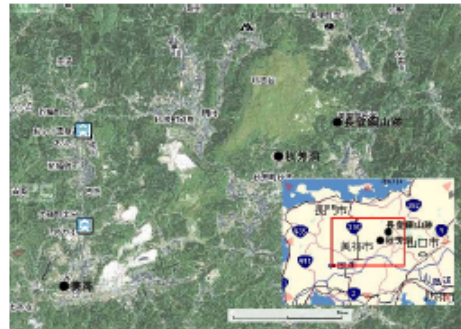
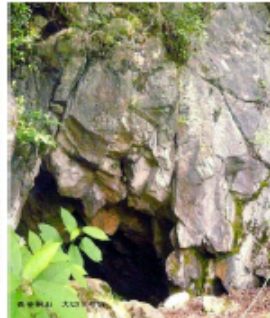


日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」を訪ねて

山口県美祿市美東町 2008.6.10.



銅の製錬も鉄のように製錬が出来ず、輸入に頼った時代(中世)こと知りました
古代の銅製錬 硫化銅鉱石の還元法→近世の銅製錬 硫化銅鉱石の酸化脱硫・還元法
この両方にかかわった日本最古の銅山 山口県秋吉台カルストの東山麓の「長登銅山」を訪ねました。

1. 日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」概要
 2. 「長登銅山」と奈良の大仏 長登銅山の変遷と日本国内銅生産事情概説
 3. 日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」Walk
 4. 長登銅山の銅鉱床・銅鉱石の変遷と銅製錬技術 銅の製錬も鉄と同じく 一筋縄ではなかった
 5. 東大寺大仏と 重源
- 東大寺大仏殿の焼失後 山口県佐波川上流の山 徳地の木材で再建された 山口市徳地町

山口県秋吉台カルストの東山麓に「奈良の大仏」の「銅」を産出した「長登銅山」がある。この秋吉台カルストを初め、山口県の中央部から日本海岸の山中には銅をはじめ、鉄・銀など古くから知られた鉱物資源であり、またこの南側には石灰岩・大理石や石炭の資源も広がる。もう、10数年前仕事で赴任した山口県美祿市の隣町で、町のあちこちに大仏様のかわいらしい看板に「奈良の大仏の銅を算出した町」とかかれ、「長登銅山」を何度か訪ねたことがあります。まだ整備される前「この山中に沢山 昔の坑口があるのか」との記憶しかなし。その美東町が秋吉台・秋芳洞のある秋芳町と一緒に平成の大合併で美祿市美東町に。そして、仲間から「この美東の長登銅山で町興しの行事として、たたら製鉄と同じような円筒炉で古代銅の還元実験が行われている。」との便り。

鉄と同じ円筒炉での還元銅の製錬と聞いて 銅は溶鉱炉では作れず「カラミとカワの分離」など複雑な工程だったはず・・・と普通強したイメージ。一方「銅は鉄より早く、古墳時代から銅鏡・銅矛・銅鐙など数々の製品が造られ、溶融温度が低い分 鉄と違って簡単だ」とのイメージも。色々調べてみるとこれが大変。銅の製錬にも鉄とおなじく、非常に苦労した時代があったのを知りました。

古代 山に露頭の自然金属銅が転がっていたり、自然風化で出来た地表近くの酸化銅鉱石があった古代円筒炉(溶鉱炉)での製錬が出来た。

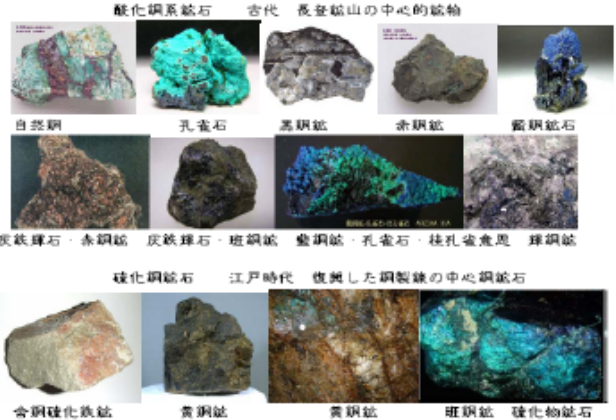
ところが、古代の末から中世にかけてこの銅鉱石が使い切れ、地中深くにある硫化銅系鉱石(鉄や他の不純物等を多量に含む黄銅鉱等)が主になると精錬技術の進んだわずかの銅山を除いて、粗悪な銅が蔓延し、日本の銅山は廃れ、銅銭も作られず、数百年に渡って中国から品質の良い銅銭が大量輸入され、それをつぶして 銅製品を作ったという。「鎌倉の大仏」は そんな輸入銅銭が材料だという。そして、中世末 近世近くになって、日本独自の方法として、この溶融した硫化銅を空気にふれさせ、脱硫化させて 効率よく硫黄・鉄や不純物を除去する技術が開発された。硫化銅系鉱石から安定して効率的に品質の良い銅を取り出す技術が開発された。これにより、近世 別紙・足尾・小坂などの銅山が開発され、再度日本で銅の産出が始められた。

この間 銅の工人たちは何年何年何世代にわたって、銅の製錬法開発に苦労したに違いない。



長登銅山の鉱床は石灰岩層に花崗岩マグマが貫入して鉱床を形成したもの。石灰岩層と貫入マグマの境界部を数々の鉱物を溶かし込んだ熱水が通路となされ、割れ目に鉱物を抽出し、接触交代鉱床を形成。

そして、地表に露出した露頭部や地表に近い部分の鉱物は雨水などの風化作用をうけ、皮殻塩や酸化銅鉱石に変質していった。銅は多くの場合硫化銅鉱石として品出し、風化で酸化銅に変質した。



古代酸化銅鉱石から近世硫化銅鉱石へ 銅製錬の変遷



安土門首山による還元製錬
原料鉱石は自然銅・硫化銅系銅鉱石
古代 銅製錬 還元実験の図(長登)



a. 焼炉加熱による酸化銅成分と
銅スラグとの分離
江戸期の銅製錬技術(銅子銅山)



b. 硫化銅成分を溶融と酸化脱硫「高吹き」
図の中央に空気吹付け口が見える

しかし、この技術開発者は時代の中に埋もれ、良く判っていない。
今、石見大森銅山が世界遺産に登録され、近世世界への銅の供給基地であったこと また、銅の取り出し技術「灰かぶり」の発明などが脚光を浴びているが、そのベース義出にあったのが、この硫化銅鉱の処理技術の苦闘にあったに違いない。

