漁港施設機能保全計画の事例分析によるストックマネジメントのコスト縮減効果に関する検討

CONSIDERATION OF THE COST REDUCTION EFFECTS OF STOCK MANAGEMENT BY CASE ANALYSES FOR THE FUNCTIONAL MAINTENANCE PROJECTS OF FISHING PORT FACILITIES

三上信雄[1]・保坂三美[2]・水野敏雄[2]・梅津啓史[3]・白戸則幸[4]・笠井哲郎[5]
Nobuo MIKAMI, Miyoshi HOSAKA,Toshio MIZUNO,
Hiroshi UMEZU,Noriyuki SHIRATO and Tetsuro KASAI

[1]正会員　(独)水産総合研究センター　水産工学研究所（〒314-0408 茨城県神栖市波崎7620-7)
[2](財)漁港漁場漁村技術研究所　第1調査研究部（〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目14-10)
[3]水産庁　漁港漁場整備部　計画課（〒100-8907 東京都千代田区霞ヶ関1丁目2-1)
[4]水産庁　漁港漁場整備部　整備課（〒100-8907 東京都千代田区霞ヶ関1丁目2-1)
[5]正会員　工博　東海大学　工学部土木工学科　教授（〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117)

The stock amount of structural facilities at fisheries, such as fishing port facilities, has been gradually accumulating each year, and has already surpassed a total of 10 trillion yen. For these existing stocks, there is an increasing number of facilities requiring restoration in line with their post-construction aging. As such, there are concerns that future costs for such restoration and replacement work will balloon and occupy a larger part of the budget. In light of this, the "Fisheries Structure Stock Management Project" was established in 2008 with the aim of facilitating the longevity of existing stocks, and the reduction and leveling of expenditures by the efficient and effective maintenance and management of facilities. In order to quantitatively grasp the stock management effects, this study has conducted case analyses for the functional maintenance project and examined the cost reduction effects of the Fisheries Structure Stock Management Project.

Key Words : *Fishing port, maintenance, life cycle cost, cost reduction effects*

1．はじめに

漁港施設等水産基盤施設のストック量は年々蓄積の一途をたどっており，既に総額10兆円を上回る規模に達している．これらの既存ストックは，建設後の時間経過に伴って，改良・更新すべき時期を迎えた施設量が増加している．このため，漁港整備予算に占める改良・更新費用の増大が懸念されている[1)]．このような状況のもと，効率的・効果的な施設の維持管理により既存ストックの長寿命化および対策費用の縮減・平準化を行うことを目的に，平成20年度に“水産基盤ストックマネジメント事業”（以下，「ストマネ事業」という）が創設された．ストマネ事業は，事後保全中心のこれまでの整備手法から，老朽化診断による事前対応型の予防保全対策を取り入れた整備手法に転換し，施設の有効利用と機能の維持・保全を図るものである[2)]．また，ストマネ事業の目的は，適時・適切な予防保全対策を組み込んだ機能保全計画に基づき，ライフサイクルコスト（以下「LCC」という）を縮減することにある．しかし，その縮減効果について定量的に検討した事例は少ない．

本研究は，水産基盤施設の主要施設である漁港施設を対象に，これまでの整備状況を整理・分析して今後の更新費用の推計を行うとともに，平成20年度に作成された19漁港の機能保全計画の事例分析を行い，ストマネ事業のコスト縮減効果について検討したものである．

