第4章　提案工法の活用促進に向けた検討

4．1　パンフレットによる提案工法のメリット整理

(1)　過年度の取組結果に基づく今年度の整理

日本とフィリピンでは地域間の社会背景が異なることから、日本の補強コンクリートブロック造技術を、フィリピンに展開普及するにあたっては、技術移転先の建設事情に合わせた優位点をわかりやすいかたちで示すことが求められる。高品質なブロックを用いて建設される補強コンクリートブロック造について、構造的な性能の高さは現地においても十分理解されているものの、導入にあたっては建設コストの上昇や労働機会の喪失など様々な側面において障壁があり、これらの懸念材料を補うメリット提示が求められている。

こうした背景のもと、2019 年度は、現地視察、現地ヒアリングを主な参考資料とし、経済面の優位性について、現地 CHB 造（RC 造ラーメン構造に CHB の空洞部を全充填）と提案工法を比較して、材料数量の削減量と現地技能者による労務量の増加の程度を明らかにした。

2020 年度は、2つの面から検討を加えた。1つ目は、比較構法に壁式 RC 造を加え3つの構法について、材料数量の違い及びこれに伴うコスト、環境面への影響を整理した。壁式 RC 造を比較構法に加えた意図は、経済事情が異なる地域や将来のフィリピンにおいても関心を寄せられることが考えられる環境面のメリットも併せて明示するためである。2つ目は、フィリピンおよび日本で活動するメーカーへのヒアリングをもとに、ブロック製造に参入を検討する場合の参考として、収支計画を試算した。

2021 年度は、2019 年度、2020 年度に整理した、提案工法の経済面の特長を、現地で分かりやすく伝えるための情報整理を検討し、二つ折 A4パンフレット形式にまとめた。

(2)　パンフレットの概要

提案工法のメリットを明快に伝えるために、現地の零細メーカーが半自動成形マシンで製造する CHB を用いた現地 CHB 造（RC 造ラーメン構造に CHB を組積し空洞部を全充填）と自動成形マシンで製造した CHB と提案工法の2つについて、4つの側面から比較した。

- CHB ユニット
- 壁要素（1m×1m）
- モデル住宅の構法（材料数量と CO2 排出量換算）
- 事業計画

パンフレットの想定する読み手は、主に、現地での事業展開を検討している CHB メーカー・住宅デベロッパーであるが、現地零細メーカーの労働機会を維持するために求められる支援の検討や現地の住宅購入者に対しても参考資料になるものを目指した。

(3) パンフレットに記載した情報

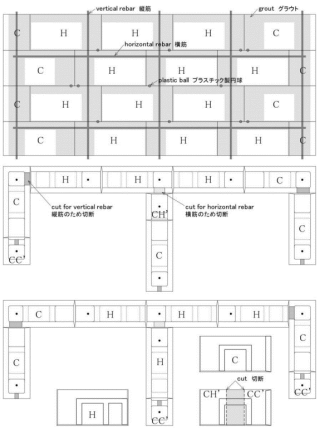
① 表紙

開いた時(A3 サイズ)になった場合の見え方を検討した。また、提案工法の品質を確認できる情報があるとよいと考えられる。

今回は、提案工法の高品質のブロック形状を図示したものを使用したが、他の候補(図 4.1.1)を含めて引き続き検討する。

組積した際の目地の通りや薄さが確認できるもの

https://jp.123rf.com/photo_92815475_%E3%82%B3%E3%83%B3%E3%82%AF%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%88%E3%83%96%E3%83%AD%E3%83%83%E3%82%AF%E5%A3%81%E3%82%B7%E3%83%BC%E3%83%A0%E3%83%AC%E3%82%B9%E3%81%AA%E8%83%8C%E6%99%AF%E3%81%A8%E3%83%91%E3%82%BF%E3%83%BC%E3%83%B3%E3%83%86%E3%82%AF%E3%82%B9%E3%83%81%E3%83%A3.html



提案工法 II のブロック形状・組積方法の図解

(2019 年度報告書より引用)

提案工法を用いた住宅の CG

(2020 年度報告書より引用)

図 4.1.1 表紙の候補一例

② 2枚目:CHB ユニットと壁要素の比較

このページでは、CHB ユニットとそれを積み上げた壁要素について、左側に現地のバックヤード製造(半自動製造)のもの、右側に提案する工場製造(自動製造)のものを並べて、品質とコストの比較を示した。

材料単価は、以下に示す、過年度の調査結果を用いた。

CHB(Proposed)	: 29 PHP/pc.	CHB(back yard)	: 16 PHP/pc.
Rebar(D10)	: 20 PHP/m	Mortar	: 3,430 PHP/m^3

このページで伝えたい内容は、高品質 CHB は、ユニット単体では高価格であっても、その強度と精度の高さにより、目地モルタルや充填モルタルを削減することができ、更に、プラスター仕上げをしなくとも美しく、仕上げとして利用できる。

これを視覚的に伝えるために、図 4.1.2 では両者の概念図を示し、表 4.1.1 では定量的な相違を整理した。また、壁要素としてみたときには、コスト削減が 10%程度可能なことを、図 4.1.3 で示した。

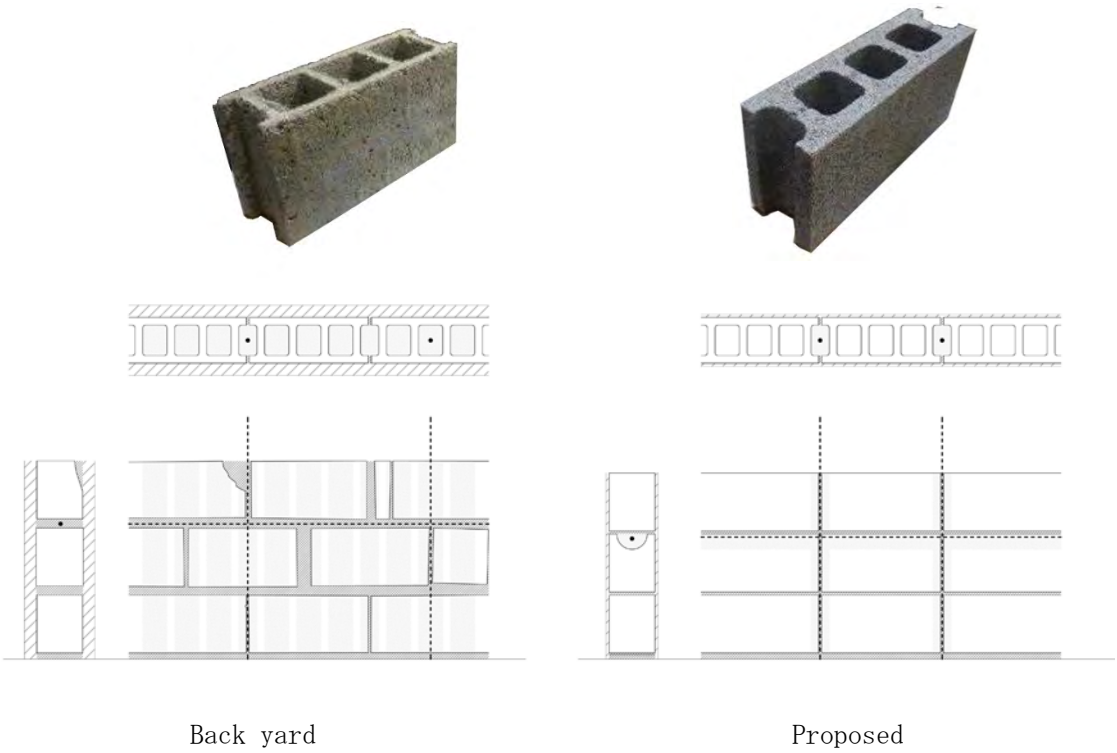


図 4.1.2 CHB を組積の概念図

表 4.1.1 CHB の仕様比較

Properties	Unit	Back yard	Proposed	Comparison of Proposed to Back yard
Dimensions	㎠	40×15×20	39×15×19	Accurate more
Strength	psi	250 - 400	1,600	Stronger
Wall area covered by mortar joints	%	19	7	34% less
Pieces for 1 ㎡ wall	Pcs	10.1	12.5	120 % more
Amount of mortar per ㎡ wall	㎥	0.16	0.06	60% less
Length of rebar per ㎡ wall	m	4.5 (D10@600)	6.7 (D10@400)	150 % longer

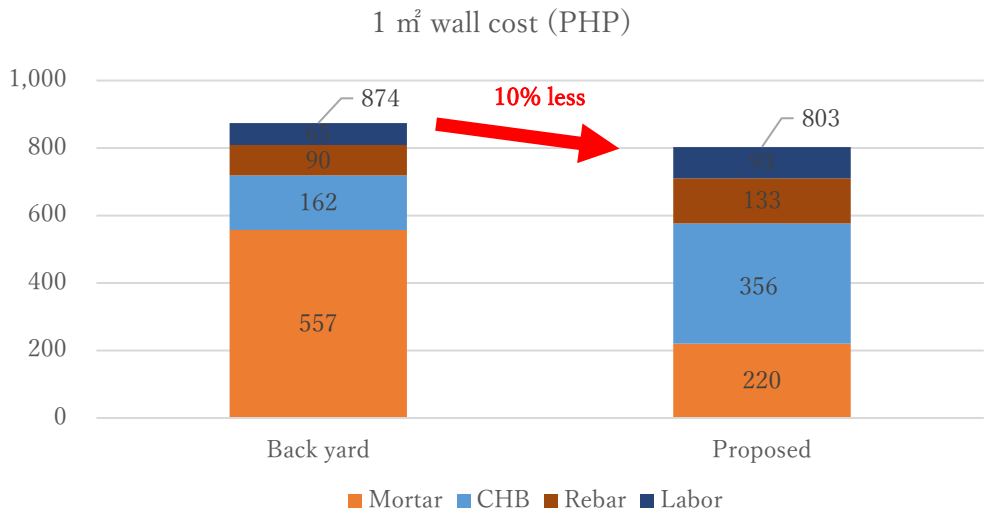


図 4.1.3 壁要素のコスト

③　3枚目:モデル住宅の構法比較

このページでは、高品質 CHB を用いた場合の建設仕様(建築構法)の違いによる影響を、材料コストと CO2 排出量の面から比較して、提案工法のメリットを示した。

参照した住宅は、NHA のモデル住宅である。2枚目と同様に、左側に現地の建設仕様、右側に提案工法の建設仕様を並べている(図 4.1.4)。

このページで伝えたい内容は、高品質 CHB を用いることで、強度と精度の高い壁体を形成することが可能となり、壁式構造を採用することができ、この結果、現地の建設仕様で欠かせない柱や梁といった RC 部材を削減することが可能となり、価格・CO2 排出量に影響の大きいセメント使用量を削減することができる点である(図 4.1.5,図 4.1.7)。

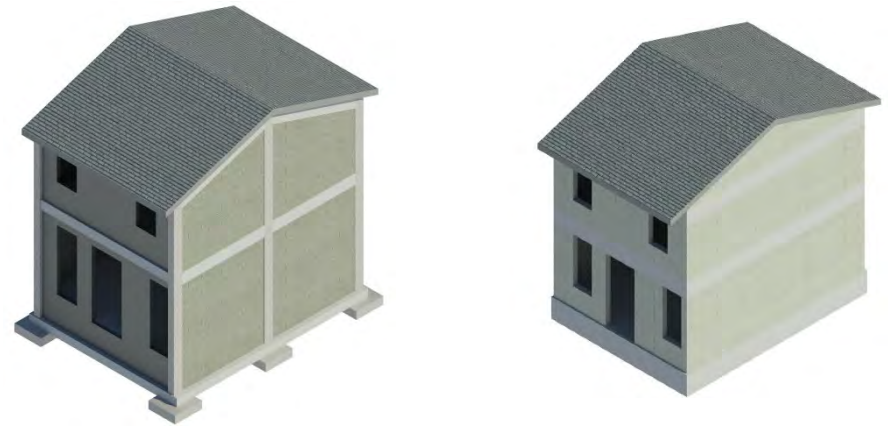


図 4.1.4 建設仕様の概念図

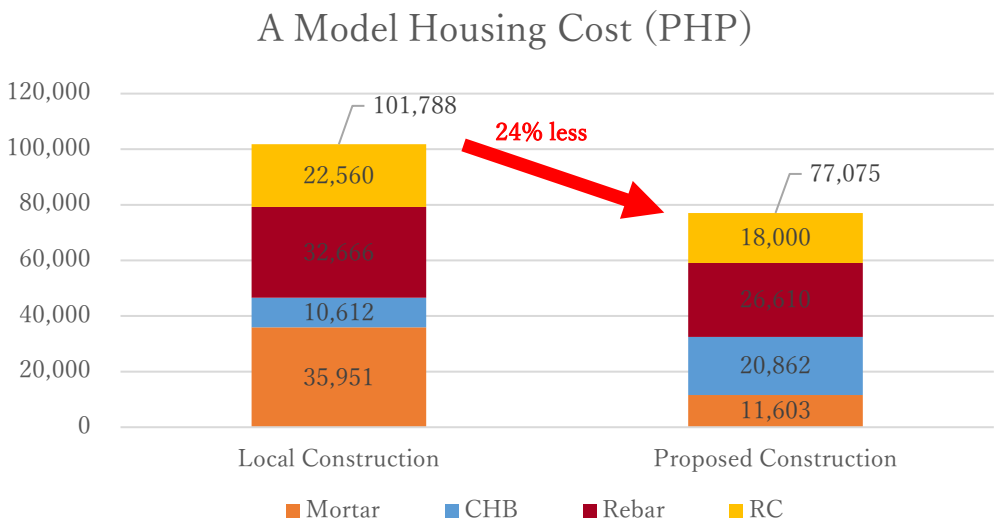


図 4.1.5 モデル住宅のコスト

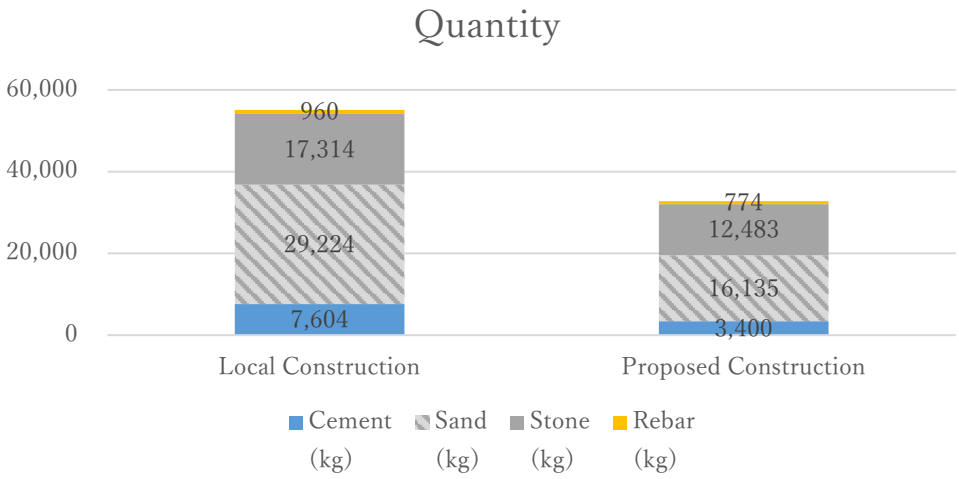


図 4.1.6 モデル住宅の材料数量

図 4.1.6 は CO2 排出量の算定に用いたものであり、パンフレットでは割愛した。

図 4.1.7 の CO2 排出量の算定においては、Local Construction で使用する木製型枠(45PHP)や Proposed Construction の CHB の工場生産で使用する金型(27PHP)も算出したが、値が小さいことを確認して、注記表示とした。

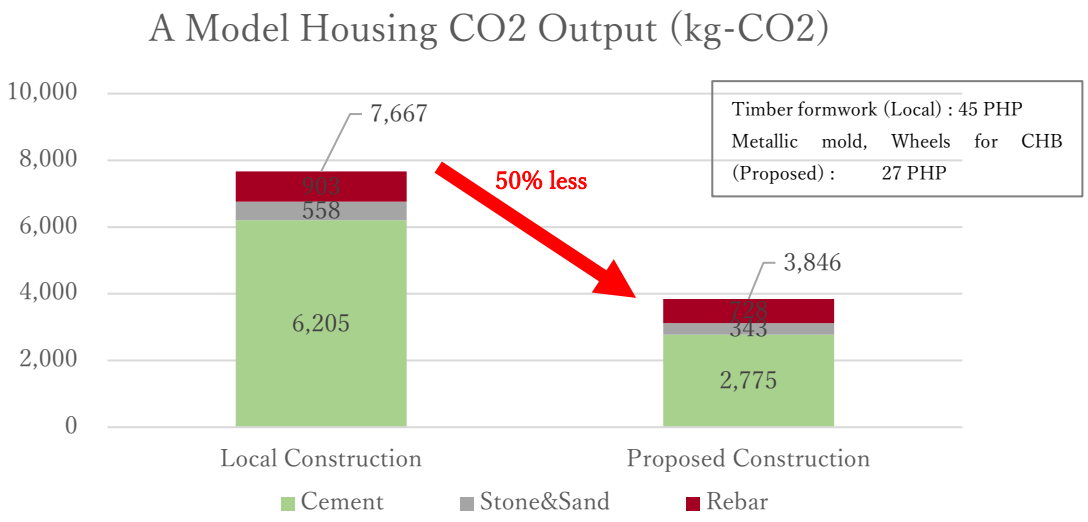


図 4.1.7 モデル住宅の CO2 排出量

④　4枚目（裏表紙）：損益と製造ラインの概要

このページでは、高品質 CHB 製造の事業計画に参考となる情報として、損益と製造ラインの概念図を示した。

まず、事業経営イメージをもてるように、高品質 CHB 製造の損益モデルとして、売上に対する粗利益である粗利益率は、6割ほどと想定されることを示した。なお、CHB の単価は、住宅価格を減価できる効果（図 4.1.5）を反映して、現行の価格より約 15%高く設定している。

このページで伝えたい内容は、高品質 CHB 製造では、高価格帯の製品を大量生産できることから、販売単価及び数量上昇により売り上げ増が期待できる点、更に、この売上増は、設備投資に運用することが期待される点である。この設備投資を初期投資できる資力のある企業であれば、新規参入の目途になる。一方で、この初期投資が困難な現地の零細メーカーに対しては、初期投資の政策支援ができれば、既存零細メーカーの労働機会を維持することにもつながるものと考えられる。

新規参入または既存メーカー品の性能向上により、市場に流通する CHB の品質が高まれば、安全性の高いCHB住宅供給、安全性の高い住宅ストックへの好循環につながる。

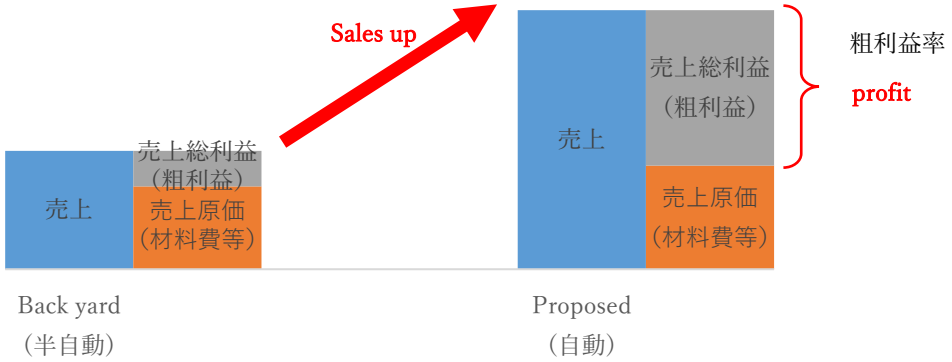


図 4.1.8 CHB 製造の損益概念図

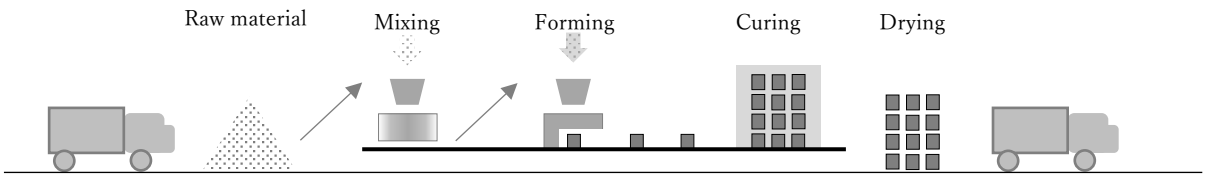


図 4.1.9 高品質 CHB の製造フロー概念図

(4) パンフレット

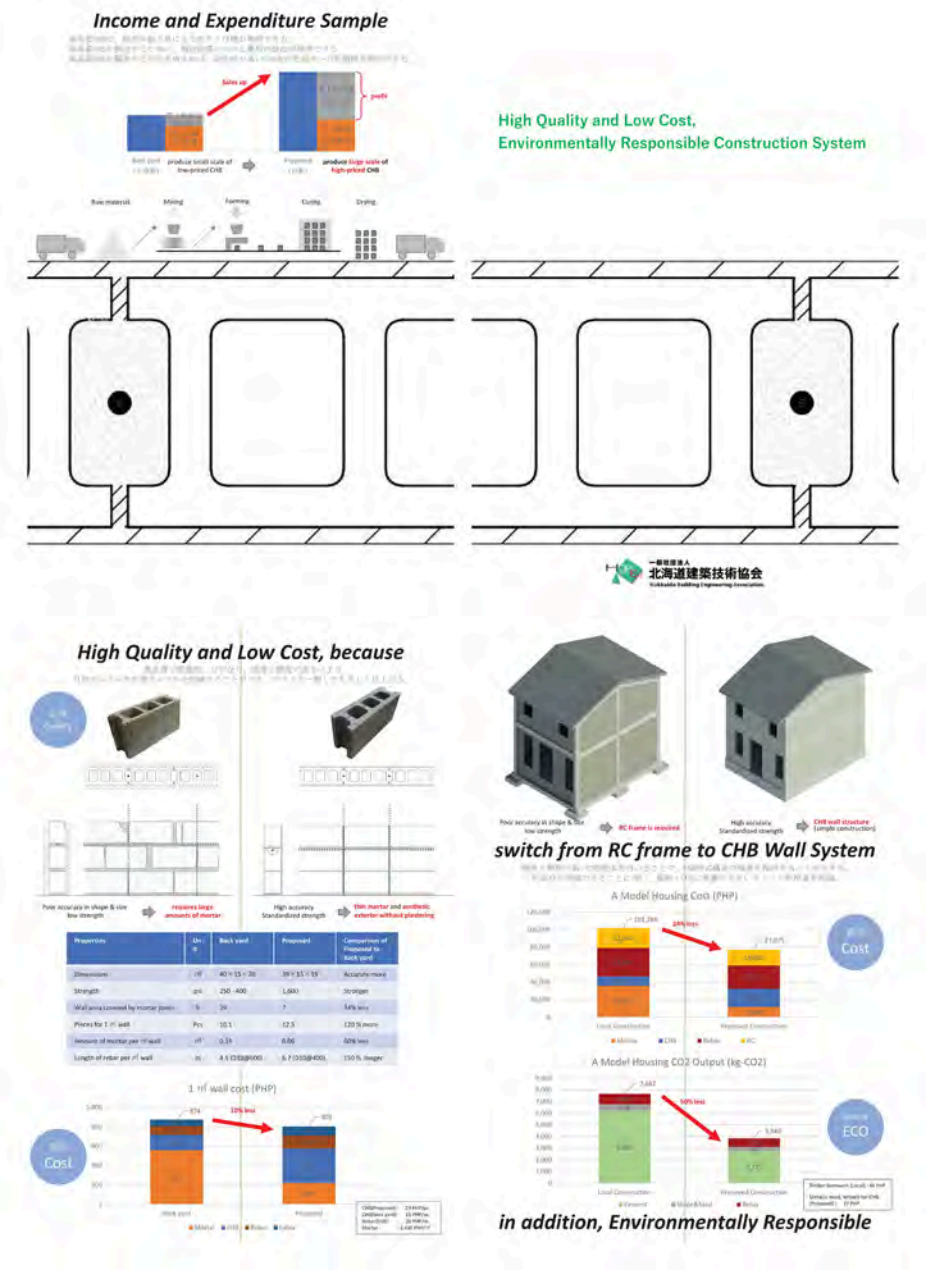


図 4.1.10 二つ折のパンフレット案（上段：おもて　下段：なか）

(5) 今後の予定

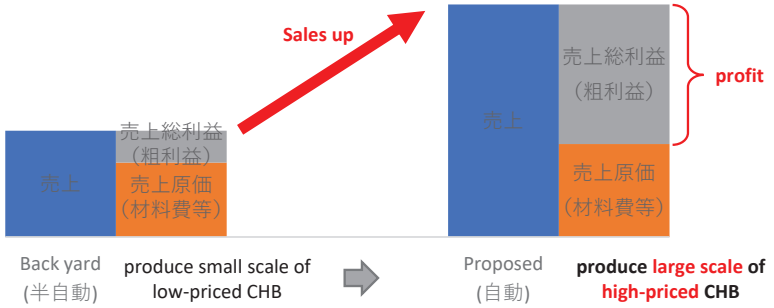
現地で試行版を配布し、反応に応じて修正することでより分かりやすい資料に仕上げる予定であり、伝達に必要な情報が集約された段階に、プロによるデザイン編集ができればと考えている。

