

[特別講演]

遺伝情報

京大 理 生物物理

小関 治男

遺伝情報は核酸とよばれる細長い糸状の高分子のなかに、それを構成する4種の塩基の配列順序として書かれている。デオキシリボ核酸 (DNA) 上の遺伝情報は、まずリボ核酸 (RNA) に転写され、ついでタンパク質上のアミノ酸配列に翻訳される。アミノ酸は20種類あり、それぞれに特異的な3個の塩基が対応する (遺伝暗号)。遺伝暗号は縮重 (degenerate) しており、1種のアミノ酸に数種の暗号が対応している場合が多い。核酸の複製は半保存的 (semiconservative) に行こなわれ、遺伝情報は細胞から細胞へ、世代から世代へと正確に伝えられる。遺伝情報の変化は突然変異とよばれている。遺伝情報は1次元的なものであり、転写、翻訳、複製はいずれも線上に沿って逐次的・走査的に行こなわれる。

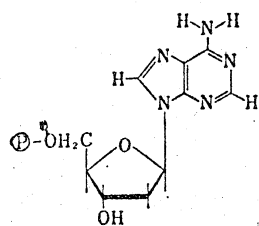
遺伝暗号は、ウィルスや細菌のような下等生物から高等動物植物に至るまで、すべての生物に共通である。暗号は解読

されて、はじめて意味をもつようになる。遺伝暗号の翻訳機構には少なくとも100種以上の生体高分子が含まれており、それらの高分子自身もまたDNAのなかに暗号で書かれている。すなわち暗号は翻訳された生成物によってのみ翻訳されるものであり、この環が自己完結したときが現在の生物の始まりであろう。遺伝暗号の普遍性は、すべての生物が共通の祖先から進化してきたことを示唆している。

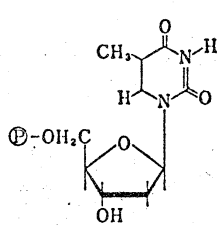
核酸上の遺伝情報によってタンパク質のアミノ酸配列(1次構造)が規定されると、それに応じて自動的に一定の高次構造をとるようになり、単独で或いは他のタンパク質分子と特異的に結合して、あるものは酵素としての機能を発現するようになり、またあるものは特異的な生体の構造物を構築する。これらの多種多様なタンパク質の機能的・構造的なネットワークによって、それぞれの生物の遺伝形質が発現することになる。高度に複雑な脳・神経系なども基本的には同様の過程によって、DNA上の情報をもとにつくられるものであり、後成的な発育途上での外部情報も加わって言語能力などが開示され、その結果、「言語」というような全く別の情報系があらわれてくることになる。

以下図を参考にしながら、遺伝情報の概略を述べる。

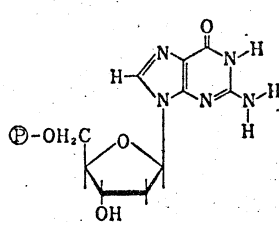
塩基=アデニン(A)



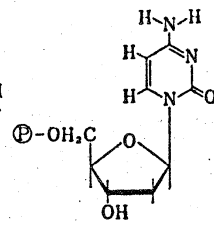
チミン(T)



グアニン(G)

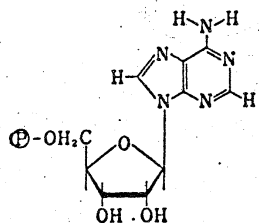


シトシン(C)

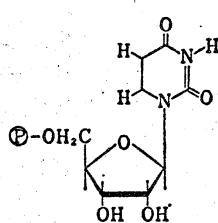


DNAのヌクレオチド(糖=デオキシリボース)

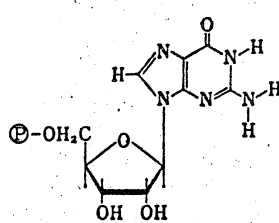
塩基=アデニン(A)



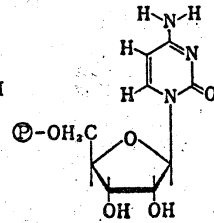
ウラシル(U)



