

Pseudomonadaceae 5S rRNA의 이차구조의 일반모형

趙慶來 · 李承宙 · 沈允輔 · 高文珠[†] · 朴仁源*

서울대학교 자연과학대학 화학과

[†]조선대학교 화학과

(1992. 12. 2 접수)

Generalized Model of the Secondary Structure of *Pseudomonadaceae* 5S rRNAs

Bongrae Cho, Seung-Joo Lee, Yoonbo Sim, Moonjoon Koh[†], and Inwon Park*

Department of Chemistry, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

[†]Department of Chemistry, Chosun University, Kwangju 509-759, Korea

(Received December 2, 1992)

Fox와 Woese¹ 그리고 Nishikawa와 Takemura²가 5S rRNA의 이차구조 모형을 제안한 이후로, 일차구조가 밝혀진 5S rRNA의 수가 많이 증가함에 따라 진성박테리아의 5S rRNA들의 새로운 이차구조 모형들이 제안되었다(Fig. 1). 이 모형들 중에서 연구자들이 자주 인용하는 것은 Wolters와 Erdmann⁷의 모형이다(Fig. 1의 g). 이 그림에서 볼 수 있듯이 Wolters와 Erdmann의 모형(g)과 우리가 제안한 모형(h)은 모두 다섯 개의 이중나선, 다섯 개의 고리, 그리고 두 개의 내밀린 구조를 가지고 있는 점에서 구조가 매우 비슷하다. 다만, 이중나선들과 고리들이 접속하는 부분들에서 형성하는 염기쌍들의 수가 서로 다르다. 따라서, 두 모형에서의 이중나선 부분들의 길이와 고리들의 크기가 서로 달라진다. 위에서 말한 접속부분들의 구조는 5S rRNA들의 삼차구조 형성에 영향을 미치는 중요한 요인이 될 것으로 생각되므로, 우리는 최근 수 년간 이 부분들의 구조를 자세히 알아보고자 노력하였다. 최근에 다섯 가지 *Xanthomonas* 5S rRNA들을 여러 가지 화학 탐침들과 리보핵산 가수분해효소 및 핵산 가수분해효소를 사용하여 조사한 결과와 이미 보고한 자료들을 재분석한 결과에 기초해서 수 년 전에 제안한 이차구조 모형을 수정하여 새 모형을 제안하고자 한다.

먼저, 이 보고서에서 그 동안 사용한 5S rRNA의 이차구조에 대한 명명법을 바꾸고자 한다. 1980년대 초까지 5S rRNA의 이차구조는 Fig. 1에서 사용한 명명법으로 명명되었다. 그러나 최근에 와서는 Wolters와 Erdmann⁷이 사용하는 명명법이 널리 사용되고 있다. 5S rRNA의 삼차구조를 많이 연구하고 있는 Ehresmann 연구진²¹과 Nazar 연구진²²도 Wolters와 Erdmann⁷의 명명법을 사용하고 있다. 이러한 추세에 맞추기 위해서 본 연구진에서도 앞으로는 새 명명법을 사용하고자 한다. 이중나선의 이름은 이전에 사용하던 A, B, C, D, 및 E들을 그대로 사용한다. 고리들의 이름만이 다음과 같이 바뀐다. 즉, 고리 M은 a로, 고리 I₁은 b로, 고리 H₁은 c로, 고리 I₂는 d로, 그리고 고리 H₂는 e로 바뀌는 것과 같다. Fig. 3의 이차구조 모형에서의 이름들은 새 명명법으로 붙여진 것이다.

