

ツリーハウス試作について

A treehouse construction by way of experiment

デザイン学科・教授

Department of Design・Professor

平光 無門 Mumon HIRAMITSU

1 はじめに

1.1 エコロジー

スカンジナビア諸国では、1970年代に建築における環境保護への取り組みがはじまった。こうした動きは、草の根運動家やリベラルな市民が集まって、新たな生活のしかたを求めてつくったコレクティブハウスや自給自足的なコミュニティからはじまったものである。そしてそのなかで「アーバンエコロジー（都市生態学）」が生まれ、草の根運動家は住居の質を改善するために、植栽の重視や工業的な材料に代わる建築材料の考慮など、都市における生態学的な変革に取り組んだ。

草の根運動家は、環境への配慮とエコロジーへの献身をよりどころに住居を建ててきた。しかし、こうしたアーバンテクノロジーの取り組みが美しい形態をまとうことは稀であった。そして長い間、スカンジナビアの建築家は草の根運動の住居を「美しいもの」と嘲笑してきた。

一方、建築家が設計した建物は、魅惑的なデザインとより抜きの材料によってエコロジカルな建築がつくられているが、ある比較研究においては、建物の性能に関していくつかの計算を行って評価した結果、建築家がデザインした建物のほうが、草の根運動の住宅よりも環境面で絶望的に劣っていることが明らかになった。これは、多くの建築家はエコロジーの「イメージ」をつくりあげることに腐心し、表層のみで環境問題に取り組んでいるといえるのではないだろうか。[1, pp. i - ii]

空間を単に物理的存在として形でとらえる世界観から生じた〈空間〉の美学と、ローカルな環境に根ざした原初的な文化をもつ〈場所〉の美学との葛藤を超えて、自然のプロセスや住み手が手を加えることで生じる変化を受け入れて、建物が出来上がったあとも時間とともに変化していくような建築を美しいとする美学を持つことが、環境問題やエコロジーに対する持続可能なデザインの方向性といえるのではないだろうか。[1, pp. 119-200]

そんな考えにもとづく創作行為としてツリーハウスに関心を持っている。草の根運動のアーバンエコロジーは、住民たちの居住地に根ざした取り組みであった。言い換えれば、特定の〈場所〉と結びついているわけである。この性格は、デンマーク環境省によるアーバンエコロジーの定義にも表れている。わたしも自ら使用する場所において、ツリーハウスを試作してみることにした。

1.2 経緯

この研究は自然な土地の利用方法の模索からはじまった。標高900mの高原のゆるやかに傾斜した山林は、広々とした牧草地や高原野菜の畑のなかに残されたこんもりとした林になっていて、立木越しの眺望が雄大な心地よい空間である。しかし直接公道に面しておらず、アスファルトの公道から50mほど入り込んだ2m幅の未舗装の農道を通して侵入しなければならないような袋地である。

この条件が意味することは、建物を建てようとした場合、標高が高く豪雪の寒冷地であることから、凍結深度が深く基礎工事がたいへんなこと、このままでは資材を運搬するトラックや工事に使用する重機が使えないこと、建築確認申請ができないことなどが挙げられる。道路の問題を解消すればこれはすぐに片付くことではあるが、必ず建物を建てなければならないというわけではないので、そのまま条件として残してあった。

またこの自然の姿を何年もながめていてあらためて感じることは、自然の力のたくましさである。それは深く茂った林間の藪に立ち入るために下草を刈ったり、枝を払ったりしても、一年もすれば草の丈は50cmほどにもなって歩くこともままならず、新たにひとの背丈ほどの木も生えてきている。せせらぎの流れを整えるために底を掘り、石を両脇にならべてみても次には水の流れは別のところに変わっている。大がかりな工事や持続的な修復によってのみ自然の姿を制御できるが、それでもほうっておけば、いずれなるべき姿になっていく。そんな自然のなりゆきに合わせながらこの土地を利用していくことができないだろうかという思いを持っていた。

