

2019年10月16日

リベラルアーツ企業研修会

歴史から見た科学・技術

古川 安

歴史から見た科学・技術

前半： イントロダクション, 科学革命,
啓蒙主義

後半： 第二の科学革命とその後：
制度化する科学

自己紹介

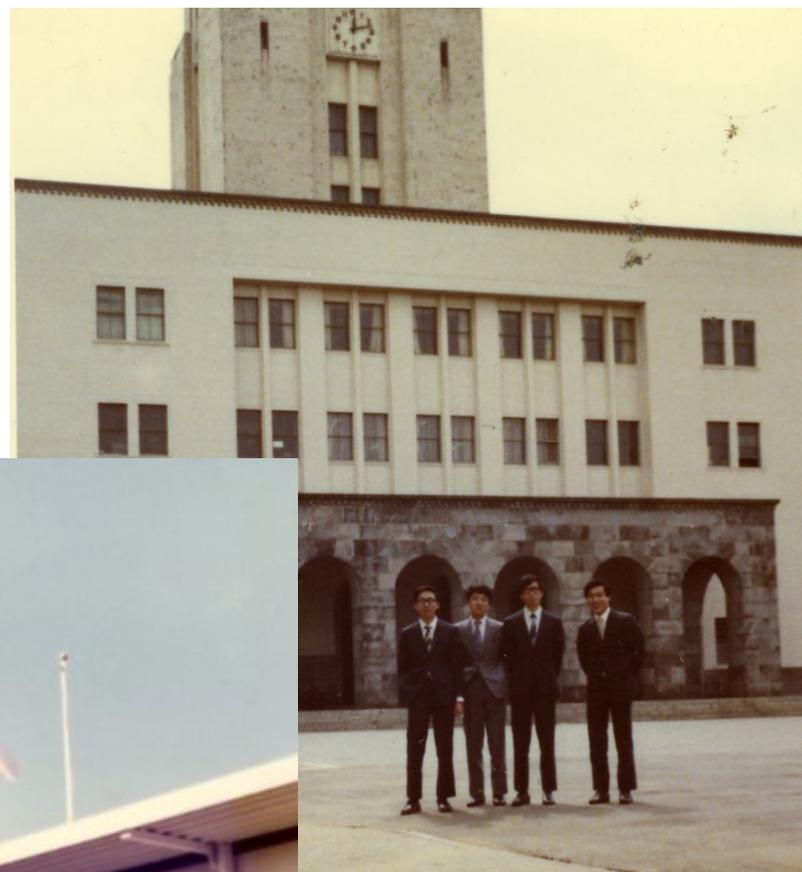
静岡県生まれ、神奈川県育ち

1971年 東京工業大学 工学部卒業
団塊の世代, 学園紛争、環境問題
科学技術に対する不安、不信の時代

一般教養を学ぶ中で科学史に関心をもつ
科学とは何か？科学文明とは？
それを営む人間とは？

科学史

帝人(株)徳山工場で 1976年



東工大で 1971年

エンジニア生活

科学史でアメリカ留学を決意



「清水の舞台から飛び降りる」 $\sigma(^{\wedge}\diamond^{\wedge};)$

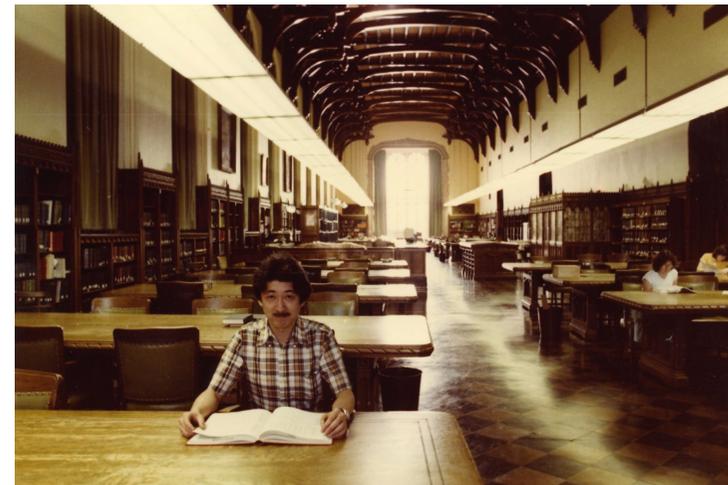


春信作

オクラホマ大学 大学院 留学 1978-1983年



科学史コレクション

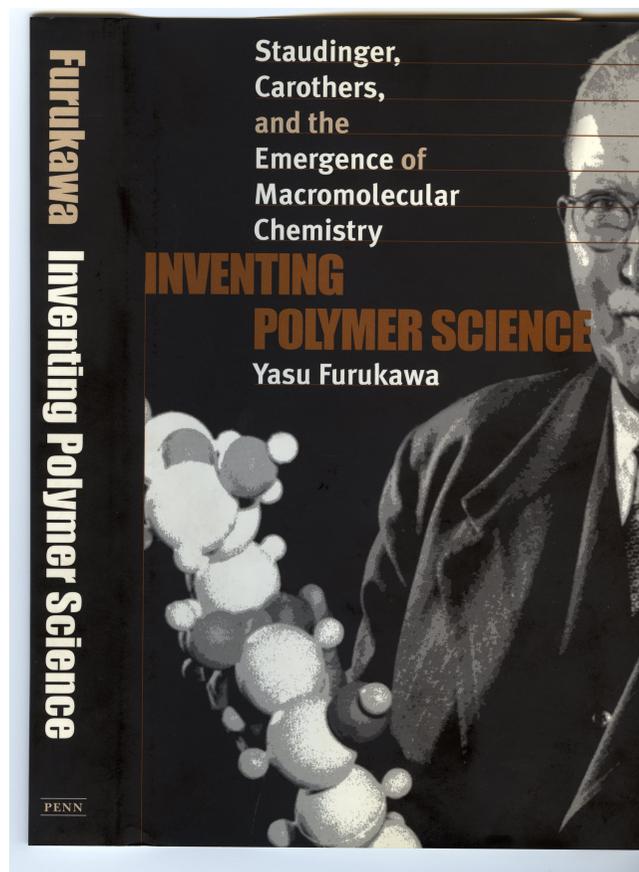


科学史学科の教授陣 1978年頃



Left to right: Duane H. D. Roller, curator; Sabetai Unguru; Kenneth L. Taylor; David B. Kitts; Mary Jo Nye; Thomas M. Smith.

Inventing Polymer Science:
Staudinger, Carothers, and the Emergence of
Macromolecular Chemistry
(University of Pennsylvania Press, 1998)



