



Title	木材炭化温度と生成物
Author(s)	福山, 伍郎; FUKUYAMA, Goro; 里中, 聖一 他
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 17(1), 127-149
Issue Date	1954-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20708
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(1)_P127-149.pdf



木材炭化温度と生成物

教授 福山 伍郎
助手 里中 聖一

WOOD CARBONIZATION TEMPERATURE AND THE PRODUCTS

By

GORO FUKUYAMA, *Professor*, and
Seiichi SATONAKA, *Assistant*

目次

序言	127
材料	128
実験装置	131
実験方法と結果	132
1. 方法の概要	132
2. 木炭・溜出液・ガスの収量	132
3. 収縮率と容積残存率	134
4. 容積重	136
5. 灰分と炭素・水素・酸素	138
6. ヨード吸着	140
7. ガスの発生量とその組成	141
摘要	146
文献	148
Summary	149

序言

われわれの生活とふかいつながりをもっている木炭も、木材から一体どのような、うつりかわりをして木炭になるかという、もつとも基礎的な研究は500°C附近の低温までは比較的詳細に行われているが、^{4), 5), 15), 17), 20), 21)} それ以上となるとすこぶる少なく^{3), 6), 7), 8), 9), 16)} 部分的なものが多い。この研究はそれらの基礎的な點を明らかにするために着手したものである。

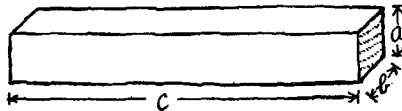
ここではミズナラを原料として1,100°Cまで100°Cきざみの木炭をつくり、木炭、溜

出液, ガスの収量, 収縮率, 木炭の性質 (容積重, 灰分, 炭素, 水素, ヨード吸着力) ガスの組成などが炭化温度とともに, どのように變化するかを追究したものである。

ガス分析にさいし, 多大の御便宜をいただいた北大工學部應用化學教室武谷愿教授ならびに牧野和夫助手にふかく感謝する。

材 料

北海道札幌市郊外, 定山溪營林署管内, 小樽内川經營區もみじ橋附近で道路より 100 m ほど入った傾斜地にたつていた樹高 16 m のミズナラ (*Quercus crispula* Bl.) で, 昭和 24 年 5 月 24 日, 伐採し, 地上 60~200 cm の部分を丸太として研究室に運搬し氣乾した。(地上 60 cm の断面の大きさは 46 cm×33 cm で, うち心材部の大きさは 33 cm×22 cm であつた)。この心材部を整形して第 1 圖のように 1 cm×1 cm×7 cm (半径方向×



第 1 圖 試 料
Fig. 1. Sample

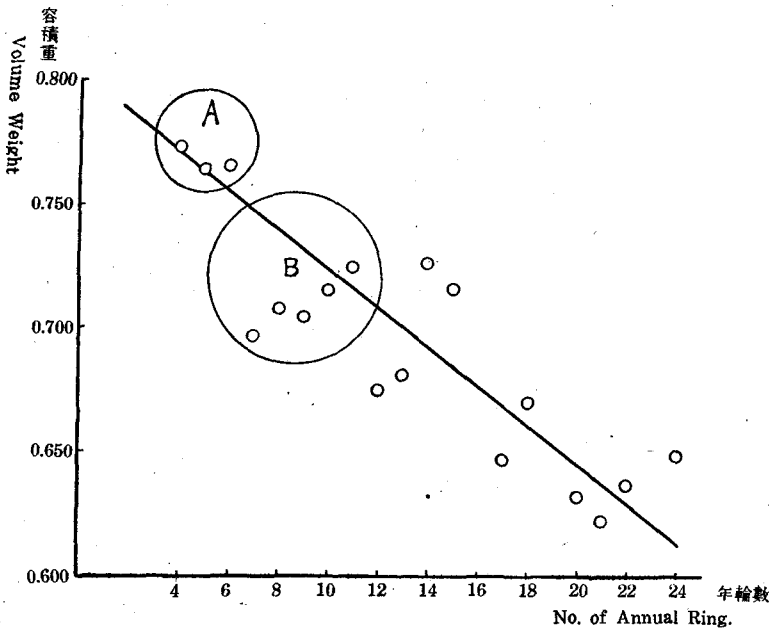
切線方向×纖維方向) (a×b×c) の直方体とし, これを試料とした。

この整形した直方形の試料を長期間, 空中に放置して風乾状態とし, キャリパーで各邊の大きさを測定して容積を算出し (あとに

でてくる容積重のところを参照) 重量を測定して容積重をもとめ, 兩断面における 1 cm 間の年輪數との關係を調べたところ第 1 表と第 2 圖のようになった。

第 1 表 年輪數と容積重との關係
Table 1. No. of Annual Ring and Volume Weight

1 cm 間の 年輪數 No. of Ann. Ring	風乾容積重 の平均 Av. of Vol. Wt.	試材の個數 No. of Test Pieces	1 cm 間の 年輪數 No. of Ann Ring	風乾容積重 の平均 Av. of Vol. Wt.	試材の個數 No. of Test Pieces
1	—	0	13	0.681	2
2	—	0	14	0.727	1
3	—	0	15	0.716	1
A {	4	4	16	—	0
	5	9	17	0.647	2
	6	5	18	0.670	1
B {	7	5	19	—	0
	8	9	20	0.632	2
	9	6	21	0.622	2
	10	7	22	0.637	2
	11	4	23	—	0
12	0.675	1	24	0.649	1



第2圖. 年輪數と容積重との關係
Fig. 2. No. of Annual Ring and Volume Weight

表の中の年輪數は、兩斷面の1cm間の年輪數の平均で、小數以下はきりあげたものである。また容積重はそのような年輪數をもつ試料ごとの風乾容積重の平均値である。これを圖にかくと大体直線的關係がみられ、この直線式をもとめたところ $V_w = \text{容積重 (Volume weight)}$ $A_R = \text{年數數 (No. of Annual ring)}$ とすれば、つぎの一次式であらわされ、 $V_w = 0.803 - 0.0079 A_R$ となつた。ナラ材の容積重は單位の長さにおける年輪數の多いほど、すなわち年輪の密なほど比重の小さくなることをしめしている。これは廣葉樹材においては針葉樹材と反對に年輪の密なほど秋材率が減するためである。

年輪數の分布狀況をみると年輪數5と8の材が一番多く、おのおの9個であつた。この實驗は試料の性質ができるだけ似ていなければ、できた木炭の容積重、收量などを比較検討しにくいので、年輪數および風乾容積重ができるだけ近似したところをえらぶこととし、第2圖をみると円でしめしたAとBに比較的かたまつていたので、この部分からAシリーズ年輪數4~6のもの10箇、Bシリーズ年輪數7~11のもの9箇を選びだし、Aシリーズは容積重は大きい方から (0.782~0.747)、Bシリーズは小さい方から (0.710~0.730) 順にならべて、炭化し、比較することとした。それらの試料の風乾容積重、水分、年輪數などは第2表のようである。年輪數は兩斷面におけるそれがかかげてある。

第2表 試料木材の容積重・水分・年輪数
Table 2. Volume Weight, Moisture and No. of Annual Ring of Test Pieces

炭化温度 Temp. °C	風乾木材の容積重 (I) Vol. Wt. of air-dried Test Piece		水分 % Moisture		年輪数 (1 cm間における) No. of Ann. Ring	
	A	B	A	B	A	B
105						
200	0.782		13.4		4~5	
300	0.782	0.710	13.2	14.5	4~4	7~8
400	0.780	0.710	13.8	14.5	5~5	9~10
500	0.779	0.716	13.8	13.3	6~6	7~10
600	0.765	0.718	13.4	14.2	5~6	11~11
700	0.764	0.719	13.7	13.2	4~4	10~12
800	0.761	0.725	13.3	13.8	5~5	11~11
900	0.760	0.726	13.9	13.3	4~5	8~9
1000	0.760	0.728	13.8	14.2	5~6	7~8
1100	0.747	0.730	13.9	13.7	4~5	8~8

