

国際会議報告 📄📄📄📄📄

第 1 回圧延に関する国際会議の報告

昭和 55 年 9 月 29 日より 10 月 4 日までの 6 日間、経団連会館で第 1 回圧延国際会議が日本鉄鋼協会の主催のもとで開催され、国内から日本金属学会、日本機械学会、日本塑性加工学会、また、国外から米国の ASM および AIME、西独の VDEh、英国の Metals Soc.、仏国の IRSID、ベルギーの CRM、その他、イタリー、スウェーデン、オーストラリア、チリ、シンガポールなど 15 団体が協賛に参加した。

提出論文は特別講演 2 (日本、西独)、招待講演 1 (日本) をはじめとして、外国より 62 編、国内より 48 編、合計 110 編となり、プロシーディングは 2 冊で 1352 ページに及び、会議後、討論を取りまとめて 128 ページの追加を行つた。

登録者数は外国人 163 名、日本人 300 名で、会場関係者を合せて約 500 名に達した。

今回の第 1 回国際会議の特色は、日本鉄鋼協会関係者の努力により、鉄鋼圧延の国際会議としては世界で最初の専門会議を日本の主催で開催することができたことであり、諸外国の関係者からも大きな評価を得ることができた。これは日本鉄鋼業の圧延技術の高さを示したものと云つて過言ではなからう。

主題としては「平圧延の科学と技術」と決定し、内容としては、

- (1) 平圧延における形状制御と新技術
- (2) 平圧延における潤滑問題
- (3) 直送圧延および熱片送入圧延
- (4) 平鋼板の制御圧延

以上の 4 分野があげられた。とくに、圧延の力学的問題のみならず、冶金学的問題をも含めた点は大きな特徴として考えることができ、多数の参加者を得ることができた原因であると考えられる。

組織委員会は、委員長武田会長、副委員長伊木 (トピー)、荒木 (金材研)、五弓 (東大)、平井 (川鉄)、平井 (日立)、細木 (新日鉄)、今井 (新日鉄)、片岡 (神鋼)、加藤 (阪大)、古茂田 (川鉄)、水内 (神鋼)、梨和 (住金)、野村 (石幡)、岡本 (鋼管)、佐々木 (川鉄)、鈴木 (東大)、田畑 (協会)、田中 (住金)、谷 (鋼管)、山田 (鋼管)、山森 (住金)、吉田 (協会)、吉野 (三菱) の 24 名である。

実行委員会は、委員長加藤 (阪大)、副委員長伊木 (トピー)、福間 (新日鉄)、岩崎 (川鉄)、木原 (東大)、日下部 (鋼管)、中野 (神鋼)、岡本 (鋼管)、田畑 (協会)、田中 (住金)、坪田 (川鉄)、渡辺 (住金)、吉田 (協会) の 13 名で、実行委員会は前後 15 回程開催された。

なお、協力委員として 31 名が選ばれ、会議用語は英

語とし、同時通訳なしで運営された。

第 1 日目は 10 時より開会式が開催され、田畑専務の司会で鉄鋼協会会長の挨拶があり、引きつづいて特別講演として、福田宣雄新日鉄八幡所長の「日本における圧延技術の進歩」および Pawelski マックスプランク鉄鋼研究所長の「圧延技術の進歩に対する基礎研究の貢献」があり、また、午後は招待講演として田村今東京都大学教授の「日本の制御圧延における冶金学的問題」があつた後、一般講演にうつつた。

なお、会議中には懇親会、会長主催の晩餐会、研究者連絡会議などが開催され、カタログを中心とした展示会も行われ、いずれも盛会であつた。最終日には閉会式があり、西独が次回の国際会議開催国に決定したことが実行委員長から報告され、関係者の協力に対する感謝の意が述べられて、幕を閉じた。(第 2 回案内本誌会告参照)

