

海洋深層水を使用した漁港の衛生管理の計画と その効果について

THE PLAN OF A HYGIENE MANAGEMENT IN FISHING PORT USING DEEP SEA WATER AND ITS EFFECT

林 浩志¹・堀越伸幸²

Hiroshi HAYASHI and Nobuyuki HOROKOSHI

¹正会員 財団法人漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

²財団法人漁港漁場漁村技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田1-14-10)

This paper presents our research and study on a utilization planning of deep sea water for fishery production, aiming at supply of the safety and reliable fishery products, reduction of production cost and mitigation of environmental impact.

As a result, our study proved that making best use of deep sea water, production cost and power consumption for ice making can be reduced. In addition, an effective utilization planning was clarified to cope with supply scheme of clean low-temperature seawater to meet changes in landed quantity in a fishing port. Utilization of clean low-temperature deep seawater will be able to bring about more safety supply of the fishery products, reduction of the cost relating to producing clean low-temperature seawater now in use, and diminishing environmental impact.

Key Words : deep sea water, hygiene management, safety and reassurance foods, fishing ports

1. はじめに

現在, 低温性, 清浄性, 富栄養性等の特性を持つ海洋深層水は, クリーンで再生可能な資源として注目を集め, 水産分野や食品分野など様々な分野で利活用が検討されている。

水産分野での海洋深層水の利活用は, 1) 低温性や清浄性による水揚げした水産物への利用 (鮮度保持水・氷, 魚体洗浄, 施設・器具洗浄, 蓄養等), 2) 水産動植物の生産 (種苗生産, 増養殖等), 3) 天然水産動植物の生産性向上 (海域放水等) などが考えられている。

一方, 漁港では, 水揚げされた水産物の鮮度保持や衛生管理のために, 殺菌と氷による人工的な低温清浄海水を利用しており, これに掛かる費用は多大なものとなっている。これら人工的な低温清浄海水に代わり, 低温で清浄な海洋深層水の利用は, 水産物の安全供給とともに, 低温清浄海水に掛かる費用や環境負荷要素の削減が可能となる。

このようなことから, 本論文は, 安全で安心な水産物の供給を図る, 漁港での海洋深層水の利用計画の手法と, 生産コストや環境負荷の低減による効果

について検討を行ったものである。

2. 衛生管理型漁港

我が国は, 周囲を海に囲まれる地理的条件から, 古くから水産物を食料としてきており, 水産物の最大の消費国である。また, 各種水産物をさまざまに加工し利用するとともに, 魚介類を刺身で食べる習慣から, これまで, いろいろな鮮度保持技術が確立されてきている。

しかし, 1995年の欧州共同体 (後に欧州連合) による日本産水産食品輸入禁止措置, 1997年の米国での輸入品を含む全ての水産食品に対するHACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point, 危害分析重要管理点) による管理の義務づけ, 他方, 国内における腸管出血性大腸菌O157や黄色ブドウ球菌による食中毒事件, 牛海綿状脳症BSE, 鳥インフルエンザ, コイヘルペスなど, 食の安全性に関する世論の動向は急速に高まってきている。

このように, 食品の安全確保が国内外から強く求められている状況において, 水産物については, こ

れまでの鮮度保持とともに、安全性と信頼性を確保する品質・衛生管理体制の構築が必要となっている。

(1) 水産流通システムにおける漁港の役割

水産物の水揚げから、漁港での陸揚げや選別、加工、それらを結ぶ流通など消費地に至るさまざまな過程を水産物流通システムとして捉えたとき、漁港は、漁船から水産物を陸揚げするこのシステムの出発点として位置づけられる。このように、漁港は水産物を食品として供給する初期の過程であり、また、図-1に示すように、水産物の陸揚げや選別等の各種作業行程が存在し、多くの人々がその作業に係わる場所でもある。