2．漁港施設の整備状況と更新費用

(1) 漁港施設の年別更新延長と更新費用

漁港施設の整備状況を把握するために，漁港を形づくる基本的な施設である外郭施設および係留施設を対象に，漁港台帳に記載されている施設の種類

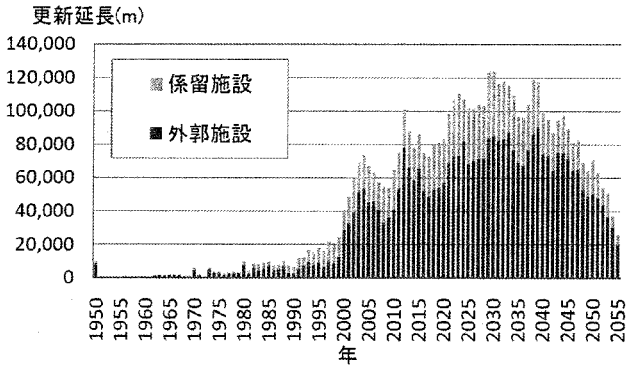


図-1 全国の漁港の外郭施設および係留施設の年別更新延長

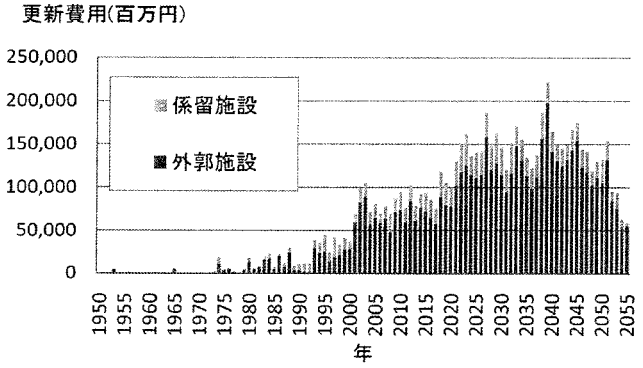


図-2 全国の漁港の外郭施設および係留施設の年別更新費用

と規模，構造形式，建設年，建設価格の情報を把握し，以下の仮定をもとに更新延長と更新費用を算出した．

①施設の建設後，耐用年数を迎えた時点で更新工事を実施する．

②施設の耐用年数は，減価償却資産の耐用年数等に関する省令（昭和40年大蔵省令第15号）を用いて設定する．設定方法は，施設の構造形式毎に主な使用材料を選定し，使用材料別減価償却資産の耐用年数を施設の耐用年数とする．直立堤は鉄筋コンクリートで耐用年数50年，不透過式傾斜堤は石材で50年，透過式傾斜堤はコンクリートで30年，矢板式は鋼材で25年とする．

③更新工事は，老朽化した施設と同じ規模（延長）とする．

④更新費用は，漁港台帳に記載されている建設時の建設価格に2000年時点の漁港デフレータを乗じて算出する．ただし，将来におけるデフレータによる換算は行わない．

⑤老朽化した施設の撤去費用は考慮しない．

その結果を図-1および図-2に示す．この結果から，2000年頃から施設の更新需要が増加を始め2030年頃にピークを迎えることがわかる．今後20年間は老朽化する施設が飛躍的に増加することとなる．

都道府県名	割合（2010-2029の年平均更新費用/2009年度当初事業費）
北海道	0.59
青森	0.40
岩手	1.32
宮城	1.97
秋田	0.72
山形	6.36
福島	2.87
茨城	0.77
千葉	2.74
東京	0.34
神奈川	0.36
新潟	0.84
富山	3.55
石川	2.51
福井	2.23
静岡	1.64
愛知	2.86
三重	3.77
滋賀	—
京都	1.51
大阪	6.63
兵庫	2.51
和歌山	1.41
鳥取	0.94
島根	1.57
岡山	0.93
広島	1.61
山口	1.44
徳島	0.37
香川	1.19
愛媛	1.94
高知	2.06
福岡	0.93
佐賀	2.19
長崎	0.90
熊本	1.76
大分	0.99
宮崎	1.50
鹿児島	0.94
沖縄	0.58

