

先端技術産業と環境問題 第2報

—県内IC・半導体産業の廃棄物実態—

増田 武司 須貝 敏英 小野 雄策 渡辺 洋一 小林 進

要 旨

昭和62年度に県内IC・半導体産業に関連する事業所を8カ所選び、使用化学物質の種類や量、ならびに廃棄物の排出形態や処分状況などの調査を実施した。さらに廃棄物に含まれる環境汚染物質についても検索した。

その結果、シリコンウェハの加工やシリコンICの組立を行っている事業所では、汚泥、廃油、廃プラスチックが排出され、汚泥と廃プラスチックは埋め立てられ、廃油は焼却または再生処理されていた。したがって、廃油では焼却、再生処理により重金属類が残渣中に濃縮されるため追跡調査の必要性が認められた。

また、ガリウムヒ素ウェハの製造工程を有する事業所からは、汚泥などの固形廃棄物や廃油が排出され、ガリウムやヒ素を多く含む汚泥は売却や山元還元されており、その他の固形廃棄物はコンクリート固化し埋立処分されていた。廃油はほとんど再生処理されていた。

なお、固形廃棄物からガリウムやヒ素、あるいは、亜鉛、リン、ホウ素が溶出することや廃油の再生処理にともない残渣中に重金属類が濃縮されることが今後の課題と考えられた。

1 はじめに

近年、わが国のIC・半導体産業は急速に発展し、図1に示すように1984年にはその生産額が2兆5800億円にまで達した。その後輸出の低迷から減産され1986年には2兆3300億円となったが、1987年以降は復調する様相を見せている¹⁾。

他方、これら業界の成長に連れてアメリカのシリコンバレー、兵庫県太子町、千葉県君津市などでトリクロロエチレンの漏洩事件²⁾が発生した。この種の産業では使用される化学物質をはじめとして原材料も多種多様のためその使用形態や管理方法によっては新たな環境汚染を引き起こす可能性を秘めている。

前報³⁾では、おもにIC製造工程とそこで使用される化学物質を整理し、各工程から排出される有害物質とその処理について検索した。その結果、IC産業の各工程から排出される様々な廃棄物についてその性状及び処理処分実態を把握し、排出される化学物質の水系

への移行性や土壌中での動向と変化などについて検討する必要が認められた。

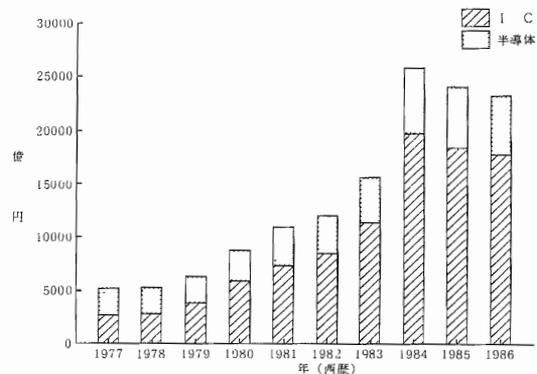


図1 ICおよび半導体素子の生産額

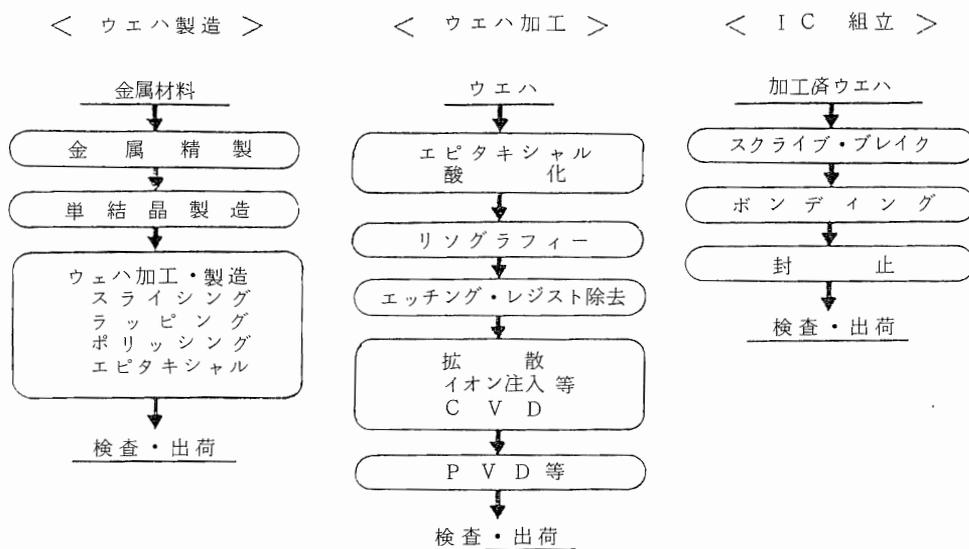


図2 IC製造工程フロー

そこで本報では、IC工場などで使用されている化学物質の種類、量、及び製品と廃棄物への移行割合、ならびに排出される廃棄物の処理処分方法について調査した。

2 調査結果と考察

県内のIC産業ならびに同関連事業所を8カ所選り工程別に化学物質の種類や量、及びそれら物質の排気、排水、廃棄物への移行割合、そして、廃棄物の処理処分方法などについて調査を行った。