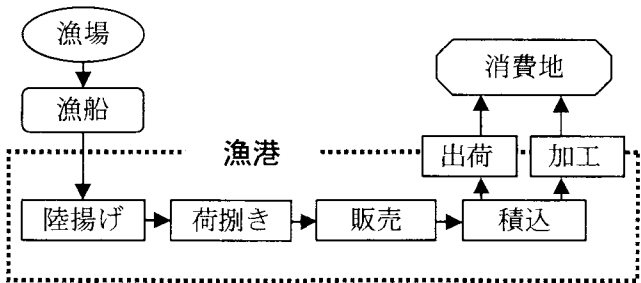


図-1 水産物流通システムにおける漁港の役割

(2) 漁港で生じる可能性がある危害

衛生管理における危害とは、健康に害を及ぼすおそれのある要因に限定され、それは、図-2に示すとおり①生物学的危害、②化学的危険、③物理学的危害の3種類に分けられる。

a) 生物学的危害

生物学的な危害は、腐敗微生物や食中毒の原因となる病原微生物、寄生虫等である。特に、水産物の場合は、好塩性の海洋細菌である腸炎ビブリオ、魚介類には存在しないが、哺乳類や鳥類の排泄物が汚染源であるサルモネラ菌に注意が必要である。

b) 化学的危険

化学的な危害は、フグ毒のような天然毒素の他、食品添加物や化学薬品物質がある。特に、アレルギー様食中毒(プトメイン中毒)は、細菌のヒスチジン脱炭酸酵素作用によって生成されるヒスタミンが原因物質となって起こる。アレルギー様食中毒の原因となる魚は、マグロ、カツオ、アジ、サバ、イワシなどの赤身魚である。

c) 物理学的危害

ガラス片や金属片、木片のような危険異物の他、毛髪や昆虫など、食品へ不潔感や不快感などを与える不快異物も含まれる。

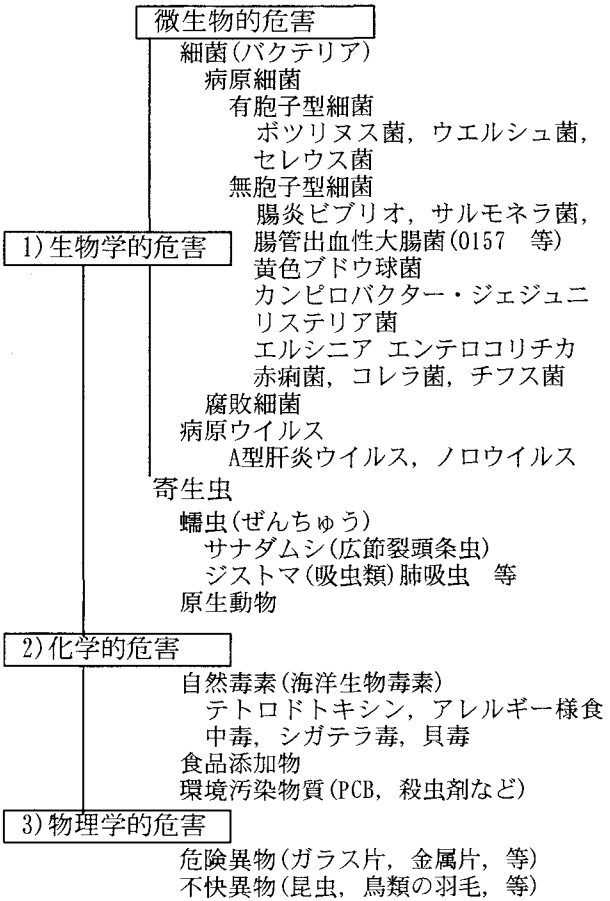


図-2 健康に害を及ぼすおそれのある要因

(3) 衛生管理型漁港

衛生管理は、健康に害を及ぼすおそれのある①生物学的危害、②化学的危険、③物理学的危害が水産物に侵入あるいは混入しないようにすること、そして、微生物等の危害については増殖を抑えることである。

これまで、水産物の取扱いは鮮度保持が重視されてきた。しかし、病原細菌の中には、低温で増殖するもの(リステリア菌など)や、低温に保持されている限りは問題ないが室温に放置されたのち、増殖が速くなるもの(腸炎ビブリオ)、菌数が少なくとも発症する危険があるもの(腸管出血性大腸菌0157など)がある。

そして、腐敗など細菌の増殖は、食品に付着していた初期菌数に大きく左右される。そのため、水産物の洗浄水に病原細菌が多く含まれていると、細菌の増殖を助長することになる。

