

海図の潮信記事[†]

佐藤 敏*

Tidal information on Japanese nautical charts[†]

Satoshi SATO*

Abstract

This paper describes the present status of tidal information on Japanese nautical charts as well as its changes since the issuing of the first Japanese nautical chart in the Meiji era.

1 IHO（国際水路機関）の基準

潮の干満によって海面は上下動するため、海面と海底の距離は常に一定ではない。海図に記載される水深値はそれぞれの国や地域で設定された基準面から海底までの値であり、基準面から海面までの高さに関する情報は潮信記事として海図に記載されている。

海図に掲載される潮信記事については、IHOの刊行物 S-4, Regulations of IHO for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO : IHO 国際海図規則集及び IHO 海図仕様 (IHO, 2017) では、大潮期及び小潮期の両方の高潮と低潮の海図基準面上のおおよその高さを知ることが航海者にとって有用であるとし、これらを中大尺海図に表として掲載しなければならないとしている。そして、航海者はその情報をもとに、いつ潮汐表を参照して特定の時間の潮汐の詳細を知るべきか判断できるとしている。

具体的に海図に記載する事項は、その海図の対象地域の潮汐の条件によって規定されている。潮汐が半日周潮型の地域では、大潮平均高潮

(MHWS : Mean High Water Spring), 小潮平均高潮 (MHWN : Mean High Water Neap), 小潮平均低潮 (MLWN : Mean Low Water Neap), 大潮平均低潮 (MLWS : Mean Low Water Spring) の4つの値をメートルの単位で小数点以下1桁まで海図に記載する。潮汐が混合潮型の場合は、平均高高潮 (MHHW : Mean Higher High Water), 平均低い高潮 (MLHW : Mean Lower High Water), 平均高い低潮 (MHLW : Mean Higher Low Water), 平均低低潮 (MLLW : Mean Lower Low Water) をメートルの単位で小数点以下1桁まで記載することとされている。さらに日周潮型の場合は、高潮と低潮のそれぞれの平均を示すことが求められている。

また、平均水面の基準面上の高さについては、平均水面が高さの基準に使用されている場合等、記載することが有益と認められる場合に記載してもよいと規定されている。

2 現在の日本の海図の潮信記事

現在、海上保安庁の刊行する海図の潮信記事

[†] Received September 14, 2017; Accepted December 19, 2017

* 海洋情報課 Oceanographic Data and Information Division

は、前章に記述した IHO の基準に基づき掲載されている。

潮汐が半日周潮型の地域の場合には、大潮平均高潮、小潮平均高潮、小潮平均低潮、大潮平均低潮及び平均水面の基準面上の高さが記載され、混合潮型の地域では、平均高高潮、平均低い高潮、平均高い低潮、平均低低潮及び平均水面の基準面上の高さが海図に示されている。

半日周潮型と混合潮型の区分は、以下の英国の基準 (United Kingdom Hydrographic Office, 2017) に基づき行っている。

$\pi H_s > 2 (H' + H_o)$: 半日周潮型

$\pi H_s \leq 2 (H' + H_o)$: 混合潮型または日周潮型

H_s, H', H_o : S2 潮, K1 潮, O1 潮の振幅,

π : 円周率

Fig. 1 にこの基準で区分した日本沿岸の潮汐の型を示した。1年以上の潮汐観測から算出された調和定数がある地点について計算したもので、伊勢湾、瀬戸内海西部、九州西岸等が日本沿岸では半日周潮型となる。なお、英国の潮汐関係の担当者がこの基準の根拠を尋ねたところ、英国では昔からこの基準で区分しているが、基準の根拠となる資料は無いとの回答であった。

潮汐の型については、半日周潮である M2 潮と S2 潮の振幅の和に対する日周潮の K1 潮と O1 潮の振幅の和の比率、すなわち、 $(H' + H_o) / (H_m + H_s)$ (H_m : M2 潮の振幅) を指標として分類されることが多い (Defant, 1961)。Fig. 1 に示した日本沿岸の潮汐データでこの比率を計算すると、おおむね 0.47 が閾値となり、0.47 程度よりも小さい場合に英国の基準での半日周潮型、0.47 以上で混合潮型の潮汐となる。

