
巻頭言	ものづくり, しくみづくりと技術者教育	落合英俊	1
小特集	教育パラダイムの転換 (理学部は, そして地質学は)		
	教育の危機と“地質学の危機”	岩松 暉	2
	技術者教育認定と地質工学	千木良雅弘	8
	地質技術者教育からみた 理学部の学部・学科改組	横田修一郎	13
	理・工学領域での地質・資源学の伝承を 目指す地球資源学科	石川洋平	17
	産業界から地質工学教育を考える	中尾健兒	24

ものづくり，しくみづくりと技術者教育

九州大学大学院工学研究院 教授 落合 英俊

“ローマ街道は、街道網として考えないかぎり、その真の偉大さは理解できない。”これは、「ローマ人の物語（塩野七生著）X：すべての道はローマに通ず」の一文であるが、技術の特徴をきわめて端的に表わしている。すなわち、技術には、街道という「ものづくり」技術と、街道網という「しくみづくり」技術があり、それらが有機的に機能することによって、その技術が真に発揮されるということである。

ものづくり技術は人工の事物であるモノの創案・製造にかかわる技術、しくみづくり技術はそのモノの使い方・使われ方にかかわる技術であり、これらは個の技術、体系の技術と呼ぶこともできる。さまざまな技術分野の性格や特徴は、ものづくりとしくみづくりのどちらの技術をより重視するかによって異なるように思われる。たとえば、材料分野などは、ものづくりを主として、良いものをつくるのが最高に評価される分野であり、ノーベル賞にみられるように社会的にもわかりやすい。然るに、社会資本（インフラストラクチャー）を主な対象とする土木技術分野はどうであろうか。

ローマ人はインフラストラクチャーを「人間が人間らしい生活をおくるために必要な大事業」と考えていたとのことである。このことからわかるように、土木技術は人々の安全を守り、生活を豊かにする社会資本を計画、建設、維持、管理、活用し、また、自然と人間を共生させる環境を創造、保全するための技術であるといえる。すなわち、土木技術においては、ものづくり技術としくみづくり技術は車の両輪として欠かさないものであり、ローマ街道の偉大さが実証しているように、それらが補完的に機能することによって、その真の力が発揮される技術分野である。そのため、土木技術、あるいはその基幹をなしている地盤技術に携わる者には、ものづくりのための能力に加えて、ものの使い方・使われ方を決めるしくみづくりのための総合的な管理能力に関する素養が求められることになる。

また、土木技術が対象とする社会資本は、その多くが公的なものであり、公的な資本によって整備されるために、国民、市民の社会的合意形成が前提となる。また、公的な社会資本であるために、公共の安全、環境の保全、健康、福祉等の公益が優先され、長期にわたる機能と安全性が要求される。そのために、高い職業倫理を備えた公的な資格

を有する者が、公的な基準に基づいて、計画、設計、施工、維持、管理をしなければならない。さらに、土木技術は社会資本が整備される地域の自然、施設、構造物等を対象にするため、その地域の自然環境、歴史、文化、風土など地域条件に大きく依存する。土木技術に携わる者は、高い職業倫理とともに、このような地域条件についても十分に理解する教養と知識が求められる。したがって、土木技術の分野では、教育、資格、および技術基準は不可分の関係にあり、このことを基本認識として、技術者教育を考えることも重要な視点である。

ところで、技術の急速な進歩と経済活動のグローバル化が進むなかで、我が国の技術基盤を支える質の高い技術者を十分な数だけ養成、確保することが求められ、その対応を含めて技術士法の改正も行われた。その一方で、国際化の進展に伴い我が国独自の終身雇用制の維持が困難になり、人の流動性がますます加速されている。そのため、技術者は自分の能力を自ら向上させ、雇用に値する価値を身に付けておくことが必要になっている。このような技術者を取り巻く社会の状況に対応するために、技術者の時系列的なキャリアパス、すなわち、高等教育機関での基礎教育（IPD）からはじまり、実務修習（QPD）、資格の取得、継続的能力向上（CPD）を重ねて技術者が成長していく過程を支援・保証するシステムの整備が工学系学協会を中心として進められている。技術者のキャリアパスとしての入り口が高等教育機関で行われている技術者教育（IPD）であり、その認定審査を行うために創設されたのが日本技術者教育認定機構（JABEE）である。我が国の技術者教育の質を保証し、国際的同等性を確保するためにも、JABEE認定制度が早く我が国に定着することが期待される。

一方、技術の多様化・複雑化、技術革新の加速化に的確に対応するために、技術者の継続的な専門能力開発（CPD）がますます重要になっている。国際的な技術者資格を有する者にとっては、CPDの実績が一定以上の水準であることが資格維持の必須条件であり、また、これからの技術者には、自発的なCPDとともに、自らのEmployability（雇用 に値する価値）の客観的な証明としてのCPD記録の管理が必要になる。学協会においては、専門分野の特徴を活かした質の高いプログラムの提供が求められる。

教育の危機と“地質学の危機”

いわまつ
岩松

あきら
暉*

1. はじめに一教育の原点一

今回の小特集は「教育パラダイムの転換」がテーマだという。「パラダイム」概念はトマス・クーン（1962）が『科学革命の構造』で提唱し、その後あらゆる分野に波及した。俗用・誤用・拡張解釈いろいろな波紋を広げたが、本特集の場合も「一時代の支配的な物の見方」（広辞苑）といった最も広義の意味で使われているのであろう。

ところで教育におけるパラダイムとは何なのだろうか。教育にパラダイムの転換が必要なのだろうか。そもそも教育の本質は何なのだろうか。私は子育て、つまり種の保存こそ最も根底にあると考えている。産卵直後に親が死ぬ生物もいるが、多くの高等動物にとっては生殖だけでなく、子供を巣立ちまでたくましく育て上げることが種の保存にとって欠かせない。エサの捕り方、巣の作り方、敵との闘い方、逃げ方等々生きる知恵を次代に引き継ぐのが教育である。動物の子育ては見習うべき点が多い。幼少の時には溢れるようなスキンシップで可愛がり、やや長じると厳しく仕込む。そして鮮やかな子離れ・親離れが行われる。人間の教育もこれが原点であろう。教育にパラダイムがあるとすれば、これこそ500万年間不変のメタパラダイムである。昨今の教育をめぐる危機的状況一いじめ・非行・不登校から成人式のバカ騒ぎまで一は、それから逸脱したゆえに生じたのではないだろうか。「自然に帰れ」（ルソー）である。

2. 戦後教育の光と影

第二次大戦の敗北により、わが国の教育は皇民教育から民主教育へ大転換が行われた。教育基本法が制定され、義務教育も中学まで延長された。金の卵の誕生である。同時に新制高校も設立されている。理念として教育の機会均等が謳われ、その後も基本的に平等主義が貫かれてきた。これを遂行したのは文部省と日教組の二人三脚によるいわば“教育の55年体制”である。大学教育も、基本的に官吏養成所だった帝国大学から新制大学制度へ変わり、地方にも

各県一国立大学が置かれるようになった。新制大学は理系学部の比重が高い。欧米のブルーカラーと違う、優秀な技術者を大量に輩出した。彼らが安かろう悪かろうと言われていたメイドインジャパンのイメージを一新し、質の高い便利な製品を開発して輸出大国を実現したと言ってよい。こうした教育立国がベースにあって、わが国は驚異の経済発展を遂げたのである。

物事には光があれば必ず影がある。平等主義は画一主義につながりやすい。私の前任者である故露木利貞鹿大名誉教授は、高校全入運動が退廃の始まりだったとおっしゃっておられた。高校全入運動とは、「15の春は泣かせない」の名言の下、「進学希望者全員を高校へ受け入れよ」という運動である。それまでは、中卒で就職した者は厳しい修業を積んで手に職をつけた。技術立国日本も結局、ミクロオーダーの加工ができる彼ら名人芸の職人層に支えられていたのである。上級学校へ進学する者もやはり一生懸命勉強しなければならなかった。しかるに、受け入れ枠を政治の力で広げることによって解決しようとしたのである。当然、額に汗し努力する風潮が失われる。それだけでなく、われもわれもと上級学校に進学するということが、人間が偏差値なる単一の物差しによって評価されることを意味する。以前は、勉強が出来る、駆けっこが速い、手先が器用だ、等々さまざまな物差しがあり、誰でもどこかで輝く場があった。単一の物差しでは、進学できなかった者は落伍者に過ぎない。そのため、技能職が不当に低く見られるようになった。今や名人芸を引き継ぐ若者はいない。産業の空洞化は、単に途上国との賃金格差だけではないのである。日本の技術立国はこうした中小企業の技術に支えられてきたのだから、本来なら技能職にマイスターのような高い社会的地位と高賃金を保障すべきであった。それを怠ったため、高等教育を受ければよりよい生活ができるとして、異常に進学熱が高まり、高校全入運動へとつながってしまったのである。

一方、ずるずると進学した者はさらに大学へと進みたがる。文部省の受験戦争緩和路線で、大学もまた拡張につぐ拡張を行って受け入れた。私が学生の頃は、大学生は18歳人口の1割しかいなかったが、今では4割を越している。少子化に伴い2009年には大学全入時代になるという。低学

* 鹿児島大学理学部教授、日本学術会議会員

力者や学習意欲の乏しい者で占められれば、「悪貨は良貨を駆逐する」グレシャムの法則が働くから、大学はレジヤランドと化す。いやすでにそうなっている。スチューデントアパシー（無気力症候群）・分数も出来ない大学生・東大幼稚園などといった言葉が流行って久しい。最近ではほとんどの大学で高校レベルの補習授業を行っている。基礎学力がないために知的好奇心さえ持てない、悲惨な状態になったからである。しかも学習とは暗記、鵜呑みにするものとわきまえ、自分の頭で考えようとしない。論理的思考が苦手なのである。本を読まないのもまともな日本語の文章が書けないのも共通している。思考は母国語で行うから、日本語の力が衰えたことは、思考力の減退へ直結する。それどころか、挨拶の仕方・口の利き方のような本来家庭で行うべきしつけから、遊び方・さぼり方・先生や先輩へのたかり方に至るまで、手取り足取り教えなければならない有様である。

米百俵の故事を持ち出すまでもなく、教育は国家百年の大計である。一世代以上経ってからボディブローのように効いてくる。戦後派やその後の団塊の世代は、戦後民主教育の洗礼を受けた最初の世代でもある。清新の息吹に満ちていた頃の実験教育を受けた。彼らが新日本の建設・追いつき追い越せを合い言葉に遮二無二がんばった成果が、高度経済成長として結実したとあってよい。やがて団塊の世代が親になったが、企業戦士・会社人間として家庭を忘れ、共に過ごす時間のなさを金とモノで償った。鍵っ子団塊ジュニアの身の回りには、子供部屋・ゲーム機・ケータイ等々モノが満ちあふれている。温もりに満ちた母親とのスキンシップの代わりに機械がお相手をした。厳しく育てる動物の子育てとは正反対に、個性尊重の美名の下、子供たちに媚び、生き物としての子育てを放棄した。これでは社会性・耐性・柔軟性が育つわけがない。

一方、教育を一手に引き受けざるを得なかった学校も、“教育の55年体制”が制度疲労にさしかかっていた。偏差値という妖怪が子供たちの日常生活の隅々まで浸透し、画一社会は子供や若者の心もむしばんだ。人間みな平等、子供はみな無限の可能性を秘めている云々ときれいごとで育てられてきたから、心理学でいうところの幼児的万能観を持ったまま成長する。努力もせずに自分の能力以上のことを高望みするが、現実には厳しい。当然フラストレーションに陥る。路線に乗れなかった者にはもちろん強いストレスになるし、エリート路線に乗れた者にも常に不安がつきまとう。友人は蹴落とすべきライバルに過ぎない。いじめやひきこもりが現れる所以である。同時に万能観ゆえに人生の方向が定まらない。青い鳥症候群という。自分が世の中に合わせるのではなく、社会が自分に合わせるべきものだと考えているのである。とくに現今不況下の時代閉塞状況では、努力しても所詮と冷めており、青年らしい正義感もなく、青臭い夢もない妙にひねた若年寄を育ててしまった。そこで事態を改善(?)すべく、2002年度から新学習指導要領が実施される。この改革のめざすものは“ゆとり”と“生きる力”の教育だという。しかし、これは何も新機軸ではなく、1980年の指導要領改訂以来続けてきた路線の総仕

上げに過ぎない。したがって、新路線の行く末は過去の“成果”をふり返れば予想できる。今までの“ゆとり”教育は学習時間の減少とテレビ視聴時間の延長をもたらしたし、“生きる力”の教育は興味・関心・意欲の低下と階層格差の拡大をもたらしたとの実証的研究もある¹⁾。この結論はわれわれ大学教師の実感からしても肯ける。大学生の宅習時間は小学生以下である。そのため、大学人を中心に新学習指導要領中止署名運動さえ起きているが、文科省は強行の構えである。今後は事態改善どころかもっと学力崩壊が進行し、精神的にも幼い“大人”が出現するであろう。すでに電車の中で声高にケータイで話す傍若無人の大人もいるし、それどころかわが子を虐待死させる幼い親すら出現している。次の世代はどうなるのだろうか。

3. 理科離れ

子供たちの“生きる力”，つまり生き物としてのたくましさや失われているだけでなく、理科離れも深刻である。学習指導要領や検定教科書が諸悪の根源などいろいろな指摘されているが、大人も含めた日本人全体の自然離れと科学技術のマイナスイメージが根底にある。1950年代までは就業人口の大部分が農民だった。「兎追いし彼の山、小鮒釣りし彼の川」は実感として受け止められた。“となりのトトロ”は身近にいたのである。自然は変化に富み驚異に満ちているから、「なぜだろう」とさまざまな疑問がふつふつと沸き、知的好奇心が自然と養われていた。1960年代から高度成長期に入り、太平洋ベルト地帯にコンビナートが造られ、労働者が都市へ集められた。当時、「6割農民切り捨て」という言葉が流行ったものである。コンクリート砂漠に住み、わき目もふらず企業戦士として働いた。会社人間・組織人間として、「なぜ」と問いを発することが許されない風潮が蔓延した。マニュアル主義も横行した。当然、科学する心が萎える。自然と切り離された“文化生活”を送っていると、自然は単なる不便な田舎に過ぎない。地質調査などは3K（キケン・キツイ・キタナイ）の最たるものと見なされる。最近では学生の目に映る地質コンサルタントは5LDK（3K+金が安い・休暇がない・乱暴・怒鳴る）だとか。

科学技術のイメージも変遷してきた。戦後の焼け跡から奇跡の復興を遂げたのは、科学技術の進歩によるところが大きい。“三種の神器”も時と共に変わったが、電化製品にしても車にしても、科学技術がもたらしたものである。エンジニアは尊敬の眼で見られていた。折からスプートニクショックもあって理科ブームが到来し、大学理工系の拡充が行われた。地質学もそのおこぼれに与り、文理改組により理学部地学科が多数新設されるようになった。

しかし、やがて高度成長のツケが回り始めた。公害や自然破壊である。あるいは原発事故や原子力船「むつ」など、科学技術不信が芽生えてきた。反科学主義なる言葉まで登場した。地質技術者もまたムシロ旗で迎えられる乱開発の先兵と見られた。さらにバブル期になり、製造業が地盤沈下して経済のソフト化が喧伝されるようになる。土地投機やマネーゲームで一攫千金を得る者が現れ、法学・経済出

身の官僚や経営者が世の中を牛耳るようになった。松下・豊田・井深・本田のようなエンジニア上がりの創業者が活躍した時代から、経営を維持するだけの二世世代へ移行し、政治家も親の築いた地盤を引き継ぐ二世・三世政治家の時代になった。エンジニアは彼らにアゴで使われるグサイ人種と、子供たちの眼には映ったに違いない。工学部出身者が金融業に就職した時代である。

話を教育に戻そう。幼い子は好奇心のかたまりである。身の回りのすべてに「なぜ」を連発して親を困らせる。小学校時代までは、ほとんど全員理科が好きだという。それなのに高学年になるほど理科嫌いが増える。生物を育て野山を観察する授業から、室内における黒板授業に重点が移るからであろう。理科で言えば、受験体制ゆえに地学が縮小され、物理・化学中心の詰め込み教育が行われる。物理を例にとると、子供たちに相対性理論や量子力学を教えるのは不可能である。ニュートン時代の物理が教えられる。内容は昔も今も変わりはない。先生は常に正解を握っており、生徒はそれを覚えるだけとなりがちになる。問題を解く手順を暗記すれば事足りる。テレビなどで壮大な宇宙の歴史やブラックホールについて解説されても、受け身のパターナリズム体験では実感を伴わない。子供たちには等身大の科学が適している。もっと実験実習の時間を増やし、感動を与える必要がある。ただし、手品のような“楽しい”実験ではダメで、実験結果について論理的に考察する訓練が重要である²⁾。その点、地学、とくに地質学は現実の露頭観察に基づき理詰めで過去を推察しなければならない。探偵が僅かな手がかりから犯人像を追いつめていくのと同じである。絶好の教科と言えよう。また、地学や生物には必ずしも正解はない。先生が学生の頃教わった定説は、今では他の説に取って代わられている。生き生きとした学問の最前線について教えることが可能である。自然界は謎に充ち満ちているからこそ、勉強する楽しみがあると実感できる。もしかすると自分でも大発見できるかも知れないと期待も持てる。理科離れに関しては、とくに初等中等教育で地学・生物の授業を重点的に行うことが打開への道ではないだろうか。

少し話はそれるが、生きる知恵としての地学の重要性も強調しておきたい。丹沢のキャンプ事故にしてもちょっとした地学の常識があったら防げたはずである。災害では自分の命は自分で守るのが鉄則である。災害列島日本の国民にとって、地学は不可欠の国民教養と言えよう。現実には、地学の時間が少なくなり、地学教員の採用が控えられている。由々しき事態である。教育界・学界・業界挙げて事態の是正に取り組む必要がある。

4. 戦後日本のアカデミズム地質学

地質学の世界も教育界と同じような経過をたどっている。戦前は東京帝国大学の教授が全国の地質学界を牛耳っていたという。それに異を唱えて結成されたのが民主主義科学者協会地学団体研究部会（地団研）である。日本地質学会の民主化をめぐるめざましい活躍をした。学問の面

でも片や佐川造山運動を唱え、片や本州造山運動を提唱して、厳しく対決した。しかし、所詮地向斜造山論という旧来の土俵の中での党派争いに過ぎなかった。

科学パラダイムをめぐる対立があった。前者は機械論メタパラダイム、後者は有機体論メタパラダイムの陣営に属していた。とくに岩石学への熱力学導入をめぐる激しい論争が行われた。一方は実験岩石学や同位体年代学の成果を大いに取り入れ、自然を解釈しようとした。他方はこれを物理化学主義として排斥し、地質学は歴史科学であって地質学独自の法則性があると主張した。

プレートテクトニクスをめぐる論争にも引き継がれた。前者は水平移動派(mobilist)に、後者は垂直昇降派(fixist)に属した。60年代初頭大洋底拡大説が出たとき、中央海嶺で広がり続ければ地球は膨張するしかないと批判された。このとき島弧である日本から本質的な貢献が行われた。すなわち、深発地震面との関係を論じた久野のマグマ成因論、都城の対の変成帯概念、杉村・松田らによる共役横ずれ活断層に注目した東西水平圧縮応力場の提唱などである。それらの成果も踏まえて沈み込み帯の概念が提出され、60年代末にプレートテクトニクスが誕生した。一方後者の陣営は、ソ連のペロウソフが提唱したブロックテクトニクス説を奉じて陥没説を唱え、グリーンタフ造山を論じた。確かに新第三紀中頃は日本海が開き始める時期であり、火山活動も活発だったから、背弧地域は展張テクトニクスの場合であった。ペロウソフがロシア卓状地のような安定陸塊での経験を普遍化しようとしたと同様、特殊な時期の特殊な地域での現象を造山運動一般に外挿したことに問題があったと言えよう。

このように華々しく論戦が展開されたが、畢竟、実社会から遊離した象牙の塔の中での空中戦であった。それに対して、地球物理は地震予知を標榜して、社会のニーズに真正面から応えようとした。その結果、社会的ステータスも大学の中に占める比重も完全に逆転した。かつて地球物理は旧制大学の一部で教えられているに過ぎず、新制大学地学科の教員は全員地質鉱物出身者で占められていた。現在では国立19大学地球科学系学科長会議(元の地学科主任会議)を開くと、地質と地球物理ではほぼ拮抗している。コップの中の争いに熱中し、互いに足を引っ張り合っているうちに、気がついてみたら地盤沈下していたのである。いわば“地質学の55年体制”の破綻である。

5. 戦後の応用地質学

では象牙の塔の外ではどうだっただろうか。資源とエネルギーは産業の米であり、産業には欠かせない。戦後いち早く石炭・鉄鋼の傾斜生産方式が採用され、地質学は戦後復興の旗手としてもはやされた。金へん景気とか黒ダイヤといった言葉もあった。先輩たちは「山を駆け野を巡り/地の幸を尋ね行く/喜びを君と語らん」と高らかに歌い、胸を張っていた。応用地質学イコール鉱山地質学の時代であった。

