

# 先端技術産業に係る環境関連調査 (第1報)

調査部 保健部 大気部 水質部

## 1 はじめに

近年、経済の成熟化などに伴い、いわゆる先端技術産業が急速に進展してきている。先端技術の開発と普及は、各分野での省資源、省エネルギー、省スペース化を促進させるなど、従来どちらかといえば環境保全面からみてプラスの面で評価されることが多かった。

しかし、先端技術産業は技術情報が十分でないことなどにより、その実態に未解明な部分が多く、また、多種多様な化学物質を使用している業種もあり、新たな環境への影響が懸念されている。そこで、東京における先端技術産業に係る基礎的情報の整備を図るため、当所における総合的研究の一環として、昭和61年度から3か年の予定で調査を行うこととした。以下、61年度の調査結果を報告する。

## 2 立地状況・動向調査

### (1) 立地状況

先端技術産業は、一般的に図1に示すような技術革新のテンポが速く、高い技術水準と研究開発力を必要とする産業を総称して呼ぶ場合が多い。これら産業の東京における状況は、表1のとおり、この10年余の間に工場数で1.5倍、製造品出荷額等(名目)で3.8倍となり、この間における製造業全体のそれらの伸びを大きく上回っている。業種別に主なものをみると、コンピュータ産業は大手の電気、通信、事務機メーカーを中心として展開しており、ユーザーニーズ、ソフトウェア開発との結びつきが強いことを反映して特に伸びが著しいものとなっている。半導体製造業関係では、プリント基板の工場数が多いことと事業規模が全般的に小さいことが特徴で、こ

