

AI画像認識技術等に着目した整備効果算定手法の開発 —北海道漁業の競争力強化に向けた考察—

株式会社アルファ水工コンサルタンツ ○松岡 央明
鎌田 昌弘
北海道開発局 農業水産部 水産課 菅原 吉浩

漁港事業の費用対効果分析においては、客観的根拠に基づく整備効果算定手法の開発が課題となっている。そこで、衛生管理施設整備による、動線改善に伴う事故低減効果や鳥害防止効果について、AI画像認識技術等を活用した客観性の高い整備効果算定手法を開発した。さらに、道産ブランドブリにおける産地の取組と消費地の評価を相互にフィードバックすることで、北海道漁業の競争力強化に資する知見が得られた。

キーワード：ICT、費用対効果分析、水産業振興、魚種転換

1. はじめに

水産基盤整備事業に係る費用対効果分析においては、一般的に「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン」に準じて整備効果算定を行っている。当ガイドラインでは、費用便益積上法が主な便益計測方法として示され、漁業者や地域住民等が漁港等を利用した時の直接の利用者便益を計測対象としている。利用者便益を構成する「水産物生産コストの削減効果」等においては、効果の発現実態を利用者へのヒアリングにより把握する例が多く、誤りや恣意性ははらむ恐れがある。さらに、費用便益積上法では利用者便益以外の便益は計上不可能なため、水産基盤整備事業によって発現する効果が網羅的に貨幣価値化されていないことが想定される。以上の背景から、科学的根拠に基づく客観性のある定量化手法の開発と、水産基盤整備事業の多面的な投資効果を新たに貨幣価値化する算定手法の開発が望まれている。

一方で、北海道における今後の水産基盤整備方策を検討するにあたり、魚種転換に伴う漁業構造の変化に着目する必要がある。近年では、海水温の上昇等の環境変化により、従来魚種であるサケやサンマの漁獲量が減少し、ブリをはじめとする暖海性魚種の漁獲が急増している。これに対し、道内各生産地ではブリの需要創出に苦慮しているところであるが、一部では付加価値化の取り組みにより、ブランド構築に成功した例が見られる。北海道漁業における今後の競争力強化を図るためには、生産地における付加価値化の取組支援に資する施設整備を科学的見地から検討する必要がある。

本報告では、生産地における科学的分析から導かれた、整備効果の定量化手法と、今後の北海道漁業の競争力強化に資する施設整備の方向性について提案する。

2. 調査概要

(1)AI画像認識技術等を活用した整備効果算定手法

衛生管理施設の整備効果発現実態を把握するため、厚岸漁港(整備後を対象、整備前はR1年度に調査済み)と古平漁港(整備後を対象)をモデルに、①動線改善に伴う事故低減効果、②鳥害防止効果の定量的把握を試みた。定量的把握にあたっては、動線の重要箇所を設置した固定式カメラによる画像に加え、カメラ設置が困難な箇所はUAVによる画像で補完し、更に座標情報をBLEビーコン等のICT活用により取得した。本報告では、R1年度調査において整備前の各種データを取得済みなことに加え、R2年8月に供用が開始された厚岸漁港の衛生管理施設(屋根付き岸壁、人工地盤、清浄海水導入施設等)における現地検証結果について報告する。

厚岸漁港においては、サンマ棒受網漁を調査対象とし、その盛漁期に現地調査を実施した。サンマ棒受網漁は例年10月頃に盛漁期を迎え、11月末頃に終漁となるため、日々の漁模様を漁業協同組合に随時確認した上で10月8日～10日を調査対象とした。なお、R2年は著しいサンマ不漁であったが、10月10日に年間最大に近い約100tが陸揚げされたことから、当年の盛漁時の調査として妥当と考えている。現地調査の日程及び調査時間を表-1に示す。また、現地調査において採用した手法を以下に示す。

