

1.5.13 日本アルミニウム協会
(その1)

アルミニウム圧延品の LCI データの概要

(社)日本アルミニウム協会

平成 15 年 1 月 30 日

1. 対象製品

わが国の軽圧大手 7 社で生産している下記製品（完成品および半製品）:

- ・板製品 1 種
- ・押出製品 3 種（管材、棒材、形材）

材料（品種）別には区分せず、全圧延製品を対象とした。ただし、押出品（形材）については、約 70% を占める表面処理なし材のデータとした。対象製品の一覧を表 1 に示す。

表 1 対象製品一覧

名 称		板製品 (材、条)	押出製品 (管材)	押出製品 (棒材)	押出製品 (形材)
関連 JIS		JIS H 4000	JIS H 4080	JIS H 4040	JIS H 4100
産業分類		273311	273312	273312	273312
基本単位		1 kg	1 kg	1 kg	1 kg
材料構成		新地金 再生地金 スクラップ 添加金属・合金	新地金 再生地金 スクラップ 添加金属・合金	新地金 再生地金 スクラップ 添加金属・合金	新地金 再生地金 スクラップ 添加金属・合金
1996 年度 生産量	国内	1,255 千 t	63 千 t	59 千 t	1,133 千 t
	7 社	1,229 千 t	45 千 t	55 千 t	241 千 t
データカバー率 (%) [*]		100%	62%	64%	50% (35%) ^{**}
備 考		1000 系、 3000 系 5000 系ほか	3000 系、 5000 系 6000 系ほか	2000 系、 5000 系 6000 系、 7000 系ほか	1000 系、 6000 系ほか ^{**} 表面処理なし材

^{*}データカバー率は、各製品の軽圧 7 社合計に対する収集データの割合を示す。

2. 機能単位

圧延工場において製造される圧延製品（板製品、押出製品）1kg を機能単位とした。

3. 対象サブシステム

圧延製品の製造フローを図1に示す。このうち、 で示す部分をサブシステムとする。また、板製品および押出製品のプロセスフローをそれぞれ図2および3に示す。

- ・ 原材料（新地金、再生地金、スクラップ、添加金属・合金等）、副資材、エネルギー等の工場入荷から、圧延品工場出荷までをサブシステム境界範囲とした。ただし、新地金については、輸入港から圧延工場までの国内輸送をサブシステム境界範囲に含めた。
- ・ 圧延工場内の構内輸送（リフト等）、工場共通部門（ユーティリティ、環境対策設備、事務所等）は、対象範囲に含んでいる。
- ・ 工場内におけるスクラップ専用炉による溶解は対象範囲に含めた。また、溶解工場が発生するドロスのうち、工場内で処理されるものは対象範囲に含めた。
- ・ 押出品のうち、ピレット製造を自社内の他工場で実施している場合、当該工場の溶解鑄造のデータを用いた。また、この場合の工場間のピレット輸送を考慮した。
- ・ 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。
- ・ 新地金以外の原材料の輸送はサブシステムの範囲外とした。
- ・ なお、わが国で使用されるアルミニウム新地金のインベントリについては、別途、調査した。

