

はじめに

Stockholm から Johannesburg までの 30 年間、国際社会は地球環境への取り組みの重要性を唱え続けてきた。日本もこの流れの中で 1993 年に「環境基本法」を成立させ、その後も国内法の整備、国際条約の批准につとめてきた。環境基本法に基づき 1994 年に閣議決定された「環境基本計画」には、「人類存続の基盤である有限な環境を、健全で恵み豊かなものとして維持していくには、大気、水、土壌及び生物等の環境構成要素が良好な状態に保持され、その全体が自然の系として健全に維持されることが必要である。」と記されている。地盤環境に関わる最新の話題としては、2003 年 2 月に施行された「土壌汚染対策法」がある。この法律は、汚染地盤の調査と情報の公開、そして環境の保全にあたって原因者あるいは所有者の責任を示したものとして画期的である。

第 17 期地盤環境工学専門委員会では、新たな工学領域として“地盤環境工学”の創設を提言した。従来の力学を基盤とした地盤工学に、土壌科学、微生物学、化学、化学工学、生態環境工学、毒物学、等を援用・統合するとともに、社会科学、人文科学とも広く連携するものである。すなわち、地盤環境工学は従来の土木、建築、農業工学、資源工学といった工学体系の基礎学問であるとともに、防災・減災や環境といった全ての人間活動を横断する視点を持つものである。社会科学や人文科学との連携が必要となるのは、防災や環境問題への取り組みが国や自治体の政策、法規制と不可分であり、かつ、社会を構成する個人や組織のもつ多様な価値観や倫理観に支配される部分が多いからである。

第 18 期地盤環境工学専門委員会では、広範多岐にわたる“地盤環境工学”の中で、特に環境という視点に焦点を当て、個別の課題に先駆的な取り組みを展開している学識経験者を招き講演を頂くと共に、社会全般の現状認識をアンケート形式によって明らかにした。そして、これらを踏まえて環境という切り口を重視した時の“地盤環境工学”を担う次世代の人材を創出するために高等教育機関、国立研究機関や企業はどの様に取り組むべきか、検討を加えてきた。

第 1 章では地盤環境工学の意義を再認識し、第 2 章では、地盤環境工学に対する社会の認知度や取り組みを整理し、第 3 章では、この分野の将来を担う人材育成のあり方を議論した。第 4 章では 1 章から 3 章を要約すると共に人材育成への提言をとりまとめた。特に、高等教育機関と関連学協会の取り組みに主眼がおいている。

本報告が関連機関、特に関連学協会で活用されることを期待している。

平成 15 年 4 月

地盤環境工学専門委員会
委員長 寺 師 昌 明

第1章 地盤環境工学

1.1 地球環境と地盤の関わり

地球人口の僅かに20%を占めるに過ぎない先進国は高度な生活レベルを維持している一方で、種々の汚染物質を多量に排出する傍ら原材料の発展途上国依存による森林、自然環境の破壊を通して地球環境への圧力を加えている。また、発展途上国は貧困と爆発的人口増加に対応するため、食料、燃料確保のための農地の開墾、過放牧、伐採などにより森林を破壊し、土壌浸食、砂漠化を進め生活の場や水資源の喪失さらには地球規模の気象や水資源の分布の変化にも影響を与えるに至っている。したがって、先進国は地球環境への圧力を軽減する政策や技術開発をたゆまなく進めるのみならず、環境汚染とその克服の経験と技術の世界共有財産化を図り、発展途上国の「自立性」と環境管理能力の育成を支援する義務を負っている。1972年ストックホルムからヨハネスブルグに至るこの30年間、国際社会は繰り返し、この地球環境問題に警鐘を鳴らし、現在の世代と未来の世代が共有する地球上での Sustainable Development を標榜してきた。

地球環境問題は地盤(地圏)と密接な関係をもっている。わが国における環境問題の戦後史は、1955年(昭和30年)以降の飛躍的経済発展と裏腹に生じた負の遺産としての、7公害(大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、振動、騒音、悪臭、地盤沈下)の社会問題化から始まったといつてよい。注目すべきは、当時問題となった7公害の内の3つ(土壌汚染、振動、地盤沈下)までが、その現象の正しい理解に地盤の知識が必要不可欠であったことである。現在、地球規模で問題となっている環境問題を、石(1998)は生物系の崩壊と、エネルギー・物質循環の攪乱とに大別して示している。ここに示される環境問題は気圏、水圏、地圏と広範多岐にわたるが、その中でも、砂漠化、浸食、土砂崩れ、塩害、地盤沈下、表土浸食、農薬(による地盤や地下水の)汚染、廃棄物(廃棄物の建設資材としてのリサイクルや地盤中への処分)、土壌汚染、地下水汚染など、多くの課題が、現象の理解と対策に地盤の知識を必要不可欠としている。すなわち、地盤(地圏)は、様々な環境問題の重要な要素となっているのである。

1.2 地盤の役割

地盤の表層部に存在する土は、様々な大きさの土粒子とその間隙から成り立つ多孔質の材料であり、間隙には水と空気が存在している。土は大気・水・多様な生物と連携し、きわめて多面的な機能をもって自然環境そして生活環境に重要な役割を果たしている。すなわち、土は保水機能・通気機能・浄化機能・養分の貯蔵調節機能などの多様な機能を持ち、またそれらを総合化したものとして優れた緩衝能力を有しており、本来、環境の変化によく順応していく力を備えている。このため、土は植物の生育環境を与え、地上のすべての生物生存の基盤をなすとともに生物循環の場を提供し、かつそれが食糧生産の場としての安定に寄与している。生態系から与えられるこれらの恵みは、多数の生物が介在した水や栄養分の循環、分解、およびその分解物を貯留あるいは再循環する能力によっている。地球規模の生物循環、物質循環を考えると、地盤はその重要な環境要素であり、物質循環のかなめとも言える大きな役割を果たしている。土の演ずる役割

は、地球的規模の循環機能にとどまらない。土の持つ浄化機能と貯蔵機能に期待して、人間の生活、生産活動の結果生じる廃棄物を受け入れる場として利用され、局所的な環境汚染に対しても大きな関わりを持っている。土中に投棄された産業・生活廃棄物は、微生物による分解、複雑な酸化・還元反応などいわば生化学的処理を経たのち、土中水の移動などを通じて土中に拡散し、地下水を含めた周囲の環境に影響を及ぼしている。工場跡地や廃棄物埋立て地周辺の地盤および地下水の汚染によって、人体に深刻な影響を及ぼしかねない事例が増大しつつあるのは周知の通りである。

生物の生存場としての地圏・水圏・気圏と生物は、土をかなめとした物質循環によって互いに強く結びついている。したがって、環境問題を考える時に「地盤に関わる問題」という形で切り離して考えることは本来不可能で、従来から地盤を対象としてきた工学（地盤工学）に、化学、生物学、環境工学、農学、等を融合させて、地盤環境の創生、保生、再生のための学問体系を構築する必要がある。

1.3 地盤工学から地盤環境工学へ

地盤工学(=Geotechnical Engineering)は、土の力学と岩の力学を中核として地震工学や地質学等様々な周辺の学問や技術を総合することで、伝統的な地盤に関わる問題を予測し、解決する工学である。当初は安全で経済的な国土整備のために、ついで防災・減災のためにと対象領域を拡大しつつ、社会ならびに社会環境の発展に寄与してきた。すなわち、地盤工学は、地盤という共通の視点に立ち、土木工学、建築学、農業工学、地質学等の既存の工学と密接に連携しつつ発展したものであって、われわれに有用な生活・社会基盤を創生し、保生し、再生する学問分野である。しかし、言い換えると「プロジェクトのための力学」であって、その中から環境の視点や配慮が欠如すると環境問題を惹起することになる。

近年では、地盤工学の伝統的な役割に加えて、地盤工学技術を「快適な環境の創生と保生・再生のための学術・技術」と位置づけ、環境の保全・修復・改善のために役立つべく、その領域をさらに拡大する必要性が強くなってきた。この期待に応える新たな工学が地盤環境工学(=Geotechnical and Geoenvironmental Engineering)である。すなわち、地盤環境工学が検討の対象とする領域は、従来の土質・基礎工学あるいは地盤工学を内包し、これに関連する環境科学、防災科学などとの学際的な広範な領域を対象とするものであり、環境(工学)と地盤(工学)を結ぶ学問領域である。地盤に関わる技術者が単に生活・社会基盤の整備のためのプロジェクトの達成に役立つ工学に基礎をおいて活動するだけでなく、人類の生活環境および地球環境を念頭に、常に環境の創生・保生・再生の観点を重視しつつ、多様な環境に関わる学問(土壌科学、微生物学、化学、化学工学、生態環境工学、毒物学等)を援用・統合して、地盤の有する特性を駆使しながら環境への様々なインパクトを最小限にするための予測ならびに問題を解決し、新たな環境を創造するための工学と位置づけられる。地盤環境工学は、社会科学、人文科学とも広く連携するものでなければならない。環境問題への取り組みは国や自治体の政策、法規制と不可分であり、かつ、社会を構成する個人や組織のもつ多様な価値観や倫理観に支配される部分が多いからである。

1.4 18 期地盤環境工学専門委員会の活動の位置づけ

地盤環境工学は、地盤に関する学問を中軸とし伝統的な様々な学術・技術を統合する工学である。しかし、それと同時に、土木、建築、農業工学、等の既存の工学体系にとって重要な基礎学問でもある。また、防災、環境といった既存の工学を横断する視点で眺める場合にも、その重要な一翼を担う工学である。したがって地盤環境工学をどのような立場で眺めるかによって、様々な重点課題がありうるし、この工学を担う将来の人材育成についても様々な取り組みがありうる。

18 期地盤環境工学専門委員会では、特に、近年その問題が顕在化している環境を強く意識した視点で、地盤環境工学の社会での認識、企業、大学や国立研究機関等での取り組みを調査し、将来の人材育成のあり方を提言するものである。

参考文献

- 1) 石 弘之：地球環境報告、岩波新書 592, 1998.12
- 2) 日本学術会議社会環境工学研究連絡委員会地盤環境工学専門委員会：
21世紀における地盤環境工学 新たな discipline の創設に向けて、
2000年4月24日

第2章 地盤環境工学の現状

地盤工学は、人間生活の向上に不可欠な社会基盤整備（土木、建築、農業、資源開発など）にあたって、力学的な課題解決に大きく貢献してきた。今後もその役割を継続的に担っていく必要がある。しかし、従来の地盤工学に環境の視点が不足ないしは欠落した結果として人類に負の遺産を与えてきた現実がある。1章に述べたように、地盤環境工学の創設は、地盤工学の担う役割が地球環境を含めた広範囲な問題と無縁ではられない状況になってきたことと符合するものである。地盤工学に携わる技術者はすべからず地盤環境への責任を自覚し、対処出来る技術者として変革されるべきであろう。そして、その発展が「魅力ある地盤環境工学」として認識され、おのずと社会的貢献となり、そしてビジネスチャンスになりうるであろう。

18期専門委員会では、地盤環境工学が守備する広範な領域の中から、特に環境問題に関する認識が関係者でどのようなものであるかを調査するためにアンケートを行った。アンケートにおいて主な環境問題の対象（技術分野）をあらかじめ例示した。地盤に関わる環境問題が現実の企業活動で広がり始めている状況において、現在との接点を持ちながら将来の可能性も含めた技術分野を優先したものである。これには地盤に関わる環境問題に先進的に取り組んでいる研究者との対話（京都大学 嘉門雅史教授、長崎大学 後藤恵之助教授）ならびに国際的な動向などの情報収集を参考にした。なお、この例示にあたって広範な領域を対象とする地盤環境工学と、例示された課題群の関連についての説明が十分でなく、些かの混乱を招いた点は反省課題である。例示した技術分野をAからIに示す。

A：汚染地盤の修復に関わる問題

汚染地盤の調査、汚染の広がり、リスク分析、修復技術など

B：廃棄物処分場(有害廃棄物、一般廃棄物)に関わる問題

汚染源の隔離に関わる技術、処分場の跡地利用に関わる問題

C：核廃棄物貯蔵・処分に關わる問題

D：酸性雨、酸性土壌に関わる問題

E：砂漠化防止に関わる問題

F：海面上昇と社会基盤に関わる問題

G：地盤に関わる環境影響物質循環、水循環問題

H：生物、生態系に関わる地盤環境問題

I：その他

以下そのアンケート結果（詳細は付録参照）に基づいて、地盤環境工学に対する期待を大学と民間で対比することにより、社会的認知の状況、社会ニーズの分析そして各機関における取り組みの現状（人材活用、教育を中心として）を考察する。なお、国立研究機関等についてはサンプル数が少ないため、ここでの対比では取り上げていない。アンケート結果については付録を参照されたい。

