



## 金属資源シリーズ—スズ—

清水 直 十

### Metallic Resources Series — Stannum (Tin) —

Naoju SHIMIZU

#### 1. 概 説

スズの鉱石は主としてスズ石 (Cassiterite:  $\text{SnO}_2$ : Sn 分 78.6%) で、砂鉱で産出する砂スズ (placer tin または alluvial tin) と鉱脈として産出する山スズ (vein tin または lode tin) とに分けられる。砂鉱は山スズが風化して砂礫状になったもので鉱石のスズ含有量は 0.015% くらいで大へん低いが不純物が少なく容易にグレードアップができる。マレーシア、タイ、インドネシア、ナイジェリア、ザイール等から産出している。これに反し山スズは不純物 (Cu, As, Sb, Bi, Zn, Pb, Fe, S, W 等) が多く、選鉱、製錬共に困難を伴う。ボリビア、中国、英国コーンウォール地方から産出するのがこれで、日本でも錫山 (鹿児島) からスズ鉱、明延 (兵庫)、鐘打 (京都)、大谷 (京都)、玖珂 (山口) から随伴鉱物としてスズを産出しており、いずれも山スズである。

採掘法は砂鉱ではバケットドレッシング (浚渫法) またはグラベルポンピング (砂礫汲み上げ法) でいずれも水力によつている。ドレッシングの最大のもは重量 5000 t、全長 200 m、深さは 46 m まで掘ることができ、採取力は 1 h に 800 m<sup>3</sup> に達する。バケットチェーンによつて水底から引き上げられた鉱石はジグその他の簡単な比重選鉱装置によつて通常船上で Sn 5~15% の中間精鉱にしている。グラベルポンプ法では強力な噴出水力によつてスズ含有砂礫層を打ち砕き、水洗して中央の水だめに流し込み次にこのスラリーをポンプで高所に送り、パロングと称する傾斜した長樋の中を流してスズ石と岩石とを分離する一種の比重選鉱装置でここでも一次精鉱は 15~20% くらい Sn 分である。ドレッシング、グラベルポンピングいずれの場合にも一次精鉱はテーブル選鉱機 (淘汰盤) 等で更に品位を上げて通常 Sn 70% 以上の精鉱にしている。山スズは一般に坑道掘りで採掘されるが、粗鉱の品位は 0.8~1.0% くらいが多く、しばしば複合鉱物より成つていて、比重選鉱が

普通であるが一部に浮遊選鉱も行われている。ボリビアの山スズでは精鉱品位が 20% という低い例もある。次にスズ精鉱の分析例を示す (表 1)。

スズの製錬は一般に乾式法で行われる。不純物の少ない砂スズでは製錬は容易で比較的低温で還元されるので昔から簡単な装置が使われてきた。Fe 分の多い山スズ系精鉱では焙焼等の予備処理を行つてから Fe をできるだけ還元させないでスズの相当量がスラグに移るのを覚悟で鉱石吹きと称する一次製錬を行い、次いで Sn を 15~20% 含有するスラグの再処理から成るカラミ吹きと称する二次製錬を行う。両製錬から得られる製品は溶離法等の乾式精製を行うか、電解法によつて最終製品としているがその方法は製錬所ごとに違つている。表 2 に代表的スズ地金の分析例を示す。

最近 10 年間の共産圏を除く世界のスズの生産、消費および価格の趨勢は表 3 に示すとおりである。

#### 2. 世界のスズ資源

天然資源はすべて有限であつていつかは枯渇する。世界のスズ資源は今後どれくらい続くかについての幾つかの推定を次に紹介したい。

① クラーク数: 1924 年米国の地球化学者 F. W. CLARKE は地球表層部 (地表面下 10 マイルまで) におけるそれぞれの元素の存在度の推定値 (重量%) を計算発表しているが、それによるとスズは多い方から 30 番目で 0.004% である。この値は亜鉛と同量 (31 番目, 0.004%, ただし亜鉛は後で 0.008% と訂正された。) で鉛の約 2.5 倍 (36 番目, 0.0015%), 銅の約 1/3 倍 (25 番目, 0.01%, ただし銅は後に 0.007% と訂正された。) に相当する。現在主要非鉄金属の年間消費量は Cu 800 万 t, Zn 600 万 t, Pb 400 万 t, Sn 20 万 t であるから Sn は少なくとも Cu, Zn, Pb よりも地球上で枯渇するに至るまでの年限は長いことが類推できよう。

② 1964 年英国リバプール大学の W. ROBERTSON

昭和 56 年 6 月 24 日受付 (Received June 24, 1981) (依頼解説)

