

独創的工業技術者の育成に関する研究

日本工業大学 工業教育研究所

教授 木村寛治

(平成8年度研究開発助成 AF-96014)

キーワード：独創的工業技術者、工高・大学連携、カリキュラム(科目)

1. 研究の目的と背景

従来、日本の工業技術は先進国の工業技術に追いつけ、追い越すための技術開発・研究であった。今日、その時代は終り、日本の文化に根ざした創造的、独創的な技術開発・研究成果が求められている。そのためには、学校教育において小学校の段階から中学校、高等学校、大学の中に一貫した創造性・独創性を育成する内容と方法が必要である。ここでは、工業高校と大学(工学部)の段階において、創造的、独創的問題解決力を身につけ、一人一人の能力を伸長させ、社会の期待に応える人材育成に関する研究を目的とする。

2. 研究方法

2・1 具体的な創造的、独創的工業技術者像のイメージ化の研究

創造的、独創的工業技術者のもつべき能力については、様々な見解があり、統一的なものが少ない。ここでは学習者が「創造的、独創的工業技術者像」をどのようにイメージしているかを知り、そのイメージ像を指導目標にして教育することが効果的・有効であると考ええる。

さらに、理想的な創造的、独創的工業技術者像と現在の身に付けている自己の創造的、独創的工業技術者像を比較(評価)することによって、さらに、理想的な独創的工業技術者に近づくために獲得すべき能力の方向づけをすることができる。

2・2 企業現場における創造的、独創的技術開発経験者の実践事例の研究

独創的工業技術者の育成に関して、教育心理学や教育学の学問体系の立場に立って実践することも一つの方法である。ここでは、各分野の技術開発経験豊かな有識者の経験体系をもとにした創造的、独創的工業技術者の育成を試みる。

2・3 工業高校と大学(工学部)の一貫工業技術教育カリキュラム調査研究

創造性及び独創性は、論理的認識と情意的認識の二つが深く関わっている。学習者の発達の段階から見ると情意的認識の上に論理的認識が成立すると考えられる。

このことから、工業技術教育において、工業高校(15才~18才)期の工業技術教育は大きな意味づけができる。そこで、工業高校で育てた、主として、工業技術の基幹的な技能及び五感(感性)を大学(工学)教育の中で十分に伸ばすことが、創造的、独創的高度専門技術者の育成に繋がると考える。

その意味で、工業高校-大学のカリキュラムを調査研究し、工業高校と大学(工学部)の一貫した教育課程の編成を図る。

3. 結果

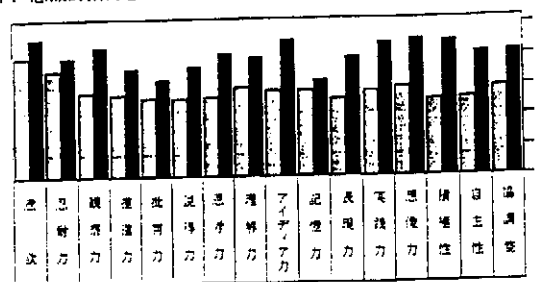
3・1 創造的工業技術者像のイメージ

(1) 学生がイメージする創造的工業技術者像

学生がイメージしている創造的工業技術者に必要な資質・能力として、5段階評価で示すと「意欲 4.6」、「アイデア力 4.5」、「想像力 4.5」、「実践力 4.3」、「積極性 4.3」の5つの項目が高い値を示した。

すなわち、理想的な創造的工業技術者は、「意欲を中心に置き、アイデア力・想像力を生かし、積極的に実践し、忍耐強く、観察と思考を繰り返していくような態度をもった技術者像」が抽出できた。(表1)

表1. 想像的技術者像のイメージと自己に対するイメージ評価の平均得点



(平均得点はそれぞれに真みづけをして算出した) ■ 創造的技術者像の評価 □ 自己に対する評価

(2) 学生がイメージする創造的工業技術者に対する自己評価

創造的工業技術者像に対する自己イメージを5段階評価で示すと、「意欲 3.6」、「忍耐 3.4」、「理解力 3.2」、「観察力 3.2」、「想像力 3.2」の5つの項目が高い値を示した。

この結果は個人によるイメージ差は大きいですが、いず

れの学生も理想的創造的工業技術者像のパターンと類似している。すなわち、どの学生も、教育によって創造的工業技術者になることができるという認識をしていることが推測できる。

