

基調講演

「和算と土木技術」

東北大学附属図書館工学分館 米澤 誠

東北大学附属図書館の米澤と申します。先ほど後藤先生の紹介にありましたように、東北大学図書館は、日本一多くの和算書を所蔵しています。全体で2万冊に及ぶ江戸期の和算関係資料を持っておりますが、私はこれをデジタル化する仕事を担当し、その関係で今日はこのような機会を与えていただきました。

和算といいますと、従来は数学的な面だけで語られていた所がありますが、実は江戸時代の科学技術の基礎となっていた知識でありました。今回は土木技術と絡めて、和算とはどういうものだったのか、土木技術にどのように応用されたのか、あるいは近代化にどのような役割を果たしたのかという観点で話を進めて参ります。まず、和算とはどういうものであったのかというところから始めましょう。

1. 和算の多様性

和算書のひとつに『塵劫記（じんこうき）』というものがあります。江戸時代を通じてのベストセラーとして出版されてきました。現在は岩波文庫が復刻しています。この塵劫記は、江戸時代に出版された教科書的な書籍の中で、最も売れ行きがよかった資料です。江戸時代に塵劫記の名前を冠して出版された本は4~500種類あるといわれています。最初に出版されたのは1640年頃ですから、江戸時代が始まって30年ほど経ち、社会が比較的安定してきた時代に出版された書籍です。

見ていただくとお分かりのように、まず、我々が学校教育で学ぶ「九九」が冒頭に掲げられています。それから勿論、そろばんの計算方法も取り上げています。今、スライドに示したのは3で割る方法ですが、2で割る方法もあり、2進3進（にちん、さんちん）という言い方を

していました。「にっちもさっちもいかない」という言葉は、2でも3でも割り切れないということが語源で、和算の用語が現代に伝わっている一例となっています。

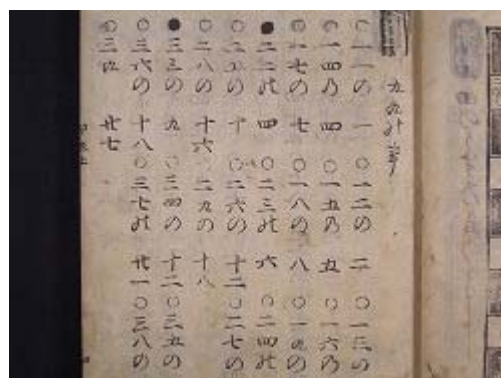


図1 『塵劫記』の九九



図2 『塵劫記』のそろばん計算

また、単なる計算だけでなく、実際の生活の中で有用な計算方法も応用問題として示しています。これは金銀の両替の問題を書いたページです。江戸時代は、金銀2種類の通貨がありましたので、その間の交換レートを計算したのがこの「換算の記」です。この他、米の売買、利息の問題など、実際の生活に即した計算問題がこの塵劫記に示されています。

さていよいよ土木との関わりが出てきます。これは堤防の容積計算になります。台形ですから、上の辺と下の辺を足して高さをかけて2で割る、あとは堤の長さを掛ければ堤防の容積が出てくるという比較的単純な問題ですが、江戸初期に既にこのような形で書籍に記録されているのです。この塵劫記には他にも土木関係、治水関係に関する記述がたくさんあります。

これは蛇籠（じゃかご）、左側は三角柱です

が、中に石を敷き詰めて川に沈めて、水を抑制する仕掛けです。こういった仕掛けの体積・容積計算も既に塵劫記に出ております。



図3 『塵劫記』の堤防計算



図4 『塵劫記』の蛇籠など

これは何かと言いますと、左の人が三角形の紙を持ち、木の高さを三角形の延長線上に合わせて、比例の計算方式で木の高さを測るといった問題です。現代の小学校の算数の教科書でも取り上げられています。非常に単純な幾何学計算の問題ですが、ひとつの測量ですね。測量への応用ということで取り上げられています。



