

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：50102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14741

研究課題名(和文)ケミカルセンサの統合によるおいしさの数値化に向けた味覚・嗅覚認識システムの創製

研究課題名(英文)Creation of taste and olfactory recognition system for digitizing taste by integration of chemical sensor

研究代表者

岩波 俊介 (SHUNSUKE, IWANAMI)

苫小牧工業高等専門学校・創造工学科・教授

研究者番号：00290669

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトの化学感覚である味覚や嗅覚を代替するセンサを組合せ、食品を識別する機器システムの開発を目指した。海塩製造時の物性値より、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>の濃縮、Ca<sup>2+</sup>石膏の析出、Mg<sup>2+</sup>の残存量が塩味に影響していた。市販の風味調味料だし7種の物性値測定を行ったところ、電気伝導率とpHより、混合出汁の成分比率、および出汁を分類できる可能性が示唆され、250nm付近の吸収より旨味成分の検出と濃度予測の可能性が示唆された。赤紫系果実から果実酢を試作し、その製造過程での機能性色素の減衰要因を物性値より検証したところ、各発酵時の機能性色素の維持には温度、アルコール濃度の上昇速度の抑制が重要であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：Developed device system that makes it possible to distinguish foods by combining sensor which is substitute of human taste or olfaction. Based on physical property values at the time of sea salt production, concentration of Na, K, precipitation of Ca gypsum, residual concentration of Mg affected salty taste. As a result of measuring physical property values of seasonings that seven species, it is suggested that component ratio of mixed soup can be classified from electric conductivity and pH. In addition it is suggested that detection of umami ingredients and concentration prediction was suggested possibility. When brewing of fruit vinegar from reddish purple fruits and verification of attenuation rate of functional dyes in manufacturing process showed that control of increase rate of alcohol concentration rise and temperature in order to maintaining functional dyes at each fermentation was found to be important.

研究分野：食品加工学，生物化学，微生物工学

キーワード：化学分析 ケミカルセンサ データ解析 味覚 調味料 醸造

### 1. 研究開始当初の背景

食品の味や香りの評価を数値解析により客観的に行う技術の開発は、中小企業などの技術継承が難しい団体にとっても有用である。このため本研究では、ヒトの化学感覚である味覚や嗅覚を代替するセンサーを組合せ、食品を識別する機器システムの開発を目指した。

### 2. 研究の目的

ヒトによる食物の美味しさの認識は感覚器による主観的なものであるが、これを客観的に評価するために、官能試験を行う方法、味覚センサーを用いる方法、統計的数値解析法を利用する方法の3つが導入されつつある<sup>1)</sup>。この中でも「統計的数値解析法」は、理化学機器によって得られた物性値を統計的数値解析処理することで安価かつ短時間で味覚評価に繋げることが出来る。

海塩の味についての研究では、北海道広尾町が開発を進める“とかちの塩”について、濃縮方法の検討及びミネラル成分の解析を行うことで、製塩した塩を統計的数値解析にて味を評価し、味の調整目標としている“海塩A”又は“海塩B”に近い風味を作り出す製法を構築することを目的とした。

出汁の研究では、日本固有の出汁の味について理化学分析機器を用いて物性値を測定し、得られた物性値を統計的数値解析法にて分類することで官能試験結果と一致する新しい味覚評価方法を確立することを目的とした。

果実酢醸造に関する研究では、赤紫系果実であるハスカップを使用し、長期保存可能な果実酒や果実酢などの加工食品の製造技術の開発を目的とした。赤ワインに含まれる色素成分は発酵中に生成されるアルコールによって部分的に分解されることが報告されていることから、ハスカップを用いた果実酢製造過程におけるアルコール発酵段階に注目し、生成されたアルコールがハスカップ中のアントシアニンへ及ぼす影響についての検証実験を行なった。

### 3. 研究の方法

#### 製塩方法の検討

65 付近の気相環境に海水を静置し低温濃縮のみで製塩を行った(以下より静置塩)。また沸騰濃縮とエバポレーターを用いた減圧濃縮をそれぞれ行った後に、低温濃縮による製塩を行い(以下、沸騰濃縮塩および減圧濃縮塩)、これら3つの塩についてミネラル成分に差異が生じるかを検証した。次に65 付近の気相環境に海水を静置し、一定時間毎にサンプリングを行い経時的に海水中のミネラル成分「Na<sup>+</sup>」、「Mg<sup>2+</sup>」、「Ca<sup>2+</sup>」、「K<sup>+</sup>」の濃度変動を測定した。

