電気電子基礎学

電力･エネルギー分野

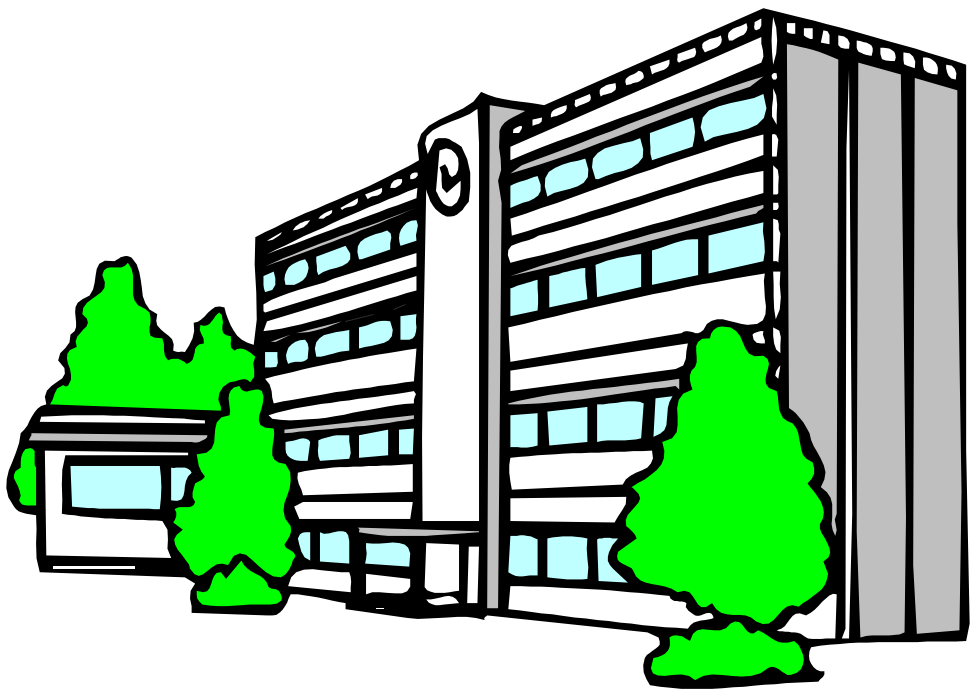
担当：電気電子工学科　石井彰三

第1週

- 電力とエネルギー
- 電力システム
- 地球とエネルギー資源

第2週

- プラズマと電力工学
- プラズマと核融合
- マイクロプラズマ



平成21年10月2日

電気電子工学と電力･エネルギー

固定系における電力･ｴﾈﾙｷﾞｰｼｽﾃﾑ

電力系統、鉄道、家庭の電力

移動体における電力ｴﾈﾙｷﾞｰ･ｼｽﾃﾑ

自動車、ロボット、モバイル機器

電力･エネルギー技術はわが国の命運を握る

- エネルギー資源の確保
- CO_2削減の課題

電力･ｴﾈﾙｷﾞｰ分野の授業科目

電磁気学

線形回路

電力･エネルギー

通信･電磁波

電気電子物性

半導体デバイス

電子回路

バイオ技術

制御工学

電気機器学

ﾊﾟﾜｰｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ

電気機械設計製図

電力工学Ⅰ

電力ｴﾈﾙｷﾞｰ変換工学

電力工学Ⅱ

高電圧工学

電気鉄道

原子核工学概論

電気法規及び施設管理

エネルギーと電力

エネルギーと電力(出力)は違う概念

・単位は、

エネルギー E： [J]

電力(出力) P： [W]、[J/s]

・定義は、

電力： $P = \dfrac{E}{t}$　　エネルギー： $E = P \cdot t$

例えば、電圧1.2V、容量2000mAhの
ﾆｯｹﾙ・水素電池に蓄えられる電気ｴﾈﾙｷﾞｰは、

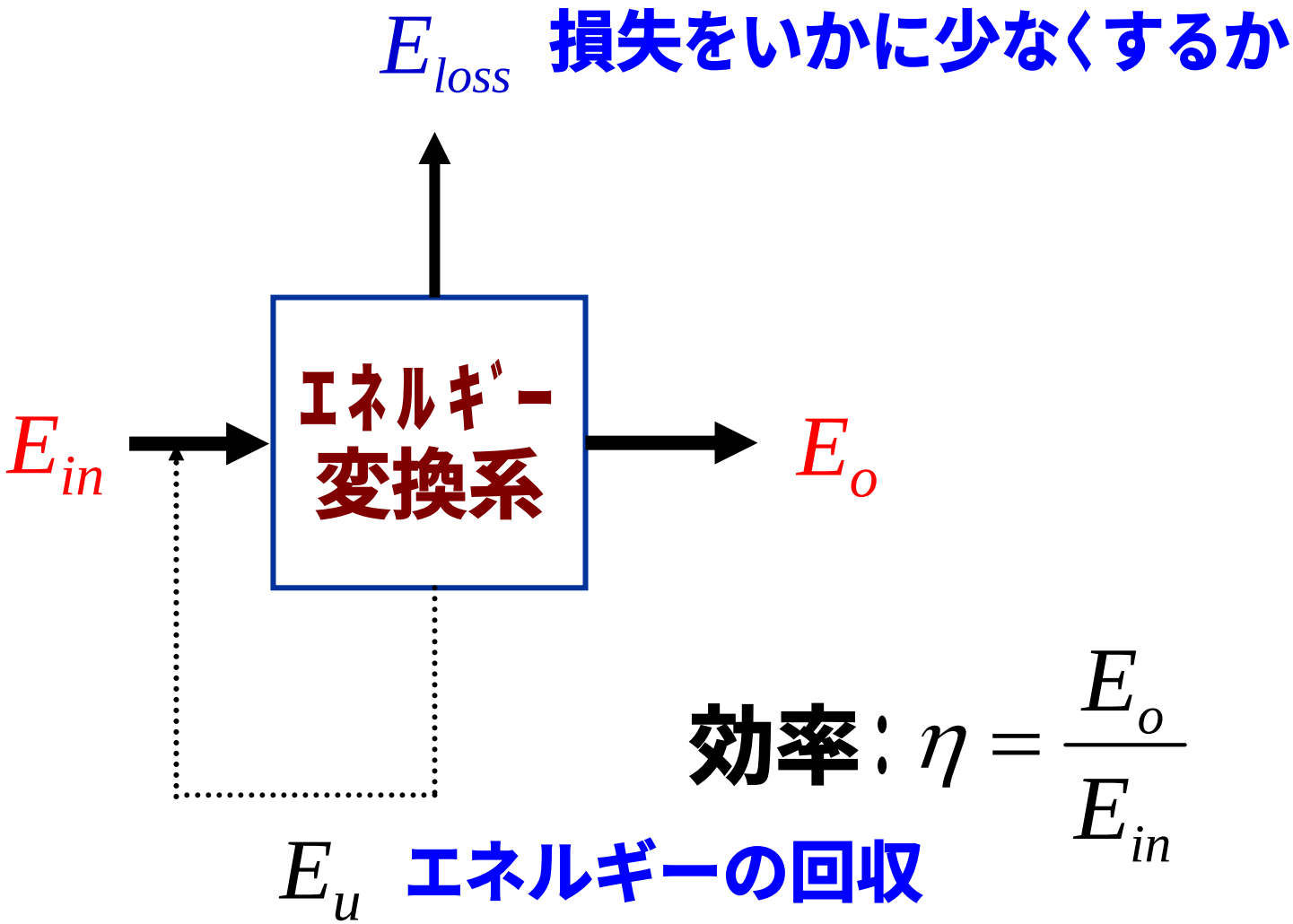
1.2[V]×2[A] ＝ 2.4 [w]

