

オープンループリサイクルを考慮した自動車用アルミ板材に用いるアルミ地金の
実質的環境負荷原単位に係る提案（算出方法および結果）

2017年9月7日

日本アルミニウム協会
株式会社産業情報研究センター

-目 次-

1. はじめに	1
2. 目的	1
3. 評価の基本的考え方とシステム境界	2
3-1 自動車用アルミ環境負荷評価	2
3-2 アルミ地金の環境負荷の扱い	2
4. 計算式.....	3
5. 使用する環境負荷原単位及び各比率	4
6. 計算結果	5
7. 引用文献	5

1. はじめに

アルミニウム素材は、軽い・錆びない・再生利用が容易・再生加工費に比べて地金価格が高価であるということで、使用・廃棄後に素材として回収され再生地金としてリサイクル利用される資源循環システムが完成している。

様々な用途に使用されたアルミ材の再生利用については、缶材のように同じ用途に再度利用されるクローズドループリサイクルと、自動車用板材のように当該用途には再利用されないが鋳物原料やダイキャスト原料等広く他用途に再生利用されるオープンループリサイクルがある。

システム境界が確実に設定できるクローズドループリサイクルの場合には再生材の製造により新地金の使用量が削減する形で直接的に評価可能であり、過去にもさまざまな LCA 評価がなされている。

システム境界が全世界に及びかねないため、境界の設定をどうするのが非常に困難となりかねないオープンループリサイクルの場合には、再生された地金の環境負荷低減効果を代替控除するかたちでシステム境界を設定した LCA 評価をすることが合理的となる。

アルミニウム素材はアルミ新地金のライフサイクルインベントリ (LCI) データが他素材に対して高いことが多いため、再生された地金を適正に評価した場合には環境負荷低減効果が非常に高くなるという特徴がある。その再生地金は、新地金に変わらない経済性・汎用性を有するというのもアルミニウム素材の大きな利点である。

本報告ではオープンループリサイクルを考慮した自動車用アルミ板材に用いるアルミ地金の実質的環境負荷原単位の算出方法について提案している。この提案によりアルミニウム素材の大きな利点であるリサイクル性が環境負荷低減にいかに関与できているかの理解が進むことを期待する。

2. 目的

自動車用アルミ板材の素材にはもっぱらアルミ新地金が使用されているため、これまでその環境影響評価には新地金のライフサイクルインベントリ (LCI) データがそのまま使用されてきた。

しかしながら、自動車用アルミ板材に使用されたアルミ素材は、使用後にその多くが回収・再生され、自動車用を中心としたアルミダイキャスト地金やアルミ鋳物地金等の用途に再生利用 (オープンループリサイクル) されている。これを考慮すると、使用するアルミ地金の環境負荷の算出に当たっては、他用途での再利用による環境負荷低減効果を適切に反映させる必要がある。

ここでは、上記考えに基づき、自動車板材用のアルミ材の環境負荷計算に用いるアルミ地金の実質的環境負荷原単位の求め方を提案するとともに、その結果について報告する。

3. 評価の基本的考え方とシステム境界

3-1 自動車用アルミ環境負荷評価

① 今までの考え方

自動車に使用されるアルミ板材関連の環境負荷評価に当たっては、これまで図 1 に示すようなシステム境界を設定し、新地金製造から廃車解体までに係る環境負荷を求めてきた。

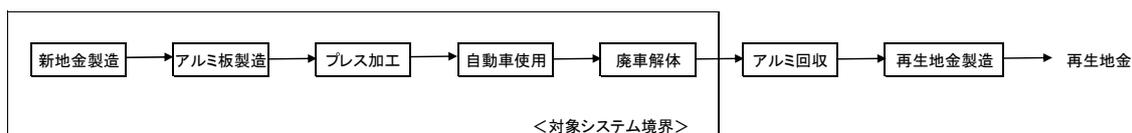


図 1 自動車用アルミ板材に関する環境負荷（今までの考え方）

すなわち、廃車後にアルミは回収・再生され再利用されているにも関わらず用途が自動車用板材ではないため評価の対象外としてきた。

② 今回の提案（システム拡張の提案）

既に述べたように自動車用アルミ板材が広くオープンループリサイクルされている現状を考慮して、図 2 に示すように評価対象システムを拡張し、廃車後のアルミ回収及び再生地金の製造、さらに製造された再生地金の代替効果（環境負荷の削減効果）を含めた実質的環境負荷を評価することとする。