またこの心材部を機械鉋にかけて鉋屑とし、風乾したのち Wiley mill にかけて粉碎し、80~100 mesh の部分を取り木材標準分析法¹⁹⁾ によつて分析した結果は第3表のようである。リグニンが既往の結果に比較するとやや少ないようなので、方法をかえて、すなわち3%のH₂SO₄濃度に稀釋して、2時間逆流冷却器をつけて、加熱煮沸する方法¹⁸⁾をも試みたが、11.69%、11.67%、となり、やはり本試料はリグニン含量が既往の結果より少ないことが確認された。

第3表 試料としたナラ材の分析値 (%)
Table 3. Chemical Composition of Mizunara Oak (Sample)

	水分 Moisture	灰分 Ash	抽出物 Extracts				ペン ト ザ ン Pento- san	メチル ペン ト ザ ン Methyl Pento- san	セルロ ー ズ Cell- ulose	リ グ ニ ン Lignin
			アルコ ール・ベン ゼン Alcohol- Benzene	冷 水 Cold- Water	温 水 Hot- Water	1% NaOH				
I	12.67	0.33	1.45	2.37	4.10	17.07	22.38	1.93	59.18	12.59
II	12.63	0.32	1.62	2.61	4.13	16.61	22.08	1.96	60.03	12.21
Av	12.65	0.32	1.54	2.49	4.11	16.84	22.23	1.94	59.61	12.40

4) 變壓器はナイフ式で 2 Volt 間隔に調整でき、電源は 100 Volt である。

5) 温度測定用の熱電對は白金～白金ロジウム製で、その先端は爐心管と燃焼管の間に電氣爐の丁度中央に、そしてまた供試片の丁度中央直下にくるように配置されている。零接點部は氷と水とを入れた Dewar 瓶中に浸して示度の正確を期した。

6) 窒素を炭化終了後、酸化防止のために装置内に通じ、燃焼管内の氣體の收縮をこの窒素で補充することとした。窒素は Bombe よりガス貯めにうつし、アルカリ性ピロガロール溶液¹⁰⁾ (ピロガロール 50 g · KOH 250 g · 水 1 liter) を通して精製し、調壓瓶で水壓 5 cm として燃焼管内におくりこんだ。調壓瓶の先には計泡器 (Blasenzähler) をとりつけ、實驗まえに全装置の氣密を調べるのに便利なようにした。計泡器と Adapter の間にカルシウム管をとりつけ、計泡器からの水分を除去するようにし、カルシウム管と Adapter との間にはコックをつけて、炭化中はとじておく。

實驗方法と結果

1. 方法の概要

まえにのべた試料のナラの木材片は長期間空中に放置後、キャリパーで各邊の長さ (0.01 cm まで) と重量 (0.01 g まで) を測定して風乾容積重を算出後、秤量瓶に入れて 105°C の電氣乾燥器中で 2 晝夜乾燥し、絶乾重量と各邊の長さをふたたび測定したのち燃焼管の一番奥にいれ Adapter に Grease をつけて燃焼管に密着させ、そのほか受器などすべてを第 3 圖のように配置し、N₂ ガスを壓力をかけて送りこみ、計泡器をみながら氣密を確かめたのち、コックをとじて溫度を徐々にあげて炭化を開始する。炭化速度は第 9 圖のように 30 分間ごとに 100°C ずつあげるように調節したが、最初だけ 30 分間で 200°C にあげ、200°C に 15 分間たもち、つぎの 15 分で 300°C にあげ 300°C に 15 分間たもち、つぎの 15 分で 400°C にあげ 400°C に 15 分間たもち、同様に 15 分間に 100°C ずつあげて 15 分間、同溫度にたもつことをくりかえし炭化溫度 200°C から 1100°C までの木炭を各 100°C ごとの段階でつくつた。したがつて 700°C の炭といえは 3 時間を要して 700°C にあげ 700°C で 15 分間たもつたのち、電氣をきつて N₂ を送りこみながら放冷して調製した木炭のことである。

2. 木炭・溜出液・ガスの收量

A) 實驗方法: 1 にのべたように炭化後、N₂ を壓入しながら放冷し、200°C 以下になつてから 1. ガラス綿入りの管 2. 受器 3. Adapter の順にとりはずし、受器はただちにゴム栓でふたをする。つぎにあらかじめ秤量瓶中に秤量してある脱脂綿を綿棒、ピンセ

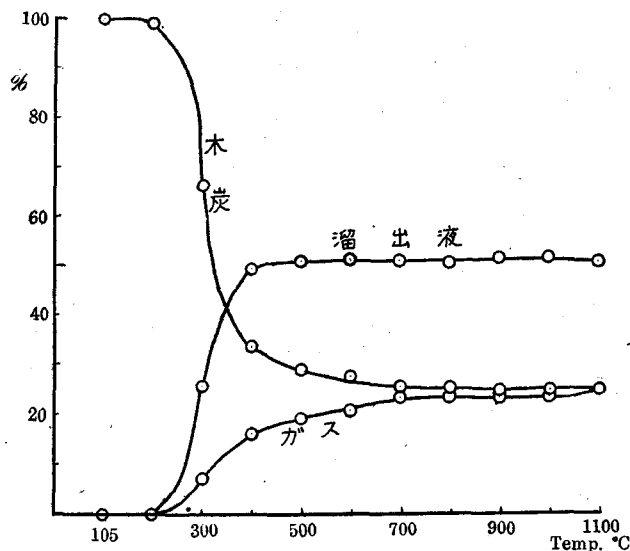
ット、針金などにつけて Adapter の内部、燃焼管の内部などについている木醋、木ター
 ルをふきとり、ふたたびその脱脂綿を秤量瓶中にかえす。つぎに木炭を秤量瓶にうつして
 秤量し、つづいて溜出液の大部分をうけている受器、Adapter、ガラス綿入りの管、燃焼
 管、脱脂綿入りの秤量瓶をつぎつぎに秤量して、その増量の合計を溜出液量とした。絶乾
 試料にたいする木炭、溜出液の百分率を算出し、残りをガス量とした。

第4表 木炭・溜出液・ガスの収量
 Table 4. Yields of Charcoal, Distillate and Gas (%)

炭化温度 Temp. °C	平均 Av.			木炭 Charcoal		溜出液 Distillate		ガス Gas	
	木炭 Charcoal	溜出液 Distillate	ガス Gas	A	B	A	B	A	B
105	100.0	0	0	100.0	100.0	0	0	0	0
200	99.2	0.2	0.6	99.2	—	0.2	—	0.6	—
300	66.5	25.9	7.6	67.9	65.0	23.3	29.0	8.8	6.0
400	34.0	49.4	16.6	33.3	34.8	49.6	49.2	17.1	16.0
500	29.5	51.1	19.4	29.3	29.8	50.6	51.7	20.1	18.5
600	27.7	51.3	21.0	27.3	28.2	51.8	50.8	20.9	21.0
700	25.8	51.0	23.2	26.0	25.6	51.4	50.5	22.6	23.9
800	25.6	50.7	23.7	25.1	26.1	51.5	50.0	23.4	23.9
900	25.1	51.5	23.4	25.0	25.2	51.6	51.3	23.4	23.5
1000	25.1	51.7	23.2	24.9	25.3	51.7	51.7	23.4	23.0
1100	24.7	51.0	24.3	24.6	24.7	51.2	50.8	24.2	24.5

B) 結果： 第4表、第4圖のようである。

- a) 木炭の収量： 200°C に加熱した試料は、ほとんど変化はみとめられなかつた。
 300°C にいたつて木炭の収量は約 $\frac{2}{3}$ となり、400°C で $\frac{1}{3}$ となり、その後次第に
 減少して700°C で $\frac{1}{4}$ となり、木炭の収量減少はここでほとんどやむ。すなわち
 700°C では25.8%、1100°C では24.7%で、その差はきわめて少ない。
- b) 溜出液の収量： 200°C まではほとんど溜出せず、300°C までに約 $\frac{1}{4}$ 、400°C で約
 $\frac{1}{2}$ が溜出し、500°C で僅かにふえて51% となり、以後1100°C までほとんど変化



