

屋根付岸壁における水産物の鮮度保持

寒地土木研究所 寒冷沿岸域チーム ○小林 圭
小玉 茂義

国民の間に食の安全・安心の社会的ニーズが高まっている中で、水産物についても安全・安心が求められている。水産物の流通起点である漁港では、衛生管理上有効な屋根付岸壁の整備が行われている。しかし、その効果については定量的な評価手法は確立されていない。今年度の現地調査では、調査手法の見直し、調査項目の追加を行っている。調査手法の見直しは鮮度の測定方法、細菌の種類であり調査項目の追加は日射量の測定、雨水の影響による魚体の鮮度である。また、室内実験においては室内温度を変化させた際の鮮度を測定している。屋根下と屋根外の鮮度・細菌及び雨水の影響による鮮度の測定により、日射量と魚体温の相関、屋根下気温から魚体温の算定、屋根下での鮮度効果における流通時間について検討する。

キーワード：魚体温、日射量、K値、低温細菌、室内温度

1. はじめに

昨今、国民の間に食の安全・安心に対する社会的ニーズが高まっている中で、水産物の流通の起点である漁港では、水産物の鮮度・清潔保持についてソフト・ハード対策を一体とし衛生管理向上を図っている。ハード対策施設には、岸壁への屋根の設置（以下屋根付岸壁）、清浄海水の導入、排水の適正処理等がある。屋根付岸壁で陸揚げされた水産物は、魚体の温度（以下魚体温）の上昇や雨水の影響による鮮度の低下を抑制する効果があり水産物の品質の向上を図る役割があると言われている。しかし、その効果の定量的な評価手法は確立されていない。

現地調査は、昨年度に引き続き、屋根が整備されている箇所（以下屋根下）、屋根が整備されていない箇所（以下屋根外）で調査をしている。調査内容は昨年度の調査内容¹⁾に日射量の計測、雨水の影響による鮮度の測定を加えており、K値の測定方法及び調査する細菌の種類を変更している。K値の測定については、昨年度実施していた試験紙による測定では10%以下の鮮度の測定精度に限界があり、より正確な鮮度を認識できるクロマトグラフィーにより測定する。細菌の種類は、一般細菌から低温細菌に変更している。細菌は発育温度域の違いにより高温菌・中温菌・低温菌・好冷菌の4種類に分かれている。中高温での細菌の測定には一般細菌が適当であり、低温での細菌の測定には低温細菌が適当である。魚体は通常低温状態で扱うため、低温での細菌の判定が適当な低温細菌を測定する。

現地調査に加えて、寒地土木研究所の低温実験室において現地での陸揚げから出荷・流通の過程を想定して室内実験を実施している。室内実験は、室内温度を変化さ

せ一定の時間にK値の測定をしている。

本研究では、現地調査と室内実験を実施し、屋根付岸壁における効果を検討・検証する。

2. 現地調査

現地調査は屋根付岸壁の効果を検討・検証するための基礎資料の収集である。検討・検証のために着目したポイントは魚体の鮮度保持・清潔保持である。

調査魚種はクロソイとヒラメの活魚とする。活魚を用いるのは、同時に絞めることにより漁や陸揚げ時に発生する魚体へのリスクを回避することが可能なためである。

(1) 調査箇所

調査箇所はクロソイの活魚を扱っているA漁港とヒラメの活魚を扱っているB漁港にする。

(2) 調査時期

調査時期はA漁港は8月下旬、B漁港は9月上旬で共に晴天の日に実施している。

(3) 調査内容

調査内容は、魚体の鮮度保持として「気温の計測・魚体温の計測・日射量の計測・魚体の鮮度・雨水の影響による鮮度」であり、清潔保持として「魚体の体表菌」である。調査内容は表2-1に示す。