지금까지 밝혀진 15가지 *Pseudomonadaceae* 5S rRNA들의 일차구조들을 상동성을 가지는 연속부분들 또는 보존된 염기들의 연속부분들이 최대한으로 일치하고 결실이 일어나는 부분이 최소가 되도록 배열하였다(Fig. 2 참조). 이러한 배열에서 우리가 이차구조 결정에 사용한 표지 연속부분들은 고리 c에 자리잡은 U₃₅CCCAU₄₀와 C₄₂CGAAC₄₇ 그리고 고리 d에 자리잡은 G₇₃AUGRUA₇₈과 G₉₆ARAGUA₁₀₄

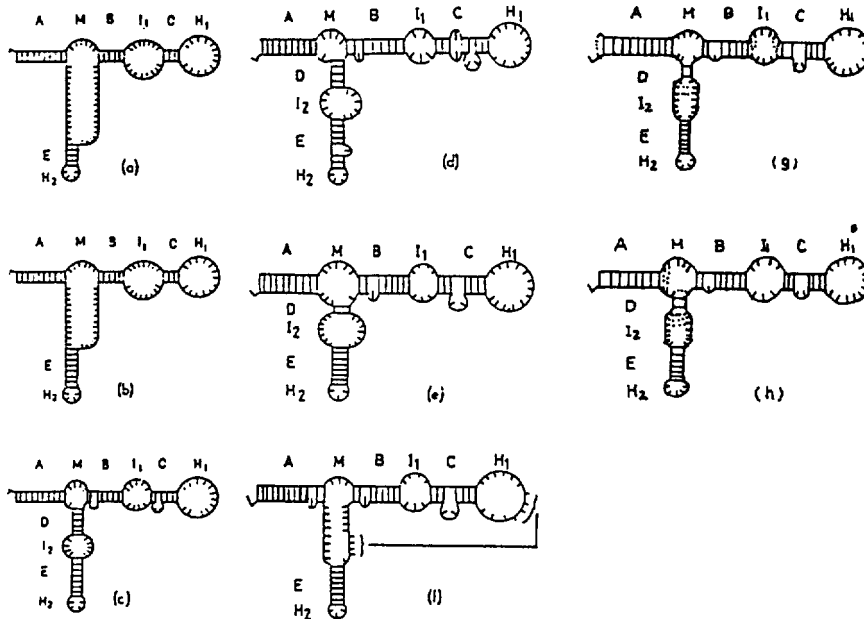


Fig. 1. Various secondary structure models proposed for prokaryotic 5S rRNAs. The models are proposed by: (a) Fox and Woese¹ and Hori and Osawa³ for gram positive bacterial 5S rRNA; (b) Hori and Osawa³ for gram negative bacterial 5S rRNA; (c) De Wachter *et al.*⁴ for *Micrococcus lysodeikticus* 5S rRNA; (d) Nishikawa and Takemura² for *Torulopsis utilis* 5S rRNA; (e) Studnicka *et al.*⁵ for *E. coli* 5S rRNA; (f) Pieler and Erdmann⁶ for *E. coli* 5S rRNA; (g) Wolters and Erdmann⁷; (h) ourselves⁸.

들이었다. 또한 일차구조 상에서 언제나 보상으로 바뀔 수 있는 염기들도 표지로 사용되었다. 이러한 염기들은 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 언제나 이중나선 B와 E에 있다. 이중나선 부분들에서 일어나는 비표준형 염기쌍들도 표지로 사용하였다. 예컨대, *P. mendocina*, *P. alcaligenes* 및 *P. MA* 5S rRNA들은 언제나 U₈₂*U₈₅의 비표준형 염기쌍을 같은 자리에서 형성하는데 이 세 종의 *Pseudomonas* 종들은 진화상으로 매우 가깝다는 것이 알려져 있다²³. 따라서 5S rRNA의 일차구조의 분석은 5S rRNA들의 기능의 유사성을 유추할 수 있는 근거가 될 수 있다는 것을 알 수 있다.

전체적인 분석 결과를 볼 때 이중나선들과 고리들이 접속하는 부분들(이것들을 a-A, a-B, b-C 및 a-D 부분들이라고 부르겠다)을 제외한 나머지 이중나선, 고리 및 내밀린 부분들은 이전에 제안한 모형⁸의 경우와 동일하였기 때문에 이 보고서에서는 그 분석 결과들을 소개하지 않았다. Table 1과 2에는 접속부분들과 관계되는 실험결과만을 나타내었다.

