



日本アルミニウム協会賞 令和6年度開発賞受賞

## 環境負荷を低減した次世代の飲料缶蓋「EcoEnd™」の開発\*

江崎 智太郎\*\*, 高井 大地\*\*\*, 佐藤 祐介\*\*, 工藤 智行\*\*  
 中野 修治\*\*\*\*, 高橋 成也\*\*\*\*\*, 西本 英樹\*\*\*\*\*  
 磯村 遼太郎\*\*\*\*\*, 興 敬宏\*\*\*\*\*

### Development of EcoEnd™ : A Next-Generation Aluminum Beverage Can Lid for Reducing Environmental Burden\*

Tomotaro Ezaki\*\*, Daichi Takai\*\*\*, Yusuke Sato\*\*, Tomoyuki Kudo\*\*  
 Shuji Nakano\*\*\*\*, Shigeya Takahashi\*\*\*\*\*, Hideki Nishimoto\*\*\*\*\*  
 Ryotaro Isomura\*\*\*\*\* and Takahiro Oki\*\*\*\*\*

#### 1. はじめに

アルミニウム缶は、国内リサイクル率が99.8%に達するリサイクルの優等生として知られている<sup>1)</sup>。一方で、国内で再生された使用済アルミニウム缶(UBC: Used Beverage Can)が再びアルミニウム缶向け材料に使用される水平リサイクル率は75.7%に留まっている。これは、アルミニウム缶が、缶胴(主に3104合金)と缶蓋(主に5182合金)で異なった合金が使用されているため、UBC由来のリサイクル材は成分が混ざった状態であることに起因する。特に缶蓋用5182合金には成分の関係でリサイクル材の配合が困難であり、水平リサイクル率が低くなっている。

この課題に対し、当社と東洋製罐株式会社(以下東洋製罐)は、材料及び成形技術の両面から連携し、リサイクル材の使用に適した缶蓋の実用化に向けた開発を進めてきた。その結果、2023年末に温室効果ガス(GHG)

排出量を現行缶蓋に比べて約4割削減可能な次世代飲料缶蓋「EcoEnd」を開発した。本稿では、技術開発の詳細(主に材料面)とその波及効果を説明する。

#### 2. アルミニウム缶用材料とリサイクルの背景

2.1 アルミニウム缶の構造とリサイクル材について  
 アルミニウム缶は、缶胴と缶蓋が巻締めにより一体化された構造である。要求性能(成形性や製品性能)の違いから、Table 1, 2に示すような成分・特性の異なる合金が使用されており、缶胴にはAl-Mn系の主に3104合金、缶蓋にはAl-Mg系の主に5182合金が使用されている。そのため回収されたUBCには缶胴と缶蓋が重量比 約4:1で混ざっており、リサイクル材は3104合金に近い組成になる。

\* 本稿の主要部分は、アルミニウム, 32-124 (2025), 1-5 に掲載

The main part of this paper has been published in the Aluminium, 32-124 (2025), 1-5.

\*\* 株式会社UACJ マーケティング・技術本部 R&Dセンター 缶材料開発部

Can Stock Development Department, Research & Development Center, Marketing & Technology Division, UACJ Corporation

\*\*\* 株式会社UACJ 板事業本部 福井製造所 製品技術部

Product Design & Technology Department, Fukui Works, Flat Rolled Products Division, UACJ Corporation

\*\*\*\* 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター 基盤技術開発部 メタル素材開発グループ

Metal Packaging Material Development Group, Fundamental Technology Department, Toyo Seikan Co., Ltd Technical Center

\*\*\*\*\* 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター 基盤技術開発部

Fundamental Technology Department, Toyo Seikan Co., Ltd Technical Center

\*\*\*\*\* 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター メタル技術開発部 飲料缶・蓋開発グループ

Beverage Can and End Development Group, Metal Container Technology Department, Toyo Seikan Co., Ltd Technical Center

**Table 1** Chemical composition of 3104 and 5182 (JIS).

Alloy	Chemical composition (mass%)					
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Al
3104	-0.6	-0.8	0.05-0.25	0.8-1.4	0.8-1.3	Bal.
5182	-0.20	-0.35	-0.15	0.20-0.50	4.0-5.0	Bal.

