

1. 工学と基幹分野について

1-1. 工学(engineering)の定義

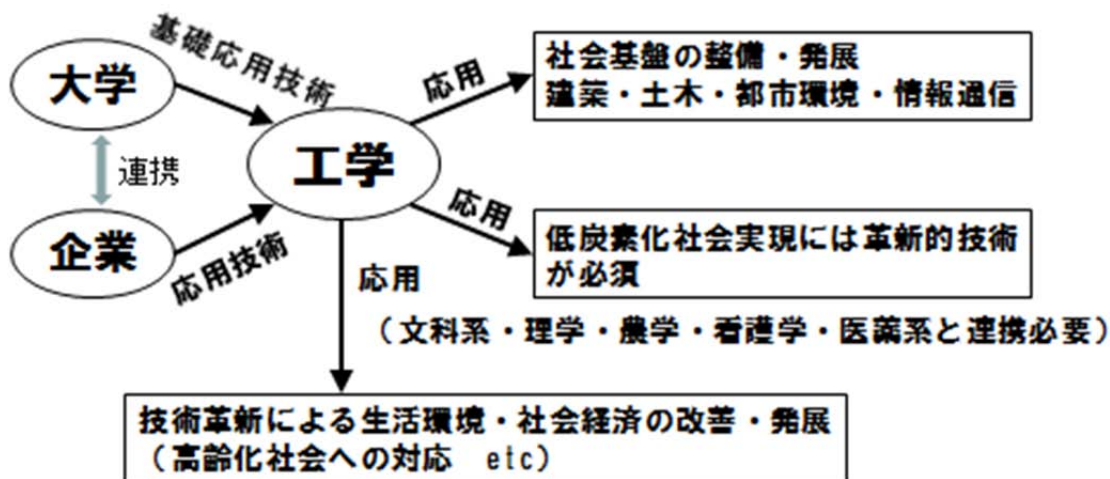
工学は、地球環境と共生し、文明の持続的発展と精神的に豊かな人間社会の構築を目指す実践的な学問であり、英語では“Engineering”，そして例えば、大辞林 第三版では、

「科学知識を応用して、大規模に物品を生産するための方法を研究する学問。広義には、ある物を作り出したり、ある事を実現させたりするための方法・システムなどを研究する学問の総称。[「工学字彙」(1886年)に英語 engineering の訳語として載る]」^[1]と定義されている。

工学の対象範囲は、機械、自動車、ロボット、電気電子、半導体、エネルギー、通信、情報、材料、化学、建築、土木から、最近では、都市環境、医工学、さらには農学、薬学、看護学や文科系の学問との連携も進み、「総合工学」や「社会工学」などとも言われるような広がりを見せてきている。

- 近年では、安全から安心へ、地球温暖化の抑制、人口爆発に対応できる食糧増産や新エネルギーの創出、少子高齢化に伴う福祉・医療の充実など、山積する課題解決のために、工学の役割が期待されている。
- 工学の革新なくしては、将来の人類、地球は立ち行かなくなるともいえ、まさに地球や社会の未来を救う学問である。
- 工学は、人や社会と連携し、調和を保つことで、大きな力を発揮する。
- 資源に乏しく、食料なども輸入に大きく依存する我が国では、人間の生活に役立ち、精神的にも豊かにする革新的技術の開発が欠かせない。
- 工学が明日の人類と地球を救うべく、技術者・研究者は努力しなければならない

工学が社会に果たす役割



工学の社会への応用で、技術者の役割は大きく、
大学での実践的技術者養成が大きな要となる。

「工学」に関し、社会一般にも広く理解を深めていただく趣旨から、既往の辞書等に基づく説明・紹介を以下に示す。ただし、辞書等に基づく説明・紹介は、あくまでも本調査研究の結論としての主張ではない。

