

北海道産アキサケの品質等級判別システムの開発

宮崎 俊之, 波 通隆, 吉川 毅, 堀 武司, 長尾 信一
武田 忠明*, 秋野 雅樹*, 加瀬 隆**, 瀧波 憲二**
高橋是太郎***, 大森 哲也****, 小高 仁重****, 鉄村光太郎*****

Development of Quality Deciding System for Chum Salmon Bred in Hokkaido

Toshiyuki MIYAZAKI, Michitaka NAMI, Takeshi KIKKAWA
Takeshi HORI, Shinichi NAGAO, Tadaaki TAKEDA*, Masaki AKINO*
Takashi KASE**, Kenji TAKINAMI**, Koretarou TAKAHASHI***
Tetsuya OOMORI****, Motonobu KOTAKA****, Koutarou TETSUMURA*****

抄 録

北海道産アキサケの品質評価は熟練者が経験に基づき判断しているが、等級誤認が発生し、個人差・地域差があるため加工業者からクレームが多発している。本研究ではアキサケの品質評価において最も重要な項目である身色を、鮭を解体せずに評価できる計測技術を開発し、加工業者や産地市場で使用可能な装置として実用化を目指した。

キーワード：アキサケ，色評価システム，光ファイバ

Abstract

In chum salmon processing factories in Hokkaido, many experts judge salmon quality to decide price and usage according to meat color (red, pink, white...) or other factors without disassemble. But in this method, many misjudgments are occurred by individual or local differences of criterion for judgment.

In this research, we developed measurement method of meat color (using optical fiber) without disassembles. And we developed quality-deciding system useable in salmon processing factories in Hokkaido.

