

平成 30 年 6 月 20 日現在

機関番号：82115

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K14081

研究課題名(和文)地域の建設事業者を主体とした仮設建築物における新規技術の適用とその後の展開

研究課題名(英文) Reuse of temporary buildings and subsequent development of new construction technologies applied to the buildings by regional builders

研究代表者

渡邊 史郎 (WATANABE, Shiro)

国土技術政策総合研究所・住宅研究部・研究官

研究者番号：70749209

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)：2000年以降の博覧会では、仮設展示施設の再利用の取組みが積極的に検討・実施される傾向にあった。3つの博覧会を対象とした事例調査より、解体・再利用しやすい工法・材料を採用したとしても、リース契約等の強制力のある仕組みを導入しない限り、実際に再利用に至るケースは限られていた。また、応急仮設住宅の従前地での継続使用を実現する上で基礎工法の選択が重要である。木杭からRC基礎に改修する方法は環境負荷を抑える可能性がある一方、当初からRC基礎で建設する方法は環境負荷も大きく、応急仮設住宅としての供用後も何らかの用途で長期利用するシナリオを併せて検討することが望ましい。

研究成果の概要(英文)：In the expositions held in Japan after 2000, the expo organizers were likely to make more efforts to reuse temporary buildings than before 2000. Based on the case studies targeting three expositions, even though they encouraged particular materials and construction methods that are easy to dismantle and reuse, the buildings reused actually were limited without introducing a mandatory system such as lease contracts. Concerning temporary houses for post-disaster, selection of the foundation construction methods is of importance in realizing reuse of the houses in the same place. The method of renovating from wood piles to RC foundation can reduce more environmental burden than the method of making RC foundation initially. For effective use input resource, in case of the latter method it is necessary to consider a long-term scenario of another use after use for temporary houses.

研究分野：建築構法・建築生産

キーワード：仮設建築物 博覧会 応急仮設住宅 リユース 環境影響評価 建築基準法 基礎工法

#### 1. 研究開始当初の背景

建築基準法令等が緩和される仮設建築物は、地域の事業者に対して特殊な構法・材料を実験的に適用できる多くの機会を与えてきた。しかし、仮設建築物としての供用を終えた後について、適用された新たな技術について参照できる既往の資料は限られている。このため、これまでに実用化された新規技術は個別的な試みとして等閑にされ、建築技術の進展に資する機会が失われている。

#### 2. 研究の目的

本研究では、過去の仮設建築物に新規に適用された技術を整理した上で、当該建物が供用後にどのように再利用されたかについて実態を明らかにすることを目的とする。

#### 3. 研究の方法

本研究では、博覧会建築物と応急仮設住宅を調査対象とした。博覧会については1990年大阪花博、2001年北九州博覧祭、2001年福島うつくしま博、2005年愛知万博を対象として、元博覧会協会関係者、建築設計事務所に聞き取り調査を実施し、関連資料の分析を行った。応急仮設住宅についても、2011年東日本大震災、2012年九州北部豪雨、2016年熊本地震に建設された応急仮設住宅を対象とし、行政関係者、建設業者に対して聞き取り調査を実施し、関連資料の分析を行った。

##### (1) 仮設建築物に適用された新規技術と緩和規定の把握

文献調査と上記の聞き取り調査に基づき、博覧会建築物・応急仮設住宅における緩和規定と技術開発との関係を整理した。

##### (2) 博覧会建築物の再利用の実態把握

愛知万博、うつくしま博、北九州博覧祭では閉会後の施設の再利用が積極的に検討・実施された経緯を踏まえ、これら博覧会における再利用に向けた適用技術の特徴及び制度的な運用の方針について把握した。

##### (3) 応急仮設住宅の再利用の実態把握

2011年東日本大震災で住田町に建設された応急仮設住宅と2012年九州北部豪雨で阿蘇市に建設された応急仮設住宅は、供用後に恒久的な建物として再利用された。その再利用の実態を把握した。

##### (4) 応急仮設住宅の継続使用の技術的・制度的検討

応急仮設住宅を従前地で再利用する、すなわち継続使用する方法は、基礎工法に着目すると2種の方法が想定される。それぞれの方法について、技術的・制度的な課題を検討した。

