

明治の水路部の験潮

佐藤 敏：環境調査課

Activities on Tides at Hydrographic Department in Meiji Era

Satoshi SATO : Environmental and Oceanographic Division

Abstract

At the end of 19th Century, Japan Hydrographic Department adopted Indian Spring Low Water as the chart datum of Japanese charts. The reason why it was adopted was that the chart datum was able to be determined by the short term tidal observation. It was not examined whether the Indian Spring Low Water is suitable for Japanese chart datum or not, because Japan Hydrographic Department did not have enough knowledge on the tides in those days.

1 正しく伝えられていない験潮の歴史

昭和 49 年に刊行された当時の水路部長の著作「海の地図（川上喜代四，1974）」に，水路部創設当初の験潮に関し，以下の記述がある．

潮汐に関する知識が明らかになったのは 1881 年（明治 14 年）肝付兼行の「検潮（ママ）心得」が発表されてからであり，調和分解によって略最低低潮面を求める今日の方法は，師であったイギリスでもまだ考えられていなかった．

「験潮心得（海軍水路局，1881 a）」が肝付のオリジナルの著作のように思える一文となっているが，実はこの文は昭和 27 年（1952 年）に刊行された「水路部八十年の歴史（水路部創設八十周年記念事業後援会，1952）」にある以下の潮汐観測の記事を基にした記述のようで，英書からの翻訳であることが省略されてしまっている．水路部創設八十周年記念事業後援会（1952）の潮汐観測の記事は次の文章から始まっている．

水路部創業当初から，柳大佐は験潮について苦

心されたが，明治十四年に肝付大尉がはじめて英書によって「験潮心得」を編集し，その端緒をひらいたのである．この時までは小潮升と小潮差とを混合（ママ）してその区別もしらなかつたが，この書物によってはじめて潮に関する朔望高潮，大小潮升，小潮差，潮令，月令，日潮不等，週潮不同などの区別を明らかにした．しかし当時は英国でさえ今日の調和分解法はなお未知の時代であった．

しかしながら，この記述も正確ではない．「験潮心得」には日潮不等や週潮不同にあたる説明はあるが，小潮升や小潮差という言葉も概念も現れない．その潮汐観測の記事は次の記述につながる．

明治四十二年二月測量課のなかに気象調査掛をおき，潮汐に関する調査を行い日本近海潮汐図と潮汐表および瀬戸内海のカーレント・ダイヤグラムを調製した．

明治 14 年から 28 年後の明治 42 年（1909 年）

に一足飛びで、未知だった調和分解はどうなったのか、調和分解によって海図の基準面を決める方法をいつどのように採用したのかといったことについての記述は一切無い。

調和分解に基づき決定されるインド大低潮面を海図の基準面に採用した経緯について、桑木野他(1994)が「採用されている規定が、わが国周辺海域の潮汐事象を反映し適正なものであるか否かの議論がなされた経緯等は見あたらない。」と指摘するように、明治期の潮汐観測とその資料解析について、関東大震災での資料焼失の影響もあり、記録があまり残されていないようである。

小論は、海洋情報部や国立国会図書館等に残されている資料から、水路部における明治期の潮汐に関連する業務の姿を再構築し、記録するものである。なお、「短期験潮」と「長期験潮」という語を以下で使用するが、短期験潮は半月又は1ヶ月程度の期間の験潮、長期験潮は1年以上あるいは常設験潮所での験潮を意味する。

2 昼間のみだった明治初期の験潮

明治41年(1908年)に編集され、大正5年(1916年)に刊行された水路部沿革史(明治2年-明治18年)(水路部, 1916)に、「明治5年正月 験潮の発端」として次のように記述されている。

東京品川湾ニ於テ四十日間験潮シ以テ其潮候時ヲ測定ス 当時験潮ノ学未タ開ケス小潮升ト小潮差トヲ混同セリ故ニ当時ハ現今ノ小潮升ヲ両弦干満差ト称シ其實質ハ大約現今ノ小潮差に似ラルモノナリ

東京湾中等潮位のもととなった霊岸島量水標の設置が明治6年(1873年)、それに先立ち民部省が利根川河口に銚子量水標を設置したのが明治5年であるので、品川湾の験潮は、日本最初の本格的験潮だと思われる。小潮升と小潮差とを混同したことを潮汐について知識が無かったことによるものとして問題にしているが、この記述を受けて

水路部創設八十周年記念事業後援会(1952)にも小潮升と小潮差との混同について記述されたものである。

前述の川上喜代四(1974)に、明治6年刊行の第9番「武蔵国東京海湾図」に関し、次のような記述がある。

記事欄に釜石の図には見られなかった「海潮時六時拾分」「晦望干満差三尺七寸」「両弦干満差一尺八寸」という潮汐に関する事項が記載されている。潮汐については長期間の観測を行って、その結果によって水深の基準面を決めることが必要であるということが理解され、1872年(明治5年)2月から40日間品川で検潮を行った。海図9番に書かれた記事はその成果であって、「海潮時六時拾分」というのは、月がこの地の子午線を通り過ぎてから高潮になるまでの時間の平均値であり、「晦望干満差三尺七寸」とあるのは、現在の大潮差すなわち朔および望後1~2日に生じるもっとも大きい潮差を意味しているように思われる。また、「両弦干満差一尺八寸」というのは現在の小潮差、すなわち上弦後および下弦後1~2日に生じる潮差を指しているようである。

水路部(1916)では旧暦で正月となっているが、こちらでは新暦で2月としている。当時の観測の詳細は伝えられていないので、晦望干満差や両弦干満差をどのように算出したかは不明であるが、大潮差が三尺七寸(約1.1m)というのはあまりにも小さな数値である。現在の潮汐調和定数を用いて当時の潮汐を推算すると大潮の頃の高潮と低潮との高さの差はほぼ2mなので、海図第9番の数値はその半分に過ぎない。

冬季の東京湾の潮汐は日潮不等が大きく1日に2度ある低潮のうち昼間の低潮に比べ、夜中の低潮のほうが大きく潮が引くという特徴を持っている。上に大潮の高潮と低潮の差を書いたが、この低潮は夜中の低潮の値を持ってきたものである。この代わりに昼間の低潮の値を用いると、大潮の高潮と低潮の差は海図第9番にある三尺七寸の値

とほぼ一致する。したがって、40日間の験潮と言っても昼間だけ験潮を行ったと理解するのが妥当であろう。水路部(1916)には小潮升と小潮差の混同を「験潮ノ学未タ開ケス」としているが、日潮不等を知らず昼間だけの験潮を行ったことこそが「験潮ノ学未タ開ケス」に当たるものである。

