

総説

江戸時代の日本における〈密度〉概念の
変遷と享保改革*

中村 邦光**

Historical changes in the concept of density and the Kyoho
Reformation in Edo Period in Japan

Kunimitsu NAKAMURA

Abstract

The concept of density is thought to be one of the representative examples of the basic concepts in modern science. In the first part of this paper, will be presented, chronologically (as the warp yarn), the results of research regarding the reception of the concept of density into Japan in the Edo Period ; this part being a follow-up to my article published in the *Bulletin of the Society of Historical Metrology*, Vol.30, No.1 (No.34), 2008. During first half of the Edo Period (from the 17th century to the beginning of the 18th), the concept of density was accepted and used by ordinary people in their daily life. During the middle of that Period, however, the concept was neglected and it suffered from setback. Now, in the second half of this paper, apart from the chronology, will be introduced (as the woof yarn) five typical examples of events which took place during the Kyoho Reformation. The Reformation is considered to be a watershed in-between “the age of development” and “that of stagnation and regression”.

Keywords: Concept of Density, Edo Period, Kyoho Reformation, acceptance and neglect of concept

はじめに

「密度」という言葉も「質量」という言葉も、明治 16～18 (1883～85) 年に開催された「物理学訳語会」において Density および Mass の訳語として決められた言葉であるが、いずれも原子論的な物質観を思わせる適切な訳語であるといえる。

科学的な概念は、科学の発達にともなって進化し、分化するものである。従って、現在では「質量 (スカラー: kg)」と「重さ (ベクトル: N)」は分化しているが、17～18 世紀の中国や日本の科学的な事跡を語る場合には「質量」と「重さ」を分別する必要はないし、また「密度」も「軽重・寸重・比重など」と分別する必要はないであろう。すなわち、本稿での問題は、その意味の概念が 17～18 世紀の日本に存在したか

どうかである。

例えば「重さ」という場合の「さ」は程度を表す助詞であるから、「重さ」という言葉には密度や比重の意味もあるわけである。科学が発達し、概念が分化したときには、新しい概念には新しい名称を工夫する必要がある。その意味でも、Mass を「質量」と訳すのであれば、Weight は「重さ」ではなく「重量」と訳した方が良いのかもしれない。

ちなみに、Mass (質量) という概念は、今日では小学校段階の理科教育の中では用いられず、そのかわりに「重さ」という言葉が用いられるのが普通であるが、明治初年の理化学書の場合もそうであった。じつは、明治初年頃の日本の理化学書に最も影響力のあった 3 冊の本、すなわち①M.A.スウィフトの究理書 (1868)、②R.G.

* 受付 2009 年 6 月 29 日 日本計量史学会「年総会」(2009 年 2 月 14 日、於：主婦会館)における講演に基づいて取り纏めたものである。

** 会員 〒113-0034 東京都文京区湯島 1 丁目 2-12 の 403 E-mail: kn34322@ybb.ne.jp

パーカーの究理書（1850）、および③G.P.カッケンボスの究理書（1859）のどれを見ても、Mass（または Quantity of Matter）という術語は用いられていない。Mass の代わりに Weight という日常用語が用いられていたのである。そして、この 3 冊の本には、Momentum の大きさは「Weight×Velocity」であるとされている。

しかし、これらの本の訳書では Weight を「重さ」と訳さないで、「物量」（片山淳吉、宇田川準一）とか、「秤量」（福沢諭吉、藤田正方）とか、「量目」（福沢諭吉、魚沼正安）、「掛目」（福沢諭吉、魚沼正安）、「目方」（久保田窮達）、および「斤量」（寺田祐之、田中耕造）などと、多様に訳されている。

ところで筆者は、これまでに近代科学における基本的と思われる「個々の科学概念」の日本における認識の状況に関する調査・研究に取り組んできた。そこで、この報告の第 1 部では、まず『計量史研究』Vol.30No.1(No.34)2008 年への報告の続報として、近代科学における基本的と思われる「個々の科学概念」の中の代表的な一つとして、江戸時代の日本における「密度の概念」の変遷の経緯に関する調査・研究（縦糸紡ぎ）の結果を紹介する。

調査・研究の結果、じつは「密度の概念」は、江戸時代の前期（17～18 世紀初頭頃）には日常生活と密接に関わって、一般に認識されていた。ところが、それが江戸時代の中期以降（18 世紀以降）になって無視され、挫折していたことが判明した。

そして、その後に行った「てこの原理・モーメント概念」および「円周率の算出方法を巡る数学的証明の概念」など、近代科学における主要な概念の認識の状況に関する調査・研究の結果を総合すると、じつは江戸時代の前期（17～18 世紀初頭頃）は、科学史的には「発展の時代」であることが分かった。

ところが、密度の概念を含む、それらの概念に関する認識は、その後江戸時代の中期以降（18 世紀中頃以降）になって挫折し、停滞・退歩し

ていたことが判明した。そして、その分岐点は享保改革の頃と推定された。

そこで第 2 部では、その分岐点の頃における「享保改革」とはいったい何だったのか、すなわち「発展の時代」と「停滞・退歩の時代」との分岐点と思われる「享保改革」の頃の特徴的な出来事（横糸紡ぎ）について、具体的な事例の調査結果を 5 事例ほど紹介することとする。

一つの概念の歴史を、江戸時代全期にわたり総合的に調査する研究（縦糸紡ぎ：全体像を明らかにすること）と、特別な時期や人物の事跡を調査する研究（横糸紡ぎ：部分を鮮明にすること）とを織り交ぜて「日本科学史」の研究を進展させたいと考えたからである。

第 1 部 江戸時代の日本における「密度」概念の変遷

「密度」の概念と密接な関係にある「浮力の原理」は、古い歴史をもっている。この原理は、古代ギリシャのアルキメデス（BC.287～212）によって研究された科学的業績であって、その後「アラビア」（9～13 世紀頃のアラブ圏）を経てヨーロッパに伝えられ、古代原子論と共に近代科学の基礎の一つともなった。

ちなみに、11～12 世紀の「アラビア」には、〔表 1〕のような諸物質の精密な「比重表」が存在したことが知られている。（矢島祐利の『アラビア科学の話』岩波新書、参照）

表 1 アル・ハージニーの比重表

金 19.05、	水銀 13.56、	銅 8.66、	真鍮 8.57、
鉄 7.74、	錫 7.32、	鉛 11.32、	サファイア 3.96、
ルビー 3.58、	エメラルド 2.60、	真珠 2.60、	
玉髄 2.56、	温水 1.00、	湯 0.958、	
氷点の水 0.965、	海水 1.041、	オリーブ油 0.920、	
牛脂 1.110、	人間の血 1.033		