調査魚体数は、魚体温測定に1尾、魚体の鮮度、魚体の体表菌及び雨水の影響による鮮度低下に各3尾とする。

表2-1 現地調査内容

項目	内容
気温	気温の計測
魚体温	パレット上の魚体温の計測
日射量	日射量の計測
魚体の鮮度	クロマトグラフィーによるK値*の測定
雨水の影響による魚体の鮮度	雨の影響を想定した模擬実験による魚体のK値を測定
魚体の体表菌	低温細菌数の測定

※ K値：生鮮魚介類の鮮度判別の指標

(4) 調査方法

水産物の取扱いは陸揚げ・荷揚げ・セリ・保冷車等への積込みの作業順に行い、その後保冷車等で消費地まで運搬する。

調査時間は、各漁業協同組合に盛漁期の水産物の取扱い時間をヒヤリングして決定している。陸揚げから保冷車等に積込むまでの所要時間は4~5時間としており、その後保冷車等で運搬し消費地に到着する時間はスタート時よりA漁港は9時間後、B漁港は9時30分後としている。

魚体は現地でプラスチックパレット上にさらしており、流通では氷入り発泡スチロール箱に詰め運搬している。調査内容・時間のフローは図2-1, 2に示す。

a) 気温

気温の測定は、屋根下と屋根外で9:00~14:00まで連続計測する。

b) 魚体温

魚体温の測定は、魚体の体内に温度計を埋込み、屋根下と屋根外で9:30~19:00まで連続計測する。

c) 日射量

日射量の測定は、全天日射計により屋根下と屋根外で9:00~14:00まで連続計測する。

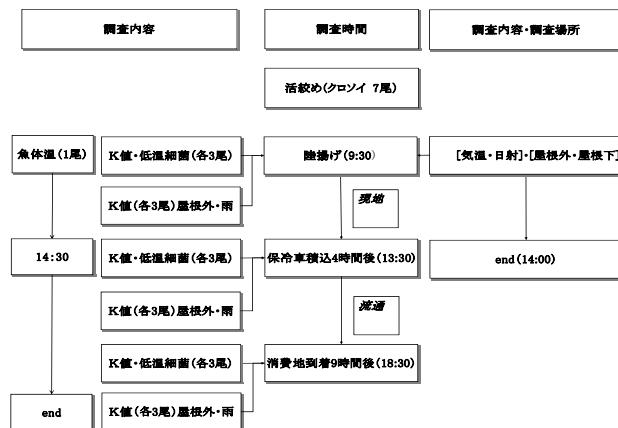


図2-1 A漁港の調査内容・時間のフロー

d) 魚体の鮮度

魚体の鮮度は、生鮮魚介類の鮮度判別の指標であるK値を求める。K値の測定は屋根下と屋根外でA漁港では

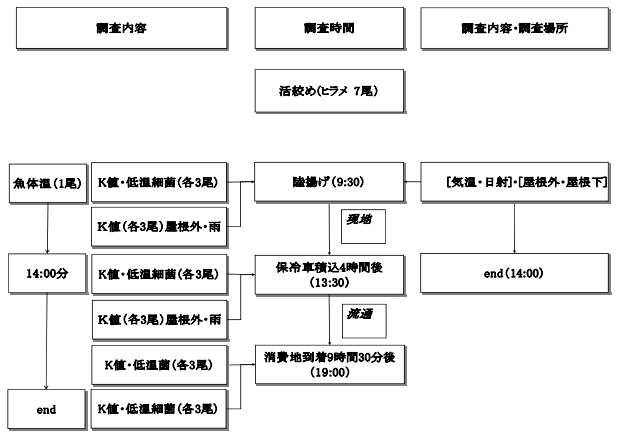


図2-2 B漁港の調査内容・時間のフロー

スタート時、4時間後、9時間後、B漁港ではスタート時、4時間後、9時間30分後に実施する。K値の測定は、クロマトグラフィーで実施する。クロマトグラフィーで測定する場合は、魚体の切り身2g程度を固定化液の試験管に入れ、0~5℃で保管した後、クロマトグラフィーにより測定する。

e) 雨水の影響による鮮度

雨水の影響による鮮度は模擬実験で実施している。模擬実験は、屋根下で魚体を4時間水の入ったポリ容器に入れその後K値を測定する。測定時間は魚体の鮮度の測定と同時に実施する。

f) 魚の体表菌

低温細菌数の測定は、A漁港、B漁港とも屋根下と屋根外で、K値の測定と同時に実施する。低温細菌は魚体の表面積1cm×5cmを拭き取ったもので培地を作成し16℃~20℃で培養し測定する。

