

# 生産工学におけるサンドウィッチ

## 方式学位コースの未来像

### The future degree course in production engineering

翻訳紹介 内田悦弘

ここに紹介する論説は英国生産工学学会の東南支部が主催する卒業会員の各年度別懸賞論文募集に於ける1965年度当選論文として、現在英国 I. B. M 社組織分析担当者エーヂェーフィルビー氏 (A. J. Filby) が発表したものである。

コースの学生はカレッジ入学前に一年間、工場で実習することができて、それによって上級 G. C. E (中等学校修了後試験合格によって取得する上級普通教育証書) を有する学生は学位コースにはいる前に O. N. C (普通国家証書) の第3年度を修了できるものとする。この提案されたコース制はある点では従来の英国の教育制度の伝統を離脱するものであり、それだけ社会科学に並々ならぬ考慮を払うものである。

ここに紹介する見解は著者フィルビー氏個人のものであり、なんら公的機関の見解ではない。

#### I 過去2年 (1963~1964) の間に、高等技術教育の分野で幾多の変化が見られた。

1956年 (英国政府が「技術教育」白書を発表した年) に創設された高級技術専門学校 (CATs) は、その後大学への昇格の措置に伴って、学位レベルと同等の独自の資格証書 (技師号証書) を授与することができて、教科科目についても一層充分な調整をするまでになりつつある。

このことは、つまりすべての教科科目に革新的な再検討がなされ、特にこれによって生産技術が益するところが大きいことを意味する。

本文において、提案する学位コースを説明するに当たって、まず、過去の代表的コースと現在のコースを考えてみる必要がある。

1956年当時、高級技師号証書コースが導入された時二つの点が注目された。第一はこの新しいコースはできることなら、機械工学学会、生産工学学会試験の第一、第二第三部を全く免除する特典を持つべきことで

あった。当時、生産工学学会は英国王室の授与するロイヤルチャーター (女王が特定学会学術機関等に下賜する憲章) を持たなかったため、この特典は望ましいことであった。第二はこのコースは上級国家技術免許 (H. N. D, Higher National Diploma) レベルでとる科目と、もっと高いレベルでの科目を一括組み合わせるものであった。

(註) Royal charter いわゆる王室憲章は国王より授与する当該団体設立許可証のごとき権威あるものである。

サンドウィッチ方式 (学科と工場実習の交互組み合わせ制度) が用いられ、これによって工業生産と高等教育の両者の結合がもたらされた。産業と教育の両当事者がこの考え方を活用して、学生の教育を助け、学生に実際のコースとなら結びつきもないような漫然とした、その場かぎりの工場経験を与えないように教育することが問題であった。

知識を吸収するために、もっと多くの時間を学生に与えるということとは別に、その結果生ずる教育は立派な上級国家証書 (H. N. C), または上級技術国家免状 (H. N. D) にほとんど優るものを学生に与えなかったことが判然としてきた。問題となった点は技術的教科の扱い方であった。すなわち、学生は多数の課題について一連の事実を提示され、しかもそれらの課題には何らの共通した核心もなく、従って学生は問題の根源にさかのぼって考えようとするような真剣な試みは何もしないというやり方で技術的教科が扱われたことである。即ち、問題の根本にさかのぼって考えるように、学生をしむけなかった点は重大な失敗であった。なぜならば、大学教育の主な目的の一つは物ごとを根源にさかのぼって考えるようにしむけるという学生の創造的思考の助長にあるからである。

1960年の初期には、これらの欠陥を是正するため

に、学位コースの修正が始まった。これはかなり成功した。しかし、新しい教科が導入されたとき、ありうべき誤謬を生じたのである。この結果、当時の学生達は応用冶金技術者のレッテルをはられ、生産技術者ではないという危険に陥ったのである。もし、そのような事態に陥ることが許されるとすれば、高級技師号免許コースの全目的は失われ、それは卒業生が工場で、直ぐに役立つという見地から考えると、単に全日制学位コースとほとんど変わらないことになってしまったであらう。

II ここに、提案した学位コースの基本は卒業生が産業界が要求している知識を所有しこの知識を卒業後直ちに産業上の諸問題に適用することができるという点である。

この思想を展開するためには、スポンサーたる各工場の類型的分析を試みなければならない。小企業から中企業までを考えて見て、機械的最終製品を製造する工場の数と電気的最終製品の製造工場の数とは同じである。この分析の範囲内でいえることは、製品の大量生産に従事している工場の数が高率を示していることである。