1. 「密度（比重）」の概念と原子論

空気中で測った重さと水（液体）中で測った重さの減少分を「浮力」という。そして「浮力

の大きさは、物体と同体積の水（液体）の重さに等しい」というのが「浮力の原理」である。そして、同じ重さの物体の「浮力」の相違は、体積の相違、すなわち「密度」の概念であり、これは原子論的な物質観である。

すなわち、アルキメデスは「密度（比重）の概念」を数量的に認識し、科学的にしたということである。そして「浮力の原理」を用いて測定すれば、精密な「密度（比重）」の測定ができるわけである。

それでは、中国人や日本人はいつ頃、どのようにして「浮力の原理」を知ったのであろうか。筆者は、中国や日本の書物で「密度や比重の値、および浮力の原理」が記載されている書物を系統的・悉皆的に調査してみることにした。

調査の結果「浮力の原理」は、中国や日本では17世紀になってキリスト教の宣教師（イエズス会士）たちが中国に伝えるまでは知られていなかった。

しかし、じつは「密度」の概念は、人間の日常生活や科学的認識の上で、長さ（度）、体積（量）、重さ（衡）と共に基本的な概念だったのである。今日の密度は「質量÷体積」で定義されるので、論理的には「質量（重さ）や体積に從属するもの」と思われるのが普通であるが、中国や日本でも古くから明確に意識化されていたことが判明した。

すなわち「密度」の概念は、日常生活に密着したより根源的な概念だったのである。ちなみに、ニュートンはその著『自然哲学の数学的原理』（1687）において「質量」を「密度×体積」で定義している。これは、ニュートンやガリレオの原子論的な思考の上では質量や重さよりも密度の方がより根元的な量とも考えていたことを示すものといえよう。

2. 古代中国における「密度」の値

中国文献に掲載されている「密度」に関する最も古い記述は、調査した限り『漢書』の「食貨志（下）」の冒頭部分に出てくる“黄金方寸而

重一斤”という文章である。

『漢書』は、後漢の始め頃に班彪によって着手され、その子班固によって章帝建初の始め頃（AD. 76～83 年頃）に完成したというから、西暦紀元1世紀に書かれたものである。しかし、記述の対象となっている事柄は前漢時代のものであるから、前漢時代（BC.202～AD.8 年頃）には「黄金の密度は1立方寸当たり1斤」とされていたことが分かる。

小泉袈裟勝の『歴史の中の単位』（1979）によると、漢の時代の1寸は明治期法定の1寸（＝3.0303cm）よりはかなり短く、今日の2.303 cmに当たるといふ。この数値は、江戸時代末期の考証家の狩谷掖斉（1775～1835）の考証結果（漢の1尺＝日本尺7寸6分＝23.03 cm）ともよく一致している。また、同書によると漢の時代の1斤も明治期法定の1斤よりはかなり小さく、今日の226.67 gに当たるといふが、これも狩谷掖斉の考証結果（1斤＝日本60匁5分＝226.875 g）ともよく一致している。

そこで、これらの値に基づいて「黄金は1立方寸当たり重さ1斤」という数値を今日の単位に換算すると約18.6 g/cm³となる。『理科年表』によると金の密度（比重）は19.3 g/cm³であるから、これはかなり今日の値に近い値といえる。

しかし「黄金方寸而重一斤」という文章は、黄金1立方寸の重さを基準にして「斤」という重さの単位を定めたとも考えられる。『漢書』の「律歴志」によれば、黄鐘管という竹笛を基にして度量衡の単位を定めることが記載されている。

すなわち、伝統的な考え方の上では、黄鐘管の長さを9寸として「長さ」の単位を定め、その管の中に入る水の量を二つ合わせたもの（1合）を基にして「体積」の単位を定め、同じ竹笛の中に入るキビ（1200粒）の重さを12銖（二つ合わせたものを1両）として「重さ」の単位を定めたとされている。

しかし、実用的には「黄金方寸而重一斤」の方が重さの単位の基礎として採用されていたと

も考えられる。もし、そうであるとすれば、現在のメートル法の「重さ」の単位が長さの単位と水の密度を基準にしているのと同じように、漢の時代の「重さ」の単位は、長さの単位と金の密度を基準にしていたことになる。

ところで、漢の1斤というのは16両のことである。16というのは半端な数のようにも見えるが $16=4\times 4=2\times 2\times 2\times 2$ で、一定のものを何回も等分してゆくにはとても都合の良い数なのである。

また『漢書』の後、3世紀頃に成立したという古代中国の数学書の『孫子算経』には、〔表2〕のような諸物質の密度表が掲載されている。

表2 『孫子算経』の密度表

黄金方寸重1斤	白金方寸重14両	玉方寸重12両
銅方寸重7両半	鉛方寸重9両半	鉄方寸重6両
石方寸重3両		

〔表2〕の中の“黄金方寸重1斤”というのは『漢書』に記載されているものと同じである。そして『孫子算経』(3世紀頃)の密度表は、漢の時代の単位「漢の1寸=2.303 cm、漢の1斤=226.875 g」に換算して検討したところ「白金?」と「玉?」と「石?」を除く、金属の密度についてはかなり正しい値に近いことが判明した。すなわち、以下のようである。

金方寸重1斤=18.6 g/cm³ (正しくは、19.3)
 銅方寸重7両半=9.05 g/cm³ (8.93)、
 鉛方寸重9両半=11.46 g/cm³ (11.34)、
 鉄方寸重6両=7.24 g/cm³ (7.86)

3. 日本の和算書に現れた「密度」の値

それでは、日本では「密度」はどのような値だったのであろうか。じつは、江戸初期の日本の和算書、吉田光由の『塵劫記』(寛永八年増補版:1631)には「諸物軽重の事」と題して、1立方寸当たりの重さの表(表3)が掲載されている。

表3 『塵劫記』(1631)の密度表

金(1立方寸、おもさ) 175 匁		
銀(同) 140 目	鉛(同) 95 匁	錫(同) 63 匁
玉(同) 120 目	銅(同) 75 匁	鉄(同) 60 目
真鍮(同) 69 匁	青石(同) 30 目	
土(1立方尺、おもさ) 11 貫目		

ところが、日本の『塵劫記』(1631)に掲載された密度表の数値は、中国伝来の数値を国土や時代の相違による単位の違いを無視してそのまま導入したものであった。『塵劫記』の時代の尺貫法は明治期法定の尺貫法(1匁=3.75 g、1寸=3.03 cm)と同じになっていたというから、例えば金の密度についてみると、今日の値 19.3 g/cm³は 143.2 匁/立方寸となるので、『塵劫記』の 175 匁/立方寸はかなり大き過ぎることになる。