工学

- 1) 「基礎科学を工業生産に応用して生産力を向上させるための応用的科学技術の総称, 古くは専ら兵器の製作および取扱の方法を指す意味に用いたが, のち土木工学を, さらに現在では物質・エネルギー・情報などに関わる広い範囲を含む」 [14]
- 2) エネルギーや自然の利用を通じて便宜を得る技術一般 [2]
- 3) 数学と自然科学を基礎とし, ときには人文科学・社会科学の知見を用いて, 公共の安全, 健康, 福祉のために有用な事物や快適な環境を構築することを目的とする学問. (「工学における教育プログラムに関する検討委員会」による定義. 1998年 [3])

4) 工学

元来は軍事技術のみを意味したが, 18世紀以降は非軍事面の技術(civil engineering)の発展とともに, エネルギーや資源を利用して便宜を得る技術全般を指すようになった.

civil engineeringとして最初に体系化が目指されたのは土木工学であり, 産業革命を経て19世紀後半には機械工学, 電気工学が確立し, その後多様化. 機械工学, 電気工学, 化学工学, 資源工学(採鉱, 冶金など), 建設工学(土木, 建築など)の5大部門に分かれ, そのほか各部門に共通のものとして応用数学(品質管理, 実験計画法など), 労働科学, 経営工学など, 各部分の総合を要する新興の部門として原子力工学, 制御工学, 都市工学, 宇宙工学などがあげられる. 新しい観点から, エネルギー工学, 情報工学, 材料工学, 人間工学, システム工学といった取り上げ方もある. [8]

5) 工学

基礎科学を工業生産に応用するための学問. 機械工学・土木工学・電子工学などのほか, 人間工学などその研究方法を援用した自然科学以外の分野のものにもいう. [10]

6) 科学者と技術者

科学者はあるがままの世界を研究し, 技術者は見たこともない世界を創造する.
-セオドア・フォン・カルマン

Fungらは古典的な工学教科書 Foundations of Solid Mechanics の改訂版の中で, 次のように書いている.
工学は科学と全く異なる. 科学者は自然を理解しようとする. 技術者は自然界に存在しないものを作ろうとする. 技術者は発明を強調する. 発明を具現化するには, アイデアを具体化し, 人々が使える形で設計しなければならない. それは装置, 道具, 材質, 技法, コンピュータプログラム, 革新的な実験, 問題の新たな解決策, 既存の何かの改良である. 設計は具体的でなければならず, 形や寸法や数値が設定されていなければならない. 新しい設計にとりかかると, 技術者は必要な情報が全て揃っていないことに気づく. 多くの場合, 科学知識の不足によって情報が制限される. そこで技術者は数学や物理学や化学や生物学や力学を勉強する. そうして工学における必要性から関連する科学に知識を追加することも多い. こうして engineering sciences(理工学) が生まれた. [4]

参考文献

- 1). 大辞林 第三版,三省堂
- 2). 平凡社『世界大百科事典』1988年版【工学】
- 3). 「工学における教育プログラムに関する検討委員会」による1998年時点での定義
- 4). (2001) Classical and Computational Solid Mechanics, YC Fung and P. Tong. World Scientific.
- 5). Category:工学, <http://ja.wikipedia.org/wiki/Category:%E5%B7%A5%E5%AD%A6>
- 6). 土木学会. “土木学会とは”. 土木学会概要. 2008年3月19日閲覧
- 7). 電気通信大学の情報通信学科のHPでの学科の説明から
<http://www.ice.uec.ac.jp/gakka/cgakka.html>
- 8). 百科辞典マイペディア, 2010年5月
- 9). 大辞林 第二版, 三省堂
- 10). デジタル大辞泉, 小学館

- 11). 知恵蔵 2011
- 12). マイナビ進学
- 13). ASKII.jp デジタル用語辞典
- 14). 広辞苑 第五版, 岩波書店
- 15). ウィキペディア・フリー百科事典, <http://ja.wikipedia.org/wiki/>

