穀類蛋白質の蛋白分解酵素による分解に関する研究 (第 1 報)

Enzymic Digestion of Cereal Proteins (1)

米グルテリンおよびカゼインの熱処理の有無によるアミノ酸遊離度の経時的変化について

Liberation of amino acids from raw and heated casein and rice glutelin with enzymic preparation

(昭和 38 年 6 月 3 日 受理)

星 野 直 司
(Naoji Hoshino)

田 村 真 八 郎
(Sinpachiro Tamura)

川 端 晶 子
(Akiko Kawabata)

泰 磨 綾 子
(Ayako Taima)

原 春 樹
(Haruki Hara)

Eighteen kinds of amino acid liberated from casein and rice glutelin by the treatment with pancreatin (P) and Pronase (obtained from *Streptomyces griseus*) (S) were determined by the microbiological assay technique. Two kinds of protein above mentioned as the substrate respectively with and without heating were conducted, the amino acid values obtained in the enzymic treatment at several time intervals (1, 2, 4, 6 and 24 hours) for each sample protein were discussed especially as the variations in its pattern. Water soluble and alpha amino nitrogen at the final product of enzymic hydrolysis were also examined as well as their total nitrogen.

In the result (Tab. 1, 2 and Fig. 1), the digestibility of casein was found to be superior to that of rice glutelin in summary, however the manner of increase of the amount of each amino acid according to the time of enzymic treatment was not always identical in the kind of amino acid, substrate conducted and test enzyme used.

諸動物にとって、蛋白質の栄養価はその構成アミノ酸の量的バランスによって大きく左右されるが、また、蛋白質の構造上の差異もその栄養価に影響を与えていると考えられている^{1)~6)}。そして、この後者の点に関しては、諸種蛋白質を *in vitro* 乃至 *in vivo* で各種消化酵素を用いて消化し、その諸形態 N および各種アミノ酸の遊離度の差異から検討が行なわれてきている^{7)~13)}。これらの蛋白質の消化度の面から検討され、推定される栄養価の差異は、動物試験の結果と比較的よく一致すると報告されている^{8)~10)}。

著者らは、現在までにそのアミノ酸組成の面では明らかとされているが、なお、前述の点で問題の多い穀類蛋白質について *in vitro* での消化の面から研究を始めた

諸動物にとって、カゼインは含硫アミノ酸が第 1 制限アミノ酸であることは、Osborne 以来多くの研究者たち^{14) 15)}により検討されてきている。また、米蛋白については、そのアミノ酸組成からは lysine が第 1 制限アミノ酸であるが、カゼインとは異なりこのもののみの補足では、ラットの成長量の増加は小さく、さらに threonine を補足するとほぼカゼインに匹敵する良好な成長を示すことが知られている¹⁶⁾。そして、この米蛋白の threonine 補足の必要な原因については、多くの研究者たち^{17)~19)}が追究を続けている。蛋白質を過度に熱処理すると lysine, histidine, arginine および tryptophan などが破壊乃至不活性化し、それらの消化性も低下することが知られている^{12) 20)~28)}。しかし、比較的

温和な短時間の熱処理は反って消化性を高める場合もあることが報告されている^{7) 8) 12) 25) 27)}。

本報では、これらの点を考慮して *in vitro* での消化に伴う18種遊離アミノ酸の遊離度の面から、カゼインと米グルテリンとの差異を検討した。なお、酵素としてはパンクレアチン（以下P）と、蛋白質の構造上の差異からもたらされる消化性の相違を検討する手がかりとなると考えて、基質特異性の少ない蛋白分解酵素プロナーゼ²⁸⁾ (*Str. griseus* の産生する酵素) の両者を用いた。

実験方法

1. 基質：米グルテリンは山形産農林41号，前年度産米を90%精白後水洗し，40°Cで通風乾燥し，80メッシュ篩を通るまで細粉した。この粉末から0.5N食塩水可溶部を除き，0.05N苛性ソーダで抽出し，抽出液を酢酸で中和して，pH4.5で沈澱する蛋白質を集め，水洗後アルコールで洗滌して40～50°Cで減圧乾燥した。カゼインはG.B.I製のビタミンfreeの精製品を用いた。加熱処理物は1.05kg/cm²で30分間オートクレーブしたものである。

