

定低温清浄な海洋深層水を利用した北海道知床羅臼における 衛生管理型漁港

Consistent Use of Cold Clean Deep Ocean Water (DOW) Assures Clean and
Sanitary Fish Port in Rausu, Hokkaido

高橋正征¹・川端達也²・山石秀樹²・千綾昭彦³・山内繁樹⁴・山下和則⁴・長野 章⁵

Masayuki TAKAHASHI¹, Tatsuya KAWABATA², Hideki YAMAISHI², Akihiko CHIAYA³,
Shigeki YAMAUCHI⁴, Kazunori YAMASHITA⁴ and Akira NAGANO⁵

Abstract

Recent global trading of foods and drinks has recognized the importance of food safety. It is particularly important for handling fresh fish and shellfish, and the Pharmaceutical Affairs and Food Sanitation Council of Japan (2001) announced postharvest guidelines such as keeping and handling fresh fish and shellfish immediately under 10°C using clean water. Rausu fishing port became a clean and sanitary fishing port by using consistently clean deep ocean water (DOW) with low temperature, which complied with the above mentioned guideline. DOW (yearly temperature variations of 0.3~5.1°C) is pumped up at a maximum rate of 4,560 m³ per day from a depth of 350 m at 2.8 km off the port, and stored temporarily in a concrete reservoir of 1,800 m³ capacity on the pier. There are 54 DOW hydrants within 15~35 m from the pier, and any fisherman can use DOW freely 24 h. DOW supply was partly started in 2012, and full service became available later. Since then fish and shellfish have been handled at constantly low temperature and clean condition from the time of catch until shipping. As a result, the use of ice for lowering temperature for caught salmon was reduced to more than 40%. People in the fishing industry have pointed out the superior freshness and good taste of harvested fish and shellfish.

Key Words: Deep ocean water (DOW), Low temperature, Cleanliness, Sanitary fishing port, Fresh fish and shellfish

要 旨

飲食料品のグローバル化により、安全性の確保が重要になっている。中でも、生鮮魚介類は重要で、国の薬事・食品衛生審議会(2001)は、魚介類の漁獲後は、10°C以下の低温環境下で清浄水を利用して作業・保存する基準を発表した。北海道知床羅臼漁港は、低温で上記の水質基準をクリアする高い清浄性の定低温海洋深層水を利用し、衛生管理型漁港となった。羅臼漁港の沖2.8 kmの水深350 mから、海洋深層水(水温年変動、0.3~5.1°C)を日量最大4,560 m³取水し、岸壁に設置した1,800 m³の貯水槽に一時貯留して利用している。岸壁には、15~35 m間隔で54個の海洋深層水給水栓が設置されていて、漁業関係者は24時間自由に利用可能。海洋深層水は、2006(平18)年に一部供用が開始し、2012(平24)年から完全供用となった。以来、漁獲直後から、荷捌き、積み出しまでの一連の作業が、海洋深層水を利用して低温・清浄環境下で行われている。その結果、低温維持のための水の使用量が、サケの取り扱いだけでも40%以上節減した。海洋深

¹ 東京大学・高知大学名誉教授(〒783-8502 高知県南国市物部乙200)

² 羅臼町水産商工観光課(〒086-1823 北海道目梨郡羅臼町栄町100-83)

³ 羅臼漁業協同組合(〒086-1893 北海道目梨郡羅臼町船見町2-13)

⁴ 株式会社エコニクス(〒004-0015 北海道札幌市厚別区下野幌テクノパーク1-2-14)

⁵ 全日本漁港建設協会(〒104-0032 東京都中央区八丁堀3-25-10 JR八丁堀ビル五階)

層水の利用によって、水産物の鮮度や味の良さが、関係者や利用者から聞かれる。

キーワード：海洋深層水、低温、清浄性、衛生管理型漁港、生鮮魚介類

1. 緒 言

1995（平7）年3月、EU（European Union：欧州連合）は水産物などの衛生管理の査察団を我が国に派遣し、各地で調査活動を行った。その結果、ホタテの取り扱いがEUの定めた要件に適合していないとして、同年4月に日本産ホタテのEUへの全面的な輸入禁止措置がとられた。

こうした背景には、欧米で関心が高まってきたHACCP（Hazard Analysis and Critical Control Pointの略でハサップやハセップなどと呼ばれる、所官の厚生労働省では“危害分析重要管理点”、専門家は“危害要因分析必須管理点”などと訳す。）の影響が大きい。HACCPは、1960年代初めの飲食料品のグローバル化の進展により、特に宇宙食などの安全性の確保のため、食品の加工・保存・流通時の食品の安全性チェックを目的として、1971年にアメリカ合衆国政府がガイドラインとして発表したのが始まりである。その後、HACCPの重要性は国際的認識となり、米国は1977年に魚介類の取り扱いにHACCPを義務付けた。飲食物の、調達・供給のグローバル化がさらに増した現在、傷みやすく、しかも生食利用される魚介類の安全性確保は重要課題である。

折しも、1998（平10）年5～6月に、根室管内から出荷されたイクラを食べた富山・東京・千葉の人たちに腸管出血性大腸菌O-157による中毒が発生し、日本国内でも水産物の衛生管理の徹底の必要性が社会的に強く認識されることになった。