会議終了後の工場見学は新日鉄君津、鋼管扇島、川鉄千葉、日立、石幡の各工場で行われ、多数の外国人が参加し、日本の優秀な圧延設備に賞賛の声が上がつた。

以下は実行委員の担当者による各セッションの報告である。(加藤)

Section 1

開催初日は、開会式、記念講演に引き続き午後から本会議議題に入るが、まずは Section 1 の直接圧延、温片挿入から開始された。世界的に省エネルギーが強く叫ばれている現在加熱原単位低減技術に強い関心ももたれた。しかしながら、この Section 1 の報告 7 件中海外からの発表は、カナダの Dofasco とオーストラリアの Metal Industries の 2 社のみで、他はすべて国内製鉄会社で占められており、我が国製鉄業の置かれた立場を如実に物語るものであつた。

もつともこの技術を可能ならしめた高度な製鋼、圧延技術が我が国で確立されつつあることも見逃せないことである。やはり、技術というものは、インパクトによつて大きく飛躍させられるものだと痛感した。直接圧延、温片挿入技術は、製鋼技術特に連铸、造塊技術に支配されることは当然だが、圧延工場側での対応として鋼片温度の確保と均一化、欠陥検出、加熱炉操業の最適システム化等重要技術のサポートがあつてこそ効果が実現できるものである。これに関する我が国の報告は充実したものであり、加熱原単位が 150 000 kcal/t を下回る日も近いように感じられた。この他鋼塊の未凝固圧延、回転連铸と棒鋼圧延機の直結がそれぞれ発表され、独創的技術においても我が国は先駆的役割を演じ始めていることに大いに意を強くした。(日下部)

Section 2

2日目のSection 2は、厚板とホットストリップを対象とする熱間板圧延技術であり、平面形状と板厚精度に関する高精度圧延技術が中心議題である。特に平面形状の報告が盛んで、圧延先後端におけるフィッシュテールの抑制、圧延幅精度の向上技術では、大学および、研究所におけるモデル実験から、現場操業技術まで広い範囲にわたって発表があり、内外ともに関心の高さがうかがえる。この理由として、圧延の際の平面形状が、実用上歩留りに大きく寄与し、しかも三次元塑性変形問題に起因する困難な技術課題があるためと考える。ところで、厚板の先後端クロップおよび、サイドクロップ代を低減させる川鉄のMAS圧延法は予変形を取り入れたユニークな手法で、注目をあびたが、圧下段差が図で強調されているためある外人が驚き、討論で面白いやりとりがあつた。やはり言葉の障壁のためであろうか、国際会議にふさわしい愉快的な場面であつた。ホットストリップの板厚精度は、極限に近づきつつあるが、熱間タンDEMにおける張力問題は近日的テーマである。これに対するフランスSÖLMER, IRIA, IRSIDの共同発表は、製鉄業、Computer Science, 研究所の3者が一体となつたダイナミックモデルで、オーソドックスな正攻法で好感がもてた。しかし幅挙動に関しては、実機と一致しなく、問題の難しさを感じさせられた。

厚板の製品は計算重量で決まるため、板厚精度が直接歩留りに影響する。したがって合理的パススケジュールおよび、AGC機能が特に重要となるが、厚板のAGCは連続圧延に比較して早い応答性が要求されるため最新の厚板ミルでは油圧圧下方式が採用された。今回の報告でも、日本、フランス、フィンランドから厚板における油圧AGCが発表されたが、絶対値AGCの効用は油圧圧下ミルにおいて初めて発揮できるものであるという印象を受けた。そして、ヨーロッパは日本と違い、適用ミルこそ古いのが、新技術に対し、並々ならぬ意欲を感じることができた。この点、Section 2で米国の報告がなかつたことは残念であり、往年の活力を今後の圧延に関する国際会議に期待したい。(岡本)

Section 3

Section 3はShape Meter and New Technologyとして16件の論文が発表された。16件中、国外論文8件、国内論文8件、連続熱延関係12件、冷間圧延関係4件であり、国外論文は7件が連続熱延関係であつた。

