

アルミニウム箔の LCI データについて

アルミニウム箔懇話会
(社) 日本アルミニウム協会

平成 16 年 4 月 12 日

1. 対象製品

アルミニウム箔は、包装材料、電気用、建築用や日用品など、広範な分野で使用されている。そこで代表的な下記 2 種類のプレーン箔を対象とした：

- ・ 包装用箔（製品厚み 7 μ m）
- ・ 容器用箔（製品厚み 80 μ m）

表 1 対象製品一覧

名 称		包装用箔	容器用箔
関連 JIS		JIS H 4160	JIS H 4160
産業分類		273311、273313	273311、273313
基本単位		1,000 kg	1,000 kg
材料構成		アルミニウム新地金	アルミニウム新地金
1998 年度 生産量	国内	138,195 t（箔全体）	
	7 社	52,267 t	10,334 t
データカバー率(%)		100%	100%
備 考		対象範囲 6~9 μ m 1xxx 系	対象範囲 60~100 μ m 3xxx 系

2. 対象サブシステムおよび機能単位

2.1 サブシステム

図1に示すボーキサイト採掘から箔製造までのライフサイクルにおいて、原材料の入手（新地金の国内輸入港）から箔地製造、および箔圧延工場における製品出荷までをサブシステムとした。原材料の輸送（国内輸入港～箔地製造工場～箔圧延工場）は対象範囲に含めた。

工場内の構内輸送（リフト等）、工場共通部門（ユーティリティ、環境対策設備等）については、対象範囲に含めた。また、自家発電は投入エネルギー（重油、石炭等）として対象範囲に含めた。製造設備、建屋等のインフラはサブシステムの対象外とした。

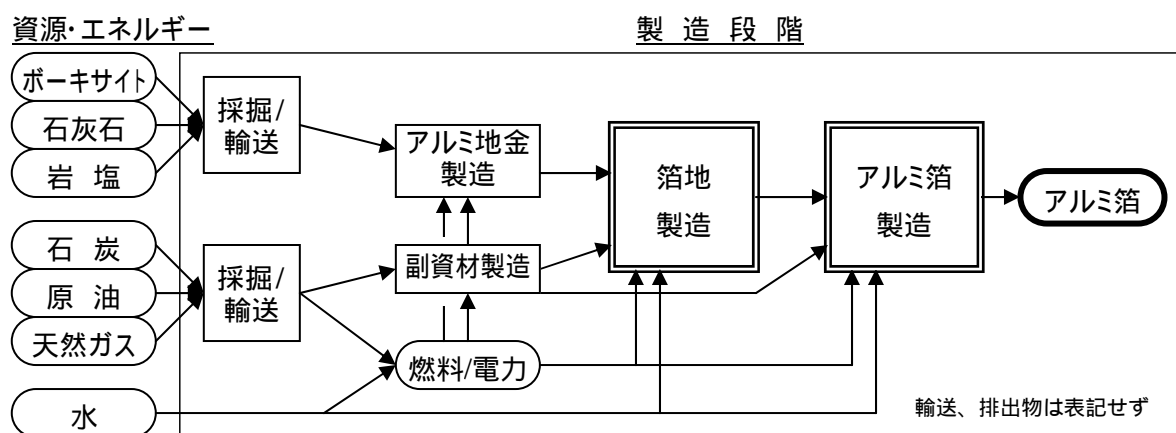


図1 対象サブシステム

2.2 機能単位

アルミニウム箔は面積を単位として扱われることもあるが、ここではアルミニウム箔1kgを機能単位とした。面積への変換は、アルミニウムの密度を 2.7 kg/m^3 とし、箔厚み(μm)を用いて容易に換算できる。

3. データ収集

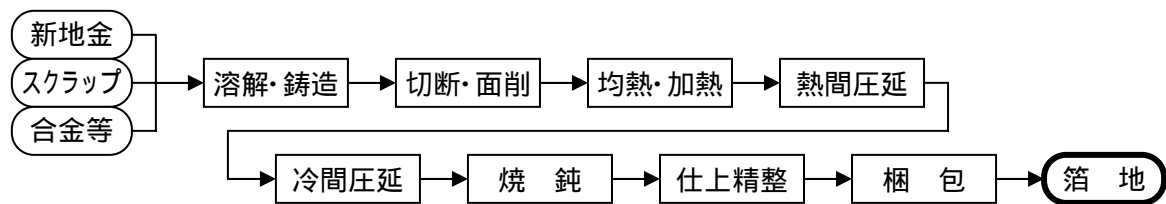
フォアグラウンドデータは、(1)アルミニウム箔地の製造、(2)アルミニウム箔の製造（箔圧延）および(3)それぞれの原材料となる地金および箔地の輸送について、所定のデータフォーマットにより収集した。

