

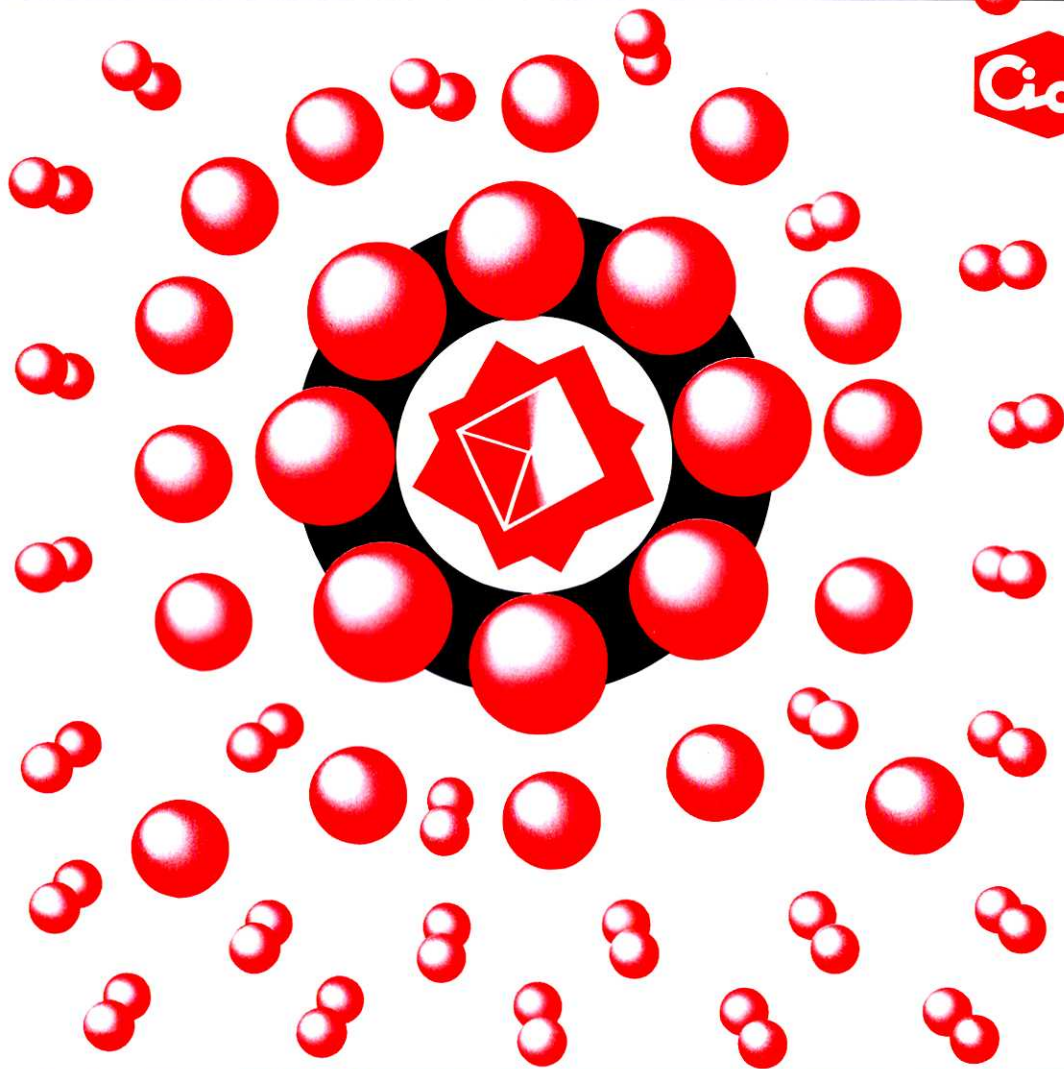
# THE

ISSN 0285-2446

KANTO CHEMICAL CO., INC.

1997 No. 2 (通巻164号)

# CHEMICAL TIMES



## 目次

根本曾代子博士を偲んで.....	山田 光男.....	2
根本曾代子先生の思い出.....	青井 克夫.....	3
有機ホウ素化合物と有機合成化学.....	石倉 稔.....	5
複素環化合物合成への展開(2)		
電子材料と電子デバイス; 研究開発とその成果.....	三宅 清司.....	12
我が国における MOS 集積回路の開発		
宇宙の彼方に生命を求めて.....	小池 惇平.....	19
その6. 宇宙からのメッセージ		

編集後記.....		24
-----------	--	----

## 根本曾代子博士を偲んで

日本薬史学会 常任理事 薬学博士 山田 光 男

このたび、根本曾代子先生が逝去されたことのお知らせを関東化学から伺い、あまりに突然のお知らせだったので、本当に驚きました。

私と根本先生とのお付き合いは、私が日本薬史学会に入会してからなので、まだ17年たらずですが、1980(昭和55)年に先生が「日本の薬学—東京大学薬学部前史—」のテーマで東京大学で学位をとられたことから、その主査であった東京大学の水野伝一名誉教授および野島庄七教授(当時)を通じてご紹介をいただいたのが初めてであります。当時の薬史学会は、木村雄四郎会長、吉井千代田常任幹事のご指導のもとに運営され、根本先生、長沢元夫先生、伊藤和洋先生が補佐されておりました。学会幹事会は、いつも東京一ツ橋の学士会館で開催されましたが、根本先生は常に和服で参加され、女性らしい細かな気配りのある、しかも積極的な意見を出されて会議をリードされるのが例でした。

根本先生の業績については、本稿収載の「Chemical Times」の読者の方々は、既にご承知のように、近代化学史、とくに薬学史に造詣が深く、日本の近代薬学の発展について多くの著書、論文を残されております。根本先生は1952(昭和27)年から日本近代薬学史研究に従事され、日本の薬学史を担う柱石的人物の伝記は、ほとんど根本先生の筆によって成っているといても過言ではありません。たとえば、近藤平三郎(藤園回想)、朝比奈泰彦、慶松勝左衛門、山口八十八の諸先生がたの伝記、また短いものでは柴田承桂、長井長義、下山順一郎、丹波敬三、丹羽藤吉郎、田原良純、緒方章、高峰譲吉ら諸先生がた、また外国人ではゲールツ、リービッヒ、H. E.メルクらの伝記など多くの業績があります。また公的なお仕事としては、国立衛生試験所百年史編集委員(1970~1975)、東京大学百年史(薬学部史)編集委員(1974~1981)などを歴任されております。

薬史学会では、そのご業績および学会運営に関しての長年のご功績に対して根本先生を名誉会員にご推薦し現在に至っております。当会では、例年、4月中旬に東京大学薬学部

日本薬史学会幹事会 昭和59年5月16日(学士会館)



故根本曾代子 幹事

吉井千代田 常任幹事  
(薬事日報社顧問)

伊藤和洋 幹事

故木村雄四郎 会長

長沢元夫 幹事  
(東京理科大学教授)

山田光男 現常任理事  
(筆者)

講堂で総会を開催致しておりますが、一昨年(1995)4月の総会に出席されたのを最後に、昨年は参加されませんでした。先生は熱海市に住んでおられますので、お電話をしましたところ、足のお具合が悪いので、東京までの遠出は控えているとのことでした。昨年9月22日に逝去されたとのことのお知らせを伺い、今も信じられない思いであります。根本先生が日本の薬学史に残された大きな業績を讃えて、先生のご冥福を心からお祈り申し上げます。

## 根本曾代子先生の思い出

ケミカルタイムス編集委員会 青井克夫

前号でお知らせしましたように、長年に亘り本誌にご執筆くださいました日本薬史学会名誉会員 薬学博士 根本曾代子先生が昨年9月22日に92才の天寿を全うされました。

前回の編集後記にも書きましたとおり、根本先生にはこのケミカルタイムスに昭和49年10月から平成7年10月まで21年間、途中2回休まれただけで83編をご寄稿いただきました。その内訳は、根本先生は特に薬学史にお詳しくだったため「薬化学の先駆者」として長井長義先生ほか23名の先生方の伝記25編、「薬学ゆかりの外国人」としてホフマンほか23名の伝記24編、そして「くすりの文化交流」として“シルクロードはくすり道”など34編となっております。これら本誌掲載の根本先生のご著作をここに表題だけではありますが一覧表にして紹介させていただきます。

根本先生と弊社との関係は、当時の本誌の編集責任者稲垣清二郎博士(元明治薬科大学教授)が東京女子薬学校(現明治薬科大学)ご出身の根本先生に執筆をお願いしたことが始まりと思われます。当時の筆者紹介には元家庭科学研究所長と記されています。私自身はケミカルタイムスの編集を担当するようになりましたのは一昨年の7月号からですのでまだ日が浅く、とうとう根本先生にお目にかかることはできませんでした。電話や書簡でのお付き合いのなか先生に明治生まれの方の気風というようなものを感じておりました。

根本先生には平成7年10月号収載の原稿をいただいた後、昨年の新年号はお休みになられ、4月号から今まで書かれたものまとめと新規のものを執筆くださることになっておりました。しかしながら、その頃からお風邪を召されたとのことで体調がよくないご様子で、それでも原稿の遅れを気にされて電話や書状をくださいました。私からはくれぐれもご自愛をお願いしご回復を念じておりました。その後9月10日に電話を差し上げたときは、今ほかの原稿を書いているが間もなく終わるので終わり次第連絡しますとお元気そうな様子で私はほっと安堵しておりました。それから12日後に永眠されるとはそのときはとても思えませんでした。それだけに、半年以上が過ぎた今でも根本先生の電話口での声が耳に

残っているような感じがして亡くなられたとは信じ難い気持ちがいたしております。

根本先生の原稿は科学者らしい研ぎ澄まされた簡潔な文章でいつもブルーブラックの万年筆の筆跡が鮮やかでした。原稿の締切りや字数など几帳面に守ってくださり、校正も確実に編集担当者として全幅の信頼を寄せておりました。

根本曾代子博士の長年のご芳情に心から感謝いたし、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

### 根本曾代子博士ケミカルタイムス掲載著作表題一覧

年号	通巻	表 題	年号	通巻	表 題
1974	74	薬化学の先駆者 ・長井長義 (1)	1985	115	薬学ゆかりの外国人 (17) H. E.メルク
				116	" (18) クラブプロート
1975	75	" ・長井長義 (2)		117	" (19) ケクレ
	76	薬学 の 先 駆 者 ・柴田承桂 (3)		118	" (20) フンゼン
	77	" ・下山順一郎 (4)	1986	119	" (21) カール・リーベルマン
	78	" ・丹波敬三 (5)		120	" (22) ウィーラント
1976	79	" ・丹波藤吉郎 (6)		121	" (23) キュリー夫妻
	80	" ・恩田重信 (7)		122	" (24) トロムスドルフ
	81	" ・西崎弘太郎 (8)	1987	123	くすりの文化交流 (1) シルクロードはくすり道
	82	" ・池口慶三 (9)		124	" (2) 薬種貿易の夜明け
1977	83	" ・田原良純 (10)		125	" (3) 夏の花の毒とくすり
	84	" ・高峰謙吉 (11)		126	" (4) 秋の薬草
	85	" ・正親町実正 (12)	1988	127	" (5) 明治120年の黎明記
	86	" ・大日喜六 (13)		128	" (6) 原点への回想
1978	87	" ・高橋三郎 (14)		129	" (7) 時代の推移につれて
	88	" ・上野金太郎 (15)		130	" (8) 爽秋夜話
	89	" ・安香堯行 (16)	1989	131	" (9) 不老不死薬と黄金
	90	" ・太田雄彦 (17)		132	" (10) 伝承と科学性
1979	91	" ・近藤平三郎 (18)		133	" (11) 自然の開発
	92	" ・慶松勝佐衛門 (19)		134	" (12) 文明開化の贈物
	93	" ・朝比奈泰彦 (20)	1990	135	" (13) 自然の恵み
	94	" ・中尾萬三 (21)		136	" (14) 春の風物
1980	95	" ・緒方 章 (22)		137	" (15) 地球は巡る
	96	" ・刈米達夫 (23)		138	" (16) 歴史のエピソード
	97	" ・福原有信 (24)	1991	139	" (17) 事始め
	98	" ・清水藤太郎 (25)		140	" (18) 歴史のひとつこま
1981	99	薬学ゆかりの外国人 (1) ホフマン		142	" (19) ムラサキのエピソード
	100	" (2) エイクマン	1992	143	" (20) 造化の砂
	101	" (3) ケンベル		144	" (21) 花の神秘
	102	" (4) ゲールツ		145	" (22) 地球の永遠性
1982	103	" (5) ツェンペリー		146	" (23) 宇宙は秘密
	104	" (6) シーボルト	1993	147	" (24) 新春回想
	105	" (7) ヘボン		148	" (25) 春日遅遅
	106	" (8) ミュルレル		149	" (26) 消夏随想
1983	107	" (9) ゼルチュルネル		150	" (27) 目薬のエピソード
	108	" (10) リービッヒ	1994	151	" (28) 植物学の偉材、牧野富太郎博士
	109	" (11) アドルフ・フォン・バイヤー		153	" (29) 医薬ジャーナリストの先駆
	110	" (12) ヴィクトル・マイヤー		154	" (30) 日本薬剤師会初代総理
1984	111	" (13) ウェーラー	1995	155	" (31) 近代のあけぼの
	112	" (14) エミール・フィッシャー		156	" (32) 地球の真理
	113	" (15) ウィルシュテッター		157	" (33) 時代の推移
	114	" (16) ランガルト		158	" (34) 藍(インジゴ)の回想