一方、敗戦で海外領土を失ったから、狭い4つの島で1億

の人口を養わなければならない。食糧増産のかけ声の下、緊急開拓事業が行われ、その過程で水文地質学に対する社会的要請が強まった。しかし、アカデミズム地質学は岩石や地層以外相手にせず、水文地質学は小貫・蔵田・山本ら官界の地質技師たちの手によって発展させられた。エネルギーの面では電力再編成が行われ、佐久間・黒四など大規模ダムが次々と建設された。土木地質学の勃興である。地質学科卒業生が土木建設方面にも進出するようになっていった。もはや戦後ではないと言われ、オリンピックブームに沸いた60年代から高度成長期に入り、土木地質学は隆盛を極めた。社会資本の充実に果たした役割は高く評価して良い。この頃から応用地質学イコール土木地質学と認識されるようになった。しかし、アカデミズム地質学は依然として象牙の塔に閉じこもり、地質学を支えるインフラが資源産業から土木建設産業へシフトしたことにも気づかず、旧来路線を墨守しバスに乗り遅れた。結局土木地質学は大学の支援なしに、自学自習、民間の手によって開拓せざるを得なかった³⁾。このことはサイエンスとしての基盤の脆弱性を意味した。工学に引きずられ、理学の視点がややもすると忘却されがちであったと言わざるを得ない。どうしても施工サイドへの貢献に力点が置かれ、土木主導の乱開発を許してしまった一端の責任はある。とはいえ、客観的に見れば日本の土木地質学は世界のトップレベルに達していると言っても過言ではない。わが国のような若い変動帯は、安定大陸に比し地質条件が非常に悪い。その悪条件を克服してトンネルやダムを建設してきたのは、土木技術だけでなく土木地質学の進歩のお陰である。地質調査の面でも世界的レベルに達していたのである。青函トンネルが好例である。しかし、主として公共事業と共に発展してきたから、守秘義務の壁に阻まれて民間地質コンサルタントに論文公表の自由がなく、ノウハウとして個人ないし社内に蓄積されたままにとどまっていた。どうしても理論化・普遍化に難点が出てくる。こうしたいわば隠し味のような状態に放置していたことが、地質踏査によるジャッジなど頭脳労働に対して対価が低く、地質家の社会的ステータスが向上しなかった遠因ではないだろうか。業界挙げて学問的雰囲気醸成と社会的地位の向上に向けて意識的な努力をすることが求められている。論文発表については、これからは情報公開の時代、徐々に改善されて行くであろう。

6. アカデミズム地質学の現状

次に、地質学の現状を見てみたい。周知のように全国の大学から地質学科(地学科)がなくなった。地質という名称が残っているのは新潟大学と信州大学だけである。大学教員を供給してきた大学院大学は一足先に地球惑星科学科に変身した。地方大学の多くも生物学科などと合体して、地球環境科学科に改組された。しかし、看板にふさわしい研究教育を創造していこうという勢力と、外圧でやむを得ず看板を塗り替えたに過ぎないとして旧来路線を守ろうという抵抗勢力とがせめぎ合っている過渡期と言ってよい。もっとも新学科の理念をめぐる真摯な論争が行われて

いるならよいのだが、生き残りのためにはなりふりかまわず自己保身に汲々といたった風潮もある。昨今の大学改革以来業績主義がはびこり、その上いわゆるトップ30などという大学淘汰案が出されたから、皆研究業績を上げるのに必死なのである。フィールド調査など悠長なことをしては論文数が稼げない。勢い分析機器を運転しただけのデータに、鬼面人を驚かすスペキュレーションを付け加えた論文が増える。あるいはパソコンシミュレーションが流行る。産総研の文献データベース GEOLIS の新規収録数は年々15,000件だが、地質図索引図に収録される地質図付き論文は200件とのことである。前者には講演要旨なども含まれるのだろうが、この格差が雄弁にこうした事情を物語っている。従来、大学紀要は分厚いバックデータや大きな折り込み地質図の付いた本格的な長大論文を掲載するために存在したが、紀要論文は業績としてノーカウントになったのも大きい。フィールド軽視を助長した。ページ数制限のある学会誌では、スケッチマップのような小さな地質図しか載せられず、いくらでもごまかしが利く。さらに、国際誌掲載論文が高く評価されるため、海外へ出稼ぎ調査に行つて珍奇なものを記載し、英語論文をものにする風潮もある。こうした業績主義の風潮では、当然学生の教育が軽視される。ひどい場合には、先生の論文のデータ出しにテコとして使われる。自分の大学にある分析機器やX線装置の操作方法を覚えるだけで卒業する例さえある。

私も大学人の端くれだから身内を批判するのは気が引けるが、「日本の科学者の大部分は科学が好きではないようだ」、「科学者の“科学離れ”が進んでいる」とまで言い切る人もいる⁴⁾。ルーチンの“研究”をしている“サラリーマン科学者”で、他分野には興味も関心も示さない“蛸壺科学者”というわけである。偏差値という数字で選別されて進学し、その中から論文数という数字で選ばれたのが大学教員である。つまり数直線上のエリートだから、目隠しされた競馬馬となってしまうのは必然でもある。

私がこのままではフィールドワークのできる地質家がいなくなると警鐘を鳴らしたのは一昔前のことである^{5),6),7),8)}。当時はバブルの真最中、杞憂と受け止められたのだろう、何らの手だても講じられなかった。前述のように大学教員を送り出す大学院大学が地球惑星になりフィールド離れているから、地質調査法を教えるはずの助手層など若手教員自身、フィールド調査が出来なくなった。自称フィールドジオロジストでも、実際はサンプリングジオロジストであることが多い。当然、学生の教育に跳ね返り、悪循環になりつつある。フィールドワーカーは今や絶滅危惧種になった。ここで先見を誇っても、愚痴をこぼしても仕方がない。現状を直視した上で、何をなすべきか真剣に議論し、今度こそ具体的な行動に移らなければならない。

さし当たって、地球環境科学科のカリキュラムを抜本的に見直すことが必要であろう。広く浅い総花教育ではマスコミ人を養成することはできてもプロは育たない。きちんとしたコアがあってこそ、幅広い知識が生きていくのである。地質学でいえば、「フィールドで物を見ることが出来る」のが最低限の必要条件であろう。

一方、経済大国日本ゆえに、その経済力に見合ったビッグプロジェクトも海洋科学技術センター JAMSTEC を拠点に進行している。OD 21 や地球フロンティア・地球シミュレータ等々である。とくに地質に関係が深いのは OD 21 で、700 億円もの国費を投じて深海底掘削船「ちきゅう」を建造し、マントルまで掘削しようとの計画である。こうした一点豪華主義はかつての大艦巨砲主義を彷彿とさせるが、大型機器は確かに有効な武器にはなり得る。問題はそれを使いこなす新しいテーマを発想する人材の養成である。そうでなければ、日本の地質学の本質的な進歩にとってあまり貢献にはならず、単なる内需拡大に終わってしまう。全国的な支援が必要であろう。折角の国際的なプロジェクトなのだから、経済的貢献だけでなく、頭脳の面でも国際貢献してもらいたいものである。

7. 人間と社会のための地質学

以上、かなり悲観的な現状を概観したが、今後には展望がないのだろうか。日本学術会議での討論を紹介する^{9),10)}。

2000 年日本学術会議がホストを務めた世界アカデミー会議は、21 世紀を展望して、「学術のための学術 science for science」から「人間と社会のための学術 science for society」へ転換しなければならないと宣言した。趣旨は次のとおりである。すなわち、伝統的なディシプリン科学は、認識と実践を切り離すことによって、また研究対象を自ら狭め深く追究することによって、目覚ましい自立的自己充足的發展を遂げた。結果として、学術の成果を社会に適用し、逆にその経験を学術にフィードバックする仕組みに乏しかった。しかし、今や学術は一国経済の国際競争力を左右するだけでなく、地球環境問題や資源・エネルギー問題などの人類的課題にまで影響を及ぼす巨大な力を持つに至った。己の好きな研究に没頭していたら、気がついてみると、地球環境は破壊され、人類生存の危機さえ招来してしまったのである。社会と学術との新しい関係の発生とその深まりという現代の特徴を前にして、軌道修正を要請されると言えよう。われわれは再び本来の姿に立ち戻り、知識の生産と利用との関係の再構築を通じて、社会のための学術、いわば社会に埋め込まれた学術の確立を目指さなければならない。当然のことながら、研究者は広い視野と見識が要求される。文理融合さえ視野におく必要がある。

日本学術会議がこのような方向を打ち出した意義は大きい。国の科学技術政策を直接決定する機関ではないとはいえ、国全体の学術の動向に少なからぬ影響を与えるところだからである。実際、数年前学術会議が「俯瞰型視点」の重要性を強調したが、この言葉は今では一般社会においても頻繁に使用され、技術士総合監理技術部門の試験問題にまで出題されるようになった。バスに乗り遅れ社会と隔絶してきたアカデミズム地質学もまた、やがては「人間と社会のための地質学」の方向へ脱皮を迫られるであろう。今まで亜流として退けられ日陰者扱いされていた応用地質学も、大学で市民権を得るに違いない。すでに JABEE に関連して、そのような人事配置を行った大学も出てきた。

地質学の立場から今世紀の方向を展望すると、“only one earth” という認識の下に、地球環境の保全を図りつつ、爆発する人口を養い、sustainable development を実現するために環境をデザインしていく、社会地球科学ないし地球環境科学へ変貌していくことは疑いない¹¹⁾。地球科学・工学・社会科学等すべてを総動員する multi-disciplinary な総合科学である。もちろん、グローバルな問題だけでなく、防災や地域アメニティーの問題など、身近なふるさととの環境保全・創造にも貢献するものである。従来の環境地質学や地質工学等も含まれる。国際応用地質学会 IAEG も、その名称に International Association of Engineering Geology and the Environment と Environment の文字が加わった。諸外国の大学でも Department of Geological and Environmental Sciences に改組されたところも多い。なお、環境の時代になったらなおさらのこと、自然の摂理をわきまえた理学の視点が重要になってくる。したがって、私は純粋地質学を否定するものではない。自然史学など基礎分野が実学のベースとして重要なことは論を待たない。

小論の標題には“地質学の危機”と名付けたが、確かに古典的な意味での地質学にとっては解体に瀕した危機的状況である。しかし、こうした視点から見ればチャンス到来でもある。学術会議の文章に例示されている「地球環境問題や資源・エネルギー問題などの人類的課題」は、すべて地質学の扱う課題である。幸い前述のように国立大学の多くに地球環境科学科が設置された。地質学科がつぶされたとひがむのではなく、発展の条件は整ったと考えてみたらどうだろうか。問題は仏に魂を入れることである。現在のよう自己保身のための科学 science for me ではなく、学術会議のいう science for society の方向へ一刻も早く頭を切り換え、新分野の開拓に意欲を燃やして欲しいと思う。大学教員の奮起が望まれる。当然のことながら、for society は for industry でも for company でもない。人間のためだけでなく、生きとし生けるものための科学 science for life on earth でなければならない。

同時に、皆が社会へ眼を向けることは重要だが、純粋地質学も等閑視しないで欲しいと思う。日本列島はプレート収束域という地質学的に非常に重要なところに位置している。かつて久野ら先人たちは日本というフィールドに根ざして世界的な貢献をした。次なる地質学の科学革命にも日本から本質的な貢献をして欲しいと願っている。それはフィールドサイエンスの復権がもたらすに違いない。

一方、学問の世界だけでなく、地質調査業でも環境と防災がその主たる活躍舞台になるであろう。今まで土木地質学として社会資本の充実に貢献してきたが、今後はこのストックをメンテナンスしていく時代になる。親方日の丸で公共事業にぶら下がっておられた時代は過ぎた。地域住民と共にふるさと創生・まちづくりを担う一翼として、専門家の立場からプランニングに積極的にかかわる NGO のような存在になるのではないだろうか。薄利多売でいくのである。地質汚染など環境修復分野も重要である。NGO といえば、国際貢献でも地質調査業は大きな役割を果たさなければならない。今も汚れた水が原因で毎年 1,000 万人もの

人々が亡くなっているという。21世紀は水資源をめぐる戦争が起きるとの不気味な予言もある。発展途上国の環境問題も深刻である。エコノミックアニマル・森食い虫ニッポンなどと呼ばれ、熱帯雨林を裸にし、マングローブ林をエビ養殖場にした責任から言っても、環境修復や水資源の開発に貢献しなければならない。幸い前述のように水文地質ではわが国には実績がある。大東亜共栄圏やエコノミックアニマルではなく、彼らの良き隣人として、積極的に手を差し伸べる必要があるだろう。

防災についても、単にメカニズムを論じハードの設計を行う人間不在の路線から、リスクアセスメントなど危機管理にも積極的に貢献することが求められている。2000年に制定された土砂災害防止法も、改正河川法も、共にソフト対策重視を打ち出した。災害の予知予測やハザードマップ作成など、事前の調査研究が重要視されている。ビジネスチャンスである。諸外国の危機管理局には地質家が多数いるという。地質学は総合科学であるがゆえに、地質家は視野が広いとめららしい。残念ながらわが国では、地質家は好事家扱いで、防災は土木と消防というのが通念である。防災や危機管理面での社会的要請に応える社会科学も包摂した総合的な防災地質学を早急に開拓しなければならない。業界も土木のほうばかり目を向けているのではなく、消防防災など人命を直接与る分野とも交流する必要がある。

8. おわりに—鷹揚地質学—

冒頭、故露木先生のお名前を出した。最後に露木先生の教育について触れ、結びとしたい。先生は、今の基準で言えば、実にいい加減な先生だった。休講も多く、試験をしても答案を見るとがっかりすると言って採点せず、卒業時に慌てて単位を出ず始末、長期にわたって学生と一緒にフィールドを歩く熱血先生でもなかった。卒論も学生の好きなようにさせていた。もっともゼミのときには、辛辣な意見を述べて締めるべきときには締めておられたが、お人柄のためか学生たちは叱責とは受け取らなかったようで、“仏の露木”と呼ばれていた。総じて応用地質学講座は優しいところだから鷹揚地質学講座と言われていたものである。あるいは先生の教育方針は“応用地質の放牧方式”とも言われていた。ところがこんな甘い先生の教え子たちなのに、業界ではなかなか優秀であると評判である。恐らく先生は学生の持っている能力を引き出すことがお上手だったのだろう。そもそも educate の語源はラテン語の educere (引き出す) であって、“teach a dog to beg (犬にちんちんを仕込む)” という具合に使う teach とは根本的に異なる。先生は teacher ではなく、まさに professor であり educator であった。

放牧方式で育った学生は少なくとも自分でエサを採るこ

とだけは知っている。厩にはいなかったから、雨風にも耐えられる。したがって、現在のような激動期、新しい分野を開拓しなければならないときにあたって、先生の教え子たちは俄然能力を発揮しているのであろう。それに反し、厩舎で育ち、次はまぐさ、次は水と与えられて育った学生たちは、マニュアル主義の時代には重宝がられたかも知れないが、こうした激動期には手も足も出ないに違いない。もっとも今の学生に放牧方式をやると、エサの採り方を知らないから飢え死にしてしまうだろうが。

鹿大応用地質学講座の学生が特別優秀な素質を持っているわけではない。逆に今の学生の素質が特別劣っているわけでもない。ただ、たくましが少し足りないだけである。しかし、いつの時代も青年は可能性を秘めている。教育如何によっては、必ずや能力を発揮するに違いない。露木先生の教育はこれからの道にも希望があることを示している。

以上、小特集にふさわしかったかどうか心許ないが、日頃考えていることの一端を述べた。あまりに悲観的で過激だとのお叱りはあろう。しかし、きれいな事を並べお互いに傷を舐め合っている状態は改善されない。また、歴史は教訓を引き出すためにあるのであって、過去の責任論をめぐっていがみ合っても非生産的である。小論後段で述べたように、地質学には追い風が吹いている。教育にとっても地質学にとっても希望はある。関係各方面が力を合わせて、追い風をしっかり受け止める体制づくりに取り組もうではないか。小論が地質学および地質調査業の飛躍にとって、討論の素材となれば望外の幸せである。

参考文献

- 1) 荻谷剛彦：日本の教育はどこに向かおうとしているのか。左巻健男・荻谷剛彦編「理科・数学教育の危機と再生」, 岩波書店, 10-18, 2001.
- 2) 金子 隆：“楽しい実験”は理科離れを加速する？。左巻健男・荻谷剛彦編「理科・数学教育の危機と再生」, 岩波書店, 64, 2001.
- 3) 山本壮毅：日本における応用地質学の歩み。応用地質, 29(1), 26-31, 1988.
- 4) 戎崎俊一：科学者の“科学離れ”。左巻健男・荻谷剛彦編「理科・数学教育の危機と再生」, 岩波書店, 45-47, 2001.
- 5) 岩松 暉：大学地学教育と地質調査業。応用地質, 32(4), 184-187, 1991.
- 6) 岩松 暉：国立大学地球科学系学科の改組の動きと応用地質学における後継者養成。応用地質, 33(4), 220-226, 1992.
- 7) 岩松 暉：急展開する大学改革と応用地質学教育の危機。応用地質, 36(2), 173-177, 1995.
- 8) 岩松 暉：大学学部における地学教育の危機的状況と打開策。地学雑誌, 105(6), 730-739, 1998.
- 9) 吉田民人：「新しい学術大系」の必要性と可能性。学術の動向, 6(12), 24-35, 2001.
- 10) 日本学術会議：日本学術会議第18期活動計画, 2000.
- 11) 岩松 暉：明日を切り拓く地質学—環境デザインと地質学の役割—。井内美郎・岩松 暉・大矢 暁・徳岡隆夫・湯佐泰久編「明日を拓く地質学」, 日本地質学会, 9-26, 2001.

技術者教育認定と地質工学

ちぎら まさひろ
千木良雅弘*

1. はじめに

わが国の地質学は明治時代に輸入されてから、学問的な発展を遂げるとともに、資源の探査と開発、社会資本整備、自然災害の予測と軽減、環境保全と修復などのための実学として社会に貢献してきた。約4万人のわが国の技術士の中で2000人以上の地質技術者が活躍している。この数は決して少ないものではない。

言うまでもないことかもしれないが、大学の地質関連学科を卒業して地質工学関連の業界に身をおいた人たちは、次のような内容の仕事に従事している。

- 資源：石油、金属、地下水、石炭、地熱
- 土木地質：ダム、トンネル、発電所、鉄道、道路、斜面、土地造成、深層地下空間利用
- 防災：地すべり、砂防、急傾斜地保全、地盤沈下、液状化
- 活断層、火山災害、地震災害
- 環境：土壤汚染、地下水汚染、廃棄物処分（産業廃棄物、二酸化炭素、放射性廃棄物）、文化財保護
- 地質情報処理

これらのうち、資源と土木地質は長い歴史をもっているが、近年は資源の枯渇とともに、資源関連技術者の需要は減少してきている。そして、これら以外の防災、環境、地質情報処理に関連する産業界の需要が増大している。しかしながら、上記の中で、地質工学技術者たちが大学での教育を背景にして主導的な役割を果たしてきたのは、主に資源の分野における鉱床探査であり、他の分野についてみると、地質学科の卒業生たちがOJT (on the job training—企業教育) と独学で何とか頑張ってきたというのが普通に見られる現状であろう。地球科学関連の学生たちに産業界での要望を反映した教育をすれば、地質技術者たちの活動の場が広がるとともに、社会的な地位も各段にあがることは間違いなく、タイミングの相違はあるが、国内外の状況はこのような流れにあるようである。

本報告では、技術者の急速なグローバル化の流れの中であって、1999年に設立された日本技術者教育認定

機構をめぐる動きについて紹介し、大学における地質学教育に言及することにする。

2. 技術者のグローバル化

近年、技術者資格を多国間で相互承認し、それに基づいた技術者の国際化が急速に進んでいる。そして、相互承認のための技術レベルを大学の教育プログラムを相互認定することで保障しようとする動きが、これまた急速に進んでいる。このためにわが国に設立されたのがJABEE(日本技術者教育認定機構)である。JABEEの組織に関することは、そのホームページ (<http://www.jabee.org/>) で見ることができる。また、審査に必要な手引きや書式もそこからダウンロードできる。

- ・JABEEは、産業技術人材育成支援策や大学の教育改善と関連して経済産業省および文部科学省等の行政とも連携をして、学協会が産業界と協力下で運営するNGO(非政府組織)である。
- ・JABEEは、国際的に通用する技術者育成構想の中で、継続教育システムと両輪となる高等教育の学士レベルの技術者基礎教育を対象としている。
- ・JABEEは、学協会の協力を得ながら全体の統一と調和を図り、学協会の代表として技術者教育認定に最終責任をもつ。
- ・JABEEは、わが国を代表する技術者教育認定団体としてワシントンアコード(技術者教育の国際同等性を相互に認め合う協定で現在アメリカ、カナダ、イギリスなど8カ国が正式加盟)に加盟し、技術者教育の国際同等性を確保することを目指す。

JABEEは、高等教育機関の教育プログラムの認定を行い、その認定を受けたプログラム修了生は技術士試験の1次試験を免除される。また、将来的には、認定教育プログラムを修了していないと技術者としての活躍範囲に制限がでてくる可能性もある。

次に、技術者のグローバル化の状況として、APEC Engineerと米国のProfessional Engineerのための教育認定基準について簡単に触れる。APEC技術者資格相互承認プロジェクトは、1995年のAPEC閣僚会議(大

