

1. はじめに

バルク船等の大型化に対して、わが国の港湾の航路は必ずしも十分な水深が確保されていない。したがって、大型バルク船のメリットを活かすために大量の原材料を輸入する際において、複数港で荷卸しされている場合が多い。すなわち、大水深の航路を有する港湾である程度の荷卸しをすることで喫水を調整してから次の港湾に寄港する、いわゆる二港寄り、複数寄港が行われている。

このような複数寄港は非効率であり早期の改善が必要であるにもかかわらず、これまではその実態が必ずしも明確になっていなかった。特に、大型船の入・出港時の実喫水を計測することは非常に困難であることから、喫水調整に関する定量的な実態は殆ど明らかになっていなかった。

近年、外航船・内航船ともに一定規模以上の船舶へのAIS（Automatic Identification System：船舶自動識別装置）の搭載が義務化されたことで、船舶動静の把握が格段に容易になった。港湾研究部港湾計画研究室では、国総研船舶動静解析システム（NILIM-AIS）を構築することで東京湾他の主要海域でのAISデータの定常的観測を行い、その観測結果をもとに様々な観点から解析結果を報告^{1)～7)}してきた。特に、最近の港湾計画研究室の研究により大型船については、自らAISに登録している場合には実喫水のデータをも観測できることを確認した。

そこで、本研究では航路の水深不足に起因すると思われる複数寄港に着目して、NILIM-AIS等により事例とした港湾での複数寄港における寄港実態と喫水実態について分析した。さらに、その結果を踏まえて対象港湾の航路水深が不足していることも明らかにした。

2. 本研究での分析手法

荷主が大量のバルク貨物を輸入する場合、大型バルク船により一度に荷卸しすることでスケールメリットを活用することができる。しかしながら、荷卸港の航路水深が不足している場合には、別の港湾で荷卸しをすることで喫水を浅くしてから寄港している。本研究ではこのような荷卸港の航路の水深不足等に起因する複数寄港を対象としており、「複数寄港」はこの意味で用いている。

この複数寄港の実態を把握するためには、まず、寄港実態すなわち対象とする港湾に寄港する以前にどのような港湾に寄港しているのかを明らかにすることが必要である。さらに、喫水実態すなわち対象港湾へ大型のバルク船がどの程度まで喫水を浅くして入港しているのかを明らかにすることが必要である。

しかしながら、この2点を調査することは非常に困難であったために、これまでは具体的な寄港実態あるいは定量的な喫水実態が分析された事例はほとんど見あたらない。

したがって、本研究ではNILIM-AISおよびLloydsmlu.comを用いることで寄港実態および喫水実態を具体的かつ定量的に分析した。その具体的な段階的手順を以下に示す。

なお、Lloydsmlu.comとはLMIU (Lloyd's Marine Intelligence Unit) が船舶動静情報を最新の船舶情報とともにインターネットで提供する有料のサービスである。平成21年1月現在で、100GT以上の現存船、新造船、廃船等120,000隻以上の外航船（原則として漁船は除く）の最新情報を24時間いつでもアクセス可能となっている。このLloydsmlu.comでは、船名やIMO番号を入力して船を指定して各船舶の要目、最大1997年以降の船舶の動きを把握することが可能である。本研究では、Lloydsmlu.comを従来用いられてきた名称であるSea Searcherとして表記している。

Step-1：対象港湾および対象航路の特定

複数寄港の要因となっている対象港湾および大型のバルク船に対して水深が不足している航路を特定する。

Step-2：分析対象とする船舶の選定条件の設定

対象航路の水深に対して、満載状態で入港可能な対象船舶の満載喫水（以下 d_{max} ）を設定する。

具体的には、「港湾の施設の技術上の基準」⁸⁾の第3章 2.2航路水深に示されている次式から、逆算により必要な満載喫水を設定する。

- ①うねり等の波浪の影響が想定されない
港内等の航路 : $D=1.10 d$
- ②うねり等の波浪の影響が想定される
港外の航路 : $D=1.15 d$
- ③強いうねり等が想定される
外洋等の航路 : $D=1.20 d$
- ここに
D : 航路水深 (m)
d : 対象船舶の係船状態における最大喫水 (m)

具体的に、航路水深が16.0m、航路状況が上記①と想定すると最大喫水：dは14.5m ($16 \div 1.10 = 14.54 \div 14.5$) と算定される。すなわち、満載喫水が14.5m以上の船舶が対象港湾に入港している場合は、満載よりも喫水を浅くすること、すなわち喫水調整して入港していると考えられる。したがって、この航路の場合には、大型のバルク船を対象船舶の選定条件として満載喫水14.5m以上を設定する。

Step-3：対象船舶の抽出

解析期間について対象航路を通航した船舶のうち満載喫水がStep-2での選定条件以上の船舶をNILIM-AISにより抽出する。ここで、NILIM-AISでは船舶の固有情報のうち満載喫水を対象として該当船舶のみを抽出するフィルター機能を有している。

Step-4：対象港湾を中心とした船舶動静の把握

Step-3により得られる対象船舶のIMO番号、対象港湾の寄港日の情報を基にSea Searcherによりその前後の国内での寄港地の状況、すなわち寄港地実態を把握する。

これにより、例えば対象港湾における特定の対象船舶について、次のような寄港実態を把握することができる。

- 積出港 (*月*日：出港)
→日本A港 (*月*日：入港—*月*日：出港)
→対象港湾 (*月*日：入港—*月*日：出港)
→日本B港 (*月*日：入港—*月*日：出港)
→最初の積出港 (*月*日：入港)

Step-5：入・出港時での実喫水データの把握

対象港湾およびStep-4で明らかになった対象港湾前後に寄港した国内港湾においてNILIM-AISにより入港時における実喫水 (d_{in}) および出港時における実喫水 (d_{out}) を把握する。ただし、云うまでもなくこれらのデータを把握できるのは、現在のNILIM-AISでの観測エリア (東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海、関門海峡) が対象となる。

本研究では、対象港湾他での喫水実態は絶対値および満

載喫水に対する実喫水比 (以下 喫水率： d_{in}/d_{max} あるいは d_{out}/d_{max}) を把握する。この喫水率を用いるのは、船舶の大きさにより喫水は大きく異なることから、絶対値ではなく無次元化することで統一的な評価を行うためである。

ここで示した5段階により、3. で詳細な分析を実施する水島港を対象港湾として得られた解析結果の一例を図-2.1に示す。ここでは、20万DWT級 ($d_{max}=17.8m$) の大型バルク船が、オーストラリアの積出港から、先ず東京湾の千葉港に寄港している。この千葉港での入港時喫水率は0.84、出港時喫水率は0.74となっている。その2日後に水島港に寄港し、千葉港出港時の喫水率のままで水島港に入港し、出港時喫水率は0.51となっている。その後は当初の積出港に戻っている。

この例は、本研究で対象としている荷卸港の航路の水深不足等に起因する複数寄港の典型例だと考えられる。すなわち水島港の航路水深は16.0mであることから、本船は満載喫水での入港できないために先に千葉港に入港して荷卸しをしてから水島港に入港できるまで喫水調整をしたことが想定される。水島港入港時喫水率の0.74は実喫水として13m余であり、1.1倍することで得られる航路水深は14m余となる。すなわち、潮位等を利用しなくとも十分に入港できる水深となっている。

なお、荷主が当初から複数港への荷卸しを計画していた場合、配船の都合上で当該船舶となっていた場合等もあることに注意が必要である。

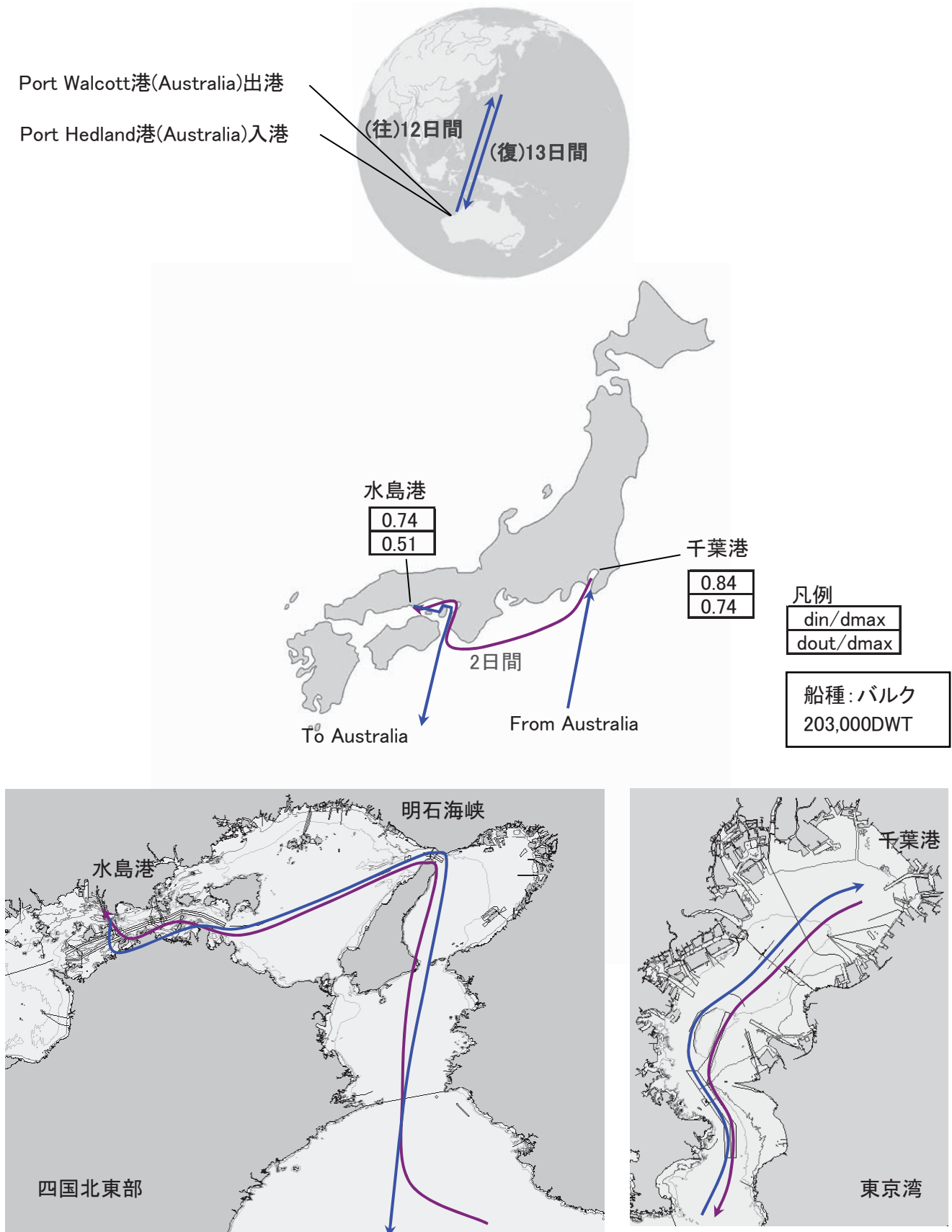


図-2.1 解析結果一例

3. 水島港を対象港湾とした分析結果

3.1 水島港の概要⁹⁾

水島港は瀬戸内海を代表する港湾の一つである。特に、水島地区では昭和16年の航空機工場の用地造成に始まり、以後昭和30年代にかけて工業用地造成と航路・泊地浚渫などの港湾整備が行われ、石油化学、石油精製、鉄鋼、自動車、食品など多種多様な大工場が立地している。

しかしながら、瀬戸内海からこれらの企業の専用岸壁に至る航路の水深が不十分なために、大型のバルク船が直接に寄港できず、他港で一度荷卸しをしてから寄港している実態がある。特に、この瀬戸内海から企業の専用岸壁に至るなかで水島港内航路が最も浅い水深16.0mとなっており、一般的な大型バルク船の入港に際してはかなり浅い状況となっている。

したがって、この水島港の水島港内航路を対象として複数寄港の実態分析を行う。なお、図-3.1に水島港港湾計画平面図⁸⁾ および航空写真⁸⁾を示すとともに、航空写真には水島港内航路の場所を示す。

3.2 分析対象とする船舶の選定条件の設定

対象航路である水島港内航路について2. のStep-2で示した次式に基づき、分析対象とする船舶の満載喫水を設定する。

うねり等の波浪の影響が想定されない

港内等の航路 $D = 1.10d$

ここに

D : 航路水深 (m)

d : 対象船舶の係船状態における最大喫水 (m)

水島港内航路の水深が16.0mであることから最大喫水： d は14.5m ($16 \div 1.1 = 14.54 \div 14.5$) と算定される。したがって、満載喫水14.5m以上を対象船舶の選定条件とする。

