



エネルギーと環境問題の現状 (電力会社の立場から)

電源開発株式会社 経営企画部
技術士(環境部門)
武田克之

電力事業の歴史

- 1878年(明治15年)

トーマス・エディソンがエジソン電灯会社設立
発電・送電と自ら発明した白熱灯販売のトータル事業
すべての施設を直流で統一

- 1992年

エジソン電灯会社とトムスン・ヒューストン会社(発電機
メーカー)が合併。

今日のジェネラル・エレクトリックGE社の発祥

- 1887年ニコラ・テスラが自ら発見した交流モーターの原理をもとに製作に成功し、テスラ電気会社を設立。

世にいう「交直戦争」が開始。

ジョージ・ウエスティングらが交流派に協力しエジソンの敗北に終わる。

- 1869年ウエスティングが自ら発明した空気ブレーキの製造会社設立。
- 1886年ウエスティング電気会社設立。テスラが発明した交流モーターの権利を買い上げ、その後、米国内の交流電力網の普及に尽力

日本の電力事業

- 1883年(明治16年)

東京電燈(東京電力の前身)設立

1887年電力の供給開始(日本橋の発電所)

1896年浅草火力発電所にドイツのアルゲマイネ社製50Hz交流発電機を導入して発電

- ・ ほぼ同時期

大阪電燈は米国ジェネラル・エレクトリックから60 Hz交流発電機を導入

- ・ 今日まで残る東50Hzと西60 Hzのおおもと

- 大正末期(1920～25年)大小700を超える電力会社
—河川—電力会社
- その後淘汰され、5電力会社
- 1939年(昭和14年)戦時下国策の日本発送電(株)設立
- 1941年(昭和16年)国策による9配電会社設立
- 1945年(昭和20年)終戦
- 1951年5月 日本発送電(株)解体
民間の一般電気事業者9電力会社の設立
- 1952年9月 国策で卸電気事業者 電源開発(株)設立
- 1957年 卸電気事業者 日本原子力発電(株)設立
- 1972年 琉球電力公社を引継ぎ、特殊法人として
沖縄電力設立、1988年民営化
- 2004年10月 電源開発(株)完全民営化 J-POWER

現在の送電ネットワーク p 2 1

- 東京・東北域内超高圧送電線連系
- 北海道・東北間:海底50万 直流線
- 関西・四国間:紀伊水道海底50万 直流線
- 中国・四国間:瀬戸大橋添架50万 交流線
- 中国・九州:関門海峡50万 交流架空線
- 東西50・60Hz周波数変換:佐久間、新信濃、東清水の変換所
- 国内の電力広域融通可能 安定供給

増え続ける世界人口とエネルギー消費量

p4,5

- 一次エネルギー
化石燃料(石油、天然ガス、石炭)、原子力、水力発電
- 二次エネルギー
化石燃料由来の電力、水素、重軽灯油・ガソリン等の石油製品、都市ガス、LPG
- 世界の一次エネルギー消費量は増加一方
特に中国など東アジアと中東
- 世界の人口も急増、特にアジアとアフリカ
西暦元年3億人、1960年30億人、1999年60億人
2007年66億人 2050年93億人？(食糧手当ては85億人が限界)
- エネルギー需給の逼迫、食糧不足

エネルギーは石油に高く依存

p6,7

- 世界全体での、消費一次エネルギーは石油36%、石炭28%、天然ガス24%、水力、原子力の順
- 中国は石炭、ロシアは天然ガスの比率高
- 日本の自給率は実質水力発電等の4%程度
(ウランは一度輸入すると数年間使え、準国産エネルギーにカウントされ、年度統計上の自給率は18%程度になる。)
- 石油の輸入依存度は仏独伊とも90%以上、米国も60%以上、日本は99%以上

電力市況 p8,9

- 一人当たりの電力消費量は、カナダ、米国、仏、日本、独、英、露、伊の順 先進国
- 中国の一人当たり消費量は、日本の約1/4だが、ここ10年で2倍以上の爆発的な伸び
- 各国の電源構成は、エネルギー資源状況を反映している
- 日本は、石炭28%、原子力26%、ガス23%、石油12%、水力9%、その他2%
- カナダは水力が約6割、米国と独は石炭火力が5割強、仏は原子力が約8割
- 原子力を政策廃止した伊は、仏から電気を輸入