したがって、漁港における衛生管理は、危害の侵入・混入の防止と微生物等の増殖要因を除去する①作業環境の清潔保持と、微生物等の増殖要因の除去や増殖環境の改変となる②水産物の鮮度保持を図ることにある。

(4) 清潔保持

清潔保持とは、危害の侵入あるいは混入させないことである。特に、水産物の陸揚げや洗浄、選別・計量・箱詰等の作業は屋外で行われることが多く、

異物の混入する可能性が高い。鳥獣対策や防塵対策など、岸壁上屋の整備やシートによる水産物への被覆等、異物が混入しない環境づくりが必要である。

また、作業後は残滓や汚水が残っており、これらは時間の経過とともに微生物が増殖して悪臭を放つなど、作業環境を不潔にするだけでなく、水産物の二次汚染の原因ともなるため、作業の前後には施設・設備・器材等接触面を洗浄し、作業終了後は清潔な場所で保管する。

さらに、各種作業従事者や見学者など、人を介して病原細菌等が作業場所に持ち込まれないように、作業場所への出入りを制限する必要がある。そして、作業前の手洗いや清潔な作業着の着用など、清潔保持に努める必要がある。

(5) 鮮度保持

水産物の鮮度は清潔な環境で扱っていても、そのときの温度・時間によって異なり、また、傷んだ水産物は鮮度低下が速く、水産物の鮮度は温度・時間・魚体状態の3つが相乗的に作用して決まる。

なお、新鮮で安全な水産物の供給は、水産物に付着している微生物等の増殖による腐敗を防ぎ、食中毒の原因を抑制することであるが、水産物にとって活きのよさという品質も重要であり、これを含めた管理が鮮度保持となる。

鮮度管理の中での腐敗と自己消化(活きのよさ)の関係については、図-3に示すとおりである。

魚介類の死後過程は、魚介類自身がもともと持っている酵素の作用による分解(筋肉や内臓の酵素による自己消化：内因性)と、魚に付着している細菌の作用による分解(細菌酵素による腐敗：外因性)に分けることができる。通常、生食する場合の活きのよさと言われているのは、魚体の硬直期間を長く保持すること(内因性の問題)であり、活きがよければ腐敗の問題はない。

つまり、活きのよさを保つことによって、人の健康に害を及ぼす病原細菌(食中毒の原因：外因性の問題)の増殖も抑えることになる。

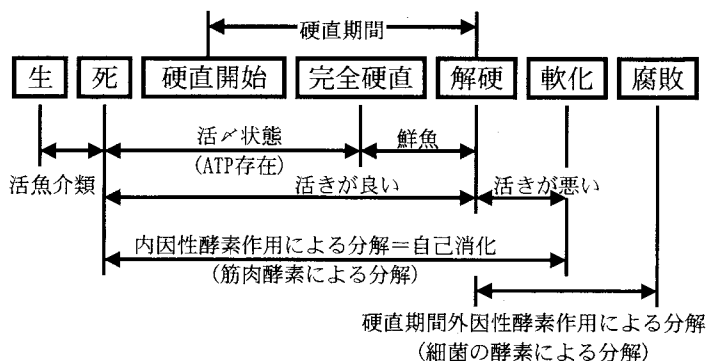


図-3 腐敗と自己消化(活きのよさ)の関係

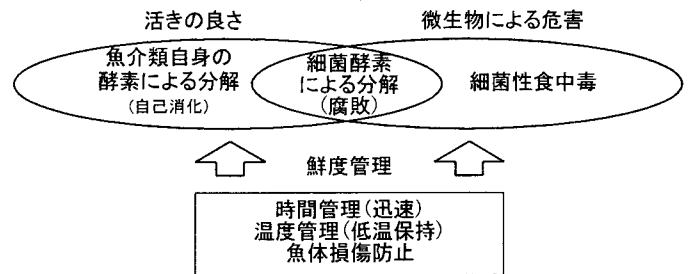


図-4 鮮度の全体像

a) 温度管理

微生物の増殖に必要な条件としては、①温度、②栄養、③酸素、④水分、⑤食塩濃度、⑥水素イオン濃度(pH)がある。

鮮魚の場合、水産物の水揚げから出荷までの過程で、制御できるものは温度である。

食中毒細菌の増殖限界条件は、リステリア菌やエルシニア エンテロコリチカのように低温でも増殖する病原細菌もあるが、一般には10℃以下の暴露条件(品温：魚体温)では最大累積許容時間が長くなり、食中毒の危険は非常に小さくなる。

