

防波堤と防潮堤による多重防護を活用した 漁業地域の防災・減災対策とその課題

農業水産部 水産課 ○本山 賢司
長谷 一矢
(株)クマシロシステム設計 阿部島 直哉

水産庁は、平成23年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の一つとして、防波堤と防潮堤による多重防護を掲げている。今後の漁港整備へ多重防護を適用するにあたり、簡便な手法による津波低減効果の検討、モデル漁港の選定、モデル漁港に対する防災・減災目標設定と対策の立案および防災・減災効果の定量化の検討を行った。本報告では、検討結果と適用の課題について述べる。

キーワード：津波対策、多重防護、防災・減災対策、防波堤、防潮堤

1. はじめに

平成23年3月11日に発生した東日本大震災は、東北地方太平洋沿岸を中心として、我が国に未曾有の被害をもたらした。水産関係の被害総額は1兆2千億円を超えた。東北地方を中心とした北海道から千葉県の7道県は、我が国の漁業生産量の約5割を占める地域であり、これら被災地の水産業の復興は、地域経済や生活基盤の復興に直結するだけでなく、国民に対する水産物の安定供給を確保する上でも極めて重要であると言える。

一方、震災をうけて開催された中央防災会議「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会」は平成23年9月28日に報告書を公表しており、今後の海岸保全施設等の整備に対して、比較的頻度の高い一定程度の津波に対する対策を進めていくことが示されている。

そこで、水産庁は、被災地の現地調査や分析の結果を踏まえつつ、被災地の漁港の早期復旧・復興および大規模地震が予想される地域の早期対策に資する観点から、

「東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方」¹⁾ (以下、「マニュアル」という)を取りまとめており、この中で、防波堤と防潮堤による多重防護の活用が示されている。

そこで、今後の漁港整備へ多重防護を適用するにあたり、「マニュアル」に示されている簡便な手法による津波低減効果の検討を行うとともに、モデル漁港の選定し、防災・減災目標設定と対策の立案および防災・減災効果の定量化を検討し、課題の抽出を行った。

2. 防波堤と防潮堤による多重防護の検討概要

(1) 防波堤と防潮堤による多重防護の考え方

倒壊を免れた防波堤については、津波浸水高や流速の低減による水産関係施設等の被害の低減、津波到達時間を遅延させたことによる避難時間の確保といった防災・減災に資する効果を発揮した事例もあることが確認されている。防波堤と防潮堤による多重防護とは、図-1に示すとおり、防波堤によって堤外地の水産関連施設や漁船等の減災を図るとともに、防波堤と防潮堤を組み合わせることで堤内地の人命・財産等の防災減災を図ることである。

(2) 多重防護による効果の検討方法

効果の検討は、図-2に示す北海道太平洋沿岸の10漁港を対象にして、表-1に示す津波シミュレーション結果を用い、「マニュアル」において示されている4つの簡便な手法により津波低減効果を検討する。次に、多重防護による効果の発現が期待されるモデル漁港を選定し、防災・減災目標を設定して具体的な対策を立案する。さらに、津波シミュレーションを行い、防波堤と防潮堤による多重防護を活用した防災・減災効果の検証し、防災・減災効果の定量化を試みた。

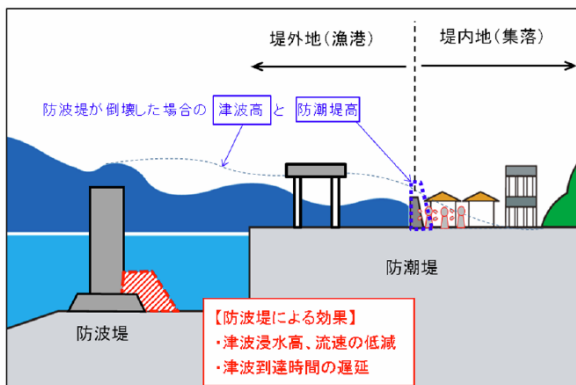


図-1 防波堤と防潮堤による多重防護のイメージ

(3) 津波水位等の考え方

検討にあたり、基準面はTMSL（以下、TP.で表記する）とした。津波水位及び遡上高は基準面からの高さ、津波高は津波水位と天文潮位（H.W.L.）の差、浸水深は陸上における津波水位と地盤高（G.L.）との差で定義した（図-3）。