# 有機ホウ素化合物と有機合成化学； 複素環化合物合成への展開(2)

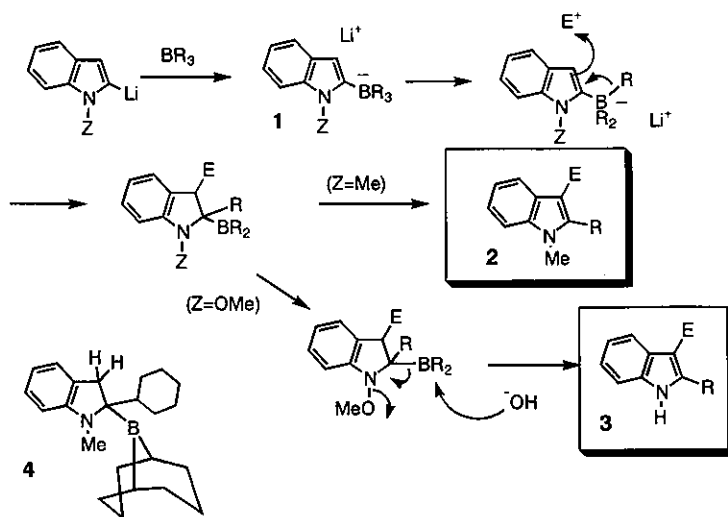
北海道医療大学 薬学部 助教授 石 倉 稔

前回は、ピリジンとホウ素との関わりを中心として解説させていただいた。今回は、インドリルボレート<sup>1)</sup>の化学とその合成的利用についてまとめさせていただく。

インドール化合物は麦角アルカロイド(エルゴタミン)、ヨヒンベアルカロイド(ヨヒンビン)、Rauwolfiaアルカロイド(アジマリン、レゼルピン)などのインドールアルカロイドとして、またトリプトファン、セロトニンなどの生体関連物質として極めて多種の化合物が知られている。特に、それ等がもつ生理活性の多様性から医薬品としての重要性が古くから認められている。したがって、インドール化合物の合成研究も多く関心を集め、様々な合成法の開発が報告されている。インドールはベンゼンとピロールの縮合した構造を有し、その反応性は古くから検討されている。しかしながら未だ興味のつきないものがあり、ホウ素との組合せによるインドールの新しい反

応性の開発についても関心が持たれる。<sup>1)</sup>

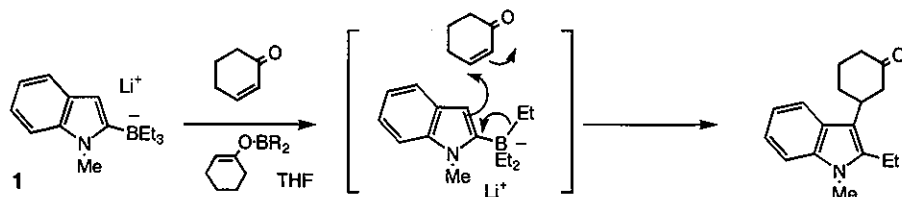
2-リチオインドールとトリアルキルボランから得られるインドリルボレート(1)は $\pi$ -過剰インドール環にアニオン性ホウ素置換基を有することから、インドール環での電子密度の上昇とともにエナミン部の活性化にも相当の期待ができる。実際にヨードメタン等の求電子試薬をインドリルボレートに低温で加えるとインドール3位への求電子試薬の攻撃が速やかに進行してアルキル転位をひきおこし2,3-ジアルキル体(2)を与える。この際、インドール1位に脱離性の保護基を有すると1-非置換インドール(3)を与える。立体障害の大きなアルキル置換基を持つインドリルボレートの転位反応では、アルキル転位の中間に生成するアルキルボラン体(4)を結晶として単離することもできる。通常、インドールと求電子試薬との反応はこの様な緩和な反応条件では認められない。



Scheme 1-2

また、このインドリルボレート(1)はエノンのような弱い求電子種との反応性も有しており、マイケル型の付加反応とともにアルキル転位をおこす。このとき、触媒量のボロンエノレートが著しく反応を促進する。<sup>2)</sup>

その他、 $\pi$ -過剰複素環化合物におけるホウ素置換基上からの1,2-アルキル転位反応はフラン、チオフェン、ピロールなどの誘導体についてもいくつか報告されており、それ等の合成的利用も検討されている。<sup>3)</sup>

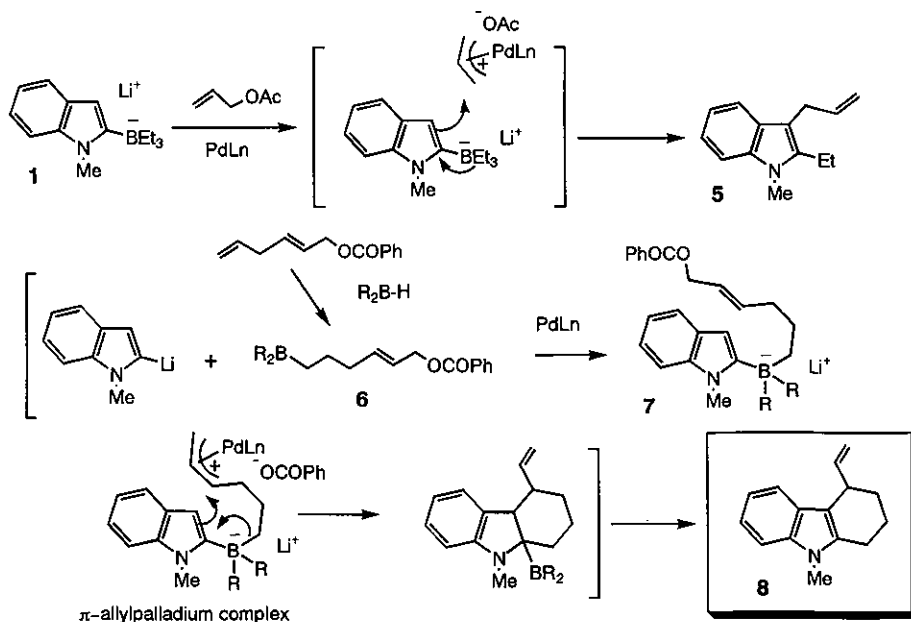


Scheme 2-2

Aspidosperma アルカロイド、corynanthe アルカロイド、iboga アルカロイドなどに代表されるインドールアルカロイドの多くは多環系インドール骨格を有しており、これ等の化合物の全合成および基本骨格合成についても数多くの優れた研究成果が報告されている。我々は多環系インドール誘導体の新規構築法として、インドリルボレートにおける分子内アルキル転位反応の利用による環化反応の開発も行っている。<sup>4)</sup>

インドリルボレート(1)のTHF溶液にアリルアセートとパラジウム触媒を加えて60℃に加熱すると、反応

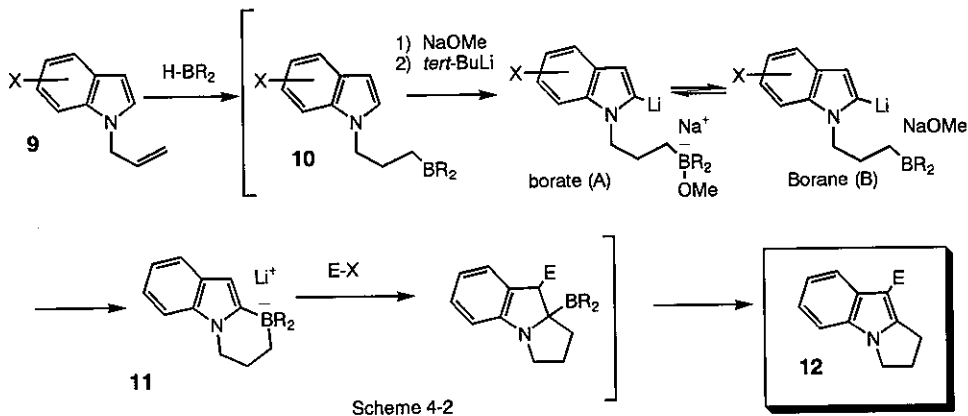
系内で $\pi$ -アリル錯体の形成が優先し、これが求電子誘薬となりアルキル転位をひきおこし化合物(5)を与える。そこで、2-リチオインドールと側鎖にアリルエステルを含むアルキルボラン(6)とからインドリルボレート(7)を *in situ* で調製し、この溶液にパラジウム触媒を加えると分子内で同様に $\pi$ -アリル錯体を発生する。これが求電子種となりアルキル転位反応をひきおこすことで、一挙に分子内環化が進行する。この反応はインドールからカルバゾール誘導体(8)まで one-pot 操作により簡単に行うことができる。



Scheme 3-2

Mitosane に代表されるピロロ[1,2-a]インドール化合物は抗腫瘍性抗生物質マイトマイシンの基本骨格であるとともに、その生物活性の面からも関心を集めている。そこで、この化合物の合成にインドリルボレートにおけるアルキル転位を取り入れたルートを描いた。1-アラアルケニルインドール (9) からヒドロボレーションによりアルキルボラン (10) を得、これから環状ボレート (11) へと変換し、これに求電子試薬を加えることによりアル

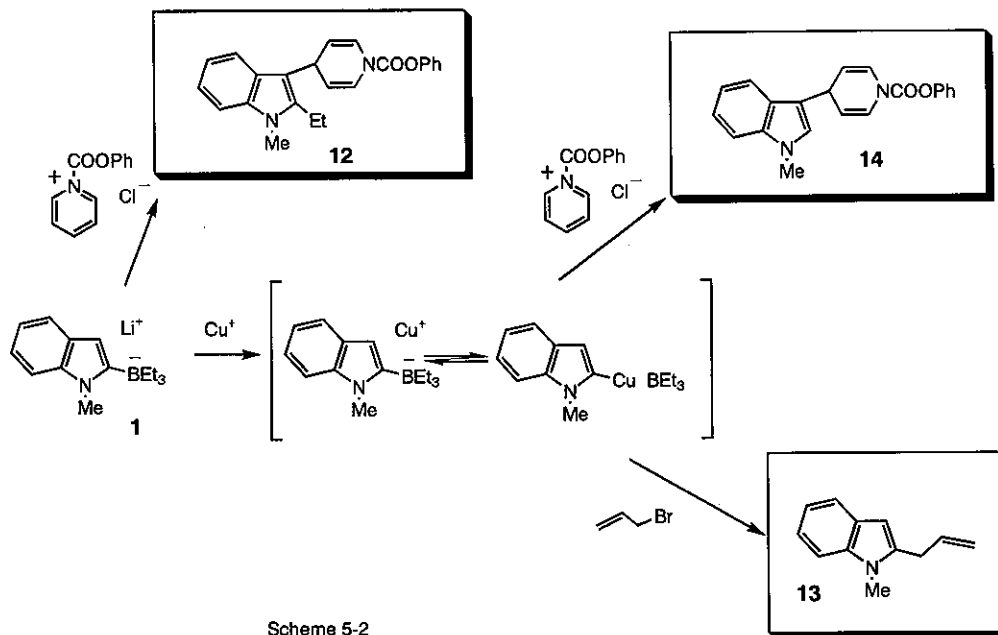
キル転位をひきおこし [a]-閉環型インドール誘導体 (12) を与える。実際には、環状ボレートの形成を行うにはインドール 2 位へのリチオ化が必要となるがこの段階が問題となった。三配位ボランをナトリウムメトキシドを用いて四配位のメトキシボレートに変換することでインドール核 2 位のリチオ化に成功し、この後、室温で一晩攪拌することによりボレート (A) とボラン (B) との平衡を経て環状ボレート (11) を生成できた。