図5 『塵劫記』の測量

それから鼠（ねずみ）算です。皆さんよくご存知だと思います。恐らく和算の問題の中では、最も人口に膾炙（かいしゃ）した問題ではない

でしょうか。正月に夫婦の鼠2匹が子どもを12匹産みます。親子で14匹になるわけで、その14匹が2月にはつがいになって、7組がまた12匹ずつ子どもを産む、これを3月4月と続けていき、さて12月になるといった鼠は何匹になりますかという問題なのです。鼠算式に増えていくわけですが、なんと276億8257万4402匹になるのですよ。実際の生活には役立ちませんが、数の遊び、面白さを伝える問題として、考え出されたものではないでしょうか。



図6 『塵劫記』の鼠算

この種の問題は、世界で初めてこの塵劫記で世に出たのです。鼠算の他にも鶴亀算ですとか、枡秤（ますばかり）算など、数学遊戯と呼ばれるいろいろな数学のパズル的问题が、この塵劫記には数多く入れられています。単なる計算ばかりでなく遊び的な要素も取り入れたことにより、江戸時代を通じたベストセラーになったのではないのでしょうか。是非皆さん、復刻版を書店でお買い求めになって、見ていただければと思います。

さて、塵劫記は江戸初期に出版されましたが、その後、江戸時代には続々と和算家が生まれてそれぞれ書籍を出版します。これは、その中でも非常に面白い、円周率の計算方法を示したものです。円周率を出すときには、この例で行くと、先ず八角形にします。八角形の径と周辺の長さを計算します。これを手始めにして、どん

どん角の数を増やしていき、限りなく円に近づけ、最終的には 32,768 角形というのを計算して、径とその周りの長さを計算し、円周率はいくらと算出します。

この書籍は、村松茂清の『算俎（さんそ）』といいます。3.141592 と出ていますが、確か、小数点以下 5、6 桁まで正しい数値を計算しています。これが江戸の初期 1600 年代で、それまで円周率は 3.14 あるいは 3.16 くらいだとされていたのが、どのように計算すればそうなるかというのを示したのは、この本が世界で初めてといわれています。

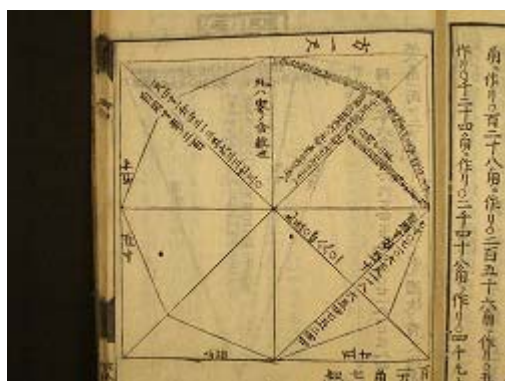


図7 『算俎』の八角形の計算

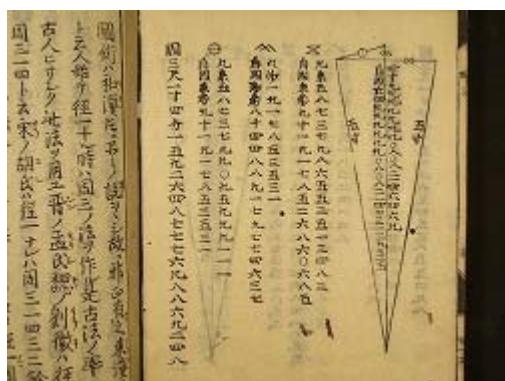


図8 『算俎』の円周率の計算

それから、もっとマニアックになってきますが、玉率、いわゆる球の容積の率を出す計算を、球を1万等分にスライスして算出した和算家もいました。この人は二本松藩の人で、藩の仕事をごなす傍らですが、この計算には3年かかったと言っているようです。1700年ぐらいに書かれた本の中にあります。

それから連立方程式、皆さんご存知の関孝和という、日本史の教科書に出てくる有名な数学者ですが、彼が日本で初めて編み出したといわ

れます。甲乙丙丁という記号を使って、今でいう XYZ に相当するのですが、こういった形で連立方程式の計算方法を、西洋数学に遅れることなく非常に早い時期に編み出しました。それから筆算なども関孝和が編み出したものです。

