

民家再生の廃棄物削減効果と他の環境負荷・コストへの影響に関する2つのケーススタディー

橋本征二¹・河野雄一郎²・宮松一朗³・寺島泰⁴

¹学生会員 工修 京都大学大学院博士後期課程 工学研究科環境工学専攻 (〒606-8501)

²京都大学学士課程 工学部衛生工学科 (〒606-8501)

³工修 山陰合同銀行 (〒690-0062 松江市魚町10)

⁴フェロー会員 工博 京都大学大学院教授 工学研究科環境工学専攻 (〒606-8501)

実際に行われた2つの民家再生事例について、廃棄物の削減効果と他の環境負荷・コストへの影響について評価し、次の結論を得た。1) 廃棄物において、現地再生では20%程度、移築再生では数%の削減効果が認められた。2) 他の環境負荷においても、現地再生では数%~30%、移築再生では数%~20%の削減効果が認められた。民家再生は廃棄物だけでなく、他の環境負荷の削減策としても有効であると考えられる。3) コストは、現地再生では数%削減され、移築再生では数%増加した。再生は一般に高いと言われているが、安くなる可能性も充分あると考えられる。4) 廃棄物の削減効果を向上させるためには、再利用可能な資材をストックし、適切な物件で利用できるようなシステムが必要である。

Key Words: construction waste, demolition waste, old house, old house renovation, life span

1. はじめに

高度成長期から今日まで、我々の生活は物質的に豊かになり、それに伴って国内には様々な財がストックされてきた。これらは、土木構造物や建築物、耐久消費財などとして我々の身のまわりにある。実際、日本のマテリアルバランスを見ると、1970年から90年にかけての投入資源は、年間15億トンから23億トンへと1.5倍に増加するとともに、そのうちの実に10億トン前後が、毎年確実に国内に蓄積されている¹⁾。

今日の廃棄物問題において建設業の占める位置は大きい。投入資源の約5割は建設資材であり¹⁾、産業廃棄物の約2割は建設業から発生²⁾、最終処分される産業廃棄物の約5割を建設廃棄物が占め³⁾、不法投棄の約9割は建設業から発生³⁾しているという状況である。さらに今後は、これまでに蓄積された土木構造物・建築物の解体・更新に伴い、解体廃棄物の増加が予想される^{1), 4)}が、これにより建設廃棄物の問題は一層深刻なものとなる可能性がある。

これらに対処するには、まず、解体廃棄物の発生

を土木構造物・建築物の長寿命化などにより抑制し、次に発生した廃棄物についてはできるだけリサイクルし、最後にどうしてもリサイクルできないものを適正に処理していくことが必要である。しかし、長寿命化やリサイクルについては、それによって廃棄物が抑制される反面、別の環境負荷が新たに生じると考えられる。よって、これらについては環境面からのLCA的な評価が必要であろう。

本稿は、建築物長寿命化策の一つとして民家再生を取り上げ、これを評価したものである。民家の保存や再生は今日の建築界においても注目を浴びているが、これは、古いものと新しいものを融合させるという、言わば文化的な側面から捉えられることが多い。そこには、我々の住宅文化が戦前戦後で全く断絶してきたことへの反省がある。しかし、住宅としての機能を終えつつある、あるいは既に終えた民家に対して大規模に手を加え再び住宅として生き返らせる技術は、今日の廃棄物問題に対して一つの解答を示しているといえよう。民家再生により廃棄物はどのくらい削減されるのか、廃棄物は削減されるが他の環境負荷はどうなるのか。また、民家再生は

一般的な解体・新築と比較して高いと言われるが、現実にそうなのか。本稿は、実際に行われた2つの民家再生事例について、その廃棄物の削減効果と他の環境負荷・コストへの影響について評価したケーススタディーである。

2. 対象事例の概要

民家再生には様々なケースがあるが、大まかに分類すると、現地再生と移築再生とに分けられよう¹⁾。今まで家屋があった敷地で、既存の家屋を利用しながら新しい家屋を建てるのが現地再生であり、全面的に解体して構造を組み直すケース、解体しないまま構造を調整するケース、部分的に再生するケースなどがある。一方、家屋を全面的に解体して、資材を別の場所へ輸送し、そこで新しい家屋を建てるのが移築再生である。

本稿では、現地再生と移築再生のそれぞれ1件を対象事例として取り上げた。なお、再生が適用可能な家屋は、一般に、戦前に建てられた家屋(木造住宅の約1割⁵⁾)であるか、戦後に建てられた比較的大規模な家屋であることが多く、木構造が頑強でなければならぬ。

(1) 現地再生事例(京都市K邸)

K邸は旧K邸の一部を解体、一部を再生して1998年に新築された。旧K邸(延床面積235m²)は、1917年に建築され、1965年に1階部分を増築、1968年にはさらにその2階部分が増築されることで完成したが、老朽化・設備の陳腐化などが進んでいることから建て替えられることとなった。その際、長年住み続け深い愛着のある旧邸の面影をなるべく残して欲しい、旧邸に使われている部材のうち可能なものはなるべく残して新しいものを建てて欲しい、という施主の強い希望があり、旧邸の中でもまだ使用に耐える部分は、新邸においてそのまま用いる設計がなされた。新邸(同197m²)は大きく改装部と改修部及び新築部に分けられる。改装部(同47m²)は、基本的に旧邸がそのまま残される部分、改修部(同98m²)は柱梁等の構造材を基本的に残しながら、壁の配置、床、天井等を新しくする部分、新築部(同53m²)は旧邸を全面的に解体し、新たに建築される部分である。先述の分類に従えば、解体しないまま構造を調整するケースと部分的に再生するケースの中間に位置する現地再生である。