3.3 対象船舶の抽出

四国地方整備局港湾空港部により瀬戸内海を対象として観測された2009年2月と3月の2ヶ月のAISデータについて、水島港に入港した満載喫水14.5m以上の大型のバルク船をNILIM-AISにより抽出した。

この2ヶ月の対象期間に抽出された大型のバルク船は20隻であるが、Step-4以降の分析が可能であったのは19隻であった。

3.4 水島港を中心とした船舶動静および喫水率の把握

3.3により得られた対象船舶19隻のIMO番号、対象港湾の寄港日の情報を基にSea Searcherにより寄港地実態を把握した。

その結果、国内で水島港へ2番目以降に寄港（以下2次寄港）したのは9隻で、一方で水島港に最初に寄港（以下1次寄港）したのは10隻であった。さらに水島港の前後に寄港した国内港湾においてNILIM-AISにより入・出港時における実喫水を把握し、喫水率を算定した。

この水島港への2次寄港を1隻ごとに図表化した結果を図-3.2～図-3.11に、1次寄港を1隻ごとに図表化した結果を図-3.12～図-3.22に示す。例えば、図-3.2では20万DWT級の大型バルク船が最初に福山港に寄港（入港時喫水率0.88）し、次に水島港に寄港（入港時喫水率0.70）したことを示す。なお、AISデータが取得できなかった場合には、喫水率は空欄となっている。

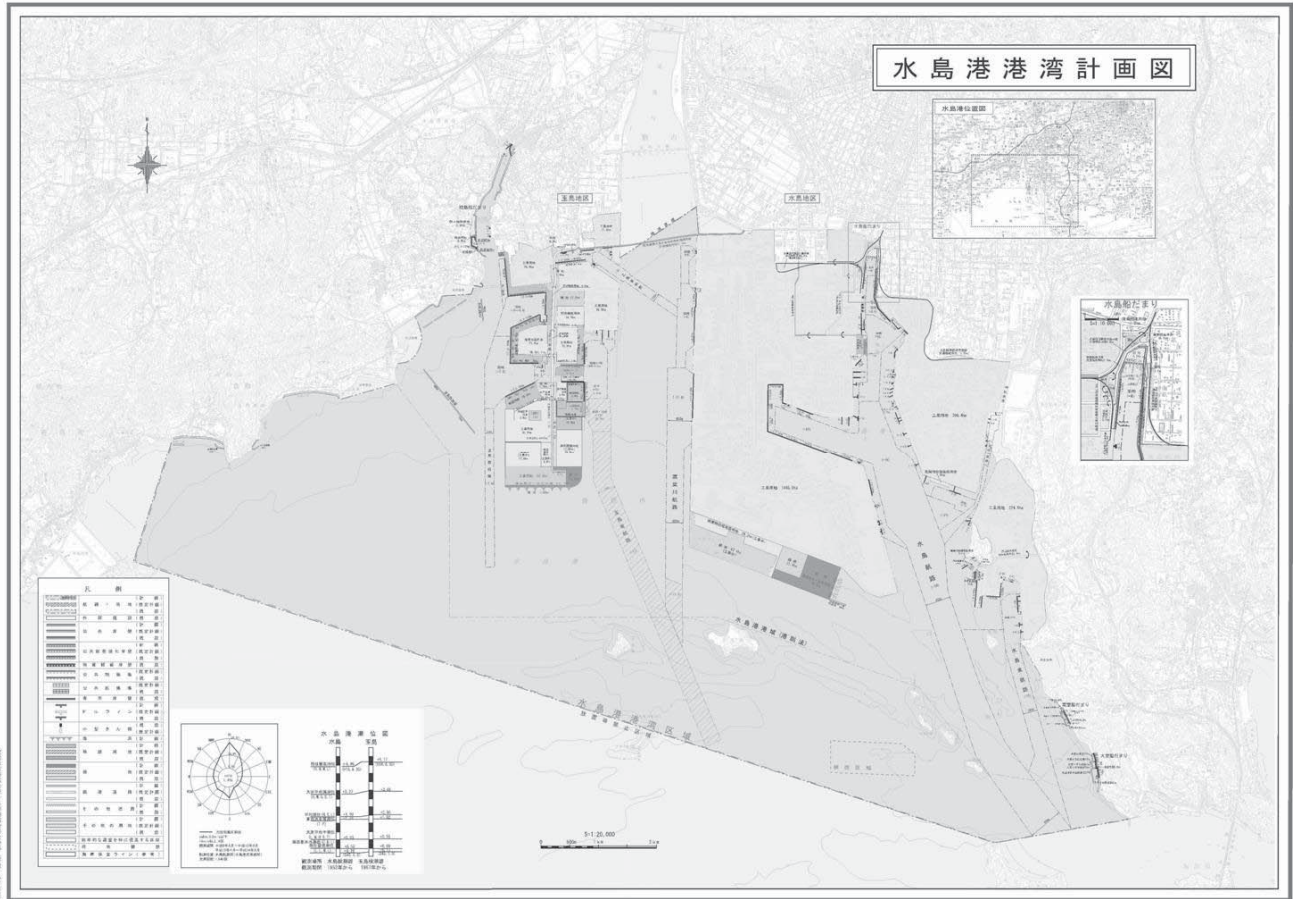


図-3.1 水島港港湾計画平面図⁹⁾ および航空写真⁹⁾

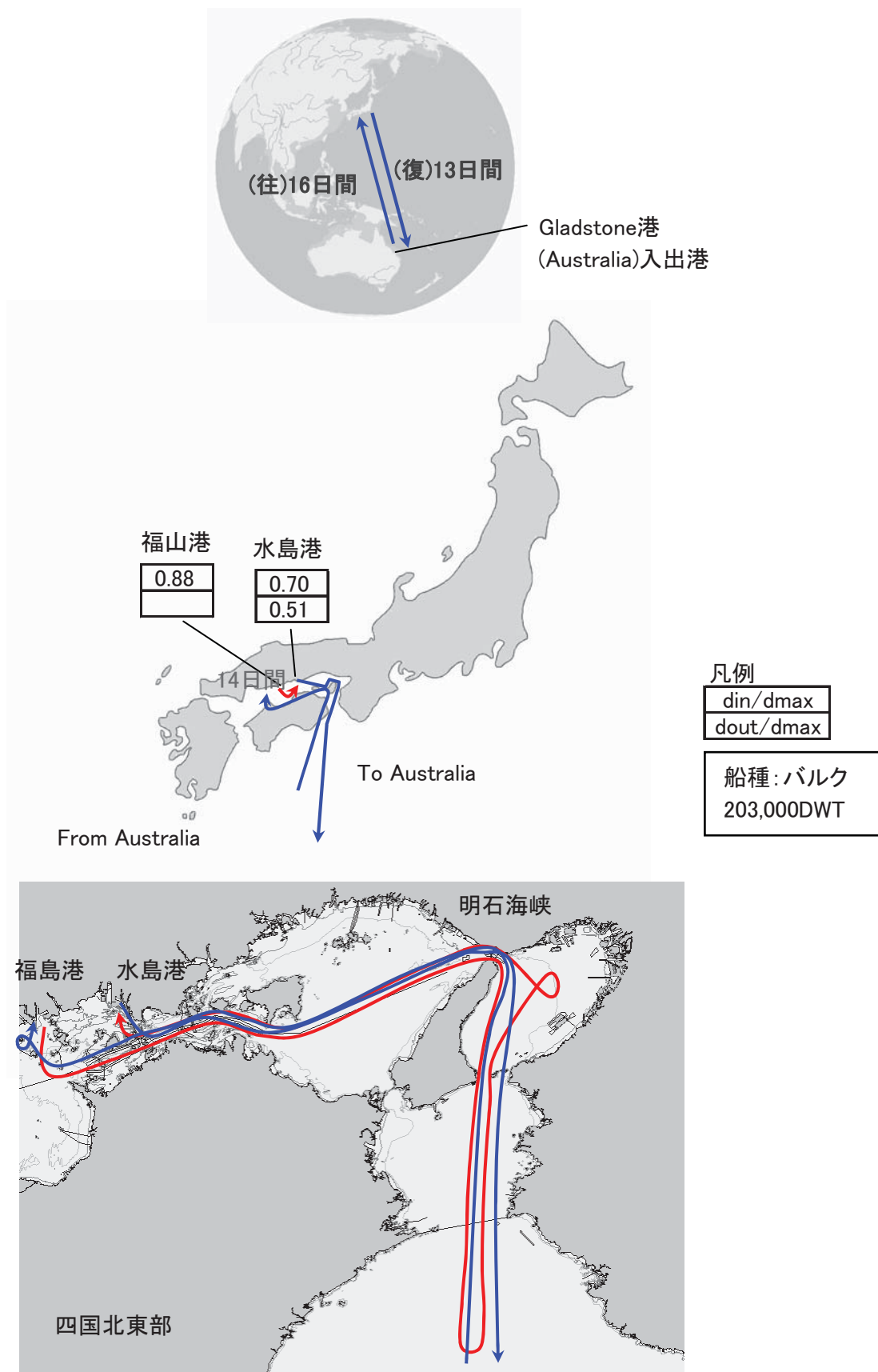


図-3.2 2次寄港 (S-1)

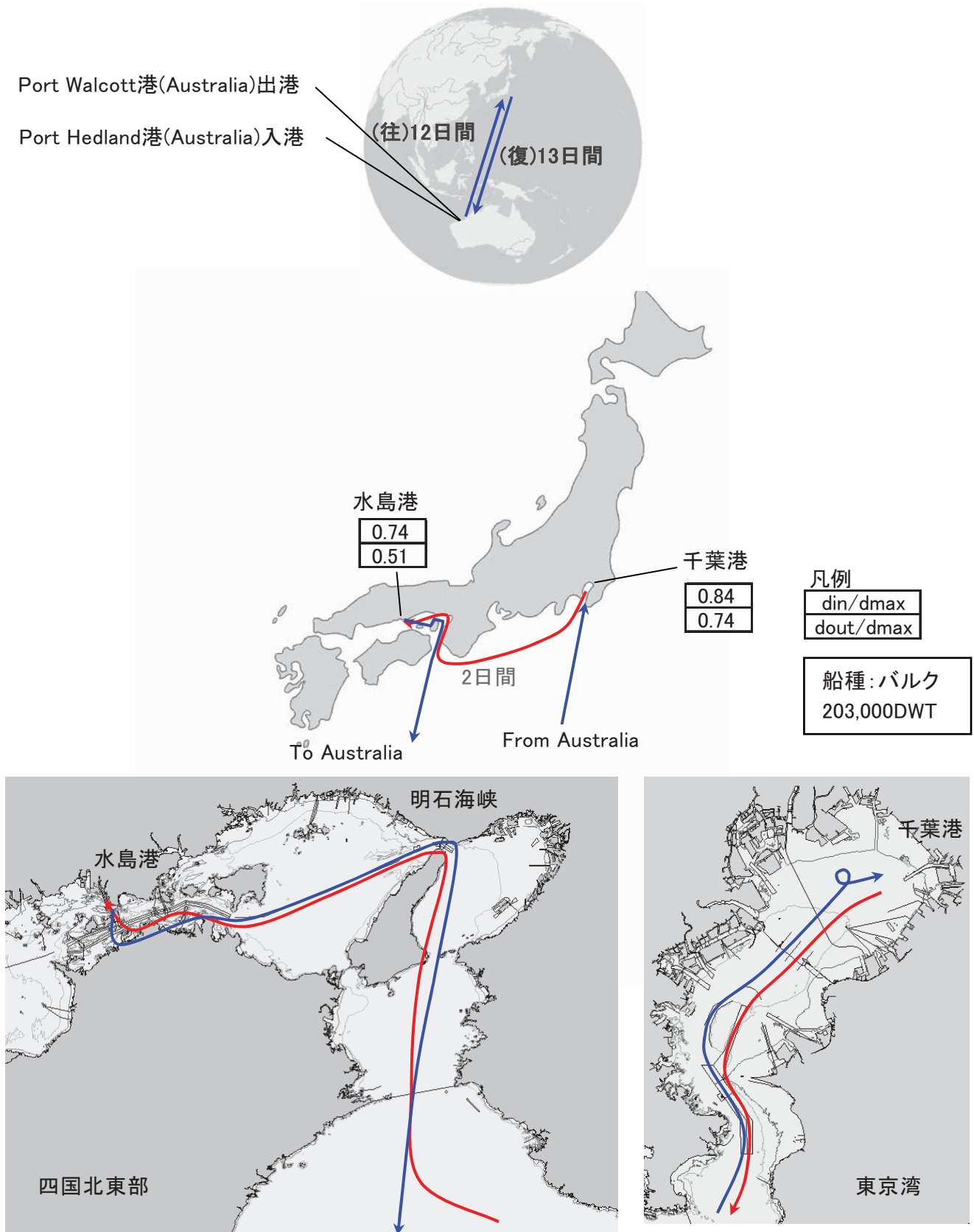


図-3.3 2次寄港 (S-2)