##### (5) 応急仮設住宅の継続使用の環境影響評価

異なる基礎構法を設定し、多様な除却シナリオに応じて、各ライフサイクルの違いによる環境影響評価を行った。これにより、応急仮設住宅の継続使用の環境負荷を考察した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 仮設建築物に適用された新規技術と緩和規定の把握

###### ・緩和規定の整理

応急仮設住宅と博覧会建築とでは、それぞれ建築基準法85条第2項、第5項が適用されるため緩和要件が異なる。第2項では、行政手続きに関する規定、第37条材料、第40条条例が適用除外となるが、第5項は適用を受ける。一方、第5項では21~27条までの防耐火規定が適用除外となるが、第2項では24、25条等木造の外壁の規定は適用を受ける。法施行令では、緩和規定の多く(第3章8節構造計算等)が共通するが、41~43条の木造に関する規定、第5章避難施設等の緩和は第5項には認められない。

###### ・新規技術の動向

大阪花博で展示施設の設計を受託したA社への聞き取り調査によれば、外壁・屋根の簡素化等、防耐火規定の緩和を最大限に活かした一方、令第5章避難施設の規定に適合するため、防災計画の評定・大臣認定を取得する必要があった。また、令第3章8節構造計算の緩和がなされるものの、完成から解体まで実質1年以上設置される場合を考慮すると、速度圧の低減を適用した程度であった。実際に評定・認定を取得した技術については、その後の事業において実用化することはなく、改良の機会はなかった。

2000年以降の博覧会では、環境負荷を抑える施設整備がより強く目指されるようになり、大阪花博のような画期的な構造方法・材料の開発ではなく、むしろ再利用性を高める技術開発に力点が置かれた。

##### (2) 博覧会建築物の再利用の実態把握

###### ・適用された特徴的な建築技術

3博覧会に共通して、規格型の施設における材料・構工法の工夫が見られた。愛知万博では、グローバル・コモンと呼ばれる鉄骨造の箱が各国のパビリオンの"器"として整備された。グローバル・コモンでは、ボルトによる乾式接合された鉄骨材の柱梁、サンドイッチパネルで構成され、1ユニット18×18×9mの解体性に富む構造体を実現された。一方、プレキャストコンクリートを床・基礎に用いることも専門家の委員会でも検討されたが、一般的な現場打ちコンクリートに比べ工事費が高く、解体後の再利用リスクを注文者に負わせるのは酷だという判断により、当工法の採用は注文者に委ねられた。

北九州博覧祭においても、パビリオン以外の規格型の施設については、鉄骨を用いた大小のテントを採用した。

うつくしま博では、地元の木材の活用が基本的な方針として定められた。事務所・レストラン等の規格型の施設についても木造で建設され、再利用を促すために1mモジュールのプレカット材で建設された。(表1)

###### ・再利用を促す仕組みとその結果

北九州博覧祭とうつくしま博では、協会発注の施設の多くを解体・再利用を契約事項として定めたリース契約を施工業者と結び、再利用を確実に実施することを約束した。しかし、閉会后までに移転先が決まってない施設がほとんどであり、閉会后にその移転先を探すことになった。

一方、施設の整備規模が他の2博覧会に比べ著しく大きい愛知万博では、すべての施設をリース契約することは現実的ではなかった。そのため、先のグローバル・コモンについては協会が主導して、その移転先を募集した。その結果、整備された全159.5ユニットのうち31ユニットが近隣の工場・倉庫に転用された。また、解体部品・材料の引取りを、協会がHPを通じて広く公募した。電化製品やエレベーター等の設備関係は高い割合で引取り・再利用に至ったが、一般的な建築材料の引取りは低調であった。部品・材料自体は無償であっても、運搬・保管に係る費用・手間、また損耗によるリスクが忌避されたと考えられる。(表1,2)

表1 博覧会における再利用を促す技術と制度的な枠組み

博覧会	再利用を促す取組み	
	特徴的な建築技術	契約・仕組み
2001年北九州	・支保工、足場板等の仮設材の利用 ・小規模施設の規格化	・全ての建物をリース契約により建設 ・閉会後の再利用も受注者の契約事項
2001年福島	・小規模施設の規格化 ・使用木材を1mモジュールに統一	・一部の建物をリース契約により建設
2005年愛知	・構造・仕様を規格化した鉄骨ユニットによる展示施設(グローバル・JFE) ・仮設建築物と恒久建築物の合築	・一部の建物をリース契約により建設 ・専門家委員会による3Rに有利な建設工法の検討 ・解体部品・建材の引取りの公募