これは、次のことを示唆している。


このコースにおいて訓練すべき生産技術者のタイプとしては、①生産技術について十分な活きた知識を有し、さらに、それに加えて、②オートメーション生産の十分な知識を有する者ということである。


この二つの目標は学位コースの中で、相互に併列すべきもので、この両者の取扱いによって卒業生が生産技術者 (production engineer) となり、応用冶金技術者 (applied metallurgist) とはならないように措置されるわけである。

表 1

	9月	2月	7月	2月	7月	2月	9月	2月	9月	2月
Aグループ	1	2	3	4	5					
	2月	9月	2月	9月	2月	9月	2月	7月	2月	
Bグループ	1	2	3	4	5					

全コース期間4年半

 工場実習期間

 大学学期 (Semester) 1/2 年単位

註 上記コースの編成はBグループの場合学生がカレッジに這入る前に1年間工場で訓練を受けることを容認する此の措置はA級 G.C.E (普通教育証書) を有する学生が学位コース開始前に O. N. C

(普通国家証書) コースの第3年度を修了すべきであるとする極めて一般的見解と一致するものである

しかるに、この措置は大学の伝統の完全な破壊を意味するかもしれないし、またこの結果は機械工学学会試験の完全免除を失うことになるかもしれない。しかし生産工学学会 (Institution of production Engineers) は現在では学会独自のロイヤル、チャーター (国王よりの憲章) を持っているのであるから、この措置は不利益であるはずがない。

III さて、本コースは4年半の5学期制サンドウィッチ式学位コースとして編成されている。

これは、本来の高級技師号免許コースよりも6ヶ月長期である。しかし、そのためにこそ学生はそれだけ、よぶんの勉学が許され、またこれこそ必要なことと考えられ、過去のどのコースにもなかったのである。全体的結果としては、生産工学学会の要求している理学士コース、プラス2年の工場経験よりは短いコースとなる。さらに、それは工場実習と学科履修の完全結合を認める。

本コースの概要は表2の示す通りである。ただし、従来のコースと変っている点については全般的説明が必要である。ここでは、学生はすべて、学術的訓練を始める前に少なくとも6ヶ月は、工場で過ごすことを必要とするわけである。これが何故望ましいかといえれば、それによって学生達は教室外で経験を修得する機会を得て、さらに基本的生産技術技法を教室で考える前に工場で見聞し、それを活用することになるからである。

(一) Royal charter 即ち、国王の付与する憲章であり、特定の学術団体や慈善団体に国王が付与する。ロンドン市ギルド協会は1900年にこの憲章を付与された。

#### IV 提案されたサンドウィッチ式学位コースの各学期別構想

##### (a) 第一学期 (The first Semester)

第一学期は学生に技術的基礎を与えることに重点を置くものとし、この基礎の上に学習コースが成立するのである。学生達の大部分はA級 G. C. E コースから進学するので、この第一学期の段階で生産行程学科を含むことが必要である。このことは、産業機械や生産行程の解説的論述を意図し、その基礎知識はコースの

表 2

科 目		時 間 数
社 会 学	Social Studies	200 hrs.
数 学	Mathematics	200 hrs.
生 産 行 程	Manufacturing Processes	160 hrs.
生 産 技 術	Engineering Production	160 hrs.
材 料	Materials	160 hrs.
機 構 学	Mechanisms	160 hrs.
産 業 組 織	Industrial Organisation	160 hrs.
機 械 化	Mechanisation	140 hrs.
器械使用・管理工学	Instrumentation and Control Engineering	120 hrs.
機 械 製 図	Machine Design	80 hrs.
オートメーション (自動生産)	Automatic Production	80 hrs.
材 料 の 特 質	Properties of Materials	80 hrs.
度量衡学・自動点検	Metrology and Automatic Inspection	80 hrs.
回 路	Circuitry	80 hrs.
製 図	Drawing	80 hrs.
投 影	Project	60 hrs.
生 産 管 理	Production Control	60 hrs.
経 済 学	Economics	40 hrs.
計 算 器	Computers	40 hrs.

