



慶應型共進化住宅 Keio Co-Evolving House

1. コンセプト

都市・空間・人とともに“共進化”する住宅

- エネルギーを消費するのではなく生産し蓄積し、緑被率さえも増加させる住宅は、集合・連携することで自己組織的に都市環境を進化させる
- 環境条件や居住者の活動状態を高度にセンシングし、インタラクティブに学習する情報技術が、適応的で総合的な環境制御システムを進化させる
- マス・カスタマイゼーション技術で、さまざまな世代や地域に柔軟に対応できる生産方式が、居住者のライフスタイルを進化させる

■ アジア 十字形の形態で高密度な都市環境に対応

慶應型共進化住宅はアジアの低層高密度な市街地を想定したコンパクトな都市の開発が可能な居住モデルとする。そのため隣家との距離が必ずしも十分にとれない環境でも、適度にプライバシーを確保しながら採光や通風を確保する空間を四隅に確保する十字形の形態を採用する。建物の外壁仕上げは壁面緑化して、隣接する空間に対しても環境を向上させる。



■ ライフ 自由度の高い平面で適度な住まい手の距離感を誘導

慶應型共進化住宅は子育て期から成熟期までライフステージにあわせて長く住み続けられる居住モデルとする。空間の使用目的を過度に限定しないで、居住者の自由度が高い平面とすることで、様々な場所がリビングルームのようにも、寝室のようにも、客室のようにも変化する。居住者がお互いの関係を遮断するのではなく、連続した空間の中に適度な距離感が保てる居場所を発見できるように誘導する。

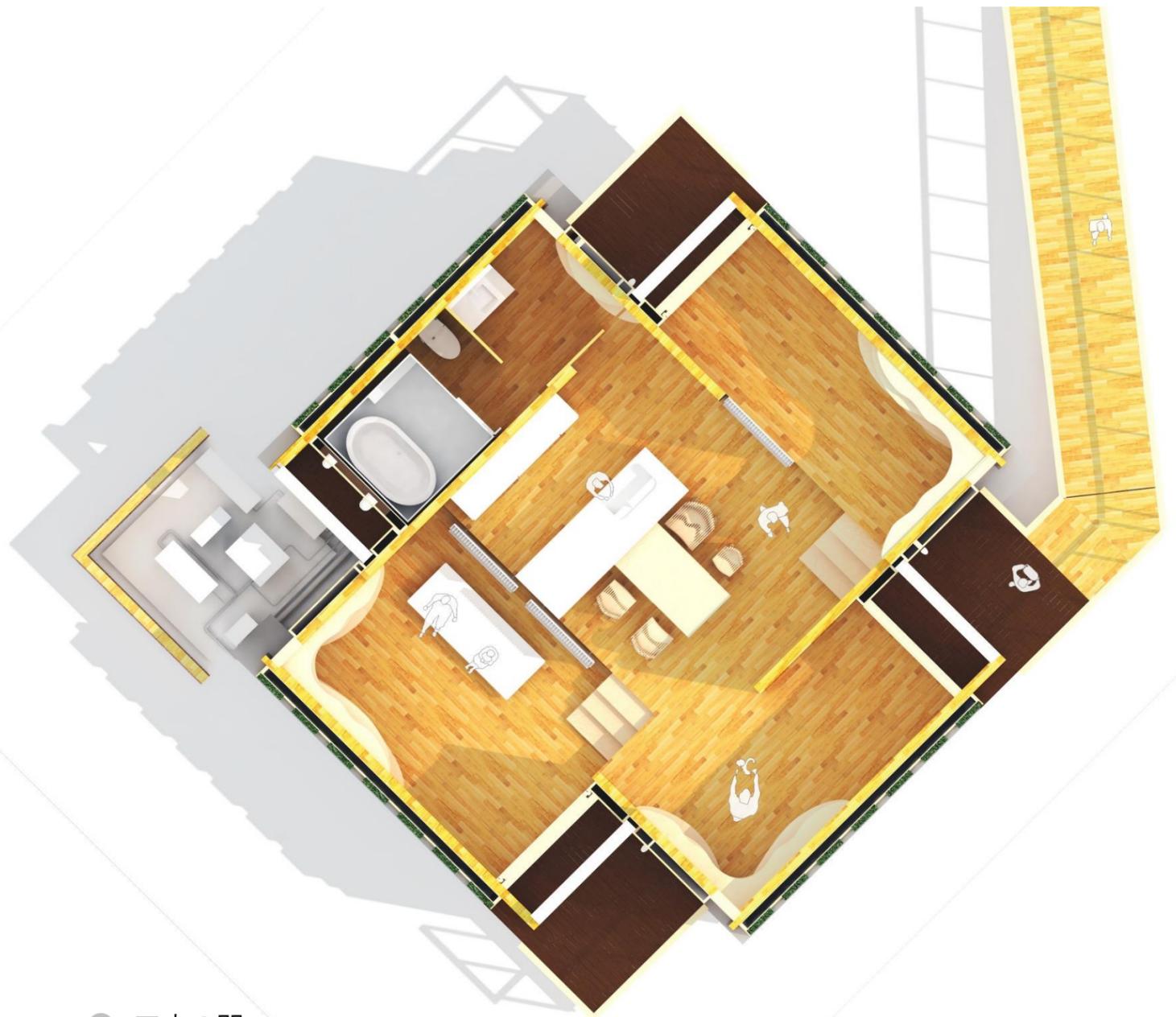


■ エネルギー 対角線方向に方位を設定して平準化された外部環境を制御利用

慶應型共進化住宅は太陽エネルギーの効率的な利用ができる屋根傾斜方向方位を建物の対角線軸に設定することで、どの外壁面も季節や地域に応じて想定される様々な外部環境の変化を受け止め、これを壁面緑化と外部ブラインドによって適応的に制御して自然環境を遮断するのではなく、積極的に取り込む事のできるような関係を創りだす。これは水上設置時に家全体を太陽追尾回転させる場合にも効果的。太陽エネルギー利用は直接熱利用を優先。太陽光発電は中心ではなく補助にして電子機器に限定する。



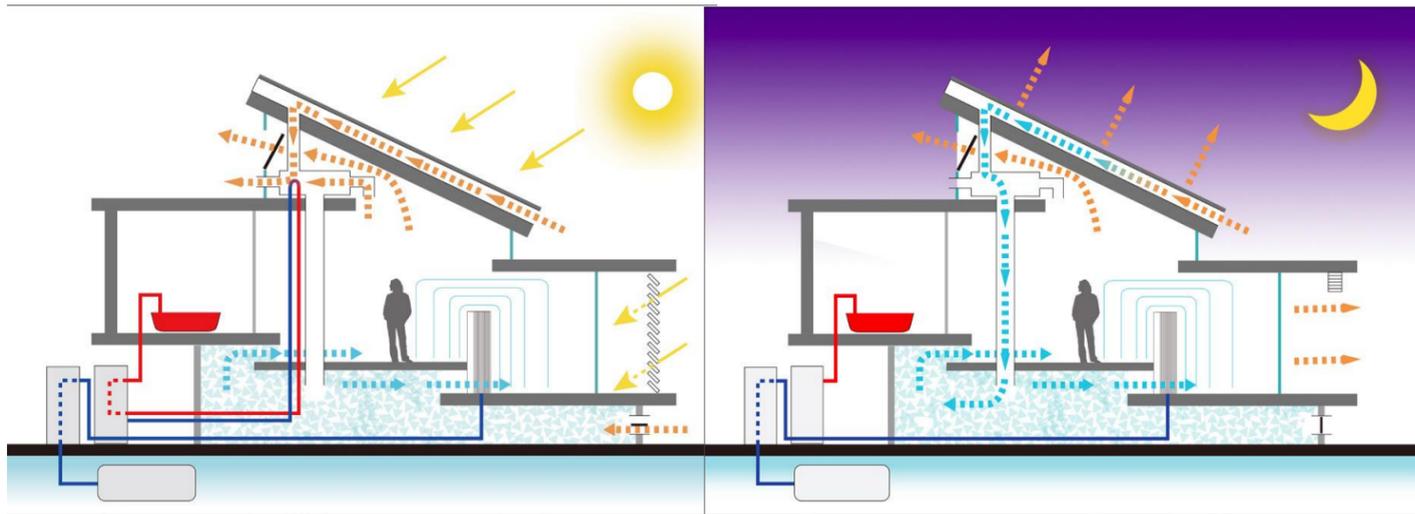
■ 「かざぐるま」型の壁で緩やかに規定した空間構成



- 四方の開口
家全体に安定した室内環境を確保したうえで、適度な自然通風や自然採光がどこでも得られるようにドアで空間を仕切らない一体空間でありながら、それでいて視覚的に落ち着いたコーナーが得られる「かざぐるま」型のプランとする。軒先のブラインドを呼吸する皮膜として、日射だけでなく、建物内の気流、外部の風向、風量、気温などを考え最適な開口制御をダイナミックにおこなう。
- 床段差による効果
平屋でありながら、あえて床にレベル差を設けてレベル差部分を床下の蓄熱空間からの熱損失の少ない換気や、放射冷暖房の放熱体スペースとすることで、家全体の一体感と空間的な変化を両立させる。確保された床下は配管工事を容易にし、蓄電池や熱源などの設備収納スペースとしても活用される。段差をつなぐ階段は交換式で、住民の生活変化に合わせて、スロープの他、床下リフトなどにも交換できる。

