

廢材の利用法——燃料化について On the Utilization of Wood Waste—Fuelization

田 中 穆
Kiyoshi TANAKATA

(木材化學第 1 研究室)

I 緒 言

林産資源は古來人類の衣食住に密接な關係があつた。戦争末期凡ゆるものの常軌を逸脱せしめたが、森林資源の利用も亦その 1 つで、輸入材の杜絶、樺太材の移入困難等は當然生長量、場所的状況を無視して國內資源の濫伐を將來した。統計上我が國の林野面積は約 2 千萬町歩、蓄積量 60 億石と稱せらるるも、奥地の森林地帯が約 45% を占めてゐるから、利用し得る生長量は更に小となる譯である。而して年々の伐採量は用材約 1 億 5 千萬石、薪炭材約 3 億 5 千萬石、計 5 億石であるが、我が國の正常伐採量は内地 1 町歩當り 10 石、北海道 3 石といわれ、計 2 億石を適當伐採量とすべきであつて、終戦前後年に 2 ~ 3 億石の過伐が行われてゐたこととなる。今にして適切な對策を考究するにあらざれば、單に林業のみならず一般農、工業に及ぼす影響も頗る大なるものがあると信するのである。

1) 擬、伐採量の 30% は用材として消費されてゐるが、その 64% が一般用材、即ち家具、建築用材等で、22% が鑛山用坑木、8% がパルプ原木、4% が枕木、1.2% が合板、0.6% が電柱という順になつてゐる。パルプ原木について考ふるも、戦前樺太材が 77% を占めてゐたのであるが、現在は北海道パルプ工場はエゾマツ、トドマツ (46%、を内地は赤松、黒松 47%) を主体となしつゝある。

伐採量の 70% を占める薪炭材は主として山野の潤葉樹林の間伐材であり、材としても良好なものを選ぶ要なく、年々歳々自然に補給されるものと見倣してよい。

年 2 億乃至 3 億石に及ぶ過伐が行われてゐる現状として、これが對策として考えられるのは、植樹造林により森林資源の増産を期すべきは勿論であるが、消費面よりの對策としては

〔1〕 木材を出来るだけ他の金属、合成樹脂等により代用すること。建築土木用材、木、杭枕木の如きは、ある程度今日でも、コンクリート、金属、合成樹脂で置換されてゐる。

〔2〕 年々用材の10~15%が腐朽、火災により亡失してゐる。これ亦看過されてよい量ではない。防腐耐火の方法を講じ、耐久年限を増加することは増産と同意義であること論を俟たない。普通木材建造物が50~100年の寿命と考えられてゐるのに、法隆寺の如きよく千年以上を保つてゐるのを考へれば、材の選擇もさることながら十分考慮さるべき問題と考へる。

〔3〕 用材の50%に達する廢材の利用である。

第1表 造材及製材損失量(%)

造材損失量	23.0
根 株	3.0
梢端枝篠	12.5
瑕枝幹材	5.5
雜	2.0
製材損失量	43.0
樹 皮	8.0
鋸 屑	10.0
木 屑	8.0
背 板	9.0
乾 枯	4.0
再 生	3.0
雜	1.0
造材及製材損失合計	66.0

造材、製材の損失66%に及ぶ(第1表) このうちの廢材の利用であるが現今これ等の一部は膠着劑を用い、建築材家具等の製作が行われ、研究室的には、香料の製造その他化學的利用が考究されてゐるが、大部分は燃料として利用されてゐるのみであり、甚しきに至つては河川に放流されてゐる。

