

# アルミニウムリサイクルの現状と今後

## The Present and Future Prospect on Aluminum Recycling

山本 龍太郎\*

Ryutaro Yamamoto

### 1. はじめに

金属アルミニウムが初めて世に姿を見せたのが1825年、そして1856年パリの万国博覧会において一般の人達の前に宝石と同じ扱いで展示された。しかし量産には程遠く、1886年にアメリカとフランスで同時に熔融塩電解法による工業的方法がようやく開発され今日に至っている。二人の科学者の名前をとってホール・エルー法と呼ばれる方法である。したがって、今年がちょうど工業化満100年になるわけである。

我が国で工業的に製錬が始まったのが1934年（昭和9年）で長野県大町の地で日本電工（現在の昭和電工一昭和軽金属）の手によるものである。

しかし製錬に先立ち加工は1894年（明治27年）に大阪の砲兵工しょうでの軍用劔吊の尾錠などの製造を始めとする。

さらに本題のリサイクルそのものも1911年（大正11年）に大阪の大紀アルミニウム工業所で開始されてお

り意外に早いともいえる。

このような歴史を作りながら、アルミニウムは鉄鋼に次ぐ大きな地位を占め、たとえば全世界でおよそ年2,000万t強の総需要（うち自由世界1,600t）があるとみられている<sup>1)</sup>。我が国でも年270万t位のアルミニウムが消費され<sup>1)</sup>、窓サッシやビル用板材などの土建関係、自動車や二輪車などの車輛、各種の家電製品、またビールに代表される飲料用缶やアルミニウム箔などわれわれの生活に密着した所で数多く見受けられる。

現在多量に使われるアルミニウムも鉱石ボーキサイトからアルミナを経て新地金を製錬生産するにはぼう大なエネルギーとくに電力を必要とする。その量を電力換算すると20,000kWh/t<sup>2)</sup>を費すといわれ、きわめて高い水準にある我が国の製錬技術をもってしても非常に高単価の電力によらざるをえないのでコスト競争力において、我が国の新地金は苦しい状況にある。たとえば、海外新地金との電力コスト差は15万円/tとも試算され、この差は新地金販売価格の50%を超える値

表1 省エネルギー効果の試算（アルミニウム缶の場合）

昭和59年度回収利用量	21,789 t (約10億8千9百万缶)	<再生地金1tの生産に必要なエネルギー>	
① 21,789t生産の場合、アルミ新地金と再生地金のエネルギー効果		電力	114.9 kWh/t × 2,450 kcal/kWh
<新地金1tの生産に必要なエネルギー>		重油	102.8 l/t × 9,900 kcal/l
電力	16,810 kWh/t × 2,450 kcal/kWh	軽油	0.7 l/t × 9,200 kcal/l
重油	376.5 l/t × 9,900 kcal/l	灯油	8.1 l/t × 8,900 kcal/l
軽油	2.3 l/t × 9,200 kcal/l	液化石油ガス	1.3 kg/t × 13,300 kcal/kg
灯油	70.6 l/t × 8,900 kcal/l	合計	1,395,045 kcal/t
揮発油	0.3 l/t × 8,600 kcal/l	これを電力量に換算すると	569 kWh/t…⑧
液化石油ガス	4.8 kg/t × 13,300 kcal/kg	そこで新地金と再生地金1tの所要エネルギーを比較すると	
炭化水素油	103 l/t × 13,300 kcal/l	⑧ = 569 kWh	
石炭	96.5 kg/t × 7,700 kcal/kg	⑨ = 20,003 kWh	≒ 3%
石油コークス	89.8 kg/t × 9,900 kcal/kg	つまり、再生地金を生産した場合、新地金の生産に要する	
コークス炉ガス	35.2 m <sup>3</sup> /t × 4,800 kcal/m <sup>3</sup>	エネルギーの97%を節約することができます。	
天然ガス	21.3 m <sup>3</sup> /t × 9,800 kcal/m <sup>3</sup>	② 省エネルギー量を一般家庭使用電力量でみると	
合計	49,007,440 kcal/t	昭和59年度一般家庭使用電力量	1家庭1ヶ月当り 207.4 kWh
これを電力量に換算すると	20,003 kWh/t…④	20,003 kWh/t - 569 kWh/t	× 21,789 t = 204 万世帯
		207.4 kWh/月	

\* (株)大紀アルミニウム工業所取締役技術部長  
〒550 大阪市西区土佐堀1-4-8

である。これに対してリサイクルによって地金を製造するに要するエネルギーはきわめて小さい。

表1<sup>2)</sup>に新地金と再生地金(以下二次地金と呼ぶ)をそれぞれ製造する場合のエネルギー比較をアルミニウム缶を例に紹介する。エネルギー比は100対3であり、かりに昭和59年のアルミニウム缶の回収、再生量を21,789 t/年とすると、省エネルギー量は神奈川県208万世帯の消費電力をほぼ賄うことを意味している。

別な観点すなわち資源の面で考えると、新地金用の鉱石ボーキサイトは全量輸入であり、60%以上が国内原料(つまり国産資源)から生産される二次地金はここでも大きな意味を持っている。

本稿では省エネルギー、省資源のみならずいろいろな面から大きな地位を占めて来ているアルミニウムのリサイクルについて種々の角度から見てみたい。

リサイクルを目的に集められた各種のくずのうち、きわめて良質で再生しやすいものはアルミニウム板や型材(サッシなど)の製造工場で直接使用されるが、大部分は一旦、二次地金(自由世界推定440万t/年—1983年<sup>1)</sup>、我が国86万t/年—昭和60年<sup>3)</sup>)にされる。

さらにそのうち70%以上は銅、珪素、マグネシウム、その他の添加元素を入れた二次合金地金としてダイカストや铸件製品になり自動車、二輪車、家電製品などの部品に姿をかえて行く。したがって、この辺についてとくに触れてみたい。

