

科学技術者の高等教育に関する研究

—科学技術者の側から見たその評価—

荒 井 克 弘
塚 原 修 一
山 田 圭 一

目 次

- まえがき
- I 調査の概要
 - 1 調査の構想
 - 2 調査の実施
 - II 理工系大学教育と社会のニーズとのマッチング
 - 1 大学で学んだ専門知識・能力と仕事に必要な知識・能力とのマッチング
 - 2 理工系大学(学部)教育の評価
 - III 知識・能力の陳腐化
 - 1 専門知識・能力の陳腐化
 - 2 技術者の「危機」
 - IV 理工系修士課程の課題
- 結 語

科学技術者の高等教育に関する研究

—科学技術者の側から見たその評価—

荒 井 克 弘 *
 塚 原 修 一 *
 山 田 圭 一 **

まえがき

現在のわが国の社会・経済が大きな転換期に直面していることについては様々な議論が行なわれてきている。しかし科学技術者の創造的活動を一層高めてゆくという課題が、依然として重要なことは明らかであろう。

教育は個人の人格形成を促したり、潜在的な可能性をできるだけ引き出すという機能と同時に、より質の高い多くの人材を養成するという面で、社会のニーズへ対応しなければならないという役割を荷っている。科学技術の研究開発活動は自然現象の学問的解明そのものを目的とする純粋基礎研究から、社会の要請に直接応えることを目的とする開発研究、生産活動にいたる広い範囲に及んでいる。教育システムはこれらのニーズにも応えねばならないという責務を負っている。しかしわれわれが以前に行なったケース・スタディでは、新しい分野における創造的活動が活発に行なえるような時期がすんでしまってから、その分野のために多くの専門家が養成されるという矛盾が生じていた。¹⁾

本稿では、大学から送り出される人々の知識・能力²⁾と社会のニーズとのマッチング、そしてその獲得した知識・能力が短期間のうちに陳腐化してしまうという現状、について実証的な検討をくわえようとするものである。

I 調査の概要

1 調査の構想

本稿で報告する内容は1976年の9月に実施した「研究者・技術者の教育と社会環境」という調査の結果³⁾に基づいている。この調査は下記のような内容を含むかなり広い枠組で構成⁴⁾されている。

- 1 理工系の大学教育と研究者・技術者の仕事内容との関係
- 2 知識・能力の陳腐化と研究者・技術者のための継続教育
- 3 研究者・技術者の職業環境（昇進システム、企業内専門職制度、配置転換の頻度など）

* 東京工業大学・大学院

** 大学教育研究センター客員研究員／東京工業大学工学部教授

4 技術観，職業観，社会的責任観などについての研究者・技術者の意識，職業移動，職能団体の形成に対する態度など

本稿ではこのうち主に1，2に関する部分を中心に論じることになるが，理工系大学教育に関連してわれわれがたてた作業仮説は次の3つである。

- 1 専門分野の細分化が進み，大学教育で学んだ知識・能力と実際の仕事内容とが適合しない者が多くなっている。
- 2 専門分野が急速に変化し，大学で獲得した知識・能力も短期間のうちに陳腐化してしまうことが少なくない。
- 3 職場における仕事内容の変化が著しく，対応できない研究者・技術者が増えている。

調査票の設計

調査対象は大学卒（学部以上）の技術者，および同じ職場に勤務する技術系以外の人々とした。しかし技術者と一口にいても，年齢により仕事内容がかなり異なることから技術者層をさらに3つに分割し，調査票は下記の4種類とした。（以下，本稿で扱う「技術者」とは学部卒以上の学歴を有する理工系出身者で，現在技術的あるいは研究的な仕事に携わっている者という意味である。したがっていわゆる研究者も含む。）

- A 票（トップ票）⁵⁾ 入社年度が昭和27年度以前の技術者を対象とする。部長クラスの人々に相当し，若手の技術者を客観的に見ることができる。以下「トップ層の技術者票」あるいは「トップ票」と呼ぶ。
- B 票（中堅票） 入社年度が昭和28～38年度の技術者を対象とする。課長クラスの人々で，自己の体験として大衆化した理工系大学教育を経験しており，現在は若手の技術者を管理，指導する立場にいる。以下「中堅技術者票」あるいは「中堅票」と呼ぶ。
- C 票（若手票） 入社年度が昭和39～48年度の技術者を対象とする。年長者で主に係長，年少者では研修期間を終えそれぞれの専門家として本格的に仕事に取り組み始めた頃。現行の大学教育の成果を体現している層。調査の中核をなすサンプル。以下「若手技術者票」あるいは「若手票」と呼ぶ。
- D 票 入社年度が昭和38年度以前で，技術系以外の人々を対象とする。係長，課長クラス以上で職場，私生活を通して技術者層を身近にかつ客観的に見ることができる。

上記の4つの主体に調査を行ない事実認識のギャップ，各主体相互の認知の状況などを含めて調査を設計した。

前述したように調査票は技術者層と技術系以外の人々，つまりA，B，C票とD票に分けて構成されているが，とくにB，C票は調査の中心でありサンプル数も多い。これに対してA，D票は「技術者」を外側から観察するような内容に重点を置いている。

2 調査の実施

調査は1976年9月に合計18の企業，国立研究機関に実施した。⁶⁾ 準備の都合等により協力の

得ることのできた企業は大手の一流会社に集中しており、サンプルの出身大学も国立、私立の有名大学に偏っている⁷⁾。

有名大学から一流企業へ就職した者は、技術者総体から見れば比較的恵まれた教育と環境のもとに仕事に従事できる者で、調査はこうした特性をもった母集団に対し行なわれたものである。なおサンプル総数は2045票、このうち有効回収票数は1377（67.3%）である。

II 理工系大学教育と社会のニーズとのマッチング

1 大学で学んだ専門知識・能力と仕事に必要な知識・能力とのマッチング

理工系の高等教育で現在重要となっている問題の1つは情報爆発への対応である。研究開発活動の結果として増加する情報量は10年ないし15年でもとの2倍になるという著しい速度で進んでいる⁸⁾。このような状況に対応する1つの方法は研究、教育ともに専門の細分化を進めることである。しかし、専門の細分化を進めるという方式は狭い領域について深く学習できるという利点がある反面、それ以外の絶えず拡大してゆく多くの分野については、ほとんど無知あるいは無理解な状態をつくり出すという傾向を持っている。したがって大学での専門分野と社会のニーズがうまく適合しない場合、その卒業者の能力発揮あるいは仕事への適応が極めて困難になる可能性が高い。

われわれはこうした傾向を重視し、大学教育と社会のニーズとのマッチングの程度の測定を試みている。システムの間でのマッチングとはタイミング的にも質、量的にも適合した需給関係が成立していることを意味するが、われわれがとくに重視するのは職場で働いている個人個人の技術者について、「大学で養成することのできた知識・能力」と「仕事に必要な知識・能力」との間でのどの程度の対応関係があるのかということである。勿論、このマッチングという状態の評価はできるだけ長期にわたって行なわれることが望ましく、われわれが今回測定した内容もその一部を示すにすぎない。

マッチングの第1ステップは就職時点での問題で、理工系のある学科は今年はほとんど求人がない、あるいは求人があっても学生の希望に合わず、未就職者が増えるといった例はこの段階でのミス・マッチングを反映している。第2ステップはすでに第1ステップをくぐり抜けてきた人々が、仕事を遂行してゆく上でどんな事態に遭遇するかという段階である。われわれが今回問題としたのはこの第2ステップでのマッチングであり、この測定のために次の2つの点について調査を行った。

