

エネルギーの物語

とりわけ Rudolf Diesel への感謝

本講演のPDFファイルは

www.wattandedison.com/yamaoka20161112.pdf

からダウンロードできます

京都大学 工学研究科 航空宇宙工学専攻

吉田英生

sakura@hideoyoshida.com

www.wattandedison.com

1. はじめに

2. 近代製鉄の幕開け

3. 初期の蒸気機関

4. 熱力学の確立過程

5. 蒸気機関の発達

6. エンジンの発明

(Rudolf Diesel への感謝)

7. 電気の時代に

8. むすびにかえて



**Sommelier/Sommelière of Information
for Science, Engineering and Technology**



科学・工学・技術情報の ソムリエ／ソムリエール

— 思索や行動の泉は“検索”ではなく“見学”から —



wattandedison.com

or

we-kenji.com

designed in 2011
registered on January 1, 2012
launched on July 28, 2012
last updated on Nov. 10, 2016
more than 1700 “direct” links
Ohne Hast. Aber ohne Rast
contact us

WE 目的と編集方針

- ▶ Watt & Edison の挑戦 (2015年1月)
- ▶ 一身に多生／一人に多身 (2011年1月)



世界地図 (黒) と地球裏側への投影 (赤) (Miller図法)

▶ 国際会議と難民問題 (ファイル中の赤字部分) 難民支援のためのリンク (RAFIQ経由)

宮沢賢治記念会

▶ 岩手、宮城、福島、そして東京 (2013年1月)



撮影地：福島県麓山 撮影者：千葉茂樹
撮影：2009.11.04 SIGMA SD10 170-500mm

2015年元旦の日本経済新聞に掲載された
「福島から拝む希望の富士」
千葉茂樹氏のご好意により掲載
[オリジナル論文へのリンク](#)



▶ 放射能・放射線と震災・復興に関する情報
福島・宮城・岩手／Fukushima, Miyagi, Iwate

▶ 津波情報 (気象庁)

▶ 防災学術連携体

 キッズ・生徒 Kids・Pupil	論説など Articles	歴史・博物館 History/Museum	古典・碩学 Classic/Scholars	エッセーなど Essay	学生・専門向け Lectures	留学記など Abroad	 若人に贈る To Young
世界の図書館 World Libraries	総合1 General 1	総合2 General 2	巨人・企業 (国外) Giants/Corp.	芸術・文学 Arts	写真 Photos	数学など Mathematics	その他 Miscellaneous

0000021501

▼ 基礎的・包括的情報源 や 理工系学会・協会・工業会・協議会・NPO などへのリンク ▼

森本哲郎



文明の主役

エネルギーと人間の物語

新潮社

ギリシャ語 *energeia*
en = “in”
ergon = “work”
仕事をする能力

Energy : ενεργεια



Thomas Young
(1773-1829)

森本哲郎(1925-2014):文明の主役

—エネルギーと人間の物語—新潮社2000年12月

特に印象に残ったところから、いくつか引用してみたい。まず、貿易風を利用してローマのネロがインドとの交易で異国的な東洋の物産を夢中で買い求めたことについて、以下のような叙述がある。『そのさまは「ただ、ピリツとした(胡椒の)味覚を満足させるために、何という無駄な労力を費やすのか」とプリニウスを嘆息させる体のものであった。しかし、それが「文明」というものの正体なのではなかろうか。すなわち、人間の欲望が交易を活発化させ、その動機が世界の航路を開拓する、という構図である。現代におけるグローバルな経済システムも、その延長線上にあるのだ。』また、電灯の恩恵に浴した福沢諭吉が「一身にして二生」を得た、と述懐したことに対し、現代を生きる著者は『私には自分の生涯が「三生」どころか「四生」にさえ思えてくる』という。

あとがきにかえた最終章には、次のような叙述がある。『文明興亡の歴史をふりかえると、文明を衰亡させ、ついに死に至らしめたのは例外なく、エネルギーの浪費であった。戦争は、その最たるものだ。エネルギーは文明を発展させる「起動力」であるとともに、文明を滅亡へと向かわせる「破壊力」でもある。だから、その使い方いかんによって、生体はもとより、文明そのものを破滅へ追いやるのである。』

吉田英生:書評、エネルギー・資源、2002年3月号

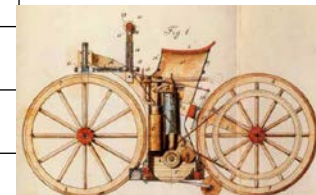
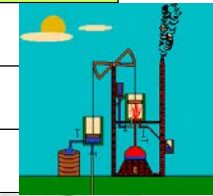
http://wattandedison.com/Morimoto_Tetsuro.pdf

人々にはあまり理解されていない。様々な解釈が可能である文系のことがらに比べれば、理工系のことがらは少なくとも事実関係については不確かさはそれほどない。あるのは前述のような不理解、そして後述のような誤解あるいは誤解に導きかねない不適切な表現である。

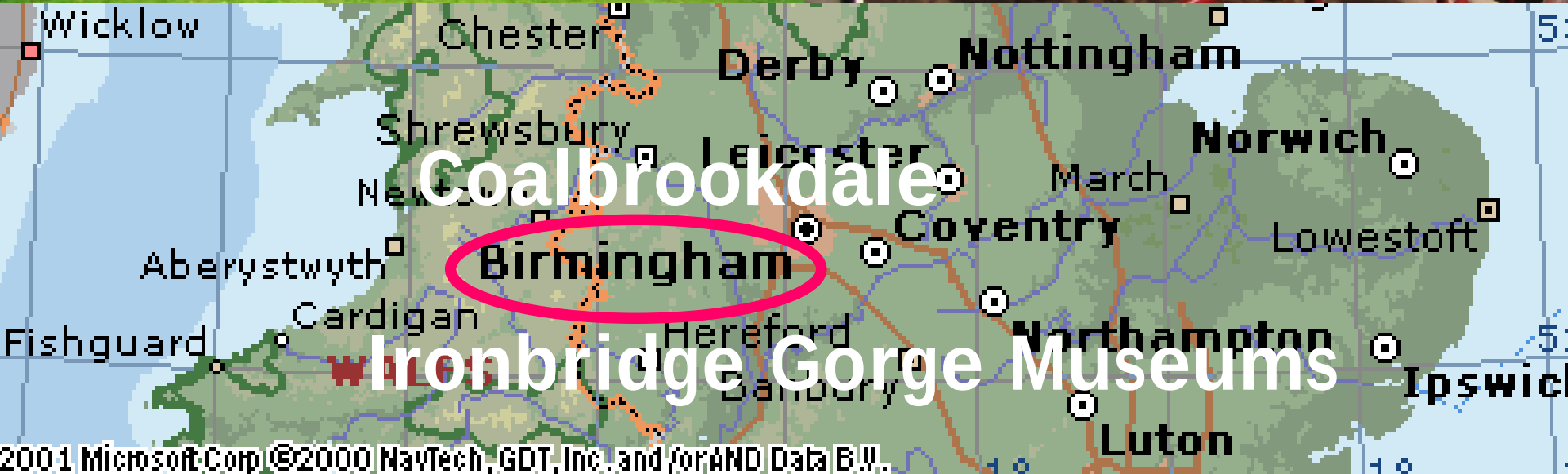
1. はじめに
2. 近代製鉄の幕開け
3. 初期の蒸気機関
4. 熱力学の確立過程
5. 蒸気機関の発達
6. エンジンの発明
(Rudolf Diesel への感謝)
7. 電気の時代に
8. むすびにかえて

資源・エネルギー源と動力に関する年表

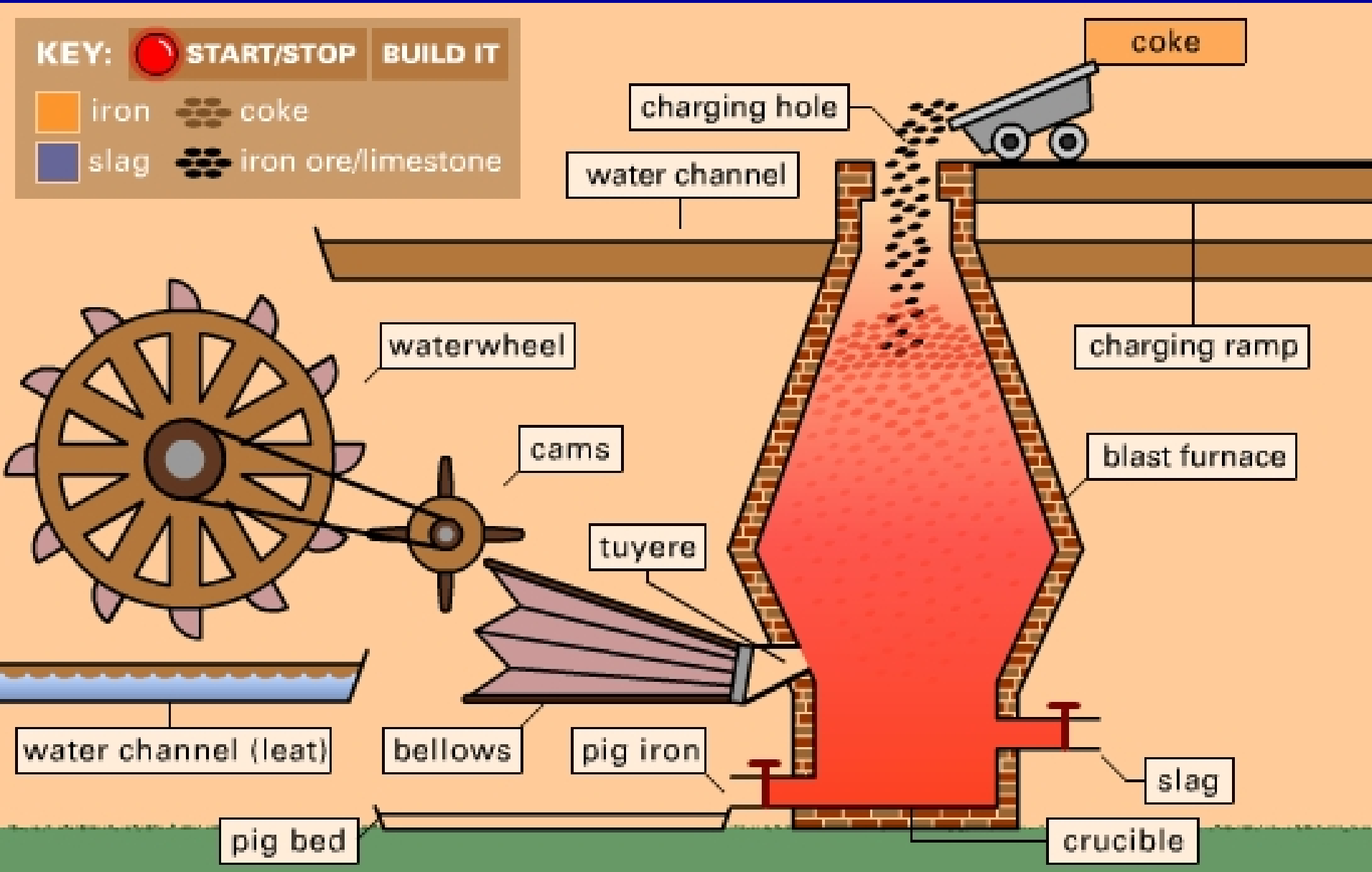
年	前	人あるいは項目
1709	307	Darby:近代製鉄のはじまり(コークス・高炉)
1712	304	Newcomen:蒸気機関の本格導入
1765	251	Watt:蒸気機関の改良(分離凝縮器)
1800	216	Volta:電池
1824	192	Carnot:熱力学第2法則
1825	191	Stephenson:蒸気機関車
1843	173	Joule:熱力学第1法則
1859	157	Drake:石油
1876	140	Otto:ガス(ガソリン)エンジン
1882	134	Edison:パール・ストリートの電気照明
1884	132	Persons:蒸気タービン
1885	131	Deimler:二輪自動車、Benz:三輪自動車
1898	118	Diesel:ディーゼルエンジン
1903	113	Wright 兄弟:初飛行
1908	108	Ford:四輪自動車 Model T
1930	86	Whittle:ジェットエンジン特許
1939	77	Ohain:ジェットエンジン搭載機
1939	77	BBC (ABB):産業用ガスタービン(4000kW)
1942	74	Fermi:初の原子炉 Chicago Pile 1



近代製鉄の発祥の地：英国Coalbrookdale



Abraham Darbyの高炉 (1709)



世界最初の鉄橋—文字通りのIronbridge—

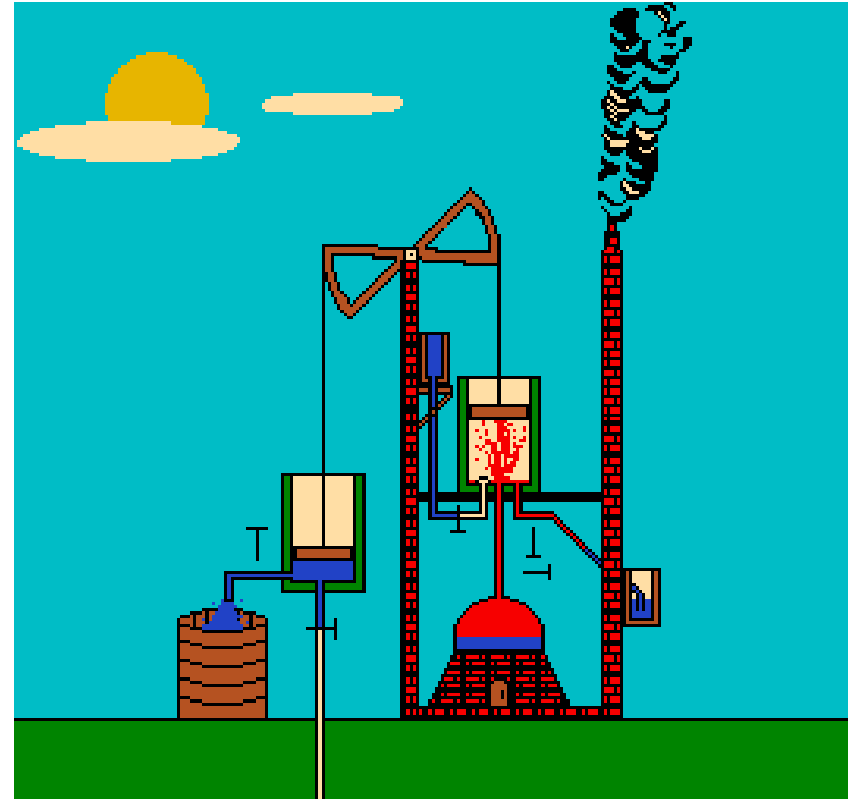


アイアンブリッジ溪谷博物館 <http://www.wattandedison.com/ib.pdf>
京橋メンテック(株) <http://www.kyobashi.net/index.html>
<http://wattandedison.com/Ironbridge.jpg>

1. はじめに
2. 近代製鉄の幕開け
3. 初期の蒸気機関
4. 熱力学の確立過程
5. 蒸気機関の発達
6. エンジンの発明
(Rudolf Diesel への感謝)
7. 電気の時代に
8. むすびにかえて

Thomas Newcomen (1663-1729)

**There is no known image of
Thomas Newcomen,
but
the location of his house and workshop
are known and are commemorated
by plaques in Dartmouth.
<https://www.newcomen.com/about/>**



