

第1回世界エンジニアリングデー記念シンポジウム

第一部：工学教育の未来

教育の質保証とアウトカムベース カリキュラム設計

東北大学工学研究科長
八大学工学系連合会会長
長坂徹也





自己紹介

2

略 歴

S55年3月	東北大学工学部金属工学科卒
S60年3月	東北大学大学院工学研究科博士課程修了
S60年4月	東北大学工学部助手
H 6年2月	東北大学工学部助教授（H9.4より工学研究科助教授）
H14年3月	東北大学大学院工学研究科教授
H15年4月	東北大学大学院環境科学研究科教授（H23.3まで）
H23年4月	東北大学大学院工学研究科教授
H24年7月	東北大学大学院工学研究科研究科長補佐
H27年4月	東北大学大学院工学研究科副研究科長
H30年4月	東北大学大学院工学研究科長・総長補佐
R 2年9月	八大学工学系連合会会長

教育での経験値：日工教副会長、日本技術者教育認定機構理事、同材料分野委員長等



八大学工学系連合会とは

3

八大学に所属する工学系の学部・研究科等が連携して、教育・研究・運営のあり方等について継続的な議論を進めるとともに産官学の直接的な対話を促進し、対外的な意見や要望を発信することをもって、会員大学ひいては我が国における工学教育、学術研究、科学技術等の発展に寄与することを目的に活動しています。



北海道
大学



東北
大学



東京
大学



東京
工業
大学



名古屋
大学



京都
大学



大阪
大学



九州
大学

一般社団法人八大学工学系連合会

事務局

理事会

社員総会

【常設会議】

八大学工学部長会議
【議長：連合会会長】

八大学工学関連研究科長等会議
【議長：幹事校研究科長等】

運営委員会

【委員長：連合会会長】
連合会の運営・施策の執行

分科会

具体的な連合会事業の推進

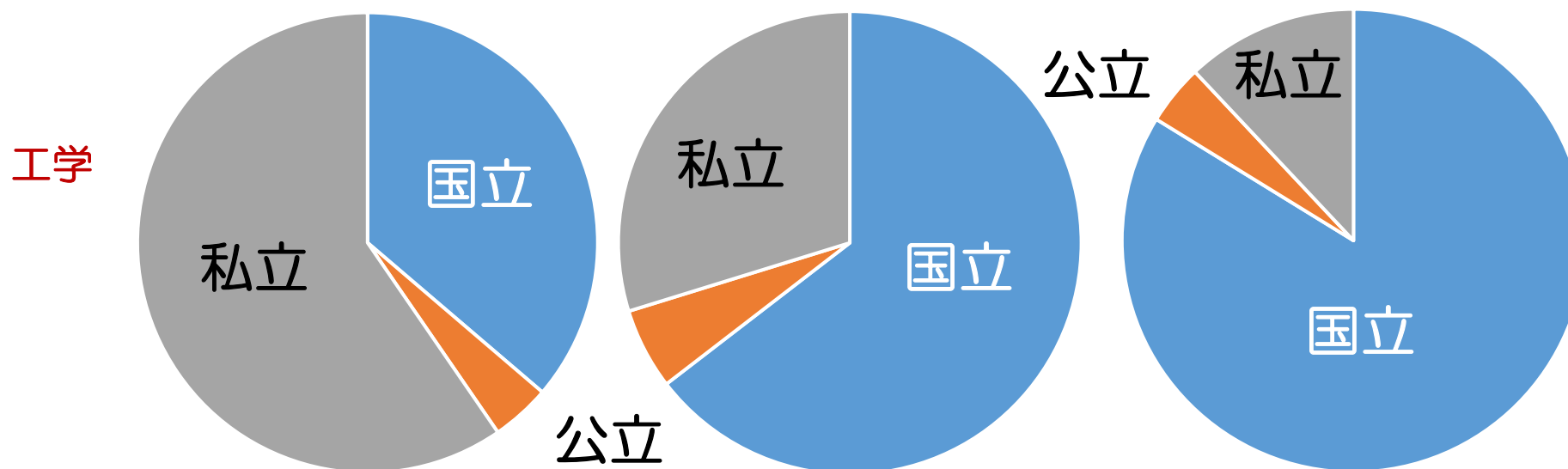


八大学における学部・大学院の卒業・修了者数

4

出展) 文部科学省平成26年度学校基本調査 (H26年度データ)

