

北海道沿岸域における海象条件の変化について

港湾空港部 港湾建設課 ○船橋 雄大
 上田 裕章
 港湾計画課 高野 航

近年、急激に発達しながら北海道を通過する爆弾低気圧や超大型の台風などにより、北海道地域での災害リスクの増加や港湾施設に対しての利用障害の発生など、過去に経験のない現象が発生していることが報告されている。

本報告では、全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）の北海道内における観測地点（苫小牧、釧路、十勝、留萌、石狩新港、紋別（南））の波高や周期、波向に関する観測データを取りまとめ、海象条件の変化について検証を行うものである。

キーワード：波向別波高出現率、ナウファス観測

1. はじめに

近年、急激に発達しながら北海道を通過する爆弾低気圧や超大型の台風などの気象現象が、過去に経験のない頻度や勢力で発生していることが報告されている。

2015年10月には、急速に発達した低気圧と台風が連続して北海道を通過し、日本海側を中心に港湾・漁港施設において多数の被害が発生した（図-1-1）。

2014年12月には、二つ玉低気圧が根室地方に停滞し、根室港付近において高潮による浸水被害やオホーツク海側における港湾施設の被害が発生した（図-1-2）。

本報告では、これら北海道における想定を超える気象現象のうち、沿岸域の海象条件に着目し、全国港湾海洋波浪情報網（以下、ナウファス）における北海道内の6観測地点（図-1-3）を対象として、波高や周期、波向に関する観測データからその変化を検証することで、各ナウファス観測地点に最も近い港湾（以下、近隣港湾）における、災害リスクや港湾施設に対しての利用障害への影響を確認するものである。本報告で対象とした、北海道内の6観測地点の観測概要を表-1-1に示す。

なお、ナウファスとは、国土交通省港湾局・各地方整備局・北海道開発局・沖縄総合事務局・国土技術政策総合研究所および港湾空港技術研究所により構築・運営されている我が国沿岸の波浪の情報網であり、2016年4月現在、全国78観測地点において、波浪の定常観測を実施している²⁾。

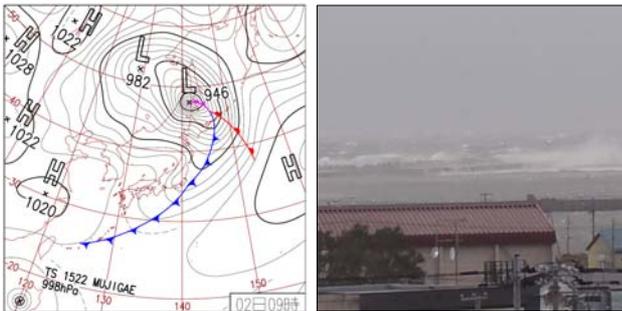


図-1-1 2015年10月2日天気図¹⁾と擾乱状況（岩内港）

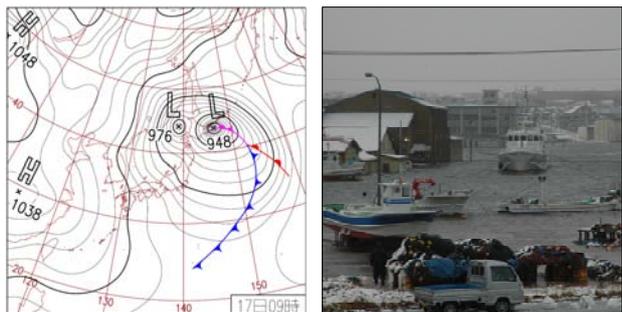


図-1-2 2014年12月17日天気図¹⁾と高潮状況（根室港）



図-1-3 対象とするナウファス観測地点

表-1-1 ナウファス観測概要（2014年12月末現在）²⁾

観測地点	近隣港湾	水深	北緯	東経	波浪観測開始
苫小牧	白老港	-50.7m	42° 32' 39"	141° 26' 46"	1970年1月
釧路	釧路港	-50.0m	42° 54' 38"	144° 23' 50"	2005年3月
十勝	十勝港	-23.0m	42° 39' 06"	143° 41' 08"	1996年10月
留萌	留萌港	-49.8m	43° 51' 59"	141° 28' 07"	1970年1月
石狩新港	石狩湾新港	-22.4m	43° 14' 55"	141° 16' 44"	2004年11月
紋別(南)	紋別港	-52.6m	44° 19' 04"	143° 36' 25"	2000年10月