**製鉄には石炭 → 炭坑の水をかい出す必要性
→ 蒸気機関の導入**

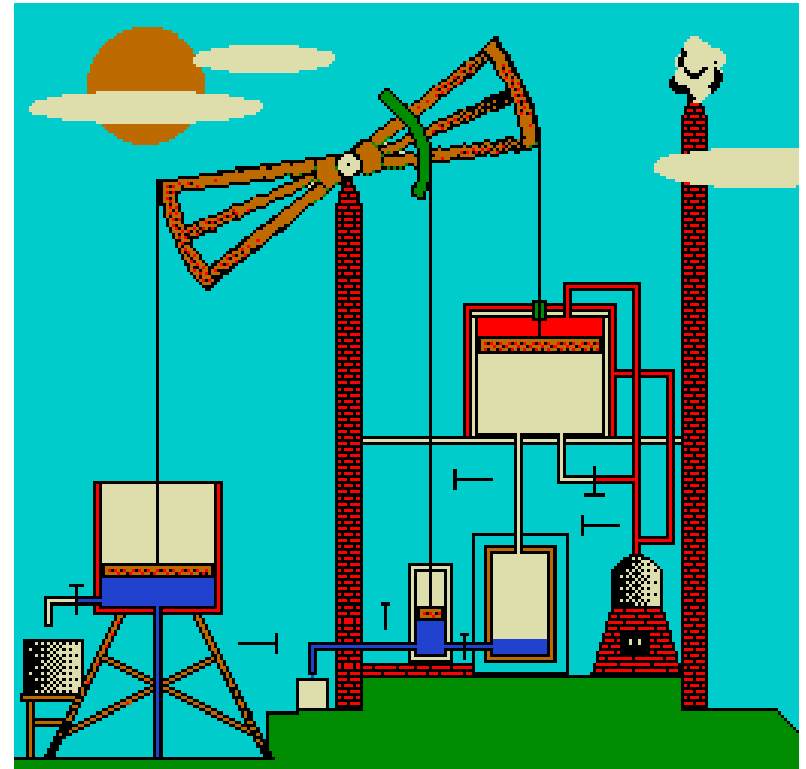
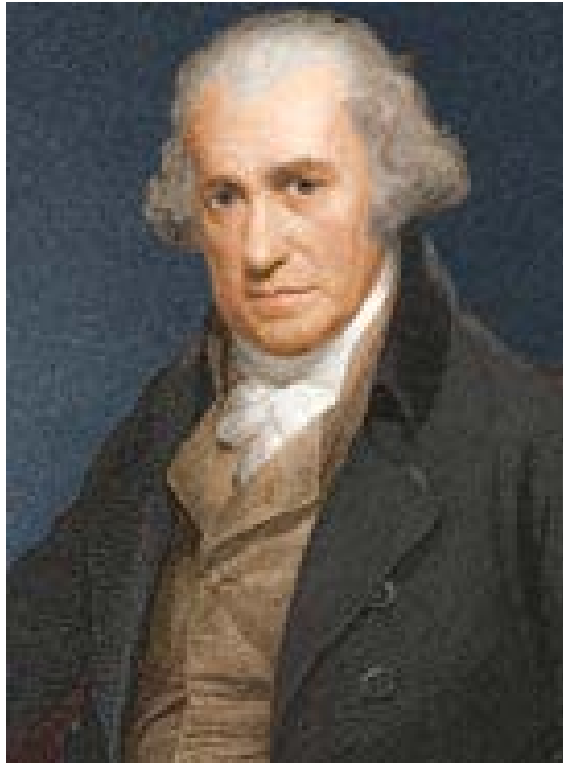
<http://wattandedison.com/museum.html>

James Watt (1736 - 1819) の分離凝縮器

Separate Condenser: A New Invented Method of Lessening the Consumption of Steam and Fuel in Fire Engines

熱機関における蒸気と燃料の消費を減らす新方法(1769)

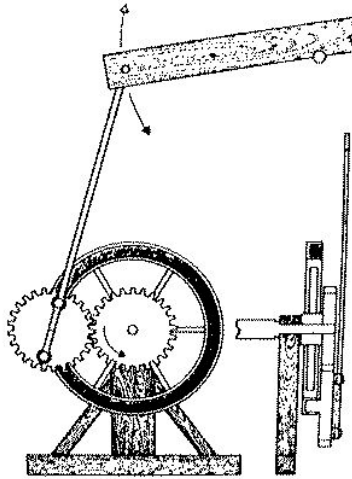
この段階の蒸気機関は、**大気圧と真空の間で作動する機関**



<http://wattandedison.com/museum.html>

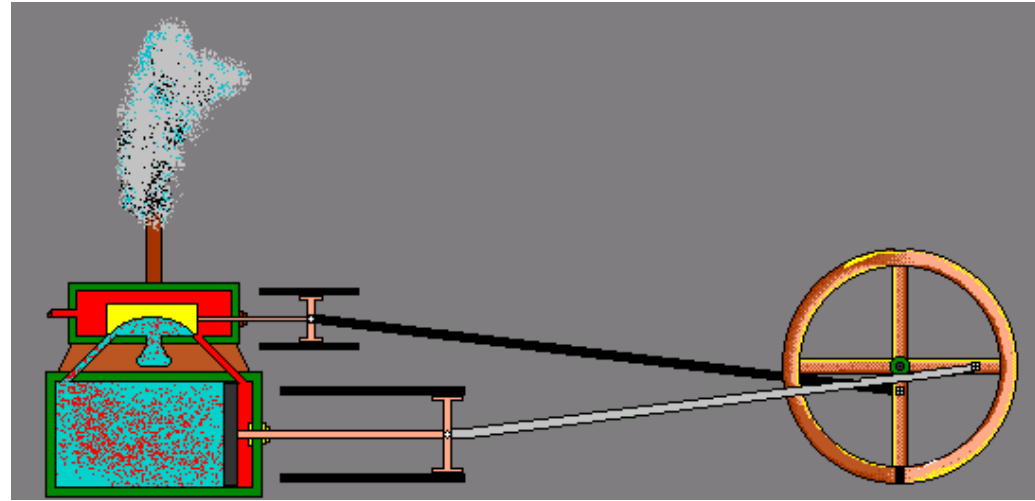
James Watt の他の重要発明

1781 Sun-and-planet gear
遊星歯車

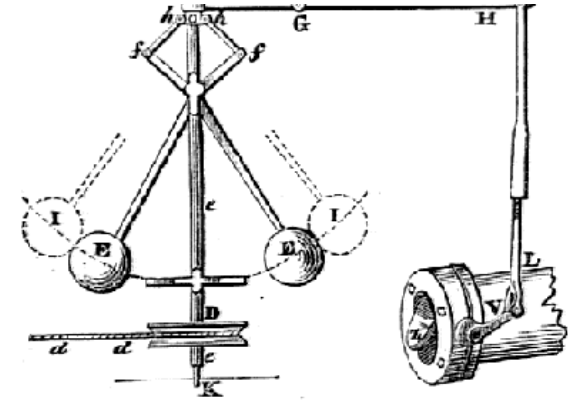
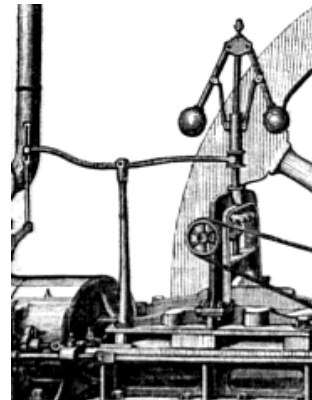


ワットの蒸気機関に使われた遊星歯車(18世紀)

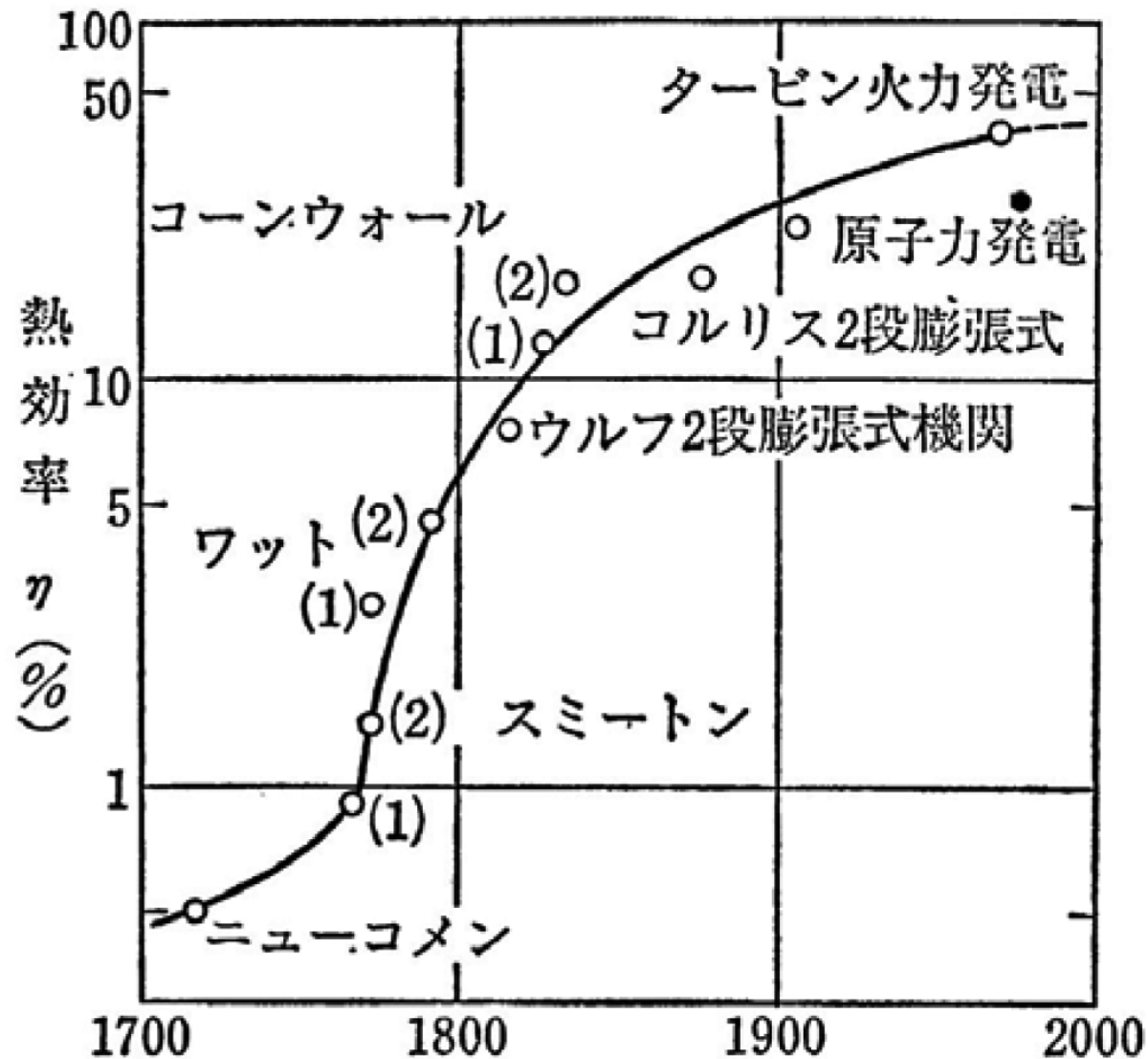
1782 Double-acting engine
複動式機関



1788 Centrifugal governor
遠心调速機
(これはWattの発明ではなく
17世紀に発明されていたのを
活用)



熱機関の熱効率の変遷

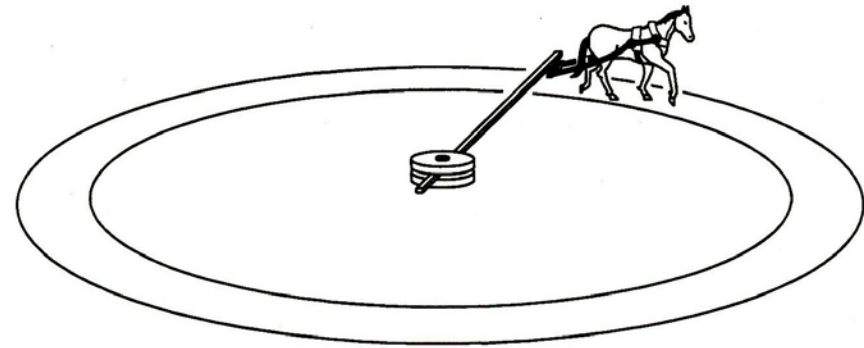


馬力

仕事率[W] = [J/s] は、SIの基本単位である[J]と[s]から構成される組立単位である。歴史的には、ワットによって [HP] あるいは [hp] (horse power 馬力)の方が先に定められた。

ワットは、蒸気機関の性能を評価するため、動力すなわち仕事率を定量化しようとした。このため、図のような負荷のかかる装置で馬を周回運動させた。

- ・腕木の長さは12 [ft = 0.3048 m]
- ・馬は一分間に2.5回転
- ・馬にかかる負荷は
175 [lb_f = 0.4536 × 9.807 N]



であり、このときの仕事率を1 [HP] と定義した。これはSI単位では745.7[W]となる。

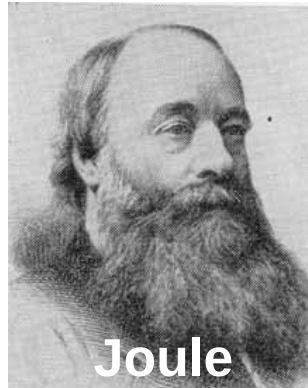
参考：人間の馬力 階段(1階分の高さ3.6m)を4秒で駆け上ると秒速0.9m、体重を50kgとすると0.6馬力
(富塚清「動力の歴史 動力にかけた男たちの物語」三樹書房2008)

1. はじめに
2. 近代製鉄の幕開け
3. 初期の蒸気機関
4. 熱力学の確立過程
5. 蒸気機関の発達
6. エンジンの発明
(Rudolf Diesel への感謝)
7. 電気の時代に
8. むすびにかえて

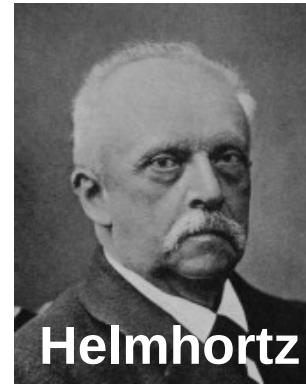
熱力学の成立とパイオニア



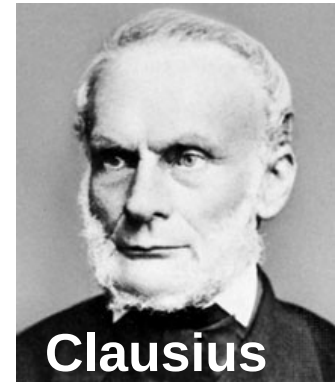
Carnot



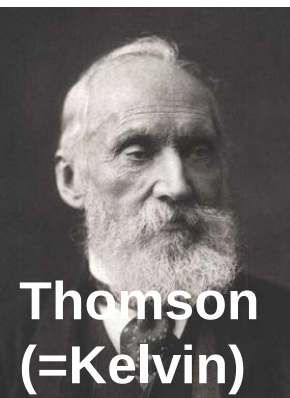
Joule



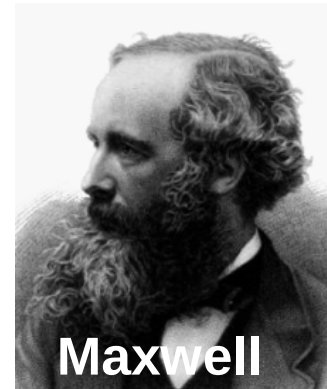
Helmholtz



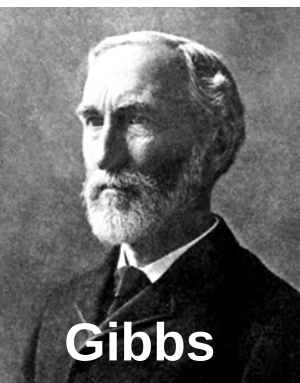
Clausius



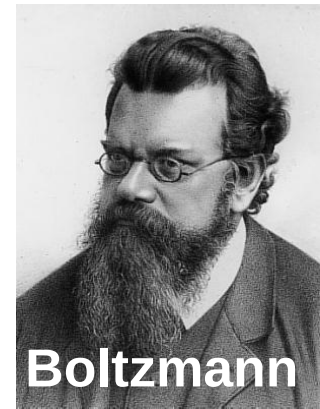
Thomson
(=Kelvin)



