

松が枝岸壁における 22 万総トン級クルーズ船の 受け入れ検討について

長崎振興局 長崎港湾漁港事務所 港湾課 計画班 ◎三浦 卓朗
○寺井 祐介

1. はじめに

長崎港は九州西端に位置し、南西から北東に湾入して、港口付近に大小の島を有した天然の良港である。1571 年にポルトガル船が来港して以降、鎖国時代には日本唯一の海外への玄関口として海外の産業・文化の受け入れに重要な役割を果たしており、明治時代には貿易港として、上海航路やオーストラリア、フィリピン、北米方面から船が寄港するようになった。昭和時代には経済成長期に貨物量が増加したことから工業用地を造成し、海外からの港湾貨物を取り扱うことのできる貿易の拠点となる施設が作られ、1985 年には長崎港松が枝地区に大型クルーズ客船の受け入れのための岸壁が供用を開始し、国際観光の受け入れ拠点が誕生した。2017 年には、過去最高の 267 隻のクルーズ船が長崎港に来港していたが、開港 450 周年を迎えた 2021 年はコロナの影響を受けて 1 隻のみの入港、2022 年は供用開始後初めてクルーズ船の入港がなかった。2023 年にクルーズ船の受け入れを再開し、2024 年は約 160 隻が入港を予定しており、クルーズ船の寄港数は順調に回復している。また、現在の松が枝岸壁は延長が 410m あり、16 万総トン級のクルーズ船 1 隻が着岸可能である、将来的には 2 隻同時着岸可能な 2 バース化事業を進めており、クルーズ船の寄港数は増加することが予想されている。

近年のクルーズ客船大型化に伴い、今年度 17 万総トン級のクルーズ船受け入れについて検討を行っており、今後はさらに大型化したクルーズ船の受け入れを検討する必要があることも考えられる。本稿では令和元年度に行われた長崎港小ヶ倉地区の小ヶ倉岸壁での 22 万総トン級と 17 万総トン級のクルーズ船受け入れ検討の結果と今年度実施した松が枝岸壁での 17 万総トン級のクルーズ船受け入れ検討の結果から、松が枝岸壁での 22 万総トン級クルーズ船の受け入れの可能性と今後の課題について述べる。



図 1 長崎港の役割

2. 今年度実施の17万総トン級クルーズ船受け入れ検討の結果について

長崎港では、クルーズ船を規格内船と規格外船に分けて、基準を定めている。通常航路の幅員は対象船舶の全長以上の適切な幅とされていることから、長崎港の航路幅である290mと同等の長さである12万総トン級までのクルーズ船は規格内船として受け入れられている。13万総トン級以上のクルーズ船は全長が航路幅を超えるため、規格外船として以下の表に示すように、13～15万総トン級、16万総トン級、17万総トン級と3パターンに分けられている。(表1) 今年度検討が行われた17万総トン級からは新たに潮位条件を追加し、受け入れ可能となった。

表1 規格外クルーズ船受け入れ条件表

	13～15万総トン級	16万総トン級	17万総トン級
入出港風速	12m/s以下	11m/s以下	10m/s以下
入出港視程	1マイル以上	2,000m以上	2,000m以上
係留時風速	右舷係留14m/s以下 左舷係留17m/s以下	右舷係留19m/s以下 左舷係留16m/s以下	右舷係留15m/s以下 左舷係留16m/s以下
基準潮位	-	-	潮位が基準潮位以下

長崎港の航路には女神大橋がかかっていることから、入港できるクルーズ船の高さが制限されている。これまでは、最高水面から女神大橋の桁下高が66.75mから、操船者の心理的余裕として1.00m、潮位予測誤差として0.30m、あびきによる海面上昇量1.12mを考慮し、最高水面から $H=64.33\text{m}$ ($=66.75-1.00-0.30-1.12$) までのマスト高のクルーズ船を入港可能としていた。(図2) そのため、マスト高が65.00mある17万総トン級のクルーズ船は入港不可能としていたが、今年度の17万総トン級クルーズ船の検討によって、不足分の高さ $65.00-64.33=0.67\text{m}$ 以上潮位が下がった時、つまり潮位が最高潮位のD.L.+3.28mから0.67m下がったD.L.2.60m ($\div 2.61\text{m}$) 以下の時であれば、水面上から女神大橋桁下の高さから考慮すべき要素である心理的余裕、潮位予測誤差、あびきによる海面上昇量を引いた値がマスト高以上の高さを確保できるため、17万総トン級のクルーズ船も入港可能になった。(図3)