## 2. アルミニウム地金の生産とアルミニウムの需要

### 2.1 新地金と二次地金の生産

表2<sup>4)</sup>と表3<sup>4)</sup>に1974年~1984年における主要13か国の新地金と二次地金の生産量推移を示す。

新地金についてみると、とくに1981~1982年にマイナス成長傾向が強くなり、世界合計生産量も1980年の1,600万t/年から1982年の1,390万t/年<sup>1)</sup>と対比87%に落ち込んでいる。

また生産拠点も主としてエネルギーの面で先進国(一般に、カナダなどを除いて高価格エネルギーである)からオーストラリヤや第3世界に移る傾向がある。

とくに第3世界はしばしば国有か少なくとも国家が主要な利益にあずかる工場群であり、これらは一般に国策優先の操業をするので需要バランスの調整などは主として前記の先進工業国が行うことが多い。とくに我が国の新地金生産はそのきわめて高価格エネルギーゆえ119万t/年(1977年)の記録から29万t/年<sup>1)</sup>(1984年)と4分の1になり、さらに絞らざるをえない状況に残念ながら至っている。

一方、二次地金は需要の伸縮、新地金や他材料との価格面での相互関係、各国個別の理由による生産量増減はあるがこの10年間伸びて来ている。とくに我が国のその間の伸びは年率+6.4%で今や80万t/年を超え、世界第一位となっている。

我が国ではその結果、年間の総需要の3分の1を再生された二次地金で賄うに至っている。

### 2.2 我が国における需要

我が国のアルミニウムの総需要は、1965年45、1970年120、1975年160、1980年239、そして1984年267万t/年<sup>1)</sup>と大きな伸びを示しているが、図-1<sup>1)</sup>に主要用途別需要推移を示す。とくに土木建築(構成比33%)、陸運(同19%)が大きな位置を占めており、後者は二次地金と深い関係にある自動車、二輪車の伸びとみてよい。

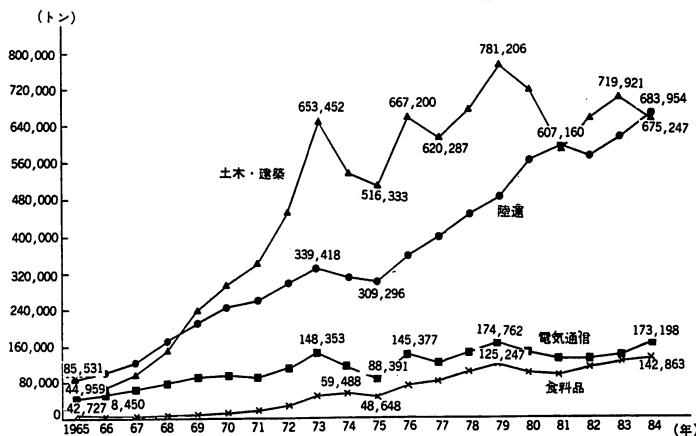


図-1 アルミ需要の推移 (主要用途)

表2 新地金生産(主要13か国)(1974-1984年)

(上段 1,000トン)  
(下段 前年比%)

年	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	74/84(%) 年平均伸び率
米 国	4448.4 + 8.3	3519.0 △ 20.9	3856.8 + 9.6	4117.5 + 6.8	4357.9 + 5.8	4556.8 + 14.6	4653.6 + 2.1	4488.8 △ 3.5	3274.6 △ 27.1	3353.2 + 2.4	4099.0 + 22.2	△ 0.8
カナダ	1023.9 + 10.1	878.1 △ 14.2	628.1 △ 28.5	973.1 + 54.9	1048.5 + 7.7	863.5 △ 7.6	1068.2 + 23.7	1115.7 + 4.4	1064.8 △ 4.6	1091.2 + 2.5	1224.9 + 12.2	+ 3.4
西 独	688.9 + 29.3	677.6 △ 1.6	697.1 + 2.3	741.8 + 6.4	739.6 △ 0.3	741.9 + 0.3	730.7 △ 1.5	728.9 △ 0.3	722.7 △ 8.9	743.3 + 2.8	777.2 + 4.6	+ 0.9
ノルウェー	648.2 + 4.9	594.9 △ 8.3	617.6 + 3.8	637.0 + 3.1	656.9 + 3.1	673.5 + 22.5	662.0 △ 1.7	636.1 △ 3.9	645.1 + 1.4	715.4 + 10.9	760.8 + 6.3	+ 1.5
スペイン	189.6 + 18.2	210.4 + 11.0	214.2 + 1.8	211.8 △ 1.1	212.1 + 0.1	259.5 + 2.3	386.5 + 48.9	396.6 + 2.6	366.5 △ 7.6	357.6 △ 2.4	380.8 + 6.5	+ 8.6
フランス	393.3 + 9.6	382.6 △ 2.7	385.1 + 0.6	398.8 + 3.6	391.4 △ 0.9	395.1 + 0.9	431.9 + 9.3	435.6 + 0.9	390.4 △ 10.4	360.8 △ 7.6	341.5 △ 5.4	△ 0.6
英 国	293.1 + 16.5	308.3 + 5.2	334.5 + 8.5	349.7 + 4.5	346.2 △ 1.0	359.5 + 3.9	374.4 + 4.1	339.2 △ 9.4	240.8 △ 29.0	252.5 + 4.9	287.9 + 14.0	△ 1.7
日 本	1118.4 + 2.0	1013.3 △ 9.4	919.4 △ 9.3	1188.2 + 29.2	1057.7 △ 11.0	1010.4 △ 4.5	1091.5 + 8.0	770.6 △ 29.4	350.7 △ 54.5	255.9 △ 27.0	286.7 + 12.0	*)
オランダ	247.4 + 36.4	257.6 + 4.1	248.9 △ 3.4	236.9 △ 4.8	259.2 + 9.4	255.6 △ 1.4	258.2 + 1.0	261.9 + 1.4	248.2 △ 5.3	236.3 △ 4.8	247.3 + 4.6	△ 0.1
イタリア	212.3 + 15.3	190.1 △ 10.5	206.5 + 8.6	260.1 + 26.0	270.8 + 4.1	269.1 △ 0.6	271.2 + 0.8	273.8 + 1.0	232.9 △ 14.9	195.7 △ 16.0	230.2 + 17.6	+ 0.9
オーストリア	91.6 + 2.8	89.1 △ 2.7	88.7 △ 0.4	91.8 + 3.5	91.3 △ 0.5	92.7 + 1.5	94.4 + 1.8	94.2 △ 0.2	93.9 △ 0.3	94.2 + 0.3	95.8 + 1.7	+ 0.6
スウェーデン	82.2 △ 0.7	78.0 △ 5.1	81.5 + 4.5	82.6 + 1.3	82.0 △ 0.7	82.0 0	81.6 △ 0.5	82.7 + 1.0	78.9 △ 4.6	82.2 + 4.2	82.9 + 0.8	+ 0.1
スイス	87.2 + 2.1	79.0 △ 9.4	78.2 △ 1.0	79.8 + 2.0	79.5 △ 0.4	83.0 + 4.4	86.3 + 4.3	82.2 △ 4.6	75.3 △ 8.4	76.0 + 0.9	79.2 + 4.2	△ 0.5