2. 技術

■ パッシブで健康的な温熱環境システム

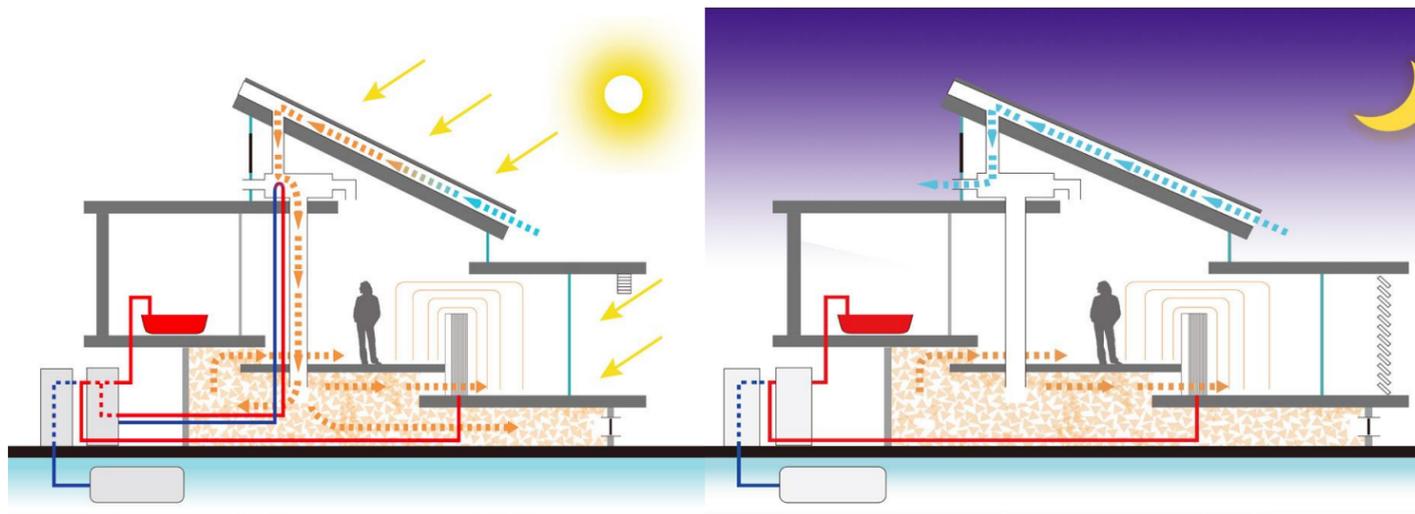


夏/昼

屋根上部を開口し、暖気を逃がす。比較的気温の低い地表面の空気を取り込み蓄熱体に蓄え、室内を冷却する

夏/夜

屋根面から外気を取り込む。放射冷却によって冷やされた空気を蓄熱体へ取り込み室内を冷却する



冬/昼

屋根面で暖まった空気を蓄熱体に取り込み室内全体を暖める

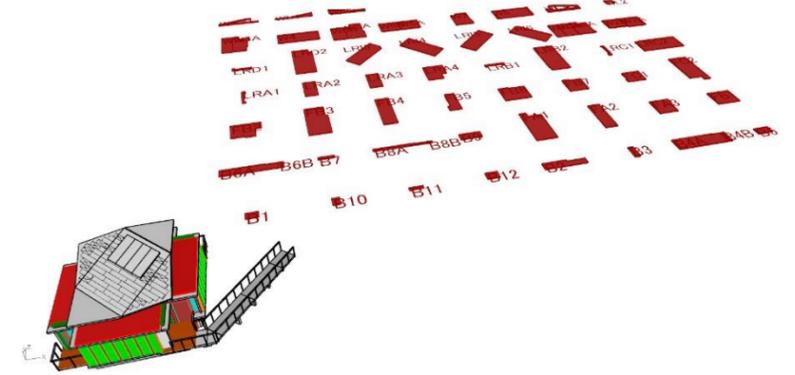
冬/夜

日中暖めた蓄熱体に集めた暖気で室内を暖める

● 一年を通じたエネルギー消費の抑制

OMソーラーの仕組みを取り入れ、外部ブラインドと合わせる事で、太陽熱と放射冷却、自然通風、蓄熱効果を季節や時間、気候に合わせてダイナミックに使いこなし、年間を通じた差し引きとしての自然エネルギー利用が最大になるような工夫をする。全ての季節の朝と夜ではエネルギーと気流の流れが異なる。同時に床下蓄熱体と放射冷却版などによって、徹底した輻射冷暖房環境を実現し、風や音の無い静かな空気の流れと1日を通じて穏やかな温度の変化を確保し、温度差や環境差のすくない連続空間のライフスタイルによって健康維持を提供する。その一方で中間期を中心に、外部ブラインドと開閉式天窓の自動制御システムによって外部の新鮮な空気を十分に取り入れる仕組みを実現する。

■ BIMの活用

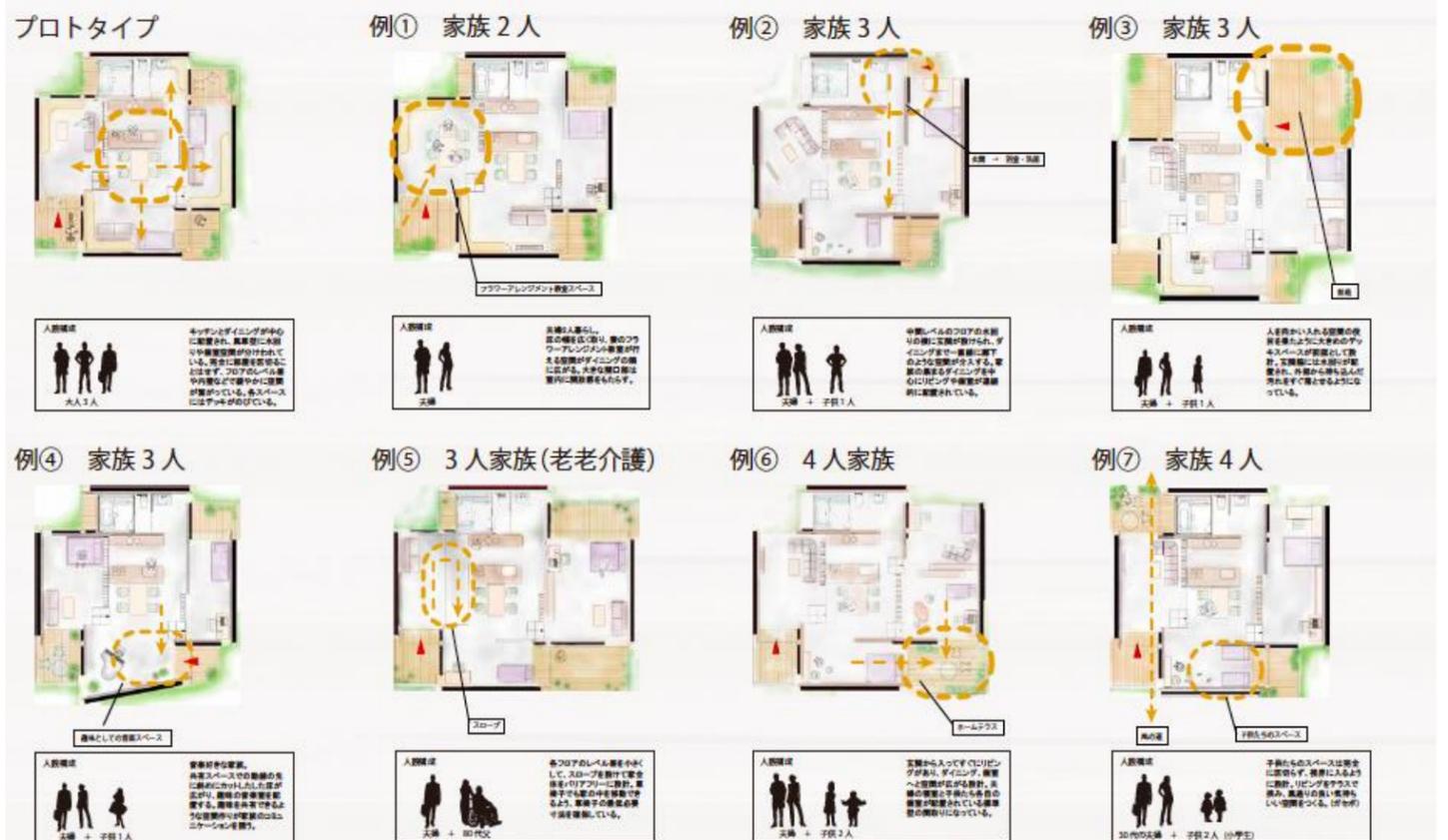


● 実施設計における3Dモデルの活用

3Dモックアップを作成、パネル同士の干渉検討や設備との干渉部分検討を3D上でおこなった

● 3Dモデルと図面の連動

3Dモデルからパネルをとりだし平面上に並べるソフトウェアを作成、パネル図を作成



● BIM設計技術を使った住宅のマス・カスタマイゼーション手法

家族構成や住まい方に合わせて、パネルのパラメータを変化させることで、住宅のバリエーションを出せるようにするソフトウェアを作成。慶應型共進化住宅は柔軟に進化することのできる住宅建築コンセプトの一つのプロトタイプモデルであり、同じコンセプトによる多様な展開が可能となるように考えることで、可能な限り幅広いユーザーに訴求することが重要であると考えている。環境・健康・安心の明快なコンセプトを保ちながら、地域の特性や居住者の事情に合わせた柔軟な展開を重視している。食事の場所をとり囲む4つのウイングの基本構成が、空間の機能を過度に限定せず、住み手の自由度を最大限に引き出すだけでなく、4つのウイングの広さや床のレベル、角度などを自由に変化させることによって基本構成を保ったままに多様性をもたせることができ、構法技術的にも無理が生じない。これは部品や平面から標準化するのではなく、生産技術の自由度を引き出しながら空間の性能を保ち社会の多様なニーズに応えるものである。