高分子化学の歴史

『科学の社会史—ルネサンスから20世紀まで—』
南窓社, 1989年; 増訂版, 2000年



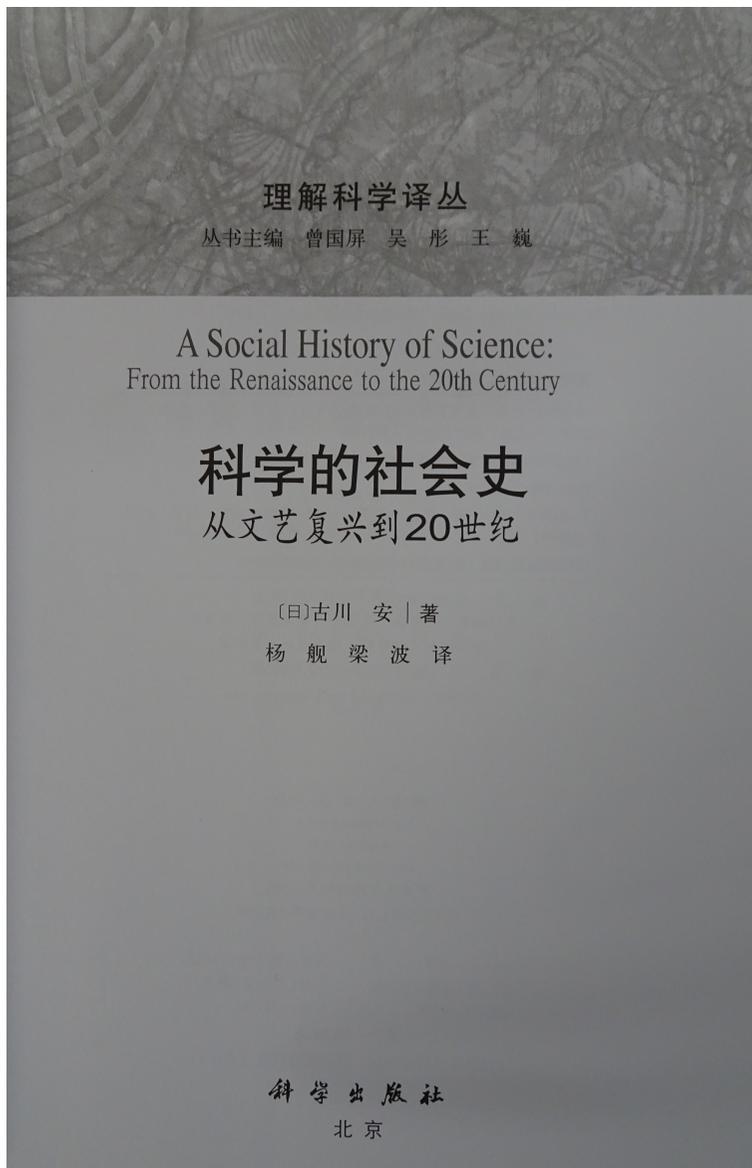
科学の社会史

ルネサンスから20世紀まで

古川 安 著

〔増訂版〕

南窓社



清华大学 北京

中国科学院自然科学史研究所



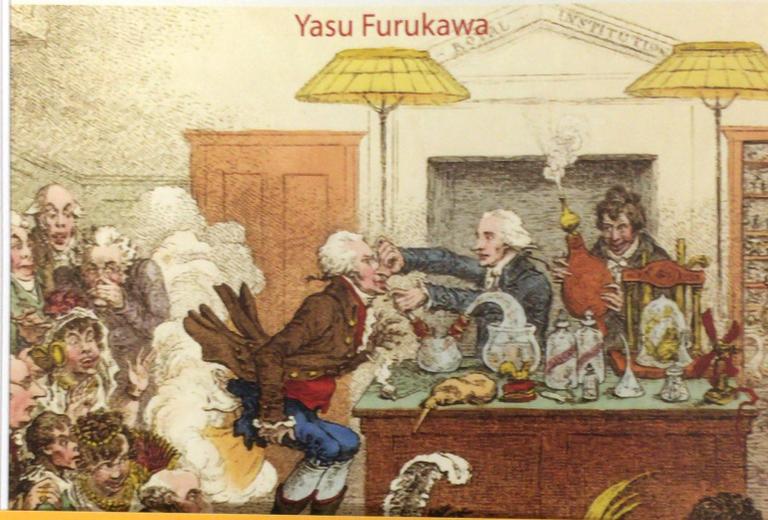
中国語訳 2011年

科学の社会史

ルネサンスから20世紀まで

古川 安

Yasu Furukawa



「偉人伝」では語れない
もう一つの科学の歴史

約500年にわたる歴史を
明快にまとめた定評ある入門書



ちくま学芸文庫 定価[本体価格1300円+税]



古川 安

Yasu Furukawa

化学者たちの 京都学派

喜多源逸と日本の化学

Gen-itsu Kifu



Ichiro Sakurada



Kenichi Fukui



「応用をやるなら基礎をやれ」
「理論をやるなら実験をやれ」

檜山爲次郎氏