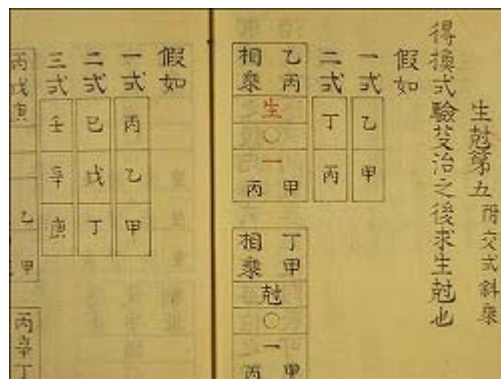


図9 関孝和の連立方程式



図10 関孝和の筆算

筆算を駆使して幾何学問題を解くということも、既に江戸の半ばぐらいには編み出されています。円を組み合わせて円の大きさはどうかと考えるものなど、こうなってくるとかなりマニアックで、ほとんど趣味の領域に入ってきますね。

江戸時代の人たちは、こういうものを考えて単に本に書き記すだけではなくて、額に仕立てて神社に奉納する「算額」という風習もありました。このあたりですと塩竈神社などに奉納して、自分の数学の研究成果を世に問うというようなこともしています。これは作られた算額を全国から集めてひとつにした本です。算額問題集全国版のようにして出版され、江戸時代に非常に売れたと言われています。

写真の算額は複製版で、2年前東北大学で展示会をしたときに、一関市の博物館からお借り

しましたものです。問題を額にして奉納する算額とは、こういう形のもののなのです。

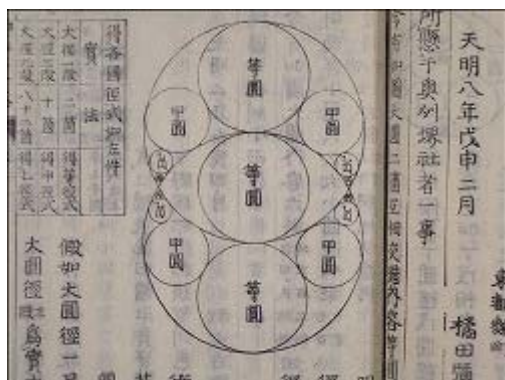


図11 算額問題集の円の問題



図12 複製版の算額

このような和算を題材としたものとしては、歴史小説家の鳴海風（なるみふう）氏が多くの小説を執筆しています。面白く読める本をいろいろ出していますので、歴史小説が好きで和算にも興味があるという方は、是非読んでみてください。

2. 和算と土木技術との関わり

これは江戸の半ば、1659 年出版の『改算記(かいさんき)』です。土木との関わりが非常に多く取り上げられています。普請（工事）に関連するもので、大八車を引いて重い石を運んでいますね。和算書の中の一部にこういった当時の普請の風景が描きだされています。「石垣組み」の橋には、下の方に木をおいて石垣の石を運ぶ風景が描かれています。江戸の半分が燃えてしまった明暦の大火がありましたが、その直後に出版された本ですから、江戸の町の再興のために使われた普請の技術や風景を描いたと考えられます。



図13 『改算記』の大八車

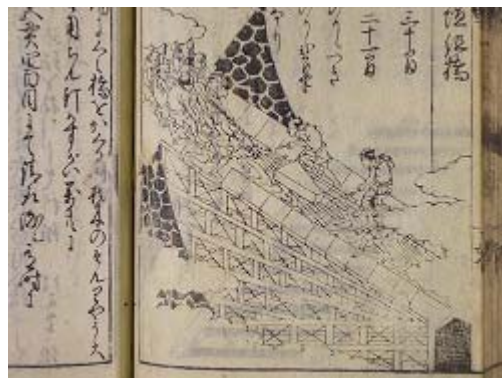


図14 『改算記』の石垣組み

『算法勿憚改（ぶったんかい）』には水盛り器、いわゆる水準器が描かれています。土地の高低を測る器具ですね。木の枠の中に水を張っておいて、その傾きを見て土地の高低を測るのです。社会が安定して各藩では治水事業や新田開発などを行っていきますが、和算家が書き記したこのような土木、治水の技術を駆使したのです。例えば紀州藩の治水に功績のあった大畑才蔵は、やはりこういった水準器を利用して、川からうまく水を持ってきて、広い土地に行き渡らせて新田開発を行ったという記録が残っています。治水をする中でも、和算の計算・測量技術が非常に重要であると記されています。