### 3-2 銅 (I) イオン存在下での反応<sup>5)</sup>

これまで述べたように、インドリルボレート (1) に求電子試薬を加えると 1,2-アルキル転位を経て 2,3-ジ置換

インドール (12) が生成する。ところが、インドリルボレートの THF 溶液に  $-20^{\circ}\text{C}$  で銅 (I) イオン (実際にはシアニ化銅) を加え、攪拌すると均一溶液となる。この溶液

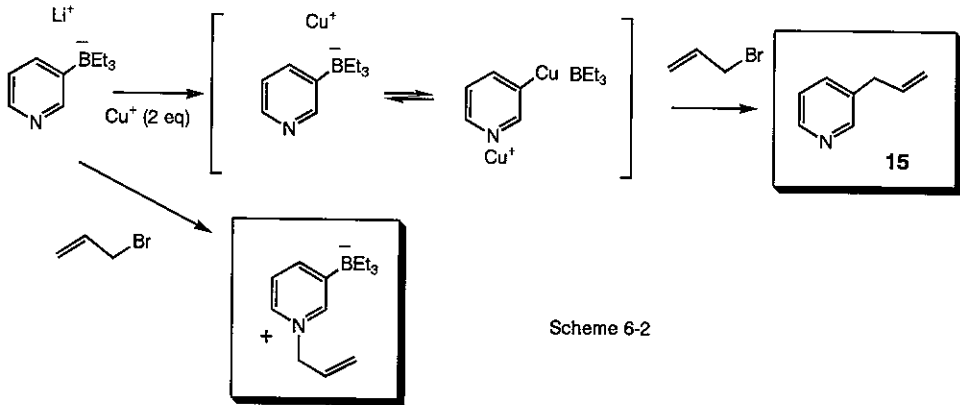


を用いて反応を行うと、用いた求電子試薬の性質により生成物が大きく異なる。即ち、臭化アリルのような活性ハロゲン化合物との反応では2-置換体(13)が、ピリジニウム塩のようなカチオン性の試薬を用いると3-置換体(14)を与える。これは、インドリルボレートと銅(I)イオンと間でのトランスメタルによりインドリル銅中間体が生成し、これが求電子試薬との反応に関与しているものと思われる。

このように、インドリルボレートと求電子試薬との反

応を用いると、反応条件を設定することによりインドール核への位置選択的な置換基導入が可能となる。

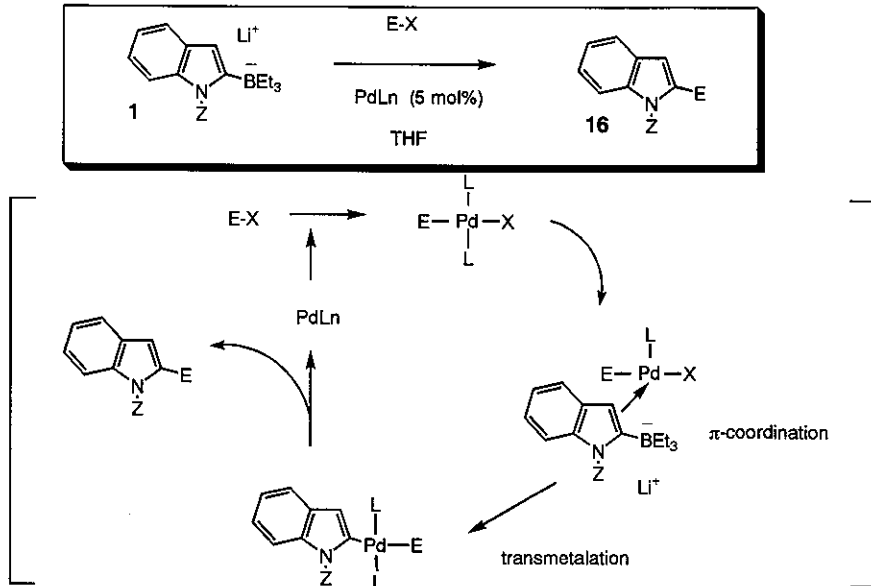
先に、3-トリアルキルピリジルボレートは求電子試薬との反応でベタイン化合物を与えると述べたが、この反応においても銅(I)イオン共存下で臭化アリルを加えると位置選択的に3-アリルピリジン(15)を与える。この反応も、銅(I)イオンとピリジルボレートのトランスメタル化が関与しているものと考えられる。



### 3-3 クロスカップリング反応<sup>6)</sup>

三配位ホウ素化合物を用いるクロスカップリング反応が有用な合成手段であるのとは異なり、四配位ホウ素化

合物を用いるクロスカップリング反応には生成物の収率が低い、反応条件が厳しいなどから合成的応用性には問題が残されている。我々の研究室においても、3-トリア

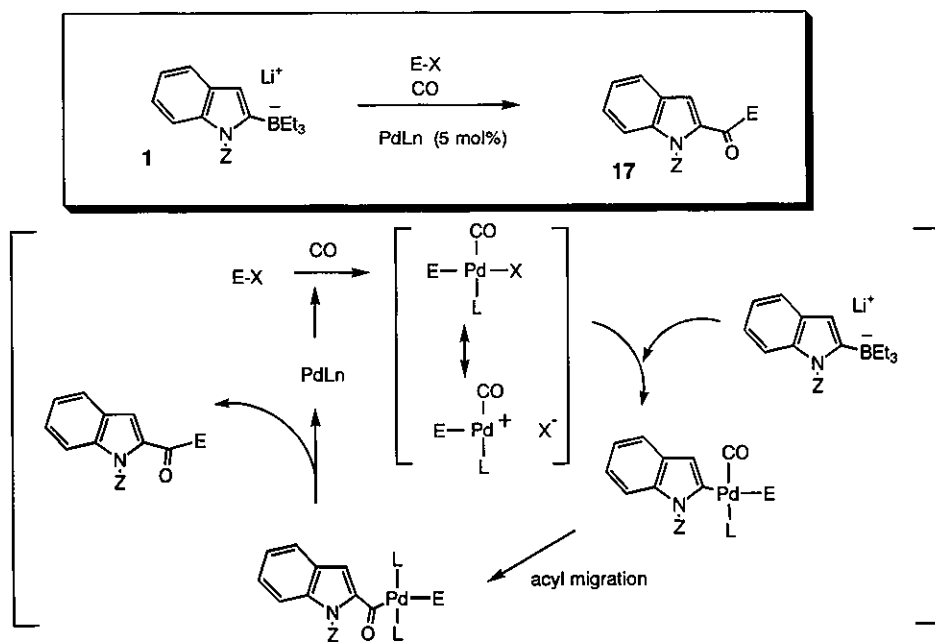




ルキルピリジルボレートを用いてクロスカップリング反応を検討したがほとんど反応は進行しない。ところが、インドリルボレート(1)についてパラジウムを触媒とするクロスカップリング反応を行うと、四配位ホウ素化合物であるにもかかわらず極めて容易に2-置換インドール(16)を与える。インドリルボレートが高い電子密度を有していることから、反応の過程でパラジウム(II)錯体への $\pi$ 配位が促進されトランスメタル化が優位におこるためと思われる。

更に、我々はインドリルボレートを用いるクロスカップリング反応の合成手段としての応用性について検討を行っている。

ハロベンゼンあるいはビニルトリフレートとインドリルボレート(1)とのクロスカップリング反応を一酸化炭素気流下(10気圧)で行うと、一酸化炭素挿入を伴う carbonylative cross coupling 反応により2-インドリルケトン(17)を得る。この反応を利用すると従来の方法では合成が難しいと思われるケトンも容易に得ることができる。



Scheme 8-2

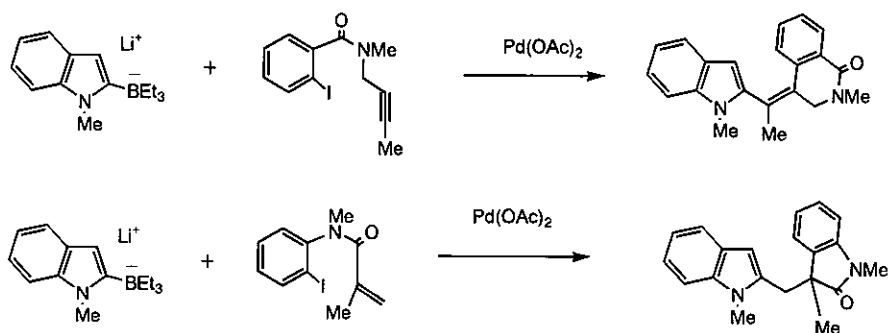
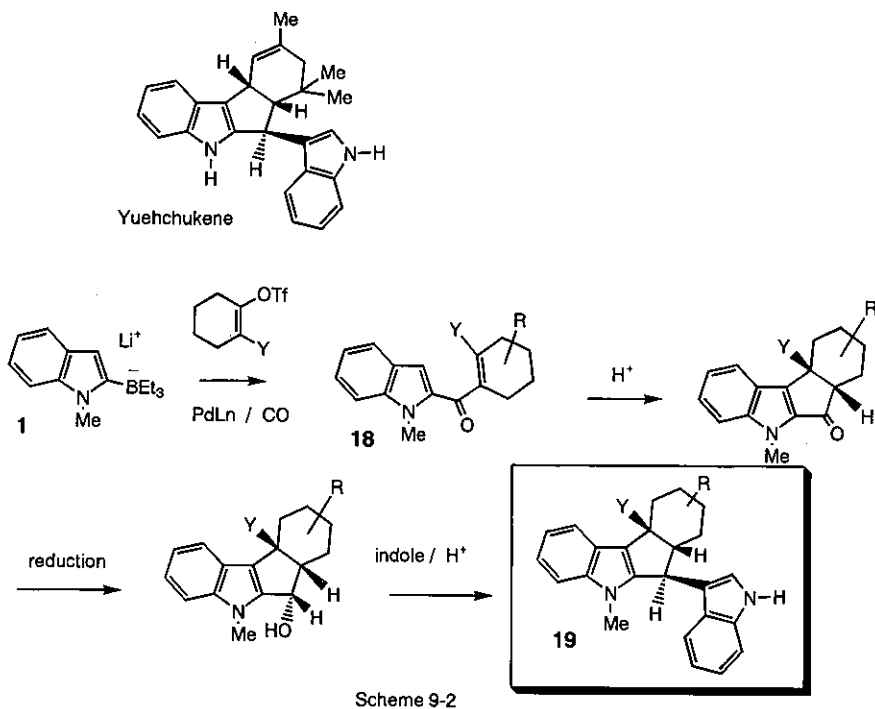
最近、二量体インドールアルカロイド yuehchukene はその anti-implantation 活性が注目を集め、誘導体の合成と生物活性が盛んに検討されている。そこで、本合成手段を適用すると様々な官能基をもつ yuehchukene 誘導体を短行程で合成することが出来る。シクロヘキサノン誘導体からビニルトリフレートへ変換し、これとインドリルボレート(1)との反応を行うとビニルケトン体(18)を得る。これを酸性条件で環化し、ケトン環元の後、酸触媒を用いてインドール環の導入を行うことで目的とする yuehchukene 誘導体(19)を与える。

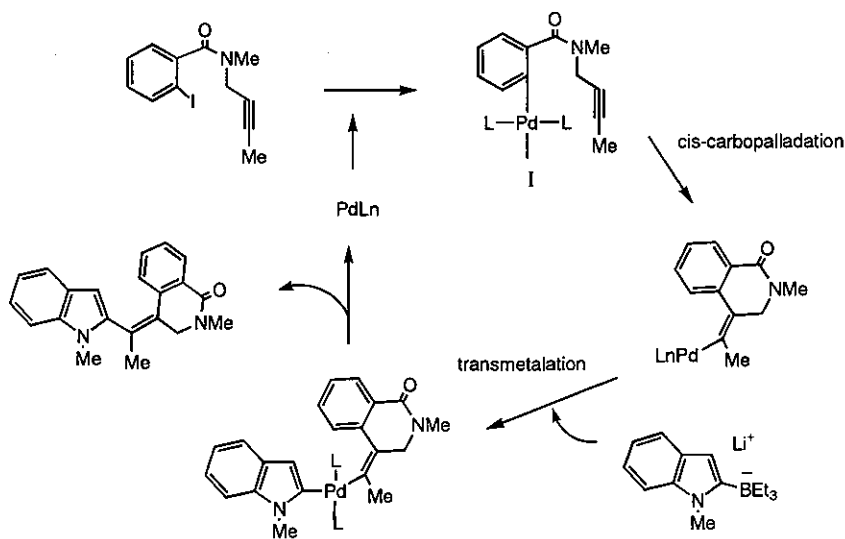
近年、これまで多段階の反応操作を必要とする反応を、one-pot 操作で行おうとする tandem 型反応が注目を集めている。つぎには、環形成過程を含むクロスカップリング反応(tandem cyclization cross coupling 反応)へ

