

木質材料の研究—今後の方向

佐々木 光*

Research on Composite Wood in the Near Future

Hikaru SASAKI*

はじめに

第2次大戦を期に木材に関する科学・工学的な研究はようやく1つの独立した学問分野としての総合性と統一性を持つようになり、一応の体系を見るに至った。戦後今日に至る40年の間に、合成樹脂接着剤、化学分析機器、電子顕微鏡、大型計算機などの目覚ましい開発に助けられて、この分野の研究は多くの新しい可能性を発見し、未知の領域のペールを徐々に窺いで、知識の拡大と深化を果たしてきた。

わが国では1955年に木材学会が創設され、この分野の研究は1つのまとまりを持つことができた。その後諸大学における林産学科の独立を期に研究者数は米国に次いで多くなり、専門種目の分化に伴い、整った体系が完成されるに至った。この木材の科学・工学的な研究は他の分野、たとえば合成化学、電子工学、遺伝子工学などのような華やかな発展はしなかったけれども、多くの地道な研究の積み重ねの結果として、全体の学問レベルは著しく向上し、しかも学問的凹地のほとんどすべてが埋められ、今や独立した研究分野に相応しいレベルの確固たる基盤を形成するに至ったと考えられる。とくに最近では、多くの専門種目において、世界の注目を浴びるような研究成果が見られ、わが国のこの分野の研究が、十分な基盤整備を終えて、本格的な発展段階に入ろうとしていることがわかる。

しかしながら、一方では、この分野の教育面の中心的役割を担うべき大学の林産学科において、上述のような分化と基盤整備を終え、今まさに発展段階に入ろうとしているこの学問分野に対する学生の関心が極めて乏しく、極端な場合は質の高い後継者の育成さえも危ぶまれる事態が予想される。この現象は一体何に起因するものであろうか。その原因は恐らくこの分野の体質に根ざした本質的なものであると考えられる。それを見つけることによって、この分野の今後の研究のあり方を正すことができるであろう。

ここではまず、この間に対する答を求め、その中で木質材料の占める役割りと今後の方向について私見を述べたい。

目的意識の調和

上述のように、木材の科学・工学的研究分野は着実な発展過程を辿ってきたが、その過程において、もし、不十分なところがあったとすれば、それはなんであったのだろうか。

すでに述べたようにこの分野の研究は関連分野における材料や技術あるいは研究機器や解析原理の革命的な開発によって著しく加速され多くの成果をあげてきたが、一面において、これら周辺技術の発展が逆に木

* 木質材料部門 (Research Section of Composite Wood)

材の科学・工学的研究に安易な手段を提供することになり、昔のように確たる目的をもたなくても、その手段を通じて安易に新しい発見に遭遇することができるため、全体として不明確な目的意識のものが多くなってきた。極論すれば設備機器や新しい技術に引かれた研究が増え、その研究自体が人類社会あるいは生態系にとってどのような意義があるのか不明なものが増えてきた。

勿論大学における学術研究の迂迴性は重要である。自由な発想と自由な試みが遠い未来における奇想天外な発展の可能性を秘めている。そのような研究のなかには、直接社会的な意義を問われても答え難く、研究自体目的のすべてであるといったような研究がみられる。

しかし例外はあるにせよ、この種の研究の多くは、純学問的なもので、その完成が他の分野に及ぼす間接的な影響が大きいものに限られるように思われる。木材の科学・工学的研究の極く一部にはそのようなものが存在するかも知れないが、他の多くはこのような純粹基礎的なものではなく、むしろ木材自体の個有の特性の応用分野に属するものと考えられる。このようなものについては、常識的に考えて、その研究が完成したとき何がもたらされ、どのように人類社会に役立てられるのかといった明確な目的意識が存在すべきであると思われる。

昭和30年に木材学会が発足して以来、研究者の体質はより科学的に、より近代的に改善されてきた反面、目的意識がうすれ、ともすればその社会的な実践の場である木材産業、家具産業、住宅産業、紙・パルプ産業等への協力や貢献を怠ってきたように思われる。このことがこれら諸産業の体質を弱いものにし、学生にとって魅力の乏しいものにしてしまったのではないかとと思われる。隆盛な社会的実践の場をもたない応用分野には学生は集まらないのである。木材を研究している人々の中に、役に立たない研究をやっているということ自体が何か崇高な意味をもつものであるかのような錯覚をもつ人がいるように思われる。このような体質が今日の問題をもたらした一因ではないだろうか。大学における自由というものが意識の欠落や怠慢、洞察力の欠如や昏迷の隠れみものとして使わることなく、未来への確信に満ちた挑戦のために使われるべきであらう。