第4圖 木炭・溜出液・ガスの収量
Fig. 4. Yields of Charcoal, Distillate and Gas

生ははなはだ少なく、100°C 間隔ごとに2~3% ずつを増して700°C までに23% 強となり、その後は一定して重量百分率からみるとほとんど変化はない。これは表にしめすように800°C 以上に出るガスの大部分(74~80%)はH₂で比重がはなはだ低いいため重量的収率にほとんど影響しないためである。

兩シリーズの差異は明らかでないが、Aシリーズの方が木炭の収量が少なく、その反面、溜出液がおおい傾向がみとめられる。ただし低温(300°C)炭化において逆の関係がみられることは注目に値する。ガス収量もおおむね低温炭化においてはAシリーズが大であったが高温ではBシリーズがおおい傾向がみられる。

3. 収縮率と容積残存率

A) 実験方法: キャリパーをもちいて切線方向、半径方向、繊維方向の三方向を風乾時、絶乾時、炭化終了秤量後、の三時期にわけて、測定した。切線方向と半径方向は両端と中央部の3箇所を測定し、風乾時と絶乾時はその3箇所の平均、木炭は両端部の平均と中央部とを平均してもとめた。

収縮率は風乾試料にたいして計算し、容積残存率は、三方向の残存率(100-収縮率)をかけあわせて算出した。

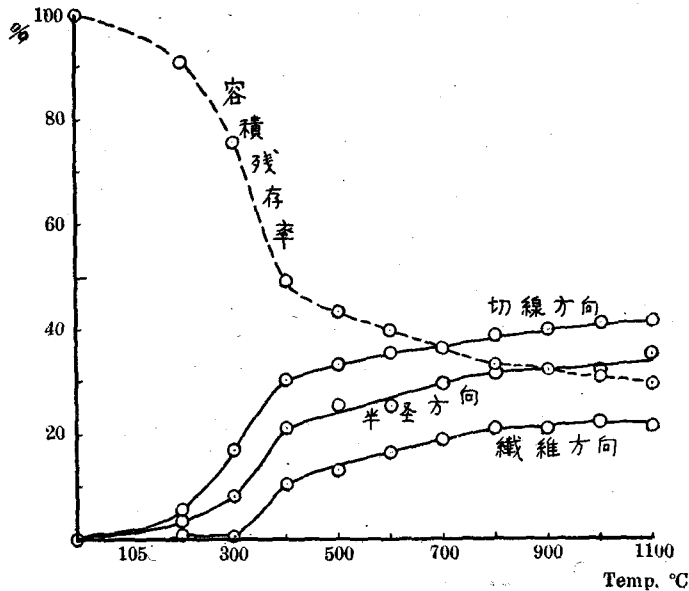
B) 結果: 第5表と第5圖のようである。

なく一定であつた。
つまり、溜出液はすべて500°C までに出つくすわけである。
c) ガスの収量: ガスもまた200°C までにはほとんど出ず200°C から300°C までの間に8%のガスを出し300°C から400°C までにさらに9%のガスを増し、100°C 間隔ではこの区間にガスの噴出がもつともおおい。その後の發

第5表 收縮率と容積殘存率

Table 5. Shrinkage and Relative Volume

炭化溫度 Temp. °C	A, B 平均 Av.				收 縮 率 Shrinkage (%)												纖維方向 Langitudinal		容積殘存率 Relative Volume			
	收 縮 率 Shrinkage			容積殘存率 Relative Volume	切 線 方 向 Tangential						半 徑 方 向 Radial											
	切線方向 Tangential	半徑方向 Radial	纖維方向 Longitudinal		A			B			A			B			A	B	A	B		
					端 End	中央 Center	Av.	端 End	中央 Center	Av.	端 End	中央 Center	Av.	端 End	中央 Center	Av.						
200	5.7	3.2	0.4	90.9	5.5	5.9	5.7					3.5	3.0	3.2				0.4	90.9			
300	17.1	8.2	0.4	75.9	16.0	17.3	16.6	16.4	18.6	17.5		8.0	10.0	9.0			7.6	7.1	7.3	0.4	75.6	76.2
400	30.2	21.1	10.6	49.3	34.3	29.3	31.8	32.0	25.3	28.6		24.1	21.8	22.9			20.1	18.4	19.2	9.4	47.6	50.9
500	33.2	25.5	13.1	43.3	36.2	32.0	34.1	34.7	30.0	32.3		27.4	25.2	26.3			26.4	22.8	24.6	12.8	42.4	44.2
600	35.6	25.5	16.8	40.0	39.3	35.9	37.6	36.6	30.4	33.5		28.6	26.7	27.6			25.2	21.6	23.4	15.7	38.1	41.9
700	36.5	29.8	19.0	36.4	40.2	37.0	38.6	38.9	29.8	34.3		31.8	29.7	30.7			30.0	27.6	28.8	18.2	34.8	38.0
800	38.9	31.7	21.0	33.1	43.4	40.4	41.9	39.9	31.7	35.8		34.5	33.0	33.7			30.4	29.1	29.7	19.8	30.9	35.2
900	40.0	32.3	21.2	32.1	44.3	40.6	42.4	40.3	35.0	37.6		34.2	33.0	33.6			32.8	29.1	30.9	20.6	30.4	33.8
1000	41.3	32.1	22.3	31.0	43.9	40.0	41.9	41.8	39.4	40.6		35.5	32.7	34.1			32.1	28.1	30.1	21.4	30.1	31.9
1100	41.7	35.4	21.5	29.7	44.8	39.2	42.0	42.0	40.6	41.3		37.7	36.1	37.0			34.1	33.3	33.7	21.3	28.8	30.5



第5圖 収縮率と容積残存率
Fig. 5. Shrinkage and Relative Volume

収縮率は切線方向がもつとも大きく、半径方向がこれにつき、その約 $\frac{3}{4}$ で繊維方向は最小で半径方向の約 $\frac{2}{3}$ である。

切線方向の収縮は200°Cから400°Cの間に、急激に進み半径と繊維の二方向は300°Cから400°Cにかけて急激に収縮し、以後は三方向ともおおむねきれいなゆるやかな平行線をえがきながら収縮し

てゆく。すなわち切線、半径、繊維方向の収縮率は氣乾材から、それぞれ400°Cで30, 21, 10%, 700°Cで37, 30, 19%, 1100°Cで42, 35, 22%であった。三宅、杉浦¹⁵⁾もミズナラ木材片を400°Cに加熱したとき、切線、半径、繊維の三方向の収縮率をそれぞれ29.3, 18.8, 9.8%と報告し筆者らの結果とよく一致している。

容積の變化も400°Cまでは著しく300°Cで $\frac{1}{4}$ 、400°Cで $\frac{1}{2}$ を減ずるが500°C以上では600°Cで40%次第に減じて1100°Cでも30%を残存する。

AシリーズとBシリーズとを比較すると、切線方向と半径方向の収縮はAシリーズの方が大きい、繊維方向はBシリーズの方が大きかつた。容積は切線、半径両方向の収縮に影響されてAシリーズの方が小さかつた。この結果からも明らかなように廣葉樹材にあつては年輪の粗な、比重の大きい(Aシリーズ)は容積残存率の小さく、かつ容積重の大きな木炭を生じ炭材としてすぐれていることがうかがわれる。

4. 容 積 重

A) 實驗方法: 体積はすべて各方向をキャリパーで測定して算出し、重量は0.01 gまでの天秤で測定した。風乾木材および絶乾木材は、兩小口および中央部において、切線方向と半径方向の大きさを測定して、その三つの平均をもとめた。しかし木炭は中央部がふくれている(むしろ兩端部が一そう収縮しているといつた方がよいかもしれない)ので、

