し、それ以降、II期の終了時までほぼ一定濃度で推移した。III期の場合には、3日目頃までは減少したが5日目頃から増加し、それ以降はほぼ一定の濃度が保たれた。

卵白セレン濃度については、給与セレン水準に従って高くなる傾向がみられたが、有意差 ( $p < 0.05$ ) が認められたのはIII期のみで卵黄の場合と異なっていた。経日的な推移はII期およびIII期で、飼料を切り換えて給与した直後からセレン濃度は高まり、6~7日後に最高に達した。その後、短期間で低下し卵黄でみられたような持続性は認められなかった。

卵黄と卵白のセレン量の分布も給与セレンの化学的形態によって影響され、LATSHAW<sup>12)</sup>らは産卵鶏に栄養的に要求されるセレンを有機態セレンとして給与した場合には、卵黄と卵白の乾物当たりのセレン濃度は等しいが、亜セレン酸ナトリウムとして給与すると卵黄中のセレン量が増加すること、さらに、有機態セレンも給与量が増加した場合には卵黄に比較して、卵白のセレン量が多くなることを認めている。市販飼料に亜セレン酸ナトリウムを添加した本実験においてもほぼ同様の結果が認められた。また、著者<sup>1)</sup>らは卵胞中のセレン濃度がその発育段階に関係なく、ほぼ一定に保たれることを認めているので、卵黄へのセレンの蓄積に何らかの調整機構の存在が推測されたが、その詳細についてはなお検討の余地を残している。

卵黄と卵白では、その経日的推移も若干異なるように思われたが、卵黄の形成が7~10日を要することを考慮すれば、セレン濃度の増加および減少時期はかなり一致しており、卵黄や卵白が給与セレン水準の影響を受ける時期は異ならないと思われる。また、卵白が卵黄に比較して影響が短期間に現われ、それが持続しないのは、卵黄と卵白の形成様式が異なることに起因すると思われる。

卵黄と卵白で、一旦増加したセレン濃度が再び減少するのは生理的に要求される以上のセレン量が吸収された場合、卵や排泄物のセレン量として体外に排出されるセレン量が吸収セレン量を上まわることによって起因するのではないかと思われる。そこで、摂取セレン量と卵や排泄物中のセレン量との関係について検討した。その結果をTable 3に示した。

一個当たりの卵黄に含まれるセレン量は、摂取セレン量が増加するにつれ多くなった。しかし、摂

取セレン量に対する割合は、I期が最も高く、II期、III期と摂取セレン量が多くなるにつれて低下した。

一卵当たりの卵白中に含まれるセレン量も摂取セレン量の増加に伴って多くなったが、摂取セレン量に対する割合は、I期に比較して、II期、III期が有意に低かった。しかし、III期ではII期よりも高くなり、卵黄の場合と異なった。

一日当たりに排出される排泄物中のセレン量も摂取セレン量の増加と共に多くなり、特にIII期での増加が顕著であった。摂取セレン量に対する割合は、I期、II期では大差が認められなかったが、III期では著しく高まった。

II期において、卵黄や卵白のセレン量の摂取セレン量に対する割合が、摂取セレン量の少ないI期に比較して著しく低下することから、生理的に必要とされる以上のセレンが吸収された場合、卵中のセレンとして利用されるのはその一部に限られ、利用率が低いことが推測された。特に卵黄では、さらに摂取セレン量が増加したIII期にII期よりも低下を示しており、摂取セレン量が多くなるにつれ利用されるセレンの割合は減少するものと考えられる。一方、卵白や排泄物中のセレン量の摂取セレン量に対する割合はIII期がII期に比較して高く、摂取セレン量が毒性を示す量に近づくに従って、体内での恒常性を維持する必要から、卵白や排泄物へのセレンの排出が増え、特に排泄物で顕著な傾向が示されたものと推測される。従って、給与セレン水準の切り換えによって、卵黄や卵白は一時的に影響されるが、その後の体外へのセレンの排出の増加とともに平衡状態にもどり、次第にセレン量は減少を示したものと推測される。

Table 3. Relation of intake selenium and excreted selenium in egg yolk, egg white, urine and faeces

