成熟ラットにおける易動性たん白質の動力的解析

石井孝彦*, 山口迪夫**, 亀高正夫***

*, *** 東京大学農学部農芸化学科

** 国立栄養研究所基礎栄養部物質代謝研究室

The Kinetic Study of Labile Protein in the Adult Rats

Takahiko SHII,* Michio YAMAGUCHI,** Masao KAMETAKA***

*, *** *Department of Agricultural Chemistry, The University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo*

** *Laboratory of Metabolism Division of Basic Nutrition, The National Institute of Nutrition, Shinjuku-ku, Tokyo*

This experiment dealt with a kinetic analysis on the metabolism of labile protein with respect to the pool size of protein metabolism in adult rats. Two kinds of 20% and 5% protein diets were prepared with each of the purified whole egg protein and the ^{15}N -Chlorella protein supplemented with L-methionine which served as a tracer at the termination of experiments. The 20% protein diet (20% group), the 5% protein diet following the 20% protein diet (5% group) and the 20% protein diet following the 5% protein diet (R 20% group, i.e. under repletion) were given to the animals. The results obtained from the ^{15}N measurement were as follows:

- 1) The size of nitrogen metabolic pool (mgN) was 286 in the 20% group, 249 in the 5% group and 304 in the R 20% group. These values reflected the amounts of labile protein in the three groups.
- 2) The size of more active protein pool (mgN) was 208 in the 20% group, 119 in the 5% group and 222 in the R 20% group, where the decrease in the 5% group was remarkable, also corresponding to the decrease in labile protein of this group.
- 3) The size of less active protein pool (mgN) was 9,506 in the 20% group, 9,579 in the 5% group and 9,669 in the R 20% group. Thus, a difference was not observed between the groups.
- 4) From these results, it was clarified that the larger part of more active protein pool and some part of nitrogen metabolic pool constitute labile protein in the body.
- 5) ^{15}N was highly recovered in pancreas and small intestine in the 20% and R 20% groups, whereas in hair and skin in the 5% group, showing a metabolic flow of labile protein in the body.

(Received December 13, 1979)

代謝プールを想定したたん白質代謝モデルの理論は, Sprinson と Rittenberg¹⁾ によって提唱されて以来, 現在までに, Hoberman²⁾, San Pietro と Rittenberg³⁾, Olesen ら⁴⁾, Wu ら⁵⁾, 田中と土田^{6,7)} によって, 種々のモデルと解析法が試みられてきた。このような解析法の基本的考えは生体内のたん白質代謝をできるかぎり単純化したモデルを想定し, その動力的解析を行なうことである。従来, その成果としてたん白質代謝における各プールの大きさやたん白質の合成速度と分解速度などが明らかにされてきた。これらの解析法に対しては批判⁸⁾もあるが, 生体におけるたん白質代謝を反応速度論

的にとらえる立場としては有益である。著者らは前報⁹⁾で成熟ラットを用い, 易動性たん白質の存在量と存在形態について報告した。本実験では, 前報とはほぼ同じ条件で ^{15}N -クロレラたん白質をトレーサーとして用い, たん白質代謝モデルをもとに, 易動性たん白質の代謝について動力的解析を行なったので, その結果を報告する。

実験材料と方法

1. ^{15}N -クロレラたん白質の調製法

^{15}N -硝酸カリウムを窒素源として *Chlorella ellipsoidea* を培養した^{10,11)}。石井らの方法¹¹⁾により, フレンチプレスで細胞を破壊し, 50 倍容の 90% 熱メタノールで3回抽出して, クロロフィルを除き, これを ^{15}N -クロレラたん白質試料 (N: 9.20%, ^{15}N 濃度: 20 atom% excess)