2. 海象条件の変化の検証方法

北海道沿岸域における海象条件の変化は、各ナウファス観測地点の近隣港湾において、主な外郭施設を位置づけた港湾計画等の策定時に使用した波浪（以下、①）と約10年前の5年間の波浪（以下、②）、直近の5年間の波浪（以下、③）の3期間における波高、周期および波向を比較することで検証した。なお、近年の波浪として設定した②と③は、各ナウファス観測地点の波浪観測開始時期やデータの欠測期間により、その期間を調整することとした（表-2-1）。

表-2-1 検証に用いる波浪観測期間

観測地点	近隣港湾	期間			備考
		①	②	③	
苫小牧	白老港	1998年 ～2003年	2000年 ～2004年	2010年 ～2014年	
釧路	釧路港	1990年 ～1994年	2005年 ～2009年	2010年 ～2014年	①は、ナウファス観測データではない。(2005年からナウファス観測開始)
十勝	十勝港	1980年 ～1984年	2000年 ～2004年	2010年 ～2014年	
留萌	留萌港	1965年 ～1969年	2000年 ～2004年	2010年 ～2014年	①は、ナウファス観測データではない。(1970年からナウファス観測開始)
石狩新港	石狩新港	1992年 ～1996年	2004年 ～2008年	2010年 ～2014年	①は、ナウファス観測データではない。(2004年からナウファス観測開始)
紋別(南)	紋別港	1987年 ～1996年	2000年 ～2004年	2008年 ～2012年	①は、ナウファス観測データではない。(2000年からナウファス観測開始) 2013年より欠測

波高は、災害リスクや港湾施設の利用障害に対して影響が大きいと考えられる、3m以上を対象として、①、②、③の各期間における波高出現率について検証した。周期は、3m以上の波高における平均周期と全波高の平均周期のそれぞれについて検証した。波向は、近隣港湾における港内静穏度に影響すると考えられる、港口側から入射する波浪を対象として、波高3m以上と静穏度の算定で使用される全波高のそれぞれについて検証した。

なお、ナウファス観測データについては、確定値として公表されている2014年までのものを用いることとした。

3. 各ナウファス観測地点の海象条件の変化

(1) 白老港（ナウファス観測地点：苫小牧）

図-3-1に白老港における3m以上の波高出現率とその平均周期および全波高の平均周期を示す。

3m以上の波高出現率は、①0.7%、②1.1%、③0.9%と増加しているものの、変化が小さく、その平均周期および全波高の平均周期についても大きな変化はなかった。

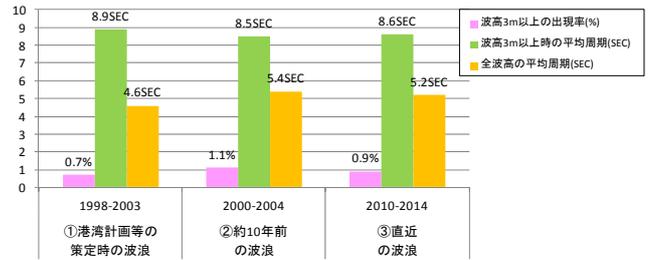


図-3-1 波高出現率と平均周期（白老港）

また、図-3-2に示す港口側（S・SSW・SW方向）から入射する3m以上の波高出現率（図-3-3）は、①0.05%、②0.14%、③0.08%と増加傾向を示し、全波高の出現率（図-3-4）でも、①12.3%、②21.0%、③20.0%と同様に増加傾向を示した。



