

ISSN 1346-7328

国総研資料 第799号
平成26年7月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.799

July 2014

AISを活用した北極海航路航行実態に関する詳細分析

谷本 剛・安部 智久

A Detailed Analysis on the Vessel Movements in the Northern Sea Route by AIS Data

Tsuyoshi TANIMOTO, Motohisa ABE

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

本印刷は図面が白黒で印刷されていますが、カラーでの図面をご覧になりたい場合には国土技術政策総合研究所のホームページ(http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tn_nilim.htm)からダウンロードできます。

AIS を活用した北極海航路航行実態に関する詳細分析

谷本 剛* ・ 安部智久**

要 旨

近年の海氷面積の減少により、夏期における航行可能時期が拡大したことで、北極海航路の商業利用への期待が高まっている。しかし、北極海航路の航行においては航行安全の確保や速度低下が懸念される海氷中の航行が依然として不可避であるなど課題も多く、今後の商業的利用のためには、まず航行可能速度や航行ルート、砕氷船エスコート状況等の航行実態を把握することが不可欠であると考えられる。

以上の状況を踏まえ、本研究では、今後の北極海航路の利用可能性評価に寄与するため、AIS から取得された船舶動静データを用いて、当該航路の航行実態を分析した。

キーワード：北極海航路，AIS，海氷，航行実態

* 港湾研究部 港湾計画研究室 研究官
** 港湾研究部 港湾計画研究室長

A Detailed Analysis on the Vessel Movements in the Northern Sea Route by AIS Data

Tsuyoshi TANIMOTO *
Motohisa ABE **

Synopsis

Expectations for shipping via NSR(Northern Sea Route) is higher than ever due to the expansion of sailing period with decreasing sea ice areas. However, a number of challenges to use of the NSR remain, related to safety, reliability, and speed of shipping. For future commercial use, the current status of NSR shipping such as sailing speed, route, and escort by icebreakers needs to be fully understood.

Based on the background above, the current status of NSR shipping is monitored by the utilization of AIS data, with a view to contributing to feasibility evaluation of NSR shipping.

Key Words: Northern Shipping Route, AIS, Sea Ice, Vessel Movements

* Researcher of Planning Division, Port and Harbor Department
** Head of Planning Division, Port and Harbor Department

目 次

1. はじめに	1
2. 北極海航路について.....	1
2.1 北極海航路の概要	1
2.2 北極海航路利用によるメリット・デメリット	1
2.3 北極海航路の航行方法	3
2.4 砕氷船エスコート	3
2.5 北極海航路の運航実績	3
2.6 北極海航路における航行船舶の諸元	4
3. AISを用いた航行実態分析	6
3.1 使用データの概要	6
3.2 船舶数と船種別内訳	6
3.3 航行水域と海氷の位置関係	7
3.4 航行ルート分析	11
3.5 砕氷船によるエスコート状況	13
3.6 航行速度の分析	18
3.7 航行船舶の定時性	21
3.8 海氷密接度と航行速度の関係	22
3.9 北極海航路の今後・課題	23
3.10 北西航路の航行実態分析.....	24
4. おわりに.....	25
謝辞	25
参考文献	25

1. はじめに

北極へのアクセスはその過酷な気象環境によって長らく阻まれてきたが、地球温暖化の影響に伴う北極海の海水面積の減少に伴い、北極海航路の本格的な商業利用に向けた動きが加速している。

海水面積の減少により北極海航路の航行可能時期は6月から11月頃までと長くなってきており、航行隻数は4年前の2010年は僅か4隻であったが、航行可能時期の拡大に伴い年々急増し2013年は71隻となった。北極海航路を利用した場合、欧州とアジアとの航行距離は既存航路であるスエズ運河経由よりも約4割短縮できる。また、ソマリア沖などの海賊多発海域を通過しないで済むことも大きなメリットと言える。

しかし、北極海航路の航行においては航行安全の確保や速度低下が懸念される海水中の航行が依然として不可避であるなど課題も多く、今後の商業利用のためには、まず航行可能速度や航行ルート、砕氷船エスコート状況等の航行実態を把握することが不可欠であると考えられる。船舶の航行実態を把握する手段としては、一定規模以上の船舶への搭載が義務化されたAIS (Automatic Identificoin System) 信号を受信し分析するという手法が有効である。

また、北極海周辺地域での資源開発の進展に伴い、北極海航路を経由した資源の輸入を我が国が今後行う可能性が高い。これに対応した港湾整備に向けた検討が今後必要となるが、そのためには資源の輸送形態（投入船型や輸送回数、年間の輸入時期等）を設定することが必要である。しかしこのための航行実態については十分把握されていない。

そこで、本研究においては、今後の北極海航路の利用可能性評価に寄与するため、AISから取得された船舶動静データならびに海水データを用いて、当該航路の航行実態を分析した。北極海という広範囲をカバーするため、衛星により観測されたAISデータを用いた。具体的には、以下の航行実態把握を目指すこととした。

- (1) 北極海航路の航行船舶の諸元
- (2) 北極海における航行船種、航行水域と海水の位置関係
- (3) 北極海航路の航行ルート、喫水との関係
- (4) 砕氷船によるエスコート状況
- (5) 海水中の航行速度、航行船舶の定時性

以降、2. では北極海航路の概要や航行船舶の諸元データを整理し考察した結果、3. では北極海航路における航行実態（主に(1)～(5)の内容）を分析した結果、4. では研究成果の考察結果を示す。

2. 北極海航路について

2.1 北極海航路の概要

北極海の定義は国際水路機関 (IHO) の定義によればユーラシア大陸、北米大陸、グリーンランドに囲まれた面積約1,400面積km²の世界最小の海洋とされ、北極海は水深1,000m以上の深海が全体の約7割を占め、残りを沿岸から続く大陸棚部が占めており、大陸棚はユーラシア大陸側の沖合まで広く広がり沿岸海域は全般に浅い¹⁾。

北極海を通過する航路は、欧州とアジア・北米大陸を結ぶルートとして期待されている。図-2.1.1 に示すように、北極海を横断する航路には、ユーラシア大陸沿い（ロシア沿岸）を通り欧州とアジアを結ぶ北東航路 (North East Passage) と、欧州と北米大陸を結ぶ北西航路 (North West passage) があるほか、北極海中央を横断する航路も考えられている。ロシアは以前から北東航路のうち、カラ海の出入り口となるカラゲイト海峡からベーリング海峡の間、全長およそ 4,800km を北極海航路 (Northern Sea Route: 以下 「NSR」) と称し、独自の航行管理を行ってきた。NSR の範囲は図-2.1.2 に示すとおり。

2.2 北極海航路利用によるメリット・デメリット

(1) 北極海航路利用によるメリット

近年 NSR 利用に向けた気運が高まっているが、それは主に以下の理由（メリット）による。

第一は、北極海における海水面積が減少傾向にあり、最近では夏季において NSR 上で海水が観測されない（ただし、この場合でも氷塊は存在する場合がある）時期があることである。北極海での海水面積は 2012 年 9 月にその時点での観測史上最小を記録している（図-2.2.1）。

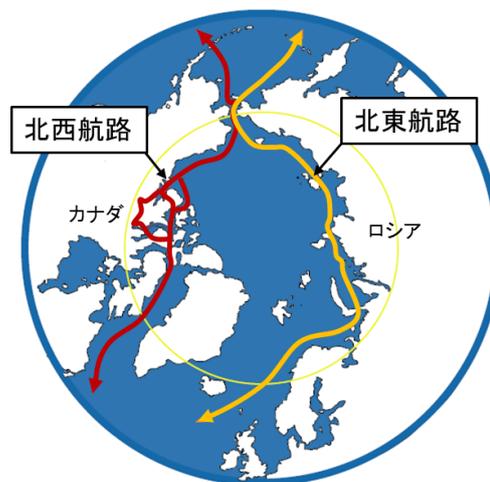


図-2.1.1 北極海を通過する航路¹⁾

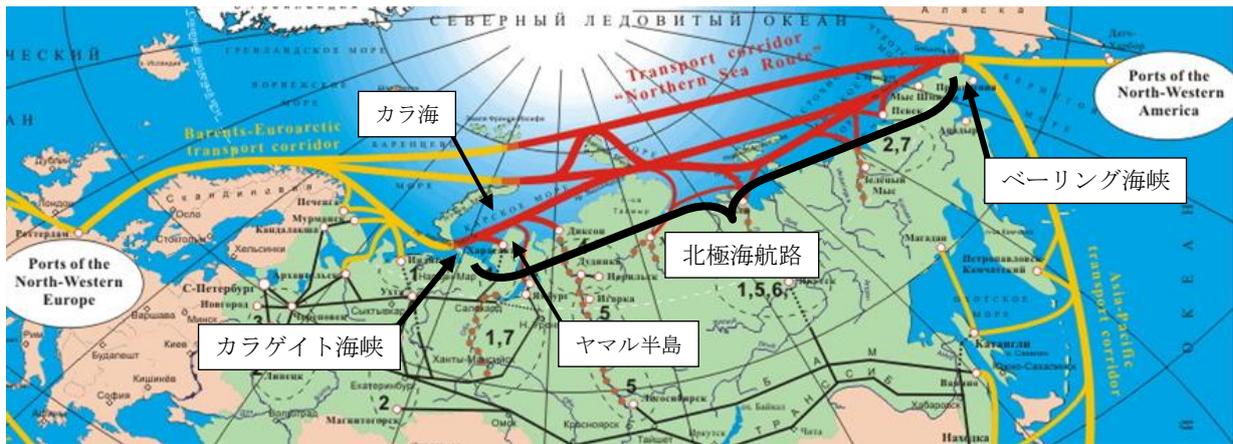


図-2.1.2 北極海航路の範囲²⁾

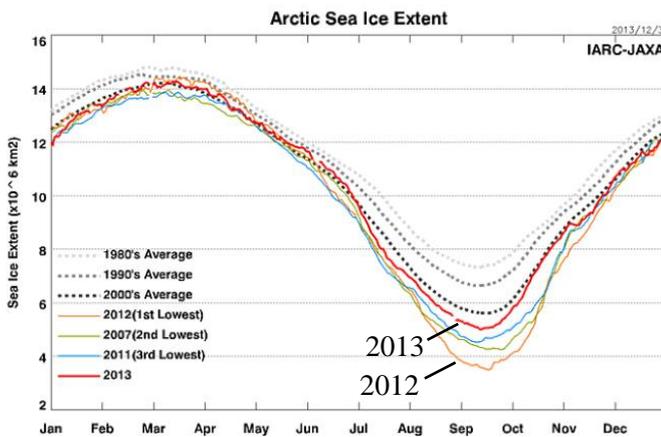


図-2.2.1 北極海の水氷減衰状況³⁾

表-2.2.1 ロッテルダム港からの航海距離比較 (海里)¹⁾

港, 海峡	北東航路 (A)	スエズ運河ルート(B)	(A)/(B)
ムルマンスク	1,630	—	—
カラゲイト海峡	2,153	—	—
ベーリング海峡	4,704	—	—
苫小牧	7,034	11,609	60.6%
横浜	7,397	11,279	65.6%
釜山	7,697	10,949	70.3%

第二は、NSR を通過することで欧州とアジアとの輸送距離が大幅に短縮されることである。表-2.2.1 は、欧州とアジアの主要港（ロッテルダム）間の距離について、NSR 経由と現在の一般的なルート（スエズ運河経由）とを比較したものである。いずれの場合でも、約3~4割の輸送距離の短縮となっており、輸送時間・燃料等で有利となりえる。

第三は、NSR を通過することで現在海賊の発生が大き

な輸送上のリスクとなっているソマリア沖やマラッカ海峡の航行を避けることが可能となる。

第四は、北極海沿岸域における資源開発への期待である。ノルウェー沖からカラ海にかけて豊富な石油・ガス資源があり、これらがアジア地域へ輸出されることとなれば、NSR は効率的な輸送ルートとなりえる。特に、生産開始が近づいている北極海沿岸のヤマル半島 LNG 基地からは、第1期で年間500万トン、フル稼働では年間1,500万トンの出荷が予定されている⁴⁾。そして、欧州地域の景気後退の影響を受けて、従来から行われていたパイプラインによる欧州地域への輸出に陰りが見られる中で、北極海航路を利用したLNG船によるアジア地域への輸出が注目されている。

(2) 北極海航路利用によるデメリット

一方で、NSRの利用には海水の存在や厳しい気象条件によるデメリットも伴うことが指摘されている。文献⁵⁾から以下にその内容を示す。

- 北極海で航行可能な船舶とする必要があり、耐氷性のあるアイスクラスという船級の取得が必要となる。一般的に、アイスクラス船の建造コストは通常の20~30%程度増となる。
- 特殊な船舶構造となるため、積載量が減少し、また海水が無い通常の海域での燃費が悪くなる。
- NSRは全般に水深が浅いため、大きな喫水の船の建造が難しい。
- 氷塊への衝突を防ぎまた衝突の際の衝撃を小さくするため船速を抑える必要がある。
- 空気中の水分が船に凍り付くアイシングの恐れがあるため、この氷の影響で船の荷重負荷となり、船の重心がくずれて危険を伴う場合がある

2.3 北極海航路の航行方法

NSR における航行方法について、文献⁴⁾においては、以下の事項が示されている。

- ・氷海域である北極海を航行するためには、氷海航行の安全および事故等による海洋汚染防止を目的に、各国が定める氷海船舶に関する船舶の構造や設備に関する規則を満たす必要がある。これらの規則に氷海船舶の船級（アイスクラス）が定められている。
- ・さらに、ロシアは国連海洋法234条を根拠に、国内法（北極海航路法）を定めている。ロシアが定める運航規定の主な内容は、政府関係機関への事前航行申請と航行許可の取得、海氷の状態と航行船舶の氷海船級に応じてロシア原子力砕氷船による航行支援を受けること、船長の氷海航行経験に応じた氷海水先案内人の乗船等である。
- ・航行手続きの方法について、近年ロシアはNSR利用と需要拡大を図るため、2013年1月にNSR航行に関する法律を改正し、航行許可申請の簡易化・迅速化、砕氷船支援料金の国営企業との契約交渉での決定、運航情報のweb公開などの制度を導入した。
- ・近年の運航では、海氷の無い海域は航行する船舶の氷海船級に応じて単独の運航が許されている。また、同時に複数の貨物船を原子力砕氷船が先導するキャラバン航行にて運航されている。



図-2.4.1 海氷航行形態（上：単独，下：砕氷船支援）¹⁾

2.4 砕氷船エスコート¹⁾

NSR における実際の商船の運航方法には、氷海商船が単独で航行する場合と、原子力砕氷船のエスコートを受けて航行する場合がある（図-2.4.1）。後者は氷状が厳しく単独航行では延滞または航行不能となる可能性のある場合に行う。砕氷船エスコート方式では、砕氷船が先頭となって水路を切り開き、そのあとを後続の商船が航行する。商船は複数が砕氷船とともに船団を組むことができるが、氷状が厳しいほど運航可能な商船の数は少なくなる。また複数の砕氷船がエスコートにあたる場合もある。

氷海中の航行では、船幅も重要な要素となる。現在 NSR に就航している原子力砕氷船の船幅は 28～29m となっている。したがってパナマックス級（船幅 32.3m）以上の商船では、エスコート船の船幅を上回っており、本格的な氷海では肩部より後部船体と海氷との接触が生じ、船体には氷力や抵抗が発生するおそれがあり、実質的にエスコートが不可能である。しかし、図-2.4.2 に示す様に、前方の砕氷船 2 隻が位置をずらして平行に航行することで、商船の航行水域を確保する方法もある。2010 年以降、

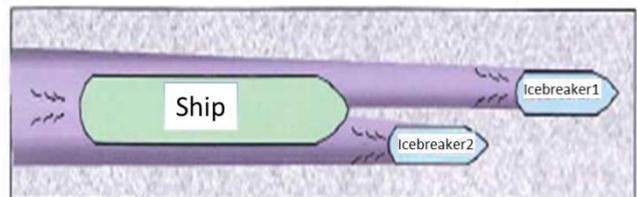


図-2.4.2 エスコート状況図⁶⁾

パナマックス級、スエズマックス級の商船が航行しているのは、夏季海氷勢力が大きく減退していることが背景となっている。

2.5 北極海航路の運航実績⁴⁾⁷⁾

NSR は、旧ソ連時代からロシアの国内航路として北極海沿岸拠点への物資供給などに利用されてきた。しかし、ロシア時代に至っても国際的な海上輸送には殆ど使われず、NSR 全体の貨物量は 1980 年代をピークに 1990 年代には急激に減少した。

