古代製鉄にも媒溶剤は用いられていた

窪 田 蔵 郎*

1. ま え が き

古代の製鉄では媒溶剤は使用していなかったといわれてきた。中国地方の場合を例にとると、そのかわり築炉用の粘土を十分吟味し、通常の粘土は使用せず、真砂土に粘土を混じた配合土を用いて炉を築いていた。そして媒溶剤の働きは、炉体の上方が熱の影響で表面が少しずつ崩れ落ちて火中に入り、還元過程にある砂鉄とともに炉中の燃焼木炭の間を降下し媒溶剤の働きをする。一方、下方の炉壁も操業中たえず侵食されて溶融し、これも同様な働きをするものと説かれてきた。

この方面の先学各氏はいずれもたたら製鉄法について詳細な考究をされているが、この媒溶剤の具体的な使用についてだけは何らの記述もしておられない。各氏とも実際に山陰をはじめ数々の製鉄地帯を回られて、『鉄山秘書』などの秘伝書類を中心に、当時存命していた二、三の村下の談話等も聴取されるなど、細かく調査されておられるのであるが、秘伝書も村下もこの辺のことになると生産性につながるノウハウとして、故意に事実を隠していた嫌いがある。

前述の方法で炉体を築造すれば、成分的には真砂土が SiO_2 71%、 Al_2O_3 10% 程度であり、つなぎの役をする赤粘土は SiO_2 55% 程度、 Al_2O_3 18% 程度であるから、やや酸性の強いもので、古代の製鉄における炉材の耐火性としてはまずまず十分である(表1)。しかし CaO が0.2~0.4%に過ぎず、これが火熱の影響による炉床の侵食や壁の崩落程度で、媒溶剤としての役割を果たしたであろう。

表1 釜土の成分(wt%)

成 分	靖国たたら	菅谷復元たたら	
	乾 全 量	真 砂 土	赤 粘 土
SiO_2	69.24	70.80	54.90
Al_2O_3	12.24	10.34	18.51
Fe_2O_3	5.24	2.15	6.90
CaO	0.15	0.08	0.39
MgO	0.30	0.24	0.61
SiO_2 /残部	70/30	71/29	55/45

* 日本鉄鋼連盟資料室長

Fluxes used in Ancient Iron-Making; Kurao Kubota
(Japan Iron & Steel Federation, Tokyo)
1976年1月22日受理

うか。また、古代の製鉄人達はこれほどの技術を築きあげてきていながら、歩溜り向上につながるこのような点に気がつかなかったものであろうか。

筆者は、たたら製鉄では媒溶剤を使用しなかったという言い伝えは、『鉄山秘書』や『金屋子縁起抄』等には何ら記載が無いにしても、たたら製鉄法の操業に当り建前と実際とは違っていたのではないかと想像していた。さらに金屋子神社の御符の内容や、仙台藩の御国流についての確証の無いままに媒溶剤を使用していたであろうとされていた伝承などを総合し、何らかの媒溶剤的なものが早くから使用されていたのではないかと疑惑を感じていた。ところが、ここにそれらを解く鍵になるような資料を二、三入手し、最近それらについてのデータerをまとめたので、問題提起の意味で発表することとした。

2. 埼玉県所沢市山口一丁目出土鉄滓

西所沢駅近傍の標記鉄滓出土遺跡は、発見者の所沢商業高校教諭平塚義和氏によれば、縄文中期の遺跡とされている地点で、宅地造成時に土器とともに鉄滓2個が採集されたものといわれている。この付近では久米十人坂遺跡、岩崎遺跡、白旗塚遺跡、東椿峰遺跡等が若干ずつでも鉄滓を出土しており、それらの間には質的な大差は認められない。同校の遺跡研究部ではこれらを旧石器から古墳時代にそれぞれ推定されている。したがって製鉄関連遺跡と考えた場合、何処にも見受けられる鉄滓の混入遺跡であると考えてまず間違いはない。

この遺跡で採集された鉄滓の中に、本稿のテーマに係ってくる問題のあるものが出土しているのである。写真1のそれであるが、表面に貝殻の痕跡を数カ所残留しているのである。その痕跡は大和シジミ、ハマグリ、アサリなどのごとき横縞のものではなく、縦に断面が、ちょうど地図にでてくる城壁の記号のような形状になっており、後世出雲地方などに使用例のある赤貝の稚貝に似たものと考えられる。この状態は明らかに鉄滓の溶融時に付着したものである。ということは貝殻を炉中に投入して製鉄作業を行っていたということになる。貝殻はCaを多量に含んだ塊りであるから、立派に媒溶剤的な働きをする。この場合は CaO の添加によって SiO_2 の

