

第1回の内容

- ・ 講義概要, 講義日程, 見学, 評価方法,
- ・ エネルギーの分類とエネルギー消費量
- ・ 電力系統の概要,
- ・ 電力の発生: 発電電力量と発電方式, 負荷曲線
- ・ 電力伝送方式: 単相 2 線式, 3 相 3 線式
- ・ 電力伝送電圧と損失および送電電力量, 標準電圧

キーワード

エネルギー, パワー, 電力, 電力量
電力系統, 発電, 変電, 送電, 配電,
日負荷曲線, 温室効果ガス

第1章: 電力工学の概要

1.1 エネルギーの分類とエネルギー消費量

① 一次エネルギー (エネルギー資源, 天然資源)
太陽, 薪・木炭, 石炭, 石油, 天然ガス, 水力, 核燃料

② 二次エネルギー (消費段階でのエネルギー)
石油製品 (精製ガス, ガソリン, ナフサ, 灯油, 軽油, 重油, LPG),
都市ガス, 高炉ガス, コークス, 熱水・蒸気, 液化天然ガス (LNG), アルコール, 炭, 水素, 電力

1.2 日本の使用エネルギーと温室効果ガス排出

① 一次エネルギー

薪炭 → 石炭 → 石油 → 原子力・天然ガス

② 二次エネルギー

約 20% が電気エネルギー (民生部門* では 35%)

* 一般家庭, 一般消費者用。⇨ 業務用 ⇨ 軍事用

① 温室効果ガス: エネルギー起源二酸化炭素 CO₂
これ以外の, CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆

② 2007 年度の排出量は 90 年比 9% 増

鳩山イニシアチブ 1990 年比で 2020 年までに 25%

Q 国際的な取り組みは?

1.3 エネルギーと電力, 電力量

[Nm] = [J] エネルギー: 外部に作用可能な仕事量

1 カロリー [cal] = 4.2 J: 熱量としての熱エネルギー

1 ワット [W] = 1 ジュール [J] / 1 秒 [s]: 電力

パワー: 1 秒間に行われる仕事

1 キロワット時 [kWh] = 3.6×10^6 J: 電力量

1.4 電力消費量

・ 日本の一人当たり年間消費電力量: 8,220 kWh

・ カナダ // : 16,766 kWh, アメリカ: 13,515 kWh

・ 世界の電力消費量: 17.4 兆 kWh

・ アメリカ 23.3%, 中国 15.6%, 日本 6.0%

1.5 電力値および自動車のエネルギー効率

人間 200~400 W

馬力 750 W (ホースパワー: HP)

太陽熱 1 kW/m² (日本の緯度で)

小型自動車 100 馬力 = 75 kW

ジャンボジェット 10 万馬力 = 75 MW

東京の最大電力 6,430 万 kW = 64.3 GW

日本の最大電力 164 GW

1.6 電力系統とは

(電力系統とは) 多数の発電所, 送電線路, 変電所, 配電線路, 負荷が 連携されて一体運用 されているシステムのこと

1.7 電源別発電電力量

種類 / 年代	1980	2004	2014 予測
火力	17	10	10
天然ガス	15	26	22
石炭	5	24	20
石油等	46	10	6
原子力	17	29	41
地熱・新エネ	0	1	1
合計	4,850	9,705	10,556 億 kWh

Q 最新の見通しや国の政策を調べてみよう

1.8 日負荷曲線

1日の電力使用量の変化のこと。

- ・ベース供給力(自流式水力, 原子力, 石炭火力)
- ・ミドル供給力(LNG 火力, 石油火力)
- ・ピーク供給力(石油火力, 揚水式水力)

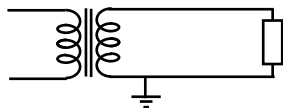
1.9 発電方式と特性

揚水式水力	急激な電力需要の変動, ピーク電力対応
調整池式・貯水池式水力	耐用期間で見ると経済性に優れる, ピーク電力対応
石油火力	運転コスト高い, 資本費安い, 時間転移の変動に対応
LNG, LPG, 他火力	運転コストは石油より安い, 資本費は石炭火力より安い,
石炭火力	運転コスト安い, 資本費高い,
原子力	運転コスト安い, 資本費高い, ベース電力
流れ込み式水力	燃料費ゼロ, 耐用期間で見ると経済性に優れる, ベース電力

1.10 電力伝送方式

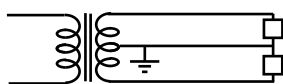
- ・単相 2 線式

電線数が少なく工事が低廉で簡単



- ・単相 3 線式

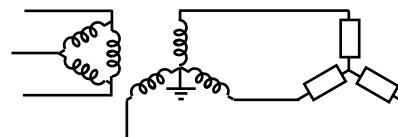
100V, 200V の電圧供給が可能



- ・3 相 3 線式: 経済的で大容量に適し, 容易に回転磁界が得られるという特長がある。

単相 2 線式に対する利点:

- 同一電力・線間電圧→電線必要量(重量)が 3/4 ですむ(25%削減)
- 同一出力発電機よりも小型, 高性能
- 同一出力電動機よりも小型, 高性能
- 脈動の少ない直流を得やすい
- 単相交流も容易に得られる



1.11 電力伝送電圧の決め方

- ・電力[W]=電圧[V]×電流[A]
- ・送電線における電力損失は電流の 2 乗に比例。
- ・送電電力=電圧×電流より, 送電電力が同じ場合は高い電圧により損失低減が可能。

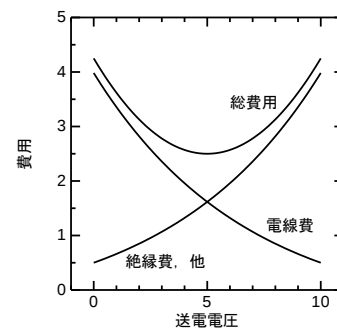
- ・長距離送電時の電力は $P = \frac{V_s V_r}{\omega L} \sin \theta$ であたえられるので, 電圧の 2 乗に比例して送電電力増加

V_s 送電端電圧, V_r 受電端電圧, $\sin \theta$ 送受電端電圧の位相差, ω 周波数, L 送電線のインダクタンス

送電損失: 送配電損失率 = 需要端供給力 / 送電端供給力

- ・送電電力と電線の抵抗損が一定のとき, 線間電圧を上げる程, 電線費は低下, 電線支持物や機器の絶縁費は増加

- ・電力工学では, 電圧を第一優先にして設計する



国・事業者	東京電力	アメリカ	イギリス	ドイツ	フランス
損失率(%)	4.8	7.0	8.7	4.6	6.8

公称電圧

3,300, 6,600, …, 154,00, … 275,000, …,
500,000V (100 万ボルトまで技術開発済)

送電能力

50 万 V (500kV): 約 100 万 kW (基幹系統電圧)
27.5 万 V: 約 40 万 kW

1.12 直流送電と交流送電

・直流交流戦争: エジソンとテスラの戦い

エジソンが主張した交流の欠点は

- (1) 高圧送電は危険, 送電損失は直流よりも大きい (理由不明)
- (2) 交流では電動機が始動しない (誘導機ができていなかったため)
- (3) 直流でも 3 線式 5 線式にすれば送電容量の増加は可能

・テスラとスタンレーによる交流送電

- (1) 直流送電は電圧の変換が困難で大容量送電には不適
- (2) 交流は, 電圧の変換が容易
- (3) ウェスチングハウスは交流システムを採用し大規模送電を開始 (現在の GE)
- (4) 多相交流の発明により交流の優位性が確定

現在の大容量直流送電

- ・電圧変換のため交直変換, 直交変換が必要
- ・長距離大容量送電に直流送電が使用される例
 - ー海底送電ケーブルに利用
 - ー新英仏連携 200 万 kW
 - ーブラジルーパラグアイ 600 万 kW

利点

- (1) 最大電圧に対する送電容量が交流よりも $\sqrt{2}$ 倍大きい
- (2) 導体の表皮効果が無く, ケーブル損失が小
- (3) 誘導障害がない
- (4) 系統の切り離しが可能 (交流ー直流ー交流)

1.13 日本の電気事業

- ・ 1882 年 (明治 15 年) 東京電燈会社設立, 石炭火力による 25kW のエジソン発電機でアーク灯点灯, 電灯の普及により 210 V・3 線式直流発電所建設
- ・ 1884 年 (明治 17 年) 大阪電灯会社設立。トムソン・ヒューストン社製 60Hz・1150V の発電機購入により, 交流送電が開始 (明治 23 年)
- ・ 1888 年 (明治 21 年) 榎本武揚を初代会長とする電気学会設立

- ・ 1895 年 (明治 28 年) 東京電燈会社, 交流システムの採用を決定。ドイツの AEG 社製 50 Hz・3000 V・265 kW 発電機購入。周波数区分の発生。
- ・ 1923 年 (大正 12 年) 当時は電力会社が乱立し, 電気事業者数 738 社。
- ・ 1939 年 (昭和 14 年) 戦時体制下, 大型火力と水力発電所は日本発送電株式会社に吸収, 電力中央集権体制
- ・ 1945 年 (昭和 20 年) 日本発送電株式会社の解体と 9 電力会社が発足 (その後沖縄電力を加え 10 電力会社)