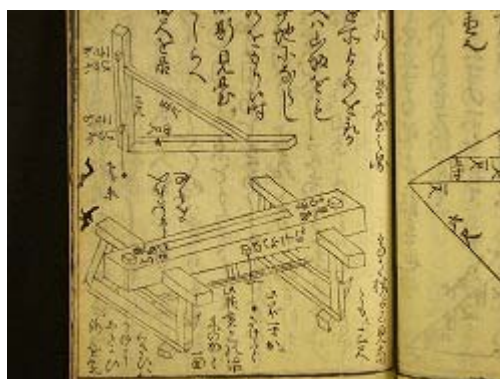


図15 『算法勿憚改』の水盛り器

和算家達がそういった技術を継承していく一方で、江戸の初期にはかなり西洋技術が入ってきています。江戸時代は「鎖国、鎖国」といいますが、実は西洋の技術が全く入っていなかったかという、そうではないのです。そして鎖国をしてからも、例の長崎出島を通じて西洋の知識は着実に、特に幕府経由で入ってきていたのです。

西洋流規矩（きく）術といいますが、江戸初期からオランダの技術者を通じて入ってきた測量術がありました。現在の平板測量と同じ原理の量盤（けんばん＝見盤）術を使って測量を行っていました。コンパスはその当時からコンパス（渾発、根発）といい、木の高さや距離を測っていました。江戸時代から使われていたということに驚きますね。これは先ほどの量盤という平らな板で測量する仕方を書いています。各地点の角度と距離を測って、その先の地点までの距離を測ったりします。

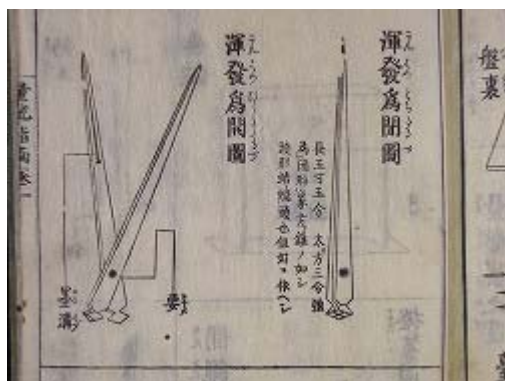


図 16 渾発



図 17 量盤を使った測量法

これは描いた絵図を小さくする「縮図の法」という技術です。江戸時代に 4～5 回、幕府の命令によって各藩で国絵図をつくるのですが、

和算家達が登用されて測量を行い作製しました。最終的に絵を描くのは絵師ですが、測量については和算家が登用されて働いたという記録が残っています。



図 18 縮図の法

では次に川の技術を見てみましょう。享保の改革の時代の徳川吉宗、彼は紀州藩でいろいろな治水の技術を兼任していました。将軍として江戸に出ると、早速普請役という新しい役職を作り、関東近辺を中心とした治水工事をやり始めます。そのときに活躍したのが、やはり紀州で測量や治水を行っていた技術者集団でした。

普請役が設置されて、その治水技術が描き残されています。これは「地獄杵」、どうして地獄なのかはよくわかりませんが、石を敷き詰めるものです。実際にこういった技術を使う場合には、やはり計算をする技術が重要になります。どれぐらいの石、どれぐらいの人足（労働者）が必要か、どれぐらいの工程でやれるかというのは、やはり幕府の役人であれば、当然知らなくてはいけない技術なのです。この普請役の中から和算家が現れ、逆に和算のできる人が普請役に登用されるというような時代でした。