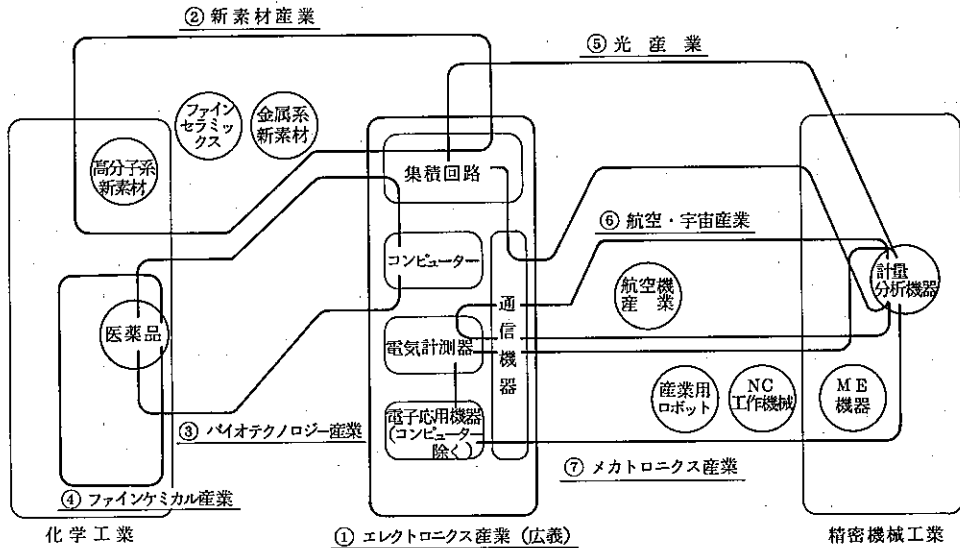


図1 先端技術産業の範囲のイメージ

表 1 東京における先端技術産業関連の製造業に係る工場数及び製品出荷額等の推移

データ：東京都総務局「東京の工業」

業 種	日本標準産業分類細分類	工 場 数				製造品出荷額等(名目) 百万円			
		49	55	60	60/49 (49=100)	49	55	60	60/49 (49=100)
1.産業用ロボット	2938 産業用ロボット製造業	—	23	88		—	2,761	11,003	
		(—)	(23)	(88)		(—)	(2,761)	(11,003)	
2.メデイカル・エレクトロニクス機器産業	3061 X線装置製造業	62	75	70	113	8,792	12,025	24,626	280
		3071 電気計測器製造業	379	403	415	109	53,632	110,599	146,851
		(441)	(478)	(485)	(110)	(62,424)	(122,624)	(171,477)	(275)
3.コンピュータ産業	3051 電子計算機・同付属装置製造業	215	243	382	178	186,022	417,974	1,014,176	545
		(215)	(243)	(382)	(178)	(186,022)	(417,974)	(1,014,176)	(545)
4.光産業	2513 ガラス製加工素材製造業	38	24	19	50	2,302	18,209	21,723	944
	2517 ガラス繊維・同製品製造業	3	2	3	100	16	X		
	3041 有線通信機械器具製造業	69	73	71	103	84,114	171,317	170,069	202
	3049 その他の通信機械器具・同関連機械器具製造業	56	44	44	79	12,957	12,919	23,795	184
	3069 その他の電子応用装置製造業	151	253	335	222	85,617	226,764	204,314	239
	3089 その他の電子機器用及び通信機器用部分品製造業	1,309	2,177	2,201	168	178,774	290,788	444,286	249
	3217 分析機器製造業	39	53	59	151	9,225	16,264	18,336	199
		(1,665)	(2,636)	(2,732)	(164)	(373,005)	(736,261)	(882,523)	(237)
5. I C産業	3082 半導体素子製造業	14	20	11	79	13,916	26,068	25,651	184
	3083 集積回路製造業	4	14	8	200	21,328	122,182	289,712	1,358
	3089 その他の電子機器用及び通信機器用部分品製造業	1,309	2,177	2,201	168	178,774	290,788	444,286	249
		(1,327)	(2,211)	(2,220)	(167)	(214,018)	(439,038)	(759,649)	(355)
6.ファインケミカル産業	2061 医薬品原薬・製剤製造業	10	13	9	90	6,955	15,864	4,910	70
	2062 医薬品製剤製造業	143	110	102	71	186,434	225,415	266,375	143
	2063 生物学的製剤製造業	7	11	14	200	3,156	11,179	19,632	622
	2064 生薬製造業	11	8	14	127	421	902	1,027	244
	2065 動物用医薬品製造業	25	21	16	64	9,716	14,099	14,122	145
		(196)	(163)	(155)	(79)	(206,692)	(267,459)	(306,066)	(148)
7.新素材産業	2569 その他の炭素・無鉛製品製造業	17	18	12	71	2,278	17,780	698	31
	2593 人造宝石製造業	—	—	1	—	—	X	—	—
		(17)	(18)	(13)	(76)	(2,278)	(17,780)	(698)	(31)
先端技術産業関連製造業 計		2,552	3,585	3,874	152	856,665	1,713,109	2,701,306	375
製造業全体に占める割合 (%)		2.8	3.7	4.2		7.4	9.9	15.5	
製造業全体		92,041	97,008	93,128	101	11,652,195	17,246,446	19,352,963	166

注 1. 業種分類：(財)日本立地センターによる先端産業分類  
 2. 製造品出荷額等：百万円未満切捨  
 3. その他の電子機器用及び通信機器用部分品製造業は「4. 光産業」及び「5. I C産業」に併載：先端技術産業関連製造業計には併載分は含まない。  
 4. X：秘匿数字を示す。

れら小規模事業所の集積が東京におけるエレクトロニクス産業を支えていると言える。

また、最近都内における化学、薬品、食品等の多くの企業でバイオテクノロジー関係の研究が行われている。これは大学等の研究機関が数多く立地する大都市への立地という、バイオテクノロジー関連産業の典型的な立地展開を示している。

一方、立地状況の地域的な特徴をみると、全体的には、主な先端産業の60%程度が多摩川流域に集積しており、いわゆる「多摩ハイテクリバー」と言われるゾーンが形成されている(図2参照)。個別적으로는、エレクトロニクスや航空機・宇宙関連産業は区部南部地域から多摩地域に、ファインケミカル産業のうち塗料、農薬などは区部北部地域に、医薬品製造はほぼ区部全域に、それぞれ立地している。



