

グループ F (のうち地球・資源) 討議報告書

千木良雅弘

グループ F では、物理・応用物理分野と地球・資源分野とが両分野の特徴などについて紹介して合同で討論を行った後に、両者で分かれて討論を行った。

地球・資源の参加者は次のとおり。

福澤仁之	岡田 誠	増田昌敬
岩尾雄四郎	安藤寿男	杉田 隆
須藤 宏	河原 純	高橋 毅
酒井哲弥	塩野 清治	大和田秀二
天野一男	増本 清	藤田豊久
藤縄明彦	公文富士夫	千木良雅弘

地球・資源分野では、次の 2 件の話題提供と資料提供を受けた。

話題提供：

福澤仁之 (東京都立大学): 社会のニーズに適合するデザイン教育プログラムの構築-東京都立大学地理学教室における試み

中山大地 (東京都立大学): GIS を用いたデザイン教育の策定

資料提供：

島根大学地球資源環境学科：デザイン教育授業科目の例

信州大学理学部地質学科：卒業論文の評価

その後、地球・資源でのデザインのあり方について討論の後、次ページ以降の全体報告のとおり、取りまとめた。

全体報告（地球・資源）

地球・資源および関連分野は、資源・素材学会が幹事学会で、他の3つの学会（日本応用地質学会、日本地質学会、日本地下水学会）と産業界からメンバーが出て運営している。今までに4プログラムが認定されており、そのうちの3つが理学関係であるということで、このグループF（理学系）に含めていただいたと理解している。ここからは理学関係の地球、地質技術者について述べる。地球・資源分野、特に地球分野は、他のエンジニアリング分野とかなり違う面、特殊な面もあるので、どのようなものであるか、どのようなデザインがあるか、そしてどのようなデザイン教育が大学でなされているか、あるいはどうすべきかという点について述べる。

地質技術者は技術士の部門でいうと主に応用理学部門に属している。この部門の地質、あるいは地球物理および地球化学、それから資源工学、建設、環境というようなところが関連する分野である。応用理学および資源工学の最近の技術士の合格者の推移をみると、毎年100人前後が地質科目に合格しているという状況である。活躍の場は時と共に変わってきており、資源開発から土木・建設、さらに地盤環境、防災という方面にシフトしている。

地質技術者の教育については、主に大学の理学系教育プログラムで基礎的な教育がなされており、そのあと産業界に入ってから技術に関する実地教育がなされてきた。JABEEに代表されるように、教育プログラムで技術者の能力を担保するように状況が変わってきているが、工学系に地質技術者を育成するプログラムが、まだほとんどないという状況にある。

各国の地質技術者についてまとめると、アメリカ、カナダ、英国、いずれもプロフェッショナル・エンジニアと並び、プロフェッショナル・ジオロジストとかジオサイエンティストという資格がある。日本の場合は技術士1つであり、その中の地質技術者にはかなりエンジニアリングサイドに寄った技術士もいれば、もう少しリサーチサイドに寄った技術士もいるという状況である。英国では以下のように資格が2つに分かれているということ、メルビル先生に確認したところ、それはイギリスのジオロジカルソサエティによる誤りで、エンジニアリングに残るべきであったとのご意見だった。

- 米国 USA
Professional Engineer
Professional Geologist (Professional Geophysicist, etc)
- カナダ Canada
Professional Engineer (PEng)
Professional Geoscientist
- 英国 UK
Chartered Engineer
Chartered Geologist
- 日本 Japan
技術士（応用理学）

Professional Engineer (Applied Science)

地球科学関係から見たエンジニアリングデザインは、どのようなものが考えられるであろうか。社会のニーズの適切な理解と自然科学的基礎に立脚したデザインであること、さらに現在求められている要望に応えるのみではなく、理学的な自然の原理に基づく解決策の発見も視野に含める、といったことが挙げられる。例えば自然災害の予測と評価、廃棄物の長期的な安全、長期的な河川管理など、このような考えは持続可能な社会の構築に極めて重要であると考えられる。また、環境アセスメントや災害アセスメントもエンジニアリングデザインであるというように捉えている。