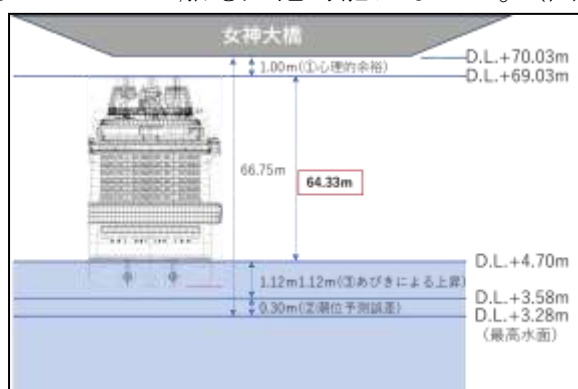


図2 これまでの入港可能な最大マスト高の考え方

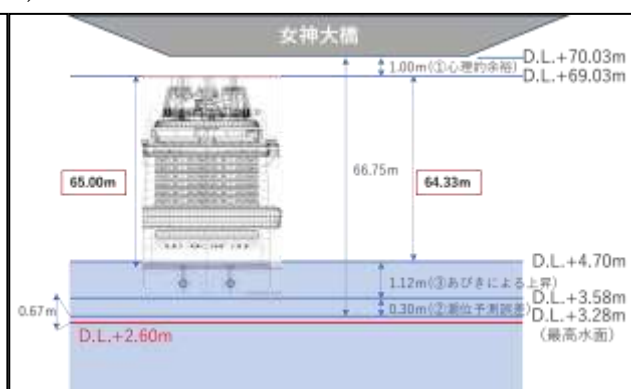


図3 潮位を用いた入港条件の考え方

今年度の17万総トン級の検討で潮位による入港の考え方が整理できたことで、今後の長崎港でさらに大型化したクルーズ船の受け入れを行える可能性が出てきた。そのため、小ヶ倉岸壁で受け入れ検討の実績がある22万総トン級のクルーズ船のデータを基に、①岸壁の延長、②係船柱強度、③岸壁・航路水深、④接岸速度、⑤入港風速、⑥入港基準

潮位の 6 点から松が枝岸壁での 22 万総トン級クルーズ船の受け入れについて検証する。

3. 22 万総トン級クルーズ客船の受け入れの可能性

本章では、令和元年時の 22 万総トン級クルーズ船の船舶緒元（表 2）をもとに、松が枝岸壁で受け入れる際に検討が必要となる 6 つの項目の各基準をクリアしているか検証を行い、受け入れを行える可能性があるかについて述べる。なお、本検討に用いる 22 万総トン級クルーズ船は、OASIS OF THE SEAS である。

3－1. 岸壁の必要延長

岸壁の延長は、対象船舶の全長に船首索及び船尾索に必要な長さを加えた値とされている。つまり、22 万総トン級の全長は 362.01 mとされていることから、「岸壁の必要延長＝362.01+船首尾索に必要な長さ」とすることができる。また、船首索及び船尾索は一般に 30° から 45° の方向に張ることが多いため、45° に張るとした場合、「船首尾索に必要な長さ＝23.5（型幅 47.0 m÷2）÷tan45° ×2（船首、船尾）＝47.0m」となる。このことから、岸壁の必要延長＝362.01+47.0＝409.01mとなり、現在の松ヶ枝岸壁の延長は 410mであることから、既存の岸壁延長は 22 万総トン級のクルーズ船係留可能な延長は確保されている。