- 1 職場の技術者は就職後どのような専門分野の移動を行なっているか。
- 2 専門分野という枠にとらわれずに自己認識の面からみて「大学で学んだ専門知識・能力」と「仕事に必要とされる専門知識・能力」との適合関係はどのようなものであるか。

専門分野移動の測定には専門分野の分類表を作らなくてはならないが、そのレベルをどのよ

うに設定するかが鍵となる。マッチングの議論が意義をもつためには i) 専門分野間の移動が技術者にとって自覚できないような大きさであったり、ii) 各領域（化学，物理，機械…等）の間でそのレベルが異なるようでは不⁹⁾適当である。そこでこれらの点を配慮して，調査に用いた分類は，各種学会（日本化学会，日本機械学会…等）の分科会を参考にし，各大学の学科と講座の中間ぐらいのレベルに設定した。それは表1に示すような内容で，回収後アフターコードした分野を含めて約160の分類となっている。

表1 専門分野の分類

化学・応用化学	電気・電子・通信
物理化学（構造，物性）	電磁気学
物理化学（反応）	交流理論
触媒化学	回路理論
錐体化学	電気機器
無機化学	電気・電子材料
放射化学，および核化学	発送・配電
分析化学	高電圧
地球化学，（鉱物化学，宇宙化学を含む）	計測・制御
電気化学	電熱
無機工業化学	照明
化学工学	電気化学
計算機化学，情報化学	電気機械
火薬類，燃焼，防災	音響，振動
環境化学	電子管，荷電粒子ビーム
有機化学（構造，物性）	半導体，トランジスタ
有機化学（合成と反応）	集積回路
天然物有機化学	電子回路
生物化学	無線通借，電波伝搬，アンテナ，マイクロ波
高分子化学（構造，物性）	光および量子エレクトロニクス
高分子化学（合成，反応）	画像
有機工業化学	電子計算機
石炭化学	交換方式，交換機
石油化学	伝送方式，有線伝送機器
染料	電信
	ミリ波，光通信方式
	通信端末機器
	信頼性，保全性

分野を設定する際にぶつかった重要な問題は教育，研究の専門分野と産業分類，職場での専門分類とは明らかに異なることであった。多くの場合，前者は学問的な体系に従っており，後者は職種あるいは製品中心的になっている。したがって教育，研究の専門分類を使えば，仕事内容に対応する専門分野はほとんど境界分野となってしまう。この事実は理工系教育の

基本的なディレンマを象徴しており、現在これへの対応策として基礎工学とか、あるいは横割による分類などの実験的な試みもなされているが、まだ十分な成果は得られていない。われわれはこの問題を切りぬけるために、調査設計の段階で次のような設問を新たに用意することにした。

- 1 仕事内容を示す専門分野として近いものから2つ記入してもらう。
- 2 記入した専門分野と実際の仕事内容との関係、つまりその分野名が仕事内容をどれだけ代表しているかということを書いてもらう。

つぎにマッチングの測定ではどの時点を選ぶかということが重要な問題である。事前で行なったヒアリングでは、技術者は就職後の1, 2年の研修が終ると、一応職場の中では自分のプロパーとみなせるような専門分野が確定し、その後管理職に変わるまではそのプロパーとなった専門を中心に仕事に従事するというのが一般的のようであった。そこで、われわれは次の4つの時点の関係でマッチングを調べることにした。

第1時点 大学卒業時点(学士は卒業研究, 修士は修士論文の内容にしたがって専門分野を判断してもらう)。

第2時点 就職して2, 3年後, 本格的に仕事を始めた頃の時点, 以下「就職直後」と呼ぶ。

第3時点 純技術的な仕事に従事している期間のピーク時に近いと思われる30才頃の時点。若手技術者では「現在」(調査実施時点)にあたる。

第4時点 中堅技術者では「現在」(調査実施時点)にあたる。

(第3, 第4の時点についてはⅢ・2節で触れる。)

上述の内容について調査した結果を以下に示すが、本稿では全体の傾向をつかむことを重視し、専門分類は13に統合して考察することとした。したがって、この13の分類カテゴリー間での移動だけが記載されている。

若手技術者ではそのほとんどが昭和40年代に大学を卒業しているが、このうち34.8%が「就職直後」の時点ですでに専門を移動している。これに対して昭和30年代に大学を卒業した人々、つまり中堅技術者では22.6%が移動している。¹⁰⁾「大学—就職直後」2時点の間の移動から各専門分野の相関係数を求めると、若手は中堅層と比べて多くの分野で相関が低くなっており、分野の移動が以前より激しくなっている傾向が見られる。入, 出移動

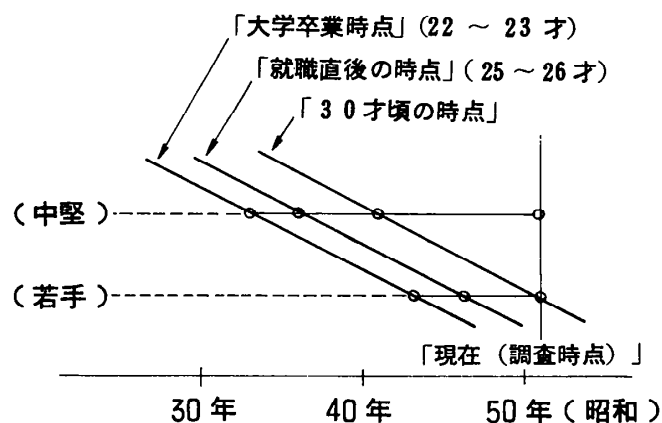


図1 新卒採用で、昭和33年に入社した技術者(中堅)と昭和43年に入社した技術者(若手)の比較(マッチングの測定時点)

「就職直後」の専門分野 大学での専門分野	数	物 理 ・ 応 物	化 学 ・ 応 化	金 属	機 械	強 電	弱 電	情 報 処 理	土 木	建 築	経 営 ・ 管 理 工 学	事 務 系	そ の 他	不 明	%	(N)
	数 学						9.1	18.2	72.7							100
物 理 ・ 応 物	10.5	28.9			18.4	10.5	21.1	10.5							100	38
化 替 ・ 応 化			87.5	0.7	2.9	3.7	1.5	2.2					0.7		100	136
金 属			12.0	32.0	48.0	8.0									100	25
機 械			5.0	0.5	75.0	3.0	6.0	10.0						0.5	100	200
強 電			1.1		10.5	51.6	18.9	16.8						1.1	100	95
弱 電			0.8		2.4	11.3	65.3	20.2							100	124
情 報 処 理					0	9.1	22.7	63.6			4.5				100	22
土 木	6.7				6.7			6.7	66.7	6.7				6.7	100	15
建 築					25.0			0	6.3	68.8					100	16
経 営 ・ 管 理 工 学					40.0			40.0			20.0				100	5
事 務 系																0
そ の 他			44.4							11.1			44.4		100	9
不 明	1.4	13.7	2.7	27.4	4.1	23.3	13.7	2.7	8.2					2.7	100	73
(N)		6	159	12	213	86	145	103	13	19	2	0	5	6		769

表 2 「大学卒業」時点と「就職直後」時点の間での専門分野の移動 (若手)

11) 率については、中堅、若手ともに情報系で入移動率がきわめて高く、社会の需要に対して大学側の専門家養成が遅れた事実を顕著に示している。出移動率は物理、経営、金属系で高いが、これは主に大学と仕事の間での専門分類の相違によるものと考えられる。分野の移動をさらに「大学—現在」時点で見ると、若手では36.2%が移動しているという結果に対し、中堅ではこれに相当する2時点(「大学—30才頃」)で27.1%が移動しているにすぎない。