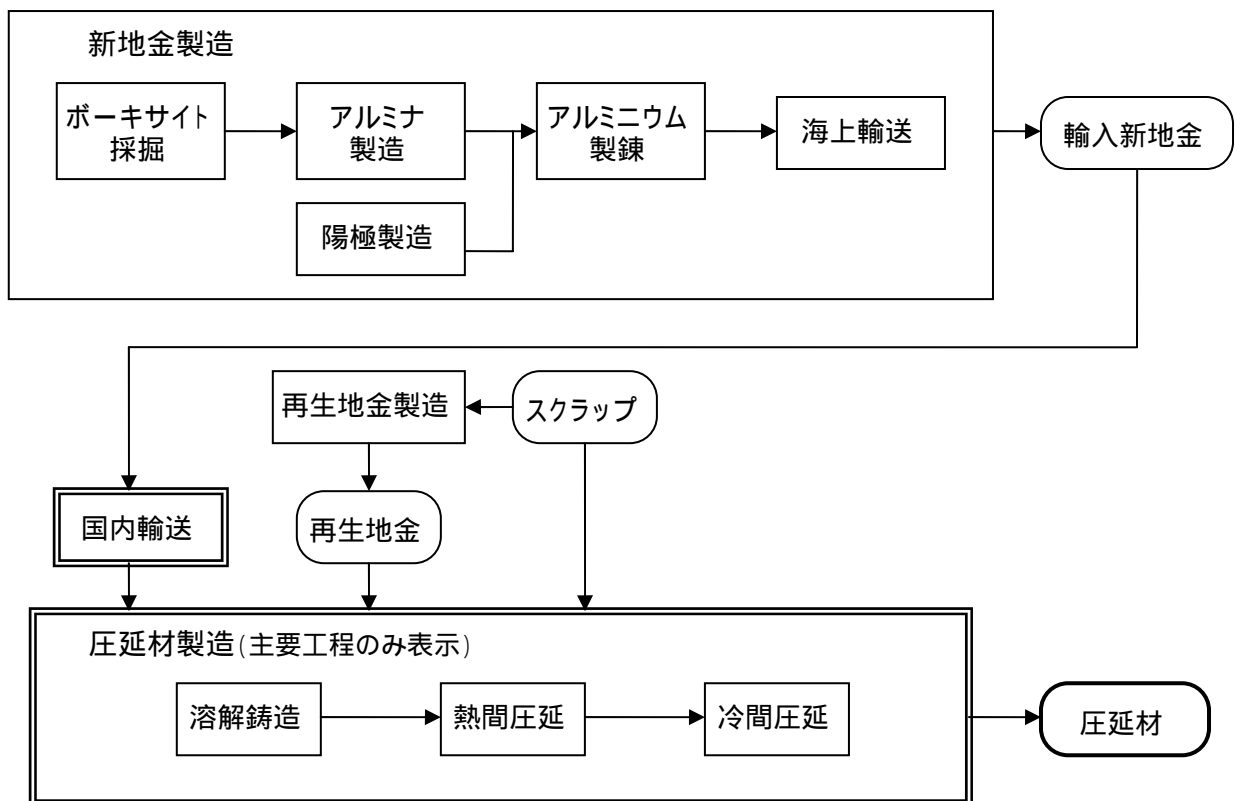


図1 アルミニウム圧延製品の製造フローとサブシステム（板製品の例）

【圧延材製造】

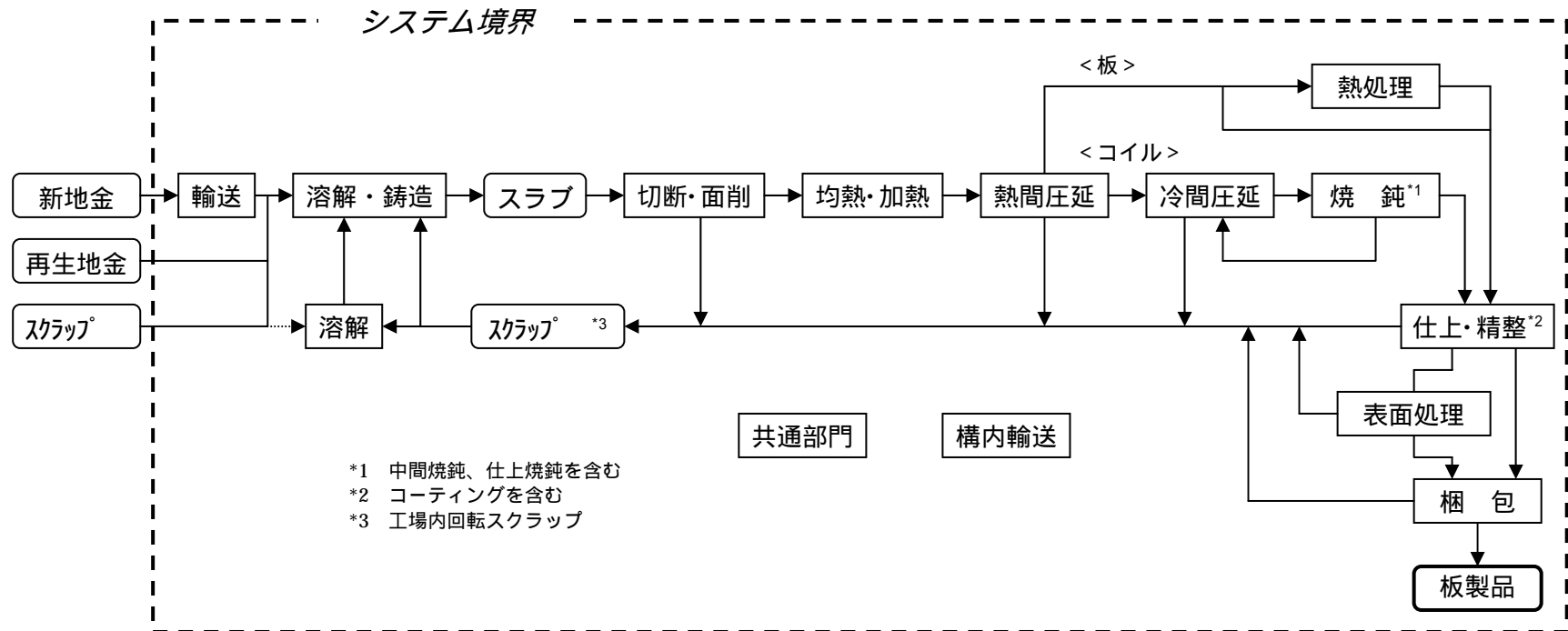


図2 アルミニウム板製品製造プロセスフロー

【押出材製造】

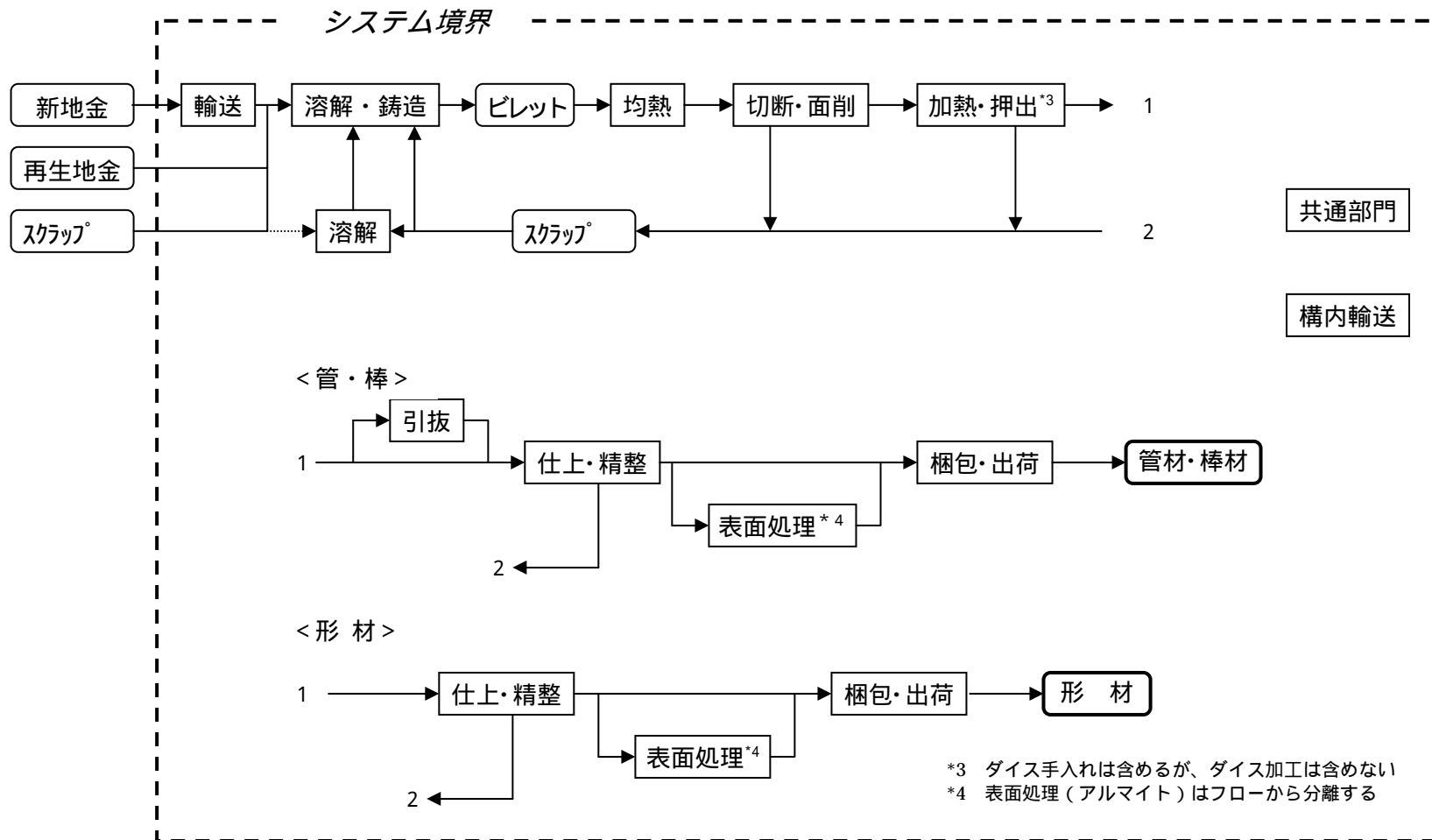


図3 アルミニウム押出製品製造プロセスフロー

4. データ収集

- ・板製品は7社7工場、押出製品は6社6工場における1996年度実績値を対象とした。
- ・データ収集にあたっては、付表1(巻末)に示すデータシートを用い、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は対製品重量比で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、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。ただし、プロジェクトへの提出データ入力においては処理委託廃棄物とした。