連続熱延の形状プロフィールの測定及び制御に関する論文が7件と最も多かつた。以下に内容を簡単に紹介する。材料の幅方向の流れを理論解析し、プロフィール形状の計算値と実際の比較及び光学法による形状検出器の開発の報告(IRSID)。CRMで開発した計算機セットアップシステム(Sigma-Ro System)により、板厚、仕上温度、形状が改善されたが、更に特別なノズル分割と配

置を行い、空気と水のMisting Jetを使用したロール冷却ヘッダーを採用しプロフィールの改善に成功した実例の報告(CRM, ARBED)。ワークロールのチョックを2分割し、ワークロールベンディング効果を増大させ、形状プロフィールの制御を行つた報告(石川島, 新日鉄)。1サイクル中のプロフィール変化を、圧延圧力、摩耗、サーマルクラウンの計算により予測し、仕上げ前段中段後段の圧下モード変化による形状プロフィールコントロールシステムを完成させた報告(川鉄)。最終スタンド間ルーパーに7分割した測定ローラーを設置し、ストリップの幅方向張力分布を測定可能にした報告(Hoesch)。レーザービームとフォトダイオードカメラを組み合わせた形状検出器の開発報告(CRM, SIDMAR)。ロールのオフラインプロフィール測定器及び酸洗でのストリッププロフィールメーターの紹介(BSC)。以上の7件である。

形状プロフィールに対する関心は高く、活発な質疑応答が行われた。しかし、いずれの論文も実機として測定と制御が一体となつて完成した段階のものはなく、形状プロフィールの問題は依然として今後とも課題として残されていると思われる。

連続熱延の新技術としては5件の発表が行われた。looper-lessの張力制御2件(東芝-新日鉄室蘭, 三菱電機-新日鉄八幡)、既設ミルへの油圧圧下と油圧ルーパー設置の効果の報告(住金)、Coil Boxに関する報告2件(Stelco, JLA)である。Coil Boxに関しては、発明者であるStelcoより詳細なCoil Boxの利点の発表が行われ、実機1号機のJLAより実稼働の映画による紹介、2年間の圧延操業成績の紹介があり、会場の注目を惹き、多数の質疑応答が行われた。

冷間圧延の新技術としては4件の発表が行われた。既設TCMの改造によるオフゲージ減少、ゲージ精度改善例の報告2件(川鉄水島及び千葉)、バックアップロールの偏芯補償の開発報告(三菱重工)、最近のSendzimir Millの紹介(Mannesmann Demag)である。

全般として、連続熱延関係と冷間圧延関係が混在し、また、理論解析、設備、操業、と多岐に亘つたSectionであつたが、5分間の質問時間が不足する熱心な討議が終日行われた。(福岡)

Section 4

会議4日目のSection 4では、主としてCold Strip Millに関する議題17件の報告がなされた。形状、クラウンをねらい通りに実現するための新しい圧延機、圧延方法の紹介や各種圧延モデル式の報告は、各国共通の議題であり、活発な議論を呼んだ。それは、形状クラウンコントロール、大圧下圧延、連続圧延などのニーズに対して、日本を中心に圧延機側からの大きな変革が進みつつあることに強い関心が寄せられたためである。とりわけ、既に実用化され、効果を発揮しつつあるHigh Crown Millや、VCロールによる形状-クラウンコン

トロール技術の理論と操業結果, 更には Hot Strip Mill への適用検討報告などには, 先進諸外国から数多くの質問が集中した. かつて米国, 欧州の独断場であつた圧延機を始めとする圧延技術分野で, 操業はもちろんのことミル制御やミル本体の開発でも日本が先駆的役割を演じつつあることを示した.

