HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	木材炭化の基礎的研究
Author(s)	里中, 聖一; SATONAKA, Seiichi
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 22(2), 609-814
Issue Date	1963-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/20827
Type	departmental bulletin paper
File Information	22(2)_P609-814.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

木材炭化の基礎的研究

里中聖一*

Fundamental Study on Wood Carbonization

By

Seiichi SATONAKA

目　次

序　言 …… 611
研究史 …… 612
I. 木材炭化温度の炭質におよぼす影響 …… 613
A. 試　料 …… 614
B. 実験装置と炭化の方法 …… 615
C. 実験方法と結果と考察 …… 617
i. 木炭・留出液・ガスの収量 …… 617
ii. 炭化過程における試料の収縮 …… 618
iii. 炭化過程における木炭の性質の変化 …… 620
a) 容積重 …… 620
b) 灰分と炭素・水素・酸素 …… 621
c) ヨード吸着 …… 622
d) 水蒸気吸着 …… 623
e) 発熱量 …… 625
f) 湿式酸化 …… 627
g) X線試験 …… 630
iv. 炭化過程におけるガスの発生量とその組成 …… 632
II. 北海道産主要樹種の炭材ならびに燃料としての理化学的性質 …… 634
A. 試　料 …… 634
B. 容積重 …… 639
C. 発熱量 …… 643
D. 化学的組成 …… 651
i. 実験方法 …… 651
ii. 結　果 …… 652
iii. 考　察 …… 653
a) 灰　分 …… 653

* 里中聖一：北海道大学農学部林産学科　助教授　林学博士
S. SATONAKA: Assistant Professor, Doctor of Forestry, Institute of Forest Products, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

b) アルコール・ベンゼン抽出物 …… 653
c) 冷水抽出物 …… 653
d) 温水抽出物 …… 664
e) 1% カセイソーダ抽出物 …… 664
f) 全ペントザンとメチル・ペントザン …… 664
g) CROSS-BEVAN セルロースと α-セルロース …… 665
h) ホロセルロース …… 666
i) リグニン …… 666
E. 発熱量と化学的組成の関係 …… 666
III. 日本産木炭の諸性質 …… 672
A. 試料 …… 672
B. 調査実験方法 …… 675
C. 結果 …… 758
i. 炭ガマの構造と製炭時間 …… 678
a) 白炭ガマ …… 678
b) 本州・四国・九州の黒炭ガマ …… 682
c) 北海道の黒炭ガマ …… 686
ii. 木炭の性質 …… 692
a) 白炭 …… 692
b) 本州・四国・九州の黒炭 …… 704
c) 北海道の黒炭 …… 728
d) X線試験による木炭の結晶構造 …… 758
D. 考察 …… 758
i. 炭ガマの構造と製炭時間 …… 758
ii. 木炭の性質 …… 761
a) 年輪密度 …… 761
b) 硬度 …… 761
c) 精れん度 …… 770
d) 容積重 …… 770
e) 水分 …… 771
f) 揮発分と固定炭素 …… 771
g) 灰分 …… 778
h) 炭素と水素 …… 778
i) 発熱量 …… 779
j) ヨード吸着 …… 779
k) X線試験 …… 794
iii. 各性質の間の関係 …… 794
要結 …… 799
文献 …… 805
Summary …… 809

序　言

日本において主に燃料として用いられている木炭と木材の量はきわめて大きく，昭和34年（1959年）に生産された木炭は153万t[85]，普通マキは785万層積m^3[85]である。F. A. Oの1957年の統計によれば，世界の木炭総生産量のうち，日本はその1/3を生産し，世界第1位を占めている[48]。わが国はこのように大量の木炭を生産しているばかりでなく，その炭質もすこぶるすぐれており，備長炭・佐倉炭・池田炭に比する木炭は世界のどこにもない[48]といわれている。

しかしながら木材炭化温度の炭質におよぼす影響，ならびに炭材や燃料としての木材と木炭の基礎的性質の解明は，まだきわめて不充分である。すなわち木材炭化温度の炭質におよぼす影響は，研究者によって炭化の条件がことなり，しかも実験項目は少数で，部分的断片的なものがおおいから既往の研究の成果はたがいに結びつかず，したがって木材炭化の現象をあきらかにするためには，各方面よりの総合的な研究の必要が痛感される。また北海道の主要木材の発熱量はほとんど測定されておらず，また発熱量におよぼす化学的組成分の影響も憶測の域をでていない。さらに日本の木炭の性質についても，全国より木炭を計画的に採集した研究は皆無であり，性質の研究にあたっての測定・分析項目も少数の報告がほとんどであるから，その概要をつかむことも困難な状態にある。

目的にかなった優良な木炭を生産する上からも，炭材および燃料としての木材また木炭を合理的，集約的に利用する上からも，木材炭化温度の炭質におよぼす影響や，木材と木炭の性質に関する詳細な知識をもっていなければならぬことは論をまたない。筆者らは木材炭化に関する一連の研究[23~25,31~34,110~114]をおこなってきたが，この研究は上記の諸点をあきらかにするためにおこなったものである。

本論文は第Iに，ミズナラを原料として電気炉中で1,100℃まで100℃きざみの木炭をつくり，木炭・留出液・ガスの収量，試料の収縮，木炭の諸性質，ガスの発生量とその組成などが，炭化温度の上昇とともにどのように変化するかを総合的に詳細にあきらかにした。第IIに北海道産のほとんどの主要樹種をふくむ75種（針葉樹12種，広葉樹59種，ツル植物4種）を全道各地より採集し，炭材としてきわめて重要な性質である容積重を測定し，もっとも正確な発熱量測定方法の一つとされているBERTHELOT-MAHLERの熱量計によってその発熱量を測定し，さらに木材分析をおこない，発熱量と化学的組成との関連を究明した。第IIIに全国を北海道・東北・関東・中部・近畿・中国・四国・九州の8ブロックにわけ，木炭生産量を基準として代表県をえらびだし，直接現地に入って炭ガマの種類，大きさ，製炭方法などを調査の上，白炭67種，本州・四国・九州の黒炭114種，北海道の黒炭142種，計323種を採集した。つづいて木炭の諸性質をあきらかにし，白炭と

黒炭の特異点，本州・四国・九州の黒炭と北海道の黒炭の相違をあきらかにし，また諸性質間の相互の関連性について究明した。

この論文の作成にあたり，御懇篤な御指導を賜わった北海道大学農学部教授理学博士半沢道郎氏に深甚の謝意を表する。種々御指導くださった林学博士福山伍郎氏，X線試験にさいし御教示をいただいた東京大学理学部化学教室高橋浩氏，X線装置使用の便宜をあたえられた北海道大学工学部教授工学博士渡辺貞良氏，また御援助くださった北海道大学農学部助教授農学博士川瀬清氏，同助手農学博士氏家雅男氏，さらに試料採集にあたり御厚意をいただいた各県，北海道，道内各営林局，北大演習林その他の関係各位にたいし深謝の意を表する。

研　究　史

木材炭化について総括して記載したものには，KLAR[51] (1921), BUNBURY[13] (1923), SCHORGER[115] (1926), BUGGE[12] (1927), 宇野[148] (1935), 三浦[68] (1937), 三浦・西田[77] (1938), HÄGGLUND[28] (1939), 小林[54] (1939), 三浦[70] (1943), WISE[151] (1946), 中塚[84] (1949), 右田[63] (1950), 木材工業便覧[106] (1952), 芝本・栗山[119] (1952), WISE・JAHN[152] (1952), 木材工業ハンドブック[107] (1958) などがある。

乾留実験による木炭・留出液・ガスの収量などについて研究したのは，CHORLEY・RAMSAY[14] (1892) が最初であり，つづいて KLASON[52] (1909) は炭化温度を 200°～1,100°C まで変化させて木炭の収量を調べた。このほか KLASON・HEIDENSTAMM・NORLIN[53] (1910), HEUSER・BRÖTZ[36] (1925), DUPONT[16] (1931), LEBEAU[58] (1935), SCHUSTER[116] (1937), KATZEN・MULLER・OTHMER[44] (1943), 栗山[56] (1951) などの報告がある。木材の炭化による収縮については三浦・内藤[73] (1935), 松原[59] (1943), 三宅・杉浦[78] (1950), 栗山[56] (1951), などの報告があり，容積重については三浦・西田[76] (1921), 西田・高木・深水[94] (1929), 三浦・内藤[73] (1935), 栗山[56] (1951), 福山・里中[23,24] (1953) などの結果がある。

木炭の元素組成については，KLASON[52] (1909), 西田・高木・深水[94] (1929), DUPONT[16] (1931), SCHUSTER[116] (1937), 福山・里中[23,24] (1953) などの研究があり，木炭の吸着力に関しては三浦[65] (1920), 福山[21] (1928), 福山・里中[23,24] (1953) の報告がある。また木炭の水蒸気吸着については三浦・西田[76] (1921), 岡沢[102] (1928), 賀田[43] (1930) の研究があり，木炭の発熱量に関しては DUPONT[16] (1931), 栗山[56] (1951) は 500°C 附近で炭化した木炭は最大の発熱量をもつとしている。

木炭の湿式酸化による反応性の研究については BLAYDEN・RILEY[9] (1935), 鮫島ら[109] (1948), 赤松・高橋・田丸[4] (1950), 内藤・岸本[80] (1952), 岸本[47] (1953), 里中[110] (1956) の報告がある。

また木炭類の構造をX線的に究明した報告は DEBYE・SCHERRER[15] (1917) にはじまり，浅原[6] (1923)，HOFMANN・HOFMANN[37] (1926)，大島・福田[103] (1929) の報告があり，BLAYDEN・RILEY・TAYLOR[10] (1939) はセルロースを 400°～1,300°C に加熱して結晶子の大きさの変化を観察し，a 軸，すなわち網平面は 9.5 Å から 21.1 Å へとしだいに大きくなってゆくが，c 軸，すなわち結晶子の高さはあまり変化がない (9.2～11.5 Å) と報告した。このほか鮫島ら[109] (1948)，赤松・高橋・田丸[4] (1950)，岸本・内藤・河野[50] (1952)，岸本[47] (1953)，福山・里中[23,24] (1953)，里中[113] (1959) らの研究がある。

木材の熱量を正確に測定したのは GOTTLIEB[27] (1883) にはじまり，PARR・DAVIDSON[105] (1922)，KRISHNA[55] (1931)，三浦[66] (1933)，里中[111] (1957)，川瀬・氏家・戸坂[46] (1959) などの報告がある。

また北海道産木材と同一種類の木材の化学的組成に関しては，SCHWALBE・BECKER[117] (1919)，森岡・山近[79] (1921)，中村[81] (1923)，小沢[104] (1924) につづき，上田ら[140~147] (1925～38) の一連の報告があり，RITTER・FLECK[108] (1926)，辻[135] (1927)，厚木・久保[7] (1927) の研究のあと，辻[136] (1928) は広葉樹 51 種，針葉樹 12 種の分析をおこなった。三浦ら[69,71,72,75] (1931～39)，中村[82] (1932) のあと，志方ら[120~129] (1932～38) も多数の実験をつづけ，福山[22] (1934)，穴戸ら[5] (1935) についで，西田ら[89~93,95~99] (1935～46) も継続的研究をおこない，さらに SCHWALBE・HOMBURG・ENDER[118] (1936)，石原・鷲見[39] (1936)，福田ら[17~19] (1937～39)，中塚[83] (1937)，伊藤[41] (1937)，島口[130] (1938)，朴[11] (1938)，MCMILLEN[61] (1938)，日本学術振興会[86] (1938)，福渡[20] (1939)，内田[137] (1939)，早川[35] (1939)，伊藤[40] (1940)，上代[42] (1940)，内田ら[139] (1941)，四宮[131] (1941)，川瀬[45] (1958)，川瀬・氏家・戸坂[46] (1959) などの研究が続々と発表された。

最近，里中・鷲尾[114] (1959) は木材の各組成分の熱量を測定して，木材の熱量と化学的組成の関係を究明した。

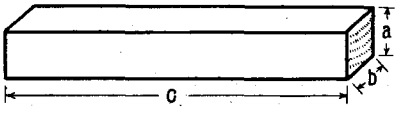
炭ガマの構造・製炭操作については三浦[67] (1933)，内田[138] (1952) の著書があり，木炭の性質に関しては，三村[64] (1911)，三浦・内藤[74] (1936)，西田・高木・深水[94] (1929)，高橋[133] (1944)，福山・里中[23,24] (1953) などの報告があり，なかでも西田ら[94] (1929) の研究は，比重・硬度・炭水素・熱量などを測定して，かなり詳細をきわめている。

I. 木材炭化温度の炭質におよぼす影響

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・留出液・ガスの収量，収縮，木炭の性質 (容積重・灰分・炭素・水素・ヨード吸着・水蒸気吸着・発熱量・湿式酸化法による反応性・X線試験による結晶構造)，ガスの発生量とその組成が，炭化温度の上昇とともに，どのように変化するかを究明した。

A. 試　　料

北海道札幌市郊外，定山渓営林署管内，小樽内川経営区もみじ橋附近で道路より100mほど入った傾斜地にたっていた樹高16mのミズナラ (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) で，1949年5月24日，伐採し，地上60～200cmの部分を丸太として研究室に運び気乾にした。地上60cmの断面の大きさは46cm×33cmで，うち心材部の大きさは33cm×22cmであった。この心材部を整形して第1図のように1cm×1cm×7cm (半径方向×切線方向×繊維方向) (a×b×c) の直方体とし，これを試料とした。



第1図　試　　料
Fig. 1.　Sample.

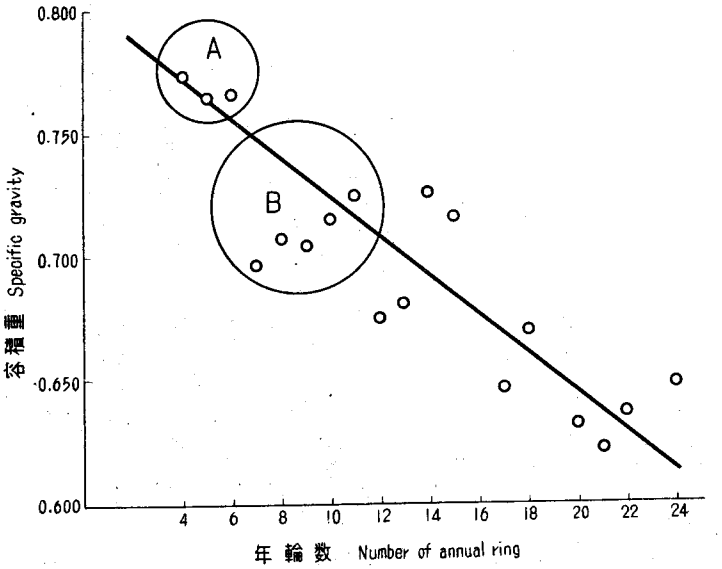
この整形した直方形の試料を長時間，空中に放置して風乾状態とし，キャリパーで各辺の大きさを測定して容積を算出し，重量を測定して容積重をもとめ，両断面における1cm間の年輪数との関係を調べたところ第1表と第2図のようになった。

表の中の年輪数は，両断面の1cm間の年輪数の平均で，第2図からみると，容積重と年輪数の間には大体直線的関係がみられ，年輪の密なほど比重の小さくなることをよく示している。

年輪数の分布状況をみると年輪数5と8の材が一番多く，おのおの9個であった。この実験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，収量などを比較検討しにくいので，年輪数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

第1表　年輪数と容積重との関係
Table 1.　Number of annual ring and specific gravity

	1cm間の年輪数 Number of annual ring	風乾容積重の平均 Average of specific gravity	試料の個数 Number of test pieces	1cm間の年輪数 Number of annual ring	風乾容積重の平均 Average of specific gravity	試料の個数 Number of test pieces
	1	—	0	13	0.681	2
	2	—	0	14	0.727	1
	3	—	0	15	0.716	1
A	4	0.774	4	16	—	0
A	5	0.765	9	17	0.647	2
A	6	0.766	5	18	0.670	1
B	7	0.697	5	19	—	0
B	8	0.708	9	20	0.632	2
B	9	0.705	6	21	0.622	2
B	10	0.716	7	22	0.637	2
B	11	0.725	4	23	—	0
	12	0.675	1	24	0.649	1



第 2 図 年輪数と容積重との関係

Fig. 2. Number of annual ring and specific gravity.

した。第2図をみると円でしめしたAとBに比較的かたまっているので，この部分からAシリーズ年輪数4〜6のもの10箇，Bシリーズ年輪数7〜11のもの9箇を選びだし，炭化の実験を進めることとした。

またこの心材部を機械鉋にかけて鉋屑とし，風乾にしたのち WILEY ミルにかけて粉砕し，80〜100 メッシュの部分をとり木材標準分析法[88] によって分析した結果は第2表のようである。

第 2 表 試料としたナラ材の化学的組成

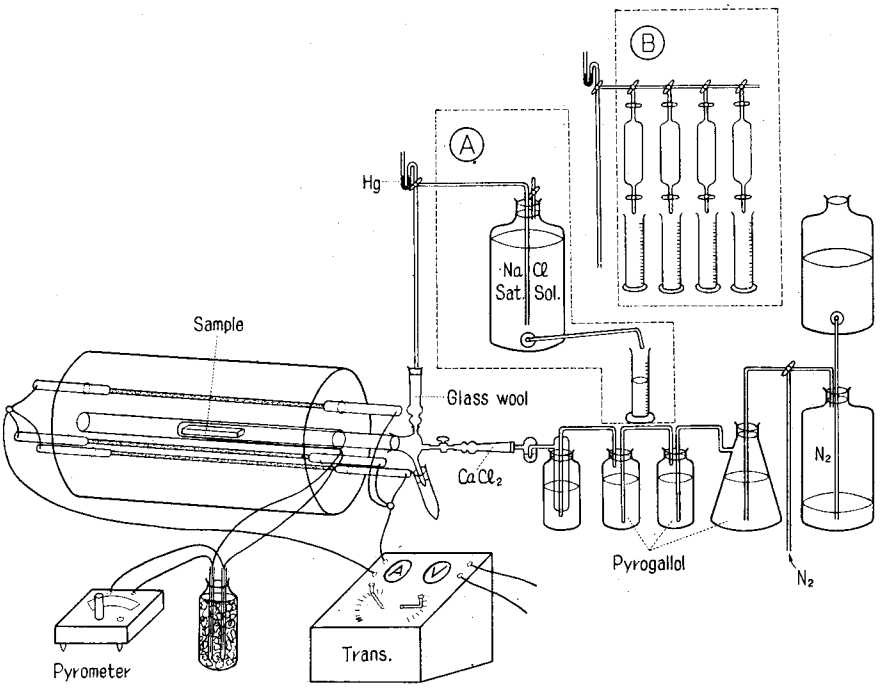
Table 2. Chemical composition of Mizunara oak (Sample) (%)

水分 Moisture	灰分 Ash	抽出物 Extracts				ペントザン Pentosan	メチル・ペントザン Methyl-pentosan	セルロース Cellulose	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				
12.7	0.32	1.5	2.5	4.1	16.8	22.2	1.9	59.6	12.4

B. 実験装置と炭化の方法

実験装置は第3図のようである。

1) 電気炉： 炭化硅素発熱体エレマ (No. 13, 柄部径 1.6 cm×長さ 15 cm, 発熱部径 1 cm×長さ 20 cm) 3 本を等間隔に配置し，炉心管としては外径 32 mm, 内径 25 mm, 長さ 30 cm の硬質磁製管 (燃焼管として市販されているもの) をもちいた。



第3図　実験装置

Fig. 3.　Apparatus.