KEY-WORDS : Chum Salmon, Color Deciding System, Optical Fiber

* 網走水産試験場

* Hokkaido Abashiri Fisheries Experiment Station

** 北海道漁業協同組合連合会

** Hokkaido Federation of Fisheries Cooperative Associations

*** 北海道大学大学院水産科学研究科

*** Hokkaido University, Graduate School of Fisheries Sciences

**** 早坂理工(株)

**** HAYASAKARIKOH Co.,Ltd

***** (株)エスイーシー

***** SEC Co.,Ltd

事業名：重点領域特別研究

課題名：北海道産鮭の品質等級判別システムの開発

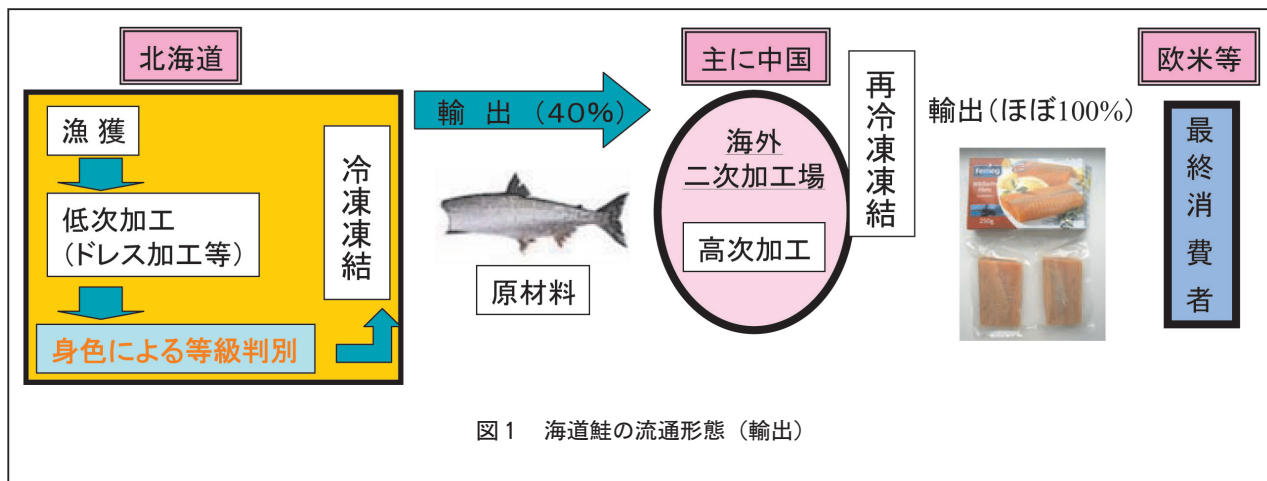


図1 海道鮭の流通形態（輸出）

1. はじめに

海外（特に欧米）ではBSE問題や健康志向から、天然物である北海道産アキサケの需要が高まっており、北海道漁業協同組合連合会（北海道ぎょれん）では海外への積極的な販路拡大を図っている。サケの輸出は、ここ数年で急激に増加し、平成17年度には、輸出量では66千トン（原魚換算82千トン）と、すでに国内生産量の1/3以上を占めている。輸出金額では146億円であり、その殆どがドレス加工（頭・内臓を落とした状態）され、2次加工先である中国へ輸出、等級に応じてサーモンステーキやフレック等への加工が行われ、欧州へと再輸出されている（図1）。

アキサケの品質評価で最も重要な項目は身色であり、官能的評価によって、味との高い相関性が見いだされている¹⁾。北海道から輸出されるアキサケは、RED、PINK、WHITEの3段階で身色等級判断がなされ、REDはWHITEの倍以上の価格で取引されている。身色等級を輸出側で精度良く判定・選別することは輸出の安定化や拡大のためには非常に重要である。しかし、輸出形態としてドレス加工状態が主であるため各個体の身色を直接視認することが出来ず、漁獲時期による推定や、切り口断面・エラの色の目視、身締まりなど間接的、感覚的な判断に頼らざるを得ないため等級誤認のクレームが発生し（2割程度）、これが北海道産鮭のブランド力や市場競争力強化の妨げとなっている。また個人差や地域差による判断基準の差違も多く、これらの要因による品質のばらつきも問題となっている。

H17～18年度に行った重点領域特別研究「北海道産鮭の品質等級判別システムの開発」では、北海道ぎょれんや北大水産学部、網走水産試験場らと共同で、人間の感覚による判別法に代わる新しい道産サケの等級判別方法と装置の開発を目指し、鮭の身色計測手法およびアルゴリズムの開発、加工工場の現場で使用可能な鮭等級判別システムの開発を行った。

開発にあたり必要とされたのは、下記の3点である。

- (1) 測定の際に魚体の商品価値を損なわない事
- (2) 現在の等級判別基準に則した物である事
- (3) 水産加工工場の現場で使用可能である事

(1)では、予備試験で魚体にあける穴の大きさを変えた試験を行い、直径2mm程度では問題が無いことを確認した。そこで本研究では、この微小な穴を通して、内部の身色を安定的に計測する技術を開発することを目指した。(2)では同一のサケサンプルを熟練者と色計測機の双方で評価し、両者の比較により等級判別基準を決定する事とした。また(3)では開発した計測技術と判別基準を評価し、実用化に向けた問題点を洗い出すための試作機を開発し、水産加工工場にて現場試験を行うこととした。

上記に基づき決めた開発項目および担当機関は、以下の3項目である（図2）。

- ① プローブを用いたサケ品質計測技術の開発（工試，北大）
- ② サケ身色をベースとした品質評価基準の確立（網走水試，道ぎょれん）
- ③ サケ身色等級判別装置の開発と評価（工試，道ぎょれん，民間企業）

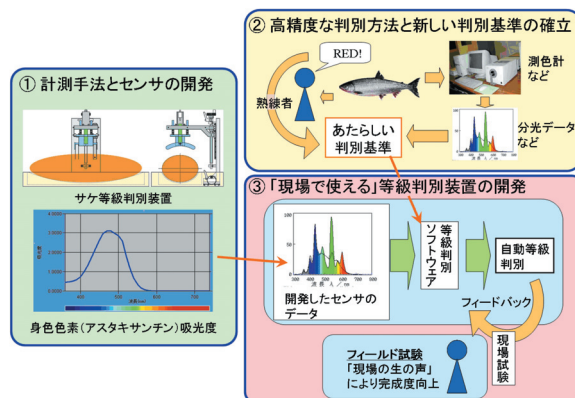


図2 開発項目

2. プローブを用いたサケ品質計測技術の開発

ドレス加工状態で身色を測定するために、体表に穴を開けて光ファイバを挿入、サケ内部に光を照射・受光し、身色に関する特徴量を計測可能な測定系を開発した(図3)。サケの身色を発色させる主成分は、カロテノイドの一種であるアスタキサンチンである。この色素は図4に示すように480~500nm付近に吸光度のピークがあり、計測に当たっては、この波長領域で十分な光量と連続したスペクトルを持つ光源と、同波長域で十分な感度を持つ分光器が必要である。そこで照射光源にはハロゲンランプを、また分光器には高い感度が確保できる背面入射CCD型を採用した。使用した光源、分光器、プローブは表1の通り。