*, *** 〒113 東京都文京区弥生 1-1-1

** 〒162 東京都新宿区戸山町 1

*** 現在: 共立女子大学食物学科 〒101 東京都千代田区一ツ橋 2-2-1

とした。

2. 動物および飼育条件

36頭のウィスター系雄ラットを、体重300gになるまで、市販固型飼料（オリエンタル酵母工業㈱、NMF）で飼育し、その後20%全卵たん白飼料⁹⁾を8日間給与した。ここで12頭を屠殺し対照区（20-8区）とした。残りの24頭には5%全卵たん白飼料⁹⁾を2日間給与し、うち12頭を屠殺した（5-2区）。残りの12頭は再び20%全卵たん白飼料を2日間給与した後屠殺した（R20-2区）。ただし、いずれの区においても屠殺の当日、すなわち20-8区の8日目および他の2区の2日目には、Table 1に示した¹⁵N-クロレラたん白飼料を給与した。クロレラたん白飼料には制限アミノ酸であるメチオニン（DL型¹⁵N濃度20 atom % excess）を添加し、たん白レベルは各全卵たん白飼料区のたん白レベルに合わせるようにした。したがって、たん白条件に関しては全卵たん白飼料区とクロレラたん白飼料区との間では大差がないものと思われる。実験飼料期間中は飼料を午後6時から9時までの3時間に限定して給与した。各区とも¹⁵N-クロレラ飼料給与後、経時的に3、6、12、24および48時間後に屠殺し、臓器・組織の¹⁵N濃度を測定した。なお48時間後に屠殺した動物に対しては、21時間後に20-8区とR20-2区は20%全卵たん白飼料を、5-2区は5%全卵たん白飼料を3時間給与した。

3. 分析方法

動物は、ネンプタル麻酔下で、カニューレを頸動脈に挿入して採血した。血液については、前報⁹⁾と同様に血球、アルブミン、グロブリン、非たん白態窒素（NPN）の各画分に分別した。臓器・組織についても前報⁹⁾と同様な方法で処理した。小腸は、縦方向に切り開き、カミソリの背で、小腸粘膜をかきとり、小腸壁と分別した。

Table 1. Composition of diets.

	20% protein diet	5% protein diet
¹⁵ N-Chlorella protein**	34.8	8.7
¹⁵ N-(DL)-Methionine**	0.7	0.2
α-Corn starch	44.5	71.1
Lard		10.0
Cellulose powder		5.0
Salt mixture*		4.0
Vitamin mixture*		0.85
Choline chloride		0.15

* Tanabe Amino Acid Research Foundation.

** ¹⁵N Concentration is 20 atom % excess.

それぞれのホモジネートに等量の20%トリクロル酢酸を加え、たん白態窒素（PN）と非たん白態窒素（NPN）に分別した。また肝臓窒素についても同様に分別した。

窒素は、セミマイクロケルダール法で測定した。¹⁵Nの分析は試料中の窒素を硫酸アンモニウム態窒素に変えた後、熊沢の方法¹²⁾で、窒素ガスに変換させ、¹⁵N-アナライザー（日本分光㈱、JASCO、NIA-1型）により測定した。

4. たん白質代謝モデル

たん白質代謝モデルとしては、田中と土田⁶⁾⁷⁾のモデルIIを用いた。その方法の概略を示す次のとおりである。Fig. 1に示したように代謝モデルに、窒素代謝プール（A）、高活性たん白質プール（Pm）、低活性たん白質プール（Pl）の3つのプールを設けた。2日の実験期間では k_6 に示されるPlプールからAプールに戻る反応は無視できる。¹⁵N標識化合物（¹⁵N量としてa mgN）を投与した場合、生体が定常状態であれば、Fig. 1に示した代謝モデルにおける反応系では次の各微分方程式が成立する。

各プール中の¹⁵N量をそれぞれ A^* 、 Pl^* 、 Pm^* で表わすと、窒素代謝プール（A）における A^* は、

$$dA^*/dt = -(k_1 + k_2 + k_3)A^* + k_3Pm^* \quad (1)$$

Fig. 1. A pool model of protein metabolism and the designation of each component.

