

ジェームズ・スミソンの足跡をたどって

松本 栄寿
(日本計量史学会)

2013年1月10日

一般社団法人 電気学会
The Institute of Electrical Engineers of Japan
東京都千代田区五番町6-2

James S
He left h
However,
were also
Smithson
scientific

キーワード
(Jam

1. はじめ
アメリカ
は、イギ
Smthson,
れた。スミ
(Duke o
て生まれ
1491-154
ペンブル
ル・ソサ
物学者・イ
行く。また
ツアーと
てスミソ
スコット
期に生き

「ジェームズ・スミソンの足跡をたどって」

松本栄寿 (日本計量史学会)

Following the footsteps of James Smithson

Eiju Matsumoto* (Society of Historical Metrology, Japan)

James Smithson, son of first Duke of Northumberland, who never visited America, died at Geneva in 1829. He left his legacy, more than \$500,000 to America, to found the Smithsonian Institution at Washington. However, as his belongings were lost by fire at Smithsonian in 1865, his life and the intention of contribution were also lost. This paper presents the scientific life of James Smithson. Author followed the footsteps of Smithson in England, Scotland and the Continent to study in what society and situation he made his scientific life, based on descriptions of the "The Lost World of James Smithson" (Bloomsbury).

キーワード: ジェームズ・スミソン、スミソニアン協会、スタッファ島、近代地質学、ブローパイプ、ブルー・プラーク
(James Smithson, Smithsonian Institution, Staffa Island, Modern Geology, Blowpipe, Blue Plaque)

1. はじめに

アメリカ合衆国ワシントンの「スミソニアン協会」は、イギリスの貴族ジェームズ・スミソン (James Smithson, 1765-1829) の遺贈 50 万ドルを基に設立された。スミソンはイギリスのノーサンバーランド公爵 (Duke of Northumberland, 1714-1786) の庶子として生まれた。イギリス国王ヘンリー八世 (Henry VIII, 1491-1549) の末裔にあたる。彼はオックスフォード・ペンブルック校を修了、1年後の 1787 年にはロイヤル・ソサイエティに入会を認められた。彼はやがて鉱物学者・化学者としての道をあゆみ、論文を発表して行く。また、1791 年から 1797 年にかけてはグランドツアーとして欧州各地を旅行している。この旅を通してスミソンは化学の先端知識を仕入れたと言えよう。スコットランド啓蒙思想と近代地質学と化学の勃興期に生きた人物である。(図 1)



図 1: ジェームズ・スミソン
"The Lost World of James Smithson" 表紙

スミソンは 1829 年イタリアのジェノバで死去するが、アメリカに引き取られた遺品などが、1865 年のスミソニアン本部の失火で焼失してしまったために、スミソンの生前の行動や、50

万ドルの遺贈の主旨も失われた。これまで何人かの歴史研究者がスミソンの生涯を調査しようとしたが、とくに欧州大陸時代の手がかりが得られなかった⁽¹⁾。

ヘザー・ユーイング (Heather Ewing, 米歴史家) は、6 年間にわたって欧州各国の古文書館、図書館、ホテル、銀行、博物館、税関に到るまで調査訪問し、スミソン像を探った。その成果は "The Lost World of James Smithson" (2007) として刊行され、そこからスミソンの居住地、訪問地、対応人物などを伺い知ることができる。筆者はそれを邦訳『スミソニアン博物館の誕生』⁽²⁾を出版する機会にめぐまれたが、本稿はそれらの記述を手がかりにスミソンの足跡を追って当時の学問的環境、社会的背景を探っていく。

2. スミソンの調査旅行スタッファ島

19 歳のオックスフォード大学の学生であったスミソンは 1784 年 8 月、最初の調査旅行に参加する。フラン人博物学者、フォジャ (Barthelemy Faujas de Saint-Fond, 1741-1819) の率いるスタッファ島学術調査団である。スタッファ島とは、スコットランド西方沖インナー・ヘブリディーズ諸島に属する孤島である。当時、スコットランドの地質学者、ジェームズ・ハットン (James Hutton, 1726-1797) の「斉一説」⁽³⁾から地球の起源論争が活発な時期で、スタッファ島はその研究対象であった。

