

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

非鉄金属製錬業界における 地球温暖化対策の取組み

平成27年12月16日
日本鋳業協会

- I. 非鉄金属製錬業の概況
- II. 国内の企業活動における2030年の削減目標
- III. 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献
- IV. 海外での削減貢献
- V. 革新的技術の開発導入
- VI. その他の取組

粗銅から金銀を分離した南蛮吹き



住友史料館所蔵
日本鋳業協会

1961年開坑 別子銅山歓喜坑



住友金属鉱山（株）提供

I . 非鉄金属製錬業の概要

銅、鉛、亜鉛、ニッケル、フェロニッケル地金の製造・販売

■主要企業:16社

■低炭素社会実行計画 カバー率;100%

鉱種	製錬所
銅	7
鉛	5
亜鉛	6
ニッケル	1
フェロニッケル	2



出典; 日本鉱業協会HP; 銅製錬所



出典; 日本鉱業協会HP; 鉛製錬所

Ⅱ．国内の企業活動における2030年の削減目標

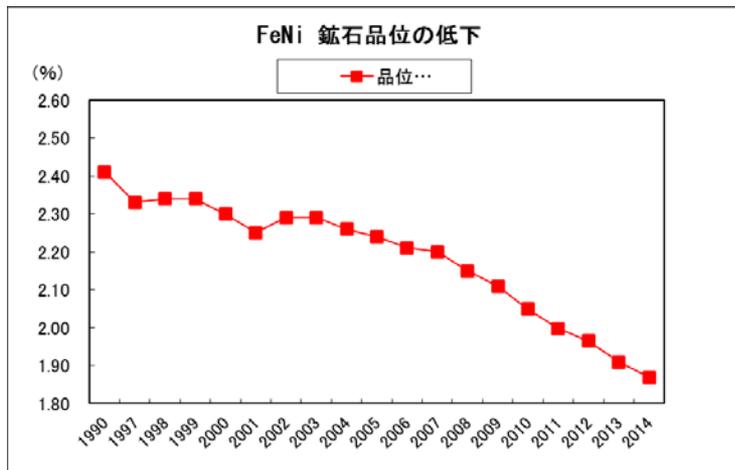
目標 2020年度におけるCO2排出原単位を1990年度比で15%削減する。

前提条件

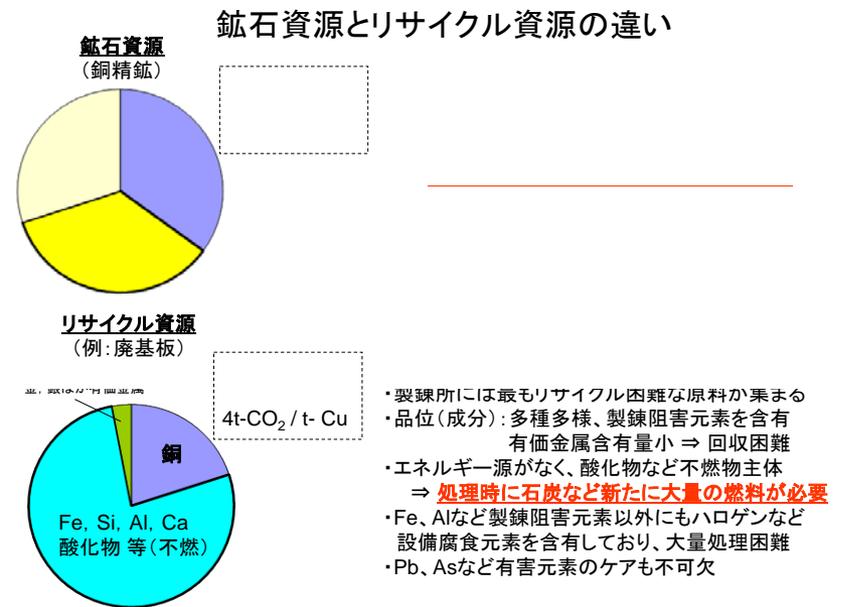
- 銅、鉛、亜鉛、ニッケル、フェロニッケルの製錬を対象
- 2020年度の生産活動量;256万トン/年(過去の実績トレンドより想定)
- 設備更新時には以下のBATを最大限導入
 - 電動機のインバータ化
 - 高効率ボイラの採用
 - 廃熱回収・利用の拡充など
- 電力の炭素排出係数:0.4915kg-CO2/kWh
(2010年度と2013年度との平均値)
- 事業環境の悪化
 - 原料鉱石の獲得競争の激化
 - 資源ナショナリズムの高まり
 - 資源メジャーの寡占化
 - 原料鉱石の金属品位の低下
 - リサイクル原料による消費エネルギー増加
- 再生可能エネルギーの創出(水力発電、太陽発電、地熱発電)によるCO2排出削減
(5,000万kWh)

