

令和 2 年 6 月 11 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03189

研究課題名(和文) 生殖医療の高度化を実現する医療対応型受精卵品質診断システムの開発

研究課題名(英文) Development of a high performance system to assess the embryo quality based on scanning electrochemical microscopy

研究代表者

阿部 宏之 (Abe, Hiroyuki)

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：10375199

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：高精度の呼吸計測技術は細胞や受精卵(胚)の品質評価、アポトーシスやミトコンドリア機能異常に関連した疾患の診断に有効な方法となる。本研究では電気化学計測、高精度位置決め技術、ミトコンドリア機能技術を活用した医療対応型細胞呼吸解析装置の開発を試みた。その結果、超高感度マイクロ電極を用いた超高精度細胞呼吸測定システム、医療応用に不可欠である動物由来成分を含まない呼吸測定液と自動化測定技術の基盤を確立することができた。さらに、単一細胞(胚)由来の超微量試料を用いた高精度ミトコンドリア呼吸機能解析技術を開発し、この測定システムの有効性を検証することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発した超高精度細胞呼吸測定システムは、単一細胞レベルでミトコンドリア呼吸機能を解析できることから、細胞代謝機能の新しい解析技術と学術的に価値が高い。また、短時間・非侵襲的に卵子や受精卵の品質を評価できることから、不妊治療や再生医療など、我が国が直面している少子高齢化社会においてニーズが高い医療分野における新しい診断技術として期待される。

研究成果の概要(英文)：Respiration is a useful parameter for evaluating cell and embryo quality as it provides important information about mitochondrial function. In this study, we have developed a high performance system to assess the mitochondrial respiratory activity and embryo quality based on scanning electrochemical microscopy (SECM) technique. We have employed a new SECM system to establish an accurate method for determining the oxygen consumption of single, identical cultured cells, oocytes and embryos. The development of mitochondrial respiratory activity depends on the gene expression of cytochrome c oxidase (COX) and the increase of mitochondrial DNA copy number. The embryos with higher mitochondrial function are better candidates to further development into good quality embryos. We propose that this new SECM system is a valuable diagnostic tool for non-invasively assessing the respiration rate of individual embryos, an indicator of cell and embryo quality.

研究分野：生殖生物学

キーワード：細胞呼吸 電気化学計測 細胞機能診断 ミトコンドリア 生殖補助医療

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

ミトコンドリアは、細胞のエネルギー産生やアポトーシスなど重要な生命現象に関わっている。精度の高い細胞呼吸計測技術は細胞や受精卵の品質評価、アポトーシスやミトコンドリア機能異常に関連した疾患の診断に有効な方法となる。従来、細胞呼吸は蛍光発色法や酸素センサーを用いた方法により測定されてきたが、これらの方法の多くは測定感度や侵襲性の面で課題があり実用化されていない。研究代表者らは、酸化反応で生じる酸素消費を高感度・非侵襲的に測定できる電気化学イメージング技術に着目し独自の研究を進めてきた。これまでの研究により、マイクロ電極をプローブとする走査型電気化学顕微鏡(SECM)を応用した細胞呼吸活性イメージング法を開発し、球面拡散理論式を基盤とするウシ胚の呼吸量測定に成功している。また、詳細な生物学的解析により受精卵(胚)の品質とミトコンドリア機能が密接に関係していることを発見し、ミトコンドリア呼吸機能解析に基づく独創的な受精卵品質評価法を確立してきた。さらに、卵子や受精卵などの球状試料の呼吸測定に特化した「受精卵呼吸測定装置」の開発に成功し、この装置は家畜繁殖分野において胚の品質評価等で実用化されている。この呼吸測定装置は、非侵襲的にミトコンドリア呼吸活性を測定できることから、不妊治療におけるヒト胚の品質評価への応用が期待されている。

### 2. 研究の目的

現行の「受精卵呼吸測定装置」は、不妊治療において卵子や胚の品質診断への応用が期待されているが、医療応用を実現するためには計測感度の向上や測定操作の簡素化(自動化)が不可欠である。そこで本研究では、「受精卵呼吸測定装置」を発展させた医療対応型生殖細胞品質診断システムの開発を目的とした。具体的には、電気化学計測、高精度位置決め、ミトコンドリア機能解析の3つのキーテクノロジーを基盤とする超高感度細胞呼吸解析装置を開発し、ミトコンドリア呼吸機能を指標とする生殖細胞品質診断システムを確立し、その有効性の検証を試みた。最終的には、医療応用可能な生殖細胞品質診断システムへの発展を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究では医療応用を実現する生殖細胞品質診断システムを開発するために、以下の研究を行った。

