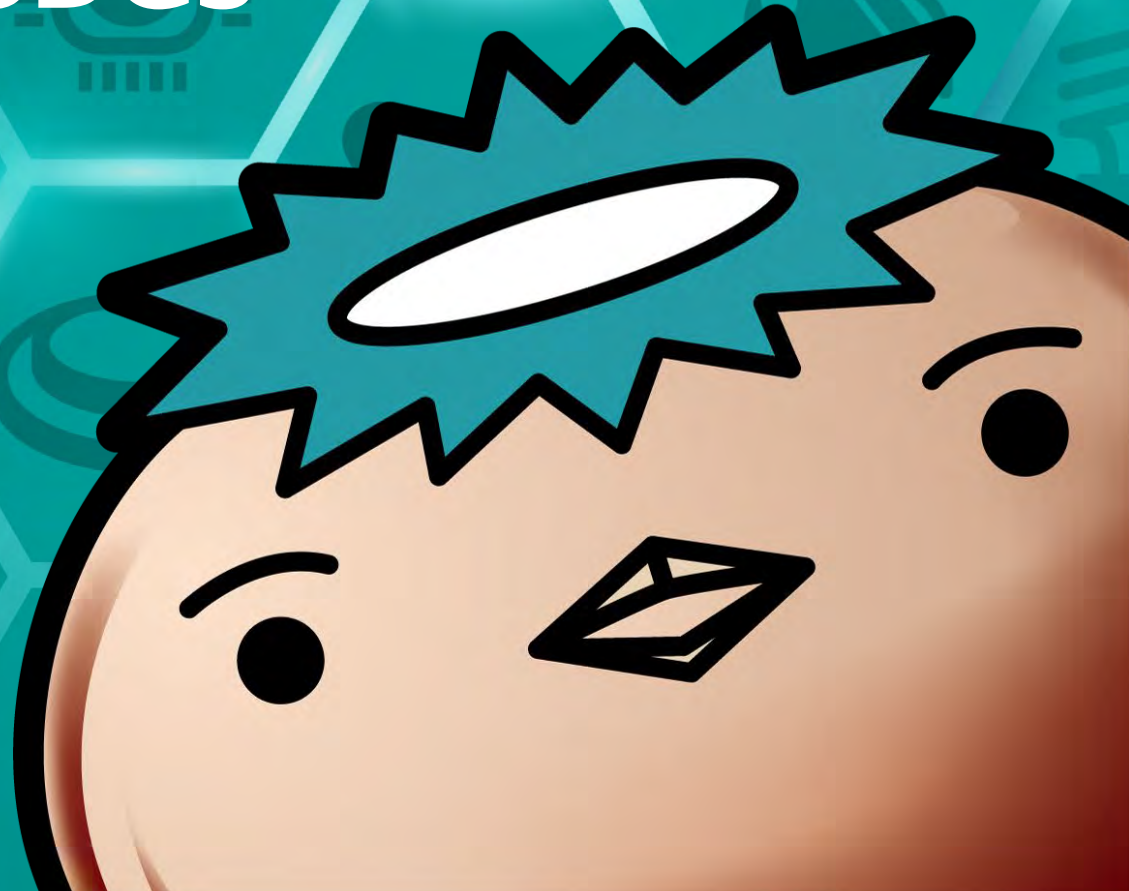
SDGsへの非鉄金属企業の貢献の現状と展望

～資源・材料循環におけるSDGs～

ＪＸ金属PR大使
銅の妖精 カッパーくん



2021年11月26日

JX金属㈱　取締役常務執行役員
金属・リサイクル事業部長
技術本部副本部長
安田　豊

JX金属株式会社

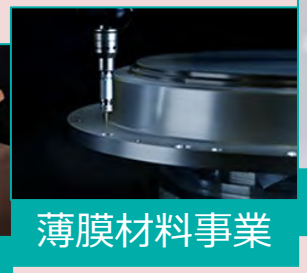
目次

1. ＪＸ金属の事業概要
2. 素材（非鉄金属）企業がSDGｓへどう貢献できるか？
3. ＪＸ金属のチャレンジ ①
   - 「持続可能な銅生産」コンセプトとハイブリッド製錬
4. ＪＸ金属のチャレンジ ②
   - リチウムイオン電池のリサイクル
5. ＪＸ金属のチャレンジ ③
   - 省資源型先端素材の開発と市場供給
6. SDGs貢献に向けた素材（非鉄金属）企業のありかた

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

JX金属の事業展開

上流(資源事業)から中流(製錬事業/リサイクル事業)、下流(機能材料事業/薄膜材料事業/タンタル･ニオブ事業）まで銅を中心とした非鉄金属のサプライチェーンに沿った一貫した事業を展開



フォーカス事業群

ベース事業群

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

素材(非鉄金属)メーカーとして貢献できるSDGs項目

当社事業と関係が深い項目

■ **素材生産時における責任**に主に関係

■ **素材供給の責任**に主に関係

本日は、
「素材生産時における責任」と、
「素材供給の責任」の両面についてお話ししたい。

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

素材（非鉄金属）企業が果たすべき「責任」とは？

Goal 12 等における非鉄金属企業（業界）の責任

素材生産時における責任

なるべくGHGsを出さず、環境を汚さず、
廃棄物削減、リサイクルの拡大に資するような
人と地球にやさしい方法の素材生産の実現が必要

Goal 7 等における非鉄金属企業（業界）の責任

素材供給の責任

あらゆる地域での産業成長・インフラ整備や、
脱炭素社会のために増大する需要に対し、
資源の安定確保と素材製品の安定供給を果たすとともに、省資源化に寄与する先端素材の開発・供給が必要

課題	非鉄産業は、双方の責任をどのように両立させていくか？
重要な論点	消費量が増加する非鉄金属素材において、「リサイクル」は安定供給の鍵となりうるか？

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

カーボンニュートラル(CN)に必要な鉱物資源例

	システム・要素技術		必要となる鉱物資源
再生可能エネルギー部門	発電・蓄電池	風力発電	銅、アルミ、レアアース
		太陽光発電	インジウム、ガリウム、セレン、銅
		地熱発電	チタン
		大容量蓄電池	バナジウム、リチウム、コバルト、ニッケル、マンガン、銅
自動車部門	蓄電池・モーター等	リチウムイオン電池	リチウム、コバルト、ニッケル、マンガン、銅
		全固体電池	リチウム、ニッケル、マンガン、銅
		高性能磁石	レアアース
		燃料電池(電極・触媒)	プラチナ、ニッケル、レアアース
		水素タンク	チタン、ニオブ、亜鉛、マグネシウム、バナジウム

カーボンニュートラルに銅やレアメタル（ニッケル、コバルト等）は必要な鉱物資源

*経済産業省　資源エネルギー庁　資源・燃料部資料「2050年カーボンニュートラル政策実現に向けた鉱物資源政策」2020年2月より

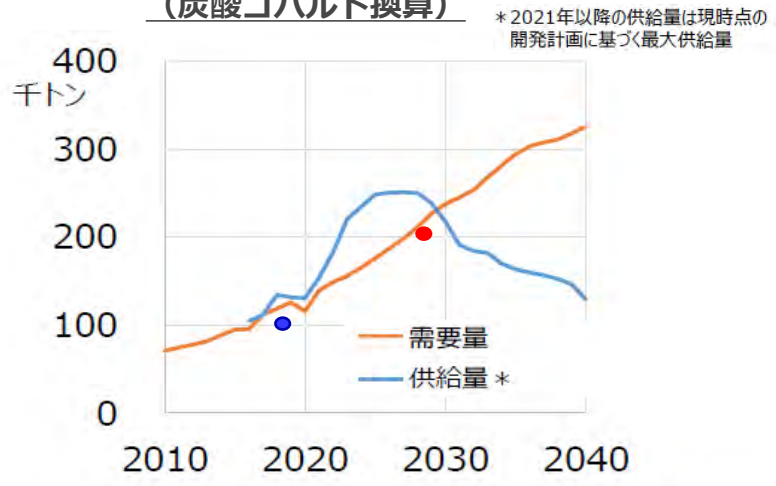
Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

