

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82105

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H03052

研究課題名（和文）地中埋設した木杭の振動現象の解明

研究課題名（英文）Vibration of wooden pile buried underground

研究代表者

久保島 吉貴（Kubojima, Yoshitaka）

国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等

研究者番号：40353669

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,800,000円

研究成果の概要（和文）：木杭の空気相と土相の境界部分の状態（端末条件）を明らかにし、木杭の強度特性を振動試験から埋設状態で推定するための基礎的知見を得ることを目的とした。木杭埋設現場における振動の検出には加速度計が最適であると考えられた。また、端末条件の完全さすなわち共振周波数比（実測値/縦振動によるヤング率を基にした理想的な片持ち梁条件の計算値）は木杭の締め固めの程度を反映した。締め固めの程度は、地盤の相対密度や層構造に影響され、地盤が最も締め固まる水分割合が存在した。地盤の均質さの程度を振動試験から検出可能であることが示唆された。埋設状態の木杭のヤング率を振動試験から推定できる可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

木杭が地中において継続して利用可能な程度に十分な強度を維持しているかどうか判断するにあたり、木杭の強度特性の評価手法の開発が求められている現状において、振動試験が手法として有効である可能性が示された。振動試験によって木杭を引き抜かずに埋設状態のまま強度特性を推定できる可能性が示されたことは、木杭の強度特性の評価作業の簡素化に繋がる。また振動試験によって地盤の相対密度、地中の水分量および地盤の構成に関わる地盤の状態（密、緩い）が簡便に推定できる可能性が示された。

研究成果の概要（英文）：The objectives of this study were to clarify the condition between air phase and soil one of a wood pile and to estimate strength properties of buried wood pile using a vibration test. An accelerometer was suitable for detecting vibration on site. The degree of compacting the wood pile could be expressed using the degree of ideality of the end condition, in other words, the resonance frequency ratio (measured value/estimated value based on the Young's modulus from a longitudinal vibration). The degree of compacting was influenced by the relative density and layer structure of the ground, and there was the moisture content that causes the largest degree of compacting. The uniformity of ground could be obtained using the vibration test. It was possible to measure the Young's modulus of a buried wood pile without weighing it using the vibration test.

研究分野：木材物理学

キーワード：木杭 強度特性 振動試験 端末条件

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

古くから木材は地盤補強工法として利用されてきたが、木杭の支持力機構が不明確であることにより設計が困難であることから、近年ではセメント系固化材を使用した地盤改良および小径鋼管杭などが主流となっている(三村佳織他:第49回地盤工学研究会,552(2014))。地球温暖化緩和に有効である点から木材利用を拡大すべきという背景により,(一社)日本森林学会,(一社)日本木材学会,(公社)土木学会による「土木における木材の利用拡大に関する横断的研究会」によって2017年3月22日に提言「土木分野での木材利用拡大に向けて-地球温暖化緩和・林業再生・持続可能な建設産業を目指して-」がまとめられ,提言2「木材利用拡大へ向けた技術開発の支援と利用機会を創出すること」において,木材を使った液状化対策工法が取り上げられ,丸太を地盤改良に利用することで,木材を大量に長期利用し炭素を地中に貯蔵することが期待されている(沼田淳紀:木材保存,43(4),211-216(2017))。すなわち,地震で地面が液状化や流動化することを抑制するための地盤改良工法の一つとして,多数の杭を打ち込んで地盤を締め固める目的に木杭を利用する。また,河岸等の盛り土の基礎補強工事への利用も考えられる。

現状では,埋設後の木杭(直径20cm程度,長さ4m程度)は,木杭が支持する構造物(橋脚,建物など)の更新時に多くが引き抜かれ,廃棄されている。引き抜き作業には多大な労力とコストを要し,廃材の発生にもつながるので,十分な強度を保持した木杭は可能な限り再利用することが望ましい。土木利用木材の再利用は持続可能な社会の構築に非常に重要な意味を持つ(三村佳織他:木材学会誌,63(5),214-222(2017))。そこで,木杭を引き抜かない状態のまま強度特性(ヤング率)を推定することが求められる。さらに,土木分野においては,木杭の腐朽や健全性の評価法および現地調査方法が明確になっていない。従って,材料特性が継続しているか,あるいは木杭を含め現存する構造物が今後継続して利用できるかの判断において,まずその手法開発が求められている。

これらの目的には,振動試験が有望である。振動試験は,作業としては,試験体の密度を測定し,試験体を打撃して共振周波数を測定するだけで済む,簡便で優れたヤング率の非破壊測定方法である。木材に対しては日本農林規格の機械等級区分などに応用されている。