表2 3博覧会における閉会後の仮設建築物の再利用・処分の概略

再利用・処分の方法	2001年北九州		2001年福島		2005年愛知	
	棟	m <sup>2</sup>	棟	m <sup>2</sup>	棟	m <sup>2</sup>
(1)リース契約に基づく移設	223	33,234	70	18,237	31	4,357
(2)移設((1)を除く)	0	0	47	2,885	11以上	10,044以上
(3)廃棄物のリユース	0	0	21	4,258	206以下	139,404未満
(4)解体・廃棄	0	0	0	0		
(5)不明	0	0	0	0		
計*	223	33,234	138	25,381	248	153,805

\*仮設建築物のみを集計した。恒久建築物を除いている。

### (3) 応急仮設住宅の再利用の実態把握

住田町、阿蘇市に建設された応急仮設住宅はいずれも再利用されたが、解体・移築の有無などの点で異なった。

住田町では、建設から5年以上経過した2016年10月に払下げが募集され、全93戸(棟)の木造仮設住宅のうち13戸が2017年3月までに撤去・移転された。町内の応募者に優先的に払い下げられ、写真1のように、町内の住居や倉庫として再利用された。ただし、移

転・再建築に際しては、応急仮設住宅として緩和を受けていた部分を建築基準法に適合させる追加工事(RC基礎化、防火構造の外壁化など)が伴った。

阿蘇市では、全48戸のうち15戸が仮設建築物としての供用を終え、その後基礎改修を経て再建支援住宅として再利用された(写真2)。1年間延長の特例が国に認められなかったため、基礎改修により建築基準法への適合が図られた。住田町の解体・移設とは異なり、従前地での継続的な利用(継続使用)に供される再利用の方法として位置付けられる。



写真1 移転・再築された木造仮設住宅 (住田町)(筆者撮影)  
写真2 木造仮設住宅のRC基礎改修工事 (阿蘇市)(熊本県提供)

### (4) 応急仮設住宅の継続使用の技術的・制度的検討

団地内での継続使用のための手法としては、通常の木杭基礎の応急仮設住宅をRC基礎に改修する基礎改修型と建設当初からRC基礎で建設する本設型の2つの方法がある。これらに該当する熊本県での2事例に関して、熊本県・阿蘇市・建設業者への聞き取り調査・資料分析を行った。

・基礎改修型(2012年九州北部豪雨)

(3)で述べたとおり、木杭基礎から建築基準法への適合を主眼としてRC基礎への改修工事が実施された。ただし、継続使用する入居者はいずれも自力再建を希望していたため、1年間のみ延長利用を前提とした改修であった。「恒久化」というより、むしろ「延命化」といえる。

阿蘇市での改修工事の検討に当たって、和歌山県で実施された先例を参考にし、既存木杭を包含するかたちでコンクリートを打設する工法が採用された。当時、災害救助法で定める応急仮設住宅の入居期限を建築基準法で定める応急仮設建築物の設置期間より3ヶ月早く迎えるため、その3ヶ月の間に工事を実施する必要があった。ただし、延長期間は1年までとし、実際に翌年の3月までに全入居者の本設住宅への移転がなされた。

・本設型(2016年熊本地震)

2016年熊本地震では、頻発する余震への対策として、木造の応急仮設住宅は、公有地のみならず民有地も含め、建設当初からRC基礎で建設された。2018年4月から地震発災から2年を迎えるが、特定非常災害の指定を受けたため、応急仮設住宅の存続期間1年を延長することが可能となった。

・技術的特徴

基礎改修工事は、住棟外周部のRC基礎と



内側のプラスチック製束の設置が主な内容である。当初は既存住棟を移設して通常の基礎工事を行う工法も検討されたが、前記したように3ヶ月で工事を完了する必要があり、予算も限られていたため、当該工法が選択された。具体的には、床下の防蟻・防腐処理を入念に行った上で、外周部の既存木杭を包含するかたちで配筋工事・コンクリート打設を行った。床下には、平板コンクリートの上からプラスチック製束を新設し、鉛直荷重を支えるようにした。コンクリートは収縮するため、基礎の上端と土台の間にモルタルを増打ちする必要があった。当初の基礎高が400mm程度確保されていたことが幸いし、コンクリートの打設を円滑に進めることができた。