* 京都大学防災研究所教授

阪)以来進められている技術者の国際流動化のプロジェクトで、一定要件をみたした技術者を二国が相互承認してゆくものである。Structural・Mechanical・Electrical・Industrial・Chemical・Civil・Mining・Geotechnical・Environmentalの9つの分野があり、わが国ではCivilとStructuralを当面の分野として、2000年11月から受け付けが開始された。そのモニタリング委員会(事務局:日本技術士会)によれば、応用理学部門(地質)および建設部門(土質および基礎)は両者に含まれている。Geotechnical部門はわが国ではまだ相互承認分野とはなっていないが、その教育プログラムとしては次の内容を含むことが考えられている。

科学(science subjects):一般地質学,岩石学,地球化学,鉱物学,水文地質学,堆積および層序学,第四紀地質学

工学(engineering topics):応用熱力学,構造地質学,岩石力学,土質力学,物理探査,採鉱および採鉱地質学,応用地球化学,応用水文地質学

これに対して、これらの内容は地盤工学に比べて地質工学分野への偏重がみられるとの意見もあるが、いずれにしても、わが国で従来ほとんど独立に行われてきた地球科学と地盤工学の教育に比べてバランスのとられた内容といえる。

米国ではABET(The Accreditation Board for Engineering and Technology; <http://www.abet.org/>)が大学の工学教育プログラムの認定を行っており、技術者資格であるProfessional engineerになるには、認定プログラムを修了する必要がある。その中の地質工学関連の分野としては、地質工学 Geological and similarly named engineering programs, 鉱山学 Mining and similarly named engineering programsがある。ABETでは、頻繁に基準を見直しているが、2000年には詳細な基準よりも、アウトプットを重要視する傾向に変わった。その基準は共通基準と分野別の基準からなっており、そのうち Geological and similarly named engineering programsの分野別基準は次のようなものである。

ABET(Engineering Criteria for 2000) プログラムは、卒業生が以下の能力あるいは深い理解をもつことを示さなくてはならない。微分方程式、数式に基づく物理、一般化学、および確率と統計の数学を用いることとこれらを地質工学的課題に適用する能力。地質学的原理と過程の理解、鉱物と岩石の同定、地球物理学の初歩、野外地質学、および3次元の性質をもつ地質的問題を表現して解決する能力に重点をおいた地質科学的課題に関する熟知、静力学、物質の性質と強度、地盤力学などの工学に関する熟知。地質工学的問題に地質学の原理を適用して設計で解決する能力。これらの地質工学的問題には次の一つ以上の事柄が含まれること。1) 水文地質を含めた地殻物質の物理的性質、2) 地殻形成過程の影響、3) 建設工事のインパクト、資源の探査と開発、廃棄物処分、およびこれらの物質や過程に対する社会の他の活動のインパクトでこのプログ

ラムにふさわしいもの。

ABETの分野別基準は、このように概略のものであり、これと共通基準をみたす形で大学が教育プログラムを作成し、認定を受けている(http://www.abet.org/accredited_programs/EACWebsite.html)。2000年現在、地質工学分野で認定を受けているのは、16プログラムである。16プログラムのうち、Geology Related Departmentの中に認定プログラムがある大学はわずか3大学のみで、他はすべてDepartment of Geological Engineering, Mining, Engineering,あるいはこれらとGeologyの複合学科に認定プログラムがある。また、7大学ではGeological Engineeringの認定を受けている学科の他に地質学科があるようである。Geology Related DepartmentがEngineeringと合体して新たなプログラムをつくってきているように思える。

例としてPrinceton大学をあげると、Earth Science OptionでGeological-engineeringの認定書を受けるには、次のような科目の単位を取得することが必要ようである。

必修科目:線形代数,線形代数(上級),物理学,物理学(上級),一般化学,語学,地球(物理的環境),鉱物学と岩石学の初歩,岩石学,地球物理学入門,流体力学,材料力学,土質力学,構造地質学とテクトニクス

選択:土木地質学,地盤工学,地球化学,地球物理学,大学海洋,資源,環境水資源の中から少なくとも4科目

他大学の認定プログラムをみると、多くの大学で、地質学の基礎、鉱物・岩石、地球物理学の基礎、野外地質学、構造地質学、地質工学、土木地質学、水文地質学、材料力学、岩盤力学、地盤力学、流体力学、資源、廃棄物などがプログラムに含まれている。わが国の地質学科のカリキュラムに地盤工学科のカリキュラムを合体させたような内容である。

3. JABEE(日本技術者教育認定機構)の基準

JABEEの技術者とは、「技術業(数理科学,自然科学および人工科学等の知識を駆使し,社会や環境に対する影響を予見しながら資源と自然力を経済的に活用し,人類の利益と安全に貢献するハード・ソフトの人工物やシステムを研究・開発・製造・運用・維持する専門職業)に携わる専門職業人」のことであり、JABEEは、それを育成する高等教育機関における教育を認定するために基準を定めている。つまり、技術者教育とはいっても工学が対象で理学や農学などが排除されるというものではない。JABEEは、設立以来、試行的な認定を繰り返し、認定基準を何回も改定してきた。その基準は、当初共通基準と分野別基準に分けられていたが、共通基準が最も重要であり、分野別基準はその中の一部であるという考えから、「共通基準」は「基準」に改められ、また、「分野別基準」は「分野別要件」に改められた。技術者教育は、種々の分野でかなり独立に行われるため、分野別基準が過度に重要視されるきらいがあるが、

実際の審査にあたっては、「基準」が最も重要視されている。それは、次のような構成になっている。

基準 1 学習・教育目標

基準 2 学習・教育の量

基準 3 教育手段

3.1 入学者選抜方法

3.2 教育方法

3.3 教育組織

基準 4 教育環境

4.1 施設、設備

4.2 財源

4.3 学生への支援体制

基準 5 学習・教育目標達成度の評価と証明

基準 6 教育改善

6.1 教育点検システム

6.2 継続的改善

具体的な内容を JABEE のホームページで見ればすぐに理解できるように、これらは決して画一的な教育、たとえば何の授業科目を何単位取得せよなどということ求めているのではなく、教育プログラムが独自の理念に基づいた教育・学習目標を策定し、それを達成した学生のみを修了生とすることを求めている。また、教育の継続的改善システムが機能しているか、なども重要な審査事項となっている。

分野としては現在 14 の分野が認められており、地質工学は、「地球・資源および関連分野」という分野に含まれている。地質工学関連の分野は当初 2000 年 7 月に JABEE に提案された。しかしながら、この時、すでに JABEE は分野の数を極力少なくする基本方針を固めており、地質工学分野であげたキーワードに「資源分野」および「土木分野」と共通するものが多かったことから、結果的に JABEE からこれらの分野と調整を図ることが求められた。一方、資源分野では、主要領域の一つに「応用地球科学」がかかげられており、その中に地質工学的な内容がかなり含まれていた。その後、資源・素材学会の「技術者教育プログラム審査委員会」に地質工学系 3 学会の代表（応用地質学会：千木良雅弘、地質学会：三宅康幸、地下水学会：佐倉保夫）が参加し、また追って全国地質調査業協会連合会の藤城泰行専務が業界代表として加わり、協議を続け、旧「資源および関連分野」と「地質工学分野を合体させた形で「地球・資源および関連分野」という分野を構成することが決定された。地質工学分野は、ほぼ、この中の「地圏の開発と防災」という一つの主要領域を構成することになった。当初、分野名については、「地質・資源」とする案もあったが、地質よりも地球の方がより広い概念であり、今後の技術者の活躍の場を広くしておく意図から、地球・資源に決まった。ただし、英語の Geology は、地質よりも広い概念（地質、地球物理、地形、地球化学などを含む）で用いられていることから、英語名は、Resources and Geological Engineering, and the related programs となっている。以下に、地球・資源および関連分野の分野別要件を示す。

地球・資源および関連分野別要件 v 2.0

この基準は、地球・資源およびその関連分野の技術者教育プログラムに適用される。

1. 修得すべき知識・能力

本プログラムの修了生は以下の能力・技術を身につけている必要がある。

(1) 本分野の主要領域（地圏の開発と防災、資源の開発と生産、資源循環と環境）のうちの 1 領域、またはこれらを統合したものに関する下記の知識・能力

a) 専門知識・技術

b) 実験・調査を計画・遂行し、得られたデータを解析し、その結果を説明する能力

c) a) および b) を統合して課題を探索し、解決する能力

d) 本分野に携わる技術者が経験する実務上の課題を理解し、適切に対応する基礎能力

2. 教員

(1) 教員団は、技術者資格を有しているか、またはカリキュラムに関わる実務について教える能力を有する教員を含むこと。

ここまでが分野別要件であり、JABEE のホームページにも記述されている。ただ、それだけでは具体的な分野の内容が理解しにくいために、「技術者教育プログラム審査委員会」において補足説明を作成した。「地圏の開発と防災」には、最近地質技術者の活躍の場が広がってきている情報、災害、環境などの内容のキーワードをとりあげた。ただし、これらの補足説明の小領域やキーワードは、あくまでも、領域の内容を具体的にイメージするために作成したものであり、受審教育プログラムがこれらの小領域やキーワードを網羅することは全く求めるものではない。教育プログラムは、どれか一つの主要領域に特徴をもった技術者教育プログラムでも、複数主要領域にまたがった技術者教育プログラムでも、認定審査を求めることができる。

地球・資源およびその関連分野

補足説明

資源・素材学会「技術者教育プログラム審査委員会」

2001/07/23

「地球・資源およびその関連分野」（以下では「地球・資源分野」と略称する）を分野別要件として、認定審査を受けようとしている技術者教育プログラムは、「1. 修得すべき知識・能力」に明記されている三主要領域（地圏の開発と防災、資源の開発と生産、資源循環と環境）と密接に関連した学習・教育目標を有していることが求められる。

「地球・資源分野」の学習・教育目標、講義・実験・演習・PBL などの学習・教育内容は、多様でありその分野が広いこと、新しい分野を積極的に取り入れて学習・教育内容の改善を図っている高等教育機関が存在し、その現状と将来動向を反映したものとなっている。関係する資源系、地質系、環境系の融合を基本とし、どれか一つの主要領域に特徴をもった技術者教育プログラムも、複数主要領域にまた

がった技術者教育プログラムも、認定審査を求めることができる。

三主要領域の解説

三主要領域（地圏の開発と防災、資源の開発と生産、資源循環と環境）は、その内容を明示するためにさらに小領域に分割され、それぞれの小領域の内容を説明するために、次のようなキーワードが用意されている。

地圏の開発と防災

1) 地球構成物質と資源

地球の構成、鉱物・岩石、地殻の構造、火成活動と火成岩、堆積作用と堆積岩、変成作用と変成岩、風化・熱水変質作用、地球物理、地球化学、資源地質、テクトニクスと鉱床、金属資源、非金属資源、燃料資源、地熱・温泉、水資源、鉱床成因論、鉱物工学、鉱物合成

2) 流体地球と人間圏との相互作用

大気と海洋、海洋化学、地球流体物質の起源と進化、炭素・酸素・窒素の地球上における循環と移動、放射性および安定同位体、鉱物および元素の溶解・沈殿、水-岩石相互反応、二酸化炭素の物理化学および固定、C-H-O-N系物質の相関係および物理化学、海洋地質、海洋資源、気象・気候

3) 地球の探査

地質調査法、地質図と地質図学、物理探査・検層、地化学探査、リモートセンシング、航空写真判読、測地、資源探査、海洋探査、原位置試験法

4) 地球情報の解析・評価

地球統計学（多次元評価手法）、地理情報システム、地層解析、地質構造解析、地形解析、水文・水理、地球環境評価、資源評価・予測、地盤評価

5) 地圏情報を生かした設計・開発

土木地質、水文地質、構造地質、岩盤・土の力学、各種構造物やライフライン（交通、電気、ガス、水道など）の設計、地圏の安全な開発法（斜面造成、地下空間、埋め立て）、土地利用計画、地域開発計画、環境インパクトの予測・評価・低減（地下水変動、地盤沈下など）

6) 地球災害の防止・軽減

地震と活断層、火山活動・火山災害、第四紀地殻変動、プレートテクトニクス、地形発達過程、地すべり・斜面崩壊・土石流、流域管理（水および土砂災害の評価および管理システム）、自然災害の評価・軽減法

7) 地球環境の理解と保全・修復

地球史（地史・古生物、地球年代学）、地球環境変動および変遷史、気候変動、人間活動と地球温暖化、酸性雨問題、地球砂漠化、海洋汚染、土壌汚染、地下水汚染、地下水変動・枯渇、人工建造物の保護、廃棄物処分（CO₂、産業廃棄物、放射性廃棄物）

・資源の開発と生産

小領域名

キーワード

- 1) 資源開発プロジェクトの評価とその経済・社会的な課題
鉱床探査法、資源量評価の手法、リスク分析、経済性評価、環境影響評価、投資分析、需給動向分析、資源経済、資源政策、国際協力、資源問題
- 2) 鉱物資源（鉱山）の生産システム
採鉱法、生産計画・採鉱設計、生産管理、さく孔・発破、積込・運搬、通気・排水、鉱山機械、選鉱・鉱物処理、プラント設計、破碎・分級、固液分離、リーチング
- 3) 安全・衛生・環境保全に関する技術とマネジメント
開発操業の安全、開発操業の衛生、リスク評価と危機管理、安全法規、生産現場の環境マネジメント、環境保全技術、廃滓と廃石・廃土の処理、廃水処理、緑化とリクレーション、跡地利用
- 4) 岩盤の掘さくと安定維持
岩の力学、土の力学、岩盤掘さく技術、岩盤の安定維持技術、岩盤計測、岩盤調査、モニタリング、応力解析、地下空間の開発と利用、斜面安定
- 5) 石油・天然ガス・地熱流体の生産システム
生産システム概論、坑井流体の熱力学的性質、坑井の掘削と仕上げ、坑井内の流動理論、地表生産施設設計、流体輸送工学、流体の処理技術、生産管理、生産能力の改善技術、スケール・腐食対策、エネルギーとしての利用技術
- 6) 貯留層の評価と制御
貯留層内の多相流動理論、物質と熱の移動現象論、貯留層流体の熱力学的性質、坑井試験とその解析、埋蔵量評価、貯留層の管理とモニタリング、貯留層モデリング、貯留層内の熱と流れの制御技術

・資源循環と環境

小領域名

キーワード

- 1) 資源循環の最適化
再生可能資源と再生不能資源、資源枯渇性の評価、マテリアルフロー分析、マテリアル・リサイクリングとサーマル・リサイクリング、エコデザイン、資源循環システム、資源循環の経済性
- 2) 廃棄物の再資源化
輸送・貯蔵システム、ロジスティックス、破碎・粉砕・分粒、物理選別、固液分離、ハンドリング、化学的分離、生物学的処理、新素材創製
- 3) 廃棄物の処分・管理
堆肥化、燃料化、エネルギー回収、焼却、埋立、重金属の溶出、無害化処理、廃棄物管理システム、自然浄化能力、土壌汚染
- 4) 資源・エネルギーと環境問題
持続型エネルギー開発、省エネルギーシステム、公害の歴史、作業環境（粉じん・化学物質・音・振動・光）、地域環境（廃棄物・土壌・水・大気）、地球環境、環境影響評価、汚染シミュレーション
- 5) 水環境

有害溶存イオン処理, 浮遊固形物処理, 富栄養化対策, 生物学的処理, 水循環機構, 水質汚濁と浄化機構, 水域の水管理, 環境ホルモン

6) 大気環境

大気循環機構, 大気汚染機構, 大気汚染物質の発生・移動・変質, 大気汚染物質の計測・制御, 温暖化, 酸性雨, オゾン層破壊, 成層圏汚染

4. JABEE による審査

JABEE による教育プログラムの審査は, 認定希望高等教育機関から JABEE に文書による審査申請によってはじまる。そこからは, 次のようなプロセスである。

- 1) JABEE は, 認定分野を判断し, 学協会に審査を依頼する。地球・資源の場合, 「資源・素材学会に置かれている技術者教育プログラム審査委員会」である。
- 2) 審査委員会では, 審査長および審査員を選定・推薦する。
- 3) 審査長および審査員が JABEE によって任命される。
- 4) 高等教育機関から自己点検書を当該学協会へ送付。
- 5) 審査チームによる自己点検書の審査
- 6) 実地審査
- 7) 1次, 2次審査報告書の作成
- 8) 当該学協会から JABEE へ最終報告書の提出
- 9) JABEE による認定の可否最終判定

この中で, 審査員 (試行審査では1プログラムについて3-5名程度選出) はかなり大きな権限をもつことになり, その適性を適格に判断して選定することが重要になる。平成13年度には, 審査員養成のための講習会が3回開催され, 審査員候補者は全員受講することになっていた。地球・資源でも, 13年度の試行にかかわった審査員とオブザーバーは全員受講した。今後, 産官学のバランスを考慮して審査員を養成してゆく必要がある。

具体的な審査方法は, JABEE ホームページにある「審査の手引き」に詳述されている。大切な点は, 文書と実際が乖離しておらず, 文書にあるとおりの審査が行われることである。

今年度は, 地球・資源関連分野では, 次の3プログラムが試行審査を受けている。

- ・秋田大学工学資源学部地球資源学科資源システム工

学コース

- ・島根大学総合理工学部地球資源環境学科
- ・秋田大学工学資源学部地球資源学科応用地球科学コース

後2者は, 地質工学関連のコースでは初めての試行である。それらの実地審査は終了しており, 現在最終報告書作成に向けた作業が進められている。

私も試行審査に加わったが, 審査は厳正に行われ, このような審査を前提にした教育がなされれば, 教育自体が非常に改善されると実感した。

5. 今後の展望

上述したように, JABEE に「地球・資源および関連分野」という分野が認定され, 地質工学関連の技術者資格のいわば「枠」は作られた。今後は, 主に旧地質学科関連のプログラムであると思われるが, 多くの教育プログラムが受審することが期待される。受審は, 学科単位でも学科の中のコースでも行うことができる。かつて地質学がサイエンスと実学とを両輪として発展したように, 成熟しつつある地球科学がさらに発展することを期待したい。

試行審査はあくまでも試行審査であり, それで認定されても実質的な効力はない。正式に認定されるためには本審査を受ける必要がある。

参考文献

- 1) 梅田昌郎: APEC エンジニア成立の経緯と今後の期待, 国際的な技術者資格に関するシンポジウム「国際的エンジニアの具体化と期待」日本技術士会他主催, 平成12年11月1日, 1-7, 2000.
- 2) 大和田秀二: 日本技術者教育認定機構 (JABEE) の最新情報と新分野別要件, 資源・素材2001, 札幌, 企画発表(E)「走り出した JABEE と技術者の継続教育システム」, 1-4, 2001.
- 3) 千木良雅弘: 地質工学技術者—教育の現状と展望—, 資源・素材2001, 札幌, 企画発表(E)「走り出した JABEE と技術者の継続教育システム」, 12-15, 2001.
- 4) 増田昌敬: 「地球・資源およびその関連分野」における JABEE の試行審査, 資源・素材2001, 札幌, 企画発表(E)「走り出した JABEE と技術者の継続教育システム」, 5-8, 2001.
- 5) 山富二郎: 資源系技術者教育と技術者養成の課題, 鉱山, 583号, 16-39, 2001.