II-1. 2020年の削減目標（事業環境の悪化）

鉱石品位は低下化傾向にある。(銅については、2013年、2014年で比較的高品位の原料鉱石を獲得。)



非鉄金属の資源リサイクルを推進。反面、リサイクル原料は、鉱石に比べて処理のための燃料が増加するため、CO2原単位が上昇する。



出典: JOGMEC 2015 マテリアルフロー

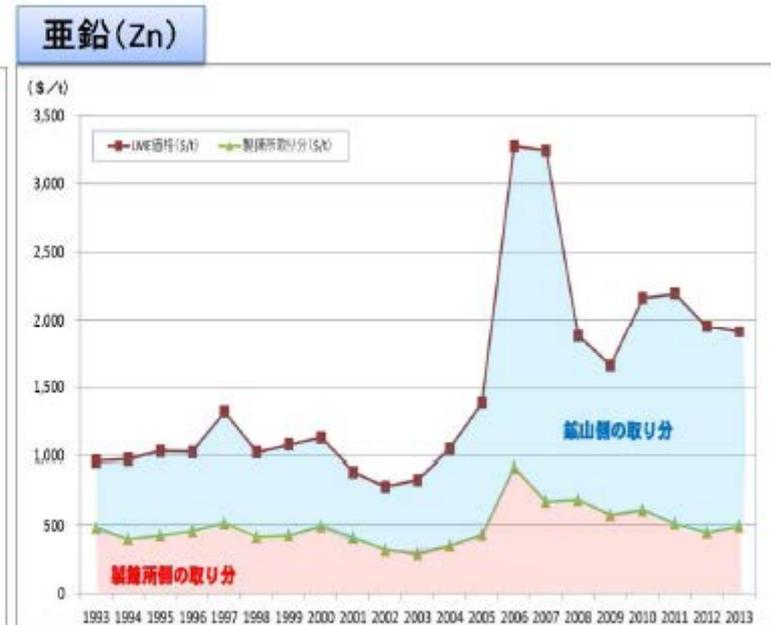
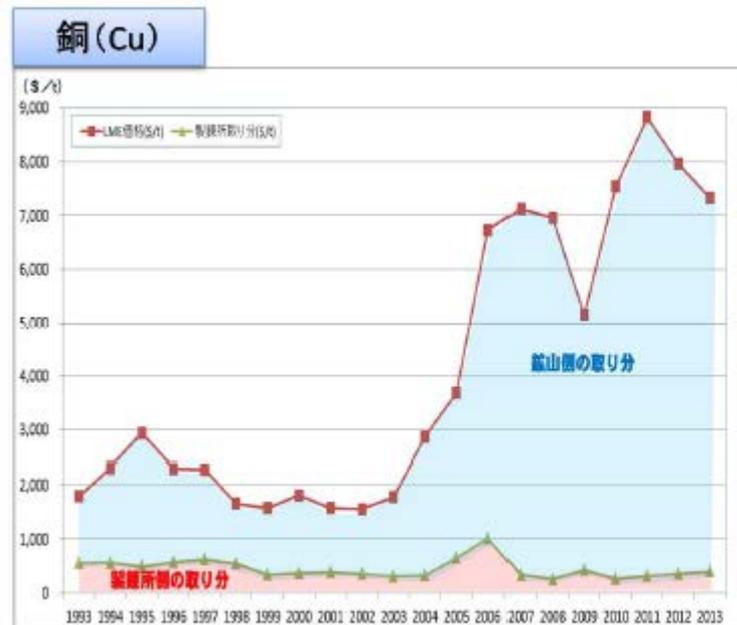
単位: 千t

	生産量	リサイクル量	リサイクル率	(参考) 2007年度
銅	1,555	258	26 %	13 %
鉛	202	153	64 %	53 %
亜鉛	583	151	25 %	16 %
計	2,340	562	24 %	—

II-1. 2020年の削減目標（事業環境の悪化）

7

- 資源メジャー等が権益を有する鉱山側と製錬所側は、毎年、契約上の製錬加工費（TC（溶錬費）・RC（精製費））等を交渉にて決定するが、近年、**資源メジャーの寡占化、中国等新興国の製錬メーカーの台頭の影響から契約条件が悪化**。
- 2003年以降。LME価格が高騰したが、高騰分は鉱山側の取り分となり、**製錬所側の取り分は相対的に低下**。
- こうした状況の下で、東日本大震災以降の電気料金の値上げ及び燃料調整費により、**国内の製錬所では震災前に比べて年間170億円の追加負担が発生**。