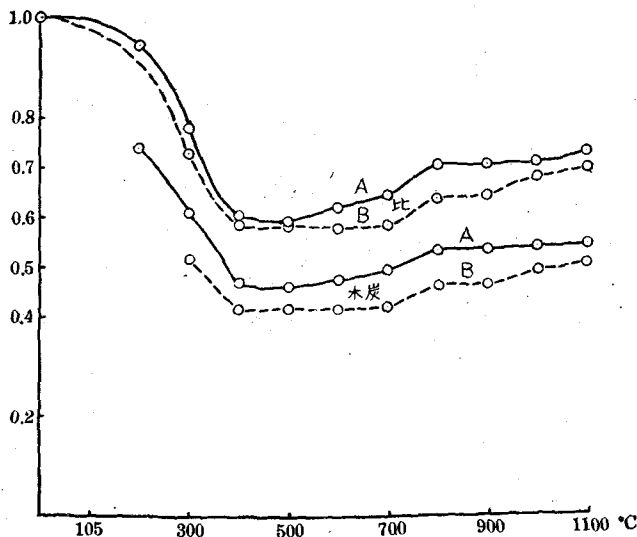
両端の平均をもとめ、それと中央部の大きさとをさらに平均したものを基礎にして算出した。

木炭の容積重は、用途上ばかりでなく輸送上からもきわめて重要な性質の一つで炭化の温度、速度ならびに壓力に支配されるが、ことに原料材の容積重に大きく支配されるので、木炭の容積重の變化はこれをできた木炭と原材料との比でもとめることとし、それぞれの試材の風乾時と絶乾時における容積重を基礎としてこれを算出した。

第6表 容 積 重 Table 6. Volume Weight

炭化温度 Temp. °C	木炭の容積重 (I) Vol. Wt. of Charcoal		風乾試料の容積重 (II) Vol. Wt. of air-dried Wood		絶乾試料の容積重 (III) Vol. Wt. of oven-dried Wood	
	A	B	A	B	A	B
105						
200	0.782		0.729		0.739	
300	0.782	0.710	0.747	0.662	0.609	0.518
400	0.780	0.710	0.726	0.662	0.470	0.416
500	0.779	0.716	0.730	0.669	0.463	0.419
600	0.765	0.718	0.743	0.685	0.474	0.415
700	0.764	0.719	0.750	0.687	0.494	0.420
800	0.761	0.725	0.744	0.702	0.536	0.463
900	0.760	0.726	0.751	0.695	0.538	0.469
1000	0.760	0.728	0.739	0.703	0.542	0.496
1100	0.747	0.730	0.694	0.699	0.550	0.512

炭化温度 Temp. °C	容 積 重 比 Volume Weight Ratio				
	風乾試料にたいし (I) air-dry basis (II)		絶乾試料にたいし (I) oven-dry basis (III)		
	A	B	A	B	Av.
105					
200	0.945		1.014		1.014
300	0.779	0.730	0.815	0.782	0.799
400	0.603	0.586	0.647	0.628	0.638
500	0.594	0.585	0.634	0.626	0.630
600	0.620	0.578	0.638	0.606	0.622
700	0.647	0.584	0.659	0.611	0.635
800	0.704	0.639	0.720	0.660	0.690
900	0.708	0.646	0.716	0.675	0.696
1000	0.713	0.681	0.733	0.706	0.720
1100	0.736	0.701	0.793	0.732	0.763



第6圖 容積重
Fig. 6. Volume Weight

B) 結果: 第6表と第6圖のようである。

圖には風乾木材だけの方をしめた。木炭の容積重は400°Cまでに急激に低下し、5~600°Cから炭化温度の上るとともに徐々に増加すが800°C以上における増加は少ない。風乾木材にたいする容積重比はAシリーズにおいては500°Cでminimumの0.59, 800°Cで0.70, 1100°Cで0.74となり、Bシリーズにおいて

はややくれて600°Cでminimumの0.58, 800°Cで0.64, 1100°Cで0.70となる。

また絶乾木材にたいする容積重比は600°Cで0.62のminimumとなる。もちろんこのような変化がみられるのは500~600°Cまでは溜出による重量減少が収縮による容積の減少よりも大きかつたためであり、それ以後において容積重比の増大するのは溜出物よりも収縮割合がかえつて大きいことに原因するからである。

5. 灰分と炭素・水素・酸素

A) 実験方法: 前報^{1),2)}と同じく、灰分はMicro-muffleを用うる微量分析法、炭水素もPregl法による微量分析法により分析した。灰分と炭素・水素以外を酸素とし、各元素の木炭における残存率をも計算した。

B) 結果: 第7表と第7圖のようである。

圖のなかで圓形でかこんでいるのが各元素の木炭に残存する率である。

木炭の炭素含有率は600°Cまで急激に増えて89%に達し、その後徐々に増加して96%に至る。水素含有率は炭化温度の上るとともに6%から比較的ゆるやかに減少し500°Cで3%, 700°Cで2%, 900°Cで1%, 1100°Cで0.5%となつた。酸素含有率は炭素と對稱的に600°Cまで急激に減少して7%となり、その後次第に減じて1100°Cで2%位となる。

各温度における各元素の木炭中の残存率は

$$\text{その元素の含有率} \times \text{収炭率} \div \text{原料木材中のその元素の含有率}$$

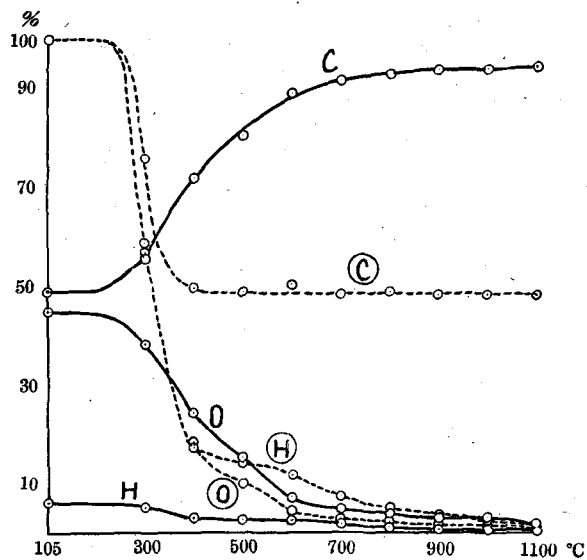
からもとめたものであるが、これによると一番減少の割合の小さいのが炭素で水素はこれ

第7表 灰分と炭素・水素・酸素
Table 7. Ash, Carbon, Hydrogen and Oxygen

炭化温度 Temp. °C	105	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	
灰分 % Ash	I	0.33	0.75	0.78	1.11	1.14	1.12	1.23	1.66	1.63	1.44
	II	0.32	0.58	0.91	1.05	1.19	1.37	1.28	1.66	1.52	1.40
	Av.	0.33	0.67	0.85	1.08	1.16	1.25	1.26	1.66	1.58	1.42
炭素 Carbon	I	48.87	56.00	71.79	80.56	89.16	92.12	93.26	94.36	94.72	96.00
	II	48.84	55.58	71.83	80.76	89.07	91.99	93.76	94.42	94.81	96.36
	Av.	48.86	55.79	71.81	80.66	89.12	92.06	93.51	94.39	94.77	96.18
水素 Hydrogen	I	5.93	5.20	3.08	2.88	2.59	1.67	1.15	0.81	0.56	0.56
	II	5.98	5.36	2.97	2.96	2.48	1.73	1.23	0.99	0.59	0.49
	Av.	5.96	5.28	3.03	2.92	2.54	1.70	1.19	0.90	0.58	0.53
酸素 Oxygen	44.85	38.26	24.31	15.34	7.18	4.99	4.04	3.05	3.07	1.87	
C/H率 Ratio	8	11	24	28	35	54	79	105	163	181	
C/O率 Ratio	1	1	3	5	12	18	23	31	31	51	
各元素残存率 Relative content of	炭素 Carbon	100	75.9	50.0	48.7	50.5	48.6	49.0	48.5	48.7	48.6
	水素 Hydrogen	100	58.9	17.3	14.5	11.8	7.4	5.1	3.8	2.4	2.2
	酸素 Oxygen	100	56.7	18.4	10.0	4.4	2.9	2.3	1.7	1.7	1.0