3. 室内実験

室内実験は、現地調査を踏まえた上で、水産物の流通までを視野に含めた基礎資料の収集を実施する。

実験魚種はA漁港のクロソイの活魚としている。活魚を用いる理由は現地調査と同様である。

(1) 実験箇所

室内実験は寒地土木研究所内の低温実験室において実施する。

(2) 実験内容

実験内容は、クロソイの「魚体温の計測・魚体の鮮度」の測定を行う。実験魚体数は魚体温測定に1尾、魚体の鮮度に3尾とする。魚体の鮮度は現地調査と同じK値を測定する。実験内容は表3-1に示す。

表3-1 室内実験内容

項目	内容
魚体温	パレット上の魚体温の計測
魚体の鮮度	クロマトグラフィーによるK値の測定

(3) 実験方法

実験方法は、室内温度をスタート時から4時間後まで0℃、10℃、20℃、30℃の4Caseに保ち、その後、30分で流通温度と仮定される5℃に保ち、魚体を累計5日間さらしている。

室内実験の測定時間・設定温度は図3-1のフローに示す。

a) 魚体温

魚体温の測定は、クロソイの体内に温度計を埋込み5日間連続計測する。

b) 魚体の鮮度

魚体の鮮度はK値を測定する。K値はクロマトグラフィーにより測定する。測定方法は現地調査と同じとする。

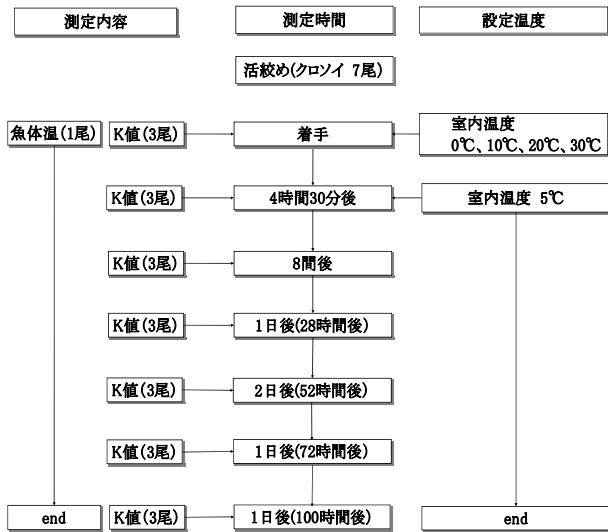


図3-1 室内実験の測定時間・設定温度フロー

4. 調査結果

(1) 現地調査

a) 気温の経時変化

図4-1, 2は気温の経時変化を示しており、縦軸に気温、横軸に時間を示している。青線が屋根外、赤線が屋根下である。

気温は、A漁港では屋根下が高く、B漁港では屋根外が

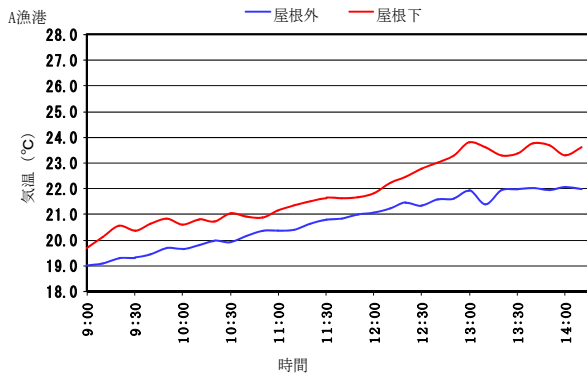


図4-1 A漁港の気温の経時変化

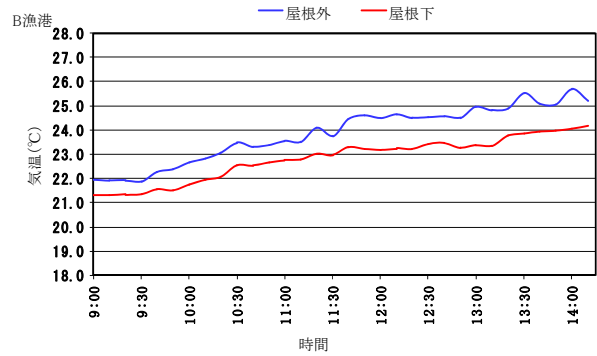


図4-2 B漁港の気温の経時変化