注) 1. △はマイナス

3. 1981年から欧州の新地金生産数値はEAAによる。

2. \*) 工場閉鎖のため年平均伸び率は意味をなさない。

表3 再生地金生産(主要13か国)(1974-1984年)

(上段 1,000トン)  
(下段 前年比%)

年	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	74/84 年平均伸び率
日 本	517.3 △ 5.6	424.0 △ 18.0	525.9 + 24.0	574.5 + 9.2	635.6 + 9.2	746.5 + 17.4	788.9 + 5.7	814.7 + 3.3	814.7 △ 6.6	802.4 + 5.5	818.9 + 2.1	+ 6.4
米 国	659.0 △ 19.2	470.0 △ 28.7	602.0 + 28.1	969.2 *)	982.1 + 1.3	930.2 △ 5.3	749.1 △ 19.5	685.8 △ 8.4	700.7 + 2.2	748.7 + 6.8	800.2 + 6.9	*)
西 独	324.1 △ 1.3	285.5 △ 11.9	44.6 + 20.7	390.1 + 13.2	412.6 + 5.8	423.6 + 2.7	405.1 △ 4.4	397.5 △ 1.9	406.2 + 2.2	425.5 + 4.7	437.4 + 2.8	+ 3.3
イタリア	209.0 + 8.8	151.0 △ 17.8	198.0 + 31.1	225.0 + 13.6	222.0 △ 1.3	245.0 + 10.4	266.0 + 8.6	250.0 △ 6.0	242.0 △ 3.2	278.0 + 14.9	283.0 + 1.8	+ 4.6
フランス	127.5 + 3.2	107.1 △ 16.0	143.7 + 34.2	154.3 + 7.4	160.8 + 4.2	165.7 + 3.0	170.0 + 2.6	169.8 △ 0.1	153.7 △ 9.5	166.0 + 8.0	168.6 + 1.6	+ 3.3
英 国	206.8 △ 2.3	176.2 △ 14.8	205.8 + 16.8	200.9 △ 2.4	193.8 △ 3.5	176.7 △ 8.8	162.1 △ 8.3	148.0 △ 8.7	114.6 △ 22.6	128.3 + 11.9	143.9 + 12.2	△ 5.0
オランダ	31.3 + 32.6	34.3 + 9.6	38.5 + 12.2	40.6 + 5.4	44.0 + 8.4	46.6 + 5.9	53.7 + 15.2	50.2 △ 6.5	49.8 △ 0.8	58.2 + 16.9	59.9 + 2.9	+ 6.3
スペイン	46.0 + 24.3	34.5 △ 25.0	40.0 + 11.6	40.3 + 0.1	39.1 △ 3.0	42.0 + 7.4	38.5 △ 8.3	34.5 △ 10.4	35.7 + 3.5	37.4 + 4.8	40.6 + 8.6	△ 0.9
スウェーデン	24.7 + 2.9	23.0 △ 6.9	24.0 + 4.3	24.5 + 2.1	24.6 + 0.4	24.0 △ 2.4	24.5 + 2.1	24.7 + 0.8	23.2 △ 6.1	24.9 + 7.3	30.8 + 23.7	+ 1.2
スイス	17.2 + 3.6	15.6 △ 9.3	17.8 + 14.1	20.1 + 12.9	17.9 △ 11.0	19.3 + 7.8	19.1 + 3.1	20.4 + 2.5	18.7 △ 8.3	21.1 + 12.8	23.1 + 9.5	+ 2.7
オーストリア	7.2 △ 16.3	6.2 △ 13.9	8.5 + 37.1	10.6 + 24.7	9.3 △ 12.3	8.7 △ 6.5	14.3 + 64.4	13.0 △ 9.1	13.2 + 1.5	16.1 + 22.0	21.6 + 34.2	+ 10.9
フィンランド	5.3 + 8.2	5.3 0	6.1 + 15.1	7.4 + 21.4	7.0 △ 5.4	8.0 + 14.3	9.0 + 12.5	9.3 + 3.3	9.4 + 1.1	13.2 + 40.4	17.1 + 29.5	+ 11.0
ノルウェー	4.3 △ 8.5	4.0 △ 7.0	3.9 △ 2.5	4.0 + 2.6	4.0 0	3.6 △ 10.0	4.5 + 25.0	2.9 △ 35.6	2.8 △ 3.5	0.7 △ 75.0	2.2 + 214.3	△ 10.2

注) 1. the Aluminum Recycling Associationによる新統計表示。

2. △はマイナス。

## 2.3 我が国における二次地金の生産と需要

表4に<sup>3)</sup>二次地金の品別生産量を示すが、70%以上が合金地金で大きな比率を持っており、それも年々増大している。表5<sup>1)</sup>に二次地金(輸入を含む)の消

表4 アルミ二次地金の品種別生産量 (単位: トン)

品 種	50年度	%	55年度	%	60年度	%
97%以上	32,486	7.2	37,577	4.8	30,390	3.5
97%未満	48,499	10.7	75,871	9.7	81,871	9.5
合金地金	312,667	68.9	551,766	70.8	633,056	73.5
ビレット	47,462	10.5	92,482	11.9	89,432	10.4
母合金	12,417	2.7	21,653	2.8	26,644	3.1
計	453,531	100	779,349	100	861,393	100

