KFAWアジア研究者ネットワークセミナー

北九州・戸畑の発展と婦人会の公害反対運動の歴史

戸畑発電所の果たした歴史的役割と降灰問題

北九州工業高等専門学校
生産デザイン工学科（電気電子コース） 教授
加島 篤

暮らしを支える電気

- 電気をエネルギーとして使う
（照明・エアコン・電子レンジ・冷蔵庫・洗濯機・掃除機・電気自動車）
- 電気を使って情報を伝える
（テレビ・HDDレコーダー・パソコン・スマートフォン）
- 電気が社会を支える
（電気鉄道・水道ポンプ・航空レーダー・医療機器）

電気の作り方 ①静電気

ウィムズハースト誘導起電機
（出典 「大英科学博物館展」カタログ 1998年）

ガラスの円板に貼った金属膜をブラシで摩擦し、静電気を発生させる
（10kVを超える高電圧が発生）

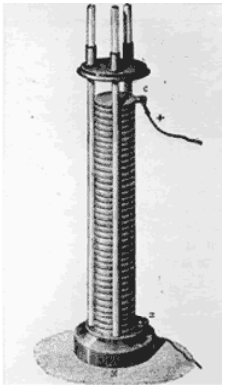
文化祭で製作した誘導起電機

電気の作り方 ②化学電池

1800年、イタリアのボルタが銀板と亜鉛板の間に湿らせた紙を挟んで電池を発明
化学反応によって電力を発生

（出典 旧三洋電機 HP）

（出典 GSユアサ HP）



ボルタの電堆
（出典 学研大人の科学シリーズ）

電気の作り方　③物理電池

太陽電池
照射した光がSi（半導体）に吸収され、
－の自由電子と＋のホールが発生

光エネルギーを電力に変換

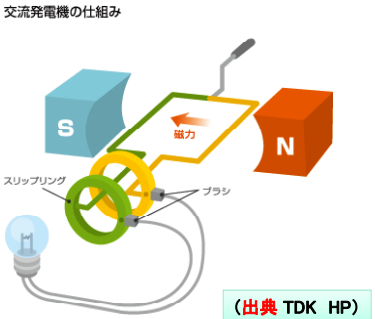
（出典　JAXA　HP　陸域観測技術衛星　だいち）

（出典 京セラ　HP）

電気の作り方　④発電機

・磁界中でコイルを回転し、電磁誘導により電力を発生する
・発電所だけでなく、自動車や飛行機にも搭載されている

（出典 Jパワー　HP）



（出典 TDK　HP）

発電の主役は、発電機！

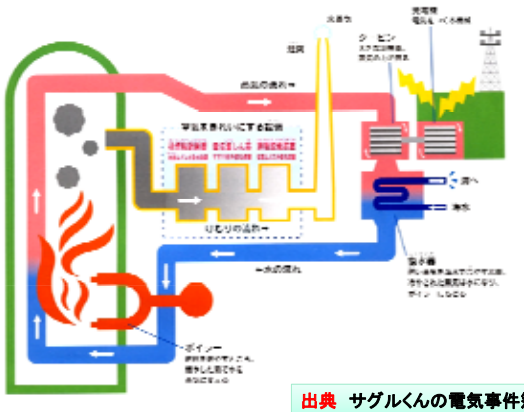
水力発電所

・**ダム式発電所**
　ダムに貯水した水を放流し、落差と水量で水車を回し発電する

・**水路式発電所**
　河川の水流を別の場所に導き、落差を利用して水車を回す

出典　サグルくんの電気事件簿　九州電力

火力発電所



石炭・重油・天然ガスなどをボイラーで燃焼させ、発生した蒸気で蒸気タービンを回し発電する

出典　サグルくんの電気事件簿　九州電力

多くの発電所で蒸気機関が使用される理由

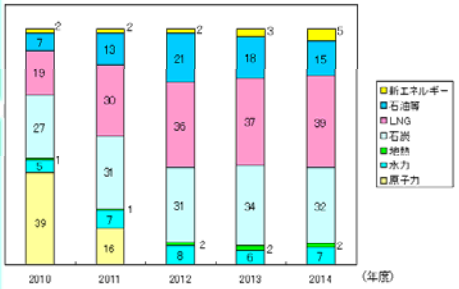
・動力源として大形化が容易で、
大容量の発電プラントが建設できる
・様々な燃料が使用できる
・工場の排熱などを有効利用できる

