

愛知万博パビリオンの建築雑誌掲載記事にみる“3R”への取組み —環境保全技術の現状と可能性について その1—

日大生産工
日大生産工

○広田直行
川岸梅和

日大生産工（研）加藤尚裕
日大生産工 北野幸樹
日大生産工（院）杉本弘文

1. はじめに

1.1 研究の背景と目的

わが国では、環境問題の社会的背景を受けて、環境保全技術を導入した建築が必須条件になるうとしている。2005年には、「環境博」といわれた愛知万博^{注1}が開催され、3R（リデュース、リユース、リサイクル）を考慮した材料の利用や、その他環境負荷低減のための新技術を導入し多くの注目を集めている。中でも、3Rを考慮することは、「循環型社会形成推進基本法 第二条」^{注2}において、極めて重要な基本概念であることから、多くの設計者の間でも重要視され、計画の軸になっているものと考えられる。

本研究では、資源循環型社会に向けた最先端の取り組みとして、愛知万博の施設群に着目し、3Rの視点から取組み実態を把握し、現状における技術的水準と可能性の把握を目的とする。

1.2 研究の方法

本研究では、以下の手順で分析を行い、本稿では①～④について報告する。

- ① 2004年代から2006年代までの3年間に、建築雑誌に掲載された愛知万博パビリオンに関する記事を収集する。
- ② 収集記事から、施設建設に際して考慮している環境保全に対する取組みを抽出する。
- ③ 環境保全への取組み事項を3Rの視点から分類し、実態を把握する。
- ④ 施設建設における3Rからみた課題と今後の可能性について考察する。
- ⑤ 主要なパビリオンの設計担当者に対してヒアリング調査を行い、現状における技術的水準と取組み意識の実態を確認する。

2. 愛知万博パビリオンの収集と分析視点

① 3Rの基本概念：

前述の循環型社会形成推進基本法に基づき、3Rには優先順位が定められている。そこでの3Rの基本概念を表1に示す。1) 発生抑制、2) 再使用、3) 再生利用、4) 熱回収、5) 適正処分の優先順位となる。3) 再生利用（リサイクル）は、再資源化の際にエネルギーを消費するため必ずしも環境に良いわけではなく、1) 発生抑制（リデュース）、2) 再使用（リユース）の次の手段として位置づけられている。本稿では掲載記事からデータ収集を行い分析するに当たり、3Rの基本概念を捉え、計画の過程を図1のように定義する。なお建築分野における廃棄物については、建設リサイクル法^{注3}が制定されている。

② 基本資料：

資料は2004年代から2006年代の「愛知万博」に関して掲載されている「新建築」、「日経アーキテクチュア」、「GA JAPAN」、「DETAIL JAPAN」の計4誌を基本^{注4}とする。掲載記事の中から、3Rを考慮した計画を行っている施設を抽出する。

表1 3R 基本概念

3R	Reduce (リデュース:発生抑制)	環境負荷や廃棄物の発生を抑制するために、無駄・非効率的・必要以上の消費・生産を抑制あるいは行わないことを指す。
	Reuse (リユース:再使用)	一度使用された製品を、そのまま、もしくは製品のあるモジュール(部品)をそのまま再利用することを指す。
	Recycle (リサイクル:再生利用)	製品化された物を再資源化し、新たな製品などの原料として利用することを指す。

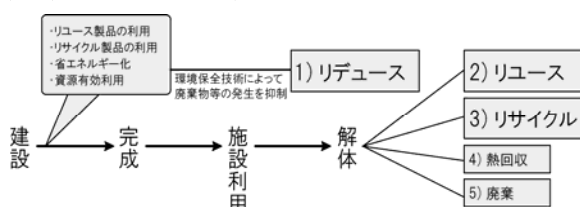


図1 愛知万博における3Rの概念図

抽出の基準は、設計意図やコンセプトに、リデュース、リユース、リサイクルのいずれかの計画が組込まれているものとする。

3. 万博施設における 3R への取り組み実態

3.1 3R への取り組み実態

表 2 に事例概要と 3R への取り組み実態を示す。
4 誌から愛知万博に関する掲載記事の総数は 84 件（「新建築」54 件、「日経アーキテクチュア」19 件、「DETAIL JAPAN」10 件、「GA JAPAN」1 件）、そのうち収集した施設数は 58 事例である。施設や資料によって掲載記事の内容に違いはあるが、3R への取り組みを重要視している施設や新しい環境技術がみられる施設については、多くの雑誌に掲載されており、注目すべき施設といえる。