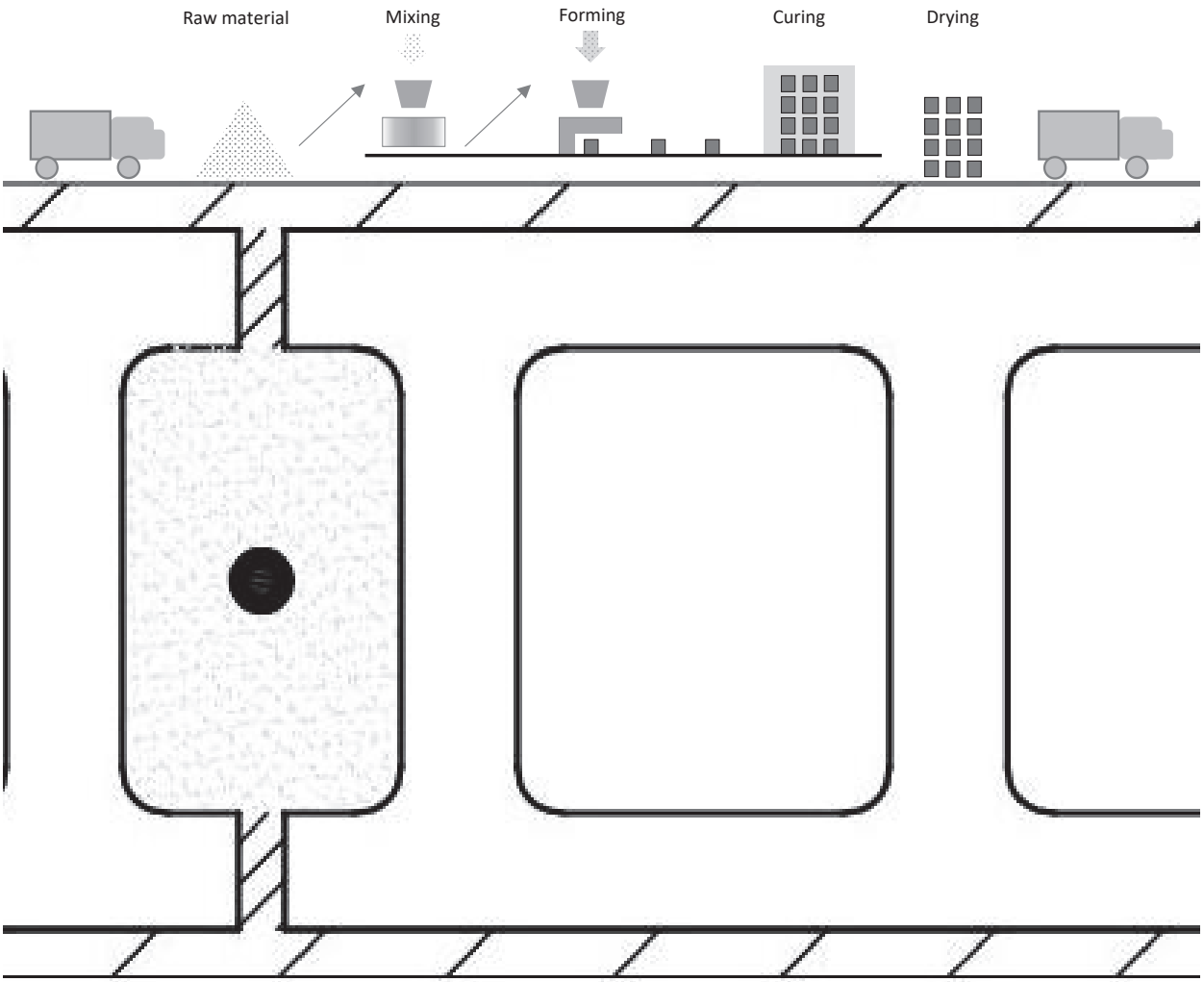
（前島彩子）

資料：CHB造の経済性パンフレット

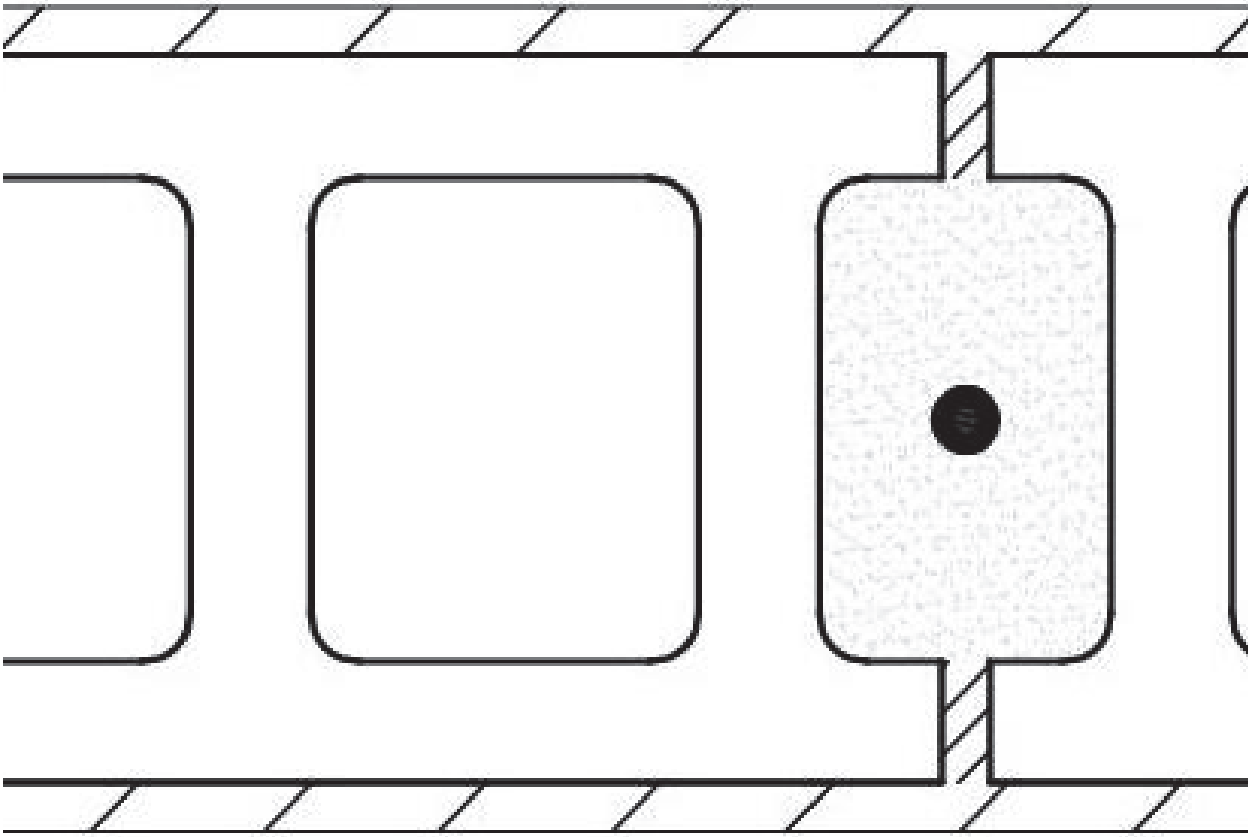
Income and Expenditure Sample

高品質CHBは、販売単価上昇による売り上げ増が期待できる。
高品質CHBを製造するための、製造設備にかかる費用の捻出が期待できる。
高品質CHBを製造する会社が増えれば、安全性の高いCHB造住宅拡大への好循環が期待できる。





High Quality and Low Cost,
Environmentally Responsible Construction System

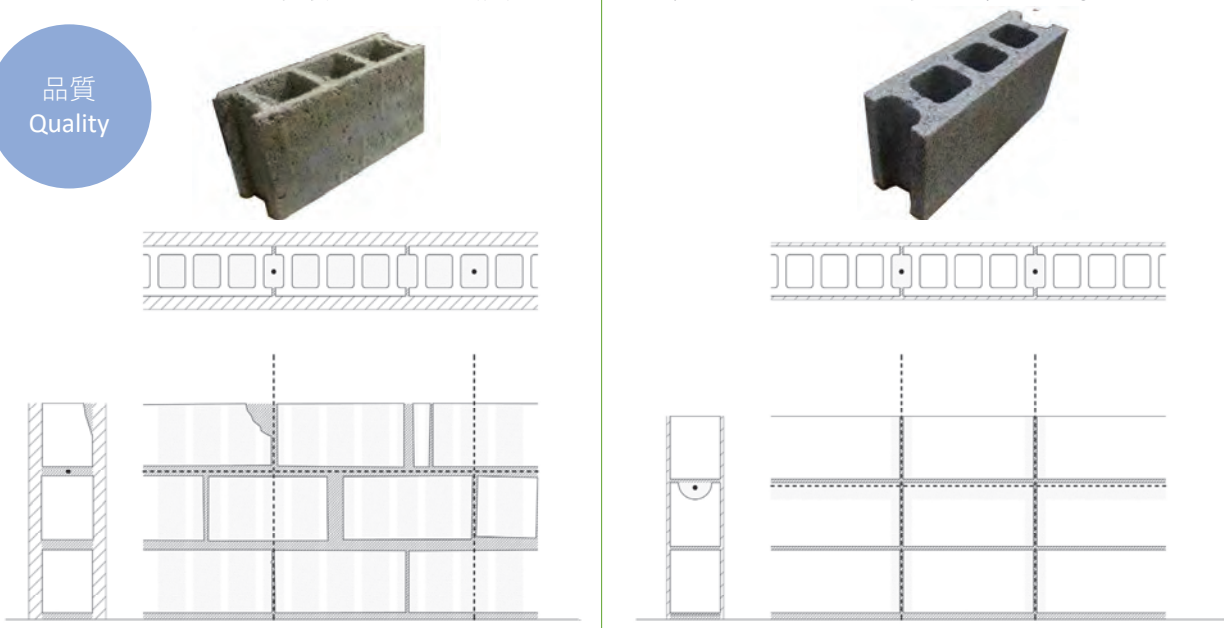


一般社団法人
北海道建築技術協会
Hokkaido Building Engineering Association

High Quality and Low Cost, because

高品質で低価格。なぜなら、強度と精度の高さにより
目地モルタルや充填モルタルを削減することができ、プラスター無しでも美しく仕上がる。

品質
Quality

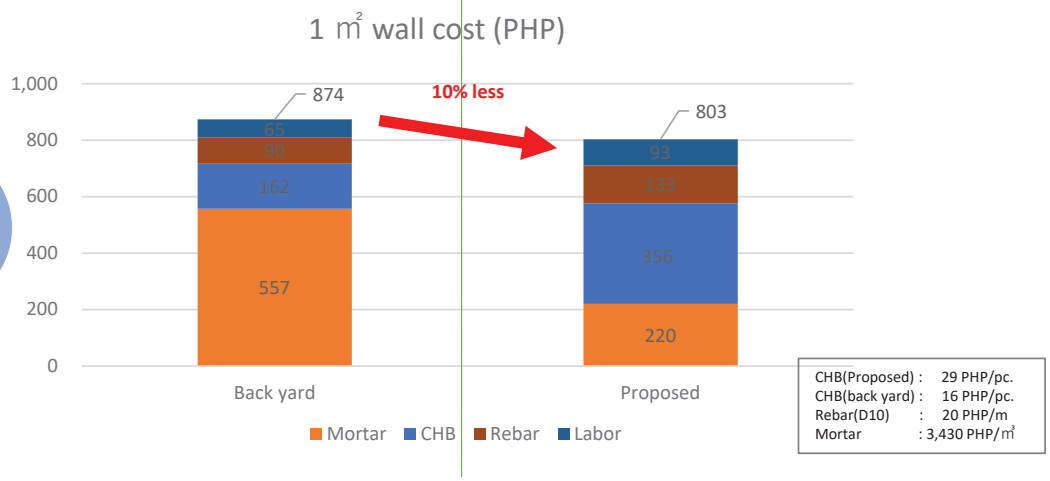


Poor accuracy in shape & size
low strength → **requires large amounts of mortar**

High accuracy
Standardized strength → **thin mortar** and **aesthetic exterior without plastering**

Properties	Unit	Back yard	Proposed	Comparison of Proposed to Back yard
Dimensions	㎝³	40 × 15 × 20	39 × 15 × 19	Accurate more
Strength	psi	250 - 400	1,600	Stronger
Wall area covered by mortar joints	%	19	7	34% less
Pieces for 1 ㎡ wall	Pcs	10.1	12.5	120 % more
Amount of mortar per ㎡ wall	㎥	0.16	0.06	60% less
Length of rebar per ㎡ wall	m	4.5 (D10@600)	6.7 (D10@400)	150 % longer

費用
Cost



Poor accuracy in shape & size
low strength

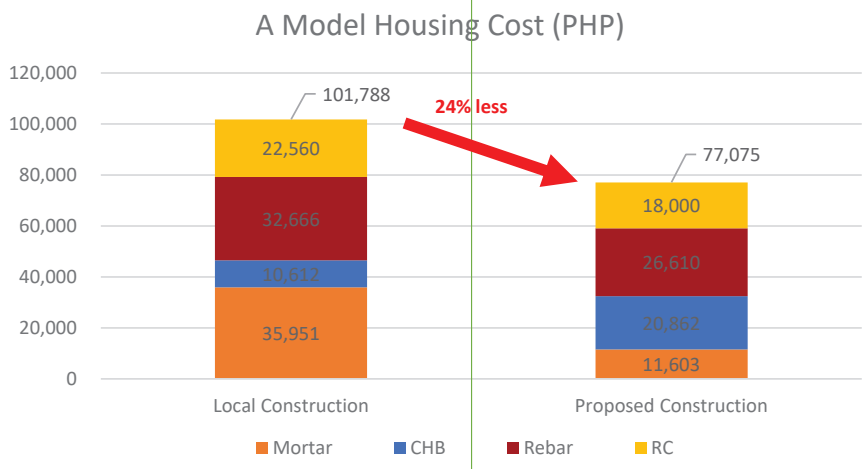
RC frame is required

High accuracy
Standardized strength

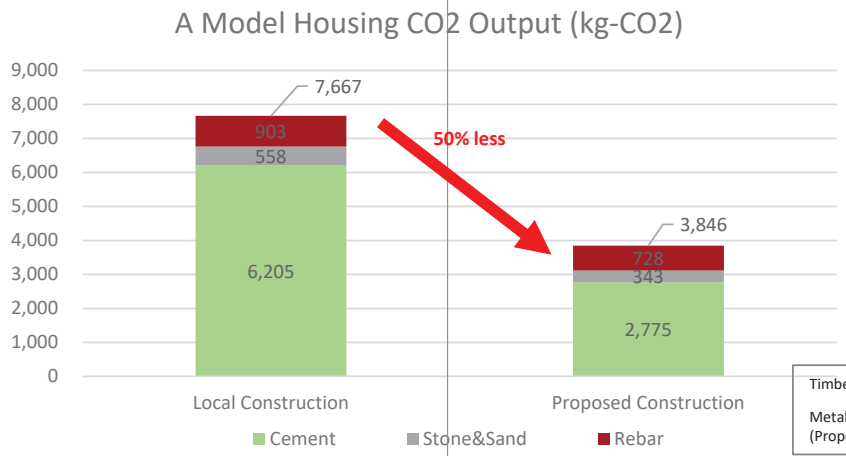
CHB wall structure
(simple construction)

switch from RC frame to CHB Wall System

強度と精度の高いCHB壁体を用いることで、CHB壁式構造の構法を採用することができる。
RC部材が削減できることに伴い、価格・CO2に影響の大きいセメント使用量を削減。



費用
Cost



環境配慮
ECO

Timber formwork (Local) : 45 PHP

Metallic mold, Wheels for CHB
(Proposed) : 27 PHP

in addition, Environmentally Responsible

4．2 ライフサイクルを考慮した環境性能の分析

(1) はじめに

① 背景と目的

日本の補強コンクリートブロック造技術をフィリピンに展開普及するにあたり、本節では、年々関心の高まりがみられる環境配慮面から提案工法の優位点をまとめる。コンクリーブロック(Concrete Hollow Block(以下 CHB))の環境面の優位性を明らかにすることができれば、政府や企業に対して、責務やイメージ戦略の面から受け入れを促す要素になるだけでなく、建物利用者に対しては、運用時の消費エネルギー削減及びこれに関わる費用削減という継続的な利益享受の可能性が示される。耐震化が地震という相対的に不確定な事象への対応であるのに対して、環境対策は、製造、建設、運用時に一定の効果享受が期待される。

CHB 建物の環境性能やコストメリットについて、国内においては断熱性能の計測、外断熱工法を取り入れた設計手法、ライフサイクルコストの分析が明らかにされている [1]。一般に、住宅のライフサイクルにおける段階別の CO_2 排出量は、製造・施工段階 23%、運用段階 74%、解体・廃棄段階 3%とされている。このことから、大きな値を占める運用段階のCO_2削減に関わる検討として、建物の断熱性能向上等が先行しており、製造段階におけるエネルギー消費量に関しては公開されている資料は限定されており、CHB製造の環境メリットが見過ごされていることも考えられる。

昨年度の調査では、提案工法と類似する工法の材料数量を比較して、CO_2 排出量削減の程度とライフサイクルを通じた相違項目の抽出し、環境性能の傾向を大まかに把握した。今年度は、材料数量に加え製造および運用時の消費エネルギーを含めた効果を明らかにした。

② 4.2 節の構成

まず、ライフサイクルの検討を行うにあたり、この分野を専門とする研究者から LCA 分析のレクチャーを受け、分析方針に関するヒアリングを行った。(2)では、この内容を報告する。(3)では、国内の CHB メーカーおよび CHB 成形マシンメーカーへのヒアリングを行い、これをもとに CHB 製造時のエネルギー消費量をまとめる。(4)では(2)(3)の結果をもとに、提案工法のライフサイクルを通したエネルギー消費構造を整理し、その特徴を考察する。(5)では、今後の展開として提案工法の BIM モデル化を示し、情報整理の方向性を述べる。

[1] 北海道建築技術協会メーソンリー工法の特長を生かした次世代型長寿命エコ住宅研究委員会:メーソンリー工法の特徴を生かした次世代型長寿命エコ住宅研究委員会報告書, 2012.11

(2) LCA レクチャー「建物の LCA について」

① 日時:

2021 年 10 月 27 日(水)13:30～15:00

② 講師:

武蔵野大学 磯部 孝行

(日本建築学会 LCA 小委員会 主査)

③ 参加者:

実行委員

石山祐二、米澤稔、青野洋之、楢府龍雄

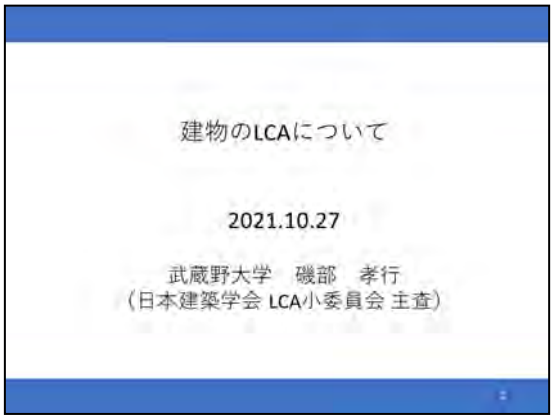
支援委員

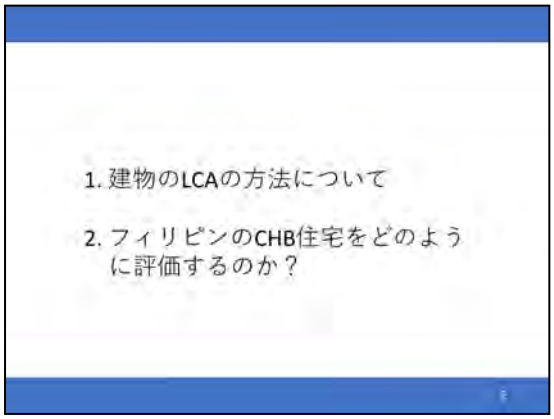
前島彩子、白川和司、石井宏和

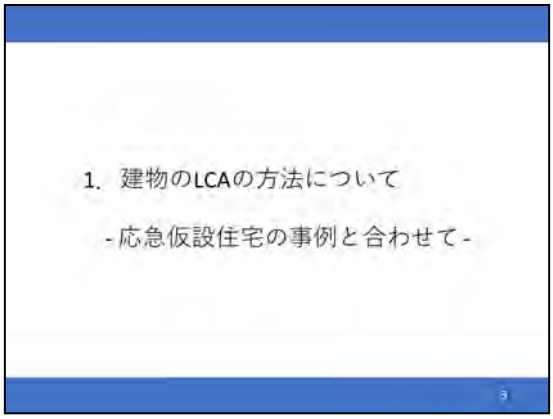
事務局

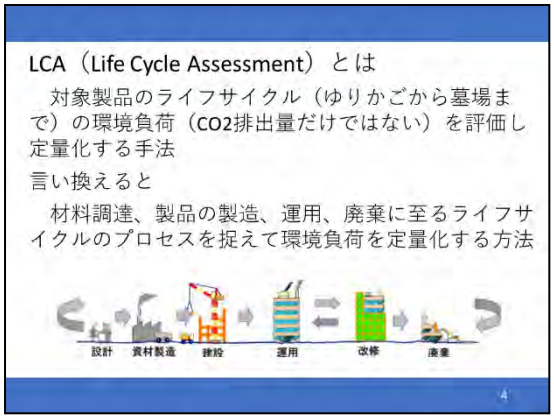
吉野利幸

④ 講演内容









建物のLCAを行う前に決めること

1. 評価の目的

- 何のためにLCAをするのか？
- 何（CO2？その他の環境負荷も）を評価するのか？

2. バウンダリー（範囲）

- 評価の目的に対応した評価範囲となっているか？

※ライフサイタルアセスメントではあるが、ライフサイクルの一つのプロセスのみ（建設のみ）を捉えてもよい。

→　この2つが最も重要な要素

5

建物のLCA

建築では、主に、① 材料調達・建設（製品製造含む）、② 運用、③ 解体の３つのプロセスに分類して評価を行うことが多い。

以下、各プロセスの評価方法を説明する。

※改修などは修繕率、更新回数などパラメータとして扱うことが多く、文献値などから算定する。

6

建物のLCA

LCAに係った研究事例として、仮設住宅のLCAをおこなったものがあるため、評価事例として紹介しつつ、建物のLCAの評価方法を解説する。

Construction method (i)	Steel frame / SAC	Steel frame / HC	Wooden frame / HC
Image			
(Specification) Type of floor plan	19.8 ㎡, 29.7 ㎡, 39.6 ㎡	29.7 ㎡	29.7 ㎡

