

国際エネルギー機関 — 水力技術と計画に係る実施協定

ANNEX-5 「教育・トレーニング」

水力計画のための教育訓練プログラムの構築、
および教育材料についての提案および参照文献

2000年5月

目 次

目次	i
要約	エラー! ブックマークが定義されていません。
1. はじめに	1
2. 現在の水力計画のための E & T の実施状況調査のまとめ	3
2.1 質問票調査	3
2.2 個人的ネットワークと直接的接触	4
3. 水力計画のための E & T の目標と範囲	8
3.1 検分調査	9
3.2 予備実行可能性調査	10
3.3 実行可能性調査	11
4. 水力計画のための E & T への取り組み	18
5. 学位プログラムの構築	22
5.1 水力工学理学士プログラムの構築	22
5.2 水力計画の理学修士プログラムの構築	23

付属書 A :

理学士／理学修士プログラムの事例

付属書 B :

継続教育（生涯教育）プログラム、シニアコースの事例

付属書 C :

水力計画における E & T の文献

要約

この報告書では、水力開発に対するより分野横断的な取り組みに対して高まっている要求を踏まえて、水力技術者のための大学学位プログラムの設計に関する新しい考え方を述べる。その理由となっているのは、世界的に増加し続ける電力需要ならびに高まりつつある環境問題への懸念である。それに対応して、様々な E & T モデルについての適切なテーマを提案する。

最初の章では「水力計画」という言葉でカバーされる要素は何かという点を考察し、それが検分調査、予備実行可能性調査および実行可能性調査(フィージビリティ・スタディ)で構成されると結論する。「水資源工学」という広いセクターの側面としての水力計画の学術的要素についても考察し、また計画チームのプロジェクト・マネージャーの重要な役割を強調する。

水力計画についての現在の E & T の進め方に関する調査の結果をまとめ、この作業がもともと完全なマップ(図式)の作成を意図したものではないにしても、この調査が、利用し得る E & T の機会の代表的なマップを与えるものであると結論する。特定の学校や大学における関連した活動について簡単に述べ、いくつかの選ばれたプログラムについてのより詳細な情報を付属書に収録する。

つぎの章では、すべての水力プロジェクトそれぞれのユニークさを強調し、計画過程、あるいは着工前期間の三つの異なった段階の特徴について説明する。プロジェクトの構造化されたスクリーニング、ならびに計画段階の順序立てた分割の重要性を述べる。計画チームのメンバーの異なった役割(プロジェクト・マネージャー、水力プランナー、専門家(スペシャリスト))を明確に示し、実行可能性調査に含まれる手順のチェックリストを提示する。この報告書では、計画過程での分野横断的専門知識の必要性を明確に説明し、このセクターのプロフェッショナル(専門家)のためのよく練られた E & T プログラムの重要性を強調する。

第4章では、学位授与を目的とした教育と、実務および継続教育または訓練をベースにした水力専門化(この報告書で用いる用語である)のそれぞれの特性に焦点を当てて対比する。職業的専門家になるためには、新しい文献を読むことや短期講習およびセミナーの受講と組み合わせたオンザジョブトレーニング(職場訓練)を受ける、また理学士または理学博士レベルの学位を目指した大学での学習を続けるなど、いくつかの選択肢がある。テーマに応じた最も有効な選択肢の組み合わせを考察する。

最後の章では、水力工学および水力計画それぞれの B.Sc.および M.Sc.学位プログラムの構造を提案する。理学士プログラムへのアカデミックな取り組みと職業的取り組みを対比して考察する。

1. はじめに

水力の分野はますますグローバル化しつつある。これが進展しているひとつの理由は環境問題に関して世界的にひろがっている懸念である。そのほかの理由として世界経済の発展に伴う電力需要の増加と、成長を続ける国際的な電力の取引がある。このような趨勢に対応して、新しい知識を開発するために国際的な協力が必要になってきている。さらに重要なことは、知識を、それを必要とする人々に行きわたらせることである。

挑戦すべき課題には技術的問題にとどまらず、立法措置、経済および環境の問題、およびより優れた意思決定プロセスや評価の方法論も含まれる。このことは、その大小にかかわらず、あらゆる種類の水力プロジェクト、新規プロジェクトあるいは改良を必要とする旧式の発電所などに対してあてはまる。

以上のことが、国際エネルギー機関(IEA)が教育訓練(E & T)を扱うサブプログラムを含む「水力工学およびプログラム実施協定」を主導した理由であった。

このサブプログラムの作業目標は水力計画のための教育訓練プログラムを改良することである。提案および可能性のある方法をまとめ上げるために、概況調査を実施した。調査の結果をこの報告書の第2章にまとめて示す。水力計画において提示された既存のすべてのE & Tの完全なマップを描くことは、このサブプログラムの範囲を超えるものである。従って目標を、現在の状況の代表的なマップを描くことに限定した。

通常の場合では水力計画はつぎのステップで構成される。

調査

- － 検分調査(基礎調査)
- － 予備実行可能性調査
- － 実行可能性調査

計画

- － 総合基本計画
- － 最小費用開発計画
- － プロジェクト実施計画

最終設計、入札、契約などのステップは、人によっては「計画」に入れる場合がある。しかし、これらのステップは「実施」に入れるのがより正しい。

水力計画に関する専門知識や経験は、当然、より広い分野である「水資源工学」の一部である。この報告書の筆者は、水資源工学ならびに、より具体的には、水力を対象にした、様々な形で組織化された正規の教育と訓練の両方に関する詳細計画の立案を支援してきた。筆者の経験によれば、計画の主な構造は二つの問題のいずれについても同一である。異なるのは、教えられるいくつかの話題の優先度と範囲だけである。

水力開発は典型的な分野横断的作業である。多くの場合、活動を組織化し、参加する専門家の仕事を調整する責任を負うのは土木技術者である。計画プロセスのステップのひとつ、例えば実行可能性調査、を担当するために組織されたチームの構成を図 1.1 に図示する。

プロジェクト管理 ----- 水力プランナー				
社会および文化問題の専門家	水文学など基本的問題の専門家	技術設計問題の専門家	環境問題の専門家	経済および財務問題の専門家

図 1.1 水力計画チームの組織原理

プロジェクトが計画されているときに専門家を補充することはそれほど難しいことではない。ほとんどの専門家は、水力開発に焦点を当てたのではないにしても、良い大学で教育を受けてきている。専門家は異なった工学分野においても比較的容易に働くことができる。水力の分野で働く場合、二、三年で水力計画の調査の目標や範囲に関して必要な全体像は得られるものである。

