

石炭の粘結性と諸性質との關係

—(昭和四年八月十三日燃料協會第七十三回例會講演)—

伊 木 貞 雄

【要旨】 石炭の粘結性が比較的良くその成分を表現する性質なる事に重要性を認め成分と性質との關係を知る意味に於て粘結性を基準として石炭の諸性質を研究したる結果の概要を述べんとす

(一) 緒 言

石炭をその性質に應じて適材適所に最も合理的に使用するにはその性質研究の必要なるは言を俟たず、特に近來石炭の加工々業發達して新なる利用の分野の開發さるゝと共に炭質の研究は益々その必要の度を加へ從來の工業分析や元素分析のみを以て満足し得ざるのみならず特殊の用途に對しては之に應ずる特殊の性質研究の必要なること言を俟たず、然るに石炭はその組成極めて不均一にして種々の複雑なる化合物の混合物なるが故に之を最も合理的に使用するには種々の方法が考へらる、即ち或は石炭の各部分を肉眼的に分離し、或は化學的に溶劑等によりて各成分に分ちその各部分の性状に應じて之を使用し、或はその各部分を適當の割合に混合して所期の性質のものを得る如き方法あり、之等の方法は石炭の各成分及びその性質等明になりその分離及び混合等が容易に行はるゝに至らば理想的のものなるべし、然るに現在產出の石炭は夫自體既に之等各成分の種々なる割合の混合物なるが故にその混合の狀態及びその性質を明にし之等を更に適當の割合に混じて所期の性質となして使用することは最も行ひ易く現に今日已に骸炭製造等に於て使用されつゝある方法なり、之等の意味に於て先づ各種石炭の組成、成分、性質等の精細なる研究が石炭の合理的利用の基礎として重要なこと明かなり

余は最近の石炭の成分に關する研究の結果より考察して石炭の粘結性が成分と密接なる關係を有し粘結性が單に骸炭用或は瓦斯用炭としての適否を判斷する意味に於て重要な性質なるのみならずその石炭の成分乃至は炭質を表現する最も有力なる性質の一なることに重要性を認め粘結性を基準として性質を研究することによりて成分と性質との關係を明かにし得べしと思惟し粘結性と諸性質

との關係を研究しつゝあり、未だ實驗の中途にありて實驗結果に就ても不充分の點あるべきも今日迄に得たる結果を簡單に述べて各位の御教示を仰がんとするものなり

(二) 石炭の粘結成分、粘結機構及び粘結性試験法

石炭の粘結性を基準として諸性質を論ずるには先づ石炭粘結の本性を明にするの要あり、石炭の粘結が石炭中の如何なる成分の如何なる機構によりて起るかに就ては多くの學說ありて互に相一致せざる點もあれど其主要なるもの二、三に就て述べるに古くムック氏 (Mueck, 1876) は熔融炭素説を唱へ石炭を加熱すれば孰れも多少熔融し更に高温にて分解して瓦斯を發生し後に骸炭を残すものなるが比較的熔融し難き石炭は熔融して粘稠なる状態となりて瓦斯の放出困難となり爲に骸炭は膨脹す、反之比較的熔融し易き石炭は稀薄なる熔融物となり瓦斯の放出容易にして骸炭は膨脹せずこの差が骸炭の多孔度、緻密度等を支配すと主張せり

ウェディング (Wedding, 1890) 及びラウ (Rau, 1910) 氏等は石炭の乾餾による生成タールが炭素又は石炭片を膠着するものにして然もタールの生成量多く且つ揮發分が過大にしてその放出のためにこの結合作用を妨ぐる如き事なき石炭が粘結すと云へり
パール及びオリン氏 (Parr and Olin, 1912) 等は石炭の粘結成分は攝氏三〇〇—三二〇度附近にて熔融し更に高温にて分解する如き成分なりとしこの成分は風化によりてその分解温度低下し熔融温度以下にて分解するに至ればこの粘結性を失ふと説明せり、この説は風化による粘結性の低下を説明するに便利なる考へ方なり

ウィラー氏 (Wheeler, 1913) は石炭をピリジン及びクロホルムを以て α 、 β 、 γ 化合物の三部に分ちこの各成分の粘結性を試験したる結果 α 及び β 化合物は纖維素質を原體とする物質にして粘結性なく γ 化合物は樹脂質のものにして之が石炭の粘結に與る主要の成分なりとし尚イリングウォース氏 (Illingworth, 1920) も γ 化合物が粘結成分にして之が石炭中五・五%以上存在せざればその石炭は粘結せずと結論せり、即ち一般に纖維素質のものは粘結性無く樹脂質のものが石炭の粘結に與る成分なることは從來一般に信ぜらるゝものゝ如し

尙最近ボーン氏 (Bone, 1924) は石炭をベンゾール、揮發油及びアルコールにて四部分に分ちその中ベンゾールに溶解し揮發油に溶解せざる部分にしてヒュミン質の物質と考へらるゝものが粘結成分なりとし反之フィッシャー氏 (Fischer, 1925) はベンゾールに溶解し石油エーテルに溶解する同氏の所謂油狀ビチューメンが石炭の粘結成分なりとせり

之等精細の點に關する議論は暫く措き從來の研究結果を概觀するに石炭は加熱によりて熔融せざる成分と容易に熔融する成分との二部分より成りこの兩者はその性質互に著しく異り前者は加熱によりて其儘炭化するに反し後者は一旦熔融したる後炭化し前者と共に膠着して粘結の Binder として作用するものゝ如くこのものは種々の溶劑に溶解し易きものにしてこの二大成分の割合が主として石炭の粘結性を初め種々の性質に著しき差異を生ずる原因をなすものと考へ得べし

次に粘結性の試験法及びその表示法に就て考ふるに單に粘結性と稱するも種々の要素より成立ちこの粘結力を完全に表明すべき測定法及び表示法の充分なるもの無く又試験室に於ける測定の結果は必ずしも實際骸炭製造に於ける結果と一致せず爲に多數の方法提出せられ居れども俄にその優劣を斷じ得ざるものあり、多數の方法あれども便宜上次の如く大別し得べし

(1) 石炭を其儘乾留して得たる骸炭の外觀によりて定むる方法

(2) 石炭に不活性物質を加へて乾留し所定の骸炭を得るために使用せる不活性物質の量にて定むる方法

(3) 石炭を其儘、又は一定量の不活性物質を混じて乾留し生成骸炭の耐壓力を以て定むる方法

第一の方法に屬する最も普通なるは坩堝法にして揮發分定量の際坩堝中に殘る骸炭の外觀即ちその形狀、光澤、膨脹の状態等より判斷して粘結性を定む、この方法は最も普通に使用さるゝ方法なれども粘結性を數量的に表し得ざる缺點あり、又レッシング氏 (Lessing, 1924) の骸炭化試験法による骸炭の高さ、外觀等によりて粘結状態を知る方法もこの第一法に屬するものなり

第二の所定の骸炭を得るために加ふべき不活性物質の量によりて粘結性を定むる方法にはその粘結状態の規定及び加ふる不活性物質の種類、状態、加熱條件等に依つて種々の方法あれども就中カンブレドン (Canpredon, 1895) ポラード (Pollard, 1908) グレイ (Gray, 1923) ダン (Dunn, 1913) シンナット (Sinnett, 1920) 氏等の方法を擧ぐべし、この中カンブレドン法をポラード氏が改良し更にグレイ氏の改良になる方法が最も一般的にして次の如し、則ち石炭 (五〇メッシュ以下) と珪砂 (四〇—五〇メッシュ) との種々の割合の混合物二五瓦を一定寸法の坩堝に入れ一、〇〇〇度にて七分間加熱して得たる骸炭塊に五〇〇瓦の荷重を加へてそれに辛じて耐え得る砂の混合量 (S 瓦) の試料石炭の量 (C 瓦) に對する割合 ($\frac{S}{C} \times 100$) を以て粘結力を表はしこの値 (I) を粘結率 (Caking Index) と稱す、この外ダン法は不活性物質として砂の代りに無煙炭を使用しシンナット法は炭素電極を使用する方法にしてその他の點は略上述の方法と同様なり

第三の生成骸炭の耐壓力に依つて粘結力を表はす方法にもメーリス (Meurice, 1923) バラドウ及びタイヅウェル (Baradan and Tidswell, 1923) クバルフォート (Qvarfort, 1925) 氏等の方法あり、就中メーリス氏法とは石炭(ハ〇メッシュ)一瓦に海砂(四〇—五〇メッシュ)一七瓦を混合して規定の坩堝に入れ八〇〇—九〇〇度のマッフル爐にて揮發分を發生せざるに至る迄加熱して生成骸炭の耐壓力(C_坩)とその際生成せる骸炭粉末の量(P_瓦)より $17 \times C / P \times 250/2$ なる公式によりて粘結力を表はすとし之を Meurice Index と稱す、バラドウ及びタイヅウェルの方法は石炭と炭素電極とを同量宛混合して用ひ、クバルフォート法は不活性物質を用ひずして生成骸炭の耐壓力を以て粘結力を表す方法なり、之等各方法に依る結果は夫々各個的のものにして他の方法による數値との比較は無意味なれども與へられたる方法に於ては相對的に粘結力を數字的に知り得るが故に便利なり

余は後章述べんとする諸實驗の試料に就て坩堝法レッシング骸炭化試驗法及びカンブレドン乃至グレイの方法に準じたる方法を併せ行ひて比較判斷し三者の結果が略並行せるを認めたるが主としてカンブレドン乃至グレイ方法による數量的の値を以て試料の粘結力を表す事とし本邦産瀝青炭の中、粘結性の最大なるものより中、位のもの、小なるもの及び非粘性のものに至る二三種の石炭と之等と比較參考のために數種の無煙炭、褐炭、亞炭等を採用して實驗に供することとし之を粘結性の大小の順に配列して粘結性の大小による諸性質の變化の狀態を觀察せり

(三)石炭の粘結性と工業分析結果との關係

先づ石炭の粘結性の大小によりてその工業分析の上に現はるゝ結果に就て考察するに從來石炭の粘結性はその揮發分及び燃料比と密接の關係ありて之等の値によりて粘結性を決定する規矩標準あり、則ち揮發分は過大なるも過少なるも粘結せずして外國炭に就ては揮發分二〇—三〇%のもの最強粘結性を示す、本邦炭の多くはその生成年代若くして揮發分多きためこの標準適用せられず三〇—四〇%のもの最強粘結性を示す、燃料比と粘結性との關係も外國炭に就ては燃料比一・八一四・〇のもの最も粘結性大なるも本邦炭は一般に燃料比低く瓦斯及骸炭用炭の殆んどすべてが燃料比一・八以下にあり、然るに本邦骸炭原料として常用さるる支那炭の多くはその燃料比三—四にして諸外國炭に對する規矩標準の適用さるゝを見る