\* 日本錫センター (Japan Tin Center, 1-3-6 Uchisaiwai-cho Chiyoda-ku 100)

表 1 代表的スズ精鉱の分析例

	Sn	Cu	Pb	Fe	Bi	As	Sb	S	WO <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
マレーシア	74.78	0.004	0.004	0.308	0.041	0.012	0.071	0.004	0.411	2.12	0.92	0.16
インドネシア	73.7	0.001	0.003	1.02	0.001	0.003	0.001	0.01	—	0.99	—	—
タイ	77.45	0.001	0.002	0.20	0.002	0.003	0.001	0.008	Tr	0.30	—	—
アフリカ	70.44	0.016	0.012	0.78	0.005	0.054	0.005	0.15	—	3.70	—	—
ポリビア	59.2	0.12	0.18	5.4	0.93	0.00	0.04	3.0	0.07	1.3	1.21	0.50
明 延	56.20	0.09	0.09	8.83	Tr	0.89	—	1.66	2.45	2.99	1.04	0.17

表 2 スズ地金の分析例

銘柄	Sn	Sb	As	Pb	Bi	Cu	Fe	S	Ni+Co
E.S. Coy Ltd (マレーシア)	99.898	0.003	0.027	0.037	0.004	0.023	0.005	0.01	0.002
S.T. Co Ltd (マレーシア)	99.891	0.003	0.038	0.038	0.008	0.015	0.005	—	0.002
Banka (インドネシア)	99.92	0.005	0.017	0.036	0.004	0.01	0.007	—	—
Thaisarco (タイ)	99.925	0.003	0.025	0.032	0.004	0.004	0.005	tr.	0.002
Pass No. 1 (英国)	99.95	<0.02	0.003	0.001	—	—	0.002	—	—
Pass Electrolytic (英国)	>99.90	<0.04	0.003	0.001	—	—	0.002	—	—
三菱電気錫 (日本)	99.99	0.0036	0.0009	0.0033	0.0001	0.0009	0.0008	—	—
三菱高純度錫 (日本)	>99.999	—	—	tr.	—	tr.	—	—	—

出典: Metal Statistics: A.M.M.

表 3 スズの生産, 消費および価格の趨勢

年	精鉱含有量	一次金属生産量	一次金属消費量	ペナン価格	日本市場価格
1970	185 900 t	184 100 t	185 600 t	MS/ピクル 665	円/kg 1 365
71	187 400	185 500	189 400	632	1 286
72	196 000	191 300	192 000	627	1 195
73	188 500	187 300	214 200	686	1 378
74	183 100	181 100	200 100	1 137	2 586
75	180 800	178 100	173 900	964	2 193
76	179 200	182 200	194 300	1 147	2 384
77	188 300	179 400	184 100	1 588	3 083
78	197 900	191 100	186 400	1 743	2 819
79	201 100	204 000	184 000	1 961	3 502
80	199 100	201 200	177 400	2 160	4 115

出典: I.T.C.

の“Report on the World Tin Position”なる報文によると 1970 年の total reserves はスズ価 1 100 ポンドと仮定 (実際は 1 530 ポンドだった) して精鉱含有スズ量で約 350 万 ton(UK) という数値を発表している。

⊙ 1969 年米国地質調査所の C. U. SAINSBURY は“Tin Resources of the World”の中で世界のスズ資源はソ連と中国を除いて 710 万 8 千 ton(UK) と述べている。

⊖ 1972 年第 3 回世界スズ技術会議において国際スズ理事会 (I. T. C.) 事務局長 W. Fox はソ連, 中国, ビルマを除く全世界のスズ資源は確定と推定とを含めて 1971 年末で 450~510 万 ton(UK) であつたと発表している。その内訳は

- マレーシア 0.9~1.0 百万 ton(UK)
- タイ 1.0
- インドネシア 0.5~0.6
- ポリビア 0.7~0.9
- コンゴ 0.5
- ブラジル 0.25~0.4

オーストラリア 0.25~0.3

ナイジェリア 0.1~0.15

英国 0.1+

その他 0.2

合計 4.5~5.1

一方ソ連, 中国等生産圏を除く世界のスズ消費量は現在 18 万 t/年で西暦 2000 年にはこの数字は 215 000~235 000 t/y と推定されるので, 上記埋蔵量は 25~30 年分の世界消費量に相当すると述べている。

なおソ連と中国については国際スズ理事会の統計はないが SAINSBURY によればソ連の埋蔵量が 63 万 t, 中国が 150 万 t (いずれも確定と推定を含む) と推定されている。

⊕ 1972 年 1 月から約 18 ヶ月間の調査で米国内務省がまとめた Geological Survey Professional Paper 820 (Donald A. BROBST, Walden P. PRATT 編) によると