表-1 ICTを活用した現地調査の日程

日程	陸揚隻数	作業時間	備考
10/8	1隻	05:00～ 15:00	サンマ棒受網漁船によるイワシ陸揚1隻
10/9	1隻	04:30～ 15:00	サンマ棒受網漁船によるイワシ陸揚1隻
10/10	12隻	03:00～ 13:00	サンマ棒受網漁船によるサンマ陸揚11隻

a) AI画像認識に用いる動画撮影

フォークリフト等の作業状況をAIにより解析するための基礎資料として、動画撮影を実施した。厚岸漁港は、厚岸漁業協同組合において屋根付き岸壁に監視カメラ16台を既に設置しており、日常的な管理において利用されていることから、この監視カメラの映像を提供頂いた上で、さらに、監視カメラの死角を補う目的から、搬出口付近にネットワークカメラを1台、荷さばき所内にインターバルカメラを2台設置した。

また、鳥害による漁獲物への危害を定量的に把握するため、整備前後における鳥類の蟻集数の変化を分析する必要があり、当目的からも画像資料を得る必要がある。しかし、屋根上等に留まった鳥類について、従来の固定式のカメラでは、AI画像認識に必要な俯角での把握が困難なことに加え、鳥類の行動に影響を与えない距離からの高解像度での撮影が困難である。そのため、望遠撮影が可能なUAV(ドローン)を用いた画像撮影を実施した。

b) BLEビーコンを用いた座標レベルでの車両動線の把握

車両動線を把握するためには、GPSに代表される衛星測位システムの利用が一般的である。しかし、屋根付き岸壁や荷さばき所等の屋内では、衛星信号の受信が困難で、正確な測位が期待できない。そこで、屋内測位に特化した、BLEビーコンを活用した。当システムは、計測領域にBluetooth電波を発するビーコンを設置し、電波受信機を取り付けた計測対象物が領域内を移動することで、電波強度差から対象の座標が相対的に把握されるものである。厚岸漁港では、屋根付き岸壁及び荷さばき所内に115個のビーコンを設置するとともに、陸揚後の水産物を運搬するフォークリフト8台に受信機を取り付け、位置座標から車両動線を把握した。

(2) ブランドブリに着目した北海道漁業の競争力強化

近年では、海水温の上昇に伴い暖海性魚種の回遊の北限が更新されており、北海道ではサケ等の従来魚種からブリ等の暖海性魚種への魚種転換が生じている。暖海性魚種は、従来魚種と混獲されるケースが多いことから、生産現場においては不慣れな荷さばき作業を強いられている他、流通ルートの確立も不完全なため、安値で買い叩かれている状況にある。一方で、活締め等による付加価値化から、ブリのブランド化に着手し、単価向上・需要創出に成功している地域も見られる。

北海道における新たな魚種に対応した水産基盤整備の検討にあたっては、漁業者の所得向上とその整備効果の定量化を含めた、生産地から流通過程に至るまでの一体的な競争力強化を図ることが重要な課題である。そこで、以下の調査・検討を実施した。

a) ブランド化等を図る先進事例の調査

魚種転換に対応した今後の漁港整備方策を検討するにあたり、道産ブランドブリにおける産地の取り組みを把握するため、道内4漁港を対象にヒアリング調査を実施

した。対象とした漁港は古平漁港、羅臼漁港、春立・三石漁港で、いずれもブリの船上活搬を行った上で、重量や脂質等の品質から規格化・ブランド化を図っている。

b) ブランド化等を図る生産現場の実態調査

本報告では、一大消費地・北陸地方にて高評価を得ている、古平漁港のブランドブリ「鰯宝」について報告する。「鰯宝」の取組状況は東しゃこたん漁業協同組合へヒアリングを行うとともに、大型ブリの盛漁期中の取扱実態については現地確認を行った。

c) 競争力強化のために重要な要素の検討

以上の調査結果を踏まえ、本州消費地からの客観的な評価も把握すべく、寒ブリの名産地でブリの消費量も国内最大である、金沢市の中央卸売市場にヒアリングを実施した。また、金沢にて聞き取られた流通後の課題を踏まえ、競争力強化に資する要素を検討した。さらに、金沢からの聞き取り結果を生産地である古平漁港へフィードバックし、具体的な単価向上策を検証した。