Maxwell



Gibbs



Boltzmann

1824:Carnot カルノーの原理・第2法則

1843:Joule 熱の仕事当量・第1法則

1847:Helmholtz エネルギー保存則・第1法則

1850:Clausius 第2法則

1851:Thomson (のちのKelvin卿)

1854:Clausius エントロピー 第2法則

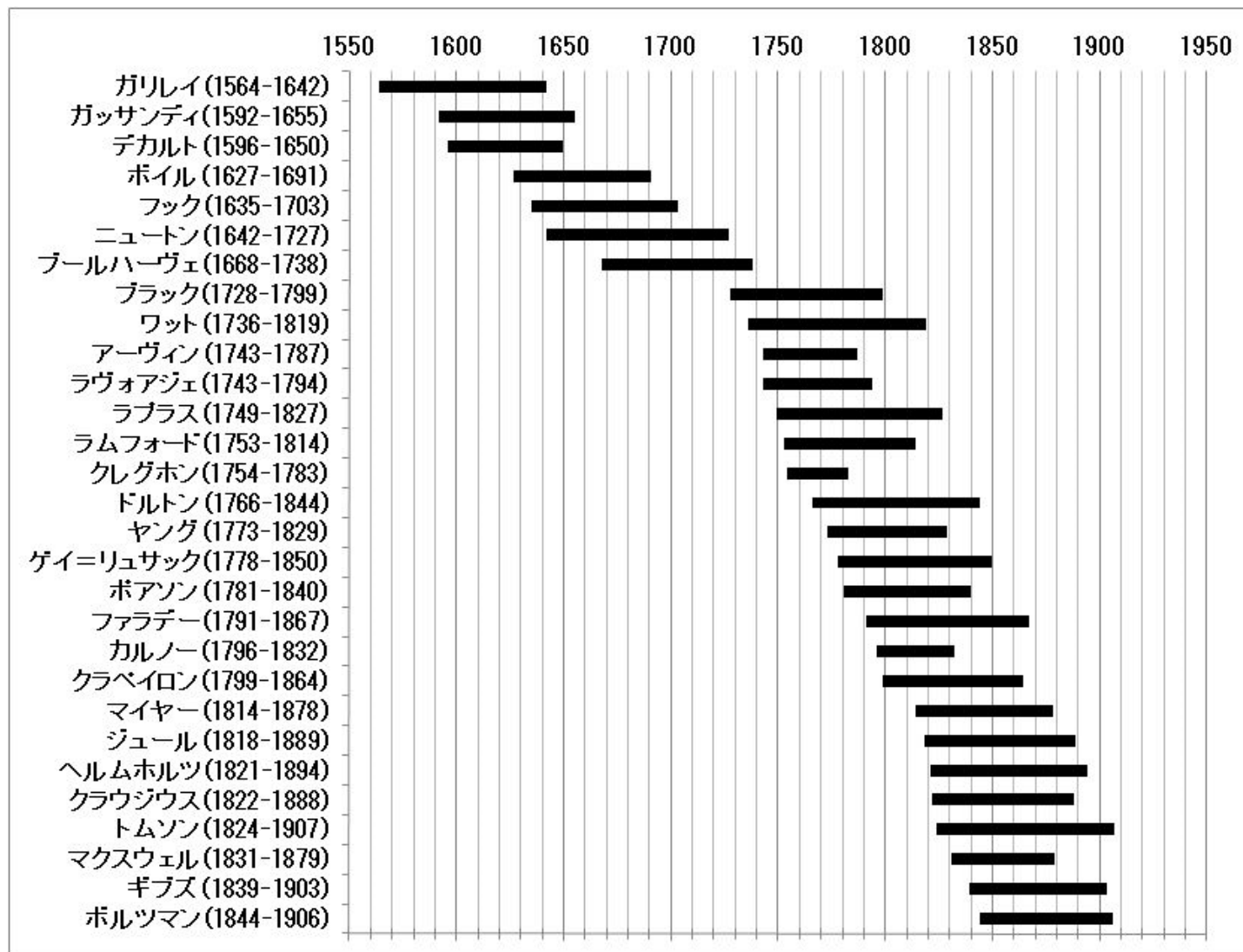
1850年代:Maxwell 気体分子運動論

1870年代:Boltzmann 統計力学

1873-76:Gibbs 自由エネルギー

<http://wattandedison.com/UK-Giants.pdf>

熱学の形成に関わった人物と年代



吉田英生：熱素説(熱量保存則)とエネルギー保存則—山本義隆氏「熱学思想の史的展開」からの抜粋ノート—、日本機械学会誌, 113, 1097, pp. 234-239 (2010).

<http://wattandedison.com/JSME-Yoshida.pdf>

熱力学第1法則：山本義隆の名著

234

日本機械学会誌 2010. 4 Vol. 113 No.1097

http://www.wattandedison.com/JSME_Yoshida.pdf

熱素説（熱量保存則）とエネルギー保存則 —山本義隆氏「熱学思想の史的展開」からの抜粋ノート—

Caloric Theory versus Conservation of Energy

Extracts from “Historical Development of Thermophysics” by Yoshitaka Yamamoto

執筆者プロフィール



吉田 英生
Hideo YOSHIDA

- ◎1983年東京工業大学大学院博士課程修了。
東京工業大学工学部助手・助教授を経て、
1999年より現職。
- ◎研究・専門テーマは、熱流体工学（伝熱・燃
焼）に基礎を置くエネルギー工学
- ◎正員（フェロー）、京都大学教授 大学院工
学研究科 航空宇宙工学専攻
〒606-8501 京都市左京区吉田本町／
E-mail: sakura@hideoyoshida.com

迫ることは不可能であろう。反復読書して記憶した事項も徐々に増し、少しずつ全体像に迫っていくのではなかろうか。少なくとも筆者においては、過去にそうであったし、現在もなおそうである。

そこで、自分用の読書メモを兼ねて作成した抜粋ノート（文庫本にマーカーペンで印をつけた文章群の中から厳選）を文脈がつながるように整理して皆様にもご提供すれば多少のお役に立つのではないかと考えた。膨大な内容を限られた紙数でご紹介するので至らぬ点が多々あることは承知のうえだが、本テーマに初めて接する読者には断片的ながら大まかな流れの把握となることを、また同書を座右にお

熱素説から熱力学第1法則へ

熱素(calorique)とは熱エネルギーの実体として想定された熱物質のこと。熱素の概念の源流は17世紀に生まれたといえるが、熱素という語は18世紀後半にラヴォアジエにより名付けられた。熱素が存在すること、そして熱素が不滅であり熱量が保存されると考える学説を、熱素説(caloric theory)あるいは熱量保存則という。熱力学第1法則(エネルギー保存則)が19世紀前半に正しいことが証明されて、熱素説は間違いであることが判明するまで、近世の熱学史において長期間支配的な学説であった。

なお、熱素説と熱力学第1法則の対比を、熱物質論と熱運動論の対比にとらえられることも多いが、これは正しくない。熱力学第1法則は、熱と力学的仕事の等価的互換性を主張しているにすぎず、必ずしも熱運動論を前提とするわけではないからである。

熱素の概念に基づく熱量保存則が間違いでエネルギー保存則が正しいことは、ラムフォード、ヤング、マイヤーらを経て、1840年代のジュールの精密な実験により決定的となった。



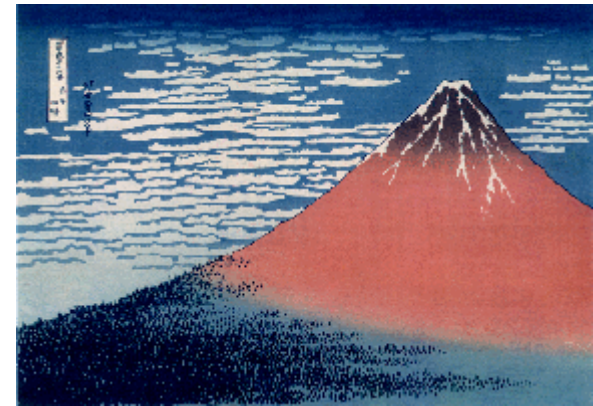
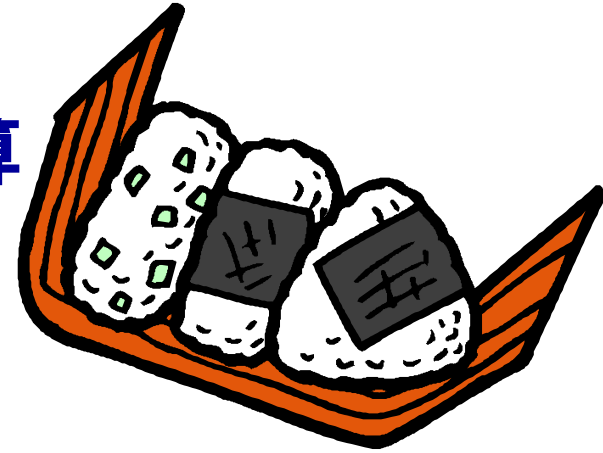
緑茶ブレイク: 熱力学の第1法則

おにぎり（梅干入り）1個：160kcal
体重50kgの人の位置エネルギーに換算

$$[J] = [N \cdot m] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \cdot \text{m} \right] = \left[\frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} \right]$$

$$mgh = 160[\text{kcal}] = 160 \times 4.2[\text{kJ}] = 670[\text{kJ}]$$

$$h = \frac{670 \times 10^3 [\text{J}]}{50[\text{kg}] \times 9.8 [\text{m/s}^2]} = 1370 [\text{m}]$$



→3個食べれば富士山登頂ができる？

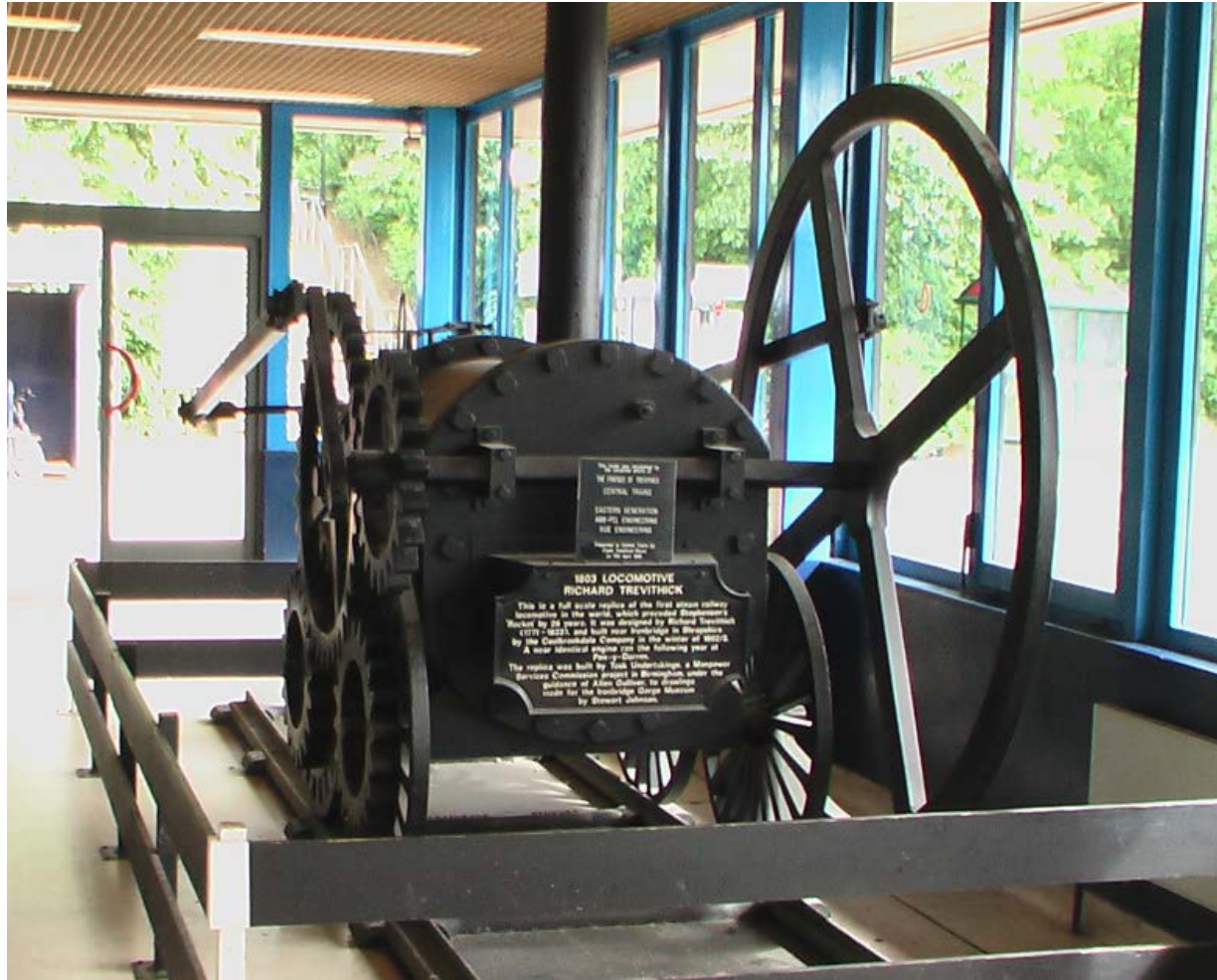
→1個食べて1370mまで登って飛び降りたら、もし空気抵抗がなければ、

$$v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9.8 [\text{m/s}^2] \times 1370 [\text{m}]} = 164 [\text{m/s}] = 590 [\text{km/h}]$$

で地面に激突

1. はじめに
2. 近代製鉄の幕開け
3. 初期の蒸気機関
4. 熱力学の確立過程
5. 蒸気機関の発達
6. エンジンの発明
(Rudolf Diesel への感謝)
7. 電気の時代に
8. むすびにかえて

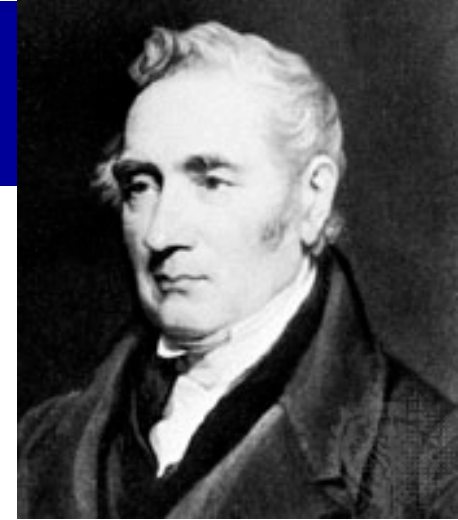
Richard Trevithick (1771 –1833)



Telford Central駅に展示されている蒸気機関車 (1803)

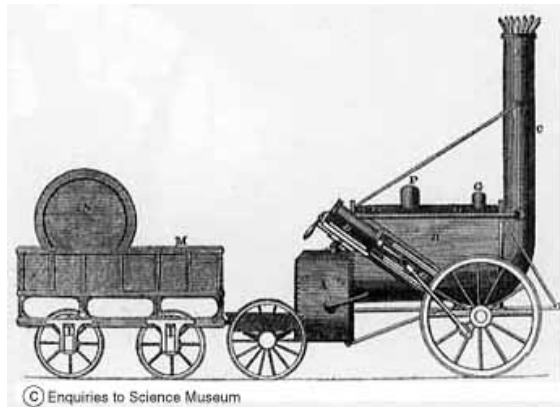
<http://wattandedison.com/ib.pdf>

Stephenson親子 (Newcastle upon Tyne)



George Stephenson
(1781~1848)

Darlington-Stockton 1825, Active号 (後にLocomotion号)
Liverpool-Manchester 1829, Rocket号