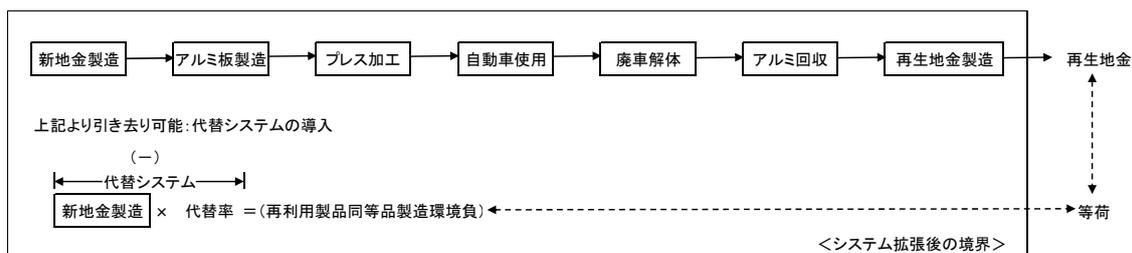


図 2 自動車用アルミ板材に関する環境負荷（今回の提案）

3-2 アルミ地金の環境負荷の扱い

次に、対象システム境界をアルミ地金に関する部分だけに絞り込んでみる。これまでの評価システム境界では、環境負荷は図 3 に示すように新地金製造の環境負荷に限られていることが分かる。一方、今回提案のシステム拡張後の境界においては、図 4 に示すように、それぞれ新地金製造、アルミ回収、再生地金製造に係る環境負荷から、製造された再生地金の代替効果を差し引くことによって実質的な環境負荷を求めるこ

とができる。

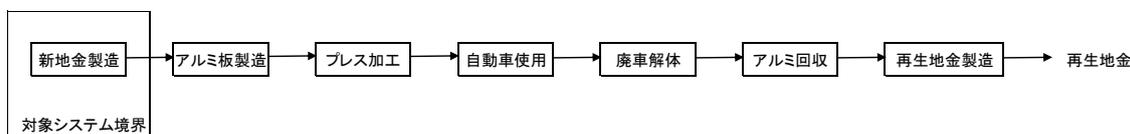


図3 自動車用アルミ板材に用いる地金の環境負荷（今までの考え方）

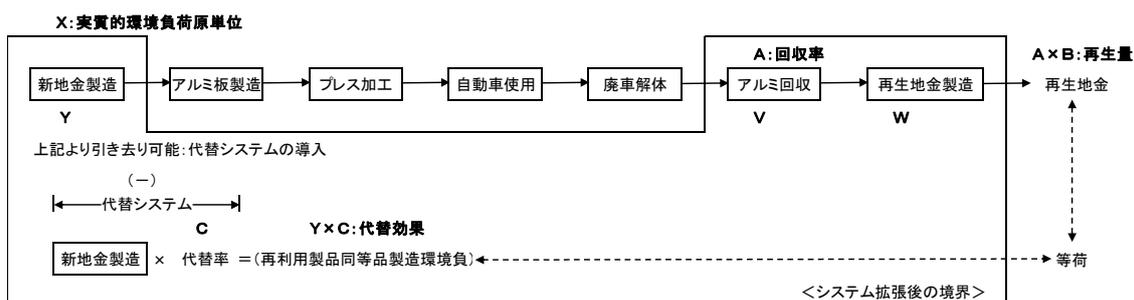


図4 自動車用アルミ板材に用いる地金の環境負荷（今回の提案）

4. 計算式

図4で示したアルミ地金の実質的環境負荷は、以下の計算式によって求めることができる。

「アルミ地金の実質的環境負荷」
 = 「新地金製造の環境負荷」 + 「回収に係る環境負荷」 + 「再生に係る環境負荷」
 - 「再生地金による環境負荷の低減効果」

これを各原単位表示に変えると下記計算式が得られる。

「アルミ地金の実質的環境負荷原単位」
 = 「新地金製造の環境負荷原単位」 + 「回収率」 × 「回収に係る環境負荷原単位」
 + 「回収率」 × 「再生に係る環境負荷原単位」 × 「再生歩留まり」
 - 「新地金の環境負荷原単位」 × 「回収率」 × 「再生歩留まり」 × 「代替率」