フォジャー一行はエディンバラ、グラスゴーを經由して港町オーバンに向かう。オーバンからは船でスタッ

ファ島を目指した。参加者一行はそれぞれ別な思惑をもっていた。フォジャはフランスの死火山の研究からイギリスの火山史をまとめようとしていた。スミソンは総合的な「鉱物陳列室」を作ろうと鉱石類を収集していた。陳列室は初め富の見せ場にすぎなかったが、彼自身が分類学を学び、鉱物学、化学への道を歩んだ。収集したカラミンやゼオライト（沸石）を分析して分析技術を磨くとともに、ロイヤル・ソサエティで発表している(4)。(図2)



図2：ロンドン・スタッファ島への道。往路・復路ともエディンバラを経由した。

スタッファ島は、現在はスコットランド・ナショナル・トラストが所有する自然保護区の一部である。その中の三つの洞窟は、六角形状の柱状節理で囲まれた特異な風景である(6)。この中で最大の洞窟はフィンガルの洞窟と呼ばれ、かつてこの地を支配したと言われるフィンガル大王の名前がつけられている。スコットランドの「叙事詩オシアン」にも登場する。1829年にはメンデルスゾーンが訪れた。彼は洞窟の荘厳な景観に感銘して、その思いを21小節からなる楽譜にした。序曲「フィンガルの洞窟」の主題として、日本人にも良く知られている。(図3)

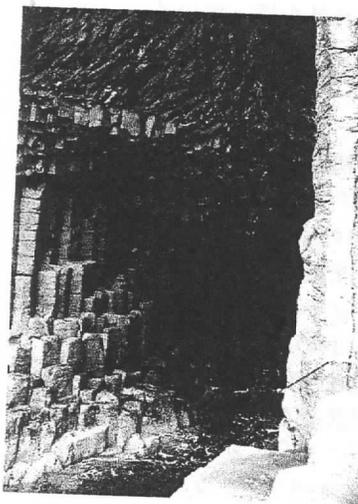


図3：スタッファ島フィンガルの洞窟内の柱状節理。

このような環境でスミソンは鉱石のサンプルを収集した。

3. 近代地質学と科学技術環境

イギリスは近代地質学の発祥の地である。スコットランドを中心とした岩石や結晶の調査は、全世界を対象にした地質調査となっていく。ジェームズ・ハuttonの「斉一説」(6)(7)、ライエル (Charles Lyell, 1797-1875 スコットランド地質学者) の『地質学原理』(8)は古典となったが、やがて19世紀から20世紀の古生代の造山活動、大陸移動説の提唱、20世紀後半の古地磁気学、プレートテクトニクスへと地質学は展開する。なお、この周辺のスコットランド西部からアイルランドにかけては、19世紀末から大西洋横断の最短地として、アメリカ大陸への海底電線の陸揚げ地や無線電信基地として使用されてきた。

スミソンの生きた18世紀後半は、現代の科学・化学時代への入口であった。彼を囲む科学・技術者、発明発見の環境のなかには次のようなものがある。

- [1]プリーストリ (Joseph Priestly, 1733-1804 英自然哲学)：脱フロギストン説(1774)
- [2]ラヴォワジエ (Antoine Lavoisier, 1743-1794 仏化学)：質量不変の法則(1772)
- [3]ワット (James Watt, 1736-1819 スコットランド発明家)：蒸気機関(1769)
- [4]ハットン (James Hutton, 1726-1797, スコットランド地質学者)：地球理論(1795)
- [5]シャップ (Claude Chappe, 1763-1805 仏発明家)：腕木通信 (1792)
- [6]ヴォルタ (Alessandro Volta, 1745-1827 伊物理学)：電池の発明(1799)
- [7]ブラック (Joseph Black, 1728-1799, スコットランド化学者)：定量化学 (1766)