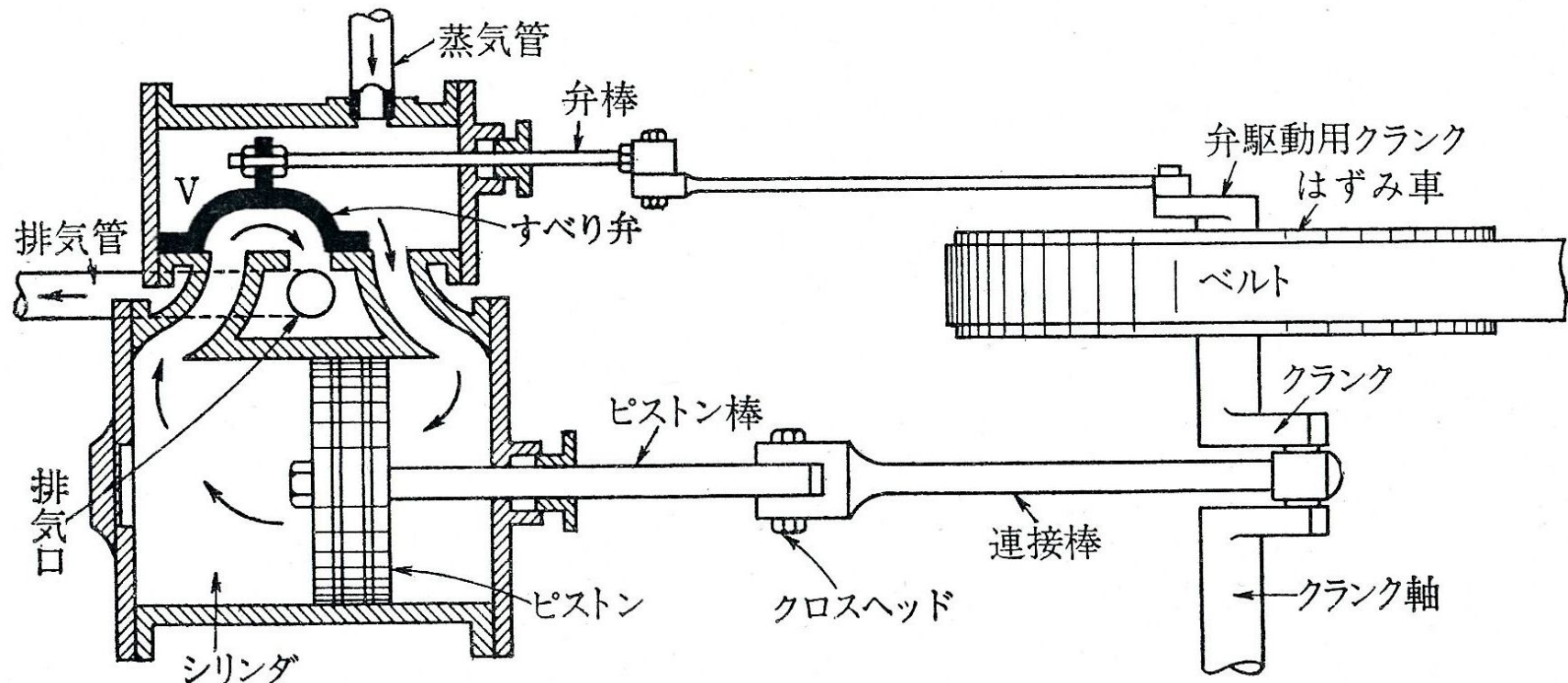
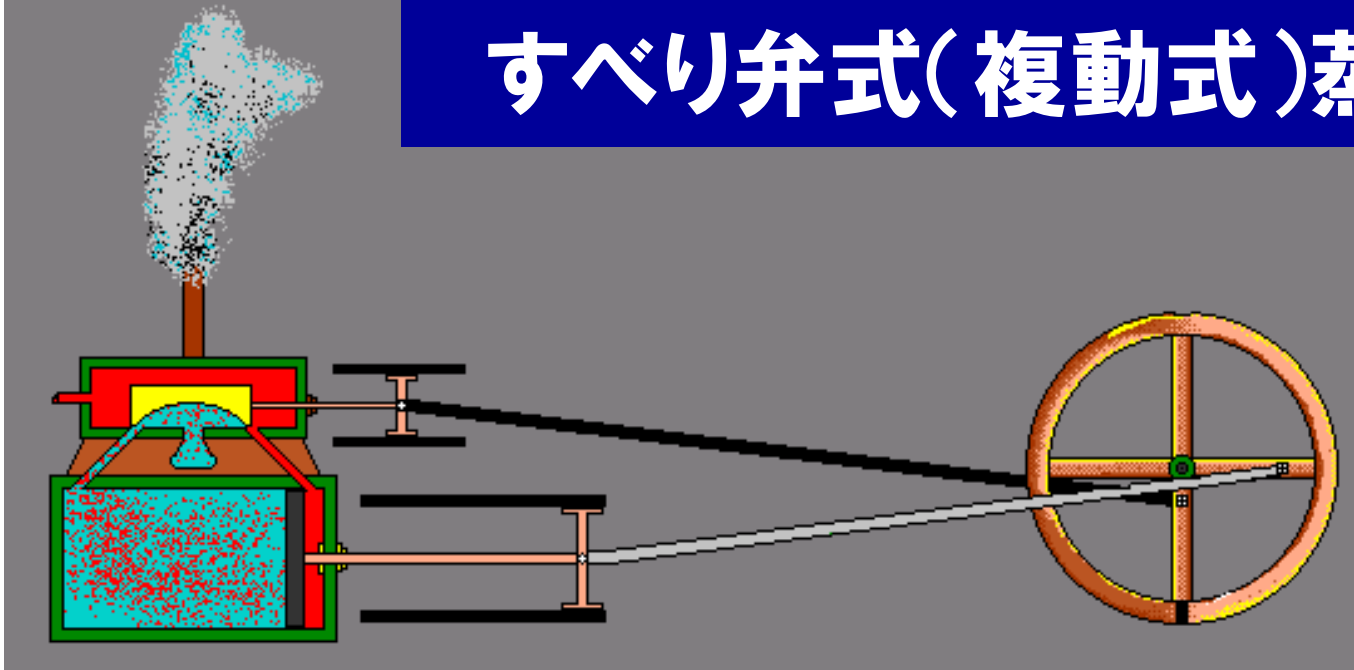
標準軌 1,435 mm (4 ft 8 1/2 in)
はStephensonに由来する



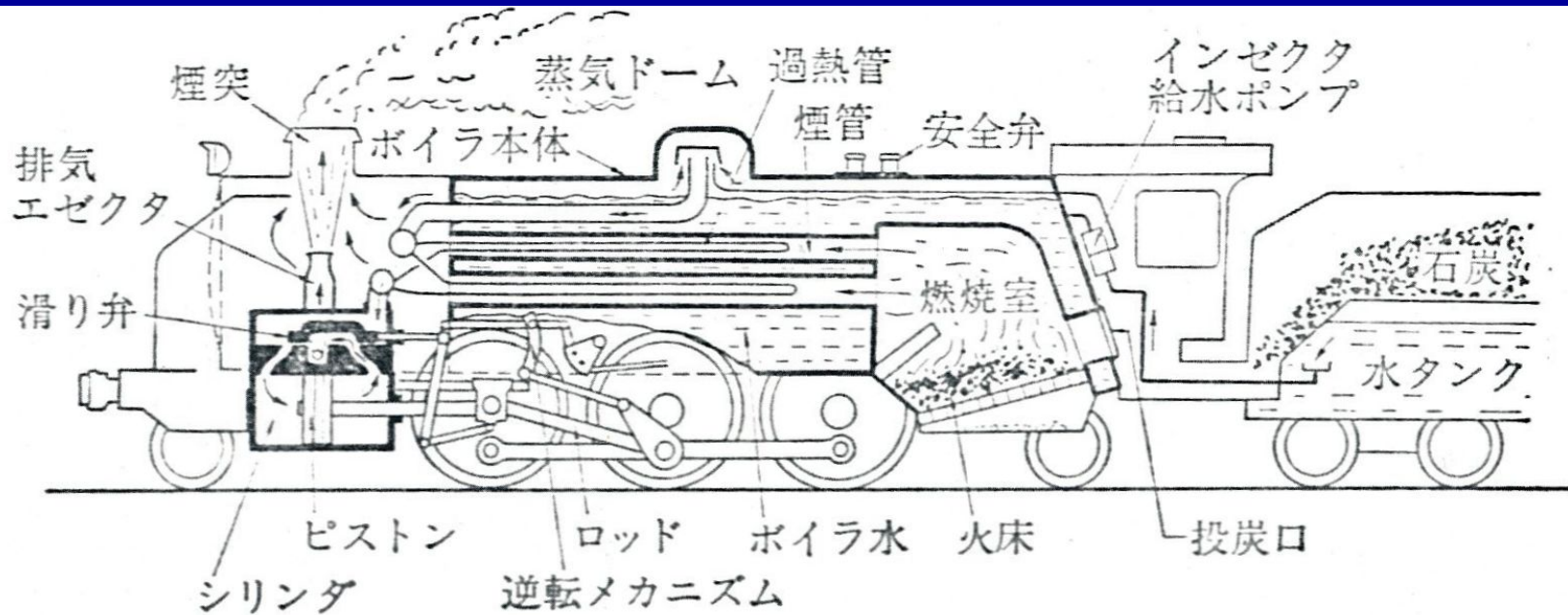
Robert Stephenson
(1803~1859)

http://wattandedison.com/NRM_MSIM_BL.pdf

すべり弁式(複動式)蒸気機関

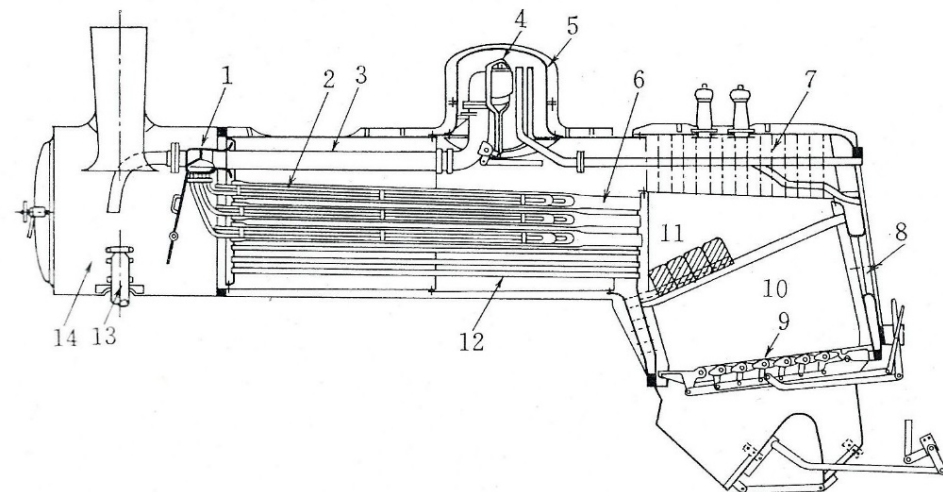


蒸気機関車と機関車ボイラ



一色尚次、北山直方：
新蒸気動力工学、森北出版(1978)

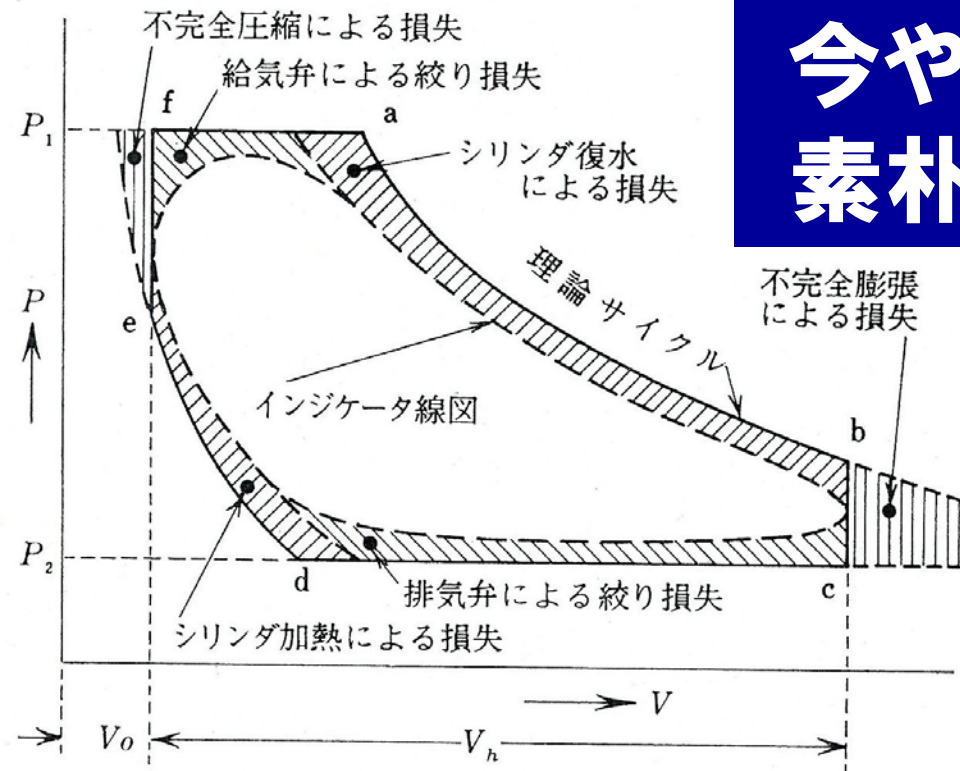
吉田敬介、田坂誠均：
熱工学的鉄道ファンからみた蒸気機関車
<http://wattandedison.com/SL.pdf>



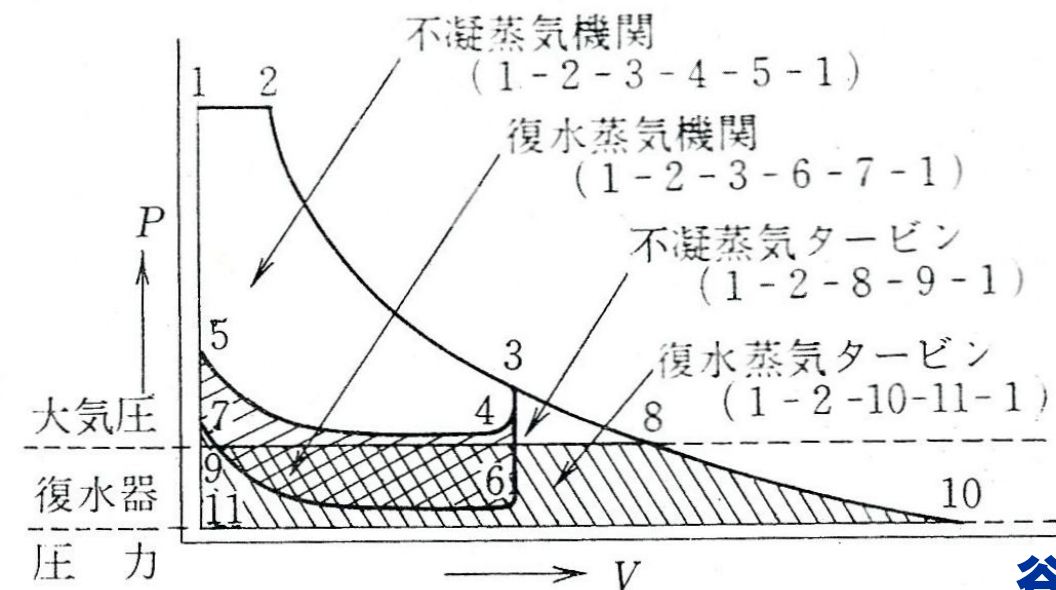
1 管寄せ, 2 過熱器管, 3 飽和蒸気管, 4 蒸気加減弁, 5 蒸気ドーム, 6 大煙管,
7 ステー, 8 たき口, 9 火格子, 10 燃焼室, 11 れんがアーチ, 12 小煙管, 13 排
蒸気管, 14 煙室

谷下市松:蒸気工学、裳華房(1984)