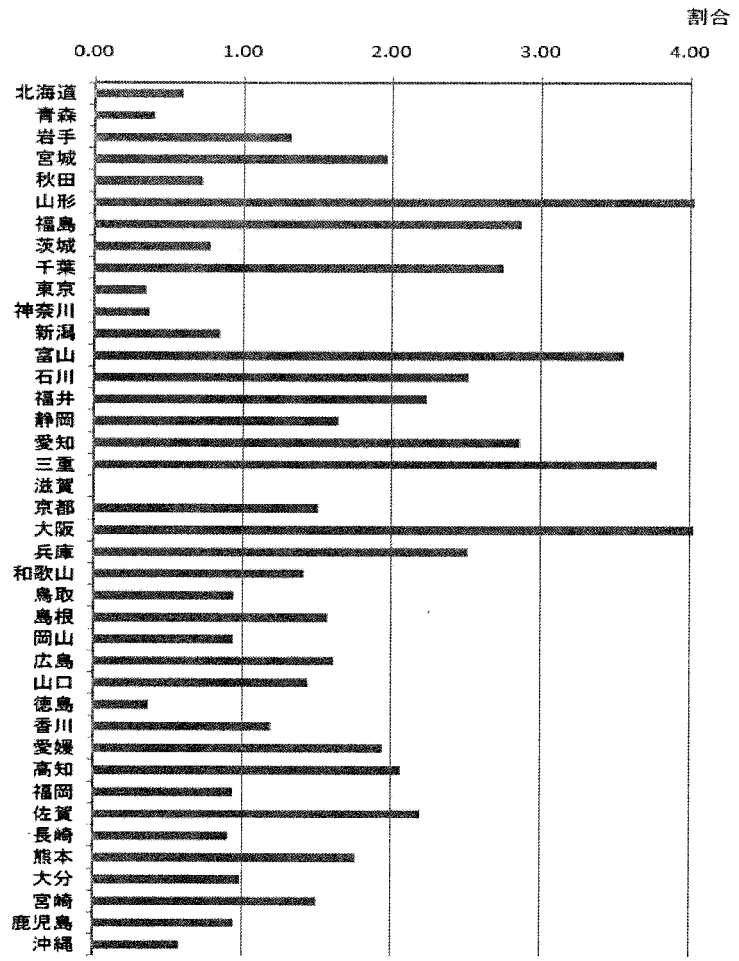


図-3 2009年度当初事業費に対する外郭施設および係留施設の20年間平均更新費用

(2) 都道府県別の更新費用と平成21年度事業費との比較

施設の更新対策を適切に行うためには，漁港管理者である地方公共団体において，所要の予算の確保が重要なポイントとなると考えられる．そこで，各都道府県ごとに，2010年から2029年までの20年間の年平均更新費用と，現在漁港の整備に投じている予算額との比較を行い，今後の更新費用の増加が地方公共団体の財政へ及ぼす影響について検討した．

その結果を**図-3**に示す．この結果から，年平均更新費用が2009年度当初事業費を超えている（割合が1.0以上）都道府県は24府県，割合が2.0を超えているのは12府県であった．つまり，半数以上の府県は，現在の予算額では適切な更新対策が行えないこと，1/4以上の府県は適切な更新対策を行うために倍の予算が必要となることが明らかとなった．

3．漁港機能保全計画書の分析

(1) 対策工法の整理

平成21年度にストマネ事業を実施する漁港を対象として，機能保全のための対策工事を実施するために作成された機能保全計画書をもとに，対策工法の整理を行った．その結果を以下に示す．

施設別の対策実施件数は，外郭施設21件（31%），係留施設34件（50%），輸送施設13件（19%）と，係留施設の対策が外郭施設および輸送施設の対策実施件数よりも多い結果となった（**図-4**参照）．これは，漁港管理者が水産物の陸揚げに利用する係留施設の対策実施の優先度が高いと判断しているためと考えられる．

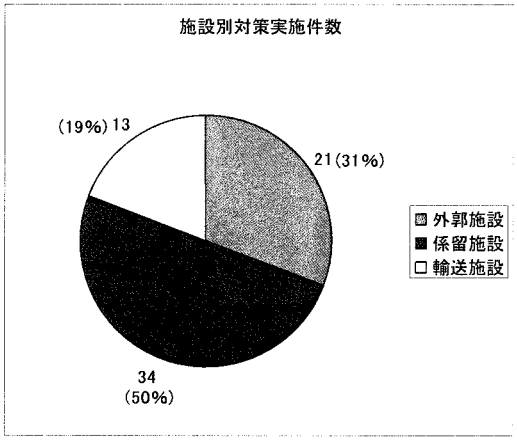


図-4 施設別対策実施件数

材料種別の対策実施件数は，鋼材40件（59%），コンクリート14件（21%），石材1件（1%），鋼材・コンクリート等7件（10%），アスファルト等6件（9%）と，鋼材の対策がコンクリートの対策よりも多い結果となった（**図-5**参照）．これは，鋼材の設計耐用年数（30年）がコンクリート（50年）に比べ短いことなどから，鋼材の腐食といった劣化要因への老朽化対策が喫緊の課題となっていることが原因と考えられる．鋼材の対策工法は，水上部は鉄筋コンクリート被覆工法が多く，水中部は電気防食工法が多かった．なお，水上部で鉄筋コンクリート被覆工法の採用が多い理由は，腐食が当初想定よりも相当程度進んでいたこと，鋼板溶接工法よりも鉄筋コンクリート被覆工法が安価で施工も比較的容易なことによるものと考えられる．