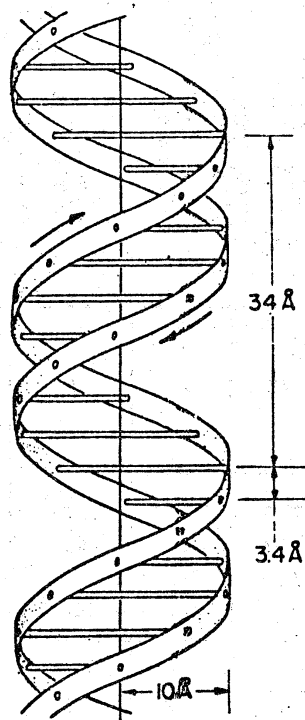
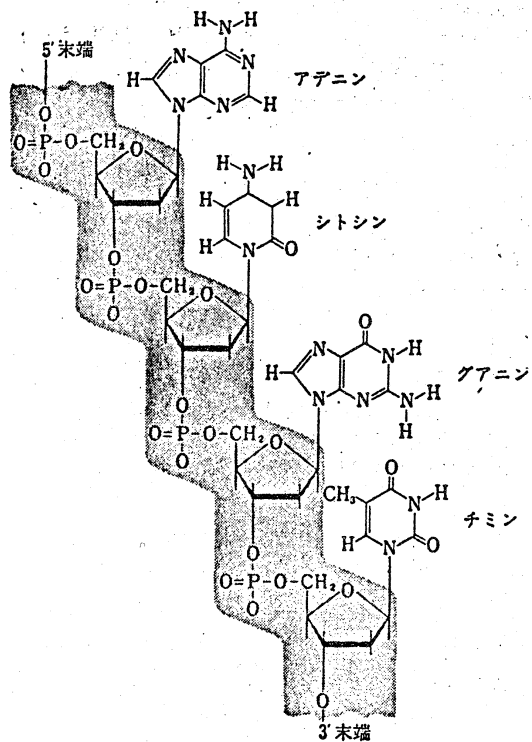
グアニン(G)



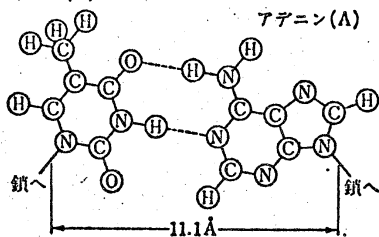
シトシン(C)



RNAのヌクレオチド(糖=リボース)

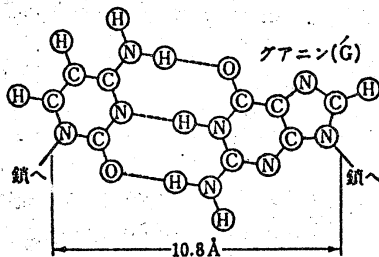


チミン(T)



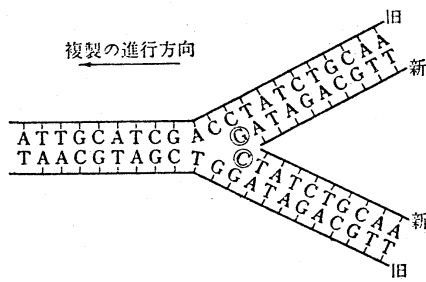
アデニン(A)

シトシン(C)

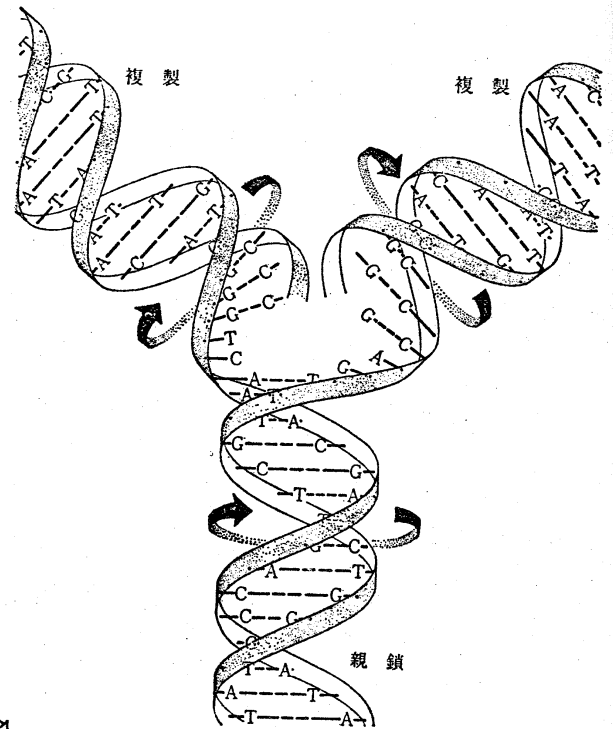
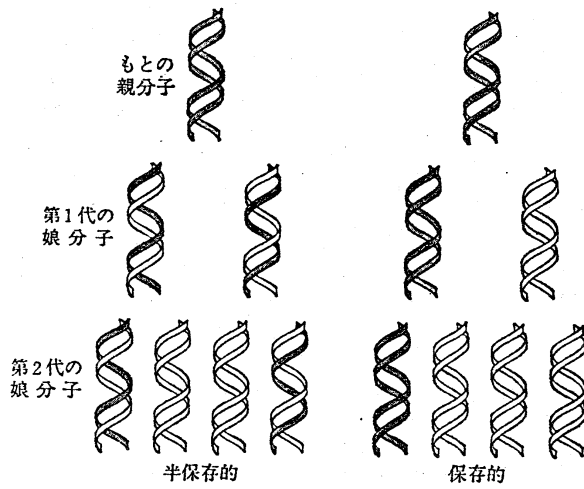


