

理学博士江上不二夫君の「リボヌクレアーゼに関する研究」

に対する授賞審査要旨

リボヌクレアーゼはリボ核酸（RNA）を特異的に分解する酵素であるが、生体内ではリボ核酸の代謝にも関与していると思われる重要な酵素である。リボ核酸は総ての生物において蛋白質の生合成に最も重要な役割を果している磷酸を含んだ長鎖状の高分子物質である。江上不二夫君の研究は種々の微生物から新しい数種のリボヌクレアーゼを分離し、その酵素的特性を明らかにしそれに基づいて遺伝形質発現の基礎理論を実験的に証明する途を開いたものである。

デオキシリボ核酸（DNA）が遺伝子となつてゐる多くの生物においてはその遺伝情報はまずDNAからRNAに転写されそのRNAが細胞質内の顆粒リボソームに結合し、そこで蛋白質の生合成を行なうものであるが、その際蛋白質の構成材料である二十種のアミノ酸は夫々に特異的なトランスマーカーRNA（t-RNA）と呼ばれている比較的小分子のRNAと結合し、次いでリボソームに存在するRNA分子の上に各々のアミノ酸に対応するトリプレットコードの順序に従つて配列し、そこでアミノ酸はt-RNAから離れると同時にポリペプチド状に結合してゆくのである。このようなプロセスによつて生物は夫々種属特性をもつた蛋白質を合成してゆくと考えられてゐる。またDNAのないRNAウイルスにおいてはRNA自身が遺伝子であると同時に蛋白質の生合成を支配している。

以上のようなRNAの機能は種々の間接的実験に基づいて一般的に容認されているところであるが、このことを実

驗的に証明するためにはRNA分子内のヌクレオチドの結合順序を明らかにしなければならない。

RNAを構成しているヌクレオチドは、アデニル酸、グアニル酸、シチズル酸及びウリジル酸の四種である。この四種のヌクレオチドが數十乃至数百以上も結合しているRNA内の各ヌクレオチドの結合順序を決定することは極めて困難な問題である。それを決定する方法としてはRNAを特定の部位で分解するリボヌクレアーゼで切斷し、生成するオリゴヌクレオチド断片の構造を決定しそれによつて全体の結合順序を解明するものであるが、そのためには分解されるRNAの特定部位が異つてゐる二種以上のリボヌクレアーゼを用うる必要がある。然るに江上君が新しいリボヌクレアーゼを発見し、且つその特異性を明らかにするまでは作用特異性の判明しているリボヌクレアーゼは、温血動物の脾臓から抽出されたリボヌクレアーゼIAのみであった、従つてRNAのヌクレオチド結合順序を化学的に決定することは不可能であった。

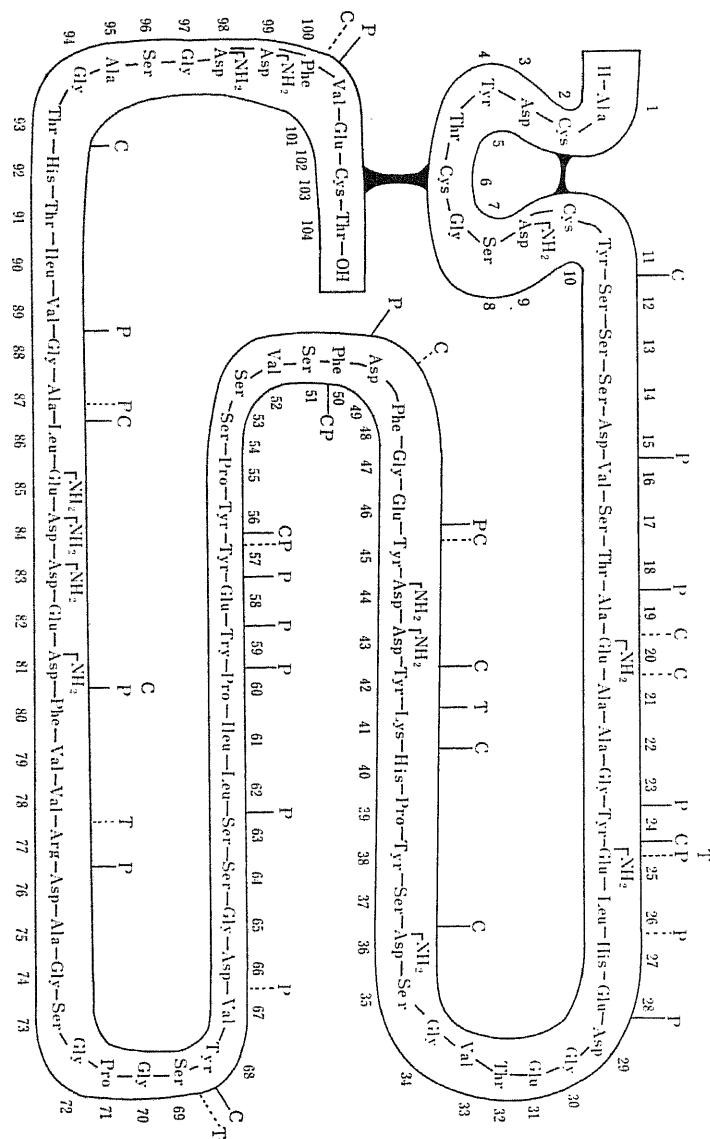
江上君は一九五七年タカジアスターーゼ中にリボヌクレアーゼ T_1 及び T_2 と命名された二種の新しいリボヌクレアーゼを発見した。 T_1 はRNA中のグアニル酸の部位だけに作用し他の部位には作用しないことをたしかめた。他方リボヌクレアーゼIAはシチズル酸及びウリジル酸の部位のみに作用する酵素であるから両酵素は同一のRNAから異つたオリゴリボヌクレオチド断片を与えるのである。この事実に基づいてRNAのヌクレオチド結合順序の決定にリボヌクレアーゼ T_1 が最も有力な武器になるであろうことを江上君は一九五七年に予言している。またリボヌクレアーゼ T_2 は総てのヌクレオチドに作用する幅の広い特異性をもつた酵素であることもたしかめられた。果して T_1 、 T_2 の発見後まもなく、英、米、独、スイス、日本等の多くの生化学者によつてリボヌクレアーゼIA、 T_1 、 T_2 等の酵素を用いた