のインドリルボレートの適用を検討した。操作は極めて簡単である。インドリルボレートとアセチレン体にパラジウム触媒を加え THF 中で加熱還流すると一挙に反応が進行し生成物を与える。この場合、トリフェニルホスフィンを含む触媒系を用いると反応は全く進行せず、安価な酢酸パラジウムが最も良い結果を与える。この反応条件は二重結合を持つものについても、同様に適用できる。

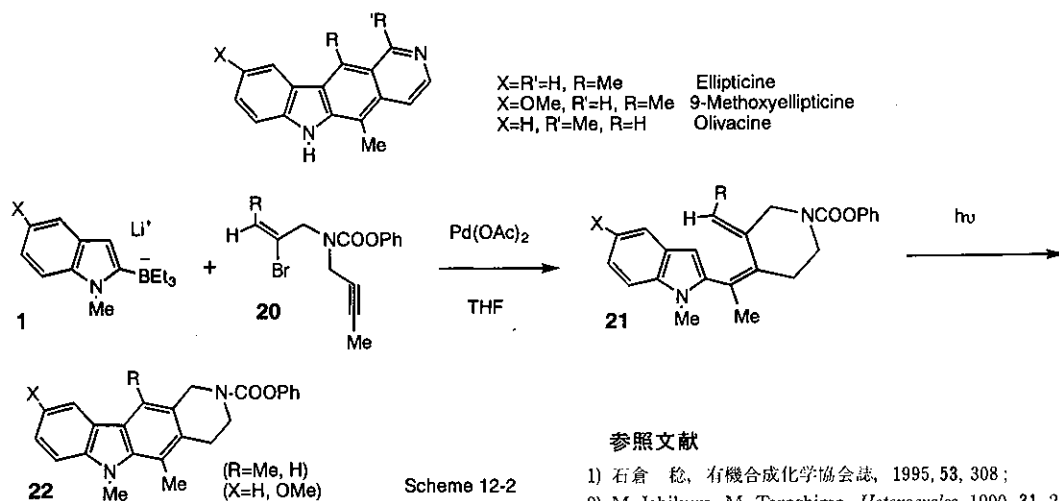
この反応は、抗ガン剤として注目をあつめている ellipticine 誘導体の短行程合成法としても利用可能である。反応操作はパラジウム触媒、アセチレン体(20)とインドリルボレート(1)を先と同じく反応させるとカップリング生成物(21)を得ることが出来る。これから光反応により閉環すると ellipticine の基本骨格に相当する四環系イ

ンドール (22) を与える。





Scheme 11-2



Scheme 12-2

### おわりに

以上、複素環化合物合成への有機ホウ素化合物の応用に関し、我々の研究室でこれまで行ってきた研究について簡略ではあるが解説させていただいた。市販品として容易に入手できるホウ素化合物とこれもまたポピュラーな複素環化合物とが相互に作用し合う(特に、 $\pi$ -相互作用)ことで思いもかけない反応性を示すことがあり、未だ興味のつきない分野である。

現在、有機ホウ素化合物は有機合成化学において非常に有用な合成中間体、合成試薬として広く活用されているが、まだまだ大きな可能性を秘めているように思われる。

### 参考文献

- 1) 石倉 稔, 有機合成化学協会誌, 1995, 53, 308;
- 2) M. Ishikura, M. Terashima, *Heterocycles*, 1990, 31, 2091; M. Ishikura, I. Agata, *Heterocycles*, 1995, 41, 2437.
- 3) J. Kagan, S. K. Arora, *Tetrahedron Lett.*, 1983, 24, 4043; M. J. O'Donnell, J. B. Falmagne, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1985, 1168.
- 4) M. Ishikura, M. Terashima, *Tetrahedron Lett.*, 1992, 33, 684; M. Ishikura, M. Terashima, *K. Chem. Commun.*, 1991, 1219.
- 5) M. Ishikura, M. Kamada, I. Oda, M. Terashima, *Heterocycles*, 1985, 23, 117; M. Ishikura, M. Terashima, *J. Heterocyclic Chem.*, 1994, 31, 977; M. Ishikura, M. Terashima, *Heterocycles*, 1988, 27, 2619.
- 6) M. Ishikura, M. Terashima, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1989, 135; *idem.*, *J. Org. Chem.*, 1994, 59, 2634; M. Ishikura, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1995, 409.

# 電子材料と電子デバイス；研究開発とその成果

## 我が国における MOS 集積回路の開発

- ・ MOSIC 開発の着想と端緒
- ・ MOSFET の集積化
- ・ MOSIC を使用した卓上型電子計算機

元帝京大学教授 理学博士 三宅清司

### 1. まえがき

モノリシック集積回路の発明は R. Noyce によるもので、それは 1959 年の事である。C. T. Sha の記憶によると、Noyce の属していた Fairchild (社) は、当時、プレーナ構造ではあるが、バイポーラトランジスタを集積化した記憶装置の製造を重点とし企業収益をあげていたとの事である。そのため、K. Miyake が independent (別個) に開発に着手したユニポーラトランジスタ、すなわち、MOS 型の FET を集積化した記憶装置の開発をする事は困難な状況にあったとの事である。その事は彼の論文、"Evolution of the MOS Transistor-From Conception to VLSI" の中の V), MOS Integrated circuits (1969 to 1988 and beyond) の項で述べている。

他方、Miyake が MOSFET を用いた集積回路を開発する構想を持っていた当時の事について、前副題の (I) で触れているが、再び、本副題の下で具体的に、MOSFET を用いた集積回路開発の端緒、当初の状況の詳細を書き残して置きたいと考え筆を執る事にした。少なくとも MOSFET を用いた集積回路の記憶用集積回路の開発初期に関する記述は、多くの図書、関連資料からは見いだす事は困難である。<sup>1)</sup>

筆者、Miyake が敢えて MOSIC の開発初期の状況について書き残して置きたいと考えるのは、大きく云えば、今なお世界で、MOSIC を使用した記憶装置が貿易上で問題にされながら、科学技術の発展の上で、歴史的事実の穴埋めがなされていないからである。特に、かねてより、本件に関する事実を明らかにしておく事は、科学技術者としての責任であるとの示唆を頂いていた事もあり、また、上記の事柄について本副題の下で書く事も無理ではないとも考えられるので、以下の様な順序で書き記す事にした。すなわち、

- 1) MOSIC 開発の着想と動機
- 2) MOSFET の集積化

3) MOSIC を使用した卓上型電子計算機である。

始めに述べた事であるが、Sha は彼の報告の項目 V) の中で、当時の状況について次のように述べている。その捕え方は、MOSFET の第三番目の発展段階 (the third phase of the MOSFET evolution) としてである。すなわち、Fairchild Semiconductor (社) の創立者である Noyce と Moore は二人で silicon MOS integrated circuit を製造 (manufacture) するために自らの会社を始める事に意を決した。その理由は以下の原文の通りである。

They could not attain this goal at Fairchild for several reasons, even though they were in charge of the whole Fairchild operation ; i) Fairchild's main products and bread and butter winner were the bipolar silicon integrated circuits which they originated ; ii) the engineers assigned to transfer the first MOS integrated circuit product from the Fairchild R & D laboratory to the manufacturing plant two miles away always leave to start their own company (to my recollection, this occurred thrice in three successive years, 1961-1963) ; and Fairchild's parent firm was inadequate to start a separate MOS manufacturing plant.

以上の文は Sha の回想として記述されており、この文章に続くものとして、We shall next describe some of volume production of the silicon MOSFET integrated circuits during the third phase, ……とあり、彼等が MOSIC の量産を始めたのは、項目 V) の表題にあるように、1969 年以後のことであると云う事である。之に対し、筆者、K. Miyake がトランジスタの製造についての工業化を検討し始めたのは、電々公社、電気通信研究所に籍を置いていた 1960 年以前の事であって、当時、半導体研究室で机を並べていた友人は、我が国電子工業を今

日の姿に発展させた人達である。

## 2. MOS IC 開発の着想と端緒

筆者が初めてトランジスタ工場の現場を見たのは、1960年の頃であったかと思う。ゲルマニウムトランジスタの製法の中でも、工業化できる技術であった合金接合法により製作していた現場である。数多くの女子作業者が並び、実体顕微鏡をのぞきながらトランジスタを組立てている光景は、筆者には、家内工業と云う言葉でも表現し難いものであった。前にも述べた事であるが、我が国トランジスタ工業は、一社を除き、すべて、米国のRCA(社)から技術導入し発展したものであるが、その技術は工業生産的配慮が充分でなく、研究開発担当者の設計思想が、そのまま、製造仕様となったものであった。結果として、半導体メーカーとしてのRCA(社)は既に無く、RCAの技術に依存しなかった一社は世界第一のICメーカーとなった。皮肉な事ではある。

筆者が1960年(昭35)以前、在籍した電々公社(現NTT)の電気通信研究所、半導体研究室の状況、および、民間の半導体メーカーの現場の状況を知らなかった訳ではないが、何れにしても、当時のトランジスタはゲルマニウム合金接合型が主体であって、これの製造を工業化する事は至難であると考えていた。多分、半導体メーカーの技術者が量産するための手段として考えていたのは、精々、治具を用い、手作業を機械作業に変更する事くらいであったかと思う。

表1は、MOSFET活用と工業生産の根拠と発想について、筆者の当時の考えをまとめたもので、読者からすれば、大変な飛躍のように感じられるかも知れないが、筆者の経歴からすれば、余り不思議ではないのである。つまり、物理学を専攻し、機械工学の知識と多種の工業の現場を見学した経験を持ち、更に、広い範囲の研究者、

表1. MOSFET 活用と工業生産の根拠と発想

工業生産	根拠	発想
半導体装置の自動製造	電子管工業の量産技術	理学的思考と真空技術の知識
MOSFETの活用	金属間化合物半導体の研究	半導体材料の基礎知識
IC用多連リードフレーム	機械工学と無機材料の知識	機械器具の基本動作の知識
トランスファーモールド法の利用	広範囲の技術知識	水平思考的発想
基本特許の発明	実験と観測の重視	樹脂の透湿性とアンダーコート特許

技術者の友人を持ち、専門外の知識を持つべく努力してきた結果である。例えば、電気化学の勉強をし、有機試薬を用いた分析を自ら試みた事もある。

さて、表1を見れば、何故、MOSFETを用いればトランジスタの工業化が可能であるかが見当がつくかと思う。先づその根拠として、筆者は、金属間化合物からなる光電管陰極材料の研究が若い時のその対象であり、半導体に対する基本的知識を持ち、また、電子管工業の実態も知っていたのである。シリコントランジスタの初期はバイポーラ型で、平面構造(プレーナー)ではなかった。R. Noyceの発明した集積回路もトランジスタはユニポーラの電界効果型、つまり、FETではない。ユニポーラで平面構造を採り得るのはMOS型であって、当時、それは発表されていた。

筆者が電々公社の研究所からHitachi(社)に招かれたのは表2にあるように昭和36年(1961)であった。表1にある多連リードフレーム(現在のICに使用されている)、トランスファーモールド法、樹脂の透湿性などの知識とその応用は、すべて、広範囲の知識と理学的発想がその根拠である。表2の表題がレジソモールドトランジスタの開発とMOSFETを利用した集合部品となっているのはMOSICの発明者が筆者である事を客観的に明らかにして置きたいからである。なお、多連リードフレームは現在も集積回路に使用されているが、その特許出願明細書の作成に着手したのは、前年の昭和38年

表2. レジソモールドトランジスタの開発および通産省試験研究「MOS型FETを利用した集合部品」の申請に関連する事項

年(昭和)	関連事項
35年(1960)	半導体工場見学
36年(1961)	電々公社よりHitachi(社)へ転出
37年(1962)	レジソモールドトランジスタ研究打合せ
38年(1963)	レジソモールドトランジスタの研究開始*
39年(1964)	多連リードフレーム特許出願、原出願日39年1月6日
39年(1964)	通産省試験研究費補助を申請**
39年(1964)	半導体チップの撥水性レジソによるアンダーコート特許出願、出願日S.39年5月4日、実39-34553、公告番号41-22590、出願依頼日39年3月28日。