余の實驗結果は第一表及び第一圖に示すが如し

この結果を見るに大體上の所論と一致するも粘結性と揮發分及び燃料比等との間には何等比例的の簡單なる關係を見出し得ず、工

昭和四年十月

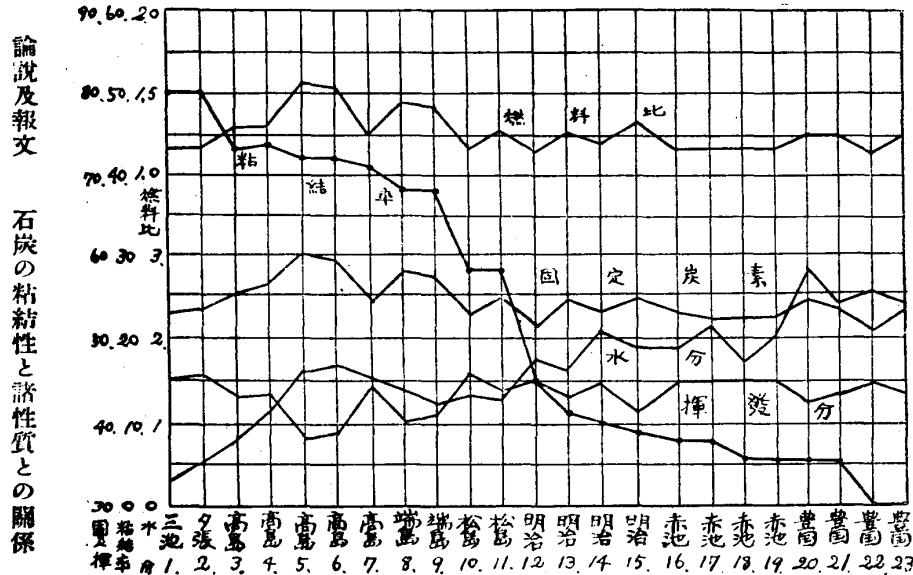
論説及報文 石炭の粘結性と諸性質との關係 伊木貞雄 一〇九六

業分析の結果より粘結性を論ずることは極めて困難なるが如し、然るに只水分の量は粘結性の大小と密接の關係を示し粘結性の變化に應じて規則的に變化するを認む、則ち石炭の水分はこの粘結性及び之に關係する諸現象と密接の關係あるものゝ如し、依て此點に關しては項を改めて稍詳細に實驗の結果を後述すべし

第一表 石炭の粘結性と工業分析との關係

試料 番號		炭坑及 炭層名	工業分析(%)				燃料比	粘結率	レッシング 炭の高さ (mm)	發熱量 (kcal/g)
			水分	揮發分	固定炭素	灰分				
1	三	池	0.31	41.92(45.65)	48.59(51.91)	8.18	1.26	50	5.0	8672
3	夕	張	0.54	42.51(45.55)	50.33(51.91)	6.62	1.18	50	5.0	8688
3		高島胡麻三尺	1.06	41.89(43.50)	50.07(51.38)	4.08	1.30	44	4.5	8373
4		胡麻下二尺	1.35	40.11(43.05)	51.82(55.70)	6.83	1.29	43	2.0	8463
5		新五尺下層	1.55	34.41(37.98)	54.65(60.33)	9.39	1.59	43	5.0	8444
6		新五尺上層	1.78	35.43(38.73)	54.40(59.45)	8.39	1.54	42	5.0	8417
7		胡麻五尺	1.17	43.00(44.30)	52.86(54.34)	2.97	1.23	41	2.8	8615
8		端島十二尺	1.44	38.36(40.20)	55.36(58.10)	4.57	1.45	36	3.0	8547
9		十尺	1.27	39.04(41.00)	55.98(57.70)	4.71	1.41	36	3.2	8545
10		松島五尺	1.36	43.48(45.70)	49.00(51.70)	7.16	1.15	26	2.0	8289
11		四尺	1.36	41.51(43.65)	52.45(55.07)	4.78	1.26	28	1.5	8233
12		明治五尺	1.75	43.00(45.50)	49.27(51.70)	4.68	1.23	15	1.3	8288
13		尺無	1.62	37.63(42.98)	48.86(55.30)	12.37	1.28	11	1.9	7414
14		三尺	2.17	41.30(44.50)	49.51(51.40)	7.22	1.30	10	1.4	7378
15		乾々	1.90	39.33(41.75)	51.81(55.10)	5.91	1.23	9	1.2	7436
16		池五尺	1.89	43.81(45.00)	50.60(51.33)	4.64	1.18	8	1.4	7326
17		盤下	2.02	36.76(40.80)	43.14(51.66)	18.10	1.27	8	1.1	6777
18		四尺	1.74	41.56(43.00)	48.52(51.82)	8.19	1.26	6	1.6	7383
19		三尺	1.96	41.01(43.04)	48.07(51.80)	8.95	1.27	6	1.4	7406

第一圖 石炭の粘結性と工業分析との關係



23	22	21	20
〃	〃	〃	〃
七重	五尺	四尺	豐國八尺
二・四	二・五	二・五	二・三
三九・〇(四三・五〇)	三七・〇(四二・〇五)	四一・一(四三・七五)	四〇・三(四二・七〇)
四・三(五・六)	四・六(五・八五)	五・四(五・六五)	五・〇(五・四五)
一〇・九	一・七	一・三	六・一
一・四	一・五	一・三	一・七
〇	〇	五	六
一・〇	一・三	一・四	〇・九
七六・八	七六・〇	七六・三	七六・六

【右表中括弧内の數字は(水分+揮発分+固定炭素)一〇〇)として表はせるものなり】

(四) 石炭の粘結性と元素分析結果との關係

石炭の粘結性は略々その元素分析の結果より推定し得るものにして從來元素分析結果より粘結性を判定する規矩標準あり、例へば

(1) 石炭の炭素、水素及び酸素含有量と粘結性との關係に就ては諸外國の石炭に就ては從來

炭素	八〇—九〇%	水素	五—六%
酸素	一〇—一四%	遊離水素	四%

の範圍のものが粘結性を有すとせられ日本産石炭に就ても略同様の關係の成立する事明にせられたり

(2) 石炭の水素含有量と粘結性との關係に就て粘結性がその水素含有量によりて略判定し得るとせられ元素分析結果の炭素を一、〇〇〇に換算して水素及び酸素の量を表はし結合水素を(遊離水素)にて遊離水素を(水素—遊離水素)にて表はすとき結合水素二〇以下、遊離水素四〇以上の石炭は良好粘結性を呈すとせらる、この關係も諸外國炭にも本邦炭にも略同様に成立するものなり

(3) 次に石炭の酸素、水素比と粘結性との關係に就いてホワイト氏(D.

昭和四年十月

論説及報文 石炭の粘結性と諸性質との關係 伊木貞雄

一〇九八

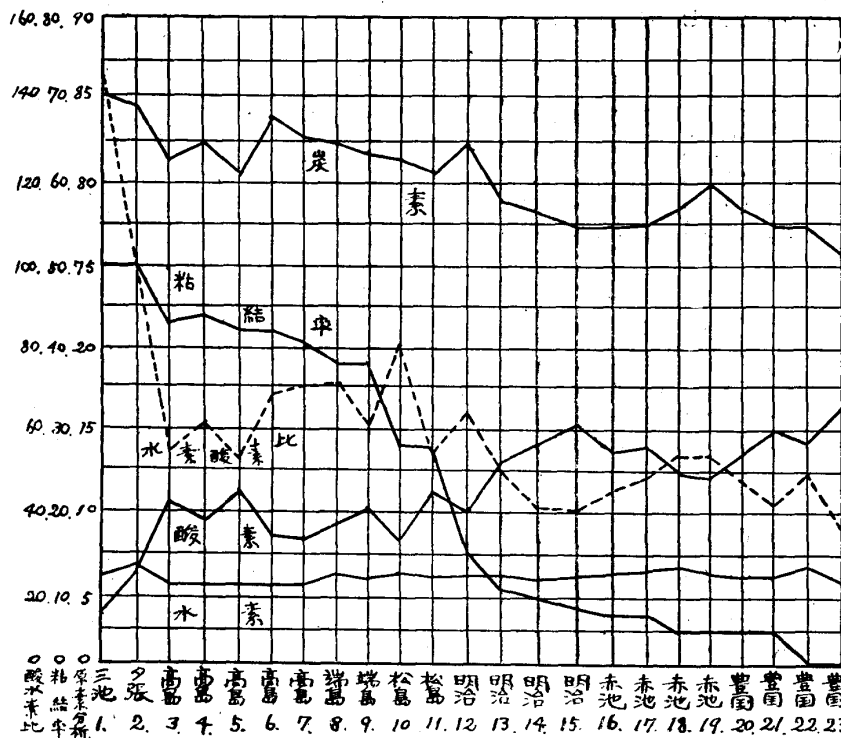
White) は固定炭素が七九%以下の石炭に就ては、 $\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{O}} \times 100$ の値が五九以上のものは良粘結性、五五迄は稍良好に、五五以下は不粘結性にして通常骸炭用炭はこの値六〇以上のものなるべしと

余の前記本邦石炭二三種に就ての實驗結果は第二表及び第二圖に示す

第二表 石炭の粘結性と元素分析との關係

試料 番號		元素分析(%) (純炭)					炭素を100として			
		炭素	水素	酸素	硫黄	窒素	$\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{O}} \times 100$	水素	酸素	結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
1	三池	八五・〇〇	六・一九	四・三五	三・五九	〇・九八	一四・五	七三・八	五〇	六・二
2	夕張	八四・五〇	六・九四	六・六八	〇・三三	一・五三	一〇・四	八二・〇	七九	九・九
3	高島胡麻三尺	八二・四〇	五・九四	九・七三	〇・三五	一・四八	六・〇	七二・〇	一八	一四・七
4	胡麻下二尺	八一・五五	五・八五	一〇・七〇	〇・六一	一・五二	五・四・七	七三・〇	一三	一六・四
5	新五尺下層	八〇・六〇	五・九七	一一・一〇	〇・八九	一・五七	五・三・三	七四・〇	一三九	一七・四
6	新五尺上層	八三・六五	五・八六	八・六〇	〇・五六	一・三〇	六・八・二	七〇・〇	一〇三	二二・八
7	胡麻	八三・七〇	五・八七	八・六八	〇・二七	一・五八	七〇・五	七〇・〇	一〇三	二二・五
8	端島十二尺	八二・四〇	六・四三	九・二七	〇・五四	一・五八	六・九・五	六六・〇	一一二	一四・〇
9	端島十尺	八一・八〇	六・一七	一〇・二二	〇・三七	一・四五	六・〇・四	七五・五	一二五	一五・六
10	松島五尺	八一・五〇	六・八四	八・四四	二・三〇	〇・九八	八・一・〇	八四・〇	一〇三	一三・〇
11	松島四尺	八〇・七〇	六・一九	一一・三三	〇・八一	一・〇五	五・五・〇	七六・七	一四〇	一七・五
12	明治五尺	八二・四〇	六・四〇	九・九五	〇・三四	〇・九五	六・四・三	七七・七	一一二	一五・一
13	尺無	七九・九〇	六・五四	一三・一六	〇・五三	〇・九四	四・九・七	七〇・〇	一六七	二〇・八
14	三尺	七九・四五	六・〇三	一四・二六	〇・三二	〇・九五	四・三・六	七七・七	一八二	二三・七
15	乾々	七七・三五	六・一六	一五・二三	〇・三六	〇・九七	四・〇・七	七九・七	一九六	二四・五
16	赤池五尺	七七・四〇	六・六八	一三・六八	一・五三	〇・九七	四・六・三	八二・五	一七八	二三・三
17	盤下	七七・六〇	六・七五	一四・〇〇	〇・六三	一・〇四	四・八・二	八七・〇	一八〇	二三・五
18	四尺	七六・六〇	六・九〇	一二・四一	一・〇六	一・〇〇	五・五・六	八八・〇	一九八	一九・七
19	三尺	八〇・一〇	六・四三	一一・六六	〇・九八	一・〇四	五・四・〇	八〇・五	一五〇	一八・七
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										結合水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)
										遊離水素 ($\frac{\text{H}}{\text{O}}$)