今や教科書には出てこない 素朴な蒸気機関のサイクル

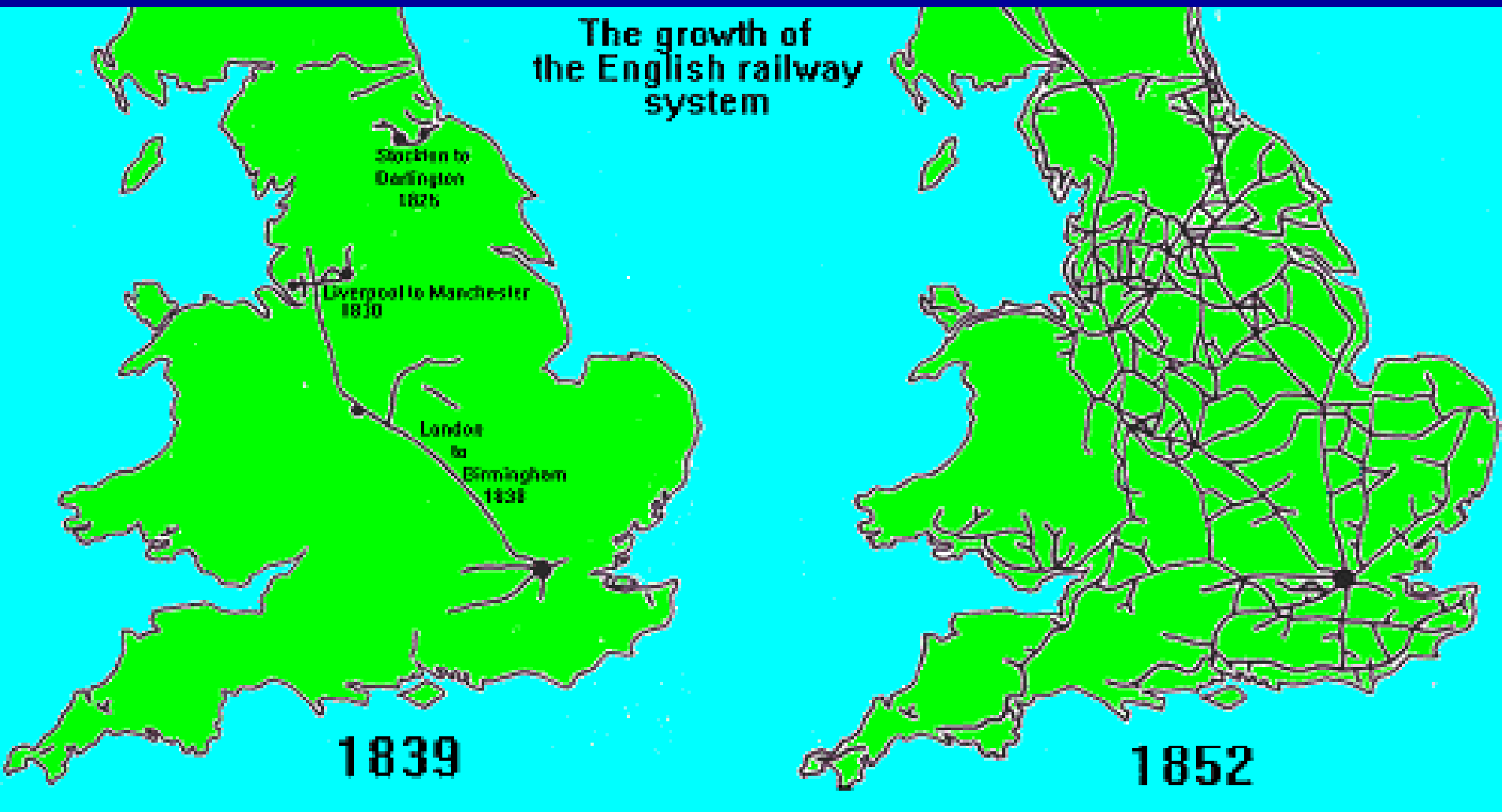


- e → a 吸気弁開、高圧生蒸気挿入
- f → a 高圧生蒸気挿入後、吸気弁閉
- a → b 近似的に等温膨張とみなす
- b → c 排気弁開、圧力低下
- c → d 排気行程、排気弁閉
- d → e 残留蒸気圧縮



蒸気機関車では凝縮器(復水器)がないので大気圧で排気

英国での鉄道網の急激な発達



<http://www.thehistorychannel.co.uk/classroom/gcse/transport3.htm>

現在ではみつからず



William John Macquorn Rankine (1820-1872) サイクル

水の臨界点

$$T_c = 374.15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

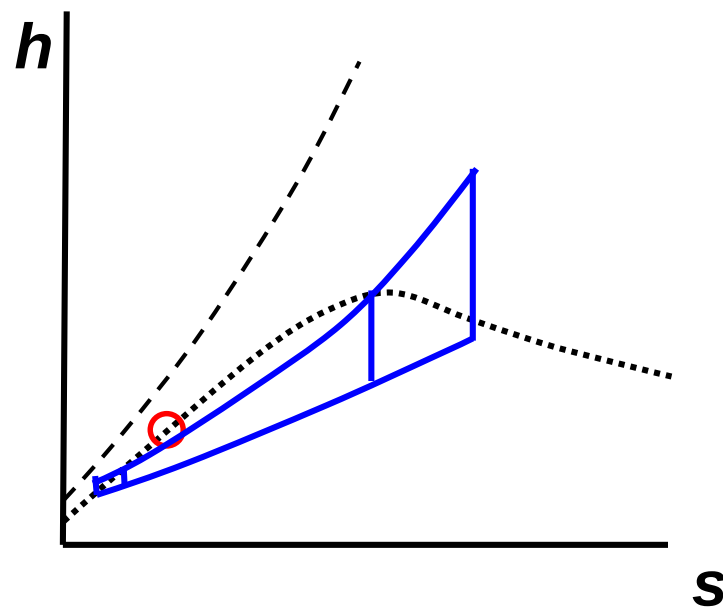
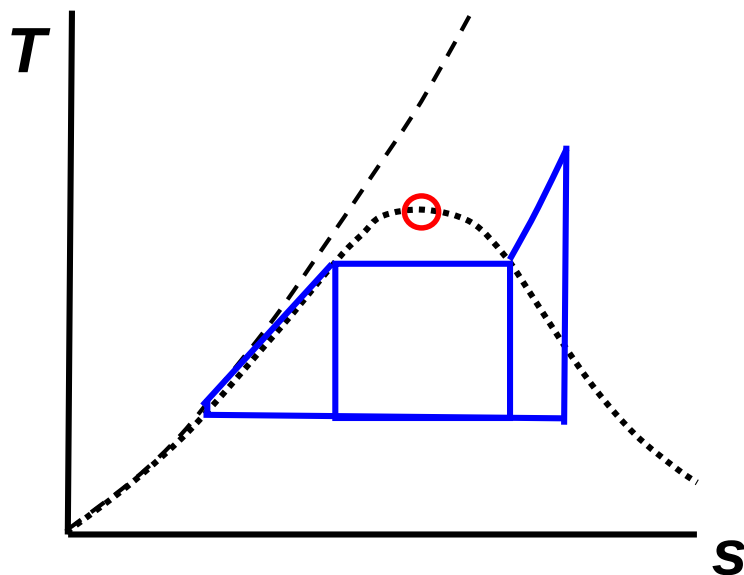
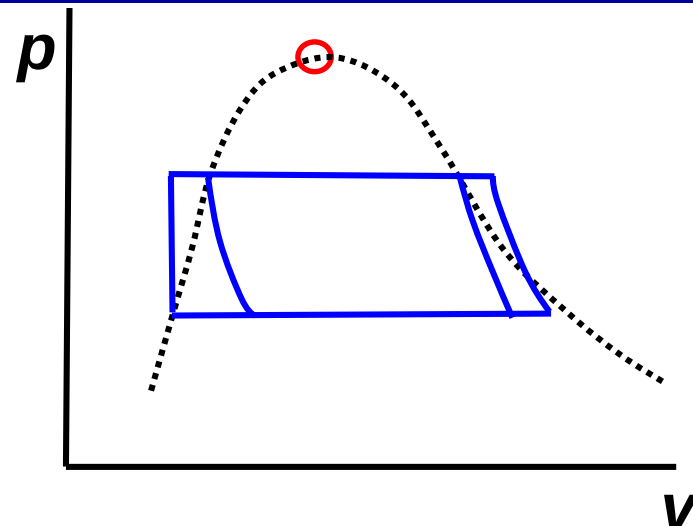
$$p_c = 22.120 \text{ MPa}$$

$$v_c = 0.0031700 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_c = 2107.4 \text{ kJ/kg}$$

$$s_c = 4.44286 \text{ kJ}/(\text{kg K})$$

$$[^{\circ}\text{R}] = ([^{\circ}\text{C}] + 273.15) \times 9/5 = [\text{K}] \times 9/5$$

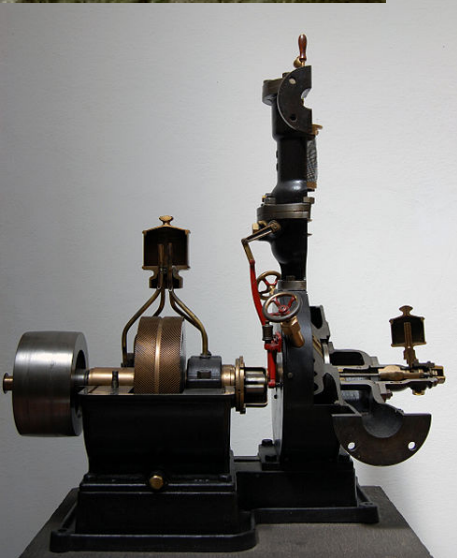


蒸気タービン



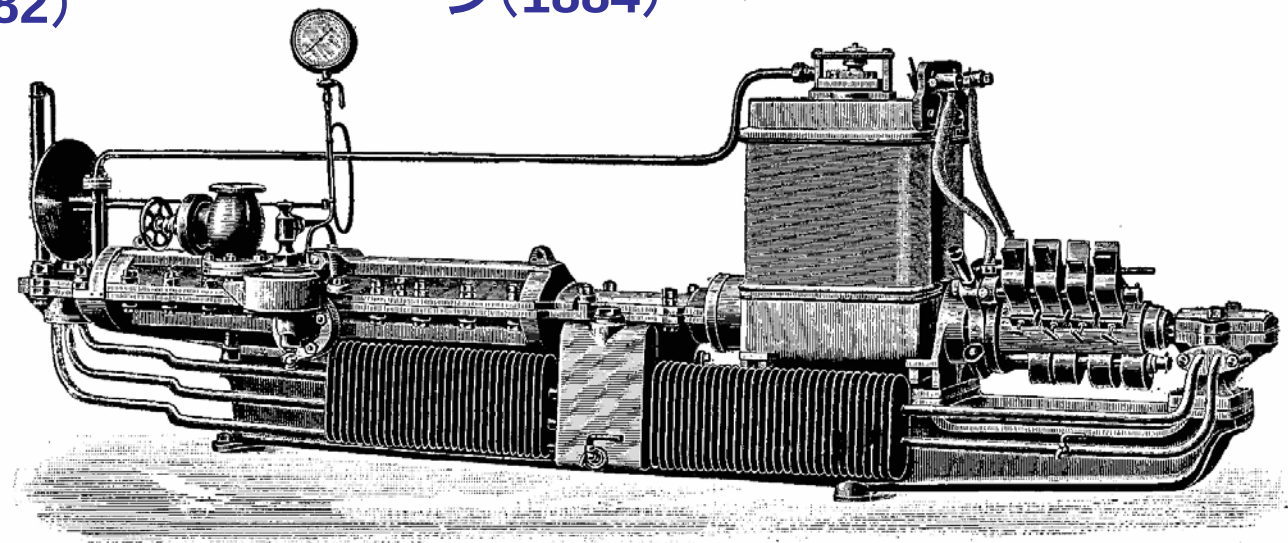
Karl Gustaf Patrik
de Laval
(1845-1913)

衝動タービン
(1882)



Sir Charles Algernon
Parsons
(1854-1931)

多段反動タービ
ン(1884)



・なお、ド・ラヴァルやパーソンズのタービン出現は、今からまさに100年前であるが、この構造は、現在のものと寸分違わないことにも、注目したい。原理、設計とも、そこでほぼ完成したのである。

・これ(ガスタービン)に比べ、蒸気タービンは恵まれている。(中略)圧縮機という身中の寄生虫がないからである。

(富塚清:動力の歴史 動力にかけた男たちの物語、三樹書房、2008復活発刊)

1. はじめに
2. 近代製鉄の幕開け
3. 初期の蒸気機関
4. 熱力学の確立過程
5. 蒸気機関の発達
6. エンジンの発明
(Rudolf Diesel への感謝)
7. 電気の時代に
8. むすびにかえて

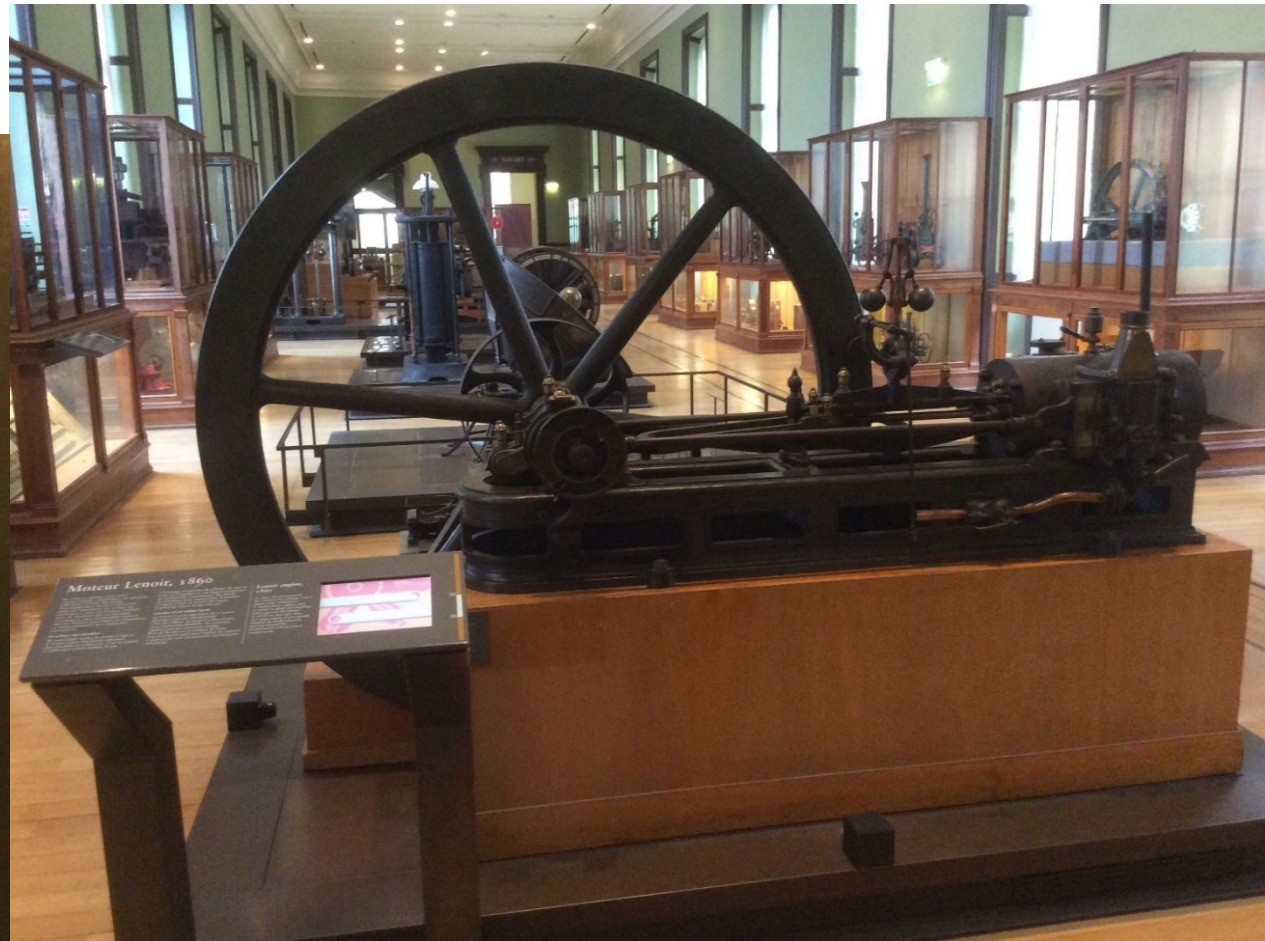


Jean Joseph Étienne Lenoir (1822-1900)