グアニン(G)

DNAの塩基対

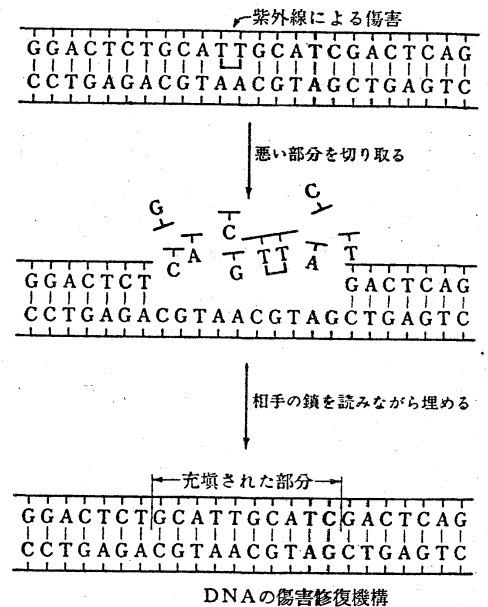


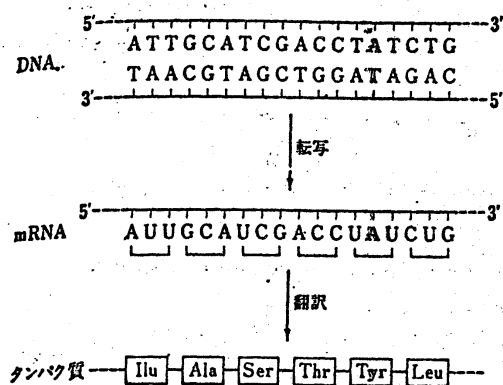
DNA の複製



第一文字(5') \ 第二文字 →	U	C	A	G	第三文字(3')
U	Phe Phe Leu Leu	Ser Ser Ser Ser	Tyr Tyr ナンセンス ナンセンス	Cys Cys ナンセンス Trp	U C A G
C	Leu Leu Leu Leu	Pro Pro Pro Pro	His His Gln Gln	Arg Arg Arg Arg	U C A G
A	Ile Ile Ile Met	Thr Thr Thr Thr	Asn Asn Lys Lys	Ser Ser Arg Arg	U C A G
G	Val Val Val Val	Ala Ala Ala Ala	Asp Asp Glu Glu	Gly Gly Gly Gly	U C A G

