

海外の鉱山関係大学における 大学院教育について 英・米・加編

金属資源開発調査企画グループ グループリーダー
kondo-satoshi@jogmec.go.jp

近藤 敏

金属資源探査推進グループ探査第1チーム
igarashi-yoshiaki@jogmec.go.jp

五十嵐 吉昭

はじめに

昨今の資源開発メジャーによる寡占化の進展や中国による極めて積極的な資源権益確保戦略の展開により、本邦企業が必要とする鉱物資源の安定供給リスクが顕在化する中、本邦企業が海外において資源開発を手がけようにも、採鉱、選鉱、鉱山地質、鉱山経営等、現場経験を持つ日本人技術者が不足しており、将来的に本邦企業が海外において鉱山権益を確保する上で支障をきたすことが危惧されている。その背景には、国内で技術を修得できる金属鉱山がほとんど無いばかりではなく、本邦大学の旧資源工学科（鉱山学科）でも資源開発の最前線に触れる機会が乏しく、卒業しても資源開発関連企業に就職を希望しない現状がある。本邦企業で海外の鉱山開発に携わった技術者が漸減する中、将来海外における資源開発の中核を担う専門的かつ実践的な人材を育成することが急務であると思われる。このような状況の下、企業の若手技術者、大学若手教員、大学卒業生等に海外の大学院で資源開発関連の学位を取得させる制度を構築するため、海外の著名な資源工学分野の大学を訪問して大学院の現状を調査するとともに、寄付口座等による何らかの提携関係を通して日本から派遣する留学生の受け入れが可能かどうかを、鉱業事情調査の一環として調査することになった。本稿では金属資源レポート7月号に掲載された豪州編に引き続いて、英国、米国、カナダの3か国において訪問した計4大学の調査結果について報告する。

1. 調査概要

(1) 調査日程：

平成18年5月15日（月）～5月25日（木）

(2) 調査者：

金属資源開発支援本部 特命審議役

近藤 敏

(現 金属資源開発調査企画グループ グループリーダー)

金属資源探査推進 G 探査第1チームサブリーダー

五十嵐 吉昭

ロンドン事務所副所長

高橋健一（5/16～5/17 参加）

バンクーバー事務所副所長

宮武修一（5/18～5/21 参加）

(3) 調査対象大学：

- ・カンボーン・スクールオブマイン（Camborne School of Mine）＜エクセター大学（Exeter 大学）英
- ・インペリアル・カレッジ（Imperial College）英
- ・コロラド・スクールオブマインズ（Colorado School of Mines）米
- ・ブリティッシュ・コロンビア大学（British Columbia 大学：UBC）カナダ

(4) 調査内容

各大学において、いわゆる資源工学（Mining Engineering）、選鉱や湿式製錬を含む Minerals Processing、Field Geology ではなく鉱山サイトにおける Mining Geology 及び鉱山の経営に関する Mine

Management の4分野に重点を置いて、取得可能な大学院レベルの学位、履修できるコース、実地研修、必要な英語力、生活環境等を調査した。留学派遣期間については、企業の事情も考慮して概ね1年以内とし、原則留学前に必要な英語レベルに到達し、現地で英語のレベルアップの講習に参加する必要のないことを前提条件とした。大学により関係する学部、学科が異なり、面談者も大学の管理部門ではないことから、一部大学からは後日書面による正式な提案を送付してもらうことにした。

2. 調査結果

3月に訪問した豪州の4大学に引き続き、金属資源開発の分野において英語圏で著名な4大学を訪問した。すなわち、英南西のコーンウォール半島にある Camborne School of Mine（Exeter 大学）、ロンドンにある Imperial College、米コロラド州デンバー近郊の Colorado School of Mines 及びカナダのバンクーバーにある British Columbia 大学である。ホームページで各大学のコンタクト先を調べ、英国の2校はロンドン事務所に、残りの2校についてはバンクーバー事務所にアレンジを依頼した。訪問した4大学は全て日本からの大学院留学に前向きであるが、Imperial College からは Finance 関係の特別コースの提案があったものの学位は特別な Certificate になり、Colorado School of Mines は2年間の修士コースしかないので、残りの1年間は日本の大学との提携が必要となる。一方、Camborne School of Mine 及び British Columbia 大学は既存コースを利用して1年で学位取得が可能で、特

に British Columbia 大学は設備も充実し、新しい大学院コース設立を準備中で期待が持てる。以下に国別事項及び訪問した4大学について詳細を記す。

(1) 国別事項

英国

- ・英国には学位取得可能な大学、大学院は180校以上あるが、バッキンガム大学を除き全て国公立である。英国の大学の最大の特徴は、通常3年間で学士号を取得できることで、そのため入学後直ちに専攻分野の勉強を開始する。従って、日本から高校卒業後にそのまま留学を認められるケースは少なく、ファウンデーション・コース等進学準備コースで、英語や専攻分野の基礎を学ぶ必要がある。大学院の場合は、このような条件はなく、postgraduate diploma (後述) の場合は学士号、修士号 (master) の場合は関連専攻分野における学士号取得と、求められる英語力があれば入学を認められるケースが多い。
- ・大学院コースには講義履修と論文を組み合わせた taught master's と、研究論文中心で講義をほとんど受けない research master's があり、前者は1年で取得可能であるが後者は1~3年必要となる。taught master's では最初の9か月間講義やセミナーに出席してレポート執筆や試験を受け、残りの3か月間で論文を仕上げる。この最後の論文を必要としないのが Postgraduate Diploma で、小論文を課されることもあるが最短9か月で取得できる場合もある。
- ・英国の大学は基本的に3ターム制で、秋期：10~12月、春期：1~3月、夏期：4~6月、夏期休暇：7~9月となり、夏期休暇中の3か月間で上記の論文を執筆する。但し、一部の大学ではセメスター (2学期制) を採用している。