\* レジソモールドトランジスタの研究の正式題目は「レジソモールド小型半導体素子の開発」となっており、昭和40年3月完了報告がなされている。

\*\* 試験研究題目、昭和39年度応用研究「MOS型電界効果トランジスタを利用した集合部品に関する研究」。

7月29日、また、半導体チップのアンダーコート特許出願明細書の作成着手日は昭和39年3月28日であるとの事である。<sup>2)</sup>

ところで、筆者、MiyakeがMOS型FETを用いプレナー構造のモノリシック集積回路開発を着想し着手した当時、レジン封止のダイオードがあったように記憶しているが、その構造が何うであったかは憶えていない。少なくともMOSFETを用いた集積回路の開発に先立ち、レジン封止のシリコントランジスタの開発を思い立ったのは、レジン封止、あるいは、レジンを用いたダイオードがあった事がきっかけであったように思う。

では、レジンモールドシリコントランジスタの開発をMOSFETを用いた集積回路の開発に先立ち始めた根拠は何か。それは、次の通りである。i) シリコン・プレナー・パッシベイトド(Si planar passivated)トランジスタ、つまり、平面構造で、シリコン表面が酸化膜でおおわれ化学的不働態化されたトランジスタが開発されていたこと、ii) レジン封止にはトランスファモールド(transfer mold)法が工業生産には適当であると判断したこと、iii) 封止に用いるプラスチックの透湿性は本質的であるが、何等かの方法で避けられると見通したこと、である。

そこで、MOSFETを用いモノリシック集積回路を開発しようとした当時の状況、あるいは、その動機は次の通りである。

- 1) プレナー・シリコン・パッシベイトド・トランジスタは既に開発されていた。
- 2) バイポーラー・シリコントランジスタを使用したモノリシック集積回路も開発されていた。
- 3) シリコンを用いたユニポーラー(unipolar)素子であるMOSFETは、従来のバイポーラー(bipolar)トランジスタより構造が簡単であり、複合化、集積化が容易であると考えた。
- 4) したがって、MOSFETを用い工業化を実現するには、開発された技術の工業化を促進するためにあった通産省の試験研究費を利用することが適当と考えた。

このような動機でMOSFETを用いたモノリシック集積回路の開発を決意し、当時、筆者の部下のM. Ohnoに開発を指示したのは表2から判る通りである。また、この事は、前回にも述べた。<sup>3)</sup> Ohnoに指示したのは、一つには、OhnoがMOSFETの特性改善のための研究を行っていたためであるが、MOSFETを使用したモノリシック回路の開発を実際に手を下したのはT. Momoi他の僅かの人達であったと聞いている。<sup>4)</sup>

以上述べた事柄で判るように、MOSFETを用いたモノ

リシック集積回路の発明は筆者によるものであるが、その特許出願をしなかった理由は次の通りである。すなわち、バイポーラトランジスタを用いたモノリシック集積回路は既に存在し、MOSFETも開発されていた。したがって、バイポーラトランジスタをMOS型のFETに取換えただけの集積回路は特許されないと判断したからである。この事は科学技術発展の過程を記録に残しておく事を忘れそれを果さなかったのは筆者、Miyakeの誤りであって、その責任は重く、極めて遺憾に思っている。

しかしながら、表2に示したように、多連リードフレームの特許出願は昭和39年1月6日、明細書の作成に着手したのは前年の昭和38年7月29日であり、その明細書の中に実施例として、本発明方法を用いた集積回路装置として写真1に示した図が記載されている。<sup>5)</sup> すなわち、「本発明方法を集積回路装置に用いた実施例にて説明する。第2図aがその基板回路図で第2図bはこれを金属板上に構成した状態を示す平面図であり、第2図cは完成時の斜面図である、……。なお図cは半導体ペレットをエポキシ系樹脂を用いトランスファモールド法又はキャス

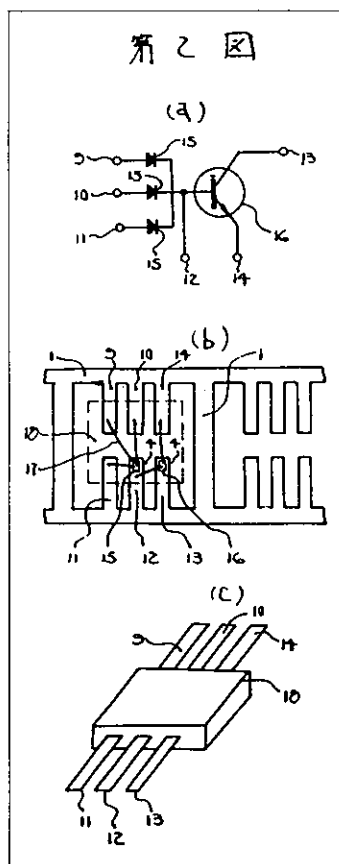


写真1

多連リードフレームに関する特許公報、昭54-5264の明細書にある実施例の図。明細書の作成着手日は昭和38年7月29日であり、着想したのは、この日より前である。

ティング法等により半導体ペレットを被覆固化する、……。なお、以上個々のトランジスタ又はダイオードを連絡し集積回路装置を構成する組立について説明したが、本発明方法はトランジスタ、ダイオード、抵抗、容量、インダクタンスによって構成される回路を複数個一度に組立て封止し小型化する場合にも適用される。」とある。

以上、この明細書の内容で判るように、昭和38年7月29日以前に発明者である筆者、Miyake は回路を構成する能動素子、受動素子の集積化に気付いていた事を意味する。後に判った事であるが、前にも述べたように、部下 Ohno に開発の着手と通産省への補助金の申請を指示したのも Miyake であるが、表 2 に示したように、提出された昭和39年度応用研究「MOS 型電界効果トランジスタを利用した集合部品に関する研究」の担当者の中に Miyake の名前はなく、M. Ohno, 他になっているとの事である。<sup>6)</sup> なお、本試験研究に関する原本は永久保管にもなっており、国会図書館にも所蔵されていると聞いている。

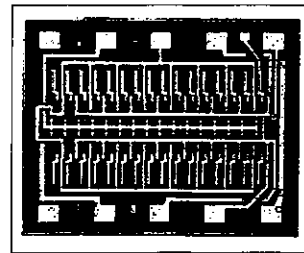
以上 MOS 型電界効果トランジスタを利用したモノリシック集積回路開発の着想と動機について、筆者の経歴の私的事柄についても触れながら述べてきたが、筆者が既に行ってきた研究、開発に関する限り、発明については、それは早過ぎたものであって、特許制度に改善の余地がある事を示唆している。他方、研究成果については、以前にも述べたように、我が国の学会は世界の水準には達していない。その結果ではあるが、筆者は我が国では無名であり、欧米では有名である、と付け加えておこう。

### 3. MOSFET の集積化

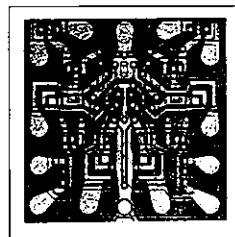
ユニポーラートランジスタの複合化は前にも述べたように、相補型の MOS トランジスタとして、集積化に先立ってなされたのであった。写真 2 は約 30 年前の初期の集積回路を、MOS 型集積回路とバイポーラー集積回路とを、それぞれ、チップの表面で示したもので、前者は 10 数個の MOS トランジスタ、後者は数個のバイポーラートランジスタからなるものであることが判る。写真から明らかなように、MOSFET の集積化したものが如何に半導体装置として簡単 (simple) なものである事が理解できるかと思う。前節で述べたように、筆者が、MOSFET の集積化を気付いた動機も、着想も、極めて単純なものであった。

写真 3 は初期の MOSIC を示したものである。筆者の発案により開発に着手し、暫定的なカタログにて 1964 年 9 月 (昭和 39 年 9 月)、Hitachi (社) より発表された MOSIC である。時を同じくして MOSFET の応用方法 (applica-

tion note) が米国 RCA (社)、Fairchild (社) から発表された。これら、MOSFET の利用についての初期の様子は



(a)



(b)

### 写真 2

集積回路チップの表面、a) 初期の MOS 集積回路のチップ、b) バイポーラー集積回路のチップ、1968 年以前に試作されたもので、MOS 集積回路は配線構造から見て頗る簡単である事が判る。いづれも試作品である。<sup>7)</sup>

### HD 700 M シリーズ

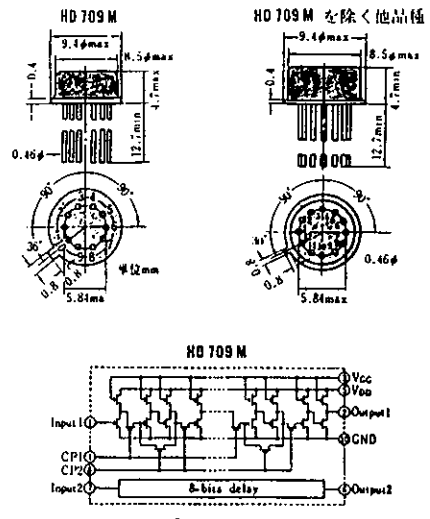


写真 3 初期の MOSIC は図のように、個別トランジスタと同様の金属製の籬に封入されていた。この図は 1964 年 9 月 Hitachi (社) 発行の暫定カタログによる。

C. T. Sha の論文に詳しく記されている。<sup>8)</sup> しかしながら、複合化から集積化への進展については、Sha の観点が、前にも述べたように、筆者と異なるため明確ではない。

写真3で示されたように、初期の MOSIC は個別トランジスタ (discrete transistor) と同様、金属ケース (can) に封入されていたことが判る。金属のキャップと10本のリード線を持つステム (stem) から成り、その大きさも、当時の個別小型トランジスタと同じ程度であった。写真に示した Hitachi (社) の HD 700 シリーズは市販された最初の MOSIC で、間もなく HD 3100 シリーズに引継がれたとの事が当時の暫定カタログに記されている。写真4は HD 3100 シリーズを示したもので、この時、すでに外観は現在の IC、1990年半ばの IC の外観、つまり、多連リードフレームを使用したもので、カタログによると1964年秋のものである。

# 1 MOS

HD 3100 シリーズ

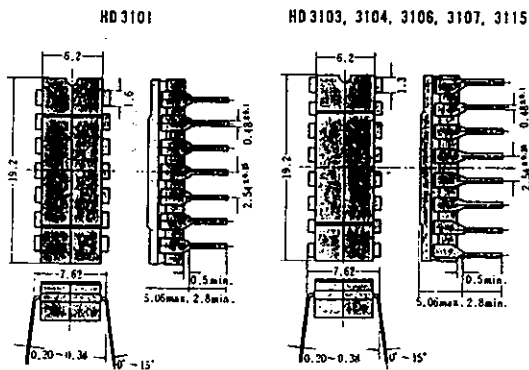


写真4 初期の MOSIC。図に示した HD 3100 シリーズの IC は HD 700 シリーズの後に市販されたもので、現在の IC と同様の外観を持つ。両者とも Hitachi (社) の暫定カタログに示されたものである。発行は昭和39年 (1964年) 9月である。

K. Nomiya の記憶によると、1967年 (昭42年) に最初の MOSIC (8-bit Shift Register) が電子式卓上型計算機の主メモリーとして開発され、その頃、通産省補助金で

MOS 型トランジスタ、および、簡単な MOS 型ゲート IC の開発も進んでいたとの事である。Hitachi (社) の MOSIC の市販に関する正式の発表としては、日立半導体ハンドブックによるものであるが、それは、1970年 (昭和45年) であって、それ以前の MOSIC に関するものとしては、前記の暫定カタログのみである。この事は、我が国における MOSIC の多量生産の開始は1970年と云う事になる。

MOSFET の複合化、集積化から MOSIC への発展の端緒は、多連リードフレームの特許出願明細書の実施例、写真1のゲート回路から推測できる。これは、出願明細書の作成に当り、関係する技術者に、幅広い技術知識と水平思考的発想が如何に重要であるかを物語るものである。