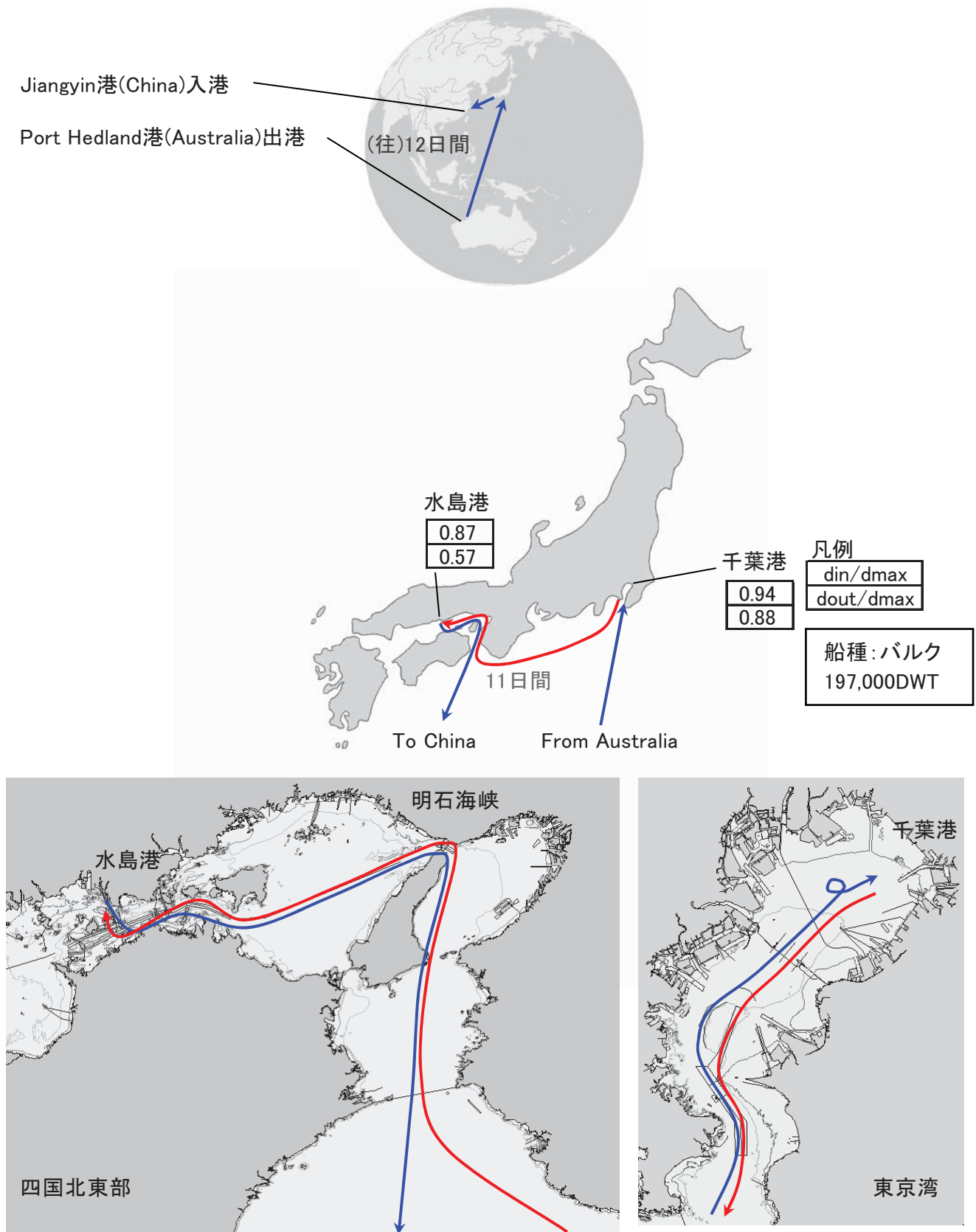


図-3.4 2次寄港 (S-3)

Singapore出港

Saldan Bay港
(South Africa)出港

Port Hedland港
(Australia)入港

(往)14日間
(往)22日間
(復)11日間

福山港

0.87
0.59

水島港

0.59
0.52

10日間

To Australia

From Singapore

凡例

din/dmax
dout/dmax

船種:バルク
176,000DWT

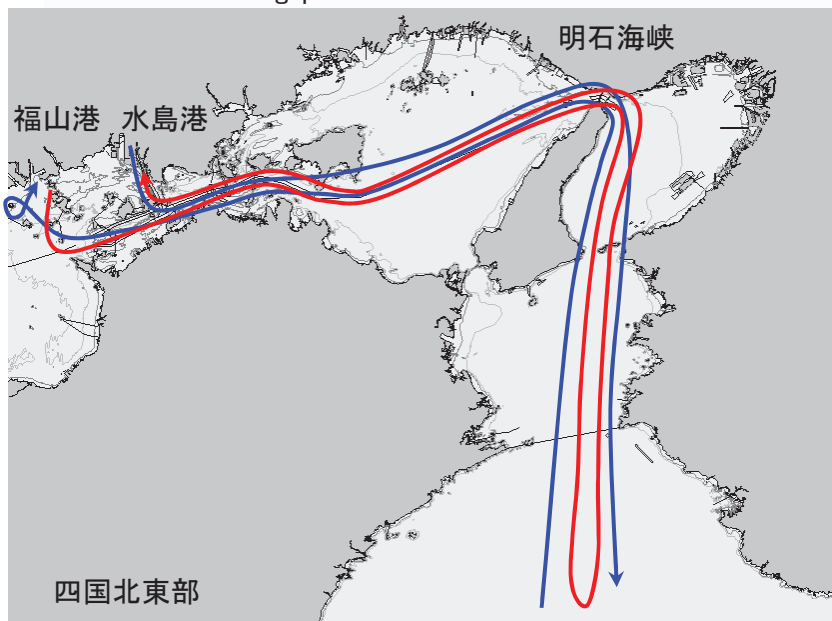


図-3.5 2次寄港 (S-4)

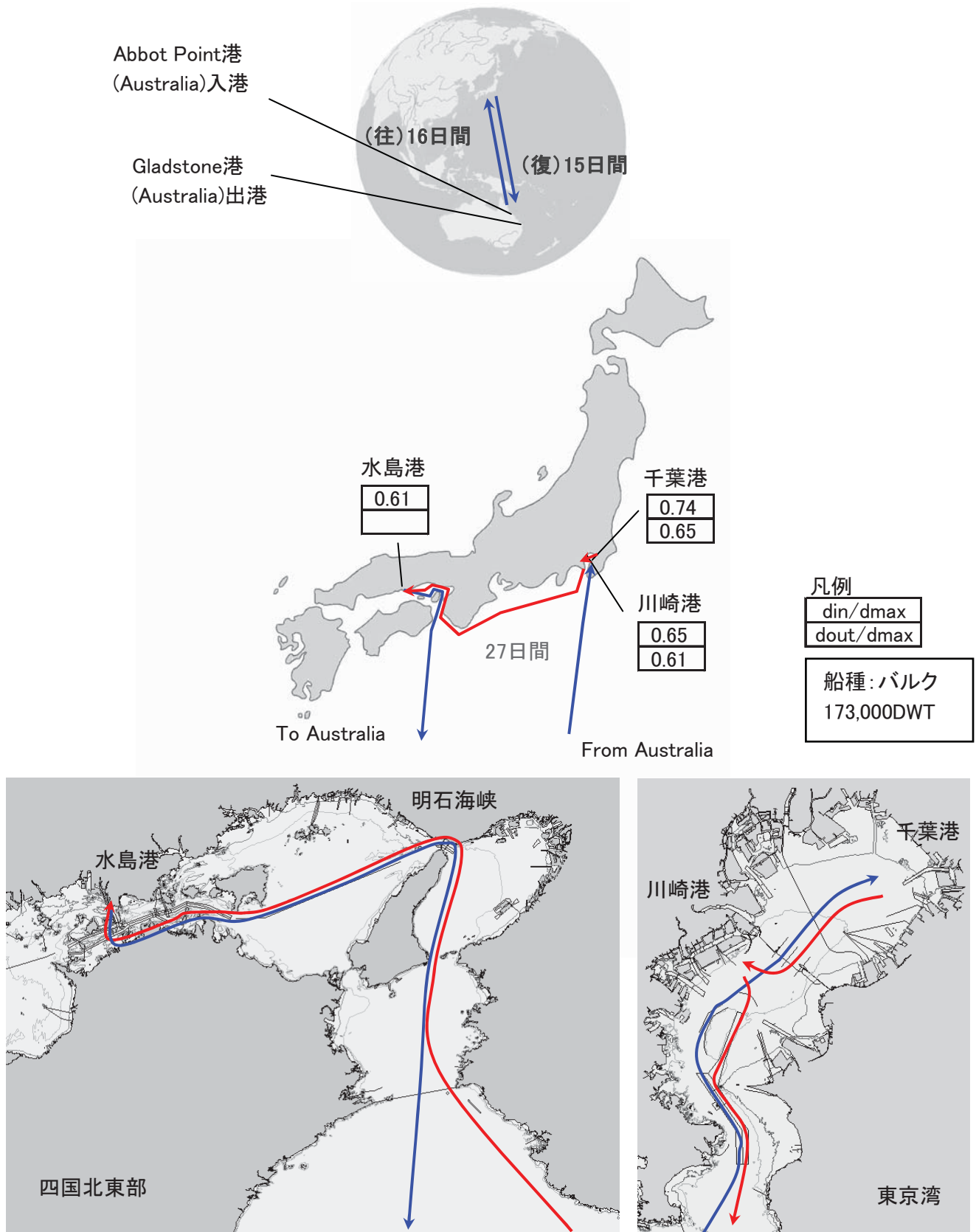


図-3.6 2次寄港 (S-5)

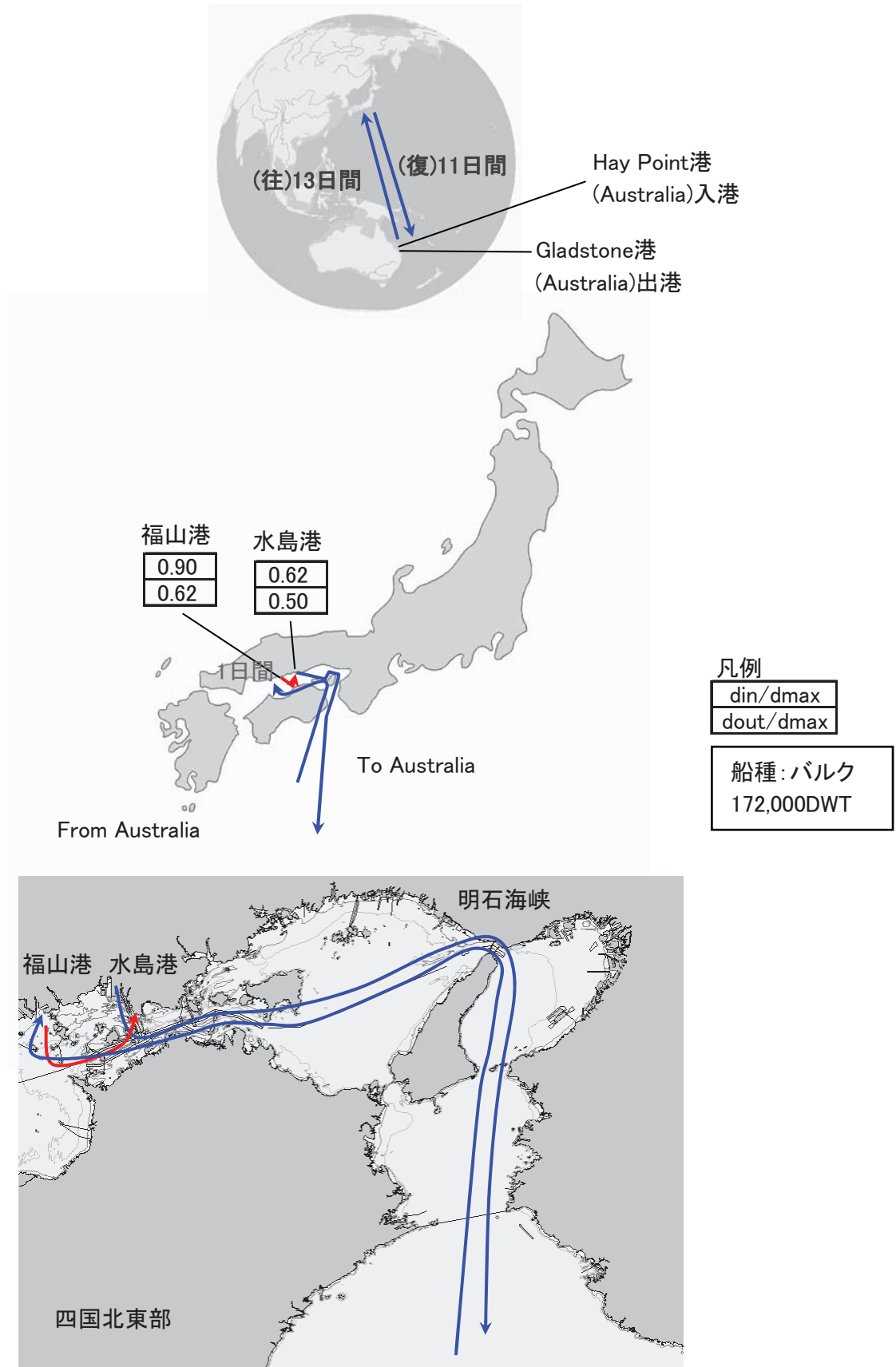


図-3.7 2次寄港 (S-6)