につき、酸素がもつとも大きい。炭素は400°Cまでは急激に減少して残存率50%となり、その後の減少は、きわめて少ない。水素は400°Cまで急激に減少して17%となり、その後も比較的急速に減つてゆき1100°Cでは残存率2%となる。酸素は600°Cまでにその95%をうしない、その後は比較的ゆるやかに減少してゆき1100°Cでは残存率1%となる。

灰分含量は不揮発性の



第7圖 炭素・水素・酸素
Fig. 7. Carbon, Hydrogen & Oxygen

ため炭化の進むとともに収炭率と反比例して次第に増加し原木の灰分含量の5倍にもおよび900°Cで maximum の1.66%に達し、その後僅かに減少していた。

C/H率は木材の8より炭化の進むにつれて次第に増加して400°Cで24, 700°Cで54, 900°Cで105, 最高1100°Cでは181に達し前報告^{1), 2)}の乾溜炭, 黒炭, 白炭の試験成績ともよく一致した。

6. ヨード吸着

A) 実験方法: 木炭の絶乾粉末, 約0.1gを正確に秤量し, 50cc容の細共試薬瓶にうつし, 0.1Nのヨード・ヨードカリ溶液20ccを加え, 25°C恒温槽中に20分間ときどき振盪しながら入れておき, ついで Toyo 濾紙 No. 7で自然濾過をおこない(最初の濾液数ccは棄てる)濾液1ccを0.05N, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 溶液でマイクロビュレットを用い滴定して, 木炭末1gに吸着されるヨードの量を算出した。

B) 結果: 第8表, 第8圖のようである。

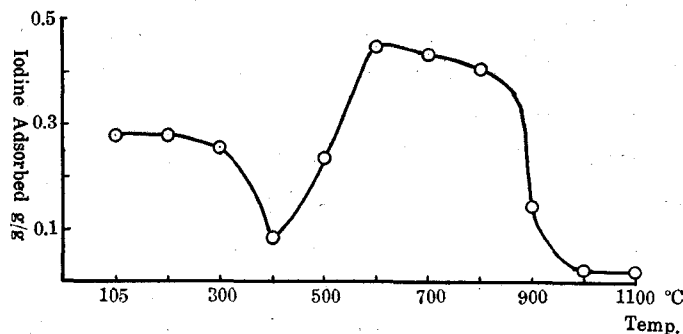
200°Cまでは105°Cの木粉のときと等しく1g當り吸着量は0.28gであつたが300°Cから炭化の進むとともに急速に減少して400°Cで0.09gとなり, その後増大して600°Cでは maximum の0.45gとなる。その後ふたたび減少の傾向をたどり800°Cで0.41g, 900°Cでは急激に減つて0.15gとなり, 1000°C, 1100°Cでは僅かに0.023gしか吸着しなかつた。

これによつてもまた前報^{1), 2)}のように乾溜炭(300~400°C)と黒炭(600~800°C)と白炭(900°C以上)とのヨード吸着性が特異であることがうかがわれる。

第8表 ヨード吸着

Table 8. Iodine Adsorption

炭化温度 °C Temp.	105	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
ヨード吸着量 g/g Iodine Adsorbed	0.280	0.280	0.256	0.087	0.234	0.448	0.433	0.407	0.145	0.023	0.023



第8圖 ヨード吸着

Fig. 8. Iodine Adsorption

7. ガスの発生量とその組成

A) 実験方法: 炭化温度の上昇にともなつて発生するガス量とその組成の變化のありさまを究明するため、別につきの方法によつて炭化を進め、各期におけるガス発生量ならびにその組成を追究した。

- 1) ガスの膨脹量: 実験装置内に試料を入れず規定通りに温度を上昇、保持して、あらかじめ各温度段階における空気の膨脹量 (第 10 表第 3 行参照) を測定した。
- 2) ガスの発生量: 第 3 圖の実験装置の右側の Mariot 瓶をとりはずし、100 cc または 300 cc 容のガス採集管 4 本をつないだ装置をとりつけ (第 3 圖における A と B をとりかえる) 採集管の下側のコックで調節して装置内の氣壓を大氣壓より 3 mm 減壓になるようにしながら炭化をおこない、採集管の下の口より出る飽和食鹽水の量を、みかけのガス量とした。そのときの 100°C ごとのガス発生量は第 10 表の第 2 行目にしめしてある。またこれから膨脹量をさしひいたものを實際の発生量とした。
- 3) ガスの組成: HEMPEL のガス分析装置^{11,12)13)}を用いて、分析をおこなつた。すなわちガス約 50 cc を採集管からガスビューレットにうつし、その容量を正確に測定後、CO₂, C_mH_n, O₂, CO, の順にそれぞれの吸収剤に吸収させて、それらを測定し吸収されなかつたガス中から 10 cc をとり O₂ 20 cc を加え、爆發ピペットにうつし、感應コイルにより爆發させて CH₄ と H₂ を測定し 100% との差を N₂ とした。

B) 結果: 第 9, 第 10, 第 11 表と第 9, 第 10, 第 11 圖のようである。

ガス発生量は第 9~10 表のようで、第 10 表の上半部は 100°C ごとのガス量、下半部はその温度までの各ガスの積算量をしめしてある。また 100°C ごとのガスの組成 (百分率) は第 11 表のようであり、この表の下半部は積算のガスの組成であり、N₂, O₂ をのぞいた場合の百分率もそれぞれのせてある。

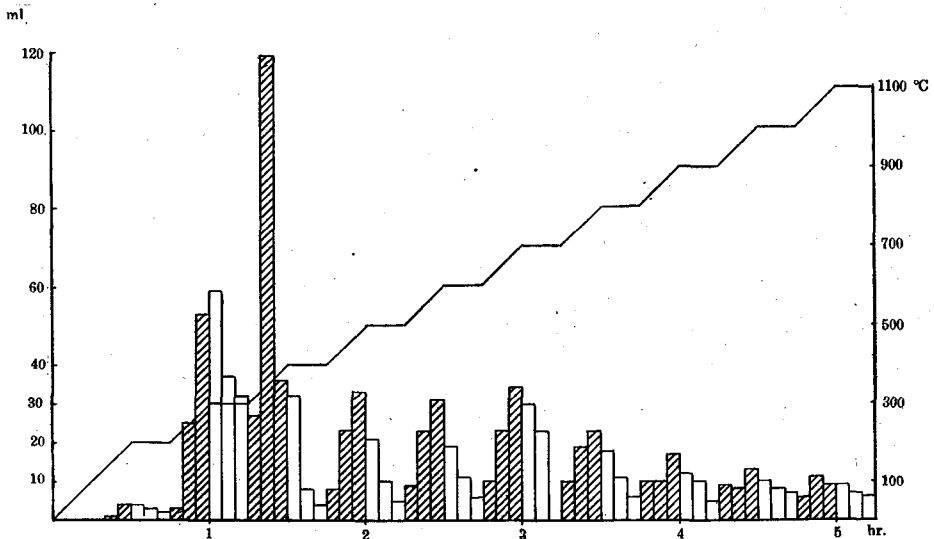
第 9 圖はガスの 5 分ごとの発生量 (cc) をしめたもので、その温度まで上昇する 15 分間はこれを斜線でしめし、その温度に保持している 15 分間との合計 30 分間すなわち 100°C ごとの発生量は第 10 圖のカーブでこれをしめしてある。