腐敗に関しては、食品の表皮1cm²当たりの生菌数が10⁷~10⁸程度で腐敗と考えられ、マアジでは5℃で腐敗するまで5日かかる。また、マダイでは5℃で生菌数が増加しないものもある。一概には言えないが、一般的に鮮魚の場合、5~10℃で3日~1週間以内に腐敗すると考えられる。

アレルギー様食中毒のヒスタミン生成菌の増殖温度は下表の通りであり、中温性のヒスタミン生成菌の場合、10℃以下であれば増殖することはない。低温好塩型菌の場合、5℃以下でも増殖可能だが、凍結に弱く好塩性なので、実際の食中毒事例からは検出されていない。

これらのことから、主な食中毒細菌の増殖最低温度より品温(魚体温)を4~5℃に保てば、細菌の増殖抑制に有効であると思われ、水産物の水揚げから出荷まで過程おける温度は、約5℃が目安となる。

b) 時間管理

微生物の増殖は経過時間によって変化する。低温状態の維持とともに滞留がなく迅速な運搬を行う。

c) 損傷防止

水産物に付着する微生物等による腐敗を抑制するため、体表に傷などをつけないようにし、微生物等の侵入を防ぐ。

3. 海洋深層水を利用した衛生管理型漁港

海洋深層水の資源は安定した低温性、清浄性、富栄養性であり、その定義は、光合成による有機物生産が行われず、分解が卓越し、かつ、冬期の鉛直混合の到達深度以深の海洋水とされている。

これまで、我が国では水産分野を中心に、海洋深層水に関連する基礎研究をはじめ、食品、科学、医療等多様な分野においてその利用技術開発が進められており、特に、水産分野においては①水産動植物の生産(種苗生産、増養殖等)、②天然水産動植物の生産性向上(海域放水等)などが中心に行われている。

一方、漁港では、清潔保持や水揚げされた水産物の鮮度保持のために、港内外から取水した海水を殺菌するとともに氷により低温化(人工低温清浄海水)し使用している。このため漁業種類によっては多量の人工低温清浄海水が必要となり、これに掛かる費用は多大なものとなっている。

したがって、清潔保持と鮮度保持のため使用されてきた人工低温清浄海水に代わり、清浄性と低温性を有する海洋深層水を利用することで、水産物の安全供給を図るとともに、人工低温清浄海水に掛かる費用や環境負荷要素の削減が可能と考えられる。

そこで、海洋深層水の取水計画のある漁港をモデルとして、計画の立て方とその効果について検討を行った。

(1) モデル漁港の概況

モデルとして検討した漁港の主要漁業種類は、イカ釣、刺網、サケ定置網等であり、魚種はサケ、スケトウダラ、ホッケイカ、タラ等である。特に、サケの水揚げ量は18,834トン(2001年)、19,738トン(2002年)、19,415トン(2003年)、22,114トン(2004年)と全国一位となっている。

現在、サケ定置網漁業では、①出漁前に船倉へ清浄海水の給水と氷を積み込む(図-5)。②水揚げ後、船倉へサケを収容するとともに、収容に伴う温度上昇を防止するため氷を入れる(図-6)。③陸揚げ・選別・計量後、保冷タンクに収容し(図-7)、セリ・搬出といった工程で人工低温清浄海水を多量に使用している。このときの水温は、主な食中毒細菌の増殖最低温度より約5℃としている。

なお、清浄海水は漁港内から取水し殺菌したものであり、一部漁船では、殺菌装置を搭載した漁船もある。また、港内海水を使用しているため海水温度は18℃で、氷によって5℃を保っている。