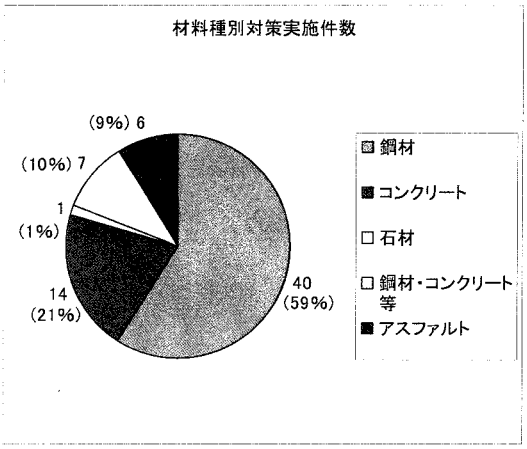


図-5 材料種別対策実施件数

一方，水中部は鋼材の肉厚に余裕があることから，電気防食工法により鋼材の延命化を図る方法がとられる傾向がある．コンクリートの対策工法は，断面補修工法が多い結果となった．これは，コンクリートのひび割れ，剥離・剥落等が顕著な施設を対象に対策を行うためと考えられる．

材料種別の平均対策回数は，鋼材3.5回，コンクリート3.0回，石材2.0回，鋼材・コンクリート等（橋）7.0回，アスファルト等（道路）7.8回と，道路の対策回数が最も多い結果となった（**図-6**参照）．これは，対策工の耐用年数が7～10年と短いためと考えられる．また，鋼材の対策回数がコンクリートの対策回数よりも多い結果となった理由は，鋼材の耐用年数が短いこと，水中部と水上部で対策工法が異なるため複数回対策が実施されることに起因したものである．

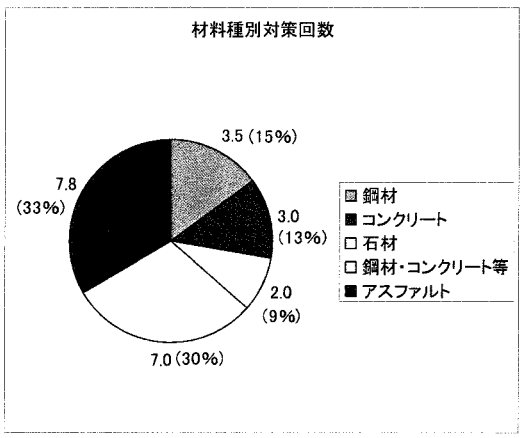


図-6 材料種別平均対策実施回数

鋼材とコンクリートの老朽化の原因と対策工法の関係を整理すると，**表-2**に示す傾向が見られた．

表-2 鋼材とコンクリートの老朽化の原因と対策工法

材料種別		老朽化の原因	主な対策工法
鋼材	水上部	鋼材の腐食	鉄筋コンクリート被覆（肉厚不足，開口部補修） 鋼板溶接（肉厚不足，開口部補修）
			塗覆装（防食）
	水中部	鋼材の腐食	電気防食（防食）
ｺﾝｸﾘｰﾄ		劣化・損傷	断面補修
		沈下	嵩上げ

鋼材の残存耐用年数と対策工法の関係を**表-3**に示す．表中の着色部は鉄筋コンクリート被覆または鋼板溶接による対策工法を実施する施設である．孔食等による開口部がある施設と残存耐用年数の少ない施設は，鉄筋コンクリート被覆または鋼板溶接による対策工法を実施し，開口部がなく残存耐用年数の多い施設は，電気防食および塗覆装による対策工法を実施する傾向がある．これは，将来的な補修部の再劣化の防止と現場における施工性から判断されたものと考えられる．