振動試験では試験体の打撃音をヤング率に変換し,ヤング率との相関関係が高い強度の推定が可能となる。変換式には試験体の端部の状態(端末条件:自由条件,支持条件,固定条件)に依存する定数を代入する。よって,ヤング率を正確に算出するには,端末条件が明らかにならないといけない。

端末条件は,木材個々の使用状況によって異なり,必ずしも全てが明らかになっているわけではない。前述の機械等級区分を行う装置であるグレーディングマシンでは両端自由条件が使用されている。振動試験はさらに棧積みされた木材,木製防護柵横梁および木造建築物の部材(柱材,梁材など)に利用できる可能性がある。すなわち,ヤング率の経時変化に基づいて,棧積みされた木材では乾燥状態の推定に,木製防護柵横梁および木造建築物では部材の経年劣化の診断に応用できる。いずれの木材も,一本の状態にすれば端末条件を両端自由条件として振動試験を行うことが可能であるが,現場での使用状態から一本ずつ取り外す作業には労力がかかり,取り出した木材を置くための場所も新たに必要である。端末条件は,棧積みされた木材では明らかになっておらず,木製防護柵横梁では固定から支持の間(半剛接合)と考えられ(Kubojima et al.: J. Wood Sci., 64(6), 767-775 (2018)),木造建築物ではピン支持としてモデル化された

例が存在する(笈田彬長他：日本建築学会大会学術講演梗概集，561-562，(2019))。木杭においては，振動試験の末端条件に相当する空気相と土相の境界部分の状態が明らかになっていないため，埋設状態のまま振動試験を行っても試験結果を正確に解析できない状況である。

2．研究の目的

液状化対策工法において丸太を木杭として地盤改良に利用することで，木材を大量に長期利用し炭素を地中に貯蔵することが期待されているが，木杭の腐朽や健全性の評価法および現地調査方法が明確になっていない。これらの目的には，試験体の密度を測定し，試験体を打撃するだけで済む，簡便で非破壊的にヤング率を測定可能な振動試験が有望である。

振動試験では試験体の打撃音をヤング率に変換し，ヤング率との相関関係が高い強度の推定が可能となる。変換式には試験体の末端の状態(末端条件) に依存する定数を代入する。木杭においては，末端条件に相当する空気相と土相の境界部分の状態が明らかになっていないため，埋設状態のまま振動試験を行っても試験結果を正確に解析できない状況である。そこで，木杭の空気相と土相の境界部分の状態を明らかにし，木杭の強度特性を振動試験によって埋設状態のまま推定するための基礎的知見を得ることを目的とした。

3．研究の方法

シトカスプルス製ミニチュア木杭を用いて以下の1) から4) の実験を実施した。

1) 様々な振動検出器を用い，木杭埋設現場に適した振動検出器を決定することを目的とした。断面 25mm(R) × 35mm(T)，長さ 750mm(L) の寸法のミニチュア木杭を用いて各種振動受信センサーについて検討した。ミニチュア木杭を珪砂 6 号中に深さ 300mm 埋設した状態で縦および曲げ振動試験を行った。振動の検出にはレーザー変位計，マイクロフォンおよび加速度計を用いた。

2) 単層土壌から構成される複数の相対密度の模型地盤を作製し，ミニチュア木杭を埋設し，木杭の地中部分の末端条件を考察した。断面 25mm(R) × 35mm(T)，全長 400mm，450mm，500mm，550mm，600mm，650mm，700mm および 750mm(L) の寸法の 8 種類のミニチュア木杭 3 本ずつを用い，地上から露出した長さ(露出長) を 350mm 一定として，すなわち埋設長を 50mm から 400mm の範囲で 50mm ずつ変化させて模型地盤に埋設した状態で曲げ振動試験を行った。模型地盤として，砂質土で埋め立てられた地盤内に埋設された木杭を想定し，直径 540mm，深さ 600mm のステンレス製円柱形土槽において，珪砂 6 号を用い，相対密度 D_r を緩詰め (D_r 30%，50%)，密詰め (D_r 80%) の 3 段階に調整した。基礎地盤は，模型土槽内に予め所定の投入量に調整した試料を複数回に分けて投入し，規定の高さになるまで土槽の側面からゴムハンマーでタッピングした。 D_r 80% の模型土槽は，打撃による締め固めが困難であったため，バイプレーターにより試料上面から振動を加えた。木杭の埋設は，木杭を所定の高さに静置し，周辺地盤を締め固める方法により，木杭の周辺が均一な密度条件となる様配慮した。模型土槽作製後，ミニチュア木杭の杭頭に加速度計を設置し，杭頭を藁さじで水平方向に数回打撃した。さらに木杭を引き抜き，寸法および質量を測定し，縦振動試験からヤング率を測定した。木杭の地中部分の締め固めの程度として，木杭の地中部分の末端条件の完全さの程度すなわち共振周波数比(実測値 / 縦振動によるヤング率を基にした理想的な片持ち梁条件の計算値) を用いた。