写真1 所沢市山口出土鉄滓と顕微鏡組織。
(アメ状若干気泡あり)($\times 400 \times 35$)

表2 出土鉄滓の成分。

(a) 所沢市山口		(b) 滑川市東金屋	
成 分	(%)	アメ状(%)	粗鬆(%)
T. Fe	—	35.27	27.41
FeO	46.25	35.63	21.65
Fe ₂ O ₃	15.41	9.62	13.93
M. Fe	1.07	0.84	0.84
SiO ₂	21.35	28.12	40.34
MnO	0.30	0.63	0.61
Al ₂ O ₃	4.76	7.76	7.28
CaO	1.49	3.70	2.99
MgO	0.90	1.23	0.41
TiO ₂	0.31	11.38	9.78
Cu	0.002	0.002	0.002
P	0.124	0.342	0.258
S	0.026	0.020	0.017

多い原料に対して造滓調整をしたのであろう。もちろん、CaOが過多となれば炉の温度を上げなければならない。出雲のたたらの場合、貝殻を入れていたので製品鉄中のPが多くなった嫌いがあったといわれているのはCaOによる脱P効果を得るほどに温度が高くなかったからであろう。

この鉄滓を化学分析した結果は表2(a)の通りであって、CaOの含有量は鍛冶滓よりは低いが製錬滓としては高い方である。ちなみに鍛冶滓の場合、粘土水の添加などの技法にもよるが、CaOの含有量は3~5%を示しており、製錬滓の場合は年代の古いといわれているものと新しいものとは若干違いがあり、大体5%から1%を割る程度で、考古学的に古いと判断されているものほど、例外もあるが平均して高い数値を示している。なか

には極く小数例であるが局部的にアイアンメリライトを構成しているものもあった。

主要な遺跡出土の鉄滓に含まれていたCa量を表示すると表3の通りである。こうして見ると余りにも分散しており、傾向値を見出すことは困難であるが、顕微鏡組織およびマイクロアナライザーによる元素分布状態と線分析のデータを総合すれば、これらの点についてかなり詳細な推定をすることができる。媒溶剤を微粉末に砕いて装入した場合で、しかも高温製錬の場合は顕微鏡で鉄滓を観察してもその事実を捕えようがないが(微粉末では挿入に際し飛散して不便なので小片程度に砕かれたことが想定され、しかも昔のことであるから、進んだところでも大形の石臼で荒びきするか、普通では金槌で砕く以外に方法はないので、具体的な表現をすれば細かくしても鶏の餌に混入する貝殻程度のものにしていたと考えて良いであろう)、通常は炉内の溶融不完全な部分に発生した鉄滓に破片が含まれていたり、部分的に凝固間近かに鉄滓に接触して痕跡が残ったようなものが遺存したりしている場合は、それが組織の中に現われてくるので、その部分をマイクロアナライザーで分析すれば分かるわけである。

表3 主要製鉄遺跡出土鉄滓のカルシウム・チタン含有量。

試料採集遺跡	CaO	TiO ₂	備考
岡山・和気郡石生天皇	4.39	17.60	奈良末
宮城・白石市深谷高野中	1.00	0.64	平安末
神奈川・南足柄市大杉平	2.38	6.28	平安末
熊本・玉名市春日六段	1.42	14.52	鎌倉
栃木・小川町三輪	1.21	15.52	—
埼玉・伊奈町大山	6.14	4.88	—
滋賀・高島郡北牧野	4.72	0.40	—
島根・牛ノ首	3.09	0.84	中世
京都・久美浜町奥山	0.82	6.08	江戸
岩手・下閉伊郡室揚	1.11	21.60	江戸末
〃・藤沢町大竈	0.61	2.10	江戸末
鳥取・東伯郡上種	0.91	14.95	江戸末

