

THE

KANTO CHEMICAL CO., INC.



CHEMICAL TIMES

2003 No.1 (通巻187号)

ISSN 0285-2446

新年を迎えて	代表取締役社長 野澤 俊太郎	2
計量法トレーサビリティ制度により供給される環境計測用有機標準液の開発	上野 博子	3
シリコンウェハー加工プロセスの化学品特性と問題点	富岡 弘	8
遺伝子情報を医薬品へ(その9) 海外のバイオクラスター(2)英国	坂田 恒昭	16
ドイツの切手に現れた科学者、技術者達(1)アルベルトス・マグナス	原田 馨	22
編集後記		24



新年を迎えて



代表取締役社長 野澤 俊太郎

新年あけましておめでとうございます。

ケミカルタイムズの読者の皆様並びにご執筆の先生方におかれましては、さぞかし良いお正月を迎えられたこととお喜び申し上げます。

昨年来、政府の景気月例報告において、輸出が拡大に転じたこともあり、5月に「底入れ宣言」を表明するほどになり、その後「持ちなおし」の動きから、一転して9月には「環境は厳しさを増している」と景気判断を下方修正されるなど、景気の先行きに予断を許さないところとなりました。日銀による銀行保有株の買い取り、政府によるペイオフ2年延期、金融再生プログラム策定での不良債権処理、税制改正等を含めた景気対策にも拘わらず、依然として、「物価は下がる」という傾向で、一向に景気回復の兆しが見られないまま推移しているのが、日本経済の状況であります。また、師走の東京は11年ぶりの初雪に見舞われ、一面に銀世界が広がり、自然環境の厳しさがこの景気回復にブレーキをかけるのではないかと懸念しております。

そのような中での明るい出来事として、6月に日韓共同開催の「ワールドカップ2002」が行われ、サッカー旋風が沸き起こり、全国民が興奮と感動を味わいました。さらに、日本人研究者がノーベル賞を物理と化学の両部門で受賞し、化学では3年連続受賞という快挙に、国民全体がその喜びを大いに祝福すると同時に、次世代を担う若い研究者の方々に、夢と希望をもたらしたものと考えます。そして、弊社は研究用試薬メーカーとして、それらの受賞の見えないところで研究者の役にたってきたものと自負しているところであります。

昨今の化学業界を取り巻く環境は、規制緩和に伴う自主管理を取り入れる等の企業における責任が増大しており、これらの社会的責任を全うするための社内体制の確立が強く求められております。

弊社では、環境・安全の管理について、試薬業界初で全工場がISO14001の認証を1998年に取得し、さらに弊社独自の総合安全管理体制を構築し、「設計開発から廃棄に至るすべての段階における化学物質の安全管理」を徹底しています。また、PRTR法によるMSDSの提供や排出データの初年度届出にも取り組み、皆様方が製品を安全にご使用いただくとともに、環境負荷を低減する地球環境保全や化学物質の悪用防止のための施策を積極的に推進しております。品質の管理につきましても、他社にさきがけ、試薬メーカーとして最初に品質保証システムISO9001の認証を1994年に取得し、さらに、新しく改訂されました2000年版品質マネジメントシステムの移行も2002年9月に全工場が完了いたしました。また、分析データの信頼性確保のために、ISO/IEC17025試験所認定制度の認定を2000年に取得しております。さらに、昨年3月に完成し順調に稼動しております環境・食品関連試薬の「溶剤専用工場」に加えて、診断用用途を中心に食品・環境分野も含めた微生物検査試薬の「生培地工場」が本年3月に完成いたします。

弊社の理念であります「社会に対して積極的に貢献すること」を念頭に、これらのシステムと新工場設備を駆使し、新製品の開発ならびに技術開発の強化に努め、平成15年度経営方針を達成すべく、全社員が一丸となって取り組んでいく所存です。

また、ご愛読いただいております「THE CHEMICAL TIMES」は、本号(187号)より表紙デザインならびにサイズを変更し、装いを新たにいたしました。今後とも、尚一層のご愛顧、ご鞭撻をお願い申し上げます。

皆様方におかれましては、この1年が光輝に満ちた幸多い年でありますよう祈念し、新年のご挨拶といたします。

計量法トレーサビリティ制度により供給される環境計測用有機標準液の開発

Development of organic standard solutions supplied by Japan Calibration service System

財団法人 化学物質評価研究機構 東京事業所 化学標準部 上野 博子
HIROKO UENO

Chemicals Evaluation and Research Institute, Japan

1. はじめに

最近の環境問題等への関心の高まりの中で、測定対象物質の種類が増大、対象濃度の低濃度化や正確さへの要求から、機器分析は日常の化学分析に欠かせないものとなっている。また、機器分析において得られる値は電流値や電圧値であり、測定対象物の濃度との関係が明らかでなければならない。その測定対象物の濃度と電流値等との関係は、分析ごと、対象物質ごとに校正という形で求めることになる。その校正に用いられる標準物質は、測定結果の信頼性確保に欠かせない重要なものとなっている。

1997年当時、我が国において計量法に基づき供給される標準物質は、42種類であり、トレーサビリティ体系の確立された標準物質の供給という観点からすると、欧米諸国と比較して不十分な状況であった。また、その42種類の標準物質は、無機系の標準物質であり、特に有機系標準物質については民間企業が製造している標準は供給されているものの、国家標準にトレーサブルな標準は供給されておらず、測定データの信頼性、データの相互比較・受入れに支障をきたしており、産業界から基準となる標準物質の供給が強く望まれていた。

そこで、通商産業省(現 経済産業省)は、産業技術審議会・日本工業標準調査会合同会議知的基盤整備特別委員会を設け、計量標準、標準物質、生物資源情報、化学物質安全、材料関連知的基盤及び生活・福祉関連知的基盤の分野について、その推進方策を検討し、平成10年6月に「我が国の知的基盤の充実に向けて」と題した報告書を取りまとめた。その中で標準物質について

は、平成13年度末(2001年度末)までに1997年当時の42物質を120物質までに整備拡充するとした(表1¹⁾)。その結果、平成13年度末において標準ガス19種類、無機標準液10種類、有機標準液23種類、内分泌攪乱化学物質(環境ホルモン)関連標準液10種類の開発が完了し、供給のための準備が進められている。ここでは、平成13年度までに開発された有機標準液23物質について紹介する。

表1 環境関連標準物質の整備計画

対象物質	現在	I期	II期
標準ガス	11種	12種	19種
無機標準液(金属)	18種	8種	7種
無機標準液(非金属)	7種	3種	-
有機標準液	-	17種	12種
pH標準液	6種	-	-
計	42種	40種	38種
合計	42種	82種	120種

現在：1997年 I期：1998年～1999年 II期：2000年～2001年

2. 開発の概要

当機構は、指定校正機関として、これまでもpH標準液や、無機(金属・イオン)標準液の特定標準液を調製し、特定二次標準液への濃度の値付けを行ってきた。今回、新しく有機標準液の供給を始めるにあたり、信頼のおける濃度の標準液を供給するために検討が必要な項目をいくつか挙げた。

- ①純度の決定された高純度基準物質
- ②高精度の調製技術
- ③繰り返し性のよい標準液への値付け方法
- ④優れた保存安定性

以上の4項目を中心に検討を進めてきたが、①の高純度

基準物質の開発と純度の決定については、独立行政法人産業技術総合研究所が、また、その基準物質の保存安定性については、独立行政法人製品評価技術機構が行った。当機構では標準液の調製方法、濃度の値付け方法、また、標準液の保存安定性について検討を行った。

今回開発した23物質は、トリクロロエチレン、ベンゼン等の国の環境基準・排出基準が設けられている有害な揮発性有機化学物質であり、それぞれ100~1000ppmの濃度範囲のメタノールとヘキサン溶液である。

3. 開発の内容

3.1 基準物質²⁾

基準物質の開発は、原料選定、精製、アンプル充填、純度測定及び微量不純物の定量という過程で行われた。精製前に市販品の試薬数種をガスクロマトグラフ法により測定し、主成分含量が多く、不純物の少ないものを原料の候補として選定した。それを精密蒸留法で精製することで、安定化剤、極低沸点分や高沸点分を除去し、ほとんどの物質で99.9%以上の高純度化がなされた。また、蒸留前に物質により必要に応じて脱水処理を行うことで10ppm以下の水分値となった。精製により得られた高純度物質は、高純度アルゴン雰囲気下でアンプル封入された。大量スケールでの精製とアンプル充填は、関東化学株式会社草加工場で行われた。純度決定は、示差走査熱量計(DSC)を用いた凝固点降下法で行った。凝固点降下法はSI単位系に直接つながる一次標準測定法である。アンプル封入された高純度基準物質は、安定性を考慮し、物質により-140℃、-20℃での保存とした。この高純度基準物質の一部は、当機構において上記の温度で保存・管理され、特定標準液の調製に用いられる。

3.2 溶媒

標準液の調製に用いる溶媒は、不純物等の存在によって調製濃度に影響を与えないことが重要である。標準液の値付けと同条件で溶媒のみを測定した場合、目的成分の定量に影響を与えるクロマトグラムが得られることがある。測定方法の設定において、それらの成分が妨害しないような分析条件を検討する必要があるが、全てを除くことは困難なため、調製濃度に影響を与えない濃

度の不純物であることを確認したものを用いる必要があった。そこで、溶媒は数種のグレードのものを用いてガスクロマトグラフで測定し、クロマトグラム上で測定対象物やそのピーク近傍の不純物が少ないものを選択した。現在は、関東化学株式会社製の水質試験用のメタノールとヘキサンを用いているが、今後もロットごとに不純物等の確認をする必要がある。

3.3 調製方法

これまで、金属・非金属の無機標準液の調製は、全量フラスコ等の容器を用いて質量比法で行ってきた。しかし、揮発性の高い有機標準液の調製においては、調製容器の密閉性が重要になってくる。全量フラスコのようなスリつきの蓋の容器においては、溶媒等の揮発による質量変化が心配された。そこで、全量フラスコ、ねじ口のバイアルびん、揮発性有機溶媒用二重栓びんにメタノールとヘキサンをそれぞれ入れ、蓋をしたときの質量変化を調べたが、いずれもほとんど変化しなかった。しかし、蓋の開閉後の質量変化をみると、10秒開けることによりメタノール、ヘキサンともに約0.002g減少した。これは原料を加える際、容器の蓋の開閉により溶媒の質量変化を起し、正確な質量の測定ができず調製濃度に影響がでることを示している。溶媒の蒸気圧を抑えるため、溶媒や容器を冷却する方法も検討したが、操作が容易ではなく、低温で質量測定をするための環境を整える必要があり、それは困難であった。室温での調製操作を可能にするためには、全量フラスコのように口の広い容器は適当でないと考え、口の狭い容器が必要となった。そこで高気密保存びんで同様の確認を行ったところ、大きな質量変化は起こらなかった。シリンジの針サイズほどの穴が開いているだけであり、気体の大量の通過が阻まれていると考えられた。しかし、蓋の開閉が困難であり容量も小さく標準液の調製には適当でないため、同様にシリンジの針程度の穴で開閉が容易である図1に示す125mLポリテトラフルオロエチレン(商品名:テフロン)製ピストンシール型スクリューキャップ付密閉型ガラス容器を用いて確認を行った。この容器にヘキサンを入れ質量変化の測定を行ったところ、図2に示すようにびんにより質量変化の大きいものがあった。容器とキャップは対で販売されているわけではないので、無作為に選んだキャップとびんの口の密閉性はそれぞれ異なるようである。

キャップを交換して同様に質量変化を確認すると、変化せず密閉性が保たれていることが確認された。そこで、使用前に全ての容器にヘキサンを入れて質量変化のないことを確認し、キャップとびんに番号を付け、毎回同じ組み合わせで使用することとした。

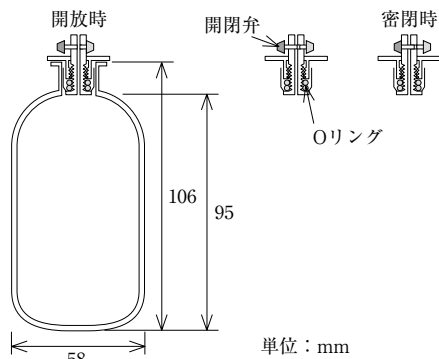


図1 調製容器

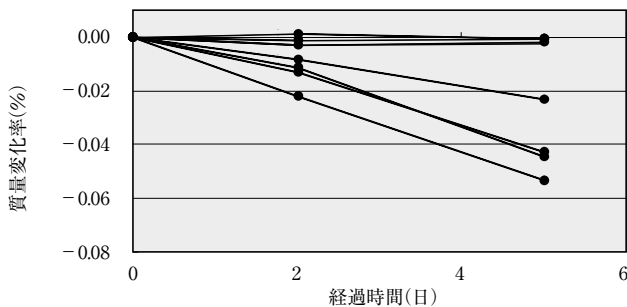


図2 容器と蓋の組み合わせによる密閉度の比較（内溶液：ヘキサン）

調製は、質量比法により図3に示す手順で行うこととした。質量を測定した調製容器にメタノール（又はヘキサン）を入れてひょう量し、原料物質を加えて10000mg/Lの原液とした。密度の測定は、濃度単位をg/gからmg/Lに換算するために行うこととする。さらに、この原液をメタノール（又はヘキサン）で希釈し1000mg/Lの中間原料とした。原液をメタノール（又はヘキサン）で希釈して1000mg/L標準液を、中間原料を希釈して100mg/L標準液を調製することとした。