第二圖 石炭の粘結性と元素分析との關係



23	22	21	20
〃	〃	〃	豐國
七重	五尺	四尺	八尺
七六・〇〇	七七・四五	七七・五〇	六六・五〇
六〇・四	六六・九五	六二・七	六四・一
一六・三三	一四・二三	一四・九五	一三・八〇
〇・七六	〇・三六	〇・九	〇・三四
〇・九二	一・〇三	〇・九四	一・〇一
七三・〇	四八・八	四三・〇	四二・八
七九・四	九〇・〇	八二・〇	八一・七
三三	一八四	一九三	一七六
三六・五	三三・〇	三四・〇	三三・〇
五三・〇	六七・〇	五七・〇	五九・七
一八・四	一六・〇	一六・八	一五・五

この結果を見るに粘結性と元素分析結果との間に稍顯著なる關係の存在することを認む、即ち粘結性の低下と共に炭素含有量は次第に減少し之と反對に酸素含有量は漸次増加し水素の含有量には著しき變化を認めず、水素酸素比は粘結性低下と共に低下し、結合水素及び結合水は粘結性低下と共に増加し、遊離水素は之と反對に粘結性の低下と共に減少する傾向を示す、又之等の諸數値も上述の諸説と略一致することを認む、即ち元素分析結果は石炭の粘結性を判斷する上に工業分析に比して遙かに有効なることを知るべし

(五) 石炭の粘結性と吸濕水分及び化合水分との關係

石炭の水分にはその存在状態によりて附着水分、吸濕水分及び化合水分の三種あり、附着水分は全く外界の水の單に附着せるものにして空氣乾燥によりて除かる、吸濕水分は通常石炭の水分と稱せらるるものにして之は石炭の種類、性質、粒の大小、空氣の濕度等に依つて異なるも同一條件の下に於ては各石炭に就て略一定のものにして一〇〇度附近に加熱すれば放出せらるる水分なり、化合水分とは一〇〇度迄に放出せられざる水分にし、及び石炭の分解と共に放出せらるるもの等なり、尙石炭の元

昭和四年十月

論説及報文 石炭の粘結性と諸性質との關係 伊木貞雄

一一〇〇

素分析の結果その酸素がそれと當量の水素と結合して水を生成し居ると見做し(10+8)を以て石炭の化合物と稱することあり、之等の諸水分が石炭の重量の一部を占め且つ石炭の使用或は加工の際に閉却し得ざるのみならず之等の各種水分は炭質と密接の關係ありて石炭の學術的研究にも亦等閑視すべからざるものなり

余は前述の工業分析の結果に於て水分と粘結性とは密接なる關係を示せる事實を重要視し粘結性と吸濕性及び化合水分、石炭の各成分の吸濕性等に就て實驗せり

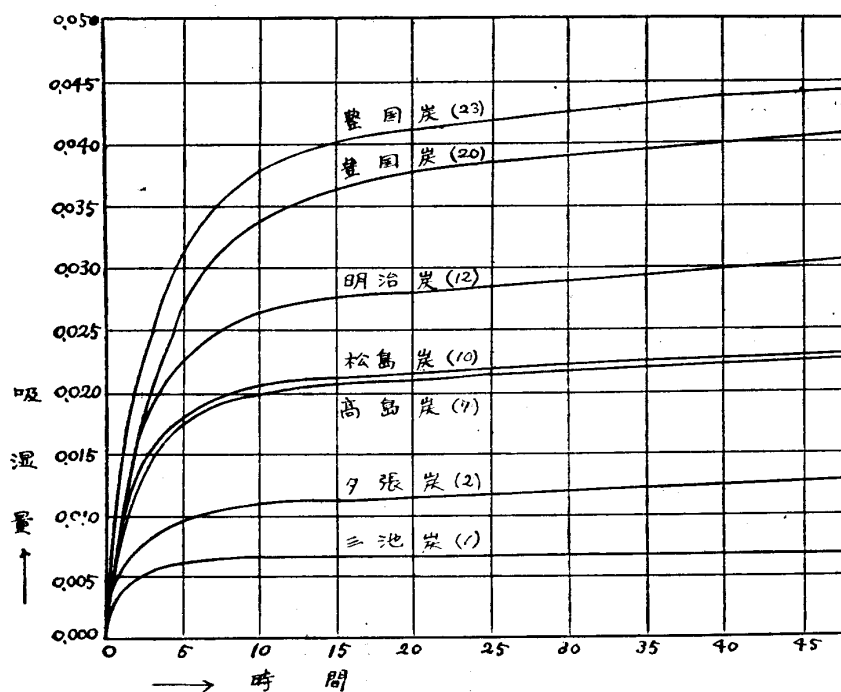
先づ石炭の粘結性の大小と吸濕性の大小との關係を知るために前記二三種の中、粘結性の大、中、小の代表的のものとして三池(1)、夕張(2)、高島胡麻五尺(7)、松島五尺(10)、明治五尺(12)、豐國八尺(20)、豐國七重(23)の七種の試料をとりその一定細度のもの一瓦を時計皿上一五〇度にて一時間乾燥せる後一定濃度の硫酸を容れて内部を一定濕度に保てるデシケーター中に放置し時々秤量して吸濕による重量の増加を測定せり、その結果は第三表及び第三圖に示す

第三表 石炭の粘結性と吸濕性との關係(單位、瓦)

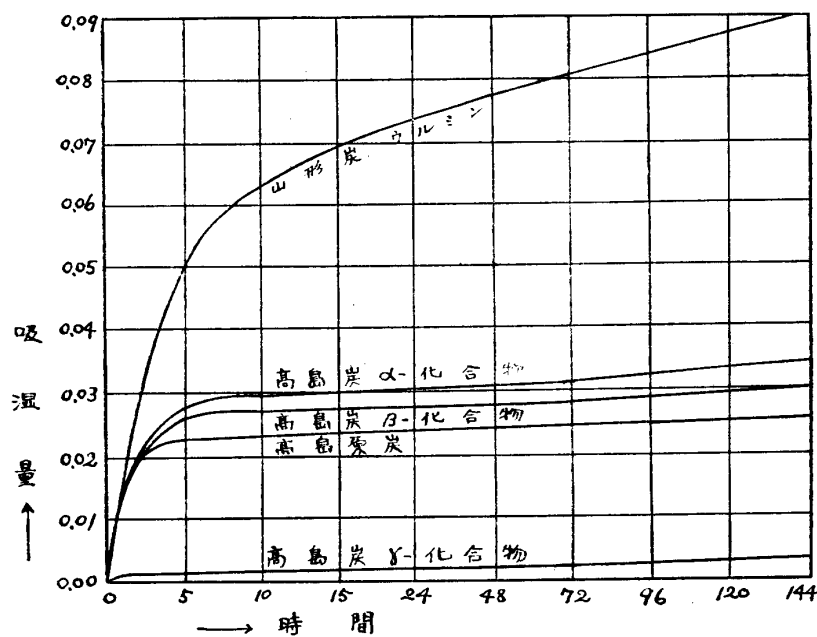
吸濕時間	三池(1)	夕張(2)	高島(7)	松島(10)	明治(12)	豐國(20)	豐國(23)
一	〇・〇三六	〇・〇〇六二	〇・〇〇九四	〇・〇〇九〇	〇・〇一一五	〇・〇一二〇	〇・〇一三
二	〇・〇〇一〇	〇・〇〇一〇	〇・〇〇三〇	〇・〇〇五〇	〇・〇〇五五	〇・〇〇五四	〇・〇〇六八
三	〇・〇〇〇五	〇・〇〇一五	〇・〇〇三〇	〇・〇〇一七	〇・〇〇三〇	〇・〇〇四六	〇・〇〇四八
四	〇・〇〇〇七	〇・〇〇〇七	〇・〇〇一八	〇・〇〇二五	〇・〇〇三〇	〇・〇〇七三	〇・〇〇七二
五	〇・〇〇〇三	〇・〇〇一三	〇・〇〇二〇	〇・〇〇一四	〇・〇〇二〇	〇・〇〇三五	〇・〇〇三二
六	〇・〇〇〇〇	〇・〇〇〇五	〇・〇〇二〇	〇・〇〇一八	〇・〇〇三〇	〇・〇〇七〇	〇・〇〇六六
七	〇・〇〇〇〇	〇・〇〇一六	〇・〇〇一八	〇・〇〇一六	〇・〇〇二五	〇・〇〇二七	〇・〇〇二四
八	〇・〇〇六六	〇・〇一二八	〇・〇二三〇	〇・〇二三〇	〇・〇三〇五	〇・〇四〇七	〇・〇四四〇
合計							

この結果より粘結性大なるもの程吸濕性小に、粘結性低下と共に吸濕性の増大することを顯著に認め得べし
次に粘結性の大小による吸濕性の差異を來す原因を明かにするため石炭の各成分の吸濕性を比較測定せんとし高島炭(7)を採り之をピリヂン及びクロロホルムを以て α 、 β 、 γ 化合物の三部に分離し尙石炭の他の一成分たるウルミン質は瀝青炭には通常痕跡に過ぎざる故山形亞炭より苛性加里溶液を以て抽出調製しこの四成分の吸濕性を前述と同様の方法にて試験せり

第三圖 石炭の粘結性と吸濕性との關係



第四圖 石炭各成分の吸濕性



その結果は第四表及び第四圖に示す如く各成分によりて吸濕性に著しき差異あり、則ちγ化合物最も吸濕性小にしてβ、α、之に次ぎウルミン質最も著しく吸濕性大なる事を認む

第四表 石炭各成分の吸濕性

吸濕時間	高島炭	高島炭 α-化合物	高島炭 β-化合物	高島炭 γ-化合物	山形炭
一	〇・〇一七四	〇・〇一五〇	〇・〇一四四	〇・〇〇一〇	〇・〇一四四

論説及報文

石炭の粘結性と諸性質との關係

伊木貞雄

昭和四年十月

論説及報文

石炭の粘結性と諸性質との關係

伊木貞雄

一一〇二

二	〇・〇〇三五	〇・〇〇六〇	〇・〇〇六〇	〇・〇〇〇〇	〇・〇一三六
三	〇・〇〇〇七	〇・〇〇三二	〇・〇〇二八	〇・〇〇〇〇	〇・〇〇八〇
六	〇・〇〇一四	〇・〇〇四一	〇・〇〇三二	〇・〇〇〇二	〇・〇一八二
二四	〇・〇〇〇六	〇・〇〇〇五	〇・〇〇〇四	〇・〇〇〇二	〇・〇一八八
四八	〇・〇〇〇八	〇・〇〇一四	〇・〇〇一二	〇・〇〇〇二	〇・〇〇四六
九六	〇・〇〇一〇	〇・〇〇二〇	〇・〇〇一〇	〇・〇〇〇八	〇・〇〇六六
一四四	〇・〇〇一二	〇・〇〇三六	〇・〇〇一一	〇・〇〇一〇	〇・〇〇五八
合計	〇・〇二六八	〇・〇三四八	〇・〇三〇一	〇・〇〇三六	〇・〇九〇〇