a: Dose of ¹⁵N, k_{1-6} : Rate constants of reaction, A^* , Pm^* , Pl^* , and E^* : Amounts of ¹⁵N in each pool. Simultaneous differential equation:

$$\frac{dA^*}{dt} = -(k_1 + k_2 + k_3)A^* + k_3Pm^*,$$

$$\frac{dPm^*}{dt} = k_2A^* - k_3Pm^*, \quad \frac{dPl^*}{dt} = k_4A^*,$$

$$\frac{dE^*}{dt} = k_1A^*.$$

Answer:

$$A^*(t) = a \left(\frac{k_3 - \alpha}{\beta - \alpha} e^{-\alpha t} + \frac{k_3 - \beta}{\alpha - \beta} e^{-\beta t} \right),$$

$$Pm^*(t) = \frac{ak_2}{\beta - \alpha} (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}),$$

$$E^*(t) = \frac{k_1a}{\beta - \alpha} \left[\frac{k_3 - \alpha}{\alpha} (1 - e^{-\alpha t}) + \frac{\beta - k_3}{\beta} (1 - e^{-\beta t}) \right],$$

$$\alpha + \beta = k_1 + k_2 + k_3 + k_5, \quad \alpha\beta = k_3(k_1 + k_5).$$

高活性たん白質プール (Pm) における Pm^* は

$$dPm^*/dt = k_2 A^* - k_3 Pm^* \quad (2)$$

低活性たん白質プール (Pl) における Pl^* は

$$dPl^*/dt = k_5 A^* \quad (3)$$

尿中排泄窒素 (E) における E^* は

$$dE^*/dt = k_1 A^* \quad (4)$$

となる。

これらの連立微分方程式を解けば

$$A^*(t) = a \left[\left\{ (k_3 - \alpha) / (\beta - \alpha) \right\} e^{-\alpha t} + \left\{ (\beta - k_3) / (\alpha - \beta) \right\} e^{-\beta t} \right] \quad (5)$$

$$Pm^*(t) = \{ a k_2 / (\beta - \alpha) \} (e^{-\alpha t} - e^{-\beta t}) \quad (6)$$

$$E^*(t) = \{ k_1 a / (\beta - \alpha) \} \left[\left\{ (k_3 - \alpha) / \alpha \right\} (1 - e^{-\alpha t}) + \left\{ (\beta - k_3) / \beta \right\} (1 - e^{-\beta t}) \right] \quad (7)$$

ただし,

$$\alpha + \beta = k_1 + k_2 + k_3 + k_5 \quad (8)$$

$$\alpha \beta = k_3 (k_1 + k_5) \quad (9)$$

$$\beta - \alpha = \sqrt{(k_1 + k_2 + k_3 + k_5)^2 - 4(k_1 + k_5)k_3} \quad (10)$$

となる。

時間 t を十分長くった場合, 尿中排泄 ^{15}N ($E^*(t)$) は, ほぼ飽和値 ($E^*(st)$) に達するから

$$E^*(st) = a k_1 k_3 / \alpha \beta \quad (11)$$

また $E^*(st)$ と $E^*(t)$ の差をとると

$$\begin{aligned} \{ E^*(st) - E^*(t) \} / a \\ = \frac{1}{a} \left[\left\{ k_1 a / (\beta - \alpha) \right\} \left[\left\{ (k_3 - \alpha) / \alpha \right\} e^{-\alpha t} + \left\{ (\beta - k_3) / \beta \right\} e^{-\beta t} \right] \right] \end{aligned} \quad (12)$$

$t=0$ のとき(12)の第1項を R_1 , 第2項を R_2 とおき, R_1 と R_2 の比をとれば

$$R_1 / R_2 = \{ (k_3 - \alpha) / \alpha \} \{ \beta / (\beta - k_3) \} \quad (13)$$