**Table 2** Characteristic of aluminum alloy for can body and lid.

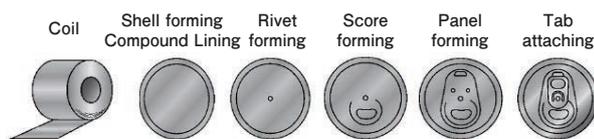
Appli-cation	Alloy	Strength	Inter metallic compounds	Usage rate of Primary aluminum
Can body	AlMn Mainly 3104	Low Good formability	A lot of Die cleaning	Low
Can lid	AlMg Mainly 5182	High Enhances container strength	A little Crack Suppression	High

**2.2 アルミニウム缶胴用材料の特徴**

3104合金は適度な強度を持つ成形性に優れた合金である。また、DI (Drawing and Ironing = 絞りしごき) 成形に適しており、材料組織中に含まれる硬質のAlFeMn系金属間化合物がしごき成形時にツールへ堆積するアルミニウムのクリーニングと固体潤滑の役割を果たし、板厚約100μmまで薄肉成形ができる。

**2.3 アルミニウム缶蓋用材料の特徴**

缶蓋は、落下時の衝撃や高温環境下などでの内圧増加による不意開口に耐える必要があり、缶胴材よりも高強度が求められる。5182合金は主にMg添加により強度を高めている。一方で、鑄造時に晶出する数μmオーダーの金属間化合物は、Fig. 1に示す蓋成形の過



**Fig. 1** Schematic image of can lid forming process.<sup>2)</sup>

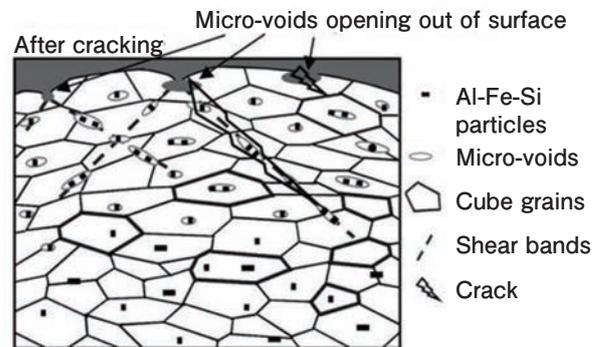
程で生じる曲げやスコア加工時に材料中の亀裂進展を促進するため (Fig. 2), 金属間化合物の生成に影響するSi, Fe, Mnが低く管理されている。