表-3 鋼材の残存耐用年数と対策工法

対策工法	残存耐用年数(年)	開口部の有無
電気防食、鋼板溶接、水中ライニング	17	有
ペトロラタムライニング、ひび割れ注入、電気防食	12	無
上部コンクリート補修、電気防食	43	無
上部工撤去復旧、鉄筋コンクリート被覆	0	無
電気防食、ペトロラタムライニング	29	無
鉄筋コンクリート被覆	18	有
鉄筋コンクリート被覆、上部工撤去復旧	28	有
鉄筋コンクリート被覆	48	有
電気防食	48	無
電気防食	37	無
上部コンクリート補修、電気防食	20	無
鉄筋コンクリート被覆、電気防食	0	無
鉄筋コンクリート被覆	3	無
鉄筋コンクリート被覆、電気防食、エプロン補修	1	無
鉄筋コンクリート被覆、鋼板溶接、電気防食、エプロン補修	2	無
鉄筋コンクリート被覆、鋼板溶接、電気防食	2	無
鉄筋コンクリート被覆、エプロン補修	3	無
電気防食、鉄筋コンクリート被覆	8	無
電気防食、鉄筋コンクリート被覆	28	無
電気防食、鉄筋コンクリート被覆	2	無
電気防食、中詰改良、鉄筋コンクリート被覆	9	無
電気防食、鋼矢板コンクリート、鉄筋コンクリート被覆	28	有
電気防食、鋼矢板コンクリート、鉄筋コンクリート被覆	0	有
電気防食、鋼板溶接、塗覆装	4	無
ペトロラタムライニング、ひび割れ注入、電気防食	7	無
電気防食（（係留杭）、舗装撤去復旧(舗装工)、塗装(連絡橋)	10	無
電気防食、塗覆装	2	無
ペトロラタムライニング、電気防食	1	無
電気防食	15	無
塗覆装（ペトロラタムライニング）	5	無
鋼板溶接、電気防食、有機ライニング	8	有
鋼板溶接、電気防食、有機ライニング	34	有
電気防食、有機ライニング	14	無
電気防食	14	無
水中硬化エポシキ樹脂ライニング	12	無
電気防食、水中硬化エポキシ樹脂ライニング	6	無
電気防食、塗装	33	無
電気防食、塗装	45	無
水中施工型ライニング	2	無
有機ライニング、電気防食	9	無

(2) 対策不要施設の整理

機能保全計画書に記載されている対策不要施設の構造形式，建設後経過年数および調査項目を整理し，その結果を**表-4** 対策不要施設一覧表に示す．なお，対策不要施設とは，機能保全計画の供用期間内に保全対策工事の実施が記載されていない施設を指す．

表-4 建設後経過年数と対策不要施設

構造形式	建設後経過年数	調査項目
直立消波ブロック式岸壁	20	簡易調査（重点項目） ﾚｰﾀﾞ探査、ｺｱ抜き
直立消波ブロック式岸壁	19	簡易調査（重点項目） ﾚｰﾀﾞ探査、ｺｱ抜き
普通矢板式物揚場	35	簡易調査（重点項目） 潜水調査、肉厚測定調査
自立矢板式岸壁	6	簡易調査（重点項目） 肉厚測定調査
斜路式船揚場	45	簡易調査（重点項目）
石積み護岸	45	簡易調査（重点項目）
ケーソン式防波堤	28	簡易調査（重点項目）
直立消波ブロック式防波堤	27	簡易調査（重点項目）
セルラーブロック式防波堤	24	簡易調査（重点項目）
コンクリート単塊式突堤	44	簡易調査（重点項目）
コンクリート単塊式護岸	不明	簡易調査（重点項目）
石積み護岸	不明	簡易調査（重点項目）
コンクリート単塊式護岸	27	簡易調査（重点項目）
石積み護岸	不明	簡易調査（重点項目）
石積み護岸	不明	簡易調査（重点項目）
直立消波ブロック式護岸	40	簡易調査（重点項目）
コンクリート単塊式護岸	23	簡易調査（重点項目）
コンクリート単塊式護岸	22	簡易調査（重点項目）
L型ブロック式物揚場	26	簡易調査（重点項目）
普通矢板式物揚場	36	肉厚測定調査
L型ブロック式物揚場	23	簡易調査（重点項目）
斜路式(コンクリート)船揚場	18	簡易調査（重点項目）
鋼製浮桟橋	21	簡易調査（重点項目）
鋼製浮桟橋	22	簡易調査（重点項目）
L型ブロック式物揚場	16	簡易調査（重点項目）
斜路式(コンクリート)船揚場	34	簡易調査（重点項目）
斜路式(コンクリート)船揚場	16	簡易調査（重点項目）
コンクリート単塊式護岸	24	簡易調査（重点項目）
普通矢板式物揚場	9	陽極消耗調査 電位測定調査
斜路式(コンクリート)船揚場	41	簡易調査（重点項目）
斜路式(コンクリート)船揚場	27	簡易調査（重点項目）