資源量 p10 ~ 14

- 可採年数(可採埋蔵量/現時点年間使用量)
分子と分母によって毎年変化
- 現時点では、石炭155年、ウラン85年、天然ガス65年、石油40年(ピークオイル?)
- 石油は中東湾岸地域に世界の62%(政情不安定)
- 日本は輸入石油の90%を中東に依存
- 中国は93年から石油輸入国に転じた
- 石炭は世界中に広く分布し豊富(供給安定性と経済性にすぐれる。価格は熱量ベースでLNGの1/3)
- 天然ガスは中東、ユーラシアに偏り
- 日本は世界最大LNG輸入国(液化したLNGの輸入は日本、韓国、台湾のみ、他はNGパイプライン)

国内の電力需要の概観 p15

- 70年代高度成長期は毎年10%の伸び、
今後は1%弱の見込
- 産業界に比べ民生用の需要が増加

WとWh

$W = \text{J/秒}$ 発送配電施設の容量・能力

$Wh = 3600 \text{ J}$ エネルギー量 ($J = N \times m$)

(kWとkWhはその千倍、MWとMWhはその百万倍)

需要状況

p16

- 2006年度の発電電力量9,830億kWh、消費電力量8,890億kWh
- 需要は夏に最大、最近は冬場にも極大
(発電所の定期点検は春と秋に実施)
- 広がる昼夜間の需要較差 2倍以上
- 最大需要は夏場の15時前後 この瞬間需要に発電所側が耐えられないと停電(電力施設の予備率)
- 2006年夏の実績では、温度1 上昇で需要が470万kW増加 家庭用エアコン増加の影響が大

需要変化への対応 p19 ~ 23

- 発電設備は経済性と運転特性に違い
- ベストミックスの電源構成
(供給安定性、環境特性、電気料金)
- 発電所設置までのリードタイムは10年以上、とくに原子力発電所は30年以上 新電源の即応不可
- 新設石油火力は見送り(IEAの約束事項)
- 日々、刻々に電源構成を変えて対応
- 今夏も電力会社には厳しい 休止火力の再稼動
ベース電源(原子力、石炭火力)、ミドル電源(ガス火力、石油火力)、ピーク電源(ダム式水力、揚水式水力)、スタンバイ電源(旧式小火力)

佐久間発電所35万kW 重力式ダム (静岡県・天竜川)1957年運開



海水揚水発電所3万kW(沖縄県・ヤンバル)1999年運開



地球温暖化問題 p24

- 太陽と地球の熱輻射のみ マイナス18
- 地球の平均気温15 33 の温室効果
- 自然界の水蒸気H₂Oの温室効果
- 産業革命1750年頃CO₂大気濃度280ppm
- 1900年以降は急上昇
- 現在370 ~ 380ppm
- 化石燃料燃焼と比例 人為的CO₂

京都議定書 p25

- 2008～2012年における90年比の削減目標
- CO₂、CH₄、N₂O、HFC、PFC、SF₆の6ガスを対象
- 先進国全体で 5%の目標
- EUはバブルで 8%、日本 6%、露0%
- 中国、インド、韓国などは削減義務なし
- 米、豪は議定書離脱、カナダは今年4月に目標破棄
- 露は経済低迷で40%自然減 ホットエアー
- EUは15国からEU25へ
- 京都議定書は国際政治の駆け引き
- 京都メカニズムの使い方(CDM、JI、ET)

最近の国際的な動き

- IPCC第4次報告書第1作業部会報告07年2月
六つのシナリオで予測、今後100年間の気温上昇は
0.3～6.4、海面上昇は18～59cm
- EU委員会06年10月 2020年までに20%省エネ、その
目標値をGDP指標で見ると今の日本と同値
- 英国のスターン・レビュー 06年10月 温暖化対策に
は排出量取引が最も有効 よくできた誘導文書
- アジア太平洋パートナーシップ 06年から
日、米、豪、中、韓、印の6カ国による技術面からの
省エネ、省CO₂対策