近年の NSR を利用した欧州とアジア間の商業運航は

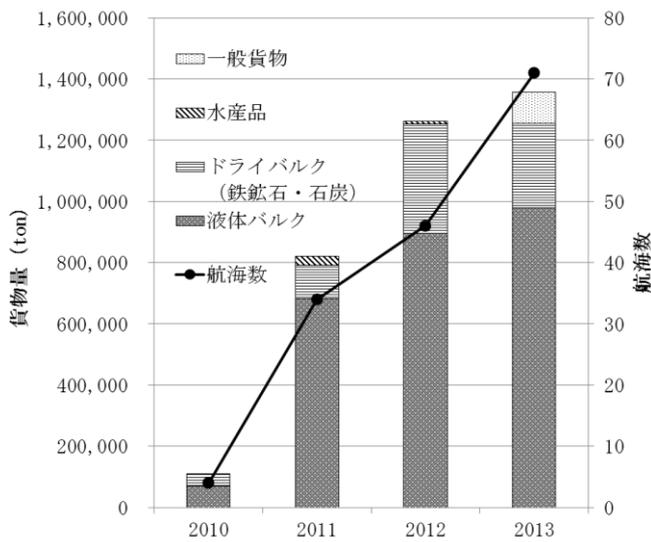


図-2.5.1 北極海航路の輸送貨物、航海数の推移
(参考文献7)と8)をもとに作成)

2010年に始まった。2010年は初めて外国船がロシアに寄港せずにノルウェーから鉄鉱石を中国に輸送等が行われ、NSR輸送が合計4回、貨物量は11万トンを記録した。続く2011年は同様の商業運航が拡大しNSR輸送が合計34回実施され、貨物量は82万トンに達した。2012年も引き続き貨物量・運航隻数ともに拡大し、NSR輸送は合計46回、貨物量は126万トンとなった。NSR輸送史上初めてLNGが輸送され、ノルウェーから日本の北九州港戸畑地区へ運ばれた。2013年は延べ71航海、貨物量は136万トンであった。中国COSCO社はコンテナの試験輸送を実施し、韓国も自国主導でナフサの試験輸送を行った。日本ではナフサが水島港に、石油系原料が千葉港、LNGが富津（東京電力）に輸送された。

2010年以降にNSRにて輸送された貨物、航海数を図-2.5.1に示す。貨物はバルク貨物が主体で、ガス・コンデンサート、ジェット燃料、ナフサなどの液体バルクが約7割、次いでドライバルクの鉄鉱石で2割強を占めている。

2.6 北極海航路における航行船舶の諸元

2013年のNSR航行船舶延べ71隻の諸元一覧を表-2.6.1に示す。通航実績⁸⁾から国総研が所有する船舶データベースと照合させ作成した。表中の0はデータ照合不能を示す。この諸元一覧からNSRにおける航行船舶の諸元の傾向を考察した。

載貨重量トン数(DWT)の分布を図-2.6.1に示す。2万DWT未満の船舶が全体の約6割を占め、6~8万DWT

表-2.6.1 北極海航路の航行船舶諸元 (2013年)

No	船種	全長 (m)	船幅 (m)	DWT	満載喫水 (m)
1	タンカー	164	22.26	16,038	9.5
2	タンカー	164	22.20	16,168	9.5
3	バルク船	225	32.26	74,750	12.2
4	タンカー	116	20.00	6,760	7.5
5	タンカー	164	22.20	16,168	9.5
6	タンカー	106	15.73	4,999	6.37
7	バルク船	225	32.26	75,603	14.08
8	一般貨物船	131	19.00	7,049	7.42
9	タンカー	160	23.04	17,125	9.17
10	一般貨物船	108	18.00	7,616	7.5
11	タンカー	249	44.06	117,055	15.42
12	タンカー	130	17.60	4,999	5.21
13	その他	152	22.20	13,305	8.02
14	タンカー	164	22.20	16,168	9.5
15	タンカー	228	32.24	73,965	14.36
16	LNG船	288	44.00	84,604	12.52
17	タンカー	158	26.04	23,050	10
18	一般貨物船	130	17.35	6,095	6.93
19	タンカー	183	32.23	47,187	12.43
20	その他	81	14.83	1,328	5
21	一般貨物船	89	13.42	3,030	4.51
22	バルク船	225	32.26	75,603	14.08
23	タンカー	228	32.24	74,997	14.18
24	タンカー	106	15.73	4,999	6.37
25	一般貨物船	130	17.35	6,095	6.93
26	その他	75	10.00	0	0
27	タンカー	130	17.60	4,999	5.21
28	一般貨物船	159	23.78	19,150	8.44
29	一般貨物船	176	24.57	22,910	11.35
30	タンカー	158	26.04	23,050	10
31	一般貨物船	131	20.00	7,049	7.42
32	タンカー	164	22.20	16,168	9.5
33	タンカー	127	18.00	10,960	8.53
34	その他	68	14.86	1,477	5.89
35	タンカー	160	23.04	17,125	9.17
36	一般貨物船	176	24.57	22,910	11.35
37	その他	54	12.00	684	7
38	タンカー	164	22.20	16,168	9.5
39	一般貨物船	131	20.00	7,049	7.42
40	タンカー	158	26.04	23,050	10
41	タンカー	106	15.73	4,999	6.37
42	LNG船	288	44.00	84,604	12.52
43	バルク船	225	32.00	74,559	14.1
44	一般貨物船	131	19.00	7,049	7.42
45	タンカー	249	44.06	117,055	15.42
46	タンカー	164	22.20	16,168	9.5
47	タンカー	228	32.26	74,997	14.18
48	タンカー	182	40.00	64,917	13.01
49	その他	68	12.43	561	4.21
50	タンカー	158	26.04	23,050	10
51	タンカー	243	42.00	104,542	14.92
52	その他	70	15.55	457	4.41
53	バルク船	190	30.50	27,078	11.52
54	タンカー	127	18.00	10,960	8.53
55	タンカー	160	23.04	17,125	9.17
56	タンカー	250	46.00	118,175	14.6
57	タンカー	243	42.00	104,532	14.92
58	バルク船	225	32.26	75,603	14.08
59	タンカー	164	22.26	16,038	9.5
60	その他	116	26.00	4,870	8.4
61	タンカー	106	15.73	4,999	6.37
62	一般貨物船	176	24.57	22,910	11.35
63	一般貨物船	130	17.35	6,095	6.93
64	一般貨物船	168	25.20	20,668	9.5
65	その他	116	26.00	4,870	8.4
66	タンカー	164	22.20	16,168	9.5
67	一般貨物船	168	25.20	20,668	9.5
68	一般貨物船	176	24.57	22,910	11.35
69	一般貨物船	130	17.35	6,095	6.93
70	タンカー	160	23.04	17,125	9.17
71	タンカー	164	22.20	16,168	9.5

(パナマックス級) は9隻, 10万 DWT 以上は5隻であった。

載貨重量トン数 (DWT) と全長 (Loa) の関係を図-2.6.2 に示す。全長の最大値は288mのLNG船 (表-2.6.1中のNo.16), 200m以上の船舶は15隻であった。

載貨重量トン数 (DWT) と船幅 (B) の関係を図-2.6.3 に示す。船幅の最大値は46mのタンカー (表-2.6.1中のNo.56) であった。2.4で前述したとおり, 船幅が砕氷船の船幅28m以上の船舶は実質的にエスコートが不可能であると言われているが, 船幅28m以上の船舶が18隻存在した。この内, 15隻は海水が少ない8月上旬~10月中旬, 3隻は海水条件が厳しい7月上旬の航行時期であった。こうした結果より, 船幅28m以上の船舶であっても海水条件の厳しい時期 (7月上旬頃) に航行可能であることが確認できた。

載貨重量トン数 (DWT) と満載喫水 (d) の関係を図-2.6.4 に示す。満載喫水の最大値は15.4mのタンカー (表-2.6.1中のNo.11) であった。NSRは全般に大陸棚の浅海部で水深20mを切る海域が多く, また, 水深の浅い幾つかの海峡を通航しなければならない。主要海峡の一つであるサニコフ海峡は航路水深が13mしかなく, 喫水11mの船舶に航行制限されている⁷⁾。しかし, 満載喫水11m以上の船舶が15隻確認された。これらの船舶はサニコフ海峡ではなく別ルート航行したものと推察される (3.4(4)にて別途分析)。

NSR航行で重要な要素となる船幅と満載喫水が最大の船舶は下記の2隻であった。

- ・タンカー: 喫水12.5m, 船幅46m, 118,000DWT (No.56)
 - ・タンカー: 喫水15.4m, 船幅44m, 117,000DWT (No.11)
- これより, 航行可能な喫水と耐氷性等の条件を満たす船舶であれば, 船幅46m以下の船舶は航行可能と判断される。

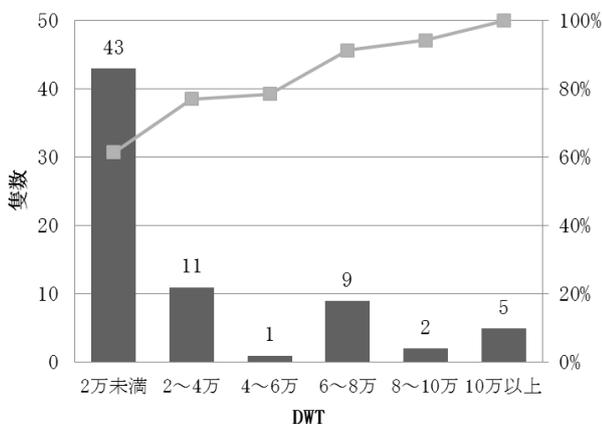


図-2.6.1 載貨重量トン数 (DWT) 分布

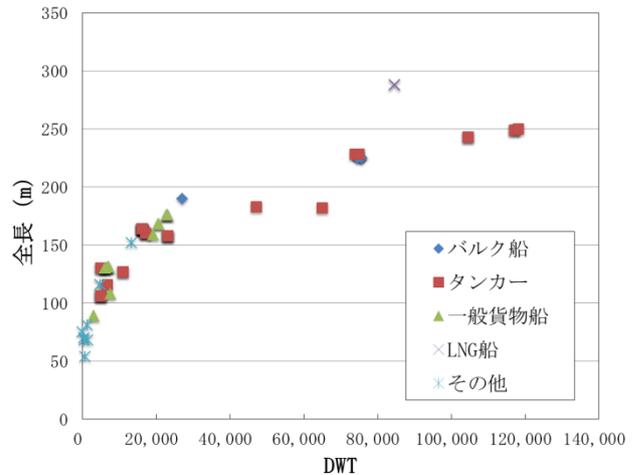


図-2.6.2 DWTと全長 (Loa) の関係

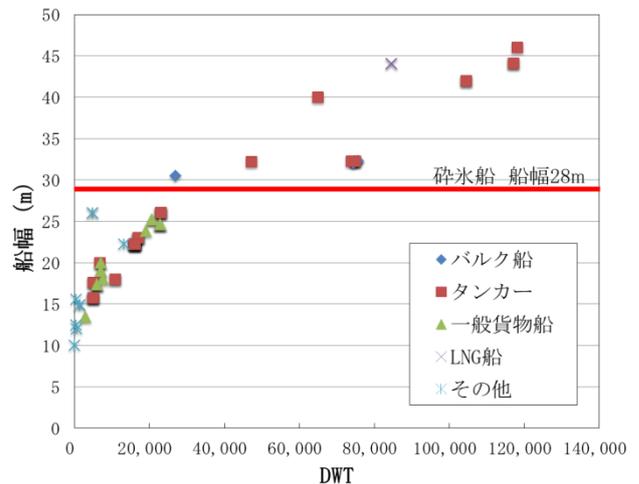


図-2.6.3 DWTと幅 (B) の関係

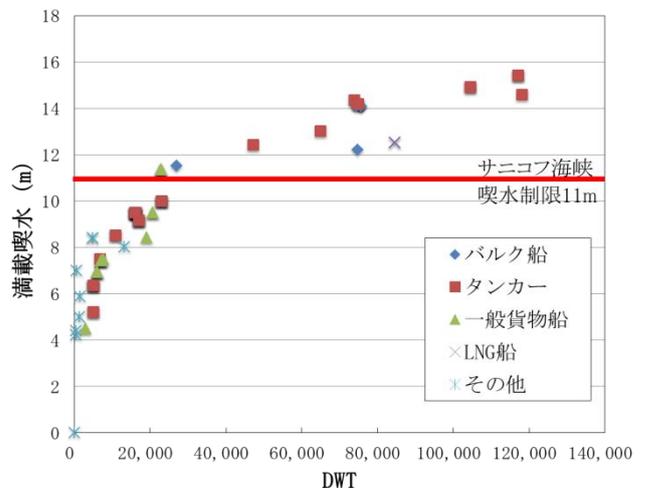


図-2.6.4 DWTと満載喫水 (d) の関係

3. AIS を用いた航行実態分析

3.1 使用データの概要

北極海を航行する船舶の実態を把握するため、衛星 AIS データを用いて航行実態の分析を行った。AIS データはカナダ企業の exactEarth 社が運用する衛星で観測されたものを使用した。分析対象期間は以下に示す 6 月下旬から 7 月下旬、9 月上旬から下旬の各々 1 ヶ月間とした。

- ・2012 年 6 月 23 日～7 月 22 日（以下 「7 月データ」）
- ・2012 年 9 月 1 日～9 月 30 日（以下 「9 月データ」）

NSR が開通した直後の海氷条件が厳しい時期である 7 月データと NSR の航行ルート上に殆ど海氷が存在しない時期である 9 月データを分析することで、海氷の有無が船舶の航行速度やルート等にどのような影響を与えるかについても視野に入れ分析を行った。

また、航行実態分析の対象海域は、北極海地域の東経 29 度以東からベーリング海峡付近までとし、概ね図-3.1.1 に示す範囲とする。

3.2 船舶数と船種別内訳

対象海域にて観測された船舶数と船種別内訳を表-3.2.1 並びに図-3.2.1 に示す。観測された船舶数は 7 月データが 559 隻、9 月データが 893 隻で、そのうち約 6 割については国総研が所有する船舶データベースとの照合により船名や船種が判明した。船種別では 7 月データは

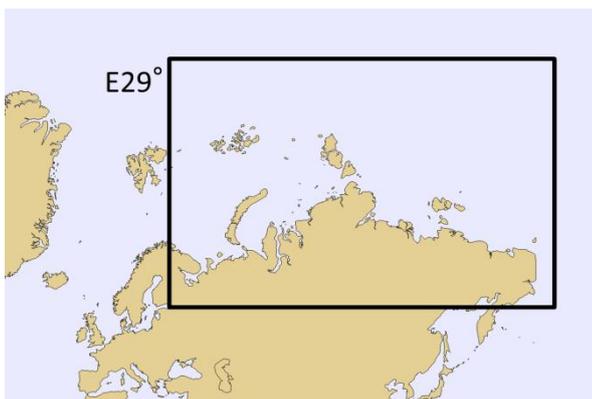


図-3.1.1 航行実態分析の対象海域

全体の 40%を漁船が占めており、つづいて一般貨物船 17%、タンカーとバルク船がそれぞれ 10%の順となっている。コンテナ船は全体の 4%と殆ど航行していない状況である。9 月データにおいても漁船の占める割合が一番大きく、その他の船種はほぼ同様の割合である。

これより、北極海地域ではバルク船、一般貨物船並びにタンカーが主な輸送手段となっていることが伺え、7 月と 9 月においてもこの動向には変化がない。

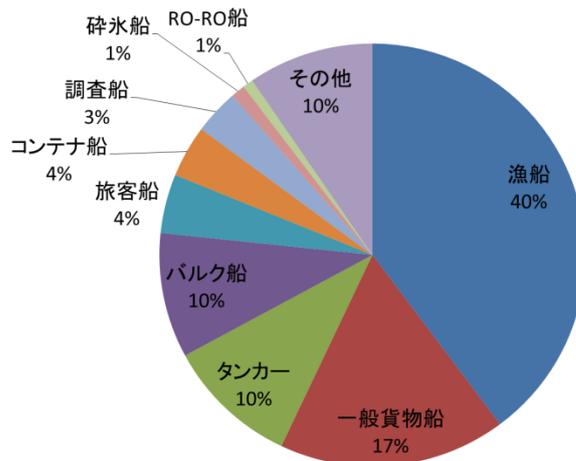


図-3.2.1 船種別内訳（7月）

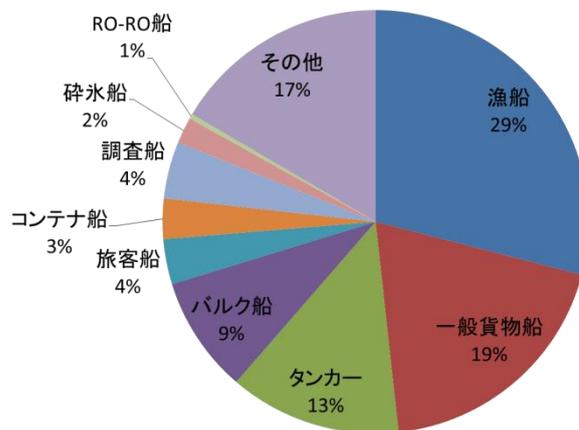


図-3.2.1 船種別内訳（9月）

表-3.2.1 船舶数・船種別内訳

データ	観測 隻数	船種 判明 船舶数	船種 不明 船舶数	バルク 船	一般貨 物船	コンテ ナ船	タン カー	RO-RO 船	旅客船	漁船	調査船	砕氷船	その他
7月データ	559	377	182	36	65	15	38	3	17	150	13	4	36
9月データ	893	551	342	49	106	17	72	2	19	160	24	11	91

