



アルミーノが行く! アルミニウムに関するさまざまなテーマをアルミーノが調査します。

アルミ缶の ライフサイクルアセスメント LCAをめぐる冒険

私たちの生活にとって身近で欠かせないアルミ缶。

使用済みアルミ缶の実に95%以上がリサイクルされるという環境にやさしい容器ですが、アルミ缶の一生を通じた環境影響評価「LCA」の視点で見ると、どうなのでしょう。アルミーノが、東京大学・星野岳穂先生をたずねる知的冒険の旅に出ました。



LCAって、なんだろう？

■ 環境負荷を総合的に評価する手法です

アルミニウムの原料であるボーキサイトからつくられたアルミ地金は、さまざまな加工工程を経て成形され、アルミ製品になります。その1つが飲料用のアルミ缶です。中身を消費された使用済みのアルミ缶は「資源」として回収され、リサイクルによって再びアルミ缶やアルミ製品に生まれ変わります。このようなアルミ缶の「一生」を、アルミ缶の「ライフサイクル」といいます。

ある製品の原料採取から、その製品がつくられ、運搬され、使用され、リサイクル(または廃棄)されるまでのライフサイクル全体を通じたエネルギー消費量や、環境負荷などを評価する計算手法のことを「ライフサイクルアセスメント(LCA)」といいます。LCAは環境負荷をより総合的に把握する手法として、近年注目されています。

■ スペシャリストに聞きました

ほしの たけお
星野岳穂 先生
東京大学大学院工学系研究科
特任教授



東京大学マテリアル工学科 星野研究室は、鉄鋼・アルミニウム・銅・マグネシウムなどの基盤金属を対象に、マテリアルフロー分析(MFA)とライフサイクルアセスメント(LCA)を組み合わせ、資源の循環と環境負荷を定量評価する研究を行っています。研究を通じて持続可能な社会につながる技術や制度設計を見出し、産業や政策への提言につなげることを目指しています。

なぜLCAの考え方が大切なのですか？



■ 本当に意味のある環境負荷低減策を選ぶためです

LCAの考え方が大切である理由の1つは、「部分だけを見ると、評価を勘違いしやすい」からです。

例えば「紙袋 vs ビニール袋」や「ガソリン車 vs EV車」など製品単体の比較では、「ビニールはプラスチックだから良くない」、「EVは走行中にCO₂を出さないから良い」といった印象で判断されがちです。しかし、工学的な評価としてそれでは不十分で、原料の採掘から製造、輸送、使用後のリサイクル・廃棄など、ライフサイクルすべてを含めた工程に必要なエネルギーやCO₂排出量を比較することで、印象ではなく定量的なデータに基づいて議論できるようになります。これは工学的な設計判断や、政策判断に不可欠な視点です。

もう1つ、「環境に良いつもりが、別のところでマイナスになっているかもしれない」からです。

ある部分を改善すると、別の段階で環境負荷が増えてしまうことがあります。例えば自動車の部品に高性能な材料を導入した結果、使用段階ではCO₂排出量が削減できたが部品材料の製造段階でCO₂排出量が増え、全体としては効果がなかった、ということが起こりえます。

LCAの視点がないと、一部分だけの「見かけのエコ」にだまされる危険があります。LCAの視点があると、その改善が「ライフサイクル全体としてプラスか、マイナスか」をチェックしながら材料や技術を選択することができ、本当に意味のある環境負荷低減策が選べるのです。

