

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 科学技術の巨大化・総合化・複雑化，および不確
実性下の工学教育と技術者制度のあり方について

氏名 田岡 直規

論文内容の要旨

本研究が対象とするのは，科学技術の巨大化・総合化・複雑化，および不確実性下の工学教育と技術者制度である。

現代では，科学技術の巨大化・総合化・複雑化により，個々の専門技術者が，直接責任をもつ範囲においては技術的リスクを認識していたとしても，科学技術全体がもつ技術的リスクについて網羅的に的確に把握・認識することは困難である。また，科学技術の知識の状態としては，自然現象や社会動態の科学的分析結果に断言のできない内容が含まれるという「科学技術の不確実性」の下で，科学者，技術者等が意思決定を迫られるケースが増加しつつある。そのような中，原子力トラブル，鉄道事故，自動車リコール問題，食品安全問題，データ改ざん・偽造等の各種不正，品質偽装等の，技術者が関与する類似の人為的な事故・不祥事が頻発し，工学教育や技術者制度について，改善が求められている。このような状況下において，

- ①「科学技術の巨大化・総合化・複雑化，および不確実性下の工学教育」はどうあるべきか？
- ②「科学技術の巨大化・総合化・複雑化，および不確実性下の技術者制度」はどうあるべきか？

本論文では，以上2つの課題に対する解決策を提案している。

第一部 巨大化・総合化・複雑化および不確実性下の科学技術の事例分析

第1章 福島第一原子力発電所事故の事例分析

巨大化・総合化・複雑化および不確実性下にある科学技術の代表事例として，まず福島第一原子力発電所を取り上げ，国会，政府，民間，東京電力という4つの事故調査委員会資料の調査結果を分析し，事故原因として何が指摘されているかをまとめた。全交流電源と直流電源を喪失し原子炉を安定的に冷却する機能が失われたことが，大事故（炉心熔融，水素爆発，放射性物質の大量拡散）の直接的原因であ

るが、それ以外の要因も指摘されている。本論文では、4つの事故調査報告書を精査し、事故発生前の、1. リスク認識、2. 技術思想の伝承、3. 法律、技術基準、安全基準、という観点から、また事故時、事故後の、4. 安全管理、5. リテラシー、の観点から、事故の遠因と背景（「事故原因」と総称する）の分析を行った。

そして、技術者がどのような能力を備えていれば、事故の発生、拡大を防止することができたかを考察し「事例分析に基づいた技術者に求められる能力」として整理、分析した。

第II章 巨大化・総合化・複雑化した科学技術における技術思想伝承の事例分析

海外からの導入技術について、その導入過程において、「科学技術の背景にあり、普遍的な前提条件や考え方」となる技術思想は十分に伝承されたのであろうか？ここでは技術思想伝承の失敗事例として、六本木ヒルズ回転ドア事故、福島第一原子力発電所事故を取り上げ、分析・検証を行った。さらに、成功事例として女川原子力発電所建設工事と福島原子力発電所アクシデントマネジメント取り上げ、その成功原因について、分析・検証を行った。以上の成功事例と失敗事例を踏まえて、技術思想を正しく伝承するための提案を行った。

第III章 不確実性下の科学技術の事例分析

不確実性下の科学技術の失敗事例として水俣病対策を、成功事例としてイタイイタイ病対策を取り上げ、分析・検証を行い、1. 法律、技術基準、安全基準、2. 科学的対応方法、3. リテラシー、という観点から、不確実性下の科学技術において、被害拡大を防止し早期解決をもたらすための提案を行った。

第IV章 事例分析から導かれる技術者に求められる能力

以上第I～III章の事例分析から明らかになった事故原因と対策を集約した。さらに事例分析から導かれた技術者に求められる能力を、(a)態度、(b)知識、(c)スキル、に分類し、「事例分析に基づいた技術者に求められる能力」としてまとめた。

第二部 日本の工学教育と技術者制度の現状と改善策

第V章 工学教育の現状と改善策

「事例分析に基づいた技術者に求められる能力」から「JABEEが定める学習・教育到達目標で技術者に求められる能力」を差し引いた「JABEEの認定基準に不足し、追加すべき能力」を、以下①～⑥の横断的能力に構造化した。