3.1 アルミニウム箔地製造

アルミニウム箔地製造（板圧延加工）においては、図2に示すように溶解鑄造、熱間圧延、冷間圧延などを経て、 $0.3 \sim 0.6\text{mm}$ 程度の厚さのコイルとする。箔地材には1,000系、3000系、5000系、8000系合金および高純度箔用があるが、製品の大半を占める1000系（1N30-H14）を対象とした。

データ収集はアルミニウム板製品に準じて行い、箔地製造に関わる原料（地金、スクラップ、合金等）配合、工程歩留り、エネルギーについて、主要圧延工場3社の1998年度

のデータを収集した。上記以外のデータについては、3社の板製品（1996年度）の値を用いた。

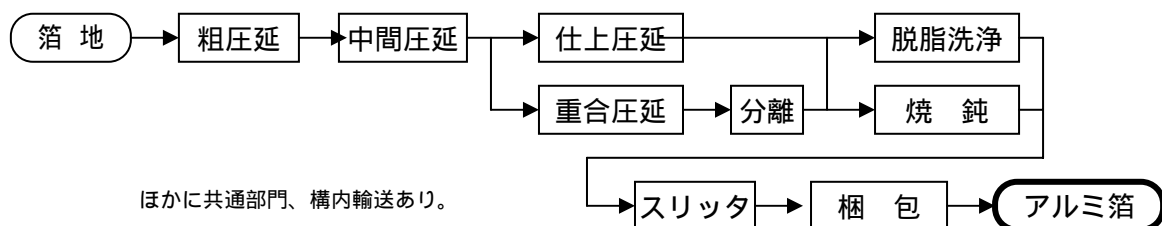


ほかに共通部門、構内輸送あり。

図2 アルミニウム箔地製造工程

3.2 アルミニウム箔製造

アルミニウム箔製造（箔圧延加工）については、図3に示す工程により行われるが、製品厚みによって圧延パス回数および工程が異なる。そこで、表1に示す代表的な2種のプレーン箔を対象に、アルミニウム箔懇話会参加7社の箔圧延（粗圧延、中間圧延、仕上圧延、重合圧延など）、焼鈍、スリッタ、梱包などの各工程について、1998年度実績データを収集した。



ほかに共通部門、構内輸送あり。

図3 アルミニウム箔製造工程

3.3 原材料の輸送

原材料の輸送については、新地金の国内輸送（輸入港～板圧延工場）および箔地の輸送（板圧延工場～箔圧延工場）を対象とし、輸送量、輸送手段、輸送距離、積載率、空車帰還率などのデータを収集した。

3.4 データ項目

データ収集にあたって、アルミニウム箔地製造および箔圧延については、プロセスに投入されるエネルギーおよび用水についてはすべてを対象とし、原材料および副資材等是对製品重量比で99.5%を確保するようにした。環境負荷（大気、水域）データについては、原則として定時測定しているすべての項目で、測定値のあるものを対象とした。廃棄物については、再資源化されているものと、最終処分として廃棄されているものを区分した。

4. インベントリの算出

インベントリは、箔地およびアルミニウム箔のそれぞれについて算出し、輸送データを含めて積み上げて各種アルミニウム箔のインベントリとした。

データは各社の製品ごとに集計し、原則として生産量に応じて加重平均してインベントリとした。

4.1 アルミニウム箔地製造

箔地のインベントリは、各社ごとに新地金輸送を含めて図 2 の工程に沿って積み上げ、さらに各社の新地金輸送のインベントリを含めて算出し、箔地の生産比率に応じて加重平均した。なお、工場内で発生する回転スクラップは、投入原料から差し引いた。ただし、工程の処理量はこれを含む値である。

4.2 アルミニウム箔製造

アルミニウム箔圧延においては、図 3 に示す工程ごとに処理量当たりの原単位を算出し、当該製品の工程（パス回数、重合圧延比率、焼鈍など）に応じて積み上げ、さらに各社の箔地輸送のインベントリを加算してインベントリとした。なお、データが工程内あるいは工程間で分離できない場合、原則として処理重量比で按分した。これら製品ごとのインベントリを各社生産比率に応じて加重平均し、代表値とした。

