

201425003A

厚生労働科学研究費補助金

労働安全衛生総合研究事業

大学等教育研究機関における
就業前及び若手技術者向けの
安全工学教育プログラムの提案

平成26年度 総括研究報告書

平成27(2015)年 5月

研究代表者 岡崎 慎司

目 次

第1章 はじめに	1
第2章 国内外における安全工学教育プログラムの調査	4
第3章 安全工学・安全衛生に関する基礎事項の認識度調査	44
第4章 安全工学における教育コンテンツの一例(化学安全工学、環境安全工学) 及び演習内容の開発(材料・機械安全工学)	96
第5章 有識者による教育プログラムの検証	146
第6章 まとめ	157
II. 研究成果の刊行に関する一覧表	158

第1章 はじめに

近年、社会構造・産業構造の急激な変化により科学技術がかつてない速度で複雑化・高度化している。このような情勢において、現段階では産業技術や社会システム等を人類が十分にコントロールしきれておらず、事故や産業災害が頻発するという深刻な状況に我々は直面している。科学技術が社会に及ぼす負の効果をできる限り低減化するためには、企業や自治体等の組織によるリスクマネジメントや安全文化の醸成が極めて重要とされているが、団塊世代の大量退職による技術伝承の困難さや若手技術者の資質の低下等でこのような取組が十分効果を発揮できていない現状がある。

このような問題を解決するためにも、次世代の産業界の担い手となる若年層の技術者・研究者に対して、時代のニーズに則した効果的な安全教育を施すことは、安心・安全な社会の創生に寄与するだけでなく、彼らを様々な労働災害から守ることにもつながるため極めて重要と考えられる。

安全教育について国外に目を転じると欧米やアジアでは主に学会や非営利団体等が精力的に実施しているが、その対象は専門家であることが多く、若手技術者や就業前の学生を対象とした包括的な教育カリキュラムを実施する機関はほとんど見られないというのが現状である。また、国内でも安全教育、特に産業安全に重点をおく教育機関は数少なく、社会的なニーズに十分対応できていないと考えられる。

さて、本研究事業を実施する横浜国立大学は日本で有数の工業地帯である京浜京葉工業地帯に立地するとともに、昭和42年に全国初の安全工学科が設立され、化学・環境・機械・材料安全工学分野をカバーする教員組織で学部

から大学院まで一貫して研究教育を行い、当該分野のカリキュラム、教育ノウハウを蓄積している。また、卒業生・修了生は1,500名程度に達し、産業界で労働安全衛生活動に従事している。また、平成16年に安心・安全の科学研究教育センターが設立され、文部科学省科学技術振興調整費新興分野人材養成プログラム「高度リスクマネジメント技術者育成ユニット」などを実施し、安全工学の教育研究を一層加速している。また、社会人技術者向けの公開講座や特別セミナー等の教育にかかわる社会貢献事業も数多く実施しており、社会人技術者のニーズ把握に関しても経験が豊富である。

そこで、これまでに蓄積された数多くの知見をもとに、効率的かつ有効に安全工学の基礎力を涵養するための教育プログラムの開発に取り組み、我が国の産業基盤ならびに競争力の強化に資することを最終目標とした。本研究事業では、大学等高等教育機関において就業前教育の一環として実施できる効果的な安全工学教育カリキュラム例を示すとともに、産業界の若手技術者の安全意識を深化させるための教育プログラムを産業界と連携したニーズ調査に基づいて提案することを目的とする。

本研究事業は平成24～26年度の3カ年計画であり、初年度である平成24年度には、就業前教育の一環として実施できる効果的な安全工学教育プログラムとして燃焼、火災、爆発、混触などを中心に扱う化学安全工学、大気・土壌・河川などの環境汚染と浄化及び化学物質の管理に係る環境安全工学、座屈、疲労による破壊や腐食及び非破壊検査や防食方法などの対策を中心に扱う材料安全工学の3つの柱からなる専門プログラムに、包括的なリスク/危機管理を加えた6単位相当の教育プログラムパッケージを開発した。