スタッファ島へ行く途上、スミソンはエディンバラで科学界の重要人物と知り合っている。当時はスコットランド啓蒙思想が最高潮と言える時期であり、ハットン、ブラックと出会った。ハットンからは地質学研究のためにオックスフォード付近の土壌サンプルの依頼をうけたし、ブラックからは天秤による計量の教えをうけている。又、ロンドンへの帰路にもエディンバラに滞在しさらに交流を重ねた。ジェームズ・ハUTTONは『地球の理論』を完成し、エディンバラに自分の実験室をもっており、「地球には始まりの名残もなく、終わりの兆しもない」との斉一説を主唱していた。

4. 現代のスタッファ島と鉱物学

筆者はスミソンの足跡を追い2011年5月にスコットランド北西部のスタッファ島を訪問した(9)。経路はグラスゴーよりバスでオーバンへ、マル島を経由して高速艇でスタッファ島に上陸することができた。また、筆者は後日、スミソニアン研究者、スティーブ・ターナー (Steven Turner) が同様にスミソンの足

跡をたど
シスタッ
ことを知
プログ
O Say U
島への道
ターナ
James S
いてのサ
学の道具
にして
分析器具



図4：

5. 鉱物学
鉱物を
を用いる
分析と呼
ブ分析で
く使われ
クション
を再現し
ミソンへ

<5.1>吹
ブロー
を吹き込
けて、高
日本語で
分に口を
きつけ、
う方法で
ゼン灯、
環、白金
(図5) (図

跡をたどりスコットランドを中心に旅したこと、しかしスタッフア島へは悪天候のため上陸できなかったことを知った。ターナーはその体験をスミソニアンブログ "Following in the footsteps of James Smithson, O Say Can You See ?" に掲載している。スタッフア島への道はスミソン時代と同様難所である⁽¹⁰⁾。(図4)

ターナーはユージングが、"The Lost World of James Smithson"をまとめる際に、実験室や機器についてのサゼッションをあたえた人物である。歴史的科学の道具(History of Scientific Instruments)を主務にしているターナーは、スミソンが鉱物学で使用した分析器具ブローパイプの研究者でもある。



図4：スタッフア島への荒い海
ゆるる、ゆるる、今も海の難所

5. 鉱物学とブローパイプ(Blowpipe)と乾式分析

鉱物を成分に分けて知る方法が分析であるが、火力を用いる方法は乾式分析、水溶液を用いる方式は湿式分析と呼ばれる。乾式の最も簡単なものはブローパイプ分析であり、鉱物の種類を知るための定性分析によく使われた。ターナーは研究室にブローパイプのコレクションを所有し、ブローパイプを使った鉱石の分析を再現しビデオを記録に残した。さらにブラックがスミソンへ教えた精密天秤の復元を試みている。

〈5.1〉吹管分析(blow-pipe analysis)の位置づけ

ブローパイプは金属製の曲管で、吹きぐちから空気を吹き込み、他端の細い穴から出る空気を炎に吹き付けて、高温の炎を造る道具である。ブローパイプは、日本語で「吹管」(すいかん)とよび、ろうと状の部分に口をつけ、バーナーなどの炎を木炭上の鉱物にふきつけ、試料を酸化あるいは還元させて定性分析を行う方法である⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。吹管分析には、吹管用灯(ブンゼン灯、アルコールランプ)、吹管、ガラス管、白金環、白金ピンセット、硼砂、燐酸、木炭等が使われる。(図5)(図6)

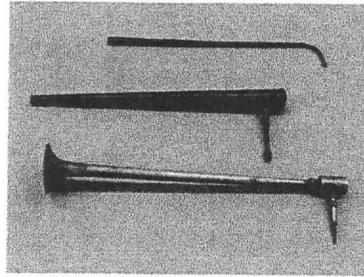


図5：数々のブローパイプ 約20cm

スミソニアン
スティーブ・ターナー
のコレクション

スミソンはその吹管の技に長けていた。吹管分析は、スペクトル法による分析が確立するまではもっとも有力な実験用道具であったと思われる。また、18世紀当時の大学の化学実験室では、ブローパイプと天秤は基本的な機器であった⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