対象とした8カ所の事業所は図2に示すような製造工程を有し、内訳は以下の通りであった。

- (1) シリコンウエハ加工処理工程を有する事業所2カ所
(以後、シリコン系加工事業所)
- (2) シリコンIC組立工程を有する事業所2カ所
(以後、シリコン系組立事業所)
- (3) シリコンウエハ加工処理工程と同IC組立工程の2つの工程を有する事業所2カ所
(以後、シリコン系加工組立事業所)
- (4) ガリウムヒ素ウエハ製造工程を有する事業所2カ所

(以後、ガリウムヒ素系製造事業所)

また、(1)～(3)を総称してシリコン系事業所とした。

なお、各事業所で取り扱われる化学物質や廃棄物の量などは、事業規模の違いによりかなり異なるため、各事業所間の格差を考慮し、データはすべてチップ1000個当たりに換算して示した。

2・1 シリコン系事業所

2・1・1 化学物質の種類と量

シリコン系加工やシリコン系加工組立事業所で使用される化学物質には、シリコン成長用の反応物質、ドーパント、有機溶剤、フッ化物、酸類、アルカリ・塩類など多種多様の化学物質がある。

他方、シリコン系組立事業所で使用されていた化学物質は、シリコン系加工やシリコン系加工組立事業所に比べ物質の種類は少なく、トリクロロエチレンなどの洗浄溶剤のみであった。

そこでシリコン系加工とシリコン系加工組立事業所で使用された化学物質ごとの量を試算し、各使用工程を付記して表1に示した。

表1 使用化学物質と工程（シリコン系加工組立事業所及びシリコン系加工事業所）

物質群	使用量 (g/チップ1000個)	使用化学物質 (g/チップ1000個)	主な工程
シリコン成長用反応物質	4.12	SiCl ₄ (3.98), SiH ₄ (0.13), SiH ₂ Cl ₂ (0.014)	エド, CVD, イオン, 拡散
ドーパント類	0.14	POCl ₃ (0.048), P ₂ O ₅ (0.017), PH ₃ (0.024) BBr ₃ (0.032), B ₂ O ₃ (0.017), BF ₃ (0.0048), Sb(0.0013)	拡散, CVD, イオン, エド
有機溶剤	267		
{ 有機ハロゲン系溶剤	87.1	トリクロロエチレン(76.0), J-100(11.0), 1,1,1-トリクロロエタン(0.086)	エッチング, 洗浄
{ 非ハロゲン系溶剤	180	アセトン(47.5), キシレン(45.5), メタノール(33.2), 酢酸ブチル(24.7) イソプロパノール(24.0), EDA(0.35), DMF(0.35) ハクリ液(2.5), エピコート(1.1), 現像液(0.70)	エッチング, 現像, 洗浄, メッキ
フッ化物	43.6	HF(24.1), NH ₄ F(19.5)	エッチング, 洗浄, ケミカル, メッキ
酸類（フッ酸除く）	293	H ₂ SO ₄ (136), HCl(30.8), HNO ₃ (16.2), H ₃ PO ₄ (15.0) 酢酸(3.8), 鉍酸類(91.2)	エッチング, 洗浄, ケミカル, メッキ
アルカリ・塩類他 (NH ₄ F除く)	150	NaOH(104), H ₂ O ₂ (32.5), NH ₄ OH(9.4), NiCl ₂ (0.68), etc	エッチング, メッキ

工程略称：エド(エピタキシャル), イオン(イオン注入), エッチング(エッチング・レジスト除去), ケミカル(ケミカルガス)

メッキ, ケミカルガス工程は一部事業所特有の工程である。

洗浄工程はエッチング・レジスト除去工程以外における洗浄に係わる工程を示す。

シリコン成長用反応物質は4.12g/チップ1000個と使用量が少なく、エピタキシャル成長やCVD工程などでシリコン成長用に使用され、テトラクロロシラン(SiCl₄)がその使用量の大半を占めていた。

ドーパントは0.14g/チップ1000個と使用量が少なく、拡散, CVD, イオン注入工程などで使用され、オキシ塩化リン(POCl₃)などのリン化合物と三臭化ホウ素(BBr₃)などのホウ素化合物が多く使用されていた。

有機溶剤は267g/チップ1000個と酸類について多量に用いられる物質で、リソグラフィ、エッチング工程で用いられるほか、各工程の洗浄剤などとして良く使用されていた。そこで、有機溶剤をハロゲン系溶剤と非ハロゲン系溶剤に分類しその使用量を見ると、それぞれ87.1g/チップ1000個, 180g/チップ1000個の割合であった。

また、ハロゲン系溶剤では、トリクロロエチレンがその使用量の85%以上を占め、その他テトラクロロエチレンを含むはく離剤(J-100)や1,1,1-トリクロロエタンが使用されていた。非ハロゲン系溶剤では、その使用量の26.4%がアセトン, 25.3%がキシレンであった。その他の溶剤では、メタノール, 酢酸ブチルやイソプロピルアルコール等が使われていた。

フッ化物は43.6g/チップ1000個と使用量の多い物質であり、エッチング工程を中心に使用されていた。ま

た、フッ化物の使用量の55.3%がフッ酸で、44.7%がフッ化アンモニウムであった。

酸類（フッ酸を除く）は293g/チップ1000個と最も使用量が多く、エッチング工程などで洗浄剤などとして使用され、特に、硫酸, 塩酸など鉍酸類の使用量が多い。

アルカリ・塩類も150g/チップ1000個と使用量が多く、主にエッチング工程で水酸化ナトリウム等がフッ酸などととも使用されている。また、一部事業所においては、特殊な塩類として、ニッケル塩が使用されていた。

