

平成 29 年 2 月 9 日

北海道大学 北極域研究センター長 殿

氏 名 大嶋 亮造

終了報告書

- ・ 派遣支援先 機関名 : ①Tschudi Shipping, ②Arctia, ③Aalto University
(国名 : ①ノルウェー、②③フィンランド)
- ・ 受入研究者 ①Mr. Felix H. Tschudi (Chairman), ②Mr. Tero Vauraste (President & CEO),
③Prof. Kujala Pentti
- ・ 研究課題名 (和文・英文)
(和文) 北極海航路商業利用に関する関心と展望に関する研究
(英文) Study on current interest and perspectives of commercial use of the Northern Sea Route
- ・ 派遣支援期間 : 平成 29 年 1 月 22 日 ~ 平成 29 年 2 月 5 日

北極海航路の展望についての研究

2017/02/09

株式会社 商船三井

大嶋亮造

内容

はじめに	4
第1章 北極海航路の概要と課題	5
1-1. 北極海の概要	5
1-2 NSR（北極海航路）の利用と航行可能規定	5
1-3 北極海における海氷域面積の減少	7
1-4 NSR の航海実績の増加	7
1-5 NSR における課題	8
第2章 Arctic Frontiers 2017 と北極域開発	9
2-1 北極域開発議論の目的	10
2-2 Arctic Frontiers 2017 議論テーマを通じて分析する北極海の課題	10
2-2-1 セッションの大分類	10
2-2-2 政策決定と法律策定に対するリスク	11
2-2-3 環境問題	11
2-2-4 各国の連携について	12
2-2-6 資源開発	13
2-2-7 生態系、文化	14
2-2-8 北極海航路（NSR）の利用に関して	14
第3章 NSR 利用の展望	15
3-1 北極海開発とロシア	15
3-1-1 ロシアの目的	15
3-1-2 エスコート砕氷船整備の問題	15
3-1-3 陸上インフラの整備	17
3-1-4 ロシアとNSRの発展	17
3-2 フィンランドの砕氷船事情 ～砕氷船運航会社 ARCTIA に学ぶ～	17
3-2-2 ビジネスの多角化	18
3-2-3 エスコート船のオペレーション	18
3-3 CHNL（Centre for High north Logistics）と韓国の取り組み	19
第4章 NSR 航行船の技術	21
4-1 通信技術	21
4-2 船体強度	21

4-3	外板塗装	22
4-4	シーチェスト及び航行時のトラブル.....	22
4-5	船の暖房技術の向上	23
	まとめ	24
添付 1	参考文献.....	25
添付 2	Arctic Frontiers 2017 参加セッションと訪問（打合せ）	25

はじめに

昨今、地球温暖化の影響を受けて北極海における夏季海氷勢力は弱まっており、北極海航路の利用は少しずつ進んでいる。一般的に欧州—アジア航路を考慮した北極海航路はスエズ運河を通峡する南回りの航路と比較して約 3~4 割距離を短縮できると言われており、海運会社の運航費用を削減する可能性を秘めている。一方で北極海航路の利用についてはこれまでも様々な研究や調査が実施されており、輸送貨物の課題やインフラ・利用システムの課題、コミュニケーションの課題等が指摘されている。

北極海航路を利用する為には少なくとも海氷域を航行できる仕様（アイスクラス）が船に要求され、時期と航路、エスコート砕氷船の必要有無に応じて更に高いアイスクラス仕様が求められる。そして氷に対する仕様が上がれば上がるほど船は重たくなり、船価が高くなると共に燃費性能・一般航路における汎用性は落ちる事となる。北極海航路の利用が促進される為には、先ずそのような高価な船を使用して経済性が成り立つだけの安定した貨物が必要となる。当社はロシアヤマル半島産の LNG を最新鋭の砕氷 LNG 船を用いて輸送する事業に参画しているところで、このプロジェクトは安定した貨物（LNG）が有ると共に極力北極海エリアのみ砕氷 LNG 船で航行する事により経済性を成り立たせようとしている。

次に安定した航路の利用を達成する為にシステムの整備、救急支援システムやエスコート砕氷船の整備等のインフラが必要となるが、これらを実施する為には多大な投資が必要となり特にその大部分を担うと考えられるロシアの政治的な判断も必要となってくる見込みである。

そして安全・安定な運航を達成する為の船に関する技術が必要となってくるが、北極域の氷分布予測・観測等には未だ課題が残っている。万が一の事故への対応含めて技術の発展が同時に北極海航路の利用には必要となってくる。

本研究は 2015 年 9 月から開始された文部科学省の補助事業、北極域研究推進プロジェクト「Arctic Challenge for Sustainability」（略称 ArCS）の若手研究者海外派遣支援事業として約 2 週間、北欧における北極域に関する最先端の国際会議、研究機関に参加・訪問する事により北極海航路の今後の展望について研究する貴重な機会に基づく物である。

一連の工程を通じて「北極海航路」が「北極域開発」という大きな絵の中でどのような役割を果たすのか、また今後北極海航路が広く活用されていく為にはどのような事が必要となってくるのかについて分析した。その中で見えてきたのは、北極域開発が「Politics（政治）」「Economics（経済性）」「Science（技術）」の 3 本柱から成っており、それらが複雑に関係している非常に難しいチャレンジで、北極海航路が発展していく為にも全く同じ発展が必要となる事である。今回の派遣は、学術的な研究機関では無く初めての産業界からの派遣であり、日頃から北極域の研究を主題としていない立場として基本的な所から調査した。若手派遣事業の一環という事で、感じた事・考えた事について新鮮な目線で北極海航路の展望について分析する事を目的としたい。

第1章 北極海航路の概要と課題

1-1. 北極海航路の概要

北極海航路は、カナダ沿岸の北米大陸沿いに北極海を航行する北西航路とヨーロッパからユーラシア大陸沿いに北極海を航行する北東航路があるが、北西航路は多島海と呼ばれる複雑な地形の海域を通航し、また氷の状況も北東航路より厳しいことなどから航路としての利用は限られており、一般的に北極海航路というと北東航路を指す。北極海航路は英訳するとNorthern Sea Routeで「NSR」と略して呼ばれている。

NSRは1987年にソビエト連邦の崩壊に伴いゴルバチョフ書記長が国際航路として開放する事を宣言するまで長い間排他的にロシアにより利用を制限されていた。



図1 北極海航路

出典：山口 一. Northern Sea Route Handbook (Practical Edition) Volume I.
https://www.researchgate.net/publication/322330626_Northern_Sea_Route_Handbook_Practical_Edition_Volume_I

1-2 NSR（北極海航路）の利用と航行可能規定

NSRを利用する際はロシアの国内法に従って事前にロシア政府の北極海航路局(NSRA/Northern Sea Route Administration)に申請する必要があるが、航行許可基準については、NSRを7つの海域(カラ海南西海域、カラ海北東海域、ラプテフ海西海域、ラプテフ海東海域、東シベリア海南西海域、東シベリア海北東海域、チュクチ海)別に夏季と冬季で砕氷船のエスコート必要有無と氷の状況(3段階)に応じた基準が細かく規定されている。アイスクラスが無い船では、夏季限定において氷が全く無い状況、または氷が僅かな状況(Light ice)下で砕氷船によるエスコートがあれば航行可という非常に限られた規定であるが、氷はいつ現れるか予測する事は難しく安全の視点からアイスクラス無しで航行する事は現実的では無い。また、保険の観点からも難しいと考えられる。

