

令和 3 年 6 月 19 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04448

研究課題名(和文) RC部材とS部材で構成されるT字形接合部の小鉄骨による支圧性能の改善

研究課題名(英文) Improvement of Bearing Failure Behavior on T-shaped S Beam-RC Column Joints with Small Column

研究代表者

西村 泰志 (NISHIMURA, Yasushi)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：10102998

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、柱は鉄筋コンクリート、梁は鉄骨で構成されるT字形柱梁接合部を対象として、柱梁接合部に埋め込まれる鉄骨梁の下面にH形鋼の小鉄骨を取り付けることによって、鉄骨梁に接するコンクリートの支圧破壊を軽減する接合法を検討した。

実験結果から、小鉄骨の埋込み長さが断面せいの3倍以上あれば小鉄骨の曲げ耐力が発揮できること、小鉄骨周囲にせん断補強筋を配置することおよび小鉄骨のせいを大きくすることによって支圧性能を向上できることを示し、本ディテールの実用化の可能性を示した。また、研究代表者による既往の支圧抵抗機構に小鉄骨の効果を考慮した力学モデルを樹立し、支圧耐力評価法を理論的に検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

鋼コンクリートハイブリッド構造柱梁接合部特有のS部材に接するコンクリートの支圧破壊は構造性能上避けるべき破壊形式である。

本研究は、この支圧破壊を抑制する目的から、小鉄骨を用いた柱梁接合部ディテールの実用化に向けた検討を実施し、その可能性を示した。このディテールは非常に簡便で、施工の大幅な改善を図ることができる点において社会的意義がある。また、小鉄骨を有する接合部の支圧終局耐力について、力学モデルに基づく耐力評価法を示した。この力学モデルは他のハイブリッド構造接合部に直接応用できるものであり、この点において大きな学術的意義がある。

研究成果の概要(英文)： To improve the bearing failure behavior of T-shaped S beam - RC column joints, joint detail using small column was proposed. Small column was attached on the bottom flange of the embedded steel beam at right angles to the steel flange. The objective of this study was to clarify the effectiveness of proposed joint detail experimentally and theoretically.

From the test results, it was clarified that flexural strength of the small column can be developed if the embedded length of the small column is 3 times longer than the depth of small column. The reinforcing bars that were placed around the small column and the depth of the small column were very important factors to improve the bearing failure performance. Furthermore, based on the stress transferring mechanism and resistance mechanism of the joints proposed by previous studies of author, the design formulae of joints with small column were proposed. The predictions were shown to be in good agreement with the test results.

研究分野：建築構造学

キーワード：鋼コンクリートハイブリッド構造 柱RC・梁S 小鉄骨 支圧性能の改善 埋込み長さ 補強法 支圧抵抗機構 支圧耐力評価法

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

柱は鉄筋コンクリート（以下、RC と言う）、梁は鉄骨（以下、S と言う）で構成される柱梁接合部（以下、RCS 接合部と言う）には、「せん断破壊」と「支圧破壊」の2つの破壊モードが存在する。せん断破壊する場合、最大耐力発揮後大きな耐力低下は見られず安定した履歴性状を示す。一方、支圧破壊する場合、最大耐力発揮後大きな耐力低下を示し、エネルギー吸収能力に乏しい逆S字形の履歴性状となる。これは、S梁の回転によって、Sフランジ上下面のコンクリートが圧壊し、正負繰り返し載荷に伴ってSフランジとコンクリートの間に隙間が生じるためである。なお、この支圧破壊は、鋼コンクリートハイブリッド構造柱梁接合部特有の破壊形式である。このような支圧破壊を抑制するためには、S梁の回転を拘束し、RC柱と一体化させることが必要である。現在までに、RCS接合部に関して、わが国では700体を超す実験データが蓄積されているが、支圧破壊を抑制することを目的とした接合部ディテールの提案は少ない。既往の研究では、S梁とRC柱の一体性を確保するために、S梁に頭付きスタッドボルト等のシアキーを設置することが多い。しかしながら、この作業および配筋ディテールは非常に煩雑であり、支圧破壊を抑制できる簡便な接合部ディテールの開発が急務のこととされている。