図-3-2 港口側と設計波向（白老港）

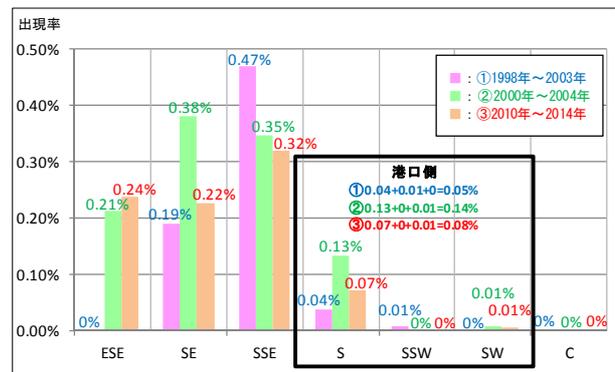


図-3-3 波高3m以上の波向別波高出現率（白老港）

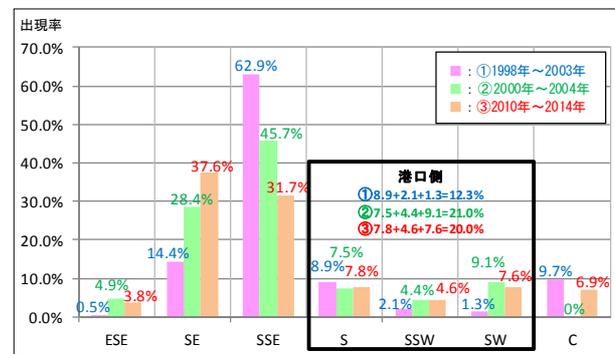


図-3-4 全波高の波向別波高出現率（白老港）

(2) 釧路港（ナウファス観測地点：釧路）

図-3-5に釧路港における3m以上の波高出現率とその平均周期および全波高の平均周期を示す。

3m以上の波高出現率は、①0.7%、②1.7%、③2.1%と増加傾向を示したが、その平均周期に大きな変化はなかった。また、全波高の平均周期については、増加傾向を示した。

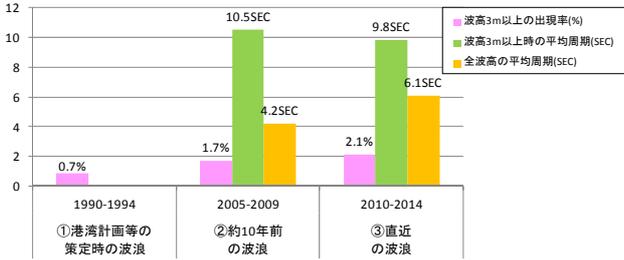


図-3-5 波高出現率と平均周期 (釧路港)

また、図-3-6に示す港口側 (SSW・SW・WSW・W方向) から入射する3m以上の波高出現率 (図-3-7) は、①0.35%、②0.34%、③0.57%と増加傾向を示し、全波高 (図-3-8) でも、①10.8%、②24.1%、③27.6%と同様に増加傾向を示した。



図-3-6 港口側と設計波向 (釧路港)

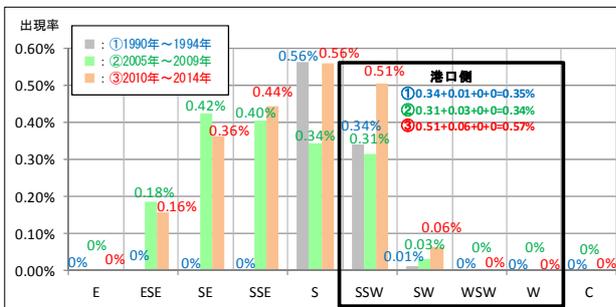


図-3-7 波高3m以上の波向別波高出現率 (釧路港)

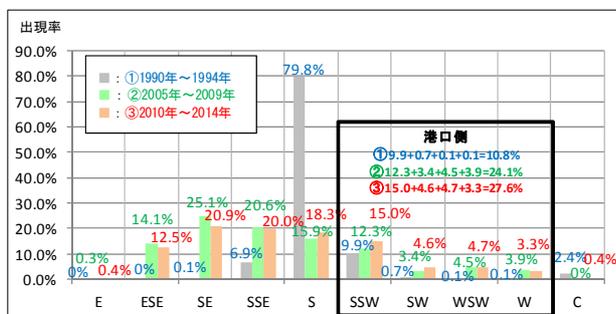


図-3-8 全波高の波向別波高出現率 (釧路港)