となる。

各 k の値を求めるには, まず片対数グラフに, 尿中排泄 ^{15}N 累積曲線 ($E^*(t)$) を書き, できるだけ正確に排泄飽和値 ($E^*(st)$) を求める。第2に, $E^*(st)$ と $E^*(t)$ の差の曲線を作成する。この曲線は一定時間後, ほぼ直線になるので, これをもとにして $Y_1 = R_1 e^{-\alpha t}$ を得る。第3に $\{ E^*(st) - E^*(t) \}$ と Y_1 との差をプロットして, $Y_2 = R_2 e^{-\beta t}$ を得る。Fig. 2 から, $t=0$ のときの Y_1 の値 R_1 と Y_2 の値 R_2 が求められる。また, Y_1, Y_2 の傾きから, それぞれの半減期 $T_{1/2}$ を求め, $0.693/T_{1/2}$ の関係から, α, β が求められる。したがって(13)より,

$$k_3 = (R_1 + R_2) \alpha \beta / (R_1 \alpha + R_2 \beta)$$

(12)より

$$R_1 = \{ k_1 / (\beta - \alpha) \} \{ (k_3 - \alpha) / \alpha \}$$

であるから

$$k_1 = R_1 \alpha (\beta - \alpha) / (k_3 - \alpha)$$

(9)より

$$k_5 = (\alpha \beta - k_1 k_3) / k_3$$

(8)より

Fig. 2. The cumulative curve of urinary ^{15}N excretion after ^{15}N -protein administration and analysis of exponential function of excretion of the nitrogen components.

$E^*(t)$: Cumulative curve of urinary ^{15}N -excretion (%).

$E^*(st)$: Saturated value of urinary ^{15}N -excretion (%).

Y_1 : Regression line of $E^*(st) - E^*(t)$ in later time.

Y_2 : Regression line of $E^*(st) - E^*(t)$ in early time.

$$E^*(st) - E^*(t) = \frac{k_1 a}{\beta - \alpha} \left(\frac{k_3 - \alpha}{\alpha} e^{-\alpha t} + \frac{\beta - k_3}{\beta} e^{-\beta t} \right)$$

$$R_1 = \frac{k_1}{\beta - \alpha} \cdot \frac{k_3 - \alpha}{\alpha}, \quad R_2 = \frac{k_1}{\beta - \alpha} \cdot \frac{\beta - k_3}{\beta},$$

$$k_3 = \frac{(R_1 + R_2) \alpha \beta}{R_1 \alpha + R_2 \beta}, \quad k_1 = \frac{R_1 \alpha (\beta - \alpha)}{k_3 - \alpha}, \quad k_5 = \frac{\alpha \beta - k_1 k_3}{k_3},$$

$$k_2 = \alpha + \beta - k_1 - k_3 - k_5$$

$$k_2 = \alpha + \beta - k_1 - k_3 - k_5$$

となる。

よって, 1日当たりの平均尿中排泄窒素量を $\bar{E}$ とすると, 窒素代謝プール (A) は $A = \bar{E} / k_1 (\text{mgN})$ となる。また高活性たん白質プール (Pm) については, A プールと Pm プールの間に動的平衡が成立しているので, $k_2 A = k_3 Pm$ の関係があり, $Pm = A k_2 / k_3 (\text{mgN})$ から求めることができる。

実験結果

摂取 ^{15}N 量は 20% たん白飼料区で平均 44.3 mg ^{15}N , 5% たん白飼料区で同じく 14.5 mg ^{15}N であった。48 時間における ^{15}N たん白質の見かけの消化率は, 20% たん白飼料区 (4 頭) で 84.5%, 5% たん白飼料区 (2 頭) で 88.7% であり, 6 頭を平均すると 85.9% であった。

^{15}N 回収率は 89.8% から 114.4% の範囲であったの

で、各臓器・組織の ^{15}N の百分率は個体別の回収 ^{15}N に対する割合で示した。

Fig. 3 に 20-8 区の尿中 ^{15}N 排泄累積曲線を示した。この値は、尿中 ^{15}N 排泄量を吸収 ^{15}N 量 (摂取 ^{15}N 量 $\times$ 見かけの消化率) で割った百分率で示されている。48 時間後の尿中 ^{15}N 排泄量は 38.1% であった。Fig. 4 は同じく、5-2 区の尿中 ^{15}N 排泄累積曲線である。48 時間後の ^{15}N 排泄量は 27.6% であった。Fig. 5 は R20-2 区の場合であるが、48 時間後の ^{15}N 排泄量は 40.6% であった。