(3) 創造的工業技術者像の評価と自己の評価の比較

表2は創造的工業技術者像の評価と自己へ評価の「意欲」の項目で比較したものである。

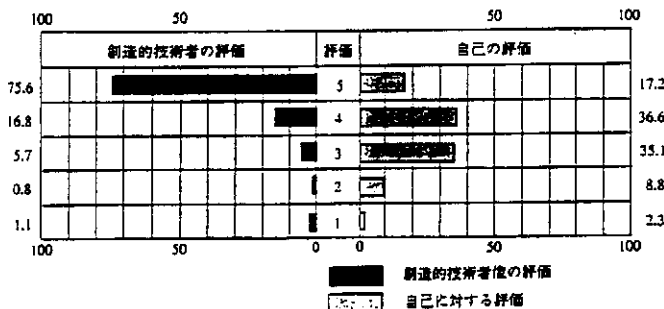
創造的技術者の意欲は5段階評価で「5」とするものが75.6%であるのに対して、自己の評価は17.2%の者が自分は意欲的に行動することができるという認識している。

同様に「アイデア力」や「想像力」、「実践力」、「積極性」についても同様の傾向が指摘できる。

すなわち、学生の多くは、創造的工業技術者として身につけたい資質・能力を十分とは考えていない。

すなわち、学校教育においては、これらの5つの要素を創造的工業技術者を育成する具体的な教育目標として、全教育活動の中で研究・実践・評価・改善を繰り返しながら望ましい指導内容(学問体系・経験体系)を構成していくことが、今日的課題である。(表2)

表2 意欲の分布 (%)



(4) 入学時における工業高校卒業生と普通高校卒業生の創造的工業技術者像に対するイメージと自己評価の比較

工業科の卒業生も、普通科の卒業生も共通して、創造的工業技術者になるためには、「意欲」、「アイデア力」、「想像力」、「実践力」が何よりも重要と考えている。創造的工業技術者に対する自己評価は、知的分野(アイデア力、想像力、思考力、批判力、観察力)、情意的分野(意欲、忍耐力、協調性)として、比較すると、知的分野では普通科卒業生が、情意的分野では工業科卒業生が優れている。

これは、高校での学習経験の相違からくると考えられる。

(5) 学科間の創造的工業技術者像の比較

創造的工業技術者像の能力の一つである「アイデア力」について「電気電子工学科」を「情報工学科」と比較すると、「情報工学科」の学生の方が、創造的工業技術者に対するイメージ評価も自己に対する評価も高い。

これは、どちらかという伝統的な学科と新しい時

代の流れの中で生まれた学科に対する学習内容などの取組みによるものと推測できる。

(6) 入学時1年生と卒業時4年生における創造的工業技術者像の比較

この比較は同一人物の比較ではないため、正確を欠くが、4年生の自己評価は高くなっている。機械工学科では「協調性」、「理解力」、建築学科では「判断力」、「推察力」、「思考力」、「理解力」、システム工学科では「忍耐力」、「批判力」、「思考力」、「理解力」などである。その評価の高くなった理由を学生に対する記述アンケート調査によると、

- ①卒業研究 ②実験・実習 ③各種レポートの作成
 - ④一般教養 ⑤友人の討論(各種) ⑥クラブ活動
- などをあげている。

(7) 創造的工業技術者像の因子の抽出

表3は、創造的工業技術者像に対する自己評価について、主因子解バリマックス回転法によって5因子を抽出した結果である。

第1因子、第2因子、第3因子は創造力、独創力に、第4因子、第5因子は技術に深く関わっていることを示唆している。

表3 自己に対する創造的工業技術者のイメージによるバリマックス回転法の結果

因子	項目	平均値	因子負荷
1	説得力	2.7	0.66
	批判力	2.8	0.65
2	アイデア力	3.0	0.77
	想像力	3.1	0.74
3	記憶力	2.9	0.68
	理解力	3.0	0.56
4	観察力	3.1	0.68
	協調性	3.1	0.34
5	意欲	3.5	0.61
	忍耐力	3.4	0.48

表4は創造的工業技術者像に対する評価結果をもとに、クラスター分析した結果である。

創造的工業技術者として求められる能力、態度は平均値の順に「発想力」、「実践力」、「認知力」、「飛躍力(先見力)」、「協調性」、「連結力(接続力)」、「忍耐力(達成力)」と、知的な部分と情意的な部分より成り立っていると考えることができる。