しかしプロジェクト・マネージャーおよび／または水力プランナーになる場合、状況は違って来る。ほとんどの水力会社、コンサルティング企業あるいは類似の会社における一般的慣行では、若い技術者はその経歴を設計技術者としてスタートする。また、数年間建設に携わる、すなわち建設現場で働くことも望ましいと考えられている。オンザジョブトレーニングを通してプロジェクト・マネージャー／水力プランナーに昇進するには多くの年数がかかる。さらに、経済学、環境影響調査(EIA)、管理等々の科目を扱うコースも訓練の一部である。しかしながら、マネージャー(管理者、部長)またはプランナー(立案者)としての仕事を任されるまでには多くの年数を要する。およそ 20 年というのが普通である。アシスタント・マネージャー(補助管理者、次長)およびアシスタント・プランナー(補助立案者)の地位にふさわしいと認められるまでには水力において 12 ないし 15 年の経験を必要とする。なぜ水力におけるプロジェクト・マネージャー／プランナーに、大学で得た学位に加えてそのように幅広い訓練が求められるかといえば、ひとつにはそのために 20 を優に超える多くの事項にわたるすぐれた総合的知識が必要であることによる。したがってこの報告書では、マネージャーおよびプランナーに対しての水力調査に関する E & T にさらにいくらか別の焦点を当てる。この目標グループの特殊なニーズに適合するいくつかの卒業プログラムが設計された。

2. 現在の水力計画のための E & T の実施状況調査のまとめ

この調査の目的は、現在の教育機会の代表的マップを用意するために、「水力計画」のための E & T を提供している大学またはその他の施設を明らかにすることにあつた。全世界の水力計画の E & T において現存するすべての提供機関の完全なマップを作成することは付属書 V の範囲を超えるものであつた。

この目的を達成するために、質問票調査、特別調査メンバーのネットワーキングおよびインタビューの組み合わせが用いられた。いくつかの国々から集まったキーパーソンとの接触を可能にするためのワークショップも設営された。いくつか確認されなかった関連する E & T 活動があつたと考える理由はある。しかしながら、この調査が代表的な情報を与えるものであることは信じられる。

この報告書では、結果を 3 つの節にまとめた。2.1 節では質問票調査について述べ、2.2 節ではネットワーキングとインタビューについて記し、2.3 節ではワークショップからの結果を示す。

2.1 質問票調査

情報収集の手段のひとつとして質問票を利用することが決まった。最初の段階に簡単な二段質問票調査を行う二段階戦略が選択された。

この質問票は、水力産業全体にわたる接触を図るためのネットワークを確立する目的で、120 の宛先に送付された。結果は、アフリカ、アメリカ、アジア、オーストラリアおよびヨーロッパという地域別に集めて評価された。

1 段目の質問票合計 31 通が 18 の国々で記入され返送されてきた。それ以外の通知および連絡を通して、調査できた国々の数は 29 を数えた。

最初の質問票でカバーされた国々はつぎの通り：

アフリカ：	25 개국
アジア：	15 "
アメリカ：	11 "
ヨーロッパ：	6 "
オーストラリア／NZ：	2 "
合計	59 "

アフリカからの答え

質問	いいえ	はい
あなたの国では水力計画のための教育を利用できますか？	11	1
あなたの国には何らかの水力計画のための組織化された訓練がありますか？	12	0

「はい」と答えた唯一の国はザンビアであった。The University of Zambia, School of Engineering, Lusaka。タンザニアの The University of Dar es Salaam は水力計画に関する地域向けの理学士プログラムを作成したが、これは近いうちに実施されるであろう。

アメリカからの答え

質問	いいえ	はい
あなたの国では水力計画のための教育を利用できますか？	3	1
あなたの国には何らかの水力計画のための組織化された訓練がありますか？	3	1

ブラジルの2つの大学が水力に関するE & T活動について報告している。

アジアからの答え

質問	いいえ	はい
あなたの国では水力計画のための教育を利用できますか？	7	5
あなたの国には何らかの水力計画のための組織化された訓練がありますか？	10	2

タイ、中国および台湾は水力に関するE & Tを提供している。大学と国営電力会社の両方が積極的に関与している。

ヨーロッパからの答え

質問	いいえ	はい
あなたの国では水力計画のための教育を利用できますか？	1	2
あなたの国には何らかの水力計画のための組織化された訓練がありますか？	1	2

この質問票はヨーロッパにおける実態を表わしていない。以下に報告されているように、水力に関するE & Tはスウェーデン、オランダ、ロシア、ギリシャおよびノルウェーにおいて見られる。

2.2 個人的ネットワークと直接的接触

水力に関するE & Tを提供しているすべての回答者に対し、追跡調査として、2段目の質問票を送付した。この質問票の目的は、水力計画に関する種々の重要な話題がいかに処理されているかについての詳細な情報を収集することにあつた。

この質問票に対する答えはこの調査の目的には不満足なものであつたので、我々の個人的接触のネットワークを発動させた。これらの接触を通して集められた情報をまとめると以下の通りである。

ザンビア

連絡のための会合は 1997 年にカフエ・ゴージ(Kafue Gorge)地域訓練センターで行われた。会合にはスウェーデンおよびノルウェーに加えてアフリカの 4 か国から 12 名が参加した。この会合にはワークショップも含まれ、サブタスクの作業に貴重な情報をもたらした。

タンザニア

ダルエスサラーム(Dar es Salaam)大学は水力計画に関する地域向けの理学士プログラムのためのカリキュラムを作成した。このプログラムは、SADC 地域における水力計画プロジェクトの計画、実施および運用に関する E & T に対して大きなニーズがあることを示す地域調査の結果、構想された。このプログラムの概要を付属書 A に示す。

エクアドル

エクアドルのラテンアメリカ・エネルギー機構(OLADE)においてカルガリー(Calgary)大学との協力の下にエネルギーおよび環境に関する理学士プログラムが開発された。このプログラムは特にラテンアメリカからの学生およびカリブ人のためのもので、政府およびエネルギー会社からの高い地位の技術および経営のプロフェッショナル(専門家)に狙いを定めている。このプログラムは、このように、特殊化した水カプログラムではなく、エネルギーと環境の両方に関わる多くの分野および話題に関係し、この二つの領域の結びつきを確立しようとするものである。