また、外国館（No. 43～No. 55）の 13 事例は、収集データから得られる情報量が極端に少ないため、本研究の分析において収集した施設数からは除外する。

計画段階における施設の 3R の取組率^{注5}（表 3）は全体で 71%、リデュースの取組率が 64%、リユースの取組率が 58%、リサイクルの取組率が 31%である。リデュースは最も取組率が高く、リユース、リサイクルに取組んでいる事例では、必ず計画に上げられている。これは資源の再使用化（リユース）、再生利用化（リサイクル）によって廃棄物の発生や無駄な消費・生産の抑制（リデュース）につながるためと考えられる。

リサイクルは最も取組率が低く、リサイクルだけを考慮している事例はない。リサイクルの

表 2 事例概要と 3R への取り組み実態

No.	施設名	設計者	構造	階数	延べ面積 (㎡)	資料	3Rの取組み実態			
							リデュース	リユース	リサイクル	3R
1	グローバル・ループ	菊竹清訓建築設計事務所・環境システム研究所設計共同体	S造	地上3階(シャッフル2のみ)	55,663	「新建築」「日経アーキ」	○	○	○	○
2	ワンダー・サーカス電力館	基本設計:博覧堂 実施設計:鹿島	S造	地上2階	3,709	「新建築」	○	○		○
3	JR東海超伝導リニア館	東海旅客鉄道・JR東海コンサルタンツ	—	—	—	「日経アーキ」	○	○		○
4	ワンダー・ホテル展・覧・車	企画設計監修:電通 基本設計:意匠監修:SD 実施設計:大林組	S造	地上1階	997	「新建築」	○	○		○
5	三菱未来館@earth	三菱地所設計	S造	地上2階	1,965	「新建築」		○	○	○
6	トヨタグループ館	企画:総合プロデュース:電通 基本設計:意匠監修:みかんぐみ 実施設計:大林組	S造	地下1階 地上2階	3,330	「新建築」「日経アーキ」	○	○	○	○
7	日立グループ館	日立建設設計	S造	地上2階	3,242	「新建築」				
8	三井・東芝館	プランテック総合計画事務所	S造	地上2階	4,315	「新建築」「日経アーキ」	○	○	○	○
9	夢見山	積水ハウス・竹中工務店JV	S造 テント部ケープル吊屋根構造	地上2階	2,995	「新建築」	○			○
10	ガス・ペリオン	設計監修:基本設計:電通・SD 実施設計:大林組	S造	地上3階	2,385	「新建築」	○	○		○
11	長久手日本館	日本設計	S造	地上1階	5,592	「新建築」「日経アーキ」「DJ」	○	○		○
12	長久手愛知県館・中部千年共生村	浦野設計	S造	地下1階 地上1階(一部2階)	3,088	「新建築」	○	○		○
13	名古屋市ペリオン「大地の塔」	電通	—	—	—	「日経アーキ」				
14	愛・地球広場	—	—	—	—	「新建築」				
15	グローバル・ハウス	大林組	RC造+一部S造	地上1階	328	「新建築」	○	○		○
16	バイオラング	栗生総合計画事務所	S造	地上1階	73,268	「日経アーキ」「DJ」	○	○		○
17	ロータリー館(友愛の家)	国文設計	S造	地上1階	698	「日経アーキ」				
18	千年の森・天空鎮守の森	—	—	—	—	「新建築」				
19	迎賓館	日本設計	S造	地上1階	1,896	「新建築」	○	○		○
20	モリゾー・キッコロ メッセ	東海設計	—	—	—	「新建築」				
21	EXPOホール	山下設計	S造	地上2階	8,031	「新建築」				
22	地球市民村	博覧堂/計画環境建築	竹+木造	地上1階	680	「新建築」「日経アーキ」	○	○		○
23	わんぱく宝島	—	—	—	—	「新建築」				
24	海上の森・望楼	東京芸術大学北河原厚研究所+伊東泰彦	木+ガラスによる木格子構造	—	—	「新建築」	○	○		○
25	日本庭園茶室 香流亭	堀尾佳弘建築研究所	RC造+一部S造	地上1階	324	「新建築」				
26	サツキとメイの家	山田建築研究所	—	—	—	「新建築」				