2)　燃　焼　管：　熱電対の保護管（外径21 mm，内径16 mm）を先端から30 cmのところで切断し，ここに図のようなアダプターをすり合せた。

3)　受　　器：　燃焼管に接続するアダプターの下の出口には小試験管をゴム栓をもちいてとりつけ，木酢液とタールの受器とした。またアダプターの上の出口にはガラス綿をつめたカルシウム用管をとりつけて霧状タールをおさえるようにし，その上に長さ約50 cmのガラス管（冷却用）をつけて，通過したガスを内容5 ℓの飽和食塩水をみたした大型マリオット瓶に導いた。ガラス管の上部には水銀入りのマノメーターをとりつけて装置内の圧力を常に一定に保つことにつとめた。

4)　熱　電　対：　温度測定用の熱電対は白金・白金ロジウム製で，その先端は炉心管と燃焼管の間で電気炉のちょうど中央に，そしてまた供試片のちょうど中央直下にくるように配置した。

5)　酸化防止装置：　窒素を炭化終了後，酸化防止のために装置内に通じ，燃焼管内の気体の収縮をこの窒素で補充することとした。窒素はボンベよりガス貯めにうつし，アルカリ性ピロガロール溶液[60]を通して精製し，調圧瓶で水圧5 cmとして燃焼管内におくりこんだ。調圧ビンの先には計泡器をとりつけ，実験まえに全装置の気密を調べるのに便利なようにした。計泡器とアダプター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，カルシウム管とアダプターとの間にはコックをつけて，炭化中はとじておいた。

試料のナラの木材片は秤量ビンにいれて105°Cの電気乾燥器中で2昼夜乾燥し，絶乾重量と各辺の長さを測定したのち燃焼管の一番奥にいれ，アダプターにグリス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図のように配置し，気密を確かめたのち，コックをとじて温度を徐々にあげて炭化を開始する。炭化速度は最初の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，同温度にたもつことをくりかえし炭化終了後，電気をきって窒素を送りこみながら放冷し，炭化温度200°Cから1,100°Cまでの木炭を各100°Cごとの段階でつくった。

C. 実験方法と結果と考察

i. 木炭・留出液・ガスの収量

炭化温度の上昇につれて，木炭・留出液・ガスの収量がどのように変化するかをあきらかにした。

a) 実験方法： 前記のように放冷し，200°C以下になってから，ガラス綿入りの管，受器，アダプターの順にとりはずし，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ビン中に秤量してある脱脂綿を綿棒，ピンセット，針金などにつけてアダプターの内部，燃焼管の内部などについている木酢液，木タールをふきとり，ふたたびその脱脂綿を秤量ビン中にかえす。つぎに木炭を秤量ビンにうつして秤量し，つづいて留出液の大部分をうけている受器，アダプター，ガラス綿入りの管，燃焼管，脱脂綿入りの秤量ビンをつぎつぎに秤量して，その増量の合計を留出液量とした。絶乾試料にたいする木炭留出液の百分率を算出し，残りをガス量とした。

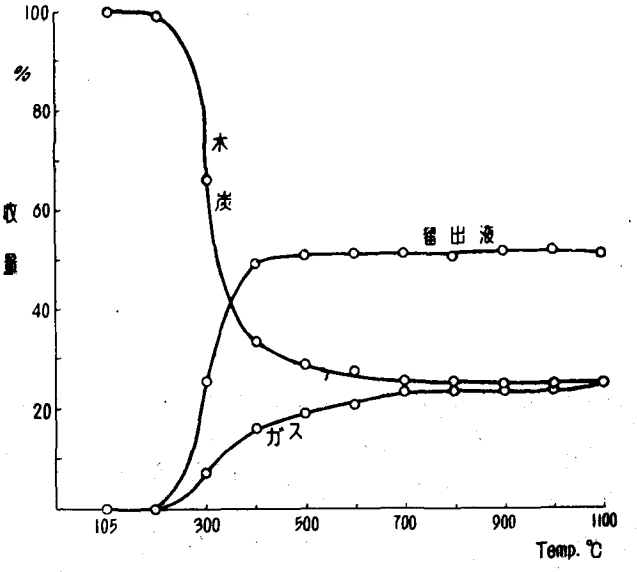
b) 結果と考察： 結果は第3表，第4図のようである。

第3表 木炭・留出液・ガスの収量

Table 3. Yields of charcoal, distillate and gas (%)

炭化温度 °C Carbonization temperature	木炭 Charcoal	留出液 Distillate	ガス Gas	炭化温度 °C Carbonization temperature	木炭 Charcoal	留出液 Distillate	ガス Gas
105	**100.0**	**0**	**0**	700	**25.8**	**51.0**	**23.2**
200	**99.2**	**0.2**	**0.6**	800	**25.6**	**50.7**	**23.7**
300	**66.5**	**25.9**	**7.6**	900	**25.1**	**51.5**	**23.4**
400	**34.0**	**49.4**	**16.6**	1,000	**25.1**	**51.7**	**23.2**
500	**29.5**	**51.1**	**19.4**	1,100	**24.7**	**51.0**	**24.3**
600	**27.7**	**51.3**	**21.0**				

1) 木炭の収量： 200℃に加熱した試料は，ほとんど変化はみとめられなかった。300℃になって木炭の収量は約2/3となり，400℃で1/3となり，その後次第に減少して700℃で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℃では25.8%，1,100℃では24.7%で，その差はきわめて少ない。



第4図　各炭化温度における木炭・留出液・ガスの収量

Fig. 4. Yields of charcoal, distillate and gas at various carbonization temperatures.

2) 留出液の収量：200℃まではほとんど留出せず，300℃までに約1/4，400℃で約1/2が留出し，500℃で僅かにふえて51%となり，以後1,100℃までほとんど変化なく一定であった。つまり，留出液はすべて500℃までに出つくすわけである。

3) ガスの収量： ガスもまた200℃まではほとんど出ず，200℃から300℃までの間に8%のガスを出し，300℃から400℃までにさらに9%のガスを増し，100℃間隔ではこの区間にガスの噴出がもっともおおい。その後の発生ははなはだ少なく，100℃間隔ごとに2～3%ずつを増して700℃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。これはのちほどしめすように800℃以上に出るガスの大部分(74～80%)は水素で比重がはなはだ低いので，重量的収率にほとんど影響しないためである。

ii. 炭化過程における試料の収縮

収縮は木炭の容積に関係し，包装，輸送などに関連する重要な因子で，ここでは炭化温度の上昇にともなって，切線・半径・繊維の3方向の収縮の変化はどうか，また容積はどのくらい収縮するかをあきらかにした。

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3方向を風乾時・絶乾時・炭化終了後の3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

第 4 表　収縮率と容積残存率

Table 4. Shrinkage and relative volume (%)

炭化温度 ℃ Carbonization temperature	収縮率 Shrinkage 切線方向 Tangential	半径方向 Radial	繊維方向 Longitudinal	容積残存率 Relative volume	炭化温度 ℃ Carbonization temperature	収縮率 Shrinkage 切線方向 Tangential	半径方向 Radial	繊維方向 Longitudinal	容積残存率 Relative volume
200	**5.7**	**3.2**	**0.4**	**90.9**	700	**36.5**	**29.8**	**19.0**	**36.4**
300	**17.1**	**8.2**	**0.4**	**75.9**	800	**38.9**	**31.7**	**21.0**	**33.1**
400	**30.2**	**21.1**	**10.6**	**49.3**	900	**40.0**	**32.3**	**21.2**	**32.1**
500	**33.2**	**25.5**	**13.1**	**43.3**	1,000	**41.3**	**32.1**	**22.3**	**31.0**
600	**35.6**	**25.5**	**16.8**	**40.0**	1,100	**41.7**	**35.4**	**21.5**	**29.7**

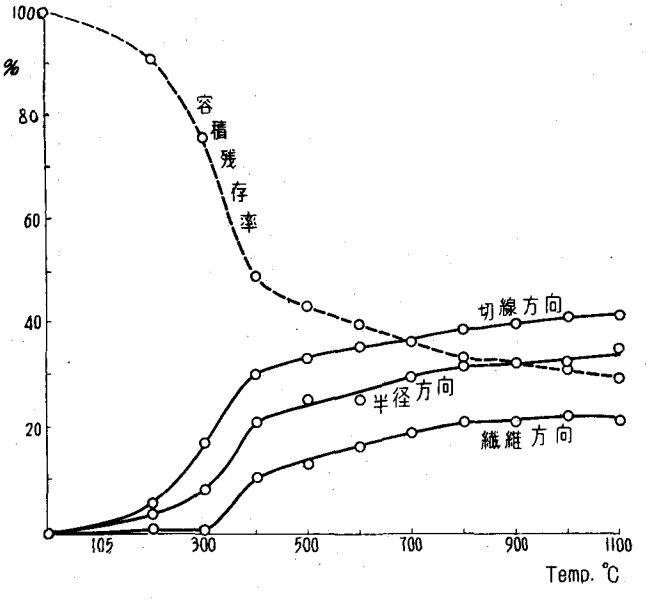
めた。

収縮率は風乾試料にたいして計算し，容積残存率は，3 方向の残存率(100－収縮率)をかけあわせて算出した。

b) 結果と考察

第 4 表と第 5 図のようである。

収縮率は切線方向がもっとも大きく，最高 42% ちかくにおよんだ。半径方向がこれにつぎその約 3/4 で，繊維方向は最小で半径方向の約 2/3 で初めの長さの約 80% に収縮した。



第 5 図　各炭化温度における試料の収縮率と容積残存率

Fig. 5. Shrinkage and relative volume at various carbonization temperatures.

切線方向の収縮は 200℃ から 400℃ の間に，急激にすすみ，半径と繊維の 2 方向は 300℃ から 400℃ にかけて急激に収縮し，以後は 3 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・繊維の各方向の収縮率は気乾材から，それぞれ 400℃ で 30, 21, 11%，700℃ で 37, 30, 19%，1,100℃ で 42, 35, 22% であった。三宅・杉浦[78] もミズナラ木材片を 400℃ に加熱したとき，切線・半径・繊維の 3 方向の収縮率をそれぞれ 29.3, 18.8, 9.8% と報告し，筆者らの結果はおおむね一致した。

容積の変化も400℃まではいちじるしく300℃で1/4，400℃で1/2ほど減少するが，その後減少度合はゆるやかとなり，600℃で40%，1,100℃で30%を残存する。

iii. 炭化過程における木炭の性質の変化

a) 容　積　重

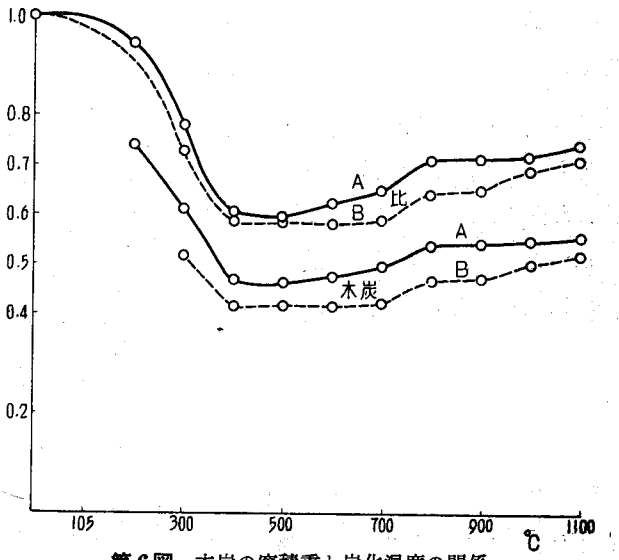
木炭の容積重は用途上ばかりでなく，輸送上からも，きわめて重要な性質の一つで，ここでは炭化温度の上昇につれて容積重がどのように変化してゆくかをあきらかにした。

第5表　容　積　重　Table 5. Specific gravity

炭化温度 ℃ Carbonization temperature	木炭の容積重 (I) Specific gravity of charcoal		風乾試料の容積重 (II) Specific gravity of air-dried wood		比　率 (I)/(II) Air-dry basis	
	A	B	A	B	A	B
200	**0.739**		0.782		**0.945**	
300	**0.609**	**0.518**	0.782	0.710	**0.779**	**0.730**
400	**0.470**	**0.416**	0.780	0.710	**0.603**	**0.586**
500	**0.463**	**0.419**	0.779	0.716	**0.594**	**0.585**
600	**0.474**	**0.415**	0.765	0.718	**0.620**	**0.578**
700	**0.494**	**0.420**	0.764	0.719	**0.647**	**0.584**
800	**0.536**	**0.463**	0.761	0.725	**0.704**	**0.639**
900	**0.538**	**0.469**	0.760	0.726	**0.708**	**0.646**
1,000	**0.542**	**0.496**	0.760	0.728	**0.713**	**0.681**
1,100	**0.550**	**0.512**	0.747	0.730	**0.736**	**0.701**

1) 実験方法： 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0.01gまでの天秤で測定した。木炭の容積重は，原料材(炭材)の容積重に大きく支配されるので，木炭の容積重の変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，それぞれの木材片の風乾時における容積重を基礎としてこれを算出した。

2) 結果と考察： 結果は第5表と第6図のようである。



第6図　木炭の容積重と炭化温度の関係

Fig. 6. Specific gravity of charcoals carbonized at various temperatures.

木炭の容積重は400℃までに急激に低下し，500°～600℃から炭化温度の上るとともに徐々に大きくなってゆくが，

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の比率は A シリーズにおいては 500°C で最小の 0.59, 800°C で 0.70, 1,100°C で 0.74 となり, B シリーズにおいてはややおくれて,600°C で最小の 0.58, 800°C で 0.64, 1,100°C で 0.70 となる。

もちろんこのような変化がみられるのは 500°～600°C までは留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ったためであり, それ以後において比率の増大するのは留出物よりも収縮割合がかえって大きいことに原因するからである。

b) 灰分と炭素・水素・酸素

炭化温度の上昇につれて元素組成がどのように変化するか, また木材中の炭素・水素・酸素がどれだけ木炭に残存するかをあきらかにした。

第 6 表　灰分と炭素・水素・酸素

Table 6.　Ash, carbon, hydrogen and oxygen　(%)

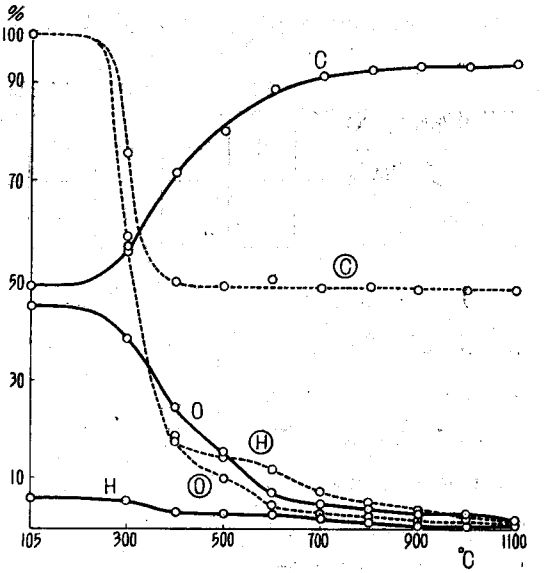
炭化温度 Carbonization temperature ℃		105	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100
灰分 Ash		**0.33**	**0.67**	**0.85**	**1.08**	**1.16**	**1.25**	**1.26**	**1.66**	**1.58**	**1.42**
炭素 Carbon		**48.86**	**55.79**	**71.81**	**80.66**	**89.12**	**92.06**	**93.51**	**94.39**	**94.77**	**96.18**
水素 Hydrogen		**5.96**	**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
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

1) 実験方法: 灰分はミクロ・マッフルを用いる微量分析法[100], 炭水素も Pregl 法による微量分析法[100] 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。

2) 結果と考察: 結果は第 6 表と第 7 図のようである。

図のなかで破線で示してあ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



第 7 図　木炭の炭素・水素・酸素含有率と炭化温度の関係

Fig. 7.　Carbon, hydrogen and oxygen contents of charcoals carbonized at various temperatures.

的ゆるやかに減少し 500℃ で 3%，700℃ で 2%，900℃ で 1%，1,100℃ で 0.5% となった。酸素含有率は炭素と対称的に 600℃ まで急激に減少して 7% となり，その後次第に減じて 1,100℃ で 2% 位となる。

つぎに各温度における各元素の木炭中の残存率は，炭素がいちばん大きく，水素はこれにつぎ，酸素がもっとも小さい。炭素は 400℃ 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℃ まで急激に減少して 17% となり，その後も比較的急速に減ってゆき 1,100℃ では残存率 2% となる。酸素は 600℃ 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 1,100℃ では残存率 1 % となる。

c) ヨード吸着

木炭が色素・塩類・ガス・水などを吸着することは古くから知られているが，ここではヨードを用い，どの程度に炭化した木炭が，もっともよい吸着力を示すかをあきらかにした。

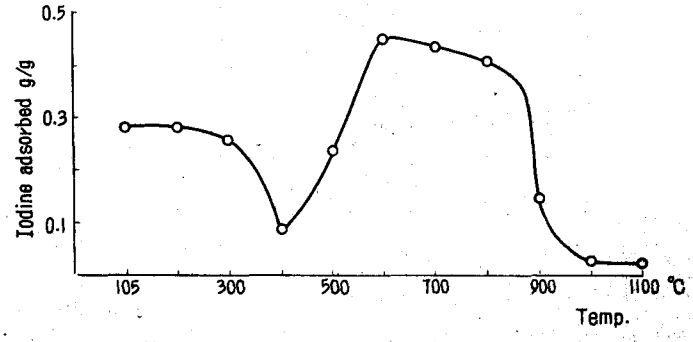
1) 実験方法：木炭の絶乾粉末，約 0.1 g を正確に秤量し，50 cc 容の細共試薬ビンにうつし，0.1 N ヨード・ヨードカリ溶液 20 cc を加え，25℃ 恒温槽中に 20 分間ときどき振とうしながら入れておき，ついで東洋濾紙 No. 7 で自然濾過をおこなう（最初の濾液数 cc は棄てる）。濾液 1 cc を 0.5 N チオ硫酸ソーダ溶液でミクロビューレットを用いて滴定し，木炭末 1 g に吸着されるヨードの量を算出した。

第7表　ヨード吸着　**Table 7.** Iodine adsorption

炭化温度 ℃ Carbonization temperature	105	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100
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

2) 結果と考察：結果は第 7 表，第 8 図のようである。

200℃ までは 105℃ の木粉のときとおなじく，1 g あたり吸着量は 0.28 g であったが，300℃ から炭化の進むとともに急速に減少して 400℃ で 0.09 g となり，その後増



第8図　木炭のヨード吸着と炭化温度の関係

Fig. 8. Iodine adsorption of charcoals carbonized at various temperatures.