Seike Tsuyoshi et al, Design and supply system for emergency temporary housing by various construction methods from the perspective of environmental impact assessment: The case for the Great East Japan earthquake, Energy and Buildings, Vol203, 109425 ,2019

7

① 建設のLCAの評価方法（ここでは施工は除く）

建物のCO2排出量

＝ 各種建材の資源投入量×各種建材のCO2排出量
　　＋　施工に係るCO2排出量（重機の使用など）

必要な情報

各種建材のCO2データ、施工時に使われた燃料など

※ただし、施工データは入手できないケースが多く省く場合が多々ある

→建材のCO2データがない場合は、生産プロセスを調査する必要がある。

8

① 建設のLCAの評価方法

＜資材投入量の調査＞　※評価結果の事例と異なる

建物に係る資材の投入量を見積書などから調査して、建設に係る資材量を把握する。

9

① 建設のLCAの評価方法

＜CO2原単位ベース＞

国内には主に2つのデータベースがある。積上、産業連関表を用いたもの。

LCAデータベースの種類	特徴
IDEA	➢ 産業技術総合研究所が提供 ➢ 3800以上の製品・サービスに関わるデータを搭載 ➢ 日本トップクラスのデータベース ➢ 算定者の収集不可を大幅に削減できる
AIJ-LCA	➢ 日本建築学会が提供 ➢ 建築業界が主に使用 ➢ CO2、SOx、NOxなど主要6種類に特化したツール ➢ 建物の設計・資材製造・建設から解体・廃棄までのライフサイクルを通じてのエネルギー消費・CO2排出・SOx排出・NOx排出のインベントリーを分析

10

① 建設のLCAの評価方法

＜資材投入量×CO2原単位ベース＞

資材投入量とCO2原単位を統合して建設時のCO2を算定する。

資源投入量

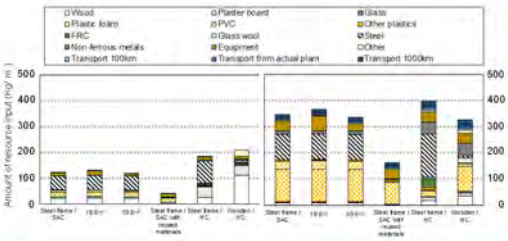
×

データベース

11

① 建設のLCAの評価方法

＜評価結果の事例＞



Seike Tsuyoshi et al, Design and supply system for emergency temporary housing by various construction methods from the perspective of environmental impact assessment: The case for the Great East Japan earthquake, Energy and Buildings, Vol203, 109425 ,2019

12

② 運用のLCAの評価方法

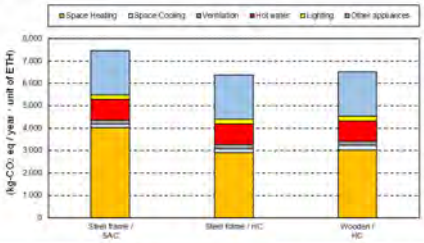
エネルギーシミュレーションなどを用いて評価
※国内であれば省エネ法WEBプログラムが一般的

必要な情報
建物の断熱性能、設備のエネルギー性能、気候区分等

13

② 運用のLCAの評価方法

＜評価結果の事例：注 1年あたりのCO2＞



Seike Tsuyoshi et al, Design and supply system for emergency temporary housing by various construction methods from the perspective of environmental impact assessment: The case for the Great East Japan earthquake, Energy and Buildings, Vol203, 109425 ,2019

14

③ 廃棄のLCAの評価方法

建物のCO2排出量
＝ 各種建材の廃棄物発生量×廃棄に係るCO2排出量
＋輸送に係るCO2排出量（トラックの使用など）

必要な情報
廃棄に係るCO2データ、輸送時の消費燃料など

→ 廃棄に係るCO2データがない場合は、処理プロセスを調査する必要がある。

15

③ 廃棄のLCAの評価方法

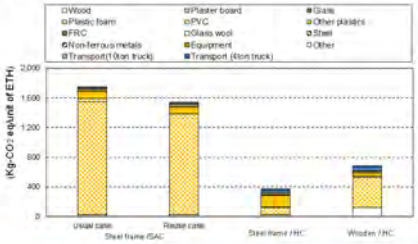
＜輸送の設定事例＞
GISなどを用いて廃棄物処理施設を設定し、建設現場から距離を算定する。

Seike Tsuyoshi et al, Design and supply system for emergency temporary housing by various construction methods from the perspective of environmental impact assessment: The case for the Great East Japan earthquake, Energy and Buildings, Vol203, 109425 ,2019

16

③ 廃棄のLCAの評価方法

＜評価結果の事例＞

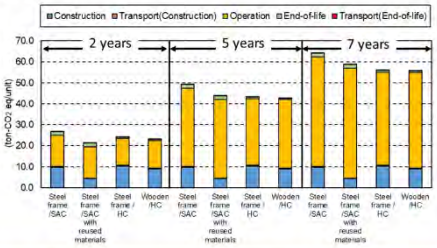


Seike Tsuyoshi et al, Design and supply system for emergency temporary housing by various construction methods from the perspective of environmental impact assessment: The case for the Great East Japan earthquake, Energy and Buildings, Vol203, 109425 ,2019

17

建物のLCA結果

＜評価結果の事例＞



Seike Tsuyoshi et al, Design and supply system for emergency temporary housing by various construction methods from the perspective of environmental impact assessment: The case for the Great East Japan earthquake, Energy and Buildings, Vol203, 109425 ,2019

18

建物のLCAのまとめ

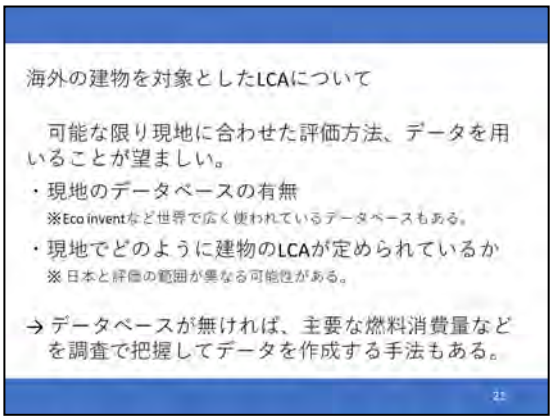
- 現地でどのような情報が入手可能か整理
- 評価の目的を定め、評価範囲を明確にする
- 高い精度で捉えられているもの（捉えなくてはいけないもの）が何であるかを見極める

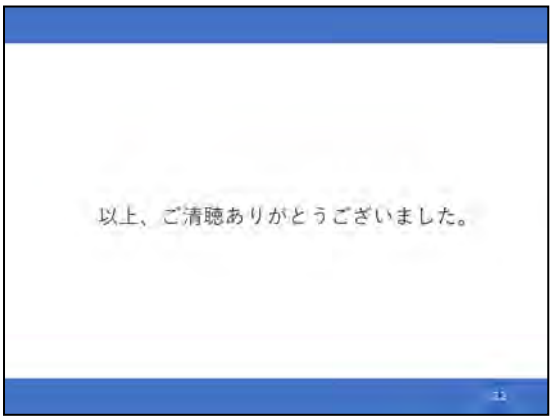
→ 建物のLCAにおいて、全てのライフサイクルのプロセスを正確に捉えることはできない。
→ 高い精度で捉えられてるものを対象に議論をする必要がある。

19

2. フィリピンのCHB住宅をどのように評価するのか？

20





⑤　意見交換:

- プラスチック系の CO_2 排出割合が多いが、プラスチックの中にも CO_2 の原単位が低いものと高いものがあってフロンが含まれるものは非常に高い。例えば 1kg のウレタンフォームを使うと 10kgくらいの CO_2 を出す。一方で鉄は 1kg で 800gとくらい。
- 日本の二つの CO_2 原単位データーベースでの原単位を算出するプロセスは、基本的にはマクロの平均値で、業界団体等はまとめて調査して CO_2 の原単位を作っているのが一般的。個別の製品に対してカーボンフットプリントと呼ばれるものもある。
- 二つのCO_2原単位データーベースはだいたい整合するように調整している。
- 改修に関してのLCA評価方法確立されていない。評価の枠組み自体がないので改修工事が行われたときには、CO_2 が増える評価しかできない。
- ライフサイクルでの CO_2 排出量は使用期間が長くなるほど運用時の割合が大きくなる。
- 蒸暑地域では冷房を負荷のエネルギー使用が多いと思う。
- 住宅の LCA 評価について世界各国がそれぞれ自分の国のものを評価しているが、尺度が違っているとちゃんとした比較にならない。セメントに関してヨーロッパは、石灰を燃やすときに CO_2 が出るがそれを入れてないのではという意見がある。日本は真面目に入れて安全側に見ているので、多く出ているのではないかと思う。
- ブロックでセメントの CO_2 排出量の精度を高めるというのは、データとしてしっかり取れているというところでよい。
- コンクリートブロックの LCA 評価の範囲をどうするかというのは非常に重要な要素。運用時を細かく調べなくてもおおよその値で評価することもあり得る。建設時はしっかりやるといいかなと思う。
- 部材をリユースすると CO_2 排出量は大きく減る。CO_2 を削減するためにはできる限りリユース部材を使うとともに、運用時のエネルギー削減のために断熱性能を確保する。この 2 つの対策になるかと思う。
- 耐用年数を加味すると、フィリピンのブロックのようにセメントが少ないと例えば 15 年、20 年で壊れるけど、きちんとセメントが入っていれば 40 年もつとかであれば、製造時の

CO_2 が増えても十分ペイすることが考えられる。構造的なところも重要になってくるので、そこはしっかり調査して、地震で壊れて 10 年で 1 回建てかえなきゃいけないものが 40 年もつよとなったら、それはすごく効果的なものになる。そういう視点もあり得ると思う。

以上

(3) CHB 製造段階におけるエネルギー消費量

① 概要

建物のライフサイクルにおける CO_2 排出量の大部分を占め、その削減効果が大きいものは運用段階 [2]であるが、建物躯体より外装、仕上げ、利用方法で対応できる部分も多い。そこで、本項では、構造躯体の相違に対して精度の高い情報が得られる、製造段階のエネルギー消費量を明らかにする。

CHB製造段階のエネルギー消費量を明らかにすることを目的として、8 月 10 日及び 9 月 7 日の Zoom 会議と前後のメールやりとりにて、CHBメーカーと成形マシンメーカーの状況について整理した。

図 4.2.1 に CHB 造と RC 造で考慮すべき材料数量や運搬過程を示したが、材料数量の影響は昨年度整理しており、本項で扱うのは「CHB 製造」の段階にあたる。

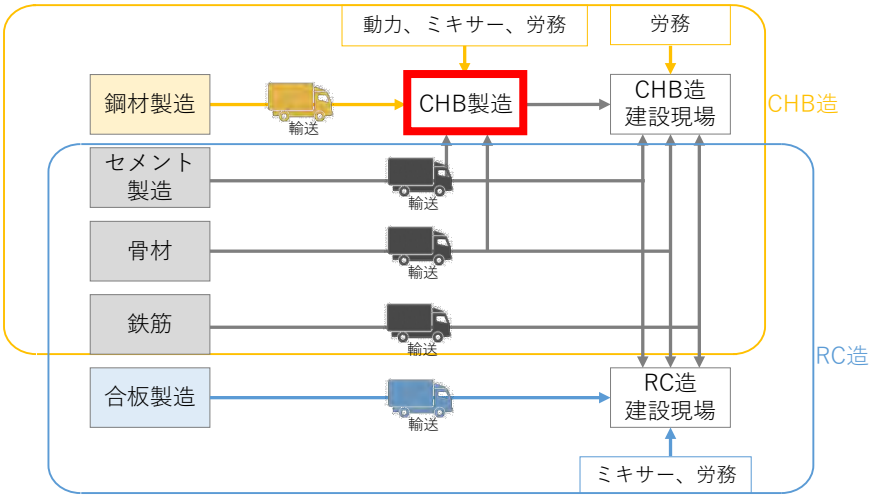


図 4.2.1 製造・施工における CHB 造と RC 造のシステム

② 検討項目

図 4.2.2 に CHB 工場の製造工程と分析の境界を示した。「成形」に関わる要素としてミキサー、成形機があり、電力を用いている。「養生」には A 重油を用いている。また材料や製品の「運搬」には軽油を用いるリフト、ショベルがあり、製品運搬時には木パレットを消耗することとなる。以上の消費量を整理することで CO_2排出量が得られる。

なお、製造過程で再利用されている材については、相当量にのぼるものはないとのであり、工場内での再利用材はない。白蟻被害からフィリピンでは木パレットの代替品が使われていると考えられるが現時点では不明であること、国内でも使用しない場合もあることから、今回の検討からは除いた。

[2] 一般に、住宅のライフサイクルにおける段階別の CO2 排出量は、製造・施工段階 23%、運用段階 74%、解体・廃棄段階 3%とされている。

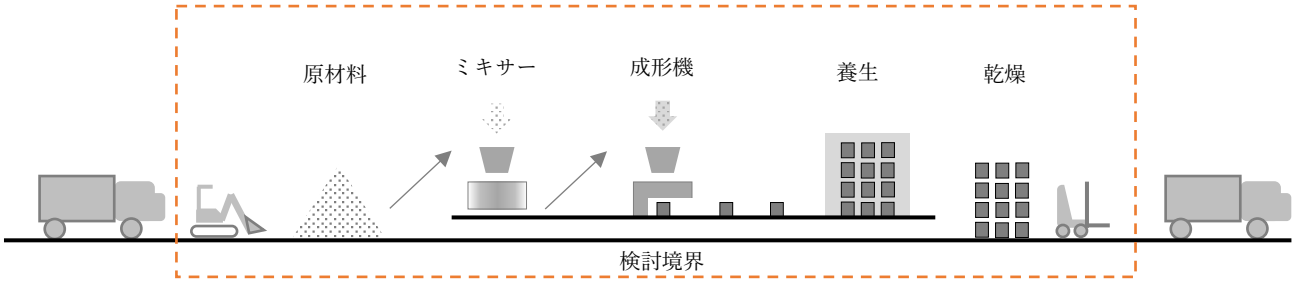


図 4.2.2 CHB の製造工程と検討する境界

③　項目別エネルギー消費量

ア　成形

成形で必要とされる消耗部分の金型と動力について、その利用量を生産量に応じて整理した(表 4.2.1)。

フィリピンへの導入を意識して、製造性能は日本で利用されている程度とそれより性能の低いものについて扱った。現地へ導入する性能としては2段目の M-2J OFF-Bearer が候補になる。3段目の TGB-3 は成形のみのマシンでありかなり人力に頼る形式となり人件費の安価な地域においても導入の効果は認めにくいと考えられる。

実際の消費動力は稼働状況や季節により変動等があるため把握が困難 [3]である。CO_2排出量の分析においては、機械性能による数値で参照し、状況(生産能力の 85%など、可動期間や休憩時間等)に応じて割合換算して用いる必要がある。

表 4.2.1 成形マシンに係るエネルギー消費量

		消費量	生産量/利用形態
金型（消耗部分）		1セット 100kg	4 個どり4万サイクル
性能別電力消費	成形動力 TGD-6B-RT（国内同等）	150kW/h	4 個(15cm)×270 サイクル/h 6 個(10cm)×270 サイクル/h
	成形動力 M-2J OFF-Bearer	47.81kW/h ※スプリット加工部分を除く	3 個(15cm)×240 サイクル/h 4 個(10cm)×240 サイクル/h
	成形動力 TGM-3	35.42kW/h	2 個(15cm)×240 サイクル/h 3 個(10cm)×240 サイクル/h

※成形動力の消費電力には、ミキサー、コンベア等が含まれる

[3] 冬季など気候による生産変動が大きい地域では、生産しない時期でも基本料金が生じるため費用から消費燃料を算出する場合には注意を要する。

イ　養生

国内では気候条件により燃料（A 重油）を用いた養生が行われる。経験値および工場実績を勘案すると、1万個（15cm）あたり約 140 リットル程度の A 重油を消費する。養生室の断熱性能を高めることで、CHB の硬化熱を利用でき使用燃料削減が可能である。また、高温湿潤な気候のフィリピンであれば、燃料は不要と考えられる。

ウ　運搬

工場内の材料、製品の運搬には、リフトおよびショベルが使用され、これに係る軽油を消費している。経験値および工場実績を勘案すると 1 万個の生産に対して 35 リットル程度の軽油を消費する。

ミキサーと成形機のあいだの運搬は、成形機械の電力消費に含まれている。これを除く、材料、製品の運搬はフィリピンであれば手作業を導入することに大きな負担はないと考えられる。

④　小結

以上より、各項目のエネルギー消費を表 4.2.2 にまとめた。

成形には、生産量（3個×240 サイクル/h）に対して、以下の値が消費される。

金型：100kg/（4 個×4 万サイクル）＝100kg/16 万個=6.25kg/万個

成形動力：48kWh/（3 個×240 サイクル）=48kWh/720 個=670kWh/万個

養生には、国内では、A 重油：140 リットル/万個が消費されるが、フィリピンでは不要と考えられる。

材料と製品の運搬には、国内では、軽油：35 リットル/万個が消費されるが、フィリピンでは手作業に置き換えることも考えられる。

表 4.2.2 CHB 製造工場におけるエネルギー消費量（CHB1万個あたり）

	消費量	備考
金型	6.25 kg	
成形動力	670 kWh	3個×240 サイクル/h。生産性は 85%とする。
A 重油	140 L	フィリピンでは不要
軽油	35 L	フィリピンでは手作業代替も考えられる

(4) 提案工法の LCA 分析

① 概要

フィリピンの典型的な住宅モデルとして、国家住宅局(NHA)のモデル住宅(図 4.2.3)を取り上げ、ライフサイクルを念頭においた CO_2 排出量を算出する。提案工法と現地 CHB 造を比較する(図 4.2.4)。

(2)での意見交換を踏まえ、これまで情報が少なかった製造段階の CO_2排出量を(3)のヒアリングをもとに反映させる。運用段階については次項でまとめた仮定値を参照する。

図4.2.3 NHAのモデル住宅

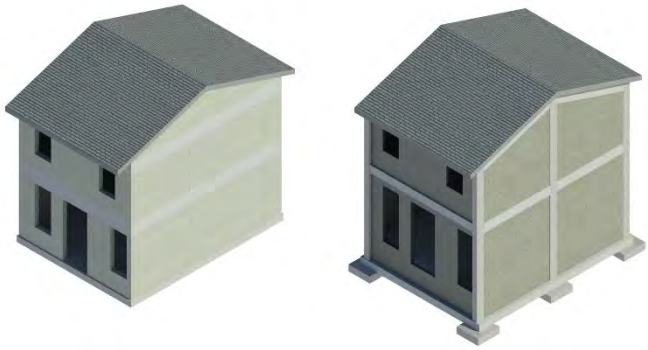


図 4.2.4 提案工法(左)と現地 CHB 造(RC ラーメン構造)の概念図

② フィリピンの年間消費一次エネルギーの仮定

フィリピンの燃料消費に関する情報として「フィリピン国省エネルギー計画調査ファイナルレポート [4]」およびそこで参照されているフィリピン統計局の調査結果「2004 HOUSEHOLD ENERGY CONSUMPTION SURVEY[5]を確認した。エネルギー源としては電力がどの所得層でも広く利用されていること(表 4.2.2)、世帯当たりの電力消費量、使途別電力消費量(図 4.2.5 右)、近年電力消費が増加していることなどは把握できたものの、世帯別のエネルギー消費量の情報には今年度はたどり着けなかった。

そこで、フィリピンと気象条件が近い沖縄の世帯当たりの年間エネルギー消費量、CO_2 排出量を参考に仮定値を用いることとした。フィリピンは電気料金が高く電力消費量が近隣のアジア諸国に比べて低い水準にあること、風呂利用が少ないことを踏まえて、図 4.2.6 の沖縄の半分の値(1.5 t-CO_2/世帯・年)を用いる。今後現地の実態を反映させて、精度を高める必要がある。

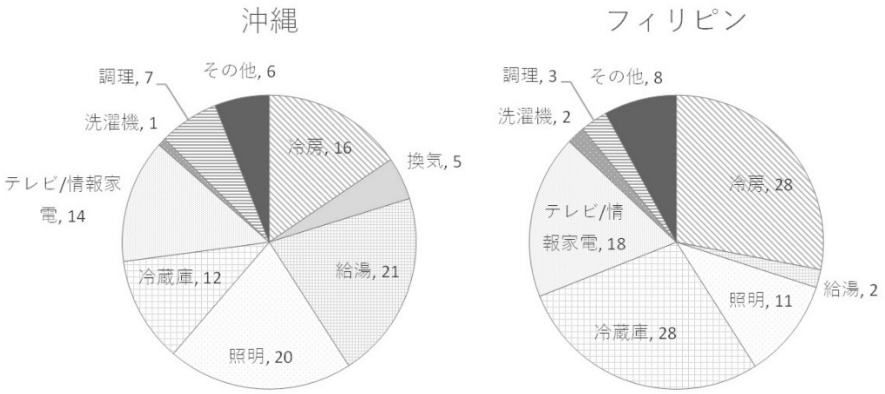
表 4.2.2 世帯年収別の各エネルギー源の利用世帯数

Unit: Thousand

	Any Fuel	Electricity	LPG	Gasoline	Diesel	Kerosene	Fuelwood	Charcoal	Residue
All Income Class	16,973	14,872	8,842	1,986	567	9,525	9,357	5,811	3,177
Less than P5,000	5,705	4,229	1,149	212	55	4,530	4,557	1,510	1,811
P5,000 - P9,999	5,372	4,863	2,740	510	83	3,111	3,020	1,868	914
P10,000 - P14,999	2,336	2,271	1,797	343	78	933	883	895	236
P15,000 - P24,999	1,997	1,969	1,737	435	126	606	544	857	122
P25,000 and over	1,555	1,533	1,413	485	225	343	351	678	94
Not reported	7	7	5	1	-	2	2	3	-

