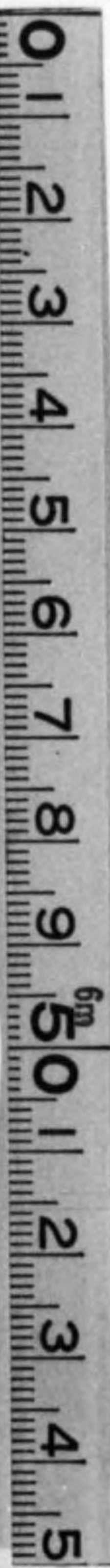


575. 3-Ku61ウ



1200500747174

5753
61



始



5753
Ku61



工學博士 栗原鑑司著

石炭乾餾工業

東京 丸善株式會社



緒言

輓近本邦に於ける石炭乾餾工業は著しき發達を遂げたるも仔細に其内容を觀察する時は施設の整備、技術の進歩歐米先進國に及ばざる者あり殊に石炭乾餾副産物工業に於ては歐洲大戰後長足の進歩をなしたるも尙未だ幼稚なるを免れず。

彼の獨逸が僅々數十年間に於て産業及經濟上の發展を遂げ世界に勇飛するに到りたる所以の者は素より他に幾多の原因あるべし。雖化學工業の勃興に負ふ所甚だ大なるは蓋し争ふべからざる事實なりとす。

翻て我國の現状を見るに一般化學工業の奮はざる爲め之れに關する輸入は年々其額を増し這般歐洲大戰の勃發は此等化學製品の輸入杜絶となり殊にコールタールに其源を有する各種爆薬、工業薬品、醫薬、人

造色素、香料及び調味料等の輸入杜絶の爲めに蒙りし國家の損害に想到すれば本邦に於て極力此種工業の發達を圖り以て此等製品をして我國に於て自給し得るの程度に達せしむるの急且つ切なるを感ぜずんばあらず。

然らば如何にして此等工業の發達を期するを得べきやと云ふに其法は一般該工業従事者に其知識を普及するにあり然るに本邦に於ては此等に關する著書皆無にして研究者の不便少なからざるを感じ著者の淺學菲才を顧みず敢て本書を公にし以て其缺陷を充さんとする所以なり。

抑も石炭乾餾工業とは石炭瓦斯製造、骸炭製造、及び石炭低溫乾餾工業等を指す者にして此等の工業に於ては石炭瓦斯及骸炭を主産物として製し副産タールよりは無數の人造染料、工業藥品、醫藥、爆發藥、香料等の製造原料を製し又副産瓦斯液よりは各種のアムモニア鹽類を製造する者にして本書に於ては主として石炭瓦斯の製造、骸炭の製造、石炭の低溫乾餾、石炭の完全瓦斯化工業に關し其理論と、設備と、操作とに互り之れを論究せり。

著者は大正四年瓦斯及其副産物工業(全三卷)を發行し版を重ねる毎に増補改訂を行ひ來りしも大正十二年九月に於ける關東大震災の爲めに絶版の不幸を見るに至れり、之に於て著者は時世の急激なる進歩に鑑み前著書に於ける内容を改め面目を新にし書名を石炭乾餾工業(全一册)と改め之を發行するに至れり。

著者は本書に於ては嶄新なる發明と新研究を網羅するに勉めたるも由來此工業は日進月歩にして新研究の發表も日に月に其數を増す者なれば本書中或は嶄新緊要の記事を缺き陳套蛇足の敘述なきを保せず讀

者幸に之を指摘して教示を吝まずんば著者は版を改むる毎に之れが補正を施すに躊躇せざるべし。

本書の編纂に當り著者の助手水野忠秀氏が挿圖複寫其他の事項に關し多大の援助を與へられたるに對し深厚の謝意を表す。

昭和二年一月十日

明治専門學校應用化學教室にて

著者

凡例

- (一) 本書は石炭瓦斯製造、骸炭及其副産物工業、低温乾餾工業、完全瓦斯化工業、各種燃料の分析、試験、瓦斯分析等を説けり。
- (二) 本書に使用したる術語はなる可く慣用語を用ひたるも適當なる譯語なき時は英語又は獨語の發音の儘を片假名を以て記し、且つ術語の主要なるものには英語を添付せり。
- (三) 温度は大部分攝氏によれり但し他の場合には特に之を指定せり、而して各種温度の換算法は卷末附録を参照せよ。
- (四) 瓦斯の壓力は大部分水銀柱耗を以て表はしたるも又時に水柱吋を以て表はしたる所あり、而して此兩者の換算法は卷末附録参照。
- (五) 瓦斯の容積は一般に立方米(立米)にて表はしたるも又時に立方呎(立呎)にて表はしたる所あり而して兩者の換算法は卷末附録参照。
- (六) 熱量單位はカロリー(Cal)又は B.T.U. を使用したり而して兩者の換算法は第三十二章第一節参照。

(七) 本書に於ける度量衡は主としてメトリック制を採用したるも又時に他の制を用ひたる場合あり而して其相互換算は巻末附録参照。
本書に使用したる單位名稱略字は左表の如し。

斤 (キログラム)	瓦 (グラム)	噸 (デシグラム)
厘 (センチグラム)	匙 (ミリグラム)	立 (リーター)
距 (立方センチメートル)	米 (メートル)	粉 (デシメートル)
耗 (ミリメートル)	種 (センチメートル)	呎 (フット)
吋 (インチ)	封度 (ポンド)	噸、斤 (トン)
% (パーセント)	立米 (立方メートル)	立呎 (立方フット)
平米 (平方メートル)	平时 (平方インチ)	

石炭乾餾工業目次

第一章 總論

- ◎ 第一節 石炭乾餾工業の沿革……………一
- 第二節 本邦に於ける石炭瓦斯工業沿革……………三
- 第三節 本邦に於ける骸炭工業沿革……………五
- 第二章 石炭……………七

- ◎ 第一節 石炭の成因……………七
- ◎ 第二節 石炭の成分……………一〇

- (一) 化學試薬法
- (二) 溶劑法
- (三) 低温乾餾法
- (四) 顯微鏡法

- ◎ 第三節 石炭中の窒素及硫黄化合物……………三
- (一) 窒素化合物……………三
- (イ) アムモニア……………三

目次

- (二) 青酸
- (ロ) 硫黄化合物

- ◎ 第四節 石炭の灰分……………四八
- 第五節 石炭の粘結性……………五〇
- 第六節 石炭の分類……………五九

- (一) グリユナー分類法
- (二) セーラー分類法
- (三) キヤンパベル分類法
- (四) レウエス分類法

- ◎ 第七節 石炭乾餾原料炭……………六四

- (一) 石炭の水素及酸素含有量と其粘結性との關係
- (二) 石炭の燃料比と其粘結性との關係
- (三) 石炭の揮發分と其粘結性との關係
- (四) 骸炭の耐碎度、硬度及耐壓度と其粘結性との關係

- 第八節 石炭の貯藏及自然發火……………六九

一

第二章 洗炭

第一節 總説……………七三
 第二節 洗炭理論……………七六
 第三節 洗炭装置……………七六

- (一) 傾斜種洗炭装置
- (二) シツカー式洗炭装置
- (三) パウム式洗炭装置
- (四) ロビンソン式洗炭装置
- (五) ドレーパー式洗炭装置
- (六) 浮遊洗炭

第四章 石炭の乾餾

第一節 總説……………八三
 第二節 石炭の生成熱……………八四
 第三節 石炭乾餾に要せらるゝ熱量……………八六
 第四節 石炭乾餾中に於ける化學的變化……………八六
 第五節 石炭乾餾に於て乾餾温度の影響……………八三

第六章 石炭乾餾工業の主及副産物

第一節 總説……………二六
 第二節 石炭瓦斯の成分……………二七
 第三節 石炭タールの成分……………二八
 第四節 瓦斯液の成分……………二九
 第五節 骸炭の成分……………三〇

第七章 瓦斯發生爐

第一節 發生爐瓦斯製造理論……………一四
 第二節 發生爐の一般構造……………一五
 第三節 發生爐瓦斯の燃燒……………一七

第八章 燃料の燃燒理論

第一節 燃燒に必要な空氣の量……………一六
 第二節 煙道瓦斯中の炭酸瓦斯最高含有量……………一六
 第三節 燃燒に用いらるゝ過剩空氣の量……………一六

第四節 燃料の燃燒に於て煙道瓦斯と共に失はるゝ熱量

……………一七

第九章 發生爐の操作實例

……………一七

第十章 蓄熱装置(リゼネレーター)及レキユペレーター

……………一八

第十一章 耐火煉瓦

……………一九

第十二章 石炭瓦斯製造装置

……………二〇

第一節 總説……………二〇

第二節 水平式レトルト……………二四

- (一) 直火加熱式
- (二) 半瓦斯加熱式
- (三) 瓦斯加熱式

第三節 傾斜式レトルト……………二三

第四節 直立式レトルト……………二五

- (一) 間斷式
- (1) デッソウ式

(2) U, G, I, 式

(二) 連續式

- (1) グローバー、ウエスト式
- (2) ウッター、ダツカム式

第五節 室窯式レトルト……………二三

(一) 傾斜式

(二) 水平式

第六節 石炭裝入及骸炭排出装置……………二七

第七節 各種瓦斯窯の利害得失……………二四

第十三章 石炭瓦斯窯附屬諸設備

……………二七

第一節 レトルト口金……………二七

第二節 アツセツションパイプ、ブリッヂパイプ、デップパイプ等……………二九

第三節 ハイドロリックメイン……………二九

第四節 瓦斯窯室用雜具……………二九

第十四章 石炭瓦斯窯の

取扱法

第一節 總 說……………二六一

第二節 瓦斯窯の乾燥……………二六二

第三節 瓦斯窯最後の調節……………二六三

(一) 瓦斯窯温度及發生爐温度

(二) 瓦斯窯内壓力

(三) 煙道瓦斯及發生爐瓦斯分析……………二七二

第四節 瓦斯窯雜務……………二七二

(一) 瓦斯窯の加熱強弱調節及其使用中止

(二) レトルト炭素の除去

(三) レトルト修繕

(四) クリンカー除去

(五) レトルト附屬部の掃除……………二七七

第十五章 石炭瓦斯の冷却……………二七七

第一節 總 說……………二七七

第二節 空氣冷縮装置……………二八〇

第三節 用水冷縮装置……………二八四

第四節 サイクロン、タール分離機……………二八八

第五節 冷縮装置の操作及其調節……………二八九

第十六章 瓦斯排送機……………二九一

第一節 總 說……………二九一

第二節 瓦斯排送機の種類及構造……………二九三

(一) スチーム、ヂエツト式

(二) 廻轉式

(三) ターボ式……………二九六

第三節 瓦斯排送機の操作及調節……………二九八

第十七章 タール排除装置……………三〇三

第一節 總 說……………三〇三

第二節 タール排除装置の構造及其操作調節……………三〇四

第十八章 ナフサリンの排除……………三〇〇

第一節 總 說……………三〇〇

第二節 ナフサリン排除法……………三〇四

第三節 ナフサリン排除装置及其調節……………三〇六

第十九章 窒素化合物の排除……………三〇九

第一節 青酸化化合物の排除……………三〇九

總 說

(一) 青酸の排除法

(2) アエア法

(3) パートレー・ヘーワード法

(4) ホーリス法

(5) ウイルトン法

(6) フェルド法

(7) チオ青酸法

(三) 青酸排除装置及操作調節

第二節 アムモニアの排除……………三二一

總 說

(一) 瓦斯洗滌機

(2) リバシー洗滌機

(3) アムモニア洗滌塔

(4) ターピルシユキー洗滌塔

(5) 瓦斯洗滌機に於ける撒水装置

第二十章 硫黄化合物の排除……………三二〇

(5) 回轉洗滌機

(6) 遠心力洗滌装置

第一節 總 說……………三二〇

第二節 硫化水素、二硫化炭素及青酸の排除……………三二二

(一) 石灰を用ふる硫化水素精製

(二) 水酸化鐵を用ふる硫化水素精製

(三) 水酸化鐵の再生回收

(四) 水酸化鐵を用ふる青酸精製

(五) 二硫化炭素の排除

第三節 瓦斯精製劑……………三二九

(一) 石 灰

(二) ウエルドン・マッド

(三) ラーミンダ精製劑

(四) 水酸化鐵

第四節 瓦斯脫硫器及其操作調節……………三七四

(一) 瓦斯脫硫器

- (二) 瓦斯脱硫器の配列及切替法
- (三) 瓦斯脱硫器の操作調節

第二十一章 瓦斯メーター……………三九

- 第一節 總説……………三九
- 第二節 濕式瓦斯メーター……………三九〇
- 第三節 乾式瓦斯メーター……………三九六
- 第四節 瓦斯の通過速度による瓦斯の計量……………三九九

- (一) ロータリーメーター
- (二) ベンチユリメーター
- (三) ロータメーター

第五節 電氣式瓦斯メーター(トーマス・メーター)……………四〇四

第二十二章 瓦斯溜……………四〇五

- 第一節 總説……………四〇五
- 第二節 瓦斯溜水槽……………四〇六
- 第三節 瓦斯溜氣鐘……………四一〇
- 第四節 無水式瓦斯溜……………四一六

第二十三章 瓦斯整壓器……………四一八

- 第一節 總説……………四一八
- 第二節 瓦斯整壓器の構造……………四一九

第二十四章 水性瓦斯……………四二七

- 第一節 總説……………四二七
- 第二節 水性瓦斯製造理論……………四二七
- 第三節 水性瓦斯發生装置……………四三九

- (一) 純水性瓦斯

- (1) リーズ・ホーシ式

- (2) デルウィック・フライシャー式

第四節 水性瓦斯の不純物及其精製……………四三三

第五節 増熱水性瓦斯……………四三六

- (一) 常溫増熱法
- (二) 高温増熱法

第二十五章 骸炭爐……………四三五

- 第一節 副産物を回収せざる骸炭爐……………四三五

- (一) ビーハイツ式

- (二) ハルデー式
- (三) コツペー式

第二節 副産物回収骸炭爐……………四三〇

- (一) オット式
- (1) 蓄熱式
- (2) 廢熱式
- (二) コツパース式
- (1) 蓄熱式
- (2) 廢熱式

- (三) ウイルブツテ式

- (四) ビエツト式

- (五) 黒田式

- (六) ソルペー式

- (1) 廢熱式
- (2) 蓄熱式

第三節 副産物回収骸炭爐の操作方法……………四三六

第二十六章 石炭瓦斯より直接

硫酸アムモニア及

ベンゾールの回収……………四三三

第一節 總説……………四三三

第二節 石炭瓦斯よりアムモニアの直接

回収法……………四三七

- (一) 瓦斯液より硫酸アムモニアの製造
- (二) 瓦斯よりアムモニアの直接回収法

- (1) 半直接法

- (イ) コツパース式

- (ロ) ソルペー式

- (ハ) 石炭乾留會社式

- (2) 直接法

- (イ) オット式

- (ロ) シンプレックス式

- (三) 瓦斯よりアムモニアの回収に瓦斯中の硫化水素を利用する法

- (1) アルクハイザー式

- (2) フェルト式

- (3) コツパース式

第三節 石炭瓦斯よりベンゾールの

直接回収法……………四三一

第二十七章 石炭及骸炭の分析

試験法

第一節 總説……………五二九

第二節 試料採取……………五二一

第三節 石炭及骸炭の工業分析……………五二三

 (一) 空氣乾燥損失

 (二) 水分

 (三) 揮發分

 (イ) メツケル瓦斯燈法

 (ロ) 電氣爐法

 (四) 固定炭素

 (五) 灰分

 (六) 硫黃分

 (イ) 全硫黃

 (ロ) 可燃性硫黃

 (ハ) 有機、硫化及硫酸鹽、硫黃

 (七) 燐分

 (八) 窒素分

第三節 石炭及骸炭の原素分析……………五二六

第四節 石炭及骸炭の灰の分析……………五四一

(一) 炭素及水素

(二) 窒素、硫黃、灰分、水分及酸素分

 (一) 矽酸

 (二) アルミナ

 (三) 酸化鐵

 (四) チタン

 (五) 石灰

 (六) マグネシヤ

 (七) 酸化アルカリ

第五節 石炭及骸炭の灰の熔融度……………五三三

第六節 石炭及骸炭の比重……………五三五

 (一) 石炭及骸炭の眞比重

 (二) 石炭及骸炭の見掛比重

第七節 石炭の粘結度……………五三八

 (一) カンブレドン法

 (二) ダン法

第八節 骸炭の硬度……………五六二

第二十八章 コールターの分析

試験

(一) 耐碎度

(二) 耐壓度

第一節 總説……………五三三

第二節 試料採取……………五三四

第三節 比重……………五三五

第四節 遊離炭素……………五三六

第五節 水分……………五三六

第六節 蒸餾試験……………五三八

第七節 ビツチの熔融點……………五七〇

第八節 タール酸の定量……………五七一

第九節 ビリヂン鹽基の定量……………五七一

第二十九章 瓦斯液の分析試験……………五七三

第一節 比重計による法……………五七三

第二節 飽和法……………五七三

第三節 蒸餾法……………五七四

第三十章 瓦斯分析……………五七七

第一節 瓦斯の一般物理的性質……………五七七

 (一) 總説

 (二) 瓦斯壓力

 (三) 瓦斯の比重

 (四) 瓦斯の比熱

 (五) 蒸氣潛熱

 (六) 瓦斯の溶解度

 (七) 瓦斯體の擴散性

 (八) 瓦斯の濃縮、液化及臨界溫度

 (九) 瓦斯體容積の變化

 (十) 瓦斯の爆發限度及燃燒點

第二節 瓦斯の一般化學的性質……………六〇五

 (一) 總説

 (二) 水素

 (三) 窒素

(四) 酸素
 (五) 一酸化炭素
 (六) 炭酸瓦斯
 (七) 亞硫酸瓦斯
 (八) 硫化水素
 (九) パラフィン族炭化水素
 (十) オレフィン族炭化水素
 (十一) アセチレン族炭化水素

第三節 工業瓦斯分析 六二七

總説
 (一) 試料採取
 (二) 瓦斯採取器及瓦斯輸送器
 (三) 工業瓦斯分析用試薬
 (四) ベンベル瓦斯分析装置
 (五) 爆發法による瓦斯分析
 (六) オルサット瓦斯分析装置

第四節 特別瓦斯分析 六五八

(一) 瓦斯中の煤煙及水分分析法
 (二) 瓦斯中のタール分析法
 (三) 瓦斯中の硫黄化合物分析法

(1) 二硫化炭素の分析
 (2) 硫化水素の分析
 (3) 全硫黄分析
 (イ) ドレーシユミツド法
 (ロ) ヘンベル法

(四) 瓦斯中のアムモニア分析法
 (1) チーフトラント氏法
 (2) クヌーブラウハ氏法

(五) 瓦斯中のナフサリン分析法
 (1) 定性法
 (2) 定量法

(六) 瓦斯中の青酸化合物の分析
 (七) 瓦斯中の重炭化水素分析
 (1) アセチレン
 (2) エチレン
 (3) ベンゾール

第五節 瓦斯の比重 六八九

(一) 計算法
 (二) シーリング法
 (三) 瓦斯天秤法

第三十一章 商工省制定瓦斯成分

試験法

第一節 瓦斯不純成分含有極量 六四四

第二節 硫北水素含有反應試験の方法及装置の型式 六四五

第三節 硫黄含有量測定の方法及装置の型式 六五五

第四節 アムモニア含有量測定の方法及装置の型式 六五七

第五節 試薬の調製 六六九

第六節 瓦斯成分試験結果換算法 七〇〇

第七節 瓦斯發熱量の測定(第三十二章第四節参照)

第三節 熱量計

(二) 瓦斯體燃料

(一) トンプソン熱量計
 ホンプ熱量計

(1) 水等量
 (2) 冷却補正
 (3) 寒暖計固有の誤差修正
 (4) 硝酸、硫酸修正
 (5) 點火線補正
 (6) 發熱量計算式
 (7) 發熱量(ネット)
 (8) 水等量計算法
 (9) 冷却補正計算法
 (10) 發熱量計算實例
 (11) 寒暖計補正法

第三十二章 燃料の發熱量測定

第一節 總説 七〇四

第二節 計算法 七一〇

(一) 固體燃料

第四節 瓦斯熱量計

(一) 瓦斯熱量計原理
 (二) 瓦斯熱量計構造
 (三) 瓦斯熱量計搭付ケ
 (四) 瓦斯熱量計使用法

- (五) 瓦斯熱量計測定法
- (六) 瓦斯熱量計手入れ及分解法
- (七) 瓦斯熱量測定記録實例
- (八) 瓦斯のネット發熱量
- (九) 液體燃料の發熱量

第三十三章 高溫測定

- 第一節 總 說 七六
- 第二節 肉眼にて判定する法 七六
- 第三節 瓦斯寒暖計 七六
- 第四節 熔融點による高溫計 七六
- (一) プリンセツプス合金法
- (二) セーゲル鍍法
- 第五節 測熱式高溫計 七五
- 第六節 光學的高溫計 七五
- (一) ワンナー式高溫計
- (二) フェリー式高溫計
- 第七節 熱電流高溫計 七〇

第三十四章 石炭の低溫乾餾

工業 七五

- 第一節 英國に於ける石炭低溫乾餾工業 七五
- (一) フェーリオン・レットルト
- (二) マクローリン法
- (三) ドーザー・レットルト
- (四) デビッドソン・レットルト
- (五) パーカー・レットルト
- (六) イーリングウオース法
- (七) サットクックツフ法
- 第二節 英國に於ける低溫發生爐工業 七三
- 第三節 獨逸に於ける石炭低溫乾餾工業 七九
- (一) フェルナー・チーグララー式
- (二) テイツセン式
- (三) K. S. G. 式
- (四) メグイン式
- (五) K. V. G. 式
- (六) ピンチ式

第四節 獨逸に於ける低溫發生爐工業 八七

(一) ピンチ式

(二) ドイツエ・モンド式

第五節 米國に於ける石炭低溫乾餾工業 八九

(一) 鉛浴式

(二) スミス式

第三十五章 石炭完全瓦斯化

工業 八六

第一節 總 說 八六

第二節 リゼネレーター、コープ、コール、ガシ

フイケーション式 八四

第三節 パワー、ガス、コーボレー

シヨン式 八四

第四節 ターリー式 八五

第五節 エル、エム、エヌ式 八五

第六節 ストラツヘ式 八六

第七節 パマーグ式 八六

第八節 ビンチ式 八七

第九節 クライサ式 八九

附 録

索 引

石炭乾餾工業目次終

石炭乾餾工業

工學博士 栗原鑑司 著

第一章 總論 (Introduction)

第一節 石炭乾餾工業の沿革 (The Historical Sketch of the Industry of the Coal Carbonization)

石炭を空氣遮斷して加熱する時は可燃性瓦斯を發生する者なる事は古くより知られたる事實にして一八世紀の始めに於てステーフエン、ハールス氏 (Stephen; Hals) 及其他一―二の學者が石炭瓦斯に就て學術的研究を行ひ漸時此方面の研究と、工業化とが各方面に企てられ今日之れが石炭瓦斯製造工業、骸炭製造工業及石炭低溫乾餾工業等として發達するに至れり。石炭瓦斯工業の起源は一七九二年ムルドック氏 (W. Murdock) が英國に於て石炭を乾餾し

て石炭瓦斯を製造し自家點燈用として使用し其後自家工場に使用し、遂に一八一一年にはロンドン市に於て瓦斯街燈として使用せらるゝに至りたるにある者にして、其後ムルドック氏の高弟たるクレীগ氏 (Craig) は石炭瓦斯の最も缺點として數へられたる燃燒生成物の不快なる臭氣を除去する爲めに瓦斯を石灰にて精製する方法、及氏獨特の瓦斯計量器、整壓機等を創案し今日に於ける瓦斯製造原理の根底を形成するに至れり。

佛國に於ては一八〇一年ルボン氏 (L. Bon) が獨立に石炭瓦斯製造爐の特許を得、其後一八一一年には獨逸に、一八二五年には奥國に之が輸入を見各國各方面に於て之が進歩發達を企圖せられ遂に今日の盛況を來すに至れり、殊に一八八〇年アワー氏 (Auer von Welsbach) が白熱瓦斯マンツルを發見せし以來瓦斯の需用は異常なる増加を見近年に於ては又瓦斯を熱用及動力用として使用するに至り此方面にも急激なる發展を來すに至れり。

骸炭工業の起源は一七七一年獨人スタッフ氏 (Staff) が製鐵燃料として骸炭を使用したるにある者にして製鐵燃料としては其初の専ら木炭を使用したるも漸時其供給の不足と價格の騰貴との爲めに遂に骸炭を使用するに至りたる者にして骸炭製造も其初めは推積炭化法 (野燒法) を行ひ次にビーハイブ爐 (Bee-Hive) に發達し、次にコッペー式 (Coppée) の如き外

部加熱式が用いらるゝに至りたるも此等は何れも副産物を回收せざる種類の者なりき、然るに一八五六年クナブ氏 (Knab) が始めて骸炭製造に於てタール及アムモニアを回收する方法を行ひ其後カルプス氏等 (Carves) が之を改良してクナブ・カルプス爐 (Knab-Carves Oven) として佛國各地に其建設を見るに至れり又英國に於てもサイモン氏 (Simon) が同様な爐を建設し以て各國に於て此種の者が漸時建設せらるゝに至りたるが、副産回收爐より製せられたる骸炭はビーハイブ爐製品の如く銀色を呈せず稍々黒色を帯ぶると、其他の物理的性質の差が之を製鐵工業に使用して良結果を得ざりし爲の製鐵業者の反對を受けたるも漸時研究の結果凡ての點に於て優れたる性質が認めらるゝに至り今日にては製鐵業には殆んど全部副産爐が使用せらるゝに至りビーハイブ爐は専ら特種鑄物用骸炭の製造に使用せらるゝに過ぎざるに至れり。

第二節 本邦に於ける石炭瓦斯工業發達沿革

(Coal-Gas Industry in Japan & its Development)

本邦に於ては明治五年佛國技師によりて横濱市に市營事業として始めて之が製造所建設せ

本邦に於ける石炭瓦斯工業沿革

られ、其後三年を経て東京市に於ても市營瓦斯製造所起りたるも其當時に於ては規模頗る狭少なる者にして一日の産氣量僅に六一七萬立呎に過ぎざりき然も其價格は一〇〇〇立呎三圓五〇錢内外の高價を以て販賣せられ且つ此時代に於ては我國には石油の輸入せらるゝあり、又明治一七一一八年頃には電燈の輸入せらるゝありて瓦斯工業は此等強敵の爲めに壓迫せられ久しく舊壘を守るの悲境に陥りしも明治三〇年頃に至り白熱瓦斯マントル (Incandescent Gas Mantle) が輸入せられ其價格と光輝は電燈を凌駕するに至り又瓦斯の他の方面の需要たる瓦斯エンジンの流行を來し茲に始めて瓦斯工業の復活を來し明治三十一年に於ては神戸市に、同三十七年には大阪府に之が製造所起り日露戰役後各種事業の勃興は明治四十一年に名古屋市に之が製造所設立せられ次に此都市を中心としたる小都市に於ても又之が勃興を來し之れまで石炭瓦斯工業は大都市に於てのみ經濟的に經營せらるゝ如く考へられたる者なるも茲に小都市に於ても又相當の利益を擧げ得る者たる事を知らるゝに至り、次で各小都市にも之が設立を見るに至り遂に八十有餘の製造所を見るに至れり、然るに歐洲大戰中炭價の暴騰の爲め各地の小瓦斯製造所は經營難に陥り其爲めに解散したる者多く最近に於て瓦斯事業者數は七六、其拂込資本金四億一千萬圓、原料石炭の使用量一ヶ年約八〇萬噸、東京市に於ける

瓦斯需要戸數は全戸數の二割五分、大阪府に於ては約二割の數を示せり。

第三節 本邦に於ける骸炭工業沿革

(Coke Industry in Japan & its Development)

本邦に於ける骸炭工業の沿革

本邦に於ける骸炭製造は明治十年古河鑛山會社に於て之が研究を行ひ、明治二三年に至り始めて工業的成效の域に達したるに始まる者にして、初めはビーハイブ式後にコッペー式の如き者を使用せり其後明治二五年の頃大阪含密工業會社又三池炭坑に於ても之が製造を開始せり、然れども何れも副産物を回收せざるビーハイブ式又はコッペー式の如き者なりしが明治三二年大阪含密工業會社が初めて副産物回收式たるソルベール爐 (Solvay) を築造し同三八年東京古河骸炭製造所に於て江守式、同四〇年八幡製鐵所に於てソルベール式、同四五年コッパース式 (Koppers) を築造し漸時本邦に於ても副産物回收爐の發達を來すに至れり。

現今本邦に於ける骸炭製造所、其使用爐及其基數は左表に示すが如し

會社名

爐式

基數

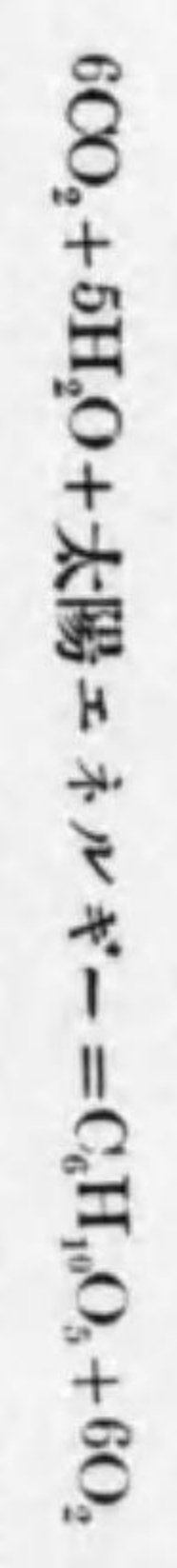
石炭乾留工業	コッペー式	一二〇
八幡製鐵所	ソルメー式	一五〇
同	コッパース式	一二〇
同	黒田式	二〇〇
三池染料工業所	コッパース式	一二二
東洋製鐵會社	黒田式	五五
廣島瓦斯電軌會社	黒田式	一六
神奈川コークス會社	黒田式	三六
鞍山製鐵所	コッパース式	一六〇
三菱骸炭製造所	ソルメー式	三五
釜石製鐵所	コッパース式	六〇
輪西製鐵所	三池式	六〇
大阪會密工業會社	ソルメー式	四一
大阪瓦斯會社	コッパース式	二四
東京瓦斯會社	コッパース式	六三

而して前記諸製造所（瓦斯供給を主とする者を除く）に於て一ヶ年に使用する石炭量は約二百二十萬噸位なりとす。

第二章 石炭 (Coal)

第一節 石炭の成因 (Formation of Coal)

人類其他高等動物の呼吸、燃料の燃焼、植物體の腐敗及種々なる物質の醱酵作用は何れも炭酸瓦斯の發生を來す者にして若し此作用が盛に行はるゝ時は空氣中に於ける酸素の量は漸時減少し遂には高等動物の生息に堪えざるに至る可し、然るにフルフト氏 (Frucht) 其他の學者の研究によれば空氣中に於ける炭酸瓦斯の量は平均一萬分の四 (容) にして四時殆んど其量の變化せざる事を知れり是れ全く植物細胞中に含まるゝ葉綠素 (Chlorophyll) が空氣中より炭酸瓦斯及水蒸氣を吸収し太陽光線的作用によつて此等を澱粉及砂糖に變じ(同化作用) 其一部は植物體の營養となり一部は木質本體たる纖維素 (Cellulose: C₆H₁₀O₅) に變形し以て酸素を再生するに由る者にして其反應は之を左の如く表はす事を得。



斯くの如くして酸素は再び回収せられ以て空氣中に於ける炭酸瓦斯含有量の一定比例を保

つ原因をなす者なり。

今一單位重量の炭素が炭酸瓦斯に燃燒するに當りては八一三七カロリー（一四六四七B.T.U.）の熱量又一單位重量の水素が水に燃燒するに當りては三四五〇〇カロリー（六二一〇〇B.T.U.）の熱量を發生す、而して又反對に此等の燃燒生成物たる炭酸瓦斯及水が各組立原素に分解する爲めには其成生の際に發生したると同量の熱量を要す、斯くの如く植物體に於ては此等の熱量は凡て太陽より供給せられ其一部は潜熱として植物體中に貯藏せらるゝ者にして之が燃燒に當りて炭素は炭酸瓦斯に水素は水に變じ以て其熱を發生する者なり。

炭素期 (Carboniferous Period) に於ける空氣中の炭酸瓦斯及水蒸氣の量は現代に於けるよりも極めて多量なりし者にして従て植物體の發育烈しく所謂巨木繁茂 (Monster Vegetation) の現象を呈し此等の巨木が老朽して大なる推積を生じ地殼變化の爲めに地下深く埋没せられ又河流の爲めに押し流され、川河海湖の底に沈積し無窮の長年月の間高熱と高壓の作用を受け植物體中の炭素、水素及酸素は炭酸瓦斯、メタン、水等として飛散せられ所謂天然炭化作用 (Natural Carbonization) を受け其炭化残渣として比較的炭素分に富みたる種々なる化石燃料 (Fossil Fuel) たる石炭を生ず而して其炭化作用の多少と其生成物成分の關係は左表に掲

炭素期

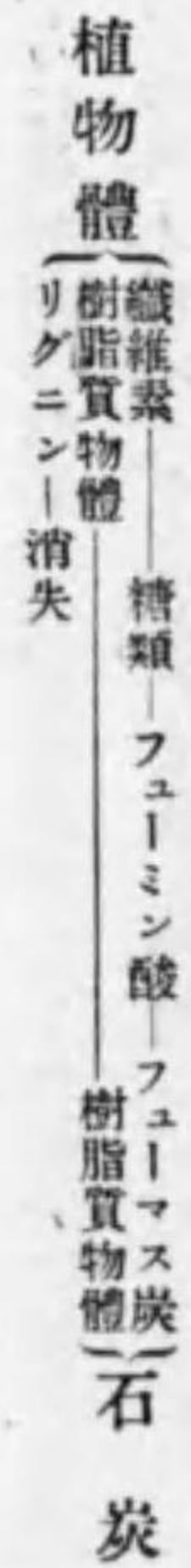
くるが如し。

各種化石燃料成分

種類	木質物體が石炭に變する順序							發熱量
	炭素	水素	酸素	窒素	硫黃	灰分		
纖維素	44.4	6.2	49.4	—	—	—	—	4200カロリー
乾燥木材	48.5	6.0	43.5	0.5	—	—	—	4200
乾燥泥炭	56.0	6.3	30.8	0.9	痕跡	—	—	4200
褐炭	67.0	5.1	19.5	1.1	1.0	—	—	4200
石炭	77.0	4.0	7.0	1.5	1.5	—	—	4200
無煙炭	90.0	2.5	0.5	0.5	0.5	—	—	4200

石炭（化石燃料）の根原が植物體にあるは疑なき所にして植物體は次の如き三主要體より成立す、即ち第一纖維素、第二樹脂質物體、第三リグニン之なり而して在來一般に信せられたる説は左表の如く石炭は植物體中の纖維素が天然炭化作用を受け第一に糖類に、次にフェーミン酸に、次にフェーマス炭に變じ此物體が樹脂物體の變形たる物體と混じて石炭を形成する者なりと云ふにあり。

纖維素根原説



然るに近年獨逸燃料研究所の研究によれば植物體の實體をなす纖維素は天然炭化作用中に炭酸瓦斯、メタン、水等として消失飛散し左表に示すが如くリグニンが石炭成因の主體をなすと云ふにあり。

リグニン
根原説

植物體
リグニン—フューミン酸—フューマス炭
樹脂質物體—**石炭**

纖維素—炭酸瓦斯—水—メタン—消失

此説の根據とする所は在來の説による時は纖維素の天然炭化作用により生ぜらるゝ糖類及フューマス炭等は何れも其構造中にフラン環 V を有すると云ふにあるも獨逸燃料研究所の研究による時は石炭を高壓の下に酸化したるにフラン環を有する酸類を生ぜず却てベンゾール環を有する多量の酸類を得たり、此結果より石炭構造中にはベンゾール環を有せざる可らざる事が明らかとなれり然るに纖維素中にはベンゾール環を有せず却てリグニン中にはベンゾール環を有する事は明らかなる所にして之れリグニン根原説の出でたる所以なりとす。

第二節 石炭の成分 (Constitution of Coal)

石炭の成
分

石炭の根原が纖維素又はリグニンより誘導せられたるフューマス炭と、樹脂質物體より誘導

フューマ
ス物質

せられたる者により成立せられたる事は疑なき所にして、レナルト氏 (Renault) により泥炭中に發見せられたるウルミ質 (Ulmic Compound) マルダー、アイノッフ氏等 (Malder; Einof) により泥炭中に發見せられたるウルミック酸、ヒューミック酸 (Ulmic & Humic Acid)、 γ ルツ氏 (Herz) により褐炭中に發見せられたるカーボヒューミック酸、カーボウルミック酸 (Carbohumic & Carboulmic Acid) 等は何れも所謂フューマス炭の根原をなす者たる事を想像する事を得、而して植物體中の樹脂成分は天然炭化作用に於て諸種の作用を受くる事少なく石炭の成生中漸時其含有比例を増加する者なり。

樹脂質物
體

石炭中に樹脂質物體を含有する事は疑なき所にして殊に褐炭のある種の如きは化石樹脂及ゴム質 (Fossil Gum & Resin) に富み此等の多くは已に抽出分析せられたる所にして其平均成分は炭素七五%、水素一一%、酸素一〇%なりとす。

又植物體中には蛋白様物質 (Proteins) を含有する者なるが、此等の物體が天然炭化作用中に如何なる變化を受くるかは明らかならざるも石炭中に存在する硫黄及窒素含有化合物 (Nitrogenous & Sulphur-Containing Substances) は此物體に其根原を有する者とせらる。

硫黄及窒
素化合物

石炭の成分は甚だ複雑したる者にして今日各方面より之が闡明に努力せらるゝと雖其各種溶

劑に對する不溶解性と各種試薬に對する不活性とは其組立物質に分離する事頗る困難なる爲め其研究も頗る難事に屬す。

今日各國研究家の下に行はれつゝある石炭成分研究の方面は之を左記四項に區別する事を得。

石炭研究
方法

- (一) 化學試薬を用ひて石炭成分の檢出を行ふ法、
- (二) 溶剤を用ひて石炭成分を抽出檢出する法、
- (三) 低溫乾留により其近似物體を檢出する法、
- (四) 顯微鏡的研究、

(一) 化學試薬法

アンダーソン氏 (Anderson) は石炭を稀硫酸にて處理して炭素五八・〇—六三・五%、水素二・七五—三・〇〇%、酸素二八・〇—三二・五%、窒素三・三—四・八%、硫黄〇・三—〇・七%の成分を有する酸類を得、ブーダート氏は石炭を加熱しつゝ空氣にて酸化して $C_8H_8O_6$; $C_6H_8O_5$; $C_6H_8O_4$; $C_6H_8O_3$; $C_6H_8O_2$ の組成を有するフューミン酸を製出し、ドナス氏は又石炭を苛性加里にて二五〇度位に熔融して萘酸其他の脂肪酸を製出し、クロス、ピバン氏等は鹽素を石炭に作用

化學試薬
法

せしめて其鹽素透導體を得、フィッシャー氏 (Fischer) は石炭は一般の不飽和化合物の如く臭素添加を行ひ得る事を發見し、且つ酸化し易き石炭は此性質旺盛なる事を附言せり、又同氏は最近石炭をオゾン又は高壓空氣酸化を行ひ其大部分を水に可溶性なる酸類に變じ其生成物中に一二%フタル酸及安息香酸の存在を確認せり。

(二) 溶劑法

石炭に對する溶劑の作用に關し秩序的研究を行ひたるはデマーシリー氏 (De Marcellis ; 1862) にして、同氏は種々なる石炭をアルコール、エーテル、二硫化炭素、ベンゼン、クロロホルム等にて各々沸點にて處理してアルコールを除くは脂炭に對しては何れも多少の溶解力を有し、クロ、ホルムが其力大なる事を發見せり、其後一八九九年に至りベッドソン氏 (Bedson) がピリチン鹽基が石炭に對して強大なる溶解力を有する事を發見して以來此方面の研究が稍々見る可き者あるに至れり、次で一九〇一年ベーカー氏 (Baker) はダルハム炭をピリチンにて抽出して二〇・四%の抽出物體を得たるに其抽出殘渣は其粘結性を全く失ひたる事を發見し、其後此事實は多くの研究者によりて確認せらるゝに至れり、即ち粘結性の薄弱なる者にありては其抽出殘渣は全く粘結力を失ひ粘結力強大なる者にありては其力を著し

溶劑法

ピリチン
抽出

く低減せらるゝに至る者なり、又一九〇八年にベドソン氏は數種の石炭をピリヂンにて抽出し石炭の各揮發分に相當する位の量の抽出物體を得而して此者が多量の揮發分を含有する事を見たり又一九一一年にブルグス、ウキーラー氏等 (Burgess; Wheeler) はある種の石炭をピリヂンにて抽出し二〇%の抽出物體を得之を九〇〇度に於て乾留したるに主としてバラフィン族炭化水素及水素を發生したり之に反して抽出残渣を同様に處理したるに主として水素及酸化炭素瓦斯を發生する事を見たり、又レウニス氏 (Lewis) はダルハム炭をピリヂンにて抽出し一八%の抽出物體を得各物體の成分を検し左表の如き結果を得たり。

成分	抽出物體	
	原料純炭	抽出残渣
炭素	八二・八七	八一・〇四
水素	五・五七	七・一八
酸素	八・七二	七・九八
窒素	一・六八	三・八〇
硫黄	一・一六	檢定セズ
固定炭素	六三・〇〇	六四・四六
揮發分	三七・〇〇	三五・五四

即ち此結果より抽出物體中に水素の増加は明らかに石炭中の樹脂質物體が抽出せられたる

事を示す者なり。

一九一三年クラーク及ウイラー氏等 (Clarke; Wheeler) は瀝青質炭のピリヂン抽出物體をクロ、ホルムにて處理して軟化點九〇度、熔融點一〇二度のセビヤ色をなしたる物體を抽出せり而して其各部の化學的成分は左表の如き者なりしを發表せり。

成分	原炭 (乾燥無灰)		
	ピリヂン不溶解分	ピリヂン溶解分	ピリヂン及クロ、ホルム溶解分
炭素	八二・九二	八〇・八一	七七・三二
水素	五・五八	五・二三	五・四〇
酸素	八・四五	一〇・四〇	一四・二六
窒素	一・三五	二・二四	二・〇七
硫黄	一・七〇	一・四二	一・二一

石炭の系統的抽出研究はウイラー氏及其共同研究者により行はれたる所にして同氏等は石炭を第一に苛性加里の酒精溶液にて處理し、其残渣を引き續きピリヂン、クロ、ホルム等にて抽出處理して石炭を四種の異なる部分に分離せり。

(二) 苛性加里の酒精溶液に抽出せられし部分 ウルミ質 (Umic Comp.)