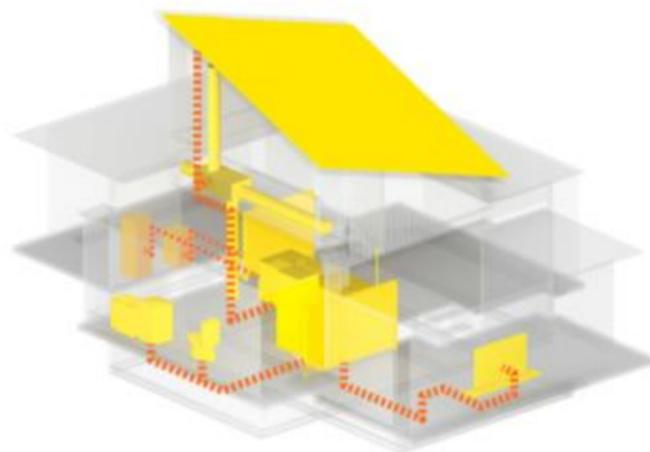
2. 技術

■ 多重な連携によるエネルギー管理システム

● 日常時のエネルギーコントロール

太陽電池と蓄電池、燃料電池の組み合わせでつくる多重な電力システムがある、当然の事ながら日照によって発電量が変化する太陽電池の発電を、リチウムイオン電池をつかって蓄積でき、夜間電力や燃料電池での発電も使って利用電力のピークを押さえる事ができる。これまでリアルタイムな発電量や使用／蓄電状態、売電状況、さらに系統電力の使用量などを検知して可視化するところまでに使われていたHEMSをより進化させて、連携的に自動制御を行い電力配分の最適化を実現するシステムである。電力使用状況に関わるライフスタイルの把握や、それに基づく省エネ対策も各家庭レベルで行う事ができる。

さらに、このシステムは将来複数の共進化住宅をネットワークで繋いで連携し合う事で、必要に応じて電力を供給し合うことで、自然条件や需要ピークなどによる電力変動のリスク抑制を図る「マイクログリッド」を形成できる。すなわち、安定供給やピーク抑制範囲を自立分散協調的に拡大し可能な限り発電量を使い切る地域エネルギー管理に進化させていくことができる



● 災害/非常時のエネルギー・セキュリティ

災害時ほど情報取得への需要は強く、3.11以降、非常時における情報インフラの重要性は高く認知されるようになった。しかし通信事業社などの努力によるライフラインとしての情報インフラの堅牢性に比べ、家庭内の情報インフラは、停電時など機能不全となる。災害/非常時にライフラインとして必要最低限のエネルギーを確保し、情報取得を長期間維持できる用なモードに移行するシステムとする。通常個別に利用されている店舗・家庭などの情報インフラを公開することにより、非常時の情報インフラを確保することも可能になる。現在の標準的な給電システムは長距離で大規模な送電を考慮して作られたが、多くの家庭電気製品は、実は直流で稼働ため、交流から直流に変換する際に電力の損失が発生している。また、電力を変換する際には熱を冷却するための空調用の電力も消費されることもある。直流給電は、現在の主流である交流給電を利用する際の電力ロスを低減できる給電方式で、直流で発電する太陽光発電、蓄電池、燃料電池との親和性も高く、エネルギー管理システム出の制御も容易で持続可能な新世代の都市モデルにとって、欠かせない技術であるが、既に普及している交流給電が障壁となっている。本提案住宅では現在の100V給電とともに直流給電システムも多重化してもつことにより、様々なエネルギー連携効率化と、非常時モードの構築を容易にする。蓄電装置経由で、家庭内に情報配線を敷設することにより、最低限の情報機器(無線AP, ホームルータ)は、通常の電源系が停電したときにも、稼働する。



■ 健康維持と安心を考え続ける人間中心のスマートな住宅

● 自然な生活リズムと変化で居住者の健康を維持する

健康と安心がユーザーに判りやすく訴求することは言うまでもないが、本提案住宅では、そのために人間を過保護にするのではなく、人間が我慢するのではなく、不自由を感じない程度の自然な生活の負荷が結果的に居住者の健康を長く維持する居住性を提供するべきだと考える。適度に露出した建築素材の木目や、危険度の低い日常運動を促す床のレベル差、体に負担でない程度に変化する室内環境などによって、人間を中心に生活の価値を高める省エネ技術でユーザーに訴求する。そのために重要なのは、環境のデータだけでなく、住宅内部にいる人間の利用状態のセンシング技術や、健康管理データの解析技術、適切なインターフェース技術などの先端的情報技術による制御で、人間中心に考えて続けてくれるスマートさでユーザーに訴求する事である。



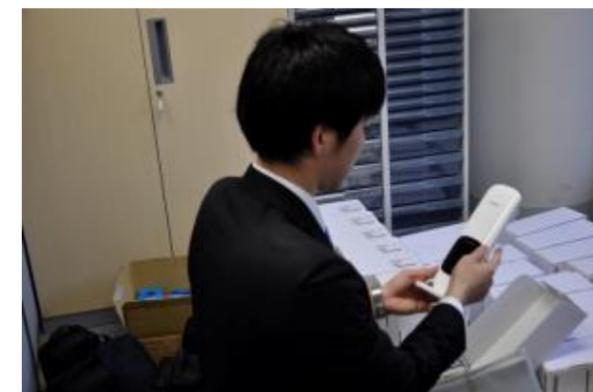
● 電力消費節減だけではないLED照明の効果

慶應型共進化住宅では、色温度と照度を個人の好みとシーンに合わせて自由に変化させることのできるLED照明を提案する。演色性のいい照明は、食事が美味しく見える、精神状態に良い影響を与えるなどの効果を引き出し、これは我々の健康増進へとつながる。右の実験結果のように、光環境を好みの雰囲気とすることで、疲労低減、知的生産性の向上を計れることがわかっている。生まれ育った環境によって1人1人好み異なるので、「誰が部屋にいるか」やその行動から推定される感性を基に、色温度と照度を個人の好みとシーンに応じて自由に変えられるシステムを提案することが重要となる。また、朝昼光をきちんと浴びることによってサーカディアンリズムが整い、夜の睡眠効率・昼の知的生産性が有意に向上するという実験結果から、本提案のように室内に昼光を取り入れることが居住者の健康増進へと繋がる。



● 生体センサーによる制御と快適性自己申告によるインタラクティブ動作

HEMSの機能として温度、湿度、風速、明度のような室内環境の情報を細かくセンシングして、その情報をもとに空調や照明などを最適に調整することは当然ながら、それだけではなく利用者の空間的位置情報に始まり、血圧や心拍などの健康状態情報などを総合して、例えば睡眠の状態によって熱環境を調整するなどの様々な動作をし、常に人間の活動状態に合わせた働きをする事でユーザーに訴求する住宅にする。なかでも個人の携帯端末の加速度センサーにて運動量を推定し、それに基づいて自動的に最適化する制御や、携帯端末からの快適度の自己申告データから個々の快適の感じ方の差異を抽出してパーソナルな空調を達成するようなインタラクティブ動作も可能となる。



3. 実行力

■ 簡単なインターフェースでエネルギーの技術の“見せない化”

誰にでも簡単エネルギーの適切なエコを行っていただくためには、従来のHEMSで主流であるエネルギー利用の見える化だけでは不十分である。情報技術に長けていない高齢者や子供にとって難解であり利用しやすいとは言えず、示されたグラフから具体的にどのように行動すればよいかの判断は大変難しいといえる。そこで、極力簡単なインターフェースでありながらユーザーの本当の要望を判断できるスマートHEMSを実現する。スマートフォンにつまみを一つ用意し、『より快適』『おすすめエコ』『頑張るエコ』『OFF』といった具合に環境設定を選択する手段、また同様に、「自らが感じる快適性」をシステムに通知することで、居住者のニーズをとらえた省エネが簡単に可能となる。さらに、スマートフォンの加速度センサを利用した活動量推定アプリを提供することで、「寒いようですので、XXXを着てはいかがですか?」「部屋のXXXがあなたにとって、快適な場所ですよ」といったレコメンデーションも提案している。このような世界初の未来型コンシェルジュ知能が、無理なく自然にエネルギーを削減する暮らしを身につけるための住宅の機能としてユーザーに訴求する。

● 見せない化



● OMハンドリングユニットをはじめとする総合家電制御

慶応型共進化住宅において太陽熱利用として導入しているOMソーラーシステムなど空調家電は、従来温度のみによって制御されることが一般的であった。本事業ではセンシングした独自の快適性指標(PMVを基準としてCO2濃度や人数も勘案した総合指数)値に応じて自由に制御(プログラム構築)する。知的生産性指標といった様々な指標を勘案し、自動排気をすることや、風速・風向・日射量・UV照射量・降雨量を計測する屋外センサの値を勘案しながら、適切な窓開けなど、快適生活をレコメンドするなど、居住者の状況に合わせた室内温熱環境が提供する。