図2にNorthern Sea Route Information Office (Home page)に記載有るアイスクラスと規定の例を示す。(ロシアRMRSによるアイスクラスArc 4~9、冬季11月~6月の規定)ここで

- IN →単独航海
- IS →砕氷船によるエスコート有り
- S →Severe ice condition

M →Moderate ice condition

L →Easy ice condition

+ →航行可

- →航行不可

を示す。当社が参画しているヤマルプロジェクトにおいて建造している LNG 船は図 2 における Arc 7 である。即ち冬季においても Easy ice であれば単独航行可、砕氷船によるエスコートが有れば如何なる条件でも航行可の規定となっている。(ヤマルプロジェクトは冬季にはヨーロッパ航路を考えているので、砕氷船のエスコート無しで輸送したいと考えている。)

アイスクラスが高い船で有るほど船価は上がると考えられ、ヤマルプロジェクトで建造している LNG 船は通常の LNG 船が一般的に 200 億円前後で有るのに対して 300 億円を越える船価となっている。(Arctic Frontier では \$316Mil と発言有り。) これは主に船体補強に伴う部分が大きいが、この構造により船は重たくなり氷を割る事に重きを置いた設計と合わせて燃費性能がかなり落ちる。つまり、アイスクラスの船は氷の無い一般海域においては競争力が落ちる船である。

Ships ice reinforcement class	Ice navigation mode	The Kara Sea		The Laptev Sea		The East Siberian Sea		The Chukchi Sea
		South-West part	North-East part	South-West part	North-East part	South-West part	North-East part	
		S M L	S M L	S M L	S M L	S M L	S M L	
Arc4	IN	--+	--+	--+	--+	--+	--+	--+
	IS	--+	--+	--+	--+	--+	--+	--+
Arc5	IN	--+	--+	--+	--+	--+	--+	--+
	IS	--+	--+	--+	--+	--+	--+	--+
Arc6	IN	--+	--+	--+	--+	--+	--+	--+
	IS	-++	-++	--+	--+	--+	--+	-++
Arc7	IN	+++	-++	--+	--+	--+	--+	-++
	IS	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Arc8	IN	+++	+++	-++	-++	-++	-++	+++
	IS	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Arc9	IN	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	IS	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++

図 2 アイスクラスと航海可能規定

出典：CHNL Information Office

http://www.arctic-lio.com/nsr_iceclasscriteria

1-3 北極海における海氷域面積の減少

冒頭にも述べたが、昨今地球温暖化を受けて北極海における夏季海氷勢力は弱まっており、NSR においてはデータを見る限り殆ど氷は無い状況となっている。(勿論ゼロとは言い切れない)

図 3 に近年で最も海氷が少なかった 2012 年と 2002 年の海氷分布の比較を引用する。2012 年以降は 2012 年程では無かったが同等レベルの面積となっており、図 4 に示す通り過去のデータと比較する限り海氷面積の減少は傾向に見られる。Arctic Frontiers 2017 のプレゼンテーションで示された 2017 年 1 月 (3 週間) のデータは過去に無く小さい海氷面積を示していた。

一方で興味深いのは、ロシアの研究機関では過去の膨大なデータを元にこの海氷について「海氷面積は 20~30 年周期で増減を繰り返しており、また海氷は増える局面を迎える」と考えているとの事。この情報はプレゼンテーションでもあったが、ロシアの大学教授からも同じ発言を得た。

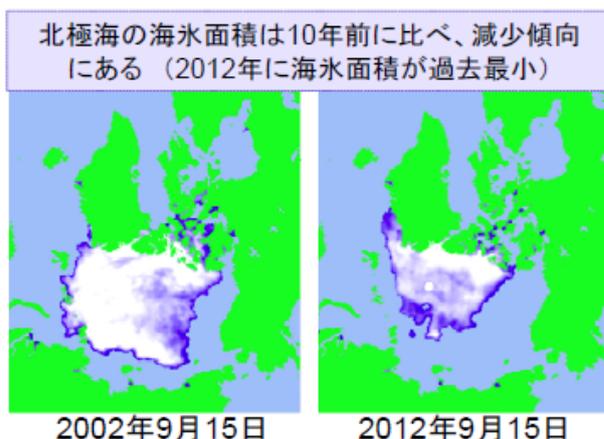


図 3 北極海における海氷分布図
(国土交通省資料)

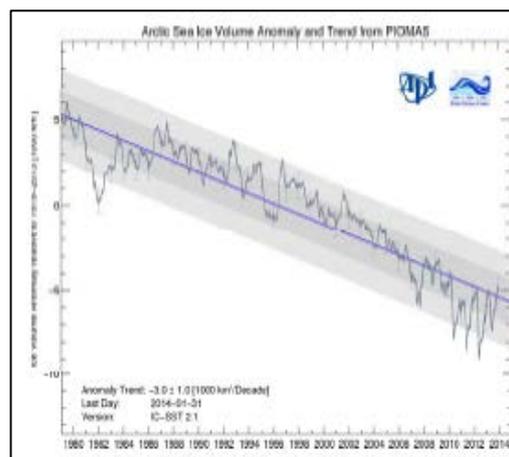


図 4 海氷面積の変化
(国土交通省資料)

1-4 NSR の航海実績の増加

海氷が減少している事を受けて近年 NSR を航行する船舶は図 5 に示す通り増加してきている。ただし 2013 年で頭打ちとなっているとも見る事が出来、この背景にはアイスクラス船の汎用性に関わる問題に加えて、実際の航行を考えた時に次に述べる現状における NSR の課題が関係していると考えられる。

	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年 ^{※5} (速報値)
貨物量	111,000	820,789	1,261,545	1,355,897	751,710	368,422
単位 ^{※2,3}	DWT	DWT	DWT	DWT	GT	GT
航行隻数	4 (うち、2隻は バラスト航行 ^{※4})	34 (うち、10隻は バラスト航行)	46 (うち、13隻は バラスト航行)	71 (うち、22隻は バラスト航行)	61 (うち、34隻は バラスト航行)	38
<p>※2 DWT : (Dead Weight Tonnage)(載貨重量トン数) 船舶に積載できる貨物の重量を表す。 ※3 GT : (Gross Tonnage)(総トン数) 船舶の全体の容積を表す。 ※4 バラスト航行 : 貨物を積載しない状態での航行を指す。 ※5 2015年(速報値) : 2015年10月26日時点速報値としてロスアトムフロート社が発表した数値</p>						

図 5 近年の NSR トランジット実績
(国土交通省資料)