中毒事件で北海道産イクラの全品返還という甚大被害を受けた北海道標津町では、主力水産物であるサケとホタテを対象として、“標津町地域HACCP推進マニュアル”を作り、2000（平12）年のサケ漁から実施した（標津町地域HACCP；川口（2002）；石井ら2010）。そこでは、体調を崩した人は、漁を始め、港での魚介類の選別作業など、水産物に触れることが一切禁止され、さらに漁獲後の魚介類の温度（腹

部内部温度を10℃以下に維持）と清浄性の管理、市場での魚の直置き禁止、用いる海水や洗浄水の定期点検など60項目以上の管理ポイントが定められた。

国の薬事・食品衛生審議会（2001）は、2001（平13）年5月18日に水産食品による腸炎ビブリオ食中毒の防止対策の基準を発表し、水産物の漁獲直後から消費者に届くまでの安全性の確保を関係者に指示した。それによると、1）生食用魚介類は常時10℃以下で保存し、2）原料用魚介類は高鮮度のものを使用し、加工に用いる水は飲料水基準を満たすか、滅菌処理する。海水は清浄人工海水を使う。3）製品1gあたりの腸炎ビブリオ数は100以下に抑える、ことが要求された。

羅臼漁港では、「漁船の混雑解消」のため、1995（平7）年から国の直轄事業で全天候型埠頭（以下、“人工地盤”）の整備工事が進められていたが、上記のような社会状況を踏まえて2003（平15）年に「漁港施設の衛生管理の徹底」が追加された。具体的には、清浄性が高く（高橋・池谷、2002）、低温な海洋深層水（以下、深層水）の利用が計画された（Takahashi and Yamashita 2008）。国内外で初めての試みのため、2003-04（平15～16）年に（財）漁港漁村建設技術研究所が事務局となって、学識経験者を集めて“羅臼漁港衛生管理型施設検討会”が組織され、必要事項が検討された。この検討会には埠頭整備事業を実行する北海道開発局が幹事として参加した。

本報告では、深層水を駆使した羅臼漁港の衛生管理施設の計画概要と建設後の使用状況を紹介し、今後の課題とその解決の方向を考える。

2. 海産生鮮魚介類の荷捌き用水に求められる性質

生鮮魚介類の荷捌きに求められる衛生管理は鮮度維持と一体化している。食品衛生法では、生鮮加工用の魚介類の洗浄水に対しては、衛生管理上重要な水質のみが規定されていて、鮮度維持に重要な温度

や浸透圧に関する規定は含まれない。そこで、ここでは上記の水質規定を踏襲し、さらに温度についても規定する上述の薬事・食品衛生審議会(2001)の基準で海産生鮮魚介類の荷捌き用水を考える。ここでは、生鮮魚介類の荷捌き用水には、1) 10℃以下の低温、2) 水道水の水質基準を満たし、3) 魚介類の腸炎ビブリオ類の一定数以下、が要求されている。

ただし、魚介類の場合、2) については注意が必要である。というのは、深層水は海水のため、水道水基準にある塩素イオン濃度200 mg/L以下の基準から外れる。海水中の塩素イオンは塩分由来で、海産魚介類の洗浄には浸透圧の関係で一定量以上の塩分が必須である。コンブの洗浄水でも同様で、飲用適の水道水(淡水)の使用は避け、海水が使われている。つまり、海産魚介類の荷捌きでは、品質や鮮度維持への配慮から海水が使用される。国内における水産食品の基準で最も厳しいと考えられる「対EU輸出水産食品の取扱要領」(厚生省医薬食品安全部・農林水産省消費安全局・水産庁(2014))で、「十分な飲用適の水が供給されなければならない」と同時に「丸のまま及び除頭や内臓除去をした水産物並びに切り身や薄切りの水産物には清浄水(清浄海水及びこれと同様の衛生水準の淡水)を使用することができる」とされているのはこうした配慮からと考えられる。

なお、現在、国内で取水されている深層水のほとんどは、毎日～毎月の定期検査が行われていて、それには水道水に求められる水質検査項目が含まれている。

3. 海洋深層水利用以前の羅臼漁港の状況

羅臼町は、人口5,774人(2013(平25)年)で、主な産業は天然物を対象とした漁業である。サケ定置網、沿岸イカ釣、刺網(スケトウダラ、マダラ、ホッケ、メンメ、カレイなど)、コンブなどで、最近5年間の年間水揚げ金額は130～140億円である。2000(平12)年以前の羅臼漁港は、日本各地の漁港と同じ従来型の衛生管理で、必ずしも安全性への配

慮が十分であったとは言えない。

羅臼漁港は2001(平13)年6月に「環境・衛生管理型漁港づくり推進事業」(2003(平15)年に、「地域水産総合衛生管理対策推進事業」に改変)のモデル漁港として道内で最初の指定を受けた。これを機会に、それまで港内から汲み上げた海水をそのまま仕分け・荷捌き・競り・搬送に利用していたのを改め、港内海水を紫外線処理あるいは塩素注入殺菌処理し、さらに氷で冷やして使用するようになった。その後、港内水の汚染に配慮し、海水の取水管を岸壁から港口まで伸ばし、汚染の少ない港外表層海水を利用するように改良した。