2.1 社会的認知の状況

地盤環境工学がどのように認識されているのかを各機関における取り組み状況から見る事が出来る。図 2.1.1 と図 2.1.2 に大学と民間での地盤環境問題での対応状況を示した。先進であるべき大学より、民間の取り組みが先行しているようにも見え、大学での今後の取り組みが期待される。

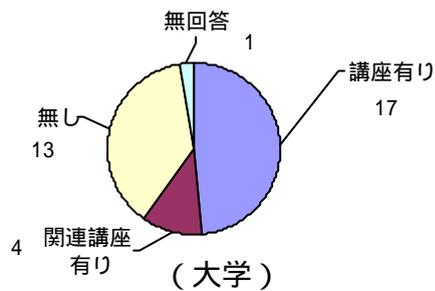


図 2.1.1 地盤環境専門の講座の有無

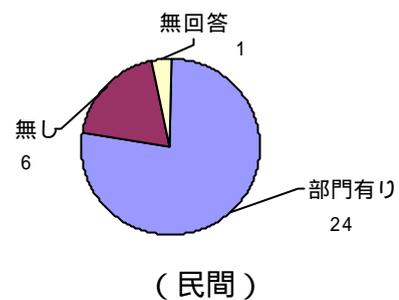


図 2.1.2 地盤環境専門に対処する部門の有無

また各機関での研究レベルを欧米と比べてどのように認識しているかを、代表的な分野のみを大学と民間で分けて図 2.1.3 に示す。

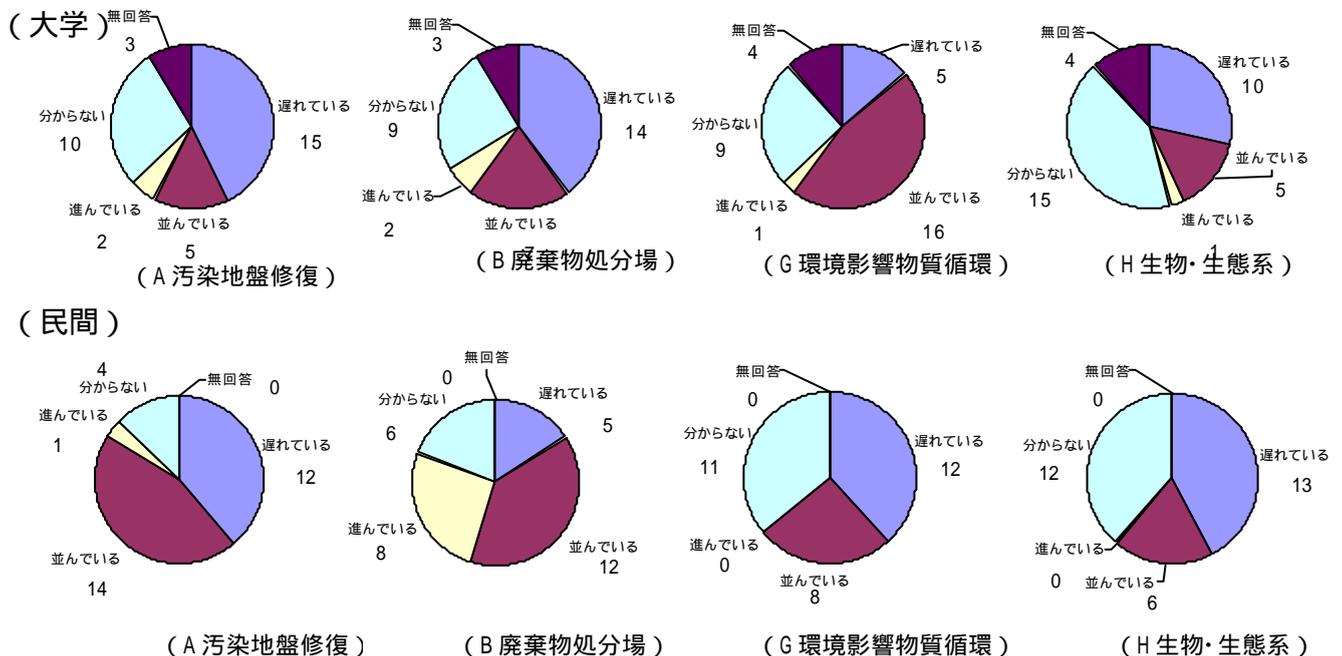


図 2.1.3 国内の研究レベルの欧米との比較

図 2.1.3 には「分らない」の回答数が多い。これは、回答者が全ての分野に精通しているとは限らない、回答者の所属する大学や企業でその分野の開発を行っていない、興味を持たれていない、などの理由によると考えられることから、評価においては「分らない」の回答を外して解釈するようにした。大学、民間とも全体的には欧米に比べ遅れているという認識がどの分野でも概ね半数を占めている。民間において汚染地盤修復や廃

棄物処分場などでは「並んでいる」と認識されている。地盤環境問題に関する分野の中では比較的早くからビジネスとして進められていた領域であり、相応の業務実績を上げていることが理由として考えられる。

図 2.1.4 にわが国の大学における地盤環境工学分野の海外研究機関との交流の有無を、また図 2.1.5 に環境全般から地盤環境に関する外部講師(他大学、企業等)の授業の有無を示す。欧米との研究レベルで「遅れている」との回答が多いにも拘わらず、大学において海外の研究機関との交流は進んでいるとはいえないようである。さらには、(おそらく国内の)外部講師の授業も少なく、学外との交流も多くないことが伺える。

また、大学の研究レベルを企業の研究レベルとの比較で民間がどう認識しているかを図 2.1.6 に示す。「低い」、「同程度」の回答数を合すると全体の 3/4 程度を占め、地盤環境工学における企業の自信の程が伺える。実務を遂行する立場から様々な状況に遭遇する、実測データがオープンになり難い、といった状況から民間企業にデータが蓄積されていることがひとつの理由と考えられる。



図 2.1.4 大学における地盤環境工学の研究で海外の大学や研究機関との交流の有無

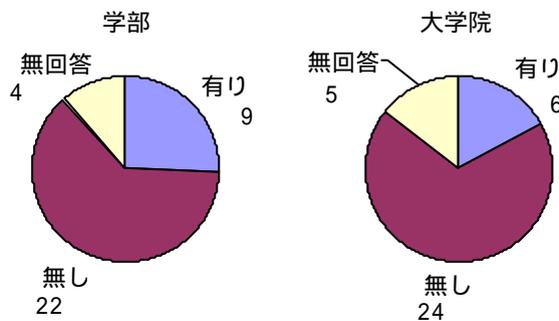


図 2.1.5 大学における環境全般から地盤環境について外部講師の授業の有無

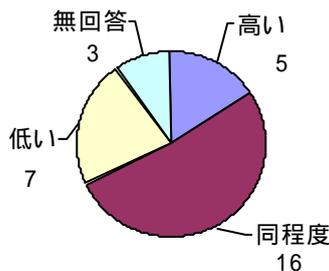


図 2.1.6 民間から見た大学の研究レベル

2.2 社会的ニーズの分析

大学と民間で現在実施されている技術開発分野をアンケートすることで、現在、どのような技術分野が必要と認識されているかを示すのが図 2.2.1 である。大学、民間とも汚染地盤修復、廃棄物処分場、環境影響物質循環、核廃棄物に関する技術開発が多く行なわれている。また民間では生物・生態系に関する開発も多く行なわれている。大学では土木系学科からの回答が大半を占めることから生物・生態系への関与が若干低く現れているものと考えられる。海面上昇、砂漠化、酸性雨に関する技術開発は大学で行なわれているが、民間ではほとんど実施されていない。これらは問題として認識されているものの、現時点ではビジネスとして成立する分野でないことが理由と考えられる。

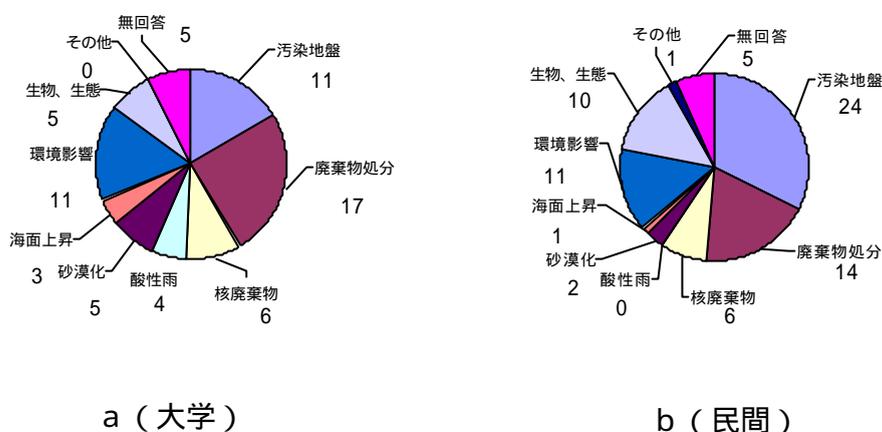


図 2.2.1 現在取り組まれている技術開発の分野

民間企業が地盤環境問題をビジネスとして捉えた場合の、現在と将来の市場性(国内に限定)を主な分野別に図 2.2.2 に示す。

汚染地盤修復、廃棄物処分場については現時点で市場が開けており、将来的にも拡大すると考えられている。それに対して環境影響物質循環、生物・生態系は現在、市場が具体化していないが近い将来に顕在化すると予想されている。海面上昇、酸性雨といった分野は現在の市場は小さく、将来も拡大を予想する回答が少ない。これは、さらに遠い将来において問題が具体化するものと考えられていると思われる。

研究開発の方向性と市場性予測は傾向が一致しており、民間企業においては市場と連動して技術開発が進められていることが分る。現在と将来の市場性も考慮して、大学と民間がどのように技術開発の役割を分担するか検討の余地がある。

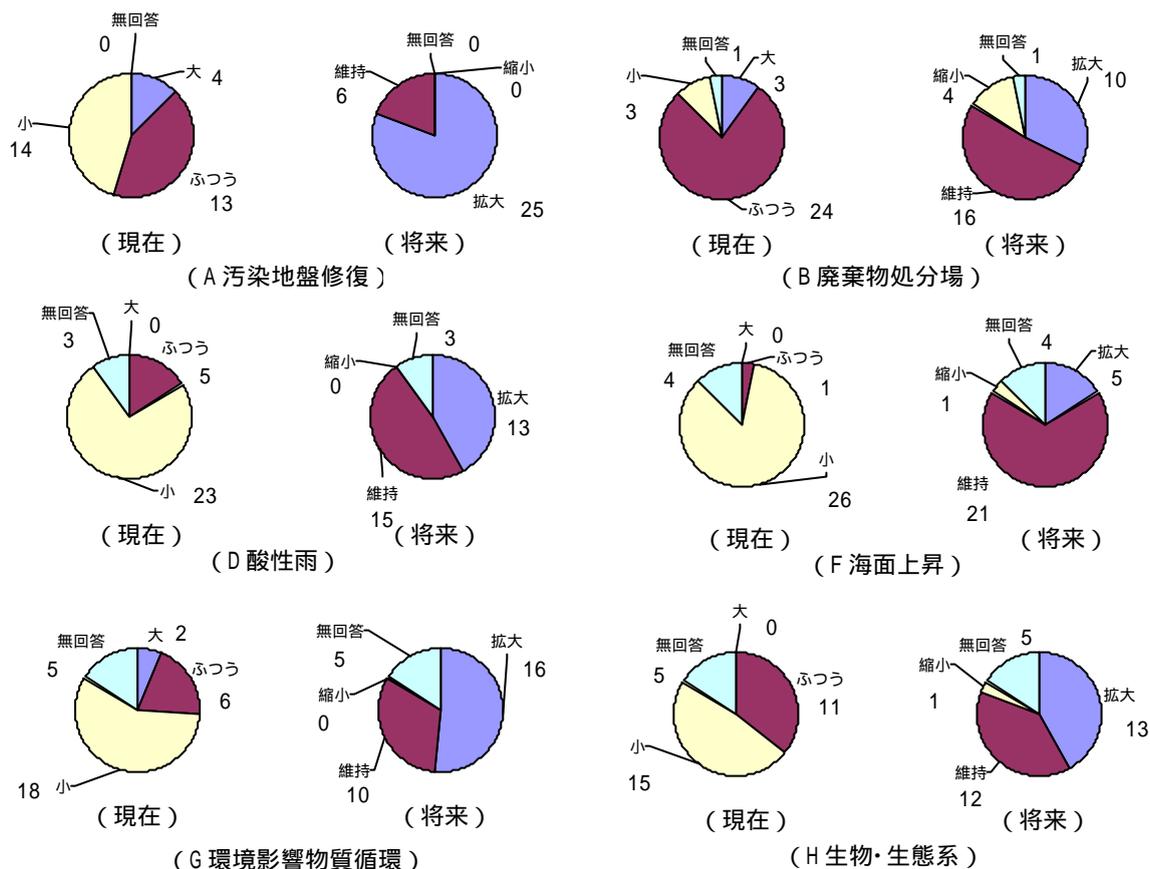


図 2.2.2 主な分野別の現在と将来の市場性（国内に限定）

地盤環境工学は社会的認知度がけっして高いものではなく、認知度を向上させるために必要な方策が求められる。企業ではその方策として、環境教育、宣伝活動に期待する声が半数近くを占めており、地盤環境問題に対する正しい知識を普及させることの重要性が示されている。また、汚染情報公開に対する意見も多く、ややもすれば隠されがちな汚染情報を公開し、正しい情報を伝え信頼を確保する必要性が問われている。もっとも、この点に関しては、2002年5月に制定され、2003年2月から施行されている土壌汚染対策法がその方向にある。社会的認知度向上のために大学の果たすべき役割は、公開講座、市民講座等による地域住民、社会に対する環境教育である（一部では既に実施）との意見が多く、大学と民間の認識とは一致している。すなわち、社会に対する様々な形での情報発信が社会的認知度の向上に必要な方策である。