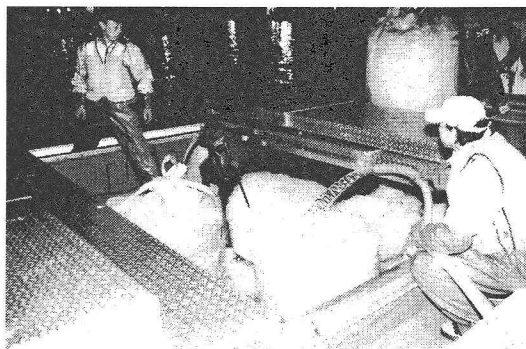


図-5 船倉への給水と氷の積み込み

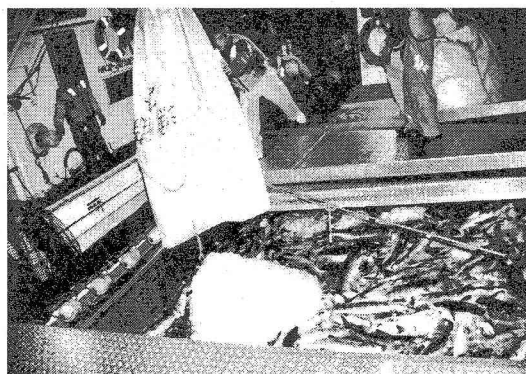


図-6 サケ収容に伴う温度上昇防止のため氷の投入



図-7 陸揚げ・選別・計量後の保冷タンク

(2) 海洋深層水を利用した衛生管理型漁港の計画

a) 海洋深層水の取水深度の考え方

氷水を使用して鮮度保持を図る場合、水温は主な食中毒細菌の増殖最低温度より、約5℃が目安となる。しかし、魚の収容に伴う温度上昇を考えれば、これ以下の温度が望ましいが、扱う魚種や魚の量によって大きく変化することから、低温清浄水として魚体洗浄に支障をきたさない水温5℃とする。なお、魚の収容に伴う温度上昇は氷で対応する。

したがって、海洋深層水取水位置は、清浄性が確保され、かつ、陸上での海洋深層水供給時の水温を5℃として、取水過程における水温上昇を考慮し、表層海水温最高時、取水水温最高時でも5℃以下となる水深350mとする。

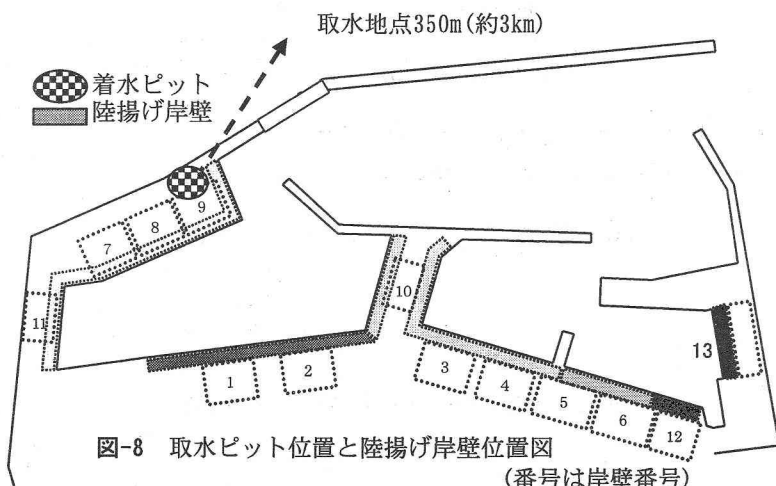


図-8 取水ピット位置と陸揚げ岸壁位置図
(番号は岸壁番号)