また、羅臼町のサケ定置網漁業では、漁獲後のサケを、直ちに氷で10℃以下にした清浄船倉水中に保存して港まで運び、港では10℃以下の氷冷低温清浄海水で仕分け・荷捌き、競り、搬送するように変わった。

2001(平13)年度、サケの定置網漁のため船倉につまれた清浄海水量は4万m³、使われた氷は5,000トン、荷捌き用の清浄海水量は43万m³。また、出荷時に、海水タンクを5℃以下に保つために清浄海水5.2万m³と7,000トンの氷が使われた。このため、サケ漁業に使用した氷の購入費用は年間1.2億円、清浄海水製造用の薬品購入および紫外線処理装置の購入・維持費(耐用年数15年として)が年間9,000万円で、合計年間2.1億円となり、この年のサケ定置網による漁業生産額40.8億円の5.1%になった(Hayashi *et al.*, 2004)。

サケ漁は9～11月の3カ月に集中するため、道内産の氷だけでは間に合わず、本州・九州から7,700トンの氷を搬入した。製氷エネルギーの137.5万kWは羅臼町の年間総電力消費の38.0%になり、製氷に必要な水量2.5万m³は、10月の羅臼町の上水使用量の9.3%に相当。このように、羅臼の秋サケ定置網漁のサケを衛生管理規定にしたがって処理するためには、きわめて多くのエネルギー・水資源と費用負担があった(Hayashi *et al.*, 2004)。

4. 海洋深層水による羅臼漁港の衛生管理型化計画と施設工事

羅臼漁港に人工地盤を造り、秋サケの荷捌きを人工地盤側に移すと、栈橋での刺網漁などとの荷捌きの競合が解消され、衛生管理が容易になる。また、埠頭は全天候型となり、2階建ての人工地盤の1階で、野鳥や直射日光の影響をほとんど受けることなく水揚げから出荷まで行える。後述する低温清浄水の給水口が岸壁洗浄の可能な間隔で配置されており、この漁港は衛生管理設備が完備されていることを示す「漁港の衛生基準」レベル2（水産庁漁港漁場整備部長通知 平成20年6月）と想定される（表1）。

さらに「漁港施設の衛生管理の徹底」では、低温清浄な深層水の積極的利用を考え、「定低温清浄海水取水施設」の建設が盛り込まれた。羅臼沖で得られる深層水は、周年にわたり水温5℃以下で、大腸菌と腸炎ビブリオは共に未検出・未増殖と高い清浄性が確認されており（羅臼町・（株）エコニクス、

1996）、深層水を無処理でそのまま低温清浄海水として利用可能。

羅臼漁港における定低温清浄海水は、周年にわたって毎月1,278 m³程度必要と算定された。これに加えて、秋サケ定置網漁の行われる9～11月には、サケ収容漁船の船倉に入れる分として528 m³/月、漁港でサケを一時保存するためのタンクに1,242 m³/月、荷捌き用洗浄水として618 m³/月で、サケ漁に毎月2,388 m³の深層水が必要となり、その他の漁業活動に必要な深層水量と合わせた合計は3,666 m³と算定された。漁業以外の水産加工やその他の深層水の利用も含めると、秋サケシーズンの3カ月は毎月4,512～4,555 m³の深層水が必要となる計算になった。これを基準にして、深層水の必要取水量は1日最大4,560 m³と見積もられた（表2）。

羅臼漁港沖では、水深150 mの海水温が周年10℃以下なので、魚介類を10℃以下の温度環境にするという薬事・食品衛生審議会の基準に則り、国直轄事業では、低温清浄海水の取水深度を羅臼漁港の沖

表1 漁港の衛生管理基準

レベル	定義	考え方
1	食中毒菌の混入を防止するため、危害要因となり得るすべての項目において必要最低限の措置が行われている漁港	①「岸壁での陸揚げ作業」「荷さばき所でのせり・荷さばき作業」の全工程を通じた危害要因の特定 ②全行程を通じて危害要因をなくすためのハード及びソフト対策の実施等
2	各種対策により食中毒菌の混入のないことが確認されるとともに、効果の持続化が図られている漁港	レベル1の対策に加え、 ①各種基準を満足するために必要となるハード及びソフト対策の実施 ②取組の持続性を確保するための定期的な調査・点検の実施等
3	衛生管理に対する総合的管理体制が確立されている漁港	レベル1、2の対策について、 ①記録の維持管理 ②要請に応じた情報提供が可能となる体制等の構築

表2 羅臼漁港における低温清浄深層水の必要量（m³）

利用区分	小区分	利用月											
		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
漁港利用	船倉						528	528	528				
	選別タンク						1,242	1,242	1,242				
	荷捌き用	1,278	1,278	1,278	1,278	1,278	1,896	1,896	1,896	1,278	1,278	1,278	1,278
水産利用		523	2,624	2,820	2,820	2,820	666	667	709	576	452	474	473
水産以外の利用		180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
総計		1,981	4,082	4,278	4,278	4,278	4,512	4,513	4,555	2,034	1,910	1,932	1,931

