

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82404

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2023

課題番号：17K06679

研究課題名（和文）頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究

研究課題名（英文）A study on the optimal temperature and humidity range for persons with cervical spinal cord injuries

研究代表者

三上 功生（MIKAMI, Kosei）

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・研究所 障害工学研究部・研究室長

研究者番号：80434124

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,000,000円

研究成果の概要（和文）：交通事故やスポーツ事故、転落事故などにより頸部の脊髄を損傷した頸髄損傷者は、ほぼ全身に及ぶ発汗障害、血管運動障害、熱産生障害、温冷感麻痺などの極めて重篤な体温調節障害を有している。そのような頸髄損傷者の中間期（春期、秋期）の至適温湿度範囲（体温の変化が起きにくい温湿度範囲）を把握するために、42名の頸髄損傷者を対象として人工気候室実験を行った。その結果、頸髄損傷者の中間期の至適温湿度範囲は、室温 25 ± 1 、相対湿度40～70%と推定された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

前述の通り、本研究の目的は、重度の体温調節障害を有する頸髄損傷者の中間期における至適温湿度範囲を、人工気候室実験で得られた測定データより推定することである。測定で得られた頸髄損傷者の体温調節反応のデータを詳細に分析した結果、頸髄損傷者の中間期の至適温湿度範囲は、室温 25 ± 1 、相対湿度40～70%と推定された。本研究の成果は、ほぼ全身の温冷感が麻痺している当事者とその介護者にとって、中間期の室内空間（住宅、自動車、一部の公共施設など）の温湿度を調節する際の目安として利用できることが期待される。本研究成果は、頸髄損傷者のQOL向上に繋がるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Persons with cervical spinal cord injuries who injured the spinal cord in their necks due to traffic accidents, sports accidents, accidental fall, etc. have extremely severe body temperature symptoms such as sweating disorders, vasomotor disorders, thermogenic disorders, and thermal paralysis that affect almost the entire body. In order to determine the optimal temperature and humidity range (temperature and humidity range at which changes in body temperature are unlikely to occur) during the intermediate periods (spring and autumn seasons) for such cervical spinal cord injured persons, an artificial climate chamber experiment was conducted on 42 cervical spinal cord injured persons. As a result, the optimal temperature and humidity range on the intermediate period for persons with cervical cord injury was estimated to be 25 ± 1 °C room temperature and 40-70% relative humidity.

研究分野：重度の体温調節障害を有する頸髄損傷者の温熱環境

キーワード：頸髄損傷 体温調節障害 至適温湿度範囲 中間期 人工気候室実験 温熱環境 QOL 生活支援技術

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

交通事故やスポーツ事故、労働災害などにより中枢神経である脊髄を損傷した脊髄損傷者の多くは、受傷部以下の発汗、血管運動、熱産生、温冷感などの体温調節機能が麻痺している。特に頸部の脊髄を損傷した頸髄損傷者(以下、頸損者)は、その麻痺がほぼ全身に及んでいるため、体温が環境温度の影響を受けて変動しやすいことが報告されている。頸損者の極めて重篤な体温調節障害は、リハビリテーションプログラムの進行や社会進出を阻害する要因の一つになっていることから、頸損者の温熱環境の計画及び評価方法を早急に策定する必要があり、その中でも特に季節別の室内の至適湿度範囲(体温の変化が起きにくい湿度範囲)を喫緊に推定する必要がある。

そこで、研究代表者らは、極めて重篤な体温調節障害を有する頸損者の至適湿度範囲を推定するために必要な頸損者の体温調節反応特性を把握することを目的とした人工気候室実験を、1975年から継続的に行ってきた。研究代表者は、着衣量 0.6clo (春と秋の季節に対応する中間期の着衣の断熱性能に相当)、相対湿度 50%条件下のデータが相当数蓄積されたことから、それらのデータを基に頸損者の中間期、且つ相対湿度 50%での至適湿度範囲を推定した結果、室温 25±1℃と推定された。