**3. 環境負荷低減へのアプローチ**

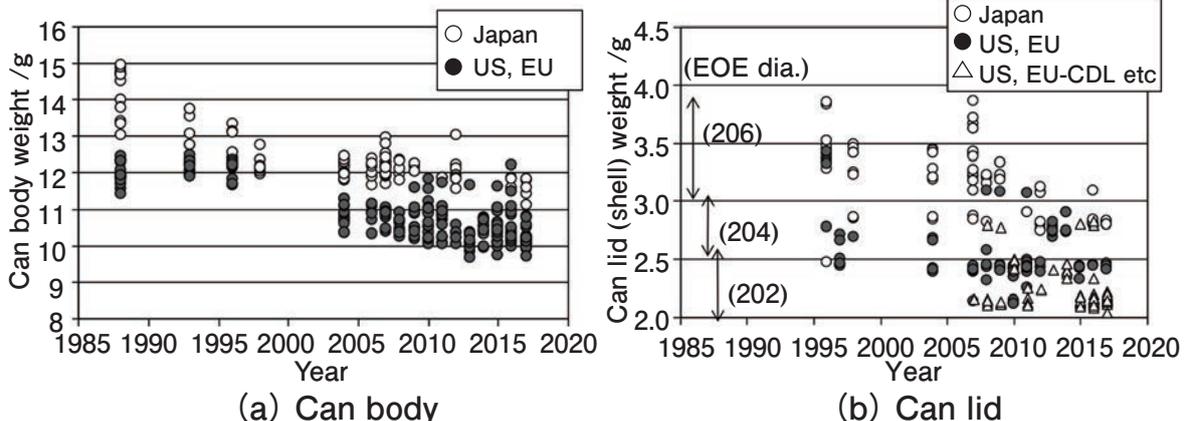
**3.1 軽量化の限界と再生材利用の重要性**

これまでアルミニウム缶では、板厚削減や縮径といった軽量化によって環境負荷低減が進められてきたが、強度にかかわる性能の維持を前提とすると限界に近づいている。Fig. 3に示す各年の市場に流通するアルミニウム缶の重量推移を見ると、近年では重量変化がほとんど見られない。

ここで、さらに環境負荷低減を進めるため、アルミニウム圧延材の製造工程に着目した。最も環境負荷が大きいのは、ボーキサイトから新地金を精錬する工程であり、CO<sub>2</sub>排出量換算でアルミニウム1トンあたり9.24トンとなる。これに対し、リサイクル材を使用した場合は0.31トンと、CO<sub>2</sub>排出量が約1/30で済む<sup>4)</sup>。圧延プロセス全体でのCO<sub>2</sub>排出量は1トン程度であることを考慮すると、新地金の使用量を抑え、リサイクル材の比率を高めることが、環境負荷低減に効果的な施策といえる。



**Fig. 2** Schematic diagram of crack propagation by processing.



**Fig. 3** The trend of aluminum can weight for each year (Left; Can body, Right; Can lid).<sup>5)</sup>

このように、アルミニウム缶の環境負荷低減にはリサイクル率の向上が重要である、現行の缶胴材である3104合金については既にリサイクル率が非常に高いが、現行の缶蓋材である5182合金は3104合金に比べSi, Fe, Mnなどが低く管理されているため、3104合金に近い成分のリサイクル材を配合することが困難である。すなわち、アルミニウム缶の環境負荷低減には缶蓋材のリサイクル率向上が重要な課題だといえる。

### 3.2 新合金開発の必要性

缶蓋材におけるリサイクル率向上には、缶胴材と同じ3104合金を使用する「ユニアロイ」という考え方が一般的だった。しかし、3104合金は5182合金に比べ強度が低いため、缶蓋に適用するには耐圧性能などを満たすため板厚増加が必須であり、重量増加につながる。これは、軽量化の流れから逆行するだけでなく、板厚に適した工具への変更・調整によるコスト増加などが障壁となり普及してこなかった。すなわち、缶蓋材のリサイクル率向上には、リサイクル材の使用に適した3104合金に近い成分と、現行の缶蓋材である5182合金と同等強度の両立が必要だが、既存合金ではこれらを満足できないため新合金開発に取り組む必要があった。

## 4. EcoEndの技術概要

### 4.1 開発コンセプト

当社及び東洋製罐は、Fig. 4に示すようなコンセプトを設定し、材料・成形の両面から課題解決に挑み、EcoEndの実用化に取り組んだ。材料面では、3104合金に強化元素としてMgをさらに添加した新合金を設計し、製造工程の最適化で缶蓋に求められる強度・成形性を確保した。成形面では、新合金を使いこなすため主にスコア部の形状・残厚や成形条件の最適化を行った。

### 4.2 循環フロー

Fig. 5にアルミニウム缶における循環フローの模式図を示す。Fig. 5中左に示す従来の循環フローでは、UBCから製造されたりサイクル材の大半が缶胴用3104合金に循環しており、缶蓋用5182合金にはほぼ循環していなかった。これに対しEcoEndでは、Fig. 5中右に示すようにリサイクル材が缶胴のみならず缶蓋へも循環可能となり、水平リサイクル率の向上に大きく貢献できる。