しかし、その後17世紀の日本においては、単位換算が行われたりしながら、その数値は多様化していった。和算書に現れた代表的な「密度表」を紹介すると以下のようである

まず、今村知商の『堅亥録』(1639)では「軽重」と題して〔表4〕のような密度表が記載されている。ただし、ここに「匁」ではなく「分」とあるのは出典のママであるが、これはミスプリントであろう。後に同じ著者の『堅亥録仮名抄』(1662)では「匁」とされている。

表4 『堅亥録』(1639)の密度表

金(1立方寸の重さ:分銅目) 146 分		
銀 同 117 分	鉛 同 80 目	銅 同 63 分
鉄 同 50 目	錫 同 53 分	真鍮 同 58 分
青石 同 25 分		

次に、藤岡茂元の『算元記』(1657)には「萬金物軽重の事」と題して〔表5〕のような密度表が掲載されている。そして、この密度表は『塵劫記』の値とも『堅亥録』の値ともまったく違っている。

表5 『算元記』(1657)の密度表

金	一寸六面重目小判の位にして151匁		
銀	同112匁	銅	同61匁
鉄	同52匁		
鉛	同80目	白石	一尺六面にして重さ5斗目

そして、次に村松茂清の『算俎』(寛文三年:1663)の5年後に出た岡嶋友清の『算法明備』(寛文八年:1668)には〔表6〕のような密度表が「軽重」と題して掲載されているが、その値は、従来の和算書と著しく違っている。

表6 『算法明備』(1668)の密度表

金	(1立方寸の重さ)135匁		
銀	同105匁	鉛	同80目
銅	同63匁		
鉄	同57匁	錫	同60目
真鍮	同60目		
玉	同90目	青石	同32匁
土	同10.5匁	水	同7.53匁

11物質のうち、他の和算書と共通なのは二つだけ、すなわち鉛と銅が今村知商の『堅亥録』(寛永十六年:1639)および磯村吉徳の『算法闕疑抄』(万治三年:1660)と共通なだけで、その他はすべて新しい数値である。金の値が135匁/立方寸(18.2g/cm³)と、どの和算書の値より小さくなっているが、これは金座の役人などから聞いて取り上げたものと思われる。当時の金座の役人たちは、金の密度を130~135匁/立方寸としていたと思われるからである。

17世紀末には、こうして独自の密度表がいくつも提出され、和算書の密度表は著しく多様化していった。

そして、密度が「物質に固有な定数である」ということが認められていれば、同じ物質の密度について、いろいろな値を記載する書物が現れれば、当然そのどれが正しい値に近いのが問題になってきて、その後に測定法が工夫され、精度が高まるものと思われる。17世紀末には、実際にそのような動きが始まったように思われた。

例えば、持永豊次・大橋宅清の『改算記綱目』

(貞享四年:1687)では「金重或問」と題して取り上げられている。すなわち、

金小判の1立方寸当たりの重さを測定するには、まず目盛りが施されている器物に金小判を何十両か多く入れ、その上から水をいっぱいに入れる。そして次ぎに、水がこぼれないように金小判を取り出し、水位の下がった部分の体積が何立方寸かを測定する。そして、この体積で取り出した金小判の総重量を割ると小判に使われている金の純度(密度)が知れる。そのほか純度(密度)を測りたい物はこれに倣え(現代文に直した)。

というのである。

また、田原嘉明の『新刊算法起』(1652)の「密度表」の但し書きには

古の法目なるらし金銀の、坪を作りてかけてみざれば

と記載されている。すなわち、金銀などの密度の値は古い単位のものであるらしく、実際と違うようなので、立方体を作って測定し直す必要がある、というわけである。

そして、山田正重の『改算記』(1659)には「塵劫記同(中巻)銀玉の違い」と題して、銀の密度が大幅に違うことを取り上げて議論している。

こうして、和算書で多様化した「密度」の値の「どれが正しい値なのか」という問題意識が生まれ、17世紀末には次第に正しい値に収斂していきそうにみえた。

ところが、その後18世紀以降、幕末に至るまでの和算書など日本の書物に現れた密度表についてみると、その改善のための問題意識や実測への意欲は中断されている。

例えば、19世紀初頭の和算書にも従来の権威的和算書に倣って「軽重表(密度表)」は掲載されているが、その但し書きには、

評に曰く、諸軽重は国所に因りて善悪あり、故に軽重格別なるべし(『本朝算鑑』1820)

とか、または

諸物の軽重は産所と製法に依て各一定し難し、故に諸書に載る所はその大略と知るべし」(『廣用算法大全』1827)

などと記載されている。

このように「密度とは大凡のものである」という考え方に立てば、改めて精密な測定をする必要もなくなるわけである。

じつはこの変化(挫折)の原因には、18世紀以降の和算家の体質変化が考えられる。すなわち、純数学的な事項については18世紀以降も進歩したのであるが、物理的・実験実測的事項については停滞・退歩したのである。

そしてもう一つの要因には、儒学が「江戸の常識」として定着し、陰陽五行説に基づく「連続的物質観」が常識となったので、その影響が大きいと思われる。

すなわち、18世紀以降の和算家たちは、儒学者との交流を通して「密度」概念のような生活に密着した概念(原子論的物質観)には無関心になったものと思われる。

4. 和算書以外の江戸時代における「密度」の値

和算家は、18世紀以降には物理的・実用的な問題に対する関心を失っていたのであった。しかし、江戸時代には金の小判や銀判が流通していたのであるから、その密度がどこかで問題にならないはずはない。特に元禄八(1695)年以降、幕府の度重なる金銀貨の改鑄によってその純度(密度)もかなり変化していたので、金や銀の密度に対する関心は少なからず存在して然るべきである。

そう考えて文献を探したところ、江戸後期の考証家の栗原信充(柳庵、1794~1870)の『柳庵雑筆』(1848)の巻4には「黄金一寸の目方」と題して、

黄金は一寸四方六面の重さ百六十匁で、これを「四四の金」という…。但し「享保十四(1729)年十一月金座に仰せ付けられ、黄金一寸四方六面の重さを試されし時は百三十匁ありし」と物観(荻生北溪)の『衡

考』(1734)に見えたり。

と記載されている。

すなわち、幕府の当事者の中には金の密度が『孫子算経』(『算狙』)や『塵劫記』などの数値と合わないことを気に留めた人がいて、金座に命じて金の密度を実測させ130匁/立方寸という結果を得ていたのである。