さらに、学生の教育受容性や理解・達成度等に関する意識調査を行うためのアンケートテンプレートの開発と学生の教育受容性や安全工学の基礎的事項に関する理解度調査を学部 1 年生から修士課程 2 年生に至る本学学生約 300 名に対し実施し、その現状を調査・解析した。安全工学に対する関心が高く、自己のキャリア形成に必要と考える学生が大半を占める一方、基礎的な事項に関する理解が浅い点も多く存在することが判明した。

さらに、カリキュラム開発の基礎情報を収集するため、国外調査としてイギリスのアバディーン大学、シェフィールド大学、ラフボロー大学への訪問ヒアリング調査を行った。これらの大学は、安全工学に関連した教育プログラムを実施している稀有な存在である。調査の結果、産業界と密接に連携した 1 週間の集中的なモジュール教育が重要なことが明らかになった。

しかしながら、産業分野を限定した上で民間企業からの実務家教員を登用して構成されるプログラムが多く、安全工学を包括的に扱う教育プログラムは整備されていないことが明らかとなった。また、国内調査では近年成功を収めている関西大学の教育プログラムに関する訪問ヒアリング調査を行ったが、学部レベルで共通的な安全工学プログラムを実施する教育機関はそれ以外にはほとんど認められなかった。従って、コンパクトかつ包括的内容を有した安全工学教育モジュールの構築が非常に重要といえる。

平成 25 年度は、平成 24 年度に開発した総合的な安全工学教育プログラムを強化し、これを修得した学生のエンプロイアビリティの向上に資するために、主に京浜京葉工業地帯に所在するモノづくり企業に対するアンケート及びヒアリング調査を行い、就業前教育として企業ニー

ズに合致しているかを評価するとともに情報の抽出を行った。

さらに、企業において新卒社員や中堅技術者の安全意識を向上させる教育プログラムがどのような形で実践されているかを調査した。また、石油化学系企業の安全活動においては、ワーストケースシナリオの構築としての影響度スクリーニング評価手法、安全性評価手法や事故事例データベースを用いたリスク低減対策に関連した各種教育活動へのニーズが高いことが分かった。

特に、近年の化学物質製造施設の爆発火災事故調査によれば、直接原因に対する要因として、技術伝承の不足、安全管理力の低下、ルールの軽視、リスクアセスメント不足などが指摘されており、社内教育の充実により安全を担う人材育成の強化が急務であるという指摘があった。さらに、その根底にあるのは産業現場における世代の移り変わりにより、KYT 等で若者が危険を想像できなくなっている状況があり、体感教育やグループ討論の有効性が教育プログラムにおいて重要となっていることが示唆された。また、国外調査として米国化学プロセス安全センター、米国化学事故調査委員会、米国ウェストバージニア州教育省等の調査を行い、教育プログラムに盛り込むことができる教材や教育システムに関する情報を収集した。

平成 26 年度は当該研究の最終年度にあたるため、これまでの研究成果を踏まえた総括的な検討を行うとともに具体的な点については次に述べるような重点的な取組を行った。まず、平成 24 年度に開発した安全工学教育プログラムをベースとして、国内外調査で得られた調査結果から抽出された情報を反映させた上で、当該教育プログラムを充実させた。また公的研究機関等の協力を得て、事例調査等の提供を得て、

演習教材などの教育プログラムへの組み込みとその評価を行った。さらに、本プロジェクトで得られた研究成果を社会に公開・発信し、関連する技術者とのディスカッションから、カリキュラム内容等のブラッシュアップを図った。さらに、大学機関あるいは化学系民間企業の一線で活躍する外部専門家に対するヒアリング調査を行い、カリキュラムを検証するとともに、就業前学生及び若手技術者を対象とした教育プログラムのあり方について提言を行った。さらに、安全工学教育等を実施する国内外機関の調査に基づいて産業界との最適な役割分担や連携について提言を行った。

