

建築分野における建造物の再利用 — 建築のコンバージョンと部材のリユース —

清家 剛*

1. はじめに

近年の地球環境問題に対する取組みの中で、当然のことながら建築物においても環境に配慮することが求められている。日本建築学会によると、日本全体の環境負荷の中で建築物がかかわる部分が最大で36%にもおよぶという(図-1)。その内訳は、住宅や建築物の建設に11%、運用エネルギーが24%を占めている。建築物単体のライフサイクルで見ると、建設時に大きな負荷がかかり、その後運用エネルギーが使用され、最後には解体時にまたエネルギーが使われるという流れとなる。コストと環境負荷はだいたい比例すると考えることができるので、建築物のライフサイクルにおける環境負荷の比率はコストの比率で見てもかまわない(図-2)。しかし、建築物は30年以上という長い寿命となるため、トータルで計算すると運用に関するエネルギーが最も多くなる(図-3)。したがって、運用エネルギーの削減が地球環境に対する建築物の取組みの中でもっとも重要なものとして取り上げられることが多い。

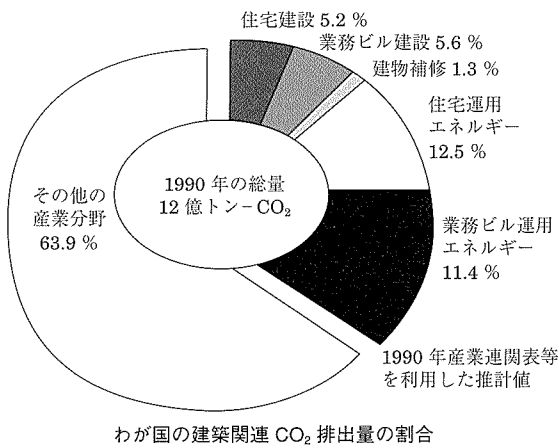


図-1 日本の建築関連の CO₂ 排出量 (日本建築学会)

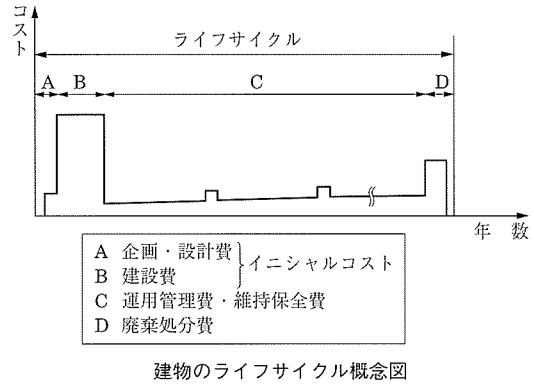


図-2 建築物のライフサイクルコスト (コストとエネルギーは同様の变化を示すと考える)

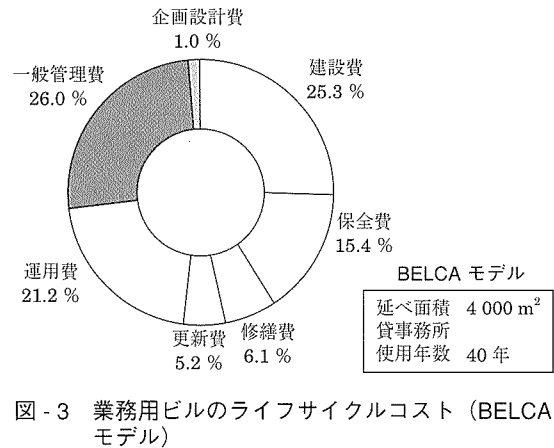


図-3 業務用ビルのライフサイクルコスト (BELCA モデル)