そして、この130匁/立方寸という実測結果は、『塵劫記』の175匁/立方寸や『算狙』の160匁/立方寸より大幅に小さく、『堅亥録』の146匁/立方寸や『漢書』の138匁/立方寸よりも更に小さい値である。『算法明備』の値は135匁/立方寸であったから、金座の測定値というのは、これに最も近い値である。

また、錢貨学の古典的大著である草間直方(鴻池伊助)の『三貨図彙』(1815)では、金の密度を132匁余りとしていて、金座の測定値よりは更に『算法明備』の値に近い値である。しかし、今日の金の密度の値 19.3 g/cm^3 を尺貫法に直すと143.2匁/立方寸であるから、『漢書』(1世紀)の値や『堅亥録』(1639)の値の方が今日の値に近かったことになる。

わざわざ金の密度を測るとすれば、できるだけ純度の高いものを試料にしたと思われるが、そうだとすると数値が良くない。これは「金1立方寸の重さ」というので、文字通り1辺の長さ1寸の立方体を作って測定したために誤差が大きくなったとも考えられる。

例えば、1辺の長さの測定が1%の誤差であれば密度の測定値は約3%の誤差となるので、今日の純金の密度の値143.2匁/立方寸は138.9~147.5匁/立方寸となり、1辺が2%の誤差なら約6%の誤差となるので、測定値は134.8~152.0匁/立方寸となるのである。

従って、江戸時代の和算書などには多様な密度の値が提示されたが、そのどれが正しい値なのか判断できなかったと思われる。

ところで、江戸時代には、鉄砲玉の製造は火薬の調合と共に砲術を学ぶ下級武士が行っていたようである。そこで、かなり多くの人が「鉛

玉の直径と重さとの比(つまり密度)」の値を知る必要があったと思われる。

例えば、朝日文左衛門の『鸚鵡籠中記』の元禄八(1695)年の記録(加賀樹茂朗『(元禄)下級武士の生活』雄山閣、参照)などにはそのことが記載されている。そこで、鉛だけは多くの和算書で80 匁/立方寸(10.8、正しくは11.34)に統一されているのは、砲術家の間ではこの値が既に十分権威を確立していたからであろう。

また、日本の18世紀頃には「茶の湯」のための名水を求めて、水の密度が茶人たちによって測定されていたようである。例えば、根岸守信の随筆集の『耳袋』(1768)や松平定信の随筆集の『退閑雑記』(1793~1800)などに水の重さに関する記述が記載されている。しかし、検討したところ値が良くない。どのようにして測定したものなのか、測定法は記載されていないので詳細は不明である。

ちなみに、アルキメデスの「浮力の原理」の発見は「体積測定法」の発見であり、浮力の原理に基づいて測定すれば精密な密度の測定ができるわけである。

ここで、調査結果を総括して江戸時代における「金・銀の密度の値の変遷」と「水の密度の値の変遷」を紹介すると〔表7〕と〔表8〕のようである。

表7 金・銀の密度の値の変遷

文献名または人名	年 紀	金			銀		
		斤・両/立方寸	匁/立方寸	比重・g/cm ³	斤・両/立方寸	匁/立方寸	比重・g/cm ³
『漢書』	1世紀	1斤/立方寸	(138)	(18.6)	8両/立方寸	(68.9)	(9.3)
『孫子算経』	3世紀	1斤/立方寸	(138)	(18.6)	14両/立方寸	(120.6)	(16.3)
(アラビアの科学)	12世紀			19.05			
『算法統宗』	1593	16両/立方寸	(160)	(21.6)	14両/立方寸	(140)	(18.9)
『塵劫記』	1631		175	(23.6)		140	(18.9)
『堅亥録』	1639		146	(19.7)		117	(15.8)
『算元記』	1657		151	(20.3)		112	(15.1)
『改算記』	1659					(71)	(9.6)
『算法闡疑抄』	1660		146	(19.7)		117	(15.8)
『算 組』	1663		160	(21.6)		125	(16.8)
(『暦算全書』)	1726船来		130	19.0			10 $\frac{1}{3}$
金座の測定	1729			(17.5)		19.0	
(『露台儀象志』)	1748船来						10 $\frac{1}{3}$
志筑忠雄(『曆象新書』)	1800		140.95 ~142.8 132 $\frac{1}{2}$	(19.0~ 19.2) (17.8)			
草間直方	1815			19.636			
青地林宗(『気海観瀾』)	1827			(18.1)			10.535
狩谷横斎	~1835		134.5	(23.6)			
『算法新書』	1830		175	19.2581		140	(18.9)
羽田正見	1856						10.4743
今日の値(『理科年表』)	1986		(143.2)	19.3		(77.9)	10.5

() 内は換算値

表8 水の密度の値の変遷

文献名または人名	年 紀	貫・目/立方尺	匁/立方寸	匁/斤	g/cm ³
『新刊算法記』	1652	7.500			(1.011)
『算法闡疑抄』	1660	7.400			(0.997)
『算 組』	1663	7.450			(1.004)
『算法明備』	1668	7.530			(1.015)
『増補算法闡疑抄』	1684	7.450			(1.004)
『律原発揮』	1692			488.75	(1.016)
青木昆陽(『昆陽漫録』)	1763			410~420	(0.852~0.873)
『退閑雑記』	1793~4			423~453	(0.879~0.942)
志筑忠雄(『曆象新書』)	1800		7.4		(0.997)
『改正算法近道』	1825			450	(0.936)
『算法大成』	1826			480	(0.998)
『応用算法大全』	1827			498	(1.035)
『算法新書』	1830			450	(0.936)
『真元算法』	1845		7.5		(1.011)
『御遊雑筆』	1848			400~500	(0.832~1.040)
『算学備要大全』	1856			490	(1.019)
今日の値(『理科年表』)	1986	(7.420)	(7.42)	(481)	1.000

かなり塩辛い1%の食塩水でも1.033g/cm³である。この表を見ると、むしろ江戸時代前期の数値の方が今日の値に近かったわけである。() 内は換算値。

5. 中国や日本で「浮力の原理」に言及した最初の書物

「浮力の原理」に言及している最初の中国文献は、筆者が知り得た限りでは、鄧玉函述・王微訳の『遠西奇器図説』(明1627年刊)という書物である。

この書物は、スイス人のイエズス会士 P.J.Terrenz(1576~1630)中国名・鄧玉函が1621~1630年の間、明国に滞在して本書を口述し、中国人の弟子の王微がこれを漢文に翻訳して出版した書物である。そして、この本には

凝体は水に在れば空に在るより軽し、これを占むる所の水の多少を視れば即ち、そのこれを減ずる所の軽の多少なり」(原文は漢文)