Ⅱ 木材の化學的利用法

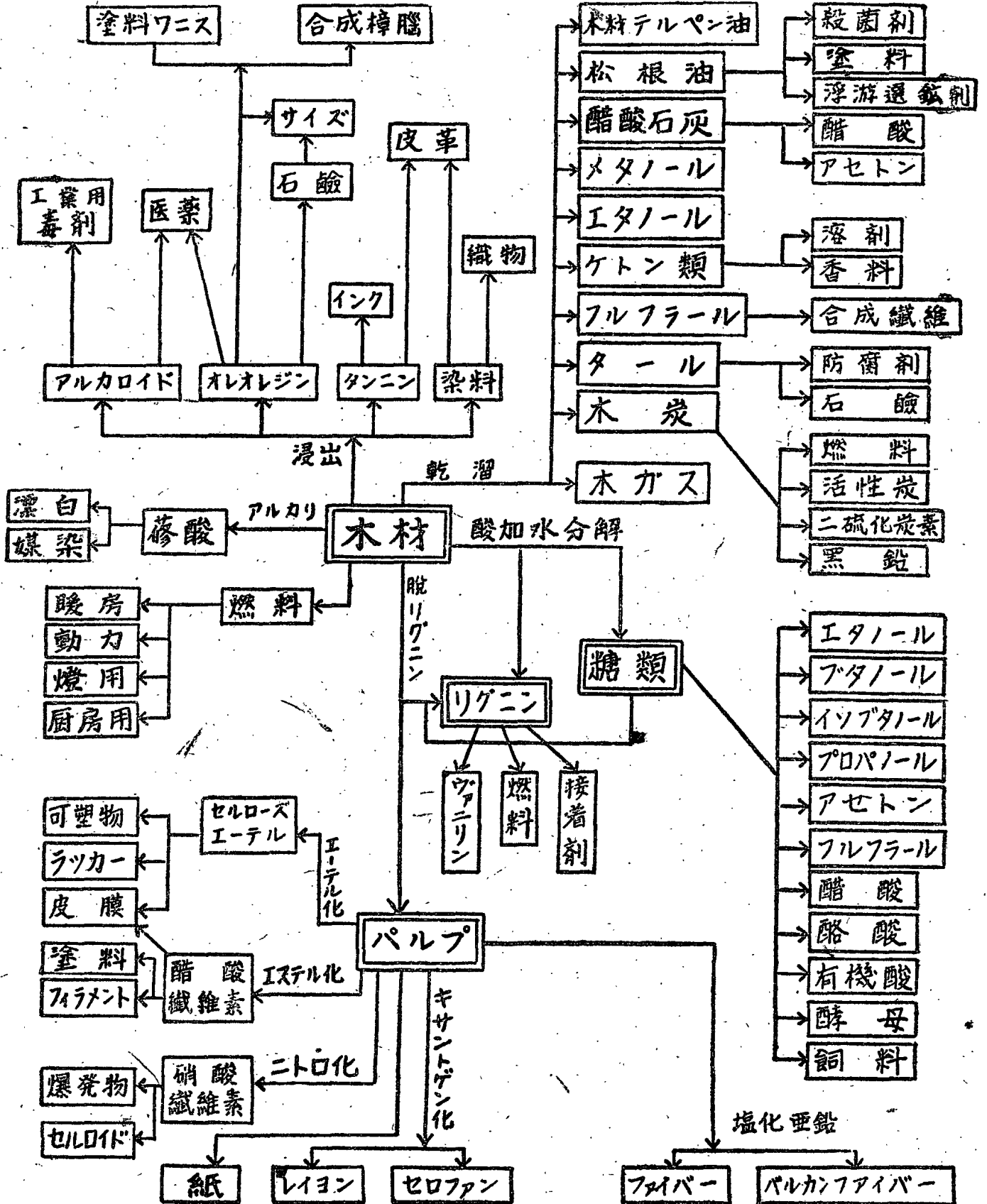
木材はその物理的性質の優秀性から古來、土木建築器具機械等に利用され來つたが、化學的

利用法が講ぜらるるに至つたのは、製紙原料として用いらることが知られて以後のことであり、木材の化學的組成を明かにし、これが一般化學的利用法の組織的に考究され出したのは1917年、SCHORGER 氏等の研究以後のことである。

木材の主成分は、纖維素約50%、リグニン、針葉樹30%、闊葉樹25%、ヘミセルローズ、針葉樹10%、闊葉樹20%で、あと特殊成分として、樹脂、タンニン、精油

アルカロイド、色素、灰分、等であつて、これ等を化學的に處理し利用してゐるのである。(第1圖)⁷⁾

第 1 圖



このうち燃料として利用されるものは

- (1) 固体燃料 木材、木炭、リグニン
- (2) 液体燃料 メタノール、エタノール、ブタノール、その他のアルコール類
アセトン、フルフラール。
- (3) 気体燃料 木ガス、木炭ガス等

以上の如くである。

Ⅲ 燃料としての木材

人類の発見のうち最も偉大なものは、火の発見といわねばなるまい。火の発見は人類を凡ゆる地域への生存を可能ならしめ、衣食住の生活を豊富ならしめた。所謂文化はこれが中心となつて発展し來つたといつても過言ではあるまい。