RNAの構造研究が開始された。RNAの中でもt-RNAは比較的小分子で单一のRNAとして精製されやすかつたのですが、t-RNAからその研究が開始され、その先鞭をつけたのが米のR·W·ホーレイである。彼は酵母からアラニンを活性化するt-RNAを純粋に分離してそれをリボヌクレアーゼI-A及びT₁で分解し、夫々の場合の分解生成物を分離し、それらの構造を決定しそれに基づいて一九六六年七十七個のヌクレオチドから成っているアラニンt-RNAの全一次構造を決定した。この研究はRNAの全ヌクレオチド順序を決定した先駆的研究であったので、ホーレイは一九六八年にノーベル賞を与えられている。彼はその受賞講演の中で江上のT₁発見がなければ、彼の研究は出来なかつたであろうと述べている。

その後アラニン以外のアミノ酸に相当するt-RNAも、各国の研究者によってその構造が研究され、現在では既に二十余種のt-RNAについてそのヌクレオチド結合順序が決定されている。その何れの場合にも必ずT₁は用いられている。最近の一、三年来はT₁、T₂の他に江上君が一九六七年ウスチラゴから分離したリボヌクレアーゼU₂も、同様の研究に利用され始めている。U₂の特異性はアデニル酸及びグアニル酸の二種のプリン塩基を有するヌクレオチドの部位に作用するが、ピリミジンヌクレオチドの部位には作用しないのでRNA中のピリミジンヌクレオチド部分のみを分離するのに役立つ酵素である。

一九六九年英國のサンガー(F. Sanger)等は大腸菌のRNAウィールスR₁₇のRNAのヌクレオチド順序の研究にリボヌクレアーゼI-A、T₁及びU₂を用い、初めてR₁₇のコート蛋白中のアミノ酸二十個のペプチド部分に相当する六十個のヌクレオチドからなる部分の結合順序を決定することに成功している。この研究はそれまで仮説の域を脱してい

RNase T₁ のアミノ酸組合順序



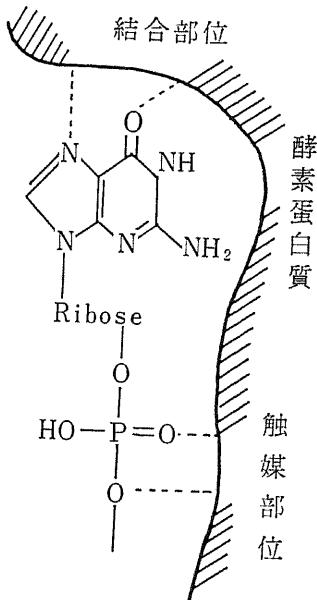
T, C 及び P は夫々トリブシン、キモトリブシン及びペプシンで分解される位置を示す

なかつたRNA中のトリプレットコードによつて蛋白質中のアミノ酸の順序が決定されていることを実験化学的に証明したという点において極めて意義が深い。

更に江上君の指導によつて高橋健次博士はリボヌクレアーゼT₁のアミノ酸の結合順序並びにS—S結合を完全に決定した。それによると別図に示したようにT₁は百四個のアミノ酸が長鎖状に結合したもので一つのS—S結合を有する。

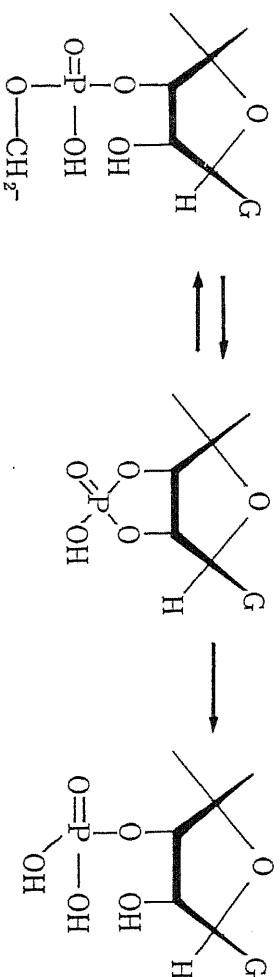
この研究特にT₁の研究は日本で発見され、その作用特性と共に一次構造が完全に決定された酵素としては最初の例である。

江上君等はまたT₁の特異的酵素作用発現の機作についても研究し、イノシニルヌクレオチド及びキサンチルヌクレオチドもT₁によつて分解されること、その作用が2'-アーチアニル酸によつて強く阻害される等の事実から酵素作用には