結論として、若い世代が魅力を感じるような学問分野であるためには、木材の科学・工学的研究は今よりもっと明確な目的意識をもって、効率の高い研究を進め、その社会の実践の場に次々と活用することにより、業界の活性化をはかり、さらには逆流して研究者の問題意識の高揚を促し、それを研究の場にフィードバックするといったことがくり返されなければならない。勿論、このことは基礎研究を否定するものではない。飛躍的進歩が、基礎研究なくしては得られないのは当然である。ただ、基礎研究に携わる人といえどもその関連分野の社会的なニーズを知ることが必要であるといいたいのである。そのことによって、さ細な現象からも大きな発明や発見を引き出すことが可能だからである。

重ねて言うならば、木材の科学・工学研究が未来において魅力的であるためには、その関連産業（社会的実践の場）が魅力的な発展をしなければならぬ。木材の科学・工学的研究は量子力学のような学問的な魅力だけでもって社会にアピールできる程純粋な学問でもなければ、考古学のような夢多き学問でもないからである。したがって、若い世代にアピールするにはまず関連産業の質的発展を真剣に考えるべきであり、そのためには基礎と応用を問わず、あらゆる立場から関連産業の生長、発展に協力的でなければならない。

さて、観点をかえて、木材資源と人類の未来の関係について考えてみよう。無機質、あるいは石油資源が循環系のあらゆる段階において公害的であるのに比べて、木材資源は生産過程において大気を浄化し、国土の保全に役立ち、生態系にとって優れた環境をもたらす。また、その加工は省エネルギー的、かつ非公害的であるし、利用範囲は広く、住宅、家具分野では優れた居住性を発揮し、紙・パルプの分野では文化の維持、発展に貢献している。さらに、廃棄に際しては熱エネルギーやバイオマスとして公益的に廃棄され、太陽エネルギーを活用して省エネルギー的に再生される。したがって、木材は資源の中で最も優れたものであり、人

類にとって未来永ごう共存し、利用したい資源なのである。この意味で木材は「未来資源」というべきである。

このように考えると木材の科学・工学的研究はこの未来資源である木材を理想的に循環させ、未来永ごう人類がそれを恒続的に有効利用できるために、育成から利用、廃棄に至るあらゆる過程において科学的な方法論を確立するという、未来にとって極めて重要な役割をもっている。このことは、木材の科学・工学的研究分野の存在意義を明確に示すものであり、いかなる先端科学に対しても引けをとらない高まいた理念に支えられた学問分野であることを物語っている。

以上のことを考え合わせると、今後の木材の科学・工学的研究は木材資源の理想循環系の確立と、関連産業の質の飛躍的向上という、場合によっては互いに反することに成り兼ねない2つの目的意識を調和させなければならない。たとえば、木材から石油に代替する燃料が安価に生産されたとしよう。関連産業は確かに活性化されるであろうが、それによって木材消費が伸び、木材資源の循環系が破壊されるかもしれない。これはその調和のとれない例である。しかし、もし、木材中のセルロースやリグニンの持つ炭素原子を新しい技術によって弾き出し、珪素原子で置き替えることができたでしよう。木材の欠点である燃える、腐る、虫が食うなどの諸性質は完全に解消され、木材の耐久性は著しく向上し、木材の付加価値が高まり、関連産業は活性化されるであろう。そして、この場合、木材需要が一時的に伸びるかも知れないが、長期的には木材資源の消（浪）費が低下し、循環系が守られる。したがってこの場合は上の2つの目的意識の調和が保たれる。間伐材を積層材料に変換し、製材に代替させるための技術開発も次元こそ違いますがこの2つの目的意識を調和させている。後述の軽量ボードの製造技術、配向性付与技術、保存処理効果を兼ねた接着剤などの諸開発もその意味で調和のとれた研究といえる。