ウルミ質
α-化合物
β-化合物
γ-化合物

- (二) ビリヂンに溶解せざる部分 アルファ化合物 (α-Comp.)
- (三) ビリヂンに溶解するもクロ、ホルムに溶解せざる部分 ベタ化合物 (β-Comp.)
- (四) ビリヂンにもクロ、ホルムにも溶解する部分 ガンマ化合物 (γ-Comp.)

溶剤の石炭に對する溶解作用は破重合作用と考へらる可き者にして石炭の炭素、水素の比の大なる者程 (年代の古き者程) 溶剤に對する抵抗力強き者なり。

ウルミ質 (腐植質化合物) は石炭が古くなればなる程減少す、α及β化合物は石炭の纖維素物質に屬しα化合物は何れの石炭にも存在するも炭素、水素の比の大なる石炭には其存在量多く、其比の小なる者には殆んど存在せざる事あり、β化合物は炭素、水素の比一四—一五の石炭に於て其含有量最も多く其比の大なるに従ひ又小となるに従ひ漸時減少す。

γ化合物は石炭の樹脂質物質に屬する者にして炭素、水素の比二三以下の石炭にありては種々なる割合に存在し大體其比が大となるに従ひ含有量大となる傾向あり、而して炭素、水素の比が一七一—一八位の者が最大含有量に達す、即ち一般に亞炭、褐炭の如きはウルミ質物質を多く含有し瀝青炭にありてはγ化合物が他の石炭に比して多く、無煙炭等にありてはα化合物の量が他の炭種に比して大なる者なり。

又パール氏等 (Parr) はアニリン、キノリン、フェノール等を用ひて石炭より多量の抽出物體を得又フィッシャー氏 (Fischer) は石炭を五〇氣壓、二八八度の溫度に於てベンゾールにて抽出し更に其抽出物體を石油エーテルにて處理して其可溶性なるものをオイルピチューメン (Oil Bitumen)、不溶性なるものを固形ピチューメン (Solid Bitumen) と名づけ前者は主として石炭に膨脹性を與へ後者は主として粘結性を與ふるものなる事を指摘せり、又ハーガー氏 (Hager) は石炭のビリヂン抽出に加壓法を用ひ、ピクテ、ラムセーヤー、カイザー (Pictet, Ramsayer, Kaiser) は五・五噸のザール炭を沸騰ベンゼンにて處理して其抽出物體を更に石油ベンゼンにて處理して二・七噸の不定形物質の沈澱と一〇・六噸の褐色液を得たり而して其褐色液は左表に示すが如く更に此液中より次表に掲ぐるが如き成分の多數の炭化水素を分離せり。

鹽基性物體	〇・五%
アルコール	二・〇%
不飽和炭化水素	七〇・〇%
飽和炭化水素	二七・〇%

而して分離せられたる炭化水素は左の如し

名 稱	沸 騰 點	名 稱	沸 騰 點
C_7H_{10}	107—110	C_8H_{16}	118—122
C_8H_{12}	135—137	C_9H_{18}	135—138
C_9H_{14}	166—168	$C_{10}H_{20}$	172—174
$C_{10}H_{16}$	180—182	$C_{11}H_{22}$	190—192
$C_{11}H_{18}$	200—202	$C_{12}H_{24}$	215—216
$C_{14}H_{26}$	236—238	$C_{15}H_{30}$	227—229
$C_{15}H_{32}$	251—254	$C_{20}H_{40}$	62-63(m.p.)

之を要するに溶剤を用ふる石炭の成分の研究はピリヂンの大なる溶解力を用ふる研究が各所に於て行はれたるも此物體は鹽基性にして抽出操作中石炭に多少作用する傾向を有するものなればベンゼン其他の中性油を使用し且つ加壓の元之を行ふ事が漸時行はるゝに至れり、本邦に於ても東北大學の岩崎重三氏はダイメチルアニリン($C_6H_5N(CH_3)_2$)を用ひ、海軍燃料廠に於てはハイドロナフサリンを用いてある種の石炭より五〇%以上の抽出物體を得たるを發表せり。

即ち溶剤を用ふる石炭の成分の研究に於ては石炭の一成分として樹脂質物體の存在を確認し且つ此物體が石炭に粘結性を附與する者なる事が明らかとなるに至り、且つ近年各種の物

體が抽出分離せられ漸時石炭の成分の研究に對し多少光明を與ふるに至れり。

(三) 低温乾餾法

石炭は之を乾餾する時は極めて細微なる分解は二〇〇度位の低温に於ても起る者なるも急激なる分解を開始するは三〇〇度前後なりとす左表はヨーンズ氏 (Jones) が鑄鐵製レトルトを使用し石炭を乾餾し瓦斯が急激に發生し始むる時期を分解開始温度として表示したる者なり。

燃料名	分解温度
木 材	一五〇度
褐色 褐炭	二二〇同
黑色 褐炭	二六〇同
瓦 斯 炭	三三〇同
無 煙 性 炭	三三〇同
無 煙 炭	三四〇同

斯くの如く石炭は約三〇〇度前後の温度に於て分解し始むる者なるが、石炭をなる可く低温に於て特に減壓の元に乾餾して石炭の近似成分を製出し以て石炭の成分の研究に資せんと

ウイラー
氏の研
究

する研究は各國に於て多くの學者間に企てられたる所にして、就中ブルゲス及ウイラー氏等 (Journ. Chem. Soc.; 1910, 78; 1911, 99; 1914, 105) の研究は最も價值あるものにして同氏等の研究は瀝青炭を二〇耗の減壓にて一〇〇—四五〇度に於て乾餾して得られたる瓦斯及凝縮物體の量、成分等を檢し以て次の如き結論を得たり。

第一、石炭中に吸蔵せられたる高級脂肪族炭化水素は極めて少量なるも一五〇—二〇〇度に於て放出せらるゝものなり。

第二、二〇〇度位に於て水を發生し此現象は四五〇度位迄繼續せらるゝものにして此現象は石炭成分の分解作用により發生せらるゝが如し。

第三、二七〇—三〇〇度に於ては有機硫黄化合物の分解により硫化水素の發生盛にして三〇〇度に於て其發生止む而して此時期に於てオレフィン高級炭化水素の發生するを見る可し。

第四、三一〇度より油狀物體の發生を始む然れども瓦斯成分及其量には著しき變化を認むる能はざれば此油は分解により發生するにあらずして絞れ出るが如くして生せらるゝが如く而して其質は淡薄なり。

第五、三五〇度位に於て瓦斯の發生急激となり且つ油は漸時粘稠となるものなれば此點が限界點にして之より石炭本體の分解が開始せらるゝが如し。

第六、四五〇度位に於て發生せらるゝ瓦斯はメタン、エタン、プロパン、ブタン、ペンタン、の如きパラフィン族炭化水素及オレフィン族炭化水素なり。

第七、ベンゼン及其高級體は低溫乾餾生成物中には認むる能はず。

又同氏等は瀝青炭、半瀝青炭、無煙炭を用ひ前と同様の減壓の元に四五〇—一〇〇〇度に於て乾餾したるに左の如き結果を得たり。

第一、三種共に七〇〇—八〇〇度の限界分解點を有し此點より水素の發生著しく増加す。

第二、パラフィン炭化水素の發生は七〇〇度以上に於ては殆んど止む。

第三、エタン、プロパン、ブタン等のパラフィン高級體は主として四五〇度以下に於て發生す。

第四、水素の發生は瀝青炭なれば九〇〇度に於て減少し始むるも他の二種に於ては一〇〇〇度迄減少せず。

第五、三種共に一酸化炭素の發生量は溫度と共に増加す。

前掲の結果より同氏等は石炭中には其乾餾中分解の程度の異なる二種の物體を含有する事を結論せり即ち、

第一、其物體の一は熱に對して不安定にして乾餾によりパラフィン族炭化水素を發生し、水素を發生せず、之をパラフィン發生成分 (Paraffin yielding Constituent) と名づけ石炭の樹脂成分をなすものなり。

第二、他の一は熱に對して比較的安定なる化合物にして乾餾により主として水素を發生す、之を水素發生成分 (Hydrogen yielding Constituent) と名づけ石炭の纖維素物質をなすものなり。

ホルター及オピッツ氏等 (1910—1912; Porter & Oviz) は伊利ノイ産不粘結炭とペンシルバニア産粘結炭とを取り種々なる溫度に於て乾餾を行ひ發生せらるゝ瓦斯の分析を行ひ左表の如き結果を得たるが該結果により瓦斯分解の有様を略々推測する事を得。

原料炭分析

伊利ノイ炭

ペンシルバニア炭

炭素	六七・八七	七八・〇〇
水素	五・四四	五・二四
窒素	一・三四	一・二三

酸	一九・四七	七・四七
硫酸	〇・四六	〇・九五
灰分	五・四二	七・一一

乾餾試験

伊利ノイ炭 (試料一〇瓦)

爐溫度(攝氏)	五〇〇	六〇〇	七〇〇	八〇〇	九〇〇	一〇〇〇	一一〇〇
石炭溫度(攝氏)	三九〇	四八〇	五八六	六八五	八一	九二〇	一〇二六
發生瓦斯容積(耗)	一九七	五三五	九八〇	一五五〇	二三三五	二七〇〇	三二二五
瓦斯分析(窒素を除く)							
炭酸瓦斯	二三・八	七・六	六・四	三・九	二・五	二・七	一・八
發光成分	六・五	五・〇	四・一	三・三	三・二	三・七	四・〇
一酸化炭素	一六・五	一六・一	二一・一	一六・九	一五・二	一五・一	一六・一
メタン及エタン	四九・五	五五・〇	四一・五	三四・四	二七・八	二三・一	一九・四
水素	三・七	六・三	二六・九	四一・五	五一・三	五五・四	五八・七

ペンシルバニア炭 (試料一〇瓦)

瓦斯分析(窒素も含みます)	爐溫度(攝氏)		石炭溫度		發生瓦斯容積(牝)	
	五〇〇	六〇〇	三九〇	四三四	一六一	七一八
炭酸瓦斯	一五・九	四・二	七・一	三・二	二・〇	一・一
發光成分	九・一	七・一	四・三	二・〇	一・一	一・二
一酸化炭素	七・八	六・〇	六・三	七・二	七・四	六・四
メタン及エタン	六七・三	六四・四	五五・八	四七・〇	三三・二	二九・〇
水素	三・九	一八・三	三〇・四	三九・三	五三・五	五八・八
不溶解物(α-化合物)						
溶解分(クロ、ホルム抽出)						
不溶解分(β-化合物)						
溶解分(γ-化合物)						

又ウイラー氏は石炭をピリヂンにて抽出して生せられたる残渣及抽出物體、又其抽出物體を更にクロ、ホルムにて處理して得られたる残渣及抽出物體に就て低温乾留を行ひ其生せられたるタールの成分を検し左の如く結論せり。

石炭・ピリヂン抽出

不溶解物(α-化合物) 溶解分(クロ、ホルム抽出) 不溶解分(β-化合物) 溶解分(γ-化合物)

α-化合物を乾留する時は三九〇—四五〇度に於て主としてフェノール物質を生じ、其残渣

ウイラー氏の研究

α.β.γ.化

化合物の分解

は粉状をなす。

β-化合物を乾留する時は主として油状物體を生じ、其四〇%はフェノール性を有し、他は樹脂様物體にして残渣は粉状をなす。

γ-化合物を乾留する時は九〇度位にて柔かになり一〇二度に於て熔融し、一七〇度に於て瓦斯の發生始まり、二五〇度に於て多量のバラフィン蠟、三二〇度に於て多量の瓦斯を發生し、残渣は固きピッチなり。

又ビクテ氏は石炭一・五噸を一五—二〇耗の減壓の元に四五〇度以下の溫度にて乾留し六〇呎のタールを得たるが、此タール中にはフェノール類も、芳香族炭化水素も存在せざる事を見たり而して同氏等は此タールを更に高温にて分解する時はフェノール及芳香族炭化水素を生ずるものなる事を知れり、且つ同氏等は此等の減壓タールより左に掲ぐるが如き物體を分離せり。

名稱(炭化水素)	沸 點	名稱(アルコール)	沸 點
C ₉ H ₁₈	135—137	C ₇ H ₁₄ O	170—175
C ₁₀ H ₂₀	160—161	C ₈ H ₁₆ O	198—200
C ₁₀ H ₂₀	172—174	C ₁₄ H ₁₆ O	226—228

ビクテ氏研究

$C_{11}H_{22}$	189—191
$C_{50}H_{60}$	[62—63]
名稱(鹽基性物體)	沸 點
C_9H_9N	198—208
$C_{12}H_{12}N$	270—280

ウイラー
氏研究

又ヨーネス及ウイラー氏等は(1914)減壓乾餾に於て四三〇度迄に餾出し來りたるター
ルを蒸餾して三〇〇度までに餾出し來る油中に左の物體の存在を認めたり。

第一、其油の四〇—四五%は不飽和のオレフィン族炭化水素より、其四〇%はナフテン族炭
化水素及液狀パラフィンよりなり、前者の割合後者より大なりと。

第二、油中には二二—一五%のフェノールを含有し主としてクレソール及キシレノールより
なる。

第三、芳香族炭化水素は約七%にしてナフサリン高級體を多く含有せり。

第四、少量の固形パラフィン($C_{28}H_{58}$ — $C_{32}H_{64}$; m.p. 52.5—54.0)を含有せり。

第五、ピリヂン鹽基は痕跡を認むるに過ぎず。

第六、ベンゼン、アンストラシン等を含有せず。

又同氏等は此等の減壓タールより得られたるナフテン族炭化水素の熱分解の有様を検し次
の如く結論せり、即ち普通のコールタールの成分は低温タール中に存在するナフテン族、パ
ラフィン族不飽和炭化水素の高温分解により生ぜらるゝ、オンフィン族炭化水素の縮合により生
ぜられ、其少量は又ナフテン族炭化水素の脱水素作用により生ぜらるゝものなりとせり。

顯微鏡法

(四)顯微鏡的研究

一八八三年ワイタム氏(Witman)が石炭の切片を顯微鏡にて檢して其中に植物質殘骸を
發見せし以來此方面の研究が各所に於て行はるゝに至り、一九一〇年にはデエフレー氏
(Jeffrey)が種々なる化學藥品を使用して石炭を軟化し極めて薄片に之を切斷して顯微鏡にて
之を檢する方法を發見し、此方面の研究に一新紀元を畫するに至り、遂に一九一一年ローマ
ク氏(Lomark)の「マザーオフォール」(Mother of Coal, Fusain)の發見となり、グラウト氏
(Groot)は石炭の光澤部と粗鬆面との差に就て研究し光澤部は灰分含有量著しく少なく之に
反して窒素分頗る多きを見たり、又ドリング氏(Dovling)は光澤部はジェリー狀をなす事
を唱導せり、又其後石炭の顯微鏡検査により石炭中に植物上皮(Cuticle)の存在が明らかと
なり此物體が石炭の生成に有要なる一つの役割をなす事が知らるゝに至れり。

ストロブ
ス・ウイ
ラー氏等
の研究

石炭の四
成分

殊にストロブス、ウイラー、タイドウエル氏等 (M. C. Slopes; R. V. Wheeler; F. V. Tidwell) の研究は石炭の成分の研究に於て一新紀軸を出したるものにして同氏等の唱ふる所は石炭の多くは幾條にも帶狀をなすものにして斯くの如き帶狀物體は普通粗鬆面と光澤面とに明らかに區別する事を得るものなるが之を顯微鏡下に分離する時は明らかに四種の異なる物體に分つ事を得、而してストロブス氏は之を左の如く命名せり。

- (i) フゼイン (Fusain; Mother of Coal)
- (ii) デュレイン (Durain; Dull Coal)
- (iii) クラレイン (Clairain; Bright Coal)
- (iv) ビトレイン (Vitrain)

フゼイン

フゼインは炭母と稱せらるゝものにして炭層に並行して薄層として存在し分離し易く且つ粉末となり易き性質が他の三者と著しく異なるものなり、之を薄片として顯微鏡下に見る時は黒色不透明にして木質細胞の形を存し此部分は主として木質纖維及樹皮部の細胞膜部が木炭化したるが如し。

デュレイン

デュレインは暗色なる石炭の堅き部分にしてマツトにして光澤を有せず、フゼインと同じ

クラレイン

く石炭塊中容易に分別し得る部分なり、之を薄片として顯微鏡下に見る時はやゝ透明にして質甚だ密にして然も其中には多くの胞子殘骸を有し時として肉眼にて檢出し得る事あり。

クラレインは次のビトレインと共に石炭の光輝ある部分にして輝炭と稱せられ黒色光澤を有す之を仔細に觀察する時は光鈍二層が交互に細く帶狀をなして存在する事を見る可し、之を薄片として顯微鏡下に見る時は透明、淡黄色にして中に不透明なるデュレインの狭みを發見す可し、而して此部分は主として木質纖維殘骸よりなるも又表皮、胞子、樹脂様物質を含有する者なり。

ビトレイン

ビトレイン、は石炭の最も光澤ある部分にして破面具殻狀をなし、顯微鏡下に見る時は透明且つ淡黄金色にして何等植物殘骸を認め得られず均一狀態をなすものなり、ビトレインは同氏等の説に従へば大古植物が炭化するに際し膠質化して集まり推積したるものにしてクラレインは其上表面に推積したる植物殘骸が膠質物化するものと集まりてなりたるものにて何れも石炭の成因に關し第一次的なるもデュレインは他より移動し推積したる第二次的の者なりと稱せり。

タイドウエル、ウイラー氏等は又石炭成分研究の第一階梯として石炭を構成する左記四

石炭乾餾工業

物體の化學的研究を行ひ左表の如き結果を得たり而して同氏等の使用したる石炭はハムステット炭 (Hamstead Coal) にして其試験したる項目は左の如し。

- (a) 工業分析
- (b) 原素分析
- (c) 各種溶劑に對する試験
 - (イ) ビリヂン
 - (ロ) アルコール
 - (ハ) クロ、ホルム
- (ニ) 二硫化炭素
- (d) 試薬に對する試験
 - (イ) 苛性加里のアルコール溶液
 - (ロ) 沃度溶液

此研究の結果による時は石炭の水分は(1)より(4)に至るに従ひ漸時減じ、灰分は之に反して順次増加す、而してビトレインの水分含有量の著しく大なるは此物體の膠質性に起因するが

比 原素分析(純炭換算%)	炭 發 窒 素 素 素 素 黃	水 業 分 析	揮 灰 分 分 分 分 (純炭換算%)	抽 出 物 體 (純炭換算%)	石炭中ニアル 性ナルモノ% α-化合物 β-化合物 γ-化合物	試薬ノ作用(純炭換算%) 苛性加里アルコール溶液ニ對スル溶解度 寒加 冷温	沃度吸收價(永久) 沃度溶液(24時間) 沃度溶液(6時間)	表中			
								α-化合物とは「ビリヂン」に不溶解なる物體	β-化合物とは「ビリヂン」に溶解し「クロ、ホルム」に不溶解なるもの	γ-化合物とは「ビリヂン」及「クロ、ホルム」に可溶性なるものを示すものなり	不溶解なる物體	不溶解なるもの
(I) Vitram.	七八、五 一三五、九 一一、三三三	一一、二 一、二二二	一一、二 一、二二二	三三、四 二六、六 二、八五	二七、〇 二五、八 九、二〇	五、六、一 五、七	二二、八 六、七、九	不溶解なる物體	不溶解なるもの	不溶解なるもの	不溶解なるもの
(II) Clarain.	七九、一 一三五、四 一一、〇二八	一〇、二 一、〇四五	一〇、二 一、〇四五	二七、二 二五、七	三〇、〇 二八、〇	五、五、四 五、二	二三、六 六、二、二	不溶解なる物體	不溶解なるもの	不溶解なるもの	不溶解なるもの
(III) Durain.	八〇、八 一三五、八 一一、〇三	一〇、二 一、〇四五	一〇、二 一、〇四五	二二、一 二一、六	四〇、〇 三九、〇	三、三、八 三、六	一七、八 五、一、三	不溶解なる物體	不溶解なるもの	不溶解なるもの	不溶解なるもの
(IV) Fusain.	八四、七 一三九、七 〇、六五	一〇、三 一、〇三九	一〇、三 一、〇三九	一〇、一	|||	||	四、四、三 四、三	不溶解なる物體	不溶解なるもの	不溶解なるもの	不溶解なるもの

如く、又原素分析の結果より云ふ時は(1)より(4)に至るに従ひ炭素含有量は増加し、酸素含有量は漸時減少す、而して各種試薬及加熱に對しては(1)より(4)に至るに従ひ漸時抵抗力大となるが如き傾向あり。

第三節 石炭中の窒素及硫黄化合物

(Nitrogen & Sulphur Compounds in Coal, their Behavior in Carbonization)

石炭中に存在する窒素及硫黄化合物は石炭乾餾工業に於て重要な關係を有する者にして窒素はアムモニア副産の見地より、硫黄は石炭瓦斯及骸炭中に來る硫黄不純物の見地より大に考慮を拂はざる可らず。

(一) 窒素化合物

石炭中に存在する窒素化合物は植物體の蛋白質物質の分解生成物たる事は明らかなる所にして、石炭中に窒素が如何なる形態として存在するかは明らかならざるも少くとも二つの異なる形として存在するは明らかなり、而して其一は不安定なるアミノ化合物 (Amino Com-

石炭中の
窒素及硫
黄化合物

窒素化合
物

ound) として熱の爲めに容易に分解せらる、又他の一は恐くばピロール類似の環狀化合物 (Five membered Ring Compound) にして其構造頗る複雑にして熱に對して頗る安定なり、而してアミノ化合物は乾餾により主として揮發性鹽基性物體を生じタールの成分をなす者なり、又安定なる環狀窒素化合物は五五〇—六〇〇度に於て除々に分解し初めアムモニアを發生するも其生成は七〇〇—七五〇度迄は盛ならず而して普通の石炭の乾餾溫度に於ては窒素の五〇—六〇%は複雑なる窒素及炭素の化合物として骸炭中に殘留し此窒素化合物の一部水蒸氣の添加により初めてアムモニアとして放出せらるゝ者なり。

石炭中の窒素含有量は石炭の種類により著しく異なる者なるも普通〇・五—一・五%にして二%を超ゆる者は極めて稀なり左表は著者が分析したる本邦主要石炭の窒素含有量を示す者なり。

炭坑名	窒素含有量(%)
金田八尺	一・二七
田川八尺	一・二二
鯉田三尺	一・四〇
豐國四尺	一・二六

本邦産主
要石炭の
窒素含有
量

石炭乾留工業	
忠 限 五 尺	一・三三
明 治 五 尺	一・四〇
滿ノ浦 五 尺	一・二二
高島 一 二 尺	一・二〇
夕 張 本 層	一・七六
本 溪 湖 一 接	一・七二
撫 順 塊	一・一九
淄 川 F 九 層	一・四七
博 山 黑 山 坑	一・三七
開 平	一・三七

右表に掲げたる石炭の多数は本邦に於て石炭瓦斯及骸炭製造原料炭として使用せらるゝ者にして何れも窒素含有量は比較的大なり、而して此等の窒素化合物は乾留中に於て其一部はアムモニア及青酸に變ず。

(イ)アムモニア (Ammonia)

今假に石炭中の窒素含有量を一・四%とする時は石炭一噸中に存在する窒素は三二・三六封度にして此窒素が全部石炭乾留中にアムモニアとして放出せられ且つ之を全部硫酸アムモニ

アムモニア

アとして回収し得る者と假定する時は石炭一噸より一四七八封度の硫酸アムモニア(NH₃)₂を生成する事となる者なり、然れども實際石炭乾留工業に於て回収し得るアムモニアの量は石炭の窒素含有量の一三一・一五%に過ぎざれば從て回収硫酸アムモニア量は約三〇封度に過ぎず。

然れどもモンド瓦斯製造の場合の如く石炭加熱中に水蒸氣を導入する時は一噸の石炭より六〇—一〇〇封度の硫酸アムモニアを製する事を得回収率約六〇%に達する者なり。

左表は一はオット式骸炭爐、一は間斷式直立レトルトを使用して石炭中の窒素が乾留中に其各製品中に如何に分布せらるゝかを試験したる結果を示す者なり。

石炭乾留中に於ける窒素の分布		
骸炭中に	骸炭爐	瓦斯レトルト
瓦斯中に	四三・二二%	四六・三〇%
タール中に	三七・一二%	三九・二三%
アムモニアとして	二・九八%	—
青酸として	一五・一六%	一三・〇五%
石炭中窒素含有量 (タルハム炭)	一・四三%	一・四二%
	一・五七%	一・七五%

コールター
ル中の
窒素の分
布

石炭乾留工業

三六

ワットソン・スミス氏 (Watson Smith) は又石炭乾留一試験に於て其生産物たるコールター
ル中にも窒素を平均一・六七% (主として鹽基性物體) を含有する事を發見し、其コールター
ルを分留したるに各留物中に窒素が左表の如く分布せらる事を見たり。

分 留 物	窒素含有量(%)
粗製ベンゾール	二・三二七
輕 油	二・一八六
クレオソート油	二・〇〇五
アンストラシン油	二・一九四
ピ ッ チ	一・五九五

而して氏は沸騰點低き留油中には主としてピリジン鹽基、中間油にはキノリン鹽基、ア
ンストラシン油及ピッチ中にはカーバゾール、アクリジン等の高沸點を有する窒素化合物を
有する事を知れり。

又同氏は石炭乾留生成物たる骸炭中の窒素含有量を檢して左表の如き結果を得たるが之を
以て之を見れば石炭瓦斯製造の場合の如く乾留時間短かく且つ溫度低き場合に於ては石炭中
の窒素を揮發せしむる事は骸炭製造の場合に於けるよりも困難なる事を知る可し。

骸炭中の
窒素含有
量

骸炭種類	窒素含有量(%)
瓦斯 骸 炭	一・三七五
制司骸炭 (サイモンカルプ式)	〇・三八四
同 (ビーハイプ式)	〇・五一一

石炭乾留中に於けるアムモニアの生成原理は複雑なる者なるもアムモニアは五〇〇度以下
に於ては多く發生せられずして普通八五〇度位に於て最も盛に發生せらる、而して此アムモ
ニアは石炭中に存在する窒素化合物の一なる比較的安定なる環狀炭素窒素化合物の分解によ
り發生せらるゝが如く他の不安定なるアミノ化合物よりは生ぜざるが如く又生せらるゝも其
量極めて少なきが如し、而してアムモニアの發生は單に熱の作用にのみよる者にあらずして
乾留中に發生せらるゝ水蒸氣、水素及其他の瓦斯の存在が其發生を扶くるが如し。

テルベット氏 (Terret) は石炭乾留中に石炭層中に水素瓦斯を通ずる時は著しくアムモニ
アの生産量を増加するを發見せり左表は同氏が四吋鐵管中に一〇〇瓦の石炭を入れ漸時炭化
溫度を上昇せしめ其中に通過する水素瓦斯の量も漸時増加して試験したる結果を示す者にし
て表中(一—四)は八〇〇—一〇〇〇度の間に順次溫度の上昇を示したる者なり。

アムモニ
ア生成理
論

乾留温度

一噸の石炭より得らる、
硫酸アムモニア封度數

(一)	二九・六五
(二)	三四・二〇
(三)	五二・三〇
(四)	五七・〇二

氏は此實驗の結果より石炭の乾留に於て温度上昇すればする程石炭の窒素は多く逐ひ出さるゝ者なりと断定せり、然れどもアムモニア瓦斯は高温に於ては其組立原素たる窒素及水素に分解し又赤熱せられたる炭素に觸れて青酸化合物を生ずる者なればアムモニア生成量に關しては此等の事實を考慮に置かざる可らざる事を附言せり。

石炭乾留に於てアムモニアの生成は石炭中の窒素が還元作用を受け生ぜらるゝ者たる事は明らかなる所なるがアムモニア瓦斯は元來不安定なる化合物にして高温に於ては容易に其組立原素たる窒素及水素に分解する事は左に掲ぐるハーバー、ヤング兩氏 (Haber; Young) の實驗の結果によつて明らかなり。

ハーバー氏アムモニア分解實驗結果

アムモニアの分解

温度	分解		アムモニア容%
	水素容%	窒素容%	
二七	一・一二	〇・三七	九八・五一
三二七	六八・四六	二二・八二	八・七二
六二七	七四・八四	二四・九五	〇・二一
九二七	七五・〇〇	二五・〇〇	〇・〇二
一〇二〇	七五・〇〇	二五・〇〇	〇・〇一

即ち此結果により見る時はアムモニアは六二七度に於て已に大部分分解し終る者なる事を知る。

然るに吾人が石炭乾留を行ふ如き一〇〇〇度以上の温度に於て發生せられたる石炭瓦斯中にアムモニアの存在する理由は全く石炭瓦斯の製造に於ては其發生せらるゝ瓦斯中に存在するアムモニアの量は極めて少量にして従て其分壓小なると、又アムモニアが高熱せられたるレトリト面に觸れて分解せらるゝの機會少なきによる者にして直立式レトリトを用ひたる際に於ける瓦斯中にアムモニアの含有量多きは又此理に基く者なり、即ち直立式レトリトに於ては生ぜられたる瓦斯が炭層内部の温度比較的低き部分を通過しレトリト外に逸出し以てアムモニアの分解する機會少なきによる者なり。

前述ハーバー、ヤング氏等の實驗は純粹なるアムモニア瓦斯に就て行ひたる者なるが若しアムモニア瓦斯を石炭瓦斯にて稀釋してアムモニア含有量を一五%、一〇%及五%とし其分解の有様を驗するに加熱溫度七八〇度に於ては各々の場合に於て其八〇%、三〇%及二〇%のアムモニアが分解せらるゝに過ぎざる事を見たり而して實際に石炭瓦斯中に含有せらるゝアムモニアの量は極めて少量なる者なれば高溫度に於て之が分解せらるゝ量も又極めて少量なる事を想像する事を得る者にして實際石炭瓦斯中にアムモニアの存在する理由も又明らかなり。

青酸

α青酸 (Hydrocyanic Acid)

石炭瓦斯中に存在する青酸及其化合物は石炭乾留の直接分解生成物にあらずしてアムモニアの高溫分解生成物と考へらる可き者なり、即ちアムモニアは高溫に於て容易に分解して窒素及水素に變ずる者なる事は前項に於て述べたる所なるが斯くの如くして生ぜられたる窒素はレトルト内の高熱せられたる炭素に觸れサヤノーゲン瓦斯(C₂N₂)を生じ、又アムモニア瓦斯は石炭瓦斯の一成分たる一酸化炭素と作用して複分解を起し以て青酸瓦斯(HCN)を生ずる者なり。

青酸の生成

ブエプ氏(Bueb)は青酸生成の原理を研究する爲めに六〇〇—一〇〇〇度に加熱せられたる木炭層にアムモニア瓦斯を通じたるに六〇〇度には四%及一〇〇〇度には二四%のアムモニアが青酸に變せられ其他は分解して窒素及水素を生ずる事を知り、氏は又石炭瓦斯を用ひて同一の實驗を行ひたるに一一五〇—一一八〇度にはアムモニアの六〇%は青酸に二〇%は窒素及水素に餘りの二〇%は分解せずしてアムモニアとして存在する事を見たり。