一方、循環型社会を標榜する現在、かざられた土地とかざられた資源の中で建築物を捉え、建設時に使われた材料をできるだけ循環させることも重要である。建築物は戸建て住宅でも数10tにも及ぶ大量の材料でできているのである。したがってこれらをできるだけリサイクルして建設廃棄物としないことは、非常に重要な課題であり、現在の日本ではこれを目標としてさまざまな技術開発が行われている。さらに有効な方法として、部材のリユースと、建築物の寿命を延ばし使い続けることがあげられる。リサイクルよりリユース、そして建築物の再利用という順に、資源循環のための有効な手法といえる。ただし、建築物の再利用とは、もともとの建物と同じ用途で継続使用する場合は改修工事を行うことになるが、すでに利用価値がなくなったもの場合は用途を変えて、つまりコンバージョンなどの手法によって新しい価値を生み出すような変更が必要



* Tsuyoshi SEIKE

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境学専攻・助教授 博士 (工学)

となる。

一方でプレストレストコンクリート造は、高品質なコンクリートによって耐久性の高い長寿命の建築物が実現可能である。こうした建築物を長く使い続けることが、なにより環境に優しいということになる。構造的な寿命の限界を向かえる前にこれらを壊すとなると、材料がもったいないので、改修工事やコンバージョンによる延命を行うべきであろう。あるいはプレキャストコンクリート部材であれば、部品としてのリユースも考えられるかもしれない。

これらのうちプレストレストコンクリート造のコンバージョンの取組みは、まだ始まったばかりである。また、部材のリユースにいたっては、現在のところまったく実現する見込みのないものである。一方、建築物にとってのコンバージョン事例やリユースの事例はさまざまなものがある。そこで、本稿では、こうした最近の事例を取り上げながら、プレストレストコンクリート造における環境への取組みの可能性や課題について考察していくこととする。

2. コンクリート建築における再利用の可能性とその評価

建築物において構造体を再利用するという事例は、これまでも数多く見られる。文化財的な建築物では移築や再利用はあたりまえのことだが、一般の古い木造においても部材を再利用する古材利用や、建物ごと移築する事例も見られる。これらは古い価値のあるりっぱな木材を再活用する取組みである。

それでは、コンクリート建築における再利用の効果というのはどのようなものとなるのだろうか。木造建築以外に鉄筋コンクリート造や鉄骨造での取組みも、概略は同じであり、文化財的な価値のあるものは積極的に補強などの工夫が行われて、使い続けられる。また、コンバージョンなどの大規模な改修工事を行って継続使用するものも多い。しかしそれ以外の場合は解体され、コンクリートや鉄の材料レベルでのリサイクルが行われるだけで、部材レベルのリユースということはほとんど行われていない。

しかし、改修か、解体かという以外に、躯体だけを残し

てまったく異なる建築物に変更するリファイン建築と呼ばれる改修事例を、建築家の青木茂氏が積極的に行っている。その事例を紹介しながら、躯体のみを再利用する意義について説明したい。

紹介する事例は、福岡市立西陵公民館の改修工事である。ここで青木氏は古い RC 造 2 階建ての建物の躯体だけを再利用し、さらに増築して新しい建物に生まれ変わらせた(表-1、写真-1、図-4)。このような躯体だけを使う場合には、どのような効果が見込まれるのかについて、解体工事の調査を行い分析した。

まず、明らかにわかることは、廃棄物量が削減できるということであろう。ここでは話を単純にするために、躯体部分を再利用する場合と躯体のみを新築する場合の比較を行った。すると、廃棄物量については、どちらの場合もある一定量の内外装材の廃棄物が出てくるため、再利用したコンクリート分だけが削減の対象となる。これらを計算すると、コンクリートの廃棄物量は 346 t で、すべて解体した場合の 863 t の約 40 % 程度にとどまる(表-2)。これらの環境に対する負荷を計算すると、躯体を再利用した際の CO₂ 排出量は、すべて解体する場合に比べて、およそ 1/60 となる(表-3)。これは躯体のみの比較であるが、どこで差が出ているかということ、新しく造る躯体の鉄とコンクリートの製造エネルギー部分(表中の新規資源生産時)が大きいのである。つまり、躯体を再利用するということの環