アルミニウム箔圧延工程で発生する箔スクラップは、純度が高く、非常に利用価値の高いものである。アルミニウム新地金代替としてはもちろん、アルミニウム粉末用原料などとしても利用されている。そこで、発生するアルミニウム箔スクラップを新地金として扱い、クレジットとして控除した。

4.3 原材料の輸送

原料となる新地金および箔地については国内輸送を考慮した。輸送にかかわるインベントリは、tkm を算出した。すなわち、新地金および箔地について、各社ごとに輸送形態別注) に輸送距離を積載率、空車帰還率を考慮して次式により算出し、これをアルミニウム箔 1kg あたりの原料（新地金、箔地）の輸送原単位に対し適用して、当該車両による輸送必要量(t)を求め、輸送量(tkm)を算出する。

$$\text{輸送距離(km)} = \text{輸送区間(km)} / \text{積載率(-)} \times (1 + \text{空車帰還率(-)})$$

$$\text{輸送量(tkm)} = \text{輸送必要量(t)} \times \text{輸送距離(km)}$$

プロジェクト提出用データにおいては、これらの輸送を内部輸送として扱い、算出した輸送形態別の輸送量(tkm)を各社の生産量比により加重平均し、入力した。なお、25t～40t トレーラによる輸送については、20tトラック(軽油)として入力し、特記事項に輸送形態を記載した。

一方、参考までに算出した LCI においては、プラスチック処理促進協会のデータをもとにした JEMAI-LCA データベース¹⁾の燃料消費原単位を用いて軽油使用量を算出した。

注) LCA プロジェクトのデータベースおよび JEMAI-LCA データベースにおいて、トラック輸送の機能単位として、車種別の tkm が用いられているため、車種別に整理した。

ただし、20 t以上の車両については、データがないため、JEMAI-LCA データから求めた次式を用いて外挿した。

$$\text{軽油消費原単位(kg/tkm)} = 0.064 \times \text{車両最大積載量(t)}^{-0.4222}$$

$$\text{軽油使用量(L)} = \text{輸送量(tkm)} \times \text{軽油消費原単位(kg/tkm)} / 0.84(\text{kg/L})$$

4.4 データの処理および表示

データの平均値算出にあたり、データ記入なし について、エネルギー・副資材等については 使用せず として扱い、排出物（大気、水域）については平均化の対象から外した。

副資材については、多種多岐にわたるため、便宜上、インベントリはカテゴリ内で同種の品目毎に纏めた。プロジェクトへの提出データには、特記事項に主要な内容を記載した。

大気排出物のうち輸送を除く各種燃料使用に伴うCO₂排出量については、表2に示す「地球温暖化対策の推進に関する法律施行令」による排出係数²⁾を用いて算出した。CO₂以外の排出物は実測値を用い、実測値がない場合はもしくは1工場の場合は集計の対象から外した。

表2 各種燃料の発熱量およびCO₂排出係数

	Unit	比重	kcal/unit	MJ/unit	CO ₂ 排出係数
電力(購入)	kWh		2,250	9.4	-
石炭(一般炭)	kg		6,200	26.0	2.37
A 重油	L	0.86	9,300	38.9	2.77
B 重油	L	0.91	9,600	40.2	2.9
C 重油	L	0.93	9,800	41.0	2.96
軽油	L	0.84	9,200	38.5	2.64
灯油	L	0.80	8,900	37.3	2.51
揮発油(ガソリン)	L	0.75	8,400	35.2	2.31
LPG	kg		12,000	50.2	3.02
プロパン	kg		13,000	54.4	3.00
その他石油製品	kg	1.04	10,100	42.3	3.08
LNG	kg		13,000	54.4	2.79
都市ガス	m ³		10,000	41.9	2.15
廃油*	L	0.91	9,600	40.2	2.9

・熱量換算：「総合エネルギー統計」³⁾による

・CO₂ 排出係数：「施行令排出係数」²⁾による

*潤滑油を適用

アルミニウム箔のインベントリは、図4に示すように、箔地製造および箔圧延のインベントリを算出した後に、箔圧延における箔地原単位に対して箔地のインベントリを積み上げてアルミニウム箔のインベントリとした。