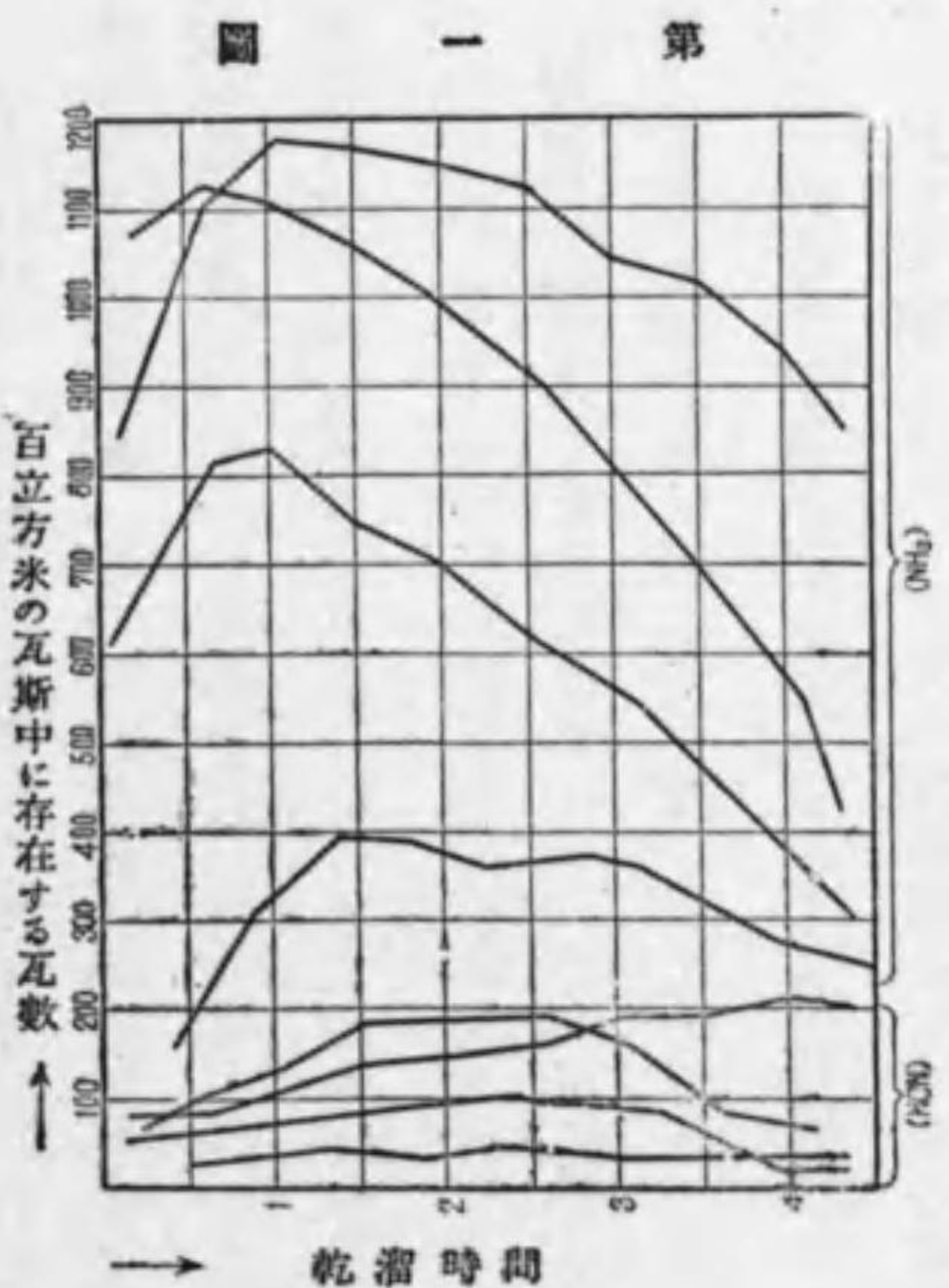
此實驗の結果より見る時はアムモニアが石炭瓦斯にて稀釋せられたる状態にある時は之が青酸に變ずる量非常に増大する者にして此理由は第一、石炭瓦斯中の炭化水素が高溫に於て分解して發生期炭素(Nascent Carbon)量を増加し、窒素が炭素と結合するの機會を増す事、第二、石炭瓦斯はアムモニアの稀釋劑となり其分解を防ぎ以てアムモニア瓦斯と炭素と作用する機會を増加せしむる事に基くものなり。

又クルマン氏(Kulmann)は一酸化炭素、アムモニアの混合瓦斯をして白金海綿の層を通せしめ以て青酸の生成せらるゝ者たる事を知り、之と同一の反應が石炭瓦斯製造中にも行はる事を想像し、次に發生爐瓦斯中にアンモニアを混じりて白熱炭層を通せしめたるに又多

量の青酸の生成を確め、且つ此反應は一〇〇〇度位の温度に於て最も盛に行はるゝ者たる事を知れり。

斯くの如く青酸は石炭乾留に於てレトルト温度が比較的高温に達して後アムモニアの分解作用によりて生ぜらるゝ者なる事は明らかなる所なれば其生成量は全く石炭瓦斯中に存在するアムモニアの量により増減せらるゝ者なり。

石炭瓦斯中のアムモニア及青酸含有量



縦軸には生成瓦斯一〇〇〇立米中に存在するアムモニア及青酸の瓦数を示す者なり。

普通粗製石炭瓦斯中には一—二容%のアムモニア及〇・一—〇・二容%の青酸を含有する者なり。

第一圖は水平式レトルトを用ひ四種の石炭を乾留し以てアムモニア及青酸の生成経過を試験したる結果を示す者なり圖中横軸には炭化時間、

又獨逸瓦斯試験所 (Lehr u. Versuchsgasanstalt) に於てルール瓦斯炭を使用し石炭瓦斯製造に於て石炭中の窒素がアムモニア及青酸として如何に分布せらるゝ者なるかを試験したる成績結果は次表の如し。

炭化温度	一一五—一二四〇度
石炭中の窒素(%)	一・五六
アムモニア	
石炭一〇〇斤より得らるゝアムモニア(瓦)	二四六
石炭中の窒素に對する百分比	一三・〇
青酸	
石炭一〇〇斤より得らるゝ青酸(瓦)	七九
石炭中の窒素に對する百分比	二・九

(二) 硫黄化合物

石炭中に存在する硫黄化合物は之を左の三種に大別する事を得。

- (イ) 硫化鐵礦 (FeS₂; Pyrite; Marcasite)
- (ロ) 硫酸鹽類 (Sulphate Sulphur)
- (ハ) 有機硫黄 (Organic Sulphur)

硫黄化合物
石炭中の硫黄化合物の種類

硫化鐵鏽は石炭の灰分の一部を形成する者にして粉狀、塊狀として極めて不規則に石炭中に散在す、又有機硫黄は石炭實體の一部を形成する者にして植物蛋白質に其根源を有するが如く、硫酸鹽類は新撰なる石炭には其含有量少量なるも風化を受けたる石炭中には可なり多量に存在する事あり。

著者は本邦産數種の石炭に就て各種硫黄化合物の含有割合を検したるに左表の如き結果を得たり。

炭坑名	硫黄總量%		硫化鐵鏽として		硫酸鹽として		有機硫黄 (B+C)
	A	B	B	C	B	C	
金田五尺	〇・五四	〇・〇三	〇・〇一	〇・五〇	〇・〇一	〇・五〇	〇・五〇
田川八尺	〇・八五	〇・一六	〇・〇三	〇・六六	〇・〇三	〇・六六	〇・六六
忠隈八尺	〇・五〇	〇・〇二	〇・〇二	〇・四六	〇・〇二	〇・四六	〇・四六
三池	二・八四	〇・三一	〇・〇九	二・四四	〇・〇九	二・四四	二・四四
多久五尺	五・四九	〇・六九	〇・〇六	四・四九	〇・〇六	四・四九	四・四九
芳ノ谷五尺	一・一〇	〇・四六	〇・一一	〇・五三	〇・一一	〇・五三	〇・五三
高島一二尺	〇・五八	〇・一一	〇・〇二	〇・四六	〇・〇二	〇・四六	〇・四六
夕張本層	〇・五三	〇・〇三	〇・〇一	〇・四九	〇・〇一	〇・四九	〇・四九

本邦産主要石炭中の硫黄化合物

石炭乾留中に於ける硫黄の分布

而して石炭中の硫黄含有量は平均〇・五—三%位にして石炭の乾留に於て平均左表に掲ぐるが如く各生産物中に分布せらるゝ者なり。

該炭中に	四四・七%
タール中に	三・四七%
瓦斯中に	四・一八%
瓦斯液中に	七・七六%

石炭中に存在する硫黄化合物の分解の有様はポウエル氏 (A.K. Powell; Amer. Gas. Assoc. Techn. Sect. Vol. 2 1920 pp 244—245) が深く研究したる所にして其研究の概略は左の如し。

元來黄鐵鏽は之を加熱する時は含量の半量の硫黄は之を遊離硫黄として放出する者なるも石炭の存在に於ては之か直ちに全部硫化水素に變ずる者なり、又有機硫黄も其三分の一乃至四分の一は分解して硫化水素として發生し餘りは安定なる硫黄炭素化合物として殘留する者なるも此安定化合物の一部も又高温に於ては水素の作用を受け硫化水素として發生せらるゝ、之に反して石炭中の硫酸鹽は乾留中殆んど全部變化を受けずして骸炭中に殘留すると云ふにあり。

石炭乾留中に於ける硫黄化合物の分解の有様

斯くの如く石炭中の硫黄化合物は乾餾中一部は分解して石炭瓦斯中には主として硫化水素、二硫化炭素等として存在し石炭中の硫黄含有量大なれば大なる程又乾餾温度の高ければ高き程瓦斯中に來る硫黄量を増加する者なり又ムック氏 (Muck) の研究の結果によれば石炭中に多量の硫化鐵、硫酸鐵又は炭酸鐵の如き者を含有する時は此等の化合物は石炭の乾餾に於て還元せられて金屬鐵を生じ之が石炭中の硫黄と化合して之を固定し以て揮發性硫黄の量を減する者なりと、又石炭中に其他の鹽基性金屬化合物を含有する時に於ても同一の結果を呈する者なり。

石炭乾餾生成物たる該炭中には硫黄は一部は有機性硫黄として又一部は鐵、石灰、マグネシウム等の硫化物として、又タール中には有機硫黄化合物として、瓦斯液中には硫化物、硫酸鹽等として存在す。

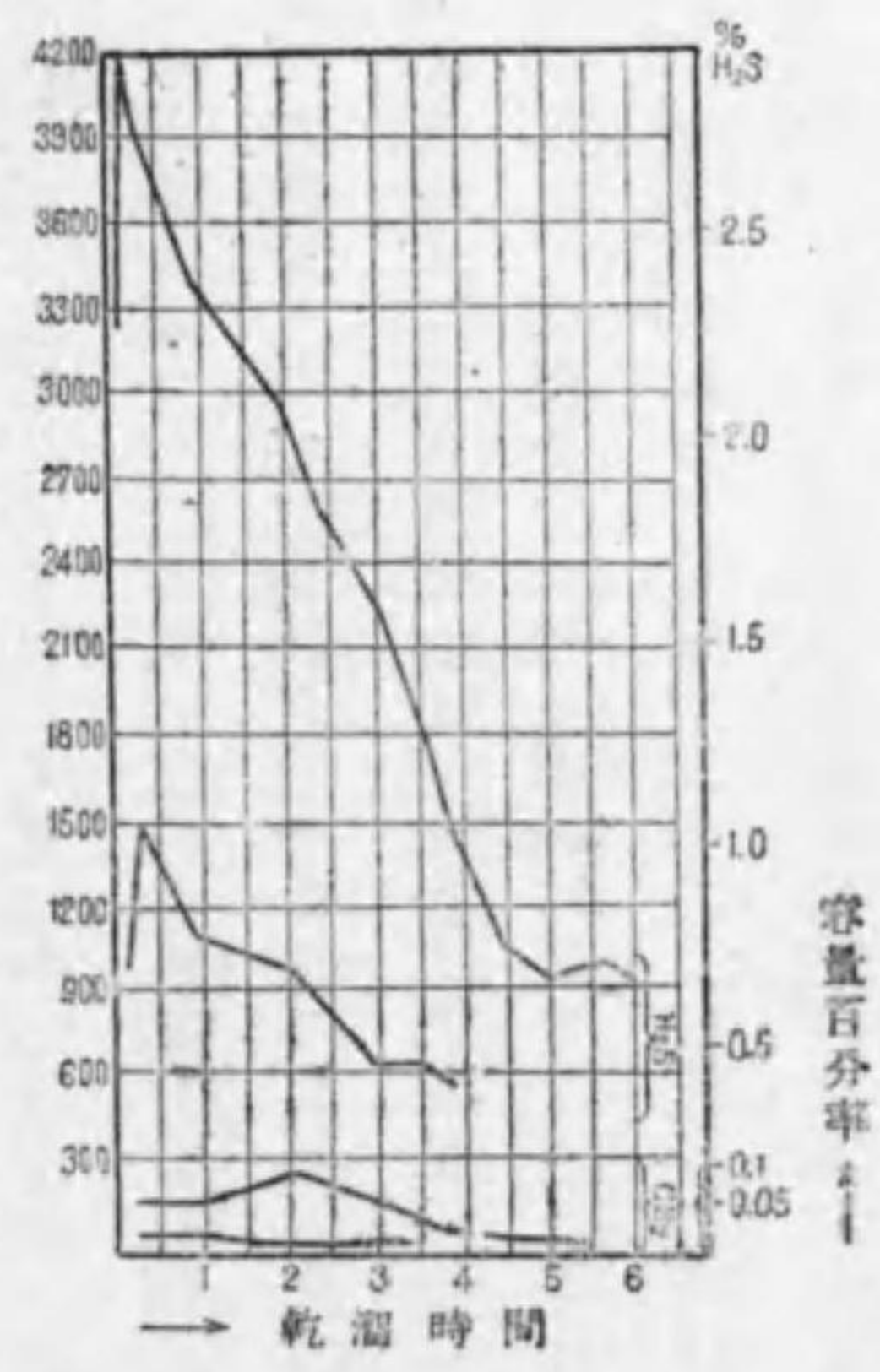
次に掲ぐる表は獨逸瓦斯試驗所に於て水平式レトルトを使用して行ひたる試験結果を示す者にして、之によりて之を見れば石炭中の揮發性硫黄の只一部分が瓦斯中に分布せらるゝ者なる事を知る事を得。

乾餾温度	一〇〇立米の精製瓦斯中に存在する硫黄(瓦)		粗製瓦斯中の硫化水素容% (昇管に於て)		一〇〇立米粗製瓦斯中のアムモニア (瓦) (〇度、七六〇 耗) (昇管に於て)		一〇〇立米粗製瓦斯中の青酸(瓦) (〇度、七六〇 耗)	
	一〇五〇	四二・七	一一・一	一〇五九	二〇六			
一一六五	五五・五	〇・八八	三五七					
一二五〇	五八・六	〇・八四	五七五	三四五				
平均	五二・三	〇・八六	六七三	二八六				
一〇〇貯の石炭に對し	一五・九六(瓦)	〇・三八六(貯)	二〇七・八(瓦)	四五・九(瓦)				
石炭中の硫黄含有量に對する百分率	一・八八%	四五・四%						
石炭中の窒素含有量に對する百分率	—	—	一一・三%	三・五三%				

比較的低温に於て生ぜられたる瓦斯中には多量の硫化水素を含有するも乾餾温度が上昇するに従ひ其量を減す、此事實は低温生成物たる硫化水素が高温に於ては赤熱せられたる炭素に觸れて分解せられて二硫化炭素を生ずるにより起る者にして、斯くの如くして生ぜられたる二硫化炭素は高温に於ては水蒸氣の爲めに再び分解せらるゝ (CS₂ + 2H₂O = 2H₂S + CO₂) 者なれば甚だしく温度上昇したる場合に於ては又二硫化炭素の生成は比較的少なき者なり、第二圖は石炭炭化中に於ける硫化水素及二硫化炭素の生成の有様を示す者にして圖中横軸は乾餾時間縦軸は一〇〇立米の瓦斯中に存在する硫黄量(瓦)を示す者なり。

石炭瓦斯中の硫化水素及青酸量

第二圖



研究せらるゝも未だ何れも工業的成功の域に達したるを聞かず。

石炭中に存在する硫黄化合物は石炭瓦斯の製造に於ては瓦斯の不純物たる硫化水素發生の原因をなし、又骸炭製造に於ては骸炭中の硫黄含有量を増し此等の工業に於て最も忌む可き不純成分なりとす近年各所に於て石炭の脱硫法 (Desulphurization) 等

石炭の灰分

第四節 石炭の灰分 (Ash of Coal)

石炭中には常に悪石を混する者にして悪石に二種あり一は塊状をなす所謂松岩他は層状をなす挾とす、此等の礦物質は石炭を採掘する時に多少石炭中に混入し來りたる者にして此外石炭實體中には多少の礦物質を含有す、此種類、性質、色澤、熔融度等は石炭の種類により異なるも之を其根原より二種に區別する事を得、即ち一は黄鐵礦、頁岩、石膏等の如く外部

灰の含有量及其成分

より石炭中に浸入し來りたる者にして一般に石炭中に不均一に分布せらる、他は之に反して石炭を構成したる植物質に其根原を有する者にして一般に石炭中に均一に分布せらる。
本邦産石炭の灰の含有量は著者の研究によれば二—五%にして如何なる石炭も二%より少量なる事なく普通一等炭と稱する者にも七%内外の灰を含有す。
石炭の灰を化學的に云ふ時は、硅酸 (SiO₂)、アルミナ (Al₂O₃)、酸化鐵 (Fe₂O₃)、酸化石灰 (CaO) にして其他少量のマグネシヤ、チタニウム、アルカリ、磷、硫黄等の化合物を含有す而して此等の成分含有量は石炭の種類により甚だしく異なるも左表は石炭灰成分の代表的極限量を示す者なり。

成分	含有量 (%)
硅酸 (SiO ₂)	四〇—六〇
アルミナ (Al ₂ O ₃)	一〇—三五
酸化鐵 (Fe ₂ O ₃)	五—二五
酸化石灰 (CaO)	一—一五
マグネシヤ (MgO)	〇・五—四
酸化アルカリ (K ₂ O + Na ₂ O)	一—四

石炭の灰は如何なる見地よりするも使用上不利なる者にして其大なる者は發熱量を著しく低下せしむるは勿論、熔融點の低き者にあつては所謂クリンカー（熔滓）を生じ其の使用上甚だ困難を感じる者なり。

灰の熔融度

石炭の灰の熔融點は左式を以て略々其高低を判断せらるゝ者にして此分數價の大なる程其熔融點一般に高し。

$$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO}}$$

著者は曾て本邦産主要石炭に就て此分數價を計算し且其灰の熔融點を實際に檢し此兩者を比較したるに其結果の略々一致するを見たり而して左表は其結果を示す者なり。

炭種	金田	田川	忠隈	三池	多久	芳谷	高島	夕張
矽酸アルミナ	55.35	55.50	55.70	55.70	54.40	56.76	57.15	55.75
酸化鉄	35.50	33.00	35.70	33.30	32.70	36.66	39.95	36.75
酸化カルシウム	9.75	5.50	7.80	3.50	2.70	3.30	8.55	5.40
酸化マグネシウム	9.00	11.50	8.80	26.00	20.40	24.30	6.80	11.90
熔融點	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150

成分	1	2	3	4	5	6	7	8
マгнеシヤ	1.25	1.25	1.25	2.60	4.20	6.70	1.21	3.50
酸化マンガン	0.00	0.01	0.02	0.12	0.33	0.50	0.09	0.00
硫黄	0.21	0.31	0.32	1.27	1.87	2.71	3.40	5.10
燐	0.02	0.03	0.02	0.07	0.00	0.00	0.07	0.10
酸化アルカリ	2.00	1.20	0.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
熔融點	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100
石炭灰分含有量 (%)	10	8	11	7	10.00	5.80	3.50	6.30

ダン氏の研究

又ダン氏 (J. T. Dunn; Journ. of Soc. Chem. Ind. Jan. 15, 1918) は石炭の灰分と其熔融點との關係に就て研究し左表の如き結果を得たるが此結果より其成分と熔融點との關係を略々推知する事を得。

炭種	Durham	Durham	Northumberland	Durham	Durham	China-Clay
矽酸アルミナ	50.80	51.10	53.70	53.30	52.80	51.80
酸化鉄	33.50	30.60	35.00	38.80	38.20	40.50
酸化カルシウム	12.00	11.90	8.70	11.70	11.70	10.90
酸化マグネシウム	12.00	11.90	8.70	11.70	11.70	10.90
熔融點	1100	1100	1100	1100	1100	1100

酸化マンガシ (MnO)	0.10	0.30	痕跡	0.20	痕跡	—
酸化石灰 (CaO)	1.12	0.92	五、六	一、三	0.45	0.26
マグネシヤ (MgO)	0.82	0.72	一、三	0.43	0.72	0.26
酸化アルカリ (K ₂ O & Na ₂ O)	1.15	二、五	二、九	二、三	1.41	0.26
酸化チタニウム (TiO ₂)	0.22	0.21	一、三	一、三	1.41	一、七
熔 融 點	1100度	1170度	二、三〇度	二、四〇度	二、五〇〇度	—

又プロスト氏 (E. Prost; J. Soc. Chem. Ind. 1897, 16,900) は石炭の灰の分析の結果より左式に於ける如く Q (Refractory Quotient) の値を求むる時は此値の大なれば大なる程其熔融度大なりと稱せり。

$$Q = \frac{0 \text{ in CaO} + \frac{0 \text{ in Al}_2\text{O}_3}{0 \text{ in Fe}_2\text{O}_3 + 0 \text{ in MgO}}{0 \text{ in SiO}_2 + 0 \text{ in Al}_2\text{O}_3}$$

又石炭の灰の成分は石炭の粘結性に幾分の影響を及ぼす者にして石炭の灰中に硅酸の量が増大すればする程其粘結力を害する傾向を有する者なり、又灰中に鐵を多く含有する時は之を燃焼するに當りて熔融點低き硫酸第一鐵を生じ所謂クリンカーを生ずる傾向を示す者なる

石炭の灰
と其粘結
性の關係

石炭灰中
の磷

も骸炭製造等の場合に於ては幾分粘結性を扶くる作用を營む者なり。

石炭中には前述の如き礦物質の外時として食鹽、鹽化加里、鹽化マグネシウム等の如き可溶性鹽類を含有する事あり、此等の不純物は多くは洗炭を行ふ場合に洗滌水中より來る者にして斯くの如き鹽類を含有する石炭を乾留する時は骸炭爐の爐壁は之が爲めに著しく浸害せらるゝ者なり。

石炭の灰の一員をなす磷は其量極めて少量なるも此等の石炭を原料とする骸炭を製鋼用銑鐵の製造等に使用する場合には甚だしき害を其製品に及ぼす者なれば、此種用骸炭の磷含有極限量を〇・〇二%とせらる。

石炭中に磷が如何なる形態として存在するやは明らかならざるも其一部は植物體の胞子より來る者たる事はカルノー氏 (Carnot) が唱導したる所にして、又一部は石炭の灰の一部を形成する磷酸石灰及磷酸アルミニウム等の如き磷酸鹽類として存在す而して石炭中の磷は之を乾留する場合に殆んど全部骸炭中に残留する者なれば骸炭製造原料として石炭を撰擇する場合には大に注意を拂はざる可らず。

石炭の粘
結性

第五節 石炭の粘結性 (Caking Property of Coal)

石炭を乾留するに當りて何れの石炭も三〇〇度位の溫度に於て分解し初め溫度の上昇するに従ひて其分解は益々激烈となり普通一〇〇〇度位の溫度に於て乾留は終了し乾留残渣として所謂骸炭を殘留す斯くして生ぜられたる骸炭は石炭の種類により緻密堅牢なるものあり、脆弱多孔性なるものあり、又全く粘結せずして粉狀をなすものあり、吾人は前者を粘結性炭と名づけ、最後のものを不粘結性炭と名づけ、而して此の兩者の間には種々なる程度の粘結性を有する石炭が存在す、斯くの如く石炭により著しく其粘結性は異なるものなるが然らば石炭の粘結性は如何なることに起因するやと云ふに其學說甚だ多く之れを明かに説明し得たるものなしと雖今次に其主要なるものに就て説述し以て本邦産石炭の粘結性に論及せんとなす。

ムック氏 (Dr. Muck) の説は石炭を加熱するときは何れも多少熔融するものにして更に之れを高熱に加熱するときは分解して瓦斯を發生し後に骸炭を殘留す、而して石炭を加熱するに當りて熔融し難き石炭にありては一度此の物體が熔融するや粘稠なる状態となり分解生成物たる瓦斯の放出困難となり従て炭塊は膨脹す、然るに熔融し易き石炭に於ては熔融するや稀薄なる状態となり分解生成物たる瓦斯の放出容易にして従て炭塊は膨脹せず此差異が即ち骸炭に緻密性又は多孔性なる種々なる形態のものを生ずる所以なりとせり、而してジブトナー氏 (Jüppner) は此現象は恰も種々なる粘稠度の液の醱酵作用に類似するものなりとして此説を扶けたり。

ウェツデンク及ラウ氏 (Prof. Wedding & Prof. Rau) 等の説は石炭を乾留するときは之が分解して瓦斯を發生すると同時にタールを發生しタールは石炭小片を互に結合し、之が更に高温に加熱せられて分解し遊離炭素を生じ之れが骸炭末を粘結して以て堅密なる骸炭を生ずると云ふにあり、之を以て石炭の骸炭歩留の大なる、即ち揮發分の含有量の小なるものがありては (無煙性炭及無煙炭) 堅密なる骸炭を生せず、之れ此等の石炭の乾留に於てタールの生成少きがためなり、又石炭を乾留するに當りて炭化緩徐なるときは又堅密なる骸炭を作らず、之れ乾留初期に於て生ぜられたるタールが分解せずして免れ去る機會を與ふるがためなり。

又石炭の骸炭歩留の小なる乃ち揮發分含有量の大きなるものも堅密なる骸炭を生せず之れ一

は石炭が粘結する時期に於て瓦斯の放出盛にして其粘結を妨害するによると、二は石炭乾餾中に生ぜらるゝ「タール」中の酸素含有量の異なるものにして斯くして生ぜらるゝタール中の酸素含有量の異なるものは殆んど粘結せず、之を以て石炭を乾餾するに當りては若し石炭の揮發分少なき場合には幅の狭き炭化爐を使用し、急激なる加熱を可能ならしめ以て少量の揮發分をでき得るだけ能く利用する如くせざるべからず、之に反し揮發分の大なる石炭の乾餾に當りては幅の廣き骸炭爐を使用する如くせざるべからず、此事項は實際骸炭製造家が骸炭爐の撰擇又原料炭の撰擇に當りて意を用ひざるべからざることなりとす。

アンダーソン氏 (Anderson) は石炭の粘結性は石炭中に存在する樹脂様物質によるものとし、又ベッドソン氏 (Bedson) は石炭の粘結性は石炭のピリヂン抽出可能性物體により起るものたることを唱導し、ウィラー氏 (Wheeler) は石炭のピリヂン抽出物體中クロホルムに可溶性なる所謂樹脂質物體即ち「化合物が石炭に粘結性を附與するものなることを唱へたり。

パール及オリン氏 (Prof. Pharr & Olin) 等の説は石炭が粘結するためには第一に石炭中に必ずある一定の熔融點を有する物體を含有せざるべからず、第二に此の物體が分解し始む

るは常に其熔融點以上に於てす、第三に第一及第二の條件を満足せしむる物體は不飽和化合物にして酸化に依り其分解溫度下降し、第二の條件を満足せざるに至り従て石炭は粘結せざるに至るものなり、此事實は石炭を長く空氣中に曝露せしむるときは其粘結性を失ふ事實と相一致するものなり。

即ち同氏等の説は石炭が粘結し堅密なる骸炭を造るためには石炭中に存在する粘結成分が熔融して石炭質を結合し以て次に之れが分解して石炭質を堅密に粘結すると云ふにあるものにして同氏等は此の物體をピチューメンと名づけたり、而してピチューメンは石炭を構成したる木材の樹脂質に其根原を有するものなるを附言せり。

レウエス氏 (Prof. Lewes) は石炭は炭素残渣 (Carbon Residium) 腐植質 (Humus Body) 樹脂質物體 (Resinous Body) 炭化水素 (Hydrocarbon) の四物體よりなるものにして此内炭素残渣及腐植質が石炭本體となり樹脂質物體及炭化水素が之れを結合して所謂石炭の實體を形成するものにして石炭に種々なる種類を生ずるは此等四物體の混合の割合の差によりて起る現象なりと説明せり、而して同氏は石炭の粘結性は樹脂質物體及炭化水素の存在によるものなりとせり即ち此等の二物體は三〇〇—四〇〇度に於て熔融し同時に石炭は軟化し少しく

温度上昇するときは樹脂質物體は分解し最初に飽和及不飽和の炭化水素及酸素含有物體を發生し尙温度上昇するときはタールを生じ更に分解して後にピッチ様物體を残留す、而して此際若し石炭中の腐植質の含有量他の物體に比し左程大ならざるときに於てはピッチは石炭を能く結合して骸炭を形成す、然るに斯くの如くして生ぜられたるものは未だ軟弱なるものなるも温度上昇するに従ひピッチは漸次分解し一〇〇〇度前後に於ては殆んど完全に分解して遊離炭素を残留して堅密なる骸炭となるものなりとせり。

近年イリソグウオース氏 (S. B. Illingworth; Society of Chemical Industry 1920, May 31.) は石炭の低温に於ける分解の有様及其粘結状態に就て研究し次の如き説を唱導せり即ち石炭質は之を三要素に分類するを得るものにしてピリヂンに不溶解なる残渣 (α -Cellulosic) ピリヂンに溶解してクロロホルムに不溶解なるベタ纖維素質 (β -Cellulosic) 及ピリヂンに溶解し且つクロロホルムに溶解する樹脂質物體 (γ -Compound) 之れなりと、而して石炭の粘結性は勿論石炭中の樹脂質物體によりて起るものにして其量及質によりて粘結性の強弱を來すことは勿論なり、而して石炭は骸炭爐中に於て初め熔融し、分解し、揮發分を發生し、炭素に富む物體を残留するものにして石炭質中の β 纖維素質物體及樹脂質物體は五〇〇度以下の温度

に於て分解し始むるものにして此時機に於て石炭中に最低限度として五・五%以上の樹脂質物體を含む石炭に於ては粘稠なる熔融塊を生じ分解瓦斯の發生のために塊は海綿狀となり樹脂質が漸次分解するにつれ其粘稠度を増し遂に半固形體となり尙分解が進むに従ひ遂に堅密なる骸炭を形成す、而して石炭の樹脂含有量前出最低限度以下のものにおいて堅密なる骸炭を生ぜずと。

又ある人の研究の結果による時は石炭はヒューマス體と樹脂質物體との混合よりなるものなるが右二者の内石炭に粘結性を附與する者は樹脂質物體にしてフューマス物質は少しも粘結性を有せず、即ち酸素含有量の大なる石炭の粘結せざるは之が爲めなりと又酸素含有量より云ふ時は酸素含有量の大なる石炭は揮發分多く骸炭歩留少なく且つ粘結力少なり、而して酸素含有量一〇%以上又四%以下の石炭は一般に粘結せず尙本問題に關して一七頁參照。

第六節 石炭の分類 (Classification of Coal)

石炭の分類法は其生成の年代有様等よりするもの、又化學的成分よりするもの、又其用途等よりするもの等種々あるも次に掲ぐる數種は今日各國に於て採用せらるる主要なるものな

石炭の分類

り。

(一) グリユナー氏分類法 (Gruner Classification)

同氏の方法は無水、無灰の石炭として其炭素、水素、酸素の含有量に基礎を置きたるものにして左表は之を示すものなり。

石炭の種類	成分			粘結状態	発熱量(純炭)
	炭素	水素	酸素		
一 不粘結炭(長焰性)	五五.六六	七五.八〇	四.五五	一五.〇一	一九.五
二 粘結瓦斯炭(長焰性)	六〇.六八	八〇.八五	五.〇五	一〇.〇一	四.二
三 粘結炭	六八.七四	八四.八九	五.〇五	五.五	一.〇
四 粘結炭(短焰性)	七四.八二	八九.九一	四.五五	五.五	一.六
五 無焰性及無焰炭	八二.九〇	九〇.九三	四.〇四	五.三〇	一.五

(二) セイラー氏分類法 (Seyler Classification)

同氏は石炭の炭素及水素の含有量より之を左表の如く分類し炭素含有量八四%以下のものにありては炭素含有量のみで就て分類せり。

Seyler's Classification

セイラー
分類法

Hydrogen Per cent.	Carbon Per cent.	Genus	Anthracitic	Carbonaceous	BITUMINOUS.						LIGNITIOUS.			
					Meta	Ortho	Para	Meta	Ortho	Per-meta-bituminous	Per-ortho-bituminous	Per-para-bituminous	Meta-lignitious	Ortho-lignitious
Over 5.8 ...	Per-bituminous	—	—	—	Per-meta-bituminous	Per-ortho-bituminous	Per-para-bituminous	—	—	—	—	—	—	—
5.0 to 5.8 ...	Bituminous	—	—	Pseudo-bituminous	Meta-bituminous	Ortho-bituminous	Para-bituminous	Meta-lignitious	Ortho-lignitious	—	—	—	—	—
4.5 to 5.0 ...	Semi-bituminous	—	—	Ortho-semi-bituminous	Sub-meta-bituminous	Sub-ortho-bituminous	Sub-para-bituminous	Sub-meta-lignitious	Sub-ortho-lignitious	—	—	—	—	—
4.0 to 4.5 ...	Carbonaceous	Semi-anthracitic	Ortho-anthracitic	Ortho-carbonaceous	Pseudo-carbonaceous (Sub-meta-bituminous)	Pseudo-carbonaceous (Sub-ortho-bituminous)	Pseudo-carbonaceous (Sub-para-bituminous)	—	—	—	—	—	—	—
Under 4.0 ...	Anthracitic	Ortho-anthracitic	Sub-carbonaceous	Pseudo-anthracitic (Sub-meta-bituminous)	Pseudo-anthracitic (Sub-ortho-bituminous)	Pseudo-anthracitic (Sub-para-bituminous)	—	—	—	—	—	—	—	—

(三) キャンベル氏分類法 (Campbell Classification)

此方法は米國地質調査所に於て採用せらるるものにして水素に対する炭素の比を基礎とし

たるものなり。

キヤンブ ベル分類 法	分類	c/H
無煙炭	無煙炭	三〇—二六
半無煙炭	半無煙炭	二六—二三
半瀝青質炭	半瀝青質炭	二三—二〇
瀝青質炭	瀝青質炭	二〇—一七
同	同	一七—一四・四
同	同	一四・四—一二・五
同	同	一二・五—一一・二
褐炭	褐炭	一一・二—九・三

(四) レウエス氏分類法 (Lewes Classification)

レウエス氏は石炭は炭素残渣 (Carbon Residium)・ヒューマス物質 (Humus Compound)・樹脂質物體 (Resin Compound) 及炭化水素 (Hydrocarbon) の四種の物體よりなるものと稱し石炭に種々なる性質のものが存在するは此等の四成分の混合割合の差によつて起るものと稱し而して其四物體の平均成分を次の如きものなりと假定せり。

四成分	炭素	水素	酸素
A 炭素残渣	一〇〇	—	—
B ヒューマス物質	六二	五	三三
C 樹脂質物體	七九	一一	一〇
D 炭化水素	九六	四	—

今グリユナー氏の分類法による石炭をレウエス氏法に依りては左表の如く之を表はす事を得。

レウエス 分類法	石炭分類	炭素残渣	ヒューマス物質	樹脂質物體	炭化水素
一	不粘結炭(長焔性) (A+2B+C+D)	二〇	四〇	二〇	二〇
二	粘結瓦斯炭(長焔性) (A+B+C+D)	二五	二五	二五	二五
三	粘結炭 (2A+B+2C+2D)	二八・六	一四・二	二八・六	二八・六
四	粘結炭(短焔性) (3A+B+3C+3D)	三〇	一〇	三〇	三〇
五	無煙性炭 (3A+2C+D)	五〇	4	三三・四	一六・六
六	無煙炭 (5A+2C)	七一・四	—	二八・六	—

第七節 石炭乾餾原料炭

石炭乾餾原料炭

石炭の炭素、水素及酸素含有量と粘結性との關係

石炭瓦斯の製造及骸炭の製造原料炭としては必ず粘結炭を使用せざる可らざるものなるが、石炭の粘結性を決定する標準規格として使用せらるる、石炭の性質は第一、石炭の炭素、水素及酸素含有量、第二、燃料比、第三、揮發分等なりとす。

(一)、石炭の炭素水素及酸素含有量と石炭粘結性との關係に就ては炭素の含有量よりも水素及酸素量に著しき影響を有するが如く此二成分の量ある程度以上に大なるもの又ある程度以下に小なるもの共に粘結せず、諸外國に於て採用せらるる、此三成分に對する一般極限價は左表に示すが如し。

炭種	成分			粘結性	骸炭歩留比	比重
	C	H	O			
木炭	60	6	5	不粘結性	15	0.5
泥炭	60	6	5	不粘結性	20	0.6
褐炭	70	7	6	不粘結性	30	1.00

石炭種	成分			粘結性	骸炭歩留比	比重
	C	H	O			
長燐性炭	55	6	6	弱粘結性又は粘結性	50	1.25
瓦斯用炭	60	6	6	粘結性	60	1.30
骸炭用炭	65	5	6	強粘結性	70-80	1.35
矩燐性炭	65	4	6	微粘結性又は粘結性	60	1.40
無燐炭	70	2	3	不粘結性	100	1.50
石炭	80	1	1	不粘結性	100	2.00

著者は本邦産石炭の研究に於て本邦産粘結炭の極限成分として左の如き結論を得たり。

- (イ) 石炭の炭素含有量は八〇—九〇%ならざる可らず、
- (ロ) 石炭の水素含有量は五—六%ならざる可らず、
- (ハ) 石炭の酸素含有量は一〇—一六%ならざる可らず、
- (ニ) 石炭中の結合水素は二〇以下、遊離水素は四〇以上ならざる可らず、而して以上四項の炭素、水素及酸素の含有量は純炭として計算し且つ(ニ)に於ては炭素を一〇〇〇として計算したるものなり。

(二) 石炭の燃料比と其粘結性との關係に就ては諸外國に於ては左表の如き極限價を使用す。

本邦産石炭の粘結性を決定する標準

燃料比と
粘結性と
の關係

石炭乾留工業

石炭の種類

粘結状態

燃料比(固定炭率)
揮發分

半瀝青炭
高級瀝青炭
低級瀝青炭

弱粘結又ハ不粘結
強粘結
弱粘結又ハ不粘結

四・〇—七・〇
一・八一—四・〇
一・〇—一・八

揮發分と
粘結性と
の關係

著者の研究の結果による時は本邦に於て石炭瓦斯及骸炭原料炭として使用せらるゝ石炭の燃料比は多くは一・八以下にして此分類法は内地炭には適用する事を得ず、然れども本邦に於て骸炭原料炭として賞用せらるゝ支那炭たる本溪湖、博山炭の如き何れも燃料比三—四にして此分類法が此等の石炭に向ては能く適用せらるゝを見る可し、之れ本邦炭が何れも第三紀に屬する石炭にして年代若く從て揮發分多く固定炭素含有量少なきに起因するものなり。