高い。施設形状や気象条件により屋根下と屋根外の気温は変化する。しかし、屋根を設置することによる気温差がほとんど見受けられないことから、気温については屋根を設置することの優位性は得られない。実際に、A漁港、B漁港ともに気温差は最高でも±2.0℃以下で推移している。

b) 魚体温と日射量の経時変化

図4-3, 4は魚体温と日射量の経時変化を示しており、左縦軸に魚体温、右縦軸に日射量、横軸に時間経過を示している。青線が屋根外、赤線が屋根下、緑線が屋根外日射量、水色線が屋根下日射量である。

魚体温は屋根下で21℃前後であるが、屋根外で40℃前後となっている。これは日射量の影響が大きく及ぼすためである。日射量は11:00~12:00までにピークを迎えている。屋根外の魚体温は日射のピークまで上昇の傾きが大きくその後は傾きが小さくなるが上昇は続いているのが伺える。

魚体温は気温の変化（特に上昇）に緩慢であるが、日射については敏感に反応する。このことから、日射を遮ることができる屋根下は魚体温に対して有効であり、より良い環境を創出できる。

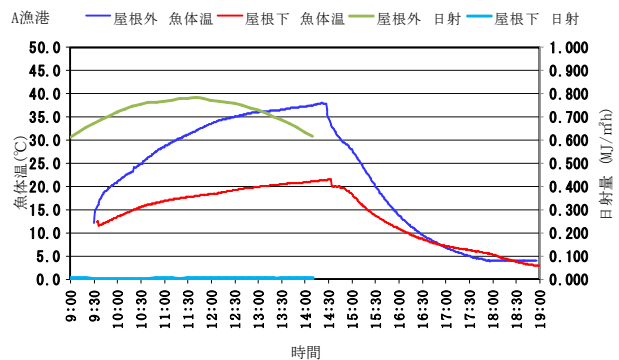


図4-3 A漁港の魚体温と日射量の経時変化

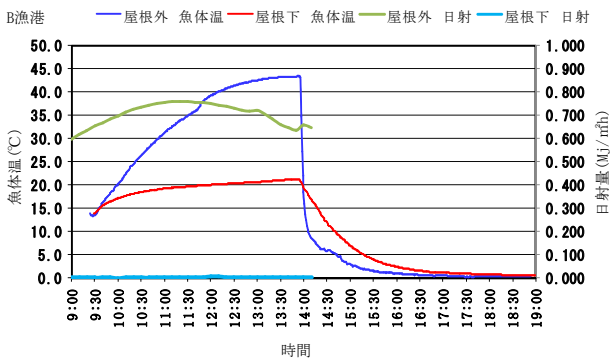


図4-4 B漁港の魚体温と日射量の経時変化

c) 魚体の鮮度と雨水の影響による鮮度

図4-5はK値の経時変化を示しており、縦軸にK値横軸に経過時間を示している。青線が屋根外、緑線が雨水の影響による鮮度、赤線が屋根下である。

K値は水産物の種類によって上限値が異なるが、通常、生食で食せるK値は20%が上限値であると言われている。本報告ではK値20%を上限値として考える。

屋根外でのK値は4時間後のトラック積込の際に80%を超えている。雨水の影響によるK値は、4時間後に20%を超え、その後、K値は20%近く上昇し消費地に到着する際に40%位になる。

