

苫前漁港におけるエコエネルギーを活用した 衛生管理対策について

－雪氷エネルギーを活用した漁獲物の鮮度保持－

留萌開発建設部 留萌港湾事務所 ○海津 博行
苫前町 平井 栄治
北るもい漁業協同組合苫前支所 高野 末喜

近年、食の安全・安心に関する消費者の関心がますます高まるなかで、水産物についても漁獲物の水揚げから出荷に至る流通経路での鮮度保持などへの対応が急務となっている。その中、苫前漁港の荷捌所施設は、昭和 35 年に整備された施設で衛生管理に対応した構造となっておらず、夏期には荷捌所内の室温が上昇し、漁獲物の鮮度保持が支障となっていたので、平成 22 年度に荷捌き所にて雪冷熱施設導入、床の打ち直し、天井・シャッター等の改良を行ったところである。

本研究では、苫前漁港における衛生管理対策の一つである、荷捌施設における雪冷熱エネルギーを活用した漁獲物の鮮度保持効果について、現地調査を実施し検証したので報告する。

キーワード：エコエネルギー、雪氷熱、衛生管理

1. はじめに

苫前漁港は北海道北西部留萌管内のほぼ中央に位置する第3種漁港であり、日本海有数の好漁場である武蔵堆の近傍に控え、イカ釣り漁業、エビ桁曳き網漁業の沖合漁業及び刺し網漁業等の沿岸漁業の拠点港として、また、北海道オホーツク海沿岸をはじめ東北地方のホタテガイ養殖生産地を支える種苗（稚貝・半成貝）供給拠点として日本海北部有数の水産物流通拠点漁港である。

平成 20 年 6 月に水産庁から「漁港における衛生管理基準について」が示され、水産物流通拠点における衛生管理対策が方針付けられることとなった。この様な情勢を受け、地元が進める取組みと連携を図り、安心して安全な水産物を流通に至るまで総合的に管理するための施設整備が必要となってきたことから、平成 22 年度に国により苫前漁港の衛生管理計画を策定し、北るもい漁業協同組合苫前支所が衛生管理マニュアルを策定したところである。

漁獲物の陸揚げから出荷に至る流通経路(図-1)での鮮度保持や衛生管理を目的として、老朽化が著しい荷捌所について、平成 22 年度に漁協主体で荷捌所を改修し、平成 23 年度に直轄整備事業で-3.0m 岸壁を屋根付き岸壁に改良を行い、H24 年度に衛生管理型漁港として暫定供用を目指すこととした。

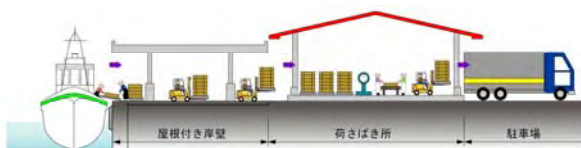


図-1 衛生管理施設イメージ図

2. 荷捌き所の改修計画

(1) 課題

本漁港での漁獲された水産物のお荷にあたり主要な施設である当地区の荷捌所は、昭和 35 年に整備された施設で、断熱効果が低いため、夏期間の所内温度の上昇により水産物の鮮度保持に支障が生じることや、害虫等が侵入する等、衛生管理に対応する施設となっていない。また、荷捌き所内の床面に不陸が生じ水が滞留する等、老朽化が著しい状況である。(写真-1)

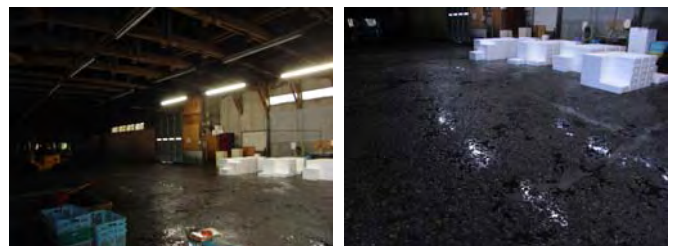


写真-1 改修前荷捌き所内

(2) 対策

苫前町では、平成 6 年から風車による風力発電による自然エネルギーを取り入れていることや漁船の陸揚げ・休憩用に陸上電源装置を導入し低炭素化社会実現に向け、積極的にエコ化に取り組んでいる状況にあったことから、今回、荷捌所を改修するにあたって、魚の鮮度保持を図ることを目的として、再生エネルギーを活用することを検討した。苫前町は、北海道内でも積雪量が多い地域であることから、荷捌所内の一部を間仕切りして全国初