3.3 航行水域と海氷の位置関係

(1) 海氷分布

北極海での航行実態を分析するにあたっては、航行水域と海氷の関係を考慮し分析することが重要であることから、宇宙航空研究開発機構（JAXA）の海氷に関する衛星「しずく」によるマイクロ波観測データ（AMSR2）も合わせて使用した。2012年7月と9月の海氷分布図を図-3.3.1、図-3.3.2に示す（図中央の北極点の黒丸は、衛星が観測できないデータのない領域）。7月はビルキツキー海峡、サニコフ海峡、東シベリア海周辺に海氷が分布しているのに対して、9月はNSR周辺には海氷は見られない。

(2) 航行水域と海氷との位置関係（全隻数）

北極海における航行水域と海氷の位置関係を把握するため、7月・9月データの航跡図（全隻数）に海氷範囲を

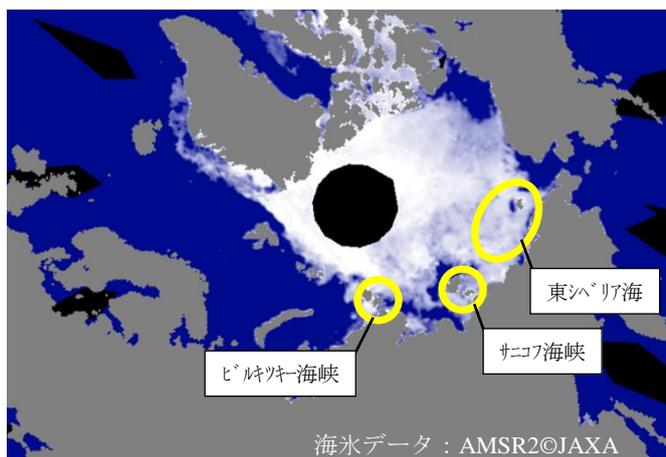


図-3.3.1 海氷分布図（2012年7月7日）

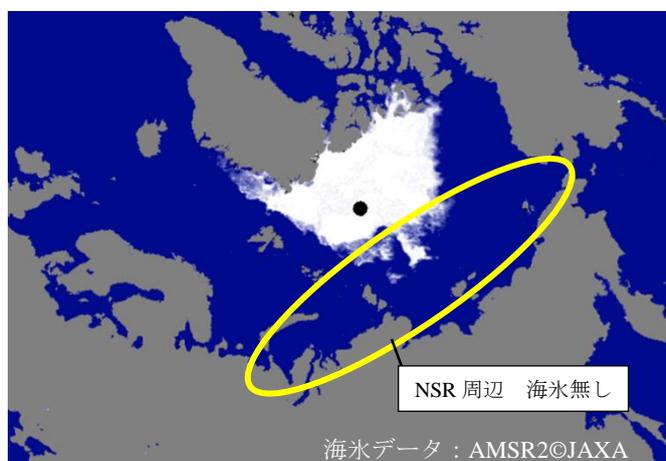


図-3.3.2 海氷分布図（2012年9月15日）

着色した図を、図-3.3.3、図-3.3.4に示す。7月は海氷の無いバレンツ海周辺を航行する船舶が大部分であるが、ビルキツキー海峡や東シベリア海において海氷中のNSR上を航行する船舶も確認できる。9月はNSR周辺に海氷は見られず、7月と比較してラプテフ海や東シベリア海周辺及びその沿岸域を航行している船舶が増えている。

(3) 航行水域と海氷との位置関係（船種別）

次に船種別の航跡図を図-3.3.5～図-3.3.16に示す。各船種において7月と9月の航跡図を比較し、NSR航行船舶の有無に着目して考察した。

図-3.3.5、図-3.3.6に示すバルク船はNSRを航行するにあたり、7月はカラゲイト海峡を通るルートで航行しているのに対して、海氷勢力が減退している9月は航海距離の短いノバヤゼムリヤ島の北側ルートを航行している。

図-3.3.7、図-3.3.8に示すタンカーは7月のNSR航行ルートに加えて9月はノバヤゼムリヤ島の北側ルートやサニコフ海峡を航行していた。タンカーはバルク船と比べて広範囲を航行していることが伺える。

図-3.3.9、図-3.3.10に示す一般貨物船は7月と比較して9月になりラプテフ海、東シベリア海沿岸を航行している船舶が増加している。

図-3.3.11、図-3.3.12に示すコンテナ船は7月、9月ともにNSRの航行は確認できなかった。航跡は海氷の無いカラゲイト海峡からエニセイ川下流までの範囲に集中している。

図-3.3.13、図-3.3.14に示す砕氷船は7月NSRを航行している状況を確認できる。NSR上の航跡はバルク船やタンカーの航跡と重なるため、砕氷船がエスコートしている状況と推察される。ムルマンスクから北極点に向けて航行している航跡はロシア砕氷船による北極点観光クルーズを目的とした航海であるとみられる¹⁾。9月もムルマンスクから北極点方面へ向かう航跡が確認できる。また、ペベク周辺海域からロング海峡にかけての沿岸域にて多くの航跡が存在するため、この海域にてエスコートを実施していると推察される。なお、エスコート状況の詳細は3.5に記述している。

図-3.3.15、図-3.3.16に示す調査船の航跡から、北極海周辺における調査活動を各国活発に行っている様子が伺える。アジア諸国の動きとして、中国は世界最大級砕氷船を保有し極地環境総合調査を実施、韓国も砕氷船を保有しカナダとカナダ領域における共同探査活動を始めて²⁾いる。

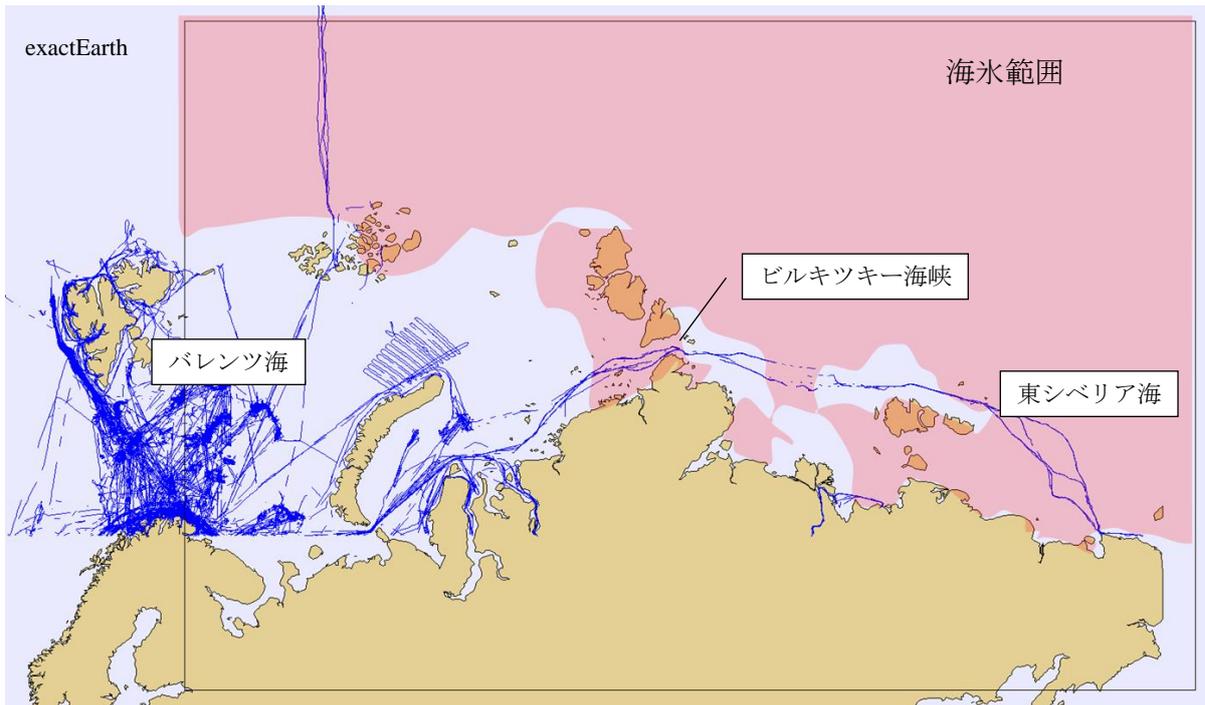


図-3.3.3 航跡図 (全隻数, 559 隻, 2012 年 7 月)

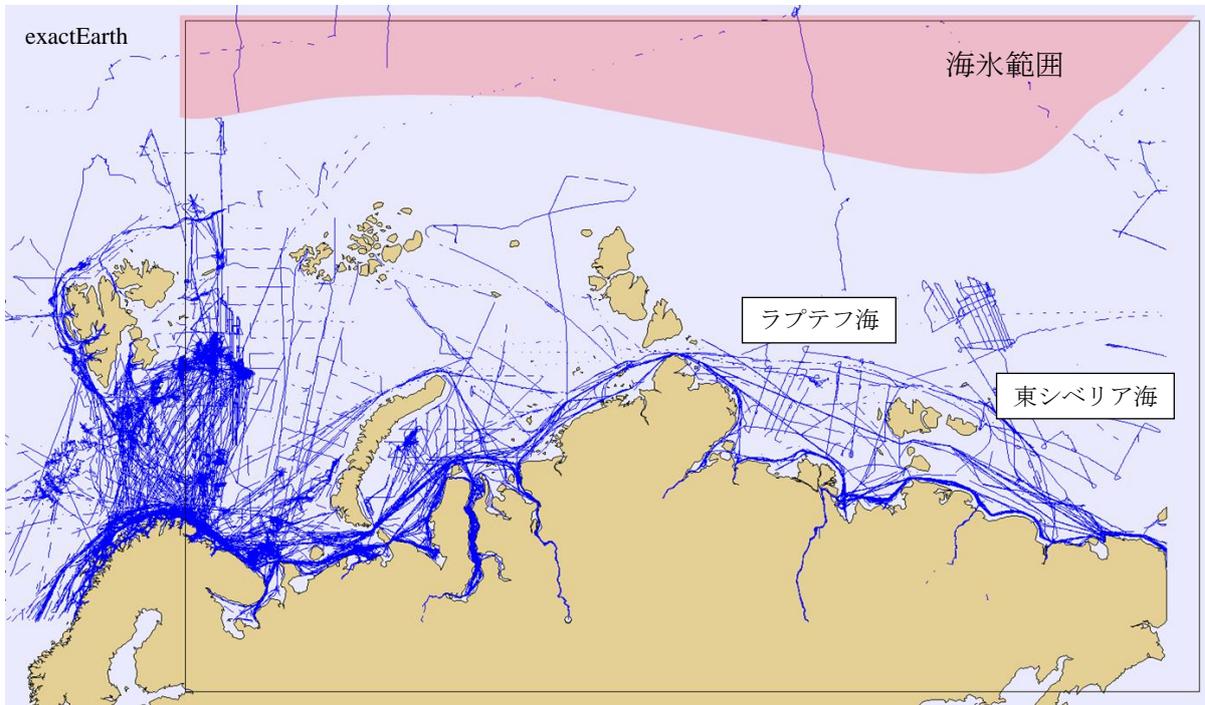


図-3.3.4 航跡図 (全隻数, 893 隻, 2012 年 9 月)

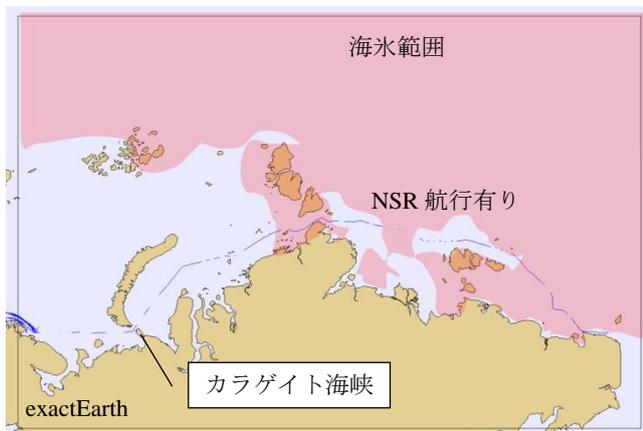


図-3.3.5 航跡図 (バルク船, 36 隻, 7 月)

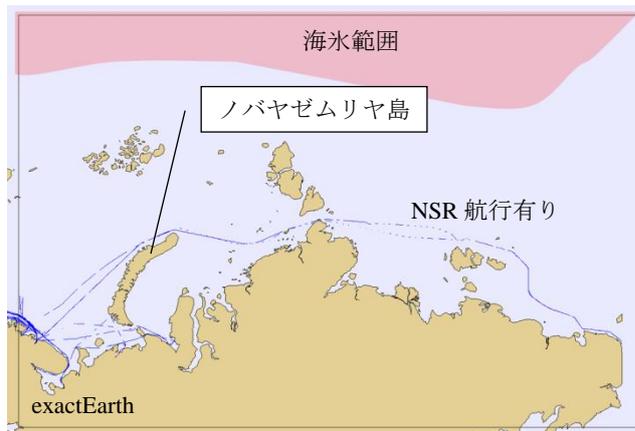


図-3.3.6 航跡図 (バルク船, 49 隻, 9 月)



図-3.3.7 航跡図 (タンカー, 38 隻, 7 月)

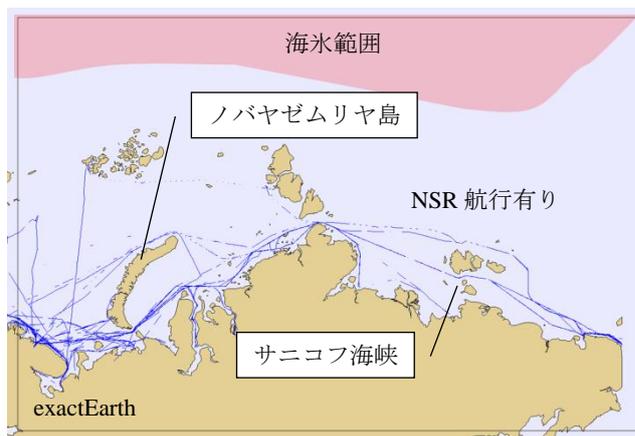


図-3.3.8 航跡図 (タンカー, 72 隻, 9 月)



図-3.3.9 航跡図 (一般貨物船, 65 隻, 7 月)

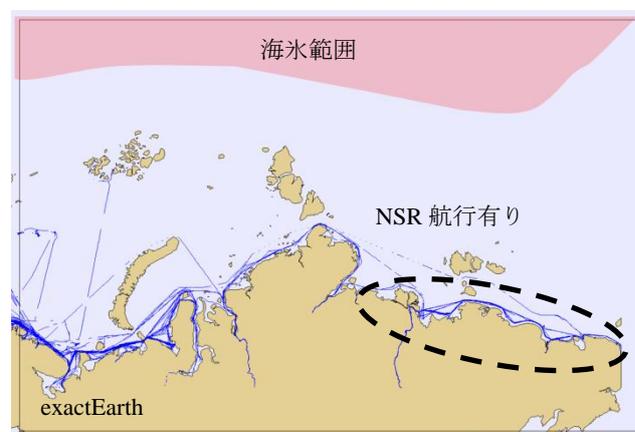


図-3.3.10 航跡図 (一般貨物船, 106 隻, 9 月)

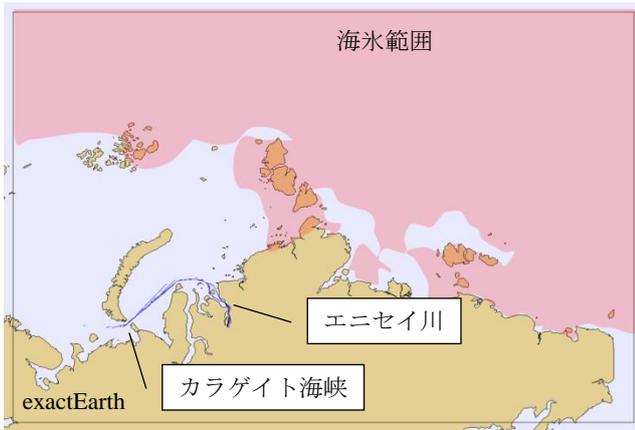


図-3.3.11 航跡図 (コンテナ船, 15 隻, 7月)