この兩事實則ち粘結性の大小による吸濕性の大小及び石炭各成分の吸濕性の大小より炭質による吸濕性の差異の原因を説明するため前記粘結性の大小種々の石炭を溶劑分析によりて α ・ β ・ γ 化合物の量を測定し又褐炭、亞炭等の吸濕量の測定及びそのウルミン質の定量をなし又石炭の風化によりて吸濕性の變化及びウルミン質生成量等を測定せしに大體第五表及び第五圖に示す如く粘結性大なる石炭は γ 化合物の含量多く従つて α ・ β 化合物の含量小なるため吸濕性少なく粘結性低下と共に γ 化合物の含有量減少し α ・ β 化合物増加するによりて吸濕性増加する事明かなり、褐炭、亞炭等の若年炭が特に著しく吸濕性の大きなるは主にそのウルミン含有量の大なるに依るべく風化によりて石炭の吸濕性の増大することも亦風化によりてウルミン質の生成さるゝによると考へらる(詳細は工業化學雜誌三六九號昭和三年十一月参照)

第五表 石炭の水分、溶劑分析及粘結性の關係

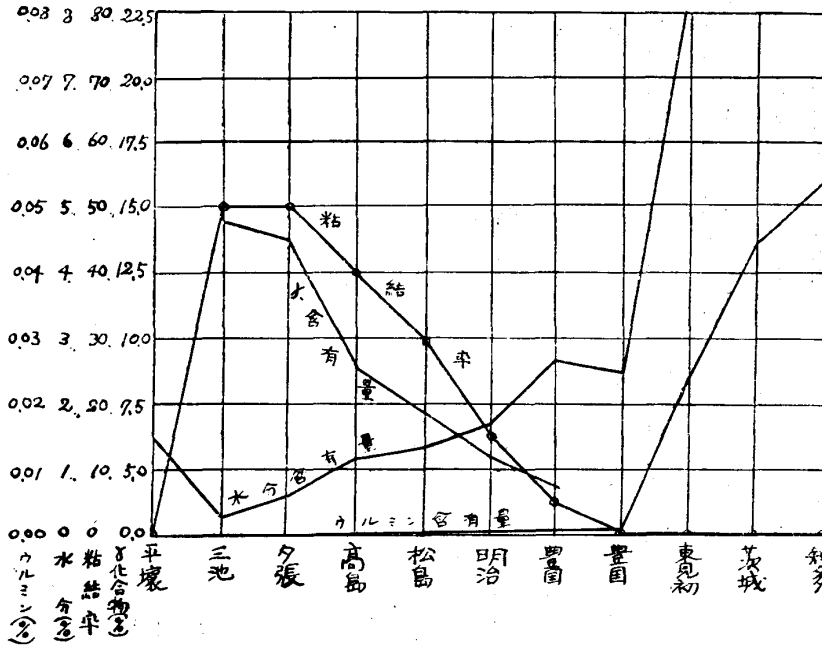
試料	溶劑分析(%)			粘結率	水分(%)
	α	β	γ		
平壤無煙	—	—	—	〇	一・五一
三池	七〇・四五九	一四・九三四	一四・六〇七	五〇	〇・三一
夕張	七三・六一一	一三・二九三	一三・〇九六	五〇	〇・五四
高島	七九・一四九	一二・四二七	八・四二四	四五	一・一七
松島	—	—	—	二八	一・三六
明治	八六・二九九	七・九〇八	五・七九三	一五	一・七五
			ウルミン		
			〇		
			〇・一〇〇		
			〇・〇三〇		
			〇・〇二五		
			痕跡		

第五圖 石炭の粘結性溶劑分析及水分の關係

論説及報文

石炭の粘結性と諸性質との關係

伊木貞雄



山形亞炭	知多亞炭	茨城褐炭	東見初褐炭	豐國	豐國
八・五・一三	八・七・四・五一				

四・〇・三六	〇・一八〇	六	二・七一
〇・一八〇	〇・一八〇	〇	二・四一
二・三八	二・三八	〇	八・九〇
四・五〇	四・五〇	〇	一四・九七
五・四〇	五・四〇	〇	一九・二八
二・一九〇	二・一九〇	〇	三〇・七八

以上の實驗によりて炭質と吸濕水分との關係は稍明にされたるが次に石炭中の吸濕水分のみならず各種の狀態の水分と炭質との關係を明かにせんとし平壤無煙炭、三池(1)、夕張(2)、高島(7)、松島(10)明治(12)、豐國(20)、豐國(23)の粘結性大、中、小の各瀝青炭、東見初褐炭、知多及び山形亞炭をとり之等各試料に就き窒素氣流中一〇五度迄に放出する吸濕水分(1)、同じく窒素氣流中にて一〇〇—一二〇度にて放出する化合水分(2)、並にレッシング乾餾試驗裝置による九〇〇度七分間の乾餾によりて生成する全水分(3)を測定して之より吸濕水分、化合水分、分解の際生成する分解水分等の量を別々に定量し又別に元素分析の結果より化合水分を算出して上の實測値と比較せり、(2)の化合水分は三〇〇度以上に加熱せざればその大部分を放出せざれども石炭によりては已に二五〇度にて多少タールの生成を始め水分測定に誤差を生ずる故二〇〇度迄に放出する水分を測定する事とせり、又(3)の全水分はレッシング試驗に乾燥せざる試料をそのまゝ使用せし故の中には吸濕水分、化合水分及び分解水分の全部を含むものとす之等測定の結果は第六表及び第六圖に示す

昭和四年十月

論説及報文

石炭の粘結性と諸性質との關係 伊木貞雄

一一〇四

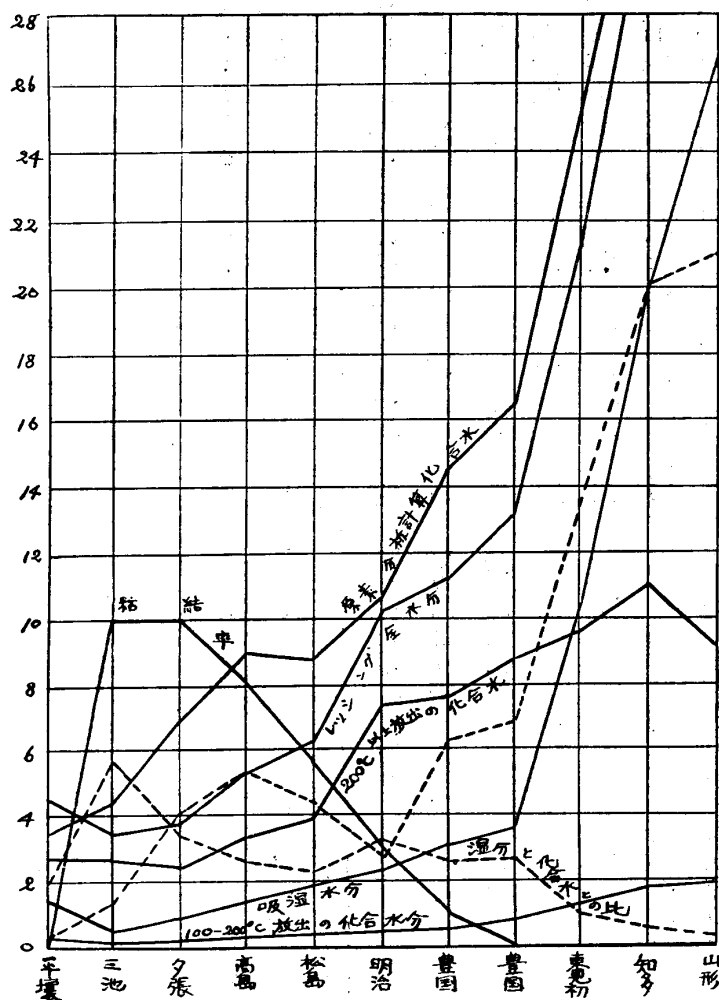
第六表 石炭の各種水分と炭質との關係

試料	粘結率	窒素中一〇〇度迄の放出水分(1)	窒素中二〇〇度迄の放出水分(2)	全水分(3)	分解水分(4)	實測全化合水(5)	元素分析計算全化合水分(6)	實測と計算との差	水分と全化合水との比
平壤	〇	一・四八	〇・三二	四・四五	二・六五	二・九七	三・四一	〇・四四	二・〇〇
三池	五〇	〇・五二	〇・二〇	三・四五	二・七三	二・九三	四・四〇	一・四七	五・六四
多張	五〇	〇・八五	〇・四三	三・七五	二・四七	二・九〇	七・〇〇	四・一〇	三・四二
高島	四一	一・四六	〇・四〇	五・三〇	三・四四	三・八四	九・一五	五・三一	二・六三
松島	二八	一・八六	〇・四八	六・二五	三・九一	四・三九	八・八〇	四・四一	二・三六
明治	一五	二・三四	〇・五六	一〇・三五	七・四五	八・〇一	一〇・七	二・六九	三・四二
豐國	六	三・一一	〇・六二	一・三〇	七・五七	八・一九	一四・六	六・四一	二・六四
豐國	〇	三・五二	〇・八四	一・三二〇	八・八四	九・六八	一六・五	六・八二	二・七五
東見初	〇	一〇・三二	一・三二	二・三二	九・六八	一・〇〇	二五・〇	一四・〇	一・〇六
知多	〇	一九・八〇	一・七八	三二・六〇	一一・〇二	一二・八〇	三三・二	二〇・四〇	〇・六五
山形	〇	二六・五四	一・八一	三七・五四	九・一九	一一・〇〇	三二・〇	二二・〇	〇・四一

これ等の結果を見るに石炭の吸濕水分(一〇〇度迄に放出する)は勿論一〇〇—二〇〇度にて放出する化合水分もレッシング法による全水分も何れも粘結性の低下と共に増加し又褐炭、亜炭の如き若年炭に至るに従つて増加するを認む、然るにその増加の割合を見るに化合水分及び分解水分の増加の割合は吸濕水分の増加の割合に比して小なるが故に吸濕水分と全化合水分との比は粘結性の低下及び天然炭化度の低下と共に減少する傾向を明かに示せるを見る、又元素分析結果より計算せる結合水分の量はレッシング法による全水分の量と略並行しこの計算による結合水分(〇+〇〇)と實測による結合水分(〇〇)との差は石炭中の酸素が水素と結合せざる部分の量を示すものにしてこの量は粘結性の小なるもの程及び若年炭程大となることを認む、而して粘結小なるもの及び若年炭程乾燥による生成瓦斯中に一酸化炭素及び炭酸瓦斯の含有量の大なる事實(後述)より考察してこの水素と結合せざる酸素が炭素と化合して一酸化炭素及び炭酸瓦斯等の生成に與り居るべきは明かなり、即ち粘結性小なる石炭及び天然炭化度低き若年炭程その中の含有酸素が水素と結合せずして炭素と結合する量の大なることを知り得べし