#### 海塩の評価

「静置塩」、「沸騰濃縮塩」、「減圧濃縮塩」及び11種類の異なる海塩中のNaCl含量の濃度差が大きいことから、一定条件で物性値測

定を行うために、それぞれの海塩濃度に対するNaCl濃度を調べた。続いて、NaCl濃度0.85%で各塩のミネラル成分である「Mg<sup>2+</sup>」、「Ca<sup>2+</sup>」、「K<sup>+</sup>」および「pH」、「密度」、「電気伝導率」、「屈折率」、「粘度」の測定を行った。得られた物性値について標準化を行った後、クラスター分析によりミネラル成分の傾向についての解析及び試作海塩の評価を行った。

#### 出汁試料の調製

出汁の種類は「コンブ」、「カツオ」、「イワシ(いりこ)」の3種類とし、各出汁に対して添加物有り、無しの市販製品、および原料から抽出した出汁の3種類とした。ここで「コンブ」について添加物無しの市販製品を2個、「イワシ」については添加物無しの市販製品が入手出来なかった為、添加物有り市販製品および抽出ダシの2種類とした。

市販の出汁製品は各社が推奨している濃度である0.667%に調製した。原料から抽出する出汁は「カツオ」では85の湯浴中で0.04w%となるようカツオ節を加え3分間抽出した。「コンブ」は8時間水出し後、60まで湯浴中で加熱抽出を行った。「イワシ」は一度沸騰させた水の火を弱めてから0.03w%となるようイワシを加え3分間抽出した。

#### 出汁の測定方法

調製した出汁について理化学分析器(イオン濃度計(Na,K,Ca,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>,NaCl)、電気伝導度計、pHメーター、Mg計、糖度計、密度計、粘度計)を用いて物性値の測定を行った。各測定は口内平均温度と同じ30で行った。測定後、全ての物性値に対して一定での数値評価を行うために標準化した。標準化したデータに対して統計的数値解析を行った。

#### 果実酢の製造段階におけるアルコールの影響

冷凍ハスカップを自然解凍した後にジュースャーを用いた圧搾を行い、搾汁を得た。得られた搾汁の糖度が20%以下の場合にはスクロースにより25%まで補糖した後に、野生酵母殺菌のため65での加熱殺菌を行なった。殺菌後、あらかじめ調製した酒母を加え18、24、28の3種類の温度下にてアルコール発酵を行なった。アルコール濃度については、加熱殺菌による発酵停止後に水蒸気蒸留を行い、所定の方法により求めた。

#### ハスカップ搾汁中のアントシアニンへ及ぼすエタノールの影響

冷凍ハスカップを自然解凍した後にジュースャーを用いた圧搾を行い、搾汁を得た。次に搾汁に対してエタノール(99.8%)が終濃度5、10、15%になるよう添加した後、pH differential法にてアントシアニン濃度を測定した。また、対照としてエタノールの代わりに水を加えたものを用いた。

#### 4. 研究成果

##### 製塩方法の検討

「静置塩」, 「沸騰濃縮塩」, 「減圧濃縮塩」について NaCl 濃度 0.85% を基準としミネラル成分 ( $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ) を比較した結果, 減圧濃縮塩は静置塩との成分の違いはほぼ認められなかった。沸騰濃縮塩は  $Ca^{2+}$  濃度が低くなっていたが, これは濃縮過程で Ca 化合物が析出しスケールとなることで, 海水中の濃度が減少したことが原因と考えられる。時間経過におけるミネラル成分を測定した結果,  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  は海水中の水分が蒸発し乾固する直前まで濃度上昇を続け,  $Ca^{2+}$  は海水量が 15% 以下になった時点より濃度が減少することがわかった。これは  $Ca^{2+}$  が海水中の  $SO_4^{2-}$  と結合し溶解度の低い  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  として析出したことが XRD よりわかっている。