基礎改修の工事費用は、戸当り120万円程度を要した。一方、本設型の新築時のRC基礎工事（ベタ基礎）の費用は戸当り45万円～60万円程度であった。

木杭基礎の場合、1住戸に対する木杭の打込み・柱頭処理を1日足らず終わることができ、RC基礎への改修工事では、1住棟当り2週間であった。これに対して、新築時からRC基礎工事を行った場合、コンクリートの養生期間は約1週間程度であった。ある建設業者では、コンクリートの設計基準強度を通常よりも高めに設定することで短期間に一定の強度を確保することが可能となった。

基礎改修型は、外周部のみにRC基礎を配し、床下には土間コンクリートを打たず、一般住宅に比べ防湿性が低い。また、立上り基礎の幅が350mm確保されているため、外壁の外側に100mm程度のコンクリートの出っ張りが生じた（写真2）。基礎上面と外壁との間には雨水が侵入しやすい構造となっているため、長期使用には向かないといえる。現に1年のみの延長使用を想定した改修工事であり、そもそも高い耐久性を確保する必要はないといえる。一方、本設型では単体規定上、建築基準法に適合した住宅として設計されているため、一般住宅並みの耐久性をもつ。（表3）

表3 基礎改修型と本設型との技術的特徴

方法	基礎改修型 (2012年九州北部豪雨)	本設型 (2016年熊本地震)
工事内容	外周部：既存木杭を包含するRC基礎 床下：プラスチック製束の配置	一般住宅同様のベタ基礎
コスト	改修時の基礎工事：120万円/戸	新築時の基礎工事：45～60万円/戸
工期	新築：1日 改修：約2週間	新築：約1週間（一般住宅より高い強度のコンクリート使用）
耐久性	基礎・床下の防湿性・防水性は一般住宅よりも劣る	一般住宅レベルの耐久設計
備考	・1年間の延長使用のための延命措置 ・長期使用を前提としていない	被災者用の単独住宅への転用が検討されている。

・継続使用における制度上の検討点と課題  
災害救助法における応急仮設住宅の設置基準では、設置に係る一切の経費の上限は戸当り551.6万円とされている。過去の木杭基

礎の応急仮設住宅の建設費は概ね戸当り500万円程度であったが、熊本地震でのRC基礎のものは600万円程度を要した。一方、基礎改修は災害救助法の適用外であり、熊本県的全額補助で実施された。

また、特定非常災害の指定を受けることで、応急仮設住宅の入居期間を1年延長することが可能となる。しかし、この指定を受けるには多くの要件があり、過去に適用を受けた災害は4例しかない。特定非常災害の指定を受けられない多くの災害においては、前述したように応急仮設建築物としての存置は認められず、本設の建築基準法への適合が速やかになされることが求められる。

建築基準法第85条第2項の「応急仮設建築物」は、単体規定では、23条の外壁のほか、集団規定は全て適用除外となる。熊本県の本設型の仮設住宅でも、集団規定には適合せずに建設された団地も多く、継続使用をする場合は、とりわけ接道関連の規定への対応が、基礎改修型と同様に課題となる。具体的には、敷地分割・位置指定道路（法42条1項5号）・法第43条但し書き（建築審査会の同意+特定行政庁の許可）、若しくは一団地認定等が選択肢となる。

#### （5）応急仮設住宅の継続使用の環境影響評価

応急仮設住宅の基礎構法のライフサイクルに着目し、その継続使用の環境影響評価を行う。基礎構法のライフサイクルとして、木杭のみ、RC基礎のみ（本設型）、木杭からRC基礎に改修されるもの（基礎改修型）の3つのパターンが想定される。

RC基礎構法に関連するデータは、ヒアリング調査で得られた発注関連の資料より、資源投入量を把握しLCA評価ツールのIDEAを用いて評価した。基礎を除く、建物の部分に関しては清家らにより検証が進められている一般社団法人プレハブ建築協会・規格建築部会会員のS造、住宅部会会員のS造、住宅部会会員の木造の3種の応急仮設住宅の環境負荷を引用した。ただし、運用時及び廃棄時を含めない。