(2) 移築再生事例(和歌山市W邸)

W邸は、八尾市の旧Y邸を解体して得られた構造

材を用いて1999年に新築された。旧Y邸(同175m²)は、大戸戸板に安政2年の墨書があったことから、築後約150年と推定される比較的大規模の大和棟民家(農家)であった。数年前から建て替えを検討し始めたが、新築にするか再生にするか随分迷ったという。最終的には新築することとなったが、愛着のある家でもあり再利用してもらえれば、ということで、建築家から紹介のあった「古材バンクの会」を通して古材を提供することとなった。一方、W邸(同154m²)は、子供の成長に伴って現在の家が手狭になってきたことから、畑を造成し新築することになったものである。その際、古材を用いて落ち着きのある家を建てたいという思いから、「古材バンクの会」に連絡し、古材を提供可能な解体予定の家を約1年かけて探し、八尾の旧Y邸からの移築が決まった。W邸は、平屋建てであった旧Y邸骨組みを利用し、その上に2階を付け加える形で設計がなされた。旧Y邸の構造材のうち一部の部材は虫食いなどによって再利用が不可能な状態であったが、その部分には別の部材を転用するなどできるだけ多くの古材が使われるような配慮がなされた。

3. 評価の方法

(1) 評価の枠組

上記の現地再生工事が行われなければ、旧K邸は全面解体され、更地に新しく新築する工事(以下「建て替え工事」と表記)が行われたと考えられる。また、移築再生工事が行われなければ、Y邸の古材も廃棄され、W邸では新材を用いた新築工事(以下「解体新築工事」と表記)が行われたと考えられる(以下、現地再生工事と移築再生工事を合わせて指す場合には「再生工事」、建て替え工事と解体新築工事を合わせて指す場合には「通常工事」と表記)。

そこで、図-1のように、再生工事に対して上記のような通常工事を想定し、これを比較対象として評価を行った。なお、通常工事においては、機械解体を行って廃棄物を可燃と不燃に分類(現場での実際のカテゴリ)し、可燃廃棄物については焼却して不燃廃棄物とともに埋立するものとした。また、再生工事が行われた場合と同じ家屋が、新材を用いて建てられるものとした。

(2) 評価の項目

a) 廃棄物

発生廃棄物とともに、環境負荷という観点から埋立廃棄物を取り上げた。直接的には、解体現場から発生する解体廃棄物と、新築現場から発生する新築

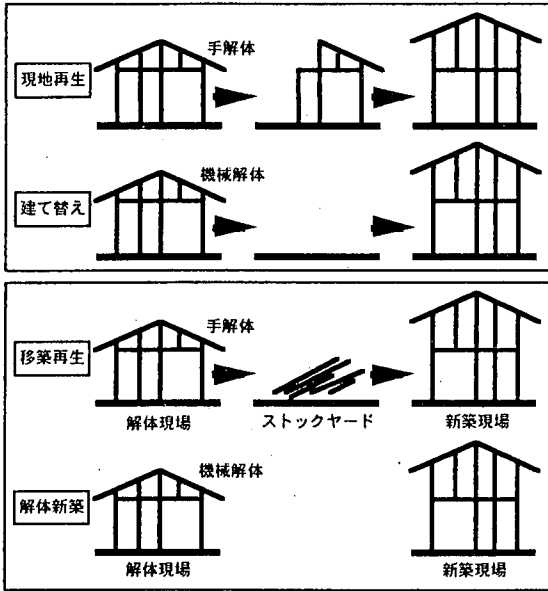


図 - 1 評価の比較対象

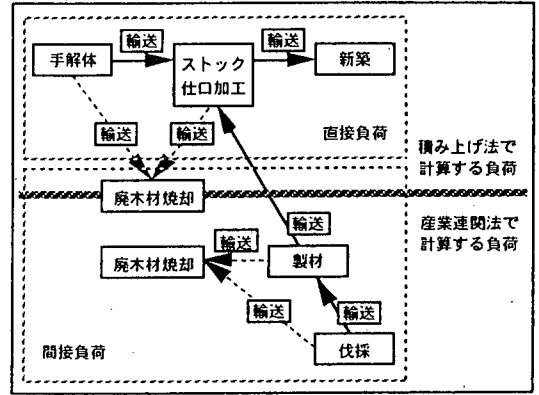


図 - 2 廃木材を例とした廃棄物処理サービスにおける負荷計算の考え方

廃棄物がある。また、間接的には、現場に投入される資材の製造に伴い発生する間接廃棄物がある。

b) 他の環境負荷

・投入される資源 エネルギーの使用等に関連する資源として、原料炭、一般炭、原油、LNG、天然ガスを、建築活動に関連する資源として、鉄鉱石、石灰石、骨材、木材を、さらにエネルギー（化石燃料等起源、バイオマス起源）を取り上げた。直接的には、現場で使用される燃料及び電力、木材や廃棄物の輸送で使用される燃料の消費（エネルギーのみ）がある。また、間接的には、現場に投入される資材、燃料及び電力の製造に伴う消費がある。