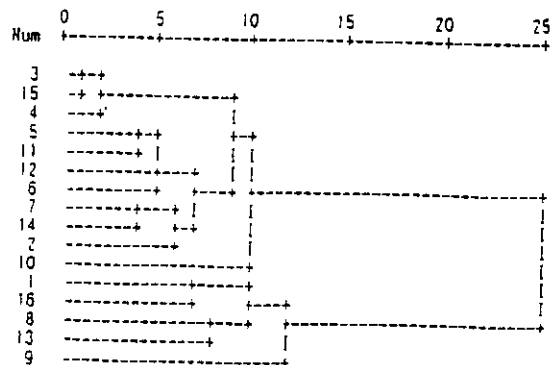


図1 創造的工業技術者像のクラスター分析結果

表4 クラスター分析による項目の部分け
(創造的技術者像に対するイメージ)

名称	平均値	項目番号	項目
発想力	4.6	3	アイデア力
		15	想像力
		4	意欲
実践力	4.3	5	自主性
		11	理解力
		12	積極性
		6	実践力
認知力	4.2	7	観察力
		14	思考力
		2	表現力
忍耐力	3.4	10	忍耐力
飛躍力	3.8	1	批判力
		16	推理力
連結力	3.5	8	記憶力
		13	読解力
協調性	3.8	9	協調性

3・2 企業現場における独創的技術開発の経験者による実践事例の活用による調査研究

(1) 学界の有識者からの講演

「これからの独創的工業技術者像とその育成」

日本学術会議第5部長 帝人顧問

内田 盛也 氏

〈講演の概要〉

今日は、21世紀に向けて、独創的工業技術者の人材育成の時代である。工部大学校(現：東京大学工学部)の卒業第一期生であった山尾庸三は「人ヲ作レバ其人工業ヲ見出スベシ」の信念で工業教育に尽くした。今こそ、100年の計をもって人材育成の時代である。

歴史的転換期である日本において、学歴重視から学習歴を大切にす本物の「生きる力」を育てる環境を、積極的につくらねばならない時代である。産業構造が急激に変化する時代にあっては、単なる技術だけではなく、サイエンスに裏打ちされた技術を身につけることである。

(2) 産業界の有識者からの講演

「独創的工業技術者像とその背景」

文部省大学設置審議会委員 新日本製鐵常任顧問

富浦 梓 氏

〈講演の概要〉

いつも、技術現場は挑戦の連続で経験と基礎がものをいう。技術現場は本当に面白い。現在、どの大学も特色ある大学づくりが今日的課題になっている。本大学の特徴は企業が期待している技術力、すなわち、学習歴を重視した、「基礎」と「実習・研究」がバランスよく融合され、一人一人に学習できる教育環境が整っていることである。

21世紀の工学は総合的問題解決力の育成である。阪神・淡路の災害において、さまざまなものが壊れた。「ものが壊れる」という現象については、基礎理論体系として細かく研究されている。しかし、それを統合化する工学体系は不十分であり、「ものが壊れる」ことの現象に対する総合的な対策・解答は得にくいのが

現状である。

これからの教育として、基礎理論の学習とともに、それらを統合化して問題現象を解決する「演習・体験学習」を重視してほしい。

企業の求める基礎力は、「仮説提案力と現実化応用力」である。そのためには、工学の「感性・ひらめき」を大切に育ててほしい。

(3) 学生を対象にした「技術開発と独創・感性」

創造力や独創力を育成するためには、「自ら問題課題をみつけ、自分の方法で研究・開発し、それを体験実践する」この経験が有効であることは創造的工業技術者像のイメージ調査及び自己の評価の調査結果から得られている。しかし、4年間の学生生活で体験する範囲は限られている。

そこで、長年にわたって創造的・独創的な技術開発された技術者からの体験談を、広い分野から聞くことは有効と判断し、実践を試みた。この講座は「0」単位科目で、自由科目として設置した。