2007年度の名古屋学芸大学環境空間デザインクラスの卒業制作のテーマに「ツリーハウスとキャノピーウォークの計画」を挙げた学生がいた。その時点では、私自身はツリーハウスについてほとんど知識がなくその学生とともにどのようなものか調べるところから始まった。ツリーハウスとは樹木の上に作られた家のことで、厳密な定義はないが、私の認識では土地よりも樹木に多く支えられている家ということである。またキャノピーウォークも同様であり、土地にたよらないということは、地面の基礎を必要としないことから自然にやさしい建造物とも言うことができる。たとえば2005年の愛知万博におけるグローバルループが少ない支柱で支えることで、土地の造成土工事を最小限に抑えたように、樹木への負担を与えずに、樹木に支えられることが可能であれば、高原の山林にも床や通路を地面から離して施工できるかもしれないと考え、この土地を計画の対象としてみてはどうかというプランがはじまった。

2 ツリーハウスについて

2.1 事例

現時点ではツリーハウスに関する資料は非常に少ない。ツリーハウス自体が合法的な建築物ではなく、学術的な研究対象としてとらえられることもあまりない。この研究の目的もツリーハウスの構造や安全性、あるいはデザイン・造形の対象として扱うものではなく、環境空間のデザインを学ぶうえで、自然との関わりを考え、構築物の施工をすることによる体感の機会をどう高めていくかを探るものである。

ツリーハウスの事例として、原始的なものではパプアニューギニアのコロワイ族の住居がある(写真1)。これは敵対する他の部族から身を守るためと言われている。娯楽的なものではディズニーランドのスイスファミリー・ツリーハウスがある(写真2)。1960年のディズニー映画「スイスファミリー・ロビンソン」をモチーフにしたもので、これも無人島に流れついた家族が、猛獣を避けるために木の上に家をつくるというものである。木の上に住むことは、避難であれ冒険であれ、地上とは別のレベルの場所に住むことであり、普段とは異なる目線の体験ができると同時に、自然との関わりを強く感じることができる魅力的は空間となる。



写真1: パプアニューギニアのコロワイ族の住居[4]



写真2: 香港ディズニーランドのツリーハウス[5]

児童向けの小説の「トム・ソーヤーの冒険」や「ピーターパン」などツリーハウスが出てくる物語はたくさんある。これらを子供のころに読んだひとがおとなになってその夢を実現させたいというニーズがあり、また同時にツリーハウスの製作を仕事とするビルダーや会社もできている。こういったツリーハウスビルダー達が研究や調査をし、その成果を示すことによって、ツリーハウスの情報が少しずつ得られるようになってきている。アメリカのピーター・ネルソン氏の調べた世界のツリーハウスが日本ツリーハウス協会の監訳によって「ツリーハウスをつくる」というタイトルで出版されている。ここではツリーハウスの事例が紹介されていると同時に、樹木への材料の取り付け方法として「GL」というボルトが紹介されている。これがツリーハウスを実現させるためのおおきなきっかけとなってくる。



写真3:ワシントン州ギグハーバーのツリーハウス[2]

2.2 樹木への取り付け

樹木への材料の取り付け方法について、樹木にもっとも負担をかけない方法は穴を開けてボルトを打ち込む方法とされている。「GL」はガルニエ・リムといって二段の強靱なボルトで、片側を樹木に差し込み、幹から構造部材を支える腕が出ている状態にするものである。

「GL」の施工方法は、構造部材を取り付けようとする丈夫な二本の幹に、正確に水平を出した同高さで、部材に直角方向に水平な穴をあける。ボルトの二段になった錨のような部分が幹にはいるように穴も二段に開けて、ボルトをしっかりねじ込む(図1)。

構造部材をボルトの腕にのせるが、これも金具を介して取り付ける。重量が点にかかると、構造部材が木材の場合は木材がへこんだり、破損したりするのを避けるためであろう(図2)。