2. 酵素：パンクレアチン（局法）およびプロナーゼ（科研化学K.K製で，力価は41800PUK/g）を用いた。

3. 消化方法：棉栓殺菌した100ml容三角フラスコに各基質1gを採取し，消化温度に加温した磷酸緩衝液（pH8.0）の一定量を加えて攪拌し，他方酵素は加温した緩衝液で一定濃度に作り，これら両液を合した量が100mlになるように分注した。そして，液面を十分に覆う量のトルオールを添加して棉栓した。この酵素液を加えた時を，消化開始時間とした。直ちに，P消化では37±1°C，S消化は40±1°Cの恒温器に入れ，1，2，4，6および24時間消化した。所要時間経過後に取り出し，沸騰水浴中で10分間熱処理した。放冷後に一度濾紙で濾過し，濾液を一定容とした。

4. 諸成分の定量用試料の調製

(1) 水分，全Nおよび18種アミノ酸定量用試料：上述した兩種蛋白を，消化用分秤量の際に同時に採取した。アミノ酸定量用試料の加水分解条件は，tyrosine²⁹⁾は蛋白質の1/5量のDL-tryptophanを添加して4N塩酸で，封管中1.1kg/cm²で6時間，cystine³⁰⁾は4N塩酸，0.4kg/cm²で2時間，tryptophan³¹⁾は蛋白質の1/5量のDL-cysteineを加え4N苛性ソーダ，1.1kg/cm²で16時間，他のアミノ酸定量用には4N塩酸，1.1kg/cm²，6時間，それぞれ加圧分解したものを用いた。

(2) 遊離アミノ酸定量用試料：前述3項の条件で所定時間消化し，一定容とした液について，諸形態Nの定量およびペーパークロマトグラフィを行ない，また，それ

らの一部について星野³²⁾が既報したタングステン酸処理法による除蛋白を行ない，pH6.8に調製したものを微生物法による遊離アミノ酸定量用試料とした。

5. 定量方法：微生物法は田村³³⁾と同様でthreonine, tryptophanの定量には*Str. faecalis* R, histidine, alanineは*Leu. citrovorum* 8081, 他はすべて*Leu. mesenteroides* P-60を用いた。2次元ペーパークロマトグラフィは田村³⁴⁾らと同様で，1次元をブタノール，酢酸，水（4:1:1），2次元を水飽和フェノールを用いた。全Nおよび可溶性Nは吸収法³⁵⁾を，α-アミノ態NはVan Slyke法を用いた。

結果と考察

アミノ酸の定量は微生物法を用いたので，本報でいう遊離アミノ酸は定量用乳酸菌活性アミノ酸³²⁾と称すべきものである。表1-aに両蛋白の諸成分を示した。

基質として用いる穀類諸蛋白は磷酸緩衝液に対する溶解度に差異があるので，すべて懸濁した状態で行なうことにした。従って，同一蛋白の一定条件下での消化度について，あらかじめ繰返し間の変動を可溶性全Nおよびα-アミノ態Nについて検討したが，表1-bに示したようにその変動は小さい。

以下に消化試験の成績をいくつかの項目に分けて考察する。

1. 24時間消化物中の熱水可溶性N，18種遊離アミノ酸態N（微生物法で定量した遊離アミノ酸態Nの総和）およびα-アミノ態Nの各遊離度についての比較（表1-a）：カゼインおよび米グルテリンをPおよびSの両酵素で，24時間それぞれ消化したものについて，上記した諸形態Nの全Nに対する百分率（遊離度）で比較すると熱処理の有無，また，PおよびS消化にかかわらずカゼインは米グルテリンより高い遊離度を示す。なお，熱処理した場合，カゼインのP消化では諸形態Nの遊離度はいずれも高まるが，そのS消化および米グルテリンの両消化では低下する。

2. 各基質1g当りから遊離してくる18種アミノ酸の経時的变化（表2-a, b）

(1) 18種遊離アミノ酸の総和量については，各表下欄に示したように，経時的な変化を通じて，PおよびS消化共に，前述1と同様の傾向を認めた。

(2) 個々のアミノ酸については，P消化では無処理物について，各消化時間ごとの変化を勘案してarginine, phenylalanine, proline, aspartic acidおよびalanineについては，両蛋白間に殆んど差異を認め難いが他のアミノ酸はいずれもカゼインの方が高い遊離量を示す。そして熱処理物では，カゼインはいずれのアミノ酸