(中央大学研究開発機構教授・
京都大学名誉教授)

推薦

異なる分野の学びから
創造力が生まれる！
喜多源逸から福井謙一・
野依良治へと続く伝統

京都大学学術出版会

Edward Carr 『歴史とは何か』(1961)

「歴史とは現在と過去との尽きること
のない対話 (unending dialogue) である」

科学史のアプローチ

Internal History

学説, 理論, 実験, 思想の歴史
(アイデアとしての科学)

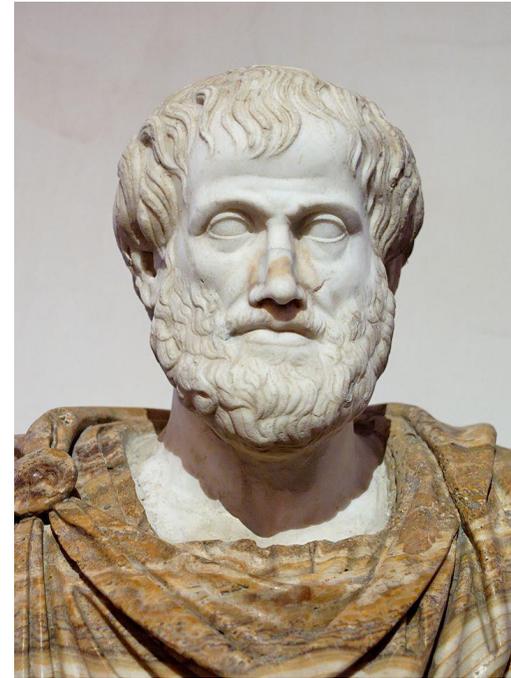
External History

社会, 経済, 文化, 制度の歴史
(人間の営みとしての科学)

アリストテレス (B.C.384~322)

「すべての人間は、生まれつき、
知ることを欲する」

“All human beings by nature desire to
know.”
『形而上学』



ウィーン美術史美術館所蔵

科学する動機

信仰、技術、企業、産業、国家、戦争、
世のため人のため、功名心、褒賞、研究費、
職、地位、etc.