Fig. 6 には、各プールの大きさを示した。1 日当たりの平均尿中窒素排泄量 ($\bar{E}$) は、屠殺の尿中窒素排泄量を 1 日当たりに換算し、その値を屠体分析で求めた体窒素で割り、体窒素 10,000 mgN 当たりに換算したものである。その結果、 $\bar{E}$ は、20-8 区で 337 mgN、5-2 区で 148 mgN、R20-2 区で 352 mgN の値を示した。

Fig. 3 より、20-8 区の排泄飽和値 ($E^*(st)$) は 43% であるので、 $E^*(st)$ と尿中排泄 ^{15}N ($E^*(t)$) の差を図示すると、 $Y_1 = 0.34e^{-1.43t}$ と $Y_2 = 0.06e^{-10.19t}$ の直線が得られる。これをもとにして算出した値を Fig. 6 に示した。

窒素代謝プール (A) から尿中に排泄される割合 (k_1) については、5-2 区が 20-8 区および R20-2 区のちょうど半分の値を示した。このことは、低たん白条件下で尿素サイクル関連酵素等の活性が低下するためと考えられる。A プールサイズの 5-2 区における値は 20-8 区の 12.2% 減であった。

高活性たん白質プール (Pm) サイズの 5-2 区における値は 20-8 区の 42.3% 減であった。また A プールから Pm プールに合成される割合 (k_2) の 5-2 区における値は 20-8 区の 29.9% 減であり、逆に Pm プールから A プールに分解される割合 (k_3) では、5-2 区の値は 20-8 区の 6.3% 増であった。

一方、A プールから低活性たん白質プール (Pl) に合成される割合 (k_4) は 5-2 区で、20-8 区の 20% 減であった。R20-2 区における上記の各値は、20-8 区に近似しているので、代謝的には 5-2 区の状態からもとの状態に復したといえることができる。

1 日当たりの平均尿中窒素排泄量を求めるさいに、体窒素 10,000 mgN 当たりで算出したので、体窒素から A プールと Pm プールの窒素量を引くと、 Pl プールの窒素量が算定できる。

この実験期間中の体重変化は前報⁹⁾と同様の傾向を示したので、その体窒素量変化を前報と同じ割合と仮定し、20-8 区を、10,000 mgN とすると、5-2 区は 9,947 mgN、R20-2 区は 10,195 mgN となる。同様に、1 日当たりの平均尿中窒素排泄量も、5-2 区で 148 mgN が

Fig. 3. The cumulative curve of urinary ^{15}N excretion in rats fed a 20% whole egg protein diet for 8 days (20-8 group).

Fig. 4. The cumulative curve of urinary ^{15}N excretion in rats fed a 5% whole egg protein diet for 2 days (5-2 group).

Fig. 5. The cumulative curve of urinary ^{15}N excretion in rats fed a 20% whole egg protein diet for 2 days after a 5% whole egg protein diet was given for 2 days (R20-2 group).

Fig. 6. The size and turnover rate of the metabolic nitrogen (A) pool, more active protein (Pm) pool, and less active (Pl) pool in the 20-8, 5-2, and R20-2 groups of rats.

$$A = \frac{\bar{E}}{k_1} (\text{mgN}), \quad Pm = \frac{Ak_2}{k_3} (\text{mgN}), \quad Pl = \text{Total body nitrogen} - A - Pm (\text{mgN}).$$