第 11 圖は第 10 表の上半部にかかげてある各炭化温度に相當する CO, C_mH_n, CH₄, H₂, CO₂ 各ガスの變化をあらわしたものである*。

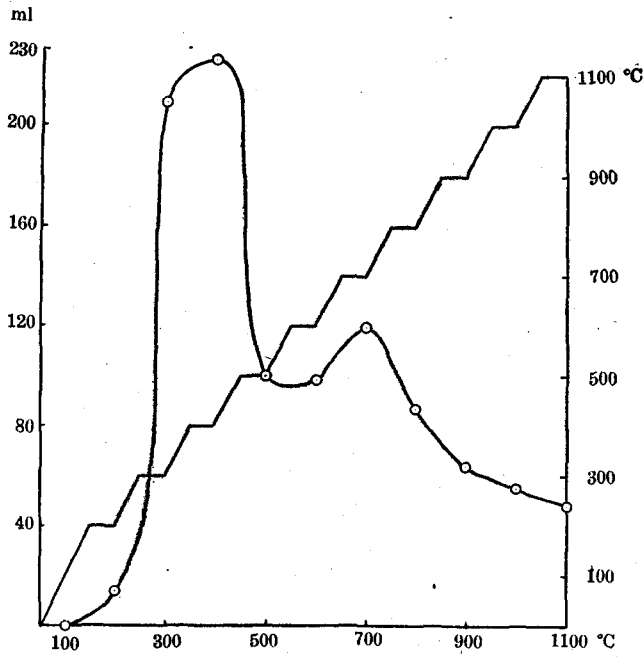
*実験装置の都合上、ガスの一部は空氣で置換されるため、各温度段階において発生したガスの組成は實際の組成と異なることに注意せねばならぬ。

第9表 5分ごとのガス量
Table 9. Volume of Gas for 5 Minutes

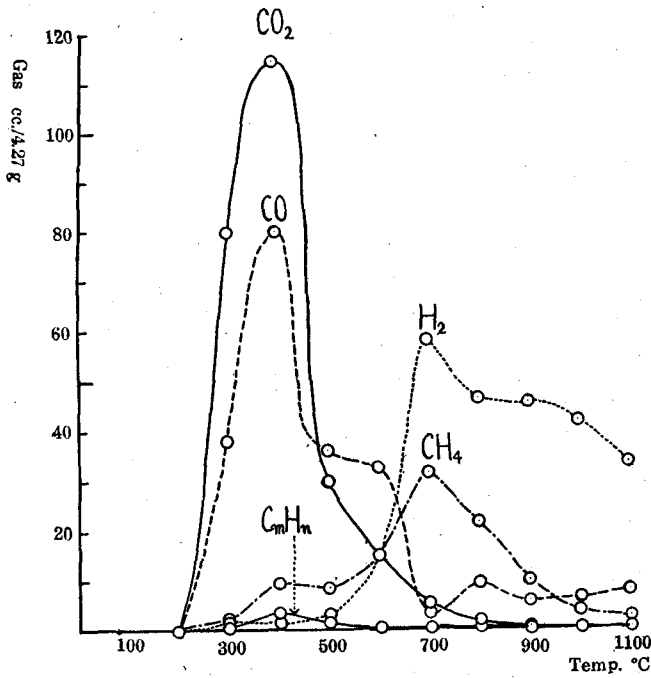
炭化温度 °C Temp.	上昇期 Raising Stage			小計	保持期 Maintaing Stage			小計	計 Total	累計	
	1~ 5分	6~ 10分	11~ 15分		16~ 20分	21~ 25分	26~ 20分				
I ~ 200	0	1	4	5	4	3	2	9	14	14	
II ~ 300	3	25	53	81	59	37	32	128	209	223	
III {	~ 400	27	119	36	182	32	8	4	44	226	449
	~ 500	8	23	33	64	21	10	5	36	100	549
IV {	~ 600	9	23	31	63	19	11	6	36	99	648
	~ 700	10	23	34	67	30	23	0	53	120	768
V {	~ 800	10	19	23	52	18	11	6	35	87	855
	~ 900	10	10	17	37	12	10	5	27	64	919
~ 1000	9	8	13	30	10	8	7	25	55	974	
~ 1100	6	11	9	26	9	7	6	22	48	1022	
平均	9.2	26.2	25.3	60.7	21.4	12.8	7.3	41.5	102.3		
I 期	0	1	4	5	4	3	2	9	14	14	
II 期	3	25	53	81	59	37	32	128	209	223	
III 期	17.5	71.0	34.5	123	26.5	9	4.5	40	163	549	
IV 期	9.7	21.7	29.3	60.7	22.3	15.0	4.0	41.3	102	855	
V 期	7.3	9.7	13.0	31.0	10.3	8.3	6.0	24.7	55.7	1022	



第9圖 5分ごとのガス量
Fig. 9. Volume of Gas for each 5 Minutes



第10圖 100°Cごとのガス量
Fig. 10. Volume of Gas for each 100°C



第11圖 ガスの變化
Fig 11. Changes of Gas

第10表 ガ ス 量
Table 10. Volume of Gas (cc/g)

炭化温度 °C Temp.	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	
ガ ス 量 Observed Volume	29	215	230	104	102	124	91	68	57	51	
ガ ス 膨 脹 量 Volume expanded	15	6	4	4	3	4	4	4	2	3	
實 際 ガ ス 量 Real Volume	14	209	226	100	99	120	87	64	55	48	
100°C よりの ガ ス 量	CO	0	38.0	79.8	35.9	32.6	3.5	9.6	5.8	6.3	7.7
	C _m H _n	0	0.4	3.6	1.5	0.4	0.5	0.5	0.0	0.2	0.3
	CH ₄	0	2.5	9.7	8.7	15.3	31.8	21.7	9.8	3.8	2.4
	H ₂	0	1.8	1.6	3.2	15.7	58.1	46.3	45.4	41.8	33.3
	CO ₂	0	79.8	114.3	29.7	15.2	5.6	2.0	0.6	0.2	0.5
	N ₂	11.1	71.1	13.6	20.2	18.9	19.7	6.3	2.2	2.4	3.5
	O ₂	2.9	15.4	3.4	0.8	0.9	0.8	0.6	0.2	0.3	0.3
	14	223	449	549	648	768	855	919	974	1022	
積 算 ガ ス 量	CO	0	38.0	117.8	153.7	186.3	189.8	199.4	205.2	211.5	219.2
	C _m H _n	0	0.4	4.0	5.5	5.9	6.4	6.9	6.9	7.1	7.4
	CH ₄	0	2.5	12.2	20.9	36.2	68.0	89.7	99.5	103.3	105.7
	H ₂	0	1.8	3.4	6.6	22.3	80.4	126.7	172.1	213.9	247.2
	CO ₂	0	79.8	194.1	223.8	239.0	244.6	246.6	247.2	247.4	247.9
	N ₂	11.1	82.2	95.8	116.0	134.9	154.6	160.9	163.1	165.5	169.0
	O ₂	2.9	18.3	21.7	22.5	23.4	24.2	24.8	25.0	25.3	25.6

ガスの発生量についてみると、200°Cまではほとんど発生せず200~400°Cの間に分解はもつとも盛んで全量の40%強を生じ500~800°Cの間にさらに40%を増し以後、しだいに減つてゆく、すなわち200°Cと300°Cの間に大量のガス(全ガス量の20%)が発生し、つづいて300°Cと400°Cのあいだには全期間中の最大量(全ガス量の22%)が発生した。500°Cまで、600°Cまでの各100°C間隔のガス量は著しく減つて全ガス量の10%ずつであるが600°Cから700°Cまでにはさらに一つのピークをつくる。この傾向はLEBEAU⁹⁾らの実験結果ともよく一致した。のち次第に減少して1000°Cから1100°Cまでには全ガス量の4%が発生するのみである。