スクレオチドのプリン核の 6 の位置 $\text{C}=\text{O}$ または $\text{C}-\text{OH}$ のあることが必要である。またプリン核の 7 位にメチル化されたもの及び 7 位の N が CH によって置換されたものは全く酵素作用を受けない」とを認めた。また光化学的失活の実験から酵素作用には T₁ 中のヒスチジン基が重要な役割をもつてゐると考えられる。これらの実験事実に基づいて江上君は T₁ の酵素作用の前提として次図に示したような酵素蛋白質と基質の間の接触が必要であると推定した。

更に 1 つの重要な事実は右の環状磷酸ヒステルに酵素が作用する場合に、実際には加水分解の中間に次図に示すような環状磷酸ヒステルを生ずることである。この環状磷酸ヒステルは酵素反応の条件によって可逆的に元の結合を生ずるやである。



本の事実は環状ヒステルによる酵素活性がスクレオチドの合成を阻害するのである。核酸江上君等はそれを

実験的に証明してゐる。また最近は *Neurospora crassa* からリボヌクレアーゼ N_1 とその特異性の殆ど等しい酵素を純粋結晶として分離しているがカリリボヌクレンオチドの酵素合成に T_1 より T_2 より更に適した結果を発見している。

以上江上君のリボヌクレンアーゼに関する研究はそれ自身優れた酵素化学的研究であると共に、分子遺伝学の進歩に多大の貢献をなしたことは江上君の一連の研究発表以来それを用いたRNAの研究が爆発的である所を発見して下さいとも知られる。

なお江上君の初期の研究としては動物の粘液質である多糖類硫酸エーステルの研究、細菌による硝酸塩の代謝に関する研究及び細菌毒素に関する研究等多くの独創的研究がある。

1' 主要な著書及び論文目録

I リボヌクレンアーゼに関するもの

- 1) K. Sato and F. Egami: Studies on ribonucleases in Takadiastase. *J. Biochem.*, **44**, 753-68 (1957).
- 2) —: Spécificité de la ribonucléase T₁. *Cont. Rend. Soc. Biol.*, **151**, 1792-6 (1957).
- 3) M. Niwa, S. Higuchi, and F. Egami: Effects of 5'-adenosine monosulfate as a substrate analogue on 5'-adenylic acid deaminase and 5'-nucleotidase. *J. Biochem.*, **45**, 89-95 (1958).
- 4) K. Sato-Asano and F. Egami: Réactions synthétiques par la ribonuclease T₁. *Biochim. Biophys. Acta*, **29**, 655-6 (1958).
- 5) 江上^木一夫, リボ核酸トリボヌクレンアーゼ, 化学の領域 111' 九一一大 (一九五八)
- 6) 江上^木一夫, 高木理次, 林一郎, 竹林義祐, リボ核酸リボヌクレンアーゼの特異性に関する実験(1), 簡単な合成基

眞理が得るゝと“ハセレテモアモレ” 申立す。 110—111 (1 メートル)

- 7) S. Takemura, M. Takagi, M. Miyazaki, and F. Egami: Experiments on the specificity of pancreatic ribonuclease II. Behaviour of the enzyme towards riboapyrimidic acids. *J. Biochem.*, **46**, 1149 (1959).
- 8) K. Sato-Asano: Studies on ribonucleases in Takadiastase. II. Specificity of ribonuclease T₁. *J. Biochem.*, **46**, 31-7 (1959).
- 9) M. Naoi-Tada, K. Sato-Asano, and F. Egami: Studies on ribonucleases in Takadiastase. III. Purification and properties of ribonuclease T₂. *J. Biochem.*, **46**, 757 (1959).
- 10) K. Sato-Asano, Y. Fujii, and F. Egami: Enzymic preparation of guanosine 2',3'-cyclic phosphate, inosine 2',3'-cyclic phosphate and xanthosine 2',3'-cyclic phosphate. *Bull. Chem. Soc. Japan*, **32**, 1068-72 (1959).
- 11) K. Sato-Asano and Y. Fujii: Studies on ribonucleases in Takadiastase. IV. Action of ribonuclease T₁ on deaminoribonucleic acid. *J. Biochem.*, **47**, 608 (1960).
- 12) K. Sato-Asano: Studies on ribonucleases in Takadiastase. V. Synthetic reaction by ribonuclease T₁. *J. Biochem.*, **48**, 284 (1960).
- 13) K. Sato-Asano and F. Egami: Ribonucleases in Takadiastase. *Nature*, **185**, 462-3 (1960).
- 14) 真理が得るゝと“ハセレテモアモレ” 申立す。 110—111 (1 メートル)
- 15) K. Asano and F. Egami: Ribonuclease T₁ digestion of yeast soluble RNA. *J. Biochem.*, **50**, 467-70 (1961).
- 16) S. Yamagata, K. Takahashi, and F. Egami: The structure and function of ribonuclease T₁. IV. Photooxidation of RNase T₁. *J. Biochem.*, **52**, 261-6 (1962).
- 17) Y. Shiobara, K. Takahashi, and F. Egami: The structure and function of ribonuclease T₁. V. Deamination of RNase T₁. *J. Biochem.*, **52**, 267-71 (1962).
- 18) S. Yamagata, K. Takahashi, and F. Egami: The structure and function of ribonuclease T₁. VI. Reduction

of disulfide bonds of ribonuclease T₁. *J. Biochem.*, **52**, 272 (1962).