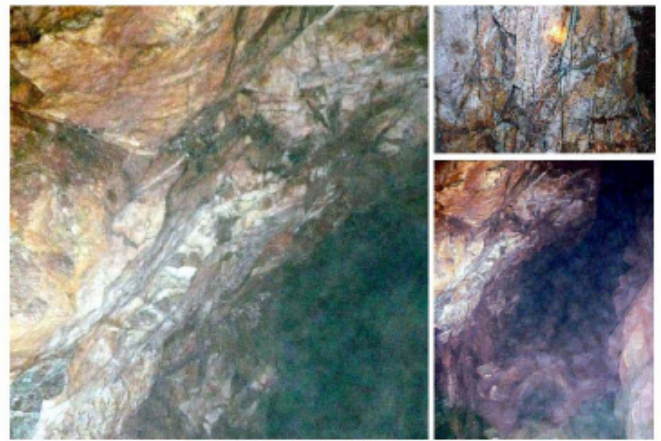
そんな古代の銅製錬から延々と近代にいたるまで、銅を作り続けた「長登銅山」。長登には古代から品質の良い銅を作り出す技術があったともいわれる。

別子銅山・足尾銅山や石見銅山のような派手さはないが、この新しい近世の銅技術開発にも立ち会ったにちがいない。 歴史の承認として整備されているという「長登銅山跡遺跡」をたずねたくなって、6月に山口へ帰った時に半日訪れ、よく整備された銅山跡を歩きました。

金属製錬技術は「鉄」ばかりでなく「銅」も一筋縄ではいかず、単なる付け焼刃のものまねでは出来なかった「ものづくりの技」そこには日本の歴史が深く詰め込まれています。

今 世の中「レアアース・希土類金属」が広く脚光をあびていますが、其れを取り出す「ものづくり」の技術に眼を向ける人は少ない。でも そこに「質」そして歴史を作ってゆく「業」や「底力」が潜んでいる。

ひとりよがりですが、そんなことを感じた「奈良の大仏を作った長登銅山跡」Walk でした。



長ノ下大森山 4 号坑 内部の法道の壁に見られる銅鉱脈

なお、山口市の北東の隣町徳地もまた、東大寺奈良大仏とかかわりのある町。 東大寺の大仏殿の再建を成し遂げた長源が自らこの地に赴任して 大仏殿や伽藍再建用の木材を切り出した地だという。山口では最近はこちらの方が「長登」よりも有名という。この徳地の山も「重源の郷」として整備されていると聞いて、こちらも立ち寄ってきました。

2008.6.10. by Mutsu Nakanishi

今回 資料をきっちり整理できず、調べたメモなどと Walk 写真を組み合わせた簡単な PDF ファイルになってしまいました。お許しください。

【参考】

山口美祢 H さんからの 便り 「長登銅山遺跡」のイベント

復元された古代の円筒炉で 銅製錬実験が行われました

奈良の大仏の銅を産出した 山口県美東町

2008.4.1. 0804mito00.htm by Mutsu Nakanishi

【日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」山口県美祢市美東町】

古代 銅生産は 早くから 自然銅や硫化銅鉱が風化して形成された酸化銅鉱を還元製錬することで栄える。

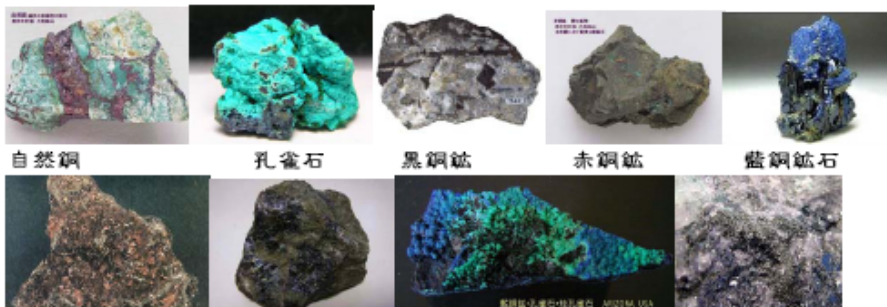
その中心が 長登銅山で、ほかに吉備 吉岡鉱山(成羽)や多田鉱山などがある。しかし、この酸化銅鉱が枯渇する中世 銅生産は衰退する。(酸化銅鉱に代わり、硫化銅鉱が主力となるが、大量の硫黄や鉄そして不純物が銅中に残存し、脆くて安定した高品質が得られない。

事実 この中世 日本では 銅銭の製造は中止され、中国から大量の銅銭が輸入された。鎌倉の大仏は この中国から大量に輸入された銅銭を再溶解して、鑄造されたという。また、緑・青色顔料が中国から輸入され始めるのも この時期である。)

そして、江戸期 硫化銅鉱を原料とした銅製錬法として 酸化精錬して硫黄や鉄を除去する「真吹き」の方法が開発され、銅生産が再興。長登・吉岡など 古代を支えていた銅山が復活するとともに新たに中心鉱山といひ 別子・足尾銅山などが担う。

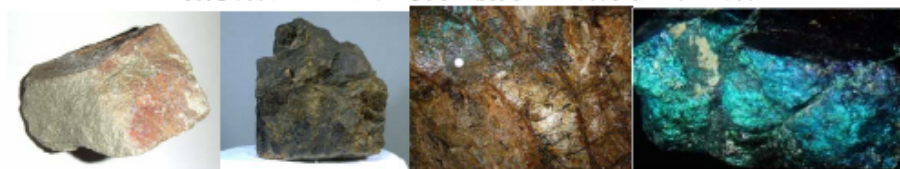
長登銅山は 古代最古の銅山・奈良の大仏の銅を産出した銅山というばかりでなく、古代から近世・明治に至る銅製錬の移り変わり 酸化銅鉱製錬・硫化銅鉱製錬の両方にかかわり、品質の良い銅の生産にかかわった貴重な銅山でもある。

酸化銅系鉱石 古代 長登銅山の中心的鉱物

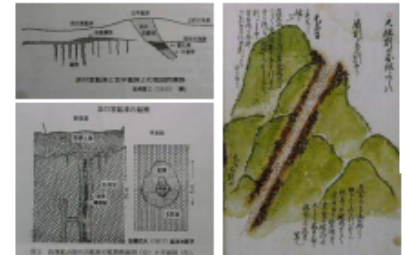


自然銅 孔雀石 黒銅鉱 赤銅鉱 藍銅鉱石 灰鉄輝石・赤銅鉱 灰鉄輝石・斑銅鉱 藍銅鉱・孔雀石・柱孔雀意思 輝銅鉱

硫化銅鉱石 江戸時代 復興した銅製錬の中心銅鉱石



含銅硫化鉄鉱 黄銅鉱 黄銅鉱 斑銅鉱 硫化物鉱石



長登銅山の鉱床は石灰岩層に花崗岩マグマが貫入して鉱床を形成したものの。石灰岩層と貫入マグマの境界部を数々の鉱物を溶かし込んだ熱水が通路としてながれ、割れ目に鉱物を抄出し、接触交代鉱床を形成。

そして、地表に頭を出した露頭部や地表に近い部分の鉱物は雨水などの風化作用を受け、炭酸塩や酸化物鉱石に変質していった。銅は多くの場合硫化物鉱石として品出し、風化で酸化銅に変質した。