図-3.3.12 航跡図 (コンテナ船, 17 隻, 9月)

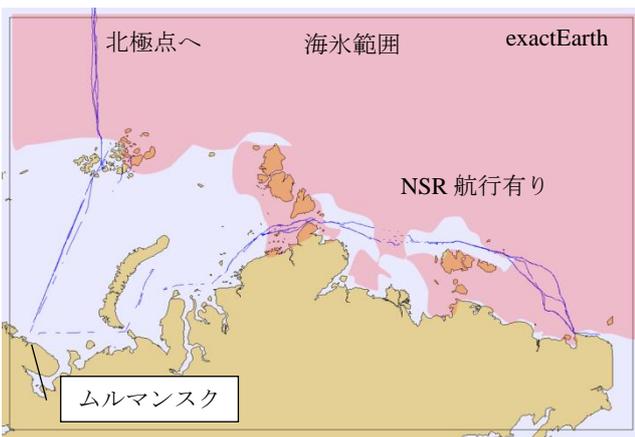


図-3.3.13 航跡図 (砕氷船, 4 隻, 7月)

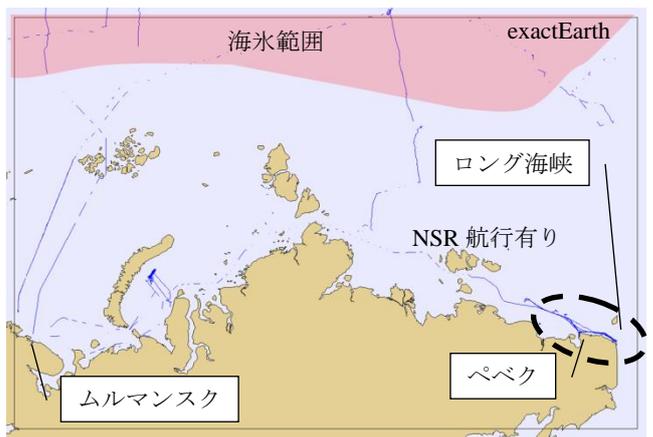


図-3.3.14 航跡図 (砕氷船, 11 隻, 9月)

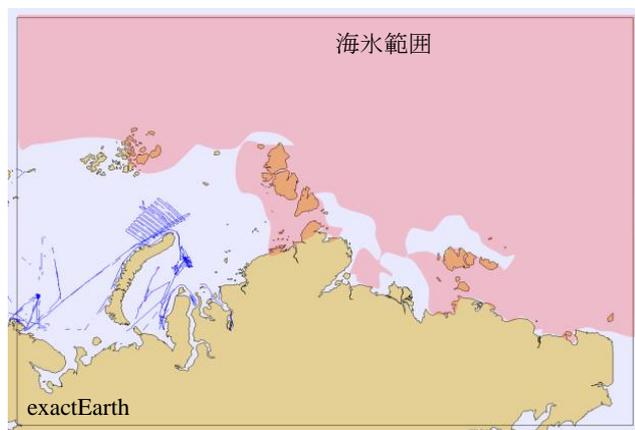


図-3.3.15 航跡図 (調査船, 13 隻, 7月)



図-3.3.16 航跡図 (調査船, 24 隻, 9月)

3.4 航行ルート分析

(1) 航行船舶の抽出

分析対象データから NSR を航行（通過）した船舶のみを抽出した結果を表-3.4.1、表-3.4.2 に示す。NSR を一部航行しロシア国内のみを移動した船舶は対象としていない。7月 は 8 隻，9月 は 16 隻抽出することができ，以降は主にこれらの船舶を対象に分析を行った。表中の実喫水は，AIS データより取得した航行時の喫水を示す。

(2) 北極海航路のルートと特徴

NSR 航行の大きな特徴は海水の存在である。夏期（6～9月）における NSR 航行の特徴として，文献¹⁾には以下の事項が示されている。

- ・通常，夏期には海水が融解し沿岸域には開水面が広がるが，夏期においても海水は存在し特にラプテフ海および東シベリア海で海水勢力が強い。

- ・北極海中央部からの多年氷（少なくとも二夏以上解けずに生き残った氷で厚さ3mまたはそれ以上の古い氷¹⁰⁾）や氷の積み重なった氷丘を含む沿岸定着氷（海岸に接して形成された定着している氷，その場の海水が凍結するか流氷が海岸に凍結して形成され，幅は海岸から数mから数100kmに達する¹⁰⁾）の残骸が大規模に集まって形成されるアイスマッシュに注意が必要である。
- ・アイスマッシュは毎年ほぼ同じ海域に形成されるため，航路はそれを避けるように設定される（図-3.4.1）。

表-3.4.1 NSR 航行船舶一覧（7月）

No	船種	全長 (m)	船幅 (m)	DWT	GT	満載喫水 (m)	実喫水 (m)
1	タンカー	164	22	16,038	11,290	9.5	7.2
2	タンカー	164	22	16,168	11,290	9.5	7.0
3	サブライボート	68	15	1,477	1,672	5.9	6.0
4	バルク船	225	32	75,603	40,142	14.1	13.2
5	タンカー	228	32	74,898	42,835	14.2	13.0
6	砕氷船	150	30	2,750	20,646	11.1	11.0
7	砕氷船	149	29	3,581	20,791	9.0	9.0
8	一般貨物船	173	25	22,910	18,574	11.4	9.1

表-3.4.2 NSR 航行船舶一覧（9月）

No	船種	全長 (m)	船幅 (m)	DWT	GT	満載喫水 (m)	実喫水 (m)
1	バルク船	225	32	74,750	41,000	12.2	7.1
2	サブライボート	81	16	1,393	2,684	4.9	4.9
3	運搬漁船	152	22	9,360	12,383	8.3	8.3
4	タンカー	228	32	74,997	42,835	14.2	12.8
5	タンカー	127	18	10,965	5,319	8.3	8.4
6	タンカー	127	18	9,003	6,641	8.5	8.7
7	タグボート	99	19	3,949	5,871	8.0	7.4
8	タンカー	228	32	74,927	42,810	14.3	12.9
9	バルク船	225	32	75,603	40,142	14.1	13.4
10	タンカー	228	32	74,940	42,810	14.3	13.8
11	タンカー	164	22	16,168	11,290	9.5	6.8
12	サブライボート	81	16	1,393	2,684	4.9	4.9
13	タンカー	228	32	73,965	40,865	14.4	12.9
14	タンカー	158	26	23,050	14,937	10.0	7.0
15	砕氷船	150	30	2,750	20,646	11.1	11.0
16	砕氷船	159	30	3,505	23,439	11.0	11.0

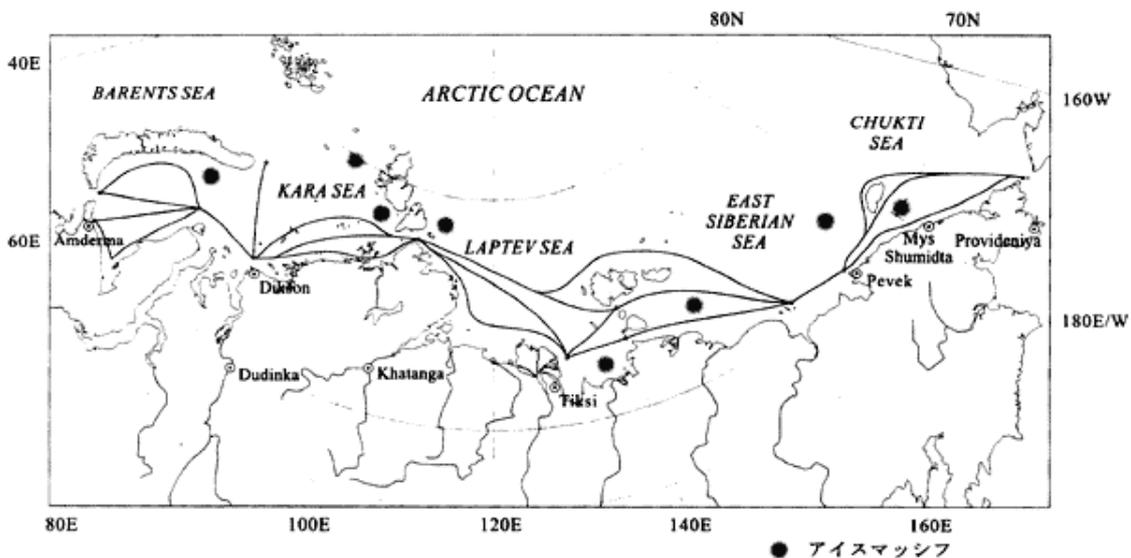


図-3.4.1 夏期における標準的航路¹¹⁾

(3) 航行ルート分析

NSR 航行ルートを分析するため、(1)にて抽出した NSR 航行船舶の航跡図に海氷範囲を着色した図を、**図-3.4.2**、**図-3.4.3** に示す。

7月にはビルキツキー海峡、東シベリア海、サニコフ海峡に海氷がまだ残っている状況である。航行ルートは、カラゲイト海峡からビルキツキー海峡を通過後、サニコフ海峡ではなくノボシビルスク諸島の北側を航行してベーリング海峡へ向かっている。サニコフ海峡は航路水深が

13m しかなく、喫水 11m の船舶のみに航行制限されている。一方で同諸島北側ルートは十分な水深があることに加え、近年は海氷勢力が減退しているため積極的に北側ルートが利用されている⁷⁾とされているが、その状況が確認できる。

9月にはNSR 航行上に海氷は見られない。航行ルートは、カラゲイト海峡とノバヤゼムリヤ島北側を航行するルートがあり、ビルキツキー海峡を通過後、サニコフ海峡とノボシビルスク諸島を航行するルートがある。

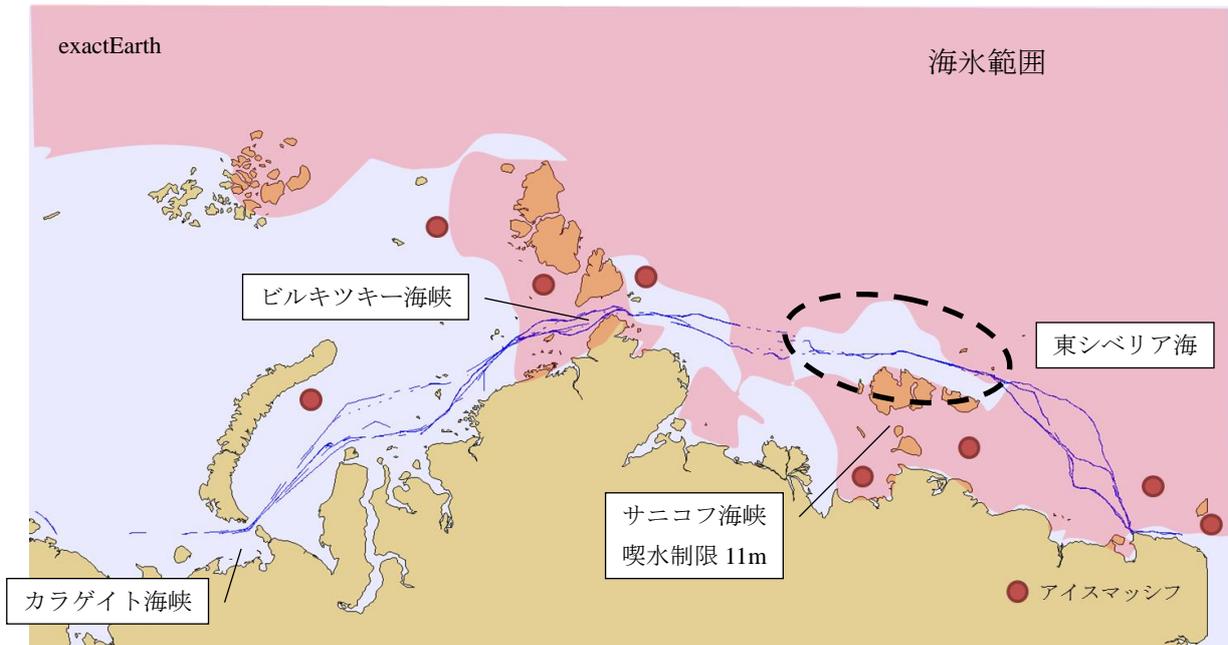


図-3.4.2 航跡図 (NSR 航行船舶, 8 隻, 2012 年 7 月)

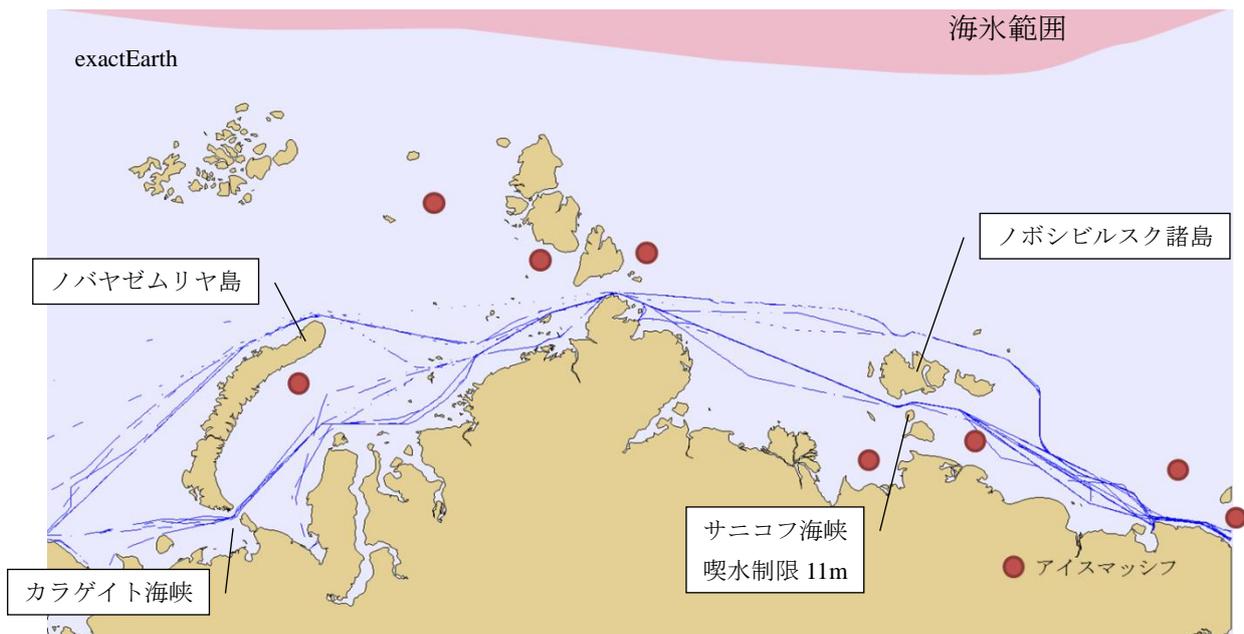


図-3.4.3 航跡図 (NSR 航行船舶, 16 隻, 2012 年 9 月)

また、図-3.4.1 に示す標準的航路と今回の 6 月、9 月ルートを比べてみると、図-3.4.1 のいずれかのルートを航行していることが分かる。さらに航行ルートは 6 月、9 月どちらにおいてもアイスマッシュを避けながら航行している状況も確認できた。

(4) 航行ルートと喫水の関係

衛星 AIS (9 月データ) から取得できる実喫水データより、海峡における航行ルートと喫水の関係を表-3.4.3 に示す。喫水制限 11m であるサニコフ海峡を航行した船舶の喫水は全て 11m 以下であることが確認できた。No.1 のバルク船は喫水 11m 以下であったがサニコフ海峡を航行せず、ノボシビルスク諸島北側を航行していた。

カラゲイト海峡の最浅部水深は 21m である。カラゲイト海峡を航行した船舶のうち最大喫水は 8.7m であった。喫水が 12~13m のバルク船やタンカーは全てカラゲイト海峡ではなくノバヤゼムリヤ島北側を航行していた。

表-3.4.3 航行ルートと喫水の関係

(単位:m)

No	船種	ノバヤゼムリヤ島周辺		ノボシビルスク諸島周辺	
		北ルート	カラゲイト海峡	北ルート	サニコフ海峡
1	バルク船	7.1	—	7.1	—
2	サプライボート	—	4.9	—	4.9
3	運搬漁船	8.3	—	—	8.3
4	タンカー	12.8	—	12.8	—
5	タンカー	—	8.4	—	8.4
6	タンカー	—	8.7	—	8.7
7	タグボート	—	7.4	—	7.4
8	タンカー	12.9	—	12.9	—
9	バルク船	13.4	—	13.4	—
10	タンカー	13.8	—	13.8	—
11	タンカー	—	6.8	—	6.8
12	サプライボート	—	4.9	—	4.9
13	タンカー	12.9	—	—	—
14	タンカー	—	7.0	—	7.0