- 当時の一般認識では、液体燃料は動力用エネルギー源ではなかった。
- 世界初の2ストロークガスエンジン＝内燃機関 (1860)

Lenoir engine, 1860

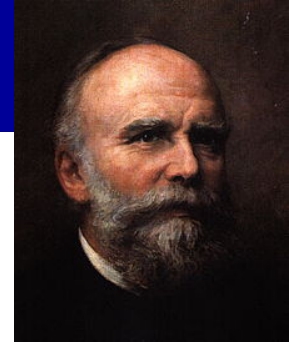
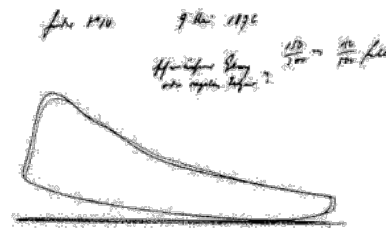
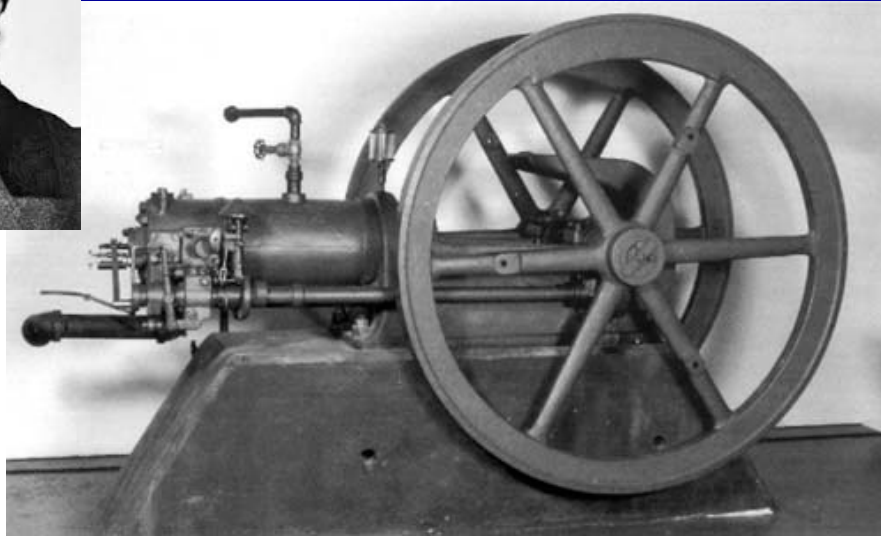
In 1860, the press greeted the arrival of the Etienne Lenoir engine with enthusiasm. A small-volume engine, easy to install in apartment buildings where gas was distributed to all floors, and safer than the steam engine, it was quickly adopted by small industries and encouraged the development of home-based artisan work.



<http://wattandedison.com/Paris.pdf>



Nicholas A. Otto (1832-1891)



Carl Eugen Langen (1833-1895)
Gottlieb Daimler (1834-1900)
Wilhelm Maybach (1846-1929)
らとともに

- 1862: **4ストロークのガスエンジン** (ただし**大気圧**)
- 1867: パリ世界博覧会で金メダル
- 1876: **圧縮エンジンの点火**「多数の階層と部屋のある家を最小限の費用で、完全に余すところなく焼いてしまうにはどうしたらよいか。私の考えは次のとおり。下の階層、すなわち二階、三階の部屋や廊下には、相当の可燃物を詰め込む。一方、玄関には乾草やわらを詰めたうえ、石油に浸したボロ切れを置く、上部の階層にはなにもする必要はない。」
- 1885: **ガソリンエンジン**
- 1895: 「私は年少のとき、小学校教育だけで、大学教育を受けなかったことを残念に思っていたが、いまや、初めてそれでよかったと思う。」



Rudolf Diesel (1858-1913)

1858:パリ（工芸・技術博物館の隣）で誕生

1870:普仏戦争勃発→ロンドン経由でアウグスブルグへ
職業訓練学校入学

1873:アウグスブルグ工業学校に入学
空気式ライタに精通
アウグスブルグ機械製作所
（後にMAN）を見学



<http://wattandedison.com/Paris.pdf>

<https://www.sulzer.com/en/About-us/History>



等温変化実現への夢（1878ごろ）

1875:ミュンヘン工科大学に入学

1879:スイスのSulzer社でインターン

1880:Lindeの製氷機械（アンモニア冷凍機）
の助手のような仕事でパリ工場に赴任

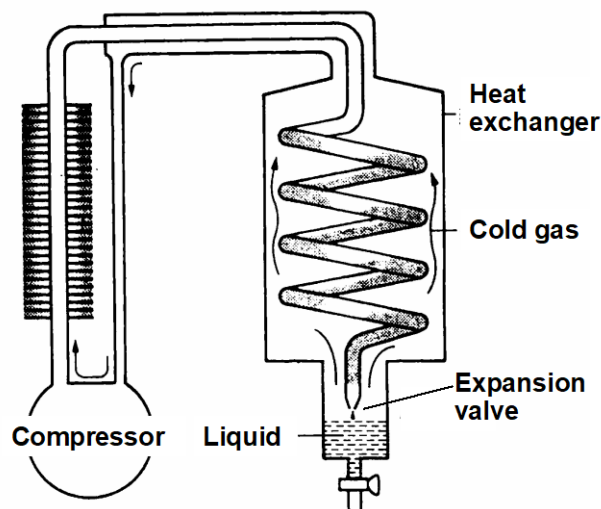
1890:ベルリンに

Carl von Linde
(1842-1934)

ミュンヘン工科大学
現在もドイツの企業



THE LINDE GROUP



「当時、私は自らに宿題を負わせた。まだ発
明も行っていなかったし、アイデアも固まってい
なかった。単にカルノーの理想的サイクル
を実用化したい希望だけが、それ以後、私の
頭を占有した。学業を終了し、実社会に入っ
たが、私自身は生活のために社会的地位を
まず確立する必要があった。実用化の夢は
絶えることなく私について回った。」（1913）

特許と製造会社（1893～）

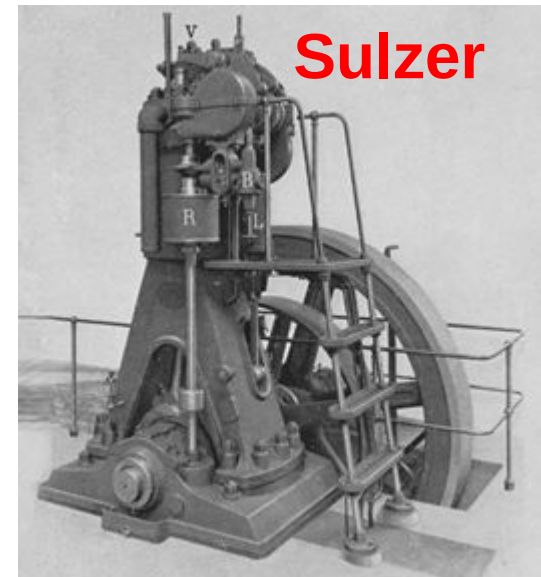
Nr. DRP 67207 1893年2月23日発行
Arbeitsverfahren und Ausführungsart für
Verbrennungskraftmaschinen
内燃機関についての作動様式ならびに実施形態
1892年2月28日より特許発効



MAN



Sulzer



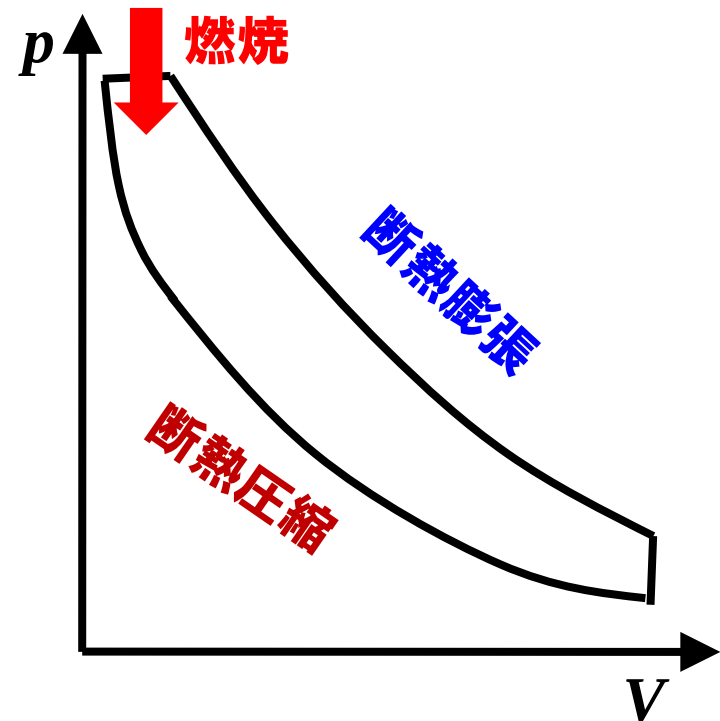
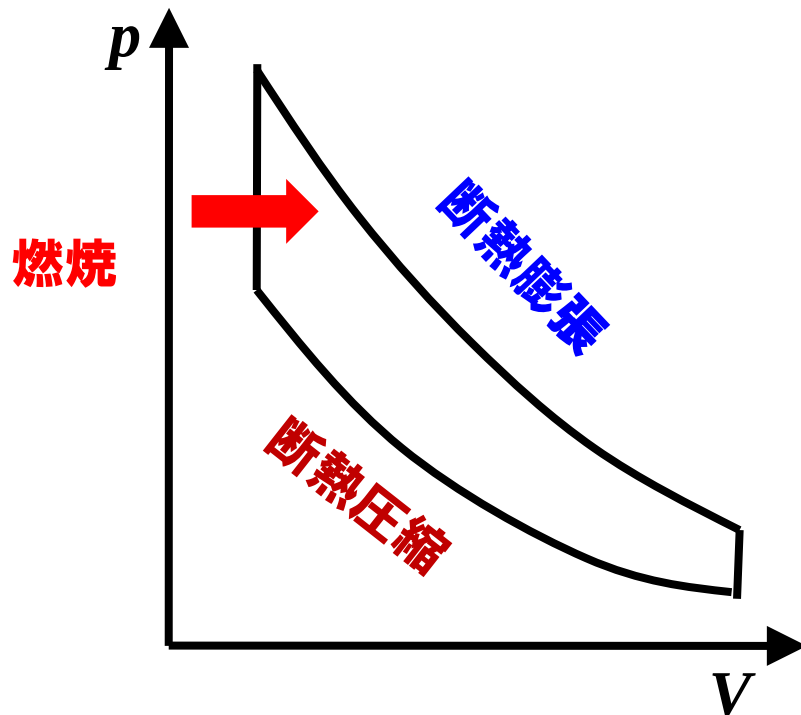
MAN (Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg)

www.corporate.man.eu/en/company/history/museums/Museums.html

Friedrich Krupp, Essen www.thyssenkrupp.com/en/company/history/

Sulzer www.sulzer.com/en/About-us/History

Otto サイクル と Diesel サイクル

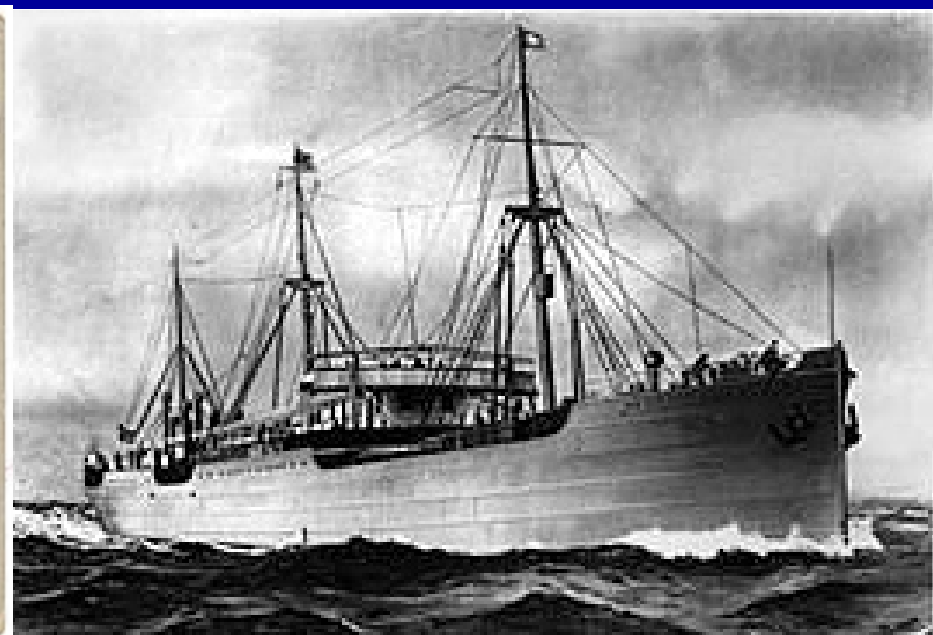
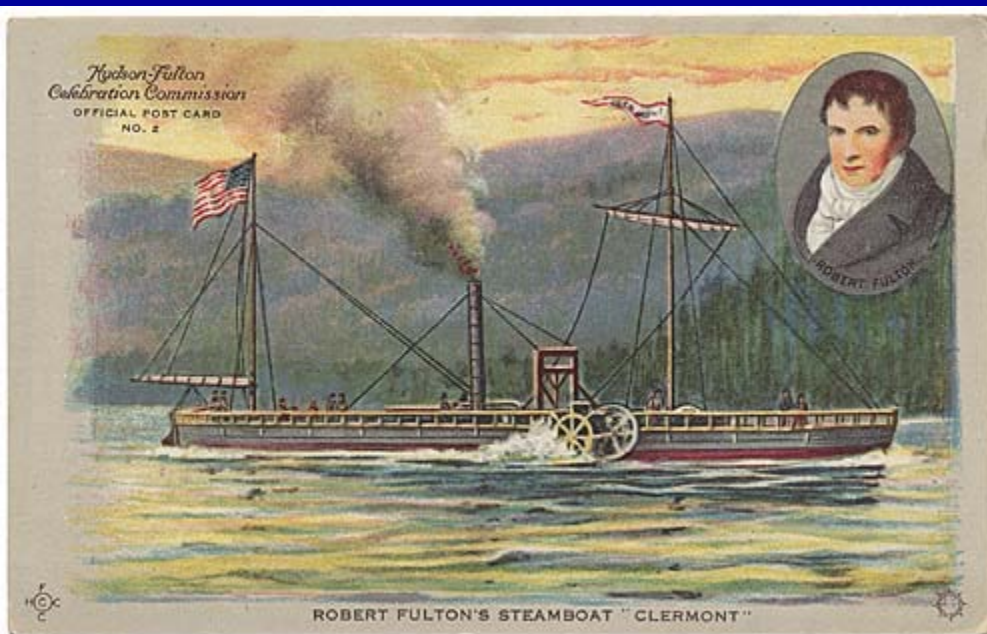


燃料: ガソリン
予混合気 + 点火プラグあり
等積燃焼
予混合燃焼(ガス漏時の爆発)
圧縮比は低い: $10 + \alpha$ 程度

燃料: 軽油(自動車)・重油(船舶)
高温の圧縮空気に燃料噴射で着火
等圧燃焼
拡散燃焼(ろうそくと同じ)
圧縮比の制限はない

マツダ SKYACTIV の挑戦 <http://wattandedison.com/general2.html>

世界初の蒸気船とディーゼル船



蒸気船 Clermont号 (1807)