図-2 検討対象漁港

表-1 検討対象地震

港名	発生頻度の高い津波群(L1)							最大クラスの津波(L2)
	1896年 明治三陸 地震	1952年 十勝沖 地震	1968年 十勝沖 地震	1973年 根室半島 沖地震	1994年 北海道東 方沖地震	【想定】 三陸沖 北部地震	【想定】 十勝沖・ 釧路沖	
A漁港	△					● ⁹³	●	●
B漁港						●		●
C漁港						● ⁹³		●
D漁港	△		●			△		●
E漁港	△		●					●
F漁港	●		△					●
G漁港	△	△				●		●
H漁港		●					△	●
I漁港				△				●
J漁港				△				●

- ※1：L1津波には、既往の津波シミュレーション結果を基に、最大となる津波を対象として選定した。
- ※2：L1津波の△は、候補地震であるが、津波規模が相対的に小さいため、検討より除外した。
- ※3：津波による遡上及び浸水が無いため、手法1～手法3の検討から除外した。

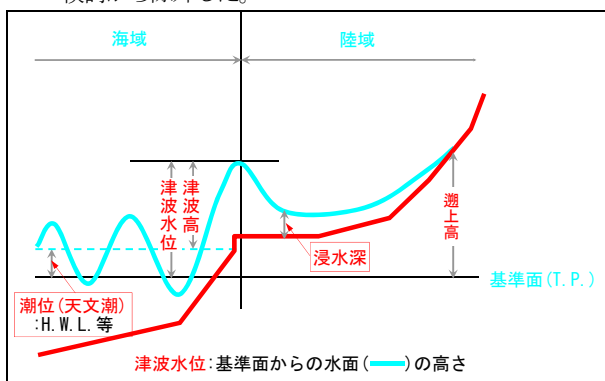


図-3 津波水位等の考え方

3. 簡便な手法による津波低減効果の検討

(1) 簡便な手法による津波低減効果の検討

防波堤による津波低減効果は、来襲する津波周期、高

さ、漁港の形状、規模、位置する地形等によって発現特性が異なっており、「マニュアル」においては、漁港施設による津波低減効果の発現特性を踏まえて、4つの『簡便な手法』が示されている。以下で、各手法を概説し、津波低減効果の検討結果を示す。

1) 手法1

内水域に対する港口の比 (A/Bh) が200以上の場合に効果が発現しやすいため、本手法では、港口幅、泊地面積等の津波に対する弱点を把握できる。検討に用いる諸元は、港内面積 A 、港口幅 B 、港口水深 h 、さらに、津波遡上高 R_o および R_i があり（図-5）、「マニュアル」では A/Bh を大きくすること、すなわち泊地面積の増大や港口幅の縮減等の対策が効果的であると考えられている。手法1の検討結果を図-6に示す。図中において、●はL2津波の結果、×はL1津波の結果であり、以降の簡便な手法の検討結果の図も同様とした。津波の遡上高については、津波シミュレーション結果から、港外の津波遡上高 R_o に防波堤基部の最高水位、港内の津波遡上高 R_i に漁港内の主要な岸壁上の最高水位を用いた。D漁港を除くほとんどの漁港が A/Bh が200未満であったが、 A/Bh が200に近い漁港はE漁港、G漁港、I漁港、J漁港である。L2津波に対して、ほとんどの漁港で遡上高比 (R_i/R_o) が1.0程度であり、漁港施設による津波低減効果は認められない。一方、L1津波に対しては、 R_i/R_o が1.0未満となっている。特に、F漁港は A/Bh が小さいにも関わらず比較的小さい遡上高比が得られており、 A/Bh を大きくすることで更なる遡上高の低減が期待される。