우선, 이번에 집중적으로 조사한 다섯 가지 *Xanthomonas* 5S rRNA들의 화학적 변형을 보면 Mg²⁺이 있는 조건에서는 대부분의 경우 G₆₇, C₆₈ 및 C₁₀₈들을 제외한 접속부분의 염기들과 고리 d의 염기들이 화학 탐침들과 반응하지 않았다. 이 사실에서 접속부분들에 있는 염기들과 고리 d에 있는 염기들이 이중나선을 구성하는데 참여하고 있다고 생각할 수 있다. 67번, 68번, 및 108번 위치의 염기들이 위에서 언급한 조건에서 반응을 받는다는 결과만 보면 a-A와 a-B 부분이 단일가닥으로 있게 되어서 고리 a가 확대되어야 할 것으로 생각되었지만, G₁₆-C₁₇, G₆₇-C₆₈, 및 C₁₀₈-A₁₀₉ 결합들이 핵산 가수분해효소 S₁과 리보핵산 가수분해효소 T₁에 의한 절단이 일부의 *Pseudomonas*와 *Xanthomonas* 5S rRNA들에서만 일어나기 때문에(Table 2 참조) 이 접속부분들의 염기쌍들은, 평균적으로 보면, 불안정한 상태에 있다고 보는 것이 옳을 것이다. 비슷한 추론에 의해서 b-C와 a-D 접속부분들의 염기쌍들도 불안정한 상태에 있다고 생각한다. 이러한 불안정한 염

	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
<i>P. aer</i>	pUGCUAGACGAUCAUAGAGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGAAAGUAACGACGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGGUC											
<i>P. flu</i>	pUUCUUGACGACCAUAGAGCAUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAUU											
<i>P. syr</i>	pUUCUUGACGACCAUAGAGCAUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGUUAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAUU											
<i>P. put</i>	pUGCUAGACGACCAUAGAGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>P. tes</i>	pUUCUUGACGAAAALUAGGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>P. aci</i>	pGCCCCAGACCAAGCAAGUUGUUAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>P. cep</i>	pGCCCCAGACCAUAGGAGUUGGUCUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>P. men</i>	--pUUGGGGAGGAGUUGGAGAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>P. alc</i>	--pUUGGGGAGGAGUUGGAGAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>P. MA</i>	--pUUGGGGAGGAGUUGGAGAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>X. mal</i>	pUUCUUGGCGAAAALUAGGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>X. cit</i>	pUUCUUGGCGAAAALUAGGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>X. cel</i>	pUUCUUGGCGAAAALUAGGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>X. pal</i>	pUUCUUGGCGAAAALUAGGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
<i>X. bad</i>	pUUCUUGGCGAAAALUAGGCGUUGGAACCAUCCUUAUCCCGAACUCAGUAGUAGAAACGAUGCAUUGCCGAUGGUAGUGUGGGUUCUCCCAUGUGAGAGUAGGUCAUUGUCAAGAAC											
Conser.	..YYRYGR...YRG...GG...CACY...YCC...U...CGAAC...RG...GU...AAR...Y...CCCGAUGRUAGU...GG...CC...UGYARAGUAGG...RYTYCARR...											

Fig. 2. Comparison of primary structures of 5S rRNAs. Primary structures of 15 *Pseudomonadaceae* were aligned according to strategy of Wolters and Erdmann⁷ so that maximum number of conserved nucleotides may match on the same positions. Hyphens indicate the deletion of nucleotides. No insertion is found. R, purine nucleotides; Y, pyrimidine nucleotides; conser., conserved nucleotides. *P. aer.*, *P. aeruginosa* (CCEB 481)⁹; *P. flu.*, *P. fluorescens* (ATCC 13525)⁹; *P. syr.*, *P. syringae* (KCTC 1832)¹⁰; *P. put.*, *P. putida* (Ssl 3)¹¹; *P. tes.*, *P. testosteroni*¹²; *P. aci.*, *P. acidovorans* (KCTC 1638)¹³; *P. cep.*, *P. cepacia* (ATCC 17616)¹⁴; *P. men.*, *P. mendocina* (KU 85)¹⁵; *P. alc.*, *P. alcaligenes*¹⁶; *P. MA.*, *P. MA* (ATCC 23393)¹⁷; *X. mal.*, *X. maltophilia* (KCTC 1773)¹⁸; *X. cit.*, *X. campestris pv. citri* (KCTC 2499)¹⁹; *X. cel.*, *X. campestris pv. celebensis* (ATCC 19045)²⁰; *X. pal.*, *X. campestris pv. palargonii* (ATCC 8721)(our study for this work); *X. bad.*, *X. campestris pv. badrii* (ATCC 11672)¹⁰. [Figures written on the names of bacteria indicate cited references].