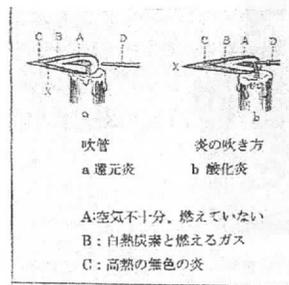


図6：吹管分析と炎

〈5.2〉鉱物分析の再現実験とスミソンの道具

ジェームズ・スミソンはカラミンの解析から、二種の鉱物を明らかにした。Zinc Carbonate (炭酸亜鉛)とZinc Silicate (けい酸亜鉛)である。自然の結晶ではしばしば不純物の混入があって、色が変わり外見から区別が難しい。Calamine (カラミン)は酸化亜鉛と約5%の酸化第二鉄からなるピンク色の粉末でSmithsonite (スミソナイト)と呼ばれる。(図7)

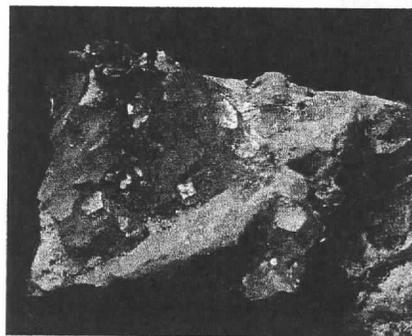


図7：
スミソナイト
(Smithsonite)

【菱亜鉛鉱】
炭酸亜鉛からなる
鉱物、亜鉛の原料
鉱石

スミソニアンのターナーが復元したブローパイプの使用ビデオ画像で見ると、鉱石の溶融分解するには対象物をカーボンのくぼみに粉にした状態で、オイルランプの2000° Fの高温にあてる。Zinc Carbonate (炭酸亜鉛)の粉は、カーボン上で、白粉のZinc Oxide (酸化亜鉛)に変化する。Zinc Silicate (けい酸亜鉛)の場合は反応が違い、カーボン上に白粉は残らない。このZinc Silicate (けい酸亜鉛)では真鍮(銅

Cu と亜鉛 Zn の合金) をつくれぬ。スミソン等は収集したカラミン、スミソナイトを溶解して、真鍮をつくれるか否かから成分を判定したと見られる。

スミソンは「吹管に習熟している人物」と周囲から評価を得ていた。当時の化学者は鉱石の分析には、まず自分の触覚でさわり、ついで舌で味わって大まかな成分を推定するデータとした。しばしば怪我をしたり、目をいためたり、火傷をしたりするのは化学者にとって当然のことであるが、一般人から実験が嫌われる原因でもあった。この吹管は高熱ガスを使うことから、目に気をつければ新しい知覚を得る重要な手法であった。(8 図)



Use of the blowpipe, circa 1911 (63).

図 8 : 吹管の使用図

J. J. Stock: History and preservation of chemical Instrumentation

スミソンは三種の道具(天秤、温度計、吹管)の携帯用セットをもっていたと思われる。つまり移動先でも使える道具で、特別注文品であったと思われる。一部にはブラックの分析用の精密天秤が使われた。

<5.3>分析に使われた天秤

吹管分析には、対象物の分析に天秤がかかせない道具であった。生成物の前後から新しい成分の割合を知るのに精密天秤がつかわれた。スミソンは以前ブラックからの手紙で高感度天秤について情報を得ていて、それに準じる天秤を使って実験したものと思われる。



図 9 : 18 世紀の分析用天秤 (Equal Arm Balance)

CNAM フランス ブラックが使用したと同型

当時ブラックは化学分析用分析 (Equal Arm Analytical Balance) を完成していた。全長約 600 ミリの左右等長の水平うでの等比天秤である(図 9)。しか

し、ブラックは実験室以外でも使える小型の精密天秤も自作していた。1790 年にスミソンにあてた手紙に書かれた内容をもとに、ステイーブン・ターナーが天秤の復元を試みている。彼の推定から「スミソンは 2~3 グレーンに満たない、少量のサンプルを計るのに使用した」と思われる。グレーンとは小麦 1 粒に原点をもつ単位で現在の 0.0648 グラムに相当する(15)。