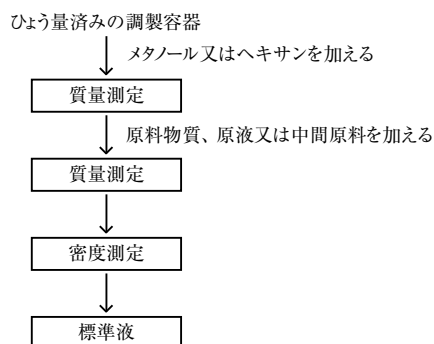


図3 有機標準液の調製方法

この方法で標準液の調製が正しくなされているか、次のように濃度確認を行った。1000mg/L、100mg/Lの標準液を上記の方法で各5組調製し、そのうちの1組を試料として他の4組の標準液で濃度の値付けを行ったところ、問題なく調製が行われていることがわかった。1000mg/Lのシス-1,3-ジクロロプロペン（メタノール溶液）における濃度確認の結果を図4に示した。

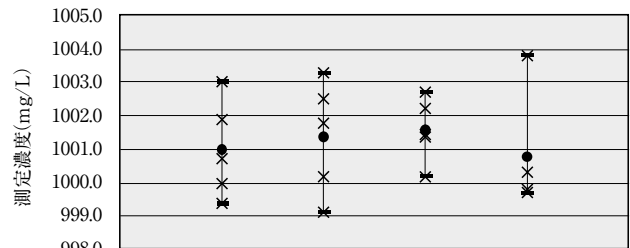


図4 4組の標準液による濃度の値付け結果

3.4 測定方法

濃度の測定は物質によりガスクロマトグラフと高速液体クロマトグラフを用いて行うこととした。精度の良い値付けのため、測定によるピーク面積の繰り返し性の良い測定条件を検討する必要がある。

ガスクロマトグラフにおいて、繰り返し性に大きく影響する要因の一つに注入方法が挙げられる。一般的なスプリット・スプリットレス注入法では、繰り返し測定によるピーク面積の相対標準偏差が数%と大きい値を示した。そこで、注入した試料全てがカラムへ導入されるオンカラム注入法について検討した。オンカラム注入法は、他の注入法に比べて精度の高い方法であるが、いくつか制限されるパラメータがある。試料注入量がスプリット注入法等に比べて少なく、また、径の小さいカラムではカラムの過負荷が起こりやすい。しかし、繰り返し性を良くするために感度を上げ、ピーク面積を大きくするために注入量が多いほうが良いので、カラムは径の大きいメガボアカラムで膜厚の大きいものを用いた。また、ピークバンド幅の広がりやピークの歪みを抑えるため、メタノール溶液で5m、ヘキサン溶液で1mの不活性化処理したリテンションギャップを使用した。さらに、オートインジェクタにより高速注入し試料の損失を少なくした。また、オンカラム注入法では、溶媒のピークを目的成分のピークより先に溶出させる必要があるため、カラムは溶媒ごとにヘキサン溶液には強極性の液相（polyethylene glycol）を、メタノール溶液には微極性の液相（6%-

Cyanopropylphenyl, 94%-Dimethylsiloxane)を選
 択した。同じ全量注入法であるダイレクト注入法とオンカ
 ラム注入法で20回繰り返し値付けを行い比較したとこ
 ろ、オンカラム注入法は、ダイレクト注入法より繰り返し性
 の良い結果を示した。各注入法による繰り返し測定によ
 る値付けの不確かさの一例を表2に示す。カラム槽の温
 度条件は、標準液が単成分であるため、基本的に溶媒
 と目的成分の分離が可能であれば全物質共通でも問題
 ないが、溶媒中の微量不純物との分離や分析時間の短
 縮を考慮して物質ごとに設定した。また、検出器は水素
 炎イオン化検出器(FID)とした。

表2 ダイレクト注入法とオンカラム注入法の比較
 3回測定時の値付けの不確かさ(%)

標準液の種類		注入法	
		オンカラム	ダイレクト
四塩化炭素	ヘキサン	0.04	0.59
1,2-ジクロロエタン	ヘキサン	0.09	1.00
ジクロロメタン	メタノール	0.06	1.07
クロロホルム	メタノール	0.08	1.27
1,2-ジクロロエタン	メタノール	0.06	1.03

ベンゼン、キシレン等は、高速液体クロマトグラフで値
 付けを行うこととした。主な測定条件を表3にまとめた。
 溶離液の組成は、溶媒中の微量不純物との分離や分析
 時間の短縮等を考慮し物質ごとに異なっている。また、
 感度とピーク面積の関係から、注入量は1000mg/Lで
 10 μ L、100mg/Lで25 μ Lとした。

以上の条件で標準液の濃度付近における検量線を作
 成したところ(100mg/Lで80~120mg/L、1000mg/Lで
 800~1200mg/L)良い直線関係が得られたこと、また、
 値付けされる標準液が検量線用標準液の濃度値に近い
 ものであることから、1点検量線で正確な値付けが可能
 であると考えた。さらに、確認のため挟み込みの2点検
 量線で測定した結果と1点検量線で測定した結果を比
 較したところ両者はよく一致したため、1点検量線法を用
 いることにした。

表3 高速液体クロマトグラフによる測定条件

装置	高速液体クロマトグラフ
検出器	UV検出器
カラム	ODSカラム 4.6 \times 250mm
カラム槽温度	40 $^{\circ}$ C
試料導入装置	オートインジェクタ
試料注入量	25 μ L (100mg/L)、10 μ L (1000mg/L)
溶離液の組成	アセトニトリル/水=60/40 又は 70/30
溶離液の流量	1.0mL/min

3.5 保存安定性

以上の調製方法と測定方法を踏まえて、標準液の保
 存安定性試験を行った。物質ごとにメタノール溶液、ヘ
 キサン溶液でそれぞれ100mg/L、1000mg/Lの濃度の
 標準液(試料)を300mL調製し、ほうけい酸ガラス製ア
 ンプルに8mL充填してバーナーで熔封したのち5 $^{\circ}$ Cの冷
 蔵庫で保存した。測定は、調製直後と2、4、6か月後
 に行い、6か月間の保存安定性を試験した。念のため、
 測定試料は保存前に質量を測定し、使用直前にも質量
 を測定して試料の漏れがないことを確認した。また、測
 定はその都度新しく調製した基準液を用いて値付けを行
 った。その結果の一例を図5に示す。これにより6か月間
 の保存安定性が確認された。

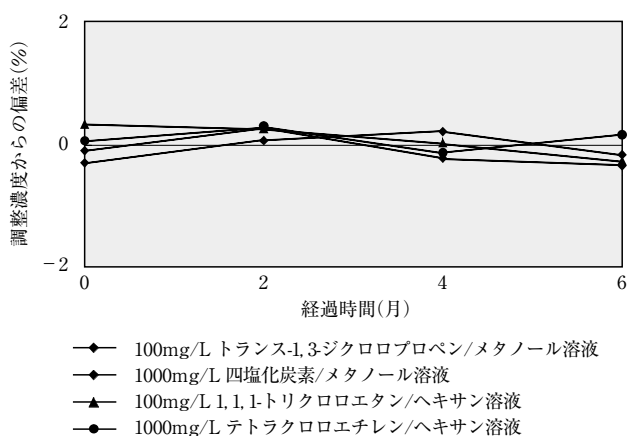


図5 標準液の6か月の保存安定性

4. 不確かさ

ISO/IEC 17025等の試験所認定制度において、技
 能試験や測定の不確かさが重要な要素となっている。
 そのため、測定に用いられる標準物質にも不確かさの
 表示が不可欠となり、標準液の不確かさをどのように評
 価するか検討が続けられている。現在、特定標準液に
 よる特定二次標準液への値付けによる不確かさの要因
 としては、原料物質の純度の不確かさ、溶媒中の不純
 物の不確かさ、特定標準液調製の不確かさ、特定二次
 標準液を小分けした際の試料(アンプル)間の不確かさ、
 特定二次標準液への値付け(測定)の不確かさ、特定
 標準液の保存安定性の不確かさを挙げている。一般的
 に標準液の濃度は初期濃度が決定された場合、その
 初期濃度を用いるため、ある一定期間経過後の濃度を
 補正して用いることはない。そのため、ここで意味する

保存安定性の不確かさとは仮に濃度変化があった場合でも、その濃度変化分を補正せずに初期に何らかの形で決めた値をその標準液の濃度として用いる場合の濃度値の不確かさを示す。

以上の各要因をもとに、不確かさの伝播則に従って特定二次標準液の値付け直後の不確かさを算出した。各成分の不確かさ、合成標準不確かさ及び拡張不確かさの一例を表4に示した。拡張不確かさは、合成標準不確かさに包含係数 $k=2$ を乗じ小数点第二位を切り上げた。なお、この不確かさは、独立行政法人産業技術総合研究所で開発した計算方法により求められた。

表4 標準液の不確かさの一例

物質名	溶媒	呼称濃度	原料純度と溶媒中の不純物		保存安定性 6か月	基準標準液の調製	試料のばらつき	濃度測定 3回測定	合成標準不確かさ	拡張不確かさ ($k=2$)
			純度	溶媒						
プロモジクロロメタン	メタノール	1000	0.02	0.03	0.00	0.06	0.07	0.08	0.13	0.3
		100	0.02	0.29	0.00	0.00	0.00	0.15	0.33	0.7
		1000	0.02	0.03	0.03	0.04	0.00	0.11	0.13	0.3
トリプロロメタン	ヘキサメタン	1000	0.02	0.29	0.07	0.03	0.07	0.10	0.32	0.7
		1000	0.02	0.03	0.00	0.07	0.03	0.11	0.13	0.3
		100	0.02	0.29	0.00	0.06	0.00	0.11	0.31	0.7
トランス1,2-ジクロロエチレン	ヘキサメタン	1000	0.02	0.03	0.02	0.00	0.10	0.08	0.13	0.3
		100	0.02	0.29	0.04	0.00	0.17	0.10	0.36	0.8
		1000	0.02	0.03	0.00	0.07	0.09	0.12	0.17	0.4
ジプロモクロロメタン	ヘキサメタン	1000	0.02	0.29	0.00	0.00	0.06	0.10	0.31	0.7
		1000	0.01	0.03	0.03	0.00	0.06	0.05	0.09	0.2
		100	0.01	0.29	0.04	0.00	0.00	0.12	0.31	0.7
1,4-ジクロロベンゼン	ヘキサメタン	1000	0.02	0.03	0.00	0.08	0.08	0.07	0.14	0.3
		100	0.02	0.29	0.00	0.08	0.00	0.14	0.33	0.7
		1000	0.02	0.03	0.00	0.00	0.07	0.13	0.15	0.4
1,2-ジクロロプロパン	ヘキサメタン	1000	0.02	0.29	0.09	0.08	0.00	0.12	0.33	0.7
		1000	0.06	0.03	0.03	0.04	0.02	0.07	0.11	0.3
		100	0.06	0.29	0.03	0.02	0.04	0.10	0.32	0.7

5. まとめ

平成10年度から平成13年度にかけて23物質の有機標準液の開発を行ってきた。これにより、SI単位系にトレーサブルな手法で純度が精確に決定された高純度基準物質を用いた標準液の調製、繰り返し性のよい標準液への値付け技術が確立され、信頼性のある標準液を供給することが可能となった。現時点(2002年10月)では、これら23物質は計量法トレーサビリティ制度(Japan Calibration Service System:JCSS)による特定標準物

質として指定されている(表5)。ただし、現在のところ、認定申請が出されておらず、JCSSとしての供給には至っていない。今後、供給に向けた積極的な取り組みが必要と思われる。また、これらの標準液は、混合標準液としての供給の要望が強く、現在、23物質の混合標準液について、保存安定性等を含めた標準液の不確かさ算出のための検討を始めたところである。