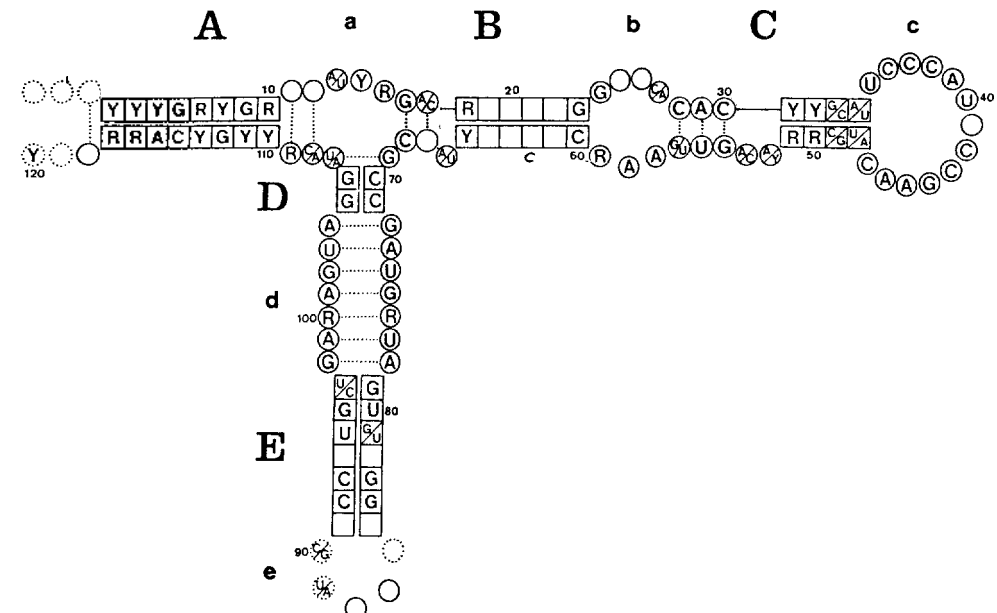


Fig. 3. Our new model for secondary structure of 5S rRNA. Capital letters (A, B, C, D, and E) outside the model stand for double helical regions and small letters (a, b, c, d, and e) stand for loops. The squares indicate the nucleotides on the helical regions that form base-pairs, and the circles indicate the nucleotides on the single-stranded regions: Broken circles indicate the positions where deletion or insertion is possible, whereas solid circles indicate the positions where no deletion occurs. Two nucleotides in a square and/or circle show that one of them can occur on this position. Dotted lines between two nucleotides indicate the unstable base-pairs. R, purine nucleotides; Y, pyrimidine nucleotides.