また, 試作した「静置塩」, 「沸騰濃縮塩」, 「減圧濃縮塩」について味の調整目標とした「海塩 A」および「海塩 B」と NaCl 濃度 0.85% における各ミネラル成分を比較した結果, 試作海塩はミネラル含有量が「海塩 A」と似て豊富であり「海塩 B」は試作海塩と比較するとミネラル成分が 1/5 程度であった。試作海塩には不溶性物質として Ca 結晶が存在する点から, Ca 結晶の除去を検討した場合, ミネラル含有量が減少する為, 現時点で「海塩 A」に近づけることは難しい。一方「海塩 B」はミネラル含有量が少ないことから  $Ca^{2+}$  を除去することで不溶性物質を減少させ,  $MgCl_2$  や KCl など溶解度の高い成分を含んだにがり成分を残すことで, ミネラル含量を調整し味を「海塩 B」に近づけることが可能である。

##### 海塩の評価

各塩の物性値の測定結果を用いて, 味の分類・評価を行う為にクラスター分析を行った。その結果ミネラル成分バランスによって塩は大きく 2 つに分類されることがわかった。グループ 1 は低ミネラル成分, グループ 2 は高ミネラル成分である為, 「静置塩」, 「海塩 A」は高ミネラル成分である。また「減圧濃縮塩」, 「沸騰濃縮塩」は, 下部のクラスターに結合していることから, 比較的ミネラル含有量が高いことがわかる。以上のことから製塩方法の異なる「静置塩」, 「沸騰濃縮塩」, 「減圧濃縮塩」をミネラル成分量により分類・評価することが可能であることがわかった。

##### 出汁の評価

測定した各物性値について標準化したものを下表に示した。ここでイワシは表, 図中では「いりこ」と表記している。

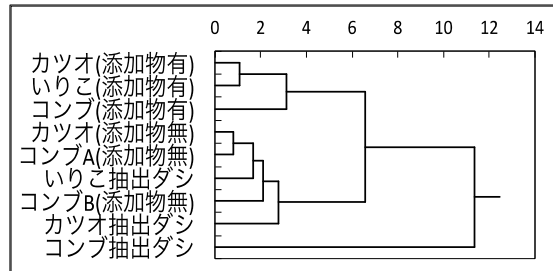
物性値の標準化

| x          | COND   | Salt   | NO3-   | Na+    | Ca2+   | K+     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| カツオ(添加物有)  | -0.058 | 0.729  | -0.310 | 0.782  | -0.751 | -0.515 |
| カツオ(添加物無)  | -0.841 | -1.092 | -0.539 | -1.056 | -0.662 | -0.452 |
| カツオ抽出ダシ    | -0.373 | -0.731 | -0.444 | -0.766 | 0.055  | -0.199 |
| いりこ(添加物有)  | 0.042  | 1.090  | -0.246 | 1.089  | -0.505 | -0.512 |
| いりこ抽出ダシ    | -0.390 | -0.645 | -0.351 | -0.648 | 0.249  | -0.199 |
| コンブ(添加物有)  | 0.092  | 1.150  | -0.265 | 1.199  | -0.498 | -0.499 |
| コンブA(添加物無) | -0.691 | -1.040 | -0.465 | -1.043 | -0.415 | -0.292 |
| コンブB(添加物無) | -0.480 | -0.868 | -0.193 | -0.887 | -0.162 | -0.132 |
| コンブ抽出ダシ    | 2.698  | 1.407  | 2.812  | 1.330  | 2.689  | 2.800  |