2.4×60×60 ＝ 8.64×10^3 [J]

エネルギー変換

- 一次エネルギー ⇨ 回転運動
  (水力、火力、原子力)　(水車、蒸気ﾀｰﾋﾞﾝ、ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ)
- 回 転 運 動 ⇨ 電気
  (水車･ﾀｰﾋﾞﾝ発電機)
- 化 学 反 応 ⇨ 電気
  (電池)
- 光 ⇨ 電気
  (太陽電池)

ｴﾈﾙｷﾞｰ変換と効率

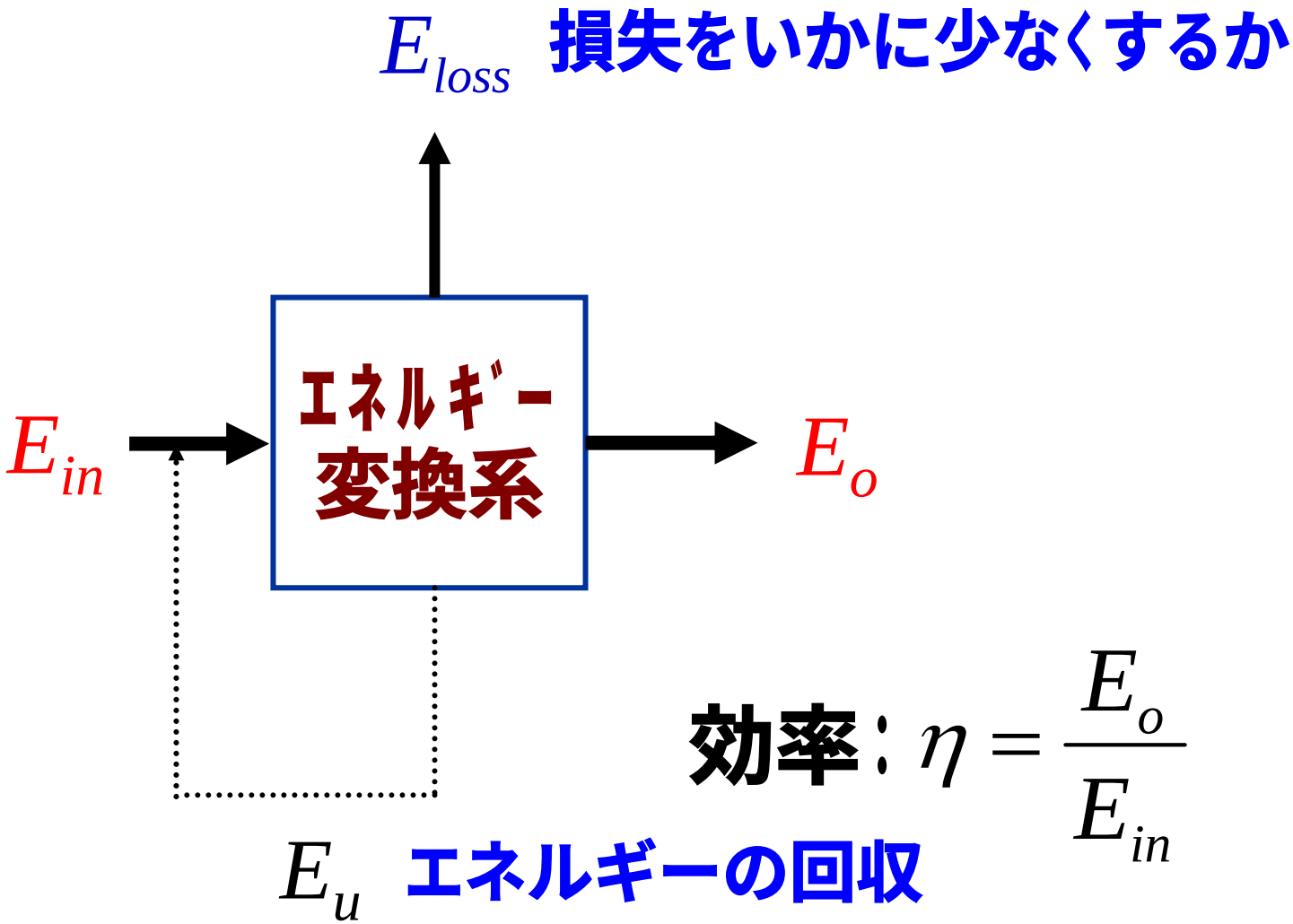


効率：$\eta = \dfrac{E_o}{E_{in}}$

エネルギー変換

- 一次エネルギー ⇨ 回転運動
  (水力、火力、原子力)　(水車、蒸気ﾀｰﾋﾞﾝ、ｶﾞｽﾀｰﾋﾞﾝ)
- 回 転 運 動 ⇨ 電気
  (水車･ﾀｰﾋﾞﾝ発電機)
- 化 学 反 応 ⇨ 電気
  (電池)
- 光 ⇨ 電気
  (太陽電池)