Table 1. Reactivities of the nucleotides towards several structural probes

Bases modified ^a	Modifying agents ^b	Sources of 5S rRNAs tested ^c
C ₁₇	DMS	<i>X. bad.</i> , <i>P. aci.</i>
C ₂₈	DMS	<i>X. bad.</i> , <i>P. aci.</i>
A ₂₉	DEPC	<i>X. bad.</i> , <i>P. aci.</i>
C ₃₀	DMS	<i>X. bad.</i>
G ₆₇ ^c	KX(or PG), DMS	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. alc.</i> , <i>P. MA</i>
C ₆₈ ^c	DMS	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. alc.</i>
G ₇₂	KX(or PG), DMS	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i>
A ₇₃	DEPC	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. bad.</i>
G ₇₅	KX(or PG), DMS	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. MA</i>
G ₇₆	KX(or PG), DMS	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. alc.</i> , <i>P. MA</i>
A ₇₈	DEPC	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. alc.</i>
G ₉₈	KX(or PG), DMS	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. alc.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. aci.</i> , <i>P. MA</i>
A ₉₉	DEPC	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. MA</i>
G ₁₀₀	KX(or PG), DMS	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. MA</i>
A ₁₀₁	DEPC	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. MA</i>
G ₁₀₂	KX(or PG), DMS	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. alc.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. aci.</i>
A ₁₀₄	DEPC	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. aci.</i>
C ₁₀₈ ^c	DMS	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. alc.</i> , <i>P. aci.</i>
A ₁₀₉	DEPC	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. aci.</i>

^aOnly reactive nucleotides around the loops a, b and d are shown. ^bChemical modifications of all the *Xanthomonas* 5S rRNA were carried out in two different conditions, one in neutral sodium cacodylate buffer without Mg²⁺ and the other in the same buffer with 10 mM Mg²⁺. The chemical modifications of all *Pseudomonas* 5S rRNAs were carried out in the same buffer with 10 mM Mg²⁺. Abbreviations of chemicals: DMS, dimethylsulfate; DEPC, diethylpyrocarbonate; KX, kethoxal; PG, phenylglyoxal. ^cIn chemical modifications of *Xanthomonas* 5S rRNAs in the presence of Mg²⁺, all the bases listed in the column except G₆₇, C₆₈ and C₁₀₈ were resistant to chemical probes. G₆₈ was kethoxylated, C₆₈ and C₁₀₈ were methylated by DMS. ^dFor the sources of 5S rRNAs, see the legends of Fig. 2.

Table 2. The cleavage of phosphodiester bonds by single-stand specific and double-strand specific nucleases

Phosphodiester bonds cleaved ^a	Enzymes used ^b	Sources of 5S rRNAs tested ^c
G ₁₆ -C ₁₇	S ₁ , T ₁	<i>X. mal.</i> , <i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. tes.</i> , <i>P. aci.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. put.</i>
C ₂₈ -A ₂₉	S ₁	<i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. tes.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. alc.</i>
A ₂₉ -C ₃₀	S ₁	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i>
G ₅₄ -U ₅₅	S ₁ , T ₁	<i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. put.</i>
(G/U) ₅₆ -A ₅₇	S ₁ , T ₁	<i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>X. bad.</i> , <i>P. put.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. alc.</i> , <i>P. MA</i>
G ₆₇ -C ₆₈	S ₁ , T ₁	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. put.</i>
G ₇₂ -A ₇₃	S ₁ , V ₁	<i>X. mal.</i> , <i>P. tes.</i>
A ₇₃ -U ₇₄	S ₁ , V ₁	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. aci.</i>
U ₇₄ -G ₇₅	S ₁ , V ₁	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. tes.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. put.</i> , <i>P. MA</i>
G ₇₅ -R ₇₆	T ₁ , V ₁	<i>X. mal.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. tes.</i> , <i>P. aci.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. MA</i>
R ₇₆ -U ₇₇	S ₁ , T ₁	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. tes.</i> , <i>P. alc.</i>
G ₉₈ -A ₉₉	S ₁ , T ₁	<i>X. cit.</i> , <i>P. aci.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. MA</i>
R ₁₀₀ -A ₁₀₁	S ₁ , T ₁	<i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. aci.</i> , <i>P. men.</i> , <i>P. alc.</i> , <i>P. MA</i>
A ₁₀₁ -G ₁₀₂	S ₁ , V ₁	<i>X. bad.</i> , <i>P. aci.</i> , <i>P. men.</i>
G ₁₀₂ -U ₁₀₃	S ₁ , T ₁	<i>X. cit.</i> , <i>X. cel.</i> , <i>X. pal.</i> , <i>P. tes.</i> , <i>P. aci.</i> , <i>P. MA</i>
C ₁₀₈ -A ₁₀₉	S ₁	<i>X. cit.</i> , <i>P. tes.</i>

^aOnly phosphodiester bonds cleaved around the loops, a, b, and d are shown. ^bPartial digestions of 5S rRNAs were carried out in neutral sodium cacodylate buffer with 10 mM Mg²⁺ or 10 mM Zn²⁺. S₁, nuclease S₁; T₁, RNase T₁; V₁, RNase V₁. ^cFor the sources of 5S rRNA, see the legends of Fig. 2.