表1 使用した光学機器

| デバイス名称 | メーカー | 型番 |
|--------|-------------|------------------------|
| 光源 | オーシャンオプティクス | HL-2000-HP |
| 分光器 | 浜松ホトニクス | C10082CA |
| プローブ | Avantes | FCR-7IR200-2-1.5 x 100 |

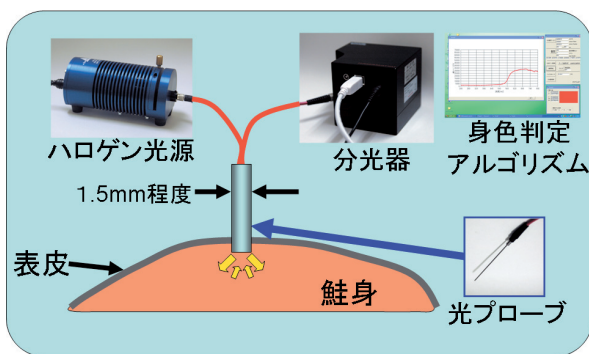


図3 開発した計測系

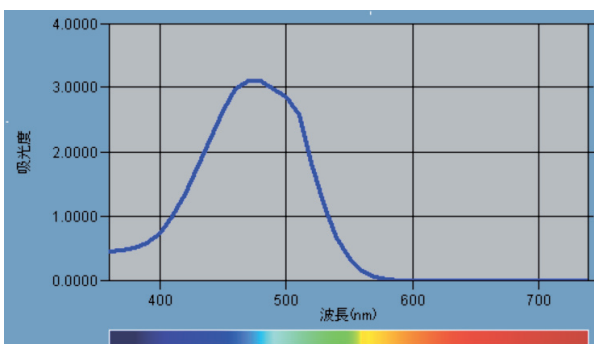


図4 アスタキサンチン吸光度

アキサケ体内には、アスタキサンチンを含み赤色を呈す肉質部の他に、筋と呼ばれる筋肉の結合組織や骨、水分、血合い肉などが存在する。図5に、工業用内視鏡を用いて撮像した内部組織の様子を示す。ファイバ挿入部の局所的な情報から肉質部の身色のみを定するためには、これらの影響を排除する計測アルゴリズムや挿入深さ・部位の決定が必要となる。

本研究では計測技術開発用のプロトタイプを使用し(図6)、キャリブレーション方法やプローブ形状等を改良することで、これらの影響を排除する手法を開発し、安定した計測結果を得ることが可能となった。

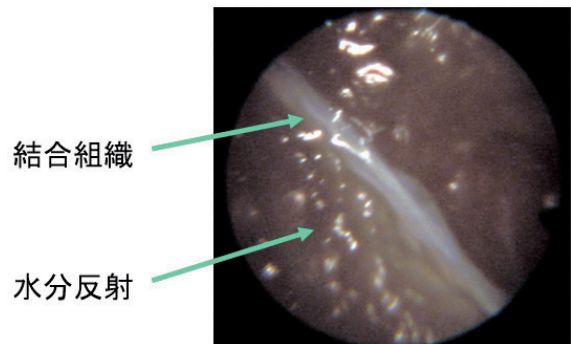


図5 内視鏡で見たサケ体内

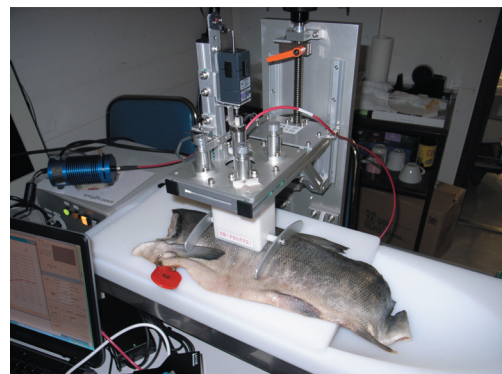


図6 計測技術開発用プロトタイプ

4. サケ身色をベースとした品質評価基準の確立

北海道ぎょれんではアキサケの身色をRED、PINK、WHITEの3段階(または20~34の15段階)で区分し、これに基づくカラーチャート(サーモンチャート)を現場に配布、等級判断を行っている(図7)。本研究で開発した装置が水産加工工場で受け入れられるには、計測精度が高いことは勿論、現在使用されている判断基準と整合性がとれた結果が出るのが極めて需要である。また判断基準は地域や人によって異なることが予想されるため、「標準的な」判別基準を明らかにする必要がある。