表1 24 時間 消化 物 中 の 諸 成 分

a. カゼインおよび米グルテリンの熱処理の有無による諸形態窒素の遊離の差異

 $\left(\frac{N}{\text{全}N}\right)\%$

基 質 蛋 白		カ ゼ イ ン		米 グ ル テ リ ン	
水 分		5.30		9.44	
全 N (乾 物 中)		15.4		14.6	
熱 処 理		ナシ	アリ	ナシ	アリ
パ消 ンク レア チン 化	可 溶 性 全 N	75.8	76.3	50.2	41.3
	遊 離 ア ミ ノ 酸 態 N	36.2	36.7	26.5	12.0
	α-アミノ態N	M. B *	26.0	27.7	18.7
		V. S **	32.6	34.8	29.4
ブ消 ロ ナ ー ゼ 化	可 溶 性 全 N	87.9	78.7	87.8	61.2
	遊 離 ア ミ ノ 酸 態 N	64.5	31.9	55.1	27.0
	α-アミノ態N	M. B *	50.2	22.2	39.7
		V. S **	60.6	50.2	44.9

*M. B : 微生物法での定量値中 Van Slyke 法で定量されるもののみ算出した。

**V. S : Van Slyke 法での定量値より算出した。

*の各数値はくり返し9コより算出し, **の数値はくり返し各4コよりそれぞれ算出した。

b. 酵素分解における各態窒素の再現性

基 質	カ ゼ イ ン		米 グ ル テ リ ン		白 米 粉	
酵 素	パンクレアチン	プロナーゼ	パンクレアチン	プロナーゼ	パンクレアチン	プロナーゼ
可 溶 性 全 N	100	100	100	100	—	—
	± 2.3	± 2.5	± 3.0	± 2.7		
α-アミノ態N	100	100	100	100	100	100
	± 2.6	± 3.0	± 2.2	± 2.8	± 2.3	± 3.4

各数値は、両態 Nmg 数を 100 とした際の標準偏差を示す。

についても、米グルテリンより高くなる。この遊離量の比較では、threonine についてカゼインは米グルテリンより高い消化性を示すが、これは threonine のみに現われた差異ではない。この点、一之瀬¹⁷⁾の結果と相違するが、その主因は両者の消化条件の差異によると考える。S 消化では、P 消化の際ほどに両蛋白質間に差異を認めない。

この点、S は Nomoto ら³⁸⁾によれば動物の消化酵素ペプシン、パンクレアチンおよびエレブシン様の、広範な基質分解能を有することが知られており、このことが

大きく関連を有しているとも考えられる。経時的変化も勘案して glycine および alanine、また、24 時間消化物で arginine, proline, valine および aspartic acid などは両蛋白質間に殆んど差異なく、他のアミノ酸についてはカゼインの方が高いがその差異は P 消化ほどではないものが多い。熱処理物では arginine, phenylalanine, tyrosine および proline は米グルテリンが高く、cystine, methionine, isoleucine, leucine, valine, aspartic acid, glycine および alanine は両蛋白質間に差異を認め難い。Threonine については P