遺伝暗号

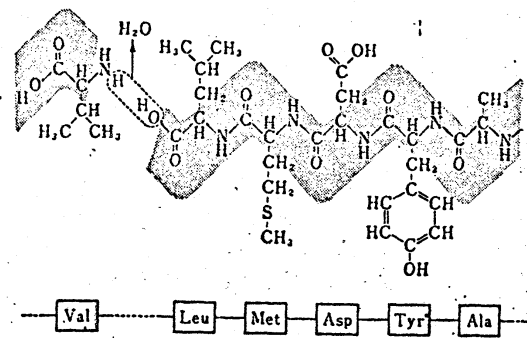




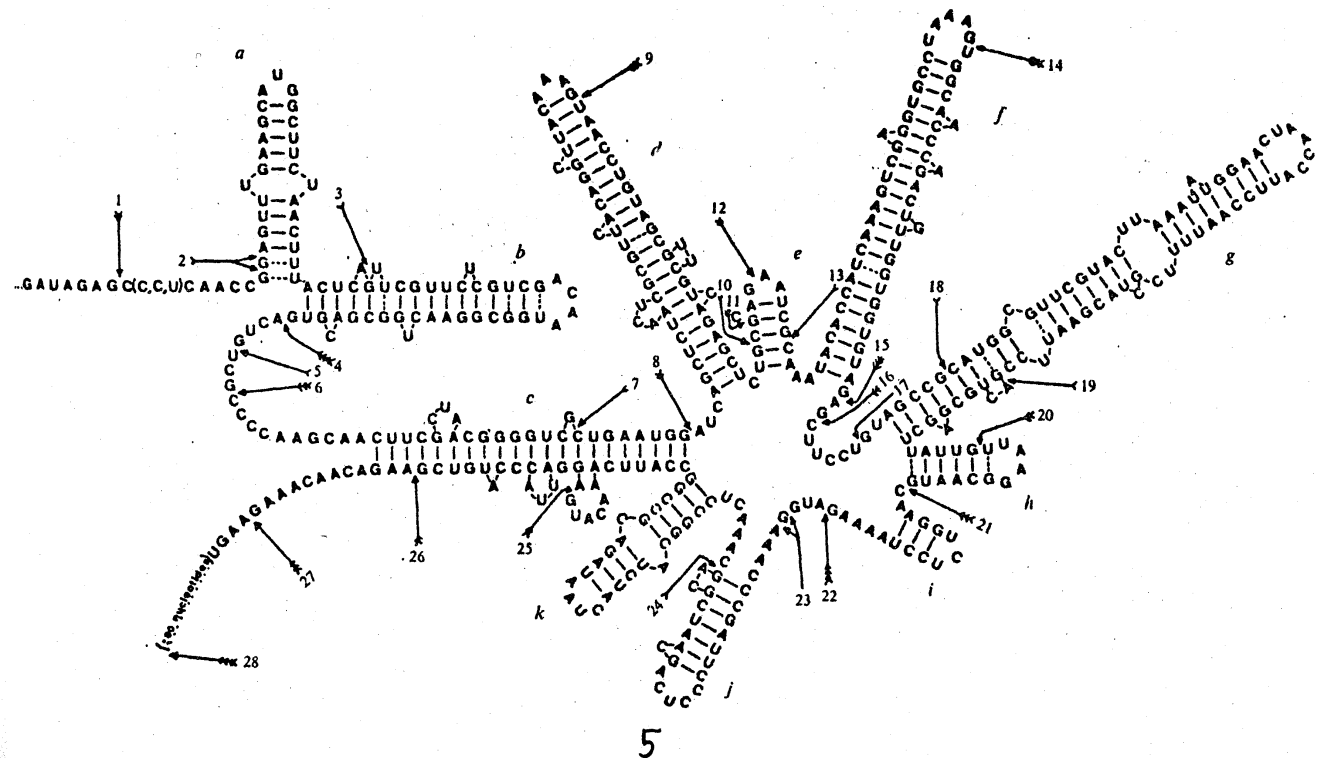
遺伝情報の発現

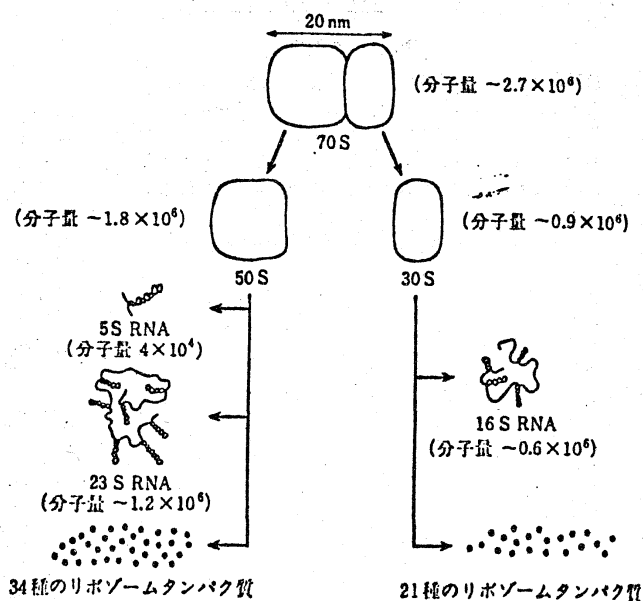
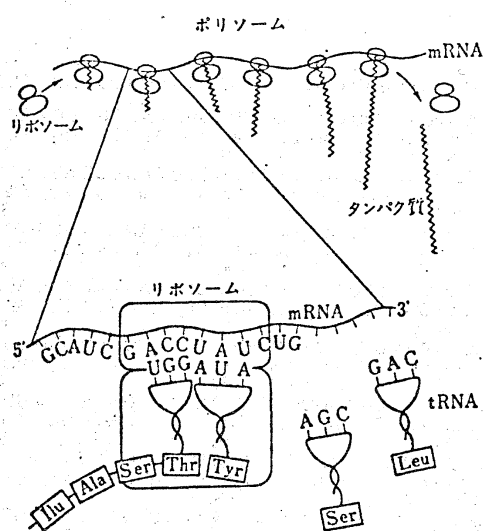
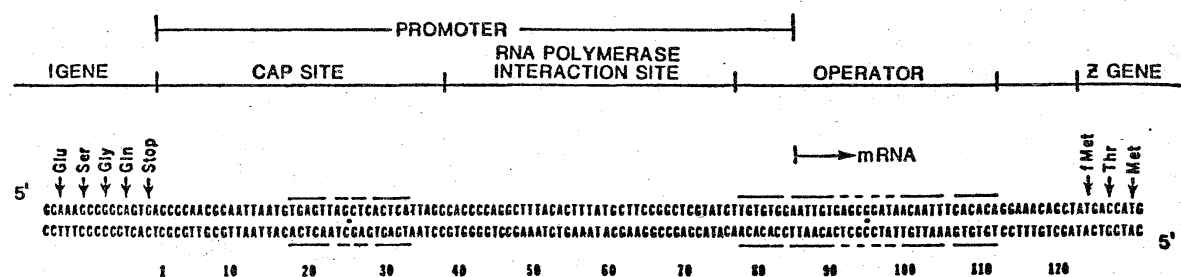
核酸の鎖には方向性があり、一端は3'、他端は5'末端とよばれ、2本鎖DNAの場合は、1本が3'→5'なら、他方は5'→3'のように、逆向きの2本が向きあって二重らせんとなっている。そのDNA上の情報がタンパク質に伝えられる過程は、大きく分けて図のような二段階になる

転写: transcription; 翻訳: translation



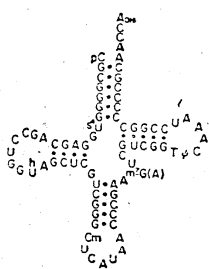
... (G)·AUA·GAG·CCC·UCA·ACC·GGA·GUU·UGA·AGC·AUG·
GCU·UCU·AAC·UUU·ACU·CAG·UUC·GUU·CUC·GUC·GAC·AAU·GGC·GGA·ACU·
Ala Ser Asn Phe Thr Gln Phe Val Leu Val Asp Asn Gly Gly Thr 15
GGC·GAC·GUG·ACU·GUC·GCC·CCA·AGC·AAC·UUC·GCU·AAC·GGG·GUC·GCU·
Gly Asp Val Thr Val Ala Pro Ser Asn Phe Ala Asn Gly Val Ala 20
GAA·UGG·AUC·AGC·UCU·AAC·UCG·CGU·UCA·CAG·GCU·UAC·AAA·GUA·ACC·
Glu Trp Ile Ser Ser Asn Ser Arg Ser Gln Ala Tyr Lys Val Thr 25