- ・特定の工程を外部に委託している場合、極力データの収集に努めたが、それでもデータの収集ができない場合には、当該工程については必要に応じて他社平均値を使用した(例えば、表面処理など)。
- ・板製品には板(プレート)と条(コイル)があり、図2に示すように若干工程が異なるが、これらすべてを対象とした。条の比率は約97%、表面処理比率は約37%である。
- ・押出品においては、図3に示すように管材および棒材については押出加工あるいは引抜加工、型材については押出加工により製造される。管材、棒材の引抜比率はいずれも約45%である。
- ・押出品について製品(管材、棒材、型材)毎の工程データが収集できない場合があったが、この場合には工程データを各社の基準(原則として、生産量比)に従って製品に配分した。とくにピレット製造段階(溶解鑄造、均熱、切断面削)については、製品による区別はできず同一の工程原単位となっている。
- ・輸送に関しては、わが国で使用する新地金のほとんどは輸入されており、圧延工場ごとに輸入港が特定される。そこで、輸入港から各圧延工場への輸送形態(輸送手段、積載率、距離等)を調査し、圧延工場ごとに算出した燃料消費量を新地金使用量に応じて加重平均した^{注)}。また、一部の工場で行われている押出用ピレットの輸送については、工場間輸送として当該工場のインベントリに加算した。なお、プロジェクトへの提出データ入力では内部輸送として扱った。
- ・再生地金、スクラップ、添加金属・合金等の輸送については、輸送形態が複雑であり、また輸送量、距離などが新地金にくらべて少ないので、無視した。このほか、副資材、燃料などの輸送も無視した。これらによるインベントリへの影響は、1%以下(上記、新地金&ピレット輸送では0.9%以下)と考えられる。

注) 別途取りまとめた新地金のインベントリには輸入港までの海上輸送が含まれている。したがって、新地金についてはボーキサイト採取からの環境負荷を算出することが可能である。ただし、厳密には輸入港での荷卸しに関わる環境負荷は含まれていない。また、新地金のインベントリにおいては輸入港として東京港で代表させているが、実際の輸入港は東京、横浜、名古屋など、工場ごとに異なっている。しかしながら、海外からこれら各港までの輸送を東京港で代表させたことによる影響は無視できると考えられる。