八大学は全国の 9.3% 27% 63%
学部：86,000人 修士：31,000人 博士：3,500人

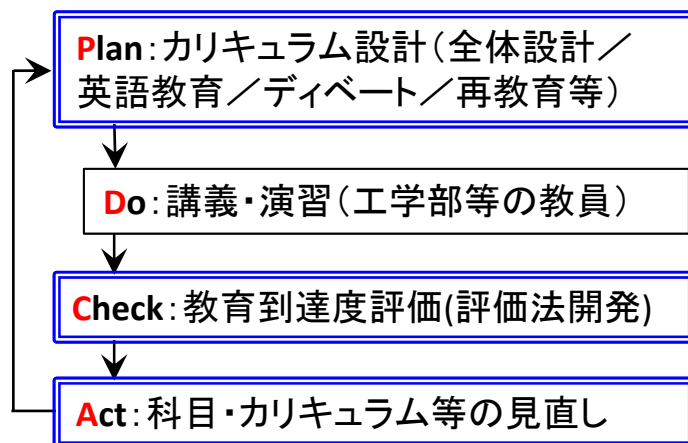


すなわち、本会は我が国の科学技術人財育成の上で、極めて大きな責任を負っており、益々しっかりした教育の質保証が求められている。



研究者
博士
企業リーダー

6年一貫教育をベースに、工学教育の継続的な改善をPDCAサイクルにより実施



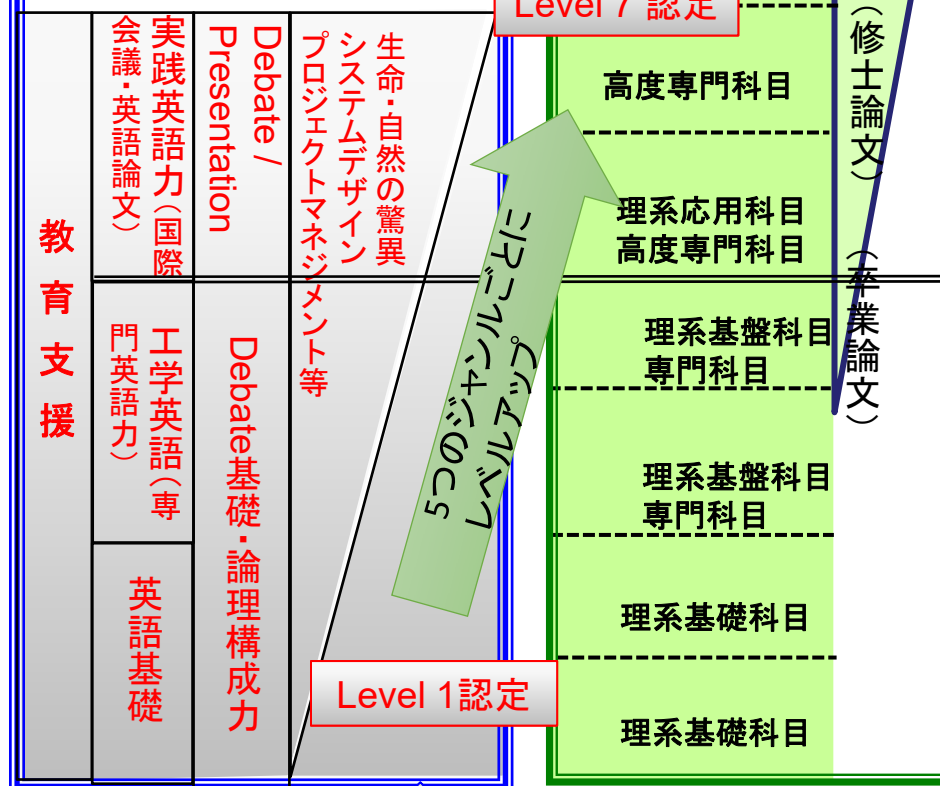
工学教育院(新組織)を設置
(教育と学修目標管理)

- 責任のある教育体制確立
- 学生の学修意識改革
- 教員の教育準備・研究時間確保

工学教育院

【教育の質の充実】

研究型大学として社会を牽引できる人材育成を目指した教育の質の充実



博士
1～3年

修士
2年
1年

学部
4年

3年

2年

1年

指導者・技術者

人事交流・意見交換
レベル認定基準についての意見交換

教員(高専・高校等)・企業経営者



	科目群(1)	科目群(2)	科目群(3)	科目群(4)	科目群(5)	科目群(6)	科目群(7)	科目群(8)	科目群(9)	
目標A	●	●								●
目標B	●	●								●
目標C						●		●	●	●
目標D			●		●					●
目標E			●					●	●	●
目標F				●			●	●		●
目標G				●	●	●				●
目標H							●			●
科目群(10…) (修士・博士研修、インテグレーション科目)										