Reserves: Measured + Indicated	3 649 965
Inferred	6 327 800
Conditional resources:	
Paramarginal	5 888 000
Submarginal	4 373 000
Undiscovered resources:	
Hypothetical	9 289 000
Speculative	7 504 700
合計	37 032 465

これは上記内訳のように現在の技術経済条件下, 条件付きおよび未発見の資源に対する仮定と投機的數量までを含めたものであるが, 膨大な量で現在の世界のスズ消費量 20 万 t/y からすれば約 185 年分に相当する。

① 1980年6月国際スズ理事会が「スズの生産と投資に関する報告書」の中で発表した世界のスズの推定埋蔵量は次のとおりである。

マレーシア	2 000 000 t (1977年現在)
ボリビア	523 187
タイ	863 000
インドネシア	1 640 000
オーストラリア	919 700
ザイール	101 500
ナイジェリア	163 000 (1972年現在)
ブラジル	372 000
ビルマ	45 000
中国	2 200 000
ソ連	1 000 000
合計	9 827 387

以上比較的新しい幾つかのスズ資源に関する資料を列記したが、これらからスズは少なくとも銅、亜鉛、鉛といたつた非鉄金属の主流と思われるものよりも枯渇に至るまでの年限は長いと考えてよいように思われる。

次に国際スズ理事会の資料により鉱石と一次金属の主要生産国の最近の傾向を表4と表5に示す。なおこれらの表には参考のため日本の産出量を示してある。

表4 主要生産国のスズ鉱産出の趨勢  
(精鉱含有スズ量)

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
マレーシア	68 122	64 364	63 401	58 703	62 650	62 995	61 404
ボリビア	30 150	31 952	30 315	33 624	30 881	27 781	27 272
インドネシア	25 630	25 346	23 418	25 921	27 410	29 440	32 527
タイ	20 339	16 406	20 453	24 205	30 186	33 962	33 685
オーストラリア	10 480	9 310	10 389	10 694	11 716	12 571	10 391
ブラジル	3 555	4 550	5 388	6 287	8 500	7 005	6 756
ザイール	4 720	4 574	3 950	3 900	3 450	3 300	3 159
ナイジェリア	5 455	4 652	3 710	3 267	2 751	2 750	2 498
英国	3 239	3 330	3 323	3 851	2 802	2 374	3 028
南ア	2 490	2 771	2 709	2 876	2 887	2 693	2 877
日本	550	654	634	604	598	658	550

出典：I.T.C.

表5 一次金属スズの主要生産国と生産量

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
マレーシア	84 394	83 070	78 017	66 305	71 953	73 068	71 318
タイ	19 827	16 630	20 337	23 102	28 945	33 058	34 689
インドネシア	15 065	17 826	23 322	24 005	25 830	27 790	30 465
英国	12 107	11 585	11 161	10 114	8 445	8 025	5 944
ボリビア	6 907	7 552	9 790	13 048	16 181	15 696	18 488
オーストラリア	6 714	5 254	5 593	5 561	5 129	5 423	4 686
ブラジル	6 155	6 638	6 423	7 685	8 354	9 985	8 792
米国	6 100	6 410	5 733	6 724	3 873	4 528	3 900
スペイン	5 862	5 249	5 369	5 307	4 575	4 412	4 200
ナイジェリア	5 574	4 677	3 667	3 315	2 698	2 858	2 630
ベルギー	3 418	4 562	4 068	3 520	3 295	2 165	2 822
日本	1 327	1 210	1 145	1 271	1 140	1 252	1 319

出典：I.T.C.

表4でみるとおりづつと鉱石産出量で世界の1, 2位を占めていたマレーシア、ボリビアが漸減傾向を示しておりここ1, 2年はタイ、インドネシアの著しい増産に追われて順位の変化が現れていること、またザイール、ナイジェリアの生産も伸びずブラジルが増加していることも注目に値する。表5は一次金属スズの主要生産国別生産量の変遷を示したもので特に山スズにあつては鉱石生産国と製錬国とは異なることが多く、複雑な国際間の取り引きの一端がみられる。表6は世界の主要一次金属スズ製錬会社とその製錬所所在地及び年産能力を示したものである。

### 3. 需 要

世界のスズの消費量は表3にみるとおり、20~18万tで伸び率は極めて小さい。オイルショック後昨年までの主要消費国の消費量は表7に示すとおり米国、日本、西独、フランスおよび英国が主要消費国になつており、主要消費11ヶ国を合計した場合のスズの用途別百分率の最近10ヶ年の推移を示すと表8のようになっていく。