UGU·AGC·GUU·CGU·CAG·AGC·UCU·GCG·CAG·AAU·CGC·AAA·UAC·ACC·AUC·
Cys Ser Val Arg Gln Ser Ser Ala Gln Asn Arg Lys Tyr Thr Ile 30
AAA·GUC·GAG·GUG·CCU·AAA·GUG·GCA·ACC·CAG·ACU·GUU·GGU·GGU·GUA·
Lys Val Glu Val Pro Lys Val Ala Thr Gln Thr Val Gly Val 35
GAG·CUU·CCU·GUA·GCC·GCA·UGG·CGU·UCG·UAC·UUA·AAU·AUG·GAA·CUA·
Glu Leu Pro Val Ala Ala Trp Arg Ser Tyr Leu Asn Met Glu Leu 40
ACC·AUU·CCA·AUU·UUC·GCU·ACG·AAU·UCC·GAC·UGC·GAG·CUU·AUU·GUU·
Thr Ile Pro Ile Phe Ala Thr Asn Ser Asp Cys Glu Leu Ile Val 45
AAG·GCA·AUG·CAA·GGU·CUC·CUA·AAA·GAU·GGA·AAC·CCG·AUU·CCC·UCA·
Lys Ala Met Gln Gly Leu Leu Lys Asp Gly Asn Pro Ile Pro Ser 50
GCA·AUC·GCA·GCA·AAC·UCC·GGC·AUC·UAC·UAA·UAG·ACG·CGC·GCC·AUU·
Ala Ile Ala Ala Asn Ser Gly Ile Tyr 55
CAA·ACA·UGA·GGA·UUA·CCC·AUG·UCG·AAG·ACA·ACA·AAG·AAG·(U)
Ser Lys Thr Thr Lys Lys 60