タイ

タイ国では、カセサート(Kasetsart)大学とアジア工科大学(AIT)が E & T を提供する施設と言われており、タイ国電力公社(EGAT)もまた社内訓練プログラムを提供している。AIT は水資源工学に注力していることが知られている。「水資源開発」および「灌漑工学および管理」に関する理学士プログラムの概要を付属書 A に示す。

インド

ルールキー(Roorkee)大学は水力計画のための E & T を提供している。大学の二つのセンター、水資源開発訓練センター(WRDTC)および代替水力発電エネルギー・センター(AHEC)は地域に E & T を意欲的に提供している。WRDTC は長年にわたって、参加者が 10 か月で学習を終了するか、さらに 6 ヶ月残って修士の学位を得るようなプログラムを運営している。理学士コース「代替水力発電エネルギー・システム」は代替水力発電エネルギー・センターで実施されている。ルールキー大学が提供するプログラムの例を付属書 A および B に示す。

中国

いくつかの大学が水力プロジェクト設計のための E & T を提供している。大学院教育(理学修士)、遠隔教育(理学士)および継続教育(訓練)を提供している「北中国水利水電科学研究院大学院」に特に言及しておく。その E & T に対する戦略は、「水理学および水力工学および管理の技能に優れた素質のある人材の育成」に努めることである。

ネパール

水資源工学に関する理学士プログラムが 1999 年にカトマンズのトリブバン (Tribhuvan) 大学においてスタートした。このプログラムの概要を付属書 A に示す。水力開発のための理学士プログラムをスタートさせる複数の計画がある。Tribhuvan 大学と、同様のプログラムがあるノルウェー科学技術大学 (NTNU) との間で話し合いが進められている。

オランダ

オランダ、デルフト市の土木、水および環境工学国際研究所 (IHE) においては、中核的活動は理学修士および博士の学位への大学院教育プログラムを用意することである。学生集団の大部分を開発途上国から来た技術者およびその他のプロフェッショナルが占めており、わずかの学生が東／中央／西ヨーロッパ諸国、オーストラレーシアおよび北米から来ている。毎年合計 320 人ほどの学生が 12 か月の工学修士または理学修士プログラムを受ける。多くのテーマについて専門科目が用意されている。水力は河川工学の専門科目の一部として含まれている。工学修士および理学修士の研究テーマには、水力学的構造－河川における水力学的および形態学的現象－ダムおよび堤防－環境影響アセスメント／緩和対策、等々が含まれる。

ロシア

水工学建設は、水技術職業的専門家の学位取得を目的とする、サンクトペテルブルク国立工科大学・水工学建設部門・工業技術経済学および管理学部において教えられている基礎コースのひとつ、コード番号 No. 290400、である。大学の計画では、このコースの方向は、エネルギー、工業、都市計画、高速道路、水力発電所の運転および保全など、広い範囲にわたる分野で働くことのできる土木技術者 (水力) の訓練に向けられている。

スウェーデン

スウェーデン、ストックホルム市の王立工科大学 (KTH) の水力工学部門は水力に関連したテーマ、すなわち生態学、地質学、河川工学、応用水文学、水資源開発および環境影響アセスメントなどを教えている。

ルレオ (Luleå) 工科大学 (LuTu) は 1997 年に、ヨックモック (Jokkmokk) 訓練センターと協力して、水力に関する 3 年制の理学士プログラムをスタートさせた。このプログラムの概要を付属書 A に示す。スウェーデン人学生からの反応が低調であったため、このプログラムは 1999 年クラスの学生が 2002 年に学習を終了するのを待つ打ち切られる予定である。LuTu は現在、これに代わるものとして、水力工学に関する国際的な理学修士プログラムを計画中である。タイのバンコク市のアジア工科大学が国際大学パートナーに選ばれた。プログラムのカリキュラムは両大学の間で共有される。

ノルウェー

ノルウェー科学技術大学 (NTNU) はノルウェーの学生のために、水力の計画および設計の理学修士または博士の学位への全範囲にまたがるコースと研究環境を提供している。1993 年以来、大学は水力開発のための国際的理学修士プログラムを提供してきた。この理学修士学習コースは、1976 年以来続けられてきた 10 か月学位取得コースに取って代わりつつある。このプログラムの概要を付属書 A に示す。

1997 年以来、ノルウェーの水力国際センター (ICH) は水力関係のテーマ、「水力資源の開発および管理」および「水力と環境」に関する 3 週間集中コースを提供してきた。これらのコースの対象グループは、水力工学の理学士の学位を持つか、あるいはそれに匹敵する水力システムの基礎工学部分についてのバックグラウンドを持っていて、少なくとも 10 年の作業経験があるような水力のプロフェッショナルである。このコースの概要を付属書 B に示す。

3. 水力計画のための E & T の目標と範囲

二つの水力プロジェクトが同じであることはあり得ない。プロジェクトはそれぞれ電力およびエネルギーに対して存在する需要に応えるように設計され、この要求および直近の物理的条件に合わせられなければならない。

将来の電力の必要量を予想し、需要(または負荷)予測を確定するためには、市場の状況、社会的・経済的趨勢および開発計画についての正確かつ信頼できる知識が必要である。これに伴って、需要の大きさのみならず、ピーク負荷のタイプ、ピーク時の需要、等々をも知っておく必要がある。

この説明のみでも、水力プランナーおよびプロジェクト・マネージャーのための E & T においては広範囲にわたるテーマについて一定レベルの知識を教示する必要性のあることが明示されている。これには、計画過程で重要な役割を演ずる行政当局や金融機関も含まれる。

混乱、あるいは無秩序状態、を避けるために、水力の開発は明確に定められた段階を踏むようにする。プロジェクトは各段階で、現在および前の段階で得た所見に基づいて、開発サイクルの中を一ステップだけ前に進む。

水力開発サイクルはつぎの三つの主要な段階で構成される。

- － 着工前
- － 実施(建設)
- － 運用

調査、計画および設計の活動のほとんどは最初の段階で行われる。通常、水力プロジェクトの調査および計画は、プロジェクトが実施の承認を得るまでに、いくつかの里程碑を通過する。着工前の段階をカバーする E & T はこの報告書の範囲に属し、この章の残りの部分で扱われる。

プロジェクトの調査、計画および設計は通常、つぎに示すように後に行くほど詳細さ、重要性および信頼性が増すような、一連の連続した調査のかたちにとまとめられる。

- － 検分調査
- － 予備実行可能性調査
- － 実行可能性調査

これらの調査は報告書に記録される。すべての関連情報は報告されて、そのプロジェクトに携わった可能性のある他の当事者すべてがデータや調査結果を見ることができるようにしなければならない。