+

知りたいという欲求

Scienceの語源

Science (英語)



Scientia (ラテン語) = knowing
スキエンティア 知ること

Big History of Science

宇宙の歴史	15,000,000,000 年
地球の歴史	4,600,000,000
生命の歴史	4,000,000,000
人類の歴史	5,000,000
技術の歴史	5,000,000
科学の歴史	2,500
近代科学の歴史	500
科学技術の歴史	150

西欧科学の流れ

ギリシア自然哲学 B.C.4世紀 ~ A.D.1世紀

アラビア科学 8~ 11世紀

12世紀ルネサンス

中世のスコラ学 12~14世紀

イタリア・ルネサンス 14~16世紀

科学革命 16~17世紀

産業革命 18~19世紀

第二の科学革命 19世紀

近代科学技術 19世紀~

12世紀ルネサンス

ヨーロッパの「離陸の世紀」

アラビアからギリシア科学を学ぶ

「大翻訳時代」(アラビア語からラテン語へ)

キリスト教文化の普及

スコラ学の台頭

(アリストテレス哲学 + キリスト教教義)



聖トマス・アキノナスの勝利(1365年頃の作)フィレンツェ

大学の誕生

12世紀ルネサンスの時代に誕生
Universitas（教師と学生の組合）

ボローニャ大学 1088年創立

パリ大学 1150年

オックスフォード大学 1167年

学部：神学部・法学部・医学部

一般教養：学芸学部（哲学部）

スコラ学の拠点

近代科学誕生の舞台ではな
かった



中世の大学の授業風景

イタリアルネサンス14-16世紀

ギリシアの原典を求めて

ギリシア語からラテン語へ

活字印刷の時代



近代科学の誕生

科学革命 Scientific Revolution

1543～1687年

コペルニクス

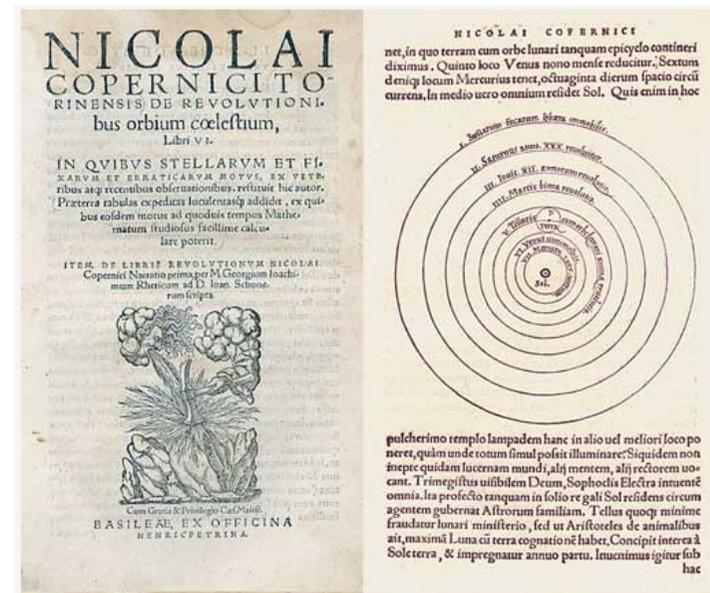
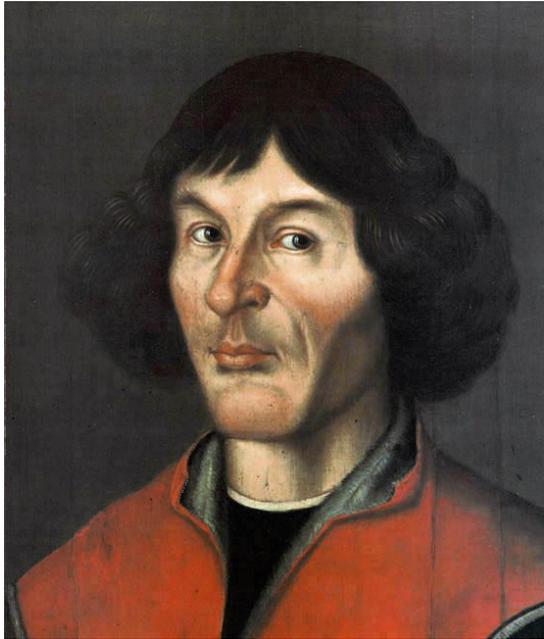
『天球の回転について』(1543)

ニュートン

『プリンキピア』(1687)

ニコラス・コペルニクス

Nicholas Copernicus (1473-1543)