## 5. 技術開発

### 5.1 材料面での開発

#### 5.1.1 合金成分の設計

Table 3にEcoEndに用いられる材料(以下、EcoEnd材)の合金成分を示す。Si, Fe, Cu, MnはTable 2に示した3104合金と同等の範囲だが、Mgは3104合金と5182合金の中間に設定されている。3104合金をベースにすることでリサイクル性を確保しつつ、Mgを添加することで高強度化する設計である。

リサイクル材を5182合金に配合する場合、従来は

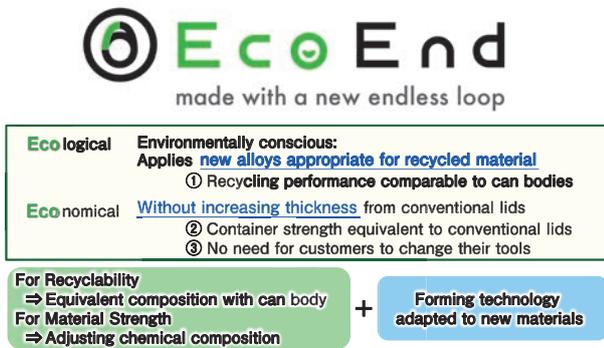


Fig. 4 Concept of EcoEnd.

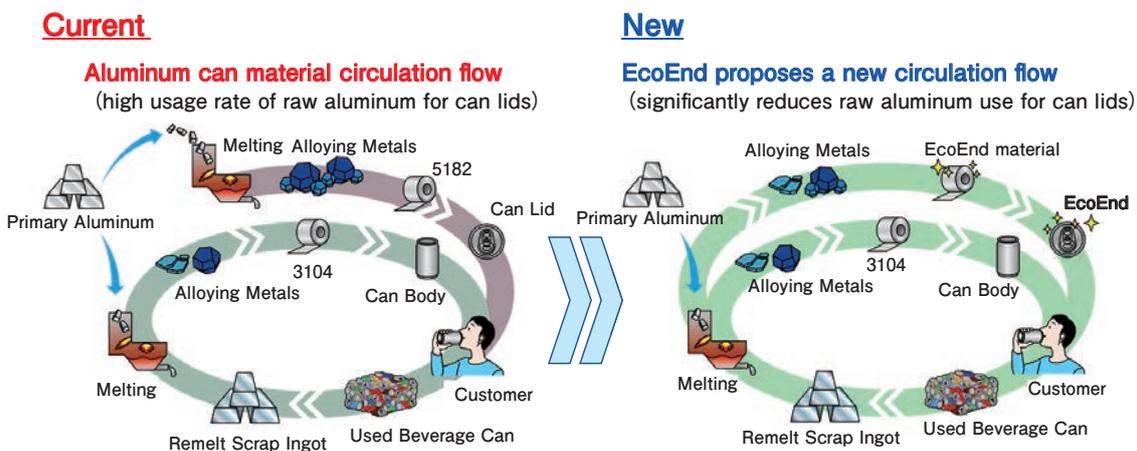


Fig. 5 Schematic image of circulation model.

**Table 3** Chemical composition of EcoEnd material (mass%).

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Al
0.10-0.60	0.20-0.70	0.10-0.40	0.5-1.2	1.1-4.0	Bal.