国立国会図書館の近代デジタルライブラリーにおいて験潮の実施された明治6年に刊行されたと思われる「大日本沿海経緯度羅針差潮候時干満差立表(海軍水路寮, 1873)」を見ることが出来る。これには、日本または外国による観測によって決定された日本各地の経緯度と潮汐に関する情報が掲載されている。潮汐に関する情報は、潮候時(朔望の高潮の時間)、大潮干満差、小潮干満差の3つの情報が掲載されている。武蔵東京については、それぞれ、五時四十五分、六尺、三尺五寸となっている。同じ明治6年でありながら異なる数値となっているのは奇妙であるが、こちらは外国による観測に基づく数値が記載されたのではないと思われる。六尺という数値は大きく潮が引いた低潮と高潮の差に近いものであるが、夏季には大きく潮が引く低潮は昼間に現れるので、夜間に験潮を行ったという証拠にはならない。

ちなみに、明治13年4月に刊行された「日本全国経緯度羅針差潮時表全表(海軍水路局, 1880)」が刊行されており、潮汐の情報として各地の潮候時、晦望干満差、両弦干満差が掲載されている。しかしながら、武蔵国東京については、潮候時、晦望干満差、両弦干満差のいずれにも数値は記入されていない。武蔵国では横浜の数値が記載されているが、それは1869年測量艦エリサベス号の調査結果として、潮候時6時、晦望干満差6.5フィート、両弦干満差4.75フィートとなっている。また、大日本海岸実測図に収録されている明治10年(1877年)刊行の海図第90号東京海湾には東京湾の潮候時、晦望干満差、両弦干満差として、五時四十一分、五尺一寸、零尺六寸とある。黎明期の験潮は甚だ混乱していたようである。

3 験潮心得

昭和46年に刊行された「日本水路史(海上保安庁水路部, 1971)」に次のように記述されている。

明治14年(1881)1月に肝付大尉は測量課長となり、12月には少佐に進級した。かねてその4月、「水路測令」を出し、5月には「水路誌編集心得・験潮心得・経線儀取扱心得」の合本を刊行し、測量士官に必須の書として下員にこれを示し、課務の整備および測量技術の向上を図ってきたので、その後の海図の体面を一新する結果となった。

この「水路誌編集心得・験潮心得・経線儀取扱心得」の合本は、現在、海洋情報資料館の陳列棚に並べられているものを含め、2冊現存することを確認している。

「験潮心得」は、1849年に英国で刊行された「Admiralty Manual of Scientific Enquiry (Admiralty, 1849)」に収められている William Whewell による「Tides」を翻訳したもので、

第一

凡ソ地上二潮ノ漲落スルハ大率太陰ノ運行ニ因スルモノナリ故ニ之カ験測ヲ施サントスルニハ宜シク其漲落ヲシテ太陰ノ運行ニ関係セシムヘシ是乃チ験潮第一ノ主要タリ

故ニ凡ソ各地ニ於テ験潮ヲ施スニハ宜シク其高潮及低潮ノ時刻ト水高トヲ測シテ其時刻ト太陰ノ本地子午線経過時トノ比較ヲ取ルヘシ
此太陰ノ子午線経過時ハ即チ航海曆其他此類ノ書ニ就キテ其表示ノ数ヨリ之ヲ知り得ヘシ

から始まる45項目の心得と、「何ノ地何ノ日ヲ問ハス本地ノ潮候時ヲ已知シテ其高潮時ヲ求ムルノ法」、「日々之不同ノ定理」、「験潮記事ノ体裁」の三つの附録、そして、大洋の潮浪の進行に関する付記から構成されている。ここで「日々之不同」は、現在の「日潮不等」である。

Admiralty (1849) は、英国海軍が、世界を航海する海軍士官が各地で自然現象の観測や風俗習慣の観察を行うための指針として刊行したもので、天文・水路・潮汐・地磁気・気象・大気・地理・統計・医事統計・人種・金石・地震・植物・地質・動物の15篇からなり、当時のそれぞれの分野の一線の研究者が執筆している。ちなみに、地質篇の執筆者は「種の起源」の Charles Darwin である。

日本では、東京地学協会の協力を得て翻訳が行われ、肝付訳の潮汐篇を含め13篇が明治21年に「学海探究之指針（海軍水路部，1888）」として刊行され、翌年3月に地質、動物の2篇が追補として刊行されている。

ところで、この「験潮心得」の内容は、潮汐の観測法とその観測結果を用いた予報方法にほとんど全ての紙面が費やされている。

「験潮心得」に示されている観測法は、高低潮の前後1時間若しくは30分間だけ、5分または10分の間隔で験潮桿により高さを読み、それをグラフにして時間と高さを読取る Graphical Interpolation という方法である。現在のように昼夜を問わず連続して観測を行い、調和分解を行うための毎時値を取得する観測ではなく、通常1日に2回ずつ生じる高低潮の時間と高さを正確に計測する方法を説明しているものである。

予報については、観測から高潮間隔、低潮間隔及びそれぞれの潮高について、大潮小潮の周期である半月周期の変動を明らかにし、これと潮齢、月齢、太陰経過時を利用して高潮時、低潮時を求めるものである。また、日潮不等への注意を促している。

「験潮心得」には大潮升、小潮升、小潮差（小潮升降差）といった単語はいずれも現れない。水路部創設八十周年記念事業後援会（1952）にある「この書物によってはじめて潮に関する朔望高潮、大小潮升、小潮差、潮令、月令、日潮不等、週潮不同などの区別を明らかにした。」という記述のうち、大小潮升、小潮差の部分については間違いである。

また、水路部創設八十周年記念事業後援会（1952）には、「しかし当時は英国でさえ今日の調和分解法はなお未知の時代であった。」とあるが、ケルビン卿が潮汐調和分解法に関する報告を英国学術振興会に行ったのは1868年（明治元年）のことであるので、これも間違いである。

「験潮心得」の意義は、昼夜を問わず験潮を行い、高低潮の時間と高さを全て欠かさず測定することを明示し、欠けることなく測定するための背景として日潮不等が存在することに注意を促したことにある。

4 小潮升と小潮差

明治23年に地学雑誌第二集第十五巻に発表された論説「潮汐一般の要義を解説して本邦潮候の実に及ぶ（肝付兼行，1889）」の中に、水路部（1916）に記載された小潮升と小潮差の混同について注意を促す次のような文がある。

大潮升とは大低潮の平均水面と大高潮の平均水面との差にして小潮升とは大低潮の平均水面と小高潮の平均水面との差なり故に大潮升を大潮の升降差と全視するは敢て不可なしと雖も小潮升を小潮升降差と人の往々誤認し易きものなるを以て特に茲に之を弁す