5. インベントリの算出（データのまとめ方）

- ・板製品のインベントリは、板および条のすべての品種を対象とし、各社ごとにインベントリを算出したのち、各社生産量に応じて加重平均した。
- ・押出製品のインベントリは、管材、棒材および形材ごとに各社のインベントリを算出し、各社生産量に応じて加重平均した。ただし、形材については、表面処理なし材のインベントリを代表値とした。
- ・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（=0）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。
- ・一部の工場で使用されている自家発電は、電力として計上せずに燃料として扱った。なお、使用電力全体に対する自家発電の割合は、管材で 28%、形材で 21%、棒材で 23%である。
- ・工場内で発生する回転スクラップは、システム内で処理されるため、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。
- ・副資材に関するデータは多種多岐にわたるため、便宜上、カテゴリ内で同種の品目毎にまとめて示した。プロジェクトへの提出データにおいて、カテゴリ内で主要なものはそれらの数値を示し、それ以外のものは その他 としてまとめるとともに特記事項に内容を記載した。
- ・大気排出物のうち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¹⁾を用いて算出した。

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」²⁾による

・CO₂ 排出係数：「施行令排出係数」¹⁾による

*潤滑油を適用

- ・ CO₂ 以外の排出物は実測値を用い、実測値がない場合は集計の対象から外した。
- ・ 溶解工程で発生するドロス、圧延・押出工程で発生する廃油、および廃アルカリ等は処理委託業者により再資源化されているが、処理委託廃棄物として集計した。したがって、これら再資源化されているものについては、評価も控除もしていない。
- ・ 輸送にかかわるインベントリは、プロジェクト用データ項目に合わせるために、各社ごとに次のように車両重量別に tkm を算出し、各社の生産量比に応じて加重平均した。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。
 - 各社ごとに車両重量別の輸送距離を積載率、空車帰還率を考慮して次式により算出

$$\text{輸送距離(km)} = \text{輸送区間(km)} / \text{積載率(-)} \times (1 + \text{空車帰還率(-)})$$
 - 圧延製品 1kg あたりの地金あるいはピレット投入原単位に対して、当該車両による輸送必要量(t)を求め、次式により輸送量(tkm)を算出

$$\text{輸送量(tkm)} = \text{輸送必要量(t)} \times \text{輸送距離(km)}$$
 - 軽油使用量を JEMAI-LCA の燃料消費原単位より算出。ただし、20 t 以上の車両については、JEMAI-LCA データから求めた次式を用いて外挿。

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

$$\text{軽油使用量(L)} = \text{輸送量(tkm)} \times \text{軽油消費原単位(kg/tkm)} / 0.84(\text{kg/L})$$
- ・ 一方、参考までに、プラスチック処理促進協会のデータをもとにした JEMAI-LCA データベースの燃料消費原単位を用いて軽油消費量を算出し、ディーゼル車の排ガス規制値から求めた表 3 の排出係数を用いて大気排出物量を算出した。

表 3 新地金およびピレット国内輸送時の軽油の排出係数

	単位	CO ₂ (kg)	NO _x (g)	SO _x (g)	PM (g)
軽油	L	2.64	19.3	0.67	1.07
備考		施行令 排出係数	トラック(重量車) 規制値より算出	文献 3) S 含有量 0.04%	トラック(重量車) 規制値より算出

- ・ データは、原則として有効数字 3 桁に丸めて表示した。

6. データの代表性

- ・ データの代表性については、表 1 のデータカバー率に見るように、板製品ではわが国のほぼ 100%、押出製品では型材以外は軽圧メーカーの 60%以上を占めており、代表データと考えてよい。型材については、軽圧メーカーで製造される製品は自動車、鉄道車両、内外装材用が主体であり、これら用途向けのデータとしては代表すると考えてよいが、一般のサッシ用のデータとは異なると考えられる。

7. インベントリ

圧延品（板材）および押出品（管材、棒材、型材）1 kg 当りのインベントリを表 4 に示す。これらは圧延工場における加工のインベントリであり、資源採取まで遡及した LCI とするには、各入力物質 / 製品の LCI を積上げる必要がある。地金およびピレットの国内輸送のインベントリは tkm として示してあり、燃料、大気排出物には含まれていない。