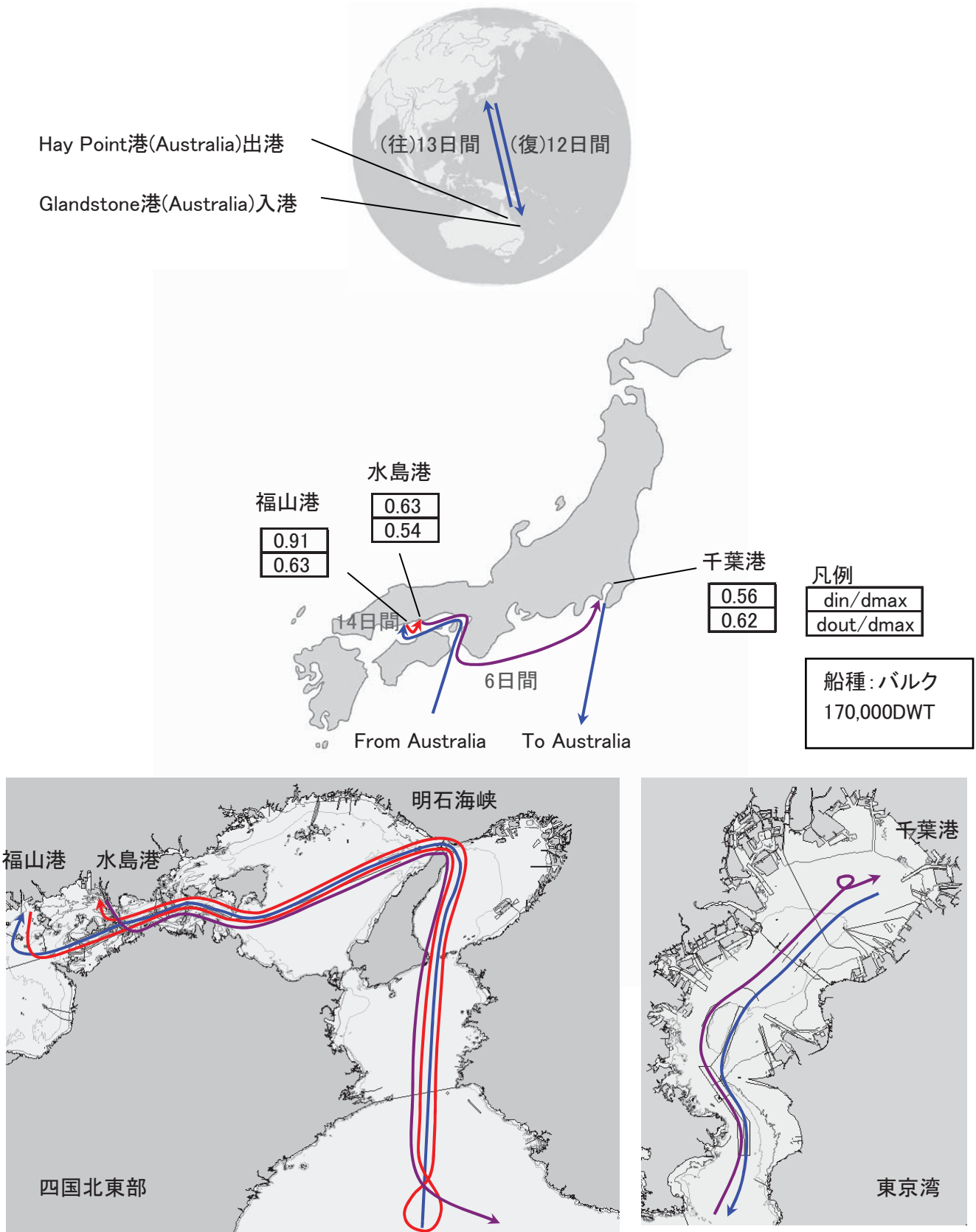


図-3.8 2次寄港 (S-7)

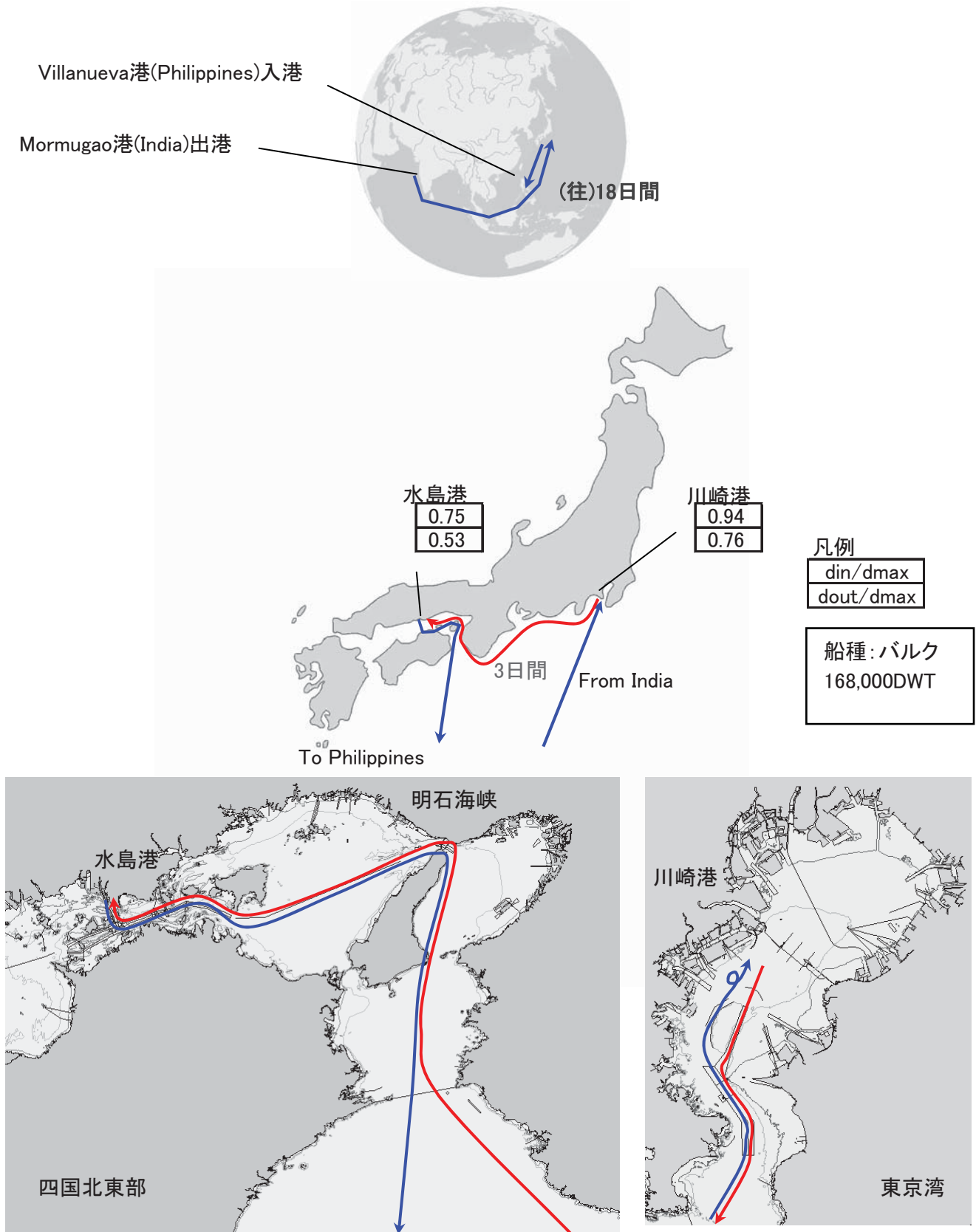


図-3.9 2次寄港 (S-8)

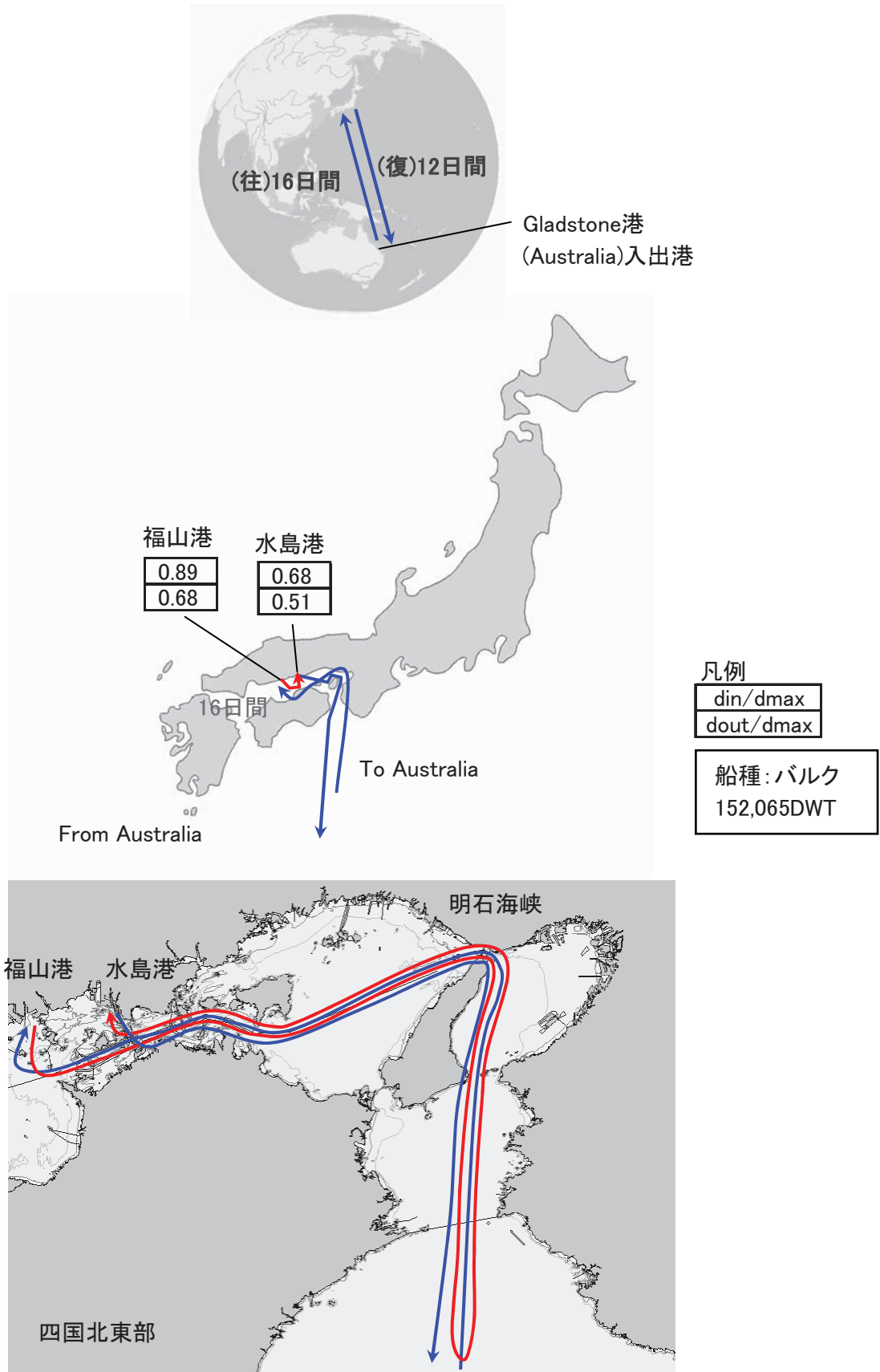


図-3.10 2次寄港 (S-9)