3. 調査結果

(1) AI画像認識技術等を活用した整備効果算定手法

1) 作業動線の輻輳防止効果

a) 動線改善に伴う事故低減効果

陸揚げ作業スペースが確保されると、作業動線の輻輳が改善され、作業時の接触事故が削減される。しかし、現地調査時に事故の現場を観測することは現実的ではないことから、労働災害における経験則の一つである「ハインリッヒの法則」に着目し、ヒヤリハットの発生回数から未然の事故回数に変換することを発案した。当効果は従来着目されていなかった損害額を貨幣化したものであり、今後の事業評価における便益額の底上げに資するものである。なお、従来の労働環境改善効果は、建設業各職種の労務単価を貨幣化の根拠としており、当効果とは重複しないものとする。

BLEビーコンにより得られたフォークリフトの座標から、稀にフォークリフト同士が近接し片方が停止する場面が認められた。これを接触事故に発展し得る「ヒヤリハット」と定義し、フォークリフト同士が6m以内(厚岸漁港の衛生管理計画の概要より、フォークリフトの回転幅及び通行幅)に近接した回数を計数した。整備前のヒヤリハット回数は映像資料からの目視により3.4回/時間、整備後の回数はフォークリフトに設置したBLEビーコンの座標値により0.8回/時間と計測された。

整備前後のヒヤリハット回数の差分から、漁労作業時間(5時間)および出漁回数(50日/年)に基づき按分すると、整備後には年間で650回のヒヤリハットが減少すると考えられた。ハインリッヒの法則により事故回数に変換すると、重大な事故は2.2回/年、軽微な事故は62.8回/年防止されたこととなる。

ここで、漁港における過去の事故発生実態を勘案し、重大な事故は突発的な事故により業務に支障が生じる程度のフォークリフトの損傷、軽微な事故は業務に支障は無いがフォークリフトの修理が必要となる日常的な事故と定義した。前者はフォークリフトの耐用年数が法定の4年から2年低下、後者は50日低下するものとして、耐用年数延長効果に繋げて貨幣化した。厚岸漁港では11,491千円/年の便益額を計上した。座標値に基づくヒヤリハット検出の概要を図-1に、便益算定式を図-2に示す。

b) AI画像認識技術による座標計測の可能性

AI画像認識にて得られる映像上の仮想座標と、空撮写真等の平面座標を紐付けることで、映像上の物体の平面座標が得られることを見出した(図-3)。BLEビーコンが使用不可能な整備前の状況を把握する場合も、映像資料が入手できれば動線を分析できる可能性がある。

c) 動線改善に伴う作業時間の短縮効果

作業動線が適正化されることで、フォークリフトの定速運転が可能となり、不要な急停止・急加速に伴う時間

ロスが減少すると考えられる。座標値を基にフォークリフトの加速度を求めることで、既往の作業時間短縮効果をより簡便かつ精緻に定量化できる可能性が示された。

ただし、加速度を求めるためには、単位時間あたりの移動量から計算するため、分析対象の座標を1秒毎に確実に把握する必要がある。そのため、前述のAI画像認識技術により加速度を計測する場合には、認識精度を十分に向上する必要がある。

2) 危害要因の混入防止効果

屋根付き岸壁等の整備により、漁獲物への鳥の襲来が阻害されることで、漁獲物の直接的な損失が低減する効果を想定した。直接的な損失とは、漁獲物が鳥類の食害を受け、通常であれば廃棄される、流通しない程度の損傷を指す。当便益は過去に計上事例が無く、従来の魚価低下防止効果とも貨幣化の根拠が重複しない。