(3) 十勝港 (ナウファス観測地点: 十勝)

図-3-9に十勝港における3m以上の波高出現率とその平均周期および全波高の平均周期を示す。

3m以上の波高出現率は、①1.0%、②1.3%、③1.3%と増加しているものの、変化が小さく、その平均周期および全波高の平均周期についても同様の傾向を示した。



図-3-9 波高出現率と平均周期 (十勝港)

また、図-3-10に示す港口側 (NE・ENE・E・ESE方向) から入射する3m以上の波高出現率 (図-3-11) は、①0.59%、②0.92%、③0.59%と②の期間で増加しているものの、①との変化はなかった。一方、全波高 (図-3-12) では、①49.6%、②44.5%、③38.5%と減少傾向を示した。



図-3-10 港口側と設計波向 (十勝港)

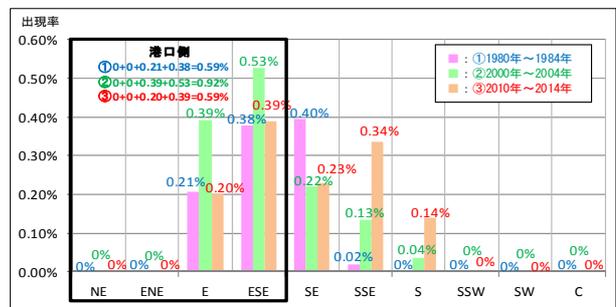


図-3-11 波高3m以上の波向別波高出現率 (十勝港)

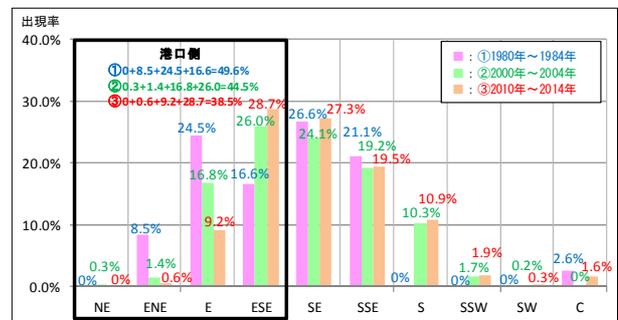


図-3-12 全波高の波向別波高出現率 (十勝港)

(4) 留萌港 (ナウファス観測地点: 留萌)

図-3-13に留萌港における3m以上の波高出現率とその平均周期および全波高の平均周期を示す。

3m以上の波高出現率は、①6.0%、②5.7%、③9.7%と増加傾向を示したが、その平均周期および全波高の平均周期については大きな変化がなかった。

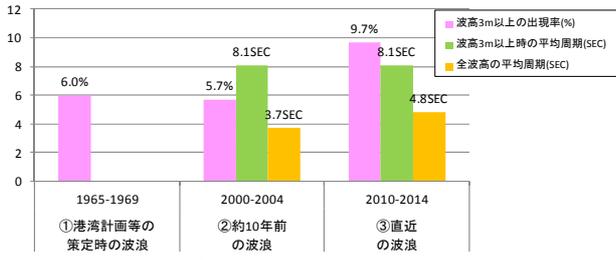


図-3-13 波高出現率と平均周期 (留萌港)

また、図-3-14に示す港口側 (N・NNW・NW方向) から入射する3m以上の波高出現率 (図-3-15) は、①0.91%、②2.14%、③2.83%と増加傾向を示した。一方、全波高 (図-3-16) では、①44.0%、②28.4%、③32.8%と減少傾向を示した。



図-3-14 港口側と設計波向 (留萌港)