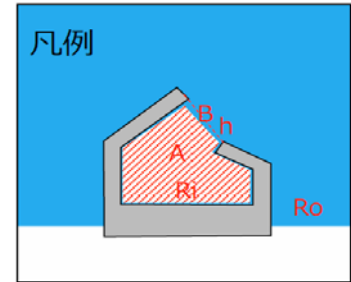


図-5 手法1の諸元イメージ

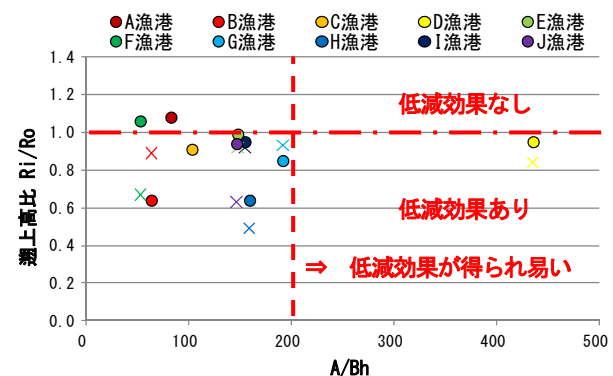


図-6 手法1による検討結果

2) 手法2

平均防波堤天端高が低い場合は津波低減効果が期待できないため、本手法により、天端高が対象津波に対して不足しているか否かを把握できる。津波水位と平均天端高比により効果を把握する方法であり、津波水位と漁港

施設の平均天端高が同程度のときに、浸水深を半分程度にできる場合があるとされている。マニュアルには、津波水位と平均天端高比が 1.5 を超えると効果が期待できないとされている。検討に用いる諸元は津波水位 H 、平均防波堤天端高 h 、平均防波堤水深 d 、港内の浸水深 I_i および港外の浸水深 I_o がある (図-7)。次に、手法 2 による検討結果を図-8 に示す。L2 津波では、地形の影響などにより浸水深比が低くなる漁港 (例えば、B 漁港、H 漁港) があるものの、津波水位/平均天端高が 1.5 を超えている漁港では、効果が期待できないと考えられる。一方、L1 津波に対しては、ほとんどの漁港で津波水位と平均天端高の比が 1.0 未満であり、一定の津波低減効果が認められる。特に、津波水位と平均天端高比が 1.0 に近い F 漁港、I 漁港、J 漁港においては、嵩上げ改良等により津波低減効果が発現する可能性が高いと考えられる。なお、浸水深の算定位置は、津波シミュレーション結果を踏まえ、津波遡上高(R_i 、 R_o)を算出した地点の浸水深で設定した。

3) 手法 3

漁港の外郭施設があることで漁港内へ流入する流入量が増えるため、本手法により、流入量比により外郭施設の津波低減効果を把握できる。流入量比が小さいと浸水深比も小さくなり、津波低減効果が得られる傾向がある。検討に用いる諸元は、前面津波高 H 、津波周期 T 、防波堤の平均天端高 H_2 、防波堤の平均設置水深 d_1 、海水流入幅は越波がある場合は W_1 、越波が無い場合は W_2 であり、流入量比は漁港施設がある場合の流入量を漁港施設が無い場合の流入量で除して求めている (図-9)。次に、手法 3 による検討結果を図-10 に示す。L2 津波、L1 津波のいずれの場合も、流入量比が大きくなるとともに、浸水深比も大きくなる傾向が得られた。