注) 備考の年代は考古学関係で発表のもの

本鉄滓の場合は次に述べる滑川市東金屋のそれと異なり、非常に鉄滓が不均一であり、対象試料の部分によって著しい違いを示しているので判断し難いが、表面近い部分に写真1のごとき組織が認められ、若干内部をマイクロアナライザーにより撮影した結果は写真2の通りであった。この場合の電子反射線像では木ずり状のフェアライトが晶出しており、カルシウムはガラス質の部分に顕著な存在を示した。また同装置による線分析では平均してCaが高い一方、かなり激しいフラクチュエーションを示している。Caはマイクロアナライザーに敏感に反応するのでその点を考慮しなければならないが、それにしてこれらの各種データを総合すると、若干のCa系の媒溶剤的な添加物が存在したことが推測できる。

写真2 所沢市山口鉄滓の(上)マイクロアナライザー電子像, (下)X線回折図。

(注1)

岡山大学近藤・和島両教授によって調査された。奈良～平安期とされている岡山県の石生天皇たたら鉄滓を調査したところ CaO がかなり高いが、この点について苫田郡加茂町の石灰岩を燐溶剤として添加したのではないかと想像する向きもある。

3. 富山県滑川市東金屋たたら跡出土鉄滓

本遺跡は滑川市教育委員会において発掘調査中のものである。考古学的には一、二紹介もされており操業を伝える古文書も残っている。

このたたら場は文化8年(1811)正月の藩庁へ出した報告書『鉄山之義御尋=付御答申上候覚書』によれば、売薬行商人によって文化4年に操業を始めている。覚書の記載内容では技術的にあまり変わった点はなく、『金屋子縁起抄』や『鉄山秘書』などのものとはほぼ同じである。

吹子の仕様は書かれていないが、釜は九尺釜で伯耆筋の鉄山師を招へいし、同地方式の操業をしていたものである。現場は地下構造が良く遺存しており、幕末期のたたら遺跡として研究上好個のものである。

跡坪の東角近くのピット内より約200kgの砂鉄が採集されているが、サンプルを見たところでは焙焼された痕跡があり、石見備谷たたら場などのような事前処理が行われていたのではないかと推定される。岩瀬～滑川間の浜砂鉄が採集され富山県立工業試験所によってスペクトル分析がされているが、その結果は合い薬(ヒナシ)を添加する前か後かで成分が違ってくるが、発掘砂鉄を分析してT.Fe, SiO_2 , CaO, Al_2O_3 等の主成分よりもむしろMg, Ti, Vなどの微量元素を中心に調査して、その性状が合致すれば後述の古文書もあり使用されたことは間違いないものであろう。

鉄滓の外観はアメ状を呈したものが多く、たたら操業のいわゆる上り下り期に相当するものなどはよく鉄分を抽出していて、雲伯地方などの幕末のたたら場の鉄滓に比し、僅かに流動性が劣りはしないと思われる程度である。したがって、このような状態の鉄滓を排出している点からみて、移植技術によって操業していたにしても、かなり技術水準の高いもので、たとえ短期間で少量の生産をしたに過ぎなくても、技術的にはほぼ成功していたはずである。短期間での閉山は藩の産業政策、資金面等の問題があったものと思われる。

化学分析の結果は表2(b)の通りであるが、若干の解説を付け加えれば、まず試料としては流動性のかなり良好なアメ状の流出鉄滓と、上り下り期あたりに発生する流動性は良いが吸蔵ガスの影響でやや粗鬆な外観を呈した、見掛け比重の若干軽いものの二通りを選んで使用した。

アメ状鉄滓の分析値でも分かる通り、江戸後期たたら場のまずまずの操業状況を示している。粗鬆な鉄滓の分析値と比較しても、 SiO_2 のあり方の違いから後に組織で述べるような相違があり、 SiO_2 , CaO, MgO, それにFeの数値に差が生じているが、他の成分は両者ほとんど同一であり、この点は操業がかなり安定的にされていたことを裏書きするものではなかろうか。

粗鬆な鉄滓についてはT.Feの27%という数値が前述した通りきわめて経済的な操業になっていたことを示している。他の元素の分析値をみても、 SiO_2 がかなり高く、CaOがやや高い程度で、操業に当り極く特殊な配合物、合い薬とよばれる程のものを多量に添加したとは認め難い。