尙石炭は風化すればその炭質に種々の變化を來すも就中粘結性の低下はその最も顯著なる變化の一つなることは既に一般に認めら

第六圖 石炭の各種水分と炭質との關係



るゝ所なり、余はこの風化による粘結性の低下に伴ひてその各種水分が如何に變化するかを研めんため高島炭(7)を試料として之を三〇—五〇メッシュの粉末とし之をU字形硝子管中にて一定の空氣を通じつゝ一〇〇度、一五〇度、一七五度、二〇〇度、二二五度、二五〇度の各溫度にて各一〇時間宛風化しこの風化する試料に就き(1)普通工業分析に於て行ふ間接法による吸湿水分の定量(2)レッシング法による全水分(吸湿水分、化合水分及び分解水分の總和の定量及び(3)元素分析結果より結合水分の計算(100%)をなしそれ等の結果より計算化合水と實測化合水との差、吸湿水分と化合水分との比等を計算せり、その

結果は第七表及び第七圖に示す如く風化程度の進行するに従つて吸湿水分、レッシング法による全水分、結合水分共に漸次増加す、又風化と共に元素分析の酸素含有量増加し爲にそれより計算せる化合水分の量も亦増加す

然るに計算による化合水分と實測による化合水分との差は風化度の進行と共に増大する傾向あり、是風化によりて石炭と結合せる酸素はその乾餾に際して水を生成する如き形のもののみならずる事を示すものにして風化度進行せる石炭程その乾餾瓦斯中に一酸化炭素、炭酸瓦斯等の含有量の増加する事實(後述)によりて之を首肯し得べし

又結合水分と吸湿水分との比も風化の進行と共に漸次減少するものにして風化によりて化合水分の増加する割合よりウルミンの生成等によりて吸湿性の増加する割合が大なることを示すものなり、之等風化による各種水分の變化の状態は石炭の粘結性の大小及び

天然炭化度の高低による各種水分變化の狀態と全く同様の關係に在り、即ち石炭は風化によりてその粘結性低下するのみならずその他の性質に於てもより低粘結性の石炭の性質に近づき又低級炭の性質に近似し得るものと考へ得べし

第七表 石炭の風化による各種水分の變化

風化の程度	吸濕水分(1)	レッシング法全水分(2)	實測結合水分(2)と(1)との差	元素分析計算結合水分(2)+(3)	計算と實測との差	水分と實測結合水分との比
原炭	二・一〇	七・〇〇	四・九〇	一三・二一	八・三一	二・三二
一〇〇度、一〇時間	一・六五	八・八五	七・二〇	一二・一〇	四・九〇	四・三六
一五〇度	一・九八	八・八五	六・八七	一二・九〇	六・〇三	三・四七
一七五度	二・〇二	九・七〇	七・六八	一四・〇五	六・三七	三・八〇
二〇〇度	二・〇二	九・〇五	七・一三	一五・六〇	八・四七	二・四四
二二五度	三・〇八	一一・一〇	八・〇二	一六・九〇	八・八八	二・六〇
二五〇度	三・五四	一三・二〇	九・六六	一九・二〇	九・五四	二・七〇

(六) 石炭の粘結性と風化の難易との關係

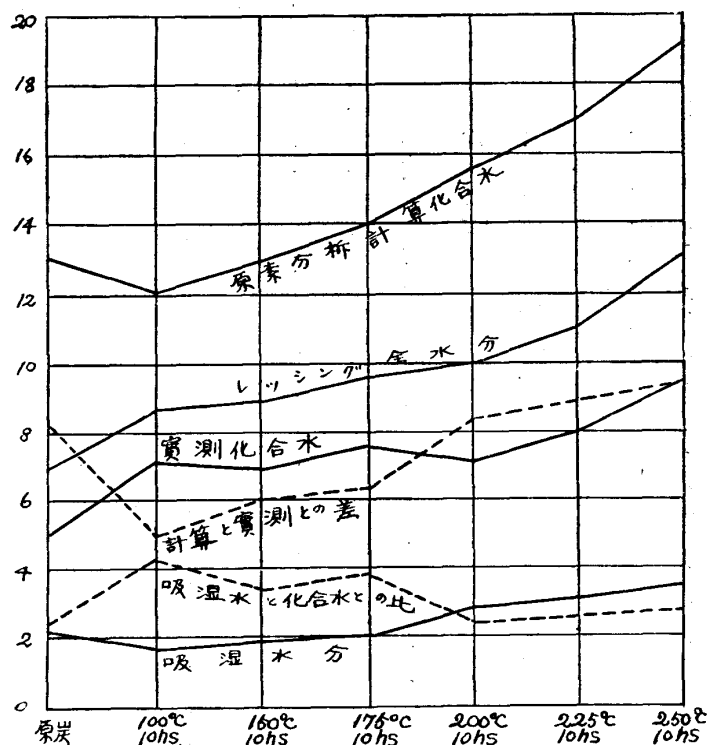
石炭がその運搬、貯藏その他の取扱中に風化してその外觀、發熱量、粘結性等漸次低下を來すのみならず之が屢々自然發火を起して災害の原因をなす事は石炭の取扱上極めて重大なる問題なるがその原因が主として石炭それ自身の酸化に依る熱の蓄積に因ることは周知の事實なり、故に一方貯炭方法の研究によりて風化及び自然發火防止の方法を講ずると共に他方石炭の性質による酸化の難易を明かにし取扱ふ石炭の性質に應じて合理的の處置をとる必要あり

炭質と風化の難易との關係に就ては已に種々の方面より研究あり、例へば

(一) 石炭の天然炭化の程度と風化との關係に就ては既に周知の結論あり、則ち炭化度の進行と共に風化に對する抵抗力大にして無煙炭、半無煙炭は風化極めて少く瀝青炭も比較的風化困難なるが亞瀝青炭、褐炭等の若年炭となるに従つて益々風化容易となるものなり、日本産石炭は外國炭に比し一般に年代若くして比較的風化し易きものとあること周知の事實なり

(二) 石炭の水分と風化との關係に就ては同一石炭に就て水分の存否及びその量の風化に對する影響の問題と石炭の性質による吸濕性の大小と風化の難易の問題と分離して考察する必要あり前者の場合は水分の量に依りてその影響も自ら異り、多量の水分存在する

第七圖 石炭の風化による各種水分の變化



時は主として物理的作用にて石炭と酸素との接觸を妨げ且つ酸化により發生熱を水の蒸發により潜熱に依つて奪ひ冷却作用あるべく貯藏中屢々水をかけて常に濕潤状態に保ち或は水中貯炭の安全なる事等主張せらる、然るに硫化鐵の多量存在する場合の如きは水分は却てその酸化を促進する事明かなれば多量の水分の存在必ずしも風化を防止せざるべし、少量の水蒸氣の存在の影響に就ては一般に水蒸氣の存在が種々の化學反應の促進作用を呈すること明かにして實際家中にも水分の存在が著しく石炭の酸化を促進するものと思ふ者多きが如く貯炭の自然發火が雨後の溫暖なる晴天の日に多き事は一般に唱へらるゝ所なり、然れ共實驗室の研究は未だ必ずしも一致せず、例へばパール(Parr, 1908)とラー(Mahler, 1913)グラハム(Graham, 1915)氏等は乾燥状態よりも水分の存在せる方石炭の酸素吸収の著しき事を主張せるに反し

ヒター(Richter, 1870)は硫化鐵存在せば水分は石炭の酸化を促進するも然らざるときは却つて石炭の酸化を遲滞せしむと主張しフィッシャー(Fischer, 1899)及びカツ並にポーター氏(Katz and Porter)等は石炭の種類によりて或は促進作用を呈し或は遲滞作用を呈すと云へり

第二の石炭の吸濕性の大小と風化の難易との關係に就ては屢々指摘せられたる所にして石炭の自然水分大なるもの程風化され易しと考へらる、例へばヒター氏(Richter, 1917)は石炭の水分吸収力と酸素吸収力との間に密接の關係ある事を示しデンステッド及びブンツ氏(Dennstedt und Bunz, 1908)等は水分多き石炭程着火容易なりとしウィンミル氏(Winmill, 1916)は石炭の自然水分は石炭の酸素吸収力の大小を示すといひ又ウィラー氏(Wheeler)も水分は石炭表面の蒸氣を凝縮する力の大小従つて酸素吸収量、沃素價

等にも比例する事を指摘せり只モア及びシンナット氏(Moore and Sinnat, 1923)等は石炭の酸素吸収性と吸濕性との間には何等の關係なしとせり、之を要するに一般に吸濕性大なる石炭程その酸素吸収力も大に着火も容易にして風化し易き性質なりと考へ得べし

(三)石炭の酸素含有量と風化の難易との關係に就ては石炭の酸素含有量がその炭質を支配する重要な因子にして又石炭の天然炭化の程度とも關連するが故に風化と關係あるべきは明かなり、例へばデNSTED及びブNTZ氏(1909)、ウイラー氏(1913)等は酸素含有量多き石炭程着火容易なりとせり、又石炭の酸素含有量多き低級炭程一般に揮發分多くマラー氏(1892)、テッセンデン及びワルトン氏(E. A. Tesenden and J. R. Wharton, 1908)は石炭の揮發分大なる程風化及自然發火し易しとせり

(四)次に石炭の成分と風化との關係に就ても多數の研究あり、石炭は有機溶劑に依て大體二種類の成分に大別せらる、その一は可溶性の部分にして樹脂油護謨質等より誘導せられたるもの、他は不溶性の部分にして纖維素質の物質より誘導せられたるものと考へられ此の兩者間には性質に著しき差異あり、而して例へばデNSTED及びブNTZ氏(1908)は有機溶劑に不溶性にして纖維素質より誘導せられし部分が不飽和化合物を含みて酸化し易しとし、パール及びハッドレー(Parr and Hadley, 1914)氏等は石炭の石炭酸による抽出に於て可溶性のものが樹脂質、抽質残渣が纖維素質として後者が風化し易しとせり、又グラハム及びヒル氏(Graham and Hill, 1917)等も石炭のピリヂン抽出物は殆ど酸素を吸収せず抽出残渣が酸素吸収力著しく大なりとし、エルドマン氏(Erdmann)も石炭よりベンゼンにてピチューメンを抽出したる残渣が酸化し易しと云へり、然るに之に反してベドソン氏(Bedson 1913)はピリヂン抽出物の中に容易に酸化さるゝ成分ありとし、ニューブリング及びワンナー氏(Nubling and Wanner, 1915)も有機溶劑に可溶性のものが着火容易なりとせり、又石炭の不飽和度を以て酸化の原因と考へフィッシャー氏(1889)は石炭の不飽和にして臭素を吸収し易きもの程自然發火に對して危険なりとし、パール及クレスマン氏(Parr and Kresmann, 1919)等も同様に石炭中の不飽和化合物が風化の原因なりとせり

又石炭のウルミンと風化との關係に就てデNSTED及びブNTZ氏、ルキス氏(Lewes, 1912)等はウルミン多き程風化及び自然發火を爲し易しと云ひ、エルドマン及びストルチェンブルグ氏(Erdmann and Stalzenberg, 1908)はウルミンに對するオゾンの作用より水分の作用をオゾンの生成に歸せり

之等の諸説より見るに大體に於て有機溶劑に可溶性の樹脂質の部分が酸化に對する抵抗力強く不溶性の纖維素質より誘導されたる

部分が酸化され易しと考へて差支なきが如し

又石炭を肉眼的に觀察してストープス女史 (Stops) はヴィトレイン、クラレイン、デュレイン、フェゼインの四成分に分類せしがこの中フェゼインが微粉になり易く低温にて酸素を吸収し易く自然發火の原因を爲すと考へらる、他の三者には著しき差異なきもタイヅウエル及びウィラー氏 (Tidswell and Wheeler, 1926) はクラレインはヴィトレインより酸化され易しデュレインが最も酸化し難しとなせり