1. 日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」 山口県美祢市美東町長登



長登銅山 大切4号坑

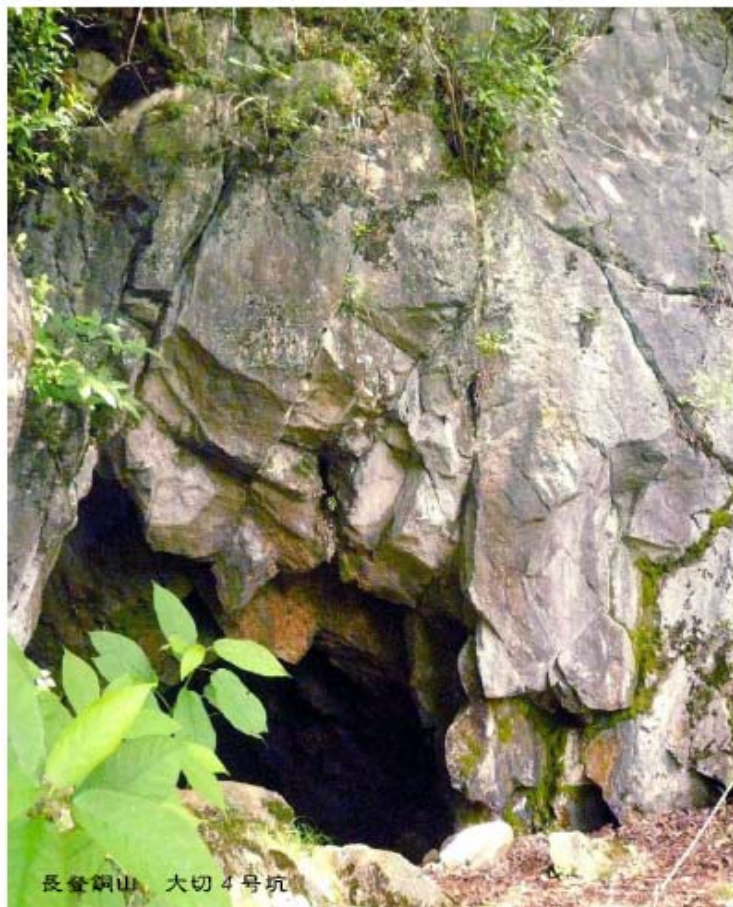
国指定史跡 長登銅山跡
(平成十五年七月二日指定)

長登には昔から「奈良の銅に銅を送ったので、奈良登の地名を編み、いつしか長登になった」という伝承があります。昭和四十七年に銅鉱石が発見され、古代の遺跡があることが分かった。昭和六十二年には奈良県大寺町から、創建当時の銅の塊が出土し、それを化学分析した結果、長登銅山産と推定されました。これを機として平成元年度から一〇年間、長登銅山跡の遺構や多様な道具類が数多く見つかり、奈良時代から平安時代前半にわたって栄えた長門国直隼の採銅・製銅施設跡であることが明確となりました。

長登銅山跡は、古代の採銅跡や製銅跡の遺構が極めて多く残る日本最古の銅山跡で、多数出土した木簡等から、日本古代の銅生産の歴史が究明できる貴重な遺跡です。

また、奈良の大仏の開鑄が立証された唯一の銅山跡でもあります。

平成十七年 美東町教育委員会



長登銅山 大切4号坑



NAGATO the oldest Cu mine
2500 years ago Cu in here was used to make Nara Grate Buddha



日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」 山口県美祢市美東町長登

2、「長登銅山」と奈良の大仏 長登銅山の変遷と日本国内銅生産事情概説



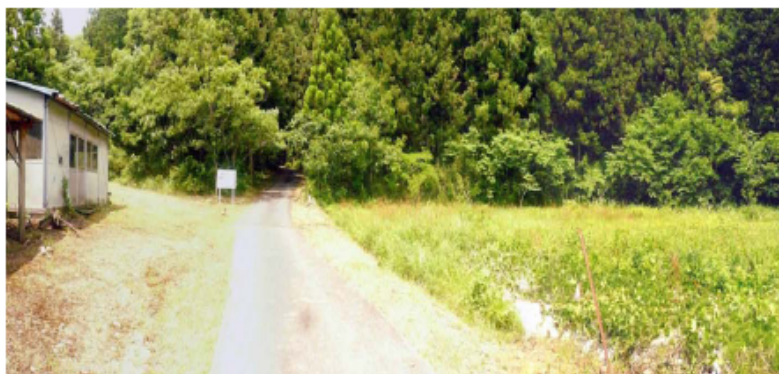
奈良時代から昭和35年まで採掘された日本最古の銅山である長登銅山遺跡。

銅山跡は榎(かや)ヶ葉山から大切谷、山神社(さんじんしゃ)にかけて南北2キロ、東西1・6キロに及ぶ。

山腹には数々の坑口がある。奈良時代の採掘跡大切四号坑がある榎ヶ葉山では、山頂部から滝の下と呼ばれる垂直な鉱床が山腹の中を延びるなど、山腹の中をいくつもの鉱脈が、垂直に伸びている。

長登銅山の採掘には 1.奈良—平安前期、2.毛利氏が支配していた江戸時代前半、3.明治—大正期に採掘の3つのピークがある。

奈良時代から平安時代にかけては銅産出の中心地として、国直轄の採銅所が置かれ、創建時の奈良の大仏には長登産の銅が使われ、また、花の山には明治以降の新しい製銅所があり、昭和35年まで、採掘されるなど。長い歴史を誇る長登には、各時代の遺構が随所に残されている。



古代の銅製錬所・役所跡 大切製錬所跡

美東町長登には古くから、奈良の大仏鑄造の銅を献納したため「奈良登」の地名を賜り、なまって「長登」となったとの伝承があり、1972年に銅山跡から須恵器が発掘され、古代の銅山遺跡と分かった。そして、1988年の東大寺大仏殿回廊西側で行われた発掘調査で、出土した溶銅塊の成分がヒ素を含むなど長登産の銅とほぼ一致したことから伝承が裏付けられ、「奈良の大仏のふるさと」として御光を浴びることとなり、翌1989(平成元)年から10年がかりで本格的な発掘調査が行われた。

古代の銅山跡が残る大切谷には捨てられた銅滓が土中に混じっている場所があり、その周辺の発掘調査で、奈良時代の選鉱場、製錬炉、窯跡の遺構や須恵器、土師器などとともに800点を越す木簡などの遺物が発見された。

その木簡の中に大仏建立(752年)以前の天平3、4年(731、2年)の記述もあり、国内最古の銅山であることが判明。また正倉院文書には長門国司が「造東大寺司」に2万6000余斤(約18トン)もの銅を送ったとの記録があり、この記述も長登の銅に関するものと考えられている。