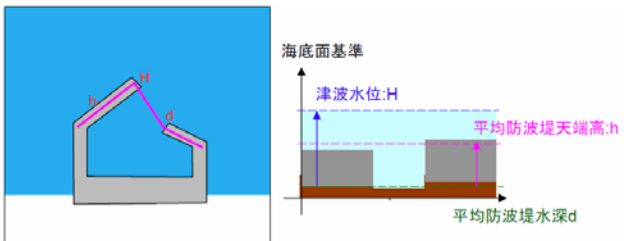


図-7 手法 2 の諸元イメージ

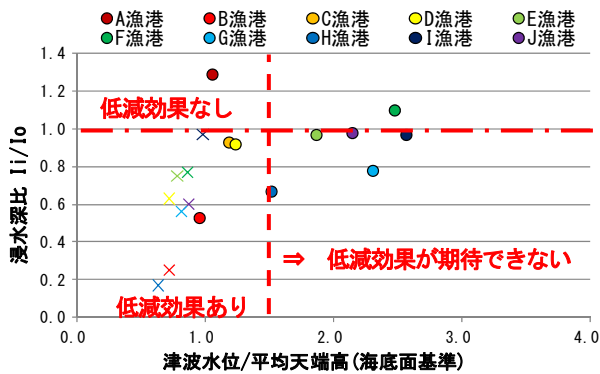


図-8 手法 2 による検討結果

4) 手法 4

本手法では、手法 2 と手法 3 で得られる 5 つのパラメータ (流入量比、通過断面積比 (図-11)、津波水位/平均天端高、開口比、港の奥行/湾の幅 (図-12)) の多変量解析で得られる回帰式 (式 1) を用い、流入量比と開口比から津波減災効果指数となる浸水深比を把握するものである。

$$\text{浸水深比} = 0.923X - 0.202Y + 0.249 \quad (\text{式 1})$$

ここに、 X : 流入量比、 Y : 開口比

上式は、重相関係数 $R=0.942$ 、決定係数 $R^2=0.887$

次に、手法 4 の検討結果を表-2 に示す。開口比が約 2.5 を超える漁港において、浸水深比が負の値で求められた。漁港の条件により適用が難しい場合があるため、この結果は、参考値として取り扱うこととした。

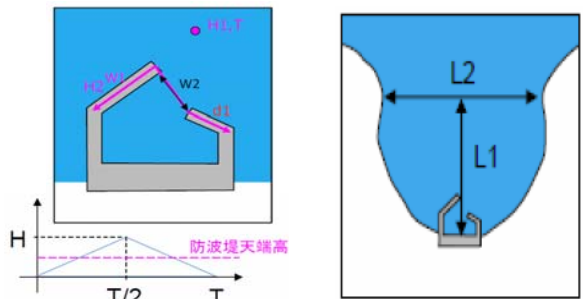


図-9 手法 3 の諸元イメージ

図-12 港の奥行と湾の

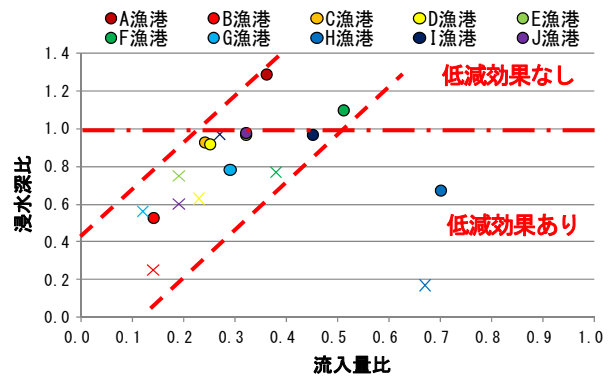


図-10 手法 3 による検討結果

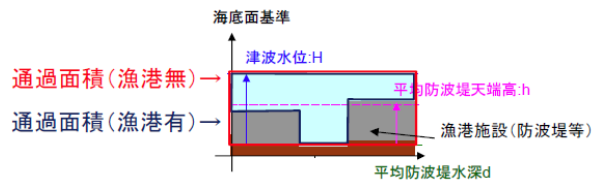


図-11 通過断面積比

表-2 手法 4 による検討結果

港名	L1 津波			L2 津波		
	流入量比	開口比	浸水深比	流入量比	開口比	浸水深比
A 漁港	0.35	1.00	0.37	0.36	2.86	0.00
B 漁港	0.14	1.00	0.18	0.14	5.89	-0.81
C 漁港	0.23	1.00	0.26	0.24	4.37	-0.41
D 漁港	0.23	1.00	0.26	0.25	4.44	-0.42
E 漁港	0.19	1.00	0.22	0.32	5.25	-0.52
F 漁港	0.38	2.48	0.10	0.51	2.66	0.18
G 漁港	0.12	2.57	-0.16	0.29	8.21	-1.14
H 漁港	0.67	1.00	0.67	0.70	1.49	0.59
I 漁港	0.27	2.74	-0.06	0.45	3.70	-0.08
J 漁港	0.19	4.07	-0.40	0.32	5.85	-0.64