・排出される廃物 エネルギーの使用及び木材の焼却等に関連する廃物としてCO₂（化石燃料等起源、バイオマス起源）、SOx、NOx 排出量を取り上げた。直接的には、現場で使用される燃料の燃焼、木材や廃棄物の輸送で使用される燃料の燃焼、及び発生した廃棄物の焼却に伴う排出がある。また、間接的には、現場に投入される資材、燃料及び電力の製造段階における燃料の燃焼、工業プロセス及び廃棄物の焼却に伴う排出がある。

c) コスト

解体コスト及び新築コストを取り上げた。

(3) 廃棄物及び他の環境負荷の計算方法

a) 直接負荷と間接負荷

ある製品や活動の環境負荷を把握する手法としては、積み上げ法と産業連関法がある^{6) 註2)}。積み上げ

法は、個々のプロセスにおける環境負荷を調査して積み上げることから、詳細なプロセス分析が可能な反面、建築物のように多様な資材を用いる製品では、データ収集が現実的に困難である。一方、産業連関法は、産業連関表を基礎データとして使用することから、分析の精度あるいは確度は落ちるものの、包括的な分析が可能であり、これまで土木構造物・建築物の分析で汎用されてきた。

本稿では基本的に、解体現場及び新築現場で発生する負荷を「直接負荷」として積み上げ法で計算し、現場に投入される資材やサービスの製造プロセスで発生する負荷を「間接負荷」として産業連関法で計算したが、廃棄物処理サービスについては、図-2のような扱いとした。すなわち、可燃廃棄物の焼却に伴って発生するCO₂、SOx、NOxや埋立廃棄物（焼却残渣を含む）については積み上げ、これを処理・処分するために投入される資源や排出される廃物については産業連関法を用いた。

また、プラントの建設・各種機器の製造など、資本財生産に関わる負荷について、本稿は考慮しない。

b) 積み上げ法で計算する負荷の調査と計算の方法

調査は実際に行われた再生工事で行い、比較対象となる通常工事は、これに見積書、設計図、業者へのヒアリング等を加え計算した。

・再利用資材 再生工事の再利用資材（構造材、建具、基礎、壁土）量は、実測調査及び設計図から資材を拾い出し計算した。通常工事にあってはこれらが新材として投入されることとなるが、木材については、継ぎ手、仕口を加工するための余裕を持たせて見積もった。

・廃棄物 再生工事の解体廃棄物量は、現場でトラックに荷積みされて搬出される廃棄物の体積を

調査し、これを廃棄物の見かけ比重⁷⁾を用いて重量に換算した。通常工事の解体廃棄物量は、調査した再生工事の廃棄物量に再利用資材量を加えることで算出した。

再生工事の新築廃棄物量は、工務店工場で継ぎ手、仕口を刻む際に発生する木くず量を調査した。通常工事の新築廃棄物量は、調査した再生工事の廃棄物量と再生工事に必要な木材量から単位木材あたりの廃棄物原単位を求め、通常工事に必要な木材量に乗ずることで計算した。また、現場で発生する建築系混合廃棄物については、既存の発生原単位⁸⁾を用いた。

埋立廃棄物量は、可燃廃棄物については焼却による減量率を90%とし、不燃廃棄物はそのまま最終処分するものとして計算した。

他の環境負荷（投入される資源） 再生工事のエネルギー消費量は、工務店工場で使用された電力、現場で用いられた小型のバックホー及び工具に使用された燃料と電力を調査し、また、木材や廃棄物が実際に輸送された距離から必要燃料を計算し、係数⁹⁾を用いてエネルギー量に換算した。通常工事のエネルギー消費量は、再生工事において工務店工場で使用された電力と再生工事に必要な木材量から単位木材あたりの電力原単位を求め、通常工事に必要な木材量に乗ずることで必要電力を計算し、また、解体業者へのヒアリングから大型のバックホーを用いて機械解体することを想定して必要燃料を計算し、係数⁹⁾を用いてエネルギー量に換算した。

他の環境負荷（排出される廃物） 再生工事のCO₂、SOx、NOx排出量は、現場で用いられた小型のバックホー及び工具に使用された燃料を調査し、木材や廃棄物が実際に輸送された距離から必要燃料を計算し、排出係数¹⁰⁾を用いて排出量に換算した。通常工事の排出量は、解体業者へのヒアリングから大型のバックホーを用いて機械解体することを想定して必要燃料を計算し、排出係数¹⁰⁾を用いて排出量に換算した。

可燃廃棄物の焼却に伴う排出量は、廃木材の元素組成¹¹⁾から、C、S分についてはすべてCO₂、SOxになるとして計算し、NOxについては産業廃棄物焼却炉の排出係数（脱硝なし）¹²⁾を用いて計算した。

c) 産業連関法で計算する負荷の計算の方法

筆者らが産業連関法により作成した生産者価格あたりの原単位（負荷/百万円、405産業部門）¹³⁾を、次式により購入者価格あたりの原単位（負荷/百万円、525産業部門）に変換し、これに見積価格を乗じ