平成10年度に実施したテーマと講師を以下に記す

「工学事始め」	須田 了 氏
「日本の宇宙旅客機への夢」	榎谷 利男氏
「中尾哲二郎氏の研究」	ディスカッション
「火力・原子力発電所における腐食防止技術 ーその開発と変遷ー」	岡本 勝群氏
「身の回りの自然科学史」	和泉 嘉一氏
「研究開発の心構えについて」	坂尻 昭一氏
「日本の工業常識と世界の工業常識」	竹林 陽一氏
「若き科学技術者に望むこと」	田村 昌三氏
「豊田佐吉氏の研究」	ディスカッション
「本田宗一郎氏の研究」	ディスカッション
「原子力の原始時代」	江頭 一晃氏
「天然物から合成物そして地球との共存」今泉乾次郎氏	
「集積技術の応用展開」	大島 康弘氏
「松下幸之助氏の研究」	ディスカッション
「アーチダムの魅力」	色部 誠氏

例えば、第5回目の坂尻昭一先生は「技術開発の心構えについて」次のAからGまであげている。

- A 謙虚な姿勢で、先入観を持たない
- B グループはホモジニアスよりヘテロジニアス
- C 疑問を持つこと。その常識は正しいか、常識も打破しよう
- D 文献に振り回されぬよう。他人の真似はしない
- E 市場ニーズは何か。ニーズは変化する、発想の転換
- F 理論が先か、実験が先か。観察は注意深く、異常のあった場合のチェックは念入りに
- G 道は一つだけではない。特許申請に注意