新しい蒸気発電

コンバインドサイクル発電
（ガスタービンの廃熱で蒸気を作り、
蒸気タービンを回す　高効率発電）

バイナリー発電
（熱水でペンタンなど低沸点流体を
沸騰させ、タービンを回す）

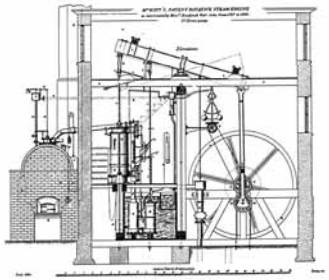
バイオマス発電
（間伐材やバガス、パームカーネル
シェルなど木質資源を燃料とする）



九州電力　燃料別発電電力量構成比
（出典　九州電力HP）

※2014年度は、全体の88%が蒸気発電

蒸気機関の歴史



ワットが発明した蒸気エンジン
出典
H.W.ディキンソン著 「蒸気動力の歴史」 1938年

絵葉書　遠賀川水源地ポンプ場（世界遺産）
（英国デービー社製蒸気ポンプ）

・約200年前、イギリスで「産業革命」が始まり、鉱山・工場・鉄道・船舶で
石炭を燃料とする蒸気機関が使われ始めた
・初期の蒸気機関は、シリンダー内のピストンを蒸気の力で動かす
レシプロ蒸気エンジンであった