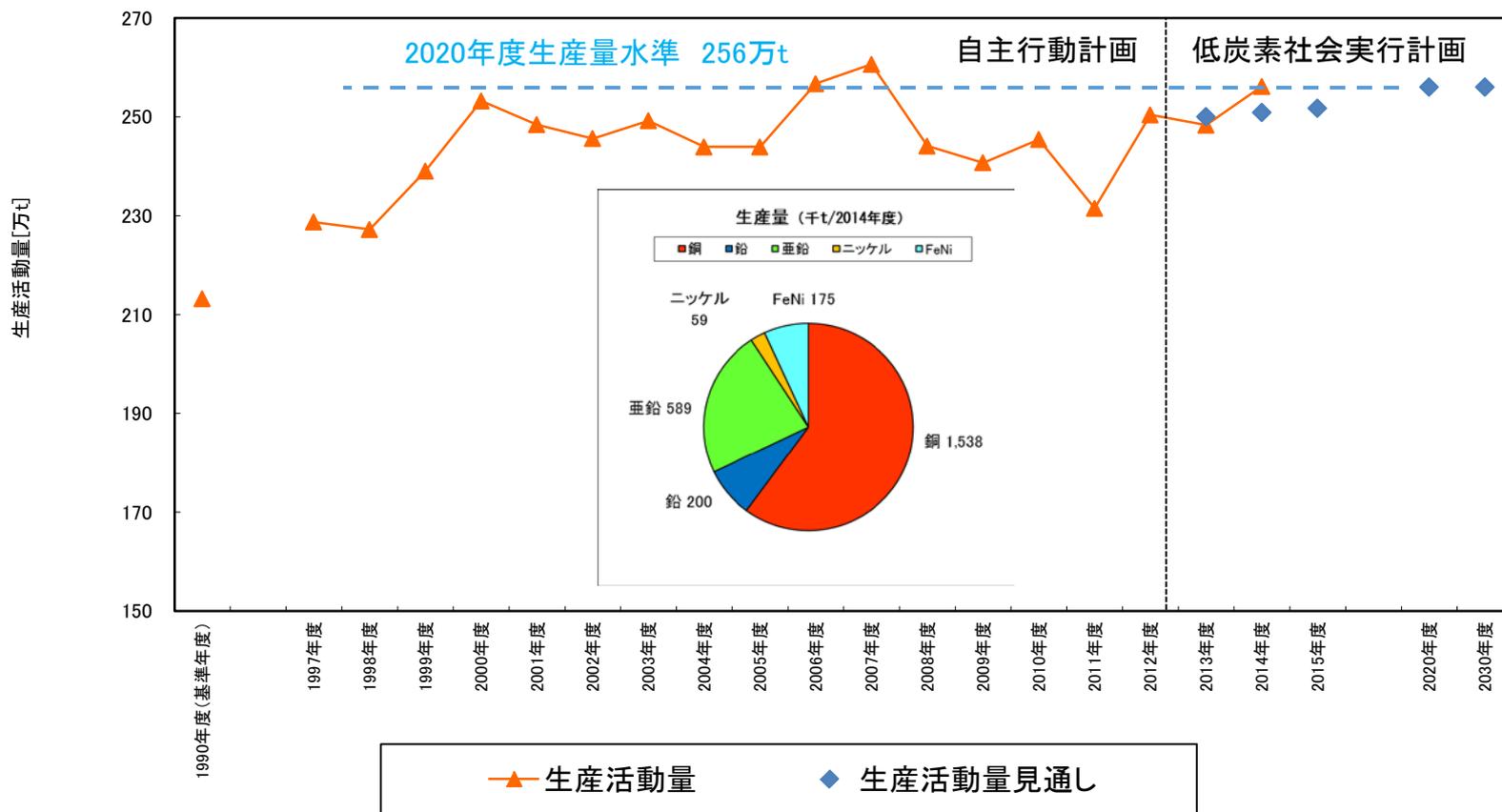


〈出典〉LME等各種資料を元に、METI作成

II-2. 生産活動量の推移

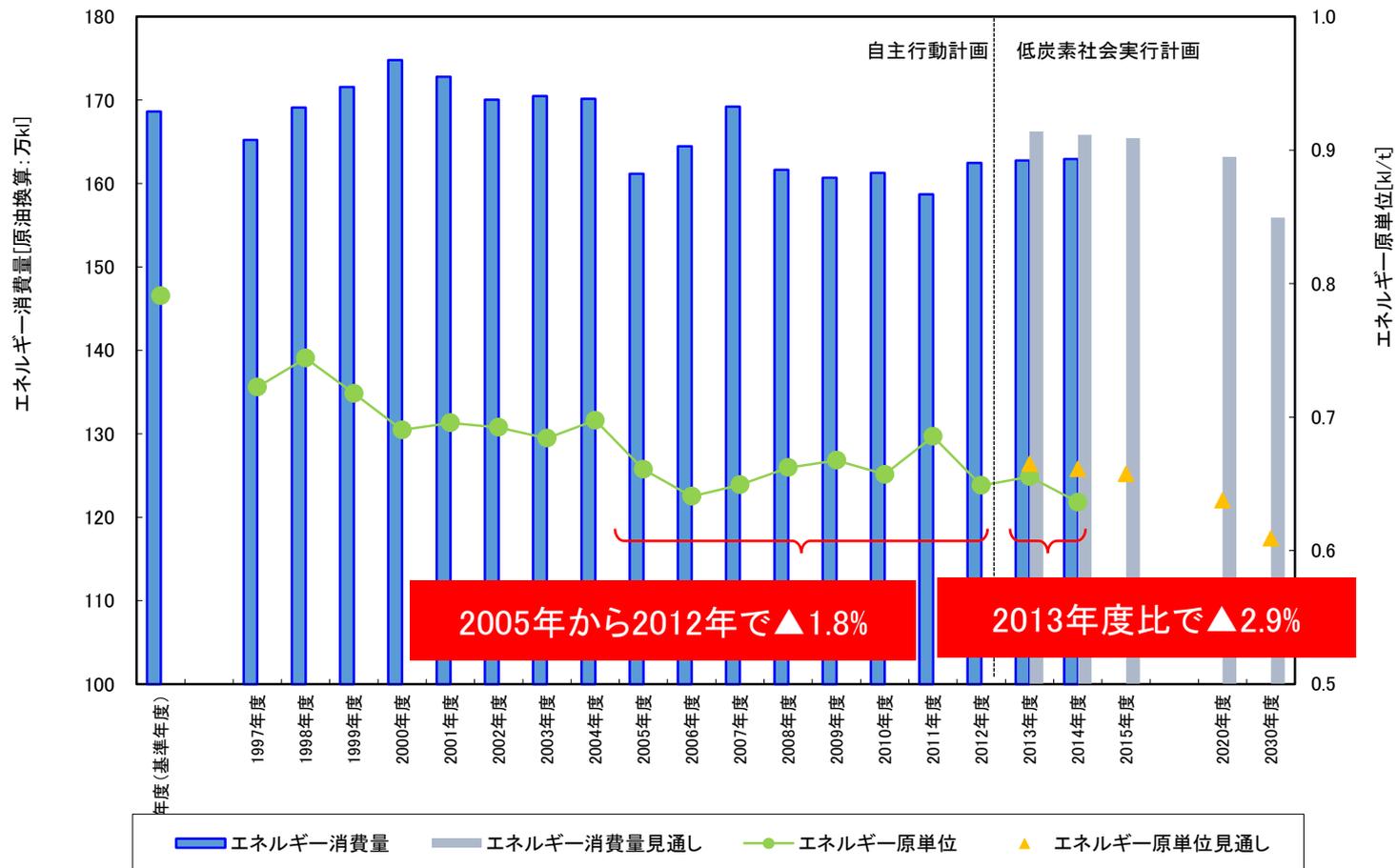
