

研究のシーズとニーズ 生存圏研究と防災



京都大学

五十田 博

1 はじめに

私は現在、京大生存圏研究所といういわゆる大学の附置研究所に所属をしている。本読者の周囲にいる大学の附置研究所の先生というと、東京大学の生産技術研究所や地震研究所、さらには京都大学では防災研究所、東京工業大学の未来産業技術研究所に所属している人たちであろう。もともと本研究は木材の研究所であった。現在国をあげて木材を建築物に普及しようという動きがあるが、建築物以外にもさまざま応用研究がなされている。

2 木材の研究と生存圏研究所の発足：研究のシーズを探す

生存圏研究所は平成16年に、前述した木材の研究所、木質科学研究所と宙空電波研究センターが合体して発足した。教員数は40人にも満たない小さな研究所である。平成16年といえば、文部科学省が設置する国の行政機関から、各国立大学が独立した法人「国立大学法人」となった年である。そして文科省の方針で研究所の統廃合が指向されその結果、「木に宇宙をつないで」本研究ができた。研究所で実施している木材にかかわる研究は、

- ・木材の組織構造の解明と木材固有の材料物性発現の解明 例え、木材の細胞壁のうち、物性に大きな影響を及ぼす構造的特徴や透明木材の材料開発と光学的特性の関係解明
- ・木材の成長中の内部応力と残留応力の解明 樹幹内には姿勢制御や外力からの樹体保護のために内部応力が発生している。切断後の残留応力の解明による生産効率の向上
- ・セルロースナノファイバーを用いた材料、部材等の開発 木材や植物を原料とするセルロースナノファイバーは鋼鉄の1/5の軽さで5倍の強度を持つと

される。その材料を用いた自動車部品などの開発・太陽エネルギーの高度利用 例え、マイクロ波応用工学やバイオテクノロジー、化学反応などを活用して、太陽エネルギーを直接的に電気・電波エネルギーや熱などに変換する研究

これらは、研究所のミッション「循環材料・環境共生システム」、「太陽エネルギー変換・高度利用」などの一部をなしている。太陽エネルギー変換は工学部と農学部の出身の研究者が共同して進めている研究課題である。個人が実施する研究の一方で、「木に宇宙をつないで」融合研究を、研究所、あるいはグループ単位で実施している。

3 木材や植物の特性を建築に活かす

研究所のミッションとしてはほかに「宇宙生存環境」があるが、これは私にとっては将来の課題で、現在は資源循環型の材料を用いて生活空間を作る、という名目で個人研究として木質構造の研究を実施している。また、農学系の研究者とのコラボレーションとして木材の特性を建築に活かす、というテーマを現在進行中である。木材の特性の一つとして温湿度に対する反応があり、その反応を活かし電力フリーで作動する装置を開発するというものである。

湿度変動に応じて自己変形する機構は、松かさ（松ぼっくりは乾燥すると開いて湿潤状態で閉じる）の開閉をはじめとして、自然界ではしばしば見られ、バイオミメティクスの好見本として知られている。これら自然界に見られる機構は、吸湿・脱湿にともない大きく膨潤・収縮する層（アクティブ層）と膨潤・収縮が小さい層（パッシブ層）が重なることにより成し遂げられている。その変形の程度は木材を切り取る部位によって大きく異なる。切り出し方の異なる木材板をうまく貼り合わせることで、上

述の松かさ等に見られるような自己変形モジュールを人工的に作成することができる。また、変形の程度は貼り合わせる木材板のヤング率・膨潤収縮率・寸法から決まる。すなわち、天然材料である木材から、任意の変形率のバイレイヤーを設計することが可能である。そして電力フリーでその反応を積極的に使うというものである。例えば、高温多湿の状態の晴天時には自動的に閉じる装置の開発とか、である。温暖化における人間活動の快適性を少しでも和らげ、快適な都市空間の実現を目指している。