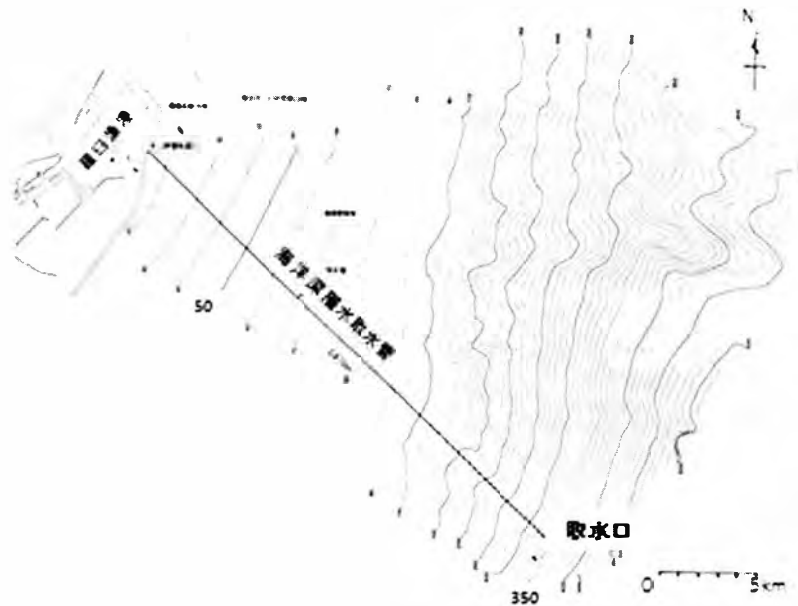


図1 羅臼漁港の海洋深層水の取水管設置ルート

合2.1 kmの水深150 mとした。一方、羅臼町は、1999（平11）年に羅臼漁港の北約12 kmの知床別漁港に、水深218 mから深層水を日量57.6 m³汲み上げる陸上取水施設を設置して、試験的に深層水の利活用を進めていた。この経験から、深層水のより幅広い利活用のため、沖合い2.8 kmの水深350 mからより低水温の深層水取水を希望した。その結果、総延長2,817 mの深層水取水管の2,136 mは国直轄、延長分の681 mは羅臼町の負担となり、取水管の敷設は国と羅臼町の合併事業となった。こうして、3℃以下の深層水の陸上取水計画が実現した（図1）。

深層水取水管は、内径268 mmで外径350 mmの銅帯鍍装高密度ポリエチレン管（管は保護用テープを巻き、その上は錘としての鉛テープと、それを抑えるスチールテープを巻いて、さらに防食のために低密度ポリエチレンで保護）で、全長2,817 mの一本管。取水管の先端には刺網などの漁網がかからないように三角錐型の取水口（図2）をつけ、2004（平16）年7月に敷設された。その際、50 m以浅の浅海部は波浪などによる損傷を防ぐために取水管の岸側の約0.7 kmを砂質層に埋設。岸側の取水管は南東防波堤と南護岸の接点部分で、海底から護岸に沿って立ち上げ、護岸を貫通した60 cmの鞘管を通して取水ピットの造られる位置に引き込んだ。取水管の立ち上がり部分は管の周辺を防護コンクリートで固



図2 羅臼漁港沖に敷設された海洋深層水取水管の取水口
（高さ8.5 m、底辺9.8 mの三角錐形）

め、鞘管の隙間も水中コンクリートで固めた。取水管は、取水ピットなどの工事が済むまで試運転を除けば管口を塞いだ状態で25カ月間にわたって海底静置。

深層水取水管に続くポンプなどの取水施設工事は2005（平17）年に始まった。取水ピットは、人工地盤の1階南側に計画され（図3）、幅と奥行きが共に7 m強、深さが12 mほどあり、ピットの底の喫水下6.7 mの位置に深層水用の30 kW取水ポンプ3台（1台は予備）を据え、取水管と連結された。汲み上がった深層水は、ストレーナー通過時に目合い1 mmのネットで濾過され、取水ピットに隣接した

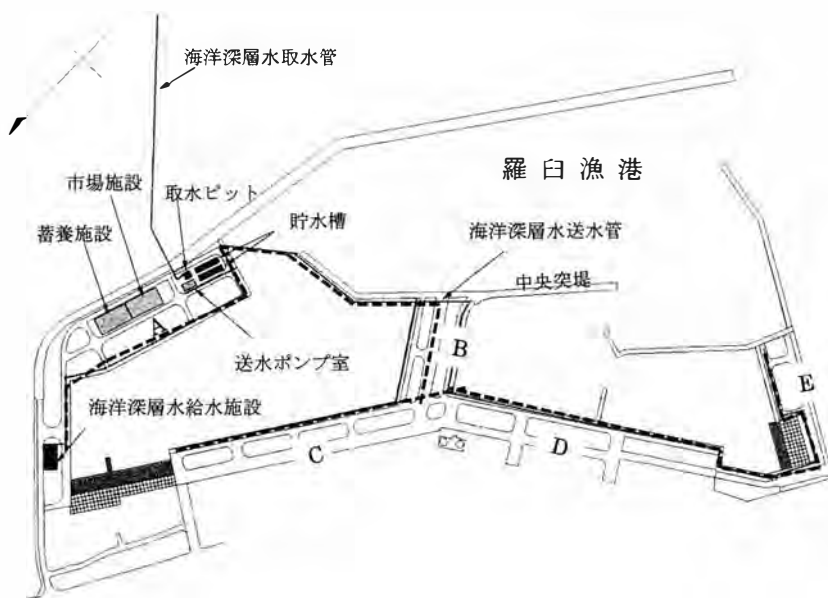


図3 羅臼漁港における海洋深層水の配管の状況
点線が港内の深層水配管ルート。

貯水槽に送られる。貯水槽は1基が容量900 m³で、厚手の鉄筋コンクリート壁で囲まれていて断熱性が高く、2基連結して人工地盤1階部分に造られた。取水ポンプ・貯水槽・送水ポンプなどの完成は2006（平18）年8月である。