● 照明制御

慶応型共進化住宅において、照明を状況にあわせて切り替えるシステムを実装した。読書時、睡眠時、食事時などそれぞれのシーンにあわせた適切な照明を提供できる住宅となった。本事業においては、上述の快適性つまみをひねると、照明もそれに応じて変化するようにシステムを設計した。



● 環境センシング

住宅において快適な制御を実現するために、まずは現状を把握する必要がある。その環境のセンシングを行うために、提案住宅には使用電力・ガス・水道量の詳細な情報だけでなく、温度・湿度・照度・風速・CO2濃度をリアルタイムに計測し、快適性や人数などの推定・制御を実現した。特に風速センサは一般家庭環境対応かつ0.1m/sから計測可能なセンサを開発、利用している。また、そのデータの二次利用についての考慮も欠かせない。取得したデータをもとに、例えば、電気を利用していることで在宅を判断し、高齢者見守りサービスや、電力利用アシスタントサービス、自動セキュリティサービス、自動宅配通知サービスを展開できる。また、プライバシー情報を勘案し、取得したデータを匿名化する技術も構築、技術標準プロトコルを採用しながら



■ 自然素材による環境融和と健康維持

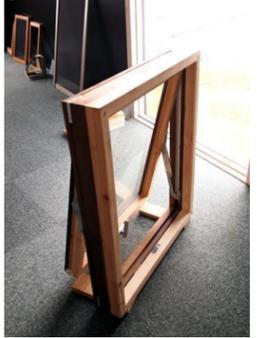
多数の企業に協力いただき、製品を提供してもらい、コンセプトである自然素材による断熱性能と蓄熱性能を確保。また居住空間内で体感される熱環境や、視覚的効果などの点からも人間の健康を増進する効果に期待することができる。国産杉の交差積層集成材パネル、新聞紙からリサイクルされたセルロースファイバー断熱材や、自然石による蓄熱体などを用い、ライフサイクルでの環境負荷低減と健康増進を両立させる技術を確認する。また、外被は、可能な限り最大限緑化することにより、都市の温熱環境の改善にも貢献する。



健康自然塗料 / 株式会社イケダコーポレーション



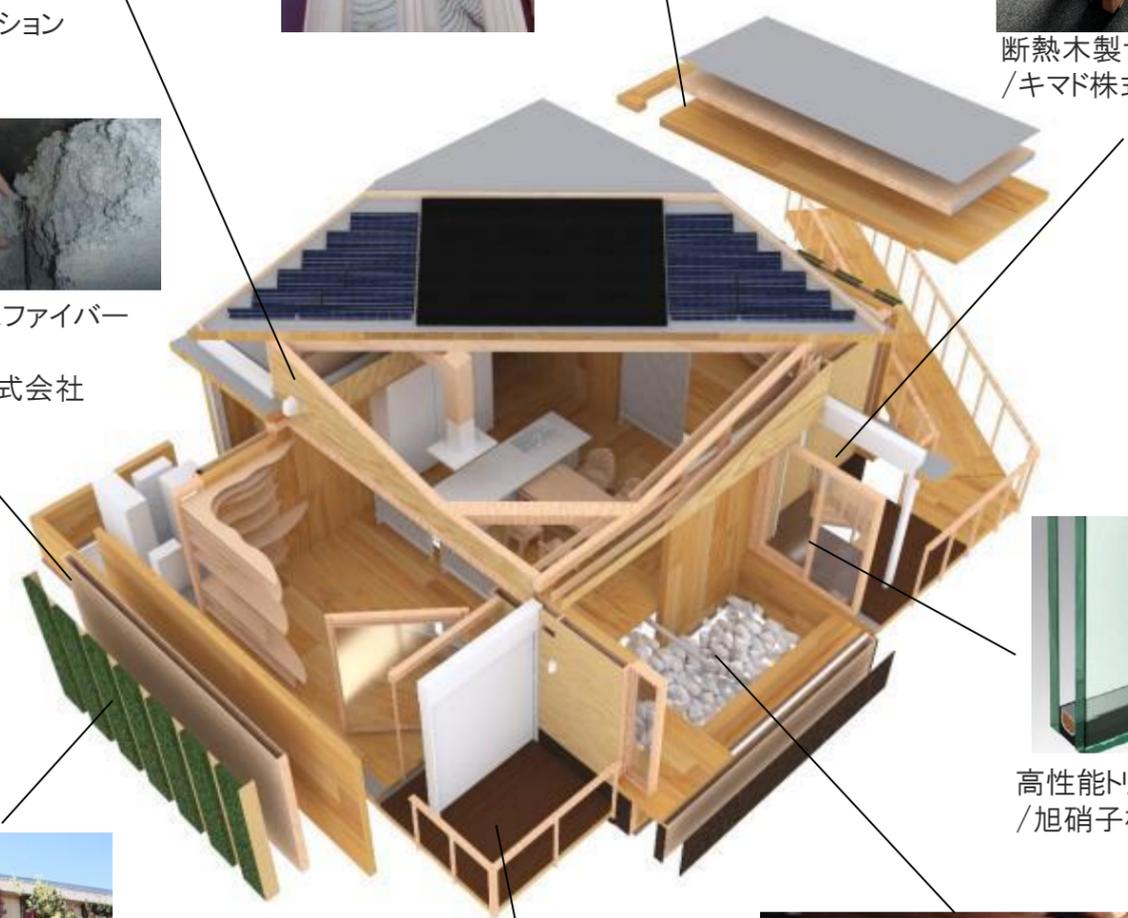
交差積層集積材パネル (CLT:Cross Laminated Timber) / 銘建工業株式会社



断熱木製サッシ / キマド株式会社



セルロースファイバー断熱材 / デコス株式会社



高性能トリプル硝子 / 旭硝子株式会社



緑化パネル / 日比谷アメニス



木質系内装、外装 / 双日建材株式会社

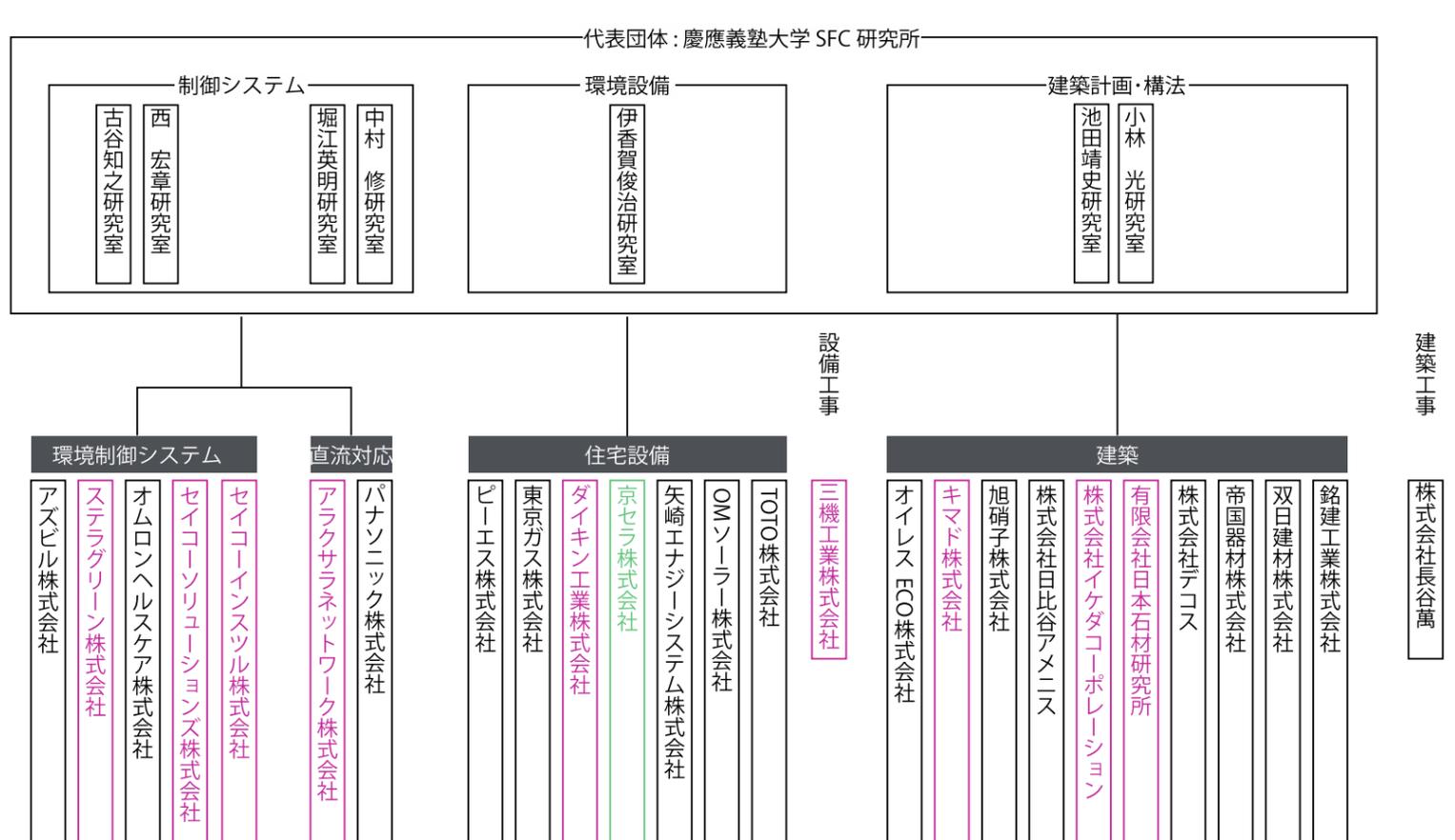


自然石蓄熱体 / 有限会社日本石材研究所

3. 実行力

■ 学部を横断した“学内”のつながりと、数多くの企業参加による“産学連携”