3104合金由来のSi, Fe, Cu, Mnが過剰となるため新地金による成分希釈が必要となりリサイクル率が低かったが, EcoEnd材ではこれら成分の狙いを3104合金同等としているため, 新地金の使用量を低減しリサイクル率を高めることができる。

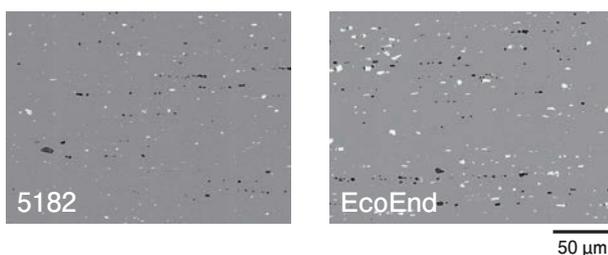
また, EcoEnd材は3104合金のリサイクル率も高められる可能性がある。現在のリサイクル材には5182合金由来のMgが多く含まれているため, 3104合金において新地金でMgを希釈する必要があり, 5182合金よりリサイクル材の配合可能量の上限は高いものの, リサイクル率向上には限界があった。しかし, EcoEnd材は5182合金よりMgを低く設計しているため, リサイクル材のMgは従来よりも低くなり, Mgを希釈するための新地金の必要量が低減され, 3104合金のリサイクル率向上につながると考えられる。

なお, EcoEnd材は5182合金に比べMgが少なく強度が低くなりやすい点, 金属間化合物の生成に寄与する元素が多い点から, 現行の缶蓋材向けに適用されている通常工程に対して条件の工夫が必須となる。

### 5.1.2 均質化温度の高温化

Fig. 6に通常工程で製造した5182合金とEcoEnd材の製品板におけるSEM-COMPO像を示す。EcoEnd材は5182合金よりも金属間化合物としてAlFeMn系(白色)とMg<sub>2</sub>Si(黒色)の粒子が多く存在する。これら数μmオーダーの粒子は, casting中に晶出したと考えられ, き裂の進展などを助長するだけでなく, 強度へもほとんど寄与しない。特にEcoEnd材では高強度化のため添加したMgが, 粗大なMg<sub>2</sub>Siとして晶出しており, 通常工程では高強度化を実現できない。

これに対し, 圧延工程前に鋳塊に対して実施する均質化処理工程で, これら金属間化合物の再固溶が可能かを検討した。AlFeMn系粒子の再固溶温度は固相線

**Fig. 6** SEM-COMPO images of (left) 5182 and (right) EcoEnd material for standard process.

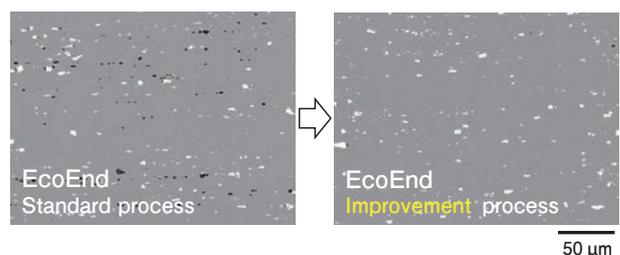
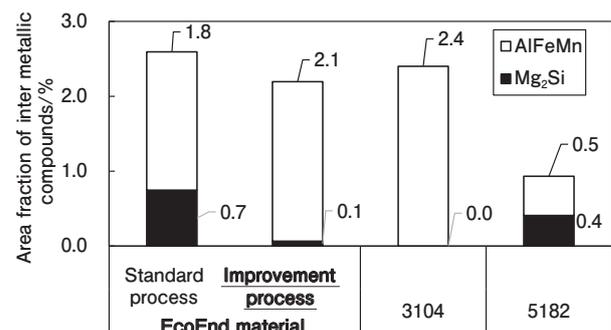
温度以上であるため再固溶は困難だが, 固相線温度未満の温度域にMg<sub>2</sub>Siの再固溶温度が存在したため, Mg<sub>2</sub>Siの再固溶によるEcoEnd材の成形性・強度向上を狙って通常工程よりも均質化温度を高温化した改善工程を設計した。

改善工程を採用することで, Fig. 7のようにMg<sub>2</sub>Siが再固溶できた。また, SEM-COMPO像から金属間化合物(AlFeMn系粒子及びMg<sub>2</sub>Si系粒子)の面積率を定量評価すると, Fig. 8に示すようにEcoEnd材に改善工程を採用することで, 金属間化合物の低減に成功した。なお, EcoEnd材(改善工程)でも現行材である5182合金より金属間化合物の量が多く, 成形性などに差が出ると考えられる。