つぎに、実際の職業経験を通して、技術者はマッチングの程度をどのように認識しているかをみると、「大学で学んだ専門の知識・能力」と「就職直後の仕事に必要なものであったもの」との関係につ

いて、中堅では「重なっている」が16.3%、「かなり重なっている」を含めると52.1%に達するのに対して、若手では前者が9.1%、後者を含めても38.5%にすぎない。これは

表 3 専門分野の移動

(大学卒業時点—就職直後)

専門分野	相 関 係 数	
	若 手	中 堅
数 学	—	—
物 理	0.252	0.341
化 学	0.771	0.823
金 属	0.450	0.375
機 械	0.627	0.696
強 電	0.481	0.576
弱 電	0.521	0.622
情 報	0.253	0.159
土 木	0.712	—
建 築	0.623	0.673
経 営	0.314	—

産業界の動きもさることながら、専門分野の進歩、専門の細分化の影響を反映しているものと解釈できよう。

以上の内容とは別に、記入した専門分野と実際の仕事内容とのズレを見ると、「現在の仕事」では若手で、83.8%の人々が関係が深いと回答し、中堅ではそれよりやや高い割合となっている。しかし「あまり関係が深くない」、「ほとんど関係がない」という専門分類の不適合を示す回答が、若手・中堅の15%ほどを占めており、学科、講義内容の分類に問題を投げかけている。

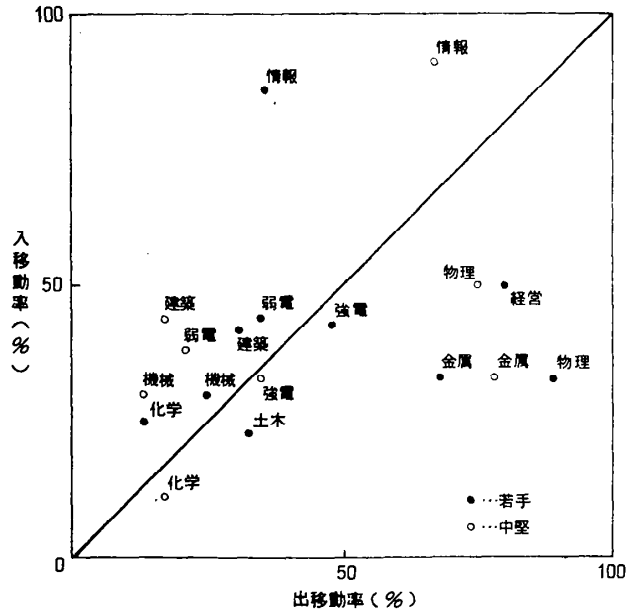


図2 若手、中堅技術者における入移動率と出移動率 (大学卒業時点-就職直後時点)

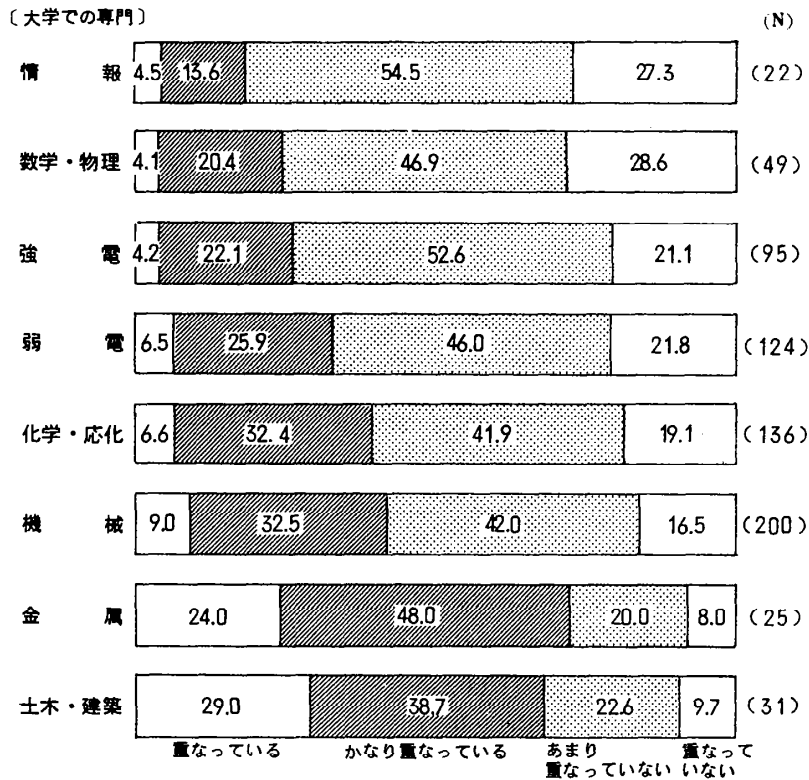


図3 大学で学んだ専門知識と「就職直後」の時点で必要であった専門知識との関係 (若手)