以上のことから、シリコン系加工、シリコン系加工組立事業所の方がシリコン系組立事業所より多種類の化学物質が使用されていることが分かった。特に、毒性の問題で懸念されるシラン系、ホスフィン系などの特殊なガスがごくわずかながら使用されていた。また、毒性の点から注目されているトリクロロエチレン類やフッ酸、劇物に指定されている酸やアルカリ類が多量に使用されていたので、取扱いに注意を要すると考えられた。

2・1・2 化学物質の廃棄物等への移行割合

とりわけ多くの種類の化学物質が使用されていたシリコン系加工事業所とシリコン系加工組立事業所について、各化学物質の製品・大気・排水・廃棄物への移

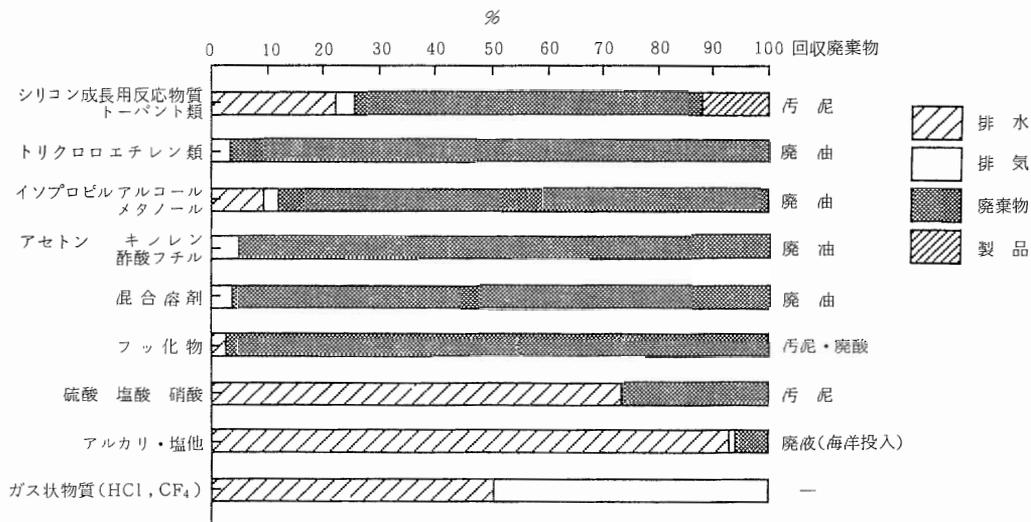


図3 化学物質の移行割合
(シリコン系事業所及びシリコン系加工事業所)

行割合を試算し、その結果を図3に示した。

シリコン成長用反応物質とドーパント類は、総使用量の61.7%が廃棄物(汚泥)として回収され、製品への移行は13.1%で、22.3%が排水へ移行していた。

有機溶剤は、ハロゲン系、非ハロゲン系を問わず95%以上が廃油として回収され、数%は大気中へ拡散することが分かった。この傾向は混合溶剤でも同様であったが、メタノールやイソプロピルアルコールは10%程度が排水中へ移行すると試算された。

フッ化物の97%は廃棄物として回収され、2.7%が排水へ移行していた。また、回収された廃棄物のうち、46%は事業所内で処理されて汚泥となり、残り54%が業者委託により処理されていた。

酸類やアルカリ類の多くは事業所内で中和処理されており、19.8%が汚泥として回収され、60%が排水中へ移行していた。また、メッキ工程から排出されるニッケル塩などの廃液は海洋投入されていた。

シリコン成長用の反応物質やドーパントなどに使われていた以外のガス状物質には、四フッ化炭素と塩化水素ガスがあった。

以上のことから、化学物質の中で製品に移行するのはシリコン成長用の反応物質とドーパントだけで、他の化学物質のほとんどは廃棄物等に移行することが判明した。

2・1・3 廃棄物の種類と発生量及び処分方法

廃棄物の事業所別発生量と処分方法を図4,5に示す。

シリコン系加工・シリコン系加工組立事業所から排出される主な廃棄物は、汚泥、廃油、廃酸、廃アルカリであった。

汚泥は主にエッチング工程に使用されたフッ酸やフッ化アンモニウムを処理したフッ酸処理汚泥で、汚泥発生量の90%以上を占め、残り10%は総合排水処理汚泥であった。これら汚泥は、すべて業者に委託され埋立処分されていた。

有機溶剤は全ての事業所で使用されており、主に各工程の洗浄剤やレジスト関係の処理剤などとして使われている。このため、廃油が汚泥について多く排出される廃棄物であった。これらの処分はすべて中間処理業者に委託されて、焼却又は再生処理され、その比率は各々55%と45%であった。

廃油は種類ごとに分別収集されることが多く、21.6%がトリクロロエチレンであった。トリクロロエチレン類は暫定排水濃度目標が設けられるなど地下水問題が懸念されることから使用事業所では非ハロゲン系溶剤に転換を図ったり、あるいは使用量の低減に努めていた。

また、ほとんどの廃油は種類ごとに専用の容器へ納められ、コンクリート床の建屋または屋根付き囲いの中に保管されていた。しかし、容器破損に対応する防液堤などの施設が不十分な事業所がかなり見受けられたことから、今後は廃油の漏洩対策を中心に、より十分な対応が望まれる。