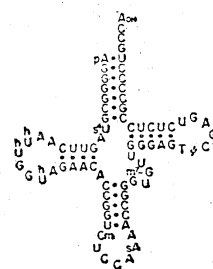


大腸菌リボソームの構造

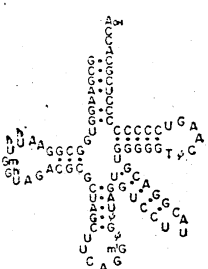
大腸菌メチオニン tRNA



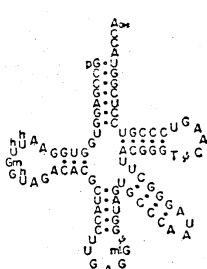
大腸菌トリプトファン tRNA



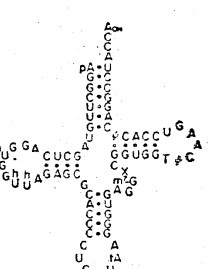
大腸菌ロイシン tRNA I



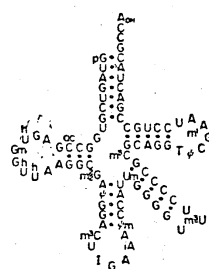
大腸菌ロイシン tRNA II



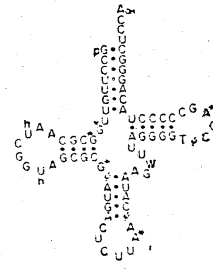
大腸菌イソロイシン tRNA



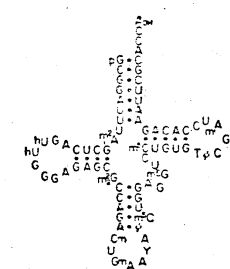
ラット肝セリン tRNA



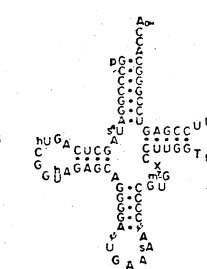
酵母リジン tRNA



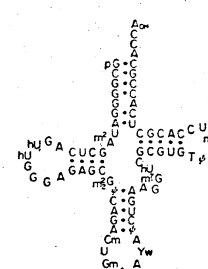
パン酵母フェニルアラニン tRNA

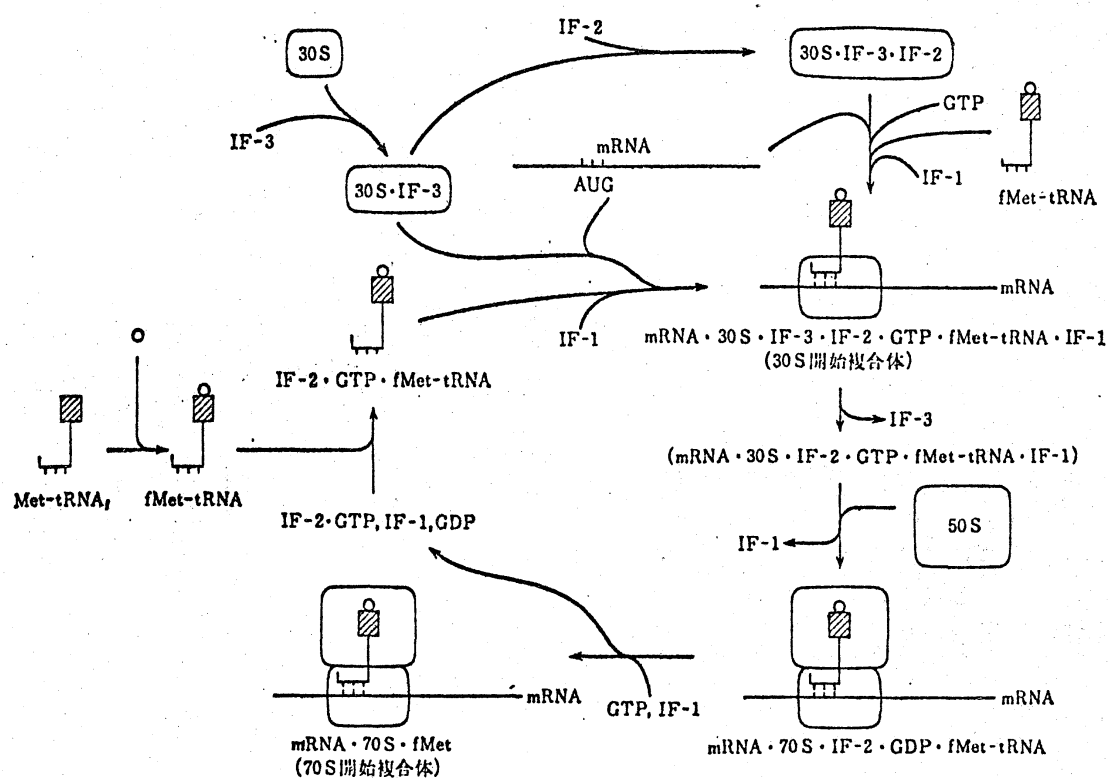


大腸菌フェニルアラニン tRNA

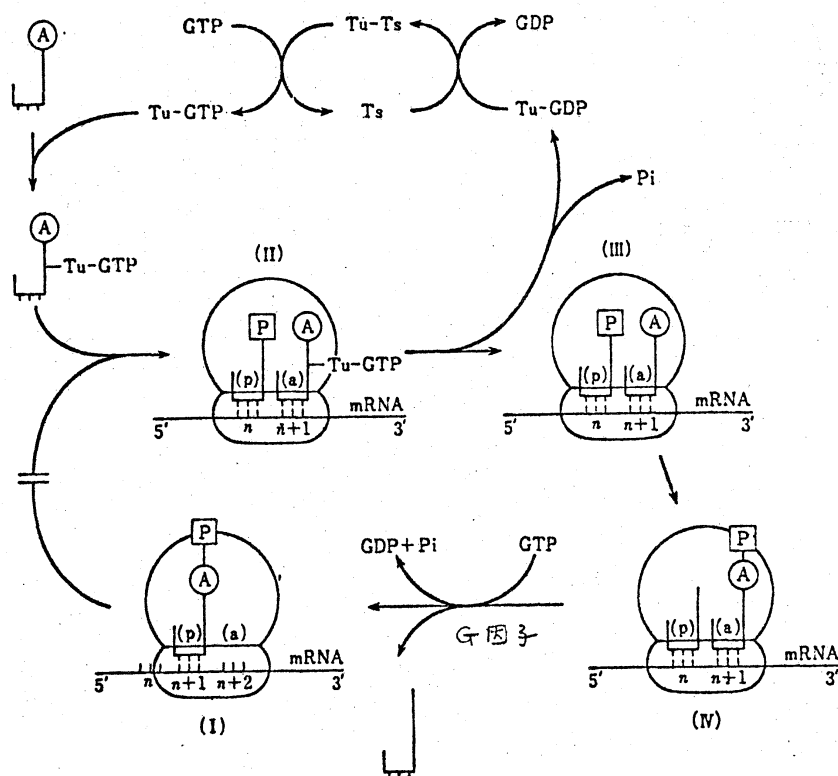


コムギ麦芽フェニルアラニン tRNA





タンパク質合成開始の反応回路



ポリペプチド鎖の伸長機構

α -鎖

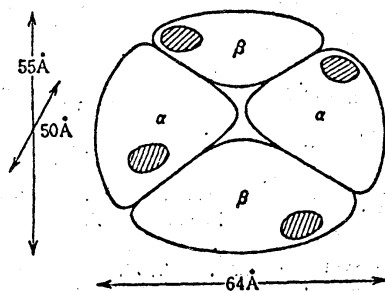
Val-Leu-Ser-Pro-Ala-Asp-Lys-Thr-Asn-Val-Lys-Ala-
 -Ala-Trp-Gly-Lys-Val-Gly-Ala-His-Ala-Gly-Glu-Tyr-
 -Gly-Ala-Glu-Ala-Leu-Glu-Arg-Met-Phe-Leu-Ser-Phe-
 -Pro-Thr-Thr-Lys-Thr-Tyr-Phe-Pro-His-Phe-Asp-