2. 研究の目的

日本は、夏は高温多湿、冬は低温乾燥と極めて湿度変化が大きい気候にありながら、相対湿度が頸損者の体温調節反応に及ぼす影響は把握できていない。そこで、相対湿度の違い(40%, 50%, 70%)が頸損者の体温調節反応に及ぼす影響を人工気候室実験より把握し、頸損者の中間期の至適湿度範囲を明らかにすることを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

実験を行った室温は 22, 24, 26℃、相対湿度は 40, 70%で、1湿度条件の曝露時間は 90 分とした。着衣量は 0.6clo (春季と秋季の着衣の断熱性能)とした。被験者は頸損者 10 名、対照被験者である学生健常者 14 名である。なお、相対湿度 40%及び 70%条件下に曝露された頸損者は同一である。

4. 研究成果

(1) 頸損者の中間期、且つ相対湿度 50%での至適湿度範囲について

前述の通り、研究代表者は頸損者の中間期、且つ相対湿度 50%での至適湿度範囲を室温 25±1℃と推定した。ここでは、至適湿度範囲の検討方法を示すために、相対湿度 50%の実験結果を再掲する。

頸損者の中間期、且つ相対湿度 50%での至適湿度範囲の検討方法として、実験開始時(0 分)と終了時(90 分)の間の口腔温(深部体温の代替温度)変化量に着目した。この変化量は、曝露温度による熱産生量と熱放散量の平衡が崩れた結果、即ち人体にかかる熱的負担の大きさを示していると考えたからである。従って、対照被験者である学生群の各室温での口腔温変化量を基に、頸損者の至適湿度範囲を導くこととした。

着衣量 0.6clo、相対湿度 50%における各室温での口腔温変化量(実験開始時と終了時の口腔温の差)を図 1 に示す。学生群の口腔温変化量は、どの室温でも±0.2℃以内に収まっている傾向にあった。一方頸損者群の口腔温変化量が、標準誤差も含めて±0.2℃以内に収まっていたのは、室温 24, 25, 26℃であった。従って、頸損者群にとって室温 19, 21, 22, 23, 27, 29, 31℃

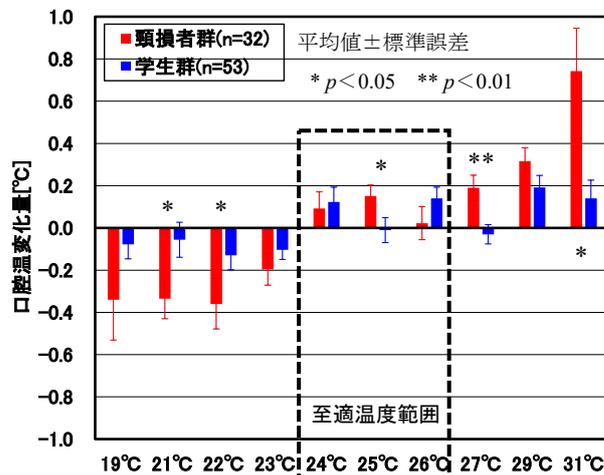


図 1 相対湿度 50%での実験終了時の口腔温変化量

は、重篤な体温調節障害により熱的負担が大きい温度帯であると考えられる。この結果より、中間期、且つ相対湿度 50%での頸損者の至適温度範囲を、 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ と推定した。

(2) 頸損者の中間期、且つ相対湿度 70%での至適温度範囲について

相対湿度 70%における頸損者の至適温度範囲の検討方法も、相対湿度 50%と同様の方法を用いた。着衣量 0.6clo、相対湿度 70%における各室温での実験終了時の口腔温変化量を図 2 に示す。

学生群の実験終了時の口腔温変化量は室温 22, 24, 26°Cの全てで、相対湿度 50%と同様に概ね $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以内に収まっていた。一方頸損者群については、室温 24, 26°Cでの口腔温変化量は $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以内に収まっていたが、室温 22°Cでは -0.3°C を超えていた。従って、頸損者群にとって室温 22°Cは、体温調節障害のために口腔温が下がりやすい温度の可能性が高い。以上の結果より、室温 23°Cの測定は行っていないものの、中間期、且つ相対湿度 70%での頸損者の至適温度範囲は、相対湿度 50%の時と同じで $25 \pm 1^\circ\text{C}$ と推定される。