資源採掘は？

製造工程は？



VS



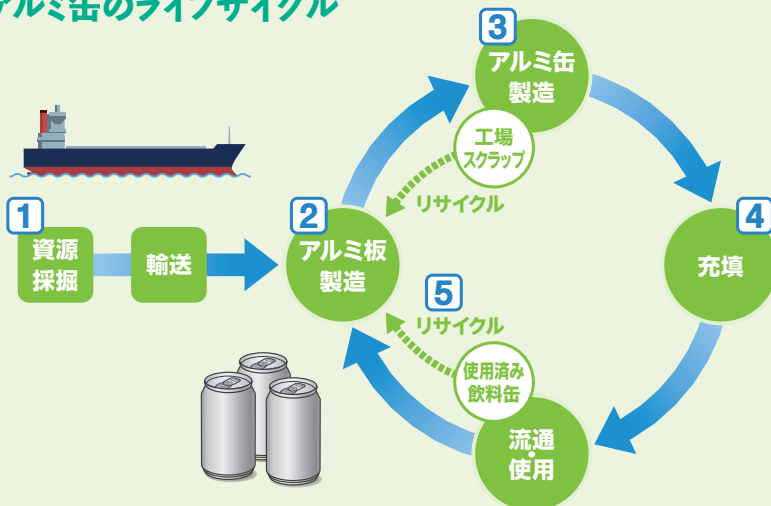
輸送は？

使用後は？

全体を見ないと、間違った選択をしてしまうかも…。



アルミ缶のライフサイクル



① 資源採掘：アルミニウムは地下資源であるボーキサイトからつくられます。アルミ缶を製造するための新地金は海外から輸入しています。

② アルミ板製造：地金を溶かし、板状に加工します。

③ アルミ缶製造：アルミ板を缶の形に打ちぬき、成形します。打ち抜かれたアルミ板は、リサイクルして再使用します。蓋もつくります。

④ 充填：飲料を注入して密封します。

⑤ 使用済み飲料缶：資源として分別回収され、アルミ板にリサイクルされます。



アルミ缶は一生を通じて「環境にやさしい容器」といえますか？

■条件を満たせば、ライフサイクル全体で環境にやさしいと評価できます

LCAの視点で見ると、アルミ缶は「常に環境にやさしい」とは言い切れないものの、条件がそろえば環境負荷をかなり低くできる容器です。

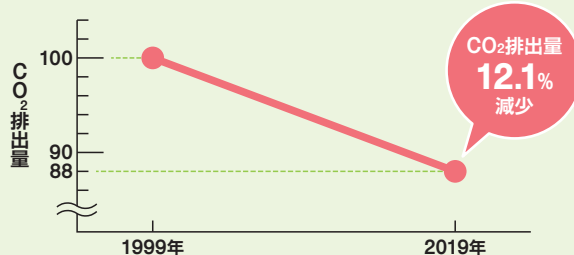
「常に環境にやさしい」と言い切れない理由は、アルミニウムを天然資源からつくる時、採掘・製錬・電解の段階でエネルギーを大量に消費し、それに伴ってCO₂も排出するからです。しかし一方で、リサイクルアルミから地金をつくる時のエネルギー消費量は、天然資源からつくる場合の3%程度。リサイクルアルミからアルミ缶をつくる時のエネルギー消費量は、新地金からつくる場合の約5%です。しかも、品質の劣化がなく何度でも再生利用が可能です。また、アルミ缶は軽いので、ガラスびんなどと比べて輸送時のCO₂排出量が小さいという利点もあります。

したがって、回収率・リサイクル率が高い、回収リサイクル処理にかかる運搬距離が短い、リサイクルに再生可能エネルギーなど低炭素の電力を使う、といった条件が満たされると、ライフサイクル全体で「環境負荷が小さい容器」と評価することができます。「アルミだから自動的にエ

コ」なのではなく、リサイクルに関わる条件を満たしてメリットが十分に発揮されることが重要です。

アルミ缶1缶あたりのCO₂排出量 (1999年を100としたときの減少率)

※アルミ缶は350mlのDI缶



データ出所：容器包装—アルミニウム缶のLCA分析((社)産業環境管理協会 LCAシリーズ(II)「LCAの実務」) 飲料用アルミニウム缶のインベントリ調査報告書(2023年7月)

LCAの手法を用いて調査したところ、アルミ缶1缶あたりのCO₂排出量は、1999年から2019年の20年間で約12%減少しました。技術革新による軽量化や、省エネ技術の進展に加え、地域・消費者・事業者の協力により分別回収された使用済みアルミ缶の使用率増加などによるものと考えられます。

