Water Gasification of Fuel Oil and Natural Gas

by Toshihiko Kinoshita

(Tokai Ryuan Kogyo Co. Ltd)

SYNOPSIS:—The author describes the present states of water gasification of fuel oil and natural gas in Italy according to his practical observation. In recent years hydrocarbon oils have been used for the hydrogen source in stead of coal and coke. He described the Fauser Process, the typical gasification process of fuel oil and natural gas, in detail and also introduced other several processes.

U.D.C. 662.61 : 7 : 625 (43)

最近の西ドイツ連邦鉄道における燃料事情

——昭和29年12月7日例会講演——

鉄道技術研究所 横 堀 進

要旨: 筆者は日本国鉄とドイツ連邦鉄道との交換研究員の一人として、1953年12月から1954年6月まで約6ヶ月の間ドイツ連邦鉄道に関し調査研究を行つてきた。その中の燃料事情につき次の諸項目にわけその概要を報告する。

すなわち、(1) 西ドイツ連邦の出炭量と連邦鉄道の石炭消費量、(2) ドイツにおける石炭の分類、(3) ドイツ炭の性質、(4) 機関車用炭、(5) 煉炭、(6) 熱管理、(7) 一般用炭につき記述べる。

I 緒 言

筆者は日本国鉄とドイツ連邦鉄道と、研究員交換の第1回目の一員として、1953年12月から1954年6月に至る約6ヶ月間、ドイツ連邦鉄道について研究調査を行つてきた。この中で燃料事情についての報告を以下に記す。

II 概 要

西ドイツ連邦は面積 $264.2 \times 10^3 \text{km}^2$ で日本の面積 $368 \times 10^3 \text{km}^2$ の約 $\frac{2}{3}$ であり、人口は4,758万人で日本の8,400万人の56.5%である。ここには国有鉄道があり、これをドイツ連邦鉄道 (Die Deutsche Bundesbahn) とよぶ。この鉄道 (略称 D.B.B.) は営業距離が30,565kmで、日本国有鉄道のその20,007kmの1.5倍に相当する。この鉄道の持っている車両数を比較すると第1表のようになる。

第1表 鉄道車両数比較

鉄 道 別	ド イ ツ 連邦鉄道 D.B.B.	日本国有 鉄 道 J.N.R.
略 称		
蒸 気 機 関 車	12,166	5,066
電 気 機 関 車	481	399
ジ ャ ーゼ ル 機 関 車	150	10
小型デ ィ ーゼ ル 機 関 車	707	—
電 車	210	2,710
バ ッ テ リ ー 動 車	84	—
ジ ャ ーゼ ル 動 車	218	350
レ ー ル バ ス	343	10
客 車	25,833	11,625
貨 車	234,252	106,625
	(昭和29 年7月)	(昭和28 年12月)

しからばこれに使われる燃料石炭はどの位であらうか。最近5年間の実績をみるに第2表のようである。

第2表 ドイツ連邦鉄道における石炭使用量

項目, 単位 及年次	機関車用 $\times 10^6 \text{ t}$	工場用 $\times 10^6 \text{ t}$	合 計 $\times 10^6 \text{ t}$	金 額		
				(石炭費) B $\times 10^6 \text{ DM}$	(国鉄全経費) A $\times 10^6 \text{ DM}$	(B/A) $\times 100\%$
1949	9.08	0.86	9.94	382	3,662.9	10.4
1950	8.79	0.73	9.70	370	3,830.8	9.7
1951	9.31	0.82	10.13	405	4,570.8	8.9
1952	9.34	0.77	10.11	474	5,389.5	8.8
1953	9.00	0.76	9.76	517	5,751.8	9.0

比較 (日本国有鉄道)

項目, 単位 及年次	機関車用 $\times 10^6 \text{ t}$	工場用 $\times 10^6 \text{ t}$	合 計 $\times 10^6 \text{ t}$	石炭費 (B') $\times 10^9 \text{ 円}$	国鉄全経費 (A') $\times 10^9 \text{ 円}$	(B'/A') $\times 100\%$
1949	5.33	0.83	6.16	22.5	—	—
1950	4.97	0.76	5.73	18.8	140	13.4
1951	5.37	0.94	6.31	27.5	186	14.8
1952	5.17	0.91	6.08	34.7	220	15.7
1953	—	—	—	—	—	—