3) 地盤の構成が木杭の締め固めに与える影響を検討する目的で 2 層土壌から構成される模型地盤を作製し，ミニチュア木杭を埋設し，ミニチュア木杭の地中部分の末端条件を考察した。珪砂 6 号の 2 層から構成されるモデル地盤として，土槽下部を $D_r=80%$ の密詰め層，上部を D_r 30% の緩詰め層とし， D_r 80% の層と D_r 30% の層の占める割合が 0%，25%，50%，75% および 100% に変化した互層モデルを 2) のステンレス製円形土槽中に作製した。木材底部と土槽底部の間隔は

各実験共 100mm 設けた。2) の 8 種類のミニチュア木杭本 3 ずつを用い、露出長を 350mm で固定して各構成の模型地盤中に埋設した。2) と同様に曲げ振動試験を行った後、木杭を引き抜き、寸法および質量を測定し、縦振動試験からヤング率を測定し、共振周波数比を求めた。

4) 地盤の水分が木杭の締め固めの程度に与える影響について検討した。断面 25mm(R) × 35mm(T)、長さ 750mm(L) の寸法のミニチュア木杭 3 本を用いた。珪砂 6 号から成る単層模型地盤の相対密度を 50% とし、飽和度を 0 (乾燥状態)、25%、50%、75%、80% および 85% とし、露出長を 350mm として、ミニチュア木杭 3 本を単層模型地盤に埋設した。2) と同様に曲げ振動試験を行った後、木杭を引き抜き、寸法および質量を測定し、縦振動試験からヤング率を測定し、共振周波数比を求めた。

5) 直径 140mm、長さ 4m のスギ心持ち実大木杭 30 本ずつを森林総合研究所 (茨城県つくば市、森林総研) 構内および富山県農林水産総合技術センター木材研究所 (富山県射水市、富山木研) 構内に埋設した。森林総研構内の木杭は、2020 年 12 月に埋設し、埋設翌日、埋設後 12 箇月後、約 24 箇月後および約 36 箇月後に 5 本ずつ実験に用いた。また、2011 年 12 月埋設のスギ材同寸法の木杭 5 本も 2023 年 12 月に合わせて実験に用いた。富山木研の木杭は 2021 年 2 月に埋設し、埋設翌日、埋設後約 8 箇月後、約 20 箇月後および約 32 箇月後に 5 本ずつ実験に用いた。木杭を引き抜く過程で振動試験を行う予定であったが、土圧が強く強引に引き抜くと木杭自身または引き抜きの際に木杭に取り付けるワイヤーが破断する危険性があったため杭頭から 1m の部分の周囲の土壌を掘削および除去し露出させることに変更した。露出させた木杭の木口面に鉄製の錘 (70mm × 70mm × 9mm, 353g) を加除した状態で木杭を水平方向に打撃して曲げ振動試験を行った後、木杭を引き抜き、寸法および質量を測定し、縦振動試験からヤング率を測定し、共振周波数比を求めた。また、試験体に錘を加除した場合の共振周波数の相違を用いて秤を使用せずに試験体質量、密度およびヤング率を得る方法 (以下、質量付加振動法) を用いて埋設状態の木杭の質量を推定した。質量付加振動法の推定精度は質量比 (質量付加振動法による推定値 / 実測値) で表され、質量比 = 密度比 (質量付加振動法による推定質量を用いた値 / 実測質量を用いた値) = ヤング率比 (質量付加振動法による推定値 / 縦振動による実測値) である。

4. 研究成果

1) レーザー変位計は、試験体とセンサヘッドの距離を各試験体に対して迅速に適正な範囲に設定するのが困難であった。マイクロフォンと加速度計では縦振動も曲げ振動も鮮明な振動波形が得られ、共振周波数も両者でほぼ一致した。縦振動波形はいずれの条件でも非常に幅広で、これは地中部分での減衰により強い反射波が得られず十分な共振波形が得られなかったためと考えられた。曲げ振動は、片持ち梁条件の試験体の共振周波数が低く、マイクロフォンでは周囲の雑音の影響が排除できないことが示唆された。従って、埋設現場では曲げ振動を加速度計で検出するのが最適であると考えられた。