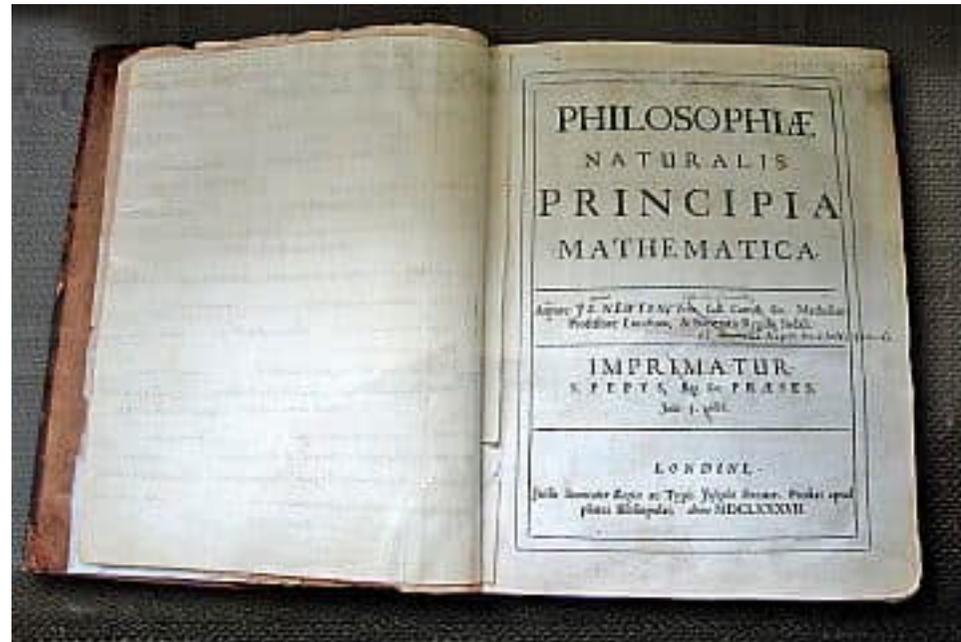
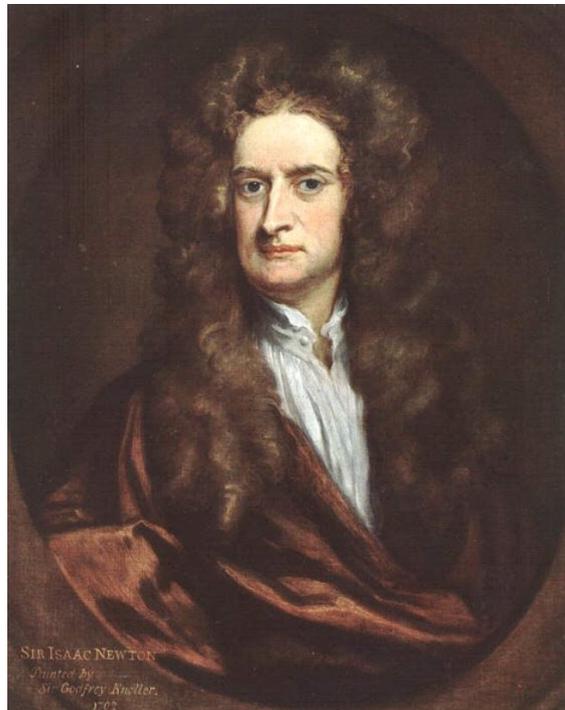


天球の回転について』(1543)

地動説を発表

アイザック・ニュートン

Isaac Newton (1642-1727)



運動の三法則、万有引力の法則を発表

学会の誕生 17世紀

イタリア、山猫アカデミア 1603年創立
ガリレオが活躍

イギリスの王立協会 1662年創立
1665年に雑誌『哲学紀要』
Philosophical Transactions 創刊
査読(ピアレビュー)システム導入
ニュートンが活躍