一方, Z-High Mill (米国), Taylor Mill, 連続圧延機 (西独), Triplet Mill (スウェーデン) の報告に見られた圧延方式に関する独創的開発や研究, 幾つかの圧延理論モデルの展開等は, 欧米諸国の技術の厚さを示すもので, 研究開発分野では依然健在であると感じた. しかし, これらユニークで興味ある発明研究も, 数多くの実用化の試練を経ない限り, 技術の進展は遅れざるを得ないであろう. 日本がオイルショックを技術面で素直に受け止め積極的に新技術の実用化を図り, 操業面からの新たな問題発見とその解決に努めてきたことを今後共忘れてはならないと痛感した. (岩崎)

Section 5

第 5 セクションでは, 9 件の形状関係の報告, 3 件の圧延荷重の計算に関する報告, 4 件の圧延トライボロジーに関する報告が行われた. 午前 9 時から 5 時まで昼休みの 2 時間を除いて, びつしりのスケジュールであつたが, この間, 聴衆の数は常に 7 分以上の入りで, 熱心な質疑応答が交された.

この日の皮切りは, 中国の東北重形機械学院の連家創らによる, ロールの変形から板のプロフィルと形状を計算する方法の発表であつた. 手法はオーソドックスで, 計算例もクラウンなしのロールの場合に限られていた. 次にドイツの VDEh の E. Neuschütz 他冷延の形状の計測制御で, 圧延されるストリップの幅方向の長さ分布を接触ロール法で求め, ロールベンダーをはじめとするアクチュエータに feed して制御する方式を提案した. 同じく Asea の A. Carlstedt も冷延の形状制御法について, また, 4 番目の Hoesch の F. Wolff らは広幅ストリップの幅方向温度偏差と張力分布と両方を検出して行う冷延における形状制御を提案した. 5 番目はイタリアの CSM の M. Borghesi らの, 後方張力分布を与えて形状制御を行う方式が報告された. これに対しては NKK の岡戸から後方張力分布を変更することはあまり形状変化に寄与しないという指摘があり, 講演者の Sabatini との間で白熱した討論が交された.

6 番目は名大の石川らのストリップ圧延における幅方向流れを解析に取り入れた圧延材の残留応力分布の計算法の提案とが示された. 7 番目は東洋鋼板の開発した Hydro Tension Leveler についての報告で座長の O. Powelski が, すばらしい Leveler があるからといつて, 圧延 On-line における形状制御の研究開発がスローダウンしないように願いたいと冗談を言っていた. ついで O. Powelski らの提案したロールのサーマルクラウンを

幅方向にヒーターにより On-line でつけることによつて形状制御する方式の発表で, 実用化についての質問に対して, 15 年前に自分は張力分布測定による形状制御を提案したが, このときは皆「Fu-Fu-Fu」と鼻先で笑つて相手にしなかつた. しかし, 今朝からの発表はほとんどこの方式と同じ形状制御方法で, 今日大流行している. と皮肉たつぷりに応待していた. 形状制御関係の最後の講演は日立で開発された 6-high 圧延機による形状制御についての報告であつた. 日立が開発し新日鉄での半現場の検討を経て今日実用化されたこの圧延機は, 世界で住金の VC ミルとあわせて Shape Mill と呼ばれている. つまり圧延機のハードの機構として形状制御能力を持っているということである. USA の Robert は優れたソフトエンジニアがいないことにはこのミルは使いこなせないのではないかと嘆息していたということである.

今後の諸報告に関しても興味深いものが多く, 筆者もかなりの長い討論もした. しかし, この 5 セクションの中心は形状制御ということであり, 紙枚もつきたのでここで筆を置きたい. (木原)

Section 6

制御圧延の session は, この日の section 6 と翌日の section 8 の 2 日間行われた. section 6 では, 17 件の論文が発表され, このうち海外 11 件, 国内 6 件で大部分が厚板関連であつた.

制御圧延の研究は, 圧延中の組織変化とそのメカニズムを詳細に追求しようとする試みが依然として続けられている一方, 現状の知識を最大限に利用した, 制御圧延の適用範囲の拡大や実操業での圧延の最適化への努力が続けられている.