2) 共振周波数比は相対密度によらず埋設長の増大と共に増大し、埋設長が一定値以上になると安定した。共振周波数比が安定した時の埋設長は相対密度 30%、50% および 80% に対してそれぞれ 350mm、250mm および 150mm であった。よって、砂質土においては相対密度によらず共振周波数比が安定するのに十分な埋設長が存在することが考えられた。本実験のように、相対密度 30 ~ 80% の珪砂 6 号の単層模型地盤へ断面 35mm × 25mm の矩形断面ミニチュア木杭を埋設する場合、埋設長を 350mm 以上とすると共振周波数が安定すると言えた。また、埋設長に対して共振周波数比が一定となった時の共振周波数比の平均値は、相対密度 30%、50% および 80% に対してそれぞれ 0.42、0.44 および 0.50 であった。以上より、共振

周波数比が安定した時の埋設長は相対密度の増大と共に減少すること、および安定した共振周波数比は相対密度の増大と共に増大することが明らかになった。この傾向は、相対密度が増大すると、地盤内の木杭への締め付けが強くなり、木杭の地中部分が理想的な固定条件に近づくことを示しているため、妥当な結果と判断される。従って、共振周波数比は木杭の締め固めの程度を反映すると言える。

3) 埋設長 400mm の試験体では、 D_r 80%の密な模型地盤の占める割合が 0.5 まで値がほぼ変化がなく、0.75 から共振周波数比が増大した。埋設長 300mm の試験体では、 D_r 80%の地盤の占める割合が 0.25 と低値から増加に転じ、その後は緩やかに増加した。一方、埋設長 200mm の試験体では、 D_r 80%の地盤の占める割合が 0.25 で低下し、その後は D_r の増加と共に単調増加した。これは、木杭設置後の最下部層(第 1 層目)をパイプレーターで締める際に振動により木杭が傾くほど地盤の拘束効果が小さいこと、最下部から第 2 層目をゴムハンマーで締める際、土槽を叩く程度の僅かな振動であっても木杭が傾き、木杭を拘束する土圧が得られていないことが原因と推察される。この結果から、互層モデルの試験体は土槽下部にも到達するような、長尺の試験体で行うのが安定的な結果が得られると考えられる。一連の実験結果から、互層地盤の共振周波数比は互層により異なること、すなわち地盤の構成は木杭の末端条件に影響を与えることが明らかになった。

4) 共振周波数比は飽和度 50%を最大値とする上に凸の曲線の傾向を示した。従って、地盤が最も締め固まる水分割合の存在を振動試験より実証できた。また共振周波数比が急減する飽和度が存在することが示唆された。

5) 森林総研の木杭の共振周波数比の経時変化は小さかったのに対して富山木研の場合、埋設約 8 箇月後および 20 箇月後には共振周波数比に大きな値が認められ、加えてばらつきが大きかった。これは、埋設箇所の近くに油圧ショベルカーのポケットに相当する大きさのコンクリートガラや人頭大の河床礫が多数埋まっていたため、これらによって地盤が他の箇所より締め固まっていた箇所が存在したことが考えられる。このため、地盤の均質さの程度を振動試験から検出可能であることが考えられる。また、地盤が均質であれば、埋設後 10 年程度の間は末端条件の完全さの程度として初期値(埋設 1 日後)を利用可能と考えられる。