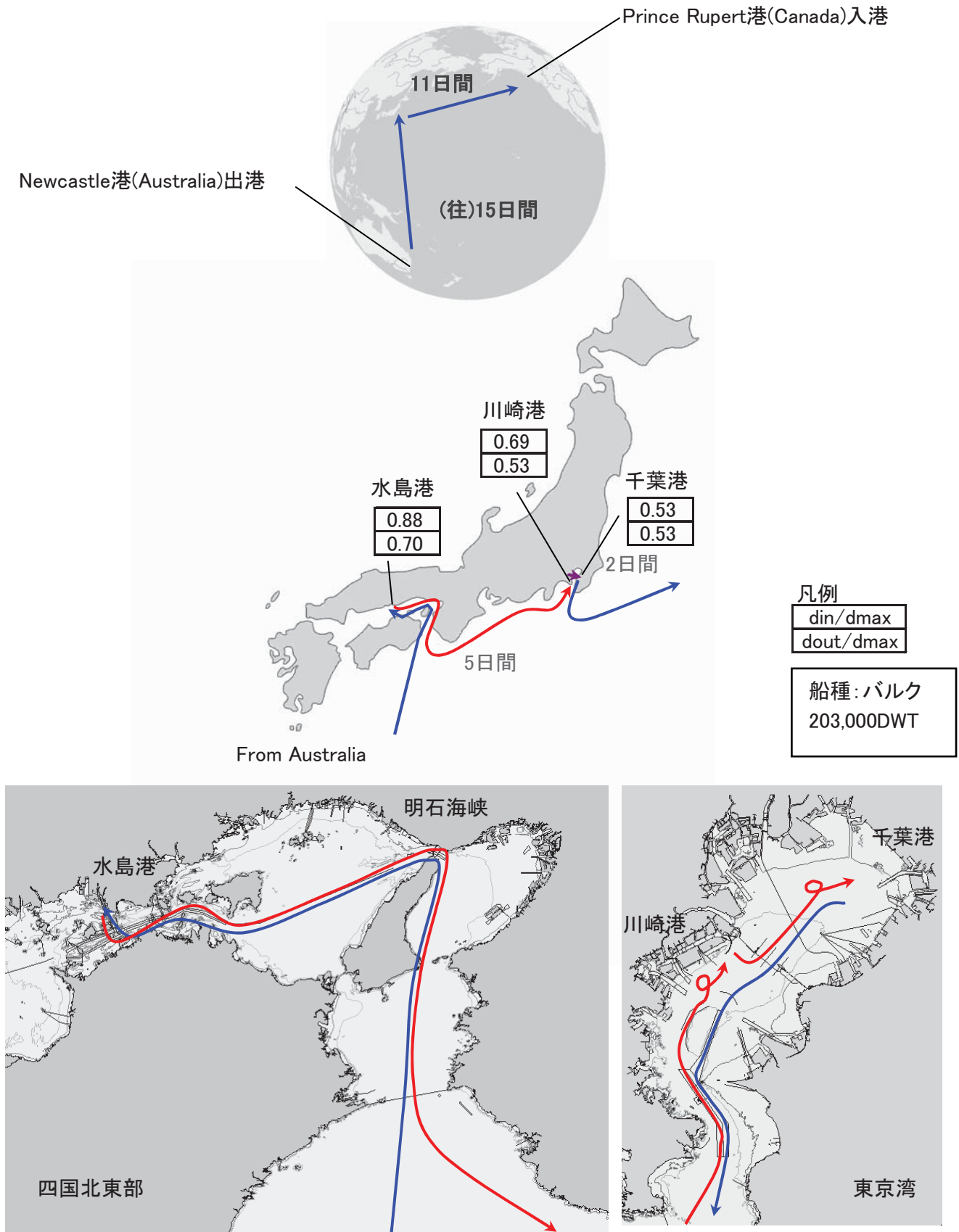


図-3.11 1次寄港 (F-1)

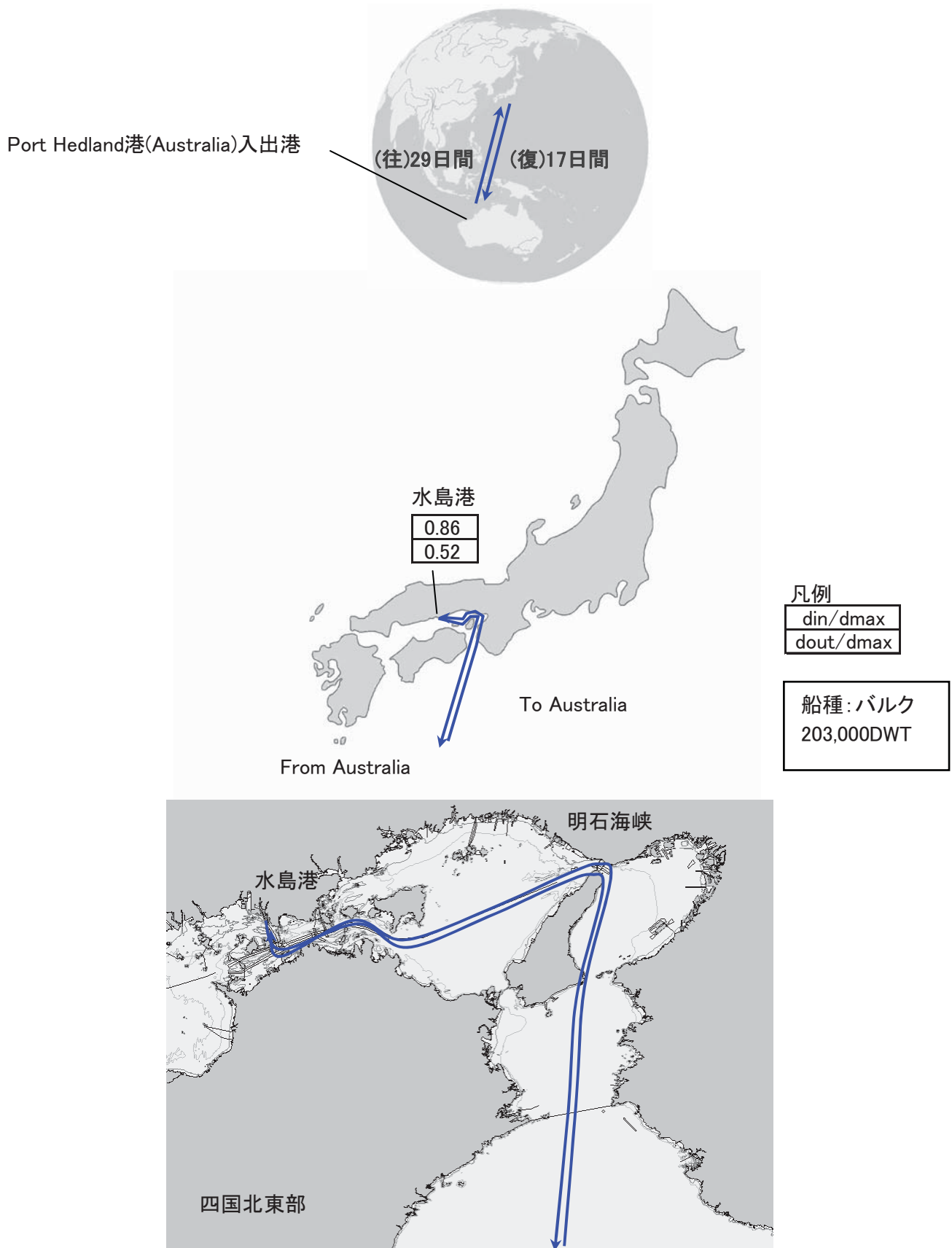


図-3.12 1次寄港 (F-2)

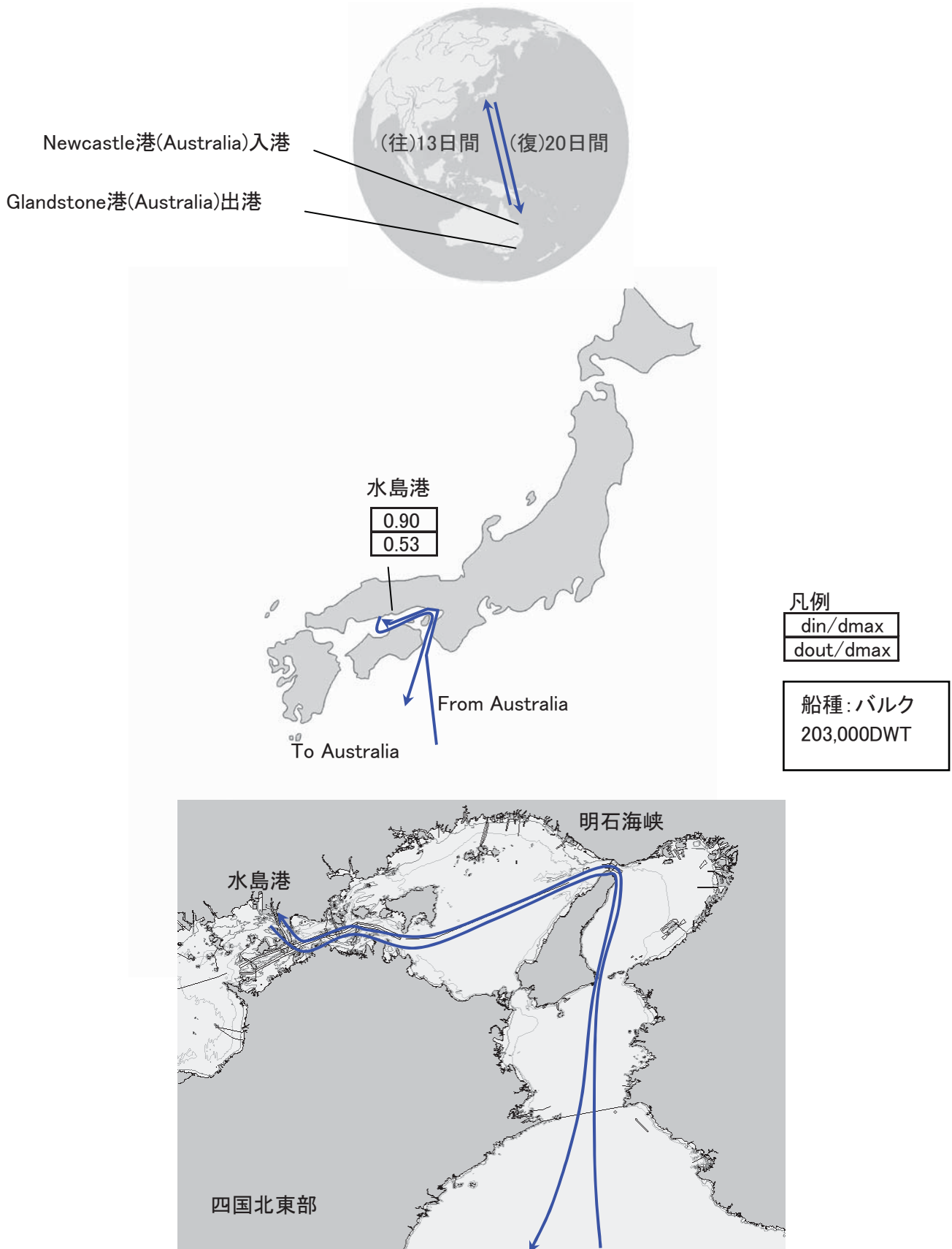


図-3.13 1次寄港 (F-3)