木質材料の研究—今後の方向

1. 木質材料の研究

木質材料の研究は木材に関する研究の中で関連産業との係りが最も直接的な種目の1つである。その内容は製造技術に関するものと性能に関するものに大別される。前者には接着技術の開発、製造機械および製造システムの開発、新製品およびその製造技術の開発、材質改良および2次加工技術の開発など広範囲の開発研究が含まれる。これらを推進するためには時として接着や製造技術に関連する基礎的な問題に立返って検討することが必要とされる。後者には木質材料の基本的な性質は勿論、耐久性（疲労）、耐候性、耐朽性、耐蟻性、耐火性など木材保存に関する諸性能のほか、断熱性、遮音性、吸・放湿性、表面性などの種々の居住性能の研究が含まれるほか、木質構造の部材として用いられる場合の耐力や変形の解析など力学的な研究も含まれる。

このように木質材料の研究分野は機械の設計、構造解析、建築部材の性能評価、接着剤や防火剤の化学、熱分解、熱圧縮技術など極めて広範囲な専門知識を要する総合科学であるから、個人研究は多くの場合無力であり、学内、学外の専門家を結集したプロジェクト研究が多く採用されている。最近手がけたプロジェクト研究の2、3の例をあげると次の通りである。

バックアップ・ロール駆動レースの開発：小径間伐木からLVLを製造する場合に必要な細剥きレースの開発を目的に、大学の研究者、エンジニアリング・コンサルタント、機械メーカーの3者によるプロジェクトチームが結成され、大学側の設計アイデアにより3本のバックアップ・ロールで駆動力を与える方式の世界最初の新型ベニヤレースが試作された（図1）。その結果、原木のスピンアウトの心配がなく、切削時の刃こぼれの少ない高性能のレース（剝心径45mm）であることが実証され、現在刃渡り2mまでのものがすでに数台実用に共され、小径木の単板化における歩留り向上に貢献している。

軽量パーティクルボードの製造技術開発：接着剤メーカーによる新しいタイプのイソシアネート系樹脂接

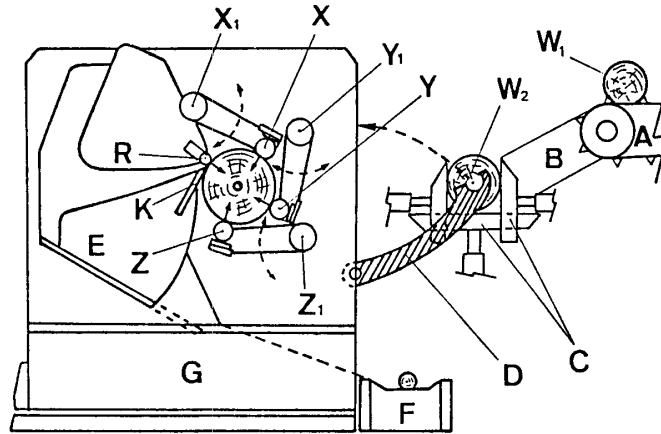


図1. 小径木専用バックアップ・ロール駆動レース (佐々木, 加藤, 田之内)
 A, B: 搬送コンベヤ, C: 芯出し装置, D: スイング・チャージャー, E: 刃物台, F: 剥心コンベヤ, G: ベッド, K: ナイフ, R: カセット式ロールバー, X, Y, Z: 駆動式バックアップ・ロール, X₁, Y₁, Z₁: バックアップ・ロールのスイング軸。

着剤の開発とプレスサイクルに関する基本発明を大学側の発明による反転重畳式高圧静電配向技術に結合し、比重0.4で曲げ強度 150 kg/cm² 程度の配向性軽量ボードを製造するための技術開発に関するプロジェクトチームが大学、接着剤メーカー、パーティクルボードメーカーの3者で結成され、機械メーカーの協力を得て製造技術に関する基本的な開発に成功した。現在は建材メーカー、他大学、住宅メーカー、建設会社等の協力を得て、その遮音性能や施工適性に関する実験が行なわれている。

内装用木質パネルの性能に関する研究：コンクリート集合住宅の内装壁パネルおよび床パネルの種類は極めて多く、その性能も幅広い分布をもっている。過去10年にわたり、パネルメーカーの組合と共同して極めて多種類のパネルの諸性能を調査し、比較検討し、パネルの構造と性能の関係を明らかにした。この成果はその後の内装パネルの生産に有益な指針を与えている。