表8でみるとおりぶりに消費されるスズの割合はかつての45%から40%を割るようになっていく。これは日本を除いて世界の各国のぶりにきのSn日付量が減少していることが主要な理由である。はんだに消費されるSnはわずかながら増加している。軸受合金、銅合金、めつきについてはほとんど増減なくその他が増加しているのは無機および有機のスズ化成品が台頭しているからである。

次に昭和40年以降のわが国の用途別のスズの消費量を示すと表9のようになる。

スズの用途の第1位に位しているのはもちろんぶりにきで低炭素鋼薄板に電解でスズめつきしたもの(全生産の98%以上)と熔融浸漬法でスズめつきしたものがある。世界の主要ぶりにき生産国は米、日、英、仏、西独の諸国で年間1400~1500万tが生産されて各種の缶、包装容器、18l缶、王冠、機械、電気、ラジオ部品等になつている。わが国のぶりにきメーカーは新日鉄、東洋鋼板、日本鋼管、川崎製鉄の4社が電気ぶりにき、東京ブリキ(後註)が熱漬ぶりにきを生産しており、この所生産量は年間約180~190万t、これに使用するスズは年間約1万2千~1万3千tでほとんど全部が電気ぶりにきである。最近のぶりにきt当たりのスズ使用量をI.T.C.の資料から拾うと表10のようになる。

なおわが国のぶりにき生産の約半分が内需、残りは輸出しており内需の75~80%が食缶で食缶の約80%が飲料缶となつており、残りが5ガロン缶と一般美術缶である。飲料缶は伝統的なスリーピース缶の外ここ10年来D.I.法(深絞りしごき法)によるツーピース缶がぶりにきからも製造されていることは御承知のとおりである。

表 6 世界の主要一次スズ製錬会社と製錬所所在地および年産能力 (1977年末現在)

国名	会社名	製錬所所在地	年産能力
マレーシア	Datuk Keramat Smelting Sdn Bhd.	Georgetown-Penang	70 000 t
	The Straits Trading Company Ltd.	Butterworth-Penang	60 000
インドネシア	Pelitim-Indonesian State Tin Corp.	Mentok-Banka	33 000
タイ	Thailand Smelting & Refining Co., Ltd.	Phuket	25 000
ポリビア	Empresa Nacional de Fundiciones, ENAF	Vinto	16 000
	Funestano	Oruro	5 000
英国	Capper Pass & Son Ltd.	North Ferriby	18 000
	Williams, Harvey & Co., Ltd.	Kirkby	8 000
米国	Gulf Chemical & Metallurgical Corp.	Texas City	8 000
ナイジェリア	Makeri Smelting Co., Ltd.	Jos	13 500
ザイール	Zairétain	Manono	7 000
ブラジル	Cia Estanifera do Brasil, CESBRA	Volta Redonda	7 000
ベルギー	Metallurgie Hoboken-Overpelt S.A.	Hoboken	8 000
スペイン	Metalurgica del Noroeste S.A. MENSA	Villagarcia de Arosa	6 000
オーストラリア	Associated Tin Smelters Pty. Ltd.	Alexandoria-Sydney	6 500

出典：I.T.C.

表 7 一次金属スズの主要消費国と消費量

	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
	t	t	t	t	t	t	t
米 国	52 439	43 620	51 767	47 596	48 403	49 496	46 000
日 本	33 817	28 115	34 676	29 685	29 453	31 219	31 189
西 独	14 539	11 958	14 844	14 115	13 535	13 655	14 271
英 国	14 459	12 164	13 500	12 681	12 154	11 094	7 807
フ ラ ン ス	11 266	10 340	10 200	10 678	9 912	9 660	10 059
イ タ リ ア	9 300	6 300	5 900	6 200	6 800	6 000	6 500
ブ ラ ジ ル	3 502	4 300	4 520	5 300	5 800	5 360	5 012
カ ナ ダ	5 425	4 250	4 849	4 950	5 255	5 397	4 766
オ ラ ン ダ	4 385	3 583	3 805	3 556	3 667	4 761	4 900
ス ペ イ ン	4 500	4 700	4 600	3 738	4 530	4 057	4 250
ポ ー ラ ン ド	4 450	4 300	5 096	4 680	4 616	3 873	3 309
オーストラリア	4 293	3 258	3 646	3 762	3 572	3 387	2 985
チェコ スロバキア	3 804	3 400	3 500	3 052	3 224	3 200	3 200

出典：I.T.C.