なお電氣量は $673 \times 10^6 \text{ kWh}$ であり, ジェール車用燃料のジェール油は $25,120 \text{ t}$ で, $10,600,000 \text{ DM}$ になる (1953年)。年間 900 万 t の石炭は 5 億 DM (430 億円) で, 連邦鉄道全経費の約 9% に相当している。石炭費が経理上大きくひびくことがわかる。しかれば, ドイツ国としての全石炭生産量は幾何であろうか。これは年間 $125 \times 10^6 \text{ t}$ で, その中で地元消費量を除くと, $100 \times 10^6 \text{ t}$ となる。すなわち, この中の約 10% をドイツ連邦鉄道が使っていることとなる。この年間 $9.5 \times 10^6 \text{ t}$ という量は, 1日当りにすると $26,000 \text{ t}$ である。これら産出量 $100 \times 10^6 \text{ t}$ の石炭の中で, 62% を貨車が運び, その運賃は D.B.B. の全収入の 16% , 貨物収入の 25% となる。これをみると, 石炭が D.B.B. として大切なことがわかる。この石炭の購入は D.B. B. と石炭販売会社 (Verkaufsgesellschaft) とが直接取引をやっている。

Ⅲ ドイツにおける石炭の分類

順序として, ドイツにおける石炭の分類を示すと第3表のようになる。比較のために日本の分類表を附記する。なお, これらの項目については後に記す。

Ⅳ ドイツ炭の性質

(1) 成分組成

ドイツ炭の性質については色々の報告が出ているが, ルールおよびアーヘン地区の石炭については, 灰分および水分を除いた純炭分の揮発分を横軸にとつて, 縦軸に C, O_2 , H_2 および $[\text{H}_2 - (\text{O}_2/8)]$ の値を示すと第1図のごとくなる。

(2) 発熱量

発熱量と揮発分との関係は第2図のようになる。

第1図

第2図

Anthrazitkohle よりも Ess-kohle の方が純炭発熱量は高い。

(3) コークス化特性

第3表 ドイツ石炭分類および価格表

分類, 項目及種別	蒸氣機関車用					Mager- kohlen	Anthra- zit- kohlen		
	Gas-u. Gas- flamme- kohlen	Fett- kohlen	Ess- kohlen						
粒 の 大きさ mm	灰 分 %	水 分 %	揮 発 分**			%			
			40~28	28~19	19~14	14~10	10~7		
Förderkohlen	—	10~20	—	40	40	40	—	—	
Gasförderkohlen	—	10	—	50	—	—	—	—	
Bestmelierte	—	10	—	47	47	47	47	—	
蒸氣 機関 車用	Stück	80以上	5~7	—	55	55	55	55	
	Knabbeln	150/120 ~80	5~7	4以下	55	55	59	—	89
	Nuss 1	80~50	5~7	4以下	55	55	65	76	89
	Nuss 2	50~30	5~7	4以下	55.5	55.5	75	81	94
Nuss 3	30~18	5~8	5以下	56.5	56.5	75	82	97	
Nuss 4	18~10	6~8	5以下	56.5	56.5	57	57	59	
Nuss 5	10~6	6~8	5以下	55	55	56	56	56	
Koksfeinkohlen	10/6~0	6~8	10以下	52.5	52.5	52.5	—	—	
gew. Feinkohlen	10/6~0	7~9	10以下	48	—	48	48	48	
ungew. Feinkohlen	10/6~0	11~15	—	48	48	48	48	48	
Nuss. 4 (Aschearm)	18~10	4以下	4以下	—	—	—	—	75	
Staubkohlen	1~0	10~20	—	37	37	37	37	37	
Mischkohle	50~0	12~18	—	—	45.5	—	—	—	

**水分および灰分を除いたものに対する割合

比較:

日本の分類

炭 種	揮発分 (%)
無 煙 炭	3~7
半 無 煙 炭	7~13
半 瀝 青 炭	13~19
高 度 瀝 青 炭	19~32
低 度 瀝 青 炭	32~50

註: この価格は1953年5月1日当時のものを DM (ドイツマルク) 単位で表わしたもので, 1DM は日本円86円に相当する。

第4表 コークス化特性

炭 種	Gas-und Gasflamme kohlen	Fett kohlen	Ess kohlen	Mager- kohlen	Anthrazit- kohlen
火 焰 の 長 さ	非常に長い	長 い	短 い	非常に短い	殆ど見えず
	弱 粘 結	強粘結性	弱 粘 結	粉 末	粉 末
コークス化特性	こわれやすい 部分的気孔性	—	丸くかたまる 部分的気孔性	—	—

第4表に示すごとくである。

(4) 石炭灰の性質

ルール炭の灰は最大含有量が7%である。日本炭に比し灰分が著しく少ない。若し、燃焼したあとに発生する灰が多孔性であるならば、問題はないが、さもな

くて熔融性のものであると Clinker を作って焚く上に困難を感じる。そこで灰がとけるときにどのような特性を示すかが問題になる。5mm 角, 厚さ 3mm の立方体の灰の塊を作り, Erhitzungsmikroskop という高温炉につけた顕微鏡で灰の熔融特性を調べる。温度上

第 3 図

昇につれての、この灰の変形を写真にとつてゆく。その例を第3図に示す。

灰塊が変形しはじめたところが軟化点 (Erweichungspunkt) E で、灰がとけはじめて半円状になったところが熔融点 (Schmelzpunkt) S とよばれ、E点とS点との間が軟化域 (Erweichungsbereich) である。さらに温度を高めてゆくと灰が全面的に流れてしまうことがある。これが流動点 (Fließpunkt) F という温度で、SとFとの間を熔融域という。このE、SならびにFが何度であるかということ、また、これが気流の性質によつていかに変るかということが、石炭灰の、従つて石炭の燃焼時の特性を左右することとなる (DIN-51730)。このためには Leitz 社製の Erhitzungsmikroskop がよいといわれる。ドイツ国鉄の技術研究所では、灰の熔融特性から次の5つの種類に分類している (第3図)。

第1群 軟化域が低く 1,200~1,350°C またはそれ以下で、膨脹しないもの、このような石炭をたくとクリンカーを生じやすく、機関車用としては一般に不適当で、燃料層を薄くしてたく必要がある。

第2群 軟化域が 1,200~1,350°C 位で低く、膨脹の大きいもの、クリンカーが低温でできるが、通気性

がある。これも燃料層が薄いときだけに使える。

第3群 軟化域が高く、1,300~1,450°C 位で、膨脹しないもの、燃料層が厚いと気密性のクリンカーを作る。これも燃料層を薄くして使う。

第4群 軟化域が高く、1,300~1,400°C で、膨脹が大きいもの、これはクリンカーが塊状になり、燃焼上に支障しない。

第5群 熔融点 (半球点) が 1,500°C 以上の場合これも灰が粒状になり、燃焼上に支障はない。

以上の結果は酸化気流すなわち、空気過剰の下での実績である。還元気流に対しては未だ実験中ではつきりしたことはわからない。ただ、一つの例として、気流によつてこれらの点が変わることを示すと次のとおりである (第5表)。

第5表 Ruhr 炭

気流別	軟化点 (°C)	熔融点 (°C)	流動点 (°C)
酸化気流中で	1,240	1,425	1,600
還元気流中で	1,160	1,310	1,530

このルール炭に対しては還元気流中では熔融点が約 100°C 低下することがわかつた。このことは燃料層の上面にあつて、還元気流中に入ると熔融点が低くなり、

クワンカーを生じやすいことになる。これは燃焼上からいえば、あまり燃料層を厚くしてはいけないということになる。しかし、もつと多くの石炭について、これと同じような還元気流中での E, S, P 3点の変化を求めてみればまた別の分類にすることも考えられる。この試験に使う Leitz 社の Erhitzungsmikroskop はドイツ国鉄では、鉄道技研の化学研究所の他に、Opladen, Hamburg-Altona, Fulda, München-Neu-aubing および Stuttgart の熱管理試験所に設備されている。主要なるボイラ工場 (Babcock, VKW, Steinmüller) 各社の試験室などにもあつて、灰の研究に努めている。