CNに必要な鉱物資源の需給予測

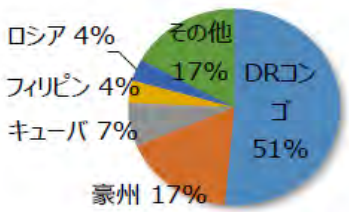
*経済産業省　資源エネルギー庁　資源・燃料部資料「2050年カーボンニュートラル政策実現に向けた鉱物資源政策」2020年2月より

コバルト需給予測

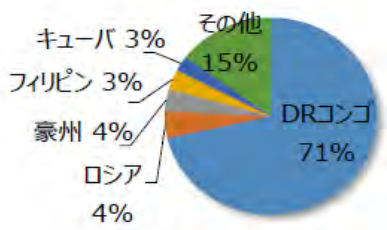
（炭酸コバルト換算）



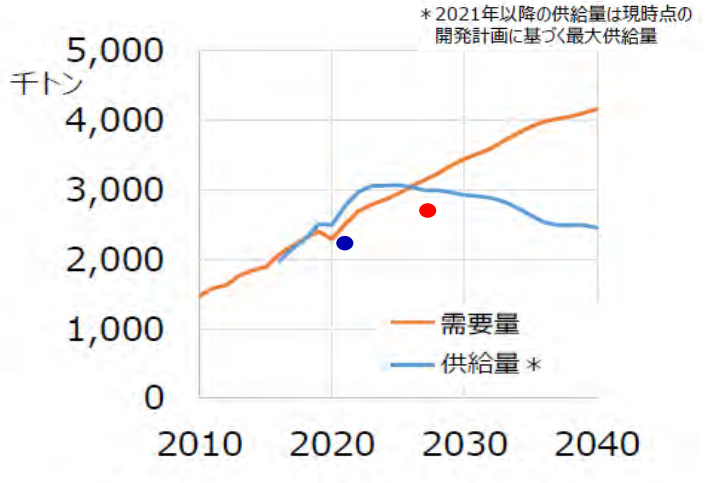
埋蔵量
計：700万トン



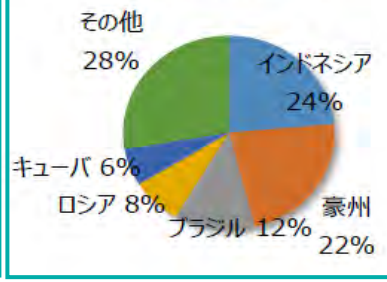
生産量
計：約14万トン



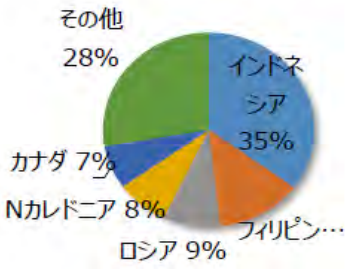
ニッケル需給予測



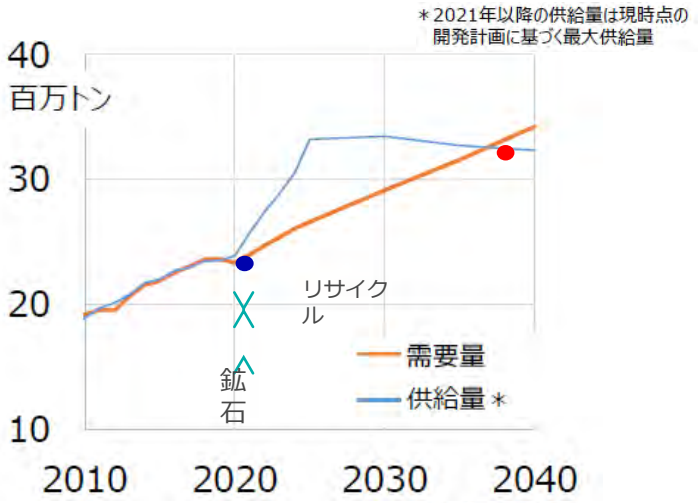
埋蔵量
計：8900万トン



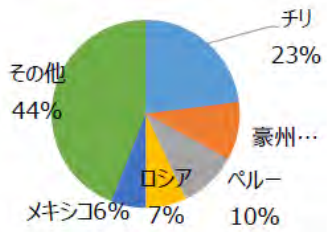
生産量
計：約2600千トン



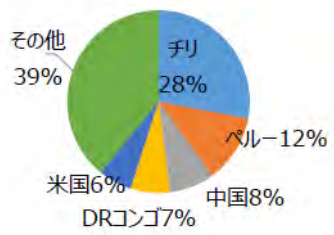
銅　需給予測



埋蔵量
計：870百万純分トン



鉱石生産量
計：20百万純分トン



銅やレアメタル（ニッケル、コバルト等）の需要は右肩上がり、将来供給不足の予測

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

CNに必要な鉱物資源の需給ギャップを埋めるには？

資源開発による鉱物資源確保

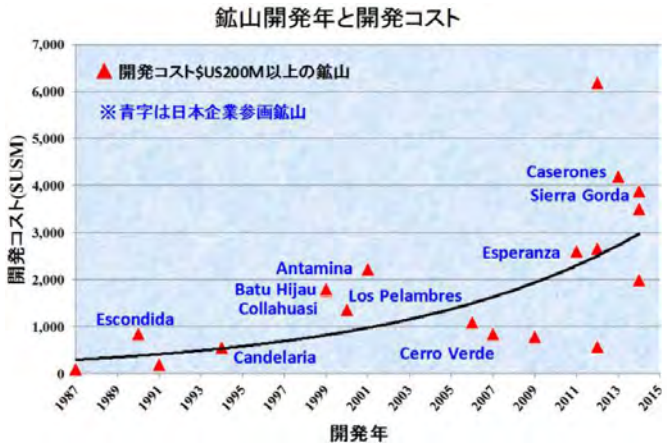
経済産業省は「新国際資源戦略（2020年3月）」と「重要鉱種戦略*（策定中）」により、戦略的な資源確保に取組み

*重要鉱種戦略：資源の偏在性や供給安定性等の観点から、鉱種ごとに定量的なリスクを把握し、鉱種の特性に応じた資源確保策を実施するもの

日本の非鉄金属業界及び商社も2000年代から積極的に海外鉱山の権益取得、鉱山開発に取り組む

- ➡ 日本は、資源開発、製錬、金属素材、リサイクルと上流から下流までを有する世界的にもユニークな事業構造
- ➡ 一方で、新規鉱山開発は鉱床低品位化・開発費高騰・資源ナショナリズム等により困難化。金属価格が事業性に大きく影響する高リスク事業化