- 19) H. Hayashi and F. Egami: Fractionation and properties of guanylic acid polymers synthesized by ribonuclease T₁. *J. Biochem.*, **53**, 176 (1963).
- 20) 肾三穀酸、レニンの消化、牛乳、111K、アラバマ州立大学農芸化学生物学部（1丸長）
- 21) 糜田洋治、内田庸子、上木一夫、ホウソクセキテルスイカの酵素、Vstilags zeae の酵素、日本農芸化学生物学部（1丸長）
- 22) F. Egami, K. Takahashi, and T. Uchida: Ribonucleases in Taka-diastase: Properties, chemical nature and applications. "Progress in Nucleic Acid Research & Molecular Biology", ed. by J. N. Davidson and W. E. Cohn, Vol. 3, Academic Press, p. 59 (1964).
- 23) 板垣和子、肾三穀酸、胰原蛋白、本草綱目、三彩譜写、上木一夫、ケトアミノ酸の形成に有効な木々、ヒマラヤスダコタモ、生花井、111K、111A-11H（1丸長）
- 24) T. Uchida and F. Egami: Ribonuclease T₁ digestion of deaminated polyribo-nucleotides and its applicability for nucleotide sequence analysis in polyribonucleotides. *J. Biochem.*, **57**, 742 (1965).
- 25) S. Sato and F. Egami: On the interaction of ribonuclease T₁ and guanosine 2'-phosphate and related compounds. *Biochem. Z.*, **342**, 437-47 (1965).
Dedicated to Prof. S. Ochoa on the occasion of his 60th birthday.
- 26) M. Hiramaru, T. Uchida, and F. Egami: Ribonuclease preparation for the base analysis of polyribonucleotides. *Analytical Biochem.*, **17**, 135-42 (1966).
- 27) Y. Kuriyama: Enzymatic activity of polyalanyl ribonuclease T₁ and polyglutamyl ribonuclease T₁. *J. Biochem.*, **59**, 596 (1966).
- 28) 肾三穀酸、ヒルキ-1-夫、長経由スリーブスナップ-スリーブの調理と封緘、生花井、111K、11H（1丸長）

- 29) T. Uchida: Purification and properties of RNase T_2 . *J. Biochem.*, **60**, 115 (1966).
- 30) S. Sato, T. Uchida, and F. Egami: Action of ribonuclease T_2 on 2', 3-cyclic nucleotides and related compounds. *Arch. Biochem. Biophys.*, **115**, 48-52 (1966).
- 31) N. Takai, T. Uchida, and F. Egami: Purification and properties of ribonuclease N_1 , an extracellular ribonuclease of *Neurospora crassa*. *Biochim. Biophys. Acta*, **128**, 218-20 (1966).
- 32) 小林一樹' 三崎久義' 岩井三郎' 鹿児島' 田中正樹' (1966)
- 33) T. Uchida and F. Egami: Ribonuclease T_1 from Taka-diastase. "Procedures in Nucleic Acid Research", ed. by G. L. Cantoni and D. R. Daviers, Harper & Row Publishers, New York and London, p. 3 (1966).
- 34) ——: Ribonuclease T_2 from Taka-diastase. "Procedures in Nucleic Acid Research", ed. by G. L. Cantoni and D. R. Daviers, Harper & Row Publishers, New York and London, p. 46 (1966).
- 35) ——: The specificity of ribonuclease T_2 . *J. Biochem.*, **61**, 44 (1967).
- 36) 鹿井三郎' 田中正樹' 小林一樹' 鹿児島' (1967)
- 37) 鹿井三郎' 田中正樹' 小林一樹' Neurospora crassa の酵素活性と RNase T_2 の作用 (1967)
- 38) 小林一樹' 三崎久義' 岩井三郎' 鹿児島' (1968)
- 39) T. Arima, T. Uchida, and F. Egami: Studies on extracellular ribonucleases of *Ustilago adhaerogena*. Purification and properties. *Biochem. J.*, **106**, 601-8 (1968).
- 40) ——: Studies on extracellular ribonucleases of *Ustilago sphaerogena*. Characterization of substrate specificity with special reference to purine-specific ribonucleases. *Biochem. J.*, **106**, 609 (1968).

- 41) N.W. Y. Ho, T. Uchida, F. Egami, and P. T. Gilham: A new cleavage method for the study of nucleotide sequences in RNA. Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology, **34**, 647 (1969).
- 42) T. Koike, T. Uchida, and F. Egami: Synthesis of guanylyl-(3'-5')-nucleosides and oligoguanylic acids by ribonuclease N₁. *Biochim. Biophys. Acta*, **190**, 257 (1969).
- 43) K. Kasai, T. Uchida, F. Egami, K. Yoshida, and M. Nomoto : Purification and crystallization of ribonuclease N₁ from *Neurospora crassa*. *J. Biochem.*, **66**, 389 (1969).
- 44) M. Hiramaru, T. Uchida, and F. Egami : Studies on ribonucleases from *Physarum polycephalum*. Purification and characterization of substrate specificity. *J. Biochem.*, **65**, 693 (1969).
- 45) M. Hiramaru, T. Uchida, and F. Egami: Studies on two nucleases and a ribonuclease from *Physarum polycephalum*. Purification and mode of action. *J. Biochem.*, **65**, 701 (1969).
- 46) S. Irie, T. Itoh, T. Uchida, and F. Egami : pH Dependence of the RNase T₁ action on nucleoside 2',3'-cyclic phosphates. *J. Biochem.*, **68**, 163-70 (1970).
- 47) T. Uchida : Immunochemical properties of ribonuclease T₁ in relation to other ribonucleases. *J. Biochem.*, **68**, 255-64 (1970).
- 48) K. Takahashi, T. Uchida, and F. Egami : Ribonuclease T₁. Structure and function. *Advan. in Biophys.*, ed. by M. Koani, Vol. 1, pp. 53-98 (1970).
- 49) T. Uchida, T. Arima, and F. Egami : Specificity of RNase U₂. *J. Biochem.*, **67**, 91 (1970).
- 50) J. Hashimoto, T. Uchida, and F. Egami : Action of ribonucleases T₁, T₂ and U₂ on dinucleoside monophosphates containing 7-deazapurine base. *Biochim. Biophys. Acta*, **199**, 535 (1970).
- 51) S. Irie, T. Uchida, and F. Egami : Synthesis and ribonuclease degradation of dinucleoside monophosphates containing a thionucleoside. *Biochim. Biophys. Acta*, **209**, 289-95 (1970).
- 52) T. Koike, T. Uchida, and F. Egami : Synthesis of adenylyl-(3',5')-nucleosides, adenylyl-(3',5')-guanosine