屋根下においては、消費地に着く段階においてA漁港では12.6%、B漁港では4.3%でK値が20%を大きく下回っている。このことから、屋根下は日射及び雨水の影響を受けないため、適切な鮮度管理に有効である。

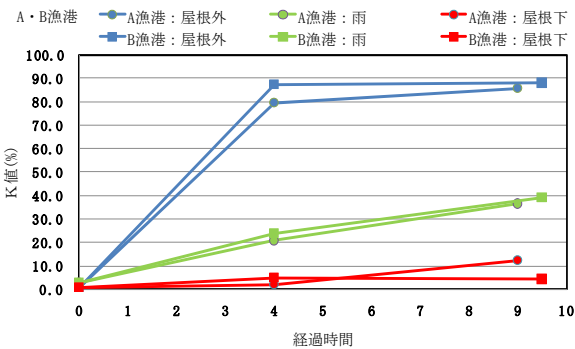


図4-5 A漁港・B漁港のK値の経時変化

d) 魚体の体表菌

図4-6は低温細菌の時間による変化を示しており、縦軸に低温細菌数、横軸に経過時間を示している。青線が屋根外、赤線が屋根下である。

初期菌数は、その後の菌の増殖に影響を与えるため、魚体を洗浄して極力初期菌数を抑えることにしたが、初期菌数については多少のバラツキがあった。

低温細菌数が4時間後に減数しているのは、屋根下及び屋根外では魚体温が上昇したため低温細菌の活動が弱まり、さらに屋根外では魚の乾燥により低温細菌の活動が弱まるためである。魚体を氷入り発砲スチロールに梱

包した後は低温細菌数が増殖し、9時間及び9時間30分後では陸揚げ直後と比較すると、多少低温細菌数が増殖している。低温細菌の増加は、屋根下と屋根外を比較すると大きく変わらない結果である。

今回の調査結果からの推測として、屋根外の魚体温の上昇に伴う低温細菌の増殖は屋根下と屋根外に大差無いと考えられる。

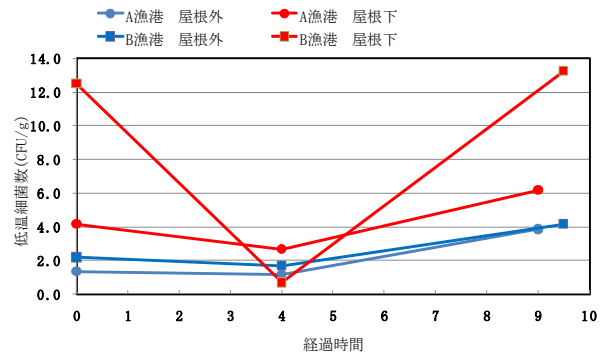


図4-6 A・B漁港の魚体の体表菌

(2) 室内実験

a) 室内温度と魚体温の経時変化

図4-7は室内温度と魚体温の経時変化を示しており、縦軸に室内温度・魚体温、横軸に時間を示している。

室内温度はCase1が0°C、Case2が10°C、Case2が20°C、Caseが30°Cである。

室内温度が0°Cの時に魚体温は室内温度と同等程度となり、室内温度が10°C~30°Cの時は室内温度より魚体温の方が低くなっている。室内での魚体温はある一定温度で収束する傾向がある。