続「工学教育上の基本のキ」

Fundamental in Fundamentals of Engineering Education ; Part II

長 坂 徹 也^{※1}

Tetsuya NAGASAKA

筆者の「工学教育への想い」の要点は、昨年度の本誌66巻5号に工教言として、「工学教育上の基本のキ」と題した駄文にまとめさせて頂いている。しかしながら、そこで主張したかったことは、敢えて「基本のキ」ともったいぶって書かせて頂いたように、ごく当たり前のことながら、教育遂行上の肝だと考えていたことなので、書き足りなかったことを捕捉させて頂くことにした。

筆者は、1970年代後半から高等教育機関で工学の教育を受け、その後1980年代後半より、今度は工学の教育サービスを実施する側に立って約30年弱が経過した。学習する側とさせる側の立場を経て、この間の工学教育の変遷がどうであったかと考えると、一個人の感触では、大略3つのステージに区切ることが出来るように思う。1970年代中盤以前は何も変わらなかったということではなく、筆者の直接的な経験がないので対象の外に置いているというだけの意味である。

やや乱暴な3期分けをお許し頂くとして、さて第1期はというと、1970年代後半からちょうど2000年頃までである。大学教員として工学教育を生業とし始めた頃であるが、まだ学生気分の延長線上にあったように思う。すなわち、自身が受けた教育内容・方法を反芻、咀嚼、やや改善しているに過ぎなかった時期である。当時の国内の様子を思い出しても、あまり細かいことは言わず、技術の拡大に伴って、講義でカバーするトピックを拡充する事に腐心していた記憶がある。筆者の専門分野である材料科学では、ちょうどファインセラミックスや超電導材料等、かなり多くの新技術が世の中に登場していた頃である。これらのホットトピックは、学生達の関心も高く、講義の中にも次々と取り入れられ、学術内容的バリエーションは大きく広がって行った時期だと認識している。しかしながら、それ以外には工学教育という大視点からの大きな変化はなく、教員個人、学科組織の自主性に任されていたように思う。

第2期は、2000年頃からのアウトカム重視の教育への変化による。これは1999年の日本技術者教育認定機構の設立に伴う同機構による認定制度が始まったことが大きい。いわゆる accreditation (以下、認定制度と呼ぶ) であり、学生と教育プログラム間の教育上の契約履行の確認制度と言える。認定制度は、工業製品の品質保証に関する国際基準である ISO-9000s に例えられるように、教

育を受けた人財の質保証手段と言える。すなわち、特に工学は社会へのインパクトが大きい分野なので、その教育システムを基準に則って評価し、問題があった場合は改善を図ってもらおうというものである。ご承知のように、日本に限った制度ではなく、約100年の歴史がある米国 ABET (the Accreditation Board for Engineering and Technology) や英国の ECUK (Engineering Council UK) はもとより、香港の HKIE (The Hong Kong Institution of Engineers)、シンガポールの IES (Institution of Engineers Singapore) 等、アジア各国も認定制度を導入しており、直近では韓国、中国、パキスタン、インドネシアも認定制度の世界協定であるワシントンアコードに加盟している。アジア諸国が熱心なのは、今や世界の工場と呼ばれる旺盛な工業生産活動とは無縁ではないと思われる。これら認定制度は、育成人財の質保証と関係するので、上手に利用することを考えるべき制度であるが、この点は後述する。話を戻すと、認定制度が始まったことにより、工学教育に「アウトカム」の概念が広く普及し、実際に認定を受けるかどうかは別としても、各高等教育機関でカリキュラム構造や科目の存在意義を改めて良く考える契機になったことはほぼ間違いないであろう。つまり教育のアウトカム (学習教育到達目標) は、高等教育機関が学生に約束する修得能力を意味しており、言った以上は約束を守っているかを客観的に保証してもらうのが認定制度である。教務上の卒業・修了要件は、教養科目、専門基礎科目、専門応用科目等のごっこりしたカテゴリー毎に設定された取得単位数を満足することを求めている。これに対して、果たして各学習教育到達目標の達成は、取得単位のみからは直接的にはわからない。そのため、教育機関・プログラムは、各修得能力と関係科目がきちんと対応しているかどうかについての説明が求められる。そもそも各アウトカム・修得能力の内容は、プログラムが自ら設定するのであり、言った以上は学生が身に付くことを証明する責任がある。繰り返しになるが、重要なことは、学生と教育プログラム間の教育上の契約が正しく履行されているかどうかであり、更に重要なことは、契約内容を教員と学生双方が理解しているかどうか、である。筆者の意識では、これが「基本のキ」である。JABEE による認定制度は、発足から20年を経過したが、諸般の事情で制度の浸透は順調とはいかないようであるが、認定制度の精神が定着している米国の ABET では、認定を受けることは、工学教育を実施するための必須条件とみなしている。そこには、利

