

産業構造審議会 産業技術環境分科会
地球環境小委員会 資源・エネルギーWG

非鉄金属製錬事業における 地球温暖化対策の取組み

～低炭素社会実行計画 2015年度実績報告～

平成28年11月28日
日本鋳業協会

1. 非鉄金属製錬業の概要
2. 非鉄金属製錬業界の「低炭素社会実行計画」概要
3. 2015年度の取組実績(国内の企業活動における削減の取組)
4. 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献
5. 海外での削減貢献
6. 革新的な技術開発・導入
7. その他の取組

1691年開坑 別子銅山歓喜坑



住友金属鉱山(株)提供
日本鉱業協会

粗銅から金銀を分離した南蛮吹き



住友史料館所蔵

1. 非鉄金属製錬業の概要

1-1 非鉄金属製錬企業の役割

4

非鉄金属製錬企業の役割

我が国の非鉄金属製錬企業は、世界に類を見ないユニークな事業構造（資源の探査・開発にはじまり、非鉄金属の製錬、金属素材の開発・販売、リサイクルと上流から下流までインテグレート）を有し、我が国の産業界の発展に貢献

1. 非鉄金属製錬企業は**産業界のサプライチェーンに深く組み込まれ**、インフラから最先端分野まで広範囲に亘る業界へ**最高品質の金属素材を安定供給**
 - 第4次産業革命や生産性改革を見据え、IoT、ビックデータ、人工知能、ロボット、省エネ等に対する投資の必要性が指摘される中、非鉄金属製錬企業の重要性和貢献度は増大

	用 途
銅	パソコン・家電・通信インフラ・自動車の部品（コネクタ、基板、リードフレーム、ワイヤーハーネス等）、エアコン・給湯器等の銅管、モーターのコイル、電線、等
亜鉛	亜鉛めっき、ダイカスト、伸銅品等の原料、タイヤの添加材等
鉛	蓄電池材料、放射線遮蔽材料、防音材、等
ニッケル	ステンレス鋼・特殊鋼の原料、ニッケルめっき、自動車用等の電池材料、等

2. 製錬技術を活かした**環境・リサイクル事業での価値創造、資源循環の拠点**
 - 使用済み製品、廃品等からの有価金属の回収、産業廃棄物の無害化処理
3. 資源技術の応用による貢献
 - 地熱発電等の開発、等

1-2 主要な非鉄金属製錬企業

5

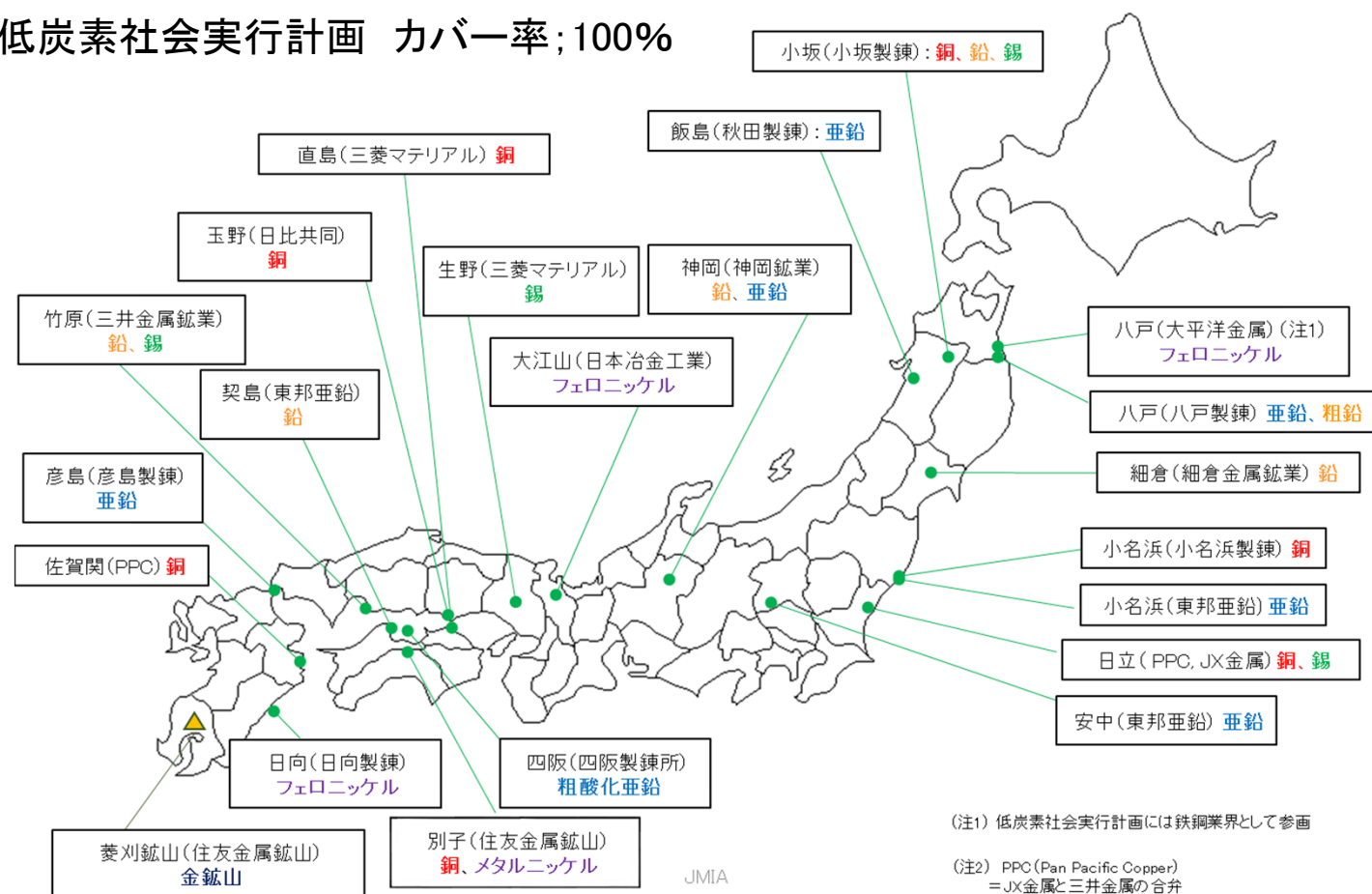
主要な非鉄金属製錬企業

銅、鉛、亜鉛、ニッケル、フェロニッケル地金の製造・販売

(創業は古く、殆どが国内鉱山の山元製錬所、附属製錬所を発祥とする)

■主要企業:16社 ■市場規模:約1兆3,000億円 (地域社会・経済の基盤を下支え)