また、この研究分野では海外からの研修や共同研究の希望も多く、それらを通じて研究の交流や活性化がもたらされている。

2. 今後の木質材料の研究方法

木質材料の研究方法として、今後は上述のようなプロジェクト研究の形が普通のものとなり、個人研究はその分担の形をとることになるであろう。このプロジェクト研究の形は現在の機械開発や製造技術開発の段階から、そのスケールをアップして、システム開発、プラント開発へと拡大されるであろう。現に、前述のバックアップ・ロール駆動レースを組み込んだ、間伐材を対象とする LVL プラントの設計のためのプロジェクトチームが結成され、それにより間伐材の生産地に近い地点にプラント第1号が建設され、生産をはじめている。今後はこのような例が多く見られるであろう。それは新しい材料や技術開発が同時に企業の体質の転換を必要とする場合が多くなっていくからである。したがって、今後の木質材料の研究は、単なる機械や材料の開発にとどまらず、それを用いた製造システムの開発まで行なってはじめて完結するものと考えらるべきである。

3. 今後の木質材料利用の方向

木質材料の研究が今後どのような方向に進むべきかを考える前に、今後の木質材料の利用の方向を考えてみよう。

集成材、LVL などいわゆる木質軸材料と合板、パーティクルボード、ファイバーボードなどいわゆる木

質面材料は将来とも大枠において建築、家具などを主体とする生活空間の形成に用いられることには変りないものと思われるが、その個々の形態はかなり変化していくものと思われる。

まず、集成材については、建築法規の改訂に伴い、大規模集成材構造が建てやすくなったため、すでに各地に大断面集成材を利用した体育館など重木構造の建設が見られるようになっており、耐火性能が優れている上、軽くて美しいこの材料は、今後ますます使われることになるであろう。現在主流を占めている住宅用小断面集成材は国産材素材や LVL との激しい競争関係におかれるため、現状維持のためには住宅の部品化の中にその活路を求めることになるのではないかと考えられる。

LVL は集成材に比べて製品歩留りが高く、製造工程の自動化率も高く、生産能率も良いので、国産材の LVL 化システムの開発に伴って、徐々にそのシェアを拡げ、家具やプレハブ住宅のユニット部材として、量産ルートを開くものと考えられる。さらに、生産効率のよい連続ラミネータを用いた長尺 LVL が、建築におけるトラスの弦、特殊構造物の骨組や被覆材料として活用されるであろう。

一方、木質面材料の分野では、優良大径木資源の急速な減少に伴い、合板は徐々に衰退し、配向性パーティクルボードをコアとする複合合板の形へ移行するであろう。また、パーティクルボードはその生産工程の自動化率が高く、ファイバーボードよりも製造エネルギーが少なくすむので、将来、合板やハードボードのシェアを奪って、面材料の主役になるものと思われる。そのときには現在開発中の軽量化技術および配向性付与の技術が完成し、これらを駆使して生産された各種のパーティクルボードが用途に合わせて選択されるであろう。特に、軽量の厚物パーティクルボードは床材や間仕切り壁、ドア、テーブルトップなどとして、遮音性能、断熱性能、歩行感、ソリッド感など居住性の面で定着するであろうし、また、コンクリート壁の打ち込み時に室内側の型枠兼打ち放し壁材としての用途を広げるであろう。さらに、この種の厚いイソシアネートボードは耐水性が高く、これまでの実験データによれば、極めて長時間の水中浸せきに対しても 7% 程度の厚さ膨潤に止まっている。その上、薬剤処理により、優れた耐火性能をもたせることができるので、今後この種の軽量厚物ボードの需要が著しく伸びるであろう。

またメンデ・ビゾンのような薄物パーティクルボードは、パーティクルの配向技術を取り入れて合板代替の良質のボードを生産し、住宅内装材料として各種オーバーレイ加工を施すことになるであろう。また、一方ではパーティクルコア合板用のラミナとしての用途も伸びるものと考えられる。

一方、ファイバー系の材料は製造時のエネルギー消費が大きいため、合板やパーティクルボードの特殊化粧面や家具材料として、付加価値の高い用途に限定され、その表面性の良さが生かされるであろう。一方、無機質ファイバーとの高度な混抄技術が開発され、両ファイバーの特性の違いによって種々の特性をもつ材料が生まれるであろう。