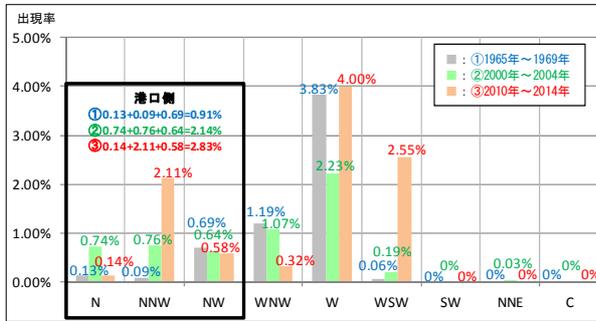


図-3-15 3m以上の波向別波高出現率 (留萌港)

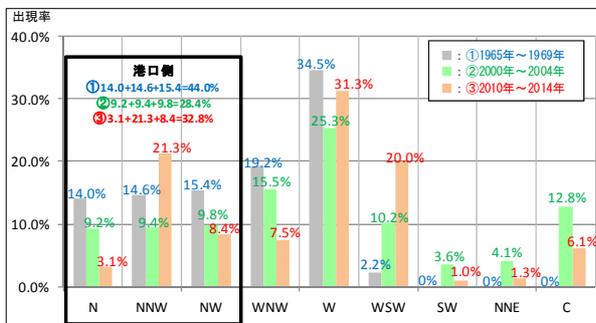


図-3-16 全波高の波向別波高出現率 (留萌港)

(5) 石狩湾新港 (ナウファス観測地点: 石狩新港)

図-3-17に石狩湾新港における3m以上の波高出現率とその平均周期および全波高の平均周期を示す。

3m以上の波高出現率は、①2.9%、②2.1%、③3.0%と変化が小さく、その平均周期および全波高の平均周期についても大きな変化はなかった。

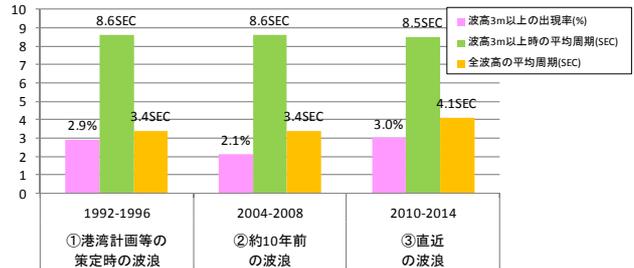


図-3-17 波高出現率と平均周期 (石狩湾新港)

また、図-3-18に示す港口側 (NNW・N・NNE・NE方向) から入射する3m以上の波高出現率 (図-3-19) は、①0.86%、②0.95%、③1.59%と増加傾向を示し、全波高 (図-3-20) でも、①25.4%、②29.9%、③29.7%と同様に増加傾向を示した。



図-3-18 港口側と設計波向 (石狩湾新港)

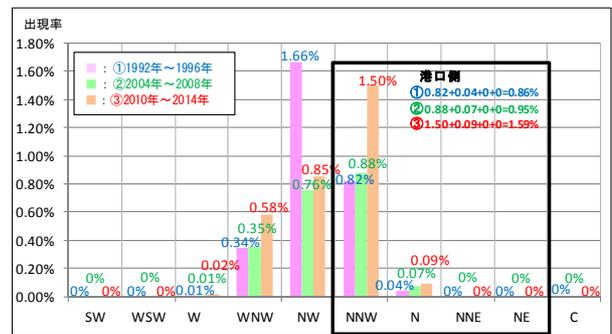


図-3-19 波高3m以上の波向別波高出現率 (石狩湾新港)

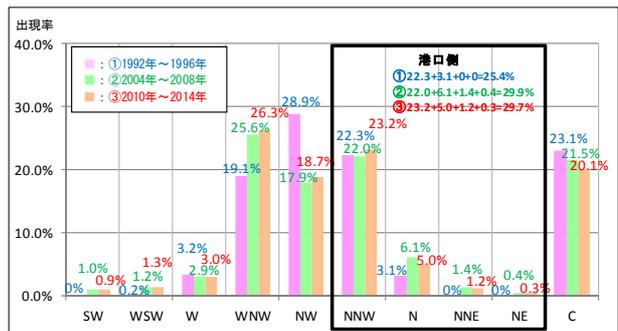


図-3-20 全波高の波向別波高出現率 (石狩湾新港)