1-5 NSR における課題

これまでも NSR 利用に関する課題は様々な研究機関によって調査されており、現状における課題は概ね以下の通りで、引き続き改善が望まれる案件となっている。

課題 A NSR におけるインフラ整備

ロシア沿岸における港の老朽化、緊急時のレスキュー体制
 砕氷船体制 (老朽化が進んでいる)
 海図の更新

課題 B NSR 航行にかかる費用

砕氷船エスコート費用 (割引システムや特定の国に対する割引の有無)
 アイスパイロット費用 等

課題 C 航行に関わる技術の発展

気象予報・海水分布予報技術の向上
 陸とのコミュニケーション技術
 氷海経験者の育成

課題 D 貨物

安定した競争力の有る貨物
 東西行における貨物のアンバランス

課題 E 保険制度 (NSR リスクの評価)

第2章 Arctic Frontiers 2017 と北極域開発

トロムソ（ノルウェー）で開催された Arctic Frontiers 2017（第11回）に参加した。本会議は5日間工程で実施され、初日にノルウェーのエルナ・ソルベルグ首相、フィンランドのユハ・シピラ首相が北極域開発に対する意気込みを語る所から華々しく開幕し、様々な会場にて盛んに議論が行われた。

当会合への参加を終えて先ず感じた事は「北極域開発の難しさ」である。北極海は8か国に跨る海で有る。Arctic Frontiers 2017 をリードするノルウェーは、首相の言葉にあった通り、地理上の理由、資源開発の理由から今後積極的に北極海の開発へ力を入れていきたいと考えている。歴史的に北極域開発はノルウェーを中心に実施されてきた経緯が有り、先駆者であるフリョフ・ナンセン等がノルウェー出身である事もノルウェーが開発に意欲を持つ背景に有るよう。ところが我先にと開発へ突き進んだ場合、もし仮に他の国も同じように開発すると、領土の問題、資源争奪の問題、国際問題に発展する可能性が有る。折角の資源（石油・ガス・漁業）も乱開発により台無しになる可能性が有る。隣接国だけでなくグリーンランド、アイスランドの土地を買う動きを見せている中国のような国が南シナ海で行っているような行動をとる可能性も有る。そこで、ノルウェーとしてはそのような事態を避ける為、他の国と慎重に歩調を確認しながら将来の利用を検討するようにリードしていて、それが「北極域開発」の経緯である。ノルウェーの動機は非常に正しく各国の思惑と合致する所が多い為、1996年に設立された北極評議会や本 Arctic Frontiers で他の国も集まり様々な議論がされている。

ところが事情はそう簡単では無く、最も大きな課題の一つとして伺えるのはロシアの存在、更には新大統領になったアメリカの存在である。ノルウェーがこの大国をリードして北極域開発を進めていくのは容易な事では無い。他の国と協力しながら、何とか「平和に」進めていく為の奮闘がそこかしこに感じられる。北極域開発に関連する議論では必ず「Sustainability」（持続性）という言葉が発せられる。今回の Arctic Frontiers 2017 でも殆ど全ての発表者からこの言葉が発せられたが、これは主に環境や経済性を語る時に使用され「地球の未来の為に、持続的に利用できる事」という意味に使われていた。しかし、北極域開発の難しさを理解すればするほど「Sustainability」の本当の目的は「持続的な議論」に有ると感じた。どこかの段階で或る国が離脱してしまわないように、国際問題にならないように、「とにかく辛抱強く議論していきましょう」このような意図を「Sustainability」という言葉より受け感じた。

そして、上記のような背景をきちんと把握する事が、本研究である北極海航路の展望を理解する上で非常に重要である事はいままでもない。実際、北極海航路の研究を実施して

いる人の話を聞くと最も苦勞している事はロシアとの関係構築、そして情報収集である。

以下に北極域における課題情報を報告するが、北極海航路を考える上で、北極海が如何に環境において注目されているか、如何に「Sustainability」が重要視されているか、ロシアは何に興味があるのか、これらをしっかりと理解する必要がある。

2-1 北極域開発議論の目的

Arctic Frontiers 2017 は今回で第 11 回目の会議となる、つまり 11 年目である。Arctic Frontiers2017 ではノルウェー首相やフィンランド首相が“北極域開発”について熱意を述べる一方、期間を通じて「トランプ大統領」「ロシア」「Sustainability」「環境保護」等多くのキーワードが浮かび上がった。限られた期間の中でテーマは多岐に渡り、様々な議論が複雑に交わる中で一つの解を出すとするれば、北極域開発の原動力となっているのは「資源」開発にあると考えられる。温暖化による氷の減少・気候変動も急務の問題であるが、開発自体には石油・ガスが勢いを与えている。また、温度情報により従来寒冷地に生息していなかった魚が近年北上して生息しているという事実があり、漁業資源の利用も盛んに議論されている。

2010 年 4 月当時のメドベージェフロシア大統領時代にノルウェーとロシアはバレンツ海および北極海における二国間大陸棚境界に関して合意に至っているが、この合意が北極域開発に果たした役割は大きかったと考えられており、Arctic Frontiers でも本合意に基づいて北極域の資源開発を共に協力して進めていく事の重要性が説かれていた。

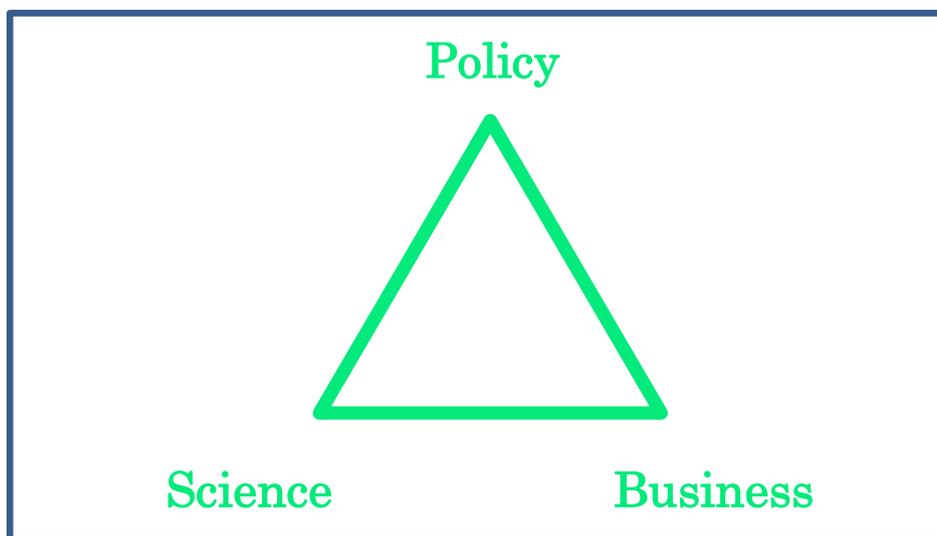
2-2 Arctic Frontiers 2017 議論テーマを通じて分析する北極海の課題

2-1 に記載した通り北極域開発の目的は「資源開発」に有ると考えた。この「資源開発」を最終ターゲットとしながら Arctic Frontiers では非常に多岐に渡る議論が実施されている。或る人は環境保護を一生懸命訴え、有る人は科学技術の発展を訴える。目的の為に如何にして各国を纏めて Sustainable な開発をしていけるかが重要な課題である。本項では Arctic Frontiers2017 の各セッションのタイトルとスピーカーから、「資源」の開発を Sustainable に進めていく上でどのような事が課題となっているか分析した。