近代科学の成立に寄与



キリスト教的自然観

神が人間と自然を創造

人間は自然の一部ではなく、自然より一段上にある

人間は自然を制御できる、搾取できる

人間は自然を客観的に調べることができる

自然には一定不変の秩序がある

自然の秩序(=法則)を見出すことにより、神の偉大さを知ることができる

→ 科学することは信仰につながる

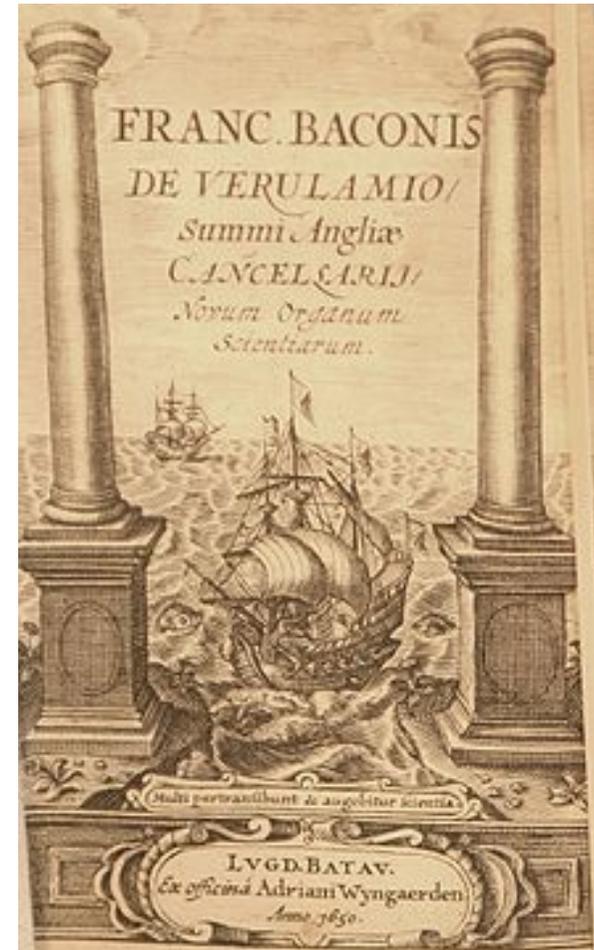
フランシス・ベイコン

Francis Bacon(1561-1626)



「知は力なり」
scientiaによる自然制御

キリスト教的自然観を反映

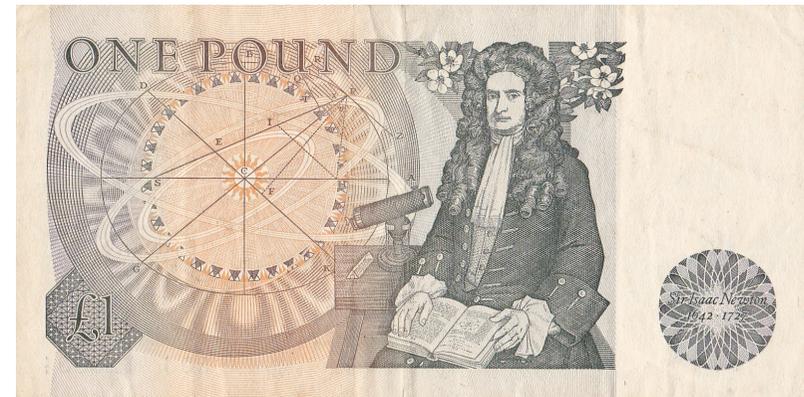


「宗教の時代」のニュートン

自然を解き明かすことにより
神の栄光を知る。

「自然と自然の法則は夜の
闇に隠されていた。
神が『ニュートン出でよ』
と言うと、すべてが光に
照らされた。」

A. Pope



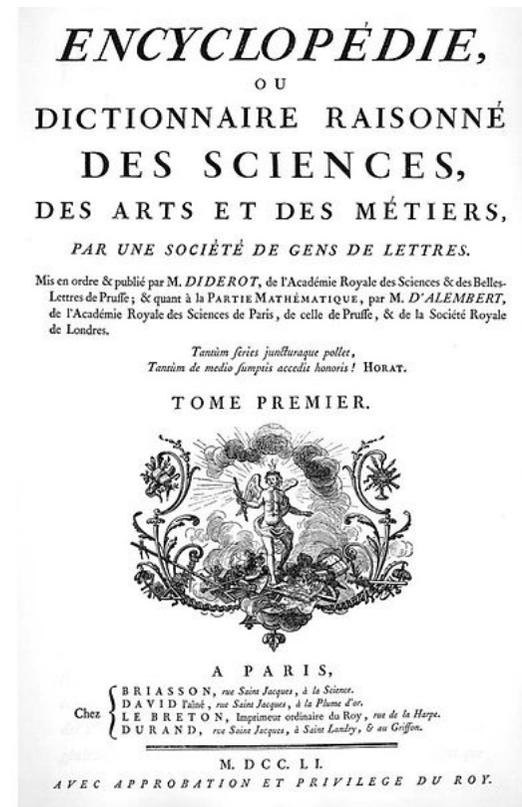
啓蒙主義と科学(18世紀)