貯水槽から漁港内並びに深層水給水施設（町営）（図3）へは、取水ピットの人工地盤1階に据えられた送水ポンプ（37kW：3台、11kW：2台）で送られる。港内の深層水供給配管は、漁船やその周辺で使用するため岸壁沿いに敷設された（図3）。貯水槽からの深層水供給管は2本で、1本は人工地盤（A岸壁）側に、先端には町営の深層水給水施設がある。他の1本は、港内の海底を渡して中央突堤に沿いB岸壁と、C、D、E岸壁に至る。漁港内の深層水配管工事は4回に分けて行われ、第1期がA岸壁のある人工地盤（第1系統）とB岸壁で、2006（平18）年9月に給水開始。第2期がD岸壁に至る経路（第2系統）工事で、完了は2008（平20）年8月。第3期がE岸壁側で、工事完了は2009（平21）年8月。第4期がC岸壁で、工事完了は2012（平24）年8月である。

深層水の取水口から、羅臼町の希望した延長部分を除いた深層水取水管を始め、取水・貯水・配水に関わる一切の深層水施設の管理責任は国から北海道に移管されており、日常のメンテナンスは町と漁協が担当している。

5. 羅臼漁港における海洋深層水を利用した衛生管理の現状

深層水の一部一般供用（第1系統）は2006（平18）年9月の秋サケ漁期から始まり、以後順次送水管が整備され、漁港全域への完全給水は2012（平24）年9月に実現した。

羅臼漁港では、岸壁沿いに54個の深層水給水栓（図4）が15～35 m間隔で並んでいて、24時間、常時、漁業者は自由に深層水の利用が可能。給水口1カ所で15～18 m³/時間の給水能力がある。したがって、54カ所の給水口がすべて開かれると、1時間で貯水槽のおよそ半分の810～972 m³の深層水が使われる計算になる。ちなみに、羅臼管内のサケ定置網は33ヶ統あり、そのうち羅臼漁港で荷揚げするのは31ヶ統で（陸送される2ヶ統についてもトラックからの荷揚げで深層水を使用）。サケ定置船への給水は、午前4時から10時ごろに集中する。一方、刺網漁業船（約60隻/多い時）の給水は午前8時から13時頃が多い。

定低温清浄深層水は、漁船・岸壁・荷捌き用施設・市場の床洗浄に使われ、漁獲物・魚箱の洗浄、鮮度保持水としても利用されている。市場内や、岸壁床面で常時清浄性を保つ必要のある場所には、給水栓以外に散水用の深層水配管がなされている。加

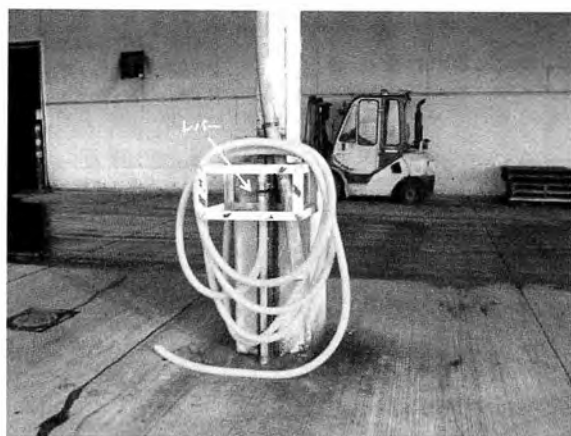


図4 羅臼漁港内に設置された深層水給水栓。港内の柱に沿わせて配置
横になっているレバーを縦にすると、深層水が出る。

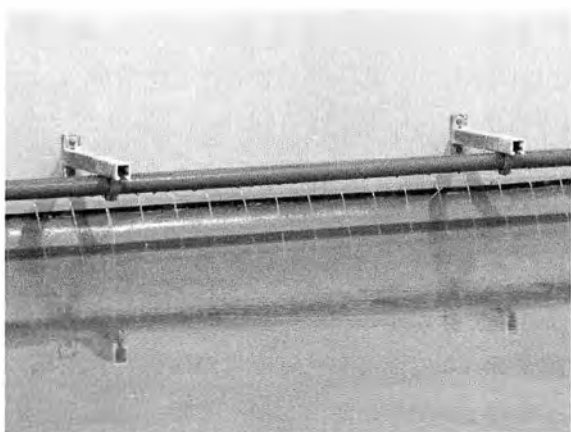


図5 羅臼漁港の魚の競りが行われる室内床面の清浄性と室温を低く保つための床への深層水のかけ流し装置

えて、市場内は定低温深層水を床に散水することで、室内の低温維持効果も大きい(図5)。また、従来は床に垂れ流していた排水は、トレンチに導いて、特定個所から港内に排水している。