(資料) 財団法人産業研究所「大都市地域の活性化を促進するための産業育成に関する調査」

(備考) IC、コンピュータ、産業用ロボット、宇宙機器関係工場をプロットした。

図2 多摩川流域の先端産業の集積

(2) 立地動向

東京は科学研究者・技術者が多数常住又は従業していること、試作下請等の技術基盤の集積が高いこと、高水準労働力育成のための環境が整備されていることなど、先端技術産業の立地に適する条件を備えている。

しかしその一方で、最近の地価の高騰、工場立地に係る法令上の制約等量産型工場の立地に困難な面が増加している。これらのことなどを背景として、先端技術が成熟化し量産化が進むと、工場の立地は地方へ展開する傾向が強まり、それらの分野における東京の役割は低下しつつある。

このような状況を踏まえると、今後東京においては、東京の有する特性がより発揮されるような研究開発機能、試作生産機能にその重点が移行してゆくものと考え

られる。

東京における先端技術産業の立地動向を表2に示す。

表2 東京における先端技術型業種の立地動向 (数地面積1000m<sup>2</sup>以上)

	企業種		先端技術型		業種
	件数	数地面積	件数	数地面積	
昭和55年	22	111,937m <sup>2</sup>	9	25,986m <sup>2</sup>	電子応用装置等
56	23	58,170	2	3,363	医療用機器等
57	9	24,188	0	0	
58	19	57,685	4	20,154	電子計測器等
59	10	27,818	2	5,781	電子計測器等
60	28	72,994	3	5,039	電子機器部品等
合計	111	352,792	20	60,323	

立地場所としては、区部の1件を除いて、残りすべて多摩地域となっている。

3 化学物質の使用実態調査

先端技術産業で使用される化学物質の使用状況等について調査を行った。

(1) 対象

エレクトロニクス、新素材、ファインケミカル関係の17事業所

(2) 方法

アンケート・ヒヤリング調査 61年度の実績

(3) 結果

ア エレクトロニクス関係では、集積回路製造の一部を除いて、そこで使用される化学物質は、メッキ、エッチング関連、洗浄溶剤などに限定され、製造技術や排出物質処理技術も既存技術が主体となっている。

イ レンズ製造、塗料・インキ製造、医薬品製造では、多数の化学物質が使用されている。これらの製造においては、電子部品関連では原材料加工物質として使用され廃棄物又は処理対象となるものが多いのに対し、基本的に製品原料となる化学物質の使用が主体となっている。

ウ 一般的に事業規模が大きいかほど使用化学物質の種類が多い傾向にあるが、一旦量産化が進むとある特定の化学物質を大量に使用する体制へ移行するため、化学物質の種類はそれほど多くなっていない。

エ 使用化学物質の管理体制、処理施設の維持管理体制等は、総じて事業規模の大きな事業所の方が専門の部門を設置するなど整備されている。

しかし、扱う化学物質の種類や施設の規模等を考慮すれば、このことが直ちに環境保全上問題がないということに結びつくものではない。

#### 4 排出実態調査

先端技術産業の代表的な存在である半導体製造工場の排出実態等について調査を行った。

##### (1) 対象

半導体集積回路 (IC) を一貫生産する 2 工場

##### (2) 実施期間

ア アンケート調査 昭和61年の実績

イ 測定調査 第1回 昭和62年2月2日~6日

第2回 昭和62年3月3日~6日

##### (3) 内容

ア アンケート調査

使用化学物質の種類及び量、排ガス・排水の処理方法等について調査を行った。

イ 測定調査

##### (ア) 大気関係

全ふっ素素、トリクロロエチレン、アセトン等17物質を

対象に、代表的な排気口における排ガス濃度 (可能な場合は排ガス処理施設の前後) と工場敷地境界における環境大気の濃度を調査した。

なお、2回目の排気口調査では酸排気口から排出されるふっ素の濃度変化を主に調査した。

##### (イ) 水質関係

水素イオン濃度 (pH)、全窒素、ふっ素、トリクロロエチレン等19項目を対象に、排水処理施設の前後、最終処理水及び公共下水道に放流される排水 (以下「総合排水」という。) を調査した。