2',3'-cyclic phosphate and oligoadenylic acids by ribonuclease U₂. J. Biochem., 69, in press.

- 53) T. Uchida and F. Egami: Microbial ribonucleases with special reference to RNases T₁, T₂, N₁ and U₂. "The Enzymes", ed. by P. D. Boyer, 3rd edition, Vol. IV, Academic Press Inc., New York (1970).

II 細胞の形態的な論文

- 1) E. Aubel et F. Egami: Production anaérobie d'acide pyruvique aux dépens de l'alanine. Compt. Rend. Soc. Biol., 119, 1243 (1935).
- 2) — : Déamination de l'alanine. Compt. Rend. Acad. Soc., 202, 675-6 (1936).
- 3) T. Soda and F. Egami: A new sulfuric acid ester in the mucus of Charonia lampas. Bull. Chem. Soc. Japan, 13, 652 (1938).
- 4) 江口一夫、エヌピラセトニアーキ模型（報1報）、日本化学会誌、昭和10年1月号（1935年）
- 5) F. Egami: Combustion de l'alcool méthylique chez la souris blanche placée au point de neutralité thermique. Compt. Rend. Soc. Biol., 129, 1168-70. (1938).
- 6) 江口一夫、ベルトナターキ模型の関係研究（其1）エヌピラセトニアーキ模型（報1報）、日本化学会誌、昭和10年1月号（1935年）
- 7) 江口一夫、ベルトナターキ模型に関する研究（其11）、諸硫酸Hベトナム Trypanflavin, Rivanol 等の沈殿反応、日本化学会誌、昭和15年1月号（1939年）
- 8) 江口一夫、ベルトナターキ模型に関する研究（其12）、エヌピラセトナターキ模型（第11報）、日本化学会誌、昭和15年1月号（1940年）
- 9) 江口一夫、ベルトナターキ模型に関する研究（其13）、ベルトナターキ類の特異性に関する模型的研究、日本化学会誌、昭和15年1月号（1940年）
- 10) 左右田徳郎、江口一夫、堀米悌一、エヌピラセトナターキ硫酸に関する研究（第1報）、ベルトナターキの使用による

- 11) 江上長一夫、スルツターヤ模型に関する研究(其七)、日本化学会誌、**21**、国二〇一九(一九四〇)
- 12) 江上長一夫、スルツターヤ模型に関する研究(其八)、日本化学会誌、**21**、国二〇一九(一九四一)
- 13) 江上長一夫、八木康夫、細谷省吾、西宮恒、志賀赤痢菌菌体外毒素の化学的研究(其一)、日本化学会誌、**21**、五二四一八(一九四一)
- 14) 江上長一夫、西宮恒、細谷省吾、志賀赤痢菌菌体外毒素の化学的研究(其二)、日本化学会誌、**21**、六五九一
九(一九四四)
- 15) 江上長一夫、佐藤一、硝酸還元酵素の研究(一)、日本化学会誌、**21**、三九一〇〇(一九四七)
- 16) 江上長一夫、佐藤一、硝酸還元酵素の研究(二)、日本化学会誌、**21**、一〇〇一〇〇(一九四八)
- 17) 江上長一夫、下村道夫、水酸化アルミニウムによる酵素核配の実験、新報、**12**、国二〇一(一九四八)
- 18) R. Sato and F. Egami: Studies on nitrate reductase (III). Bull. Chem. Soc. Japan, **22**, 137-43 (1949).
- 19) S. Hosoya, T. Hayashi, Y. Homma, F. Egami, M. Shimomura, and Y. Yagi: Studies on the hemolysin of hemolytic streptococci. I. The hemolysin obtained from the nucleic acid-treated broth culture of hemolytic Streptococci. Jap. J. Exp. Med., **20**, 27-36 (1949).
- 20) — : Studies on the hemolysin of hemolytic streptococci. II. The hemolysin obtained by shaking a mixture of hemolytic Streptococci with nucleic acid solution. Jap. J. Exp. Med., **20**, 27-36 (1949).
- 21) F. Egami and R. Sato: Enzymic decomposition on nitromethane by liver homogenates. Nature, **165**, 365-6 (1950).
- 22) F. Egami and M. Itahashi: Enzymatic decomposition of nitromethane by liver homogenate. J. Biochem., **38**, 329-33 (1951).
- 23) F. Egami, M. Itahashi, R. Sato, and T. Mori: A cytochrome from halotolerant bacteria. J. Biochem., **40**, 527-34 (1953).