 -Leu-Ser-His-Gly-Ser-Ala-Gln-Val-Lys-Gly-His-Gly-
 -Lys-Lys-Val-Ala-Asp-Ala-Leu-Thr-Asn-Ala-Val-Ala-
 -His-Val-Asp-Asp-Met-Pro-Asn-Ala-Leu-Ser-Ala-Leu-
 -Ser-Asp-Leu-His-Ala-His-Lys-Leu-Arg-Val-Asp-Pro-
 -Val-Asp-Phe-Lys-Leu-Leu-Ser-His-Cys-Leu-Leu-Val-
 -Thr-Leu-Ala-Ala-His-Leu-Pro-Ala-Glu-Phe-Thr-Pro-
 -Ala-Val-His-Ala-Ser-Leu-Asp-Lys-Phe-Leu-Ala-Ser-
 -Val-Ser-Thr-Val-Leu-Thr-Ser-Lys-Tyr-Arg

 β -鎖

Val-His-Leu-Thr-Pro-Glu-Glu-Lys-Ser-Ala-Val-Thr-
 -Ala-Leu-Trp-Gly-Lys-Val-Asn-Val-Asp-Glu-Val-Gly-
 -Gly-Glu-Ala-Leu-Gly-Arg-Leu-Leu-Val-Val-Tyr-Pro-
 -Trp-Thr-Gln-Arg-Phe-Phe-Glu-Ser-Phe-Gly-Asp-Leu-
 -Ser-Thr-Pro-Asp-Ala-Val-Met-Gly-Asn-Pro-Lys-Val-
 -Lys-Ala-His-Gly-Lys-Lys-Val-Leu-Gly-Ala-Phe-Ser-
 -Asp-Gly-Leu-Ala-His-Leu-Asp-Asn-Leu-Lys-Gly-Thr-
 -Phe-Ala-Thr-Leu-Ser-Glu-Leu-His-Cys-Asp-Lys-Leu-
 -His-Val-Asp-Pro-Glu-Asn-Phe-Arg-Leu-Leu-Gly-
 -Asn-Val-Leu-Val-Cys-Val-Leu-Ala-His-His-Phe-Gly-
 -Lys-Gln-Phe-Thr-Pro-Pro-Val-Gln-Ala-Ala-Tyr-Gln-