費状況を示す。ダイカストと鋳造品(鋳物)向けが二次合金への再使用を除く合計量の76%と圧倒的な市場である(昭和59年)。さらに、このダイカスト、鋳物の約80%<sup>1)</sup>(昭和58年)は自動車、二輪車に使用されている。統計は異なるが図-2<sup>4)</sup>にもよく判るように、自動車生産~再生(二次)地金生産~鋳物生産には深い関係がある。なお参考のために、自動車用素材におけるアルミニウム(ほとんどがダイカストと鋳物)の位置づけを図-3<sup>5)</sup>、ダイカストと鋳物に供される新地金と二次地金の関係を表6<sup>1)</sup>に示すが、今後リサイクルに

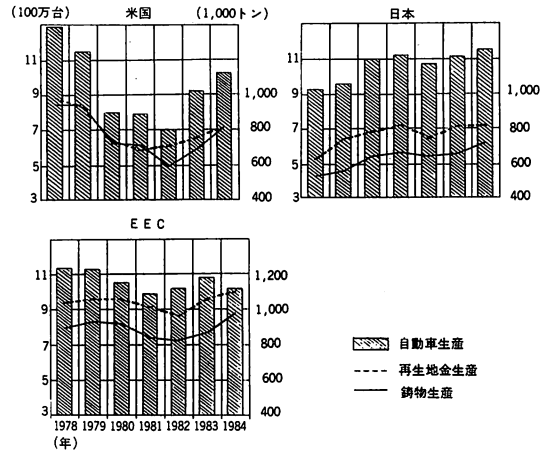


図-2 自動車、再生地金、鋳物生産

より生産される二次地金の重要性和責任を感じる。

### 3. リサイクルに供される原料くず

#### 3.1 くずの種類

くずをいろいろの角度からみる分類がある。

表5 アルミニウム再生(二次)地金消費

(m. t.)

	圧延品	鋳造品	ダイカスト	鍛造品	粉	鉄鋼	アルミニウム二次地金用	輸出	その他	合計 <sup>1)</sup>	合計 <sup>2)</sup>
昭和40年暦年計	19,894	34,547	42,475	85	237	5,636	( 8,770)	—	1,510	104,384	113,069
41 "	21,998	41,377	49,709	114	404	5,560	( 14,315)	—	1,128	120,290	134,491
42 "	22,132	54,128	65,675	140	1,218	6,983	( 21,544)	—	657	150,933	172,337
43 "	25,747	69,469	84,007	99	1,735	10,623	( 29,420)	—	626	192,306	221,627
44 "	33,207	89,298	100,588	104	1,892	11,444	( 40,060)	2,127	792	240,082	280,038
45 "	46,131	105,747	124,111	193	2,264	9,977	( 55,094)	2,815	1,882	293,120	348,021
46 "	55,997	101,395	134,018	135	3,580	10,481	( 57,471)	3,665	1,853	311,124	368,460
47 "	60,729	103,553	163,522	323	2,617	11,917	( 69,663)	3,543	3,071	349,275	418,615
48 "	65,099	122,557	194,099	443	2,448	16,499	(118,997)	2,734	2,833	406,712	525,266
49 "	52,370	114,710	191,397	411	2,528	18,262	(135,809)	4,826	3,349	287,853	523,251
50 "	56,190	106,789	166,589	230	2,623	17,457	(118,946)	6,142	4,026	360,046	478,762
51 "	73,048	103,307	213,507	247	3,044	19,670	(130,708)	17,682	3,006	433,511	563,972
52 "	59,174	115,971	239,300	202	3,114	17,794	(161,380)	12,725	2,612	450,892	612,070
53 "	77,935	139,195	258,329	171	3,187	20,016	(168,303)	9,156	1,411	509,400	677,532
54 "	78,724	162,318	286,476	197	2,912	24,607	(193,134)	6,182	993	562,409	755,346
55 "	78,275	173,237	341,462	290	2,474	24,152	(198,953)	3,577	1,079	624,546	823,209
56 "	86,457	172,887	364,424	316	2,450	22,935	(196,733)	3,841	812	654,122	850,539
57 "	99,571	185,256	356,082	296	2,686	23,198	(181,209)	2,458	1,650	671,197	852,110
58 "	114,659	191,379	374,783	322	2,565	24,096	(193,288)	1,179	768	709,751	902,717
59 "	130,446	201,004	416,532	303	2,634	39,147	(198,120)	1,637	16,823	808,526	1,006,343

注 1) 再生向けの二次地金を含まない。

3) 59年1月より、一部統計改正があったが、58年度は改正前の時系列による。

2) 鍛造品を除く合計(通産統計ベース)

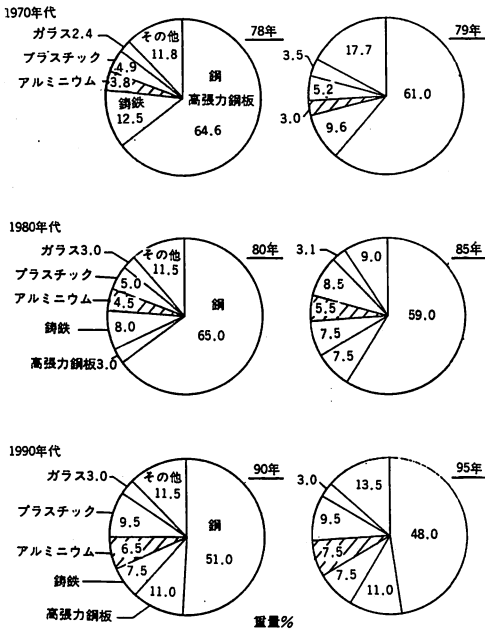


図-3 日本乗用車材料の現状と見直し

表 6 鋳物・ダイカスト用に用いられる地金の比率 (%)