ではどのようなエンジニアリングデザインがあるのか。例えば、地質災害に関わるデザイン。これは火山であるとか、地震であるとか、地すべりといった現象にかかわるデザインである。それから鉱床・地下水評価におけるデザイン、環境に関するデザイン、建設に関わるデザイン、廃棄物処分に関わるデザインなどが挙げられる。例として火山活動について考えると、そのモニタリングのために、まず、方法と機器を選択して適切に配置することになる。リモートセンシング、地震計、傾斜計等の、いろいろな機器や手法から、適切に選択して配置していくことが必要になる。そして火山の活動の危険度を評価していく。また、ハザードマッピングも火山活動に関連した重要なエンジニアリングデザインになる。これらは大学の先生主導で表に出てくることが多いが、その裏で多くの地質技術者が働いているのである。

一方、地震に関しても地殻構造の調査、断層の活動性評価、地震活動の評価、地震災害の危険度評価など、いろいろな活動があり、それを併せてデザインと考えられる。この間の中越地震の時に河道閉塞を起こして問題となった地すべりであるが、これについても地すべりの特徴づけ、地質構造の解明、どのようにして起こったかのメカニズムの解明、安定性の評価、対策工法を選択と順位付け、最適な対策工法の決定、それから将来的な安定性の評価というようなこと、全体を1つのデザインと捉えることが出来るのではないかと考える。

それから建設に関わるデザインであるが、どのようなものを作るか理解し、それに基づいて調査計画を立案し、実際に調査を実施し、試験、評価をそれに応じて行い、設計、環境のインパクト評価と繋げることが考えられる。

いくつか地質技術関係のデザインの例示をしたが、大学でどのようなデザイン教育がなされているかについて述べる。基礎的な授業科目、およびデザインに必要な授業科目、それらを揃えていき、最後に卒業研究を行い、全体でデザイン能力を養うということが行われている。基礎的な授業科目は別として、デザイン能力養成のためのスキルの授業科目として、地質調査法、地理情報システム、各種の分析・実験・解析手法といったものが考えられる。またデザインのための授業設定というものも考えられる。例えば演習課題によるデザイン教育。地質災害とか地質条件に配慮した道路・トンネルの最適ルートを選定であるとか、経年的な環境変化を明らかにして、現在の環境を評価するといったことが挙げられる。これは何百万年という長いものではなくて、人間のタイムスケールに応じた環境の変化についてである。他にニーズの抽出を含めた授業、企画の創出のための授業、インタ

ーンシップによる産業界でのデザインの実態の理解といったことが挙げられる。このようなことと卒業研究と併せて、全体でデザイン能力を教育することが実際的ではないかと考えている。

卒業研究においては、

- 問題の発見と、既往調査・研究のレビューと問題の明確化
- 様々な制約下とスケジュールの中での研究計画の立案
- 調査・研究手法の選定と手法自体の開発
- 研究の実施，解析
- 計画の見直しとフィードバック
 - 調査ルート，調査手法・配置，などの逐次的決定
- 調査・研究結果のとりまとめと，図,表，機器を用いた報告

といったことを経験させる。これは、他分野で報告された内容とほとんど同じことを含む。このようなことを、ある意味でのデザインであると考えている。

地球科学関係の教育プログラムは多岐にわたり、全ての卒業研究のテーマを、社会のニーズに基づいた内容にすることが出来るかと言うと、やや厳しい面があると考えている。この場合には、先程の物理の話と類似しているが、デザインのための授業の設定と併せて、デザイン教育を完成するというを考えている。

以上

JABEEデザイン教育
ワークショップ
December, 5, 2004

JABEE Workshop on
Engineering Design

グループF(理学系)

**地球・資源分野の特徴と
デザイン教育について**

**Resources, Geological
Engineering
and Similarly Named
Engineering Programs**

Characteristics and
design education

地球・資源および関連分野
千木良雅弘(京都大学防災研究所)

Masahiro Chigira
(Kyoto University)

地球・資源および関連分野
分野別運営委員会

Steering committee of Resources,
Geological Engineering
and Similarly Named Engineering
Programs

- 資源・素材学会(幹事
学会)
- 日本応用地質学会
- 日本地質学会
- 日本地下水学会
- 関連組織

**The Mining and Materials
Processing Institute of Japan
(Core)**

Japan Society of Engineering
Geology
Geological Society of Japan
Japan Association of Groundwater
Hydrology