#### (1) 医療対応型高精度呼吸測定システムの開発

単一の細胞および卵子の呼吸測定を可能とする超高感度マイクロ電極、高精度呼吸測定やミトコンドリア呼吸機能に全く影響を与えない非侵襲呼吸測定液を開発する。具体的には、単一細胞レベルでの呼吸活性を安定的に測定できる超高感度マイクロ電極作製システムを確立する。本研究では、この高感度マイクロ電極を用いた単一細胞呼吸測定の条件を検討し、医療対応可能な呼吸測定液の組成を検討するとともに、単一細胞の非侵襲呼吸測定を実現する解析システムの確立を試みた。

#### (2) 医療対応型呼吸測定液と呼吸測定自動化基盤技術の開発

医療現場での実用化を念頭に、動物由来成分を全く含まない医療対応型呼吸測定液の開発を行った。具体的には、動物由来成分の代わりに高分子ポリマーを添加した測定液を試作し、その有効性を調べた。また、呼吸測定操作の自動化を実現する基盤技術として、1ミクロンの精度で呼吸測定ポイントを位置決めできる自動精密ステージと制御システムの基盤技術の開発を試みた。

#### (3) 高精度ミトコンドリア呼吸機能解析技術の開発

マウスおよびウシの卵子と受精卵、培養した体細胞を研究材料に用い、ミトコンドリア呼吸機能を指標とする細胞機能診断技術の開発を行った。具体的には、単一の培養細胞、卵子

および受精卵から調製した微量試料を用いて、ミトコンドリア呼吸機能を高精度で解析できる技術を確立するために、ミトコンドリア膜電位活性解析、酵素複合体チトクローム c 酸化酵素 (COX) の遺伝子発現解析、ミトコンドリア DNA コピー数定量技術の開発を試みた。単一細胞レベルでのミトコンドリア呼吸機能の生物学的解析により診断システムの有効性と安全性 (非侵襲性) を調べ、医療分野における実用化の可能性を検証した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 医療対応型高精度呼吸測定システムの開発

呼吸測定に用いる白金電極の電解エッチング法とガラスキャピラリーの材質および熱電極封止法を改良した結果、これまで安定した作製が困難であった先端径 2  $\mu\text{m}$  以下の超高精度マイクロ電極をこれまで以上に安定して作製することができた。このマイクロ電極を用いた単一培養細胞酸素消費量測定の実験条件を検討した。電極の走査位置、走査距離および走査速度を詳細に検討した結果、細胞から 20  $\mu\text{m}$  上方を起点にマイクロ電極を上下に走査したところ高精度で細胞の呼吸を測定できることがわかった (図 1A)。次にマイクロ電極の性能を評価したところ、従来用いられてきた先端径 5  $\mu\text{m}$  電極と比べて、先端径 2  $\mu\text{m}$  の方が高精度で単一培養細胞の酸素消費量を測定できることが明らかになった (図 1B)。

##### (2) 医療対応型呼吸測定液と呼吸測定自動化基盤技術の開発

受精卵培養液をベースとする呼吸測定液を製作した。この測定液に、動物性成分であるウシ血清アルブミン (bovine serum albumin : BSA) と非動物性物質であるポリビニルアルコール (polyvinyl alcohol : PVA) を添加し呼吸測定を行った。その結果、BSA および PVA とともに安定して細胞の酸素消費量を測定することができた。従来は BSA を添加した測定液が用いられてきたが、合成ポリマーも呼吸測定に有効であることがわかった。また、細胞呼吸測定の自動化の基盤となる要素技術として、1 ミクロンの精度で呼吸測定ポイントを位置決めできる自動精密ステージを製作することができた。