ることで計算した。

$$\varepsilon_{bi} = \frac{\varepsilon_{pi} X_{pi} + \sum_j \varepsilon_{pj} x_{ij}}{X_{pi} + \sum_j x_{ij}}$$

ε_{bi} : i部門の購入者価格あたりの原単位

ε_{pi} : i部門の生産者価格あたりの原単位

X_{pi} : i部門の生産者価格の国内生産額

x_{ij} : i部門の商業マージン・国内貨物運賃（j＝卸売、小売、鉄道、道路、通運、沿海内水運、港湾運送、航空、倉庫）

なお、原単位に乗じる見積価格は、積算ポケット手帳¹⁴⁾などを用いて平均的な価格に補正し、更にデフレーター¹⁵⁾を用いて1990年価格に補正した。また、製材、生コンクリート、鉄筋などの主要な資材は、産業連関表に付帯する国内生産額表¹⁶⁾の平均単価を用いた。

(4) コストの計算方法

a) 解体コスト

建て替え工事については、解体業者から床面積あたりの解体費、廃材運搬処分費、ガラ及び基礎撤去処分費などについてヒアリングし見積った。また、解体新築工事については、移築再生工事の解体コストとは別に全面機械解体の見積もりがなされたため、これをそのまま用いた。

b) 新築コスト

- ・**基礎工事** 建て替え工事について、工務店から再利用される基礎の工事費をヒアリングし見積もった。
- ・**木工事** 木材費について、木材の建築部位別の平均的な単価を見積書から計算し、これに残存している建築部位別の木材量を乗じて見積もった。また、大工施行手間について、現地再生工事における新築部分と改修部分の床面積あたりの大工施行手間を計算し、これに新邸の床面積を乗じて見積もった。
- ・**左官工事** 建て替え工事について、再利用される壁の面積と壁面積あたりの工事費から見積もった。
- ・**木製建具工事** 建て替え工事について木製建具の種類別の平均的な単価を見積書から算出し、これに再利用される木製建具を乗じて見積もった。

4. 結果と考察

廃棄物及び他の環境負荷に関する計算結果が表-1、表-2である。なお、再生前の家屋と再生後の家屋でその延床面積が異なることから、結果は床面積

表 - 1 現地再生の計算結果

	原料炭		一般炭		原油		LNG		天然ガス		鉄鉱石	
	kg		kg		L		kg		m ³		kg	
	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え
解体	21	29	18	25	216	297	16	22	1	2	9	12
基礎	525	564	662	698	969	1,033	73	77	5	5	1,088	1,172
躯体	260	345	440	613	3,145	4,276	315	452	23	31	164	221
仕上	2,136	2,193	922	976	4,400	4,683	541	571	45	47	3,556	3,629
設備	1,764	1,764	546	546	2,266	2,266	316	316	27	27	3,013	3,013
合計	4,706	4,896	2,588	2,858	10,995	12,555	1,260	1,438	101	112	7,830	8,047
削減率(%)	-4		-9		-12		-12		-10		-3	
	石灰石		骨材		木材		エネルギー(化石)		エネルギー(バイオ)			
	kg		kg		m ³		Mcal		Mcal			
	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え		
解体	14	19	6	8	0	0	3,475	6,295	19	26		
基礎	9,135	9,719	19,172	20,451	3	3	19,462	20,679	152	162		
躯体	786	868	140	168	107	156	45,950	62,523	575	743		
仕上	2,273	2,345	328	342	11	15	99,904	104,556	1,232	1,368		
設備	823	823	87	87	0	0	47,121	47,121	606	606		
合計	13,030	13,774	19,733	21,056	122	175	215,910	241,173	2,585	2,905		
削減率(%)	-5		-6		-30		-10		-11			
	CO ₂ (化石)		CO ₂ (バイオ)		SO _x		NO _x		発生廃棄物		埋立廃棄物	
	kg-CO ₂		kg-CO ₂		kg-SO ₂		kg-NO ₂		kg		kg	
	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え	現地再生	建て替え
解体	2,547	3,931	19,948	31,762	12	20	22	35	58,246	76,748	47,128	59,078
基礎	8,396	8,904	163	173	9	9	25	27	3,823	4,043	821	864
躯体	11,221	15,199	2,109	3,092	17	23	30	41	9,567	13,105	1,773	2,391
仕上	25,600	26,790	852	942	65	67	81	84	17,897	18,751	3,756	3,937
設備	12,172	12,172	362	362	21	21	36	36	9,843	9,843	1,962	1,962
合計	59,936	66,997	23,433	36,330	124	140	193	222	99,376	122,490	55,440	68,232
削減率(%)	-11		-35		-12		-13		-19		-19	