(2) モデル漁港の選定

簡便な手法の検討において、手法1は開口比から遡上高を諸元と施設配置の影響が大きく、一方、手法2および手法3は施設天端高さおよび越流の有無などの防波堤の構造諸元の影響が大きいと考えられる。本検討では、対策の方向性を判断するために、手法1による選定が有効と考えた。手法1において、F漁港は A/Bh が50程度にも関わらず、L1津波に対して遡上高比が0.6程度と小さく、対策の実施により更なる効果の発現が期待できると考えられることから、F漁港をモデル漁港と選定する。

(3) 防災・減災目標の設定

防災・減災目標の設定は、F漁港の堤内外を整理し、津波シミュレーションを実施して現況施設配置での津波による浸水被害から整理する。堤内外の整理にあたり、防潮堤配置について「十勝釧路沿岸海岸保全基本計画(一部変更)」²⁾(以下、基本計画という)を基に、道路の配置状況および漁港漁場特定整備計画の整備予定を踏まえて想定した(図-13)。なお、防潮堤天端高は、基本計画に示されるT.P.+8.7mを想定した。次に、「津波浸水想定の設定の手引きver.2.00」³⁾現況に対する津波シミュレーションを実施し、被害の状況を想定した。津波シミュレーションの検討概要を表-3に示す。被害状況は、浸水ランク毎の面積を堤内または堤外の全面積で除した浸水率(表-4)および堤外地の代表地点として漁港関連施設の浸水深(表-5)を整理し、木造家屋が全壊する可能性が高い「浸水深2m」⁴⁾以上の範囲に着目した。浸水深2m以上となる堤外地の浸水率は、L1津波は55.7%、L2津波は100%であった。また、漁港関連施設の浸水深は、



図-13 防潮堤配置の想定

表-3 津波シミュレーションの検討概要

	検討内容
数値モデル	非線形長波方程式モデル(越流計算は「本間公式」、遡上計算は「小谷らの方法」による)
数値解法	スタッガード・リーブフロッグ法(差分法)
計算格子サイズ	2430m、810m、270m、90m、30m、10m、5m(1次~7次領域でネスティング)遡上計算は30m、10、5mの領域を対象
波源	初期水位変動量=地盤変動量の鉛直成分(地盤変動量は「マンシンハ・スマイリーの方法」及び「OKADAの方法」により算定)
潮位	潮望平均満潮位(各港のH.W.L.)
データの基準	平面方向は、平面直角座標系(第12系)を採用 鉛直方向は東京湾中等潮位(T.P.)を基準

表-4 現況の施設配置による浸水率(%)

浸水ランク	L1津波		L2津波	
	堤外地	堤内地	堤外地	堤内地
浸水なし	2.5	75.4	0	0
0.3m未満	0.7	6.2	0	0
0.3~0.5m	1.6	3	0	0
0.5~1.0m	11.7	7.2	0	0
1.0~2.0m	27.8	7.7	0	0
2.0~3.0m	53.2	0.5	0	0
3.0~5.0m	2.1	0	0	0
5.0~10.0m	0.4	0	0	0
10.0m以上	0	0	100	100
2.0m以上計	55.7	0.5	100	100

表-5 漁港関連施設の浸水深

施設	浸水深(m)	
	L1津波	L2津波
荷捌所	2.25	24.6
漁組事務所	1.92	24.23
中央埠頭	2.13	23.73
製氷施設	2.26	23.68
危険物タンク	0.05	21.54
人工地盤	2.15	25.89
船揚場	2.45	23.6