ホームページ

JABEE: <http://www.jabee.org/>

ABET: <http://www.abet.org/>

ABET 認定プログラム: http://www.abet.org/accredited_programs/EACWebsite.html

地質技術者教育からみた理学部の学部・学科改組

よこた しゅういちろう
横田 修一郎*

1. はじめに

わが国の地質関係者にとっての急務の一つに系統的な地質技術者教育の実施とそのための環境整備があげられる。たとえば、大地の性質と土木構造物一関連づけるべきこの両分野の教育は、伝統的に前者は理学部の地質系学科で、後者は工学部の土木工学系学科で行われ、その結果、地質系と土木工学系を結びつけた系統的な土木地質の技術者教育は大学ではほとんど実施されてこなかった。

地質系学科卒業生は卒業後にそうした業務にかかわる機関や企業で少しずつ必要な技術を身につけていくというのがわが国の地質技術者養成の主流であった。これは、地質技術に限ったことではないが、「技術」を学問体系というよりも業務の一部と見なす傾向があったこと、それゆえ大学ではなく現場で徒弟制度に近いかたちで身につけていくものと認識されていたことが原因であろう。さらに、社会がこれを長年受け入れてきた背景には、わが国独自の企業内教育制度がある。

大学は必ずしも職業教育だけの場ではないし、研究者や教員養成だけの場でもない。今日の大学、特に地方大学には社会で活躍できる技術者を需要に即して供給していく社会的責務がある。また、国際的にみても技術者を育てる教育の基礎部分は大学が担うべきとされている。大学で効果的な技術者教育を実現するには教育環境の整備がまず必要である。地質技術に必要な内容が複数の学部、学科に分かれて教育されている現状は効果的とは言いがたい。

ここ10年来、全国の大学で学部・学科の組織改組が相次いでいるが、そうした流れのなかで、教育環境がしだいに改善・整備されてきた。その結果、系統的な地質技術者教育が実現できる可能性も出てきた。

島根大学の理学部は1995年秋に総合理工学部へ改組され、同時に旧地質学科が地球資源環境学科に改組された。より広い視野の地球科学教育を目指すとともに、工学系科目も採り入れて効果的な地質技術者教育を実現するためであった。この新学科では1996年春の新生受け入れ後6年が経過し、卒業生も輩出しはじめた。新学科への改組と

ともにカリキュラム編成を大きく変更して教育を行ってきたが、4年間の限られた時間内に一般教養も含めて効果的な教育を行うのは容易ではなく、教育システムにおいて多くの課題を抱えている。ここでは島根大学の改組例とともにこうした学部・学科改組を地質技術者教育という視点から考えてみたい。

2. 理学から工学へのグレーゾーンと技術者教育

わが国の多くの大学には理学部と工学部がある。理学部と工学部はどのように違うのか？あるいは理学と工学はどのように違うのか？大学新入生にこうした質問をしても、明快な回答は返ってこない。

理学と工学はそれぞれ Science と Engineering や Technology に対応するであろうが、これらが内容や目的においてどのように違うかの説明は簡単ではない。バックグラウンドにおいて自然探求と社会への貢献との違いという見方もあるし、進め方において分析的であることと組み合わせ的であることの違いという見方もある。

わが国では明治以来、理科というと、数学、物理学、化学であり、これに生物学、地学等の分野が加わるというイメージが定着してきた。そして高校の理科教育もこのような分け方に基づいている。これらの分野がそのまま混然と集められて大学の理学部という組織になっている。しかしながら、学問体系や学習・教育の仕方においては、これらは単純な横並びではない。数学という普遍的なものを用いて物理学が構築され、さらにこれらと関わりをもって化学がある。生物学や地学は主に対象によって規定された分野であるが、手法的には物理学・化学の多くを受け入れている。地学、あるいは地球科学はそれ自身が自然科学であるとともに、他の広い自然科学の知識や考え方の基礎として成立している面もある。

理学部から社会に送り出している卒業生は研究者だけではない。現実には大学で学習した専門を活かすさまざまな職に就いており、これは後述する広い意味の技術者にほかならない。しかし、理学部の教育が卒業後のことを十分考慮されているとは言いがたい。むしろ多くは研究者や教員養成を念頭においたカリキュラム編成であり、卒業後、それ

* 島根大学・総合理工学部 教授

をどのように活かすかについては学生個人の力量にまかされている面が少なくない。

一方、工学や技術は社会を豊かにしようという立場から出発しており、なかでも civil engineering は土木構造物を通じて社会発展の基礎を築いてきた。社会を豊かにするには自然科学が不可欠である。このためさまざまに分化した工学分野、技術分野が自然科学を中核として存在することになった。卒業後にこうした企業や機関で活躍することを前提に教育する学部として工学部がある。多くの大学に理学部と工学部が共存するに至った経緯と意義はおおよそこのようものであろう。

“Engineering” という語は「工学」にも「技術」にも対応するが、アメリカ合衆国の ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) では、これを「人類の利益のために教育経験および実務により得られた数学的、自然科学的な知識を資源と自然力の経済的な利用方法の開発に判断を加えて応用する profession (知的職業あるいは専門職) である」と定義し、同じく “Engineer” を「科学的、技術的およびその他の理解力と技能をもち、かつ活用して安全な効率の良いシステム構造物、機械、プラント、実用的経済的価値のある製法、あるいは装置を作りだし、運用し、維持する者」と定義している¹⁾。JABEE (日本技術者教育認定機構) でも技術者を「技術を業とするもののうち、知識 (工学) をその中核におくものを指し、スキルを能力の中核とする技能者 (technician) を含まない」と定義している²⁾。これまで一般に使われてきた技術や技術者に比較して意味はかなり広く、われわれが目指す地質技術者もこのような広い意味の技術者でなければならない。地球と地質学についての広い知識をもつとともに、土木構造物などについての知識をもつことによって、人類の利益のためさまざまな実務を行い得るような人材であろう。

ところで、ABET 等では、学問分野に関して Engineering Science というカテゴリーを設けている。いわば理学と工学の中間に位置する分野である。地球科学は材料力学やコンピュータ・サイエンスとともにこの Engineering Science に区分されている³⁾。地球科学は数学や物理学と比較して純粋の理学というより、多少工学的または技術的とみられていることになる。これは、地球科学は分析的手法だけでなく、断片的なものを組み合わせるところも多分にあるためであろう。このようにみると、地質技術あるいは地質工学という分野は他の工学部系分野とは多少性格が異なるものかもしれない。

学問分野は理学か工学かに明確に色分けされるものではなく、理学と工学との間にはグレーゾーンが限りなく広がっていると考えるべきであろう。そして今日求められている広い視野をもった技術者の教育にはこうしたゾーンも含めた教育環境の整備が必要である (図 1)。地球科学が Engineering Science に位置づけられることを考慮すれば、その教育環境としてグレーゾーンを含めたさまざまな教育内容がシステムティックに整備されている必要がある。

わが国のいくつかの大学には理工学部というのがあるし、海外にもそれに近い内容の学部がある。単に工学部と

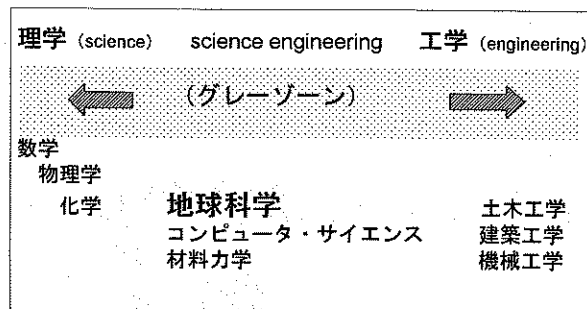


図1 理学と工学, その間のグレーゾーン

理学部を合わせただけではなく、純粋の理学から工学までを連続的にうまくカバーした教育環境が構築されれば、広い意味の技術者教育、特に地質技術者教育には有効である。おそらく、理学部系での地質学系教育に工学部系での土木工学や資源工学をうまく取り入れたものが理想であろう。

3. 島根大学における学部・学科改組

3.1 理学部・地質学科から総合理工学部・地球資源環境学科へ

地質系の専門知識を活かす職に就く卒業生は、今日地方大学からも多く輩出しており、むしろ地方大学の方がその使命が濃厚というべきであろう。島根大学の旧理学部地質学科でもこれまで卒業生の多くがそのような職に就いている。そして、前述のように 1995 年の理学部から総合理工学部への改組に伴い、旧地質学科は地球資源環境学科に改組された。島根大学の場合、それ以前には工学部は存在しなかったが、改組によって理学部と工学部を結びつけた総合理工学部が作られた。

学部改組に伴い学科が再編され、電子工学系などの学科も新設された。学部全体としては「理学と工学の融合」をキーワードとして「社会への技術者の供給」がその目標に掲げられた。「理工融合」を目標とすることによって理学から工学へのグレーゾーンを含めた技術者教育を可能にする教育環境の整備でもある。

地球資源環境学科は定員 50 名であり、これを学科に属する 18 名の専任教官で教育するという体制である。これには工学系学科出身の教官も含まれている。この学科では前述の「理工融合」を受けて、「地質学を基礎としつつ、工学的要素もとり入れた教育」を基本目標としている³⁾。さらに、これを実現するために、地球物質システム学・環境地質学・自然災害工学の 3 大講座が設置された³⁾。専門科目カリキュラムはこの 3 大講座を中心として編成されるとともに、それ以外に講座共通科目群として多数の野外実習関係科目が残された。学科の学習・教育目標の専門部分はほぼこれらによって実現している。

3.2 地質工学系カリキュラム

3 大講座のうち、自然災害工学講座では応用地質学、地盤工学、岩盤工学、水文地質学などの基礎とともに自然災害などの講義と実習・実験科目を専門科目としている。講座名称は自然災害の多いわが国などではそうした知識を最大

表1 島根大学地球資源環境学科における自然災害工学講座の専門科目例。なお、カリキュラム改正によって2002年度からは一部は変更される。

1回生	自然災害工学概論		
2回生	火山災害地質学 自然災害学	水文地質学	防災工学 土質力学
3回生	地球化学計測学 物理地質計測学	岩盤力学 岩盤工学実験	地盤災害工学 地盤工学実験
	自然災害工学セミナー		
4回生	卒業論文		

表2 3回生を対象とした「岩盤工学実験」の内容

1. ガイダンス
2. ボーリングコアの岩盤区分と岩盤柱状図作成
3. シュミットロックハンマーによる岩盤反発度測定
4. 泥岩のスレーキング実験観察
5. ポアホールテレビによる孔内データの解析
6. 岩石試料採取と整形
7. 岩石の超音波速度測定と弾性係数の算出
8. 岩石の一軸圧縮試験（荷重-変位測定）
9. 一軸圧縮強度と弾性係数の算出
10. 岩石の圧裂試験
11. 岩石の透気試験
12. 揚水試験データの処理
13. 有限要素法による微分方程式の解法1
14. 有限要素法による微分方程式の解法2
15. 岩盤工学実験のまとめ

限とり入れた地質工学が必要という考えによるものである。表1に自然災害工学講座の科目群を示す。

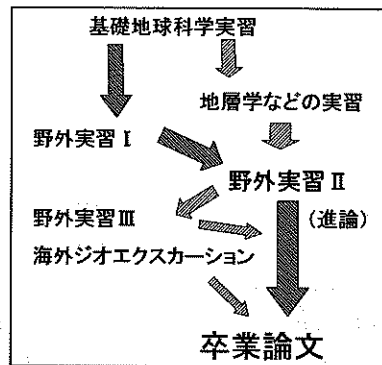
1回生の「自然災害工学概論」はこうした一連の専門科目の基礎と位置づけている。2回生以上はこれから自然災害、地盤、岩盤、地下水、物理探査などの分野が派生するように配置している。実習・実験科目の例として3回生対象とした「岩盤工学実験」の内容を表2に示す。これには室内だけでなく、野外での測定も含めている。

現状では必修と選択が交錯しており、必ずしも個々の科目が有機的に結びついて効果的な教育成果を上げるまでにはいたっていない。しかし、従来の伝統的な地質系カリキュラムにこれらの科目を加えることによって、学科全体とした地質技術者教育により効果的なカリキュラム編成を創出している。

3.3 野外実習の内容と流れ

地方大学にはいくつかの強みがある。島根大学にとってのそれは、大学が立地している地域が地質関係のフィールドに恵まれていることであろう。新第三系の各種堆積岩類や火成岩類は大学から車で約30分の海岸に広く露出しているし、花崗岩類、第四紀火砕流堆積物なども1時間以内に露頭に到達することができる。地質学教育にとって不可欠な野外実習教育を行うのにきわめて好都合である。また、地盤沈下や地すべり地、各種土木構造物に関しても教材に欠くことはない。このような立地条件もあって島根大学で

地質現象の理解



地質調査方法の習得

図2 島根大学地球資源環境学科における主な野外実習科目

は旧地質学科以来伝統的に野外実習教育に力を入れてきた。この伝統は地球資源環境学科になっても維持されている。ただし、野外実習にも以下のようにさまざまな目的があるので、どのような内容を、どのような順で行うかは十分検討する必要がある。

たとえば、これまで「野外」を体験する機会がなかった学生に対して、野外に親しみをもってもらうための実習、地球科学の導入段階の学生に対して、代表的な岩石・地層の産状を実感したり、基本的な地質現象や関係一層序関係、不整合関係、貫入関係、断層関係などを理解するための実習、さらにひととおり地球科学の基礎を学び終えた学生に対して、地表地質踏査の手法を修得するための実習、がある。さらに、全国のさまざまな地域に行き、そこでの地質構成・分布・構造・発達史を理解することは必要であるし、地質研究の材料としてさまざまな視点で観察することも必要である。

当学科で行っている主要な野外実習科目には、「地球科学基礎実習」(1回生必修)、「地球科学野外実習Ⅰ」(2回生必修)、「地球科学野外実習Ⅱ」(3回生必修)、「地球科学野外実習Ⅲ」(3回生選択)、「海外ジオエクスカーション」(2・3回生選択)がある。これらの全体としての流れを図2に示す。

大きく分ければ野外でさまざまな地質現象を理解しようとするものと、地質調査(地表地質踏査)の方法を修得しようとするものの2つに分けられる。図2に示す各科目は両者のウェイトがそれぞれ少しずつ異なっており、たとえば、3回生の夏に行う「地球科学野外実習Ⅱ」は後者のウェイトが高く、その仕上げに相当する。

ところで、地質技術や地質工学を目指す場合には、上記の伝統的な野外実習内容に加えて、別の視点も考慮する必要がある。たとえば、(i)大縮尺地形図・地質図の取扱い、(ii)表層堆積物の観察・区分・表現、(iii)地形図の上に描く地質図、(iv)情報伝達のための独自の多様な地質表現、などについての教育である。上記の野外実習科目のなかでこうした内容・視点を組み込んでいく必要があるが、現時点では十分どころまでいたっていない。自然を空間的に異なるスケールや異なる視点で理解していくには実際にはかなりの時間を要するためである。さらに、これらの野外実習科目では、大学全体のカリキュラムのなかでの時間的制約と経費面・安全面の問題を考えながら実施していくことになるから、なかなか容易ではない。

4. 地方大学としての教育の課題

4.1 地方大学の共通課題と地質技術教育システム

現実の地方大学の教育をみた場合、多くの解決すべき課題がある。地質系学科に共通するものをあげると、(i)少ない入試科目からくる学生の基礎学力不足、(ii)野外実習経費の大きな負担、(iii)学生就職先の多様化、(iv)室内実験・実習の補助スタッフと設備不足、などがある。これらが今日の地方大学の地質系教育にも大きく影響している。

たとえば、2・3回生を対象にした専門科目でも自然科学の基礎が不足していると、講義はトピックスだけに終わってしまうことになる。また、経費面や時間面での制約から野外実習の内容が全般に希薄になりつつあり、卒業段階までに地質学の基礎をある程度マスターするのが精一杯というのが多くの大学の状況であろう。地質系学科を卒業しても野外調査がほとんどできない地質技術者がいる現実、こうした大学教育を取巻く状況が少なからずかかわっている。

このような制約が影響して、「地質学をベースとした工学教育」を目指しても地質学の先にはなかなかたどりつけないのが現状である。地質学の方を多少レベルダウンして工学的分野に踏み込んだ場合には学生の将来が心配になる。就職時の企業側募集分野が「土木」、「地質」等と旧態依然のところが多いこともこれにかかわっている。

地質技術者教育には従来の地質学教育(野外実習を含む)の上に地質工学教育を実現する必要があるが、具体的なカリキュラム編成にあたってはこうした現実課題を十分考慮しなければならない。

4.2 大学教育に対する地質技術者からの要望

大学の地質技術教育に対する地質技術者からの意見・要望はカリキュラム編成を含めた教育システムを考えるうえで大いに参考になる。こうした意見は内容的には互いに相反する2つに集約されるようである。 (i)理学的な地質学だけでなく、土木・地盤工学など工学的な内容をもっと教えるべき、と(ii)工学的な内容よりも、むしろ地質学の基礎をもっとしっかり教えるべき、というものである。

いずれも当事者の経験と今日の大学卒業生を通してみた大学教育の現実を反映している。前者は入社時の戸惑い経験から率直に「工学教育」の必要性を指摘するものであろう。後者は「基礎さえしっかりしていれば、あとは企業に入ってからでもなんとかなる」と企業内教育を前提にした楽観的なものである。しかし、「とにかく野外調査さえできれば」という要望が強いのは、今日いかにフィールドワークのできない卒業生が多いかを示している。

上記の(i)、(ii)のどちらを重視するかは実際の学生の資質や基礎学力ともかかわっているため、ケースバイケースであるが、大学としては常に基礎地質学と多少の工学的素養の教育をバランスよく組んでいく必要がある。少なくとも卒業後の企業内教育を前提とした教育プログラムであってはならない。

「大学で学んだことより卒業後に学んだことの方がはる

かに多い」といった意見も少なくないが、これは見方を変えれば、大学にて「卒業後に自分で学ぶことの基礎」を十分学んだ結果である、ということもできる。

こうした現実を眺めながら、筆者が実現したい地質技術教育をポイントとしてあげれば、(i)岩石・地層などに対する工学的見方の確立、(ii)地表近くで起こっているさまざまな地質プロセスの認識、(iii)工学的特性の空間分布を地質プロセスとの関連で理解する努力、である。これらを実現するには、従来の地質学に加えて、専門科目によって工学的な知識・視点を身につける必要があるとともに野外での地質調査能力や地質諸プロセスの理解は基礎として不可欠であろう。

5. 今後の課題

社会的要求を満たす地質技術者の系統的教育とそのため教育環境の整備は容易ではない。この場合の技術者教育とは個々のスキルではなく、将来にわたってさまざまな環境下でも自己学習を続け、新しい技術を修得していきける能力を備える教育である。島根大学地球資源環境学科では、2001年度に学科の教育プログラムに対してJABEE(日本技術者教育認定機構)による「地球・資源およびその関連分野」の認定試行審査を受けた。これによって、教育システムを地質技術者教育という視点でみた場合の検討課題がより鮮明になってきた。

教育システムにおいて、教育目標の明確化やカリキュラム編成、成績評価法などを含めたさまざまな改善が必要である。大学教育は入学から卒業までであるから、改善すべき内容は学科内に留まらず、学部や全学的なものを含んでいる。このため、現実には学内外のさまざまな調整が必要となる。教育改善は試行錯誤を伴い、かつ時間を要するが、同時に大学人の意識改革も必要である。努力の末にはより理想に近い地質技術者教育が実現できると確信している。

他大学の地球科学系、地質系学科においてもこの数年間のめまぐるしい組織改革によって地質技術あるいは地質工学の専門科目も多少行われるようになってきた。前述した多くの困難があるものの、新しい芽は着実に育っているかの感がある。いずれ、わが国の多くの大学で地質技術の系統的教育が実現でき、新しいタイプの技術者が社会に育っていく日が来るであろう。

参考文献

- 1) 原田耕作: 技術者教育認定システムの国際的動向ならびに日本技術者教育認定機構の概要と今後の進め方、工学協会主催シンポジウム「技術者教育認定制度について」講演要旨, pp. 2-23, 2000.
- 2) 大橋秀雄: 技術者教育認定制度が目指すもの、工学協会主催シンポジウム「技術者教育認定制度について」講演要旨, pp. 1-5, 2000.
- 3) 島根大学 地球資源環境学科のホームページ: <http://terra.riko.shimane-u.ac.jp>
- 3) 横田修一郎: 島根大学における地質工学教育とJABEE試行への取り組み、地質工学および関連分野における技術者養成と大学教育講演要旨・資料集、地質科学関連学協会連合・地質学研究連絡委員会共催シンポジウム, pp. 43-46, 2001.