ｴﾈﾙｷﾞｰ変換と効率



効率：$\eta = \dfrac{E_o}{E_{in}}$

ｴﾈﾙｷﾞｰ技術も物理法則に従う

- エネルギー保存の法則

$$\varphi + \frac{1}{2}mv^2 = const.$$

- 質量保存の法則

- 運動量保存の法則

$$\sum m_i v_i = const.$$

- エネルギーと質量は等価

$$E = mc^2$$

社会を支える基盤システム

血　液

電力システム

神　経

情報・通信システム

巨大なシステムの停止

電力システム

- 停電
- 極端な電力消費量の増加

→社会的･経済的影響が大きい

情報･通信システム

- 通信回線の途絶
- トラフィック集中によるマヒ
- 制御コンピュータの停止

→社会的、経済的影響が大きい

世界は電力で動く

電力システム

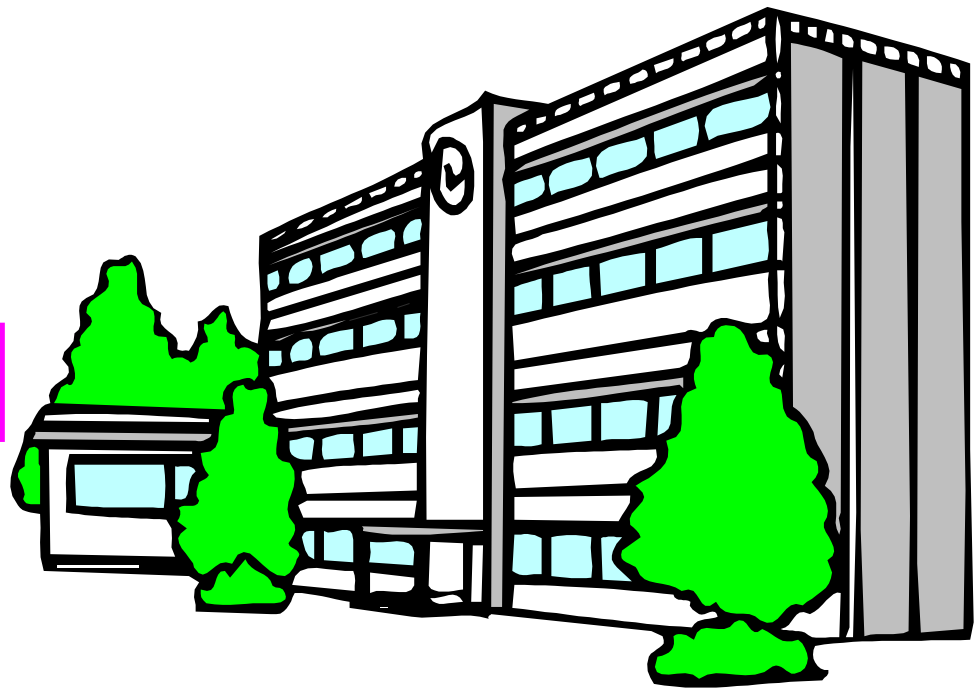
- 発電：　水力・火力・原子力発電
- 送電・変電
- 配電

電力工学Ⅰ

電力工学Ⅱ

電力ｴﾈﾙｷﾞｰ変換工学

