

2017年度 森泰吉郎記念研究振興基金 研究者育成費報告書

「東南アジア一般住宅の通風調査に基づくエコハウス開発」

池田靖史研究室

修士2年

学籍番号81625412

武藤真理子

1. 背景

急速な成長をとげている東南アジア諸国では、都市化・人口増加に伴う資源不足や環境問題の深刻化が懸念されている。不安定なインフラ供給・経済状況の中で大規模開発を必要とせず生活環境を向上させる、高温多湿な気候に適応した住宅が求められる。建築にまつわる二酸化炭素排出は建設段階と生活段階とで生じるが、生活段階での排出が70%とも言われており、その削減が大きな課題となっている。寒冷地であるドイツ・ヨーロッパから始まったエコハウス研究は、寒さへの備えは確立されつつあるものの、通年高気温の東南アジア諸地域など蒸暑地での省エネルギー対策研究は途上だ。分厚い壁で閉じて内部環境の安定を図る「冬を旨とした」住宅とは異なる、自然通風によるパッシブクーリングを導入し熱的快適性を保つことがエネルギー消費を抑えるために有効であると推察される。

SFCスマート住生活環境開発コンソーシアムでは、慶應義塾湘南藤沢キャンパス SBC(Student Build Campus)の敷地内に建設されているエコハウス、慶應型共進化住宅(通称 Co-Evolving-House、以下コエボハウス)をフィールドとして、建設された2013年度よりエコハウス開発に関連した様々な実証実験を行ってきた。本課題に対して2016年度からは、新しいコエボハウス「コエボハウスver.2」の開発に取り組んでおり、2017年度にはさらなる展開として、風を利用しながらより効果的に涼感を得られる方法である蒸発熱の利用の必要性に着目した。

東南アジア地域のヴァナキュラーな建築は、海辺や川沿いの森の涼しい風の利用、ひいては水上の集落も数多く存在した。水上住宅集落は気化熱作用により快適な住空間を保つことができるが、衛生上の問題などで失われつつある。新しい時代に即した蒸発熱利用のパッシブクーリング機能を持つ住まいの可

能性について東南アジア現地調査、類似事例調査、その研究者への聞き取りを中心に研究を進めた。

2. 目的

本研究は、東南アジア地域のよりサステイナブルな都市生活のモデルハウスの提案のため、特に大きな役割を果たす通風性能ならびに蒸発熱の利用について、事例調査・現地調査を行いながらそのデザインのあり方について模索しようとしたものである。また、次年度に行うモックアップ制作とそれを用いた実測実験のための知見の収集も兼ねている。

3. 先行事例・研究

i. ecolar

2010年に発表されたイスラエルのデザイナーによる作品。この地に伝統的に存在する建築要素である金属製のスクリーン「mashrabiya」は空間を区切りながらも通風性を保つ機能をもつものだが、これを陶製の管で作成し、内部に水を通すことで涼風を得ようとしたものである。対象地は地中海性気候で東南アジア地域とは気候が大きく異なる上、気化熱による影響やその実測データなどについて言及していないものの、根本的な概念や制作過程など参考になる点の多い例である。



出典: designboom(<https://www.designboom.com/design/ecooler-by-mey-boaz-kahn-iida-awards-2010/>)

ii. ソニーシティ大崎 (2011)

国内での蒸発熱を利用した冷却効果をねらった建築の事例として日建設計による高層ビル、ソニーシティ大崎(現在は「NBF大崎ビル」に改称)の「バイオスキン・システム」がある。ヒートアイランド現象の緩和を狙っ

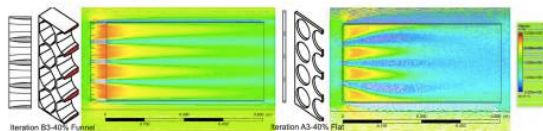
た都市の環境装置としての外装材で、太陽光発電電力を用いて雨水タンクからポンプアップした水を陶器製の管内に流し、そこから発生する気化熱利用によってそれを実現している総合的な建築の提案である。しかしながら、この事例では屋内温熱環境への影響も見られるものの、オフィスビルとしての建物の性質から屋内環境は機械制御による空調や換気が行なわれており、このシステムが直接影響するわけではない。



出典 http://alternas.jp/work/ethical_work/3062

iii. Evapo Breathing Ceramic Skin (2015)