そこで本研究では、開発した計測器の出力、熟練者の判断したカラーチャートの色値、実際の身色を全てCIE L*a*b*表色系(以下、CIE-Labと表記)に変換し、これらと比較することで、現在の判断基準と整合性がとれた品質評価基準を作成することを目指した。このため、水産加工工場内における2回の現場試験を実施し、同一のサンプルに対し、

- (1) 開発した装置を使用したドレス加工状態における身色計測

- (2) サンプルをフィル加工後、熟練者による身色判断(図8)
- (3) 分光測色計を用いた身色計測

をそれぞれ行い、これらの相関を比較検討した。計測した目視判断結果と身色値は表2となった。

この結果、

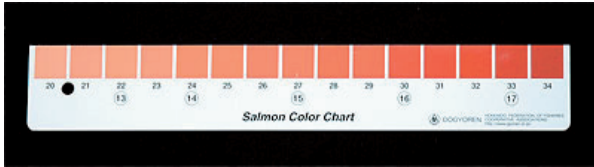


図7 サーモンカラーチャート

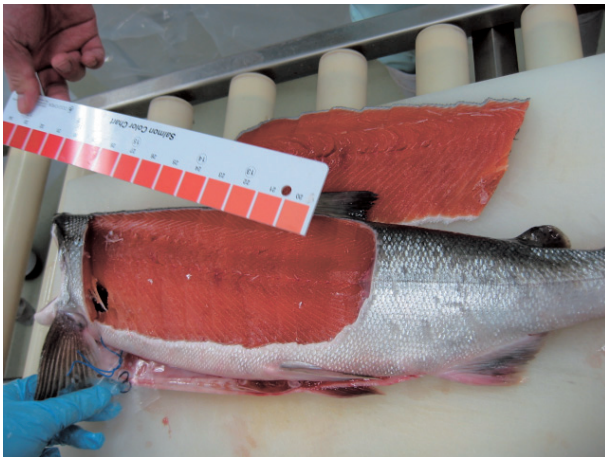


図8 熟練者による身色判断

- (a) 加工現場では、ほぼ20~30のチャート番号が用いられていること
- (b) 熟練者身色判断と分光測色計によるCIE-Labのa*値はほぼ線形相関があること
- (c) 各チャート間の色差は、ほぼ一定であること

がわかった。これに基づき、2回の現場試験で得られた個体中、最も白い身色を「20番」、最も赤い身色を「30番」とした上で、この間をCIE-Lab等色空間上で11等分する品質評価基準を作成し、本装置を使用する際の標準的な判別基準とした(図9)。

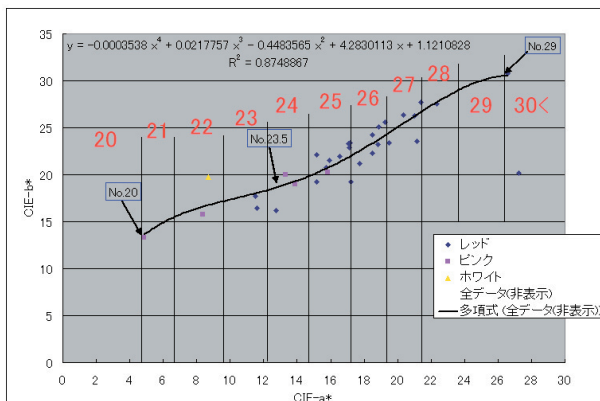


図9 作成した等級判別基準

表2 目視判定結果と身色 (CIE-Lab SCI値)