ﾊﾟﾜｰｴﾚｸﾄﾛﾆｸｽ



電力システム

発電 ⇒ 変電・送電 ⇒ 配電 ⇒ 需要家

・水力発電
　揚水発電所
・火力発電
　蒸気タービン
　ガスタービン
・原子力発電
　沸騰水型
　加圧水型

・送電電圧：～５００ｋＶ
・地下変電所
・中央給電指令所
・電力用通信網

地球とエネルギー資源

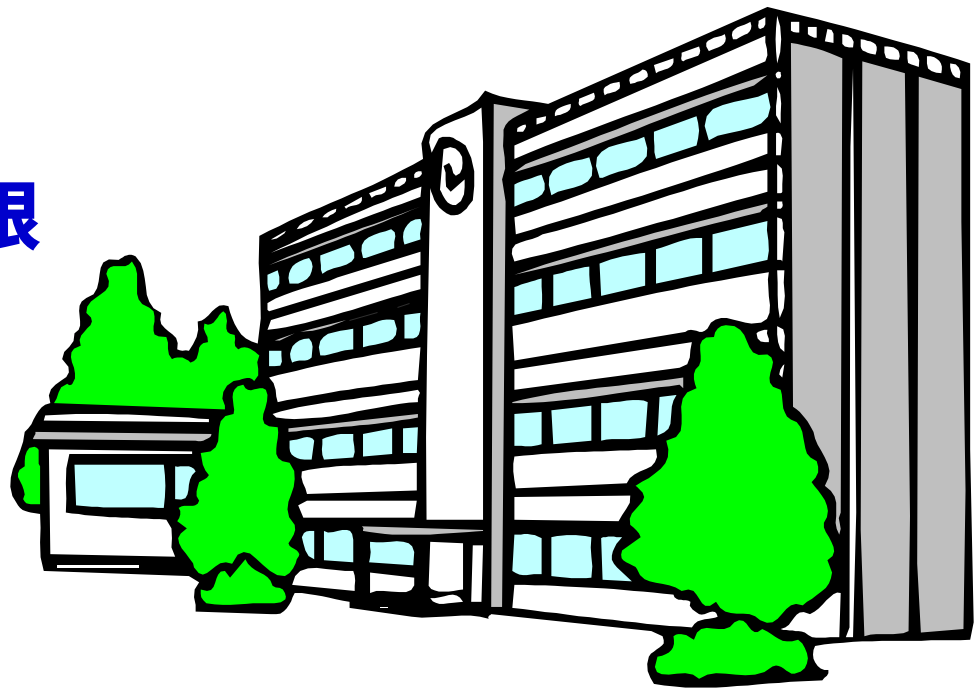
・世界のエネルギー消費

・エネルギー自給率

・太陽電池

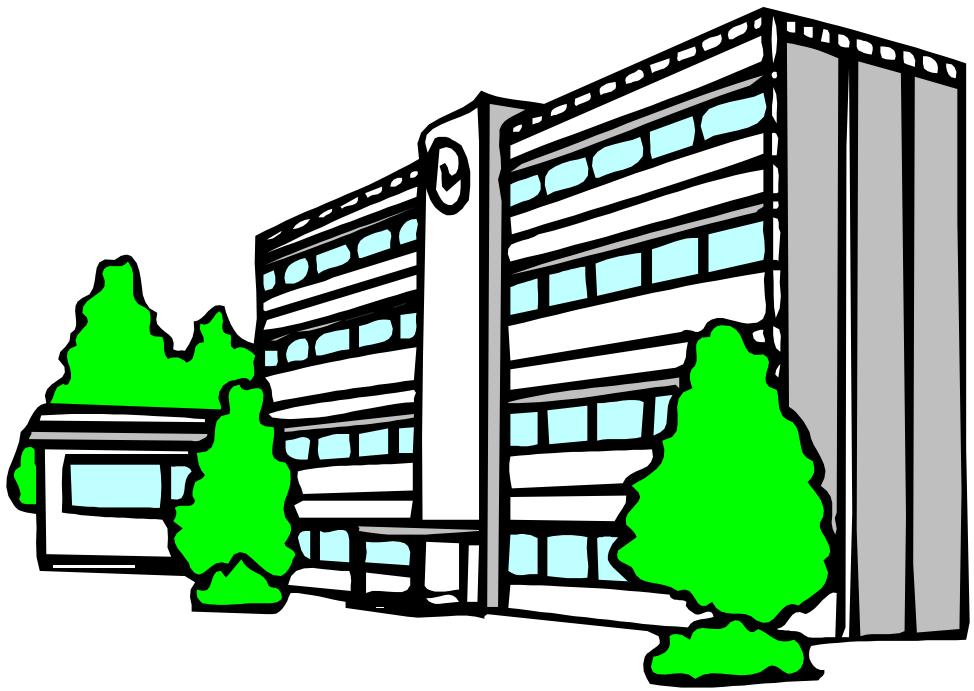
・風力発電

エネルギー資源は有限



エネルギー消費と地球温暖化

- 温室効果
- CO_2の排出の抑制



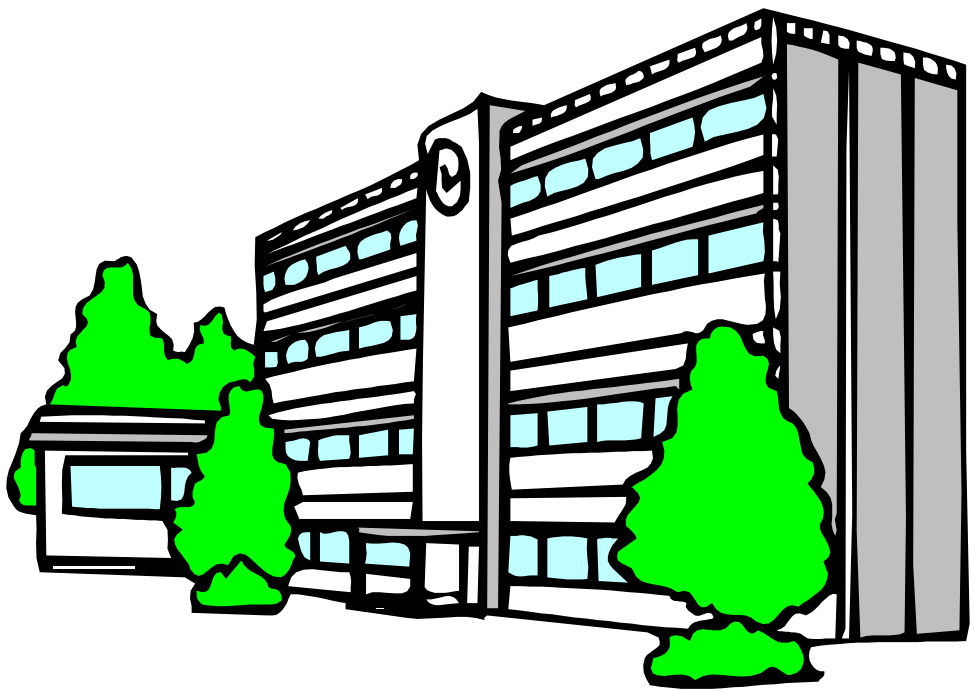
電気電子基礎学

電力･エネルギー分野

担当：電気電子工学科　石井彰三

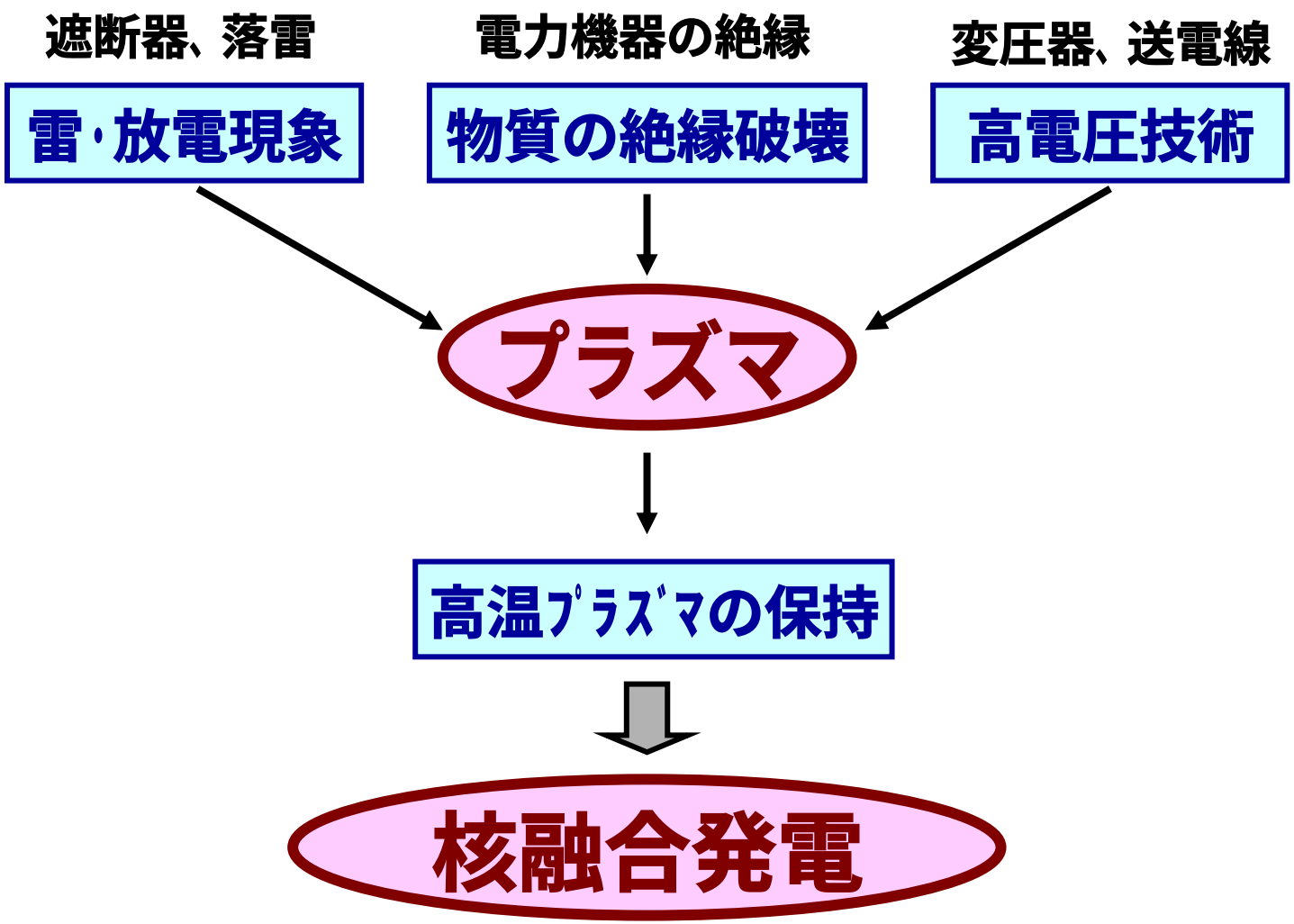
第2回

- プラズマと電力工学
- 放電とプラズマ
- 太陽
- 核融合
- マイクロプラズマ