地盤環境問題に関して産学官のなかで大学の果たすべき役割を大学自身がどの様に受け止めているか記述式でアンケート調査した。おおむね、基礎研究の推進が大学の重要な役割であると認識されている。さらに、産・官のパイプ役、住民との合意形成の調整役、幅広い産業を連携する橋渡し役、プロジェクトや行為・制度等への監視役（問題発生前に警鐘を鳴らす役割）、など中立の立場から社会に対して多くの役割が期待されていると認識されている。

地盤環境工学に携わる技術者には地盤環境技術のスペシャリストという側面と社会との関わりの中で広範囲な活動家としての側面の両方が要求されているものと考えら

れる。すなわち、これまでの土質・地盤工学のみならず化学、生物といった幅広い基礎知識を駆使して、社会に対して安全で健全な「地盤」を提供することが地盤環境工学に携わる技術者の使命であり責務である。

2.3 人材育成・研究開発に関する産学の期待と役割の分担

地盤環境工学に関して各機関の取り組みを、役割分担、人材育成、研究開発費についてどのような考え方が示す。

図 2.3.1 は地盤環境工学に関する大学と民間(企業)の役割分担を示したものである。大学と企業の役割分担に関する意識は概ね一致しているが、どの項目でも大学だけには任せておけないというメッセージを感じる結果となっている。

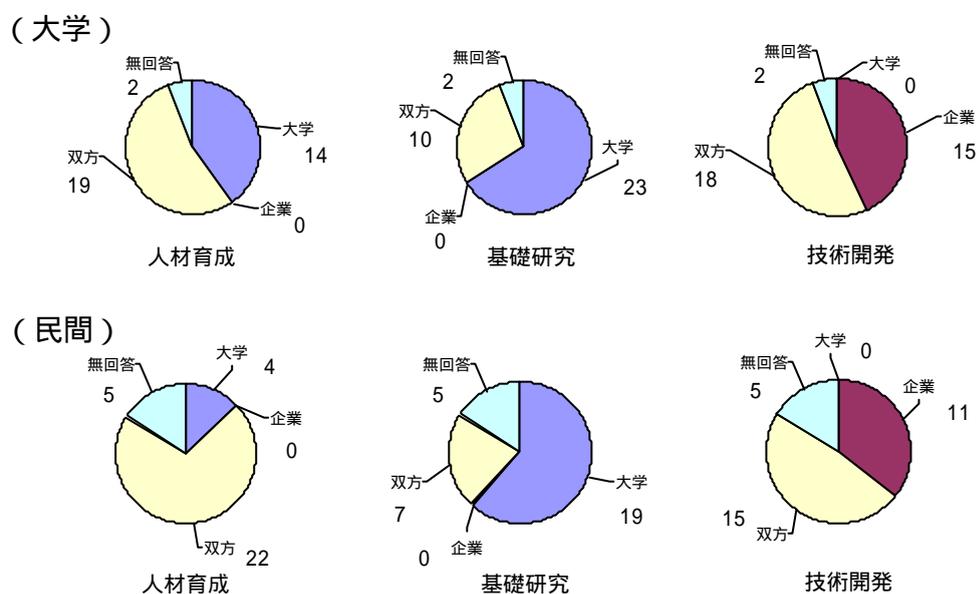


図 2.3.1 大学と民間(企業)の役割分担

民間企業が大学に求める人材育成の方向と、それに対する大学の認識の相違を図 2.3.2 に示す。企業は実務能力のある人材を強く求めており、次いで基礎研究の能力を求めている。企業は工学を実践する立場から大学において実務能力を育成することは必要であると考えている。

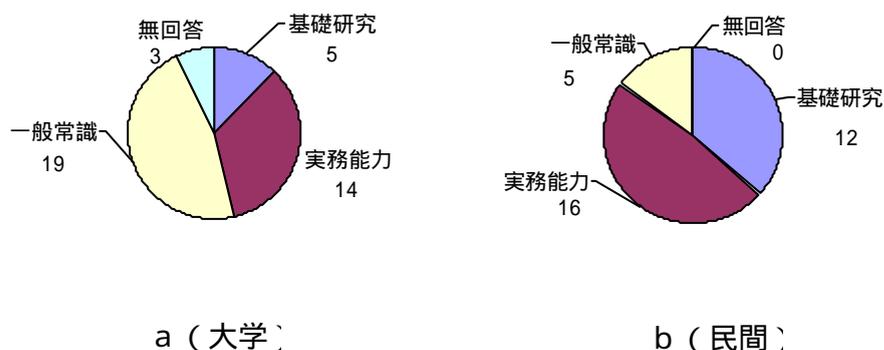


図 2.3.2 地盤環境工学の人材に対する期待

大学もその事を意識しているものの、大学の半数は一般常識で良いと考えている。教育の場として必然であると考えられる反面、地盤環境工学として必要な基礎的知識を体系的に教育するシステムが未整備であることから、環境一般常識を教育するに留まっているとも推察される。

大学においては学生に不足する資質を、民間(会社)においては現有のスタッフに不足している知識に対する評価を図 2.3.3 に示す。企業において地盤環境問題に携わっているスタッフの大部分が土木系学科出身である(参考図)ことから、不足している知識は化学、生物に関する分野が多くなっている。大学においても土木系学科からの回答が多いため化学、生物に関して学生の素養が不足していると推定される。将来拡大する技術分野として環境影響物質の問題や生物・生態系の問題が認識されている(図 2.2.2)ことから、土木系学科においても生物、化学分野の教育・基礎研究を行なうシステムを整備するとともに、生物、化学に興味を持つ学生を受け入れる必要があると言え、入学試験でも生物や化学を選択できるようにするべきであろう。

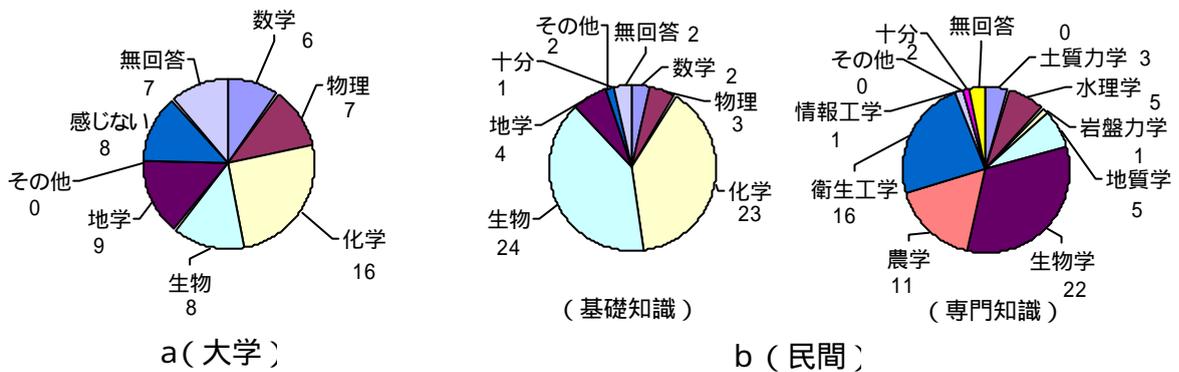
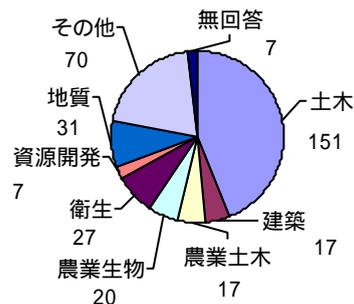


図 2.3.3 大学における学生の資質と民間(会社)での不足知識

(参考) 民間設問 [4]

地盤環境問題に携わる技術スタッフの専門を人数でお答え下さい。

(回答された人数の累計を右グラフに示す)



さらに、企業において今後どのような技術分野を習得したスタッフを必要としているかを図 2.3.4 に示す。汚染地盤修復、廃棄物処分場、環境影響物質循環、生物・生態系の分野を修得した技術者が望まれており、将来必要性を感じている技術分野の傾向と一致している。具体的には「土質工学と化学分野が同時にわかる人」、「化学、生物学の基礎技術を習得している人」、「土木工学的マインドを持った各専門家(化学、等)」といった要望がみられ、地盤環境問題においては化学、生物の知識が不可欠であることが浮き彫りとなっている。さらに「環境の経済的価値が評価できる人」の意見があり、技術面

の充実とともに、民間においては経済的側面を判断でき、地盤環境問題を総合的にマネージできる人材が今後必要になることが示唆されている。

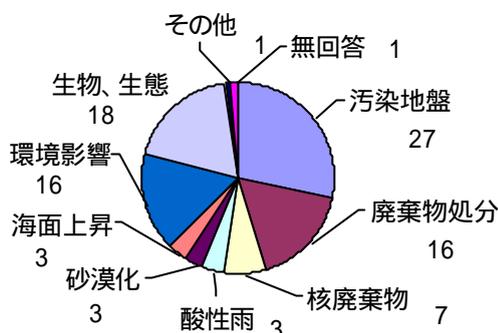


図 2.3.4 民間が将来必要と感じているスタッフの技術分野

地盤環境工学の研究開発費として公的な資金の活用状況を図 2.3.5 に、その充実の期待の程度を図 2.3.6 に示す。研究開発費の確保先として公的な研究助成制度への期待が非常に大きいですが、実際に活用したのは全体の 1/4 程度にとどまっている。今後、研究助成制度のますますの充実が望まれる。また、企業においては、通常では測定困難なデータが研究助成制度のお墨付きのもとで入手できるなどの利点もあり、技術開発促進の面からも制度の整備が期待される。

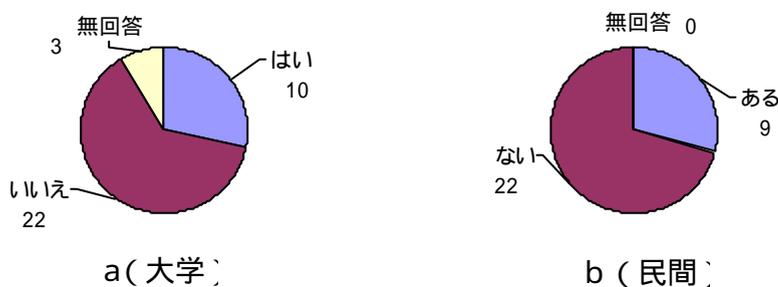


図 2.3.5 公的研究助成費（科研除く）の活用程度

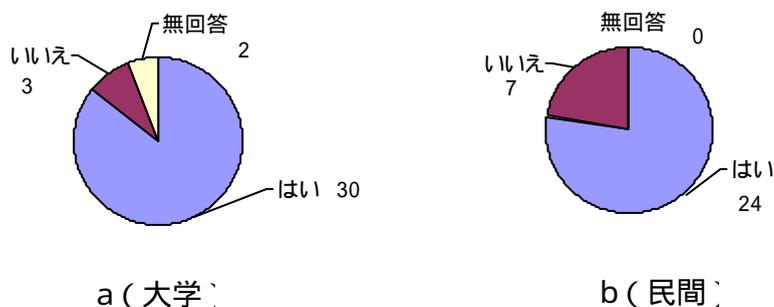


図 2.3.6 公的な研究助成制度への期待

2.4 充実が望まれる課題

図 2.4.1 は、将来充実の望まれる技術分野を各機関がどのように考えているか示すものである。現在取り組んでいる技術分野（図 2.2.1）と対比すると、汚染地盤修復、廃棄物処分場、環境影響物質循環、核廃棄物に関する技術開発は現時点と同じく将来においても必要であると大学、民間ともに認識している。各々の分野の傾向は、汚染地盤修復については大学の意識は高まっているが、民間では減少している。廃棄物処分はその逆の傾向である。核廃棄物については大学・民間ともに急増している。環境影響物質については横這いである。民間では海面上昇、砂漠化、酸性雨に関する必要性が大きく高まっている。大学では海面上昇、生物・生態系に関する開発の必要性が大きく高まっている。これらの分野は将来的に問題が顕在化すると予測されているものと考えられる。海面上昇は、それに起因する低平地の問題や地下水位の上昇といった力学的現象を伴うことから土木系学科において研究の対象になるべきものである。一方で、生物・生態系に対しても土木系学科からの回答が大半を占めた。生物・生態系への影響の程度が地盤環境における重要な評価尺度であることから、地盤環境工学では土木系学科においても地盤だけでクローズすることなく、生物などの分野の知見を取りこんでいく必要があるとの認識が高まっていると言える。