147 mgN, R20-2 区では 352 mgN が 359 mgN となる。

これらの値から, Fig. 6 に示した値を換算しなおすと, Table 2 に示した数値となる。A プールは 5-2 区では, 20-8 区の 13% 減少を示し, R20-2 区では, 5-2 区の 22% 増加を示した。Pm プールは 5-2 区では, 20-8 区の 43% 減少を示し, R20-2 区では 5-2 区の 86% 増加を示した。これら A プールと Pm プールの合計は, 5-2 区では, 20-8 区の 26% 減少を示し, R20-2 区では, 5-2 区の 43% 増加を示した。すなわち, A プールと Pm プールの合計は, 5-2 区では, 20-8 区の体窒素の 1.3% 減少を示し, 次の R20-2 区では, 20-8 区の体窒素の 1.6% 増加を示したことになる。

Fig. 7 に, 皮膚と体毛ならびに屠体中の ^{15}N 濃度および ^{15}N 回収率を示した。5-2 区のこれらの ^{15}N 回収率は, 他の区よりも高かった。全区とも, 皮膚と体毛の ^{15}N 濃度は増加傾向にあり, これらの ^{15}N 回収率は明らかに増加を示した。屠体の ^{15}N 濃度は 6 時間以後, ほとんどプラトーに達し, また, ^{15}N 回収率は 5-2 区では 6 時間後に最高に達した後やや減少した。しかしこのほかの区ではほぼ一定であった。

Fig. 8 に, 肝臓の PN と NPN 画分, および脾臓の ^{15}N 濃度と ^{15}N 回収率を示した。肝臓 NPN は ^{15}N 濃度, ^{15}N 回収率とも時間の経過とともに減少した。肝臓

Table 2. The sizes of the metabolic nitrogen pool, more active protein pool, and less active protein pool in the 20-8, 5-2, and R20-2 groups.

(mgN)

Group	Pool			
	A*	Pm**	A+Pm	Pl***
20-8	286	208	494	9,506
5-2	249	119	368	9,579
R20-2	304	222	526	9,669

* A pool: Metabolic nitrogen pool,

** Pm pool: More active protein pool,

*** Pl pool: Less active protein pool.

Fig. 7. Concentration of ^{15}N (left) and recovery of ^{15}N (right) of the skin and hair and carcass in the 20-8, 5-2, and R20-2 groups of rats.

○ 20-8 group, × 5-2 group, ▲ R20-2 group.

PN の ^{15}N 濃度は 12 時間後まで増加したが, 48 時間後ではやや減少した。脾臓は ^{15}N 濃度, ^{15}N 回収率とも, 6 時間後にピークを示したが, その高さは 5-2 区にくらべ, R20-2 区, 20-8 区のほうが著しく高かった。

Fig. 9 に, 小腸粘膜の NPN と PN および小腸壁の NPN と PN における ^{15}N 濃度と ^{15}N 回収率を示した。小腸壁 NPN と粘膜 NPN の ^{15}N 濃度および ^{15}N 回収率は各区とも時間の経過とともに減少した。小腸壁 PN の ^{15}N 濃度と ^{15}N 回収率は各区とも 6 時間後にピークを示し, 以後減少した。粘膜 PN の ^{15}N 濃度と ^{15}N 回収率も小腸壁 PN とほぼ同様な傾向を示した。R20-2 区の小腸壁 PN と粘膜 PN の ^{15}N 濃度は 20-8 区の値より高かった。

Fig. 10 に, 血球, 血漿 NPN, アルブミン, グロブリン

Fig. 8. Concentration of ^{15}N (left) and recovery of ^{15}N (right) of the liver non-protein nitrogen, liver protein nitrogen, and pancreas in the 20-8, 5-2, and R20-2 groups of rats.

○ 20-8 group, × 5-2 group, ▲ R20-2 group.