(三)石炭の揮發分と其粘結性に就ては諸外國に於ては多數實驗の結果左表に掲ぐるが如き關係が成立せらるゝものとせらる。

分類番號	石炭ノ種類	粘結状態	揮發分(九〇〇度に於て檢定したるものにして純炭換算)
I	無煙炭	不粘結性	八%以下

II	III	IV	V	VI	VII
無煙炭	半瀝青炭	骸炭	瓦斯用炭(堅骸炭)	瓦斯用炭(軟骸炭)	不粘結性炭
不粘結性	微弱粘結性	最強粘結性	強粘結性	弱粘結性	不粘結性
八一—一五%	一五—二〇%	二〇—三〇%	三〇—三五%	三五—四〇%	四〇%以上

著者の研究の結果による時は本邦産炭は一般に揮發分多く其多數は四〇%以上の揮發分を有し前表の分類による時は第VII類乃ち不粘結炭に屬す、而して四〇%以下の揮發分を有する石炭は高島、三池、崎戸、菅牟田、田川、御徳等極めて少數に過ぎず第V類たる強粘結炭及第IV類たる最強粘結炭に屬する者に至りては皆無と稱するも過言に非ず而して本邦に於て骸炭原料炭として賞用せらるゝ本溪湖、博山等は何れも第IV類たる最強粘結炭に屬す然らば本邦産炭中には此等の強粘結炭に屬す可き種類の者なきやと云ふに勿論本溪湖、博山炭の如き強粘結性の者なしと雖之等に比して左程遜色なき者は之を見出す事を得る者にして、本邦産炭は其生成年代の若き爲め一般に揮發分多く從て之を乾留するに當りて膨脹粘結をなす種類

の者多くために生ぜらるゝ骸炭は多孔性にして堅密ならず。著者の研究の結果による時は本邦産石炭に就て其揮發分含有量より其粘結性を判断せんとせば左表の如き標準を取らざる可らず。

本邦産石炭の粘結性を決定する標準

炭種	揮發分(純炭)
不粘結又ハ弱粘結	四五%以上
普通粘結(瓦斯用炭)	四五—四〇%
強粘結(骸炭用炭)	四〇—三〇%
不粘結又ハ弱粘結	三〇%以下

(四)骸炭の耐碎度、硬度及耐壓度と其粘結性の關係に就ては著者は本邦産主要石炭の研究に於て左の如き結果を得たり(明治専門學校學報第二卷第七號及卷末附録)

骸炭の破碎度、硬度及耐壓度と石炭の粘結性の關係

本邦産石炭ノ粘結性を判断する規格	
耐碎度(ボールミル試験)	九〇以上
硬度(墜落試験)	九〇以上
耐壓度(耐壓試験)	四五以上

右表中耐碎度とは著者が本邦石炭の研究に於て石炭を一定温度九〇〇度に於て炭化し其一

定試料を一定大きに篩ひ分け之を一定回轉數を有するボールミル中に入れ一定時間回轉して生ぜられたる粉碎試料を一定目の篩にて篩ひ分け其篩上に止まりたる者を百分比に換算し之を其骸炭の耐碎度と稱せり、又硬度とは前と同様に製せられたる一定大きに篩ひ分けたる一定量の骸炭上に一定の高さより一定重量の荷重を落下せしめ以て生ぜられたる粉碎試料を一定目の篩にて篩ひ分け其篩上に止まりたるもの、百分比を求め之を該試料の硬度と稱せり、又耐壓度とは骸炭試料にて立方體を製し耐壓試験機にて試験し其破碎までに加へられたる重量を一平方糎に對する噸數にて表はしたる者を該骸炭の耐壓度と稱せり。

著者の行ひたる本邦主要石炭の試験結果は卷末附表を参照せよ。

第八節 石炭の貯藏及自然發火 (Storage of Coal)

石炭は之を長く貯藏する時は其發熱量、産氣量及粘結性を著しく損し且つある種の石炭にありては自然發火 (Spontaneous Combustion) を起す事ある者なれば何れの場合に於ても採掘後直ちに使用するをよしとす而して一噸の石炭を貯藏するには約四三立呎の容積を要する者なれば多量を貯藏せんとするには極めて大なる場所を要す。

石炭の貯藏及自然發火

石炭の自然發火の原因に就ては各國に於て研究せられつゝある所なるが其主要なる者に就て述べんに第一石炭の種類より云へば揮發分の大なる者に多く起る現象なり (Boudonard) 第二石炭の純度より云へば石炭が純粹に近ければ近き程酸化し易し (Dennstadt; Bünz) 第三石炭中の黄鐵礦、石炭中の黄鐵礦が自然發火の原因をなすと云ふ事は信せらるゝ所なるも一般に此含有量少なく其酸化が石炭を發火せしむる事は信せられず然れども之が機械的に働き其酸化により膨脹して石炭に龜裂を生せしめ以て石炭の新しき表面を空氣に曝露せしめ石炭本體の酸化を促進せしむる者なりと (Richter; Pery; Farol; Pennstadt; Bünz; Threlfall) 第四石炭實體の酸化、自然發火の大原因は石炭實體の酸化にして石炭は木炭等の如く其表面吸着力により空氣中より酸素を吸収し之れが石炭中の炭素、水素殊に不飽和性を有するフェーマス質物質に働きて之を酸化し以て溫度上昇す、此發熱作用は益々酸素の化合を促進せしめ若し此現象にして炭層内部に起る時は其熱は漸時蓄積せられ一三五度位に達する時は酸化現象は盛となり炭酸瓦斯及水蒸氣等を發生す斯くの如くして遂に石炭の引火點たる約三五〇度位に達し發火する者なり、第五、石炭の大きさ、石炭粉末は塊炭よりも自然發火の現象多し之れ空氣に觸るゝ表面積の大なるによりて起る自然の現象なり、第六、石炭の溫度、石炭の貯藏

する場合に其溫度高ければ高き程自然發火の現象を起し易し、第七、石炭中に含有せらるゝ瓦斯、石炭中には常に可溶性瓦斯を包含する者にして之れが自然發火を促進する傾あり、第八、石炭中の水分、石炭中の水分は自然發火を促進する傾向あり殊に冬期に於て之れが氷結して石炭を破碎し石炭の新層を空氣に曝露するを以てなり。

自然發火の現象は石炭を多量に貯藏する石炭瓦斯及骸炭製造所に於て大に考慮を要する問題にして石炭によりては斯かる危険性を帯びざる者も多數存在するも何れも貯炭により多少品質を損せらるゝ事は免れざる所にして石炭乾餾工場に於てはなる可く長き貯炭を避くる如くせざる可らず。

左表は英國に於て石炭瓦斯原料炭として多量に使用せらるゝ一瓦斯炭の其貯炭により産氣量に如何なる影響を有するかを試験したる一成績を示す者なり。

到着時	水分	産氣量(石炭一噸より)
三ヶ月後	二・七一	一一八一八立呎
五ヶ月後	五・二二	一〇七〇八"
六ヶ月後	五・六七	九七八〇"
	七・五八	九六三〇"

原料炭にして自然發火の恐ある時は炭層の高さは普通二—一五呎よりも高くせず、三〇〇平方呎位に一本の直立高筒を設け各高に於て溫度を測定し溫度は如何なる場合に於ても三五度より上昇せざる如くし之れ以上に上昇する時は推積を開放し速に冷却するか又は使用する如くせざる可らず。

第三章 洗炭 (Coal Washing)

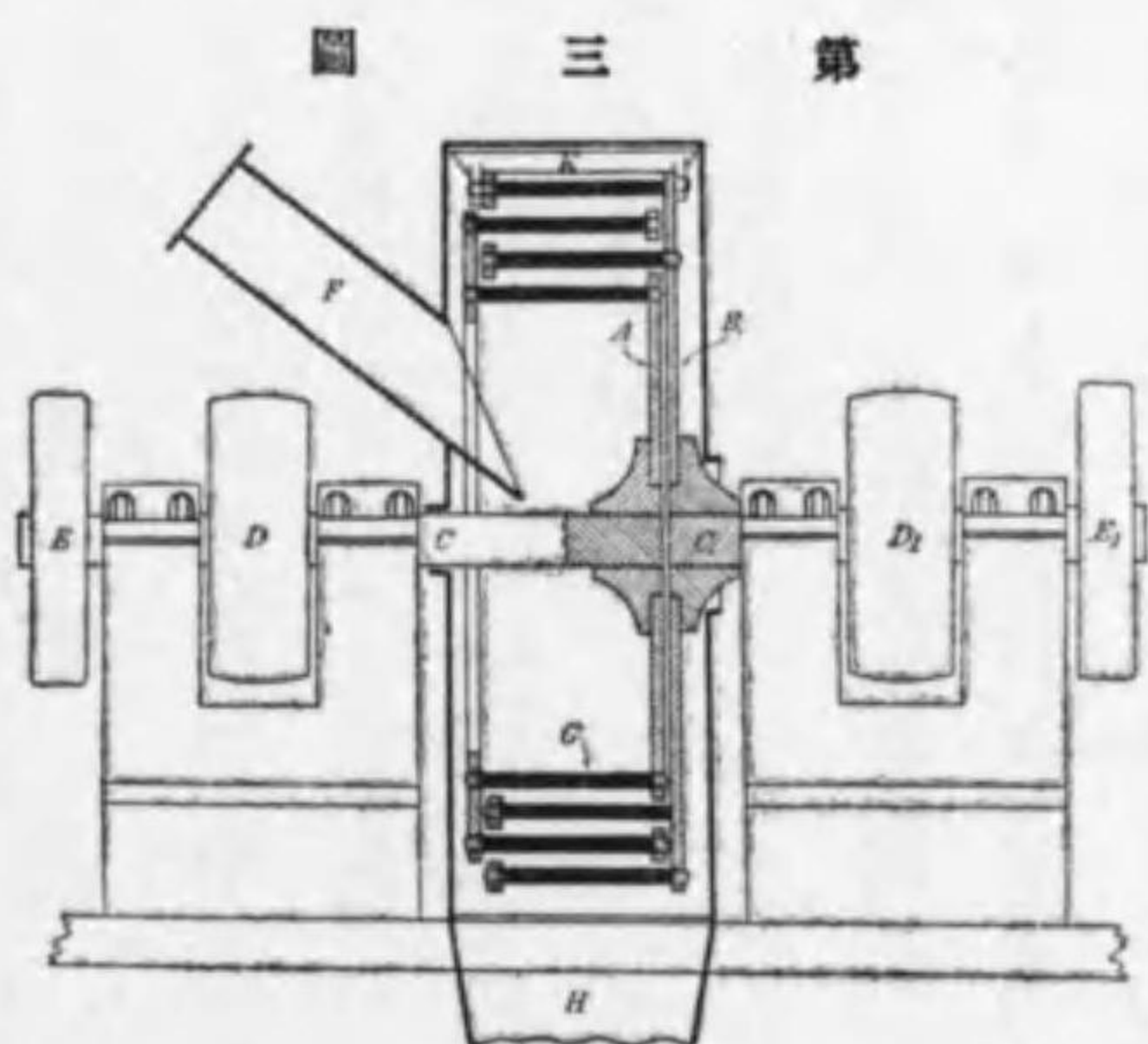
第一節 總說 (General Remarks)

石炭乾留副産物たる骸炭を冶金用燃料として使用する場合に其灰分、硫黄分、磷分含有量等は其目的に應じてある極限量のある事は第二章石炭章下に述べたる所なるが、斯くの如き不純物の含有量大なる場合に於ては之を乾留する以前に於て洗炭して此等不純物の減少をばからざる可らず。

石炭乾留原料炭としては普通粉炭を使用する者にして洗炭を行ふ以前には原料炭は一般に四〇耗以下に粉碎し之を振動篩にて四〇耗以上の物を分離し大なる者は再び之を粉碎機にて粉碎す、而して若し原料として單味にあらずして多くの種類を配合して使用する場合には配合盤を使用す、而して其構造は各貯炭槽より落下し來る各種配合炭を其配合割合に應じて落下量を調節して混合を行ふ者なり、斯くの如くして配合せられたる者は次に洗炭装置に導く如くす、然れども此方法は配合して後に洗炭を行ふ者なれば洗炭の難易は各炭に就きて同一ならざれば其結果は既定配合に變化を來す結果を生ずる事ある者なり、之を以て配合は各炭

別々に洗炭して後に行ふをよしとす。

洗炭装置としてジツガー (Jigger) を使用する場合には原料炭を尙數種に篩ひ分け各種別々に行ふをよしとするもバウム式 (Baum) を使用する場合には四〇耗以下の者は全部一回に洗炭す。



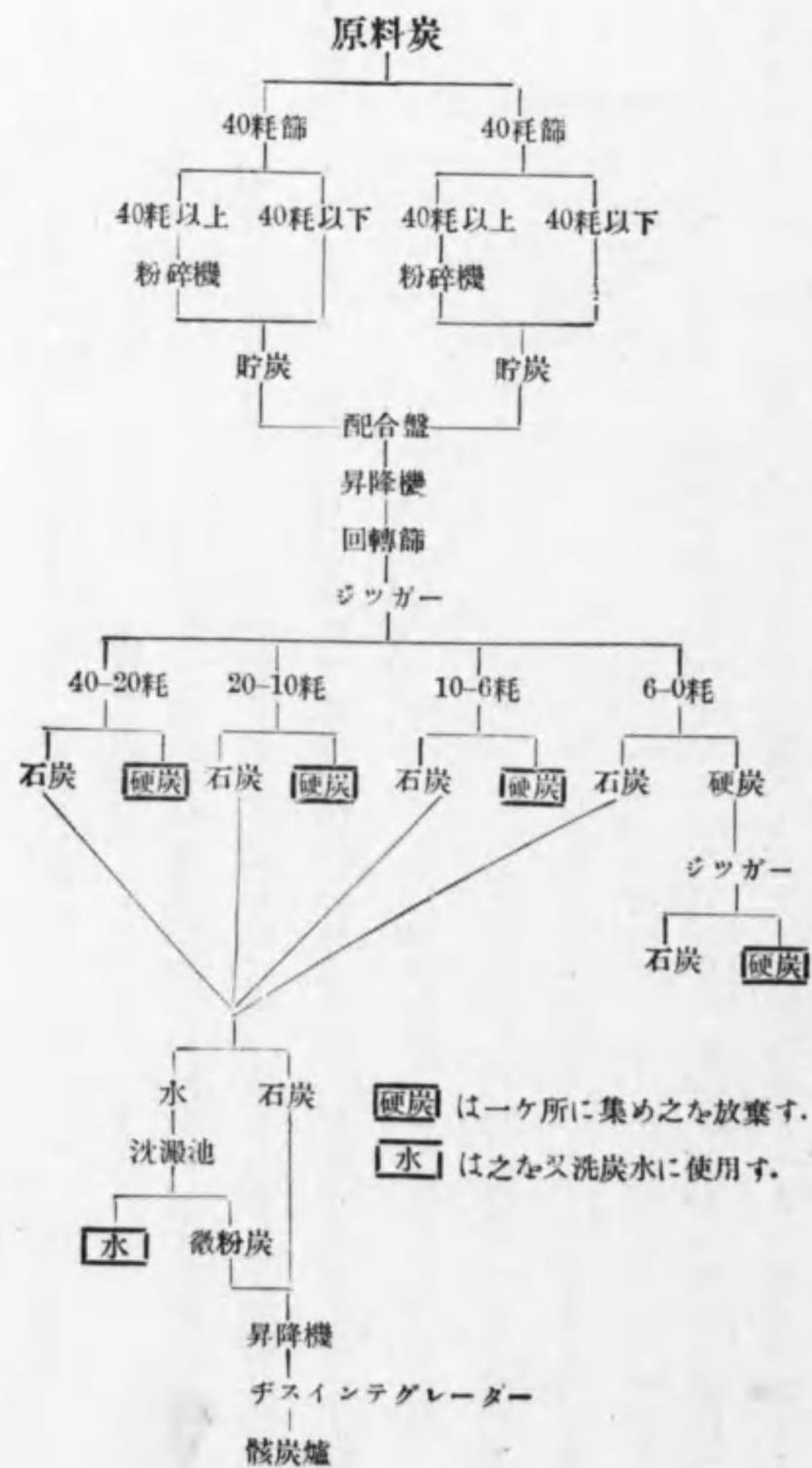
斯くの如く洗炭せられたる石炭は水と共に流出する者なるが次に水を能くきりヂスイングレーター (Disintegrator) を使用して更に粉碎し以て之を炭槽 (Coal Bin) に貯炭し水分を一〇%内外として骸炭爐等に装入す。

ヂスイングレーターの構造は第三圖に示すが如くC及C1なる軸に取り付けられたるABなる蟠車あり之には其周邊に二―三吋の距離に鋼鐵製棒を固着せられD D1なるブローリーにて別々に反對の方面に回轉せられ粉炭はエレベーターよりFなる装入口より蟠車の中央に装入せられGの部に於て反

對の方向に速に回轉する鐵棒の間を通過する間に粉碎せらる。

洗炭は骸炭製造原料炭に就ては一般に行ふも瓦斯製造原料炭に就ては普通之を行はず。

左表は本邦一製鐵所に於て行ふ洗炭法の一系統を示す者なり。



硬炭 は一ヶ所に集め之を放棄す。
水 は之を又洗炭水に使用す。

第一節 洗炭理論 (Theory of Coal Washing)

洗炭の原理は極めて簡單にして單に石炭實體と挾雜不純物との比重の差を利用するにある者にして、石炭を粉碎して水洗する時に輕き石炭は水と共に洗ひ流され重き不純物は沈降して分離せらる、而して左表は石炭を構成する各種物體の比重を表はす者なり。

名 稱	比 重
水	1.00
粉 炭	1.25—1.50
硬 炭	2.25—2.50
黃 鐵 礦	5.00—5.25

石炭を水洗するに當つて石炭が水中を落下する速度は石炭の比重と其粉の大きさに關係を有する者にして今石炭(比重一・三)と硬炭(比重二・三)との混合物ありとし之を水洗する場合に石炭の大きさが硬炭の四・三倍の時に兩者の水中に於ける落下速度が同一となる者なり之を以て洗炭するに當つてはなる可く細粉するをよしとす。

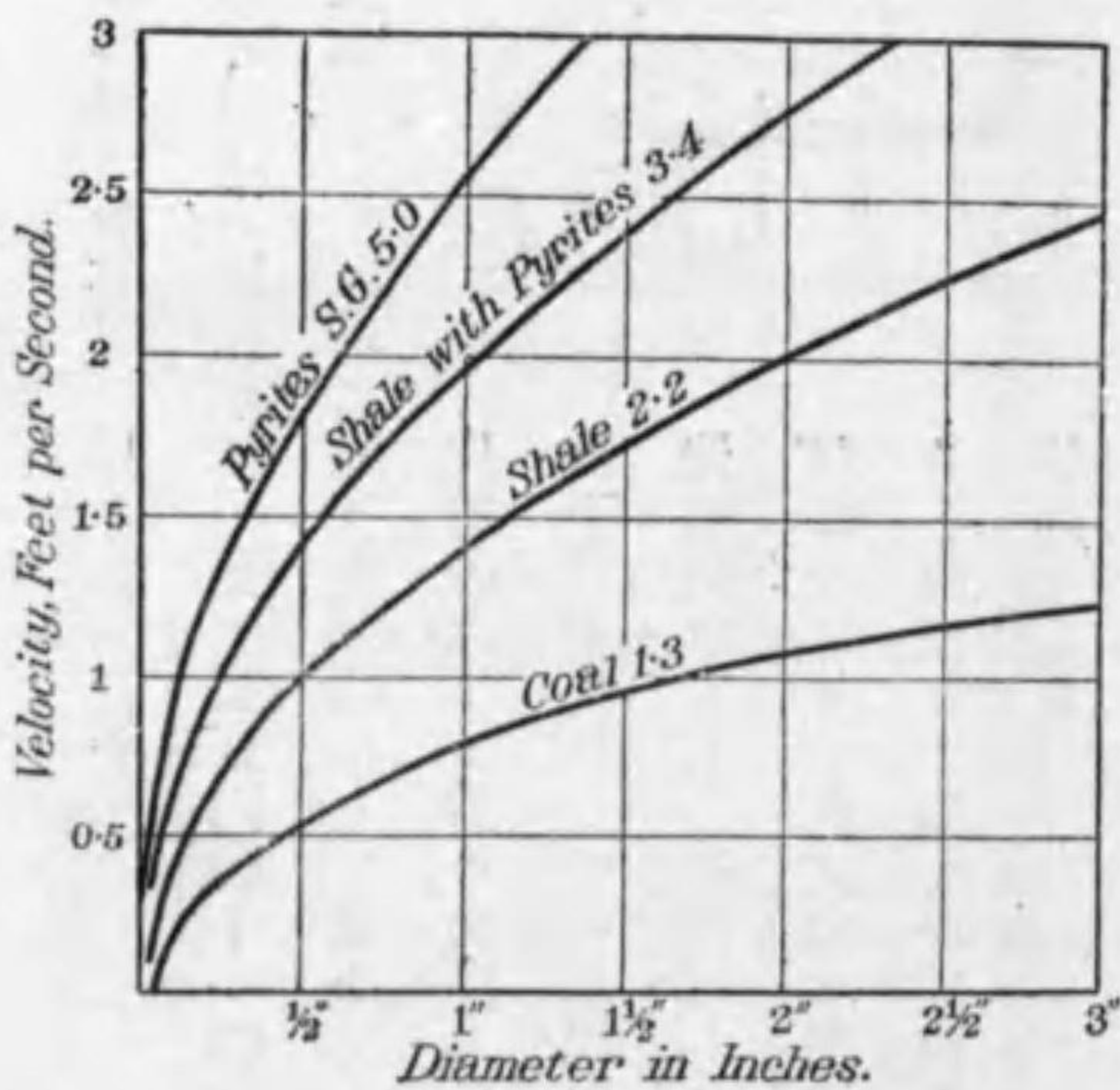
リツチン

リツチンゲル氏 (Rittinger) は石炭と硬炭との混合物の水中に於ける落下速度は左の公式

式
ゲル氏公

ノックス
氏實驗結
果

第 四 圖



により之を計算する事を得と稱せり。

$$V = 1.28 \sqrt{D(d-1)}$$

式中Vは落下速度(呎、秒)

Dは平均直径(呎)

dは粒の比重

ノックス氏 (Knox) は石炭を構成する各種物體の種々なる大きさの者を取り水中に於ける落下速度を試験し之を第四圖に示すが如き曲線圖に製せり該圖に於ては横軸には各物體の徑(吋)、縦軸には落下速度(呎、秒)を取りたる者にして此圖に

於て觀察する時は直径八分の一時の黄鐵礦と、黄鐵礦を含有する直径四分の一時の硬炭と、直径一時四分の一の石炭と殆んど同一の落下速度を有する事を見る可し。

石炭を水洗する原理は以上述べたるが如くなるが此原理を實際に應用する場合には水洗法

として、上向水流を使用する場合と、斜流を使用する場合と、又上下に動揺する水流を使用する場合とあり。

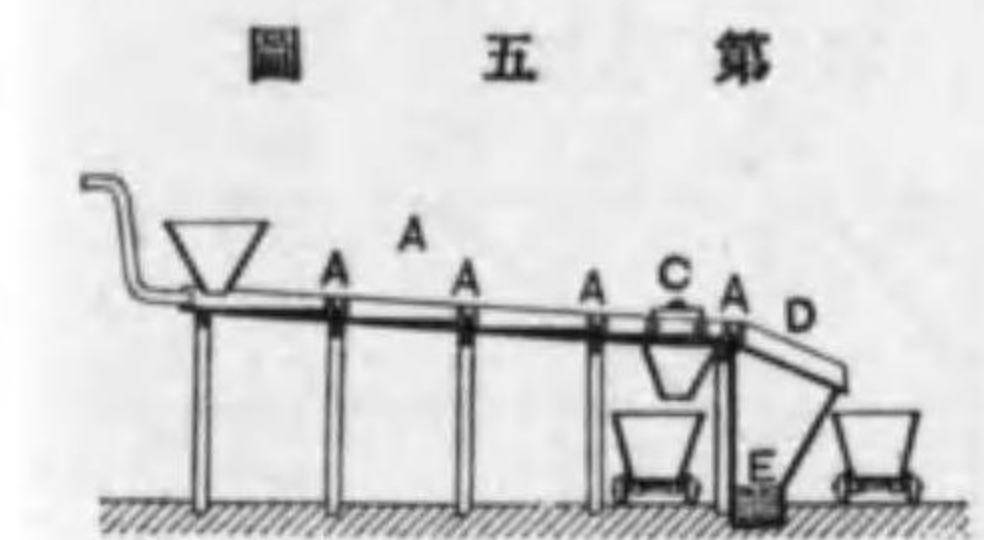
第三節 洗炭装置 (Coal-washing Machinery)

洗炭装置
傾斜樋洗炭装置

(一) 傾斜樋洗炭装置 (Trough Washer)

此装置は第五圖に示すが如き長さ四〇—一〇〇呎、幅三呎、深さ一五吋位の少しく傾斜したる長樋にして所々に障害突起物ありて其上方より水と共に流下し来る石炭中の不純物は其比重の大なる爲め沈降して突起物たる堰に止められ石炭のみ水と共に流下し最後に一つの金網Dの上に落下し水は濾過除去せられ繰り返し洗滌用水として使用せらる、而して石炭は炭車に推積せられ貯藏室に運搬せらる、此式は多量の水を要し洗炭は不充分なるも其構造の簡なると廉價なる爲め今日尙多少炭坑地方に於て水量の多量なる所に於て使用せらる。

エリオット



又エリオット洗炭装置 (Elliott Washer) と稱するは其構造前者と異

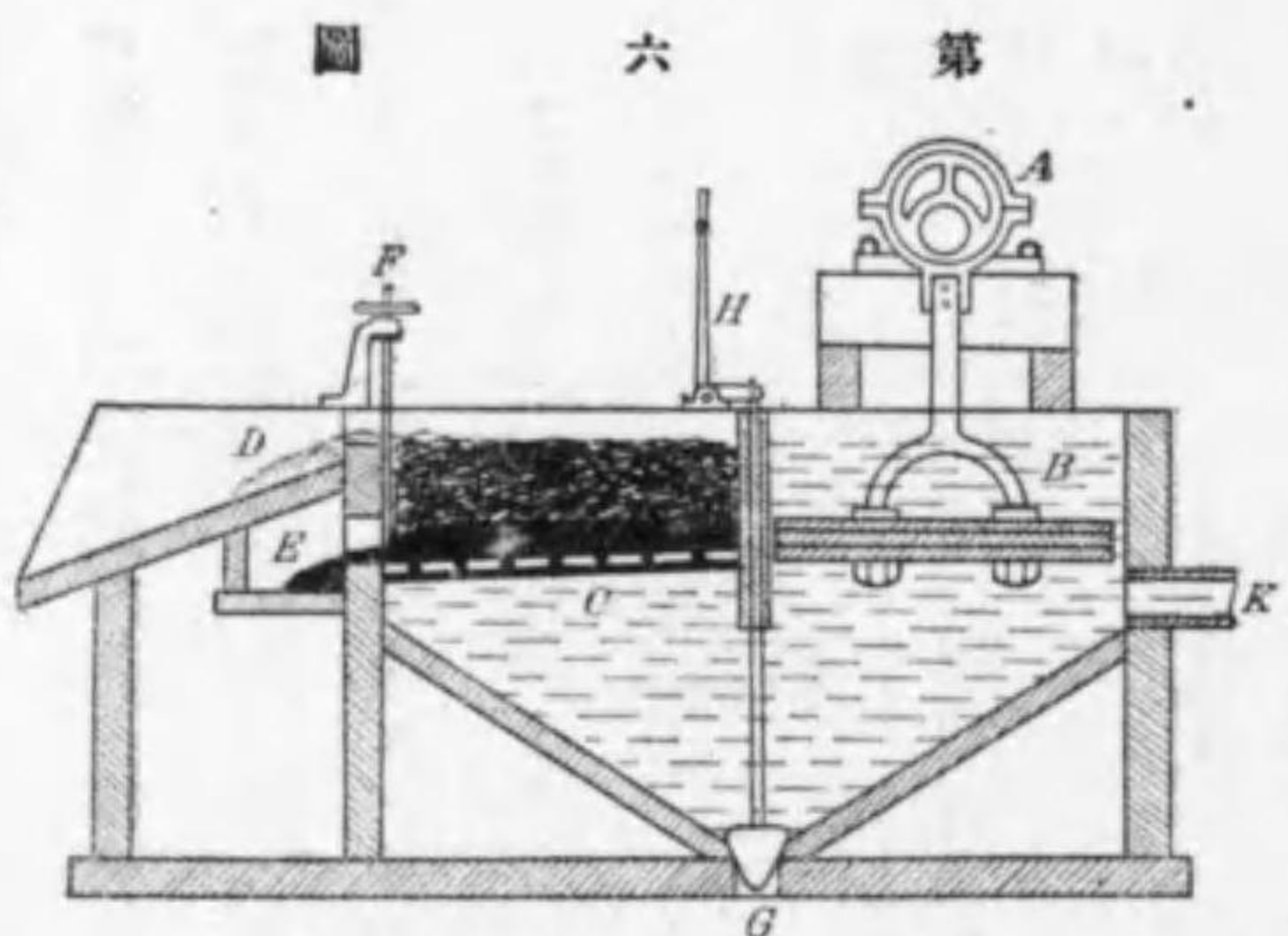
ト式洗炭装置

ジツガー式洗炭装置

ならざるも前者に於ける突起堰の代りに水流と反對の方向に動くエンドレスチェーンありて、之れに捲き上げ板を附して沈降し来る不純物を捲き上げ以て傾斜樋の上方より之を自動的に除去する如くせらる。

(二) ジツガー (Jig Washer or Jigger)

此式の者は現今最も廣く使用せらる洗炭機にして其構造は第六圖に示す如く其中央部に於てBCの二部に分たる、一つの槽にして、Bには一つのピストン (Oscillating Piston) ありて之れはAなる偏心軸及槓桿仕掛にて上下運動を行ひ以てKより入り来る水流に上下運動を與ふる如くせらる、而してC部には中央に木格子又は金格子を水平の位置に備へ其上部に銅製網を置き其上に石炭を連續的に装填し以てピストンにより水流に上下運動を與ふる時は比重の大なる不純物は沈降し又細粉不純物は網を通じてC室の下部に降る者なれば、時々開閉栓Gを開きて之を掃除する如くす、次に洗炭は



バウム式
洗炭装置

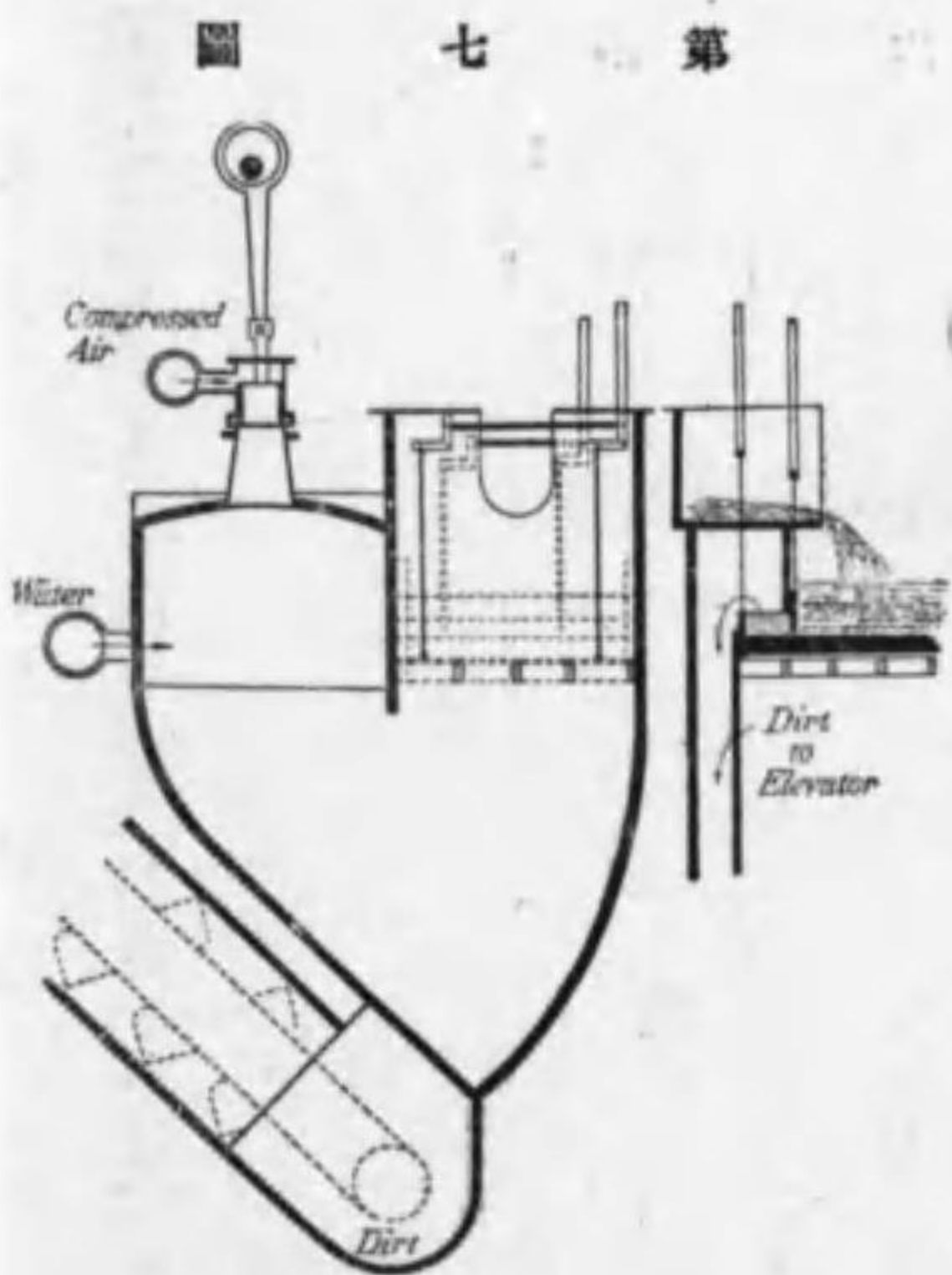
水流と共に上部よりD部に流出し金網を通して水のみを除かる、而して不純物は時々Fなる隔板を開きてEに集合せしめ以て除去せらる。

此装置に於ては細粉炭の場合には金網の上層に長石の濾過層を作つて用ふる事あり。

洗炭より分離せられたる水は之を循環して洗滌水として使用する、而して本装置に於ては洗炭する石炭の大きさによりピストンのストロークの長さ及び度数を適當に加減する者にして、荒き石炭に於ては一分間六〇回轉、ストローク三―四吋、細粉炭に於ては一〇〇―一五〇回轉、ストローク〇・五―一・五吋位となす者なり。

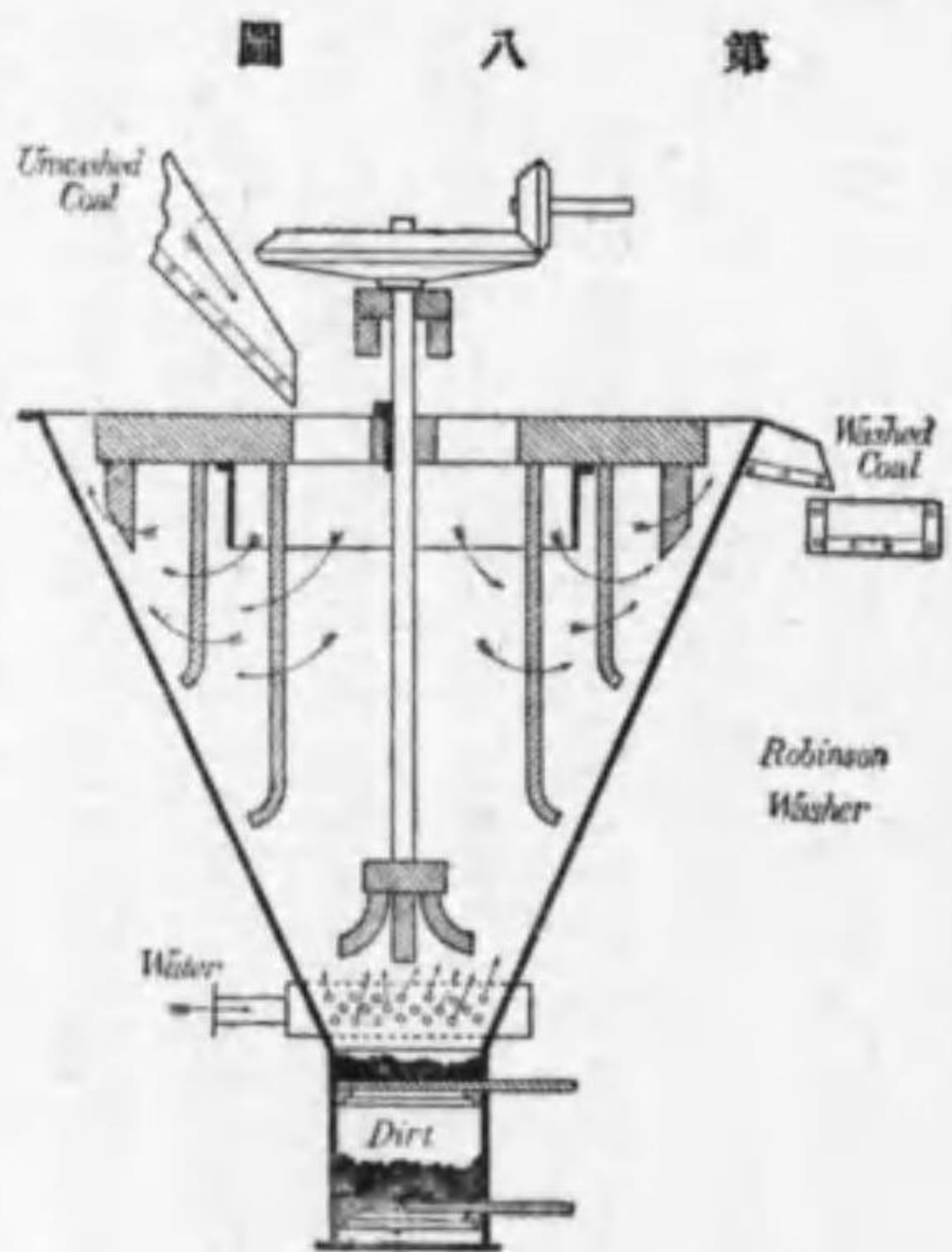
(三)バウム式洗炭装置 (Baum Washer)