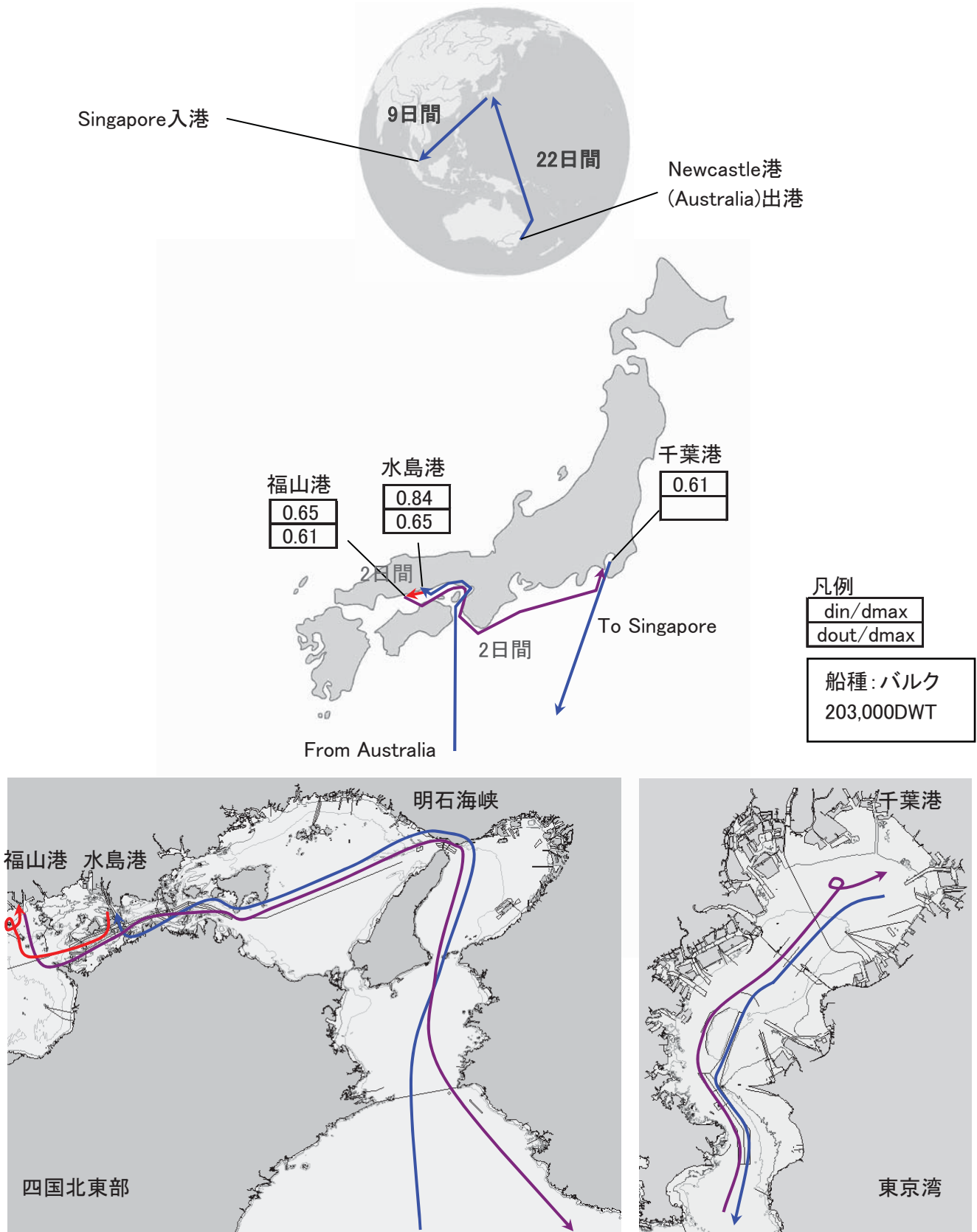


図-3.14 1次寄港 (F-4)

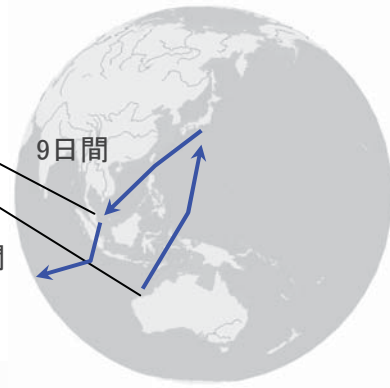
Shingapore入港

Dampier港(Australia)出港

Saldanha Bay港
(South Africa)入港

21日間

9日間



水島港

0.80
0.51

From Australia

To Singapore

凡例

din/dmax
dout/dmax

船種:バルク
203,000DWT

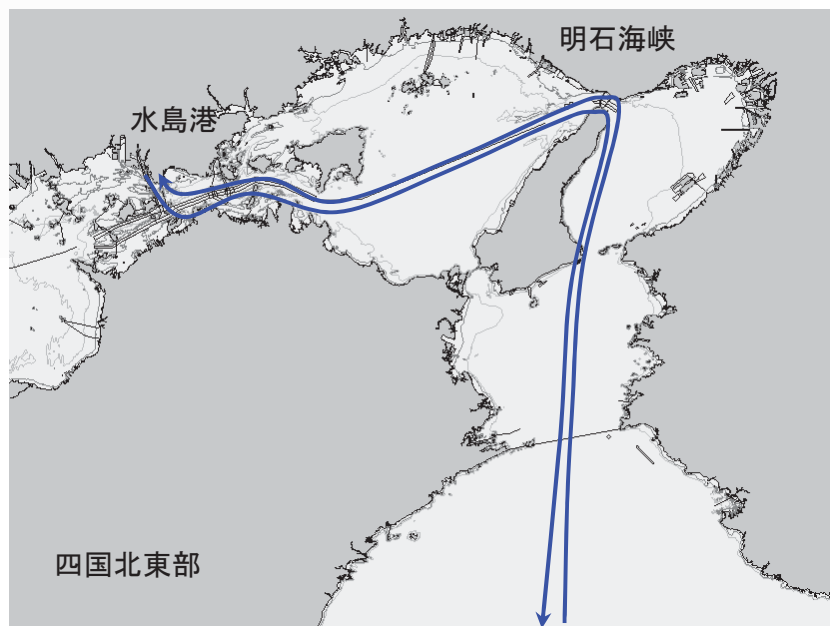


図-3.15 1次寄港 (F-5)

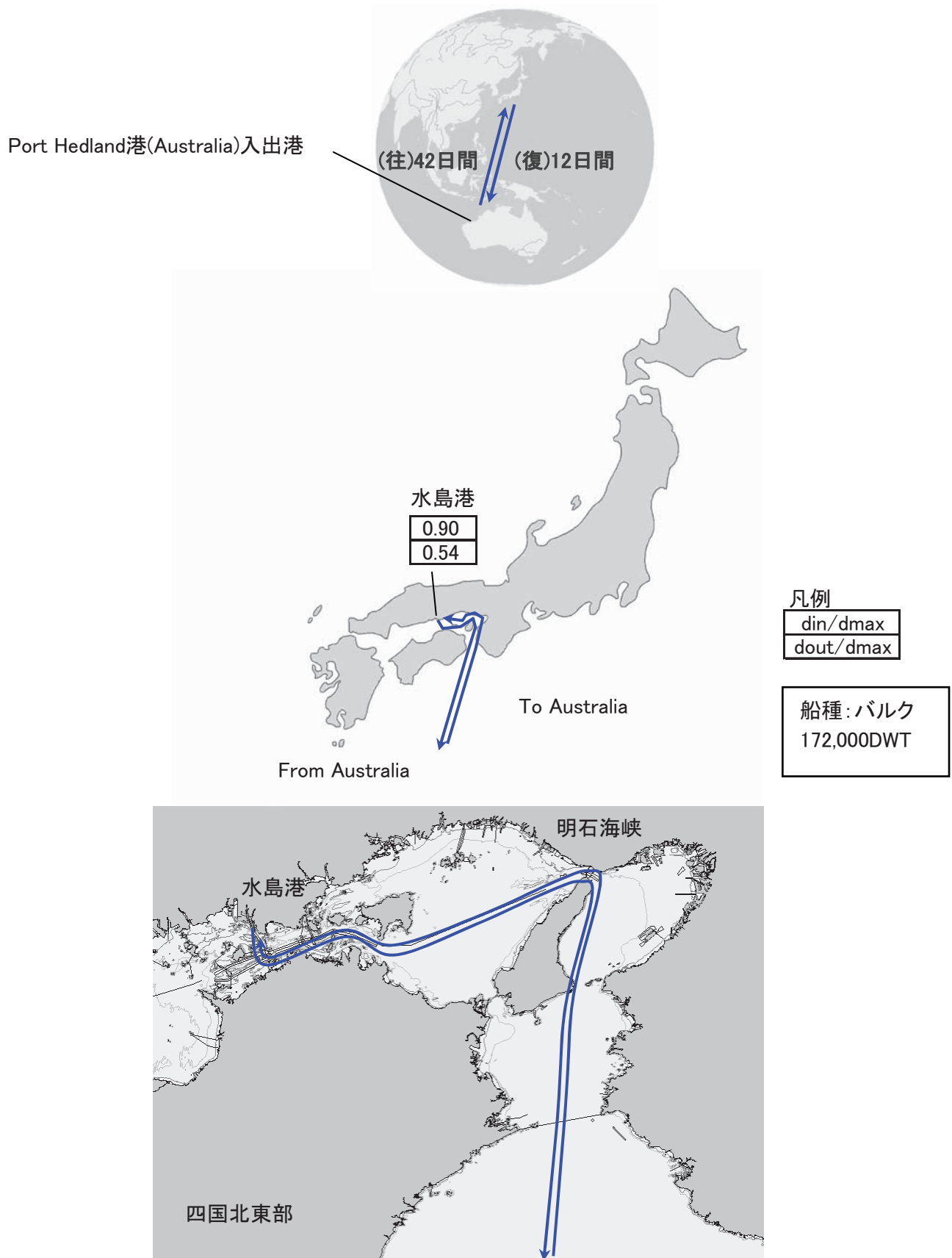


図-3.16 1次寄港 (F-6)

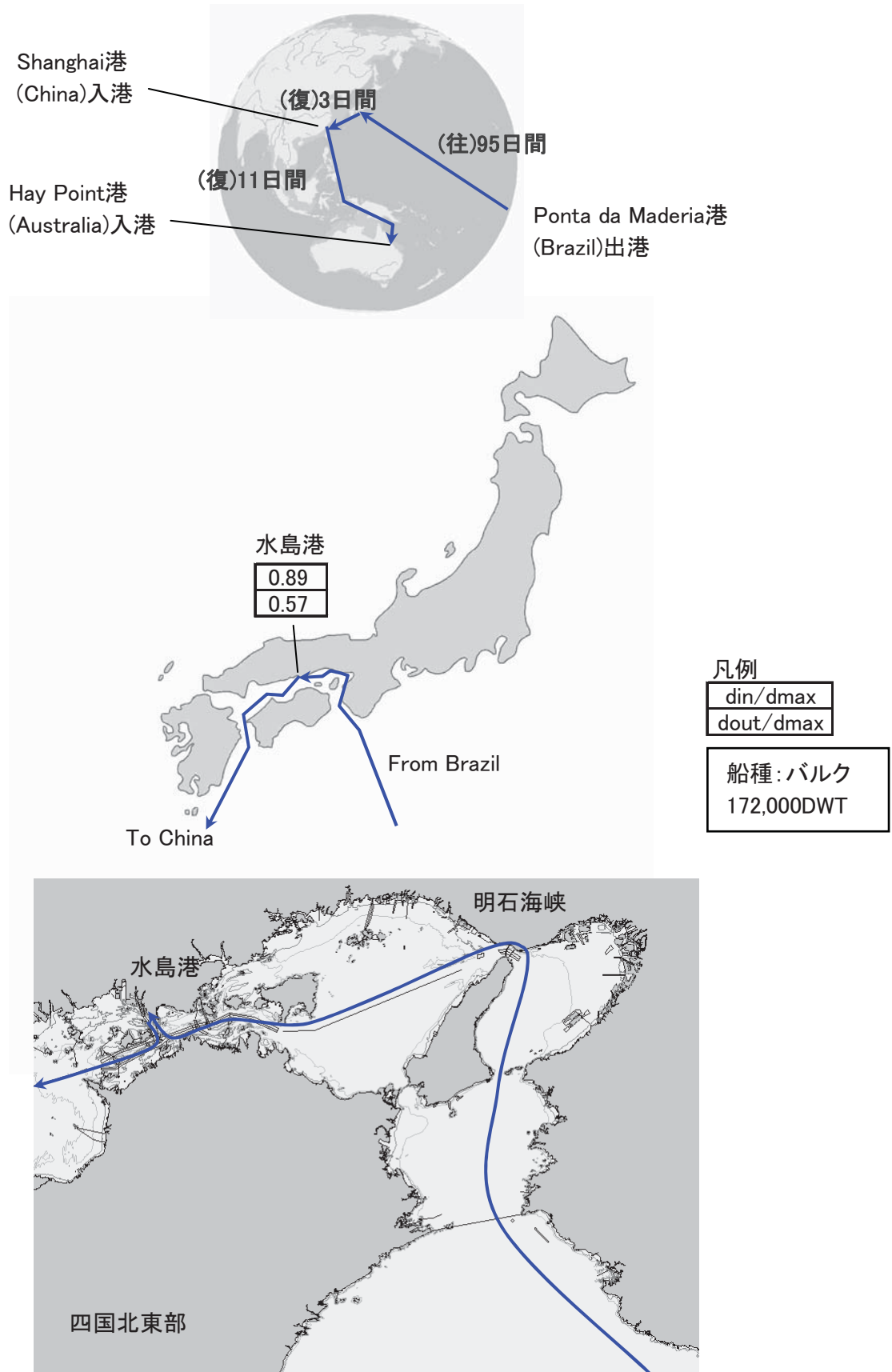


図-3.17 1次寄港 (F-7)