4. 今後の木質材料研究の方向

木質材料の研究分野において、今後必要とされるであろう研究を開発途上のものも含めて列挙しよう。

1) 製造技術

接着剤に関しては、とくにパーティクルボードの分野でイソシアネート系接着剤の使用が試みられるようになり、軽量ボードの製造では他には見られない好結果を得ている。価格的な問題は残されているが軽量ボードにおける接着剤の使用量は比較的少なく、実用化への可能性が大きい。イソシアネートの使い方には水性ビニルウレタンのように種々の工夫がされており、まだまだ技術的な興味が残されている。また、セメントと木材の結合力の改善をはじめ、無機物と木材の接着の問題は、セメント系木質ボードの性能向上や、複合化への重要なポイントと考えられる。

製造機械としては、当面、針葉樹単板の予備乾燥機の開発が重要である。南方材と異なり、その含水率は繊維飽和点に近いものから 200% 以上のものまで広い幅をもっている。これらを同時に乾燥することはできないから、予め高含水率単板を選択的に乾燥し、全体を 100% 以下に揃える必要がある。高周波予備乾燥は

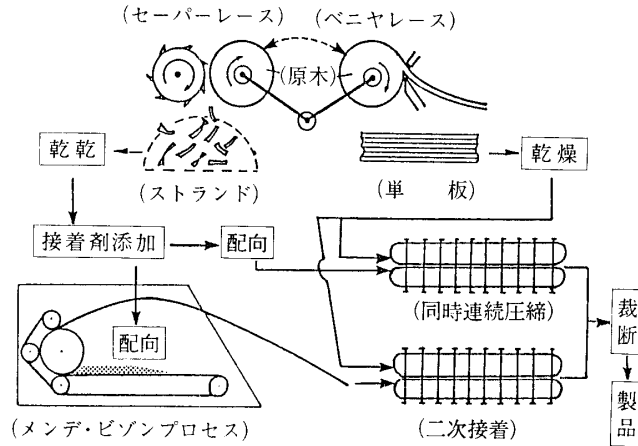


図2. 単板・パーティクルボード複合合板の製造 (佐々木)

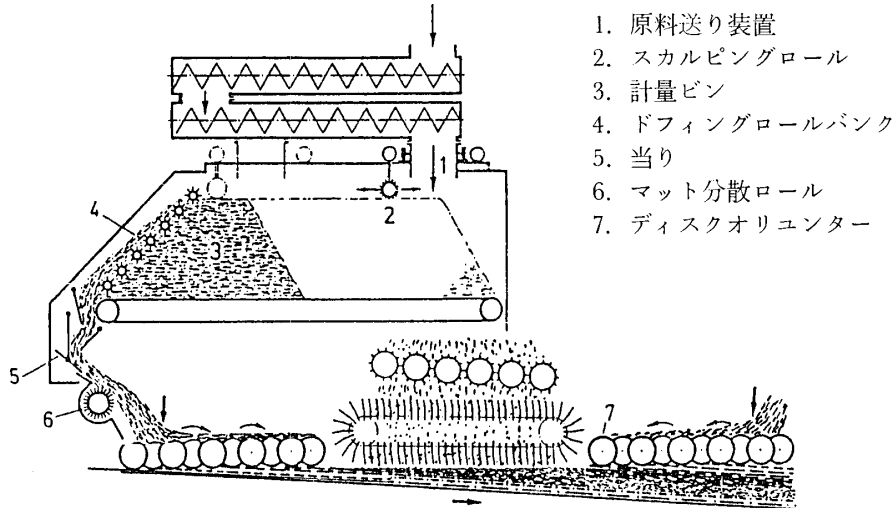


図3. 機械的配向装置 (Siempelkamp)

この目的に対し有効であるがランニングコストが高い。単板を圧縮する方法も提案されているが、遠心分離による方法も試みる価値があると思われる。2台の分離機を用い、一方を止めるエネルギーで他方を回転させることができれば経済的であろう。

複合合板の製造システムの開発もこれからの問題である。図2はその1例である。原木の荒剥きをセーパーレースで行い、同時にストランドパーティクルを得る。原木が円筒状になるとベニヤレース側に倒して表面単板を剥く。最後に剥心はもう一度セーパーレース側に倒してストラントにする。これらを連続プレスで同時圧縮する方式とメンデ・ビゾンなどの装置で配向性ボードを予め製造した後、単板を積層する方式の2者が選択される。このうち連続圧縮装置は昨年度に一応の開発試作が終っている。