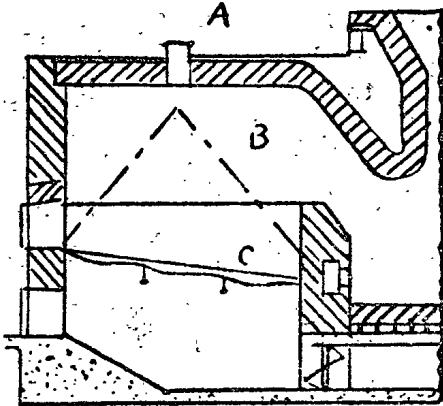
燃料はエネルギー供給源として時代と共に變遷した木材、木炭、石炭、石油時代を経て水力電氣時代となつたが、更に進んで原子熱時代の將來さえ近きにあると感じしめる。

燃料として木材をそのまま用ゐるのは最も原始的であり、木炭の製造は煉金術、製鐵事業と關聯して發達した。而して熱量の點のみよりすれば、木材の熱量は4000 cal であり、木炭は7000 cal である。然し普通炭燒窯による製炭法では收量2割、而も1割の焚代を必要とするから約60%の損失を見ることとなる。従つて燃料としての木炭の製造は熱量のみの點よりすれば頗る不經濟のものである。

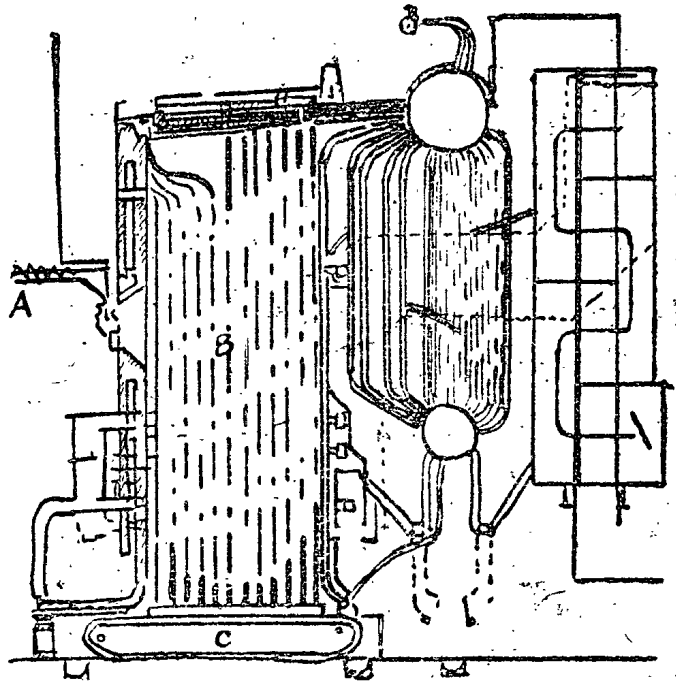
廢材は水分含有量30%以上が普通で製材工場、パルプ工場等から生産されるが、形狀組成等が一定せず熱の傳導も悪く、普通の方法では燃料として用ゐ難く、2段⁸⁾或は3段に加熱する方法が採られてゐる。第2圖は2段式のもので1時間160lb/ft²で蒸氣 90,000 lb が得られる。2段式は北米の南部製材工場で發達した方式で、第3圖は、中央に仕込み口があり、燃料空氣は自動的に供給出来る様になつてゐる。

第 3 圖

第 2 圖



A : 仕 込 口
B : 燃 焼 室
C : 火 格 子



A : 仕 込 口
B : 燃 焼 室
C : 移 動 火 格 子

Ⅲ 木材よりの液体燃料

液体燃料の重要性は第 1 次欧州大戦により痛切に経験され、石油の需要は急激に増加した。その特徴とするところは

- (1) 輸送方法が簡単である
- (2) 温度調節が簡単正確に行われる
- (3) 灰分少く、燃焼室の温度低きこと
- (4) 同一熱量に對し、体積が小さい、従つて場所的制限を受ける航空機、船舶等の如きには最も都合がよい。

然るに天然石油の産地は頗る偏存し、自給自足し得るのは、僅かに米、ソ、英のみで、我が國の如きはその 9 割を輸入に俟つ現状である。⁹⁾こゝに於て所謂人造石油や代用燃料の製造が企圖されるに至つた。

従來行われ來つた人造石油製造法は、(1) 石炭乾餾法、(2) 石炭の水素添加法、

(3) 石油合成法, (4) 油母頁岩乾餾法, (5) 油脂類よりの製造等であり, 代用燃料製造法としては, (1) 燃料アルコール, (2) メタノール合成, (3) ベンゾール合成 (4) 液化ガス, 壓縮ガス, (5) 木炭ガス, アセチレンガス, (6) 膠質燃料等であつて大部分は石炭を原料とする液体燃料であつた。