大切谷の発掘でペールを脱いだ古代の銅山跡遺構や出土した木簡の記述などを総合すると、長登には8世紀初頭には長門国の採鉱・製錬官衙(役所)が置かれた。

そして、ここで採掘された銅は奈良の大仏の鑄造ばかりでなく、奈良から平安時代にかけて、製造された和同開珎など皇朝12銭の鑄造にも用いられたと見られている。

長登銅山は古代の繁栄の後、中世一旦衰微する。その理由は良くわかっていないが、古代の銅鉱石の主流である自然銅や酸化銅鉱石が掘りつくされ、中世以降 銅の鉱脈の地中深くにある黄銅鉱など硫化銅鉱石に変わるが、この鉱石では、銅中に大量の硫黄・鉄などを含有して脆くなり、安定した高品質の銅を需要に見合った大量量産ができなかったことによると考えられている。

ようやく 中世の末 近世近くになって、銅の脱硫・脱鉄や不純物除去の安定量産技術が確立され、硫化銅系鉱石を原料鉱石とする銅山が復活(長登・吉岡銅山など)。また、新しい別子・足尾銅山などが開坑し、銅の繁栄期を迎える。

この銅が日本国中で 枯渇する時代には、銅銭の鑄造も途絶え、中国から銅銭やマラカイトや藍色顔料が輸入されるようになる。この期に作られた鎌倉の大仏も宋銭を溶かし直して鑄込まれたという。

そんな日本の銅産出の事情が奈良の大仏や鎌倉の大仏の分析値にも現れており、また、次に日本で新たに銅銭が製造されるのは江戸期の寛永通宝である。

なお、こんな銅製錬の歴史は古代銅製錬が律令国家の官営であり、律令国家の衰微とともに技術が継承されず、衰微したのも原因といわれている。

表3 大仏仏体と生産遺跡出土精銅の化学組成の比較

No	大仏仏体 生産遺跡	年代 時代	部位 分類	化学成分(%)					
				Cu	Sn	Pb	Fe	As	Sb
1	飛鳥大仏	609年	創建時	91.0	1.97	2.96	—	—	—
2	奈良大仏	749	々	81.61	1.88	0.56	0.25	3.03	0.07
3	鎌倉大仏	1252	〃	74.85	9.26	19.57	0.04	—	—
4	東大寺溶解遺構	奈良	精銅	96.39	<0.05	0.06	0.074	1.77	0.006
5	北九州市尾崎遺跡	9C初頭	精銅か	97.2	—	0.12	0.005	2.29	0.008

(注) 大仏の化学組成は、創建時の鑄造部位から採取した試料の平均値。

「東大寺溶解遺構」は大仏殿西回廊隣接出土台金塊の薄紅色部で、長登銅山の精銅として扱うこととする。



明治以降の製錬所跡 花山製錬所跡

3. 日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」Walk 山口県美祿市美東町 2008.6.



日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」

山口県美祿市美東町 2008.6.

3.1. 古代の製錬所跡 大切製錬遺跡 案内事務所のところから樫ヶ葉山の麓まで 西奥へ伸びる谷筋の中 池をまわりこむと約 100m 幅ほどで平地が山麓の森のところまで延びている。ここが古代長登銅山の数々の遺構・遺物が出土した大切製錬遺跡が発掘されたところである。



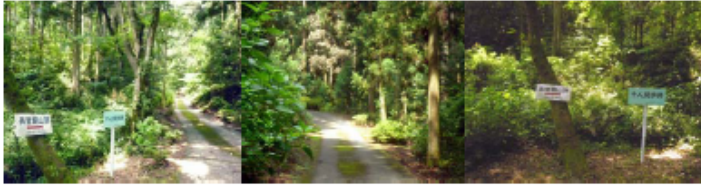
古代の銅製錬所跡 大切精錬所跡

選鉱場・製錬場・製錬炉・焼窯・木炭窯などの遺構とともに数々の遺物出土



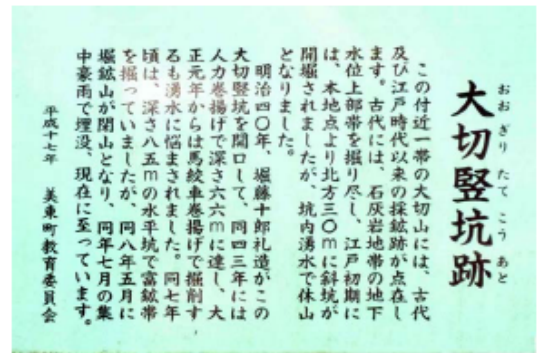
3.2. 榎ヶ葉山麓 森の中に巨大な垂直の穴 大切堅坑跡

大切製錬所跡からまっすぐ榎ヶ葉山へ向かう森の中に道が伸び、森のすぐ ブッシュの傍に「千人間歩」と「古代銅山跡へ 400m」の標識があり、いよいよ古代大切山の銅採掘地帯に入る。榎ヶ葉山の山腹への登りに取り付くところが少し広がっていて、柵で囲まれたブッシュの真ん中に、10 数m 径の垂直に切れ落ちた穴が見え、大切堅坑の案内板が建っている。

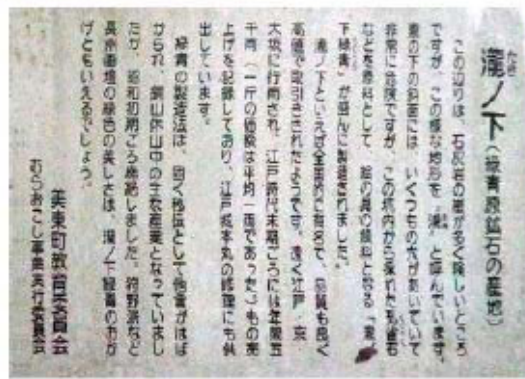
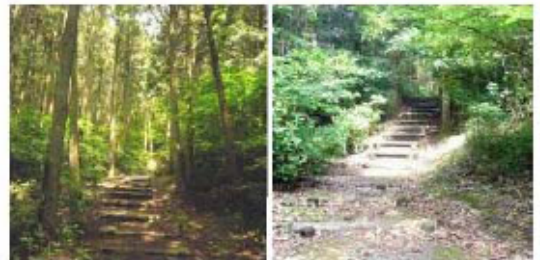


大切製錬所跡から榎ヶ葉山の古代銅採掘跡へと続く道

大切堅坑跡 江戸期から大正にかけての深さ約 70m の堅坑跡で、馬鞍車巻揚げで採掘していたが、大正 7 年集中豪雨で埋没



3.3. 榎ヶ葉山山腹に残る古代の採掘跡 大切滝ノ下採掘坑群





日本最古の長登銅山 櫃ヶ葉山山腹に残る古代の銅採掘跡へと続く道 2008.6.10.