■ 2014年度の生産量は、景気回復基調で増加。⇒ 256.1万t

国内の製錬所のフル操業に近い生産量であり、2020年度、2030年度の想定生産量水準に達した。



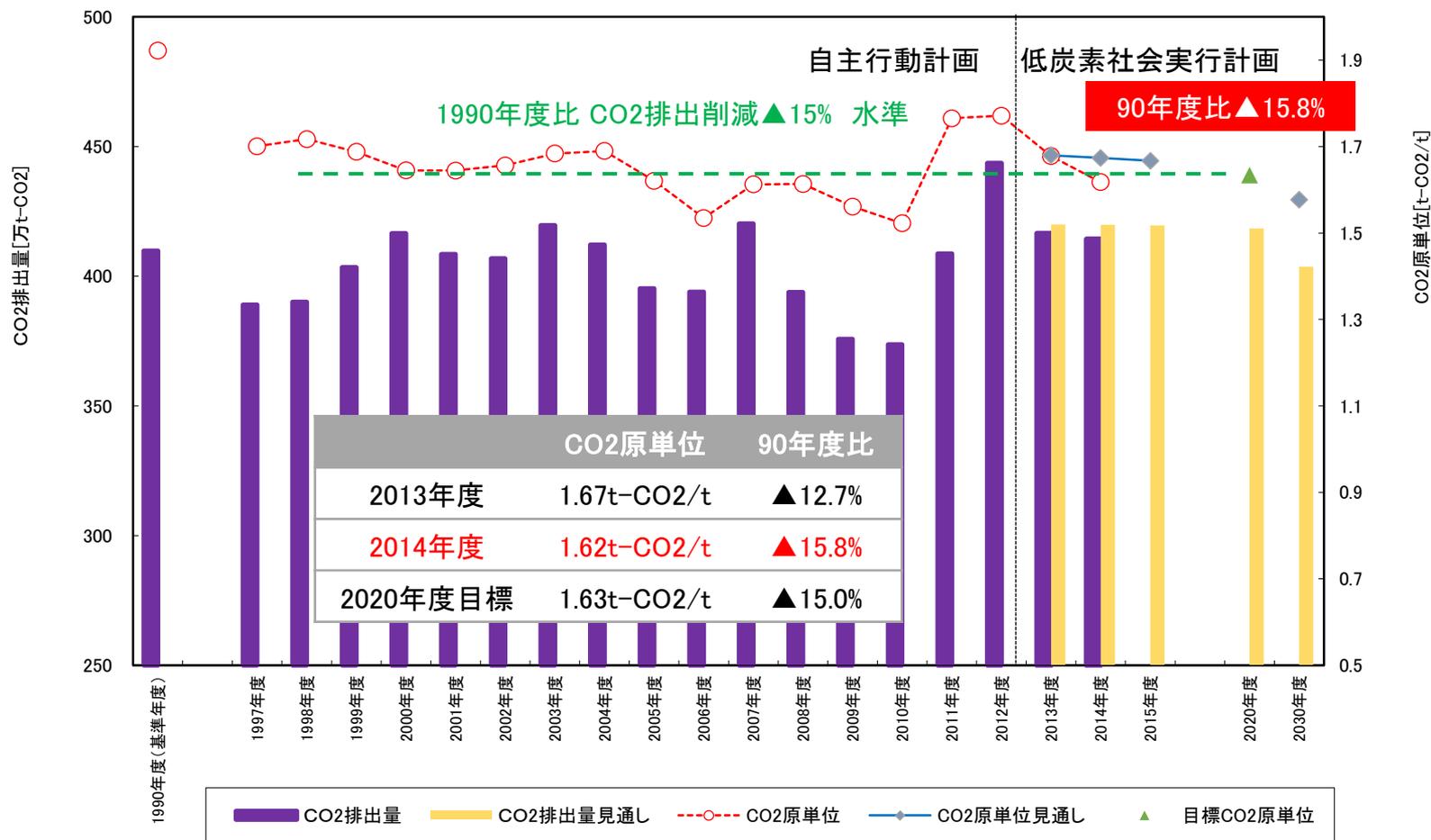
II-3. エネルギー消費量・原単位の推移

- 2014年度の原単位は、2013年度に比べて、▲2.9%の大幅改善。
(2005年度から2012年度では前年度比で平均▲0.3%)
- 継続的な省エネ活動の成果と生産量増によるエネルギー効率の向上が寄与。