ここで大高潮、大低潮は、それぞれ大潮の高潮と低潮を意味し、小高潮は小潮の高潮を指す。大低潮の平均水面とは大潮平均低潮面のことであり、当時の海図の基準面を意味する（明治14年に刊行された「水路測令（海軍水路局，1881a）」は、潮高改正について「其水深ハ総テ通常ノ朔望低潮ノ平均水面ニ改正シテ之ヲ示スヘシ」としている）。大高潮の平均水面とは大潮平均高潮面を指す。したがって、大潮升は海図の基準面から大潮の平均的な高潮面までの高さとなり、小潮升は海図の基準面から小潮の平均的な高潮面までの高さを示す。大潮の場合は、低潮時に海図の基準面付近まで海面が下がるので、大潮升と大潮差（大潮升降差）に大差はないが、小潮ではそれ

ほど海面は下がらないので、小潮升と小潮差（小潮升降差）とは異なるとして注意を促しているものである。

海図の水深値に大潮升を加えたものが大潮の高潮時の水深となり、海図の水深値に小潮升を加えたものが小潮の高潮時の水深、そして、それから小潮差を引いた値が小潮の低潮時の水深となる。

英国本土の潮汐は一般に日潮不等の小さい半日周潮型なので、太陰経過時と高潮時との間隔のバラつきは小さく、一定に近い時間間隔で高低潮を繰り返す地域が多い。したがって、潮候時（朔望高潮）の情報があれば、一定の精度での高潮時の予報が可能になる。さらに、大潮升、小潮升、小潮差等の情報があれば、高低潮時の海面の高さも一定の精度で予報することが可能になる。大正9年（1920年）から10年にかけて小倉伸吉が欧米各国の水路機関等を視察した報告として大正11年に「小倉海軍技師欧米各国視察報告書（水路部、1922）」が刊行されている。既に日本では調和定数に基づく推算により潮汐表を作成していたが、当時の英国では英国内の28港に限っては未だ観測に基づく統計的手法により潮汐の推算を行っていたと報告に記されている。半日周潮型である英国本土では非調和法による予報でも一定の精度が確保されることを示している。

潮候時、大潮升等の情報を海図に記載することは、潮汐予報を行うための情報、すなわち、現在の潮汐表にあたる情報を提供していたことに相当するものであり、小潮升と小潮差を混同していたことは、海図にそれらの情報を記載する意味を当時の関係者は理解していなかったことになる。つまり、この混同は「験潮ノ学未タ開ケス」ではなく、明治初期には未だ海図に関する知識がなかったと言うべきである。

「験潮心得」刊行後の験潮成果として、明治16年（1883年）6月から10月までの8月を除く4ヶ月間の横浜港での成果が翌明治17年に水路雑誌81号（海軍水路局、1884）として刊行されている。この験潮は当時横浜港に設置されていた東海鎮守府に依頼して実施されたもので、4ヶ月間

の高低潮の時刻と高さが験潮表として記録されている。潮候時、大潮漲、小潮漲、小潮干満差が、それぞれ、五時四十五分、五尺、三尺四分三、二尺三分一と記載されている。大潮漲、小潮漲は、大潮升、小潮升だと考えられる。前述の1869年測量艦エリサベス号の調査結果よりもいずれも小さな値になっているが、この観測での大潮の1日2回の高低差のある低潮を平均した値を大潮平均低潮面とすると、大潮升、小潮升とも五尺、三尺四分三に近い値となる。「験潮心得」が刊行された直後の大潮平均低潮面はその定義（大潮におけるいくつかの低潮時の海面高の平均値）通りに計算されていたと考えられる。

5 潮候測定心得

明治32年に刊行された「潮候測定心得（水路部、1899）」は海洋情報部には現存していないが、国立国会図書館の近代デジタルライブラリーで公開されているので、その全文を閲覧することができる。

「潮候測定心得」の緒言は以下のように記載されている。

我カ水路部ニ於テ施セル潮候測定法ハ従来刊行セル験潮心得及学海探究之指針ニ示セル法ヲ取りタルカ近年一層精確ナル験潮調和分解法ノ新法出デテヨリ英米諸邦ハ皆此法ヲ取り我カ水路部モ亦旧式ヲ捨テ此新法ヲ採用スルコトニ決定セリ従フテ現行図誌ニ掲記セル潮候ハ総テ此結果ニ因ルモノナルヲ以テ茲ニ此心得ヲ刊行シ以テ後来測量ニ従事シ及図誌ヲ用フルモノノ参考ニ供スト云爾

緒言の次に、潮候測定心得要旨として調和分解法を採用した理由が記載されている。従来、測量期間中の大潮の低潮の平均を海図の基準面としてきたが、季節によって潮汐の現象は異なるため、測量期間によって水深に多少の異同が生じることが欠点であった。しかし、調和分解法は何れの季節の資料を用いても平均的な結果が出るので計算の大変さを償う十分な価値がある、ということ

採用の理由にしている。そして、「自今我力海軍図誌調製上ノ潮候ハ必ス此心得ニ依テ之ヲ驗シ之ヲ算定スルニ定ム 明治二十六年」で締めくくられている。この要旨の年号が正しければ、水路部が調和分解法を採用したのは1893年ということになる。

この種本は、Charles Darwinの息子、George H. Darwinが1886年に「Admiralty Scientific Manual (Admiralty, 1886)」に書いた「Tides」という論文である。その論文は、1907年にケンブリッジ大学出版から刊行されたG.H. Darwinの著作集「Scientific Papers」の第1巻「Oceanic Tides and Lunar Disturbance of Gravity」に4番目の論文「A General Article on the Tides」として収録されている。

ちなみに、「Scientific Papers」第1巻は海洋情報部図書館に3冊ある。1冊は大正14年(1925年)に水路部に納められたことを示す印が押されており、もう1冊には大正15年(1926年)の印がある。関東大震災後に続けて2冊購入されている。残り1冊には「故小倉伸吉博士所蔵図書 小倉家ヨリ寄贈」という印が押されている。海洋情報資料館には「小倉文庫図書目録」という冊子が保管されているが、それを見ると、天文関係の専門書洋書35冊、和書7冊、海洋及航海関係専門書洋書22冊、和書9冊等、合計約200冊の図書が小倉家から寄贈されたようである。現在は小倉文庫として一括して管理されていないため、すべての図書が残っているかどうかは不明である。

「潮候測定心得」の内容であるが、Whewellの著作の全文を翻訳した「驗潮心得」と異なり、G.H. Darwinの論文の全文の翻訳ではない。G.H. Darwinの論文は、半月あるいは1ヶ月の毎時潮高から、M2, S2, K2, K1, O1, P1の六分潮の調和定数を算出する調和分解法の説明と、その六分潮の調和定数から高低潮の時間と潮高を予報して潮汐表を作成する方法の説明の二つの部分から成るが、「潮候測定心得」に翻訳されているのは、前半の調和分解法の説明の部分のみであり、後半部の潮汐推算や潮汐表の作成に関しては