表-1 西陵公民館の改修前の建築の概要

既存建物名	西陵公民館
用途	公民館
場所	福岡市西区上山門 3 丁目 5 番 1 号
設計	株式会社 和建築設計事務所
築年数	21 年(昭和 55 年竣工)
階数	地上 2 階 地下 0 階 塔屋 0 階
建築面積	238.7 m ²
延床面積	280.9 m ² (1 階 188.6 m ² , 2 階 92.3 m ²)
構造種別	鉄筋コンクリート造
骨組み形式	X 方向, Y 方向ともに ラーメン構造
基礎種別	独立基礎



(a) 改修前の外観



(b) 再利用された RC 造の躯体部分

写真 1 改修工事を行った西陵公民館

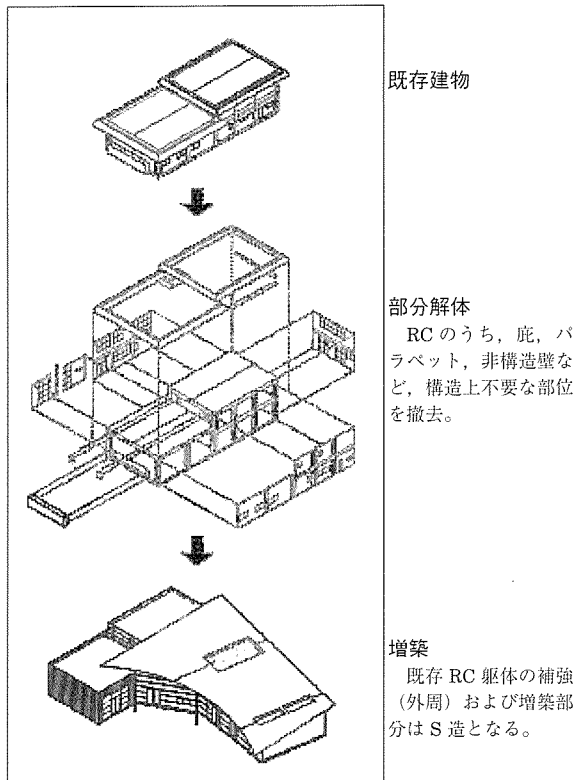


図-4 西陵公民館の改修概念図

表-2 躯体を再利用する場合と躯体を新築する場合の廃棄物量の比較

	躯体を再利用する場合の工事			新築する場合の工事(概算)		
	名称	数値	単位	名称	数値	単位
廃棄物量 (内装材)	木屑	10.0	t	木屑	10.0	t
	金属屑	4.0	t	金属屑	4.0	t
	石膏ボード	2.1	t	石膏ボード	2.1	t
	可燃ゴミ	2.8	t	可燃ゴミ	2.8	t
	合計	18.9	t	合計	18.9	t
廃棄物量 (RC)	コンクリートがら	344	t	コンクリートがら	858	t
	鉄筋(躯体以外)	2.0	t	鉄筋(建物全体)	5.0	t
	合計	346	t	合計	863	t

表-3 躯体を再利用する場合と躯体を新築する場合のCO₂排出量の比較

解体工事時	160	23
廃棄物輸送時	923	2 184
新規資源生産時	—	62 557
新規資源輸送時	—	972
合計	1 083	65 736

境的な効果は、新しくつくる場合に比べて新規に投入する材料の製造エネルギー分が大きく節約できるということなのである。これは3R (Reduce リデュース<廃棄物削減>, Reuse リユース<再使用>, Recycle リサイクル<再生>) のうちのリデュースにあたる工夫である。

3. コンバージョンという手法とその可能性

構造躯体を継続して使用することに意義があることを説明したが、では、具体的にどのような手法があるのだろうか。プレストレストコンクリート造は、工場や倉庫などの大空間の建築によく使われている。これらのうち、比較的都市部に近い建築群は、その地域の土地利用の変化から、オフィスや住宅に用途転用、すなわちコンバージョンによって継続使用を図ることが多い。こうした現象は日本だけでなく、世界の都市部において共通の状況