理・工学領域での地質・資源学の伝承を 目指す地球資源学科

—日本技術者教育認定機構 (JABEE) 制度を視野に入れたカリキュラム—

石川 洋平*

1. はじめに

平成10年4月、旧秋田鉱山専門学校¹⁾の伝統を引き継ぎ、国内外の鉱山関係の教育・研究を担った秋田大学鉱山学部は、学部名を工学資源学部と名称変更した。工学資源学部は、資源系に特色を有する工学系学部としてこれからも日本で数少ない資源学の教育と研究を伝承する。平成13年度には地球資源学科ではJABEEの技術者認定教育プログラム制度に基づく地球・資源分野の試行審査を受けた。ここでは学部と学科の改組・改革の概況を紹介するとともに、JABEE設立の趣旨「工学系高等教育の目的は学理 (Engineering Science) を教授するとともに、専門職としての技術者を養成する」を視野に入れた地球資源学科・応用地球科学講座の教育内容とJABEE試行審査への対応を述べる。

2. 学部改組とカリキュラム

2.1 鉱山学部から工学資源学部へ

昭和24年、新制大学としてスタートした秋田大学鉱山学部は、明治43年に設立した前身の秋田鉱山専門学校以来、鉱山関係の教育・研究機関として役割を果たしてきた。一方、科学技術の著しい進展と社会の要請に応じて、学部の研究・教育内容は幅広い工学系へと発展していった。

平成2・3年度には、科学技術と産業構造の変化に対応するため、それまでの11学科から6大学科に再編成され、新しいカリキュラムの下で教育が実施され、平成6年には待望の大学院博士課程が設置された。

平成8年度からは、新たな教育理念、教育方針に基づく全学的な改組・改革を目指した“教育改革検討専門委員会”、“組織改組検討専門委員会”が発足、これと並行して学部では学部名称変更を視野に入れ、学科の改組と専門教育の改革を検討する“学部将来計画委員会”ならびに教養・基礎教育のカリキュラムの検討を行う“教育改革特別委員会”が発足した。

2.2 工学資源学部の教育理念と教育方針

平成10年度から新学部は「グローバル化時代における資源学への対応」、「社会の要請に応える人材の養成」、「地域社会への積極的な貢献」を教育理念として掲げ、これらの実現のために以下のような特徴をもつ学部とした。

- (1) 地球規模の資源・環境・エネルギー問題の解決の視点から構成された資源系学科 (地球資源学科、環境物質工学科) と地域の視点を強化した光学系学科 (材料工学科、機械工学科、電気電子工学科、情報工学科、土木環境工学科) の2つの柱を有する学部である。
- (2) 入学から卒業まで学部および学科が責任をもった4年一貫教育を目指して、工学系基礎を重視した教育の上に、その応用力を養うカリキュラムの設定をする。
- (3) 独創性、起業家精神、プロポーザル能力の獲得を柱としたカリキュラムの設置。
- (4) 資源系における海外実習や工学系における地域企業実習など職業意識を高める教育を取り入れ、社会の養成に応える力や豊かな創造性をはぐくむ教育。
- (5) 資源系においては、学部附属素材資源システム研究施設における資源科学、資源情報処理や素材工学に関する研究活動の連携によって、学生により深い学問や資源学、素材工学の応用における展開の目標を与える。

2.3 教育カリキュラムの特色

工学資源学部の教育理念に基づいて以下のような学部共通の教育カリキュラムを構築した。

- a) 応用力や独創性を重視した専門教育 (創造工房実習、フィールド実習)
 - b) 社会における科学技術の役割の実習 (海外実習、テクニカルコミュニケーション、外国文献講読)
 - c) プロポーザル能力の養成 (研究プロポーザル)
 - d) 入学から卒業までの継続性を重視した4年一貫教育 (初年次ゼミ、高学年特別講義)
 - e) 情報処理能力の養成 (情報処理の技法)
 - f) 職業意識を高める実践教育 (インターンシップ)
- 専門教育周辺領域の履修 (鉱業史、技術者倫理、国

* 秋田大学工学資源学部地球資源学科教授

3. 地球資源学科の教育プログラム

3.1 教育目標と人材養成

国際的あるいは地球規模での重要性がさらに高まる資源・環境・エネルギー問題の解決のため、鉱山学部の伝統を活かした専門的な資源学の知識や技術力の教育に加えて、幅広い視野から地球規模での資源問題、環境問題に取り組み、自ら課題を解決できる能力を養うことを目的とする。

工学資源学部は、看板の一つとして他大学工学部にはない資源学を継承している。地球資源学科は「国際的に活躍する地質・資源技術者の養成」をキャッチフレーズとして、理学と工学両領域（基礎と応用）にわたる理工学教育による以下のような人材養成を目指している。

(イ) 地球科学を基礎とした地下資源探査・災害防止対策技術者の養成

地球的規模の視点に立った資源探査技術者、災害防止対策技術者を養成するため、構造地質学、岩石学、鉱物学、地球物理学などの基礎的な地球科学に加え、資源地質学、金属鉱床学、エネルギー地質学などの科目や防災地学、航空写真地質学などの防災関連科目を設置している。

(ロ) 未利用資源・海洋資源を含む地球資源の開発および地殻利用を目指した教育と研究

資源に乏しいわが国の資源・エネルギー問題に貢献する人材を養成するため、資源開発の範囲を今まで以上に広げて、資源の評価・分析・開発について教育する。資源探査学、海洋地質学、エネルギー地質学によって未利用資源・海洋資源の開発技術を習得させ、石油・天然ガス開発工学、地熱開発工学、海洋資源工学、地殻開発工学によって資源の開発を、地下生産環境工学、資源予測工学、システム・リスク分析により資源や資源開発の評価法や分析手段を学習する。

(ハ) 国際的な資源開発に対処できる地質・資源系技術者の養成

国際的なプロジェクトなどで包囲できる地質・資源技術者を養成するため、一般的な資源開発に関連した学習に加え、工学系科目を越えた経済や政治についての国際的な視野の獲得を目的とした科目である国際比較資源論、国際関係学、国際政治論を決定する。また、資源開発に関する国際的な情報獲得能力を養成するためのテクニカルコミュニケーション、外国文献講読を開講する。

3.2 講座と教育・研究体制

地球資源学科は、応用地球科学講座および地球システム工学講座からなり、専門教育は応用地球科学系科目、地球システム工学系科目およびそれらの専門共通科目に大別される。1年次および2年次前半は、広く地球資源学を学ぶための科目として、専門共通科目の概論が設けられている。2年次後半から応用地球科学講座、地球システム工学講座それぞれに分かれた授業科目を受講することになる。添付

表(p.21)に応用地球科学講座の履修モデルを示している。

応用地球科学講座では、地質学、古生物学、岩石学、鉱物学、鉱床学、地球化学、地球物理学等の各専門分野からなり、それぞれの分野の基本的なものは必修科目となっている。また、講義と実験に結びついた野外調査が重要であり、地質巡検I・II、地質調査法実習、地質進級論文等が設けられている。

地球システム工学講座では、資源開発学、地熱開発工学、地下生産環境工学、通気・空調工学、輸送工学等の各専門分野からなっている。またインターンシップ、創造工房実習により社会との連携と実習の大切さを学ぶ。

両講座の共通的なものに外国文献講読があり、各専門分野に関する英語を主とした文献を精読して国際的な研究の動向や最新の知識を学ぶ。鉱業史や技術者倫理学、国際関係学、国際比較資源論等により本学科の専門教育と社会との係わりを習得する。

4. カリキュラム

4.1 カリキュラムの内容

本学のカリキュラムは、教養教育科目、基礎教育科目、専門教育科目からなり、最低卒業所要総単位数は124単位(教養教育科目22単位、基礎教育科目22単位、専門教育科目80単位)である。

教養教育科目は、幅広い学問的知識を与え、柔軟な総合的判断力の養成を目指す科目である。初年次ゼミでは大学生活を有意義に過ごすために必要な基本的な事項、心構え、学科の教育目標と専門教育の概要を知ることにより学習意欲の向上を図ることを目的としている。教養教育科目では、合計22単位以上の単位取得が必要である。このうち目的・主題別科目では人文社会系科目を中心とし、広く社会の状況を理解し、学生が幅広い見識をもつことを目的とする。初年次ゼミでは大学生活を有意義に過ごすために必要な基本的な事柄について入学当初に説明し、学科の専門教育の概要と状況を知ることにより学習意欲の向上を図ることを目的とする。国際言語科目は国際化社会の動向に対応して基礎的言語能力を養うとともに、多様な世界の文化を学ぶことにより、国際的な感覚の豊かな人材の育成を目指す科目である。スポーツ科学は身体の健康増進を図るとともに健康科学に対する知識を広げ、生涯にわたり健康で豊かな生活を過ごすための身体的・心理的の能力な育成を図る科目である。

基礎教育科目は、総合的な工学系学部の学生として、専門科目を学ぶうえで必要な理数系科目の基礎知識を学ぶものであり、地球科学・資源学の専門科目の学習においても数学、物理学、化学の基礎的知識は不可欠である。本科目では必修20単位、選択2単位の計22単位の取得が必要である。物理学および化学ではそれぞれ入門科目2単位、講義科目2科目4単位、実験1単位が必修となっている。

専門教育科目は、地球科学系あるいは資源系の技術者養成を目指すための必要な専門教育である。1年次および2年次前期は、地球科学と資源に関する広い分野の基礎的知

識と幅広い応用能力および地球科学・資源技術者としての基礎能力を育成するための専門導入科目である。2年後期からは「応用地球科学講座」,「地球システム工学講座」それぞれにおいて各専門分野の科目とともに実験や実習を通じて、修得した知識や技術を基に、これらを総括して考察する能力を育成する。また専門領域に精通するとともに、技術者倫理、国際関係学、鉱業史等を学び社会への貢献と責任感を養成する。卒業研究は、これまでに学んできた教育の集大成として、科学・技術的に要求される計画性、企画力、創造性、問題解決能力、遂行能力等の養成を目指すものである。

これらの教育科目を通じて、専門領域の人類への貢献、幸福・福祉、資源・エネルギー問題、地球環境等に関する幅広い見識でもって、問題解決能力、倫理性をもつ技術者の育成を目指している。

4.2 カリキュラムの基本設計

(1)~(7) 学科共通

日本に数少ない資源学の伝承と国際的な地質・資源技術者の養成を目指して、理学・工学の両領域にわたる広範な地球科学分野の基礎一応用の両領域にわたる教育・研究を行う。

地球科学・資源学の基礎・応用科学、さらには周辺領域分野を十分に修得・理解し、人類に不可欠な資源の探査・開発と自然災害・環境破壊防止において主動的役割を果たすことのできる技術者を養成する教育目標に基づき、以下のようなカリキュラム設計方針の下に教育を行っている。

- (1) 教養科目を22単位以上修得させ、広く社会の状況を理解し、幅広い見識により総合的な判断が行える能力を身に付けさせる。
- (2) 国際言語科目の英語を中心に一つの外国語6単位以上の修得、専門教育における「外国文献講読」等の履修により、国際的に通用するコミュニケーション基礎能力を養成する。
- (3) 高校で物理学・化学の未修得あるいは未熟修得の学生を対象に1年次において「入門物理学」,「入門化学」を開講し、爾後の基礎科目の履修に齟齬のないように務める。
- (4) 地球科学、資源学を修得の基礎として必要な基礎数学、基礎物理学・同実験、基礎化学・同実験から22単位以上を履修させ、それぞれの分野の知識を身に付けさせる。
- (5) 1年次前期の「初年次ゼミ」により、4年一貫教育を念頭に学科の教育理念・目標、教育・研究の意義と内容、教養一基礎一専門教育科目の段階的履修とその目標、研究室紹介等により入学者へ本学科での教育・研究体制を認識させる。
- (6) 学科の専門教育を応用地球科学系科目、地球システム工学系科目およびこれらの専門共通科目に大別し、1年次から2年次前期は、広く地球科学と資源学を履修、2年次後期から2講座それぞれの専門科目を履修する段階的な教育方法により、専門の基礎的

内容から応用までの知識向上の能力を身に付けさせる。

- (7) 専門共通科目では地球科学・資源学の主要分野「応用地球科学概論」,「資源工学概論」,「地質学概論」,「岩石学概論」,「鉱物学概論」,「応用地球物理学概論」,「固体力学」,「地質図学」を履修させ、地球科学一資源学の広範な基礎的知識を身に付けさせる。
- (8) 卒業に最低限必要な専門科目80単位の中で、基礎的な地球科学履修の必修単位は「研究プロポーザル」,「卒業研究」を含めて最低限60単位である。高位年次にはさらに専門科目を履修、卒業時にはそれぞれの専門分野を修得し地質一資源一地球物理学関連技術者としての能力を身に付けさせる。
- (9) 地球科学の主要分野「岩石・災害科学」,「エネルギー地質学」,「鉱物学」,「金属鉱床学」,「地球物理学」において11科目の実験科目を設け、計画・実行・解析・考察する能力および基礎知識の応用能力を身に付けさせる。
- (10) 地球を教育・研究対象とする地球科学では、野外での調査と資料・試料の詳細な観察と記載を基とした各種室内実験の解析データを総括し考察することが大切である。本講座では講義、実験に加えて野外実習を重視、「地質巡検Ⅰ」,「地質巡検Ⅱ」,「地質調査法実習」,「地質進級論文」により、野外調査の実務能力を養成するとともに総括して解析、考察する能力を身に付けさせる。
- (11) 本講座で最もユニークな科目としての「地質進級論文」は、3年次の夏季休暇を中心に学生が単独で実働約30日の地質調査を行い、成果を発表し論文にまとめる。このための準備一計画一実行一成果までの一連の教育プログラムは、学生の自主性、計画性、創造性、実行力、思考力、協調性、プレゼンテーション能力を養うものとなっている。
- (12) 専攻した専門分野の社会的使命・実情を理解させるために外部講師による実践的な集中講義の5単位の選択必修させ、幅広い専門領域と実社会での幅広い知識が要求されることを自覚し、それに備える能力を身に付けさせる。
- (13) 専門領域に精通させるとともに、その専門周辺領域との係わり、かつ地球科学・資源技術者として社会への責任ある技術者の立場を理解させるために、「資源経済学」,「技術者倫理」,「鉱業史」,「国際比較資源論」等の履修により、社会への貢献、責任を自覚する能力を身に付けさせる。
- (14) 主として「研究プロポーザル」,「卒業研究」により、これまでの知識・体験を基に自ら研究課題を開拓し、その課題を解明するため研究を計画・遂行し、その成果をまとめ発表できる実践的能力および生涯学習能力を身に付けさせる。

4.3 応用地球科学講座のカリキュラムの具体的内容

理学・工学の両領域にわたる広範な地球科学分野の基礎

から応用にわたる教育により、高校で「地学」未修得でも修得が可能のように、綿密な専門教育プログラム・カリキュラムの設置をしている。また本学科の資源地質学的な地域的背景とした野外巡検等による学習意欲の向上に務めている。

(1) 専門科目では研究プロポーザル・卒業研究を含めて各専門教育の基礎科目を中心に、必修60単位(資源・素材工学科当時の3コース専門科目の摘み取りの弊害阻止)

(2) 外部講師による実践的な集中講義の5単位の選択必修(卒業研究以外の分野の無関心防止、専門でも幅広い領域、実社会では幅広い知識が要求される)

(3) 鉱山地質学科時代以来の現場に密着した野外実習・演習・実験の重視、各研究分野ごとの実験11科目。

- ・必修科目地質巡検IIでは巡検地域の文献調査、旅行計画、巡検冊子、巡検地の説明分担、現地での復習と予習、レポート作成と雑誌会報告まで各学生が主体性を重んずる授業体制となっている。

- ・前期土曜日を利用した地質調査法実習は、8回ほどの地質系各分野の教官の指導のもとに野外の産状観察の後、実働約1週間の地質調査の基礎となる太平山山麓での地質ルートマップ実測と地質図・各沢柱状図・地質断面図作成の室内作業を実施、本科目は爾後の地質進級論文の野外調査の基礎となる。

- ・夏季休暇を主として実働日数約30日をかけて約30km²の地域を単独で地質調査を行う地質進級論文は、調査地の文献調査—予備調査—本調査—地質図作成—室内実験—成果発表—論文提出—教官加筆—論文再提出までの、準備—計画—実行—成果まで、担当教官指導(秋の補足調査にはT.A)の基に学生の自主性、計画性、創造性、実行力、思考力、協調性、発表能力を養う授業体制となっている。

(4) 本講座は地表を踏査する地質調査のみでなく、地球物理学を重視し、その物理的現象を応用して地下構造を推定する電気探査、地震探査、磁気探査をはじめ各種の物理探査法を修得させるカリキュラムとなっている。地球物理学分野の実験では基礎知識の講義—演習を行った後、野外実験—取得データの処理—構造解析法まで指導している、野外実験ではデータ整理を夜遅くまで行うことも珍しくない。レポートはメモではなく、報告書あるいは論文として位置づけており、完全なものが提出できるまで書き直しを命じている。本講座の目指す地質技術者養成のセールスポイントとして、地質調査ができるのみならず、地球物理学的知識、地質物理探査法を駆使できる学生を育てることにある。

(5) 野外調査を基礎とし、その資料と各種室内実験との総合的な解析と考察を要求する卒業研究では、土・日曜日、夏季休暇から秋にかけての60日にのぼる地質調査等の実施、調査後のデータ整理、各種実験の準備・処理と解析結果を経て野外調査—実験デ

ータをまとめる。発表会まで限られた期間内に多くのことを的確に処理する計画性が特に求められる。

(6) 本講座では昭和34年の鉱山地質学科以来の学生・教官の研究関連論文(主に英文)を紹介する「雑誌会」が毎週放課後に開かれ平成13年2月で1008回の開催実績がある。本雑誌会の主旨は、学生の卒業・大学院研究分野のみならず、広く最新の地球科学分野の情報収集、研究の動向等を修得する場としている。なお、発表前の雑誌会では発表要旨の予告が義務づけられ、限られた発表時間内でいかに説得力のある発表をするかが問われ、場合により再度やり直しさせることが時折ある。800・900・1000回などでは名誉教授をはじめ学科外教官による記念講演も催されている。

(7) このほかには、資源と地球科学との関連性の重要性を認識することを目的とした「地質巡検I」では、地球資源学科学学生のみならず資源系学科学学生への門戸を開いている。本巡検は前期土曜日6回のうち3回以上参加しレポートを提出する。本科目は高校でほとんど学ぶ機会がなかった地球—地質—資源との結び付きを実践的に理解できる科目となっている。さらには、講義科目にはないが、鉱床学の講義・実験の一環としての世界に誇る秋田県の「黒鉱鉱山」地域の坑内鉱脈スケッチ実習、鉱床生成関連火山岩等観察の「鉱床学巡検」を実施し得られた試料は「鉱床学応用実験」で分析・解析されグループごとでテーマとして発表させている。また各研究室での「講座巡検」等も独自に実施している。

(8) 講座では将来の地質・資源系技術者を目指す学生に対して、社会で活躍している技術者を主とする非常勤講師による地球科学分野の実務的な「集中講義」を設けている。本科目は講義・実験・実習・巡検をベースとし、社会での貢献を考えさせるうえで実務的地質・資源関係の講義や演習はきわめて有益である。

5. JABEE 認定試行審査

5.1 資源・素材学会における資源系教育プログラム検討
資源分野に関して、資源・素材学会では資源技術者の教育認定に向けて多くの機会に検討を行ってきた。平成10年には「技術者資格問題・技術者教育認定問題に係わる委員会」が発足。各資源系大学へのアンケートと情報収集を開始、平成11年度資源・素材学会春季・秋季大会において、資源・金属系技術者教育認定問題シンポジウムを開催している。また以下のような経過を経て検討を実施してきた。

(1) 平成11年8月、資源・素材学会 JABEE 調査研究会は、JABEE 認定に適應する資源開発系の分野別基準(案)の検討を各大学に依頼。

(2) 平成12年2月、同学会は平成12年度技術者教育プログラム認定試行の予算作成書類を提出。資源分野で九州大学工学部資源システム工学科、秋田大学

地球資源学科 (応用地球科学講座)

集中講義(1)：航空写真地質学，海洋地質学，応用地質調査法Ⅰ，応用地質調査法Ⅱ，
 応用鉱物学，油田調査法，炭田評価開発法，物理探査解析法，資源経済学，
 応用地球科学特別講義，地球物理学特別講義
 国際的科目：国際比較資源論，国際関係学(2)，国際政治論(2)，鉱業史(2)，
 技術者倫理学，環境科学(2)，資源開発特別講義Ⅰ-Ⅲ。

卒業所要総単位数 124 単位
 教養教育 22 単位
 基礎教育 22 単位
 専門教育 80 単位

↑	共通専門科目	専門教育科目	
124	品質管理(2) 電気磁気学Ⅰ(2) ボランティア(1) 鉱業史(2) 技術者倫理学(1) 計算機システム概論(2)	国際比較資源論(1)集中 測量学および実習(3) 研究プロポーザル(2) 卒業課題研究(8) 火薬学および実習(3)集中 応用岩石学(2) 資源地球化学(2) エネルギー地質学Ⅲ(2) 火山層序学(2) 資源探査学(2) 応用古生物学(2) 集中	
4年		集中講義(各1, 2)	
(22)		()	
↑	共通専門科目	専門教育科目	
106	テクニカルコミュニケーション(1) 電気工学概論(2) 電子工学概論(2) 国際関係学(2) 国際政治論(2) 応用数学(4)	地熱開発工学(2) 地質進級論文(6) インターンシップⅠ, Ⅱ(1-3) 外国文献講読Ⅰ~Ⅳ(各1, 3) 地質巡検Ⅱ(1) 環境地質学(2) 鉱床学応用実験(1) エネルギー地質学Ⅱ(2) 応用地球物理学Ⅲ(2) 防災地質学実験(1) 応用地球化学(2) エネルギー地質学実験Ⅱ(1) 地球物理学Ⅱ(2) X線結晶学(2) 構造地質学(2) 応用地球物理学Ⅱ(2) 岩石学Ⅱ(2) 金属鉱床学(2) エネルギー地質学Ⅰ(2) 応用地球物理学実験Ⅱ(1) 金属鉱床学実験(1) エネルギー地質学実験Ⅰ(1) 資源地質学(2) 応用地球物理学実験Ⅰ(1) 地質調査法実習(2)	
3年		集中講義(各1, 2)	
(53)		()	
↑	基礎教育科目	共通専門科目	専門教育科目
64	基礎数学Ⅴ(2) 基礎物理学Ⅱ(2) 基礎物理学Ⅲ(2) 基礎化学Ⅰ(2) 基礎化学Ⅲ(2) 情報処理の技法(2)	分析化学(2) 分析化学実験(1) 機器分析学(2) 物理化学(2) 環境化学(2) 応用物理学概論(2)	固体力学(2) 液体力学(2) 資源開発学(2) 岩石学Ⅰ(2) 顕微鏡岩石学実験(1) 第四紀自然史学(2) 地球化学概論(2) 鉱物学(2) 鉱物学実験(1) 応用地球物理学概論(2) 鉱物学概要(2)
2年	国際言語科目		地質巡検Ⅰ(1) 地球物理学Ⅰ(2) 応用地球物理学Ⅰ(2) 地質学(2) 地質学実験(1) 地質図学(1) 工業製図(2)
(43)	(4)	(2)	()
↑	教養教育科目	基礎教育科目	専門教育科目
32	国際言語科目(4) スポーツ教育科目(2)	基礎数学Ⅰ(2) 基礎数学Ⅱ(2) 基礎数学Ⅲ(2) 基礎数学Ⅳ(2) 基礎物理学Ⅰ(2) 基礎物理学実験(1) 基礎化学Ⅰ(2) 基礎化学実験(1) 入門物理学(2)* 入門化学(2)*	岩石学概論(2) 地質学概論(2) 地質巡検Ⅰ 応用地球科学概論(2) 資源工学概論(2)
1年	目的・主題別科目(6) 目的・主題別科目(2) 初年次ゼミ(2)		
(36)		()	()
(154)	教養教育科目(24)	基礎教育科目(24)	共通専門 (6) 専門教育科目(100)

- ・網かけは必修科目 (*はどちらかを選択必修)，アンダーラインは標準履修単位を 154 単位とした場合の受講科目の一例を示した。
- ・講座専門必修単位は，研究プロポーザルおよび卒業課題研究を含め 60 単位。
- ・一例であり，少なくとも 3 年次前期の段階で，自分の卒業研究を考慮し，その分野の専門科目に欠かせない授業科目を選択すること(たとえば，地球物理系を志す場合には，電気工学概論等の推奨科目)。
- ・講義と実験は 1ペアである。