と「浮力の原理」をはっきりと記載している。

そしてこの書物は、大庭脩編『(江戸時代における)唐船持渡書の研究』(1967)によると、貞享二(1685)年には日本に舶来した記録があるので、当然この本が日本人に「浮力の原理」を知らせることになったと思われる。しかし、じつは、この本は幕末に至るまで「江戸の禁書」であった。そして、その影響は幕末に至るまで日本の書物に現れていない。

ところで、法令というものには抜け道があり、実際にはその気になれば例外的な個人は読むことが出来たかもしれない。また、幕府御用の特

別な学者は幕府の書庫（紅葉山文庫）の中では「禁書」に指定された漢文科学書の一部は閲覧することができたかもしれない。しかし、建前が「禁書」であれば、その内容を「書物」として公開することも伝承することもできないであろう。

じつは、科学知識は「書物によって伝承される」ものなので、例外的な個人が理解していたとしても「書物」に依らなければ伝承されないし、日本の文化とはならないわけである。

例えば、銀座の役人で、幕府の暦学顧問であった中根元圭が翻訳（訓点）した「度算釈例」『（新写）暦算全書』（享保十八年：1733）には「浮力の原理」が解説され、西洋科学における「比重表」も掲載されているが、その影響はその後 18 世紀の「日本の書物」に現れていない。

儒学における物質観では「密度は物質固有の定数」であることを認めていないので、その測定法である「浮力の原理」には関心がなかったためと、この書物は幕府の書庫（紅葉山文庫）の中だけで、しかも幕府御用の特別に許可を得た学者だけしか閲覧することのできない書物だったので、その知識は一般の庶民や学者たちには公開・伝承されなかったためであろう。そして、江戸時代の度重なる金・銀貨の改鑄に際して、一般庶民は「試金石」を頼りに純度を推定するしかなかったのである。

そして、じつは「日本の書物」で「浮力の原理」を用いて比重測定を行なった記録が記載されている最初の書物は、今までの筆者の調査の限りでは蘭学書（オランダ語の西洋科学書を日本人が翻訳した書物）を除くと、羽田正見の『貨幣通考』（安政三年：1856）という書物であるが、これは「蘭学」またはプロテスタント宣教師が関わって著された「19 世紀の漢文科学書」の影響と思われる。

このようにして、19 世紀以降（幕末）になってようやく「江戸の常識（儒学）」への挑戦が始まり、原子論的物質観である「密度」概念が復活し、定着することとなるのである。

第 2 部 享保改革の頃に科学的に不連続となった原因の特徴的事例

今までに、筆者は近代科学の基礎ともなったといえる「アルキメデスの科学」の中の、まず一つには近代的な物質観の基礎を与えたといえる「浮力の原理と密度・比重の概念」を始めとして、二つにはガリレオがその力学の基礎にしたといえる「てこの原理とモーメントの概念」を、そして三つには円周率の算出方法を巡る「数学的な証明の概念」などの江戸時代における理解の状況、および「円周率の値の変遷の経緯」などを悉皆的に調査・研究し、その結果を報告してきた。

そして、以上の調査・研究の結論として、①江戸時代の前期（17～18 世紀初頭頃）には「近代科学の萌芽」ともいえる概念が存在したこと、すなわち江戸時代の前期は、科学史的には「発展の時代」であったこと。②ところが、それが江戸時代中期以降（18 世紀以降）になって挫折し、停滞・退歩していたことが判明した。そして、③その分岐点はおよそ 1720 年頃、すなわち享保改革の頃であると推定された。

そこで、以下では「発展の時代」と「停滞・退歩の時代」との分岐点と思われる「享保改革」の頃の実状を端的に表わしていると思われる具体的な事例を 5 事例ほど紹介することとする。

1. 「円周率」の値の変遷とその算出方法

これまでに、筆者は江戸時代の日本における「円周率の値」の変遷の経緯を江戸全期に渡り悉皆的に調査した結果、次のことを明らかにすることができた。

- (1) 江戸時代初期の和算書では、円周率の値を $3.16\cdots (\sqrt{10})$ としていたが、村松茂清が『算俎』（1663）において、日本で初めて「内接多角形の周の長さを計算する方法」（理性）に基づいて $\pi = 3.14\cdots$ という値を発表した。このことは、17 世紀の日本にお

ける画期的な出来事であった。

- (2) そして以降、17 世紀末の和算書では円周率の値を 3.14…とし、3.16…とするものは殆んどなくなった。すなわち、円周率の値 3.14…は 17 世紀末の日本において、確かに一旦は定着した。

- (3) ところが、18 世紀以降になって、円周率の値を 3.16… ($\sqrt{10}$) とする和算書が半数をしめるようになった。すなわち、円周率の値に逆行現象が見られた。

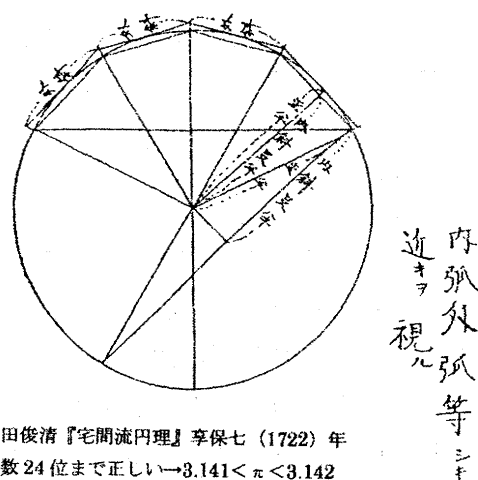
- (4) そして、そのようなこととなった要因として、次のことが考えられた。すなわち、

- ① 18 世紀以降の和算家は、17 世紀の和算に見られた物理・実用実測的な問題への関心を失い、和算を純数学的問題や趣味娯楽的な問題を対象とするようになると同時に、教育・啓蒙に対する関心も失うこととなった。すなわち、18 世紀以降の和算家には「体質変化」(儒学者との妥協と仕官、天文・測量家への転身、遊歴算家への転身など)がみられた。

- ② 和算家たちは、円周率の値を計算するに当たり、内接多角形の周の長さを計算して定量的精度を追求し、内接と外接で挟む定性的・数学的証明概念が欠如していた。そのために円周率の値 3.14…の正しいことを当時の識者(儒学者など)に説得することができなかった。

- ③ ところが、日本では「 π を内外から挟む考え方」が全くなかったのかというと、そうではない。じつは唯一、関西地方の和算の小会派であった宅間流の鎌田俊清がその著『宅間流円理』(1722 写)において「 π を内外から挟む考え方」によって算出していた。