除却シナリオの違いによるCO<sub>2</sub>排出量について、以下2つのCASEを比較した。

CASE1：初期の段階でRC基礎とする（本設型）

CASE2：初期の段階で木杭基礎とし、2年を超えたものについてRC基礎改修を実施する（基礎改修型）

応急仮設住宅の除却曲線が正規分布の確率密度関数に従うものと仮定し、平均使用期間を2年、3年、4年、5年を設定する。さらに、

正規分布の標準偏差を、CASE<sub>1</sub> =  $\mu/2$ 、CASE<sub>2</sub> =  $\mu/3$ 、CASE<sub>3</sub> =  $\mu/4$ （ここで、 $\mu$ は平均除却年数をさす。）と定めることで、多様な除却シナリオを網羅する。

100戸の応急仮設住宅を供給すると仮定し、

上記の設定と、下記式(1)より、除却期間を考慮した応急仮設住宅のCO<sub>2</sub>排出量の評価を行った。

$$TH_{CO_2} = 100 \times \left[ \int_0^2 f(x) \times TH_{nomal} + (1 - \int_0^2 f(x)) \times TH_{refublish} \right] \quad (1)$$

ここで、 $TH_{CO_2}$ は100戸の応急仮設住宅のCO<sub>2</sub>排出量、 $f(x)$ は除却シナリオの確率密度関数、 $TH_{nomal}$ は木杭などの基礎を用いた仮設住宅CO<sub>2</sub>排出量、 $TH_{refublish}$ は木杭などの基礎からRC基礎改修を含めたCO<sub>2</sub>排出量をさす。

#### ・基礎の違いとCO<sub>2</sub>排出量

基礎の違いによるCO<sub>2</sub>排出量の評価結果を3種の応急仮設住宅それぞれについて算出した(図1)。いずれの応急仮設住宅についても、木杭+RC基礎(基礎改修型)及びRC基礎(本設型)においては、木杭やその他の基礎と比較すると1割強にあたるおおよそ1,600kg-CO<sub>2</sub>/戸高かった。ただ、RC基礎改修とRC基礎は、ほぼ同じ値となった。これは、施工性を優先した木杭などの基礎部材に係るCO<sub>2</sub>排出量が低いことが要因となる。

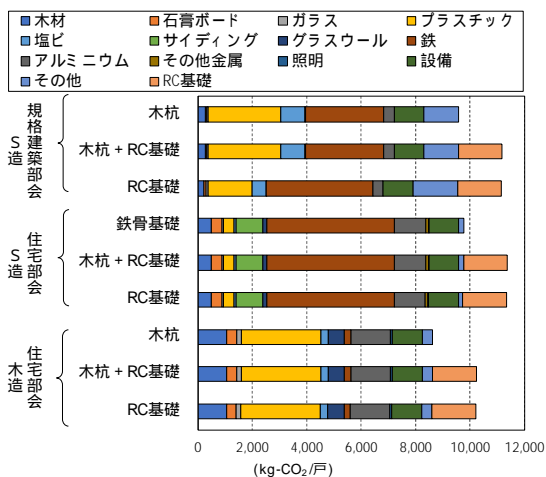


図1 応急仮設住宅3種の基礎構法別のCO<sub>2</sub>排出量

#### ・除却シナリオとCO<sub>2</sub>排出量

各除却シナリオのCO<sub>2</sub>排出量を算出した。図2には規格建築部会S造の結果を代表として示す。図の各シナリオにおける折れ線図の範囲における下限値は、基礎改修分で増加したCO<sub>2</sub>排出量を示している。

平均使用期間が2年の場合、標準偏差によるCASE2のCO<sub>2</sub>排出量に大きな差はみられなかった。一方CASE1と比較すると0.8[ton-CO<sub>2</sub>/100戸]大きい値を示した。

平均使用期間3年及び4年では、標準偏差の違いによってCO<sub>2</sub>排出量に大きな差が生じた。比較的緩やかに除却するは、2年終了時におけるRC基礎改修は抑えられ、CO<sub>2</sub>排出量の増加は穏やかである。より短い期間にま