表5 指定された標準液の種類と校正の不確かさ

種類	校正(値付け)の範囲	拡張不確かさ ($k=2$) (%)
ジクロロメタン標準液	メタノール及びヘキサメタン希釈で濃度が100mg/L以上1000mg/L以下	±0.9~1.2
クロホルム標準液		±0.5~1.6
1,2-ジクロロエタン標準液		±0.4~0.8
四塩化炭素標準液		±0.7~1.7
トリクロロエチレン標準液		±0.6~1.4
テトラクロロエチレン標準液		±0.6~2.3
トルエン標準液		±0.5~0.8
ベンゼン標準液		±0.6~0.9
o-キシレン標準液		±1.3~1.5
m-キシレン標準液		±0.7~1.0
p-キシレン標準液		±0.7~1.0
1,1-ジクロロエチレン標準液		±0.8~1.3
cis-1,3-ジクロロプロペン標準液		±0.9~1.4
cis-1,2-ジクロロエチレン標準液		±1.0~1.2
1,1,1-トリクロロエタン標準液		±0.7~1.6
1,1,2-トリクロロエタン標準液		±0.7~0.9
trans-1,3-ジクロロプロペン標準液		±2.0~2.1
トリプロメタン標準液		±0.3~0.7
プロモジクロロメタン標準液		±0.3~0.7
ジプロモクロロメタン標準液		±0.2~0.7
trans-1,2-ジクロロエチレン標準液		±0.3~0.8
1,2-ジクロロプロパン標準液		±0.3~0.7
1,4-ジクロロベンゼン標準液		±0.3~0.7

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構と独立行政法人産業技術総合研究所からの委託を受けて実施したものである。

参考文献

- 1) 産業技術審議会・日本工業標準調査会合同会議知的基盤整備特別委員会, 報告書 我が国の知的基盤の充実に向けて (平成10年6月)
- 2) 井原俊英, THE CHEMICAL TIMES, No.181,3(2001)

シリコンウェハー加工プロセスの化学品特性と問題点

Chemical Characteristics and Problems of Silicon Wafer Manufacturing Process

有限会社 トライボ

富岡 弘

HIROSHI TOMIOKA

TRIBO Private Limited Co.,

はじめに

広く日本の半導体産業は、今なお世界に冠たる地位を築いている。材料分野では、シリコンウェハー、化合物ウェハー、水晶ウェハー、封止剤、リードフレーム、配線機、液晶ガラス、研削・研磨材などはその製品例となるが、今なお高い市場シェアを有している。

半導体製造装置分野では、膜付装置、デファクトスタンダード化されている測定検査装置などでは欧米勢にその地歩を譲らねばならないが、その他装置では相当に支配的な地位を築いている。しかし、シリコン半導体デバイス製造分野では伸長が見られるものもあるが、DRAMのように、景気の低迷による需要の減少と高コストによる価格対応力の不足で事業体質が弱められ、結果として設備投資の遅れが規模の縮小を招き、市場の支配力を失いつつあるものもある。現在、色々な事業の再構築が行われながら今日に至っている。経営合理化の最適化を行い産業としての地歩を冠たるものに回復せしめて欲しいものである。

ウェハー加工は、酸化物系(水晶、サファイヤ)、セラミック系(窒化アルミ、アルテック、アルミナ、チタン酸バリウム)、化合物系(ガリウム砒素、ガリウムリン)、金属系(シリコン、アルミ、銅)など多岐にわたる分野で実施され、いずれも規模を拡大しつつある。シリコンウェハー加工は数量的にも圧倒的に大量で口径も飛び抜けて大きく、また平坦度や表面清浄に対する品質要求も一段と厳しいものがあり、ウェハー加工を代表するものになっている。このような理由から、シリコンウェハー加工プロセスを本稿に取り上げた次第である。

一般にシリコンウェハー加工は、次のプロセスからなっている。

- (1) シリコン単結晶インゴットを切断してラップドウェハー(Lapped Wafer : LW) 経由でポリッシュドウェハー(Polished Wafer : PW)を造るPW製造プロセス
 - (2) LWを基板にリン、ボロンを拡散せしめて拡散ウェハー(Diffused Wafer : DW)を造るDW製造プロセス
 - (3) PWを基板にシリコン等を積層せしめてエピタキシャルウェハー(Epitaxial wafer : EPW)を造るEPW製造プロセス
 - (4) PWを基板に酸素、もしくは水素を打込み熱処理をして絶縁層を形成、或は2枚を熱処理により貼り合わせ絶縁膜を形成するSOI(Silicon on Insulator : SOI)ウェハーを造るSOI製造プロセス
- (2) (3) (4)はPW製造プロセスを中心に据えると支流、下流に配されるプロセスとなる。

本稿は、他のウェハー加工に共通するところも多いので、PW製造プロセスを取上げて解説をさせて戴くことにする。

PW製造プロセスは設備・装置の種類や大きさの相違、配置・配列の組合せ、使用消耗材、治工具の種類などによって様々なプロセス構成が可能であり、会社や事業所が異なると要所は同じでも皆異なるプロセスと言っても過言ではない程に複雑多岐となっている。

ppbオーダーの不純物コントロール、サブミクロンもしくはナノメートルオーダーの平坦度や表面粗さのコントロールが製品に要求されるため、ウェハー加工事業所は、それぞれに知恵と工夫を加えておりその結果として独自独特の加工プロセスが出来上がったものと考えている。

本稿では、図-1に示したプロセスブロック図を典型例

にプロセスの流れに従って解説を行う。また、ここで取上げる化学品は、ウエハーに直接接触をする部材、薬剤等に限らせていただいた。品質に与える影響が相対的に大きいためであるご了解を戴きたい。この最後に、シリコンウエハーは色々なシリコン半導体デバイス製造の母材となっており、それがどの様に造られるかを知っていただくと共にデバイス製品の動向も併せて知っていただくのが良いのではないかと考え、これら製品の市場動向等をプロローグとしてご紹介することにした。データベースは経済産業省の鉱工業指数により、数値を加工してご理解を増すようにした。

1. シリコン単結晶の種類

シリコン単結晶は、FZ (Floating Zone) 法とCZ (Czochralski) 法によって製造され、CZ法品が全生産量の95%を、残りがFZ法品というところである。

FZ法は、棒状の多結晶シリコンをアルゴン雰囲気中で高周波コイルによる加熱溶解し、種結晶に接触せしめて棒状のまま引き下げて製造する。高抵抗率ウエハー基板に向けた結晶で、中性子照射によって抵抗率を軸方向、面内方向に一樣にすることができる特徴がある。製法はコンパクトであるが、大口径の棒状多結晶を入手しにくいこと、中性子照射ができる場所が限られるなどの制約もある。

一方CZ法は、塊状の多結晶を石英ルツボに入れアルゴン雰囲気中で抵抗加熱によって溶解し、種結晶に接触せしめて徐々に引き上げて製造する。抵抗率は、ドーパント濃度でコントロールするが、軸方向、面内方向の抵抗率を一樣にすることがFZ法に比べて難しくまた、ルツボや炉材からの不純物の混入もあるので、このコントロールは難しいという問題点がある。

塊状の多結晶があれば引上げ機の大きさ次第で大口径(直径400mm)の単結晶も造ることができ、機械的強度のある単結晶ができるというメリットがあり、大口径ウエハーはすべてCZ法によっている。

ドーパントの種類は、砒素、りん、アンチモン、ボロン、ゲルマニウムなどからなる。ボロンはP型の基板に、他はN型品に使用されている。単結晶の年間生産量は、年間4500トン前後である。単結晶のドーパント別の生産比率はおよそ75%がボロン品、りん品が12%、アンチモン品が8%、砒素品が5%といったところである。

2. シリコンウエハーの種類と応用デバイスの関係

シリコンウエハーは応用デバイスの付加価値(販売価格)に合せた品質グレードで、更にはデバイス加工のし易さに合わせて使用され通常以下のようにになっている。

シリコンウエハーの種類

- (1) スライスドウエハー (SW)
- (2) ラップドウエハー (LW)
- (3) エッチドウエハー (EW)
- (4) 拡散ウエハー (DW)

*応用デバイスの種類

- ・ FZ結晶品が主流でCZ品は少なくダイオード、トランジスター、サイリスターなどのディスクリート素子
 - ・ 高耐圧品はDWを基板にする
- (5) ポリシドウエハー (PW)
 - ・ DRAM、SRAMなどのメモリー素子、バイポーラ素子、MPU、CPU素子などのロジック素子
 - (6) エピタキシャルウエハー (EPW)
 - ・ メモリー素子、CCD、高周波高耐圧のディスクリート品
 - (7) SOIウエハー (SOI)
 - ・ 高速のMPUなどのロジック素子、高耐圧のディスクリート素子

PWには、アルゴン、水素、窒素、酸窒素などの雰囲気ガス中で熱処理を施して表層の結晶欠陥をなくしたウエハーやCVD膜を施してゲッターリング効果を上げたウエハーがある。生産性、歩留りの向上に寄与するところが大きいのでこうした附加価値を持つウエハーが好まれる傾向にあるが、コストの回収が難しく悩ましいものがあると聞いている。

3. シリコン半導体デバイスの市場動向

我が国の半導体生産は、世界シェアの50%に至るまでの規模となり隆盛をきわめたのは10年前の1992年頃までのことである。

この頃にはじまったバブルの崩壊による景気の低迷により、わが国の半導体生産も落込みを余儀なくされ、再び米国勢にシェアを奪われることになった。これは、情報伝達の共有化、迅速化などを通じて、生産性の向上やコスト削減を果すために、いわゆる経営の合理化策として米国企業ではパソコンが盛んに用いられるようにな

り、この結果を生んだものと考えている。

その後パソコンの普及は世界的な広がりを見せ、1995年には我国のDRAMを中核とする半導体生産も対前年度比42%増の空前の成長を見せたが、長続きはせずに線香花火の最後の状態にも似た輝きの結果となった。パソコン需要の一巡によりDRAMは需給のバランスを失い価格破壊を生じ、1996年には日本の半導体産業も1985年以来のマイナス成長となった。

日本のDRAM中心の半導体生産に対し、米国ではCPU、MPUといったロジックデバイスが中心で価格破

壊が起きにくい事業体質にし、過当競争に加わらないようにしたことが、日米の差を生んだように思う。

1998年頃には、DRAMの製造技術にも米国発のシュリンク技術、銅配線技術などが実際に応用されるなどデバイスの性能と価格に於いても日本勢は大きな遅れをとられるようになった。1999年には携帯電話などの爆発的な需要増もあって生産は一時的に活況を呈したが、長続きせずであった。デバイス需要もDRAMとは異なるフラッシュメモリー、DSP (Digital Signal Processor) といったものの需要が旺盛になり、日本もロジック系デバイス