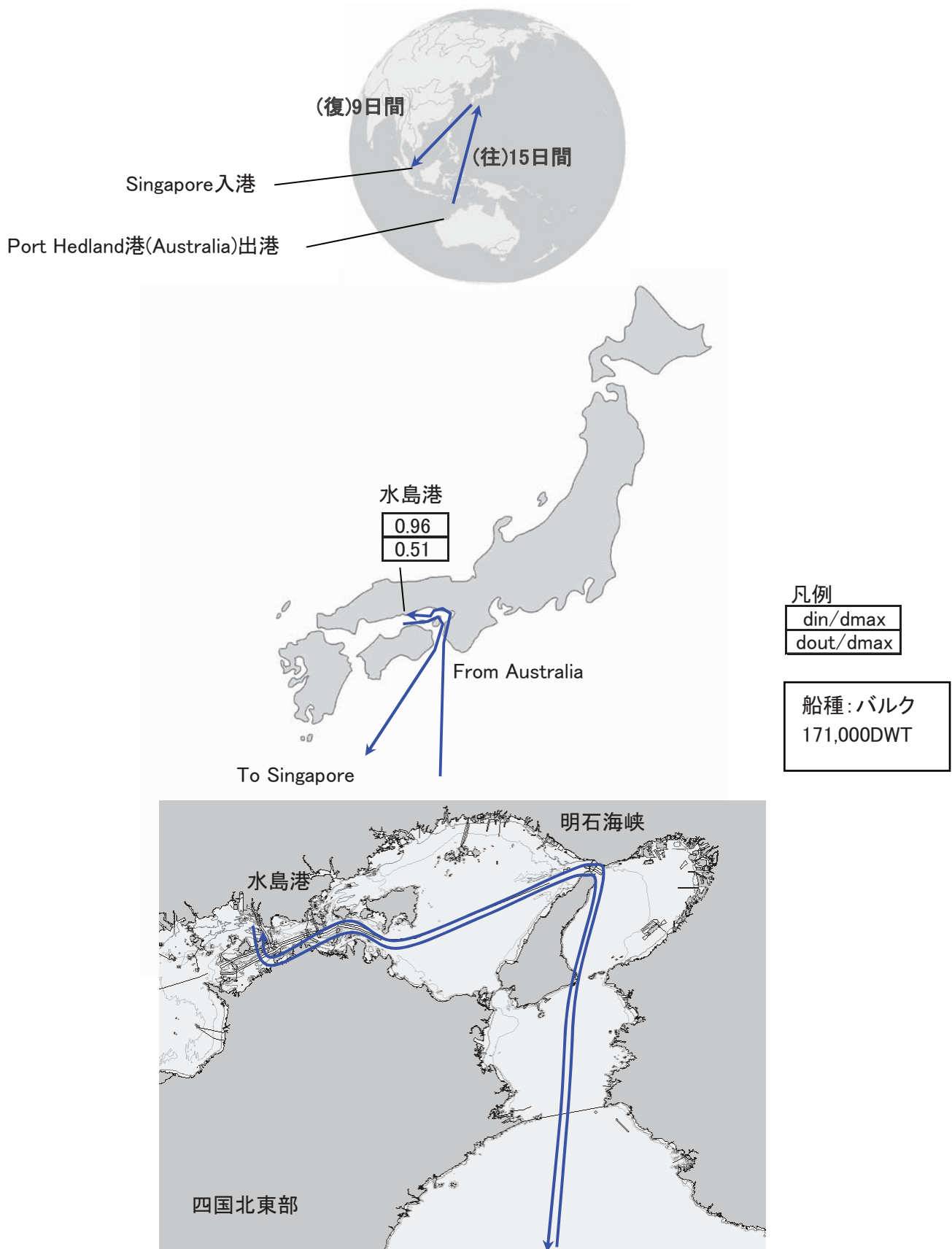


図-3.18 1次寄港 (F-8)

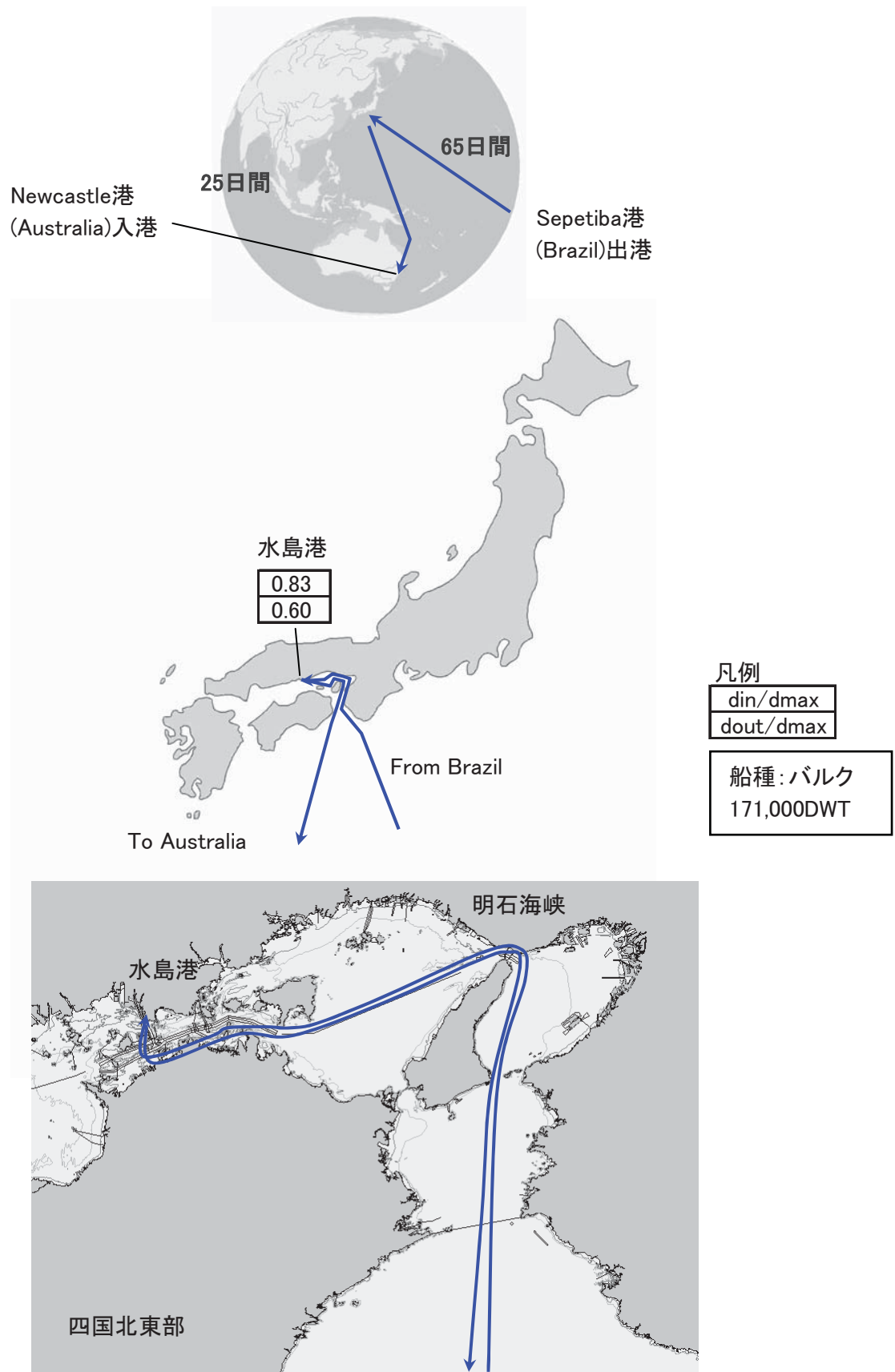


図-3.19 1次寄港 (F-9)

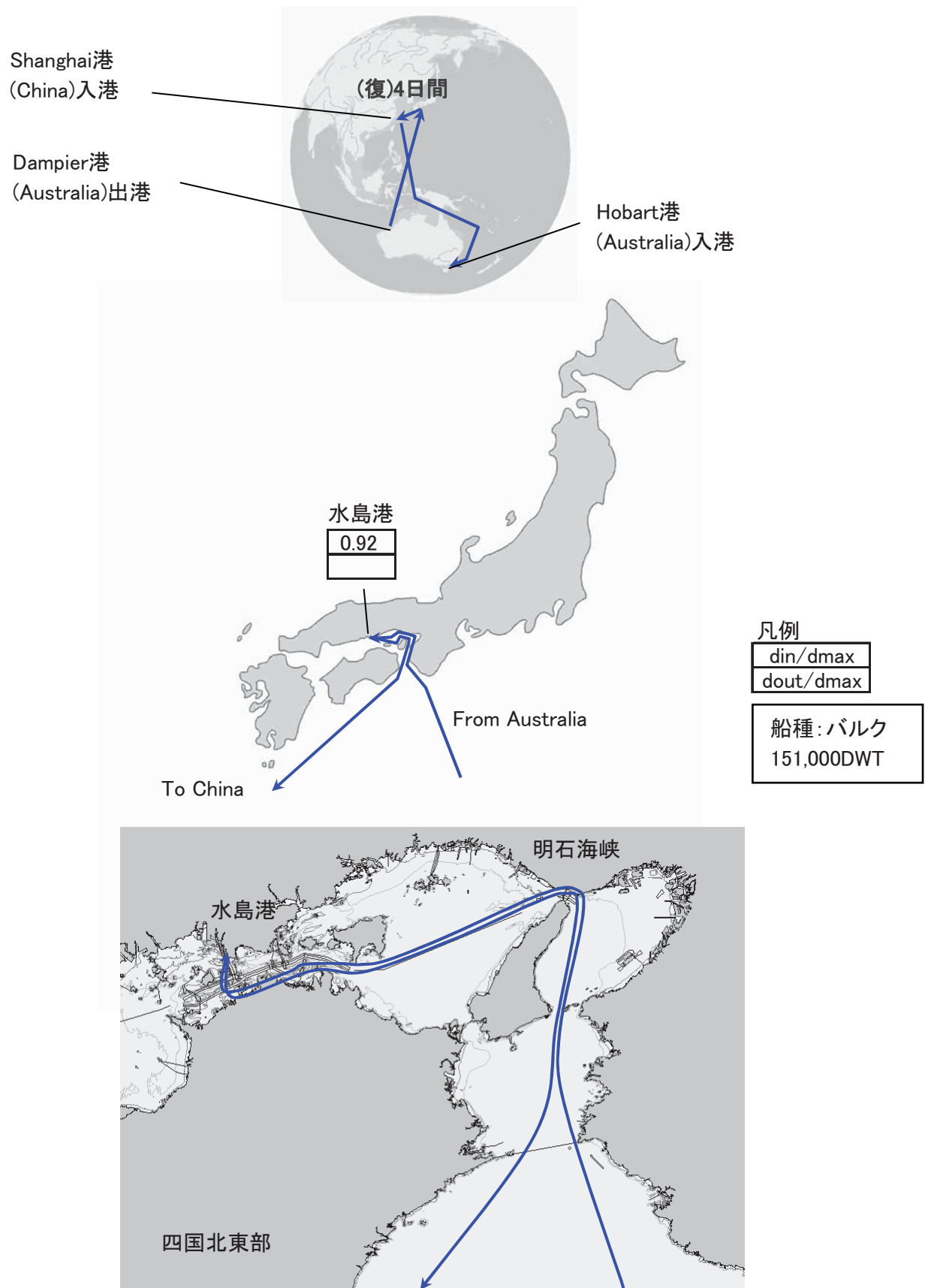


図-3.20 1次寄港 (F-10)

3.5 水島港内航路水深と複数寄港との関係について

水島港への1次寄港と2次寄港のそれぞれについて、入港時実喫水と入港時喫水率の分布を整理した結果を図-3.21、図-3.22に示す。

まず2次寄港について分析する。潮位を利用しないとした場合において最大喫水の1.1倍（2. のStep-1の①式）が最大の航路水深と設定すると、水島港内航路の水深16mに対する最大喫水は14.5mとなる。2次寄港した9隻のうち、この14.5mを超えて入港したのは1隻であった。一方で、喫水が13m未満で入港したのは7隻であった。喫水率でみると、0.85を超えるのは1隻のみで、残りの