27	市民・ペリオン 海上広場	青島設計	S造	地下1階 地上3階	3,349	「新建築」	○			○
28	里の学び舎・セジター・センター/森	青島設計	S造	地上1階	416	「新建築」				
29	瀬戸日本館	山下設計	S造 独立基礎	地上4階	2,999	「新建築」「日経アーキ」	○	○		○
30	瀬戸愛知館	第一工房	RC造+一部S造	地下1階 地上4階	3,000	「新建築」「日経アーキ」「DJ」「GA」	○	○	○	○
31	EXPOドーム	山下設計	—	—	—	「新建築」				
32	シャット2/アサヒペラマレストラン	菊竹清訓建築設計事務所・環境システム研究所設計共同体	S造	地上3階	968	「新建築」				
33	北エントランス	久米設計	S造(1階部分)+一部木造(2階部分)	地上2階	4,031	「新建築」		○		○
34	長久手会場 西エントランス	日建設計	木造	地上3階	6,203	「新建築」	○	○		○
35	グローバル・コモン4 屋内休憩所	太陽工場/NEDO	—	—	—	「新建築」	○		○	○
36	チケットセンター	森下修/森下建築総健	—	—	—	「新建築」「日経アーキ」			○	○
37	グローバル・コモン1	安井建築設計事務所	S造	地上1階	13,829	「新建築」「日経アーキ」「DJ」	○	○	○	○
38	グローバル・コモン2	石本建築事務所	—	地上1階	10,978	「新建築」「日経アーキ」「DJ」	○	○	○	○
39	グローバル・コモン3	アール・アイ・エー	—	—	—	「新建築」「日経アーキ」「DJ」	○	○	○	○
40	グローバル・コモン4	山下設計	S造	地上1階	11,955	「新建築」「日経アーキ」「DJ」	○	○	○	○
41	グローバル・コモン5	アール・アイ・エー	—	—	—	「新建築」「日経アーキ」「DJ」	○	○	○	○
42	グローバル・コモン6	佐藤総合計画	S造	地上2階	10,193	「新建築」「日経アーキ」	○	○	○	○
43	カナダ館	MERRICK ARCHITECTURE	—	地上2階	2,086	「新建築」				
44	クアアチア館	3LHD	—	—	832	「新建築」				
45	スペイン館	FOA	S造	地上2階	2,868	「新建築」	○			○
46	フランス館コモンハウス	ENIA ORENOQUE みかんぐみ LIPPSMEIER	S造	地上3階	3,337	「新建築」				
47	アイルランド館	環境システム研究所+菊竹清訓建築設計事務所	S造	地上2階	477	「新建築」				
48	オーストラリア館	Trecolore	木造(内部)	—	860	「新建築」				
49	ポーランド館	Ingarden & Ewy, Architects, Krakow, poland	S造	—	998	「新建築」「DJ」				
50	イギリス館	—	—	—	—	「新建築」「DJ」				
51	オーストラリア館	—	—	—	—	「新建築」				
52	アメリカ館	—	—	—	—	「新建築」				
53	チェコ館	—	—	—	—	「新建築」				
54	イタリア館	—	—	—	—	「新建築」				
55	スイス館	SABARCHITEKTEN, BASEL	木造+一部S造	—	1,950	「新建築」				
56	可変トラスモニュメント	大林組	S造	—	—	「新建築」	○			○
57	新エネルギープラント	—	—	—	—	「新建築」	○	○		○
58	サイン計画	GK設計	—	—	—	「新建築」「日経アーキ」	○	○	○	○
計							30	26	14	33

※「日経アーキ」:日経アーキテクチュア、「DJ」:DETAIL JAPAN、「GA」:GA JAPAN

表 3 3R の取組率

	合計45事例※	取組率
3R	33	71%
リデュース	30	64%
リユース	26	58%
リサイクル	14	31%

※ 外国館を除いた事例数

際に要するエネルギーを抑制するためにも計画段階からリユースを基本とした姿勢が重要である。このように、愛知万博では表 1 に示した 3R の基本概念と同様の優先順位となっている。