物性値の標準化

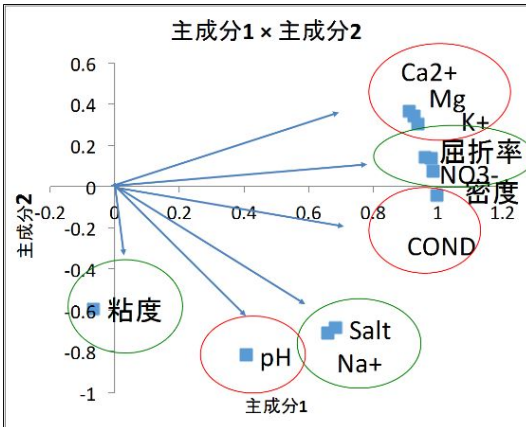
| x          | Mg     | pH     | 屈折率    | 密度     | 粘度     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| カツオ(添加物有)  | -0.633 | 0.494  | -0.440 | -0.244 | -0.436 |
| カツオ(添加物無)  | -0.633 | -0.534 | -0.406 | -0.567 | -0.355 |
| カツオ抽出ダシ    | -0.034 | -1.963 | 0.243  | -0.080 | -1.139 |
| いりこ(添加物有)  | -0.521 | 1.365  | -0.269 | -0.107 | -0.355 |
| いりこ抽出ダシ    | 0.153  | -0.154 | -0.645 | -0.682 | -0.818 |
| コンブ(添加物有)  | -0.491 | 1.119  | 0.072  | -0.041 | 2.258  |
| コンブA(添加物無) | -0.363 | -0.109 | -0.679 | -0.457 | 0.087  |
| コンブB(添加物無) | -0.214 | -0.958 | -0.577 | -0.578 | 1.153  |
| コンブ抽出ダシ    | 2.736  | 0.740  | 2.701  | 2.755  | -0.395 |

各種物性値の標準化情報(上表)を用いて多変量解析の一種であるクラスター分析を行った結果を下図に示した。この分析は, 出汁を総合的な物性値で捉えた際, 全出汁と比較し近似度が一番高いものを樹形図で繋げていく方法である。



クラスター分析

縦軸は出汁の種類, 横軸はユークリッド距離を示している。横軸は距離が短い程, 物性値の近似度が高いことを表している。上図より, 添加物有り, 無しおよび抽出した出汁について大まかに分類することが出来た。しかし「いりこ抽出出汁」は原料から抽出した出汁であるが, 「コンブ B(添加物無)」よりも「カツオ, コンブ A(添加物無)」と物性値の傾向が似ていることを示している為, 添加物の有無, および抽出した出汁であるかの分類に不確かさが残る。そこで分類を正確に行う為に主成分分析を行った。この方法は, 各物性値の数値変動の近似度が高いもの同士がグラフ上の近い点に表記される(下図)。

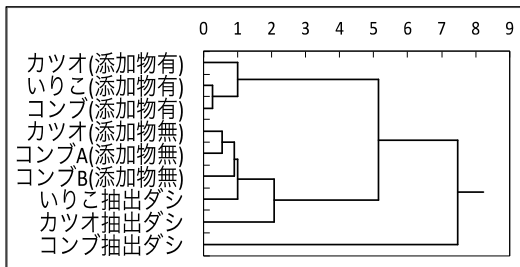


主成分分析

縦軸, 横軸はそれぞれデータの変動の大きさを表している。上図より物性値の数値変動

傾向は大きく6種類に分類されることがわかった。各種類について標準偏差の最も大きい物性値(代表値)のみを利用し再度クラスター分析を行った結果を下図に示した。

Mg<sup>2+</sup>, 密度, COND, Salt, pHを代表値とし, 粘度は標準偏差が0.1以下であり分析にほとんど影響を与えていない為除外した。



項目減少したクラスター分析

上図より, 添加物有り製品に対し添加物無し製品は別のクラスターに結合していることから全く異なる傾向を示し, 添加物無し製品と抽出出汁は同じクラスターに結合していることから似た傾向を示すことがわかった。また“コンブ抽出出汁”は全ての出汁と明らかに異なる分析値であることがわかった。このことから, 物性値を5つ測定することでクラスター分析により各出汁を客観的に分類することが可能であることがわかった。

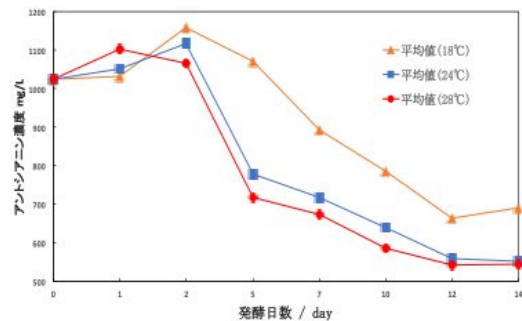
以上の結果より日本固有の出汁の味は, Mg<sup>2+</sup>, 密度, COND, Salt, pHについて理化学分析機器を用いて物性値を測定し, データを標準化した後, 統計的数値解析法の1つであるクラスター分析を行なうことで, 「添加物有り製品」「添加物無し製品」「抽出出汁」の3種類の出汁に客観的に分類できることがわかった。