水力プロジェクトの計画および設計では極めて多くの異なった科学技術、異なったタイプの技術的、環境的、社会的および経済的専門知識が絡み合っているため、調査は筋道の立った構造化された方法でまとめ上げられなければならない。しかし、プロジェクトの調査の結果が否定的なものになることもあるため、調査は、それ

ゆえに、それぞれ自己完結的なステップまたは段階の中で準備される。

プロジェクトは開発の各段階でその能力と宣言された目的にどの程度適合しているかについて結論に達するのに必要な深さまで調べられる。それに続く各調査段階では、調査の深さと詳細さはさらに増して行く。プロジェクトは新しい適合性判定基準に照らして可能性のあるプロジェクトの目録に入れられるか、つぎの調査段階に回されるかする。

水力の選択肢のうちわずかな一部だけが開発の判定基準に到達できる。従って、最も魅力のない選択肢が早い段階ではね出されれば時間と金が節約される。プロジェクトの計画を連続した段階に区切ることは実際的でもあるし、結局は、経済的でもある。組織化された順序正しいステップを踏んで最終的結果に近づく論法は明確である。各ステップでは、その前のステップの調査結果と結論を注意深く吟味し、必要に応じて修正を加えた後、それらをベースにする。

計画のそのような漸進的進展によって、すべての蓋然性が調査され吟味されたことが保証される。筋道の立った方法で行われれば、不適切なプロジェクトが必要以上先まで追いかけられないで済むことも保証される。不適切なプロジェクトまたはプロジェクトの代替案は計画段階の結論に達する前に棄却し、不必要な出費を防止すべきである。

上で述べた連続的スクリーニングおよび選択プロセスを図 3.1 に図示する。

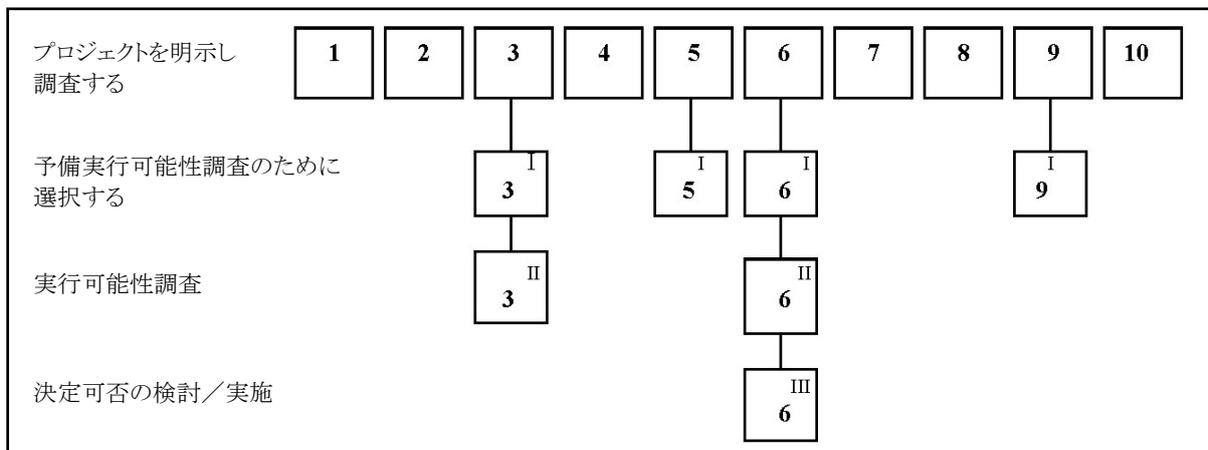


図 3.1 水力資源調査、およびプロジェクトの選択 (Jarle Ravn; 「水力プロジェクトの計画および実施」、Tapir 1992)

3.1 検分調査

検分調査は通常、プロジェクト指向性の計画の第一歩である。このような調査は、その目的がプロジェクトを詳細に調べるのではなく、基礎的水力調査のように、利用し得る水力資源を明らかにし調査することにあるので、予備的性格のものである。

水力の資源調査目録との関係で実施される基礎調査とは違って、検分調査は特定の目的のために、また明確な取り決め事項に従って実施される。

検分調査のきっかけとなる特定の目的とは通常、電力およびエネルギーへの明確な需要、すなわち、実在する電力市場または需要予測である。

検分調査は、その後続く計画調査、すなわち予備実行可能性調査等々、と同一の線上に置かれているが、その詳細さおよび正確さの要求度ははるかに低い。すべての計画調査が同様のかたちで組織化されていることは調査ならびに報告、および他のプロジェクト機会との比較をやりやすくする。

ひとつのプロジェクトチームは少なくともつぎの要員で構成される。

- － 水力プランナー／チームリーダー
- － 水文学者／工学水文学者
- － 地質工学エキスパート／工学地質学者
- － 様々な分野および専門分野をカバーするエキスパート
- － 補助要員

計画データおよび他のチームメンバーからの情報をベースにして、水力プランナーは宣言された目的に適合するプロジェクトを立案する。彼／彼女はプロジェクトの記述およびプロジェクトのレイアウトおよび構成要素を図示するのに必要な図面の提供についても責任を負う。この材料をベースにして、予備的費用積算値および実施スケジュールが用意され、電力およびエネルギー製造費用の見積もりが作成される。

水力プランナー／チームリーダーは通常、報告書の作成についても責任がある。彼／彼女はチームメンバーからの情報提供を受け、外部のエキスパートとも相談するが、調査報告書の構成を決め、文章の調整および確認を行い、最後の編集を自身で行う。

3.2 予備実行可能性調査

水力調査および計画の第二の組織化されたステップは予備実行可能性調査と呼ばれる。この段階で一件以上の明示されたプロジェクトが計画プロセスの中でワンステップ前に引き出されたことになる。

予備実行可能性調査の目的はつぎの通り。

- － プロジェクトの必要性と正当化を確証すること。
- － プロジェクトを進めるための計画を立案すること。
- － プロジェクトの技術面、経済面および環境面での実行可能性を確認すること。
- － プロジェクトの限界を明確にすること。