構造でみると、RC 造は No. 15, No. 25, No. 30 の 3 事例で、残りの事例はすべて S 造、木造、竹+木造である。木材は天然資材であるため加工に伴うエネルギーが他の材料と比較して少なく、再生可能資材として有効である。鋼材はリサイクル可能な材料であり、溶接接合ではなくボルト接合にするなどの工夫を凝らせばリユースも可能な材料となる。

愛知万博ではコンクリートの使用を抑えて、地形の改変を抑えるなどの動きが見られ、再生可能資材を構造とする 3R への取組み意識が感じられる。仮設建築が主の万博施設であることに起因するが、コンクリート構造材の再利用方法は、建設時のエネルギー消費と共に重要課題といえる。

3.2 環境保全技術による 3R の小分類化

データ収集した施設を、3R への取組みを特徴づける技術に従って分類し、その結果を表 4 の「環境保全技術の項目」として示す。技術の特徴を考察し、3R を a～f の小分類項目として整理することができる。

a. 「廃棄物発生抑制型」：リユース製品やリサイクル製品の利用に特化した計画

環境保全技術の中でもユニット化された資材の利用が最も多く、次に多いリユース・リサイクル製品の利用と合わせると廃棄物発生抑制型の 81% を占める。特異事例として既存施設を再利用しているものもあるが、基本的にはある程度の規模のユニット化を図ることが有効な手段であることがわかる。

b. 「省エネ・資源有効利用型」：自然エネルギーや自然素材の有効利用に特化した計画

表 4 環境保全技術による 3R の小分類

3R の類型化	環境保全技術の項目
リデュース	a. 廃棄物発生抑制型
	リユース・リサイクル製品の利用
	ユニットの繰り返し利用
	既存施設の改修利用
	工法の単純化による材料低減
	メンテナンスフリーによる耐久性
	b. 省エネ・資源有効利用型
	自然エネルギーの有効利用
	日射取得の制御
	高効率設備機器の採用
	資源の有効利用
	地形の無改変利用
	廃熱の抑制
リユース	c. リース方式型
	金物のリース
	仮設用建材のリース
	d. 新技術・新手法型
	工法の単純化・外装材のユニット化
	解体可能建材の利用
	建築物単位の再利用
	着脱容易性
	建材・構造の単純化
	ICタグによるリユース管理
	ゼロエミッション
リサイクル	e. 原料再資源化型
	高度リサイクル
	f. 熱源利用型
	その他
	なし

表 5 3R の小分類にみる事例対応状況

	リデュース		リユース		リサイクル	
	a. 廃棄物発生抑制型		c. リース方式型		e. 減量再資源化	
	b. 省エネ・資源有効利用型		d. 新技術・新手法型		f. 熱源利用型	
No.	a	b	c	d	e	f
1						
2	○	○		○	○	
3		○				
4	○	○				
5	○		○	○	○	
6		○		○	○	
7						
8		○	○	○	○	
9	○	○				
10				○		
11	○	○		○	○	
12					○	
13		○				
14						
15	○					
16	○	○				
17						
18						
19		○		○	○	
20						
21						
22	○	○		○	○	
23						
24	○			○		
25						
26						
27	○	○		○		
28		○				
29		○				
30		○		○	○	
31						
32						
33		○		○		
34	○	○		○	○	
35		○			○	
36					○	
37	○			○		
38	○			○		
39	○			○		
40	○			○		
41	○			○		
42	○			○		
43						
44						
45		○				
46		○				
47						
48						
49						
50						
51						
52						
53						
54						
55						
56	○					
57	○	○		○	○	
58	○			○		
	3Rの取組みがみられる事例					

3R の取組みがみられる事例

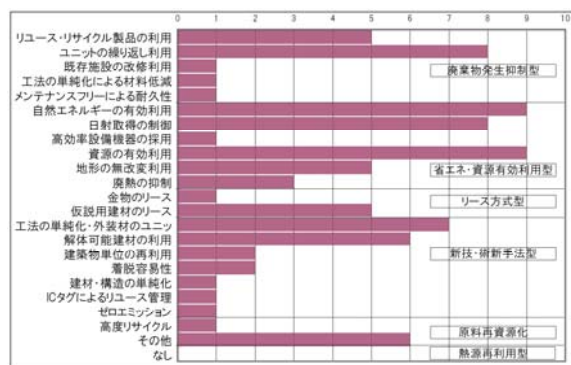


図 2 環境保全技術の項目別総数

省エネ・資源有効利用型に導入された環境保全技術の項目はリデュースの69%を占め、中でも自然エネルギーの利用と資源の有効利用の取組みは最も多く、合わせると全体の35%を占める。日射取得の制御は、屋上緑化や壁面緑化の他、水による蒸散効果を期待するものや超親水性膜材（光触媒利用放熱膜材）を使用した実験的な新技術の取組みがみられる。こうした計画は、冷房空調負担の低減に繋がりリデュースに貢献する。