総合資源エネルギー調査会資源燃料分科会（16回）資料
「鉱物資源の安定供給における非鉄企業の重要性」大井滋, 2018.3.9.より



総合資源エネルギー調査会資源燃料分科会鉱業小委員会（２回）資料
「資源開発と国内製錬事業の現状と課題」家守伸正, 2014.6.5.より

鉱物資源確保に向けた資源開発は必須
支援強化・リスク分散等工夫が必要！

リサイクル

リサイクルへの期待の高まり

- ➡ 鉱物資源確保への**“Silver Bullet”**になりうるか？？

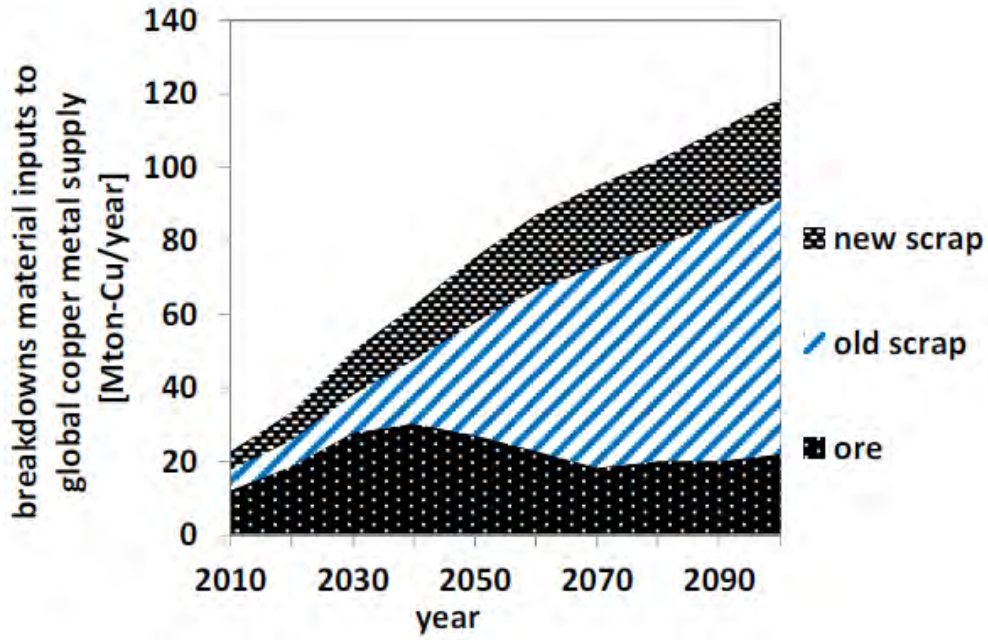
Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

金属リサイクルの限界

枯渇性天然資源である非鉄金属の確保には
「リサイクル*」は有効かつ重要
*リサイクルは、「蓄積された過去の製品・資本から資源を取り出す」こと

「将来の増大する必要量*」全てを、リサイクルのみで補うことは物理的に不可能
*CN推進により、非鉄金属需要は増加する見込み

【銅生産の原料比率予測】



「エネルギー消費を考慮した長期需給モデルの開発と非鉄金属資源の持続的供給評価に関する研究」
2014年10月　安達　毅　秋田大学国際資源学部　他

“不都合な真実”かもしれない・・・
リサイクル単独では、Silver Bullet になり得ない

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

「持続可能な銅生産」コンセプト

社会・環境への負荷が小さな「持続可能」な形で銅を生産し、
カーボンニュートラル推進に必要な銅を中心とした非鉄金属を社会に安定供給する

人と地球にやさしい生産への責任

脱炭素等、拡大する需要への供給責任

持続可能な銅生産

脱炭素対応

より低い
カーボンフット
プリント(CFP)

＋

社会ニーズに即した素材製造プロセス

拡大する需要と
資源循環を両立
させるプロセス

低エネルギー
かつ効率的な
プロセス

＝

暮らしを支える
素材の安定供給
の継続

透明性・トレーサビリティの確保

原料の
“責任ある調達“

人権・環境・安全などへ
の配慮

これらを推進する
ための人材

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

コンセプト実現に向けて

■ 具体的な施策

実行中	■ カーボンニュートラルに向けた全社ロードマップ策定（2050年度ネットゼロを目指す目標を制定） ■ 主要事業拠点のCO2フリー電力への切替え（Caserones銅鉱山、佐賀関製錬所他）
チャレンジ	■ **「持続可能な鉱物資源開発・生産」と「リサイクル」の最適な組み合わせの追求** – 銅製錬の余剰熱を活用した高効率なリサイクル原料の増処理 ➡ 製錬所原料中のリサイクル原料比率を高める**“ハイブリッド製錬”**への取組み（**2040年リサイクル原料比率50%実現を目標**） – 増加する銅需要に対し、**サプライチェーンの確立した自社権益精鉱とリサイクル原料を組合せて、持続可能な形で供給する体制を確立**