平成21年10月9日

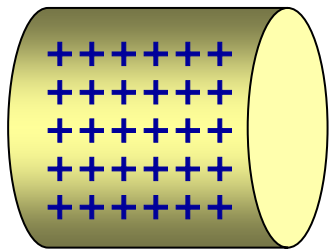
プラズマと電力工学


遮断器、落雷
電力機器の絶縁
変圧器、送電線
雷･放電現象
物質の絶縁破壊
高電圧技術
プラズマ
高温ﾌﾟﾗｽﾞﾏの保持
核融合発電

空間電荷とプラズマ

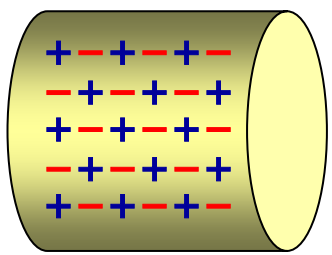
空間電荷　**空間に存在する同じ極性の荷電粒子の集団**

Space charges



プラズマ　**正負の荷電粒子が同数存在し、電気的に中性である荷電粒子の集団**

Plasmas



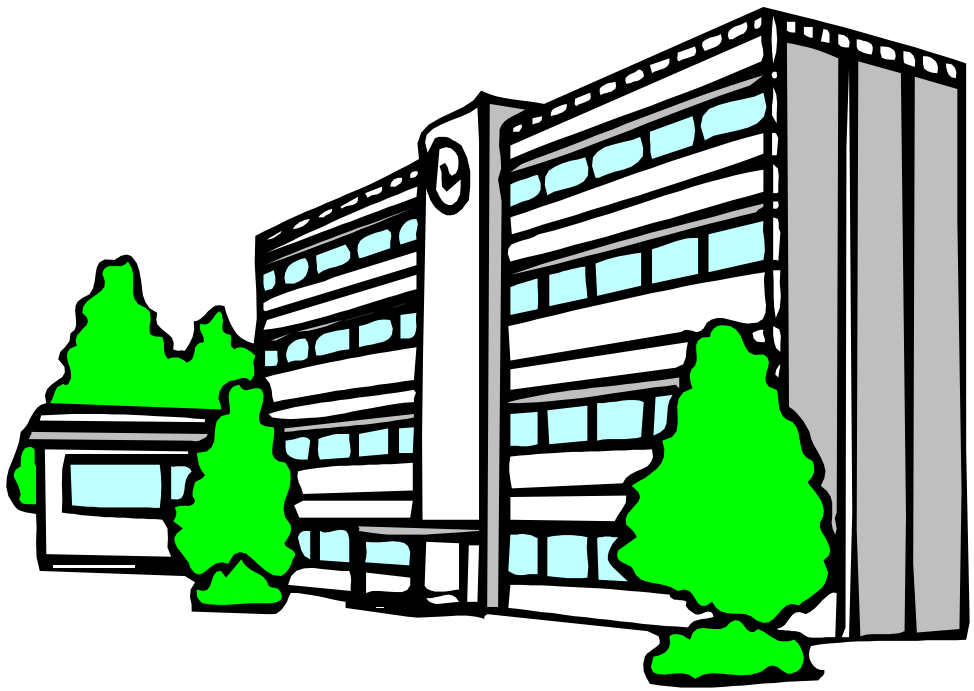
$$n_e = n_i$$

荷電粒子の働き

真空管	トランジスタ	プラズマ
電子	電子 ホール	電子 イオン
陰極（フィラメント）から 放出された電子を グリッド電極に電圧を 加えて運動を制御する。 ・増幅作用 ・整流作用 ・変調作用	電子・ホールの 流れをベース 電流で制御する。	電界・磁界により 電子やイオンの 運動を制御する