前者は, いわゆる制御圧延の基本テーマであり, その中でも $(\alpha + \gamma)$ 域の二相域圧延での組織変化や圧延条件と材質との関係についての話題が中心であつた. 特に仕上がり温度や二相域での圧下率といった通常用いられるパラメータ以外に, amount of deformed ferrite あるいは texture parameter のような組織変化を直接反映したパラメータを用いて, 圧延条件と材質の関係を説明しようとする試みがなされていた. (CSM, 神鋼)

また, 変形抵抗を利用して制御圧延中の材質変化を推定し, さらに圧延条件との関係を求めようとする試みがなされていた. (川鉄)

後者については, 制御圧延法の適用範囲の拡大, 圧延法の改良として, 厚物 $\times 80$ クラス相当の高張力鋼の開発 (神鋼, 新日鉄) や, 高靱性鋼を目的とした新制御圧延法の開発があつた. (住金)

また, 実操業での圧延条件の最適化については, 実操業データの解析による最適圧延条件の検討 (Algoma Steel, USINOR) や, 制御圧延を目的として設計された圧延機による操業実績の紹介 (Thyssen AG) や, 実験

室でのシミュレーション結果の実機への適用(MEFOS), さらには, この結果の計算機制御への反映の発表がみられた。(AIS)

ハードウェアの点では, 熱間加工シミュレータによる制御圧延過程のシミュレーションに関する報告があつた。(Max-Planck-Institute)この装置は, 制御圧延のシミュレータとしては最適で, 今後の成果が期待される。

ほかに, 板とパイプの機械的性質の関係を, 四点曲げ試験や引張試験の応力-歪み曲線から推定する試みがなされていた。(USINOR)

世界各地で, 原油, 天然ガス輸送用パイプラインの敷設が進む中で, 高張力パイプライン用素材としての制御圧延材の需要が増加していることもあつて, 制御圧延に関する関係者の興味が集中し, 終日非常に熱心な討議が行われた。(坪田)

Section 7

冷間圧延ミルの潤滑について 11 件の論文が発表され, 熱心な討議が行われた。

潤滑の機構を扱つたものとしては, 加藤他による, 圧延速度, エマルジョン濃度, 圧下率, ロール表面粗度が潤滑状態に与える影響に関する研究と, 木原他による, レーザー光線の鋼板反射率を圧延方向と圧延直角方向につき測定し, その比によつて, ロールと材料間の潤滑状況を推定する方法に関するものの 2 件があり, いずれも参会者の強い関心を引いて, 実ミルへの適用性等, 突込んだ質疑が行われた。

圧延時における振動現象を扱つた論文が 3 件提出され, 田宮他及び Roberts による 2 件の論文は, 4 Hi タンデムミルにおけるチャタリング現象を扱つたもので, 田宮他はチャタリングのシミュレーションモデルを与え, Roberts は, 圧下率に対する圧延荷重の増加率が負になるとチャタリングが発生するとして, 発生条件式を導いている。両者とも, チャタリングはバックアップロールの Mass と, ロールスタンドの縦剛性から成る振動系に, 板圧延の反力が結合したために発生する自励振動現象であると考えられる点では同じであるが, それ以降の取り扱いの差により, 結論の形は違つたものになつている。会場でもいろいろと質問が出されたが, 今後各方面で実際の発生条件との突き合わせが進められることであろう。

振動に関する今一つの論文は, 今井他による, 焼鈍材のウェット・スキンプスで見られるジャンピング現象に関するものである。3% 以下程度の低圧下の際, 圧延荷重のわずかな変化に対して, 圧下率が不連続に大きく変化するために, 圧下率制御の不安定を生ずる現象で, 原因は焼鈍材の上降伏点の存在であり, 対策として, 予歪みの付与, ドライ圧延, ロールの小径化が有効であることが示されている。

Wilson 他は, 潤滑油の膜厚測定値を種々の理論モデルと比較し, 低速の場合には Walowit のモデルが圧下

率の広い範囲にわたつてよく実測と合い, Wilson & Walowit の簡略式は高圧下率領域でよく合うこと, また, 高速の場合の Wilson & Murch の Thermal Theory による補正は, Al 圧延の場合は適合度を改善するが, 鋼の圧延の場合には過補正になることを示している。