工学資源学部地球資源学科を試行対象校として選定。

- (3) 資源・素材学会は、平成12年度「資源系技術者資格問題と技術者教育問題に関する研究調査」を実施、同年4月、JABEE資源系技術者資格・教育に関する委員会を発足。平成12年度の試行審査へ向けた分野別基準原案の検討開始。
- (4) この段階で、資源系は「応用地球科学(地質工学)」, 「資源の開発と生産」, 「資源循環と環境」の3主要領域、それぞれの領域での授業科目の検討を開始。

5.2 地質工学—資源分野の統合

このような資源分野でのJABEE試行審査へ向けた検討が進む中で、平成12年7月以降、日本応用地質学会、日本地質学会、日本地下水学会を中心とする地質工学系分野では種々の議論と検討の結果として、資源系との合流の方向で進むこととなった。

平成13年1月、資源・素材学会JABEE委員会に上記の地質工学系学会から委員が出席、以後、資源系に地質工学系を加えた領域とすることが合意された。これとともに、特に平成12年度に設定された「応用地球科学」領域の分野別基準の再検討を開始。これを基に平成13年度は2大学での試行が計画された。

6. 地球資源学科のJABEE試行審査への対応

6.1 試行審査前の準備作業

地球資源学科は、平成11年の資源・素材学会のJABEEに関するシンポジウムに参加、また同学会JABEE委員会委員として検討に参加、さらには日本工学協会主催のJABEEシンポジウム等に出席、情報の収集に務めた。平成12年12月には学科全教官会議を開催、来年度の資源系分野の試行審査の申請と、これに向けた教官のJABEEの趣旨の理解と啓蒙に務めた。平成13年1月には本学科の「応用地球科学コース」と「地球システム工学コース」の2領域の平成13年度の試行審査を資源・素材学会へ申し入れた。以下に本学科におけるJABEE対応の状況の概要を記す。

1. 情報収集段階

平成12年4月～9月

- ・学部「AO入試等検討特別委員会」で各専門分野のJABEE情報交換
- ・資源・素材学会JABEE審査委員との懇談、日本における各分野でのJABEE対応状況
- ・同審査員会での資源系分野別基準の内容検討開始(カリキュラム、審査基準)
- ・地質学会等の地球工学系分野での動向と資源系分野との調整打診
- ・日本工学協会主催シンポジウム「技術者認定制度について」各分野の動向、技術士資格。

2. 資料収集と行動準備段階

平成12年10月～12月

- ・審査試行に向けて、JABEE実務責任者石川(応用地球科学コース)、秋林(地球システム工学コース)を中心に関係書類収集「自己点検書」
- ・試行の際に必要な関係書類一覧表、審査内容等の資料、審査の流れ、「自己点検書」
- ・共通基準(教育成果)に対する具体的教育方法と評価方法の記述。
- ・12月の学科全教官会議席上で「自己点検書」等資料配布、各自熟読のこと
- ・平成13年からJABEEへの計画、具体的検討事項のピックアップ、検討分担者

3. 試行に向け計画立案と各事項検討開始段階

平成13年1月～3月

- (1) 秋林、石川が今後の計画・スケジュール立案。検討すべき事項、要求される組織(学内委員会等)を挙げ、各事項は分担し作業、進捗状況を報告、互いの調整と爾後の進め方の確認(定期的に教官会議)
- (2) 学部委員会と並行し平成13年度の試行審査に向けて、自己点検書等の準備に向けての情報収集。必要事項の確認と作業計画の提示
 - ・全学、学部、学科の教育目標等を明記した既存の書類・資料内容等記載の出版物、資料収集
 - ・検討項目について、現状把握—問題点模索—対応策の検討
- (3) 学科内に教育システム検討委員会と学生へのJABEEガイダンス、PRの準備と開始(雑誌会等)
- (4) 学科授業科目担当の学科外教官の協力依頼

6.2 JABEE試行審査に向けた作業

地質工学系が加わった地球・資源系および資源関連分野の主要領域名は、「地圏の開発と防災」、「資源の開発と生産」、「資源循環と環境」となった。地球資源学科では平成13年度に「応用地球科学コース」が「地圏の開発と防災」領域に、「地球システム工学コース」が「資源の開発と生産」領域で試行審査を受けることとなり、これに向けた作業を開始した。

まず、学科内に2コース各3名からなる「JABEE連絡調整委員会」を発足、7月まで同委員会で関係書類・資料収集と点検項目の確認、11月初旬に発送の「自己点検書」および12月の実地審査の際の必要資料等の確認等の準備作業を行った。

8月には「自己点検書」の各項目について、「JABEE連絡調整委員会」を中心として学科全教官が分担して作業を開始した。7月以降10月まで、月3回の割合で同委員会による作業進行状況のチェックがなされるとともに、2回の全教官会議を開き、審査での齟齬のないように務めた。

学科内に、教育内容、教育方法・手段、教育環境等の実態把握と改善の検討を行う「教育システム検討委員会」を設置した。本学科内委員は極力、学部関係委員会に関係した教官を選び、学部との連絡・調整を図った。

6.3 応用地球科学コースの試行審査で特に留意した事項

応用地球科学コースでは、鉱山学部鉱山地質学科以来、講義と連携した野外地質調査・巡検・実習、実験の実践教育を重視している。審査にあたり、各教官の講義教材、試験問題と答えはもちろんのこと、特に本コースの実践教育内容をより理解していただくことを目的に、野外調査・巡検、3年次の「進級論文」、4年次の「卒業研究」等研究経過・準備・発表状況等の写真集、巡検案内資料、学生レポート等の膨大な資料の整備と準備に努力した。

6.4 実地審査と審査結果の概要

実地審査は、12月10・11日の両日にわたり2コースそれぞれ審査員3名、オブザーバー3名の6名で行われた。初日は、まず学科長による学部一学科一コースの沿革、教育目標、教育の特色等、ならびに教養基礎教育の内容の説明の後、2コースに分かれた審査が行われた。

コースでの審査では、その特色とする教育内容・目的、成績の評価法、学習保証時間等の説明と質疑、教官および在校生・卒業生とのグループ面談、本学部が誇る「鉱業博物館」をはじめとする教育施設の視察、工学資源学部長との学部の教育将来構想等の面談、全国にさががけた「技術者倫理」の講義内容の説明と質疑が行われた。

2日目最終時に、審査委員長によるコースの審査結果が口述で伝えられた（認定基準に対するプログラム点検書の指摘事項がこの後渡され、指摘事項に対する当該コースからの所見を委員会へ提出しており、現在、委員会で検討中であるので、最終的なものではない）。

6.5 あとがき（審査の感想）

今回のJABEE認定教育プログラムの試行審査にあたり、種々の所見・改善要求もあるが、限られた書面の都合上、絞って記述する。

- (1) まず審査委員・オブザーバーの各位の真摯な姿勢に敬意を表明する。審査後も宿舎で深夜から未明に及ぶ資料点検と議論がなされている。限られた日数でのきわめて過酷な業務であり、審査内容、審査日数の改善が必要と思われる。
- (2) 今回の試行審査は、審査に向けた準備体制の整備に始まり、「自己点検書」をはじめ、各種資料の準備に可能な限り万全を尽くしたつもりであり、全体としてほぼ順調に実施されたと見ていだろう。また本学部では地球資源学科がはじめにJABEE試行審査を受けたが、学部委員会でJABEEに関する情報交換を実施しており、各分野のこれからの試行あるいは本審査に向けた課題と指針を与えたものと思われる。問題点もあったが、そのうちのいくつかは、本審査に向けた審査内容の改善となることが期待される。
- (3) コースの専門教育プログラムは、a)旧来からの伝統を継承し、新たな教育理念の基に国際的な活躍できる技術者を養成する特色がある。b)特に野外地質調査能力は国際レベル以上にある。c)JABEEの基本理念の地球的規模、国際性などの学生のプレゼンテーション、海外での実習・卒業研究、外国文献講読等の教育向上に努力している等の高い評価を受けた。
- (4) シンポジウム等による平成12年度のJABEE試行審査を受けた各大学での報告でも、それぞれの分野で特色を生かした専門教育プログラムは問題が少なく見受けられる。一方、「教員の教育評価」、「成績の基準化」、「全学的な教員ネットワークやFD活動」等は各学科・コースのみでは解決できない課題であり、全学あるいは全学部的なJABEEへの対応が急務である。

産業界から地質工学教育を考える

なか お けん じ
中尾 健児*

はじめに

社会、経済情勢の急激な変化と先端技術、特に IT 関連技術の革新が進む中で、地盤あるいは地質に関わる産業を取り巻く環境も大きく変化しつつある。このため、こうした産業に用いられている地質工学の教育、研究内容も大きく転換すべき時を迎えている。

地質工学は地下資源の採取と利用、地球表層部における建設・改修・環境の保全などの社会活動に必要な多くの産業分野にまたがる新しい工学分野（わずかに 50 年程度の歴史しかない）であるにもかかわらず、これまでに急速にその重要性が認識されるようになってきている。

しかし、その学際的な性格を反映してか、その教育・研究体制や大学における教育の内容については多くの課題が残されたままになっていることもまた事実である。

一方、わが国における技術者教育ならびに技術者の資格を取り巻く環境も大きく変化しつつあり、技術者資格の国際的な相互承認や公認の認定機関により認められた大学技術者教育プログラムの作成の必要性などが求められている。

こうした中での実務的な地質技術者の育成にあたって、これまで現業に従事してきた一技術者として、地質工学については地質技術の教育に関していくつかの要望とともにその問題点を考えてみたい。

1. 地質工学と関連産業

1.1 地質工学の位置づけ

近代地質学の父とよばれている William Smith (1769～1837) は土木技術者であった。彼は運河の建設工事に従事していた時の地層の観察から今日の地質学 (Geology…地象を意味する geo の学問であるとして地質の訳があてられた) の基礎としての層位学的方法を確立した。異なった地域に分布する地層を対比するための基準を明確にし、地層の生成時代の新旧を論じることで地殻の表層部の生成史を明らかにするというこの手法を中心とした地質学の研究

は、当時の産業革命による地下資源の開発気運の高まりとともに欧米において急速に発達し、明治初期の 1870 年代にはすでにわが国に導入され、これまで 100 年以上にわたって大学の理学部における基礎学科目として教授されてきた。

このことは、地質学が学理の追求という理学 (Science) としての性格とともに、資源開発技術としての工学的な一面をもちながら発展してきたことを物語っており、現在でも地質調査所が工業技術院に所属していることにその名残がみられる。このため、わが国においても第二次世界大戦以前の 1900 年代初期にすでに“応用地質学” (Applied Geology または Economic Geology) なる用語が資源の開発 (主として石炭、石油、鉱物資源) のための探査や採掘にあたって利用される地質学に対して用いられてきた。

一方、地質工学 (Geological Engineering) といわれる分野は 1920 年代におけるアメリカの St. Francis ダムの崩壊事故を契機として、構造物が立地する地盤地質を工学的に認識すべきであるとの気運が高まり、K. Terzaghi をはじめとする多くの土木家、地質家によって主としてアメリカで体系づけられ今日に至っている。

この分野はわが国においては主として 1950 年代に導入された土質力学を中心に大学の工学部において土木の基礎学科目として教授されており、近年ではこれまでの土を主な対象とした土質工学から岩盤までを含めた広範囲の工学として地盤工学 (Geological Engineering と称されている) として位置づけられている。

こうしたことから、先の地質学から派生した応用地質学なる分野と、同じく地質を応用する工学としての地質工学分野は発展の歴史と活用対象を異にしていることがわかる。

しかし、わが国に第二次世界大戦後に地質工学として導入されたこの分野を称する用語としての Geological Engineering (Engineering Geology と称されていた) を“応用地質学”と訳して、地表部を構成する土、岩、水、地層が現わす地象をその研究対象とした地質学の一分野が発達し、先の Applied Geology としての応用地質学とも相まって多くの地質家が地質工学分野に進出するに至って、現在この地質工学分野の位置づけに少なからぬ混乱を招いてい

* 中尾地質設計事務所代表

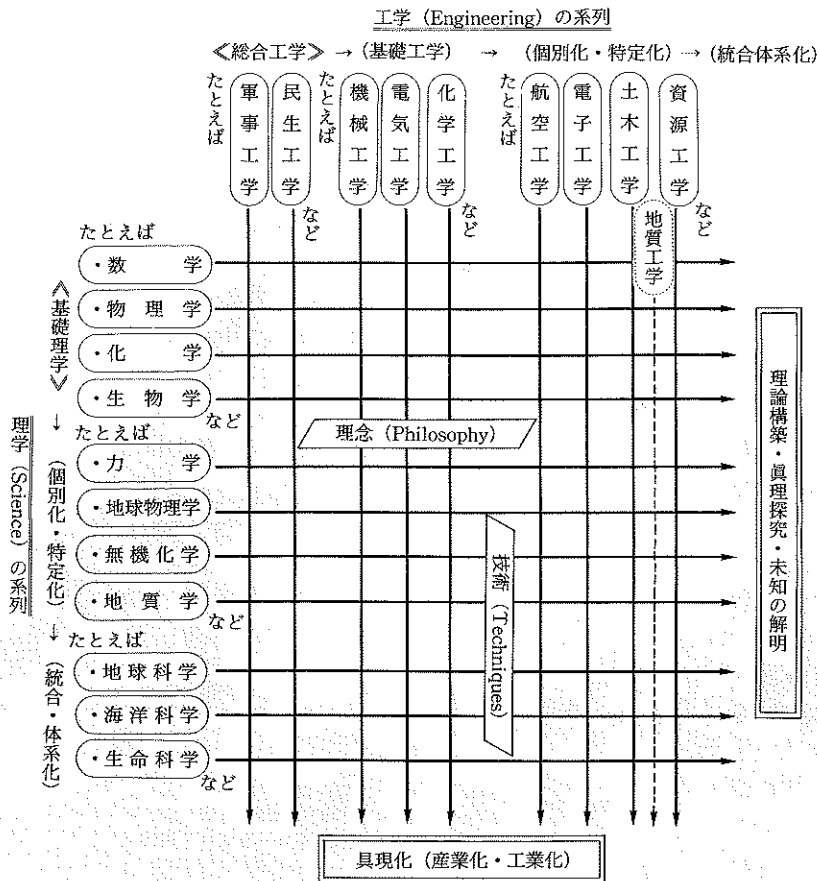
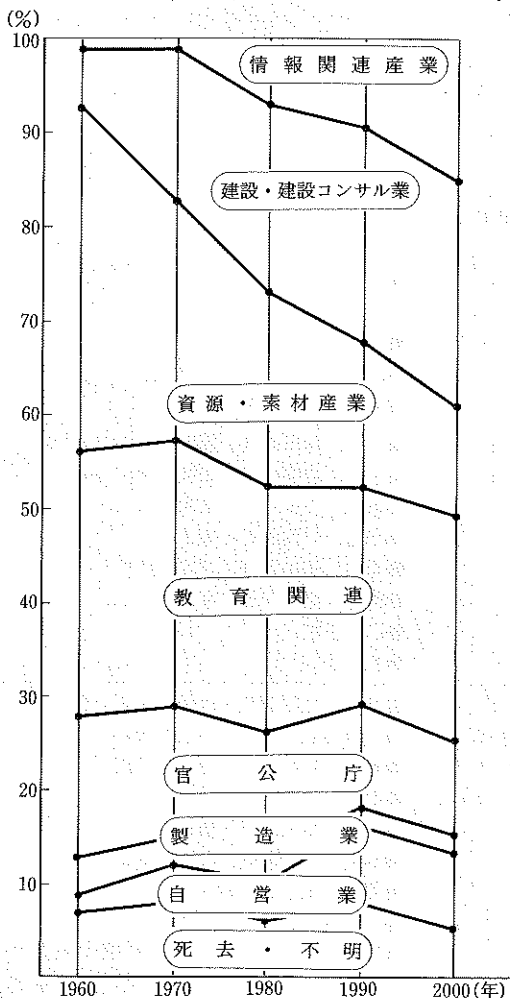


図1 理学と工学の関係



(注)
 情報関連：銀行、証券業等の金融業を含めたソフト関連産業
 建設・建設コンサル：地質調査業、防災環境保全にかかわるコンサルタント、農業土木関連産業
 資源・素材産業：鉱業セメント・ガラス・セラミックスを含めた鉱物加工産業
 教育関連：大学・高校教官および教育施設職員
 官・公庁：地方公共団体、関連団体職員を含む
 製造業：地質関連以外の一般製造業
 自営業：個人営業は全て自営業としたが、多くは上記3産業に関連している

図2 年代別就業産業分野構成比率

る。

用語の定義はともあれ、現在では Geological Engineering として地質工学と称される分野は、地球の表層構成物を対象として活用される工学であると一般的には認識されており、このことは図1に示す概念的な理学と工学の目的マトリックスで確認できる。

図の理学の系列においては数学、物理学などの基礎理学から派生したさまざまな学理は次第に統合され、体系化された科学として発展、展開されている。そのいずれもが目的とするのは理論の構築と未知を解明する真理の探究であり、到達するまでの理念 (Philosophy) が最も重要である。

これに対して工学の系列においては基礎理学としての数学や物理学を活用し、築城、道路建設などのいわば軍事工学 (Military Engineering)、民生工学 (Civil Engineering—広義の土木工学) といった総合的な工学から電気、化学、機械などに体系化されて発展し、それらはさらにその活用対象を特定化した航空工学や電子工学などとして発展・展開されている。

しかし工学における最終目的は、さまざまな理論を具現化し唯物的な創造を目指すことにあり、そのための手段としての技術 (Techniques) を駆使して工業化、産業化を図ることにある。

この理学と工学の関係は、いわばそれぞれの目的を達するために織りなす織布における横糸と縦糸にも例えられ、それぞれの交点でしっかりと結びついているものと考えられる。したがって工学とはその横糸としての理学との結び目の太さ、強さで活用される対象に対応している縦糸と位置づけることができよう。

こうした概念の下で地質工学を考えた場合、その活用目的が建設や資源の採取といった具体的な産業目的をもつことから「…工学」と呼称されるように工学系列に連なる縦糸の一部として位置づけることができる。

産業は工学 (Engineering) によって支えられ、工学は技術 (Techniques) で構成されている。産業が存在するかぎり工学があり、地質工学があれば地質産業が存在することになる。

1.2 地質に関わる産業

工学としての地質工学が支える産業として、建設産業および資源開発産業がその中心を成すことはその成立の歴史から容易に想像できるが、今日ではさらに多

くの産業への関わりも見られ、その一端を図2から読み取ることができる。

図はわが国のある旧制国立大学の理学部で地質学を専攻した全卒業生の過去40年間（1941年に第一回卒業生を出して以来の1960年、1970年、1980年、1990年、2000年時点での）における就業産業分野の比率を示したものである。

前述したように地質工学は工学として位置づけられるものと思われるが、わが国における地質工学としての成立がごく近年であるのに対して縦糸の一つとしての資源工学にかかわる応用地質学の歴史は古く、太い横糸としての地質学を専攻した人々がそうした縦糸を補強する形でこれまで建設産業以外の産業を支えてきた。このため、多くの分野への関わりを見る意味から地質学専攻者の就業分野比率を調べたものである。

同図は理学としての地質学を専攻した集団の特徴として当然のことながら、教育関連分野および官公庁での就業者が約半数を占め、残りの半数が産業界に進出していることを示している。さらに、この図は教育関連分野が常時20～30%を占めることを除けばその就業分野の比率は次第に変化してきていることをも示している。

特に大きな変化は資源・素材産業分野での就業比率の低下と、建設・コンサルタント産業および情報関連産業での就業比率の増加に見られる。また、定常的と思われてきた官公庁への就業比率も徐々に低下しており、代わって個人営業が漸増していることも読み取れる。

しかし、中でも特筆すべきは情報関連産業への就業者の比率の急激な増大である。この中には銀行や証券業などの金融業も含まれてはいるが、多種多様のソフト開発産業に従事する人々が急激に増加している近年の産業構造を反映している。

こうしたことから、今日における地質関連産業とは建設・コンサルタントを筆頭に情報産業、資源素材産業であり、地質工学ひいては地質技術とはそれらを対象としているものと考えられよう。

2. 地質技術とは

後述するように、特にわが国においては地質工学が未だ体系化されておらず、一貫した工学コースをもたなかったためその技術内容についてもどのようなものかは判然としにくい。

今、これまでの過去40年間の現業体験をもとに地質に関連した前述の主要3産業について、あえてその技術内容を概括すれば表1に示すようなものが考えられる。これらの技術は、物を作り出すという産業的立場においては、図3に示すようにプロジェクトの流れの中で全てのプロセスに適用されるもので、他の工業技術を補完する一般的技術の一部とも見なすことができる。

こうした技術の具体的な項目について、現在の技術と比較するうえでの参考として表2を示す。この表は地質工学が体系化されはじめた1960年に、アメリカのある大学のgeotechnical courseで教授された講義用教材の技術項目を筆者がとりまとめたもので、その後40年にわたって地質技術者として国内、外で従事した筆者の業務内容をそれに対比させて付記したものである。

前述したように地質工学がアメリカを中心にGeological EngineeringまたはEngineering Geologyとして体系化されはじめたのは1950年代と考えられる。このため、教材として使用されたこの教科書が地質工学としてとりまとめられた世界で最初の出版物とあって、多くの地質技術者