鳥害の被害額に関する既往調査が存在しないことから、鳥の蟄集羽数と損失する漁獲物の尾数を関連付けるため、野天での事前実験を実施し、漁港の岸壁上(屋根施設外)に魚を置き、単位時間あたりに何羽の鳥が蟄集するかを計測することで、被害率を0.25尾/羽と設定した。

厚岸漁港の整備前後の映像から、AI画像認識モデルを用いて単位時間・延長あたりの岸壁上及び屋根上の鳥を検出・計数した(図-4)。その結果、整備前には12.3羽が、整備後には7.1羽が計数されたことから、整備後には単位延長・時間あたりで5.2羽が屋根により漁獲物への接近を阻止されていることが計測された。

整備前後における鳥の羽数の差分に、陸揚げ作業時間と被害率を乗じることで、損失が防止された漁獲物の尾数を求められる。ここから漁獲物の単価に基づき貨幣化し、1,814千円/年の便益額を計上した(図-5)。

当便益は、従来は屋根上鳥類の数を肉眼で計数することが極めて困難であったため、UAVとAI画像認識技術を組み合わせることで新たに計上可能となったものとする。

(2) ブランドブリに着目した北海道漁業の競争力強化

a) ブランド化等を図る先進事例の調査

ブリのブランド化に取り組む4漁港へのヒアリング調

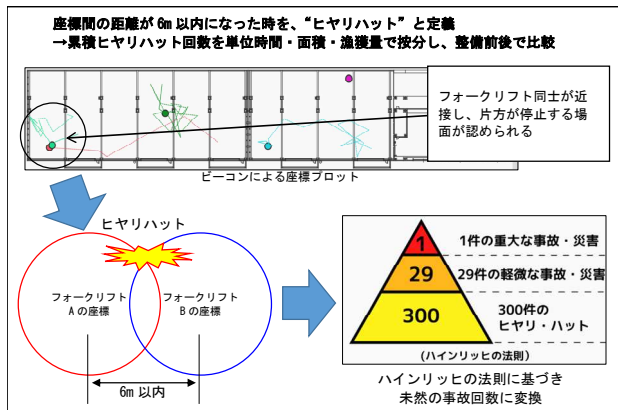


図-1 座標値に基づくヒヤリハット検出の概要

年間便益額 (B) = N1 × C1 + N2 × C2

N1: 重大な事故防止回数 (回/年)

N2: 軽微な事故防止回数 (回/年)

C1: 重大な事故防止による償却費削減額 (千円/回)

C2: 軽微な事故防止による償却費削減額 (千円/回)

【原単位の根拠】

N1: 重大な事故防止回数: 2.2回/年 (実測値より)

N2: 軽微な事故防止回数: 62.8回/年 (実測値より)

C1: 重大な事故防止による償却費削減額: 342千円 (フォークリフトの減価償却費より)

C2: 軽微な事故防止による償却費削減額: 171千円 (フォークリフトの減価償却費より)