科学が宗教から分離を始める

近代科学が一般民衆に普及・啓蒙

科学ブームの到来

宗教の時代から科学の時代へ



百科全書

科学ブームの到来 18世紀



科学の目的の変化

信仰のための科学から
人間のための科学
技術のための科学へ

啓蒙主義の政治的帰結

近代科学の誕生



啓蒙主義



フランス革命

アメリカ独立

奴隷解放



産業革命 Industrial Revolution

18世紀後半～19世紀前半

技術革新(紡績・紡織・蒸気機関・交通機関, 化学工業)は職人技術の成果だった

→ 表9-1 (p.197) 参照

その技術が科学に影響

(例) 熱力学, 有機化学

科学技術 (science-based technology) の誕生

合成染料工業 (モーブ, インジゴ, アリザリン)

ドイツ合成化学工業の隆盛 (教育の成果)

科学の制度化 (institutionalization)

制度 (institution) : 社会に定着する仕組み

19世紀: 「第二の科学革命」

科学の専門分化 (specialization)

科学の職業化 (professionalization)

教育・研究体制の確立

(科学教育、専門学会、研究機関の成立)

科学者の呼称の変化

Natural Philosopher からScientistへ

W.ヒューウェルの造語 “Scientist”

(1830年代)

mathematician, physicist, chemist,
biologist, naturalist などの総称

専門家・職業家としての科学者を意味する

「科学」という言葉

「知説」『明六雑誌』1874年に初出

Scienceの訳語

さまざまな「科」からなる「学」問

=「科学」

「哲学」「理性」「主観」「客観」

「帰納」「演繹」「芸術」も彼の訳語



西周(1829-1897)

化学の専門分化

自然哲学, 錬金術



化学 (Chemistry)



無機化学, 有機化学, 物理化学, 生化学,
地球化学, 工業化学, コロイド化学, 高分子化学,
農芸化学, 化学工学, 量子化学, 計算化学

19世紀以前の科学者と職業

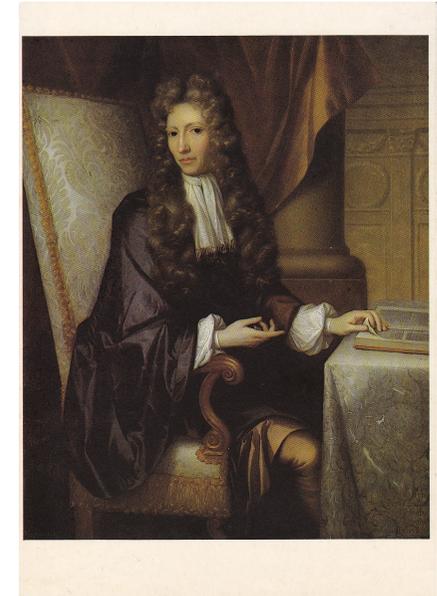
コペルニクス: 聖職者、知事、長官、
占星術師、医者

ボイル: 城主の子 

ガリレオ: 大学教授、年収120万円

副業: 下宿屋の経営、家庭教師、
計算尺・望遠鏡を作って売る

トスカナ大公付数学者兼哲学者となって安定



ニュートン
ルーカス教授職

キャヴェンデッシュ
貴族

ラヴォワジエ
「近代化学の父」
徴税請負人



NYメトロポリタン美術館

科学の職業化

アマチュア自然哲学者

富豪・貴族

他に職業

パトロン(富豪、貴族、産業資本家)



職業科学者(19世紀半ば以降)

科学教育、ポスト(教育界、研究機関、産業界)

革命後のフランスの教育制度

エコール・ポリテクニク

École Polytechnique

1794年創立

世界初の科学技術者の養成学校

一流の教授陣

科学・技術の一貫教育

世界の工科大学のモデルとなる

エンジニアの誕生



ナポレオン時代に大学に理学部 (faculté) を設置

(1808年~1850年代16校)

強力な国家のコントロール、中央集権的

ドイツに始まった 近代的大学制度

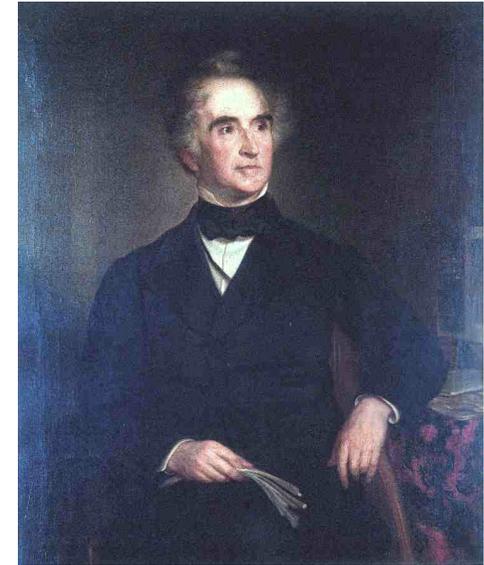
哲学部(旧教養)が独立し科学の専門教育

研究のための大学(研究型大学)