一切触れられていない。

G.H. Darwinは潮汐表の作成の説明の中で、その基準面として「Indian Spring Low Water Mark」を採用するとして、それについて、「この基準面は1887年のインド潮汐表への序文の中で定義されたもので、Indian Spring Low Water Markと呼ばれる。これは一般的な規則である平均大潮の低潮面に一致するように決めたものであるが、正確な一致というのは無理な話である。というのも、英国海軍の基準面を厳密に科学的に定義することは可能ではないからである。」と説明している。通常、Indian Spring Low Water (Mark)は、日本語ではインド大低潮面と訳されており、この大低潮は前述のように大潮の低潮を意味する。

「潮候測定心得」には海図の基準面について、次のように記述されている。

此規程ニ依テ算定シタル成績ノ内 A0ハ即チ其驗潮ニ用イタル驗潮器ノ零点ヨリ量リタル平均水準ナルヲ以テ此平均水準ヨリ H_m , H_s , H' , H_o ノ四個ヲ合シタル数ヲ減ジタル驗潮器上ノ点ヲ基本水準トナシ此水面ニ準拠シテ錘測水深ヲ改正スルモノトス

$$\text{基本水準} = A0 - (H_m + H_s + H' + H_o)$$

ここに、 H_m : M2潮の振幅、 H_s : S2潮の振幅、 H' : K1潮の振幅、 H_o : O1潮の振幅である。海図の基準面をインド大低潮面と同じものに定義しているが、本文に「インド大低潮面」という名称は現れない。

前述のように、明治14年の海軍水路局(1881a)では潮高改正について、「其水深ハ総テ通常ノ朔望低潮ノ平均水面ニ改正シテ之ヲ示スヘシ」としている。「潮候測定心得」で基本水準面の定義を変更したにもかかわらず、この規程に変化はなかったようで、大正3年に水路部が発行した「水路測量術(水路部, 1914)」には「大低潮ノ平均水面ヲ基本水準面(Datum Level)ト称シ水深ヲ示スニ用フ」と記載されている。当時の水路

部は、G.H. Darwin が論文の中で「平均大潮の低潮面と一致するように決めた」と書いていたことから、海図の基準面としてインド大低潮面を新たに採用したのではなく、従来通り、大低潮平均水面（大潮平均低潮面）が海図の基準面であると認識していたようである。対外的にも、そのように説明していたようで、インド大低潮面の本家本元であるインド測量局が発行した 1931 年の潮汐表に日本の基準面は「Mean Low Water Springs」であると記載されている。

さらに、インド大低潮面が大潮平均低潮面と一致するということは、平均水面に四分潮の振幅の和を足した高さも大潮平均高潮面に一致すると思っただけで、「潮候測定心得」には次のように記載されている。

$$\begin{aligned} \text{大潮昇} &= \chi Hm + Hs + H' + Ho \\ \text{小潮昇} &= 2 Hm + H' + Ho \\ \text{小潮昇降差} &= \chi Hm - Hs \\ \text{大高潮平均水面} &= A0 + (Hm + Hs + H' + Ho) \end{aligned}$$

「潮候測定心得」では「升」の文字には「昇」を使っている。以上の 4 つの定義は、G.H. Darwin の論文には一切登場しないもので、日本水路部独自の定義である。

上の大潮升についての定義は約 30 年後に改められている。大潮升を新たに $2(Hm + Hs) + H' + Ho$ としたことが、昭和 5 年に刊行された小倉伸吉による「航用潮汐学概論（水路部、1930）」に記されている。さらに、水路部（1930）では、海図の基準面の名称を大低潮平均水面から基本水準面（略最低低潮面）という名称に変更している。そして基本水準面に大潮升の高さを足した面を「大潮ノ平均高潮面」とし、そこから大潮差 $2(Hm + Hs)$ 下がった面を「大潮ノ平均低潮面」として「潮候測定心得」の修正を行っている。また、「潮候測定心得」において大高潮平均水面とされた面は略最高高潮面と称されている。この頃に日本の海図の基準面の英語名称も「Mean

Low Water Springs」から「Nearly Lowest Low Water」に変更されたのではないと思われるが、1931 年のインドの潮汐表には間に合わなかったようである。

大潮小潮は半日周潮によって起きる現象であるので大潮升や大潮平均高潮面を上のように定義することに疑問を感じなかったのか不思議でないが、一度決められたことを改正することは大変だったようで、「航用潮汐学概論」の 16 年前の大正 3 年に小倉伸吉は著書「潮の理（小倉伸吉、1914）」において当時の日本の大潮升が変な定義であることを次のように指摘している。

潮升を基本水準面よりの高さとしてすることあり。然るときは印度大低潮界を基本水準面とする場合には

$$\begin{aligned} \text{大潮升} &= (Hm + Hs + H' + Ho) + (Hm + Hs) \\ &= \chi Hm + Hs + H' + Ho \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{小潮升} &= (Hm + Hs + H' + Ho) + (Hm - Hs) \\ &= 2 Hm + H' + Ho \end{aligned} \quad (4)$$

我国に於ては小潮升は (4) 式によりて計算し大潮升は左式にて計算す

$$\text{大潮升} = \chi Hm + Hs + H' + Ho \quad (5)$$

之れ基本水準面より大高潮平均水面に至る高さにして略々最低潮面より最高潮面に至る高さと思ふべし

Whewell の論文と同様に G.H. Darwin の論文は、潮汐予報を行うことを目的に書かれた論文であるが、当時の水路部は潮汐予報の部分は翻訳を刊行することも無く、調和定数に基づく潮汐予報に手をつけようとはしなかった。験潮は専ら測量と海図作成のために行われ、調和定数は海図の基準面を決定するためにのみ用いられたのである。

先に示した海軍水路局（1884）の緒言に、「潮汐ノ験測ナル者ハ何ノ地タルヲ問ハス少ナクモ一週年以上ノ験測ヲ取ラサレハ其十全ヲ望ミ難シト雖モ此表タル之ヲ前表ニ比スレハ尤モ信據スベシ」とあるように、「潮候測定心得」以前には、

海図の基準面を決めるためには最低1年間の大潮の低潮時の海面の高さを測定することが必要だという認識はあったようである。しかし、この調和分解法を用いれば、最短15日の験潮を行えば基準面の決定が可能になる。これが調和分解法導入の一番の理由であった。短期間の験潮で大低潮平均水面が決定できるということで、その妥当性について特段の検討も行わず、また、調和分解と潮汐推算について十分な理解も無く、調和分解法とそれに基づく基準面の決定法が導入されたのである。