なお、こんなことやらんでもいいのにとと思われる方もおられるであろうから、多少言い訳をすると、日本学術会議と政府の関係が良好でないというのは報道などでもご存じのことと思うが、大学と文科省の関係もあまり良好ではなく、大学は文科省の顔色伺いをせねばならない。大学への予算は「選択と集中」とされ、とにかく選択されなければ予算はつかない。さらに、個人の研究の評価というよりは、大学や研究所そのものが評価される。その結果、評価されるような機関、新しい研究の種を探して、融合研究のシーズを探す、さらに昨今の文科省ではそれは「有用性」のあるものでなければならぬとされる。そんな要求にこたえるべく日々努力をしている。

4 木質構造と免震構造そして地震被害

木材の建築物への利用、普及の推進はわが国だけで起きているわけではなく、世界の潮流である。海外ではすでに20階を超えるような木材を主たる構造材料とした建築物が実現している。地震国のイタリア、カナダバンクーバーで、10階建て程度の木材を地震に対する抵抗要素とした建築物が実現しているが、20階近い事例では鉄筋コンクリート造のコアが用いられている。日本でも10階建て程度の建築物が建てられているが、免震構造が多いという印象がある。それには木造の保有水平耐力計算が難しいということが背景にある。現段階では実験を伴い、さらに履歴ループがスリップ型になる、経験のない構造である、万が一の被災の後について不安がある、などいくつかの理由で、弾性範囲にとどめる設計を指向した結果である。

さて、最近米国にて木造の10階建ての振動台実験に参加した。米国仕様ということもあって、1次モードの固有周期は1.8秒程度であった。このプロジェクトのもともとの目的が損傷しない構造の実現であるので、結局100回にも及ぶ、MCEレベルや再現

期間2500年を含む様々な観測地震動を入力した。最大層間変形は1/50程度であった。かなり大きな変形まで損傷がないよう構造的な配慮がされているので損傷は起こらない。そして、地震動は高次モードが卓越するものがほとんどで、建物の応答に全く迫力が感じられない。振動台はガタガタ揺れているのであるが、建物は変形していない。これまで木造は低層建築物の振動台実験を、観測波を用いて数多く実施してきた。そして観測地震波に対して損傷がないことを目標にしていたが、その地震波に対して10階建てでは損傷もなく、建物応答にまったく迫力がなかった。

米国仕様の終了後、多少の補強を実施した上で、日本の時刻歴の大臣認定などで用いられている告示スペクトルでの加振を実施した。レベル1の地震動に対して、この一連の実験で初めて建物が変形した印象を受けた。この実験を主導している米国研究者も同様の感覚をもったようである。その後レベル2の地震動を予定していたが、慎重に議論を重ね解析も追加した後の入力となった。この議論や追加解析は予定外で、残念ながら私の滞在の予定期間内にレベル2の実験を見ることはできなかったが、無事にレベル2の地震動の入力に対して無損傷を確認できた、と聞いた。なお、滞在中に1995年兵庫県南部地震波も入力したが挙動はいたっておとなしかった。地震動の周期によって建物の被害が変わるのは本稿の読者にとっては当たり前のことである。

1923年関東地震から100年を迎え、首都直下、あるいは南海、東南海地震被害についての議論がメディアなどでも取り上げられている。1秒の周期が卓越した地震動であると既存の建築物に多くの被害がでることは1995年兵庫県南部地震、2016年熊本地震などで経験している。この地震に対しては2秒程度の固有周期の高層建築物や免震構造物の被害はほぼないであろう。一方でメディアなどでは高層建築物の被害なども報じられている。この時には低層の耐震建築物の被害はあまりない、といったことがこれまでの観測地震などでわかることである。それらが同時に起こるような被害想定をみると、予想をはるかに超えるような規模の地震なのかもしれないと感じる。地震学者との協同により災害を防ぐ、という絶対的なニーズに対する取り組みが必要なのは論を待たない。