此式は第七圖に示す如く洗炭装置に入り来る水流に壓搾空氣の作用にて上下運動を與へ、ジッガーと同様水平格子上に水と共に流れ来る石炭を洗炭する者にして、水の上下運動により石炭は上に浮び水と共に流

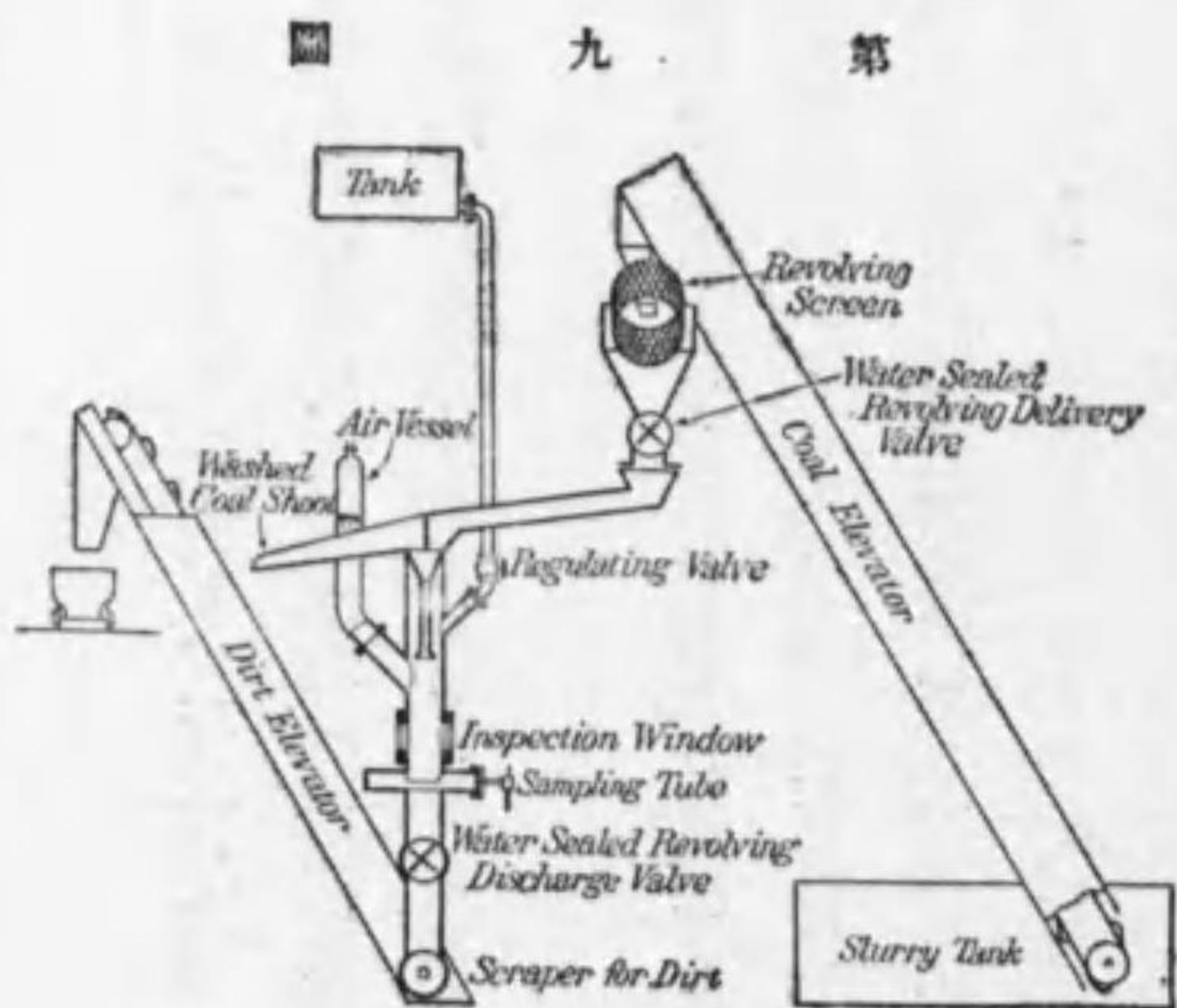


第七圖

れ、不純物は比重大なる爲め下降し硬炭其他の不純物は下方備へ付けのエレベーターにて他に運搬せられ水と共に流れ来る石炭は次に水を切り貯炭する事ジッガーの場合と同様なり、本式は四〇耗以下位の大きさの石炭は凡て種類分けする事なく洗炭を行ひ得る者にして其洗炭



第八圖



第九圖

率比較的良好にして近年到る所に之を採用するに至れり。

(四) **ロビンソン式洗炭装置** (Robinson Washer)

此式は第八圖に示すが如く洗炭槽は圓錐形をなし高壓水は下方より入り、石炭は上部より入り、回轉攪拌翼により回轉せられ石炭は上椽より水と共に流れ、重き硬炭及其他の不純物は下方に沈み二重底取り出し装置の作用により時々排除せらる。

(五) **ドレーパー式** (Draper Washer)

此装置の構造は第九圖に示すが如く上向水流の原理を應用したる者にして、粉碎せられたる石炭を第一に回轉篩にて篩ひ分け、一定範圍の大きさの石炭を水封式バルブの作用にて洗炭機に裝炭し、第二に高所水槽より水を通じ其上向水流の速度は石炭が浮び硬炭其他の不純物が沈降する如くし以て洗炭を行ふ者なり。

(六) **浮遊洗炭** (Oil Floatation)

粉炭に水を加へ更に一—二%の重油(比重一・〇九)を加へ攪拌しつゝ、壓風を送りて起泡する時は精炭は表面に浮遊分離するものにして此方法を洗炭滓微粉炭に應用する時は微粉炭(灰分二五—三〇%)より精炭(灰分一〇—一二%)七〇%位を回收する事を得。

ロビンソン式洗炭装置

ドレーパー式洗炭装置

石炭の乾留

第四章 石炭の乾留 (Carbonization of Coal)

第一節 總 說 (General Remarks)

沸騰點以下に於て分解せざる固體及液體は熱の作用によりて蒸氣に變ぜらるゝ者にして、此事實は凡ての物體が何れも細微なる分子より形成せられ其各分子が熱の爲めに反撥せらるる作用によつて起る者なり、然れども氣化せられたる者は其與へられたる熱を再び各分子より取り去る時は又液化し遂に固體に變せらる、斯くの如く加熱によりて液化し、又氣體に變じ其加へられたる熱を再び取り去る時、元の液體又は固體の状態に戻り得可き現象を蒸留 (Distillation) と稱す。

ある物體は之を加熱する時氣化する前に分解し、斯くの如くして氣化したる者は之を冷却して加へたる熱を奪ひ取るも元の物體に戻らざる者あり、斯くの如き現象を乾留 (Dry or Destructive Distillation) と稱す、石炭の場合には之を Carbonization と稱す。

石炭を加熱して石炭瓦斯、骸炭等を製造する工程は乃ち石炭の乾留法に外ならず。石炭瓦斯及骸炭の製造に於ては何れも石炭を乾留して前者は其生せらるゝ瓦斯を後者は其

蒸留

乾留

乾留残渣たる骸炭を主産物として採取し其他のタール、瓦斯液(アムモニア)等を副産物として採取する者なり。

第二節 石炭の生成熱 (Heat of Formation of Coal)

石炭の生成熱
發熱性物體
吸熱性物體

二つの物體が普通なる状態に於て化合する時は一般に熱を發生す、而して斯くの如き物體を發熱性物體 (Exothermic Body) と稱す、而して生ぜられたる物體を元の組立單體に分解する爲めには其結合の際發生せられたると同一の熱量又は其れに相當する他のエネルギーを加へざる可らず、然るに茲に又其結合によつて熱を吸收する少數の物體存在す而して此等を吸熱物體 (Endothermic Body) と稱し、此等の物體は其分解によつて前者と反對に其結合により吸收したると同量の熱を發生する者にして其分解をして益々急激ならしむる者なり。

石炭の如き同一の地方炭坑炭層に於ても其成分は多少異なり且つ其成分の如き甚だ複雑したる者なれば其成生熱の檢定の如き甚だ困難なるを免れず、而して多くの學者の研究の結果は石炭は多く發熱性物體にして其分解に當りてはある量の熱を加へざる可らざるが如し。

一八九三年マラー氏 (Maller) はある種の石炭を用ひ氏の考案になる發熱量測定装置を

コンスタム及コルベ氏の研究

用ひて石炭及其乾留生成物の發熱量を計り乾留中に於る熱量結果を計算したるに前者が後者よりも石炭一封度に對して二五四・八カロリー (四五八・七 B. T. U.) 大なる事を發見せり。又一九〇九年にコンスタム及コルベ氏等 (Constam & Kolbe) は英國の標準瓦斯炭に就て其等の石炭及其乾留生成物の發熱量を計り常に前者が後者よりも大なる價を有する者なる事を知り其結果を左表の如く發表せり。

石炭の種類	石炭の熱量分布 (%)				總計	熱の損失
	骸炭	瓦斯	タール	ピッチ		
(一) ローマイン (ダルハム)	六三・七	二〇・六	九・五	二・二	九六・〇	四・〇%
(二) マンスレー (ヨークシャー)	七〇・四	一八・三	六・九	一・九	九七・五	二・五%
(三) ハットン (ダルハム)	六五・三	二二・一	七・七	二・〇	九七・一	二・九%

右表に於ては石炭は充分乾燥したる無灰石炭として計算したる者なり。

氏等は又他の實驗に於て若し石炭中に揮發分及酸素含有量が少なれば少なる程其乾留生成物の發熱量が石炭の發熱量に漸時近似し來る事を發見せり而して今若し右表に於ける熱の損失を石炭一封度に對する者に換算する時は左の如し。

熱の損失(%)	石炭發熱量(B.T.U.)	熱損失(B.T.U.)
(一) 四・〇	一五三九三	六一五・六八
(二) 二・五	一四七九二	三六九・八〇
(三) 二・九	一五七六六	四五七・二一
平均		四八〇・九〇

石炭乾留による熱の損失は石炭一封度に對して平均四八〇・九(B.T.U.)にして若し此數が石炭分解の吸熱性によりて起る者とする時はマールラー氏の實驗に於て得られたる者と殆んど相一致する事を見る可し(前頁參照)。

第三節 石炭乾留に要せらるゝ熱量 (Heat required)

for Carbonization of Coal

石炭の乾留工業發達の初期に於ては炭化裝置として主として鐵製レトルトを使用したるも今日にては石炭瓦斯の製造及散炭製造工業に於ては耐火粘土製炭化器を使用す、而して耐火粘土材料の熱の傳導度は全く其材料の種類及炭化器内外の溫度の差に關係する者にして、レウエス氏 (Lewes) の實驗の結果による時は實際石炭瓦斯製造の場合に於てはレトルト内外

石炭乾留に要せらるゝ熱量

の溫度の差一度に對してレトルト一平方呎毎に一時間に平均二五B.T.U.の熱量を傳導してレトルト壁の厚さには甚だしく影響せらるゝ者にあらざる事を知れり。

今水平式レトルトに於て新しく石炭を裝入する前にレトルト内の溫度を一〇〇〇度、而して外部煙道の溫度を一〇〇度且つレトルト面一平方呎より内外溫度の差一度に對して二五B.T.U.の熱量を傳導する者とし新しく裝炭したる爲にレトルト内の溫度が八〇〇度に下降したりとする時は此場合に於けるレトルト面一平方呎より一時間に傳導せらる熱量は七五〇〇B.T.U.なり。

$$25 \times (1100 - 800) = 7500 \text{ B. T. U.}$$

今若し裝炭後五時間を経てレトルト溫度九五〇度に上昇したりとする時は此場合に於けるレトルト面一平方呎よりの一時間の傳導熱量は三七五〇B.T.U.なり。

$$25 \times (1100 - 950) = 3750 \text{ B. T. U.}$$

即ち炭化の初期に於けるよりも約半量の熱を傳導するに過ぎず、之を以てレトルト面一平方呎より一時間に傳導する熱量を平均五六二五B.T.U.と做す事を得。

$$(7500 + 3750) \div 2 = 5625 \text{ B. T. U.}$$

今使用するレトルトが一〇〇〇平方呎に對し石炭一二噸を炭化し得る者とし其炭化時間を六時間とする時は石炭一封度に對して一二二八B.T.U.の熱量を要する事となる者にして此數字が石炭乾留に必要な熱量計算の基礎數字となる者なり。

石炭瓦斯の製造に於て一封度の石炭を乾留する爲めにレトルト内に供給せらるゝ熱量は前述の如く一二二八B.T.U.にして其内石炭の分解に使用せらる熱量は約四六二B.T.U.、又高温瓦斯と共にレトルト外に持ち去らるゝ熱量は石炭一封度に對して三二四B.T.U.、又赤熱骸炭と共にレトルト外に持ち去らるゝ熱量は四四二B.T.U.なりとす。

$$462 + 324 + 442 = 1228 \text{ B. T. U.}$$

而して此熱量は炭化装置が水平式なると、直立式なると又骸炭爐なるとを問はず皆同一にして唯此等の各式に於て其用ひられたる熱量の利用率が各異なるに過ぎず。

レトルト内に於ける石炭炭化に要せらるゝ熱量は前述の如くなるが石炭の炭化に於ては燃料を燃焼するに當りて其熱の一部は煙道瓦斯と共に煙筒より、又一部は副射の爲めに、又一部は灰と共に空しく失はるゝ者にして其値は直火加熱式水平レトルトの場合に於ては炭化石炭一封度に對し各々一四六三、三九八、及二五B.T.U.にして其總和は一八八四B.T.U. (石炭

一封度に對して) ならば實際水平式レトルトを用ひて一封度の石炭を乾留するに要せらるゝ熱量は三一一二(B.T.U.)

$$1228 + 1884 = 3112 \text{ B. T. U.}$$

なりとす、然るに一封度の瓦斯骸炭は其燃焼によりて平均一四二〇〇B.T.U.の熱量を發生し得る者なれば從て一封度の瓦斯骸炭を燃料として用ひ四・五封度の石炭を乾留する事を得、之により之を見れば石炭の乾留には平均其重量の二一・九%の瓦斯骸炭を燃料として用ひざる可らざる者にして若し此際骸炭の出す熱量が少しも失はるゝ事なく全部理論的に石炭の乾留にのみ用ひらるゝ者とする時は炭化す可き石炭に對して僅に八・六%の骸炭を要するに過ぎず。

左表は石炭乾留中其加へられたる熱量が直火加熱装置を有する水平式レトルトに於て如何に分布せらるゝ者なるかを示す者なり。

	B. T. U.	熱量(%)
(イ) 石炭の分解及乾留に用ひらるゝ熱量	四六二	一五・七
(ロ) 高温瓦斯及蒸氣と共に免るゝ熱量	三二四	一〇・四
(ハ) 赤熱骸炭の爲めに持ち去らるゝ熱量	四四二	三九・三
		一一・二

直火加熱
爐に於け
る熱の分
布

B. T. U.		熱量(%)
(イ) 煙道瓦斯と共に免る、熱量	一四六三	四七・二
(ロ) 副射等の爲めに失はる、熱量	三九八	一二・八
(ハ) 灰と共に失はる、熱量	二三	〇・七
合計		六〇・七%

蓄熱式加熱爐

右表により其熱量の分布を考察する時は燃料として用ひられたる骸炭の全熱量の僅に三九・三%がレトルト中に於て用ひられ、其余の六〇・七%はレトルト加熱爐中に於て然も其大部分たる四七・二%は煙道瓦斯と共に空しく煙筒より免れ去る者なり、斯くの如く此式に於ては加へられたる熱量の殆んど半量は煙筒より免れ去る者なれば若し此熱量の幾分なりとも利用する事を得れば石炭乾留工業に於て其燃料の節約を謀り得る事大なるは明らかなる所にして近年一般に用ひらるゝ蓄熱式加熱爐 (Regenerative or Recuperative System) は此廢熱の利用を企てたるに過ぎず。

蓄熱式を用ふる時は煙筒より免れ去る煙道瓦斯の温度を平均三〇〇度位に降下せしむる事を得る者にして之が爲めに煙道瓦斯と共に煙筒より免るゝ熱量は四七・二%より二五・二%位に減せしむる事を得、又レトルトより取出したる赤熱骸炭を直ちに燃料として使用する如く

蓄熱式加熱爐に於ける熱の分布

する時は、又其爲めに失はるゝ熱量の幾分を回収する事を得る者にして斯くの如くして燃料骸炭の消費量を二・九%より一四・八%に減する事を得る者なり。

左表は蓄熱式加熱爐を用いたる時の熱の分布を示す者なり。

熱量(%)	
(イ) 石炭の分解乾留に使用せらるゝ熱量	二二・四
(ロ) 高熱瓦斯及蒸氣と共に免るゝ熱量	一三・八
(ハ) 赤熱骸炭と共に免るゝ熱量	一八・九
合計	
五四・一%	
(イ) 煙道瓦斯と共に失はるゝ熱量	二五・二
(ロ) 副射等の爲めに失はるゝ熱量	一九・九
(ハ) 灰と共に失はるゝ熱量	〇・八
合計	
四五・九%	

即ち右表の如く此式に於ては骸炭の出す熱量の過半数をレトルト中に利用する事を得。

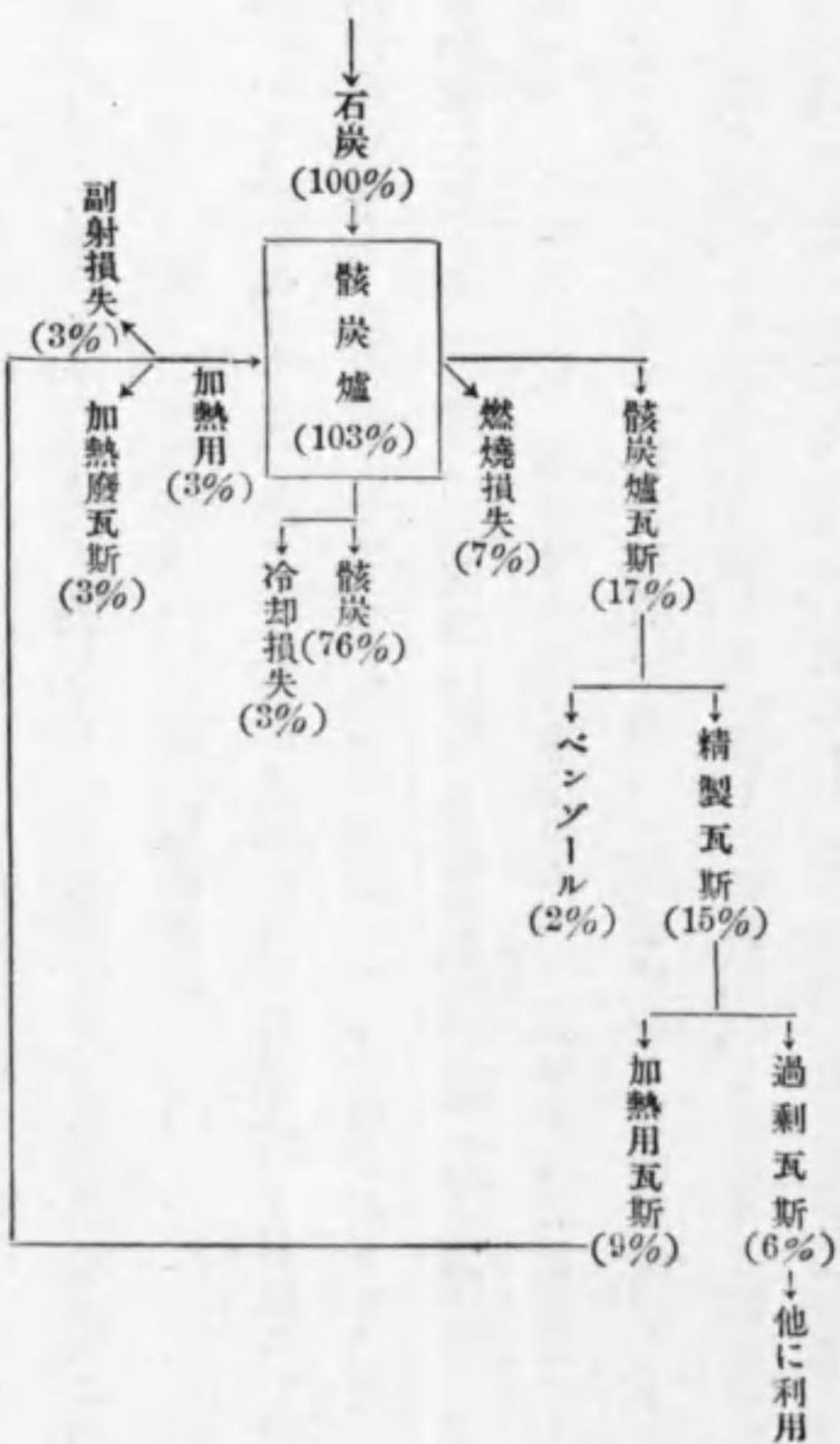
又近年英國に於て多く使用せらるゝグローバー・ウエスト (Glover-West) 式直立式レトルトに於てはレトルト下部に於て赤熱せられたる骸炭の有する高熱を第二空氣の豫熱に用い以

て燃料骸炭の消費を一〇・四%に低減する事を得と稱せらる。

左表は近代式ウエストヒートボイラーを有する蓄熱式水平レトルト及直立レトルトに於て原料炭一噸を乾留するに要する燃料使用量及其分布を示すものにして勿論此場合に於ける燃料は副産骸炭の一部を用ひて發生爐瓦斯を製造して使用する。

加熱熱平衡	水 平 式		直 立 式	
	石炭一噸に對し(B.T.U.)	百分率	石炭一噸に對し(B.T.U.)	百分率
(i) 發生爐に供給したる熱量	2,110,000	(ii)+(iii) 100.00%	2,668,000	(ii)+(iii) 100.00%
(ii) レトルト窯に導かれたる熱量	3,120,000	90.00%	3,376,000	86.00%
(iii) 瓦斯發生爐に使用せられたる熱量	210,000	10.00%	292,000	13.00%
(iv) 加熱爐を去る廢瓦斯中の熱量	1,250,000	33.00%	2,090,000	55.00%
(v) レトルト加熱に實際使用せられたる熱量	2,110,000 (ii)-(iv)	55.50%	1,378,000 (ii)-(iv)	51.00%
(vi) ウェストヒートボイラーを去る廢瓦斯熱量	880,000	21.50%	1,050,000	31.00%
(vii) 蒸氣發生に利用せられたる熱量	910,000	22.60%	1,240,000	37.00%
(viii) ボイラー熱効率		67.70%		72.00%

骸炭の製造に於ては其加熱燃料としては副産瓦斯の一部を使用するものにして近代式骸炭爐に於ては一噸の石炭を乾留するに約五〇〇、〇〇〇—六〇〇、〇〇〇カロリーの熱量を要す而して左表は實際作業に於ける熱分布の一例を示すものなり。



石炭瓦斯の製造及骸炭の製造に於て石炭を炭化器中に裝入して乾留するに當つて石炭及骸炭の乾留

ボンド氏
研究

炭は何れも熱の不良導體なれば石炭層内部に熱が傳導する事は甚だ除々なる者にしてボンド氏 (Bond) は小型D形レトルトに六吋の層に石炭を裝炭し、煙道溫度一一〇〇度の元に石炭各層に於ける溫度上昇の有様を検したるに其底部に於ては溫度は急激に上昇し裝炭後一五分後に於て七〇〇度、二時間後に八〇〇度、五時間後に一〇〇〇度に達し最後の二時間は少しも溫度の上昇を見ざりき、然るに炭層の上部に於ては溫度の上昇極めて遅く二時間後に於て七四〇度に達し、炭化終了まで之れ以上の溫度の上昇を來さざりき、又炭層中央部に於ては一時間後に於て七〇〇度、二時間後に於て其底部と全く同一の溫度に加熱せらるゝを見たり、之れレトルト底部に於て發生せらるゝ高温瓦斯及び蒸氣が炭層を通じて上昇し以て中心部をも可なり高温に加熱するによる者にして、二時間に於て又溫度少しく下降す之れ其底部に於て瓦斯發生減少する事を示す者なり、而して四時間位を經過する時は中央部の溫度は上部と殆んど同一となる者なり、斯くの如くレトルト加熱に於て炭層底部溫度高く上部溫度低き理由は底部に於て炭層にはレトルト底壁を通じて直接熱の傳導を受くるも上部に於ては主としてレトルト壁の反射熱により加熱せらるゝが爲めなり。

デッソウ

左表はデッソウ式 (Desau) 直立瓦斯レトルトを使用して行ひたる熱傳導の試験結果を示す者にして本試験に於けるレトルト壁の溫度は一四〇〇度なりき。

裝炭後時間	炭層中央溫度
一 五 分	九〇度
三 〇 分	一〇五〃
一 時	一四五〃
二 時	二〇〇〃
三 時	二八〇〃
四 時	三七〇〃
五 時	四四〇〃
六 時	四七〇〃
七 時	五〇〇〃
八 時	五八〇〃
九 時	六二〇〃
一〇 時	九五〇〃

即ち此結果により直立式レトルトに於ける炭層内に於ける熱傳導の有様を推測する事を得。

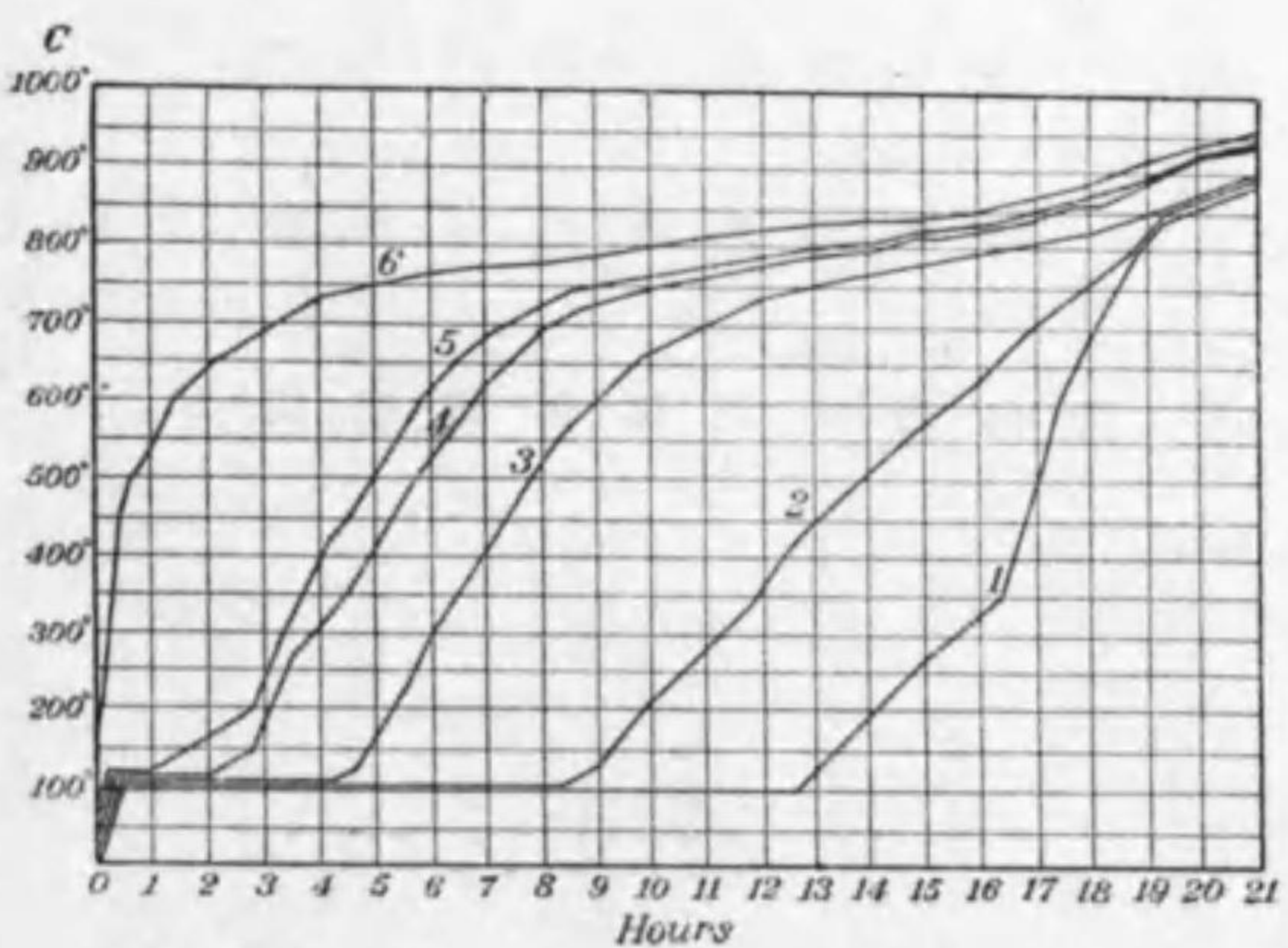
骸炭爐に於ける熱傳導の有様はヒルゲンストック氏 (Hilgenstock) がコッペー式 (Coppée)

式直立レ
トルト熱
傳導度

骸炭爐熱
傳導度

石炭乾留中に於ける化學的變化

第十圖



骸炭爐(巾一八・五吋炭化時間二十一時間)を用いて試験し第一〇圖に示すが如き結果を得たり、即ち該圖に於て縦軸は炭化溫度、横軸は時間を示し(1)2及3等の曲線は骸炭爐中の其數字に相當する位置の各經過時間に於ける溫度の上昇の有様を示す者なり。

第四節 石炭乾留中に起る化學變化

(Chemical Change in Carbonization of Coal)

石炭乾留工業に於ては石炭を空氣遮斷の密閉器中に入れ外部より之を加熱し其留出物は之を冷却精製して瓦斯、コールタール、瓦斯液に分離し乾留殘渣として骸炭を残す者なるが、石炭を乾留する時は三〇〇度前後に於て少しく熔

エバンス氏の研究

融し始め四〇〇度位に於てタールを生じ始め、五〇〇—六〇〇度に於て主として瓦斯を發生し、八〇〇—九〇〇度に於て乾留は殆んど終了す、エバンス氏(E. V. Evans; Royal Society of Arts, Feb. March 3, 10, 1924)は最近ダルハム(Durham)瓦斯炭を使用し同炭を粉碎し煉炭を製し徑二吋、長さ二四吋の石英硝子管中にて瓦斯加熱を以て乾留試験を行ひ以て左表に掲ぐるが如き結果を得たる事を發表せり而して同氏の用ひたる乾留溫度は一〇〇〇度なり

使用石炭分析

工業分析		原素分析	
揮發分	三五・五〇%	炭素	七九・九八%
灰分	五・一三%	水素	四・七三%
水分	一・四二%	窒素	一・二二%
固定炭素	五七・〇五%	硫黄	一・六九%
發熱量	一四・四六〇(B. T. U. 封度)	酸素	五・八三%
			八五・五九
			五・〇六
			一・三一
			一・八一
			六・三五

無水無灰として計算す

石炭乾留工業

九八

生産物 (石炭一噸)	乾留温度千度に達する時間		
	一八分	一時四十分	三時一五分
骸炭	一四五六封度	一四七八	一五二二
タール	一三・二加侖	一八・四	一四・〇
瓦斯	一二・八八〇立呎	一一・二三〇	一二・三五〇
瓦斯液	一六・〇加侖	一五・七	一五・二
炭素及ピッチ	二三・六封度	一五・七	九・〇
總百分率(石炭に對し)	九七・五	九七・二	九七・一
瓦斯成分(酸素窒素を除く)			
炭酸瓦斯	二・三	二・五	二・七
重炭化水素	五・四	三・一	二・四
一酸化炭素	九・八五	八・八	一〇・一
メタン	二四・四五	三〇・七	二八・六
水素	五八・〇	五四・〇	五六・二
發熱量(B. T. U.)			
瓦斯(酸素窒素を除く)	五九五	五八六	五五六
骸炭	一三、四一〇	一三、五八〇	一三、三八〇
タール	一三、六五〇	一四、四二〇	一五、八九〇

石炭(一噸)の サーム分布	骸炭		
	タール	瓦斯	炭素及ピッチ
總揮發サーム	一九九・七	九九・七	九六・四
總不揮發サーム	一九八・四	二〇二・三	二〇四・三
製品サーム	二九八・一	二九八・七	二九九・一
サーム百分率	九二・〇	九二・三	九二・四

右表に於て瓦斯は凡て酸素及窒素を除きたる者に就て考慮し且つサーム (Therm) とは、十萬 B. T. U. の熱量なりとす。

即ち此研究結果より左の如き結論を下す事を得。

第一、乾留の速度遅々なる時は骸炭の歩留もサームも増加す。

第二、タールの生産量は乾留速度に影響せらるゝ事大に乾留速度遅るゝに従ひ或る程度まではタールの生産量増加し或る極限を越ゆる時は又著しく減する者なり。

第三、瓦斯のサームは乾留速度遅々なる時は著しく減するも或る程度を過ぐる時は殆んど

不變となる者なり。

第四、乾留速度遅くなれば總揮發サーム量減ず。

第五、レトルト中に残さるゝ炭素及ピツチの量は乾留速度大なる時は大に、漸時遅くなるに従ひ小となり、又ある極限を越ゆる時は又大となる者なり。

斯くの如く石炭乾留生成物としては瓦斯、瓦斯液、タール、骸炭を生ずる者なるが瓦斯の成分としては主として前表に示したるが如く炭酸瓦斯、一酸化炭素、メタン、水素及重炭化水素等よりなり、又少量の二硫化炭素、硫化水素等を含有す、而して瓦斯液中には種々なるアムモニア鹽類を含有し、タール中には脂肪族、芳香族の炭化水素、酸素含有物體及窒素含有物體等を含有し骸炭は炭素、水素及酸素の複雑なる成分よりなる炭素に富みたる物質よりなる者なり。

石炭の成分は甚だ複雑なる者にして未だ明らかならざる者なれば従て此乾留中に於ける變化も明らかならずと雖石炭の主成分がフューマス物質及樹脂質物質よりなる事は一般に信ぜらるゝ所なり、而して石炭を乾留する場合に此二物體が如何なる變化を受くる者なるかは能く研究せられたる所にして、フューマス物質は低温に於ては分解して主としてパラフィン、

オレフィン、ナフテン族炭化水素を發生し、樹脂質物質の分解によつては主としてフェノール類を生じ、普通高温タール中に見るが如き芳香族炭化水素たるベンゾール、トリュオール等の如き物體を生ぜず。

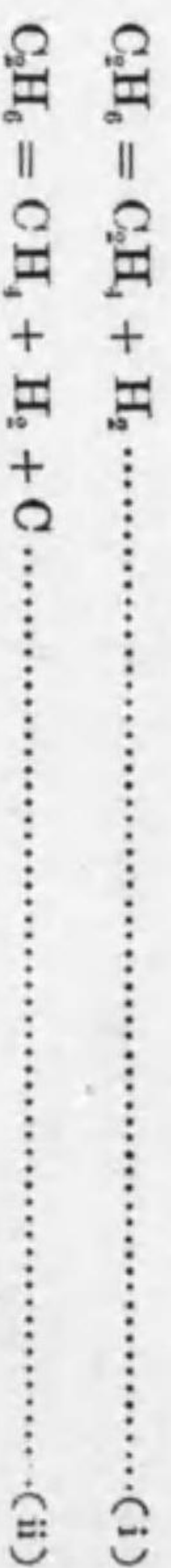
斯くの如く低温に於て生ぜられたるパラフィン、オレフィン、ナフテン族炭化水素及フェノール類が更に高温に於て第二次の分解を起し以て普通高温タールに見るが如き複雑なる成分の物體を構成する者なり。

石炭の低温乾留に於て發生せらるゝ瓦斯の成分は主としてパラフィン及オレフィン族炭化水素の下級なる者にして左表に掲ぐるは其主要なる者なり。

	パラフィン族炭化水素	オレフィン族炭化水素
メ	タ	ン
	(C ₁ H ₄)	(C ₂ H ₂)
エ	タ	ン
	(C ₂ H ₆)	エ
		チ
		レ
		ン
		(C ₂ H ₄)
ブ	ロ	バ
	ン	ン
	(C ₃ H ₈)	フ
		ロ
		ベ
		ン
		(C ₃ H ₆)
ピ	ユ	ー
	ン	タ
	(C ₃ H ₁₀)	ン
		(C ₃ H ₁₂)
ヘ	ン	タ
	ン	ン
	(C ₄ H ₁₀)	フ
		キ
		サ
		ン
	(C ₄ H ₁₄)	

ボン氏の研究

ボン氏 (Bone) は此等の炭化水素が高温度に於て分解する有様を検したるにエタンは六〇—八〇〇度に於て水素、エチレンに分解し (i 式) 尙之を高温に加熱する時はメタン及水素を発生し以て炭素を遊離するを見たり (ii 式)。



又エチレンは五七七度に於て已に多量のタールとアセチレンを生じ炭素を遊離する者なるも、之を八〇〇度位に加熱する時は (iii) 式に示すが如く炭素を遊離してメタンを生ず。