第2章 国内外における安全工学教育プログラムの調査

2.1 オストラバ工科大学における工学教育研究プログラム調査

世界最大規模で学部において安全工学教育を実施しているチェコ共和国のオストラバ工科大学においてカリキュラム調査を行った。

以下に調査の概要を示す。

2.1.1 訪問日 及び 訪問場所

日時:2014年9月9日 10時~12時

場所:Safety Engineering Building

2.1.2 出席者

オストラバ工科大学

Ales Dudacek (Vice dean)

Prof. Pavel Danihelka

横浜国立大学

熊崎美枝子

澁谷忠弘

笠井尚哉

2.1.3 オストラバ工科大学について

オストラバ工科大学は、学生数およそ 24,000人で、経済学部、土木工学部、機械工学部、電子工学及びコンピューター工学部、鉱山及び地学部、安全工学部、金属工学及び材料工学部の7学部で構成されている。

2.1.4 オストラバ工科大学 安全工学教育の概要

(1) 沿革

1968年7月

教育省により「防火工学と産業安全」の研究の

大学の分校の設立が鉱業と地質学部に認められた。

1973年

防火工学と産業安全学科が設立された。

1994年

安全工学研究所が設立された。

2002年

安全工学部が設立された。

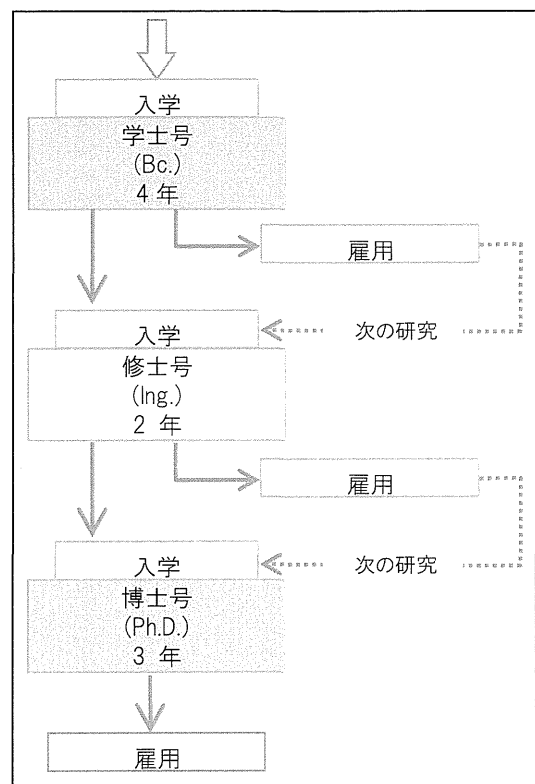
(2) 教育システム

研究の形式:

- ・フルタイム形式
- ・遠隔授業との複合形式

研究プログラムの種類

- ・学士号、・修士号、博士号



(3) 研究分野

1 年生では、教養科目と基礎科目を行い、2 年生から、緊急計画と危機管理、人と資産の安全工学、防火安全と産業安全、職業上およびプロセス安全の 4 つのコースに分かれて教育が行われている。

以下に、“防火と産業安全”のカリキュラム内容について示す。授業の単位認定は、14 週間の授業と試験で構成され、おおよそ日本と同じである。試験の種類は、筆記試験、口頭試問、筆記と口頭試問の両方を用いるものがある。科目の種類は、必修科目、選択必修科目、選択科目実習科目、インターンシップ科目がある。

科目の種類:

- 理論的、基本的な科目
- 理論ベースの応用科目
- 専門分野の科目
- その他の科目
- 実習、インターンシップ

..

理論及び基礎科目の科目の例

- 基礎科目
 - 化学
 - 数学
 - 物理 など
- 専門基礎科目
 - 流体力学
 - 熱伝達
 - 応用物理
 - 燃焼、爆発のプロセスの物理化学基礎 など
- 専門科目
 - 火災科学