天秤は、全長約 30 センチ、中央の基台に真鍮版を折り曲げて使い。その中央に支点として針を横に置き薄い木製の平板を天秤の両うでとしてワックスで固定する。この天秤の平板は、中央部が約 8 ミリ幅、両端は約 4 ミリ幅、平板は左右を 20 区分、つまり支点の両側は 10 区分のメモリで区分され、その一区分はさらに 2~4 分割されていた。錘は 1 グレーンの金の粒と、その 1/10 の錘を複数、さらに真鍮線をリング状にまいた補助錘をもっていて、1/1200 グレーンの細かさまでではかれると記されている。(図 10)

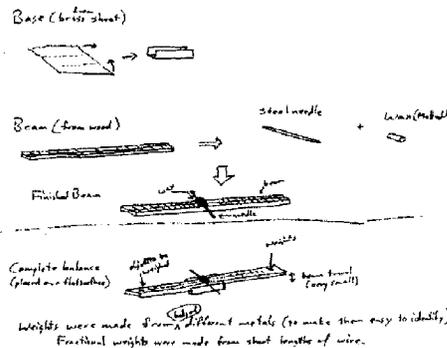


図 10: 携帯微量天秤

スミソンも使用

ブラックの提案による微量天秤 全長約 20cm

上: 支点保持台(真鍮板)

中: 天秤のうでは木製薄板、中央に支点横針をろう接着

下: 左右に計量物と錘、目盛(左右を 10 区分と細分)

文献(15)を元に、スミソニアン研究者ターナーの復元構想図

……ターナー博士の好意により掲載

6. スミソンと現代

(1) 歴史への功績者

ロンドンの市街地を散策すると、建物の壁に取りつけられた 40 センチほどのブループラークに気づくことがある。歴史的に評価された人物や建造物の記念碑がこのプラークである。プラークは 1866 年に始められた顕彰活動で、現在はイングリッシュ・ヘリテージ協会が共同で運営し、建造物とそこに住んだ著名な人物を取り上げている例が多い。プラークは、これまでの約 850 件が選定されている。このような活動は現代の技術にもおよび、例えば IEEE の「マイルストーン」をはじめ、電気学会の「電気の礎」などがあり、電気技術と発明者の栄誉をたたえ、技術者の活動を周知させる仕組みがつけられた。

(2) スミソン
オックスフォードの
転々と
あった。
しはか
ブラ

(3) スミソン
(イン
ペン
掲げら
この地
が、ア
な遺書
取りつ
13)



ブラ
Bentin
City o
(1765-

(4) スミソン
ペン
ックス
の中庭
Librar
板があ
銘板
イエテ
ミソニ
れ、”P
が見ら
た。同
の栢横

(2) スミソンの記念碑・遺品など

オックスフォードの学生時代から、スミソンはロンドンの一ヶ所にとどまることなく、幾つもの住居を転々としている。当時の住宅地は身分を表す象徴でもあった。ロンドン住人はその名前から住人の素性を推しはかっていた。ロンドン近郊には幾つか、ブルー・プラークや人物像が掲げられているところがある。

(3) スミソンのプラーク

(イングリッシュ・ヘリテージ協会、ブルー円形)

ベンティンク・ストリート 9 番地に円形プラークが掲げられている。現代人とスミソンを結ぶ絆である。この地で 1826 年 10 月 23 日にジェームズ・スミソンが、アメリカに「50 万ドルを遺贈する」と記した有名な遺書を書いた⁽¹⁶⁾。死の 3 年前であった。プラークが取り付けられたのは 2008 年 12 月である。(図 11) (図 13)

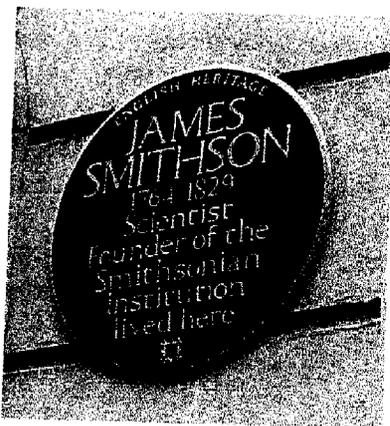


図 11：ジェームズ・スミソンのプラーク
ロンドン、メリルボーン、ベンティンク・ストリート、9 番地

この地でスミソンは 1826 年に有名な遺書を書いた。

プラークには：James Smithson(1765-1829), 9 Bentinck Street, Marylebone, London W1U 2EJ, City of Westminster. 「スミソニアン協会の創始者(1765-1829)ジェームズ・スミソンの居住地」とある。