2019年6月17日受付

※1 東北大学大学院工学研究科長

益や見返りを求めるより、義務に近い形で認定取得を捉えている。先行き不透明なJABEEによる認定制度ではあるが、アウトカムベースでカリキュラムが実施されるようになった傾向は明確であり、教育の実効性のみならず、工学教育の在り方そのものを考える上でも整理が容易になったと感じている。これは工学教育の歴史の上でも大変重要かつ有益なことであると言えよう。

第3期は、明確に何時からとは言にくいだが、ここでは2004年から始まった国立大学への運営費交付金削減の影響が顕在化し始めた2010年頃以降とさせて頂く。要するに、ここ10年ほどの直近の傾向である。第2期とは明確な区別はつきにくく、教育内容のアウトカムベースへの推移と根底に共通項を持つと思われるが、明らかに直近では工学教育に対する風当たりや考え方が違ってきているように感じられる。発端になったとみなせるのは、国が旗を振る国立大学改革である。大学は国立だけではなく、私立、公立大学の存在は大きい。国立大学への施策は文教政策全体に対して波及する。一方、少子高齢化による大学の将来像については、国立、私立、公立とは無関係に、共通の緊急課題として、定員管理やカリキュラム構成、更には教育の質保証、リカレント教育等へ議論が及んでいる。中でも、教育のダイバーシティと質保証は、非常に重要なテーマとして捉えられ、本会でも様々な形で議論されていると承知している。

教育の「ダイバーシティ」というのは、教員と教育内容という二つがメインである。教員のダイバーシティ促進とは、現状では大きな比率を占めている男性教員に加え、女性、外国人、実務経験者等の増加がそのひとつである。多様な教員による教え方や学術的内容の拡充が期待されていることであろう。工学系の女性教員数の問題は、女子学生を大幅に増やす努力をしないことには根本的な解決にはならず、息の長い取り組みが必要である。一方、教育内容については、少なくとも現状の工学系教育機関でのカリキュラムを第1期の頃と比較すると、多様化が進んでいることは明白である。筆者が学生の時代では、基本的に履修する科目は自身の専門基礎、応用科目のみであり、せいぜい1、2年次にリベラルアーツ系の科目を少々履修した程度である。この傾向は、当時はどこでもそれほど違わなかったのではないだろうか。それに対して現状では、例えば筆者の所属部局の事例で恐縮だが、大部分の学生は、工学倫理が必修科目に設定されている。筆者が学生の時であれば、工学倫理があったとしても、必須でない限りは履修しようなどと考えなかったと思う。最近の工学倫理の授業内容は非常によく整理されており、学生も何故工学倫理履修が必修化されているかを良く理解している。また工学部1年生には創造工学研修という実質的必修科目が用意されている。この科目は、工学の導入教育科目であり、4年次での卒論研究を1年次で疑似体験するような枠組みになっている。大部分の工学部の学生は、4年次に卒業研究を実施する。まがりなりにも本格的な研究を初めて手掛けることになる。与えられた技術的課題に対し、持っている知識やス

キルを統合（インテグレーション）して解を求めることを「工学デザイン」と呼ぶことが出来ようが、科目としての卒業研究の最も重要なミッションと言えるだろう。創造工学研修のような導入教育科目は、米国ノースウエスタン大学の「Engineering First」が有名なように、学部の早い段階で、工学デザインとは何か、何故重要か、具体的に何をすれば身に付くか、をアバウトに認識してもらうことが目的である。このような科目は、2000年以降に日本の大学でもチラホラと採用されてきた。

最近の工学系学科では、アントレプレナー教育科目も重視されている。アントレプレナー（起業家）のための教育とは、その仕組みや方法論のみならず、演習的に新しいビジネスを提案するPBL型学習も広く行われるようになってきた。工学部の学生が有力企業の財務諸表を読み解き、ビジネスプランを勉強する科目も開講されている。日本の社会では、まだまだ学生が卒業と同時に起業するのは極めて特殊な例であるが、それが米国有力大学並みに一般的なトレンドになることも絵空事ではないように思われる。アントレプレナー科目が用意されていることなど、第1期の頃を考えると隔世の感がある。導入教育科目やアントレプレナー科目を、筆者らはマインドセット科目と呼んでおり、早い時期に新しい視点を植え付けることの重要性を認識してのことである。ただし、ダイバーシティ向上策として科目の数をやたらと増やすだけではアウトカムとの関係が不明瞭になる懸念がある。「基本のキ」がおざなりになるようでは自分で自分の首を絞めることになるので、注意が必要である。