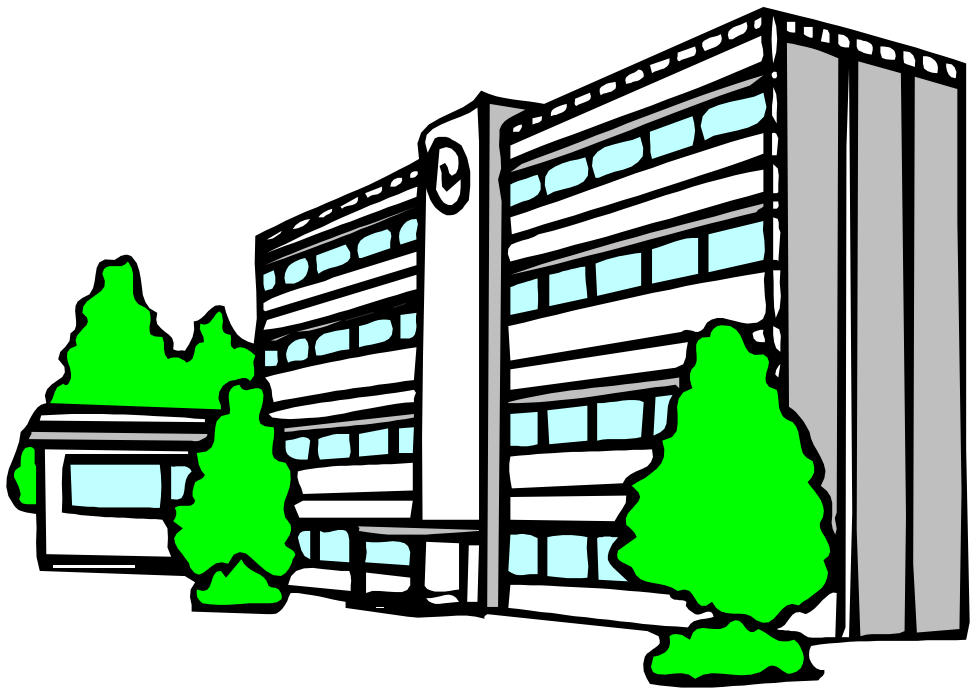
自然界のプラズマ

- 宇宙とプラズマ
- 太陽
- オーロラ
- 地磁気



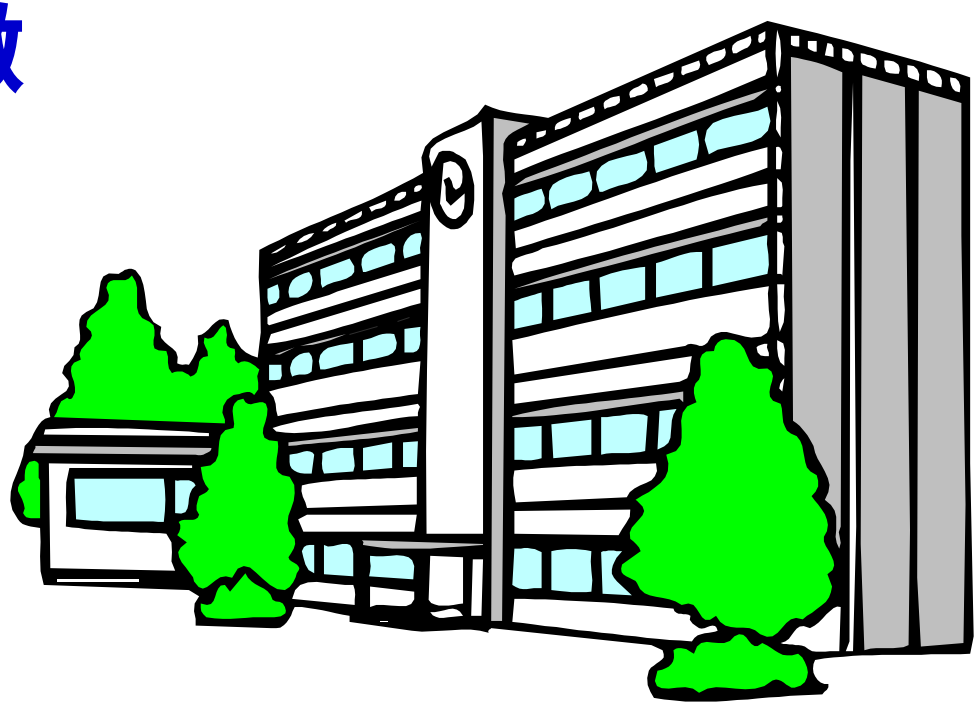
核融合発電

- 高温プラズマの生成と保持
- 磁気閉じ込め
- 慣性閉じ込め
- 核融合発電

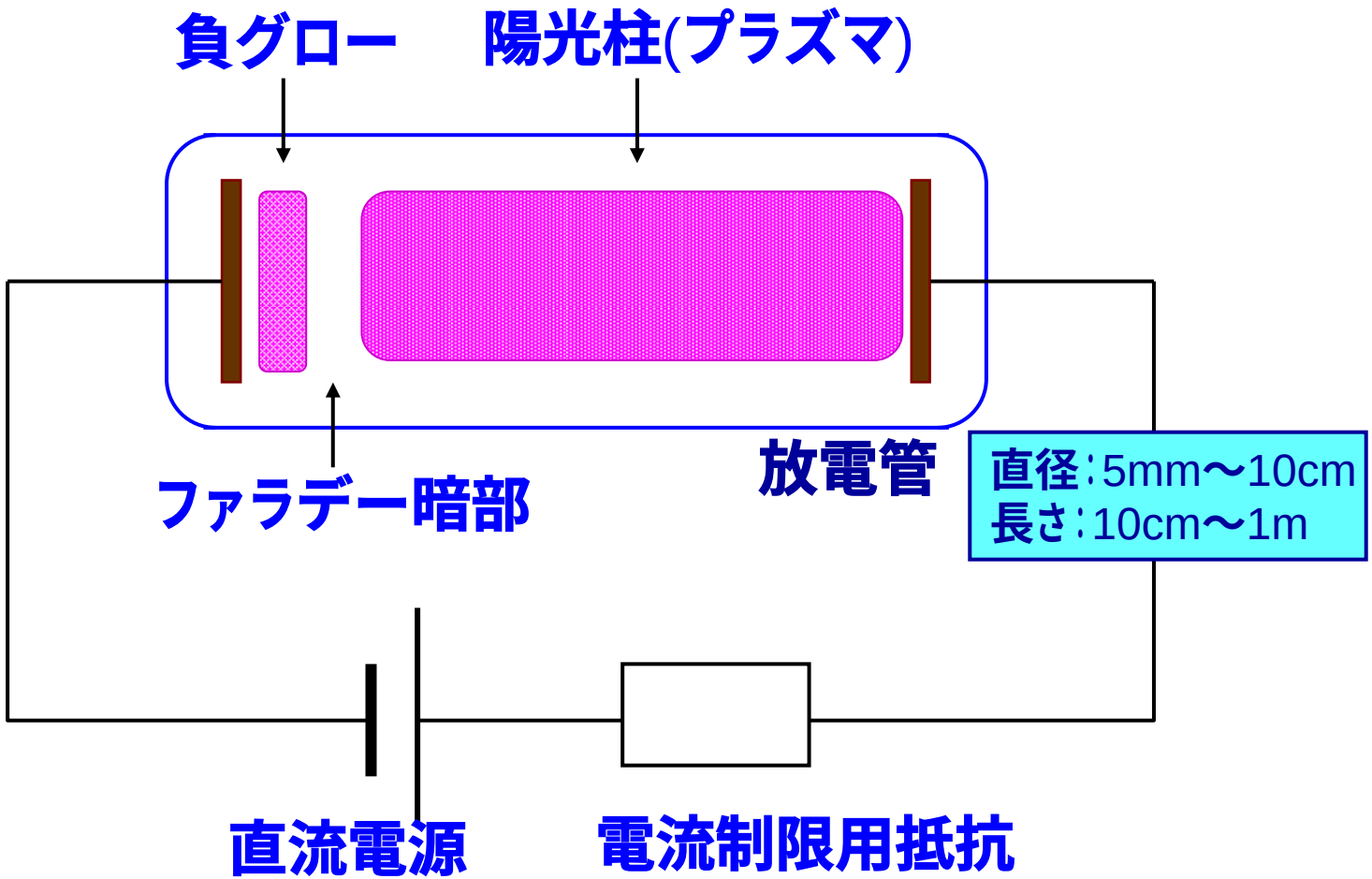


放電とプラズマ

- 電離現象と放電
- グロー放電
- プラズマの特徴



低気圧グロー放電



大気圧中でｸﾞﾛｰ放電を作るのは難しい

→ **微小な**(～100μm)**ﾏｲｸﾛﾌﾟﾗｽﾞﾏではどうか？**

プラズマの特性と応用

- 励起、脱励起
- 電離、再結合