- － プロジェクトに対する地元の関心を確認し、プロジェクトの必要性と優先度を確認すること。
- － つぎの行動への提案をすること。

つぎの調査のために明示されたプロジェクトを選択することは、それらが水力の見地から興味深いと考えられ、また開発の材料になり得ることを意味する。このことはまた、それらについてさらに調査し処理する必要があることを意味する。数件のプロジェクトが関係している場合は、それらが最良のプロジェクトを見出すための選択過程の一部になっていることを意味する。

予備実行可能性調査の間に、明示されたプロジェクトが、立地、レイアウトおよび構造に関して少なからず変化する場合がある。これは自然の成り行きで、プランナーがプロジェクト予定地域に詳しくなり、常に製品の質を向上させるという仕事をした結果であるからである。

検分調査は、不完全なデータと平均的または一般的経験に判断を加味したものをベースにした推定値を含む、ショートカット法である。

包括的で信頼性のあるデータが、水資源開発の計画に理想的な根拠を与えることは明らかである。しかし、データが限られているかあるいはまったく無く、長期にわたる記録の蓄積もない地域において資源開発に対する緊急の必要性が生ずる場合がしばしばある。その点で、水文学データの欠如はしばしば最も困難な様相を呈する。そのようなケースでは、注意深い推測および解釈を利用する必要があるかもしれない。しかしながら、計画プロセス全体を通して、プランナー側の関連事象についての広い経験と健全な判断に代わるものはない。

原則として、このプロジェクトチームは検分調査チームと同じタイプの要員で構成されるが、水力プランナー／チームリーダーはより大きな責任を負わされ、エキスパートからのより多くの情報が必要になる。全体の責任は極めてしばしばつぎの二人の人物が分け合うことになる。

- － チームリーダー／プロジェクトマネージャー
- － 水力プランナー

3.3 実行可能性調査

つぎの段階、実行可能性調査は、その最終的な認可、資金調達、設計および建設に向けた、企図されているプロジェクトの包括的な分析と詳細な調査である。実行可能性調査は、工学(技術)、経済および環境の面におけるプロジェクトの実行可能性を判断するために行われる。その報告書は開発免許を得るための申請書類としても役立つ。

報告書はさらに、プロジェクトの設計および建設のための資金の割当て申請および金融機関との融資交渉の根拠としても役立つ。

この調査の目的は、可能性のある開発事業が予想される経済条件の下で技術面、経済面および環境面で実行可能性と正当性を持っているかどうかについて判断するために、特定の工事および運用計画を立案し明確にすることにある。

実行可能性調査は、最終計画および建設の時点で、費用の大幅な増加あるいは、そうでなければ、プロジェクトの実行可能性を損なうような大きな変更または修正の必要性が発見されないことを保証するのに十分なほど、堅固でなければならない。それ故、実際的な範囲内で、計画立案調査においては、計画、施設あるいは材料の代替案を設けることは最小限にとどめておくべきである。

実行可能性調査は、政府および／またはオーナーがプロジェクトを認可する根拠に使えるように、また金融機関がそれに基づいて融資の意向を固められるように、堅固で、詳細かつ信頼性のある情報を提供するものであるべきである。

国際的な金融機関および同様の機関は実行可能性調査について規則と品質要件を定めている。これらの規則に従って実施され、正規の実行可能性要件に適合すると判定された調査には「融資可能」のレッテルが貼られる。そのような調査は一般に融資申請の根拠として受理される。

以下のチェックリストは、執行プランナーの観点から見た、実行可能性調査に含まれる手順を示す。

1. 動員

- ・ 調査チームを動員する。
- ・ オーナーまたは開発者との連絡手段および協力体制を確立する。
- ・ 調査組織を立ち上げ当局との連絡手段を確立する。

2. データおよび情報

- ・ 関連する調査資料、データおよび情報を集める。
- ・ 予備実行可能性調査のデータを詳細に調べる。
- ・ 新しいデータの仕分けおよび照合・確認を行い、以下の項目毎にプロジェクトのデータバンクをつくる。
 - － 電力市場
 - － 現存するインフラストラクチャー
 - － 水文学、気象学および堆積学
 - － 地形学および地図
 - － 地質学、土壌および材料
 - － 多目的性の側面
 - － 環境攪乱および制約
 - － 社会－経済的条件

3. プロジェクトの形成

- ・ 予備実行可能性調査の計画を詳細に調べる。

- ・ 予備実行可能性調査の計画を修正・改訂し、すべての関連データおよび情報に基づき、改良された計画用パラメーターおよび判定基準を援用して、予備的なプロジェクトを形成する。
- ・ 現地において、形成されたプロジェクトを検証し、それを現地の物理的条件、新しい情報、制約および要求条件に合わせて調整する。

4. 現地調査

- ・ 既存の調査プログラムの見直しおよび調整を行う。
- ・ 調査のための契約を承認する。
- ・ 現場作業のために請負業者と契約する際にオーナーを助ける。
- ・ 現場作業の開始、監視および監督を行う。
- ・ サンプルを実験室で試験するための手配をする。
- ・ 結果を解釈して現地調査プログラムを調整する。

5. プロジェクトのレイアウト

- ・ 計画のパラメーターの更新および修正を行う。
- ・ 机上のプロジェクト・レイアウトを作成する。
- ・ 別のレイアウトができないか知るために現地の下検分をする。
- ・ レイアウトと主要プロジェクト構成要素を確定し、現地で検証する。
- ・ プロジェクトの形成状況、レイアウトおよび主要構成要素および施設についてオーナーの承認を得る。
- ・ 承認されたレイアウトによって現地調査を調整する。

6. 工学設計

- ・ プロジェクトの予備設計書を作成し、レイアウトおよび以下のような主要プロジェクト構成要素の最適化を行う。
 - － 川の付け替えおよび分水路
 - － 規制作業
 - － 取水口および水路
 - － 発電所および附属施設
 - － 送電線および変電所
 - － 恒久的現地施設
 - － 道路、飯場および土捨場
- ・ 寸法を確定し、プロジェクトの主要設備および補助装置について記述し、発電所のすべての設備・装置、すなわち、油圧機械、電気機械および補助設備・装置について性能仕様書を作成する。
 - － タービンおよびバルブ類
 - － 発電機および高圧開閉器
 - － 変圧器、電力ケーブル、操車場および変電所
 - － 監視、保護、制御、その他に用いる補助装置

7. 環境影響アセスメント(EIA)