さらにボルトの腕の先端を1mほどの上部から吊ることによってボルトが重みで垂れることと構造部材が外れることを予防する(図3)。

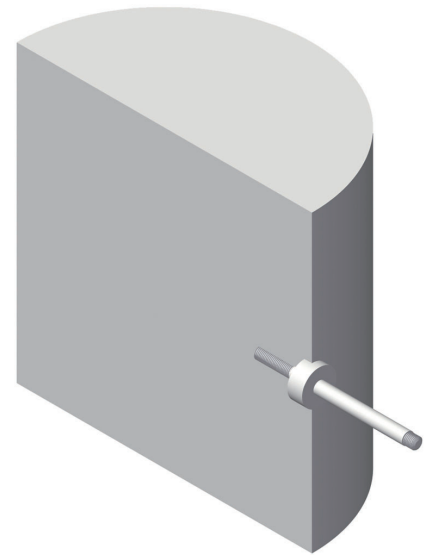


図1:ドリルで穴をあけてGLをねじ込む

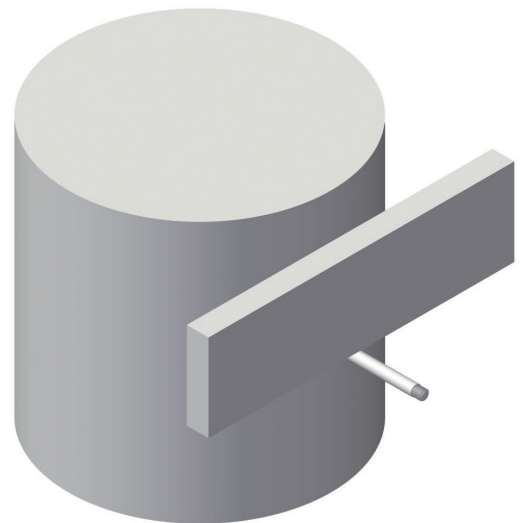


図2,3: 構造部材を金具で乗せて、ボルトを吊り支える

この構造部材はまずは床の大引きになるので、同じ高さで水平なものが最低二本は必要であろう。

「GL」が必ずいるわけではないが、よく研究されたものであり、ひとつの基準になる。これはたぶん一般には販売されていないと思う。国内でも海外でもツリーハウスビルダーが特注で製作し、ワークショップなどの体験講習を受けたうえで、販売しているようである(写真4, 5)。



写真4,5: GLボルト[6]

2.3 樹木とは

樹木にボルトを打ち込むこと自体は、自然を傷つけていることにはならないのだろうか。ツリーハウスをつくる前提で、樹木への負担を最小限にするためには、樹木のことをよく知る必要がある。

樹木とは何か。植物学的に言えば多年生の木質の幹で自らを支えることのできる植物である。この自らを支える力を頼って住空間に必要な構造体である床・壁・屋根などを支える。また木質とは何か。これは幹や枝の内部の硬い部分のことであり、伐採された樹木では、木材料として使える部分のことで、これがなければ樹木とはいわない。似ているようでも、つる植物やその他のよじ登り植物は自らを支えることができない。バナナの幹は葉柄の集合で、木材の部分がないから樹木ではない。竹は高さも太さもあるが、草が堅くなっただけである。ツリーハウスにとって樹木の定義がさほど重要なわけではないが、まずは樹木を定義した上で、理



写真6,7,8: GLと様々な受金具を使った施工[6]

解する必要があるといえるだろう。

ツリーハウスにとって必要な樹木とは主に堅い幹と枝の木質の部分である。これだけであれば一般的な木造住宅とおなじことである。床や屋根を支える幹の力のほかに、樹木を上向きに保持し土地との接合を強力にする根の部分も重要である。普通、根は樹木の重さの20～30%であるが、全重量の40～60%占める幹を除くと、枝や葉の樹冠の部分とほぼ同重量である。このバランスを保ちながら健全な状態で成長し続ける樹木、つまり生きている樹木にどのようにツリーハウスを成立させるかということが大切である。[3]

2.4 樹木の構造

生きている樹木にツリーハウスを施工することは、樹木の生育を妨げないようにしなくてはならない。では樹木はどのように生育しているか。

樹木の基本的な生命活動の方法は他の植物と同じである。葉が糖類を生産し、この糖類が木の生命活動の燃料になると同時に、セルロースやリグニンなど樹体をかたちづくる基本部分の生産に向けられる。糖類は樹皮の内側を通して樹木が必要とする他の部分へ移動するが、すぐに使われない部分は木の幹や枝、根の木部に蓄えられる。セルロースはすべての植物をかたちづくる材料であり、リグニンは植物を木質にする。

幹を外側から見ると、まずは耐水性の層である外樹皮がある。これが内樹皮あるいは師部と呼ばれる層をおおっている。この師部は生きた組織でできていて、糖分を含んだ樹液を葉から他の部分へ輸送する。師部の内側には形成層があり、樹体を太らせる役目を担う。さらにこの内側には木材あるいは木部がある。一見「空きのない木材」のように見えるが、根から樹体のすべてに水分を運ぶ働きをしている。水分は死んで空になった細胞の中を通して上のほうに移動する。しかし木材の全部が死んでいるわけではない。樹体の中心部から生きた放射組織（薄壁の柔細胞で構成される）が放射状に走り、樹皮の中まで続いている。