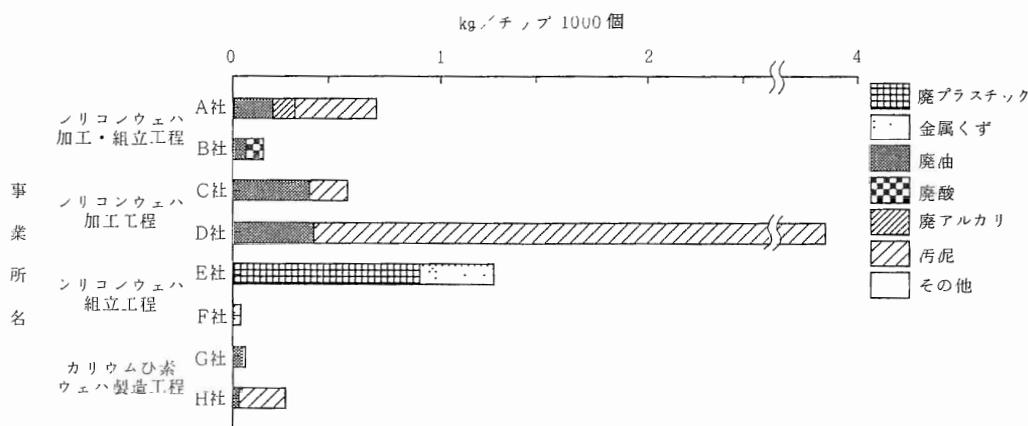


図4 事業所別廃棄物量

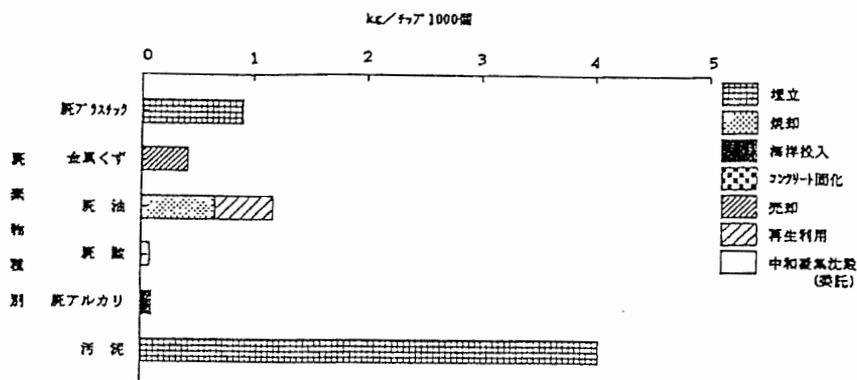


図5 廃棄物の処分方法(シリコン系事業所)

廃酸、廃アルカリは、ほとんど事業所内で中和、凝集沈殿処理され、汚泥として処分されている。

他方、シリコン系組立事業所では、廃プラスチック、金属くず、廃油がおもな廃棄物で、廃プラスチックとしてはモールド樹脂などが多かった。今回の調査では、組立工程を持つ一部の事業所からは廃プラスチックが排出されていない結果となったが、本来は排出されるものと考えられる。廃プラスチックは、ほとんどが委託され埋立処分されていた。金属くずとしては組立工程に由来するリードフレームくず等があったが、これらは全て有価物として売却されていた。

以上のことから、シリコン系加工及びシリコン系加工組立事業所とシリコン組立系事業所とを比較すると、

排出される廃棄物の種類や量が異なることが判明した。

また、廃油は中間処理業者に回収されて処理されるため、そこでどういった処理処分が行われるかが環境保全上の問題として大きいと考えられるので、今後はこれら業者への監視、指導が必要である。

2・1・4 廃棄物中の環境汚染物質の検索

調査対象事業所から採取した廃棄物中の環境汚染物質等の検索を行った。

採取した廃棄物は、汚泥、廃プラスチック、金属くず等の固形廃棄物と廃油等の液状廃棄物であった。また、事業所の放流水についても同時に採水した。

汚泥、廃プラスチック、金属くず等の固形廃棄物に対しては、多くが埋立処分されているため公定法によ

表2 汚泥および放流水分析結果（シリコン系加工組立事業所及びシリコン系加工事業所）

事業所名 検体種別 試験別	シリコン系加工組立事業所			シリコン系加工事業所					
	A 社 フッ酸処理汚泥 放流水 含有量 溶出量			C 社 フッ酸処理汚泥 放流水 含有量 溶出量			D 社 総合排水処理汚泥 放流水 含有量 溶出量		
	mg/kg	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/ℓ	mg/kg	mg/ℓ	mg/ℓ
Cd	2.7	<0.001	<0.001	2.9	<0.001	<0.001	2.2	<0.001	<0.001
Pb	<10	0.01	0.02	720	0.01	0.02	<10	<0.01	<0.01
Cu	86	<0.01	<0.01	9200	<0.01	0.08	1900	<0.01	0.02
Zn	50	<0.01	0.01	51	<0.01	0.14	28	<0.01	0.02
Cr	160	<0.01	<0.01	21	<0.01	<0.01	14	<0.01	<0.01
Ni	120	<0.01	0.27	150	<0.01	<0.01	1400	<0.01	<0.01
Ga	14	<0.01	<0.01	<10	<0.01	<0.01	<10	<0.01	<0.01
As	<50	<0.01	<0.01	<50	<0.01	<0.01	<50	<0.01	<0.01
P	27	<0.01	1.2	130	<0.01	1.5	5000	0.12	0.35
B	—	0.38	0.08	—	0.35	0.05	—	0.08	0.06
F	—	1.5	6.2	—	0.44	1.0	—	11	6.1
Na	1400	<0.1	32	1700	<0.1	34	940	1.3	22
Ca	41000	1300	140	410000	660	8.5	270000	60	70
トリクロエチレン	<0.01	—	0.36	<0.01	—	0.006	<0.01	—	<0.001
テトラクロエチレン	<0.01	—	0.006	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	<0.001
1,1,1-TCE*	<0.01	—	0.003	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	<0.001
70113	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	<0.001