8隻は0.80未満であった。ここで、2次寄港について最初の寄港地への喫水率と水島港への喫水率を合わせて表示した結果を図-3.23に示す。この結果から、最初の寄港地には満載に近い状態で入港（8隻の喫水率が0.8以上）し、その後に喫水調整をしてから水島港に入港（8隻の喫水率が0.8未満）したと考えられる。

したがって、この結果から水島港内航路の水深不足が複数寄港の要因であることが想定される。しかしながら、先に示したように荷主が当初から複数寄港への荷卸しを計画していた場合等もあることに考慮することが必要である。

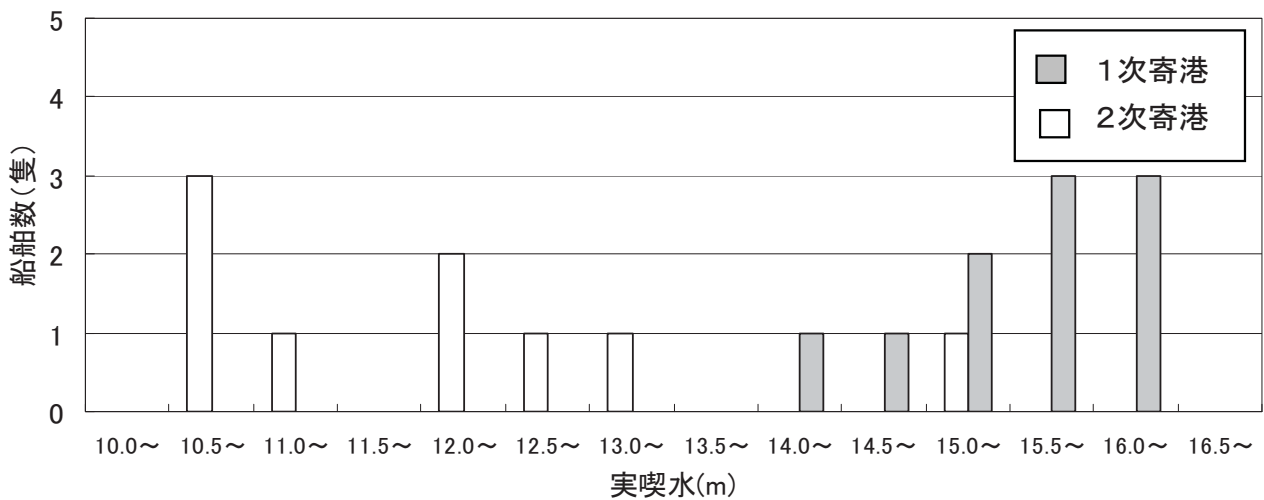


図-3.21 大型バルク船の入港時実喫水

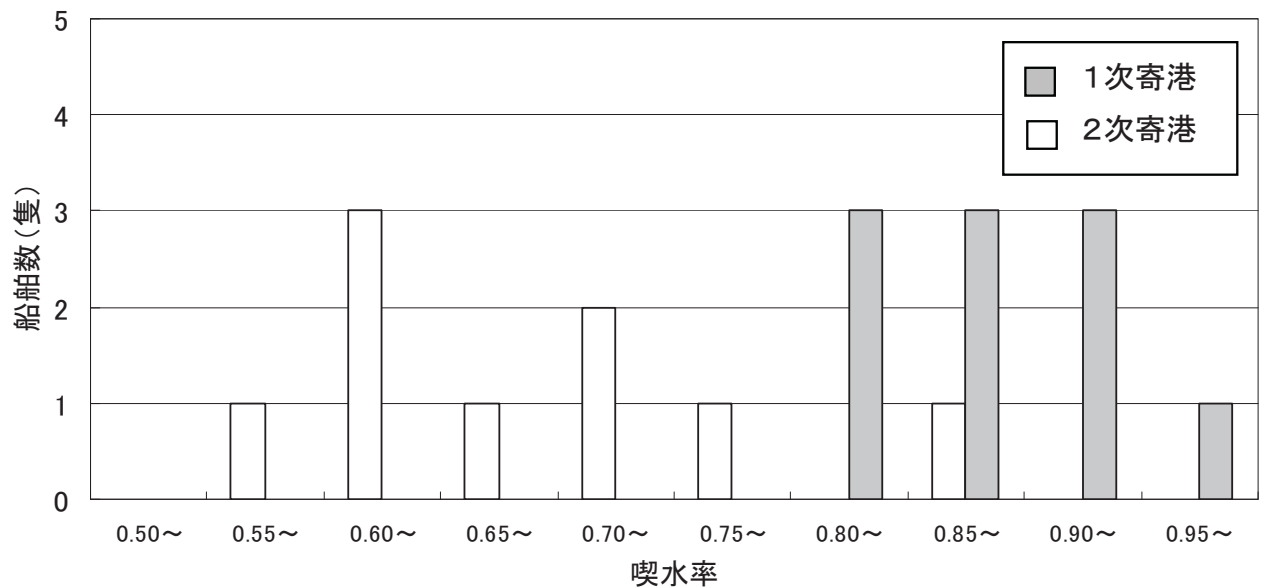


図-3.22 大型バルク船の入港時喫水率

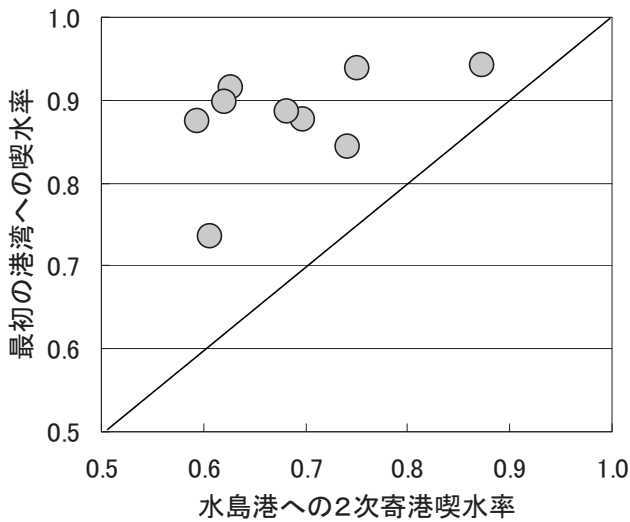


図-3.23 最初の寄港地への喫水率と水島港への喫水率

次に1次寄港について分析する。2次寄港での分析と同様に潮位を利用したと想定される14.5mを超えて入港したのは全体10隻のうち9隻であった。喫水率でみると4隻が0.9を超え、10隻全てが0.8を超えている。

この10隻について満載喫水と水島港への1次喫水との関係を整理した結果を図-3.24に示す。この図から、これら10隻全てが満載状態では入港できないバルク船であり、このうち8隻の満載喫水は17.5m～18.0mとなっている。これらの大型バルク船のうち9隻が14.5mを超えて、最大16mの喫水で水島港に入港している。

すなわち、水島港に1次寄港する大型バルク船は航路水深に対して10%程度の余裕を有する実喫水（14.5m）で入港するのではなく、そのスケールメリットを出来る限り活かそうとするために、潮位を利用することで入港可能な深い喫水（実績の最大で16m）で直接入港している。さらに、それらの隻数（10隻）が全体の観測隻数（20隻）の約半分になっている。さらに、この1次寄港の10隻のうち8隻が水島港のみへの寄港となっている。当然に、潮位を利用した入港は、安全確保の観点から適切でないことはもちろん、入港に対する時間制約のために非効率である。さらに、図-3.25に示すようにこれら10隻の喫水率は大半が0.9以下となっており、このように潮位を利用してさえもスケールメリットを十分に活用できていない可能性がある。

なお、水島港では海上保安庁により潮位を利用した入港が、状況に応じて特別に許可されている。

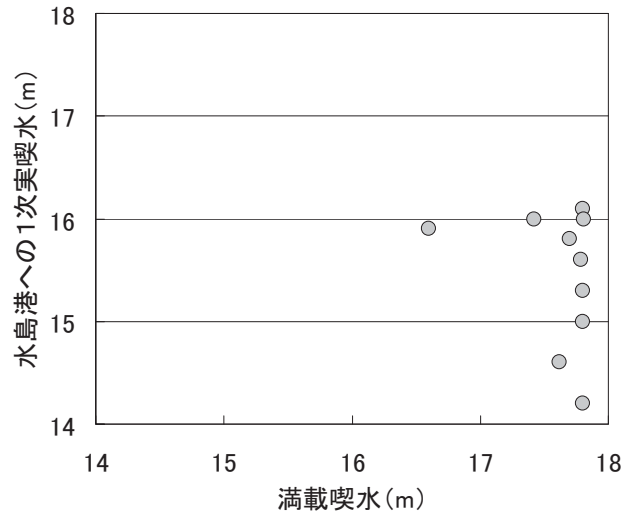


図-3.24 満載喫水と水島港への1次喫水

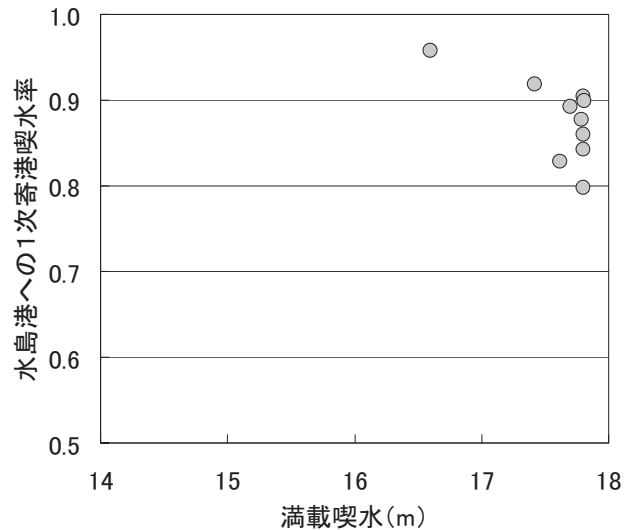


図-3.25 満載喫水と水島港への1次喫水率

4. おわりに

本研究では航路の水深不足に起因する複数寄港に着目して、第1にNILIM-AIS等により喫水の観点から、その実態を把握する手法を示した。第2に水島港を具体的な対象港として、複数寄港した船舶の動静、喫水および喫水率を分析した。第3に水島港への1次寄港、2次寄港の結果から、水島港内航路の水深不足が複数寄港の要因として説明できる可能性を示した。

なお、航路の水深不足の検討には、実際の入港船舶の喫水・喫水率に関する分析が重要であり、NILIM-AISはその分析手段として有効であると考えられる。

ただし、本研究では水島港のみの分析であることから他の港湾についても分析することが必要である。

また、複数寄港の要因をさらに詳細に分析するためには、荷主、船社等の意向をヒヤリング他により確認することも必要である。

謝辞

本研究の実施に際しては、四国地方整備局港湾空港部から坂出基地局のAISデータの提供を頂くとともに、港湾計画課の高尾補佐、川口係長、鈴木係員から貴重な助言また資料を頂きました。ここに記して、深謝の意を表します。

(2009年8月29日受付)

参考文献

- 1) 高橋宏直，後藤健太郎：AISデータの港湾整備への活用に関する研究：国土技術政策総合研究所資料No.420，2007
- 2) 高橋宏直，後藤健太郎：NILIM-AISによる東京湾避泊実態（平成19年台風9号）に関する分析－浦賀水道航路の航行可能容量に関する考察－：国土技術政策総合研究所資料No.431，2007
- 3) 高橋宏直，後藤健太郎：NILIM-AISによる対北米コンテナ航路に関する分析－津軽海峡通過コンテナ船と東京湾寄港コンテナ船の比較－，国土技術政策総合研究所資料No.476，2008
- 4) 高橋宏直，柳原啓二：NILIM-AISによる国内外主要海域の比較評価－航路，海峡等における輻輳度評価手法の検討－，国土技術政策総合研究所資料No.477，2008
- 5) 高橋宏直，柳原啓二：NILIM-AISによるコンテナバースへの着岸・離岸のための泊地規模に関する分析，国土技術政策総合研究所資料No.496，2009
- 6) 高橋宏直，後藤健太郎：NILIM-AISによる荒天時の泊地規模に関する分析：国土技術政策総合研究所資料No.500，2009
- 7) 高橋宏直，後藤健太郎：NILIM-AISによる荒天時の泊地規模に関する分析（その2）：国土技術政策総合研究所資料No.529，2009
- 8) 国土交通省港湾局監修：港湾の施設の技術上の基準・同解説，港湾協会，2007
- 9) 岡山県HP
http://www.pref.okayama.jp/doboku/kowan/kowan_miz.htm