■低炭素社会実行計画 カバー率;100%



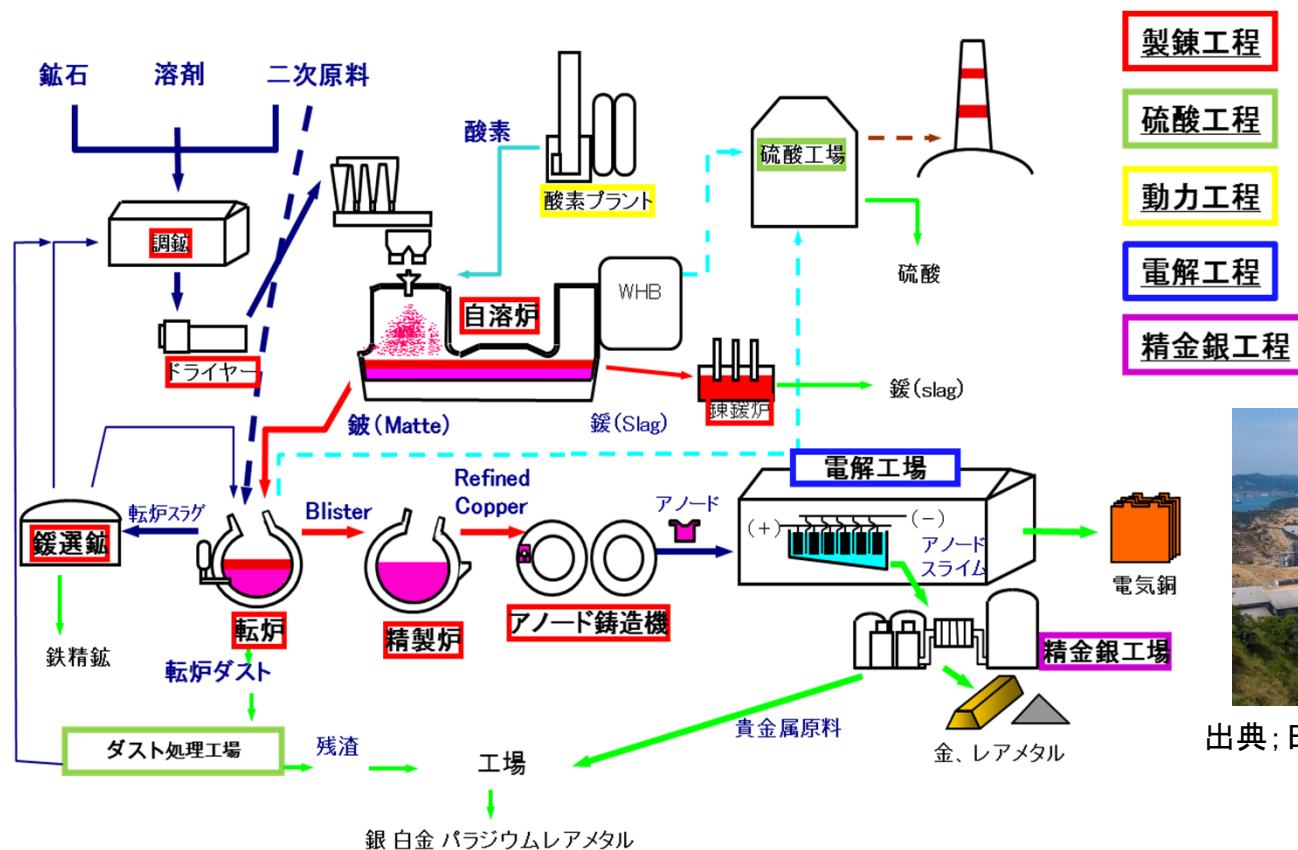
1-3 銅製錬プロセスの概要

6

銅製錬プロセスの概要

エネルギー消費の分布割合

- 製錬工程: 30%
- 硫酸工程: 20%
- 動力工程: 30%
- 電解工程: 20%

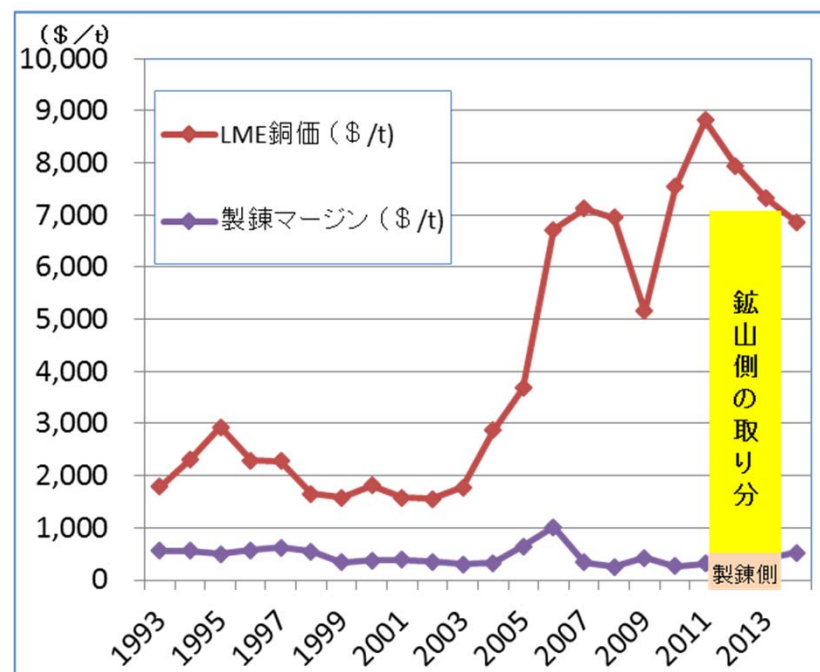


出典: 日本鉱業協会HP; 銅製錬所

鉱物資源の大宗を輸入に依存 → 供給の不確実性

- 途上国の経済成長に伴う旺盛な鉱物資源需要による**鉱物資源の獲得競争の激化**
- 資源ナショナリズムの高揚(**資源国の鉱石・精鉱輸出禁止措置**)
- 資源メジャーの寡占化(**マージンの大半(90～95%)は鉱山側に帰属**)

鉱山側と製錬側のマージン配分（銅の例）



1-4 事業環境の変化と課題(2)