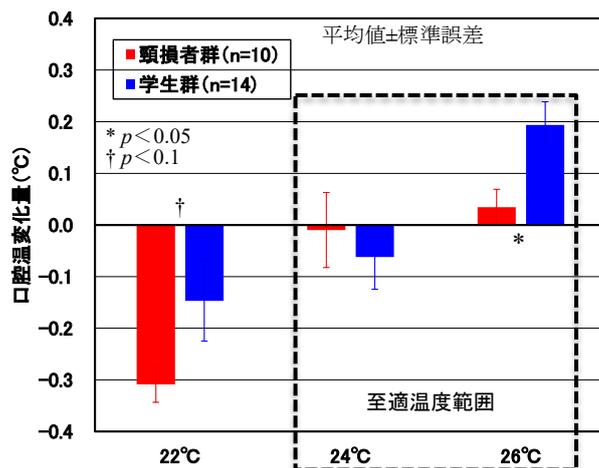


図 2 相対湿度 70%での実験終了時の口腔温変化量

(3) 頸損者の中間期、且つ相対湿度 40%での至適温度範囲について

相対湿度 40%における頸損者の至適温度範囲の検討方法も、相対湿度 50%と同様の方法を用いた。着衣量 0.6clo、相対湿度 40%における各室温での実験終了時の口腔温変化量を図 3 に示す。

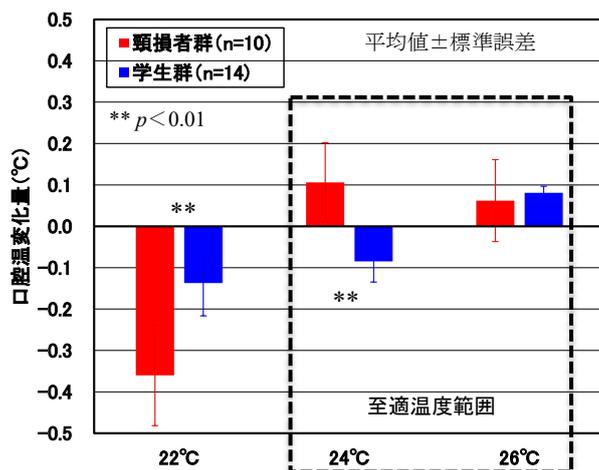


図 3 相対湿度 40%での実験終了時の口腔温変化量

学生群の実験終了時の口腔温変化量は室温 22, 24, 26°Cの全てで、相対湿度 50, 70%と同様に概ね $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以内に収まっていた。一方頸損者群については、室温 24, 26°Cでの口腔温変化量は $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 以内に収まっていたが、室温 22°Cでは -0.3°C を超えていた。従って、頸損者群にとって室温 22°Cは相対湿度の高低にはかかわらず、口腔温が下がりやすい温度である可能性が示唆された。上記の結果より、室温 23°Cの測定は行っていないものの、中間期、且つ相対湿度 40%での頸損者の至適温度範囲は、相対湿度 50, 70%の時と同じで $25 \pm 1^\circ\text{C}$ と推定する。

以上より、頸損者の中間期における至適湿度範囲は、室温 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相対湿度 40~70%と推定される。これらの結果は、 $\pm 1^\circ\text{C}$ という温度の許容範囲が頸損者には十分な温熱環境への配慮が必要であること、また頸損者の至適温度範囲は相対湿度の影響を受けない可能性があること

を示している。

一般的に相対湿度が高い環境では、発汗や不感蒸泄などの蒸発性熱放散が起こりにくくなるため、至適温度範囲は低温側へシフトする傾向にある。しかし、頸損者はほぼ全身の発汗機能が麻痺しており、また肋間筋、腹膜群が麻痺しているため呼気量（1回換気量）も減少しているなど、身体からの水分蒸発量が減少していることが、至適温度範囲に高相対湿度の影響が生じなかった原因の可能性がある。低相対湿度が頸損者の至適温度範囲に及ぼす影響は、今後の重要な研究課題である。