調和分解法の導入は平均水面という新たな概念を水路部に初めてもたらしたが、この平均水面の変動についての検討は時代が昭和に入って始まることになる。また、海上保安庁水路部(1971)によると、調和定数に基づく潮汐推算は気象調査掛が置かれた明治42年から手掛けられたようであるが、本格的に調和定数を使いケルビン式潮候推算器により推算が行われるのは、大正5年版の潮汐表からである。

ところで、水路部(1922)の中に、「我水路部ニ於テハ短期験潮ニモ総テ調和分解ヲ行フコトニ規定セラレタル結果、我近海ホト調和常数ノ知ラレタル場所多キ地方少シ之レ吾人ノ最モ誇トスル所ナリ」という記述がある。「潮候測定心得」により測量地での験潮について調和分解の繁雑な計算を必須としたおかげで、測量を実施する度に調和定数は整備され、日本は世界で最も密度高く潮汐調和定数が存在する地域になっていったようである。

6 海図に記載する潮汐記事

「潮候測定心得」では、海図に記載する潮汐に関する項目を「朔望高潮、大潮昇、小潮昇、小潮昇降差、基本水準(某埠頭外端ノ上縁ヨリ以下何呎分数或ハ某岩ノ上面以下何呎分数)」としている。未だメートル法は導入されていなかったもので、高さは呎(フィート)で表されている。

この海図に記載する項目について、水路部(1930)では変更を行ったとして次のように記述

している。

従来ノ潮汐表及海図ニハ潮汐常数トシテハ朔望高潮、大潮升(旧規定)、小潮升及小潮差ヲ揚ゲテアツタケレドモ、現行ノ潮汐表及新シイ版ノ海図ニハ平均高潮間隙、大潮升(新規定)、小潮升、基本水準面カラ平均水面ニ至ル迄ノ高サガ載セテアル。新規定ニ依レバ大凡次ノ関係ガ成立ツ。

$$\text{大潮差} = \lambda (\text{大潮升} - \text{平均水面ノ高サ})$$

$$\text{小潮差} = \lambda (\text{小潮升} - \text{平均水面ノ高サ})$$

大潮升の変更は前述の通りであるが、それ以外に、朔望高潮(新月、満月の太陰が子午線を経過してから高潮になるまでの時間)を平均高潮間隔に変更し、海図の基準面についても平均水面との関係を記載するように変更している。この変更により、全ての記載項目が潮汐調和定数により求められるものとなった。日本全国の主要な地点の潮汐調和定数が整備されたため変更が可能になったのであろう。

7 長期験潮

時代を遡る。明治21年(1888年)に初代水路部長である柳楢悦が水路部を去ると、直後に、観象台業務が内務省と文部省に移管され、さらに、同じ測量機関の陸地測量部が参謀本部の下にあるという理由で、海軍の測量機関である水路部も参謀本部の下に置かれることになり(但し、9年後の明治30年に海軍大臣に属する機関に戻る)、その所掌から「気象観測」という項目が消える。翌22年には、水路部から測器科が廃止され、海軍の測器の配備という所掌もなくなる。これをもって水路部は測量と図誌の編纂、そして、現在の水路通報に関する業務だけを行うようになる。

水路部の測器科に代わって、鎮守府に測器主管が置かれ、海軍の測器の管理は鎮守府が担当することになる。測器主管は測器の準備供給のみならず、気象観測も所掌することになる。明治26年(1893年)に測器主管は測器庫という組織にな

り、驗潮についても関係するようになる。水路部(1916)には、「驗潮法八柳大佐ノ最モ辛苦セル所ナルカ明治十四年肝付大尉ノ英書訳述調査ニヨリ編定セル驗潮心得ニ依リ端緒ヲ開キ、全二十四年加藤大尉ノ調査ニ依リ現行ノ新式驗潮推算法ニ改正シタリ」と記述されている。ここに名前のあげられている驗潮に精通した加藤大尉にあたると思われる人物として、明治24年(1891年)頃の職員録に加藤重成少佐という名が見えるが、明治27年(1894年)の職員録では横須賀鎮守府測器庫の主管として登場する。翌28年に加藤少佐は再び水路部所属となっていることから、この頃に驗潮とその資料整理に関する技術移転が水路部から鎮守府に行われたものと想像される。

日本では、明治24年(1891年)に陸地測量部が、串本など6ヶ所に驗潮所を開設し、自記記録による本格的な驗潮を開始している。また、気象関係についても、大阪測候所の大正2年(1913年)の年報には明治36年から大正元年までの10年間の潮汐の統計資料が掲載されていることから、当時、地方機関であった測候所の中にも明治30年代に驗潮所を開設していたものがあつたようである。一方、水路部では明治28年(1895年)に舞鶴で、翌29年に大湊で長期驗潮を開始しているが、いずれも2年間で終了しており、水路部における本格的な驗潮所の運用は昭和になってから始まる。したがって、国土地理院や気象庁の前身機関に比べると、かなり遅れて驗潮所の運用を始めたことになる。

旧日本軍の機密文書は敗戦時に焼却されたが、機密ではない文書の中には戦後米軍に接收され、昭和33年(1958年)に日本に返還されたものがある。それらの文書は防衛省防衛研究所に保管されているが、国立公文書館アジア歴史資料センターにおいてデジタル化が進められ、順次インターネット公開が行われている。これまでにアジア歴史資料センターにおいて公開されている資料の中に海軍の驗潮所に関する資料が一部含まれている。

明治33年(1900年)11月15日付で佐世保鎮

守府司令長官が海軍大臣宛に海軍拡張費流用に関する報告を行っている。その流用の内容は対馬の竹敷の水雷隊建築費として790万円流用したというものであるが、その内の160万円は「単衛所附属檢潮所」建築費として計上されている。また、明治43年(1910年)10月18日付の呉鎮守府司令長官から海軍大臣に宛てた文書の件名は「呉海軍測器庫驗潮器室波除新設費ヲ以テ該室移築工事施行ノ件」となっており、その文書の内容は測器庫にある驗潮器室の移設の許可を求める伺い文書となっている。

明治36年(1903年)6月8日付の「自働檢潮器ノ件 意見」という文書を海軍大臣に宛てて海軍技術会議議長が発しているが、これは驗潮所で測定される水位の値を哨兵が見張りを行う衛所に伝えるための、現在の驗潮テレメータ装置にあたる2件の考案に対する意見を述べたものである。軍港の防御のために敷設された水雷を哨兵が敵艦侵入を確認して爆発させるためには潮高改正が必要であったため、常に番兵を驗潮所に配置しておく必要があつた。驗潮所に人員を配置しなくても済むように、2名の士官が別個に驗潮テレメータ装置を考案したことについて、海軍技術会議がそれらの考案を審査して、審査結果を海軍大臣に報告したものである。