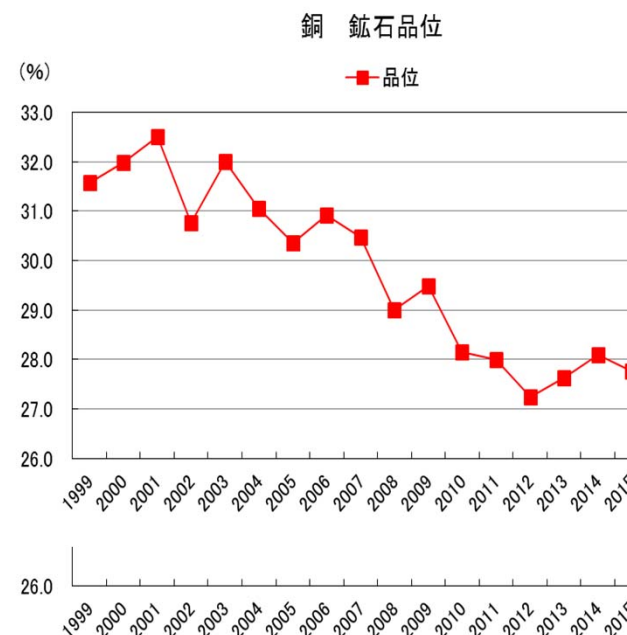
8

- 中国経済減速による**需要減退**、**金属価格*1**の**下落**(外生要因による損益悪化)
- 鉱石・精鉱の**品位の低下**、**不純物の増加**(製錬コスト増)
- 東日本大震災以降の**電力コストの著しい増大**(震災前から約30%増)
原子力発電所の稼働停止、FIT法による賦課金負担の増大



出典:総合資源エネルギー調査会 資源・燃料分科会(第15回)資料

*1:銅、鉛、亜鉛、ニッケル等の非鉄金属の標準価格はLME(London Metal Exchange)等の国際的な取引所において他律的に決定される。



出典:METI生産動態統計に基づき作成

2. 非鉄金属製錬業界の 「低炭素社会実行計画」概要

2. 非鉄金属製錬業界の「低炭素社会実行計画」概要

10

(1) 国内の企業活動における削減の取組

2020年度目標^{*1}: CO2原単位を1990年度比で15%削減する。

2030年度目標^{*2}: CO2原単位を1990年度比で18%削減する。

*1: 2013年4月策定、*2: 2014年4月策定

前提条件

- 銅、鉛、亜鉛、ニッケル、フェロニッケルの製錬を対象
- 生産活動量; 256万t/年(国内製錬所の最大生産能力に基づき想定)
- 設備更新にはBATを最大限導入
 - 電動機のインバータ化、高効率ボイラ採用、廃熱回収・利用の拡充、
操業最適化技術の導入、等
- 電力の炭素排出係数: 0.4913kg-CO2/kWh(2010年度と2013年度との平均値)を固定

目標設定の背景(「事業環境の変化と課題」参照)

- 原料鉱石の獲得競争の激化、資源ナショナリズムの高揚
- 中国経済減速による需要減退、金属価格の下落、
- 原料鉱石・精鉱品位の低下、不純物の増加、電力コストの高騰、等
- 長年の省エネ努力によって省エネ、CO2削減対策の余地が減少

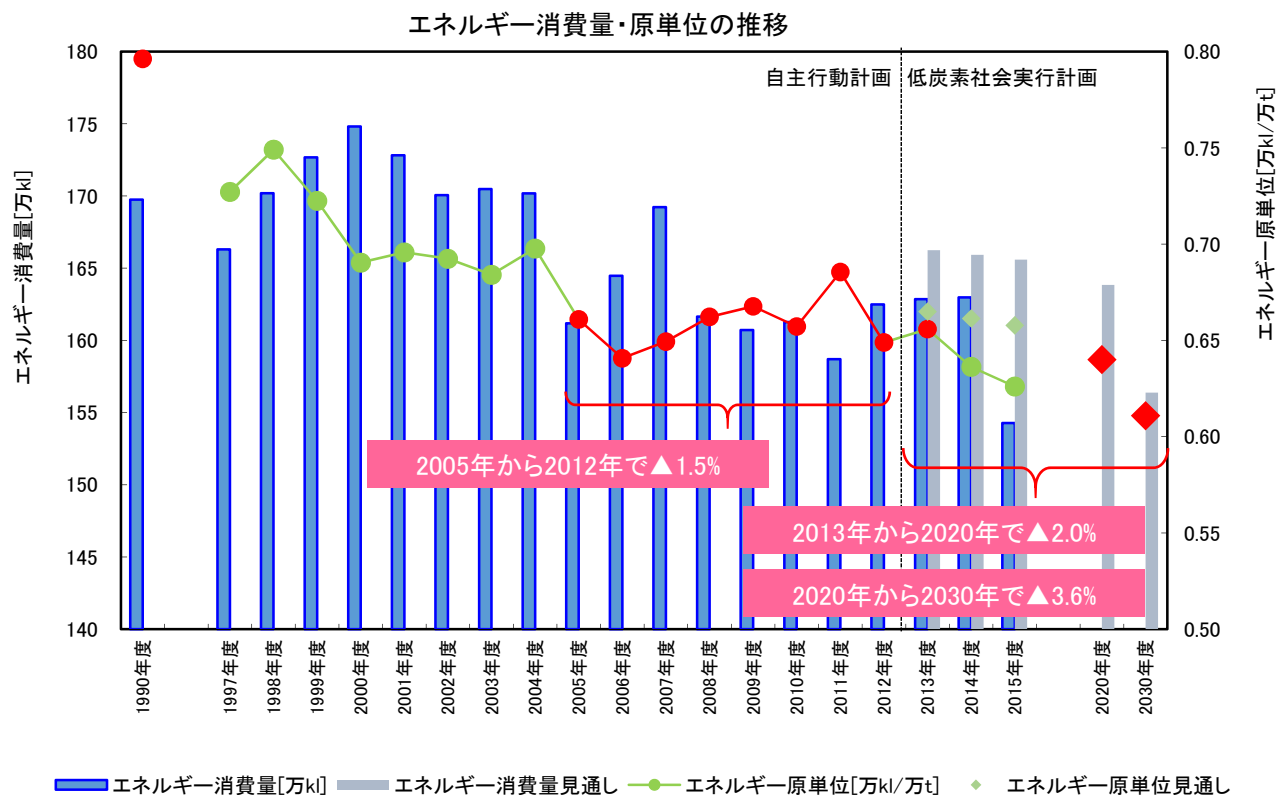
2. 非鉄金属製錬業界の「低炭素社会実行計画」概要

11

目標水準設定の理由とその妥当性

目標設定年度直近7年間のエネルギー原単位の改善実績(1990年比▲1.5%)、厳しい事業環境を考慮して、2020年度および2013年度の目標水準を設定。

2020年度目標を達成するには**目標設定年度から7年間でエネルギー原単位を直近7年間の実績を上回る1990年度比▲2.0%を実現**させる必要がある。2030年度目標はその後の10年間でさらに▲3.6%改善を実現させる必要がある。