(6) 紋別港（ナウファス観測地点：紋別（南））

図-3-21に紋別港における3m以上の波高出現率とその平均周期および全波高の平均周期を示す。

3m以上の波高出現率は、①2.1%、②2.2%、③2.7%と増加しているものの、変化が小さく、その平均周期についても大きな変化がなかったが、全波高の平均周期は、増加傾向を示した。

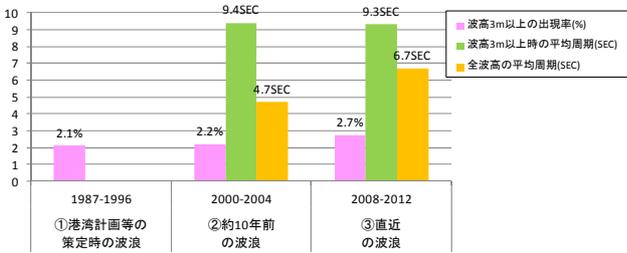


図-3-21 波高出現率と平均周期（紋別港）

また、図-3-22に示す港口側（ENE・E・ESE・SE方向）から入射する3m以上の波高出現率（図-3-23）は、①0.11%、②0.38%、③0.58%と増加傾向を示し、全波高（図-3-24）でも、①16.3%、②27.0%、③26.0%と同様に増加傾向を示した。



図-3-22 港口側と設計波向（紋別港）

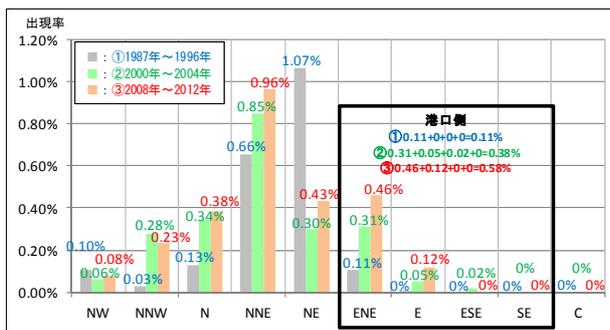


図-3-23 波高 3m 以上の波向別波高出現率（紋別港）

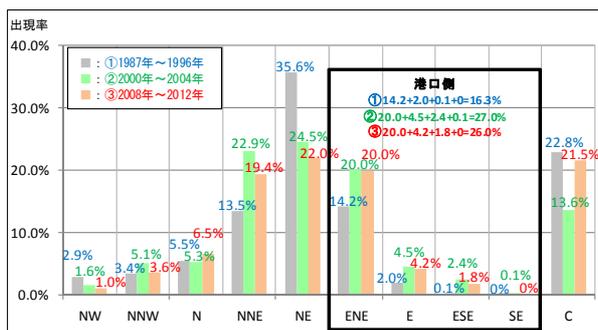


図-3-24 全波高の波向別波高出現率（紋別港）

4. 海象条件の変化の検証

各ナウファス観測地点の近隣港湾における、波高出現率と平均周期および波向別波高出現率から、北海道沿岸域における海象条件の変化について検証した。

(1) 波高出現率と平均周期の変化

表-4-1に各ナウファス観測地点の近隣港湾における、3m以上の波高出現率とその平均周期および全波高の平均周期を示す。

3m以上の波高出現率について、①の期間に対する②および③の期間の変化は、留萌港で6.0%から9.7%と3.7%の増、釧路港で0.7%から2.1%と1.4%の増となり、顕著な増加傾向が示された。一方、白老港、十勝港、石狩湾新港、紋別港については、増加しているものの、その変化は小さかった。なお、平均周期については、全ての近隣港湾で大きな変化がなかった。