表2 各蛋白質 1g を消化した際の遊離アミノ酸 mg 数の経時的变化

a. カゼイン

酵 素	パ ン ク レ ア チ ン										プ ロ ナ ー ゼ										(1) 蛋 白 中
熱 処 理	ナ																				

b. ミゲルテリン

酵 素	パ ン ク レ ア チ ン										プ ロ ナ ー ゼ										(1) 蛋白 中
熱 処 理	ナ シ					ア リ					ナ シ					ア リ					
時間	1	2	4	6	24	1	2	4	6	24	1	2	4	6	24	1	2	4	6	24	
アミノ酸	1	2	4	6	24	1	2	4	6	24	1	2	4	6	24	1	2	4	6	24	
Arg.	3.9	4.3	10.	12.	23.	1.2	1.1	1.3	2.3	16.	4.3	4.0	15.	17.	49.	3.9	5.2	8.3	10.	24.	68
His.	0.48	0.40	0.87	1.7	4.4	0.18	0.14	0.20	0.66	2.3	3.5	3.7	7.8	8.0	11.	0.85	1.1	2.3	6.3	7.8	14
Lys.	1.7	2.0	2.8	3.9	7.9	0.65	0.75	0.80	1.8	3.6	3.2	5.7	7.2	12.	15.	0.72	1.2	2.2	3.4	6.6	27
Phe.	1.4	1.8	2.0	4.7	11.	0.37	0.38	0.58	1.6	4.1	0.58	7.8	12.	15.	28.	2.8	4.2	7.0	6.0	20.	40
Tyr.	4.8	4.8	6.4	15.	17.	0.45	0.45	0.60	1.2	3.8	11.	13.	16.	24.	31.	1.8	2.4	7.4	8.3	12.	52(2)
Try.	0.33	0.56	1.4	1.7	4.0	0.23	0.26	0.38	0.44	2.1	2.7	2.5	6.4	6.8	11.	1.2	1.6	2.1	2.1	5.1	10(3)
Pro.	2.2	2.8	2.9	8.8	21.	1.3	1.5	4.7	5.8	12.	5.8	6.5	10.	14.	38.	2.8	5.4	10.	10.	18.	56
Cys.	0.35	0.56	0.78	1.4	4.6	0.16	0.24	0.42	0.56	1.5	1.8	2.5	5.2	8.0	8.3	0.62	0.90	1.5	2.4	4.2	10(4)
Met.	0.75	0.75	1.2	1.9	4.6	0.10	0.15	0.20	0.40	1.4	0.84	3.9	4.8	6.4	14.	0.94	1.3	3.0	4.3	5.6	14
Ser.	1.1	1.8	2.7	4.8	15.	0.85	0.90	0.82	1.1	5.3	5.2	9.5	20.	25.	29.	2.0	3.4	6.1	6.4	13.	50
Thr.	1.5	2.0	3.6	5.4	14.	1.1	1.2	1.4	2.2	7.0	8.3	7.7	18.	18.	20.	5.0	4.4	7.2	8.7	16.	40
I-leu.	1.7	2.5	4.5	7.2	24.	0.90	1.1	1.4	2.3	7.9	1.4	15.	35.	42.	50.	3.6	5.4	11.	11.	26.	64
Leu.	2.2	3.2	5.2	8.2	21.	0.88	1.1	1.7	2.5	8.2	0.50	15.	16.	25.	49.	3.8	7.0	11.	12.	30.	85
Val.	2.2	3.7	5.2	10.	23.	1.6	1.7	4.7	7.5	9.4	2.6	17.	20.	30.	49.	3.5	5.9	11.	10.	21.	68
Asp.	1.8	1.9	3.4	6.3	13.	0.55	0.40	0.60	2.8	7.6	1.3	9.6	18.	30.	49.	2.0	4.5	7.0	9.4	16.	58
Glu.	0.90	1.6	3.0	5.6	12.	1.6	1.2	2.3	3.4	4.0	2.4	16.	18.	23.	36.	2.8	2.7	6.8	11.	16.	160
Gly.	0.78	1.2	2.1	3.1	9.5	0.48	0.46	0.59	1.0	3.2	4.1	7.2	13.	13.	20.	1.1	1.9	3.4	4.7	7.1	41
Ala.	2.5	3.5	5.8	7.2	16.	0.35	0.45	1.7	3.3	5.0	8.4	7.8	11.	12.	23.	2.3	2.1	3.1	6.8	8.7	43
計	31.	37.	54.	114.	251.	13.	14.	20.	41.	105.	68.	154.	235.	329.	530.	42.	61.	110.	133.	257.	900.

(1)各蛋白質の塩酸乃至アルカリ水解物中のアミノ酸量 (mg/g)。

(1)(2)(3)(4)：それぞれの加水分解条件は本文中に示した。

消化同様のことが観察される。

次に個々のアミノ酸の遊離化の経時的变化を観察すると、各基質のPおよびS消化物について、各アミノ酸相互には遊離化に遅速があり、その様相は基質、酵素の種類で異なる。概略して、消化初期（4時間目位まで）は急激に、その後徐々に遊離化するもの、初期は徐々に、その後急に遊離化するもの、および終始ほぼ一定の割合で遊離化するもの等に類別される。これらのことは、蛋白質のアミノ酸構造の差異、また、加熱によるその変化などによると考えられる。なお、米グルテリンの無処理物をS消化した際、消化1および2時間目に特異的な遊離化傾向を示すアミノ酸が観察された。消化1時間で遊離量が急増し、2時間はそれに比して殆んど増加しない arginine, histidine, tyrosine, proline, tryptophan, threonine および alanine などに対して、1時間目では遊離化はあまり進まず、2時間目に急増する phenylalanine, isoleucine, leucine, valine,