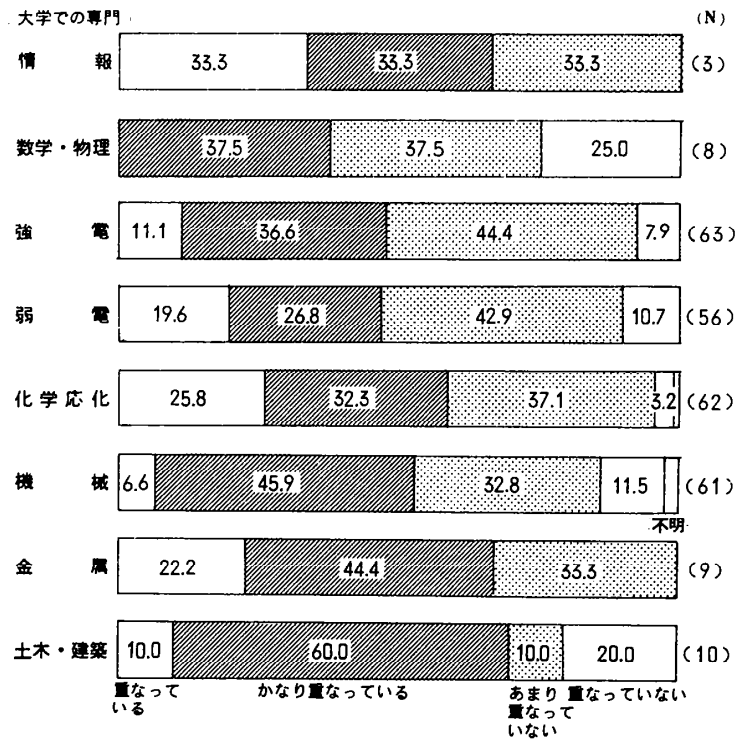


図4 大学で学んだ専門知識と「就職直後」の時点で必要であった専門知識との関係（中堅）

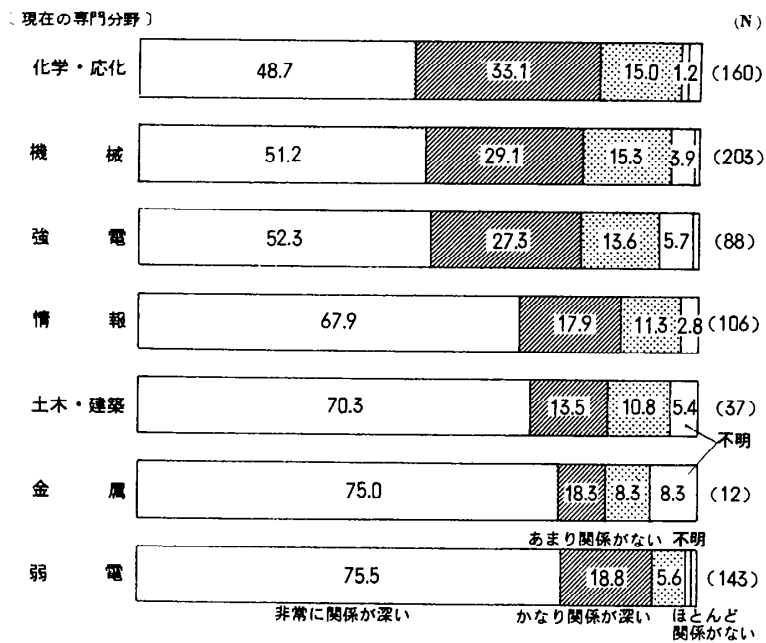


図5 現在の仕事内容と代表させた専門分野名との対応（若手）

2 理工系大学（学部）教育の評価

専門教育についてのマッチングが最近一層難かしくなっていることを前節で指摘したが、理工系教育の現状を考えるにはこれだけでは十分ではない。基礎教育と一般教育を含めてマッチングを考えることが必要である。われわれが行なったヒアリングでも、基礎教育の充実を大学（学部）改革の方針としてあげた者はたいへん多く、それ以外にも技術系の新しいタイプの人材として、プロジェクトリーダーや社会的な規模でのプランナーなどの養成をあげ、技術と社会の相互関係の理解を進めるような教育の必要性が指摘されている。後者の指摘は公共的な福祉事業や開発途上国との技術協力が、今後ますます重要となってくることから一層重視されるべきもので、人文・社会科学、語学の教養が多くの人々に望まれている。

以上の指摘を踏まえて基礎・一般教育を含めた形で理工系教育のマッチングの評価について検討を行なう。大学教育の評価はまずi)学生の側の問題としてカリキュラム内容の修得に関する側面とii)大学側が用意していたカリキュラムや指導方法が適当であったか、という2つの側面からの把握が必要である。また、評価の対象となる教育内容についても幾つかの区分の方法があるが、ここでは次の7つにわけて評価を求めることにした。

- 1 自然科学の基礎科目（数学，物理，化学，等）
- 2 工学系の基礎科目（反応速度論，材料力学，システム工学，等）
- 3 専門科目
- 4 実験，演習，製図
- 5 技術の社会的役割（科学史，技術論，テクノロジー・アセスメント，等）
- 6 人文・社会科学
- 7 語学

調査の設計としてはまず、若手技術者には自己の受けた理工系学部教育を現実の仕事内容と対比して評価を行なわせ、中堅、トップ層の技術者および技術系以外の人々には、最近5ヶ年ぐらいの間に入社してきた若手技術者を通して、現行の学部教育の評価を行なわせた。

若手技術者の自己評価と中堅技術者による評価

若手技術者による自己評価では、自然科学の基礎、工学の基礎が教育指導やカリキュラムの整備のわりには効果が上がっていないという結果が見られる。これについては中堅技術者も似たような判断をしているが、とくに工学の基礎について評価は厳しい。若手と中堅の間に認識のギャップが見られるのは実験・演習・製図で、中堅はそれらの内容について教育指導、修得度合ともにきびしい評価を下している。また、さらに特徴的なのは「技術の社会的役割」に関する教育内容で、若手技術者の要望がとりわけ強く、世代的なギャップが感じられる。

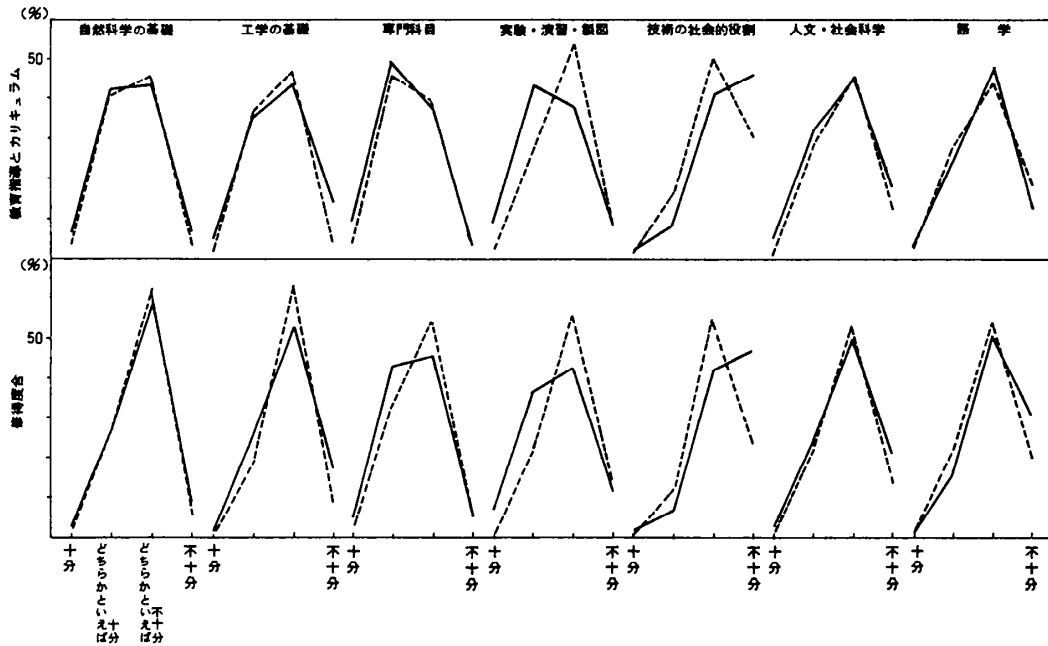


図 6 教育内容(学部)の評価 (—若手, …中堅)

若手技術者における大学間の差異

国公立と私立の間には、学生1人当たりの費用、施設などの面でかなりの差があるといわれているが、調査の結果ではこれらの影響はそれほど明確に見られなかった。しかしその中で比較的傾向の見られたものは自然科学、工学の基礎と語学で、とくに基礎教育についてはカリキュラムや教育指導の面で公立大学の評価が高く、旧帝大系の大学と私立の早慶グループがこれに準ずる評価を受けていた。この傾向は、公立大学では比較的小規模な大学が多く、マス化による弊害をそれほど大きく受けていないためと考えることができる。基礎教育の修得度合などでは、受験のランキングとわりあい似た傾向を示しているのが注目される。

若手技術者の出身学科間の差異

専門科目についての評価は、その専門分野の伝統などに関係し解釈は難しいが、調査結果で差が見られたものは基礎教育であった。基礎教育は機械、金属、土木、建築系で指導に対する評

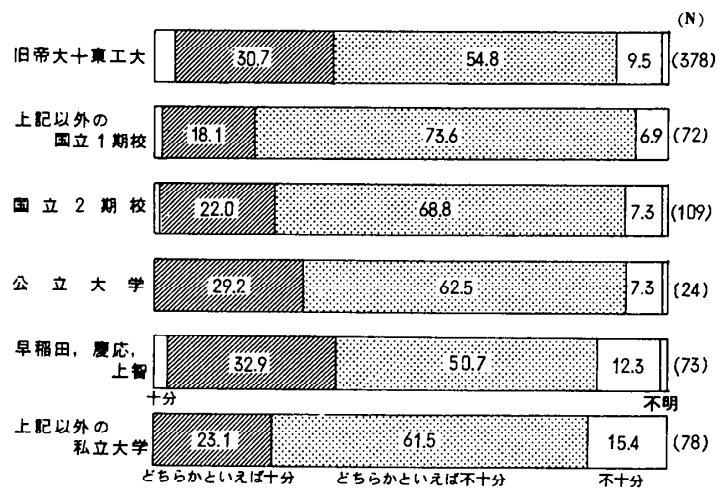


図 7 教育内容の評価、自然科学の基礎(修得度合) (若手)