樹木が大きくなるには、二通りの方法がある。一つは散在する芽が成長点となって、既存の枝を長くし、新しい枝を出させる一次成長。もう一つはいったんつくられた木質の骨格を太らせる二次成長で、樹皮の下に薄い組織の層（形成層）が新しい樹皮と新しい木材を付け加えていく。冬に成長が止まる温帯では、こうした新しい層が年輪として木部にあらわれる。もっとも古い木材は樹木の中心部にあり、外側にいくにつれて若い木材になる。樹木が大きくなっていくと新しい木材の鞘が樹木全体にかぶっていき、古い木材は中のほうに化石のように残されていく(図4)。

樹木の構造から考えてみると、ツリーハウスのために幹にボルトを打ち込むことがそのまま樹木の生育に大きく影響するものではないことがわかる。基本的に内部の木質部は死んだ組織で、木を立たせるため骨格であることから、伐採されて木材として使われているものと同じである。

木質部の水分を上上げる針葉樹の仮道管は末端が閉じた紡錘状の細胞で隣接する仮道管とさまざまな壁孔でつながっていて複雑にからみあったルートで水を上げる。広葉樹の道管は道管要素と呼ばれる細胞が幹軸方向につながっている管状の組織であるが、細胞壁には無数の壁孔があり、水分を通す役割をしている。一部途切れても他の多くのルートがそれを補って機能する。[3]

樹皮の内側の生きた形成層も少しの傷であれば、生命活動にはさほど影響しないであろう。もともと死んで木部が変わっていく部分なので、傷ついても新たな層が外側にできてくる。小さなボルトであれば、樹皮が包みこんでしまうほどの生命力である。樹木は幹の表皮側がおもに生きた層なので、締め付ける力には弱い。つる植物などが表面に這い、成長しつづけると、いずれは樹木が枯れてしまう。構造部材の取り付け方も締め付けるような方法は樹木に負担をかけることになる。

樹木は高さ方向にも太さ方向にも成長していくが、表面に新たな層ができて伸びていくので、ボルトや構造部材を取り付けた高さが変わるということはない。また太さの方向でも新たな層ができて太くなっていくので、ボルトが外に移動することはないが、ボルトが木の幹に飲み込まれるように太くなっていくことをあらかじめ予測して余裕を持たせておくとか、樹木の成長に合わせて徐々に部材を加工していくような、完成後も樹木とともにツリーハウスが変化していくことがよいと思う。そんな自然のいとなみを感じることで、ものづくりに対する考え方にもエコロジーとサステナビリティが反映されるであろう。

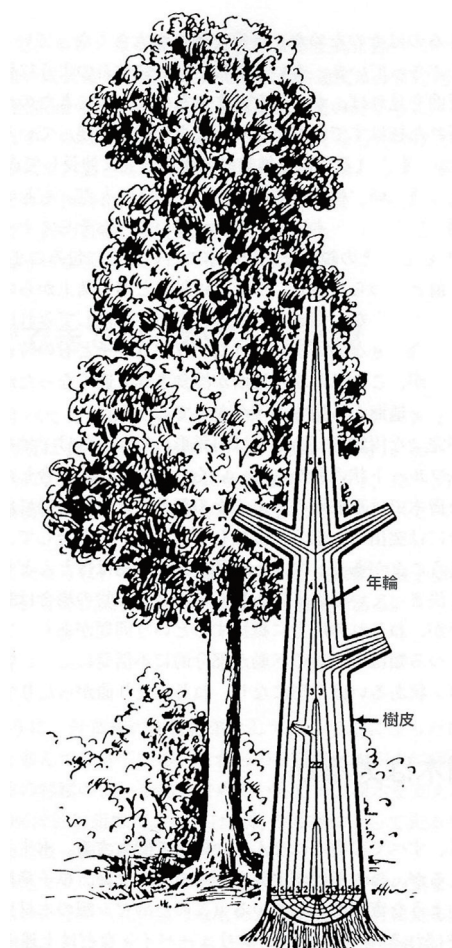


図4: 木の縦断面
新しい木材の鞘が古い木材の上にかぶるようになって成長する[3,p.37]