オーストラリアの大学で現在も進行する、セラミック内の水を気化させることによる温熱環境緩和を狙った建築部材の開発プロジェクト。現時点では特に風洞実験とシミュレーションにより「以下に風を効率的にセラミック表面に触れさせるか」という点に着目し開発を行なっており、セラミックの形状を工夫することでベンチュリー効果を起こす提案をした。通り抜ける風のスピードをコントロールすることによる温度低減効果向上への可能性を示している。



出典：caadria2016

4. 実験と基礎調査

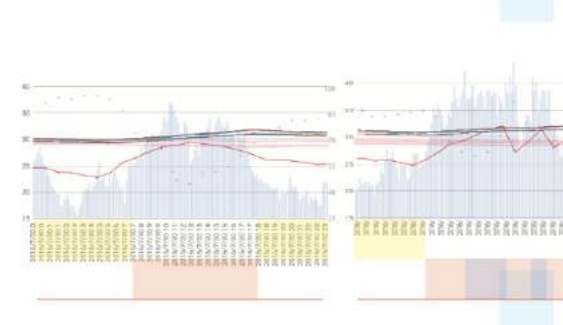
i. コエボハウスにおける実測実験

2017年7月半ばから9月末にかけて、コエボハウスの各窓についているブラインドの開閉状況と屋内環境との相関関係を探るための実測実験を行なった。これまでも居住実験は行なってきたが、宿泊者に普段通りに過ごしてもらった状態でのエネルギー収支の測定が最大の目的であったため、夏場は窓を閉めてエアコンを使っていることが多く、そもそもブラインドの開閉状況は記録されておらず、ブラインドの日射遮蔽性能と通風性能とは未知の状態であった。コエボハウスver2ではこう

いった「隙間をもつ建物構成要素」を多用することになるのではということで、設計に役立つような知見を得られないかと考えた。



コエボハウスに設置されている屋外電動ブラインド



分析図の例

分析の結果、ブラインドの開閉状況のこまかい変化による明確な差異は見られなかったが、同じような外気温条件下で「窓、ブラインド共に閉めた状態」と「共に開いた状態」を比べると「外気温ピークが30℃を超えない日」であれば開いている方が快適な範囲が多いことが示され、また湿度をコントロールすることの重要性が改めて認識された。

ii. モックアップ作成のための基礎調査

事例調査のなかで、蒸発熱を利用したパッシブクーリング機能の住宅への導入にあたり、素焼きの焼き物の利用が効果的である可能性が摘要されてきた。素焼きの陶器には無数の気孔が存在し、そこから水分が染み出していくことができ、自由な形を形成するのが容易でかつ強度もあるという特徴がある。

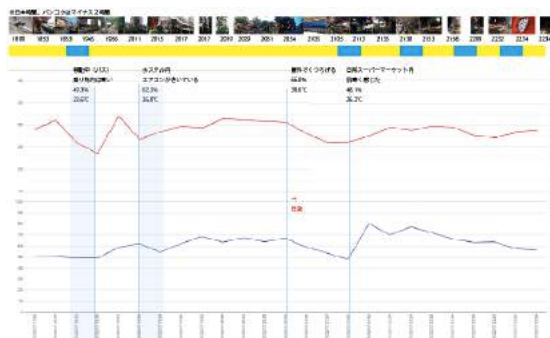


使用予定の釜とヒアリング調査の様子

実際の作成方法や使用する機材、材料について文献調査や陶芸家へのヒアリング調査を行い、具体的な方針を定めていった。

4. 対象敷地調査

2017年度に調査を行なった敷地は、国内では鹿児島県口永良部島、タイ、カンボジア、マレーシアの4地域である。現地の気候やエネルギー使用状況をマクロな数字上で見るだけでなく、生活している人々の服装や行動を観察し、さらにその環境を肌で感じ同時に数値としてのデータも取得することで、住宅に求められる性能やデザインの可能性についてより現実味を帯びた提案をすることが可能になると考え調査を行なった。また、移動中も常に温湿度データロガーを持ち歩き、iphoneのGPSを利用した位置情報記録アプリ「Moves」によって位置情報を記録、環境の変化があった際には周辺の写真撮影をすることで、実際の生活空間の温熱環境や人々の様子を振り返ることができるようにした。



取得データによる分析用図表の一部

i. 調査対象地1 タイ

2017年7月22-26日に渡航。二期の熱帯性モンスーン気候で渡航期間は雨季にあたり、雨の影響で比較的涼しい時期であったものの、日中外気温が30℃を下回ることにはない状態だった。