表 4 アルミニウム圧延品 1 kg 当りのインベントリ

項目	単位	板 材	管 材	棒 材	形 材
新地金（輸入新地金）	kg	0.538	0.668	0.706	0.686
再生地金・外注固め	kg	0.266	0.076	0.058	0.110
スクラップ	kg	0.179	0.234	0.207	0.180
添加金属・合金	kg	0.058	0.070	0.062	0.050
・金属マグネシウム	kg	0.0146	0.0076	0.0071	0.0068
・Al-Mn 合金	kg	0.0149	0.0170	0.0152	0.0068
・Al-Si 合金	kg		0.0102	0.0089	
・Al-Cu 合金	kg			0.0060	
・Al-Cr 合金	kg				0.0060
・その他の添加金属・合金	kg	0.0281	0.0353	0.0247	0.0300
原材料投入量（計）	kg	1.041	1.048	1.033	1.026
精錬剤等	kg	0.0077	0.0039	0.0033	0.0041
・フラックス	kg	0.0024			
・ガス(窒素, アルゴン等)	kg	0.0040	0.0033	0.0029	0.0035
・その他精錬剤	kg	0.0012	0.0005	0.0004	0.0007
耐火物等	kg	0.0014	0.0012	0.0012	0.0008
油脂類等	kg	0.0113	0.0054	0.0049	0.0049
化学薬品等	kg	0.0089	0.0258	0.0139	0.0125
・か性ソーダ	kg		0.0153	0.0116	0.0118
・塗料	kg	0.0041			
・その他化学薬品等	kg	0.0048	0.0105	0.0023	0.0007
梱包・輸送資材(紙、プラ、木等)	kg	0.0078	0.0081	0.0086	0.0098
梱包・輸送資材(金属)	kg	0.0010	0.0007	0.0007	0.0010
電力	kWh	1.079	1.295	1.250	1.179
石炭	kg	0.000	0.0569	0.0612	0.0618
A 重油	L	0.0559	0.1443	0.1234	0.1245
B・C 重油	L	0.0548	0.0379	0.0342	0.0356
軽油	L	0.0011	0.0007	0.0005	0.0006
灯油	L	0.0463	0.0996	0.1149	0.0760
ガソリン	L	0.0001	0.0123	0.0090	0.0070
LPG	kg	0.0635	0.0480	0.0373	0.0289
プロパン	kg	0.0001	0.0010	0.0007	0.0007
その他石油製品	kg	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000
LNG	kg	0.0069	0.0000	0.0000	0.0000
都市ガス	m ³	0.0454	0.0000	0.0000	0.0000
燃料エネルギー	MJ	11.7	15.1	14.2	12.4
エネルギー（計）	MJ	21.8	27.3	25.9	23.5
用水	kg	14.0	21.6	20.4	20.5
新地金&ピレット国内輸送					
・10t 車	tkm	0.0006	0.0009	0.0018	0.0006
・15t 車	tkm	0.001	0.0008	0.0015	0.0012
・20t 車	tkm	0.0037	0.1163	0.1361	0.0686
・25t 車	tkm	0.046	0.0052	0.0026	0.0685
・30t 車	tkm	0.0005	0.0007	0.0015	0.0005
・35t 車	tkm	0.0107	0.0084	0.0178	0.0059
・40t 車	tkm	0.0572	0.0023	0.0048	0.0016

項目	単位	板 材	管 材	棒 材	形 材
製品	kg	1.000	1.000	1.000	1.000
CO ₂	kg	0.753	1.124	1.057	0.936
NO _x	kg	0.000609	0.001171	0.001118	0.000675
SO _x	kg	0.000576	0.001171	0.001071	0.001027
PM	kg	0.000024	0.000050	0.000046	0.000047
t-P	kg	0.000019	0.000003	0.000003	0.000004
t-N	kg	0.000071	0.000103	0.000087	0.000048
BOD	kg	0.000082	0.000028	0.000063	0.000030
COD	kg	0.000089	0.000066	0.000094	0.000072
SS	kg	0.000050	0.000057	0.000127	0.000065
処理委託廃棄物	kg	0.133	0.111	0.095	0.096
・ ドロス残灰等	kg	0.045	0.047	0.041	0.045
・ 廃油・珪藻土	kg	0.063	0.041	0.035	0.037
・ 廃アルカリ	kg		0.008	0.006	0.005
・ その他廃棄物	kg	0.025	0.014	0.013	0.009