表 2 船舶諸元

項目		22 万 GT 級客船
総トン数	GT	225,282 GT
全長	Loa	362.01 m
垂線間長	Lpp	330.02 m
型幅	B	47.00 m
満載喫水	ds	9.32 m
エアードラフト		64.85 m
排水トン数	Disp.	104,000 KT
スラスト（船首）		22,000 kW 329.1 tonf
スラスト（船尾）		— kW — tonf
推進器		3 基
推進器出力		60,000 kW
舵		— 基
入港喫水	darrival	9.32 m
排水トン数	Disp.	104,000 KT
方形係数	Cb	0.70
風圧面積	正面	3,377 m ²
	側面	15,065 m ²
流圧面積	正面	433 m ²
	側面	3,069 m ²
スラスト出力比較		2.92 kW/m ²

3－2. 係留柱の配置と強度

小ヶ倉岸壁での 22 万総トン級クルーズ船検討時の係留索配置は、船首索 4 本、船尾索 4 本、船首と船尾にスプリングラインが 2 本ずつ、ブレストラインが 4 本ずつ、合計 20 本配置されている。松が枝岸壁の係船柱配置は小ヶ倉岸壁と類似しているため、同様の係留索配置を行うことができる。（図 4）

22 万総トン級クルーズ船の係留索は 1 本あたり 794kN の許容張力があるが、離岸風を船舶の真横から受けるとした場合、1 本当たりの張力は 794kN・sin30° ～794kN・45° となる。（表 3）今回の検討では安全側で考える必要があるため、1 本当たりの張力は 794kN・sin30° ＝397kN とし、20 本の係留索を配置した場合、係留索にかかる力の合計は「係留力＝397kN/本×20 本＝7,940kN」となる。この係留力に対して、図 4 の係留索配置を行った場合、係船柱の強度は 12,500kN（＝1,000kN/基×1 基+1,500kN/基×5 基+2,000kN/基×2 基）となり、係留力以上の強度が確保されているため、安全に係留することができる。

きる。

表3 係留索の仕様 (22 万総トン級)



図4 松が枝岸壁での係留索配置

	索径	材質	最小破断張力 (MBL)	安全率	許容張力
22 万 GT 級客船	76mm (Tail)	High Performance Polyester	1,985kN (202.6tonf)	40%	794kN (81.0tonf)

3-3. 必要水深

船舶の必要水深は係留時の岸壁水深と航行中の航路水深に分けて考える必要がある。まず、岸壁の水深は対象船舶の満載喫水等の最大喫水に対象船舶に応じた余裕水深を加えた値とされており、余裕水深については、一般的に最大喫水のおおむね 10%以上とすることが望ましいとされている。今回の対象船舶である 22 万総トン級のクルーズ船は満載喫水が 9.32mとされており、余裕水深として 10%を加えた岸壁の必要水深は 10.252mとなる。現在の松が枝岸壁の水深は 12.0mのため岸壁の必要水深を満たしていることになる。次に、航路の水深は対象船舶の最大喫水以上の適切な深さとして、うねり等の波浪の影響が想定されない航路では最大喫水の 1.10 倍、うねり等の波浪が想定される港外等の航路では最大喫水の 1.15 倍、強いうねり等の波浪が想定される外洋等の航路では 1.20 倍とされている。今回の場合、航路は長崎港内のため波浪の影響はなく、航路の必要水深は最大喫水の 1.10 倍と想定すると必要水深は 10.252m になり、長崎港の航路水深は 1 番浅い場所でも 12m以上ため、岸壁水深、航路水深のどちらも 22 万総トン級クルーズ船が係留、航行できる水深が確保されている。

3-4. 接岸速度

船舶の接岸エネルギーは、船舶の質量、船舶の接岸速度、仮想質量係数、偏心係数、柔軟性係数、バースの形状係数から算出することができる。松が枝岸壁の防舷材吸収エネルギーは 343kN・m のため (表 4)、接岸エネルギーは防舷材吸収エネルギー以下でなければならない。既往検討の結果から、船舶の質量、仮想質量係数、偏心係数、柔軟性係数、バースの形状係数は既知数であるため、船舶の接岸エネルギーの式 (式 1) から船舶の接岸速度を求めることができる。その結果、 V_b (船舶の接岸速度) $\leq \{(2 \times 343) \div (104000 \times 0.7192 \times 1.4438 \times 1 \times 1)\}^{1/2} = 0.0790\text{m/s} \div 7.9\text{cm/s}$ となることから、22 万総トン級のクルーズ船は接岸速度が 7cm/s 以下であれば着岸することが可能である。