石油, 石炭, 木材, 木炭の成分を比較してみると

- (1) 固体燃料は多量の酸素を含有するが, 石油はこれを殆んど含まない。
- (2) 水素の含有量は, 石油は著しく大である。
- (3) 固体燃料は, 分子量大きく, 石炭でさえ2000以上であり, 液体燃料は, ガソリン100前後, 重油370前後である。

第 2 表 各種燃料組成 (%)

	炭 素	水 素	酸 素	收 量
褐 炭	65~71	5~6	20~30	
石 炭	84~91	5~6	4~10	
石 油	85	12~16	—	
潤 葉 樹	49.59	6.22	44.18	
針 葉 樹	50.49	6.25	43.25	
氣 乾 材	40	4.8	34.2	
乾 燥 材	50	6	43	
纖 維 素	44.44	6.17	49.39	
リ グ ニ ン	55.60	5.80	38.60	
木 纖 維	52.65	5.25	42.10	
木 材 質	49.20	6.10	44.70	
木炭溫度 1				
200°C	52.3	6.3	41.4	91.8
300°C	72.2	4.9	21.9	51.4
400°C	82.7	3.8	13.5	37.8
500°C	89.6	3.1	6.7	33.0
800°C	95.8	1.0	3.3	26.7
1000°C	96.6	0.5	2.9	26.5

これ等のことを考察することにより木材液化の根本方針が確立されることと信ずる。木材の酸糖化、醗酵によりて得らるる代用燃料としてのアルコール類の製造に關しては姑く措き、木材の乾餾炭化生成物より得らるる液体燃料について考察することとする。

A 木 材 乾 餾

木材の乾餾炭化はエヂプト人が木タールをミイラ製作に使用してゐたから、その頃から既に行われてゐたものと考えられる。我が國に於ても古來木炭を主目的として副産物を利用することなしに炭焼の形式によつて行われて來た。これが化學工業的に企業化されたのは明治27年守屋、北河氏等により東京柳島に工場が設置された以後であつて、大正7年には静岡縣島田町 北河氏、鳥取縣根雨町 近藤氏、宮崎縣大淀町 岩本氏を始めとし、醋酸工場12ヶ所に及んでゐたが、第1次歐洲大戰後の大正11年には静岡縣の北河製作所のみとなつてゐた。

これは (1) 原料の性質組成が常に一定せず、化學工業として技術上管理困難なること。

(2) 從來の炭焼は冬期農閑期の副業であるが、化學工業として年間事業とすると人的に隘路を感ずること。

(3) 合成メタノール、合成醋酸の出現は木材乾餾よりのメタノール、醋酸製造の採算が採れなくなつたこと。

等がその主なる原因であると考えられる。

我が國に於ける石油精製工場が殆んど全く爆撃により破壊され、機能を停止し、電力事情も戦前の如く潤澤ならず、カーバイトの如きも従前の如く安價且つ豊富に生産されざるべく考えらるる現在、今一度木材乾餾工業は根本から研究されて然るべき問題であると信ずる。

a 炭焼窯の利用法¹⁰⁾

炭焼窯を利用し副産物を採取してゐるのは和歌山縣備長窯(白炭窯)のみである。炭焼は普通生木を使用するので、水分蒸發し來る最初の1日はこれを放出し、木醋含有量3%以上となつて始めて採集裝置に連結し、最後の1日又炭焼のみとな

る。メタノールを採取せんとすると、冷却を充分になすを要し、可溶性タールも凝集し來り、醋石が着色するためメタノールを、採取せず醋石のみを採取してゐる。醋石はこれを乾餾に附し、アセトンの製造に供し、或は酸分解によりて醋酸の製造に供する。黒炭窯による黒炭の製造の際は一般に急激に溫度が上昇するため、醋酸は分解せられて醋石の收量は少くなる。

備 長 窯 木 炭 及 副 産 物 生 産 量 "ウバメガシ"

	重 量 (貫)	焚 口 (貫)	製 炭 時 間 (時)	出炭量 (貫)	木醋液 (升)	收 量		醋 石	
						詰 込 (%)	全 量 (%)	詰 込 (%)	全 量 (%)
備長式	475	40	109	58	77	12.2	11.2	1.68	1.55
改良式	468	26	79	81	150	17.5	16.5	3.2	3.0

b 廢材及び農産廢物乾餾装置

廢材、農産廢物等は、その成分形狀一定せず、熱の不良導體であり、且つ水分含有量多きため特殊な乾餾装置を必要とする。連續的に乾餾する方法として、STAFFORD 氏法、SEAMAN 氏法、St. Paul 法、CLINE 氏法等がある。^{11), 12)}