以上のような資料から海軍の軍港では、明治30年代初頭からリアルタイム驗潮データが必要となり、次々と驗潮所が設置されていたものと考えられる。そして、その管理は水路部ではなく、鎮守府が行っていた。水路部の刊行する潮汐表がケルビン式潮候推算器による推算値により構成されるのは大正5年版の潮汐表からであるが、この大正5年版の横須賀の調和定数は明治31年6月からの1年間と明治32年8月からの1年間の合計2年間のデータを調和分解して調和定数を算出したと残されている資料に記録されていることは、軍港に明治30年代初頭から驗潮所があつたことを裏付けるものである。

これらの軍港の驗潮所がいつ頃まで運用されたかは不明であるが、大正14年(1925年)に刊行

された関東大震災に関する調査結果を取りまとめた「震災予防調査会報告 第百号(乙)」に掲載されている寺田寅彦、山口生知(1925)には、横須賀海軍工廠の験潮所で記録された大正12年の関東大震災時の津波の変動が記録されていることから、少なくとも大正末期には海軍の験潮所が存在したと確認される。

明治時代の海軍では純粋に軍事目的で時々刻々変化する海面の高さを常に知る必要があったため、鎮守府が験潮所を設置・運用することになったもので、測量期間だけの短期間の海面高データが必要だった水路部が験潮所を運用するという選択肢はなかった。

8 潮汐推算

海上保安庁水路部(1971)には「潮汐表刊行」として次のような記述がある。

潮汐表の母体は「明治40年海軍航海年表」に始まる。同表に横須賀ほか高潮時表を掲記した。これは日潮不等の平均に基づき推算したもので、また調和分解法の算式にはよっていなかった。また数値も高潮時だけを午前・午後別に掲記していた。

ところが、同じ海上保安庁水路部(1971)に次のような記述もある。

明治28年舞鶴港の験潮開始以来、各鎮守府における験潮資料が入手できるようになったため、同32年(1899)には各鎮守府測器庫の編集した原稿を統合して、潮汐予報値の推算を始め、「日本港湾高潮時表」および「日本港湾払暁日出日没表」を刊行配布するようになった。

「日本港湾高潮時表」は、図誌目録によると正しくは「日本諸港高潮時表」である。海軍航海年表の8年前から鎮守府測器庫の編集した原稿により水路部は潮汐表の前身を発行していたことになる。日本諸港高潮時表は海洋情報部に残されてい

ないが、日本諸港だけではなく外地にまで対象を拡げて高潮時の予報値を掲載している明治38年版の「日本朝鮮及北支那沿岸高潮時表」は、国立国会図書館の近代デジタルライブラリーで見ることができる。この高潮時表も明治40年海軍航海年表と同様に、各港湾の高潮時だけが午前と午後に分けて示されおり、日本の港については、横須賀、下田、清水、鳥羽、大船渡、大湊、函館、呉、友ヶ島、神戸、明石、鳴門(孫崎)、粟島、三原(瀬戸田)、来島、佐賀関、門司、竹敷、平戸、佐世保、長崎、三角、玉之浦、鹿児島、那覇、舞鶴、浜田、境、西郷、宮津、小浜、敦賀、七尾南湾が対象となっている。

この明治38年版の「日本朝鮮及北支那沿岸高潮時表」の巻頭には「本書ハ日本部ハ各海軍測器庫外国部ハ水路部ノ調査ニ係ル原稿ヲ湊合シテ表ニ編成シ以テ通覧の便ニ供スルモノナリ書中不必要不便等ヲ発見シタル者ハ速ニ通知アランコトヲ希望ス 明治三十七年十二月 水路部」と記述されている。前述のように明治20年代に験潮に関する技術移転が水路部から鎮守府測器庫に行われ、その後、明治30年代には海軍の潮汐推算は主として測器庫で行われるようになったようである。

潮汐推算が主として水路部で行われるようになるのは、明治42年(1909年)に気象調査掛が発足し、翌43年に小倉伸吉が水路部に加わってから後のことである。海上保安庁水路部(1971)はその頃の水路部の動きについて、「日露戦役における体験は大きな教訓を残した。その一つは航海に必要な天文暦を外国版に依存していたための不利不便であり、他の一つは海上気象・海象調査を欠いたことである。これらを補う組織体系化の必要から、明治39年(1906年)、ときの水路部長松本和は航海暦編纂取調委員長となって、まず「明治40年航海年表」を公刊したほか、同42年2月には測量科内に気象調査掛が発足し、同43年12月には図誌科に編暦掛の発足となったのである。」と記している。編暦掛は大正8年(1919年)に編暦科となり、潮汐表の編集は編暦科で行

われることになる。

by 15”

9 国際水路会議

最後に、大正時代になるが、国際水路会議について触れる必要がある。初めての国際水路会議は1919年（大正8年）にロンドンにおいて開催された。水路部からの職員の派遣は実現せず、駐英武官2名が参加した。この会議での最も注目すべき決議は、海図に記載する水深・標高をメートル法により表記するというものであった。この決議に基づき、日本の海図もメートル式に改められていったが、全部の海図がメートル式になったのは昭和22年（1947年）だと海上保安庁水路部（1971）に記載されている。この国際水路会議において、潮汐表と海図の基準面については以下の決議が採択された。

Datum respecting tide-level,

The necessity for a statement by each country, showing the exact connection between the zero used for tidal predictions (i.e., as given in the Tide Tables) and that of the datum used on the charts.

Datum for reduction of soundings, especially with reference to the necessity for a universal method for its careful-selection.

Tidal datum should be the same as chart datum, and should be a plane so low that the tide will not frequently fall below it.