V 機関車用燃料

1. 一般

蒸気機関車ボイラはその構造上、他のボイラに比し著しく大きい燃焼率で石炭を燃焼させる。すなわち、陸上据付ボイラで $120 \sim 150 \text{ kg/m}^2\text{h}$ の燃焼率のものが、蒸気機関車ではこの $5 \sim 6$ 倍の $500 \sim 700 \text{ kg/m}^2\text{h}$ になっている。このように、火格子単位面積当りに燃焼させる石炭の多いということは使用する石炭に対してある条件を与えることとなり、どの石炭でもよいというわけには行かなくなる。

2. 機関車に焚く燃料

- (1) 燃焼率が大きいから揮発分の大きいものが燃焼速度が早いので望ましい。よつて Mager-Kohle と Anthrazit-Kohle は適していない。
- (2) Ess-Kohle は揮発分が少いから燃え方が遅い。
- (3) Gas-flamme-Kohle では燃料層を成可くうすくして、ガス化したところに多量の O_2 が行くようにする。短時間に小量宛くべるのがよい。
- (4) この2つの間にある Fettkohle は火室で燃え切ってしまう。この Koks は“Blumenkohle”と呼ばれて火床を多孔性 (Locker) にする。従つて、これは機関車用として最も適したものである。従つて D.B.B. はドイツで産する Fettkohle の約 70% というものをこれに使っている。
- (5) 次に Ess-Kohle は揮発分が少く、仕事量の小さいときに適していて、Gas-flammkohle は逆に揮発分が多く、仕事量の大きい、仕事量の変化の大きいときに適している。Fettkohle はこの中間になる。使用者側からいえば、常に同一炭砵の、同一銘柄のものを使えばよいのであるが、大量の石炭をそう無理もいえず、ある条件の下に使っている。
- (6) 昔は Förderkohle (切込炭) を使つたが粉炭が多く、従つて、機関車に使つた場合にシンドガ発生

量が多くて不経済である。そこで 30mm 以上の塊炭を 50% 以上含むものとして Bestmelierte を使つた。しかしそれでも不充分で、今日では Stück (80mm 以上) 塊炭と Nuss 1 とを使い、特にルール地区では 120/80mm の塊炭を集めて (水洗いした後で)、これを Knabbel と呼び鉄道用に供給されている。

これの特徴は、(1) 洗炭で角がとれるから、粉炭発生量が少い。(2) 品質および大きさが一様である。(3) 大塊を割るという助士の仕事がなくすむ。このようにして、今日のドイツ連邦鉄道の使用炭は塊炭だけで、粉炭が完全に除去されていることは注目すべきである。日本国鉄で、13mm 以下の粉炭が 30~40% 混合してあるのに比較して、全く羨しい次第である。灰分が 5~7% 程度なのも日本に比して羨しいことである。なお、ルール地区から出る Fettkohle の 70% は鉄道用に使っている。

VI 煉炭 (Brikett)

日本と同じようにドイツにおいても煉炭を機関車用燃料に使っている。炭坑から出る石炭の中、粉炭が 50%, Nüsse が 30%, 塊炭が 15% で、塊炭だけを使うわけに行かず昔は粉炭の多い石炭を使つたので、これに 3kg 位の大きさの煉炭を混ぜて燃焼させ、主として火床形成の目的で使つた。しかしすでに述べたように、塊炭が大部分になつてくると、この本来の使命を失つた^{**}。しかし、粉炭が相当大量にあるし、かつ廉価であるので、これを加工して、煉炭を作ることにし、それを機関車燃料として使うことを考えた。ドイツにおける煉炭は次のようなものがある (第 6 表)。