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

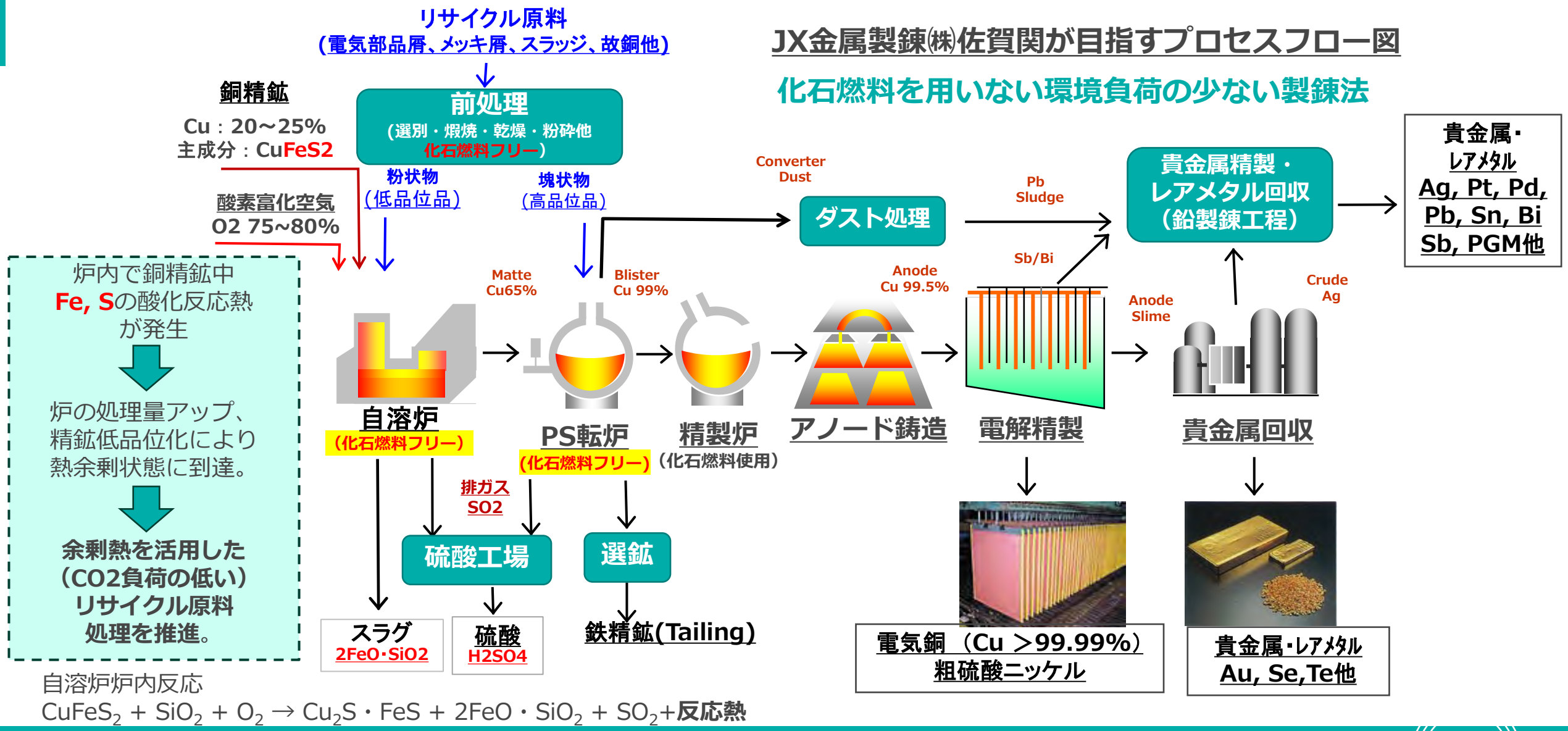
“ハイブリッド製錬”とは？

■ 銅製錬形態の比較

		Primary Smelting （一次製錬）	Secondary Smelting （二次製錬）	Hybrid Smelting （ハイブリッド製錬）
原　料		銅精鉱（主成分:$CuFeS_2$等） 一部リサイクル原料処理	リサイクル原料 （他製錬所の中間品含む）	銅精鉱とリサイクル原料を同時処理
実施例		日本、米国、欧州、チリ、 中国他の殆どの製錬所	独)Lünen、墺)Brixlegg、 日）小坂他	JX金属製錬）佐賀関 において実現を目指す。
リサイクル 原料比率	グロス量比率	<10%	100% （他製錬所の中間品含む）	**2022年 15%** ⇒ **2040年 50%目標**
	Cu量比率	<15%	100% （他製錬所の中間品含む）	**2022年 20%** ⇒ **2040年 60%目標**
熱源（原料の溶解用）		精鉱中のS, Fe酸化反応熱主体 （一部熱余剰あり）	化石燃料主体 還元溶融にコークス必要、 原料付着プラスチックの熱量活用可）	精鉱中のS、Feの酸化反応熱主体 （余剰熱を有効活用*）
CFP（○中は順位）		② 電解精製・硫酸製造・酸素製造電力主体、化石燃料は保温用途のみで少量。	③ 上記化石燃料由来CFP大きい。一次製錬と比較し、硫酸製造電力が不要。	① 一次製錬の余剰熱を活用。一次製錬と比較し、硫酸製造・酸素製造電力が少なく、CFPが減少。

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

“ハイブリッド製錬（精鉱＋リサイクル原料処理）”の操業フロー



JX金属製錬㈱佐賀関が目指すプロセスフロー図

化石燃料を用いない環境負荷の少ない製錬法

炉内で銅精鉱中
Fe, Sの酸化反応熱
が発生

↓

炉の処理量アップ、
精鉱低品位化により
熱余剰状態に到達。

↓

**余剰熱を活用した
（CO2負荷の低い）
リサイクル原料
処理を推進。**

自溶炉炉内反応

$CuFeS_2 + SiO_2 + O_2 \rightarrow Cu_2S \cdot FeS + 2FeO \cdot SiO_2 + SO_2$+反応熱

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

“ハイブリッド製錬”の推進（課題と対応）

目標：製錬所の処理原料中リサイクル原料(量)比率を**2022年15%から2040年50%**に引き上げ

- 原料の50%をＪＸ金属が権益を有する鉱山の精鉱とし、残り50%分はリサイクル原料に
- 増加する銅需要に対し、サプライチェーンの確立した自社権益精鉱とリサイクル原料を組合せて、持続可能な形で供給する体制を確立

課題①：リサイクル原料増処理に向けた技術開発と工程改善

②：リサイクル原料の増集荷・輸送・評価体制確立（分析評価の能力アップを含む）

③：リサイクル原料付着プラスティックの取扱い（CFP評価を含む）

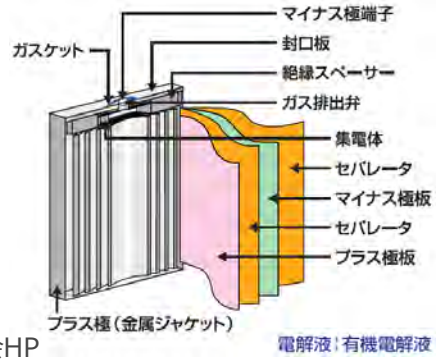
Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

LiBリサイクルとSDGs(使う責任）- 1

■ リチウムイオン電池（LiB）とは？

原理 構造	■ 化学反応（酸化・還元）を利用して直流電力を生み出すデバイス ■ 正極と負極間でリチウムイオンが行き来して充電と放電 ■ 構造は正極・負極と電解液で構成 ■ 正極:リチウム・コバルト・ニッケル等の酸化物 負極:黒鉛 電解液: 液/ゲル状のリチウム塩有機電解質 ➡ 全固体電池:可燃性の有機電解液を固体電解質に置換安全で性能の高い（高エネルギー密度）電池が実現可能
特徴	■ 高エネルギー/出力密度、電池電圧高 ■ 充放電エネルギー効率高。自己放電率低 ■ 残容量があっても充電可能。 ■ 放電・ショート・液漏洩による発熱・発火リスクあり
用途	車載用（EV、PHEV、HEV等)・民生用（PC、スマホ等）に大別

角型LiBの構造と含有成分

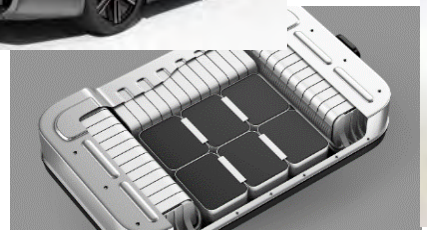


出典：一般社団法人電池工業会HP
https://www.baj.or.jp/battery/knowledge/structure.htmlに加筆

正極活物質組成例（%）

Mn	Co	Ni	Li
12	12	36	7

NMC622(LiNi0.6Co0.2Mn0.2O2)



リチウムイオン電池用正極活物質例
（正極活物質50kg/台-EV）

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

LiBリサイクルとSDGs（使う責任）- 2

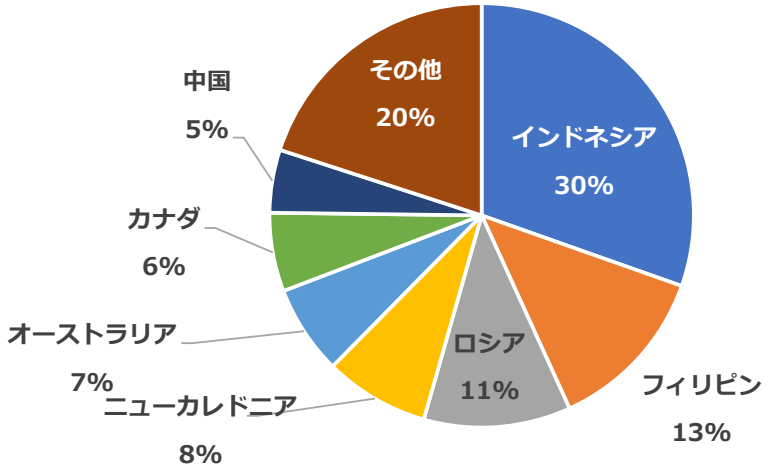
廃LiBの資源性（Ni, Co, Liなどのレアメタルを含む）

- Ｎｉ：資源ナショナリズム等の地政学的リスクの高い国に生産偏在
- Co：Cu＆Ni鉱山のバイプロ, 生産寡占化（DRコンゴ）且つ中国企業の支配下
- Ｌｉ：生産国偏在