(2) 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献

- 鉱山開発技術、鉱山跡地を利用した再エネ電源の建設と利用拡大（水力発電、太陽光発電、地熱発電）
- 非鉄金属に不可価値を付与した高品質、高機能、低コストの金属素材の提供（次世代自動車向け二次電池素材等）

(3) 海外での削減貢献

- 海外自社鉱山、製錬所等での再エネ発電の建設、省エネの取組（ペルーの鉱山における水力発電、タイの廃棄物処理施設での余剰熱利用等）

(4) 革新的な技術開発・導入

- 最先端技術を活用した製錬プロセス、電子・機能性材料の開発（銅リサイクルプロセスの電解技術の開発、高性能熱電交換材料の開発、高効率コイルの開発、燃料電池システム用の触媒の開発等）

(5) その他

- 環境・リサイクル事業
- 休廃止鉱山跡地への植林活動、社有林の保全活動
- 省エネ、CO2削減のための環境教育、PR活動

3. 2015年度の取組実績 (国内の企業活動における削減の取組)

3-1 生産活動量の推移

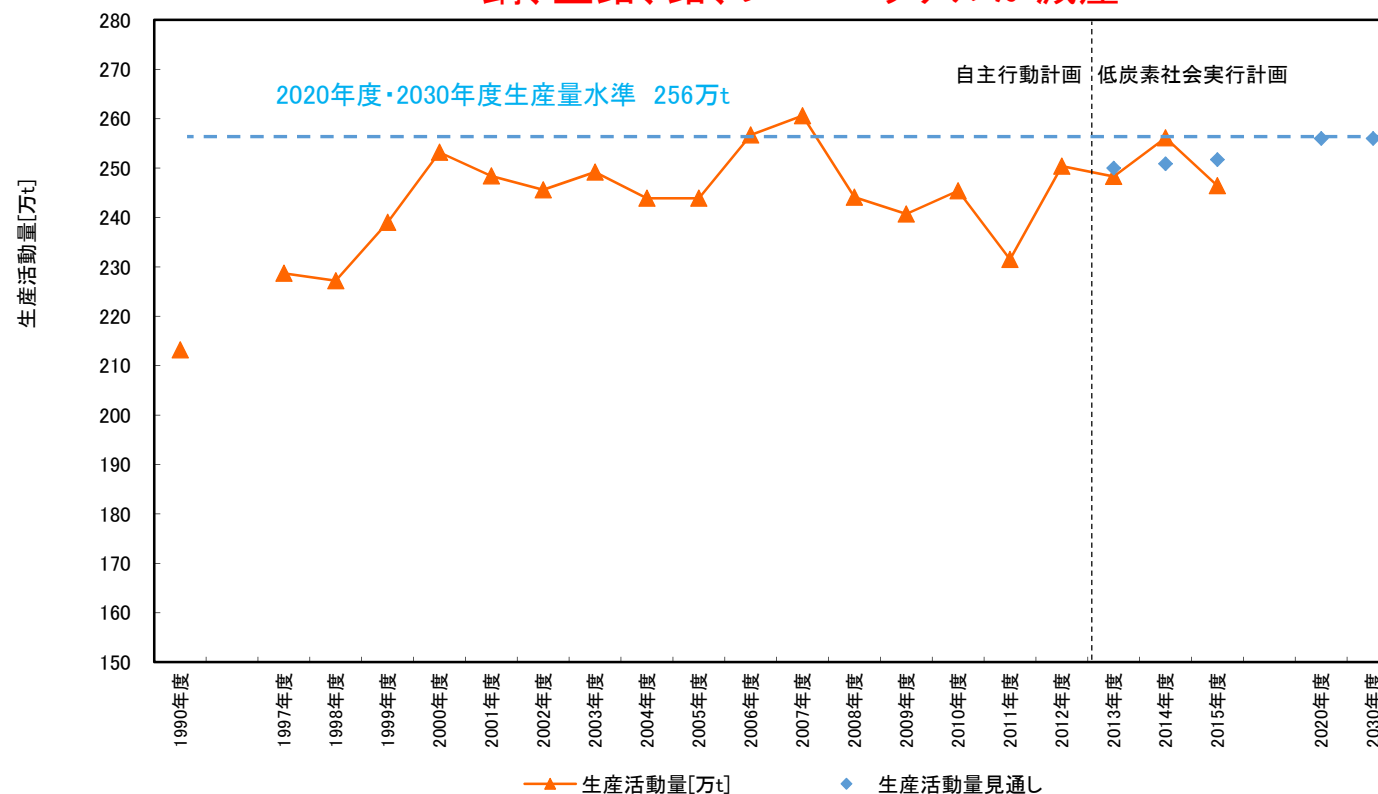
14

ー 生産活動量： 246.4万t（基準年度比 15%増、2014年度 ▲3.8%）

銅、鉛、亜鉛、ニッケル等の金属価格の下落、非鉄金属需要の減退（←中国経済の減速、原油等の資源価格の暴落、供給過剰感等）



銅、亜鉛、鉛、フェロニッケルが減産



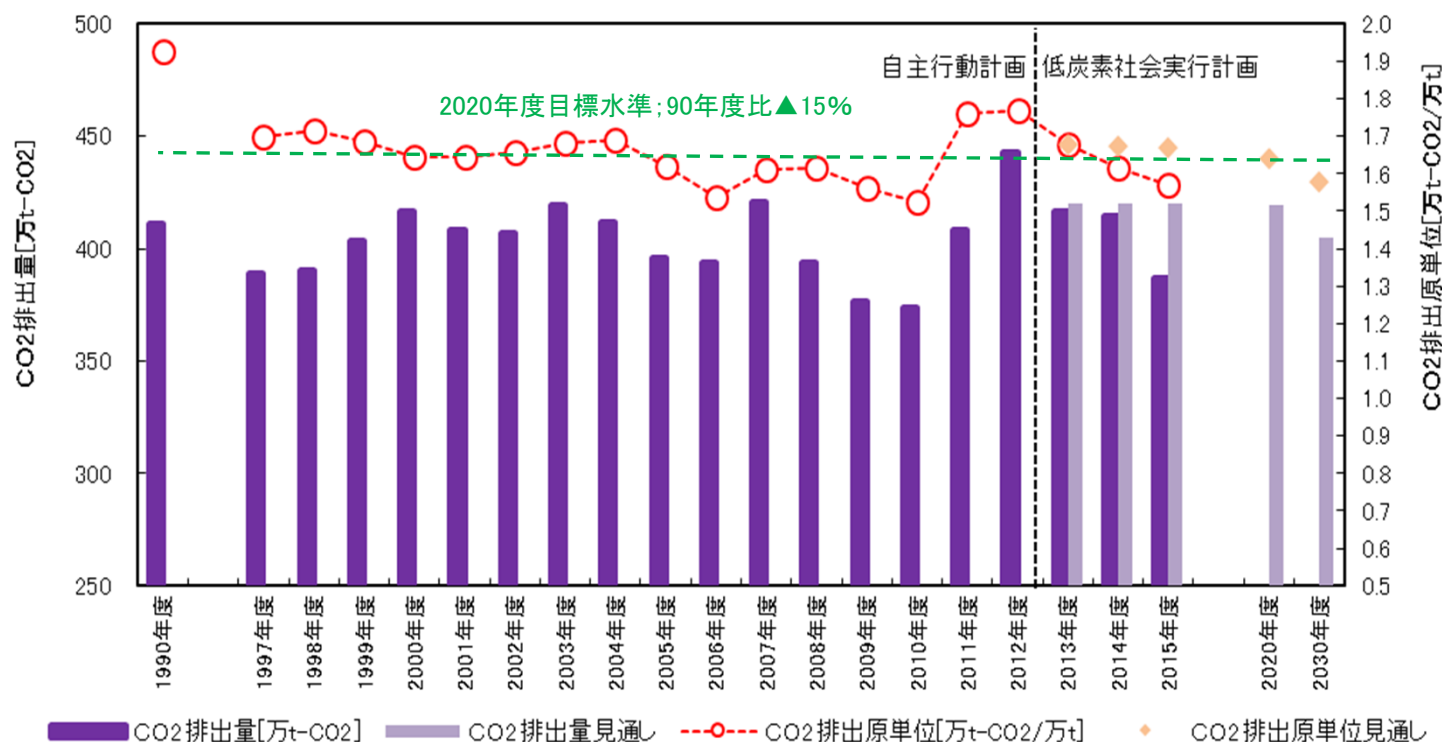
日本鉱業協会

3-2 CO2排出量・原単位の推移

15

- CO2排出量: 387.2万t-CO2 (基準年度比 ▲5.8%、2014年度比 ▲6.5%)
- CO2原単位: 1.57t-CO2/t (基準年度比 ▲18.5%、2014年度比 ▲2.8%)

- 生産量の減少(銅、鉛、亜鉛、フェロニッケル) → CO2排出量の減少
- 特にCO2原単位の大きなフェロニッケルの減産の影響大 → CO2原単位の減少



3-3 CO2原単位増減の要因

16

銅、亜鉛、鉛、フェロニッケルが減産となった中で、**CO2原単位が一番大きいフェロニッケルの減産の影響**によって、全体のCO2原単位が減少

2014年度からのCO2原単位減少の要因分析

(減少要因)

- 事業者の継続的な省エネ努力