第 6 表 ドイツ煉炭

種 類	重 量	原 料 炭 種		
		Ess-kohlen	Mager kohlen	Anthrazit-kohlen
Stückbriketts	10kg	63*	×	×
Stückbriketts	7kg	63	×	×
Stückbriketts	3kg	63	×	×
Stückbriketts	1kg	66	×	×
Wurfetbriketts	450gr	63	×	×
Kissenbriketts	360gr.	60	×	×
Eierbriketts	50gr.	64	66	68
Nussbriketts	15/18, 24	66	68	68

* 数値は 1. Mai, 1953. ドイツ国内値段 DM/t
1DM=86円

^{**}ただ今日でもタンク機関車のようなものでは 3kg の煉炭をつみかさねると Tender に多量につめるので特別なときには使っている。

すなわち、はじめは表中の Stückbriketts を使っていたが、やがて石炭と同じ大きさの Eierbriketts を使うようになった。しかし、握拳(にぎりこぶし)大の Kissenbrikett に移行した。原料は Esskohle の粉炭に、石炭ピッチ (Steinkohlenteerpech) 7% を混ぜて揮発分18~20%のものとなっている。Fettkohle の揮発分の少ないものに相当する。日本では 50~40gr. 位の、大きさでいえば Eierbriketts に相当するものを使っている。ドイツでも Kissenbriketts に移る前に両者の比較試験を長期に亘り行つたが、350gr. の方がよいということになった。煉炭はドイツ連邦鉄道として、月間 30,000~40,000 t, 年間 360,000~480,000 t を使っている。

筆者はドイツ滞在中に一煉炭工場を見学する機会を得た。日本の工場と比較してみても著しく異なるように思ったことは、ピッチの混入方法である。ピッチは石炭ピッチで熔融点 105°C 位のものを常に加熱して、大きな Drum 缶の中に保存しておく。大きな回転円筒があつて、ここへ粉炭が送り込まれ、気流に乗つて他端へ行く。同じ側からピッチの12~16気圧、250°C に加熱したものを霧状にふきかけて、この直径 1.5m, 長さ 8m 位の Trommel 中で完全にまぜる。後はバケットコンベアーにのつて Nieder に入るところ日本のと変りはない。Brikettig-Press も同じである。この混入方法で、ピッチの使用量が7% (日本は10%) ですむこととなるらしい。大きさは 350gr. であるからにぎり拳大で、大きい Brikett-Press で加工時のピッチは 90°C 位、ピッチの軟化温度は 72/95°C* である。

ピッチ (Pech) は 100D.M/t (8,600円/t) で粉炭の 40DM/t (3,440円/t) に比し割高であるとなげいていた。この会社では 50gr. 位の Eierbriketts も、また、3kg, 10kg という大きいものも作れるようになっていたが、当日は Kissenbriketts だけを作っていた。

VII 燃 料 節 約

1. 機 関 車

燃料節約は日本と同じように各種の方法で努力していて、次のような構造を試験している。これらの詳細については別の機会に説明したい。

(1) 自動給炭機 (Mechanical Stoker)

(2) Hulson 形火格子

* Brikettig-Press は4列で 24t/h 位の能力のもの1台をもっている。この会社は月産 30,000 t 位であつた。

(3) 混合式給水加熱器

(4) Franco Crosts 形給水加熱器

2. 褒 賞

石炭1tの節約に対して、当時の石炭価格43D.M/tの額を支給する。これは各機関区単位で行い、個人別の加味は機関区で行う。

VIII D.B.B. の一般用炭

1. 蒸気機関車以外の使用部面として、(1) 発電所と、(2) 工場動力および暖房用とがある。現在の電気運転区間では、水力が75%、火力が25%の割になっている。この場合の火力発電所は、大体において低質燃料を使うし、ボイラ効率も蒸気機関車よりもよから燃料費は非常に節約される。この電化区間は漸次拡大される予定で、1956年ルール地区の Hamm-Düsseldorf 間に20編成の電車を入れるだけで年間 80,000 t の石炭が節約される予定であるし、ルール地区が全部電化されれば、この地区だけで 650~700×10⁶kWh の年間電力使用量となり、その他を合計すると、1.5×10⁶kWh となり、燃料使用量は 2×10⁶t (これは 9.5×10⁶t の約20%に相当する) 減ることになる。この中のある部分は石炭に、ある部分は褐炭 (Braunkohle) を発電所で使ふことにより差引かれるが、全部の電力を火力発電でまかなうとしても、0.7~0.8×10⁶t 位の石炭使用量となるであろう。電化も1つの石炭節約対策である。