	新地金	二次地金	合計
鋳物用	32	68	100
ダイカスト用	6	94	100
平均	17	83	100

昭和58年

(1) 国内くずと輸入くず、発生くずと回収くず。

国内と輸入は文字どおりに考えてよい。国内くずには発生くずと回収くずがあり、前者は圧延、押出メーカーなどの工場内で発生するものでほとんどが自社内または特定の外注業者によりリターンされる。後者は

大部分が一旦最終消費者により使われ廃棄されたのを回収したもので、板、型材などが圧延、押出メーカー以外で加工する時のくずで市中に出るものも含む。

(2) 新しくと古くず(故くずと記すこともある)

前記の圧延、押出メーカーなどの社内くずや板や型材の加工切端などを新しく、使用后廃棄されたものを古くずと呼び、一般にリサイクル時の歩留り率は前者が高く、扱いも容易である。

(3) 展伸材系、鋳物系とベースメタル

展伸材系は板や型材など展伸加工用材料くずで、一般に合金元素として加える銅、珪素などの含有量は少ない。鋳物系はダイカストや鋳物など鑄造加工用材料くずで、一部を除きとくに珪素などの含有量が多いことが普通である。ベースメタルは各種くずを一旦溶解して5~500kg程度の塊状にしたもので取扱いや成分管理には便利である。流しかえとか素メタルと呼ぶこともある。

(4) くずの JIS と NARI 規格

多種多様の合金種、新古、さらに形状などにより JIS (H2119) では28種類に分類されている。しかし、NARI (National Association of Recycling Industries) の分類にある特別の名称で呼ばれたり、古くからの呼称(機械コロ、がら、新切れなど)で取引されることが多い。

3.2 くずの流れ

マクロな流れを図-4<sup>6)</sup>に示すが、圧延メーカーなどでのリターン(先述の発生くず)を除くと、くずの約80%は二次合金地金用に使用されている。我が国でのくずの流通を図-5<sup>6)</sup>にみると回収くずが複雑な流通経路を持っているのが判る。前述のようにアルミニウムリサイクルの中で大きな位置を占める二次合金地金工

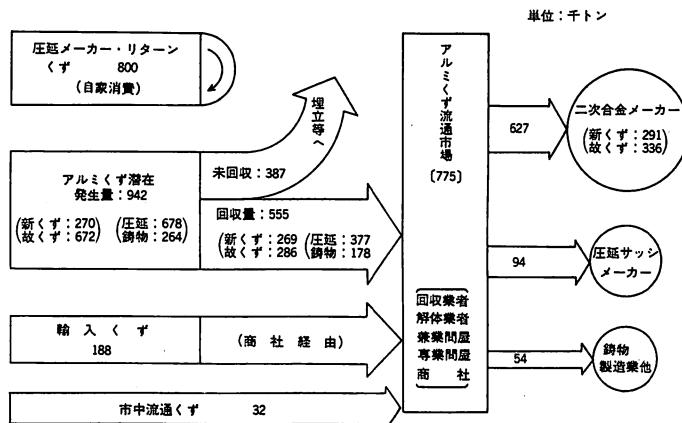


図-4 アルミくずのマクロな流れ (昭和57年度)

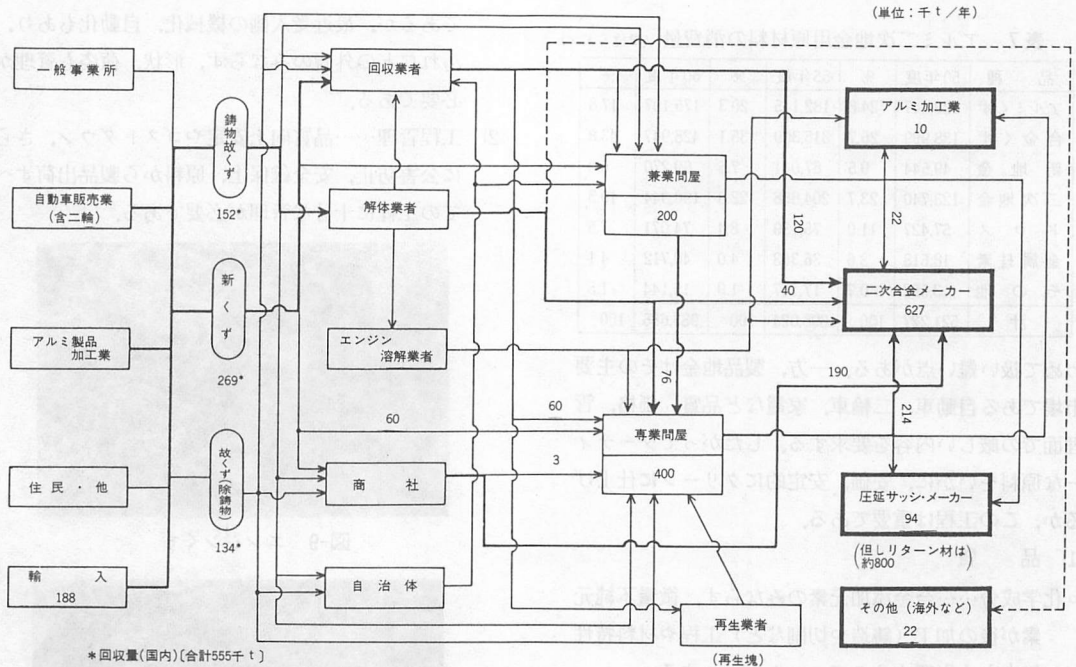


図-5 アルミくずの流れ図(全体) (注)業者の下に記入した数値は取扱量

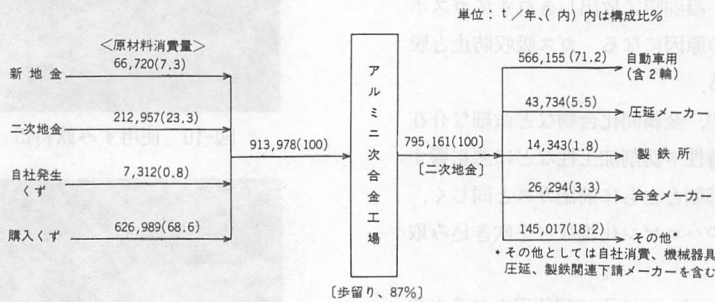


図-6 二次合金工場のマテリアルバランス(昭和57年度推計)