* 1,1,1-TCEは1,1,1-トリクロエタン

る溶出試験を行い、使用物質に由来する物質や廃棄物処理法の有害物質について分析した。さらに、汚泥については含有量試験も実施した。

シリコン系加工組立とシリコン系加工事業所から排出される廃棄物について検討した結果、フッ酸処理汚泥では、C社において鉛と銅の含有量が高かった（表2）。これは、IC製造工程と異なる他の工程から化学物質が一部流入したためと思われる。また、A社、C社ともカルシウムの含有量が高いのは、水処理用に使用された薬品によるものと考えられる。

次に溶出試験についてみると、カドミウム、鉛などの重金属類はほとんど溶出しなかったが、フッ素とホウ素は微量溶出した。しかし、廃棄物の海洋投入処分における許容基準のあるフッ化物については、フッ素濃度が1.5mg/ℓ、0.44mg/ℓと基準値(15mg/ℓ)以下であった。次に、フッ酸処理工程を有する事業所からの放流水についてみると、フッ素濃度は6.2mg/ℓ、1.0mg/ℓとなり、排水基準(15mg/ℓ)に適合してい

た。

D社から採取した総合排水処理汚泥は、銅、ニッケル、リンの含有量が高かった（表2）。銅、ニッケルは電気部品生産工程に由来し、リンの一部はICのエッチング工程からのものと考えられた。

溶出試験によると、これらの成分はほとんど検出されず、また、他の重金属類も溶出しなかった。しかし、フッ素は11mg/ℓ溶出し、放流水からも6.1mg/ℓと排水基準値内ではあるが検出されたことから、フッ素処理についてはより十分な対策が必要であると感じられた。

次に、廃油に含まれる重金属等の無機成分に関する分析結果について、表3に示す。塩類はほとんどの廃油から検出され、特に、真空ポンプオイルで顕著であった。また、銅や亜鉛の検出割合も高く、銅はトリクロエチレン、メタノール、アセトン、イソプロピルアルコールのような廃油中にみられ、亜鉛はほとんどの廃油から検出された。その他に検出される無機成分と

表3 廃油分析結果（シリコン系加工組立事業所及びシリコン系加工事業所）

(mg/kg)

成分 事業所名	単一溶剤を1成分とする廃油										真空蒸留油		混合溶剤系廃油			検出率
	トリクロロエチレン		メタノール		7t/		IPA*		トルン		B社	C社	J-100	アロパ	ハル破	
	B社	C社	A社	C社	C社	D社	C社	D社	C社	D社						
Cd	0.16	0.14	0.032	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.001	<0.001	3/14
Pb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.13	<0.01	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	0.043	<0.01	2/14
Cu	0.05	0.88	12.5	0.27	0.20	0.20	0.06	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1	<0.1	0.3	<0.01	<0.01	8/14
Zn	5.6	8.4	2.1	0.05	0.02	0.25	0.47	0.13	0.03	0.5	<0.1	<0.1	0.9	2.2	0.59	13/14
Cr	<0.01	1.0	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	1/14
Ni	<0.01	3.3	0.39	<0.01	<0.01	<0.01	0.14	0.05	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	<0.01	4/14
As	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	0/14
P	<0.01	<0.01	1.4	1.5	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1	<0.1	<0.1	0.14	2.2	0.57	5/14
塩類**	45	65	3.0	0.02	3.1	<0.01	0.59	0.36	7.3	150	67	5.7	5.9	28		13/14

* IPAはイソプロピルアルコール ** 塩類はNa, Ca, K, Mgの合計濃度

表4 固定廃棄物及び放流水分析結果
(シリコン系組立事業所)

(mg/l)

廃棄物 事業所名	固形廃棄物(溶出試験)			放流水	
	モールド樹脂		カット付	E社	F社
	E社	F社	E社		
Cd	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
Pb	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01
Cu	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01
Zn	<0.01	<0.01	0.05	0.04	0.13
Cr	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Ni	0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01
Ga	-	-	-	<0.01	<0.01
As	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
P	-	0.01	<0.01	0.17	0.01
B	0.25	0.14	0.04	0.06	0.02
F	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Na	-	-	-	38	2.9
Ca	-	-	-	18	9.5
トリクロロエチレン	-	-	-	0.002	<0.001
テトラクロロエチレン	-	-	-	<0.001	<0.001
1,1,1-TCE*	-	-	-	<0.001	<0.001
70/113	-	-	-	<0.001	<0.001

* 1,1,1-TCEは1,1,1-トリクロロエタン

表5 廃油分析結果(シリコン系組立事業所)

(mg/kg)