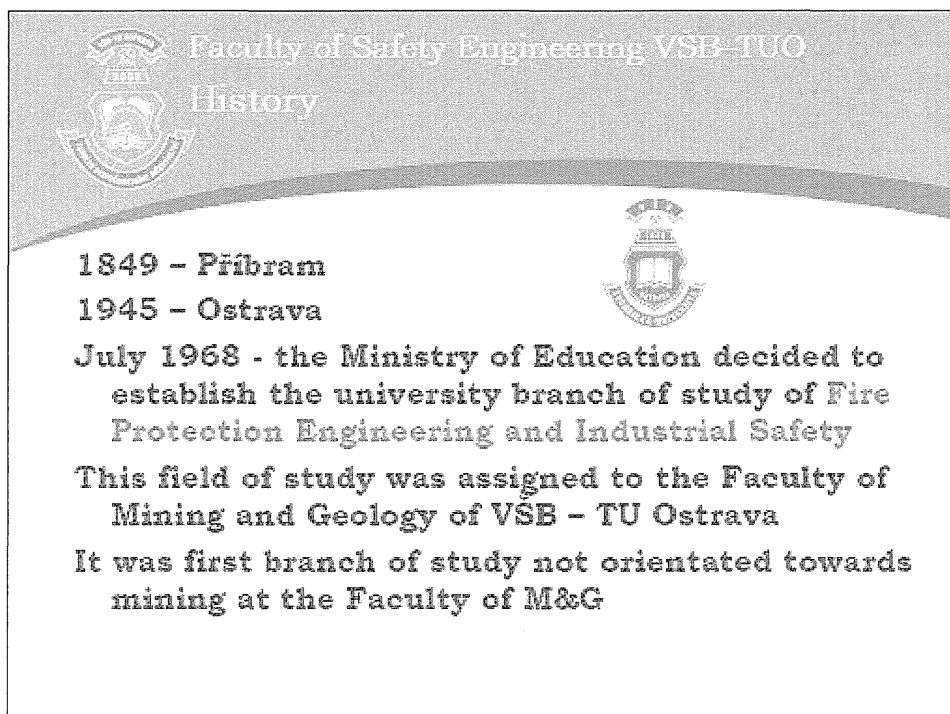
- 材料科学
- 建築構造
- 防火と安全システム
- 建築物のプラスト効果
- ビルの火災安全
- 建築構造の抵抗力
- 建築物内火災安全の計算法
- 防火における通信システム
- 消防設備
- 消防戦術 など
- その他の科目:
 - 法律
 - 哲学
 - 心理学
 - 社会学
 - 生理学 など
- 実習、インターンシップ
 - 消防隊の実習(火災と救出活動)

配布資料 (1)


1



2




3

 Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
History


1973 - Department of Fire Protection Engineering and Industrial Safety

1994 - Institute of Safety Engineering

- Section of Fire Protection and Industrial Safety
 - Fire Protection Engineering and Industrial Safety
 - Safety Engineering (1996/1997)
 - Engineering Safety of Persons and Property (1998/1999)
- Section of Ventilation and Safety Techniques

2002 - Faculty of Safety Engineering (FSE) 

4

 Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Education System

Form of Study:

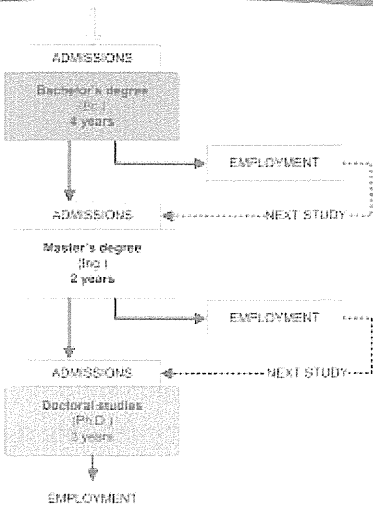
- Full Time Study
- Combined Study

Study Programme

- Study Branche 1
- Study Branche 2
- ...