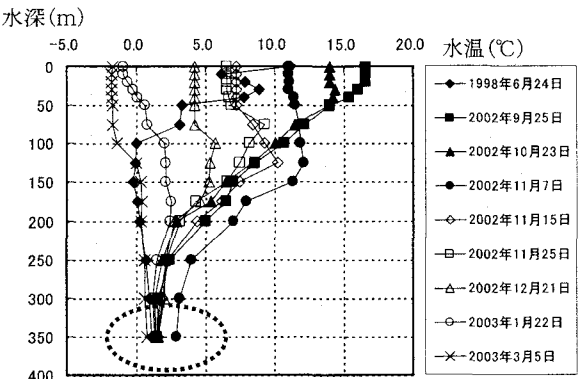


図-9 水温の鉛直分布

表-1 取水温度と供給水温度

	取水温度	供給水温度
表層水温最高時 (9月)	1.5℃ (100m以浅10.7～6.6℃)	4.2℃
取水水温最高時 (11月)	2.9℃	4.6℃

供給水温度は最終端岸壁13での値

b) 海洋深層水の取水量の設定

漁港において、衛生管理に向けた海洋深層水の使用は、漁船(船倉)・保冷タンクへ供給、岸壁や荷捌き所での施設・器具洗浄などである。そして、これらに使用する水量は、魚種、漁業形態によって大きく異なる。一般に、漁業活動は年間を通して、さまざまな魚種を対象に各種漁業が営まれている。したがって、取水計画量の設定にあたっては、魚種毎に季節別、時間帯別に使用量を算定する必要がある。

現在のところ使用量については、算定原単位が明確でないことから、現状の使用量から推定する。表-2に使用量の算定結果を示す。

表-2 季節毎の各岸壁での陸揚げ魚種と使用量

月	岸壁										計
	No.1	No.7	No.8	No.9	No.10	No.11	No.12	No.13	No.14	No.15	
1月	イカ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	
	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	
	108	108	108	108	108	108	108	108	108	108	
9月	イカ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	
	0.6×5	0.4×8	0.4×8	0.4×8	0.4×8	0.6×5	0.2×8	0.5×3	0.5×3	0.5×3	
	180	192	192	192	192	180	96	90	90	90	
10月	イカ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	
	0.6×5	0.4×8	0.4×8	0.4×8	0.6×5	0.2×8	0.5×3	0.5×3	0.5×3	0.5×3	
	180	192	192	192	180	96	90	90	90	90	
11月	イカ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	
	0.6×5	0.4×8	0.4×8	0.4×8	0.6×5	0.2×8	0.5×3	0.5×3	0.5×3	0.5×3	
	180	192	192	192	180	96	90	90	90	90	
12月	イカ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	サケ	
	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.6×3	0.3×3	0.5×3	0.5×3	0.5×3	
	108	108	108	108	108	108	54	90	90	90	

上段：主な対象魚種

中段：使用水量(m³/分)×使用時間

下段：使用水量(m³/日)

表-2は岸壁や荷捌き所での使用のみで、船倉や保冷タンクへの供給は含んでいない。なお、岸壁番号は図-8に示すとおりである。

一方、時間別の使用量については、表-2を基準として、各種漁業作業(出漁準備・陸揚げなど)時間から設定する。

表-3に盛漁期における時間毎の使用量を示す。月別の使用量は12～8月が1,278m³/日、サケ漁が行われる10～11月(盛漁期)は1,896m³/日に船倉や保冷タンクへの供給が加わり3,666m³/日の使用量となる。

したがって、海洋深層水の取水量は、月別・時間帯別の岸壁等での使用量から、海洋深層水の清浄性・低温性を損ねないように、ピーク時において1日で貯水量が0となるように計画(153m³/時)する。なお、1日当たり最大貯水量は1,920m³となり、これを満足する貯水槽を設けることになる。

表-3 時間別使用量と取水量・貯水量(盛漁期)

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	小計	船倉	保冷タンク	合計	取水量	貯水量
0																		153.0	1,683
1																		153.0	1,836
2															132		132.0	153.0	1,857
3															132		132.0	153.0	1,878
4															132		132.0	153.0	1,899
5															132		132.0	153.0	1,920
6	36	30	30	36	18	10.8	24	24	24	48	12	18	18	328.8		155	483.8	153.0	1,589
7	36	30	30	36	18	10.8	24	24	24	48	12	18	18	328.8		155	483.8	153.0	1,258
8	36	30	30	36	18	10.8	24	24	24	48	12	18	18	328.8		155	483.8	153.0	928
9	36	30	30	36	18	10.8	24	24	24	48	12	18	18	328.8		155	483.8	153.0	597
10	36	30	30	36	18	10.8	24	24	24	48	12	18	18	328.8		155	483.8	153.0	266
11							24	24	24		12			84.0		155	239.0	153.0	180
12							24	24	24		12			84.0		155	239.0	153.0	94
13							24	24	24		12			84.0		155	239.0	153.0	
14																		153.0	153
15																		153.0	306
16																		153.0	459
17																		153.0	612
18																		153.0	765
19																		153.0	918
20																		153.0	1,071
21																		153.0	1,224
22																		153.0	1,377
23																		153.0	1,530
TOTAL	180	150	150	180	90	54	192	192	192	240	96	90	90	1896.0	528	1,240	3664.0		