- 24) M. Shimomura and F. Egami: Dephosphorylation of nucleic acids, mononucleotides and casein by lanthanum and cerium hydroxide gels. Bull. Chem. Soc. Japan, **26**, 263-7 (1953).
- 25) F. Egami, H. Ishihara und M. Shimomura: Über die methylierte Heferibonucleinsäure. Z. Physiol. Chem., **295**, 349-54 (1953). Herrn Prof. Dr. K. Thomas zu seinem 70, Geburtstage gewidmet.
- 26) I. Yamashina, S. Shikata, and F. Egami: Enzymatic reduction of aromatic nitro, nitroso and hydroxyl-amino compounds. Bull. Chem. Soc. Japan, **27**, 44-5 (1954).
- 27) T. Katsura, H. Ito, T. Nojima, M. Nemoto, and F. Egami: Nitrate reduction by *Cl. welchii*. J. Biochem., **41**, 745-56 (1954).
- 28) T. Yamada I. Shiö, and F. Egami: On the halophilic alkaline phosphomonoesterase. Proc. Japan Acad., **30**, 113-5 (1954).
- 29) F. Egami, M, Shimomura, H. Ishihara, Y. Honma, K, Sagehashi et S. Hosoya: Recherches chimiques sur l'endotoxine de *Pseudomonas aeruginosa*. Bull. Soc. Chim. Biol., **36**, 779-87 (1954).
- 30) F. Egami and N. Takahashi: Synthesis of adenosine sulfuric acids. Bull. Chem. Soc. Japan, **28**, 666-8 (1955).
- 31) F. Egami, T. Asahi, N. Takahashi, S. Suzuki, S. Shikata, and K. Nishizawa: Chemical studies on charominsulfuric acid. Bull. Chem. Soc. Japan, **28**, 685-9 (1955).
- 32) S. Taniguchi, H. Mitsui, K. Nakamura, and F. Egami: Hydroxylamine reductase. Biochemistry of Nitrogen, Helsinki, Acad. Science, 200-15 (1955). Dedicated to Prof. A. I. Vitanen on the occasion of his 60th birthday.
- 33) F. Egami: Recherches biochimiques sur les bactéries halotolérantes et halophiles. Bull. Soc. Chim. Biol., **37**, 207-17 (1955).
- 34) K. Nakanishi, N. Takahashi, and F. Egami: Infrared spectra of choninsulfuric acid, chondroitinsulfuric

- acid and some related polysaccharides. Bull. Chem. Soc. Japan, **29**, 434-8 (1956).
- 35) F. Egami and K. Yagi: Biochemical studies on "Coenzyme sulfate analogues". I. Effects of adenosine monosulfate and riboflavin monosulfate on Damino acid oxidase. J. Biochem., **43**, 153-9 (1956).
- 36) F. Egami, M. Naoi, M. Tada, and K. Yagi: Biochemical studies on "Coenzyme sulfate analogues". II. Effects of riboflavin monosulfate on bacterial growth. J. Biochem., **43**, 675-82 (1956).
- 37) H. Takahashi, S. Taniguchi, and F. Egami: Nitrate reduction in aerobic bacteria and that in Escherichia coli coupled to phosphorylatin. J. Biochem., **43**, 223-33 (1956).
- 38) S. Taniguchi, R. Sato, and F. Egami: The enzymatic mechanisms of nitrate and nitrite metabolism in bacteria. "Inorganic Nitrogen Metabolism" ed. by W. D. McElroy and B. Glass, The John Hopkins Press, Baltimore, 87-108 (1956).
- 39) F. Egami and N. Takahashi: A simple method of sulfate microdetermination. Bull. Chem. Soc. Japan, **30**, 442-4 (1957).
- 40) S. Suzuki, N. Takahashi, and F. Egami: Enzymic transsulfuration from a phenol to carbohydrates. Biochim. Biophys., Acta, **24**, 444-5 (1957).
- 41) H. Theorell, K. Yagi, G. Ludwig, and F. Egami: Effect of flavin monosulfate on old yellow enzyme. Nature, **180**, 922-3 (1957).
- 42) 脂煙酸^{ナトリウム}・硫酸^{ナトリウム}の酵素作用による^{レチノール}の還元とその他の影響. 111-112(1957)
- 43) M. Ishimoto and F. Egami: Meaning of nitrate and sulfate reduction in the process of metabolic evolution. Reports on the International Symposium 1957, Moscow, ed. by the Academy of Science of USSR, 322-8 (1957).
- 44) S. Taniguchi, A. Asano, K. Iida, M. Kono, K. Ohmachi, and F. Egami: Enzymatic electron transfer to nitrate, nitrite and hydroxylamine. International Symposium on Enzyme Chemistry, Japan 1957.