米国

- ・米国には私立、公立合わせて約2,400校の4年制大学と、約1,800校の2年制カレッジがあり、4年制大学は総合大学や単科大学に分かれている。最大の特徴は、ダブル・メジャー制度、マイナー制度等2つの専攻を同時に持つことや、副専攻を持つことが認められ、2年制から4年制への編入や他大学への移籍等も認められ、自由度が高いことである。4年制大学では入学時に専攻を決める必要は無く、通常最初の2年間の教養課程終了時に専攻を決めれば良いが、大学院では最初から専門分野に特化している。
- ・大学院コースには学科にもよるが論文中心で2年間必要な Master Degree と、論文は無く1年半で講義と幾つかの解析レポート提出が必要な Professional Degree がある。前者に比べ後者のほうが必要な講義による単位数が多く、研究者向けというより実践重視と言える。
- ・米国ではセメスター (2学期制) が一般的で、8月末~12月中旬が秋期セメスター、冬期休暇を挟み、1

月中~5月中旬が春期セメスターで、コースにより6月中~8月中に夏期セッションがある。

カナダ

- ・カナダには university college を除いて約90の大学があり、ほとんどが州から援助を受ける州立大学で、大学間の教育水準にあまり差はないとされている。大学には学部だけの小規模校、学部及び大学院両者を持つ総合大学並びに研究型で博士課程を持つ3つのタイプに分かれ、university または college と呼ばれるが、college でも全て単独で学士号、修士号、博士号等の学位を授与できる。
- ・大学院コースは講義履修を中心としてプロジェクト、プレゼンテーション及び討論等を組み合わせるコースワーク及び研究論文を提出するリサーチワークに分かれており、通常前者は1年間で、後者は2年間で Master を取得する。但し、コースワーク選択者は博士課程に進むことはできず、リサーチワーク選択者は博士課程前期として扱われ、博士課程に進学するケースが多い。また、通常一年で取得できる修士相当学位 postgraduate diploma を設定している大学もある。
- ・カナダの大学はセメスター (2学期制) が一般的で、9月初~12月中旬が秋期セメスター、冬期休暇を挟み、1月初~4月下旬が春期セメスターで、コースにより5月中~8月中に夏期セッションがある。

(2) Camborne School of Mine (Exeter 大学)

面談者：

Camborne School of Mine 地理・考古・地球資源学部
 鉱山学科長 Keith Atkinson
 鉱山学科土木地質工学科長 Robert J Pine

概要

- ・18~19世紀において世界でも有数の錫及び銅の産出地であった Camborne (英国南西部コーンウォール半島先端) において、Camborne 鉱山学校は地元鉱業界の要望に応じて1888年に設立された。しかしながら20世紀初頭には同地域の鉱業は斜陽化しており、むしろ豪、南ア、南米、米、カナダ等の海外で卒業生が鉱業界で活躍していたため、20世紀を通してむしろその名声は海外において知られていた。その後1980~1990年代初頭に教育・研究の拡充が行われ、1993年にコーンウォール地方の中心都市 Exeter にある Exeter 大学に、地理・考古・地球資源学部鉱山学科として編入された。
- ・2004年夏にキャンパスの整備の一環として Falmouth 近郊にある現在の Tremough キャンパスに移転した (最寄りの鉄道駅は Penryn)。同キャンパスは Falmouth University College と共有で、College 側の学生が2,000人、Exeter 側の学生が他学部も含めて3,000人、計5,000人になる見込み。ロン

ドンからキャンパスまでのアクセスは、Gatwick 空港から最寄りの空港 Newquay まで Air Southwest の双発プロペラ機で1時間程度、Newquay 空港からキャンパスまではタクシーで40分程。鉄道の場合はロンドン Paddington 駅から Truro 乗り換えて4時間半程度を要する。



写真1：2004年夏に完成した新しい Tremough キャンパス

- Exeter 大学は19世紀半ばにコーンウォール地方の慈善家が創設した教育機関を基礎に、ケンブリッジ大学等の協力を得て発展して1955年に大学となった。Camborne 鉱山学校を含む教育学等のコーンウォール地方の専門カレッジと提携しつつ規模を拡大し、Combined Universities in Cornwall と呼ばれるパートナーシップ体制を採っている。英国南西部コーンウォール地方のデボン州の州都である Exeter にキャンパスがあり、1万人程の学生の内、3,200人程度が大学院生。
- 鉱山学科の学生は1学年60人程度で学部生は約250人、大学院生は70人程度で内20人がPhDコース。PhDを除く大学院生50人の内訳はだまかに、Mining Geology 20人、Mining Engineering 10人、測量10人、環境その他10人となっている。
- 英国の鉱業が衰退したこともあり近年学生の志願者

は減少傾向にあったが、昨今の金属価格高騰や世界的な鉱山技術者の不足もあり、入学希望者が倍増したと英インデペンデント紙(2006.1.23)及び Mining Journal で報道されている。