2. 研究の目的

本研究は、RC柱とS梁が直交して結合されるT字形柱梁接合部を対象として、図1に示すように、接合部に埋め込まれるS梁鉄骨フランジ下面に直角にH形鋼の小鉄骨を取り付けたディテールを検討する。このディテールは、非常に簡便で施工の大幅な省力化を図ることができ、S部材に接するコンクリートの支圧破壊を軽減できる合理的な接合法であると考えられる。したがって、この手法が確立されれば、あらゆる鋼コンクリートハイブリッド構造接合部に応用することが可能であり、今後、その展開は計りしれない。また、小鉄骨を有する接合部の終局耐力について、力学モデルに基づく耐力評価法が確立されれば本構造の更なる発展に大きく貢献できる。

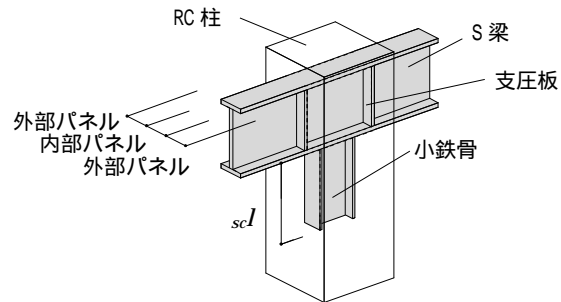


図1 対象とする補強ディテール

本研究は、本ディテールを実用化するために、このディテールに内在する問題点を実験的に検討する。また、解析的な検討として、研究代表者が提案している鋼コンクリートハイブリッド構造柱梁接合部の抵抗機構および応力伝達機構に関する力学モデルに小鉄骨の効果を考慮した力学モデルを樹立し、そのモデルに基づく簡便な耐力評価法を構築することを試みる。なお、本研究は、柱RC、梁Sで構成される柱梁接合部を対象としているが、鋼構造等に見られるRC部材とS部材が直交して結合される接合部に直接応用できるところにも大きな特徴がある。

本研究は、本ディテールを実用化するために、このディテールに内在する問題点を実験的に検討する。また、解析的な検討として、研究代表者が提案している鋼コンクリートハイブリッド構造柱梁接合部の抵抗機構および応力伝達機構に関する力学モデルに小鉄骨の効果を考慮した力学モデルを樹立し、そのモデルに基づく簡便な耐力評価法を構築することを試みる。なお、本研究は、柱RC、梁Sで構成される柱梁接合部を対象としているが、鋼構造等に見られるRC部材とS部材が直交して結合される接合部に直接応用できるところにも大きな特徴がある。

3. 研究の方法

(1) 実験的検討

このディテールを実用化するために検討すべき問題点を実験的に検討する。試験体は、図2に示すように、S梁がRC柱を貫通するT字形骨組とする。RC柱は300×300mm、柱主筋はD16が柱の隅角部に3本、計12本配筋されている。また、せん断補強筋はD6を50mm間隔で配置する。S梁はH-250×100×9×16とする。支圧板は12mmとする。なお、接合部がせん断破壊しないよう鉄骨ウェブパネル厚は16mmとする。小鉄骨はH-150×80×6×9を基本とする。小鉄骨、主筋およびせん断補強筋の主要な箇所のみずみをひずみゲージによって測定する。また、接合部を含む部材の変形、S梁とRC柱の相対変形等を変位計によって測定する。

実験は、S梁両端を単純支持し、RC柱端部に正負漸増繰返し荷重を負荷する。

検討課題は、以下の3テーマとする。

RC柱への小鉄骨の埋込み長さや柱梁接合部のせん断補強筋比の影響（平成30年）

実験変数は図3に示すように、H形鋼の断面せい $s_c d$ に対するRC柱への埋込み長さ $s_c l$ との比 $s_c l / s_c d$ を0、1、2および3とする。また、柱梁接合部のせん断補強筋比 p_w は0.345%および0.885%とする。これらの実験変数の組み合わせによって8体の試験体を計画する。