II-4. CO2排出量・原単位の推移

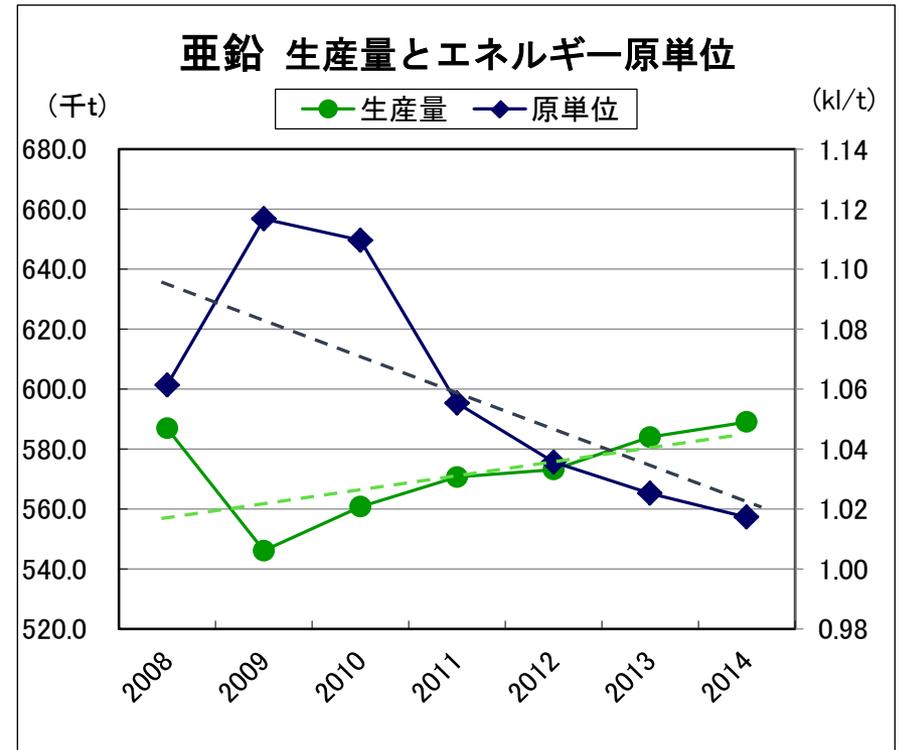
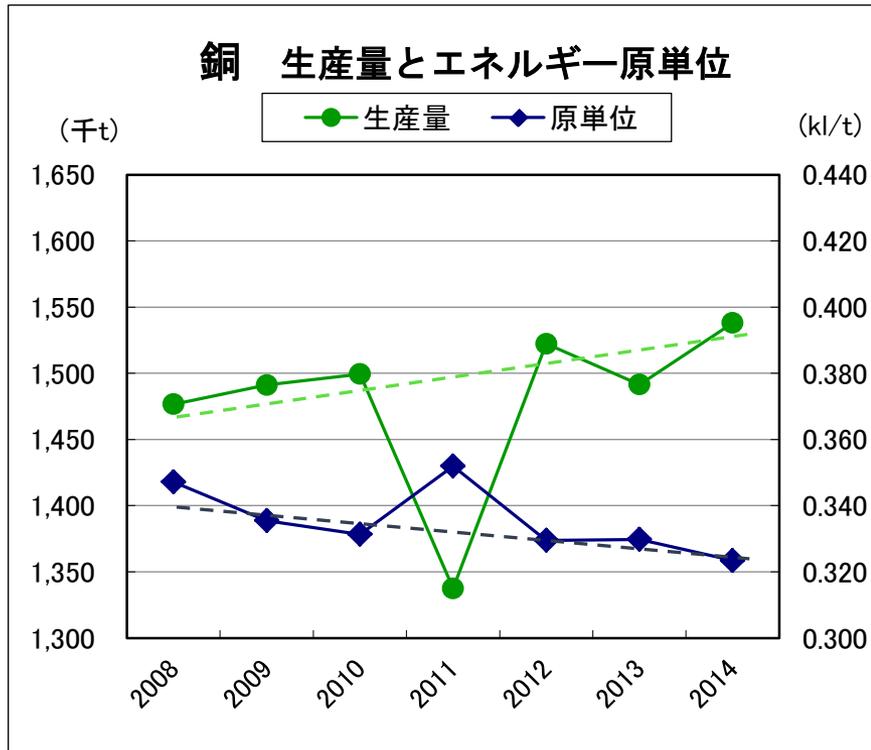
- 2014年度のCO2排出量は、414万t-CO₂、CO₂原単位は1.62t-CO₂/tとなり、2013年度から大幅に改善。その結果、2020年度の目標水準の1990年度比▲15%を達成。



注) 2014年度のCO₂排出量は、再生可能エネルギー発電によるCO₂排出削減を含まず。

II-5. エネルギー原単位向上の要因

- 銅製錬; **電気銅増産**、設備集約化、前年度設備トラブル・定修にて稼働率低下
- 亜鉛製錬; **亜鉛増産**、蒸気漏れ対策、タービンの更新
- フェロニッケル製錬; **FeNi増産**、ロータリーキルン改造、操業条件の見直し



Ⅱ-6. 主な設備投資とCO2排出削減効果

- 2014年度の設備投資額(実績)は**12.6億円**、CO2排出削減のポテンシャルは**44千t-CO2/年**。
- 2015年度の設備投資額(予定)は**18.5億円**、CO2排出削減のポテンシャルは**33千t-CO2/年**。

年度	対象	内容	投資額 (百万円)	削減効果 (千t-CO2/年)
2014年度 (実績)	Cu製錬	コークス細粒化、廃熱回収・利用	27	8
	Zn製錬	高効率ボイラ更新、硫酸ブローア更新	1,208	9
	FeNi製錬	バイオマス混焼、キルン改造	23	27
	計		1,258	44
2015年度 (予定)	Cu製錬	転炉排風機の更新、機器のインバータ化	221	9
	Zn製錬	発電機・整流器の更新、機器のインバータ化	1,236	5
	FeNi製錬	バイオマス混焼、原料前処理の改善	393	19
	計		1,850	33