##### (3) 高精度ミトコンドリア呼吸機能解析技術の開発

新たに構築した呼吸測定システムを用いて測定したマウスおよびウシの卵子と胚におけるミトコンドリア呼吸機能を解析した。その結果、ミトコンドリア検出試薬 JC-10 を用いることで呼吸測定後の試料においても高感度でミトコンドリア膜電位を検出することができた。また、呼吸測定した単一の卵子および胚から採取した極微量試料を用いて、ATP 量の定量、酵素複合体チトクローム c 酸化酵素 (COX) の遺伝子発現解析に成功した。特に、呼吸測定した単一培養細胞の COX 遺伝子発現の解析に成功したことから、同一細胞におけるミトコンドリア呼吸機能解析の階層解析の糸口が示された (図 1)。さらに、ミトコンドリア DNA コピー数を高精度で定量できる解析システムの基盤を確立することができた。

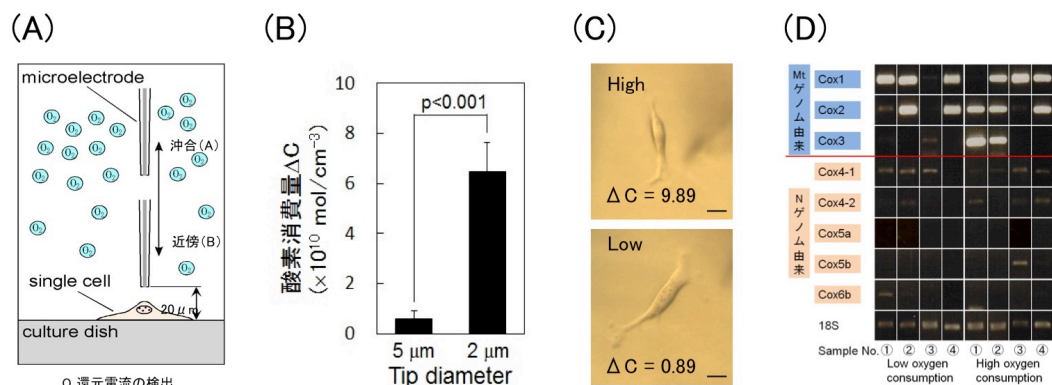


図 1. 新たに開発した細胞呼吸測定システムによる単一培養細胞の呼吸活性測定。(A): マイクロ電極(microelectrode)を用いた単一培養細胞(single cell)の酸素消費量( $\Delta C$ )測定方法。培養ディッシュ(culture dish)の底面から上方 20  $\mu\text{m}$  を起点にマイクロ電極を鉛直方向に走査し、細胞の酸素消費量を測定する。(B): 単一のマウス肺線維芽細胞(MLg)の酸素消費量。先端径 2  $\mu\text{m}$  のマイクロ電極を用いた場合、5  $\mu\text{m}$  マイクロ電極と比べて高精度で単一 MLg 細胞の酸素消費量を測定することができた。(C): 単一 MLg 細胞の酸素消費量。先端径 2  $\mu\text{m}$  マイクロ電極で MLg 細胞の酸素消費量を測定したところ、細胞によって酸素消費量が大きく異なることがわかった。(D): 呼吸測定した単一 MLg 細胞の酵素複合体チトクローム c 酸化酵素(COX)の遺伝子発現解析。呼吸活性の高い MLg 細胞( $\Delta C \geq 5 \times 10^{-10} \text{ mol/cm}^3$ )では、Cox3(ミトコンドリアゲノム[Mt]由来)およびCox4-2(核[N]ゲノム由来)の mRNA 量が多かった。

本研究により、医療応用可能な生殖細胞品質診断システムを開発するための基盤技術として、(1) 超高感度マイクロ電極と単一細胞呼吸測定法、(2) 非動物性呼吸測定液、(3) 微量組織試料を用いた高精度ミトコンドリア呼吸機能解析技術を開発することができた。また、呼吸測定の再現性向上と普及拡大に不可欠である呼吸測定自動化の基盤となる精密自動ステージを構築することができた。