- ・講座制
- ・セミナー(Seminar)
- ・教授資格試験(Habilitation)
- ・ギーセン式教育制度

リービッヒ (Justus von Liebig, 1803-1873)

フランスに留学
ゲーリュサックの実験室で化学を
学ぶ
1824年 ギーセン大学員外教授
1825年 同 正教授



私財を投じて兵舎を学生実験室
に改造 化学分析(定性・定量)の
確立

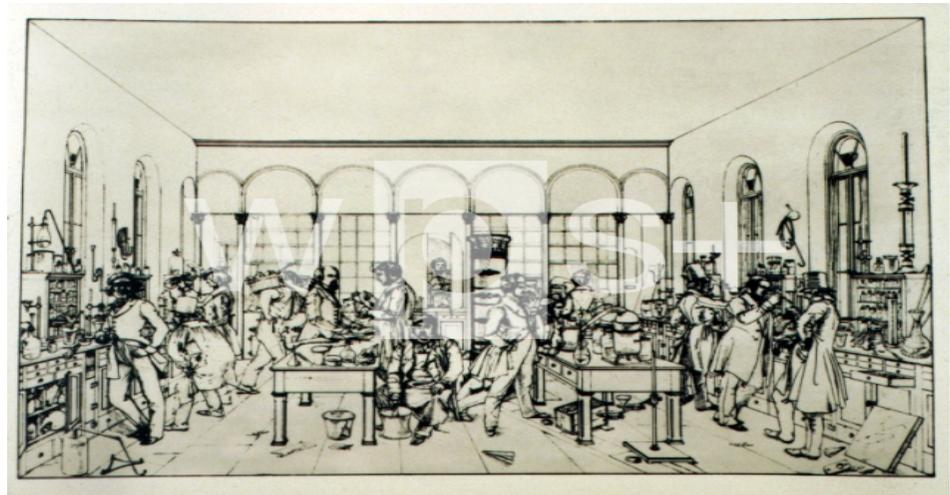


ギーセン式教育システム

学生実験、卒業研究、
卒業論文、学位(Ph.D.)

→世界の大学に普及
Scientistの量産を促す

教育制度のパラダイム



リービッヒがつくった学生実験室

ドイツ科学の特徴

地方分権的で、良い意味の自由競争状態
学問至上主義

業績主義 (“Publish or perish!”)

基礎科学は大学, 応用技術は工科大学 (Technische Hochschule, TH) の分業体制

19世紀末~20世紀半ば 世界の科学をリード
「ドイツ詣で」

企業内研究の興隆

1880年代ドイツの合成染料会社で始まる
20世紀前半のアメリカで急速に増大

→図8-1 (p.190)

背景(1)巨大企業の成立(企業環境)

(2)大学教育の拡充(人材育成)

応用研究から基礎研究へ

初期の成功例: GE社, DuPont社

アメリカの大学

植民地時代からの私立カレッジ

アイビー・リーグ (ハーバード, イエール, プリンストン, ペンシルヴァニア, コロンビア, etc.)

イギリス流古典的教養教育が行われていた

南北戦争 (1861-65)

農業国から工業国へ政策転換

モリル法 (1862) Land-Grant College

→州立大学の誕生、科学技術教育

19世紀後半

マサチューセッツ工科大学 (MIT) 1865

コーネル大学 1868

ジョンズホプキンス大学 1876 大学院大学

カリフォルニア工科大学 (Caltech) 1891

スタンフォード大学 Stanford University 1891

アメリカ科学の特徴

20世紀の科学をリード

地方分権的、良い意味の自由競争状態

基礎研究重視

Pragmatism: 実用技術への関心

大学と産業界・軍との繋がり

外国から研究者を受け入れる

世界の科学の中心

16世紀	イタリア
17世紀	イギリス
18～19世紀前半	フランス
19世紀後半～20世紀前半	ドイツ
20世紀半ば～現在	アメリカ
21世紀後半	？

科学とナショナリズム

ドイツ：カイザーヴィルヘルム研究所
(現、マックス・プランク研究所)

アメリカ：ロックフェラー研究所、
カーネギー研究所

フランス：パスツール研究所

日本：理化学研究所

ナショナリズムを煽るシステム

万国博覧会(1851年のロンドン博が第1回)

ノーベル賞(1901年～)

戦争と科学

科学者の動員

WWI: 「化学者の戦争」(毒ガス開発)

WWII: 「物理学者の戦争」(原爆開発)

戦後世界: 産業化・軍事化する科学技術