| データ No. | 目視判定結果 | SCI-L* | SCI-a* | SCI-b* |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 29 | 47.2 | 16.3 | 17.5 |
| 2 | 27 | 39.4 | 16.1 | 20.2 |
| 3 | 25 | 44.5 | 15.2 | 18.8 |
| 4 | 27 | 37.8 | 17.7 | 20.3 |
| 5 | 26 | 41.8 | 18.1 | 21.3 |
| 6 | 29 | 37.5 | 20.9 | 21.8 |
| 7 | 26 | 39.9 | 16.5 | 19.1 |
| 8 | 24 | 42.5 | 12.1 | 14.8 |
| 9 | 27 | 36.0 | 14.2 | 16.4 |
| 10 | 21 | 42.3 | 4.1 | 10.3 |
| 11 | 26 | 41.4 | 16.0 | 18.0 |
| 12 | 25 | 41.6 | 10.3 | 14.7 |
| 13 | 24 | 44.8 | 15.7 | 19.8 |
| 14 | 26 | 36.9 | 9.8 | 12.2 |
| 15 | 27 | 38.2 | 16.8 | 19.3 |
| 16 | 24 | 40.6 | 14.2 | 17.0 |
| 17 | 22 | 40.4 | 7.6 | 13.7 |
| 18 | 24 | 44.3 | 19.5 | 22.6 |
| 19 | 27 | 40.8 | 17.5 | 19.4 |
| 20 | 27 | 40.4 | 19.6 | 22.9 |
| 21 | 28 | 39.9 | 24.6 | 25.6 |
| 22 | 27 | 41.5 | 20.8 | 23.7 |
| 23 | 25 | 39.6 | 14.4 | 17.9 |
| 24 | 26 | 38.2 | 16.2 | 17.8 |
| 25 | 23 | 41.0 | 12.0 | 16.6 |
| 26 | 25 | 36.4 | 14.7 | 17.4 |
| 27 | 23 | 43.2 | 14.0 | 16.3 |
| 28 | 26 | 37.7 | 17.3 | 19.4 |
| 29 | 24 | 44.4 | 13.6 | 18.1 |
| 30 | 22 | 42.2 | 12.1 | 15.5 |
| 31 | 20 | 46.6 | 7.7 | 16.5 |
| 32 | 26 | 42.9 | 18.0 | 21.5 |
| 33 | 27 | 41.5 | 18.3 | 19.8 |
| 34 | 25 | 39.1 | 23.9 | 24.2 |
| 35 | 26 | 45.0 | 18.8 | 21.7 |
| 36 | 25 | 43.1 | 16.8 | 20.7 |
| 37 | 23 | 44.5 | 15.1 | 18.8 |
| 38 | 23 | 43.2 | 18.4 | 21.3 |
| 39 | 27 | 37.5 | 20.5 | 22.5 |
| 40 | 27 | 35.8 | 17.2 | 19.5 |
| 41 | 24 | 42.5 | 15.6 | 19.2 |
| 42 | 28 | 36.4 | 17.4 | 18.3 |
| 43 | 24 | 47.6 | 21.0 | 23.8 |
| 44 | 28 | 37.6 | 20.6 | 21.4 |
| 45 | 26 | 43.2 | 19.9 | 23.4 |
| 46 | 23 | 45.7 | 14.5 | 19.7 |
| 47 | 25 | 44.7 | 19.2 | 22.5 |
| 48 | 27 | 41.4 | 21.3 | 22.5 |
| 49 | 26 | 43.7 | 18.0 | 19.6 |
| 50 | 26 | 41.5 | 19.1 | 21.1 |
| 51 | 24 | 39.7 | 16.9 | 19.0 |
| 52 | 26 | 41.4 | 19.9 | 21.4 |
| 53 | 26 | 38.2 | 15.5 | 17.6 |
| 54 | 26 | 39.1 | 16.7 | 18.9 |
| 55 | 26 | 38.2 | 13.5 | 14.9 |
| 56 | 23 | 39.7 | 11.0 | 15.0 |
| 57 | 23 | 43.4 | 12.8 | 15.9 |

5. サケ身色等級判別装置の開発と評価

本研究で開発した計測手法、等級判別アルゴリズムの妥当性を検証し、装置化の際の問題点を明らかにするために、等級判別装置の試作機を開発した。製作した試作機を図10に示す。本装置には光源や分光器、判別用PCを搭載し、開発したアルゴリズムに基づく等級判別が可能となっている。またエアシリンダを用いたプローブ挿入機構やシーケンサ制御部、魚体の保持機構等を開発し、一定の場所に一定深さまでプローブを安定して突き刺す事ができる。さらにプローブ先端部の洗浄機構やタッチパネルを用いたユーザインターフェース（図11）を開発することで、連続して安定的な測定が可能となり、サケの処理過程の中で自動等級判別をすることが可能となった。