一方、教育の質保証も、育成成人財を受け取る社会から大学が強く求められているミッションのひとつである。教育の質保証のニーズが高まるにつれ、具体的な方法論についての議論が盛んになってきたと感じられる。これに対し、カリキュラムが前述のようなアウトカムベースで組み立てられていると、教育の質、すなわち修了生の質の保証は比較的容易になる。「容易」とは言い過ぎかもしれないが、少なくとも保証すべき能力が明確に謳われているので、その能力を修得したと判断した基準を示せばよいことになる。質の保証とは、レベルを要求されているものではなく、求められている素養の最低基準を満足していることを示すべきだと理解している。教育のダイバーシティと質の保証は、いずれも具体的なアクションと成果を社会に説明できることが求められている項目である。大学が知恵を絞って説明責任を果たしていくべき事柄である。

直近では、リーディング大学院および卓越大学院のような新しい学位プログラムや、EDGE-NEXTのような社会から強く求められる新たな教育要素プログラムに代表されるように、重要な教育の取り組みが競争的資金プログラムとして実施されることが多くなってきた。多種多様な教育上の努力の賜物であるが、ここでも「基本のキ」が順守されているか、もう一度ゆっくり考えてみてもよいのではないかな。

工学教育上の基本のキ

Fundamental in Fundamentals in Engineering Education

長 坂 徹 也

Tetsuya NAGASAKA



日本工学教育協会会員各位には、日本技術者教育認定機構（JABEE）による認定制度にコミットされている方が多数おられると思います。私も1999年のJABEE設立直後から、主に材料分野の審査・認定に深く関わってきました。ここでは認定制度そのものについて申し述べるつもりはありませんが、審査・認定に関わることで、工学教育の在り方について、自分なりに悟ることができた最も大事な基本概念について述べたいと思います。

この基本概念とは、教育は教員側と履修生側の契約関係の上に成り立っている、ということです。教育プログラム（契約者の甲）は、プログラム履修生（契約者の乙）に対して、身に付けさせる能力・学習教育到達目標（アウトカムズ）を明確に謳い、それを達成する手段（カリキュラム）を実施する義務があります。履修生は、能力を身に付けるための様々なサービスを受ける権利がある一方、教育手段を通じてアウトカムズを達成していく義務があります。これはまさに契約関係であり、学生便覧やシラバスは、契約書とみなせるでしょう。JABEE審査は、この契約関係が周知され、正しく履行されているかどうかを確認することが基本のキになっています。特段難しい事ではなく、「言ったこと、言われたことは、ちゃんとやろうね」というのが基本です。認定制度開始直後は、この基本のキが過剰に難しく解釈され、まるで事件捜査のような印象を持たれていた方も多かったのではないのでしょうか。捜査まではいかずとも、認定の理念とは少々外れたbean counting的指摘もあったようです。また、〇〇学の基本を理解させると謳っておきながら、それに相当する講義が用意されていないなど、一流大学においても、契約違反と言われても仕方がないカリキュラムの欠陥がしばしば見られました。しかし直近では、か

なり審査・認定の文化が浸透し、契約遵守がしっかり行われている機関がほとんどです。工学では、身に付けた様々な能力を組み合わせ、チームを組んで課題解決に当たることが求められるため、他分野に比べて「知識・能力のインテグレーション」が強く求められますが、最近ではこのことも契約書に明記されているケースが多くなってきました。この契約関係の考え方、すなわち目標の設定と達成手段の整合性を保証することは、認定制度とは無関係に、様々な工学教育のプログラム設計に通じる大事な共通概念だと思います。

年々運営費交付金が削られ、「選択と集中」の名の下に、教育においても競争原理が強く働くようになりました。現在審査が進められている卓越大学院プログラム等では、民間から大きな資金を入れないと成立しないような仕組みを作らざるを得ません。いずれの提案も、社会から求められる博士人材育成を目指した優れた提案であることは疑う余地がありませんが、まず金策ありきでは本末転倒であり、肝心要の育成する人財像と達成手段、すなわち契約関係がおざなりになってしまうことを懸念してしまいます。基本のキの重要性を改めて再認識すべきではないでしょうか。

長坂 徹也

1980年 東北大学工学部金属工学科卒業
1985年 同大 金属工学専攻博士課程修了
1985年 東北大学工学部助手
1994年 同大 助教授
2001年 同大 教授
2018年 同大 工学研究科長・工学部長
2018年 東北工学教育協会会長

2018年7月13日受付