・ 小文字イタリック体は内訳のうち主なもの（空白は 0 ではない）

新地金およびピレットの国内輸送は、プロジェクトのデータベースには内部輸送として入力しており、データベースにある輸送のインベントリを用いて算出することになる。

参考までに、JEMAI-LCA データベースの燃料消費原単位を用いて軽油消費量を算出し、表 3 の排出係数を用いて算出した結果を表 5 に示す。

表 5 新地金およびピレット国内輸送にかかわる環境負荷試算例（参考値）

	単位	板 材	管 材	棒 材	形 材
軽油	L	0.0020	0.0037	0.0037	0.0032
燃料エネルギー	MJ	0.079	0.143	0.144	0.123
CO ₂	kg	0.006	0.010	0.010	0.009
NO _x	kg	0.00039	0.000071	0.000072	0.000061
SO _x	kg	0.000001	0.000002	0.000002	0.000002
PM	kg	0.000002	0.000004	0.000004	0.000003

8. 既存データとの考察

(1) アルミニウム圧延材（板材）

- ・主要な発表機関による圧延品（板材）製造のインベントリを表6まとめた。
- ・システム境界が異なり（とくに海外では電解製錬工程から直接溶湯を供給）単純に比較できないが、わが国の圧延技術を考慮すれば妥当と考えられる。
- ・ただし、これらは材質の異なる種々の品種の板材についての平均値であることに留意する必要がある。EAAのデータは、AA6016合金板材であるが、他は記載なく、平均的なものと考えられる。

表6 アルミニウム板圧延のインベントリについての従来報告(1,000 kg 当り)

発表機関		アルミニウム協会	化経研 ⁴⁾	EAA ⁵⁾	AA ⁶⁾	IAI ⁷⁾
発表年 (データ収集)		1998 (1996)	1993 ()	1996 (1991/92)	1998 (1995)	2000 (1998)
エネルギー	電力(kWh)	1,079	772.4	582	891.1	1,470
	石炭(MJ)	0				
	石油(MJ)	9,554	11,315	808	452	2,756
	天然ガス(MJ)	2,276		4,478	8,391	5,017
	エネルギー計(MJ)	21,995	18,590	10,768	17,236	21,618
排物	CO ₂ (kg)	759	1,141	331.3	85.9	640
	NO _x (kg)	0.648		0.58	19	
	SO _x (kg)	0.577		0.65	0.021	
備考		<ul style="list-style-type: none"> ・新地金国内輸送～溶解～圧延～出荷 ・付帯エネルギーを含む ・試算による国内輸送を含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶解～圧延～出荷 ・付帯エネルギーを含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・AA6016-T4 1/25mmt ・溶解工程含まず。但し、回転屑溶解は含む ・直接エネルギーのみ 	<ul style="list-style-type: none"> ・1次溶湯鑄造、熱延、冷延データの積上げ ・溶解工程含まず 	<ul style="list-style-type: none"> ・1次溶湯鑄造、熱延、冷延データの積上げ ・溶解工程含まず ・燃料はBGデータを含む

電力のエネルギー換算 2.25Mcal/kWh。

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）。

化経研：化学経済研究所、 EAA：European Aluminium Association AA：The Aluminum Association

IAI：International Aluminium Institute

(2) アルミニウム押出材

- ・押出材の製造は、管材や棒材では押出加工以外に引抜加工も用いられている。したがって、押出材のインベントリといっても品種、押出品の形状、加工法などにより、多岐にわたる。
- ・ここでは熱間押出による型材（表面処理なし）のインベントリを、従来報告による押出材のインベントリとともに表7に整理した。
- ・板圧延のインベントリと同様にシステム境界が異なり、また上記の押出材について詳細が不明のため比較することは難しい。