1-2. 工学の基幹分野

本調査研究では、工学における伝統的な基幹分野として、機械、電気電子、建築、土木、化学、バイオ、情報・通信の7分野を対象とする。工学の分野を示すので、基幹分野名から「工学」の文字をあえて外したが、ここでは、工学を付けて示し、どのような分野なのか、既往の辞書等に基づいて説明・紹介する。ただし、辞書等に基づく説明・紹介は、あくまでも本調査研究の結論としての主張ではない。

基幹分野を複合する領域や新領域の分野については、これらの基幹分野での到達目標の設定の考え方を準用することで対応も可能と考えられるので、参考にしてほしい。

なお、第6章の、分野別の到達目標の紹介の前に、その分野の概要や分野での柱の設定の考え方、到達目標のあり方、パブリックコメントの反映の経緯などを、まえがきとして示してあるので、参照してほしい。

1) 機械工学

機械を対象とする学問の総称で、その働きを理解し、設計、製作するために必要な事項などを研究する。機械力学、機構学、材料力学、水力学、流体力学、熱力学、機械設計など基礎的な研究と、熱機関、水力機械、自動車、計測、自動制御など応用に関する研究とに分かれる。[8]

機械の開発・設計・製作・運転に関して研究する工学の一分野。基本部門として、材料力学・機械力学・流体力学・熱力学・制御工学などがあり、広い応用部門をもつ。[10]

機械工学（きかいこうがく、英語: **mechanical engineering**）は力学を対象とする工学の一分野である。熱力学、機械力学、流体力学、材料力学の四力学を基礎とした機械の安全設計、製作のための技術を学ぶ他、より広義には、機構学、制御工学、経営工学、材料工学(金属学)、そして近年のコンピュータ化に対応したハードウェア及びソフトウェア技術全般を研究対象としている。[15]

2) 電気電子工学

2)-1 電気工学

電気および磁気現象に関連した諸現象についての応用技術を研究する学問。電気化学、電気回路、電気計測、照明、電熱、回転機械などの各種電気機器、電気鉄道、送電関係の諸施設などが対象とされる。[8]

電気や磁気現象を動力・熱・光・通信などのエネルギー源として利用する理論と応用を研究する工学の一分野。[10]

電気工学（でんきこうがく）は、電気や磁気、光（電磁波）の研究や応用を取り扱う工学分野である。電気磁気現象が広汎な応用範囲を持つ根源的な現象であるため、通信工学、電子工学をはじめ、派生した技術でそれぞれまた学問分野を形成している。電気の特徴として「エネルギーの輸送手段」としても「情報の伝達媒体」としても大変有用であることが挙げられる。この観点から、前者を「強電」、後者を「弱電」と二分される。[15]

2)-2 電子工学

電子伝導、およびその現象を応用する装置・技術についての学問。エレクトロニクス。[8]

電子の性質を利用する技術をまとめてこう呼ぶ。日本語では電子工学の用語を当てる。広義には、真空内または固体内で電子が示す現象を直接利用する各種の電子部品(電子管、半導体、磁性体、誘電体などを用いた素子や部品)とそれに関連する技術、それらの部品を応用するシステムや機器(コンピューター、通信機器、テレビ、VTR など)とその技術をすべて含む。狭義には、電子部品や素子と、それに関する技術のみを指すことが多い。(荒川泰彦 東京大学教授 / 桜井貴康 東京大学教授) [11]

電子工学（でんしこうがく）、もしくはエレクトロニクス（英: **Electronics**）は、科学およびテクノロジーの一分野であり、様々な媒体や真空における電子の動きを制御して利用する。電子の流れを制御することで、情報を処理し、機器を制御する。電気工学と対比させた場合、電気工学は発電、送電、

電力の制御や応用を扱う。リー・ド・フォレストが三極管を発明した 1906 年ごろ、電気工学から電子工学が派生した。三極管は電気信号を増幅可能な初の機械的でない能動素子である。1950 年ごろまで、この分野は無線工学とほぼ同義であり、無線送信機と受信機、それらに使用する真空管を初めとする電子管についての設計や理論的研究が中心だった。