レシプロ蒸気エンジンの活躍

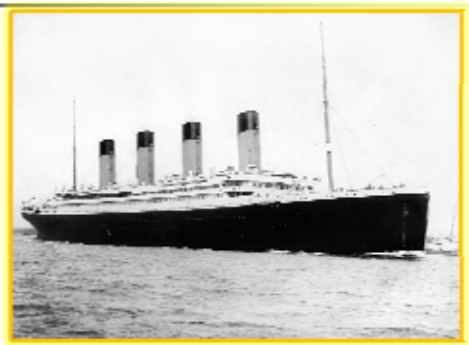
蒸気機関車

撮影　加島昭三

ボイラーで石炭を焚き、発生した蒸気でピストンを動かし
動輪を回転させる

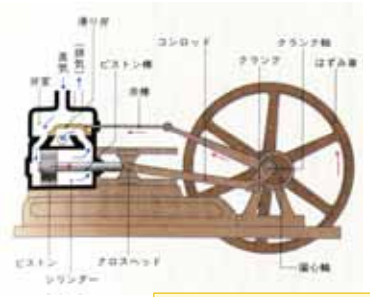
レシプロ蒸気エンジンの活躍

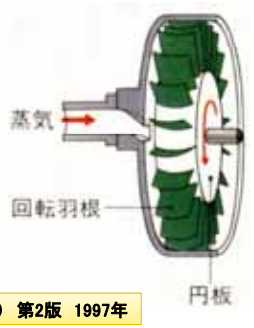
汽船



1912年、処女航海の途中で氷山と衝突して大西洋に沈んだ
タイタニック号も、石炭を焚き蒸気エンジンでスクリューを回す
汽船(Steam Ship)であった

レシプロ から タービン へ



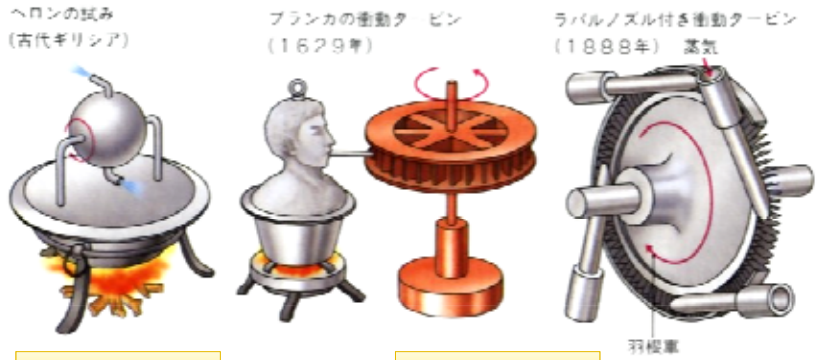


出典　日本大百科全書(ニッポニカ)　第2版　1997年

蒸気タービンの利点

- 蒸気の圧力を直接回転力に変換するため、機械的損失が少ない
- 高速回転が可能
- 大型・大出力の蒸気エンジンが製作できる

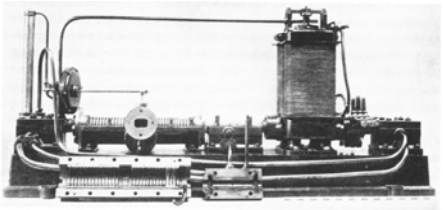
蒸気タービンの歴史



反動タービン　　衝動タービン

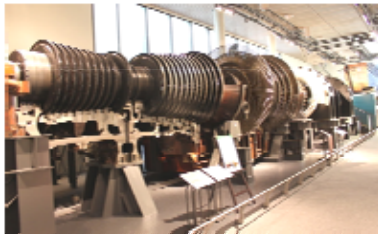
出典　日本大百科全書(ニッポニカ)第2版　1997年

蒸気タービンの進化
（火力発電への応用）



パーソンズのタービン発電機　1884年

出典　H.W.ディキンソン著「蒸気動力の歴史」 1938年



旧千葉火力発電所　蒸気タービン

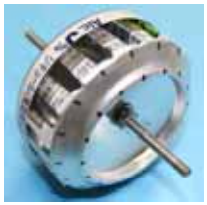
（東京電力　電気の史料館）

蒸気タービンを作る

チューハイの空缶

缶底を切り出す

蒸気受けのブレードを作る



かご型蒸気タービンの完成

- アルミは軽量で加工しやすい
- アルミ缶の缶底は強度があり、回転体を作りやすい

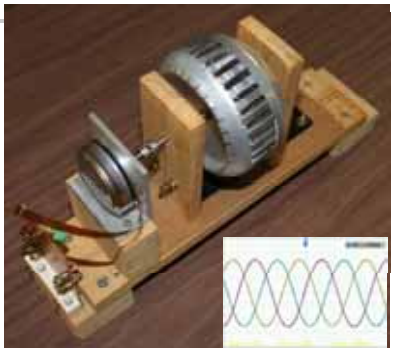
蒸気発電機の組立

初号機　2005年8月　製作

・タービンと発電機をカップリングで結合
・シャフトの軸受にはボールベアリングを使用

発電機は模型用直流モーター
（マブチ　RF-500TB）

蒸気タービンによる発電実験



エスプレッソメーカーの蒸気ノズルから
噴出する蒸気で、タービンを回して発電

三相交流蒸気発電機（教材用）
発電機はDCブラシレスモーター、
タービンはビールの1リットル缶を加工

実験のまとめ

・アルミ缶を加工した衝動型蒸気タービンは、7,000rpm（1分間に7000回転）以上の高速回転が可能であった
※西日本の電力会社（電源周波数60Hz）は、火力・原子力発電の蒸気タービンを3,600rpm または1,800rpmで回転させている

・発電機にモーターやランプ等の負荷を接続すると、タービンの回転数が低下し、発電機の出力電圧も下がった

→ 私たちが電気を使うと、発電所に負担がかかる
発電所は電圧と周波数を下げないように、蒸気の発生量を増やしタービンの回転数を一定に保つ
その結果、より多くの燃料が消費される