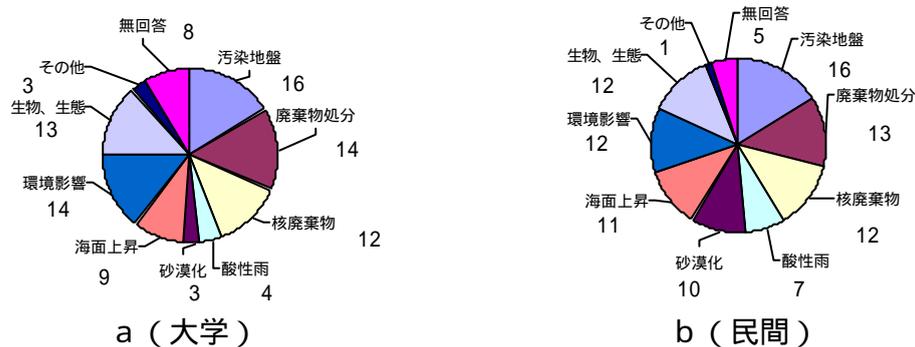


図 2.4.1 将来の技術開発の分野

それでは、環境問題について地盤を研究するグループと化学や生物などのグループ間に学内を横断する協力体制ができているかを調査した結果が図 2.4.2 である。また、これから地盤環境問題を専門とする講座(研究室)を増設する計画については図 2.4.3 に示す。上述した通り将来の技術開発ニーズからは生物・生態系などの必要性が伺えるが、学内では生物、化学分野との協力体制が進展していないのが現状である。地盤工学と生物、化学分野を統合していくためにも、地盤環境問題を扱う講座を増設するためにも、まず地盤環境工学の体系化が急がれる。

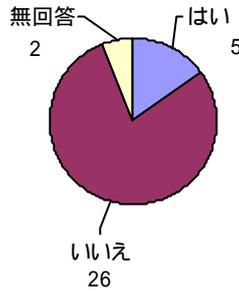


図 2.4.2 環境問題で化学とか生物などの学内を横断する協力体制があるか？

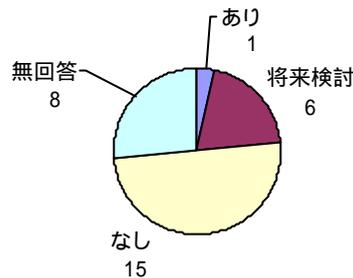


図 2.4.3 地盤環境問題を専門とする講座(研究室)を増設する計画

2.5 地盤環境工学のあり方

アンケート回答者の自由記述意見を概観すると、相当数の大学研究者が関心はあるが地盤環境工学を主体的に捉えているわけではなく、関連するものがあるという程度の認識であることがうかがえる。地盤工学を地盤環境工学として大きく変貌させるようなダイナミズムは感じられないが、その役割を強化する必要性を指摘する記述もあり、一部の研究者にはその重要性が理解されつつある。

一方民間企業の場合、ビジネスとして捉えて幾つかの特化した課題に対して人的資源を集中させている傾向にあるが、将来的にもその対象を広げていく必要性を認識している。ただ地盤環境問題は決して採算性の高いものではなく、企業活動の一つとして対応すべきとの意識が強く感じられる。

しかしながら、21世紀は環境に常に配慮した大きな枠組みの中で行動することがわれわれの社会活動を維持発展させていく上で重要であり、地盤環境に関わる人間にとっても大きな使命として捉えることが重要である。次世代を担う人材を育成するためにも体系作りと教育システムの改革は急務である。

第3章 地盤環境工学を担う人材育成

3.1 人材の活用方策

「魅力ある地盤環境工学」を構築するためには、既存の地盤工学とその関連分野をベースにした学際的で複合的な新しい学問体系づくりや、業際的な職種領域を開拓することが求められ、そのためには、人材すなわち優れた人的資源(human resource)の充足が重要となる。

今日まで、職業人としての高度専門職の人材養成は、主として高等専門学校・大学・大学院などの高等教育機関による学校教育および就業中での企業内・企業外などの継続教育を通じて行なわれてきた。これら大学ならびに産業界の教育の現状課題と将来への提言については、人材育成の主体部分をなすので次節以降で具体的に述べる。

本節では、学校教育と継続教育と絡んで、今後の人材育成システムを考える上で見逃せない側面「人材の流動化と雇用形態の変化」への対応に言及しておく。最近のわが国の社会的潮流として雇用情勢の枠組みの変革は、徐々にではあるが確実に進行中であり、人材育成を考えるうえで避けて通れない課題となっている。この動きの底流にあるのは、能力主義に基づく人材活用すなわち効率的な人材の流動である。これからの地盤環境工学分野の人材育成においてこの「人材流動性の促進」の潮流を有効な方策として活かすことが大切であろう。

(1) 教育システムとコンテンツ

人材の流動性を含めた適切な人材の確保を進めるには、人材教育のシステムとプログラムの充実が喫緊の問題であり、それらの内容に関わる重要なポイントとして下記の点が挙げられる。

a) モチベーションの付与

意欲ある優秀な人材を確保するためには、分野自身に魅力をもたせ、人材を呼び込むインセンティブは何かを明確にすることが大切である。地盤環境工学は、近年、社会に好感をもって迎えられつつあるものの、従来の見方は、どちらかというとい工学すなわち開発は、環境とその保全と対立するものとして認識されてきたきらいがある。その責任の多くは建設技術者・環境技術者側にもあったことは否めないが、これからはこうした観念を払拭するものでなければならない。二律背反するかのよう受けとられてきたこの問題を矛盾無く解決できるのは、地盤関係ではこの新しい地盤環境工学であり、安全で快適な地盤環境を技術的に調和・保全・修復・創成し得るのは今後の地盤環境工学の発展に懸かっているという信念に立ち、ポジティブに取り組む姿勢が必要である。

また、若い世代は、先進国ほど理工系離れが進んでいるといわれているが、他方では、若者たちは国際的にも国内的にも大きく注目されている地球環境や地域環境に関心が深い。環境に配慮し問題を解決することは、社会に貢献し、事業として意義が大きいという認識を、次世代を担う若年層に広く知ってもらうことが肝要である。

b) 豊富なコンテンツおよび教育システムの柔構造化

地盤環境工学が取り扱う学問領域は、極めて学際的で、教育上も修得すべき科目が広

範多岐であるという特徴がある。ジェネラリストといえども、通常、一人が全てをカバーすることは期待できない。またスペシャリスト教育にもおいても多種多様な特化した組み合わせが想定される。教育カリキュラムの中で、最新の専門技能と実務能力を養い、異分野からの転入や学際的な学習者に対応するため、豊富なメニューやコースの提供を可能とするように、教育システムの柔構造化が求められる。具体的提言は後述する。

(2) 人材の流動化への対応

現在のわが国では建設分野の技術者数が過剰といわれ、地盤工学の関連分野も例外ではない。日本型雇用制度体制がほころびをみせ、境界分野や他の職域への転進・転職への抵抗感は次第に少なくなりつつある。要するに、人材流動化の促進のねらいは、市場原理に基づき、必要な領域にできるだけ優秀な人材の質・量を充足させることにあることから、学際的な地盤環境工学ではこうした動きは好機と捉えることができる。

a) 学校教育でのリカレント教育の充実

被教育者は、大別して、大学レベルではフレッシュマンのみならず学部編入学者（転職者・離職者も含む新規参入の under-graduates）、大学院レベルでは既成分野の専門キャリアを有する技術者（社会人入学など有職者の進級・転向を含む post-graduates）がある。例外的には教育者側（大学教師や企業の技術指導者層）も学際的な新分野の能力や知識の修得という観点で対象となろう。

人材流動化にあわせて、新しい職能の修得を目指す者へのリカレント教育体制の充実に向けて、大学・大学院へのアクセスを多様化し容易にする制度を検討する必要がある。

b) 高度教育機関の機能強化

技術やシステムの高度化、競争の激化などの流れを受けて、最近は多くの企業はオン・ザ・ジョブなど社内教育のみによる必要な人材養成が不可能となっている。それに肩代わりする高等教育機関や学協会による再教育・追加教育に対する教育機能の充実への期待が大きい。すなわち従来の企業内教育のアウトソーシング化へのニーズが高まりつつある。また、実際の業務をこなしながら上級の学位を取得したい技術者の潜在ニーズも高い。学際分野・新領域学問への対応、また、異分野からの人材流入に対して、大学院や研究機関を社会人である高度技術者の再教育の場として強化することが求められよう。

また、環境技術の国際舞台では、メガ・コンペティション時代の戦略的 R&D が必須となっている。産官学を問わず地盤環境工学の基礎・応用研究に携わる技術者育成への必要性は大きい。技術革新の世界での COE になるためには、独創的フロント・ランナー技術者が欠かせない。そのためには、知識付与型でない能力付与型すなわち問題発見と対応能力、論理的思考能力などの総合的基礎力拡充の教育が強く求められ、濃度の濃い教育が必要となる。地盤環境工学の分野はとりわけ複合的学問領域の特徴を持つことから、上記のような先端的な高度技術者の育成には既往の分野での各人の実績は貴重な糧となろう。したがって関連する周辺領域からも経験豊かな有能な人材の流入を受け入れやすい体制であることが望ましい

以上に述べた、業界内・産官学間移動という人材流動化の流れの中で、優秀な人材の

確保に実効性をもたらすためには、行政レベル、会社間、業界枠を越えて、各界が歩調をあわせての連携協調が欠かせない。その支援施策には例えば、能力主義などモチベーションを生む人材評価システム、技術開発成果の評価制度、日本型チームワークを活かすような再編、人材流動化支援バンクやネットワーク、などが挙げられる。

3.2 大学教育の現状

3.2.1 大学教育の現状に関する各種調査結果

(1) 土木系教育の現状

本委員会で実施したアンケート調査結果(第2章)によれば、学部教育において何らかの形で地盤環境工学の講義をもっている大学は全回答数35件のうち、ほぼ半数であり、さらにその半数の約25%の大学で地盤環境工学に関する独立した科目を設けている。残りの大学では地盤(地質)工学の中で講義するか、またはいわゆる環境工学の中に地盤環境工学の内容を組み込んでいる。

大学院教育について同様な観点でみると、何らかの形で地盤環境工学の講義をもっている大学は全回答数35件のうち約60%で、さらにその60%、全体の35%の大学で地盤環境工学に関する独立した科目を設けており、学部教育に比べれば独立した科目を設けている大学の数が10%程度増えていることがわかる。

これを教育方針の面で見ると、学部では回答数39のうち一般常識26で、大多数が一般常識程度の内容にとどまっているとみられる。大学院では回答数41のうち一般常識13、基礎研究17となっている。このような現状では、学部教育はもちろんのこと大学院教育においても、実務能力や基礎研究能力を期待している企業の要求に応えられる状況にはないと言えよう。

アメリカおよびカナダの大学の例として、C. D. Shackelford (1998) が USUGGER (United States Universities Council on Geotechnical Engineering Research) に加盟している大学について、1998年に地盤環境工学に関する大学院の教育プログラムについてアンケート調査したところによると、回答数28のうち地盤環境工学の独立したプログラムを有する大学は4%と少ないが、71%の大学で従来の地盤工学のプログラムの中に地盤環境工学分野のプログラムを設定している。また、環境工学その他のプログラムの中に地盤環境工学分野のプログラムを設定している大学が25%となっている。このように、大半の大学で地盤環境工学分野のプログラムを設定しており、しかもそれは従来の地盤工学の教育プログラムと強く連携していることがわかる。また、修士の学位取得のために必要とされる科目数は大学によって幅があり、4~10で平均7.3科目となっている。一方、地盤環境工学プログラムの中で履修が義務付けられている地盤工学関連の科目として、大半の大学が土質力学および基礎工学を挙げている。また、地盤環境工学に関連する他のプログラム中に組み入れられている地盤環境工学関連の

科目として、きわめて多くの大学が共通して環境・化学工学、水文・水理学、地質学のコースを挙げている。このことを受けて Shackelford は、化学が環境・化学工学にも、水文・水理学にも、さらに地質学にも関連することから、化学のしっかりした教育が必要であることを強調している。

学部教育に関するまとまった調査結果は現状では入手できていないが、たとえばカナダ・アルバタ大学土木環境工学科の例では、当然のことながら環境工学関連の科目がしっかり配置され、その中に地盤環境工学関連の科目が相当数、用意されている。