図 19 地獄杵

これは「大聖牛」です。牛のような形をしているからでしょう。牛とか杵（わく）というような治水を行う道具が描かれています。木杵をつくり、石をいっぱい入れた蛇籠を敷き詰めて、水の勢いを止めるといったものです。川の中に設置しています。ご覧になってお分かりの通り、出版された本ではなく、全部写本と呼ばれるもので、普請の役職に付いた役人たちが代々手書きで書き継いで、自分たちの知識として蓄えてきたものなのです。

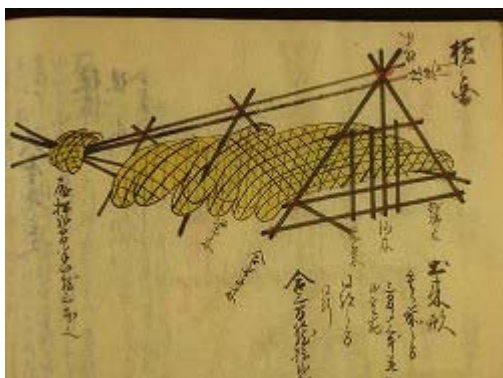


図 20 大聖牛



図 21 杵の設置図

これは農水樋口の設置方法、川から用水を持つていく方法が、図と文章で書き記されています。それから治水の修復図ですね。決壊した部分を埋めるのにどれぐらい俵や土が必要か、作業には何日かかるか、といった記録を残しています。こういった知識が継承されて、世襲やあるいは役所の記録として語り継がれていったということが、これらの資料で分かります。こういった記録を行うことも普請役の仕事だったわけです。



図 22 樋口の設置

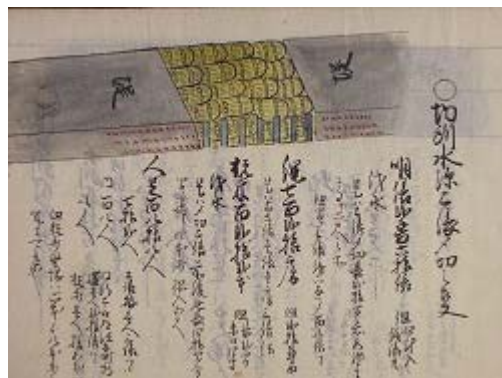


図 23 堤の修復

江戸時代に書き留められてきたこれらの治水技術は、明治時代になっても政府の出版物として刊行されていました。江戸時代に蓄積されてきた治水技術は、明治に入ってから急になくなったわけではなく、明治の初期にはやはり必要とされたので、こういった出版物が出されたのだろーと思います。非常に面白いですね。「大聖牛の図」ということで、造り方、造るために必要な木や石の計算方法まで、きちんと書かれているのです。

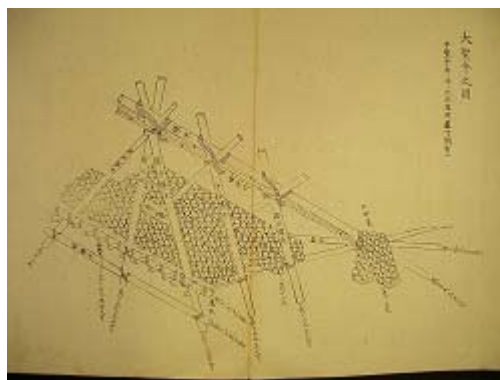


図 24 明治期の土木技術書の大聖牛

いままでは、写本を見ていただきましたが、これは江戸後期に出版された本です。江戸の後期になってくると、地方行政のために必要な知

識を集めた地方書（じかたしょ）が出版されます。土木治水、検地や測量、年貢の取り立て方とか、非常に範囲の広いものを扱っています。これらの地方書を書いたのは、やはり和算家でした。現代でも同じような原理の器具がありますが、「江戸のアリダード」です。こういったものも、江戸の後期には考案されて図面として残されています。これは、いろいろな測量器具が載せられたカタログで、今に伝わっているものもあります。