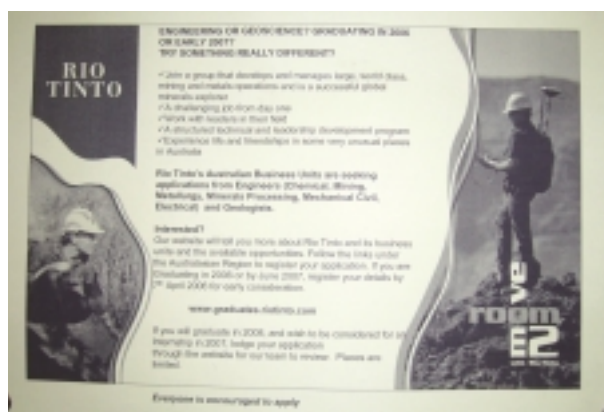


写真2：Rio Tinto 社による学生のリクルート

大学院コース・実地研修等

- 同鉱山学科で取得可能な大学院相当学位と大学院相当コースは次頁のとおりで、当方の期待する4つのコースの内 Minerals Engineering (Processing)、Mining Engineering 及び Mining Geology があり、Mining Engineering には Engineering 系と Management 系に分かれているため4コース全てを満たしている。コース詳細は表1のとおりで、master も postgraduate diploma も1年で取得可能とされ、前者は6モジュール(単位)、後者は4モジュール取得が必要で、前者は夏期ターム中に専攻分野に属する産業界に関連したプロジェクト論文提出が必須で、後者も論文提出が求められている。
- 上記コース以外に、再生可能エネルギー、環境、リサイクル等のコースがあり、英国内の学生の就職先を意識して鉱山業以外にも活路を見出している様子。また、2006年から採石コースが新設され、英国内に数多く残る採石業界の要望に答えている。

表1 Camborne School of Mine大学院コース詳細

所在地：Tremough

学位	コース名	期間	対象者	教育のコンテンツ(講義内容)	備考
Master of Science	Mining Geology	1年	Geology, Mining Engineering, Minerals Engineering及び関係するコースを卒業	Techniques in Mining Geology, Mineral Resource Assessment, Mineral Extraction, Management, & Environmental Impact, Magmatic + Hydrothermal Ore Deposits, Sedimentary Ores & Industrial Minerals, Research Project & Dissertation	5つのモジュールに加えて5-9月に論文
Master of Science	Mining Engineering	1年	工学部または地質関係の学部卒業生、学位に代わって関係する職種経験も可	Postgraduate DiplomaにProject and Dissertationを追加	6つのモジュールを選択に加えて6-9月に論文
Master of Science	Minerals Engineering	1年	工学部または関係理学部卒業生、学位に代わって関係する職種経験も可	Postgraduate DiplomaにProject and Dissertationを追加	6つのモジュール全てを選択に加えて6-9月に論文
European Master of Science	Minerals Engineering	1年	工学部または関係理学部卒業生	Industrial Minerals, Mineral Economics, Recycling Metallurgy, WEEE-Recycling, Computer Modelling & Simulation, Hydrometallurgy, Pyrometallurgy, Recycling, Advanced Mineral Processing, Data Analysis & Sampling, Mineral Process Design, Excursion to Mineral Processing Operations, Instrumentation & Control, Process Automation, Process Design II, Production Planning & Control	各モジュールは一連のショートコースで全て選択し、6か月独、蘭、フィンランドで講義、英で2か月講義、6-9月に論文
Postgraduate Diploma	Mining Engineering	1年	Master of Science同様	Fundamental Geotechnics, Tunnel Design, Underground Excavation Design, Surface Excavation Design, Mineral Resource Estimation, Project Management, Finance & Project Appraisal, Hazard & Risk Assessment, Environmental Assessment & Monitoring	4つのモジュールを選択
Postgraduate Diploma	Minerals Engineering	1年	Master of Science同様	Advanced Mineral Processing, Hydro- & Electrometallurgy, Mineral Process Design, Computer Modelling & Simulation, Mineral Resource Assessment, Finance & Project Appraisal	4つのモジュールを選択

大学院相当学位：

- ・ Master of Science (1, 2, 3)
- ・ Postgraduate Diploma (1, 2)
- ・ European Master of Science (1)

大学院相当コース：

1. Minerals Engineering
2. Mining Engineering (Mine Management を含む)
3. Mining Geology

- ・ 学生の実地研修は主に夏期休暇期間中に海外の鉱山において summer job として実施される。その際、長年にわたり卒業生が世界の鉱山に散らばっているため、そのコネクションを通して学生が送り込まれる。また、キャンパスから 15km 程離れたところに採石場を利用した地下実験鉱山があり、機器の取扱い、通気、坑内通信等を学ぶことができる。その他地質巡検も学部生向けに行われている。



写真 3：大学から Falmouth の港町を臨む（大学から 4 ~ 5km で多くの学生が住む）

英語レベル・生活環境等

- ・ 求められる英語レベルについて担当部門に確認してはいないが、留学辞典によれば IELTS 6.5、TOEFL で 570 (230) 必要とされる。Exeter 大学の大学院案内によれば上記英語レベルでも 4 週間の英語研修が望ましいとあり、IELTS 7.0、TOEFL600 (250) 以上であれば英語研修は必要無いとしている。
- ・ 学生が一人用フラット（日本のアパート）を借りる場合は、4 ~ 5km 離れた港町 Falmouth で 80 £ /週程度で、キャンパス近郊の Penryn なら若干安く 60 ~ 70 £ /週程度。ロンドンに比べ物価は安いですが、英国内では比較的温暖な保養地であるため生活費は高め。学生の多くは Penryn か Falmouth から通学している。大学周辺は長閑な放牧地帯が広がり、留学生が生活する上で特段の支障は見あたらない。
- ・ 年間授業料は 10,860 £ 程度（約 228 万円：£ =210 円）。