表 - 2 移築再生の計算結果

	原料炭		一般炭		原油		LNG		天然ガス		鉄鉱石	
	kg		kg		L		kg		m ³		kg	
	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築
解体	45	42	41	37	581	433	35	32	3	3	20	18
基礎	1,036	1,036	1,404	1,404	1,277	1,277	120	120	7	7	2,190	2,190
躯体	345	367	390	429	2,979	3,359	293	325	19	20	396	416
仕上	1,315	1,315	623	623	3,058	3,058	353	353	31	31	2,113	2,113
設備	1,864	1,864	803	803	3,295	3,295	433	433	36	36	3,083	3,083
合計	4,605	4,625	3,261	3,296	11,190	11,422	1,234	1,263	96	98	7,802	7,820
削減率(%)	0		-1		-2		-2		-2		0	
	石灰石		骨材		木材		エネルギー(化石)		エネルギー(バイオ)			
	kg		kg		m ³		Mcal		Mcal			
	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築		
解体	31	28	13	12	0	0	9,190	8,175	41	38		
基礎	17,161	17,161	23,609	23,609	2	2	33,208	33,208	265	265		
躯体	517	536	108	119	123	152	43,891	48,647	409	434		
仕上	2,633	2,633	367	367	7	7	72,485	72,485	954	954		
設備	1,862	1,862	130	130	3	3	64,918	64,918	895	895		
合計	22,203	22,220	24,226	24,236	135	165	223,691	227,432	2,565	2,586		
削減率(%)	0		0		-18		-2		-1			
	CO ₂ (化石)		CO ₂ (バイオ)		SO _x		NO _x		発生廃棄物		埋立廃棄物	
	kg-CO ₂		kg-CO ₂		kg-SO ₂		kg-NO ₂		kg		kg	
	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築	移築再生	解体新築
解体	5,730	5,452	95,236	99,265	56	58	98	100	136,799	139,190	84,077	84,309
基礎	15,231	15,231	241	241	14	14	44	44	5,876	5,876	1,295	1,295
躯体	11,060	12,208	2,341	2,685	18	20	34	38	8,706	9,817	1,579	1,764
仕上	19,036	19,036	625	625	49	49	56	56	10,673	10,673	2,434	2,434
設備	17,097	17,097	559	559	32	32	49	49	9,957	9,957	2,208	2,208
合計	68,154	69,024	99,001	103,374	169	172	281	286	172,010	175,512	91,592	92,008
削減率(%)	-1		-4		-2		-2		-2		0	

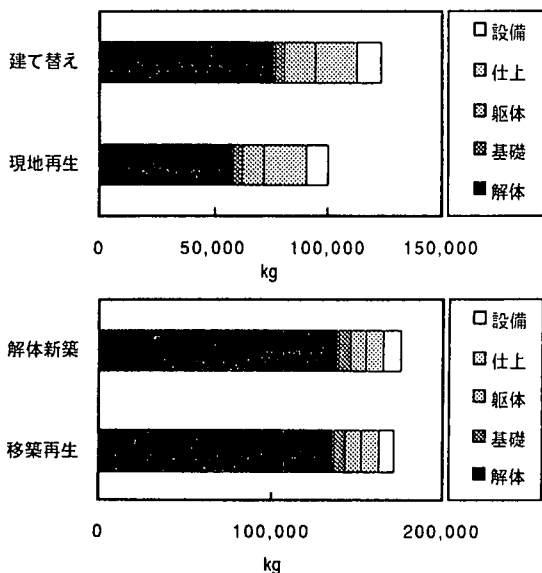


図 - 3 発生廃棄物の削減効果

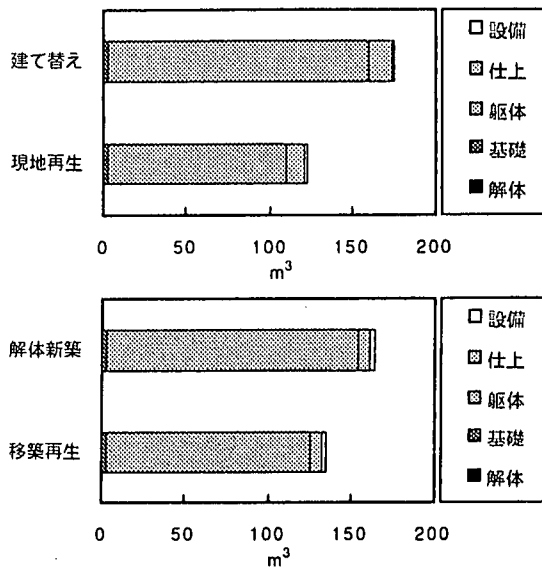


図 - 4 木材の削減効果

表 - 3 解体廃棄物の削減効果

		現地再生	建て替え	移築再生	解体新築
発生廃棄物	可燃廃棄物 (kg)	12,180	18,695	58,167	60,631
	不燃廃棄物 (kg)	45,869	57,083	78,163	78,163
	床面積あたり廃棄物(kg/m ²)			385	793
	削減率 (%)		-23		-2
廃棄物	再利用による削減分	構造材(kg)	6,515		2,464
		建具(kg)	700		
	基礎(kg)	2,704			
	壁土(kg)	8,509			
	埋立廃棄物	可燃廃棄物 (kg)	1,218	1,869	5,817
不燃廃棄物 (kg)	45,869	57,083	78,163	78,163	
床面積あたり廃棄物(kg/m ²)			299	481	
削減率 (%)		-20		0	
廃棄物	再利用による削減分	構造材(kg)	652		246
		建具(kg)	70		
	基礎(kg)	2,704			
	壁土(kg)	8,509			

表 - 4 木材(構造材)の再利用率

	現地再生	移築再生
再利用材 (m ³)	15.7	6.0
新材 (m ³)	31.5	38.5
床面積あたり木材(m ³ /m ²)	0.24	0.29
再利用率 (%)	33	13

