

内受 21-26

早稲田大学大学院理工学研究科

# 博士論文概要

## 論文題目

日本における森林資源と木造住宅の二酸化炭素循環系に関する研究

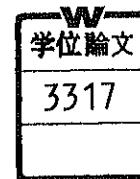
CIRCULATION SYSTEM  
BETWEEN THE WOODEN HOUSE AND FOREST RESOURCES IN JAPAN

申請者

高 口 洋 人

Hiroto TAKAGUCHI

建設工学専攻 都市環境研究



2001年12月

理 2665 (3317)

日本の建設業は全産業の二酸化炭素排出量の30%以上を占め、その削減が急務である。また、資源に乏しい我が国では、多くの資源を外国に依存しているが、建設業も例外ではなく、多くの資源を国外に頼っている。これらの輸送、精製・製造により排出される二酸化炭素は建設業の排出量の大部分を占め、自國資源の活用、リサイクルなど、資源循環型社会への転換による環境負荷削減が求められている。

特に日本は国土の約70%を森林が占める森林国である。にもかかわらず、我が国では木材資源需要の約80%を輸入に頼る一方、国内人工林の約半分が間伐などの必要な手入れをされず放置され、崩壊の危機に瀕している。一方、地球温暖化物質の排出削減が社会的課題となるなか、二酸化炭素固定源という新しい観点から森林が見直されつつある。

そこで本論文では、二酸化炭素循環系という観点から主要な木材需用者である木造住宅と森林資源の関係を見直し、持続可能な資源循環型社会において木造住宅が満足すべき条件を提示する。さらには、この条件を満足する木造実験住宅・*Perfect Recycle House*（以下W-PRH）の試作を行い、その実現可能性についても検証する。

第1章「本研究の位置づけと従来研究」では、地球環境問題や日本の森林資源の荒廃、二酸化炭素排出量の増大など、本論文に至った背景を述べた上で、地球環境問題に対する建設業界の取り組みや日本の木質系廃棄物の処理動向に関する調査研究を行った。建設業は日本の全産業の二酸化炭素排出量の約30%を排出し、その削減が急務であると共に、産業廃棄物についても約21%を占め、その処理は大きな社会問題化している。また今後30年程度の間に、戦後大量に建設された住宅が順次解体され始めることが予測されており、その処理を行う社会システムの整備も急務である。しかしながら、現状での建設業界の対策は、単なるリサイクル率の向上と二酸化炭素排出の削減努力にとどまっており、具体的にどのような建物を建築し、どのような社会システムによって持続可能な資源循環型社会を実現するかという視点に欠けている事が明らかになった。本論文では、木造住宅と森林資源の関係に絞って、二酸化炭素循環と資源循環から見た持続可能な「木造住宅と森林資源の循環モデル」を提示し、建物が満たすべき条件及び、廃材の処理システムの設定手法を提示した。

第2章「日本の森林資源の二酸化炭素吸収量と木材需給の現状」では「木造住宅と森林資源の循環モデル」構築の際必要となる、森林資源の二酸化炭素固定量を設定すると共に、日本の木材消費量と木造住宅の木材使用量を設定した。

日本の森林の状況を二酸化炭素の観点から見直してみると、日本の森林に固定されている炭素量は約8.7億t-C、毎年の蓄積量の増加が固定する炭素量は1,

100万t-Cとなる。1997年の日本の総二酸化炭素排出量が3.3億t-Cであるから、日本の森林は日本の総排出量の約2.6年分を固定しているにすぎない。また、毎年の森林の増加量とその年に生産される木材が固定する量は排出量の1/20にすぎない。しかし、森林の二酸化炭素固定量算定手法には、未だ諸説有り定まっていないとも考えられる。森林全体の統計資料では、手入れの不十分な森林も含まれるため、正確な単位面積当たりの二酸化炭素固定量が得ることができず、また確かな炭素固定のメカニズムも解明されていない。そこで収穫予想表から幹材積を求め、二酸化炭素固定量を求める手法を本論文では採用し、その結果、日本ではスギ人工林で年間10m<sup>3</sup>/ha（二酸化炭素固定量は2.5t-C/ha）、マツ・ヒノキ等人工林で6m<sup>3</sup>/ha（二酸化炭素固定量は1.5t-C/ha）と推定した。