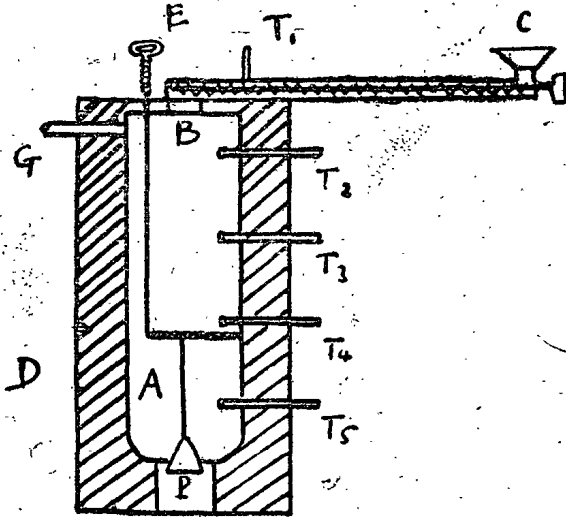
1924年8月から米國 Iron Mountain の Ford 自動車會社の乾餾工場で行つてゐる方法について略述すれば、この工場は、(1)炭化部門 (a)乾燥 (b)乾餾 (c)木炭製品製作。(2)蒸餾部門に分たれ、原料はカエデ70%、カバ25%、トネリコ、ニレ、カシワ5%で、廢材のものは製材工場から、あとのものは乾燥工場から來る。乾燥室にて、0.2%水分として乾餾に附する。STAFFORD 乾餾窯を用いる。仕込口は上部にあり、上から7 ftのところまで原料を入れる。中央の溫度は515°C 下部出口は、255°C で24時間で乾餾窯を通過する。木炭は、冷却器コンデিশヨナーを経て微粉、ブイリツケツトとして一部市場に出し、大部分木ガスと共に自家用燃料としてゐる。蒸餾工場では乾餾工場よりの木醋液を蒸餾し、醋酸、メタノール、エチルアセテート、ピッチ、クレオソート油、少量のアリルアルコール、メチルアセトン、メチルフォーマート等を得てゐる。

St. Paul 法、SEAMAN 氏法は、回轉窯を用うる。(直徑3 ft, 長さ30 ft, 傾斜

3 %, 回轉數 6 ~ 8 r. p. m.)

St. Paul 法では農産廢物等は, 容積が大なるため仕込口は, 圓錐形となつてゐる,

第 4 圖



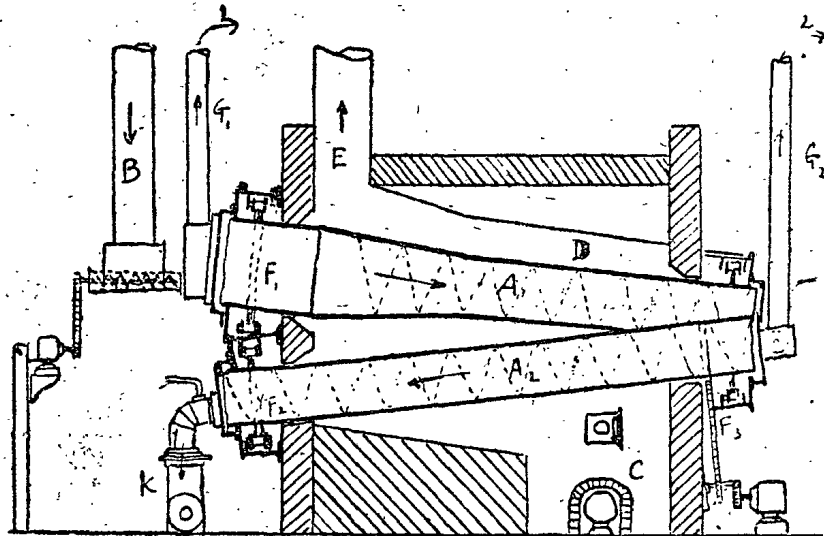
STAFFORD Retort

- A レトリート 直徑10'×高サ40'
- B レトリート 仕込口
- C 仕込口
- D 絶縁材料 厚サ18"
- P プラッグバルブ
- E プラッグバルブ 開閉用レバー
- T₁, T₂, T₃, T₄, T₅ 溫度計
- G ガス出口 コンデンサーに通ず

第 5 圖

St. Paul Retort.