#### 4. MOS IC を使用した卓上型電子計算機

ユニポーラートランジスタである MOSFET の複合化、集積化の着想、開発の端緒、および、開発当初の状況について述べてきたが、これをまとめると以下ようになる。

- 1) MOSFET を集積化し、モノリシック集積回路の開発を始めたのは、我が国では、Hitachi (社) の K. Miyake である。
- 2) K. Miyake が部下 M. Ohno に開発を指示したが、具体的に手を下したのは T. Momoi、と M. Kubo である。
- 3) MOSFET を用いモノリシック集積回路の工業生産を進める手配をしたのは昭和39年4月以前である。
- 4) 工業化を進めるべく通産省の試験研究費の補助を受けるべく手配したのは K. Miyake である。
- 5) 試験研究題目は、昭和39年度応用研究「MOS 型電界効果トランジスタを利用した集合部品に関する研究」である。
- 6) 同研究費の補助手続と担当者は昭和40年以後で、担当者も K. Miyake ではなく、別の者になっている。
- 7) MOSFET の集積化について K. Miyake が特許出願しなかったのは、バイポーラ素子を使用したモノリシック集積回路が既にあるからであった。

先に表2で、筆者、Miyake が半導体工場の現場を見学したのは昭和35年となっているが、それ以前に製造、若しくは、開発現場を見たのは Sanyo Denki (社) である。もちろん、それ以前に筆者が籍を置いていた当時の電々公社、電気通信研究所、半導体研究室における状況の記憶は鮮やかであって、昭和26年の頃には S. Iwase, T. Asakawa, M. Watanabe が研究、開発を担当していた。我が国にトランジスタの研究開発を導入したのは、当時



の東北大学教授であった Y. Watanabe であり、それを受け入れたのは、上記、電気通信研究所の T. Seki である。

他方、トランジスタの製造の機械化、自動化について具体策を検討しあったのは上記研究所の半導体研究室で席を同じくした NEC (社) の S. Stuneki であってそれは、筆者、Miyake が Hitachi (社) に籍を移す昭和35年以前の事である。筆者、Miyake が、昭和55年、S. Stuneki のすすめにより九州日電(社)の現場を学生と共に見学し、半導体デバイスの製造が自動化されているのを知った。建屋の設計、製造装置の配置など、検討しあった内容が充分に生かされていたのを見て驚いた次第である。

さて、K. Nomiya の記憶によると、1967年には、最初の MOSIC (8-bit Shift Register) が電卓の主メモリとして開発された。丁度その頃、通産省の補助金で MOS 型トランジスタ及び簡単な MOS 型ゲート IC の開発も進行していた。当時、Nomiya は、開発中の MOS 型トランジスタ及び簡単な MOS 型 IC を使って、世界で初めてのオール MOS 電卓を試作、完成させた。この電卓は1967年秋から設計を開始し、1968年春には完成した。

MOSIC などを使用したこの電卓を試作する事を示唆したのは、筆者、Miyake である事は、Nomiya も、多分、知らなかったと思う。以前、マイクロモジュールを用い、当時の電動式卓上計算機を電子式に発展させるよう発案したが実現しなかったのは昭和36年頃の事で、これも、Hitachi (社) に前記、電気通信研究所から籍を移した直後であったと記憶している。マイクロモジュールを MOSIC などに取り換えるだけの事で、その発想は筆者にとっては、日常茶飯事に過ぎなかったのであるが。

Nomiya の記憶によると、1967年には初めて MOSIC を使用した電卓が早川電機(社)により開発・試作され、さらに欧州でも Nomiya により試作された電卓が発表されたように記憶している。なお、写真5に、参考のため最新の MOSIC を示した。

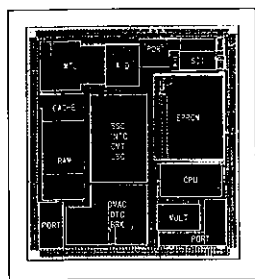


写真5

最新の MOSIC のチップ平面。大容量のメモリーを内蔵、モーター制御、電子手帖などに使用するもの。<sup>9)</sup>

## 5. あとがき

筆者、Miyake が我が国の学会を信頼しなくなったのは30数年も前の1960年以前の事である。当時、日本の物理学会での研究発表、取り扱われていた専門分野に応用物理学は含まれていた。筆者が最後に日本の物理学会で発表した時、同じ会場で研究発表した中に有名な人物があった。その名前はあげない方が当りさわりのない。その発表内容については、極めて多くの質疑応答があった。しかしながら、筆者の発表内容については全く一つの質問も無かった。

この時発表したのが、光電管の陰極材料である金属間化合物半導体である。この内容が筆者には何のように評価されてよいものか判断に苦しみ、思い切って米国の物理学会から発行されている J. Appl. Phys. に投稿したわけである。表1にあげた金属間化合物半導体の研究はこの論文の内容である。既に度々のべ、また、書き残した事であるが、筆者の研究は理論以前の現象、あるいは、材料の性質に関する事であって、このような研究結果に関しては、我が国の学会では受取って貰えないのである。

以来、筆者は我が国の学術雑誌に研究結果を投稿した事は無い。少なくとも、我が国の学会で論文を審査する立場にある人達は、科学とは何か、それを評価する第一の要件が実験と観測である事を知るべきである。言葉をかえて表現すると科学の第一要件は実証性であり、第二には普遍性である。第三の要件は合理性であり、理論では無い。J. Appl. Phys. に投稿した論文の中で、筆者の理解し難い結果が得られた事について、その通りのまゝ書いたところ、何の訂正の要求も無く、そのまま、その論文は採用された事もある。

さらに付け加えておきたいと思う事は、自らの論文が他の研究者達に何のような引用のされ方、何のような理由で参考文献とされているかである。自らの論文が、内容に不備がある、あるいは、不充分であるとの理由で引用、参考とされているとすれば、残念ながら、その論文の価値は高くは無い。つまり、自らの論文が他の研究者の眼にとまったと云うだけの事である。筆者の研究内容は、海外の研究者によっては読まれているだけでは無く、研究結果を基に自らの研究を進め学位論文とした旨の記述がなされているのを見た事がある。

他方、全く遺憾な事であるが、我が国では学位の審査に不審に思われる事が無いわけではない。此の副題のもとで、私的な事柄についても敢えて書き残した最大の理由は、科学技術の発展の歴史の上で、筆者が明らかにしなければ埋められない穴がある、その穴を埋めて置く事であった。

筆者が、極めて周到な準備をし、出来る限りの慎重な配慮を行ない、如何にして真実な事実を書き残す努力をしたかは、心ある読者には理解されたかと思う。そのため、如何に多くの方達からの援助と示唆を頂いた事かと思う。それだけに、“あとがき”の中でその謝意は表しきれものではない。極めて残念であり、また、失礼ではあるが、これで筆を置きたいと思う。

参考文献

- 1) W. M. Penney and L. Lau, "MOS INTEGRATED CIRCUITS", VAN NOSTRAND REINHOLD COMPANY, NEWYORK, (1972).
- 2) 私信.
- 3) 三宅清司, Chemical Times, 1996, No. 2, p. 19.
- 4) 私信.
- 5) 三宅清司, 半導体装置の製造法, 出願日昭39 (1964). 1月6日. 特許公報 昭54-5264, p. 163. 発明者 三宅清司他. 特許1,067,103号, (登録 昭56年9月30日).
- 6) 私信.
- 7) 三宅清司, "金属薄膜の基礎技術", 朝倉書店 (1968), 東京.
- 8) C. T. Sha, Proc. IEEE, Vol. 76, No. 10, p. 1280, (1988).
- 9) Hitachi (社.), Gain, No. 116/1996. 5, p. 11.

サイドウォールポリマー除去液

SPRシリーズ

SPRシリーズは、Al、Al-Si、Al-Cu、Al-Si-Cu、W配線等のドライエッチングやビアホール形成の際に発生するサイドウォールポリマーの除去並びに一般的なレジストの除去 (SPR-101を除く) が可能な水溶性の除去液です。

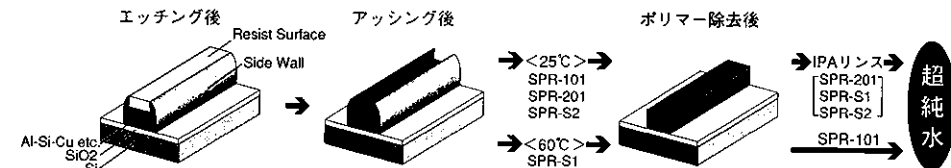
● 特徴

1. 塩素系化合物やフェノール並びにヒドロキシルアミン等、人体や環境に有害な化合物を一切含有していません。
2. Al、Al-Si、Al-Cu、Al-Si-Cu、W等の配線材料や酸化膜をほとんどエッチングしません。
3. SPR-101は室温除去処理後、超純水によるリンスが可能です。
4. 使用目的並びに使用条件に合わせて、4種類の除去液を取り揃えております。

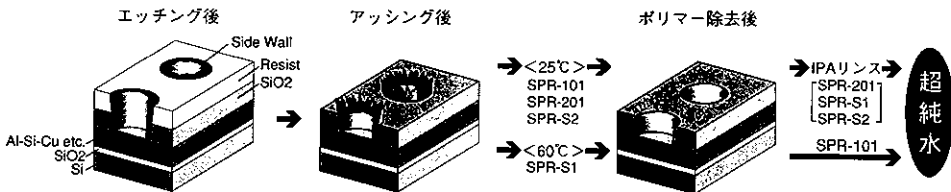
商品名	使用条件	サイドウォールポリマー除去性	レジスト除去性	危険物分類
SPR-101	25°C	○	×	非危険物
SPR-201	25°C	○	○	第四類第三石油類
SPR-S1	60°C	○	○	第四類第三石油類
SPR-S2	25°C	○	○	非危険物

● 代表的な使用プロセス

<メタルパターン>



<ホールパターン>



関東化学株式会社

電子材料事業本部 〒103 東京都中央区日本橋本町3丁目11番5号 マルサンビル1F  
TEL:03 (3667) 6811 FAX:03 (3667) 0440 wwwホームページ http://www.kanto.co.jp

# 宇宙の彼方に生命を求めて

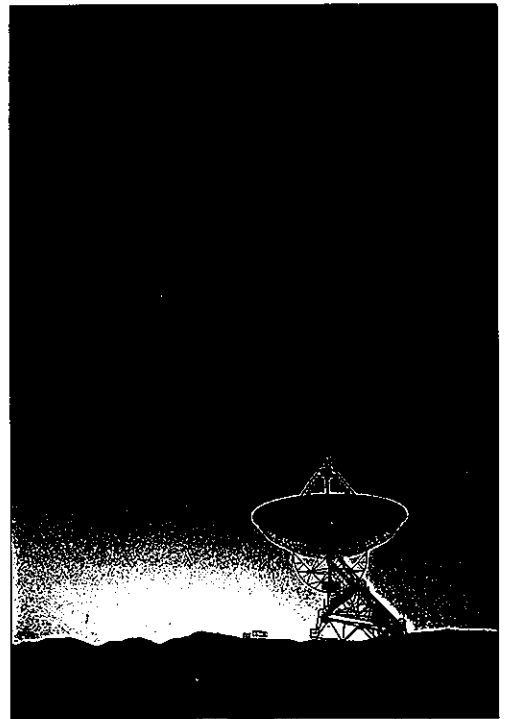
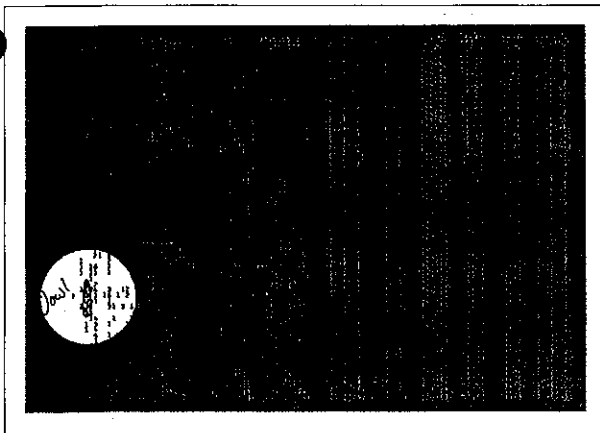
## その6. 宇宙からのメッセージ

東京工業大学 生命理工学部 理学博士 小池 惇 平

### プロローグ

1977年オハイオ州コロンバスからほど近いゴルフ場のすぐそばで奇妙な宇宙からの信号を傍受した。オハイオ州立大学の電波望遠鏡がキャッチしたその不可解な信号は“いて座”の方向からやってきた。この信号はロバート・ディクソン博士らによって観測され、最初の観測者は興奮のあまり、記録紙の上にWOWと記したことから『ワオー信号』として有名である。しかし、残念ながらこの信号は一度きりでそれも1分間しかこなかった。さらに、1990年5月9日午前2時を少し過ぎた頃オーストラリアのパークス電波天文台にその信号は送られてきた。その信号は26光年（1光年はおよそ10兆キロメートル）かなたの“へびつかい座”の中の星から発信されたものであった。これこそ宇宙に住む知的生命体から送られてきたメッセージだったのかもしれない……。しかし、パークスでデビッド・ブレア博士によって受信された信号はその正体を確認する前にとめられ、その後2度と送られてこなかった。はたして宇宙には我々地球人以外に知的生命体は存在するのだろうか？