陸上取水した深層水の水温(取水ポンプ位置で測定)の年変動は $0.3\sim 5.1^{\circ}\text{C}$ で、最低は3~5月に見られ、6~9月に徐々に昇温し、11~1月に最高水温になり、1~2月に急速に低下する(山口・野別, 2008)。月1回測定する塩分は $33.12\sim 33.89$ で、変動は小さく安定している。年によって33.6を超える塩分が観測され、宗谷暖流起源と思われる水塊の侵入が推察される(塩本・野別, 2008)。

取水ポンプのオン・オフは人為制御(1日に2回、週日は町役場、週末は漁協のそれぞれの担当者が実

施)。貯水槽が一杯の時はオーバーフローする。オーバーフローの量は、2012(平24)年度でみると、最少が10月の4,340トン(取水量の5.4%)、その他の月は15,000トン弱で取水量の19~27%程度である。気温の高い9月には、給水口で 2.5°C の深層水は、末端の給水栓で 5°C 程度になる昇温が確認されている。気温が比較的高い9月末、貯水槽に1日程度貯留された深層水は、給水口での水温が 5°C (取水直後に比べて約 2.5°C 昇温)に上昇。2012(平24)年度の月毎の日平均深層水使用量は、オーバーフロー分を除くと、最低が4月の $1,217\text{ m}^3/\text{日}$ 、最大は10月の $2,432\text{ m}^3/\text{日}$ である。したがって貯水槽の単純水交換率は、4月は3日に2回程度、4月は3日に4回程度、ちなみに、1日に1回以上の水交換になったのは4月、10月、11月の3カ月である。気温と水利用量に応じて、給水口から出る深層水は、夏は昇温、冬は降温するが、貯水槽の単純水交換が最少でも3日に2回あるので、給水時の水温変動は小さい。

深層水が一部利用可能になった2007(平19)年とそれ以前の2005(平17)年の、羅臼漁協で使用された秋サケ漁の氷の量が集計されている(吉田ら, 2007; 岡元ら, 2007)。2005(平17)年は、薬品投与などで清浄化した羅臼湾口表層水(約 18°C)が使われ、 5°C 以下に保つために、19,549トンのサケの水揚げ量に対し6,595.5トンの氷が使われた。したがって1トンのサケに0.337トンの氷が使われた計算である。これに対し、2007(平19)年は、サケの漁獲量16,552トンに対して使われた氷の量は3,803.2トンで、氷使用量はサケのトン当たりで0.230トンと、32%減った。当時の氷の値段は1トン12,500円なので両年の氷の使用量を金額で比較すると、約3,500万円(サケの漁獲減分を考えると約2,955万円)の削減になる。ただ、2007(平19)年は深層水使用の2年目で、漁業者の多くが深層水の使用に慣れていなかったため、氷の使用量削減は徹底していなかった。2012(平24)年の聞き取り調査では、秋サケ漁の漁船と荷捌き時の氷の使用量は深層水使用前の1/6(84%減)に減じたところもある。さらに、深層水利用以前の清浄海水製造は中止され、その分の費用負担はなくなった。全体でみると、サケのトン当

たりの氷使用量は、2005（平17）年をピークに、2008（平20）年から0.257、0.204、0.193トンと年々低下している。

深層水の使用量は、当初の予想通りに9～11月に多く、12～4月に少なくなるが、その間でも最大使用時の50%以上の量が使われている。なお、使用量の少ない冬季は夜間のポンプ運転は休止。

取水施設の建設当時の取水量は $4,560 \text{ m}^3/\text{日}$ （ $190 \text{ m}^3/\text{時}$ ）であったが、建設から6年を経過した2013（平25）年9月には、最大取水量は $3,480 \text{ m}^3/\text{日}$ （ $140 \text{ m}^3/\text{時}$ 、約24%の減少）程度まで低下した。最大取水量の低下の原因として考えられるのは、取水管内面への生物付着などによる取水管の断面積の減少と管内壁面の滑らかさの減少などである。それをうかがわせるものとして、最近、ストレーナーに大型のフジツボの殻（高さ、2.5～3 cm）がしばしばかかる。

ただ、深層水の1日当たりの最大使用量は、サケの漁獲量の減少などの影響で、サケ鮮度保持用タンク・水揚げした魚の冷却洗浄・船舶や漁具の洗浄などで $2,400 \text{ m}^3$ 、床かけ流しや用水といった市場の衛生管理に $250\sim 290 \text{ m}^3$ 、魚函の洗浄に 280 m^3 、漁獲物の蓄養に $240\sim 480 \text{ m}^3$ で、合計すると最大時でも日量 $3,170\sim 3,450 \text{ m}^3$ となり、取水能力の低下が直ちに深層水利用に支障をきたす状態ではない。現在の1日の取水量は $1,700\sim 2,800 \text{ m}^3/\text{日}$ である。2012（平24）年度の深層水の取水量は $744,000 \text{ m}^3$ 。

取水ポンプ（耐用年数は約15年）は年1回定期検査を実施。貯水槽は隔年で清掃しているが、貯水槽の底に細かい砂が少量溜まる程度で、汚れは全くない。また、貯水槽の壁面のぬめりや付着物もない。