##### (4) 結果

ア アンケート調査

(ア) IC工場では、ウェハや器具などの洗浄にトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、三ふっ化三塩化エタン等の有機溶剤が、エッチングにふっ酸、ふっ化アンモニウムなどのふっ素化合物が、不純物添加にアルシン、ホスフィン、三ふっ化ほう素などの特殊材料ガスが、そのほかにもりん酸、硫酸、アンモニア水、メチルアルコールなど、数多くの化学物質が使用されている。これらのうちには、月間の使用量が数10トンに及ぶもの

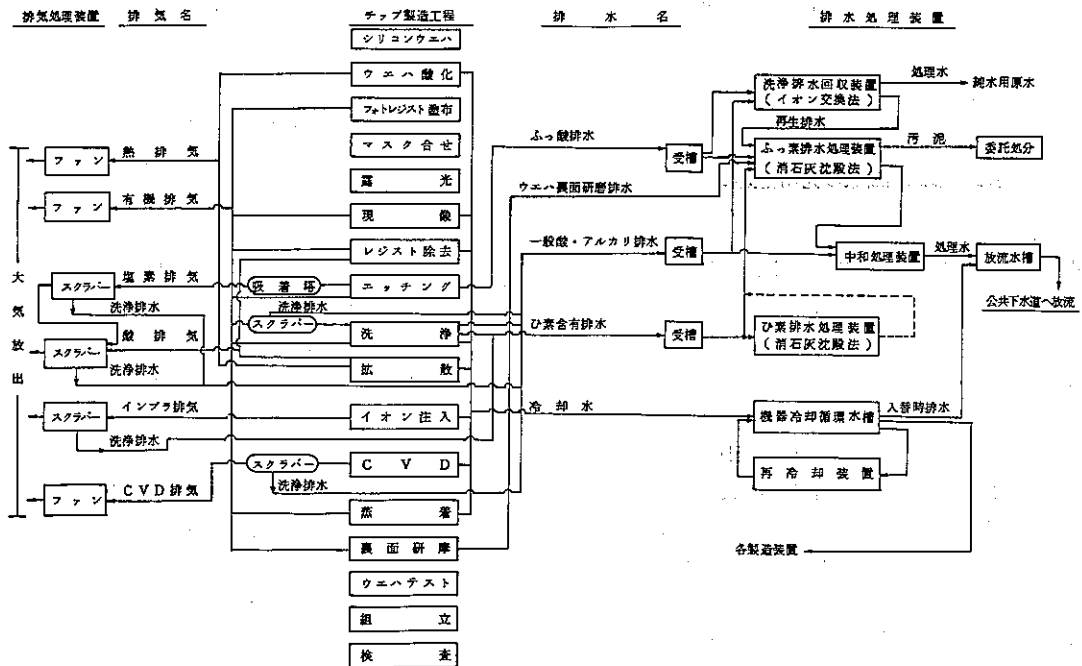


図3 排ガス・排水系統の例

もある。

(イ) 排ガス・排水の処理に関して、排ガスは酸系、有機塩素系などに分別され、一般に水/アルカリ洗浄又は吸着により処理されている。

また、排水は酸・アルカリ系、ふっ素系、ひ素系などに分別され、ふっ素は難溶性のふっ化カルシウムとして沈殿分離し、処理水は公共下水道に放流されている。なお、酸・アルカリ系排水の一部は、イオン交換樹脂と逆浸透装置の組合せにより処理し、生産用水等に循環再利用されている。

調査工場の排ガス・排水系統の例を図3(前頁)に示す。

(ウ) 公害防止対策として、排ガス・排水等に係る自主管理基準の設定及び自主測定の実施、用水の合理化、従業員への環境保全教育などが行われている。

(エ) 酸・アルカリ廃液、アルコール廃液、現像廃液、排水処理汚泥などの廃棄物は、産業廃棄物業者に委託処分されており、トリクロロエチレン廃液など一部は有価売却されている。

イ 測定調査

(ア) 総括

一工場当たり2回のスポット調査ではあったが、その結果を東京都条例(公害防止条例及び下水道条例)等に定める規制基準に対比すると、排ガス及び排水とも基準に適合していた。