補強法の検討（令和元年～令和2年）

平成30年度の実験結果を踏まえ、支圧性能の改善に

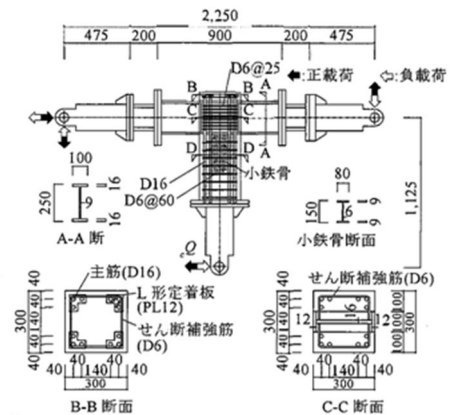


図2 試験体詳細

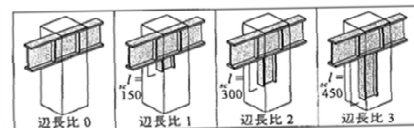


図3 小鉄骨の埋込み長さ

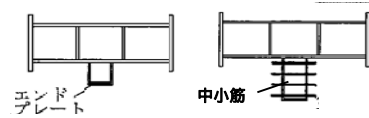


図4 補強法（エンドプレートと中子筋）

関して小鉄骨の効果が小さい $sc\ l / sc\ d$ が 1.0 および 2.0 とした試験体を用いて補強法を検討する。補強法は、図 4 に示すように、1) 小鉄骨端部にエンドプレートを設置するもの、小鉄骨の周囲にせん断補強筋(以下、中子筋と言う)を配置するものを計画する。なお、小鉄骨端部に設置されるエンドプレートは、エンドプレート上面のコンクリートの曲げ圧縮力によって、梁鉄骨の回転を拘束することを期待して計画されたものである。また、2) $sc\ l / sc\ d$ を 1.0 として、小鉄骨端部のウェブに 50 の孔を設け、孔あき鋼板ジベルの効果を意図したものおよびその孔に挿入筋を配置したものを計画する。これらの補強法の組み合わせによって 11 体の試験体を計画する。

小鉄骨の断面せいの影響(令和 2 年)

S 梁が回転することによって小鉄骨の支圧効果が発揮されるので、接合部の中心から遠くの位置に曲げに効果的な小鉄骨の S フランジを設置することが支圧性能の改善に効果的であると考え、 $sc\ l / sc\ d$ を 2.0 とした試験体を用いて H 形鋼の小鉄骨のせいを変数とした実験を計画した。使用した H 形鋼は H-100×80×12×16 および H-180×80×6×6 である。この 2 つの H 形鋼の断面の全塑性モーメントはほぼ同じとする。図 5 に小鉄骨のディテールを示す。

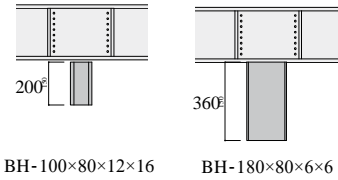


図 5 小鉄骨の断面せいの影響

(2) 解析的検討

研究代表者が、既往の研究で提案した T 字形柱梁接合部の耐力を評価する力学モデルに小鉄骨の効果を考慮した力学モデルを構築し、小鉄骨の効果を考慮した耐力評価法を検討する。