・節電は、燃料となる石炭や重油・天然ガスなどの資源を節約し、地球温暖化の原因とされるCO_2排出量の削減につながる行為である

「電源周波数統一までの北九州重工業地帯の電力事情と戸畑火力発電所の役割」（北九州工業高等専門学校研究報告 49号　2016年）

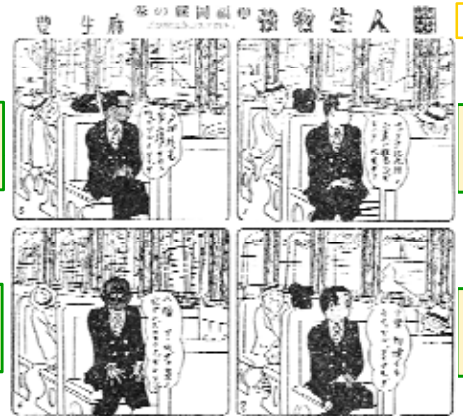
・北九州工業地帯の発展を支えた電力網の発達（明治末期～昭和30年代）
・八幡製鐵所の電力需要と戸畑発電所の建設
・戦中・戦後期に戸畑発電所が果たした役割
・戸畑発電所の降灰問題と中原婦人会の公害克服運動

絵葉書　北九州地域の主要工場配置図（昭和2年）

戸畑発電所（出典　戸畑市勢要覧　昭和29年度版）

北九州工業地帯

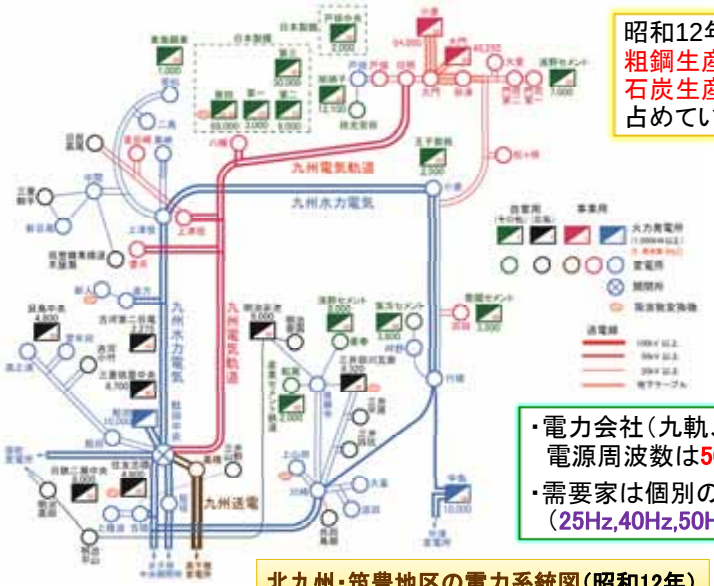
“*七色の煙*”に覆われた工業都市が日本の近代化を支えた



下関要塞司令部検閲済

「只野凡児の人生勉強」 大坂朝日新聞　昭和10年3月28日
（出典　九州・山口世相35年　朝日新聞社　1970年）

北九州工業地帯と筑豊炭田



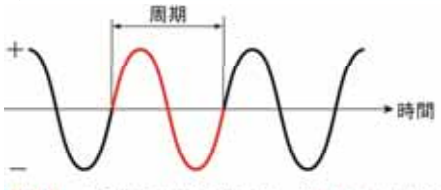
昭和12年当時、日本の粗鋼生産量の37.8%、石炭生産量の41.2%を占めていた

・電力会社（九軌、九水、九送）の電源周波数は50Hzで統一
・需要家は個別の周波数を採用（25Hz,40Hz,50Hz,60Hz）

北九州・筑豊地区の電力系統図（昭和12年）

電源周波数とは

・電力会社から工場や家庭に送られる電気は、直流ではなく交流
・周波数により、モーターの回転数や電気機器の効率が変わる
・周波数が異なる系統間では、電力の融通が難しい
・明治末から昭和20年代まで、北九州・筑豊地区の電源周波数は50Hzが標準（福岡・筑後・下関方面は60Hz）
※2つの周波数に分割された九州は、まるで”*冷戦下のベルリン*”
・終戦直後～昭和35年の九州周波数統一工事で60Hzに統一