地球・資源分野 認定
プログラム

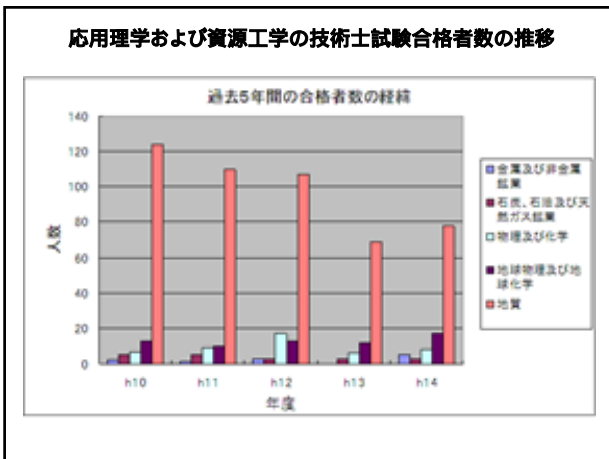
Four programs are
accredited in this field

- 東京都立大学 理学部
地理学科
- 日本大学 文理学部
地球システム科学科
- 鳥根大学 総合理工学
部地球資源環境学科
- 北海道大学 工学部資
源開発工学科
- Geographical Engineering, Tokyo
Metropolitan University
- Geosystem Science & Engineering
Nihon University
- Geoscience and Geoengineering,
Shimane University
- Mineral Resources Engineering,
Hokkaido University

地質技術者の技術士
Professional Engineer category of geological
engineer

- 応用理学
 - 地質(応用地質学を対象)
 - 物理および化学
 - 地球物理および地球化学
- 資源工学
- 建設(土質および基礎を対象)
- 環境(環境保全計画、自然環
境保全など環境地質関係)

- Applied Science
Geology
Physics and Chemistry
Geophysics and
Geochemistry
- Resources Engineering
- Construction
- Environment



わが国における地質技術
者の活躍の場

Job opportunity of Geological
Engineers in Japan

- 20世紀半ばまで
 - 資源開発が主体
- 20世紀後半
 - 土木・建設分野に対する
応用が主流
- 20世紀終わり～21世紀
 - 土木・建設分野の市場が
衰退
 - 地盤環境問題、防災に関
係する業務が急速に増加

- Before the middle of 20th C
Resources development
- Late 20th C
Civil, Construction
- End of 20th C – 21st C
Civil, Construction
decreased
Environment, Hazard
prevention
increasing

地質技術者の教育

Education of Geological Engineers

- 大学の理学系研究プログラムで基礎的教育
- 資源開発, 土木・建設分野, 地盤環境・防災で活躍
- 産業界に入ってから技術に関する実地教育
- 技術者の能力を教育プログラムで担保するように変化(JABEE)
- 教育プログラム自体が質的に変化
- 工学系に地質技術者を育成するプログラムがほとんどない

- Basic education mainly in School of Science of Universities
- Work for resources development, civil and construction field environment and hazard prevention
- On the job training after getting into industry
- Engineering education is becoming to be accredited (JABEE)
- Educational programs are changing
- Very few programs for the education of geological engineer in School of Engineering

各国の地質技術者

Professional Geological Engineer or Professional Geologist in foreign countries

- 米国 USA
 - Professional Engineer
 - Professional Geologist (Professional Geophysicist, etc)
- カナダ Canada
 - Professional Engineer (PEng)
 - Professional Geoscientist
- 英国 UK
 - Chartered Engineer
 - Chartered Geologist
- 日本 Japan
 - 技術士(応用理学)
 - Professional Engineer (Applied Science)

Engineering Design from science

Understanding of the social needs and standing on fundamental scientific principle (geological principle)

社会のニーズの適切な理解と自然科学的基礎に立脚したデザイン.

現在求められている要望に応えるのみではなく, 理学的な自然の原理に基づく解決策発見も視野に含める. たとえば, 自然災害の予測と評価, 廃棄物の長期的な安全性, 長期的な河川管理など. この考え方は, 持続可能な社会の構築に極めて重要である.

環境アセスメントや災害アセスメントもエンジニアリングデザインである.

Not only answering present needs but also having a scope to find solutions from view point of scientific principle: predicting and evaluating natural hazards, long-term safety evaluation of waste disposal etc.