8. スケジュール作成および見積り

- 建設計画および実施スケジュールを作成する。
- 費用および価格調査表を作成する。
 - － 主要項目の量を決める。
 - － 主要項目の単価を決める。
 - － 主要項目／要素の見積り額に必要なパーセント値(%)を加えて見積書を完成させる。
 - － 「一般費」の構成要素を決める。
 - － 見積り信頼性水準、量、価格、等々を決め、偶発危険因子水準を決める。
- 電気機械装置およびその他の装置の供給業者に費用の引合いを出す。
- プロジェクト実施のために、以下の項目についての費用見積書を作成する。
 - － 土木工事
 - － 油圧機械設備工事
 - － 電気機械設備工事
 - － 送電設備工事
 - － 環境および再定住のための費用
 - － 用地取得／送電線用地
 - － 調査
 - － 技術および管理業務
 - － 偶発事故対応
- 上記の見積りを編集して実施費用見積書または予算にまとめ上げる。
 - － 費用見積りおよび実施スケジュールに基づいて支出スケジュール(支払い見通し)をまとめる。
 - － 年間の運転、保全、修復および管理のための費用の金額を決める。
 - － 所有権の変更が起こる場所における電力の市場価値を決める。
 - － 売り上げからの年間所得フローを、損失および回復率等々について補正した後、決める。

9. 経済および財務分析

- プロジェクト費用およびプロジェクトの全存続期間にわたる所得の流れを示すキャッシュフロー表を作成する。
 - － 経済分析用のキャッシュフロー
 - － 財務条件および持分および債務サービスの分析
 - － 財務分析のためのキャッシュフロー
 - － 経済および財務テストを実行し、プロジェクト・ベース・ケースに対する EIRR (経済的内部収益率) および FIRR (財務的内部収益率)を決める。
 - － プライマリー・パラメーターの変化の影響を記録するために感度分析を実行する。
 - － 最小費用プロジェクト考慮事項
 - － 経済的および財務的実行可能性に関するステートメントを系統立てて述べる。

10. 追加およびオプションの作業

- 実行可能性調査を完了するために以下の項目の一部または全部を処理すべきである。
 - － 費用見積りを含む、範囲の限定された計画を検討するための調査プログラムの作成

- － 資金調達の検討(オプション)
- － 料金算定方法の検討(オプション)
- － プロジェクト調査の間に実施された土壌調査およびその他の調査の報告。

11. 報告書

オーナー／執行機関は進捗報告書を通して定期的に情報を入手する。変更および同様の事項およびそれらの承認は中間報告を介して記録される。

実行可能性調査報告書には実行可能性調査の状況を包括的に記録すべきであり、調査結果とその根拠となる情報は調査の質をしっかりと証明するものであるべきである。報告書は、プロジェクトの技術、経済／財務および環境の面での実行可能性、およびその妥当性および成功の見込みについての確固としたステートメントを含んでいなければならない。

実行可能性調査の報告書はどちらかと言えば包括的な文書であるから、それを公衆によりわかりやすくするためにしばしばエグゼクティブ・サマリー(要約書)が作成される。

エグゼクティブ・サマリーと主報告書の作成の責任者はプロジェクト・マネージャーであり、水力プランナーが実質的に彼を補佐する。これらを支持する書類はエキスパートによって作成される。

分野横断的な専門知識の必要性を説明するために、主要分野のリストを以下に示す。これらのうちのいくつかはほとんど実施段階のほうに関係している。

水力の計画および実施； 要求される専門知識の範囲	
組織の構成	地質学
プロジェクト管理	地形学
契約管理	応用地質学
建設管理	土壌および資材
技術監督	基礎構造学
電力市場調査	侵食および堆積学
電力需要予測	地震学
電力システムの研究	雪氷学
電力の研究	水文地質学
運転の研究	斜面安定性
水文学、気象学	水力の計画および設計
堆積学	川の付け替えおよび分水路

水の研究	貯水池およびダム工学
流れの制御	水力工学
貯水池のシミュレーション	水力モデル
洪水、洪水からの保護	堆積物処理
測地学	水理構造物
地理学	地下工学
地形調査	地球物理学
地図の製作	現地調査
	インフラストラクチャー
電気機械工学	
油圧機械工学	運転および保全
制御および保護システム	訓練
送電工学	品質調査
料金算定	検査サービス
	コミュニケーション
費用工学	
電力経済	エコロジー
金融工学	環境工学
スケジュール作成	造園
文書工学	文化人類学
	社会経済学
品質工学	
品質保証および管理	
法律問題、用水権(水利権)	
広報	

求められる専門知識の範囲が広いことは明らかである。この範囲の幅と関与するエキスパートの人数を縮小しようとする意図は、通常は、融資する機関あるいは品質保証を担当するために雇用されたスタッフによって許容されないであろう。必要とされる専門知識・技能には、管理(プロジェクト・マネージャー)、総合計画(水カプランナー)および詳細に検討されるべき異なったテーマのそれ(それぞれの専門家)が含まれる。

重要な質問は、これらのニーズを満たすために E & T をいかに構築するかということである。この点で、提案されたチーム、例えば実行可能性調査を実施するチーム、が開発者および/または金融機関によってどのように評価されるか、興味深い。ひとつのテクニックはまず合計 100 点でスタートすることである。この 100 点をチームのメンバーに割り当てる。プロジェクト・マネージャーと水カプランナーは明らかに最も重要なメンバーであるから、この二つのポジションに 45 ないし 50 点を割り当てる。それから、残った 50 ないし 55 点を、メンバーリストに連なる多くのエキスパートたちに分け与える。

コンサルタントはこの事情を極めてよく理解しているから、クライアントを満足させるために、プロジェクト・マネージャーと水カプランナーという二つのポジションの人事にはいかなる努力も惜しまない。調査の契約を結んだ後でも専門家の入れ替えは起こり得るが、プロジェクト・マネージャーと水カプランナーの場合は別で、コンサルタントがこの二人のいずれかを入れ替えようとするれば重大な問題になると考えられている。

4. 水力計画のための E & T への取り組み

この章では学位取得に向けた教育と実務および継続教育に基づく水力専門化を対比して考察する。

アカデミックな世界では、教授は、大学の学位の数、論文の数、大学院生の数および時には教える能力に基づいて、評価される。

産業の世界では、基本的な大学の学位(理学士および理学修士)は必要条件ではあるが、プロフェッショナル(職業人、技術専門家)は、関連する実務についていた年数、プロジェクトまたは国際機関において占めていた地位および記録された職業上の業績に基づいて、評価される。アカデミックな側面は、候補者が新しい任務に向けて査定されているときは、ますます重要性を失う。大学を離れた後でいかに巨大な量の知識を獲得したかということは重要ではない。政府のポジションを申請する場合は例外であるかもしれない。このことは、水力開発の E & T に取り組むことが重要ではないということを示唆するものではない。第 3 章で示した題目のリストは、広い範囲にわたるテーマを表わしているが、それらに専門家として対処するためにチームは訓練されなければならないのである。