尙この外風化及び自然發火に關するものとして石炭中の硫黄の狀態が硫化鐵として多量存在するか或はその存在の分布の狀態によりては自然發火の主要原因をなす事あり得べく又石炭の採掘後の經過時間によりても風化に難易ありて新鮮なるもの程酸化容易なる事も一般に知らるゝ所なり

これ等の風化の難易ある石炭の二部分則ち有機溶劑に可溶のものと不溶のものは同時に又石炭の粘結性の大小にし著しき關係を有するものなるが故に余は風化の難易は直ちに粘結性の大小とも關聯すべきを思ひ粘結性の大小と風化の難易とを試験せり

試料は前述の如く粘結性の大、中、小の代表的のものとして三池(1)、夕張(2)、高島(7)、松島(10)、明治(12)、豐國(20)、豐國(23)の七種をとり各試料に就てすべて同一方法に依りて風化による重量の變化、風化による炭酸瓦斯及び水分の生成量、風化によるウルミン生成量及び吸濕性増加、試薬による酸化試験等を施行せり、實驗の結果は第八表及び第八圖に示す

第八表 石炭の粘結性と風化との關係

試料	三池	夕張	高島	松島	明治	豐國	豐國
粘結率	五〇	五〇	四一	二八	一五	六	〇
酸素含量(%)	三・九〇	六・二三	八・一三	七・八四	九・四七	一二・九六	一四・六三
氣乾水分(%)	〇・七〇	一・二一	一・九〇	二・二〇	三・〇〇	三・五五	三・九五
γ含有量(%)	一四・六	一三・〇	八・四	—	五・八	四・〇	—
ウルミン含有量(%)	痕跡	痕跡	〇・〇一六	〇・〇二四	〇・一二四	〇・三〇〇	〇・三三二
風化増量(%) (一〇〇度、三〇時間)	(+)〇・四三	(+)〇・八二	(+)一・〇五	(+)一・一〇	(+)一・三八	(+)一・四二	(+)〇・七九
風化増量(%) (二〇〇度、一〇時間)	(+)三・三五	(+)二・九五	(+)二・六〇	(+)二・四一	(+)一・五〇	(+)一・〇〇	(-)〇・一〇

論説及報文

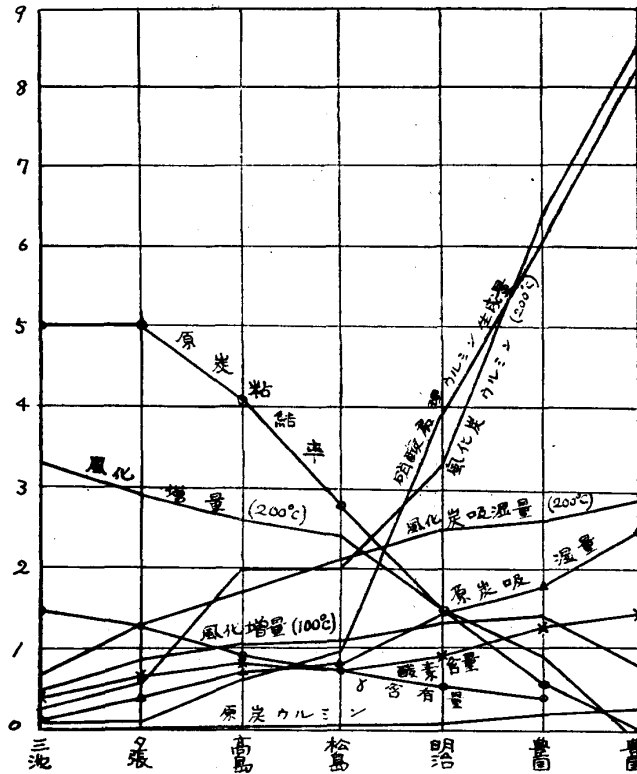
石炭の粘結性と諸性質との關係

伊木貞雄

一一〇九

月 十 年 四 和 昭

第八圖 石炭の粘結性と風化との關係



程その生成大なり、又風化によるウルミン生成量、吸濕性の増加、硝酸及びシュルツェ氏液の如き酸化劑に作用さるゝ程度等も皆空氣による酸化の程度と同様に粘結性の大小と密接の關係を保てり、則ち之等の事實は粘結性大なる石炭程風化し難く粘結性の低下と共に風化容易となることを明かに示すものなり

次に石炭の各成分の風化の難易を比較するため高島炭より分離せる α 、 β 、 γ 化合物及び山形亞炭より抽出せるウルミンの四成分に就

論説及報文		石炭の粘結性と諸性質との關係		伊木貞雄	
風化炭ウルミン含量(%) (100度、10時間)	〇・二二	〇・五〇	二・一〇	二・一〇	一一・一〇
風化炭吸濕性(%) (二〇〇度、一〇時間)	〇・七〇	一・三〇	二・一五	二・五〇	六・三二
原炭吸濕性(%) (四〇〇度硫酸恒濕槽)	〇・一〇	〇・四〇	〇・八〇	一・四〇	二・六〇
硝酸處理ウルミン生成量(%)	一・一〇	一・二八	九・八八	三九・〇〇	一・八〇
シュルツェ氏液處理ウルミン生成量(%)	〇・四	〇・四八	五・四	一〇・五二	二五・四〇
					三一・六〇

第八表及び第八圖を見るに石炭の粘結性の低下と共に元素分析の酸素含有量、氣乾水分、アルカリ可溶性ウルミンの含有量等次第に増加し α 化合物の含有量減少するが之等の變化に伴ひて風化の程度も亦規則正しく變化する事を認む、則ち風化による重量の變化を見るに低溫度に於ては酸素の結合により重量の増加が炭酸瓦斯及び水分等の生成による重量の減少より大なるが故に一般に重量の増加を示すものがあるが粘結性小なるもの程この重量の増加大なり、然るに溫度上昇と共に酸素の結合による重量増加よりも炭酸瓦斯及び水等の生成による重量の減少の方大となり従つて試料の重量は減少するに至るが故に高溫に於ては粘結性大なるもの程重量の増加大なり、則ち風化による試料の重量増加最大なる溫度が粘結性の大なる程高く小なる程低し風化による水及び炭酸瓦斯の生成量を測定すれば粘結性小なる

て石炭の場合と略同様の風化試験を行ひたり、その結果は第九表及び第九圖に示す

第九表 石炭各成分の風化試験

試料
吸濕性(%) (四〇%硫酸恒濕槽)
風化減量(%) (一八〇度、三〇時間)
風化による炭酸瓦斯生成量(%) (一〇〇度、一〇時間)
原炭ウルミン含量(%)
風化物ウルミン含量(%)
風化物吸濕性(%) (四〇%硫酸恒濕槽)

高島炭 α 化合物	高島炭 β 化合物	高島炭 γ 化合物	山形亞炭ウルミン
〇・二五	一・二五	一・六五	四・九〇
一・三八	一・七二	二・三二	九・〇四
〇・五四	三・七三	六・二五	一二・四四
〇	〇	九・九五	一〇〇
二・〇	三九・二	四三・五	一二・六
〇・三	四・四	四・一二	四・五二

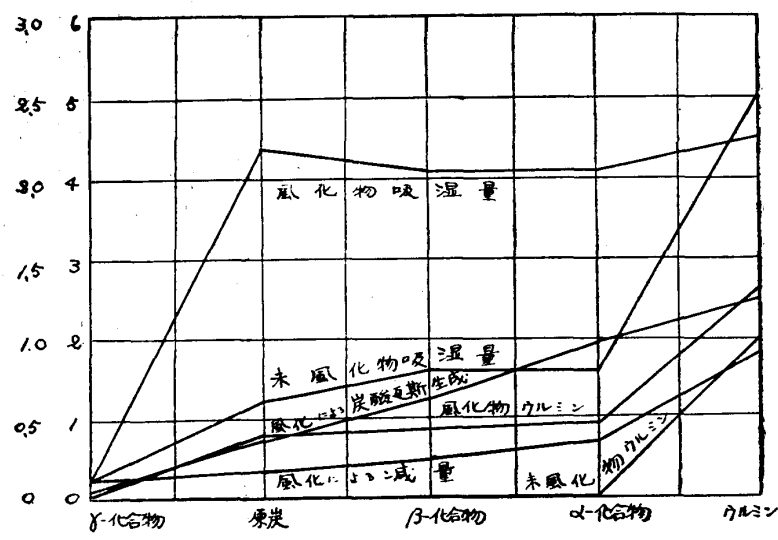
この結果より見るに風化による重量の變化、炭酸瓦斯生成量、ウルミンの生成量等より γ 化合物が最も風化さるゝこと少く β 、 α 之に次ぎウルミン質が最も風化され易き事を見るべし、而して粘結性大ある石炭程 γ 化合物の含有量多く α 、 β 少く褐炭、亞炭等の若年炭程ウルミン含量の多き事實よりして粘結性大なる石炭程風化さるゝ事少く若年炭程風化容易なる理由も之等の實驗結果によりて容易に了解し得べし (詳細は昭和三年十月第四回日本學術協會講演集參照)

(七) 石炭の粘結性と乾餾試験結果との關係

石炭の粘結性とその成分と密接なる關係を有しその各成分は乾餾に際し夫々特殊の性狀を呈すべき故粘結性の大小と乾餾試験結果並に各成分別に乾餾試験せる結果より石炭の乾餾試験の結果をその粘結性の大小より豫想し判斷する指針を得らるべし、この意味に於て余は粘結性と乾餾試験結果との關係に就てレッシング炭化試験裝置を使用し前記の粘結性の大中小の代表的の石炭に就き九〇〇度七分間の乾餾試験を行ひたり

實驗の裝置及び方法は全體に於て同氏の方法によれるも只余の多數の實驗結果に

第九圖 石炭各成分の風化試験



徴するに同氏の裝置は石英レトルト壁とその中に容るべき石英製ピストンとの間隔餘りに小にして乾餾後その周圍に附着せるタールを完全に採取秤量すること極めて困難にして従つてタールの生成量を精確に測定すること困難なり、特に膨脹粘結性大なる試料に就てはこの困難一層大なり、故に余はその間隔を稍大にしてこの困難を除き乾餾による骸炭、タール、水分及瓦斯の生成量を稍正確に測定することを得たり