増加する日本のCO₂排出量 p26

- 2005年度実績温室効果ガス13億6000万トン、
基準90年度比 +7.8%
(CO₂単独では12億2930万トン、+13.1%)
- 産業部門 5.5%、運輸部門 +18.1%、業務部門
+44.6%、家庭部門 +36.7%
- 2008～2012年の 6%目標には、今後8.4%
削減が必要
 $6 + 7.8 - 3.8(\text{森林吸収}) - 1.6(\text{京メカ}) = 8.4\%$
- 2005年度の国民1人当たりCO₂排出量は10.12トン、
90年度比 +9.4% 今後の少子高齢化の影響は？

電気事業の取り組み p27

- 日本のCO₂排出量の約30%は電気事業者から
(石油もガスもCO₂排出当事者はユーザー、電力は原理的に発電所で一括して排出)
- 電力会社の対策は、CO₂排出原単位(1kWh当りのCO₂排出量)の低減 電力使用量はユーザーの裁量で決まるため
- 但し、CO₂排出原単位は産業・民生等全てに影響
- 2008~2012年度平均での原単位低減目標は90年度比で 20%(電力10社 + J-POWER + 日本原電の自主行動計画)

原単位削減への取組 p27 ~ 30

非化石エネルギーの利用

- 原子力の導入拡大、既設原子力の利用率向上
- 再生可能エネルギー(水力、地熱、太陽光、風力、バイオマス)の利用

発電設備の効率向上

- コンバインドサイクル発電の導入拡大
- 石炭火力の高効率化
- 送配電ロス削減



布引ウィンドファーム33基 6万6000kW(福島県)2006年運開

再生可能エネルギー p32 ~ 35

風力

- 日本には風況の良い地点が少ない
- 欧州の西海岸は年間を通じて西風
- 米国は広大な土地
- 強風時は止めないと設備がもたない
- 発電不安定、稼働率低 系統連系が難しい
- 風の3乗に比例したエネルギー 出力変動

ベルヌイの定理(仮想円筒)

$$V^2/2g + p + z = \text{一定} \quad E = V^2/2g \times AV$$

再生可能エネルギー p32 ~ 35

太陽光発電

- 日本は世界の導入実績の約4割 142万kW
独39%、日本38%、米13%
独では畑が少なくなり、設置規制の動き
- 日本での年間の稼働率は12%程度と低い
(ベース火力発電所の稼働率は70~80%)
- 直流電源のため 直交変換が必要
- 雨天・曇天時は、電力会社が供給 **供給義務**
設備の二重投資になる

燃料電池

- 廃熱利用が鍵(コジェネの7割はモノジェネ)

日本は温暖なため地域熱需要が少ない

- 水素源の手当 H_2 は自然界に存在しない

- 従前の工業生産では CO_2 の増産



- 燃料電池本体から CO_2 は出ないが、トータルシステムで計画しないと逆効果

バイオマス

- カーボンニュートラル or カーボンイナート
- 地域の異なる自然条件下での個性ある資源
- 安価なグローバルスタンダードは疑問
- 遺伝子組換え食品 食の安全性 工業用バイオマス(農民の収入確保の圧力)
- バイオエタノール 砂糖、コーン価格の高騰
- 化石資源からの脱却 持続性は生態系保護で保証 生態系は土壌・光・水・時間周期などの有限な要素で成立
- 利用するなら廃棄物系バイオマス



ゴムの木廃材発電所2万kW(タイ国・ヤラ県)



下水汚泥燃料・JP松浦火力で石炭と混焼発電 2006年度より

石炭火力

- エネルギー源確保のセキュリティ、経済性
- バイオマス混焼 廃棄物の有効利用
- 高効率発電技術
 - 超々臨界圧蒸気条件(ランキンサイクル)
- 石炭ガス化複合発電技術
 - 究極は、燃料電池、ガスタービン、蒸気タービンを組み合わせたトリプル発電
- CO₂分離・貯留技術 CCS

磯子火力新1号機 60万kW石炭(横浜市)



Coal Energy Application for Gas, Liquid & Electricity



EAGLE・石炭ガス化試験設備(北九州市・若松区)

- 環境と経済の両立した持続可能な社会

世界共通の環境問題

- 温暖化
- 廃棄物処理を含む物質循環
- 有害化学物質

加害者と被害者が同一体

- 技術的ブレークスルーの積み重ね

荘川桜(エドヒガン桜)樹齡450年 1960年移植 御母衣ダム湖半(岐阜県)