パーティクルの配向装置の開発も大変興味ある問題である。機械的な方法については幾つかの装置が開発されている。図3は西独のSiempelkamp社の開発した装置である。回転する多数の円板上にパーティクルが撒布されると細かいものから荒いものの順に手前から先きに向かって篩い分けられながら円板の間に落下して多層配向マットを形成する。中央はクロスオリエンターの装置である。この装置の開発で、機械的配向装置は一応完成されたと考えられる。一方、高電圧を用いた配向装置の開発も試みられている。図4は当部門の開発した装置の模式図である。2つのパーティクル撒布ヘッドから出たパーティクルはそれぞれのコン

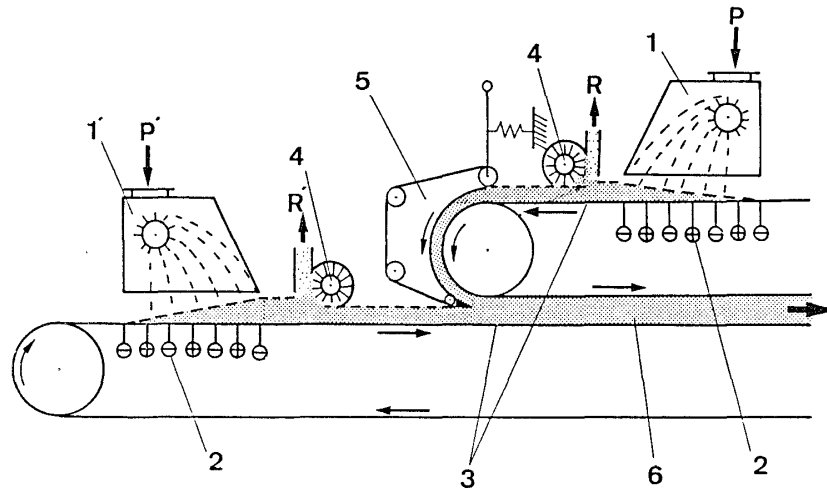


図4. 反転重畳式配向マットの製造装置
 1, 1': スプレッドヘッド, 2: 電極, 3: 絶縁ベルト
 4: シェープオフ・ロール, 5: 反転用テンションベルト
 6: 配向性マット, P, P': パーティクル投入口,
 R, R': 回収路

ベア上で、裏面の電極で与えられる高压電界により電界方向に配向されマット状となる（裏面程配向度がよい）。この2つのマットの一方を反転して重畳することにより、上下面に向かって配向度が高くなっている独特のマットが形成される。この装置の特徴は撒布直後のマットの上部をシェープオフ・ロールなどで削って厚さ（比重）を揃えることができる点である。この装置を含む配向性ボードの製造プラントの設計は今後のテーマとして残されている。

材料開発に関しては前述のイソシアネート系の軽量パーティクルボードと配向性パーティクルボードのほかに、配向性木片セメント板、LVLを原木とする人工桎合板（stick-ply）など今後数多くの試みがなされるであろう。

材質改良に関しては防霉、防虫、防火を兼ねた接着剤の開発、軽量ボードのエッジ処理、表面強化など従来の2次加工を補う技術開発の幾つかが考えられる。また、パーティクルボードの耐久性向上に関して樹皮から抽出した撈水剤の添加その他幾つかのテーマが考えられる。

性能関係では建築構造の中の部材としての諸性能に関する研究を進める必要がある。また構造解析では構造の中の部材と部材の接合やゆるみをどのようにモデル化し、合理的な変形の解析を行なうか、接合の非線形をどのように計算に入れるか、など幾つかの問題が残されている。

摘 要

本稿の前半において、木材研究の現状と問題点を整理し、問題解決には目的意識をもった研究が必要であること、およびそこには2つの重要な目的意識が存在し、それらの調和が必要であることなどを論じた。また、後半では、木質材料の研究領域を解説し、今後の木質材料の研究はプロジェクト研究の形をとり、多くの専門家の協同により進められるべきであることを述べ、最後に今後の木質材料の利用形態がどのように変化していくか、また、それに伴って必要となる開発研究のうち当部門が興味をもっているものにはどのようなものがあるか、などについて簡単に記述した。

この分野の研究に興味をお持ちの諸賢にとって、拙文がいささかなりとも参考になるならば幸甚である。