### 5.1.3 強度・成形性を両立した圧延工程の探索

缶蓋材には耐圧強度を満たす材料強度と, 蓋成形中に割れない成形性の両立が求められる。耐圧強度と材料特性の関係については, 引張強さと0.2%耐力の平均値がよく相関すると先行研究<sup>6)</sup>で示されており, これを指標とした。また, 成形性については, 繰り返し曲げ回数を指標とした。これは, 幅12.5 mm×長さ200~300 mmで切り出した材料を, 缶蓋成形で生じる割れと同じ方向である圧延方向と曲げ稜線が平行になる方向で繰り返し±90°で曲げて, 破断に至る回数を測定する試験であり, この回数が多いほど成形性が高い材料といえる。

5.1.2で示した均質化処理の高温化に加え, EcoEnd材

**Fig. 7** SEM-COMPO images of EcoEnd material for (left) standard process and (right) improvement process.**Fig. 8** Area fraction of inter metallic compounds.

に最適な圧延工程を検討するため、Table 4に示す缶材料で実施されている代表的な圧延工程<sup>7)</sup>を参考にEcoEnd材を試作した。EcoEnd材及び比較として3104合金、5182合金の強度と繰り返し曲げ回数の関係をFig. 9に示す。

自己焼鈍工程で製造したEcoEnd材は、同じく自己焼鈍工程で製造した3104合金に対し強度が高く、Mg添加による高強度化が確認できたが、5182合金に対しては強度が不足していた。

HOTCAL工程で製造したEcoEnd材は、5182合金よりも強度が高くなったが、繰り返し曲げ回数が少なく成形性が低い。実際に蓋成形すると、Fig. 1におけるシェル成形の段階で割れが発生することが分かった。

中間CAL工程で製造したEcoEnd材は、5182合金に近い強度を示しつつ、HOTCAL工程材に比べ繰り返し曲げ回数が多くシェル成形でも割れが発生しなかった。ここから、さらに各種条件を調整することで、EcoEnd材で缶蓋材に求められる強度・成形性を両立できると確認された。

なお、Fig. 9からわかるように、EcoEnd材 (I-CAL)の成形性は5182合金よりも低い。そのため缶蓋に適用するには、成形面でも改善が必須となる。

### 5.2 成形面での開発

Fig. 10に示すように、缶蓋の飲み口にはスコア加工が施されているが、開けやすさと耐圧強度の相反する性能が要求される。EcoEnd材は従来材に比べ金属間化合物の数が多く、開口に要する力が変化する。その

Table 4 Typical rolling processes for can material.

Name	Process
HOT* Batch	Hot Rolling → Batch Annealing → Cold Rolling
I-CAL**	Hot Rolling → Cold Rolling → CAL** → Cold Rolling
HOT*CAL**	Hot Rolling → CAL** → Cold Rolling
SA***	Hot Rolling → Cold Rolling

\* HOT: Hot Rolling, \*\* CAL: Continues Annealing Line, \*\*\*SA: Self Annealing

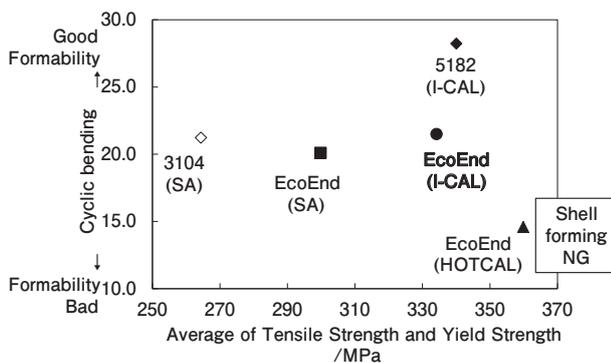


Fig. 9 Strength-Formability of EcoEnd material manufactured at each process.