主成分 事業所	トリクロロエチレン E社	メタノール F社
Cd	0.001	0.001
Pb	<0.01	1.1
Cu	0.52	0.35
Zn	0.24	0.32
Cr	<0.01	<0.01
Ni	0.13	0.09
As	<1.0	<1.0
P	<0.01	1.8
塩類*	4.0	1.7

* 塩類はNa, Ca, K, Mgの合計濃度

しては、リン、ニッケル、カドミウム、鉛などがあつた。これらの重金属類がどの工程で混入したかは不明であるが、重金属類が含まれることは、廃油を再生したり、あるいは焼却処理する場合には、残渣中にこれらの成分が高濃度に濃縮される可能性が高いので、これらについては今後の検討が必要である。

シリコン系組立事業所から採取した廃棄物は、廃プラスチック、金属くず、廃油の3種類であつた。廃プラスチックとしてモールド樹脂が、金属くずとしてカット付樹脂が採取できたので、これらについて

溶出試験を行い、その結果を表4に放流水データとともに示した。溶出試験結果をみると、重金属類は亜鉛の0.06mg/lが最高で、その他の重金属類は、微量検出されるか、不検出であった。リン、ホウ素についても最高0.25mg/lにとどまった。放流水もほぼ溶出試験と同様の結果となった。また、表5に示すように、廃油についてはシリコン系加工組立及びシリコン系加工事業所の廃油(表3)とほぼ同じ傾向であった。

以上のように、廃棄物中の環境汚染物質を検索したところ、固形廃棄物についてはほとんど問題が認められない。しかし、廃油は中間処理業者に回収されるために、廃油中に含まれる重金属類が中間処理により残渣中へ濃縮されることが予想される。したがって、この点については今後の検討が必要である。また、トリクロロエチレン等の溶剤が放流水に検出された例がみられることから、その取扱いに当たっても十分に注意する必要がある。

2・2 ガリウムヒ素ウェハ製造事業所

2・2・1 化学物質の種類と量

ガリウムヒ素系事業所で使用される化学物質を表6に示した。使用化学物質はウェハ材のほか有機溶剤や酸類などであった。

ウェハ材用の金属として、ガリウム、ヒ素、リン、インジウムが精錬されていた。ウェハ製造のため単結晶製造工程に送られるのは、ガリウムとヒ素であった。

有機溶剤は43.0g/チップ1000個使用されていた。そのうち有機ハロゲン溶剤は22.3g/チップ1000個で、トリクロロエチレンとフロン113(1,1,2-ジクロロ-1,2,2-ジフッロエタン)の2種類があった。その他の溶剤では20.7g/チップ1000個使用され、メタノール、アセ

トン、イソプロピルアルコールを中心に使われていた。有機溶剤は金属精錬工程をのぞくすべての工程で使用されていたが、使用溶剤のほとんどすべては廃油として回収されていた。

また、酸類は448g/チップ1000個使用され、硝酸>塩酸>硫酸>フッ酸の順であった。使用量の多い硝酸はその90%以上が金属精錬工程で使用されている。

アルカリ・塩類他では7.8g/チップ1000個使用されていた。水酸化ナトリウム>水酸化カリウム>水酸化アンモニウム及びウェハ研磨(ポリッシング)用の次亜塩素酸ナトリウムと過酸化水素が使われていた。

ガリウムヒ素系事業所においては、シリコン系加工組立・シリコン系加工事業所に比べて使用される化学物質の種類は少なかった。また、使用量の多い酸類やトリクロロエチレン等の有機溶剤の取扱いについてもシリコン系事業所と同様に注意が必要である。さらに、ヒ素やガリウムの使用に当たっては、毒性の点で十分注意する必要がある。

2・2・2 廃棄物の種類と発生量及び処分方法

ガリウムヒ素系事業所における廃棄物の事業所別発生量、処分状況等について、図4,6に示す。ガリウムヒ素系事業所では、主に汚泥、廃油が排出されていた。

ガリウムヒ素系事業所における汚泥の多くはヒ素含有排水の処理汚泥である。回収された汚泥はその処分方法として、売却もしくは山元還元されている。

廃油は汚泥について排出量が多かった。これらは成分ごとに分別収集され、その処分はすべて中間処理業者により再生処理などがされている。

トリクロロエチレン等の保管に際しては、シリコン系事業所と同様、容器破損に対応する防液堤の設置など漏洩対策に対しては不備な点も見受けられた。

表6 使用化学物質と工程(ガリウムヒ素系事業所)

物質群	使用量 (g/チップ1000個)	使用化学物質 (g/チップ1000個)	主な工程
ウェハ材	346	Ga(91.0), As(45.4), P(182), In(27.3)	精製, 結晶
有機溶剤	43.0		
{ 有機ハロゲン系溶剤	22.3	トリクロロエチレン(16.6), フロン113(5.7)	加工
{ 非ハロゲン系溶剤	20.7	メタノール(7.3), アセトン(7.1), イソプロピルアルコール(5.7), エタノール(0.57)	加工, エド
酸類	448	HNO ₃ (348), HCl(74), H ₂ SO ₄ (26.2), HF(0.15)	精製, 結晶, 加工, エド
アルカリ・塩類他	7.8	NaOH(1.4), KOH(1.4), NH ₄ OH(0.90), NaClO ₄ (2.3), H ₂ O ₂ (1.8)	加工
その他	133	B ₂ O ₃ (133)	結晶

工程略称：精製(金属精製), 結晶(単結晶製造), 加工(ウェハ加工・製造), エド(エドケミカル)