本事業における慶応大学の実行体制で特質するところは、学内において学部を横断した研究室が協力していることと、採択事業者の中で最も参加している企業数が多いことである。まず学内においては、同じ分野の研究室であれば普段から交流はあるが、他のキャンパス、分野の研究室となるとほとんど交流がないことがほとんどである。大学では最先端の研究がおこなわれていることから、今後新たな提案を行っていくうえで、これら異分野の研究室同士が協力することがとても重要であり、学生にとっても幅広い視野を持つ重要な機会になる。そこで本事業において、建築の計画・構法と環境設備、そして制御システムの研究室が協力することで、2030年の家としての新たな価値創造に向けた住宅提案ができると思う。そしてその提案を実現するべく、数多くの企業に参加して頂いている。学内での異分野交流に合わせて、参加している企業も多種多様であることから、産学連携のみでなく、企業間の交流も活発に行われることで、本事業終了後における新たな体制の構築が期待できる。本事業においては短期間で多くの提案を盛り込むべく、数多くのミーティングを実施することで、強固な実施体制を構築した。

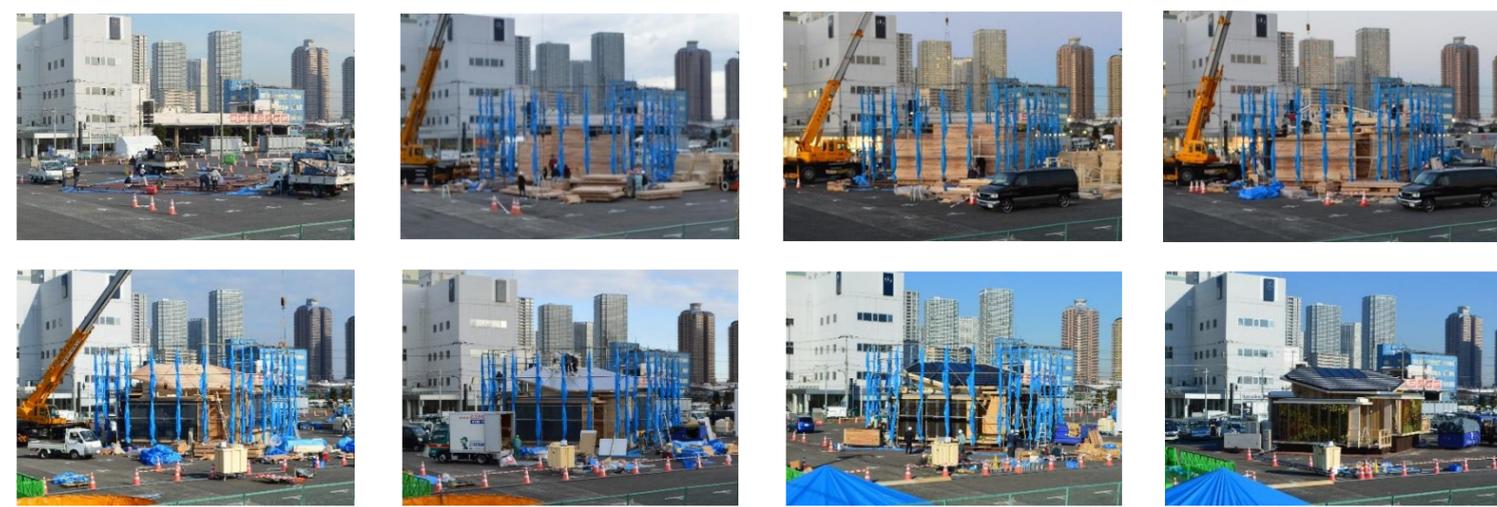


宇賀亮介建築設計事務所
東京大学生産技術研究所腰原研究室



■ 木質パネル工法による組立・解体

堅牢で簡易に建築、移設することのできる国産杉のCLT 大型パネル構法を開発する。本事業のような比較的小規模な住宅建築においてCLTの優位性の一つは施工方法が容易で非常に短期間で組み立てが可能な事にある。これを実現するために基本的にパネルをT字型に組み、これをボルトで接合する工法をする方法を採用することで、さらに解体も非常容易になることも重要な点である。なぜならこれによってコンクリートパネルのように堅牢な建物が比較的簡易に移設再利用できるようになるからである。本事業でもこの点を追求して、資源の消費抑制にもつながるリユース性の高い建築構法を確立する。



■ サーモカメラを用いた室内環境の測定

完成した住宅において室内温熱環境をサーモカメラを用いて測定した。本住宅では部屋を仕切りで分けるのではなく一体の空間とすることで、住宅全体で一定の温熱環境を保っている。近年では脱衣所、浴室における熱中症被害や、部屋間の温度差による血圧変動など、住宅内の室内温熱環境が原因と考えられる健康被害が問題となっている。このことから、間仕切り壁等で仕切ることで、普段の居住部分とそれ以外の部屋の温度差を大きくするのはなく、住宅全体を一定の温度に保つことで、健康被害の軽減につながると考える。また、室内の暖房には太陽熱を利用したOMソーラーシステムにより、床下空間を通じて床の段差より暖かい空気が流れだすと共に、放射冷暖房の設置により、部屋の温熱環境が年間を通じて一定に保たれると考える。



4. 省エネルギー性

■ 暖冷房費、給湯費が約46%削減！

本推計では2つの温熱環境シミュレーションを用いて暖冷房、給湯負荷を推計し、暖冷房費と給湯費の削減効果を評価した。『AE-Sim/Heat』では、一般的な住宅と慶應型共進化住宅の比較するため、図面をもとに熱回路網でモデル化し、それぞれの住宅仕様における暖冷房負荷を推計した。そして、慶應型共進化住宅に導入しているOMソーラーシステムを用いた太陽熱利用による室内温熱環境の改善と、給湯におけるエネルギー消費量の削減が期待される。しかし、このOMソーラーシステムの導入をAE-Sim/Heatではモデル化できないことから、OMシミュレーション『SunSons ver.6.1』を用いて、OMソーラーシステム導入(太陽熱利用)の有無における暖冷房負荷、給湯負荷を推計した。また、制御システムの導入では暖冷房に要するエネルギー消費量が1割削減されると仮定して推計している。この結果一般的な住宅に比べ、慶應型共進化住宅では約46%の暖冷房費、給湯費の削減が見込まれることが示された。

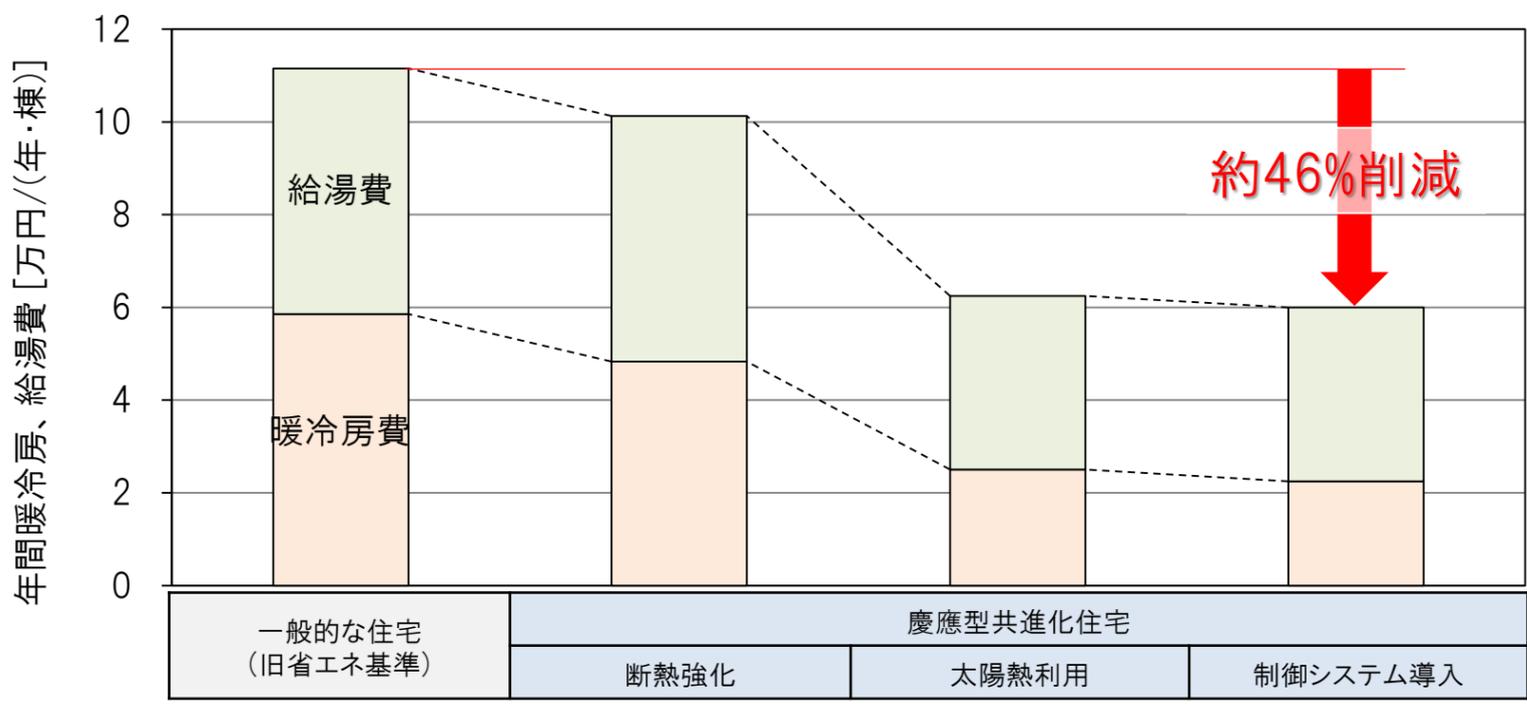
● 各部位の仕様(一部抜粋)

部位	熱貫流率 [W/(m ² ·K)]	層構成
外壁	0.232	土壁:150mm 吹込用セルローズファイバー 断熱材1:120mm 合板:150mm
大屋根	0.180	合板:150mm 吹込用セルローズファイバー 断熱材1:180mm
...