aspartic acid および glutamic acid などである。

両蛋白について、熱処理によってその遊離化が特に大きく変化するものをあげると、カゼインのP消化では、histidine, lysine, tyrosine, serine および glycine などは低下し、他のアミノ酸はすべて高くなるが、特に phenylalanine, proline, methionine および threonine などに著しい。S消化では tryptophan および lysine が殆んど変化しないのを除けば、他はいずれも低下する。米グルテリンについては、PおよびS消化共にいずれのアミノ酸も熱処理で遊離化は低下し、特に後者で lysine, tyrosine, aspartic acid, glutamic acid および glycine などが著しい。

2次元ペーパークロマトグラフィによって検討した両蛋白の加熱しないものの4および24時間消化物についての成績(図1)も、上述の結果とはほぼ符号し、カゼインの方が高い消化性を示すことが観察された。なお、ペーパークロマトグラフィでは未確認のアミノ酸で、微生物

図1 カゼインおよび米グルテリンの熱処理しないものを、消化した際の2次元ペーパークロマトグラフィ*

*展開試料液量は、いずれも同量を用いた。

法では定量されているものがあるが、これは当該アミノ酸量の少ないことと、微生物法での定量用乳酸菌に対する低級ペプチドの活性も関連していたためと考えられる。

(3) 各基質蛋白中の各アミノ酸全量（加水分解物中の量）に対する遊離態量の百分率を求め、この遊離度の面から観察すると、蛋白質、熱処理の有無の相違が大きく影響し、酵素の種類でも差異を示す。

カゼインをS消化した際の各アミノ酸の遊離度については、すでに、野本ら³⁰⁾が40°C、72時間消化した際の結果について、報告している。これと著者らの24時間消化物とを比見すると、消化条件もやや異なるが、各アミノ酸共に、ほぼ符号した遊離化傾向が認められる。

しかし、proline については相違が大きく、その原因については明らかでない。

以上述べてきたように、既往の動物試験の成績から指

摘されている、米蛋白の threonine 補足の原因は明らかではないが、カゼインおよび米グルテリンを消化した際観察された、蛋白質単位量当りから遊離する各アミノ酸量についての多少の差異、換言すれば *in vitro* での消化性の良悪が関係するのかも知れない。

要 約

カゼインおよび米グルテリンを熱処理 (1.05kg/cm², 30分間オートクレーブした) したもの、しないものについて、パンクレアチン (以下P) 乃至プロナーゼ (以下S) の両種蛋白分解酵素で *in vitro* で消化し、両蛋白の消化性の相違を、18種アミノ酸の遊離度の経時的变化 (1, 2, 4, 6, 24時間) の面から観察した。アミノ酸の定量は微生物法を用い、各基質蛋白の24時間消化物については諸形態Nについても測定した。また、熱処理しないものの4および24時間消化物については、2次元ペーパークロマトグラフィで定性的な観察も行なった。その結果、18種遊離アミノ酸の総量および各形態Nの遊離度で、両蛋白の消化性を比較すると、熱処理の有無および酵素の種類に関せず、カゼインは米グルテリンより高い消化度を示す。熱処理によって、カゼインのP消化のみその消化度は高まり、そのS消化および米グルテリンのP, S両消化では低下する。個々のアミノ酸については蛋白の種類、熱処理の有無および酵素の種類で、それぞれ遊離化の様相が異なる (表 1-a および表 2)。ペーパークロマトグラフィでの観察では、両蛋白間の差異はほぼ微生物法での結果と符号し、そして各消化物共に asparagine および glutamine がそれぞれの遊離酸より著明に多いことが知られる (図 1)。

稿を終るに臨み、本研究の実施にあたり、終始御懇篤なる御指導を戴いた食糧研究所長、東京大学農学部教授桜井芳人博士に深甚の謝意を表する。また本研究の費用の一部は、味の素株式会社研究基金によったことを付記して謝意を表すると共に、プロナーゼを譲与して戴いた科研化学株式会社の方々、並びに試料白米を分与していただいた食糧研究所柳瀬肇技官に厚く感謝する。