2. 一般用炭に対する D.B.B. の熱管理

工場用ボイラおよび暖房用ボイラに対しては Minden 鉄道中央局に熱管理課という一つの主管の課があつて、燃料使用個所をみているわけであるが、発電所は München にある電気車の部門が電化という面で面倒をみている。しかし、発電所としては現在、München の南方に Penzberg という発電所があり、ここでは発熱量 3,400kcal/kg, 灰分32%, 水分16%という石炭を焚いて(この土地で産する)いる。これは上記の枠に入っていない。

その他のボイラは全部厳重な熱管理を行つて、石炭の節約に努めている。寒いドイツ、冬の長いドイツでは、暖房用炭も相当量になる。しかし、これも年々割当をへらしてきている。このことについては別の機会に述べたい。(個人住宅で年間 1,000~2,000DM 位の石炭費を使う)。

IX 結 語

ドイツ連邦鉄道 (D.B.B.) は年間 950万 t の石炭を使い、その経費は 430億円で、連邦鉄道全予算の約9%に相当する。

この石炭費を節約するために色々の努力をしており、その概要を述べた。石炭はドイツ連邦鉄道用に最も適合した性能のものを関係業者が提供していて、灰分5～6%，発熱量7,600～7,700kcal/kgの80mm以上の塊炭，或は50/80mmの中塊炭を使っている。機関車以外でもその節約に努力している。

文 献

1. *Ruhrkohlen-Handbuch*. (Vierte Auflage) 1954. *Gemeinschaftsorganisation Ruhrkohle G. m. b. H.* S. 393. Abb. 271. Tab. 86.
2. *Preisliste für Kohle*. Mai-1. 1953.
3. *Eigenschaften der Lokostiebkohlen nach Zechen geordnet*. 1953.
4. *Technische Lieferbedingungen für Kohle, Koks, Brikett, usw* März. 1953.
5. Probst, Weyers:—Die Steinkohle und ihre Verfeuerung in der Lokomotive. *Die Lokomotivtechnik*. Jan. Feb. ss. 8—12, 25—28. 1954.
6. Weyers:—Die Steinkohle im Eisenbahnwesen. Vortrag auf der Tagung "Energie und Steinkohle". Dortmund. Feb—4 1954.

Information on the Fuel used by Western Germany Railway

by Susumu Yokobori

(Railway Technics Research Institute)

SYNOPSIS:—The author, one of the exchange investigators of Japan National Railway for Western Germany Railway (D. B. B.) investigated D. B. B. during 6 months from Dec., 1953. to Jun., 1954. In this report, the outline of the following items of the fuel used by D. B. B. is described; (1) the coal production in Western Germany and the coal consumption by D. B. B. (2) classification of coal in Germany. (3) character of German coal. (4) coal for locomotive. (5) briquette. (6) promotion of heat economy. (7) coal for general use of D. B. B.

U.D.C. 668.736.32

安水中のフェノールの除去

——昭和29年12月7日例会講演会講演——

川崎製鉄株式会社千葉製鉄所 金 安 仁 一 郎

要旨:〔Ⅰ〕 工場廃水浄化を目的として建設されたわが国最初の安水中のフェノール除去につき、昭和28年12月より運転したオートー式脱酸設備の概要、特徴および作業実績を述べる。

〔Ⅱ〕 溶剤ベンゾールにタール塩基を添加した場合にフェノールの抽出効率が上昇することを認めたのでその実験結果および実際に工場運転に移した作業実績を述べる。

I 緒 言

工場廃水の浄化は古くからその必要性を認められており、現在欧米においては河川の浄化、工場廃水の浄

化に関する法律の制定とともに、おのおの工場において処理設備が設けられその徹底化が行われているが、残念ながらわが国においては法律の制定もなく、僅か