BAT機器の導入、電動機のインバータ化、照明のLED化、生産プロセスの合理化、燃焼効率の改善、廃熱の回収・利用、保温の強化、蒸気漏れ対策、等
- 燃料転換の取組
木質ペレット燃料、再生油等の代替燃料への転換
- **CO2原単位の大きなフェロニッケルの減産(←外生要因)**

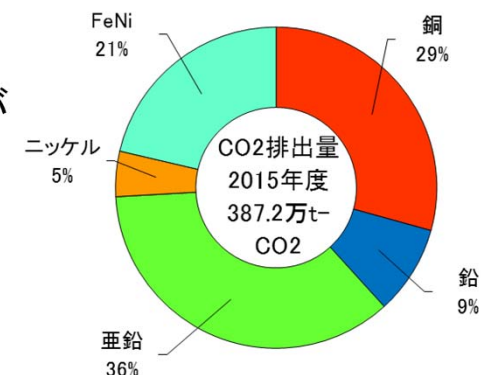
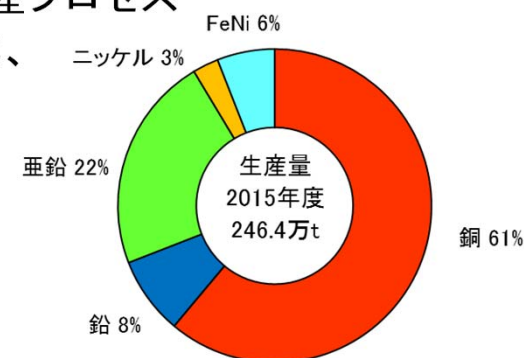
(増加要因)

- 生産量の減少(←外生要因)
生産量に連動しない固定的なエネルギー消費量が占める割合が大きくなる → エネルギーロス率の増加等

金属別CO2原単位の比較 (銅のCO2原単位を1とした場合)

	銅	フェロニッケル	ニッケル	亜鉛	鉛
CO2原単位指数	1	8.1	3.8	3.4	2.3

日本鉱業協会



3-4 CO2原単位の目標進捗率

17

CO2原単位の進捗率

- 2020年度目標： 123.6%、2030年度目標： 102.6%

目標達成に向けた今後の進捗率の見通し・課題

- 2015年度実績では、CO2原単位は1990年度比▲18.5%と2020年度目標の1990年度比▲15.0%を上回ったが（進捗率：123.6%）、これは、**CO2原単位の大きいフェロニッケルが景気低迷の影響を受けて減産**となった要因が大きい。そのため、非鉄金属需要や非鉄金属価格の動向が今なお不透明であるが、**景気が急激に回復しフェロニッケルが増産基調に転じた場合、CO2原単位は2015年度実績から悪化する懸念がある。**
- 鉱石・精鉱の品位の低下、コスト効率的な省エネ対策余地の減少、電力事情による電力コスト増大、景気低迷・業績不振による省エネコストの抑制等、**CO2原単位の悪化要因が潜在する。**



- このような状況を鑑みると、2014年度、2015年度の**短期のデータを基に目標達成と判断し目標を上積みすることは経営リスクが大きい。**
- 従って、2015年度の間レビューでは目標の見直しを行わない。
引き続き省エネ活動の施策を着実に推進し、CO2原単位の削減効果をいろいろな観点から分析しつつ、非鉄金属需要や非鉄金属価格の動向、鉱石・精鉱の品位の低下等の外部環境を踏まえて、**会員企業の経営環境、目標達成の施策および実効性を勘案しながら、目標の上積みのための検討を進めていくものとする。**