年間便益額 (B) = N1 × C1 + N2 × C2

= 2.2回/年 × 342千円/回 + 62.8回/年 × 171千円/回

= 11,491千円/年

図-2 動線改善に伴う事故低減効果の便益算定式

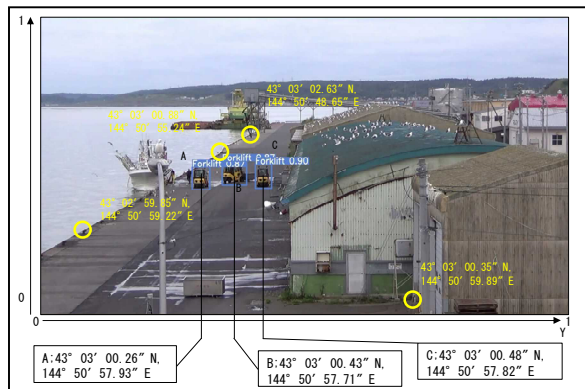


図-3 映像中の座標値に基づくヒヤリハット検出案

査の結果、各地域においては、一定の単価向上効果が発現していることが確認できた。

その上で、各地域で異なる取り扱いを行っていることが明らかとなった。主な差異として、古平では屋根付き岸壁内で長時間のエラ船上作業(脱血による鮮度保持・品質向上の意図)を行う一方、春立・三石では従来魚種と運搬動線を分離し、荷さばき所内でエラ洗浄を実施する。羅臼においては、ブリを1尾ずつ船上で手締めする一方で、従来魚種のサケを全て陸揚げした後にブリを陸揚げしており、多大な荷さばき作業時間を要していた。

b) ブランド化等を図る生産現場の実態調査

古平漁港のブランドブリ「鰯宝」は、漁獲されたブリを厳選し、船上活締め後、重量7kg以上、体脂肪率15%

以上のものを規格化している。大型ブリが漁獲される10～11月のブリ単価は平均1,000円/kg以上であるが、鰯宝は3,000円/kgに達することもあり、大きく単価が向上する。一方、前述のエラ洗浄作業や、箱詰め等の時間的・人的制約から、1日の取り扱い量は最大で300本に制限される。さらに、陸揚げ後の運搬動線を観察したところ、鰯宝を含む活締めブリを取り扱うためのスペースが不足していることが窺えた(図-6)。

c) 競争力強化のために重要な要素の検討

古平漁港、及び羅臼漁港、春立・三石漁港等の取り組みを踏まえ、金沢市中央卸売市場の卸売人にヒアリングを実施したところ、以下のことが確認できた。

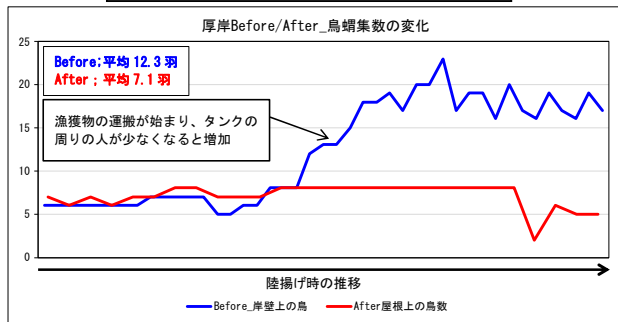
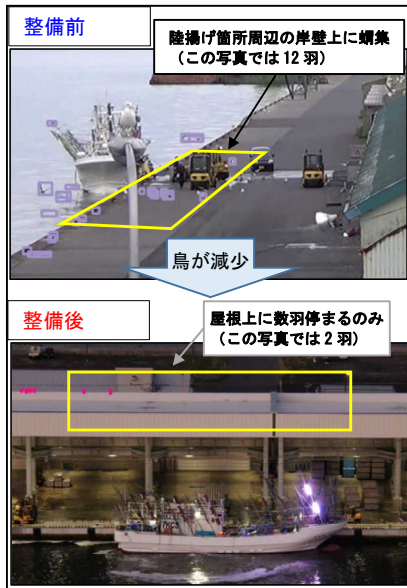
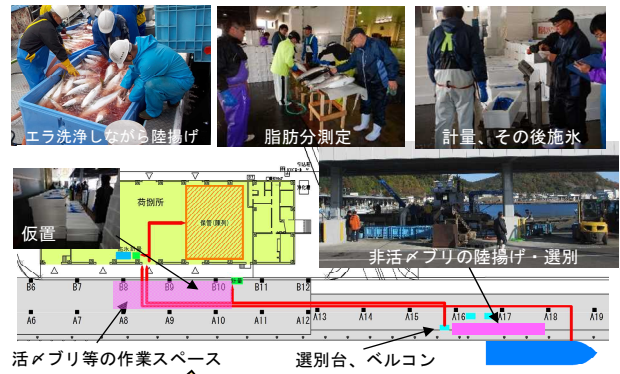
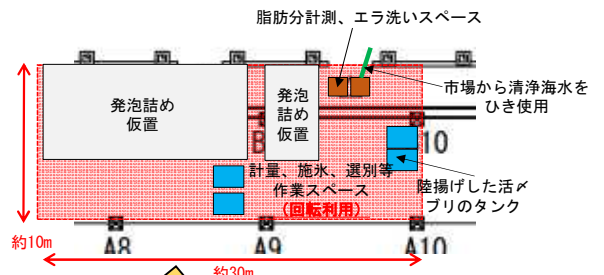