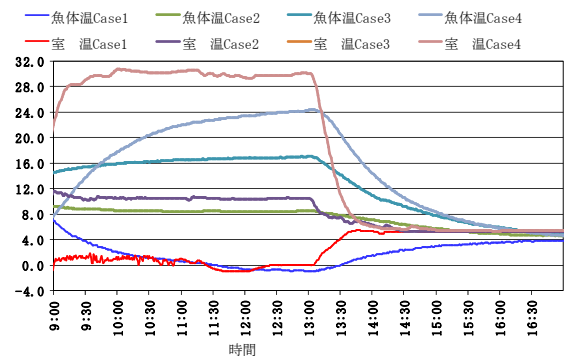


図4-7 魚体温と室内温度の経時変化

b) 魚体の鮮度

図4-8は室内温度によるK値の経時変化を示しており、縦軸にK値、横軸に室内温度を示している。

図4-8より、すべての室内温度で1日後のK値は20%以下で推移している。室内温度10°C、20°C、30°Cを5°Cに切り替えた4時間30分後と8時間後では鮮度がほぼ変わらない。魚体温が急速に冷やされると鮮度の上昇を一時的に抑えられることが見られる。

2日後には室内温度0℃、30℃においてK値が20%を超えており、3日後にはすべての室内温度においてK値が20%を超えている。室内温度0℃においてK値が20%を超えている理由は、即殺した魚は0℃で氷蔵するよりも10℃～20℃で貯蔵した方が死後硬直を遅延される²⁾ためである。室内温度30℃においては気温による魚体温の上昇が鮮度を低下させている。

室内実験は屋根下と同様な状態であると仮定すると、室内温度25℃以上においては2日後にK値は20%を上回り、25℃未満においては2日後のK値は20%を下回っている。3日後にはすべての室内温度でK値は20%を上回っている。このことから室内温度25℃以上と25℃未満においては、1日のタイムラグが発生するため流通域の拡大が期待できる。また、タイムラグを無くすためには、屋根下の魚は気温25℃以上を超える際に魚体温を下げる施術の必要がある。

なお、室内気温10℃でK値が3日後から急激に上昇しており、それについての原因の解明は今後検証する。

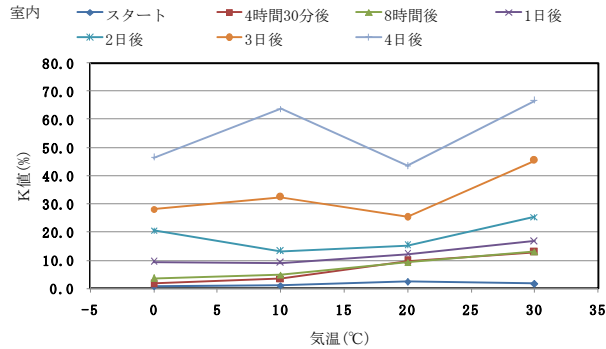


図4-8 室内気温によるK値の経時変化

5. 考察

(1) 日射量と魚体温の相関分析

屋根下と屋根外の魚体温は日射量によって差が生じていると考え、屋根の有無の日射量差の積算量 (図5-1)、魚体温差の積分量 (図5-2) について相関を検証する。

図5-1 日射量差の積分イメージ

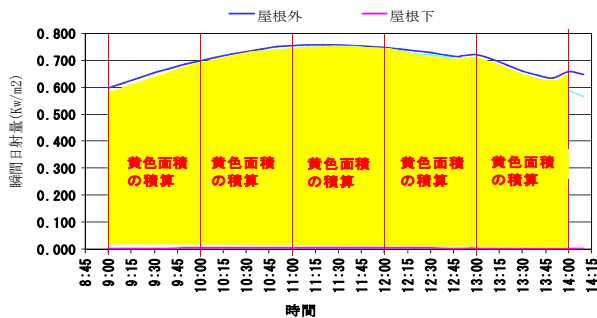
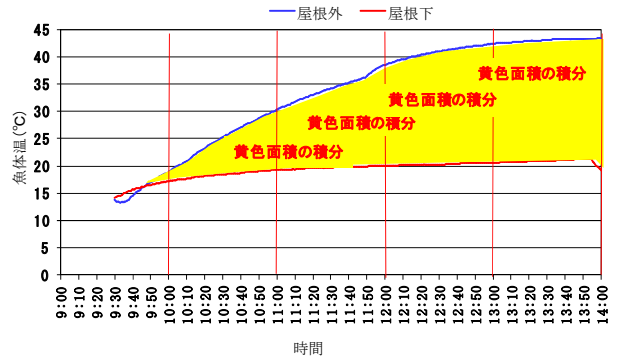