※表中の値は AIS データより取得した実喫水

3.5 砕氷船によるエスコート状況

NSR の航行においては、海氷の状態と航行船舶の氷海船級に応じてロシア原子力砕氷船によるエスコートを受ける必要がある。データから、砕氷船が商船をエスコートしている状況について計 8 回確認することができ、その実態を詳細に分析した。計 8 回のエスコートを航海①~⑧とし、その船団構成を表-3.5.1 に示す。

(1) 合流場所、エスコート区間・日数

・7月データ

航海①は砕氷船 2 隻が商船 2 隻を、航海②も同じ砕氷船 2 隻が商船 3 隻をエスコートしていた。航海①のエスコート状況として、4 隻分の航跡図を図-3.5.1 に示す。

航海①の合流場所は、図内丸印で示すカラゲイト海峡東の東経 70 度付近。エスコート区間は合流場所からペペクまでの区間、日数は約 12 日間であった。

航海②のエスコート状況として、5 隻分の航跡図を図-3.5.2 に示す。航海②の合流場所は、図内丸印で示す東経 90 度付近となっており、航海①の合流場所よりも東側である。エスコート区間は合流場所からロング海峡周辺までの区間、日数は約 10 日間であった。分析データ期間の関係からエスコート完了時点までの航跡は確認できなかったが、チュクチ海域までの区間をエスコートしたと推察される。

・9月データ

航海③~⑧は全て砕氷船 1 隻によりエスコートされていた。航海⑦は砕氷船 1 隻に対して商船 2 隻がエスコ

表-3.5.1 船団構成

データ	航海	進路	No	船種	全長 (m)	船幅 (m)	実喫水 (m)
7月	①	東航	1	タンカー	164	22	7.2
			2	タンカー	164	22	7.0
			6	砕氷船	150	30	11.0
			7	砕氷船	149	29	9.0
	②	東航	3	サプライボート	68	15	6.0
			4	バルク船	225	32	13.2
			5	タンカー	228	32	13.0
9月	③	西航	3	運搬漁船	152	22	8.3
			15	砕氷船	150	30	11
	④	東航	5	タンカー	127	18	8.4
			15	砕氷船	150	30	11
	⑤	東航	4	タンカー	228	32	12.8
			16	砕氷船	159	30	11
	⑥	西航	2	サプライボート	81	16	4.9
			15	砕氷船	150	30	11
	⑦	東航	8	タンカー	228	32	12.9
			9	バルク船	225	32	13.4
			16	砕氷船	159	30	11
	⑧	西航	1	バルク船	225	32	7.1
			16	砕氷船	159	30	11



図-3.5.1 砕氷船によるエスコート状況 (航海①) 7月

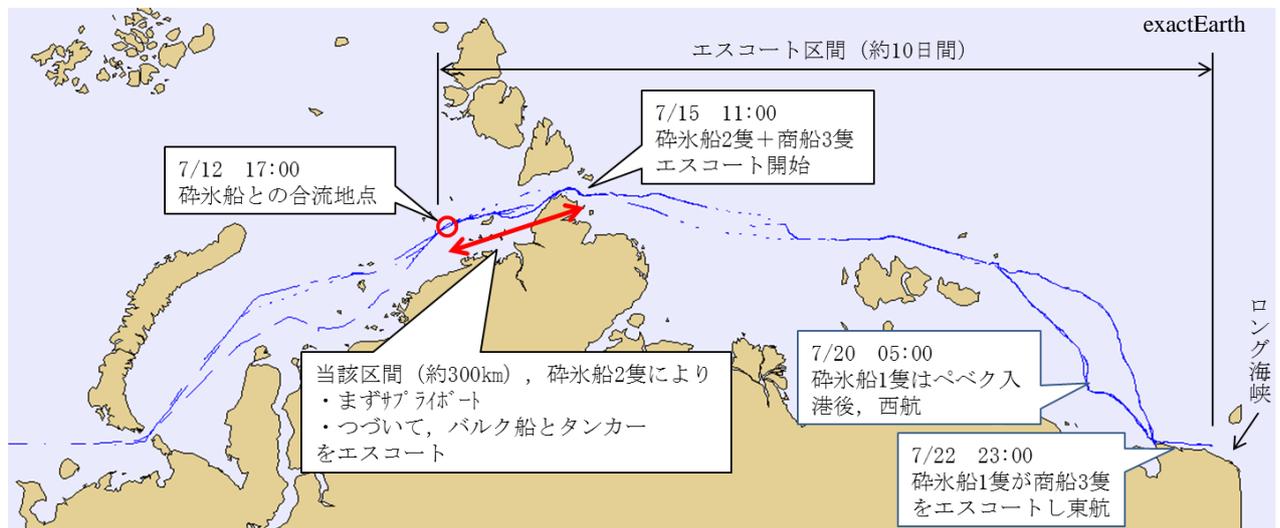


図-3.5.2 砕氷船によるエスコート状況 (航海②) 7月

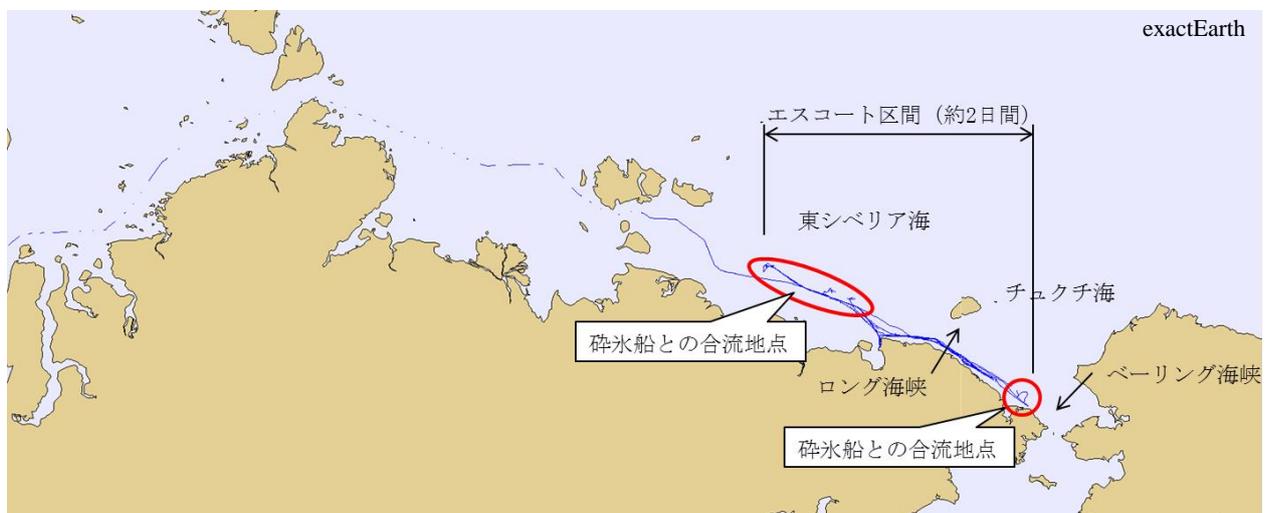


図-3.5.3 砕氷船によるエスコート状況 (航海③～⑧) 9月

トを受けていたが、それ以外の航海は1隻であった。9月のエスコート状況として砕氷船2隻の航跡図を、図-3.5.3に示す。合流場所はエスコート区間の両端となり、西側がペベク港沖合の東シベリア海域、東側がチュクチ海域。エスコート区間はペベク港沖合からロング海峡を抜けてチュクチ海域までの区間、日数は約2日間であった。砕氷船2隻が同区間を東西に行き来しながらエスコートを繰り返している状況が確認できた。

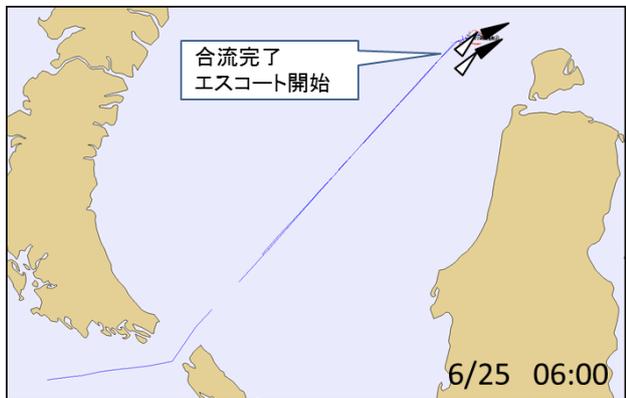
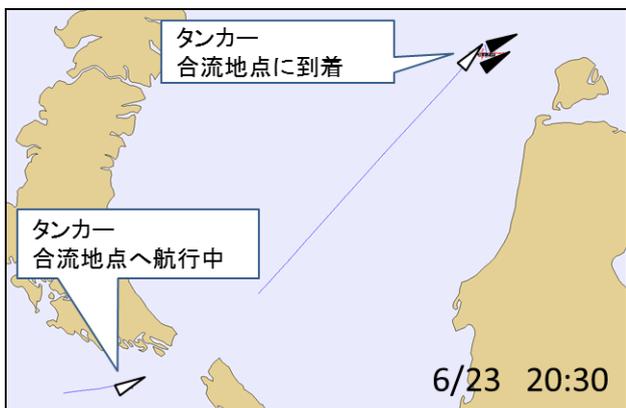
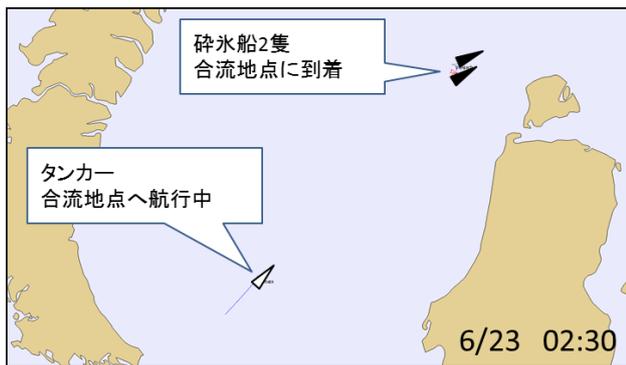


図-3.5.4 合流状況 (航海①)

(2) 合流状況

航海①の砕氷船と商船（タンカー等）との合流状況について、合流までの各船の航跡図を図-3.5.4に示す。砕氷船2隻が先に合流場所へ到着、その後タンカー2隻が合流場所へ到着し、4隻にてキャラバン運航を開始していた。最初に合流したタンカーの合流場所での待機時間は約34時間であった。航海②も同様に合流場所を定めて各船が合流していた。

(1), (2)の結果より、航行ルートを定型化することで、最適な合流場所を設定し、複数の商船を同時にエスコートするキャラバン運航を行うことで、効率的な輸送を行っているものと推察される。

(3) 船間距離、航行順、砕氷船の幅

航海①と航海②のエスコート中における船間距離、航行順を図-3.5.5、図-3.5.6に示す。航行中の船間の平均距離は、航海①が約1.7km、航海②が約1.2km。実際のNSR航行では約1マイル（約1.6km）間隔で航行すると言われており¹²⁾、同程度であった。また、本船の周りに

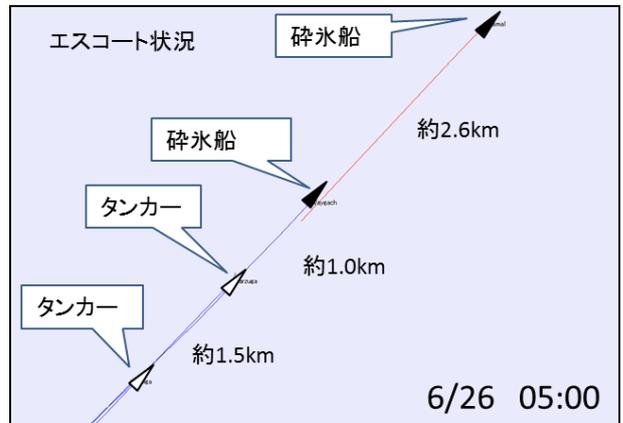


図-3.5.5 船間距離、航行順 (航海①)

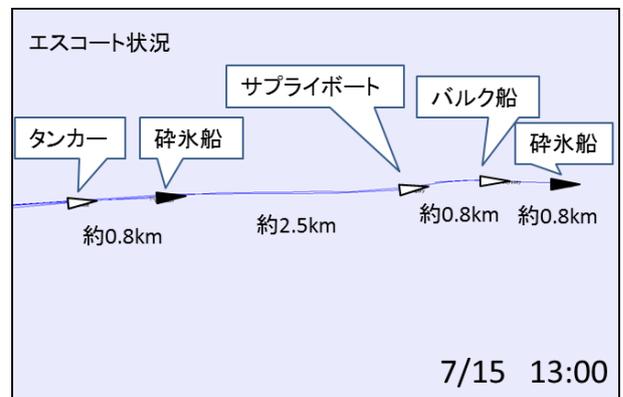


図-3.5.6 船間距離、航行順 (航海②)

他船が入るのを避ける水域として避航領域という考え方があり、その範囲は前方に 6.4L、後方に 1.6L の計 8L (L : 船の全長) とされている¹³⁾。航海①、②の平均全長は約 157m、約 164m となり、避航領域としては 8L に対して 10.8L、7.5L を確保していた。

航行順は、航海①が砕氷船→砕氷船→タンカー→タンカーの順、航海②が砕氷船→バルク船→サブライボート→砕氷船→タンカーの順であった。航海①は砕氷船 2 隻が先頭を航行してエスコートしているが、航海②は砕氷船が別々にエスコートしており、状況により運航方法を変更しているとみられる。

表-3.5.1 より、砕氷船の幅は約 30m、エスコートされる船舶の最大幅は 32.3m である。砕氷船の幅に比べて、エスコートされる船舶の幅の方が大きい、図-3.5.5 から砕氷船 2 隻が位置をずらして平行に航行することで、砕氷船の幅以上の幅を有する船舶の航行水域を確保している状況が伺える。

(4) 航行の難所 (難所待機時間, 区間距離)

航海①における航跡図を見ると砕氷船が引き返した航跡の見える区間や、エスコートされる船舶が一定時間待機している箇所が確認できた。これらの箇所は、いわゆる航行の難所と推察される。

航行ルート上の難所は、図-3.5.6 に示す 3 箇所であった。難所(1)における航行状況を図-3.5.7 に示す。なお、難所(2)(3)も同様な航行状況であった。殆どのエスコート区間は砕氷船 2 隻がタンカー 2 隻をエスコートしているが、この難所 3 箇所だけは 2 隻同時ではなく 1 隻ずつエスコートしている。輸送の効率化のためキャラバン輸送を行うが、海氷条件が厳しい箇所では 1 隻ずつの輸送に切り替えて行っているものと推察される。こうした状況は 2.4 の記載と整合がとれる。

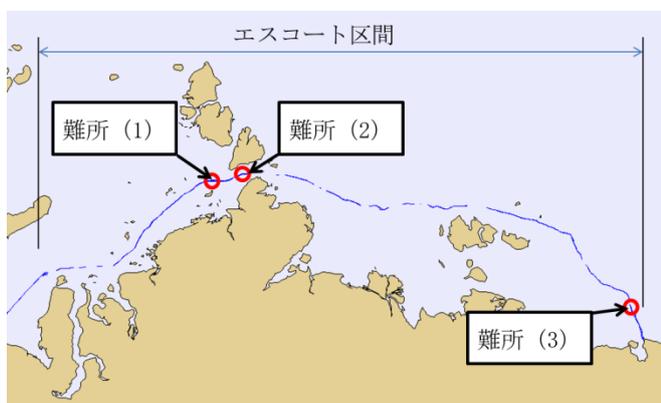


図-3.5.6 航行ルート上の難所位置図 (航海①)

難所における待機時間、区間距離は表-3.5.2 に示すとおり。ここで言う待機時間とは難所にて最初にエスコートされた船舶が待機した時間を指す。航海①では 12 日間のエスコートの内、約 24 時間の待機時間、回数は 3 回あり、区間距離は計 144km であった。航海②では特に航行中の待機等は発生していない。航海①に待機時間等が発生した理由は、2012 年最初の NSR 航海であったことも影響していると推察される。