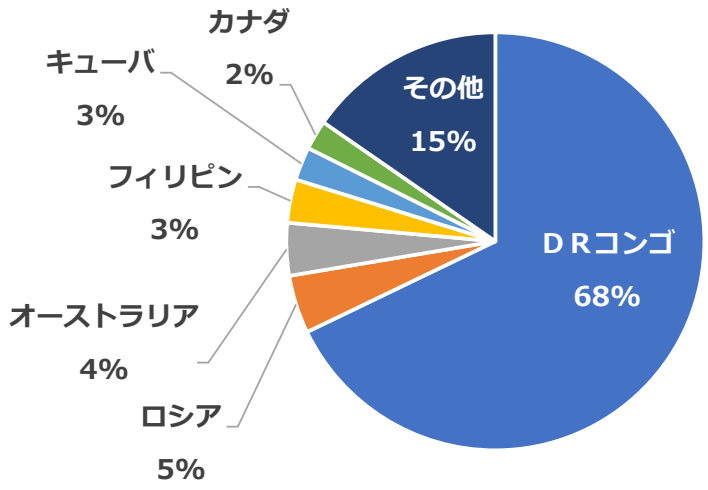
資源確保,資源循環,資源効率,自然資本の観点から、「使う責任」として、LiBを適正にリサイクルする必要あり

当然ながら、リサイクルのみで需要をまかなう事はできないので、持続可能な資源開発・生産とリサイクルの組合せる必要あり

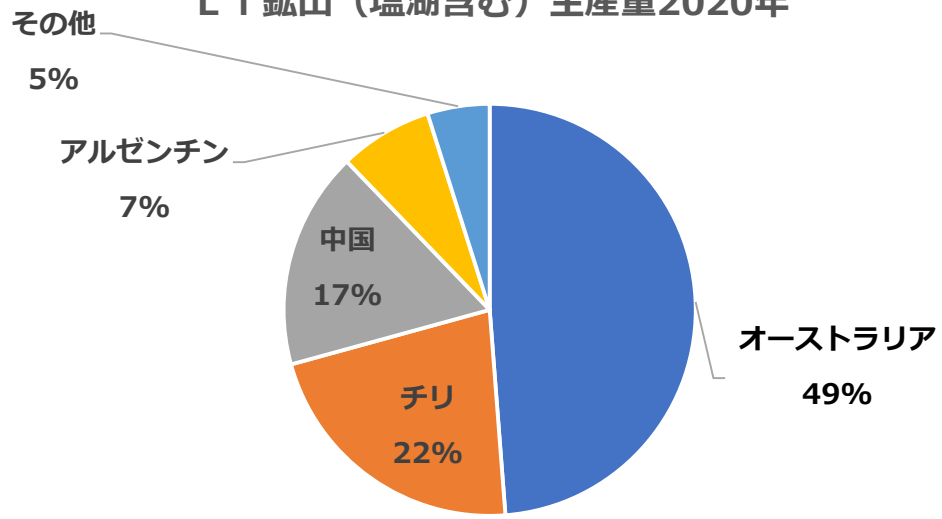
Ｎｉ鉱山生産量2020年



Ｃｏ鉱山生産量2020年



Ｌｉ鉱山（塩湖含む）生産量2020年



出典：USGS “Mineral Commodity Summaries 2021

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

LiBリサイクルとSDGs（使う責任）- 3

（写真＆グラフ：日本容器リサイクル協会）

- 有害性(安全、健康・環境被害リスク)
- 残電圧による感電
- 保管時、輸送時の発火*
- 含有される有害物質*による健康・環境被害

*引火性有機溶媒や電解質LiPF6（加水分解するとフッ酸を発生）

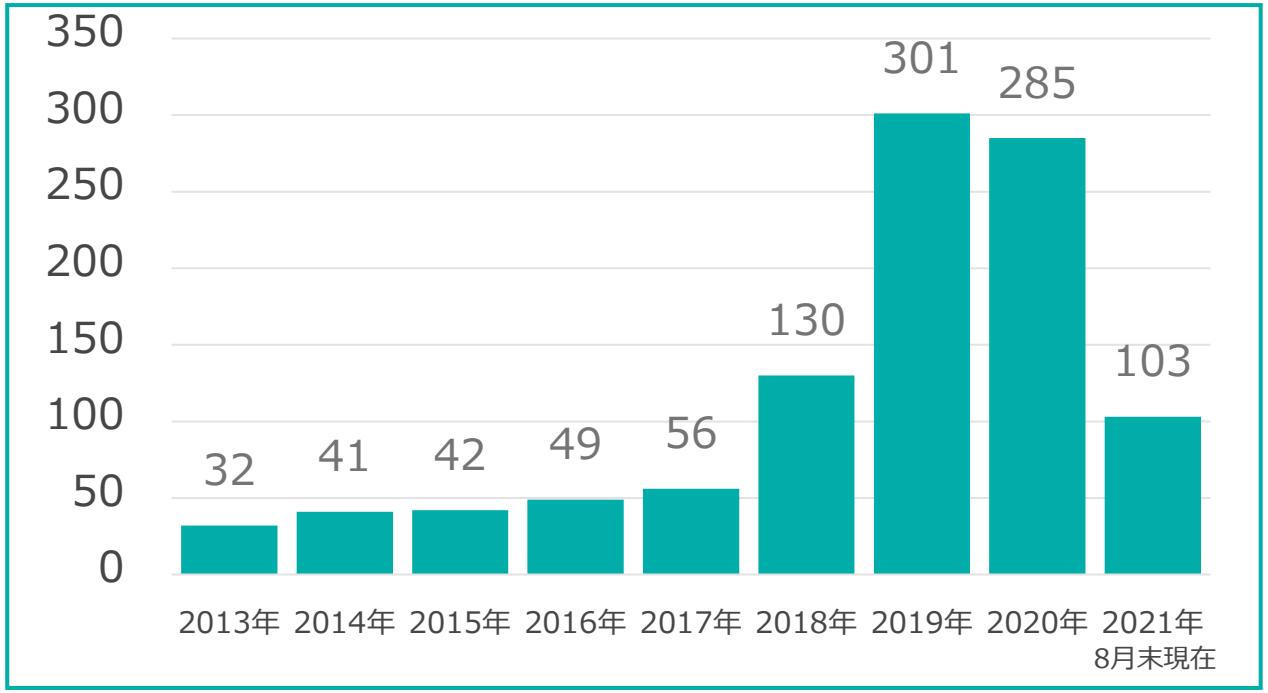
安全・環境上の観点から、「使う責任」として、LiBを安全かつ環境負荷が低い形でリサイクルする必要あり