周波数：1秒間に繰り返す波の数　単位 Hz（ヘルツ）
※現在の日本は、東日本 50Hz　西日本 60Hz

終戦直後の電源周波数

「九州周波数統一史　1961年」より
九州地区周波数統一計画図を改変

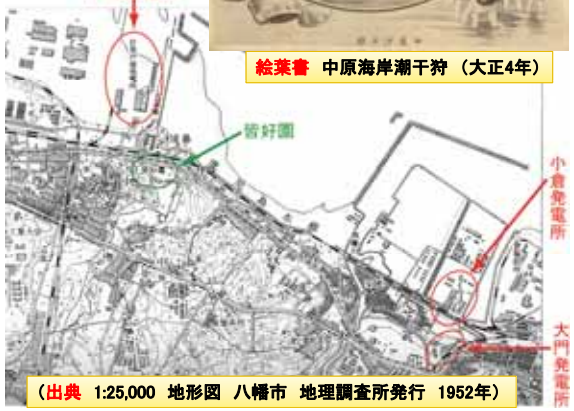
戸畑発電所の歩み

・1937（昭和12）年	北九州工業地帯の電力需要急増に対応するため、電力4社と日本製鐵の出資による西部共同火力の戸畑発電所が運転開始 （昭和13年当時、発電電力量の約40%を八幡製鉄所に送電）
・1939（昭和14）年	国策会社・日本発送電に移管（電力国家管理）
戦時中	九州最大の火力発電所として、火力発電量の1/3を供給 人員・物資が不足し、設備補修なしで連続運転を強行
終戦直後	渇水と火力設備の荒廃のため、九州は深刻な電力不足に 昭和22年3月、北九州工業地帯で20日間の電力緊急制限 （戸畑発電所でも、ボイラーやタービンの事故が続発）
・1950（昭和25）年	電力危機の回避と電力需要増対応のためボイラー増設 中原婦人会　戸畑発電所の降灰・煤塵被害を調査
・1951（昭和26）年	九州電力に移管（電気事業再編成）
・1962（昭和37）年	戸畑発電所　発電設備運転休止
・1964（昭和39）年	戸畑発電所　廃止

北九州における事業用火力の分布

戸畑発電所

絵葉書　中原海岸潮干狩　（大正4年）



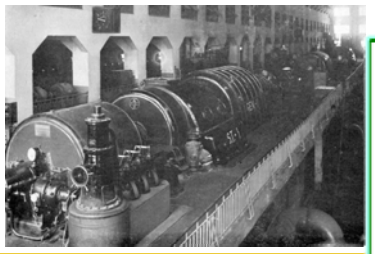
（出典　1:25,000　地形図　八幡市　地理調査所発行　1952年）

北九州工業地帯は、
白砂青松の海岸線を
発電所の石炭灰や
製鉄所の鉱滓で
埋め立て発展した

（出典　解散記念写真帖
日本発送電九州支部　1951年）

戸畑発電所の概要

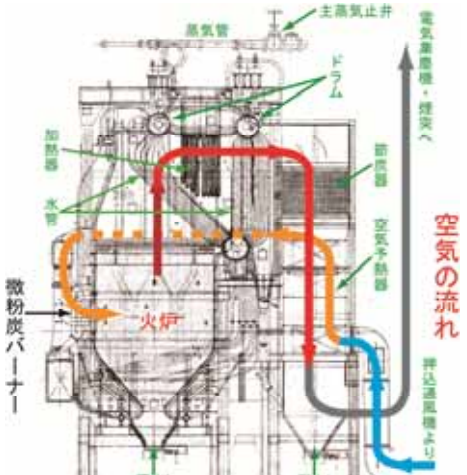
全景　（出典　戸畑市勢要覧　昭和29年度版）



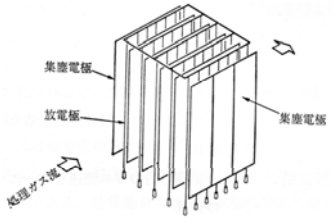
タービン室　（出典　解散記念写真帖
日本発送電九州支部　1951年）

- 昭和12～29年の間、九州最大の火力発電所（認可出力133MW，設備容量160MW）
- 燃料のほとんどは鉄道輸送される筑豊炭
- ボイラーは微粉炭燃焼式、設計発熱量が低く低品位炭の混炭率が高い
- 1～6号ボイラーに電気集塵機を装備