今日のエレクトロニクス機器のほとんどは半導体素子を使って電子を制御する。半導体素子とそれに関連する工学は物理学と関係が深く、より応用に近い電子回路の設計や構築は電気工学と関係が深い。[15]

3) 建築学

建築学（けんちくがく）とは、建築物の設計や歴史などについて研究する学問である。構造や材料などの工学的な側面と、デザインや建築史について研究する芸術的・文化的な側面を持つ。

かつての建築家があらゆる課題を各自解決する必要があったように、建築学は総合的学問であったが、建築と一口に言ってもその応用範囲は、広大かつ多岐にわたる。構造的側面、芸術的側面はもとより、都市計画などにおいては、人間社会におけるライフスタイル、ひいては、精神的分野にまで踏み込んだ形で計画され実施される。すなわち、構造分野においては、数理解釈を必要とする理科学的知識を必要とし、芸術分野においては、精神論的解釈が求められる。またその両者を高い次元において両立させるための総合力が不可欠である。

そのためいわゆる建築学といわれる分野の知識以外にも、機械工学、電子工学、土木工学、精神論、社会学、法学、経済学、語学、環境学、エコロジー分野など、多岐にわたる知識を広く浅く知る必要がある、特殊な学問である。その学問的性質上、現代では完全な分業化が進んでおり、それぞれの分野に特化している。[5]

建築に関する学問の総称。構造・材料・環境・計画・意匠などの専門分野がある。三省堂「大辞林 第二版」[9]

4) 土木工学

土木工学（どぼくこうがく、英語：civil engineering）とは、良質な生活空間の構築を目的として、自然災害からの防御や社会的・経済的基盤の整備のための技術（土木技術）について研究する工学である。[6]

土木工学で扱う対象は、主に、河川、ダム、トンネル、道路、橋梁、港湾、空港、鉄道、廃棄物処理、上中下水道などであり、これらは総称して「土木構築物」と呼ばれる。

研究分野は以下に示すように、多様な課題に対して細分化されている。このため、1 人の技術者がこれら全てに精通することは難しく、その分野を専門とする技術者に分かれて実務を担い、各分野内でもさらに、計画や調査、設計、施工、維持管理、見積積算、災害防止などの各分別ごとに従事する者に分かれる。

土木施設の設計や施工について研究・理論づけをする学問。構造力学、土質力学、水理学、材料力学等の基礎工学を含めて、鉄道、橋梁(きょうりょう)、道路、上下水道、河川、港湾、都市計画などに関する技術を研究する。[8]

道路や鉄道、港湾、上下水道・発電など社会基盤となる施設の建設と維持管理、河川・海岸の利用と保全、洪水・地震などに対する防災と自然環境の維持などを、工学的な観点から追究する学問。研究領域は、環境に配慮した社会基盤の整備の技術を修得し、建物や交通機関を支える地盤や護岸・砂防などの技術、河川水や海水の流れの仕組み、景観論について学ぶ「環境分野」、人々の暮らしに配慮した都市機能の整備や都市デザインの手法を学び、多様な構造物の設計・施工技術なども研究する「都市計画分野」、土木建設物の資材・工法・施工・管理の方法を修得し、建設の一連の手順や手続きを総合的に学ぶ「建設・経営分野」などがある。

カリキュラムの例を挙げると、1 年次では物理学や数学、化学の基礎科目や測量実習、情報処理演習など土木工学の研究手法と関連諸学を学ぶ。2・3 年次以降は、土木工学の応用・関連分野（例：水理学、土質力学、土木計画学）を幅広く学ぶ。また土木材料や構造、水質、土質などの実験と検証、測量や設計、製図の技術を修得する。3 年次以降は研究室に所属して研究を行い、最終的に卒業研究をまとめる。[12]

5) 化学工学

化学工業における生産技術的な面を研究する工学の一分野。化学工業における生産工程（製造プロセス）は伝熱、蒸留、乾燥、分離など各種の単位操作の有機的結合からなる。この単位操作およびそれを行わせる化学装置の理論・設計・運転などについての研究を行うのが狭義の化学工学とされ、広義にはこれに、酸化・還元、塩素化、加水分解、重合などの各種単位反応（単位工程）についての研究も含めていい、物質収支、エネルギー収支、物理的・化学的平衡、物質およびエネルギーの移動速度や反応速度、経済収支などが研究の中心。[8]