講演内容は、要旨集と資料編に分冊して編集した。この冊子は、全国の大学(工学部)、全国工業高等学

校等約 900ヶ所に配布を行った。

平成 11 年度は 10 名の有識者による講座を実施した。上記の講演要旨集を作成している。

この講座を通しての学生の感想の一部を平成 10 年度自由科目「技術開発と独創・感性」要旨集 153-160P に記した。

3・3 工業高校と大学(工学部)の継教育に関する研究

(1) 工業高校の特徴

① 15 才から技術教育を行う意義

・技術教育の適性に優れた教育課程

教育には適正な年齢において、適正な教育を行う必要がある。技術教育も芸術教育と同様に早期教育が必要である。

・創造性を培う技術教育

・精技を習得する態度の育成

・人間性豊かな技術者の育成

・忍耐強い人間の育成

このようなことから、15 才からの技術教育は肉体的にも、精神的にも発達段階にある高校時代に体験(実験・実習)を通して学ぶという特徴がある。

② 工業高校教育課程の特徴

・専門教科が全体の学習時間の 30%~50% を占めている。

・専門教科のうち、約 50% は実習、実験、製図という実技科目である。

・体験的学習が中心である。実験・実習を通して、物に接し、物に触れながら学習する形態であり、基本的な知識、技術技能、製作及び検証の体験を重ねている。

・課題研究(大学での卒業研究に相当)。生徒が研究課題をみつけ、解決方法を考え、解決のための実験を行い、その成果を発表する。生徒を中心にした学習経験をする。

(2) 工学技術系大学の特徴

① 工学技術者の教育課程の比較

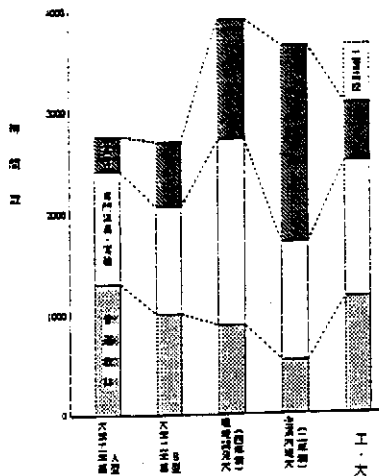


図 2 大学工学部、労働省系の職業能力開発短期大学校、企業内の職業能力開発短期大学校および工・大継続

図 2 が示すように大学では実験・実習の時間が極端に少なく、職業能力開発短期大学校、企業内短期大学校は実験・実習が極めて多いことがわかる。

そこで、工業高校で修得した実技を生かした、工業高校と継続した大学工学部の教育課程を編成することは各教育機関の長所を生かした理想的な工学技術者の育成になる。

② 工業高校と大学(工学部)継続カリキュラムの研究

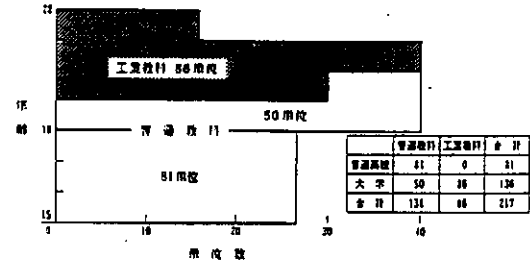


図 3 普通高校-大学工学部の単位数

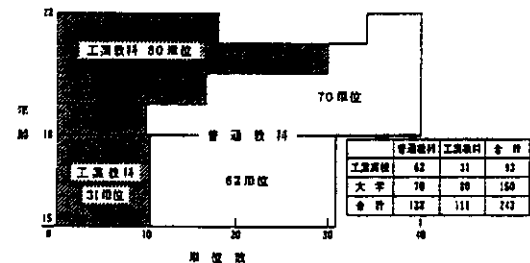


図 4 工業高校-大学工学部の単位数

図 3、図 4 は、普通高校から大学(工学部)へ入学した学生の履修と工業高校から大学(工学部)へ入学した場合の年令と履修単位数の関係を示したものである。

普通科目(教養)と専門教科の調和的な教育課程の編成は工業高校卒業生の方が望ましい。

表 5 は、工業高校の教育課程を踏まえて大学(工学部・機械工学科)の教育課程を編成し、提案するものである。

4. まとめ

(1) 創造力・独創力を考える場合、学問的及び指導者の立場から論説は多い。しかし、学習者の立場に立って、学習者の認識及び感覚を基にした論説はない。ここでは、学習者が考える理想的な創造力、独創力を持った技術者像をイメージし、それに対して、自己が有している創造力・独創力技術者像を少しでも明確にし、その不足分に自ら気付かせ、その不足分を達成しようとする意欲を喚起させ、自らそれに向って努力することによって、自己実現を図るものである。

(2) 学習者の創造的・独創的技術者像のそれぞれの評価を学習者(自己評価)の求めるものをそれぞれの分野の指導者が、理解(学習者理解)することによって、学習目標及び指導目標が一致(共通)することによって、

表5 工業高校-大学継続教育カリキュラム(機械系)

	教科・科目	単位	学 年 (高校)			学 年 (大学)			
			1	2	3	1	2	3	4
普通教科	国語	8	3	2	3				
	社会	8	3	2	3				
	数学	12	5	4	3				
	物理	4	2	2	2				
	化学	4	2	2	2				
	保健体育	9	3	3	3				
	音楽	2			2				
	家庭	4			2				
	英語	11	4	4	3				
	小計	(62)	(22)	(19)	(21)				
専門科目	工業製図	2		2					
	基礎演習	6	4	2					
	応用演習	4	2	2					
	機械設計	3	1		2				
	技術研習	2		2					
	力学	3			3				
	材料力学	3			3				
	熱力学	4	2	2					
	水熱力学	2		2					
	小計	(31)	(9)	(12)	(10)				
		(93)	(31)	(31)	(31)				
一般科目	文会	10				2	2	3	3
	体育	10				2	2	3	3
	外国語	2							2
	演習	16				6	6	4	
	演習	(38)				(10)	(10)	(10)	(8)
	演習	12				6	4	2	
	演習	6				6			
	演習	2				2			
	演習	4				4			
	演習	1				1			
小計	(25)				(19)	(4)	(2)		
専門基礎科目	生産工学	2				2			
	機械工学	6				2	2	2	
	機械工学	4				4			
	機械工学	2				2			
	機械工学	4				2	2		
	機械工学	2						2	
	機械工学	3					3		
	機械工学	3					3		
	機械工学	3					3		
	機械工学	6					3	3	
情報工学	4				2	2			
電気工学	2					2			
電子工学	2					2			
計測工学	2					2			
制御工学	2						2		
管理工学	2							2	
実務英語	5				1	2	2		
小計	(54)				(13)	(26)	(14)	(3)	
専門科目	選択実習	16						10	6
	実務研究	4				1		3	
	実務研究	2					2		
	実務研究	3				1	1	1	
	実務研究	8				1			8
小計	(33)				(2)	(3)	(14)	(14)	
合計	150				44	43	40	23	

機械設計
"
"
原動機
"

4: 力学・電磁気 2: 波動原子

機械加工・NC
CADを含む

コンピューターの基礎・制御の基礎
メカトロニクスの基礎

選択科目
生産工学 FMS
材料工学 塑性加工
設計工学 切削加工
流体力学 成形加工
流体機械 溶接工学
伝熱工学 精密測定
自動車工学 特殊加工
熱機関 人間工学
数値制御 情報工学
ロボット工学 制御工学
工業所有権法