4. 研究成果

(1) 実験的検討

RC 柱への小鉄骨の埋込み長さや柱梁接合部のせん断補強筋比の影響

図 6 に柱梁接合部パネルのせん断補強筋比 p_w が 0.885% 時の履歴曲線の一例を示す。履歴曲線の縦軸は RC 柱端部に負荷された荷重 cQ 、横軸は RC 柱の部材変形角 R である。履歴曲線は、 $sc\ l / sc\ d$ が大きくなるにつれて、履歴曲線のすべり性状が小さくなり、 $sc\ l / sc\ d$ が 3.0 の試験体はエネルギー吸収能力の大きい紡錘形に近い履歴性状となる。これらの性状は、せん断補強筋比 p_w が 0.345% の場合もほぼ同じである。すなわち、 $sc\ l / sc\ d$ が 3.0 以上であれば小鉄骨の曲げ耐力を確保できることが分かる。図 7 に最大荷重と $sc\ l / sc\ d$ の関係を示す。縦軸は RC 柱の曲げ耐力 $rcMu$ と各試験体の最大荷重を節点モーメントに置換した値 M_{exp} との比 $M_{exp}/rcMu$ 、横軸は $sc\ l / sc\ d$ である。 $sc\ l / sc\ d$ の増加に伴ってほぼ直線的に最大荷重が増大する。この傾向はせん断補強筋比 p_w に関わらずほぼ同じである。各試験体とも、最大耐力は RC 柱の曲げ耐力に達しておらず、T 形接合部の終局支圧耐力によって決定されていると考えられることから、T 字形接合部の内部パネルと外部パネルの間のねじり耐力を増大させても、内部パネルから外部パネルへの応力伝達におよぼす小鉄骨の効果は小さいと言える。