● シミュレーションの様子



● 慶應型共進化住宅の暖冷房費、給湯費 推計結果



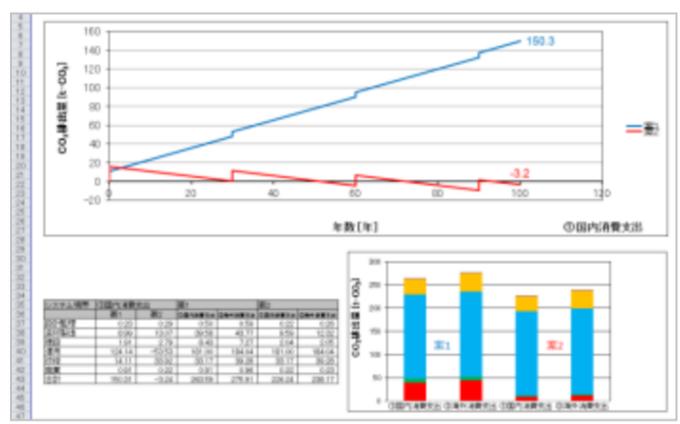
■ ライフサイクルを通じてCO₂をマイナスに！

本推計では『LCCM住宅評価ツール』を用いて、建物のライフサイクルを通じたCO₂排出量を推計した。「建物条件」は図面、温熱環境シミュレーションの結果、「資材・設備投入量」は建築・設備図面より物量を計算し、入力した。また「省エネ行動実践度」は、制御システムの導入により、住宅が居住者の好みに合わせた制御を行うと共に、居住者側も省エネに対する意識の向上により共進することを想定し、「風呂の回数を減らす」以外の項目(例「風呂の湯の使用量を減らす」)は実践するとして推計した。右図のLCCO₂推計結果では慶應共進化住宅における、対策導入毎のCO₂削減効果を示している。一般的な住宅と比較して、自然素材の利用により新築、改修・修繕段階における資材製造に係るCO₂排出量が削減されると共に、太陽熱利用、制御システムの導入により、大幅に運用(エネルギー)段階のCO₂排出量が削減されることがわかる。そして、太陽光パネルの設置によるエネルギー創出量が、運用段階のエネルギー消費量、新築、改修・修繕段階のCO₂排出量を上回ることから住宅のライフサイクルを通じてCO₂排出量がマイナスになる(LCCM: Life Cycle Carbon Minus)ことが示された。

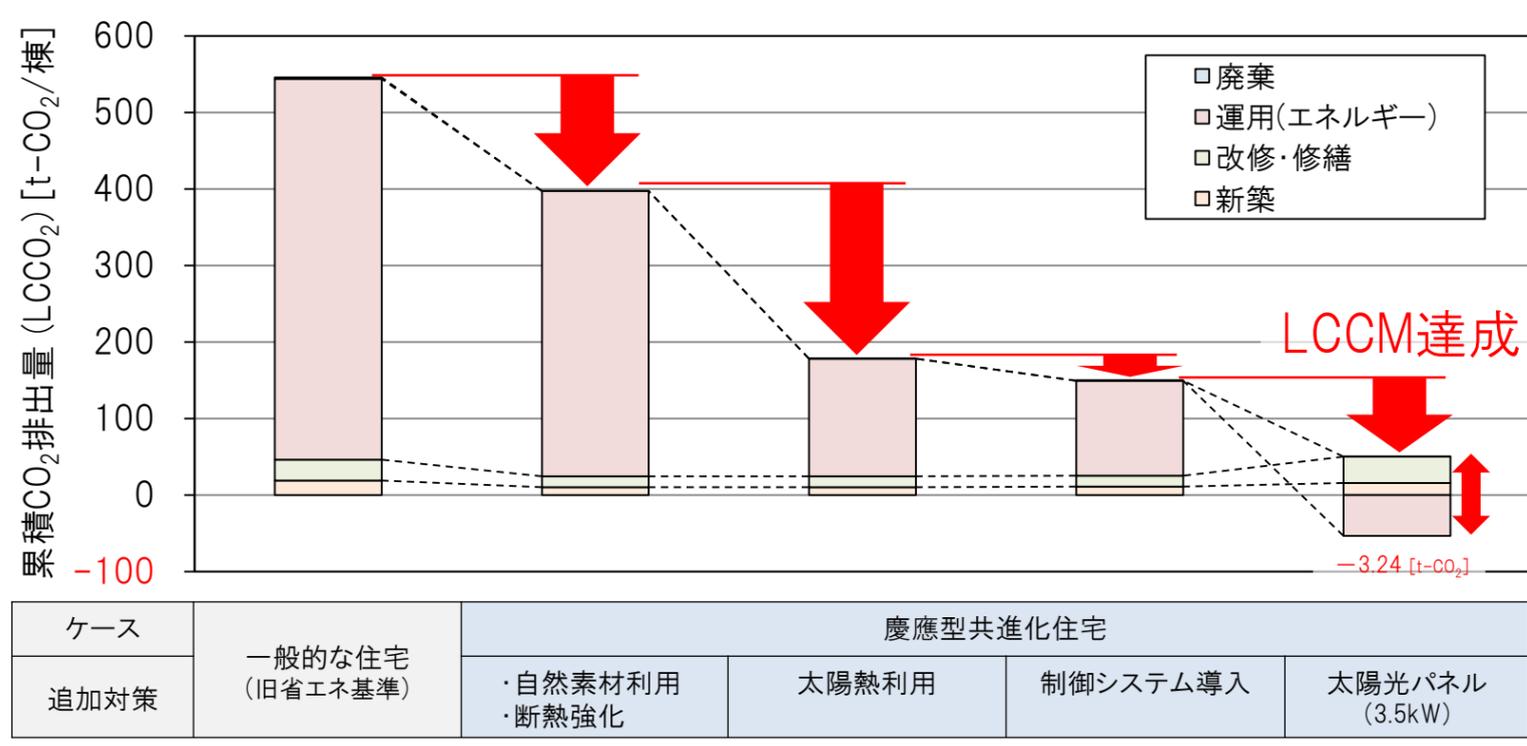
● 資材データ(一部抜粋)

名称	物量	単位
CLTパネル	60.3	m ³
セルローズファイバー断熱材	36.6	m ³
ガラス	47.5	m ²
木製サイディング	97.2	m ²
...

● シミュレーション画面



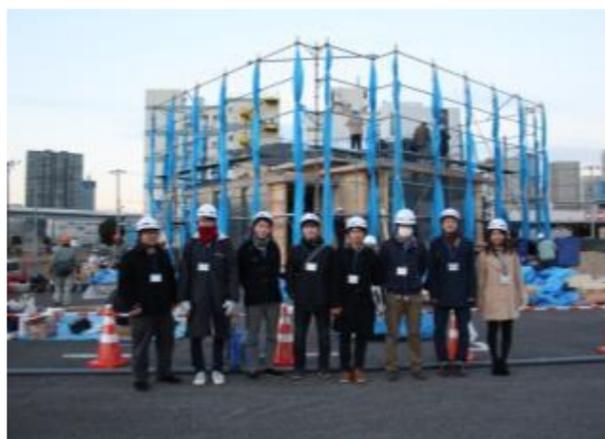
● 慶應型共進化住宅のLCCO₂ 推計結果



5. 教育・啓発効果

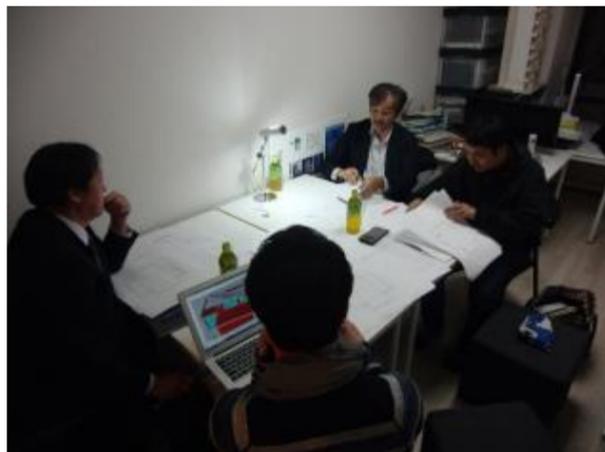
■ 会議への積極的な参加

単独の研究室や学科ではなく学部を横断した様々な分野が連携して一つのモデルの実現に取り組む。これは生活に関わる要素が多岐にわたり、また社会的な動向などにも大きく影響される複雑な問題で、単純な技術開発では解決しきれないことや、現実の社会で幅広く受け入れられるような実践的な提案のためには、それぞれの分野の理論上の理想だけでなく現実的な視点を求められることなどを経験することによって、それぞれの学生が専門分野を超えた総合的観点から住宅環境への技術な理解し、相互に協力することの意義を理解させる人材育成へ効果を挙げられると考える。