図-4 AI画像認識モデルによる鳥の検出状況



◆荷さばき所前の活メブリ作業スペース拡大図



※活メブリの取扱により、当初計画より、**作業スペース**のスペースが新たに必要となった。
<増加分のスペース>
 ・陸揚げスペース：5×10=50m²
 ・計量・選別等スペース：30×10=300m²
 合計350m²となり、**活メ実施により当初の約2倍の面積が必要となった。**

図-6 鰯宝の取り扱いにより必要となった作業スペース

年間便益額(B) = $I \times S \times R \times P \times D / 1,000$
 I: 単位時間あたりの蟻集防止羽数(屋根上の羽数) (羽/秒)、S: 陸揚げ作業時間(秒)、R: 被害率(尾/羽)
 P: 漁獲物1尾の単価(円/尾)、D: 操業日数(日/年)
【原単位の根拠】
 I: 0.52羽/秒 (実測値)、S: 4,500秒/日、R: 0.25尾/羽 (古平漁港での事前実験により設定)
 P: 62円/尾 (港勢調査及び漁協への聞き取りから設定したサンマの単価)
 D: 50日/年 (H28事前評価資料より、サンマ棒受け網漁の漁期)
 年間便益額(B) = $I \times S \times R \times P \times D / 1,000$
 = $0.52 \text{羽/秒} \times 4,500 \text{秒/日} \times 0.25 \text{尾/羽} \times 62 \text{円/尾} \times 50 \text{日/年} / 1,000$
 = 1,814千円/年

図-5 危害要因の混入防止効果の便益算定式

- ・北海道の10～11月のブリは、同時期の北陸産に比べて脂があり美味である。端境期の需要にマッチしている。
- ・活締め、脱血を行う場合も、漁獲直後の冷却不足により、金沢まで流通した時点では「白目」になっている。金沢では、「白目」のブリは鮮度が低いと評価される。
- ・鮮度低下の要因として、従来魚種の取り扱いを優先し、ブリの冷却を重視していないことが考えられる。

道内生産地でのブランド化の取り組みにおける課題と、金沢での聞き取り結果から、道産ブランドブリの競争力強化に向けては、以下の要素が重要であると考えられる。

【漁場】

- ・船上での低温保持
- ・船上活締めの効率化
- ・漁場へのICT導入促進；作業効率化等に向けた入網量の前測

【漁港】

- ・従来魚種と暖海魚種(ブリ等)の陸揚げ・荷さばきの同一箇所での並行作業化；機械選別による自動化・省力化を図った上でのダブルライン化等
- ・低単価品(イナダ等)と分離した付加価値品(活メ)の専用エリアによる品質の高度化；専用エリアにおけるエラ洗浄等
- ・上記の作業形態を確保可能な新たな施設規模・配置の確保；陸揚げ・荷さばきスペースの規模拡大、最適な動線確保等

【流通】

- ・出荷までの低温保持；出荷待ち保管用の低温庫等
- ・電子入札まで含めたICT導入による伝票作業等の一元管理による効率化；販売作業の効率化

以上の要素の漁港施設への導入例を図-7に示す。

d)消費地市場へのヒアリング等による検証

競争力強化に向けては、生産地における着実な取り組みが極めて重要である。「白目」は冷却不足に起因するとのことから、サーモグラフィカメラによる船倉水温の計測値を確認した。その結果、船倉水温が泊地水温と同等となっており、冷却不足が示唆された。そこで、金沢市中央卸売市場でのヒアリング結果を東しゃこたん漁業協同組合にフィードバックしたところ、消費地で鮮度確認のために着目している「白目」について、認識が無かったことが明らかとなった。