天然資源からつくるアルミ地金をできるだけ使わないようにするには？



■水平リサイクル率を上げることが重要

使用済みアルミ缶からアルミ缶への再生利用を「水平リサイクル」といいます。現在、アルミ缶の製造には、リサイクルされた材料だけでは不足する量をボーサイトからつくる新地金で補っていますが、缶スクラップをできるだけ別用途(自動車部品など)に使わず水平リサイクル率を上げることで、新地金の使用量を減らすことができます。

また、缶から缶という特定用途のループが確立できると、スクラップの組成や不純物レベルが把握しやすくなり、より高品質なリサイクルが実現できます。

水平リサイクルがどれだけできるかが、アルミ缶の環境性能を高く維持するうえで重要な指標となります。

アルミ缶の水平リサイクル率(Can to Can率) (2024年度)



データ出所：アルミ缶リサイクル協会HP

国内で再生利用された使用済みアルミ缶のうち、アルミ缶にリサイクルされたものの割合です。2023年度は73.8%でした。少しずつではありますが、水平リサイクル率は高くなっています。

アルミ缶がもっと環境にやさしくなるためには どうしたらいいのかな？



■回収・選別や不純物制御などの課題を解決していこう！

アルミ缶には、現状いくつかの課題があります。新地金をつくる際のエネルギー・CO₂負荷が高いことのほかに、回収・選別時に発生するロスがあります。ポイ捨て、家庭ごみへの混入などによる未回収分や、他素材の混在、汚れなどにより回収段階で一定のロスが出ています。選別段階でも、他金属や異物が混入すると、歩留まりの低下や品質低下を招きます。リサイクルできる設計であっても、実際の回収・選別が十分に機能していないと持続可能なシステムとはなりえません。

また、水平リサイクルの質を維持するためには合金成分や不純物の管理・制御が必要ですが、うまく制御できない

場合は缶スクラップが飲料缶よりも不純物をより多く許容できる用途(鋳物など)に使われることになり、資源利用効率の観点で課題となります。

アルミ缶はリサイクル性が高いといっても、大量消費・大量廃棄を前提としている限り、持続可能性には構造的な限界があるといえます。材料工学的な改善だけでなく、「使い捨て」の消費スタイルや、飲料容器の使用総量を含めた社会システムの設計についても考える必要があるのではないのでしょうか。



最後に、材料工学の観点から 未来を展望していただきました！

進化するアルミ缶リサイクルの未来

～「量を増やす」から、「品質を維持・向上しながら何度も循環させる」へ～

「リサイクルの優等生」といわれるアルミ缶は、スクラップの選別技術や、材料の設計技術が進むことで、リサイクルの「量を増やす」段階から、「品質を維持・向上しながら何度も循環させる」段階へ進化することが可能になります。

アルミリサイクルにはスクラップの不純物混入という課題があり、高精度なスクラップ選別技術の開発・普及が期待されます。XRF(蛍光X線分析法)、LIBS(レーザ誘起ブ



レークダウン分光法)といった、物質に含まれる元素の種類や量を分析する最新技術や、AIを活用した画像認識技術を用いてスクラップを成分ごとに自動選別できるようになれば、合金

別の「クローズドループリサイクル」に近づけることができます。

そもそもアルミ材料の設計段階でリサイクルのことまでを考慮できるようになれば、高度な選別もより簡単になります。そのためには不純物の影響を許容・制御できる合金設計や、分解しやすい接合方法、デジタルIDによるトレーサビリティなど、リサイクルを前提とした設計が重要になってきます。

こうした技術の進展により用途別・合金別のリサイクルが可能になると、ポーキサイトからつくる新地金は最も機能要求の厳しい用途に限定し、それ以外は高品質なリサイクル材を使うという役割分担が進むでしょう。飲料缶の水平リサイクル率は100%に近づき、アルミ缶はリサイクルの「優等生」ではなく「模範生」としてさまざまな材料の資源循環を牽引する役割を果たしながら、さらに需要を伸ばしていけるのではないのでしょうか。