の雪氷熱エネルギーを活用した荷捌所（写真-2～5）を整備することとした。害虫等や外気の進入を防ぐため、高速シャッターを新設し、シャッター開閉時間の短縮を図ることや、床の打ち直しや天井及び壁の改修を行ったところである。また、3月下旬に漁港内で排雪される雪を雪貯蔵室及び貯雪庫に保管して使用することとした。



写真-2 改修後荷捌き所内



写真-3 漁獲物陳列状況



写真-4 貯雪庫から雪搬出状況



写真-5 荷捌所の雪貯蔵室状況

(3) 期待される効果

雪氷熱エネルギーを活用することにより、荷捌所内が冷却され、陸揚げされてから出荷されるまでの間、荷捌所内に陳列されている漁獲物においても、鮮度保持が図られることや、床・屋根等を合わせて改修することにより、陸揚げから出荷までの衛生的な流通形態を構築することにより、苫前漁港での安心・安全に係わる信頼の確保と雪氷熱エネルギーを活用したエコ漁港としてのブランド化を図り、魚価の向上が図られることも期待される。

3. 調査

(1) 概要

a) 荷捌所内温度測定

測定日時は、平成23年7月14日3:30～21:26の約18時間とし、測定位置は、冷却エリア6ヶ所×3段（上段・中段・下段）=18点、非冷却エリア1ヶ所×3段（上段・中段・下段）=3点、合計21点とした。各測定点での高さは、上段：床面から約1,000mm、中段：床面から約500mm、下段：床面から約300mmに設定した。これらにより、冷風吹き出し口からの距離及び床面からの高さによる温度変化の違いを測定した。測定器配置図及び設置方法を図-2に示す。これ以外に、屋外と雪貯蔵室内の温度及び冷風吹き出し口2ヶ所の温度を測定した。測定機器は、カードロガー式測定器を使用した。

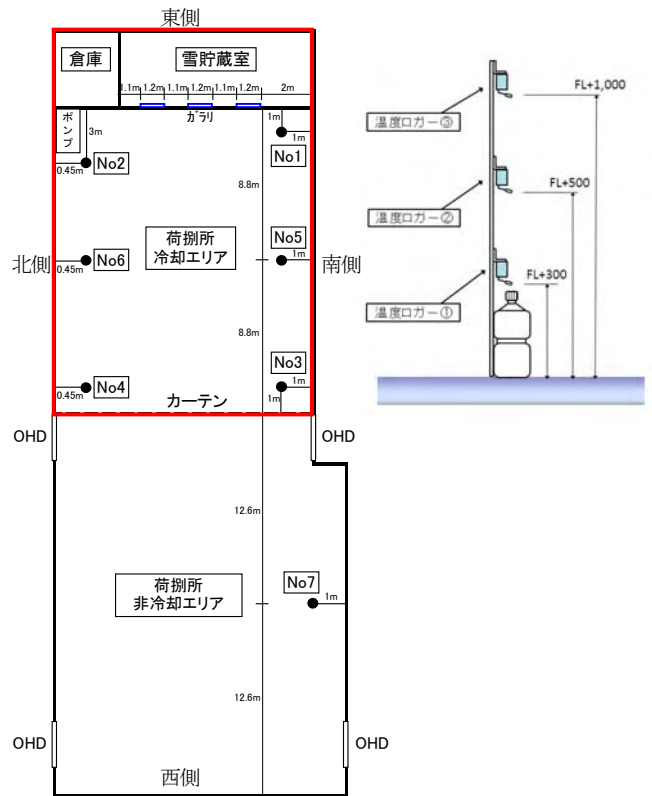


図-2 荷捌所での測定器配置図

b) 魚体温度測定

甘えび（写真-6）とホッケ（写真-7）を対象として、入荷時とセリ時の魚体の表面温度と体内温度を測定した。体内温度は、甘えびは頭の下から身の部分に温度計のセンサーを差し込み、ホッケは肛門から体内に温度計のセンサーを差し込み測定した。表面温度は、サーモグラフィにより測定した。