大潮平均高潮や平均高高潮等の値は、本来、一定期間の潮汐観測により算出される数値である。例えば、大潮期の高潮の高さを長期間計測して、その長期間の計測値を平均したものが大潮平均高潮である。また、1日に2回ある高潮のうち、高いほうの高潮の高さについて一定期間平均した値が平均高高潮となり、低いほうの高潮の高さを一定期間平均した値が平均低い高潮となる。

しかし、海上保安庁ではそれら長期観測により得られる値と同等の値を潮汐調和定数から算出できると考え、潮汐観測により得られた潮汐調和定数からそれらの値を算出して海図に掲載している。

半日周潮型の場合の算出式は以下のとおり。

$$\text{大潮平均高潮} : Z_0 + H_m + H_s \quad (1)$$

$$\text{小潮平均高潮} : Z_0 + H_m - H_s \quad (2)$$

$$\text{小潮平均低潮} : Z_0 - H_m + H_s \quad (3)$$

$$\text{大潮平均低潮} : Z_0 - H_m - H_s \quad (4)$$

Z_0 : 平均水面

混合潮型の場合は、以下に示す英国の算出方式を採用して平均高高潮等の値を求めている。

$$H(t) = Z_0 + H_m \cos(30t - Km) + \frac{2}{\pi} (H' + H_o) \cos(15t - \frac{K' + K_o}{2}) \quad (5)$$

H_m, H', H_o : M2 潮, K1 潮, O1 潮の振幅,

K_m, K', K_o : M2 潮, K1 潮, O1 潮の遅角,

t : 時間

(5) 式を1日分計算すると、混合潮型の場合には極大が2回、極小が2回現れる。大きいほうの極大を平均高高潮とし、もう一方を平均低い高潮とする。また、2回の極小のうち、小さいほうを平均低低潮とし、他方を平均高い低潮としている。

(5) 式を1日分計算して、極大極小がそれぞれ1回しか現れない場合は、日周潮型となり、極大を高潮の平均、極小を低潮の平均として海図に掲載している。

潮信記事として以上の数値を掲載するようになったのは、2004 (平成 16) 年の日英共同のデュアルバジジ海図の刊行を機に変更されたものである。以来、海図改版時に現在の潮信記事の形式に改められているが、2004 年以前に改版された海図については、依然次章に示すような古い形式の潮信記事が残っている。

また、同じ 2004 年から基準面 (基本水準面) の説明 (例えば「海上保安署構内にある海洋情報部 BM 頂下 3₅₇m」) のような説明が海図から削除されていったが、こちらは海図の補刷の機会に