9 月データにおいては、こうした難所は確認出来なかった。

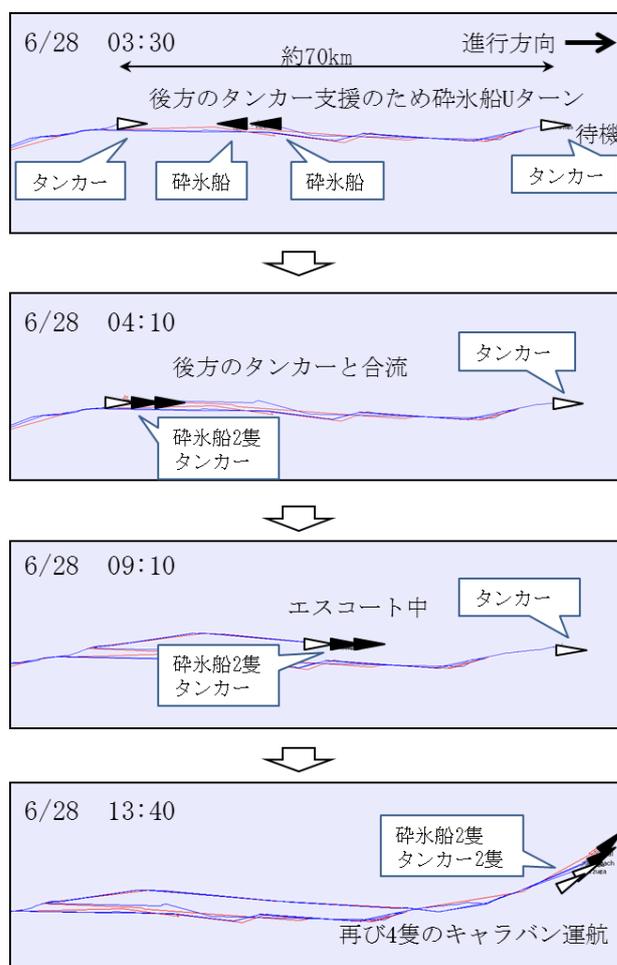


図-3.5.7 航行ルート上の難所(1)

表-3.5.2 難所における区間距離, 待機時間

航海	合計	難所(1)	難所(2)	難所(3)
航海①	24時間	13時間	5時間	6時間
	144km	70km	34km	40km

(5) 砕氷船の運航状況

砕氷船の運航（移動）状況を把握するため、7月データ期間内における砕氷船2隻の東経座標の時間変化を図-3.5.8に示す。砕氷船2隻は、先ずカラゲイト海峡の東海域にて商船と合流した後、ペベク港までエスコート、再び合流場所まで戻り2回目のエスコートを開始、ペベク周辺海域からはNo.7の砕氷船がエスコートを行い、No.6の砕氷船は西向きに針路を変えている。また、難所

における航行時に延滞が発生しているものの全体的に見れば概ね安定した運航を行っていると思われる。

次に9月データ期間内における砕氷船2隻の経度座標の時間変化を図-3.5.9に示す。ペベク港沖合～チュクチ海をくり返しエスコートしている状況が伺える。特に遅延もなく安定していた運航ができていると思われる。No.15の砕氷船は途中からエスコート海域を外れ、ムルマンスク（東経30°付近）に停泊していた。

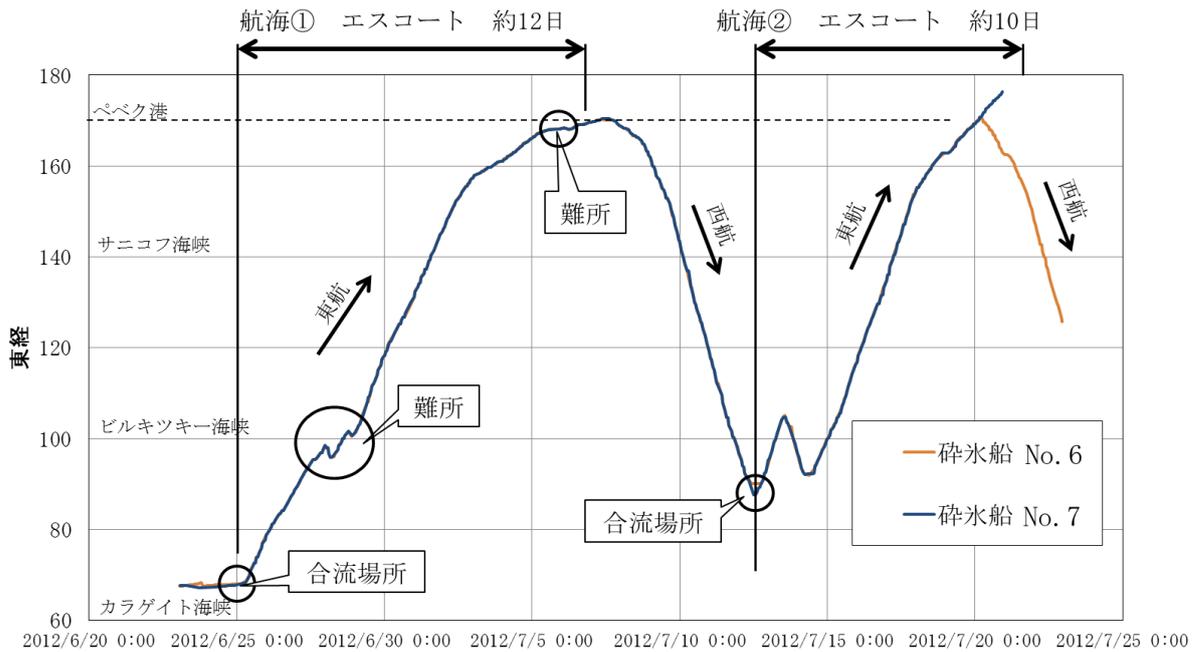


図-3.5.8 砕氷船の運航状況（7月）

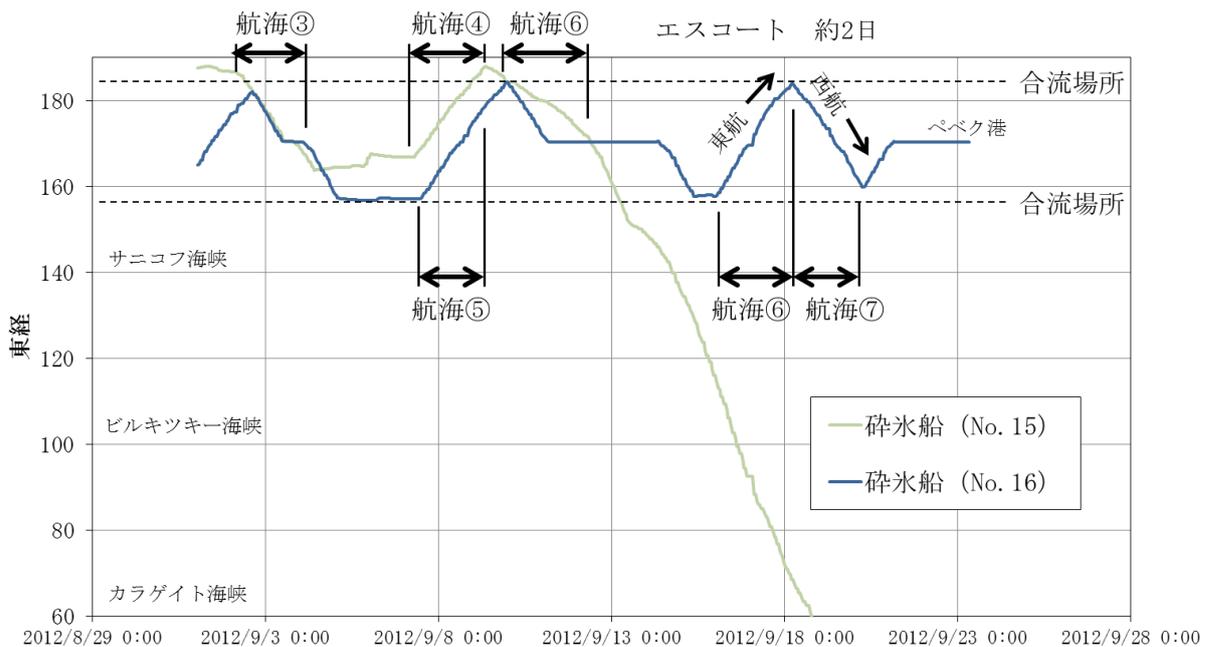


図-3.5.9 砕氷船の運航状況（9月）

(6) NSR 通航可能隻数の試算

現在、航行支援を行うロシア原子力砕氷船は4隻⁷⁾とされており、今後、NSR 航行船舶数が増加した場合、通航可能隻数が制限される事態も予想される。そこで、原子力砕氷船4隻が最大限に稼働した場合の通航可能隻数を簡易的に試算した(表-3.5.3)。海氷状態によってエスコート区間や日数に違いがあるため、以下のとおり時期を分けて計算した。期間分けに際しては、図-2.2.1(北極海の高氷減衰状況)を参考とし、海氷面積がほぼ同じ8月上旬～10月中旬までは、エスコート方法が同じであると仮定した。

・7月上旬～7月下旬

(5)の分析結果より、航海①での合流場所からエスコート完了までの期間は約12日であるため、エスコート1回に要する期間を、待ち合わせ期間も含めて約15日とする。航海②にて砕氷船2隻で商船3隻をエスコートしているため、砕氷船1隻で商船1.5隻エスコート可能とし、復路も同様にエスコートすると仮定した。

・8月上旬～10月中旬

(5)の分析結果より、航海③～⑧のエスコート期間は約2日であるため、エスコートに要する期間は待ち合わせ期間も含めて約3日とする。航海⑦は砕氷船1隻で商船2隻をエスコートしているため、この結果を採用した。

また、文献¹²⁾によると、2012年10月上旬の航海において、砕氷船のエスコートがあった区間はペベク沖合からロング海峡を抜けてチュクチ海域までで、砕氷船1隻が2隻をエスコートしたとの事である。

・10月中旬～11月下旬

当該期間は、図-2.2.1より、7月の海氷面積と同程度の海氷の状態と仮定し7月上旬～下旬と同様とした。

以上より、各時期の合計は230隻となるが、商船の氷海船級が高い場合は砕氷船の支援を受けずに単独での航行が可能であり、こうした船舶が増えれば通航可能隻数も増えると考えられる。

3.6 航行速度の分析

(1) NSR 航行速度の分布

NSR における航行速度と海氷の位置関係を把握するため、表-3.4.1、表-3.4.2 全船舶について、1時間毎の航行速度と位置情報(経度座標)をプロットしたグラフと、海氷範囲入りの航跡図を並べた図を、図-3.6.1、図-3.6.2 に示す。

図-3.6.1 に示す7月はビルキツキー海峡周辺、ラプテフ海の一部、東シベリア海の高氷域で速度が落ちている。東経70度付近で0～1kt程度になっているのは砕氷船との合流場所で待機している影響、ビルキツキー海峡、東シベリア海で速度が0kt近くに落ちているのは1隻ずつのエスコートにしている区間において待機しているためである。

9月はNSR 航行上に海氷がないカラゲイト海峡～ペベク沖合の区間は全域で10～14ktと安定した速度で航行している。ペベク沖合～チュクチ海域は、(5)の分析結果より砕氷船のエスコートがあるため、海氷分布図には現れていないが実際の航行上には海氷が残っていると思われる。この区間において一部船舶の速度が落ちていることが確認できる。また、NSR 全域にて速度が落ちている船舶はサブライボートであり曳航作業等を行っていたものと推察される。

表-3.5.3 NSR 通行可能隻数の試算結果

期間	通航海可能隻数	日数 (A)	エスコート 期間/回 (B)	エスコート 可能隻数/砕氷船 1隻あたり (C)	計算式
7月上～7月下	12隻	30日	15日	1.5隻	(A)/(B)×(C)×4隻
8月上～10月中	200隻	75日	3日	2隻	
10月中～11月下	18隻	45日	15日	1.5隻	
合計	230隻	-	-	-	-

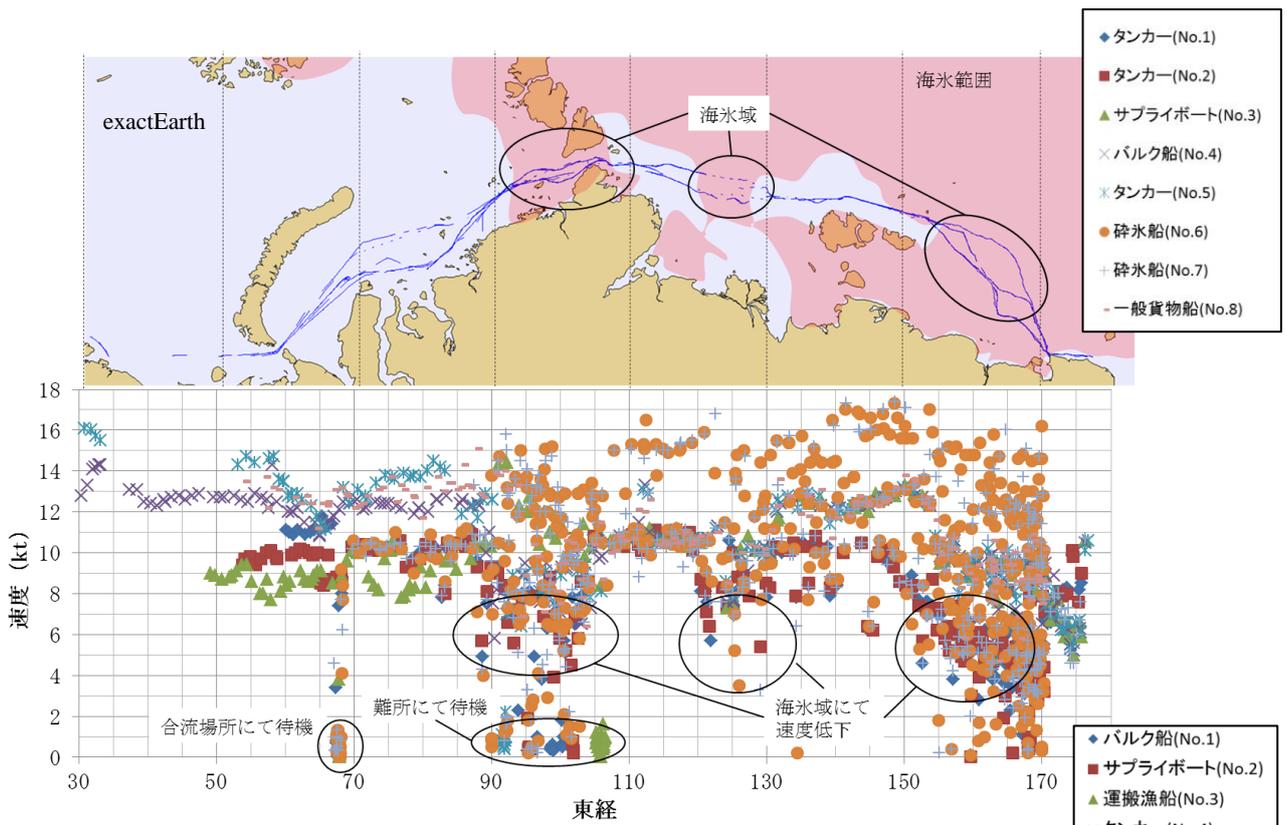


図-3.6.1 航行速度分析 (7月)

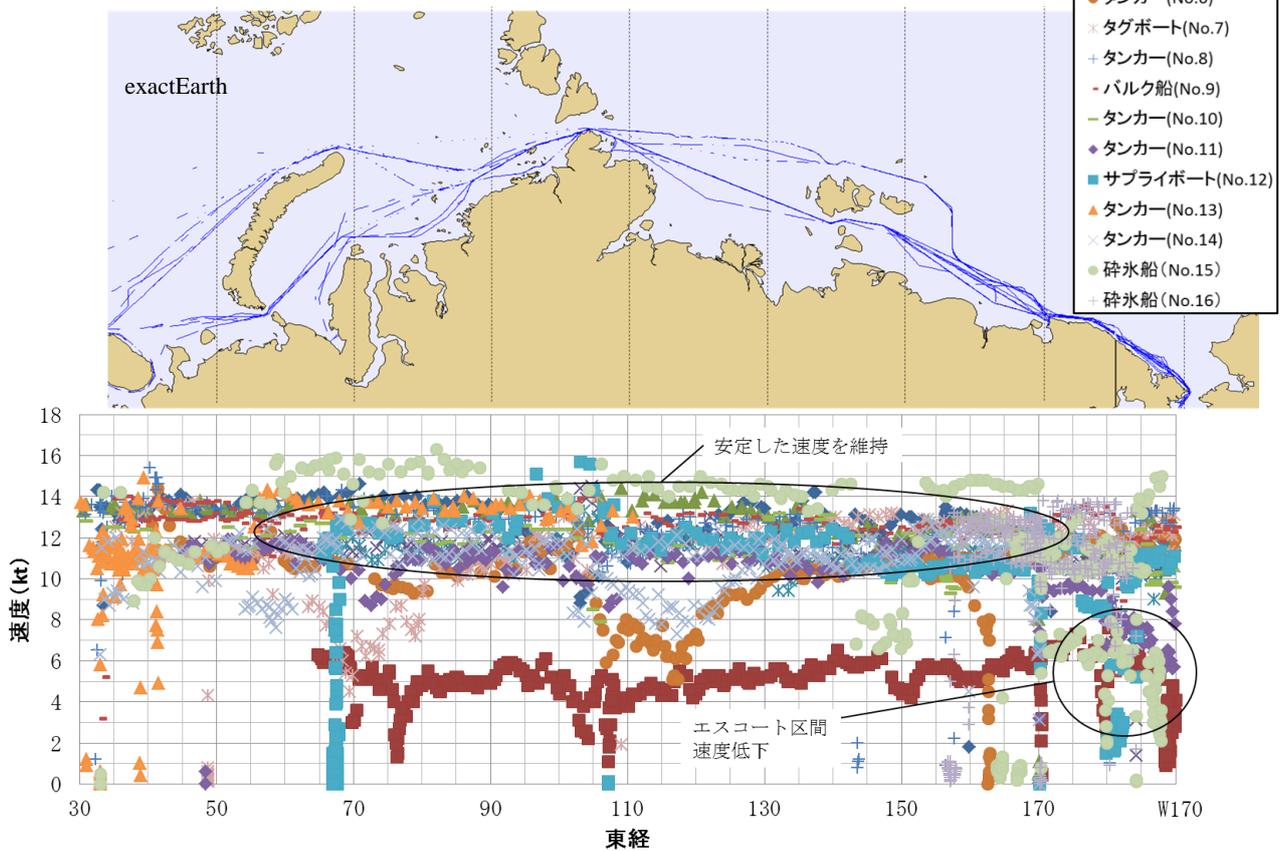


図-3.6.2 航行速度分析 (9月)