ケンブリッジ大学の曾我健一氏が、イギリスにおける地盤環境工学教育の状況について2002年に12の大学にアンケート調査を行ったところ、8大学で地盤環境工学を独立したひとつのコースとして教えており、残りの4大学では地盤工学の授業の一項目として教えているというような状況であった。

曾我氏によれば、各大学の地盤環境工学の講義科目に取り上げられている項目は大きく(1)汚染地盤の調査と評価および浄化、(2)廃棄物処理場の設計の二つに大別される。(1)については化学物質の紹介、地盤中での挙動、地盤調査法、止水壁、浄化工法の紹介などが主な項目であるが、イギリスでは2002年4月に汚染地盤をリスク的手法を使って評価する法律が制定されたことに伴い、今後はリスク評価法に関する講義内容が増えるであろうことを指摘している。(2)については、廃棄物処理場の水文学、粘土ライナを含めた廃棄物処理場の設計、ごみの変形と沈下、ガスの発生とその処理などが主な講義内容であり、ガスの問題が特に取り上げられているのは、1980年代ごろ廃棄物からの発生ガスによる爆発事故が背景にあると推測している。

大学院に関しては2つの大学で修士特別コース(MSc in Geoenvironmental Eng.あるいはMSc in Contaminated Land Management)を設けており、その講義内容は多岐にわたっていて、前述の(1)(2)に加えてイギリス並びにEUの環境法、環境アセスメント、さらに生物、化学分野についての科目も履修させるといった総合的な修士プログラムになっている。

このように、イギリスにおいては、アメリカのように足並みそろえてというような状況にはないようではあるが、特定の大学では具体的で多岐にわたる総合的なプログラムを設けている状況が伺い知れる。

以上、地盤環境工学教育に関する国内外の実状を調査した結果、わが国の土木系大学教育の現状は、欧米の大学に比べて対応が大幅に遅れていると言って過言ではない。

(2) 農業土木系教育の現状

現在の大学では、「農業土木学」と表記した学科や専攻はほとんど残されていないので、旧農業土木学であり、現在もその教育研究内容を継承している分野全体を含むこと

とする。ちなみに、旧農業土木学は、現在、生物資源工学、地域環境工学、環境資源工学、生物生産環境工学など、類似した名称に変更となっている。

大学から「農業土木学」が消えたのは、入学希望者、進学希望者の数が激減したからである。これらを、生物資源工学、地域環境工学、環境資源工学、生物生産環境工学などと改称した大学は、おおむね学生数が回復し、ほぼ従来の教育研究規模を保っている。同時に、大学での研究内容も「農業土木学」とは呼びえないような幅広いテーマが選択されるようになり、ある種の新鮮さを取り戻しつつある。環境関連の研究テーマが増え、毎年農業土木学会全国大会では、環境部門への発表希望者数が急増し、会場が満席になって溢れてしまうほどである。

農業土木系では、地盤環境工学または環境工学関連の学部教育科目は年々増加している。現在の主な関連講義名を例示すれば、

国立大学Aの場合： 地域環境工学概論、農地環境工学、水利環境工学、環境地水学、生物環境工学、生物環境情報工学、景観デザイン論、水処理工学、

国立大学Bの場合： 地域環境管理学、地域生態学、環境工学セミナー、環境アセスメント論、生物環境制御システム論、資源・環境管理制度論、

私立大学Cの場合： 生物環境工学概論、地域環境保全学、農地環境整備学、環境土木施設工学、生物環境調節工学、生物地域環境計画学、環境整備工学などがある。

農業土木学会が平成11年度に国、都道府県、公団、コンサルタンツ、建設会社などへ行ったアンケート調査（小泉，2000）によると、学部卒業生に対しては、「実用技術に結びつく基礎技術を大学で学ぶことを期待する」という調査結果が報告された。ところが、同じ調査で、大学院修士課程修了生に対しては、「環境関連、農村計画関連の学力を期待する」という、学部への期待とは異なる要望が圧倒的に多かった。

以上の実態を踏まえると、農業土木では、環境関連科目を、まず大学院修士課程で強化し、徐々に学部教育に広げていくことが、大学内外の要望に応える当面の道筋となっている。

（3）環境工学系教育の現状

「環境工学科」として独立した学科を有する国内の大学の数は多くないが、ひとつの例によって考えてみる。表3.2.1は某国立大学の環境工学科の専門教育カリキュラム例である。専門基礎科目として、2年次2学期に環境化学、計4単位、微生物工学2単位、3年次1学期に分析化学が2単位いずれも必修で配置されている。また、工学基礎科目として土の力学、専門基礎科目として土の力学が選択で配置されており、土の力学は選択ではあるがほとんど必修と同等の履修状況にあり、土の力学は50名の学生中90%が履修している。構造力学についても科目の配置等、土の力学と同じ扱い

になっている。流体工学については、いずれも必修で4単位が配置されている。

表 3.2.1 環境工学科専門教育カリキュラムの例

2年1学期	2年2学期	3年1学期	3年2学期	4年1学期	4年2学期
		工学基礎科目 気象学(2)	構造力学 (2) 土の力学 (2)	インストラクション マネジメント(2)	
専門基礎科目 環境工学序論(2) 都市代謝工学(2)	環境統計学(2) 流体工学 (2) 水文学(2) 環境生理学(2) 環境化学 (2) 環境化学 (2) 微生物工学(2) 反応工学(2) 分離工学(2) 環境物理(2)	計画数理学(2) 流体工学 (2) 流体工学演習(1) 分析化学(2) 熱工学 (2) 熱工学 (2) 熱工学演習(1)	環境システム工学(2) 数値計算演習(1) <u>寒地工学(2)</u>	<u>構造力学 (2)</u> <u>土の力学 (2)</u>	
		専門科目 環境工学実験 (1)	環境工学実験 (1) <u>環境衛生工学(2)</u> <u>環境保全</u> <u>システム工学 (2)</u> <u>人間環境計画学(2)</u> <u>廃棄物資源工学(2)</u>	<u>環境工学</u> <u>ゼミナル (1)</u>	<u>環境工学</u> <u>ゼミナル (1)</u>

(注：アンダーラインは選択科目で他は必修)

以上のようなカリキュラムで教育を受けた学生の大学院におけるメニューはどうかというと、約半数が都市環境工学専攻の人間環境計画学（エネルギー）と環境衛生工学（水質・水代謝）専修、残りの半数が環境資源工学専攻の環境保全システム工学（大気・水環境）と廃棄物資源工学（処分・管理・再生）専修関連の講義を受けることになる。ちなみに廃棄物資源工学専修が担当する講義を挙げると、「廃棄物管理計画特論」、「リサイクルシステム特論」、「廃棄物処理工学特論」、「廃棄物処分工学特論」、「資源再生利用学特論」および「資源分離精製学特論」などとなっている。

3.2.2 現状の教育システムによる望ましい人材育成の可能性

(1) 土木系の場合

土木系主体の本委員会アンケート結果によれば、大学・企業ともに化学、生物に関する知識の不足が指摘されており、地盤環境問題に携わる技術スタッフとして「土質工学と化学分野が同時にわかる人」、「化学、生物学の基礎技術を習得している人」が望まれていることがわかる。これまで地盤環境問題に携わってきた技術スタッフの大部分が土木系学科出身であったこと、従来大学のシステムでは土木系のカリキュラムの中に化学、生物に関するメニューがほとんど用意されていないことから、この結果はある意味

で当然といえよう。

アンケート結果をみる限り、地盤環境工学に関するわが国の土木系大学の取り組みは欧米に比べて大きく遅れており、特に学部教育においては一般常識程度の扱いになっていることが浮き彫りにされた。また、地盤環境工学の基礎をなす学問分野としての化学、生物に関する知識の不足が指摘された。したがって、現状のままでは地盤環境問題を担う望ましい人材の育成はおぼつかなく、これらを強く認識した上での教育プログラムの整備の必要性が示唆される。

(2) 農業土木系の場合

農業土木学分野から地盤環境工学へ輩出した人材が多いとは思われない。しかし、近年明らかにその数が増加傾向にある。農業土木分野からは、物質循環を取り扱う人材、農村や林野など自然生態系に近い空間の地盤環境工学を取り扱う人材、特定の地域を対象とする地盤環境工学を扱う人材、などを輩出しているが、これに加えて、化学や生物や地学において基礎知識を有する人材、「水」と「土」と「人」との関わりを現実的に把握できるバランス力を有する人材、などの育成に貢献する必要がある。

(3) 環境工学系の場合

3.1.1 に示した例のように、環境工学の基礎科目として生物、化学を履修し、かつ地盤工学を含む土木工学の基礎科目を修得した上で、さらに大学院修士課程において地盤環境工学に特化した科目が履修できるようなコースを設定することができれば、「化学、生物学の素養を身につけ、土木工学的マインドを持った地盤環境工学技術者」の育成が可能になるものと考えられる。

3.2.3 教育・研究に関する分野横断的協力体制の現状と将来

土木系主体の本委員会アンケートにおける「地盤環境問題で化学、生物など学内を横断する研究協力体制ができていないか？」との質問に対し、回答数 28 のうち「できていない」とする回答が 21 と、ほとんど進んでいない現状にある。学内横断的なプロジェクトの存在がなければ、協力体制の構築は進展しにくいという現実はなかなか打開しにくいのであろう。この点は教育プログラムの面にも反映され、従来の学部、学科の枠組みの中で「自前」で実行可能なカリキュラムを考える傾向に陥りがちになる。したがって、思い切った教育プログラムの改革の実現は言うほどに容易ではないが、近年の組織改革において、従来の学部と大学院が一体となった組織からの脱却の試みが各大学でなされていることから、実現の兆しは見えていると言ってよいであろう。

農業土木学会では、最近「水土の知」というタイトルの将来ビジョンを作成し、全国へ普及を図っている。これは、従来の農業土木学を 21 世紀に発展的に継承し、改めて国土の「水」と「土」そして「人」をしっかりと見直そうという思想に貫かれている。や

や懐古的抽象的表現が用いられているため、まだ、学生諸君に浸透してはいないが、農業土木学の教育現場では、あまり流行に踊らされずに、対象と方法を明確にして知の創造を続けたいとの将来ビジョンをもって、徐々に浸透させたい考えである。

地盤環境工学は、明らかに社会からの期待度が増加しているが、現状ではその期待増加速度に必ずしも追いついていない。地盤環境工学が社会からの期待と要請に応えられるよう、部分的な突出も含めた“不均一な発展”もありうると考えられる。たとえば、上記のような農業土木学の動向は不均一な発展の一員としての機能を果たし得るものと期待される。

3.3 企業における実態と大学への期待

(1) 人材育成の実態

今回のアンケート結果によれば、近年の地盤環境関連ビジネスの拡大傾向、将来性には多くの企業が注目している。このため、多くの企業が地盤環境分野を専門に扱う部署を設立しているが、その設立時期は1996年以前の企業と最近設立した企業とに分かれる。企業の規模、注力する事業分野等による違いであろう。また、地盤環境分野を扱う部署の規模も10名以下の企業と21名以上の比較的大きな企業とに分かれる。この分野に現在携わっているのは半分以上が土木系のスタッフであり、他に衛生工学や農業土木、農業生物などの分野のスタッフが目に付く。現有スタッフでは専門技術、専門知識に限界があり、新たに化学、生物、地質、機械などの素養を兼備し、土木工学あるいは地盤工学のマインドを持った人材が求められている。このようなマルチタレントの育成を企業内で短期間に行なうのは困難である。このため、社外の場合（社外講習、大学等への派遣）に人材育成を求めているのが実態である。また、一部には地盤環境分野の教育・研究が進んでいる海外の大学に留学させるケースも増えている。現在のビジネスのスピード化は従来型の自前の人材育成を主とする手法の限界を示しているとの指摘もある。このため、地盤環境分野のビジネスに向く人材を他の企業経験者の転職等に期待する傾向も見られる。しかし、長年の終身雇用型の労働慣習がいまだに根強く残る社会で社外から即戦力を求めるにも限界があろう。

(2) 企業における人材確保の将来

ある分野の人材を育成、確保するには、その分野の将来動向を描き、どのような人材がどの程度必要なのかが明確となる必要がある。この点、現時点では地盤環境分野の将来が必ずしも明確ではないが、アンケート結果にも示されるように地盤の環境に関わる問題が遅かれ早かれ課題となり、ビジネスの対象となる。また、今後の社会資本整備の方向が地盤環境工学の知見や手法を必要とするものが多くなることは間違いないと思われる。したがって、企業には地盤環境分野に対応できる人材の質的、量的な強化が求められる。その際の人材確保の方法は以下になるよう。

現在の人材を再教育し、新たな分野に対応させる
地盤環境工学の教育を受けた人材を新規に採用する
地盤環境分野の実務を行っている人材をスカウトする

このうち、現下の社会・経済環境では については困難な企業も多いと思われ、あるいは が主体となると思われる。このような企業等からの要請のうち に対して大学等の教育機関がどう答えられるかが、当面の課題ではないか。