図5-1は縦軸に日射量、横軸に時間、図5-2は縦軸に魚体温、横軸に時間を示している。黄色で塗った部分は日射量差の積算量と魚体温差の積分量である。

図5-2 魚体温差の積分イメージ



現地での魚体温が安定した10:00～14:00までを対象とし、図5-1, 2の差分について積算又は積分した結果を表5-1に示す。

表5-1 日射量及び魚体温の差の積分

	A漁港		B漁港	
	日射量積算 (MJ/m ²)	魚体温積分 (°C·t)	日射量積算 (MJ/m ²)	魚体温積分 (°C·t)
10:00	2.444	7.0	2.373	1.6
11:00	5.156	546.1	5.022	398.2
12:00	7.951	1333.7	7.739	1270.1
13:00	10.653	2269.0	10.358	2499.6
14:00	13.088	3233.9	12.751	3829.2

計測した瞬間日射量については、 $W=J/s$ のため時間を乗じることでJ換算している。また、 $MJ=10^6J$ である。

表5-1より、屋根の有無による日射量差の積算量と魚体温差の積分量について相関係数を算定すると図5-3のように非常に高い相関を有する。

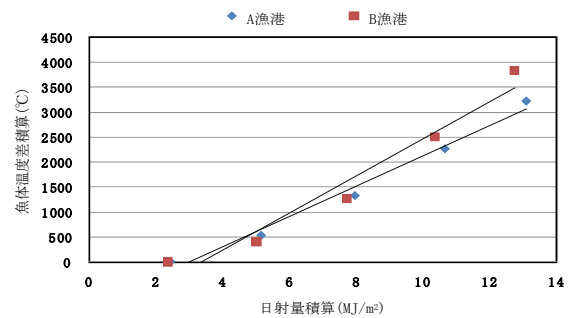


図5-3 日射量と屋内外の魚体温差の相関

(2) 屋根下の気温と魚体温の相関分析

屋根下の魚体温は屋根下の気温に依存すると考えて、室内実験と現地調査の結果を対象に相関を検証する。検証に有した気温と魚体温は現地での水産物の取扱い時間の4～5時間とし、図5-4の横軸に「4～5時間後の屋根下又は室内の気温 (°C)」と縦軸に「4～5時間後の屋根下又は室内の魚体温 (°C)」の関係を示している。

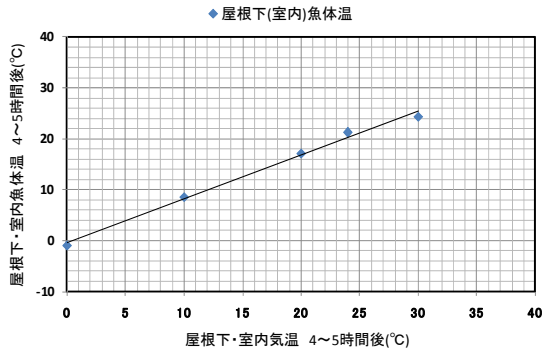


図5-4 屋根下又は室内の気温と魚体温との相関

図5-4より、屋根下又は室内の気温と魚体温については非常に高い相関を有する。また、近似式より、屋根下又は室内の気温に0.9を乗じると、屋根下又は室内の魚体温について予測できる。0.9を乗じた結果を表5-2に示す。

表5-2 簡易近似式による魚体温

	室内又は屋根下の気温(°C)	室内又は屋根下の魚体温(°C)	簡易近似式(気温×0.9)による魚体温(°C)
室内試験	0	-0.9	0.0
	10	8.6	9.0
	20	17.1	18.0
	30	24.3	27.0
A魚港	23.3	20.9	21.0
B魚港	24.0	21.2	21.6