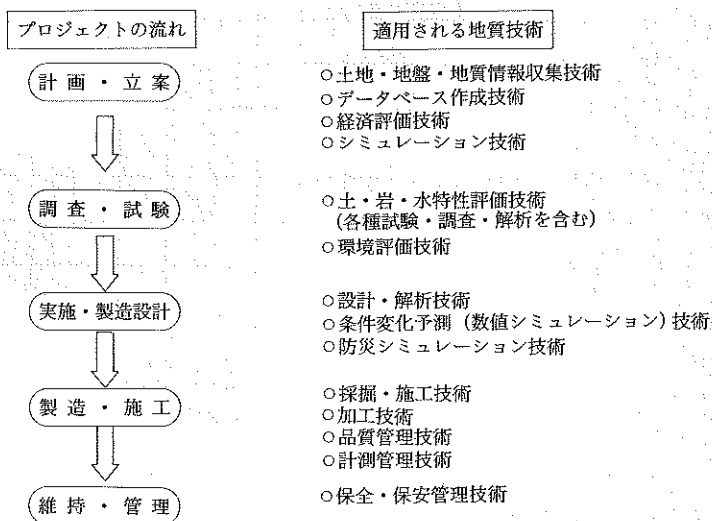


図3 プロジェクトの流れと地質技術

表1 地質技術概括

産業分野	主要技術	主な地質技術
情報産業	◎情報収集、分析技術 ◎情報加工技術 ◎情報適用技術	●土地・地盤・地質情報収集 ●データベース作成 ●リモートセンシング ●リスク評価 ●ハザードマップ作成 ●防災シミュレーション ●統計分析、解析 など
建設産業	◎土木、建築技術 ◎環境、保全技術 ◎防災技術 ◎農林、水産業土木技術	●地質、地形調査・評価（探査を含む） ●土質、岩盤、水理試験・解析 ●数値シミュレーション ●地盤、岩盤設計・施工 ●環境・防災調査、試験・解析 ●保全・維持管理対策 ●計測管理 ●立地選定 など
資源・素材産業	◎材料調査、探査技術 ◎資源素材採取技術 ◎加工処理技術	●地質、地形調査・評価（探査を含む） ●経済評価（賦存量調査を含む） ●資源、材料試験、分析・評価 ●数値シミュレーション ●岩盤、水理試験・解析 ●環境・防災調査、試験・解析 ●保全・維持管理対策 ●計測管理 ●廃棄物処理、処分（核廃棄物を含む） など

表2 1950年代における地質技術項目¹⁾

Engineering Geology & Geotechnics (1957) でとり上げている技術項目 (*)細項目は筆者が大きく2~3の中項目にとりまとめた	技術の活用対象 (◎主 ○副 △参考)					(参考) ○学術論文 △報文 *業務報告書 (1961~2001)
	土・地盤	岩・岩盤	水	地層・地形	その他	
①岩石と鉱物 (12項目) (*)・岩石を構成する鉱物の構造と特性 (6項目) ・岩石の種類と分類, 岩石の構造特性 (6項目)	○	◎				
②岩石の工学的特性 (20項目) ・岩石の物理特性 (4項目) ・岩石の力学特性 (10項目) ・岩盤の工学的意義 (6項目)		◎		△		○○○○○○○○○○ ○ **
③土の形成とその工学利用 (25項目) ・地形とその成因 (9項目) ・土の成因と種類 (6項目) ・沖積堆積物とその工学的意義 (10項目)	◎	△	○	○		○
④土質力学の基礎 (25項目) ・土の種類と物理的特性 (13項目) ・土の力学的特性とその試験法 (7項目) ・圧密, 剪断, 土圧 (5項目)	◎		△			○○ △△ ***
⑤地下水 (32項目) ・地下水の成因とその種類 (3項目) ・地下水の特性と変動 (5項目) ・地下水の水利特性とその試験法 (12項目) ・地下水の利用と保全, 探査 (12項目)			◎	△		○○○○○ △△ **
⑥地下探査 (36項目) ・土のサウンディングと試料採取 (15項目) ・岩のボーリングと柱状図 (14項目) ・物理探査法 (7項目)	◎	◎	△			○○ △△△△△ **
⑦地図と航空写真 (19項目) ・地形図と地質図の種類と工学利用 (11項目) ・航空写真とその利用法 (5項目) ・航空写真地質図の解釈例 (3項目)	○	○		◎		
⑧建設材料としての岩石 (31項目) ・材料としての岩石の成因と採取法 (10項目) ・建設骨材の特性とコンクリート (14項目) ・骨材の試験, 調査, 採取 (7項目)	○	◎			○	○○○○○○○○○ △△ ***** *****
⑨トンネル (26項目) ・トンネル工学の概要とトンネルの地圧 (8項目) ・地質とトンネル掘削工法 (8項目) ・軟弱地盤中のトンネル (6項目) ・トンネルの調査と設計事例 (4項目)	◎	◎	○	△		○○○○○○○○○○○ ○○ △△△△△△△△△ ***** *****
⑩凍結と永久凍土 (20項目) ・凍結と凍土の基本的特徴 (8項目) ・永久凍土地帯の工学的特性 (5項目) ・極地条件下での道路と基礎 (7項目)	◎	△	○			
⑪海岸工学と航路改修 (15項目) ・沿岸の波と潮流 (4項目) ・海岸地形と海岸, 港湾施設 (7項目) ・港湾立地と航路改修 (4項目)	○		◎	△		△
⑫堆積工学の原理 (12項目) ・河川堆積物の種類と堆積メカニズム (5項目) ・人工構造物内の堆積 (7項目)	◎		◎			△
⑬建築構造物の基礎と調査 (23項目) ・基礎にかかる荷重と基礎の種類 (6項目) ・基礎施工に関する諸問題 (7項目) ・各種構造物基礎事例 (10項目)	◎	○	△			△△△ ***** **

⑭橋梁と舗装 (20 項目) ・橋梁基礎の分類とその設計概念 (3 項目) ・各種基礎の調査と架橋事例 (10 項目) ・舗装の設計とその試験・調査 (7 項目)						○○○ △△△△△ *****
⑮コンクリートダムの地質工学 (35 項目) ・ダムの種類とダムに作用する力 (8 項目) ・ダムの安定問題と岩体内の水圧 (10 項目) ・ダム基礎の施工と改良 (8 項目) ・ダム設計に伴う地質調査と立地基準 (9 項目)	△	◎	◎			*****
⑯土工事 (30 項目) ・切土と工法 (6 項目) ・基礎掘削と盛土設計 (9 項目) ・アースダムの設計と調査 (7 項目) ・高速道路と水路の調査と施工 (8 項目)	◎	○	○			○○ △ *****
⑰地すべりと崩壊性変位 (18 項目) ・斜面の安定と滑動の原因 (5 項目) ・滑動の種類と対策 (9 項目) ・調査と計測 (4 項目)	◎	◎	◎			○ △△△ ***** *
⑱地震と耐震設計 (10 項目) ・地震と地震動 (4 項目) ・地震に関連した工学的問題 (4 項目) ・地震の計測と被害 (2 項目)	◎	◎		△		○○○○○○○○○ △△△△ **
⑲地質技術の法的側面 (12 項目) ・契約の法的概念 (2 項目) ・仕様と発注者、コンサルタント、コントラクタの責任 (6 項目) ・過失に関する一般的アドバイス (4 項目)					◎	△ ***
						その他環境関連 ○○ ***

がこの本から大きな影響を受けており、ここに取り上げたものである。

表に示されるように筆者がこれまでに従事した業務のほとんど全てがこの中の項目と対応しており、当時のアメリカにおける地質工学プログラムが十分に実務的な業務に対応していたことが見られる。また、その業務の内容の中心をなすものが土、岩、水という地表構成物であってそれに工学的に対処することであったことをも示している。

40 年後の現在、この教科内容と表 1 の内容とを比べると、基本的な構成については大きな変化はないもののいくつかの変化が見られる。当時の体系に組み込まれていなかったものが今日最も大きく取り上げられているのが、情報・環境・防災分野の技術であろう。さらに資源開発分野においては、従来の化石燃料に加えて原子力、地熱、メタンハイドレートなどの新しい資源の開発のための探査・採掘技術が新しい技術として加えられるとともに、原子力利用の一環としての放射性廃棄物の地層処分に伴う地質技術が新たに上げられている。

情報・環境・防災分野の技術については当時ほとんど考慮されていなかったことが伺えるが、特に地震防災を含めて洪水、土石流など自然災害の事前予測のためのデータ収集・分析とシミュレーション技術は当時では予想だにされなかったものである。

当時アメリカで授業されたもので、今日までわが国では全く考慮されてこなかった地質技術の一つに技術者の法的責任に関するものがあるが、現在のコンサルタント業の発展と国際競争の時代を考えると今後の必須の技術として一

考すべきものであろう。

ともあれこうしたいくつかの変化は見られるものの、先に述べたようにその基本的な技術内容は地球表層の構成物である土、岩、水を対象にしたものであり、地質工学が Geological Engineering と称されてきた当時のままであることを物語っており、この流れは今日でも欧米の大学における地質工学教育コースに引き継がれている。

3. 地質工学教育を考える

本文の冒頭に地質工学の位置づけをくどくどと述べたのは、地質工学は工学 (Engineering) であって、けして理学 (Science) ではないことを強調するためであった。工学であるからにはそれを学んだ者は技術者であって、しかるべき技術者としての教育を受けねばならない。

技術者としては、土木技術者であろうと機械、電気の技術者であろうと、

- ① 目的意識をもつ技術者であること (目標を定めなければ業務は遂行できない)
- ② 新技術、新分野を目指した改善、開発意欲をもつ技術者であること (企業は常に競争にさらされており、勝つためには新技術が必要である)
- ③ 企業人としてのコスト意識をもつ技術者であること (利益がなければ企業として存続できない)
- ④ 業務管理ができる技術者であること (仕事は一人ではできない。技術者としての能力は他の技術者との協調、取りまとめの能力にかかっている)

などが産業界で望まれる技術者像であり、これらは全ての分野の企業に共通するものである。

これまでこうした企業人としての技術教育は、一般的には企業におけるOJTを通して実施されており、その前提となる個々の技術教育が教育界に求められてきた。このいわば基礎技術教育ともいべき教育は、今日まで主に大学の工学部において実施されており、多くの、産業界に連なる工学教育が技術大国としてのわが国の今日を造ったものとも考えてよい。

しかしこれまでに述べた地質工学の教育については、残念ながらわが国においては過去に一貫した工学教育として実施されてきたとは言えないのが現状である。

最近の数年来、地質工学と名づけたコースや講座をもつ学校も数校みられるようになったが、先に述べた40年前のアメリカの大学における初期の地質工学コースと同程度のプログラムでさえもつ大学は皆無であり、極論すれば工学を学んだ技術者としての地質技術者は今までわが国には存在しなかったとも言えるのである。

先に述べたような歴史的背景から、地質学(Geology)としての一貫した教育プログラムは永年にわたって理学部において実施されてきており、相応の成果をあげてきたものと評価されてきた。しかし、このプログラムはあくまで横系としてのものであり、縦系としての地質工学は資源工学分野における探査技術部門を除けば工学としての形は存在しなかったと考えてよい。横系の一部としての応用地質学がそれを補充する形で、言い換えれば地質家の個人的な努力の結果としての地質技術者への転身によって、現在の地質関連産業が支えられているのが現状なのである。

しかし残念ながらこうした個人の努力には限界があり、工学としての基本的な素養を身につけぬままの多くの地質技術者が関連産業に携わっており、いくつかの問題を生み出している。こうした現状は、アメリカを筆頭として土質力学の発展とともに進展してきた地質工学のわが国への導入時において、土質力学のみを土木工学の一分野と位置づけて一貫した地質工学教育をもたなかったことに由来するとも言えるのである。

この結果がもたらしたわが国の地質工学、ひいては地質技術への影響は多大で、わが国の地質技術者と欧米の地質工学コースを経た地質技術者との技術力評価に大きな差異を生じせしめている。

あえて、筆者がこれまでの業務に関して感じてきたこうした差異の幾つかの具体例をあげれば、

- ・欧米の地質技術者が engineer や project manager としてプロジェクトを運営できるのに対して、わが国の産業界における地質技術者は特定部門の専門家としての域を出ない者が多い。
- ・わが国の企業で実施された地質に関する調査・試験報告は欧米の地質技術者のそれと比べてより philosophical で engineering 性に欠けている。
- ・わが国においては調査した結果に対する責任が曖昧で、地質技術者はエンジニアとしては機能しない。
- ・国際プロジェクトにおけるクレーム技術はそのコント

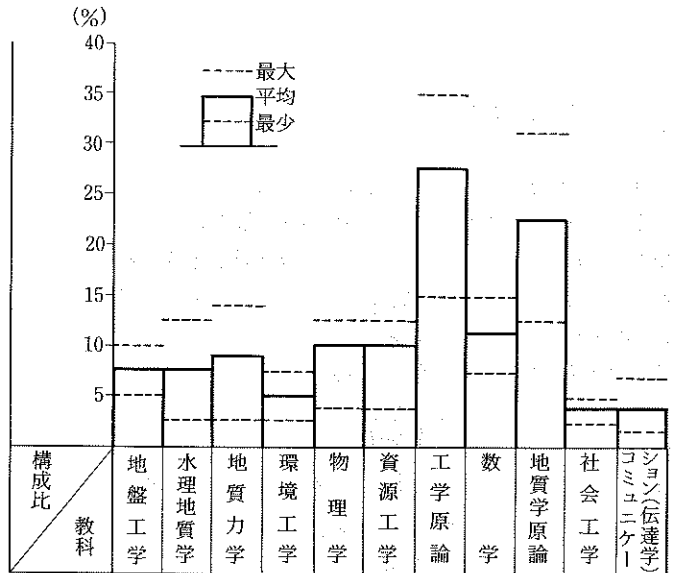


図4 カナダ8大学の地質工学プログラムの構成

ラクトの成否を左右するが、その中の大部分を占める地質条件に関するクレーム技術者がわが国では全く育成されていない。

等がその代表的なものである。

企業の国際化が問われ、地質関連企業も欧米との競争にさらされている昨今、こうした現状を改善する可能性は、工学系における今後の教育プログラムの作成とその実行の如何にかかっている。つまり、いま最も教育界に望まれているものは、初期の地質工学の体系に今日的な技術要目を加味した新しい地質工学の枠組みを構成することにあると思われる。

現在の工学部における地盤工学が Geological Engineering としてその枠組みを創り上げており、本文で使用してきた地質工学に十分に対応しているという声も聞かぬではない。もしそうだとすれば今の大学改組に伴う新しいカリキュラムとして、地盤工学としてではなく地質工学としてそのプログラムの再検討を望む次第である。

プログラムの枠組みの参考としてカナダの大学における地質工学プログラムを図4に示すが、十分に産業界を意識した教育を目指していることが伺える構成となっている。すなわち縦系として多くの横系との結びつきを意識し、工学としての体系を創り上げているように思われる。

しかしながら、現在の地質工学には横系との結び目を作るにあたっての共通の言語としての定量的な基準化や標準化がなされていない部分を本質的に内蔵しており、今後の工学分野としての発展が阻害されている要因ともなっていることをもここで十分に認識しておく必要がある。このため真に地質工学を工学たらしめるには、困難ではあるが材料特性としての土、岩、水に対してのさまざまな基準、標準の作成とともに地質の調査に関する評価基準を早急に作成する必要がある。

地質工学として認知されて約50年程度の歴史しかもたず、まして工学としての体系化がなされぬまま、そうした基準化のためのパラメータやデータベースが完備していない現状ではそう簡単な作業ではないが、どうしても取り組

まねばならない大きな課題の一つと思われる。

おわりに、謝辞

APEC Engineer 制度に始まり JABEE の設立、技術士制度改革と進む大きな技術認定制度のうねりの中で、地質工学の教育にあたってのパラダイムの転換を論じるつもりが、パラダイムそのものが存在しないとも言わなければならないのが国の現状の一端を述べる結果となった。パラダイムの存在なくして転換はありえないのである。

思えば総合工学としての民生工学 (Civil Engineering) から地質学 (Geology) が誕生し、その子孫とも言うべき地質工学が大きく変貌しようとしている今日、母体としての地質学は地球科学 (Earth Science) としての新しいうねりに呑みこまれている。地質工学もまた地質学を産み出した土木工学という大きな縦糸に沿って、地球科学という大きな横糸に結びつく新しい工学としての地球工学 (Earth

Engineering) への変貌の過程にあるのかもしれない。

こうした中で、地質工学を束ねる機関としての地盤工学会、さらには日本応用地質学会もまた大きな変革の時期にあたっていると思われるのである。

本文をまとめるにあたって全地連専務理事 藤城泰行氏から資料の提供をいただき、また、図2の作成にあたっては故黒田秀隆氏の私信の一部を使用させていただいた。記して心から感謝する次第である。

参考文献

- 1) KRININE and JUDD: Principles of Engineering Geology and Geotechniques, McGraw Hill, Civil Engineering Series, 1957.
- 2) 山内豊聡: 応用地質学と土質工学, 応用地質, 25巻, 4号, 1984.
- 3) 小島圭二・中島健児: 地質技術の基礎と実務, 鹿島出版会, 1995.
- 4) Hutchinson, D. J.: Observation of geological engineering education in Canada, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 60, No. 4, 2001.

新刊紹介

日本の地形・地質

～安全な国土のマネジメントのために～

編集：社団法人 全国地質調査業協会連合会 B5判・205頁 4,700円＋税

本書は、多発する日本の地盤災害を日本列島の特異な地形・地質との関連において分析し、国土の保全や土木建築構造物の建設に地質調査が如何に重要な役割を果たすかを記述した書物である。

災害を引き起こす大きな要因である「日本の国土が脆弱であること」を体系的に整理し、わかりやすくビジュアルに解説した本は今までになかったと言っても過言ではなく、土質・地質技術者の教科書としてきわめて有益なものである。

建設工事のコストの縮減が叫ばれるようになって以来すでに5年が経過する。脆弱な体質を持った日本列島に、豊かな活力のある社会生活を築くためにはどうすればよいのであろうか。すべての社会資本に対して、その計画・設計・施工・維持管理のあらゆる過程を通して地盤の性質を知り、それに対応する技術を持つことが必要である。日本のような地質の複雑な、災害列島ともいって良いわが国では、災害を最小化するための努力が必要である。

実際に災害防止や建設事業などに携わる技術者にとって、日本の厳しい自然条件、国土の特異性を認識する上で大いに役に立つ一冊といえよう。

お申し込み：鹿島出版会 03-5561-2551, 社団法人 全国地質調査業協会連合会 03-3818-7411

高等学校における地学教育の現状

しば やま もと ひこ
柴山 元彦*

1. はじめに

高等学校では、2003年から新しい学習指導要領が実施される。小学校中学校はすでに2002年4月から実施されている。この新しい学習指導要領は、内容について多くの問題点が指摘されて、社会問題にもなっている。それは、文部省がこれまで進めてきたいわゆる「ゆとり教育」がこの新教育課程ではいっそう進められ、理科の授業時間数の減少や、内容の精選という名のもとに、いくつかの重要項目の切捨てが行われ、それだけでなく理科離れが進行している中で、さらなる理科離れが加速しつつあることが予想されることなどである。

このような理科教育における現在の問題点とともに、「地学」の教科にはさらにこれから述べるような多くの問題点をもっていて、危機的状況にあるといわざるを得ない。

2. 学習指導要領改訂の変遷

まず、戦後これまで文部省が行ってきた高等学校学習指導要領の改訂の変遷を簡単に述べる。おおむね10年ごとに学習指導要領と教育課程は見直しが行われ実施されてきた。

(1) 昭和22年試案(23年実施)

- ・体験学習の重視、生徒中心主義、自由研究
- ・物理・化学・生物・地学各5単位の中から選択

(2) 昭和26年改定(26年実施)

- ・日本史新設、自由研究がなくなり特別教育活動に

(3) 昭和30年改定(31年実施)

- ・必修教科の増加
- ・物理・化学・生物・地学各3~5単位選択

(4) 昭和35年改定(38年実施)

- ・基礎学力の充実、科学技術教育の重視、
- ・体験学習を止め系統学習へ。
- ・物理・化学各3~5単位、生物4単位、地学2単位

(5) 昭和45年改定(48年実施)

- ・小学校の算数に「集合」「関数」導入

- ・理科の教科書の内容が高度化、内容の現代化
- ・高校進学率90%、「おちこぼれ」という言葉が使われ始めた。
- ・物理・化学・生物・地学の各I II 3単位選択
- ・前改定で地学2単位が全学校で行われていたが、この改定で理科が6単位必修となったため、地学を開講しない学校が出始めた。

(6) 昭和53年改定(57年実施)

- ・小学校の「集合」は、中学へ、「ゆとり」教育
- ・53年共通一次試験導入(一期校二期校の廃止)
- ・理科I(4単位)必修、物・化・生・地各4単位選択
- ・理科の必修は6単位から4単位に減らされた。理科Iの中に地学分野が1/4含まれているので、再び全生徒が1単位分だけでも地学を学ぶことができた。
- ・大学入学試験では、理系も文系も理科2科目課す大学が多かったため、地学で受験する生徒も多かった。(医学・工学部は物化指定が多い)

(7) 平成元年改定(4年実施)