- ④ そして、これは算出方法の論理性という意味において独創的であり、日本における数学的な証明概念の萌芽ともいえるものであった。しかし、これは当時の和算家には無視され、以降に継承されていない。



鎌田俊清『宅間流円理』享保七(1722)年
少数 24 位まで正しい $\rightarrow 3.141 < \pi < 3.142$

建部賢弘『綴術算経』享保七(1722)年
少数 40 位まで正しい $\rightarrow 3.141 < \pi$
 $= \sqrt{10} = 3.16\ldots?$

図 1 鎌田俊清の「円周率の算出方法」の論理性

- (5) 鎌田の『宅間流円理』(1722) が当時の和算家に無視された要因として、算出された π の値(結果的に少数 24 位まで正しい)は、同年(1722)に序のある関流の建部賢弘の『綴術算経』において算出された π の値(結果的に少数 40 位まで正しい)と比べると、定量的精度においてはとても及ばなかったことが考えられる。
- (6) そして宅間流の和算家、鎌田俊清の業績が当時の和算家たちに認められず、その後に継承されなかった一連の経緯は、家元制度的な秘密主義と、そして権威主義とが在野の独創性を無視し、結果的には「和算」の限界を端的に示す事例の一つともいえると考えられる次第である。

2. 享保改革における「江戸の町の上水道」廃止の事情

次に、江戸時代前期の「発展の時期」に、江戸の町作りの一環として、給水の必要から行われたのが〔表 9〕のような大規模土木工事である。そして、江戸の町には人が集まり、江戸の町は急速に発展した。じつは、神田上水の建設の頃の江戸の町の人口は約 15 万人ほどであったのが、享保年間には 100 万人超となったので

表9 江戸の町の「上水道」

神田上水（小石川上水：1590）、
玉川上水（1654）およびその分水、
亀有上水（1659）、青山上水（1660）、
三田上水（1664）、千川上水（1696）

ある。（「東京都水道歴史館」調べ）

ところが、享保七（1722）年には、江戸の庶民の生活用水であった玉川上水の4つの分水、すなわち亀有上水（1659）、青山上水（1660）、三田上水（1664）、千川上水（1696）が一斉に廃止された。

何故であろうか。じつは、享保改革の一環として、徳川吉宗の侍講（専属講師）であった儒学者・室鳩巢が「火災防止策」として四つの上水を廃止するように建議したからである。すなわち、江戸の町に多く発生した「火災の原因は地下に水脈（上水道）があるからだ」というのである。

原子論が常識になっている現代からすれば、火災の原因を「江戸の町の地下を上水道が巡っている」ことのせいにするのは理解できないであろう。しかし、儒学における自然観である陰陽五行説に基づいて、「陰陽（気）＋五行（質）」によって世界（万物）が生成されていると解釈すると、「水は火を呼ぶ」などと理解したためであろうか。諸説がある。じつは、享保改革以降、儒学は幕末に至るまで「江戸の常識」となるのである。

これをみると、自然の解釈に関する「科学思想」についても、視点の相違によっては「常識の相違」を生ずることが分かる。筆者は、江戸時代における自然の解釈を巡る「儒学的自然観」を「江戸の常識」とする役割を果たした「享保改革」の一端を紹介することによって、江戸時代における「享保改革」とは、いったい何だったのかを指摘した。

3. 江戸時代の日本における「人口」の変遷

江戸時代の日本における「人口の変遷」を『日

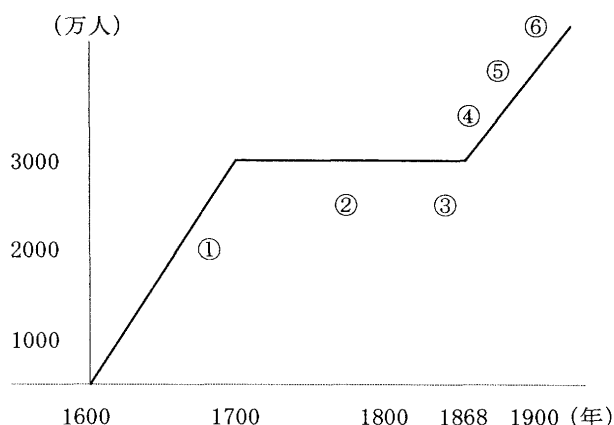


図2 江戸時代における「人口の変遷」

本長期統計総覧』（日本統計協会）に基づいて調査した結果、じつは日本の「人口の変遷」の経緯は、江戸時代の「科学の歴史」に視点をおいた場合、これと類似し、重ねることができることが判明した。〔図2〕参照。

①江戸前期、すなわち17世紀から18世紀の初頭頃までの日本科学史上での「発展の時代」には、日本の人口は約1000万人ほどから漸次増加し、18世紀初頭頃にはほぼ3倍の3000万人余りに増加している。

②ところが、江戸中期以降（18世紀以降）の日本科学史上における「停滞・退歩の時代」には、1720年頃を境に人口は停滞し、幕末に至るまで3000万人余りのまま変化していない。

③そして幕末における「儒学への挑戦（蘭学）」に始まる「試行錯誤の時代」を経て、④明治初期（1868～1877頃）の西洋科学の受容の時期における「直訳・模倣の時代」から人口は増加し始める。そして⑤明治中期（1878～1888頃）の西洋科学の「理解の時代」を経て、

⑥明治末期（20世紀）以降には、世界に先駆けた物理学者が出現する「創造の時代」を迎えたのである。そして、日本の人口は急増して、1億人規模となって行くのである。

すなわち、①～⑥の過程を経て、20世紀以降には長岡、仁科、阪田、湯川、朝永など世界に先駆けた物理学者の出現の時代を迎えたわけで

ある。ちなみに「直訳・模倣の時代」から「創造の時代」までは、なんと 30 年余りの経緯であり「模倣は創造の原点」ともいえる日本科学史の特質である。

江戸時代だけではなく、例えば昭和の時代をみても 10 年代頃、20 年代頃、30 年代頃など、その特徴は時期によって大きな違いがある。また視点の違い、例えば芸能の歴史、政治の歴史、文学の歴史、技術の歴史などの違いによっても、時代区分の仕方やその特徴も変わってくると思う。しかし、こと「日本科学史」に視点をおいた場合には、人口の変遷の経緯と類似し、重ねることができることが分かった。

4. 江戸時代における「小判の改鋳と品位」の変遷

以上、一連の調査・研究の結論を裏付ける興味深い事例を更にもう一つ紹介することとする。

じつは、江戸時代には度重なる貨幣の改鋳が行われた。そこで、江戸時代における「小判の改鋳と品位の変遷」を示す資料を紹介すると〔表 10〕のようである。（日本銀行金融研究所「貨幣博物館」調べ）