一方、個人に着目すれば、これからの人材流動化の時代には生涯を通じた技術者としての継続的な自己訓練、自主的教育が求められる。このような要請に応える機構として大学等の教育機関とともに学協会の役割が注目され、多くの技術者教育プログラムが提供されつつある。この中には地盤環境工学のような比較的新しい分野も整備されることが期待される。このように、上述の の再教育の実施母体は大学以外に学協会などがあり、また再教育の実施主体は企業が従業員に対して行なう場合だけでなく個人が主体的、自主的に行なうケースも増えるものと思われる。

(3) 大学への企業の期待

アンケート結果によれば企業はこの地盤環境分野の人材育成に関し、基礎研究(基礎知識)を期待する企業と実務能力を期待する企業とに分かれる。企業の規模、自前による人材養成体制の有無などにより、このような二極化が見られるものと思われる。大学に実務能力の充実まで期待するのは無理との現状を踏まえ、実務への橋渡しができる基礎知識を習得した人材が望ましいとする答えもあった。このあたりが、企業が現状の大学に期待できる限界であろう。しかし、実務能力を期待する企業が多かったことに大学がどう対応するのか、検討の余地がある。答えの中に大学に民間経験者を導入して実務能力の養成を図るべしというものもあった。今後の検討課題であろう。

企業の大学に期待する基礎知識には生物、化学をあげる企業が多かった。土木、建築の世界で育った人材で構成される企業では、この分野の基礎知識への必要性が高いことは想像できる。また、現在不足する専門知識に関する問には生物学、衛生工学、農学をあげる企業が多い。いずれにせよ、今後の大学では地盤環境工学を専攻する学生には生物、化学等の基礎知識の習得を課する必要があると思われる。しかし、大学に入学した時点で進むべき方向のはっきりした学生は少ないと思われ、環境地盤工学の専攻を意図した時点でこのような科目の再履修等が容易にできるカリキュラム編成等、大学側の柔軟な対応が求められる。

さて、(2)で述べたように、今後の地盤環境分野の人材確保のために、企業では現有する人材の再教育が必要になるケースが発生する。その際、どこで再教育を施すかが問題であるが、やはり人材の教育には大学等の教育機関が施設、スタッフ等の環境が整備されており、あるいは整備可能である点で適している。最近、大学には社会人教育が求められるようになってきているが、地盤環境分野ではまさに企業技術者の再教育や技術者の継続教育という課題が与えられていると思われる。この点で、大学側にもより積極的に再教育プログラムを整備するなど、社会的要請に応じる体制の整備が求められる。その際、再教育の目的、再教育すべき重点項目、重点分野、重点科目など、再教育希望者のニーズに応じた対応が必要であり、現在の大学の学部、学科等の壁を超えた方式や受講者の必要とする科目のみを重点的に強化するためのプログラムなど企業技術者の再教育や技術者の自主的継続教育に適切かつ柔軟に対応できるシステムを開発することが望まれる。

なお、現在の大学における地盤環境工学分野の教育体制の現状が十分とはいえないこ

とも反映して、この分野の再教育を教育プログラムや体制が充実している海外の大学への技術者の派遣・留学により行なう企業もいくつか見られる。国内の大学の教育組織や体制の改革が遅れると、この傾向にますます拍車がかかることも考えられ、この意味でも大学の柔軟かつ大胆な自己変革が迫られているといえる。

3.4 望ましい人材育成システムのあり方

3.4.1 国内外における実態

日本の大学における地盤環境工学に関わる人材育成は、欧米の大学に比較するとおおきな遅れがあると言わざるを得ない。1998年の第3回環境地盤工学会議において、地盤環境工学の教育をテーマとしたワークショップが開催され、ヨーロッパとアメリカの教育の実態が議論されている。現在、ヨーロッパや米国においては、大学のカリキュラムのなかに地盤環境工学の科目が設定されているほか、大学院においてコースとして「地盤環境工学」コースを設けている大学が多い。

しかし、国内の大学においては諸外国にみられるような新たなカリキュラム、コースなどの設置はほとんどみられない。これは、大学の学科や専攻の設置、改組が設置者である国の認可を必要とする事項であるため、新しい試みとしての学科設置、専攻設置が時代の急速な変化に対応しきれていないこと、また従来大学における教科目の設定は、普遍的な科目を設けることにより学科や専攻が構成されたことに起因するものである。しかし、近年大学の学科、専攻の特色を出すため新しい授業科目の導入、コースなどが設けられている例も見られるようになった。

今、日本の公共事業としての社会基盤整備は大きな転換期を迎えており、そのための技術の在り方、人材の育成にも変化の兆しがみえる。土木技術特に地盤工学においては、単に新規構造物の構築技術の確立ばかりでなく、地盤環境の創成手法、保全手法、再生手法などの技術に代表される新たな展開が必要とされている。また、人材育成においては、安全で自然と共生した社会創成技術力を持った人材の育成に比重が移されるべきである。

国際的な技術者資格である APEC エンジニアの登録分野は、Civil Engineering とは独立して Geotechnical Engineering の分野が確立されており、外国においては地球規模での環境科学や防災科学を含み、環境要素としての地盤の重要性を認識させる教育、倫理観を養う人材育成が実施されている。日本では、地盤環境工学分野のセクションを持つ企業において、精力的な人材育成が試みられてはいるが、これらの分野に特化した系統立てた人材育成システムの導入は遅れている。また、継続教育においても学会による人材育成講座の開設状況も必ずしも満足したものでない。国際的な競争力を持つ人材育成システムは、大学教育、継続教育、企業内教育などが体系的にそのシステムを構築すること、また学会などが認定する資格制度を設けることなどによって、始めて整うことになる。

3.4.2 新しい工学・農学教育

戦後半世紀の日本の工学・農学教育は重点的・先進的な取り組みが行われ、その成果が評価された時代であった。現在、日本の理工系分野では既に学生離れが起り、日本

の人材育成システムそのものに危機感が漂っている。特に、地球規模の環境問題、資源エネルギー問題、食料問題など国際的な学際・複合領域における人材の育成はかなり遅れている。このことについては、第17期日本学術会議工学教育研究委員会の取りまとめた「グローバル時代における工学教育」(平成12年3月27日)に、詳しく分析・提案されている。21世紀の技術者の育成は、学部において工学の基礎を確実に習得させるシステムを確立し、大学院教育において高度専門職業人としての素養を付加するシステムが望ましい。

土木系分野においては、すでに環境をキーワードとしての学科改組が行われ、学科名に「環境」を持つ大学も多い。しかし、カリキュラムの構成は、必ずしも学科名の変更に伴うほどの変革がなされていないのが実態である。諸外国の土木系学科の名称も「Civil and Environmental Engineering」となっている。問題は、カリキュラムの構成に新しい時代に対応した教科目を導入しているかである。

農業土木系分野では、学部の卒業生、博士前期課程(修士課程)修了者とも環境関連の就職先を志望する者が急激に増加している。また、民間企業及び官庁ともに、何らかの形で環境部門の強化を戦略的に図っており、それに見合う人材の確保を求めている。民間企業の場合、そのような人材を欲しているのは、必ずしも中小企業だけでなく大企業でも環境部門の担い手を欲している状況にある。少なくとも、入社案内に「環境に優しい企業である」とうたっていない会社を見出すことは難しい。農業土木系分野の大学では、現在このような傾向をやや待機的に見守っている。行きたい学生と採りたい企業の両者が一致すれば、それに越したことはないと考えているからである。

なお、昨今の大学院の改組には時代に対応した様々な取り組みをみることが出来る。例えば、様々な学部、学科の出身者で構成される専攻、また、ある専門領域では、かなり限られた分野を深く探求する専攻、理工系と社会科学分野の融合領域の専攻などが設けられ始めており、今後の高度専門職業人の人材育成システムは、これらの大学院の改編・改革に大きくかかわってくる。

3.4.3 大学ではなにが必要か

これからは、小中学校、高等学校においていわゆる新課程のカリキュラムで学んだ者が大学生となる時代を迎えている。また、18歳人口の減少に伴い、大学が広く開放され大衆化した状況となり、大学生の質の変化、低下が起こっているとの指摘もある。これらの諸課題に対応するため、大学は既に特色あるカリキュラムの導入、創造性を育む様々な手法の導入、教授法の工夫を目指すFD(ファカルティー・デベロップメント)など様々な取り組みを実施しているが、学部教育ではジェネラリストの育成になっていく、いかざるを得ないというのが本音であろう。そこで、高度専門職業人の育成は、大学院博士前期課程までの6年間の中で実施するとの方向にある。

アンケート結果を見ると、地盤工学の基礎を前提としてさらに化学、生物、地学についての知識、理解を幅広く求めるとの社会要請が強いことが分る。この要請に対して、現状の大学の教育システムでは受け止めることが簡単ではない。化学や生物や地学にはそれぞれの学問体系があり、その一部を借用したような中途半端な知識を大学で教育することは、事実上不可能に近いからである。しかしながら、限られた時間の中でこれら

の分野の基礎的な知識をいかに教授していくかが、理工農系学部で課された重要な課題である。これらの問題を解決するには、大学の教育システムの抜本的改変や学部と大学院の新たな試みが必要であり、これは、土木工学分野でも農業土木学分野でも共通している。

(1) 入試・導入教育

近年の大学入試方法は以前と較べるとAO入試の導入などかなり多様化しているが、入試科目の減少に伴い、大学特に理工系の学部に入学者の高校での数学、理科の履修量が充分でなく、場合によっては関連分野の基礎となるべき科目を履修していないケースも増えている。そこで、理工系の学部においては、1年次においてそれらの補習講義を実施しているところも少なくない。また、専門の講義を受ける前の教養科目に総合的、また常識的な知識を取り入れられている傾向にある。これらの内容は、表現力豊かないわゆる常識を持った学生とすることには成果をあげている一面もあるが、専門の講義を受ける基礎知識の教授が難しい状況である。

今日、社会から求められる技術者は、多様化しており、入学初年度におけるいわゆる「導入教育科目」の設定が重要になってきている。土木技術者においても環境問題、循環社会形成問題、倫理問題や地盤環境問題などに対応できることが必要であり、導入科目の一つに化学を入れることを考える必要がある。また、平成16年度から大学入学試験の科目として、従来理科1科目を課していた大学が理科2科目を課すと変更するケースが増えることとも関係し、新しい試みの可能性もある。このようなカリキュラムの構築は専門科目の削減と大学院博士前期課程の充実によって実現すると考える。

(2) 学部教育

技術者の資格認定については、現在「APEC エンジニア」として諸外国との間で技術者資格の相互認定が必要となり、平成13年に技術士法が改正され、海外の技術者資格の制度と同等なものにすることになった。そのなかで特徴的なことは、技術者倫理について海外なみに「公益確保の責務」として定め、資格を取得した後は「継続教育」を義務付けたことである。また、諸外国と同様に若い技術者でも資格が得られるように改正されている。平成11年には、「日本技術者教育認定機構(JABEE)」が設立され、主要学協会の会長等で構成される理事会の下に、JABEEの活動方針や、認定の可否を決定する様々な委員会が設置され、平成14年度から多くの分野で審査が開始されている。土木学会が、土木・地盤環境系グループの幹事学会として、土木関連分野の本審査に対する実施体制を整えている。

JABEEの審査は、大学の教育プログラムが認定基準を満たしているか否かについて、自己点検書の内容実地検査によって見聞し、判定することで行われる。認定基準は自立した技術者に必要な知識・能力等を網羅した具体的な「学習・教育目標の設定」と、それを達成するための「学習・教育の量」、「教育手段」、「教育環境」、および「学習・教育目標の達成度の評価」に基づいて継続的向上を図る「教育改善」の6項目からなっている。修得すべき知識・能力等は、「分野別要件」として、学習教育目標の中に定められている。このような流れの中で、土木系学科や農業土木系学科の学部教育については

従来の教授法に比べ、これらの認定を念頭においたカリキュラムとその教育内容がほとんどの大学で定められようとしているが、新たな科目として「地盤環境工学」を設けることは難しいといえる。学部における、地盤環境工学に関する人材育成の方向は、地盤環境工学の基礎知識に加え一般常識としての知識を教授するとの位置づけにならざるを得ないと考えられる。具体的には、教養科目に地盤環境工学に関係する基礎知識を含む科目（2単位）を設け、専門科目の中にいわゆる環境工学関連の科目を設定し、その一部に地盤環境工学の内容を含ませることが必要であろう。なお、この場合その講師陣としては外部講師の活用も図る必要がある。

（3）大学院教育

現在、大学院は様々な形態で設置されており、社会、産業界から見てわかりにくい状況にあることは事実である。理工農学分野における、大学院の設置形態の代表例を図3.4.1に示す。なお、大学院においては、「大学院」を「大学」、「研究科」を「学部」、「専攻」を「学科」とみると、理解しやすい。