以上より、各ナウファス観測地点の近隣港湾では、主な外郭施設を位置づけた港湾計画等の策定時の波浪と近年の波浪で、一部について3m以上の波高出現率が増加傾向にあるものの、現時点においては、全体としての変化は小さいと考えられる。

表-4-1 波高出現率と平均周期の変化

観測地点	近隣港湾	項目	各観測期間の波高出現率・平均周期				
			①	②	③		
苫小牧	白老港	期間	1998年~2003年	2000年~2004年	2010年~2014年		
		波高 3m以上	波高出現率(%)	0.7	1.1	0.9	
		平均周期(SEC)	8.9	8.5	8.6		
釧路	釧路港	期間	1990年~1994年	2005年~2009年	2010年~2014年		
		波高 3m以上	波高出現率(%)	0.7	1.7	2.1	
		平均周期(SEC)	-	10.5	9.8		
十勝	十勝港	期間	1980年~1984年	2000年~2004年	2010年~2014年		
		波高 3m以上	波高出現率(%)	1.0	1.3	1.3	
		平均周期(SEC)	9.3	11.0	10.7		
留萌	留萌港	期間	1965年~1969年	2000年~2004年	2010年~2014年		
		波高 3m以上	波高出現率(%)	6.0	5.7	9.7	
		平均周期(SEC)	-	8.1	8.1		
石狩湾新港	石狩湾新港	期間	1992年~1996年	2004年~2008年	2010年~2014年		
		波高 3m以上	波高出現率(%)	2.9	2.1	3.0	
		平均周期(SEC)	8.6	8.6	8.5		
紋別(南)	紋別港	期間	1987年~1996年	2000年~2004年	2008年~2012年		
		波高3m以上	波高出現率(%)	2.1	2.2	2.7	
		平均周期(SEC)	-	9.4	9.3		
			全波高	平均周期(SEC)	-	4.7	6.7

■: 顕著な増加傾向が示された箇所

(2) 波向別波高出現率の変化

表-5-1に各ナウファス観測地点の近隣港湾における、

波高3m以上および全波高に対する、港口側から入射する波向の波高出現率を示す。

波高3m以上に対する港口側から入射する波向の波高出現率について、①の期間に対する②および③の期間の変化は、十勝港を除く近隣港湾において増加傾向を示した。特に、留萌港で0.91%から2.83%と1.92%の増、石狩湾新港で0.86%から1.59%と0.73%の増、紋別港で0.11%から0.58%と0.47%の増となり、顕著な増加傾向を示した。

全波高に対する港口側から入射する波向の波高出現率については、釧路港で10.8%から27.6%と16.8%の増、紋別港で16.3%から26.0%と9.7%の増、白老港で12.3%から20.0%と7.7%の増となり、特に顕著な増加傾向を示したが、一方で、留萌港と十勝港では、10%程度の減少傾向を示した。

表-5-1 港口側から入射する波浪の波高出現率の変化

観測地点	近隣港湾	項目		各観測期間の港口側波高出現率		
				①	②	③
苫小牧	白老港	期間		1998年 ~2003年	2000年 ~2004年	2010年 ~2014年
		港口側 (S・SSW・SW)	波高3m以上 波高出現率(%)	0.05	0.14	0.08
			全波高 波高出現率(%)	12.3	21.0	20.0
釧路	釧路港	期間		1990年 ~1994年	2005年 ~2009年	2010年 ~2014年
		港口側 (SSW・SW・WSW・W)	波高3m以上 波高出現率(%)	0.35	0.34	0.57
			全波高 波高出現率(%)	10.8	24.1	27.6
十勝	十勝港	期間		1980年 ~1984年	2000年 ~2004年	2010年 ~2014年
		港口側 (NE・ENE・E・ESE)	波高3m以上 波高出現率(%)	0.59	0.92	0.59
			全波高 波高出現率(%)	49.6	44.5	38.5
留萌	留萌港	期間		1965年 ~1969年	2000年 ~2004年	2010年 ~2014年
		港口側 (N・NNW・NW)	波高3m以上 波高出現率(%)	0.91	2.14	2.83
			全波高 波高出現率(%)	44.0	28.4	32.8
石狩 新港	石狩湾 新港	期間		1992年 ~1996年	2004年 ~2008年	2010年 ~2014年
		港口側 (NNW・N・NNE・NE)	波高3m以上 波高出現率(%)	0.86	0.95	1.59
			全波高 波高出現率(%)	25.4	29.9	29.7
紋別 (南)	紋別港	期間		1987年 ~1996年	2000年 ~2004年	2008年 ~2012年
		港口側 (ENE・E・ESE・SE)	波高3m以上 波高出現率(%)	0.11	0.38	0.58
			全波高 波高出現率(%)	16.3	27.0	26.0