기쌍들은 Fig. 3에서 점선으로 묶어서 나타내었다. 고리 d에 있는 염기들(아데닌과 구아닌들)이 Mg²⁺이 있는 조건에서는 카르복실화 반응(아데닌에 대하여)과 케톡실화 반응(구아닌에 대하여)을 받지 않지만, Mg²⁺이 없는 조건에서는 이러한 화학변형을 잘 받는 것으로 보아(Table 1 참조), 이 염기들도 불안정한 염기쌍을 형성하는 것으로 볼 수 있다. 따라서

Table 3. Some differences between our new model and that of Wolters and Erdmann⁷. Interactions of bases in the junction areas and loop d are compared

Positions of bases	Base pairing	Ours	Wolters and Erdmann's
11-109		unstable	stable
12-108		unstable	no interaction
16-68		unstable	stable
17-67		unstable	stable
23-60		stable	unstable
24-60		no interaction	unstable
29-55		unstable	stable
30-54		unstable	stable
69-107		unstable	no interaction
bases in the loop d		All of the opposite bases on the two strands form unstable pairs	Only A ₇₃ -U ₁₀₃ and U ₇₄ -G ₁₀₂ form unstable pairs

고리 d는 Mg²⁺이 있는 조건에서는 불안정한 이중 나선을 형성할 것으로 생각한다. 이러한 사실은 이 부분이 리보핵산 가수분해효소 V₁에 의해서 작용되는 것으로 뒷받침된다(Table 2 참조).

위에 기술한 고찰에서 우리가 제안하였던 *Pseudomonadaceae* 5S rRNA들의 이차구조 모형을 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 수정하여 새로 제안한다. 새로 제안하는 우리의 모형과 Wolters와 Erdmann의 모형⁷ 사이의 특징적인 차이점들을 Table 3에 요약하였다.

본 연구는 1991년도 및 1992년도 교육부 기초과학육성 연구비와 1991년도 과학재단 연구비의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사하는 바이다.