宇宙の知的生命体とコンタクトをとろうという試みは、すでに半世紀も前から始められていた。第2次世界大戦中の1942年米国の南海岸に沿って設置された対空レーダーが、ある日本製の電波によって妨害されたことがきっかけであった。その怪電波は当初、敵国の妨害電波と間違えられたが、後になって宇宙からの電波であることが判明した。それ以来、宇宙からは興味深い様々の電波が発信されていることがわかったのである。1960年28歳の若き天文学者フランク・ドレークはグリーンバンク国立天文台の電波望遠鏡を使って“クジラ座”のタウ星（10.8光年）と“エリダヌス座”のイプシロン星（11.8光年）



宇宙の彼方にアンテナを向けるグリーンバンク天文台の85フィート電波望遠鏡

に向けて探査を行った。これが電波を使った地球外生命体探査の初めであった。この計画は「オズの魔法使い」に登場する王女の名にちなんで『オズマ計画』とよばれた。しかし、結局2つの星からは何の電波も送られてこなかった。その後、1979年映画「ET」が世間の注目をあびた翌年ハーバード大学のポール・ホロウィッツ教授は本物のETを探するために『META計画』(Megachannel Extra-Terrestrial Assay, メガチャンネル地球外生命体分析の略)を開始した。ETのスピルバーグ監督はこの計画に対して10万ドルを寄付し、これを使って840万チャンネルの周波数を同時に分析することのできるコンピュータを用いて精力的に探査を行った。この計画は現在もまだ継続して行われている。

米国は1992年国際宇宙年を迎え、コロンブスがアメリカ大陸を発見してから500年を祝い壮大な地球外知的生命体探査計画を発表した。これは『SETI計画』(日本語ではセチ計画とよぶ)となづけられ、地球以外の惑星に知的生命を発見するために全天をくまなく探査するというものであった。当初の計画では年間1000万ドルの資金を投入して10年間探査を継続するという巨大プロジェクトであった。このSETI計画はNASAが中心となって1992年10月12日開始された。まず、全天探査は移動探査装置を用いて宇宙全領域を組織的に探査する一方、目標探査は世界最大のアレシボ電波天文台を用いて地球から80光年以内にあるおよそ1000個の恒星に目標をしばり探査するという二つの分野に分かれて行われた。しかし、このSETI計画は開始してからわずか1年後、米国議会が資金の停止を決定したために残念ながら計画は中止してしまった。現在、計画を続行するために他の資金源を探している現状である。

### UFOとETはどこが違う？

UFO (Unidentified Flying Object) は未確認飛行物体と言われ、私はまだ見たことはないが、あなた方の知り合いの中には幸運にも見た人がいるかもしれない！ 一方、ET (Extra-Terrestrial) または ETI (Extra-Terrestrial Intelligence) は地球外知的生命体の意味で、この地球外知的生命体を探査する研究分野をSETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) といっってこちらはれっきとした学問である。

さて、UFOの存在はお話としては楽しいが、良く調べてみるとほとんどの場合は目の錯覚や光のイタズラで、科学的に信じられるような情報は残念ながらほとんどないのが現状である。過去にも、1947年6月24日米国ワシントン州のレイニア山上空で飛行中のパイロットが9機

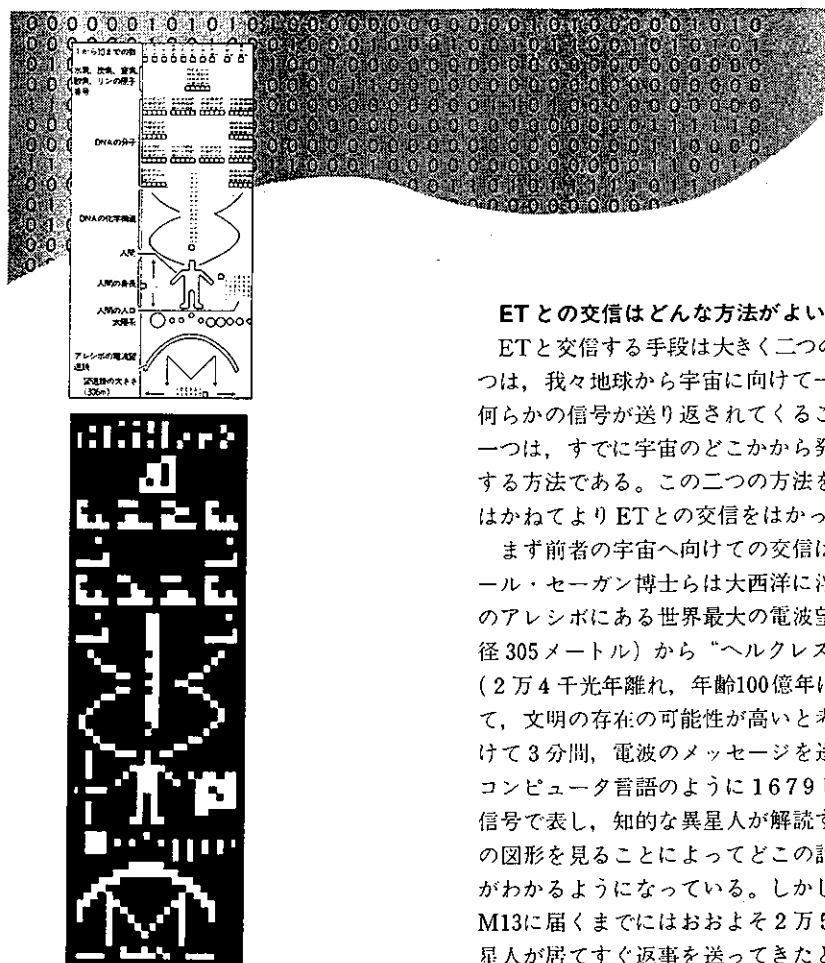
の円盤型の飛行物体を目撃した。これがUFO発見の最初の報告であった。この報告を機に、UFOの目撃例は続々とあらわれた。しかし、こうした現象は調査した結果、その多くは飛行機、鳥、気球、流星、変わった形の雲など地球上のものを見誤った物と確認された。さらに、米国のロッキー山脈にUFOが落ちて宇宙人の死骸が見つかったと写真付きで報道されたが、調べた結果旧ソ連の



1969年ブラジルで撮影されたUFOは、分析の結果、レンズ雲層と判明した

軍用ロケットが山脈に衝突したものとわかった。このようにUFOの存在を証明する証拠は現在までまったく見つかっていないが、かといってその存在を否定することは出来ない！ ただ、UFO肯定論をもっとも不利にさせている論拠のひとつに、もし、かりにUFOが存在していると考えるならばそれに乗って地球に来ている宇宙人は我々地球人よりもものすごく高度に発達した文明もっているにちがいない。なぜならば、彼等はどこかは離れた銀河系の惑星から、光(1秒間に30万キロ)に近い速度をもった宇宙船を利用して、星間を自由に行き来することができるからである。ちなみに、現在我々地球人が考えている星間宇宙船の速度(核反応を利用し、1秒間に数10キロ)では一番近い惑星(4.3光年)に行くのにもほぼ4万年近くかかる計算になる。したがって、そんなに高度な技術を持った宇宙人であれば我々地球人と交信することなど何の造作もないはずである。しかし、UFOと交信をした人はSF映画以外ではまだいない……。

それでは、ETはどうであろうか？ 我々地球が属している天の川銀河系だけでも何十億という膨大な数の恒星が存在している。そして宇宙には、観測できる範囲だけでも一千億以上の銀河があると言われている。こうした恒星の中で惑星を持つものがどのくらい存在しているか



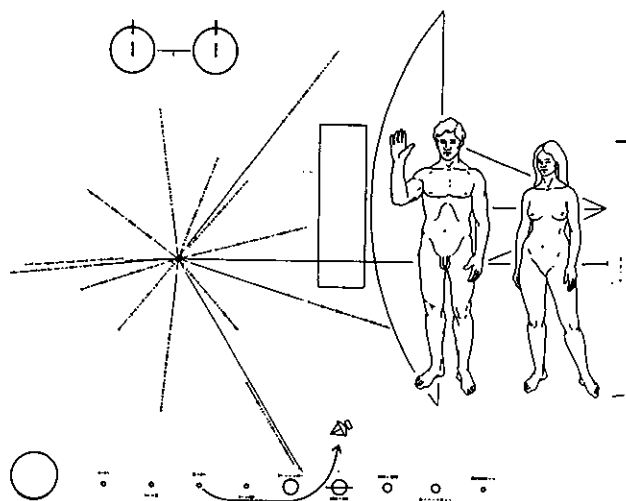
はわからないが、割合とすればごくわずかにすぎないであろう。しかしそれでも、成長過程と性質が我々の太陽と似た恒星はすでに3千万から4千万見つかった。こうした星は太陽と同じ様に生命を育む惑星の核となりえる能力を持っているわけである。最近、NASAのハッブル宇宙望遠鏡はこうした恒星の周りに惑星の存在を少しずつ見つけ始めている。大いに期待が持てる!! もっと多くの惑星が見つかってくれば、こうした惑星の中には地球とよく似た惑星が見つかる可能性は十分ある。むしろ、一つもないと考えることの方が不自然であろう。したがって、ETは理論的には必ず存在するのである! 今、この時間にも宇宙のはるかかなたの惑星に知的生命体がいれば我々地球人と同じ様に宇宙に向けて信号を送り続けているのである……。

### ETとの交信はどんな方法がよいか?

ETと交信する手段は大きく二つの方法に分かれる。一つは、我々地球から宇宙に向けて一方的に信号を送り、何らかの信号が送り返されてくることを待つ方法。いま一つは、すでに宇宙のどこかから発信された信号を受信する方法である。この二つの方法を用いて、我々地球人はかねてよりETとの交信をはかってきている。

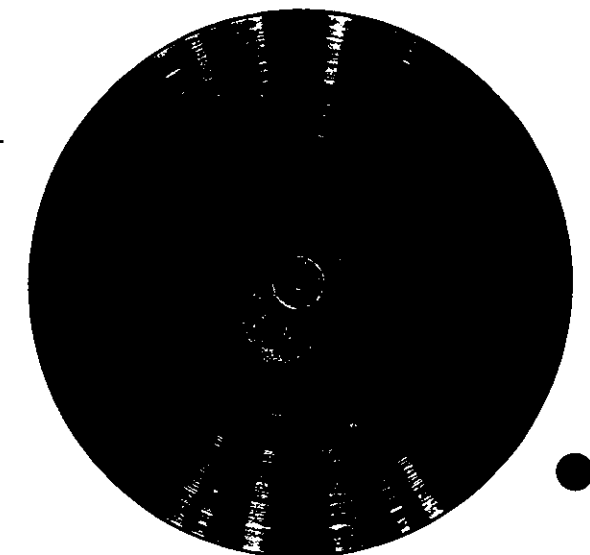
まず前者の宇宙へ向けての交信は、1974年11月16日カール・セーガン博士らは大西洋に浮かぶプエルトリコ島のアレシボにある世界最大の電波望遠鏡（アンテナの直径305メートル）から“ヘルクレス座”の球状星団M13（2万4千光年離れ、年齢100億年ほどの星が密集していて、文明の存在の可能性が高いと考えられている）に向けて3分間、電波のメッセージを送った。メッセージはコンピュータ言語のように1679ビットの情報を0と1の信号で表し、知的な異星人が解読すれば図形となる、その図形を見ることによってどここの誰から送られてきたかがわかるようになっている。しかし、このメッセージがM13に届くまでにはおよそ2万5千年かかり、もし異星人が居てすぐ返事を送ってきたとしても、それが地球に届くのはさらに2万5千年後という気の遠くなるような話である。2回目はカリフォルニア州スタンフォード大の46メートルのアンテナが使われ、1983年8月15日“わし座”のアルタイル（七夕のひこ星、約17光年離れている）に向けて発信された。これは集英社が日本の子供達に夢を与えたいという願いから企画され、メッセージは森本雅樹教授（当時の野辺山宇宙電波観測所所長）と平林久教授（宇宙科学研究所）が作製した。その内容は、基本的な原子の構成や地球の生命についての情報など13枚の絵を2回、30分間送信した。アルタイルからの返答は早ければ2017年に得られるかもしれない……。