注）□ ;ｺﾝｸﾘｰﾄ構造物
▨ ;鋼構造物

材料種別の対策不要施設件数は，鋼構造物6件（19%），コンクリート構造物25件（81%）とコンクリート構造物の対策不要施設が鋼構造物の対策不要施設よりも多い結果となった．

対策不要施設には，建設後経過年数がコンクリート構造物で40年以上，鋼構造物で30年以上経過した施設もあることから，経過年数による傾向は特になく，必ずしも新しい施設が対策不要施設とは限らない結果であった．

コンクリート構造物における対策の要否の判定は，簡易調査（重点項目）により実施されており，施設の変状の程度が施設の機能低下には至っていない（Cランク）と判定された施設が対策不要施設とされている．また，無筋コンクリート構造などの場合，比較的耐用年数が長く，急速な劣化も生じにくいため，事後保全的な対応に分類され，計画供用期間内において対策を計上していないケースもあった．

鋼構造物における対策の要否の判定は，主に肉厚測定調査及び被覆材損傷の程度により実施されており，今後50年経過しても肉厚不足にならない，もしくは，被覆材が健全であると判定された施設が対策不要施設とされている．これは，コンクリート構造物に比べ劣化予測が容易なことから予防保全対策が対応しやすいことが要因と考えられる．

(3) 新対策によるコスト縮減効果

以上の機能保全計画内の整理・分析結果を踏まえ，ストックマネジメントのコスト縮減効果を把握するため，新対策コスト（機能保全対策コスト）と現対策コスト（施設更新コスト）の比較を行った．

新対策コストと現対策コストの算出方法は，以下に示す通りである．

① 対策工法の選定は，老朽化進行予測等の結果から対策方針を設定し，施設の利用状況等を踏まえて対策工法を複数案選定する．

② 機能保全計画を策定した時点から50年間を機能保全の対象期間とすることから，LCCの検討期間は50年とする．

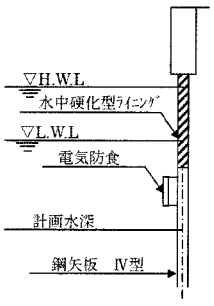
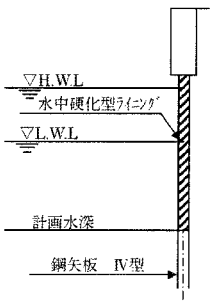
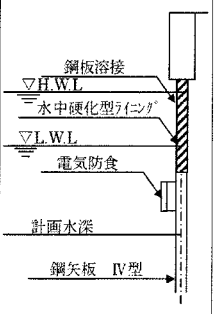
③ 段階的に対策を行う場合は、各回の対策費の合計とする．

④ 新対策コストおよび現対策コストともに，撤去費用は考慮しない．

⑤ 新対策コストおよび現対策コストともに，社会的割引率を4%として算出する．

上記の方法で算出されたコスト縮減効果の事例を以下に示す．

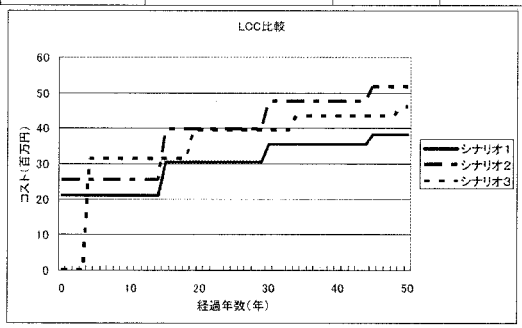
表-5 LCCのシナリオ事例

対策工法		
LCCのシナリオ		
シナリオ1	シナリオ2	シナリオ3
有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法＋電気防食	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	鋼板溶接工法＋有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法＋電気防食
		