大して 600°C では最大の 0.45 g となる。その後ふたたび減少の傾向をたどり，800°C で 0.41 g，900°C では急激に減って 0.15 g となり，1,000°C, 1,100°C では僅かに 0.023 g しか吸着しなかった。

このように乾留炭 (300°～400°Cで炭化したもの) と黒炭 (600°～800°C で炭化したもの) 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。

d) 水蒸気吸着

日本産黒炭の水分は 7.2%，白炭は 10.1% でかなりはっきりした相違がみられるが[112]，ここでは黒炭と白炭の水蒸気吸着性に根本的差異があるかどうか，またどの程度に炭化した木炭がどのくらいのスピードで，どれだけの空中の水蒸気を吸着してゆくかをあきらかにした。

1) 実験方法： 試料 0.1 g 相当量を小型秤量ビン (フタを除いた容器の大きさは，径 3 cm×高さ 4 cm) に正確に取り，JIS 規格[87] にしたがって，銅製の内箱を入れた電気乾燥器中で，105°～110°C で 1 時間乾燥し，デシケーター中で室温まで冷却後秤量した。そのときの絶乾重量は最小で 0.0996 g，最大は 0.1008 g であった。これらの秤量ビンのフタをあけ，23.3°C のフラン器の中においてあるデシケーター (このデシケーターの下部には飽和食塩水を入れてある) の中に入れた。30 分間このように水蒸気吸着をおこなったのち，秤量ビンをとりだしてフタをよくしめ，化学天秤のそばに 20 分間静置したのち秤量した。つづいてまえと同様に秤量ビンのフタをあけてフラン器中のデシケーター中に 1 時間静置して，水蒸気吸着をおこなった。したがって，このときは最初からみると 1.5 時間，吸着をおこなったことになる。ついで 2 時間，4 時間，8 時間，16 時間と，順次に吸着の時間を倍増しにして測定した。測定回数は 6 回であったから，はじめから最後までの吸着時間は 31.5 時間であった。

2) 結果と考察： 結果は第 8 表と第 9 表，第 9 図にかかげた。

第 8 表から水蒸気を吸着してゆく様子をみると，3 つのグループにわけることができる。

a) 105°C と 200°C に加熱した木粉……第 2 回目 (0.5～1.5 時間) に最大量の吸着を示す。

b) 300°～700°C で炭化した木炭……最初の吸着 (0～0.5 時間) のときに最大の吸着量を示し，そののち急速に減少する。

c) 800°～1,100°C で炭化した木炭……第 2 回目 (0.5～1.5 時間) に最大の吸着量を示し "a" グループと似た傾向を示す。とくに 1,100°C で炭化した炭は第 3 回目 (1.5～3.5 時間) にもかなりの量 (3.5%) を吸着する。

炭化温度の上昇につれてそれら木炭に吸着された水蒸気の全量をみると，105°C の木

第 8 表 ミズナラ木炭の水蒸気吸着と炭化温度の関係

Table 8. Adsorption of water vapour on oak (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) charcoals carbonized at various temperatures (%)

炭化温度 Carbonization temperature °C	吸着時間 (時) Time (hour)						計 Total
	0~0.5 I	0.5~1.5 II	1.5~3.5 III	3.5~7.5 IV	7.5~15.5 V	15.5~31.5 VI	
105	3.9	**4.0**	2.1	1.6	0.2	−0.1	11.7
200	2.9	**3.9**	1.9	1.1	0	0	9.8
300	**3.5**	2.1	0.5	0.6	−0.1	−0.1	6.5
400	**4.4**	2.7	0.5	0.4	−0.2	−0.1	7.7
500	**4.4**	2.5	0.2	0.2	−0.2	−0.1	7.0
600	**3.8**	2.8	0.4	0.2	−0.1	−0.1	7.0
700	**4.1**	3.8	0.5	0.2	−0.2	−0.1	8.3
800	3.9	**4.7**	1.3	0.3	−0.2	−0.2	9.8
900	4.2	**4.9**	1.9	0.2	−0.2	−0.3	10.7
1,000	3.9	**4.9**	2.7	0.1	−0.2	−0.3	11.1
1,100	3.5	**4.0**	3.5	0.9	0.2	0	12.1

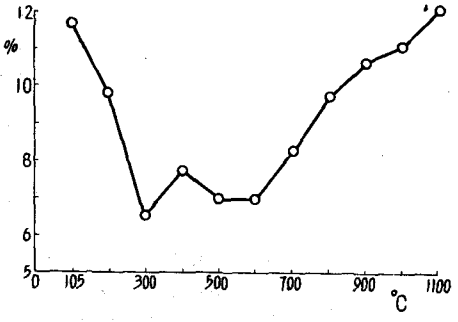
第 9 表 木炭の水蒸気吸着と炭化温度の関係 (積算)

Table 9. Adsorption of water vapour on charcoals carbonized at various temperatures (accumulated) (%)

炭化温度 Carbonization temperature °C	吸着時間 Time (hour)						吸湿後の試料を100としたときの値 On basis of sample adsorbed water vapour.
	0.5	1.5	3.5	7.5	15.5	31.5	
105	3.9	7.9	10.0	11.6	**11.8**	11.7	10.5
200	2.9	6.8	8.7	**9.8**	9.8	9.8	8.9
300	3.5	5.6	6.1	**6.7**	6.6	6.5	6.1
400	4.4	7.1	7.6	**8.0**	7.8	7.7	7.1
500	4.4	6.9	7.1	**7.3**	7.1	7.0	6.5
600	3.8	6.6	7.0	**7.2**	7.1	7.0	6.5
700	4.1	7.9	8.4	**8.6**	8.4	8.3	7.7
800	3.9	8.6	9.9	**10.2**	10.0	9.8	8.9
900	4.2	9.1	11.0	**11.2**	11.0	10.7	9.7
1,000	3.9	8.8	11.5	**11.6**	11.4	11.1	10.0
1,100	3.5	7.5	11.0	11.9	**12.1**	12.1	10.8

粉は絶乾木粉に対して 11.7% の水分を吸着し，200°C に加熱した木粉は約 2% 減少して 9.8% を吸着する。さらに 300°C で炭化した木炭はわずか 6.5% を吸着するのみで，最低の値となる。400°C で炭化した木炭はやや上昇して 7.7% を吸着するが，500°C で炭化したものはふたたび減少して 7.0% を吸着する。600°C で炭化した木炭は 500°C で炭化したとき

とおなじく 7.0% を吸着し，そののち炭化温度の上昇とともに次第に吸着量が多くなる。すなわち 700℃ の木炭は 8.3%，800℃ は 9.8%，900℃ で 10% ラインを突破して 10.7% を吸着し，1,000℃ で 11.1%，1,100℃ で 12.1% という最大の水蒸気量を吸着する。



第9図　木炭の水蒸気吸着と炭化温度の関係

Fig. 9. Adsorption of water vapour on charcoals carbonized at various temperatures.

しかし，いまのべた値は木炭の絶乾量を 100 とした値であるから，これから換算した吸湿木炭の重量を 100 としたときの値を，第 9 表の一番右側の欄にかかげた。これらの値を日本産白炭の水分[112]の平均値 10.1%，同じく黒炭の水分の平均値 7.2% とくらべてみると，日本の白炭は 1,000℃ でやいたナラの木炭の 10.0% とほとんどおなじであり，日本の黒炭の 7.2% は 600℃ でやいたナラ木炭の 6.5% と 700℃ でやいた 7.7% の中間に位する。なお，日本の木炭は一応 500℃ 以上でやいたと考えられるから，炭素の含有率と水分とは密接な関係にあると思われる。ただし他の条件たとえば樹種の異なった場合などについてはまだ今後の問題であろう。

賀田[43]はカエデからつくった木炭は 300℃ で炭化したとき 7.73% の吸湿量を示し，400℃ で炭化したときは 7.93%，500℃ で炭化したときは 7.85%，そののち炭化温度の上昇とともに増大するとし，400℃ で炭化した場合，吸湿量はやや増大することを報告しているが，この傾向に筆者の結果は一致した。

e) 発　熱　量

高温で炭化した白炭の方が低温で炭化した黒炭よりも熱量が低く[24]，また DUPONT[16]と栗山[56]は 500℃ で炭化した木炭は最高の発熱量を有すると述べている。ここでは，どの程度に炭化した木炭の熱量が一番高いか，また木材のもっている熱量の何% が木炭に残るかをあきらかにしようとしてこの実験をおこなった。

1) 実験方法：木炭約 0.3～0.4 g を 105°～110℃ の電気乾燥器で 1 時間乾燥したのち，冷却秤量して絶乾重量をもとめ，薬包紙につつんだ。薬包紙はあらかじめ天秤のかたわらに一夜静置して風乾重量を求め，このうち 2 枚をとって水分を定量し，薬包紙の熱量は絶乾 1 g あたり 4,160 cal であったから，これから薬包紙 1 枚ごとの熱量を算出した。つぎに BERTHELOT-MAHLER 式のボンブ・カロリメーターを用いて JIS. M 8802[87]によって発熱量の測定をおこなった。測定は 20℃ の恒温室で行ない，試料が少量のため内筒水は19.5℃，外筒水は 20.5℃ を規準とした。ニッケルの点火線を用いたがその燃焼部分の熱補正と REGNAULT-PFAUNDLER の式[57]による熱出入の補正をおこなった。

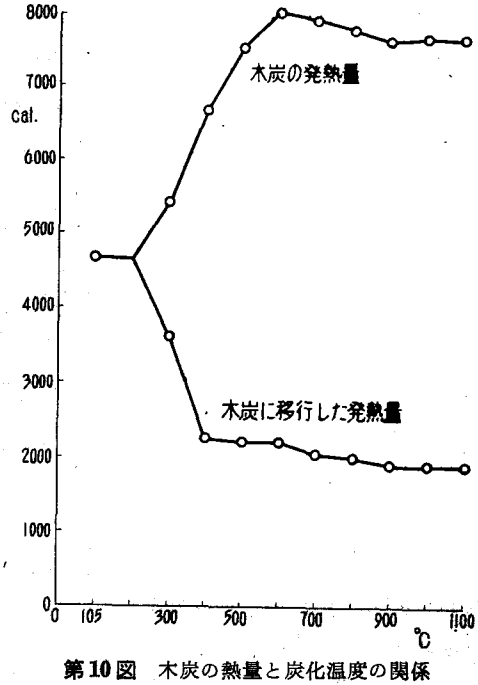
第10表 木炭の熱量と炭化温度の関係

Table 10. Calorific value of charcoals carbonized at various temperatures

炭化温度 Carbonization temperature °C	熱量 Calorific value (cal)	木炭の収量 Yield of charcoal (%)	1gの木材から生ずる木炭の熱量 Calorific value of charcoal produced from 1 g of wood (cal) (B)	熱量の残存率 Ratio $\frac{B}{A}\times 100$ (%)	木炭の炭素含有率 Carbon content of charcoal (%)
105	**4,630** (A)	100	4,630	100	48.86
300	**5,390**	66.5	3,580	77	55.79
400	**6,650**	34.0	2,260	49	71.81
500	**7,510**	29.5	2,220	48	80.66
600	**8,010**	27.7	2,220	48	89.12
700	**7,890**	25.8	2,040	44	92.06
800	**7,770**	25.6	1,990	43	93.51
900	**7,600**	25.1	1,910	41	94.39
1,000	**7,640**	25.1	1,920	41	94.77
1,100	**7,630**	24.7	1,880	41	96.18

2) 結果と考察: 結果は第10表と第10図のようである。

これによると4,630 calの木材は300°Cで炭化することによって，760 calの熱量をまして5,390 calとなり，さらに400°Cで炭化すると，一挙に1,260 calの熱量をまして6,650 calとなる。500°Cで炭化した場合は860 calをまして7,510 calとなり，600°Cで炭化した木炭は8,000 calをこして8,010 calの最大値となる。そののち発熱量はわずかずつ減少してゆく。すなわち，700°Cで炭化した木炭は7,890 calと120 calほど減少し，800°Cで炭化した木炭は7,770 calとなって，おなじく120 cal減少する。900°C以上で炭化した木炭は7,600 cal台となる。



第10図 木炭の熱量と炭化温度の関係

Fig. 10. Calorific value of charcoals carbonized at various temperatures.

結局，木材は加熱すると，熱量は急速に増大して600°Cで最大値の8,010 calを示し，そののち次第にわずかずつ減少してゆくという傾向を示す。

これらの数値に木炭の収率を乗じて，1gの木材から生ずる木炭の熱量を算出し，さら

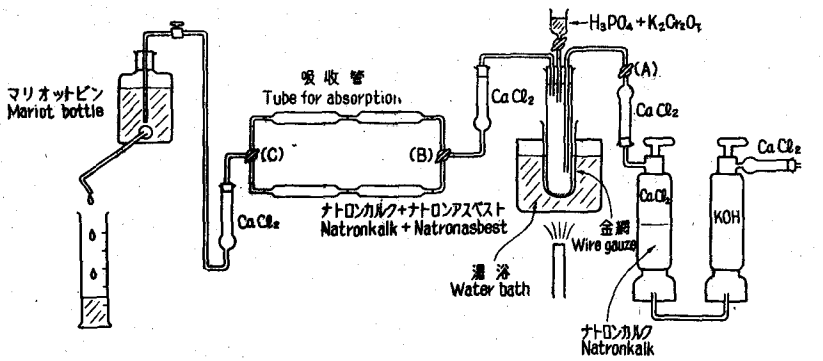
に木材のもっている熱量の何%が木炭に残ったかという熱量の残存率を計算した。これによると 4,630 cal の木材 1 g を 300°C で炭化した場合，23% の熱量を損失して，3,580 cal となり，400°C で炭化した場合は急速に減少して，2,260 cal となり，もとの木材中の約半分の 51% を失ったことになる。そののち 500°C，600°C で炭化した場合はあまり熱量の損失はないが，700°C に加熱した時にかなり大きく 4% ほど熱量を損失して熱量の残存率は 44% となる。これはこのさいにかなり大量の水素ガスが消失する[11]ことと密接な関連があると考えられる。そののち，しだいに減少して 900°C では熱量残存率は 41% となり，1,100°C まであまり変化はない。結局，900°C 以上で炭化した場合には約 60% 損失したことがわかる。

熱量が最大値 8,010 cal を示したときの炭素の含有率は第10表のように 89.12% であるが，これは DUPONT[16] の報告の 88.4% とかなり近似した値を示している。DUPONT[16] と栗山[56] は 500°C 附近で炭化した木炭が，最大の熱量があるとしており，本報告における 600°C で炭化した木炭が最大値を示した結果と 100°C のひらきがあるが，炭素の含有率がほぼひとしいことからみれば，温度以外の炭化条件，たとえば試料の大きさ，炭化の速度，最高温度保持時間の相違などによるものであろう。

f) 湿 式 酸 化

木炭は特殊鋼の原料になる鉄，チタンなどの冶金用[48]にもかなりの量が使用されており，その場合木炭の反応性が大きな問題となる。ここでは反応性試験の一方法の湿式酸化法を用いて炭化温度の異なる木炭の試験をおこなった。

1) 実験方法： BLAYDEN と RILEY[9] の方法にならって第 11 図のように装置を組みたてたが，つぎのような諸点をあらためた。装置全体を小型にして吸収管は炭水素微量分析用のものを用い，Kahlbaum のナトロンカルク (径 1～2 mm) と Merck のナトロンアスベストの混合物をつめ，2 本つないで用いた。これによって 2 本目のが増量すれば，1 本



第11図 湿 式 酸 化 装 置

Fig. 11. Apparatus for wet oxidation.

目の能力が低下し，発生する炭酸ガスを全部おさえられなかったことがわかり，1本目の内容物をとりかえるようにする。減圧装置は BLAYDEN と RILEY[9] らは水流ポンプを用いていたが，一定の減圧を保つのが困難と考えられるので，マリオットビンを採用した。これにより一定の減圧を保つことができ，しかも装置全体の気密をたしかめうる。また，いままでの報告は木炭に酸化液を加えてから加熱して酸化をおこなっているが，木炭と酸化液を接触させたとき，もし，ただちに炭酸ガスが発生すれば若干ロスができるので，酸化液滴下装置を設けてその恐れをなくした。

酸化液は燐酸 H_3PO_4 (比重 1.75) 100 cc に重クロム酸カリ $K_2Cr_2O_7$ 20 g をとかしたもので両試薬とも特級品を用いた。試料約 0.05 g を化学天秤で正確に取り，反応管（径24 mm の試験管）にうつし，栓をして沸とう水浴中にひたし，装置全体の気密をたしかめたのち，酸化液 7 cc を滴下する。マリオットビンから水滴の滴下がほとんどなくなってから，洗気ビンと反応管の間のコック (A) をあけて，無水無炭酸ガスの空気を通過させはじめ，マリオットビンを調節して1分間に 4 cc のはやさとする。30 分ごとに2つのコック (B) (C) をきりかえて，吸収に用いた方の管をとりはずして迅速直示天秤により秤量する。測定は5回，したがって反応時間は 2.5 時間である。

2) 結果と考察：結果は第11表と第12表，第12図と第13図のようである。

湿式酸化の程度をあらわすのには，吸収管で捕えた炭酸ガスの重量から炭素の量をもとめ，それが試料の何%にあたるかを算出し，それを湿式酸化率とよぶことにした。

炭酸ガスの発生している様子をみると，あきらかにつぎの3つのグループにわけることができる。

第11表　木炭の湿式酸化と炭化温度の関係

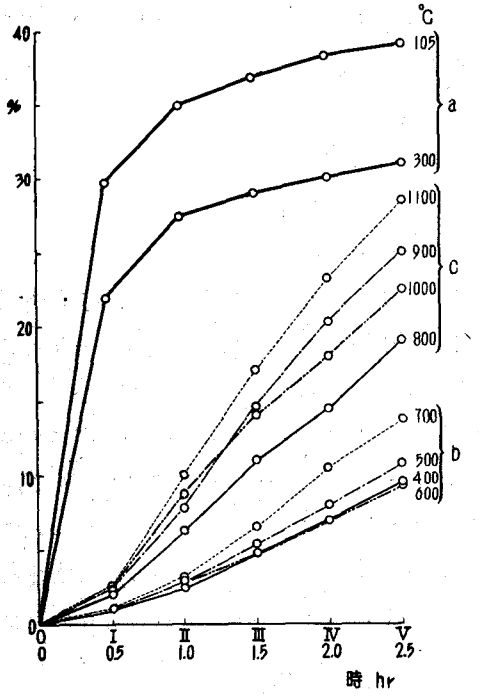
Table 11.　Wet oxidation of charcoals carbonized at various temperatures　(%)

炭化温度 Carbonization temperature ℃	反応時間 Time (hour)					計 Total
	0~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	2.0~2.5	
105	**29.7**	5.4	1.7	1.4	0.8	39.0
300	**22.0**	5.3	1.7	1.1	1.0	31.1
400	1.0	1.4	2.3	2.2	**2.6**	9.5
500	0.9	1.9	2.5	2.7	**2.7**	10.7
600	0.9	1.9	1.9	2.2	**2.3**	9.2
700	0.9	2.2	3.5	**3.9**	3.2	13.7
800	2.0	4.3	**4.7**	3.4	4.6	19.0
900	2.2	5.6	**6.6**	5.8	4.9	25.1
1,000	2.3	**6.5**	5.3	4.0	4.4	22.5
1,100	2.6	**7.4**	7.1	6.1	5.2	28.4

第12表 木炭の湿式酸化と炭化温度の関係 (積算)

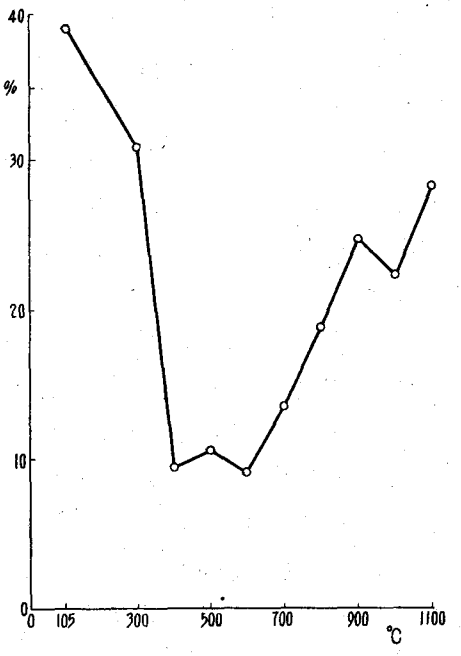
Table 12. Wet oxidation of charcoals carbonized at various temperatures (accumulated) (%)

炭化温度 Carbonization temperature °C	反応時間 Time (hour) 0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	試料の炭素含有率 (%) Carbon in sample	試料中の炭素が酸化される率 (%) Ratio A/B×100
					(A)	(B)	
105	29.7	35.1	36.8	38.2	39.0	48.86	79.8
300	22.0	27.3	29.0	30.1	31.1	55.79	55.7
400	1.0	2.4	4.7	6.9	9.5	71.81	13.2
500	0.9	2.8	5.3	8.0	10.7	80.66	13.3
600	0.9	2.8	4.7	6.9	9.2	89.12	10.3
700	0.9	3.1	6.6	10.5	13.7	92.06	14.9
800	2.0	6.3	11.0	14.4	19.0	93.51	20.3
900	2.2	7.8	14.4	20.2	25.1	94.39	26.6
1,000	2.3	8.8	14.1	18.1	22.5	94.77	23.7
1,100	2.6	10.0	17.1	23.2	28.4	96.18	29.5



第12図 木炭の湿式酸化の経過と炭化温度の関係

Fig. 12. Wet oxidation of charcoals carbonized at various temperatures.