間瀬はボーデン・テスターを用いて実験室で求めた潤滑性能が実ミルにおける最大圧延速度と密接な相関があることを見出し, 潤滑油の性能を実験室的に評価できることを示した。

Mojica 他は, 簡単な数式モデルにより, 実操業データを使つて, 圧延中の摩擦係数を計算し, この値が 0.03~0.06 の範囲であれば, リバースミルの操業が安定することを確かめている。ここで得られた数値が「真の摩擦係数」か「見かけの摩擦係数」かをめぐつて, いろいろと討議が行われたが, いずれにせよ, 現場ミルの潤滑性を定量的に評価する一つの有効な手段であることは間違いない。

その他, 潤滑油の特性値の経時変化と管理基準 (Svedung), 冷間圧延機最終段に適用された洗浄操作の効果 (植木, 他), 広い板厚範囲に適用できる新しい潤滑油の提案 (伴, 他) 等興味ある話題が提供され, 非常に盛り上がりのある技術セッションとなつた。(田中)

Section 8

Sect. 8 はホットストリップミルでの計算機制御によるコントロールドロリング及びこれに関する冶金的現象をテーマにしたものが主体で (11 件中 7 件), その他は厚板またはホットストリップミルにおける冷却の問題をとりあげ, 特に外国での基礎的なユニークな研究発表が目された。

もう少し詳細にみると, カナダの Algoma では厚板での熱処理設備が不足する事もあつてコントロールドロリングをかなり熱心な実施し, API 石油タンクの規格を改正し, 従来の焼準材にかかつてコントロールドロリング材を使用できるようにはたらきかけ, かなりの実績をあげている。ホットストリップミルでは Republic, Bethlehem でのコントロールドロリング, 及び自動車用高張力鋼等の発表があつた。日本では, 中でも寒冷地向け X70 グレードで 16 mm の厚さのホットコイルの量産できる最新鋭のミル, あるいは圧延中にダイナミックな変態を加味した冷却モデルによりホットコイルの機械的性質が精度よく予測できるシステム等が目された。これらはいずれも圧延理論を徹底的に現場に適用し, ほぼ完成された姿に近い技術と思われる。

その他ホットストリップミルでの冷却に関する新技術としてイタリア (CSM, Italsider) のウォーターブレードジェット (W.B.J.) がある。これはホットランテーブル上でストリップの冷却をコントロールするもので, 熱伝達係数が従来の方式より約 30% 高く Taranto 及び Genova で実用化されている。またベルギーの CRM,

Cockrill の新しい冷却装置は、ホットランテーブルの最終バンクにミスト冷却、ラミネージェット、ウォーターカーテン等によるトンネル状の装置を設置するもので驚異的な冷却能力 (K=350) を有する優れたもので、現在 Chertal のミルで稼動している。

フランスでは IRSID 及び USINOR で直接焼入設備を 2 年前より厚板の圧延機後方に設置し高張力鋼 (50

~80 kgf/mm²) の製造に威力を発揮しているという。この設備は非常にコンパクトであり、冷却のし方に特徴があると言えよう。

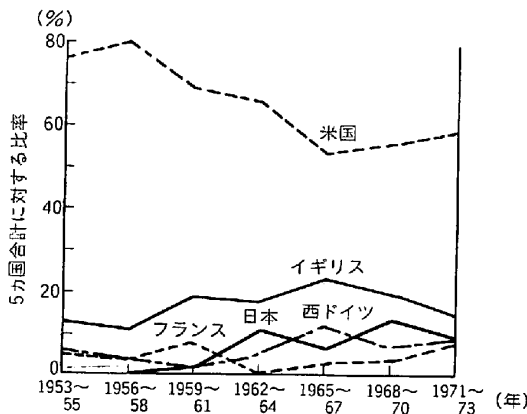
当セクションは開催中の最終日であつたが、多勢の技術者が最後まで熱心に発表を聞き、討議された。