(出典: 2004 HECS)

国際協力機構, 東京電力(2012):フィリピン国 省エネルギー計画調査ファイナルレポート



一次エネルギー消費 66.6GJ/年・戸　　電力消費 1,678kWh/年・戸

図 4.2.5 家庭の消費エネルギー構成

建築研究所編(2010)「自立循環型住宅設計技術資料 蒸暑地版」建築研究所、Republic of the Philippines National Statistics Office(2005)「2004 HOUSEHOLD ENERGY CONSUMPTION SURVEY」をもとに作成

[4] 国際協力機構, 東京電力(2012):フィリピン国 省エネルギー計画調査ファイナルレポート

[5] Republic of the Philippines National Statistics Office(2005)「2004 HOUSEHOLD ENERGY CONSUMPTION SURVEY」 2005

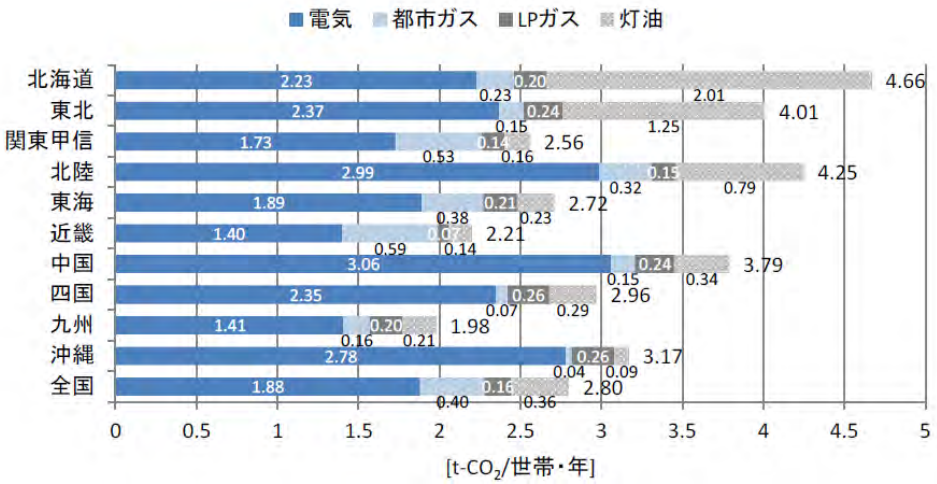


図 4.2.6 地方別世帯当たり年間エネルギー種別 CO_2 排出量

環境省：平成31年度（令和元年度）家庭部門の CO_2 排出実態統計調査　調査の結果（速報値）の概要，令和2年9月

③　分析結果

まず、(3)及び(4)①②に基づき、分析の条件を以下に整理する。

- NHA モデル住宅を対象に、提案工法と現地 CHB 工法の躯体を比較する。
- 材料数量は、現地 CHB 造は NHA の設計仕様、提案工法は提案する設計仕様に基づいて算出する。
- CHB 成形マシンは、本体は償却期間が 20 年程度と長く、機能通りに可動することを前提とすると、組積ユニット単位に係る製造エネルギーは無視できるほど小さいため、算入しない。
- CHB 製造時の養生は、燃料を使用しないこととし算入しない。
- その他製造時の状況は(3)の条件を用いる。
- 運用時の一次エネルギー消費は 1.5(t-CO_2/世帯・年)を仮定する。
- 提案工法の耐用年数は 40 年、現地工法の耐用年数は 10 年を仮定する。

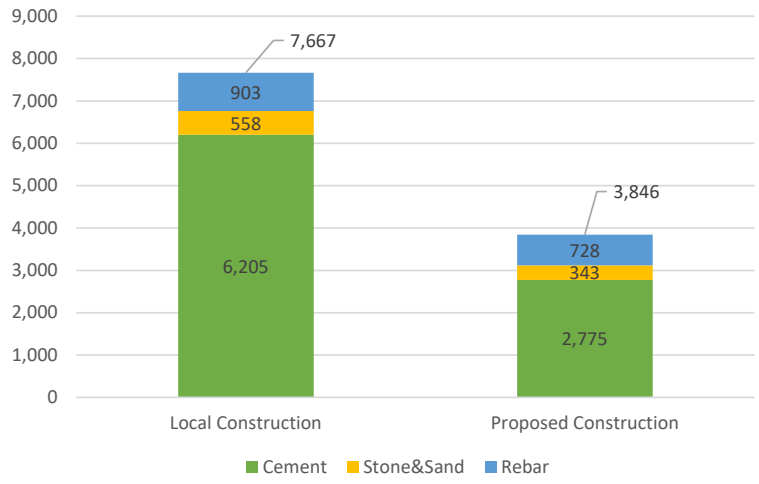


図 4.2.7 提案工法と現地工法の製造施工段階の CO_2 排出量

図 4.2.7 において、現地工法では施工時の合板型枠に 82 (kg-CO_2)が、提案工法では工場製造時の金型に 1 (kg-CO_2)、動力に 27 (kg-CO_2)及び施工時の合板型枠 53 (kg-CO_2)が加わることになるが、それぞれの割合が、現地工法では 1.1%、提案工法では 2.0%と全体に占める割合が小さいためグラフには含めていない。

この図から、提案工法の製造施工段階の CO_2排出量は、現地工法の半分程度であることが確認できる。

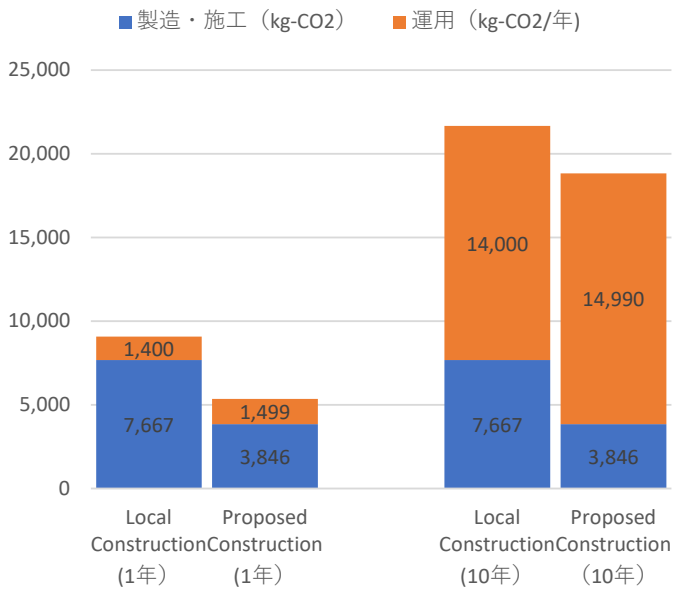


図 4.2.8 提案工法と現地工法の製造施工段階及び運用段階の CO_2 排出量

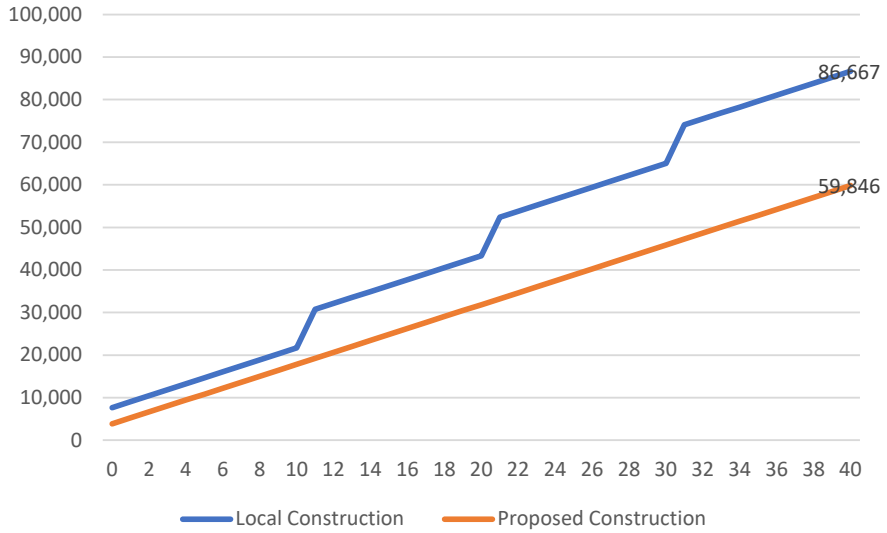


図 4.2.9 提案工法と現地工法の 40 年間の CO_2 排出量（kg-CO_2）

図 4.2.9 は、それぞれの耐用年数を反映して 40 年間で見込まれる CO2 排出量を示している。

CO_2 排出量の占める割合は、運用時が大きく、提案工法と現地工法は躯体の断熱・遮熱性能等に大きな差はない。このため、図 4.2.7 で確認した製造施工段階での5割程度の格差は、年数が経つにつれ狭まることになる。しかし、安全性の低い現地工法は耐用年数が短く、建て替え時に新たに製造施工の CO_2 が加算されることになる。このため、長期的には一定期に差が開くことが見込まれる。今回の仮定のもとでは、提案工法は現地工法に比べて40年間での CO_2 発生量を7割程度、抑えられることが確認できた。

(5) BIM モデル化

(4)においては、現地で一般的な仕様を反映するために規模が小さい NHA のモデル住宅を対象としたが、提案工法ではより大きな規模を実現できる。今後、別の対象事例においても両者の状況を比較できる状況を整えることや視覚的な確認のしやすさなどを考え、BIM モデル化を試した。ここでは、モデル化作業を通して感じられた必要な情報や整理方法の方向性について補足する。

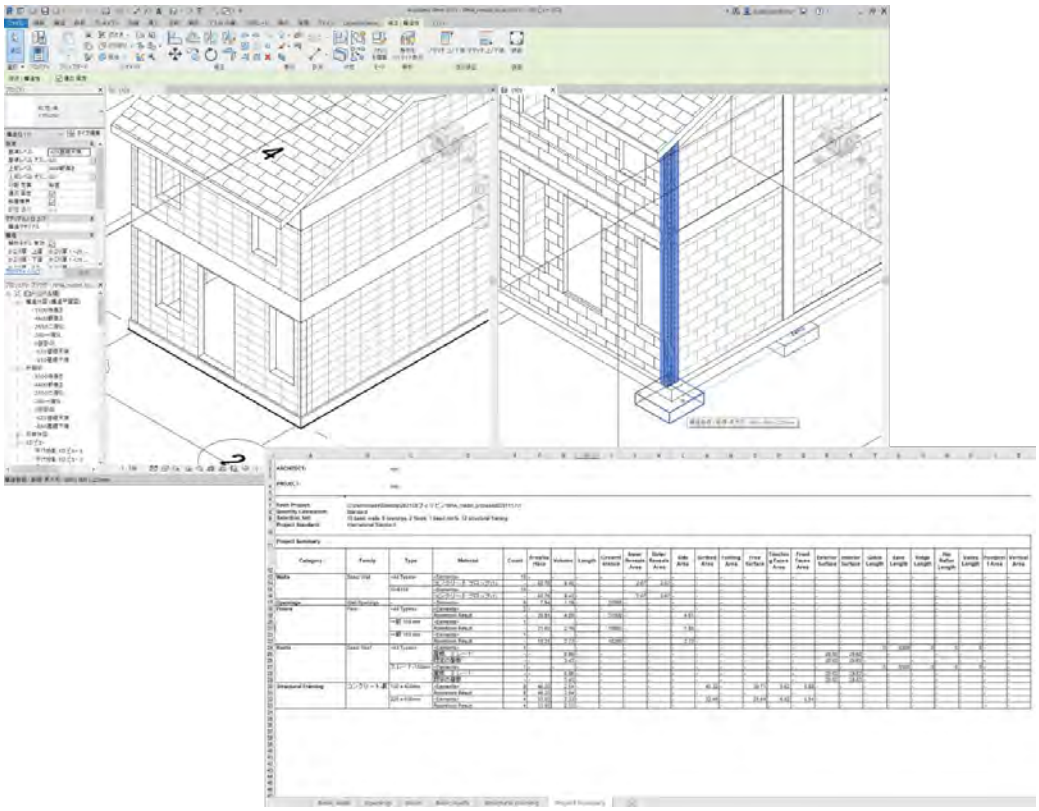


図 4.2.10 提案工法と現地工法の BIM モデル化

目地や躯体の凹凸が手元で様々な視点から視覚的に確認できる為、部材構成の相違点を認識しやすい。例えば、躯体の凹凸の有無から工事の手間が想起されることや、部材の集計表に部材単価や CO_2 原単位等を組みこむことで建物の形状変更や現地情報のアップデートに合わせて、コストや環境負荷の程度を把握することもできる。

BIM 化にあたっては、基礎、柱・梁については躯体断面と配筋まで、床・壁については断面までとすることが適当に感じられた。基礎、柱・梁は住宅規模であれば種類が限定され入力の手間は少なく、構造部材としてみるときに配筋まで含めて視認すると感じたからである。一方、床、壁は、配筋等を単位面積当たりに変換して容易に把握できること、規模が大きくなると、仕上げの違いなど部材ごとの個別情報が増えるため、別途エクセル情報で整理しなおす方が扱いやすいと感じた。このあたりの整理方法については、実際に規模の大きい事例をモデル化する中で、今後考察を深めたい。

（前島彩子）

4．3　高温多湿地域における快適な温熱環境とブロック造建築

(1)　はじめに

沖縄調査の後半 11 月 25 日に行われた高温多湿地域における快適な温熱環境をテーマに、堤純一郎琉球大学名誉教授、仲松亮工学部環境建設工学科環境計画学講座助教（写真 4.3.1）、北海道建築技術協会より 7 名と松崎志津子氏、石川茉祐香氏の計 9 名が同席し、意見交換を行った。

初めに「フィリピンにおける安全なブロック造技術の普及」の概要について、楢府龍雄氏より報告、続いて「コンクリートブロックの特性を活かしたデザインの考え方と高温多湿地域での具体的な設計デザイン」について圓山彬雄氏より提案がされた。

堤純一郎琉球大学名誉教授より「亜熱帯沖縄における住宅建築および室内環境の変遷に関する研究」（2007 年 8 月）をはじめ、インドネシアでの研究レポートなどの紹介があった。

沖縄県内の事例では、特徴、高断熱・高気密化された住宅や屋上緑化を行った住宅での結露・カビの発生などが指摘されている。

私は、快適な温熱環境について、北海道で取り組んでいる分譲マンションにおける外断熱工法に依る改修事例を通して、沖縄県での住宅づくりについても断熱施工の重要性について、いくつかの質問と提案を行った。

この報告では、沖縄県の気象条件の特徴をふまえ、高温多湿地域地域での外断熱施工の有効性について、北海道での事例紹介と合わせ考えてみたい。

写真 4.3.1 左側：琉球大学堤純一郎名誉教授、右側：仲松亮工学部環境建設工学科環境計画学講座助教

(2)　沖縄県の気象条件と住まい

①　沖縄県には、垂木構造の藁葺き屋根と掘建て中柱を持つ伝統的な木造建築がある。見学した北中城村にある重要文化財中村家住宅（写真 4.3.2）は、木造、寄棟造、瓦葺で 18 世紀中頃の建築です。正面入り口には石積みの目隠し塀があるが、建物全体は扉もなく開放的な作りとなっている。

県内で多く目にするのは、RC 造の住宅（写真 4.3.3）、外壁はコンクリート打ち放しまたはブロックの躯体面をモルタルで仕上げている。屋上には高架水槽が設置されている。

写真 4.3.2 中村家住宅（重要文化財）

2021 年 4 月から 2022 年 3 月まで、沖縄県がまとめた住宅着工データによると、建設総戸数 10,335 戸の内、木造が 16.38%、SRC 造が 1.13%、RC 造が 74.10%、S 造が 3.44%、CB 造は 4.84%となっている。

約 75%が鉄筋コンクリート造ですが、これは「戦後米軍が供給したツーバイフォー住宅が台風被害にあったため、1959 年以降「耐風恒久建築」として、米軍主導により今回調査対象となっているブロック造建築を含め、沖縄の住宅建築の主流となった」との説明を受けた。

写真 4.3.3 沖縄県内の RC 造 2 階建住宅

② 沖縄県那覇市の気象特性（理科年表 2015 版）では、最高気温では 35.6℃（札幌市 36.2℃）、最低気温 6.3℃（札幌市-28.5℃）であり、年平均気温では 23℃（札幌市 8.9℃）。

年平均湿度では約 74%、5～7 月は 80%以上 90%台であり、年間降水量では、那覇市 2,040.9 ㎜と全国平均より 20%高く、札幌市の 1,106.6 ㎜と比較すると倍近い量となっている。

建物への日射については、夏は屋根面への日射が特に強く、東西面からも入るが、南面からは、ほとんど入らず、冬は屋根面と南西からの日射量が多くなっている（省エネ法改正講習テキスより）。

今回の視察で懇談した設計者の皆様からの共通した指摘は、沖縄県では、年間の平均風速が 5.3m/s あり、東京 2.9m/s、札幌 3.7m/s と比較しても風速が大きく、建物を設計する上

では、高温多湿、日射、風速という要素を考慮することが強調されている。以下の図表は省エネ法改正講習テキスより転載。

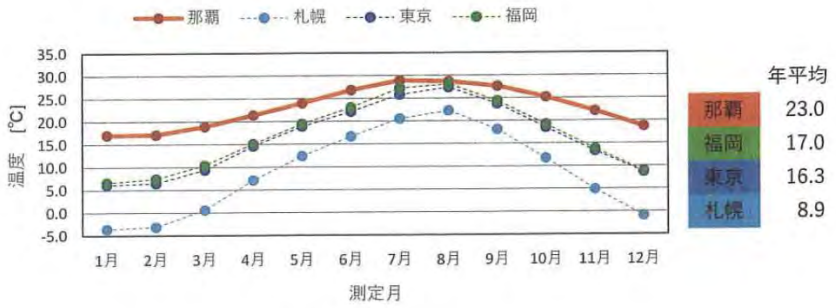


図 4.3.1 月平均気温

（1981 年～ 2010 年までの平均値、2015 年版理科年表より作成）

表 4.3.1 気温の最高および最低記録（℃）

（統計開始から 2013 年まで、2015 年版理科年表より作成）

	最高気温		最低気温		統計開始年
那覇	35.6	2001.08.09	6.3	1925.03.13	1920
福岡	37.9	2013.08.20	-8.2	1919.02.05	1890
東京	39.5	2004.07.20	-9.2	1876.01.13	1875
札幌	36.2	1994.08.07	-28.5	1929.02.01	1876

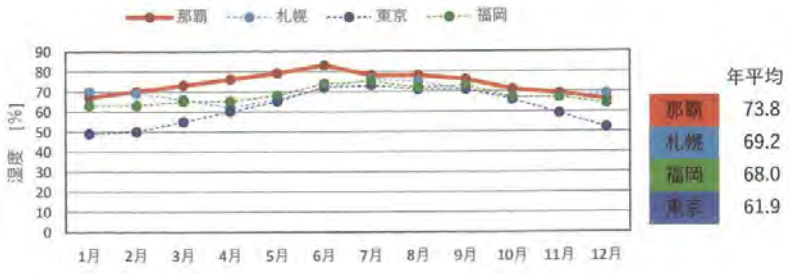


図 4.3.2 月平均湿度

（1981 年～ 2010 年までの平均値、2015 年版理科年表より作成）

(3) 快適な室内環境について

北海道建築技術協会では、ビルディング・インシュレーション・スペシャリス（BIS、BIS－E）の名称で毎年、設計者、施工者向けの養成講座を開催している。

この中で、住まいづくりに必要な視点として、①省エネルギー、②快適性との両立、③耐久性の向上、④気候風土・地域への対応の4点を示している。

中でも、積雪・寒冷地域である北海道では省エネ効果の指標として、「暖房負荷」の低減は必須の課題であり、室内で蓄えられた熱量を外部に逃がさない外皮性能向上についての設計施工技術は年々向上している。

冬期における快適な室内環境を数値で表すと、室内温度としては20～22℃、室内の上下の温度差は2～3℃以内に抑え、断熱性能の高い住宅では、暖房していない室でも15～16℃を目安とすることを指標としている。

断熱性能向上への取り組みは、新築に限らず既存戸建て住宅の改修、さらにRC造の分譲マンションの外断熱改修を推進している。

(4) RC造、CB造の外断熱改修による効果

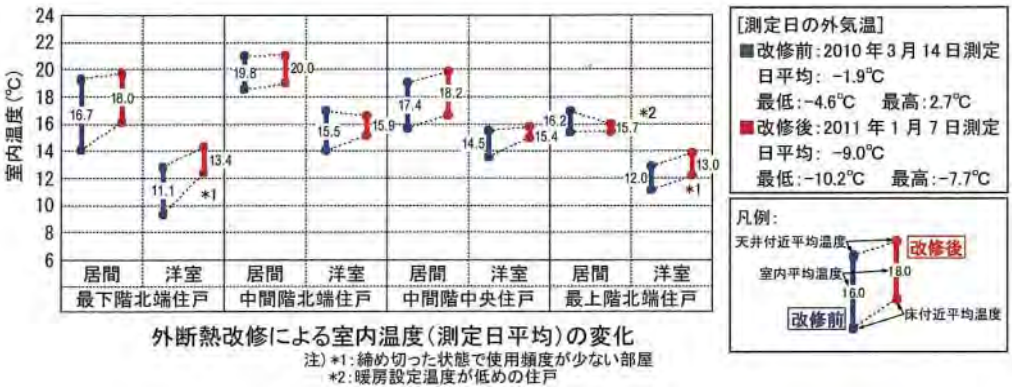
私自身は、この10年間に14棟のRC造集合住宅の外断熱工法による改修を行っている。

札幌市Fマンション（写真4.3.4）は、タイル貼り外壁面にEPS断熱材50㎜＋ガルバリュウム鋼鈑仕上げ、バルコニー内外壁は湿式仕上げとした（ここ数年はEPS75㎜を使用）。

内断熱工法による老朽化した建物では、断熱層が連続せず、断熱不足も重なり室内温度が一定でないため、室内でのカビ、結露の発生が多くある。

積雪寒冷地では、外壁面に発生したコンクリートのひび割れ部分に進入した雨水が、外気温度の変化により凍結・膨張を繰り返し、躯体を損傷させる現象は他の地域よりも大きくなってる。

写真 4.3.4 外断熱改修を行った札幌市 F マンション



上記のグラフは、札幌市Fマンションの外断熱改修前後の室内温度変化をまとめたものです。

外断熱改修後の測定結果は、快適とされる室内温度をキープしており、結果として、室内でのカビ、結露の発生は減少し、躯体コンクリートの保護にも役立ち、居住者からも歓迎されている。