第13図 木炭の湿式酸化と炭化温度の関係

Fig. 13. Wet oxidation of charcoals carbonized at various temperatures.

a)　105°C で乾燥した木粉と 300°C で炭化した木炭……最初の 30 分間に 22～30% にものぼる高率の湿式酸化率を示し，そののち急速に減少して，つぎの 30 分間には 5% ほどとなり，ひきつづいてどんどん減少し，最後の 30 分間には 1% 以下となってしまう。

b)　400～700°C で炭化した木炭……最初の 30 分間にはわずか 1% ほど発生し，そののち，しだいに発生量はおおくなり，最後の 30 分間か，それより 1 回前の 30 分間に最大の発生量を示す。また全湿式酸化率は 9～14% ほどで，比較的すくない。

c)　800～1,100°C で炭化した木炭……最初の 30 分間に，2～3% 発生し，最大の発生は第 3 または第 2 の 30 分間に起り，ガスの総発生量も比較的におおくて 19～28% ほどである。

したがって，“a” グループと “c” グループはガスの発生量は大きくても発生の状況はいちじるしく異なることがわかる。

また 2 時間半にわたる炭酸ガスの総発生量が炭化温度の上昇につれて，どのように変化するかを第 13 図によってみると，木粉と 300°C で炭化した木炭は，きわめて酸化剤におかされやすく，大量の炭酸ガスを発生する。すなわち，木粉の湿式酸化率は 39% であり，300°C でやいた木炭は 31% となる。そののち，急速に減少して，400°～600°C ではわずか約 10% となる。つづいて，発生量はしだいにおおくなり，800°～900°C の間で 20% ラインを突破し，1,100°C では 28% の湿式酸化率となる。

BLAYDEN と RILEY[9] らの研究による木炭が 328 mg の炭酸ガスを発生したという結果を，筆者の湿式酸化率に換算してみると 8.9% となって，600°C で炭化した木炭の 9.2% と近似しており，また鮫島ら[109] の木炭が 0.1 g あたり 23.5 cc の炭酸ガスを発生したという結果をおなじく換算してみると，12.6% となって 700°C で炭化した木炭の 13.7% に一番近い。また内藤・岸本ら[80] の熱処理の程度の高いほど湿式酸化量は増大する傾向にあるという結果に筆者の成果は一致した。

つぎに試料中の炭素の何%が炭酸ガスになったかを第 12 表よりみると，105°C で乾燥した木粉は酸化剤にきわめておかされやすく，その含有炭素の 80% が炭酸ガスとなる。300°C で炭化した木炭は 56% と，かなり減少し，400°C で炭化した木炭は大幅に減少して 13% となる。600°C で最低の 10% となり，そののちしだいに上昇して，1,100°C で炭化した木炭はその含有炭素の 30% が炭酸ガスとなる。600°C で炭化した木炭は酸化剤にたいしてこのように最大の抵抗力を示し，また前述のように最大の熱量を有することは注目に値する。

g)　X 線 試 験

木炭の基本構造である炭素原子の配列の状況，結晶子（微結晶）の大きさなどが，炭化温度の上昇とともに，どのように変化するかをあきらかにするため，つぎの実験をおな

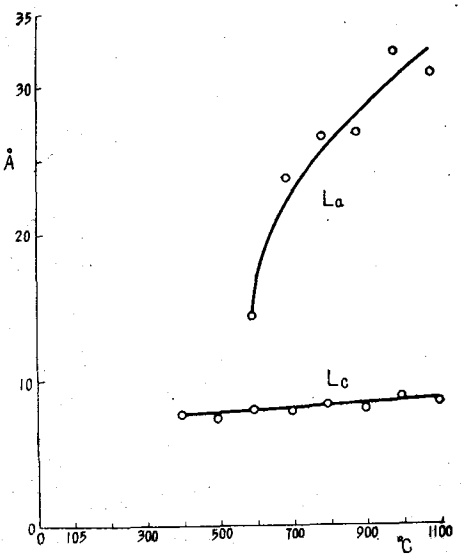
った。

1) **実験方法**： 試料をメノウ乳鉢でよくすりくだき，コロジオンと酢酸アミルの等量混合物を用いてガラスの細線にまぶしつけて 0.6 mm 程度の太さとした。X 線装置は Rota-Unit (理学電機製) で 30 KV, 40 mA で, 12 分間ほど露出した。フイルムは富士の X 線フイルムで, カメラの直径は 90.3 mm である。えられた写真をミクロフオトメーター (理学電機製 MP-1 型) にかけ，地の黒さをさしひいてから半価幅を測定し，WARREN[8] の式にしたがってクリスタリットの大きさを算出した。さらに (002) の面間隔ももとめた。

第13表 木炭の結晶構造と炭化温度の関係

Table 13. Structure of charcoals carbonized at various temperatures (Å)

炭化温度 Carbonization temperature ℃	面間隔 Spacing of plane	クリスタリットの大きさ Dimension of crystallite	
	(002)	L_c	L_a
400	3.72	7.8	
500	3.72	7.6	
600	3.72	8.1	14.4
700	3.67	7.9	23.8
800	3.67	8.3	26.5
900	3.60	8.0	26.7
1,000	3.63	8.7	32.3
1,100	3.60	8.3	30.7



第14図 木炭の結晶構造と炭化温度の関係

Fig. 14. Dimensions of crystallites of charcoals carbonized at various temperatures.

2) **結果と考察**： 結果は第 13 表と第 14 図のようである。

これによると (002) の面間隔は 3.72 Å から 3.60 Å へとわずかずつではあるが次第に狭くなってゆく。またクリスタリットの大きさについてみると，炭化温度の上昇につれて L_c (結晶子の高さ) の大きさはわずかに大きくなるような傾向がみられるが，あまり変化はない。L_c は 7.6～8.7 Å であるから網平面が 3～4 枚，かさなった程度の大きさである。また L_a の大きさ，すなわち網平面の広がりは炭化温度の上昇につれてあきらかに大きくなる。すなわち 600℃ で炭化した木炭は 14 Å くらいであるが，そののち急速に増大して 1,000℃ 以上で炭化すると 30 Å を上廻る大きさにまで結晶は成長する。

これらの傾向は炭化温度の上昇につれてセルロース炭の網平面 (L_a) は広がってゆくが，高さ (L_c) はあまり変化がないという BLAYDEN ら[10] の報告と一致する。

iv. 炭化過程におけるガスの発生量とその組成

炭酸ガス・一酸化炭素・水素・メタン・重炭化水素などの諸ガスが炭化温度の上昇とともに発生してくる状況をあきらかにするため，つぎのような実験をおこなった。

a) 実 験 方 法

1) ガスぼうちょう量： 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ぼうちょう量を測定した。

2) ガスの発生量： 第3図の実験装置の右側の MARIOT ビンをとりはずし，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図における 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気圧を大気圧より 3 mm 減圧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塩水の量を，みかけのガス量とし，これからぼうちょう量をさしひいたものを実際の発生量とした。

3) ガスの組成： HEMPEL のガス分析装置[60,149]を用いて，分析をおこなった。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，CO_2, C_mH_n, O_2, 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ったガス中から 10 cc をとり O_2 20 cc を加え，爆発ピペットにうつし，感応コイルにより爆発させて CH_4 と H_2 を測定し 100% との差を N_2 とした。

b) 結 果 と 考 察

結果は第14表と，第15, 16図のようである。

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 の間に分解はもっとも盛んで全量の 40% を生じ 500°～800°C の間にさらに 40% を増し以後，しだ

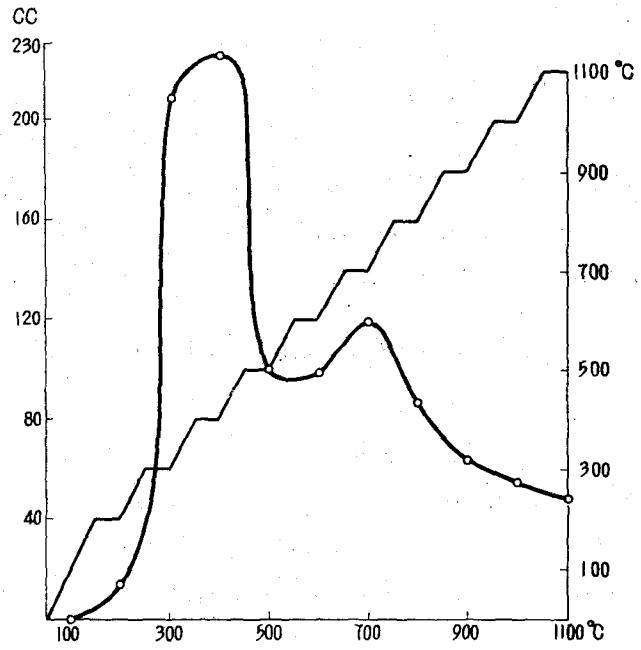
第14表　ガスの発生量とその組成

Table 14.　Volume and composition of gas

炭化温度 °C Carbonization temperature	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100
ガス量 cc/4.27 g Volume 100°C ごと	**14**	**209**	**226**	**100**	**99**	**120**	**87**	**64**	**55**	**48**
積　　算	**14**	**223**	**449**	**549**	**648**	**768**	**855**	**919**	**974**	**1,022**
ガスの組成 (%) Composition										
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

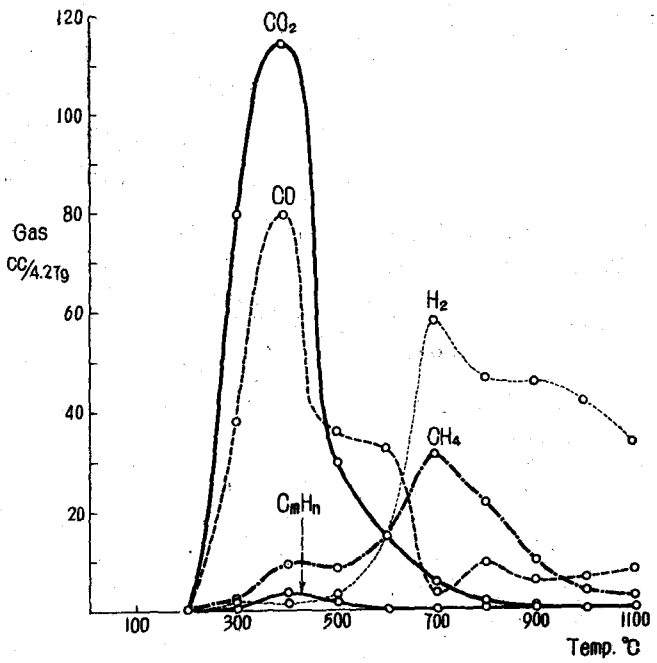
いに減ってゆく，すなわち200℃と300℃の間に大量のガス(全ガス量の20%)が発生し，つづいて300℃と400℃のあいだには全期間中の最大量（全ガス量の22%）が発生した。500℃まで，600℃までの各100℃間隔のガス量は著しく減って全ガス量の10%ずつであるが，600℃から700℃までにはさらに一つのピークをつくる。この傾向はLEBEAU[58]らの実験結果ともよく一致した。のち次第に減少して1,000℃から1,100℃までには全ガス量の4%が発生するのみである。

つぎにガスの組成をみると，炭化の盛んな300°～500℃まではCO_2が主でCO_2とCOが大部分をしめている（その合量は96～83%)。600℃に至ってCO_2はかなり減少し，COが最大となり，H_2とCH_4の量が次第に多くなってくる。700℃ではその主成分はH_2とCH_4とに変り，その90%をしめ明らかなピークをつくっている。以後1,100℃にいたるまでH_2が大部分



第15図　100℃ごとのガス量

Fig. 15. Volume of gas for each 100℃.



第16図　炭化過程におけるガスの変化

Fig. 16. Changes of gas during carbonization process.

(90～81%) で，CH_4 は次第に少なくなる。CO が 1,100°C までかなりに割合 (9～17%) をしめていることが注目に値する。

1,100°C までに出た全ガス量中で最大の割合をしめたのは CO_2 と H_2 で，おのおの30%ずつであり，ついで CO の 26%，CH_4 は 13%，C_mH_n は 1% にすぎなかった（ここでのべた百分率は，すべて N_2, O_2 をのぞいた容積百分率である)。

また重量百分率では CO_2 がもっともおおくて 56.1%，CO がこれにつぎ 31.6%，CH_4 は 8.7%，H_2 は 2.5%，C_mH_n はわずかに 1.1% にすぎなかった。

II. 北海道産主要樹種の炭材ならびに燃料としての理化学的性質

木炭の重要な性質の一つである容積重は，その炭材の容積重に大きく影響される。すなわち，容積重の大きな炭材ほど容積重の大きな木炭に変化する。また燃料として木材を考えた場合，そのもっとも重要な性質は発熱量である。ここでは北海道各地より，針葉樹 12 種，広葉樹 59 種，ツル植物 4 種，計 75 種を採集し，容積重を測定後，日本工業規格[87] (JIS) にしたがって熱量を測定し，木材分析をおこない，熱量と化学的組成の関係をあきらかにした。

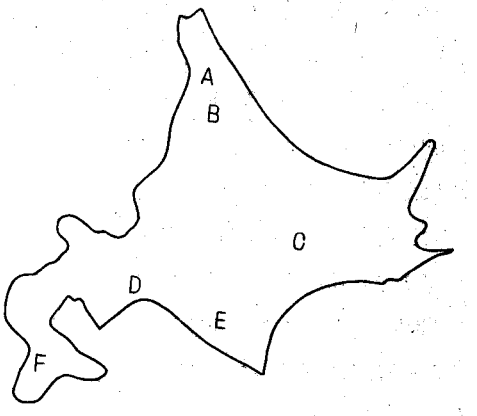
A. 試　　料

試料は舘脇操監修，森林植物同好会発行の北海道森林植物写真図譜[132] (II. 木本篇) 中の喬木の部にかかげられている樹木を目標として採集し，さらに参考のため少数の灌木とツル植物を加えた。試料採取地を第 17 図に，採取地別試料個数を第 15 表に，試料の大きさ，年齢などを第16表にかかげた。樹種の学名は大井の日本植物誌[101] によった。健全生立木

第15表　採取地別試料個数

Table 15. Number and locality of sample

採取地 Locality	針葉樹 Soft-wood	広葉樹 Hard-wood	ツル植物 Climbing plant	計 Total
A 問寒別 Toikanbetsu	2	0	0	2
B 上音威子府 Kamiotoineppu	1	5	0	6
C 足寄 Ashoro	0	1	0	1
D 苫小牧 Tomakomai	6	37	0	43
E 厚賀 Atsuga	0	1	0	1
F 檜山 Hiyama	3	15	4	22
計 Total	12	59	4	75



第17図　試料採取地

Fig. 17. Locality where samples were collected.

第16表 試 料 Table 16. Sample

針葉樹 Softwood	樹高 (m) Height of tree	胸高直径 (cm) Diameter at breast height	樹齢* (年) Age of tree	採取部位 (地上高) (m) Part	産地 Locality	伐採年月 Date
イチイ科 Taxaceae						
1. イチイ *Taxus cuspidata* SIEB. et ZUCC.	6.0	16	104	2.7~2.9	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月
マツ科 Pinaceae						
2. アオトドマツ *Abies sachalinensis* MAST. var. *Mayriana* MIYABE et KUDO	12.0	25	40	1.0~1.5	北大苫小牧演習林 幌内事業区 23林班	1955年 2月
3. トドマツ *Abies sachalinensis* MAST.	13.5	22	64	1.2~1.4	北大天塩第一演習林 幌加事業区	1959年 5月
4. アカエゾマツ *Picea Glehnii* MAST.	25.5	40	132	3.0~3.2	北大天塩第二演習林 奥地事業区 37林班	1957年 4月
5. エゾマツ *Picea jezoensis* CARR.	18.0	40	100	1.0~1.3	北大苫小牧演習林 幌内事業区 11林班	1956年 5月
6. ドイツトウヒ *Picea abies* KARST.	17.4	19	44	1.1~1.3	北大苫小牧演習林 幌内事業区 21林班	1958年 9月
7. カラマツ *Larix leptolepis* GORDON	16.5	28	52	1.2~1.5	北大苫小牧演習林 幌内事業区 3林班	1955年 2月
8. キタゴヨウ *Pinus parviflora* SIEB. et ZUCC. var. *pentaphylla* HENRY	8.7	17	108	1.2~1.4	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月
9. ハイマツ *Pinus pumila* REGEL	6.4	9	75	2.0~2.3	北大天塩第二演習林 河東事業区 17林班	1958年 11月
10. ストローブマツ *Pinus strobus* L.	11.0	26	40	1.0~1.2	北大苫小牧演習林 幌内事業区 23林班	1955年 2月
11. バンクスマツ *Pinus banksiana* LAMB.	12.0	20	37	1.2~1.5	北大苫小牧演習林 幌内事業区 13林班	1955年 2月
ヒノキ科 Cupressaceae						
12. ヒノキアスナロ *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. var. *Hondai* MAKINO	18.0	30	145	0.7~0.9	江差営林署 上ノ国経営区29林班	1955年 3月

広葉樹 Hardwood	樹高 (m) Height of tree	胸高直径 (cm) Diameter at breast height	樹令* (年) Age of tree	採取部位 (地上高) (m) Part	産地 Locality	伐採年月 Date
ヤナギ科 Salicaceae						
13. ドロノキ *Populus Maximowiczii* HENRY	12.0	13	—	2.0~2.3	北大天塩第一演習林 上音威子府事業区 9林班	1957年 3月
14. バツコヤナギ *Salix Bakko* KIMURA	9.5	15	—	2.4~2.7	北大天塩第一演習林 上音威子府事業区 9林班	1957年 3月
15. エゾノキヌヤナギ *Salix Pet-susu* KIMURA	8.5	14	—	1.9~2.1	北大天塩第一演習林 上音威子府第二苗圃	1957年 3月

* 樹齢は便宜上，採取試料の下端部における年輪数で代替した。

広葉樹 Hardwood	樹高 (m) Height of tree	胸高直径 (cm) Diameter at breast height	樹令* (年) Age of tree	採取部位 (地上高) (m) Part	産地 Locality	伐採年月 Date
16. ナガバヤナギ *Salix sachalinensis* FR. SCHM.	6.0	10	6	0.4~0.6	檜山郡上ノ国村，アツシナイ川，天ノ川合流点附近	1958年 9月
クルミ科 Juglandaceae						
17. オニグルミ *Juglans ailanthifolia* CARR.	18.0	42	80	1.3~1.5	委託林，松前林務署 上ノ国事業区57林班	1959年 2月
18. サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC.	19.0	27	75	1.2~1.4	委託林，松前林務署 上ノ国事業区58林班	1958年 9月
カバノキ科 Betulaceae						
19. ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* TURCZ.	8.5	15	15	1.1~1.4	北大苫小牧演習林 上幌内事業区13林班	1956年 1月
20. ハンノキ *Alnus japonica* STEUD.	4.3	15	44	0.7~0.9	北大苫小牧演習林 山ノ神事業区 31林班	1957年 4月
21. ダケカンバ *Betula Ermanii* CHAM.	6.6	17	29	1.1~1.3	北大苫小牧演習林 山ノ神事業区 39林班	1957年 4月
22. ウダイカンバ *Betula Maximowicziana* REGEL	13.2	20	34	1.2~1.4	北大天塩第一演習林 幌加事業区	1959年 5月
23. シラカンバ *Betula platyphylla* SUKATCH. var. *japonica* HARA	7.5	25	68	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
24. サワシバ *Carpinus cordata* BL.	14.5	23	148	0.8~1.1	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
25. アカシデ *Carpinus laxiflora* BL.	5.6	14	36	0.8~1.0	北大苫小牧演習林 幌内事業区 2林班	1957年 4月
26. アサダ *Ostrya japonica* SARG.	16.0	21	79	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
ブナ科 Fagaceae						
27. クリ *Castanea crenata* SIEB. et ZUCC.	10.0	16	32	2.6~2.8	北大檜山演習林	1957年 3月
28. ブナ *Fagus crenata* BL.	—	40	—	1.2~1.4	委託林，松前林務署 上ノ国事業区57林班	1956年 12月
29. ミズナラ *Quercus mongolica* FISCH. var. *grosseserrata* REHD. et WILS.	15.0	20	68	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区17林班	1956年 1月
30. カシワ *Quercus dentata* THUNB.	8.0	16	70	1.3~1.5	厚賀営林署 厚賀事業区 39林班	1959年 4月
ニレ科 Ulmaceae						
31. ハルニレ *Ulmus Davidiana* PLANCH. var. *japonica* NAKAI	18.0	21	56	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
32. オヒョウ *Ulmus laciniata* MAYR.	12.5	18	56	1.2~1.4	委託林，松前林務署 上ノ国事業区57林班	1958年 9月
クワ科 Moraceae						
33. ヤマグワ *Morus bombycis* KOIDZ.	9.2	23	20	1.1~1.3	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月