(3) 現地調査と室内実験の相関

図5-5は縦軸K値、横軸に時間経過を示しており、現地調査と室内実験の結果をプロットしている。表5-2より屋根下又は室内の気温と魚体温とは相関を有していることから、室内温度を一定にしての室内実験の結果と気温が上昇する現地調査の結果はプロットできると考える。プロットした結果、現地調査のK値は室内実験のK値と比較して、多少のK値の違いはあるが陸揚げから流通の行程で現地のK値は20%以内かつ室内温度30°C以下に収まることが伺える。しかし、K値の傾向は一致してると言い難いため、今後サンプル数を増やし検証する必要がある。

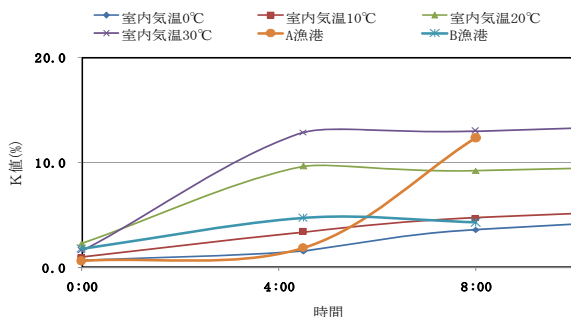


図5-5 現地調査と室内実験のK値の経時変化

6. 結果

屋根付岸壁を整備することによって得られる効果は以下のとおりである。

- (1) 屋根付岸壁は日射や雨水から魚体を防護することにより鮮度低下を抑制する。また、雨水の影響による模擬実験により鮮度が低下することを確認した。
- (2) 魚体の体表菌は屋根下、屋根外では大きな差が見られない。体表菌に関しての屋根付岸壁の効果の一つとして、鳥糞や害獣の進入による付着菌数を抑えるのに有効であり、水産物流通の起点漁港で初期菌数を抑える役割を担っている。また、細菌の付着防止には人的要素も多いため、ハードとソフトが一体となってはじめて初期菌数を抑える効果を発揮するものとする。
- (3) 室内実験の結果により、室内温度0°C、25°C以上において鮮度は1日後（陸揚げから2日目）までしか保たれないが、室内温度5°C～25°Cにおいて鮮度は2日後（陸揚げから3日目）まで保たれる。屋根下で気温が5°C～25°Cに保たれている場合は、鮮度低下に留意する必要性が低く、効果的な流通をすることが考えられる。また、1日のタイムラグが発生することにより、流通域を拡大することが期待できる。
- (4) 屋根の有無の魚体温差の積分量は、日射量差の積算量と非常に相関が高いことを示した。このことから、屋根の有無によつての日射量差から魚体温差を算出できることを確認した。
- (5) 屋根下又は室内の気温と魚体温は非常に相関が高いことを示した。このことから、屋根下又は室内の気温に0.9を乗じると魚体温を算出できることを確認した。
- (6) 現地調査結果と室内実験結果をプロットして比較すると、陸揚げから流通の行程で現地のK値は20%以下かつ室内温度30°C以下になることが伺える。

7. 今後の課題

今後の課題を以下にまとめる。

- (1) 室内実験の10°Cは、他の温度の鮮度との傾向が違ったため、室内実験の検証の必要がある。
- (2) 魚体温差積分温度の解析、日射量と魚体温の相関、気温と魚体温の相関をさらに検証したい。
- (3) 室内実験と現地調査はK値の傾向が一致した言い難いため、今後さらにサンプル数を増やしていき相関性について確認したい。

参考文献

- 1) 小林圭・小玉茂義・廣部俊夫：屋根付岸壁における水産物の鮮度保持等に関する現地調査(2009)
- 2) 岩本宗昭・山中英明：天然ならびに養殖マダイにおける死後硬直の顕著の差異日誌. 51. 443446(1985)