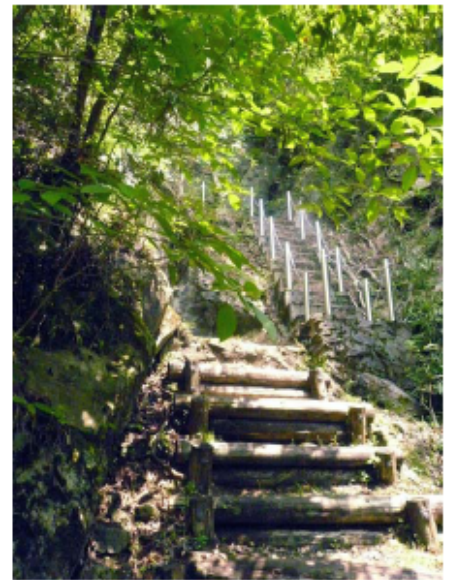
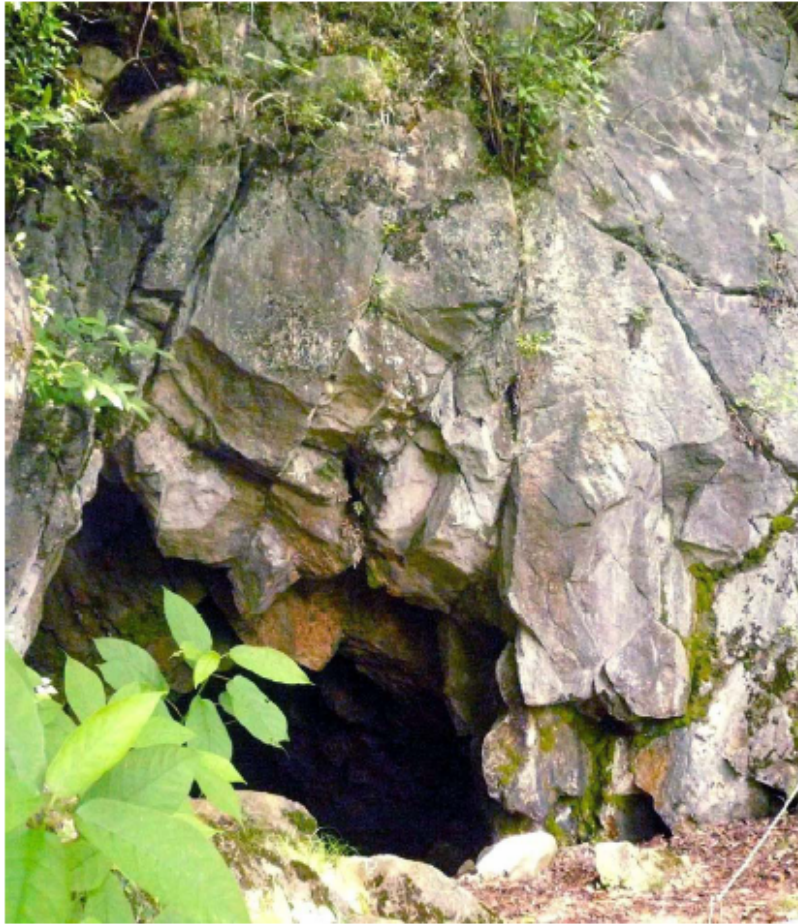
櫃ヶ葉山（三一四・五m）は古生代石炭紀（約三億年前）にできた石灰岩の山です。中生代白亜紀（約一億年前）にこの一帯で地下のマグマが噴出し、花崗岩の花の山が誕生しました。この時、石灰岩との接触部に熱変化を起これ、銅（孔雀石）・銀・鉄・鉛・コバルトなどのいろいろな鉱物が形成されました。櫃ヶ葉山の山腹には銅の採掘跡がたくさんありますが、美東町教育委員会による平成三年度の調査で、坑内の奥から奈良時代（今から約千二百年前）の食器（須恵器）が発見されました。古代の人が銅を採掘する時に持ち込んだものです。

美東町教育委員会 H4

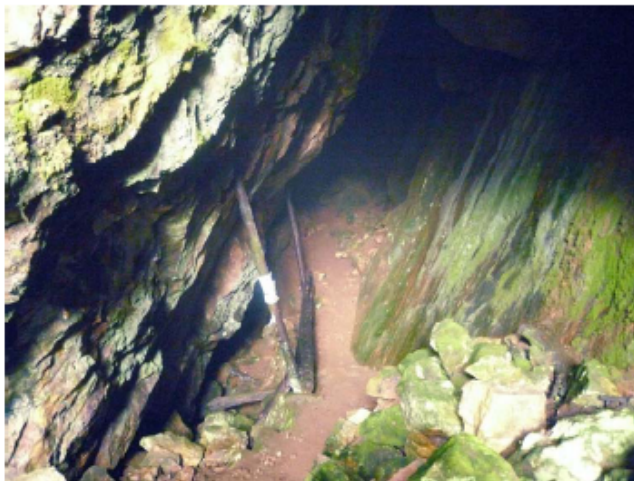
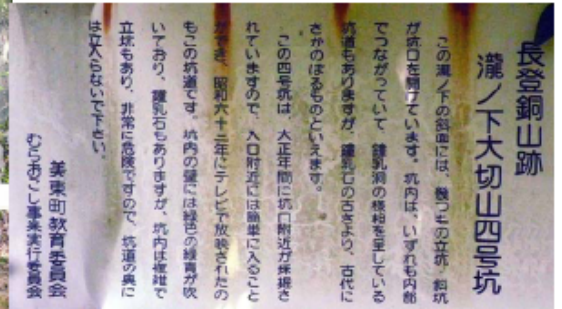


古代の銅採掘跡 長登櫃ヶ葉山 大立坑の下2号坑口 2008.6.10.