図 25 江戸のアリダード

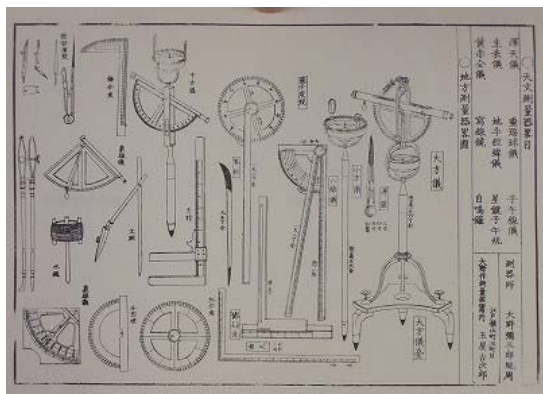


図 26 測量器具一覽

測量といえば伊能忠敬ですので、少し紹介いたします。伊能は江戸時代後期の測量士で、もちろん和算も使ったわけですが、彼が使った技術は非常に原始的でした。先ず距離を測り、測るポイントと次のポイントまでの角度を測ります。これを延々と繰り返していきます。街道沿いや海岸沿いに行い、日本国全体の沿岸地図を描きました。距離と角度を測り、地図化したのですね。

伊能は、現場では距離と角度だけを書き記し、江戸に帰ってから地図を描きました。この時、

距離と角度だけでは、どうしても誤差が生じるので、彼は夜になると天体観測をします。それで、その場所の緯度をきちんと測っていた。そのために「伊能図」は非常に正確になったといわれます。仙台のところに赤い星印が描いてありますが、仙台で天体観測をしたという印です。天体観測を行うときには、象限儀というような観測器具を使って星の位置を調べて緯度を割り出していたのです。

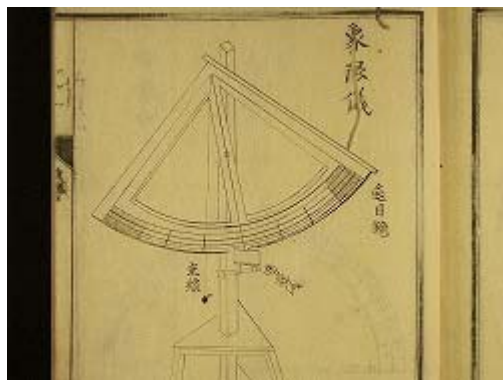


図 27 象限儀

以上、駆け足でしたが、和算というものが、江戸時代の土木技術に非常に関係が深く、それを支えてきたという話をしました。

3. 和算は近代化に貢献したか

残念ながら和算は、江戸時代から明治時代に移り変わり、「西洋技術を取り入れる」という一連の活動の中で、西洋数学「洋算」に取って代わられます。国家的政策で和算から洋算へ切り替えるのですが、その切り替えがうまくいって、現在に至っているということを忘れてはならないのです。

西洋の科学技術を取り入れるためには、西洋数学の理解が必須でしたから、政府は明治5年に学制を制定して、「学校教育には、和算ではなく洋算を用いる」というお触れを出しました。それ以降、西洋数学も徐々に取り入れられ、明治以降の科学技術が進歩したとも思われますが、一方で、西洋の科学技術が定着するまでの江戸時代の科学技術に、和算はなくてはならないものであったということを図 28 に提示してみました。

さて、ここでひとつ指摘しておきたいのは、実は、江戸の科学技術から西洋の科学技術への切り替えは、突然、全面的に移行したわけではないということです。一例として土木技術を見てきましたが、いきなり切り替わったのではないということを入念に入れていただきたいと思います。同じように和算から洋算への切り替えも、明治5年の学制制定から急に切り替わったわけではなく、移行期があったということをこれからお話してみたいと思います。