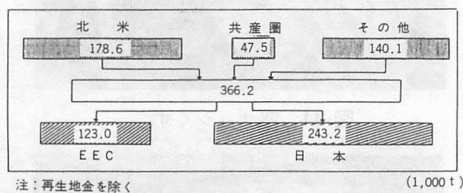


図-7 くずの世界フロー(1984年)

場のマテリアルバランスを図-6<sup>6)</sup>に示す。原材料の一つに二次地金は前記3.1の(3)に記したベースメタルと考えてよい。さらにアルミニウムくずの世界的流れを図-7<sup>4)</sup>にみると我が国は最大の二次地金生産国であるとともに、最大のくず輸入国でもあることが判る。国内潜在くずのより発掘活用が必要である。

3.3 二次地金用原材料の消費量

表7<sup>3)</sup>は昭和50, 55, 60年度の値を示している。こ

の中には主として純度調整用の新地金、先述のベースメタル(原料用二次地金)、ドロス(溶解滓で残存アルミニウムを回収する)、と主要な合金添加元素である珪素を含む。2.3の表4<sup>3)</sup>(生産量)とこの原材料消費量の比を単純に歩留りとみると、昭和50年の86.9%、55年の86.7%、そして60年の87.5%と若干向上している。たとえば、昭和55年と60年の差0.8%をそのままくずの価格(200千円/tと仮定)および消費量、98万t/年に乗じると、約16億円の価値を新しく生んでいることになる。

4. 再生工程

4.1 二次合金地金製造工程モデル

図-8に一般的なモデルを示す。原料として使用するくずは多種多様であり、汚れ、異物、形状不定などき

表7 アルミ二次地金用原材料の消費量 (単位:トン)

品 種	50年度	%	55年度	%	60年度	%
アルミくず	129,447	24.8	182,145	20.3	175,197	17.8
合金くず	138,999	26.7	315,309	35.1	428,947	43.8
新地金	49,544	9.5	67,041	7.5	59,270	6.0
二次地金	123,740	23.7	204,858	22.8	190,344	19.3
ド ロ ス	57,427	11.0	75,139	8.4	74,071	7.5
金属珪素	18,518	3.6	36,363	4.0	40,712	4.1
そ の 他	3,552	0.7	17,167	1.9	15,144	1.5
計	521,227	100	898,024	100	983,685	100

わめて扱い難い点がある。一方、製品地金はその主要市場である自動車、二輪車、家電など品質、価格、管理面での厳しい内容を要求する。したがってダーティな原料をいかに、安価、安定的にクリーンに仕上げるか、この工程は重要である。

(1) 品 質

- 化学成分……合金添加元素のみならず、微量不純元素が後の加工（铸造や切削など）工程や材料特性に大きく影響するのでコントロールする。
- ガ ス……アルミニウム溶湯は高温でとくに水素ガスを吸収し、凝固時に放出しきれずにガスホールなど欠かんの原因になる。ガス吸収防止と脱ガスが大切である。
- 介 在 物……酸化物、金属間化合物など微細な介在物が鋳物の各種特性や切削加工性などに悪影響するのでその生成抑制とともに前記ガスと同じく、塩素や窒素ガスやハロゲン化塩などを吹き込み取除く。
- 外観・形状……インゴットは再溶解使用されるもの

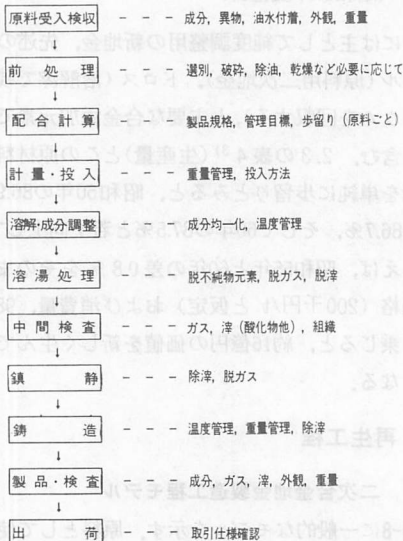


図-8 二次合金地金製造工程モデル

であるが、最近受入側の機械化、自動化もあり、汚れなどの外観のみならず、形状、荷姿も管理が必要である。

- (2) 工程管理……品質向上安定やコストダウン、さらに公害防止、安全確保上、原料から製品出荷すべての工程に十分な管理が必要である。

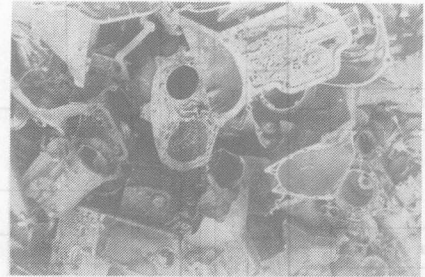


図-9 エンジンくず



図-10 使用済み飲料缶（プレス品）



図-11 窓サッシくず

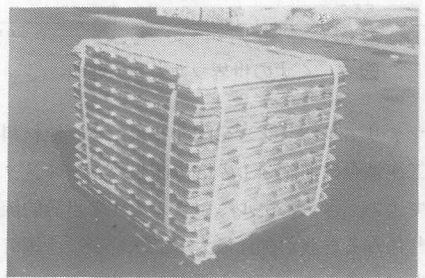


図-12 製品地金インゴットとその荷姿

4.2 主要設備

- (1) 前処理（予備処理）

多種多様のくずを取扱いやすいように予備処理することがある。

- 選 別……プラスチック、木片、や有効成分以外の異種金属などがくずには含まれる。これらを手選や機械により選別する。その投資額の点もあり人間の眼による手選に頼ることが大。
- 破 砕……形状不定のもの扱いの便を考慮して整えたり、インサートされている鉄を磁選除外するためなど、各種の破碎機で処理する。
- プレス……とくに箔や薄板状のものなどを取扱性などを考慮してプレスすることがある。
- 乾燥など……たとえば切削加工くずは油、水が多い場合20%位含む場合がある。溶解歩留りや安全性を考えロータリーキルンなどで処理する。また、古缶などの印刷塗装を除くこともある。