内訳：技術的科目 1740時間 管理科目 260時間 社会科 200時間

後期部門において、さらに啓発され得るものである。

この科目は最初の二学期にたわって、教授されるものとする。

O. N. C (普通国家証書) を取得して、このコースに入学する学生達は第一学期においてこの簡約講義を受け、余分の時間は数学に充当される。製図については、製図の基本、ならびに B. S. 308 についての十分な活きた知識を学生が学びとるように教授すべきである。機械製図が出来るように、特に指導上の重点を置くべきであるが、幾何学的図形構成が出来るようにならなくてもよい。それは工場では見取図などの自在画が用いられるのであらうからである。また、対象物のきちんとした写生即ち、設計図案写生が全コースを通じて必要であるからである。

材料と機構学を考える場合、従来の伝統を破ることになる。この二つの科目は学生が生産工学と機械化の将来の仕事にあって、専ら助けとなるように企画されるべきである。

材料学という教科科目の下での仕事は冶金学的な面と、さらにまた、金属、非金属に応用される点で可塑性の理論の面と両方を包括することになる。これによって、これらの科目は第三学期における生産工学に関連してくるのである。

表 3 第一学期各科目別週当り時間表

生産行程：	4 時間
機械の型 明細説明 各グループの経済性	
製作技法	
原価計算法	
改善技法 (Deformation)	
製 図：	4 時間
機械製図	
B. S. 308	
自在画	
材 料：	4 時間
生 産 溶 解	
	凝 固
	加 工
可 塑 性 入 門	
非 金 属	
機 構 学：	3 時間
集積の機構	
材料の強度	
数 学：	4 時間
社 会：	2 時間
計 21 時間/週当り	

機構学は新しいタイプの科目であり、三学期にわたって授業されるものとする。将来の機械化の諸問題に於て多数大量生産というダイナミックな様相を予見す

る能力は極めて重要である。教科のこの部門まで包含するだけでなく、さらにその取扱いについては、どんな機械構造でも、それを運転操作できるところまで範囲をおし進めるべきである。最終の結果としては内臓されたいろいろの力が力学的に計算できて、これらの力に安全に耐えうるように機械的設計が適切に行なわれ得るといふことである。

数学は三学期にわたる研修コースからなり、主要課題については数学用具の使用の便宜を与えるように企画するものとする。

第三学期にいたって、統計学の十分な研究をもってコースを終了する。

社会学の全コースは、五学期全体にわたるようにする。学生達が履習したいと望む課題について、最初の選択は学生に任せる。これは現行の制度と同じように、試験課題と同等に考えられ、科目の得点は学期中に準備される論文に対して与えるようにする。

#### (b) 第二学期

第二学期は第一学期の継続であるが、ただ除外例は製図のかわりに、回路と称する新しい教科がはいってくることである。この新科目は気学、水力学、電子工学の基礎的要素を紹介するものである。その狙いとすることは、これらの課題についての理解を与え、それによって機械化や械器使用を考える際、将来の関連をこれらの課題におよぼし得るようにする。

表 4

第一学期の推進（展開）但し製図に替つて回路を科目に入れる	
回路：	4 時間
気学入門	
水力学	〃
電子工学	〃
各科目についての J. I. C. 基準	
計 21 時間／週当り	

#### 第二学期週当り時間数

#### (c) 第三学期

第三学期においては、前学期までの各科目が相互に織り混っている。生産工学の講座が材料と（生産行程にとって替り、素材を課題と）して考えることによつて、技術のあゆる部門についての、より十分な理解が得られるようになる。精密な理論の解明は必要でないが、あらましの技法（技能）の知識は学生が将来、工場で当面する生産問題を解決する上において、極めて価値があるはずである。

金属についても、非金属についても、現在存在する材料についての活きた知識は絶対に必要である。そして、材料の特性に関する科目は専ら、この問題を取扱うのである。これは材料を将来の設計計画において、選択する場合に、現実的な（実際に則した）選択をするようになるのである。この将来の見透しは、つまりプラスチックや組成材料が完全に処理され得るといふことである。第四学期における自動点検の科目に導誘する方法として、この段階で度量衡学を扱うことは必要である。ここでは、測定（計測）に関する基本的理解が測定の基準と方法の設定と相俟って、意図されるのである。