第3章「戸建て木造住宅の木材消費量調査」では木造戸建て住宅の建設に使用される木材の、各過程において発生する廃材量を明らかにするための調査研究を行った。育林過程、素材加工過程、建設過程、補修過程、解体除却過程の6段階にわたるライフサイクルの、育林過程では樹種によって16.3%～25%の廃材が発生し、素材加工過程では針葉樹で33.4%、曲がりの多い広葉樹で55.3%が廃材となる。また、工務店に対するアンケート調査により、建設過程の廃材発生量は、在来軸組住宅では19.5%、枠組み軸構造では14%の廃材が発生する。新築時までに全体の55%が廃材となり、解体除却時には残りの45%が廃材となるとの結果を得た。また、下小屋から発生する廃材は、自社によって簡易に焼却処分される割合が高い。このことから住宅の木材フローは解体除却時に発生する廃材だけでなく、新築時以前に発生する廃材も同様に考慮する必要性を指摘した。

第4章「富山県砺波平野散居村にみる木造住宅と屋敷林の二酸化炭素循環」では、富山県砺波平野に広がる散居村を、最も単純な「木造住宅と森林資源の循環モデル」と捉え、散居村内の屋敷林と住宅の間にある二酸化炭素循環と資源循環の観点から検証した。

5軒の散居村に関する調査を行ったが、資源循環の観点からは、母屋の木材使用量を賄うのに必要な森林の、平均102%が屋敷林として存在し、屋敷林と住宅の間で資源循環が十分可能であることがわかった。しかしながら、二酸化炭素の観点から見ると、屋敷林が最も広いものでも、住宅から排出される二酸化炭素の23.7%しか固定していない。しかしながら、二酸化炭素排出量の66.0%が冷暖房・光熱による排出であることを考えると、冷房を使用せず、熱源を薪に頼っていた時代には、二酸化炭素の観点からも散居村の内部で、住宅と屋敷林の循環系が成立していたと推測できる。

第5章「森林資源と木造住宅の二酸化炭素循環モデル」では、現在における木造住宅と森林資源の循環系を成立させるために必要な社会システムと住宅の条件を明らかにするため、木造戸建て住宅の二酸化炭素循環を、パラメーターを用いたモデルとして表現した。このモデルにより、現状での住宅仕様、人工林面積での二酸化炭素循環が明らかになり、また仕様変更による二酸化炭素排出量削減効果を明らかにした。具体的には、現在適切に管理されていると設定した190万haの人工林で日本の木造住宅需要を賄うには、住宅寿命を100年に延ばし、除却時に発生する廃材の54%をリユースする必要がある。また、二酸化炭素排出項目を建設に関わるものに限定した上で、全ての二酸化炭素が森林によって固定される日本型循環モデルは、人工林面積を627万haに増やすと共に、除却時のリユース率を80%に高め、森林の72%をエネルギー源として利用することにより可能となることがわかった。

第6章「実験住宅の試作」では、第5章で提示した建物条件・リユース率80%を満足する木造住宅像を明らかにするため、木造実験住宅・W-PRHを試作、そのリユース性能および施工性について検証した。日本の伝統工法をベースにしたW-PRHでは、日本型循環モデルで提示した木材使用量0.25m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>を上回る0.28m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>を使用している。また、解体・移築実験を通じ、構造部材については、100%のリユースが可能で、その他の部材についても83%~98%と日本型循環モデルで設定した除却過程でのリユース率80%を大きく上回るリユースが可能であることがわかった。また、新築時と解体時の廃棄物量は、一般的な木造住宅と比べ、約95%削減できた。

リユースを前提とした木造住宅の解体は、手壊しで行う必要があるが、実験住宅の解体には、一般的な機械解体（手壊し・機械併用）の約4.4倍の人工が必要であった。以上のことから解体に手間がかかるW-PRH型の住宅では、解体時のコスト増が予測されるが、中間処理量および最終処分量を削減することができ、W-PRH型住宅の普及は、解体・リユース・リサイクル等を支える社会システムの再構築により可能になると考えられる。

第7章「総括結論」では、本論文のまとめとして各章で述べた内容を整理し、今後の展望を加えて総括した。以上を要するに、本論文は、日本における持続可能な木造住宅と森林資源の循環モデルを構築し、循環系を成立させるために必要な住宅建築に関わる各要素の目標値を明らかにし、実験住宅の建設によりその実現性を検証したものである。