北海道では、コンクリートブロック造においても、各地の自治体では外壁、屋根の断熱、窓の交換を行っている。

(5) 高温多湿地域での住まい、外断熱工法の有効性

① 昨年4月に改正された省エネ法では、沖縄県は、「気候風土適応住宅」と言われる設計基準が確立され外皮性基準の適用が除外されています。また、省エネルギーのための住宅設計の方法のなかでは、庇、軒、花ブロックの使用など日射遮熱、自然風を利用した通風の確保、「断熱」については、寒冷地における寒さ対策だけではなく、室外側からの日射進入の防止、屋根、外壁の室内側の表面温度上昇防止効果について示されています。

写真 4.3.5 バルコニーに花ブロックを使用

沖縄県では、「高断熱・高気密住宅の手法は暖房を中心とする地域では有効な手段と考えられるが、高温多湿地域では必ずしも有効な手段とは言えず、気密化による室内のカビの発生を誘発している」ことが多く、「室内環境をコントロールする上でも空調機器に頼る手法に

も疑問が呈されている」と言うことを聞いた。

今回のプロジェクトは、フィリピンでのコンクリートブロック造技術の普及を目的としたものであり、日本国内で、気候的にも比較的条件が共通している沖縄県を対象とした調査であるが、ブロック建築は年間500戸程度であり、日本国内では最も多く建築されている。

今回の沖縄調査後、米国でパッシブハウスの設計施工に関わる建築家より米国とフィリピンの省エネ法についての情報をいただいた。部分的な内容ではあるが、室内環境の改善、躯体保護、という視点でみた場合の外断熱工法の有効性は大きく、この工法の採用を提案したい。

② フィリピンの省エネ法

2015年のフィリピンの省エネ法によると、建物の外皮について、最初に気密と湿気対策について記載がある。気象条件が高湿度であるため建物の気密を高めること。特に窓、ドア等の気密、処理、躯体のジョイント部についても述べている。これらの対策で、冷房に必要とされるエネルギーが節約できると記載している。

部位別の仕様では、屋根面に断熱を施すことにより日射熱取得が抑制されるため、屋根のU値については最低でも0.71W/㎡kと記載している。この数値はウレタンボードで35㎜程度になる。

米国内で設計者が判断基準としている国際省エネ法2018年（IECC2018）の外皮性能表によると、沖縄県那覇空港の気候区分は2、フィリピンのマニラ空港は1とほぼ共通しいる。

マニラ空港の気候区分は、屋根U値の基準は0.28W/㎡k、那覇では0.23W/㎡k、那覇のRC、CB造の外壁U値は0.99W/㎡kとしている。

このU値基準で算定した場合、那覇では屋根断熱は100㎜、外壁の断熱はEPS断熱材で25～30㎜程度ななる。やはり屋根面の日射対策を重視し、外壁の数値は気密の向上と湿気の進入防止という考えがあるものと判断できる。

③ 躯体保護の視点から見ると、沖縄県の塩害によるコンクリート、ブロックへの影響を考える必要がある。今回の視察では、コンクリートブロック造の外壁面に木舞下地の土壁左官仕上げ、内壁面には珪藻土を使用した宿泊施設を見学した。外壁は躯体の保護、室内側では調湿を意図したもの考えられる（写真4.3.6、4.3.7）。

10年前に、外断熱工法による共同住宅を見学したが、外壁コンクリートの塩害対策として採用したこと、夜間の蓄冷効果を期待して最小限の冷房で夏季の生活を実現したことを聞いた。

積雪寒冷地での外断熱工法の有効性について北海道での事例を紹介したが、この工法の採用が、高温多湿の地域でも、日射対策として、また湿気を多く含む外気を躯体内、室内へ取り込まない、と言う点では直接的な効果が期待できるのではないかと考える。

写真 4.3.6 泉原ハウス・正面（今帰仁村）

写真 4.3.7 泉原ハウス・宿泊室（今帰仁村）

（大橋周二）

4．4　蒸暑環境のフィリピンにおけるコンクリートブロック住宅の提案

コンクリートブロック造住宅は、日本への戦後帰国者が増加するなか、北海道庁が 1952 年にブロック建築指導所を設立し、ブロック住宅建設、その普及促進、に取り組み、全道の公営住宅のほとんどをコンクリートブロック造で建設した。さらに 1980 年代のオイルショックを契機とする省エネルギーの機運のなか、北海道庁、大学研究者、設計者、ブロック生産者などが一体となって北海道ブロック建築普及促進協議会を立ち上げ、積雪寒冷地という自然環境に適した外断熱コンクリートブロック住宅の普及を行ってきた。その土地の持つ自然環境に適した住宅を創出してきた実績と経験を活かして、フィリピンの蒸暑環境に適したコンクリートブロック住宅を提案するものである。

キーワード:蒸暑環境、フィリピンの自然環境、日射、雨風、通風換気、室内環境

(1)　外断熱コンクリートブロック住宅の事例

アーブ建築研究所の設計してきたコンクリートブロック住宅の事例、特に真冬の無暖房期間の室内温度の測定結果から、一度温めた躯体温度の蓄熱効果の有効性を確かめることができ、積雪寒冷地での冬季災害に対して極めて有効な建築であり、災害一時避難所となりうることを確認した。

1)1986 年・高柳邸、 2)1988 年・笹野邸、 3)1999 年・高橋邸、 4)2019 年・真壁邸

写真 4.4.1　1986 年・高柳邸

写真 4.4.2　1988 年・笹野邸

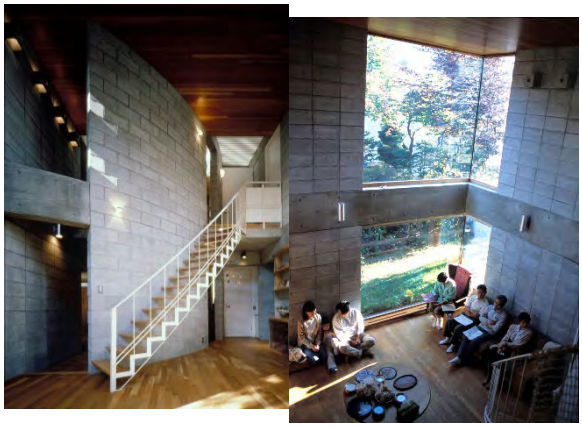


写真 4.4.3　1999 年・高橋邸

写真 4.4.1　2019 年・眞壁邸

(2) 北海道でのコンクリートブロック住宅を多く設計してきた経験を踏まえたコンクリートブロック住宅の利点(フラットスラブ工法のもたらす利点)

① 地震と台風による大規模災害の多いフィリピンにおいては、これまでもコンクリートブロックを用いた住宅を建設してきた経験を持つので、コンクリートブロック住宅を建設する技術的蓄積を持つが、これまでのコンクリートブロック住宅は、これらの災害に対して十分な構造と耐久性を保てなかったが、耐震性と耐久性を持つフラットスラブ工法のコンクリートブロック造住宅は、フィリピンにおいて必需である。

② フラットスラブ工法は、梁(かつての臥梁)を不要とするので、床面から天井までの開口部が可能となるので、床近くから吸気、天井近くからの排気ができるので、効率の良い換気を可能とし、日射遮蔽に必要とされる庇をスラブ跳ねだしとして造ることができる。

③ 構造的に安全なフラットスラブ工法を用いることで、構造的に安全な吹き抜けなど立体的な空間構成が可能になり、一層開放的な空間を創造し、これまでにないライフスタイルを可能とする。

④ 構造壁を構成するコンクリートブロックの大きさは、施工の作業性から 400 ミリ程度に抑えられているので、コンクリートでは容易に造れない曲面を造ることができる。新しい魅力的な空間や形態を造り出すことが可能となる。

⑤ 積雪寒冷の北海道では、コンクリートブロックの持つ熱容量を活かし、一度温めた躯体を一年中ほぼ 22℃に保たせ、輻射熱を活かした心地よい生活空間を創り出すことができた。平均 27℃近いフィリピンにおいても、コンクリートブロックの熱容量を用いて、躯体温度を平均外気温より僅かに低い 24℃程に保つことで、低温での輻射冷房が可能となる。そのために、躯体温度を上げないために日射遮蔽を完全に行い、十分な自然換気とさらに風を誘発する「風洞」(かぜほら)を設けることが望ましい。

(3) フィリピン・マニラの環境条件の概略と蒸暑環境への対応

① 環境条件

・位置:北緯 14 度、東経 120 度、熱帯モンスーン気候帯、年間平均気温は 27℃。
・雨季:6～11 月、曇天、1 日 2 回のスコール、西風中心、台風被害 9 月(3～8 億ドル被害)。
・乾季:12～5 月、晴れのみ、12～2 月に降雨量 0 日もあり、東風中心、3～5 月最高温度。
・日射角度:冬約 52 度、春秋 75 度、夏マイナス 8 度。

② 日射への対応

・屋上スラブへの日射遮蔽には、屋上緑化を行い、また雨季スコール時の排水確保と、乾季での植栽用水補給と植栽樹種の選定に留意が必要。
・日射遮蔽用庇は、季節の日射角度を検討し設置する。庇上部は、軽量化と遮熱のために木造の小屋組とする。
・外壁への日射遮蔽が困難なところには、空隙を持たせた板張りとする。または、沖縄で用いられている開口部の多い花ブロックによる日射遮蔽も取り入れるが、花ブロックでの湿気滞留、カビ等の発生に配慮が必要。

③　雨風への対応

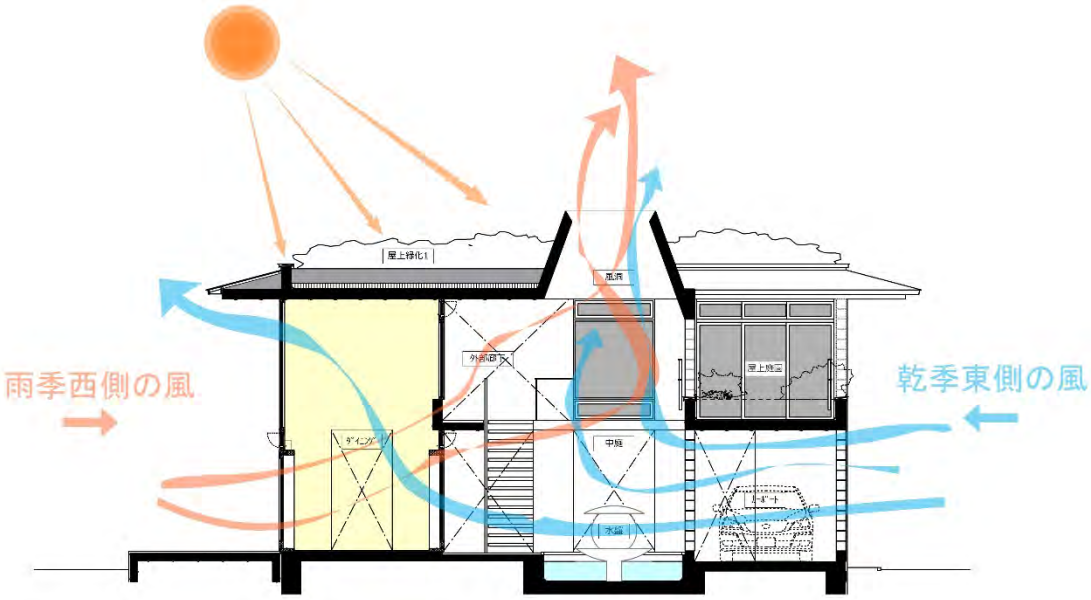
・雨季、乾季の降雨量の差が大きく、降水量が大量の雨季での排水方法と、ほとんど降水量の無い乾季の屋上緑化への給水などに配慮が必要。
・庇は、基本、垂れ流しとするが、アプローチまわりは、雨季のスコールを考慮し、雨樋などを設ける。また、雨季に道路などの排水環境を調べ、一階レベルを設定する。
・外壁の日射遮蔽のための庇では強風時、雨が壁面を伝う、コンクリートブロック表面は濡れやすく、カビ等の発生を考慮し、外壁においては、モルタルの上防水塗装を行う。

④　通風換気の対応について

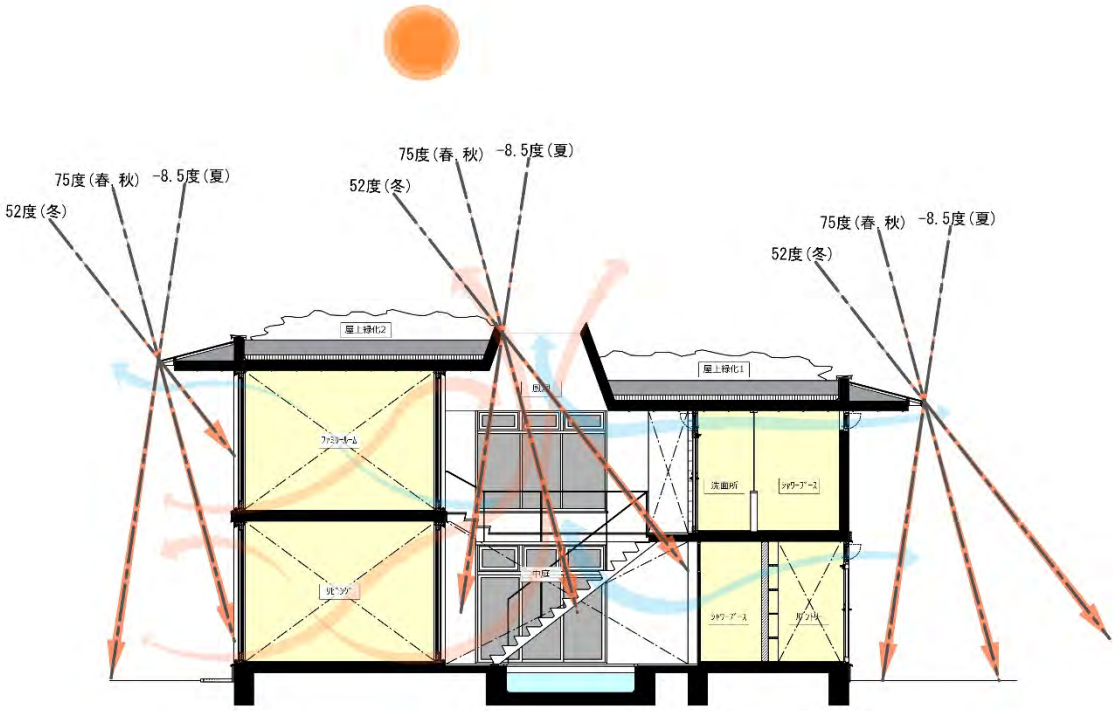
・各室の換気は、自然通風を活かすため、異なる2つの外壁に開口部を設ける。給気用開口部は床面近く、排気用開口部は天井面近くに設ける。
・各部屋の通気を良くするために、住宅中心にある風洞に面する廊下を外部とし、風道を造るが、雨季の激しいスコールなどに配慮した、可動な仕切りも必要。

⑤　室内環境の維持のための対応について

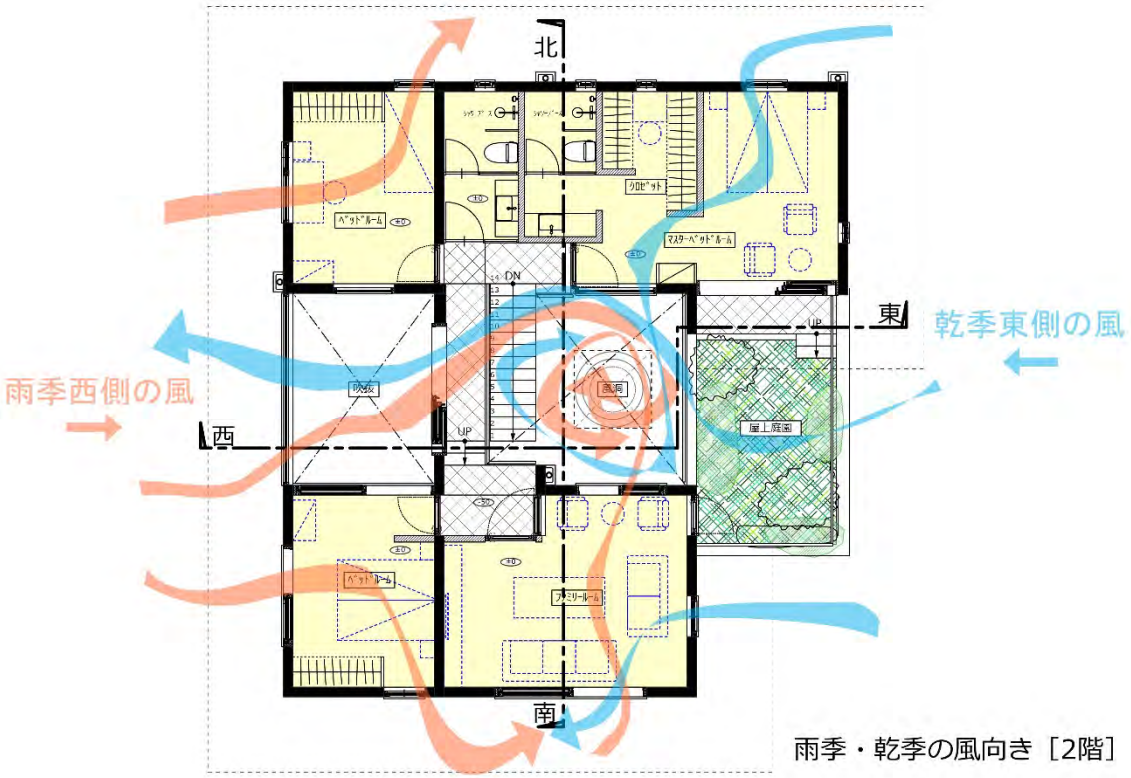
・躯体温度の上昇を防ぐために、日射遮蔽、躯体カバー、花ブロック、さらに外断熱を用いて、躯体温度の安定化を図る。
・新しいフラットスラブ工法によって臥梁を省略でき、スムーズな換気が可能となり、室内温度の安定化が可能になる。
・通風換気を良くするために、人の多く集まるところは、天井の高さを上げ、気積を大きくする。また、屋根の高さを変えることで、気流に変化を与える。



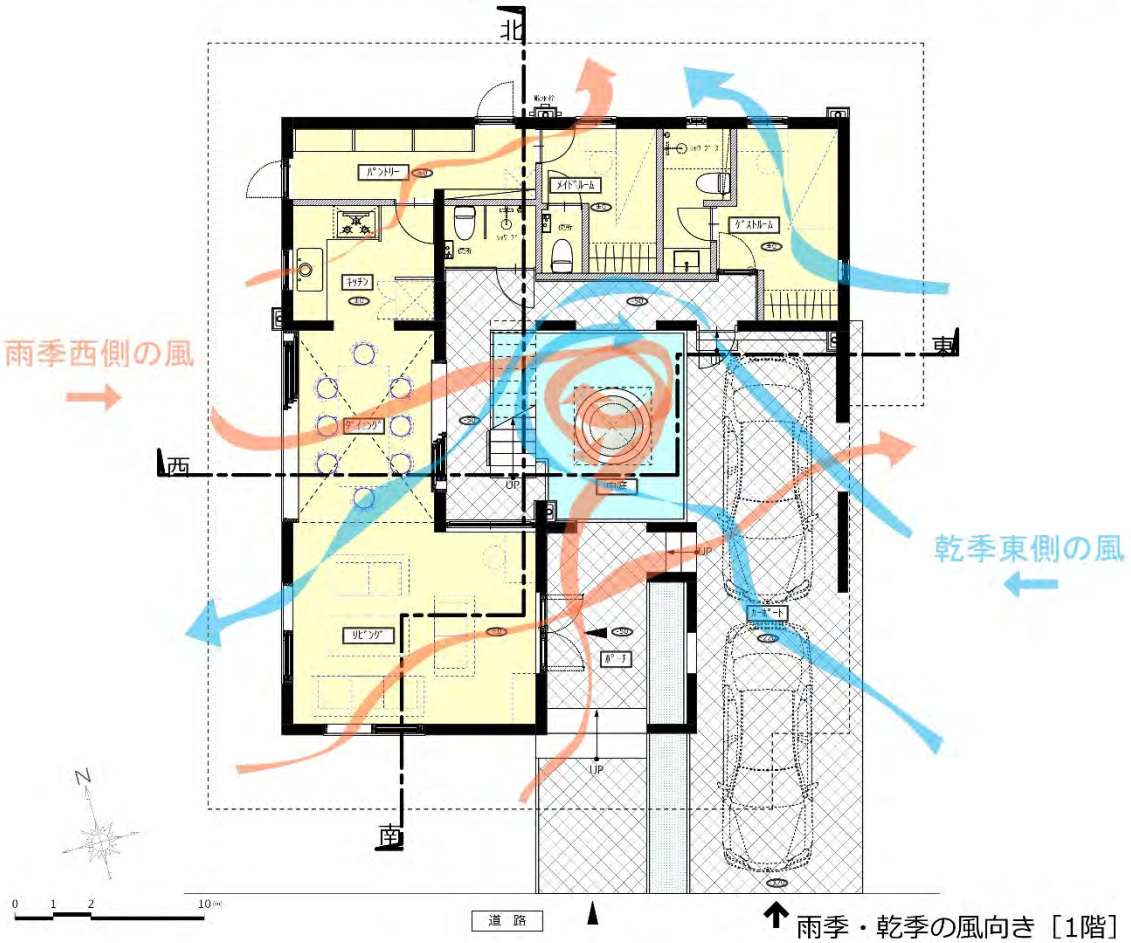
雨季・乾季の風向き［東西断面図］



雨季・乾季の風向き［南北断面図］



雨季・乾季の風向き［2階］



雨季・乾季の風向き［1階］

(4) 提案住宅の平面計画について

① ここでは、平均気温より僅かに低い 24℃の躯体温度を一年中、常に維持することによって、低温の輻射冷房を目指す。そのため、躯体温度を上げないための完全な日射遮蔽と十分な自然換気を誘導する風洞(かぜほら)を、住宅の中央に設ける。