(2) 溶 解

溶解は主工程である。くずの種類、処理規模、溶解歩留り、作業性、生産性、エネルギー効率、品質や公害対策などを考慮して、各種の溶解炉があり使い分けられている。表8にその例を示す。

(2) 鑄 造

合金地金の場合一般に5~10kgのインゴットに鑄造され、井桁状の300~1000kg位の山に積み上げられ出荷される。量産工場では普通コンベア式の鑄造機と井桁積機が利用されている。

(3) 検 査

合金地金はまず“成分”を売る。成分分析は発光分光分析装置の普及により迅速性、精度の面でいちじるしく向上した。ガス含有量、介在物量の評価法にも種種の手法や装置があるが、操作性、簡便性や精度の面で一長一短がある。この他機械的、物理的や化学的各種特性の測定装置もあり、検査にも使われる。

(4) 公害防止

油、水、土砂などで汚染されたくずを取扱い、また、重油などの燃焼排ガス、溶湯処理時のハロゲン系排ガ

スさらに粉じんなどの処理のために各種の集じん装置や洗浄装置が使用されている。また、騒音、振動対策、水処理など加えると公害防止費用は大きい。

5. 二次地金規格

JISとしては、アルミニウム二次地金(H2103)として6種、鑄物用アルミニウム二次合金地金(H2117)として18種、そしてダイガスト用アルミニウム二次合金地金(H2118)として6種が決められている。この中でたとえばH2117の場合、Cu, Si, Mg, Zn, Fe, Mn, Ni, Ti, Pb, Sn, Cr, と11の管理元素が規定されている。実際は各需要家の要請もあり、主要添加元素や微量含有元素について重点を定め、より細かく規定された注文品規格により取引されることが多い。その種類の数はJISの10倍以上に達することがあり、生産管理や在庫管理上さらにリサイクル性そのものにも障害となることがある。我が国の各種製品の品質を常に最高に保つためのきめ細かい要請であり、また、これに応えることにより地金メーカーの技術力、管理力が涵養されていると理解したい。しかし、たとえばビールを中心にアルミニウム化が進んでいる飲料用缶について、ボディ部分とトップ(蓋)部分がまったく異種の合金であるものを同種化することにより、さらにリサイクル性を高めようとする研究がある。このような試みを広い分野で進めることも資源の再利用に有効であると考ええる。

工業用素材の多様化にともない、原料くずは今後もより多種にわたることが予想される。したがってこれまでにない元素や化合物が地金中に入ってくることが考えられる。一方、製品地金に対する品質や価格要求はより厳しくなることも当然考えられる。この中でJISのあり方、取引仕様の決め方やそれに合致させる技術やくずの扱いについてもより深く考えてゆくべきであろう。

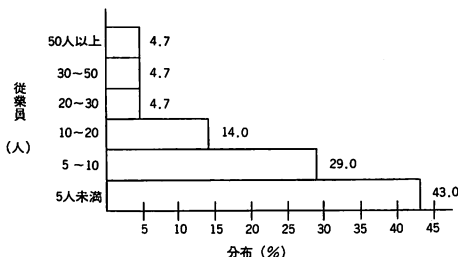


図-13 アルミニウムくず問屋の従業員(含社長)数 (昭和58年)

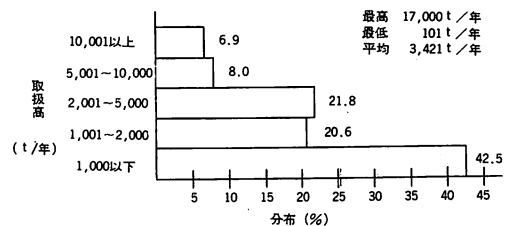
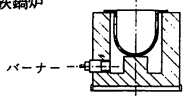
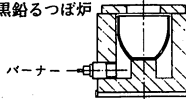

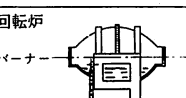





図-14 アルミニウムくず問屋の一社当たりのくず取扱量 (昭和58年)



表8 炉形態別特徴・用途、容量、溶解スピードの代表例

No.	炉形態	特徴・用途	容量 (ton)	溶解スピード (ton/hr)
1.	鉄鍋炉 	溶湯が燃焼ガスの影響を受けない。 少量溶解に適する。 高温溶解用には不適。	0.5~1	0.2~0.3
2.	黒鉛つば炉 	溶湯が燃焼ガスの影響を受けない。 高温溶解炉材からの汚染を嫌う場合に適する。	0.5~1	0.2~0.3
3.	ドライハース炉 	鉄を鋳ぐるんだ鋳物くずを、傾斜した炉床に投入しアルミニウムは溶けて温溜に流れ落ち、鉄は傾斜炉床に残って外部に取出される。	1~10	0.3~2
4.	回転炉 	鉄を鋳ぐるんだ鋳物くず、切削くず、ドロス等の溶解に適する。 炉床面積が小さい割に溶解能力が大きい。	3~8	0.9~2.4
5.	密閉式反射炉 	熱効率が良い。 小容量から大容量まで任意に換べる。 前炉付反射炉にくらべて、材料投入、炉掃除等がしづらい。傾動式のものもある	2~50	1.2~8
6.	前炉付反射炉 	スクラップ・溶解に対して作業性が良く、原料スクラップの形状、サイズに対して柔軟に対応できる。 密閉型炉にくらべて熱効率が劣る。	2~50	1~6.7
7.	低周波誘導炉 	アルミニウムの溶解ではつば型が主体。 連続溶解することにより高効率を得られる。 メタルロスが少ない。 酸化物の巻込みがはげしいので、溶湯の精製処理が必要。ドロス切削屑等の溶解に使われる。	0.5~3	0.3~1.3

6. リサイクル業界

発生、自社内使用する発生くずに比して回収(市中)くずはその回収から集荷そして溶解、地金化それぞれの業界において企業数がきわめて多く、またその規模や企業力などにおいて大きな巾がある。