早期に水中硬化ﾗｲﾆﾝｸﾞ（+1.9m～-0.44m）と電気防食工（-0.44m～-1.5m）を行い、水中硬化ﾗｲﾆﾝｸﾞは15年毎にやり換えを行う。電気防食工は50年耐用仕様を採用する。	早期に水中硬化ﾗｲﾆﾝｸﾞ（+1.9m～-1.5m）を行い、15年毎にやり換えを行う。	残存耐用年数になった時点で、鋼板溶接工法により肉厚不足の箇所を補修し、さらに水中硬化ﾗｲﾆﾝｸﾞ（+1.9m～-0.44m）と電気防食工（-0.44m～-1.5m）を行い、水中硬化ﾗｲﾆﾝｸﾞは15年毎にやり換えを行う。電気防食工は50年耐用仕様を採用する。
初年度に実施	初年度に実施	4年後に実施
264,000円／m（初回に実施） 206,000円／m（2,3,4回に実施）	318,000円／m （初回,2,3,4回に実施）	444,000円／m（初回に実施） 206,000円／m（2,3,4回に実施）

事例は，建設後27年経過した自立式矢板護岸で，鋼矢板の肉厚測定の結果，残存耐用年数が9年と診断された施設である．対策工法を3案選定し，シナリオ1～シナリオ3としてLCCの算出を行った．**表-5**にLCCのシナリオの事例を示す．

このシナリオをもとに算出したLCCの事例を**表-6**に示す．シナリオ1～シナリオ3のうち，シナリオ1が最も対策コストが低コストであることから，シナリオ1を新対策として採用する．現対策は，残存耐用年数となる9年後に自立式護岸を更新する場合とする．この場合の新対策コスト（約4千万円）と現対策コスト（約1億3千万円）のコスト縮減効果は約9千万円となった．

表-6 LCC算出の事例

対策工法					
LCCの算定					
	実施時期	対策内容	対策コスト	合計	評価
シナリオ1	初回(初年度)	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法＋電気防食	21.12百万円	38.20百万円	○
	2回（15年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	9.31百万円		
	3回（30年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	5.04百万円		
	4回（45年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	2.73百万円		
シナリオ2	初回(初年度)	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	25.44百万円	51.82百万円	×
	2回（15年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	14.37百万円		
	3回（30年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	7.79百万円		
	4回（45年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	4.22百万円		
シナリオ3	初回（4年後）	鋼板溶接工法＋有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法＋電気防食	31.43百万円	45.93百万円	×
	2回（19年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	7.90百万円		
	3回（34年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	4.28百万円		
	4回（49年後）	有機ﾗｲﾆﾝｸﾞ工法	2.32百万円		
					
コスト縮減効果					
新対策コスト		現対策コスト		コスト縮減効果	
38.20百万円		126.56百万円		88.36百万円	

上記の方法により，検討対象とした19漁港において算出された新対策コストと現対策コストの算出事例集計結果を**図-7**および**図-8**に示す．両図に示すとおり，新対策コストと現対策コストを比較すると，新対策コストの総計は約75億円（約3.9億円／港），現対策コストの総計は約190億円（約10.0億円／港）となり，ストックマネジメントによる予防保全対策の導入によりLCCが約40%に縮減される結果となった．また，新対策コストは，初回対策コストを含む場合は1.5億円／年程度，初回対策コストを含まない場合は0.5億円／年程度となり，平準化が図られていることがわかる．

また，今回のコスト縮減効果が全国の漁港にお

いても同様の効果が現れると仮定して，2.(2)で示した都道府県の2010～2090年の平均更新費用を新対策で再試算を行った．その結果，2009年度当初予算と比較して，年平均更新費用が2009年度当初事業費を超えている都道府県は12府県となり，現対策に比べ大幅に財政負担が軽減されることとなる．このことからも，地方公共団体の財政状況が厳しい現状において，ストマネ事業の導入は不可欠であると言える。