又アセチレンは六〇〇—七〇〇度に於ては分解する事なく却て重合作用を起して其六五%は高分子量の物體に變じ其三五%はメタンに變化する事を見たり。

ベルテロー、サバチエー (Berthelot & Sabatier) 氏等は石炭の低温乾留生成物たるメタン、エタン、エチレン等の炭化水素が石炭乾留中に於て温度の上昇につれ如何なる分解作用を營む者なるやを研究し其等の炭化水素の内最も簡單なる組成を有するメタンの分解の有様を次式の如く發表せり (iv …… ix 式)



之を以て之を見ればメタンの如き單一なる組成を有する物體の分解も又極めて複雑なる者なれば石炭乾留中に於ける炭化器内に於ける變化も極めて複雑なる事を想像する事を得。

斯くの如き複雑なる分解を受け石炭乾留生成物中の瓦斯の成分としてはメタン (CH₄)、重炭化水素 (C₂H₆)、一酸化炭素 (CO)、炭酸瓦斯 (CO₂)、水素 (H₂) 等となる者にして此等の成分中一酸化炭素及炭酸瓦斯の生成殊に炭酸瓦斯は石炭乾留の初期に於て石炭の成分たる炭素及酸素の直接の結合により、又乾留中酸素の進入による酸化により、又一酸化炭素は炭酸瓦斯が高温に於ける還元により、又水性瓦斯反應により生ぜらるゝ者なり。

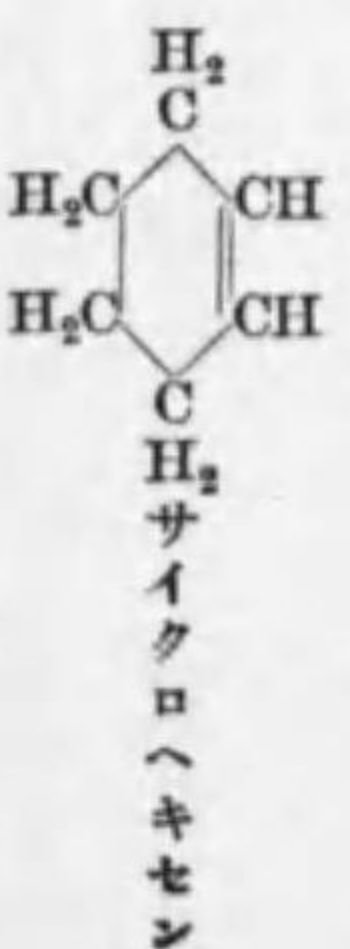
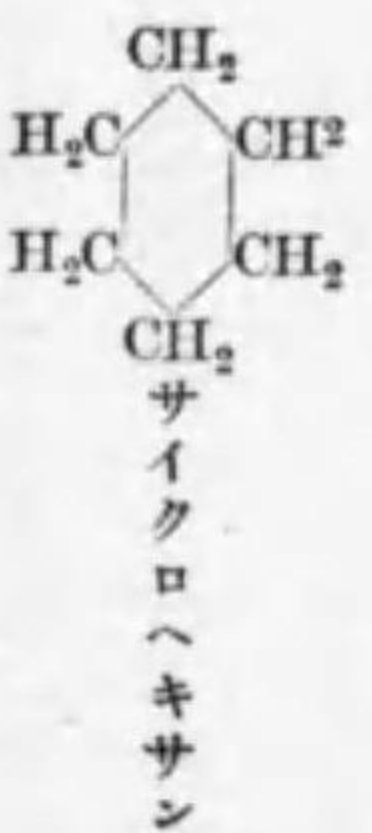
而して此等の炭化水素の量は乾留温度が上昇するにつれタールの第二次分解により益々増

ベルテロー及サバチエー氏の研究

加するは論を俟たず。

石炭乾餾の際生ぜらるゝタールは低温の場合に於ては其色褐色、其比重も小なるも高温タールは色は真黒となり比重も著しく大となり其成分も低温の者と全く異なり来る者なり。

低温タールの主成分はピクテ氏 (Pictet) 等の研究の結果による時は石油のある種類の者の中に見出さるゝが如きサイクロヘキサン (Cyclohexane, C₆H₁₂) の如き飽和環状化合物か又はサイクロヘキセン (Cyclohexene, C₆H₁₀) の如き半飽和環状化合物なりと。



サイクロヘキサン及サイクロヘキセン二物體共に可なり安定なる化合物なるも高温に於ては容易に分解して無数の固體、液體、瓦斯體の化合物に變ずる者なる事はジョーンズ氏 (D. T. Jones) の深く研究したる所にして若し此二物體の高温に於ける分解の有様を研究する時は所謂高温タール生成の理論 (Tar-formation) を明らかにする事を得る者なり最近エバンス氏 (E. V. Evans; Gas World March 1, 8, 15, 1924) は此方面の研究を行ひ瓦斯ウォールド誌

ピクテ氏
の研究

エバンス
氏研究

上に發表したるが同論文は在來其説明に甚だ困難を感じたる高温タール生成の理論を能く説明し得て此方面に一新光明を與へたる感あり。

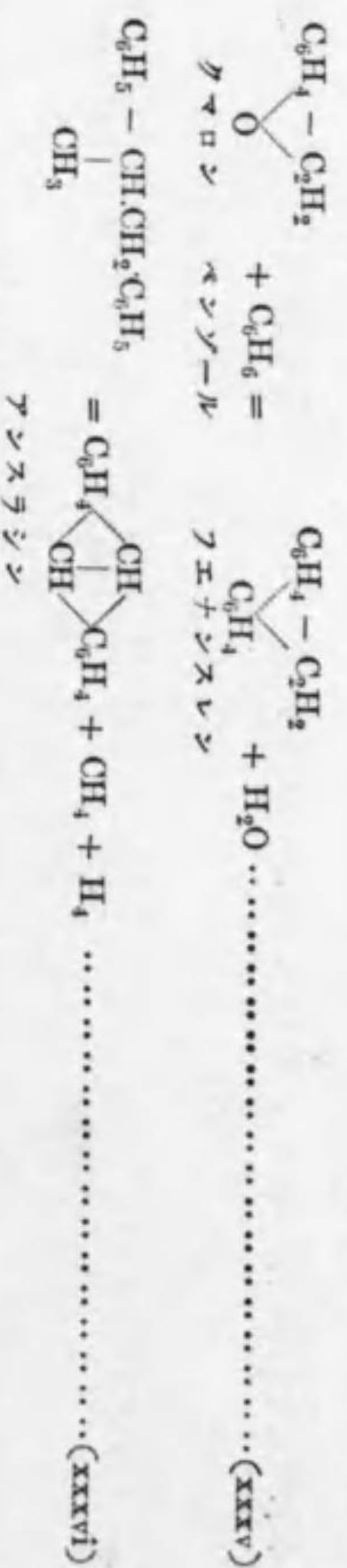
今其概略に就て之を述べれば石炭低温タールの主成分たるサイクロヘキサンは温度上昇と共に水素の脱出によりサイクロヘキセンに變ず (x式)



又サイクロヘキサンは環狀の破壊と分子内原子の移動とによりオレフィン族炭化水素と正へキシレンに變ず (xi式)



又クレームル氏 (Kraemer) は高級芳香族炭化水素の生成は下級なる炭化水素の縮合作用及び重合作用により容易に生ぜらるクマロン (C₉H₈O) 及スチロール (C₈H₈) が低級物體と縮合して生ぜらるゝ者としてフェナンスレン及アンストラシンの生成を XXXV 及 XXXVI 式の如く説明せり。



又石炭タール中に存在する酸素含有物體の重要な者たるフェノール類は低温タール中には三〇—四〇%も含有し、高温タール中には其量著しく減する者なり、而して此物體が又高温タール中の芳香族炭化水素の一成因をなすが如し、而して此フェノール類は主として石炭の一主要成分たる樹脂質物體の分解により生ぜらるゝ者たる事は前に述べたるが如し。

又石炭乾留生成物中の硫黄化合物の主なる者は硫化水素、二硫化炭素、チオフン等にして硫化水素は石炭乾留中極めて低温度に於て發生し石炭が分解し始むると殆んど同時に發生

する者にしてポウエル氏 (A. R. Powell) の研究の結果による時は石炭中の硫化鐵礦、有機硫黄の大部分は硫化水素として發生する者なりと、又二硫化炭素は石炭の第一次分解生成物たる硫黄化合物が赤熱炭素に觸れて生ぜられ、チオフンは硫黄化合物がアセチレン瓦斯に反應して生ぜらるゝが如く實際石炭瓦斯をして赤熱黄鐵礦層を通せしむる時は少量のチオフンの生成より之を證明する事を得。



斯の如く石炭乾留中に於ける化學的變化は頗る複雑したる者にして其分解生成物の一部はタール、一部は瓦斯液、一部は骸炭、一部はレトルト炭素、一部は瓦斯となる者にして乾留温度高ければ高き程其分解作用は激烈となる者なり而して瓦斯、瓦斯液、骸炭、レトルト炭素等の成分は比較的簡單なるもタールの成分は複雑し今日迄に純粹なる状態に抽出せられたる者一五〇種に達す而して其主要なる者は炭化水素、酸素、窒素及硫黄含有物體なりとす。炭化水素とは有機化合物中最も簡單なる組成を有する炭素及水素の化合物にして其種類及兩原素の含有割合左表の如し。

パラフィン族炭化水素	C_nH_{2n+2}
オレフィン及ナフテン族炭化水素	C_nH_{2n}
アセチレン族炭化水素	C_nH_{2n-2}
芳香族炭化水素	C_nH_{2n-6}

パラフィン族は所謂飽和炭化水素にして最初の四者たるメタン(CH_4)、エタン(C_2H_6)、プロパン(C_3H_8)及ビュタン(C_4H_{10})は何れも瓦斯體をなし、其最も簡單なる組成を有するメタンの如きは石炭瓦斯中の第二の有要成分を形成し其發光及發熱成分として缺く可からざる者なり、而して第二者たるエタンも石炭瓦斯中に其石炭の第一分解生成物として存在する者たる事は前に述べたるが如し、又プロパン及ビュタンの如きも微量は瓦斯中に存在する事あるも此等の炭化水素は高温に於ては容易に分解して低級物體に變ずる者なれば高温度に於て生ぜられたる石炭瓦斯中には多量に存在する事なし、又第五者たるペンタン(C_5H_{12})以上の者は常温に於て液體をなし炭素原子の増加するに従ひ其沸騰點は上昇し且つ液は粘調となり炭素一五以上の者となる時はワセリンの如き半固形體となり炭素二〇以上に達する時は又パラフィンの如き固形體となる者なり。

此等液狀炭化水素の内炭素五より一〇に至る物體は今日迄に普通のコールタールより已に抽出せられ、又固形パラフィンの如きもシェール及キャンネル炭より生ぜられたるタール中には其存在を確實に認められたる所なるも普通瀝青炭より生ぜらるゝ高温タール中には未だ發見せられたるを聞かず。

オレフィン族は所謂不飽和炭化水素にして其最低物體たるエチレン(C_2H_4)及其高級體たるプロピレン(C_3H_6)、ブチレン(C_4H_8)等は何れも石炭瓦斯中に發光成分として存在し尙高級の物體たるアミン(C_6H_{10})、 γ キレン(C_6H_{10})、 β プチレン(C_7H_{12})等は何れも已にタール中に發見せられたり。

オレフィン族炭化水素と同一の一般式を有するナフテン又はヘキサヒドライド族炭化水素(C_nH_{2n})は露國産石油の主成分をなす者にして、タール殊に低温乾餾に於て生ぜらるゝタール中に多量に存在し、其内にてヘキサヒドロベンジン(C_6H_{10})、ヘキサヒドロトルイン(C_7H_{12})、及ヘキサヒドロインザイリン(C_8H_{14})等は已にタール中より抽出せられたり而して此炭化水素のオレフィン族炭化水素と異なる所は後者は高温に於て分解して簡單なる炭化水素に變ずるも前者は其の分解によりて何れも水素を遊離して芳香族炭化水素たるべ

ンジン (C₆H₆)、トルイーン (C₇H₈) 及ザイリオン (C₈H₁₀) 等に變するにあり。

アセチリオン族炭化水素の内其最低級物體たるアセチリオン (C₂H₂) は石炭乾餾中に發生せられ此物體が芳香族炭化水素生成の一原因をなす者たる事は前に述べたるが如し。

芳香族炭化水素は高温に於て生ぜられたるタールの主成分をなす者にして低温生成タール中には其含有量極めて少なし、是此等の物體がアセチリオン其他の物體の重合及縮合作用によりて又ナフテン等の分解によりて生ぜらるゝ高温生成物たるが故にしてタール中に存在する芳香族炭化水素の主要なる者は左表に掲ぐるが如し。

成分	沸騰點	比重
ベンジン	80	0.88
トリユイーン	110	0.87
ザイリオン	142	0.87
インキユメン	170	0.85
ナフサリン	217	
アンスラシン	360	
クリセン		
ピレン		

鹽基性及酸性物體

其他タール中に存在する鹽基性及酸性物體は左表に掲ぐるが如く此他遊離炭素がタールの成分をなす事は論を俟たず。

成分	沸騰點	比重
アムモニア (NH ₃)	—	—
アニリン (C ₆ H ₇ N)	182.5	1.02
ピコリン (C ₆ H ₇ N)	130.0	0.96
キノリン (C ₉ H ₇ N)	239.0	1.08
ピリヂン (C ₅ H ₅ N)	117.0	—
石炭酸 (C ₆ H ₆ O)	180.0	1.07
クレシル酸 (C ₇ H ₆ O)	—	—
ロソール酸 (C ₉ H ₈ O ₂)	—	—
アルノリック酸	—	—
醋酸 (C ₂ H ₄ O ₂)	118	1.06

石炭の成分がタールの生成に及ぼす影響に就てはデビル氏 (Deville) が深く研究したる所にして其結果によれば石炭中に酸素及水分を多く含有すればする程タール及アムモニアの生

デビル氏研究

ブロンテ氏
研究

成量多き者にして、此事實は石炭中の水素が5%、酸素が一二%以上存在せざる場合に於ては常に眞なりと云ふにあり、又ブロンテ氏は種々なる酸素含有量の石炭を取り之を乾留して次の如き結果を得たり、即ち之により之を見ればタールの生産量は石炭中の酸素と大なる關係

石炭(水分及灰分を除き
たる)中の酸素含有量

一〇〇研の石炭より生
ぜらるるタール量研

一三・〇四%	五・二二
一一・六四%	五・七九
一〇・一三%	五・三三
八・二七%	四・〇九

を有する者にして其酸素の含有量一一・六四%まではタール生産量は酸素含有量と共に増加するも此極限を超ふる時は却て減少する傾向を呈する者なり。

實際大規模に瓦斯の製造を行ふ際に生ぜらるるタールと、低温乾留生成タールとは其性質大に異なる者たる事は明らかなる所にして、低温に於ては専らバラフィン族、オレフィン族及ナフテン族飽和及不飽和炭化水素を生じ此等の物體が高温に於て分解及重合作用を受け始めて吾人が普通見る如きタールの生成を來す者なり、即ち四〇〇—五〇〇度位の乾留温度に於て生ぜらるるタールは其比重も一・〇七五の如き輕き者にして其主成分としてはバラフィ

ン族炭化水素たるヘキサン (C_6H_{14})、ヘプタン (C_7H_{16})、オクタン (C_8H_{18})等の如き輕炭化水素及ナフテン族たるサイクロヘキサン等よりなり極めて少量の芳香族炭化水素を含有するに過ぎず、又酸素含有物體としては普通のタールに多量に存在するが如き石炭酸 (C_6H_4O)の含有量少なく其高級體たるクレソール (C_6H_4O)を多く含有し、且つナフサリン ($C_{10}H_8$)の存在する事なく之に反し少量のアンスラシン ($C_{14}H_{10}$)を含有す、而して遊離炭素の如き僅に二%に過ぎず。

レトルト温度の上昇がタールの成分に如何に影響する者なるかはレウエス及ライト氏等 (Lewes & Wright) がデルピシャー瓦斯炭を用ひて、乾留温度六〇〇度位より普通瓦斯製造を行ふ位の温度迄種々なる温度を用ひて、生ぜられたるタールの成分を検し左表に掲ぐるが如き結果を得たる事より明らかに知る事を得。(左表中(一)……(五)は順次乾留温度の上昇を意味す)。

同氏等の用ひたる石炭の成分

炭素	八一・九二%
水素	五・三九%

レウエス
及ライト
氏研究

酸素 六・八八"
窒素 一・二七"
硫黄 一・九七"
灰分 二・五六"

五種の異なる乾留温度
産氣量 (石炭一噸よ
りの立呎數)

タール比重
タールの成分(%)

瓦斯液	一・二〇	一・〇三	一・〇四	一・〇四	〇・三八三
粗ナフサ	九・七一	九・六五	三・七三	三・四五	〇・九九五
輕油	一〇・五〇	七・四六	四・四七	二・五九	〇・五六七
クレオソート油	二六・四五	二五・八三	二七・二九	二七・三七	一九・四四〇
アンストラシン油	二〇・八二	一三・五七	一八・一三	一三・七七	一二・六〇〇
ビッチ	二八・八七	三六・八〇	四一・八〇	四七・六七	六四・〇八〇

即ち右の試験の結果による時は乾留温度上昇すればする程分解作用は進みタール中の輕油分を形成する輕炭化水素の量を減じ、且つ遊離炭素の量は又之が爲に著しく増加し爲めにビッチの量も從て増大する者なり。

又同氏等は前の試験より得たる五種の粗ナフサの中に含まるゝパラフィン族炭化水素の量を檢したるに(一)には五・〇%、(二)には四・〇%、(三)には一・五%、(四)には一・〇%及(五)には一・〇%なる結果を得たりしが此事實より考察する時は此等の炭化水素は石炭乾留第一生成物たる事を示す者にして若し石炭を減壓の元に乾留する時は又同一の結果を得る者なれば從て其事實を一層確證する事を得。

石炭乾留に於て乾留温度の影響

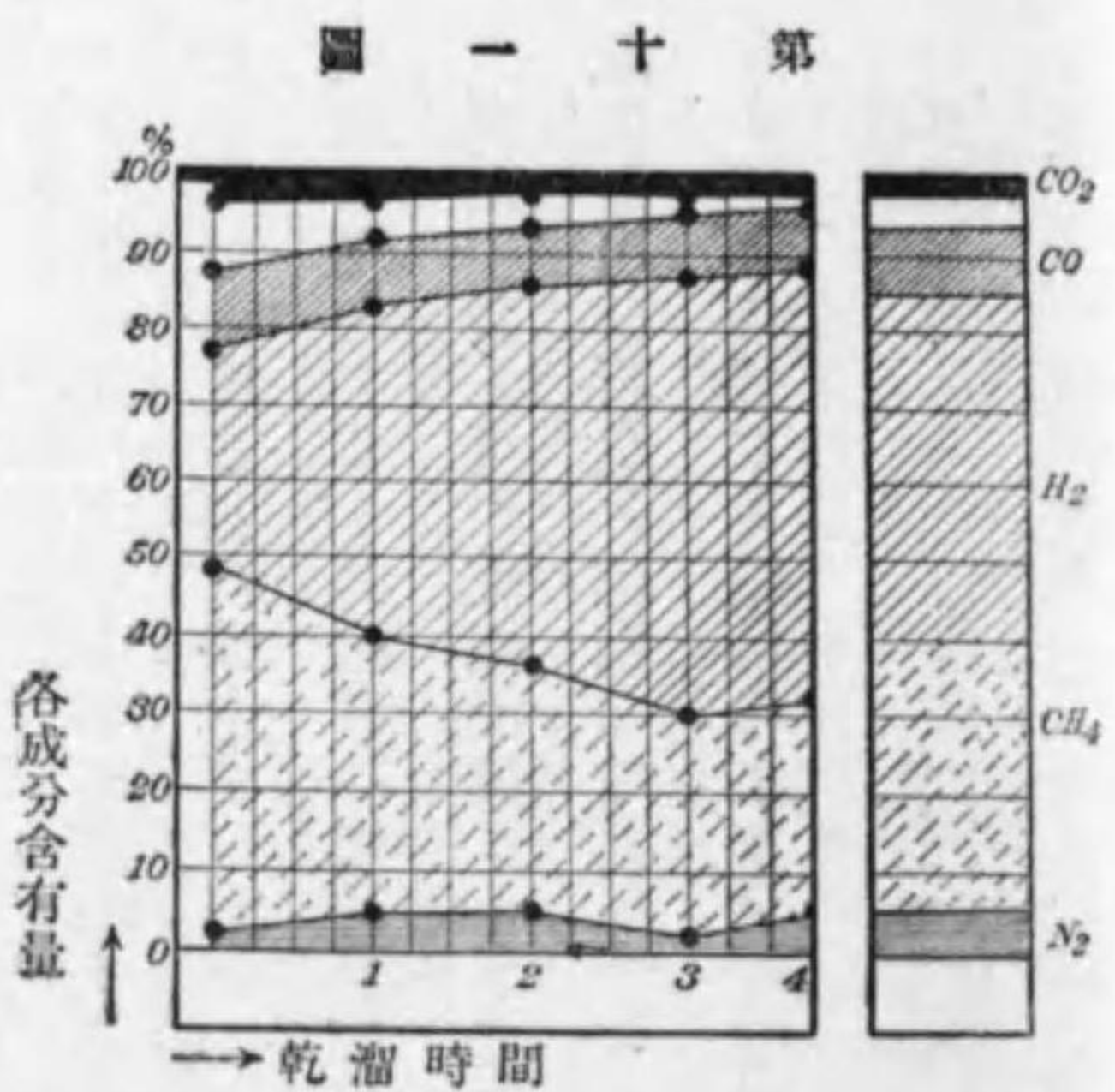
第五章 石炭乾留に於て乾留温度の影響

(Effect of Temperature of Carbonization upon Quality of Gas &c.)

瓦斯成分の變化

石炭の乾留は其原料の種類により著しく難易ある事は明らかなる所なるも、其原因に就ては明らかならず、又石炭の大小に就ても塊炭は粉炭に比して瓦斯を放出する事急激にして然も瓦斯生産量は一般に大なり、又乾留温度は乾留生成物の量及品質に著しき影響を及ぼす者にして殊に瓦斯生産量は温度の上昇と共に著しく増加し平均温度50度の上昇毎に1000ccの石炭に對して二立米の瓦斯の増産を來す者なり、然れども瓦斯の品質は温度の上昇と共に著しく劣悪となるは論を俟たず第一一圖は即ち獨逸瓦斯試験所 (Lehr u. Versuchsgasanstalt, Karlsruhe) に於て水平式瓦斯レトルトを用ひ炭化時間四時間にて試験したる瓦斯成分の變化を示す者にして、該試験の結果による時は、メタン及重炭化水素 (CH_4 , C_2H_6) は炭化の進むに従ひ、即ち乾留温度の上昇と共に其生産量を減じ、之に反して水素 (H_2) の量は著しく増加す、一酸化炭素 (CO) 及炭酸瓦斯 (CO_2) は乾留中殆んど變化なく斯くの如くメタン

瓦斯の發熱量數及發光度數



第十圖

及重炭化水素の減少及水素の増加はメタン及重炭化水素が高温に於て分解して其分解最終生成物たる水素に變ずるによる者なり。

斯くの如く瓦斯の有要成分たるメタン及重炭化水素の減少及水素の増加の爲め瓦斯の比重は著しく小となり發光及發熱量は著しく低下す。

左表は獨逸瓦斯試験所に於てサクソニー産瓦斯炭を用ひ之を種々なる温度に於て乾留して生ぜられたる瓦斯の發熱量、發熱量數 (一ccの石炭より發生せらるゝ瓦斯の立米數に瓦斯の發熱量を乘じたる者及發光度、發光度數 (一ccの石炭より發生せる瓦斯の立米數に一時間一五〇立の發する發光度を乘じたる者) を表はす者なり。

乾留温度	105.0	116.5	118.0	120.0	121.0	125.0
發熱量 (グロス)	61.13	58.30	58.15	56.75	56.90	56.23
發熱量 (ネット)	55.23	52.13	52.20	50.23	51.01	50.30
發熱量數	188.1	207.8	211.0	211.1	211.1	215.0

第五章 石炭乾留に於て乾留温度の影響

石炭乾餾工業

發光度(CH.K.)	一四・五六	一二・八四	—	—	一一・六五	九・八二
發光度數	四五・一〇	四四・八〇	—	—	四三四・〇	三七六・五

表中 H. K. は Heifer Kerze と稱し一時間一五〇立の瓦斯を使用して發する發光度を示す、又瓦斯發熱量は溫度零度、壓力七六〇耗の元に換算したる者なり。

即ち此結果より考ふる時は瓦斯の發熱量は炭化溫度の上昇と共に著しく減するものなるも、發熱量數は之と共に増大す、是溫度上昇の爲めに起る發熱量の低減よりも瓦斯生産量の増大する割合遙に大なる事を意味する者にして從て其相乗積の増大を來す所以なり、又瓦斯の發光度が溫度と共に減少する割合は發熱量の場合に於けるよりも遙に大にして從て瓦斯の生産量は増大するも其兩者の相乗積たる發光度數は溫度の上昇と共に著しく低下す。

又瓦斯の發光度が乾餾溫度によりて如何に影響せらるゝ者なるかはライト氏が四種の異なる溫度を用ひ石炭を乾餾して其生ぜらるゝ瓦斯の發光度と石炭一噸に對する發光度數とを檢したる左表に掲ぐる結果により之を想像する事を得。

乾餾溫度	石炭一噸より發生せらるゝ瓦斯の立呎數	瓦斯の發光度 (英燭光)	石炭一噸より發生せらるゝ瓦斯の發光度數
(一) 純赤熱	八二五〇	二〇・五	三三九五〇

ライト氏
研究

(二) 前者より少しく高熱	九六九三	一七・八	三四五一〇
(三) 前者より少しく高熱	一〇八二一	一六・七	三六一四〇
(四) 輝燈熱	一一〇〇六	一五・六	三七四六〇

而して此際生ぜられたる瓦斯の成分は左の如し。

水素	メタン	オレフィン	一酸化炭素	窒素
(一)	(二)	(三)	(四)	(五)
三八〇九	四二・七二	七・五五	八・七二	二・九二
四三・七七	三四・五〇	五・八三	一二・五〇	五・四〇
四八・〇二	三〇・七〇	四・五一	一三・五六	二・八一

即ち此結果より見る時は炭化溫度の上昇と共にメタン及オレフィン等は分解して炭素及水素を發生し、炭素はレトルト炭素としてレトルト内に折出し、瓦斯の容積を増大する者なるも其發光度は之が爲めに著しく減殺せらるゝを見る可し。

石炭瓦斯の發光度は其中に含まるゝベンジン、エチレン及アセチレンの如き重炭化水素の多寡によりて支配せらるゝ者なるが、今石炭瓦斯中に含まる主要なる物體の發熱量、發光度及一時間、一ヘフナー燭光に對する瓦斯の消費熱量を擧ぐれば左表の如くにして、此表により瓦斯の成分が其發熱量及發光度に如何に影響する者なるやは容易に了解する事を得。

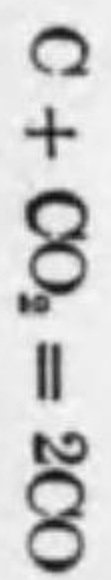
主要なる
瓦斯の發
熱量及發
光度

瓦斯の種類	分子式	大發熱量 (立)	發光度 (立)	一時間、一燭光に要 せらる、瓦斯熱量
メタン	(CH ₄)	一四二九	六	二三八
エタン	(C ₂ H ₆)	二四八五	三五	七一
プロパン	(C ₃ H ₈)	三五三七	五四	六五
エチレン	(C ₂ H ₄)	二二三七	六八	三三
アセチレン	(C ₂ H ₂)	二〇七九	二四〇	八六
ベンジン	(C ₆ H ₆)	五一八〇	四二〇	一一

石炭乾留工業

一二六

元來石炭瓦斯の發光度は瓦斯中の炭化水素が分解して炭素を遊離し之が赤熱せられ以て光
明を發する者なるが、若し瓦斯中に炭酸瓦斯を含有する時は此物體が光明を與ふる赤熱せら
れたる炭素に觸れ左式の如き還元作用を受け以て一酸化炭素を生じ其瓦斯の發光力を著しく
減殺する者なり。



普通の石炭瓦斯の發光度は九—一二フナナー燭光(一時間、一五〇立)、發熱量は五〇〇〇
カロリー(零度、七六〇耗、一立米)位のものなり。

石炭乾留
工業の主
及副産物

第六章 石炭乾留工業の主及副産物

(Main & Bye-product of Carbonization of Coal)

第一節 總説 (General Remarks)

總説

石炭乾留工業は之を石炭瓦斯工業及骸炭製造工業の二大部門に分つ事を得る者にして各主
及副産物の平均生産割合は左表の如し。

一、石炭瓦斯工業		二、骸炭製造工業	
主産物	石炭瓦斯 一五—一六%	主産物	骸炭 七〇—〇%
副産物	骸炭 六六—六八%	副産物	瓦斯 一七—五%
	コールタール 五—五・五%		コールタール 五・〇%
	瓦斯液 七—八%		硫酸安母 〇・三%
			輕油 一—二%

石炭瓦斯の成分

第二節 石炭瓦斯の成分 (Composition of Coal Gas)

石炭瓦斯は比重〇・四—〇・六(空氣を1とす)を有する一種獨特の臭氣を有する瓦斯體にして其發熱量は五〇〇〇カロリー(零度、七六〇耗)或は四七五〇カロリー(二五度、七六〇耗)、光力はシツニット燈を用ひ一時間二五〇立の瓦斯消費量に對して平均一〇—一二ヘルナー觸光(H.K.)を發する者なり。

(一) 精製せざる石炭瓦斯の成分

イ) 發光成分

パラフィン族炭化水素 $(C_nH_{2n+2}) \dots \dots$ エタ C_2H_6 及其高級同族體
 オレフィン族炭化水素 $(C_nH_{2n}) \dots \dots$ エチレン (C_2H_4) 、プロパン C_3H_6 等
 アセチレン族炭化水素 $(C_nH_{2n-2}) \dots \dots$ アセチレン (C_2H_2) 等
 芳香族炭化水素 $(C_nH_{2n-6}) \dots \dots$ キュメン (C_9H_{12}) 、トルエン (C_7H_8) 及同族高級體

ロ) 發熱成分

一酸化炭素 CO 水素 H エタ C_2H_6 CH_4

ハ) 不純成分

炭酸瓦斯	CO_2	アモニア	NH_3
青酸	HCN	ナフサリン	$C_{10}H_8$
硫化水素	H_2S	二硫化炭素	CS_2
ゼンフ油	C_6H_5NOS	チオフェン	C_4H_2S
窒素	N		

(二) タールのみを除きたる粗製石炭瓦斯の成分

水素	H	五〇・〇〇容%
メタン	CH_4	三二・〇〇〃〃
一酸化炭素	CO	八・〇〇〃〃
エチレン	C_2H_4	二・七五〃〃
ベンゼン	C_6H_6	〇・七五〃〃
炭酸瓦斯	CO_2	二・五〇〃〃
硫化水素	H_2S	〇・七五〃〃
窒素	N	三・〇〇〃〃
アモニア	NH_3	一・一〇〃〃
青酸	HCN	〇・一五〃〃

其他の硫黄化合物及ナフサリン 痕跡

(三) 精製石炭瓦斯成分

第六章 石炭乾留工業の主及副産物

タールを除きたる石炭瓦斯の成分

精製石炭瓦斯成分

成分	容量百分率	重量百分率	一立米に含 まらる瓦數	百斤の石炭よ り生ずる瓦數
水素	五二・〇	八・七	四六	一・三八
メタン	三二・〇	四三・七	二二九	六・八七
一酸化炭素	八・〇	一九・一	一〇〇	三・〇〇
エチレン	三・〇	七・一	三七	一・一一
ベンゾール	一・〇	六・一	三五	一・〇五
炭酸瓦斯	二・〇	七・五	三九	一・一七
窒素	三・〇	七・二	三八	一・一四
合計	一〇〇・〇	一〇〇・〇	五二四	一五・七二

第三節 石炭タールの成分 (Composition of Coal Tar)

石炭タールは眞黒なる油狀液體にして其比重は一・一一・二、種々なる炭化水素及其他の複雑なる組成を有する物體の混合物にしてアムモニア及石炭酸類の強臭を放つ、而して其主要なる成分はパラフィン族炭化水素、オレフィン族炭化水素、アセチレン族炭化水素、ナフテン族炭化水素、ナフチレン族炭化水素、ターベン族炭化水素、芳香族炭化水素、石炭酸類、

芳香族酸類、芳香族硫黄化合物、鹽基性及非鹽基性窒素化合物及遊離炭素等よりなる者にして其元素分析の結果は平均左表に掲ぐるが如し。

炭素	七七・五三%
水素	六・三三%
窒素	一・〇三%
硫黄	〇・六三%
酸素	一四・五〇%
發熱量	八五〇〇—九〇〇〇カロリー(貯)

クレーメル氏 (Kraemer) の研究の結果によれば獨逸石炭タールの平均成分は左表に示すが如し。

ベンゾール及其高級體	$C_{11}H_{21-8}$	一一・五〇%
石炭酸及高級體	$C_nH_{2n-1}OH$	一一・〇〇%
ピリヂン及キノリン鹽基等	$C_nH_{2n-1}N$	〇・二五%
ナフサリン、アセナフテン等	C_nH_{2n-12}	六・〇〇%
重油	C_nH_n	一一・〇〇%
アンストラシン及フェナンスレン等	C_nH_{2n-8}	一一・〇〇%
アスファルト(ピッチの可溶成分)	$C_{20}H_n$	三三・〇〇%

石炭乾留工業

一三二

遊離炭素(ピッチの不溶成分)	$C_{50}H_n$	二四・〇〇%
水分	H_2O	三・〇〇%
瓦斯(蒸留損失)		一・二五%

而して斯くの如きタールを實際に仕事して平均左表に掲ぐるが如き商品製する事を得る者なり。

ベンゾール(C_6H_6)及トリュオール(C_7H_8)	〇・八%
溶劑ナフサ (Solvent Naphtha)	〇・六%
石炭酸(結晶) (C_6H_5OH)	〇・二%
ナフサリン(純) ($C_{10}H_8$)	三・七%
アンストラシン(純) ($C_{14}H_{10}$)	〇・二%
重油 (Heavy Oil)	二四・〇%
ピッチ (Pitch)	五五・〇%

石炭タールの成分は其原料として用ひたる石炭の種類、乾留方法等殊に炭化温度により著しく異なる者にして粗製ナフサ(ベンゾール及其高級體を含有す)、輕油及石炭酸等の量は炭化温度の上昇と共に減少し、ナフサリン及ピッチ等の量は之に反す、又タールの比重も乾留温度と共に大となり、重きタール中にはナフサリンの含有量多く、ベンゾール、アンストラシ

炭化温度
とタールの
成分と
の關係

ン等の含有量少なきを一般とす、而してタールの價値は低き炭化温度に於て生せられたる者程一般に大なる者なり。

今ライト氏がデルビシヤイヤー炭に就て試験したる結果は左表に掲ぐるが如し。試験に用ひたる石炭の成分

炭素	七五・七一%	窒素	一・七二%
水素	六・二七%	酸素	一一・五九%
硫黄	一・七二%	灰分	二・九九%

炭化温度	一噸の石炭より	石炭に對する	タール比重
	産氣量(立呎)	タール生成量(ガロン)	
高温度	一一二・二八	一六・六三	一・二二〇
中温度	一〇四・〇〇	一	一・二八五
低温度	七八五・六	一一・五〇	一・二四五

又同氏は同一の石炭を用ひ種々なる温度に於て炭化を行ひ次の如き結果を得たり。

石炭一屯よりの産氣量(立米)	I	一八六・八八	II	二〇二・七八	III	二五〇・六四	IV	三二九・四九
タール比重		一・〇八〇		一・一〇二		一・一四〇		一・二〇六

石炭乾留工業

一三四

タール成分(百分率)	瓦斯液(Gas-Liquor)	粗製ナフサ(Grude Naphtha)	軽油(Light Oil)	クレオソート油(Creosote Oil)	アンスラシン油(Anthracene Oil)	ピッチ(Pitch)
一二・二〇	九・一七	一〇・五〇	二六・四五	二〇・三二	二八・八九	一・〇三
九・〇五	七・四六	二五・八三	一五・五九	三六・八〇	一・〇四	〇・三八
三・七三	四・四七	二七・二九	一八・一三	四一・八〇	〇・九五	〇・五六
〇・九四	〇・五八	一九・四四	一二・二八	六四・〇八	三・七三	〇・九四

右の表に於て I II III 及 IV 等は順次其炭化温度の上昇を意味する者にして炭化温度がタールの成分に如何に影響する者なるかは之により明らかに了解する事を得。

タールの性質成分は又石炭乾留を行ふ炭化器の種類により異なり来る者にして一般に直立式レトルトより生ぜらるゝ者は水平式の者に比して軽油分多く従て其性質も又後者に勝り又骸炭爐タールは前兩者の中間に位する性質を爲す。

左表はモルガン及スール氏等 (Chemical & Metallurgical Eng. 26, 923—928 & 977—991; 1922) が發表したる低温タール、骸炭タール、瓦斯タール(水平式?)の成分(重%)を比較したる者なり。

炭化装置のタールの成分に及ぼす影響
モルガン、スール氏研究

分留温度	低温タール	骸炭タール	瓦斯タール
二〇—一七三度	〇・六四	〇・七〇	一・一九
一七三—二三七度	九・一九	八・二七	九・二二
二三七—二八一度	一一・五〇	一一・四四	一〇・二二
二八一—三一五度	六・九四	六・二一	三・七八
三一五—三二六度	二・九〇	二・五三	一・九三
ピッチ(差より)	六七・八三	六九・八五	七三・七六
ピッチ(熔融點)	五三	六九	八九
タール比重	一・〇六七	一・一八四	一・二二七
遊離炭素量	〇・七一	六・九三	二〇・一
タール酸含有量	一三・七	二・九	二・四