①先進科学・技術知見、②技術思想知識、③俯瞰的システム能力、④非常想定・対応知見と能力、⑤三現主義遂行能力、⑥コミュニケーション応用能力

JABEEの認定基準に不足している技術者の能力をより積極的に自発的に身につけさせるために以下の2科目を、新たな工学教育、新規科目として提案した。

(科目1) 技術災害事例研究

巨大化・総合化・複雑化した科学技術の代表であるとともに、要素技術として、格納容器、発電設備、電子・通信設備、非常用電源装置等、原子力工学、電気工学、機械工学、材料工学、土木工学、情報工学、通信工学等のあらゆる分野の工学が関わる技術災害の事例として、福島第一原子力発電所事故を取り上げて事故原因分析手法を学ぶ。

(科目2) 科学技術コミュニケーション演習

本演習では、次の (a) (b) の2つのことを実施する。

- (a) 身近な科学技術製品（例：電子レンジ，電磁調理器，燃料電池，ハイブリッド車等）の仕組みについて，技術者から公衆への伝達
- (b) 公衆の理解が困難な科学技術のリスク（例：遺伝子組換え作物，放射性廃棄物処理，放射線の人体への影響，コロナワクチン接種，自動運転自動車等）についての公衆の懸念点，ニーズ，要望等の把握，さらに技術者から公衆へのリスクコミュニケーションを行う。

第VI章 日本の技術者制度改善案の提案

大学における工学教育の改善に続き，さらに卒業後の社会での技術者教育を充実させることが必要であり，そのための技術者制度づくりが必要である。

日本の技術者制度について，代表的な専門技術者制度である技術士制度を取り上げ，技術士に求められる資質・能力の現状について，分析，整理を行った。

さらに，海外の技術者制度として，代表的な米国専門技術者制度(PE:Professional Engineer)制度と全米PE協会(NSPE:National Society of Professional Engineer)，及び英国専門技術者制度(CEng:Chartered Engineer)制度を取り上げ，日本の技術士制度と，米国PE制度，英国CEng制度との比較分析を行った。

その結果，日本の技術者制度と英米のそれとは，以下(1)～(3)の3点で異なることが明らかとなった。

- (1) 日本の技術士資格は名称独占資格であり，業務独占資格ではない。
- (2) 資格取得後の継続研鑽(CPD:Continuing Professional Development)，資格定期更新が必須化されていない。
- (3) 資格取得後の日本技術士会への加入が義務づけられていない。

以上の現状把握に基づき技術者制度改善案について，以下(1)～(5)の5項目を提案した。

(1) 技術士に求められる資質能力(コンピテンシー)の改善

以下①～⑥を追加する。①先進科学・技術知見，②技術思想知識，③俯瞰的システム能力，④非常想定・対応知見と能力，⑤三現主義遂行能力，⑥コミュニケーション応用能力

(2) 技術士試験の改善

- ・筆記試験で①～⑥のコンピテンシーを新たに取り入れた能力を確認する。
- ・口頭試験で，コミュニケーション応用能力の実地試験を含む。
- ・知識・知見以外の経験について小論文を願書提出時に提出させる。

(3) 日本技術士会への加入促進

- ・日本技術士会は21部門のあらゆる技術分野の専門技術者が集まる技術者集団であり，入会することにより，技術分野や所属組織に依存しない分野横断的，組織横断的，職業横断的に有用な情報交換，意見交換，交流をすることができる。この日本技術士会入会メリットを非会員にPRを行う。
- ・2021年9月文部科学省が過去5年のCPD活動実績登録を公的に制度化した「技術士CPD活動実績簿」への登録を非会員含み推進する。
- ・日本技術士会会員限定のオリジナル教材や日本の技術者の実態に即した教材や事例集を作成する。

(4)資格更新制度

- ・「技術士 CPD 活動実績簿」への CPD 登録を定着化し，更新制度を導入する。

(5)CPD

- ・技術士法 47 条の 2「資質向上の責務」に基づき，技術士の責務であることを明確にし，必須化する。
- ・コンピテンシー項目毎の登録・管理とする。
- ・大学での工学教育に引き続き「JABEE の認定基準に不足している技術者の能力」(1)先進科学・技術知見～(6)コミュニケーション応用能力)に，CPD の達成度を評価するために，ルーブリック評価を導入する。

以上，科学技術の巨大化・総合化・複雑化，および不確実性下における工学教育と技術者制度のあり方について分析，提案を行った。これらの提案により優れた工学教育と技術者制度を整備，運用することが可能となり，我が国の科学技術の適正な運用と進歩に大いに貢献することが期待されると同時に予想される。