本研究では、研究期間内で医療対応型呼吸測定システムの要素・基盤技術を確立し、その有効性を検証することができた。本研究で開発した生殖細胞品質診断システムは、不妊治療や再生医療など、我が国が直面している少子高齢化社会においてニーズが高まる医療分野において実用化できる新しい細胞診断技術として期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Sato M., Eto K., Goto T., Kurotani R., Abe H., Nishidate I.	4. 巻 10591
2. 論文標題 Tissue imaging using full field optical coherence microscopy with short multimode fiber probe.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of SPIE	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sato M., Saito D., Shoji K., Kurotani R., Abe H., Nishidate I.	4. 巻 381
2. 論文標題 Ultrathin forward-imaging short multimode fiber probe for full-field optical coherence tomography	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Optical Communications	6. 最初と最後の頁 296-308
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hatakeyama S., Tokuoka S., Abe H., Araki Y., Araki Y.	4. 巻 30
2. 論文標題 Cryopreservation of very low number of spermatozoa from male patients undergoing infertility treatment using agarose capuseles	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Human Cell	6. 最初と最後の頁 201-208
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s13577-017-0166-x. Epub 2017 Mar 1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nishizono H., Uno K., Abe H.	4. 巻 56
2. 論文標題 DBA/2J mouse embryos have a slower cleavage speed and lower blastomere number compared with C57BL/6J mouse embryos	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the American Association for Laboratory Animal Science	6. 最初と最後の頁 11-17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kurosawa Hiroki, Utsunomiya Hiroki, Shiga Naomi, Takahashi Aiko, Ihara Motomasa, Ishibashi Masumi, Nishimoto Mitsuo, Watanabe Zen, Abe Hiroyuki, Kumagai Jin, Terada Yukihiro, Igarashi Hideki, Takahashi Toshifumi, Fukui Atsushi, Suganuma Ryota, Tachibana Masahito, Yaegashi Nobuo	4. 巻 31
2. 論文標題 Development of a new clinically applicable device for embryo evaluation which measures embryo oxygen consumption	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Human Reproduction	6. 最初と最後の頁 2321 ~ 2330
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/humrep/dew187	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Igarashi Hideki, Takahashi Toshifumi, Abe Hiroyuki, Nakano Hiroshi, Nakajima Osamu, Nagase Satoru	4. 巻 31
2. 論文標題 Poor embryo development in post-ovulatory in vivo-aged mouse oocytes is associated with mitochondrial dysfunction, but mitochondrial transfer from somatic cells is not sufficient for rejuvenation	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Human Reproduction	6. 最初と最後の頁 2331 ~ 2338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/humrep/dew203	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計34件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 阿部宏之
2. 発表標題 培養液は胚の品質にどのような影響を及ぼしているのか - 動物実験からの考察 -
3. 学会等名 第59回日本卵子学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤翼、渡部佑、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス胚における微小管ネットワークの形成とミトコンドリア呼吸機能の発達
3. 学会等名 第59回日本卵子学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤莉菜、小浜怜、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 初期胚における細胞接着は胚の形態的品質とハッチングに影響する
3. 学会等名 第59回日本卵子学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鶴谷昭洋、高倉啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 アポトーシスと酸化ストレスはウシ胚品質低下の原因となる
3. 学会等名 第56回東北生殖医学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊光、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 高精度ミトコンドリアDNAコピー数定量システムの開発と有用性の検討
3. 学会等名 第56回東北生殖医学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤翼、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス胚における微小管ネットワークの構築とミトコンドリア呼吸機能の発達
3. 学会等名 日本動物学会第89回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊東莉菜、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚における密着結合および接着結合の形成と胚の品質とハッチングに及ぼす影響
3. 学会等名 日本動物学会第89回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sato M., Eto K., Masuta J., Kurotani R., Abe H., Nishidate I.
2. 発表標題 Short multimode fiber image probe for full field optical coherence microscopy
3. 学会等名 Second World Congress on Microscopy (WCM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鶴谷昭洋、高倉啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚においてアポトーシスおよび酸化ストレスは胚の品質を低下させる
3. 学会等名 日本動物学会平成30年度東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊光、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 高精度ミトコンドリアDNAコピー数定量システムの開発