L1津波で2mを超えており、被害が生じる可能性が高いことが得られた。さらに、L2津波の浸水深は堤内・堤外ともに10mを超えており、L2津波に対する防災・減災対策は大規模な対策が必要と考えられた。これらを踏まえて、本検討の防災・減災目標は、「L1津波に対して堤外地の浸水深を2m未満とする」ことと設定した。

(4) 多重防護による防災・減災対策の立案

対策の立案にあたり、モデル漁港の選定で述べたように、防災・減災対策としては、 A/Bh を大きくすることが有効と考えられる。F漁港の防波堤配置から、港内水域を広げる対策として南防波堤を西側の海岸付近まで延伸する案(A/Bh は52.5⇒190.5)、港口を狭める対策として南防波堤を西防波堤先端部付近まで延伸する案(A/Bh は52.5⇒102.2)が想定される。 A/Bh からは港内水域を広げる対策が有効であるが、海岸付近への防波堤延伸は漁場への影響が大きいことから、南防波堤を西防波堤先端部付近まで延伸する港口を狭める対策で検討することとした。



図-14 多重防護による対策

4. 多重防護による防災・減災効果と定量化の検討

(1) 防災・減災効果の定量化

防波堤と防潮堤による多重防護等、津波防災・減災対策を講じることにより発現する津波低減便益は、「マニュアル」に示される方法により算定する。便益項目は、物的被害、人的被害、漁業生産被害であり、便益額は、津波シミュレーションを用いた被害想定を基に、対策後の被害軽減額に発生確率を考慮したものである。

便益算定期間は、F漁港の津波シミュレーション結果を基に、図-15に示すとおり設定することとした。発生確率を表-6に示す。粘り強い構造から推定される許容津波は、500年間隔地震と仮定した。

(2) 浸水被害の想定

津波による浸水被害は、建物等の物的被害や人的被害が考えられる。中央防災会議「南海トラフ巨大地震の被害想定(第二次報告)」⁹⁾によると浸水深別の建物被害は浸水深1m前後で半壊、2mを超えると全壊の割合が多くなることが指摘されている。そこで、漁港区域内における浸水ランク別の浸水率(表-7および表-8)を算定し、木造家屋が全壊に至る「浸水深 \geq 2.0m」を指標に、浸水被害を想定する。また、漁港関連施設の被害については、浸水深により整理した(表-9)。

(3) 防災・減災効果の定量化

1) 被害率の設定

建築物の被害については、家屋(木造建築物76棟、非木造建築物16棟)および堤外地の漁業関連施設(5施設)を対象として、被害率は津波浸水深と建物被害率の関係⁶⁾から設定した。次に、人的被害については、漁業作業従事者及び漁港区域内の就業者を対象とし、背後集落の在宅者は除外する。死亡率は浸水深と死亡率の関係⁷⁾から、設定した。また、漁船の被害率は、F漁港のH24の登録漁船・利用漁船177隻を対象として、陸揚等で係留している状況を想定し、港内津波遡上高(最高水位を準用)と漁船被災率の関係⁸⁾から設定した。

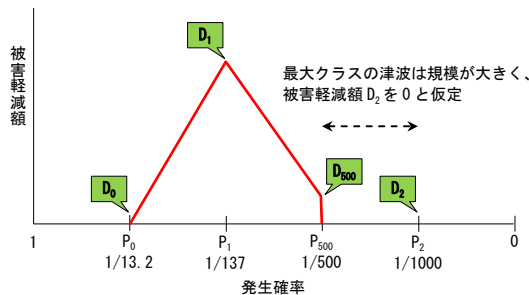


図-15 被害軽減額の便益計測期間

表-6 津波の発生確率

対象とする津波	設定手法	モント卡罗 シミュレーション	発生確率 P
被害が発生する津波	岸壁を超える津波高(0.4m)及び既往の地震津波履歴より設定	7.6	1/13.2
発生頻度の高い津波	「1896年明治三陸地震」	8.2	1/137
粘り強い構造から推定される許容津波	「500年間隔地震」を準用	8.6	1/500
最大クラスの津波	「最大クラスの津波」	9.1	1/1,000