表 10 小判の改鋳と品位の変遷

(名称)	(改鋳年)	(重量:匁)	(品位:%)	(金含有量:%)
慶長小判	慶長六 (1601) 年	17.9	86.4~86.8	15.0~15.5
元禄小判	元禄八 (1695) 年	17.9	57. 4	10.2
宝永 (乾字小判)	宝永七 (1710) 年	9.4	84. 3	7.9
正徳 (武蔵小判)	正徳四 (1714) 年	17.9	84. 3	15.0
享保小判	正徳五 (1715) 年	17.9	86. 8	15.6
元文 (真文小判)	元文元 (1796) 年	13.1	65. 7	8.6
文政 (草文小判)	文政二 (1819) 年	13.1	56. 4	7.4
天保 (保字小判)	天保八 (1837) 年	11.3	56. 8	6.4
安政 (正字小判)	安政六 (1859) 年	9.0	56. 8	5.1
万延小判	万延元 (1860) 年	3.3	56. 8	1.9

〔表 10〕をみると、江戸時代における幕府財政の変遷の経緯が端的に示されていると思われる。すなわち、徳川幕府は開幕以来 90 年ほど経過し、次第に底をついてきた幕府財政を元禄～宝永にかけて金の含有量を減らした小判を改鋳し、貨幣量を増やし、その改鋳差益によって幕府財政の建て直しをはかった。しかし、その結

果インフレが発生し、庶民の生活が困窮することとなった。

そこで幕府は、貨幣の品位・量目とも慶長小判と同じ正徳小判および享保小判を改鋳した。しかし、この頃の日本では金の埋蔵量は底をついており、しかも金の海外への流失によって金が不足していたため、この改鋳と享保改革に伴う「ご新規法度（贅沢禁止）」の結果、今度は貨幣量が大幅に減少し、通貨不足が深刻な経済問題となった。すなわち、経済活動が停滞すると共に物価は著しく下落し、とりわけ米価の下落は農民の生活に深刻な影響を及ぼした。

そこで、元文年間以降、再び金・銀貨の品位を落として、貨幣量を維持するために、改鋳を繰り返すこととなったのである。すなわち、江戸時代の経済を貨幣の流通面から支えることにしたわけである。

そして、巨額の改鋳差益によって幕府の財政赤字を補填したのである。これをみると 1730 年代以降、幕末に向かってどんどん財政破綻していった様子をはっきりと伺える。ここでも、江戸時代における「享保改革」とは、いったい何だったのかを指摘した。

5. 享保改革における「禁書と出版統制」の制度化と「仲間」組織

最近、筆者は古代ギリシャ（BC. 7～2 世紀頃）の文化遺跡（ギリシャ、南イタリア、トルコの地中海・エーゲ海沿岸）を探訪し、人類の歴史上において「思考文化の伝承手段」として欠かせないのが「文字」文化と「紙と印刷術」であったことを改めて実感する機会を得た。そして、当時の権力者にとって不都合な文化の伝承をはばみ「権力の安泰」を謀るための施策が「禁書と出版統制」であることを確認した。

従来の日本科学史上では、享保改革（1720 年頃）の一環として「漢訳西洋科学書（以下、漢文科学書という）」の「禁書が緩和された」という評価が定説となり、ほとんど疑われていないように思われるが、本当に「禁書は緩和された」

のであろうか。筆者には疑問に思われた。

これまで、筆者が行なってきた「江戸時代における個々の科学概念の認識」の状況に関する調査・研究において、17～18世紀の日本に中国から舶来したといわれる「漢文科学書」の影響が、あまりにも「日本の書物」に現れていないことが判明したからである。

とかく自国の歴史に関しては、民族主義的な見解や地域・近隣の人への配慮から「常識」が定着しがちである。特に、2次文献（権威的な）を精読・学習する「知識人」には「常識が形成され易い」ので、研究者による新しい見解（常識への挑戦）を軽視・否定しがちである。

日本科学史上には、戦後（1945年以降）に「見直し」されていない事柄が未だに多いと思う。そして、その中でも特に、筆者は日本科学史上の「享保改革における禁書緩和」という通説の「見直し」を試みたので、その結果を紹介する。

じつは調査の結果、寛永七（1630）年に始まり貞享二（1685）年までに特定された「南京船持渡唐本国禁耶蘇書」の「目録（38種）」は、宝暦三（1753）年版の『禁書類編』においても、また明和八（1771）年版の『禁書目録』においても改訂されていないことが判明した。（図3）

そして、その目録38種の中には、いわゆる「漢文科学書」といえる書物が16種類も記載されている。例えば、スイスのイエズス会士中国名、鄧玉函（J.Terrenz：1576～1630）と中国人の王徴との共著書である『遠西奇器図説』（1627）という本は、アルキメデスの「浮力の原理」や「てこの原理」の解説書であるが、この本も『禁書目録』に掲載されている。

じつは、このJ.Terrenz（鄧玉函）という人は、イタリアで結成された科学者の団体（学会）「アカデミア・ディ・リンチェイ」の7番目の会員だった人である。

調査の結果、貞享二（1685）年以降に指定された「南京船持渡唐本国禁耶蘇書」の中の一部（改暦と殖産興業に役立つもの）が長崎で焼却処分にならず、幕府の書庫「紅葉山文庫」に蔵書さ

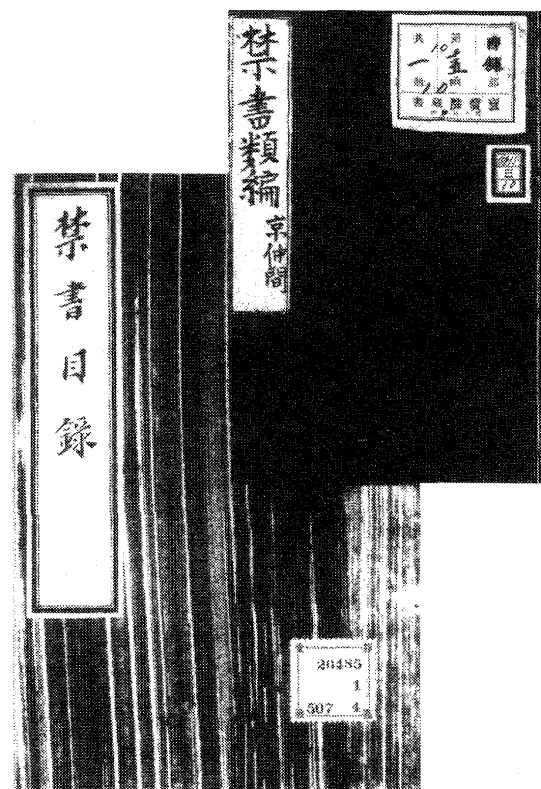


図3 江戸時代の「禁書目録」

れ、幕府要人（中根元圭など）だけは閲覧できるようになったというのが「禁書緩和」の実状であることが判明した。一般の庶民や学者たちに禁書が緩和されたわけではなかったのである。