ストレーナーには、プランクトンの他に、エビ、魚、ドスイカ、そしてウニなどもかかる。施設の完成以来、ストレーナーにかかった動物の継続調査が行われていて、一部がすでに発表されている（藤谷ら、2013）。魚はクサウオやビクニンが多く、稀にスケトウダラも入り、魚は集中して入る傾向がある。クサウオの新種（*Careproctus rausuensis*）1種も発見・報告されている（Machi *et al.*, 2012）。エビは冬に多く、プランクトンには季節的な変動が見られ

る。年間を通した継続調査結果をみると、動物プランクトンの出現個体数は $20\sim 550 \text{ 個体}/\text{m}^3$ で、当該海域の表層の一般的な数値 $600\sim 1,200 \text{ 個体}/\text{m}^3$ よりは少ないものの（山口・野別、2008；塩本・野別、2008）、温帯や熱帯海域に比べるとかなり多い。羅臼周辺海域は、夏の表面海水温上昇が大きくなり、水柱の鉛直成層構造が弱い。そのために、秋に見られる表層の鉛直混合が300 m以深にまで及んでいる（Hayashi *et al.*, 2004）。こうしたことから、350 mの取水深度でもかなりの動物プランクトンが見られ、深層水取水管内での生物付着の可能性も考えられる。

2012（平24）年度の深層水取水・給水施設の維持管理費は、6,766千円（電気代4,332千円、維持管理費2,434千円）で、町と漁協が折半して負担。

6. 羅臼漁港における衛生管理効果

羅臼漁港では、栈橋や建物を中心に港内各所に設置されている給水栓や蛇口をひねるだけで、定低温清浄深層水が水道水の感覚で自由に利用できる。漁船・漁具・岸壁・市場などが、常時、清潔で、必要な場所は低温環境が維持され、漁獲した水産物の衛生管理が、極めて容易になり、その上、漁業者の費用負担も大きく軽減された。羅臼漁港では、漁業者をはじめとして、水産物を扱う関係者が積極的に深層水を利用している。

深層水は通年にわたって低温清浄なので、周年鮮度保持に利用可能。さらに、深層水給水栓が岸壁近くにあるために使いやすく、船のエンジンを止めた状態で漁獲物の仕分けができ、燃油の節約になると漁業者の評価は高い。深層水で清浄性と鮮度保持を行った水産物は、消費地に近い納入先で評価が高い。羅臼の秋サケは、遠くに送られるほど鮮度保持効果が大いといわれ、特に三陸の加工業者から良質との高い評価を得ている。今や、深層水は漁業者と流通関係者の両方から高く評価されており、羅臼の水産業に不可欠となっている。また、羅臼の港・岸壁・市場内は、秋鮭のシーズン中や夏でも魚臭が全く感じられない。扱っている魚介類の新鮮さと、

深層水による清浄性の確保・維持の効果と考えられる。こうしたことから、羅臼の漁獲物は競争力が強くなっている可能性があるが、魚価は需給関係に影響される要素が大きく、今のところ、深層水による衛生管理が魚価の向上につながっているとは断定できなく、長期的視点に立った影響評価が必要である。

7. 漁港の衛生管理以外の海洋深層水の利活用の現状

羅臼では、非水産利用を含め各種の利活用に向けて羅臼漁港にある町営給水施設から深層水を供給している。こちらは、深層水原水を2段濾過して10 μ m以上の微小粒子を取り除き60トンタンクに保存している。タンクは断熱性が高く、定期的に深層水を入れ替えているので水温の変化は抑えられており、タンクから給水される際には紫外線殺菌処理される。給水は、毎分500Lと200Lの大口用が屋外にそれぞれ1口ずつあり、室内には小口給水栓が3口用意されている。販売用深層水の給水能力は、日量480トン。

こちらの深層水は有料で、販売価格は羅臼町の内外で異なり、小口の場合は10Lで町内者は50円、町外者は60円。1トン以上の大口利用では、町内者がトン当たり500円（ただし水産利用に限りトン当たり300円）、町外者は600円。

2008（平20）年から5年間に、町営給水施設を通じて供給された深層水は、年間にそれぞれ11,881, 11,641, 7,281, 7,324, 5,481トンで、漁港の衛生管理に比べると使用量は少ない。ごく最近では月に450トン程度で周年にわたって大きな量の変動は見られない。深層水利用顧客は深層水の利活用を目指して新規設立された（有）らうす海洋深層水社が主で、多くはこの会社を経由して深層水を得ている。深層水利用企業は知床らうす深層水利活用協議会を組織し、羅臼町を含め道内外の50数社が登録している。

羅臼での深層水の利用は、清浄性と新鮮さを長持ちさせた“羅臼の秋鮭”以外に、“ホッケの開き”、“無着色たらこ”などの水産物加工品がある。また、

1～6月がシーズンのエゾバフンウニを、深層水の低温を利用して産卵抑制して観光客が多くなる7、8月まで蓄養することが可能になった。ホッケのすり身にも深層水が使われ、味が向上したと評価されている。深層水を薄めてタマネギ畑に散布することも篤農家が定期的に行っている。このほか、羅臼や周辺地域で盛んな酪農への利用の可能性も模索されている。