データは有効数字2~3桁に丸めて表示した。ただし、プロジェクトへの入力には必ずしもこれに限らない。

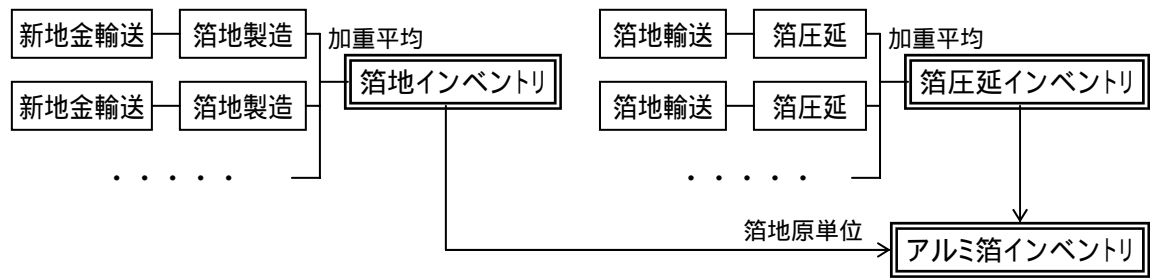


図4 アルミニウム箔のインベントリ算出

5. データの代表性

箔地のインベントリの対象となったデータは、わが国の生産量の60%をカバーしており、代表値と考えてよい。

一方、わが国で生産されるアルミ箔はデータ収集の対象とした箔圧延7社でほぼ100%を生産しており、輸入品の比率も少なく、アルミニウム箔のインベントリの代表値と考えてよい。

いずれも1998年度の年間データであり、季節的な変動の影響は受けていない。

6. インベントリ

アルミニウム箔 1 kg あたりのインベントリを表 3 に示す。プロジェクト提出用の輸送に関わるインベントリを表 4 に示す。

表 3 アルミニウム箔 1 kg あたりのインベントリ

	単位 (/kg)	7μm 箔	80μm 箔
アルミニウム新地金	kg	0.983	0.985
アルミニウムスクラップ	kg	0.003	0.003
添加金属・中間合金等	kg	0.031	0.028
ロール・治工具等	kg	0.0009	0.0004
耐火物等	kg	0.003	0.003
精錬剤 / ガス(アルゴン、窒素等)	kg	0.004	0.004
圧延油等	kg	0.074	0.036
化学薬品等	kg	0.013	0.011
梱包資材等	kg	0.042	0.052
・紙製品、木工製品類	kg	0.028	0.034
・プラ、ゴム類	kg	0.001	0.001
・金属類	kg	0.013	0.017
電力	kWh	1.80	1.20
A 重油	l	0.071	0.071
B・C 重油	l	0.082	0.073
軽油	l	0.002	0.001
灯油	l	0.047	0.044
LPG	kg	0.076	0.069
その他石油製品	kg	0.001	0.001
プロパン	kg	0.007	0.005
都市ガス	m ³	0.013	0.012
その他燃料(廃油)	kg	0.006	0.006
燃料エネルギー	MJ	12.9	11.9
全エネルギー(計)	MJ	26.5	20.3
用水	kg	34.2	29.3
アルミニウム箔(製品)	kg	1.000	1.000
(a)二酸化炭素(CO ₂)	kg	0.899	0.832
(a)窒素酸化物(NO _x)	g	1.28	1.19
(a)硫黄酸化物(SO _x)	g	0.30	0.27
(a)ばいじん / 浮遊粒子状物質	g	-	-
(w)りん(t-P)	g	0.007	0.007
(w)窒素(t-N)	g	0.057	0.067
(w)生物化学的酸素要求量(BOD)	g	0.026	0.027
(w)化学的酸素要求量(COD)	g	0.145	0.147
(w)懸濁物質(SS)	g	0.098	0.093
処理委託廃棄物	kg	0.078	0.064

小文字イタリック体は内訳のうち主なもの。

大気排出物は、燃料由来のみで電力由来は含んでいない。

表4 新地金および箔地輸送に関わるインベントリ

輸送形態	単位	輸送量		備考
		7 μm 箔	80μm 箔	
10t トラック	tkm/kg-foil	0.018	0.012	
15t トラック	tkm/kg-foil	0.100	0.097	
20t トレーラ	tkm/kg-foil	0.366	0.248	
25t トレーラ	tkm/kg-foil	0.279	0.250	
30t トレーラ	tkm/kg-foil	0.004	0.004	
35t トレーラ	tkm/kg-foil	0.167	0.129	
40t トレーラ	tkm/kg-foil	0.014	0.013	

- ・輸送形態分類は、LCA データ入力ツールの分類による（ただし、20 t まで）。
- ・新地金および箔地の輸送に関わるインベントリを輸送形態別に集計した。

6. 既存データとの考察

箔製造のインベントリについては、EAA (European Aluminium Association) のデータ⁴⁾およびそれをもとに整理した BUWAL のデータ⁵⁾がある(表5)。EAA および BUWAL のデータにはスラブ溶解は含まれておらず、単純に比較できないが、スラブ溶解のエネルギーを約 5MJ/kg としても、わが国の箔製造のエネルギー消費はやや大きい。