注) 継ぎ手、仕口加工前の体積

あたりの数値とはなっていない。また、仮設工事、土工・コンクリート工事などを「基礎工事」、木工事を「躯体工事」、左官工事、屋根工事、板金工事、建具工事などを「仕上工事」、給排水衛生設備工事、電気工事などを「設備工事」として計上している。

(1) 廃棄物の削減効果

発生廃棄物量は、現地再生では建て替えに比べ19%、移築再生では解体新築に比べ2%削減された(表-1、表-2、図-3)。解体工事からの排出が大きな比率を占めるが、特筆すべきは、総発生廃棄物量が現地再生では100~120t、移築再生では約170tにも上ることである。解体廃棄物以外の廃棄物が全

体に占める割合も、現地再生では約40%、移築再生では約20%と無視できない量である。また、埋立廃棄物量は、移築再生ではほとんど効果が見られなかった(表-2)。

解体廃棄物だけを見ると、発生廃棄物量は現地再生では23%、移築再生では2%削減された(表-3)。移築再生における削減率が小さかったのは、旧Y邸が大規模な茅葺民家であったため解体時に茅や廃木材が大量に排出された(表-3の床面積あたり廃棄物を参照)一方で、再利用された構造材の比率が少なかったためである。また、現地再生における削減率が高かったのは、構造材に加え、建具、基礎及び壁が補修、補強あるいは改装され再利用されたためであ

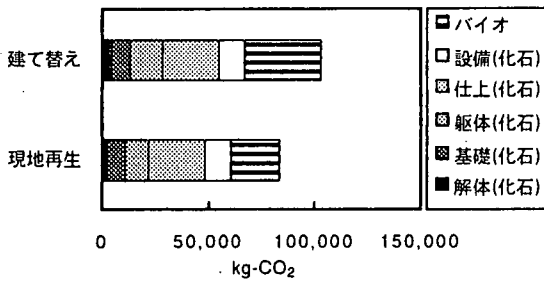


図-5 CO₂の削減効果

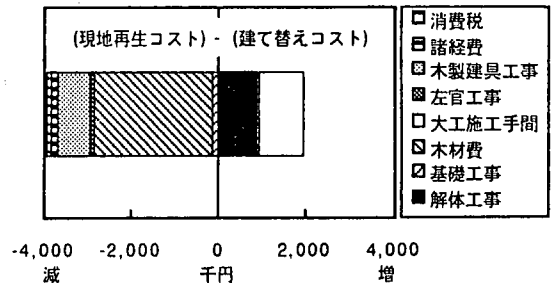
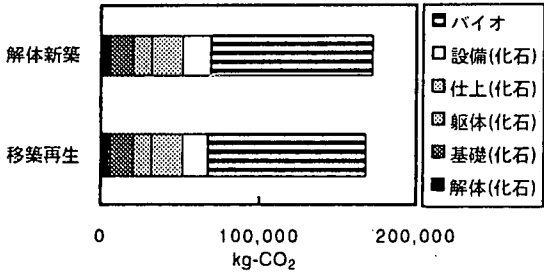
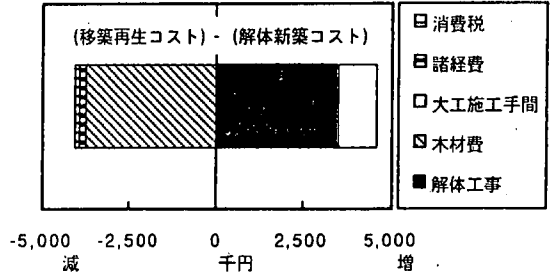


図-6 コスト増減の内訳



る(表-3)。

(2) 他の環境負荷への影響

a) 投入される資源への影響

資源消費量はいずれも、現地再生では建て替えに比べ数%~30%、移築再生では解体新築に比べ数%~20%削減された(表-1, 表-2)。特に木材消費量は、現地再生では30%、移築再生では18%削減された(図-4)。これは、新築現場で使用される木材のうち、再利用材の占める割合が現地再生で33%、移築再生で13%あったことから容易に想像がつく(表-4)。

b) 排出される廃物への影響

CO₂(化石燃料起源)排出量は、現地再生では11%、移築再生では1%、また、CO₂(バイオマス起源)排出量は、現地再生では35%、移築再生では4%削減された(表-1, 表-2)。CO₂(バイオマス起源)のほとんどは解体廃棄物の焼却によるものだが、移築再生においてこの排出は、CO₂(化石燃料起源)排出量の約1.5倍に達した(図-5)。これは前述の通り、旧Y邸が大規模な茅葺民家であったことに由来するが、現地再生、移築再生いずれにおいても、廃木材の削減が化石燃料起源とバイオマス起源を合わせたCO₂排出量の削減に寄与した(図-5)。ただし、CO₂(バイオマス起源)は森林が持続的に管理された状態においては吸収されることから、その場合の純排出は±0と考えられる。

SOx排出量、NOx排出量は、現地再生ではそれぞ

れ12%、13%、移築再生ではそれぞれ2%ずつ削減された(表-1, 表-2)。

以上から、民家再生が廃棄物削減策としてだけでなく、他の環境負荷の削減策としても有効であることが分かる。ただし、本稿が対象とした移築再生事例においては、削減率が小さかった。これについては(4)で検討する。