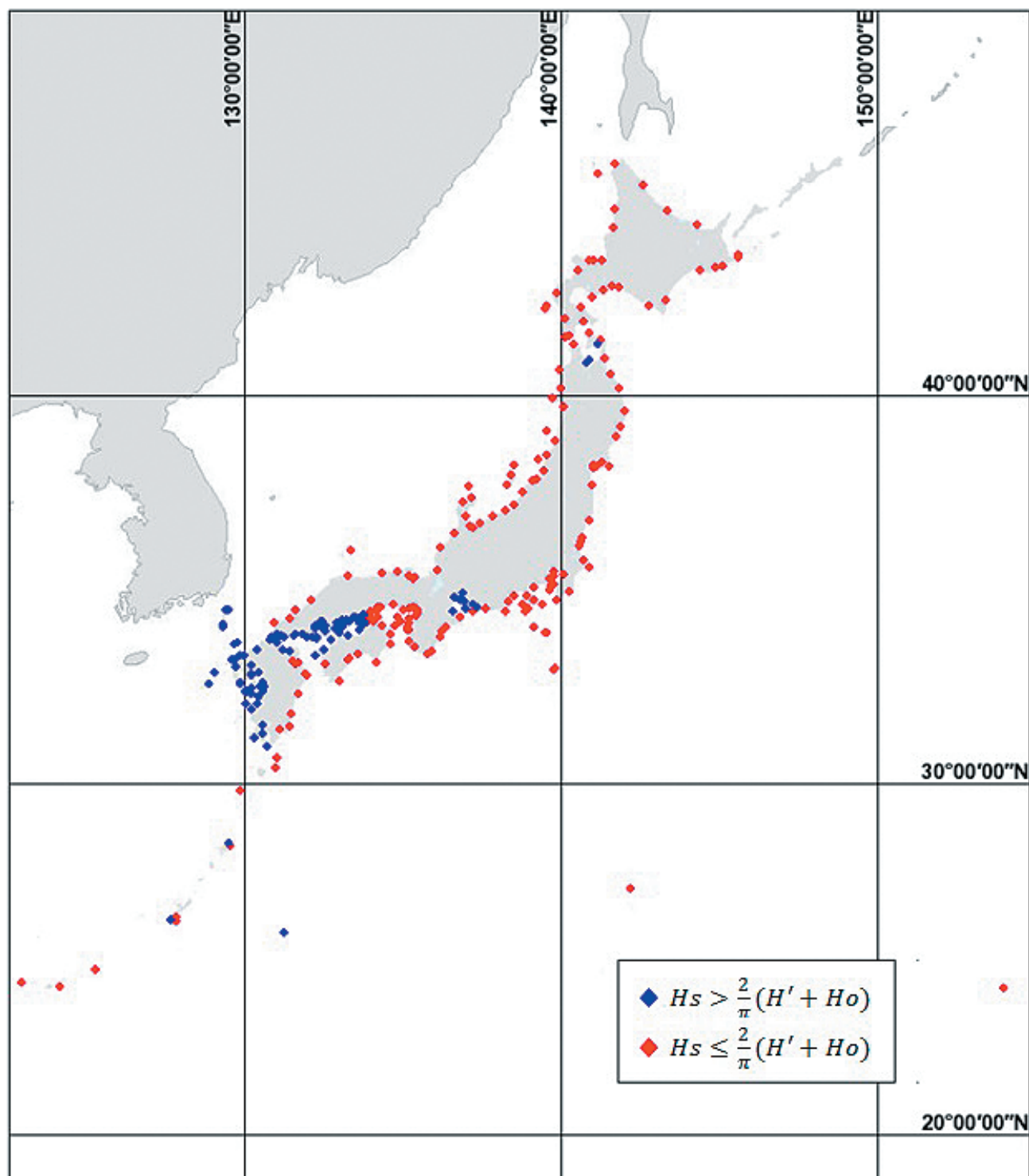


Fig. 1. Types of tide along Japanese coasts. Blue: semi-diurnal. Red: mixed or diurnal.
 図1. 日本沿岸の潮汐の型. 青：半日周潮型, 赤：混合型または日周潮型.

削除されているので、現在（2017年11月）ではほぼ全ての海図から削除されている。

3 2004年以前の潮信記事

2004年より前に刊行された海図の潮信記事は、

潮汐が日周潮型の傾向を示す一部地域を除いて、平均高潮間隔、大潮升、小潮升及び平均水面で構成されていた。1921（大正10）年頃のメートル法による海図刊行を機に潮信記事はこの構成となり、80年以上同じ構成が維持されたことになる。

当時の潮信記事の例として1966（昭和41）年に刊行された海図第89号清水港の潮信記事をFig. 2に示す。

平均高潮間隔は、月がその場所の子午線を通過してから高潮となるまでの平均時間であり、月の南中時がわかれば、それを利用して高潮になる時間を推測することが可能になる。大潮升と小潮升は、それぞれ現在の海図の大潮平均高潮と小潮平均高潮に相当し、(1)及び(2)式で算出される。但し、1930（昭和5）年に刊行された「航用潮汐学概論」（水路部、1930）には、その刊行の少し前に大潮升の算出法を変更したことが記載されており、それ以前の算出法は以下のとおりであった。