質量付加振動法の推定精度は、全ての場合において必ずしも十分とは言えなかった。共振周波数が最小 22.625Hz および最大 45.3125Hz と低い値であったため、錘の加除による共振周波数差が小さくなり、このため推定精度が低下したと考えられる。質量付加振動法が理想的な片持ち梁の条件を前提としていることから、末端条件が不完全な固定条件であることの補正が必要であると考えられた。質量付加振動法の推定精度は末端条件の完全さの程度に依存し、また、末端条件の完全さは寸法(露出長/直径比)と地盤の種類に依存するため、1つの現場で寸法は 1 種類であるから、地盤が均質であれば現場毎に予め決めた係数を用いて補正することができる。本研究において、この係数は末端条件の完全さの程度が 10 年程度変わらないため初期値(埋設 1 日後の平均値)を利用可能であると考えられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshitaka Kubojima, Satomi Sonoda, Hideo Kato	4. 巻 68
2. 論文標題 Application of a bending vibration method without weighing specimens to the practical wooden members conditions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Wood Science	6. 最初と最後の頁 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s10086-020-01929-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見, 原忠	4. 巻 79
2. 論文標題 傾斜計による木杭のヤング係数の測定方法に関する検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会論文集特集号 (木材工学)	6. 最初と最後の頁 22-28001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscej.22-28001	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 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見, 原忠	4. 巻 77
2. 論文標題 縦振動法による円柱材の固有振動数の測定方法に関する実験的検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集E2 (材料・コンクリート構造),	6. 最初と最後の頁 1-8 - 1-13
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18件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見, 原忠
2. 発表標題 傾斜計による円柱材のヤング係数の測定方法に関する検討
3. 学会等名 第21回木材工学研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見, 原忠
2. 発表標題 土中埋設した木材の密度及び含水状態の変化に関する考察
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原忠, 松藤寿林, 大原陸, 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見
2. 発表標題 木杭による粘性土層の地盤改良効果に関する一考察
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原忠, 大原陸, 松藤寿林, 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見
2. 発表標題 サウンディングに基づいた粘性土地盤の木杭埋設効果の検証
3. 学会等名 地盤工学会四国支部令和4年度技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原忠, 近藤俊輝, 大原陸, 手塚大介, 五十嵐盟, 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見, 柴和宏
2. 発表標題 木杭を埋設した粘性土地盤の貫入抵抗値の比較
3. 学会等名 地盤工学会四国支部令和4年度技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 原忠, 松藤寿林, 久保島吉貴, 加藤英雄
2. 発表標題 地中に埋設した木杭の強度特性を推定するためのモデル実験
3. 学会等名 令和4年度地盤工学会四国支部技術研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 久保島吉貴, 加藤英雄, 原忠, 柴和宏, 園田里見
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その7) 施工2年間の木杭の地中の端末条件の変化
3. 学会等名 第73回日本木材学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 園田里見, 久保島吉貴, 加藤英雄, 原忠, 柴和宏
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その8) 静的曲げ試験2
3. 学会等名 第73回日本木材学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 久保島吉貴, 加藤英雄, 原忠, 園田里見
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その4) 施工1年後の木杭の地中の端末条件
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 園田里見, 久保島吉貴, 加藤英雄, 原忠
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その5) 静的曲げ試験
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見, 原忠
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その6) 施工1年後の木杭の含水状態
3. 学会等名 第72回日本木材学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤英雄, 久保島吉貴, 園田里見, 原忠
2. 発表標題 縦振動法による木材の固有振動数の測定方法に関する実験的検討
3. 学会等名 第20回土木学会木材工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 園田里見, 久保島吉貴, 加藤英雄, 原忠
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その3) 簡易モデルの検討
3. 学会等名 第71回日本木材学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hara Tadashi, Kubojima Yoshitaka, Kato Hideo, Sonoda Satomi
2. 発表標題 Ground improvement of timber piles buried in soft clay ground
3. 学会等名 World Conference on Timber Engineering (WCTE 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 久保島吉貴
2. 発表標題 地中埋没した木杭の振動現象の解明
3. 学会等名 木材利用シンポジウム2024 in 高知 木材の地中利用の促進(招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 久保島吉貴, 加藤英雄, 原忠, 柴和宏, 園田里見
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その9) 施工3年間の木杭の地中の端末条件の変化
3. 学会等名 第74回日本木材学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 園田里見, 久保島吉貴, 加藤英雄, 原忠, 柴和宏
2. 発表標題 土中埋設した木材の振動現象(その10) 引抜いた木杭への縦振動法の適用
3. 学会等名 第74回日本木材学会大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 原忠, 松藤寿林, 久保島吉貴, 加藤英雄, 園田里見
2. 発表標題 地中に埋設された木杭の非破壊強度判定法の試み
3. 学会等名 第58回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2023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
研究分担者	加藤 英雄 (Kato Hideo) (60370277)	国立研究開発法人森林研究・整備機構・森林総合研究所・主任研究員 等 (82105)	
研究分担者	原 忠 (Hara Tadashi) (80407874)	高知大学・教育研究部自然科学系理工学部門・教授 (16401)	
研究分担者	柴 和宏 (Shiba Kazuhiro) (90446641)	富山県農林水産総合技術センター・富山県農林水産総合技術センター木材研究所・副主幹研究員 (83207)	
研究分担者	園田 里見 (Sonoda Satomi) (80446640)	富山県農林水産総合技術センター・富山県農林水産総合技術センター木材研究所・副主幹研究員 (83207)	

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
---------	---------