(3) コストへの影響

コストは、現地再生では4%(5,451万円→5,250万円)削減され、移築再生では1%(4,415万円→4,467万円)増加した。コストの増減の内訳を見ると、再生工事によって解体工事及び大工施工手間のコストは増加するものの、木材費を中心とした資材にかかるコストは削減されることが分かる(図-6)。現地再生においては、こうした人件費の増加をもたらす工事項目におけるコストの増加を補うだけの資材コストの削減があったが、移築再生においては大規模な茅葺民家であったため特に解体コストの増加が大きく、これを補うだけの資材コストの削減が得られなかった。しかし、その増加分はわずかである。

一般に民家再生が高くつくと言う場合には比較している対象が明らかではないが、プレハブなどの安価な住宅を想定していることが多い。しかし、「再生で得られる住宅と同じ住宅」を建てるとすれば、再生の方が安くなる可能性は充分あると考えられる。特に、古材にはかなり上質の木材も多く、このよう

な場合には、同等の材を現在手に入れようとする
破格な値段となり、これがコスト削減に寄与する
ことも考えられる。

(4) 削減効果向上の可能性

本稿で対象とした2つの事例においては、現地再生
が移築再生に比して、廃棄物及び他の環境負荷の削
減効果が大きいという結果を得た。さらに、コスト
についても現地再生では削減され、移築再生では増
加する結果となった。しかし、一般的に現地再生の
削減効果が大きいとは断言できない。再生には前述
の通り様々なケースがある。本稿が対象とした現地
再生事例は、改装部、改修部、新築部から構成され、
それらが一体となって一つの再生工事となっていた。
また、この分類に従えば、対象とした移築再生事例
は、改修部と新築部から構成される再生工事である
と言えよう。一つの家屋の中で行われる工事である
ことから、これら工事部別の負荷を分離して計測す
ることは困難であるが、今後はこれら工事の組み合
わせを分類（再生手法を分類）し、これと効果とを対
応させる必要がある。

本稿は、廃棄物の削減効果をみることに主眼を置
いているが、2つの事例を比較したときに、削減効
果を向上させるにあたって次の2点が重要であると
考えられる。

第一に木材の再利用率を増加させるためのシステ
ムである。現地再生においては廃木材の削減が37%
と高く、これが発生廃棄物の削減に大きく寄与した
(表-3の可燃廃棄物を参照)。また、廃木材の削減は
CO₂の削減にも大きく寄与した。しかし、再生にあ
たっては、構造材として用いられる古材がどの程度
あるかと、新しく建てられる住宅に何が求められる
かによって、古材の再利用率も異なってくる。移
築再生においては、実際には再利用可能な材が多々
あったものの、新邸の規模が小さい上、二階建てと
なることなどから、再利用率が低くなった。このよ
うな場合、旧邸の古材を他の物件へ利用できるよ
うにすれば、再利用率は向上する。すなわち、それら
をストックし、適切な物件で利用できるようなシステ
ムが存在すれば、木材の再利用率を向上させること
ができる。

第二に他の資材（建具、壁土など）を再利用するた
めのシステムである。現地再生においては、こうし
た他の資材の再利用が廃棄物の削減に寄与している。
特に壁土は、埋立廃棄物を15%削減することに寄与
した（表-3）。また、良質な屋根土の壁土としての
再利用も考えられる。こうした資材についても、古
材と同様のシステムが望まれる。

5. おわりに

最後に、結論と今後の課題についてまとめる。本
稿では、実際に行われた2つの民家再生事例につい
て、廃棄物の削減効果と他の環境負荷・コストへの
影響について評価し、次の結論を得た。

- 1) 解体廃棄物量、総発生廃棄物量及び総埋立廃棄
物量とも、現地再生では20%程度、移築再生では
数%の削減効果が認められた。
- 2) 他の環境負荷においても、現地再生では数%~
30%、移築再生では数%~20%の削減効果が認め
られた。民家再生は廃棄物だけでなく、他の環境
負荷の削減策としても有効であると考えられる。
- 3) コストは、現地再生では数%削減され、移築再生
では数%増加した。再生は一般に高いと言われて
いるが、安くなる可能性も充分あると考えられる。
- 4) 廃棄物の削減効果を向上させるためには、再利
用可能な資材をストックし、適切な物件で利用で
きるようなシステムが必要である。

家屋は様々であり、再生の方法も様々である。今
後の課題は、今回のようなケーススタディーを重ね、
どのような再生工事がどのような環境負荷を伴って
どのくらいのコストでできるのか、一般性のある結
論を導き出すことである。

一方、前述の通り再生が適用可能な家屋は一部に
限られることから、これが適用できない家屋につい
ては、解体後の廃棄物のリサイクルが必要となる。
現在、建設省では解体・リサイクル制度研究会の報
告¹⁾を受け、解体・リサイクル法を準備中であり、今
後木造建築物の解体廃棄物（主として廃木材）のリ
サイクルも急速に進んでいく可能性があると考えら
れる。この場合、可燃発生廃棄物の焼却を前提とし
た上記の結論は、異なったものとなる。