大潮升：

$$Z0 + Hm + Hs + H' + Ho = 2 (Hm + Hs + H' + Ho) \quad (6)$$

$$Z0 = Hm + Hs + H' + Ho \quad (7)$$

潮汐が半日周潮型の性質を有している場合、平均高潮間隔、大潮升、小潮升の3つの値と月の情

報があれば、おおよその潮汐の予報が可能になる。前述のとおり、月の南中時と平均高潮間隔から高潮となる時間が推測でき、そのおおよそ6時間後には低潮になる。また、月齢からその日が大潮小潮周期のどのあたりにあるか判断して、大潮升と小潮升の値からその日の高潮のおおよその高さを推測することができる。

これら3つの数値を英国の海図では19世紀から掲載しており、日本でも後述するように1890（明治23）年頃までにはそれらの値を正しく海図に記載できるようになったと考えられる。当時、現在のような潮汐表は存在しておらず、その頃の海図の潮信記事は、潮汐予報を行うための資料として海図に掲載されていたと考えられる。

大潮升、小潮升はメートル法の海図刊行開始から一貫してメートルの単位で小数点以下1桁まで海図に掲載されている。一方、平均水面については1971（昭和46）年9月に刊行された海図1248号喜入港からメートル単位で小数点以下2桁まで掲載されているが、それ以前は大潮升等と同じメートル単位で小数点以下1桁までの記載となっていた。当時刊行されていた書誌第741号「平均水面および基本水準面一覧表」では、平均水面の高さはセンチメートルの単位まで記載されており、そのまえがきの中で「海図上に記載されている平均水面は、この表のZ0を、デシメートル単位に四捨五入したものである。」と注記していた（海上保安庁、1964）。



Fig. 2. Tidal information on Chart No. 89, published in 1966.

図2. 1966年刊行の海図第89号の潮信記事。

4 メートル法以前の海図の潮信記事

Fig. 3には1916（大正5）年刊行の海図第89号清水港の潮信記事を示した。朔望高潮、大潮升、小潮升、小潮差が記載されている。朔望高潮は平均高潮間隔に相当する時間で、満月や新月の頃の高潮が生じる時刻を意味するが、満月や新月の月の南中は午前0時か正午頃であるため、月の南中後の時間と時刻がほぼ一致することになる。また、小潮差は小潮時の高潮と低潮の差である。大潮の低潮は海図の基準面にほぼ一致するが、小潮の低潮は基準面よりも高い。小潮升から小潮差

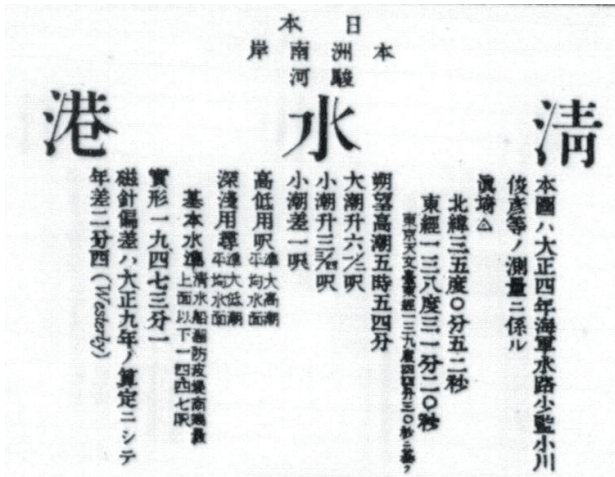


Fig. 3. Tidal information on Chart No. 89, published in 1916.

図3. 1916年刊行の海図第89号の潮信記事。

を引いた高さが小潮の低潮の高さとなる。

大潮から小潮にかけて高潮の高さは大潮升から小潮升に徐々に下がっていき、低潮の高さは海図の基準面から小潮升から小潮差を引いた高さに徐々に上がっていく。月齢により、その日の高潮と低潮のおおよその高さを見積もることができる。このために小潮差が平均水面の高さの代わりに掲載されている。

1919 (大正8)年に開催された第1回国際水路会議において海図をメートル法で作成することが決議されたが、同会議において陸上の高さの基準を平均水面とすることも決議されている。その決議を受けて、日本ではメートル法の海図が刊行され、陸上の高さの基準は平均水面となった。それ以前の高さの基準は大高潮平均水面 (大潮升と同等) であり、平均水面は海図に必要ななかった。