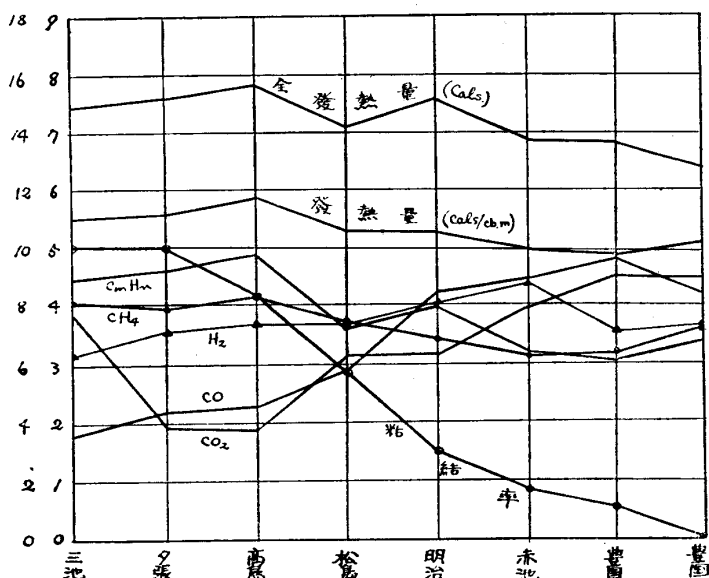
實驗の結果は第十表及び第十圖(A)(B)に示す

第十表 石炭の粘結性と乾餾生成物との關係

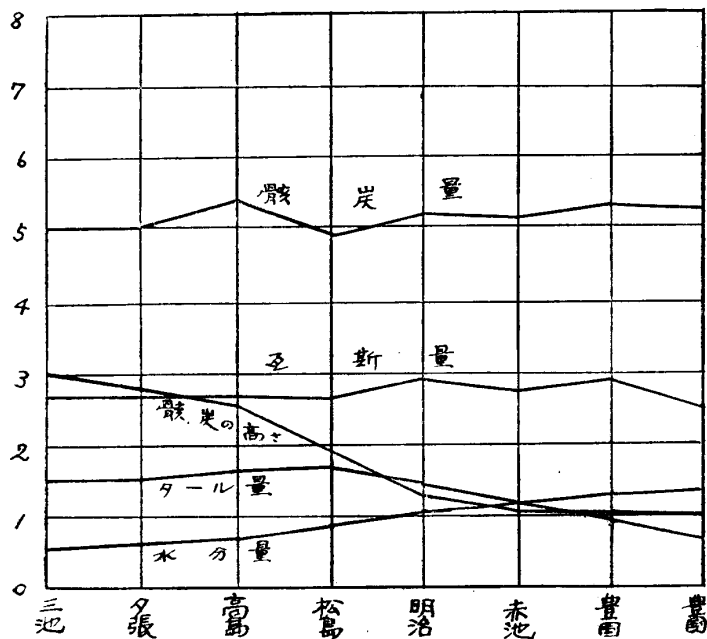
(骸炭量の括弧内の數字は灰分除外骸炭量を示す)

乾餾生成物	三池	夕張	高島	松島	明治	赤池	豊國	豊國
骸炭量(%)	五八・六〇 (五〇・四二)	五八・一二 (五一・五一)	五六・四〇 (五三・四三)	五六・九五 (四九・七九)	五七・二五 (五二・五七)	五六・八五 (五二・二二)	五九・四五 (五三・三四)	六三・九〇 (五二・六一)
水分量(%)	五・三五	六・四〇	七・〇〇	七・九五	一〇・二五	一一・八〇	一三・三〇	一三・三〇
タール量(%)	一五・四〇	一五・三八	一六・九五	一七・四〇	一四・八〇	一一・九〇	九・四五	七・〇〇
瓦斯量(耗)	二七・〇	二六・九	二六・八	二六・七	二九・〇	二七・五	二八・四	二五・〇
骸炭の高さ(糎)	三・〇	二・八	二・六	一・九五	一・三〇	一・一	一・一	一・〇
粘結率	五〇	五〇	四一	二八	一五	八	六	〇
瓦斯分析								
炭酸瓦斯	三・八	一・九	一・八	三・二	三・二	四・〇	四・五	四・四
重炭化水素	四・四	四・六	四・八	三・六	四・〇	三・二	三・一	三・四
酸素	二・二	二・〇	二・二	二・四	二・三	二・〇	二・四	二・六
一酸化炭素	三・六	四・四	四・六	五・八	八・四	八・八	九・六	七・八
水素	三二・一	三六・七	三七・二	三六・九	四〇・九	四四・〇	三六・四	三六・五
メタン	四〇・四	三九・六	四一・三	三七・三	三三・九	三一・七	三二・二	三五・二
窒素	一三・五	一〇・八	八・一	一一・三	七・三	五・三	一一・八	一〇・一
合計	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇
發熱量(立方米當カロリー)	五五二七・五	五六五〇	五八一六	五二六五	五二六〇	四九八一	四八一九	五一〇四
全發熱量(カロリー)	一・四九〇	一・五二〇	一・五七〇	一・四一〇	一・五二五	一・三七〇	一・三七〇	一・二七八

第十圖(A) 石炭の粘結性と乾餾生成物との關係



第十圖(B) 石炭の析粘性と乾餾瓦斯成分との關係



この結果を見るに乾餾生成物の量は粘結性大なるものより小なるものに至るに従つて水分の量は明かに増加しタールの量は初に稍増加するも後再び減小す、則ち中粘結性のもものがタールの生成量最大なるものゝ如し、骸炭の量及び瓦斯發生量は粘結性の低下と共に稍増大する傾向あり、生成骸炭の高さは粘結性低下と共に明かに減小す、瓦斯分析の結果は粘結性の低下と共に炭酸瓦斯、一酸化炭素及び水素は増加し重炭化水素メタンの量は明かに減小す此の分析結果に基きてその發熱量を計算するに單位容積の發熱量則ち瓦斯の品質もそれと瓦斯發生量との積則ち瓦斯の全發熱量も共に粘結性の低下と共に初は稍上昇し後び降下し中粘結性のもものに最大の値を示すを見る

次に各成分即ち α 、 β 、 γ 化合物及びウルミン質に就て乾餾試験を爲す爲めに三池炭より α 、 β 、 γ 化合物を分離し又ウルミン質は山形

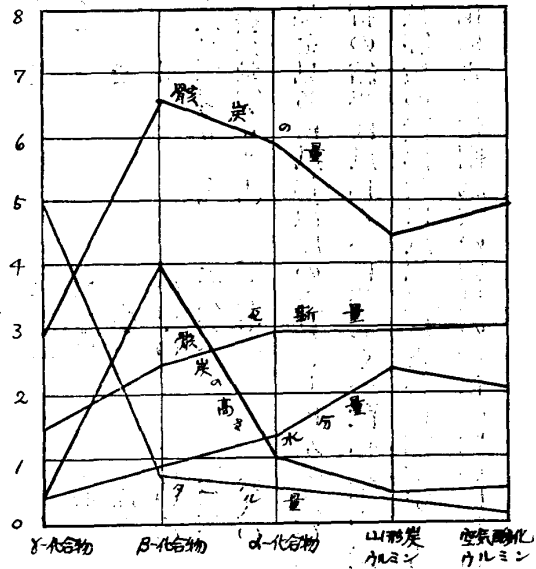
亞炭中に天然に存在するもの及び豐國炭を空氣中にて酸化して生成せるウルミンを苛性加里抽出によりて調製したるものを使用し前と同様の装置及び方法によりて試験せり、その結果は第十一表及び第十一圖(A)(B)に示す

第十一表石炭各成分の乾餾試験

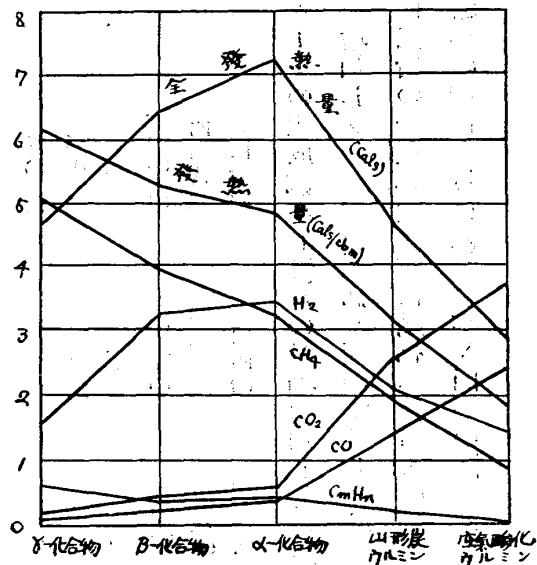
乾餾生成物	三池炭 γ 化合物	三池炭 β 化合物	三池炭 α 化合物	山形亞炭天然ウルミン	豐國炭空氣酸化ウルミン
骸炭量(%)	二八・九〇	六六・二〇	五九・五五	四四・七〇	四八・七五
水分量(%)	四・一〇	八・七〇	一三・三〇	二四・二五	二〇・五五
タール量(%)	五〇・五〇	七・六〇	五・五	二・八五	一・二〇
瓦斯量(耗)	一五〇	二四三	二九七	二九六	三〇六
骸炭の高さ(糎)	〇・四	四・〇	一・一	〇・四	〇・五五
瓦斯分析					
炭酸瓦斯	二・〇	四・〇	六・〇	二六・〇	三七・〇
重炭化水素	五・八	三・九	四・二	二・〇	〇・〇
酸素	三・四	二・九	二・〇	二・四	二・八
一酸化炭素	一・〇	二・〇	四・五	一四・二	二四・四
水素	一六・四	三二・七	三四・四	二一・五	一四・八
メタン	五〇・四	三九・〇	三二・五	一八・九	八・五
窒素	二一・〇	一五・五	一六・四	一五・〇	一二・五
合計	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇
發熱量(立方米當カロリー)	六一八六	五二七六	四八七六	三一七	一八七四
全發熱量(カロリー)	〇・九二六	一・二八三	一・四五〇	〇・九二二	〇・五七四

この結果より γ 化合物はその重量の過半量のタールを生成し、石炭乾餾に於けるタール生成の主要成分なることを示し、骸炭及瓦斯生成量極めて少し、 α β 化合物は大差なくウルミンはタールの生成少く瓦斯及び水分多く骸炭稍少し、則ち α 、 β 、 γ 、ウルミンの順序にタールの生成遞減し水分及び瓦斯量増大するを認む、瓦斯分析の結果はメタン及び重炭化水素の量は上の順序にて遞減し酸化炭素、炭酸瓦斯は漸増し水素は不規則なり、瓦斯の發熱量は單位容積に就ては上の順序にて遞減するもそれと瓦斯發生量との積は γ 、 β 、 α 、天然ウルミン及び酸化ウルミンの順序に遞減す又兩種のウルミンを比較するに空氣酸化ウルミンは天然ウルミンに比してその瓦斯成

第十一圖(A) 石炭各成分の乾餾生成物



第十一圖(B) 石炭各成分の乾餾瓦斯成分



分中一酸化炭素炭酸瓦斯の量著しく大にメタン、重炭化水素の量は少く發熱量も亦著しく低きを認む

此の各成分の乾餾結果より粘結性の大小及び炭化の程度による乾餾成績の差異を考察するに粘結性大なるものはγ化合物の含有量多きためタールの生成多く瓦斯の量比較的少くその瓦斯中重炭化水素、メタン多く一酸化炭素、炭酸瓦斯の含量少きこと當然なり、又ウルミン含量多き若年炭の乾餾に際し瓦斯の生成多きもその成分一酸化炭素炭酸瓦斯に富みメタン重炭化水素等の含量少く發熱量も低くタールの生成も亦少きことはその成分の關係より容易に首肯し得らるゝ所なり

尙石炭は風化によりて種々の炭質の變化を來すものなるが風化による粘結性の低下と共にその乾餾試験結果に如何なる變化を來すかに就て實驗し風化による炭質變化の一端を窺はんとせり、風化による炭質の變化は原炭の性質特にその粘結性の大小によりて差異あること已に述べたる如くなれば種々の粘結性のものに就て實驗を行ひたれども茲にはその代表的のものとして高島炭に就て行ひたる結果を述べんとす