(2) 個別船舶の航行速度

図-3.6.1, 図-3.6.2 の船舶から代表的な船舶 1 隻を抽出し速度と海氷の位置関係を比較した結果を図-3.6.3, 図-3.6.4 に示す。7 月はビルキツキー海峡周辺および東シベリア海域の海氷域で速度が落ちていること, 9 月は全域で安定した速度 (12~14kt) を保持していることが確認できる。

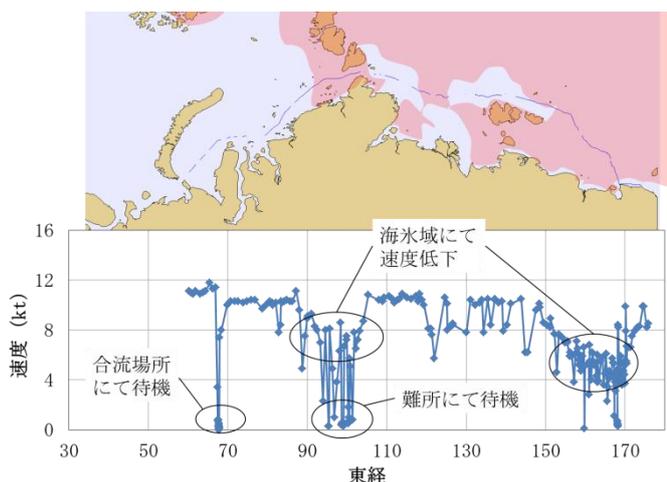


図-3.6.3 航行速度分析 (タンカー (No.1), 7月)

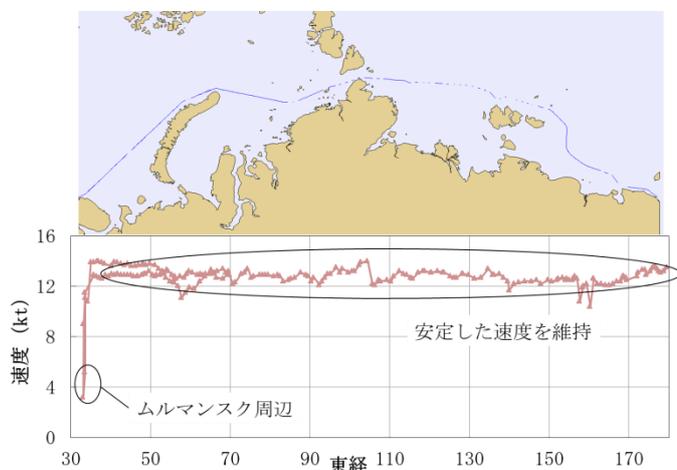


図-3.6.4 航行速度分析 (バルク船 (No.9), 9月)

(3) NSR 航行船舶の平均速度

7 月, 9 月における NSR 航行船舶の海氷中と海氷外の平均速度を分析した。7 月は 図-3.6.5 に示すとおり, NSR 航行上の海氷の有無により 6 つの海域に区分し, 海域毎に平均速度を算出した。海域別, 各船舶別, 全隻数の平均速度の算出結果を, 表-3.6.1 に示す。平均速度の算出に際しては, 1 時間毎の速度から合流場所での待機等による低速度 (1.0kt 以下) は除いて平均値を算出した。海域別の速度をみると, 海氷中は全て 10kt 以下となっており,

東シベリア海域が 7.4kt と最も速度が落ちていた。逆に海氷外では全て 10kt 以上となっている。各船舶の速度については No.1, No.2 のタンカーが 5.8kt (海氷中) と低いが, これは 3.5 で記述のとおり難所における速度低下の影響によるものである。全隻数の平均速度は, 海氷中 (8.0kt) が海氷外 (11.0kt) に比べて 3.0kt 程度低下していた。

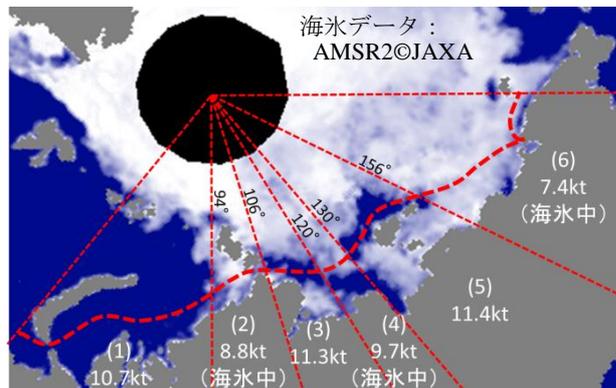


図-3.6.5 平均速度 (7月)

表-3.6.1 平均速度 (7月)

海域別	(1) カラ海	(2) ビルキツキー 海峡 (海氷中)	(3) ラプテフ 海	(4) ラプテフ 海 (海氷中)	(5) 東シベリ ア海	(6) 東シベリ ア海 (海氷中)
	10.7 kt	8.8 kt	11.3 kt	9.7 kt	11.4 kt	7.4 kt

No	船種	全域	海氷中	海氷外
1	タンカー	7.4 kt	5.8 kt	9.5 kt
2	タンカー	7.5 kt	5.8 kt	9.4 kt
3	サブライボート	9.5 kt	8.6 kt	10.1 kt
4	バルク船	10.7 kt	8.6 kt	12.0 kt
5	タンカー	10.8 kt	8.5 kt	12.6 kt
6	砕氷船	9.8 kt	8.8 kt	11.3 kt
7	砕氷船	9.3 kt	8.4 kt	10.7 kt
8	一般貨物船	10.9 kt	9.0 kt	12.4 kt
全隻数		9.4 kt	8.0 kt	11.0 kt

9 月は NSR 航行上に海氷は確認できないが, 3.5 の分析結果より, ペバク沖合から東シベリア海ではエスコートされており, この海域は海氷が残っていると料されるため海氷域として, 図 3.6.6 のとおり二つの海域に区分した。算出結果を表 3.6.2 に示す。サブライボートを除いた全隻数の全域の平均速度は 10.8kt であり, 7 月 (9.4kt) と比べて 1.0kt 程度速い。また, 海氷中 (9.0kt) は海氷外 (11.6kt) に比べて 2.0kt 程度速度が低下していた。当然ながら 7 月と比較して海氷が少ない 9 月は海氷

中、海水外ともに速度が上がっていることが分かる。一般海域におけるコンテナ船の航海速度は24kt前後、タンカーに代表される不定期船はこれよりも遅く15kt前後とされている¹⁴⁾。一般海域における不定期船の速度(15kt)に比べて、今回の7月の全隻数の平均速度は、海水外(11.0kt)が4.0kt程度低下、海水中(8.0kt)が7.0kt程度低下していた。ただし、この結果は7月における8隻分のデータによるものであることに留意が必要である。9月の全隻数の海水外の平均速度は約11.6ktと一般海域の速度(15kt)と比べて速度が出ていない。これは9月の海水分布図(図-3.3.2)上に海水が確認できない場合でも実際の航路上には流氷等が存在し警戒のため航行速度を落としているものと推察される。

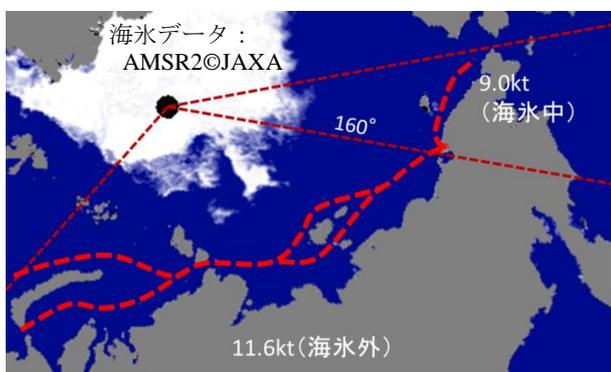


図-3.6.6 平均速度(9月)

表-3.6.2 平均速度(9月)

No	船種	全域	海水中	海水外
1	バルク船	12.4 kt	11.2 kt	12.9 kt
2	サプライボート	4.3 kt	3.7 kt	4.8 kt
3	運搬漁船	12.3 kt	10.7 kt	12.9 kt
4	タンカー	11.3 kt	10.4 kt	10.4 kt
5	タンカー	11.1 kt	10.9 kt	11.2 kt
6	タンカー	9.6 kt	9.3 kt	9.8 kt
7	タグボート	10.6 kt	12.1 kt	10.0 kt
8	タンカー	12.2 kt	12.3 kt	12.2 kt
9	バルク船	12.6 kt	12.0 kt	12.8 kt
10	タンカー	11.5 kt	10.9 kt	11.8 kt
11	タンカー	9.8 kt	8.2 kt	10.7 kt
12	サプライボート	5.7 kt	8.3 kt	5.0 kt
13	タンカー	11.0 kt	—	11.0 kt
14	タンカー	10.8 kt	10.2 kt	10.8 kt
15	砕氷船	10.7 kt	8.6 kt	12.7 kt
16	砕氷船	11.6 kt	11.6 kt	—
	全隻数	9.9 kt	8.7 kt	10.3 kt
	全隻数(サプライボート除く)	10.8 kt	9.0 kt	11.6 kt

3.7 航行船舶の定時性

NSR 航行を利用した輸送については、厳しい海氷条件等もあり、定時性が確保できるか不明である。このため航行船舶の定時性について考察した。図-3.7.1、図-3.7.2は、横軸に時間軸、縦軸に経度座標をとりNSR 航行船舶の1時間毎の位置座標をプロットしたものである。カラゲイト海峡(東経60度)からペベク港(東経170度)までの各船舶の所要日数から、どの程度の定時性があるか確認した。7月の所要日数は、約8~14日となっており、

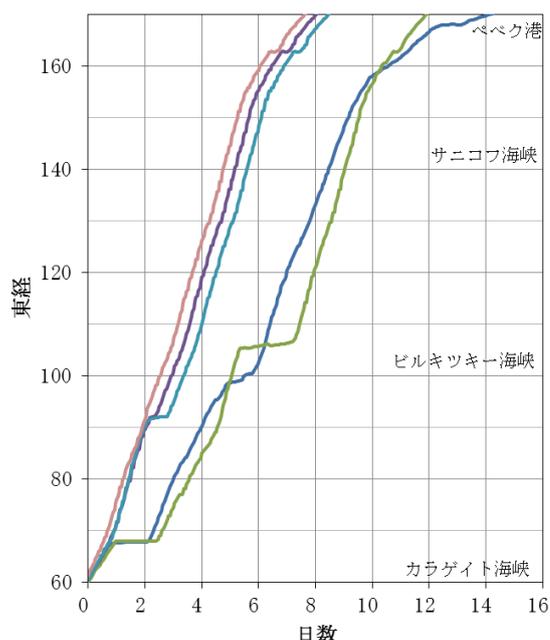


図-3.7.1 航行船舶の定時性(7月)

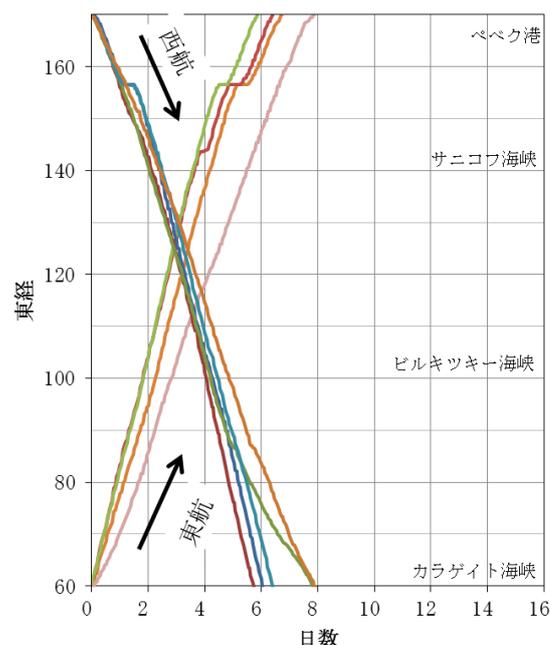


図-3.7.2 航行船舶の定時性(9月)

ばらつきがある。しかし、航海①の船舶を除いたグラフ左側の3隻分については、所要日数が全て8日前後で、なおかつ速度(グラフの傾き)も概ね一定となっており、定時性があることが確認できる。9月の所要日数は、全9隻とも約6~8日で、速度もほぼ一定となっており、7月よりも定時性があることが確認できる。

3.8 海水氷密度度と航行速度の関係

近年のNSRは6月下旬から11月下旬の約5ヶ月間にわたって運航されている。海水氷分布図(図-3.3.1, 図-3.3.2)を見ると、航行シーズン初期にあたる6月下旬から7月にかけては海水氷が航行ルートに多く残っているのに対し、9月は航行ルート上に殆ど海水氷は見られない。

文献¹⁴⁾によれば、NSR航行ルートの海域ごとの海水氷

密度度は図-3.8.1の様に表示されている。海水氷密度度は東経90度(カラ海東部)~東経105度(東シベリア海西部)の区間、および東経130度(ラプテフ海東部)~東経170度(東シベリア海西部)の区間において高くなっていること、また9月後半にはビルキツキー海峡周辺海域を除いて、海水氷は殆ど無くなっていることが示されている。

次に、図-3.8.1の6/29~7/5, 7/13~7/19データと、本研究にて分析した同時期の航行速度について対比した図を、図-3.8.2に示す。航行速度は、海水氷が多く残っている7月データを使用した。やはり、海水氷密度度が高いビルキツキー海峡周辺にて、航行速度が落ちていることが分かる。また、航行速度が若干落ちている東シベリア海西部においても海水氷密度度は高く、海水氷密度度の値が高い箇所において、速度が落ちる傾向にある。