表-7 L1地震動の浸水率

浸水ランク	L1津波			
	防潮堤		防潮堤+南防波堤延	
	堤外地	堤内地	堤外地	堤内地
浸水なし	2.4	95.2	2.6	99.5
0.3m未満	0.6	3.6	1.4	0.1
0.3~0.5m	1.1	0.3	3.3	0.2
0.5~1.0m	10.3	0.5	13.7	0.2
1.0~2.0m	27.4	0.4	56.1	0.1
2.0~3.0m	55.5	0.1	20.6	0
3.0~5.0m	2.3	0	1.9	0
5.0~10.0m	0.5	0	0.3	0
10.0m以上	0	0	0	0
2.0m以上計	58.3	0.1	22.9	0

表-8 500年間隔津波の浸水率

浸水ランク	500年間隔津波			
	防潮堤		南防波堤延伸+防潮	
	堤外地	堤内地	堤外地	堤内地
浸水なし	0.3	45.7	0.3	56.9
0.3m未満	0.1	8.3	0.1	7.2
0.3~0.5m	0.1	5.9	0.2	3.3
0.5~1.0m	0.2	8.9	0.1	10.3
1.0~2.0m	0.2	16.1	0.4	13.4
2.0~3.0m	0.8	11.7	3.3	6.7
3.0~5.0m	58.8	3.4	57.1	2.2
5.0~10.0m	39.1	0	37.9	0
10.0m以上	0.6	0	0.7	0
2.0m以上計	99.2	15.1	99	8.9

表-9 漁業関連施設の浸水深

施設	建設金額 (千円)	浸水深(m)			
		L1津波		500年間隔津波	
		防潮堤	防潮堤+ 南防波堤延伸	防潮堤	防潮堤+ 南防波堤延伸
荷捌所	62,200	2.33	1.99	4.27	4.28
漁組事務所	60,000	2.07	1.71	3.82	3.81
中央埠頭	22,993	2.23	1.8	4.07	3.54
製氷施設	487,600	2.35	1.93	4.35	3.62
人工地盤	1,129,000	2.15	1.77	3.89	3.5

2) 被害額および便益の算定

物的被害の算定は、家屋等被害、事業所試算被害、家庭用品被害、漁船被害、公共土木被害を算定する。なお、公共土木被害として、耐津波性能照査済みの東防波堤については、L1津波に対して一部損壊として事業費の10%を仮定し、500年間隔地震に対して全壊と仮定した。次に、人的被害の算定は、日中の漁業作業人数を対象人口として、「マニュアル」に示されている2つの手法のうち、「津波到達時間の違いによる避難不可能者数を計算せず、浸水深のみで避難不可能者を算定する手法」を用いることとした。また、漁業生産被害額は、漁業生産に影響を与える項目として荷捌所及び漁船を選定する。浸水深毎の荷捌所被災面積、漁船被害総トン数を算定し、各項目の被災後の復旧状況の設定を行い、通常時生産額に復旧率、復旧期間を乗じて算定した。以上より求められた被害額を表-10に示す。総費用には、南防波堤延伸(2,800百万円)及び東防波堤の改良費(560百万円)を想定した。これにより得られる費用便益比率はB/C=0.34であった。これは、単独での費用対効果は十分に発

表-10 被害額の算定結果

津波	検討	物的被害				公共土木	人的	漁業生産	合計被害額 (千円)
		一般資産							
		家屋等	家庭用品	事業所資産	漁船				
L1津波	防潮堤	0	0	14,279	694,474	2,808,111	471,355	140,748	4,128,966
	防潮堤+ 南防波堤延伸	0	0	11,470	532,288	1,916,868	430,000	87,635	2,978,261
500年 間隔津波	防潮堤	2,049,568	330,660	22,461	1,305,609	12,238,019	781,700	350,541	17,078,558
	防潮堤+ 南防波堤延伸	1,863,753	205,744	22,461	1,225,451	7,720,835	718,755	350,541	12,107,540

