

金，銀，銅メダルはどこから？

From where the Gold, Silver and Bronze medals come?

大木 久光

OHKI Hisamitsu

金・銀・銅のメダルが何でできているか、何個ずつ必要で、その原料はどれだけ必要かを示し、自然界の鉱石がどのように精製されるかを説明する。そして、「都市鉱山」について説明し、最後に、「みんなのメダルプロジェクト」活動が発案され、全国の一般人や自治体、企業、民間などの協力で金、銀、銅メダル原料を100%以上達成したことを示す。

Explain of what the gold, silver, and bronze medals of the Tokyo Olympics and Paralympics are made, how many pieces are needed, how much raw material is needed, and explain how crude ores are processed. Then, explain about “Urban Mine” and finally show that the “Minna no Medal Project” activity was proposed, and achieved more than 100% of materials with big cooperation of the general public, local governments, companies, and the private sector across the country.

キーワード：東京2020オリンピック競技大会，都市鉱山，金・銀・銅メダル，リサイクル，アマルガメーション，みんなのメダルプロジェクト

1 東京2020オリンピック競技大会メダルの概要

新型コロナウイルス蔓延の影響で、東京2020オリンピック競技大会が1年延期されることが決まった。

しかし、ここではメダルに関する話を進める。

1.1 東京2020オリンピック競技大会のメダルの条件

2019（令和元）年7月24日（水）に東京2020オリンピック競技大会メダルのデザインが公表された。

コンセプトは「光や輝き」だそうだ。

オリンピックのメダルの条件は次のようになっている。

- 大きさ，直径60 mm以上
- 厚さ，3 mm以上
- 形，原則として丸型
- その他の条件
 - ▶ 1位・2位のメダルは銀製で、少なくとも純度1000分の925であるもの
 - ▶ 1位のメダルは少なくとも6グラムの純金で金張りまたは金めっき

というかなり範囲が広い設定となっている。

出典：オリンピック憲章

1.2 東京2020オリンピック競技大会のメダル

一方、東京2020オリンピック競技大会のメダルは、前記の条件内で、

- サイズは、直径85 mm、
- 厚みが最大部分で12.1 mm、
- 重量は金メダルが約556 g、銀メダルが約550 g、銅メダルが約450 gとされている。

東京2020オリンピック競技大会のメダルは約5千個（金メダル、銀メダル、銅メダルそれぞれ



金メダルの表

金メダルの裏

写真1 東京2020オリンピック競技大会メダルのデザイン
出典：公益財団法人東京オリンピック・パラリンピック競技大会組織委員会HP

れ1666個ずつ)必要とされ、金が約10kg、銀が約1.2トン、銅が約0.7トンを必要としている。

この必要量を、「都市鉱山から作る!みんなのメダルプロジェクト」と名付けられた都市鉱山活動で賄われた。

2 金, 銀, 銅はどのようにして得られているか

2.1 金

一般に、金鉱石は微小の金粒が石英脈の中に存在しており、これを粉砕した後にシアン溶液にタンクの中で混ぜて金を溶解し活性炭に吸着させて回収し電解採取 (Electro-Winning) で金を濃集するCIPという方法が使われている。



写真2 CIPプラントの一例

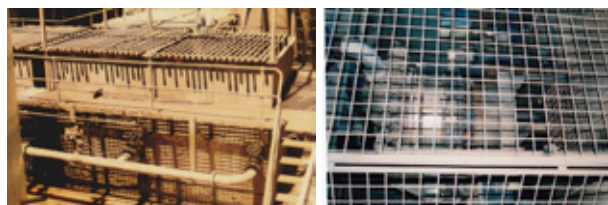


写真3 電解採取 (EW) 操業風景
(最終工程には盗難防止策が設けられている)
(写真2, 3ともに1994年3月著者撮影)

希に、大きな粒が河床に存在し、昔は、川に入って椀掛けして (panning: パンニング) 濃集した金粒を含む重鉱物に水銀を混ぜて金と水銀との合金 (アマルガム) を作り、液状化したアマルガムを濾布で濾し採って他の土砂から分離した後、加熱して水銀を揮散させて金を回収していた。