而して同氏等の研究の結果による時は低温タールの平均成分は左表に示すが如し。

フェノール含有量	一三・七%
鹽基性物體	〇・六二%
炭化水素	
サイクリック(不飽和)	一三・四%
ナフテン(飽和)	二・八%

パラフィン(飽和) 一・六〇〇
 ヒフチ 六七・八三〇
 計 九九・九五〇

ワイス、
ダウンス
氏研究

又近年ワイス及ダウンス氏等 (Industrial & Eng. Chem. 15, 1022—3, 1923, M. Weiss & R. Downs) は炭素タールの成分(重%)を研究し左表の如く發表せり。

分餾油

(イ) 軽重 (Light oil)

粗ベンゼン、トルエン等
(Crude benzene & toluene) 〇・三三%

クロロアン、インダン等
(Umarone, indene & c.) 〇・六%

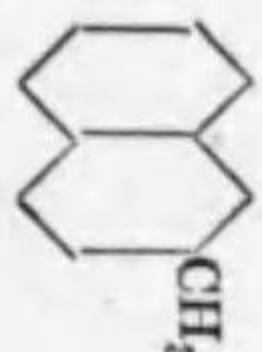
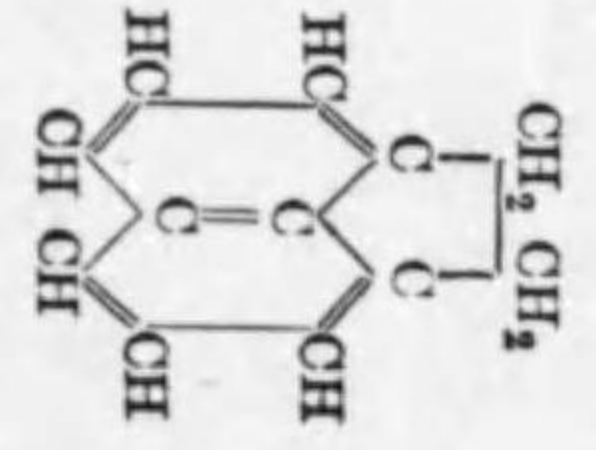
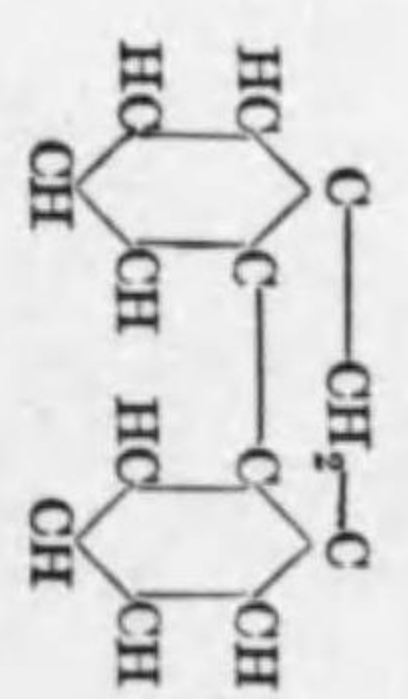
キシレン、キローメン等
(Xylenes & cumenes & c.) 一・一%

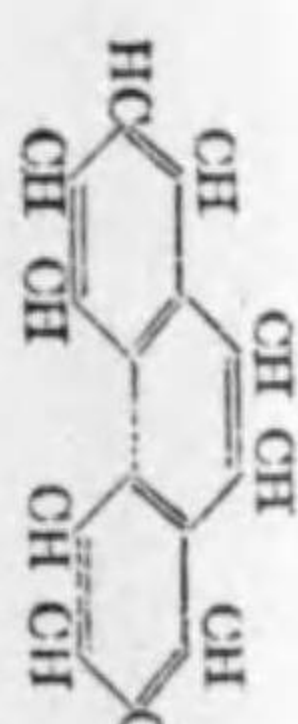
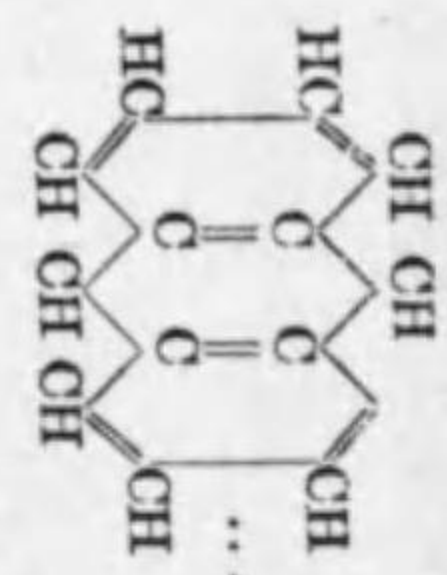
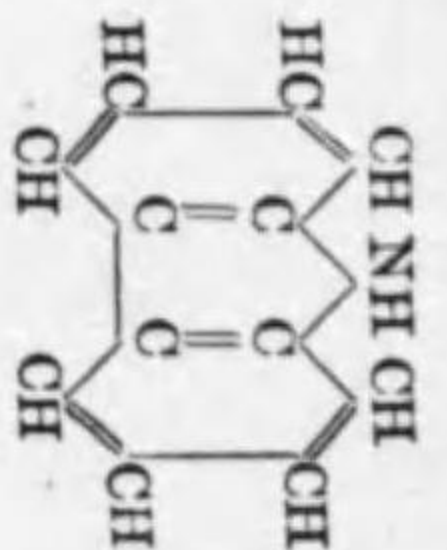
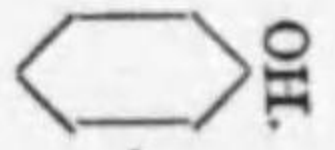
(ロ) 中油及重油 (Middle & heavy oil)

ナフサリン
(Naphthalene) 一〇・九%

ナフサリン及メチルナフサン等
(Unidentified) 一・七%

αメチルナフサリン
(α-methyl naphthalene) 一・〇%

βメチルナフサリン (β-methyl naphthalene)		..... 一・五〃
二メチルナフサリン (Dimethyl naphthalene)	$C_{10}H_6(CH_2)_2$	..... 三・四〃
アセナフチン (Acenaphthene)		..... 一・四〃
アセナフチン類似油 (Unidentified)	.....	..... 一・〇〃
フルオレン (Fluorene)		..... 一・六〃
フルオレン類似油 (Unidentified)	.....	..... 一・二〃
シアンスラシミン油 (Anthracene oil)	.....	.....

フテナンセン (Pheanthrene)		..... 四・〇〃
アンスラセン (Anthracene)		..... 一・一〃
カーバゾール等 (非鹽基性) (Carbazols)		..... 二・三〃
アンスラシン類似油 (Unidentified)	.....	..... 五・四〃
フェノール (Carbolic acid)		..... 〇・七〃
フェノール類 (主としてクレゾール、キシレノール等) (Cresol, Xylenol etc.)	$C_6H_4(CH_3)$ $C_6H_3(CH_3)_2$	..... 一・五〃

鹽基類 (ピリジン、ピコリン、リユチヂン、キノリン、アクリチン等) (Pyridine, Picolines, Indolines, quinolines, acridines)	C_5H_5N C_8H_7N C_9H_7N C_8H_5N C_9H_7N	11.3%
マツチ油 (Pitch oil)		0.6%
マツチグリース (Pitch greases)		6.4%
樹脂質物體 (Resinous bodies)		5.3%
マツチ (華氏四六〇度沸騰點) (Pitch)		44.7%
計		100.0%

第四節 瓦斯液の成分 (Composition of Gas Lignor)

石炭瓦斯の製造に於て炭素、水素、硫黄、窒素等の複雑なる分解及化合により生ぜらるゝ可溶性物體は一部は石炭の水分、又其乾留中に生ぜられたる水分に、又一部はハイドロリックメイン、冷縮装置及瓦斯洗滌装置等に於て水に溶解したる状態に於て凝縮分離し來る者にして斯くの如くして生ぜられたる瓦斯液中には平均一・五—三%のアンモニアを含有す、其

瓦斯液の成分

内揮發性アンモニア (Volatile Ammonia) としては炭酸アムモニウム $(NH_4)CO_3$ 、酸性炭酸アムモニウム (NH_4HCO_3) 、硫化アムモニウム $(NH_4)_2S$ 、酸性硫化アムモニウム (NH_4HS) 、青化アムモニウム (NH_4CN) 、遊離アンモニア (NH_3) 等を一立の瓦斯液中に一五—二五瓦を含有し、不揮發性アンモニア (Non-Volatile or Fixed Ammonia) としては鹽化アムモニウム (NH_4Cl) 、ロマンアムモニウム (NH_4CNS) 、フェロ青酸アムモニウム $(NH_4)Fe(CO_3)$ 、硫酸アムモニウム $(NH_4)_2SO_4$ 、亞硫酸アムモニウム $(NH_4)_2SO_3$ 、チオ硫酸アムモニウム $(NH_4)_2S_2O_3$ 等を一立の瓦斯液中に一—五瓦を含有す。

其他瓦斯液中に含有せらるる物體の種類及量等に關しては左表に掲ぐる英國産瓦斯液の成分試験表 (重%) にて其概略を想像する事を得ん (左表中(一)……(八)は石炭の異なる種類を表はす者なり)。

石炭の種類	(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	(六)	(七)	(八)
比重(瓦斯液)	1.010	1.011	—	1.013	1.014	1.014	1.015	—
青化物	痕跡	—	—	痕跡	痕跡	—	—	痕跡
フェロ青酸鹽	—	痕跡	—	—	—	痕跡	痕跡	—

英國産瓦斯液の平均成分

鹽化物(鹽酸として)	0.006	—	0.645	0.200	0.200	痕跡	痕跡	痕跡	痕跡
アムモニア(總量)	1.877	2.630	1.840	2.476	1.382	1.593	1.550	1.536	—
〃 (不揮發性)	0.110	0.395	0.280	0.490	0.110	0.100	0.100	0.100	0.100
〃 (揮發性)	1.767	2.235	1.560	1.986	1.272	1.493	1.450	1.436	—
硫化水素	0.645	0.634	0.397	0.649	0.100	0.648	0.648	0.648	—
硫黄(總量)	0.645	0.645	—	0.750	0.306	—	—	—	—
炭酸瓦斯	0.820	2.033	1.320	2.019	1.453	1.819	1.833	1.845	—
瓦斯液中に於ける硫黄の分布(%)									
硫酸鹽として	4.14	0.59	—	4.03	4.03	—	—	—	—
チオ硫酸鹽として	0.55	5.66	—	6.24	10.83	—	—	—	—
ロダン鹽として	2.26	7.91	—	14.40	16.47	—	—	—	—
硫化鹽として	5.95	8.53	—	6.93	6.67	—	—	—	—

第五節 骸炭の成分 (Composition of Coke)

骸炭の成分は炭素、水素及び酸素の頗る複雑したる物體よりなる者にして其他灰分を形成す可き無機物質を含有す、而して其原素分析の結果は左表の如き數字を與ふる者なり。

炭素 九二・七九—九六・〇九%

骸炭の成分

水素	0.60—1.22
酸素	0.92—3.60
窒素	1.04—1.70
硫黄	0.88—1.62
發熱量(一盞)	七七〇八—八〇二二カロリ

骸炭の用途は一般燃料、冶金用燃料、還元劑、鑄物用燃料等が其主要なる者なるが其使用目的を満足せしむる爲めには化學的成分の完備を以て足れりとせず其物理的性質も又其使用目的に大關係を有するなり、即ち骸炭は各種工業の目的に應じて相當の硬さ(Hardness)を有せざる可らず又其使用目的に應ずる氣孔度(Porosity)を有せざる可らず。

本邦に於て熔鑄爐用として使用せらるる骸炭の氣孔率は三五—五〇%にして、耐壓度は八〇盞(一平方糎に對し)以上を有する者なり。

骸炭の化學的成分の内其用途に最も影響を及ぼす者は其灰分、硫黄分及磷分含有量なりとす。

骸炭の灰分は之を冶金用燃料として使用する際最も注意を要する成分にして其主成分はアルミナ(Al_2O_3)、珪酸(SiO_2)、酸化石灰(CaO)、マグネシヤ(MgO)、硫酸(SO_3)、磷酸(P_2O_5)

〇)、よりなる者なり、熔鑛爐用燃料としては灰分含有量は一五%前後、鑄物用上等骸炭としては一〇%前後なる者を使用す、而して其灰の成分に於ても熔鑛爐用としてはアルミナの多きは宜しからず、即ち此物體を多く含有する時は灰の熔融點高くなり鑛滓として除去するに困難なり、硅酸の多きも又同一の不利あり、然れども坩堝等の加熱燃料に使用する者は灰分少なく熔融點高きを要する者にして然らざる者はクリンカーを生じ燃焼を不規則とし操業上甚だ不利を來す者なり(骸炭の灰に關しては第二章參照)

石炭中には硫黄は硫化物、硫酸鹽、有機硫黄化合物として存在する者なるが骸炭中には其全硫黄の約半量を殘留す、而して熔鑛爐用骸炭の硫黄含有量は一・二%以下、ベッセマー用銑鐵製造用としては一%以下と規定せらる。

石炭中に存在する磷化合物は殆んど全部骸炭中に殘留する者にして熔鑛爐用骸炭の磷含有量は〇・〇三%以下、ベッセマー銑鐵製造用としては〇・〇二%以下に規定せらる。

著者は曾て本邦産主要骸炭に就て其化學的及物理的性質に就て研究したるが左表は其一、二を拔萃したる者なり。

石炭配合	揮發分	固定炭素	灰分	硫黄分	氣孔率	耐壓度(肝平種)
二瀬一七〇)	二・〇二	八二・〇八	一五・九〇	〇・七一	五三・五三	七二・六
鹿町一三〇)	一・六五	八〇・一二	一八・二三	一・四六	三五・三五	一三五・七
開平	二・五〇	八〇・六〇	一六・八〇	〇・九七	四七・九八	一四六・八
撫順一五〇)						
本溪湖一五〇)						

近年骸炭の評價法として反應度(Reactivity)の大小を考慮する傾向を生ずるに至りたるが反應度とは骸炭細粉一定量を採り一定高温に加熱しつゝ炭酸瓦斯を通じ其れが一酸化炭素に還元せらるゝ度合を稱するものにして此性質は熔鑛爐用骸炭として最も必要なるものなり又反應度の大きなるものは著火し易き理なれば此試験は家庭用燃料たる瓦斯骸炭及コーライト等の評價法としても適當なるものなり。

瓦斯發生
爐

發生爐瓦
斯理論

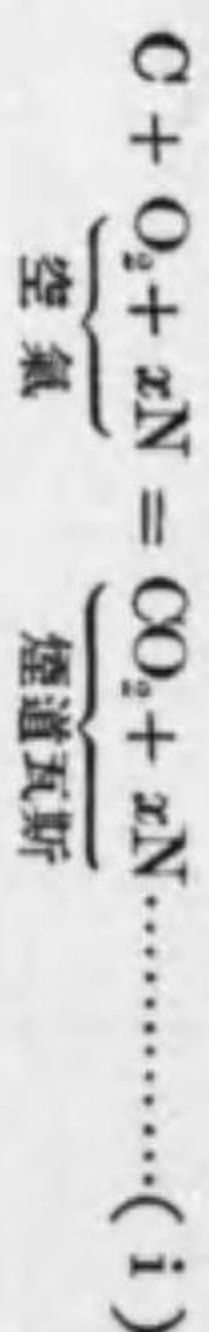
第七章 瓦斯發生爐 (Gas Producer)

第一節 發生爐瓦斯製造理論 (Theory of Producer)

(Gas Reaction)

石炭の乾留に於ては普通一〇〇〇度以上の高温を使用する者なれば此工業に於て燃料の消費の大小は經濟上非常なる影響を及ぼす者なる事は論を俟たず、而して石炭瓦斯製造工業に於ては常に燃料として其乾留残渣たる瓦斯骸炭を使用し、骸炭工業に於ては副産瓦斯を燃料として使用する。

石炭炭化器(レトルト)の加熱方式としては以前に於ては一般に今日蒸氣汽鐘等の加熱に用ひらるゝが如き直火加熱法(Direct Firing)と稱し單に火床上に骸炭の薄層を堆積し煙筒の吸引力により其下層より過剰の空氣を吸入せしめ以て火床上に於て(i)式に見るが如き完全



燃燒を行はしめ以て生せられたる高熱瓦斯を炭化器の周圍に導き之を加熱し、其廢煙道瓦斯

たる炭酸瓦斯及空氣の混合瓦斯は次に煙筒より爐の外部に免るゝが如き頗る簡單なる者を使用したりき。

斯の如き直火加熱式の者にありては火床上の骸炭層の厚さ薄き爲めに燃燒中絶えず其厚さを變じ爲めに生せらるゝ高熱瓦斯の成分も均一ならず、從て其有效熱量も時々變化し操作上大なる不便不利を感ずる者なり、然れども此式に於ても火床面積を大とし且つ骸炭層の厚を増す時は此不利益を減少する事を得るが如く考へらるゝも之が爲めに燃燒に必要な空氣の通過速力は減少し、炭層下部に於て骸炭の完全燃燒によりて生せらるゝ炭酸瓦斯は赤熱せられたる厚き炭層を通過する間に(ii)式に示すが如き還元作用を受け以て生せられたる高熱瓦斯中には炭素の不完全燃燒生成物たる一酸化炭素を含有する事となり燃料の不經濟に使用せら



るゝ者たる事は明らかなる所なり、之を以て直火加熱式に於ては常に火床上の炭層を薄くし時々骸炭を装入し以て常に炭層の均一を謀る如く注意せざる可らず。

又此式に於て燃料を火床上に於て直接に完全に燃燒せしめんとするには理論數よりも遙に多量の空氣を送入せざる可らざる者にして、之が爲めに起る熱の損失の大なる事は此式の

直火加熱
式

瓦斯加熱式

大缺點なりとす、然るに若し瓦斯加熱式 (Gas Firing) を用ふる時は前述の如き不利益を少なからしめ従て燃料を最も經濟的に使用する事を得。

瓦斯加熱式とは普通の瓦斯發生爐 (Gas Producer) を使用する者にして火床上に骸炭の高層を作り、其下層より第一空氣 (Primary Air) を送入し炭層下層に於ては(i)式の如き完全燃焼を起さしめ以て生ぜられたる炭酸瓦斯が赤熱せられたる厚き炭層を通過する間に(ii)の如き還元作用を起さしめ一酸化炭素、窒素の混合したるが如き所謂發生爐瓦斯 (Producer Gas) を生ぜしめ、然る後此瓦斯を炭化器下部に位する燃焼室に導き此處に始めて第二空氣 (Secondary Air) の供給を受け(iii)の如く完全に燃焼し高熱を發し、炭火器を加熱し、次に煙筒より外氣に免るゝ者なり。

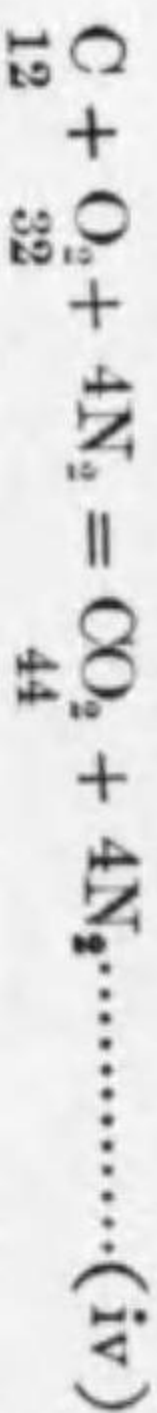


發生爐は一般に工業上瓦斯體燃料の發生裝置として最も廣く使用せらるゝ者にして其種類も甚だ多く其構造、機能、瓦斯發生理論等も可なり複雑したる者なり。
石炭瓦斯の製造に於てレトルト加熱に用いらるゝ瓦斯發生爐に二種あり、其一を内部發生

爐 (Internal Producer) と稱し其位置がレトルト直下に位する者にして、他は之を外部發生爐 (External Producer) と稱し其位置が前者と異なりレトルト外部前方に突出したる者なり。

今發生爐瓦斯製造の第一行程として火床上の骸炭層下層に於て(iv)の如き反應が起りて骸炭が完全に燃焼したりとし且つ其燃焼に當りて理論數の空氣を供給したりとする時は其結果として生ぜらるゝ炭酸瓦斯の容積は使用したる空氣中の酸素の容積と全く同容なり、而して其燃焼生成瓦斯の成分は二一容の炭酸瓦斯及び七九容の窒素より成立す可し (空氣は二一容の酸素と七九容の窒素よりなる)。

元來瓦斯體は其通有性として其一瓦分子は標準溫度標準壓力の元に於て常に二二・四立の容積を占む之を以てiv式に於て四四瓦の炭酸瓦斯は二二・四立の容積を占むる可し然るに四



四瓦の炭酸瓦斯中には一二瓦の炭素を含有す之を以て一立米の炭酸瓦斯は〇・五三六呎 (12 + 22.4 = 0.536) の炭素の燃焼によつて生ぜらるゝ者なり。(v式)



而して一立米の炭酸瓦斯が生ぜらるゝ爲めには四三三・一カロリー（一盞の炭素が炭酸瓦斯に燃焼する際には八〇八〇カロリーの熱量を發生す）の熱量を發生す、之を以て一立米の空氣（〇・二二立米の酸素を含有す）に對して九一一・一カロリー（ $0.21 \times 4331 = 911$ ）の熱量を發生する者なり。

斯くの如く第一行程に於て炭層下層に於て發生せられたる炭酸瓦斯は第二の行程に於て炭層上部の高熱せられたる炭素に觸れ(vi)式に示す如き還元作用によつて一容の炭酸瓦斯より二容の一酸化炭素を生ず之を以て生成瓦斯の成分は三五容の一酸化炭素と六五容の窒素よりなる可し。

$$79 + 21 + 21 : 42 = 100 : x$$

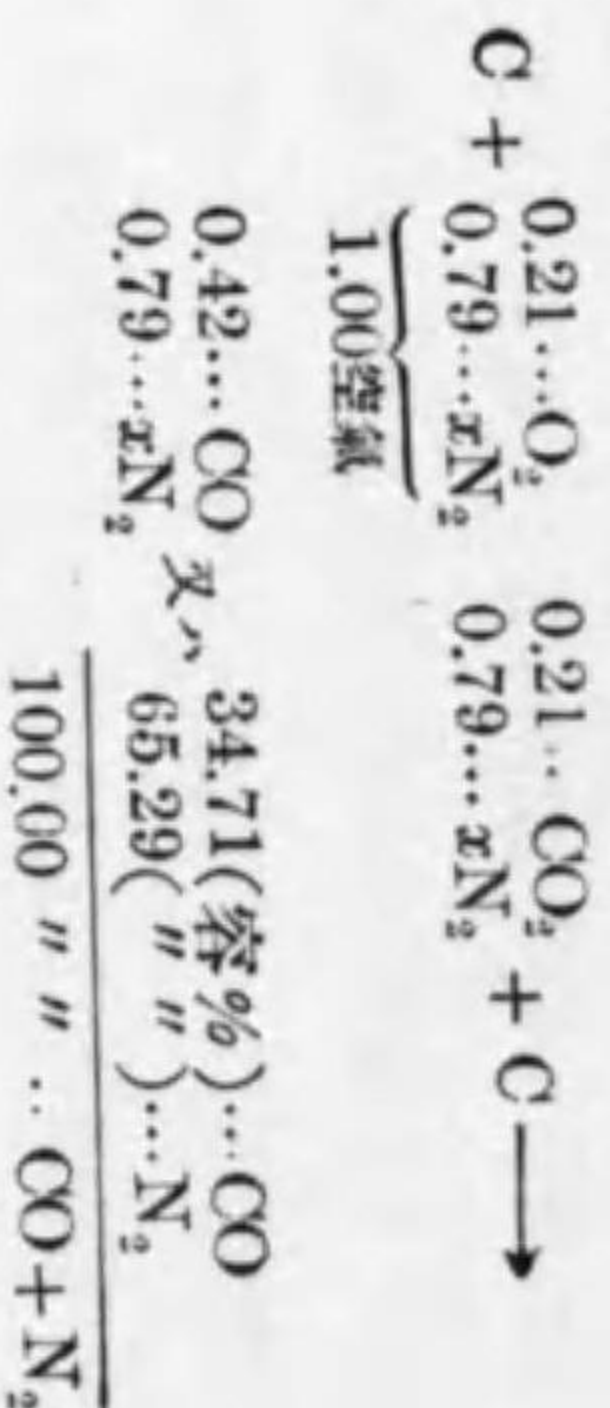
$$x = 34.71 \dots \dots \dots \text{CO}$$

$$100 - 35 = 65, 29 \dots \dots \dots \text{N}$$

即ち

第一行程(v)により生ぜられたる瓦斯の成分	二一・〇〇容%	炭酸瓦斯
	七九・〇〇"	窒素
第二行程(vi)により生ぜられたる瓦斯の成分	三四・七一"	一酸化炭素
	六五・二九"	窒素

にして之を方程式にて書き表はす時は左の如し



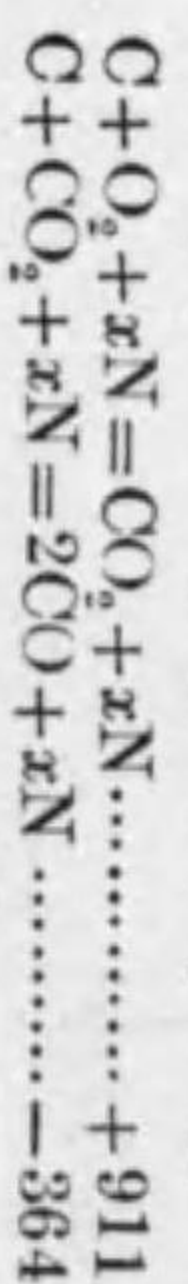
然るに第二行程に於て炭酸瓦斯が一酸化炭素に還元せらるゝ爲めには幾分の熱量を要する者にして(vii)式に於て一容の炭酸瓦斯が還元せられて二容の一酸化炭素が生ぜらるゝ行程



を二段に考へ、即ち一容の一酸化炭素は炭酸瓦斯の還元により、他の一容の一酸化炭素は新しき赤熱せられたる炭素が炭酸瓦斯中の酸素の半分と燃焼して生ぜられたる者と考ふる時

は、○・二二容の炭酸瓦斯が同容の一酸化炭素に還元せらるゝ爲めには、○・二二容の一酸化炭素が同容の炭酸瓦斯に燃焼する時に發する熱量と同一の量を要する者なり、然るに一立米の一酸化炭素が同容の炭酸瓦斯に燃焼する爲めには三〇三四カロリーの熱量を發生する者なれば、○・二二容の炭酸瓦斯が同容の一酸化炭素に還元せらるゝ爲めには六三七カロリーの熱量を要す、又炭素が燃焼して一立米の一酸化炭素を生ずる時には一三〇三カロリーの熱量を發生す、之を以て炭素の燃焼によりて○・二二容の一酸化炭素を生ずる爲めには二七三三カロリーの熱量を發生する者にして、前者は吸熱反應及後者は發熱反應なれば此兩者の差即ち三六四カロリーの熱量を發生する者にして、炭酸瓦斯が還元せられて倍容の一酸化炭素を生ずる際に要せらるゝ熱量なり。

然るに第一行程に於ては前述の如く一立米の空氣使用量に對して九一一カロリーの熱量を發生し第二行程に於ては三六四カロリーの熱量を要する者なれば此兩者の差五四七カロリーの實際發生爐内に於て生ぜらるゝ熱量と見る可きなり。



$$547 \text{ カロリー}$$

今次に第一及第二行程に於て達し得可き温度を計算せんに第一行程(i)に於ては前に述べたるが如く一立米の空氣を用ひたる場合を考ふる時は、○・七九立米の窒素瓦斯と○・二二立米の炭酸瓦斯を生じ且つ九一一カロリーの熱量を發生する者にして、窒素及炭酸瓦斯の比熱は各○・三二及○・四二二なれば發生爐に於て第二行程たる炭酸瓦斯の還元作用が行はるゝ以前に於てはT₁即ち二七三六度の温度の上昇を來す可し(一立米の空氣使用に對して)。

$$T_1 = \frac{911}{(0.79 \times 0.31) + (0.21 \times 0.421)} = 2736^\circ$$

然るに第二行程たる還元作用が行はれたる後に於ては前に發生せられたる九一一カロリーの内炭酸瓦斯の還元作用により三六四カロリーの熱量を使用し盡さるゝ者なれば、發生爐中には只五四七カロリーの熱量を残留す、而して其成生瓦斯の成分は○・七九立米の窒素及○・四二立米の一酸化炭素即ち合計一・二二立米の窒素及一酸化炭素の混合瓦斯よりなり、斯の如き混合瓦斯の比熱は○・三二二なれば發生爐瓦斯の生成終りて其後瓦斯の有する温度T₂は一四五八度となる者なり。

$$T_2 = \frac{547}{1.21 \times 0.31} = 1458^\circ$$

之を以て之を見れば發生爐瓦斯は一四五八度の温度を以て發生爐を免れレトルト下部に位

する燃焼室に入り茲に第二空氣の供給を受け燃焼する者なり。

然れども前述の如き理論的の化學反應は到底實際の發生爐瓦斯の製造に於ては行はれざるは勿論殊に(ii)の反應の如きは發生爐温度の高き時にのみ行はるゝものなれば其温度を充分高温に保たしむるは勿論、炭酸瓦斯が赤熱せられたる炭素と接觸するの機會を出来る丈け多からしむる爲めに炭層は常に適當なる厚さを有せしめざる可らず。

第二節 發生爐の一般構造 (Construction of Gas Producer)

發生爐の構造

發生爐に於ては其炭層下部より第一空氣を送入し以て第一に炭酸瓦斯を生せしめ、之が炭層上部の赤熱せられたる炭素に觸れ還元せられて一酸化炭素を生じ以て發生爐瓦斯の主成分を形成する者なる事は前にも述べたる所なるが、斯の如き反應を起さしむる爲めには炭層は充分なる厚さを有せざる可らず、普通の發生爐に於ては少くとも四呎以上の炭層を要し火床の面積はレトリート延長一〇呎に對し一平方呎を超へざる範圍内に於て成る可く大なる者を用ふるを宜しとす、然れども此範圍を多く超過する時は第一空氣の通過遲鈍となりて却て惡結果を來す者なり。

灰皿

發生爐火床の下部には常に水を充したる灰皿 (Ash Pit) を備へ焚殻を消火すると同時に水蒸氣を發生せしむ、又發生爐によりては殊に水蒸氣を其炭層下部より送入せしむる事あり、斯くの如くして發生せらるゝか又は送入せられたる水蒸氣は、第一空氣と共に爐中の赤熱せられたる炭層を通する間に所謂水性瓦斯を發生 (viii) する者にして此分解作用を起す爲め



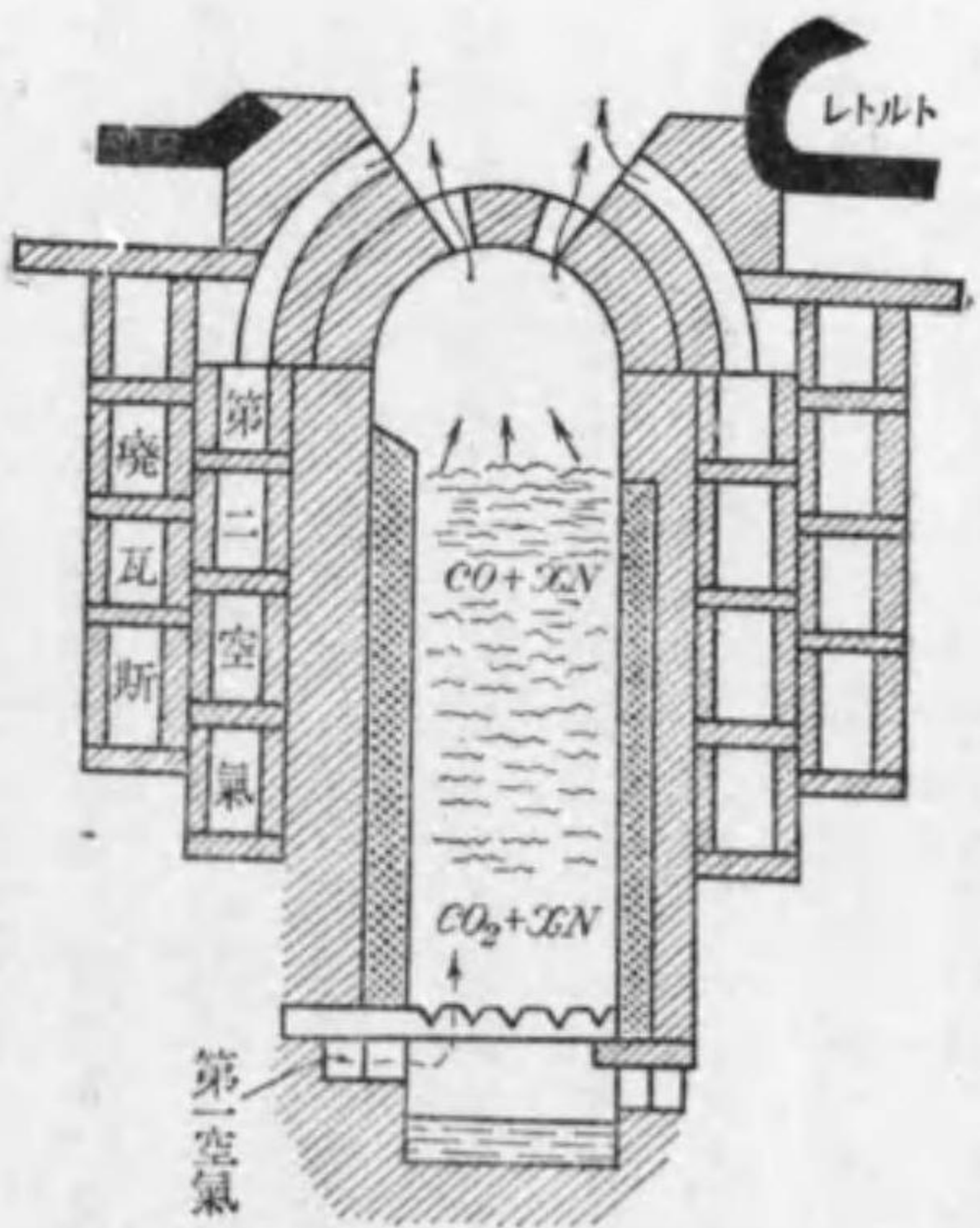
には幾分の熱量を消費せられ爐の温度を下降せしむる者なるも此熱量は水性瓦斯の燃焼により再びレトリート加熱に於て回収せらるゝ者なり、且つ水蒸氣を用ふる時は爐の下部即ち火床近傍の過熱を防ぎ以て發生爐操作の一の困難なる事柄たるクリンカー (Clinker) の固着を防禦する事を得る者にして適當に水蒸氣を添加する時は發生爐の操作をして頗る有利ならしむる事を得る者なり、然れども若し水蒸氣の添加多きに過ぐる時は爐の温度の下降甚だしく爲めに (ix) の如き反應を呈し一酸化炭素の代りに炭酸瓦斯を生じ、且つ發生爐瓦斯の方面に於ても



爐内の温度降下する時は炭酸瓦斯の還元作用充分に行はれずして此等兩方面より多量の炭酸瓦斯を生ずる事となり發生爐瓦斯の品質を害する事頗る大なり、發生爐には又其附屬装置と

發生爐附屬装置

第二十圖



して、第一空気の送入を調整し得可き調節口 (Air Slide)、クリンカー排除口 (Clinkering Door)、灰掃除口 (Ash-Pit Door) 及散炭装入口 (Charging Door) 等を備ふ。

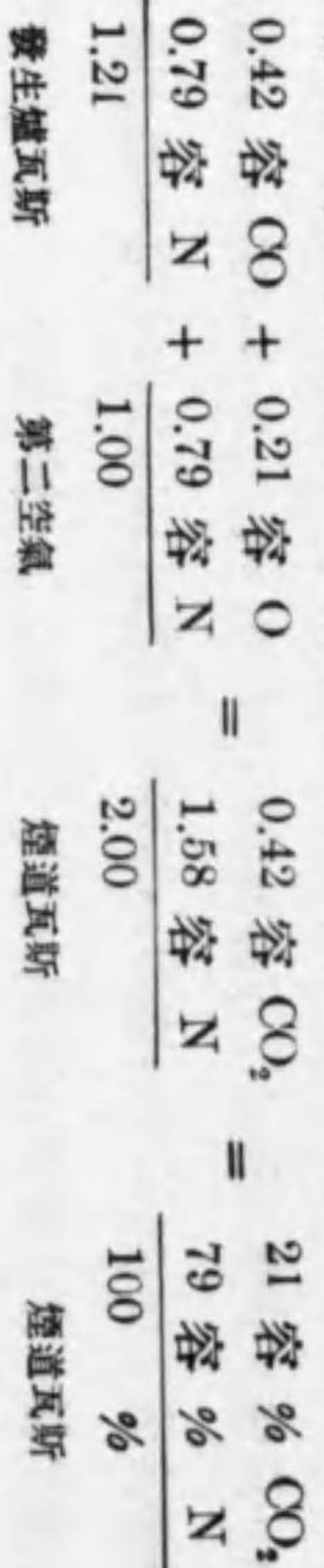
發生爐の壁部は灰滓、クリンカーの排除作業及内部高温の爲めに機械的竝に化學的に浸蝕せられ屢々修繕を要する者なれば此部分の築造は最も注意を

拂はざる可らざる者にして、第二圖左側に示す如く爐壁の内面を耐火材料にて内張するか、又同圖右側に示す如く耐火材料にて爐壁内面を永久的に築造するかの方法あり。耐火材料として用ひらるゝ煉瓦及モルタルは高温に耐ふるは勿論、珪酸 (SiO₂) に富まざる鹽基性煉瓦を用ひざる可らず (耐火材料に關しては第一章を参照せよ)。

第三節

發生爐瓦斯の燃焼 (Combustion of Producer Gas)