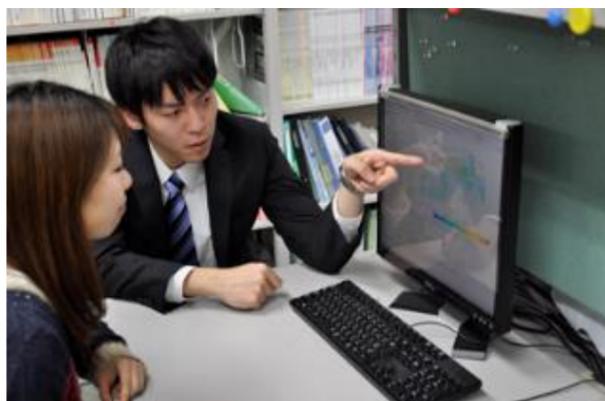
● 企業の方を含めたミーティング

本事業では企業の方とのミーティングにおいても学生が積極的に参加した。時には理想と現実の違いを思い知らされることもあったが、普段の学校生活では得ることのない実践の場を経験することで、社会にでてからも通用する人材育成につながる成長を果たすことができたと考える。

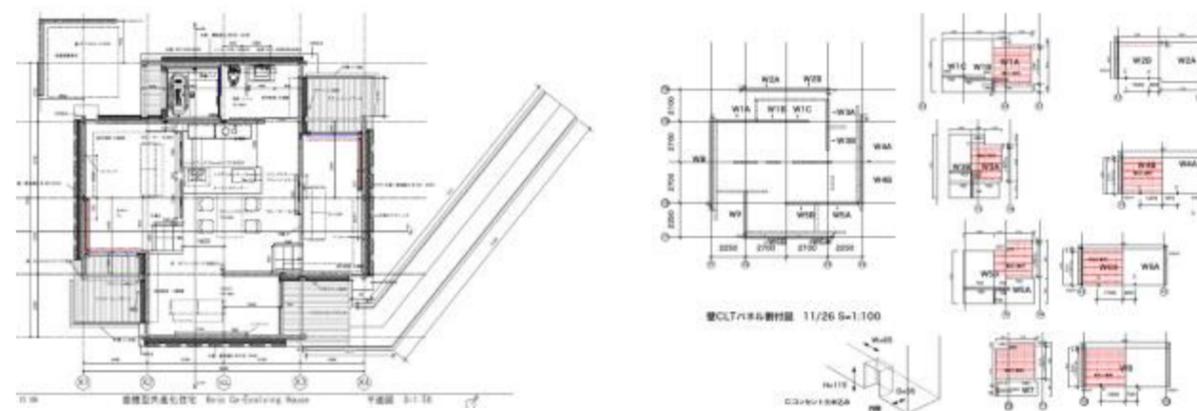


● 研究室の先輩・後輩による“半学半教”

本事業では、学部はもちろん、学年も異なる学生が集まって取り組んでいる。そのような中で、先輩が一方向的に後輩に対して教えるだけでなく、“半学半教”によって先輩も後輩学生から学びながら自由闊達に意見を述べ合うことで、学生全体の成長につながった。



■ 学生による実施図面の作成



先生のチェックのもと、企業とミーティングを重ね、学生が3D作成と並行して実施図面を作成。基本設計から実施設計の段階までを学生が主体となって行い、建築設計の厳しさを面白さ、また引いた図面から実際の建築物が立つという建築の醍醐味を現場で体験することができた。

■ ORF(Open Research Forum)における研究発表

第18回 SFC OPEN RESEARCH FORUM 2013において慶応型共進化住宅の研究発表を行った。これはSFCの研究プロジェクトの最新の研究成果を展示発表し、経済界や行政の論客を招いてのパネルディスカッションする場である。

アジア地域において慶応型共進化住宅の集合のあり方をケーススタディしたり、住宅のバリエーションと人々のライフスタイルのスタディ、またカスタマイズ可能な家具の制作を行うなど、1次提案の内容をさらに深めることで、2030年における慶応型共進化住宅の可能性を追求した。



■ 実証実験データの活用

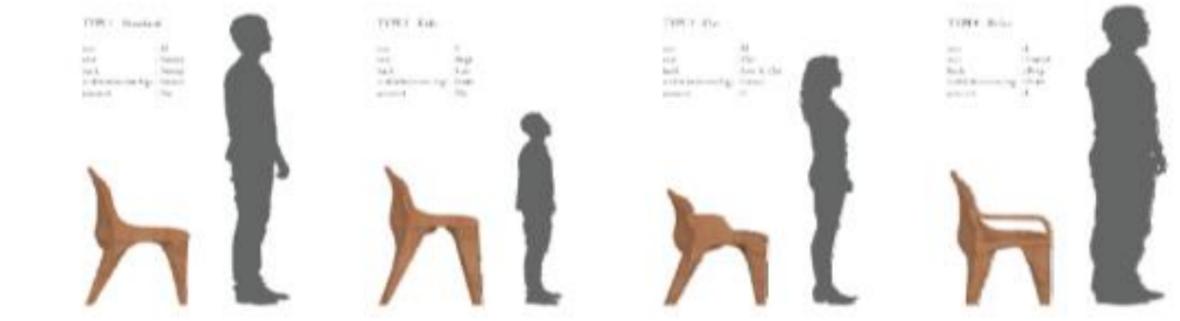
本事業の特徴の一つとして開発される実験用のモデルハウスを一般に公開し、また実際に使ってみることでその総合的な評価について実験実証することがある。このことの長所はもちろんユーザー層の啓発効果もさることながら、そうしたユーザー層の反応や嗜好を観察し、提供されたモデルハウスが、どのようにライフスタイルを変化させ、エネルギーの使用量や健康増進効果などにどの程度繋がるかについて具体的にデータが収集できる点にある。このデータは省エネ技術の研究と教育にとっても重要なだけでなく、実験に参加する各団体にとっても最も貴重な説得材料として、その後の普及展開を助け、産学連携を促進することになる。



5. 教育・啓発効果

■ ライフスタイルに合わせてカスタマイズ可能な木製家具の制作

椅子
池田研究室では学部生を中心として家具を作成した。椅子では高齢者や子供といった座る人それぞれに対応した椅子を作成できるように部材寸法をさまざまに変化できるようにした。コンピュータショナルデザインを駆使し、曲面形状の椅子を考案、レーザーカッターで切り出し、組みたてが容易にできるような仕組みである。学生と企業(帝国器材株式会社)が打ち合わせを重ね、完成したプロジェクトである。具体的には、Grasshopper を用いてパラメトリックにモデルを操作することで、使う人の体形や趣味、用途に応じてその人の好みの家具が出来上がる。例えば、ある家のお父さんはダイニングではゆっくりくつろぎたいとする。ゆっくりくつろぐためには高い背もたれ、深い座面、大きな肘置きのある椅子がいい。一方、ある家のお母さんは家事で頻りに立ったり座ったりする。移動しやすくするためには少し小ぶりで座面は浅く立つときに障害になるような肘置きがないような椅子がいい。これらの相反する2つの椅子はパラメトリックモデリングを用いることでコンピュータ上でカスタマイズできる。座面の深さや背もたれ高さ、肘置きの有無など「家具」を構成する要素をパラメータによって管理し、使う人が自由に選択するだけでその条件を満たした家具が自動的にモデリングされる。そのモデルが構造的に持つように計算された部材が足され、材料を切り出すための図面に自動的に展開される。そのまま工場にデータが送られて加工され、実物が家に届く。無数にある既製品の中から一番好みに近いものを探すのではなく、ライフスタイルに合わせて家具が形を変える。今回は異なる4人のライフスタイルに合わせた椅子を1つのパラメトリックモデルによってデザインした。足の位置や形、座面、背もたれなど多様なパラメータの中から選び抜かれたデザインは、逆に家具を見ることでそれをを使う人のライフスタイルが垣間見える。



テーブル



木製棚 壁の溝に住まい手が自由に棚を入れることができる。組み合わせを変えることで、さまざまな形状の曲面が現れる。

■ 制御システムの実装

西研究室では、学部生が責任をもって中心的な役回りをし、研究室代表として全体の取りまとめも行った。多種多様な関係者がいるなかで、試行錯誤しながらプロジェクトの完遂までを行い、その技術水準は関係企業からも驚きと賞賛の目をもって受け入れられている。世界標準も考慮した「将来の展開」を見据えた実装を行ったことは、学生が今後社会に出て活躍する上で非常によい経験になった。各種制御システムは、新しいセンサの実装や開発のみならず、既存基板回路の解析と、新しい回路の設計、それを制御するコントローラ、さらにはその上で動作するソフトウェア、インターネットを介してデータベースと接続する上位サービスと様々な技術領域の融合である。関連するさまざまなノウハウを取得・共有することができた。学校の授業や座学では得られない学びや喜びをたくさん得ることができた。