3. 学会等名 日本動物学会平成30年度東北支部大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 加藤貴仁、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス胚における小胞体ストレスの誘導と胚発生に及ぼす影響
3. 学会等名 日本動物学会平成30年度東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊東莉菜、高倉啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚における接着結合および密着結合は胚のパッチングに影響する
3. 学会等名 日本動物学会平成30年度東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小浜怜、伊東莉菜、高倉啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚における接着結合の形成と胚のクオリティーに及ぼす影響
3. 学会等名 第58回日本卵子学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤翼、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス卵子及び胚における微小管形成はミトコンドリアとミトコンドリア機能変化の解析
3. 学会等名 第58回日本卵子学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 安部大地、坂田昂弥、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚における微小管ネットワーク形成とミトコンドリア機能発達の解析
3. 学会等名 日本動物学会平成29年度東北支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊東莉菜、小浜怜、高倉啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ初期発生における接着結合の形成過程と胚の形態学的品質の解析
3. 学会等名 日本動物学会平成29年度東北支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小浜怜、伊東莉菜、高倉啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚における接着結合の形成と胚のハッチングに及ぼす影響
3. 学会等名 日本動物学会第88回富山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤翼、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス胚における微小管ネットワークの形成はミトコンドリアの機能発達と密接に関係している
3. 学会等名 第55回東北生殖医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本田美咲、渡邊光、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 近交系マウスの交配による雑種強勢は胚のハッチングにおいて発現する
3. 学会等名 第55回東北生殖医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊東莉菜、小浜怜、坂原聖士、高倉啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚における接着結合の形成は胚の形態的クオリティーとハッチングに影響する
3. 学会等名 第55回東北生殖医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 坂田昂弥、遠藤駿介、小浜 怜、高倉 啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚においてミトコンドリア膜電位と胚の品質は相関する
3. 学会等名 第57回日本卵子学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小浜 怜、坂田昂弥、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 異なる培養条件で発生したウシ胚のハッチング様式とミトコンドリア機能の解析
3. 学会等名 第57回日本卵子学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 池田勇哉、星 翼、山下祥子、坂田昂弥、高倉 啓、黒谷玲子、星 宏良、阿部宏之
2. 発表標題 新規完全合成ガラス化保存液を用いたウシ胚超低温保存法の開発
3. 学会等名 第57回日本卵子学会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 坂田昂弥、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚におけるミトコンドリア機能は細胞内局在と細胞分化の影響を受ける
3. 学会等名 平成28年度日本動物学会東北支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 翼、坂原聖士、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス卵子及び胚におけるミトコンドリアの動態変化と機能発達
3. 学会等名 平成28年度日本動物学会東北支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小浜 怜、伊東莉菜、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 異なる培養液で発生したウシ胚の孵化過程と細胞間接着の解析
3. 学会等名 平成28年度日本動物学会東北支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊東莉菜、小浜 怜、高倉 啓、坂原聖士、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ初期発生における接着結合の発達は胚の形態形成と品質に影響する
3. 学会等名 平成28年度日本動物学会東北支部大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 黒澤大樹、阿部宏之、寺田幸弘、熊谷仁、長瀬 智、高橋俊文、菅沼亮太、宇都宮裕貴、八重樫伸生
2. 発表標題 チップセンサーを用いた新たな受精卵呼吸測定装置の開発・臨床応用を目指して
3. 学会等名 第34回日本受精着床学会総会・学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 翼、坂原聖士、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス卵子及び胚におけるミトコンドリアの呼吸機能は細胞内局在の影響を受ける
3. 学会等名 第34回日本受精着床学会総会・学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 坂田昂弥、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚のミトコンドリア機能は細胞内局在と割球の分化の影響を受ける
3. 学会等名 第54回東北生殖医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小浜 怜、伊東莉菜、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 異なる培養液で発生したウシ胚の孵化様式と細胞間結合の解析
3. 学会等名 第54回東北生殖医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 翼、坂原聖士、高倉 啓、黒谷玲子、阿部宏之
2. 発表標題 マウス初期胚におけるミトコンドリアの局在変化と呼吸機能の発達
3. 学会等名 第54回東北生殖医学会総会・学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 坂田昂弥、高倉 啓、阿部宏之
2. 発表標題 ウシ胚におけるミトコンドリア機能の発達は割球の分化及び細胞内局在と密接に関係している
3. 学会等名 第61回日本生殖医学会学術講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Abe H., Sakata K., Sakahara S., Takakura K., Kurotani R.
2. 発表標題 Multiple analyses of mitochondrial respiratory activity in bovine preimplantation embryos
3. 学会等名 The 22nd International Congress of Zoology & The 87th Meeting of Zoological Society of Japan Joint Events
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

山形大学理工学バイオ化学工学科「研究科 阿部研究室」  
<http://abe-labo.yz.yamagata-u.ac.jp/index.html>  
山形大学研究者情報  
[http://yudb.kj.yamagata-u.ac.jp/html/100000176\\_ja.html](http://yudb.kj.yamagata-u.ac.jp/html/100000176_ja.html)

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	黒谷 玲子  (Kurotani Reiko)  (00453043)	山形大学・大学院理工学研究科・准教授    (11501)	