価が高いが、現在技術変化の激しい情報系では72.5%の者が工学の基礎については「不十分」、「どちらかといえば不十分」と回答している。

トップ層の技術者、技術系以外の人々の評価

純技術的な仕事に直接には関わっていないトップ層と技術系以外の人々との評価はきわめて似ている。基礎科目の修得割合については比較的高く評価しているが（「十分」、「どちらかといえば十分」という回答が若手、中堅で27.4%、トップ層45.4%、技術系以外45.4%）、人文・社会科学系の科目については厳しく、約80%が不十分という意味の回答をしている。

以上の結果では、若手・中堅技術者の共通認識として、基礎となる知識・能力の修得を一層向上させることが要望されている。また若手、中堅ともに教育指導やカリキュラムよりも個人の修得度に、より厳しい評価を下しており、学生の側の努力が要請されている。

ただし、今回の調査結果から一般的な見解を提示することはやや早計であり、出身大学、職場など、より広い範囲の対象についての調査が必要であろう。われわれの事前のヒアリングでも基礎力重視という言葉は随所で聞かれたが、発言者は大企業の者が多く、その言葉の背後には企業内教育体制、OJT (on the job training) 体制の確立が前提とされていた。しかし、こうした教育環境が不足している一般の中小企業などでは専門教育重視の声もでており、大学教育への産業界の要望は多様である。要望の内容は企業規模、業種、研究所、工場によっても異なるし、個人のキャリア・パターン（経歴、仕事歴）によっても違ってくる。規模の小さな一部の私立大学から、スタッフと設備の整った総合国立大学までが、比較的似たカリキュラムを組むような現在の体制は決して好ましいものではなく、特徴をもった多様な教育内容、将来の変化に柔軟に対応できるような教育内容に改善することが望まれている。

Ⅲ 知識・能力の陳腐化と理工系大学教育

1 知識・能力の陳腐化

Ⅱ、1節で述べたような専門分化の行きすぎは、専門分野が学問のフロンティアとしての役割を終えてしまったり、あるいはその分野に対する社会ニーズが少なくなるという事態が生じた場合、その分野の技術者が過去に蓄積した能力や経験が役に立たなくなるという状況を引き起こす。アメリカの最近の宇宙科学などの例でも、学生が博士号を得た時点で既にその専門家が活躍できるような創造的な仕事の間が少なくなってしまうという事態が起こりつつあると言われている。そして現在フロンティアとして伸びている情報技術の一部でさえも、近い将来にこうした陳腐化を招く危険性が高いことが憂慮されている¹²⁾。われわれの行なった科学のライフサイクル研究のケース・スタディからも、最近では1テーマのライフタイムが4～7年程度に短縮していることが明らかになっており¹³⁾、大学で教えるべき教育内容の選定は一層難しいものとなっている。

大学で学んだ専門分野のライフサイクル

前述のように一部の専門分野では研究テーマのライフサイクルが短期化している傾向が見られるが、このような事実に関して当の技術者達はどんな認識を持っているだろうか。われわれは専門分野のライフサイクルを4つの時期

- 1. 崩芽期 2. 成長期 3. 最盛期 4. 衰退期

に分け、大学当時と現在の2時点について自己の学んだ専門分野の変化を調べてみた。調査は若手技術者だけに行なったので、最も期間の長いもので卒業後約10年、短いもので約3年の間の変化についての認識である。結果はだいたい予想通りで、化学系出身者に顕著な変化が見られ約40%の人々が、現在すでに化学は衰退期にあると答えている。そして弱電系、情報系でも前記のライフサイクル研究の結果を裏づけるような速い変化の様子があらわれており、物理などの基礎学問分野では安定した傾向が見られた。

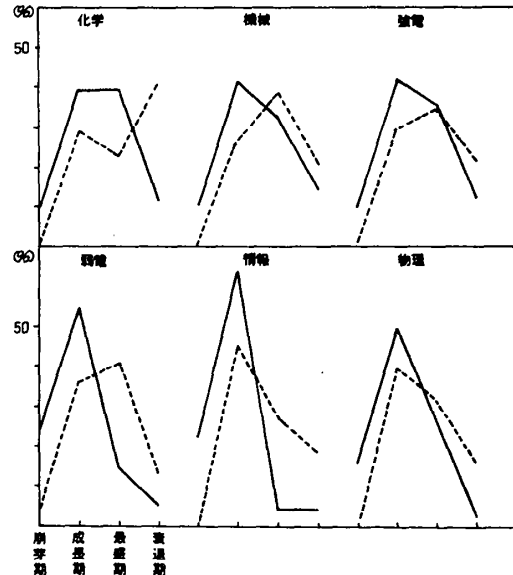


図 8 専門分野のライフサイクル
(—大学在学当時, …調査時点)

大学で学んだ知識・能力の陳腐化の割合

「大学で学んだ専門知識・能力のうち専門分野の進歩によって陳腐化¹⁴⁾して、現在仕事に使用なくなったもの」の割合を調べると、現在までにすでに知識・能力のうちの30%以上が陳腐化してしまったと回答した者は若手技術者の約半数を占めた。出身学科別では情報系で陳腐化の割合が比較的高く、その後に弱電系、化学系が続いている。それに比べ物理のような基礎的な分野では、比較的陳腐化の波をまぬがれていると思われている人が多い。

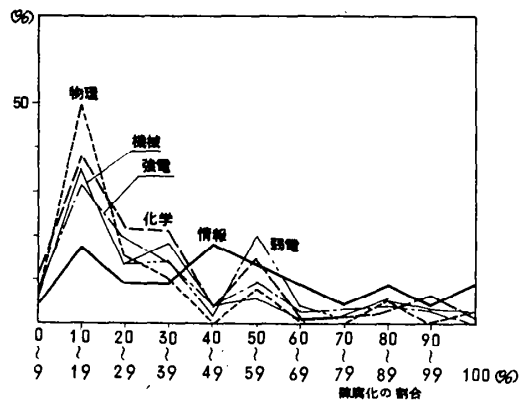


図 9 大学で学んだ専門知識・能力のうち専門分野の進歩によって現在陳腐化して仕事に使用なくなったものの割合(若手)

中堅と若手を比べると、陳腐化の割合は平均で中堅45%に対し若手34%となり、さすがに中堅層の割合が高いが、仕事内容の差が拡大しているせい分散も大きくなっている。出身大学別で見ると、国立も私立も驚くほど似た傾向を示しており、教育内容の画一性がうかがえる。

2 技術者の「危機」

長年の間に蓄積した知識や能力が短期間のうちに陳腐化してしまうという状況は、今日の技術者にとっては一層大きな問題となりつつある。そして、こうした状態が最も甚しい場合にはある特定の分野の技術者として仕事に従事してゆくこと自体が困難になってしまう。つまり知識、能力の陳腐化は単にそれだけの問題に留まらず、技術者の「危機」をも招くことさえ多いのである。ここで、技術者の「危機」というのはそのときまで有効であった専門の知識・能力が役に立たなくなり、その職場で専門家として通用することが出来なくなってしまうことを意味している。したがって、技術者の「危機」は上述した原因だけによるものでなく、むしろ社会ニーズや企業ニーズの変化によって仕事内容やテーマが変わり、専門技術者が苦しい状況に追い込まれる場合が少なくない。これ以外にも年齢的な能力低下とか、興味の対象が変化することなどによっても技術者の「危機」が起こるケースがある。技術者が「危機」に陥るといふ事態は最近増加傾向にあると言われ、今回の調査でもトップ層の技術者の35%、技術系以外の人々の38%が「危機」に陥る技術者が多くなっていると答えている。そして回答者の90%近くの者がこの問題の重要性を指摘している。