- A₁, A₂ 回轉爐
- B 仕込口
- C Oil Burner.
- D 加熱爐
- E 煙突
- F₁, F₂, F₃, 齒車
- K 木炭排出口
- G₁, A₁ ガス出口
- G₂, A₂ ガス出口
- 1, 2, 冷却器に至る



B 高温高压水素添加法

7). 13) 14) 15)

高温高压水素添加法は 1868 年 BERTHELOT 氏により発見されたが, 工業的に行われるに至つたのは 1925 年以後である. 木材, 木炭, 石炭, 石油の主成分を比較すれば第 2 表の如く, 酸素を含まず水素の含量著しく大きく, 分子量は少い, 水素添加による液化の反應は高温高压下に於て, 水素を添加すると同時に酸素の脱却及び

熱分解が起るもので、その機構に関しては研究があるが、一般に軽質液体燃料を得るには高温長時間、重質燃料を得るには、低温短時間に乾餾するを要する。

木材の場合、アルコール収量の増加を企圖し、高温乾餾を行うには、(1) セルロース中の第1級アルコールを強く還元すること、(2) 木材中のメトキシールをメタノールに完全に變化せしめること、(3) 乾餾生成ガスたる一酸化炭素、水素の如きを發生機の狀態に於て化合せしめること等が考えられる。FROLICH 氏は、¹²⁾ 483°C、200氣壓で水素を通じ、メタノールを常法の約2倍量得てゐる。

BROMER 氏は、テトラリンを用いて、350°C、100 氣壓に於て水素添加を行い、沸點 200°C の油狀物質を得てゐる。その他水酸化ニッケル、水酸化銅等の觸媒を用い、木材、木炭、纖維素、リグニン等は完全に氣體及び油狀物質に變化することが報告されている。

C 膠質液体燃料^{16) 17)}

固体燃料を粉末となし 30~50% の石油、タール、頁岩油等を混じ浮遊せしめて膠狀となし、これを液体燃料と同様、噴燃装置により燃焼せしめ或は内燃機關等にも使用しようとするもので、液体燃料節約法或は液体代用燃料として、第1次歐洲戰爭中英國に起つたものである。

この安定度は、粒子の大きさ、比重、液の比重、粘度等に関するもので、實際上安定なものをつくるには次の如き3種がある。

a 粉碎を完全にし、粒子を小とすること

微粉固体燃料と液体燃料とを混じ、コロイドミル又は、ホモゲナイザーで充分粉碎し、粒子の直径 0.1μ 以下となし、眞の膠質液となすか或は、これに近きものとなす。200 目篩を通過せる微粉炭と石油又はタール蒸餾油とを 40:60 の割合で混じホモゲナイザーにて微粉化せる膠質燃料が船舶の大西洋を横斷に用いられている。(1932)。

b 安定劑或は解膠劑を添加する法

單に、粉碎のみによるときは、一般に經濟的に有利でない。故に安定劑或は解膠劑を添加する。

安定剤は一般保護膠質の場合と等しく、膠、ゼラチン、アラビアゴム、澱粉、金屬の脂肪酸石鹼 (Al, Mn, Co, Zn, Ca, Na, K,) (ステアリン酸, パルミチン酸, オレイン酸), 樹脂石灰石鹼, 石油石鹼, 苛性ソーダ, 苛性加里, アムモニア等のアルカリ等が用いられる。

これ等安定剤は、石油石鹼は 10~30% に及ぶが、他は何れも 0.5~2.0% で充分効果を示すものである。

解膠とは、膠質燃料製造の際適當な化學藥品を加えて、膠質状態となすことを云う。解膠剤としてはコールタール, アンスラセン油, クレオソート油, フェノールピリジン, アニリン, ナフタレン等を用うる。米國海軍では、200 目篩通過微粉炭 33 部, 石油重油 63 部, 石灰ロジン石鹼 1 部を混じ、必要とあらば 10% のコールタールを加えて解膠し、17,000 B. T. U. のものを得て、用いた。