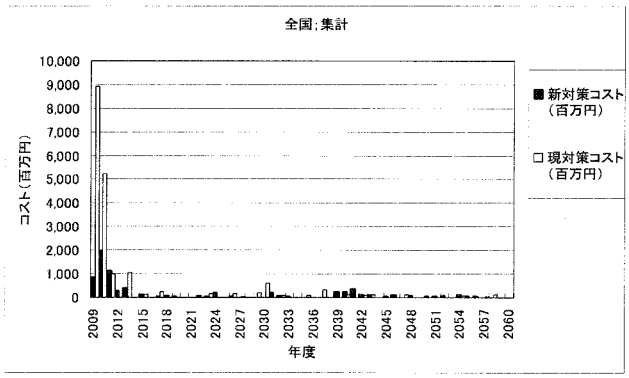


図-7 新対策および現対策コスト（単年度）

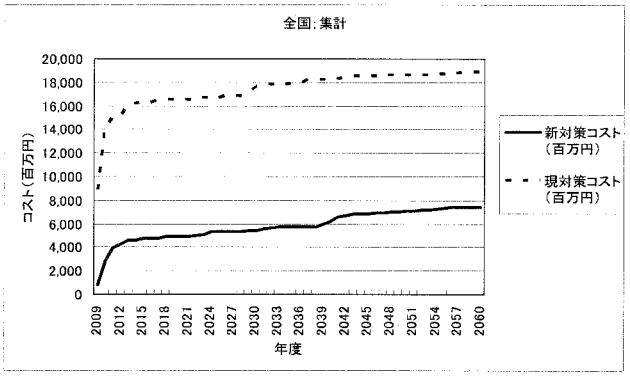


図-8 新対策および現対策コスト（累計）

4．まとめ

本研究では，漁港施設における機能保全計画の事例分析によるストックマネジメントのコスト低減に関して検討を行い，以下の結論を得た。

(1) 漁港施設の更新需要は，今後20年間で飛躍的に増加し，その増加は2030年頃にピークを迎えることが予想される．
(2) 半数以上の府県は，現在の予算額では適切な更新対策が行えない可能性があり，地方財政への影響が大きい．
(3) 施設別の対策傾向としては，係留施設の対策が外郭施設や輸送施設の対策件数よりも多く，水産物の陸揚げに直接影響を受ける係留施設の対策優先度が高い．
(4) 材料種別の対策傾向としては，鋼材の対策がコンクリートの対策よりも多く，鋼材の腐食といった劣化要因への老朽化対策が喫緊の課題である．
(5) 対策不要施設は，コンクリート構造物が多いが，これは，無筋コンクリート構造など比較的耐用年数が長く，急速な劣化も生じにくいため，事後保全的な対応に分類されたことが要因と考えられる．
(6) 新対策コストと現対策コストを比較すると，予防保全対策の導入によりLCCが約40%に縮減され，ストマネ事業によるコスト縮減効果が確認された．

しかし，今回の対象サンプルは，全国約3,000漁港のうちの19漁港（8府県）であり，全体の1%に満たない漁港である．また，対象施設は早急な老朽化対策が必要なものが多いことから，更新コストに社会的割引率が考慮されない事例が多く，コスト縮減効果を大きめに評価している可能性がある．

今後，コスト縮減効果や老朽化対策工法の事例等をより充実したものにしていくため，検討対象漁港数を拡充し，事例蓄積による対策工法の類型化やコンクリート構造物における予防保全対策手法の検討を行い，漁港施設のストックマネジメントの体系化を進める予定である．

参考文献

1) 梅津啓史，林浩志，三上信雄：漁港施設のこれまでの整備状況と今後の維持・更新対策の必要性，水産工学Vol.46 No.2，pp.181-186，2009年
2) 三上信雄，浅川典敬，保坂三美，水野敏雄，笠井哲郎，中西豪：機能保全計画に基づく漁港施設の維持管理手法に関する研究，海洋開発論文集Vol.25，pp.1071-1077，2009年