■: 顕著な増加傾向が示された箇所

また、図-5-1に各海域（太平洋・日本海・オホーツク海）ごとの波向の変化を示す。

太平洋側（白老港・釧路港・十勝港）においては、主波向のSE・S方向に対して、西寄りのS・SW方向の波浪が増加傾向を示した。日本海側（留萌港・石狩湾新港）においては、主波向のW・NW方向に対して、北寄りのNNW・N方向の波浪が増加傾向を示した。オホーツク海側（紋別港）においては、主波向のNE方向に対して、東寄りのENE方向の波浪が増加傾向を示した。

以上より、各ナウファス観測地点の近隣港湾において、港内の静穏度に大きく影響すると考えられる波向が港口側となる波浪は、主な外郭施設を位置づけた港湾計画等

の策定時よりも近年の方が、増加傾向にあり、港湾施設に対しての利用障害などの現象が起きている可能性が考えられる。

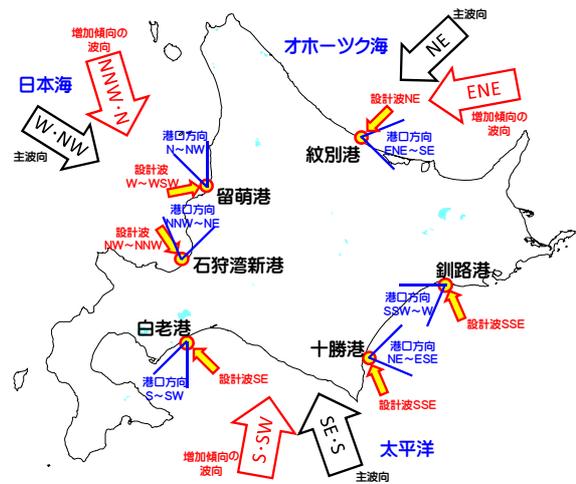


図-5-1 各海域ごとの波向の変化

5. おわりに

北海道沿岸域における海象条件の変化について、本報告における主要な検証結果は、以下のとおりである。

- 3m以上の波高出現率は、一部の港湾において増加しているものの、全体としての変化は小さく、港湾計画等の策定時の設定から大きく変わっていないことが示された。
- 一方、港口側から入射する波浪の出現率は、顕著に増加しており、海象条件の変化により港湾施設の利用障害が発生し、既存ストックが有効活用できなくなっている可能性があることが示された。

このことから、近年の波浪は、3m以上の波高出現率に大きな変化はなく、確率的な変動の範囲内と考えられる一方、波向が港口側から入射する方向に変化していることから、各港湾においては、施設の利用障害等の発生状況を確認し、異常がある場合、海象条件の変化に対応するため、港湾施設が有している当初（港湾計画等の策定時）の機能を回復させるための検討が考えられる。この場合、港湾施設の利用障害等の状況を定量把握するための静穏度算定では、港湾施設の利用障害等が確認できる5年程度以上の期間において、波浪の出現頻度をもとに、荷役稼働率として評価することを標準としている³⁾。

参考文献

- 1) 気象庁：日々の天気、
<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>
- 2) 川口浩二、櫻庭敏、藤木峻：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 2014）、港湾空港技術研究所資料、No. 1319、2016
- 3) 国土交通省港湾局監修／（社）日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説、pp. 135, 181-183、2007