羅臼町以外では、みそ、豆腐、ラーメン、ラムネ、焼酎、飲料水、化粧水、クリーム、入浴剤などで、羅臼の深層水を利用した各種商品開発・販売が進んでいる。

8. 今後の課題

羅臼の深層水利活用に関して、以下のような検討課題が考えられる。

- (1) 深層水を利用した羅臼漁港での衛生管理型漁港は、日本だけでなく世界初の試みで、2006（平18）年9月の試行開始から7年を経過し、試行は成功して順調に機能している。深層水の取水・供給施設は国有で、管理は北海道に委託され、日常の管理は町と漁協が行っている。しかし、今後の機能維持保全についての調査などを行い、将来的には、受益者がより積極的に維持・管理する方向を目指すことが望まれる。
- (2) 深層水の効果を、できるだけ金銭換算して見やすくする（石井ら、2010）。使用水の量の減少や海水の滅菌不要による費用削減など、使用者側の費用負担の軽減の“見える化”。さらに、鮮度の良さなどによる競争力の強化や売り上げへの経済効果の“見える化”。そして、個別の効果を総合して、全体として眺める工夫。
- (3) 深層水の取水・供給施設の稼働後の雇用創出効果の把握調査。町内と町外に分けて深層水に関係した雇用情報を収集して集計。
- (4) 深層水の取水・供給施設の維持管理（取水ポンプの交換、取水量の減少（管内生物付着の可能性などの対策）、港内の給水栓の増設など）の検討。

- (5) 水産分野における深層水の新たな利活用の検討. 歯舞漁協が成果を上げているブランド化などを参考に.

謝 辞

今回のレポートの纏めに当たっては、羅臼町と羅臼漁業協同組合の関係者の方々に様々お世話になり、感謝申し上げます。また、知床財団の野別貴博博士には多くの貴重な情報をいただいた。

参考文献

- 藤谷秀明・野別貴博・五嶋聖治 (2013) 知床半島羅臼沖で採集された深海性十脚甲殻類. 知床博物館研究報告, 35, 15-28.
- Hayashi, H., H. Imabayashi, K. Yamashita, N. Horikoshi and M. Kishino (2004) Planning on utilization of clean low temperature seawater for fishery products in a fishing port. Oceans'04, MTTS/IEEE Techno-Ocean'04, 1, 314-319. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=1402934>
- 石井 馨・横山 純・熊谷純郎・古谷温美・吉水守 (2010) 北海道標津町の地域HACCPの取組みによる地域経済への波及効果の評価. 日本水産学会誌, 76, 646-651.
- 川口 真 (2002) 標津町地域HACCP (ハサップ) の取り組みと効果. 全国漁港漁場整備技術研究発表会講演集, pp. 23-31.
- 厚生労働省医薬食品局安全部・農林水産省消費安全局・水産庁 (2014) 対EU輸出水産食品の取扱要領. www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/shokusanzen/jigyousha/taien/dl/
- Machi, K., T. Nobetsu and M. Yabe (2012) *Careproctus rausuensis*, a new liparid fish (Percomorphacea: Cottiformes), collected from Hokkaido, Japan. Bull. Natl. Mus. Nat. Sci., Ser. A, Suppl., 6, 33-40.
- 岡元節雄・伊藤文彦・寺澤哲也・八幡雅人 (2007) 羅臼漁港における衛生管理型漁港整備と海洋深層水利用. 第11回海洋深層水利用学会全国大会, 2007知床らうす大会, 講演要旨集, 42-43.
- 羅臼町・(株)エコニクス (1996) 平成8年度深層水水質調査報告書, p. 91.
- 標津町地域HACCP, www.shibetsu.net/haccp
- 塩本明弘・野別貴博 (2008) 羅臼沖の深海域における海洋環境及び動物プランクトン調査, 知床半島羅臼沖の深層水を用いた水質モニタリング調査. 平成19年度知床世界自然遺産地域生態系モニタリング調査業務報告書 (財団法人知床財団), pp. 428-432.
- 高橋正征・池谷 透 (2002) 海洋深層水の清浄性. 海洋深層水研究, 3, 91-100.
- 水産庁漁港漁場整備部長通知 (2008) www.jfa.aff.go.jp/j/gyosei/supply/hozyo/pdf/131218c.pdf
- Takahashi, M. and K. Yamashita (2005) Clean and safe supply of fish and shellfish to clear the HACCP regulation by use of clean and cold deep ocean water in Rausu, Hokkaido, Japan. J. Ocean Univ. of China, 4, 219-223.
- 山口 篤・野別貴博 (2008) 知床羅臼深層水により採集された動物プランクトン群集の季節変化. 平成19年度知床世界自然遺産地域生態系モニタリング調査業務報告書 (財団法人知床財団), pp. 434-433.
- 薬事・食品衛生審議会 (2001) 腸炎ビブリオ食中毒防止対策のための水産食品に係る規格及び基準の設定に関する答申. www.mhlw.go.jp/shingiji/0105/s0518-1.html
- 吉田 潤・宝福一哉・菅原哲也, 羅臼漁港衛生管理型漁港整備について, 6 pp. www.hkhd.mlit.go.jp/topics/gijyutu/giken/h21giken/JiyuRonbun/AA-16.pdf
- (2013年12月27日受付; 2014年7月16日受理)