表 5 第三学期週当り科目別時間表

生産工学：	4 時間
凝 固	に於ける材料と製造工程との統合
加 工	
金属切削	
材料の特性：	4 時間
金属と非金属の区分と各々の特質	
度量衡学：	2 時間
測定基準入門	
測定技法	
限界と適合（寸法型などの合せ）	
器械使用と管理技術：	3 時間
機械化への応用としての入門	
機械化：	4 時間
回路と機構の実際の組織への統合	
設計と建設の種類	
簡単な考案の研究	
機構学：	2 時間
第一学期及第二学期コースについて	
追加研究	
数 学：	2 時間
統 計 理 論 + 応 用	
社会学	2 時間
計 23 時間／週当り	

これよりももっと早く、自動装置機構をいやしくも考えようとする試みは必要とされる数学のレベルに基づく問題であらう。この理由からこそ、この段階において器械使用と技術管理が導入されるのである。さらにまた、機械化の科目も導入し得るものであるが、これは回路を（hardware）に統合することになり、前学期における機構学での各課程の全面的応用とも組み合わされるものである。

#### (d) 第四学期

第四学期においては生産工学，器械使用，技術管理機械化の各科目がさらに深く研究され，一方度量衡学にかわって自動点検が教科となるであろう。このことは，自動方式，自動設備への偏重と共に点検技法の問題が取り扱われることになるであろう。

機械設計は設計手順の問題を扱い，さらにまた現在用いられている理論的設計技法を導入するであろう。もし，学生達が生産行程を充分に理解するならば，この科目の知識は必要である。

表 6 第四学期週当たり科目別時間表

生産工学：	4 時間	
第三学期に於ける演習の細目的研究おしよかの研究（不良品防止対策として）		
器械使用 管理工学：	3 時間	
各方式機械類に関し更に研究を進める		
機械化：	3 時間	
第三学期コースの細目的処理		
自動点検：	2 時間	
点検技法と組織 （品質管理の選択組合せを含む）		
自動装置の各型式とその適用		
機械設計：	3 時間	
設計理論		
計算機：	2 時間	
計算機の型とその用途 プログラミング		
産業組織：	4 時間	
オフィス組織 管理技法 会社機構 労働組合	} 入門	
社会学：		2 時間
計 23 時間／週当たり		

将来の技術者（技師）達にとって，極めて重要な点は計算機についての理解であろう。それは一学期分の教科資料を提供することになる。その狙いは，学生達をプログラマー（programmer）として教育するのではなくて，計算機等の器械の性能やそれらの使用についての十分な知識を学生達に与えることであろう。

管理的教科は，この段階までには既に除かれてしまわれている。それは，Dr. Colrett（コルレット博士）の文献を参照してみるとわかるように，一級技師クラスはその年齢が40—45才を超えるまでは，管理訓練を充分に活用することはしないといわれているからである。

産業組織という科目は生産工学学会試験の第三部門に用いられる課題と相似した科目である。これによって，学生は管理技法の基本的理解を与えられるであろう。学生に特定の科目についての特別な専門家的知識を与えようとする試みはない。ただ，例外としてこの知識が静的状態にあるという，極めてまれなケースは除外される。その理由は，学生が10年ないし15年経ってこの知識をほんとうに必要とする時には，いろいろの新しい技法が適用されるであろうし，学生の教育上この大切な時機（段階）に貴重な時間が失われるのであらうからである。

(e) 第五学期

この最終学期では，全ての学問をこの段階までに競合せしめようとするものである。オートメーション生産は利用できるかぎりの最新の技法を考えるであろうし，これらの技法の批判的分析は技術生産と機械化において得られた背景的知識に基づいて可能なことであろう。こんな風にして，このコースを修了すれば，確かに学生は卒業時において産業のあらゆる新過程を充分に知悉することになる。

表 7 第五（最終）学期週当たり時間表

オートメーション生産：	4 時間
近代的設備方式及行程の批判的分析 技術生産機械化管理技術の統合	
機械設計：	3 時間
近代的機械の検査技法の発展 機械要件の分析	
産業組織：	4 時間
第四学期コースの専門的研究 関連科目についてのケーススタディ	
経済学：	2 時間
会社と経理 生産管理：	3 時間
近代方式と技法の概要 データ処理法の適用	
社会学：	2 時間
研究課題作成	4 時間
計 22 時間／週当たり	