ンの各画分の ^{15}N 濃度を示した。血球画分は経時的に増加傾向を示したのに対し、血漿 NPN 画分は急激な減少を示した。アルブミン画分は6~12時間にピークがみられた後、ほぼ直線的に減少した。一方、グロブリン画分は、20-8 区と同様なパターンが得られたほかは、アルブミン画分に比べてピークが遅れ、むしろ 12~24 時間にみられた。またこれら両画分で、5-2 区の値は他の 2 区にくらべて、ピークが遅れてあらわれる傾向を示した。

考 察

Fritz¹³⁾¹⁴⁾ は、ラットに ^{15}N -グリシンを投与後、経時的に屠殺し、 ^{15}N 消失速度を測定し、速い代謝回転速度をもつ易動性たん白質のほうが、あまり易動性の高くないたん白質よりも容易に分解されることを報告した。本田¹⁵⁾ は、正常食摂取ラットと絶食ラットに ^{15}N -グリシンを胃管により投与し、体内でたん白質需要が大きいと考えられる絶食ラットのほうが主要臓器に取り込まれた ^{15}N 割合が増加することを示した。奥田¹⁶⁾ は、20%

Fig. 9. Concentration of ^{15}N (left) and recovery of ^{15}N (right) of the small intestine non-protein nitrogen, small intestine protein nitrogen, mucosa non-protein nitrogen, and mucosa protein nitrogen in the 20-8, 5-2, and R20-2 groups of rats.

○ 20-8 group, × 5-2 group, ▲ R20-2 group.

カゼイン飼料, 8% カゼイン飼料, 無たん白飼料を3週間給与したラットに、 ^{15}N -グリシンを投与し、その後4日間、同じ飼料を給与し、臓器・組織への ^{15}N 取り込み割合を測定した。その結果内臓への ^{15}N 取り込み割合は、20% カゼイン区, 8% カゼイン区, 無たん白区の順に多くなり、皮膚、体毛、屠体の ^{15}N 取り込み割合は、20% カゼイン区, 無たん白区, 8% カゼイン区の順に多くなることを示している。

本実験の結果から、20% 全卵たん白飼料区 (20-8 区) と 5% 全卵たん白飼料区 (5-2 区) で、組織 ^{15}N の取り込み割合をくらべると、5-2 区では、体毛と皮膚、ならびに屠体に高く、一方、R20-2 区では、前報⁹⁾で示したように、5-2 区で減少した臓器の窒素量が増加するので、肝臓、脾臓、小腸、血液等に ^{15}N の取り込み割合が高かった。

Fig. 10. Concentration of ^{15}N of the fractions of blood cell, plasma non-protein nitrogen, albumin, and globulin in the 20-8, 5-2, and R20-2 groups of rats.

○ 20-8 group, × 5-2 group, ▲ R20-2 group.

吉村¹⁷⁾らは、成人に対して標準食の7日目、および低たん白食の17日目に ^{15}N -グリシンを経口投与し、経時的に尿採取を行ない、SprinsonとRittenberg¹³⁾の方法を用いて解析した結果、たん白質欠乏時には窒素の同化率を高め、窒素の排泄率を減少させていることを示した。小石ら¹⁸⁾¹⁹⁾は、成人に標準食、低たん白食、無たん白食を摂取させ、 ^{15}N -グリシン投与後の尿中 ^{15}N 排泄曲線について、土田と田中⁶⁾⁷⁾のモデルを用い解析している。その結果、低たん白食では、生体が低たん白食に適應するまでは窒素代謝プール(A)を縮小して対応し、高活性たん白質プール(Pm)は標準食期と同じに維持されてたん白質代謝を正常に維持しようとする。また、無たん白食ではたん白質の補給がまったく行なわれないため、窒素代謝プール(A)のみでは対応しきれず、高活性たん白質プール(Pm)をも異化分解することを報告している。そして易動性たん白質は窒素代謝プール(A)に含まれると説明している。

本実験の結果では、5-2区で窒素代謝プール(A)の減少が少なく、高活性たん白質プール(Pm)の減少が著しい点で、小石ら¹⁸⁾¹⁹⁾の成績とは異なっている。すでに示したように、AプールとPmプールの合計は、5-2区で20-8区の26%減少し、R20-2区では20-8区の32%増加した。すなわち、AプールとPmプールの合計は、5-2区では、20-8区の体窒素の1.3%減少し、次のR20-2区では20-8区の体窒素の1.6%増加した。また、前報⁹⁾で示したように、たん白質欠乏時の易