リチウムイオン電池の発火が原因で、リサイクル工場の建屋・設備が焼けてしまった事例

	主な製品	容量
民生用	スマホ,ノートPC	数Wh~数10Wh
車載用	HEV,　EV	数kWh~数10ｋWh

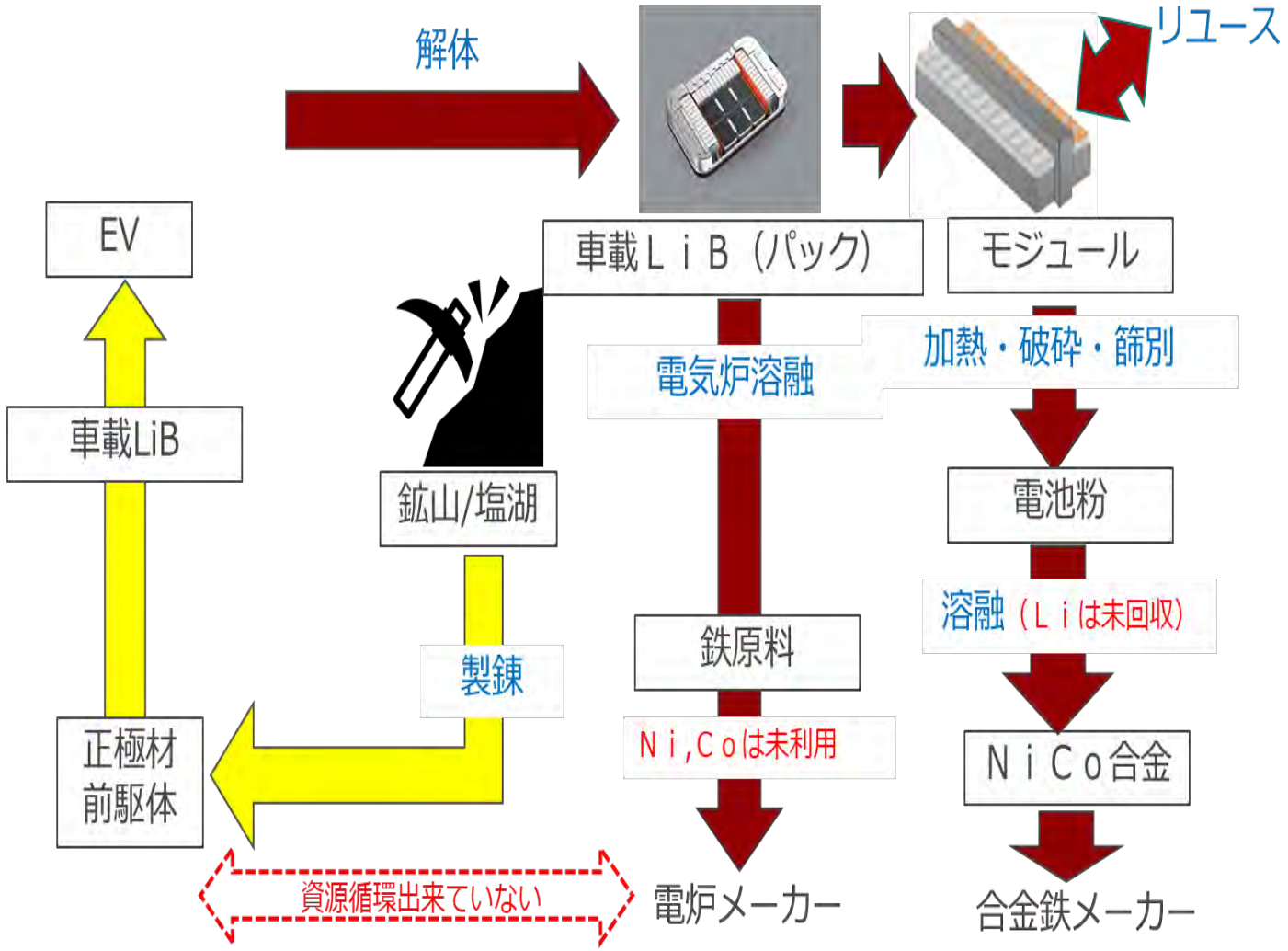
車載用は大容量なので細心の注意が必要

■ 全国の再生処理事業者での発煙・発火トラブル件数の推移(単位：件)



Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

車載LiBリサイクルの現状→　LiB＝廃棄物、無害化を主目的



- 自動車再資源化協力機構（自再協）の「広域認定制度」を活用し収集・解体（ＬｉＢは事前回収物品）
- 産廃処理設備で車載用ＬｉＢを無害化
  - 電池機能の破壊
  - 電解質の分解
- 無害化が主目的の為、
  - 電炉の場合は鉄のみ再資源
  - 電池粉溶融の場合はＬｉが回収できず（カスケードリサイクル）

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

ＪＸ金属のLiBリサイクル：目指す姿と技術開発方針

目指す姿

- 廃LiBから取り出したレアメタルを再び電池材料としてサプライチェーンに戻す
  Battery to Batteryのクローズドループ・リサイクル実現を目指す

技術開発方針

- **車載用LiBモジュールの高度前処理**による無害化及び**高品位電池粉回収技術**の確立
- 電池粉からの高純度金属塩回収技術の確立と電池材料としての再使用実現

ＪX金属サーキュラーソリューションズ（JXCS,福井県敦賀市）

- **車載用LiBモジュール前処理**から**レアメタル回収**まで**一貫した実証試験会社**
- 中規模実証試験操業を通じ、**サプライチェーンに高純度金属塩を供用**

JX Metals Circular Solutions Europe GmbH（JXCSE,ドイツ）

- EU企業等と連携し、**欧州でのLiBリサイクルの事業化を目指す**

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

技術開発の概要

1. 電池（粉）からの高純度金属塩直接回収技術開発

- ✓ ２０１８年～　実験室スケールでプロセス開発。
- ✓ ２０２０年～　ベンチスケール（ＢＳ）設備による工程連続試験実施。種々な原料組成での試験実施し、最適な工程設計完了
- 電池（正極材）原料に使用されている硫酸Ｎｉ、硫酸Ｃｏ、炭酸Ｌｉと同等品質を達成
- 協業先提供ＬｉＢスクラップからのサンプル製造（評価用、数Ｋｇ単位）