- 想定した2014年の進捗率を上回り、CO2排出原単位は、2013年度比で▲3.6%、基準年1990年度比で▲15.8%となり、2020年目標水準(▲15%)を到達(進捗率105.6%)。
- これは、継続的な省エネ活動に加えて、生産量増によるエネルギー効率の向上が大きく寄与したと推定される。
- 2012年度までの7年間の実績ではエネルギー原単位は▲1.8%程度であること、また、原料鉱石品位の低下、不純物の増加など鉱石条件が悪化傾向にあること等、これらの事業環境を踏まえると、一時的なデータで目標を上積みすることは、経営リスクが大きい。従って、今後も省エネ活動を着実に推進し、CO2排出原単位の削減に弛まなく努めつつ、CO2排出原単位の推移を注視していく。
- CO2排出原単位が、確実かつ安定的に目標水準を達成できることを見極めながら、かつ経営環境を考慮したうえで目標水準の上積み等、計画の見直しを検討していく。

Ⅲ. 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献⁴

- 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・地熱発電への取り組み。
- 次世代自動車、蓄電池の普及拡大のための材料供給による貢献。

低炭素製品・サービス等		内容	削減実績 (2014年度)	削減見込み (2020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	0.8万t-CO2	12.6万t-CO2
2	太陽光発電	FIT制度活用 遊休地の利用	1.2万t-CO2	1.9万t-CO2
3	地熱発電	地熱開発 電力会社に売電または蒸気供給	33万t-CO2	33万t-CO2
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	52万t-CO2	113万t-CO2
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

Ⅲ. 低炭素製品・サービス等による他部門での貢献⁵

<参考>

発電種類		内容
1	水力発電	2014年度実績(FIT)・・・約5,000kW(発電容量) 天狗の団扇発電所(71kW)、柿の沢発電所(5,000kW) 2020年度見込み(FIT)・・・約50,600kW(発電容量) (新規FIT分) 約45,600kW 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)、小又川第四発電所、永田発電所、碓発電所、大湯発電所(計10,430kW)、小坂発電所(177kW)
2	太陽光発電	2014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) 2020年度見込み(FIT)・・・約37,000kW(発電容量) (新規FIT分)・・・約11,500kW 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)
3	地熱発電	2013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) 2020年度見込み・・・2013年度と同様。山葵沢発電所(42,000kW)は含めず。

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・製錬所操業などを通して、わが国の**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に現地と協力しながら解決**に努めている。

活動事例	内容	削減実績 (2014年度)	削減見込み (2020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。	1.4万t-CO2	1.4万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)	0.005万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。	0.3万t-CO2	0.3万t-CO2



ワンサラ亜鉛鉱山(上)、水力発電設備(下)

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-CO ₂ /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-CO ₂ /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、CO ₂ やNO _x の排出削減につながる。	未定	未定
4	水素エネルギー適用の検討	燃料電池、水素発電等の水素エネルギー活用の開発・実用化の状況を注視しながら、水素エネルギー源の適用について検討を進める。	未定	未定

銅リサイクルプロセスにおける電解技術開発の事例

■ 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である。

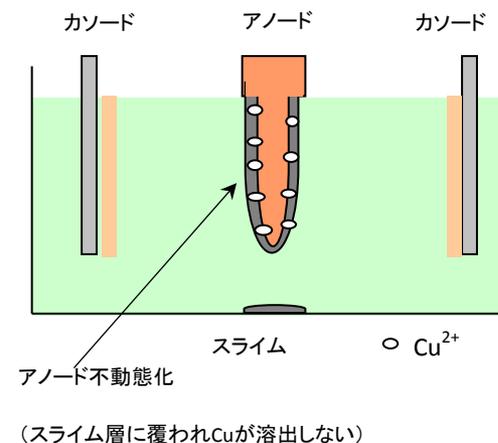
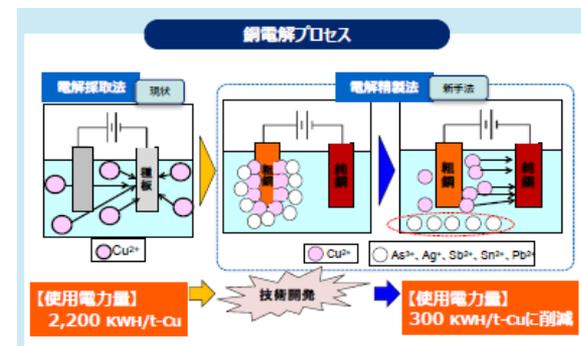
■ 目標と現状

(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

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



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は課題である。
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: 200W/台