表 8 主要スズ消費国の用途別スズ消費割合

	1969	1971	1973	1975	1977	1979
ぶ り き	44.2%	43.7%	38.4%	41.4%	41.5%	39.0%
は ん だ	23.1	23.8	26.6	24.1	23.6	24.7
軸 受 合 金	8.4	8.1	7.9	9.2	8.0	8.8
銅 合 金	8.7	7.7	7.5	7.5	6.5	6.7
め つ き	4.2	4.4	4.1	4.2	4.2	4.3
そ の 他	11.4	12.3	15.5	13.6	16.2	16.5
合 計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

出典：I.T.C.

表 9 日本におけるスズの用途別消費量

単位：t

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
ぶ り き	7 848	9 320	9 844	10 504	12 261	12 523	14 100	13 662	15 182	15 437	11 633	14 254	12 987	12 121	12 407	11 998
電 線	590	444	577	522	680	656	551	527	764	695	580	921	864	1 062	1 217	1 394
伸 銅	441	563	697	752	884	911	1 058	1 222	1 371	763	715	1 123	884	1 152	1 258	1 236
銅合金鋳物	744	775	1 043	1 106	1 123	1 074	1 157	1 003	992	877	595	418	278	282	329	289
減 圧 合 金	1 240	1 376	1 458	1 627	1 625	1 407	1 207	1 130	1 228	1 535	1 122	1 218	1 039	809	816	855
は ん だ	5 135	5 534	6 145	7 188	8 155	8 663	8 961	10 637	13 440	10 567	10 439	12 748	9 738	9 643	10 234	10 877
チューブ	197	183	173	160	152	126	123	132	155	113	69	75	69	64	59	41
スズ管板	29	12	1	9	5	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
スズ箔	188	206	197	200	403	452	329	345	607	371	153	256	578*	564*	566*	570*
活 字	23	30	28	11	12	12	6	21	8	13	28	12	—	—	—	—
め つ き	107	118	123	160	205	206	204	195	221	252	256	321	217	250	247	231
粉 末	98	145	209	248	317	350	348	436	509	357	284	450	*	*	*	*
塩ビ安定剤	—	—	—	—	—	1 735	1 773	2 234	2 232	1 388	965	1 752	1 642	1 853	2 119	1 648
そ の 他	333	394	580	578	587	492	585	975	2 089	1 261	1 271	1 220	1 410	1 770	1 967	1 739
小 計	16 974	19 100	21 086	23 065	26 409	28 609	30 403	32 510	38 797	33 630	28 109	34 768	29 706	29 569	31 219	30 878
輸 出	160	14	47	107	138	393	509	349	376	775	220	56	205	66	84	38
合 計	17 134	19 114	21 133	23 172	26 547	29 002	30 912	32 859	39 173	34 405	28 329	34 824	29 911	29 635	31 303	30 916

出典：資源統計年報

表 10 ぶりき t 当たりスズ消費量 kg/t

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
日本	7.4	8.5	7.9	8.0	7.7	7.5	7.9	7.0	6.7	6.6
米国	5.0	5.0	5.0	4.9	4.8	4.7	4.7	4.4	4.3	4.3
E. E. C.	6.5	6.6	6.3	6.4	6.4	6.3	5.8	5.7	5.7	5.4

スズの使用量で第 2 位を占めわずかながら使用量が増加を続けているのがはんだで通常 Sn-Pb 合金が使われ、古くローマ時代から利用されて来た。はんだはラジオ、テレビ、コンピュータ、レーダー装置等現代の電子工業で広く部品の接合用に利用されるばかりでなく、自動車のラジエーター、製缶から鉛工用までわれわれの生活と密接に関係している。Sn-Pb 二元合金は Sn 61.9%、Pb 38.1% のところに共晶点があり融点が 183°C でこの組成の前後が最もはんだ付け操作が行いやすい。JIS では Sn 分を 95% から 2% まで 15 区分し不純物の量によつて S 級、A 級、B 級に分けられている。この外特殊はんだとして Sn-Ag (3.5~5%)、Sn-Sb (5%) 合金が高温 (液相線温度 220~240°C) はんだに、Sn-Pb-Bi 系やこれに Cd、In 等を加えた合金が低融点 (183°C 以下) はんだに、アルミ用はんだとして Sn-Zn 系合金などが使用されている。市販はんだの形状には舟型、棒状、糸状、線状、やに入り、粉末、ペースト状および成形 (プリフォーム) はんだがある。はんだの生産は昭和 32 年頃までは年率 4~5% の伸びであつたが、電子工業の旺盛な需要に与えられてその後年率 12~13% の伸びが現在まで続いており、部門別消費量は昭和 30 年代が製缶、機械、電機通信の順、40 年代が電機通信、製缶、車輛 (自動車)、最近では電機通信、車輛、機械の順に変わつてきている。