1970年代にNASAが打ち上げた探査機パイオニアとボイジャーには、我々地球という惑星に人類という知的生命体が存在することを告げる様々なメッセージが積み込まれた。1972年3月2日パイオニア10号、さらに同年4月5日パイオニア11号は宇宙のまだ見ぬ同胞へのメッ



セージをたずさえて出発した。そのメッセージは縦18センチ横22センチの金メッキアルミ板の表面に、探査機の簡単な模型図とそれを作った我々人間の男女の絵を書いた、つまり探査機の大きさと比較して人間がどのくらいの大きさか判断出来るようにした。また、その左側に放射状の線を書き、規則的に電波を発しているパルサー星14個の地球から見える位置を示した。これによって、我々太陽系が銀河系のどこに位置しているかがわかるようにした。さらに、その下に太陽を中心とした9個の惑星を書き、その第3惑星である地球からこの探査機が出発したことを表した。現在バイオニアは太陽系からはるか離れた宇宙の大海原を知的生命体の居る惑星めぐして航行を続けている。

1977年8月20日ボイジャー1号が、さらに同年9月5日ボイジャー2号がメッセージをたずさえて宇宙へ旅立った。今回は直径30センチの銅製のディスクに地球の風景や様々な音声がはいっている。地球の自然、人間、近代都市の風景など115枚のスライド写真が録画されている。さらに、当時の国際連合のワルトハイム事務総長とカーター米国大統領のメッセージの他、数十か国語による挨拶、バッハ（ブランデンブルグ協奏曲第2番）からチャック・ベリーにいたるまでの音楽などが収録されている。ボイジャー2号は1989年8月に太陽系の最も外側の海王星を通過して宇宙の旅に出発した。しかし、こうした探査機が一番近い恒星に近づくのは4万年後、次が14万7千年後、そしてその次が52万5千年後のことだという。異星人がこのメッセージを読むのはいつのことだろうか……。地球人類ははたしてそれまでもつのだろうか……。



右：ボイジャー1,2号が携える直径30センチの地球。人類の文化や地球の自然、動物、数十か国語のあいさつなどを収録したディスクである。

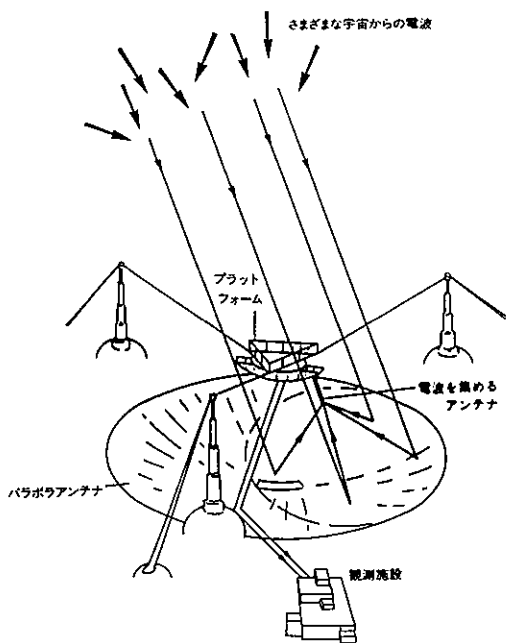
星間チリ粒子による腐食を防ぐために金メッキされており、ディスクを保護するカバーに使用方法が説明されている。

いま一つの交信方法である、宇宙のどこから発信された信号を受信する方法は、マサチューセッツ工科大学のフィリップ・モリソン教授がやっているように、電波は送信するよりも受信する方がずっと簡単だからET探査は受信手段を用いた方が効率がよい。確かにテレビ受信機は各家庭に1台以上持っているが、テレビ送信機を持っている人はテレビ局以外では非常に少ない。それでは、宇宙から送られてくる膨大な信号の中で本当のメッセージを捜し出すにはどうしたらよいか？

フランク・ドレーク博士らはマイクロ波と呼ばれる1秒間当たり1ヘルツから100億ヘルツの周波数をもつ無線周波スペクトルの中の主に水素原子の振動周波数1420メガヘルツの周波数で探査を行った。また、META計画のポール・ホロウィッツ教授は840万のコンピュータ制御されたチャンネル周波数で、ある特殊な種類の信号を拾い出そうとしている。一方、SETI計画で用いられるコンピュータは100億におよぶマイクロ波のチャンネルを全て自動制御し、意図的に発信された信号を正確に拾い上げるように設計されている。このソフトとハードウェアの部分を担当しているNASAエイムズ研究センターの盲目の科学者ケント・カラース博士によると、このコンピュータはエンサイクロペディア百科辞典20巻を1秒間

に読み込むくらいの処理能力を持ち、意味不明な単なる文字の羅列（ノイズ）の中からちゃんとした文章（ETからのメッセージ）を捜し出すことが出来るという。しかし、アレシボ電波望遠鏡（ビーム幅は角度でいって30秒になる）を用いて、全天の全領域を探索するためには10億とおりの方向を調べなければならない。ちなみに、1つの方向を1分間ずつで調べると全天をくまなく調べるのに1903年ほどかかる計算になる。ETからの信号を見つけ出す作業は、干し草の中から1本の針を見つけ出すよりもっと難しい作業なのである。そして、その信号はいつ、どの方向から送られてくるかわからない……。

アレシボ天文台の構造



巨大なパラボラアンテナは電波の反射器。プラットフォーム下部には別のアンテナが取り付けられており、電波はそこに集中する。検出された信号はケーブルを通じて地上にある観測施設に送られる。

### ETからのメッセージを受け取ったらどうするか？

「もしETとコンタクトをとったことを人々が知ると、あっという間にもすごい騒ぎになるでしょうね。人類の歴史上で最大の事件になることは間違いありません。あらゆる新聞雑誌が書きたて、株式市場は急上昇するか急下落し、宗教も教義の変更をせまられるでしょう。劇的な変化が世界中で起こると思います！」META計画を行っているポール・ホロウィッツ教授はETからのメッセ

ージを受け取った時の状況をこのように述べている。メッセージを受け取ったら我々地球人類はどうすべきであるか？

1990年6月、フランス南部の観光地バルセニーに世界15か国から120人余の科学者が集まり、ETに関する国際会議が開かれた。その席上で、もしETからの電波信号が受信された時のことを考えて『地球外知的生命体発見後の活動に関する諸原則に関する宣言』と題する九つの条項を報告した。その要約は次のようである。

われわれ、地球外知的生命体（以下、ETIとする）の探索に従事する団体または個人は、ETIの探索が宇宙空間探索の重要な部分であり、全人類の平和追及と人類共通の関心のために企図されていることを認識し（中略）、ETIの発見についての情報を公表するため、次の諸原則にしたがうことに同意する。

1. ETIからの信号などを発見したと確信する個人または団体は、一般への公表以前に、ETIの存在の可能性が高いことを証明するよう努めるべきである。
2. ETIの証拠は、一般への公表前に、この宣言に関与する個人または団体に発見者が通報しなければならない。（中略）宣言の関係者は、その情報が信頼し得るものかどうかを判明するまで、公表してはならない。発見者は自身の、あるいは関連する国家の当局に通報するものとする。
3. 確実となったETIの証拠は、宣言の関係者に通報後、全世界の天文学関係者や関係機関などに通報するものとする。（宣言には機関名を明示）
4. 確認されたETIの発見は、上記に従った通報後、一般媒体も通して、迅速、率直、広範囲に公表されなければならない。発見者は、最初の一般向け発表を行う権利をもつ。
5. 発見の確認についてのデータは、出版や会議などの手段で、国際的な科学者の共同体で利用できるようにされるべきである。
6. 発見はひき続き監視されるべきで、ETIの証拠に関するデータは、将来の解析、解明に役立つよう、記録・保存されるべきである。
7. 発見の証拠が電波信号の形である場合は、宣言の関係者は該当する周波数帯を保護するよう国際的な合意を求めるものとする。
8. ETIからの信号などに対しては、国際的な合意が行われるまで何の応答も行わないこととする。（下略）
9. 国際宇宙飛行学会のSETI委員会は、国際天文連合第51委員会と協同し、ETIの発見に関する諸過程と発見後のデータについてひき続き検討し、解析の

ための国際的な研究の中心をつとめ、情報の一般公開にあたっての助言を行ったりするものとする。

(下略)

このように、ETからのメッセージであるかどうかを確認することから始まり、その情報の関係機関への連絡や一般への公表の仕方にまでおよんでいる。この内、第8項のETへの返事をどうするかが最後まで問題となった。つまり、異星人は平和的なのか攻撃的なのか解らないうちは安易に回答することは危険であるというものである。なかでも、英国の天文学者マーティン・ライルのようにETとのコンタクトは絶対とすべきではないという強硬派は高度に発達した異星人の文明との接触は地球人類が対応できる範囲を越えているというものであった。しかし、大多数の科学者はETとのコンタクトにむしろ積極的である。先のポール・ホロウィッツ教授は送られてきたメッセージを十分理解してから返事を書くべきであると提案している。また、フィリップ・モリソン教授は異星人が危険であるという考え方は近視眼的である、異星人が地球征服の目的でやってくるにはその行程があまりにも過酷である。さらに、フランク・ドレーク博士は異

星人の高度な科学技術を知る絶好の機会であると提案している。また、エイムズ研究センターの女性天文学者ジル・タータ博士はETとコンタクトをとり“あなた方はどうやってこのような高度な科学を発達させ、文明を維持してきたのですか？”と是非聞きたいといっている。

すでに、我々地球人は好むと好まざるとにかかわらず、宇宙に向けて膨大な数の電波信号を送り出してしまっている。もし、ETがいるのであれば彼等はすでに我々を発見していることであろう……。もし、ETがいないのであれば我々地球人類がこの広大な宇宙で唯一の生命体である、しかし、それはそれで我々は地球という惑星がかけがえのないものであるということのを再認識することになる……。

#### 参考文献

- 1) ETからのメッセージ、NHK放送第1、NHKエンタープライズ21、1992年11月18日放送。
- 2) 宇宙銀河オデッセイ、NHKサイエンススペシャル、4巻、ET・宇宙人との交信、1990年8月30日発行。
- 3) 総論・外部太陽系、図説われらの太陽系1、寺沢寿夫訳、朝倉書店、1985年10月10日出版。
- 4) 科学者達のまじめな宇宙人探し、立風書房、1990年12月1日発行。

#### 関東化学ホームページ開設のご案内

弊社では昨年12月インターネット上にホームページを開設いたしました。2月には新製品情報のコーナーをより詳細にするなど内容を改訂し、皆様からのアクセスをお待ちしております。

アドレス：<http://www.kanto.co.jp>

ケミカルタイムスについては“知識の泉”というコーナーでケミカルタイムス・ライブラリーとして最新号の紹介をはじめ、通巻100号(1981年No.2)以降収載の論文等の表題、著者及び所属を載せてあります。

コーナーごとに内容の概要をご案内いたしますのでご利用ください。

“What's New”：関東化学の最新の動き、新製品情報

“出会いの広場”：求人情報、会社案内

“発見の森”：バーチャル実験室(化学クイズ)

“ふれあいの丘”：学会・企業ホームページへのリンク

#### <編集後記>

今年は、桜の開花が例年より3～6日早くなりそうとのこと、それだけこの冬が暖かかったということです。

本号では、昨年9月、逝去されました本誌の著者、根本曾代子先生を偲んで、日本薬史学会常任理事 薬学博士 山田光男様から追悼文を頂戴いたしました。また、日本薬史学会理事会の貴重な写真を快くお貸し下さり、お陰さまで当時の根本先生のお姿を本誌に掲載することができました。ここに紙面上ではありますが、心から厚く

お礼申し上げます。

新聞などの情報によりますと、1995年夏に発見されたヘール・ボップすい星は、ハレーすい星より巨大で明るく、3月22日ごろ地球に、また4月1日には太陽に最も接近し、そのころからは日没後北西の空に肉眼で見えるようになるということです。今回収載の小池先生の宇宙の話題に触発されてまずはご一報まで。

春爛漫の好時節を野や山などに遊び、冬の間に萎縮気味の心身を思いきり解き放つてみたいものです。(青井)

 関東化学株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本町3丁目2番8号  
電話 (03) 3279-1751 FAX (03) 3279-5560  
編集責任者 青井 克夫 平成9年4月1日発行