● 榎ヶ葉山山腹に残る古代の採掘跡 大切滝ノ下 4 号採掘坑口



● 滝ノ下大切山 4 号坑を覗き込む

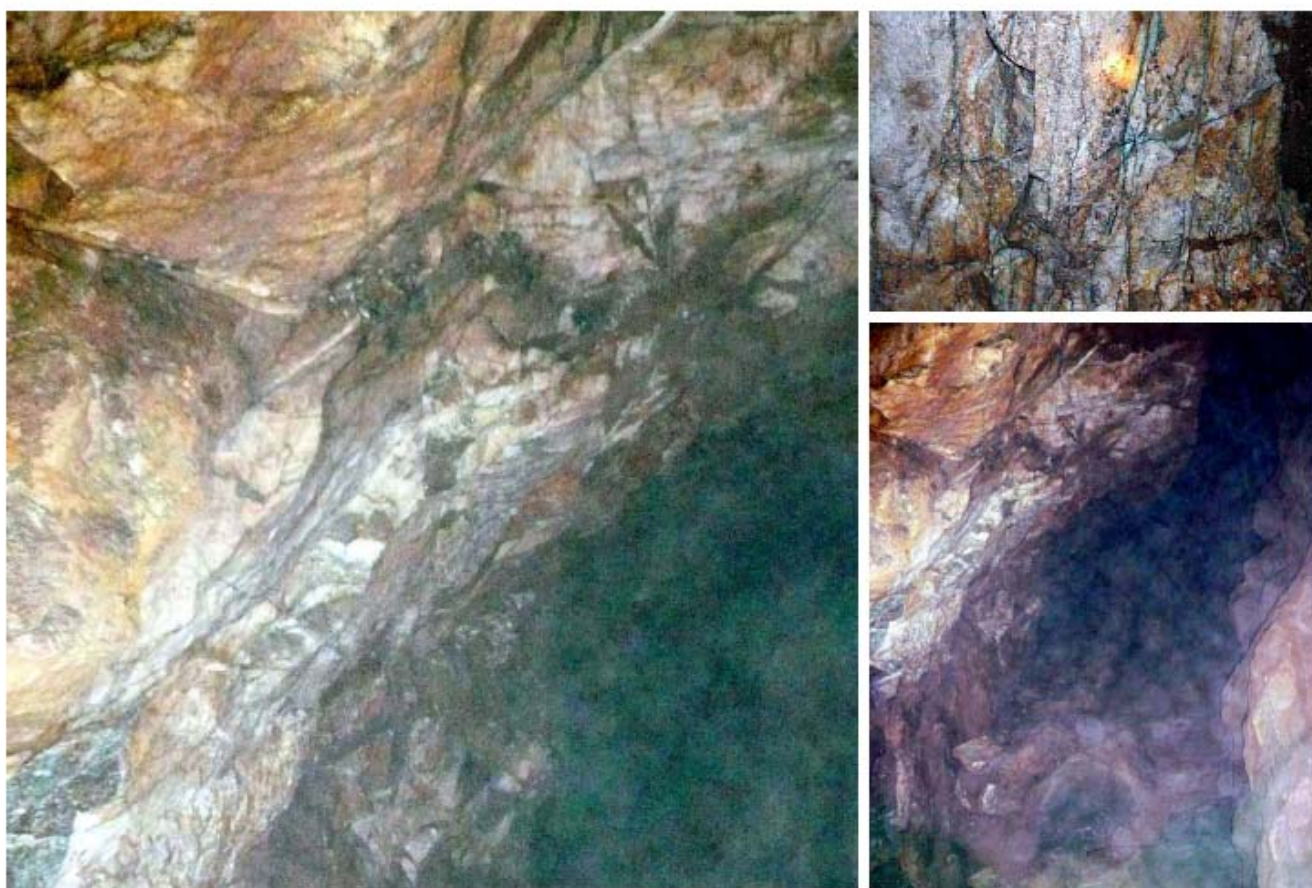




滝ノ下大切山 4 号坑 内部の坑道



滝ノ下大切山 4 号坑 内部の坑道の壁に見られる銅鉱脈



滝ノ下大切山 4 号坑 内部の坑道の壁に見られる銅鉱脈

● 明治末から大正時代の製錬所 花の山精錬所跡



明治末から大正時代の製錬所 花の山精錬所跡



明治末から大正時代の製錬所 花の山精錬所跡 案内板



明治末から大正時代の製錬所 花の山精錬所跡



溶銅炉跡 （左 煙道がある上段から概観より 中央 正面より 右 煙道がある上段正面から見下ろす）



溶銅炉の前面の広場いっばいに広がる銅滓の排滓場

捨てられた銅滓

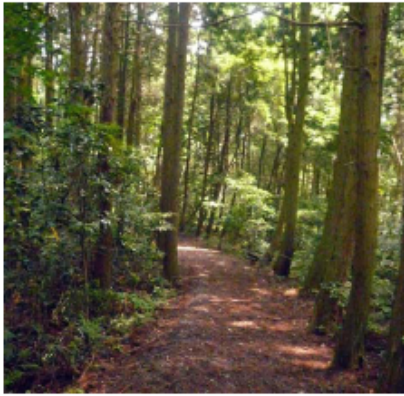


上段部 溶銅炉煙道

上段部の橋「四つ留口」坑口

上段部 山ノ神への道

● 古い製錬所があった山ノ神地区

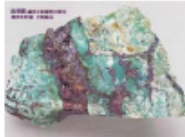


4. 長登銅山の銅鉱床・銅鉱石の変遷と銅製錬技術 銅の製錬も 鉄と同じく 一筋縄ではなかった

銅の製錬は出発原料である銅鉱石の差により大きく2つの方法に分かれる。

古代 長登銅山の銅製錬は円筒炉による酸化銅・炭酸塩鉱石を主とした還元製錬で 工程の複雑な硫化物系鉱石の参加製錬も併用。

一方この酸化銅鉱石の枯渇により、中世・江戸時代以降 日本の銅製錬の主流は硫化銅系鉱石の酸化・脱硫反応による製錬に代わる。



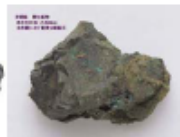
自然銅



孔雀石



黒銅鉱



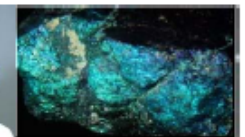
赤銅鉱



含銅硫化鉄鉱



黄銅鉱



斑銅鉱 硫化物鉱石

酸化物系の銅鉱石

硫化物系銅鉱石

秋吉台の石灰岩地層に火山活動で地下のマグマが吹き上がり、花崗斑岩の花ノ山が誕生するとともに、石灰岩との接触部に接触交代鉱床(スカン鉱床)が形成された。特にまだ温度の高い気成期や熱水期のマグマが、石灰岩などと接触すると熱水中にある硫黄などの働きで溶かしこまれたスズ、タングステン、モリアデン、鉛、亜鉛、銅、鉄等を含む鉱物を晶出する。(接触交代鉱床・スカン鉱床)岩の隙間に熱水が入り込んで銅などの鉱物を晶出する様は坑道内部壁の白い石灰岩ににじみ出た緑青などに今も見る事ができる。

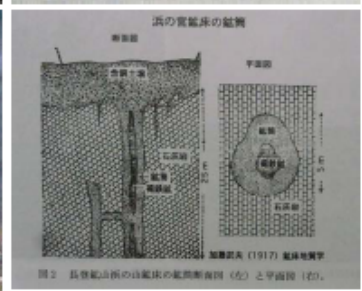
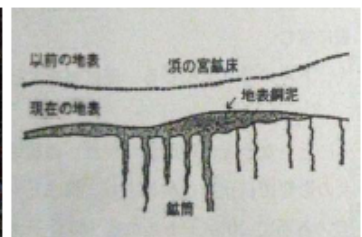


図2 長登銅山の山麓部の鉱床断面図(左)と平面図(右)。

この銅鉱床の地表近くに鉱床の露頭部として現れる形態は硫化銅鉱石が自然風化により、銅や酸化銅鉱石へと形態変化した姿であるが、しかし、地中深くになると風化の影響を受けないままの硫化銅鉱石（銅・鉄の硫化物複合体）の姿である。

このため、古代 山の頂上や山腹にある銅鉱床の比較的浅い部分を採掘して得られた鉱石は自然銅を含む酸化銅や炭酸塩の形態で この鉱石を還元製錬して 銅素材を得ていた。しかし、中世になると一部この酸化銅を主とする鉱石は残存するもの枯渇し、より深い部分にある硫化銅鉱床へと代わってゆく。