技術者の仕事内容はしばしば大巾に変化することがあり、多くの技術者が変化の対応に追われていると言われている。しかし、仕事の変化や対応の方法などについてはまだ十分な把握がされていないのが現状である。

調査結果からみると若手技術者では、「就職直後——現在」の2時点の間で専門分野（13分類）を移動した者は18.1%となっている。すでに就職直後の時点では34.8%の人々が、大学での専門分野からの移動を強いられていることを考えれば、この値はかなり激しい移動を意味することになっている¹⁵⁾。つぎにこれらの移動を通じて専門知識のマッチングについて彼らがどのように認識しているかをみると「就職直後に持っていた専門知識・能力」と「現在の仕事に必要な専門知識・能力」との間

では、彼らの半数近くの人々が「重なっていない」「あまり重なっていない」と回答している。この割合は業種別で建設（56.4%）、非鉄金属（56.3%）、繊維系（56.4%）で高く、出身学科別では情報、数学、化学系で高くなっている。

一方現在の仕事を中心に考えれば、現在の仕事に使っている知識・能力のうち最近、獲得したものの割合を測ることによっても変化の激しさを推測できるであろう。そこで年限を最近5ヶ年間としてこの割合を調べてみた。その結果では若手で、この5ヶ年の間に身につけた知識・能力が60%以上を占めるという者が半数に及ぶ。中堅ではこの割合はやや低くなっているが、獲得した新しい知識・能力の平均は49%（若手は66%）となっている。

表4 専門分野の移動
(就職直後—調査時点)

専門分野	相関係数
数 学	—
物 理	0.864
化 学	0.830
金 属	0.916
機 械	0.751
強 電	0.728
弱 電	0.795
情 報	0.267
土 木	0.829
建 築	0.846
経 営	0.407

(若手技術者)

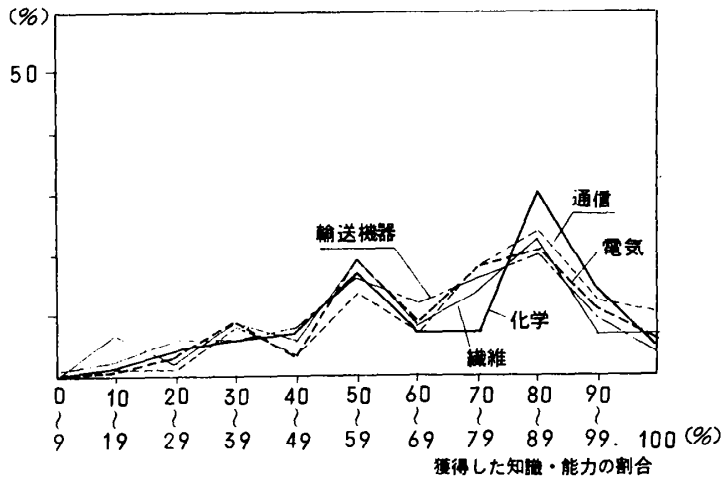


図 10 現在、仕事に使っている知識・能力のうち最近 5 年間に獲得したものの割合 (若手)

技術者が「危機」を感じる時期と原因

技術者が「危機」を感じる時期については、若手技術者はまだ経験年数が浅いため、この時期は入社後 3~4 年目に集中しているが、中堅技術者では 3~4 年と 9~10 年の辺りにピークがみられる。第 1 のピークは就職後の適応とそれに続く、純技術的仕事への対応で、第 2 のピークは管理職的な仕事への転換期と理解できよう。この結果によれば技術者の仕事は 10 年を越すまでが辛く、それをのりこえるとわりあい平穏であるともみ

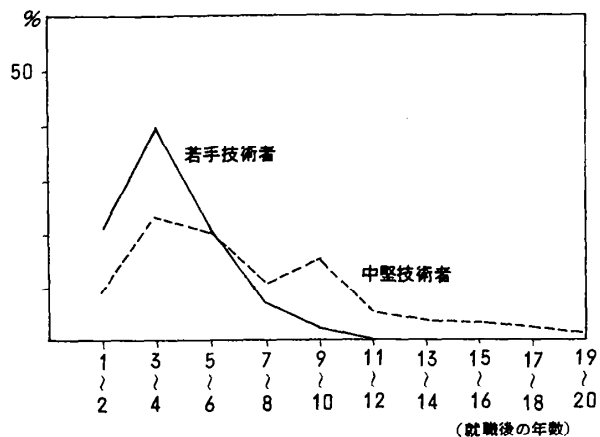


図 11 「危機」を感じる時期

ることできる。陳腐化の原因についてはだいたい予想された通り、配置転換などで仕事内容が変わったという理由が過半数を占めたが、専門分野の変化に原因を求めた者が中堅、若手技術者共通して約 1/4 いたことは現代の技術変化の激しさを反映しているといえよう。

「危機」への対応

こうした「危機」への対応に技術者一人一人がたいへんな努力をしていることが、われわれの結果からも明らかとなっている。しかし、OJT や企業内外の研修はこうした危機への対応としてはまだ十分な効果をあげていないとはいえず、継続教育の体制が一層拡充されることが望まれる。「自己啓発」についても現在のところはほとんど個人の意志に任されたままとなっているが、より強いインセンティブを与えるような方向で充実することが必要である

う。さて、企業側の努力は別として技術者の「危機」問題に対して大学（大学院）が、極めてわずかしか貢献していないように見えるのは重視すべきであろう。大学院を再教育の場へという意見もかなり聞かれるところから大学、大学院と継続教育との関連については今後ますます検討を要する課題である。

技術者の「危機」問題に十分な対策がたてられていないことは、技術水準の向上という点では勿論のこと、技術者の仕事意欲にも影響を与えるという点で大きな危惧を孕んでいる。とくに「仕事意欲」については若手の技術者とトップ層などの間にか

かなりの認識の開きがあり、対応の遅れが心配される。若手技術者では約3人に1人の者（31.9%）が将来の重要問題として仕事意欲の低下に注目しているのに対し、技術系以外の人々やトップ層の技術者では約15%が回答しているにすぎない。

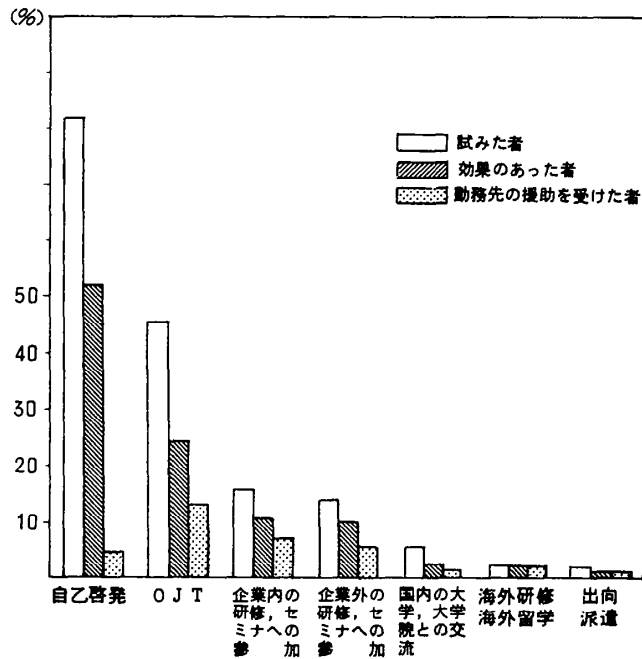


図12 陳腐化への対応方法（若手）
（重複回答法）

IV 理工系修士課程の課題

日本の理工系大学院は此の10年の間に著しく量的に拡大し、就職面でも大企業における大学院修了者の採用合計数は昭和42～50年の間で約5倍に増えている。実際、生産現場などと比べて研究所などで修士が歓迎されていることは調査結果からも明らかとなっている。しかし、専門分野別に見ると事情はやや複雑で、化学のように実験技術や知識の積み重ねが重視されるところでは比較的修士が有利に見えるが、情報系のよう