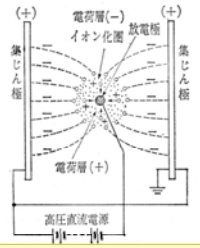
微粉炭燃焼式ボイラーと電気集塵機



「村崎正道　西部共同火力発電会社納め三菱竪型水管式蒸汽罐に就いて
日本機械学會誌　1939年」を改変



出典　松本俊次　電気集塵装置
日刊工業新聞社　1975年



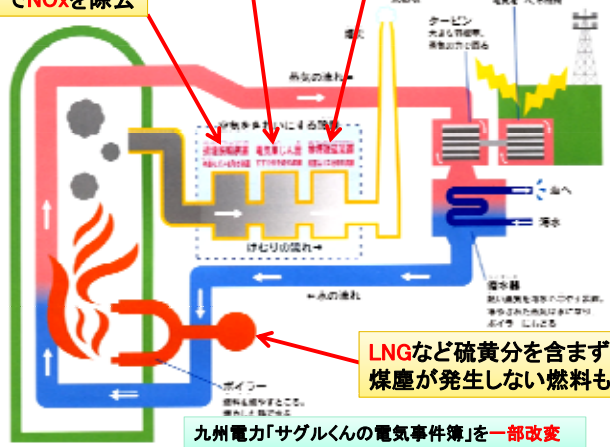
出典　火力発電　電気学会　1966年

火力発電所の環境対策（現在）

電気集塵機で灰や煤塵を除去

石灰でSOxを除去

アンモニアでNOxを除去



LNGなど硫黄分を含まず灰や煤塵が発生しない燃料もある

九州電力「サグルくんの電気事件簿」を一部改変

戸畑発電所の降灰問題

戦前・戦中の状況　「*郷土戸畑　10号*」

・戸畑市中原の桜の名所・皆好園では、昭和12年の発電所運開後に煙と降灰の影響で桜の樹勢が衰えた

昭和25年頃　「*八幡の公害*」

・中原発電所（戸畑発電所）は、北九州工業地帯の重要な電力供給源であった

・朝鮮戦争による産業界の好景気を反映し、昼夜を問わず黒煙を排出した

・筑豊の低品位炭を燃料とするため、白い灰状の粒子が広範囲に降下した

・洗濯物を汚す黒い煤塵も近隣住民を悩ませていた

「郷土戸畑　第10号」
戸畑郷土研究会　1967年

林栄代　著「八幡の公害」
朝日新聞社刊　1971年

降灰被害深刻化の要因　①低品位炭の活用

出典　麻生グループHP

石炭の成分

燃焼性の①固定炭素と②揮発分（炭化水素）
不燃性の③灰分（ミネラルや土壌成分）
および④水分

・灰分が多く発熱量の低い低品位炭（粗悪炭、ボタ炭、二号炭）は、燃料や工業原料に適さず安価で取引される

・戦後、筑豊炭田の老齢化により大量の低品位炭が発生し、その消化が課題となった（筑豊平野に巨大なボタ山が林立）

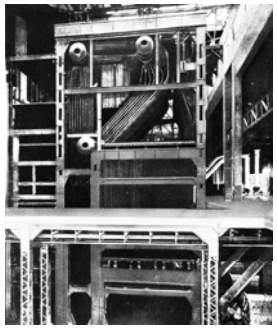
・高発熱量の石炭に低品位炭を混合し、表面積が大きく燃焼性が高い微粉炭に加工して、火力発電用燃料とした