- 超高温
- 導電性
- 電磁力
- 運動量
- 電荷の発生

プラズマの諸特性

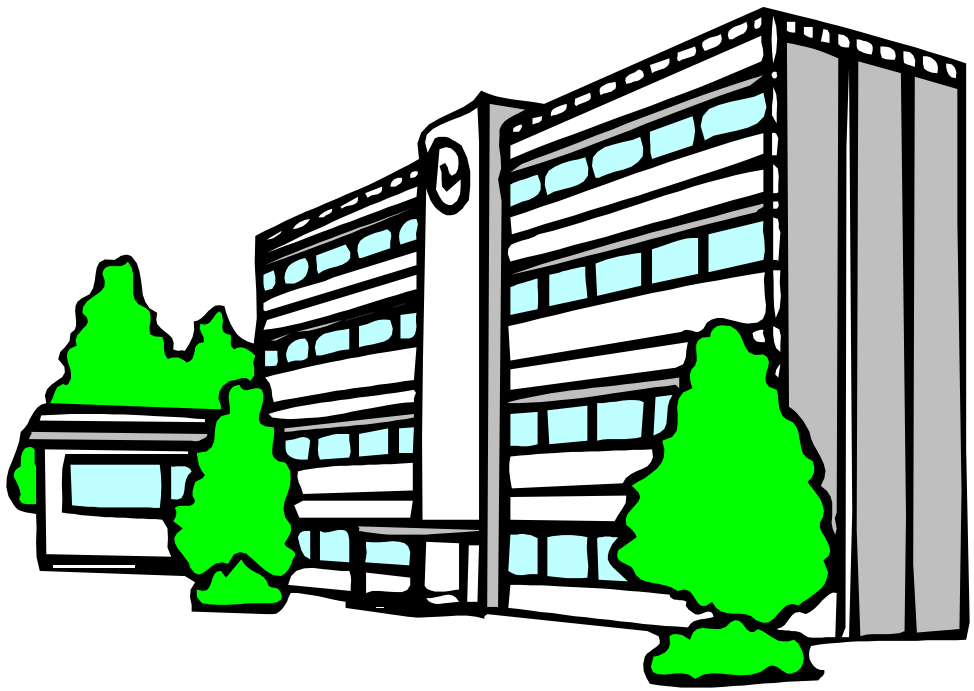
- 電離・放電現象
- 電子・荷電粒子の衝突
- 励起過程、活性種の発生
- 非平衡状態　Te≠Ti
- 高温状態、数万度～数10keV
- 導電性、電気的中性
- イオンの運動量、電磁力
- 荷電粒子ビーム（方向性エネルギー）
- 核反応（核融合反応）

プラズマの応用

- 表面改質: 親水性、疎水性、硬度
- 薄膜の形成と微細化工
- プラズマプロセス
- 金属精錬、物質溶融処理
- 気体レーザ
- 光源、ディスプレイデバイス
- イオン源、電子ビーム源
- プラズマ推進と電磁加速、ロケット
- 有害ガス処理、有用ガス生成
- 滅菌、生物応用