伝統的な建築群は複数箇所見学したが、特に国立の伝統建築保存公園である古代都市・ムアンポーランでは様々な建築様式の建築が100軒を超えて集結し展示されており、比較観察に適した環境であった。伝統建築内には実際に入り、内部環境を測定した。展示されている住宅内はすべて実際に使われ得る状態で保存されており、どの建物も隙間や深い庇を多用し暑さへの対策がなされていることが確認された。しかし、どの建物も構成する素材や形状に関わらず外気温との差は0.5℃程度の範囲であった。一部住宅やレストランとして利用されているものもあり、それらには扇風

機が設置され、概ねして外気温よりも約1℃気温が低くなっていることが確認できた。



見学した建築の一部

また、宿泊施設としてバンコク市街地の典型的な住宅のひとつである「ショップハウス」型のゲストハウスを選定し、その生活環境を観察した。コンクリートによる閉じられた建物内は非常に蒸し暑く、個室にはそれぞれエアコンが設置され、室温は28℃前後に保たれていた。これは比較的高めの設定値であるようで、移動中の車や電車内、スーパーマーケットなど商業施設内は23-26℃が大半であり非常に肌寒く感じられたものの、現地住民は屋外にいる時と変わらず薄着のままであった。



一方で、高級志向でない移動手段や商業施設では、鉄格子やルーバーを積極的に利用し、風を利用して涼感を得るよう工夫がなされ、扇風機や天井扇などは見られるもののエアコンの設置は確認されなかった。



ii. 調査対象地2 鹿児島県口永良部島

2017年8月16-22日に渡航した亜熱帯地域である日本の南の離島。離島というインフラが整えにくい環境での生活、水・電気使用状況を調査した。今後東南アジアの各地域、特にインフラの整えにくい山奥や離島などが今後発展したのちに迎える姿、成熟社会モデルとして観察を行なった。

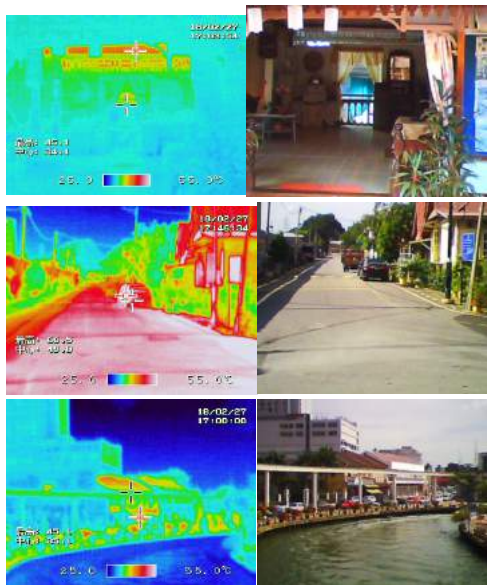


口永良部島写真

電気・水共にインフラが整えられてはいるものの島内で得ることのできる資源を利用しようという意識が強く、井戸水などを積極的に利用している姿が印象的であった。地域としてのまとまりが強く防犯意識が低いためか、通風で事足りる場合はエアコンを利用せず積極的に自然風を住宅内に取り入れて生活していた。

iii. 調査対象地4 マレーシア

2018年2月26-28日に渡航し調査を行なった。マレーシアの気候区分は熱帯気候。クアラルンプールの2月は降水量が少なく、渡航期間中に雨に降られることはなく、日差しが大変強く、26・27日の日中は35℃を超えた。この調査では、他地域と同様の調査に加え、サーモカメラによる熱環境の測定を導入した。



マレーシア、マラッカでの撮影資料の一例

温湿度のみならず環境を構成する部材の熱分布を記録することで、温熱環境改善のための手がかりをより明確に得る目的で行った。

エアコンの使用状況に関してはタイと同様に、地元住民向けの施設ではなるべく効率的に風を利用しようという様子と、高級志向の観光客や富裕層向けの施設や交通機関では極端に空間を冷やす傾向にあった。空調の効いている空間の気温は概ねして21-24℃程度を記録しており、移民の多さや経済状況も関係しているかもしれないが、タイよりもさらに低い温度を好むようである。



自然光、風を生かした建物（上）と空調・照明を効かせる建物（下）の例
伝統的な住宅を複数見学、測定したが、高床、中庭のあるものが多く、中庭には水の入った瓶や植物が置かれており、気温は外部と同等ながらも熱放射の少ない空間であった。実際にそこで過ごしている人々は大量の扇風機と共にすごしてはいたものの、経済状況にエアコンを利用せずに暮らしている、それで問題はないと断言する方もいた。