Environmental assessment and hazard assessment are also engineering design.

地質技術のエンジニアリングデザイン能力

Geological engineering design

地質災害に関わるデザイン
火山, 地震, 地すべり
Design related to geohazards
Volcanism, earthquake, and landslide

鉱床・地下水評価におけるデザイン
Evaluation of mineral ore and groundwater resources

環境に関するデザイン能力
Design for geological environment

建設にかかわるデザイン
Design for geological engineering construction

廃棄物処分に关わるデザイン
Design for waste disposal

Design related to geohazards Volcanism



火山活動のモニタリング
方法と機器の選択と配置
(リモートセンシング, 地震計, 傾斜計, GPS, ガス)
危険度評価
ハザードマッピング

Design related to Earthquakes



地殻構造の調査
断層の活動性評価
地震活動の評価
地震災害の危険度評価

地すべり
Design related to geohazards Landslides

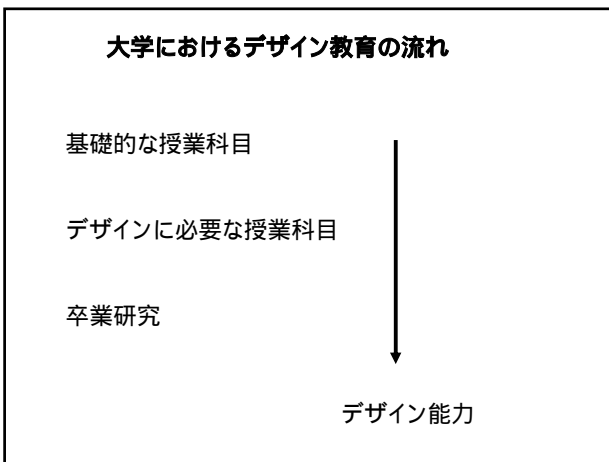


- 地すべりの特徴づけ
- 地すべりの地質構造の解明
- 地すべりのメカニズムの解明
- 安定性の評価
- 対策工法の選択と順位付け
- 最適な対策工法の決定
- 将来的な安定性の評価

建設にかかわるデザイン Design for a geological engineering construction project

- **各種構造物の理解** (トンネル, 道路, 鉄道, ダム, 発電所, 廃棄物処分場など)
- 構造物に応じた **調査計画の立案**
- **地質調査**
 - 野外調査, ボーリング配置計画, 物理探査手法の選定と配置, 3次元的地質構造の究明と図示
 - 上記による予測と検証の繰り返し
- **構造物に応じた物性試験と評価**
 - 手法の選定, 実施配置の決定, 岩盤試験, 透水試験, 汚染物質隔離能力試験など
- (結果に基づく) **構造物基礎設計**
- 建設の環境インパクト評価

- **Understanding various structures** (dam, road, railway, power plant, waste disposal, etc.)
- **Planning project**
- **Geologic investigation**
Field survey, Locating drill holes, selecting options of geophysical prospecting methods, elucidation and displaying 3-D geologic structures, iteration of prospecting and verification
- **Mechanical property tests** appropriate to constructions
- **Basic design of constructions**
- **Assessment of environmental impact**



デザイン能力養成のための授業科目

- 基礎的な授業科目**
岩石, 鉱物の判定, 成因や性質の理解, 地質年代の理解, ...
- スキルの教育**
地質調査法, GIS, 分析手法, ...
- デザインのための授業の設定**
演習課題によるデザイン教育
地質災害, 地質条件に配慮した道路・トンネルの最適ルート選定
経年的な環境変化を明らかにして, 現在の環境を評価
ニーズの抽出を含めた授業
企画の創出のための授業
野外実習科目, 防災工学, ...
- インターンシップ**
産業界でのデザインの実態の理解

卒業研究におけるデザイン教育

- 問題の発見と、既往調査・研究のレビューと問題の明確化
- 様々な制約下とスケジュールの中での研究計画の立案
- 調査・研究手法の選定と手法自体の開発
- 研究の実施, 解析
- 計画の見直しとフィードバック
調査ルート, 調査手法・配置, などの 逐次的決定
- 調査・研究結果のとりまとめと, 図表, 機器を用いた報告

社会のニーズに基づいた内容をすべての卒論テーマとできるか?