図中、A - 1が従来型で広く認識されていた形態で、学部の学科と同じ専攻名（専攻名が一致しないこともある）を持つ博士前期課程、後期課程をもっている。

近年の大学院の改革に伴い、このA - 1型が変形した形態が多くなっている。その一つがA - 2型で、概念的には学部学科（大学科が多い）の上に複数の、博士前期、後期課程からなる専攻を設置しているものである。これは、旧帝大系の大学院に多くみられ、いわゆる「重点化」と呼んでいるもので、教官が学部でなく大学院に所属しているのが特徴である。もう一つが、A - 3型で、学部学科と同じ名称の博士前期課程専攻を持ち、博士後期課程は新たな専攻で括っている形態で、新制大学の工学系研究科に多くみられる。

基礎となる学科あるいは学部を有しない状態で設置されている大学院、専攻もある。その一つが、図に示すような独立専攻（B）である。これは、A - 1、2、3型の大学院研究科の中に、基礎となる学科組織を有さず設置された専攻であり、担当教官は大学院に所属する形態となっている。この独立専攻は、学部における教育より大学院教育による人材育成が適切であるとされる分野において認可されている。

つぎに、学部を有する大学において基礎となる学部組織も持たない研究科が、独立研究科（C）と呼ばれているものである。さらに、学部組織を一切有しない大学における大学院は独立大学院（D）と呼ばれている。基本的には、独立専攻（B）、独立研究科（C）及び独立大学院（D）は、博士前期、後期課程が一貫した形態である（2年で修士と見なすことができる）。

他に、連合大学院と呼ばれ、複数の大学の教官から構成される独立研究科（博士後期課程が多い）等もある。また、大学でない研究機関との連携を強化した研究科や専攻も多くなっている。

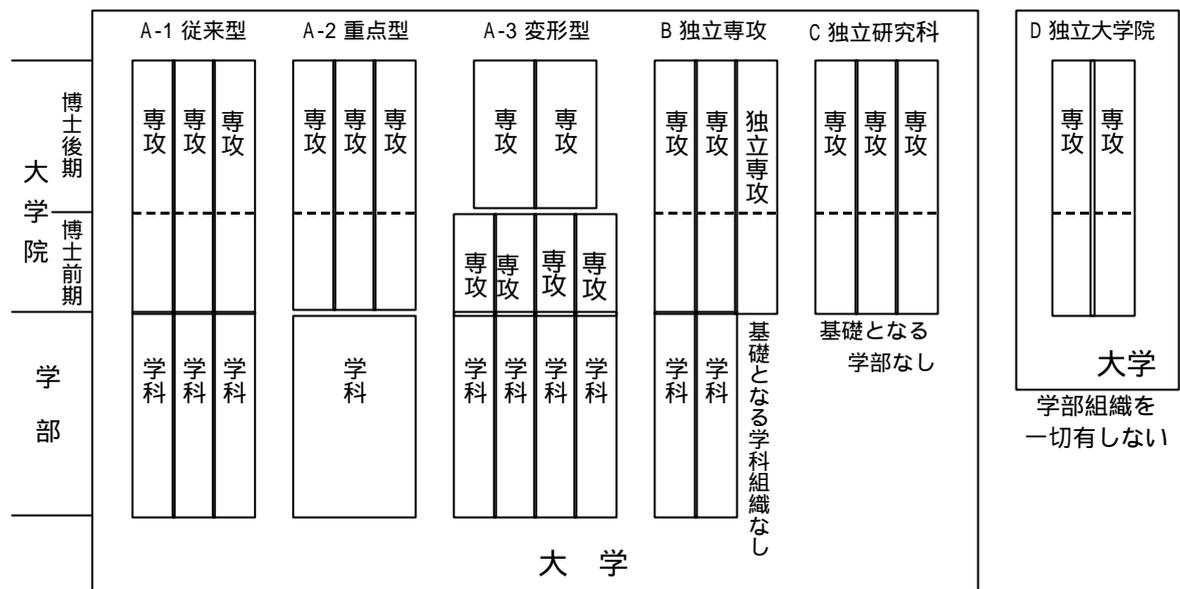


図 3.4.1 大学院の代表的な組織構成

日本の高度専門職業人の育成機関として重要な役割を担っている博士前期課程の場合、A - 1、A - 2、A - 3の大学院研究科前期課程で大学院生が幅広くその専攻の関連科目を学ぶという姿勢に乏しいのが実態であり、大きな問題点となっている。この背景として、博士前期課程の履修科目数は10数科目を取得すればよいとの定め(2年間に修士論文の他20数単位の取得を義務づけている。半年間に15回の講義により2単位が認定される)がある。しかし、博士前期課程における修士論文を仕上げるのに伴う教育効果も高く評価されているのも事実である。このような専攻においては、履修する講義科目に偏りがあり、結果として極めて狭い領域での知識を修得していることになっている。

一つの改善策として、博士前期課程のなかにコース制を導入すると共に、開設科目をJABEE同様の理念の下に設定し、コースの履修推奨科目を定めることも必要である。なお、このコースは、専攻の規模、構成によっても異なるが、2～3コースが妥当なものである。そのような改善のなかで、地盤環境工学コースの設定をすることが、この分野の専門の人材を社会に供給出来る方法の一つである。

地盤環境問題の人材教育で、大学に対しては「基礎研究能力」と「実務能力」を期待されているアンケート結果がある。これらのことを考えれば、大学院において力学に主体をおいた地盤工学技術者の育成を行っている大学においても、地盤環境工学コースの確立こそ求められていると思われる。また、大学院における地盤環境工学の科目については、外部講師の導入を積極的に進めることが必要である。また、これらの講義については、現在各大学に整備されているSCS(スペース・コラボレーション・システム)による講義開設システムの導入が考えられる。

なお、このような試みを進める一方、大学院の再編成を行なうことで、社会から求められる高度専門職業人教育システムを確立しようとする大学も既に出てきている。今日、

工学分野における博士前期課程への進学率を見ると、高度専門職業人教育に特化する大学院と研究者の育成を主体とする大学院に特化する動きが加速することが予想される。今後、前者の理念に基づく大学院の改組が、地盤環境工学技術者ばかりでなく日本の高度な専門技術者の養成においてポイントとなることを指摘したい。

また、地盤環境工学専攻を、独立専攻あるいは独立研究科のなかの専攻として設置することも十分に考えられる。さらに、博士前期課程の社会人入学枠を設ける動きも加速しており、大学院が「地盤環境工学」コースを設けることで志望者の増大、あるいは再教育の機会の提供など可能になると考えられる。近年、これらのコースについては、1年間の在籍により修士の学位を授与することも出来るので、このような制度の活用も一方法である。

しかし、研究を中心に活動してきた大学院では、できるだけ最先端の特化したテーマ、オリジナリティーの高い研究テーマを大学院生に与える傾向が強いので、そのような博士前期課程修了者が企業の期待にぴったりと応じられる可能性は決して高くない一面もある。これらの大学における改善策として、大学院博士前期課程を2つに分割し、一方は研究者育成コースとして高度で専門性の高いオリジナルな研究を指導し、他方は社会的要請に応えるべく、数学、物理学、化学、生物学、地学などを幅広く習得した総合力を有する人材を育成することである。これも一種のコース制と見なすことが出来る。

また、人材を必要とする、企業や国、自治体などが、大学院博士前期課程で専門分野を深く研究してきた人材を積極的に採用し、その能力を生かすシステムを創出することに務めるべきである。このような価値観は、短期的な効率が悪くても、長期的には必ず効果が現れ、何よりも国際社会での認知度が格段に高くなる。いずれにせよ、博士前期課程において地盤環境工学分野の人材育成を強化することが最も望ましい方策である。しかし、これらの大学院の改組や改善は、大学のおかれた状況によって異なり、大学自身で対応しなければならないことは言うまでもない。環境地盤工学分野に必要な大学院博士前期課程の開設科目の一例を表3.4.1に示す。

表 3.4.1 地盤環境工学分野関連の開設科目例

科目名	内容
環境工学特論	地球温暖化、砂漠化、海面上昇、廃棄物処分
環境化学特論	化学一般、環境汚染、浄化、環境影響物質、遺伝子
微生物工学特論	生態と地盤、汚染地盤、廃棄物処分
環境地盤工学特論	微生物生態系、微生物反応、物質循環、環境浄化
廃棄物処分工学特論	有害廃棄物、一般廃棄物、汚染源隔離技術
廃棄物管理計画特論	資源循環、評価システム、リスク管理、施設立地計画
地盤保全工学特論	地下水、汚染防止技術、汚染修復技術
環境保全工学特論	生態学、保全・補修技術、炭酸ガス問題
水環境工学特論	水循環、地下水汚染、浄化技術、森林と水
生態工学特論	酸性雨、生物生態系、緑化技術、
環境計測工学特論	環境影響物質、センサー、計測器、環境影響対策
エネルギー工学特論	電力、化石エネルギー、新エネルギー
資源循環工学特論	リサイクル・リユース技術、ゼロエミッション

博士後期課程においては、研究者として自立して研究活動を行い、又はその他の高度に専門的な業務に従事するのに必要な高度の研究能力及びその基礎となる豊かな学識を養うことを目的にしている。近年、ほとんどの国立大学の理工農系分野では、博士後期課程を有しており、博士前期課程からの進級者および社会人の入学者が増大している。従って、日本においても一昔前に較べると、高度な研究開発能力を持った人材が多く輩出されているが、企業、官庁におけるこれらの人材の有用な活用システムは必ずしも確立されておらず、あたら有能な人材の活躍の場が諸外国と比較すれば設けられていない状況と言える。このような日本の産業界の体質改善も、日本の技術力再生の鍵となる。地盤環境工学分野の人材育成においても、この分野の博士を有する人材の活用システムの構築が課題となろう。

3.4.4 産官学連携体制の強化

地盤環境工学分野の人材を育成するためには、それを担う大学への企業、官庁などからの積極的な人材協力が欠かせない。大学人もこの分野の人材が、大学に十分に揃っていないことを認め企業からの協力を希望している。また企業の専門家も大学の実情を同じように見ており、相互協力のもとで学部、大学院に「地盤環境工学」の講義科目を開設する事が望まれる。まず、複合学会の一つである地盤工学会が「地盤環境工学専門委員会（仮称）」を発足させ、この分野の人材育成について学会として取り組むべき方針を審議し、具体的な活動を行なう母体となる。学会を中心にした活動こそ、地盤環境工学分野の技術者育成を促進させることに貢献することになる。一例として、地盤工学会が幹事学会となり、地盤環境工学分野の大学院の講義担当者（非常勤講師）リストを作成し、この専門化集団のリストを公表する。リストには、履歴、専門領域、業績、シラバスなど記載し、各大学が、これらのリストの中から最適な人物に講義を依頼出来るシステムを整える。

さらに、地盤工学会において、「地盤環境工学」に関する大学院の教科書・テキストの発行を企画する。また、「地盤環境工学」関連の講演会、講習会を積極的に企画し、支部の活動と連携をとり定期的に講演、講習会を実施する。なお、講習会は、その内容に応じて初級者用、中級者用、上級者用と設定し、上位の講習会の参加資格を原則として下位の講習会参加者とするなどの工夫が望まれる。将来的には、学会が地盤環境工学技術者として認定する「資格証」などを発行するような制度に発展させる必要がある。また、地盤工学会として、都道府県、市町村の地盤環境問題への指導的相談体制を作り上げることが学会の役割の一つであることも指摘したい。

近年、大学の役割の一つとして、教育研究成果の社会への還元活動が重要視されている。その一つの活動である公開講座は、大学等が持っている専門的、総合的な教育・研究機能を社会に開放することにより、生活上、職業上の知識、技術及び一般的教養を身につけるための学習の機会を広く社会人等に対して提供するものであり、地域における生涯学習プログラムとして定着している。平成14年度の国立大学等における公開講座は2,160講座であり、講座の内容は、情報処理・医療関係者あるいは教職員などを対象とした専門的なもの、生命・健康、環境等現代的課題に関するもの、教養、語学、趣味

に関するもの、スポーツなど、特色を生かした幅広い多彩なものである。しかし、ほとんどが一般市民や小中学生を対象としており、高度専門職業人や高度技術者を対象にしたものは少ない。

地盤環境工学分野の人材の豊富な大学やそのような需要のある地域の大学にあっては、専門的な技術者を対象に「地盤環境工学」に関する公開講座を開設することは有用な再教育システムの一つとなると考える。公開講座の開設にあたっては、短期間の公開講座としたり、学会との連携講座としたり、講師陣に他機関の専門家も加えるなどの工夫によりさらに効果を発揮すると思われる。なお、国立大学の法人化後においては、このような社会貢献活動は益々活発化すると考えられる状況にあり、高度専門技術者の生涯学習プログラムとしての期待は大きい。