写真-6 甘えびの測定

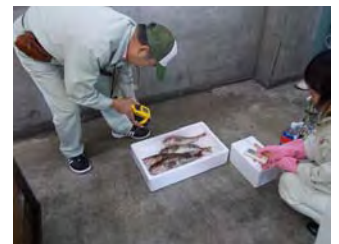


写真-7 ホッケの測定

c) 冷風供給方法

下部冷風吹き出しガラリ（3ヶ所）（写真-8）の開閉と上部換気扇（3台）（写真-9）の運転・停止により、冷風吹き出し量等を変化させて、荷捌所内の温度分布等を調査した。



写真-8 ガラリ配置

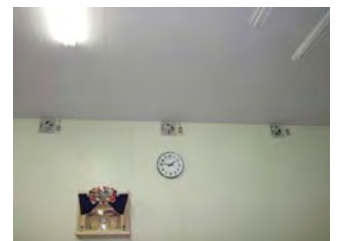


写真-9 換気扇配置

4. 荷捌所冷却エリアの温度分布測定

(1) 雪氷熱による冷却システムの運転方法

運転条件による冷却効果の違いを調べるため、下部冷風吹出しガラリ(3ヶ所)の開閉条件及び上部換気扇(3ヶ所)の稼働条件を変化させ温度変化を計測した。試験スケジュール及び運転条件を表1、表2に示す。

表-1 試験スケジュール

日時	平成23年7月14日									
	03:30	10:35	11:10	11:45	18:21	18:36	19:41	20:17	20:56	21:28
調査開始										
運転開始	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	
運転条件	ガラリ:全開 換気扇:全ON	ガラリ:左右開 換気扇:左右ON	ガラリ:中央開 換気扇:中央ON	ガラリ:全開 換気扇:全ON	ガラリ:全閉 換気扇:全OFF カーテン:開	ガラリ:全閉 換気扇:全OFF	ガラリ:中央開 換気扇:中央ON	ガラリ:左右開 換気扇:左右ON	ガラリ:全開 換気扇:全ON	調査終了

表-2 運転状況

番号	運転条件
①	ガラリ:全開 換気扇:全ON
②	ガラリ:左右開 換気扇:左右ON
③	ガラリ:中央開 換気扇:中央ON
④	ガラリ:全開 換気扇:全ON
⑤	ガラリ:全閉 換気扇:全OFF カーテン:開
⑥	ガラリ:全閉 換気扇:全OFF
⑦	ガラリ:中央開 換気扇:中央ON
⑧	ガラリ:左右開 換気扇:左右ON
⑨	ガラリ:全開 換気扇:全ON

(2) 温度分布測定結果

冷風吹出し口からの距離による温度比較を図-3に示す。それによると吹出し口に一番近いNo.1とNo.2が温度は最も低い傾向にあり、吹出し口から最も遠く仕切りカーテンに近いNo.3とNo.4は他の測定点に比べて温度が高い傾向にある。次に、市場の南側に位置するNo.1, No.5, No.3と北側に位置するNo.2, No.6, No.4との温度比較を図-4に示す。No.1とNo.2では北側のNo.2が低く、No.5とNo.6では下段の点を除いて北側のNo.6が低く、No.3とNo.4では北側のNo.4が低いことから、全体的に北側が低いことが分かる。これは、床面が北側に向かって水勾配が付いており、このため冷気が北側に流れることや日射の影響と考えられる。