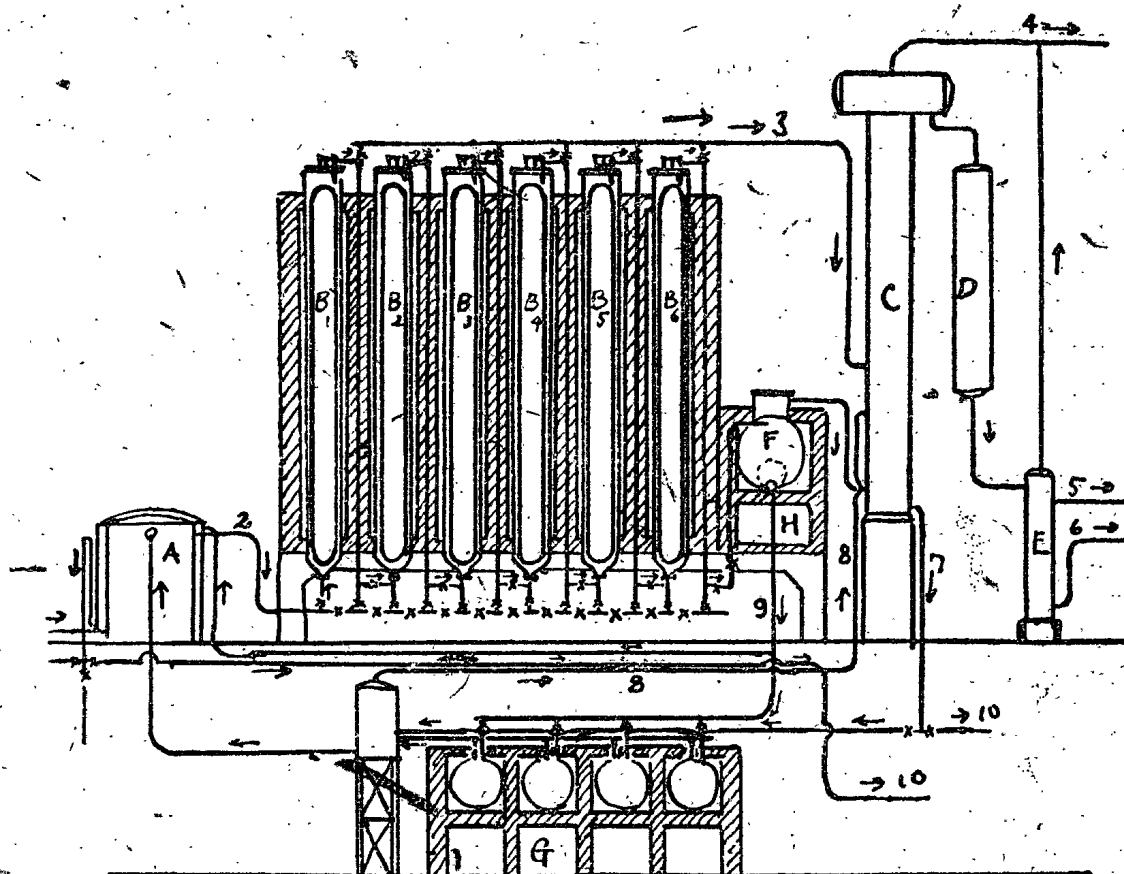
以上の二者は粒子の大きさ、 1μ 程度で眞の意味の膠質ではない。

c 高温高压合成法による膠質燃料

石炭直接液化法の研究が進められるにつれ、石炭が重質油にとけてタール様のものとなるのが発見された。又一方石炭の一部が溶解することから石炭の完全溶解方法が研究された。この兩方面からの研究により、石炭と重質油と混じ、高温高压下に処理するときは、石炭は比較的容易に重油中に溶解するか或は膠質状分散をなし甚だ安定な重油状のものとなることが判つた。これが眞の膠質燃料であるが、この場合の化學反應、機構等は未だ分明ならず、溶解説、膨潤説、分解添加、重合説等がある。石炭の溶媒として知らるゝものは、ベンゼン、フェノール、テトラリン、デフエニールメタン、メチルナフタリン、シクロヘキサノン等の炭化水素、クレゾール、ミクロヘキサノールの如き酸素化合物、ピリジン、キノリン、アニリン等の如き窒素化合物等が主なものであるが、今日のところ經濟上の見地より重油が用いられてゐる。

BLÜMNER 氏の方法は、先づ粉炭 60% と重油 40% をペースト状となし、これを 30 気壓の高壓送込ポンプにより、熱交換器 A に入れる、反應筒 B は、1~6 までに分れ、温度は、 150°C から 450°C までの 6 階段になつてゐる。

第 6 圖



- A 熱交換器 30気圧
 B₁ 反應筒 150°~230°C
 B₂ " 230°~300°C
 B₃ " 300°~370°C
 B₄ " 370°~410°C
 B₅ " 410°~430°C
 B₆ " 430°~450°C
 C 精溜筒
 D 水冷却器
 E 分離器
 F 膨脹室
 G ガス爐
 H 加熱爐

1. ペーストタンクより30
 気壓ポンプにて
 2. 熱交換よりのペースト
 3. 軽油, 蒸氣, ガス
 4. ガス
 5. 軽油
 6. 水
 7. タール
 8. ガス及び蒸氣
 9. 膠質燃料
 重質液体燃料
 10. 冷却器に入る