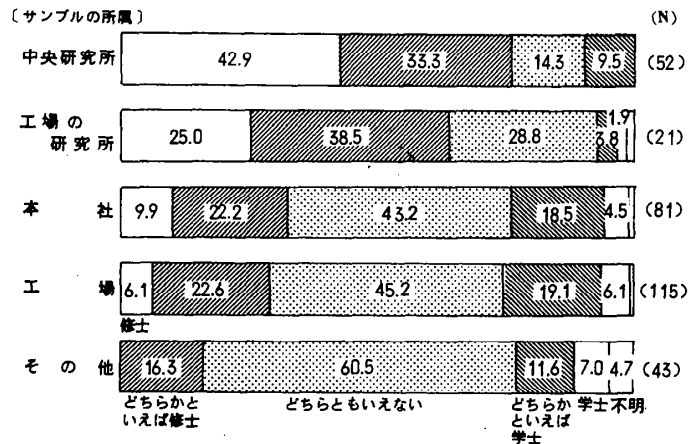


図13 職場での有効性からみた修士と学士の比較
（短期的にみた場合の評価）（中堅）

系のようにほぼ確立してしまった技術領域では修士も学士も差はないという傾向が見られる。しかし、総じて修士採用の評価はまだ時期が早く、企業の側も判断できない状態に近い。

一方、このような大学院の拡大を含め、大衆の高学歴化現象を無制限に許容してゆくことが、個人と社会の双方にとって本当に得になるのかどうか疑問視されてきているのも事実である。青少年を長期間、現実の社会生活から隔離しておくことは青少年自身にとって必ずしも良い選択であるとはいえないし、社会の側から見ても青少年が社会へ貢献する機会を長く延期することは大きな損失である。アメリカなどではこうした高学歴化の進行が教育財政を逼迫させるという事態にも至っている。これらの理由から最近では教育年限を短縮する、あるいは中等教育終了程度の時点で1時期、社会生活を経験するというサンドイッチシステムなどが改善案として真剣に検討されてきている。¹⁷⁾

修士課程終了者の現状

われわれの調査サンプルとなった若手技術者では全体（不明を除いて）の40%（215名）も修士が含まれていた。これに対し約10年前の世代にあたる中堅技術者では11%（34人）である。「就職直後の仕事に必要な専門知識・能力」と「大学で学んだ専門知識・能力」のマッチングについて修士と学士を比べてみると、企業によっては修士に対してはあらかじめ専攻内容に見合った専門的業務を用意しているということもあり、マッチングに関しては修士は学士よりもかなり高い評価をしている。といっても、彼らの受けた教育内容がとりわけ寿命の長い知識・能力というわけではなく陳腐化については学士と共通した傾向を示している。

修士に関して注目されることはむしろ技術者の「危機」を感じる時期についてである。専門知識のマッチングでは学士と比べ、かなり高い評価をしたにも拘わらず、修士が不安を感じる時期は学士よりももっと就職後はやくに集中している。例えば就職後1~2年目に「危機」を感じる者は学士の6割強（比率で）も多くなっている。この理由については「状況の変化」と答えるものが学士と比べてやや多く、教育年限の延長による社会的な不適応が修士の場合により強くでていることも考えられる。

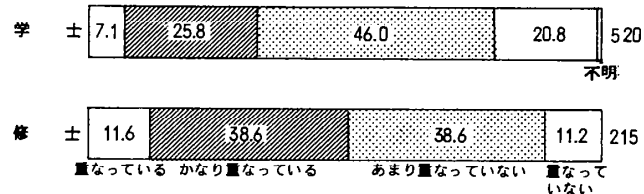


図 14 大学で学んだ専門知識と「就職直後」の時点で持っていた専門知識との関係（若手）

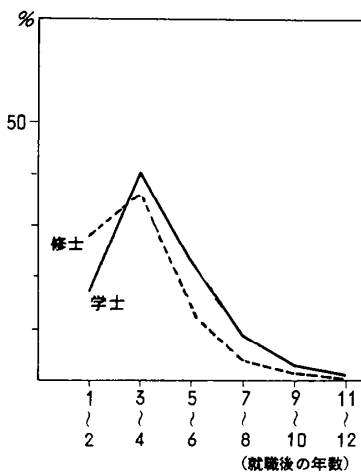


図 15 陳腐化の危機を感じる時期

修士課程の改革

修士号をもつ技術者が増えるのにつれて日本でも大学院教育の改革が一層重要視されている。しかし、改革の方針については様々で、たとえば基礎と専門のどちらを重視すべきかという問題についても現行の大学院経験者である修士と学士の間にはかなりの差が見られる。修士では圧倒的に基礎力重視を考えているものが多く（71.7%）、学士では専門教育重視の者が約半数も（45.0%）いる。この選択については技術者層と技術系以外の人々の間にもギャップがあり基礎を重視するものが技術者では60.1%技術系以外では39.9%であるにすぎない。また研究者養成と一般技術者養成のどちらを重視すべきかという選択については、技術者層の多数（75.1%）が後者の方針を支持している。最近では陳腐化の問題などと関連して、大学院を再教育の場として充実しようという声があるが、これについては若手技術者を中心にかなり強いコンセンサスが存在する。ともあれ、大学院の質的改善については技術者の69.1%、技術系以外の80.4%がそれを要望しているのである。

結 語

今回の調査結果により明らかとなった重要な知見は次の3点である。

- 1) 大学で学んだ専門教育の内容と就職後の仕事がマッチングしているといえる者（若手技術者で38.5%）は少なく、しかもこの傾向は最近強まってきている。
- 2) フロンティアの急速な変化によりおこる専門知識・能力の陳腐化は専門分野、業種などによってかなり異なるが、大学で学んだものについては若手技術者でそのうちの34%、中堅で45%が大学卒業後から現在までの間で陳腐化してしまっている。
- 3) 知識・能力の陳腐化という事態に加え、社会や企業ニーズの変化による技術者の仕事内容の変化は著しく、就職後3～4年と9～10年頃にその対応に苦しんでいる者が多い。

こうした現状に対し、我々が今後取り組むべき課題は次の4つに整理できよう。

- 1) フロンティアの急速な推移に対してあまりタイミングの遅れすぎない専門教育を行なうために、専門分野のライフサイクル、ディシプリン形成について研究することが必要である。
- 2) 今後、複合領域が増加してくることは自明であり、また仕事と、研究、教育の専門分類のズレという問題からも、今後の技術者教育においては1つの専門だけではなく interdisciplinary あるいは multidisciplinary な教育を一層重視することが必要である。
- 3) 獲得した知識・能力の陳腐化という事態がほとんどの分野で避けられなくなっている以上、技術者の一人一人が自発的に何を学んでゆくかということをも自分で選択し、デザインするような教育が必要である。また未解決な問題へ向って、創造的にとりくむ態度を学ぶ問題解決型の教育方法を充実することも重要である。
- 4) 大学教育と継続教育の間で、個人個人のキャリア・パターンに見合った形で教育の分担関係を考慮できるような教育システムを設計することが必要である。