(3) 海洋深層水を利用した場合の効果

海洋深層水を利用した場合の効果は、衛生管理を推進するため清浄海水の使用が望ましいことから、港内から取水した海水を殺菌・冷却する場合と深層水を利用する場合の施設整備、維持管理に係るコスト比較で評価する。

滅菌と水による低温清浄海水は、表-3に示す海洋深層水と同量153m³/hr、取水は港内として費用を算定する。なお、殺菌方法は紫外線殺菌、水温は平均水温12℃(最大値18℃)の海水を氷によって5℃にするものとする。

これより、殺菌施設と製氷施設の整備費は5.1億円、送水施設整備費1.5億円、年間維持管理費1.15億円である。なお、設備の耐用年数は15年、取替に掛かる費用は、30年間の維持管理費に含めている。したがって、年間の維持管理費は30年間の費用を割り戻した値である。また、送水施設については、海

洋深層水と同様に各岸壁で使用するものとしている。

表-5 海洋深層水を用いない場合の
施設整備費と維持管理費

	金額(億円)	30年間(億円)
滅菌・冷却施設工事費	5.1	5.1
送水施設工事費	1.5	1.5
維持・管理費	(年間) 1.15	34.5
合計	-----	41.1

一方、海洋深層水の取水施設の整備費は16.0億円、送水施設整備費1.5億円、年間維持費0.6億円である。これらの結果から、施設整備費では海洋深層水の取水・送水に掛かる費用が約2.7倍となるが、年間の維持管理費は0.55億円安価となり、30年間では5.6億円の削減が可能となる。

表-6 海洋深層水取水・送水施設整備費と維持管理費

	金額(億円)	30年間(億円)
取水施設工事費	16.0	16.0
送水施設工事費	1.5	1.5
維持・管理費	(年間) 0.6	18.0
合計	-----	35.5

5. まとめ

衛生管理型漁港づくりを進めるため、水産物の鮮度保持や作業環境の清潔保持から、低温清浄海水の使用は必要なことである。清浄性・低温性を有する海洋深層水は、殺菌などの処理をすることなく、使用できることから、漁港の衛生管理においては非常

に有効な資源である。

海洋深層水を利用する場合、その取水位置(水深)は、清浄性の確保とともに、低温性が重要であることから、陸上各施設での使用時温度を食中毒細菌の増殖最低温度約5℃で供給できるように設定すればよく、今後の課題でもあるが海洋深層水の3つの特性のうち、富栄養性を考慮する必要がないものと思われる。

また、海洋深層水の利用によって、直接的な経費の削減とともに、人工低温清浄海水に費やされる維持費が電気代であることから、電力消費も削減でき環境負荷が低減するものと考えられる。

ここでは、陸揚げ量が多く、多量の低温清浄海水を必要とする漁港でのケーススタディであったが、陸揚げ量が少ない漁港については行っていないので、同様な効果が得られるか、検討が必要である。

そして、一般に海洋深層水の取水は、年間最大日使用量で計画され、年間を通して一定の取水量となっている。このため、一日あたりの使用量が少ないときは余剰水が生まれ、それを廃棄(オーバーフロー)している。今後は、さらに効率的な海洋深層水の利用を図るため、余剰水を少なくする海洋深層水の取水・送水システムの技術開発も必要である。

参考文献

1) 水産庁漁港漁場整備部：環境・衛生管理型漁港づくり基本計画の手引き，2001。
2) 中泉昌光，大島肇，岡 貞行，谷伸二，鎌田昌弘，若林隆司：安全・安心な水産物供給に向けた先導的な環境・衛生管理型漁港整備（標津漁港の事例），海洋開発論文集，第20巻，pp.587-592，2004。
3) Hayashi, H. Imabayashi, H. Yamashita, K. Horikoshi, N. and Kishino, M.: Planning on Utilization of Clean Low-Temperature Seawater for Fishery Products in A Fishing Port, OCEANS'04 MTS / IEEE / TECHNO-OCEAN'04, 2004