現しない結果となっているが、堤外地における公共土木や事業所等の資産が少ないことが挙げられる。

5. 多重防護を活用した漁業地域の防災・減災対策の課題整理

本検討から得られた課題を以下のとおり。

(1) 簡便な手法を用いた検討に関する課題

簡便な手法1は、泊地面積 A 、及び港口幅 B の設定が重要となるが、島防波堤等があり港口が複数ある場合は、港口の設定により A/Bh が大きく変わること留意が必要である。簡便な手法1～3の遡上高比や浸水深比は津波シミュレーションにより設定する必要がある。ただし、「 A/Bh 」や「津波水位と平均天端高比」を目安に対策案の方向性の検討可能であると考え。

(2) 津波防災・減災対策立案に関する課題

対策の検討にあたり、防災・減災目標の設定が重要であるが、指標を定義するために、多くの比較検討が必要になると考える。また、津波防災・減災対策は漁港周辺の漁場等への影響も大きいことから、漁港利用者等への周知・合意形成が不可欠である。

(3) 津波発生確率設定に関する課題

モデル漁港は比較的遠方の地震を対象であったが、北海道の太平洋沿岸のL1津波候補地震の波源が複数あり、波源が比較的近い場合には、発生確率の設定が困難となる場合がある。

(4) 費用対効果分析実施に関する課題

本検討のモデル漁港では、防災・減災効果は一定の効果が認められるものの、単独での費用対効果は十分に発現しない結果となった。この要因としては、堤外地の被害軽減効果を見込んでいないこと、外郭施設による静穏度向上や水域利用等のその他の効果を見込んでいないこと等が挙げられ、今後の検討課題である。また、漁港内就労者の被害想定にあたり、作業形態の想定によって結果が変動することに留意する必要がある。さらに、被害額の試算にあたり、ヒアリングでしか把握できない内容が多くあることにも留意が必要である。

6. おわりに

本論文の結論は以下のとおり。

- 1) 平成26年1月23日に改正された「平成23年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方」に基づき、北海道第3種、第4種漁港のうち太平洋側のモデル漁港を対象とし、防波堤と防潮堤による多重防護を活用した防災・減災対策の効果検討を行った。
- 2) 具体的には、簡便な手法によりモデル漁港をF庶野漁港と選定し、防災・減災目標を設定して、対策案を立案した。また、津波シミュレーションにより対策効果を評価するとともに、被害額を定量的に算定した。さらに、費用対効果分析を行い、事業性について評価を行い一定の成果を得た。
- 3) 本検討から、簡便な手法を用いた検討、津波防災・減災対策の立案、対象津波の発生確率の設定、津波被害額の算定および費用対効果分析の実施について課題を抽出した。これら課題の解決にあたっては、モデルケースの検討による分析事例を蓄積し、その結果から北海道の漁港の実情に合わせた“マニュアル”の作成・見直し等が必要であると考え。

参考文献

- 1) 水産庁：「平成23年東日本大震災を踏まえた漁港施設の地震・津波対策の基本的な考え方」、平成26年1月23日改正。
- 2) 北海道：「十勝釧路沿岸海岸保全基本計画(一部変更)」、平成26年3月。
- 3) 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き Ver. 2.00、平成25年10月。
- 4) 国土交通省都市局：「東日本大震災における被災現況調査結果について(第1次報告)」、平成23年8月。
- 5) 中央防災会議：「南海トラフ巨大地震の被害想定(第二次報告)」、平成25年3月18日。
- 6) 中央防災会議：南海トラフの巨大地震建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要、2012。
- 7) 中央防災会議：東南海、南海地震等に関する専門調査会、2009。
- 8) 明田定満、谷野賢二、水野雄三、佐藤仁：「防波堤による津波被害の低減効果について」、開発土木研究所月報 No. 494、1994。