補強法の検討

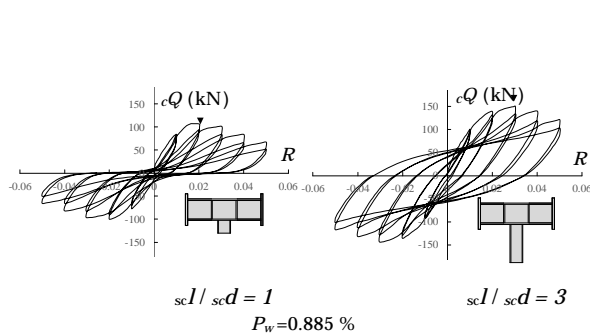


図 6 履歴曲線

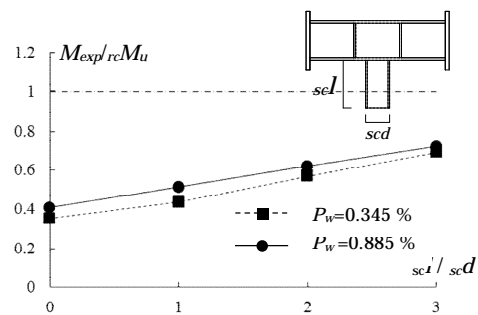


図 7 最大荷重と $sc\ l / sc\ d$ との関係

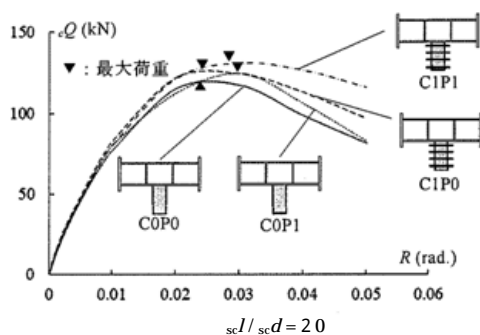


図 8 補強効果

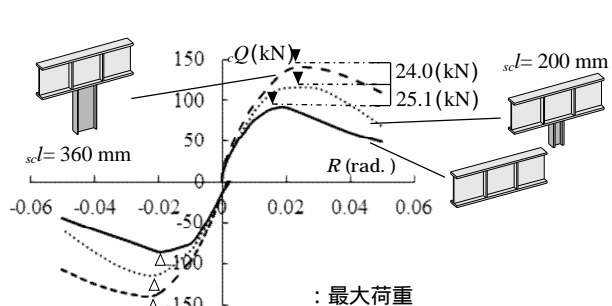


図 9 小鉄骨のせいの効果

1) エンドプレートと中子筋の効果

エンドプレートと中子筋で補強された $sc/l_{sc}d=1.0$ 試験体の場合、いずれの試験体とも、 $R=1/50$ (rad.) のサイクルで S フランジ上面の柱コンクリートにパンチングシア破壊によるひび割れが生じ最大荷重に達した。補強法による最大荷重の顕著な相違は見られない。これは、小鉄骨フランジ前面のコンクリートが浮き上がる様相が顕著であるためと考えられる。なお、履歴曲線はいずれの試験体ともエネルギー消費量の小さい逆 S 字形となる。図 8 に、 $sc/l_{sc}d=2.0$ とする試験体の履歴曲線の包絡線を示す。包絡線の縦軸は RC 柱端部に負荷された荷重 cQ 、横軸は RC 部材の部材変形角 R である。 $sc/l_{sc}d=2.0$ の場合、中子筋を有する試験体の最大荷重は中子筋を有しない試験体よりも若干大きい。これは、小鉄骨に作用する支圧力の反作用によって、小鉄骨フランジ前面のコンクリートの浮き上がりを中子筋が拘束しているためと考えられる。履歴曲線は、エンドプレートのない試験体はすべりの小さい紡錘形に近い性状を示すのに対し、エンドプレートを有する試験体のすべり性状は大きく逆 S 字形となる。これは、エンドプレートの下面が梁の回転に伴って浮き上がるためではないかと推察される。

2) ジベル孔の効果

円孔および円孔に挿入筋を有する試験体は小鉄骨を有しない試験体に対して、最大荷重は増大している。しかしながら、円孔に挿入筋を有する場合の最大荷重の増加は見られない。また、最大荷重発揮後の荷重低下の状況にも挿入筋による顕著な相違は見られない。

小鉄骨の断面せいの影響

図 9 に履歴曲線の包絡線を示す。縦軸は RC 柱端部に負荷された荷重 cQ 、横軸は層間変形角 R である。 $sc/l_{sc}d$ が同じであっても、小鉄骨のせいの小さい試験体は、エネルギー吸収能力の小さい逆 S 字型の性状を示すのに対し、小鉄骨のせいの大きい試験体は最大耐力が大きく、しかも紡錘形に近いエネルギー吸収能力の大きい履歴曲線となる。したがって、小鉄骨の効果を発揮させるためには、できるだけ小鉄骨のせいを大きくすることが効果的である。

(2) 解析的検討

図 10 に研究代表者によって提案された小鉄骨を有する柱梁接合部の支圧抵抗機構を示す。

内部パネルは、図 10(a) に示すように、S 梁フランジ上面に作用する支圧力によるパンチングシアによって耐力が決定されると考える。図 10(b) に、小鉄骨の抵抗機構および応力伝達機構を示す。S 部材に逆対称荷重が作用すると、小鉄骨と S 梁との境界に Q と M が作用する。 Q と M は、小鉄骨の S フランジ内面に支圧応力度 p が生じて抵抗する。その支圧力は、図 10(c) に示すように柱隅角部に向かう力となり、RC 部材にトラス機構を形成して抵抗する。支圧応力度 p は、中子筋の引張降伏耐力によって決定される。一方、実験結果から、この支圧応力によって、RC 柱側面のコンクリートがパンチングシア破壊することが示された。したがって、図 10(d) に示すように、支圧応力度は柱側面のパンチングシアの耐力によって決定されると考えることによってその効果を考慮できると考える。したがって、支圧応力度 p は、中子筋の降伏耐力と柱側面のパンチングシア耐力から求められる支圧応力度の小さい値によって決定される。内部パネルの耐力は図 10(a) および (b) に示す耐力を累加して評価する。