(4) 既存の温熱指標と提案した至適湿度範囲の比較

図4の空気線図に、本研究の成果として導いた中間期における頸損者の至適湿度範囲を示す。図中には、1991年に日本建築学会が策定した「身障者に配慮した住宅温熱環境評価基準値」における中間期の居間の推奨湿度範囲を併せて示す。頸損者にとって既存基準の温度は低い傾向にある。

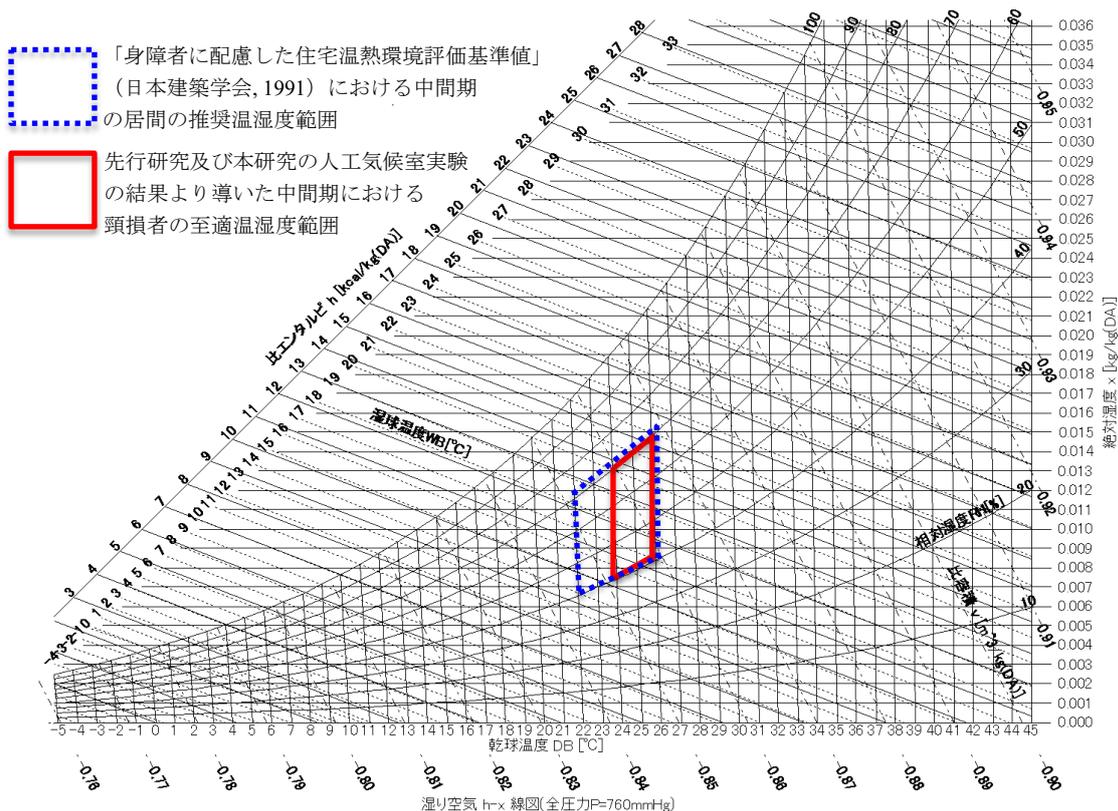


図4 既存の温熱指標と提案した至適湿度範囲の比較（中間期）

(5) まとめ

人工気候室実験より、頸損者の中間期における至適湿度範囲について検討を行った。その結果、室温 25±1°C、相対湿度 40~70%と推定された。本研究の成果は、ほぼ全身の温冷感が麻痺している当事者とその介護者にとって、室内空間（住宅、自動車、一部の公共施設など）の湿度を調節する際の目安として利用できることが期待される。今後は、頸損者の夏期及び冬期の至適湿度範囲について推定を行う。

本研究の最終目的は、季節別の頸損者の至適湿度範囲を推定することである。研究成果は、頸損者のQOL向上に寄与するものと信じている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1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 三上 功生	4. 巻 22
2. 論文標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 61～66
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 無
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 三上 功生	4. 巻 21
2. 論文標題 温熱環境に対する頸髄損傷者の要望調査	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福祉のまちづくり研究	6. 最初と最後の頁 13～24
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 -