以上のヒアリング調査及び科学的分析から、道産ブランドブリの単価向上を図るためには、漁獲物の低温保持を支援する施設整備が有効であることが示唆された。生産地と消費地で情報をフィードバックすることにより、今後の競争力強化に向けた施設整備検討方策の検討に資する成果が得られたものとする。

4. まとめ

水産業の現場では、陸揚げから出荷に至る多様な工程が

MATSUOKA Hiroaki, KAMADA Masahiro, SUGAWARA Yoshihiro

輻輳するため、事故の危険性や作業時間等の精緻な計測が目視では困難であった。そこで、AI等のICT技術に着目することで、大量の科学的データを基にした、信頼性の高い定量・貨幣価値化が可能となった。今後は、整備前後のデータを蓄積することにより、施設整備前のデータ取得のみから、最も効果的な施設形状の予測等に発展することも可能と考える。

また、ブリをはじめとする暖海性魚種の増加による魚種転換においても、消費地の評価を踏まえた生産地の作業改善により、生産から流通過程までの一体的な競争力強化が図られる可能性が窺えた。そのため、生産から流通までの過程において、重視すべき要素を明確化した上で、それを支援する漁港整備を実施することが、整備効果の定量化と、北海道漁業の競争力強化へと繋がるものと考えられる。

今後は、AI活用により効率的な屋根スペースや柱間隔等を検討することで、陸揚げ後の導線改善や作業時間短縮が可能となり、ブリ仕向地のニーズへ対応した品質向上および魚種転換に対応した施設整備も可能となる。

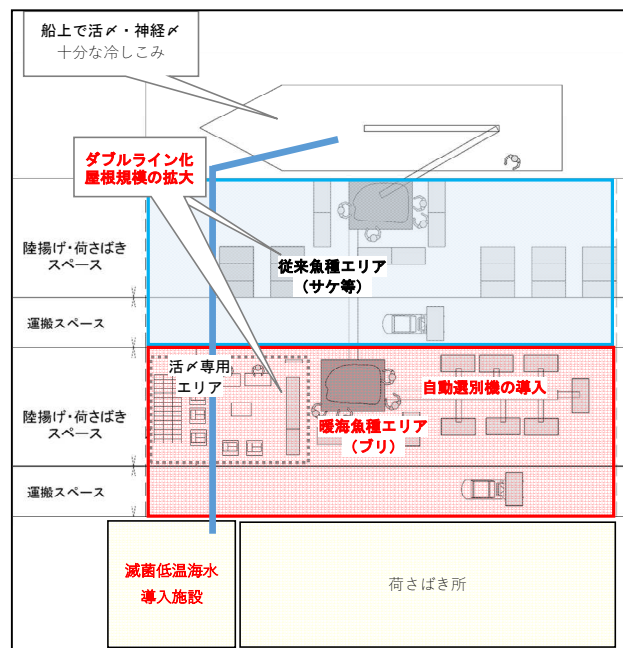


図-7 道産ブランドブリの競争力強化に資する要素の導入例

謝辞：本調査では、厚岸漁業協同組合、東しゃこたん漁業協同組合をはじめとする、厚岸漁港および古平漁港の関係者の皆様、金沢市中央卸売市場の関係者の皆様、釧路開発建設部、小樽開発建設部に多大なご協力を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 北海道開発局農業水産部水産課、株式会社建設技術研究所：漁港漁場整備事業費用対効果分析基礎資料作成業務 報告書
- 2) 北海道開発局農業水産部水産課、株式会社アルファ水工コンサルタント：漁港整備における費用対効果検討業務 報告書