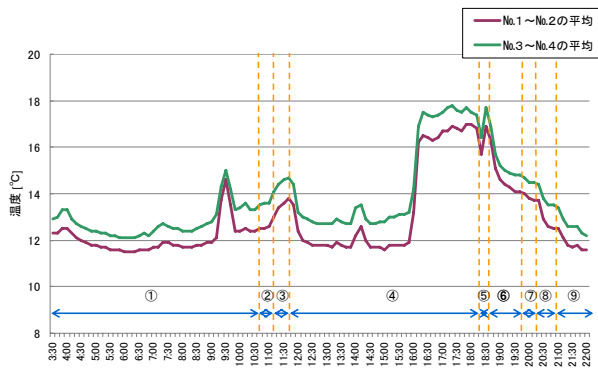


図-3 吹出し距離により温度比較

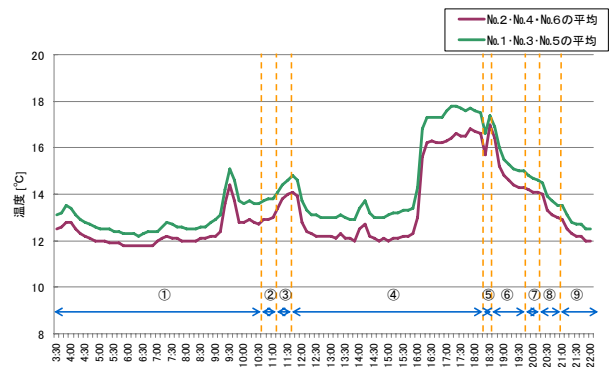


図-4 北側(No. 2, 4, 6)、南側(No. 1, 3, 5)による温度比較

図-5にNo.1測定点の温度経過を運転条件と対比させて示した。温度が急激に上昇している部分は鮮魚の搬入時に仕切りカーテンを開けたり、セリの時間帯に仕切りカーテンを開放したりしている場合である。運転条件の違いによる温度変化に関して、①の最後の部分と②, ③を比較すると、開いているガラリを段階的に減らす(運転する換気扇を減らす)と温度が上昇する傾向にあることから、開いているガラリが多い(運転している換気扇が多い)と温度が低くなる傾向があることが分かる。

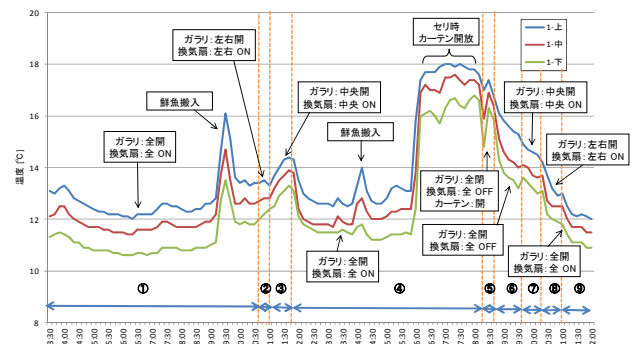


図-5 運転状況と温度変化の比較(測定点No.1)

図-6に冷却エリアにあるNo.1~6の中段温度と冷却エリア外のNo.7の中段の温度変化を示す。①や④の区間は冷風吹出しガラリを全て開け、換気扇も全て運転している状態であるが、鮮魚搬入やセリのため仕切りカーテンを開けている時を除いて、No.1~6はおよそ11~13°Cの範囲にあり、No.7が18~19°Cにあるのと比べて6~7°C低い温度環境にあり、雪氷熱による冷却効果が現れている。

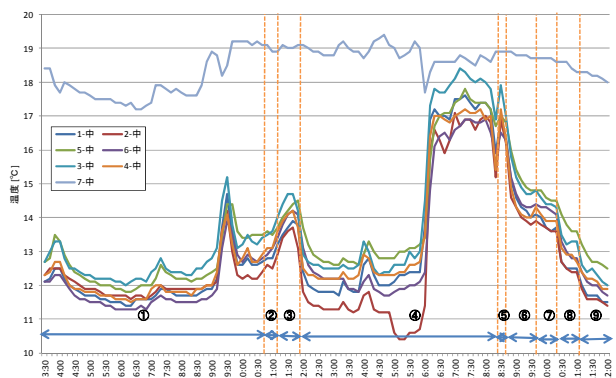


図-6 No.1~No.7(中段)の温度変化の比較

5. 魚体温度測定

雪氷熱利用の荷捌所冷却効果による、魚体の低温保持効果を検証するため、冷却エリアと冷却エリア外に同種の魚介類（甘えび及びびほっけ。写真-10、写真-11）を置き、それぞれ温度変化を測定した。魚体の温度は表面温度と体内温度の二種類を測定した。甘えびは発泡スチロール容器に氷 1kg、甘えび 0.5kg を入れ、容器の上側にある甘えび(氷からは離れている位置)を測定対象とした。ほっけは、表面温度は4尾の内の中央に位置しているほっけの頭、腹、尾の3ヶ所を測定し平均値を採用、体内温度は4尾の平均値を採用した。室温は温度測定魚介類サンプルを置いてある近傍の測定点の下段の室温である。