専門家はまず第一に彼らが取り組むテーマについての高いレベルの知識を差し出す必要がある。彼らはさらに、水力計画の一チームメンバーとして機能するために、他のほとんどのテーマについて表面的な知識を持たなくてはならない。この種の知識はオンザジョブトレーニングを通して得ることができる。例えば、違ったチームで 5 年間ほど働いてきたジュニア水文学者は他のテーマについて何かを学び、またこれらがいかに計画過程で相互に関連し合うかを学ぶであろう。短期継続教育コースおよびセミナーは、そのような全体像をさらに広げるのに十分な情報を提供するであろう。このような実務および継続教育をベースにして水力のプロフェッショナルとして専門化する方法を図 4.1 に図示する。

職業的専門家になるためには、つぎのようにいくつかの選択肢がある。

- 新しい文献(応用文献)を読むことと組み合わせたオンザジョブトレーニング
- 専門テーマに関するショートコースまたはセミナー
- 理学修士または博士まで大学での学習を継続。

例として水文学を選んだのには意図があった。大型水力プロジェクトには学術的にも職業的にも高いレベルの知識の注入が必要である。もし水文学者が誤った結論を出せばプロジェクト全部が的から外れてしまう。

E & T を構築するとき、その目標は職業的エンジニアを最も効率的に作り出すことでなければならない。もうひとつの意見がアカデミックな世界の一部および社会全体で聞かれる。大学の主たる目標は学生に学ぶ機会を与えることである。大学は、学生の知識のレベルが大学が設定した基準に適合することを確実にするために、試験(または類似のもの)を設ける。学生がどの科目を選ぶか、どのように学習するか、いつ学習を終了して学位を取得するかは彼ら自身が決める。

「自由」モデルは人類、言語、社会科学、等々において共通である。薬学、工学、等々を学ぶ学生はしばしば、職業人を目指す学生であり、卒業生は定型的に所与の分野で働くと言われる。「分野」、大学および学生はいずれも、目標指向で効率的な教育に関心を持っている。

教育の計画および実施に関わる誰もが気付くもうひとつの状況は、われわれすべてが、職業人としての人生をスタートしたすぐ後から、自身を向上させる必要があるということである。向上の必要性はかなりの速さで大きくなり、そのまま将来まで続くであろう。このことは「継続教育(生涯教育)」と言われ、またこの報告書のタイトルでわれわれが使ったように、「訓練」と言うこともできよう。

新しい知識を得る最も効果的な方法はテーマの特性と現存する知識のレベルによって異なるであろう。以下の節でいくつかの提案をする。リストではどの科目が水力および／または水資源に特に関係したものであるかを示してある。土木、機械および電気工学ならびに経済学の基礎コースが工学のカリキュラムの第1段階、すなわち理学士の第1年と2年、に含まれていることを想定している。リストには以下の凡例で示す列の各欄にマークが付けてある。

- 列 1: 「教室のセッティング」。通常の教室での授業。職業人になるには数年の実習が必要。
- 列 2: 職業人になるには、ショートコースとオンザジョブトレーニングが正規の、そして恐らくは最も効率的な方法である。
- 列 1+2: 職業人になるには、1 および 2 の組み合わせが最も効率的な方法である。
- 列 3: 水資源工学および一般において最も重要な科目にマークしてある。
- 列 4: 特に水力に関係のある科目。

テーマ	1 教室 セッティング	2 ショートコース 「オンザジョブ」	3 水資源工学	4 水力に特定
水文学	X	X	X	
気象学	X	X	X	
測地学	X	X	X	
地理学	X	X	X	
空中写真	X	X	X	
地形調査	X	X	X	
地図の製作	X	X	X	
地質学	X	X	X	
地形学	X	X	X	

応用地質学	X	X	X	
土壌および資材	X	X	X	
基礎構造学	X	X	X	X
構造工学	X	X	X	X
侵食および堆積学	X	X	X	
地震学	X	X	X	
雪氷学	X	X	X	
水文地質学	X	X	X	
斜面安定性	X	X	X	X
貯水池およびダム工学	X	X	X	X
水力工学	X	X	X	X
水力モデル	X	X	X	X
水理構造物	X	X	X	X
地下工学	X	X	X	X
地球物理学	X	X	X	X
電気機械工学	X	X		X
油圧機械工学	X	X		X
送電工学	X	X		X
エコロジー	X	X	X	X
造園	X	X	X	X
文化人類学	X	X	X	X
社会経済学	X	X	X	X
用水権(水利権)、法律問題	X	X	X	X
水力の計画および設計	X	X		X
電力市場調査	X	X		X
電力需要予測	X	X		X
電力システムの研究	X	X		X
電力の研究	X	X		X
制御および保護システム	X	X		X
品質調査	X	X	X	X
費用工学	X	X	X	
電力経済	X	X		X
金融工学	X	X	X	X
環境工学	X	X	X	X
組織の構成		X	X	
プロジェクト管理		X	X	
契約管理		X	X	X

建設管理		X	X	X
技術監督		X		X
水の研究		X	X	
流れの制御		X	X	
貯水池のシミュレーション		X	X	
洪水、洪水からの保護		X	X	
現地調査		X	X	X
インフラストラクチャー		X	X	X
運転および保全		X		X
訓練		X		X
検査サービス		X		X
コミュニケーション		X		X
料金算定		X		X
運転の研究		X		X
川の付け替えおよび分水路		X	X	X
スケジュール作成		X	X	
文書工学		X	X	X
品質工学		X	X	X
品質保証および管理		X	X	X
広報		X	X	X

上表の列1は、不可欠な基礎知識を習得させるために教室のセッティングで教えるのが最も良いような科目を示す。これらの科目は「理論的」と言ってもよい。工学コース(理学士および/または理学修士)を提供するほとんどの大学が、その同じ大学が時にそのカリキュラムに水力開発コースを用意していないにもかかわらず、これらの科目を揃えている。ひとりの学生が自身の学位取得プログラムにすべての科目を取り込むことはない。リストに載っているすべての科目を取るのはチームである。

もちろん、オンザジョブトレーニング、ショートコースおよびセミナーを通して、学習過程を継続することは必要であり、これらは列2のチェックマークで示してある。同じ列に、水力計画チームに勤務する際に必要な知識をオンザジョブトレーニングやセミナーが提供できるような科目が記載されている。

多くの大学が水資源工学のコースを提供しているが、水力開発に目標を定めた教育を提供している大学はわずかに過ぎない。水資源工学のカリキュラムを編成する際、科目の75%が水力開発のためのプログラムであり、水資源工学のための学習プログラムの中に見出される。水力コースのうちわずか約5%のみが水力向けである。

水力計画をカバーしていると申し立てる大学のいくつかはこの分野についてはわずかに一つのコースしか用意していない。これでは必要な理論的支持を水力計画チームに提供することにならない。

5. 学位プログラムの構築

ほとんどの大学は学位のための学習プログラムを3つのレベルで提供している。

理学士(B.Sc.)