この硫化銅鉱石を従来の酸化銅鉱石と同じように還元製錬しても安定した高品質の粗銅を得ることはできず、中世日本の銅生産が停滞する原因となる。

この硫化銅鉱石から金属銅を取り出すには、還元反応ではなく、酸化反応で 銅や鉄と結びついた硫黄やを参加してガスや鉄スラグとして除去せねばならず、鉱石の中から金属銅成分だけを安定して取り出す困難で複雑な技術が必要であった。特に高品質と量産の両立は難しかったといわれる。

長登りなどごく一部の銅山のみが安定して高品質を維持する技術を持っていたが、品質の良い銅の安定は古代には限られていたといわれる。

そして 古代律令国家の終焉とともに、高い技術を持つ官営の銅山も技術を継承されず、衰微してしまう。

この高品質銅を硫化物系鉱石から安定して取り出す技術が確立される中世の終わりまで、日本の銅生産は停滞し、中国などから銅銭を輸入してこれを再溶解する手段がとられた。

■ 真吹き法による高品質の銅量産技術の完成

長時間焙焼して硫黄分を減じた硫化銅系鉱石から金属銅を取り出す新しい量産技術の骨子は次の通り。

1. 第一ステップ

長時間焙焼した銅鉱石を再度地炉で加熱溶解。脱硫酸化を進行させて、鉄を鉄滓として取り除き、銅カワ（カラミ）を採取する地炉で鉱石を高温加熱して溶解。鉄を酸化鉄スラグとして分離除去して、銅カワ（カラミ）を冷却して採取する。

2. 第二ステップ

取り出した銅カワ（マット）をさらに炉で溶解するとともに空気をその表面に吹き付け酸化して含有鉄や硫黄分を飛ばす。

表面に空気を吹き付け、銅を分解して硫黄を亜硫酸ガスとして飛ばし、純銅に近いものが得られる

これを荒銅といい、加熱を止める。

炉の半分を蓋で覆い 生木や木炭を蓋に開けた穴から差込んで脱酸調整。その後 慎重に溶融銅に水をふりかけて、

硫化銅成分のみを表面凝固させ、それを剥ぎ取り集める。

10層弱の荒銅が剥ぎ取れる。

3. 第三ステップ

荒銅を再度溶解 マツヤニなどを加えたり、温度を上げ下げしつつ炉壁粘土と反応させたり、を加えて溶解して、

さらに不純物を除去する。

4. 南蛮吹・灰吹き

銀成分の多い荒銅は鉛と一緒に溶かせる合わせ吹きで銀の入った鉛と銅とを融点分離して、別々に取り出す。

そして、銀の濃化した鉛を再度溶解して、灰との親和力の強い鉛を灰に吸わせ銀を取り出す。

銅カワをくみ出し、その表面にフイゴ羽口で空気を吹きつけ、硫酸銅の硫黄を酸化脱硫するこの方法は「真吹き」と呼ばれる方法で、現在製鉄の転炉製錬に通じる独特の方法である。

この方法の技術確立により、安定した品質の銅の量産化技術が確立し、江戸期 再度銅の隆盛が起こる。

（吉岡・長登銅山などの復活 別子・足尾銅山の開山 ならびに官営通宝 銅銭の製造再開）

品質安定と量産を確立した 銅製錬法：真吹き法

鉱石焙焼 → 焼鉱溶解 → 銅カワ（マット）の溶解と脱硫 → 荒銅の再溶解精錬
マットの作成 荒銅の形成 精銅・純銅

1. 鉱石焙焼 選鉱した鉱石を焙焼する

火炉はごく簡単な風穴のある石壁の炉で、炉底に薪木を敷いて、その上に鉱石を充満して点火は風孔から行い、火が鉱石に移るときは風孔を閉じる。こうして5、60日～7、80日を経過すれば、硫黄は過半遊離し、鉄は酸化し、硫化銅は塊の中央に仁核のように集まって紫色を呈する。焼鉱の含銅量は平均6%である。

2. 焼鉱溶解 焼鉱を溶解し、酸化鉄を分離し、硫化銅つまり銅カワ（マット）を得る

最初木炭を焚いて炉を乾燥させ、焼鉱を加熱溶解する。このとき鉱石中の酸化鉄はスラグとなり、銅はすべて硫化銅、つまり銅カワ（マット）となる。スラグは銅より軽いので浮流する。

銅が炉に充溢して、スラグアウトが完了すると溶解を止め、砂土の窪みに流導冷却して鉄カワ（マット）を得る。

銅の含有量は40%に上がっている。

3. 銅カワ（マット）の溶解と脱硫

銅カワ（マット）を加熱溶解するとともに表面に空気を吹き付け、銅を分解して硫黄を亜硫酸ガスとして、飛ばす

銅はほとんど純銅に近いものが得られ、これを荒銅といい、加熱を止める。

溶解後、炉の表面に浮遊する鉱物と他の酸化不純物を除いて、木または木を投入するための孔を一箇所残して

炉の前半分を粘土で覆う。木炭・木を投入して、溶融銅中の過剰酸素を除去。

反応がすべて完了すると、表面の不純物を取り、銅の表面に温水を注意深く注いで凝結するのを待ち、鉄具で剥ぎ取り、

更に新しい表面に温水を注いで固め、また剥ぎ取る。こうして6、7層剥ぎ取ることが出来る。

この荒銅はほとんど純粋で、銅を96%含む。

古代酸化銅鉱石から近世硫化銅鉱石へ 銅製錬の変遷



聖門宮印による還元製錬
原料鉱石は白土銅・酸化銅系銅鉱石
古代 銅製錬 還元製錬の図（京都）



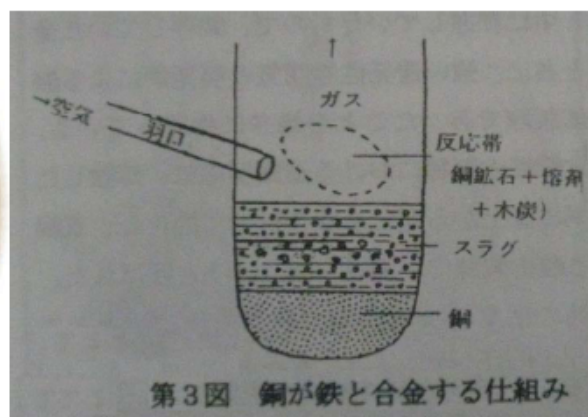
地炉加熱による硫化銅成分と
銅スラグとの分離



⇒ 硫化銅成分溶解と酸化銅「灰吹き」
回の中中央に空気吹き羽口が見える
江戸期の銅製錬技術（別子銅山）

● 長登銅山の還元製錬技術と奈良の大仏

奈良の大仏の銅が酸化銅の還元製錬で作られたという傍証



切地区出土粗銅中の銅・鉄・硫黄の分析値を示す。

第2表 粗銅の分析値

	Cu	Fe	S
粗銅 1-1	99.14	1.57	0.07
粗銅 1-2	96.17	2.41	0.02
粗銅 1-3	97.91	2.36	0.04
粗銅 2-1	99.33	0	0
粗銅 2-2	100.6	0.02	0.05
長登粗銅 1	96.77	1.75	0.02
長登粗銅 2	95.52	4.19	0.06
長登粗銅 3	97.20	2.67	0.00