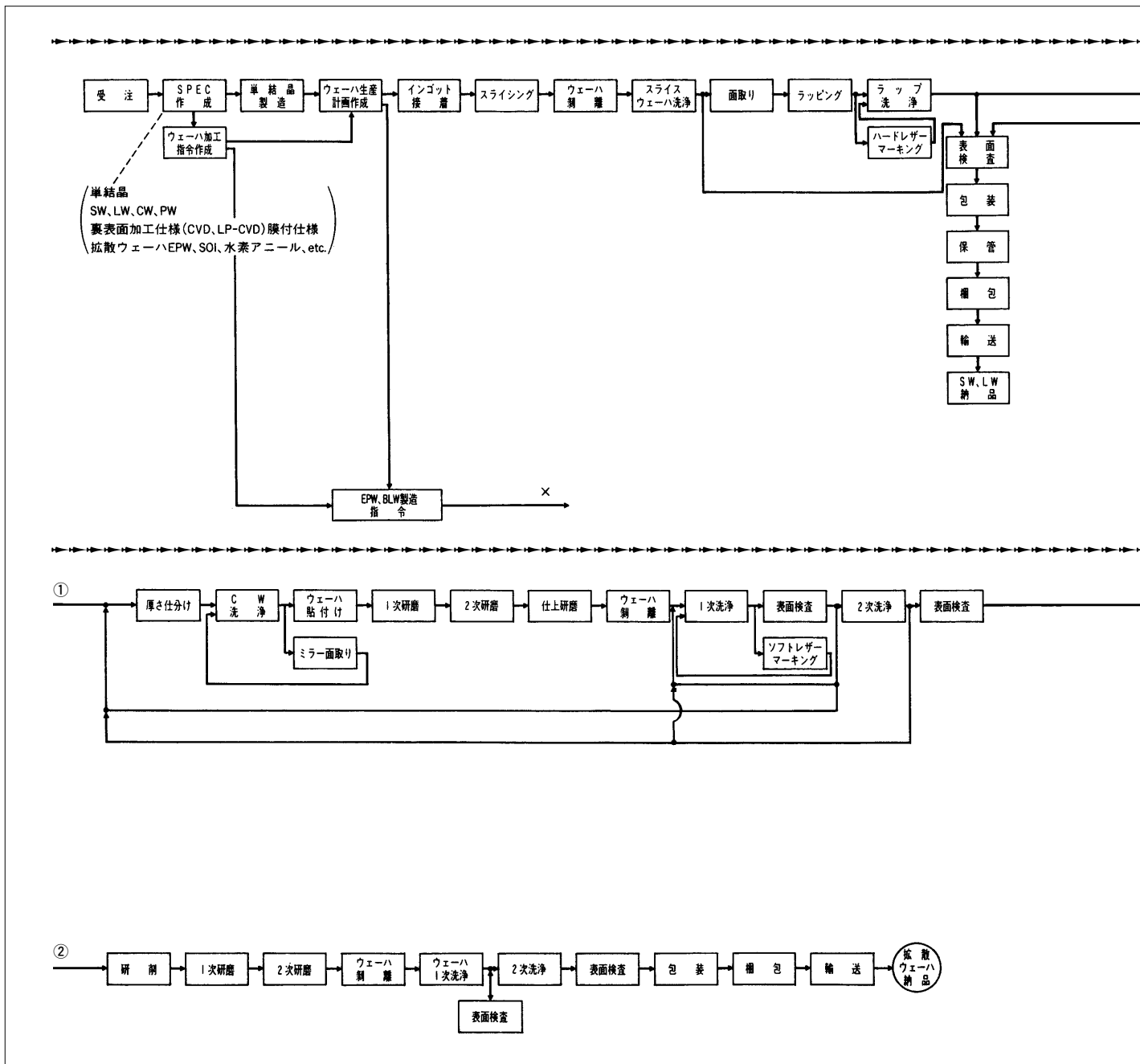


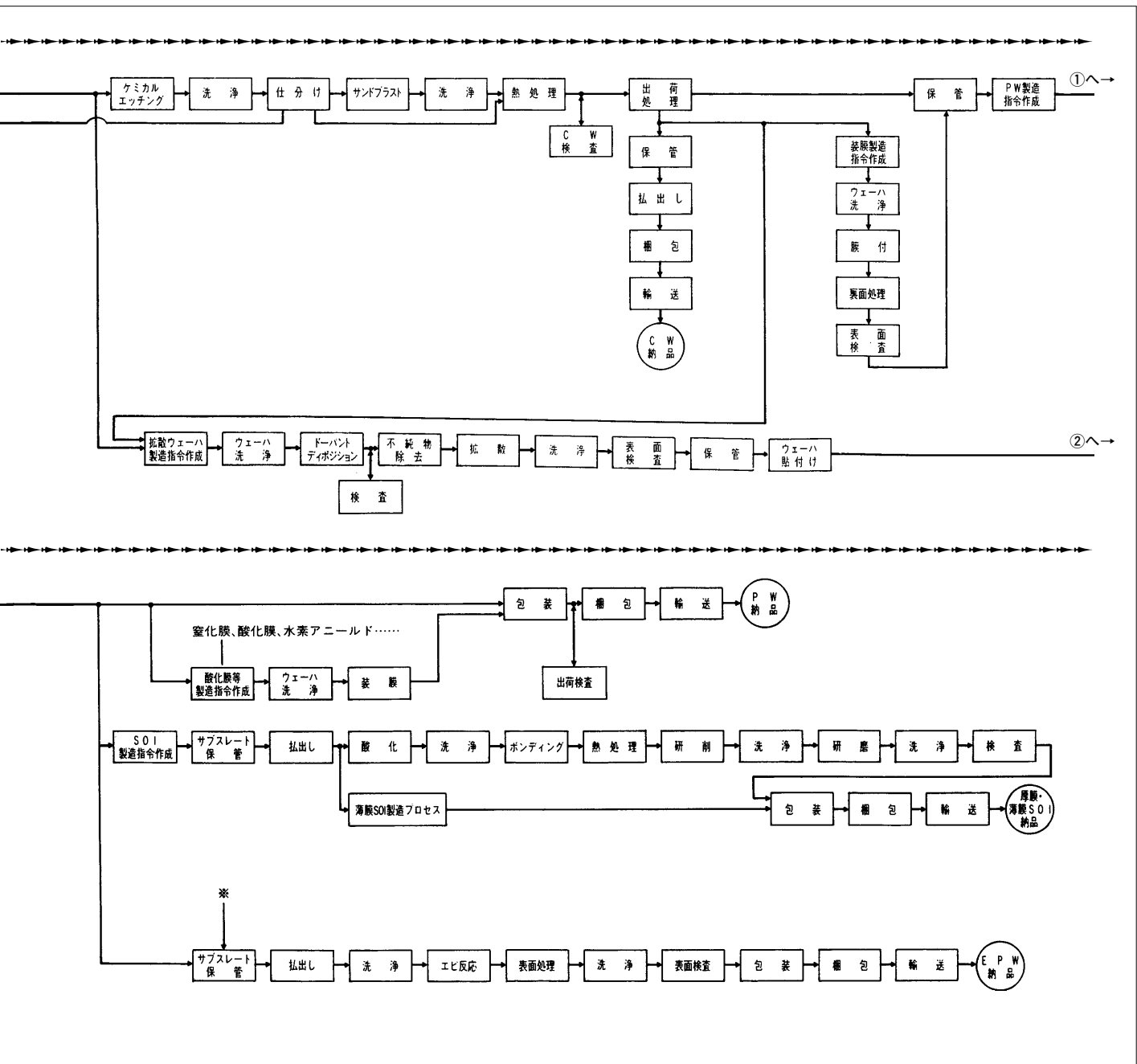
図-1 シリコンウェーハ製造プロセスシート

へ重心を移すきっかけになった。

2000年に入ってから、DRAMにコスト競争力のある韓国、台湾、シンガポールの成長が著しく日本のメーカーの凋落が決定的となり、事業の合従連衡、縮小、撤退、外注生産委託(OEM)などがマスコミを賑わせるようになり今日に至っている。今後も生き残りが激しくなっているのは事実のようである。

WSTS(World Semiconductor Trade Statistics)のデータによると、シリコン半導体の市場規模は米国が30~32%、アジア太平洋地域が24~26%、欧州が20%

前後、日本が21~23%位となっている。50%のシェアを持っていた往時に比べれば凋落の状態にはなっているが、まだまだ十分に巻き直しができる地位にはある。シリコンウェハーのような素材産業にあつては、その最終製品の市場動向を知ることが、そして自己の寄与率がいかほどのものであるのかを知ることは大事なことである。シリコンウェハー産業の半導体デバイス産業に対する寄与率(依存率)は5%程度のものと言われ、ほぼこのレベルを保って来たが、最近では価格破壊の影響もあつてこの維持が相互に難しくなっている。経常収支が両産業と



もマイナス方向に陥っているのはこの現れであろう。

半導体産業分野の統計方法が1999年に改められそれ以前のデータ紹介は出来ないが、1999年以降の国内半導体デバイス製品、半導体部品としてのシリコンウエハー製品、そして最終出荷製品であるコンピューター、携帯電話の生産、出荷、在庫の推移状況を紹介します。感触を知っていただければ幸いです。統計データは、経済産業省の鉱工業指数に基づいてまとめられています。金額データも存在するが変動が激しいので本稿では数量のみの扱いとさせていただきます。

また、統計の確報値を得るには2~3ヶ月の時間遅れが生じると云うことをご理解願いたい。

(1) 表-1 生産出荷在庫の指数(確報値)

デバイスの分類、数量規模に注目して欲しい。

表-1 生産・出荷・在庫指数確報(=機械統計) 平成14年8月分

(出所:平成14年10月16日(確報値) 経済産業省 経済産業政策局 調査統計部)						
分類	Commodity	Item	March.2002 平成14年 7月	March.2002 平成14年 8月	R.P. 前月比 増減率(%)	R.S. 前年同月比 増減率(%)
半導体素子	シリコンダイオード	生産(P)	2,030	1,686	-16.9	44.5
		出荷(S)	1,952	1,598	-18.1	32.5
		在庫(I)	857	876	2.2	-41.2
	(百万個)	生産(P)	778,974	736,212	-5.5	40.3
		出荷(S)	739,920	673,353	-9.0	13.0
		在庫(I)	286,923	309,272	7.8	-0.3
	トランジスタ	生産(P)	2,270	2,020	-11.0	24.8
		出荷(S)	2,034	1,857	-8.7	19.7
		在庫(I)	1,544	1,553	0.6	-30.2
	(百万個)	生産(P)	1,059,946	946,339	-10.7	45.4
		出荷(S)	1,197,845	1,084,971	-9.4	55.9
		在庫(I)	347,753	359,165	3.3	-25.8
集積回路	半導体集積回路合計	生産(P)	279,402	265,794	-4.9	23.9
		出荷(S)	255,480	243,935	-4.5	21.0
		在庫(I)	-	-	-	-
	(百万円)	生産(P)	48,726	44,690	-8.3	24.5
		出荷(S)	53,329	49,897	-6.4	24.6
		在庫(I)	-	-	-	-
	バイポーラ型半導体集積回路	生産(P)	4,673	4,052	-13.3	17.7
		出荷(S)	4,460	3,947	-11.5	21.7
		在庫(I)	-	-	-	-
	(百万円)	生産(P)	167,330	155,982	-6.8	19.4
		出荷(S)	143,313	136,496	-4.8	18.3
		在庫(I)	-	-	-	-
	モス型半導体集積回路 (論理素子)	生産(P)	46,106	48,573	5.4	29.7
		出荷(S)	42,226	41,891	-0.8	22.4
		在庫(I)	-	-	-	-
	(百万円)	生産(P)	12,567	12,497	-0.6	-
		出荷(S)	12,152	11,704	-3.7	-
		在庫(I)	-	-	-	-
その他のモス型 (CCD・その他のモス型)	生産(P)	22,410	20,410	-8.9	-8.5	
	出荷(S)	18,554	17,584	-5.2	-8.3	
	在庫(I)	-	-	-	-	
(百万円)	生産(P)	146,851	138,166	-5.9	64.5	
	出荷(S)	156,311	145,458	-8.9	48.5	
	在庫(I)	81,176	94,576	16.5	10.9	
半導体部品	シリコンウエーハ	生産(P)	674,991	657,690	-2.6	-12.7
	出荷(S)	662,953	624,046	-9.9	-16.0	
	在庫(I)	106,250	126,082	18.7	-30.8	
(台)	電子計算機	生産(P)	674,991	657,690	-2.6	-12.7
	出荷(S)	662,953	624,046	-9.9	-16.0	
	在庫(I)	106,250	126,082	18.7	-30.8	

*2002.6月から、METIの機械統計月報「電子管、半導体素子及び集積回路」に、生産品目を統一する。

半導体集積回路合計のなかに、「その他のモス型(CCD、その他モス型)」含む。

(2) 図-2 半導体集積回路の生産、在庫動向

・数量変動が大きいので3ヶ月移動平均で表示。

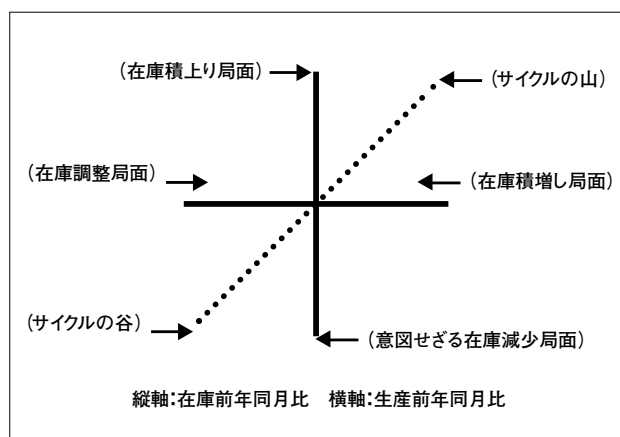


図-2の読み方

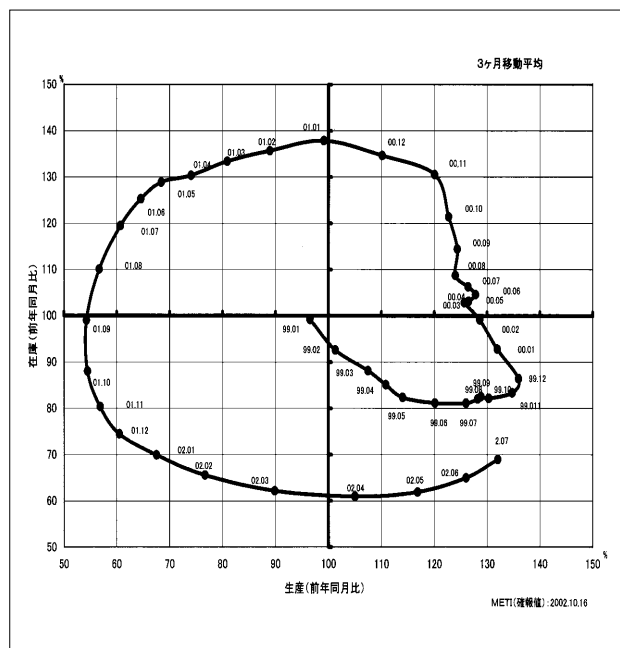


図-2 半導体集積回路生産・在庫数量(個数)動向

1999年初頭より約1年間は活況、その後生産調整を行うも在庫増の局面が続き、01年初頭より生産増に移行し02年3月頃より繁忙の生産が行われるものの8月頃より在庫増の懸念あり生産調整が必要の模様。