さらにさかのぼって明治時代の水路業務草創期の験潮は一定の時間間隔で潮位を測定するものではなく、高低潮の時間と高さを測定することに主眼が置かれており (佐藤, 2010), 当時は平均水面の概念も存在しなかったと考えられる。このため、平均水面が当時の海図の潮信記事に登場することはなかった。

メートル法以前の海図は、水深の単位として尋 (fathom) が使われ、陸上の高さの単位は呎 (feet) が使用されており、潮信記事の大潮升、小潮升、

小潮差は呎で記載された。

水路部が潮汐調和分解法を導入し、海図の基準面を (7) 式で示すように平均水面から主要4分潮 (M2, S2, K1, O1) の振幅の和だけ下げた面 (インド大低潮面) としたのは19世紀末頃だと考えられる (佐藤, 2010)。

Fig. 3に示した清水港の海図の刊行は1916年で、潮汐調和分解法を導入して20年ほど経過した頃である。大潮升は6.5呎と記載されている。メートル法に換算するとおよそ1.98 mとなる。Fig. 2の大潮升1.5 mよりも0.5 m大きい。小潮升は3.75呎で約1.14 mとなりFig. 2の1.2 mとほぼ一致する。現在の清水港の潮汐調和定数を用いて、(1) 式と (6) 式それぞれで大潮升を計算すると、1.52 mと1.89 mとなる。つまり、1915年当時には (6) 式で大潮升が算出されていたとかがえる。

さらに遡ると、1890 (明治23)年に当時の水路部長である肝付兼行が発表した論文に「小潮升は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ず」と記されている。小潮升降差は前出の小潮差と同じである。やっと大潮升と小潮升について正しく理解することができた水路部自らが、それまで小潮升と小潮差について混同していたことを、人が誤認しやすいと述べているものである。その誤認を示す例をFig. 4に示す。

Fig. 4は1880 (明治13)年に刊行された海図第108号長崎港の潮信記事である。そこに記載されているように英国が1877年に改版した海図第2415号をコピーして刊行した海図である。英国の海図にはSpring Rise (大潮升) とNeap Rise (小潮升) が記載されていたはずであるが、それらを晦望干満差、両弦干満差と表現している。その表現から、それぞれが大潮期の干満差と小潮期の干満差であると当時の水路当局職員は誤認していたと考えられる。なお、潮候時 (なお、肝付 (1890) では潮候率と記載されている) は前出の朔望高潮と同じだと考えられる。

晦望干満差と両弦干満差の値は呎ではなく、呎とほぼ同じ長さの尺を単位として記載されてお



Fig. 4. Tidal information on Chart No. 108, published in 1880.

図4. 1880年刊行の海図第108号の潮信記事.

り、9尺（約2.7 m）と7.5尺（約2.3 m）となっている。現在の海図 W202 号長崎港には長崎松ヶ枝の大潮平均高潮と小潮平均高潮としてそれぞれ2.8 mと2.1 mと記載されており、明治の海図の晦望干満差と両弦干満差は、大潮升（大潮平均高潮）と小潮升（小潮平均高潮）の値とほぼ一致する。ちなみに、現在の潮信記事から小潮差を計算すると0.9 mとなり、明治の海図の両弦干満差とは大きく異なる。

5 最後に

Fig. 5 に1972（明治5）年刊行の海図第2号根室国野附湾之図に掲載された潮信記事を示す。海図第1号の陸中国釜石港之図には潮汐に関する情報は一切記載されていないので、これが海図の潮信記事第1号である。

記載されているのは、高潮と低潮の2項目である。当時の海図は大潮の低潮面を海図の水深基準面としていたので、本来、低潮の値はゼロになるはずであるが、1尺6寸という値が示されている。