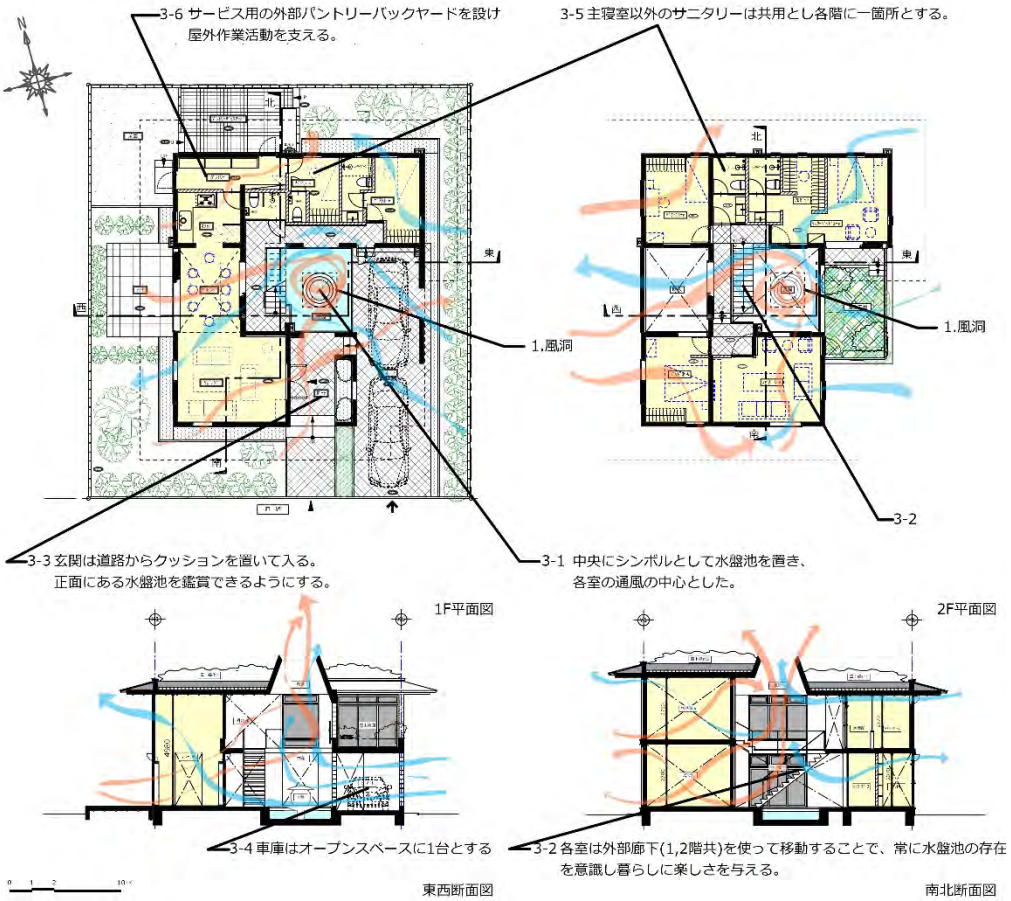
② 高温多湿の環境の中であっても、住居としてのアイデンティティ、個性を持つことが必要である。ここでは、家の中心に噴水を置き、シンボルとして据えると同時に、これを中心に風が通り抜ける風洞となる構造とする。雨季は西から、乾季は東からの風を感じることができ、さらに中央の吹き抜けを風が抜けることで、1、2 階の廊下も風が抜け、爽快さを生み出すと同時にシンボルとして認識される。

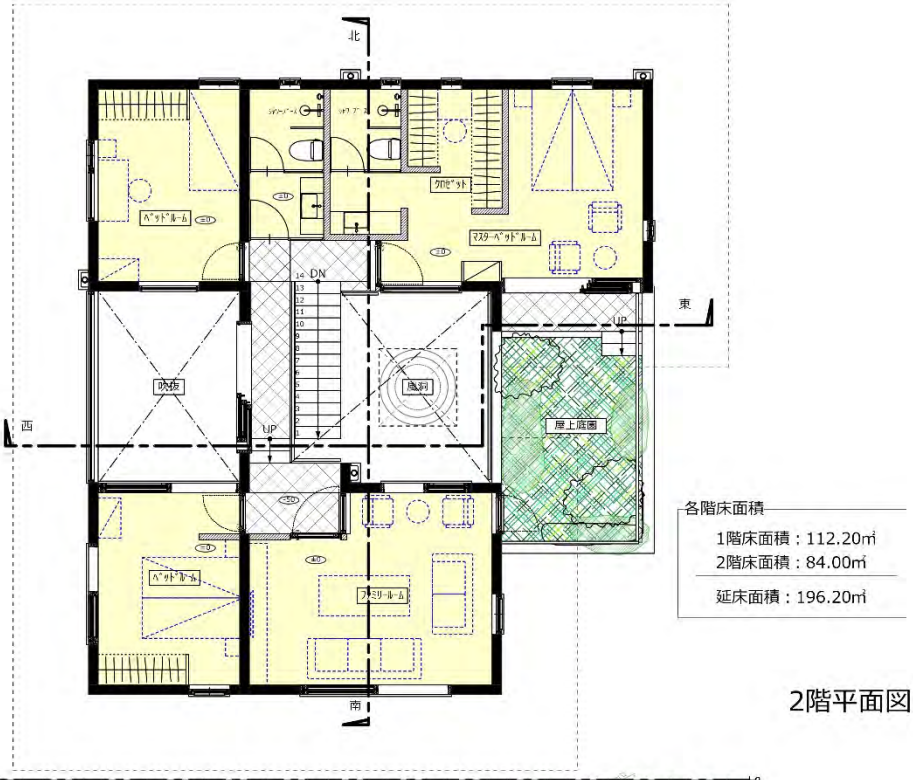
③ アプローチでは、主要玄関の正面を道路側に直接向けず、大きな屋根で来客を迎え、正面にある風洞の下にある噴水を見てから、改めて左手に向かい、玄関に向かい入れる。

④ 車庫は一台とし、その前をカーポートとし、玄関前ポーチ、噴水、さらには屋外階段を含んだ、この住宅の中心を構成する風洞の存在を意識させる演出のステージである。

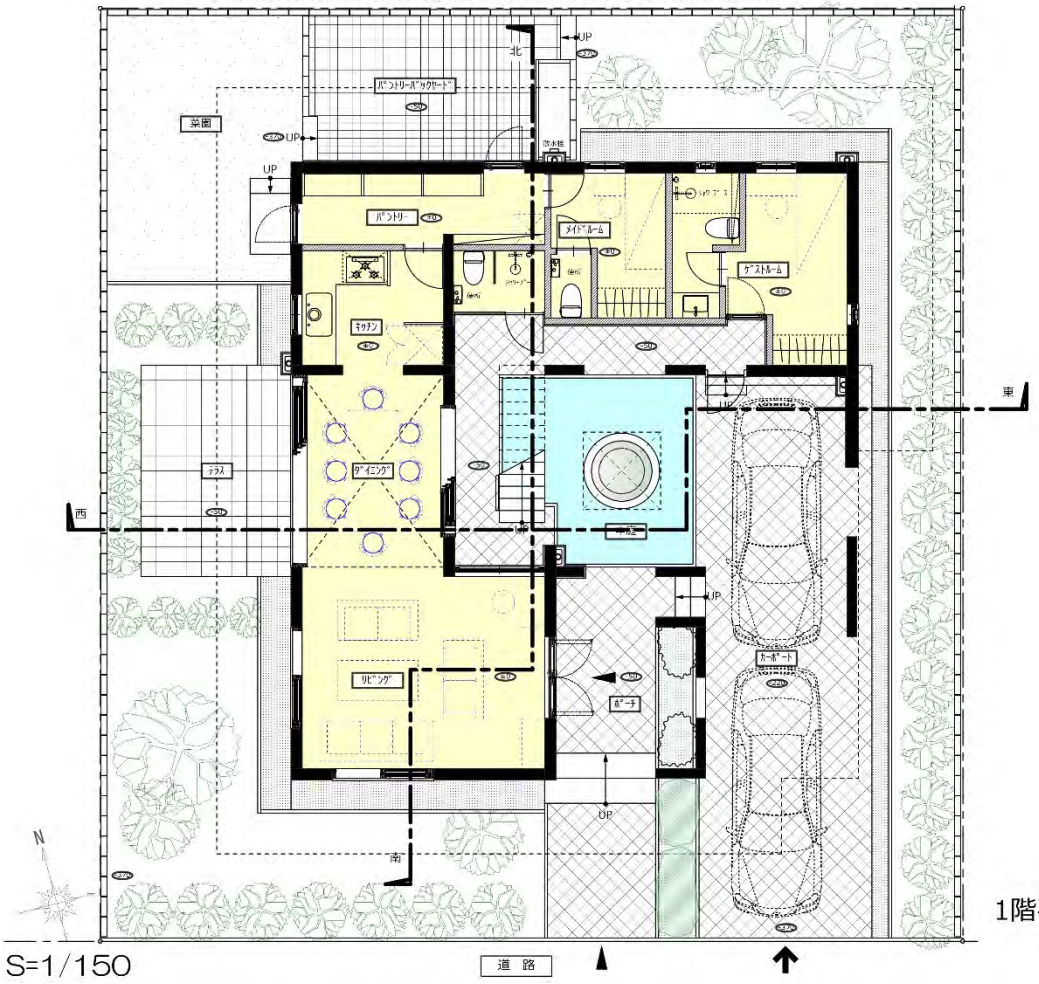
⑤ 各室は、解放された屋外廊下に面し、さらに風洞に流れる空気の流れを常に感じることができる。そのため、主寝室のみ、バスユニットを含むサニタリーを設置し、その他は 1、2 階それぞれ1箇所設け、居室部分を充実させることに充てた。

⑥ ここでは、家事をサポートする人に常駐できるスペースを確保し、サービス用パントリーバックヤードを設け、屋外作業などのサポートを容易にした。



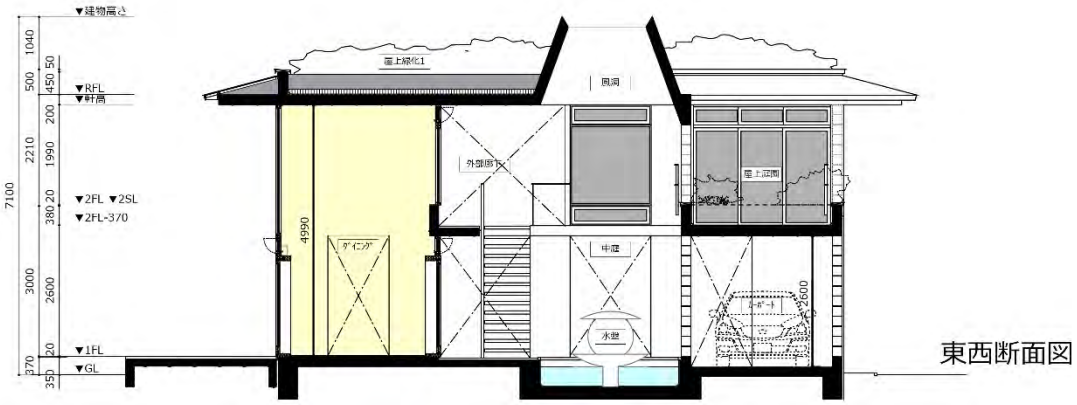


2階平面図

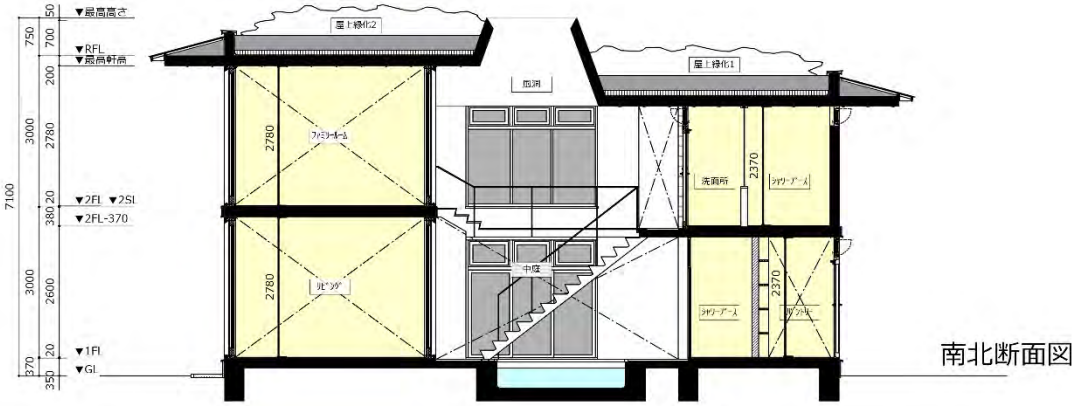


1階平面図

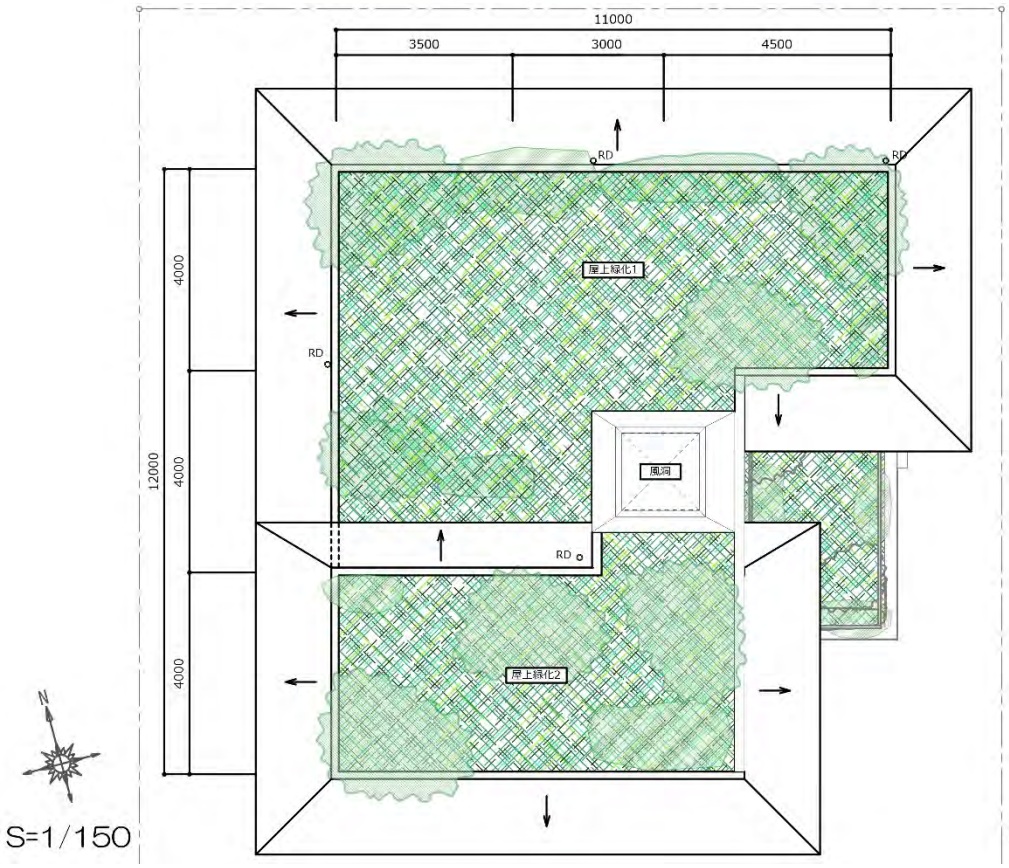
S=1/150



東西断面図



南北断面図



S=1/150

屋根伏図

(5) 計画案を現実に建設に向かって行う検討事項

環境にやさしいこれからの住宅づくりを目指すなかで、ここで求められている住宅の規模、性能、価格、さらに生活上の制約などの検討も重要であるが、建築的に課題を挙げる。

① 外壁に断熱材を設け、屋上スラブ及び 2 階スラブにポリカーエチレンホースを埋め込み、低温輻射冷房の可能性を検討する。

② 屋上緑化の降雨量を活かしたビオトープを形成する池や水辺を造り、さらにこれらの水分の蒸発を活かし、風洞の換気機能を確認する。

③ この形態における自然換気の可能性、特に風洞の有効性の検討とその形状の実験的検討を行う。

④ 乾季における大量の日照時間と雨季における曇天日射量の確認を行い、屋根面の日射遮蔽と合わせたソーラーパネル設置の可能性を検討する。

⑤ フィリピンに豊富にある木材、竹などの素材を開口部、換気ガラリ、日除け格子・ルーバー、家具などに活用することも検討する。

(6) フィリピンの蒸暑環境に近い沖縄県のコンクリートブロック住宅の事例見学

札幌-亜寒帯湿潤気候、沖縄-亜熱帯海洋性気候、マニラ-熱帯海洋性気候

札幌　緯度 43 度、経度 141 度、夏至日照角 70 度、春秋日照角 48 度、冬至日照角 25 度

沖縄　緯度 26 度、経度 127 度、夏至日照角 87 度、春秋日照角 63 度、冬至日照角 40 度

マニラ　緯度 14 度、経度 127 度、夏至日照角−8 度、春秋日照角 76 度、夏至日照角 53 度

(7) 報告:日本の中でコンクリブロック住宅の建設が盛んな沖縄県の建設施工現場見学さらにコンクリートブロック生産工場の見学を行った。

① 屋上スラブの日射遮蔽は、遮熱塗料を用いるのが安全である。屋上緑化の場合に屋上スラブ隅角部で夜間結露の事例がある。(琉球大学堤純一郎教授)

② 屋上緑化を行った設計事務所見学と、屋根の雨水を活用し、小さな流れと池を設け、ビオトープを作り、環境への配慮を行った診療施設の見学。(アトリエ・ガイイ・佐久川一)

③ 日射遮蔽に利用する花ブロックのデザインとその活用例を見学(義空間設計工房・伊良波朝義)および花ブロック製作工場の見学(大城ブロック工業)

④ 日本の建築における環境基準に対し、蒸暑地域としての緩和に取り組み、沖縄においては、閉鎖型基準から解放型の基準への移行と、それをもとにしたモデル住宅の建設(伊志嶺敏子建築士事務所・伊志嶺敏子)

(圓山彬雄)

4．5 広報用資料の試作

(1) 資料作成の目的

CHBはフィリピンで最も一般的な建材として全土で広く使用されているが，地震が発生するたびに被害が生じており，フィリピン国民の生活や社会生活を逼迫させている。適切な品質管理や施工を行った補強CHB造の建物は脆弱ではない。補強CHB造に相当する日本の補強CB造は，自然災害に強く，快適な空間を実現する建築物として建設されてきた実績がある。本資料は，一般の方々に補強CHB造の建物の良さを知ってもらうこと，また，幅広い年齢層の人々に補強CHB造に関心を持ってもらうことを目的として作成した。

(2) 作成の過程と最終提案資料

普及資料は2部構成とした。1部は「安全で快適なCHB造」と題して，一般のフィリピン居住者を対象とし，補強CB造へ興味を抱いてもらうことを目的としている。2部は「データで見るCHB」と題して，具体的な事例やデータを示しながらCBや補強CB造の性能を紹介している)。作成に際しては，専門用語の使用を極力避けるとともに，イラストや写真を多く使用した。作成した最終提案資料を次頁以降に示す。

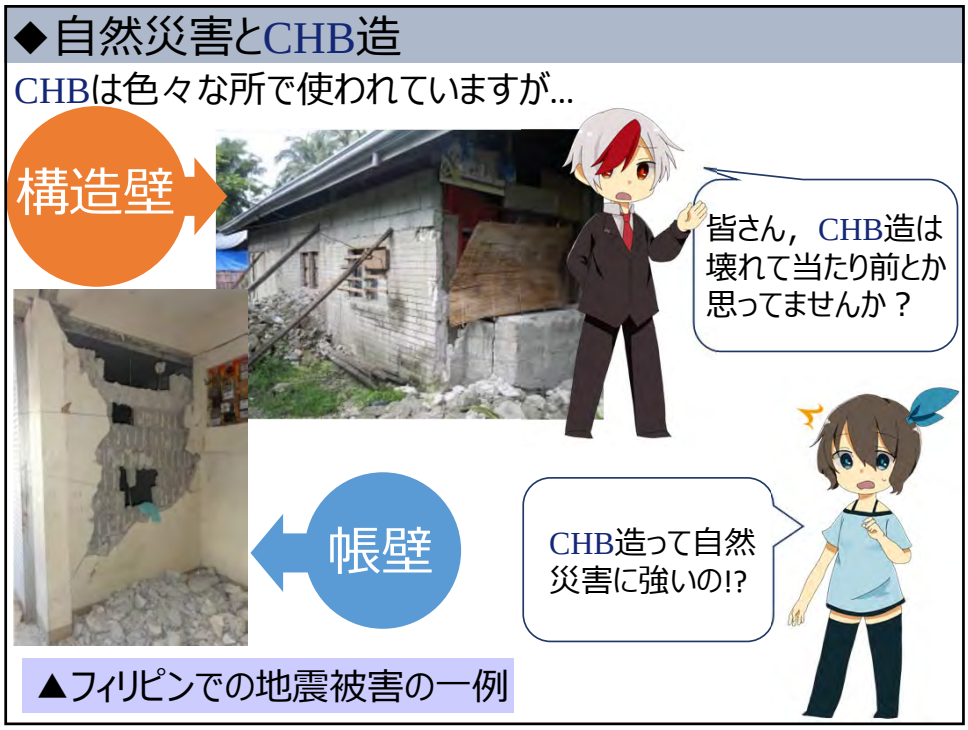
【参考文献・引用文献】

1)渡辺光良・松村晃様：関東大地震以降の補強組積造震災被害調査報告書の検証
2) (一社)全国建築コンクリートブロック工業会：改訂3版　よくわかる　ブロック建築工事，
3) (一社)北海道メーソンリー建築協会：丈夫で長持ち・快適住宅のすすめ 外断熱メーソンリー(組積造)住宅の魅力

（植松武是，イラスト作成等：石川茉佑香）

資料:広報用資料

安全で快適なCHB造


◆自然災害とCHB造
CHBは色々な所で使われていますが…
構造壁
帳壁
皆さん，CHB造は壊れて当たり前とか思ってませんか？
CHB造って自然災害に強いの!?
▲フィリピンでの地震被害の一例

◆安全な補強CHB造

日本では，地震・台風・津波で倒壊した補強CB造建築物はありません。

※ref.1~3

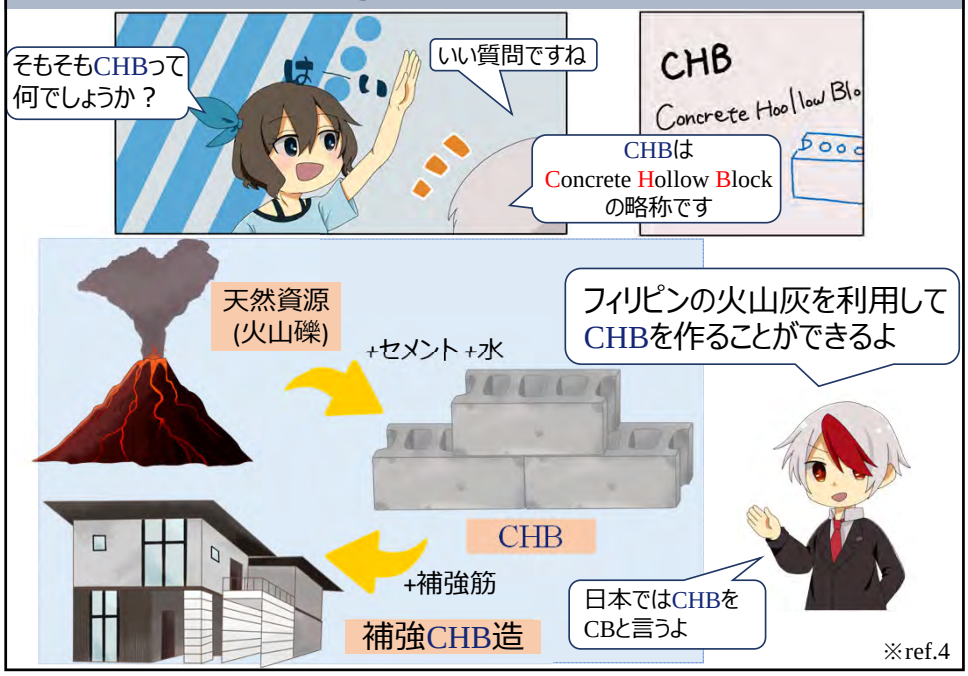
東北地方太平洋沖地震の
津波にも耐えた！

※(一社)全国建築コンクリートブロック工業会「改訂3版 よくわかるブロック建築」より

地震・台風の多い日本での実績　　様々な用途

商業施設・住宅・ホテル等が建てられています！

◆そもそもCHBって？



※ref.4

◆CHBで強い壁・建物をつくるために(1/2)