しかし、文化6年(1809)2月、千秋次郎吉が加賀藩の重

臣にあてた上申書『新川御郡東岩瀬海岸ヨリ滑川海辺迄之浜砂ヲ以、鉄に吹立候趣書上申候』には、この鉄山独特の合イ葉について「右合イ葉と申者伯耆国に而鉄吹立之砌用イ候、ヒナンと申物に御座候、土砂交り之様成ものに而御座候、則別段に相添申品に御座候、右ヒナンを入申候得へ、鉄わき合イ能候故、鉄目形も多く出申由に御座候、鉄砂不宜候得者、ヒナン多ク入用之由申候得者、滑川之砂ハ宜鉄砂に付ヒナン少シ相用イ候旨に御座候……右ヒナンと申者伯耆之國に沢山成ものに而下直成由に御座候」と明記している。

それではこの合イ葉とは何のことであろうか。

技術的に最も考えられるのは、砂鉄や鉄滓にかなり高い Ti が含有されている点から、それを除く目的もかねて過度の洗鉄をするので SiO_2 が少なくなり、その対応策として SiO_2 を含むものを媒溶剤類似のものとして添加したことが推理される。前記『鉄山之覚書』はこの点について「……多クくべ申度御座候得共、電之かけん不宜候得者四日四夜こたえ不申、電之穴かなくそ=而つまり、風電之中カラ籠ぬけ方薄、電之内而鉄砂とろけ兼候間……」とあり、羽口汚しの現象が起り易かったことが想像できる。

写真3 滑川市東金屋出土鉄滓の顕微鏡組織。
(白色：マグネタイト、灰色：フェアライト) (アメ状) ($\times 100 \times 3\%$)

つまり本遺跡の操業は石灰質を加えず、たんなる Ti を始め不純物の少い酸性の造滓剤分を添加していたものであることが判明した。その理由は次の2点である。

(1) 発掘現場で採集した溶融不十分な鉄滓に、肉眼的に白色微粒子が認められるものがいくつかあったので、その白色部分を調べたところ粗粒花崗岩の破片と考えられ、長石、石英等の微粒であることが分かったことによるもので、同所で鉄滓に混じて採集された石塊も同種のものであった。(2) 藩庁への上申書に記述してある、土砂交りのようなもので沢山あり安値のもの、そして村下が鉄砂 2~3 度に 1 度程度の率で装入しているかに見受けられたという表現から、これらを総合すると鉄穴流しの廃砂を入れていたものと考えられる。

この地方の Ti の高い海岸砂鉄を十分精洗して、操業し難いほどの浄小鉄としておき(この段階で物理的に不

純物が極力減少できる)、そこに Ti の少ない山陰の廃砂を添加するのであるから、確かに SiO_2 分の補充が中心であっても操業状況を良くする効果はあったであろう。Ti 分を薄めると同時に鉄滓を軟かくして流動性を良くし、操業の初期は籠りに近いような効果を期待していたわけである。なお、山陰の廃砂で偶然 Ca の高いものが用いられていたものか、実施された可能性は少ないと思うが、石灰石や白雲岩のごとき高 Ca 系の鉱物をさらに若干添加していたものかの疑問が残る。

そこで、化学分析を始めとしてマイクロアナライザーのイメージ写真や線分析を実施したところ、ともになんり強く Ca が分布していることを示していた(写真4)。顕微鏡組織ではアメ状のものと粗鬆なもの両者を 100 倍に拡大したが、前者の場合、四角、八角等の不規則な

写真4 滑川市東金屋鉄滓の(上)マイクロアナライザー電子像、(下)X線回折図。

多角形および雪花状の晶出マグネタイトの結晶を多く含み、極く微細な樹枝状のウスタイトが析出しており、その間隙をフェライトが埋めている典型的な近世の進んだたたら製錬の技術によって発生した組織を示しており、後者の場合はフェライトを主体とする一見ガラス質のような基地であるが、部分によっては微細な顆粒状を呈したウスタイトの樹枝状組織微量を認める。

これらの組織から、原料が中国地方に比べて若干劣っている点や、それを創意工夫によってカバーしていた技術の内容、そして鉄滓が比較的急速に冷却されていたことなどが判明した。

(注 2)

含チタンマグネタイトと晶出したマグネタイトの違いは、含チタンマグネタイトは鉄滓中の鉱物組成をさし、半還元状態の砂鉄もそれにあたっている。その場合は Ti 量が化学分析、マイクロアナライザーによって調査すると、晶出マグネタイトと比較して若干高く出てくるので見分けがつく。顕微鏡組織では晶出したマグネタイトと含チタンマグネタイトでは、含チタンマグネタイトの場合は Cufic な結晶が多い特徴がある。原則としてフェライトを伴っており、フェライトから晶出した晶出マグネタイトの場合は一般的に樹枝状晶を呈している。ウスタイトを共生している場合もある。