スズの合金の中で最も古くから知られているのは青銅で Sn が Cu を硬くする役に立つことは数千年前から人類は知つていて石器時代の後に青銅時代があつた訳である。青銅は黄銅 (Cu-Zn 合金) に比し鋳物を作りやすくまた耐食性が大きく古くから兵器や機械部品に應用されており軸受、梵鐘、美術品、銅像、日用品にも利用されてきた。また Cu-Sn-Zn 合金は砲金として、Cu-Sn-P 合金はリン青銅として現代工業の各分野で広く利用されている。統計の電線とはゴム被覆電線、電纜がゴム中の S と Cu とが作用するのを防ぐため Cu 線を溶融または電解スズめつきするために使われるもので近年の伸びが著しい。減摩合金とは軸受合金用と低融点合金用で、平軸受 (すべり軸受) 用合金は一般にホワイトメタルと称し、Pb、Sn、Zn、Cd、Sb、Bi 等白色を呈する低融点の金属およびこれらの合金のことである。1839 年 Issac Babbitt が Sn 基軸受合金について特許をとつたので Sn 基の軸受合金のことをバビットメタルとも呼んでいる。低融点合金も基本的に融点の低いこれらの金属からなる合金で一般に 200°C 以下の融点のものをいい Sn-Bi-Pb 3 元共晶が 100°C、これに Cd を加えた 4

元共晶が 70°C、更に In を加えた 5 元共晶が 47°C、また Sn-Ga-Zn の 3 元共晶が 17°C の融点を持つている。火災報知器や消火器等の自動安全装置、低温はんだ (100~70°C)、密封用、鋳物用金型、電鋳用パターン、管曲げ、焼もどし浴、治具、プラスチック用金型等に利用される。スズめつきには純スズ、Sn-Pb 合金めつきが主に電子工業用にはんだ付けの予備として電解および溶融浸漬法で利用されている外、Sn-Zn、Sn-Cu、Sn-Ni、Sn-Cd、Sn-Co 合金めつきが利用されている。スズ箔、チューブ、活字合金等も古くからのスズの応用面となつており、わが国ではスズ器 (海外ではピューター) と称して Sn 90% 以上で Pb または Sb、Cu を含む合金が酒器、花器、茶器として受用されている。またスズの無機化成品も酸化物がほうろう、うわぐすり、研磨剤、塩化物がめつき液、鏡、絹の媒染増量剤、石鹼の香料安定剤、弗化物が歯磨きや虫歯予防用、硫酸塩がめつき浴等として古くから利用されてきたが、なお 20 年程前から有機スズ化合物がポリ塩化ビニルの熱と光に対する安定剤として Cd 系や Pb 系のものに代わつてその無毒性をたたえて食品包装用の分野で大きく利用されてきている。有機スズ化合物の中には有毒のもの (トリ体アルキルスズ) もあつて農薬、殺菌剤、殺虫剤、木材防腐剤、防汚塗料などとして近年大きく脚光を浴びてきたものもある。わが国の統計にも 1970 年から塩ビ安定剤として計上されておりスズの全消費の 5~7% を占めるに至つている。

統計上はその他に入つている目新しいものを拾うとスズ入り鋳鉄とスズと銅を同時添加する焼結鉄製品用がある。前者は鋳鉄に約 0.1% の Sn を加えたものでフェライト生成が抑制され鋳放しのままでパーライト組織となり均一な硬さと優れた耐摩耗性が得られ、従つて機械加工性が著しく改善されている。またパーライトの高温における粒成長が抑制され高温安定性が増している。自動車用エンジンや小型ディーゼルエンジン、コンプレッサー等に日本でも利用されている。鉄系粉末冶金は自動車工業や家電器具等に古くから使われているが従来は Cu を 5~10% 添加して 1150°C で約 1 h 焼結していた。これに代わり Cu 1.5%+Sn 1% または Cu 3%+Sn 2% 加えて成型焼結すると焼結温度が 200°C 低くてしかも焼結時間は 1/3 以下に減少するが機械的強度はそれぞれ Cu 5% および 10% のものと同一であることが確かめられ生産性が大きく向上している。ホワイトメタルは従来平軸受の最良材料として種々の用途に使われてきたが、小型高出力の自動車用エンジンまたは自動車用ディーゼルエンジンのように軸受に高荷重がかかるものでは高スズ合金であるホワイトメタルの強度では不十分でこれに代わつて Al-20%Sn 合金、Al-30%Sn 合金が開発されている。宇宙時代、原子力時代といわれる今日、その材料に Sn が不可欠の構成成分として使われ