・低品位炭の混炭率を上げて、火力発電の原価を下げた

・戸畑発電所のボイラーは、筑豊炭田や八幡製鐵所から供給される低品位炭の活用を前提に設計

→低品位炭の混炭率が高い（30%以上、戦時中55%）

・灰分の多い低品位炭を大量に消費するため、大量の石炭灰が発生



戸畑発電所ボイラー（建設中）

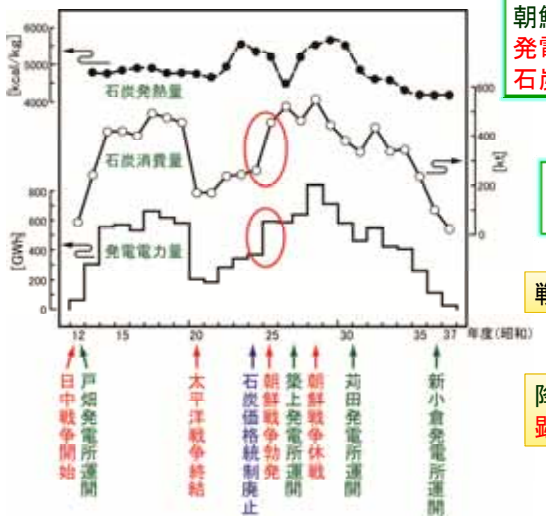
（出典　三菱長崎造船所史・續篇　1951年）

戸畑発電所貯炭場（コールヤード）

（出典　解散記念写真帖　日本発送電九州支部　1951年）

降灰被害深刻化の要因　②発電量の急増

戸畑発電所の発電実績



朝鮮戦争が勃発した昭和25年に、発電電力量は前年比60%、石炭消費量は前年比73%に急増

煙突から排出する石炭灰や煤塵の量が増加

戦時中の発電電力量も高水準

降灰被害が昭和20年代半ばに顕在化した理由は不明

降灰被害深刻化の要因　③増設ボイラー

・1946（昭和21）年　連合国総司令部（GHQ/SCAP）は戸畑発電所を賠償施設に指定（全国20ヶ所の高効率火力が対象）
※アジア諸国への戦時賠償のため解体と移送を計画

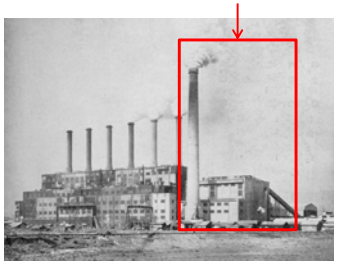
・1950（昭和25）年　電力危機を受け7,8号ボイラーを増設（集塵設備なし）
（総工費10.5億円、対日援助見返資金からの融資）

・1952（昭和27）年　サンフランシスコ平和条約発効を前に賠償指定解除

賠償施設の設備増強は緊急措置であり、予算的な制約もあって増設ボイラーへの電気集塵機設置が見送られた可能性がある

↓

大煙突（高さ約100m）から放出される石炭灰や煤塵が充分に拡散せず、降灰被害を拡大させた可能性が高い



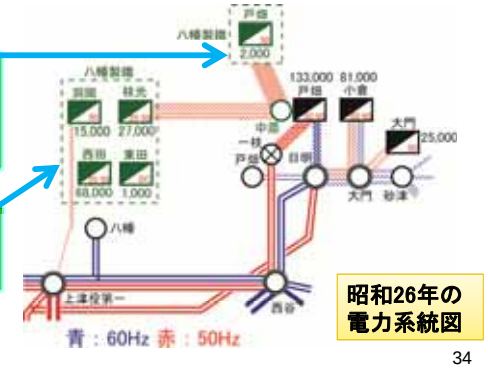
降灰被害深刻化の要因　④大きな負荷変動

・戸畑発電所は、八幡製鐵所の負荷変動（消費電力の変動）を吸収し、電力系統の安定を図る役割を担っていた

・昭和16年完成の戸畑第1ストリップ工場（日本初の連続圧延工場）は負荷変動が大きく、電圧フリッカや周波数変動の原因となっていた

八幡製鉄所戸畑地区
老朽化した自家用発電所は休止中
戸畑発電所への依存度が高い

八幡製鉄所八幡地区
大容量の自家用発電所を複数設置



昭和26年の電力系統図

八幡製鐵所の負荷変動と降灰被害の因果関係

・圧延では、加熱した鋼材をモーター駆動のロールで圧し潰す
→操業中、設備の消費電力が激しく変化する（負荷変動が大きい）
※戸畑第1ストリップ工場の負荷変動は*最大20MW*