文 献

- 1) Wooley, D.W., and Collyer, M. L. : *J. Biol. Chem.*, 162, 383 (1946)
- 2) Ramasarma, G.B., Henderson, L.M., and Elvehjem, C.A. : *J. Nutrition*, 38, 177 (1949)
- 3) Davis, R.M. : *J. Nutrition*, 37, 115 (1949)

- 4) 桜井, 宮崎, 渡辺 : 栄養と食糧, 13, 58 (1959)
- 5) 高井, 志野, 岡本 : 生化学, 32, 637 (1960)
- 6) 田坂, 小川, 柴田, 福島, 山下, 斎藤, 安田, 福富, 小西, 森, 奥平 : 第14回栄養・食糧学会総会, 蛋白アミノ酸とその資源, シンポジウム特集, 69 (1960)
- 7) (Evans, R.J., McGinnis, J., and St John, J. L. : *J. Nutrition*, 33, 661 (1947))
- 8) Melnick, D., and Oser, B.L. : *Food Technol.*, 3, 57 (1949)
- 9) Beuk, J.F., Chornnock, F.W., and Rice, E. E. : *J. Biol. Chem.*, 180, 1243 (1949)
- 10) Horn, M.J., Blum, A.E., and Womack, M. : *J. Nutrition*, 52, 375 (1954)
- 11) Denton, A.E., and Elvehjem, C.A. : *J. Biol. Chem.*, 206, 449 (1954)
- 12) 高橋 : 栄養と食糧, 12, 198 (1959)
- 13) Chen, M-L., Rogers, Q.R., and Harper, A. E. : *J. Nutrition*, 76, 235 (1962)
- 14) Osborne, T.B., and Mendel, L. B. : *J. Biol. Chem.*, 20, 351 (1915)
- 15) Harper, A.E. : *J. Nutrition*, 67, 109 (1959)
- 16) Pecola, L.J., and Hundley, J.M. : *J. Nutrition*, 44, 101 (1951)
- 17) 一之瀬 : 国立栄研研究報告, 昭和34年度, 41
- 18) Nonaka, Y., and Ariyama, H. : *Agri & Biol. Chem.*, 25, 731 (1961)
- 19) 芦田, 吉田 : 栄養と食糧, 15, 80 (1962)
- 20) Eldred, N.R., and Rondney, G. : *J. Biol. Chem.*, 162, 261 (1945)
- 21) Pader, M., Melnick, D., and Oser, B.L. : *J. Biol. Chem.*, 172,
- 22) Denton, A.E., and Elvehjem, C.A. : *J. Nutrition*, 49, 221 (1953)
- 23) Debaun, R.M., and Cannors, W.M. : *J. Agr. Food Chem.*, 2, 524 (1954)
- 24) Scheffner, A.L., Eckfeldt, G.A., and Spec-tor, H. : *J. Nutrition*, 60, 105 (1956)
- 25) Baldwin, R.R., Lowry, J. R., and Thiessen, R. Jr. : *Food Research*, 16, 107 (1951)
- 26) Rotha, S. P. and Bigwood, E. J. : *Brit. J. Nutrition*, 13, 385 (1959)
- 27) Schroeder, L. J., Lacobellis, M., Lees, H., and Smith, A. H. : *J. Nutrition*, 50, 351 (1953)
- 28) Nomoto, M. and Narahashi, Y. : *J. Biochem. (Japan)*, 48, 906 (1960)
- 29) 星野, 川端, 原 : 食糧研, 15, 39 (1961)
- 30) Horn, M.J., and Blum, A.E. : *Cereal Chem.*, 33, 18 (1956)
- 31) Kuiken, K.A., Lyman, C. M., and Hale, F. : *J. Biol. Chem.*, 171, 551 (1947)
- 32) 星野 : 食糧研, 16, 39 (1962)
- 33) 田村, 角田, 桐村, 宮沢 : 日農化, 26, 463 (1952)
- 34) 田村, 塩入 : 農技研誌, 3, 115 (1956)
- 35) 高田, 高橋 : 化学の領域, 8, 259 (1950)
- 36) 野本, 奈良橋, 村上 : 理研報告, 35, 154 (1959)

(農林省食糧研究所)