(3) Imperial College**面談者：**

Imperial College 工学部地球科学・工学科 鉱山地質
名誉教授 Dennis L Buchanan
プロフェッショナル育成センター課長

Mervyn E Jones

概要

- ・ Imperial College はロンドン大学を構成する一校で、1907年に Royal College of Science、City and Guilds College 及び Royal School of Mines が合併して設立された。その後医学関係や農学関係を合併して規模を拡大し、ロンドン中心部の South Kensington に広大なキャンパスを持ち、1万人程の学生の内の、3,200人程度が大学院生。同大学関係者にはペニシリンを発見したサー・フレミングを含め 14人のノーベル賞受賞者がいる名門校。



写真 4：歴史を感じさせるかつての Royal School of Mines の正門（ホームページより）

- ・ Royal School of Mines は 1851 年に政府の鉱山学校として設立され、19世紀に石炭産業を支えるため英国地質調査所の助力により発展し、応用地質、測量、化学等を順次加えていった。現在では工学部の地学・工学科（Department of Earth Science and Engineering: ESE）及びマテリアル学科が Royal School of Mines を構成しているが、academic entity としてはもはや存在せず、建物、学生団体、スポーツクラブ等として名を留めている。1902年から続く Camborne School of Mine とのスポーツの対抗戦（Bottle Match）は現在でも続いている。英国では他に中部の Leeds 大学に Mining Engineering 関係の学科がある。



写真5：Royal School of Mines のイニシャルが残る入口

大学院コース・実地研修等

- ・ 鉱業分野に関係のある大学院コースは ESE のみで、石油系の 2 コースと以下の Metals and Energy Finance があり、後者は ESE と Tanaka Business School の共同運営で、Finance に加えて金属及び石油に関する地質鉱床、資源評価、プロジェクト管理及び鉱物処理工学関係も含んでいる。かつてはマテリアル学科に冶金関係があったが現在は扱っていない。
- ・ ESE では研究者向けに持続可能な開発と環境工学 (SDEE) があり、テイリングの管理、鉱山廃水処理、鉱山跡地復旧、砒素鉱物の管理等について研究を行っている。

- ・ 年に数回ショートコースを一般から参加を募って有料で実施しており、例えば Mineral Project Appraisal & Finance は 5 日間のコースで、オプションで 2 週目に引き続いて過去のケーススタディーに参加できる。その他、要望に応じた請負講義を実施しており、訪問した際、中国の石油公社向けの石油工学コース (6 か月、50 名) 及びロンドンに籍を置く非鉄メジャーの事務系職員に対する資源開発コースの講義が実施されていた。

大学院相当学位：

- ・ Master of Science (1)

大学院相当コース：

1. Metals and Energy Finance

- ・ 当方から特別大学院コースの提案を打診したところ、1 年間の Mineral Project Management コースで Certificate of Advanced Study を出すことを検討するとした。内容的には前述のショートコースを含み、cash flow、地質鉱床、選鉱製錬・湿式処理、鉱床評価、鉱山管理等マイニング・ビジネスを広範囲にカバーするものとなっており、期間的には講義が 10 月に開始され 6 月に終了し、夏期に巡検や実地研修を実施する 3 期制となっている。既存及び提案コースの詳細を表 2 に示す。
- ・ 学生の実地研修は学生の自助努力で海外の鉱山等で研修を受けることはあるが、大学として研修の中味も含めて保証できるものではない。少なくとも 10 日間、鉱山、下流の金属・鉱物産業、エネルギー開発等の現場を訪問する巡検がある。

表2 Imperial College大学院コース詳細

所在地：London

学位	コース名	期間	対象者	教育のコンテンツ (講義内容)	備考
Master of Science (既存)	Metals and Energy Finance	1年	理工系学部またはファイナンス関係の卒業生	秋季ターム: Cash Flow Modelling, Mineral Deposits Studies, Petroleum Engineering, Petroleum Geology, Accounting, Mathematical Techniques in Finance, Resource Evaluation, European Language 春季ターム: Metals & Energy Project Appraisal and Finance, Management of Projects, Markets and Supplies, Minerals Engineering, Extraction Metallurgy, Quantitative Finance, Strategic Management, European Language	夏季ターム: 試験、10日間以上のExcursion、論文
Certificate of Advanced Study (提案)	Mineral Project Management	1年	日本企業からの派遣者	秋季ターム: Cash Flow Modelling, Mineral Deposits Studies, Accounting, Extraction Metallurgy, English Language 春季ターム: Metals & Energy Project Appraisal and Finance, Management of Projects, Markets and Supplies, Resource Evaluation, Minerals Engineering, Strategic Management, English Language	夏季ターム: 試験、10日間以上のExcursion、実地研修

英語レベル・生活環境等

- ・提案の特別コースではある程度英語の理解力があれば文章能力までは求められないが、必要に応じ English Language Support Class に参加することが望ましい。既存のコースに留学する場合は Imperial College の基準が適用され、留学辞典によれば IELTS 6.5、TOEFL で 600 (250) 必要とされる。
- ・キャンパスはロンドンの中心部 Hyde Park のすぐ南 South Kensington にあり、交通の便も良く留学生が生活する上で特段の支障は見あたらない。但し、ロンドンの物価は家賃も含め極めて高い。
- ・年間授業料は、既存コースの場合年間 17,650 英鎊 (2006/7、年間 3% 上昇見込み) であるが (約 370 万円：1 英鎊 = 210 円) 提案コースについては現段階では未定。