(注 3)

森 嘉兵衛氏著の「九戸地方史」によれば、東北でも岩手県同郡の野田通萩牛村割沢鉄山では、採集した砂鉄に白征や川征と称するものを混入していたことを記述しており、仕様書では「白征は白土山にあり、川征は赤土山にあり、砂細目＝而黒し、川征は水＝而掘らせる也」とあつて、文政年間にはすでに媒溶剤を使用していたことが分かる。また、最近青森県黒石市牡丹平の製鉄遺跡で新沼鉄夫氏が採集された鉄滓によれば、還元不十分な赤鉄鉱と石灰石が原料として使用されていたことが認められた。

4. ま と め

以上の資料はいずれも最近の考古学界の研究成果によって入手したものであり、信用の置けるものを選定したものである。現在たたら製鉄というとかか故意に神秘のベールの蔭に隠している感がないではないが、たたら製鉄とても経済的な生産活動の一つであり、10 kg でも

20 kg でも余計に鉄を得たいはずであるから、古くからいろいろと創意工夫がなされてきたわけであって、巷間にポピュラーな天秤吹子の発明といったことだけではなく、装入原料の点でも数々の試行錯誤が繰り返されて、その結果実入りの良いたたら場（換言すれば生産性の高い）とする努力が積み重ねられて成果をもたらしたものと考えられる。

こうした点について『鉄山秘書』等に記載もなく、老村下もそのようなことは一言も言っていないか否と否定される向もあろう。しかし実際の操業とはそうした物なのである。例をあげれば島根県の鳥上を始め大菅、鳥取県の阿昆緑、根雨近藤家などのたたらが媒溶剤として赤貝を使用することを知っていた。その技法は後に島根県家島の鉄滓吹きシャフト炉にも活用されていたことを付記しておく。また、田部家のたたら（菅谷高殿等）でも製錬に際して砂を入れて鉄滓を柔めており、明治初年の内国勲業博への出展説明書には砂鉄 30 貫、木炭 40 貫に砂 10 貫を用意する旨記載されていた。

なお、本稿を纏めるに当り芹沢正雄氏の助言を得たことを記し謝意を表する次第である。

文 献

滑川市社会教育委員会 金子忠雄氏の手紙による教示

- (1) 高橋 保：“近世越中のたたら製鉄史料”，たたら研究 18 号。
新川御郡東岩瀬海辺ヨリ滑川海辺迄之浜砂を以鉄ニ吹立候趣書上申候 文化六年二月 千秋次郎吉鉄山之覚書 文化八年正月 筆者不詳
- (2) 湊 秀雄，佐々木 稔：“タタラ製鉄鉄滓の鉱物組成と製錬条件について”，たたら研究 14 号。
- (3) 長谷川熊彦，和島誠一：“たたら製鉄鉄滓の研究”，資源研彙報 68 号。

— 談 話 室 —

「科学」をめぐる

A 君、お手紙ありがとう。元気にやっているようですね。私の方は年末から体調を崩して寝たり起きたり。おかげで乱読の機会にめぐまれました。そこで今日は専門でない本について書いてみることにしましょう。お手紙にありました「鉄の語る日本の歴史. 上」(飯田賢一著、そして)はたしかに興味深い本で「日本古代文化の探究. 鉄」(森 浩一編、社会思想社)と共に、従来とかく軽視されてきた日本の鉄器時代に照明をあてる試みです。しか

しあなたが言われるように、現代の科学技術について楽観的にすぎる感じもします。「鉄のメルヘン」(中沢護人著、アグネ)についても同じような感じがします。金属の英雄時代は本当に訪れるのでしょうか。

枯れみだれた葦の中で

はるかに重工業原をわたる風をきく。

おそらく何かがまちがってゐるのだろう。

すでにそれは想像を絶する。

.....