広葉樹 Hardwood	樹高 (m) Height of tree	胸高直径 (cm) Diameter at breast height	樹令* (年) Age of tree	採取部位 (地上高) (m) Part	産地 Locality	伐採年月 Date
カツラ科 Cercidiphyllaceae						
34. カツラ *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. et ZUCC.	16.0	21	41	—	北大苫小牧演習林 上幌内事業区18林班	1956年 1月
モクレン科 Magnoliaceae						
35. コブシ *Magnolia Kobus* DC.	17.0	25	54	6.0~6.3	北大苫小牧演習林 上幌内事業区17林班	1956年 1月
36. ホウノキ *Magnolia obovata* THUMB.	14.0	16	61	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
クスノキ科 Lauraceae						
37. オオバクロモジ *Lindera membranacea* MAXIM.	3.3	5	16	0.4~1.0	檜山郡上ノ国村 村有林 (桂岡)	1958年 9月
ユキノシタ科 Saxifragaceae						
38. ノリウツギ *Hydrangea paniculata* SIEB.	3.8	7	41	1.3~1.9	北大苫小牧演習林 幌内事業区 2林班	1957年 4月
39. ゴトウヅル (ツルアジサイ) *Hydrangea petiolaris* SIEB. et ZUCC.	—	(7)	63	—	委託林, 松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月
40. イワガラミ *Schizophragma hydrangeoides* SIEB. et ZUCC.	—	(15)	45	—	委託林, 松前林務署 上ノ国事業区58林班	1958年 9月
バラ科 Rosaceae						
41. ウシコロシ *Pourthiaea villosa* DECNE.	3.4	5	30	0.4~0.6	北大苫小牧演習林 幌内事業区 2林班	1957年 4月
42. ウワミズザクラ *Prunus Grayana* MAXIM.	13.0	18	43	1.2~1.4	江差営林署 江差事業区 76林班	—
43. シロザクラ *Prunus Maximowiczii* RUPR.	12.0	15	42	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区17林班	1956年 1月
44. エゾノウワミズザクラ *Prunus Padus* L.	15.0	29	66	1.1~1.3	足寄営林署 足寄事業区 147林班	1959年 11月
45. エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii* REHD.	9.5	15	38	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区18林班	1956年 1月
46. シウリザクラ *Prunus Ssiori* FR. SCHM.	7.2	16	67	1.3~1.5	北大苫小牧演習林 幌内事業区 34林班	1957年 4月
47. アズキナシ *Sorbus alnifolia* C. KOCH	8.5	11	68	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区18林班	1956年 1月
48. ナナカマド *Sorbus commixta* HEDL.	5.8	15	69	1.3~1.5	北大苫小牧演習林 熊ノ沢事業区 9林班	1957年 4月
マメ科 Leguminosae						
49. イヌエンジュ *Maackia amurensis* RUPR. et MAXIM. var. *Buergeri* C. K. SCHN.	6.3	15	63	1.3~1.5	北大苫小牧演習林 熊ノ沢事業区 9林班	1957年 4月
50. ハリエンジュ (ニセアカシヤ) *Robinia Pseudo-Acacia* L.	6.4	18	24	0.7~0.9	北大苫小牧演習林 山ノ神事業区 31林班	1957年 4月

広葉樹 Hardwood	樹高 (m) Height of tree	胸高直径 (cm) Diameter at breast height	樹令* (年) Age of tree	採取部位 (地上高) (m) Part	産地 Locality	伐採年月 Date
ミカン科 Rutaceae						
51. キハダ *Phellodendron amurense* RUPR.	14.5	18	51	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
ニガキ科 Simaroubaceae						
52. ニガキ *Picrasma quassioides* BENN.	9.0	16	75	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区18林班	1956年 1月
モチノキ科 Aquifoliaceae						
53. アオハダ *Ilex macropoda* MIQ.	6.0	11	76	0.7~0.9	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月
ニシキギ科 Celastraceae						
54. ヒロハツリバナ *Euonymus macropterus* RUPR.	2.5	5	13	0.1~0.7	北大天塩第一演習林 箴島事業区 18林班	1959年 5月
55. ツリバナ *Euonymus oxyphyllus* MIQ.	4.6	10	47	1.2~1.4	北大苫小牧演習林 熊ノ沢事業区9林班	1957年 4月
カエデ科 Aceraceae						
56. ハウチワカエデ *Acer japonicum* THUNB.	4.1	8	34	0.2~0.4	北大苫小牧演習林 上幌内事業区33林班	1957年 4月
57. アカイタヤ(ベニイタヤ) *Acer Mono* MAXIM. var. *Mayrii* KOIDZ.	16.0	38	112	1.3~1.5	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月
58. イタヤカエデ *Acer Mono* MAXIM.	19.0	24	117	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
59. ヤマモミジ *Acer palmatum* THUNB. var. *Matsumurae* MAKINO	15.5	19	124	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
トチノキ科 Hippocastanaceae						
60. トチノキ *Aesculus turbinata* BL.	13.0	18	29	1.3~1.5	北大檜山演習林	1957年 3月
クロウメモドキ科 Rhamnaceae						
61. クロウメモドキ *Rhamnus japonica* MAXIM.	3.5	5	21	0.1~1.1	檜山郡上ノ国村 村有林 (桂岡)	1958年 9月
ブドウ科 Vitaceae						
62. ヤマブドウ *Vitis Coignetiae* PULLIAT	—	(6)	24	—	委託林，松前林務署 上ノ国事業区58林班	1958年 9月
シナノキ科 Tiliaceae						
63. シナノキ *Tilia japonica* SIMONKAI	12.5	16	49	0.9~1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
64. オオバボダイジュ *Tilia Maximowicziana* SHIRASAWA	6.2	16	29	0.8~1.0	北大苫小牧演習林 幌内事業区 2林班	1957年 4月
マタタビ科 Actinidiaceae						
65. サルナシ(コクワ) *Actinidia arguta* PLANCH.	—	(10)	40	—	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月
ウリノキ科 Alangiaceae						
66. ウリノキ *Alangium platanifolium* HARMS var. *macrophyllum* WANGERIN	3.4	3	12	0~1.0	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月

広葉樹 Hardwood	樹高 (m) Height of tree	胸高直径 (cm) Diameter at breast height	樹令* (年) Age of tree	採取部位 (地上高) (m) Part	産地 Locality	伐採年月 Date
ウコギ科 Araliaceae						
67. コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides* FRANCH. et SAVAT.	13.5	19	49	0.8～1.1	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
68. ハリギリ *Kalopanax septemlobus* KOIDZ.	17.0	24	71	0.9～1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区17林班	1956年 1月
69. タラノキ *Aralia elata* SEEM.	6.7	12	9	0.5～0.9	委託林，松前林務署 上ノ国事業区56林班	1958年 9月
ミズキ科 Cornaceae						
70. ミズキ *Cornus controversa* HEMSLEY	14.0	20	57	4.0～4.3	北大苫小牧演習林 上幌内事業区17林班	1956年 1月
エゴノキ科 Styracaceae						
71. ハクウンボク *Styrax Obassia* SIEB. et ZUCC.	6.5	15	50	0.9～1.1	北大苫小牧演習林 上幌内事業区7林班	1957年 4月
モクセイ科 Oleaceae						
72. ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.	—	24	72	1.4～1.7	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
73. アオダモ *Fraxinus Sieboldiana* BL.	12.0	15	72	0.9～1.2	北大苫小牧演習林 上幌内事業区20林班	1956年 1月
74. ハシドイ *Syringa reticulata* HARA	11.5	18	70	2.3～2.6	北大苫小牧演習林 上幌内事業区17林班	1956年 1月
スイカヅラ科 Caprifoliaceae						
75. エゾニワトコ *Sambucus Sieboldiana* BL. var. *Miquelii* HARA	3.1	7	13	1.2～1.7	北大苫小牧演習林 幌内事業区 34林班	1957年 4月

を伐倒し，地上高 1.3 m 附近を高さ約 20 cm の円柱形にきりとり，髄を通る板をつくり，これを小型丸鋸によって粉砕し，標準ぶるいにかけて，60～100 メッシュの部分を一般分析用，40～60 メッシュの部分をホロセルロースの定量用，100 メッシュ通過の部分を熱量測定用にあてた。

B. 容積重

前述のように容積重は炭材としてもっとも重要な性質であり，また木材を燃料として使用する場合も，その売買のさい，体積で取引されることがおおいから，これまた重要な因子である。

i. 実験方法

木粉試料を調製するさい，代表と考えられる部分から 2 個の木材片をとり，水でうる

おしてから表面に附着している水をぬぐいとり，キシロメーター[150]で容積を測定し，電気乾そう器中で105℃で2昼夜乾そう後秤量して算出した。

ii. 結　　果

結果は第17表にかかげたようであり，針葉樹，広葉樹の順に配列し，科別，針広別の平均値も付記した。

第17表 北海道産主要樹種の容積重

Table 17. Specific gravity of wood in Hokkaido

針葉樹 Softwood	
イチイ科 Taxaceae	
イチイ *Taxus cuspidata* SIEB. et. ZUCC.	0.48
マツ科 Pinaceae	
アオトドマツ *Abies sachalinensis* MAST. var. *Mayriana* MIYABE et KUDO	0.39
トドマツ *Abies sachalinensis* MAST.	0.38
アカエゾマツ *Picea Glehnii* MAST.	0.43
エゾマツ *Picea jezoensis* CARR.	0.36
ドイツトウヒ *Picea abies* KARST.	0.34
カラマツ *Larix leptolepis* GORDON	0.49
キタゴヨウ *Pinus parviflora* SIEB. et ZUCC. var. *pentaphylla* HENRY	0.39
ハイマツ *Pinus pumila* REGEL	0.60
ストローブマツ *Pinus strobus* L.	0.33
バンクスマツ *Pinus banksiana* LAMB.	0.43
平均 Average	0.41
ヒノキ科 Cupressaceae	
ヒノキアスナロ *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. var. *Hondai* MAKINO	0.44
針葉樹平均 Average of softwood	**0.42**

広葉樹 Hardwood	
ヤナギ科 Salicaceae	
ドロノキ *Populus Maximowiczii* HENRY	0.38
バッコヤナギ *Salix Bakko* KIMURA	0.43
エゾノキヌヤナギ *Salix Pet-susu* KIMURA	0.45
ナガバヤナギ *Salix sachalinensis* FR. SCHM.	0.43
平均 Average	0.42
クルミ科 Juglandaceae	
オニグルミ *Juglans ailanthifolia* CARR.	0.46
サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC.	0.37
平均 Average	0.42
カバノキ科 Betulaceae	
ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* TURCZ.	0.44
ハンノキ *Alnus japonica* STEUD.	0.45
ダケカンバ *Betula Ermanii* CHAM.	0.52
ウダイカンバ *Betula Maximowicziana* REGEL	0.53
シラカンバ *Betula platyphylla* SUKATCH. var. *japonica* HARA	0.65
サワシバ *Carpinus cordata* BL.	0.60
アカシデ *Carpinus laxiflora* BL.	0.58
アサダ *Ostrya japonica* SARG.	0.69
平均 Average	0.56

ブナ科 Fagaceae	
クリ *Castanea crenata* SIEB. et ZUCC.	0.47
ブナ *Fagus crenata* BL.	0.69
ミズナラ *Quercus mongolica* FISCH. var. *grosseserrata* REHD. et WILS.	0.69
カシワ *Quercus dentata* THUNB.	0.65
平均 Average	0.63
ニレ科 Ulmaceae	
ハルニレ *Ulmus Davidiana* PLANCH. var. *japonica* NAKAI	0.60
オヒョウ *Ulmus laciniata* MAYR.	0.53
平均 Average	0.57
クワ科 Moraceae	
ヤマグワ *Morus bombycis* KOIDZ.	0.52
カツラ科 Cercidiphyllaceae	
カツラ *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. et ZUCC.	0.48
モクレン科 Magnoliaceae	
コブシ *Magnolia Kobus* DC.	0.44
ホウノキ *Magnolia obovata* THUNB.	0.42
平均 Average	0.43
クスノキ科 Lauraceae	
オオバクロモジ *Lindera membranacea* MAXIM.	0.61
ユキノシタ科 Saxifragaceae	
ノリウツギ *Hydrangea paniculata* SIEB.	0.69
ゴトウヅル* *Hydrangea petiolaris* SIEB. et ZUCC.	0.48
イワガラミ* *Schizophragma hydrangeoides* SIEB. et ZUCC.	0.36
平均 Average	0.51
バラ科 Rosaceae	
ウシコロシ *Pourthiaea villosa* DECNE.	0.75
ウワミズザクラ *Prunus Grayana* MAXIM.	0.47
シロザクラ *Prunus Maximowiczii* RUPR.	0.56
エゾノウワミズザクラ *Prunus Padus* L.	0.45
エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii* REHD.	0.62
シウリザクラ *Prunus Ssiori* FR. SCHM.	0.56
アズキナシ *Sorbus alnifolia* C. KOCH	0.64
ナナカマド *Sorbus commixta* HEDL.	0.57
平均 Average	0.58
マメ科 Leguminosae	
イヌエンジュ *Maackia amurensis* RUPR. et MAXIM. var. *Buergeri* C. K. SCHN.	0.54
ハリエンジュ *Robinia Pseudo-Acacia* L.	0.62
平均 Average	0.58
ミカン科 Rutaceae	
キハダ *Phellodendron amurense* RUPR.	0.49
ニガキ科 Simaroubaceae	
ニガキ *Picrasma quassioides* BENN.	0.57
モチノキ科 Aquifoliaceae	
アオハダ *Ilex macropoda* MIQ.	0.53
ニシキギ科 Celastraceae	
ヒロハツリバナ *Euonymus macropterus* RUPR.	0.66
ツリバナ *Euonymus oxyphyllus* MIQ.	0.63
平均 Average	0.65
カエデ科 Aceraceae	
ハウチワカエデ *Acer japonicum* THUNB.	0.53
アカイタヤ *Acer Mono* MAXIM. var. *Mayrii* KOIDZ.	0.53
イタヤカエデ *Acer Mono* MAXIM.	0.66
ヤマモミジ *Acer palmatum* THUNB. var. *Matsumurae* MAKINO	0.65
平均 Average	0.59
トチノキ科 Hippocastanaceae	
トチノキ *Aesculus turbinata* BL.	0.47

クロウメモドキ科 Rhamnaceae	
クロウメモドキ *Rhamnus japonica* MAXIM.	0.64
ブドウ科 Vitaceae	
ヤマブドウ* *Vitis Coignetiae* PULLIAT	0.52
シナノキ科 Tiliaceae	
シナノキ *Tilia japonica* SIMONKAI	0.35
オオバボダイジュ *Tilia Maximowicziana* SHIRASAWA	0.33
平均 Average	0.34
マタタビ科 Actinidiaceae	
サルナシ* *Actinidia arguta* PLANCH.	0.44
ウリノキ科 Alangiaceae	
ウリノキ *Alangium platanifolium* HARMS var. *macrophyllum* WANGERIN	0.68
ウコギ科 Araliaceae	
コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides* FRANCH. et SAVAT.	0.44
ハリギリ *Kalopanax septemlobus* KOIDZ.	0.53
タラノキ *Aralia elata* SEEM.	0.46
平均 Average	0.48
ミズキ科 Cornaceae	
ミズキ *Cornus controversa* HEMSLEY	0.57
エゴノキ科 Styracaceae	
ハクウンボク *Styrax Obassia* SIEB. et ZUCC.	0.54
モクセイ科 Oleaceae	
ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.	0.69
アオダモ *Fraxinus Sieboldiana* BL.	0.70
ハシドイ *Syringa reticulata* HARA	0.59
平均 Average	0.66
スイカヅラ科 Caprifoliaceae	
エゾニワトコ *Sambucus Sieboldiana* BL. var. *Miquelii* HARA	0.43
広葉樹平均 Average of hardwood	**0.55**
ツル植物 (*印) 平均 Average of climbing plant	**0.45**

iii. 考　　察

針葉樹の最大はハイマツの0.60, 最小はストローブマツの0.33, 平均 (12種) 0.42である。また科別にみた場合はイチイ科の0.48, ヒノキ科の0.44, マツ科の0.41の順になっている。

広葉樹の最大はウシコロシの0.75, 最小はオオバボダイジュの0.33, 平均 (59種) 0.55であり, 科別にみた場合, 最大はユキノシタ科の0.69, 最小はシナノキ科の0.34である。

ツル植物の最大はヤマブドウの0.52, 最小はイワガラミの0.36, 平均 (4種) 0.45である。

結局, 平均値でみると, 広葉樹0.55, ツル植物0.45, 針葉樹0.42の順で, 広葉樹がもっとも大きく, ツル植物と針葉樹とはあまり大きな差はない。

つぎに炭材の対象に主として考えられる広葉樹を, 容積重の大小順に配列すると第18表のようになる。これを0.6以上, 0.50〜0.59, 0.49以下に, おおむね3大別してみると; 0.6以上のところには, アオダモ・アサダ・ブナ・ミズナラ・ヤチダモ・イタヤカエデ・カシワ・ヤマモミジ・ハリエンジュ・サワシバなど炭材として好適とされている樹種を多数

第18表 北海道産主要広葉樹の容積重 (大小順)

Table 18. Specific gravity of hardwood in Hokkaido

上	0.75	ウシコロシ
	0.70	アオダモ
	0.69	アサダ・ブナ・ミズナラ・ノリウツギ・ヤチダモ
	0.68	ウリノキ
	0.66	ヒロハツリバナ・イタヤカエデ
	0.65	シラカンバ・カシワ・ヤマモミジ
	0.64	アズキナシ・クロウメモドキ
	0.63	ツリバナ
	0.62	エゾヤマザクラ・ハリエンジュ
	0.61	オオバクロモジ
	0.60	サワシバ・ハルニレ
中	0.59	ハシドイ
	0.58	アカシデ
	0.57	ナナカマド・ニガキ・ミズキ
	0.56	シロザクラ・シウリザクラ
	0.54	イヌエンジュ・ハクウンボク
	0.53	ウダイカンバ・オヒョウ・アオハダ・ハウチワカエデ・アカイタヤ・ハリギリ
	0.52	ダケカンバ・ヤマグワ
下	0.49	キハダ
	0.48	カツラ
	0.47	クリ・ウワミズザクラ・トチノキ
	0.46	オニグルミ・タラノキ
	0.45	エゾノキヌヤナギ・ハンノキ・エゾノウワミズザクラ
	0.44	ケヤマハンノキ・コブシ・コシアブラ
	0.43	バッコヤナギ・ナガバヤナギ・エゾニワトコ
	0.42	ホウノキ
	0.38	ドロノキ
	0.37	サワグルミ
	0.35	シナノキ
	0.33	オオバボダイジュ

ふくみ，上の部ということができる。一方0.49以下は軟かく，軽い材で普通木炭の炭材としては下の部に属する。また0.50～0.59のものはアカシデ・ハウチワカエデ・アカイタヤなどを含んでおり，炭材としては一応，中の部と考えられる。