(イ) 大気関係

a トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1・1・1トリクロロエタンの有機塩素系溶剤は、ひとつの排気口において2以上の物質が同時に検出されたが、排出濃度はppbレベルであり、工場敷地境界における環境大気(以下「周辺環境」という。)における最高値についても、3物質いずれも数ppbであった。

b 三ふっ化三塩化エタンは、周辺環境で最大1040ppbが検出され、他の有機塩素系溶剤の濃度に比較して高い値であった。

c 全ふっ素は、洗浄及びエッチングなどのウエハ加工がバッチ操作であるため、酸排気口における連続測定の測定値は、0.1~0.7mg/m<sup>3</sup>Nの範囲で変動したが、公害防止条例に定める規制基準の10分の1以下のレベルである。周辺環境の濃度は1ppb以下であった。

d 特殊材料ガス関連の全りん、全ほう素及び全ひ素は、排ガス及び周辺環境で検出されなかった。全けい素は、薄膜形成工程の排ガスから微量(最大濃度0.17mg/m<sup>3</sup>N)検出された。

e アセトン等の炭化水素は、排ガスで数10ppm検出されたものがある。しかし、周辺環境においてはほとんど検出されておらず、検出された場合でも微量であった。

大気関係の測定結果のまとめを表3に示す。

表3 大気測定結果のまとめ

	成分名	排ガス	環境大気
無機成分	全りん	<34	<8
	全ほう素	<20	<10
	全ひ素	<10	<1
	全ふっ素	<0.1 ~ 0.7	ガス状 <0.02~0.18 粒子状 <0.2 ~ 0.4
	全けい素	<0.05 ~ 0.17	
塩炭化水素	1,1,1-トリクロロエタン	1.7 ~ 23.4	<0.4 ~ 5.4
	トリクロロエチレン	<1.8 ~ 110	<1.8 ~ 2.8
	テトラクロロエチレン	<0.15 ~ 16.0	<0.15 ~ 2.9
炭化水素	アセトン	<0.005 ~ 41.3	<0.005 ~ 0.1
	イソプロピルアルコール	<0.005 ~ 6.5	<0.005 ~ 0.1
	メチルイソブチルケトン	<0.005 ~ 17.9	<0.005 ~ 0.01
	酢酸ブチルエステル	<0.005 ~ 14.4	<0.005 ~ 0.1
	トルエン	<0.005 ~ 0.1	<0.005 ~ 0.04
	エチルセロソルブ	<0.005 ~ 5.8	<0.005 ~ 0.1
	エチルベンゼン	<0.005 ~ 4.7	<0.005 ~ 0.04
m, p-キシレン	<0.005 ~ 45.4	<0.005 ~ 0.3	
o-キシレン	<0.005 ~ 26.1	<0.005 ~ 0.2	

注1. 単位:(排ガス)無機成分のうち全りん、全ほう素及び全ひ素はμg/m<sup>3</sup>N並びに全ふっ素及び全けい素はmg/m<sup>3</sup>N、塩炭化炭化水素はppb、炭化水素はppmC(環境大気)無機成分はμg/m<sup>3</sup>、塩炭化炭化水素はppb、炭化水素はppmC  
2. 不等号(<)の付いた値は検出限界値を要す。

(ウ) 水質関係

a ICの生産工程から排出される排水(原水)は、酸・アルカリ系、ふっ素系、ひ素系及びウエハ裏面研磨系に分別して処理されているが、いずれの排水系統もpH2~3の強酸性であったが、pH調整されており、総合排水はpH6.92~7.77の中性であった。

b 全窒素及び全りんの原水水質は変動が大きく、最大で全窒素142mg/l、全りん34mg/l検出された排水系統があったが、りんは石灰中和及びふっ素処理の過程で除去されており、総合排水の水質は10mg/l以下であった。

- c ふっ素の原水水質は、濃厚系で最大960mg/ℓ、稀薄系で100~200mg/ℓ程度であったが、石灰凝集沈殿又はこれに好過装置を組み合わせた施設で処理されており、その除去率は95%以上（濃厚系は95~99%）で総合排水の水質は10mg/ℓ以下であった。
- d ひ素、ほう素及びクロムは、原水及び総合排水においてほとんど検出されなかった。六価クロムは、原水及び総合排水において検出されなかった。けい素の原水水質は、最大18mg/ℓ検出された排水系統があったが、凝集沈殿により処理されており、総合排水の水質は10mg/ℓ以下であった。
- e トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、1・1・1トリクロロエタン及び四塩化炭素は、原水及び総合排水においてほとんど検出されなかった。検出された場合でも微量であった。