光なく 音響なく

地平をかぎる

強烈な陰影。

鉄やニッケル

ゴム 硫酸 窒素 マグネシウム
それらだ。

(「明日」小野十三郎)

ガリレオ「二つの新しい科学についての対話と数学的証明」(「新科学対話」岩波)では、ご存知のように材料の力学的性質が当面の問題になっていて、ここから近代技術学が形成されてきました。しかしガリレオは発見の天才であったと同時に、隠蔽する天才で(E. Husserl “Husserliana IV”), 科学的方法はその対象のわれわれにとっての「意味」を捨象(かくす)することによって成立しました(「機械の現象学」坂本賢三著、岩波)。しかし20世紀に入り、科学の分化、専門化がすすみ、隠された「意味」を問わなければ研究の進展がむずかしい分野が多く現われてきています。科学の意味を問いなおすには、科学の成立までさかのぼる必要がありますが、冶金学の前史をなすところの錬金術師の精神宇宙に光をあてたものに「鍛冶師と錬金術師」(M. エリアーデ著作集5, せりか)があります。そこでは錬金術師の観念の主要な源泉が「自然すなわち大地母(テラ・マテル)の活動に協働して、自然がよりすみやかに産みだすよう援助すること」にあったことが指摘されています。つまり冶金術は産科学の性格を帯びていたのです。これはアグリコラ「デ・レ・メタリカ」(英訳 H.C. Hoover and L.H. Hoover, Dover)の序文にもでている医師コルプス・フリールベルグスの「山岳小誌」(Bergbuchlein)に明瞭にみられるそうです。科学の意味を問うことは非ヨーロッパ的な文明を新しい眼でみなおす方向でもおこなわれており、M. エリアーデの著作もその一つですが、なんとといっても注目すべきはジョセフ・ニーダム の歴大な未完の労作「中国科学技術史」(河出書房新社)です。日本語訳はたしかまだ3巻までしかでていません

が、その副産物として書かれた「東と西の学者と工匠」(ジョセフ・ニーダム著、河出書房新社)はてごらな論文集だと思います。「8章、中国の古代および中世における鉄と鋼の生産」がきわめて短いのは残念ですが、「10章、蒸気機関の出生前史」には溶鉱炉用送風機関などもあって大変興味深いものでした。中国の思想や科学や技術を対象に独創的な仕事をしている山田慶児の近著「混沌の海へ」(築摩書房)も、現代の科学を考える者にとって必読のものでしょう。その中の最新論文「空間・分類・カテゴリー——科学的思考の原初的、基底的な形態」ではカタストロフィー理論や構造主義に言及していますが、最近日本語訳のでた「野生の思考」(レヴィ＝ストロース、みすず)も考えさせるものでした。第1章で近代科学の方法と対置して工匠の、「具体的なものから出発して、あくまでそれを離れることなく、それを多面的関係の網の目の中に位置づけるべき構造にいたる science du concret とする野性の思考」を展開しているのですが、われわれが使う「科学」と science とは土台が違うらしいのです。「ある1点についてはすべてを知っているが、他についてはほとんど何も知らない」というような専門の細分化に対して、思い切った提案をしているものに「反対称——右と左の弁証法」(ロジェ・カイヨワ、思索社)があります。彼が提案するのは諸科学を対角線で結んで対話させる「対角線の科学」(シアンズ・ディアゴナル)ですが、これは単なる学際領域の研究とは非常に異なったもので、できるかぎり遠い分野の学問間の対話を求め、いわば次元を異にする学問間の空白部分をうずめることに重点をおくものなのです。

最後に、万能の天才レオナルド・ダ・ヴィンチにふれることにしましょう。新しく発見されたマドリッド手稿の日本語訳が昨年、岩波からでたのはご存知ですね。手稿というのはまさに小さなノートで、彼は鏡文字(裏返し)の字)でなんでも書きこんでいたのですが、そのなかには仮想仕事の原理(principle of virtual displacement)の概念をつかった滑車とテコの組合せの解析なども含まれています。おどろいたことにダ・ヴィンチはそのノートに童話まで書きこんでいたのです。完全な創作ではないらしいのですが彼流の改作で、その一部がイタリーでまとめられ、その日本語訳が「レオナルド・ダ・ヴィンチの童話」(ブルーノ・ナルディーニ編、小学館)として出版されています。彼の精神宇宙を覗くことができるわけですが、すさまじいものですね。ランダム・ウォーク気味になってきましたので、この辺でやめることにします。またお会いしましょう。そのときご意見おきかせ下さい。

(東北大学金属材料研究所 志村宗昭)

レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿にある圧延機。
L. Reti「知られざるレオナルド」より。