2-2-1 セッションの大分類

各セッションは大きく「Policy」「Science」「Business」、または敢えてこれらを混ぜた議論が実施されていたが、各スピーカーは自分の分野をはっきりさせており「私は科学者です」「私は政治家です」といった具合で立場における発言をする。とあるセッションでは、北極域開発は政治で判断すべきか？それとも科学で判断すべきか？について盛んに議論が

実施されていた。当たり前であるがこの 3 つは北極域開発においてどれも欠かせない要素であり、バランス良く育てていく事が非常に重要である。Science の発展、新技術によって新たな Business の機会も生まれる。言うまでも無く、北極海航路の発展についても同様である。



2-2-2 政策決定と法律策定に対するリスク

各分野の議論で目立ったのは「Managing Risk in Policymaking and Law」というテーマである。これはこれまで述べてきた“或る国の単独行動とならないよう協調して持続的な開発を進める”為にどのようなリスクが考えられ、どのような対応が必要かを議論する事である。ここには以降に述べる様々なテーマが複雑に重なりながら議論が展開される。

2-2-3 環境問題

とりわけ北極域開発においては環境問題が非常に重要視されており、それは主に以下の理由が挙げられる。

- >北極域の温暖化による氷の減少は海面を上昇させる大きな問題を引き起こす事に留まらず、地球全体の気候変動に影響を与える。
- >アークティックヘイズと呼ばれる、東欧やロシア諸国で排出された大気汚染物質が北極域にて滞留し、雪氷面に付着・一緒に溶け出す事で周辺水環境を汚染している。特に北極海は気温が低い事から二酸化炭素を取り込み易く海洋の酸性化が問題となっている。
- >北極域で HF0 流出（事故）が発生した場合、海水温度が低い事、緊急時のインフラが

整っていない事から回収は非常に難しいと言われている。

＞ブラックカーボンと言われる、船で HF0 を焚いた際に煙突から放出される煤は氷に付着すると熱を吸収し氷が溶けるのを促進する。

上記を議論する為にパリにて開催された COP21 にて結ばれたパリ協定（産業革命前からの世界の平均気温上昇を「2度未満」に抑える、さらに平均気温上昇「1.5度未満」を目指す）が積極的に話題に上がり（つまり動機として）、Sustainable な地球上の生命活動が行われるよう改めて気候変動の重要性が認識され、どのように Low-Carbon 社会を達成するか議論がされた。中には LNG を燃料として使用する事など現在進められている船舶燃料への動きも紹介された。砕氷船の世界では、丁度世界発の LNG 燃料砕氷船が就航した所である。

流出事故の懸念、及びブラックカーボンの問題から HF0 については非常に問題視されている。環境団体等は“Say no to HF0”を訴えている。実際、資源開発及びその輸送には相当のリスクと代償が発生する。資源開発においては、掘削前にポイントを探す為（海底地形把握の為）探査船から強力な音波を出し、この音波振動により海の生態系がダメージを受ける。また石油掘削の際には少なからず油は海に漏洩する。HF0 を使用する船、また HF0 を輸送する船が数十～数百隻有り、これらの何れかの船に事故が発生した場合、HF0 が海に漏れ出す可能性が有る。しかし、資源開発は各国の北極域開発の最大の動機であり、特にロシアにとっては重要で Novoportovskoe oil project という石油プロジェクトもヤマルプロジェクトと同じカラ海に予定している。よって、環境破壊を理由に資源開発を止める事は出来ないというのが大方の見方であるが、一方で燃料としての HF0 利用についてはブラックカーボンの原因となっており今後規制が進む可能性を秘めている。ノルウェー沿いに客船を運航する Hurtigruten は脱 HF0 に賛同しており、全運航船を MD0 焚きにする事になっている。2017年1月1日からは Polar code が適用となり油排出規制も厳しくなった。会合では ECA (Emission Control Area) の発言も有り、方向としては今後厳しくなる可能性がある。尚、南極海域では既に HF0 は使用禁止となっている。

2-2-4 各国の連携について

北極域開発については 1996 年にオタワ宣言により設立された北極評議会（AC : Arctic Council）が有り、カナダ、デンマーク（グリーンランド及びフェロー諸島含む）、フィンランド、アイスランド、ノルウェー、ロシア、スウェーデン、アメリカの 8 ヶ国が加盟している。ここに日本を始め中国、韓国、シンガポール、ヨーロッパ諸国等 12 ヶ国、更には先住民族組織がオブザーバーとして入っている。Arctic Frontiers では AC の存在意義や活用方法について意見交換が実施されていた。印象としては超大国のロシアとアメリカの扱いが課題となっているようであり、テーマに「前に進むのか冷戦に戻るのか？」が挙げられている所からも状況を察する事が出来る。

8 か国の立ち位置として、先ずは本 Arctic Frontiers のリード国でもあるノルウェー、そこにアイスクラス船の開発、砕氷船の建造でも一役買っているフィンランドが積極的に参加、スウェーデンはやや一步引いた様子を感じ取れた。これはノルウェーとフィンランドの首相参加、また相対的にスウェーデンからのスピーカーが少し少ない印象からも読み取れる。アイスランドとデンマークも地理的にスカンジナビア半島から少し離れているからか2番手の印象。但し、資源と Security には興味を持つと共に環境問題の認識は強く持っている。カナダは強く主張せず適度に問題無く協調性が有る印象。残りは超大国で有るロシア、アメリカであり、ここに他国からの関心が集まった。如何に協力を取り付けるかが鍵となっているが、今回ロシアからは外務大臣が来ておらず、これはノルウェーの外務大臣が以前にロシアの誘いを断った仕返し、のような問題を抱えている情報も聞こえてきた。アメリカからのスピーカーには「トランプ大統領は今後どうするつもりだ？」なる質問が出されたが「I don' t know!」と先が見えない。太平洋、大西洋、南はメキシコとの問題も抱えるアメリカにとって北極海の開発は、アラスカが北極海に面している以上重要でありながらも北欧と比較すると Priority は落ちる、ノルウェーのような Lead していく姿勢を見せるのは難しいと発言があった。NSR を考える時にはロシアの協力体制が気になる、特にエスコート砕氷船の整備や緊急支援体制の整備、NSR 利用の整備、これらについてはロシアの協力が非常に重要になってくる。ロシアと北極海開発については別途記載する。

2-2-6 資源開発

地球上の未発見の石油資源の 22%が北極域に眠っており、その殆どは油では無くガスだと言われている。また、陸地には鉱物資源が多く存在し、従来は輸送費用の高さから開発が進んでいなかったが、今後需要が伸びる可能性が有る。これらの資源について産地開発状況の情報共有、関連する科学技術の紹介が実施された。今後資源開発が進む事により北極海航路活用の可能性は上がってくる。