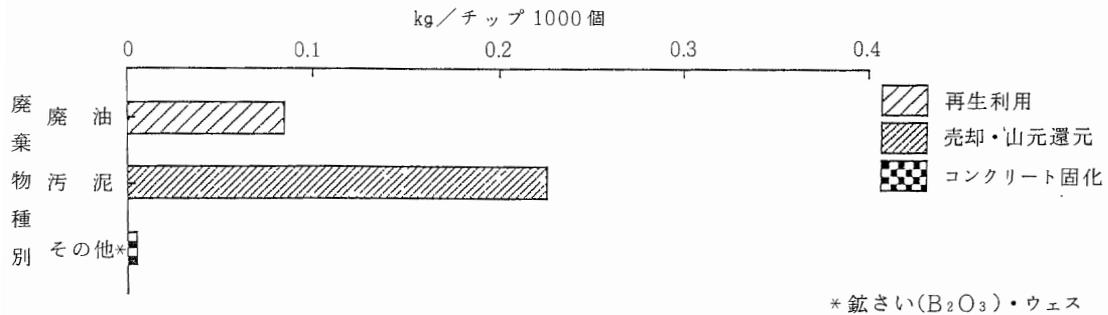


図6 廃棄物の処分方法(ガリウムヒ素系事業所)

廃酸は、事業所内で中和、凝集沈殿処理されて汚泥として回収されている。

ガリウムヒ素系事業所では、その他研磨材汚泥、ウェス、鉍さい（三酸化ホウ素）などが廃棄物として認められたが、これらはすべてヒ素等が混入しているので、コンクリート固化し埋立処分されている。

以上のように、汚泥などの固形廃棄物にガリウムやヒ素などが含有されているため、売却や山元還元、あるいはコンクリート固化などを施した後埋立処分されていた。また、廃油はほとんど再生処理されていた。このためシリコン系事業所と同様に廃棄物の中間処理

について追跡調査する必要性が認められた。

2・2・3 廃棄物中の汚染物質の検索

採取した廃棄物は汚泥などの固形廃棄物と廃油などの液状廃棄物であった。また、放流水も同時に採水した。

固形廃棄物に対してはシリコン系事業所の廃棄物と同様に溶出試験を行い、汚泥に関しては同時に含有試験を実施した。

ガリウムヒ素系事業所における固形廃棄物の分析結果を表7に示す。

表7 汚泥、放流水及びその他の固形廃棄物分析結果（ガリウムヒ素系事業所）

事業所名 検体種別 試験別	G 社			H 社			G 社			
	総合排水 含有量	処理汚泥 溶出量	放流水 溶出量	総合排水 含有量	処理汚泥 溶出量	放流水 溶出量	研磨剤汚泥 含有量	ウェス 溶出量	鉍さい** 溶出量	鉍さい** 溶出量
	mg/kg	mg/l	mg/l	mg/kg	mg/l	mg/l	mg/kg	mg/l	mg/l	mg/l
C d	10000	0.014	0.023	44	<0.001	<0.001	6.7	0.035	<0.001	0.007
P b	42	<0.01	<0.01	14	0.03	<0.01	<10	0.02	0.01	0.05
C u	620	<0.01	<0.01	730	0.03	<0.01	98	0.01	0.02	<0.01
Z n	23000	<0.01	<0.01	1700	0.15	0.10	53	<0.01	0.06	0.22
C r	64	<0.01	<0.01	46	0.02	<0.01	<10	<0.01	<0.01	<0.01
N i	430	<0.01	<0.01	<10	<0.01	<0.01	<10	<0.01	0.03	0.02
G a	660	0.42	0.10	30000	1.5	2.2	9400	32	9.0	0.33
A s	600	0.08	0.12	2600	0.06	<0.01	680	27	24	9.5
P	1900	1.8	9.2	6500	<0.01	0.57	—	23	9.0	4.8
B	—	0.54	0.49	—	0.34	0.19	—	0.49	2.8	8500
F	—	<0.5	<0.5	—	10	2.6	—	<0.5	<0.5	<0.5
N a	3600	50	480	18000	360	100	14000	500	60	<0.1
C a	130000	67	120	46000	130	15	55	<0.1	<3.0	3.9
トリクロロエチレン	<0.01	—	0.002	<0.01	—	0.004	<0.01	—	—	—
テトラクロロエチレン	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	—	—
1,1,1-TCE*	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	—	—
70n113	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	<0.001	<0.01	—	—	—

* 1,1,1-TCEは1,1,1-トリクロロエタン

** 鉍さいは三酸化ホウ素

表8 廃油分析結果(ガリウムヒ素系事業所)

(mg/kg)

主成分 事業所名	単一溶剤を主成分とする廃油									真空 ポンプオイル G社	混合溶剤		検出率	
	トリクロロエチレン			メタノール		IPA*	アセトン		キシレン		ナリ液	メタノール/Br		
	G社	H社	H社	G社	H社	H社	G社	H社	H社		H社	H社		
Cd	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	0.005	<0.001	1/12
Pb	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1	<0.01	<0.01	0/12
Cu	0.04	<0.01	0.02	<0.01	0.24	<0.01	2.0	<0.01	<0.01	<0.01	2.2	0.32	<0.01	6/12
Zn	0.14	0.06	0.08	<0.01	0.48	0.09	0.10	0.14	0.16	<0.1	<0.1	1.7	0.10	8/12
Cr	<0.01	<0.01	0.08	<0.01	0.09	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1	<0.1	<0.01	<0.01	2/12
Ni	<0.01	0.05	0.02	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.1	1.0	0.68	<0.01	5/12
Ga	<0.05	<0.05	<0.05	0.30	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.5	<0.5	0.31	<0.05	2/12
As	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0	<10	<1.0	<1.0	<1.0	0/12
P	—	<0.01	<0.01	<0.01	10	<0.01	2.6	<0.01	<0.01	56	0.02	1.4		5/11
塩類**	0.07	1.0	2.4	0.05	0.26	1.0	0.02	11	0.36	62	18	0.56		12/12