(a) 外観



(b) 内観

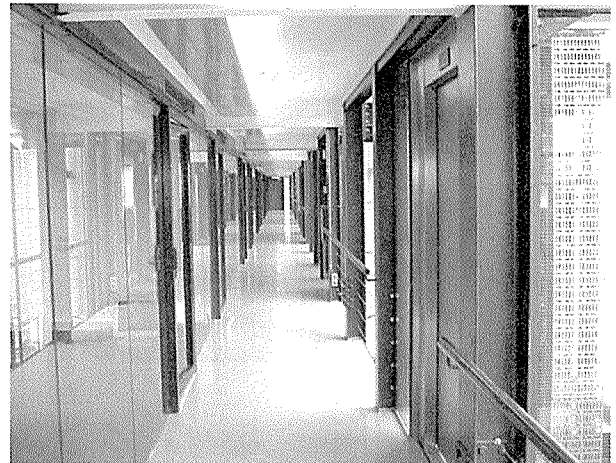


(c) 内部の柱

写真-2 工場を改修したファン・ネレ



(a) 外観



(b) 内観

写真-3 変電所のコンバージョン

である。したがって先進的な事例が海外に多く見られる。ここでは海外の最近の事例をいくつか紹介しながら、工場や倉庫建築がどのように変更され使い続けられるかを紹介する。この中にPC造の実例はほとんどないが、こうした大空間の再利用という点では同様の手法であると捉えて見てほしい。また、ロンドンの火力発電所をコンバージョンしたテート・モダン美術館やパリの駅舎をコンバージョンしたオルセー美術館など、有名な大空間利用はあるが、ここでは主にオフィスや住宅に改修したものをとりあげる。

オランダのロッテルダム近郊にあるファン・ネレ (Van Nelle) というもとの工場の建築物は、現在オフィスとして再生している (写真-2)。この建物では主要な空間をオフィスに転用しているが、もともとの工場の仕様をできるだけ活用して、新たなアンカーなどを設置することなく造られている。また、ベルトコンベアーなども残し、外装も内側に新しい外皮を増設してできるだけもとの外観や材料を保存している。コンバージョンの事例としてもおもしろいが、保存的な部分も多く、世界遺産への登録を検討している特別な事例である。

次に紹介するのはやはりオランダのロッテルダム近郊にある変電所をコンバージョンによってオフィスに変更した25 kVというプロジェクトである (写真-3)。この事例では、建物本体にはあまり手を加えずに、廊下とトイレやキッチンといった水廻りと新たな配線・配管だけを鉄骨造で

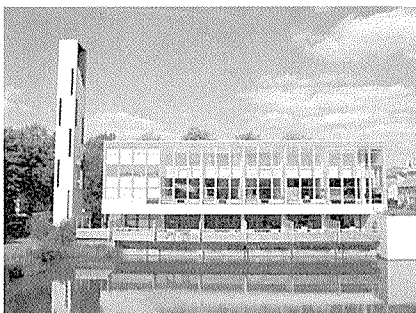
片面に加えたものである。もとある構造躯体にはほとんど手を加えずに、わずか数メートルの増築でコンバージョンを成功させている点が評価できる。

次もロッテルダム郊外のオプスタンディケルク (Opstandingskerk) というRC造の教会を住宅にコンバージョンした例である (写真-4)。ここでは鐘楼が市のランドマークとして保存され、教会の大空間をメゾネットタイプの住宅としてコンバージョンしている。また、外装の大半がプレキャストコンクリートの洗出しパネルであったが、一部開口部を増設するために取り外して窓を組み込んでいる。ただし、時間の経過した洗出しパネルと色調を整えるため、窓周りは花崗岩としている。古いコンクリートの表情と合せるために石を使っているという事例である。