参考文献

- 1) C.D. Shackelford: Educational programs in Environmental Geotechnics/Geoenvironmental Engineering at USUCGER universities, Proc. 3rd International Congress on Environmental Geotechnics, Lisbon, 1998.
- 2) 小泉 健：大学の技術者教育に対する社会の要望と方向，農業土木学会誌，68.5, 43-48, 2000

第4章 人材育成への提言

4.1 地盤環境工学とは

地球環境問題としてわれわれが直面している多くの課題が、現象の理解と対策に地盤の知識を必要不可欠としている。地盤は、様々な環境問題の重要な要素となっているからである。地盤工学は、地盤という共通の視点に立ち、土木工学、建築学、農業工学、地質学等の既存の工学と密接に連携しつつ発展してきたものであって、当初は安全で経済的な国土整備のために、ついで防災・減災のためにと対象領域を拡大しつつ、社会ならびに社会環境の発展に寄与してきた。しかし、その中から環境の視点や配慮が欠如すると環境問題を惹起することになる。このため、地盤工学の伝統的な役割に加えて、地盤工学技術を「快適な環境の創生・保生・再生のための学術・技術」と位置づけ、環境の保全・修復・改善のために役立てる必要が強くなってきた。

地盤環境工学は、人類の生活環境および地球環境を念頭に、常に環境の創生・保生・再生の観点を重視しつつ、従来から地盤を対象としてきた工学（地盤工学）に加えて、多様な環境にかかわる学問（土壌科学、微生物学、化学、化学工学、生態環境工学、毒物学、等）を援用・統合し、地盤の有する特性を駆使しながら環境への様々なインパクトを最小限にするための予測ならびに問題を解決するための工学と位置づけられる。

4.2 地盤環境工学の社会的な認識、取り組みの現状

18 期地盤環境工学専門委員会は、地盤環境工学が守備する広範な領域の中から、特に環境という視点を強く意識したときに地盤環境工学が先取的に取り組むべき課題群を例示して、地盤環境工学に対する社会的認知の状況、社会ニーズの分析、そして企業、大学、国立研究機関における取り組みの現状（人材活用、教育を中心として）に検討を加えた。

例示した課題は2章に述べたように、A：汚染地盤の修復、B：廃棄物処分、C：核廃棄物貯蔵・処分、D：酸性雨、酸性土壌に関わる問題、E：砂漠化防止に関わる問題、F：海面上昇と社会基盤に関わる問題、G：地盤に関わる環境影響物質循環、水循環問題、H：生物、生態系に関わる地盤環境問題、I：その他 である。

アンケート調査の結果を要約すると、以下のような姿が浮かび上がってくる。

- ・ 地盤環境工学に関するわが国の教育、研究、社会的認知は、いずれも欧米に比べて遅れている。例示したほとんどの分野で研究レベルが欧米に比べ遅れているという認識が概ね半数を占めているにも拘わらず、大学において海外の研究機関との交流は進んでいない。さらに、国内の学外との交流も多くない。
- ・ 技術開発、人材育成にかかわる大学と企業の役割分担に関する意識は双方で一致するものの、企業の側に大学だけには任せておけないというメッセージを感じる。
- ・ 企業でも大学でも、基礎研究の推進は大学の重要な役割であると認識されている。また、それに加えて、産・官のパイプ役、住民との合意形成の調整役、幅広い産業を連携する橋渡し役、プロジェクトや行為・制度等への監視役(問題発生前に警鐘を鳴

- らず役割)、など大学の中立の立場から社会に対して多くの役割が期待されている。
- ・ 現在、企業において地盤環境問題に携わっているスタッフの大部分が土木系学科出身であることから、企業で地盤環境問題に取り組んでいる技術者に不足している知識は化学、生物という回答が多い。特に民間において、汚染地盤修復、廃棄物処分場、環境影響物質循環、生物・生態系の分野を修得した技術者が望まれている。具体的には「地盤工学と化学分野が同時にわかる人」、「化学、生物学の基礎技術を習得している人」、「土木工学的マインドを持った各専門家(化学、等)」といった要望がみられ、地盤環境問題においては化学、生物の知識が不可欠であることが浮き彫りとなっている。
 - ・ 将来、この分野の技術開発には生物・生態系などの必要性が伺えるが、大学内で、地盤工学の分野と生物、化学分野との協力体制は進展していない。
 - ・ ビジネスとしての企業の視点は、現在、幾つかの特化した課題に資源を集中しているが、将来的には対象を広げて行く必要性を認識している。

一部には先進的な取り組みを進める大学があるが、従前からの大学の動きの鈍さから、全体的に眺めるとき早急な対応に多くを期待することは難しく、まずは学協会がこの分野の推進・強化に積極的に関与する必要があるとされている。

4.3 人材の確保

「地盤環境工学」を構築するためには、新しい学問体系づくりや、業際的な職種領域を開拓することが求められ、優れた人的資源の充足が重要となる。人材育成は、高等教育機関による学校教育および就業中での企業内・企業外などの継続教育を通じて行なわれてきた。これに加えて、今後の人材育成システムを考えるうえで見逃せない側面は「人材の流動化と雇用形態の変化」である。

地盤環境に携わる人材の質的、量的拡充を求められている企業における人材確保には以下の方法が考えられる。

現在の人材を再教育し、新たな分野に対応させる。

地盤環境工学の教育を受けた人材を新規に採用する。

地盤環境分野の実務を行なっている人材をスカウトする。

現下の社会・経済環境では については困難な企業も多く、あるいは が主体となると思われる。

人材の再教育と 能力のある人材のスカウトは、いずれも人材流動化の促進であり、必要な領域にできるだけ優秀な人材の質・量を充足させることにある。

前者の人材の再教育(継続教育)にあたって、地盤環境の分野では、化学、生物、地質、機械などの素養を兼備し、土木工学あるいは地盤工学のマインドを持った人材が求められている。このようなマルチタレントの育成を企業内で従来型の自前の人材育成で行なうのは困難である。このため、社外の場合(社外講習、大学等への派遣)に人材育成を求めている。高等教育機関や学協会による再教育・追加教育に対する教育機能の充実への期待が大きい。後者の業界内・産官学間移動という人材流動化の流れの中で、優秀な人材の確保に実効性をもたらすためには、行政レベル、会社間、業界枠を越えて、各界が

歩調をあわせての連携協調が欠かせない。例えば、能力主義などモチベーションを生む人材評価システム、技術開発成果の評価制度、日本型チームワークを活かすような再編、人材流動化支援バンクやネットワーク、などが挙げられる。

の新規に採用する地盤環境工学技術者に、企業は基礎知識として生物、化学を、専門知識に生物学、衛生工学、農学をあげる企業が多い。また、能力としては、基礎研究能力を期待する企業と実務能力を期待する企業とに分かれる。大学教育がこれにいかに対応えられるかが課題である。

4.4 大学教育の現状

土木系大学教育に地盤環境工学は組み込まれつつあるが、現状では、学部教育はもちろんのこと大学院教育においても、基礎研究能力や実務能力を期待している企業の要求に応えられる状況にはないと言えよう。土木系大学教育の現状は、欧米の大学に比べて対応が大幅に遅れていると言って過言ではない。これらを強く認識した上での教育プログラムの整備の必要性が示唆される。

農業土木系では、旧「農業土木学」は、生物資源工学、地域環境工学、環境資源工学、生物生産環境工学など、類似した名称に変更となっている。これらの学科では、地盤環境工学または環境工学関連の学部教育科目は年々増加している。農業土木分野は、物質循環を取り扱う人材、農村や林野など自然生態系に近い空間の地盤環境工学を取り扱う人材、特定の地域を対象とする地盤環境工学を扱う人材、などに加えて、化学や生物や地学において基礎知識を有する人材、「水」と「土」と「人」との関わりを現実的に把握できるバランス力を有する人材、などの育成に貢献する必要がある。

「環境工学科」として独立した学科を有する国内の大学の数は多くないが、専門基礎科目として、環境化学、微生物工学、分析化学を必修として、工学基礎科目や専門基礎科目として土の力学をほとんど必修と同等の配置とした例もある。環境工学の基礎科目として生物、化学を履修し、かつ地盤工学を含む土木工学の基礎科目を修得した上で、さらに大学院修士課程において地盤環境工学に特化した科目が履修できるようなコースを設定することができれば、「化学、生物学の素養を身につけ、土木工学的マインドを持った地盤環境工学技術者」の育成が可能になるものと考えられる。

4.5 人材育成システムへの提言

地盤環境工学に携わる技術者の育成を考えると、教育のシステムとコンテンツの問題がある。前者については、大学教育、継続教育、企業内教育、などをシステムとして構築すること、学会などが認定する資格制度を設けることなどが考えられる。後者については、地盤環境工学を体系化し、前記システムの流れの中で基礎から応用にいたる内容を組み立てる必要がある。

(1) 学部教育 - ジェネラリストの育成

学部における地盤環境工学に関する人材育成の方向は、広く環境全般と地盤環境についての基礎知識を持ったジェネラリストの養成となる。

今日、社会から求められる技術者は多様化しており、入学初年度におけるいわゆる「導入教育科目」で、環境に配慮し問題を解決することが社会に貢献し意義も大きいことを若い世代に認識してもらうことが重要である。学部教育のプログラムは様々な制約条件の中で定められている。地盤環境工学の基礎知識を一般常識として教授するとの位置づけにならざるを得ないが、限られた時間の中でこれらの分野の基礎的な知識をいかに教授していくかが、理工農系学部で課された重要な課題である。

(2) 大学院教育 研究者・高度専門職業人の育成

地盤環境工学を専門とする研究者や高度専門職業人の育成には、学部から大学院博士前期課程に至る6年間で考える必要がある。地盤環境工学を担う人材としては、研究に取り組む人材と同様に実務能力を有するプロフェッショナルが求められている。しかし、現状の博士前期課程は前者に対応することに主眼がおかれ、後者に対応できる状況にはない。

大学院博士前期課程を2つに分割し、一方は研究者養成コースとして高度で専門性の高いオリジナルな研究を指導し、他方は社会的要請に応えるべく、数学、物理学、化学、生物学、地学などを幅広く習得した総合力を有する人材を育成することが一つの解決策であろう。博士前期課程のなかにコース制を導入すると共に、地盤環境工学コースの設定をすることが、この分野の専門の人材を社会に供給するために必要であろう。環境地盤工学分野に必要な大学院博士前期課程の開設科目の一例を第3章に示した。また、地盤環境工学の科目について、外部講師の導入を積極的に進めることが必要である。これらの講義については、現在各大学に整備されているSCS（スペース・コラボレーション・システム）による講義開設システムの導入が考えられる。

既に他分野あるいは関連分野で活動している社会人が新たな職能を求める機会が増えてくる。これに対応するためには、ニーズに見合った豊富なメニューやコースが求められる。博士前期課程に「地盤環境工学」コースを設けることで志望者の増大、あるいは再教育の機会の提供などを可能にすると考えられる。また、複数の大学で得意な分野を分担するような枠組みも望まれている。しかし、これらの大学院の改組や改善は、大学のおかれた状況によって異なり、大学自身で対応しなければならないことは言うまでもない。

近年、ほとんどの国立大学の理工農系分野では、博士後期課程を有しており、博士前期課程からの進級者および社会人の入学者が増大している。従って、高度な研究開発能力を持った人材が多く輩出されているが、企業、官庁におけるこれらの人材の有用な活用システムは必ずしも確立されていない。このような日本の産業界の体質改善も、日本の技術力再生の鍵となる。

(3) 継続教育

地盤環境工学分野の人材を育成(人材の流動化を含む)するためには、それを担う大学、企業、官庁の協力が欠かせない。このような協力の場としては関連学協会の働きが期待される。例えば、複合学会の一つである地盤工学会が「地盤環境工学専門委員会(仮称)」を発足させ、この分野の人材育成について学会として取り組むべき方針を審議し、技術者継続教育の一環として具体的な活動を行なう母体となることが期待される。

地盤環境工学分野の人材の豊富な大学やそのような需要のある地域の大学にあつては、専門的な技術者を対象に「地盤環境工学」に関する公開講座を開設することは有用な再教育システムの一つとなると考える。公開講座の開設にあたっては、短期間の公開講座としたり、学会との連携講座としたり、講師陣に他機関の専門家も加えるなどの工夫によりさらに効果を発揮すると思われる。なお、国立大学の法人化後においては、このような社会貢献活動は益々活発化すると考えられる状況にあり、高度専門技術者の生涯学習プログラムとしての期待は大きい。

今回の提言では、「地盤環境工学」を、特に環境と言う切り口で眺めた場合の人材育成を議論し試案を提示した。今後、学会を中心に、大学、企業、行政が一層の議論を深め、具体的な人材育成の仕組みと内容を確認することが、地盤環境工学分野の技術者育成を促進させることに貢献することになる。地盤工学会の前身である土質工学会の教育に関わる既往の取り組みが参考となろう(土と基礎¹⁾)。

参考文献

- 1) 土質工学会：「学校教育における土質工学」小特集、土と基礎 Vol 27, No.4, 1979