- ・基礎基本的な内容の重視。
- ・小学校1~2年の理科を廃止し「生活科」に。
- ・高等学校「家庭科」男女必修、数学の単位減。
- ・中学・高校から「集合」は完全になくなる。
- ・国歌・国旗の指導徹底
- ・物・化・生・地各I A I Bの2~4単位から4単位必修となったため地学を開講しない学校が増加し始めた。

(8) 平成12年改定(15年実施)

- ・「ゆとり」教育の発展、「生きる力」の育成。
- ・「理科離れ」の加速が懸念される。
- ・「理科基礎A」(物化系)、「理科基礎B」(生地系)各2単位の新設。どちらか1つ必修。
- ・土曜休業となるため理科の単位数がさらに減少する。

このような改訂の変遷のなかで、「地学」の教科では、昭和23年から35年の改定までは、5単位の地学が選択で行われていた。大阪府ではその当時開講していた学校は数校

* 大阪教育大学附属高等学校

でその学校でも数クラスのみであった。それが35年の改定では、2単位であるが地学が全員必修になり全高校生が地学の授業を受けることができるようになった。しかしその次の45年の改定では、理科全体として6単位の必修となったため地学の教員がいない学校では、開講しないところが出てきた。

次の53年の改定では、理科I(4単位)という科目が必修で新設され、その内容の1/4は地学の内容であるため、再び1単位分であるが全員が地学を学ぶことになった。しかし次の平成元年の改定では、また、理科4科目の中から4単位必修となったため、地学を開講する学校は、さらに減少し始めた。この傾向は平成12年の改定以降も継続すると思われる。

このように学習指導要領の改訂は昭和35年に地学を必修とした時が、一番よかったが、以後は地学のみならず理科全体の時間数が改定ごとに減少し次第に理科離れが進行していった。そのような中で特に地学はその減少が著しい。これらの具体的な数は、以下の各部分で述べるが、その前に、平成15年から始まる新学習指導要領では、「地学」でどのような内容を学ぶかを見てみよう。

3. 2003年からの新学習指導要領の「地学」の内容

この新学習指導要領では、1年で「理科基礎A」「理科基礎B」が新設され、もし「理科基礎B」が開講されるとこの科目の1/2が地学的内容である。2年では選択の「地学I」、3年で選択の「地学II」を学ぶことになる。

(1) 「理科基礎B」の地学的内容

1. 地球の姿と移り変わり
地球の形と大きさ、地表の姿、固体地球の内部
地球の変動
2. 地球史
地層と化石、地質年代
3. 惑星としての地球
地球の誕生と生命の誕生、地球と他の惑星
大気と地球の熱収支大気と水の循環

(2) 「地学I」

1. 固体地球とその変動
地球の重力と地磁気、地球内部の熱
固体地球の層構造
2. 現在の地球の活動
地震度災害と震度、現在の地殻変動、火山
3. 地殻の形成
地殻の形成、堆積岩・変成岩
4. 地球と生命の進化
地球史年表、
5. 大気と水
水蒸気と雲、大気の運動
6. 海洋と気候
海洋とその運動、海洋と気候
7. 太陽と太陽系

惑星の視運動、惑星の軌道運動、太陽

8. 恒星の性質と進化
星の光、星の性質とHR図、星の誕生と進化
 9. 銀河系と宇宙
銀河系、銀河と宇宙
- (3) 「地学II」
1. プレートで覆われた地球
プレートの動き、私達の日本列島
 2. 地球環境の構成
地球環境、大気と海洋
 3. 宇宙の探求
宇宙の観測、恒星、宇宙の広がり
 4. 課題研究
研究テーマの選び方、研究方法、研究のまとめ方、研究発表の方法

地学が2年生以降ない学校では、「理科基礎B」の中の地学を学ぶことで、地学を学ぶことは終わる。そのため「理科基礎B」の内容は、そのみで完結して2年次で学ぶ「地学」との関連が図られていないため内容が重複する。

4. 「地学」受講者数の変遷

全国で地学の授業を受けている生徒の数がどれくらいあるか、またその数は年度によってどう変化しているかをグ

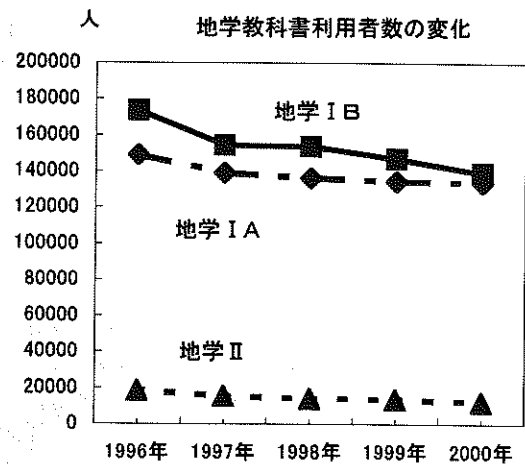


図1 現在の学習指導要領での「地学I A」「地学I B」「地学II」別の利用者数の変化。次第に減少しているのがわかる。

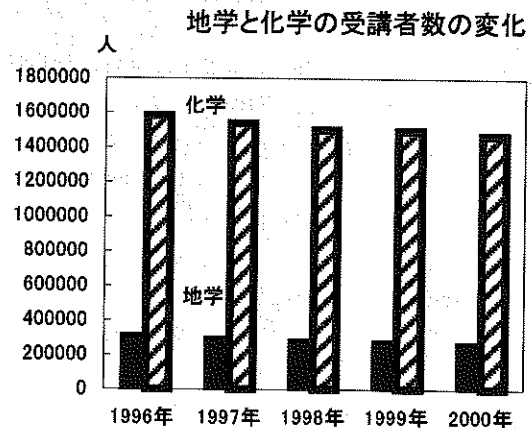


図2 少子化にともない生徒数の現象もあるため、それがどの程度かを知るため、ほぼ全員が受講している化学の数とを比較した。

化学と地学の教科書利用数の減少率

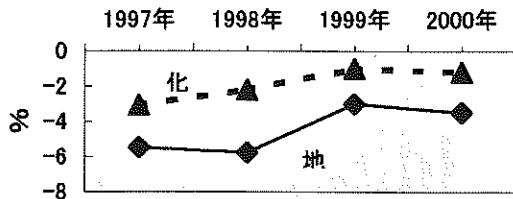


図3 図2のデータを元に地学と化学の利用者減少率を求めた。化学の減少率に比べて、地学の減少率は2倍ほど多いことが分かる。また減少率が2000年度から上昇している。

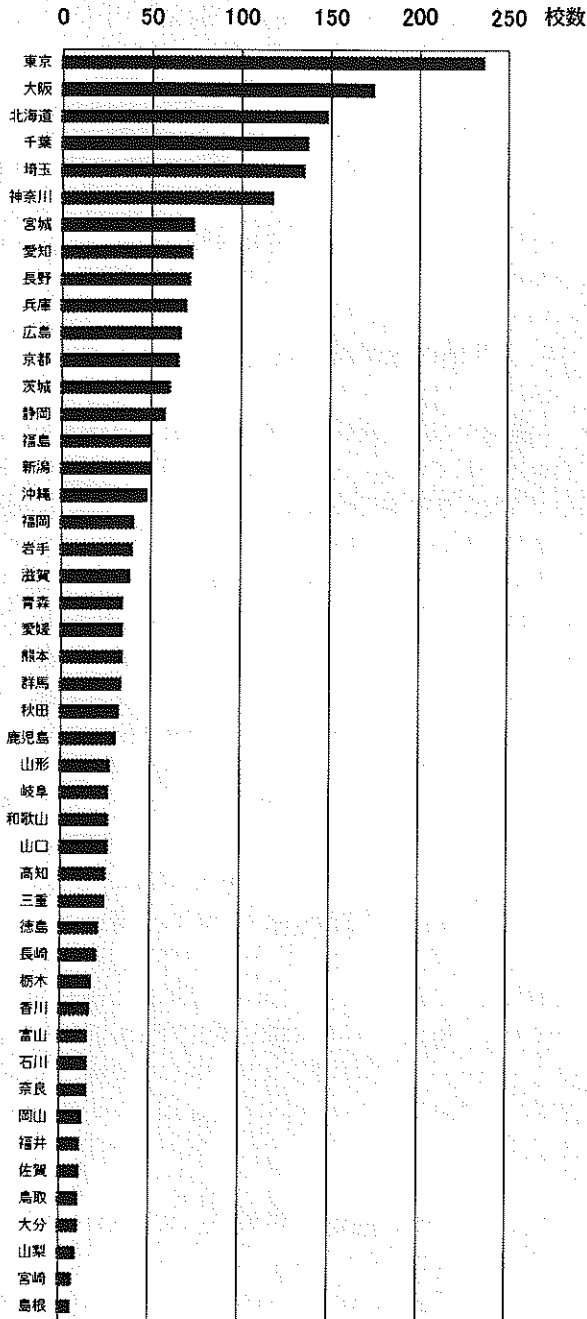


図4 地学開講数の多い都道府県順。当然学校数の多い県は多くなる傾向にあるが、多い割には開講数が少ない県もある。

ラフ化した。これは「地学」教科書の全国利用数を元に推定したものである。

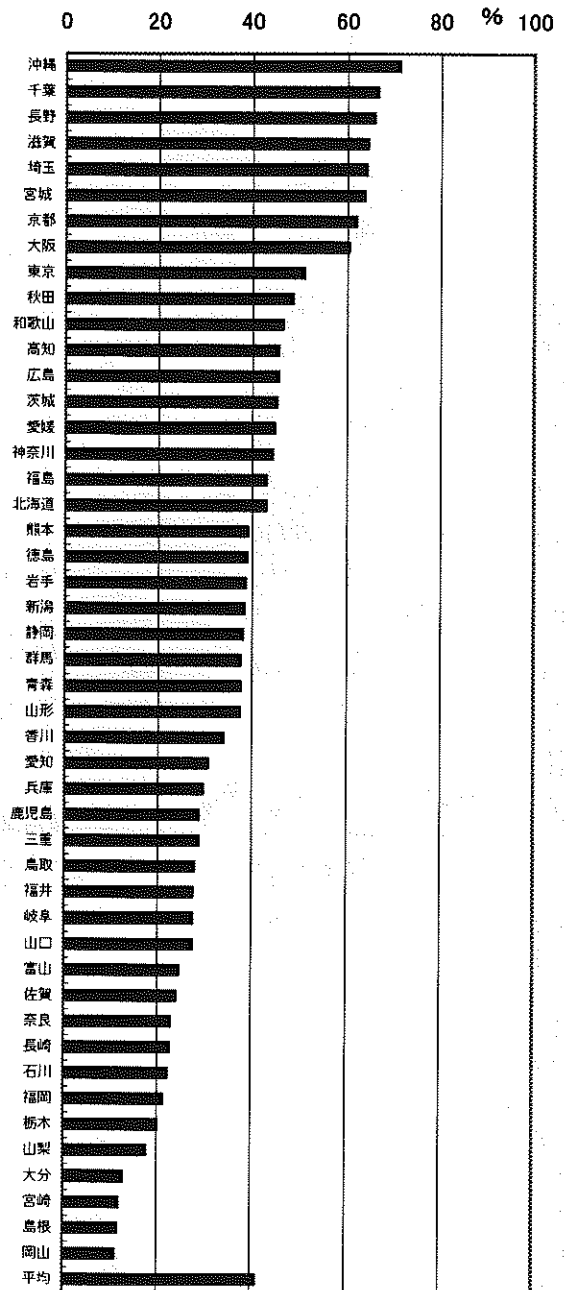


図5 その県の学校数に対する地学開講校数の割合を県別に多い順に示した。5割を超えるのは、東北以北では宮城県のみ。関東圏では東京、埼玉、千葉。中部圏では長野のみ。近畿圏では滋賀、京都、大阪。九州圏では沖縄のみ。北陸、中国、四国、九州は4割にも達しない県が多い。全国平均は41%、平均を上回る学校は、18都道府県。5割を超えるのは、9県しかない。

5. 現在の「地学」開校数

次に都道府県別で「地学」が開講されている高等学校がどの程度あるか調べてみた。必修あるいは選択のどちらかでも地学の授業が行われている学校数を示したのが図4である。1999年度における全国5479校の全公私立高校のデータである。

「地学 I A」「地学 I B」のどちらかを開講していると開講している学校とした。

図4, 5が示しているように地学を開校している学校は、4割しかない。理科の他の教科はほぼこの学校でも行われているのである。社会では必要とされているにもかかわらず大学入試科目に置いていない大学が多いことで、高校現場ではその影響がこうに現れてくる。次に、地学教員採用数の変遷を見てみよう。

6. 地学教員の採用数の変遷

近年は、生徒数の現象に伴って地学のみならず教員採用数が減少している。その中でも理科の採用数が少ないが、地学の教員の場合はさらに少なく、最近地学として採用している県はほとんどない。大阪市立大学大学院の根本泰雄博士の調査(根本, 2000)によると図6のように減少し、2000年は4名となり、佐賀県と長崎県がそれぞれ1名、沖縄県が2名である(その他理科として採用している県が17県あるが、それぞれ数名であるので地学としての採用はその中にはないと思われる)。

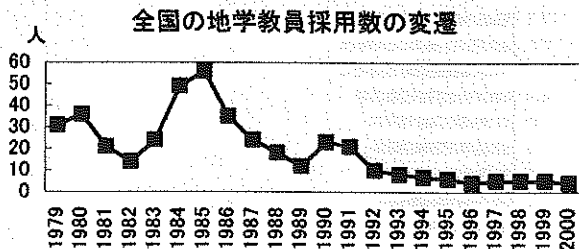


図6 全国の公立高校で地学教員が採用された人数の変遷(根本泰雄, 2000年をもとに作成)

地学を開講している学校は図4から1999年度で2288校である。ということは少なくともこれらの学校には最低1人の地学教員がいることになるので、全国で約2300人の地学教員がいることになる。図6から1979年から1999年までの20年間の採用数は全国で411名である(県によっては理科として採用される場合もあるので実際にはこの数よりも少し多い可能性もあるが、ほぼこの数に等しいと思われる)。1979年以前に採用された地学教員の数は、約1900人であり、それらの教員は現在ほとんどが45歳から60歳の年齢であることがわかる。とくに50歳くらいの人が多いといわれている。地学教員の採用が最近10年間でほとんどないこともあって、定年で辞めていくとその学校では地学がなくなっていく。しかも今後10年くらいで急激な地学教員の減少が起きるだろう。

7. 大学入試センター試験の地学受験者数の変遷

センター試験を地学で受ける生徒の数は高校での教科「地学」が存在していけるかどうかの一つの要素でもある。2001年はとうとう2万人を割った状況である。ちなみに化学の受験者数は、約19万人である。

センター試験で地学を利用する生徒は、ほとんどが文系

センター試験地学1B 受験者数

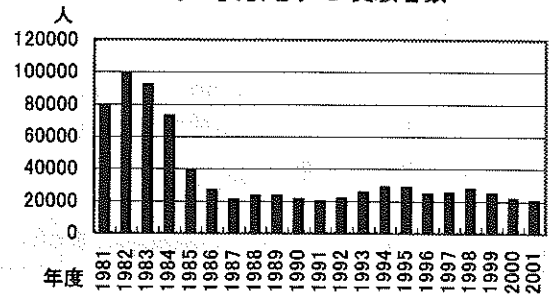


図7 1982年をピークにセンター試験の地学受験者数の減少が始まり、最近10年はおおよそ2万人台であったが、1998年から減少し始め2000年度は2万人を割った。

に進む生徒である。理系に進むためには地学をとると2次試験は受ける大学がなくなるため、理系の生徒は地学へ進む生徒以外には取らない。それでも文系の生徒にとっては、物化生より地学のほうが点を取りやすいこともあって、センター試験の地学が何とか成り立っている。

8. 各地の地学教育研究会

都道府県ごとに高等学校地学研究会や理科研究会地学部会が置かれている。しかしこれらの研究会の活動も教員数の減少で、活動が行われなくなってきている。近畿の県でも数名しかいないという県がある。

大阪の場合は、まだ地学教員数が約200名ほどあり、活動が継続されて行われている。年間行事としては、会報(約80ページ)が年1冊発行。広報誌年6回発行。技術講習会年2回。講演会、夏季宿泊巡検研修、野外見学会、授業見学会、地学クラブ発表会がそれぞれ年1回行われている。また実験書の発行などの活動も行われている。

このような状況の中で、県単位の活動ではなく、他の県との連携も必要になり、2000年7月大阪で開かれた21世紀の地学教育を考える会主催の「地学教育大阪フォーラム」をきっかけとして、近畿各県の地学教育研究会が連携を取ることができるようになり、今年まで3回各県の代表者などが集まり会合が行われてきた。他の県の様子もわかるようになり、新指導要領における対応なども話し合われている。またメーリングリストでメールによる情報交換や意見交換が可能になっている。これが全国に広がるといいのだが。

9. 高校地学教育の問題点(まとめ)

これまで現在置かれている高校での地学教育の現状について述べてきたが、まとめてみると以下のような問題点があることがわかる。

① 教員数の減少と高齢化(採用がない)

地学のみならず理科教員全体にいえることである。そのためには、理科としてまとまったの要求が必要だろう。「理科離れ」とも関連して理科に興味をもつ生徒を増やすためにも少人数クラスの理科実験ができるようにある程度の教

員数が必要である。

② 多くの大学(理学部, 教育学部以外)が入試科目に地学をいれていない

高校教育は約半数の学校では大学入試の影響を受けている。2次試験で地学が取れる学部は理学部の地学系専攻と教育学部の理科専攻くらいで, 他の学部学科では地学が理科の指定からはずされているところがほとんどである。そのため, 高校2年生で文系か理系かのコース分けが行われるが, 1年生の終わりの時点では自分の進む進路がまだよくわからない段階であるため, どちらにでも受験可能な理系コース(物理化学)を選んでしまう。そうするとその時点から地学を取ることがなくなってしまう。地学を開講する学校が少ない原因の一つである。

③ 過当たりの授業時数の減少(土曜休み)

2002年度から学校は, 完全週5日制になる。そのため週当たりに時間数が4時間減ることになり, 5日の中にこれまでの教科を入れ込まなければならないため, 各教科の時間数が減る。さらに2002年からの新学習指導要領では新教科「総合学習」3年間で毎週1時間, 「情報」2年間で毎週2時間が加わるため, ますますこれまでの教科の学習時間が減る。理科の時間数が減れば, 弱小教科である地学の時間は当然なくなることが多い。

④ 小中高を見渡した地学カリキュラムの欠如

地学を取り巻く外的な要因を述べてきたが, 地学自身も持っている内的要因もある。一つは地学の教科内容で何が基礎基本で, 小学校から高等学校を通してどのように次第にレベルを上げていくのがよいかというきちっとしたカリキュラムがない。そのため, 12年間で同じ内容の繰り返しが3度も生じることがある。スパイラルにレベルを上げることが必要であるならば, 同じ内容での各段階の学ぶ範囲を決め小中高の一貫した地学カリキュラムが必要であるが, そのような研究が行われていない。

⑤ 理科全体として

さらに, 学校教科「地学」をこれまでのように応用科学としてみるのではなく, 教育的な面から考えれば, 科学を学ぶ導入として地学を学習するのがよいと思われる。地学は身近な自然現象を扱うためニュース性もあり生徒にとつ

ては科学にはいる入口としてとっつきやすい。定性的にまず興味をもたせてから, 次第に物理化学的手法を使って理論的に考えていくという道筋を追うのが自然な発達段階に応じた学習になるだろう。科学史を見てもこのような過程を経て現代の高度な科学に発展してきている。理科全体としての科学を学ぶ学習プログラムが必要だろう。

10. おわりに

2000年7月29日に大阪で「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム」(実行委員長: 中川康一教授)が開催され, 地学教育の今後について議論がなされた。それによって地学関係者以外の方々にも地学教育のおかれている状況を理解していただく機会になった。社会の多くの方が地学の必要性を感じるようになっていけば, 当然学校教育の中でその時間数が増えていくだろう。また学校教育だけでなくさまざまな教育施設においても地学教育が行われるようになっていくことも重要である。

参考文献

- 1) 川村大作・根本泰雄: 「日本での小学校・中学校・高等学校教員における大学での理科専攻出身者の割合」, 地球惑星科学関連学会2000年合同大会予稿集, Ad-015, 2000.
- 2) 柴山元彦: 「高等学校の地学教育の現状と課題—大阪の事例—」, 地学雑誌, 105巻, 6号, 1996.
- 3) 柴山元彦: 「全国の高等学校における“地学”開講状況について」, 地球惑星科学関連学会2000年合同大会予稿集, ad-013, 2000.
- 4) 柴山元彦: 「全国の高等学校における“地学”開講状況について」, 21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム大会冊子, 2000.
- 5) 21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム実行委員会「21世紀の地学教育を考える大阪フォーラム報告書」, 2001.
- 6) 根本泰雄: 「最近20年(1979~1998)の小学校教員新規採用状況と中学校・高等学校での理科・地学教員新規採用状況について」, 地学教育, 53巻, 5号, 2000.
- 7) 根本泰雄・川村大作: 「最近20年間の小学校・中学校・高等学校における理科・地学教員新規採用状況」, 地球惑星科学関連学会2000年合同大会予稿集, Ad-014, 2000.
- 8) 文部省: 「高等学校学習指導要領解説 理科編」平成11年12月, 大日本図書, 1999.