それらのことを意識しないで行う場合よりも、その指導成果が大きいと学習理論から推測できる。

(3)さらに、学習者自らが、創造的・独創的能力が高まったと意識し、その原因を明確にすることによって、指導者の指導方法の改善に役立てることができる。

(4)結果 2・1 より、創造力・独創力は、全人格的な要素と深く関わっている。しかし、その中での優先的に支援(指導)する行動目標を示すことができたこと。さらに、これらの表か資料をもってして、学習者の一人一人の特性を踏まえてアドバイス(指導)し、それに応じた指導内容、方法が準備できることが可能になった。

(5)創造力・独創力も、学習者の多くが情意的認識の項を高く評価している。情意的認識が幼少期から青年期に発達されているとする学説が多いことから、創造力・独創力の育成も幼少期から青年期の生活環境・生活経験が大きく左右すると考えられる。

(6)今後は、「アイデア力」を育てるカリキュラムをはじめとして、「忍耐力」を育てるカリキュラムなどの作成、実践、評価がこれからの課題である。

(7)創造力・独創力は学習者の専門とする分野の基幹的な基礎・基本に加えて、他分野からの学際的視点を持つことが、有識者の講演及び学生のアンケート調査からも指摘されている。

(8)そこで、「技術開発と独創・感性」の自由科目を設け、その実践を行った。講師は、鉱山学、生物学、地質学、航空学、経営学、化粧品など広い分野の経験豊かな有識者の講義と討論を行った。受講した学生の感想文からも技術開発の考え方、見方、タイミング、評価など「創造力・独創力に必要な能力」の視点とそのための日頃の注意点、観察点、思い続ける思考(継続思考)、知・技の収集、失敗再生力など、広い知見を得ることができた。

(9)工業高校と大学(工学部)の継続教育に関しては、工業高校の特徴調査及び高専・大学(工学部)の継続教育を念頭にカリキュラムを検討した。基本的には、大学において、普通科目(教養科目)も、専門科目も1年生から4年生の4年間で履修する形態が良い。工業高校で履修した専門教科と大学1年での継続は大学での学習意欲・意識を高める。また、普通科目を大学の3年、4年で履修することは、社会人としての継続から考えて重要と考える。

5. 謝辞

この研究を通して、日本の工業技術者に強く求められている創造的・独創的工業技術者の育成の教育現場からの実践的な報告をすることができた。

この研究成果は、(社)日本工学教育協会・工学・工業教育研究講演会において、3回。日本工学技術教育学会(1回)、日本工業大学、工業教育研究所 所報「技術

開発と独創・感性」等にして発表できたことに深く感謝します。

さらに、これが契機となって、平成12年度より3年間の文部省研究開発学校として「工業高校・大学一貫の工業教育推進に関する研究開発」をテーマとして、日本工業大学付属東京工業高等学校が文部省研究開発学校として指定され、工業高校と大学が共同して研究を進める。

これらの研究が継続して研究を推進できるのは、天田金属加工機械技術振興財団のご支援の賜物と深く感謝する次第である。

6. 参考文献

- 1) 龜山貞登 創造の心理学 誠信書房 1965
- 2) 藤永保編 創造性教育 有斐閣 1967
- 3) P・Evans、G・Deehan 創造性を拓く
訳 柳田昌子 早川書房 1991

7. 研究発表記録

- (1)(社)日本工学教育協会(会長 吉川弘之)
工学・工業教育研究講演会
①平成9年8月1日
テーマ 創造的工業技術者育成に関する研究
—創造的工業技術者に関するアンケート調査—(第一報)
②平成10年7月30日
テーマ 創造的工業技術者育成に関する研究
—創造的工業技術者に関するアンケート調査—(第二報)
③平成12年7月19日
テーマ 創造的工業技術者育成に関する研究
—創造的工業技術者に関するアンケート調査—(第三報)
- (2)日本工業技術教育学会
平成11年7月15日
創造的工業技術者育成に関する研究
—創造的工業技術者に関するアンケート調査—
- (3)日本工業大学 工業教育研究所報 25巻
(平成9年3月)
①これからの独創的工業技術者像とその育成
内田 盛也 (16P~44P)
②これからの独創的工業技術者像とその背景
冨浦 梓 (46P~55P)
③独創的工業技術者像に関するアンケート調査
木村 寛治 (76P~85P)
- (4)技術開発と独創・感性
①平成12年3月
平成10年度「技術開発と独創・感性」要旨集・資料編
②平成13年3月(予定)
平成11年度「技術開発と独創・感性」要旨集・資料編