動性たん白質量は、20-8区の体窒素の1.73%であり、たん白質補給時の易動性たん白質量は、20-8区の体窒素の1.87%であった。この易動性たん白質量の大部分が、本実験のAプールとPmプールの合計の変化として説明できると考えられる。

要 約

本実験は成熟ラットを用い易動性たん白質の代謝についてたん白質の代謝プールサイズの観点から動力学的解析を行なった。精製全卵たん白質およびメチオンを添加した ^{15}N -クロレラたん白質で、それぞれ2種類の20%および5%のたん白質飼料を調製し、 ^{15}N 飼料は実験期間の最後にトレーサーとして用いた。動物は20%たん白質飼料を給与した区(20%区)、20%たん白質飼料のあとに5%たん白質飼料を給与した区(5%区)、5%たん白質飼料のあとに20%たん白質飼料を再給与した区(R20%区)の3区に分け、それぞれの ^{15}N 代謝量を測定して次の結果を得た。

- 1) 窒素代謝プールの大きさ(mgN)は、20%区286、5%区249、R20%区304であり、これらの値は易動性たん白質の存在量を反映することが認められた。
- 2) 高活性たん白プール(mgN)は、20%区208、5%区119、R20%区222であり、5%区で著しい減少がみられ、この区の易動性たん白質の減少とよく対応していた。
- 3) 低活性たん白プール(mgN)は、20%区9,506、5%区9,579、R20%区9,669であり、相互に差異はみられなかった。
- 4) これらの値から、高活性たん白プールの大部分と窒素代謝プールの一部分が易動性たん白質を構成していることが明らかにされた。
- 5) ^{15}N 回収率は5%区では体毛、皮膚で高かったが、20%区およびR20%区では脾臓、小腸のたん白部分で高く、易動性たん白質の代謝の流れの一部が示された。

文 献

- 1) Sprinson, D.B. and Rittenberg, D.: *J. Biol. Chem.*, 180, 715 (1949)
- 2) Hoberman, H.D.: *Yale J. Biol. Med.*, 22, 341 (1950)
- 3) San Pietro, A. and Rittenberg, D.: *J. Biol. Chem.*, 201, 457 (1953)
- 4) Olesen, K., Heilskov, N.C.S. and Schonheyder, F.: *Biochim. Biophys. Acta*, 15, 95 (1954)
- 5) Wu, H., Sendroy, J. and Bishop, C.W.: *J. Appl. Physiol.*, 14, 11 (1959)
- 6) 田中源一, 土田竜也: 生物物理, 4, 32 (1964)
- 7) 土田竜也, 田中源一: 医学のあゆみ, 50, 133 (1964)

- 8) Fisher, R.B.: *Protein Metabolism* (1954), Methuen and Co., Ltd.
- 9) 石井孝彦, 山口迪夫, 亀高正夫: *栄養と食糧*, 33, 231 (1980)
- 10) 森村祐次: 藻類実験法 (田宮 博, 渡辺 篤編), P. 46 (1965), 南江堂
- 11) 石井孝彦, 神立 誠, 亀高正夫: *栄養と食糧*, 27, 103 (1974)
- 12) 熊沢喜久雄: *化学と生物*, 8, 246 (1970)
- 13) Fritz, I.: *Endocrinology*, 58, 484 (1956)
- 14) Fritz, I.: *Endocrinology*, 58, 493 (1956)
- 15) 本田一三: *東京医学雑誌*, 63, 1 (1955)
- 16) 奥田豊子, 高谷(山下)小夜子, 小石秀夫: *大阪市立大学家政学部紀要*, 21, 7 (1973)
- 17) 吉村寿人, 平松戊辰, 行吉哉女: *Symp. Chem. Physiol. Path.*, 1, 13 (1961)
- 18) 小石秀夫, 古川富子, 奥田豊子: *日本生理学会誌*, 30, 606 (1968)
- 19) 小石秀夫: タンパク質の代謝と栄養 (島菌順雄, 中川一郎編), P. 261 (1972), 朝倉書店

(昭和54年12月13日受理)