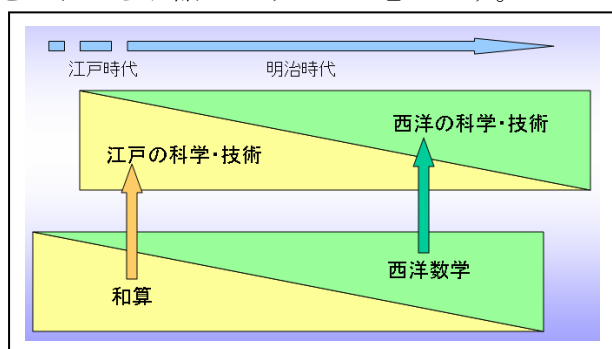


図 28 江戸から明治への移行

まず、「和算は近代化に貢献したか」ということでお話しておきたいのは、西洋数学というものは、明治以降にいきなり入ってきたわけではありません。さっき吉宗の話をしてきましたが、享保の時代、1700年代の初頭には既に、オランダを通じて西洋数学が入ってきております。吉宗はもちろんキリスト教は禁止しましたが、宗教色の無い天文学や数学などの書籍については許容範囲を広く取る決断をしました。そのとき既に、西洋数学の技術のひとつである三角法図だとか対数表は江戸の和算家たちに知られていて、和算家たちもそれらを理解して書籍に残したりしています。



図 29 三角法

幕末になりますと、外国の船が日本に押しかけてきて、風雲急を告げるのですが、そのとき、船までの距離を測る技術は既に明らかにしています。これも和算家が書いた本です。西洋の数字やアルファベットも、既に江戸時代に知られていました。

私もこの手の事をいろいろ調べ始めて、いきあたったのは長崎海軍伝習所です。江戸末期に設置され幕府が主導となって西洋学問の導入を図っていました。ここでは当然、西洋数学も重要になっていますが、かなり実利的な測量技術、海を渡るための航海術、操船術なども学ばれていました。

その伝習所の第一期生として小野友五郎がいます。笠間藩の下級武士の出身でしたが、早くから和算を学び非常に良く通じていて、江戸の数学道場でもかなりの頭角を現した人物です。あまりにも計算能力が優れていたもので、とんとん拍子に笠間藩から幕府の勘定方に登用されます。その後、海軍伝習所で西洋流の数学や測量術を学んでいます。

小野は、咸臨丸がアメリカに渡航したときの航海士でした。船の位置が今どこで、あと何キロでサンフランシスコに到着するという計算を、多分、日本人として初めて行ったのではないのでしょうか。そのときの艦長が勝麟太郎で、船酔いしたのかどうか、ずっと船室にこもりっきりで何もできなかったそうですが、小野友五郎は毎日天体観測をして正確な航路を測っていたといわれています。この非常に面白い話を、鳴海風氏が小説に書いていますので、興味のある方は是非お読みください。

風雲急を告げる幕末、小野に代表されるような計算能力に優れた和算家たちが、幕府の重要な役職を務めて、うまく明治期への導きをしたのではないのでしょうか。西洋科学は明治政府だけが導入したのではなく、徳川幕府も既に江戸時代にかんりの技術を導入していて、明治期の進展の礎を造っていたということ、我々は忘れていけません。

和算家たちは明治期に入ってから、西洋数学の導入に非常に功績がありました。西洋数学の入門書を書いたのも和算家です。勿論あとになると、洋算を初めから習った人たちが教科書を書いたりするのですが、明治時代の初めには、和算家たちが西洋数学をいち早く理解して教科書を書いたり、教えたりしていたという記録が残っています。

明治 10 年には、西洋数学教育を普及させるために、「東京数学会社」という名の、現在という学会が結成されます。この中には和算家たちも当然入っておりますし、先ほどの長崎海軍伝習所や、或いは、徳川家が沼津につくった兵学校の出身者が軒並み名前を連ねて、明治初年度の数学の振興に非常に力があつたとされています。



図 30 和算家が著した西洋数学入門書

明治に入ってから児島湾の干拓がありました。明治 20 年ごろから話が始まるのですが、これは明治 40 年の記録です。図面の中で上水道を引く測量設計をする平松という技師がいました。洋算も勿論できましたが、和算に優れた技術者です。和算家が実は明治政府の中でも技術者として働いていたという一例です。又、野蒜築港の直後に安積疏水の工事がありましたが、そこでも和算家たちがかなり活躍したということが、いろいろな研究で分かっています。