漁業についても近年の研究を通じて得られた魚の生態、漁業の可能性（北極域の魚が世界の飢餓地域を助ける、ヨーロッパへの移民対策ができる等）について議論がされた。

一方でスピーカーの中には、北極域における資源の単価が高く、例えば中東産の石油・ガスの方が遥かに安い事について触れた。開発・輸送において北極域の資源はどうしても単価が高くなる傾向が有る。北極域の資源を活用する場合（つまり海上ビジネスも増える場合）その資源の希少性、若しくは需要が非常に高いか、国策等により輸出ビジネスを發展させたい動機のような物が必要になってくると考えられる。

2-2-7 生態系、文化

北極域には 40 を超える先住民族が暮らしており、その生活が北極域の環境変化、開発により脅かされている。かつて北極域探索が行われた 1890 年代、先人を切ったナンセン等の探検家は北極域で生活するイヌイットの技術に感銘を受け、イヌイットと共に生活し、言語を覚え彼らの文化を学んだ。実際南極滞在中はイヌイットから学んだ毛皮のコートを使用しているなど、この技術により極寒の地で生き抜く事ができたといっても全く過言では無い。その後の研究では北極域に近代文化を持ちこむ事が却ってそこで生活する人の高度な文化を衰退させる可能性についても指摘が出された。このような経緯も有り、先住民族は北極域の一つの課題として挙がっており、北極評議会にも先住民族から参加されている。

北極海の生態といえば代表的なのが白熊である。白熊は長年ハンティングの標的になり生態数を減らしてきたが、近年はそれに加え生活圏が脅かされている。生活の殆どを海氷の上で生活する白熊にとっては海氷の減少は大きな問題である。白熊の問題、アークティックヘイズによる海の酸性化、プラスチックゴミの問題等が食物連鎖に与える影響について議論されている。

2-2-8 北極海航路 (NSR) について

今回の研究テーマである NSR の利用について。開発された資源を輸送するという重要なタスクの一つに位置づけられており、第 1 章で挙げた課題について現状や解決方法など幅広く議論が実施された。

第3章 NSR 利用の展望

3-1 北極海開発とロシア

本研究テーマである北極海航路の利用を考える時に大きな課題の一つがロシアの動向である。第1章で挙げた NSR のインフラ課題についてはその殆どがロシアの協力無しには達成できない項目である。ロシアの動向についてヒアリングしていく上で「ロシアは長期的ビジョンに基づいて動いている」という発言が各方面から聞こえてきた。つまり動きがゆっくりという事で直近の動きだけ見ても理解できず、最低でも 5~10 年スパンで考える必要があるとの事。一方でこれがロシアと向き合って北極域の開発を進める上でハードルの一つとなっている。

3-1-1 ロシアの目的

ロシアにとって北極域とは何なのか？勿論「資源」であるが、もっと大きな範疇でいうと「国益」である。ロシアの動機は、北極航路を利用する事によりロシア国内の東西の物流を良くする事ができる、北部の経済を発展させる事ができる、資源の開発&輸送ができる、これによってロシアに国益が有る、である。勿論どの国にとっても「国益」は重要であるがとりわけロシアという国には最近の国際情勢を考慮し「国益」を重視する色彩が強いように感じる。国際航路として開放する事は上記のような国益を得られる話と比較すると重要性は劣り、国際航路としての利用を目指す時には先ずヤマルプロジェクトのようなロシアから海外に LNG を輸出する事によりロシアの国益となるような事業がエンジンとなり、インフラを発展させていく流れとなると考えられる。但し、後述するようエスコート砕氷船の整備を含める投資額は甚大になる為、どこまでロシアが政治的に判断するかにかかっている。北極海航路を検討する上において常にロシアの目的即ち「国益」を考えておく必要が有る。

3-1-2 エスコート砕氷船整備の問題

※エスコート砕氷船は、以下「エスコート船」と記載。

NSR でのインフラを考える時にエスコート船の整備計画は非常に重要な問題である。現在ロシアの原子力砕氷船は 4 隻を残して運航を停止しており 2020 年以降に運航し続けられるのは 2 隻（ヤマル、戦勝 50 周年）と言われている。NSR の利用を考えると新たな原子力砕氷船の整備は必須となってくるが問題は山積しており、先ず一つ目が船価の問題である。現在、出力 60MW 級の 3 隻の原子力砕氷船が計画されており、1 隻は進水、2 隻目は Steel cut、

3隻目は図面段階であるが、その費用は1隻あたり1200~1300億円に上ると言われている。25年計算とすると単純に1隻あたり年間約50億円+利率の収入があつて船価を回収できるレベルであり、とてもエスコート費用だけで賄える金額ではなさそうである。3隻のファイナンスについては未だ解決の目途が立っていないとの事であるが、エスコート船をオペレーションする Rosatomflot は Full rate になると40時間毎にLNG船が出入港するヤマルプロジェクトからの収入に期待を抱いている模様。(プロジェクト側は Arc7 の船にてエスコート無しの航海を考えており、稼働後のエスコートは不透明な状況。)



図6 原子力砕氷船

出典：Wikipedia

<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%A0%95%E6%B0%B7%E8%88%B9>

エスコートのタリフについては、NSRが7つのエリアに分けられており各エリアのエスコート費用がNSRAのホームページに載っている通りである。しかし、このタリフによると7つのエリアのうちエスコートされたエリアのみ費用を支払う必要があり Rosatomflot は全く快く思っていないとの事。そのような状況下、本タリフは交渉の余地があり、Convoy 隻数による割引(コントロール出来ない)、更には中国には国策で安く設定しているとの情報もあり非常に不透明である。

エスコート船の整備において2番目の問題は、配置計画について政府の力不足から具体的な計画を描けずにいる事である。ロシアにおけるNSRの利用は1987年に一度ピークを迎えた、その当時は国営 Murmansk shipping company と Far east shipping company により原子力砕氷船が運航されていて、国の機関であるNSR Administration (以下NSRA) が絶大な力を持ってフリートの管理をしていた。ところが、1990年代に入りインフラの老朽化が進み、2008年にMurmansk shipping company に任せていたエスコート船のオペレーションが国営 Rosatom (国営原子力会社) の傘下にある Rosatomflot に移管された。それ以降、NSRAが一度解散になった事や、Rosatomflot が新しい規制に深く関わった事などからエスコート船の管理は国の機関を離れ実質 Rosatomflot が握る状況となった。引き続き予算は政府側にあるがNSRAの力は非常に限られている、移管前に政府は将来の整備計画に対して予算の準備を実施しなかった事から、奇妙なパワーバランスになっておりエスコート船の整備計画が遅れている要因となっている。原子力砕氷船を新造すると莫大な費用がかかり収入となるプロジェクトが必要となる。一方で、昨今エスコート船の不足は既に指摘されており、エスコートを依頼すると Rosatomflot の都合により Convoy となり、時には数日待たされるなど利便性の問題も聞こえてくる。これらの問題に対して、効率的な運用計画が望まれるが上記の通り先行きは不透明である。