ここで、アルミ地金の実質的環境負荷原単位を X、新地金の環境負荷原単位を Y、回収率を A、回収に係る環境負荷原単位を V、再生歩留まりを B、再生に係る環境負荷原単位を W、再生地金の新地金代替率を C とすれば、アルミ地金の実質的環境負荷原単位は下記計算式により求められる。

$$X=Y+A \times V+A \times W \times B-Y \times A \times B \times C$$

5. 使用する環境負荷原単位及び各比率

ここでは環境負荷の代表値として二酸化炭素排出量の計算を例として取り上げる。
計算に用いる各原単位並びに各比率は以下の値を採用する。

① 環境負荷原単位

(1) Y：新地金製造の環境負荷原単位（二酸化炭素排出原単位 以下同じ）
：9.218kgCO₂/kg-Al 1)

(2) V：回収の環境負荷原単位：0.121 kgCO₂/kg-Al 2)

*自動車板材の使用後の回収に係る環境負荷原単位を計算した事例が得られなかったため、ここでは飲料用アルミ缶の回収に係る環境負荷原単位にて代用する。：

(3) W：再生処理（再溶解）の環境負荷原単位：0.309 kgCO₂/kg-Al 3)

② その他計算に用いる値

(1) A：回収率：自動車用アルミ材については、自動車リサイクル法の施行されている日本国内およびELV指令によりリサイクルが義務付けられているEU域内では、廃棄後ほぼ全てが再生利用されていると考えられる。しかしながら、新車・中古車を問わずその他の海外に持ち出された自動車については回収に係る詳細なデータはないため、素材としての価値が高いアルミ材は相当程度が再生利用されているとして、リサイクル率を100%、80%、60%としたシミュレーションを実施した。

(2) B：再生歩留まり：0.95 3)

(3) C：再生地金の新地金代替率

再生地金の新地金代替率は経済的指標（価格）をもとに下記計算式により求めた。4)

*再生地金の新地金代替率 = (再生地金価格 + 運賃・諸経費) / 新地金価格

ここで再生アルミ地金価格の公式のデータはないので、最新（平成29年4月21日）の値を用いて下記計算式により推定した。

・再生地金価格 = (缶プレス価格 + 加工費) / 歩留まり

缶プレス価格 = 144.5 円 / kg-Al 5)

加工賃 = 40 円 / kg-Al 4)

歩留まり = 0.82 4)

よって、再生地金価格 = (144.5 + 40) / 0.82 = 225 円 / kg-Al

・運賃・諸経費 = 15 円 / kg-Al 4)

・新地金価格 = 251 円 / kg-Al 5)

従って、再生地金の新地金代替率 = (225 + 15) / 251 = 0.956 となる。

尚、上記の代替率は、2002年の報告4)でも当時のアルミの地金とスクラップの市況をベースにして算出されている。

その値は再生歩留まり想定幅に依存した値 0.955~1.048 となるため、報告書には 0.95 と記載されている。本報告での新地金代替率の計算では、予想歩留まりの中心値の値を採用して 0.956 としているが、再生歩留まり想定幅による代替率範囲は 0.914~1.002 であった。15年前と比較しても代替率の差は 0.05 未満でありアルミという素材の地金とスクラップの相対評価が安定していることがここからもうかがえる。

6. 計算結果

計算結果を以下に示す。

(1) 回収率 (A) が 100%のとき

実質的環境負荷原単位=1.261 kgCO₂/kg-Al (新地金の環境負荷の 13.7%)

(2) 回収率 (A) が 80%のとき

実質的環境負荷原単位=2.852 kgCO₂/kg-Al (新地金の環境負荷の 30.9%)

(3) 回収率 (A) が 60%のとき

実質的環境負荷原単位=4.444 kgCO₂/kg-Al (新地金の環境負荷の 48.2%)