表 11 国際スズ協定に基づく緩衝在庫操作のためのスズ価格帯の変遷

実施期間	単位	下限価格	下限帯価格	中間帯価格	上限帯価格	上限価格
1 July 1956—22 Mar. 1957	£/long ton	640	640— 720	720— 800	800— 880	880
22 Mar. 1957—12 Jan. 1962		730	730— 780	780— 830	830— 880	880
12 Jan. 1962— 4 Dec. 1963		790	790— 850	850— 910	910— 965	965
4 Dec. 1963—12 Nov. 1964		850	850— 900	900— 950	950— 1 000	1 000
12 Nov. 1964— 6 July 1966		1 000	1 000— 1 050	1 050— 1 150	1 150— 1 200	1 200
6 July 1966—22 Nov. 1967		1 100	1 100— 1 200	1 200— 1 300	1 300— 1 400	1 400
22 Nov. 1967—16 Jan. 1968		1 283	1 283— 1 400	1 400— 1 516	1 516— 1 633	1 633
16 Jan. 1968— 2 Jan. 1970		1 280	1 280— 1 400	1 400— 1 515	1 515— 1 630	1 630
2 Jan. 1970—21 Oct. 1970	£/tonne	1 260	1 260— 1 380	1 380— 1 490	1 490— 1 605	1 605
21 Oct. 1970— 4 July 1972		1 350	1 350— 1 460	1 460— 1 540	1 540— 1 650	1 650
4 July 1972—21 Sept. 1973	M\$/pikul	583	583— 633	633— 668	668— 718	718
21 Sept. 1973—30 May 1974		635	635— 675	675— 720	720— 760	760
30 May 1974—31 Jan. 1975		850	850— 940	940— 1 010	1 010— 1 050	1 050
31 Jan. 1975—12 Mar. 1976		900	900— 980	980— 1 040	1 040— 1 100	1 100
12 Mar. 1976— 7 May 1976		950	950— 1 000	1 000— 1 050	1 050— 1 100	1 100
7 May 1976— 9 Dec. 1976		1 000	1 000— 1 065	1 065— 1 135	1 135— 1 200	1 200
9 Dec. 1976—15 July 1977		1 075	1 075— 1 150	1 150— 1 250	1 250— 1 325	1 325
15 July 1977—14 July 1978		1 200	1 200— 1 300	1 300— 1 400	1 400— 1 500	1 500
14 July 1978—20 July 1979		1 350	1 350— 1 450	1 450— 1 600	1 600— 1 700	1 700
20 July 1979—13 Mar. 1980		1 500	1 500— 1 650	1 650— 1 800	1 800— 1 950	1 950
13 Mar. 1980—13 Jan. 1981		1 650	1 650— 1 815	1 815— 1 980	1 980— 2 145	2 145
13 Jan. 1981—	M\$/kg.	27.28	27.28—30.01	30.01—32.74	32.74—35.47	35.47

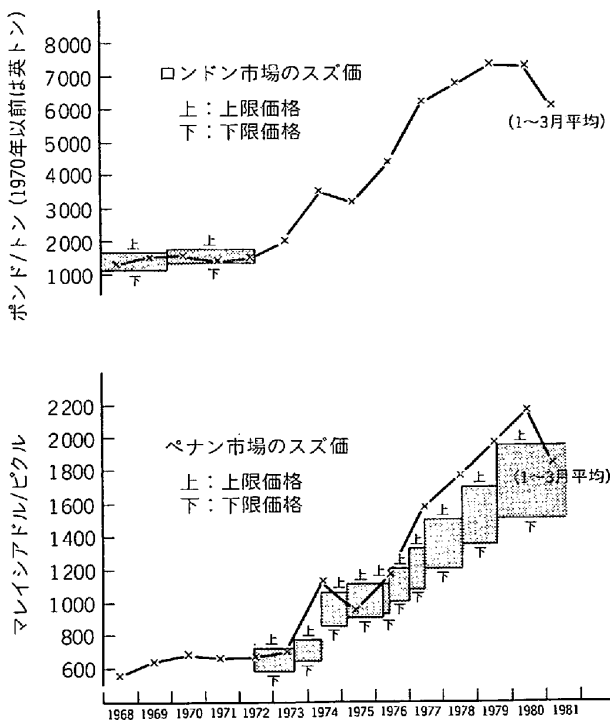


図 1 国際スズ協定に基づく緩衝在庫操作のためのスズ価格帯と年間平均スズ価

ていることの例として航空機用エンジンに Ti-11%Sn-2.25%Al-4%Mo-0.2%Si 合金 (コンコルド機) や Ti-5%Al-2.5%Sn 合金 (月ロケット), 原子炉用燃料の被覆材であるジルカロイ合金 (ジルカロイ-2, ジルカロイ-4) にも Sn が 1.5% 程度加えられてジルコニウムの強度と耐食性を改善しており, 更には超伝導材の花形に Nb<sub>3</sub>Sn があることを附記したい。