図-13, 14<sup>6)</sup> にアルミニウムくず扱い問屋の企業規模を示すが、従業員5人未満、年取扱量1,000T以下が40

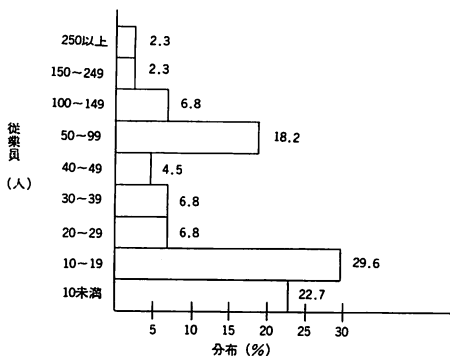


図-15 二次アルミニウム合金地金の企業別従業員数 (昭和59年) (社)日本アルミニウム合金協会会員

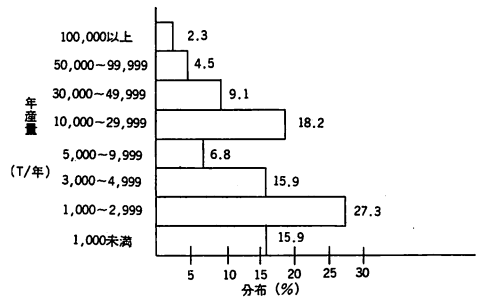


図-16 二次アルミ合金地金の企業別生産量 (昭和59年) (社)日本アルミニウム合金協会会員

％以上を占めており、ほとんどが個人企業とみてよい。

図-15, 16<sup>3)</sup> は二次地金メーカーの企業規模を示す。年生産量15万tにおよぶ企業から、1,000t以下の企業があり、従業員20人以下の企業が50％以上を占めている。また溶解設備については50t級反射炉から1t程度のつば炉まで各種におよんでいる。またこの地金メーカーはすべて業界団体へ加入しているわけではなく、上の図にもある唯一の業界団体、(社)日本アルミニウム合金協会に加入の企業は52社でその生産量

合計は全二次地金生産量の80%に達するが、非加入の企業は約150社、その合計年産量は16万tと推定される。これらも含めて一般に中小や零細企業が多く、その体質の脆弱性やくず回収、集荷業界も含めた過当な購買、販売競争に走る傾向がこれら業界の体質に大きく影響しているともいえる。

## 7. 今後の課題

これまで述べて来たようにアルミニウムのリサイクルは省資源、省エネルギーの観点はもちろんのこと、その経済規模や将来性、品質や技術的な面でも今や大きな意味を持っている。これにたずさわる業界や企業は将来への期待とともに大きな責任を荷せられているといえる。

原料くずについてみても、先述の圧延メーカーなどで発生するくずは発生社内でも有効にリターンしやすく、その回収率も高い。今後は最終消費者により廃棄された古くずをいかに回収し、有効に活用するか、換言すれば、潜在くずという鉱山をどの程度まで発掘し役立たせるかに絞ってみてもよいのではなかろうか。

たとえば、潜在くずの活用率は電気通信関係70%、輸送45%、建設55%、包装50%、日用品20%などで、平均49%とする推計<sup>1)</sup>がある。これを新くずの回収率推計99%にいかにつづけ(回収)、それをいかに効率よく再生するかにかかっているとも言える。

しかし、このアルミニウムくずはいろいろの特徴を持っており、それが回収～再生への種々の阻害要因となっている。たとえば

- 他の材料との組合せで使われることが多く、それからアルミニウムのみを分離する技術的、経済的に難しい点がある。
- きわめて広い範囲に分散、廃棄されることが一般的で経済的に回収、集荷することが難しい。
- プラスティックや一部の化学製品のようにその廃棄が環境悪化の大因となっていない。
- その評価(価格など)において新地金、海外の地金やくずなどとの相対的関係が複雑であり、また、いわゆる相場商品的動きがあり長期的展望に立った行動に業界コンセンサスが作り難い。
- 先に述べたように企業力の格差、脆弱性の問題、などが考えられる。

しかし、今後努力すべき課題を順不同にて記すとつぎのようなものがある。

- くずの回収：集荷システムの整備、合理化。たと

えば、アルミニウム古缶回収システムの強化。

- たとえば都市ごみなど現在ほとんど見捨てられているくずの有効活用。
- 再生面では設備、工程や歩留りなどの点での技術開発、合理化、管理強化とコストダウン。
- 需要家の要求に十分に應える品質の向上。さらに経営的にみれば、
- 長期計画性に立った経営の合理化、健全化。
- 即物的、刹那的視野に立った購買、販売の過当競争の排除。(健全な競争)。
- 公害防止などの面での社会的評価の確得。
- これらを総合した需要家の信頼性確保。

これらの課題に対処するには各企業、業界が自覚を持って努力することがまず第一であるが、政府や自治体、関連業界、さらに一般家庭(消費者)の理解、協力と指導を得ることも大切である。

工業用素材を考えると、鉄は一般に長期間放置すると金属として再生しがたい、プラスチック(合成樹脂)は異種を混合再生した場合、特性が大きく低下することが多い。また、昨今の新素材、たとえばセラミックや複合材は成形工程中の不良(アルミニウムの発生くずに相当)も容易に再生しがたいことが多い。これらに比較してアルミニウムのリサイクル性はきわめて優れたものと言える。限られた資源の中で素材を総合評価するときこのリサイクル性は重要なポイントであり、アルミニウムにとってもこれをより高めることが大きな課題であろう。

以上、アルミニウムのリサイクルとくに大きな位置を占める二次地金についてその概要を述べた。

これがすべてではないが、およその姿を御理解いただければ幸である。

なお各種の貴重な資料を活用させて載いたが、それを最後に列記する。

## 参 考 資 料

- 1) (社)日本アルミニウム連盟;「アルミニウムデータブック(1985)」
- 2) オールアルミニウム缶回収協会; 資料
- 3) (社)日本アルミニウム合金協会; 資料
- 4) Organisation of European Aluminum Smelters (OE A); 資料
- 5) American Society of Automotive Engineers (SAE); シンポジウム資料
- 6) (社)野村総合研究所;「アルミニウムくずの資源化促進に関する調査」