⇒　中規模実証試験へ移行。

2. 廃車載ＬｉＢモジュールの安全かつ湿式処理に最適な高度前処理技術開発

- ✓ 高度前処理に向けたバッチ試験炉設置（２０２０年）、試験実施中
- ✓ 試験炉処理後のＬｉＢモジュールからの粉砕・Ｃｕ/不純物/電池粉の選別方法を開発中

コバルト（地金）

炭酸リチウム（塩）

硫酸コバルト（塩）

硫酸ニッケル（塩）

ニッケル（地金）

炭酸マンガン（塩）

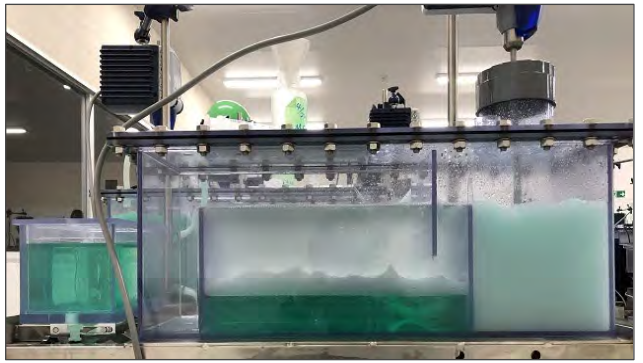
硫酸コバルト（水溶液）

硫酸ニッケル（水溶液）

前処理試験炉

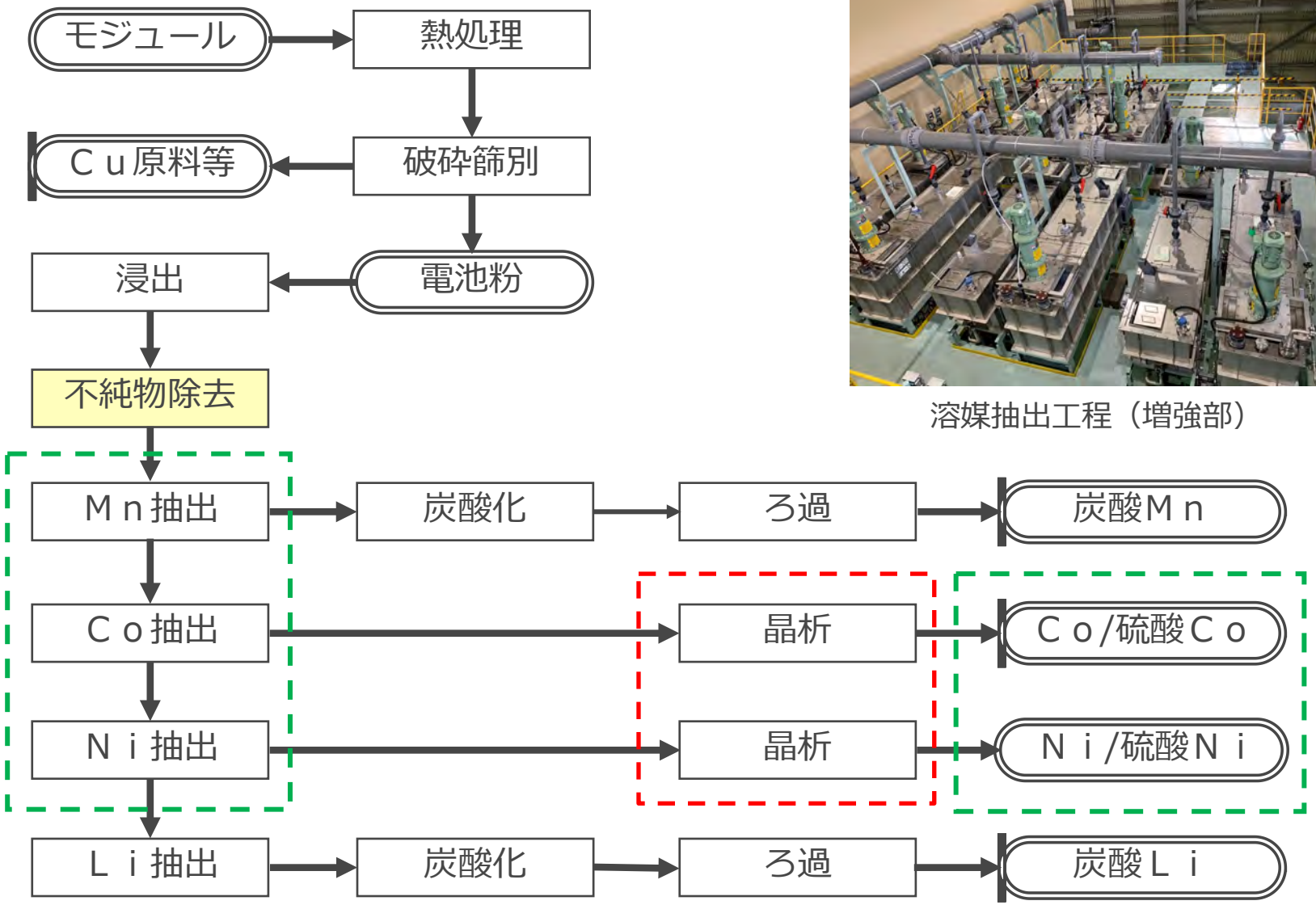
浸出工程

溶媒抽出工程


ミキサーセトラー（透明塩ビ）

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

ＪＸＣＳ：高純度金属塩回収フロー



溶媒抽出工程（増強部）

硫酸Ni晶析装置

回収した硫酸Ni

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

金属収率向上への取組み： 廃LiB前処理技術開発

■背景：EU電池規則案が業界共通のベンチマーク化しつつある

（個別リサイクル収率@2030：Ni/Co≧95%）

➡高リサイクル収率を達成するため、

① 湿式処理に適した前処理と ② メタル収率が高い湿式処理が必要

LiB処理プロセス	Ni/Co収率	プロセス概要
現行の民生用LiBリサイクルプロセス	前処理：85% 湿式　：85%　計72%	前処理：**大気焙焼**＋破砕/篩別 湿式　：溶媒抽出による分離回収
車載LiBへの適用プロセス（※開発中）	前処理：97% 湿式　：98%　計95%	前処理：**雰囲気熱処理**＋破砕/篩別 湿式　：溶媒抽出による分離回収 **※電池粉の低不純物品位化が必須**

■目指すべき姿：廃LiB専用前処理＋湿式処理による高回収率と低コスト実現

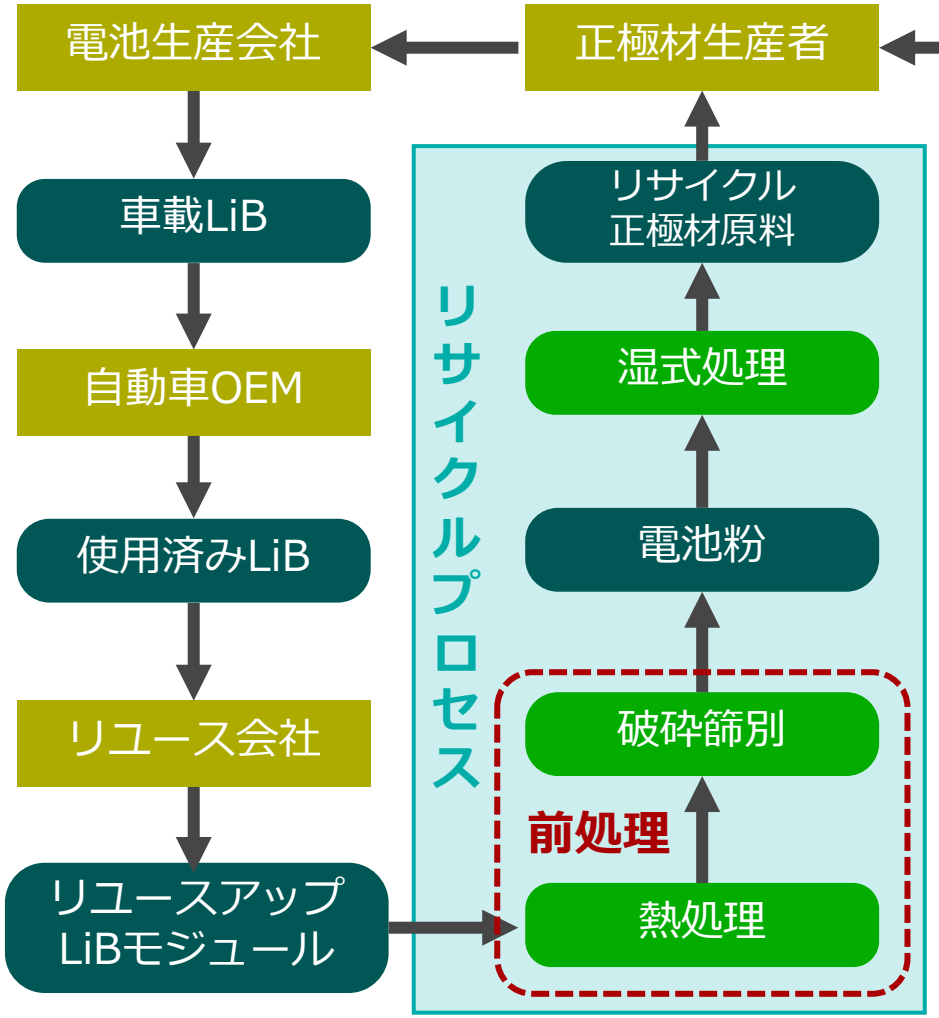
➡その実現には温度・雰囲気制御下での熱処理と破砕・物理選別による電池粉分離が必要