3-5 BAT・ベストプラクティスの導入状況(1)

18

BAT、ベストプラクティスの導入状況

■ 2015年度の省エネ投資額は約14億円、CO2排出削減のポテンシャルは2.5万t-CO2/年

年 度	対 象	内 容	投資額 (百万円)	削減効果 (万t-CO2/年)
2015年度 (実績)	銅製錬	高効率機器への更新(ポンプ、コンプレッサー、変圧器)、LED照明化、蒸気ロス削減、運転条件の改善等	368	0.6
	亜鉛製錬	高効率機器への更新、LED照明化、電気集塵機・電気炉等の大型電気設備の更新、蒸気ロス削減、運転条件の改善等	499	0.4
	鉛製錬	蒸気ロス削減、熱交換器の更新等	8	0.2
	Ni、 FeNi製錬	高効率機器への更新、LED照明化、蒸気ロス削減、ボイラ廃熱回収、再生油・廃プラ燃料の利用、運転条件の改善等	528	1.3
	計		1,403	2.5

3-5 BAT・ベストプラクティスの導入状況(2)

19

BAT、ベストプラクティスの導入状況

- 2016年度以降の省エネ投資額(予定)は約58億円、CO2排出削減のポテンシャルは3.7万t-CO2/年(←今後の景気動向、業績状況によって変更も有り得る)

年 度	対 象	内 容	投資額 (百万円)	削減効果 (万t-CO2/年)
2016年度 以降 (予定)	銅製錬	高効率機器への更新(ポンプ、コンプレッサー、変圧器)、LED照明化、酸素プラント更新、蒸気ロス削減、運転条件の改善等	4,381	1.4
	亜鉛製錬	高効率機器への更新、LED照明化、発電設備の更新、整流器の更新、蒸気ロス削減、運転条件の改善等	1,099	1.0
	鉛製錬	高効率機器への更新、電動機のインバータ化、熱風炉温度管理強化等	60	0.3
	Ni、 FeNi製錬	高効率機器への更新、LED照明化、蒸気圧縮機の増強、蒸気ロス削減、ボイラ廃熱回収、運転条件の改善等	291	1.0
	計		5,831	3.7

4. 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献

4. 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献(1)

21

- 鉱山開発の技術に基づく水力発電、鉱山跡地等を有効利用した太陽光発電等、**再生可能エネルギー電源の建設・利用拡大**
- 地下資源開発で培ってきた探査技術を活用した**地熱開発・地熱発電への取組**
- 次世代自動車、蓄電池の普及拡大のための**高品質、低コストの電池材料の安定供給**

	低炭素製品・サービス等	内 容	削減実績 (2015年度)	削減見込 (2020年度)	削減見込 (2030年度)
1	水力発電	FIT制度活用 老朽設備の最新設備への更新、 発電能力増強	1.6	12.6	12.6
2	太陽光発電	FIT制度活用 遊休地の利用	1.9	1.9	1.9
3	地熱発電	地熱開発 電力会社に売電、蒸気供給	33.5	33.5	42.3
4	次世代自動車向け二次電池用正極材料の開発	ニッケル水素電池及びリチウムイオン電池の正極材料(水酸化ニッケル、ニッケル酸リチウム)の開発・製造	51	111	184
5	鉛蓄電池の普及拡大(鉛リサイクル市場の拡大)	安全で安価な鉛蓄電池(定置型)の民生部門への普及拡大を通して太陽光発電安定化及び電力平準化への貢献	検討中	検討中	検討中

(万t-CO2)

4. 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献(2)

22

<参考>

発電種類	内 容
1	<p>水力発電</p> <p>2015年度実績(FIT)・・・約14,000kW(発電容量) 天狗の団扇発電所(71kW)、柿の沢発電所(5,000kW)、和佐保発電所(840kW)、小又第4発電所(6,800kW)、永田発電所(740kW)、大橋地下発電所(450kW)</p> <p>2020年度見込み(FIT)・・・約53,000kW(発電容量) (新規FIT分) 約39,000kW</p> <p>金木戸発電所、金木戸第二発電所、跡津発電所、土第一発電所、土第二発電所(計35,000kW)、茂住谷発電所(990kW)、碓発電所、大湯発電所(計2,890kW)、小坂発電所(177kW)、大橋地下第2発電所(199kW)</p>
2	<p>太陽光発電</p> <p>2015年度実績(FIT)・・・約25,500kW(発電容量) 東邦亜鉛(株)1箇所(992kW)、古河機械金属(株)1箇所(1,000kW)、群馬環境リサイクルセンター(株)1箇所(250kW)、日鉄鉱業(株)7箇所(10,190kW)、エルエムサンパワー(株)(4箇所)(12,900kW)、JX金属プレシジョンテクノロジー(株)(240kW)</p> <p>2020年度見込み(FIT)・・・約39,000kW(発電容量) (新規FIT分)・・・約13,500kW</p> <p>エルエムサンパワー(株)4箇所(6,540kW)、住友金属鉱山(株)1箇所(1,990kW)、三井金属鉱業(株)1箇所(1,990kW)、DOWAホールディング(株)(1,000kW)、日鉄鉱業(株)1箇所(1,990kW)</p>
3	<p>地熱発電</p> <p>2015年度実績・・・約154,500kW(発電容量) 澄川発電所(50,000kW)、大沼発電所(9,500kW)、柳津西山発電所(65,000kW)、大霧発電所(30,000kW)</p> <p>2020年度見込み・・・2013年度と同様。山葵沢発電所(42,000kW)は2030年度見込に含む。</p>

5. 海外での削減貢献

5. 海外での削減貢献

24

海外の自社鉱山・製錬所等における活動事例

- 近年資源調達リスクが増大する中、海外の鉱山開発・製錬所操業等を通して、我が国の**鉱物資源の安定確保と非鉄金属の安定供給**に貢献
- 相手国、地域の持続的発展のため、現地との信頼関係を構築しつつ、**省エネ、CO2排出削減等の環境問題の解決に向けて先導的な役割を果たす**

活動事例		内 容	削減実績 (2015年度)	削減見込み (2020年度) (2030年度)
1	ペルーの 自社鉱山 における水 力発電	ペルーのワンサラ亜鉛鉱山にて 4,500kWの水力発電所を建設し、 鉱山設備に電力を供給の他、地 元近隣村にも無償供給。	1.5万t-CO2	1.5万t-CO2
2		ペルーのパルカ亜鉛鉱山にて 1,000kWの水力発電所を建設し、 鉱山設備に電力を供給。(2015 年2月より運転開始)	0.1万t-CO2	0.3万t-CO2
3	タイの自社 廃棄物処 理施設にお ける余剰熱 利用発電	タイの廃棄物処理施設にて 1,600kWの余剰熱発電設備を 建設し、自社施設に電力を供給。	0.2万t-CO2	0.3万t-CO2