そして、江戸時代の「禁書目録」は、書物屋仲間によって自主的に作成されたものとはいえ、享保改革における「仲間制度（連帯責任体制）」の導入の中にあって、庶民教化政策に過剰反応して編纂され、作成されて「仲間」内に流布されたものであって、軽視することはできないことが判明した。すなわち、17～18世紀の漢文科学書の「日本の書物への影響を閉ざした」ものであることが判明した。

ところで、建前「禁書」であっても、実際にはその気になれば例外的な個人は読むことが出来たと思うかもしれない。また、幕府御用の特別な学者は幕府の書庫（紅葉山文庫）の中では「禁書」に指定された漢文科学書の一部は閲覧することができたかもしれない。しかし、建前が「禁書」であれば、その内容を「書物」として公開することも伝承することもできないであ

ろう。

じつは、科学知識は「書物によって伝承される」ものなので、例外的な個人が理解していたとしても「書物」による伝承がなければ、日本の文化とはならないわけである。

例えば、筆者の調査によると、例外的に中根元圭は「浮力の原理」を、そしてその息子の中根彦循は「てこの原理」を、また宅間流の鎌田俊清は「円周率の算出方法を巡る数学的証明の概念」を理解していたことが判明した。しかし、それはその後の「日本の書物」には伝承されておらず、日本の文化とはなっていない。

また、科学知識は宗教と直接関係ないと思われるかもしれない。しかし、漢文科学書が「禁書」の対象となった理由は、キリスト教の布教と深く関わっていたのである。

じつは、イエズス会宣教師たちは「自然は神の創造であり、自然に潜む巧みさは神の存在証明である」とし、神の御業を紹介する意味において、自然科学の知識を紹介したからである。

そして、書物の検閲が幕府直裁となり、改めて「御禁書中御免書目録（18 種）」が発表されたのは、天保十二(1841)年のことである。しかし、じつはこれも大幅に解禁されたわけではない。すなわち、幕末に至るまで「キリシタン禁制」には変わりがなく、警戒を緩めたわけではなかったのである。

そして、結果的に 17～18 世紀の「日本の書物」には、中国に入ったイエズス会士が関わって著された 17～18 世紀の「漢文科学書」の影響は現れなかったのである。

そして日本では、19 世紀以降になって、プロテスタント宣教師が関わって著された漢文科学書と蘭学書によって、はじめて西欧近代科学の受容が開始されるのである。

以上、筆者は享保改革の一環として行われたといわれる「禁書緩和？」の実状と、日本科学史上の誤解を指摘した。

おわりに（総括）

本稿の第 1 部では「江戸時代の日本における「密度」の概念の変遷」と題して、近代科学の基礎ともなったといえる「アルキメデスの科学」の中の、特に近代的な物質観の基礎を与えたといえる「浮力の原理と密度・比重の概念」の認識の状況を江戸時代全期にわたり悉皆的に調査・研究した結果を『計量史研究』(No.34、2008 年)への報告の続報として紹介した。

そして、その他筆者が今までに行ってきた調査・研究である「てこの原理とモーメントの概念」に関する認識の状況、および円周率の算出方法を巡る「数学的証明の概念」の江戸時代における認識の状況、そして「円周率の値」の変遷の経緯などの結果をも総括した結論として、じつは江戸時代の前期(17 世紀)には「近代科学の萌芽」ともいえる概念が存在したこと、すなわち江戸時代の前期は、科学史的には「発展の時代」であることが分ったのである。

ところが、密度の概念を含む、それらの概念に関する認識は、その後江戸時代の中期以降(18 世紀以降)になって挫折し、停滞・退歩していたことが判明した。そして、その分岐点はおおよそ 1720 年頃、すなわち享保改革の頃と推定された。

そこで第 2 部は「享保改革の頃に科学的に不連続となった原因の特徴的事例」と題して、享保改革の頃における出来事の事例を 5 事例ほど紹介した。すなわち、

1. 「円周率」の値とその算出方法
2. 享保改革における「江戸の町の上水道」廃止の事情
3. 江戸時代における「人口」の変遷
4. 江戸時代における「小判の改鑄と品位」の変遷
5. 享保改革における「禁書と出版統制」の制度化と「仲間」組織

などについてである。ここでは、以上を総括して日本科学史上における「享保改革」の評価の「見直し」について、議論を展開した。

ちなみに、西欧において Natural Philosophy に代わる術語として、Science という術語が用いられるようになったのが 19 世紀中頃のことである。そして、日本では Science の訳語に「分科の学＝科学」が採用された。

ところが、その後に「分科された科学研究」は、単独では結論を誤解する恐れのあることが分り、分科された研究を総括するための「プロジェクト研究」の必要が提唱されるようになった。すなわち、分野の異なる科学（分科の学）の総合化の必要である。

本稿では、あえて分野の異なる論文を総括した結果を紹介することとしたが、これが「日本科学史」に関する「研究プロジェクト」の発足の必要を示唆することとなることを期待したい。

謝辞

本稿は、2009 年度の「日本計量史学会年会」（東京・主婦会館）における研究発表に基づくものであり、本稿の投稿を勧めてくださった『計量史研究』の編集担当の沢辺雅二理事と黒須茂理事にはご配慮を頂き感謝します。また、最後

になり恐縮ですが、Abstract（英訳）は当学会の編集委員の方が作成してくれました。記して感謝申し上げる次第です。

参考文献

本稿は、今までの調査・研究に基づく新知見を分り易く紹介することを意図した「総説」である。そこで、注と引用文献はできるだけ本文中に記載することとした。従って、本稿の内容の詳細や関連記事、そして本文中で引用した文献以外の文献や調査資料、およびその所在を確認される場合には、以下の文献を参照して下さい。

- 1) 中村邦光、板倉聖宣：日本における近代科学の形成過程、多賀出版（2001 年）
- 2) 中村邦光：計量史料の現地現物調査のための沖縄紀行、計量史通信、No.56（2005 年）
- 3) 中村邦光：江戸科学史話、創風社（2007 年）
- 4) 中村邦光：世界科学史話、創風社（2008 年）
- 5) 中村邦光：江戸時代の日本における〈密度〉の概念、計量史研究、30-1（通 34）（2008 年）、29～37 頁