式1 船舶の接岸エネルギーの式

$$E_b = \frac{1}{2} M_b V_b^2 C_m C_e C_f C_r C_s$$

ここに、
 E_b : 船舶の接岸エネルギー (kJ)
 M_b : 船舶の質量 (t)
 V_b : 船舶の接岸速度 (m/s)
 C_m : 仮想質量係数
 C_e : 偏心係数
 C_f : 柔軟性係数
 C_r : バースの形状係数

表4 松が枝岸壁の防舷材の仕様

型式 (ゴム質)	反力	吸収エネルギー	設計歪み
DA 型 A800H×2100L (M2)	1,247kN (127.3tonf)	343kN・m (35.0tonf・m)	52.5%

注) 表中の反力は性能公差+10%した値を、吸収エネルギーは性能公差-10%した値を示したものである。

3-5. 入港風速

長崎港の航路は入港時に左に舵を取りながら航路幅が狭くなるため、風の影響を受けた場合、船舶が航路外に出る可能性があり、最悪の場合、錨地に停泊している船舶との接触や陸側に座礁する恐れがある。そのため、長崎港に入港するクルーズ船は、入港可能な風速条件が決められており、13万～15万総トン級は風速12

項目	15万トン級	16万トン級	17万トン級	22万トン級
総トン数	148,528t	168,666t	171,598t	225,282t
全長	344.3m	347.1m	315.83m	362.01m
全幅	41.0m	41.4m	43.0m	47.0m
全高	301.35m	320.2m	295.1m	330.02m
全幅	41.0m	41.4m	43.0m	47.0m
満載喫水	10.32m	8.8m	8.75m	9.32m
横風圧係数	1.2	1.0	1.4	1.2
スラスター	船首	9,600kW	14,000kW	13,200kW
	船尾	-	-	22,000kW
風圧面積	正面	1,920㎡	1,926㎡	2,508㎡
	側面	13,180㎡	14,632㎡	13,617㎡
スラスター出力比較	1.457kW/㎡	1.914kW/㎡	1.939kW/㎡	2.921kW/㎡

表5 15万～22万総トン級の比較表

m/s、16万総トン級は風速11m/s、17万総トン級は風速10m/sとなっている。22万総トン級のクルーズ船は横風圧係数の最大値が1.2となっており、17万総トン級の1.4より小さい値になっている。(表5)横風圧係数は真横からの風に対しての影響を数値で表しているため、数値が小さいほど横風の影響を受けにくいということになる。そのため、22万トン級クルーズ船は17万総トン級と比較して横風の影響を受けにくい。

また、横風圧面積に対するスラスター出力を比較した場合、17万総トン級は1.939kW/m²(=13200kW×2基÷13617m²)に対して22万総トン級は2.921kW/m²(=22000kW×2基÷15065m²)であり(表5)、横風圧面積当たりのスラスター出力が大きいほど横風に抵抗する力が大きいため、22万トン級のクルーズ船のほうが横風の抵抗力が大きいことがわかる。

令和元年度での小ヶ倉岸壁での検討結果では17万総トン級は風速条件が10m/sに対して22万総トン級は12m/sと条件が緩くなっている。22万総トン級のクルーズ船は17万総トン級と比較して横風の影響を受けにくく、松が枝岸壁での風速条件は17万総トン級と同等の風速10m/sかそれ以上になることが予想される。

3-6. 入港基準潮位

今回の対象船舶である22万総トン級のクルーズ船はマスト高は64.85mであり、このマスト高に心理的余裕の1.00m、あびきによる上昇量1.12m、潮位予測誤差0.30mを考慮した67.27mを確保する必要がある。最高水面から女神大橋桁下までの高さが66.75mあり、確保すべき高さである67.27mより0.52m低いため、基準