現在の海図 W18 号野付水道付近には、尾岱沼などの潮信記事が掲載されている。尾岱沼の平均

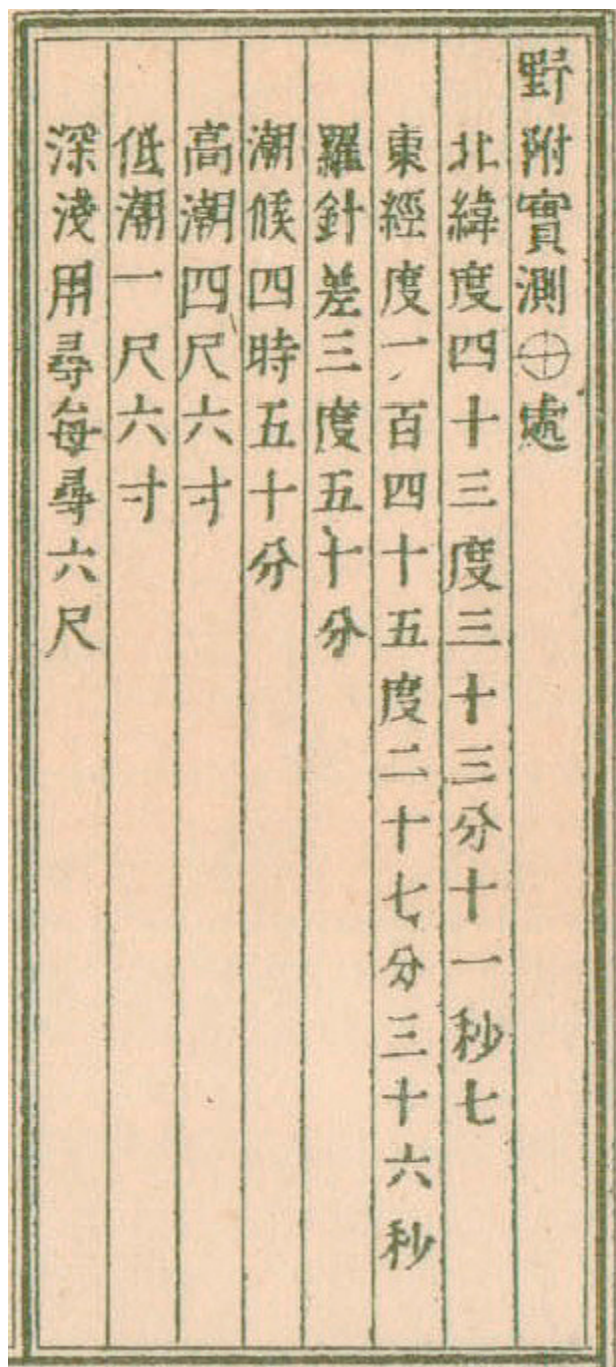


Fig. 5. Tidal information on Chart No. 2, published in 1872.

図5. 1872年刊行の海図第2号の潮信記事.

高高潮は1.2 m、平均低低潮は0.3 mと記載されている。海図第2号の高潮は4尺6寸（約1.4 m）、低潮は1尺6寸（約0.5 m）で、高潮と低潮の差は0.9 mとなり、現在の尾岱沼の平均高高潮と平均低低潮との差と一致する。

謝 辞

図の作成に協力いただいた田村悦義環境調査官に感謝の意を表します。また、この報告を作成するきっかけをつくっていただいた平成28年度の環境調査課各位にお礼申し上げます。

文 献

Defant, A. (1961) *Physical Oceanography, Volume II*, 590pp., Pergamon Press.

International Hydrographic Organization (2017) *Regulations of IHO for International (INT) Charts and Chart Specifications of the IHO*, edition 4.7.0, International Hydrographic Organization.

海上保安庁 (1964) 平均水面および基本水準面一覧表, 書誌第741号, 17pp.

肝付兼行 (1890) 潮汐一般の要義を解説して本邦潮候の實事に及ぶ, 地学雑誌, 2, 5, 103-113.

佐藤敏 (2010) 明治の水路部の驗潮, 海洋情報部研究報告, 46, 47-61.

水路部 (1930) *航用潮汐学概論*, 86pp., 水路部, 東京.

United Kingdom Hydrographic Office (2017) *Admiralty Tide Tables, Volume 3, 2018*, 269pp., United Kingdom Hydrographic Office, Taunton, UK.

要 旨

日本の海図に記載されている現在の潮信記事について記すとともに、明治時代の海図刊行以来の潮信記事の変遷についても記した。