(3) 図-3 論理素子の生産・在庫動向

(4) 図-4 記憶素子の生産・在庫動向

(5) 図-5 DRAMの生産・販売・在庫推移

(6) 図-6 フラッシュメモリーの生産・販売・在庫推移

(7) 図-7 DRAMの生産・在庫動向

(8) 図-8 シリコンウエーハ合計の生産・販売・在庫推移

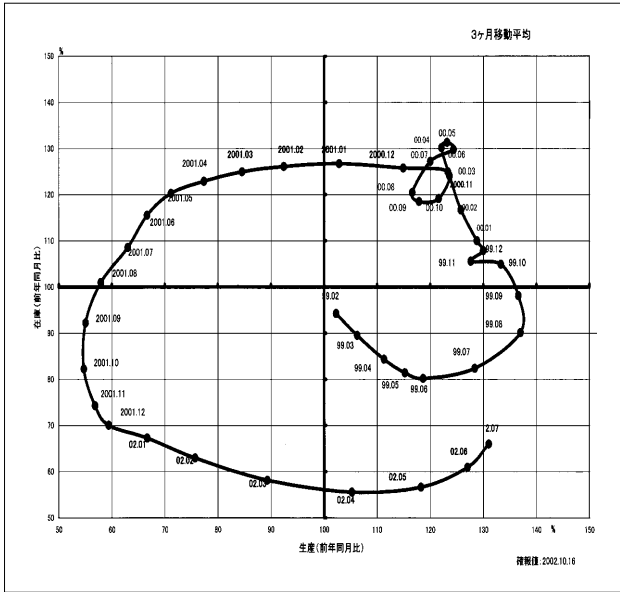


図-3 論理素子(マイコン・ロジック)生産・在庫数量(個数)動向

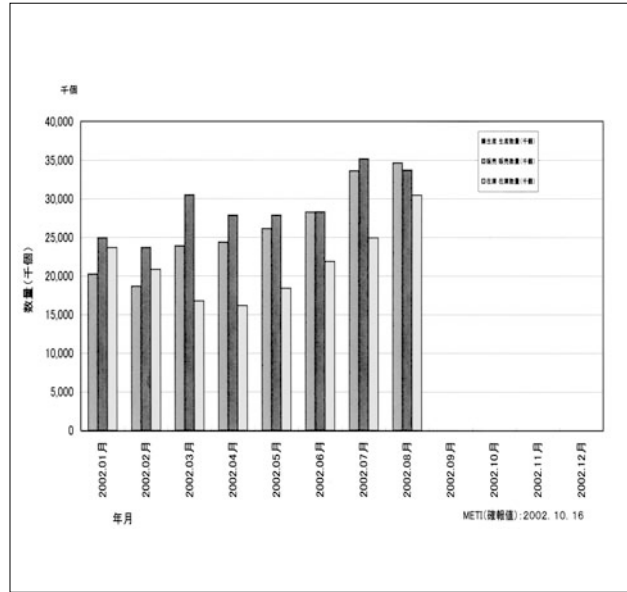


図-6 フラッシュメモリー生産・販売・在庫推移

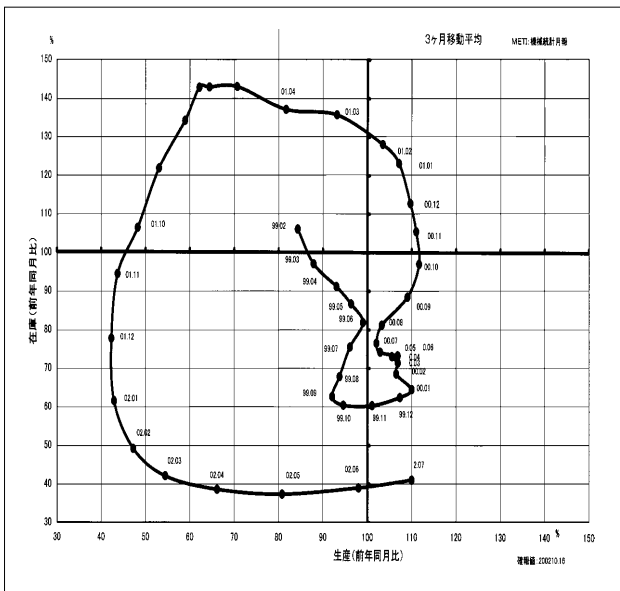


図-4 記憶素子(メモリ)生産・在庫数量(個数)動向

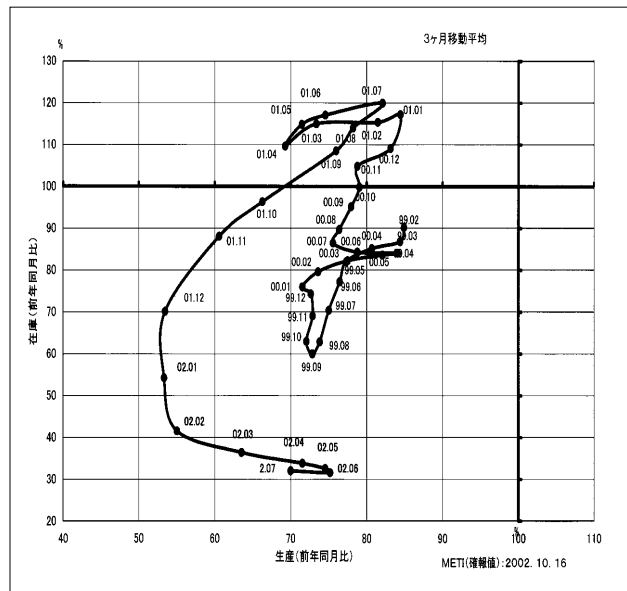


図-7 DRAM生産・在庫数量(個数)動向

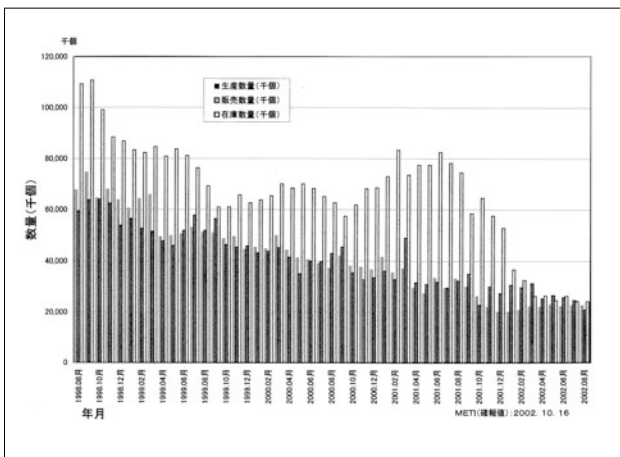


図-5 DRAM 生産・販売・在庫推移

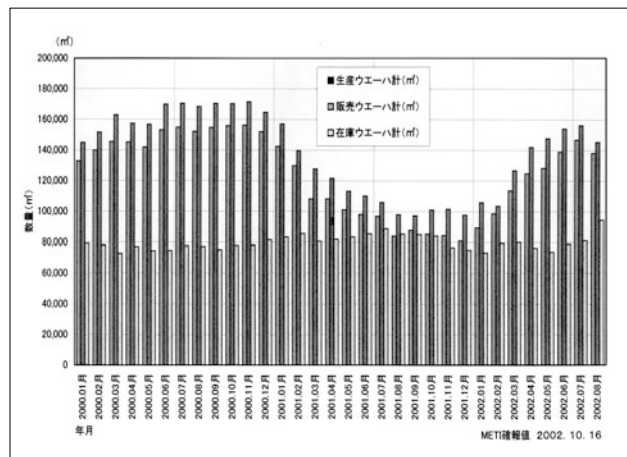


図-8 シリコンウェーハ合計 生産・販売・在庫推移

- 数量表示が平方メートル [m²] 単位となっている。

6インチウエハー面積=1.766×10⁻² [m²]

8インチウエハー面積=3.140×10⁻² [m²]

12インチウエハー面積=7.065×10⁻² [m²]

従って、1m²のシリコンウエハーの枚数は以下の通りとなる。

6インチウエハーは56.6枚分

8インチウエハーは31.8枚分

12インチウエハーは14.2枚分となる。

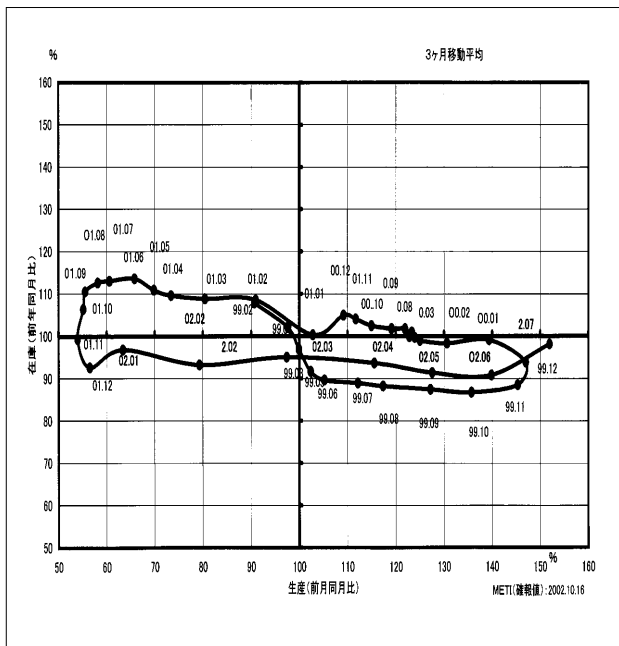


図-9 シリコンウエーハ合計 生産・在庫数量動向

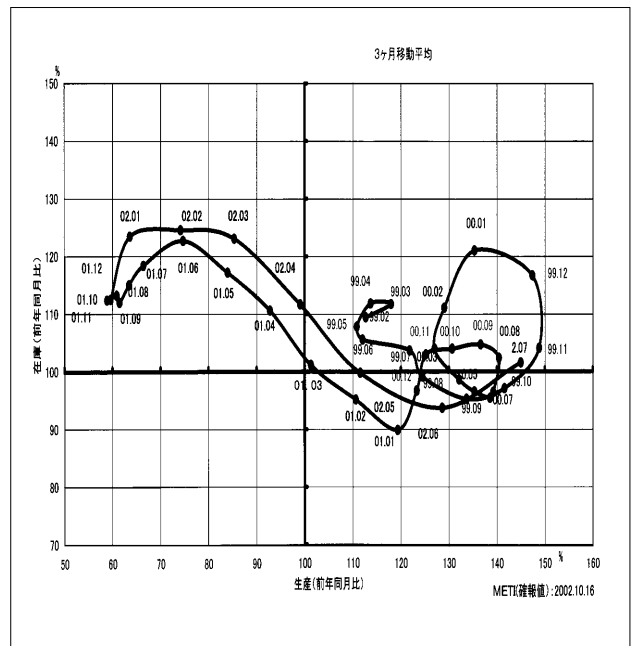


図-11 8インチウエーハ生産・在庫数量動向

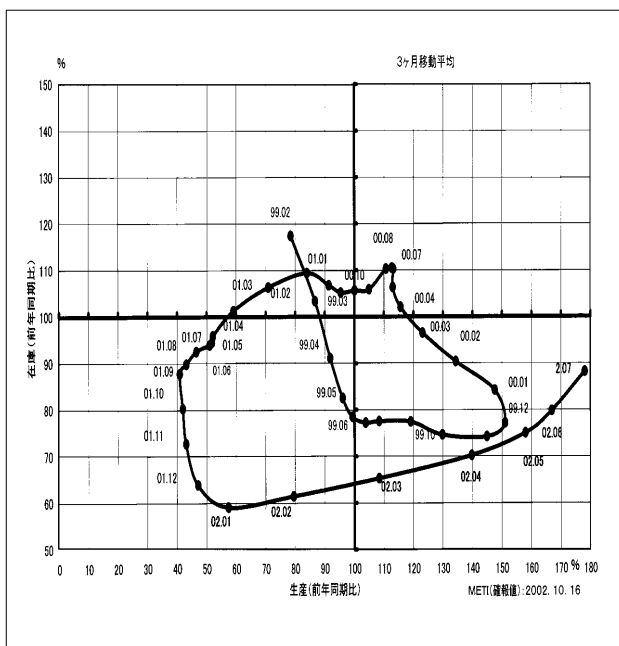


図-10 6インチウエーハ生産・在庫数量動向

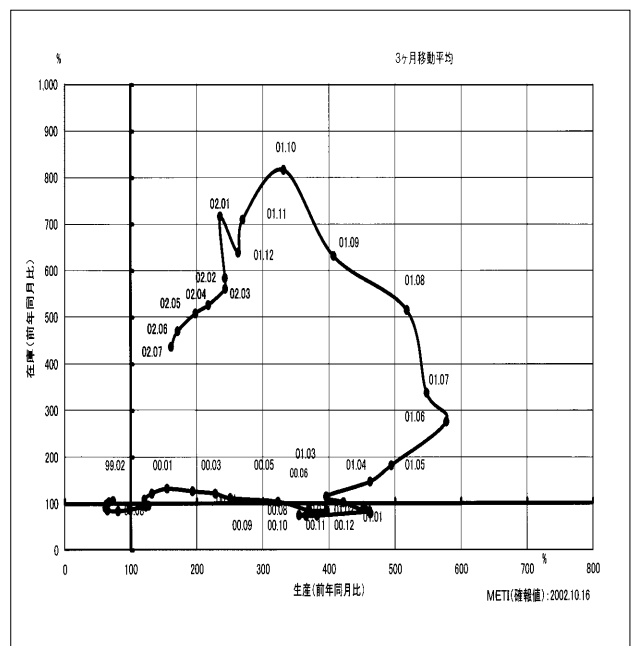


図-12 12インチウエーハ生産・在庫数量動向

(9) 図-9 シリコンウェハー合計の生産・在庫動向

(10) 図-10 6インチ (150mm) ウエハーの生産・在庫動向

(11) 図-11 8インチ (200mm) ウエハーの生産・在庫動向

(12) 図-12 12インチ (300mm) ウエハーの生産・在庫動向。

- 300ミリウエハーは、200ミリウエハーに比べ少なくとも30%のコストダウンが図れるとされ、DRAMや量産形のロジック素子への応用が期待されているが、設備投資額が膨大であるため、顧客は日本のトレセンティーテクノロジー、韓国のサムスン、台湾のTSMCなどに限られ需要が少ない割にウエハーメーカーのキャパシティが大きく在庫増を招き易い傾向がある。需要が本格化するのは2004年以降ではないかと思われる。