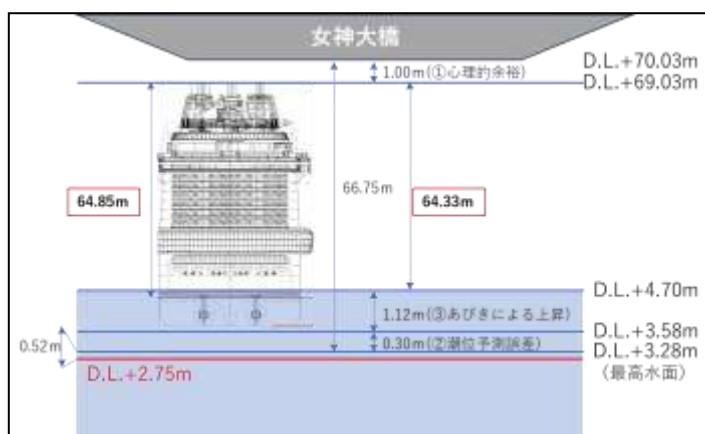


図5 22万総トン級の基準潮位

潮位を設定する必要がある。基準潮位は最高水面から不足分の高さを引いた潮位であるため、基準潮位3.28-0.52=2.75mを設定し、基準潮位以下であれば入出港が可能であると考えられる。

3-7. 条件一覧表

項目	松が枝岸壁・対象船舶の緒元	基準	判定
①岸壁の延長	410.00m	409.01m以上	OK
②係船柱強度	12,500kN	7,940kN以上	OK
③水深	最低12.0m	10.252m以上	OK
④接岸速度	-	-	毎秒7cm以下で着岸すること
⑤入港風速	-	-	操船シミュレータを用いて条件設定
⑥入港基準潮位	-	-	潮位がD.L.2.75m以下であること

4. 今後の対応と課題

前述にあるように、22 万総トン級クルーズ船を受け入れるための岸壁延長、係船柱強度、航路・岸壁水深は、既存の施設で必要数値を満たしており、岸壁への接岸速度は 7cm/s 以下であれば着岸できること、潮位が基準潮位の 2.75m 以下であれば女神大橋桁下を航行できることが明らかになった。今回、3-2 係船柱の配置と強度で係船柱強度が係留力以上であること、また 3-5 入港風速では 17 万総トン級と比較して横風の影響を受けにくいことを明らかにしたが、入港時と係留時の基準となる風速はそれぞれ航行操船シミュレータ実験と係留動揺シミュレーションを行わなければ条件を決めることができないため、本検討では明らかにすることができなかった。今後、22 万総トン級のクルーズ船入港を本格的に検討する際には、航行操船シミュレータ実験と係留動揺シミュレーションを行い、風速条件を決定する必要がある。

課題として、本検討で明らかにした通り、既設の防舷材では 22 万総トン級のクルーズ船は 7cm/s 以下でなければ着岸できないようになっており、操船者の負担が大きくなっている。今後 22 万総トン級やそれ以上の客船を受け入れる方針があるのであれば、既存のものよりも強度の高いものにし、係留のための接岸速度の条件緩和を行い、操船者への負担を軽減させることが必要である。

また、現時点では、17 万総トン級のクルーズ船が寄港していないため、潮位条件による入港を行った実績がない。そのため、潮位条件を運用する際の課題や改善点などの検討を今後行っていく必要がある。まずは、17 万総トン級の受け入れの際の観測を確実にを行い、将来に向けた改善点を見つける必要がある。

5. おわりに

今年度の 17 万総トン級クルーズ船受け入れ検討で基準潮位の条件が追加されたことでマスト高の大きな船舶の受け入れの幅が広がったため、本検討では、22 万総トン級の受け入れの可能性について述べた。現時点で日本には 20 万総トン級以上の客船が寄港した実績がないため、長崎港で日本初の 22 万総トン級クルーズ船の受け入れを実現し、日本を代表する港にしたい。また、現時点で世界最大級のクルーズ船は 25 万総トン級のため、将来的に受け入れが可能となるか挑戦したい。