今回の提案により、回収率を与えることにより、自動車用アルミ板材に用いるアルミ地金のオープンループリサイクルを考慮した実質的環境負荷原単位の算出が可能になる。

その方法によれば、自動車リサイクル法が施行されている日本国内および ELV 指令が実施されている EU 域内でなら、使用されるアルミ新地金の環境負荷を、新地金のみの使用を前提とした従来の環境負荷原単位 9.218kgCO₂/kg-Al に対して、1.261kgCO₂/kg-Al [回収率 100%] となり、新地金の 13.7%の環境負荷とみなすことができるということが分かった。

海外へ輸出された自動車についても、国ごとの廃車の回収率が与えられればその環境負荷が算出可能となる。回収率 80%では 2.852 kgCO₂/kg-Al と新地金の環境負荷の 30.9%となり、回収率 60%では 4.444kgCO₂/kg-Al と新地金の環境負荷の 48.2%となる。

7. 引用文献

- 1) アルミニウム新地金および 展伸材用再生地金の LCI データの概要、P10、(社団法人 日本アルミニウム協会；平成 17 年 3 月 22 日)
- 2) 平成 14 年度 容器包装ライフサイクルアセスメントに係る調査事業 報告書、PP A-80-81、(平成 15 年 6 月、財団法人 政策科学研究所)
- 3) アルミニウム新地金および 展伸材用再生地金の LCI データの概要、P12、(社団法人 日本アルミニウム協会；平成 17 年 3 月 22 日)

- 4) 「350ml アルミニウム缶の LCI における オープンループリサイクルの評価」
(LCA 日本フォーラムセミナー インタープリテーション Part 2、; 2002 年 4 月 26 日 ; P30)
- 5) 平成 29 年 4 月 21 日付日刊産業新聞

本手法に関するコメント

工学院大学先進工学部環境化学科 教授 稲葉 敦

- 1) この手法は、リサイクルを行うことによる CO₂の排出削減量を、新地金の CO₂排出量から差し引くことを意図していると理解する。すなわち、

$$\begin{aligned} (\text{新地金の CO}_2\text{排出量}) &= (\text{リサイクルしない場合の新地金の CO}_2\text{排出量}) \\ &- (\text{リサイクルによる CO}_2\text{排出削減量}) \quad \text{---Eq.(1)} \end{aligned}$$

- 2) リサイクルする場合の CO₂排出削減量の計算方法を図1に示す。



図1 リサイクルの取り扱い

LCAでのシステムの比較は、機能単位を同一にすることが必要である。すなわち、リサイクルすると再生地金を得られるので、それと同等な製品を、リサイクルなしの場合に加えて比較する。ここでは、再生地金と同じ品質の製品を製造する CO₂排出量を新地金を製造するときの CO₂排出量と比較して（新地金 x α）と書く。すなわち、

$$\begin{aligned} (\text{リサイクルによる CO}_2\text{削減量}) &= \\ &(\text{新地金の製造}) + (\text{回収}) + (\text{再生地金の製造}) \\ &- \{(\text{新地金}) + (\text{新地金 x } \alpha)\} \quad \text{---Eq.(2)} \end{aligned}$$

- 3) Eq.(2)を Eq.(1)に代入すると、

$$\begin{aligned} (\text{新地金の CO}_2\text{排出量}) &= \\ &(\text{新地金の製造}) + (\text{回収}) + (\text{再生地金の製造}) - (\text{新地金 x } \alpha) \quad \text{---Eq.(3)} \end{aligned}$$

これは、本報告書の4章の第1式と本質的には同等である。本報告書では、（再生地金による環境負荷の削減効果）と表現しているが、「再生地金の品質は新地金とは劣っているため、新地金が

製造されたものとして新地金の製造の CO₂排出量を差し引くのは無理がある」ために、新地金の製造の CO₂排出量に α を掛けた分だけ差し引くことを考えているものと理解できる。

- 4) ここで、問題になるのは α の値である。本報告書では、再生地金の価格と新地金の価格の比を α としている。この方法は、再生プラスチックの評価にも用いられている方法である。

- 5) 以上のように、この方法による新地金の CO₂排出量の算定は、再生地金の品質の評価方法に大きく依存している。報告書では、「再生アルミ地金価格の公式データはない」として、業界新聞のアルミスクラップ市況に関する公表データを用いての α の推定方法を構築しているが、今後自動車ボディー材用のスクラップ市況が立ち上がってくることを想定し、市中での当該再生地金の価格等を調査されることを望む。

以上