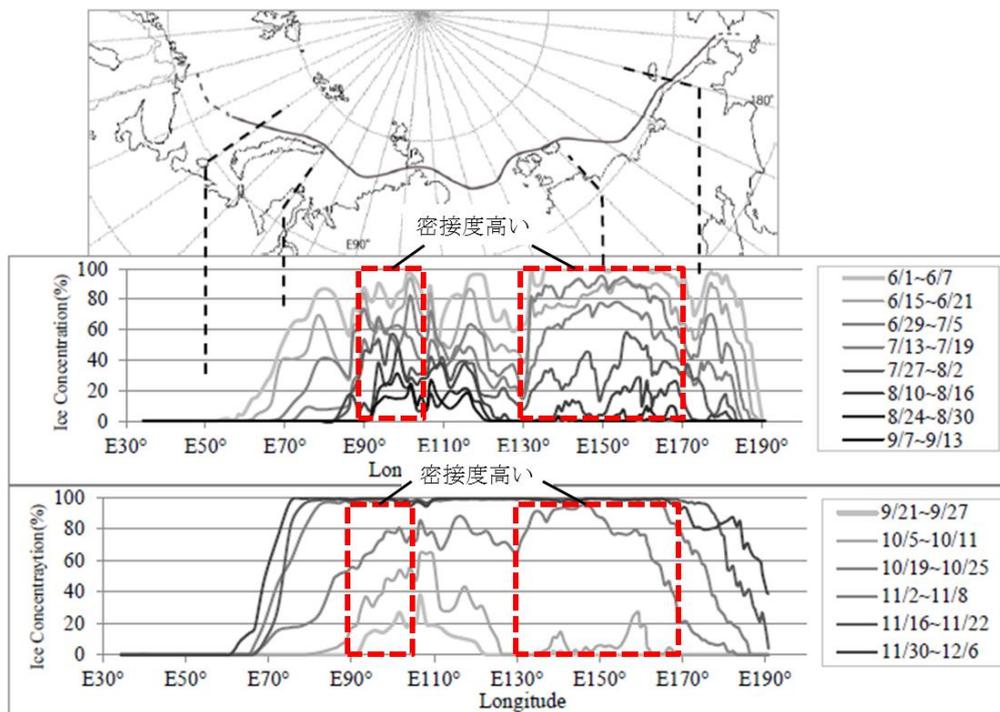


図-3.8.1 北極海航路ルートにおける海水氷密度度(7日平均)¹⁵⁾

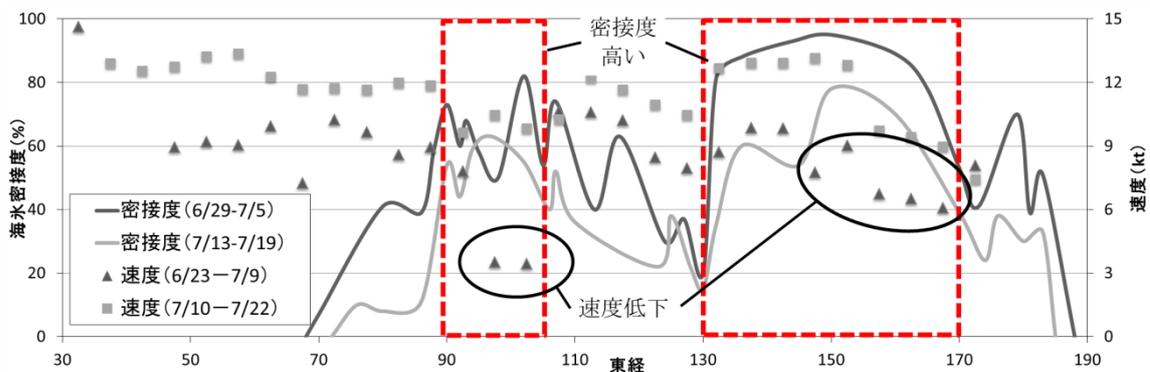


図-3.8.2 北極海航路ルートにおける海水氷密度度と速度の関係

ここまでに得られた主な分析結果を表-3.8.1に示す。

表-3.8.1 主な分析結果

項目	結果	図、表
①NSR航行可能最大船舶	タンカー：全長250m, 118,000DWT, 船幅46m, 満載喫水12.5m (2013実績より)	表-2.6.1
②航行ルート	図-3.4.2-3	図-3.4.2-3
③エスコート状況	7月：エスコートあり（カラゲイト海峡～チュクシ海） 9月：エスコートあり（ペベク沖合～チュクシ海）	図-3.5.1-3
④年間航行可能隻数の試算	230隻	表-3.5.3
⑤航行速度	7月：8.0kt（海水中） 11.0kt（海水外） 9月：9.0kt（海水中） 11.6kt（海水外）	表-3.6.1-2
⑥定時性	カラゲイト海峡からペベク沖合までの所要日数 7月：航海①は約12～14日かかったが、航海②は約8日（9月と同程度） 9月：約6～8日	表-3.7.1-2

3.9 北極海航路の今後・課題

北極海航路に対する気運が高まっているが、現状、日本の海運会社はNSRの利用について慎重な姿勢をとっている状況である。NSRの課題としては、以下の事項が指摘されている。

(1) 砕氷船エスコート料金⁷⁾

現行の砕氷船エスコート料金は、同じ貨物船がスエズ運河を通航する際に支払う費用と同程度に設定されており、距離短縮による輸送コスト削減が実現可能になっている。しかし、ロシア側が砕氷船運航コストを転嫁するために一方的に値上げするといったリスクは依然とある。

(2) 氷海船級

船舶が海水という特殊な条件下で航行するためには、氷の圧力に耐えつつ航行できる構造・水深能力を備えるなどの配慮が必要であり、このような船舶の要件を定めたものが氷海船級（アイスクラス）である。氷海船級を有している貨物船の数は限られており、その多くはバルト海や北米五大湖周辺などで運航しているため、要請があってもすぐに北極海に就航させることが可能とは限らない⁴⁾。

(3) 原子力砕氷船の更新

航行支援を行うロシア原子力砕氷船は船齢が迫っており、新規原子力砕氷船の建造が始まっているものの、計画通りに竣工するかどうか不透明な状況であると言われている⁴⁾。今後、NSR航行船舶数が増加していき、新規原子力砕氷船の建造が遅れた場合、通航可能隻数が制限

される事態も予想される。

(4) 商業運航の今後^{7) 16)}

NSRにて輸送距離を短縮できる貨物の場合、輸送コストの大半を占める燃料費を大幅に削減できるため有効である。当面は、これを生かすことの出来るバルク貨物が主体であると言われている。一方でコンテナは、途中寄港地がないこと、ウィークリーなどの定期サービスが困難なこと、まだ定時性が確保できるか実証されていないなどの課題があり、商業運航には至っていない。ただし、中国がNSRの積極的な利用を表明しており、2013年にコンテナの試験運航を実施したところである。

ロシアは、将来のNSR貨物の多くを、ロシア北極海沿岸などで生産される天然資源、特にLNGが占めると予想している。現在、ロシア北部のヤマル地域でLNG開発が進められており、同地域には全世界の22%の天然ガスが集中しているとの試算もある。米国のシェールガス革命を受けて、ロシアは従来の欧州向け以外に日本や中国、韓国などアジアに積極的に売り込みたい意向とされ、LNG輸出を拡大する観点からもNSRの利用拡大を図っている見通しとされている。

(5) 捜索・救難体制、環境対策

カラゲイト海峡からベーリング海峡の間2,550海里に散在する既存の港湾は、いずれも水深が浅く施設は老朽化しており、今後本格的な商業運航が始まった場合には、救難、修理、避難を受け入れるには十分とは言えない状態にある¹⁾。NSR運航中に緊急避難を要する事故や故障が生じた場合、安全に寄港できる避難港設備の充実が必要になってきている。

2013年9月、ディーゼル燃料6000トンを積んだタンカーが流氷に衝突し、船腹に穴があくという事故が発生した¹⁷⁾。幸い、積荷のディーゼル燃料の流出は殆どなかったとの事であるが、北極海の生態系は微妙なバランスで成り立っており、大量の油流出は大きな被害をもちことになる。北極海的环境保全を適切に実施するためには、国際的な協力体制が望まれる。

(6) 北極海の気象・海象の観測強化

近年、氷が後退したと言っても北極海の気象は非常に過酷で予測が難しい。視界が悪い上に、風で移動する氷上変化が激しく、予測で出来ない延滞が生じる恐れがある。NSRについて、国際的な商用航路としては不的確と考える専門家も少なくない¹⁸⁾。

そのため、航海計画をより精密に立てやすくするための予測精度の向上（具体的には、極地観測用の人工衛星など）、北極海航行用の砕氷機能付きの観測船の建造及び北極圏観測などが求められている¹⁹⁾。

3.10 北西航路の航行実態分析

北極海を横断する航路にはロシア沿岸域を航行する北東航路と、北米大陸を東西に通る北西航路がある。ここでは9月データを用いて北西航路の航行実態を分析した。

まずは北西航路の現状について表-3.10.1に示す。全般的に北西航路は北東航路より航路が複雑で氷状は厳しく、カナダ北極海に浮かぶ1万9000もの島々の間を通る多数の航路から形成されている。現状は沿岸域での産業活動が限定的であること、氷状が厳しいうえに氷状変化が激しく予想が困難であること、外航商船を支援できる強力な砕氷船がいなことから一般商船の航行は困難とされている¹⁹⁾。

9月の海水分布図に北西航路ルートを表示したものを図-3.10.1に示す。NSRと同様に9月は海水が減衰しており航行ルート上には海水は見られない。

北西航路を航行したと見られる船舶の航跡図を図-3.10.2に示す。船舶数は27隻で、その内、北極海域の航行において重要な要素である船幅値の上位10隻を表-3.10.2に示す。最大は船幅約32m、約5万DWTのタンカー(No.1)であった。

No.1のタンカーの航跡図と航行速度の関係を図-3.10.3に示す。タンカーは途中8kt近くまで減速している箇所も見られるが、概ね10~14ktで航行しており全体的に安定した速度で航行している。このタンカーのように北西航路を通過した船舶は、4隻(タンカー2隻、砕氷船2隻)程度しか確認できなかった。この結果からもNSRに比べてまだ実績が少ないことが伺える。

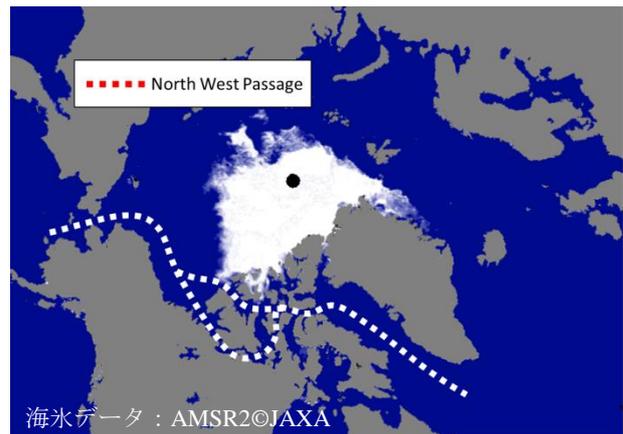


図-3.10.1 北西航路の航行ルート



図-3.10.2 航跡図(全船種, 27隻, 9月)

表-3.10.2 航行船舶一覧(船幅の上位)

No	船種	全長(m)	船幅(m)	DWT	実喫水(m)
1	タンカー	183	32.29	53,160	8.70
2	旅客船	196	29.20	4,558	7.00
3	砕氷船	119	24.46	4,640	9.00
4	タンカー	161	23.00	17,080	—
5	重量物運搬船	138	21.37	12,777	8.50
6	重量物運搬船	139	21.00	12,612	—
7	砕氷船	98	19.84	2,919	7.70
8	砕氷船	100	19.82	2,478	7.40
9	一般貨物船	136	19.02	12,760	6.90
10	タンカー	116	19.00	9,176	7.90

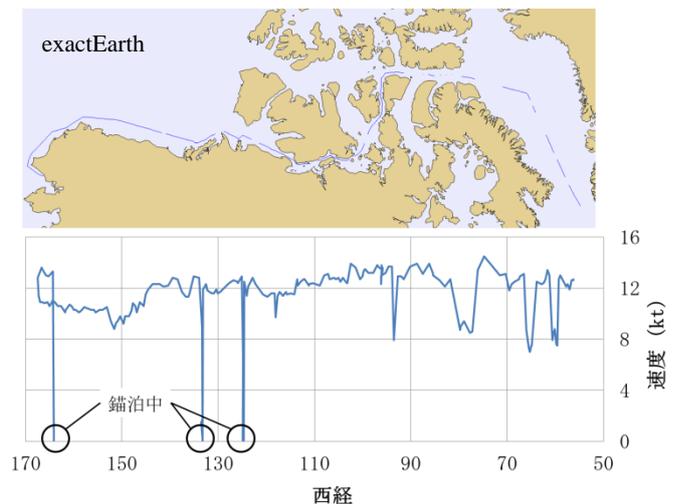


図-3.10.3 航跡図+速度分布(タンカー(No.1))

表-3.10.1 北西航路の現状²⁰⁾

主航路		氷状態	航路支援施設	砕氷船	政府
北西航路	カナダの内水	航路が複雑, 北東航路より厳しい	乏しい	乏しい	明らかな関与はみられない
北東航路	ロシア沿岸	厳しい	整備進む	4隻	積極姿勢

4. おわりに

本研究は、NSRの利用可能性評価に寄与するため、衛星AISならびにAMSR2海氷データを用いてNSRの航行実態に関する分析を行ったものである。本研究で得られた結果は以下のとおりである。

- (1) 2013年NSR航行船舶の諸元(DWT, 全長, 船幅, 喫水)を整理し, その傾向を把握した。
- (2) 北極海地域における航行船舶の船種と航行水域を分析した結果, バルク船, 一般貨物船並びにタンカーが主な輸送手段となっていることが伺えた。コンテナ船はNSRを航行していないことを航跡より確認できた。
- (3) 7月と9月における航行ルート, 主要な海峡航行時の喫水について把握した。サニコフ海峡(喫水制限11m)ではなく, ノボシビルスク諸島北側ルートを積極的に利用している(近年, 海氷勢力が減衰しているため)状況を確認した。
- (4) 砕氷船によるエスコート状況として, エスコート区間・期間, 合流場所, 合流状況, エスコート時の船間距離・航行順等の実態を詳細に確認することができた。9月においてもペベク沖合からチュクシ海域にてエスコートしている状況を確認した。船幅が砕氷船の船幅(約30m)以上の船舶は, 実質的にエスコートが不可能であると言われているが, AISデータから砕氷船の船幅以上の船舶がエスコートされながら航行している状況を確認した。
- (5) 海氷中の平均航行速度の分析より, ビルキツキー海峡周辺, ラブテフ海の一部, 東シベリア海において速度が落ちている状況を確認できた。また, AISデータの時間毎の位置情報を分析することでNSR航行区間の定時性について把握した。

なお, 本研究結果は2012年(海氷面積過去最少を記録した年)の7月と9月の2ヶ月分の限定的な取得データから分析されたものであり, 海氷状態が異なる場合や, 今後さらにデータの蓄積がなされた場合には分析結果が異なりうるため, 今後も継続的なモニタリングが必要である。

また, 今後中期的にはNSRを経由した資源輸送の実現可能性がある。これは資源の確保という国益にもかかわる問題である。今回はカナダのAISデータを用いたが, このほかにはNSRの航行実態把握についてロシア当局の公表する情報に頼るのが現状である。しかし国益上の重要性に鑑み, ロシア当局との交渉(例: 砕氷船の運用に

ついての改善など)もあり得る。我が国独自で客観的な情報を取得できる体制が必要と考えられる。

今後も引き続き北極海航路の航行実態の把握に関し衛星AISの活用などに関する研究を行っていきたい。

(2014年6月2日受付)

謝辞

本研究に際して, 国土技術政策総合研究所港湾研究部の皆様から貴重なご助言を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 海洋政策研究財団(OPRF): 日本北極海会議報告書, pp.2-3, pp.15, pp.86, pp.88-89, pp.91, pp.96, 2012.
- 2) Northern Sea Route Information Office : <http://www.arctic-lio.com/NSR>
- 3) 宇宙航空研究開発機構(JAXA): 北極圏海氷モニター, <http://www.ijis.iarc.uaf.edu/jp/seaiice/extent.htm>
- 4) 大塚夏彦: 北極海航路が拓くあたらしい海の道, 情報誌OCDI, 2014 WINTER Vol.4, pp.10-13, 2014.
- 5) Norvald Kjerstad: Ice Navigation, Tapir academic press, 2011.
- 6) 海洋政策研究財団(OPRF): 北極海航路の持続的利用に向けた国際セミナーin 東京, 講演資料, pp.33, 2013. に加筆。
- 7) 北海道建設部空港港湾局物流港湾課: 北極海航路可能性調査事業委託業務報告書, pp.6-7, pp.21-22, pp.33, 2013.
- 8) Northern Sea Route Information Office : http://www.arctic-lio.com/nsr_transits
- 9) 野澤和男: 北極氷融解とロシア北方航路NSRの商業航路への期待, 第19回海友フォーラム懇談会講演資料, 2013.
- 10) 野澤和男: 氷海工学, pp.40-42, 2006.
- 11) シップ・アンド・オーシャン財団: 北極海航路—東アジアとヨーロッパを結ぶ最短の海の道, pp.71, 2000.
- 12) 宮部二郎: キャプテンジローの北極海航路乗船記, pp.35, pp.42, 2013, http://weathernews.com/wnisat/img/books_1303.pdf
- 13) 本田啓之輔: 操船通論, pp.265, 1986.
- 14) 日本船主協会: 海運雑学ゼミナール, http://www.jsanet.or.jp/seminar/text/seminar_008.html

- 15) Otsuka N., Izumiya K., Furuichi M. and Kobayashi
W. : Study on Feasibility of Northern Sea Route shipping,
International symposium on Okhotsk Sea Ice, pp.167, 2013.
- 16) 海事プレス社：北極海航路，航路隻数が増加，海事プレス，2014年2月27日付記事，2014.
- 17) 石川一洋：時事公論「動き出す北極海航路」，2013年9月17日付記事，2013.
- 18) National Geographic News：北極海航路が活況，ロシアの思惑は？，2013年12月3日付記事，2013.
- 19) 植田博・合田浩之：商業性から見た北極海航路，北極のガバナンスと日本の外交戦略(外務省国際問題調査研究・提言事業)，pp.24-25，pp.35，2013.
- 20) 岡本洋：北極海の海氷減少と氷海航路ーシェール革命の視点，第19回海友フォーラム懇談会討論資料(スライドの補足説明と考察)，pp.11，2013. に加筆.

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 799

July 2014

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5018