3-1-3 陸上インフラの整備

NSR を考える上で緊急時の救援体制は非常に重要な問題である。2015 年までに北極海沿岸に 10 カ所捜索・救難センターを整備する大統領が発令されていたが、現時点で完成しているのは 3 カ所、他は継続して整備作業が進んでいるとの事（2018 年稼働予定）だが、実情は不明。浮遊型救急施設の検討も進められているとの情報も得たが、北側の経済を活性化させたいロシアの国益と合わないようにも伺えるのでどうなっていくか不明。

3-1-4 ロシアと NSR の発展

特に昨今の国際情勢を踏まえるとロシアにとって資源開発は非常に重要なトピックであり、北極域開発の関係者やロシアの大学教授等に聞いても、間違いなく北極域開発は重要な国の政策の一つである。NSR の発展つまりインフラの発展は、上記した国の政策による部分が大きく、国の政策はロシアの国益を重視する事から、ロシアへの輸入もしくは輸出される貨物の輸送が NSR 発展の原動力となってくると考えられる。ヤマルプロジェクトはその大きな一歩目であり注目度は高い。NSR の国際航路（トランジット）としての利用は上記の流れを上手く利用していく必要が有ると考える。一方で、仮にインフラが整備されたとしても単なるトランジット輸送が実施される段階においては、相応の費用がかかる可能性も考慮に入れておく必要が有る。

3-2 フィンランドの砕氷船事情 ～砕氷船運航会社 ARCTIA に学ぶ～

フィンランドは冬場になると海と接する沿岸が全て凍ってしまう世界でも珍しい国であり、一方で貿易の 90%以上を船で行っている事から、エスコート砕氷船はフィンランドにとって欠かせない存在である。そのフィンランドで殆ど 100%のシェアを持つ砕氷船会社 ARCTIA に訪問した。フィンランドのエスコート船はロシアのように原子力型では無いが、それでも 1 隻約 100 億円する非常に高価な船である。ARCTIA は国が保有する会社であるが補助金は受け取っていないとの事。一方でのオフィスはヘルシンキの中心地からも歩いて行ける距離の沿岸に所在するが、エスコート船を係留する隣にヘルシンキでも初の Floating office を構えている。2～3 年前に建てられたこのモダンな浮くオフィスを訪れると「いざとなったらオフィス毎別の都市に移せる」といつも使っていそうな冗談が出てくるが、上手く経営出来ているこの会社に Rosatomflot の今後を考える上で参考に出来る点は多いと考える。



図 7 ARCTIA の Floating office

出典：K2S Architects Ltd.
<http://www.k2s.fi/k2s.html>

3-2-1 砕氷ビジネス

ARCTIA は現在小型 Harbor ice breaker を含めて 9 隻保有しているが、驚くべき事にオフィスの近くの岸壁に係船されていた現役のエスコート船 Voima は 1954 年建造である。船体の切り替え工事や航海システムの最新化等大胆なりニューアル工事をしてきたとの事であるが、それでもメインエンジン等は当時の物を使用しており驚きである。

エスコート船の必要数についてはフィンランド周辺のボスニア湾、フィンランド湾、バルト海は年毎に海氷面積は全く異なり、需要と最適な隻数を見通す事は非常に難しい。更に砕氷活動は冬場に限定される特性も有る。このような不安定な状況の中で、如何に安定的に収入を得る事が出来るかが課題となっている。

ARCTIA はフィンランドにおける海上交通を管理する Finnish Transport Agency から砕氷支援に関する収入を受け取っているが、Finnish Transport Agency は荷主や船会社から「砕氷支援」という名目では費用を徴収していない。すなわち船会社がフィンランドに出入港する際に通常支払う費用にこれを含めているのである。この費用の流れにより不安定な海氷状況に寄らず安定した収入を ARCTIA は得る事が出来ている。

3-2-2 ビジネスの多角化

海氷面積が少ない季節や夏場に使用しないエスコート船の活用である。ARCTIA では主に海洋資源探査や北極域調査のエスコートに力を入れており、更には Oil Pollution に対しても活用 (Oil recovery) できるビジネスを考えている模様。最近竣工した LNG 焚きエスコート船は油を回収できる装置を兼ね備えており、砕氷ビジネスだけでは無く緊急時の出動にも対応できるようにしてある。



図 8 LNG 焚きエスコート船

出典 : Arctech Helsinki Shipyard

<http://arctech.fi/icebreaker-polaris-continues-sea-trials-first-time-driving-with-lng/>

3-2-3 エスコート船のオペレーション

上記した通り保有隻数は 9 隻であるが、会社データによると乗組員は 237 名。1 隻あたり 20 名とすると 180 名は全体の 75%にあたり程よく交代できる体制となっている事が分かる。冬場の繁忙期でも 1 ヶ月のうち 20 日仕事したら 10 日休暇の体制を取っているとの事。インタビューした船長は 30 年以上の経験が有り、そのような経験豊富な人材も多い模様。

船長へのインタビューで興味深いのは、実際のエスコート作業について、船長は (他の国含めた) 他の砕氷船と連絡を取りながら、どのエスコート船がどの船を担当するのか決めているとの事。つまりエスコートする船を陸側からの指示で決められていない。(氷に閉

じ込められた船がエスコートを依頼するケースも多いようで、そのような事情からこのような体制となっていると推察する。) その他、オペレーションについてヒアリングした内容を以下列記する。

- >エスコート船ではアイスパイロット等は雇っておらず、海氷上の航行において特にトラブルに見舞われた事は無いとの事。
- >エスコート船との距離は、近い時は3メートルの時もあれば500メートルの時も有る。相手船の大きさにもよるが、大事なのは風の方向。横風の際は直ぐに砕氷した航路が塞がれてしまう。
- >ダブルアクティング船において舵が付いている場合は、必ず舵をまっすぐにする事。後進時に舵が曲がっていると、圧力により舵取り器が壊れてしまう。
- >海氷情報については、メールで送られてくる情報に加え、Satellite 情報、これに経験上の勘を加えて航路を決める。時には氷のサンプルを取って、陸上データの精度向上に寄与しているとの事。
- >エスコート船では、左右に付いているバラストタンクを50秒以内に移し替える能力が要求されており、これは氷に閉じ込められた際に船体を左右に揺らす事により氷から抜け出す方法を利用する為である。

3-3 CHNL (Centre for High north Logistics) と韓国の取り組み

CHNL は 2008 年にノルウェーにおいて Tschudi Shipping という船会社からノルウェー外務省と DNV に声掛けされ、船主協会や大学、海事関係の組織を中心に設立されたコンソーシアムで、Rosatomflot も入っている。主に北極域のビジネス、資源、輸送、ロジスティックに関する情報を共有・調査しており、ここに 2012 年 9 月韓国が加わり様々な調査において協力している。尚、韓国との協力体制について費用についてはそれぞれ国から持ち出しとしているとの事。CHNL は NSR を研究している組織の中では最も知見が多いようで特にロシアとの関係を持っている点に強みを持っている。CHNL の Bjorn Gunnarsson 氏と面談する機会を得たが、同氏は常に日本とも協力体制を敷きたいと考えている。

CHNL では 2010 年に NSR の Feasibility について右記プレゼンテーションの通り、船会社や学者だけではなく NSR に関わる全てのプレーヤーを集めて検討し、実際にバルク船をヨーロッパから極東まで航海さ