今後は出汁の中に含まれるアミノ酸の定性, 定量分析を行なうことで, 「添加物有り製品」「添加物無し製品」「抽出出汁」に分類に加え, 「カツオ」「コンブ」「イワシ」の3種類に分類する方法を検討する。その後官能試験を行い, 物性値の評価結果と官能試験の結果が一致する評価方法を確立させることを目標とする。

### 果実酒の製造段階におけるアルコールの影響

ハスカップのアルコール発酵過程におけるアントシアニン濃度の経時変化を pH differential 法により測定し, 右上図に示した。右上図より, 28 で発酵した試料においてアントシアニン残存率が53.24%となり, 他の発酵液と比較してアントシアニン濃度の減少が顕著であることが確認された。また, 各試料のアルコール濃度を測定したところ, 28 で発酵した試料が10.5%となり最もアルコール濃度が高いことが確認された。したがって, 瓶内発酵におけるハスカップワイン醸造時のアントシアニン濃度の減少とアルコール生成速度には負の相関関係が見

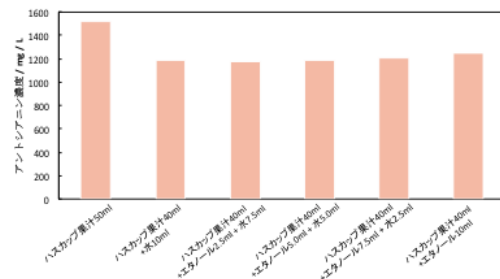
られ, 抗酸化物質であるアントシアニンの安定性にはアルコール濃度が関与している可能性があることが推察された。



エタノール発酵(各温度)におけるアントシアニン濃度の消長

### ハスカップ搾汁中のアントシアニンへ及ぼすエタノールの影響

搾汁(ハスカップ)とエタノールを混合し, 10分の静置の後に pH differential 法にて各試料のアントシアニン濃度を測定した(下図)。測定の結果, エタノール混合直後の試料においてアントシアニン濃度の大幅な差異は確認できなかった。したがって, ハスカップ中のアントシアニンは発酵中に生成されたアルコールとの長期間の接触によって, 減少が促進される可能性があるかと推察した。



ハスカップ中のアントシアニンに対するエタノールの影響

### 結論

海塩製造過程での物性値データ(イオン, 粘度, 伝導度)を求めたところ, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>では濃縮による塩味への影響, Ca<sup>2+</sup>は石膏の析出とともに塩味への影響を示し, Mg<sup>2+</sup>は製塩中の残存量が海塩の味に変化を生じさせることが分かった。また今回, 市販の海塩, および試作海塩の物性値を求め, 重複データを精査した主成分分析を行ったところ二つのグループに分かれることがわかった。

食品の中でも“だし”には様々な旨味成分が含まれ相乗的に作用しており, 総てを定量し味の評価を行うことは大変困難を伴う。市販の風味調味料だし7種(かつお, こんぶ, いりこ等)を調理使用時の濃度に統一したものの, および相乗効果を考えた混合比で濃度調整したものについて物性値測定を行った。ヒトが旨味を感じる感覚は舌の異なる受容体の電気信号の相互作用によるものと考えられているため, 計測原理の異なる電気伝導率と pH のデータより散布図を用いて相関を調

べた。結果、混合出汁の成分比率および出汁を分類できる可能性が示唆された。続いて、だし中の呈味成分について Glu-Na, IMP, GMP, NaCl, KCl, Glc, Suc の物性値を測定した結果、250nm 付近に核酸とアミノ酸・ペプチドと見られる吸収が現れ、旨味成分の検出と濃度の予測が出来る可能性が示唆された。

赤紫系果実から果実酢を試作し、その製造過程でのアントシアニンの減衰に与える要因(温度, pH, アルコール濃度, 有機酸濃度)を物性値測定により検証したところ、各発酵時のアントシアニンの維持には温度, アルコール濃度の上昇速度の抑制が重要であることが分かった。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