化学工業における製造上の計画や製造装置の設計などに関する研究を行う工学の一分野。[10]

化学工学（英語：chemical engineering）とは、化学工業において必要とされる様々な装置や操作についての研究を行う工学の一分野である。

化学工学は、製造に関して工業化学と両輪をなす学問である。工業化学が「どんなものを作るか」を学ぶものであるのに対し、化学工学が「どうやって作るか」すなわち化学製品の製造の仕組みをオーガナイズする方法を学ぶ学問であると位置づけられる。

化学工業において製品を製造するには、研究室で得られた化学的知見のみでは不十分である。まず、適切な反応器を設計することと、それに対し適切な形態の原料を適切な順序で供給し、適切な温度に管理し、適切な時間反応させる必要がある。さらに得られた生成物から目的とする物質を分離、精製したり、残った原料を回収、再利用することも必要となる。反応器や蒸留塔など装置内の温度、圧力、内容量などが常に安全な数値を示すよう、プロセスの制御を行う知識も必要となる。また、工業製品は販売を前提しているものであるから低コストの製造が出来るか否かが重要となる。廃棄物の排出に関し、規制をクリアして環境に対する配慮を行うことも重要である。化学の教育だけでは、「どんなものを作るか」は学べるが、化学工学の教育が欠如すると上記の化学製品の製造の仕組みをオーガナイズし、経済性や環境負荷に対する配慮までを実践することはできない。

化学プラントを設計し、安全に運転するためには、機械工学の知識だけでも不十分である。化学反応によってどのくらいの熱が発生するかが分からなければ、反応器の大きさや材質、肉厚などを決められない。また、反応後の物質から製品を分離する際も、どんな操作で分離すればよいかも化学を学んだものでなければ決められない。

このように対象としている製品の製造工程を総合的に見て、最適な反応装置や分離装置を設計、選定し、最適な反応や分離の条件や手順を決定して、それを連続的に運転するための知識を深めていくことを目的としている。化学工学は、従来化学機械学とよばれていたことから、実験室における化学と、工業プラントにおける機械工学の橋渡しをする学問であるとみなすとわかりやすい。[15]（一部、表現を加筆修正した。）

6) バイオ工学（生物工学）

生物工学（せいぶつこうがく）は、生物学の知見を元にし、実社会に有用な利用法をもたらす技術の総称である。バイオテクノロジー（英語：biotechnology）とも呼ばれる。また、特に遺伝子操作をする場合には、遺伝子工学と呼ばれる場合もある。

具体的には醸造、発酵の分野から、再生医学や創薬、農作物の品種改良など様々な技術を包括する言葉で、農学、薬学、医学、歯学、理学、獣医学、工学と密接に関連する。金融経済市場などで、これらを取り扱う企業活動などを説明する際に頻用される言葉である。

分子生物学や生物化学などの基礎生物学の発展とともに、応用生物学としての生物工学も、近年めざましい発展を遂げており、クローン生物など従来 SF に登場した様々な空想が現実のものとなりつつある。

また、クローン技術や遺伝子組み換え作物などでは、倫理的な側面や自然環境との関係において、多くの議論が必要とされている分野でもある。遺伝子操作および細胞融合は、生物多様性に悪影響を及ぼす恐れがあるとの観点から「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」（遺伝子組換え生物等規制法、遺伝子組換え規制法）によって規制されている。

現在、日本では、バイオテクノロジー人材の供給過剰が深刻な社会問題になっている。[15]

バイオテクノロジー

生物の行う化学反応，あるいはその機能を工業的に利用・応用する技術．遺伝子の組み換え，細胞融合や酵素を扱う技術が含まれ，発酵・新品種育成・環境浄化などに利用．生命工学．生物工学．[10]