熱電発電車載数量: 70万台

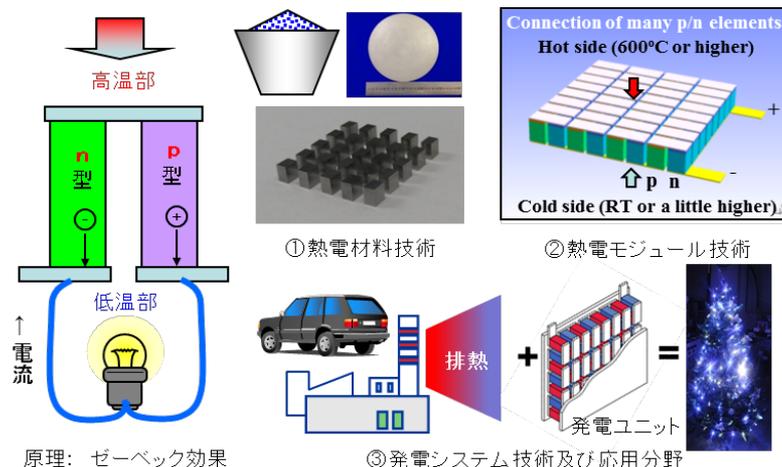
年間発電量/台: $200\text{W} \times 6\text{h/日} \times 20\text{日/月} \times 12\text{月/年} \cdot \text{台}$

$= 288\text{kWh/年} \cdot \text{台}$

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

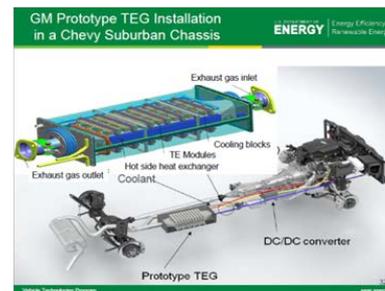
$\text{CO}_2/\text{kWh} = 9.9\text{t-CO}_2/\text{年}$

参考: 国内自動車保有数量 7700万台



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](#)

VI. その他の取組

目標 2030年度におけるCO₂排出原単位を1990年度比で18%削減する。
(ただし、2020年度に目標見直しを実施する。)

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
- 2030年度の生産活動量;256万トン/年(過去の実績トレンドより想定)
- 設備更新時には以下のBATを最大限導入
 - 廃熱回収、電動機のインバータ化、トップランナー変圧器導入等
 - 操業最適化技術の導入
 - 再生可能エネルギー電源創出(3億kWh/年)
- 電力の炭素排出係数:0.4915kg-CO₂/kWh (2010年度と2013年度との平均値)

低炭素製品・サービス等による他部門での貢献

- 水力発電、太陽光発電、地熱発電等の開発による再生可能エネルギー電源の普及拡大に貢献
- 熱電変換材料の普及

国際貢献の推進

- ペルーの水力発電、タイの余熱利用発電
- 海外鉱山、選鉱製錬の最新技術導入の推進

革新的技術の開発・導入

- 水素エネルギー利用、廃熱利用発電の導入の検討

業界団体における取組

- 協会組織の「エネルギー委員会(会員企業の役員クラス)」、「省エネルギー一部会(同部課長クラス)」、「工務部会(同部課長クラス)」等の各技術専門会議にて、**省エネルギー、環境保全等に関する施策の検討、各社の取組み状況の情報交換、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、広く情報提供**を行っている。

個社における取組

- 個社が実施した以下のような取り組み事例を個社の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ルギー活動への参画
 - ・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
 - ・地元自治体との合同防災訓練
 - ・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



2015年度全国鉱山・製錬所現場担当者会議風景

以上、ご清聴ありがとうございました。

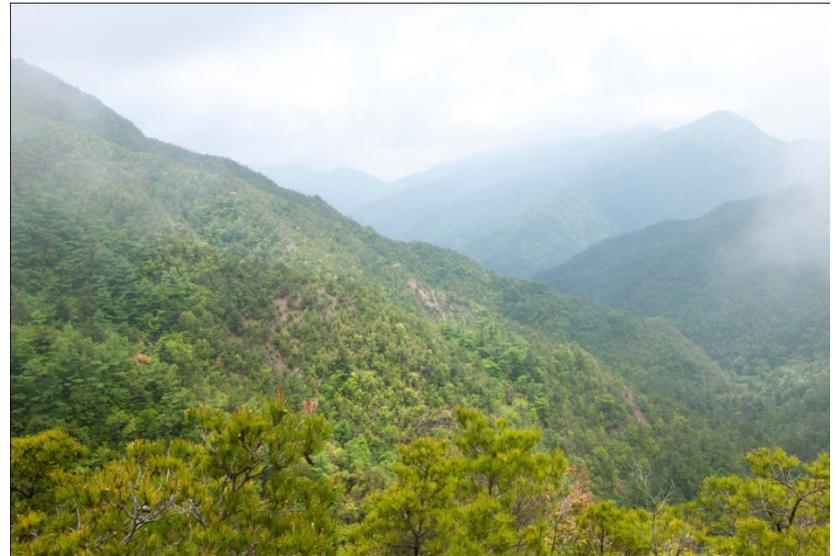
住友・別子鉱山の過去と現在

明治時代



住友史料館所蔵

現在



住友金属鉱山(株)提供