しかしながら、民家再生が通常の廃木材リサイク
ル（燃料用、ボード用など）と異なるのはその時間ス
ケールの長さである。長い年月利用されてきた木材
が再び長い年月の利用に入る民家再生は、燃料とし
ての利用とは決定的に異なる。今後は、こうした時
間スケールを考慮した検討も必要になると考えられ
る。

謝辞：調査に際しては、滝澤建築事務所・滝澤雄一郎
氏、藤岡建築研究室・藤岡龍介氏、施主夫妻、あざみ
工務店・村上孔子氏、松原工務店・松原茂明氏及び現
場の方々、古材バンクの会・伊東真吾氏に多大なご
協力を頂いた。ここに記して深謝する次第である。

注釈

注1) なお、古民家再生工場の神家は、民家再生を次の4つに分類している¹⁰⁾。「第一には現在ある建物を骨組みだけに解体して、傾きなどを直し、傷んでいる箇所は必要に応じて補修、取り替え、間取りから外観まで設備も含めて建物全体にわたり改造する大掛かりな「全面的再生」である。第二に建物全体を改造するのではなく最も傷んでいたり、不便さを感じている箇所で、例えば台所、食堂、浴室、便所等の水廻りを中心に改造する場合と、一部の部屋や小屋裏を改造する場合、また、母屋は改造しないで納屋や蔵、屋根裏などを改造して二世帯住宅やアトリエ等に改造する「部分的再生」。第三に建物が大きくて全面的再生をするのに予算が足りない場合で、最初に全体の再生計画を立案し、状況、予算に合わせて段階的に改修、再生を時間をかけて行う「段階的再生」。第四に現在建っている場所から、他の場所に建物を解体、運搬し、古い骨組みを再利用して新しく作り直す「移築・再生」がある。」

注2) これは、ライフサイクルアセスメント(LCA)におけるインベントリー分析の手法であるが、本稿は厳密に家屋のライフサイクルを分析したものではなく、その一部を対象としているため、このように表記した。

参考文献

- 1) 日本開発銀行：調査第175号、建設廃棄物の発生量予測とその対応策～ストックから発生するスクラップ～、pp.12-13, 1993.
- 2) 厚生省：産業廃棄物排出・処理状況調査報告書、平成6年度実績調査結果、p.21, 1997.
- 3) 建設省：建設リサイクル推進懇談会提言～建設リサイクル推進のあり方について、(財)先端建設技術センター、1996.
- 4) 橋本征二、寺島泰：建築物の解体により発生する廃棄物量の将来予測、土木学会第34回環境工学研究フォーラム講演集、pp.109-111, 1997.
- 5) 総務庁統計局：平成5年住宅統計調査、1996.
- 6) (社)未踏科学技術協会、エコマテリアル研究会編：LCAのすべて、工業調査会、pp.116-124, 1995.
- 7) 橋本征二、寺島泰：建築物解体廃棄物の原単位設定、廃棄物学会論文誌、Vol.10, No.1, pp.35-44, 1999.
- 8) (社)建築業協会環境委員会副産物部会：建築系混合廃棄物の原単位調査報告書、1997.
- 9) 資源エネルギー庁：総合エネルギー統計、通商産業研究社.
- 10) (社)プラスチック処理促進協会：プラスチック製品の使用量増加が地球環境に及ぼす影響評価報告書、pp.31-38, 1993.
- 11) 片岡静夫、井川清光：廃プラスチックはエネルギー資源、プラスピア72号、(社)プラスチック処理促進協会、p.11, 1990.
- 12) 環境庁：温室効果ガス固定発生源目録調査報告書、1998.
- 13) 橋本征二、小原卓巳、寺島泰：解体木くずリサイクルの環境面からの評価、土木学会論文集、No.643/VII-14, pp.37-48, 2000.
- 14) 建築資料研究社：積算ポケット手帳.
- 15) 日本銀行：物価指数年報.
- 16) 総務庁：平成二年産業連関表、1994.
- 17) 解体・リサイクル制度研究会：解体・リサイクル制度研究会報告～自立と連携によるリサイクル社会の構築と環境産業の創造を目指して～、1998.
- 18) 古民家再生工房：古民家再生術、住まい学大系072、住まいの図書館出版局、pp.155-158, 1995.

(1999.6.18 受付)

TWO CASE STUDIES ON EFFECTIVENESS OF WASTE REDUCTION AND INFLUENCE UPON OTHER ENVIRONMENTAL LOADS AND COSTS OF OLD HOUSE RENOVATIONS

Seiji HASHIMOTO, Yuichiro KONO, Ichiro MIYAMATSU and Yutaka TERASHIMA

Effectiveness of waste reduction and influence upon other environmental loads and costs were evaluated in two actual old house renovation cases. Conclusions are as follows: 1) waste reduction was observed by around 20% in the case of renovating at the same spot (case A), and a few % in the case of renovating at the different spots (case B); 2) not only waste but other environmental load reductions were observed by a few %~30% in the case A, and a few %~20% in the case B; 3) cost reduced in the case A and increased in the case B, and this implies the possibilities of cost reduction although it is said that old house renovation is expensive; and 4) the system that makes it possible to stock the recyclable materials and to reuse them at appropriate house renovations and constructions is necessary to rise the effectiveness of waste reduction.