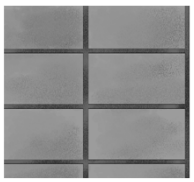
CHBと補強筋を一体化

CHB

補強筋

充填モルタル
目地

一体化



補強CHB造
＝
強い！

地震
倒壊しない

※ref.1.2

台風
倒壊しない

※ref.2

津波
流されない

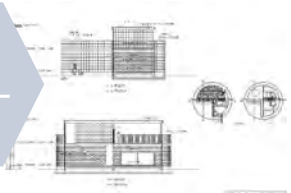
※ref.3

◆CHBで強い壁・建物をつくるために(2/2)

※ref.4

適切な
材料

適切な
設計



適切な
施工

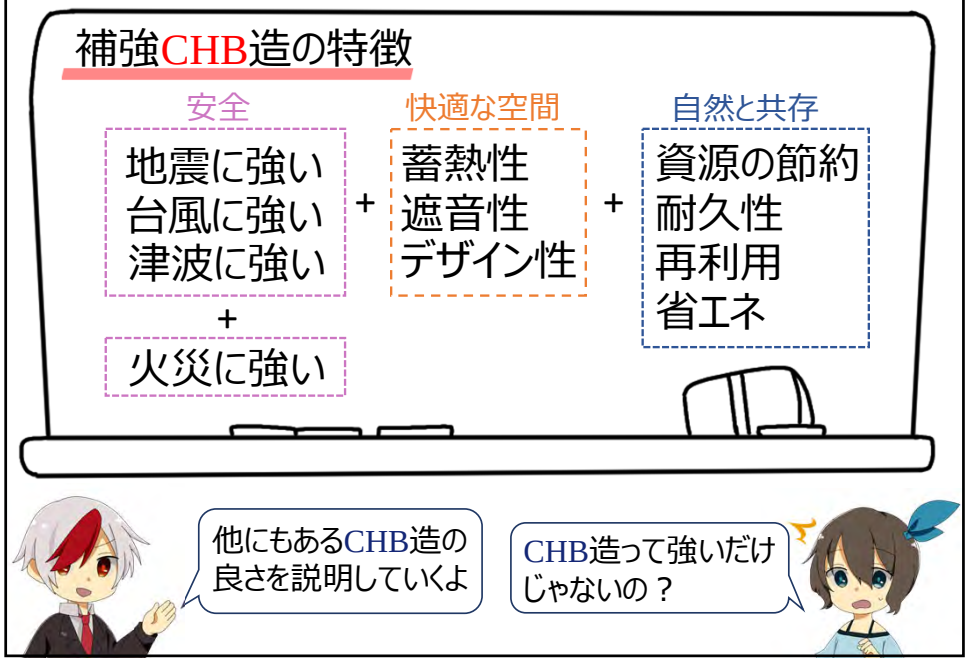
2019年
CHBの地震被害を視察した
大統領が被害低減に向けて
材料の品質確保を厳命！

自然災害に強い
補強CHB造の普及！

※ref.1~3

◆補強CHB造の構成

◆補強CHB造って強いだけ？



◆安全＋快適な空間(1/2)
※ref.6.7
緑化・断熱で
熱を入れない
日射を室内に
入れない
日射対策で快適
通風計画で快適
蓄熱性
CHBは暖まったら冷めにくく，
冷やしたら暖まりにくいんだ。
この特徴を活かして，
快適な空間を作ることが
できるよ。
inside
outside
cool
hot

◆安全＋快適な空間(2/2)
※ref.8
遮音性
厚くて重量があるから外の
音があまり聞こえないね
プライバシーが
守られるね
デザイン性
デザイン性…？
CHBって直方体ですよ…？
四角い家とか…
CHBで曲面も
作ることができるよ

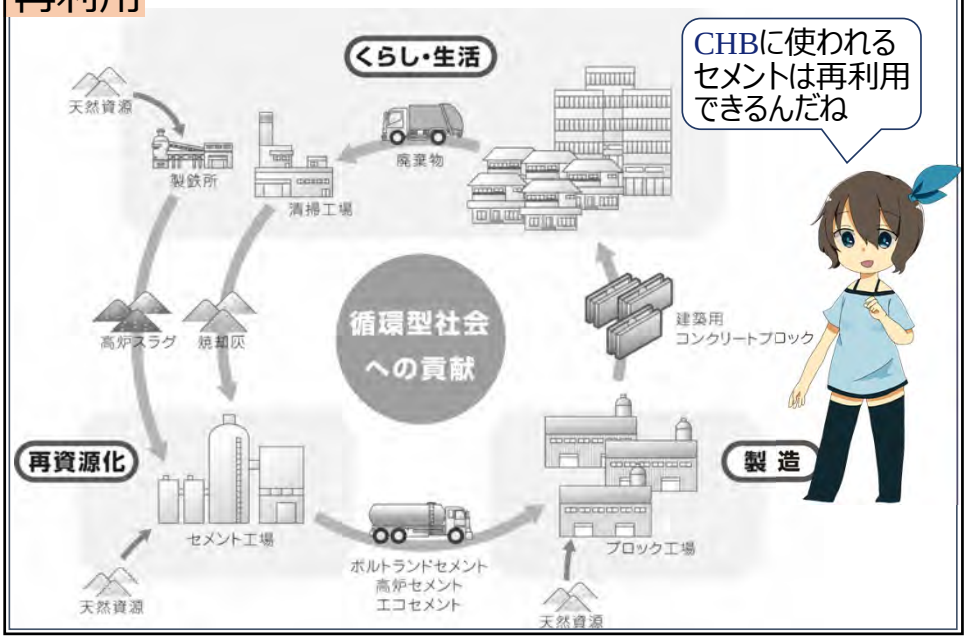
◆安全＋自然と共存(1/2)

資源の節約

◆安全＋自然と共存(2/2)

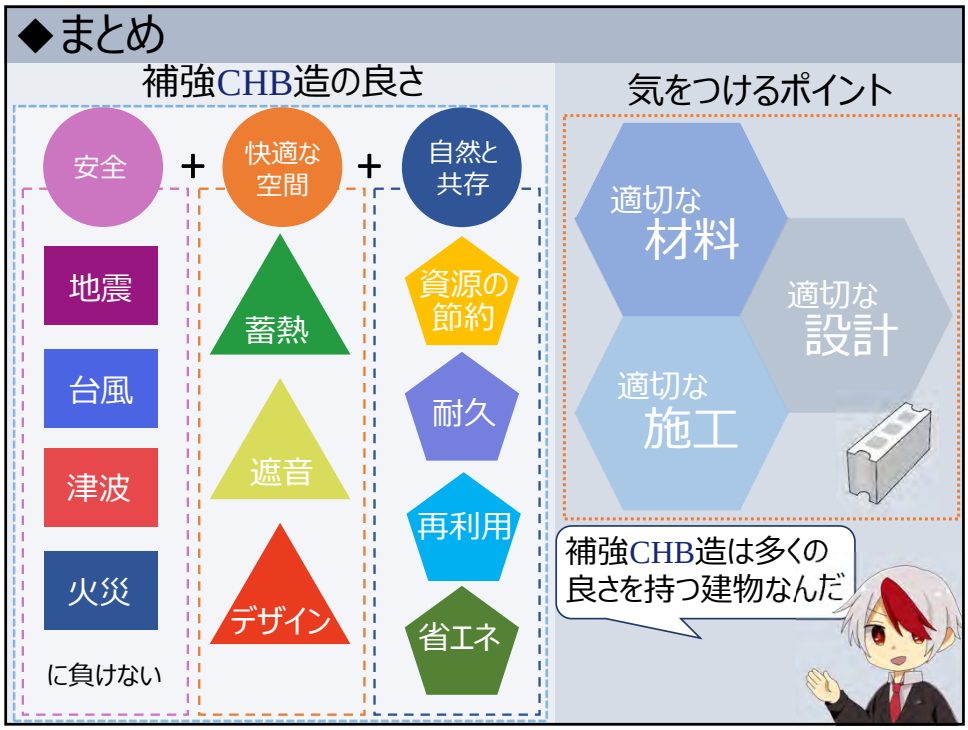
再利用

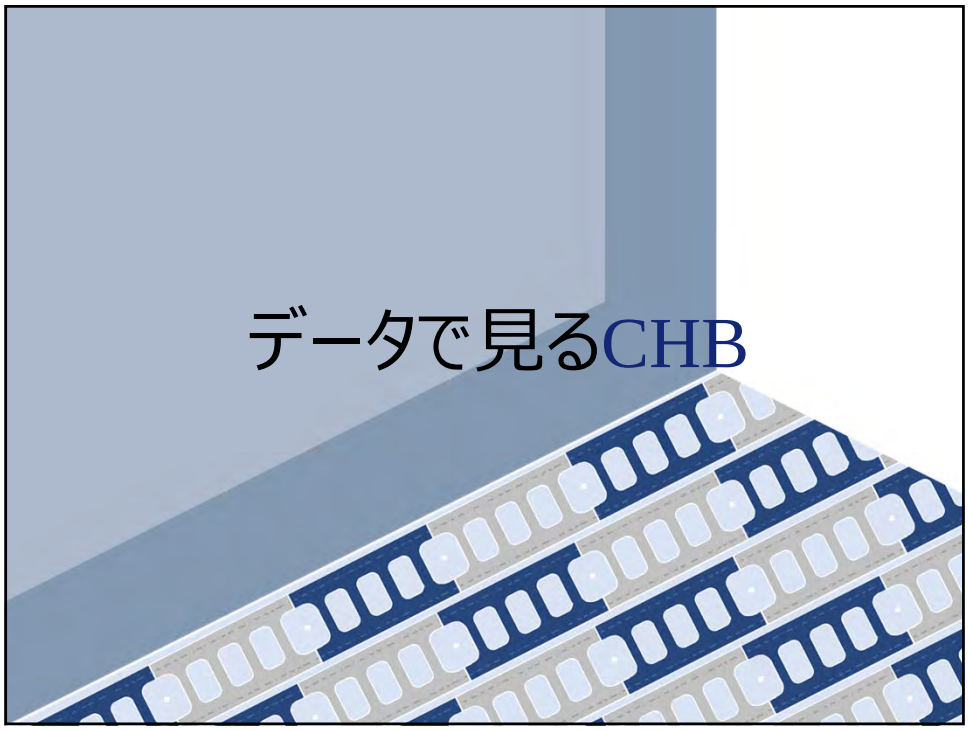
※(一社)全国建築コンクリートブロック工業会「改訂3版 よくわかるブロック建築」より



◆安全＋品質が安定/火に強い
※ref.9
耐久性
工場で養生
出荷
寸法・強度が安定
収縮する量が小さい
長期間，美観を保てる！
耐火性
CHBは
燃えない
延焼を防ぐ

◆安全＋冷房の利用
省エネ
エアコンを使いたいんだけど…
もう一度CHBの特性を考えてみよう
冷房をつかった場合
CHBは冷めたら暖まりにくい特徴がある
冷房のコスト削減
blip
一度冷やせば長く涼しい空間を維持することができる

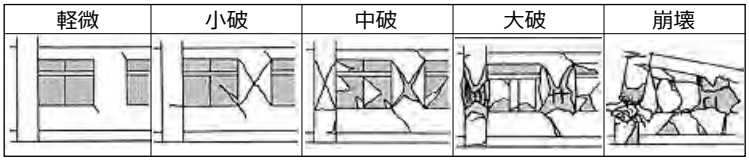

◆まとめ
補強CHB造の良さ
安全
+
快適な空間
+
自然と共存
地震
台風
津波
火災
に負けない
蓄熱
遮音
デザイン
資源の節約
耐久
再利用
省エネ
気をつけるポイント
適切な材料
適切な設計
適切な施工
補強CHB造は多くの良さを持つ建物なんだ


データで見るCHB

◆日本での実績：地震に強い補強CHB造 (1/2) ref.1

補強組積造の地震被害

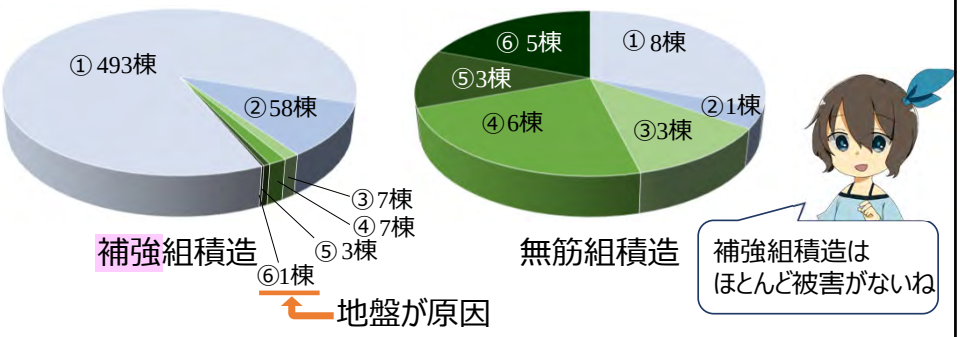
年代	地震名	M	倒壊	備考
1923	関東大震災	7.9	なし	崩壊なし
1948	福井地震	7.1	—	記録なし
1952	十勝沖地震	8.2	なし	軽微
1964	新潟地震	7.5	なし	軽微
1978	宮城地震	7.4	なし	ほとんど無被害か不同沈下
1982	浦河地震	7.1	なし	軽微，大破1棟
1983	日本海中部地震	7.7	なし	基準不適格建築物の補強CBに大きい被害
1993	釧路沖地震	7.8	なし	軽微
1993	北海道道南西沖地震	7.8	なし	軽微
1995	兵庫県南部地震	7.3	なし	軽微
2016	熊本地震	7.3	なし	軽微及び小破



※日本建築学会「1978年宮城県沖地震被害調査報告」

◆日本での実績：地震に強い補強CHB造 (2/2)ref.2

① 被害なし ② 軽微 ③ 小破 ④ 中破 ⑤ 大破 ⑥ 崩壊



1995年兵庫県南部地震における組積造の被害棟数内訳

※渡辺光良・松村晃「関東大震災以降の補強組積造震災調査報告書の検証」より

◆日本での実績：台風に強い補強CHB造

台風被害なし

地震での被害は地盤が原因だったんだ。
台風での被害は0なんだよ。

◆日本での実績：津波に強いCHB造

ref.3

2011年東北地方太平洋沖地震

CHB造は津波からも人命や家屋内の財産を守った

◀住宅地エリア(赤崎地域)の被害状況

調査対象範囲

●CHB ■RC △木造 ✕倒壊

赤崎地域の被害

補強CB造住宅

外観

津波浸水高さ

部屋の中

◆火山灰/火山礫を使用したCHBの強度

ref.4

品質管理が不十分なCHB

十分な品質管理を行ったCHB(日本で試作)

火山灰を使用したCHBの強度

火山灰 (%)	セメント (kg/m³)	全断面圧縮強さ (N/mm²)
50	300	7.4
60	250	7.4
60	300	7.8
60	350	7.9

※養生期間29日

CHBの養生の様子

CHBの圧縮試験

適切な配合と養生を行うことで日本のCBと同じぐらいの強度のCHBをつくることが出来るんだ

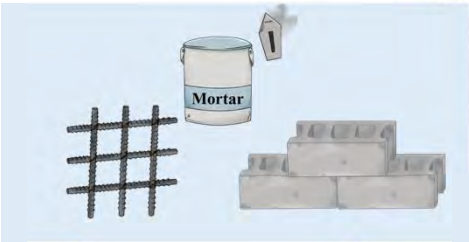
◆CHB造はこうして作られる

ref.5

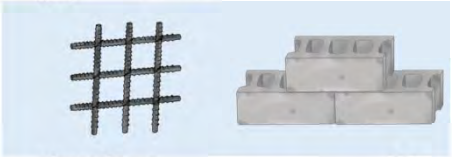
在来

どのような施工でも，品質管理や技術力が大切になるよ。

階高充填



同時に逐次施工



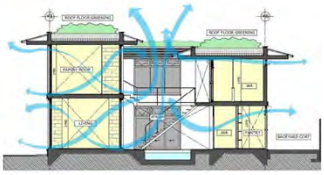
先に完了

一気に充填

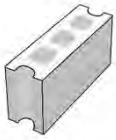
◆快適な空間をつくるCHB(1/3)

ref.6

通風計画の一例



蓄熱性



	熱伝導率(W/m・K)	熱容量(W/m³・K)
コンクリート	1.5～1.6	560
ALC	0.17	180
木材	0.12～0.19	144
断熱材	0.02～0.052	3～14

この特性を活かして，室内の温度のムラや変化を少なくすることもできるんだ

木材と比べて
- 熱伝導率は　約7.9倍！
- 熱容量は　約3.9倍！

暖まる ➡ 速やかに吸熱・蓄熱 ➡ 冷えにくい

冷える ➡ 速やかに吸熱・蓄熱 ➡ 暖まりにくい

◆快適な空間をつくるCHB(2/3)

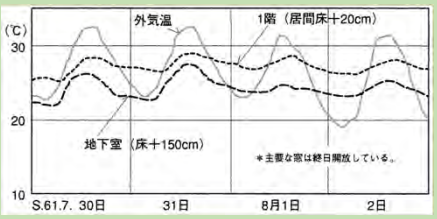
ref.7

日本でのCBの高い蓄熱性の活かし方

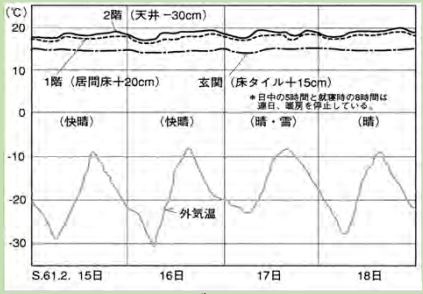
気密 ＋ 換気 ＋ 断熱

必要な換気量
(1時間あたり)

1人20~30m³を目安
4~5人家族100~150m³を標準



北海道　名寄市のブロック外断熱住宅(夏)



北海道　名寄市のブロック外断熱住宅(冬)

※社団法人北海道メーソンリー建築協会「丈夫で長持ち・快適住宅のすすめ」より

日本の一年を通して厳寒であり，夏に非常に暑くなる街(名寄市)でもCB造が使われている

フィリピンの事務所やホテル等へ応用

◆快適な空間をつくるCHB(3/3)

ref.8

遮音性能

D値とは
日本で使われている遮音性能の評価基準値

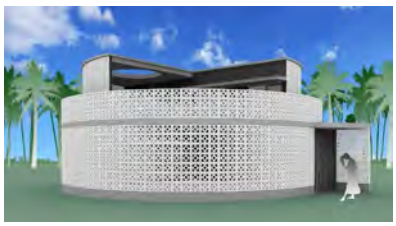
材料名	厚さ(mm)	D値
木毛セメント板	30	−
石膏ボード	9	D-21
石膏ボード	12	D-22
軽量CB	100	D-26
重量CB	150	D-44
CB(B種)	150	D-26

戸建て住宅
自宅内間仕切り壁基準

標準	D-40
許容	D-35
最低	D-30

デザイン性

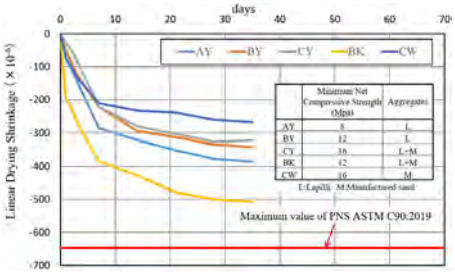
フィリピンの自然環境に配慮した住宅デザインの一例



◆品質が安定/火に強いCHB

ref.9

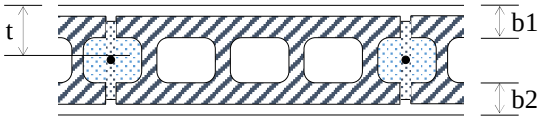
CHBの収縮率



Experimental result of Linear Drying Shrinkage of Concrete Hollow Block

火山礫を骨材として使用しても，乾燥収縮は小さいんだ。

耐火構造(日本の規定)



Fire Resistance Hour

2 hour : [b1+b2 ≧ 80mm] and [t ≧ 50mm]

1 hour : [b1+b2 ≧ 50mm] and [t ≧ 40mm]

仕上げが無くても1時間耐火は確保できるのね。

4．6 コンクリートブロック壁面の表面仕上げの検討

(1) 背景と目的

コンクリートブロックはその特長として内部に大きな空洞部を有しており、また、母材が現場打ちコンクリートと比較してセメント含有量が少なく、表面を含めて空隙が多くなっている。このため、コンクリートと比較して雨水等が浸透しやすい。この点について、フィリピン側との意見交換の場などで、ブロック造に固有の問題点であると指摘を受けてきた。

もとより、本来構造材あるいは非構造材の基盤的な材料であるコンクリートブロックに対して、高い防水性などの性能を求めるのは無理があり、高い性能を要求される場合には、他の材料（コンクリート、ALC 板、合板、金属板など）と同様に求められる性能に応じた表面仕上げを行うべきである。

フィリピンでは、現行、素材としてのコンクリートブロックの質、見栄えなどが不良のため、3cm 程度の厚いモルタルを塗り、それに塗料を塗布する、あるいは下地を組んでそれに仕上材を貼り付けるなどが一般的となっている（図 4.6.1、4.6.2）。しかしながら、今後、今回提案を行っている質の高いブロックを使用した工法を普及するうえで、コスト低減が重要な要因となることが予想されること、これらのブロックの表面は平滑で美的であることから、コストの高いモルタルを厚く塗布することを回避することが期待できる（こうしたデザインを試みる設計も見られる。図 4.6.3）。このため、表面仕上げについての専門家である芝浦工業大学名誉教授の本橋健司氏に検討をいただいた。

今後、フィリピン側へ現地に適した表面仕上げの提案をまとめるにあたり、主要なポイントとなるものとして、以下が考えられる。

・表面仕上げに求められる性能。特に、フィリピンでは所得格差の大きいため、コストの制約の大きい場合とそうでない場合、定期的な塗り替えなどのメンテナンスが期待できるかどうかなどの異なる場合について、それぞれ考慮することが必要。

・コンクリートブロック壁面に固有の、表面等に空隙が多い、仕上げ面にブロックと目地モルタルの異なる材料が凹凸のある形で現れるという特性に由来する側面と、コンクリートなど他の材料と共通する側面とを区別して検討、議論をすることが必要。