3 一次試作

3.1 ツリーハウスの計画と対象地の測量

2007年度、名古屋学芸大学環境空間デザインクラスの学生の卒業制作のテーマとして「ツリーハウスとキャノピーウォークの計画」が挙げられた。卒業制作自体は架空の計画であるが、計画の対象地として実在の高原の山林を取り上げた。50m四方ほどの土地の中に5mほどの高低差があり、赤松と各種の広葉樹が混在する緩やかに傾斜した雑木林である。まずは敷地を把握するために簡単な測量をおこない、樹木の配置と地面の高さを調べて、ツリーハウスを施工する樹木を設定した。

ツリーハウスがテーマとなり、学生とともにツリーハウスのことを知るにつれて、架空ではなく実在する樹木を対象に進める必要があると考えようになった。樹木は一本一本かたちが違い、その環境や立地条件もまったく異なるため、架空の条件のもとでのデザインでは魅力を感じられない。さまざまな条件と周辺環境にリアリティをもって体感しながらイメージを創り出していこうと思い、実在の敷地と樹木を対象とすることにした。

高さ20m、幹の直径が30cmほどの赤松が何本もあり、そのなかにナラ、ブナ、クリ、サルスベリなど多様な広葉樹が混在している。メインのツリーハウスの対象として選んだ樹木は、この土地のシンボルともいえるような巨大なトチの木である。この木は斜面に立っていることから、地面から斜めにはえていて根本で2本に分かれているが、2本の幹はどちらも直径が50cmほどはあり、高さも20mほどもある巨大な樹木である。

3.2 ツリーハウス施工の試み 2007年

卒業制作のデザインとは異なるが、このトチの木に実際に木材を取り付けてみて、ツリーハウス施工のイメージをより高めようと、試作をすることにした。

一次試作の方法は厚手のステンレスのL型金物を10mm×100mmのステンレス製のボルトで樹木の幹に打ち込んで、この金物にツーバイフォー材をのせることにした。取り付けの高さも、手持ちの梯子の上部で背伸びをして届く高さとして、地面から4mほどのところに、正確な水平を出さないまま、まずは取り付けてみることにした。足もとの地面は長い年月をかけて積み重なった深い腐葉土と、冬期の積雪や凍結によって乾くことのないやわらかい地面で、また斜面であることから、ひじょうに不安定な状況で、梯子を支えながらの作業となった。

とりあえず8本のツーバイフォー材でフレームを作り上げ、高さ4mの木の上に床のベースができあがった。湿った下草に覆われていて、立ったままでしかいられない場所に、はじめて腰掛けられる面ができたことになる。

2007年夏の試作では、梯子が短かったので、実際にフレームに上ることができなかった。翌2008年の夏に長い梯子を準備して上ってみた。4本のボルトと金具で固定された木材だけで、ひとが乗れることが確認できた。また翌2009年夏には数本の木材とひとが二人乗れることも確認した。



写真9: 一次試作／トチの木のうえに取り付けられた床のベース／西側より見上げる



写真10: 2008年7月はじめてひとが上ってみる

4 二次試作

4.1 ツリーハウス施工の試み 2009年

2009年は新たなツリーハウスの試作をおこなうことにした。ひとつには高所作業が非常に困難であることから、地面に立って作業が可能な高さの場所で試作すること。一次試作の金具とボルトを木の幹の樹皮が包みかけていることが確認され(写真11)、「GL」のように樹皮から突き出したボルトを使うこと。ツーバイフォー材では背がたりないので、もっと背の高い材料にすることなどを配慮したものとする事とした。



写真11: 一次試作時に打ち付けた、樹皮が包みつつある金具

二次試作は一次試作のトチの木から東に20mほど離れた場所で、1.8mほどの間隔で生えている3本の赤松を対象とすることにした。南側の1本は直径が40cmほどで、他の2本は直径が30cmほどのものが1mほどの間隔で並んでいる。3本の木が三角形に配置されたその外側の長い二辺に、地面から1.5mほどの高さに木材を渡すように取り付けることにした。一次試作のトチの木よりも地面が高い場所にあるので、標高としては一次試作と同じくらいの高さになる。

二次試作のボルトは「GL」のような鍔はなく、二段にはなっていないが、直径10mm、長さ280mm、片側がボルトのねじ山で、もう一方の先がとがったねじになっているもので、深さ200mmの下穴をあけて、ダブルナットをかけてねじ込むようにした。穴の高さは水盛りで測り、正確な水平が得られるようにした。