Type of Study Programme:

- Bachelor
- Master (Further)
- Doctoral



```
graph TD; A[ADMISSIONS] --> B[Bachelor's degree  
(Bc.)  
4 years]; B --> C[ADMISSIONS]; B --> D[EMPLOYMENT]; C --> E[Master's degree  
(Ing.)  
2 years]; E --> F[ADMISSIONS]; E --> G[EMPLOYMENT]; F --> H[Doctoral studies  
(Ph.D.)  
3 years]; H --> I[EMPLOYMENT];
```

5



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Fields of Study

Bachelor's Degree


Study Programme:

- Fire Protection and Industrial Safety

Study Branches:

- Emergency Planning and Crisis Management
- Engineering Safety of Persons and Property
- Fire Protection Engineering and Industrial Safety
- Occupational and Process Safety

6



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Field's of Study

Master's Degree


Study Programme:

- Fire Protection and Industrial Safety

Study Branches:

- Engineering Safety of Persons and Property
- Fire Protection Engineering and Industrial Safety
- Safety Engineering
- Safety and Security Planning

7



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Field's of Study

Doctoral Study


Study Programme:

- Fire Protection and Industrial Safety

Study Branches:

- Fire Protection and Safety

8



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Bachelor Study


Fire Protection and Industrial Safety			
1	2	3	4
Common Study FSE	Occupational and Process Safety		
	Emergency Planning and Crisis Management		
	Engineering Safety of Persons and Property		
	Fire Protection Engineering and Industrial Safety		

9

Faculty of Safety Engineering VSB-TUO Master Study	
Fire Protection and Industrial Safety	
1	2
Safety and Security Planning	
Safety Engineering	
Fire Protection Engineering and Industrial Safety	
Engineering Safety of Persons and Property	

10


Faculty of Safety Engineering VSB-TUO Doctoral Study						
Fire Protection and Industrial Safety						
1	2	3	4	5	6	7
Fire Protection and Safety						



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Credit System of Study

Academic year (60 CP)

- **Winter semester (30 CP)**
 - 14 weeks of organized education
 - Examination period
- **Summer semester (30 CP)**
 - 14 weeks of organized education
 - Examination period



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Curriculum

Type of Subjects:

- Compulsory
- Choice Compulsory
- Optional
- Practical Training
- Excursion (Field Trips)

<p>Passing Methods:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Credit • Graded Credit • Credit and Examination • Examination 	<p>Type of Examination:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Written • Oral • Written and Oral
---	--

13



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Curriculum Control


Degree Programme Board
Guarantors of Degree Programmes
Guarantors of Fields of Study (Study Branches)
Guarantors of Subjects
Academic Senate of the Faculty

- expresses its view on proposals for degree programmes to be offered

Scientific Board

- approves the degree program

14




Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Accreditation of Degree Programme

Accreditation of Degree Programme (+ Fields of Study)

- Internal Accreditation Commission of VŠB-TUO
 - deals with quality of education at VŠB-TUO
- Accreditation Commission (Czech Republic)
 - deals with quality of higher education
 - performs comprehensive evaluation of educational, scholarly, research, artistic or other creative activity of higher education institutions
 - quality assessment and accreditation process of degree programmes
 - WG for Military and Security Studies

15




Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
FPE & IS

Fire Protection Engineering and Industrial Safety

- **This field of study is of a markedly interdisciplinary character**
- **Type of subjects:**
 - Theoretical, scientific and fundamental technical subjects
 - Subjects of application of the theoretical base
 - Specialized subjects
 - Other subjects
 - Practical Training, Field Trips (Excursion)

16




Faculty of Safety Engineering VSB-TUO

Using Choice Compulsory and Optional Subjects is possible to Specialize to:

- *Fire Prevention*
 - State fire supervision
 - Designing of fire safety of buildings and technologies
 - Fire prevention in enterprises and organizations
- *Civil Protection*
- *Fire Fighting and Rescue Works*
- *Industrial Safety*

Where:
State and Public Administration, Fire and Rescue Services, Police, Army, Industry, ...

17



Faculty of Safety Engineering VŠB-TUO
Theoretical subjects, ...

- **Theoretical, scientific and fundamental technical subjects**
 - Chemistry
 - Mathematics
 - Physics
 - ...
- **Subjects of application of the theoretical base**
 - Hydromechanics
 - Heat Transfer
 - Applied Physics
 - Physical Chemistry Fundamentals of Combustion and Explosion Processes
 - ...