C. 発　熱　量

北海道産主要針葉樹12種，広葉樹59種，ツル植物4種，計75種のすべてについて，精密な結果が得やすく，発熱量測定法としてもっともすぐれた方法[57]といわれる

BERTHELOT-MAHLER の熱量計を用いて，その発熱量を測定した。

i. 実 験 方 法

日本工業規格 (JIS) M 8802 石炭類およびコークス類の分析ならびに発熱量測定方法[87]を準用し，20°C の恒温室内で実験をおこなった。

100 メッシュのフルイを通過した試料約 1.1 g を重量既知の秤量ビンにとり，下部に飽和食塩水をいれたデシケーター中に秤量ビンのフタをあけたまま約 1 カ月静置して恒湿状態にしたのち，秤量ビンのフタをして天秤の側に 20 分間静置後秤量し，105°C の乾そう器で一夜乾そうし，秤量して試料の絶乾重量をもとめるとともに水分を定量した。絶乾にした試料は燃焼しにくいので秤量ビンのフタをあけて前述のデシケーター中に静置して吸湿させ，熱量既知の薬包紙につつんだ。薬包紙の上面の試料の入っていない部分に小さな穴をあけ，ニッケル製点火線をとおす。点火線の中央部はラセン状にして点火線と薬包紙との接触をよくする。薬包紙につつんだ試料をステンレス鋼製燃焼皿に固くつめこみ，点火用ニッケル線を点火用電極に固くむすびつけた。ボンブのフタをよくしめたのち酸素を徐徐に 20 kg/cm² まで圧入し，ボンブを水中にいれて気密をたしかめてから重量既知の内筒水中にいれ，両電極を 15 V の電源につないだ。内筒水は 19°C に調整した蒸留水を 2 ℓ 容のメスフラスコにとり，これを内筒にうつしておいたもので，その重量は比重より算出した。つぎに BECKMANN 温度計 (0.001°C まで読取可能) およびカクハン器をそれぞれ所定の位置にとりつけ，外筒のフタをしてカクハン器を運転する。外そうは 20.8°C とし，カクハン器の回転は毎分約 90 回とした。

カクハン器の回転を始めて数分たってから 5 分間，毎分温度計の示度を読んでこれを記録し 5 分目に点火した。点火後もひきつづき毎分温度計の示度を読んでこれを記録し，温度が降下しはじめてからも 5 分間毎分温度計の示度を読んでこれを記録した。発熱量はつぎの式によって算出した。

$$\underset{(\mathrm{cal/g})}{\text{発熱量}} = \{(\underset{(°\mathrm{C})}{\text{上昇温度}} + \underset{(°\mathrm{C})}{\text{ふく射熱および伝導熱による温度の補正}}) \times (\underset{(\mathrm{g})}{\text{内筒水量}} + \underset{(\mathrm{g})}{\text{水当量}}) - (\underset{(\mathrm{cal})}{\text{包紙の発熱量}} + \underset{(\mathrm{cal})}{\text{点火線の燃焼熱}})\} \div \underset{(\mathrm{g})}{\text{試料の重量}}$$

ふく射熱および伝導熱による温度の補正はつぎの式によった。

$$nV + \frac{V'-V}{t'-t}\left\{\sum_1^{n-1}(T) + \frac{1}{2}(T_0 + T_n) - nt\right\}$$

ここで　n :　燃焼期の時間 (分)

V :　燃焼前期における毎分の平均降下温度 (°C)

V' :　燃焼後期における毎分の平均降下温度 (°C)

t : 燃焼前期における平均温度 (℃)

t' : 燃焼後期における平均温度 (℃)

$\sum_1^{n-1}(T)$: 燃焼期中最初および最後を除いた読取温度の総和 (℃)

T_0 : 燃焼期最初の読取温度 (℃)

T_n : 燃焼期最後の読取温度 (℃)

水当量の測定には熱量既知の純安息香酸1～1.2 g を重量既知のニッケル線とともに錠剤とし重量をはかってから前述のように発熱量の測定をおこない，水当量をつぎの式によって算出した。

$$\underset{(g)}{\text{水当量}} = (\underset{(cal)}{\text{安息香酸の発熱量}} \times \underset{(g)}{\text{安息香酸}} + \underset{(cal)}{\text{点火線の燃焼熱}}) \div (\underset{(℃)}{\text{上昇温度}} + \underset{(℃)}{\text{ふく射および伝導熱による温度の補正}}) - \underset{(g)}{\text{内筒水量}}$$

薬包紙は天秤の側に一夜静置したのち，一枚一枚の風乾重量をはかり，その中から数枚をぬきだして水分を定量し，別に絶乾薬包紙の発熱量をもとめ，各1枚の熱量を算出しておいた。

点火線用ニッケル線の燃焼熱は1 g について775 cal[57] として，燃焼部分の測定をし補正をおこなった。

ii. 結　　果

発熱量測定の結果は第19表に無水ベースと恒湿ベースでかかげた。

第19表 北海道産木材の発熱量 (cal)

Table 19. Calorific value of wood in Hokkaido

針葉樹 Softwood	発熱量 Calorific value (無水ベース) dry basis	順位 Rank	水分 Moisture %	発熱量 Calorific value (恒湿ベース) moist basis	順位 Rank
イチイ科 Taxaceae					
1. イチイ *Taxus cuspidata* SIEB. et ZUCC.	5,170	1	11.87	4,560	1
マツ科 Pinaceae					
2. アオトドマツ *Abies sachalinensis* MAST. var. *Mayriana* MIYABE et KUDO	4,880	9	12.53	4,270	7
3. トドマツ *Abies sachalinensis* MAST.	4,970	5	14.07	4,270	7
4. アカエゾマツ *Picea Glehnii* MAST.	4,820	12	14.37	4,170	12
5. エゾマツ *Picea jezoensis* CARR.	4,840	11	13.72	4,180	10
6. ドイツトウヒ *Picea abies* KARST.	4,870	10	14.69	4,150	11

針葉樹 Softwood	発熱量 Calorific value (無水ベース) dry basis	順位 Rank	水分 Moisture %	発熱量 Calorific value (恒湿ベース) moist basis	順位 Rank
7. カラマツ *Larix leptolepis* GORDON	4,920	7	12.81	4,290	5
8. キタゴヨウ *Pinus parviflora* SIEB. et ZUCC. var. *pentaphylla* HENRY	5,080	3	13.28	4,410	3
9. ハイマツ *Pinus pumila* REGEL	5,140	2	12.13	4,520	2
10. ストローブマツ *Pinus strobus* L.	5,000	4	11.95	4,400	4
11. バンクスマツ *Pinus banksiana* LAMB.	4,920	7	13.79	4,240	9
平均 Average	4,940		13.33	4,290	
ヒノキ科 Cupressaceae					
12. ヒノキアスナロ *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. var. *Hondai* MAKINO	4,940	6	13.45	4,280	6
針葉樹12種平均 Average of softwood	**4,960**		**13.22**	**4,310**	

広葉樹 Hardwood	発熱量 Calorific value (無水ベース) dry basis	順位 Rank	水分 Moisture %	発熱量 Calorific value (恒湿ベース) moist basis	順位 Rank
ヤナギ科 Salicaceae					
13. ドロノキ *Populus Maximowiczii* HENRY	4,720	34	13.09	4,100	27
14. バッコヤナギ *Salix Bakko* KIMURA	4,710	40	13.47	4,080	37
15. エゾノキヌヤナギ *Salix Pet-susu* KIMURA	4,730	25	13.51	4,090	23
16. ナガバヤナギ *Salix sachalinensis* FR. SCHM.	4,660	57	13.63	4,020	56
平均 Average	4,710		13.43	4,070	
クルミ科 Juglandaceae					
17. オニグルミ *Juglans ailanthifolia* CARR.	4,640	60	12.76	4,050	48
18. サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC.	4,730	25	13.05	4,110	23
平均 Average	4,690		12.91	4,080	
カバノキ科 Betulaceae					
19. ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* TURCZ.	4,740	18	13.68	4,090	33
20. ハンノキ *Alnus japonica* STEUD.	4,810	9	13.17	4,180	11
21. ダケカンバ *Betula Ermanii* CHAM.	4,700	44	13.62	4,060	44
22. ウダイカンバ *Betula Maximowicziana* REGEL	4,700	44	14.71	4,010	58

広葉樹 Hardwood	発熱量 Calorific value (無水ベース) dry basis	順位 Rank	水分 Moisture %	発熱量 Calorific value (恒湿ベース) moist basis	順位 Rank
23. シラカンバ *Betula platyphylla* SUKATCH. var. *japonica* HARA	4,690	49	13.86	4,040	52
24. サワシバ *Carpinus cordata* BL.	4,740	18	14.07	4,070	38
25. アカシデ *Carpinus laxiflora* BL.	4,650	59	13.33	4,030	54
26. アサダ *Ostrya japonica* SARG.	4,700	44	13.53	4,060	44
平均 Average	4,720		13.75	4,070	
ブナ科 Fagaceae					
27. クリ *Castanea crenata* SIEB. et ZUCC.	4,730	25	13.43	4,090	33
28. ブナ *Fagus crenata* BL.	4,700	44	13.36	4,070	38
29. ミズナラ *Quercus mongolica* FISCH. var. *grosseserrata* REHD. et WILS.	4,690	49	12.82	4,180	11
30. カシワ *Quercus dentata* THUNB.	4,790	11	14.26	4,110	23
平均 Average	4,730		13.47	4,110	
ニレ科 Ulmaceae					
31. ハルニレ *Ulmus Davidiana* PLANCH. var. *japonica* NAKAI	4,750	14	13.22	4,120	20
32. オヒョウ *Ulmus laciniata* MAYR.	4,740	18	13.30	4,110	23
平均 Average	4,750		13.26	4,120	
クワ科 Moraceae					
33. ヤマグワ *Morus bombycis* KOIDZ.	4,840	4	12.21	4,250	3
カツラ科 Cercidiphyllaceae					
34. カツラ *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. et ZUCC.	4,740	18	12.52	4,150	15
モクレン科 Magnoliaceae					
35. コブシ *Magnolia Kobus* DC.	4,820	7	13.00	4,190	8
36. ホウノキ *Magnolia obovata* THUNB.	4,810	9	12.36	4,220	6
平均 Average	4,820		12.68	4,210	
クスノキ科 Lauraceae					
37. オオバクロモジ *Lindera membranacea* MAXIM.	4,700	44	13.30	4,070	38
ユキノシタ科 Saxifragaceae					
38. ノリウツギ *Hydrangea paniculata* SIEB.	4,780	12	13.05	4,160	13

広葉樹 Hardwood	発熱量 Calorific value (無水ベース) dry basis	順位 Rank	水分 Moisture %	発熱量 Calorific value (恒湿ベース) moist basis	順位 Rank
*39. ゴトウヅル *Hydrangea petiolaris* SIEB. et ZUCC.	4,770	13	11.83	4,210	7
*40. イワガラミ *Schizophragma hydrangeoides* SIEB. et ZUCC.	4,850	3	12.77	4,230	5
バラ科 Rosaceae					
41. ウシコロシ *Pourthiaea villosa* DECNE.	4,670	54	14.12	4,010	58
42. ウワミズザクラ *Prunus Grayana* MAXIM.	4,720	34	13.78	4,070	38
43. シロザクラ *Prunus Maximowiczii* RUPR.	4,720	34	12.48	4,130	16
44. エゾノウワミズザクラ *Prunus Padus* L.	4,730	25	15.04	4,020	56
45. エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii* REHD.	4,720	34	12.82	4,110	23
46. シウリザクラ *Prunus Ssiori* FR. SCHM.	4,750	14	13.11	4,130	16
47. アズキナシ *Sorbus alnifolia* C. KOCH	4,680	52	13.29	4,060	44
48. ナナカマド *Sorbus commixta* HEDL.	4,710	40	13.72	4,060	44
平均 Average	4,710		13.55	4,070	
マメ科 Leguminosae					
49. イヌエンジュ *Maackia amurensis* RUPR. et MAXIM. var. *Buergeri* C. K. SCHN.	4,970	2	12.38	4,350	2
50. ハリエンジュ *Robinia Pseudo-Acacia* L.	4,740	18	12.80	4,130	16
平均 Average	4,860		12.59	4,240	
ミカン科 Rutaceae					
51. キハダ *Phellodendron amurense* RUPR.	4,640	60	14.24	3,980	63
ニガキ科 Simaroubaceae					
52. ニガキ *Picrasma quassioides* BENN.	4,820	7	13.13	4,190	8
モチノキ科 Aquifoliaceae					
53. アオハダ *Ilex macropoda* MIQ.	4,670	54	12.23	4,100	27
ニシキギ科 Celastraceae					
54. ヒロハツリバナ *Euonymus macropterus* RUPR.	4,730	25	14.33	4,050	48
55. ツリバナ *Euonymus oxyphyllus* MIQ.	4,740	18	13.48	4,100	27
平均 Average	4,740		13.91	4,080	

広葉樹 Hardwood	発熱量 Calorific value (無水ベース) dry basis	順位 Rank	水分 Moisture %	発熱量 Calorific value (恒湿ベース) moist basis	順位 Rank
カエデ科 Aceraceae					
56. ハウチワカエデ *Acer japonicum* THUNB.	4,690	49	13.63	4,050	48
57. アカイタヤ *Acer Mono* MAXIM. var. *Mayrii* KOIDZ.	4,750	14	13.71	4,100	27
58. イタヤカエデ *Acer Mono* MAXIM.	4,670	54	13.81	4,030	54
59. ヤマモミジ *Acer palmatum* THUNB. var. *Matsumurae* MAKINO	4,680	52	13.56	4,050	48
平均 Average	4,700		13.68	4,060	
トチノキ科 Hippocastanaceae					
60. トチノキ *Aesculus turbinata* BL.	4,660	57	14.09	4,000	60
クロウメモドキ科 Rhamnaceae					
61. クロウメモドキ *Rhamnus japonica* MAXIM.	4,640	60	13.75	4,000	60
ブドウ科 Vitaceae					
*62. ヤマブドウ *Vitis Coignetiae* PULLIAT	4,740	18	14.18	4,070	38
シナノキ科 Tiliaceae					
63. シナノキ *Tilia japonica* SIMONKAI	4,750	14	12.47	4,160	13
64. オオバボダイジュ *Tilia Maximowicziana* SHIRASAWA	4,730	25	12.70	4,130	16
平均 Average	4,740		12.59	4,150	
マタタビ科 Actinidiaceae					
*65. サルナシ *Actinidia arguta* PLANCH.	5,030	1	12.88	4,380	1
ウリノキ科 Alangiaceae					
66. ウリノキ *Alangium platanifolium* HARMS var. *macrophyllum* WANGERIN	4,610	63	13.48	3,990	62
ウコギ科 Araliaceae					
67. コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides* FRANCH. et SAVAT.	4,730	25	13.28	4,100	27
68. ハリギリ *Kalopanax septemlobus* KOIDZ.	4,710	40	13.08	4,090	33
69. タラノキ *Aralia elata* SEEM.	4,720	34	13.78	4,070	38
平均 Average	4,720		13.38	4,090	
ミズキ科 Cornaceae					
70. ミズキ *Cornus controversa* HEMSLEY	4,730	25	12.99	4,120	20

広葉樹 Hardwood	発熱量 Calorific value (無水ベース) dry basis	順位 Rank	水分 Moisture %	発熱量 Calorific value (恒湿ベース) moist basis	順位 Rank
エゴノキ科 Styracaceae					
71. ハクウンボク *Styrax Obassia* SIEB. et ZUCC.	4,730	25	13.29	4,100	27
モクセイ科 Oleaceae					
72. ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.	4,710	40	14.21	4,040	52
73. アオダモ *Fraxinus Sieboldiana* BL.	4,720	34	12.68	4,120	20
74. ハシドイ *Syringa reticulata* HARA	4,830	6	12.13	4,240	4
平均 Average	4,750		13.01	4,130	
スイカヅラ科 Caprifoliaceae					
75. エゾニワトコ *Sambucus Sieboldiana* BL. var. *Miquelii* HARA	4,840	4	13.40	4,190	8
広葉樹59種平均 Average of hardwood	**4,730**		**13.34**	**4,100**	
ツル植物*4種平均 Average of climbing plant	**4,850**		**12.92**	**4,220**	

iii. 考　　察

針葉樹の発熱量は無水ベースで，最大はイチイの5,170 cal，最小はアカエゾマツの4,820 cal，平均(12種) 4,960 calである。また科別にみた場合はイチイ科が最大で5,170 cal，マツ科とヒノキ科は4,940 calとなっている。水分はドイツトウヒの14.69%が最大で，イチイの11.87%が最小，平均13.22%である。恒湿ベースでは，最大はおなじくイチイの4,560 cal，最小はアカエゾマツの4,130 cal，平均4,310 calである。

つぎに広葉樹の発熱量は無水ベースで，最大はイヌエンジュの4,970 cal，最小はウリノキの4,610 cal，平均(59種) 4,730 calである。また科別にみた場合はマメ科の4,860 calが最大で，ウリノキ科の4,610 calが最小となっている。水分はエゾノウワミズザクラの15.04%が最大で，ハシドイの12.13%が最小，平均13.34%である。恒湿ベースでは最大はやはりイヌエンジュの4,350 cal，最小はキハダの3,980 cal，平均4,100 calである。

ツル植物の発熱量は無水ベースで最大はサルナシの5,030 cal，最小はヤマブドウの4,740 cal，平均(4種) 4,850 calである。水分はヤマブドウの14.18%が最大で，ゴトウズル(ツルアジサイ)の11.83%が最小，平均12.92%となっている。また恒湿ベースでは最大はやはりサルナシの4,380 cal，最小はヤマブドウの4,070 cal，平均4,220 calである。

結局，平均値で比較すると無水ベースでは，針葉樹は4,960 cal，ツル植物は4,850 cal，

広葉樹は 4,730 cal の順となり，恒湿ベースでは，針葉樹は 4,310 cal，ツル植物は 4,220 cal，広葉樹は 4,100 cal の順となっている。

またマキは1シキとか1棚とかいって，体積で取引されることがおおいから，1 cc あたりの熱量を算出したものを第 21～22 表からみると，針葉樹ではハイマツが最大の 3,080 cal，最小はストローブマツの 1,650 cal である。広葉樹ではウシコロシの 3,500 cal が最大，オオバボダイジュの 1,560 cal が最小で，北海道でマキに普通に用いられるナラは5位，イタヤは 11 位，アサダは5位で，比較的上位を占めている。

針葉樹の発熱量の最大と最小の差は 350 cal，広葉樹は 360 cal で，最小値の 7.3～7.8% にすぎないが，1 cc あたりの発熱量は最大値が最小値の倍もあって，容積重がきわめて大きい意味をもっている。