(13) 図-13 パソコンの生産・販売・在庫推移

(14) 図-14 携帯電話の生産・販売・在庫推移

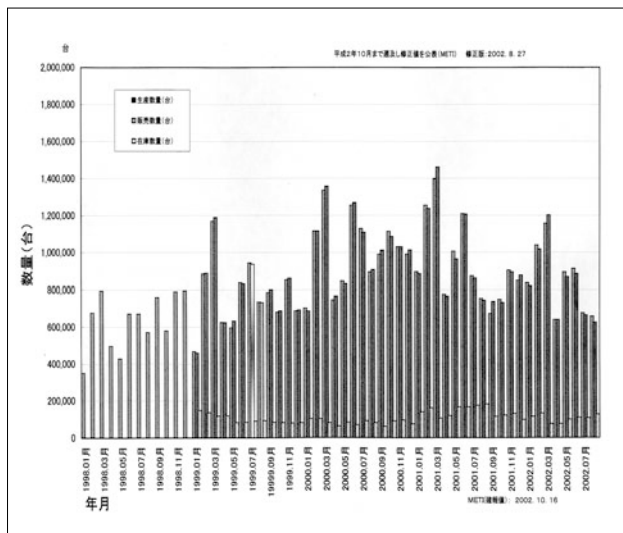


図-13 パソコン生産・販売・在庫推移 ('98.1~'02.8)

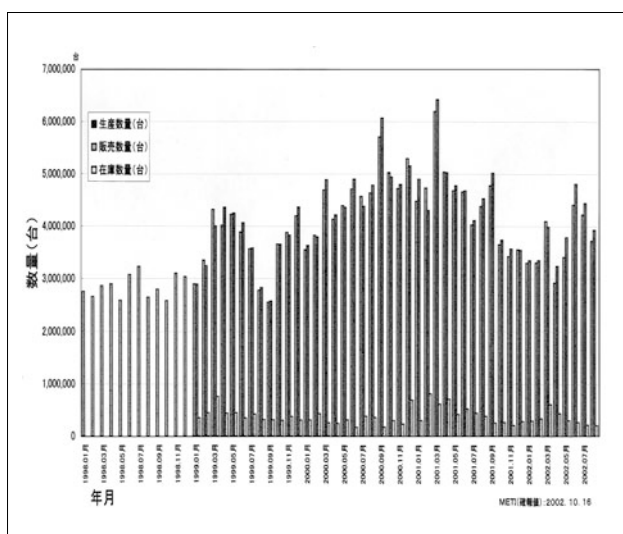


図-14 携帯電話生産・販売・在庫推移 ('98.1~'02.8)

4. シリコンウェハーの要求品質

シリコンウェハーに求められる要求品質は、デバイスのニーズによって様々である。このために重金属不純やパーティクルの要求仕様に応じて、或は口径による物理的、機械的な制約で専用プロセスラインが構築されているが、形状が似ているのでプロセスは「大は小を兼ねる」の併用方式を採用することもできるのである。万能のプロセスラインが構築できれば、3インチの小口径品から300ミリの大口径品まで一つのラインで造り込みをする混流併産方式を採用することができるのである。ウエハーの搬送系が混流方式では機械的に調整が難しかったり、エッチング槽や洗浄槽の薬液量を調節することが難しかったり、無駄が多いなどで実際にはこの様なラインは何処にも設備されていないが造ることは可能なのである。

その時代の最先端仕様、平たく言えば最も厳しい仕様品が造れるプロセスが出来あがれば、その様な厳しい仕様品でなくてもすべてのウエハーがそのレベルの製品に自然にもしくは自動的にになってしまうということでもある。従って、ウエハーに求められる品質は、品種毎に一つであるともいえる訳である。PWに対する現時点での要求品質は次の品質仕様のものとなる。

(1) ウエハー表面に対する仕様

- ・平坦度はサイトサイズ (25m/m×25m/m以上) で 0.1 μ m以下
- ・微少欠陥はOSF、COPなどのなきこと
- ・パーティクルは0.1 μ m以上のものなきこと。
- ・重金属の汚染レベルは10⁹ atoms/cm²以下のこと。

(2) 端面及び裏面に対する仕様

- ・端面及び裏面は鏡面でパーティクルは表面と同じレベルであること。
- ・重金属汚染レベルも表面と同じであること。

遺伝子情報を医薬品へ(その9)

海外のバイオクラスター(2)英国

Medicines Based on Genetic Information IX Bio-cluster (2) England

塩野義製薬株式会社 創薬研究所 主管研究員 坂田 恒昭
TSUNEAKI SAKATA, Ph.D.

Shioogi Research Laboratories Shionogi & Co.

今回は前回に引き続き海外のバイオクラスターの紹介として、英国のバイオテクノロジー産業について紹介する。本稿を書くにあたっては英国総領事館・目時由紀氏のご協力を頂いた。なお、今回は英国の中でも独自の発展を遂げているスコットランド地域を紹介する予定である。

9.1 英国のバイオテクノロジーの概要

英国はバイオテクノロジーにおいて欧州の先頭に立っている。英国においてバイオテクノロジーが発展してきた理由として次のことが挙げられる。

- 1) 英国は中世より卓越した科学の中心地である。
- 2) 英国は経済的・政治的に恵まれた条件を持ち、規制面でも明確かつ公正な制度がある。
- 3) 英国は欧州で最大のベンチャー・キャピタル市場である。
- 4) 英国内には約285社のバイオテクノロジー専門企業があり、さらに400社を超える企業がバイオ科学関連の活動に関わっている。
- 5) 欧州のバイオテクノロジー関連企業の18%が英国に立地している。
- 6) 1994年から2000年の間に英国のバイオテクノロジー関連企業は1.5倍に増加している。

英国のバイオテクノロジー産業は核となる大学、研究所や法的機関を中心とした地域密集型の発展を遂げている。

英国のバイオテクノロジー産業は、優れた科学研究基盤を持つ地域に集中しており、その地域は高度なインフラストラクチャーの供給によって支えられている。多くの産業主導ネットワークが確立され、地域の大学・研究機関・開発組織とバイオテクノロジー企業の諸活動とを結びつけている。この中には、Oxfordshire Biolink, Eastern Region Biotechnology Initiative (Cambridge), York

Bioscience, North West Biotechnology Initiative (BioNow), BioSciNorth, London Biotechnology Network, Southern Bioscience等が含まれている。図1に英国の製薬企業とバイオテクノロジー企業マップを示す。

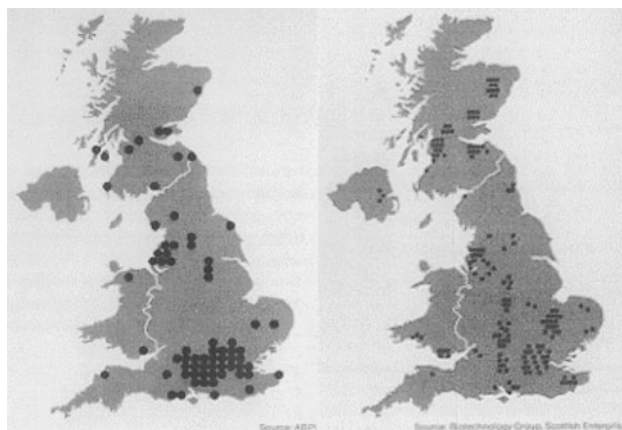


図1 英国の製薬企業(左)とバイオテクノロジー企業(右)マップ

9.2 バイオテクノロジーの世界的センターとしての英国

英国内には約285社バイオテクノロジー専門企業があり、欧州のバイオテクノロジー企業の約5分の1を占めている。さらに、バイオ科学関連の活動に関わる企業は450社を越えている。1994年から2000年までに、英国内のバイオテクノロジー関連企業数は150%増加した

(Ernest & Young 2000/DTI,2000)。このような企業は、核となる大学、研究所、法的機関を中心に数多くの重点地域に集中している。

主要15社のバイオテック株の株式運用を評価するロンドンのバイオセンチュリー・インデックス (BioCentury Index) によれば、1999年に63%であったものが2000年には80%にまで上昇している。2000年の中心的バイオテック推進企業は Celltech、Cambridge Antibody Technology (CAT)、Oxford GlycoSciencesであった (Financial Times,2000/2001)。

次のような様々な要素が、全てのタイプのバイオテクノロジーの実践として、英国の力に寄与している。

- ① 世界市場に製品を提供できる主要な多国籍企業との優れた共同研究。英国だけで20を越えるバイオ科学分野のノーベル賞を受賞。
- ② 年間6億5千万ポンド (9億6千万米ドル超) に及ぶ政府のバイオ科学関連研究の予算。ウェルカム・トラスト (Wellcome Trust)、ガン研究キャンペーン (Cancer Research Campaign)、王立ガン研究基金 (Imperial Cancer Research Fund) のような慈善団体もまた、かなりの資金を提供。
- ③ サンガー・センター (Sanger Centre) やロズリン研究所 (Roslin Institute) を始めとする数多くの世界的に名の通った研究所、バイオインフォマティクス研究所 (Bioinformatics Institute) のような国際的な研究機関、さらに欧州医薬品評価局 (European Agency for the Evaluation of Medicinal Products) や医薬品管理局 (The Medicines Control Agency) のような法的機関を英国はホスト国として支援。
- ④ 見識の高い投資集団、高い能力を持つ特許代理人や経営コンサルタント、超一流の毒物検査、臨床試験、その他専門家サービスの存在。
- ⑤ 世界トップクラスの、革新に適した卓越した環境と研究開発支援。
- ⑥ バイオテクノロジー部門が繁栄できる支援体制を発展・維持するための政府、産業、金融界の強く結束した協力関係。
- ⑦ 非常に成功している製薬・ヘルスケア産業 — 現代バイオテクノロジーの唯一かつ最大のユーザー。英国内に拠点を置く製薬会社による2000年の研究開発投資は20億米ドル超。

9.3 投資と金融

英国には活発な投資社会があり、欧州で最大のベンチャー・キャピタル国である。1999年には、ヨーロッパの総株式資本・ベンチャーキャピタル資本投資のうち46%を、また投資全体の20%を、英国が占めた。1999年に約13億ポンドのベンチャー・キャピタル資金がハイテク部門への投資に調達された。

1999年に、バイオテクノロジー及び医療関連分野において、3億9,200万ポンド (5億6,400万米ドル) を越える資金が投資された。これは1998年からの1年間に48%の増加を見たことになる。図2は、近年における英国のバイオテクノロジー投資における著しい成長を示している。(図2)

英国の多数のベンチャー・キャピタル企業がバイオテクノロジー及び関連分野への投資を専門としている。

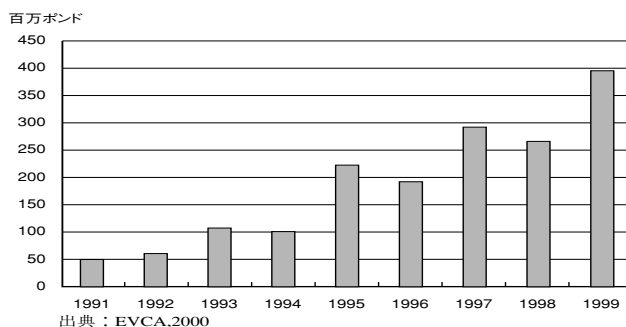


図2 英国のバイオテクノロジー・医療・保険部門におけるベンチャー・キャピタル投資

9.4 法的規制の枠組

英国政府は、人の健康と安全を守ると同時に、産業への法的規制を軽減する努力をしている。英国は、欧州でバイオテクノロジー発展に影響を及ぼす規制やその他の対策が、産業の関心を十分に考慮に入れるよう努力をしている。これでバイオテクノロジーにふさわしい規制環境が整ったが、その諸要件に次のような目標を定めている。

- ① リスクに見合う。
- ② 科学に基づく。
- ③ 簡明である。
- ④ 柔軟で科学知識の進歩に素早く反応する。
- ⑤ 革新に共感的であり、かつ適切な安全基準を維持する。