写真-10 温度測定した甘えび 写真-11 温度測定したほっけ

(1) 甘えび

甘えびに関しては、入荷時の午前 3 時 30 分とセリ時の午前 10 時、それと中間で午前 7 時に温度測定を行った。なお、甘えびは冷却エリア外では No. 7 の温度測定点付近、冷却エリア内では No. 5 の測定点付近に置いた。その、測定結果を表-3 及び図-7 に示す。表面温度と体内温度を比較すると、冷却エリア内、外ともに表面温度が体内温度より高い傾向にあった。これは、表面は体内に比べて施氷の効果が小さく、室温の影響を受けやすいためであると考えられる。

いずれのデータも午前 3 時 30 分の入荷後、午前 7 時には温度が下がっているが、セリの午前 10 時には少し上昇している。これは、図-6 に示したように冷却エリア外では室内温度が午前 3 時 30 分から午前 7 時にかけて下がっているが、その後上昇しているためである。また、冷却エリア内は、午前 9 時頃から鮮魚の入荷に伴い仕切りカーテンを開けたことにより冷却エリア内の温度が上昇したためと考えられる。

冷却エリア外と冷却エリア内の魚体温度を比較すると、冷却エリア外は、表面温度に関しては7.5～8.3℃、体内温度は6.6～8.4℃の範囲にあるが、冷却エリア内では、表面温度に関しては4.3～5.1℃、体内温度は3.7～4.2℃の範囲にある。この時の室内温度は、冷却エリア外が17.7～19.3℃、冷却エリア内が10.7～11.8℃であった。このように表面温度、体内温度ともに魚体温度は冷却エリア内の方が低く、両者の温度差はおおよそ2.9～4.2℃で

あった。この時の室内の温度差は7.0～7.5℃であった。

表-3 甘えびの魚体温度

	7月14日 3:30			7月14日 7:00			7月14日 10:00		
	表面温度	体内温度	室内温度	表面温度	体内温度	室内温度	表面温度	体内温度	室内温度
冷却エリア外	8.3	8.4	18.8	7.5	6.6	17.7	7.6	7.4	19.3
冷却エリア内	5.1	4.2	11.3	4.3	3.7	10.7	4.6	3.9	11.8
温度差	3.2	4.2	7.5	3.2	2.9	7.0	3.0	3.5	7.5

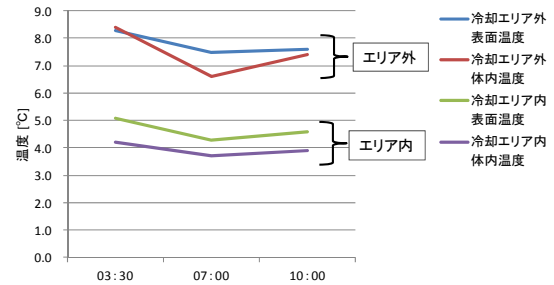


図-7 甘えびの魚体温度

(2) ほっけ

ほっけに関しては、入荷から1時間後の午前10時20分とセリ時の午後3時30分に温度測定を行った。ほっけの場合も冷却エリア外では No. 7 の温度測定点付近、冷却エリア内では No. 5 の測定点付近に置いた。その測定結果を表-4 及び図-8 に示す。表面温度と体内温度を比較すると、甘えびと同様に冷却エリア内、外ともに表面温度が体内温度より高い傾向にあった。特に、冷却エリア外では温度差が大きく、この理由は甘えびと同様、施氷の影響と考えられるが、ほっけの場合は冷却エリア外では施氷の影響が大きく、冷却エリア内では施氷の影響が小さい結果となっている。これは、甘えびは容器の上側にある(氷に直接接触していない)甘えびを測定対象としたが、ほっけは全てが氷と接触しているため、体内温度は氷の影響を受け易かったと考えられる。