18



Faculty of Safety Engineering VŠB-TUO
Specialized subjects

- **Specialized subjects as:**
 - Fire Dynamics
 - Material Science
 - Building Constructions
 - Fire Protection and Safety Systems
 - Blast Effects on Buildings
 - Fire Safety in Buildings
 - Resistance of Building Constructions
 - Computing Methods in Fire Safety in Buildings
 - Communication Systems in Fire Protection
 - Firefighting Equipment
 - Firefighting Tactics
 - ...

19



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Other subjects

- **Other subjects as**
 - Law
 - Philosophy
 - Psychology
 - Sociology
 - Physiology
 - ...

20



Faculty of Safety Engineering VSB-TUO
Practical Training, Field Trips

- **Practical Training, Field Trips**
 - Initial Professional Training (as professional firefighter)
 - Practical Training at Fire Brigade (Fire and Rescue Service)

2.2 オランダ デルフト工科大学における安全工学教育研究プログラム調査

オランダのデルフト工科大学における安全工学の調査の概要について記述する。

2.2.1 訪問日 及び 訪問場所

日時：2014年9月12日 12時～15時

場所：Building 31

2.2.2 出席者

デルフト工科大学

Pieter van Gelder

(安全グループリーダー)

Genserik Reniers

(化学安全工学担当)

横浜国立大学

熊崎美枝子

澁谷忠弘

笠井尚哉

2.2.3 オランダ デルフト工科大学について

デルフト工科大学は、航空宇宙学、応用科学、化学工学、建築学、土木工学、電子数理工学、生産工学、海洋学・機械工学、技術管理学で構成される。

2.2.4 オランダ デルフト工科大学での安全工学教育について

デルフト工科大学では、安全工学教育研究活動として、以下の視点を重視しているということであった

1. リスク分析 (確率分析法、品質・信頼性保証、不確定性解析、感度解析、リスク評価、安全チェーン (プロアクション, 予防, 抑圧),

フォルトツリー、イベントツリー解析、検査戦略、最適化、利害関係者の分析、リスクの規範、リスク最適化、リスク補償、事故調査、法医学工学、回復力、脆弱性分析を含む)

2. ヒューマンファクター (合理的対不合理の人間行動、行動的心理学と組織的心理学、認知バイアス、文化的偏見、表記法バイアス、不安、外生対内在性人的ミス、省略エラー、実行エラー、回復エラーを含む)
3. リスク - 危機コミュニケーション (リスク知覚、危機調整、危機の視覚化、リスクマップ、警報システム、ソーシャルメディア、コミュニケーション計画、事故調整プロセスを含む)
4. 安全な文化 (組織の安全、安全マチュリティラダー、安全文化調査、リスペクト、パフォーマンスマネジメントを含む)
5. リスクと倫理 (リスクの制限、規範的なリスク評価の性質、リスク評価: 容認されているリスク、道徳的ジレンマ、予防原則、リスクに対する哲学の視点、リスク値、持続可能性、運と責任、リスクの共有、リスク正当化を含む)
6. リスクガバナンス (自然 - そして技術的リスクの政策決定、協力、参加、緩和と持続可能性、リスクアクション、危機プロセス、伝統や制度、相互関係、(国際) 国家インフラ、法的枠組みに基づいたものを含む)

開講されている科目のうち、重要なものを以下に示す。

コース名
輸送機関の安全性
交通安全性
輸送の安全性
火災安全計画
自動車事故安全性；実行中&受動的な安全装置システム
安全科学入門
リスク分析と安全性管理
プロジェクト安全科学
安全とセキュリティシステムの設計
品質管理：バイオ医薬品の品質と安全性
オフショアエンジニアリングにおける安全性
自動車安全&ヒューマンファクター
エージェントベースの安全リスク分析
自動運転、自動車のヒューマンファクターと安全性
安全コース
車両力学入門、自動運転&安全性
リスクと安全性の確実な管理
法務、健康と安全
サイト上のオペレーションメンテナンスと安全性
運輸安全
安全、衛生環境の修士
安全、健康、環境の短縮修士