1	2	3	4	5	6
150~230°	230~300°	300~370°	370~410°	410~430°	430~500°

ガス, 蒸氣, 軽油は上部より3を通り, 精溜塔C, 水冷却器Dを経て各々 4, 5,

6, から取り出される。生成した膠質燃料は、膨脹室に入り加熱、蒸餾されて油蒸気は精餾塔に入る。膠質燃料は(9)から取り出されるか或はガス爐(G)にて乾餾される、この場合には燃料油及びコークスが得られる、反應筒は、引抜き鋼管で内筒及び外筒から成り、毎分 120 回轉する。石炭 60 噸、粗油 40 噸からベンゼン 22 噸及び膠質燃料 63 噸を得ている。

木材、纖維素、リグニン、木炭、木タールを原料としての膠質燃料の製造は、今後興味ある研究問題であると思惟する。

V 結 論

現在の我が國森林事情から考えて、植樹造林を行うべきであるは勿論であるが、消費面に於ても伐採量の 7 割の薪炭材、造材、製材の 5 割に及ぶ廢材等の合理的利用方法を積極的に考究するのは目下の急務であると思ふ。又一方その 9 割を輸入に俟つてゐる液体燃料の對策も忽にすべきではない、この見地から廢材の利用特にその液体燃料化を石炭液化と連關せしめて考察した。

(1) 木材の燃焼方法は、木材、木炭、木ガス、木炭ガスとして利用されてゐる。木炭は熱量のみより考えれば、僅かに木材の 40% が熱源として利用されてゐるのみである。炭焼方法及びその生産物の利用は當然考えらるべきである。

(2) 木材の乾餾方法は連續的に行い、副産物の回収を完全になすべきである。

(3) 石油精製工場の活動全く停止せる現状として又電力事情逼迫せる現状としては、廢材の燃焼爐を考究し、ピーク時の火力發電用ボイラーに利用する方法、廢材よりの液体燃料製造法の樹立を企圖すべきである。

(4) 固体燃料の液体燃料化は、主として石炭、頁岩等により研究され來つたが、木材もその成分から考えて當然液体燃料化さるべきである。唯成分組成の不均一、水分含有量の多いこと等の點に於て特殊の製造方法を必要とすると考えられる。

(5) 原料材の選擇、工場位置の選定、更に副産物の利用確立等は、この種、事業の成否上最も重要な條件であると思惟する。

参 考 文 献

- 1) 帝國統計年鑑

- 2) 化學と工業 昭和24年2月
- 3) 山林要覽
- 4) 久保輝一郎；片岡須美子：工化 47, 929 (1944).
- 5) BROWN : Timber Products and Industry 18 (1947).
- 6) A. SLEMENDORF : Paper. Trade. J., 130, [6], 29 (Feb, 9, (1950).
- 7) L, B, WISE : Wood Chemistry, (1946).
- 8) O, DORENZI : Combustion 21, [11], 39, (sep, 1949).
- 9) Japan Economic Statistics ; July 1949 Bull. No, 35, 47,
- 10) 小林久平：木材乾餾. その他.
- 11) W. G. NERSON : Ind. Eng. Chem. 22 312 (1930).
- 12) P. B. JACOBS : Ind. Eng. Chem., 32 216 (1940).
- 13) H. B. FRERZ. DAVID : Helv. chim, acta., 8, 900 (1925).
- 14) H. I. WATERMAN, I. N. PERGUIN : Rec. Trav. chim, 45, 638 (1926).
- 15) K. FROLICH, H. P, SPALDING, J. S, Bacon : Ind, Eng. chem., 20, 36 (1928).
- 16) 宮崎安太郎：石炭の溶解と膠質燃料, 昭和17年.
- 17) A. THAU : Breun. chem., 17 361 (1936).
Coal-oil Fuel Ind. Eng. chem. Neus Ed., 7, 127 (1934).
- 18) R. A. GLEIN : Fuel 28, [2], 32 (1949).
W. A. KIRKBY : Fuel 28, [2], 41 (1949).
- 19) E. GLESINGER : The coming Age of wood (1949).
- 20) R. K. WINTERS : J. Forestry 47, [1], 39 (1949).
- 21) A. P. DUMLOP : Ind. Eng. chem., 40, 204 (1948).

研 究

市販懷爐灰の二・三の性質について Studies on the Pocket Warmer Stick

田 中 穆, 館 勇
Kiyoshi TANAKA, Isamu TACHI

(木材化學第1研究室)

緒 言

懷爐灰は空氣の供給の殆んどない懷爐中で燃焼しなければならないから, 原料炭