見学した建築の一部

5. 提案

上記調査と同時進行的に、エコハウスのシステムやデザインの提案を模索してきた。

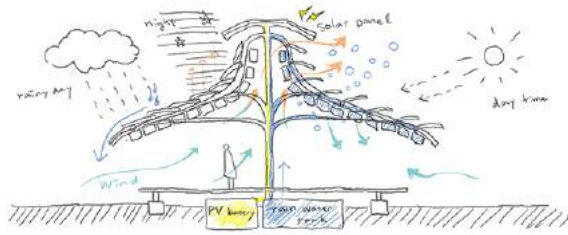
i. 提案1ーevaporative roof

かつて屋根材は現地で調達される葉や竹が多く利用されていたが、近代化のなかでより丈夫で安価なトタンの利用が広まり、熱的快適性の観点から言えば悪化している状態にある。

壁は防犯やプライバシー確保などの観点から「閉じる」ことが重要な役割であり、その形状による生活行動への影響も大きく、個々の住宅が置かれた環境によって様々な性能が求められる。しかし人の手の届かない高い位置に存在する屋根は、人の生活上の都合に左右されず、比較的自由にその形状を設計することができる部位だ。

エコハウスが持つべき太陽エネルギー利用、雨水利用などの性能実現に用いられてきた屋根に蒸発熱利用によるパッシブクーリングの機能も備えることで、広い地域・ライフスタイルに適応可能な冷房エネルギー消費の小さいエコハウス提案に繋がるのではないかと

と考え提案したのが「evaporative roof」である。



システム概念図

ii. 提案2—Underfloor evaporative system

提案1と同様の観点のもと、蒸発熱利用によるパッシブクーリングの機能を床に導入する可能性について検討したのが2つ目の提案である。屋根は太陽熱を最大限に受ける部位であるため、この部位で水が気化するときに発生する水蒸気の温度が高く、逆に生活者に不快感を与えることになるのではないかという懸念から、直射日光の当たらない床下にパッシブクーリング機能を備えたら良いのではないかと考えた。ある程度のまとまりをもったスキップフロアで全体を構成することで、通り抜ける風が隣り合う部屋に涼気を与えるねらいである。



イメージバース

しかしながら、これら2つの提案が果たしてどの程度の効果をもたらすのかについては、実測実験、また環境シミュレーションによる検証が不可欠となる。複数考えられるデザインの可能性の中で絶対的な判断基準となる数値が示されない限り、これら提案はどれも可能性の提示に過ぎない。正しいシミュレーション方法の検討とそれに基づく設計の必要性が改めて認識された。

6. 今後の展望、期待される成果

緑地、木陰の涼感は葉の蒸散効果がその一端を担っており、蒸発熱が物体を冷やし、あ

るいはその空間自体の冷却に役立つであろうことは自明である。しかし、環境共生住宅における有用性に関しては屋内外の風速、温度、湿度、建物躯体の潜熱、蒸発に使う水の温度、蒸発による湿度・放射熱の増減などによる居住者の快適性の面と、さらにその水の運搬コストなどシステムのエネルギー効率の面からも検討しなくてはならず、それらを包括して検証できるデータやシミュレーションの明確なシステムは存在しない。特に蒸暑地域における効果に関してはほぼ未踏の状態であることがわかった。

以上の事柄の理解を深めながら、地理情報システムGISにて気候条件・社会的条件の要素を重ね合わせた具体的な敷地選定と、シミュレーション方法の検討、蒸散効果の実証実験モックアップ作成などを課題として残している。特にヒアリングや先事例から示された懸念事項として、水資源は豊富にあるものの同時に湿度の高い東南アジア諸国において蒸発熱利用がうまく働くのかという問題がある。いかに風を効率よく利用するか、また建物内のどこでこの効果を起こすことが有用であるのかを、シミュレーションや実証実験から導き出す必要がある。現地の生活習慣や土地ごとの知恵なども参照しながら今後も継続して研究を行っていく。

今まさに成長していく東南アジア諸国において、非効率なエネルギー利用やインフラ整備が広まる前に、よりサステナブルな都市生活のモデルハウスの提案をすることは、2025年までに二酸化炭素排出量を全世界で50%に削減する目標に寄与することが期待できる。