理学修士(M.Sc.)

哲学博士(Ph.D.)

いくつかの大学はB.Sc.をなくして学生を直接M.Sc.レベルまでもって行っている。発展途上国のいくつかの大学および最近設立された大学はPh.D.を授与しない。しかし、これは通常一時的な状況である。

完全な水力計画チームは、土木、機械または電気工学の基本的なバックグラウンドを持つエンジニアで構成される。伝統的に、水力エンジニアはこれらの分野のひとつで教育される。運転戦略、保全戦略および安全が一層強調されながら、水力機構の運転にますます焦点が当てられてきている中で、いくつかの大学(スウェーデン、インド、中国などの国々)は土木、機械および電気工学の科目をカバーする学位を組み合わせることに授与している。その意図は、これらのエンジニアがよく訓練されて運転の最上位者としての責任を負うようにしようということにある。

水力プランナーのチームには当然経済学者、EIA 研究の専門家等々も含まれる。しかしながら、ごくわずかな例外を除いて、水力の計画および実施を指導する水力プランナー/プロジェクト・マネージャーは土木エンジニアである。従ってこの章では、土木工学を中心に据える。

5.1 水力工学理学士プログラムの構築

B.Sc.プログラムの通常の間隔は3 1/2 ないし4年である。4年と仮定すると、カリキュラムの一般的な構成は下の表が示す通りになる。

1年度	2年度	3年度	4年度
科学の基礎コース	工学/土木工学の基礎コース	土木工学/水資源工学の基礎コース*	土木工学/水資源工学/水力工学の工学コース

* 水資源工学または水資源工学/水力工学の学位プログラムを提供している大学を仮定している。水力工学に焦点を当てているプログラムでも一般的に工学コースのおよそ70%は水資源工学への基礎になる。

完全なプログラムを持つほとんどの大学は、構造工学(最も一般的)、輸送工学、測量および地図作成、都市計画、土質力学および岩盤工学、等々を含む、土木工学の多様な選択肢を提供する。

水資源工学に焦点を当てている大学が、水質、水処理、清浄水配水、下水収集および処理システムをカバーする、上水道および下水設備を優先課題として扱うことがある。灌漑は、食糧管理を含めて、どうしても第2順位になろう。かくして水力工学は第3順位になる。しかしすべての国がこの状況にあるわけではない。北半球のほとんどでは十分な降水量があり、雨水は年間を通してほどよく均等に配分される。かくしてこれらの国々では灌漑は大きな問題にならない。

筆者の経験では、あまりにも多くの大学が水力工学をすべての土木工学のトピックスの最下位に置いていて、多くがそれを放置している。世界にはこれまで開発されたものより多くの利用すべき水力が存在する。

水力工学に焦点を当てた B.Sc.学位プログラムには以下のコースを含めたらよいのではないかと。ここに示したコース・プランは、ほとんどの大学が通常提供しているものよりは専門化の程度が高くなっている。疑問を呈する必要があると思われる点は、過度の専門化を B.Sc.レベルに対して提案すべきか否かということである。

1年度	2年度	3年度	4年度
数学 I	数学 III	土質力学	水力発電所
数学 II	(統計)	構造解析	(主要構成要素)
物理 I	流体力学	コンクリート・鉄鋼系	水力設計 II
化学	物理 II	構造体	岩盤工学
力学 I	(熱力学)	水文学	ダム工学
地質学	力学 II	開水路流れ	上水道&衛生工学
測量術 I	(動力学)	水力設計 I	水力計画入門
コンピューター・アプリケーション(基礎コース)	測量術 II	道路	水資源入門
_____	コンピューター・アプリケーション(続き)	衛生工学	管理
_____	環境工学入門	_____	プロジェクト指定
_____	_____	_____	_____
非技術的トピックス (基礎的経済学、等々)	非技術的トピックス (管理問題、等々)	非技術的トピックス	非技術的トピックス

土木工学のすべての学生に共通

異なった専門化の方向
の選択は学生の随意

水力に焦点を合わせた
専門化の選択肢

5.2 水力計画の理学修士プログラムの構築

理学修士(工学)プログラムはその目標と範囲がかなり異なる。過去における最も普通の目標は比較的狭い分野内での専門化であった。成功裏に M.Sc.の学位を取得した者は大きなエンジニア・グループ(例えばコンサ

ルティング企業)で専門家として働くか、あるいは M.Sc.を応用研究または教職の Ph.D.に向けた学習の踏み台として使うかする。

コースの例として考えられるのは、

- 以下をカバーする水理学
 - － 水理構造物
 - － 河川水理学
 - － 侵食および堆積工学
- 以下をカバーする水文学
 - － データ収集および品質保証
 - － 流出解析
 - － 水収支分析
 - － 洪水解析
- 土壌および岩盤工学
- 灌漑、等々。

大学が学位請求論文を要求するときは、論文のテーマをサブトピックスのひとつから探す。

このタイプの専門の選択は工学の学位を提供するほとんどの大学でも可能である。M.Sc.を取得するまで通常 1 1/2 年かかり、コースに出るのに時間の 70%、論文を書くのに 30%使うのは最も普通である。ある大学は論文提出をオプションとするか、あるいは研究/論文作成の作業にあまり重きを置かないようにしている。従ってこの比率は大学と大学で異なる。このタイプのアカデミックな方向を目指した教育を図 5.1 に図示する。

それ自身の M.Sc.プログラムを開発したいくつかの大学はアカデミックな方向よりは職業的な方向を選んだ。こちらのほうは図 5.2 に図示する。この取り組みは付属書 A の最初の 2 例で説明されている。