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 7件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 中間期、且つ相対湿度40%での至適温度範囲について -
3. 学会等名 第38回リハ工学カンファレンス in 東海
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の体温調節機能の特性
3. 学会等名 No.18-23公益社団法人自動車技術会シンポジウム「車室内環境技術レビュー2023：効率化と温熱快適の両立」（招待講演）
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 中間期、且つ相対湿度70%での至適温度範囲の検討 -
3. 学会等名 2023年度日本建築学会大会（京都）学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 中間期、且つ相対湿度70%での至適温度範囲について -
3. 学会等名 第37回リハ工学カンファレンス in 東京
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 脊髄損傷者の体温調節障害と衣服
3. 学会等名 2023年度日本家政学会被服衛生学学会「障がいとファッション - 被服衛生学分野から多様性への貢献を考える -」（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 第3回 働く環境 「空気」
3. 学会等名 日本人間工学会ワーク・アーゴノミクス研究部会セミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 中間期、且つ相対湿度50%における頸髄損傷者の至適温度範囲の検討
3. 学会等名 日本人間工学会第63回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 中間期における頸髄損傷者の至適温度範囲の検討 - 相対湿度50%の場合 -
3. 学会等名 第25回日本福祉のまちづくり学会全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 中間期、且つ相対湿度50%における頸髄損傷者の至適温度範囲
3. 学会等名 第57回日本脊髄障害医学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適湿度範囲に関する研究 - 中間期、且つ相対湿度70%での至適温度範囲の検討 -
3. 学会等名 2023年度日本建築学会大会（近畿）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 中間期、且つ相対湿度70%での至適温度範囲について -
3. 学会等名 第37回リハ工学カンファレンス in 東京
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大関俊哉, 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 相対湿度50%での最終検討 -
3. 学会等名 2021年度日本建築学会大会(東海)学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 相対湿度50%における頸髄損傷者の至適温度範囲の最終検討
3. 学会等名 第35回リハ工学カンファレンス in 北九州
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の温熱環境に関する研究 - 中間期、且つ相対湿度50%での至適温度範囲の検討 -
3. 学会等名 日本建築学会 第50回 熱シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大関俊哉, 三上功生
2. 発表標題 中間期の頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 相対湿度50%での検討 -
3. 学会等名 第54回日本大学生産工学部学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 下限値の検討 -
3. 学会等名 第43回人間 - 生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲の検討 - 下限値の検討 -
3. 学会等名 第54回日本脊髄障害医学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 相対湿度50%における頸髄損傷者の至適温度範囲の再検討
3. 学会等名 第34回リハ工学カンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲の検討 - 相対湿度50%での継続検討 -
3. 学会等名 第42回人間 - 生活環境系シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の体温調節障害に関する研究
3. 学会等名 日本福祉工学会 第22回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 相対湿度50%における頸髄損傷者の至適温度範囲の検討
3. 学会等名 第53回日本脊髄障害医学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の至適温湿度範囲に関する研究 - 相対湿度50%での継続検討 -
3. 学会等名 第57回日本生気象学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の体温調節障害に関する研究
3. 学会等名 一般社団法人 日本繊維製品消費科学会主催 第56回快適性・健康を考えるシンポジウム（寒冷時の体温調節 - 体温調節メカニズム研究の最先端から - ）（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の体温簡易モニタリング技術の開発に向けた口腔温と皮膚温の関連性に関する研究 - パイロット実験 -
3. 学会等名 第32回リハ工学カンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の温熱環境に対する意識と深部体温モニタリング
3. 学会等名 日本建築学会第47回熱シンポジウム「温熱感研究における建築空間の快適性と健康性の捉え方を探る」（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の体温調節障害の実態
3. 学会等名 第5回看護理工学会学術集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 三上功生
2. 発表標題 頸髄損傷者の体温調節障害の実態
3. 学会等名 第5回看護理工学会学術集会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

2019年7月30日(火)の午後8時00分 から放送された、NHK Eテレ ハートネットTV「HEART - NET TIMES 7月」に出演し、研究で得られた頸髄損傷者の方々の望ましい温度を示しました。また、2019年1月21日(月)の毎日新聞夕刊一面にも同内容が掲載されました。

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関