<http://www.henrylivingston.com/history/clermont/index.htm>

ディーゼル船 Selandia号 (1912): **ヤンマー創立の年!**

https://en.wikipedia.org/wiki/MS_Selandia

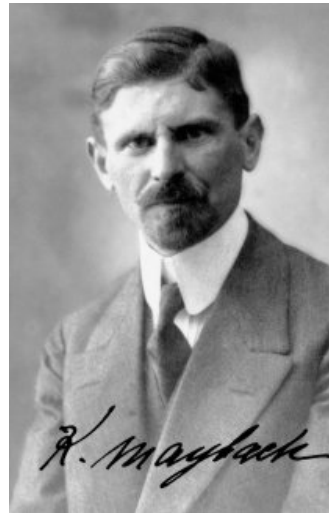
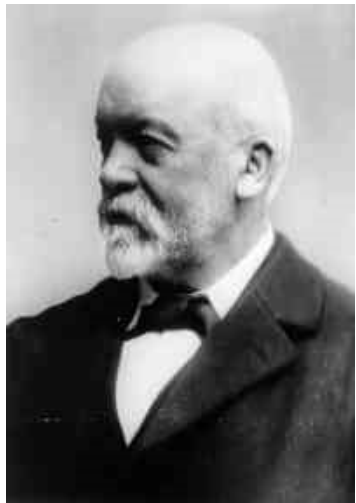
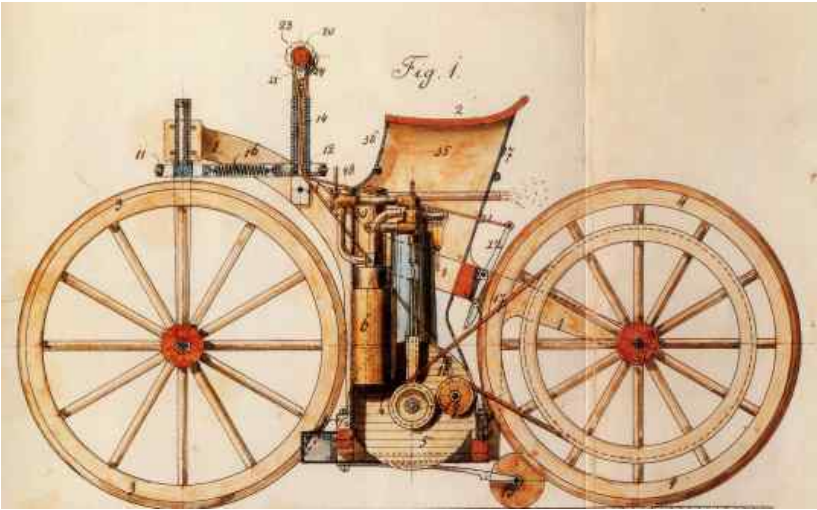
Rudolf Diesel に関する参考文献

- E. ディーゼル、G. ゴルドベック、F. シルドベルゲル (山田勝哉訳): エンジンからクルマへ (原著 1957)、山海堂 1984 (**山海堂は倒産: ヤンマー社様にKindle版を出していただけませんか**)
- R. ディーゼル (山岡茂樹訳: 山岡家とは無関係): ディーゼルエンジンはいかにして生み出されたか (原著1913)、山海堂 1993 (本書はDiesel 研究者用の本で難解)
- 鈴木孝: ディーゼルエンジンと自動車 —影と光 生い立ちと未来—、三笠書房 2008

ヤンマー史料館の至宝



自動車のパイオニア（ドイツ）



Gottlieb Daimler
1834-1900

Wilhelm / Karl Maybach
1846-1929 1879-1960

Karl Benz
1844-1929

ビールブレイク: それではMercedesは？

On June 23, 1902 'Mercedes' was registered as a brand name



Emil Jellinek (1853-1918)



Mercedes Jellinek (1889-1929)

<https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/classic/history/emil-jellinek/>



Mercedes-Maybach (S600)



全長 5,460mm

全幅 1,900mm

全高 1,495mm

ホイールベース 3,365mm

SOHC V型12気筒

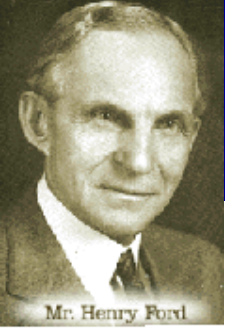
排気量 5,980cc

最高出力 390kW(530PS)

4,900-5,300rpm

最大トルク 830Nm(84.6kgm)

2,300-4,300rpm



Henry Ford (1863~1947)

Model T : Mass Production

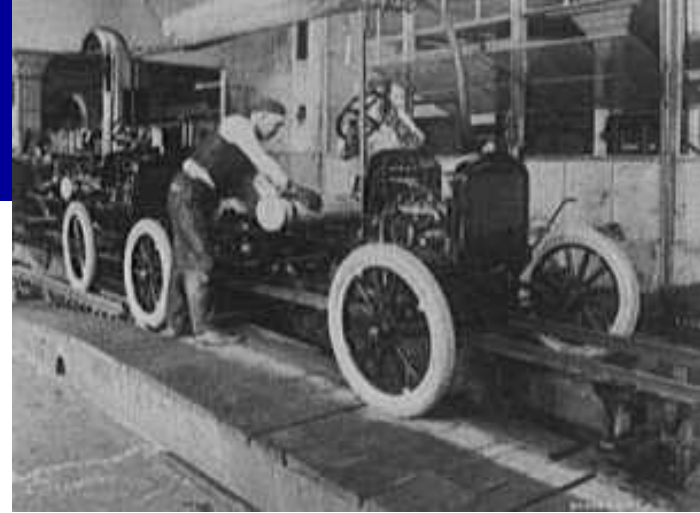
Production time of a complete chassis and price

- 1908 : 728 minutes \$1000
- 1914: every 93 minutes \$360
- Later: every 24 seconds \$280

By 1927 nearly 15,500,000 were sold out in the US alone

In 1914, Ford began paying his employees five dollars a day, nearly doubling the wages offered by other manufacturers. He cut the workday from nine to eight hours in order to convert the factory to a three-shift workday.

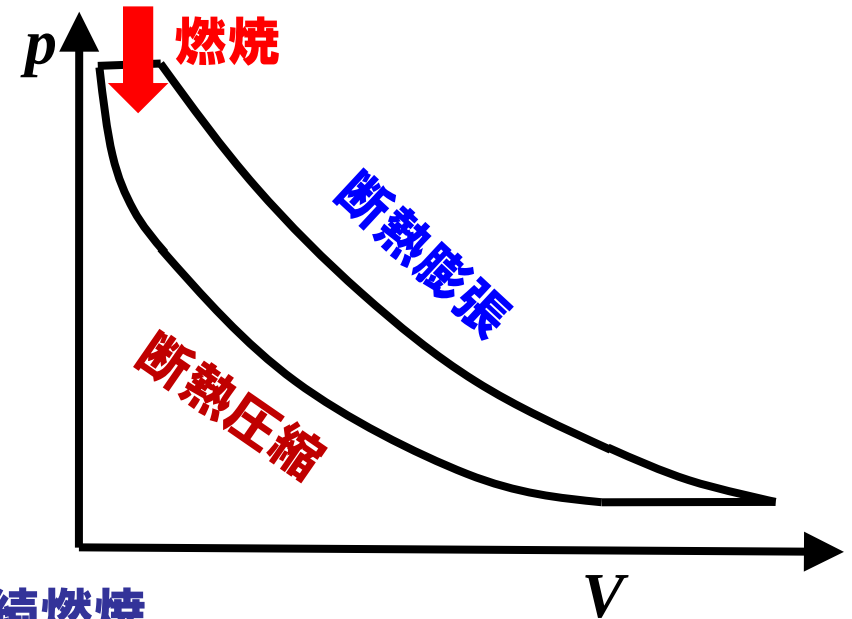
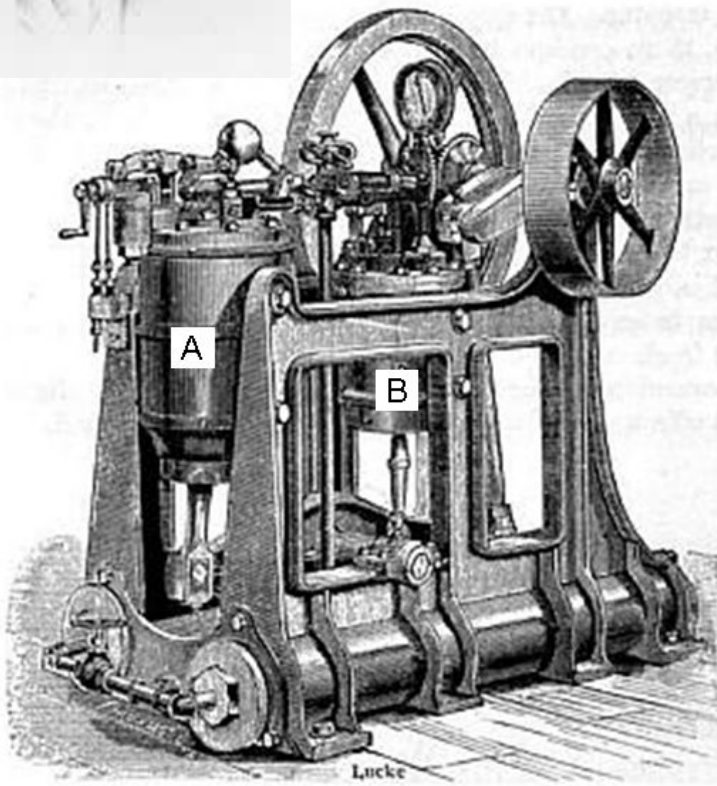
<http://inventors.about.com/library/inventors/blford.htm>





George Brayton (1830-1892)

ガスタービンのサイクル



連続燃焼

燃料: ケロシンなど

高温の圧縮空気に燃料噴射で着火

等圧燃焼

拡散燃焼(ロウソクと同じ)

圧縮比の制限はない

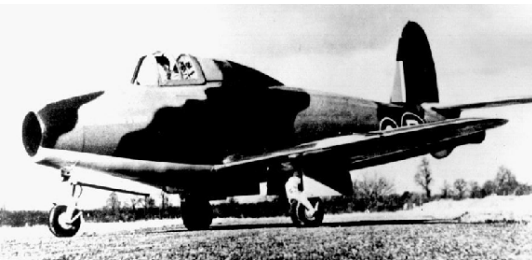
吉田英生: George Brayton とその時代、日本ガスタービン学会誌、37巻3号、
2009年5月 <http://www.wattandedison.com/GT-Brayton.pdf>

ジェットエンジン(航空機用ガスタービン)の父

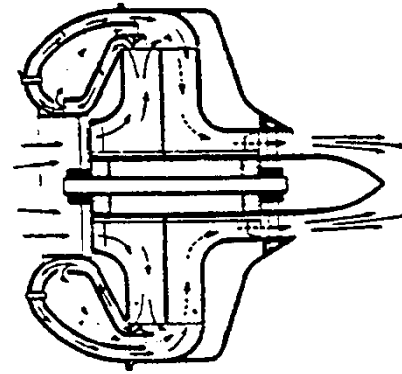
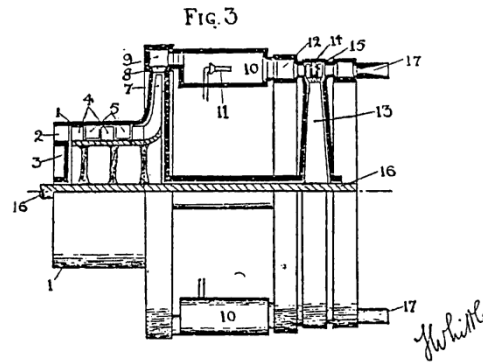
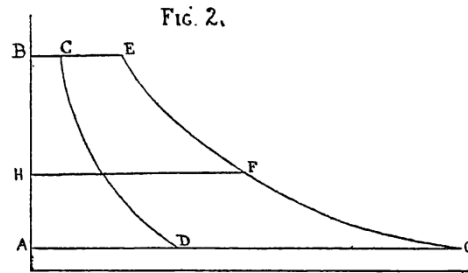


**Sir Frank Whittle
(1907-1996),
England
Patent: 1930**

The W.1 turbojet engine

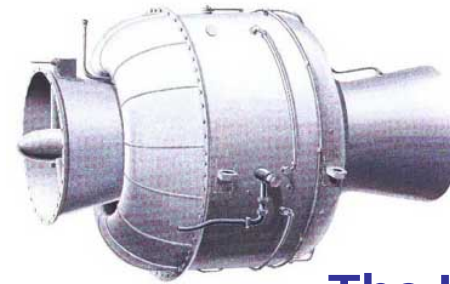


The Gloster E28/39 aircraft (1941)



**Hans von Ohain
(1911-1998),
Germany
From 1933~**

The He S-3 engine

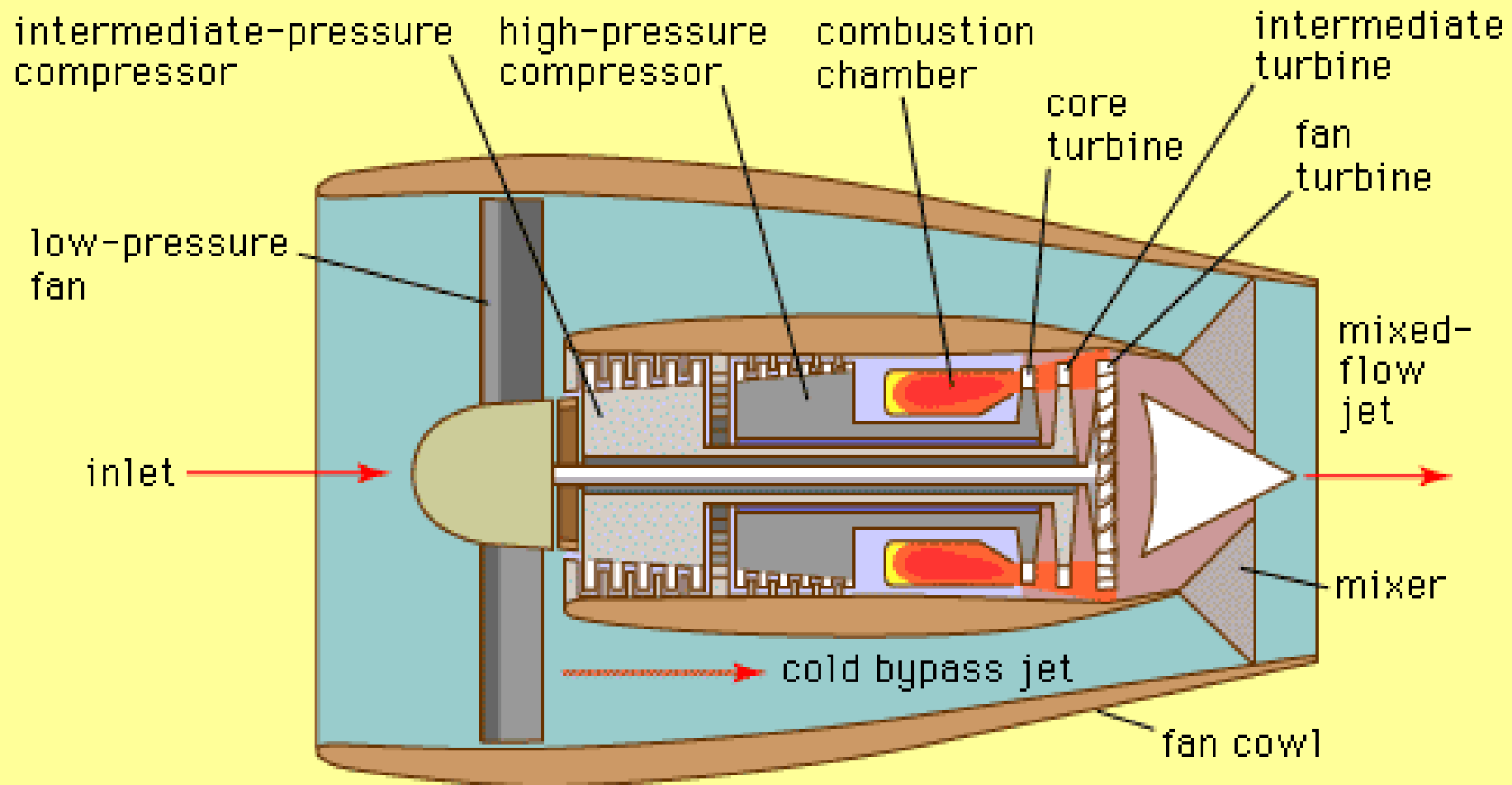


First jet aircraft, Heinkel He-178(1939)

<http://wattandedison.com/GT-Whittle.pdf>

http://wattandedison.com/GT-von_Ohain.pdf

ターボファンエンジン(高バイパス比)



© 1999 Encyclopædia Britannica, Inc.