ワンサラ亜鉛鉱山(上)
水力発電設備(下)

6. 革新的な技術開発・導入

6. 革新的な技術開発・導入(1)

26

省エネルギーに関する技術開発の事例

- 非鉄金属製錬プロセスの歴史は古く、16世紀末創業から長年の開発経緯を経て構築されているため、**現状の非鉄金属製錬プロセスをブレイクスルーするような革新的技術を2020年までに実用化することは難しい。**

革新的技術		内 容	導入時期	削減見込み
1	銅リサイクルプロセスの電解技術の開発	銅リサイクルプロセスの電力使用量削減を目指し、電解採取法から電解精製方法にプロセス転換する技術開発	未定	0.9万t-CO2/年
2	高性能熱電変換材料の開発	熱エネルギーを電気に変換する高性能な熱電変換材料の開発 自動車及び一般排熱の有効利用等に適用	2020年想定	10万t-CO2/年
3	自動車部品向け高効率コイル製品の開発	自動車部品向けのコイル製品の開発 → 走行時のエネルギーの損失を抑え、自動車の低燃費の向上、CO2やNOxの排出削減につながる	未定	未定
4	PEFCシステム用水素精製触媒の開発	家庭用固体高分子形燃料電池(PEFC)システムにおいてCOとH2と反応させてCH4化する触媒の開発 → 燃料電池の低コスト化	未定	未定

6. 革新的な技術開発・導入(2)

27

銅リサイクルプロセスにおける電解技術開発*1 の事例

*1: 経済産業省の委託事業

■ 背景・目的

リサイクル原料を主体とした銅の精製では低品位粗銅(Cu80-90%)のため「電解採取法」によって製品化されているが、消費電力が高い。低品位粗銅をアノードとした「電解精製法」の技術開発により、消費電力の大幅削減を図ることを目的とする。

現行の電解採取法の消費電力; 約2,200kWh/t

電解精製法の消費電力; 300kWh/t

■ 課題

低品位粗銅アノードでは不純物が多いため、電解精製を行うとアノード溶出後のCuの拡散が阻害され、硫酸銅が析出し通電障害が発生する(不動態化)。不動態化の防止が課題。

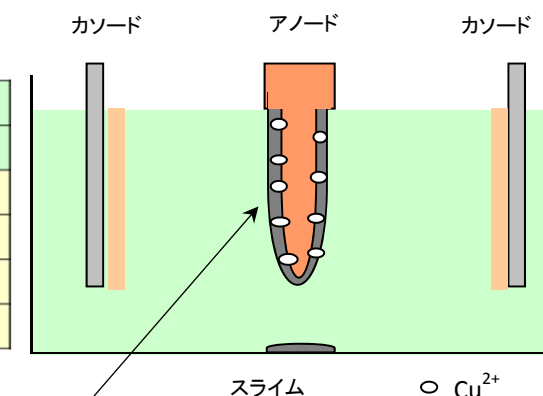
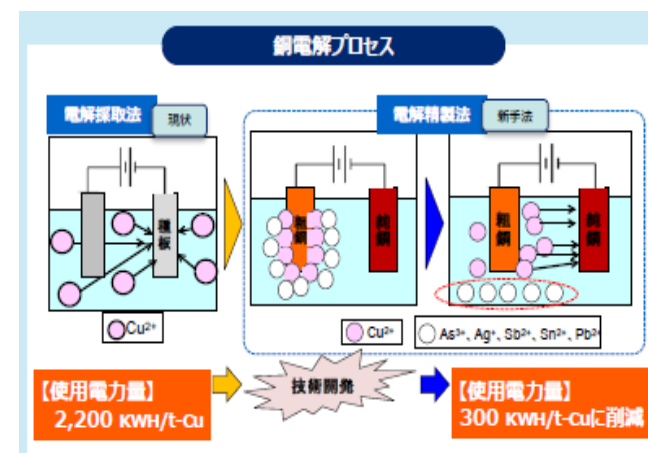
■ 目標と現状

(検討内容) アノード精製時の特定不純物の濃度制御

		目標	基礎試験		実証試験	
			昨年度	現状	昨年度	現状
粗銅品位	%	>90	78	94	83	83
不動態化時間	hr	>168	52	>168	26	56
電気銅品位		4N	4N	4N	3N	3N
電力原単位	kWh/t	<300	<300	<300	390	390

■ 今後の取組

H28年度(最終年度) 実証試験における目標値のクリア
最適なプロセスの確立



アノード不動態化

(スライム層に覆われCuが溶出しにくい)

(平成27年度データ)

6. 革新的な技術開発・導入(3)

28

熱電変換素子の開発

■ 研究開発の背景

大量の熱エネルギーが未利用のまま、大気中に排出されている。如何に熱エネルギーを有効利用するかが課題である。**熱電変換技術は熱エネルギーを電気に変換することができ、熱エネルギーの回生利用に役立つ。**

■ 研究開発の目的:

熱電変換技術を開発し、**自動車排気、工場排熱等の熱エネルギー回生利用に応用**して省エネルギーを実現する。

■ 研究開発の概要:

本開発は室温～600℃の温度範囲で安定的に熱電発電可能なスクッテルライト系熱電変換材料及びモジュール技術を開発し、高温熱電発電技術の確立を図る。

■ 応用分野

自動車排気ガス、工場排熱の熱エネルギー回生利用
エネルギーハーベスティング

■ 期待される省エネルギー効果: 5万kL原油/年

自動車産業の熱電発電省エネ効果を例として試算

熱電発電電力: 400W/台

熱電発電車載数量: 70万台

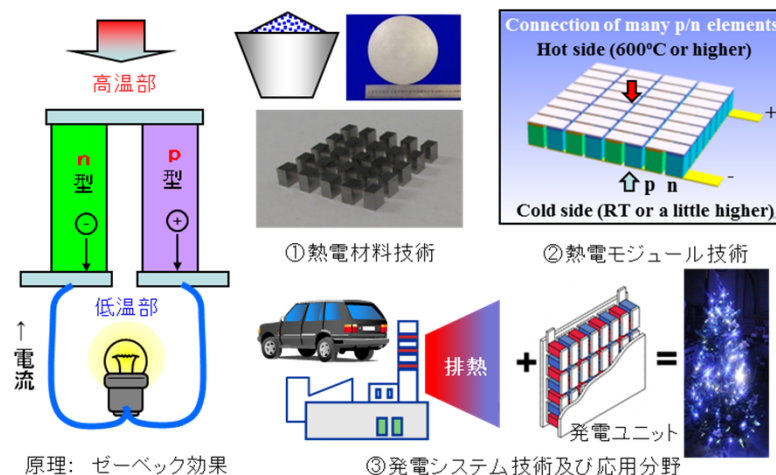
年間発電量/台: $400\text{W} \times 3\text{h/日} \times 20\text{日/月} \times 12\text{月/年} \cdot \text{台}$
 $= 288\text{kWh/年} \cdot \text{台}$