↓

・負荷が急減すると、火力発電所はタービンの回転数上昇を抑制するため制御弁を絞り、ボイラーの圧力逃がし弁を開放→*蒸気噴出*

・軽負荷運転では、燃料（微粉炭）と空気の供給量を下げるため、ボイラーは不完全燃焼を生じやすく、排煙中の未燃炭素が増加

↓

中原婦人会の調査では、「シャー」という騒音が激しい時ほど洗濯物の汚れが酷かった　（「八幡の公害」より）

中原婦人会の公害克服運動

・中原婦人会は、洗濯物の汚れを基に降灰被害の実態を調査
戸畑発電所からの距離が近いほど降灰被害が大きいことを確認

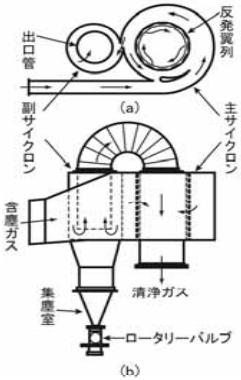
・市議や市長を通じて、日本発送電本店に対策を求めた

日本発送電の対応

・戸畑市の要請を受け、集塵装置のない増設ボイラーにダブルサイクロン式集塵機の設置を計画
（建設中の築上火力用集塵機を流用）

・ダブルサイクロン式集塵機は、電気集塵機に比べ設置費と運転費が低廉

・九州電力に移管後の昭和26年8月に集塵機設置工事開始、昭和27年3月竣工



ダブルサイクロン式集塵機

中原婦人会と戸畑発電所

・中原地区には戸畑発電所の社宅が点在
→発電所幹部の夫人たちも中原婦人会に所属

・夫人たちは「自分たちも被害者、家族の健康には代えられない」と、積極的に婦人会活動に参加

・中原婦人会は戸畑発電所との直接交渉を避け、行政を通じて日本発送電本店に公害対策を働きかけた
→発電所の職員と家族は地域の仲間

・発電所幹部や技術者たちは、集塵機のない増設ボイラーの運転で深刻な降灰被害が生じる可能性を認識していたと考えられる

・電力不足で麻痺状態に陥った工業地帯を救うための設備が、家族や地域の人々を苦しめたことに、胸を痛めていたのではないか
→夫人たちの活動を黙認？　陰ながら支援？

公害克服運動における地域社会の分断を回避

→*中原婦人会と戸畑発電所双方の功績*

占領下の公害克服運動

・戦後、戸畑の婦人会組織は九州地方軍政部・女性問題担当官シャーロット・クリストの指導を受けた。中原婦人会初代会長で公害克服運動でも活躍した立花富（後の西南女学院短大教授）もクリストの薫陶を受けていた

・戦後日本の婦人問題を担当したのは、GHQ/SCAPの民間情報教育局（CIE）と各地方軍政部の民間情報教育課であった

・日本発送電の指導・監督など電力問題は経済科学局（ESS）の担当

・戸畑発電所の公害対策は、電気事業再編成をめぐる混乱期に実施された

昭和25年	中原婦人会戸畑発電所の降灰被害を調査
同年6月	GHQ/SCAP　日本発送電に対する見返資金の融資凍結
同年11月	ポツダム政令により日本発送電の解体が決定
昭和26年5月	日本発送電解散、九州電力創立
同年8月	7,8号ボイラー集塵機設置工事開始
昭和27年3月	集塵機設置工事竣工
同年4月	日本の主権回復

公害対策が迅速に実施された陰に*CIEとESSの折衝* があった？
集塵機は*ESSの置き土産* ？

まとめ

・戸畑発電所は北九州工業地帯の重要電源として、戦中戦後の激動期に地域の発展を支え続けた

・戸畑発電所の降灰問題は、燃料・設備・負荷状態など発電所独自の事情と朝鮮戦争特需による電力需要の急増が重なり深刻化した

・中原婦人会は生活者の目線に基づく被害調査と民主的な手法による改善要求を行い、地域社会の支持を得た
日本発送電と九州電力も迅速に改善策を実施した

→環境先進都市・北九州における公害克服運動の原点で、企業による環境対策の先行事例でもある