表7 アルミニウム押出材のインベントリについての従来の報告(1,000kg 当り)

発表機関		アルミニウム協会	EAA ⁶⁾	AA ⁷⁾	IAI ⁸⁾
発表年 (データ収集)		1998 (1996)	1996 (1991/92)	1998 (1995)	2000 (1998)
エネルギー	電力(kWh)	1,179	604.7	312.7	1,814
	石炭(MJ)	1,604		305	
	石油(MJ)	11,003	3,913	544	1,967
	天然ガス(MJ)	0	1,633	5,763	8,617
	エネルギー計(MJ)	23,711	11,241	9,557	27,669
排出物	CO ₂ (kg)	945	354.3	58.8	653
	NO _x (kg)	0.737	0.74	0.2	
	SO _x (kg)	1.029	2.39	0.0	
備考		<ul style="list-style-type: none"> ・ 形材(表面処理なし)のデータ ・ 国内輸送~溶解~熱間押出~出荷 ・ 付帯エネルギーを含む 	<ul style="list-style-type: none"> ・ AA6060-T6 20-210mm ・ 溶解工程含まず。但し、回転屑溶解は考慮。 ・ 直接エネルギーのみ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1次溶湯鑄造、熱間押出、データの積上げ ・ 溶解工程含まず 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1次溶湯鑄造、熱間押出データの積上げ ・ 溶解工程含まず ・ 燃料はBGデータを含む

(参考) インベントリデータの使用にあたって

表 4 に示すアルミニウム圧延品の環境負荷は、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、資源採取まで遡及したインベントリ (LCI) を得るには、これら原材料、副資材、エネルギー等の製造に関わるインベントリを積上げる必要がある。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を用いて算出した結果を表 8 に示す。ただし、アルミニウム新地金 (輸入新地金) および再生地金の LCI については、アルミニウム協会を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 8 アルミニウム圧延品 1kg あたりの LCI (参考値)

項目	単位	板 材	管 材	棒 材	形 材
ボーキサイト	kg	2.18	2.71	2.81	2.70
石灰石	kg	0.10	0.13	0.13	0.13
岩塩	kg	0.04	0.06	0.06	0.05
石炭	kg	0.89	1.09	1.12	1.06
原油	kg	0.97	1.23	1.25	1.17
天然ガス	kg	0.26	0.32	0.36	0.32
ウラン鉱石	kg	1.0E-06	5.7E-07	4.8E-07	5.8E-07
アルミスクラップ	kg	0.46	0.31	0.27	0.30
エネルギー	MJ	114	140	143	137
CO ₂	kg	7.11	8.97	9.16	8.74
NO _x	kg	0.011	0.015	0.016	0.015
SO _x	kg	0.035	0.044	0.046	0.044
PM	kg	0.014	0.018	0.018	0.018
t-P	kg	1.9E-05	3.0E-06	3.0E-06	4.0E-06
t-N	kg	7.1E-05	1.0E-04	8.7E-05	4.8E-05
BOD	kg	8.3E-05	2.9E-05	6.4E-05	3.1E-05
COD	kg	1.2E-04	9.4E-05	1.2E-04	1.0E-04
SS	kg	7.7E-04	9.3E-04	0.001	9.4E-04
固形廃棄物	kg	0.80	0.94	0.97	0.89

9. 参考文献

- 1) 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)
- 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) 科学技術庁科学技術政策研究所編：「アジアのエネルギー利用と地球環境」(1992)
- 4) 化学経済研究所：「基礎素材のエネルギー解析調査報告書」(1993)
- 5) European Aluminium Association：“Ecological Profile Report for the European Aluminium Industry”, (1996)
- 6) The Aluminum Association：“Life Cycle Inventory Report for the North American Aluminum Industry”, (1998)
- 7) International Aluminium Institute：“Aluminium Applications and Society, Life Cycle Inventory of the Worldwide Aluminium Industry with regard to Energy Consumption and Emissions of Greenhouse Gases - Paper 1 Automotive -”, (2000)