表5 アルミニウム箔圧延のインベントリについての従来の報告

発表機関		アルミニウム協会		EAA		BUWAL
発表年 (データ収集)		1998 (1996)		1996 (1991/92)		1998
対象範囲		スラブ溶解・圧延～箔圧延		スラブ圧延～箔圧延		スラブ圧延～箔圧延
エネルギー	電力 (kWh)	1.80	1.20	0.862	0.646	0.600
	石炭 (MJ)					
	石油 (MJ)			1.22	1.02	
	天然ガス (MJ)			5.96	4.89	
	エネルギー計(MJ)	26.5	20.3	15.3	12.0	10.4
排出物	CO ₂ (kg)	0.899*	0.832*	0.346	0.317	0.580
	NO _x (g)	1.28*	1.19*	0.46	0.36	1.0
	SO _x (g)	0.30*	0.27*	0.74	0.47	1.9
備考		・ 6~9μm ・ スラブ溶解を含む * 燃料由来のみ	・ 60~100μm ・ スラブ溶解を含む * 燃料由来のみ	・ 7~12μm ・ スラブ溶解は含まず	・ 100μm ・ スラブ溶解は含まず	・ 7~12μm ・ 箔の LCI とスラブの LCI との差

電力のエネルギー換算 2.25Mcal/kWh。 エネルギーのイタリック表示は、エネルギー計の内数。

燃料は、EDMC「総合エネルギー統計」の発熱量を用いて MJ に換算 (IAI は MJ データ)。

EAA : European Aluminium Association

BUWAL : Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape(SAEFL)

7. アルミニウム箔の LCI (参考データ)

表 3 に示すアルミニウム箔の環境負荷は、原材料のアルミニウム新地金以降のわが国における製造・輸送に関わるものである。したがって、資源採取からの環境負荷を求めるにはこれら原材料、副資材、エネルギー等の製造に関わるバックグラウンドデータをもとに求める必要である。しかしながら、必ずしもすべてのデータが揃っていないため、参考までに LCA 解析ソフトウェア JEMAI-LCA に付属のデータベース等を用いて算出した LCI を表 6 に示す。ただし、アルミニウム新地金の LCI については、アルミニウム協会で取り纏めた値を用いた。また、該当する品目のない場合は、類似のもので代用した。

表 6 アルミニウム箔の LCI (参考値)

	単位 (kg)	7 μ m 箔 (包装用)	80 μ m 箔 (容器用)
(r)ボーキサイト	kg	3.74	3.74
(r)石炭	kg	1.84	1.80
(r)原油	kg	1.76	1.66
(r)天然ガス	kg	0.63	0.59
(r)その他鉱石	kg	0.3	0.3
エネルギー	MJ	175	170
水	kg	34	31
(a)二酸化炭素(CO ₂)	kg	10.9	10.6
(a)窒素酸化物(NO _x)	g	22.8	22.0
(a)硫黄酸化物(SO _x)	g	63.1	62.2
(a)ばいじん/浮遊粒子状物質	g	25.4	25.3
(w)りん(t-P)	g	0.010	0.006
(w)窒素(t-N)	g	0.009	0.009
(w)生物化学的酸素要求量(BOD)	g	0.054	0.047
(w)化学的酸素要求量(COD)	g	0.37	0.34
(w)浮遊物質(SS)	g	1.68	1.57
固形廃棄物	kg	1.74	1.61

アルミニウム箔のインベントリの機能単位は 1kg としたが、実用的には m² として扱われることがある。表 7 を用いて換算できる。

表 7 機能単位の換算

	7 μ m 箔 (包装用)	80 μ m 箔 (容器用)
換算値 (kg/m ²)	0.019	0.22

参考文献

- 1) 産業環境管理協会：「JEMAI-LCA」付属データベース、(2000)
- 2) 日本エネルギー経済研究所 計量分析部編：「エネルギー・経済統計要覧」(2001)
- 3) 温室効果ガス排出量算定方法検討会：「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果」
平成12年9月、(2000)
- 4) European Aluminium Association：”Ecological Profile Report for the European Aluminium Industry”, (1996)
- 5) Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL, BUWAL)：”Life Cycle Inventories for Packagings”, Vol.1, (1998)