 -Gln-Lys-Val-Ala-Gly-Val-Ala-Asp-Ala-Leu-Ala-His-
 -Lys-Thr-His

ヘモグロビン = $\alpha\alpha \cdot \beta\beta + 4\text{Hg}$

ヒトのヘモグロビンのアミノ酸配列



異常ヘモグロビンと情報

Hb	異常鎖	名称または病名	アミノ酸組成	記号	情報の変化
M	α	Hb M Boston (Osaka, Gothenburg)	58 His $\rightarrow$ Tyr	$\alpha_2^{58\text{Tyr}}\beta_2^A$	CAU $\rightarrow$ UAU CAC $\rightarrow$ UAC
		Hb M Iwate (Kankakee)	87 His $\rightarrow$ Tyr	$\alpha_2^{87\text{Tyr}}\beta_2^A$	上に同じ
	β	Hb M Saskatoon (Emori, Kurume)	63 His $\rightarrow$ Tyr	$\alpha_2^A\beta^{63\text{Tyr}}$	上に同じ
		Hb M Akita (Hyde Park)	92 His $\rightarrow$ Tyr	$\alpha_2^A\beta^{92\text{Tyr}}$	上に同じ
		Hb M Milwaukee I	67 Val $\rightarrow$ Glu	$\alpha_2^A\beta^{67\text{Glu}}$	GUA $\rightarrow$ GAA GUG $\rightarrow$ GAG
S	β	鎌形赤血球症	6 Glu $\rightarrow$ Val	$\alpha_2^A\beta^{6\text{Val}}$	GAA $\rightarrow$ GUA GAC $\rightarrow$ GUG
Zürich	β		63 His $\rightarrow$ Arg	$\alpha_2^A\beta^{63\text{Arg}}$	CAU $\rightarrow$ CGU CAC $\rightarrow$ CGC