D. 化学的組成

通常の木材分析法[62,88,134]によって，灰分，アルコール・ベンゼン抽出物，冷水抽出物，温水抽出物，1% NaOH 抽出物，ペントザン，メチル・ペントザン，CROSS-BEVAN セルロース，α-セルロース，ホロセルロース，リグニンの定量をおこなった。

i. 実験方法

a) 灰　　分：ミクロ・マッフルを用いる微量定量法[100]によった。絶乾試料 20～30 mg をシュバインヘン中の白金舟にとり，ミクロ・マッフル中で灰化し，さいごに小火焔中で数秒間白金舟を赤熱し，銅製冷却台上で冷却後秤量して測定した。

b) アルコール・ベンゼン抽出物：絶乾試料 2～3 g を 1 G 2 のグラスフィルターにとり，これを2個ずつ重ねてソックスレー抽出器にいれ，濾紙をいれて滴下液の直撃をさけながらアルコール・ベンゼン等量液で抽出液が着色しなくなるまで（約 10 時間）抽出した。グラスフィルターを取り出し，水流ポンプで溶剤を吸引除去してから乾そう，秤量し，抽出前後の重量の差を抽出量とした。

c) 冷水抽出物：絶乾試料約 1 g を三角フラスコにとり，これに 200 cc の蒸留水を加え室温でときどき振とうしながら 48 時間放置後，グラスフィルターを用いて濾過し，洗ってから乾そう，秤量した。

d) 温水抽出物：絶乾試料約 1 g を共栓三角フラスコにとり，100 cc の水を加え，沸とう湯浴中でときどき振とうしながら 3 時間加熱後，濾過し，洗ってから乾そう，秤量した。沸とう湯浴にはホーローびきの径 30 cm の円筒形容器を用い，容器の上部をポリエチレンでおおって湯浴に用いている湯の蒸発を防いだ。

e) 1% カセイソーダ抽出物：絶乾試料約 1 g を三角フラスコにとり，1% カセイソ

ーダ水溶液100 ccを加え，沸とう湯浴中で1時間加熱してから濾過し，熱水でよく洗い，乾そうしたのち秤量して測定した。

f)　ペントザンとメチル・ペントザン：　絶乾試料約1 gを蒸留フラスコにとり，12%塩酸100 ccを加えて，10分間に30 cc留出する速さで，留出液が360 ccになるまで蒸留し，留出液にフロログルシン塩酸溶液40 ccを加え，16時間冷暗所に静置してから濾過し，洗い，乾そう秤量した。さらに95%アルコールに溶ける部分を測定し，KRÖBERの表によって可溶物の量からメチル・ペントザンを，不溶物の量からペントザンを算出し，その合計を全ペントザンとした。

g)　CROSS-BEVANセルロースとα-セルロース：　脱脂試料約1 gをグラスフィルター1G2中で水でうるおしてから塩素ガスを通し，15分間処理してから2%亜硫酸，水の順に洗い，グラスフィルターのまま50 cc容のビーカーに入れ，3%亜硫酸ソーダを加えて湯浴中で1時間加熱後濾過，熱水冷水の順に洗い，同様にして10分間の塩素処理を2回くりかえし，さらに3%亜硫酸ソーダが着色しなくなるまで，5分間の塩素処理をくりかえした。このようにして得た純白にちかい繊維は熱水でよく洗い，乾そう秤量してセルロースを求めた。

つぎに，セルロース試料をビーカーにうつし，17.5%のカセイソーダ溶液を試料1 gに25 ccの割合で加え，ガラス棒でよくまぜて30分間放置したのち，同量の水を加え，1G2のグラスフィルターで濾過，よく洗ったのち10%酢酸で洗い，さらに水でよく洗ってから乾そう秤量してα-セルロースをもとめた。

h)　ホロセルロース：　脱脂絶乾試料1 gを三角フラスコにとり蒸留水60 cc，亜塩素酸ソーダ0.4 gおよび氷酢酸0.08 cc（実際には10倍に薄めた氷酢酸0.8 cc）を加え，ゆるく栓をして70°～80°Cの湯浴中で1時間加温する。さらに冷却することなく，針葉樹は3回，広葉樹は2回くりかえし，1G2のグラスフィルターを用いて濾過し，よく洗ったのち乾そう，秤量した。さらにホロセルロース中のリグニンを定量して補正をおこなった。

i)　リグニン：　脱脂試料0.5 gに72%硫酸10 ccを加え，ときどきよく混和しながら4時間処理し，これに水を加えて3%硫酸濃度になるまでうすめ，2時間ゆるやかに煮沸させて，炭水化物を完全に加水分解してから1G3のグラスフィルターを用いて濾過し，洗い，乾そう秤量した。

ii.　結　　果

木材分析の結果は第20表に，針葉樹，広葉樹の順にかかげた。

iii. 考　　察

灰分，アルコール・ベンゼン抽出物，冷水抽出物，温水抽出物，1% NaOH 抽出物，ペントザン，セルロース，ホロセルロース，リグニンの順に考察する。

a) 灰　　分

針葉樹の最大はトドマツの 0.53%，最小はバンクスマツの 0.08%，平均 0.31% であり，科別にみた場合はヒノキ科の 0.39%，マツ科の 0.31%，イチイ科の 0.20% の順になっている。

広葉樹の最大はオヒョウの 1.43%，最小はウダイカンバの 0.23%，平均 0.51% であり，科別にみた場合，最大はウリノキ科の 1.36%，最小はユキノシタ科の 0.31% である。ツル植物の最大はゴトウヅルの 1.26%，最小はヤマブドウの 0.48%，平均 0.87% である。

結局，平均値でみると，ツル植物の 0.87%，広葉樹 0.51%，針葉樹 0.31% の順になっており，ツル植物のかなり大きいのが目立っている。辻[136]が広葉樹 51 種の平均は 0.33%，針葉樹 12 種の平均は 0.14% と報告しているのと比較すれば，上記の結果は若干高い値を示しているが，広葉樹が針葉樹よりも大きいという傾向は一致した。

b) アルコール・ベンゼン抽出物

針葉樹の最大はイチイの 14.3%，最小はアカエゾマツの 0%，平均 4.1% で，イチイとハイマツがとくに大きいのが注目される。また科別にみると，イチイ科 14.3%，マツ科 3.3%，ヒノキ科 2.1% の順になっている。

広葉樹の最大はヤマグワの 8.6%，最小はカツラの 0.4%，平均 2.9% であり，科別にみても，最大はクワ科の 8.6%，最小はカツラ科の 0.4% である。

ツル植物の最大はサルナシの 5.9%，最小はゴトウヅルの 3.1%，平均 4.4% である。

結局，平均値でみると，ツル植物の 4.4%，針葉樹の 4.1%，広葉樹の 2.9% の順で，ツル植物と針葉樹はあまり大きな差はないが，広葉樹は若干低い結果を示している。

辻[136]はベンゼン抽出後，アルコールで抽出する方法を用いているので，これを加えてみると針葉樹平均 3.1%，広葉樹平均 3.5% となり，筆者の結果は針葉樹において 1.0% 増，広葉樹において 0.6% 減であって，とくに大きな差はなかった。

c) 冷 水 抽 出 物

針葉樹の最大はイチイの 8.9%，最小はアカエゾマツの 0.7%，平均 3.0% で，イチイがとくに大きいのが注目される。また科別にみるとイチイ科 8.9%，マツ科 2.5%，ヒノキ科 2.2% の順になっている。

広葉樹の最大はウリノキの 7.6%，最小はダケカンバの 0.5%，平均 3.1% であり，科別にみると，最大はウリノキ科の 7.6%，最小はスイカヅラ科の 0.7% である。ツル植物の最

第20表 北海道産主要木
Table 20. Chemical composition

針葉樹 Softwood	灰分 Ash	抽出物 アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	抽出物 冷水 Cold water	抽出物 温水 Hot water
イチイ科 Taxaceae				
1. イチイ *Taxus cuspidata* SIEB. et ZUCC.	0.20	14.3	8.9	14.2
マツ科 Pinaceae				
2. アオトドマツ *Abies sachalinensis* MAST. var. *Mayriana* MIYABE et KUDO	0.23	1.2	1.3	3.0
3. トドマツ *Abies sachalinensis* MAST.	0.53	2.9	2.8	4.5
4. アカエゾマツ *Picea Glehnii* MAST.	0.42	0	0.7	2.3
5. エゾマツ *Picea jezoensis* CARR.	0.14	0.6	1.1	3.1
6. ドイツトウヒ *Picea abies* KARST.	0.43	0.6	1.1	1.8
7. カラマツ *Larix leptolepis* GORDON	0.42	0.9	4.7	7.2
8. キタゴヨウ *Pinus parviflora* SIEB. et ZUCC. var. *pentaphylla* HENRY	0.12	7.5	3.5	5.7
9. ハイマツ *Pinus pumila* REGEL	0.20	11.9	4.8	8.6
10. ストーロブマツ *Pinus strobus* L.	0.52	6.6	2.9	4.1
11. バンクスマツ *Pinus banksiana* LAMB.	0.08	0.5	1.7	2.4
平均 Average	0.31	3.3	2.5	4.3
ヒノキ科 Cupressaceae				
12. ヒノキアスナロ *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. var. *Hondai* MAKINO	0.39	2.1	2.2	3.3
針葉樹平均 Average of softwood	**0.31**	**4.1**	**3.0**	**5.0**

広葉樹 Hardwood	灰分 Ash	抽出物 アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	抽出物 冷水 Cold water	抽出物 温水 Hot water
ヤナギ科 Salicaceae				
13. ドロノキ *Populus Maximqwiczii* HENRY	0.57	2.3	1.8	3.0
14. バッコヤナギ *Salix Bakko* KIMURA	0.35	2.3	2.1	3.3
15. エゾノキヌヤナギ *Salix Pet-susu* KIMURA	0.29	3.2	3.2	4.3

材の化学的組成 (%)
of wood in Hokkaido

Solubility in 1% NaOH	全ペントザン Total pentosan	メチル・ペントザン Methyl-pentosan	セルロース CROSS and BEVAN cellulose	α-セルロース α-cellulose	ホロセルロース Holocellulose	リグニン Lignin
25.6	11.9	4.8	57.5	32.6	62.3	28.7
12.8	12.9	4.8	58.6	43.8	73.7	30.4
12.4	12.5	5.3	56.6	40.9	70.4	28.7
14.0	13.7	4.0	59.9	45.0	74.5	27.3
13.2	13.5	4.2	59.3	43.9	75.3	29.1
11.5	12.0	1.5	54.4	38.1	72.8	28.9
18.8	12.0	4.8	52.0	39.9	66.5	30.7
18.8	12.2	4.7	57.5	32.0	70.8	25.6
23.4	11.9	2.6	44.0	30.1	63.1	26.1
19.4	13.2	4.3	56.8	41.4	70.6	27.7
12.7	14.2	2.2	55.3	41.1	74.8	29.8
15.7	12.8	3.8	55.4	39.6	71.3	28.4
10.7	13.6	4.7	53.8	38.4	72.8	31.8
16.1	**12.8**	**4.0**	**55.5**	**38.9**	**70.6**	**28.7**

Solubility in 1% NaOH	全ペントザン Total pentosan	メチル・ペントザン Methyl-pentosen	セルロース CROSS and BEVAN cellulose	α-セルロース α-cellulose	ホロセルロース Holocellulose	リグニン Lignin
20.1	22.3	0.6	63.6	47.7	81.1	21.5
23.0	21.9	0.8	62.4	43.3	82.4	19.9
22.5	22.7	0.7	58.7	40.9	80.0	21.7

広葉樹 Hardwood	灰分 Ash	抽出物 アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	抽出物 冷水 Cold water	抽出物 温水 Hot water
16. ナガバヤナギ *Salix sachalinensis* FR. SCHM.	0.27	2.9	3.1	4.2
平均 Average	0.37	2.7	2.6	3.7
クルミ科 Juglandaceae				
17. オニグルミ *Juglans ailanthifolia* CARR.	0.41	3.9	2.8	5.5
18. サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC.	0.34	3.7	2.7	3.9
平均 Average	0.38	3.8	2.8	4.7
カバノキ科 Betulaceae				
19. ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* TURCZ.	0.26	4.5	3.3	4.9
20. ハンノキ *Alnus japonica* STEUD.	0.34	4.4	2.2	5.4
21. ダケカンバ *Betula Ermanii* CHAM.	0.28	2.5	0.5	2.0
22. ウダイカンバ *Betula Maximowicziana* REGEL	0.23	1.4	1.5	1.9
23. シラカンバ *Betula platyphylla* SUKATCH. var. *japonica* HARA	0.37	1.4	1.5	2.9
24. サワシバ *Carpinus cordata* BL.	0.54	2.0	2.6	3.9
25. アカシデ *Carpinus laxiflora* BL.	0.43	2.5	3.3	5.6
26. アサダ *Ostrya japonica* SARG.	0.70	1.9	1.2	4.9
平均 Average	0.39	2.6	2.0	3.9
ブナ科 Fagaceae				
27. クリ *Castanea crenata* SIEB. et ZUCC.	0.33	2.7	5.0	9.5
28. ブナ *Fagus crenata* BL.	0.66	1.3	2.3	3.6
29. ミズナラ *Quercus mongolica* FISCH. var. *grosseserrata* REHD. et WILS.	0.28	1.8	2.9	8.5
30. カシワ *Quercus dentata* THUNB.	0.56	4.7	7.0	8.9
平均 Average	0.46	2.6	4.3	7.6
ニレ科 Ulmaceae				
31. ハルニレ *Ulmus Davidiana* PLANCH. var. *japonica* NAKAI	0.86	0.7	2.0	2.8
32. オヒョウ *Ulmus laciniata* MAYR.	1.43	1.6	2.1	3.7
平均 Average	1.15	1.2	2.1	3.3

Solubility in 1% NaOH	全ペントザン Total pentosan	メチル・ペントザン Methyl-pentosan	セルロース CROSS and Bevan cellulose	α-セルロース α-cellulose	ホロセルロース Holocellulose	リグニン Lignin
24.5	19.4	0.7	58.8	38.1	84.0	19.5
22.5	21.6	0.7	60.9	42.5	81.9	20.7
24.6	23.5	3.1	61.4	42.6	80.0	20.8
24.6	20.9	3.6	60.9	44.2	82.7	18.3
24.6	22.2	3.4	61.2	43.4	81.4	19.6
21.6	20.0	0	58.3	43.0	79.3	19.9
22.1	22.6	1.3	55.6	40.2	76.2	22.0
17.0	25.3	0.8	60.1	45.6	78.9	20.0
16.9	25.5	1.2	57.2	40.1	82.0	20.3
15.5	22.7	0	62.8	45.5	82.8	18.6
22.8	20.1	0	60.9	42.8	79.4	21.2
21.4	25.2	1.2	59.0	46.3	81.3	18.3
19.0	21.3	0.9	61.5	44.3	78.3	20.7
19.5	22.8	0.7	59.4	43.5	79.8	20.1
22.5	22.7	1.5	52.4	40.3	72.8	25.9
17.4	20.7	1.2	60.0	44.7	81.0	20.6
22.2	22.2	1.3	57.0	44.6	78.6	21.6
23.0	23.6	2.1	46.8	31.1	72.5	25.3
21.3	22.3	1.5	54.1	40.2	76.2	23.4
14.7	20.3	0.9	61.5	51.0	80.3	21.3
22.9	23.7	2.2	55.6	35.9	78.9	22.6
18.8	22.0	1.6	58.6	43.5	79.6	22.0

広葉樹 Hardwood	灰分 Ash	抽出物 アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	抽出物 冷水 Cold water	抽出物 温水 Hot water
クワ科 Moraceae				
33. ヤマグワ *Morus bombycis* KOIDZ.	0.82	8.6	5.3	10.3
カツラ科 Cercidiphyllaceae				
34. カツラ *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. et ZUCC.	0.72	0.4	2.3	6.3
モクレン科 Magnoliaceae				
35. コブシ *Magnolia Kobus* DC.	0.42	0.8	2.8	3.9
36. ホウノキ *Magnolia obovata* THUNB.	0.23	1.9	1.6	2.8
平均 Average	0.33	1.4	2.2	3.4
クスノキ科 Lauraceae				
37. オオバクロモジ *Lindera membranacea* MAXIM.	0.78	5.7	5.6	7.4
ユキノシタ科 Saxifragaceae				
38. ノリウツギ *Hydrangea paniculata* SIEB.	0.31	4.3	2.2	4.5
*39. ゴトウヅル *Hydrangea petiolaris* SIEB. et ZUCC.	1.26	3.1	3.6	4.7
*40. イワガラミ *Schizophragma hydrangeoides* SIEB. et ZUCC.	0.51	3.7	4.3	5.5
平均 Average	0.69	3.7	3.4	4.9
バラ科 Rosaceae				
41. ウシコロシ *Pourthiaea villosa* DECNE.	0.23	2.6	2.9	4.6
42. ウワミズザクラ *Prunus Grayana* MAXIM.	0.65	4.2	4.2	5.4
43. シロザクラ *Prunus Maximowiczii* RUPR.	0.23	2.1	2.1	4.5
44. エゾノウワミズザクラ *Prunus Padus* L.	0.58	2.3	3.0	4.6
45. エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii* REHD.	0.26	4.7	5.8	8.5
46. シウリザクラ *Prunus Ssiori* FR. SCHM.	0.38	4.9	3.1	5.6
47. アズキナシ *Sorbus alnifolia* C. KOCH	0.35	0.9	2.5	3.4
48. ナナカマド *Sorbus commixta* HEDL.	0.58	3.2	3.4	6.7
平均 Average	0.41	3.1	3.4	5.4

Solubility in 1% NaOH	全ペントザン Total pentosan	メチル・ペントザン Methyl-pentosan	セルロース CROSS and BEVAN cellulose	α-セルロース α-cellulose	ホロセルロース Holocellulose	リグニン Lignin
27.6	25.8	2.5	49.5	34.5	72.1	21.1
20.6	23.3	1.4	58.0	43.5	77.6	23.8
19.7	20.0	1.5	58.3	43.4	78.6	25.6
16.7	19.6	0.3	61.2	44.4	81.0	23.5
18.2	19.8	0.9	59.8	43.9	79.8	24.6
26.1	26.9	1.6	57.1	34.0	76.5	18.9
21.0	23.8	0.8	58.8	43.6	80.4	21.2
22.2	24.8	4.8	45.5	29.2	74.4	28.5
23.7	25.5	3.9	52.0	31.3	74.0	26.7
22.3	24.7	3.2	52.1	34.7	76.3	25.5
18.7	23.8	1.1	59.1	44.7	81.7	20.4
20.6	22.7	1.5	54.3	38.8	77.8	20.2
23.6	23.5	1.0	62.0	46.3	81.5	18.2
28.4	22.3	0	48.6	36.3	80.7	20.5
28.2	23.0	0	56.6	44.2	79.6	17.7
26.8	24.4	1.2	55.0	40.1	74.3	21.4
21.9	22.2	1.2	59.9	43.8	79.5	19.9
23.6	21.0	0	56.8	46.2	79.6	20.1
24.0	22.9	0.8	56.5	42.6	79.3	19.8

広葉樹 Hardwood	灰分 Ash	抽出物 アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	抽出物 冷水 Cold water	抽出物 温水 Hot water
マメ科 Leguminosae				
49. イヌエンジュ *Maackia amurensis* RUPR. et MAXIM. var. *Buergeri* C. K. SCHN.	0.56	5.9	1.1	5.3
50. ハリエンジュ *Robinia Pseudo-Acacia* L.	0.33	2.8	1.9	4.6
平均 Average	0.45	4.4	1.5	5.0
ミカン科 Rutaceae				
51. キハダ *Phellodendron amurense* RUPR.	0.58	0.7	1.2	4.6
ニガキ科 Simaroubaceae				
52. ニガキ *Picrasma quassioides* BENN.	0.39	2.3	2.0	4.5
モチノキ科 Aquifoliaceae				
53. アオハダ *Ilex macropoda* MIQ.	0.65	5.1	5.4	6.9
ニシキギ科 Celastraceae				
54. ヒロハツリバナ *Euonymus macropterus* RUPR.	0.89	3.7	6.6	7.4
55. ツリバナ *Euonymus oxyphyllus* MIQ.	0.63	1.7	2.2	5.3
平均 Average	0.76	2.7	4.4	6.4
カエデ科 Aceraceae				
56. ハウチワカエデ *Acer japonicum* THUNB.	0.41	1.9	1.7	4.3
57. アカイタヤ *Acer Mono* MAXIM. var. *Mayrii* KOIDZ.	0.59	2.1	3.6	5.4
58. イタヤカエデ *Acer Mono* MAXIM.	0.40	1.6	2.2	4.3
59. ヤマモミジ *Acer palmatum* THUNB. var. *Matsumurae* MAKINO	0.45	2.8	4.3	7.0
平均 Average	0.46	2.1	3.0	5.3
トチノキ科 Hippocastanaceae				
60. トチノキ *Aesculus turbinata* BL.	0.32	1.7	2.6	4.6
クロウメモドキ科 Rhamnaceae				
61. クロウメモドキ *Rhamnus japonica* MAXIM.	0.42	2.3	4.4	5.9
ブドウ科 Vitaceae				
*62. ヤマブドウ *Vitis Coignetiae* PULLIAT	0.48	4.9	11.9	19.6