7) 情報・通信

7)-1 情報工学

情報工学（じょうほうこうがく，英語：information engineering）はコンピュータとその応用について考える学問である．数学，論理学，工学にその起源を持つ．1970年代から学問の分野として成立し，手法や用語が確立された．

「情報工学」は工学の一分野であり，「情報科学」や「コンピュータ科学」は理学の一分野である．情報工学は，数理学，基礎科学，コンピュータ科学の上に構築されたコンピュータ工学やソフトウェア工学ならびにそれらの応用を重視する学問である．

情報工学とは「情報」を工学的に利用するための学問分野である．

情報の発生（データマイニング，コンピュータグラフィックスなど），情報の伝達（コンピュータネットワークなど），情報の収集（コンピュータビジョン，検索エンジンなど），情報の蓄積（データベース，データ圧縮など），情報の処理（コンピュータ工学，コンピュータ科学，ソフトウェア工学）を扱う総合的な工学分野といえる．

また情報工学を，物理現象を支配している原理や法則や社会・経済活動を情報という観点から捉え，コンピュータ上の設計手順に変換することにより自動化する方法を創出する学問分野とする見方もあり，これは英語でいうコンピューティング（computing）に相当する．なお，コンピューティングの教育プログラムは，国際的には，コンピュータ科学，情報システム，ITの教育プログラムの分野を意味し，工学教育プログラムとはみなされず，コンピューティング教育プログラムとみなされている．

学科名としては，京都大学（工学部）および大阪大学（基礎工学部）に，1970年初めて，情報工学科が登場する．同年，東京工業大学には情報科学科が，また，電気通信大学および山梨大学には計算機科学科が，金沢工業大学には情報処理工学科が設立された．

情報工学は Computer Science と訳すことが多い．日本の大学の「情報工学科」で英語名を information engineering とするところは，2007年時点で，8/33程度である．information engineering を掲げる例に，ケンブリッジ大学の Information Engineering Division がある[15]．

7)-2 通信工学

電気信号によって音声や画像を伝達する技術を研究する学問．[10]

以下は，電気通信大学の情報通信学科のHPでの学科の説明からの引用である．[7]

未来の情報通信技術を創造していく人材に求められる，情報工学，通信工学，電子工学に関連した以下のような科目を幅広く学習することができます．

- 1) 情報を最適に取り扱うためには，符号化や暗号化あるいは情報圧縮の知識が重要です．本学科では，その基礎となる情報理論を早いうちから学び，符号理論・暗号理論等の科目も選択できます．
- 2) そうした符号などを実際に実現するためにはコンピュータが重要な役割を果たします．本学科では，コンピュータのソフトウェアやハードウェアの基礎についても初歩から丁寧に学びます．
- 3) 実際のシステムやネットワークにおいて，情報は電波や光や音などの波動を媒体として伝えられます．このため，波動を自由に扱える技術も重要です．本学科ではその基礎となる電磁気学や光工学や音響工学などについても深く学習します．
- 4) 情報を自由に加工したり，伝えるために必要となるアナログ及びデジタルの回路技術，信号処理技術をはじめ，計算機システムや通信システムなどについても学習していきます．
- 5) これからの情報通信が対象としている，文字，数字，音声，画像すべてを含んだマルチメディア情報の取り扱いについても幅広く学びます．そうした情報を利用することで，世界中の人々が言語や文化の壁を越えてコミュニケーションすることが可能になって行くことでしょう．

通信工学（つうしんこうがく）は，数理学（離散数学を含む），自然科学（主に物理学），情報理論（シャノンのコミュニケーションの数学的理論とその発展），符号理論，暗号理論，ネットワーク理論，電磁波理論，光エレクトロニクス，信号処理，音声処理，画像処理，コンピュータの理論と技術（ソフトウェアとハードウェアを含む）などの上に築かれた情報通信ネットワーク，システム，構成要素，通信方式・符号化方式，通信機器・運用方式などを扱う工学である．情報通信工学ともいう[15]．