機械設計は継続され得る科目であり，その狙いとすることは学生達に比較可能な諸機械を分析して，その中から所要作業の種類に最も適した機械を選び出し得る各方法を与えることである。このことは機械の使用検査や各種の異なった使用にあたっての許容レベルに関する総合研究を含むものである。

その他の各科目は工場の組織と管理に関連したもの

でなければならない。産業組織は、もっと深く研究を続けるべき科目であろう。そして、ケーススタディの方法を用いて学生達に小グループ制で、アイデアを論議する機会を与えてやるのである。これによって、産業における諸条件は一様化されるであろうし、個々の学生達には何等かの欠点が知らされ得るのである。

経済学はいやしくも資格を取った生産技師として、いささかでも知っておくべき科目である。このコースは会社経理の全般的背景で行なわれる直接生産に影響する幾多の決定を学生達が理解するのに助けとなるであろう。

生産管理は、各会社によってそれぞれ大いに異なるが、大抵の組織制度の基本を与える一つのコースを立案することは可能である。このコースによって、生産技術の技術的面と管理的面との両方が充分包括されているように、学生の知識のバランスがとられるであろう。

学生の研究課題は第五学期を通じて進められるであろうし、その中には学生が何か創造的な仕事を遂行することも含むものである。一つ一つの研究課題については、大学側と学生との間で協議することが必要であるから、課題となる問題はこの点で討議できるようなものではない。一般的に言えば、それは工場と結びついた仕事を含むであろうし、またその仕事が学生が卒業した後でも、しばしば継続する問題かも知れない。各研究課題の組織は、現在あるものよりもっとよいものであらねばならぬ。課題は第四学期の修了前に結着をつけるべきである。そのことは、学生達がこのサンドウィッチ式コースの最終の工場実習期間中にその選択課題についての文献記録を探す時間を許されることになる。学生達は、担当教師に自分の研究の進捗状況報告を提出すべきであり、これによって研究課題は充分に教師の監察を受け得るのである。

工場実習期間は、もしそれが学生にとって充分利益となるべきものならば、実習期間の訓練はその後に続く学理研究学科と調合結合すべきである。これができないような特定の場合には、実習工場へ学生を送るように特別の配慮を構うべきである。

これらの工場実習期間は学生担当の教師と工場訓練専門家とによって、前もって組織化されねばならない実習期の配列順序として理想的なのは、最初の2期は生産行程を含み、次の1期は生産組織の実習とし、最終の第4期にはトップマネージメントの副補佐としての実習に充てるものであろう。

全実習期間を通じて、訓練は実際に現場作業を実習することであり、もしこれができなければ、学生達は工場の資格を持った技師達の動きを注意深く観察したりするべきである。

学期は5学期あるので、各学期の終わりに試験をするのは望ましくない。第1学期と第2学期のそれぞれの終わりに試験するのは、学生がコースを続けて行くのを確かめるためであり、第3、第4学期は一諸にそのまま進めて、試験はまとめて第4学期の終わりに施行するのである。この最終試験と始めの、1、2学期の試験とは内容構成が相違するものである。最初の1、2学期の試験レベルでは学生はノートや教科書の照会を許される。これによって、現在行なわれている問答様式より、もっと高度に問題の融合が可能となるであろう。最終試験では、一般生産工学問題について口頭試験もある。

#### IV 結 論

ここに提案した見解は、著者個人の私案であり、著者としては以上述べたサンドウィッチ式学位コースの構想は現代産業のニーズ (needs) に応じうる学位レベルのコースを創る上に大いに役立つものとする次第である。

#### (付記)

フィルビー氏の提案したサンドウィッチ方式学位コースの未来像は別項を以って紹介した「英国工科大学におけるサンドウィッチ式ディプロマコースの技術教育—英国ノーサンプトンカレッジの実情を中心に—と併読することによって、学位コースの相違性や特徴を把握し、産学協同体制から観察した産業界の期待を認識するに資するところ大であると思ふ。

さらにまた、日本における一般工科大学と職業訓練大学における技術技能教育の在り方やその将来の発展性に有意義なる示唆を与えるものとし、本文の紹介を試みた。