It is greatly to be desired that a uniform datum plane should be adopted by all nations, and the following rule is suggested for the further consideration of Hydrographers for a universal datum plane, which should be called "International low water"

That the plane of reference below mean sea level shall be determined as follows: - "Take 1/2 the range between mean lower low water and mean higher high water and multiply this 1/2

潮汐の基準面は海図の基準面は同じで、潮汐がそれ以下に滅多に下がらない面にすべきであることが決議され、あわせて、各国が統一の基準を採用することが望まれるとし、その万国共通統一基準面として、[平均水面 - 0.75 × (平均高高潮面 - 平均低低潮面)]で定義される「International low water」を検討する対象として候補にあげられている。

1919年の会議の後、海図の基準面に「International low water」が相応しいか否かの検討が各国において行われる。その検討結果が、1925年3月と1926年1月の2回、IHB (International Hydrographic Bureau) の Special Publication の No. 5 と No. 10 として刊行されている。No. 5 には、国際水路局理事と英国水路部による検討結果の論文が、No. 10 にはオランダ水路部の検討結果の論文が掲載されている。

いずれの論文においても、「International low water」が、半日周潮型、混合潮型、日周潮型の様々な潮汐の型に対応できるものではないので、万国共通の基準面として採用することはできないという結論が述べられている。あわせて、それらの論文の中で、インド大低潮面が基準面として相応しいか否かの検討も行われており、こちらも万国共通の基準面としては相応しくないと述べられている。

第2回国際水路会議は1926年（大正15年）10月にモナコで開催される。会議には第二課（測量を所掌）と第一課（刊行計画、書誌編集等を所掌）の課長を務めたことのある河村大佐と駐在武官である堀大佐の2名が参加している。この会議において日本はインド大低潮面を潮汐と海図の万国共通基準面として採用するように提案を行っている。提案文書は事前に国際水路局に送られている。前述のアジア歴史資料センターにおいて公開されている資料の中に、水路部が取りまとめた提案事項の冊子を軍務局に送付した大正14年（1925年）12月9日付文書が残されている。日本の提

案は1925年3月のSpecial Publication No 5に掲載されている国際水路局理事による論文を踏まえたものであり、インド大低潮面が万国統一基準面に相応しくないという見解が示されているにもかかわらず敢て提案を行っているものである。

日本は提案理由の第一に、水面がインド大低潮面よりも下がることが稀だということをあげているが、二番目には、インド大低潮面を基準面として採用すれば、驗潮は半月又は1ヶ月という短期間で十分で、その短期間のデータで基準面を決定できるということを理由としてあげている。四分潮の場合、1年間の驗潮データの調和分解結果と1ヶ月のデータの調和分解結果との間にさほどの差は無く、平均水面についても「*短時日ノ驗潮ニ依リテ求メタル該期間ノ平均水面ヨリ年平均水面ノ値ヲ求ムルコトハ附近ニ在ル長期驗潮場ニ於ケル平均水面ノ一年中ノ変化ト比較シテ容易ニ且可ナリノ精度ニテ其ノ目的ヲ達スルヲ得ヘシ*」と、短期驗潮で基準面を決定できるということを第二の理由とするものである。

日本がこのような提案を行った真意は今となっては不明であるが、以下のようなことが背景としてあったのではないかと考えられる。1919年の国際水路会議で提案された「International low water」は長期間の驗潮に基づき決定されるものであるため、もしそれが万国共通の基準面として採用されると、測量地での長期驗潮を実施しないことを基本とする日本では過去の測量期間の驗潮記録から「International low water」を算出することが出来ない。1919年の国際水路会議で決議された海図へのメートル法導入への対応に苦慮している状況において、「International low water」が海図の基準面として採択されると、日本において数多くの地点での長期驗潮の実施という大変な作業が加わることになるが、とてもそのような対応は出来ないため、それを避けるために、短期驗潮で基準面を決定するという日本の基準を国際標準に提案したのではないだろうか。

国際水路局は、この事前の日本の提案に対して会議前にインド低潮面は万国共通の基準面として

適当ではないという見解を返している。インド大低潮面が世界中のいたるところで稀にしかそれ以下に水面が下がらない面に必ずしも成り得ないことを示すとともに、短期間の驗潮で基準面と平均水面を決定することに強い反対意見が述べられている。

以上のような経緯があって第2回国際水路会議を迎える。第2回国際水路会議は全体会議の他に、海図や財政等の6つの委員会から構成されており、いくつかの委員会は並行して開催されることもあった。議事録によると、日本の代表は6つの委員会のうち、海図と潮汐の2つの委員会に登録している。潮汐委員会は11月4日と8日の午前中に2回開催されている。

11月4日の潮汐委員会は、まず潮汐記事を海図に掲載しないという国際水路局による提案が議論される。当時、海図には、平均月潮間隔、大潮升、小潮升が掲載されていた。半日周潮型の潮汐の場合のみ、これらの情報により潮汐推算を行うことが可能であるが、日周潮型や混合潮型では役に立たない。したがって、国際水路局の提案は無駄な情報を海図に掲載するのをやめて、当時、徐々に利用が広がってきた潮汐調和定数を水路誌に掲載して、航海者は水路誌に掲載されている潮汐調和定数を用いて潮汐を推算してはどうかという提案であった。水路誌に沢山の港の調和定数を全部載せることは出来ないという英国の意見もあり、この国際水路局の提案は否定される。この議論において日本の代表である堀大佐は、潮汐記事の情報だけでは潮汐推算を行うに十分ではない日本沿岸の潮汐の型を踏まえて、「現在海図に掲載されている潮汐の情報はとても不十分なものだが、無いよりはましだ。」と、当たり障りの無い意見を述べている。

その後、潮汐委員会では航海者による潮汐調和定数の利用に関する議題に移り、技術的議論が延々と続く。技術的議論に嫌気が差したのか、議事録によると日本の代表は議論を突然遮り、発言を求める。堀大佐の発言は、海図の基準面に関する日本提案について示された国際水路局の見解に

対して日本の専門家の意見を覚書として英文と仏文で用意してきたので、それを議事録に掲載して欲しいというものであった。この発言の後、日本の代表の発言は8日の2回目の潮汐委員会も含め議事録に一切記録されていない。その発言の後、日本の代表は退席し、2回目の委員会には参加しなかったものと思われる。海図の基準面について議論されるのは2回目の潮汐委員会であるが、日本の代表が出席しなかったため、結局、日本からの提案理由の説明も無く、議論も行われなかった。日本の提出した覚書は要求どおり議事録に掲載されており、基準面を決定するための験潮の期間が短いという指摘に対して最低限の期間を示したものだという言い訳や、平均水面の決定には季節変動の考慮は必要だが、年々変化を考慮する必要はないといった意見が述べられている。

潮汐委員会は、「International low water」は万国共通の基準面として採用することは適当ではないとし、また、潮汐調和定数を用いて基準面を定義する方法についても、当時の計算水準では浅海潮の効果を的確に再現することはできなかったため、万国共通の基準を設定することは難しいという結論に至った。このため、海図と潮汐表の基準面に関する決議は、1919年の国際水路会議における決議文から「International low water」に関する部分を除いた「*Tidal datum should be the same as chart datum, and should be a plane so low that the tide will not frequently fall below it.*」の文のみになった。そして、海図及び潮汐表には平均水面と基準面との関係を記載することを要望するという一文が付記されることになった。