- 184, 833 (1959).
- 57) N. Takahashi and F. Egami: Cellulose polysulfatase, an enzyme attacking cellulose polysulfate and Charonin sulfate. *Biochim. Biophys. Acta*, **38**, 375-7 (1960).
- 58) N. Takahashi et F. Egami: Interaction de l'inositolhexasulfate avec les protéines basiques. *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **42**, 83-9 (1960).
- 59) S. Sugai and F. Egami: Streptolysin S formation by streptococcal ghosts. *Proc. Japan Acad.*, **36**, 141-4 (1960).
- 60) S. Sugai and F. Egami: Effect of chloramphenical and amino acids on streptolysin formation by streptococcal ghosts. *J. Biochem.*, **48**, 777-9 (1960).
- 61) K. Sato-Asano, T. Hayashi, and F. Egami: Induction of streptolysin S formation by oligoguaninic acids. *J. Biochem.*, **48**, 292-4 (1960).
- 62) N. Takahashi and F. Egami: Hydrolysis of polysaccharide sulphate ester by a sulphatase preparation from *Charonia lampa*. *Biochem. J.*, **80**, 384-6 (1961).
- 63) Y. Kishimoto, N. Takahashi, and F. Egami: Synthesis and properties of serotonin O-sulfate. *J. Biochem.*, **49**, 436 (1961).
- 64) F. Egami, M. Ishimoto, and S. Taniguchi: The electron transfer from cytochromes to terminal electron acceptors in nitrate respiration and sulphate respiration. "Haematin Enzyme", ed. by J. E. Falk, R. Lemberg and R. K. Morton, Pergamon Press (1961).
- 65) F. Egami and N. Takahashi: Studies on charoninsulfuric acids and sulfatases of *Charonia lampas*. "Biochemistry and Medicine of Mucopolysaccharides", ed. by F. Egami and Y. Oshima, pp. 52-77 (1962).
- 66) F. Egami and S. Taniguchi: Nitrat. Methoden der Enzymatischen Analyse, Verlag Chemie (1962).

- 67) M. Kageyama and F. Egami : On the purification and some properties of a pyocin, a bacteriocin produced by *Pseudomonas seruginea*. Life Science, **9**, 471-6 (1962).
- 68) F. Egami, M. Ishimoto, and M. Itahashi : Some aspects of comparative biochemistry of sulfate metabolism. Proceedings of the Fifth International Congress of Biochemistry, Vol. III, p. 327 (1963).
- 69) S. Inoue and F. Egami : Isolation of new sugar sulphates from *Charonia lampas*. J. Biochem., **65**, 557 (1963).
- 70) Y. Nagai, S. Funahashi, and F. Egami : Inositol hexasulfate, a non-competitive inhibitor of acid phosphatase from wheat bran. J. Biochem., **54**, 191-2 (1963).
- 71) F. Egami and S. Taniguchi : Nitrate. "Methods of Enzymatic Analysis", ed. by H. U. Bergmeyer, Verlag Chemie, Academic Press, pp. 636-9 (1963).
- 72) H. Takahashi, S. Taniguchi, and F. Egami : Inorganic nitrogen compounds : Distribution and metabolism. "Comparative Biochemistry", ed. by M. Florkin and H. S. Mason, Vol. V, Academic Press, pp. 91-202 (1963).
- 73) T. Oshima, S. Kawai, and F. Egami : Incorporation of oxygen atoms from atmospheric oxygen into indigotin by *Pseudomonas indoloxidans*. Biochim. Biophys. Acta, **78**, 558-9 (1963).
- 74) F. Egami and J. Koyama : Nucleopeptide nature of streptolysin S'. Federation Proceedings, **22**, part 2, p. 354 (1963).
- 75) J. Koyama and F. Egami : Biochemical studies on streptolysin S' formed in the presence of yeast ribonucleic acid. I. The purification and some properties of the toxin. J. Biochem., **53**, 147 (1963).
- 76) J. Koyama, Y. Sokawa, and F. Egami : Chemical nature and biosynthesis of streptolysin S'. Biochem. Z., **338**, 206-16 (1963). Dedicated to Prof. O. Warburg on the occasion of his 80th birthday.
- 77) T. Oshima and F. Egami : Study of the anaerobic metabolism of protocatechuates with soil bacteria (in

- Russian). Probl. Evolutionnoi i Tekhn. Biokhim. Akad. Nauk USSR. Inst. Biokhim., pp. 154-8 (1964). Dedicated to Prof. A. I. Oparin on the occasion of his 70th birthday.
- 78) J. Koyama and F. Egami: Biochemical studies on streptolysin S'. III. Polypeptide-oligonucleotide complex nature of the toxin. *J. Biochem.*, **55**, 629 (1964). Dedicated to Prof. T. Soda on the occasion of his 70th birthday.
- 79) K. Ikeda, M. Kageyama, and F. Egami: Studies of a pyocin. II. Mode of production of the pyocin. *J. Biochem.*, **55**, 54-8 (1964).
- 80) M. Kageyama, K. Ikeda, and F. Egami: Studies of a pyocin. III. Biological properties of the pyocin. *J. Biochem.*, **55**, 59 (1964).
- 81) T. Muramatsu and F. Egami: Hydrolysis of ovalbumin glycopeptide and ovomucoid glycopeptide by an enzyme preparation from the liver of *Charonia lampas*. *Jap. J. Exp. Med.*, **35**, 171-9 (1965).
- 82) S. Kawai, T. Oshima, and F. Egami: On the oxidation of p-aminobenzoate to p-nitrobenzoate by *Streptomyces thioluteus*. *Biochim. Biophys. Acta*, **97**, 391-3 (1965).
- 83) S. Kawai, T. Oshima, and F. Egami: Incorporation of oxygen atoms from molecular oxygen into nitro group of p-nitrobenzoate by *Streptomyces thioluteus*. *Biochim. Biophys. Acta*, **104**, 316 (1965).
- 84) S. Kawai, K. Kobayashi, T. Oshima, and F. Egami: Studies on the oxidation of p-aminobenzoate to p-nitrobenzoate by *Streptomyces thioluteus*. *Arch. Biochem. Biophys.*, **112**, 537-43 (1965).
- 85) T. Oshima, S. Kawai, and F. Egami: Oxidation of indole to indigotin by *Pseudomonas indoloxidans*. *J. Biochem.*, **58**, 259 (1965).
- 86) Y. Sokawa and F. Egami: Release of the hemolytic component of streptolysin S by ATP and magnesium ion from a protoplast membrane fraction of *Streptococci*. *J. Biochem.*, **57**, 64 (1965).
- 87) S. Ishii, Y. Nishi, and F. Egami: The fine structure of a pyocin. *J. Mol. Biol.*, **13**, 428-31 (1965).