EPMAにより分析、九州大学理学研究科木村慶信博士による。長登粗銅1～3の分析値は参考文献3)より引用す。

粗銅 1 円筒炉底に出来た粗銅
粗銅 2 円筒炉反応帯の粗銅
長登粗銅 2・3 長登で出土した粗銅

奈良の大仏の鑄造に供せられた銅は長登で製錬された銅であることが、東大寺大仏殿の周囲から出土した溶銅塊の成分と長登の粗銅の成分がほぼ同じであったことや長登から出土した木簡や東大寺墨書などから明らかになったが、本当に円筒型炉による酸化銅鉱石の還元反応で製造されたものであるかどうか 美東町で実施された円筒炉による古代銅製錬還元実験で確認されている。

この還元反応による製錬では必然的に粗銅の中に限られた範囲の鉄と硫黄が固溶し、還元実験で製造された粗銅がまさにその銅-鉄-硫黄3元成分と一致するという。

銅-硫黄-鉄の3元系状態図をみるとこの3元系成分のきわめて狭い範囲で 1100℃ 弱の低温度で鉄を取り込みつつ溶融固溶体を形成する範囲があり、還元されスラグ層に落ちてきた銅滴がここを潜り抜ける時に鉄を固溶することが、円筒炉還元実験の銅分析値から裏付けられている。(銅中への鉄・硫黄の固溶)



5. 東大寺大仏と 重源

東大寺大仏殿の焼失後 山口県佐波川上流の山 徳地の木材で再建された 山口市徳地町
東大寺再建の勳進 重源の名前をとり 今 徳地の山は「重源の郷」として 整備されている



東大寺大仏殿再建の材木を産した 山口市徳地 重源の郷 2008.6.11.

1. 大仏建立 その銅は長門 長登銅山で産した「銅」が使われた



東大寺は奈良市雑司町にある華嚴宗総本山。南都七大寺のひとつで、前身は聖武天皇が皇太子の基王供養のためにたてた金鐘寺で、743年(天平15)聖武天皇によって、盧舎那大仏の造立が計画され、あわせて寺建物の造営も推進される。

造営の指揮は造東大寺司がとり、中国に対して東の大寺とする意気込みのもと国家財政もついやし、大勢の知識(信仰上の同志)にも喜捨・就労をよびかけ、造仏・写経事業などをすすめた。

大仏は大量の土砂をもちあげ、8度にわけて鋳造し、749年(天平勝宝元)像高5丈3尺5寸(約16m)の金銅の巨像として完成。

大仏殿・回廊をめぐるし、752年に開眼供養会がおこなわれた。

その後も東西両塔、講堂、三面僧坊、鐘樓などがつくられ、789年(延暦8)ようやく造東大寺司を廃止。最高の格付けと、寺封5000戸、墾田4000町をもつ巨大な国立寺院として古代社会に君臨。大衆兼学の修行場でもあり、境内には華嚴宗・真言宗・法相宗・律宗などの研究道場がならびたつた。なお、このうち律宗の研究道場である戒壇院は755年の設置で、前年に聖武上皇、光明皇太后はじめ400余人に鑑真らが登壇受戒させた仮設の戒壇を常設化したものである。

● 樫ヶ葉山山腹に残る古代の採掘跡 大切滝ノ下採掘坑群



2. 東大寺 伽藍の焼失と重源による大仏殿の再建 東大寺大仏殿再建の材木を産した 山口市徳地

855年大仏の頭部がおち、917年(延喜17)僧坊、講堂、934年(承平4)には西塔、回廊を焼失。大部分は再建されたが、1180年(治承4)平重衡に焼き討ちされて大仏殿を含め、ほぼ全伽藍を焼失した。

被害状況を視察に来た後白河法皇の使者藤原行隆に東大寺再建を進言し、東大寺勸進職に就き精力的な活動をした俊業坊重源の働きにより、文治元年(1185年)に大仏開眼法要が行われ、建久元年(1190年)には、再建大仏殿が完成した。

また、南大門は、「天竺様」とよばれる建築様式で、1199年(正治元)、重源や宋人の陳和卿らの手によってつくられ、南大門の阿・吽形の2体の金剛力士像は、「東大寺別当次第」によれば、1203年(建仁3年)10月3日に開眼されたといわれる。

なお、永禄10年(1567年)、兵火により、大仏殿を含む東大寺の主要堂塔はまたも焼失。大仏の修理は元禄4年(1691年)に完成。

大仏殿は公慶上人(1648-1705)の尽力で宝永6年(1709年)に完成。

よって、現在の大仏殿は江戸時代のものであるが、1988年から1993年にかけて、解体修理が行なわれている。



俊業坊重源は真言宗の京都醍醐寺に出家し、大峯山にのぼるなど修験道系の修行をおこなっていたが、阿弥陀仏への信仰を深め、民衆の尊敬を集め、1167年に入宋し、中国の大寺を歴訪するとともに、建築・土木技術をも習得したとされ、東大寺再建に乗り出した当時はすでに61歳であったとされるが、東大寺再建の勸進として、財政面のみならず、技術面でもリーダーであったという。

東大寺は10カ国に30の荘園をもっていたが、さらに周防国を造営料国に指定して税収を再建費用に当てるのが許され、重源自らも勸進活動によって再興に必要な資金を集めた。また、京都の後白河法皇や九条兼実、鎌倉の源頼朝などに浄財寄付を依頼し、それにも成功。西行に奥羽への砂金勸進を依頼し、これにも成功している。

もうひとつの再建の課題である技術面でも重源自ら勸進型や勸進僧、土木建築や美術装飾に関わる技術者・職人を集めて組織で、実際の再建事業に従事。(中国留学中に建築・土木技術を習得していた重源は、中国の技術者陳和卿の協力を得て職人を指導したという。)

また、自ら巨木を求めて山に入り、奈良まで移送する方法も工夫するとともに、伊賀、紀伊、周防、備中、播磨、摂津に別所を築き、信仰と造営事業の拠点としたという。当時周防国が東大寺の領国であったため、大仏殿の再興に必要な材木を、佐波川上流の山に求め、自ら現地へ行って、伐採運搬の指揮に当たった。

鎌倉時代 周防国は東大寺再建のための造営料国にあてられ、大勸進俊業坊重源が周防国の国務管理に任命されて以来東大寺の大勸進を代々国司上人と呼び、東大寺から派遣された目代僧が国衙に入って政務をとるようになり、国衙も国庁寺と呼ばれる寺となった。

これにより、諸国の国衙が早く衰滅したにもかかわらず、周防の国衙はその破壊から免れ、その原型をよく保っていたので、全国でも稀有な歴史上貴重な遺跡として昭和12年(1937)に国の史跡指定を受けた。