英国では、新食品等の製造許認可に関しては新食品・加工諮問委員会 (Advisory Committee on Novel

Foods and Processes-ACNFP)が、診断については医療器具局 (Medical Devices Agency-MDA)を通じて、実際的かつ効果的な方法を取っている。また、遺伝子治療については、遺伝子治療諮問委員会 (Gene Therapy Advisory Committee-GTAC)が实际的、合理的な方法で管理している。環境放出諮問委員会 (Advisory Committee on Release to the Environment-ACRE)は遺伝子組み替え有機体 (GMO)の承認に関する助言を与える。

規制システムの見直しに続いて、政府はバイオテクノロジー問題とその環境について広く諮問するために、農業・環境バイオテクノロジー委員会 (Agriculture and Environment Biotechnology Commission-AEBC)を設立した。また遺伝子委員会 (Human Genetics Commission-HGC)が遺伝子技術と人体への影響の調査を行い、政府に戦略的助言を与えるために設立された。食品安全管理局 (Food Standards Agency-FSA)は、遺伝子組み替え食品の評価と新しい施策の展開に責務を負っている。

欧州医薬品審査局 (European Medicines Evaluation Agency:EMEA)は、欧州のバイオテクノロジーから派生する薬品及び獣医関係薬品のFirst Track認可の責任を負っている。この局はEU加盟国全てに有効な単一ライセンスを与える。英国医薬品管理局 (UK Medicines Control Agency:MCA)は他の医薬品に認可を与え、国際的にも高い評価を得ている。

9.5 バイオガイド (BioGuide)

貿易産業省 (DTI)は、バイオ科学研究の全ての面に関わる規制について、理解と利用を促進する目的で、バイオガイド (BioGuide)を作成した。それはまた、政府各省庁と研究会議の役割と責任を定めている。

9.6 政府援助

貿易産業省内の化学・バイオテクノロジー部 (Chemicals and Biotechnology Directorate)は、科学的基礎を利用し、その部門の発展に必要なあらゆる状況に影響を与えることによって、英国バイオテクノロジー部門の競争力を上げることが目標としている。DTIの遺伝子バレー・レポート

(Genome Valley Report(1999年11月))は、英国内のバイオテクノロジー部門の競争力が確実にかつ恒常的に備わるようにするための主要な行動領域を特定した。

バイオテクノロジー産業への様々な支援は、DTIを通じて受けることができる。この支援の主な活動内容は下記のようなものがある。

9.6.1 ゲノミクスの利用 (Harnessing Genomics)

これは2,500万ポンドの新しいプログラムであり、急速に発展するバイオテクノロジー/ゲノミクス科学に企業が取り組むための支援を行うことを、またさらに、英国の健康管理の向上や実際に社会的・経済的価値をもつ環境への応用につながる新しい多数の商品、プロセス、及びサービスにその技術を応用するための支援を目的としている。このプログラムは、2001年2月13日刊行の、“Opportunity for All in a World of Change”と題された白書の中で公表された。このプログラムには次のような多くの要素が含まれている。

- ① 産業と結びついた研究開発を刺激し、特にバイオ・インフォマティクスのような技術を可能にすること。
- ② バイオ製造産業を奨励すること。
- ③ 米国の経験豊かなビジネス指導者から学ぶことが出来るように、新規バイオテクノロジー関連企業を支援すること。
- ④ 新規バイオテクノロジービジネスのためのバイオ・インキュベーターや専門家指導サービスを促進すること。

9.6.2 バイオテクノロジー活用プラットフォーム・チャレンジ (The Biotechnology Exploitation Platform (BPE) Challenge)

これはDTIからの約640万ポンドの援助を伴った、総額1,200万ポンドを越えるプログラムであり、公的な資金助成を受けた科学基礎研究機関のための助成金コンペである。この研究機関の目的は、相互補完的なバイオ科学研究共同体を組織し、その研究結果をより効率よく管理・利用することによって相互の協力を促すことである。このチャレンジは、知的財産 (IP)の戦略的管理を向上させ、英国からの技術流失をせき止め、この共同体がIPを管理しその潜在力を市場に適合させるために必要な技術者を雇うことができるように支援する。

BPEのこれまでの主要な業績は次のとおりである。

- ① 14のBEP共同体がすでに英国内で設立され、加えて6つの共同体が発足直後、あるいはまさに発足直前。

- ② 商業開発の可能性のある600近くの技術の特定。
- ③ 125の新しい特許の提出。
- ④ 60の新しい商業ライセンスの契約。
- ⑤ 45のバイオテクノロジー関連の新規企業の設立。
- ⑥ 27の技術移転専門職の創設。

9.6.3 バイオワイズ (BIO-WISE)

これは1999年に創設された1,300万ポンドのプログラムである。その目的は、バイオテクノロジーの使用と英国バイオテクノロジー供給産業の発展を通して、英国産業の競争力を養うことにある。コスト削減、環境上の利益向上、ビジネス・リスクの縮小がバイオテクノロジー使用の主たる理由である。多くの場合、バイオテクノロジーによって企業は法律を遵守しやすくなる。他の方法と比較して、結局バイオテクノロジーは、より一層良く、早く、清潔に、安く、効果的に物事を行う方法に繋がる。

このプログラムの活動内容は次の通りである。

- ① ヘルプラインやウェブサイト (<http://www.dti.gov.uk/biowise>) を通じた独自のアドバイス。
- ② バイオテクノロジーの利用による経済的・環境的利点を説いた無料刊行物。
- ③ 産業バイオテクノロジー専門家による中小企業への無料訪問。
- ④ バイオテクノロジーの実演、ネットワーク情報へのアクセス機会の提供、そしてバイオテクノロジー供給業者に対するアドバイス等を与える無料イベント開催。
- ⑤ バイオテクノロジーの利点を実践する会社への助成金支給 (約100万ポンドのバイオワイズ資金がすでに9件の実践プロジェクトに委ねられた)。

9.6.4 バイオテクノロジー・メンタリング及びインキュベーター・チャレンジ (Biotechnology Mentoring and Incubator (BMI) Challenge)

これは、新興バイオ関連企業の成長を助けるために、インキュベーターや専門家によるビジネス・メンタリングサービスの提供を奨励するコンペであった。1996年に立ち上げられ、総予算490万ポンドの3年間にわたるプログラムであった。50万ポンドに達する報償金が、革新的な指導サービス、専門施設、実験設備の提供に成功した機関に与えられた。

BMIは現在12のプロジェクトを支援しており、そのプロジェクトは80を超える新興バイオ関連企業を助成し、

その結果470以上の雇用を生み出し、1億8,000万ポンドを越す資金調達が可能となった。5つのプロジェクトにはバイオ・インキュベーター施設 (3Bs, Manchester, Babraham Biocubator, Babraham; Oxfordshire BionNet, Oxford; SWIBTECH, Porton Down; BiocubatorYork Limited, York) が含まれている。

このプログラムは今後の申請には応じていない。しかし、「Opportunity for all in a World of Change」白書の発表内容によれば、「ゲノミクスの利用 (Harnessing Genomics)」の下での追加資金が、小規模な活動に対して利用可能になるだろうと予想されている。

9.6.5 英国バイオテクノロジー財政諮問局

(UK Biotechnology Finance Advisory Service)

DTIは、英国バイオテクノロジー財政諮問局に対して財政コンサルタントの支援を行っている。この無料サービスの目的は、現在あるバイオテクノロジー企業と、適切な融資形態を利用するために新しく設立する企業の両者を支援することにある。このサービスは、民間部門の資金と政府助成金の可能性を特定すること及び他の援助形態へのガイダンスを与えることに役立っている。

9.6.6 バイオテクノロジーのための製造支援策

(Manufacturing for Biotechnology—MfB)

この支援策は、バイオテクノロジー関連中小企業が製造の機会について意識を高めるためのものである。支援の形態には、ワークショップ、情報、経営方策、訓練助成金、実施可能性調査のための助成金がある。

9.6.7 スマート (SMART)

これは個人や中小企業による、次のような研究開発を支援する助成金を提供する。

- ① 技術の使用法の見直し。
- ② 技術、研究、開発の利用。
- ③ 技術的に革新的な製品や製造行程の開発 (技術チェック、技術調査、マイクロ・プロジェクト、実行可能性調査、開発プロジェクト及び例外的な開発プロジェクトを含む)。

9.6.8 リンク (LINK)

このスキームは、国家経済にとって戦略的重要性を持つ分野の科学・技術支援において、公共部門と民間部

門間の協力関係を作るための確立した枠組みを提供するものである。現在、DTIはこのリンク・プログラムを通じて、約30のバイオテクノロジー関連プロジェクトを支援している。政府の各省庁 (Government Departments) 及び政府研究会議 (Research Councils) は各プロジェクトの適格コストの50%を限度とした資金援助を行う。残りのコストは産業界からの資金でまかなわれることになっている。

リンク・ゲノミクス応用プログラム (the LINK Applied Genomics programme) は、健康管理応用のためのゲノミクスにおける開発が産業界で利用されることを促進するために、総額1,500万ポンドの公的補助 (DTI, BBSRC及びMRCから) を受けて2000年7月にスタートした。

9.6.9 リンク・バイオ治療プログラム

(the LINK Bioremediation Programme)

このプログラムは、総額750万ポンドの公的補助 (主要なスポンサー: BBSRC, DTI, EPSRC及び環境局) を受けて2001年4月にスタートした。これは汚染された土地、水、空気の浄化のためにコスト効率の高いバイオ科学解決策の開発を援助しようというものである。

9.6.10 ユーレカ (EUREKA)

この制度の目的は、ユーレカ加盟国の企業や組織間の協力関係によって企業競争力をつけ、先端技術の利用を進めることにある。様々なプロジェクトが産業界主導でかつ前競争段階であり、欧州のバイオ科学分野から新しいパートナーを探すための確立した場を企業、特に中小企業に提供する。

9.6.11 欧州連合第5フレームワーク・プログラム

(EU Fifth Framework Programme-FP5)

このプログラムは、1999年から2002年にわたるECの研究基金プログラムである。その目的は、企業間または産学間の関係を築くことになる共同研究開発プロジェクトに資金援助を行うことによって、企業競争力をつけ、欧州全体の生活の質を向上させることにある。FP5には現在7件のプロジェクトがあり、そのうちの4件は「テーマ設定」に基づく研究、技術開発及び実施 (research, technological development and demonstration - RTD) プログラムであり、3件はプログラムの横断的活動を支援するものである。

9.6.12 事業振興基金 (Enterprise Fund)

この基金の下で、DTIは、見込みのあるビジネスチャンスがあるにもかかわらず、通常の資金調達が不可能な小企業が融資を受けるために、小企業ローン保証 (Small Firms Loan Guarantee) を提供する。この事業振興基金には、地域ベンチャー資本基金 (Regional Venture Capital Funds—地域開発公社 (RDA) を通じて提供) と、英国ハイテクノロジー基金 (UK High Technology Fund) が含まれる。

9.6.13 新規/再生可能エネルギー・プログラム

(New and Renewable Energy Programme)

ETSU (AEA Technology Environment) によって現在運営されているDTIのこの制度は、バイオマスや生物廃棄物からできる燃料の生産と利用に関する研究を支援している。

9.7 スコットランドの状況

バイオテクノロジーにおける開発支援は、スコットランド行政事業振興・生涯学習省 (Scottish Executive Enterprise and Lifelong Learning Department - SEELLD) より受けることができる。スコティッシュ・エンタープライズ (Scottish Enterprise) は、バイオテクノロジー専門家グループを有し、スコットランド・バイオテクノロジー関連企業の発展のための戦略を実施している。

9.8 ウェールズの状況

技術移転グループ (Technology Transfer Group) はウェールズ開発庁 (Welsh Development Agency) の一部門として、技術の応用、管理、開発を通してビジネスを成功に導くことに専念している。

9.9 北アイルランドの状況

北アイルランドの研究開発に関する施策は、産業研究技術局 (Industrial Research and Technology Agency-IRTA) という専門の政府部局によって実施されている。その部局はまた、企業の研究開発のために広汎な財政的・専門的支援サービスを提供する。

9.10 世界的な研究インフラストラクチャー

英国には、幅広い科学分野において研究と訓練を支援する責務を委ねられた7つの研究会議 (Research Council) がある。バイオテクノロジーに関わる3つの研究会議はそれぞれ、バイオテクノロジー関連の研究を行う独自の研究施設を持っている。この研究会議は産学協同の基礎研究プログラムを推進している。

9.10.1 バイオテクノロジー・生物科学研究会議 (Biotechnology and Biological Sciences Research Council: BBSRC)

およそ3億2,000万米ドル (2億1,600万ポンド超) の年間予算を持つBBSRCは、医療とは無関係のバイオ科学基礎・戦略研究にとって重要な英国政府の助成組織である。この研究は、農業、バイオ加工、化学、食品、健康管理、薬品分野を含むユーザー産業を支えている。