試料の風化の方法及び乾餾試験の方法等すべて前記の場合と全く同様なり

昭和四年十月

論説及報文 石炭の粘結性と諸性質との關係 伊木貞雄

一一一六

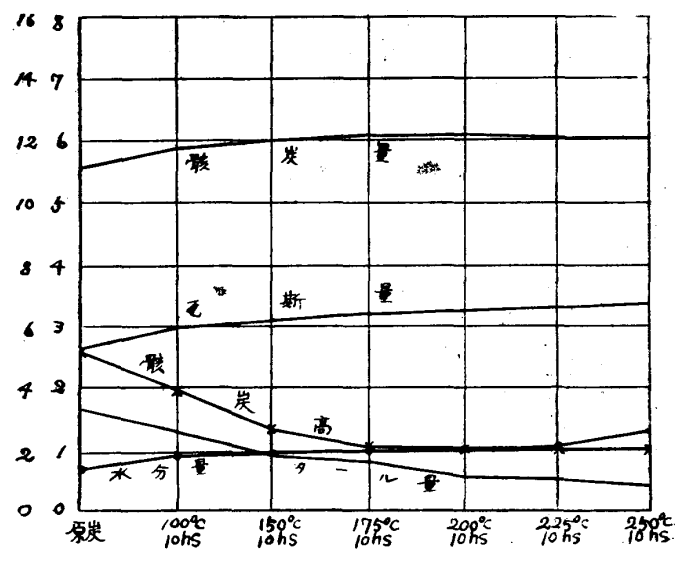
實驗結果は第十二表及び第十二圖(A)(B)に示す

第十二表 風化と乾餾結果との關係

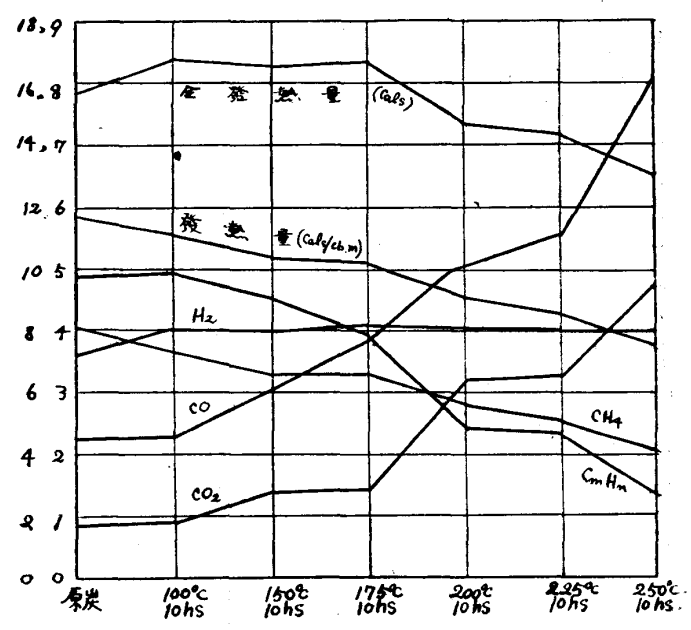
乾餾生成物	高島炭原炭	一〇〇度 一〇時間	一五〇度 一〇時間	一七五度 一〇時間	二〇〇度 一〇時間	二二五度 一〇時間	二五〇度 一〇時間
炭素量(%)	五六・四〇	五八・七〇	六〇・三〇	六一・四五	六一・四五	六一・一〇	六一・一〇
水分量(%)	七・〇〇	八・八五	八・八五	九・七〇	一〇・〇五	一一・一〇	一三・二〇
タール量(%)	一六・九五	一三・三〇	九・五五	七・八〇	六・〇〇	五・三〇	三・八〇
瓦斯量(耗)	二六八	二九八	三三四	三二一	三二六	三三四	三三八
該炭の高さ(糶)	二・六	二・〇	一・三	一・一	一・一	一・一	一・一
瓦斯分析							
炭酸瓦斯	一・八	一・九	二・八	二・九	六・五	六・七	九・六
重炭化水素	四・八	四・九	四・六	四・〇	二・五	二・四	一・四
酸素	二・二	二・二	二・六	一・七	二・三	一・七	一・八
酸化水素	四・六	四・七	六・二	七・八	九・九	一一・一	一六・四
水素	三七・二	四一・〇	四〇・六	四二・三	四〇・九	四〇・四	四〇・六
メタン	四一・三	三七・一	三三・四	三三・四	二八・三	二六・四	二一・二
窒素	八・一	八・二	九・八	七・九	九・六	一一・七	九・〇
合計	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇	一〇〇・〇
發熱量(立方米當カロリー)	五八六一	五六二六	五二六七	五二三三	四四八三	四三一八	三八〇六
全發熱量(カロリー)	一・五七〇	一・六八〇	一・六五五	一・六六〇	一・四六四	一・四四〇	一・二九〇

此の結果を見るに風化温度の上昇と共に水分及び瓦斯の生成量次第に増加しタールの生成減少し該炭の量稍増加しその高さは遞減す瓦斯分析の結果は風化と共に著しく一酸化炭素、炭酸瓦斯を増加し水素も僅に増加しメタン、重炭化水素の量著しく減少す、生成瓦斯の單位容積の發熱量は風化温度と共に減少するも瓦斯發生量増加するが故に瓦斯の全發熱量は僅に風化したるもの最大なり則ち風化による乾餾試験の結果の變化の狀態は粘結性の大小による乾餾試験結果の變化する狀態と全く同一の關係あるを見るべし

第十二圖(A) 石炭の風化と乾燥生成物との關係



第十二圖(A) 石炭の風化と乾燥瓦斯成分との關係



(八) 總括

石炭の粘結性がその成分と密接なる關係を有し成分と性質との關係を知らんが爲に粘結性を基準として種々の性質を試験したる實驗結果を綜合すれば大要次の如し

- (一) 石炭の工業分析による揮發分、固定炭素、燃料比等は粘結性と簡單なる關係を見出し得ず、是によりて瀝青炭の粘結性を判斷することは稍困難なり、只石炭の水分のみは粘結性と極めて密接の關係ありて炭質判斷の有力なる一資料たり得べし
- (二) 石炭の元素分析による炭素、水素、酸素、水素酸素比、結合水素及遊離水素等の値は何れも粘結性と可なり良く比例關係を保ち之等の値によりて粘結性を判斷することは工業分析結果によるよりも遙かに良き結果を得らるべし
- (三) 石炭の吸濕性は粘結性の大小と密接の關係を有し粘結性大なる程吸濕性小に、粘結性の低下と共に規則正しく吸濕性を増加

す、又石炭の四成分中 γ 化合物が吸濕性最小、 β 、 α 化合物之に次ぎウルミン質最も吸濕性大なり、而して粘結性大なるもの程 γ 化合物の含有量多く粘結性低下と共に γ 化合物減少しウルミン質増加し特に若年炭となるに従つて多量のウルミン質を含有する事實より考察して粘結性が大なる程吸濕性少く又天然炭化程度低き程著しく吸濕性の異なる所以を説明し得べし

(四) 石炭の吸濕性のみならず一〇〇—二〇〇度迄に放出する化合水分及び石炭の熱分解の際に生成する分解水分も亦粘結性の低下及び天然炭化度の低下と共に増大す、又元素分析の酸素が全部水素と結合して水を形成し居ると考へて計算したる結合水分(%) ± 0.3 も亦同様の關係にあり、然るに粘結性の低下及び天然炭化度の低下による吸濕性の増加は全化合水の増加よりも大なるが故に吸濕水分と化合水分との比は粘結性の低下及び天然炭化度の低下と共に減少す、又元素分析より計算せる化合水と實測せる化合水との差は粘結性の低下及び天然炭化度の低下と共に増大す、之元素分析による酸素が水素と結合し居らざる部分が粘結性及び天然炭化度低き石炭程大なることを示す、此の事實は又粘結性及天然炭化度低き石炭程その熱分解に際し生成する瓦斯に一酸化炭素、炭酸瓦斯等の酸素化合物多き事實よりも想像し得べし

(五) 石炭の風化によりて粘結性低下し之と共にその吸濕水分、化合水分及び元素分析より算出せる化合水分等何れも増大す、而して風化による吸濕性の増加は化合水の増加より大なるが故に吸濕水分と化合水分との比は風化と共に減少す、又元素分析よりの計算化合水と實測化合水との差は風化と共に増大す、之れ等と結合せざる酸素が風化と共に増大することを意味しこの事實は風化進行せる石炭程その乾留瓦斯中に一酸化炭素、炭酸瓦斯等の含有量多き事によりても知り得べし

(六) 石炭を風化によりてその重量の變化、炭酸瓦斯及び水分の生成、吸濕性の増加、アルカリ可溶性ウルミンの生成、硝酸及びシュルツェ氏液の如き酸化劑によるウルミンの生成等を比較試験せしに粘結性小なるもの程この風化容易なり、又石炭の四成分に就て同様の試験を爲したるに γ 化合物最も風化し難く β 、 α 化合物之に次ぎウルミン質最も風化容易なり、則ち之によりて γ 化合物の含量多き強粘結性の石炭の風化され難くウルミンの多量を含む若年炭の風化し易き理由を了解し得べし

(七) 石炭をレッシング炭化試験装置による九〇〇度七分間の乾留試験を行ひしに粘結性大なるものより小なるものに至るに従つて水分の量増加し骸炭及び瓦斯も僅に増加しタールの生成量は中粘結性のもの最大なり、生成瓦斯は粘結性大なる程メタン重炭化水素の含有量多く小なる程一酸化炭素炭酸瓦斯及び水素の含量多し、瓦斯分析より計算せる發熱量は中粘結のもの最大なり

(八) 石炭の四成分 α 、 β 、 γ 化合物及ウルミンに就て同様の乾餾試験をなせしに γ 、 β 、 α 、ウルミンの順位にタールの生成量減少し水分及び瓦斯生成量増加し乾餾瓦斯中の重炭化水素、メタンの量減少し一酸化炭素、炭酸瓦斯の量増加す、瓦斯の發熱量は單位容積に就ては上の順序に減少するも全發熱量は α 、 β 、 γ 、ウルミンの順なり

(九) 風化による粘結性の低下に伴ふ乾餾試験結果の變化を検するに風化と共に骸炭の生成量増加し瓦斯及び水分増加しタールの生成及び骸炭の膨脹性減少す、生成瓦斯の成分は一酸化炭素、炭酸瓦斯及び水素増加しメタン重炭化水素減少しこの發熱量は單位容積に就ては風化と共に減少するも瓦斯生成量増加のため全發熱量はある程度風化せるものに最大値を示す

之等の諸實驗の結果は石炭の諸性質がその成分に關係しその成分は粘結性に關係し従つて粘結性がその石炭の成分乃至性質を表現する簡單にして有力なる性質なる事を示して餘りあるものにして炭質判斷の根據として粘結性の重大なる意義を明にするものなり
この實驗を行ふに當り恩師栗原博士は終始懇篤なる御指導を賜りたり、茲に謹んで感謝の意を表す

(昭和四年八月、明治專門學校應用化學教室にて)(終)