注

- 1) 林雄二郎・山田圭一(編著)「専門分野のライフサイクルと科学政策」『科学のライフサイクル』中央公論社, 1975, 5章
- 2) ここで「能力」という内容には潜在的な能力というのではなく、知識の体系とパッケージになっている思考法といったものである。
- 3) 山田圭一, 他『科学技術者の教育と社会環境に関する研究』未来工学研究所, 1977。
ただし, 上記報告書は後に追加した化学系1社, 鉄鋼系1社のサンプルを含んでおり, 本稿でのサンプル構造と若干異なっている。
- 4) 技術者の職業研究, 理工系大学教育の調査研究としては, 例えば本吉修二・陳内靖彦「技術社会における大学の社会的機能」1971, 教育社会学研究26号 pp 104~121, リクルート(10)1968, で報告された深谷昌志・山本恒夫, 岩内亮一, 本吉修二, 門脇厚司氏の社会移動研究①~④などがある。
- 5) 研究所であればその機関に就職した年度をさす。サンプルの大部分が新卒採用のため, 入社年度はほとんど大学卒業年度の次年度となっている。
- 6) 母集団; 技術同友会の会員の協力を得て, 下記の計18の組織を対象とした。

業 種	資 本 金 (円)				従 業 員 数			
	50 ~ 100億	100 ~ 500億	500 ~ 1,000億	1,000 億 ~	1,000 ~ 5,000人	5,000 ~ 10,000人	10,000人 ~	
通 信		1					1	1
電 力				2			2	2
電 気	1	2		1	1		3	4
非鉄金属		2				1	1	2
化 学		2	1		1	1	1	3
織 維		2					2	2
輸送機器			1	1			2	2
建 設		1				1		1

国立研究所 1 + 17

計 18

標本抽出; 社員, 所員名簿で技術系, 技術系以外の別, 入社年度で層化した後, 無作為抽出。企業, 研究所の各人事担当者に依頼した。

1 機関(企業, 等)あたりの平均サンプル数はトップ票 5, 中堅票 30, 若手票 60, 技術系以外 20

調査票配布; 企業, 研究所単位に調査票を配布。配布数2,045

回収; サンプル個人より直接に返送。本稿で扱ったデータは10月30日時点で締切り, 回収したサンプルを集計したものである。有効回収票数は1377(回収率; 67.3%)。トップ層(86), 中堅層(313), 若手層(769), 技術系以外(209)

業種別構成; 若手層で, 通信(12.4%), 電気(22.8%), 非鉄金属(12.5%), 化学(10.7%), 繊維(11.6%), 輸送機器(16.4%), 電力(6.1%), 建設(5.1%), 研究所(2.3%), 「若手」以外もだいたいこの構成に準じている。

7) 出身大学別構成 若手票で, 旧帝大〔含東工大〕(49.2%), その他の国立1期校(9.4%), 国立2期校(14.2%), 公立大学(3.1%), 早慶上智(9.5%), その他の私立(10.1%), 外国大学(0.1%), N. A. (4.4%)。一流企業従業員の有名大学への偏りは原・矢野論文(「人材

- の独占」『季刊中央公論，夏期特別号』，1975，p 346）に報告されている。
- 8) 林雄二郎・山田圭一（編著），前掲書，1975，p 14
 - 9) 例えば化学という大領域内での小分野間の移動と，化学の1小分野から物理の1小分野へ移動する場合とで，その意味が異なっては困るのでディシプリンとしての大きさを均等に設定する必要がある。
 - 10) 四分点相関係数，林雄二郎・山田圭一（編著），前掲者，1975，p. 127を参照。
 - 11) 入移動率＝入移動数／周辺度数（就職直後時点）
出移動率＝出移動数／周辺度数（大学卒業時点）
 - 12) Keiichi Yamada 'Education Policies in the Modern Industrial Societies', 2nd International Symposium on "New Problems of Advanced Societies" Hambrug, 1976
 - 13) 林雄二郎・山田圭一（編著），「科学研究のライフサイクル」，前掲書，1975，2章
 - 14) 獲得した知識・能力が役に立たなくなるという事態をわれわれは次の3つに整理している。
 - 1) 専門分野の進歩によって有用でなくなる場合。
 - 2) 仕事の変化によって当分の間だけ無用である場合。
 - 3) 仕事の変化によって無用となり，おそらく将来も役にたつことはないという場合。ここでは1)の状態を陳腐化と呼んでいる。
 - 15) 「就職直後－調査時点」での移動には，再び大学時点での専門分野に戻るという動きも含まれており，すべてが新しい分野への移動というわけではない。
 - 16) 日本リクルートセンター「企業別採用状況調査」，昭和42～50年（昭45は統計なし）
 - 17) たとえば，マーチン・トロー（喜多村和之，天野郁夫 訳）『高等歴社会の大学』東大出版会，1976

〔謝 辞〕

今回の調査研究に際し，ご援助とご助言を賜った技術同友会：科学技術者教育委員会（向坊 隆委員長）および同委員会ワーキング・グループ（瀬谷重信，安田耕吉郎，板橋博康の諸氏，他）に厚く感謝する。また，インタビュー，調査アンケート，その他にご協力を頂いた多くの方々にも心からお礼を申し上げる。

Research in Higher Education of Scientists and Engineers

Katsuhiko ARAI*

Shuichi TSUKAHARA*

Keiichi YAMADA**

In this research we tried to study the evaluation of the effects of scientific and technical education made from the viewpoint of the scientists and engineers, who have already graduated from the university. The first viewpoint of analysis is to make clear the relation between the achievements of higher education and social needs for the graduates. And the second one is problem of the obsolescence of technical capabilities caused by the progress of science and technology. The data of this paper are based on a survey, under the title of "Education and Social Environments of Scientists and Engineers". The objects of this survey are graduated scientists, engineers and people with other academic backgrounds, who are engaged in 18 big enterprises and 1 national research institute. Total number of examples: 2,045. Percentage of recovered inquiries: 63.3 % (1,377).

The important results of the analysis are as follows:

1. The percentage of persons, whose technical capabilities in a specified field acquired in university are not in suitable for their professional activity as a specialist in their institutions (two or three years after commencement), are 47.9% in the case of the graduates from 1952 to 1962, and 61.5 % from 1963 to 1973. At any rate we can find tendency of enlargement of the unconformity.

2. The ratio of the technical capabilities which are acquired in universities and have become obsolete after their graduation is estimated to be ca. 34 % in the case of young scientists and engineers (graduates between 1963 and 1973), and for middle-age scientists and engineers 45 % (graduates between 1952 and 1962).

3. It is used to be pointed out that the amount of the scientists and engineers unable to cope with the rapid change of science and technology on one side and social needs on the other are increasing. According to our inquiry, there are many persons facing difficulties among the graduates especially after three to four years and nine to ten years after their commencement.

In order to improve the professional education of scientists and engineers, it seems to be necessary to promote empirical studies on lifecycle characteristics, formation process of disciplines, and to develop educational courses for interdisciplinarity and design a flexible and innovative educational system in the field of science and technology.

*Student of Graduate School, Tokyo Institute of Technology

**Affiliated Researcher, Research Institute for Higher Education / Professor, Tokyo Institute of Technology