発展途上国ではアマルガムを火であぶって水銀を揮散して金を得るなどの不法行為が行われており、水銀汚染の原因の一つとなっている。

2.2 銀

銀は、主に硫化鉛鉱物 (方鉛鉱 PbS) に包含



写真4 椀掛け (パンニング) 風景
出典: MIRU資源鉱山トリアシリーズ

されて採掘され、選鉱工程で浮遊選鉱 (フローテーション) 法によって濃縮精製されて鉛精鉱として製錬所へ送られ高純度の金属鉛と金属銀に分けられる。

鉛精鉱にその他の金属が含まれている場合はそれらも副産物として回収される。

2.3 銅

銅は銅鉱物から得られるがその種類は多い。大別して硫化銅と酸化銅 (炭酸塩を含む) の二種類あり、硫化銅 (黄銅鉱 $CuFeS_2$ など) は方鉛鉱と同様浮遊選鉱で濃縮精製される。一方、酸化銅 (赤銅鉱 Cu_2O など) は採掘した鉱石を野積みにして、硫酸溶液を散布して、銅を溶解 (ヒーブリーチング) して有機溶媒で抽出するSX/EWという手法で回収精製する方法が一般的に行われている。

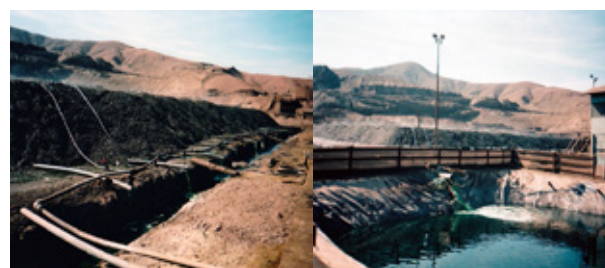


写真5 ヒブリーチング風景
(1990年3月30日著者撮影)

3 「都市鉱山から作る!みんなのメダルプロジェクト」

メダルは「都市鉱山から作る!みんなのメダルプロジェクト」と名付けた都市鉱山活動で賄われた。

3.1 都市鉱山

一般に資源開発は、山間僻地 (高山) にある鉱

石（金などppmオーダーの低品位）を、探査→採鉱→選鉱→製錬という流れで膨大な初期費用と時間を掛けて回収されている。都市鉱山とは、スマホ、ガラ携、PC等の小型家電の中に利用されている高品質の貴金属や希少金属を回収するリサイクル方法で、まるで都会にある鉱山だということから、こう呼ばれるようになった。小型家電リサイクルの回収金属量の変化を表1¹⁾に示す。

表1 小型家電リサイクルの回収金属量の変化

	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2017年 金額
金	46 kg	143 kg	214 kg	181 kg	245 kg	11.2億円
銀	446 kg	1566 kg	2563 kg	2272 kg	2646 kg	1.6億円
銅	381 ton	1112 ton	1469 ton	1552 ton	1747 ton	9.7億円
鉄	6599 ton	20124 ton	26326 ton	26735 ton	30145 ton	8.0億円
アルミ	505 ton	1527 ton	2023 ton	1991 ton	2325 ton	2.3億円
パラジウム	3 kg	14 kg	21 kg	19 kg	17 kg	0.6億円
金属計	7512 ton	22863 ton	29970 ton	30486 ton	34485 ton	34.3億円

産業構造審議会廃棄物・リサイクル小委員会（2019.2.15）

3.2 「みんなのメダルプロジェクト」活動

みんなのメダルプロジェクトは「都市鉱山からつくる！みんなのメダルプロジェクト」として東京2020オリンピック競技大会の公認プログラムが2017年4月に開始された。

3.3 活動結果

開始当初の協力自治体は624だったのが最終的に1621（全自治体数の93%）に達し、集まった7万9千トンの携帯電話を含む小型家電から金約32kg、銀約3500kg、銅約2200kgが回収できた。

目標（必要量）は、金が約1kg、銀が約1.2トン、銅が約0.7トンだったので、金は約32倍、銀は約3倍、銅も約3倍が回収できたことになる。

個人の協力はもちろん、自治体だけではなく、携帯電話、パソコン、小型家電など種々雑多な機器類を選別、分解、金属と非金属との分別、製錬・精錬など多くの企業の参画があった。

各地方自治体の協力の下2019年3月までの丸2年間実施されて東京五輪に必要な金、銀、銅各1666個の合計約5千個のメダルに必要な金属量を確保することができた。

リサイクル金属で五輪メダルを作った前例は、

前回のブラジルで、銀と銅メダルの約30%がリサイクル金属でつくられたそうだ。しかし、金メダルはリサイクルでなく、水銀が使われていない環境に配慮して作成したそうだ。

しかし、全国民が参加して100%リサイクルでメダルを作る取り組みは今回が初めての試みなのだが、1年延期となっても呼称は「東京2020オリンピック競技大会」が維持される。