인 용 문 헌

- G. E. Fox and C. R. Woese, *Nature*, **256**, 505 (1975).
- K. Nishikawa and S. Takemura, *J. Biochem.*, **81**, 995 (1977).
- H. Hori and S. Osawa, *Genetics and Evolution of polymerase, tRNA and ribosomes*, p. 539, University of Tokyo Press, Tokyo, 1980.
- R. De Wachter, M.-W. Chen, and A. Vandenberghe, *Biochimie*, **64**, 311 (1982).
- G. M. Studnicka, F. A. Eiserling, and J. A. Lake, *Nucleic Acids Res.*, **9**, 1885 (1981).
- T. Pieler and V. A. Erdmann, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **79**, 4599 (1982).
- J. Wolters and V. A. Erdmann, *Nucleic Acids Res.*, **16**, r1 (1988).
- B. Cho, S. Kim, Y. Kim, S. B. Kim, J.-T. Lee, S. Kang, S.-J. Lee, Y. Sim, M. Koh, and I. Park, *Proceedings of the first symposium on biomolecules*, p. 9, Korean Chemical Society, Seoul, Korea, 1991.
- E. Dams, A. Vandenberghe, and R. De Wachter, *Nucleic Acids Res.*, **11**, 1245 (1983).
- B. Cho, M. Koh, J. Ihm, and I. Park, *Korean Biochem. J.*, **24**, 292 (1991).
- M. Koh, I. Park, and S. Y. Lee, *Korean Biochem. J.*, **19**, 61 (1986).
- M. Koh, I. Park, and K. Lee, *Korean Biochem. J.*, **20**, 357 (1987).
- S.-J. Lee, M. Koh, J. E. Nam Shin, and I. Park, *Korean Biochem. J.*, **23**, 135 (1990).
- A. Vandenberghe, A. Wassink, P. Raeymaekers, R. De Baere, E. Huysmans, and R. De Wachter, *Eur. J. Biochem.*, **149**, 537 (1985).
- M. Koh, I. Park, and K. Lee, *Korean Biochem. J.*, **21**, 195 (1988).
- M. Koh and I. Park, *Korean Biochem. J.*, **22**, 430 (1989).
- M. Koh, J.-T. Lee, and I. Park, *Korean Biochem. J.*, **22**, 68 (1989).
- B. Cho, M. Koh, J. Ihm, and I. Park, *Korean Biochem. J.*, **24**, 292 (1991).
- B. Cho, M.-U. Choi, S. W. Suh, J. Ihm, M. Koh, and I. Park, *J. Korean Chem. Soc.*, **36**, 460 (1992).
- B. Cho, Y. Lee, M.-U. Choi, and I. Park, *J. Korean Chem. Soc.*, in the press, 1993.
- E. Westhof, P. Romby, P. J. Romaniuk, J.-P. Ebel, C. Ehresmann, and B. Ehresmann, *J. Mol. Biol.*, **207**, 417 (1989).
- R. N. Nazar, *J. Biol. Chem.*, **226**, 4562 (1991).
- M. Koh and I. Park, *Korean Biochem. J.*, **21**, 203 (1988).

이 학회지는 한국과학기술단체총연합회의 일부 재정지원(한국과학재단 출연금)에 의하여 발간되었습니다.

대 한 화 학 회 지

JKCSEZ 37(4) 369~470(1993)

ISSN 1017-2548

제 37 권, 제 4 호

1993년 4월 20일

이론 및 물리화학

- Fourier Transform 분광기를 이용한 불안정한 분자의 방출분광학 李相國 · 金恩植 371
 Poly(Amino Acid) Matrix를 이용한 스테로이드의 방출기구에 관한 연구
金宜洛 · 姜仁圭 · 曹鍾守 · 李明載 · 鄭鳳鏞 · 閔庚燮 · 元美子 378
 이산화세륨의 비화학량론 呂鐵鉉 · 金正根 · 柳光善 · 李殷石 · 崔重吉 390
 소랄렌의 광화학 반응에 대한 이론적 연구(I). 소랄렌의 구조-활성화에 대하여
金子弘 · 鄭吉玲 · 孫星浩 · 梁基洙 396
 공기 산화와 수증기 산화에 의해 제조된 TiO₂, 박막의 전기화학적 성질에 관한 연구
崔容國 · 趙奇衡 · 崔圭源 · 成正燮 · 吳正根 401
 플루오르화메탄들과 암모니아 및 물과의 수소결합 이량체들에 관한 Ab Initio 연구 李淳起 · 金承勳 408

무기 및 분석화학

- 프탈로시아닌이 흡착된 산화아연의 광기전력효과에 관한 연구 許順玉 · 金榮順 416
 포스핀류가 배워된 팔라듐 착물에 의한 불포화카르복실산의 카르보닐화고리 반응 (제 1 보).
 불포화카르복실산이 배워된 팔라듐(O, II) 착물의 합성과 구조
都命基 · 丁孟浚 · 李東鏞 · Kohtaro Osakada · Akio Yamamoto 423
 포스핀류가 배워된 팔라듐 착물에 의한 불포화카르복실산의 카르보닐화고리 반응 (제 2 보).
 불포화카르복실산이 배워된 팔라듐(O, II) 착물에 관한 이론적 연구
都命基 · 金奉坤 · 丁孟浚 · 宋寧大 · 朴柄珏 431
 Lanthanides-Benzoylformate 착물 형성에 관한 열역학적 연구 金永仁 · 朴善琴 442
 구조-활성관계(제 2 보). Folate 유사체의 구조와 활성 朴聖植 · 呂壽東 448
 광화학 반응을 이용한 티오카바메이트류의 액체 크로마토그래피 검출법에 관한 연구
李大云 · 朴英熙 · 崔鎔旭 453
 알칼리 수용액에서 Bis-Cobalt Phenylporphyrin 유도체들에 의한 산소의 전극 촉매적 환원
崔容國 · 文賢珠 · 全承元 · 趙奇衡 462