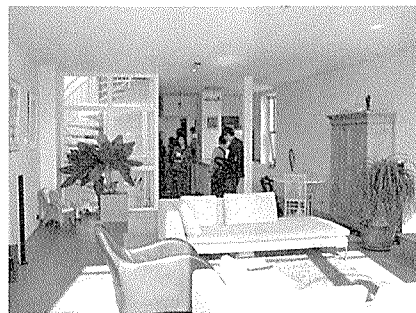
次は、フィンランドのヘルシンキのコンバージョン事例である (写真-5)。このプロジェクトでは、工場から裁判所へコンバージョンされている。もともとの柱を積極的に見せて使っている事例である。

最後は、フィンランドのヘルシンキにある穀物倉庫をオフィスにコンバージョンした事例である (写真-6)。ここでは穀物倉庫のサイロを縦の導線としてエレベータや階段あるいは吹き抜け空間に利用している。また、階高が十分でなかったため、天井を張らずに間接照明などを多用して、工夫により快適な空間としている好例である。

以上、コンバージョンの事例を紹介してきたが、どのプ



(a) 外観



(b) 内観



(c) 外装を改修した部分

写真-4 教会のコンバージョン事例



写真-5 裁判所へのコンバージョン事例

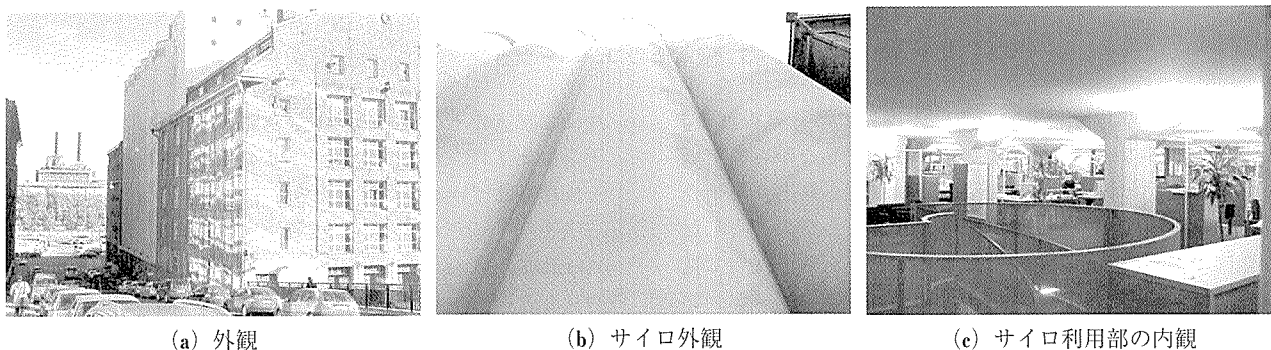


写真-6 穀物倉庫のコンバージョン事例

プロジェクトも周辺環境の変化のなかで、できるだけ躯体を壊さずに再利用することで、環境の継続性を考えたものであるといえる。このようなコンバージョンは、今後の日本においても十分起こりえると考えている。

5. リユースという手法と可能性

そこで、プレストレストコンクリート造のなかでも多用されるプレキャストコンクリート部材のリユースの可能性をもう少し考えてみよう。部材がリユースされるためには、次に使われる建物の設計に合う部材かどうかが重要になる。日本の古木材利用は、次に使われるときに木材を切ったり加工することが自由できるので、比較的簡単にリユース

されていると考えられる。これに対して加工の難しいコンクリート系の材料となると、そのまま建物全体を移築か、リユースする部材に合せた設計を行わなければ成り立たないということになる。

ここで紹介する事例の一つは、ドイツのベルリンの中でも旧東ドイツの地域にある集合住宅の事例である。1970年代に大量に建設された集合住宅は、近年その地域の再生のために、解体したり減築を行って階数を減らす場合がある。アーレンフェルダートラッセのプロジェクトも同様の考え方で、11階建てを4階建てに減築した例である（写真-7）。この場合はプレキャストコンクリートの壁式構造であり、5階以上のパネルをはずして4階建てとし、残った部分に改