➡当社では当該技術開発に取り組み、基準達成の目途を得る

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

ＪＸ金属が目指すリサイクルプロセス

クローズドループ・リサイクル実現に向けた課題



■ **技術面**

- 金属収率改善 ⇒ **LiB前処理技術の深化**
- 低コスト、低CO_2負荷リサイクル技術確立
- 易解体・易リサイクルに配慮したLiB設計と標準化

■ **社会システム面**

- 廃LiB所有者・処理主体の明確化
- リサイクル費用負担スキームの確立
- **廃LiBの位置付け明確化（廃掃法上は廃棄物とせざるを得ない？許認可プロセスは？）**
- リユース事業とリサイクル事業の有機的結合

「使う責任」「作る責任」を果たすために、
廃LiBクローズドループリサイクルの実現と事業化に取り組む

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

省資源型先端素材の開発と市場供給 - 1

サステナブルな社会を実現する高機能素材製品群（ＪＸ金属の取組み）

■ トレンド

サステナブルな社会へ

DXの進展	低炭素社会	製造革新・多様性
5G・AI / モバイルフォン / LSI / 光通信用素子 / コネクター	EV / 再生可能エネルギー / FPC / LiB	多様な形状 / 省材料・短開発工程 / 触媒装置 / 複雑形状金属

素材（非鉄金属）企業は、
「なるべくGHGsを出さず、環境を汚さず」「むしろGHGs発生量や廃棄物削減に資するような」
人と地球にやさしい「省資源型高機能素材の開発と市場供給」により、SDGｓ達成に貢献

■ ＪＸ金属の高機能素材製品群

スパッタリングターゲット	InP	銅合金	銅箔	次世代LiB材料	人工光合成	CCU / CCS触媒	3Dプリンター用金属粉

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

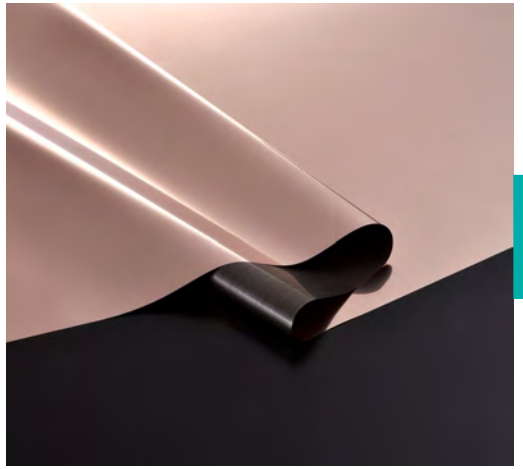
省資源型先端素材の開発と市場供給 - 2

電子機器薄型化・高信頼化に貢献する圧延銅箔

電子機器が薄型化する中で、立体配線が可能なフレキシブルプリント基板（FPC）には、信頼性が高く、破断しない折り曲げ可能な銅箔が求められている

設計の自由度向上による小型化、省電力化を可能にし、また供給先での製造工程での歩留まり向上にも貢献することにより、省資源化、省エネ化に寄与

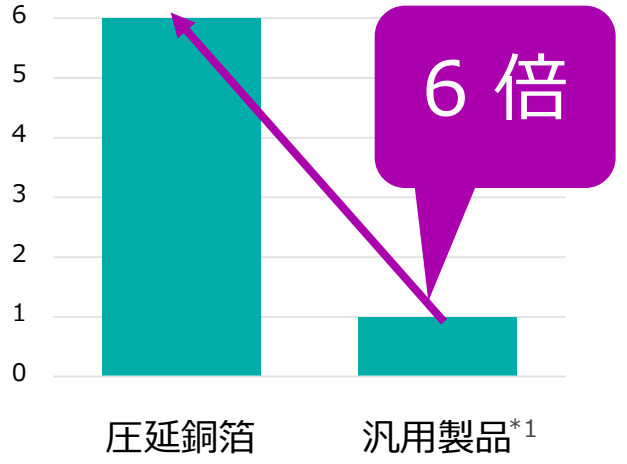
当社製品



部品

最終製品

圧延銅箔の破断までの屈曲回数



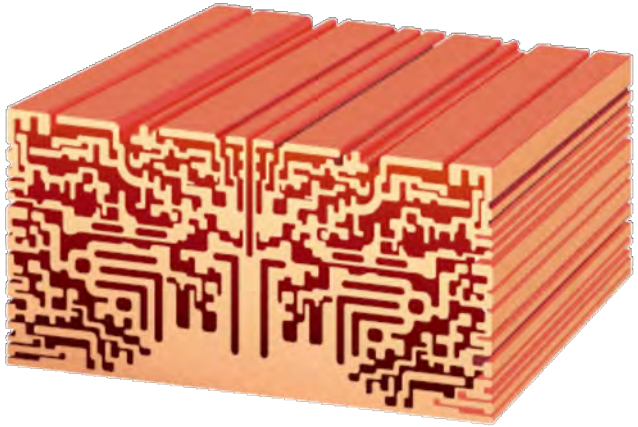
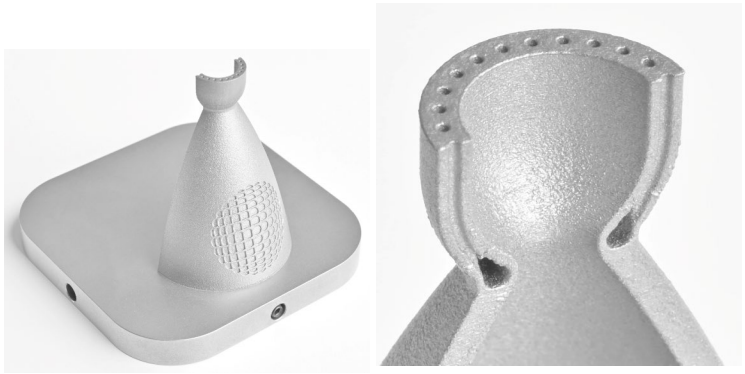
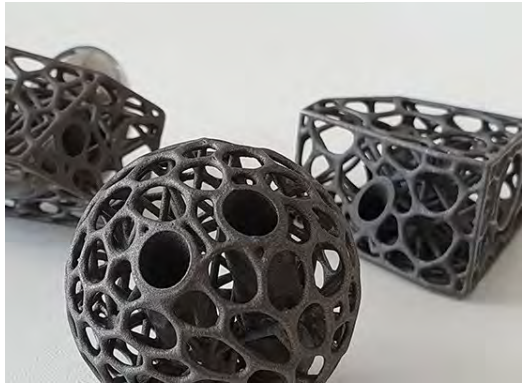
*1　特殊電解銅箔

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

省資源型先端素材の開発と市場供給 - 3

多様なニーズに答える３Dプリンター金属粉

- 一品から試作が可能で、開発の大幅な効率化を実現
- 個々人に合わせた人工骨などの様々な最適形状の実現
  →製造時の材料消費の削減に寄与
- 3Dプリンター用金属で実現できること（例）

放熱	航空宇宙	医療
		
複雑形状ヒートシンク	人工衛星スラスター	人工骨　足首用インプラント

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

総括 - SDSｓ貢献に向けた素材（非鉄金属）企業のありかた

なるべくGHGsを出さず、環境を汚さず、廃棄物削減、リサイクルの拡大に資するような**人と地球にやさしい方法の素材生産**の実現が必要

あらゆる地域での産業成長・インフラ整備や、脱炭素社会のために増大する需要に対し、**資源の安定確保**と**素材製品の安定供給**が使命

2つの使命を達成するために、我々非鉄金属企業は、**「リサイクルと持続可能な資源生産の最適組合せ」**と**「省資源型高機能素材の開発と市場供給」**に取組み、さらに加速

Copyright © 2021, JX Nippon Mining & Metals Corporation, All rights reserved.

JX金属株式会社