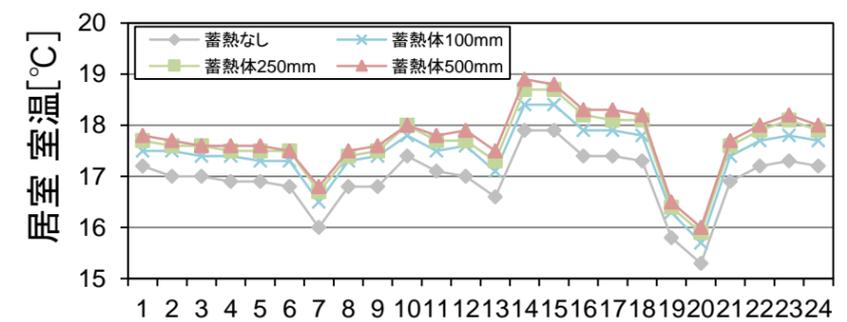


■ OMソーラーにおけるシミュレーション研修

伊香賀研究室では、OMソーラーシステムを導入した際の室内温熱環境や、年間熱負荷、年間給湯負荷を推計するため、OMソーラー株式会社においてシミュレーションソフトを学ぶ研修を受けた。そのシミュレーションでは、慶應型共進化住宅の図面からデータを集めて計算条件を入力すると共に、シミュレーション内での計算方法や結果の見方に至るまで丁寧に教えて頂いた。また、シミュレーションの合間にはOMソーラー株式会社のモデル住宅を見学させて頂くことで、OMソーラーシステムについてより理解すると共に、太陽熱利用によって温められた空間を実際に体験することで、大学の授業や、研究室でのシミュレーションでは得られない体験をすることができた。本提案では、このシミュレーションソフトを、暖冷房機器の必要能力の検討や、床下に入れる蓄熱体の容量を検討する際に活用し、シミュレーションを使えるようになったことはもちろん、その結果を見ながら先生や企業の方と議論させて頂くことで、自然エネルギー利用に関して、より理解を深めることができた。



● OMシミュレーションを用いた、居室室温の推計結果



6. 将来的な普及・展開

■ 持続可能な都市形成への貢献

都市居住空間の確保において山林や農地の造成や、水面の埋め立てに比較し環境影響が小さく、産業用途に利用されてきた既存の大規模な都市の港湾地域を再生利用できる。また比較的移動や再配置が容易な事から、将来的な柔軟性が高く都市空間を適応的に維持することができる。

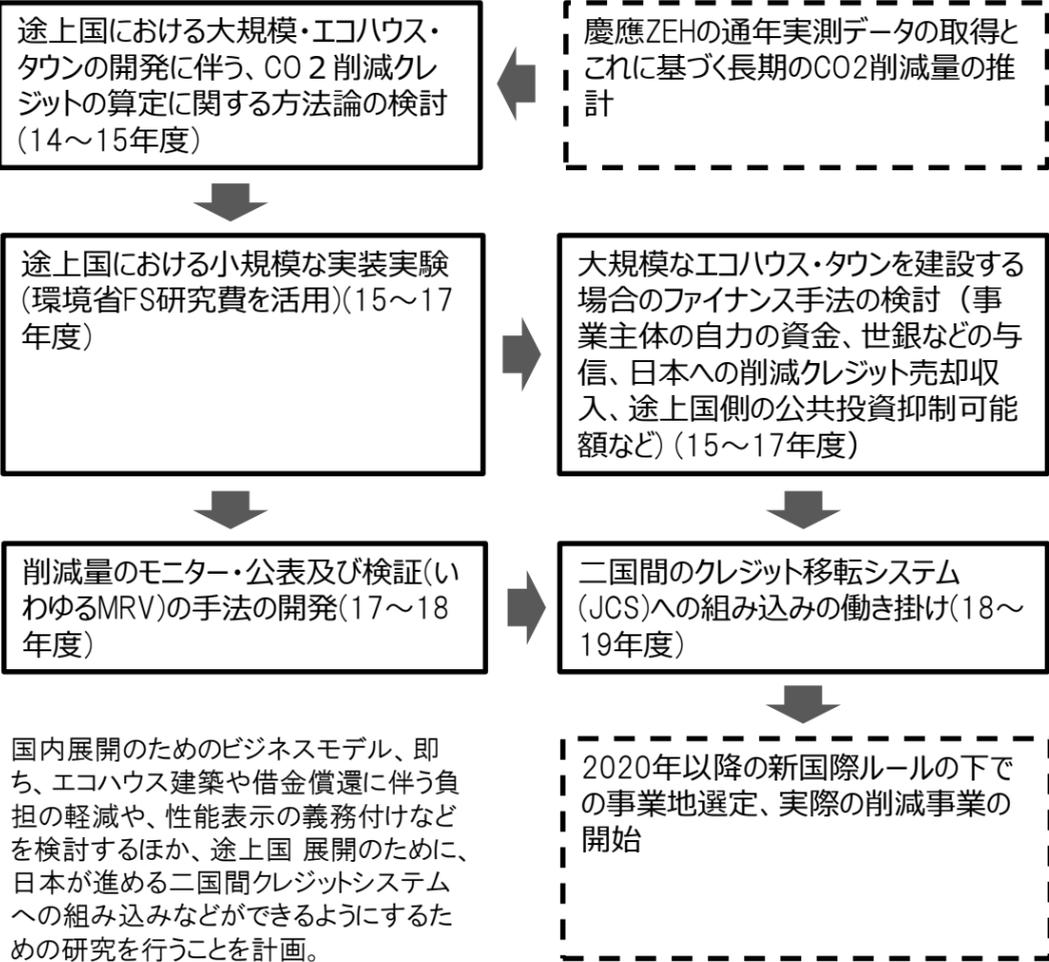
■ 高度な自然エネルギー利用方式の開拓

水は熱エネルギーの循環の重要な担い手である。水上住居では近接して存在する豊富な水の熱を利用したシステムにより、他の条件では難しい自然エネルギー利用方式を開拓できる。

■ 都市の災害回復能力向上への貢献

地球温暖化に伴う気候変動や将来危惧される大規模地震に対応できるよう安全性の強化を考えたとき、インフラに頼らずに水やエネルギーを確保できる適切な技術開発が組み合わせる事で、従来の住居形式よりも容易に都市の災害回復力を高めることができる。

■ 政策や民間の新ビジネスモデルの開発・適用による国内外への普及プロセス



■ アジアへの普及

経済成長に伴い、都市部を中心に大気汚染、水質汚濁等の環境問題が顕在化するアジアでは、その対策が喫緊の課題となっており、こうした問題の解決を図るため、課題先進国の我が国の経験に基づく様々な環境技術を展開すること期待されている。その中で住宅分野においては比較的に高温多湿ながら季節差の大きなアジア諸国の気候へ配慮したモデルが重要である。同時に一般的な欧米方式のエコハウスで配慮が不足している高密度な都市環境や、水上環境、インフラが不足する環境への対応などが、これから発展するアジア地域には求められている。我が国の産業がこうしたアジア地域の環境問題解決に貢献することが2030年に向けた重大な課題であり、産官学が一体となって、こうした住宅分野に関連する様々な環境技術を総合してアジア地域に貢献できる技術や人材の育成にあたる事が重要であると認識している。アジアの環境への適合性を高めることは、日本における今後ますます進むと目される温暖化・ヒートアイランド化への適応力を高める上でも有意義である。

● 臨港地区—新木場



現在は工業専用地域と臨港地区に指定されているため、住宅の建設はできないものの、今後の土地利用転換の動向によっては、人口増加の可能性から、住宅需要が生まれる可能性がある。特に単独世帯、一般家庭やDinksのような人々を対象とした住まいが求められ、近隣同士が共有できる空間によるコミュニティ形成が求められる。

● 水上生活集落—トンレサップ湖



トンレサップ湖の周辺には漁業を職業にする人々が約100万人もいる。生活で必要となる電気は自動車のバッテリーでまかなっており、慶應型共進化住宅は太陽光発電及び蓄電が可能のため、インフラが整備されていないところでも独立して成り立つことができる。生活も職業を共にする彼らにはそれぞれのライフスタイルに応じて、自由に機能変換できる慶應型共進化住宅はここでの需要がみこまれる。

● 新興国 農村開拓地—華西村



中国では78年の改革・開放後、経済が著しく発展しており都市の拡大と農村部の都市化が急速に進んでいる。その中で華西村は特に都市化が進んでいる農村であります。急激な開発によって建物の変化が失われ、村の雰囲気もなくなってしまった。また中国では建築廃棄物はゴミ全体の1/3になっている。新農村の建設と環境配慮の面から考えると多様なライフスタイルに適応したバリエーションある住宅の需要があると予想される。

■ 制御システムを活用した住宅内の健康維持・増進の研究の展開

SFC 研究所環境文化再生デザインラボでは、25年度の本事業の枠を超えて、今回実証実験する環境技術のさらなる実証的研究の展開をすべきだと考える。本事業では時間的制約条件からデータが測定できる期間が限られているが、住宅のエネルギー消費評価は年間を通じた収支バランスが重要であること、健康維持増進効果についてもある程度長期的な期間を生活することで効果が現れることなどから、本事業の終了後、引き続き適切な場所を確保して本実験住宅を再度組み立て、少なくとも1年間を通じた環境性能実験データを取得する予定です。それは同時に本モデルハウスの特徴でもある建設と解体の容易性とそれによる資源リユースについての実験にもなると思う。