4. エピローグ：幕末の和算家、熱海又治

さて、最後になりますが、地元の和算家の話をいたします。「熱海又治」という方は幕末か

ら明治にかけて生きておられた和算家です。和算のことをやり始めてからですが、後藤先生に、野蒜にも和算書が沢山残っていると初めて教えていただき、熱海家におじゃまして写真を撮らせていただきました。このように、熱海家には、まだ 200 冊程度の和算書が残っていました。



図 31 熱海家の和算書

私もできる限りのことを調べましたが、熱海又治氏はこんな経歴の持ち主です。文化 12 (1815) 年、地元の牛網で生まれています。それまでもいろいろと学問をなさっていたので、30 歳ぐらいになってから、一関の和算家千葉胤道の数学道場に入門して本格的に和算を学びます。一関は非常に和算が盛んで、今でも和算の勉強会などあるのですが、特に有名な和算家が千葉家です。関孝和から連綿と続く弟子の中で八代目に当たる方が千葉胤道です。熱海さんはそちらで関流の和算を学んで帰ってきたのでしょうか。1861 年には塩竈神社に算額を奉納したという記録が残っています。

そのような活動をしていて幕末・維新を迎えますが、明治 5 年に学制が發布されて翌年から全国各地に小学校・中学校が設置されます。その明治 6 年に浜市小学校の算術教員として採用されました。このとき数え年で 59 歳です。そんなお年で、私も最初はびっくりしましたが、記録を調べてみると、小学校を全国につくるとき、例えば宮城県でも 260~270 の小学校を作らなければいけなかったわけですね、そのときに西洋式数学を教えられる先生がいたでしょうか、いませんね。宮城県でも一生懸命教員を確保しようとして、最後には、西洋数学でな

くてもよいから計算を教えられる人というお触れを出しました。

それで、各小学校に採用された教員の名前を調べていたところ、熱海氏のお名前もありました。まだ実証はしていませんが、おそらく9割方は和算家、もしくは和算をよく分かっていた人たちが小学校教員として採用されたのではないだろうかと考えています。西洋数学だけではなく、和算の教え方も織り交ぜながら、若い人たちを教育していったということが窺い知れます。

明治になってから西洋数学を学んで、明治の近代化がうまくいったというわけではなく、和算と呼ばれるものも、ある程度仲介にして近代化や近代教育が進んでいったということが、この面から言えるのではないのでしょうか。

さて、そうやって数学の教員をしていたところ、皆さんご存知のように、明治9年に大久保利通が石巻地方に港を造ることに決め、明治10年9月にファン・ドールンが調査にやってきます。そして明治11年6月から野蒜築港が始まるわけですが、残念ながら熱海又治氏は、その直前3月にお亡くなりになりました。明治9年から11年、お亡くなりになるまでの間、近代化が進んでいく様子を目の当たりにしていたのではないのでしょうか。地元の和算家として、どのように野蒜築港事業を見ていらしたのかと、非常に想像力をかきたてられます。

最後にもう一度述べさせていただきます。明治以降、画期的、革新的に数学や科学技術が進歩したわけではないのです。江戸時代250年もの間、ずっと続いてきた和算、それを知っている人たちがいたからこそ、明治以降の急速な近代化がなしえたということは間違いのないと思います。さっき言った小学校の教育もそうですし、もうひとつの例としては、地租改正についても和算家たちが測量に携わっています。そういうことも含めて、明治時代、江戸時代というものを評価しなくてはいけないのではないのでしょうか。

語り継ぐだけでは、なかなか残らない歴史や文化があります。私は、こういった古い資料や古文書に接するにつけて、各地域の文化は形あるものとして記録し、残して行くことが非常に重要であると考えます。それが将来の歴史研究、あるいは、子どもたちの教育、育成につながるのではないのでしょうか。

このような場で我々が次の若い人たちに伝えるための情報を、語り継いでいかなければいけない、書き残していかなければいけないと思う今日この頃です。以上で講話を終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。