(01)松尾優子, 金田祐樹, 岩波俊介, 阿部島蘭, 田中淳, 片石温美, マツカワカレイの活輸送方法に関する実験的研究, 寒地技術シンポジウム, I-012, p5, 2016 年 11 月, 査読有

(02)小島洋一郎, 渡邊駿, 三上剛, 岩波俊介, 合田元清, 異種センサとデータ分析の融合による風味調味料の分類評価, 日本味と匂学会誌, 22 号(3 巻), pp401-404, 2015 年 12 月, 査読有

(03)合田元清, 小島洋一郎, 三上剛, 岩波俊介, 味覚認識装置と官能検査によるデータを活用した果汁飲料製品の評価, 日本味と匂学会誌, 22 号(3 巻), pp397-400, 2015 年 12 月, 査読有

(04)柿崎綾介, 小島洋一郎, 岩波俊介, 食酢中の有機酸成分と酸度, 糖度等の各種物性との関係, 日本味と匂学会誌, 22 号(3 巻), pp389-392, 2015 年 12 月, 査読有

〔学会発表〕(計 9 件)

(01)横谷彩花, 岩波俊介, 山口和美, 小島洋一郎, 渡邊駿, 統計的数値解析法を利用した北海道産調味料の評価, 日本食品工学会第 18 回(2017 年度)年次大会講演要旨集, p93, 2017 年 8 月, 査読無

(02)貝沼元気, 岩波俊介, 山口和美, 小島洋一郎, 岩山大介, 石川勇人, 赤紫系果実を用いた果実酢製造工程における発酵条件の検討, 日本食品工学会第 18 回(2017 年度)年次大会講演要旨集, p92, 2017 年 8 月, 査読無

(03)大頭桃子, 岩波俊介, 山口和美, 小島洋一郎, エビおよびホッキ魚醤油の醸造条件の検討, 日本食品工学会第 18 回(2017 年度)年次大会講演要旨集, p91, 2017 年 8 月, 査読無

(04)岩山大介, 岩波俊介, 小島洋一郎, 石川勇人, 赤紫系果実の機能性を維持した果実酢発酵条件の検討, 日本食品工学会第 17 回(2016 年度)年次大会講演要旨集, p129, 2016 年 8 月, 査読無

(05)松尾優子, 金田祐樹, 岩波俊介, 阿部島蘭, 田中淳, 片石温美, マツカワカレイの輸送方法に関する検討, 平成 28 年度日本水産工学会学術講演会学術講演論文集, pp79-82, 2016 年 4 月, 査読無

(06)渡邊駿, 小島洋一郎, 岩波俊介, 風味調味料の化学分析値を用いた評価法の検討, 日本食品工学会第 16 回(2015 年度)年次大会講演要旨集, p148, 2015 年 8 月, 査読無

(07)柿崎綾介, 田中沙樹, 小島洋一郎, 清水祐一, 岩波俊介, 食酢中の有機酸成分と糖度, 酸度等の各種物性との関係, 日本食品工学会第 16 回(2015 年度)年次大会講演要旨集, p145, 2015 年 8 月, 査読無

(08)岩山大介, 小島洋一郎, 岩波俊介, 赤紫系果実の機能性を維持した果実酢発酵条件の検討, 日本食品工学会第 16 回(2015 年度)年次大会講演要旨集, p144, 2015 年 8 月, 査読無

(09)田中沙樹, 柿崎綾介, 岩山大介, 渡邊駿, 小島洋一郎, 岩波俊介, 清水祐一, ホッキ魚醤油醸造過程における製造条件の検討, 日本食品工学会第 16 回(2015 年度)年次大会講演要旨集, p143, 2015 年 8 月, 査読無

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

岩波 俊介 (IWANAMI, Shunsuke)  
苫小牧工業高等専門学校・創造工学科・  
教授  
研究者番号: 00290669

(2)研究分担者

小島 洋一郎 (KOJIMA, Yohichiro)

北海道科学大学・工学部・教授

研究者番号：50300504

甲野 裕之 (KONO, Hiroyuki)

苫小牧工業高等専門学校・創造工学科・

准教授

研究者番号：70455096

山口 和美 (YAMAGUCHI, Kazumi)

苫小牧工業高等専門学校・創造工学科・

教授

研究者番号：00133702

(3)連携研究者

( )

研究者番号：

(4)研究協力者

( )