図 9 2010 年 NSR 航行会議

出典：Center for High North Logistics
http://www.chnl.no/publish_files/Future_of_Arctic_Shipping_Routes.pdf

せる試みを実施している。メンバーの中には Rosatomflot も入っている。

この試みにより、NSR 航行に必要な技術・インフラのみならず、貨物・採算性について検証が実施され、この過程でそれまで約 US\$10 であったエスコート船費用が US\$5 程度に Rosatomflot により見直しされたという。このトライアルにより、様々な課題が浮かび上がりその後の研究に活かされているとの事。

現在 CHNL で研究されている一つに Hub port の構想が有る。これは NSR のみをアイスクラスの船で航行し、東西にそれぞれ設けられた Hub port で積み替えを実施するという物。西はムルマンスクからもさほど遠くない Kirkenes（ノルウェー）、東はアラスカより南に連なる島の一つ Dutch harbor に Hub port を設ける案で、Kirkenes については具体的なレイアウトのアイデアも見せて貰った。検討を進めているようである。

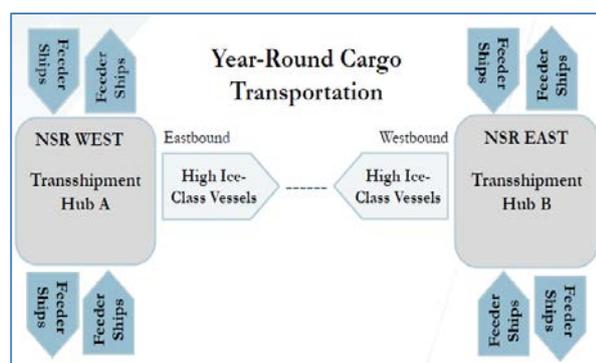


図 10 Hub port 構想

出典 : Bjørn Gunnarsson. Norway-South Korea Joint Research Project on the NSR. Arctic Frontiers 2017. January 25, 2017.

第4章 NSR 航行船の技術

海氷域の船の航行及び技術については、ヤマルプロジェクトに使用する船の砕氷能力を設計した Aker Arctic Technology とフィンランドにおける砕氷船運航会社の ARCTIA、これまで 100 隻を超える砕氷船の建造実績を持つ Arctech Helsinki Shipyard、フィンランドの Aalto 大学にてヒアリングした事を中心に纏めた。

4-1 通信技術

北極域においては、太平洋などの一般海域で主に使用されている Inmarsat 通信（北緯約 70 度以下）や VSAT 通信は使用する事が出来ない。よって、主に Iridium 通信が使用されているとの事であるが、Iridium 通信は通信速度が Inmarsat や VSAT と比較して遅く、スムーズなコミュニケーションにはもう少し技術の発展が望まれる。NSR 航行船では約 3 日間、陸上と通信が途絶えるとの情報も有り、通信技術は今後改善されるべき一つの技術となっている。

ボスニア湾やバルト海では隣接国から無線による通信技術が整備されているとの事であるが、それも一つの解決方法である。しかし NSR でそれを実施する場合ロシアにより整備が必要となる。

4-2 船体強度

船体強度については各アイスクラスに応じて補強レベルが実施されている。これはこれまでの知見による物がベースとなっているが、経験がベースとなっているが故に更なる解析が求められている。2017 年 1 月 1 日より適用となった Polar code の中には Polar Operational Limit Assessment Risk Indexing System (POLARIS) と呼ばれる海氷域におけるリスクを定量的に判断できる為の Index が設けられており、これは Risk Index Outcome (RIO) と呼ばれる計算式を使用している。RIO は遭遇する海氷の厚さにアイスクラス毎に定められた数値を掛け合わせ、その計算結果によって航行禁止、または航行速力を落とす事を定めた物である。RIO の開発に携わっている Aalto 大学 Pentti 教授のチームは引き続き北極及び南極において、船に取付けた Electric-Magnetic センサにより氷の厚さを測定しながら船にか



図 11 海氷調査

出典：Liikenteen suunta
<http://www.liikenteensuunta.fi/fi/artikkelit/theme/winter-navigation-needs-efficient/>

かる負荷—速力との関係を測定するなどデータの蓄積が進められている。写真において船外に伸びているアームの先端に Electric-Magnetic sensor が取り付けられている。これまでの計測結果によると各アイスクラスの強度設計で安全性は問題無いとの事である。

話は変わるが、上記のような調査目的とは別に通常の航行において船体にかかる荷重をモニタリングする為に歪ゲージや光センサを取り付ける方法が有る。このセンサを取り付ける事により航行中に船体負荷を判断し、船速を調整する事が出来る。設計会社の Aker Arctic はこの方法を非常に有効な手段と考えており推奨している。一方で、エスコート砕氷船には取り付けられていないようであり、特に大型船で有効のよう。(砕氷船は船体構造に問題は発生し得ないという考え方。)

海氷域を航行する際に特に注意しなければならない事の一つに船速が有る。氷が厚い箇所では船速が出難い為出力を上げるが、厚い氷を抜けた途端に船は速力を増す。そして船速が出た所で想定外の厚い氷にぶつくと損傷する可能性が有る。よって、海氷域では船速が出過ぎないように常に注意する必要がある。

4-3 外板塗装

海氷域を航行する船の外板に求められる性能は如何に物理的な衝撃に強く、氷との摩擦が少ないかである。フィンランドで建造している最近のエスコート船は、水面付近(最も氷が当たる部分)にステンレスの板を巻いている。ステンレスは錆びない上に氷との摩擦抵抗が少ない利点があるとの事。海水との抵抗を増やす海洋生成物に対して通常の船は Anti-fouling paint を塗っているが、エスコート船では直ぐに氷で取れてしまう事から塗っていないとの事。むしろ海洋生成物が付着しても海氷域を航行すれば直ぐに氷により除去されるとの事。ステンレスを巻いていない部分については主に International paint の INERTA160 などの堅いペイントを塗っている。

因みにエスコート船の場合、基本的にドックは5年に1度、その他に1年に一度ダイバーチェックを入れているとの事であった。

4-4 シーチェスト及び航行時のトラブル

海氷航行時に危惧される事故の一つに海氷が詰まる事により海水冷却ラインが機能しなくなる事がある。その為、大型船では一般的に Ice chest と呼ばれる大きなシーチェストを設け、氷が海水冷却ラインに入らないようにしているが、この対策によりこれまで海水ラインが使用できなくなったというトラブルは今回の訪問で聞かれなかった。エスコート船では大きなシーチェストを設ける事が出来ない為、船内で使用した海水ラインをシーチェストに循環させる事により入ってきた氷を溶かすようにしている。

その他、海氷航行が故の大きなトラブルが無いかヒアリングしてみた。特にエスコート

船の話が多かった為不具合情報を聞く事は出来なかったが、そのエスコート船でもあまりの氷の厚さに身動きが取れなくなった事が有るとの事。いくらアイスクラスが高い船とはいえ、極力氷が少ない海域を選ぶ大原則が大事なようである。