また、午前10時20分のデータは、冷却エリア外の表面温度を除いてほぼ同じ温度であるが、これは入荷時にほっけは冷却エリアに置かれ、その後冷却エリア外に移したため、1時間経過した午前10時20分では冷却エリア外の表面温度は室温の影響を受けて上昇しているが、体内温度は施氷の影響もあり、それ程上昇していない結果となった。

午前10時20分と午後3時30分の魚体温度を比較すると、冷却エリア外の表面温度と冷却エリア内の体内温度は下がっているが、冷却エリア外の体内温度と冷却エリア内の表面温度は上がっており、甘えびのような関係は見られなかった。室内温度は、冷却エリア外の No. 7 と冷却エリア内の No. 5 ともに下がっている。

冷却エリア外と冷却エリア内の魚体温度を比較すると、冷却エリア外は、表面温度に関しては10.3～11.3℃、体内温度は3.4～5.0℃の範囲にあるが、冷却エリア内では、表面温度に関しては3.7～5.9℃、体内温度は3.1～3.5℃の範囲にある。この時の室内温度は、冷却エリア外が18.7～19.2℃、冷却エリア内が11.2～12.2℃であっ

た。魚体温度は冷却エリア内の方が低く、両者の温度差は表面温度でおよそ 4.4~7.7℃、体内温度でおよそ 0~1.9℃であった。その時の室内の温度差は 7.0~7.5℃であった。

ホッケの場合は魚体に直接氷が接触しているため、氷が解けてくると魚体との接触状況が変化するため、甘えびと比べて正確な温度変化を捉えにくい傾向にある。

表-4 ホッケの魚体温度

	7月14日 10:20			7月14日 15:30		
	表面温度	体内温度	室内温度	表面温度	体内温度	室内温度
冷却エリア外	11.3	3.4	19.2	10.3	5.0	18.7
冷却エリア内	3.7	3.5	12.2	5.9	3.1	11.2
温度差	7.7	-0.1	7.0	4.4	1.9	7.5

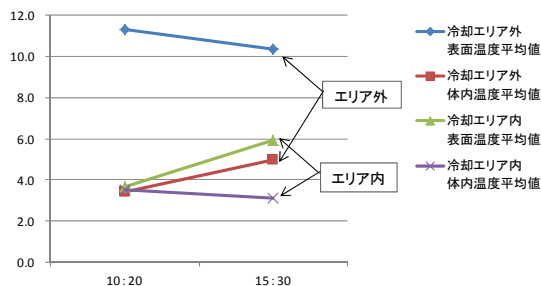


図-8 ホッケの魚体温度

6. K 値の推定 (検討)

魚の鮮度を示す指標として最も用いられている数値としてK値がある。K値とは、魚の筋肉中に含まれるATP分解生成物の割合から魚肉の生鮮度を表す鮮度判定法である。K値は低いほど鮮度がよいことを表し、一般的に 20%以下が刺身用、20~60%が調理加工向けとされている。今回は、エビとホッケの鮮度を「生鮮水産物鮮度保持マニュアル(概要版):平成 19 年 3 月,北海道水産林務部」¹⁾ (以降マニュアル)を参照してK値の検討を行うこととした。

甘えびに関してマニュアルでは温度によるK値のデータが無いのでヒラメ(死後硬直状態のサンプル)を参考とする。これを図-9に示した。

これによると貯蔵温度が低いほどK値の上昇速度が抑えられ、鮮度が長く保持されている。今回の調査では、冷却エリアの甘えび体内温度が 3.7~4.2℃であるため、これをマニュアルの 5℃データに当てはめ、冷却エリア外の甘えび体内温度が 6.6~8.4℃であったため、これをマニュアルの 10℃データに当てはめて考えると、生食の目安とされているK値 20%に達するまでの時間は、5℃で約 33.1 時間、10℃で約 18.5 時間と読めるため、5℃の場合は 10℃の場合に比べて $33.1 \div 18.5 = \text{約 } 1.8$ 倍鮮度が長持ちすることになる。また、5℃の場合でK値が 20%となる時間では 10℃のK値は 30%となっているため、5℃のK値は 10℃のK値の $20\% / 30\% = 2/3$ となる。したがって、今回の調査に当てはめると、冷却エリ