發生爐に於ては瓦斯發生の爲めに一立米の空氣に對して理論的に五四七カロリーの熱量を發生し、温度は一四八度に上昇を來す者たる事は本章第一節に述べたるが如く、斯くして高温を有する發生爐瓦斯は發生爐を出でレトルト直下に位する燃焼室 (Combustion Chamber) に入り、此處に第二空氣の供給を受け完全に燃焼し高温を發し以てレトルト加熱を行ふ者にして、其燃焼成生物たる所謂煙道瓦斯としては二一容%の炭酸瓦斯と七九容%の窒素の混合瓦斯を生ずる者たる事は次に掲ぐる方程式により了解する事を得。



發生爐瓦斯

第一空氣

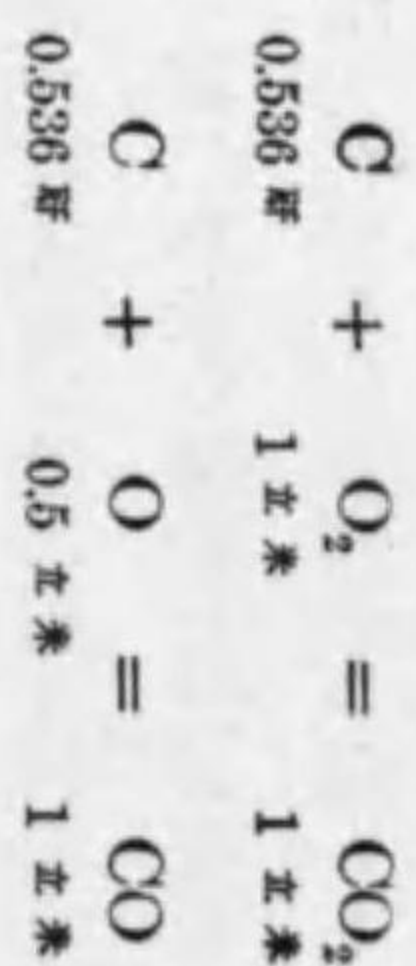
煙道瓦斯

煙道瓦斯

前述發生爐瓦斯の製造理論を説明するに當りては常に第一空氣の量は一立米を使用したる時に就て考へたる者なるが、今の場合に於て一立米の空氣より生せられたる發生爐瓦斯の燃

焼に必要な第二空氣の量も又一立米を要する者なる事は前掲方程式に於て明らかなる所に於て此事實より發生爐瓦斯の製造に用ひらるゝ第一空氣の量と其より生ぜられたる發生爐瓦斯の燃焼に必要な第二空氣の量とは理論的には全く同量なる事を知る事を得。

理想的發生爐瓦斯の成分は六五・二九容%の窒素と三四・七一容%の一酸化炭素よりなる者なる事は前に述べたる所なるが、〇・五三六斤の炭素と一立米の酸素と燃焼して一立米の炭酸瓦斯を生じ、又〇・五三六斤の炭素と〇・五立米の酸素と燃焼して一立米の一酸化炭素を生



する者なる事は右の方程式によりて明らかなる所なれば、一斤の炭素よりは理論的に五・三七三立米の發生爐瓦斯を生ず。

$$\frac{100}{0.536 \times 34.71} = 5.373 \text{ 立米}$$

今次に發生爐瓦斯の燃焼により達せられ得る温度を計算せんに、〇・四二容の一酸化炭素を炭酸瓦斯に燃焼するに當りて一二七四カロリー (0.42 × 3036 = 1274) の熱量を發生す、然

るに發生爐瓦斯は其發生爐を去るに際して已に五四七カロリーの熱量を所有する事は前に述べたる所なれば其燃焼に當りては一八二一カロリー (547 + 1274 = 1821) の熱量を發生すると同一の結果を來す可し、而して此燃焼によりて生ぜらるゝ煙道瓦斯の中には一・五八容の窒素と、〇・四二容の炭酸瓦斯 (前方程式) を含有し、此等の瓦斯の比熱は各〇・三二及〇・四二一なれば此等の數より其燃焼により達せらる可き理論的溫度 T_3 は二七三〇度なる事を知る。

$$T_3 = \frac{1821}{(1.58 \times 0.31) + (0.42 \times 0.421)} = 2730^\circ$$

又直火加熱式に於て炭素が直ちに火床上に於て完全燃焼を起して炭酸瓦斯を生ずる場合を考ふるに、若し此が空氣の理論的量の供給によりて行はれたる者と假定する時は、其燃焼生成物たる煙道瓦斯の成分は二一容%の炭酸瓦斯及七九容%の窒素瓦斯にして、〇・二一立米の炭酸瓦斯が生ぜらるゝに際しては九一・一カロリー (0.21 × 4337 = 911) の熱量を發し、其比熱は〇・四二一及窒素の比熱は〇・三二一なれば其燃焼によりて達せらる可き溫度 T_1 は二七三六度なる事を知り瓦斯加熱法の場合と全く同一の結果を示す者なり。

$$T_1 = \frac{911}{(0.21 \times 0.421) + (0.79 \times 0.31)} = 2736^\circ$$

以上述べたる結果は凡て理論的數量即ち發生爐瓦斯の製造には理論的數量の空氣を使用し、又其反應も理論的に行はれ、又其燃燒に於ても理論的數量の空氣を使用し完全燃燒が行はれ、且つ發生熱量は少しも失はれず全部燃燒生成物に傳はる者として計算したる者なれば實際の場合に於ては其數價は遙に低きは論を俟たず。

即ち實際の場合に於ては前述の如き發生爐瓦斯反應は完全に行はれざると、其製造には常に多少の過剩空氣が伴はるゝと、又水性瓦斯反應が伴はるゝと、熱の副射損失と、又瓦斯の燃燒に當りても常に過剩空氣を用ひざる可らざる等の爲めに其到達し得可き溫度は著しく下降するものなり。

第八章

燃料の燃燒理論

(Theory of Combustion of Fuel)

(Quantity of Fuel)

第一節

燃燒に必要な空氣の量

(Quantity of Air, required for Combustion of Fuel)

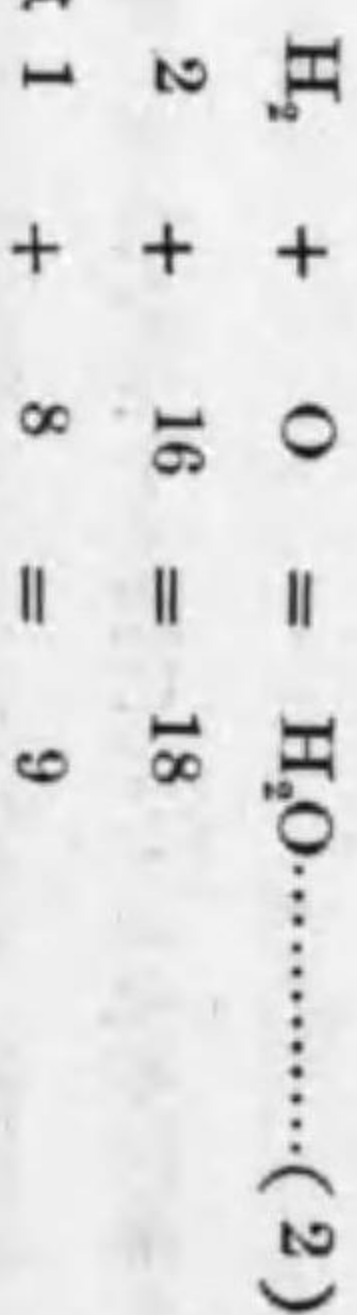
炭素(C)が燃燒して炭酸瓦斯(CO₂)を生ずる際には(1)の如き化學反應が行はれ一肝の炭素に對し二・六七肝の酸素を要する者なり。



$$12 + 16 \times 2 = 44$$

$$\text{又} 1 + 2.67 = 3.67$$

又遊離水素(遊離水素 Disposable Hydrogen とは燃料中に存在する水素が同一燃料中に存在する酸素と化合して水を生ずる者と假定し、其過剰なる水素、即ち H₂O を表はす者なり)が酸素と化合して水を生ずる際には(2)の化學反應が行はれ遊離水素一肝に對して八肝の酸素を要する者なり。



今ある燃料中に炭素をC%、水素をH%含有する者とする時、此燃料一盪の燃焼の爲めに要せらるゝ酸素の量は(3)式によりて計算する事を得。

$$\text{O} = (2.67\text{C} + 8\text{H}) \times \frac{1}{100} \text{ 盪} \dots\dots\dots (3)$$

然るに空氣一〇〇重中には平均二三重%の酸素と、七七重%の窒素を含有するを以て該燃料の燃焼に要せらるゝ空氣の重量(A)は(4)式によりて容易に計算する事を得。

$$\text{A} = (2.67\text{C} + 8\text{H}) \times \frac{100}{23} \times \frac{1}{100} \text{ 盪} \dots\dots\dots (4)$$

又(4)式に於て得たる價を溫度t、氣壓bの元に於ける容積(A_v)に換算するには瓦斯容積計算の一般方式に従ひ(5)式の如く之を行ふ事を得る者にして、式中一・二九は溫度零度、氣壓七六〇耗に於ける一立米の空氣の重量を表はす者なり。

$$\text{A}_v = \frac{\text{A}}{1.29} \times \frac{760(1+0.00366t)}{b} \dots\dots\dots (5)$$

燃料の燃焼に必要なる空氣量の計算

一例として茲に左に掲ぐるが如き成分を有する石炭ありとし此燃料一盪の燃焼に要せらる

炭素(C)	七五・一%
水素(H)	六・一
酸素(O)	八・八

ゝ空氣の量を計算せん第一に此燃料中の遊離水素の量(H₁)は左式により、五・〇にして之より前公式(4)及(5)によりL及L_vは各一〇・二二盪及八・〇七立米(零度、七六〇耗)なる事を知るを得。

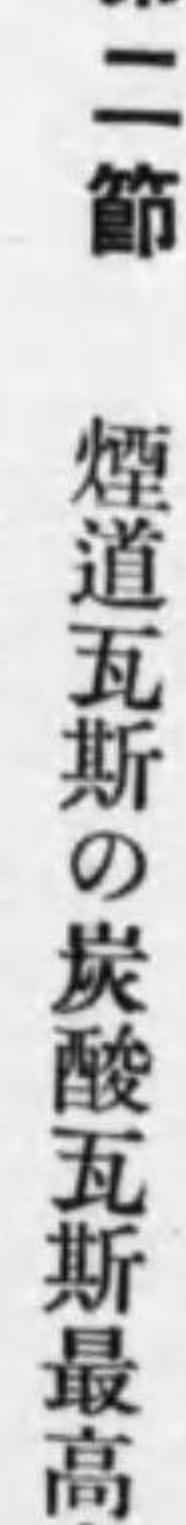
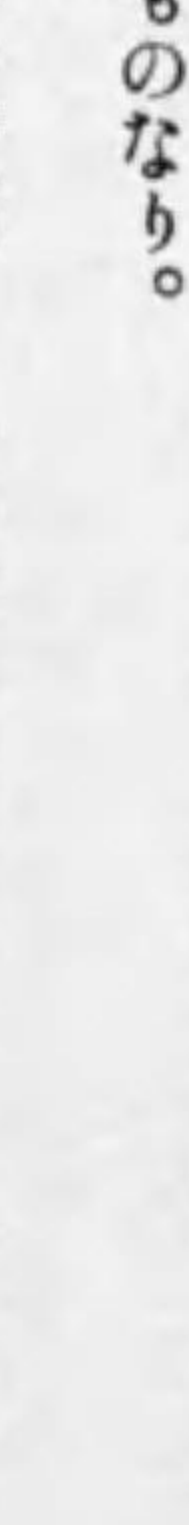
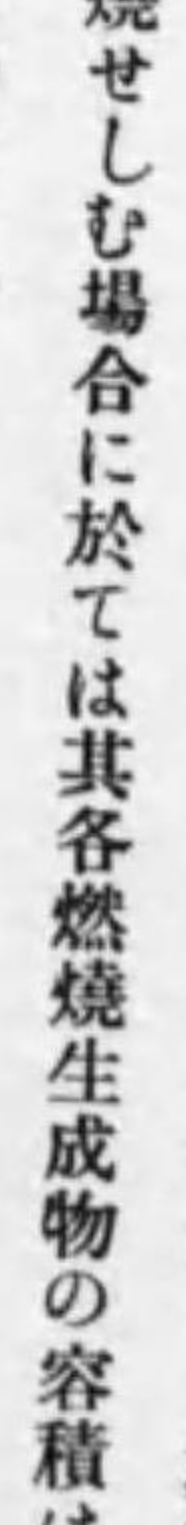
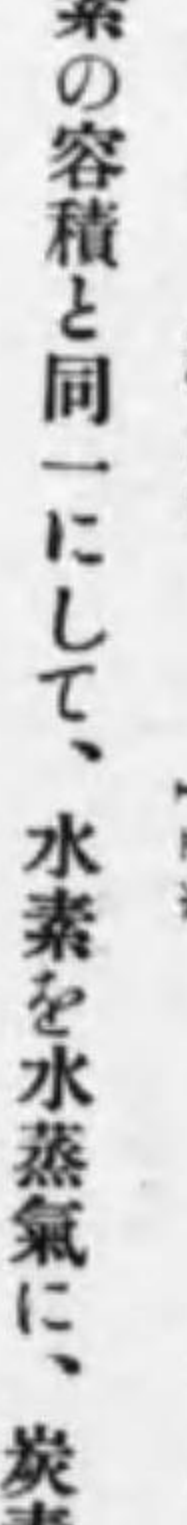
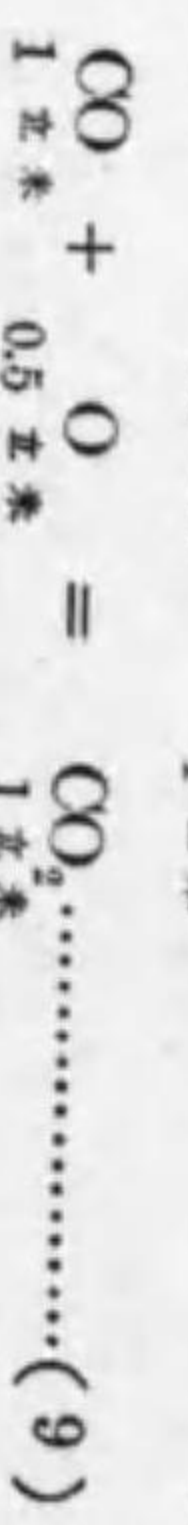
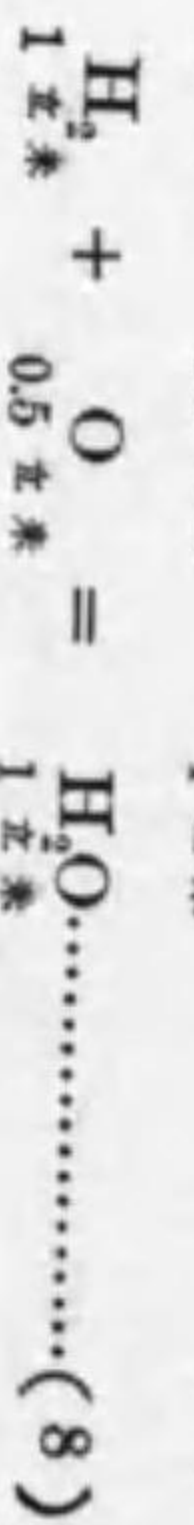
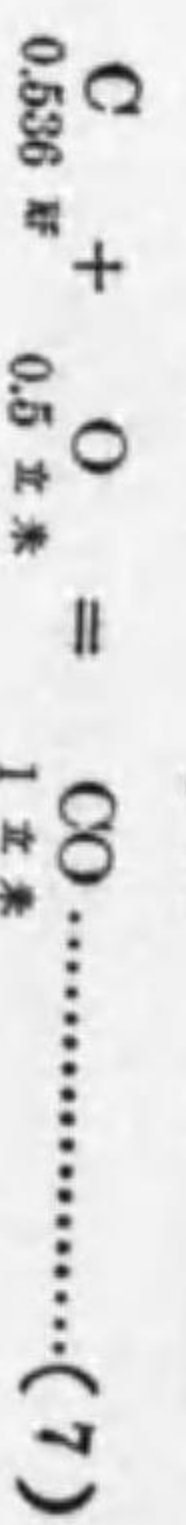
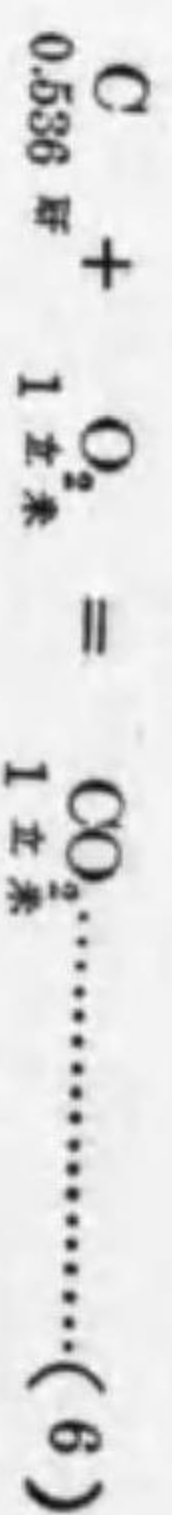
$$\text{H}_1 = \text{H} - \frac{\text{O}}{8} = 6.1 - \frac{8.8}{8} = 5.0$$

$$\text{A} = (2.67 \times 75.1 + 8 \times 5.0) \times \frac{100}{23} \times \frac{1}{100} = 10.413 \text{ 盪}$$

$$\text{A}_v = \frac{10.413}{1.29} = 8.07 \text{ 立米}$$

又別に〇・五三六盪の炭素は一立米の酸素と燃焼して一立米の炭酸瓦斯を生じ、又同様に〇・五三六盪の炭素は〇・五立米の酸素と化合して一立米の一酸化炭素を生じ、又一立米の水素は〇・五立米の酸素と化合して一立米の水蒸氣を生じ、又一立米の一酸化炭素は〇・五立米

の酸素と化合して一立米の炭酸瓦斯を生ずるものにして此等の事實を化學方程式にて表はす時は左の如くにして炭素を炭酸瓦斯に燃焼する時は其生ぜらるゝ炭酸瓦斯の容積は此燃焼に



要せられたる酸素の容積と同一にして、水素を水蒸氣に、炭素を一酸化炭素に、一酸化炭素を炭酸瓦斯に燃焼せしむ場合に於ては其各燃焼生成物の容積は其れに要せられたる酸素の容積の二倍をなすものなり。

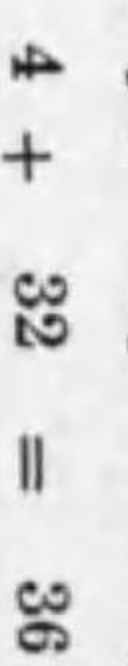
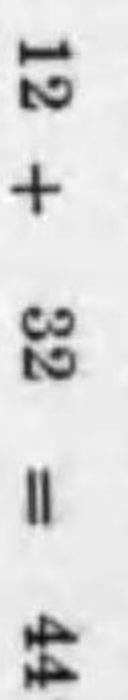
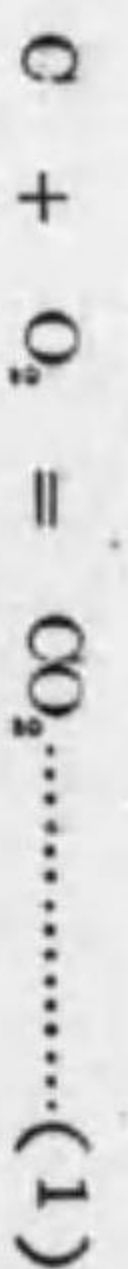
第二節 煙道瓦斯の炭酸瓦斯最高含有量

(Maximum Content of Carbonic-Acid Gas in Flue-Gas.)

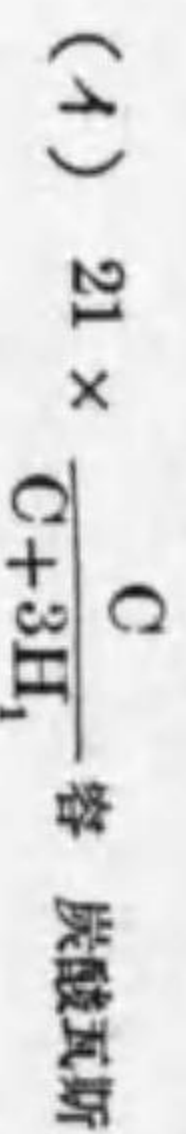
煙道瓦斯
水素及炭素を含有する如き燃料の燃焼に於ては次の如き(1)及(2)の化學反應が行はるゝもの

中の炭酸
瓦斯含有
量

にして一單位重量の水素を燃焼せしむる爲めには(1)及(2)の式によりて一重量單位の炭素を燃



焼せしむるに比して三倍量の酸素を要す、今若し斯の如き燃料の燃焼に一〇〇容の空氣を要したりとする時は空氣中には平均二一容の酸素を含有するものなれば炭素の燃焼の爲めには $21 \times \frac{O}{C+3H_1}$ 容(H₁は遊離水素を表はす)の酸素を要し、其燃焼生成物たる炭酸瓦斯の容積は其要せられたる酸素の容積と同一なり(前節参照)而して此以外の酸素は水素と化合して水を生じ凝縮分離するものなれば燃焼生成物たる煙道瓦斯中には(イ)及(ロ)容の炭酸瓦斯及窒素を



含有す、之を以て煙道瓦斯中の炭酸瓦斯含有百分率は左の如し。

$$(21 \times \frac{C}{C+3H_1} + 79) : 21 \times \frac{C}{C+3H_1} = 100 : x$$

$$x = \frac{21 \times C}{C+2.37H_1} \% \text{CO}_2 \dots \dots \dots (a)$$

燃料の燃焼により若し炭酸瓦斯のみが生ぜらるゝ者となす時は(3)によりて炭酸瓦斯の容積は其れに要せられたる酸素の容積と全く同一となり、且つ空氣中の窒素は少しも燃焼に關係

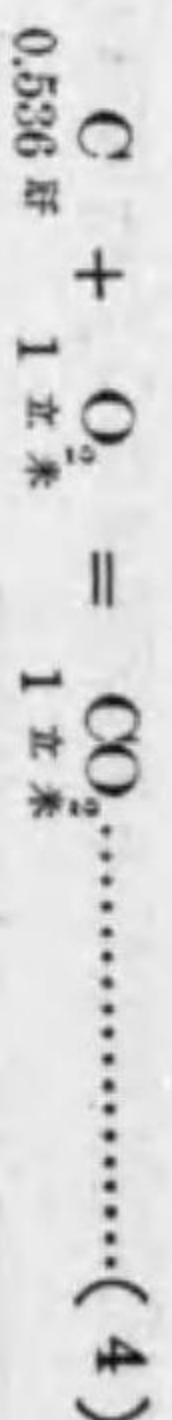


なきものなれば之が爲めに生ぜらるゝ煙道瓦斯の容積は用ひたる空氣の容積と全く同一となるものなり、然るに實際に於て斯くの如き簡單なる燃焼作用は行はるゝ事なく常に煙道瓦斯中には水蒸氣を含有す、之れ一部は燃料の濕氣より、一部は燃料中に含有せらるゝ水素の燃焼により來るものなり、又若し燃焼不完全なる時は煙道瓦斯中には又一酸化炭素を含有し來り其成分を益々複雑ならしむるものなり。

今燃料中に炭素C%、水素H%及水分をW%含有するものとして其燃焼によりて生ぜらる

炭酸瓦斯
含有百分
率

、煙道瓦斯の容積を計算せんに(4)式に於て見る如く一立米の炭酸瓦斯を生ずる爲めには○・



五三六肝の炭素を燃焼せざる可らず、之を以て反對に一肝の燃料の燃焼により生ぜらるゝ炭酸瓦斯の容積は $\frac{C}{100 \times 0.536}$ 立米となるものなり。

$$0.536 : 1 = \frac{C}{100} : x \quad x = \frac{C}{100 \times 0.536} \text{立米}$$

又(2)式に於て一肝の水素の燃焼により九肝の水蒸氣を生ず、之を以て一肝の燃料の燃焼により生ぜらるゝ水蒸氣の量は燃料の水分より $\frac{W}{100}$ 及燃料中の水素の燃焼により $\frac{9H}{100}$ 肝、合計 $\frac{9H+W}{100}$ 肝なり、然るに一立米の水蒸氣は溫度零度、氣壓七六〇耗に於て○・八〇四肝の重量を有するものなれば、一肝の燃料の燃焼により生ぜらるゝ水蒸氣の容積は標準溫度、標準壓力に於て $\frac{9H+W}{100 \times 0.804}$ 立米を有す。

今一〇〇部の煙道瓦斯中の炭酸瓦斯含有量をa部とする時、一肝の燃料の燃焼により生ぜらるゝ煙道瓦斯の容積(溫度零度、氣壓七六〇耗)はV立米なる事を知る。

$$V = \frac{C}{0.536 \times 100} \times \frac{100}{a} + \frac{9H+W}{100 \times 0.804} =$$

煙道瓦斯
容積

$$\frac{C}{0.536 \times a} + \frac{9H+W}{100 \times 0.804} \dots\dots\dots (b)$$

然れども實際燃料の燃焼に於て理論數の空氣を用ひ之を完全に燃焼せしむる事は到底出來得可らざる事にして、殊に直火火床式に於ては燃料は比較的薄層を形成し燃料と空氣との接觸の機會少なければ空氣は常に理論數の三〇—一〇〇%過剰を用ひざる可らず、斯の如き過剰なる空氣の使用は熱の利用上頗る不利益なるものにして實際に於ては空氣流入、爐内壓力の整調、石炭の適當なる裝入、焚殻の適時の排除等により出來るだけ理論數に近き空氣供給の元に燃料中の炭素は炭酸瓦斯に、水素は水に完全に燃焼する如く企てざる可らず。

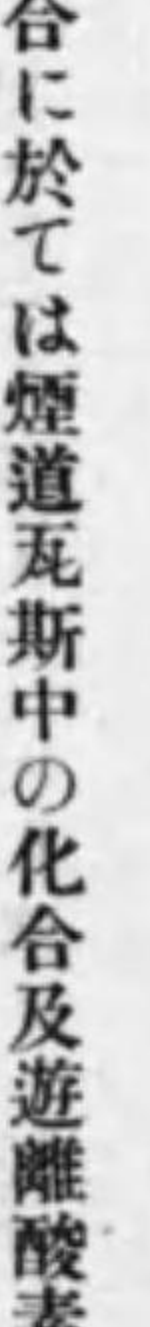
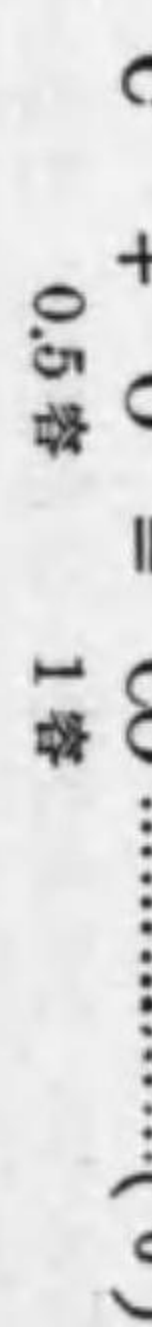
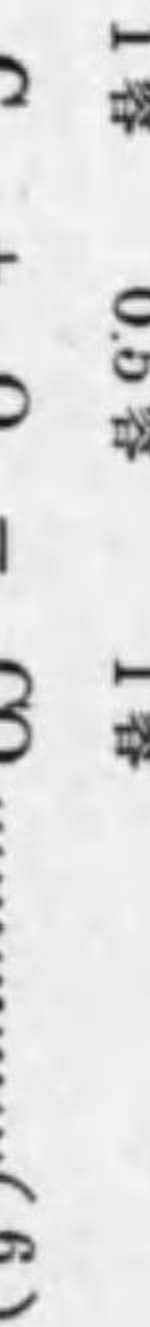
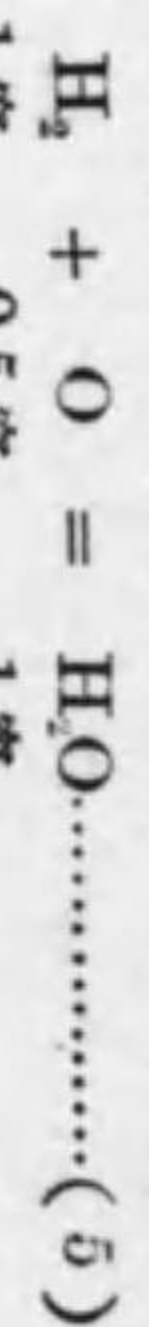
燃料の燃焼により煙筒より免れ去る熱量の損失は煙道瓦斯中の炭酸瓦斯含有量に大に關係するものにして其炭酸瓦斯の含有量少なれば少なる程熱の損失は大となり、且燃料が完全に燃焼せられたる場合に於ては空氣の使用量が其理論數に近き程熱の損失は少となる者なり。

煙道瓦斯中に存在する遊離及化合酸素の量は、若し用ひたる燃料が炭素のみよりなり、然も之が完全に燃焼したりとする時は其生ぜらるゝ炭酸瓦斯の容積は用ひたる酸素の量と同容なれば $CO_2\% + O_2 = 21$ (O_2 は煙道瓦斯中の遊離酸素の量及二一は空氣中の酸素容積百分率を示す) ならざる可らず、又若し燃料が炭素の外水分を含有し然も炭素の不完全燃焼によりて

一酸化炭素を生じたりとする時は煙道瓦斯中の遊離及化合酸素の量は(3)及(6)より

$$CO_2\% + \frac{H_2O\%}{2} + \frac{CO\%}{2} + O_2 = 21 \quad \text{となるものなるも 若し燃料中に水素を含有する場合}$$

に於ては酸素の一部は之と燃焼して水を生じ煙道瓦斯の冷却により各所に凝縮し來る者に



して斯の如き場合に於ては煙道瓦斯中の化合及遊離酸素の和は二一に達せず常に之より少なり、而して燃料中に水素の外酸素を含有する場合に於ても同一の結果を呈す可し又燃料中に遊離水素の量大なれば大なる程煙道瓦斯中の化合及遊離酸素の量は益々少となる者なり。

第三節 燃焼に用ひられたる過剰空氣の量

(Quantity of excessed Air)

各種燃料の燃焼に於て其燃料に對して理論數の空氣を用ひて之を完全に燃焼せしむる事、換言すれば其用ひたる空氣中の酸素を悉く使用し盡す事は到底出來得可らざる事にして常に

燃焼に使
用せられ
たる過剰
空氣の量

煙道瓦斯中に遊離の酸素を含有し且つ其燃焼は不完全に行はるゝものなり、之を以て實際に於て燃料の燃焼には常に理論數よりも過剰の空氣を用ひて其完全燃焼を謀らざる可らず。

元來空氣中には其主成分たる酸素及窒素の外多少の炭酸瓦斯、水蒸氣及其他の瓦斯を不純物として含有する者なるが若し此等を考慮の外に置く時は空氣は平均七九容%の窒素及二一容%の酸素の混合物より成立す。

今煙道瓦斯中の窒素の含有量をNとする時、Nは燃料の燃焼には少しも關係なきを以て其窒素含有量より燃焼に用ひられたる空氣の量xは次式により容易に計算する事を得。

$$79:100 = N:x \quad x = N \times \frac{100}{79}$$

又同様に煙道瓦斯中の遊離酸素の含有量をOとする時は其燃焼にあづからずして煙道瓦斯中に混入し來る空氣の量x'は、

$$21:100 = O:x' \quad x' = O \times \frac{100}{21}$$

にして此兩者の差(x-x')は實際燃焼にあづかりたる空氣の量となり燃焼に使用せられた

$$X = x - x' = N \times \frac{100}{79} - O \times \frac{100}{21}$$

る空氣全量(x)と實際に燃焼にあづかりたる空氣量(x')との比を空氣過剰率(E)と稱し、燃料の燃焼に於て理論數空氣量の幾倍を用ひたるかを意味する者なり。

$$E = \frac{x}{x'} = \frac{N \times \frac{100}{79}}{O \times \frac{100}{21}} = \frac{1}{N \times \frac{O \times 79}{21}} = \frac{21}{N \times \frac{O \times 79}{21}}$$

若し又純粹炭素の燃焼に於て空氣中の酸素が他の物體の酸化に用ひられざる時は前式は之を左の如き簡單なる形式となす事を得。

$$E = \frac{21}{\text{煙道瓦斯中の炭酸瓦斯含有量}}$$

石炭瓦斯製造の如き骸炭を燃料として用ふる時に於ては此第二の簡單式と近似價を得る者なり。

今一例として煙道瓦斯中に一〇%炭酸瓦斯、一〇%酸素及八〇%窒素瓦斯を含有するとせんに、其空氣過剰率は左の如く、此場合に於ては空氣は理論數の一・八八倍を使用した事となる者なり。

$$E = \frac{21}{21 - 79 \times \frac{10}{80}} = 1.88$$

煙道瓦斯
と共に失
はるゝ熱
量

第四節

燃料の燃燒に於て煙道瓦斯と共に

失はるゝ熱量

(Loss of Heat with Chimney Gas)

燃料の熱量の損失とは直接又は間接に測定し得可き燃料の發熱量と、實際使用せられし熱量との差にして、此差の起る所以は燃料を使用する場合に於て其大部分は勿論加熱の目的に使用せらるゝも、一部は加熱装置の四周に副射し、又一部は煙道瓦斯と共に煙筒より免るゝ而して若し加熱爐の温度高ければ高き程此等の損失熱量の大なるは論を俟たず。

石炭乾留工業の如き其温度一〇〇〇度以上を用ふる者にありては其熱量の損失も頗る大なり。

此等損失熱量の計算は頗る複雑なるも次に掲ぐるルンゲ氏 (Lunge) の呈出したる公式は比較的簡單なる者なり。

$$H.L. = 1854 (v-t) \left\{ s + \left(\frac{100}{a} - 1 \right) v \right\}$$

式中 H.L. は石炭一盪に就ての損失熱量(盪カロリー)、t は燃燒に使用したる空氣の温度、v は燃燒温度、a は煙道瓦斯中の炭酸瓦斯量(%), s は煙道瓦斯比熱(〇・二三四) 及 v は窒素の比熱(〇・二四四) を表はす者にして通常損失熱量を表はすには其燃料の發熱量に對する百分率を以てす。

$$\text{損失熱量} = \frac{H.L.}{W.E.} \times 100 \%$$

式中 W.E. は石炭一盪の發熱量(盪カロリー)を示す者なり。

今次に損失熱量計算の原理を説明するに當りて燃料の燃燒により發せられたる總熱量、煙道瓦斯熱容、及温度を各 H, S, 及 t とする時、熱力學の原理に基きて(1) 及(2) の式を得。

$$H = S_1 \times t \dots \dots \dots (1)$$

$$t = \frac{H}{S_1} \dots \dots \dots (2)$$

今燃料の燃燒に於て其中に含まるゝ炭素が完全に燃燒し炭酸瓦斯を生じ、不完全燃燒生成物たる一酸化炭素、炭化水素、煤煙等を少しも生ぜず、且つ燃料中の水分、硫黃、窒素等が

少しも燃焼に影響せざる者として此等を除外する時は一疚の燃料の燃焼により生ぜらるゝ煙道瓦斯の爲めに持ち去らるゝ熱量 (L_1) は左の如く表はす事を得。

$$L_1 = F \times c(t-t') \dots \dots (3)$$

式中 F は煙道瓦斯の容積、 c は煙道瓦斯の比熱、 t は煙道瓦斯温度及 t' は燃焼に使用したる空氣の温度なりとす。

然るに煙道瓦斯中には多少の水蒸氣を含有する者にして此爲めに持ち去らるゝ熱の損失 (L_2) は前と同様に左式にて表はす事を得。

$$L_2 = W \times c_s(t-t') \dots \dots (4)$$

右公式中 W は煙道瓦斯中に存在する水蒸氣の容積、 c_s は水蒸氣の比熱にして t 及 t' は (3) 式の者と同一物を示す者なり。

之を以て煙道瓦斯の爲めに持ち去らるゝ總熱量 L は (3) 及 (4) の和ならざる可らず。

$$L = L_1 + L_2 = (F c + W c_s)(t-t') \dots \dots (5)$$

今用ひたる燃料中に炭素 $C\%$ 、水素 $H\%$ 、及水分 $W\%$ を含有すと假定する時は斯の如き燃料の燃焼により生ぜらるゝ炭酸瓦斯及水蒸氣の量は本章第三節により次の如き者なる事を知

る事を得 (燃料一疚に對して)

$$\text{炭酸瓦斯} = \frac{C}{100 \times 0.536} \text{ 立米}$$

$$\text{水蒸氣} = \frac{9H+W}{100} \text{ 疚}$$

然るに水蒸氣の一立米は温度零度、氣壓七六〇耗に於て 0.804 疚の重量を有する者なれば一疚の燃料の燃焼によりて生ぜらるゝ水蒸氣の容積は、

$$\frac{9H+W}{100 \times 0.804} \text{ 立米}$$

となる者なり、而して今煙道瓦斯中の炭酸瓦斯含有量を $a\%$ とする時一疚の燃料の燃焼により生ぜらるゝ煙道瓦斯の容積は標準温度、及標準壓力に於ては左式の如く計算せられ (本章第三節参照) 煙道瓦斯の爲めに持ち去らるゝ總熱量は (5) 式により次の如く表はす事を得。

$$\text{煙道瓦斯容積} = \frac{C}{0.536 \times a} + \frac{9H+W}{100 \times 0.804} \text{ 立米}$$

$$L = \left(\frac{C}{0.536 \times a} \times c + \frac{9H+W}{100 \times 0.804} \times c_s \right) (t-t') \dots \dots (6)$$

右式中 c 及 c_s は各煙道瓦斯及水蒸氣一立米の比熱を示す者にして、若し c_s を水蒸氣一疚の