4-5 船の暖房技術の向上

海氷域を運航するような船では居住区を含め様々な寒冷地対策が実施されているが、この技術は少しずつ高まってきているとの事。如何に効率良く熱源を使用してオペレーションを達成するか。

例えばバラストタンクはタンクの位置が水面上に有る場合はヒーティングが必要となるが、水面下では水面温度がゼロ℃を下回らない為必要がない。水面上についても燃料タンクなどの温かいタンクと隣接させる事により無駄な蒸気管やコイルを減らす工夫も出来る。

まとめ

Arctic Frontiers 2017 への参加を含め 2 週間に渡り北極域開発について調査する事により北極域開発の概要と NSR 利用の展望について分析した。北極域開発は「資源開発」を原動力とした国際プロジェクトでそこには各国の思惑が働き超大国の動向を見ながら進める非常に難しいプロジェクトである事を理解した。また、その「資源開発」という目的を達成する為に環境問題や国際協力を始めとする様々なテーマについて議論が進められており、高度なレベルで Sustainability と国際調和が求められている事も理解した。北極域開発はメインとして「Politics」「Economy & Business」「Science & Technology」の 3 本柱を中心に議論されていて、どの一つが欠けても成立せず、また其々が其々に影響を与えている。当然 Technology が Politics、Economy に与える影響も大きく、このようなプロジェクトに対して技術先進国である日本が果たせる役割は大きいのではないかと感じた。

NSR の一般的利用については、競争力のある貨物と採算性、インフラ整備が一つの大きな課題として挙げられているが、CHNL でヒアリングした「問題点を挙げるだけではなく、どのようにしたら NSR が成り立つのか検証する」と前向きに検討している事は印象深かった。またあらゆる関係者を集めて検討を実施した事も良い事例であったと考えられ、NSR も「Politics」「Economy」「Technology」の発展が総合的に必要である事から一部分で議論をするよりも全ての関係者が集まる事が大事であると考えられる。今回、小生は初めて産業会からの参加であったが、背景にはこの事が有ると理解した。韓国に CHNL 参加の動機について聞いた所「韓国は輸入・輸出によって経済が成り立っている、韓国にとってあらゆる航路は重要」との事である。これについては日本も同様で、日本には当社を含めた総合海運会社が有る点において NSR 研究に果たせる役割は有ると考える。

今後当社はヤマルプロジェクトを通じて NSR に取り組む事となるが、北極域開発の背景にある国際情勢や環境問題への配慮を理解した上で取り組むべきと考える。ヤマルプロジェクトはロシアにとって莫大な投資で既に陸上プラントの工事も進んでいる事から今後 NSR に対するインフラ（制度、設備、海図等）の発展を期待したい。またその過程で大きな課題の一つである原子力砕氷船の整備、エスコート事業のビジョンが確かな物になっていく事を期待したい。

北極域には地球上の資源の約 20%が眠っているとされており、今後ますます開発が進み、それに伴って NSR の利用は拡大していく可能性を秘めている。当社がヤマルプロジェクトを通じて得られる知見は今後の NSR の研究にとって非常に有用な物になると考えられ、今後ますますの情報共有と協力関係が進む事を望む。

最後に、今回このような貴重な機会を与えて頂いた事に対して ArCS の関係者の皆様含め全ての関係者様に対して厚くお礼を申し上げます。

以上

添付1 参考文献

- Arild Moe and Lawson Brigham, 2016, Organization and management challenges of Russia' s ice breaker fleet, Geographical review
- Arild Moe, 2017, Voyage through the north: Domestic and international challenges to Arctic shipping, Governing Arctic Change Chapter 13
- Kujala Pentti, Kamarainen Jorma, Suominen Mikko, Challenges for application of risk based design, Approaches for Arctic and Antarctic operations
- CHNL, Web page and presentations
 - 2013, The future of Arctic shipping routes
 - 2016, Importance of Transshipments Hubs for the development of the NSR
 - 2017, Current & future investments in NSR infrastructure
 - 2017, Norway - South Korea joint research project on the NSR
- GRENE 北極気候変動研究事業, 2011-2016 成果報告書
- 海洋政策研究財団, 北極海季報 (第 16 号)
- 北海道建設部空港港湾局物流港湾課, 2012, 北極海航路可能性調査事業委託業務
- 商船三井自動車船部, 2013, 北極海航路 (Northern Sea Route) の概要
- 東京大学公共政策大学院, 岩本康志, 2013, 北極海航路利用の費用便益分析
- 日本海難防止協会, 北極海ハンドブック
- 海洋政策研究財団, 北川弘光, 北極海における船舶の運航と環境保全
- 国土交通省, 北極海航路に係る官民連携協議会資料, 第 1 回~第 6 回
- 日本国際問題研究所, 植田博・合田浩之, 商業性から見た北極海航路

添付2 Arctic Frontier 2017 参加セッションと訪問 (打合せ)

1 日目

- > A CHANGING ARCTIC
- > BLUEGREEN ECONOMY
- > REGULATING ARCTIC SHIPPING (2017 年 1 月 1 日適用 Polar code について)
- > THE ARCTIC COUNCIL' S WORK ON OCEANS
- > OCEAN ECONOMY AND THE GREEN SHIFT IN A LOW-CARBON SOCIETY

2 日目

- > THE ARCTIC IN A GLOBAL CONTEXT
- > ARCTIC BUSINESS OPPORTUNITIES
- > CONNECTING THE ARCTIC

インタビュー (Prof. Dr. Alexander Sergunin / St. Petersburg State Univ)

3 日目

- > TECHNOLOGY ACROSS OCEAN TECHNOLOGY
- > NORWAY-SOUTH KOREA JOINT RESEARCH PROJECT ON THE NORTHERN SEA ROUTE
- > UNLOCKING THE OFFSHORE ARCTIC UNDER LOW OIL PRICES
- > MARITIME INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT ALONG THE NORTHERN SEA ROUTE
- > SAY NO TO HFO — SUPPORT FOR A SUSTAINABLE ARCTIC FUTURE

インタビュー (Deputy Minister Mr. KIM Chan-Woo / Ministry of Foreign Affairs)

4 日目

- > UNLOCKING THE OFFSHORE ARCTIC UNDER LOW OIL PRICES

インタビュー (Managing Director Mr. Kjell Stokvik / CHNL)

(Dr. Bjorn Gunnarsson / CHNL)

訪問打合せ

Fridtjof Nansen Institute (Dr. Arild Moe, Ms. Dorottya Bognar)

Tschudi Shipping Company (Chairman Mr. Felix H. Tschudi,

Managing Director Mr. Ulf Hagen,

Project Manager Mr. Henrik Falck)

Aker Arctic Technology (Sales and Marketing Manager Mr. Arto Uuskallio)

ARCTIA (Communication Manager Mr. Eero Hokkanen, Master Mr. Timo Aaltonen)

Aalto University (Prof. Dr. Kujala Pentti, Mr. Mikko Suominen)

Arctech Helsinki Shipyard (Senior Vice President Mr. Markku Kajosaari,

Manager Mr. Janne Rantanen)