Period	Dietary selenium (mg/kg)	Intake selenium (A) ( $\mu\text{g}/\text{bird}/\text{day}$ )	Egg yolk selenium (B) ( $\mu\text{g}$ )	(B/A) $\times$ 100 (%)	Egg white selenium (C) ( $\mu\text{g}$ )	(C/A) $\times$ 100 (%)	Urine and faeces selenium (D) ( $\mu\text{g}$ )	(D/A) $\times$ 100 (%)
I	0.23	25.91 $\pm$ 3.15 <sup>1)</sup>	6.25 $\pm$ 0.74	21.5 $\pm$ 5.7	3.68 $\pm$ 0.45	14.1 $\pm$ 2.1	8.53 $\pm$ 1.97	32.9 $\pm$ 16.1
II	0.14	47.72 $\pm$ 5.58	7.50 $\pm$ 1.27	15.3 $\pm$ 3.0	3.82 $\pm$ 0.49	7.7 $\pm$ 1.3	14.94 $\pm$ 2.89	30.0 $\pm$ 5.3
III	0.53	55.81 $\pm$ 6.72	8.01 $\pm$ 0.78	14.6 $\pm$ 2.5	4.87 $\pm$ 0.89	8.8 $\pm$ 1.9	21.83 $\pm$ 6.31	39.1 $\pm$ 12.8

1) Average  $\pm$  standard deviation

## IV 要 約

産卵鶏のセレン代謝に影響をおよぼす諸要因を検討するための一環として、産卵鶏に適したセレン量の範囲で給与飼料のセレン水準を順次増加させ給与した場合、組織、卵および排泄物中のセレン濃度がいかなる影響を受け、それがセレン代謝とどのような関連性を有するかについて検討した。

体重1.9kg、産卵率84%程度の冬季に孵化した170日齢のロードアイランドレッド種の若雌鶏19羽に、基礎飼料としてセレン濃度0.23mg/kgの市販成鶏用飼料を2週間給与し、その後、基礎飼料に亜セレン酸ナトリウムで0.44、0.53mg/kgのセレンを含むように調製した飼料を、それぞれ3週間ずつ給与した。各飼料の給与を開始した後、定期的に採血し、血液セレン濃度および血漿GSHPX活性を測定した。採血を行った日に産卵された卵の卵黄、卵白および排泄物中のセレン濃度についても測定した。また、各期の最終日に6羽を殺解体し、肝臓および腎臓中セレン濃度の分析に供した。

結果の概要は次のとおりであった。

生理的に必要とされるセレン量が給与されている若雌鶏に、さらに微量のセレン添加を行っても、その成長や生産性を改善することは期待できなかった。

血液セレン濃度や血漿GSHPX活性もほとんど影響を受けなかった。これは吸収されたセレンの利用率が低下することや、体外への排出が増加することによって、平衡状態が保たれたことに起因すると推測された。

卵黄、卵白および排泄物中のセレン濃度は飼料のセレン水準によって影響され、卵白や排泄物のセレン濃度は給与セレン水準に比例する傾向にあった。しかし、卵黄では必ずしも比例するとは限らなかった。

摂取セレン量が増加するにつれ、卵黄中に利用されるセレンの割合は低下した。卵白や排泄物においても摂取セレン量が多くなると、それに対する卵白や排泄物中のセレン量の割合は低下した。しかし、さらに摂取セレン量が多くなった場合、その割合は再び増加した。従って、摂取セレン量が毒性レベルに近づく程、恒常性を保つため卵白や排泄物へのセレンの排出は増加すると推測された。

## 引用文献

- 1) 大石武士・犬塚澄雄：日本家禽学会誌，20，42-45 (1983)
- 2) SCOTT, M.L., and J.N. THOMPSON: Poultry Sci., 50, 1742-1748 (1971)
- 3) 桜井治彦・土屋健三郎訳：環境汚染物質の生体への影響4，セレン，(National Research Council編) 53-54，東京化学同人，東京 (1978)
- 4) 田先威和夫・山田行雄・森田琢磨・田中克英編著：新編養鶏ハンドブック，500-501，養賢堂，東京 (1982)
- 5) THOMPSON, J.N. and M.L. SCOTT: J. Nutr., 97, 335-342 (1969)
- 6) JENSEN, L.S., E.D. WALTER, and J.S. DUNLAP: Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 112, 899-901 (1963)
- 7) 犬塚澄雄・大石武士：日本家禽学会誌，20，134-136 (1983)
- 8) ROTRUCK, J.T., A.L. POPE, H.E. GANTHER, A.B. SWANSON, D.G. HAFEMAN and W.G. HOEKSTRA: Science, 179, 588-590 (1973)
- 9) 井村伸正：代謝，20，635-644 (1983)
- 10) 大石武士・犬塚澄雄：本誌，16，55-58 (1983)
- 11) LATSHAW, J.D.: J. Nutr., 105, 32-37 (1975)
- 12) LATSHAW, J.D. and M. OSMAN: Poultry Sci., 54, 1244-1252 (1975)

(昭和58年10月15日受理)