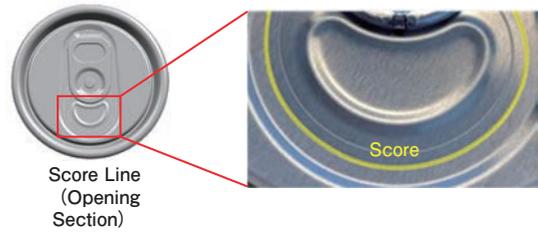


Fig. 10 Appearance of the score at the can lid opening.



Fig. 11 Schematic diagram of the score section.

ため、スコア加工は新合金向けに最適化が必要となる。EcoEndでは材料特性に応じた成形条件の調整を施し、Fig. 11に示すスコア部を最適化 (形状や残厚) することで対応した。結果、現行同等の缶蓋性能を達成できることを確認した。

## 6. 波及効果と将来性

東洋製罐調べによると、EcoEndの導入により、現行缶蓋材に比べてGHG排出量を約4割削減可能である。仮に東洋製罐が国内で供給する全缶蓋をEcoEndに置き換えた場合、年間で約14万トンのCO<sub>2</sub>削減が見込まれる。

本開発は、長年普遍的とされてきた飲料缶材料に対する構造的な変革であり、循環型社会の実現に向けた一歩である。今後、EcoEndの普及と改良を通じて、完全水平リサイクルの実現と環境負荷の継続的削減に貢献していく所存である。

### 参考文献

- 1) <https://www.alumi-can.or.jp/pages/98/>
- 2) 高橋成也：包装技術, **62** (2024), 572-576.
- 3) 山本祐介ほか：本誌, **1** (2014), 55-62.
- 4) 日本アルミニウム協会：アルミニウム VISION 2050, (2020), 9-10.
- 5) 水谷博之：本誌, **5** (2018), 84-86.
- 6) 横井 洋, 岡田峰光：住友軽金属技報, **54** (2013), 185-195.
- 7) 鈴木 覚：Furukawa-Sky Review, **1** (2005), 3-8.

お問い合わせ

株式会社UACJ 板事業本部 缶材営業部  
 〒108-0073 東京都港区三田3丁目5番19号  
 住友不動産東京三田ガーデンタワー  
 代表電話番号 03-6202-2600

UACJ Corporation  
 Can Stock Marketing & Sales Department,  
 Flat Rolled Products Division  
 Sumitomo Fudosan Tokyo Mita Garden Tower,  
 3-5-19, Mita, Minato-ku, Tokyo 108-0073 Japan  
 Tel: +81-3-6202-2600



江崎 智太郎 (Tomotaro Ezaki)  
 株式会社UACJ マーケティング・技術本部  
 R&D センター 缶材料開発部



高橋 成也 (Shigeya Takahashi)  
 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター  
 基盤技術開発部



高井 大地 (Daichi Takai)  
 株式会社UACJ 板事業本部 福井製造所  
 製品技術部



西本 英樹 (Hideki Nishimoto)  
 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター  
 メタル技術開発部 飲料缶・蓋開発グループ



佐藤 祐介 (Yusuke Sato)  
 株式会社UACJ マーケティング・技術本部  
 R&D センター 缶材料開発部



磯村 遼太郎 (Ryotaro Isomura)  
 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター  
 メタル技術開発部 飲料缶・蓋開発グループ



工藤 智行 (Tomoyuki Kudo)  
 株式会社UACJ マーケティング・技術本部  
 R&D センター 缶材料開発部



興 敬宏 (Takahiro Oki)  
 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター  
 メタル技術開発部 飲料缶・蓋開発グループ



中野 修治 (Shuji Nakano)  
 東洋製罐株式会社 テクニカルセンター  
 基盤技術開発部 メタル素材開発グループ