第11表 ガスの組成 (%)
Table 11. Composition of Gas

炭化温度 °C Temp.		200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
1000I ごとの ガスの 組成	CO	0	18.2	35.3	35.9	32.9	2.9	11.0	9.0	11.4	16.0
	C _m H _n	0	0.2	1.6	1.5	0.4	0.4	0.6	0.0	0.3	0.7
	CH ₄	0	1.2	4.3	8.7	15.5	26.5	25.0	15.3	7.0	4.9
	H ₂	0	0.8	0.7	3.2	15.9	48.4	53.2	70.9	76.1	69.4
	CO ₂	0	38.2	50.6	29.7	15.3	4.7	2.3	1.0	0.3	1.0
	N ₂	79.1	34.0	6.0	20.2	19.1	16.4	7.2	3.5	4.3	7.3
	O ₂	20.9	7.4	1.5	0.8	0.9	0.7	0.7	0.3	0.6	0.7
N ₂ O ₂ を のぞいた とき	CO	0	31.1	38.2	45.5	41.1	3.5	11.9	9.4	11.9	17.4
	C _m H _n	0	0.3	1.7	1.9	0.5	0.5	0.6	0.0	0.3	0.7
	CH ₄	0	2.1	4.7	11.0	19.4	31.9	27.2	15.9	7.4	5.3
	H ₂	0	1.4	0.7	4.0	19.9	58.4	57.8	73.7	80.1	75.5
	CO ₂	0	65.1	54.7	37.6	19.1	5.7	2.5	1.0	0.3	1.1
積算 の ガス の 組成	CO	0	17.2	26.2	28.0	28.8	24.7	23.4	22.3	21.7	21.4
	C _m H _n	0	0.2	0.9	1.0	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7
	CH ₄	0	1.1	2.7	3.8	5.6	8.8	10.3	10.8	10.6	10.4
	H ₂	0	0.8	0.8	1.2	3.4	10.5	14.8	18.8	22.0	24.2
	CO ₂	0	35.7	43.2	40.8	36.9	31.8	28.9	26.8	25.4	24.3
	N ₂	79.1	36.8	21.3	21.1	20.8	20.2	18.9	17.8	17.0	16.5
	O ₂	20.9	8.2	4.9	4.1	3.6	3.2	2.9	2.7	2.6	2.5
N ₂ O ₂ を のぞいた とき	CO	0	31.3	35.6	37.4	38.1	32.2	29.8	28.1	27.0	26.4
	C _m H _n	0	0.4	1.2	1.3	1.2	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9
	CH ₄	0	2.0	3.6	5.1	7.4	11.5	13.2	13.6	13.2	12.8
	H ₂	0	1.5	1.1	1.6	4.5	13.7	19.1	23.6	27.3	29.9
	CO ₂	0	64.8	58.5	54.6	48.8	41.6	36.9	33.7	31.6	30.0

さらにこれを細分して5分間ごとの発生量を見ると、10例のうち7例までは、ピークは上昇時の最後の5分間にあり、のち次第に減少する。また保持時間の最後の5分間に発生するガス量は1例をのぞけば0~7ccで炭化分解はそれほど急速に行われていないことを物語っている。ただし200°Cから300°Cまでのときの最後の5分間には32ccが発生し、炭化はまだかなり急速に進行していた。またこの10個の山をみて気づくことは300°Cから400°Cまでの最大ピークを境にしてピークの高さは次第に低くなり、5分ごとのガス発生量は温度が高くなるにつれて比較的差が少ない傾向にある。

つぎにガスの組成を見ると、炭化の盛んな300~500°CまではCO₂が主で、CO₂とCO

が大部分をしめている (その含量は 96~83%)。600°C に至つて CO₂ はかなり減少し、CO が最大となり、H₂ と CH₄ の量が次第に多くなつてくる。700°C ではその主成分は H₂ と CH₄ とに變り、その 90% をしめ明瞭なピークをつくつている。以後 1100°C にいたるまで H₂ が大部分 (74~80%) で、CH₄ は次第に少なくなる。CO が 1100°C までかなりの割合 (10~17%) をしめていることが注目に値する。

1100°C までに出た全ガス量中で最大の割合をしめたのは CO₂ と H₂ でおおの 30% ずつであり、ついで CO の 26%、CH₄ は 13%、C_mH_n は 1% にすぎなかつた。(ここでの百分率は、すべて N₂、O₂ をのぞいた容積百分率である)

また重量百分率では CO₂ がもつともおおくて 56.1%、CO がこれにつき 31.6%、CH₄ は 8.7%、H₂ は 2.5%、C_mH_n は僅かに 1.1% にすぎなかつた。

摘 要

絶乾ミズナラ木材片 (1×1×7 cm) を電氣爐中で炭化して 1100°C まで 100°C きざみの木炭をつくり、木炭、溜出液、ガスの収量、収縮率、木炭の性質 (容積重、灰分、炭素、水素、ヨード吸着力、ガスの發生量と組成などが炭化温度とともに、どのように變化するかを追究した。

その結果の要約は第 12 表のようである。これによると

1) 木炭の収量は 400°C まで急速に減少して 34% となり、その後次第に減少して 700°C で 26%、1100°C で 25% となる。

溜出液は 500°C までにほとんど溜出してその収量は 51% に達し、その後 1100°C まで變化は少ない。

ガスの収量は 700°C まで次第に増大して 23% に達し、その後變化はすこぶる少ない。

2) 木炭の収縮率は切線方向がもつとも大きく半径方向がこれにつき、纖維方向は最小である。

容積残存率は 400°C まで急速に低下して 49% となり、その後は變化少なく 700°C で 36%、1100°C で 30% となる。

3) 容積重は 500~600°C までは漸減し 0.46 を最低としてその後は炭化温度の上昇とともに大となり 1100°C で 0.55 となつた。

4) 炭素は 600°C までかなり速やかに増大して 89% となり、以後しだいに増加して 96% に至る。

水素は木材の 6% より低下して 1100°C で 0.53% となる。C/H 率は 8 より漸増して 181 に至る。

5) ヨード吸着は 400°C で谷をつくり、600~800°C で吸着力は大きく、1000~1100°C

ではきわめて小さい。

6) ガス発生量は 400°C までにかなり多量のガス (44%) を発生し, 700°C で一つのピークをつくる。

ガスの組成は 600°C までは CO_2 と CO が大部分であつたが 700°C 以降は H_2 がおきかわつて首位をしめた。1100°C までの全ガスのうち, CO_2 と H_2 がおのおの 30% ずつであり, CO は 26%, CH_4 は 13%, C_mH_n は 1% にすぎなかつた。

第 12 表 木材炭化温度と生成物
Table 12. Wood Carbonization Temperature and the Products

炭化温度°C Temp.	105	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
収量 Yield %											
木炭 Charcoal	100.0	99.2	66.5	34.0	29.5	27.7	25.8	25.6	25.1	25.1	24.7
溜出液 Distillate	0	0.2	25.9	49.4	51.1	51.3	51.0	50.7	51.5	51.7	51.0
ガス Gas	0	0.6	7.6	16.6	19.4	21.0	23.2	23.7	23.4	23.2	24.3
収縮 Shrinkage % air-dry basis											
切線方向 Tangential		5.7	17.1	30.2	33.2	35.6	36.5	38.9	40.0	41.3	41.7
半径方向 Radial		3.2	8.2	21.1	25.5	25.5	29.8	31.7	32.3	32.1	35.4
繊維方向 Longitudinal		0.4	0.4	10.6	13.1	16.8	19.0	21.0	21.2	22.3	21.5
容積残存率 Relative Volume		90.9	75.9	49.3	43.3	40.0	36.4	33.1	32.1	31.0	29.7
木炭の容積量 Volume Weight		0.739	0.609	0.470	0.463	0.474	0.494	0.536	0.538	0.542	0.550
木炭の組成 Ultimate Analysis of Charcoal											
灰分 Ash	0.33	—	0.67	0.85	1.08	1.16	1.25	1.26	1.66	1.58	1.42
炭素 Carbon	48.86	—	55.79	71.81	80.66	89.12	92.06	93.51	94.39	94.77	96.18
水素 Hydrogen	5.96	—	5.28	3.03	2.92	2.54	1.70	1.19	0.90	0.58	0.53
酸素 Oxygen	44.85	—	38.26	24.31	15.34	7.18	4.99	4.04	3.05	3.07	1.87
C/H 率 Ratio	8	—	11	24	28	35	54	79	105	163	181
C/O 率 Ratio	1	—	1	3	5	12	18	23	31	31	51
ヨード吸着 g/g Iodine Adsorption	0.280	0.280	0.256	0.087	0.234	0.448	0.433	0.407	0.145	0.023	0.023
ガス発生量 cc/4.27g Volume of Gas		14	209	226	100	99	120	87	64	55	48
		14	223	449	549	648	768	855	919	974	1022
ガスの組成 Vol. % Composition of Gas											
CO		0	31.1	38.2	45.5	41.1	3.5	11.9	9.4	11.9	17.4
C_mH_n		0	0.3	1.7	1.9	0.5	0.5	0.6	0.0	0.3	0.7
CH_4		0	2.1	4.7	11.0	19.4	31.9	27.2	15.9	7.4	5.3
H_2		0	1.4	0.7	4.0	19.9	58.4	57.8	73.7	80.1	75.5
CO_2		0	65.1	54.7	37.6	19.1	5.7	2.5	1.0	0.3	1.1