外部パネルは、図 10(e) に示すように、アーチ機構によって抵抗すると考えて、耐力を評価する。

小鉄骨を有する RCS 柱梁接合部の終局支圧耐力は、前述の抵抗機構に基づく内部パネルと外部パネルの耐力を累加することによって評価する。

提案された評価法によって実験値をほぼ評価できる。しかしながら、 $sc/l_{sc}d$ が大きい場合、

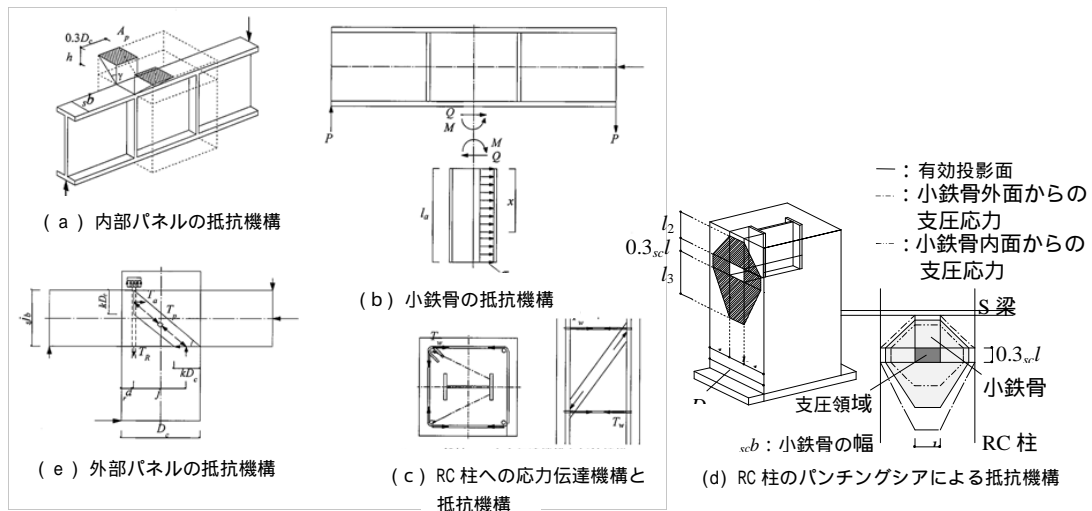


図 10 小鉄骨を有する柱梁接合部の抵抗機構と応力伝達機構

計算値と実験値に差があることからこの点についての検討が必要である。また、 $_{sc}l / _{sc}d$ が小さい場合、小鉄骨端部に設けられたエンドプレートの補強効果が何故期待できないのか、鉄骨ウェブに設けられた円孔の効果および RC 柱側面のパンチングシア耐力等について今後詳細な検討が必要である。

<引用文献>

吉田幹人、南浦康一郎、馬場 望、西村泰志、突起 H 形鋼を有する柱 RC・梁 S とする柱梁接合部の支圧破壊性状の改善(その 4)(その 5) 日本建築学会大会学術講演梗概集、2020.

小笠原中、吉田幹人、馬場 望、西村泰志、柱 RC・梁 S とする梁貫通形式 T 字形柱梁接合部の内蔵鉄骨による支圧破壊性状の改善(その 2) 日本建築学会近畿支部研究報告集、第 61 号・構造系、pp.121-124、2021.6 .

西村泰志、永峰頌子、柱 RC・梁 S とする梁貫通形式 L 字形および T 字形柱梁接合部の支圧破壊性状の改善、構造工学論文 Vol.60B、pp.89-95、2014.3

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0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 小笠原中、吉田幹人、馬場 望、西村泰志	4. 巻 第61号・構造系
2. 論文標題 柱RC・梁Sとする梁貫通形式T字形柱梁接合部の内蔵鉄骨による支圧破壊性状の改善（その2）	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本建築学会近畿支部研究報告集	6. 最初と最後の頁 121 - 124
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 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 吉田幹人、南浦康一朗、馬場望、西村泰志
2. 発表標題 突起H形鋼を有する柱RC・梁Sとする柱梁接合部の支圧破壊性状の改善（その4）
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉田幹人、南浦康一朗、馬場望、西村泰志
2. 発表標題 突起H形鋼を有する柱RC・梁Sとする柱梁接合部の支圧破壊性状の改善（その5）
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小笠原中、吉田幹人、馬場 望、西村泰志
2. 発表標題 突起H形鋼を有する柱RC・梁Sとする柱梁接合部の支圧破壊性状の改善（その6）
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小笠原中、吉田幹人、馬場 望、西村泰志
2. 発表標題 突起H形鋼を有する柱RC・梁Sとする柱梁接合部の支圧破壊性状の改善（その 7）
3. 学会等名 日本建築学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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