* IPAはイソプロピルアルコール ** 塩類はNa, Ca, K, Mgの合計濃度

総合排水処理汚泥の含有量試験で、G社、H社ともに共通する点は、銅、亜鉛、ガリウム、ヒ素、リン、カルシウムなどが高いことである。ただし、G社ではカドミウムと亜鉛が、H社ではガリウムとリンの含有量が極めて高い。G社でカドミウムと亜鉛の含有量が極めて高い。G社でカドミウムと亜鉛の含有量が高かったのは、他の事業の工程から混入したと考えられ、その他の多量成分は、ガリウムヒ素系事業所特有のものと思われる。

次に、溶出試験結果をみると、重金属類はほとんど溶出しませんが、H社で亜鉛の溶出が認められる。また、他の無機成分では、ガリウム、ヒ素、ホウ素の溶出が一部認められ、G社においてはリンも溶出していた。放流水の分析結果も、ほぼ同様の傾向を示している。

その他、固形廃棄物としては、研磨材汚泥、ウェス、鉍さい（三酸化ホウ素）がある。研磨材汚泥はガリウム、ヒ素、リンを多量に含み、かつ溶出しやすいことが分かった。また、ウェス、鉍さい（三酸化ホウ素）の溶出試験結果から研磨材汚泥同様、ガリウム、ヒ素、リンの溶出量が多いことが判明した。特に、これら廃棄物はヒ素の溶出量が多いため、コンクリート固化を施し溶出を防止していた。

次に、廃油に含まれる重金属等の分析結果について表8に示す。

ほとんどの廃油から、無機成分として塩類が検出され、特に、真空ポンプオイルで顕著であった。また、

銅、亜鉛、ニッケル、リンの検出割合が高く、亜鉛はほとんどの廃油から検出された。その他に検出された無機成分は、クロム、ガリウム、カドミウムなどであった。

以上のように、ガリウムヒ素系事業所から排出されるすべての固形廃棄物から、汚染物質としてガリウム、ヒ素が検出された。また、亜鉛、リン、ホウ素についても、検出される廃棄物が多く、その取扱いには注意を要する。

また、廃油は再生利用されるため、廃油中に含まれる重金属類が残渣中に濃縮されることが懸念された。

3 まとめ

県内のIC・半導体産業に関連する事業所を8カ所選び、使用化学物質の種類や量、ならびに、廃棄物の排出形態や処分方法を調査し、さらに、廃棄物中に含まれる汚染物質についても検索した。

その結果、シリコン系事業所では、化学物質としてトリクロロエチレンなどの有機溶剤やフッ酸などのフッ化物、さらには、酸類やアルカリ類が多量に使用されていることが分かった。また、使用量は少ないが毒性の高いシラン類やホスフィン類などの特殊なガスも使用されている。

これらの化学物質はほとんどが廃棄物に移行し、組立工程からは廃プラスチックが、加工処理工程からは

汚泥や廃油などが排出されていた。また、これら廃棄物の処分方法を調査したところ、廃油は分別収集され、焼却または再生処理されていることが判明した。

さらに、廃棄物中の環境汚染物質を検索したところ、固形廃棄物では環境に影響を与えるほどの汚染物質は認めにくかったが、廃油では中間処理を施すことにより、重金属類（銅、亜鉛、リン、ニッケル、カドミウム、鉛）が濃縮される点に問題が残った。

他方、ガリウムヒ素系事業所では、シリコン系事業所に比べ化学物質の種類が少ないものの、毒性の高いガリウムヒ素が多量に使われていた。また、有機溶剤や酸類もシリコン系事業所と同様に使用量が多かった。

排出される廃棄物は、主に汚泥などの固形廃棄物と廃油であった。汚泥はガリウムヒ素を多量に含むため、山元還元されたり、または売却されている。また、その他の固形廃棄物としては、研磨剤汚泥、ウェス、鉍さい（三酸化ホウ素）などがあり、これらはヒ素が溶出しやすいためコンクリート固化し埋立処分されていた。廃油は事業所内で分別収集され再生利用されていた。

また、廃棄物中の環境汚染物質について検索したところ、ほとんどの固形廃棄物から多量のガリウムヒ素が検出され、溶出量も多く、また、亜鉛、リン、ホウ素も検出された。そのため、これら固形廃棄物の取扱いや処分にあたっては十分に注意することが必要である。さらに、廃油は再生処理により、残渣中に重金属類（銅、亜鉛、ニッケル、リン）が濃縮されるため、追跡調査の必要性が認められた。

参考文献

- 1) 通商産業省監修；電子工業年鑑(1988)
- 2) 環境庁；環境技術会議報告書(1987)など
- 3) 小林進ら；先端技術産業と環境問題，埼玉県公害センター年報〔13〕，9-23,1986 .