BBSRCは、この研究会議が支援する研究・訓練プログラムを最大限に活用する責務を負っている。この研究会議は知識移転の推進、イノベーションに対する障害除去、企業関連の訓練のための施策を開発し、実施している。

9.10.2 医学研究会議 (Medical Research Council-MRC)

総予算額4億8,000万ドル (3億2,500万ポンド超) を有するMRCは、膨大な基礎研究 (自らの施設と大学の両

方において) を支援している。それらの研究は、遺伝子工学・タンパク質工学、単一クローン抗体、遺伝子治療、伝染性微生物といった人間の健康管理に関連するバイオテクノロジー分野を支えている。MRCは、それ自体では通常、特定の製品開発の研究に資金援助を行わない。研究会議の方針は、産業関連技術の移転、研究会議の発明の商業的利用、及び健康管理分野での新製品開発を促進するために、委員会と産業の協力関係を育成することにある。

MRCは、新規バイオテクノロジー企業の発展のために、いくつかの英国ベンチャー資本との緊密な連携を維持している。新規子会社である、英国医学ベンチャー・マネージメント社 (UK Medical Ventures Management Ltd.) の後援を通じて、MRCは萌芽状態の事業や初期段階にある投資ファンドを促進し、新興企業への初期融資を行うために民間部門から4,000万ポンドを調達した。これらの新興企業の少なくとも75%がMRCの技術を基盤とする予定である。

9.10.3 自然環境研究会議

(Natural Environment Research Council - NERC)

NERCは、自然環境における微生物・動植物の生態と変種に関する研究に対する責務と専門的知識によって、バイオテクノロジーにおいて目覚ましい役割を果たしている。

新しい「THE CHEMICAL TIMES」の発刊にあたって —表紙デザインの変更とA4版化—

「THE CHEMICAL TIMES」は昭和25年(1950年)3月の創刊以来、半世紀以上の永きにわたり関東化学と共に歩み、187号の発刊を迎えました。おかげさまで多くの読者の皆様に学術誌としてご愛顧されております。さらにご愛読者の皆様に親しまれる「THE CHEMICAL TIMES」をめざし、今号より装いを新たに改訂いたしました。今後ともますますのご愛顧の程よろしくお願い申し上げます。

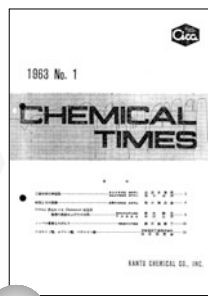
【創刊号からの表紙の変遷】

従来のB5版から、今回の通巻187号をもってA4版に変更いたしました。

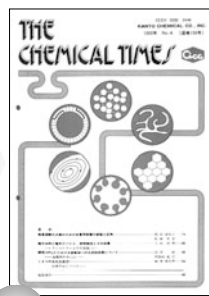
創刊以来5回目の表紙図柄であり、従来のイメージを一新いたしております。今後は毎月毎に表紙写真を差しかえいたします。季刊ではありますが、高山植物の写真をお楽しみください。



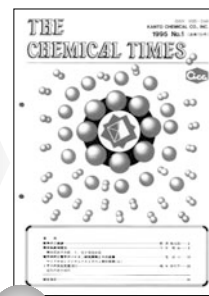
初代 1号~26号
S25(1950)3月
~S37(1962)10月



第2代 27号~100号
S38(1963)1月
~S56(1981)4月



第3代 101号~154号
S56(1981)7月
~H6(1994)10月



第4代 155号~186号
H7(1995)1月
~H14(2002)10月

ドイツの切手に現れた科学者、技術者達(1) アルベルトス・マグナス

Scientists and Engineers in German Stamps (1). Albertus Magnus

筑波大学名誉教授 原田 馨
KAORU HARADA

Doctor of Science, Professor Emeritus, University of Tsukuba.



西ドイツ発行(1961-1964)の有名な
普通切手、アルベルトス・マグナス
(1200頃-1280)

連続掲載にあたって

今回「ドイツの切手に現れた科学者、技術者達」という標題で短い読み物を連載することになりました。標題に科学者、技術者と云う言葉を使いましたが、古い時代にはこのような言葉はありませんでした。科学者と云う言葉は19世紀の30年代に科学研究を行い、その事を職業とする人が社会に現れた時期にイギリスの学者W.ヒューエルにより提唱されました。ガリレイ、ニュートンは科学者ではなく哲学者と呼ばれました。古い時代の哲学は多くの学問を含んでいました。連載をはじめるとあたり昔は科学者と云う言葉がなかったことをまず述べたいと思います。

アルベルトス・マグナム

アルベルトス・マグナス、Albertus Magnus(1200頃~1280)はドイツの神学者、哲学者そして自然学者であり、南ドイツのラウインゲン(Lauingen)に生まれた。貴族の出で、本名はAlbert, Graf von Bollstädtと云う。ラテン語に翻訳されたアリストテレスの古典などについて学んで得た彼の深い学識の故に“偉大なるアルベルト”(Albertus Magnus)、また“万能博士”(Doctor Universalis)と呼ばれた。アルベルトスはその学識の故に魔術師の疑いを受けたが、彼のキリスト教信仰の正統性とキリスト教組織における高い地位の故にその疑いから免れることができた。

ゲルマン諸族の侵入により西ローマ帝国は崩壊し古代は終わつた。崩壊した広大な地域はキリスト教の新しい権威のもとにヨーロッパを形成した。それ故ヨーロッパはキリスト教と不可分の関係にある。西ヨーロッパの地域はローマカトリックにより支配され、長い中世の間に古代文明の遺産を失いギリシア語を解する者も居なくなつた。12世紀になるとアラビア語に翻訳されたギリシアの古典をラテン語に翻訳する作業がトレドなどで組織的に行われるようになった。この文化移転の運動を1400年代のイタリア・ルネッサンスと区別して「12世紀ルネッサンス」と云う。このように西ヨーロッパは多くの古代文化を吸収し13世紀には

次第に西ヨーロッパ独自の文化の創造が始つた。次の14世紀は困難な時代(飢饉、戦争、ペスト)であつたが、これを乗り越えた西欧は、15世紀以降急速に独自の文化発展の道を辿つた。イタリア・ルネッサンスはこの時代における文化的爆発であり、これを準備したのが12世紀ルネッサンスであつた。これに反して西欧に先んじて500年にわたり栄えた輝かしいイスラム文化は13世紀以降ゆるやかに沈滞の時代に入つた。歴史の流れから見れば古代ギリシアの文化がイスラム文化を介して西ヨーロッパに再び花咲いたのである。

このように13世紀の西ヨーロッパはようやく中世の文化的停滞から脱し、キリスト教のもとに社会秩序が生まれ、農業生産が拡大し、商人階級が生まれ安定した社会に学校と大学が設立され、知識人が生まれた時代であつた。そして西ヨーロッパは独自の文化の創造をはじめた。例えば13世紀に始つた巨大なゴシック様式の大聖堂(カテドラル)の建設は西ヨーロッパがはじめて創造した巨大な独自の建築様式であつた。またアルベルトスが発展させたスコラ学(Scholasticism)もまた西欧が生み出した独自の学問であつた。13世紀はスコラ学の最盛期であり、アルベルトスはこの学問の最も盛んな時期の学者であつた。スコラ学はいろいろ曲折はあつたが古典古代の文化を受容し、キリスト教的思想(ヘブライズム、Hebrewism)をギリシヤ的思想(ヘレニズム、Hellenism)と結合することによりキリスト教の基礎を固めることを目標とした。言い換えればより広い視点から神、人、自然をキリスト教の本質を変えることなく論理的に関係づけ、神には神の座を構築することであつた。アルベルトスは彼の弟子トーマス・アクイナス(1225-1214)と共に13世紀のスコラ学を発展させた代表的人物であつた。その成果はトーマスの「神学大全(Summa Theologia)」に集約されている。神学以外にアルベルトスとトーマスは自然について深い学識と理解を持つていた。

アルベルトスの植物学、錬金術についての学識は同時代の知的敵対者ロージャー・ベーコン(Roger Bacon, 1214-1294)以外の多くのスコラ学者が持っていないものであつた。

アルベルトスのラテン世界における思想史上の功績は古代ギリシアの古典、特にアリストテレスの哲学及び自然学を学び、理性と信仰について明快な定義を下したことである。理性は自然界を理解することができるが、信仰は理性を超えるものであり、理性は信仰に取つて代ることができない。即ち理性には限界があり、哲学は理性の領域における活動であり、神学は信仰の領域にかかわるものである。この理性と信仰、即ち哲学と神学の間に調和を求めることにより自然界と信仰の世界についての理解を深めようとした。しかしスコラ学においては理性と信仰のどちらに重きを置くかと云うことが問題となる。このアルベルトスの哲学と神学においては未だ理性の信仰に対する優位は確立されておらず、哲学の立場からの神の存在論、三位一体論などは哲学の領域を超える問題であつた。アルベルトスは更に靈魂について論じ、神に到る瞑想へと進む新プラトン主義的神秘的靈魂論を展開した。このようなアルベルトスの立場は後のドイツ神秘主義の起源となつたとされている。

アルベルトス・マグナスの記念碑、記念板はドイツ各地にあるが、私が訪ねることができた記念碑は図1~7などであつた。(尚、掲載写真は、全て著者原田馨先生の撮影によるものです)



図1
フライブルグ大学(Universität Freiburg)の或る建物の壁に大きな講義(説教)するアルベルトスの像が掲げられている。

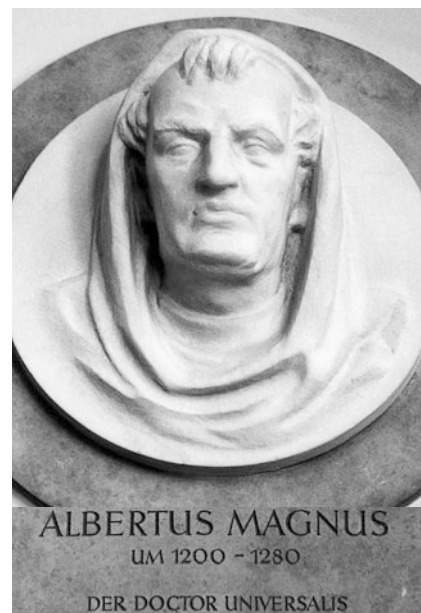


図2
ミュンヘンのドイツ博物館(Deutsches Museum)は世界有数の大自然科学博物館である。博物館には荣誉の間(Ehren Saal)があり、自然科学と技術に貢献したドイツ人の胸像(と肖像画)がある。その中にある最も古い人物像はアルベルトスの胸像である。

ドイツの切手に現れた科学者、技術者達(1) アルベルトス・マグナス



図4

アルベルトスが生れたラウインゲン(Lauingen)の町のマルクト・プラッツには書物を持った彼の立像が台の上に立っている。



図3

1980年に西ドイツ政府が発行したアルベルトス・マグナス(Albertus Magnus、哲学者、神学者、自然科学者、1200後頃-1280)の没後700年の記念切手。アルベルトス・マグナスはドイツが生んだ最も古い時代の学者の一人であり、哲学者、神学者であると共に植物学、錬金術に詳しかった。



図5、図6

アルベルトスが司教をしていたレーゲンスブルグ(Legensburg)のアルベルトス・マグナス・プラッツのドミニコ会の建物の脇に彼のブロンズの胸像がある。(図5、6)



図7

アルベルトスが長期間滞在したケルン(Köln)の聖アンドレアス教会のそばに彼の石の立像がある。同じく同地のケルン大学の本部棟と哲学棟の間にアルベルトスのデフォルメされた座像がある。当時像の鼻は赤いペンキが塗られていた。

表紙写真

シナノキンバイ

この鮮やかな黄色は、高山で最も目につく植物の一つで、黄一色のその群生は見事なもの。信濃の金盃という名のごとくサカズキ形の花を咲かせます。これを食してみる人はいないでしょうが、見た目ほど優しくなく、口にすると激しい下痢を引き起こします。
草丈およそ50cm・花径 4~5cm

編集後記

あけましておめでとうございます。

我が国の経済は昨年よりのデフレ現象が続いており、一向に景気回復の兆しが見えない状況にあります。また、本年の天気予報は暖冬とのことで、関東以西の太平洋側でも雪が多く降り、雪対策に頭を痛める年になりそうですが、その自然現象の変化を契機に、景気動向も右肩上がりの変化になることを期待するところです。

本誌「THE CHEMICAL TIMES」は、昭和25年の

創刊以来52年間、今回の発刊で187回目を迎えています。これも偏に愛読者の皆様方ならびにご執筆の先生方のご愛顧、ご支援の賜物と深く感謝申し上げます。弊社では、本学術誌がご愛読者の皆様方にとりまして、読みやすく、お役に立つ情報提供となることを願い、今回の第187号より、弊社ホームページに、本誌の内容についても掲載を開始いたしました。

何卒、本年も尚一層のご愛顧、ご支援、ご鞭撻をお願い申し上げます。
(三城記)



関東化学株式会社

〒103-0023 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
インターネットホームページ <http://www.kanto.co.jp>
編集責任者 三城 侑三 平成15年1月1日 発行