(渡辺)

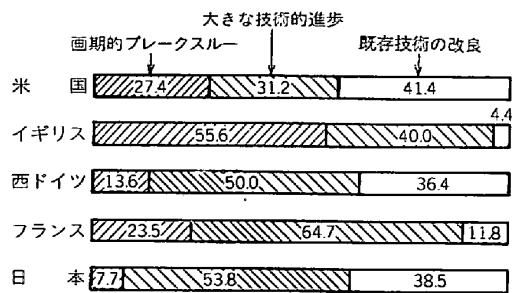
統 計

主要国におけるイノベーションの動向

創造的な研究活動の結果として生まれた革命的で産業への波及効果の大きい技術革新のケース数をイノベーション数と NBS は定義している。そしてこの数は、我が国においても近年になつて増え出し、米英に次ぐがまだ相対的に少ない。内容についてイギリスのイノベーションの半分以上、米国及びフランスの約 4 分の 1 が画期的なブレイクスルー (現状を打破するような技術) であるのに比べて、我が国のそれは 1 割にも満たず、改良主体である。



イノベーションの推移



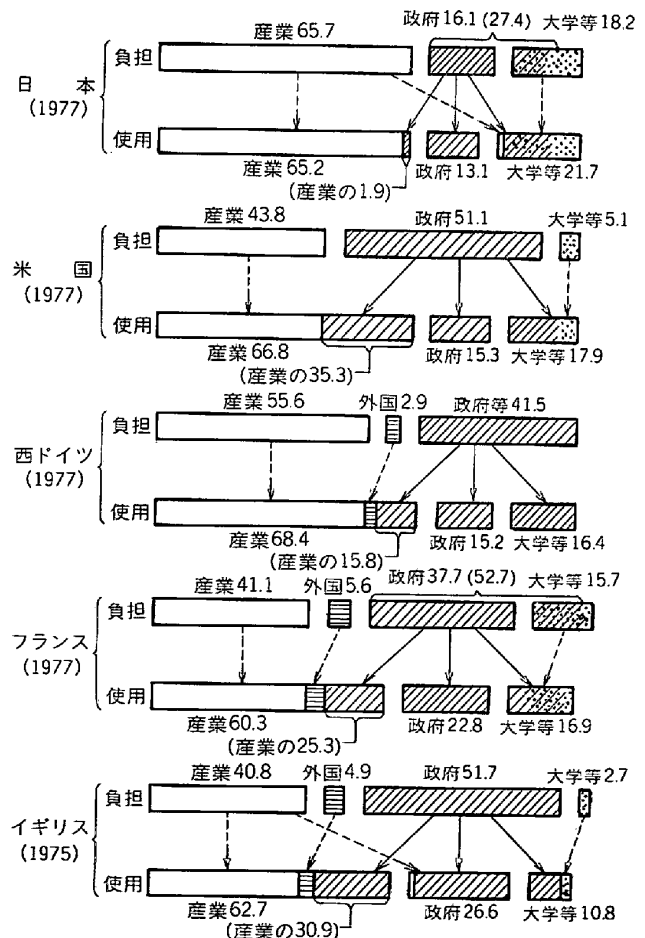
イノベーションの画期性 (単位 %)

(科学技術庁編：昭和 56 年版科学技術白書 p. 24 図 1-1-21)

各国における研究費の負担割合及び使用割合

各国の研究費の使用構造は似かよっているが、その負担構造は大きく異なっている。特に我が国の負担構造で特徴的なのは、産業の負担割合が大きく、政府の負担割合が小さいことである。産業が使用する研究費について政府の負担をみると、国防研究費が少ないこともあつて、5 か国中では最も低い比率となつている。

(単位 %)



注) 1. 米国およびフランスは人文・社会科学を含む。

(科学技術庁編：昭和 56 年版科学技術白書 p. 14

図 1-1-10)