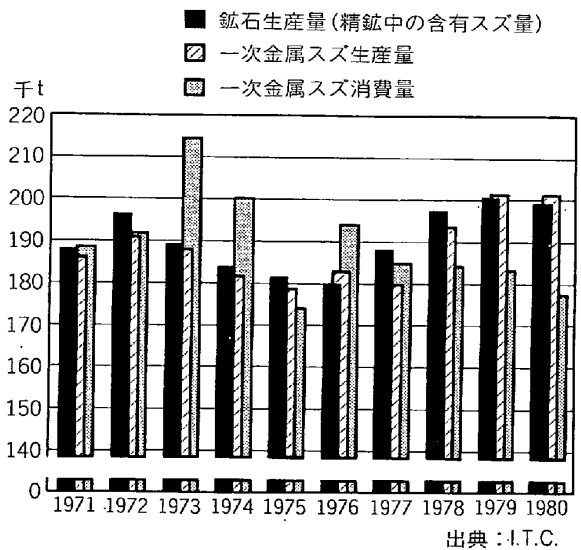


図 2 世界のスズ生産と消費

#### 4. 今後の問題

世界のスズ資源はマレーシア, タイ, インドネシア, ナイジェリア, ザイール等発展途上国に集中偏在しており, これらの国々の経済にとってスズ鉱業は重要な地位を占めている。一方スズの消費は米国, 日本, 西独, 英国等先進工業国が多く, これらの国はスズ資源に恵まれていない。このように生産が発展途上国に集中して供給に弾力性が乏しく, 需給の不均衡を生じやすく, 投機家の対象になりやすく価格変動の激しい商品であった。戦前はスズの産地を属領にもつていた英国, 仏国, オランダ, ベルギー等の間で価格維持のための国際協定があつたが, 戦後 1956 年から国連社会経済理事会が中

心となつて 2 度目の国際スズ協定が有効期間 5 ヶ年を以て発足した。この協定によつて設立された国際スズ理事会 (I. T. C.) はスズの価格を安定させ円滑な供給を図る目的で生産国の輸出統制と緩衝在庫の売買操作を行つている。すなわち過剰生産時には生産国の輸出制限を行うことができ、一方 2 万 t (第 5 次協定では 4 万 t) 相当の現金または地金から成る緩衝在庫を持ち別に定めるスズの価格帯に納まるよう売買操作を行うものである。価格帯は下限価格 (Floor price : Must buy price) と上限価格 (Ceiling price : Must sell price) との間を 3 分して下限帯 (Lower zone : May buy zone), 中間帯 (Middle zone : No operation zone), 上限帯 (Upper zone : May sell zone) として、相場が中間帯にある時は一切の操作を行わず市場の成行にまかせておき、上限帯に入れば緩衝在庫当局が売出動できる (May sell) ことになつており更に価格が上昇して上限価格を超えれば売出動しなければならない (Must sell)。この売りによつて相場は下落し価格は中間体にもどり安定することになる。逆の場合には同様買出動して価格を上昇させ中間帯にもどす仕組になつている。この協定は現在第 5 次協

定下であり現在までのスズ価格帯の変遷は表 11 に示すとおりであり、現実のスズ価格は図 1 のとおり最近は必ずしも円滑に推移しているとは言い難い。

一方世界のスズの生産量と消費量は図 2 に見るとおり 1978 年から生産過剰になつており、米国には余剰となつた膨大なスズのストックパイルがあるのでスズは重大な転機にきている。

次に世界のスズ鉱の大半は現在砂スズ鉱であつて地球の表面から採取しているが地球表面のスズ鉱は漸次少なくなつており、いずれ他の鉱石同様地下から採掘しなければならない問題がある。既に国連は東南アジアの地下のスズ資源の有効な開発、採掘に関する研究所を設置しておりこの問題も近い将来スズ価格に大きな影響を与えることであろう。

最後に他の非鉄金属と異なりスズは生産量、消費量は比較的少なく (年間約 20 万 t)、一方その用途は多岐に亘つているのでどうしても投機家の対象になりやすく今後共投機的買い占めによる価格変動は免れないものと考えられる。

註 : 56 年 11 月 11 日付鉄鋼新聞によれば東京ブリキは工場敷地が東京都の防災拠点地区に指定され、工場移転を余儀なくされたためブリキ部門を撤退、設備一切を東鋼業千住工場に移設することになり、東鋼業では 57 年 1 月から営業生産に入ることである。