文 献

- 1) 福山伍郎・里中聖一: 木材炭化物の性質. 北海道大學農學部演習林研究報告 第16卷, 第2號, 281頁 昭和28年(1953).
 FUKUYAMA G. & SATONAKA S.: Properties of carbonized substances. Research Bulletins of the College Experiment Forests, College of Agriculture, Hokkaido University Vol. XVI, II: 281 (1953).
- 2) 福山伍郎・里中聖一: 白炭, 黒炭, 伏燒炭の性質. 北海道大學農學部演習林研究報告 第16卷, 第2號, 298頁 昭和28年(1953).
 FUKUYAMA G. & SATONAKA S.: Properties of Shirozumi charcoal, Kurozumi charcoal and Fuseyakizumi charcoal. Research Bulletins of the College Experiment Forests, College of Agriculture, Hokkaido University Vol. XVI, II: 298 (1953).
- 3) 栗山 旭: 木材炭化現象に關する研究. (第1報) 炭化過程に於ける二, 三物理的性質の變化に就いて. 第59回日本林學會大會講演集, 318頁 昭和26年(1951).
 KURIYAMA A.: Studies on carbonization phenomena of wood (I) On the change of some physical properties of wood in the course of carbonization. Transactions of the 59 th Meeting of the Japanese Forestry Society. 318 (1951).
- 4) 竹森 喬: 木材炭化に關する研究. (第1報) 特に生材乾溜過程に於ける炭化生産物の物理的性質の變化について. 静岡農科大學研究報告, 2, 62 (昭和26年) (1951).
 TAKEMORI T.: Studies on Carbonization of Wood I: With special reference to the change of physical properties of carbonization products in the course of destructive distillation of green wood. Bulletin of the Shizuoka Agricultural College. 2, 62 (1951).
- 5) 竹森 喬: 木材炭化に關する研究. (第2報) 特に生材乾溜過程に於ける炭化生産物の物理化學的性質の變化について. 静岡大學農學部研究報告, 1, 90 (昭和26年) (1951).
 TAKEMORI T.: Studies on Carbonization of Wood II: With special reference to the change of physical and chemical properties of carbonization products in the course of destructive distillation of green wood. Reports of the Faculty of Agriculture, Shizuoka University, Iwata, Japan. No. 1, 90 (1951).
- 6) 松原卓二: 木材炭化に於ける溫度の影響. 岐阜高等農林學校學術報告, No. 50, 65 (1943).
 MATSUBARA T.: Ueber den Temperatureffekt bei der Holzverkohlung.
- 7) KLASON, P. & BERGH Å.: Undersökningar rörande träkolets kemiska sammansättning och egenskaper. Arkiv för Kemi. Mineralogi och Geologi. Band 3. No. 23, 9 (1909).
- 8) KLASON, P. & BERGH Å.: ibid. 49 (1909).
- 9) LEBEAU, P., MARMASSE, P., MICHEL, M. R., & VIEL G.: Ann. combustibles liquides 10. 1027~76 (1953). C. A. 30 2359^g (1936). 芝本武夫・栗山 旭 (SHIBAMOTO T. & KURIYAMA A.): 木材炭化. 23, 朝倉書店, 東京, 昭和27年(1952)より
- 10) 古川淳二 (FURUKAWA, J.): ガスの製造法及び精製法. 化學實驗學, 基本操作篇 I. 389, 河出書房, 東京 (1940).
- 11) 太秦康光 (UZUMASA, Y.): 分析化學. 326, 産業圖書株式會社, 東京 (1947).
- 12) 松井明夫 (MATSUI, A.): 瓦斯分析法. 87, 丸善出版株式會社, 東京 (1946).
- 13) 田中芳雄・安藤一雄 (TANAKA, Y. & ANDO, K.): 標準化學工業試驗法. 上卷, 190, 丸善出版株式會社, 東京 (1950).
- 14) 芝本武夫・栗山旭 (SHIBAMOTO T., & KURIYAMA A.): 木材炭化. 朝倉書店, 東京, 昭和27年(1952).

- 15) 三宅 勇・杉浦銀治：炭化過程に於ける木材の収縮に就いて。日本林學會誌, **32**, 244, 昭和25年(1950).
 MIYAKE I., & SUGIURA G.: On the contraction of wood in the course of carbonization. The Journal of the Japanese Forestry Society. **32**, 244 (1950).
- 16) 岸本定吉・古谷剛・雲林院源治：木炭の電気抵抗による品質の判定に就いて。日本林學會誌, **33**, 144 昭和26年(1951).
 KISHIMOTO S., FURUYA T. & UNRININ G.: On the decision of qualities of charcoal by the electric resistance. The Journal of the Japanese Forestry Society. **33**, 144 (1951),
- 17) KLASON, P., HEIDENSTAMM G. & NORLIN E.: Untersuchungen zur Holzverkohlung. Zeitschrift für angewandte Chemie. **23**, 1252 (1910).
- 18) 右田伸彦 (MIGITA N.): パルプ及び製紙工業試験法. 126, 昭和18年(1943).
- 19) 西田屹二 (NISHIDA K.): 木材化学工業. 上巻, 468, 昭和21年(1946).
- 20) SCHUSTER, F.: Holz im Rahmen der Brennstoffveredlung und Triebstoffgewinnung. Brennstoff-Chemie. **18**, 1 (1937).
- 21) MERRITT R. W. & WHITE A. A.: Partial pyrolysis of wood. Ind. Eng. Chem. **35**, 297 (1943).

Summary

Oven-dry test pieces ($1 \times 1 \times 7$ cm) of Mizunara oak (*Quercus crispula* Bl.) were carbonized in an electric furnace at 100°C intervals (100°C , 200°C , 1100°C).

The yields of charcoal, distillate and gas; the shrinkage of test pieces; the properties of charcoal (volume weight; ash, carbon, hydrogen and oxygen content; iodine adsorption); the volume and composition of gas were observed.

The results are summarized in Table 12.

1) The yield of charcoal decreases rapidly till 400°C , then attains to 25% at 1100°C . Almost all the distillate is produced below 500°C (51%). The yield of gas varies rapidly and attains to 23% at 700°C (Fig. 4).

2) The shrinkage of test pieces is the largest in tangential direction, then radial; it is the smallest in longitudinal. Relative volume decreases rapidly till 400°C (49%) and attains to 30% at 1100°C (Fig. 5).

3) Volume weight shows the minimum value at $500\sim 600^\circ\text{C}$ (Fig. 6).

4) Carbon content increases rapidly till 600°C (89%) and attains to 90% at 1100°C . Hydrogen content attains to 0.53% at 1100°C and C/H ratio varies from 8 to 181 (Fig. 7).

5) Iodine adsorptive capacity is low at 400°C , high at $600\sim 800^\circ\text{C}$ and the lowest at $1000\sim 1100^\circ\text{C}$ (Fig. 8).

6) A considerably large amount of gas (44% of all gas) is produced below 400°C and one low peak is seen at 700°C again (Fig. 9).

The main part of gas was CO_2 and CO below 600°C , then H_2 . The composition of all gas was as follows; CO_2 and H_2 , 30% respectively, CO 26%, CH_4 13% and C_mH_n only 1% (Fig.11).