(4) スミソンの横顔が彫られた銘板

ペンブルック・カレッジ(Pembroke College)——オックスフォードのスミソンの出身校である。カレッジの中庭に囲まれたオールド・ライブラリー(Old Library)の入口壁面に、スミソンの横顔が彫られた銘板がある。

銘板には「ジェームズ・スミソン、ロイヤル・ソサエティ会員。スミソニアン協会創設者。1896 年スミソニアン協会設置」とある。横顔は月桂樹で飾られ、「Per Orbem」(ラテン語、全世界へ)との文字が見られる。スミソニアンの設立 50 年目に設置された。同じ銘板はワシントンのスミソニアンのスミソン棺横にも設置されている。(図 12)



図 12：ジェームズ・スミソンの胸像
オックスフォード大学・ペンブルック・カレッジ構内

(5) ベンティンク・ストリート近隣

スミソンのプラークのつい隣り、ベンティンク・ストリート 7 番地にエドワード・ギボン(Edward Gibbon, 1737-1794 英歴史家)のプラークが掲げられている。彼は 1772 年頃にここで「ローマ帝国衰亡史」を書いた。スミソンも近く住んだ時期であり、両者間にコーヒーハウスなどで接点があったかも知れない。プラークには：Edward Gibbon(1737-1792), 7 Bentinck Street, Marylebone, London W1U 2EJ, City of Westminster. と書かれている。

7: 終わりに

現代のスミソニアン協会とジェームズ・スミソン結びつきを知ろうとすると、スミソンの伝記が意外に少ないことに気づく。特に欧州大陸での状況は「The Lost World of James Smithson」にみられるのみである。

また、多くのイギリス人は博物館の専門家も含めて、ジェームズ・スミソンが英国人であり、ワシントンのスミソニアン協会がその遺贈 50 万ドルを基金として設立された事実を知らない。ベンティンク・ストリーのブルー・プラークの設置も、最近の 2008 年 12

月に設置されたことを考えると、スミソニアン博物館へのイギリスの評価、ひいてはスミソンの評価が得られるようになったのは最近のことと考えられる。



図 13：スミソン・プラークと建物(2008 年 12 月設置)

本報告は、スミソンのスタッフア島調査旅行、収集品の分析と吹管法、遺品、スコットランド科学者の存在にふれた第一報である。筆者は、“*The Lost World of James Smithson*” で明らかになったジェームズ・スミソンの「足跡」をさらにすすめ、スコットランド啓蒙期のエディンバラの科学者との交流を通して、当時の自然科学界や社会の状況を明らかにしてゆきたい。

ジェームズ・スミソンは鉱物の珍品陳列室から、収集品の分類にすすみ、最後は定量化学分析まで歩んだ。周囲から「巧みなブローパイプの使い手」と言われていたとすると、スミソンは苦勞をいとわない強い疑り性だったのかも知れない。最後にスミソンとスミソニアン協会の略歴を示す。(表 1)

8: 謝辞

“*The Lost World of James Smithson*”の翻訳から、この論文に至るには多くの方々からご指導ご協力をいただいた。お名前を記してお礼に代えたい。ヘザー・ユーンイング氏、ステイーブン・ターナ氏、アラン・モリソン氏、パム・ヘンソン氏、CN ブラウン氏、高田誠二氏、小浜清子氏、日本語版『スミソニアン博物館の誕生』を出版していただいた「雄松堂」の方々である。