발 행

大 韓 化 學 會

서울특별시 성북구 안암동 5가 35번지

Journal of the Korean Chemical Society

JKCSEZ 37(4) 369~470(1993)

ISSN 1017-2548

Vol. 37, No. 4

April 20, 1993

THEORETICAL AND PHYSICAL CHEMISTRY

- Emission Spectroscopy of Unstable Molecules using a Fourier Transform Spectrometer
Sang Kuk Lee and Un Sik Kim 371
- The Studies for Release Mechanism of the Steroids in Synthetic Poly(Amino Acid) Matrix
Ui-Rak Kim, Inn-Kyu Kang, Chong-Su Cho, Myung Jae Lee, Bong-Jin Jeong,
Kyung-Sub Min, and Mi-Ja Won 378
- Nonstoichiometry of the Cerium Dioxide
Chul Hyun Yo, Jeong Geun Kim, Kwang Sun Ryu, Eun Seok Lee, and Joong Gill Choi 390
- Theoretical Studies on the Photochemical Reaction of Psoralen(I). Structure-Activity Studies on
the Psoralen Ja Hong Kim, Gil Young Chung, Sung Ho Sohn, and Kee Soo Yang 396
- Studies on the Electrochemical Properties of TiO_{2-x} Thin Films Prepared by Air Oxidation and
Water Vapor Oxidation
Yong-Kook Choi, Ki-Hyung Chjo, Q-Won Choi, Jeong-Sub Seong, and Jeong-Geun Oh 401
- Ab Initio Studies on Hydrogen-Bonded Dimers of Fluoromethanes with Ammonia and Water
Soon-Ki Lee and Seung-Hoon Kim 408

INORGANIC AND ANALYTICAL CHEMISTRY

- Photovoltaic Effect of Adsorbed Metallophthalocyanine on Zinc Oxide
Soun-Ok Heur and Young-Soon Kim 416
- Carbonylative Cyclization of Unsaturated Carboxylic Acids by Palladium Complexes with Phosphines (I).
Synthesis and Structure of Palladium(O,II) Complexes with Unsaturated Carboxylic Acids
Myung-Ki Doh, Maeng-Jun Jung, Dong-Jin Lee, Kohtaro Osakada, and Akio Yamamoto 423
- Carbonylative Cyclization of Unsaturated Carboxylic Acids by Palladium Complexes with Phosphines (II).
Theoretical Studies on Palladium(O,II) Complexes of Unsaturated Carboxylic Acids
Myung-Ki Doh, Bong-Gon Kim, Maeng-Jun Jung, Young-Dae Song, and Byung-Kak Park 431
- Thermodynamic Properties of Lanthanides Complexes with Benzoylformate Anion
Young-Inn Kim and Sun-Geum Park 442
- Structure-Activity Relationship(II). Structure and Activity of Folate Analogues
Seongsik Park and Soo-Dong Yoh 448
- A Study of Liquid Chromatographic Detection Method for Thiocarbamates by Using
Photochemical Reaction Dai Woon Lee, Young Hun Park, and Yong Wook Choi 453
- The Electrocatalytic Reduction of Dioxygen by Bis-Cobalt Phenylporphyrins in Alkaline Solution
Yong-Kook Choi, Hyun-Ju Moon, Seung-Won Jeon, and Ki-Hyung Chjo 462

Published by

THE KOREAN CHEMICAL SOCIETY

35, 5-Ka, Anam-Dong, Sungbuk-Ku, Seoul 136-075, Korea