- 88) T. Uchida: A simplified method for the purification of ribonuclease T₁. *J. Biochem.*, **57**, 547 (1965).

89) K. Ikeda and F. Egami: Effects of antibiotics and antimetabolites on the induced formation by pyocin R. Z. Allg. Mikrobiol., **6**, 219-25 (1966).

90) F. Egami: Chemical nature and mode of action of ribonuclease T₁. *J. Scientific and Industrial Research (India)*, **25**, 442-9 (1966).

91) 蔡正和・伊賀富士子・佐々木一郎・山本義之・大庭豊川彌・山本豊川彌・伊賀富士子 (1967).

92) T. Muramatsu and F. Egami: α -Mannosidase and β -mannosidase from the liver of *Turbo cornutus*; Purification, Properties and application in carbohydrate research. *J. Biochem.*, **62**, 700-9 (1967).

93) T. Shionomiya and F. Egami: Preferential inhibition of pyocin R production by dihydrostreptomycin. *J. Biochem.*, **62**, 679-87 (1967).

94) M. Fukada, T. Muramatsu, F. Egami, N. Takahashi, and Y. Yasuda: Purification of β -xylosidase and its action O- β -xylosyl L-serine and stem bromelain glycopeptide. *Biochim. Biophys. Acta*, **159**, 215 (1968).

95) S. Irie Y. Inoue, and F. Egami: Optical rotatory dispersion as a diagnosis for disulfide bond formation in s-RNA. *J. Biochem.*, **63**, 274-6 (1968).

96) A. Kikuchi, T. Uchida, and F. Egami: Erythrocyte membrane of *Anadara inflata*, a marine bivalve mollusc. *Japan J. Exp. Med.*, **38**, 357 (1968).

97) 蔡正和・糸田謙子・伊賀富士子・佐々木一郎・山本義之 (1967).

98) M. Fukuda, T. Muramatsu, and F. Egami: β -Xylosidase from the liver of *Charonia lampas*. I. Purification, properties and application in carbohydrate research. *J. Biochem.*, **65**, 191 (1969).

- 99) M. Fukuda and F. Egami: β -Xylosidase from the liver of *Charonia lampas*. II. β -Xylosidase and β -glucosidase. *J. Biochem.*, **66**, 157 (1969).
- 100) Y. Iijima, T. Muramatsu and F. Egami: Purification of α , L-fucosidase from the liver of a marine gastropod, *Charonia lampas*. *Fed. Proc.*, **28**, 863 (1969).
- 101) T. Arima, T. Muramatsu, K. Saigo, and F. Egami: Sialomucopolysaccharides from bovine brain. *Jap. J. Exp. Med.*, **39**, 301-9 (1969).
- 102) K. Ikeda and F. Egami: Receptor substance for pyocin R. I. Partial purification and chemical properties. *J. Biochem.*, **65**, 603 (1969).
- 103) Y. Sakaki, M. Kageyama, and F. Egami: Effects of mitomycin C and other antibiotics on the inducible synthesis of protocatechuate 3,4-oxygenase in *Pseudomonas aeruginosa*. *Z. Allg. Mikrobiol.*, **9**, 143-52 (1969).
- 104) C. Yui, S. Ishii, and F. Egami: Existence and reactivity of sulphydryl groups in pyocin R. *J. Biochem.*, **65**, 37 (1969).
- 105) S. Irie, F. Egami, and Y. Inoue: Oligonucleotide studies. VII. Optical rotatory dispersion of adenylyl (3',5')-4-thiouridine and guanylyl-(3',5')-4-thiouridine. *J. Am. Chem. Soc.*, **91**, 1582 (1969).
- 106) Relation between antitumor activity and chemical structure in some Derivatives of 2-amino-6-purinethiol.
- 107) M. Nishida-Fukuda and F. Egami: Enzymic degradation of keratosulphates. *Biochem. J.*, **119**, 39-47 (1970).
- 108) K. Saigo and F. Egami: Purification and some properties of acid mucopolysaccharides of bovine brain. *J. Neurochem.*, **17**, 633 (1970).
- 109) S. Ito, M. Kageyama, and F. Egami: Isolation and characterization of pyocins from several strains of *Pseudomonas aeruginosa*. *J. Gen. Appl. Microbiol.*, **16**, 205-14 (1970).

- 110) M. Kageyama, M. Hasegawa, A. Ihagaki, and F. Egami: Interaction of antibiotics with deoxyribonucleic acid. I. Sensitivity of the complex to nucleolytic enzymes. *J. Biochem.*, **67**, 549 (1970).
- 111) Purification of α -L-fucosidase from the liver of a marine gastropod, *Turbo cornutus*, and its action on blood group substances. (1971).
- 112) M. Fukuda and F. Egami: Isolation and fractionation of glycopeptides from porcine thyroglobulin. *Biochem. J.*, in press. (1971).

≡ 牡蠣糖蛋白

- 1) 八木康夫, 沢毒性脇田誠, 伊藤義也 (1964)
- 2) 上木一夫, 柴田篤志, 佐治田謙 (1969)
- 3) F. Egami and K. Nakamura: *Microbial Ribonucleases*. Springer-Verlag (1969).