(4) Colorado School of Mines

面談者：

Colorado School of Mines 資源工学科長

Tibor G Rozgonyi

資源工学科 Edgar 実験鉱山長

David K Mosch

(旧選鉱施設関係)

Queneau & Associates Inc. 社長

Paul B Queneau

Little Bear Laboratories Inc. 社長

Susan B Olson

概要

- ・コロラド鉱山大学は、19 世紀半ばのゴールドラッシュによる人口急増の中、鉱業分野の人材育成を目的として 1874 年にコロラド州の州都デンバーの西に隣接するゴールドン市に設立された。その後、金鉱山経営者による校舎寄贈等により大学としての体裁を整え、現在では鉱業分野に加えて化学、土木、電機、機械、工学一般、環境、石油、物理、数学及び経済関係のプログラムを持つ総合工科大学に発展している。なお、同大学は過去に金属鉱業事業団から 4 名の大学院留学生を受け入れている。



写真 6：資源工学科建物

- ・学生総数は約 3,600 人、その内約 750 人が大学院生であるが、Mining Engineering 学科は約 100 名、Metallurgical 学科は約 130 名、Geological Engineering & Geology 学科が約 150 名、資源経済のある Economic & Business 学科が約 210 名で、金属資源関係の学生はむしろ少数派である。



写真 7：別館の鉱物標本室

大学院コース・実地研修等

- ・全部で 13 学科に 27 あるプログラム (大学院コース) の中で鉱業分野に属するのは、Mining and Earth Systems Engineering (Mining Engineering 学科)、Mineral Exploration & Mining Geoscience (Geological Engineering & Geology 学科)、Mineral Economics (Economic & Business 学科)、Metallurgical & Materials Engineering (Metallurgical & Materials 学科) の 4 プログラムで、当方の期待する 4 つのコースに相当する。他に Geology、Geophysics、Geochemistry、Hydrology、Environmental Science & Engineering 等鉱山や鉱物資源探査に係るプログラムも多い。
- ・同大学では学科やプログラムを越えて講義を受けることは日常的事となっており、当方の期待する 4 コースのある 4 つの学科と個別に話をするよりは、Mining Engineering 学科が留学生受け入れの窓口となり、他学科の講義を含めた次頁に示すコースを設定し、Master of Science または Master of Engineering の学位を授与する提案があった (詳細は表 3)。しかしながら、学位取得には 2 年間必要なため、1 年間講義を中心に同大学に留学し、帰国後に日本の大学で 1 年間かけて論文を提出することになる。但し、日本の大学との調整は今後の話で、同学部と適切な日本の大学とで調整が必要となる。
- ・1 年半で取得可能な Professional Degree は、少なくとも Mining Engineering 学科では認められていない。

表3 Colorado School of Mines大学院コース詳細

所在地：Denver (Golden)

学位	コース名	期間	対象者	教育のコンテンツ（講義内容）	備考
Master of Science/Engineering	Economics Geology	1年 + 1年	関係分野で4年制大学を卒業、または同等と認められる者	Mineral deposits; Site investigation; Ground water engineering; Petroleum geology; Natural resource economics; Economic evaluation and investment decision methods; Exploration economics and many other courses from Economics and Geology departments	1年間講義を中心に留学し、帰国後1年間で提携先の日本の大学に論文を提出
Master of Science/Engineering	Mining Engineering	1年 + 1年	関係分野で4年制大学を卒業、または同等と認められる者	Geostatistics and ore reserve estimation; Mine system analysis, Mine plant design; Mechanical excavation and mine mechanization; Mining and construction project management; Advanced rock mechanics; Ground support and geotechnical engineering; In-situ mining technology; Sustainable mineral deposit development; Oil shale mining and retorting; Advanced mineral processing; Flotation	1年間講義を中心に留学し、帰国後1年間で提携先の日本の大学に論文を提出
Master of Science/Engineering	Mineral Processing	1年 + 1年	関係分野で4年制大学を卒業、または同等と認められる者	Mineral processing; Flotation and froth flotation; Hydrometallurgy; Principles of materials processing reactor design; and many more subjects from the Metallurgy department	1年間講義を中心に留学し、帰国後1年間で提携先の日本の大学に論文を提出
Master of Science/Engineering	Mine Management and Project Management	1年 + 1年	関係分野で4年制大学を卒業、または同等と認められる者	Project management; Financial risk analysis; Mine and underground project management and costing; Economics of metal industries and markets; Mineral policies , international investment; and many others	1年間講義を中心に留学し、帰国後1年間で提携先の日本の大学に論文を提出



写真8：Metallurgical & Materials 学科の卒業生が残した就職先の名刺（これで 1/3）



写真9：Edgar 実験鉱山坑口

大学院相当学位：

- ・ Master of Engineering in Mining and Earth Systems Engineering (1, 2, 3, 4) または
- ・ Master of Science in Mining and Earth Systems Engineering (1, 2, 3, 4)

大学院相当コース：

1. Economics Geology
2. Mining Engineering
3. Mineral Processing
4. Mine Management and Project Management

・ 学生の実地研修は主に夏期休暇期間中に国内外の鉱山において summer job として実施される。また、Mining Engineering 学科はデンバーから 64km 程西方に、かつての銀（金、鉛、亜鉛）の坑内掘り鉱山であった Edgar 実験鉱山を所有している。同鉱山では年間 400 ~ 500 人の学生が土質工学、地質鉱床、鉱山機械、発破等の講義を坑内で受けるばかりでなく、鉱山保安研修にも使われ、年間数千人の観光客も受け入れている。