・フィリピンの市場での流通などを考慮した調達、適用の可能な提案とする。

写真 4.6.1 マニラ市の船員組合会館

写真 4.6.2 同左の外壁の仕上げの状況。下地を組んでパネルを貼り付けている。ブロック壁の表面は、乱雑な状態。

写真 4.6.3 マニラの高級分譲住宅。ブロックの外壁をモルタルと塗装により仕上げている。

写真 4.6.4 同左の機械室。RC フレームにブロックの非構造壁となっている。

写真 4.6.5 マニラ首都圏の中心部に立地する高級分譲マンション

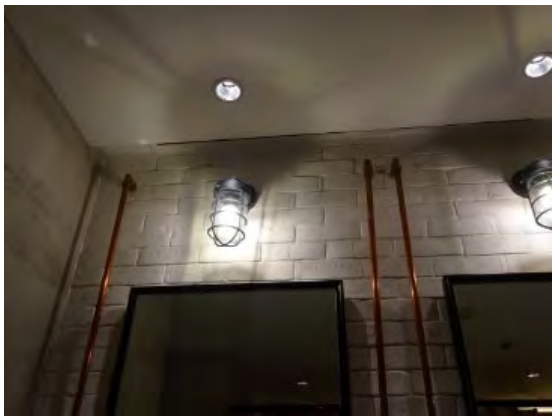


写真 4.6.6 同左の住戸内浴室。ブロックの壁面に塗装の仕上げ

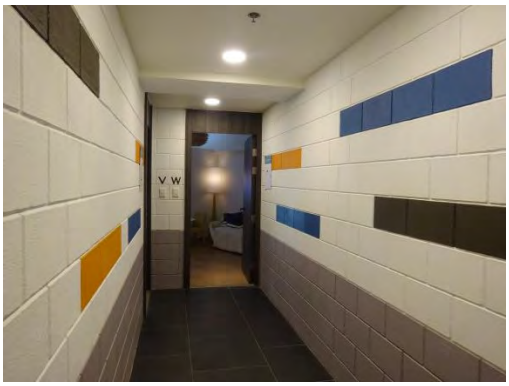


写真 4.6.7 同上の共用廊下。ブロック壁面に塗装仕上げ。

写真 4.6.8 同左の詳細

（楢府龍雄）

(2) コンクリートブロック造の表面仕上げについて

芝浦工業大学名誉教授　本橋健司

1. はじめに

本レポートは、フィリピンにおけるコンクリートブロック造住宅の表面仕上げを検討する際の技術資料となることを目的としている。筆者は、日本建築学会 JASS23（吹付け工事）および JASS18（塗装工事）の委員であり、それに関連する JIS A 6909（建築用仕上塗材）、JIS A 6916（建築用下地調整塗材）、および各種建築塗料関連の JIS 原案作成にかかわっている。

しかし、フィリピンにおけるコンクリートブロック造住宅の現状については知識・経験が全くないので、表面仕上げの観点のみから検討した技術資料となることをご了解いただきたい。

2. 前提条件

筆者は、フィリピンにおけるコンクリートブロック造住宅の現状については知識がないので、ミンダナオホーム（フィリピンに住宅を建設する日本の建築会社）の WEB サイト（https://mindanaohome.com/housingstructure/）に紹介されている、コンクリートブロックを（現場で製造し）積み上げ、セメントモルタルの充填およびセメントモルタル塗りを行い、最終的に、セメントモルタル層の上に建築用仕上塗材塗りや塗装仕上げを実施する場合を想定した。

このような前提条件で、どのような表面仕上げ（建築用仕上塗材および塗料）を選択するかについて検討する。

3. 仕上塗材と塗料の差異

建築用仕上塗材はリシン（薄付け仕上塗材）、吹付タイル（複層仕上塗材）、スタッコ（厚付け仕上塗材）等のテクスチャーを有する塗材であり、JIS A 6909（建築用仕上塗材）で標準化されている。また、不陸調整のため適用する下地調整塗材（セメントフィラーと呼称される）は、JIS A 6916（建築用下地調整塗材）で標準化されている。

表 1　仕上塗材と塗料の差異

比較項目	塗料	仕上塗材
厚さ	数十ミクロン（μm）	数 mm～約 10mm
JIS の分野	JIS K ○○○○ （化学）	JIS A ○○○○ （土木および建築）
JASS の区分	JASS 18（塗装工事）	JASS 23（吹付け工事）および JASS 15（左官工事）
国交省「公共建築工事標準仕様書」での区分	塗装工事	左官工事

建築用仕上塗材の施工標準は JASS23（吹付け工事）に示されている。

一方、塗料は数多くの JIS で標準化されている。また、施工標準は JASS18（塗装工事）に示されている。仕上塗材と塗料の大きな違いの一つは、その厚さである。建築物外壁を塗装する場合は、仕上塗材を施工する場合と比較して、下地の平滑度をより高度に要求される。

仕上塗材と塗料の違いを表 1 に示す。仕上塗材の製造者と塗料の製造者は重なることが多いが、前者の団体は日本建築仕上材工業会であり、後者の団体は（一社）日本塗料工業会である。また、JIS の分野も異なっている。

4. 仕上塗材の分類

仕上塗材は①意匠性・層構成・厚さ、②使用環境、③結合材の種類、④機能性により分類される。

①意匠性・層構成・厚さ等による分類

仕上塗材は意匠性・層構成・厚さ等により表 2 のように分類できる。

表 2　意匠性・層構成・厚さ等による仕上塗材の分類

分類	層構成	厚さ	通称
薄付け仕上塗材	（下塗材）＋主材	3mm 程度以下	リシン
複層仕上塗材	下塗材＋主材＋上塗材	3～5mm程度	吹付タイル
厚付け仕上塗材	下塗材＋主材＋（上塗材）	4～10mm 程度	スタッコ
軽量仕上塗材	下塗材＋主材	3～5mm 程度	吹付けパーライト 吹付けバーミキュライト
可とう形改修用仕上塗材	主材＋上塗材	0.5～1mm 程度	微弾性フィラー

②使用環境による分類

使用環境により内装用仕上塗材と外装用仕上塗材に分類できる。軽量仕上塗材は主に内装用である。

③結合材の種類

仕上塗材は結合材の種類により表 3 のように細分化される。結合材の種類は仕上塗材の性質に大きな影響を与える。

表 3 仕上塗材の結合材による分類

結合材の種類	硬化のメカニズム	結合材の略称
セメント系	ポルトランドセメント+水→セメントの硬化	C
ポリマーセメント系	ポルトランドセメント+水+ポリマーディスパージョン→セメントの硬化+ポリマーディスパージョンの固化	CE
けい酸質系	コロイダルシリカ+合成樹脂エマルション→ シリカ結合+合成樹脂エマルションの固化	Si
合成樹脂エマルション系	合成樹脂エマルション→ 乾燥による合成樹脂エマルションの成膜	E
反応硬化形合成樹脂エマルション系	合成樹脂エマルション＋硬化剤→化学反応による合成樹脂エマルションの成膜	RE
合成樹脂溶液系	合成樹脂溶液→溶剤の蒸発による樹脂の成膜	S
水溶性樹脂系	水溶性樹脂+水→乾燥による水溶性樹脂の成膜	W
消石灰・ドロマイトプラスター系	$Ca(OH)_2+CO_2 \rightarrow CaCO_3+H_2O$ $Ca(OH)_2 \cdot Mg(OH)_2+2CO_2 \rightarrow CaCO_3 \cdot MgCO_3+2H_2O$	L
せっこう系	$CaSO_4 \cdot 0.5H_2O+1.5H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O$	G

④機能性による分類

機能性に応じて仕上塗材には防水形、可とう形、耐候形、調湿形という表示が可能となる。表 4 に機能性を有する仕上塗材の種類を示す。

表 4 機能性を有する仕上塗材

機能性を有する仕上塗材	機能性
防水形複層仕上塗材	ゴム状弾性を有する仕上塗材であり、ひび割れ追従性や防水性を有する。
防水形薄付け仕上塗材	
可とう形改修用塗材	耐屈曲性、柔軟性を有する仕上塗材。
可とう形薄付け仕上塗材	
可とう形複層仕上塗材	
耐候形複層仕上塗材 （1 種、2 種、3 種）	長時間の促進耐候性試験に耐える仕上塗材。
調湿形仕上塗材	吸放湿性を有する内装用仕上塗材。

5. 仕上塗材と類似する材料

仕上塗材と同様の用途に使用される材料として外壁用塗膜防水材およびマスチック塗材がある。外壁用塗膜防水材は、JIS A 6021（建築用塗膜防水材）の中で標準化されている。防水形複層

仕上塗材に類似の材料であるが、JIS A 6021 には耐疲労性試験が規定されており、防水形複層仕上塗材より耐疲労性が高い塗材と考えられる。

マスチック塗材は、ローラー工法で施工する材料であり、マスチック A、AS、AE およびマスチック CS、CE がある。マスチック A、AS、AE は合成樹脂エマルションを結合材としており、マスチック CS、CE はポルトランドセメントを結合材としている。UR 都市機構の共同住宅や公共住宅等に使用されることが多い。

6. 仕上塗材の選び方

要求性能の多様化および材料製造技術の発展により、多くの種類の仕上塗材が市場に出現している。表 5 は、日本建築学会 JASS 23(吹付け工事)に示されている仕上塗材の選び方を示している。①環境、②要求性能、③グレード、④コスト、⑤耐久性能指数等を考慮して仕上塗材仕上げの仕様が選べるようになっている。表 5 は仕上塗材選定の基本的考え方を示したものであり、詳細については更なる検討が必要である。

表 5 は、以下の要因を選択することにより仕上塗材仕上げを選定できるようになっている。また、複数の使用可能な候補から意図する仕様を決定するための参考として、各仕様のコスト、耐久性に関する大まかな指標や代表的使用例等を示した。

①環境

建築部位を「外部」および「内部」に分け、それぞれに適合する仕上塗材仕上げを検討したが、表 5 は「外部」に限定して示している。

②要求性能

仕上塗材仕上げに要求される性能を、先ず美観性の観点から、「高度美装性」と「美装性」に大別し、更に、「高耐候性」、「耐候性」、「防水性」、「意匠性」等のキーワードで表現し、対応する仕上塗材仕上げを示した。

③グレード

同様の要求性能を有する複数の仕上げを、選定するための参考に、仕上塗材仕上げのグレードを「超高級」、「高級」、「中級」、「汎用」の3種類に区分した。

④コスト

積算のための資料から仕上塗材仕上げの設計価格(材工とも)を調査し、これらを6段階に区分した。ただし、素地調整の費用は含まれていない。同一名称の仕上塗材仕上げにおいても塗り回数や工程の省略などにより価格は異なってくることも周知の通りである。ここに示したのは、あくまで仕様選定の参考となる指標である。

⑤耐久性能指数

建設省総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」最終報告書(昭和 60 年3月)で提案された標準耐用年数等を参考とし、5段階に区分した。実際の耐用年数は地域環境、部位、施工条件、維持保全の程度などによってその値が大きく変動するものであり、この区分は仕様相互の相対的な比較の参考として示した。

⑥代表的な使用例・特徴

各仕上げを特徴づける使用例、テクスチャーなどを簡潔に記述した。

⑦適用下地素地

コンクリート・モルタル系下地に限定した。

表 5 仕上塗材の選び方

環境	要求性能		グレード	仕上塗材	コスト指数	耐久性指数	代表的使用例
外部	高度美装性	高耐候性防水性	超高級	耐候形 1 種防水形複層仕上塗材 RE	F	V	きびしい環境下において、長期耐久性、防水性などが要求される外壁等。主に凹凸模様・ゆず肌模様
		高耐候性	超高級	耐候形 1 種複層仕上塗材 RE	F	V	きびしい環境下において、長期耐久性などが要求される外壁等。主に凹凸模様・ゆず肌模様の仕上げ。
	美装性	耐候性防水性	高級	耐候形 2 種防水形複層仕上塗材 E、RE	E	Ⅳ	防水性や耐久性が要求される外壁等。比較的塗り替えでの適用が多い。主として凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。
		耐候性	高級	耐候形 2 種複層仕上塗材 E、RE	E	Ⅳ	一般的な環境下で、長期耐久性が要求される外壁等。主として凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。
		耐候性防水性	中級	耐候形 3 種防水形複層仕上塗材 E、CE	D	Ⅲ	防水性や耐久性が要求される外壁等。比較的塗り替えでの適用が多い。主として凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。
		耐候性	中級	耐候形 3 種複層仕上塗材 E、CE	D	Ⅲ	一般的な環境下で、長期耐久性が要求される外壁等。
		耐候性特殊模様	中級	厚付け仕上塗材 C	D	Ⅲ	スタッコ状模様による豪華な仕上がり感が要求される外壁・柱等。
				厚付け仕上塗材 E	D	Ⅲ	
		防水性	高級	可とう形複層仕上塗材 CE	D～E	Ⅱ	比較的簡易な防水性が要求される外壁等。塗替えでの適用。
			汎用	防水形薄付け仕上塗材 E	C	Ⅱ	主として凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。
			汎用	防水形複層仕上塗材 E	C	Ⅱ	防水性が要求される外壁等。比較的塗替えでの適用が多い。主として凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。
		－	汎用	薄付け仕上塗材 E	A	Ⅰ	外壁や軒裏等の一般的な砂壁状(リシン)仕上げ。
				可とう形薄付け仕上塗材 E	B	Ⅰ	軽量モルタル仕上げ外壁等の砂壁状(リシン)仕上げ。
				薄付け仕上塗材 S	B	Ⅰ	砂壁状仕上げで低温時の乾燥性が要求される場合等。
				複層仕上塗材 E	C	Ⅱ	外壁等の一般的な凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。
				複層仕上塗材 CE	C	Ⅱ	外壁等の一般的な凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。
				複層仕上塗材 Si	C	Ⅱ	外壁等の一般的な凹凸模様・ゆず肌模様仕上げ。

(注)コスト指数:A(安価)⇔ F(高価)

耐久性指数: Ⅰ(劣る)⇔ Ⅴ(優れている)

7. 建築用塗料と塗装仕様

3章で述べたように塗料は数十 μmの厚さの塗膜を形成する材料であり、仕上塗材とは異なる。塗料は、①樹脂（合成樹脂・天然樹脂）、②溶剤・分散媒（有機溶剤・水）、③顔料（着色顔料・体質顔料・錆止め顔料）、④添加剤（防腐・防かび剤、消泡剤、可塑剤、沈殿防止剤、だれ防止剤等）から構成される。

構成要素の中で、重要なものは①樹脂であり、樹脂は塗料の性能に支配的な影響を与える。そのため、塗料は、例えばアクリル樹脂エナメル、ポリウレタンワニス、ふっ素樹脂エナメル等のように、樹脂名で分類されることが多く、大部分の塗料の品質は JIS により標準化されている。

透明塗料はワニス・クリヤー等と呼称され、③顔料を含んでいない。不透明塗料（エナメル）は上記①～④の要素から構成され、下地を隠ぺいし、新しい色彩を付与する。

塗装工程は①素地調整、②下塗り、②中塗り、③上塗りに区分される。①素地調整は素地（被塗物）表面を塗装に適した状態に調整する作業であり、素地に応じて、油類の除去、さび落とし、パテかい、吸込み止め、研磨紙ずり等の作業を行う。②下塗り塗料には素地と塗膜との密着性、素地のシール性を要求される。③中塗り塗料には、膜厚を確保し劣化因子を遮断する機能が要求される。④上塗り塗料には美観性（色彩・光沢）および耐候性が求められる。なお、塗装仕様は、上塗り塗料の種類で呼称される。

塗料の硬化メカニズムは①酸化重合形、②有機溶剤乾燥形、③エマルション乾燥形、④反応硬化形に分類できる。①酸化重合形は空気中の酸素と樹脂中の不飽和結合が反応して酸化重合して硬化する。②有機溶剤乾燥形は塗料中に含まれる有機溶剤が揮散することにより塗膜を形成する。③エマルション乾燥形はエマルション中の水分が蒸発して塗膜が形成される。④反応硬化形は一液反応硬化形と二液反応硬化形に分類され、前者は空気中の水分と塗料中のイソシアネート基が反応して硬化する。後者は主剤と硬化剤が反応して硬化する。以下に硬化メカニズムの種類と代表的塗装仕様を示す。

①酸化重合形

合成樹脂調合ペイント塗り

フタル酸樹脂エナメル塗り

1 液形油変性ポリウレタンワニス塗り

②有機溶剤乾燥形

アクリル樹脂系非水分散形塗料塗り

クリヤラッカー塗り

③エマルション乾燥形

合成樹脂エマルションペイント塗り

つや有合成樹脂エマルションペイント塗り

ポリウレタンエマルションペイント塗り

④反応硬化形

2 液形ポリウレタンワニス塗り

2 液形ポリウレタンエナメル塗り
弱溶剤系 2 液形ポリウレタンエナメル塗り
アクリルシリコン樹脂ワニス塗り
アクリルシリコン樹脂エナメル塗り
弱溶剤系アクリルシリコン樹脂エナメル塗り
常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス塗り
常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り
弱溶剤系常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り

8. コンクリート素地に対する塗装仕様およびその選び方

日本建築学会の JASS 18(塗装工事)では、コンクリート素地に対する屋外の標準的塗装仕様として、表 6 に示す塗装仕様を示している。塗装仕様の選定は、①透明／著色、②要求性能(高耐候性、美装性)、③グレード(超高級、高級、汎用)、④コスト指数(A～E)、⑤耐久性指数(Ⅰ～Ⅴ)に基づいている。

表 6　セメント系素地に対する外部塗装仕様の選び方

環境	透明／着色	要求性能	グレード	塗装仕様	コスト指数	耐久性指数	塗装仕様の特徴
外部	透明	高耐候性	超高級	常温乾燥形ふっ素樹脂ワニス塗り	E	Ⅴ	苛酷な環境下での高耐候性透明塗装
			高級	アクリルシリコン樹脂ワニス塗り	D	Ⅳ	苛酷な環境下での高耐候性透明塗装
			高級	２液形ポリウレタンワニス塗り	C	Ⅲ	高級な透明塗装
	着色	高耐候性	超高級	常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り	E	Ⅴ	苛酷な環境下での高耐候性不透明塗装
			超高級	弱溶剤系常温乾燥形ふっ素樹脂エナメル塗り	E	Ⅴ	環境負荷を低減した苛酷な環境下での高耐候性不透明塗装
			高級	アクリルシリコン樹脂エナメル塗り	D	Ⅳ	苛酷な環境下での高耐候性不透明塗装
			高級	弱溶剤系アクリルシリコン樹脂エナメル塗り	D	Ⅳ	環境負荷を低減した苛酷な環境下での高耐候性不透明塗装
			高級	２液形ポリウレタンエナメル塗り	C	Ⅲ	耐候性のある高級な不透明塗装
			高級	弱溶剤系２液形ポリウレタンエナメル塗り	C	Ⅱ	環境負荷を低減した高級な不透明塗装
		美装性	高級	ポリウレタンエマルションペイント塗り	C	Ⅱ	一般的な不透明塗装
			汎用	アクリル樹脂系非水分散形塗料塗り	B	Ⅰ	一般的な不透明塗装
			汎用	つや有り合成樹脂エマルションペイント塗り	B	Ⅰ	一般的な不透明塗装
			汎用	合成樹脂エマルションペイント塗り	A	Ⅰ	一般的な不透明塗装

（注）コスト指数：A（安価）⇔　F（高価）
耐久性指数：Ⅰ（劣る）⇔　Ⅴ（優れている）

9. フィリピンにおけるコンクリートブロック造住宅の表面仕上げに関する考察

3章から8章に述べた仕上塗材および塗料の概要に加えて、仕上塗材製造者の団体である日本建築仕上材工業会の技術委員に対してフィリピン市場における仕上塗材についてヒアリングを行った結果、以下の知見を得た。

①日本建築仕上材工業会の会員の中にはシンガポールやタイなど東南アジアの国に材料を供給しているケースもあるが、フィリピンについては塗料等の仕上げ（合成樹脂エマルションペイント塗り、つや有り合成樹脂エマルションペイント塗り）が主流であり、耐用年数も短く、価格的にも安価であることから、進出している会社は認められなかった。

②東南アジアに供給する場合、仕上塗材の防藻性・防かび性について要求されることが多いという認識を有している。

また、日本における技術資料の中では独立行政法人住宅金融支援機構監修「鉄筋コンクリート造等住宅工事仕様書」（平成 22 年版）の「7. 補強コンクリートブロック工事・補強セラミックブロック工事・鉄筋コンクリート組積造工事」の「7.18 補強コンクリートブロック工事及び補強セラミックブロック工事の防水」には、以下のような記載がある。

防水処理は、吹付け仕上げの場合、JIS A 6909（建築用仕上塗材）に規定する防水形ポリマーセメント系複層仕上塗材、防水形合成樹脂エマルション系複層仕上塗材、反応硬化形合成樹脂エマルション系複層仕上塗材とし、いずれも特記による。

すなわち、補強コンクリートブロック工事・補強セラミックブロック工事・鉄筋コンクリート組積造工事では外壁の防水性能に配慮が必要であり、防水形複層仕上塗材 CE または E、あるいは比較的高級な複層仕上塗材 RE を選定するよう推奨している。

以上述べたことを総合して、フィリピンにおけるコンクリートブロック造住宅の表面仕上げについて以下のように考える。

①フィリピンにおけるコンクリートブロック造住宅の施工標準を詳しく把握していないが、コンクリートブロック組積の上にセメントモルタル塗りを行い、その上に表面仕上げ材を施工するのであれば、セメントモルタル塗りの施工も重要である。耐久性の期待できる表面仕上げを施工するにしても、セメントモルタル下地が長期にわたって浮きを発生せず、剥落しないことが前提となる。また、セメントモルタル塗りが省略されるのであれば、目地処理や不陸調整が重要となる。

②基本的に塗装仕上げは下地の平滑性が重要であり、仕上塗材塗りと比較して、下地の欠陥や技能不足による劣化が生じやすい。したがって、一定の厚みが確保できる仕上塗材仕上げの方が適していると考える。

③仕上塗材仕上げの中でどのような種類を選定するかは重要である。フィリピンで高級仕様とし

て適用されている“U-STUCCO”は表 5 における厚付け仕上塗材 C または厚付け仕上塗材 E（または厚付け仕上塗材 CE）に相当するものと考えられる。この材料は厚みもあり、テクスチャーのバリエーションも可能であり、フィリピンのコンクリートブロック造住宅の外装仕上げに適していると考えられる。日本の住宅金融支援機構監修の仕様書では防水形複層仕上塗材 CE または E 等を推奨しているが、“U-STUCCO”よりはわずかに高価かもしれない。表 5 に示すように、防水性や耐候性を期待するならばグレードの高い仕上塗材があるがコストは高くなる。日本のコンクリートブロック造の公営住宅等では薄付け仕上塗材（いわゆるリシン吹付）等が多用されていたと認識するが、これらの適用も考えられると思う。しかし、ヒアリングでも指摘されたように、フィリピンでは日本よりも高い防藻性や防かび性が求められる。