c.「リース方式型」：リース契約によるリユースの実現とコスト削減を考慮した計画

リース契約を結んでいる施設は2事例と少なく、環境保全技術項目は仮設用建材の利用が大半を占め、愛知万博全体の普及としては最も低い項目である。リース契約は建材のいわばレンタルであるため、大切に使用すれば最も質の高いリユースの方法となるが、万博での普及状況においては、設計者が積極的に取り入れようとした方法とは言い難い。

d.「新技術・新手法型」：工法の単純化や着脱可能な構造などに特化した計画

工法の単純化・外装材のユニット化は、解体可能建材の項目と合わせると65%を占める。全体的に材料を傷つけずに解体することを考慮していることが共通点としてあげられる。中でもリユースの核心的な新技術として、ICタグによるリユース管理があげられる。これは、会期後の機械のリユースのされ方を履歴表示するシステムという点で今後注目できる技術である。

e.「原料再資源化」：馴染み易い自然回帰素材の利用に特化した計画

全体の傾向として、愛知万博は一般市民に対してわかりやすいメッセージ性を要求されているため、ペットボトル、紙、石、植物、炭、瀬戸物などの自然回帰素材を利用した計画が目立っている。構造体は、前項にも示した通り鋼材などの再資源化可能な建材の利用が主である。高度リサイクルは、燃やしたり、溶かししたりするリサイクルではないものを指し、愛知万博では1事例と少ない。

f.「熱源利用型」：サーマルリサイクルに特化した計画

熱源利用は建設分野外の技術要素が大きい

ため、収集データからの検出はない。建設リサイクル法により熱源利用は義務付けられていることがその要因と考えられるが、これについては今後のヒアリング調査での確認が必要とされる。

4. まとめと今後の課題

建築雑誌記事からの分析により、愛知万博のパビリオンにおける環境保全技術の対応状況は、表4に示した22項目に整理できた。さらに22項目はa～fに6分類できることを示し、3Rの内容を施設事例から明らかにした。この中でも特にd.「新技術・新手法型」は情報技術の進歩と共に、今後の発展が期待される。

3Rからみたパビリオンへの取り組みから、計画時の取組みとしてリデュースの意識は高いものの、結果としてのリユースとリサイクルへの実現に課題を残していると言える。特にリユースを計画の基本とすることが、循環型社会において必要不可欠であり、そのための基準・機関の整備を進めることが重要となる。

設計時と解体後の乖離については、今後設計者からのヒアリングにより明らかとする。

【注】

注1 2005年日本国際博覧会

注2 平成12年6月2日 法律第110号

注3 建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律（平成12年5月31日法律第104号）

注4 「建築技術」、「建築知識」を含む計6誌について調査したが、愛知万博に関するデータが得られなかったため、この2誌を除く4誌とする。

注5 「3Rの取組率」は、リデュース、リユース、リサイクルのうち一つでも取組みが見られていれば3Rを考慮している施設として扱っている。

【参考文献】

- 1) 株式会社彰国社編：「自然エネルギー利用のためのパッシブ建築設計手法辞典」 彰国社 1983年10月
- 2) 日本建築学会編：「シリーズ地球環境建築・入門編 地球環境建築のすすめ」 彰国社 2002年8月
- 3) サステイナブル・デザイン研究会編著：「2100年未来の街への旅 自然循環型社会とは何か？」 学習研究所 2002年10月
- 4) 町村敬志 吉見俊哉編著：「市民参加型社会とはー愛知万博計画過程と公共圏の再創造」 有斐閣 2005年7月
- 5) 環境省編「循環型社会白書（平成18年度版）」 ぎょうせい 2007年5月