4 金、銀、銅の物性

メダルに使われる各金属の物性を表2に示す。

表2 金、銀、銅の物性

元素	元素記号	原子番号	原子量	真比重	沸点	融点	電気抵抗率	熱伝導率
					(°C)	(°C)		
金	Au	79	196.97	19.32	2896	1064.20	22.14	318
銀	Ag	47	107.9	10.49	2162	961.78	15.78	429
銅	Cu	29	63.55	8.92	2562	1084.60	15.50	403

一般に銅メダルは、銅（Cu）に錫（Sn）を混ぜた青銅（bronze）が使われるが、東京2020オリンピック競技大会の銅メダルは約5%の亜鉛（Zn）が混ぜられた赤みが強い丹銅（red brass）と呼ばれる合金で作られる。

銅メダルは英語でBronze Medalと呼ばれている。そうであれば、金メダルはGold MedalではなくGolden Medalと呼ぶのだろうか？

5 SDGsとの関係

メダルを100%都市鉱山のリサイクル金属で賄うということは、SDGsの17の目標の中で次の項目が関係するだろう。

- 「目標6 全ての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する」の項目6.3～6.5の「水質改善と管理」
- 「目標12 持続可能な生産消費形態を確保する」の項目12.2「2030年までに天然資源の持続可能な管理及び効率的な利用の達成」、項目12.4「2020年までに、化学物質や廃棄物の大気、水、土壌への放出の大幅削減」及び項目12a「開発途上国への、より持続可能な消費・生産形態の促進のための科学的・技術的能力の強化の支援」

- ・目標15の「陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、並びに土地の劣化の阻止・回復及び生物多様性の損失の阻止」

6 金, 銀, 銅にまつわる逸話

6.1 金にまつわる逸話

金といえば、紀元前数千年にメソポタミア文明の担い手であるシュメール人は金を自在に操る技術を持ち、エジプトで金の装飾品を扱っていた。



写真6 マスタバの墓（前ピラミッド）とツタンカーメン

一方、時代はかなり下がるが、プレインカ時代の南米でも金が使われていた。コロンビアの首都ボゴタにMuseo del Oro（黄金博物館）というのがあり、そこの展示品に金製の埴輪（宇宙人という人もいる）や飛行機のような形の飾り物（宇宙船と噂されていた）が展示されている。



写真7 黄金博物館展示の飛行機型金細工（2000年10月筆者撮影）

6.2 銀にまつわる話

ボリビアのアンデス山系の中央部にポトシという同国第三の都市があり、町の北東部にポトシ山が聳えている。

「16世紀頃、グアルパというリヤマ飼いがリヤマを追ってポトシ山の頂上付近まで来て疲れて岩に腰掛けて休んでいるときに足下に何かキラッと光るものを見つけた」というのがポトシ銀山発見の逸話で、自然銀だった。これを聞きつけたピサロがポトシ銀山を開発し大量の銀をスペイ

ンに送り16世紀のスペイン銀貨の7割を占めるほどの権勢を誇っていた。



写真8 ポトシ鉱山とその裾野に広がるポトシの町（1997年4月25日筆者撮影）

6.3 銅にまつわる話

銅には殺菌効果がある。金魚やメダカなどの小魚を飼っている水槽に10円硬貨を入れておくと、うろこの表面にカビが生えたりすることがなくなり、長生きする。昔、ある非鉄金属会社が銅の細線を織り込んだものを水虫防止靴下として販売したが2~3回履いたら破れて長持ちせず失敗したという逸話がある。一方、銀にも殺菌効果があり各方面で活用されている。

7 終わりに

自然界に存在する金、銀、銅の魅力的な輝きが五輪メダルに採用されるゆえんと思われる。その金属を、全量都市鉱山活動で省資源、環境汚染軽減の「都市鉱山から作る！みんなのメダルプロジェクト」活動で達成したことは記念すべきことである。

<参考文献>

- 1) 「持続可能社会へのレガシーとしての都市鉱山メダルの意義と今後」原田幸明, サステナビリティ技術研究機構特集「オリンピック・パラリンピックとライフサイクル思考」
- 2) 「資源鉱山トリビアシリーズ」大木久光, IRUniverse社コラム

大木 久光 (おおき ひさみつ)
技術士(資源工学/環境部門)

(株)大木環境研究所
日本技術士会 資源工学部会, 環境部会
事故技術研究会, 環境放射能除染学会
環境マネージメントセンター
e-mail: ookih@k7.dion.ne.jp