写真10：Edgar 実験鉱山断面図

- ・大学から数キロ離れた高台に大学の元選鉱製錬研究所だった施設があり、現在は Queneau & Associate Inc.、Little Bear Laboratories Inc.等複数のベンチャー企業に敷地・建物をリースしている。実験設備は小規模であるが、企業や政府から委託研究を受け、時には大学生(院生)の手を借りてバイオリーチング等の研究を実施している。将来日本から Colorado School of Mines で留学生が Mineral Processing を専攻する場合、プロジェクトによっては当施設で研究に参加する可能性はあるが、実地研修を受けることはない。

英語レベル・生活環境等

- ・大学院留学に必要なとされる英語力は TOEFL で 550 (213) 以上である。大半の学科では学術系大学院の希望者を対象とする GRE (Graduate Record Examination) 受験が求められる。
- ・好調な米国の不動産業の影響を受け、中西部のコロラド州においても家賃上昇幅が大きく、Golden 市近辺で 600 ~ 700US\$/月程度とされる。大学の寮は基本的に学部生向け。治安面の心配も少なく、車が無いと不便ではあるが、留学生が生活する上で特段の支障は見あたらない。
- ・年間授業料は 9,920US\$ × 2 セメスター = 19,840US\$ (約 218 万円: US\$=110 円) となっている。
- ・提案によれば、授業料とは別に、資源工学科と他学科との調整をする総括助言者 (generic advisor) に年額 150,000 ~ 170,000US\$、プログラムの創設に当たっては総額 250,000 ~ 300,000US\$、及び日本の大学との調整に必要な旅費が年間 30,000 ~ 50,000US\$ それぞれ必要であるとした。

(5) British Columbia 大学

面談者:

British Columbia 大学 応用科学部資源工学科長

Malcom J Scoble

資源工学科鉱物処理教授

John A Meech

資源工学科大学院アドバイザー

Bern Klein

理学部地球・海洋科学科教授

Kelly Russell

概要

- ・British Columbia 大学はバンクーバー市郊外に 1915 年に設立され、研究型の総合大学として高い水準を誇っている。現在では約 28,000 人の学部生と約 6,400 人の大学院生を擁する州最大の大学である。
- ・応用科学部 (Faculty of Applied Science) の中に資源工学科 (Mining Engineering) があり、20 年間にわたり Teck 社の社長を務め、同学科に多額の寄付を行った Norman B. Keevil 会長の名を冠して Institute of Mining Engineering と呼ばれている。



写真 11 : 資源工学科建物

- ・一方、理学部には地球・海洋科学科があり、鉱業界との共同研究機関として設立された The Mineral Deposit Research Unit (MDRU) において、世界中の地質鉱床についての研究が行われている。同機関の設立メンバーは、Teckcominco、Kennecott Exploration 及び Barrick の 3 社であるが、現在では世界中の非鉄メジャー及びジュニアがメンバーに名を連ねている。
- ・資源工学科の学部生は 1 学年通常 35 名程度だが、2006 年は 100 名程に達し、内訳は、Mining Engineering、Mineral Processing、鉱山環境及び資源社会経済がほぼ 1/4 毎になっている。大学院生は PhD も含めて 85 名程度。一方、理学部の地球・海洋科学科には大学院生が 150 名程度おり留学生も多い。

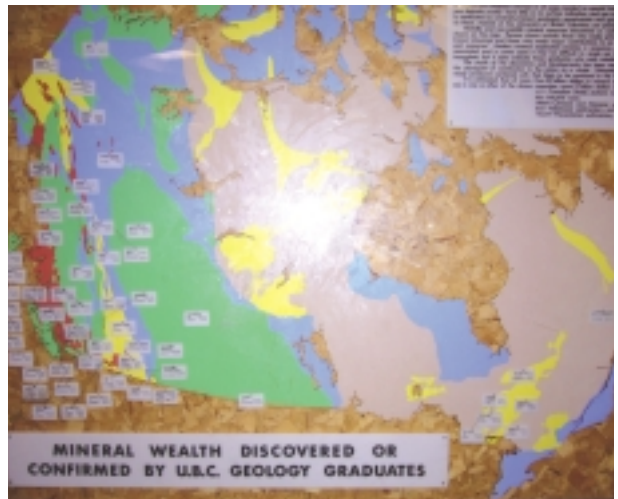


写真 12 : 地球・海洋科学科が卒業生の発見した鉱床を表示

大学院コース・実地研修等

- ・応用科学部資源工学科ではコースワークの Master of Engineering を 1 年間で取得でき、リサーチワークとコースワークを組み合わせた Master of Applied Science は通常 2 年間で取得する。一方、理学部地球・海洋科学科では論文のある Master of Science と無い Master of Science があるが、Mining Geology ではなく理学部的な地質鉱床 (Geological