図10 鮭等級判別装置（試作機）

13となり、本研究で開発した手法により、非常に高い精度で色判別が行えることが確認できた。



図12 現場評価試験

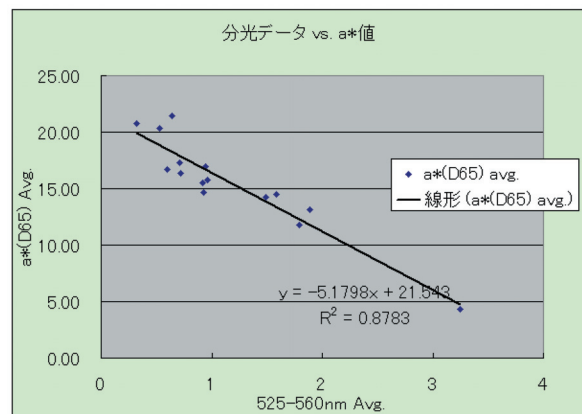


図13 判別結果の評価

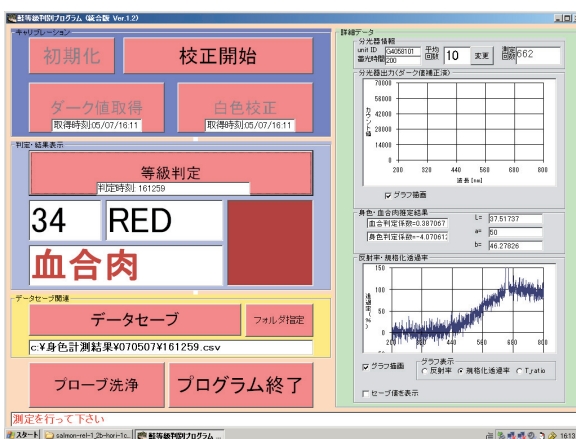


図11 ユーザインターフェース

開発した装置を用い、水産加工工場において現場評価試験を行い、計測精度の評価とユーザインターフェース部の改良、工場内使用における問題点の洗い出しを行った（図12）。判別結果（装置により計測した色と、実際の身色の比較）は図

6. おわりに

本研究では、プローブを用いたアキサケ品質計測技術を開発し、サケ身色をベースとした品質評価基準を確立することで、北海道産鮭を客観的に等級判別する手法を開発した。また等級判別装置（試作機）を開発し、等級判別手法の妥当性を確認するとともに、水産加工工場において本装置が有効であることを確認した。

また平成19年度より実施している「農林水産省・平成19年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業 サケ輸出促進のための品質評価システムの開発と放流技術の高度化」において、アキサケの輸出促進のための品質分析および製品管理・供給システムの開発を行っている。本研究で開発したアキサケの等級判別技術は本事業の中核を担っており、この中で身色計測技術の精度向上、および他の品質分析技術の開発を進めている。

今後はさらなる判別精度向上を図るとともに、生産ライン

向けのシステムやハンディ型等級判別装置の開発を予定し、早急な現場導入を目指していく（図14）。

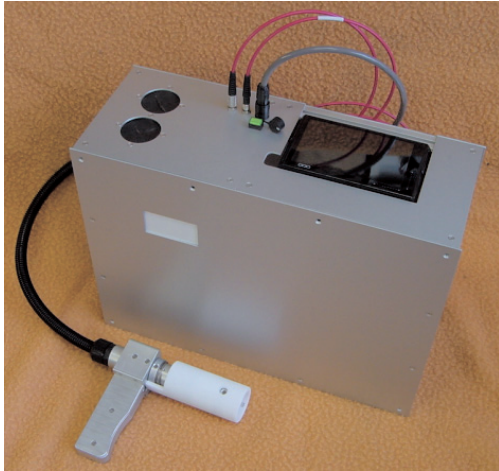


図14 開発を進めているハンディ型等級判別装置

謝辞

本研究で使用した分光測色計は、競輪補助事業により整備されました。記して感謝いたします。

引用文献

- 1) 羽田野六男・高橋是太郎・高間貞敏・中島登三：秋サケ肉質の官能評価，北海道大学水産学部研究彙，38(3)，北海道大学，pp.311-321，(1987)