水質関係の測定結果のまとめを表4に示す。

表4 総合排水の測定結果のまとめ

項 目	総 合 排 水
水素イオン濃度 (pH)	6.92 ~ 7.77
生物化学的酸素要求量 (BOD)	2.6 ~ 39
化学的酸素要求量 (COD)	2.0 ~ 16
浮遊物質 (SS)	tr. ~ 16
全窒素含有量	26.3 ~ 61.8
アンモニア態窒素含有量	2.87 ~ 28.5
硝酸・亜硝酸態窒素含有量	4.62 ~ 57.8
全りん含有量	0.42 ~ 9.08
りん酸態りん含有量	0.28 ~ 8.14
ふっ素含有量	5.0 ~ 9.5
ひ素及びその化合物	<0.02 ~ 0.03
ほう素含有量	<0.02 ~ 0.29
けい素含有量	1.28 ~ 9.9
クロム含有量	<0.05 ~ 0.11
六価クロム含有量	<0.02
トリクロロエチレン	<0.0005 ~ 0.0005
テトラクロロエチレン	<0.0001 ~ 0.00035
1,1,1-トリクロロエタン	<0.0001
四塩化炭素	<0.00002~0.0011

- 注1. 単位mg/ℓ（ただし、水素イオン濃度を除く。）
- 2. tr. は痕跡を意味する。
- 3. クロム含有量の検定は、公定法である日本工業規格 K0102・65・1 に定める吸光度法に代えて高周波誘導結合プラズマ(ICP)発光分析法で行った。本調査では、吸光度法と比較して高い値を検出する傾向がみられた。
- 4. 不等号 (<) の付いた値は検出限界値を表わす。

(5) 考察及び課題

ア 半導体製造業においては、ますます技術革新の進

むなかで化学物質の使用状況も変化することが予想される。このため、先端技術に係る環境影響の未然防止を図る観点から、今後も技術面、管理面等により充実した環境保全対策の推進が望まれる。

イ 生産施設の稼動状況、使用化学物質の種類及び使用量などは環境保全上の基礎情報であっても、生産技術に直結する情報という理由から企業秘密とされる場合がある。今後、IC生産は湿式法から乾式法への転換、化合物半導体の量産化と技術変遷するなかで、環境問題とのかかわりも変化するものと思われる。したがって、半導体製造業に対する環境保全対策を推進するうえから、関連する情報を積極的に収集・整備を図ることが必要である。

ウ 化学物質による環境汚染を未然に防止する施策の一環として、シランなどの有害化学物質に関する微量分析法、排ガス・排水の多成分一括分析法及び化学物質の毒性試験法に関する計測技術の開発に努めることが必要である。

5 まとめ

以上述べたことなどをまとめると、次のようになる。

- (1) 東京における先端技術産業の動向は、量産型工場から研究開発・試作生産機能にますますその重点が移行してゆくものと考えられる。
- (2) 先端技術産業における化学物質の使用は、少量多品種型となり、排出物の発生の形態の変化（微量排出等へ）などによる環境への影響の把握が困難となってきた。
- (3) 今回実態調査を行った半導体製造工場においては、特段の問題はなかったが、多種多様な化学物質の使用、生産技術の変化等を考慮すると、今後より一層の環境保全対策の推進が求められる。

注) 上記の調査研究に参加した者は、次のとおりである。

荻田旭、曳地山洋、青木勲、仲真晶子、朝来野国彦、泉川碩雄、古明地哲人、岩崎好陽、辰市祐久、石井康一郎、吉岡秀俊、茅島正資、西井戸敏夫、薄呂木昇、曾田京三、若林明子、津久井公昭、嶋津暉之、志村真理、紺野良子、高橋淑子、安藤晴夫、浜中信夫（環境管理部）、向山雄之助（総務部）、中浦久雄（大気保全部）、菊地幹夫（水質保全部）、井上互（多摩環境保全事務所）