とめて除却が実施されるやでは2年終了時でのRC基礎改修がより多く必要となり、これに伴いCO<sub>2</sub>排出量が多くなる。

平均使用期間5年のケースをみると、のいずれにおいても当初からRC基礎にするCASE1(本設型)とほぼ同じであった。これは2年終了時での除却される応急仮設住宅が僅かであることによる。

以上から、本設型のCASE1と比較し、応急仮設住宅の平均使用期間が2年とされる場合、基礎改修型のCASE2を採用することでCO<sub>2</sub>排出量を大きく削減することができる。平均使用期間3年の場合、その使用期間の偏差、すなわち除却実施時期の集中の程度によるCO<sub>2</sub>排出量の差は小さくなり、CASE1との差も小さくなる。

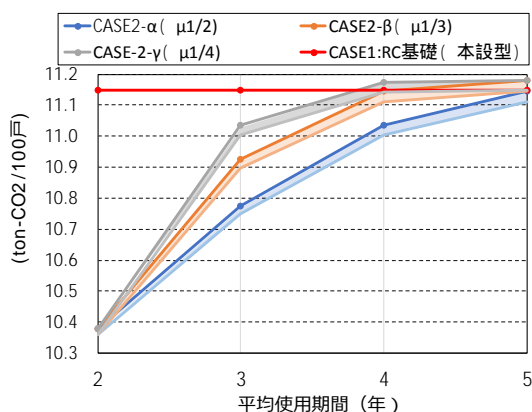


図2 基礎の違いによる各構法のCO<sub>2</sub>排出量

以上を踏まえ、応急仮設住宅の建設段階において、除却可能な時期を予測することは困難であるものの、特定非常災害の指定による1年延長が凡そ見込めない程度の小規模な災害であれば、2年以内に除却可能な応急仮設住宅も多くなることが予想され、そのように促す政策的な意義もある。この場合、基礎改修型の継続使用を採用することで環境負荷も抑えながら、長期の入居世帯にも対応することが可能である。

一方、2011年東日本大震災や2016年熊本地震のように、特定非常災害の指定の可能性が高く、実際に長期の入居世帯の比率が高くなる災害では、当初からRC基礎で応急仮設住宅を建設する一定の効果も認められる。しかし、そもそも建築基準法への適合も要求されるわけではないので、木杭基礎のままでも制度上は継続使用が可能である。一方、RC基礎は木杭に比して、資源投入量・経済的負担も大きい。

つまり、RC基礎で建設する制度上の必要性は高いとはいえず、環境負荷も決して小さいとはいえないことから、応急仮設住宅としての供用後について別の使用方法(定住促進用の住宅や民間への払下げ等)も併せて検討することが重要である。

一方、基礎改修による延命処置については、より円滑かつ経済的な改修を実現する工法

の開発が今後の課題となる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

渡邊史郎：既設木造公営住宅の現状と継続的  
利用に向けた維持管理の課題，日本建築学会  
計画系論文集，第82巻，第738号，  
pp.2019-2028，2017.8(査読有)

〔学会発表〕(計2件)

- 1) Shiro Watanabe and Takayuki Isobe :  
STUDY ON EXPERIMENTAL TECHNOLOGIES  
AND SYSTEMS FOR REUSE OF EXPO  
BUILDINGS, 41st IAHS World Congress on  
Housing Sustainability and Innovation  
for the Future, 2016.9. Albufeira
- 2) 渡邊史郎、磯部孝行：基礎工法に着目し  
た応急仮設住宅の継続使用の検討，日本  
建築学会学術講演梗概集 2018，2018.9  
(掲載予定)

〔図書〕(計1件)

渡邊史郎：博覧会建築物における木質建材の  
利用とその意義，住宅と木材，第38巻，第  
456号，pp.16-27，日本住宅・木材技術セン  
ター，2015.12

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡邊 史郎 (WATANABE, Shiro)

国土交通省国土技術政策総合研究所・住宅  
研究部住宅計画研究室・研究官

研究者番号：70749209

### (2) 研究分担者

磯部 孝行 (ISOBE, Takayuki)

武蔵野大学工学部環境システム学科・助教

研究者番号：20780951