アに置いてある甘えびのK値は冷却エリア外にある甘えびのK値の $2/3$ と推定される。

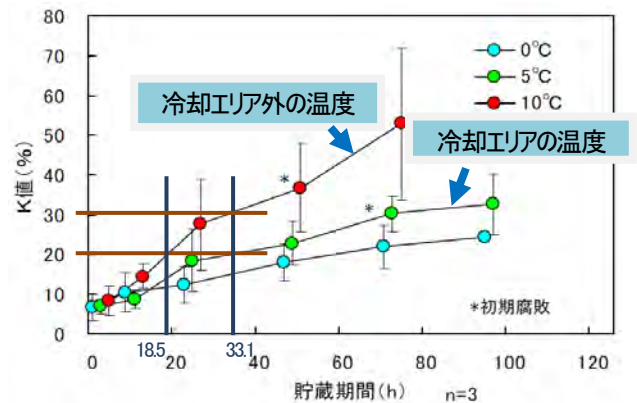


図-9 ヒラメ(死後硬直状態)の貯蔵温度によるK値の変化¹⁾

ホッケに関しては、先に示したように体内温度は冷却エリア内、外で大きな差は無い。表面温度で考えると、冷却エリアのホッケ表面温度が3.7~5.9℃であるため、これをマニュアルの5℃データに当てはめ、冷却エリア外のホッケ表面温度が10.3~11.3℃であったため、これをマニュアルの10℃データに当てはめて考えると、甘えびと同様に、冷却エリアに置いてあるホッケのK値は冷却エリア外にあるホッケのK値の $2/3$ と推定される。

7. 結果の考察

(1) 荷捌所内冷却効果

図-6に示したように、鮮魚搬入やセリのため仕切りカーテンを開けている時を除いて、冷却エリアはおおよそ 11~13℃の温度範囲にあり、冷却エリア外が 18~19℃にあるのと比べて 6~7℃低い温度環境にあるため、雪氷熱による冷却効果が明らかに現れていると言える。

また、冷風吹出しガラリを開いている個所数や換気扇の運転台数が多いほど冷却エリアの温度を下げる効果があったが、これは雪を多く消費することにもなり、本年度は、5月下旬から利用し8月上旬には、雪が不足する状況となった。今後は雪の消費量を抑える運転を試行することも必要と思われる。

(2) 荷捌所内冷却効果と魚体鮮度

これまでの考察から、雪氷熱利用による荷捌所内冷却効果が 6~7℃の室温低下をもたらし、これにより魚体温度が甘えびで 2.9~4.2℃(表面温度と体内温度)の低下、ホッケで 0~7.7℃(表面温度と体内温度)の低下が確認された。これらによりK値を検討した結果、市場内を冷却した場合は冷却しない場合に比べて、鮮度が約 1.8 倍長持ちし、さらにK値が $2/3$ になると推定された。

8. まとめ

今回の実証試験により、荷捌所内で雪氷熱エネルギーを活用した漁獲物の鮮度保持効果が確認できた。

今後の課題としては、雪を保管しておく貯雪庫の確保や限られた雪量を効率的に利用していくために、冷風吹出しガラリの開け方や、利用する時間及び方法について利用者でシステムを構築していく必要がある。

今後は、荷捌所内の雪貯蔵室で発生した融雪水を蓄養生簀で使用している海水の冷却装置へ配水することにより、生け簀の海水温度を下げることが可能となる。現在、夏場の海水温が上昇した際に、使用している冷凍機の稼働を減らすことが可能となることから、さらなるエコ化に取り組んでいく。

最後に、本研究成果が再生可能エネルギーを活用することにより省エネルギーに貢献する研究等の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 北海道水産林務部(2009)：生鮮水産物鮮度保持マニュアル(概要版),P10