構造部材となる板は厚さ25mm、幅300mm、長さ3.6mのヒノキの板を使い、ボルトで2枚を重ね合わせて厚さを50mmにしている。2枚を重ね合わせて使うことにより、1枚の重量が軽くなり運搬や取り付けの作業を容易にすることができた。木材には耐候性を高めるために、防水・防腐の効果がある柿渋を塗布した。屋外の木材に使用する防腐剤にも多種あるが、エコロジーの視点からできるだけ自然素材を使うこととした。

ボルトに木材をのせる際の金具にはステンレス製の取手を利用している。取手の溝にボルトを通すように木材をボルトにのせて、木材がボルトからはずれないようにするために、長いステンレスの

プレートにワッシャーのようにナットの内側に通し、木材を樹木の幹に寄せ付ける。幹に寄せることでボルトが垂れて曲がるのを防ぐためである。ステンレスのプレートは木材にビスで固定してあるので、木材の側面からナットで幹に押しつけるように寄せ付けることができる(写真12)。

2枚の構造部材の大引きは北側の2本の樹木の外側に取り付けられたので、南から北にV字に開いていて、面ができあがっている。大引きが倒れないように余った板で連結して、2009年の施工作業を一旦終了した(写真13、14)。



写真12: 二次試作において幹に打ち込んだボルトに木材を取り付けた部分



写真13: 南側直径40cmの樹木の幹の両側に取り付けられた構造部材



写真14: 2枚の構造部材を連結する

4.2 ツリーハウス施工の試み 2010年

2010年の夏に2009年に取り付けけた構造部材のV字の大引き2枚に、数本の根太を渡すこととした。根太には95mm×150mmの断面のレッドウッドを使うことにした。レッドウッドは水に強く耐久性があるが、軽い材料である。体積の多い構造部材はできるだけ軽量化したほうが良いと思い、この材料を選んだ。

大引きが平行でないので根太は東側の大引きに対して直角に配置した。大引きから外側に持ち出す長さを700mmほどまでになるようとし、使用原材料から効率よく取れる寸法として1840mmを2本と2440mm3本を平行に並べる配置としたが大引きのヒノキの節や樹木の曲がりに合わせていくうちにやや不規則な間隔の配置になった。当初から計画どおりに進めるのではなく状況を見極めながら進めていくつもりであったので、特に問題とはとらえていない(図5)。大引きは樹木に取り付けた重要な部材である。ヒノキ材なので水には強いが、さらに上部に銅板をかぶせて防水の補強をした。根太は50mm切り欠いて大引きと組み、ステンレスの金物で接合した。

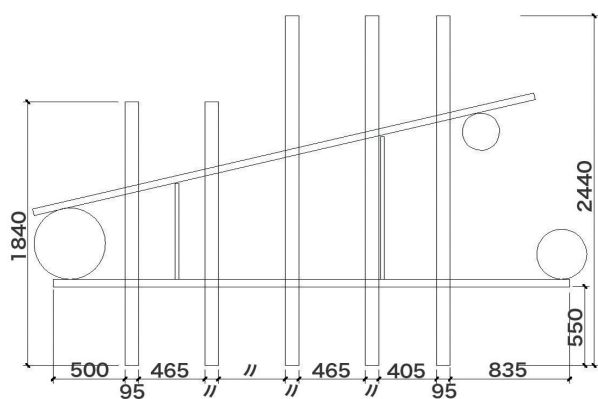


図5: 平面図



写真15: 二次試作／根太が完成した状態



写真16: 2010年の施工終了後に7人が上がったが安定していた

4.3 まとめ

数年にわたって少しずつ作業をしているので、放置されている間に大雨や豪雪といった天候の脅威や、落ち葉や昆虫などの自然の営みにさらされることになる。その様子を観察しながら次の段階に進んでいくことは、環境を考える上で興味深いことである。今後の予定は根太の上に床板を貼ること。数m上に新たな構造部材を取り付けて床にたよらない屋根を作ることなどを考えている。しかしこれも現場で状況を見ながらゆっくりと取り組んでいくつもりである。

参考文献

- [1] クラウス・ベック＝ダニエルセン「エコロジーのかたち」新評論、2007
- [2] ビーター・ネルソン「ツリーハウスをつくる」二見書房、2005
- [3] ビーター・トーマス「樹木学」築地書館、2001
- [4] <http://en.wikipedia.org/wiki/Korowai>
- [5] <http://ja.wikipedia.org/wiki/スイスファミリー・ツリーハウス>
- [6] <http://www.treehouseengineering.com/>