- 核融合

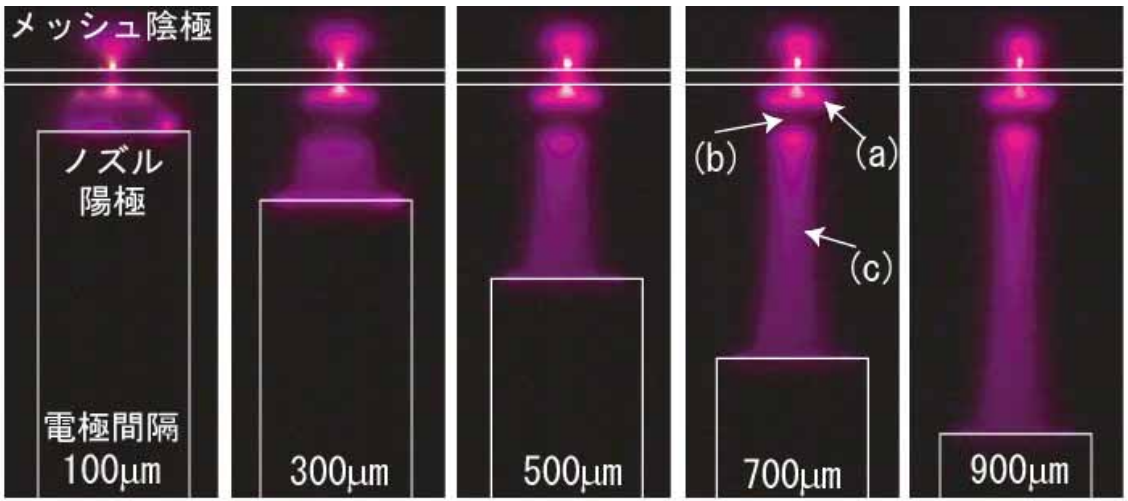
マイクロプラズマ

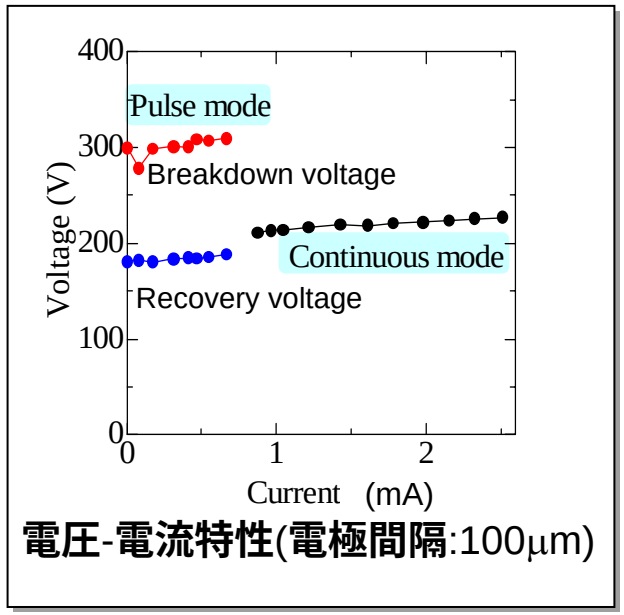
- マイクロプラズマ
- 微細ガス流によるプラズマ生成
- 大気圧プラズマ



大気圧直流グロー・マイクロ放電

電源電圧1500V、ヘリウム・ガス流量100sccm





電圧-電流特性(電極間隔:100μm)

- (a)負グロー(b)ファラデー暗部 (c)陽光柱に対応
- 電極間隔が広がると、陽光柱領域(c)のみ拡大
- 定電圧特性

↓

大気圧直流グロー放電を生成

一般的に、大気中の放電ではアークに移行しやすい

- ガス流による電極の冷却、適度な熱損失
- パッシェン則による最適動作圧力の上昇