表 1: ジェームズ・スミソンとスミソニアンの歴史

1765年	スミソン、ハリに生まれる。
1782年	オックスフォード大学 ベンブルック・カレッジへ入学
1784年	スタッフア島調査旅行 (フォジャ)
1786年	ベンブルック・卒業
1787年	ロイヤル・ソサイエティ会員
1789年	フランス革命
1791年	グランド・ツアー(パリローマナポリドイツ) 97 帰国
1800年	母エリザベス死去
1803年	ヨーロッパ旅行(独デンマークハンブルク捕虜) 09 帰国
1826年	遺書を書く(ロンドンで)
1829年	スミソン・ジェノバで死去
1838年	イギリス裁判所が遺贈を認め、50 万ドルはアメリカへ
1846年	スミソニアン協会・ンヘンリー長官就任
1861年	南北戦争 1865 年終戦
1865年	スミソニアン協会本部火災、スミソンの私信・資料が焼失
1903年	1903 年: ジェノバの墓が移動、遺骨をアメリカに引き取る。
2008年	ブルー・ブラック(ペンディング・ストリート) 設置

文献および注

(1) William Jones Rhees: *James Smithson and His Bequest*, Smithsonian Institution, (1880), 現在に残る唯一のスミソン研究書。当時の長官の指示で、収集できた史料を急遽まとめた書籍と思われる。著者 Rhees は 1890 年までスミソニアンの事務長(Chief Clerk)をつとめた人物であり、1865 年 1 月 24

日のスミソニアン本館の火災当日も在籍していた。この書には、Royal Society of London と Thomson's Annals of Philosophy のスミソンの論文 27 件が収録されている。

(2) 松本栄寿・小浜清子訳: スミソニアン博物館の誕生、雄松堂、(2010)、原書は Heather Ewing: *The Lost World of James Smithson*, Bloomsbury, (2007) である。本研究は、この原本および訳本に基本をおいてすすめた。

(3) 斉一説とは、ジェームズ・ハットンによって唱えられた理論で、彼はスコットランド地方の地層や浸食による大地の変化を観察して地球観を『地球の理論』にまとめた。のちチャールズ・ライエル(1797-1875)の『地質学原理』で洗練された形にまとめられた。「斉一説」はその後の地質学や生物進化論に多大な影響をあたえた。「現在は過去を読み解く鍵である」との言葉で象徴され、現在地球で起こっている現象が過去にも同様に作用してきたとの説である。ハットン時代の常識は「聖書地質学」に基づき地球の年齢は約 6000 年、ノアの洪水も歴史上事実であるとされていた。

(4) James Smithson: *A Chemical Analysis of some Calamines*, Philosophical Transaction of the Royal Society of London, vol. xciii, (1803), p.12~28

(5) 柱状節理とは溶岩が固まって冷えるときに、溶岩の体積が縮むために出来る規則的な割れ目を言う。スタッフア島の洞窟は玄武岩の六角形の柱状節理に囲まれている。

(6) 平野和子訳、ジャック・レブチェック(2003): ジェイムス・ハットンー地球の年齢を発見した科学者、春秋社(2004)

(7) James Hutton: *Theory of the Earth, with Proofs and Illustratio*, Edinburgh, William Creech, (1795)

(8) Charles Lyell: *Principles of Geology, Vol. I-III*, London: J. Murry, (1830)

(9) 松本栄寿: ジェームズ・スミソンの足跡を探る……スタッフア島とフィンガルの洞窟、計量史研究、(2012)、2~5 頁

(10) Steven Turner's trip: スミソニアン・ブログ

“<http://smithsonianscience.org/2011/08/following-in-the-footsteps-of-james-smithson/>” および動画:

(11) Jns Jakob Berzelius, *The Use of the Blowpipe in Chemistry and Mineralogy*, London, (1822)

(12) 原田準平: 鉱物概論、岩波全書、(1957)、元素大百科事典、朝倉書房、10 章: 吹管と分光器(2007) など

(13) Lauri Niinisto: *Analytical instrumentation in the 18th century*, L Anal Chem(1990)

(14) アイザック・アシモフ、玉虫文一訳『化学の歴史』ちくま学芸文庫、(2010)、76/78 頁ほかに、吹管はスウェーデンの化学者コローンステットによって実験室で用いられるようになり、1 世紀以上も化学分析の最大の武器であった。

(15) A Letter from Dr. Black describing a very sensible Balance, Thomson's Annals of Philosophy, Vol. XXXVI: New Series, Vol. X, (1825), pp.52~55

(16) (2) スミソニアン博物館の誕生: 口絵と p.72-74 参照。