表4 British Columbia大学大学院コース詳細

所在地 : Vancouver

学 位	コース名	期間	対象者	教育のコンテンツ (講義内容)	備 考
Master of Engineering	Mining Methods and Geotechnics	1年	工学部または関係分野の4年制大学卒業生	Mining Methods, Applied Underground Rock Mechanics, Mining Geostatistics, Management in Science Methods in Engineering, Mine Economics and Finance, Rock Slope Engineering, Integrated Mining and Processing Systems, Mine Ventilation, Mine Shafts and Hoisting, Equipment Selection, Rock Fragmentation, Advanced Coal Preparation, Processing of Mineral Fines, Treatment of Mineral Industry Effluents, Mining Environment Case Studies, Mathematical Modelling of Mineral Processes, Simulation and Optimization of Mineral Processes, Processing of Precious Metal Ores, Industrial Expert Systems, Rheology of Mineral Suspensions, Acid Rock Drainage, Environmental Technologies and Issues in Mining, Maintenance Engineering, Mining and Society, Energy from the Earth: Renewable Versus Conventional, 及び一部の学部生向け科目	30単位(10科目)を選択、内6単位はプロジェクトによる報告書提出で代替できる
Master of Engineering	Mineral Processing	1年	工学部または関係分野の4年制大学卒業生		30単位(10科目)を選択、内6単位はプロジェクトによる報告書提出で代替できる
Master of Engineering	Mine Environmental Science	1年	工学部または関係分野の4年制大学卒業生		30単位(10科目)を選択、内6単位はプロジェクトによる報告書提出で代替できる
Master of Engineering	Mining Economics and Finance	1年	工学部または関係分野の4年制大学卒業生		30単位(10科目)を選択、内6単位はプロジェクトによる報告書提出で代替できる
Master of Science	Geological Science	1年	理学部または応用科学部の4年制大学卒業生	Advanced Mineral Deposits and Ore Petrology, Geotechnical Engineering Practice, Principles of Geological Engineering, Potential Fields in Earth and Planetary Sciences, Exploration Methodology, Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Advanced Models in Mineral Deposits, Advanced Field Methods in Earth Science, Satellite Remote Sensing, 他多数	27単位(9科目)を選択し、3単位は卒業paper、計30単位を取得(論文無しの場合)

Science) がテーマである。両学科で取得可能な大学院相当学位及び大学院相当コースを以下に示す。コース詳細を表4に示す。

- ・当方の期待する4つのコースの内、Mining Engineering、Mineral Processing 及び Mine Management は資源工学科でカバーされている。

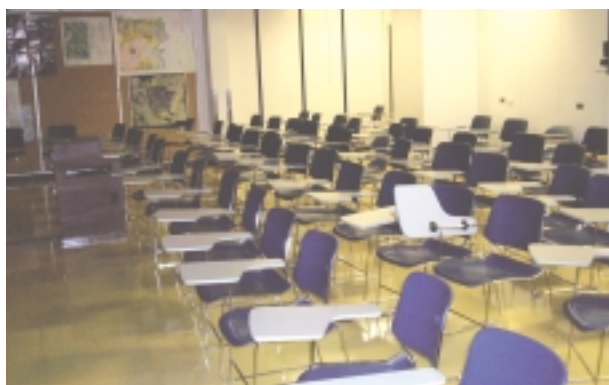


写真 13 : 地球・海洋科学科の講義室

大学院相当学位 :

Master of Engineering (1, 2, 3, 4)
 Master of Applied Science (研究テーマ)
 Master of Science (5)

大学院相当コース :

1. Mining Methods & Geotechnics
2. Mineral Processing
3. Mine Environmental Science
4. Mine Economics and Finance
5. Geological Science

- ・資源工学科では現在中国から特別大学院コースに毎年 10 ~ 15 名受け入れるプログラムを検討中で、2006 年 9 月には協定締結のために中国に出張する予

定である。詳細は未定であるが、毎年 6 月に開始し、翌年の 8 月に帰国する 14 か月のプログラムで、鉱業 (資源工学と資源経済)、鉱物処理、及び鉱山環境を中心に講義を受け、学位は Master of Engineering になるか、または何らかの Certificate になる。学費は 1 人当たり 25,000C\$ を想定している。

- ・一方、理学部でも生涯学習を意識した専門教育制度として、経営に重点を置いた企業向け実践教育大学院コース設立が話し合われており、早ければ 2007 年にもスタートする。1 年間のコースワークに実地研修を数か月加えるタイプと、2 年間のリサーチワークが検討されているが、どのような学位を付与するか等具体的には決まっていない。留学生も受け入れる予定なので、詳細が決まったら検討することとした。
- ・学生の実地研修は co-op program と呼ばれるインターンシップのような制度があり、主に休暇期間中に国内外の鉱山において実施される。米国との国境近くに同大学の所有する実験鉱山があり、また、バンクーバー北部には環境、廃水処理等を実地で学べる鉱山施設もあるという。資源工学科に隣接する実験棟も規模が大きく、岩石力学、選鉱、鉱物処理等大型の各種実験装置が揃っている。



写真 14 : 資源工学科実験棟



写真 15：同実験棟内の磁選実験風景

英語レベル・生活環境等

- ・大学院留学に必要なとされる英語力は IELTS で 6.5、TOEFL で 550 (213) 以上である。但し、理学部の地球・海洋科学科の Geological Science コースは TOEFL 600 点を求めている。
- ・留学生の生活費は、生活スタイルにもよるが、住居費込みでだいたい年間 18,000C\$ 程度ではないかとの話だった。4 年後に冬季オリンピックもひかえ物価の上昇は大きい、バンクーバーは治安も良く、気候も穏やかで留学生が生活する上で特段の支障は見あたらない。
- ・年間の授業料は取得単位や受けるサービスにより積み上げで計算されるため一概には言えないが、応用科学部の留学生で 21,000C\$ となっている (210 万円：C\$=100 円)。

3. 今後の見通し

(1) 今回の出張フォロー

今回訪問した 4 大学の内、Imperial College からは 1 コースのみではあるが日本人留学生向けに特別コースの提案があり、Camborne School of Mine については既存コースなら受け入れに問題は無く、British Columbia 大学については、新しい大学院コースについて今後も情報交換することになった。Colorado School of Mines については、6 月 2 日に文章化した提案を受けたが、日本の大学との調整が白紙段階であるため、今後必要に応じてコンタクトすることになる。いずれの大学にせよ、電子メール等によるコンタクトは容易であるため、必要な情報は適宜確認することとなる。