写真-7 東ベルリンの集合住宅



(a) 外観

(b) 内観

(c) 他のプロジェクトでリユースされた PCa の梁

写真 - 8 工場を改修したメスト

修工事を行っている。はずしたパネルについては基本的に処分している。一方、はずしたパネルによって2階建ての住宅を付近に建設して、できるだけプレキャストコンクリートパネルを節約して使おうという実験的な試みも行われている。これは、今後旧東ドイツ圏において大量に破棄されるプレキャストコンクリートをできるだけ使おうという取組みだが、まだ実験的な域を出ていない。しかし、廃棄物をできるだけ少なくしようという心意気には、共感できる。

さらに積極的にリユースした事例が、フィンランドのタンペレ郊外にあるメストというプロジェクトである（写真-8）。これは、大規模な工場の中に製品開発のオフィス部門をつくるというもので、工場建築の中心部に新たな構造をつくり、そこから太陽の光を入れて明るいオフィス空間を創出している。その際、プレキャストコンクリート部材の梁と壁パネルを他の工場でリユースしたという。フィンランドではほとんどのコンクリート系の建物がプレキャストコンクリート部材でできており、コンクリートを破棄することは少ないという。その中で、今回のプロジェクトの改修工事の概要を知った他の設計者が、近郊につくる別の

工場の部材として利用したいとの申し出があり、隣町に運んでいったというのだ。残念ながらリユース後の工場を見ることはできなかったが、プレキャストコンクリート部材のリユースも、不可能ではないということを示す事例である。

6. プレストレストコンクリート造の再利用の可能性の考察

以上のように、プレキャストコンクリート部材のリユースとなると、なかなか実現性は難しいが、高品質で耐久性の高いプレストレストコンクリート造の建築物を使い続けることと、その中の一つの手法としてのコンバージョンは非常に有効な手法であるといえる。工場や倉庫建築の大空間で柱の少ない構造物においてプレストレストコンクリート造が使われている場合は、床荷重など構造的な余力が大きく、さまざまな建築的工夫を行える可能性がある。

こうした具体的な例はまだまだ少ないが、日本のプレストレストコンクリート造でも神戸市に倉庫をオフィスビルにコンバージョンした事例がある。もとは物流倉庫でプレストレストコンクリート造とSRC造だったものを、工場、



(a) もとの外観



(b) 外観

写真 - 9 PC造をコンバージョンした複合建築物

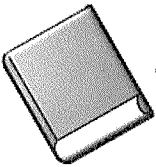
物流倉庫，本社事務所の複合した建物にコンバージョンしている（写真 - 9）。もともと階高の高い建物だったので，床をOAフロアにしても十分な天井高を確保できたという。また，建て替えるのに比較して半分の予算で済んだといわれている。こうした事例は，大都市圏の工場地帯や郊外でこれから増えていくと思われる。

もはや建築物は長く使うことが社会的に義務づけられているといってもよい。その中でプレストレストコンクリート造は長寿命の構造躯体として使い続けられるものとなっ

ていくのではないだろうか。

しかし，それでもコンバージョンには限界がある。もとの建物の場所でそのまま使えない場合もありえる。できればプレキャストコンクリート部材については，移設も含めたリユースの事例でも出てくると，プレストレストコンクリート造は本当にもったいないの精神を実現できる優秀な構造体としての評価を高めるだろう。

【2005年10月26日受付】



● 刊行物案内

- PC斜張橋・エクストラドーズド橋
設計施工規準(案)
- PC吊床版橋設計施工規準(案)
- PC橋の耐久性向上マニュアル

(平成12年11月)

頒布価格：3点セット 会員特価 6 000 円〈非会員価格 7 200 円〉(税込み・送料はいづれも 600 円)

社団法人 プレストレストコンクリート技術協会