ファン、低圧圧縮機、高圧圧縮機の3つを回す3軸ガスタービン

コーヒブレーク: 最新のジェットエンジン



Rolls-Royce's Trent 1000



General Electric's GEnx

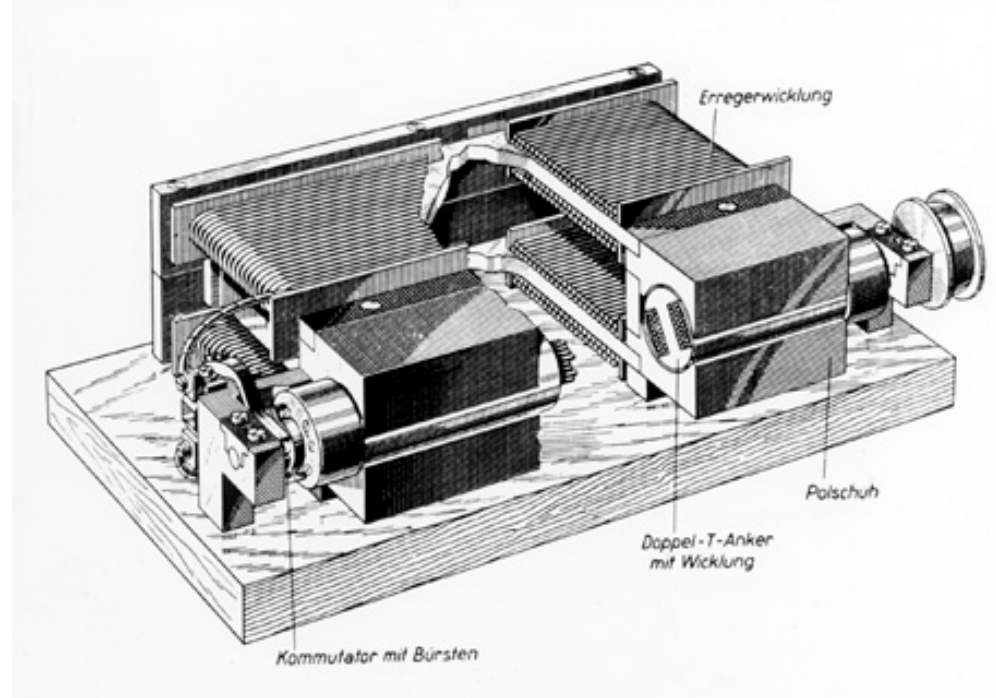
<http://www.rolls-royce.com/products-and-services/civil-aerospace/products/civil-large-engines/trent-1000/trent-1000-ar.aspx>

<http://www.geaviation.com/engines/commercial/genx/>

1. はじめに
2. 近代製鉄の幕開け
3. 初期の蒸気機関
4. 熱力学の確立過程
5. 蒸気機関の発達
6. エンジンの発明
(Rudolf Diesel への感謝)
7. 電気の時代に
8. むすびにかえて



Werner von Siemens (1816-1892)

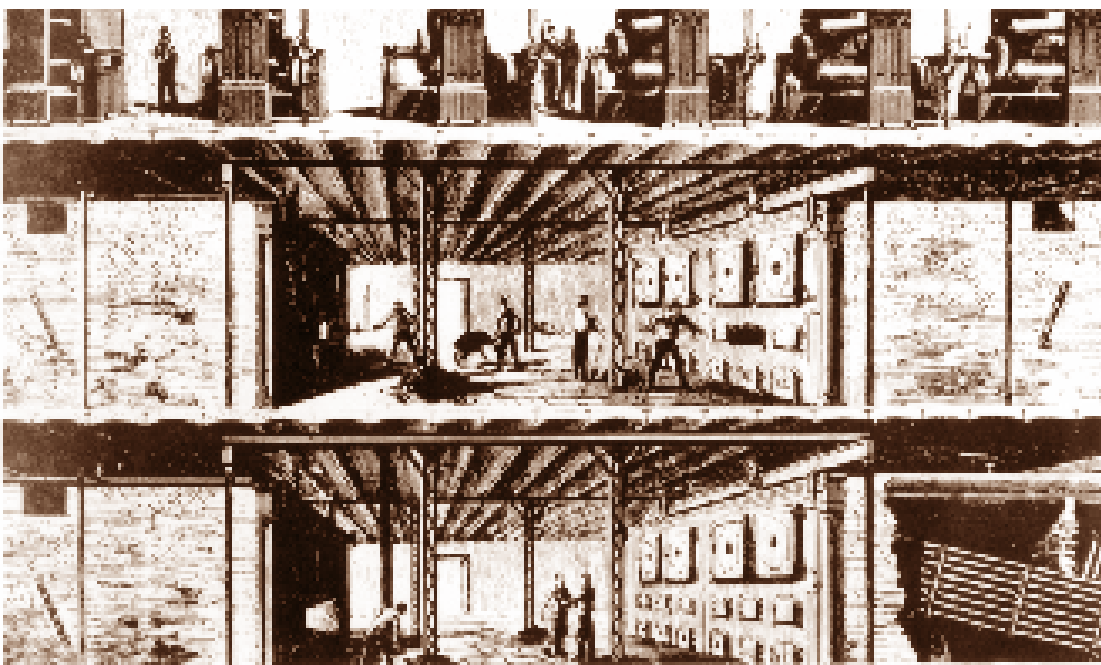


In 1866, he made what was probably his most significant contribution to electrical engineering when, building on the work of the British natural scientist Michael Faraday, he discovered the **dynamo**-electric principle and thus laid the basis for the use of electrical energy as a source of power. Heavy-current technology, as power engineering was then called, developed at a relentless pace. By constantly expanding the technology's fields of application, Siemens' inventions played a decisive role in its further development.

https://www.siemens.com/history/en/news/1051_werner_von_siemens.htm

Thomas Edison (1847-1931)

NY Pearl Street での蒸気機関による集中発電 (1882)

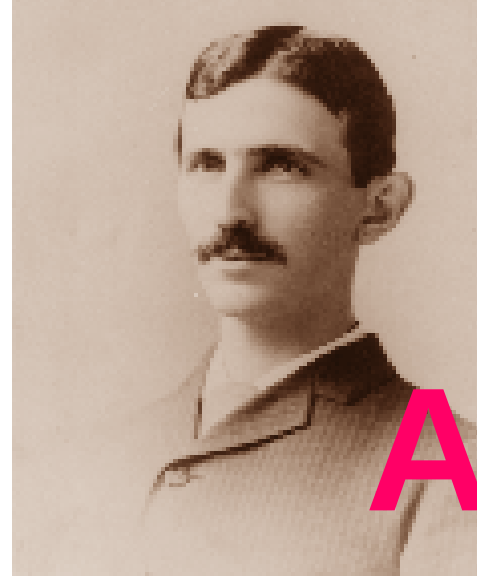


電流戦争 (General Electric vs Westinghouse)

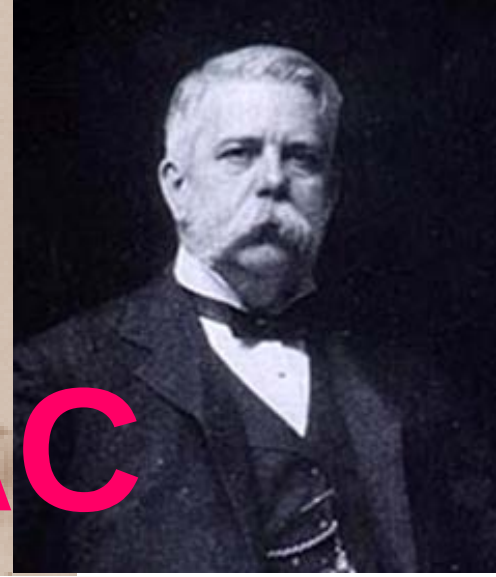
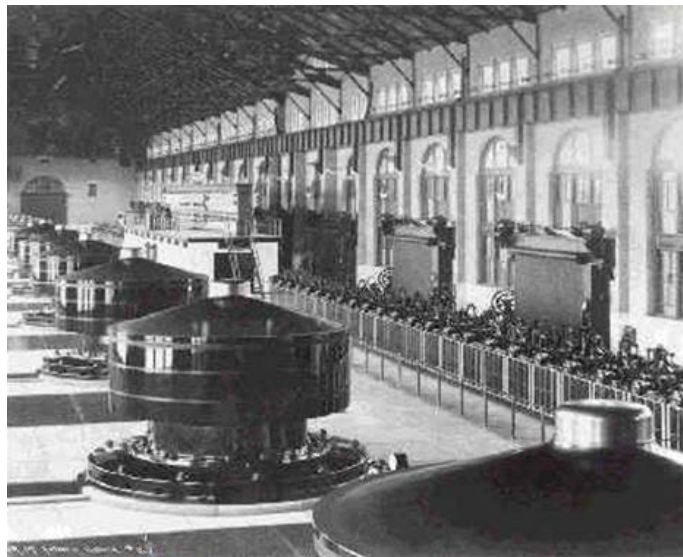


**Thomas Edison
(1847-1931)**

**[Henry Ford
(1863~1947)]**



Nikola Tesla (1856-1943)



**George
Westinghouse
(1846 - 1914)**

**Adams 発電所
(Niagara)
AC採用1895**

1. はじめに
2. 近代製鉄の幕開け
3. 初期の蒸気機関
4. 熱力学の確立過程
5. 蒸気機関の発達
6. エンジンの発明
(Rudolf Diesel への感謝)
7. 電気の時代に
8. むすびにかえて

京都(大阪)⇄東京の所要エネルギー（1人当たり）

方法	時間	[MJ]
徒歩（1日あたりの食事:2500kcal）	15日	160
新幹線（N700系:満席）	2時間30分	200
自動車（18km/L:4名乗車）	6時間	240
飛行機（Boeing777-200:満席）	45分	580

注）新幹線は発電効率を50％として電気エネルギーを一次エネルギーに換算



Jumbo Jet : Apollo 11と同じ1969年生まれ



Airbus A380-800 (2005-) 空虚重量:277 t 最大離陸重量:560 t



Boeing 747-8 (1969-) 空虚重量:213 t 最大離陸重量:442 t

500人を乗せ欧州でも米国東海岸でも12時間

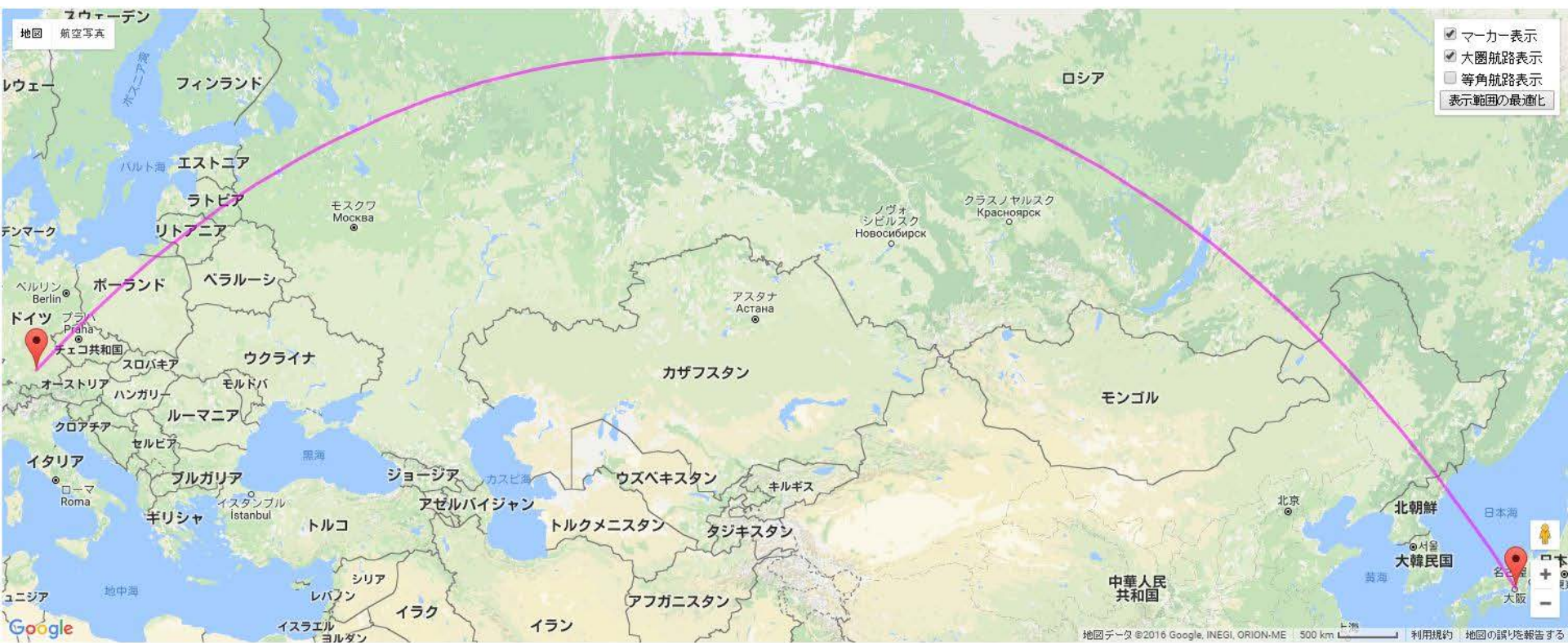
石油というエネルギー源とジェットエンジンという動力機械の発明によってもたらされた奇跡：1969年のジャンボ以来、40年以上経っても基本的には変わっていない—今後も変わらないのではないか



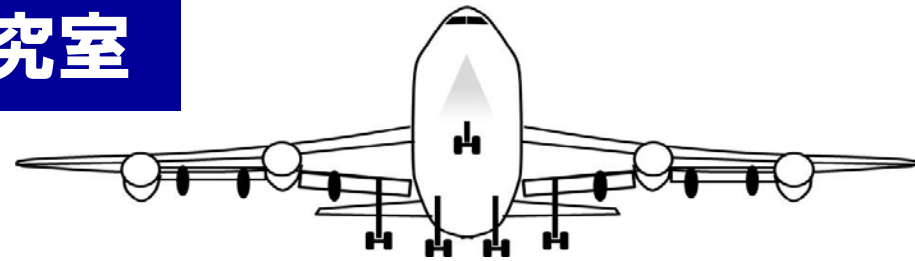
欧米旅行片道：一人あたりドラム缶2本

ETOPS = Extended-range Twin-engine Operational Performance Standards: 1953年には60分→2014年には330分

Augsburug に足を向けて寝られない といってもどっち？



京都大学 大学院 工学研究科 航空宇宙工学専攻 熱工学研究室



ロゴデザインの背景となったエッセー

内田幹樹:『機長からアナウンス 第2便』

<http://www.shinchosha.co.jp/ebook/E645451/>

それが理想なんだと思う。たとえば滑走路が風向きに応じてグルリと動いてくれても良いが、滑走路が直径三〇〇〇メートルの円だったら最高だ。それなら風向きに応じてどんな方角からでも降りられるし、世界一安全な飛行場の完成となる。ターミナルはその地下に作ってもいいし、円の外に作ってもいい。(160ページ)

2008年1月6日作成／2015年4月12・29日改訂

最新記事:アポロ計画をふりかえる(伝熱:2016年7月号)

<http://wattandedison.com/article.html>