この委員会で導きだされた結論は、会議の年の1月に刊行された Special Publication の No. 10 に掲載されたオランダ水路部の論文の結論に沿ったものであり、インド大低潮面を「潮汐がそれ以下に滅多に下らない面」であると考えていた日本にとって、基準面を変更する必要の無いこの決定は好都合な決定であった。2回目の委員会の最後に、英国代表が思い出したように、日本がインド大低潮面を提案していたのではないかと質した

ところ、議長が日本はその主張に固執しないと回答し、委員会の議論は終了する。議論が日本の望む方向に進むことを予見していたのか、技術的議論に参加することが不可能だったからか、あるいは、提案することだけが目的だったのか、いずれにしろ日本の代表は委員会に参加せず、提案者不在の場で海図と潮汐表の万国共通の基準面に関する日本提案は葬り去られた。

10 その後

水路部(1943)には、水路部は大正14年(1925年)に東京築地海軍研究所船溜で長期験潮を開始し、昭和6年(1931年)に東京市復旧事業により埋め立てられることから、自記験潮装置を水路部庁舎内実験室に移して、以後長期験潮を本格的に実施したと記載されている。一方、水路部験潮所の建築予算が昭和7年(1932年)に認められたことを示す資料がアジア歴史資料センターから公開されている。また、海上保安庁水路部(1951)には水路部構内の験潮所の開設は昭和10年と記載されている。横須賀、佐世保等の軍港における水路部験潮所の開設は昭和17、18年(1942、43年)となっており、水路部験潮所の日本各地への展開は、陸地測量部に50年以上遅れて始まることになる。

日本の海図の基準面は、明治26年(1893年)に潮汐調和定数に基づき定めるようになって以来、その呼び名を大低潮平均水面、略最低低潮面、最低水面と変えていくが、一貫して平均水面から四分潮の振幅の和だけ下げた面、すなわち、インド大低潮面が採用されている。

一方、第2回国際水路会議で海図の基準面を「潮汐がそれ以下にめったに下がることのない低い面」とするという決議について、国際水路機関は、1997年(平成9年)に「海図の基準面として天文最低低潮面(LAT:Lowest Astronomical Tide)を採用する」という決議に改める。そして、注記として「LATは平均的な気象条件の下で全ての天文学的条件を勘案して予測できる最低潮位として定義される。LATは少なくとも一年

間の観測により得られた調和定数を使用して19年以上計算するか、あるいは、信頼できる結果が得られることが知られている他の証明された方法により計算される。」という文言が付される。

インド大低潮面を海図の基準面の国際標準にするという1926年の提案の背景にあった基準面決定に長期験潮の必要は無いとする日本の考えも1997年の決議により否定されたことになる。

赤木(1966)は、潮位が海図の基準面以下に下がる負潮位現象について、「船舶の大型化にともない、最近関係者からかなり関心をよせられるようになってきた」として、全国各地の験潮データを調べ、年間の低潮の3分の1以上が海図の基準面以下に下がる地点があることを示した。そして、「根本的には英国流のLAT面に切り換えるべきであろう」としている。

日本の海図の高潮面も、明治26年以来、その呼び名は大高潮平均水面、略最高高潮面、最高水面と時代により変わっていくが、その定義は平均水面よりも四分潮の振幅分だけ高い面で一貫して変わらない。前述の通り、この定義は日本が独自に編み出した定義である。潮汐表第一巻にこの定義による高潮面と天文最高高潮面(HAT: Highest Astronomical Tide)との比較が示されているが、平均的な気象条件の下で予測される最高の潮位であるHATよりもこの定義が20cm以上高くなる地点もある。現在、大潮平均高潮面あるいは平均高高潮面を海図の高潮面に採用するのが国際的に主流ではないかと思われるが、それら主流の高潮面に比較すると、日本の現在の高潮面は50cm以上高く定義されている地点もある。

謝 辞

「水路雑誌81号」のコピーを国立国会図書館で入手していただき、また、適切な助言をいただいた桑木野文章氏に感謝の意を表します。

引用文献

Admiralty (1849): Admiralty Manual of Scientific Enquiry, edited by Sir John F. W. Herschel, 503

pp, Admiralty, London.

Admiralty (1886): Admiralty Scientific Manual, Admiralty, London

赤木登(1966): 海図の水深基準面と負潮位現象について, 水路要報, 81, 24-32

海軍水路部(1888): 学海探究之指針, 519 pp, 松井忠兵衛, 東京

海軍水路局(1880): 日本全国経緯度羅針差潮時表全表, 海軍水路局, 東京

海軍水路局(1881): 水路測令, 海軍水路局, 東京

海軍水路局(1881): 験潮心得, 海軍水路局, 東京

海軍水路局(1884): 水路雑誌第81号, 海軍水路局, 東京

海軍水路寮(1873): 大日本沿海経緯度羅針差潮候時干満差立表, 海軍水路寮, 東京

海上保安庁水路部(1951): 水路部沿革史第四巻, 143 pp, 海上保安庁水路部, 東京

海上保安庁水路部(1971): 日本水路史 1871-1971, 680 pp, 日本水路協会, 東京

川上喜代四(1974): 海の地図 航海用海図から海底地形図まで, 214 pp, 朝倉書店, 東京

肝付兼行(1889): 潮汐一般の要義を解説して本邦潮候の実に及ぶ, 地学雑誌, 第二集, 第十五巻, 103-113

桑木野文章・宗田幸次・余座尚久(1994): 水路部潮汐観測の成果及びその考察, 水路部研究報告, 30, 175-190

小倉伸吉(1914): 潮の理, 現代之科学社・裳華房, 東京

水路部(1899): 潮候測定心得, 水路部, 東京

水路部(1914): 水路測量術, 水路部, 東京

水路部(1916): 水路部沿革史(明治二年 明治十八年), 465 pp, 水路部, 東京

水路部(1922): 小倉海軍技師欧米各国視察報告, 水路部, 東京

水路部(1930): 航用潮汐学概論, 86 pp, 水路部, 東京

水路部(1943): 水路部沿革史第三巻, 283 pp,

水路部，東京

水路部創設八十周年記念事業後援会（1952）：水路部八十年の歴史，274 pp，水路部創設八十周年記念事業後援会，東京

寺田寅彦・山口生知（1925）：相模湾カラ起ツタ津浪ノ伝播ニ関スル調査研究，震災予防調査会報告，第百号（乙），113-121，震災予防調査会，東京

要 旨

19世紀末，日本水路部は海図の基準面としてインド大低潮面を採用した．採用した理由は短期間の験潮で基準面を決定できるからであった．しかし，当時の日本水路部は潮汐に関する十分な知識を有していなかったため，インド大低潮面が日本の海図の基準面として相応しいか否かの検討は行われなかった．