省エネ効果: $288\text{kWh/年} \cdot \text{台} \times 70\text{万台} \times 0.000492\text{t-}$

$\text{CO}_2/\text{kWh} = 9.9\text{t-CO}_2/\text{年}$

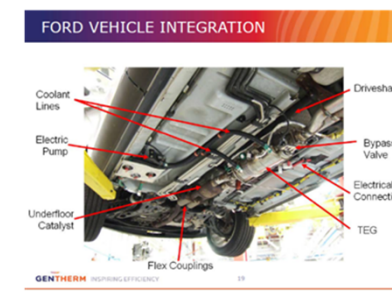
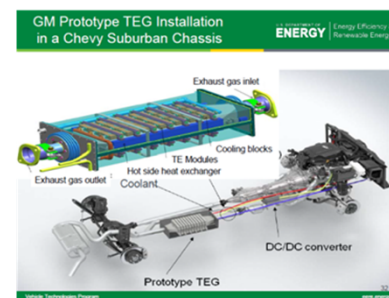
参考: 国内自動車保有数量 7700万台

日本鉱業協会



熱電発電原理及び技術の構成

熱電発電システム開発の事例



引用先: DEER2012発表資料 deer12_fairbanks 引用先: DEER2012発表資料 deer12_lagrandeur

7. その他の取組

7. その他の取組(情報発信)

30

業界団体における取組

- 日本鉱業協会では、会員企業をメンバーとする「エネルギー委員会(役員クラス)」「省エネルギー部会(部課長クラス)」「工務部会(部課長クラス)」等の委員会、部会の活動を通して、**地球温暖化対策、エネルギー政策に対する国への要望、省エネ、環境保全等に関する施策の推進および情報共有、意見交換等を実施**
- 毎年、全国鉱山・製錬所現場担当者会議を主催。会員企業における資源、製錬、工務、分析、新材料の各分野の現場担当者から、最新の開発・改良事例や省エネ事例等が報告される。同会議は**一般参加可能で広く情報を提供**

個社における取組

- 個社の取組事例を自社のHP、CSR報告書、環境報告書、社内報にて紹介することによって、社員およびその家族、地元住民、その他ステークスホルダーに**地球環境保全や地球温暖化防止対策に関する個社の活動の意義と重要性を理解いただけるよう努めている。**
 - ・地元自治体の省エネ活動への参画
 - ・休廃止鉱山跡地の緑化・森林保全活動
 - ・地元の動植物の生息環境の整備活動
 - ・工場周辺の美化活動
 - ・地元住民向けの工場見学
 - ・地元の生徒・学生向けの職業体験学習
 - ・環境をテーマにした親子勉強会、等



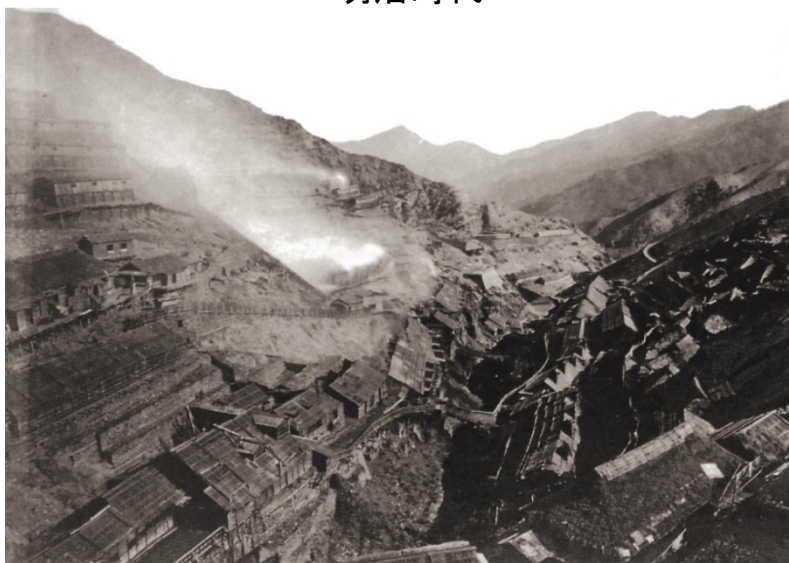
日本鉱業協会

2015年度全国鉱山・製錬所現場担当者会議風景

ご清聴ありがとうございました。

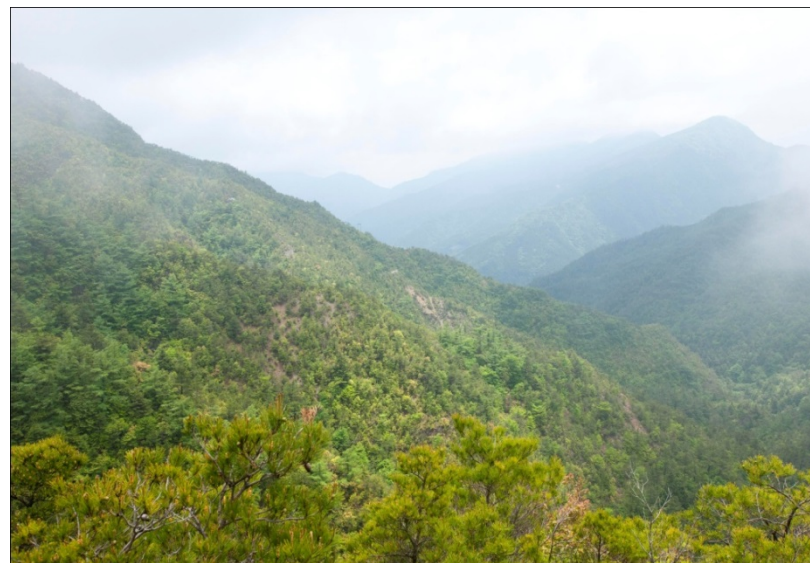
住友・別子鉱山の過去と現在

明治時代



住友史料館所蔵

現在



住友金属鉱山(株)提供