(2) 金属鉱物資源関係の人材育成体制整備

上述の豪、英、米及びカナダの 8 つの訪問大学の調査結果及び提案を整理し、受講できるコース、参加できる実地研修や巡検、取得できる学位及び必要な英語力や生活環境等を取りまとめ、経済産業省の指導の下国内の金属鉱物資源関係企業、大学及び資源素材学会等を集めたタスク・フォースにおいて意見交換を実施し、最終的には 2008 年 3 月 (豪州の場合) または 2007 年秋 (英、米、カナダの場合) に第 1 期生を送り

込むことを目標にスキーム案、スケジュール等を策定する予定である。

4. おわりに

Mining Journal 等で紹介されているとおり、鉱山技術者の不足は世界的な現象であり、それ故豪では Mining Engineer 養成のため 3 大学連携が話し合われ、中国は我が国に先んじて British Columbia 大学に大学院生を毎年 10 ~ 15 人も送り込む計画を進める等、世界の鉱山技術者育成事情は刻々と変化している。このような動きに対して我が国も産官学の連携の下、常にアンテナを張り巡らせて最新情報を入手し、世界の動きに乗り遅れないようにする必要があると思われる。残念ながら個々の企業が単発的に留学生を派遣しても、このような情報を入手して皆が共有するのは難しい面がある。そのため人材育成の新制度構築の議論を始めに先立ち、JOGMEC から鉱業事情調査の一環として、世界の著名な鉱山関係大学における大学院教育について現状調査を実施した。

3 月及び今回の 5 月に豪、英、米、カナダの 4 か国、計 8 大学を訪問した結果、British Columbia 大学と豪 Curtin 工科大学の Western Australia School of Mines (カルグーリ) の 2 校の評価が高く、やはり鉱業国で操業鉱山が間近にあることが強みであると言える。Curtin 工科大学は既存コースの豊富さが魅力であるが、今回訪問した British Columbia 大学では現在準備中の新しい大学院コースの創設が期待される。今後は上記 2 校を軸に履修可能な講義、取得可能な学位、想定される実地研修等の詳細を詰め、他大学についても希望があれば詳細を調べ、留学先候補に含める必要があるだろう。特に各大学における訪問先が大学の管理部門ではないため、新制度設立に当たっては各大学の管理部門も含めての話し合いが必要となり、また、多くの大学で可能とされる操業鉱山における実地研修については、詳細な中味の確認が必要となる。他方、世界の 8 つの著名大学を訪問したとはいえ、必ずしも我が国の非鉄金属業界にとって十分な調査だったとは言い難い面もある。例えば我が国が銅資源の太宗を頼っているのはチリ、ペルー等の南米諸国であり、非英語圏とはいえ鉱山技術者の人材育成についても、特にチリは力をつけてきている。また、人脈の観点からも中南米の大学に留学生を送り込むことに魅力を感じる企業もあるだろう。今後本件に関する議論の場となるタスク・フォースでは、非英語圏の鉱業国についても考慮する等、様々な観点を考慮した多角的な議論が待たれるところである。

しかしながらどれ程優れた大学院留学制度を構築したとしても、結局は派遣される個々の留学生に制度の成否が委ねられることを忘れてはならない。日本人が海外の大学院に留学するに際し、最大の問題点はやはり英語力であろう。最低でも TOEFL で 550 点、特に英、豪で重視される IELTS は、解答形式が全て記述式

のため英語で学術的な文章を書く能力を測るのに向いているとされる。日頃 reading や listening の勉強はできても writing のスキルを上達させるのはなかなか難しいところであるが、海外の大学院では報告書提出やプレゼン等で英語による表現を問われる機会は多くあり、実際にある程度のレベルに達していなければ1年間で学位取得はおぼつかないであろう。新制度を利用して留学を希望する企業の若手専門家の諸氏は日頃から高いレベルの英語力を取得すべく奮起が期待される。同時に留学の機会に恵まれた方々は、講義や実地研修を通じて積極的に専門知識やノウハウを吸収するばかりでなく、世界の鉱山関係者の間に人脈を拡げ、往く往くは我が国の海外における鉱山権益確保に貢献して頂くことを祈りつつ筆を置きたい。

(2006.7.31)

参考資料

イギリス留学辞典 2006 アルク
アメリカ&カナダ留学辞典 2006 アルク

追記：

本稿及び金属資源レポート7月号で紹介した各大学のパンフレット、提案等の資料は、川崎の金属資源情報センター図書館に“鉱山技術教育関連資料(豪州編)”、“(欧州編)”及び“(北米編)”として保管しており、閲覧は自由となっている。また、各大学はそれぞれ趣向を凝らしたホームページを持っており、履修コースや講義内容等の詳細を調べることができる。各大学の関係学部または学科の URL は以下を参照のこと。

QLD 大学：

<http://www.minmet.uq.edu.au/>

NSW 大学：

<http://www.mining.unsw.edu.au/>

Curtin 工科大学：

<http://www.wasm.curtin.edu.au/index.htm>

WA 大学：

<http://www.civil.uwa.edu.au/about/mining>

Camborne School of Mine：

<http://www.uec.ac.uk/csm/>

Imperial College：

<http://www3.imperial.ac.uk/earthscienceandengineering>

Colorado School of Mines：

http://www.mines.edu/index_js.shtml

British Columbia 大学：

<http://www.mining.ubc.ca/index.php>