Solubility in 1% NaOH	全ペントザン Total pentosan	メチル・ペントザン Methyl-pentosan	セルロース CROSS and BEVAN cellulose	α-セルロース α-cellulose	ホロセルロース Holocellulose	リグニン Lignin
23.5	21.7	1.2	56.9	45.2	78.0	21.9
17.8	23.7	1.0	60.7	50.1	81.7	20.6
20.7	22.7	1.1	58.8	47.7	79.9	21.3
19.5	20.8	0.7	62.2	48.7	79.5	18.7
21.8	23.2	2.5	56.6	41.0	75.8	26.3
31.5	18.4	0	49.3	33.8	80.8	15.8
20.7	25.5	2.1	49.1	33.2	70.7	26.9
17.7	24.1	1.3	55.4	44.3	75.6	26.0
19.2	24.8	1.7	52.3	38.8	73.2	26.5
20.8	24.0	1.4	61.0	47.4	81.7	20.7
20.1	26.0	2.7	52.5	34.4	78.0	22.9
16.6	22.2	0	61.9	47.9	81.3	18.6
23.6	23.3	2.3	59.1	42.2	76.8	21.5
20.3	23.9	1.6	58.6	43.0	79.5	20.9
17.9	22.1	1.8	59.2	44.1	79.4	21.3
20.4	25.6	2.7	59.4	42.2	83.9	21.0
42.6	26.9	2.0	40.8	25.2	64.1	20.7

広葉樹 Hardwood	灰分 Ash	抽出物 アルコール・ベンゼン Alcohol-benzene	抽出物 冷水 Cold water	抽出物 温水 Hot water
シナノキ科 Tiliaceae				
63. シナノキ *Tilia japonica* SIMONKAI	0.75	6.6	4.2	5.6
64. オオバボダイジュ *Tilia Maximowicziana* SHIRASAWA	0.59	5.6	2.6	4.6
平均 Average	0.67	6.1	3.4	5.1
マタタビ科 Actinidiaceae				
*65. サルナシ *Actinidia arguta* PLANCH.	1.24	5.9	4.8	7.7
ウリノキ科 Alangiaceae				
66. ウリノキ *Alangium platanifolium* HARMS var. *macrophyllum* WANGERIN	1.36	4.9	7.6	10.1
ウコギ科 Araliaceae				
67. コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides* FRANCH. et SAVAT.	0.61	1.5	4.2	5.4
68. ハリギリ *Kalopanax septemlobus* KOIDZ.	0.28	1.0	2.4	4.1
69. タラノキ *Aralia elata* SEEM.	0.43	4.1	5.8	7.3
平均 Average	0.44	2.2	4.1	5.6
ミズキ科 Cornaceae				
70. ミズキ *Cornus controversa* HEMSLEY	0.27	0.8	3.0	4.6
エゴノキ科 Styracaceae				
71. ハクウンボク *Styrax Obassia* SIEB. et ZUCC.	0.62	1.8	2.1	4.1
モクセイ科 Oleaceae				
72. ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.	0.91	1.0	1.4	5.4
73. アオダモ *Fraxinus Sieboldiana* BL.	0.69	3.9	5.2	6.8
74. ハシドイ *Syringa reticulata* HARA	0.42	4.1	3.7	6.1
平均 Average	0.67	3.0	3.4	6.1
スイカヅラ科 Caprifoliaceae				
75. エゾニワトコ *Sambucus Sieboldiana* BL. var. *Miquelii* HARA	0.55	1.6	0.7	2.5
広葉樹平均 Average of hardwood	**0.51**	**2.9**	**3.1**	**5.2**
ツル植物(*印)平均 Average of climbing plant	**0.87**	**4.4**	**6.2**	**9.4**

Solubility in 1% NaOH	全ペントザン Total pentosan	メチル・ペントザン Methyl-pentosan	セルロース CROSS and BEVAN cellulose	α-セルロース α-cellulose	ホロセルロース Holocellulose	リグニン Lignin
26.0	20.2	0	59.2	42.6	79.9	16.5
25.0	22.7	1.7	61.2	44.0	81.9	16.9
25.5	21.5	0.9	60.2	43.3	80.9	16.7
26.5	23.1	4.5	57.7	44.1	59.2	28.5
26.3	20.2	1.5	55.1	31.9	71.6	23.6
22.8	21.0	1.1	62.6	44.6	79.9	21.0
18.2	22.5	0	59.6	48.3	79.0	21.8
23.3	26.1	2.4	56.6	46.7	78.0	20.1
21.4	23.2	1.2	59.6	46.5	79.0	21.0
24.1	22.5	0	60.5	43.0	81.6	22.5
29.8	23.6	1.4	58.6	44.5	82.9	20.6
18.5	20.6	0.8	59.1	46.9	82.1	20.2
19.1	19.8	0	54.9	44.1	76.1	22.5
24.0	22.1	1.0	59.8	44.4	78.2	20.3
20.5	20.8	0.6	57.9	45.1	78.8	21.0
18.0	22.5	1.4	57.1	45.8	78.6	26.2
21.8	**22.6**	**1.2**	**57.9**	**42.7**	**79.1**	**21.1**
28.8	**25.1**	**3.8**	**49.0**	**32.5**	**67.9**	**26.1**

大はヤマブドウの11.9%，最小はゴトウヅルの3.6%，平均6.2%で，ヤマブドウがとくに大きいのが注目される。

結局，平均値でみると，ツル植物6.2%，広葉樹3.1%，針葉樹3.0%の順で，広葉樹と針葉樹はほとんど差がないが，ツル植物が若干高い結果を示している。

右田[63]によれば本邦産主要樹種の冷水抽出物は針葉樹0.2～11.2%，広葉樹0.6～5.0%としており，上記結果はおおむね近似した値であった。

d) 温水抽出物

針葉樹の最大はイチイの14.2%，最小はドイツトウヒの1.8%，平均5.0%で，イチイがとくに大きいのが注目される。また科別にみるとイチイ科14.2%，マツ科4.3%，ヒノキ科3.3%の順になっている。

広葉樹の最大はヤマグワの10.3%，最小はウダイカンバの1.9%，平均5.2%であり，科別にみると，最大はクワ科の10.3%，最小はスイカヅラ科の2.5%である。ツル植物の最大はヤマブドウの19.6%，最小はゴトウヅルの4.7%，平均9.4%で，ヤマブドウがとくに大きいのが注目される。

結局，平均値でみると，ツル植物9.4%，広葉樹5.2%，針葉樹5.0%の順で，広葉樹と針葉樹はほとんど差がないが，ツル植物が若干高い結果を示している。

右田[63]によれば本邦産主要樹種の温水抽出物は針葉樹1.0～20.1%，広葉樹1.2～8.0%としており，上記結果におおむね近似した値であった。

e) 1% カセイソーダ抽出物

針葉樹の最大はイチイの25.6%，最小はヒノキアスナロの10.7%，平均16.1%で，イチイとハイマツがとくに大きいのが注目される。また科別にみるとイチイ科の25.6%，マツ科の15.7%，ヒノキ科の10.7%の順になっている。

広葉樹の最大はアオハダの31.5%，最小はハルニレの14.7%，平均21.8%であり，科別にみると，最大はモチノキ科の31.5%，最小はトチノキ科の17.9%である。ツル植物の最大はヤマブドウの42.6%，最小はゴトウヅルの22.2%，平均28.8%で，ヤマブドウがとくに大きいのが注目される。

結局，平均値でみると，ツル植物28.8%，広葉樹21.8%，針葉樹16.1%の順となり，冷水抽出物と温水抽出物では針葉樹，広葉樹の間にほとんど差がなかったのに，1% カセイソーダ抽出物ではかなりの差を示すのが注目される。

右田[63]によれば本邦産主要樹種の1% カセイソーダ抽出物は針葉樹7.4～24.5%，広葉樹12.9～25.8%としており，上記結果はおおむね近似した値であった。

f) 全ペントザンとメチル・ペントザン

はじめに全ペントザンについて考察する。針葉樹の最大はバンクスマツの14.2%，最

小はイチイとハイマツの 11.9% で，その差は小さく，平均値は 12.8% である。また科別にみると，ヒノキ科の 13.6%，マツ科の 12.8%，イチイ科の 11.9% の順になっている。

広葉樹の最大はオオバクロモジの 26.9%，最小はアオハダの 18.4%，平均 22.6% であり，科別にみると，最大はクスノキ科の 26.9%，最小はモチノキ科の 18.4% である。ツル植物の最大はヤマブドウの 26.9%，最小はサルナシの 23.1%，平均 25.1% である。

結局，平均値でみると，ツル植物 25.1%，広葉樹 22.6%，針葉樹 12.8% の順となり，広葉樹と針葉樹の差は約 10% であった。

右田[63] は本邦産主要樹種のペントザンを針葉樹 4.8～12.9%，広葉樹 16.3～29.1%，辻[136] は針葉樹平均 8.5%，広葉樹平均 20.5% としているが，筆者の結果には 4.8% というような小さな値はなく，針葉樹平均において約 4%，広葉樹平均において約 2% 大きい値をえた。

つぎに，メチル・ペントザンについていえば，針葉樹の最大はトドマツの 5.3%，最小はドイツトウヒの 1.5%，平均 4.0% である。また科別にみると，イチイ科 4.8%，ヒノキ科 4.7%，マツ科 3.8% の順になっている。

広葉樹の最大はサワグルミの 3.6%，最小はケヤマハンノキ，シラカンバ，サワシバ，エゾノウワミズザクラ，エゾヤマザクラ，ナナカマド，アオハダ，イタヤカエデ，シナノキ，ハリギリ，ミズキ，アオダモの各 0%，平均 1.2% である。科別にみると，最大はクルミ科の 3.4%，最小はモチノキ科，ミズキ科の各 0% である。ツル植物の最大はゴトウヅルの 4.8%，最小はヤマブドウの 2.0%，平均 3.8% である。

結局，平均値でみると，針葉樹 4.0%，ツル植物 3.8%，広葉樹 1.2% の順で，針葉樹とツル植物はあまり差がないが，広葉樹はかなり低い値であるのが注目される。

g) CROSS-BEVAN セルロースと α-セルロース

はじめに CROSS-BEVAN セルロースについて考察する。針葉樹の最大はアカエゾマツの 59.9%，最小はハイマツの 44.0%，平均 55.5% であり，科別にみると，イチイ科 57.5%，マツ科 55.4%，ヒノキ科 53.8% の順になっている。

広葉樹の最大はドロノキの 63.6%，最小はカシワの 46.8%，平均 57.9% であり，科別にみると，最大はミカン科の 62.2%，最小はモチノキ科の 49.3% である。ツル植物の最大はサルナシの 57.7%，最小はヤマブドウの 40.8%，平均 49.0% である。

結局，平均値でみると，広葉樹 57.9%，針葉樹 55.5%，ツル植物 49.0% の順となっており，ツル植物の値は一段とひくい。

右田[63] は本邦産主要樹種の全繊維素を針葉樹 47.2～60.3%，広葉樹 50.1～66.4% としており，上記結果はおおむね近似した値であった。

つぎに α-セルロースについていえば，針葉樹の最大はアカエゾマツの 45.0%，最小は

ハイマツの30.1%,平均38.9%である。また科別にみると,マツ科39.6%,ヒノキ科38.4%,イチイ科32.6%の順になっている。

広葉樹の最大はハルニレの51.0%,最小はカシワの31.1%,平均42.7%であり,科別にみると,最大はミカン科の48.7%,最小はウリノキ科の31.9%である。ツル植物の最大はサルナシの44.1%,最小はヤマブドウの25.2%,平均32.5%である。

結局,平均値でみると,広葉樹42.7%,針葉樹38.9%,ツル植物32.5%の順となる。

したがってβ-セルロースとγ-セルロースの合計は,広葉樹15.2%,針葉樹16.6%,ツル植物16.5%となり,おのおのの間にあまり大きな差はみられない。

右田[63]は本邦産主要樹種のα-繊維素を針葉樹30.6～48.8%,広葉樹33.8～54.4%としており,上記結果はおおむね近似した値であった。

h) ホロセルロース

針葉樹の最大はエゾマツの75.3%,最小はイチイの62.3%,平均70.6%であり,科別にみると,ヒノキ科の72.8%,マツ科の71.3%,イチイ科の62.3%の順になっている。

広葉樹の最大はナガバヤナギの84.0%,最小はヒロハツリバナの70.7%,平均79.1%であり,科別にみると,最大はクロウメモドキ科の83.9%,最小はウリノキ科の71.6%である。ツル植物の最大はゴトウヅルの74.4%,最小はサルナシの59.2%,平均67.9%である。

結局,平均値でみると,広葉樹79.1%,針葉樹70.6%,ツル植物67.9%の順となり,広葉樹と針葉樹はかなりの差(8.5%)があることを示している。

i) リグニン

針葉樹の最大はヒノキアスナロの31.8%,最小はキタゴヨウの25.6%,平均28.7%であり,科別にみると,ヒノキ科31.8%,イチイ科28.7%,マツ科28.4%の順になっている。

広葉樹の最大はヒロハツリバナの26.9%,最小はアオハダの15.8%,平均21.1%であり,科別にみると,最大はニシキギ科の26.5%,最小はモチノキ科の15.8%である。ツル植物の最大はゴトウヅルとサルナシの28.5%,最小はヤマブドウの20.7%,平均26.1%である。

結局,平均値でみると,針葉樹28.7%,ツル植物26.1%,広葉樹21.1%の順となり,針葉樹と広葉樹にはかなりの差(7.6%)があることを示している。

右田[63]は本邦産主要樹種のリグニンを針葉樹20.3～34.8%,広葉樹13.1～27.7%としており,上記結果はおおむね一致した値であった。

E. 発熱量と化学的組成の関係

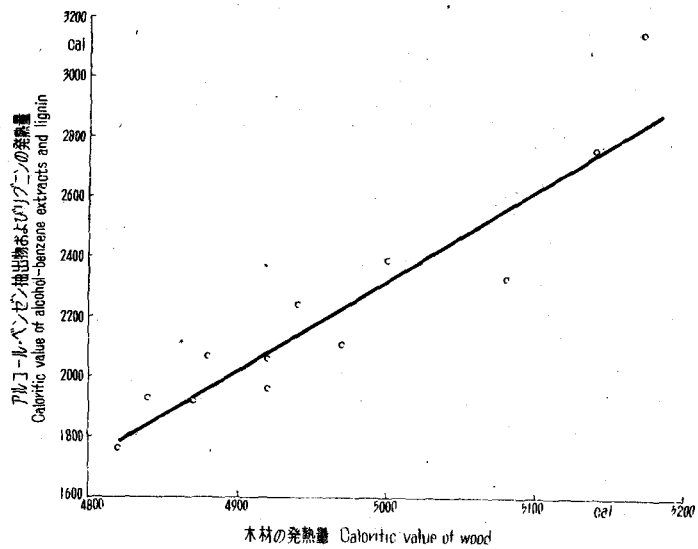
木材のアルコール・ベンゼン抽出物中には樹脂・精油・油脂および蠟などを含み[63],またリグニンは炭水化物にくらべて炭素に富んでいるから,アルコール・ベンゼン抽出物とリグニン含有率の高い木材ほど,発熱量が高いと考えられる。最近,里中・鷲尾[114]が針

広各2種の木材を原料として，その木材中のアルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量を測定した結果はつぎのようである。

		アルコール・ベンゼン抽出物	平均	リグニン	平均
針葉樹	ストローブマツ	9,110	9,110	6,380	6,440
	アオトドマツ	9,100		6,490	
広葉樹	イタヤカエデ	7,300	7,770	6,170	6,190
	ホウノキ	8,230		6,210	

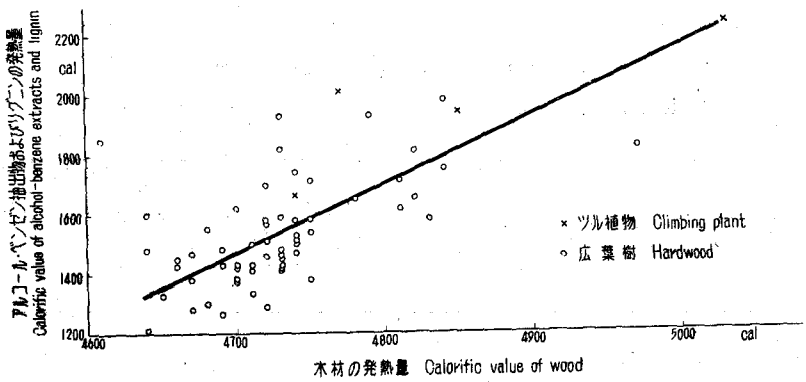
これら平均値を用いて各木材の有するアルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量を木材分析表から算出し，木材の熱量と対比して第21表と第22表にかかげ，これをグラフにして第18図と第19図に示した。

これによると，あきらかにアルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの含有率の高い木材ほど，発熱量の高い傾向がみられ，針葉樹の場合とくにはっきりしている。



第18図　針葉樹材の発熱量とその材のアルコール・ベンゼン抽出物およびリグニンの発熱量との関係

Fig. 18.　Relation between calorific value and chemical composition in softwood.



第19図　広葉樹材の発熱量とその材のアルコール・ベンゼン抽出物およびリグニンの発熱量との関係

Fig. 19.　Relation between calorific value and chemical composition in hardwood.

第21表 針葉樹材の発熱量と化学的組成の関係

Table 21. Relation between calorific value and chemical composition in softwood

発熱量の順位 Rank	樹種 Wood species	科名 Family	発熱量 Calorific value of wood	アルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量 Calorific value of alcohol-benzene extracts and lignin	木材1ccあたりの発熱量 Calorific value of wood per 1 cc	順位 Rank
1	イチイ *Taxus cuspidata* SIEB. et ZUCC.	イチイ Taxaceae	5,170	3,150	2,480	2
2	ハイマツ *Pinus pumila* REGEL	マツ Pinaceae	5,140	2,760	3,080	1
3	キタゴヨウ *Pinus parviflora* SIEB. et ZUCC. var. *pentaphylla* HANRY	〃	5,080	2,330	1,980	6
4	ストローブマツ *Pinus strobus* L.	〃	5,000	2,390	1,650	12
5	トドマツ *Abies sachalinensis* MAST.	〃	4,970	2,110	1,890	9
6	ヒノキアスナロ *Thujopsis dolabrata* SIEB. et ZUCC. var. *Hondai* MAKINO	ヒノキ Cupressaceae	4,940	2,240	1,930	7
7	カラマツ *Larix leptolepis* GORDON	マツ Pinaceae	4,920	2,060	2,410	3
8	バンクスマツ *Pinus banksiana* LAMB.	〃	4,920	2,000	2,120	4
9	アオトドマツ *Abies sachalinensis* MAST. var. *Mayriana* MIYABE et KUDO	〃	4,880	2,070	1,900	8
10	ドイツトウヒ *Picea abies* KARST.	〃	4,870	1,920	1,660	11
11	エゾマツ *Picea jezoensis* CARR.	〃	4,840	1,930	1,740	10
12	アカエゾマツ *Picea Glehnii* MAST.	〃	4,820	1,760	2,020	4

第22表 広葉樹材の発熱量と化学的組成の関係

Table 22. Relation between calorific value and chemical composition in hardwood

発熱量の順位 Rank	樹種 Wood species	科名 Family	発熱量 Calorific value of wood	アルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量 Calorific value of alcohol-benzene extracts and lignin	木材1ccあたりの発熱量 Calorific value of wood per 1 cc	順位 Rank
1	サルナシ *Actinidia arguta* PLANCH.	マタタビ Actinidiaceae	5,030	2,230	2,210	45
2	イヌエンジュ *Maackia amurensis* RUPR. et MAXIM. var. *Buergeri* C. K. SCHN.	マメ Leguminosae	4,970	1,820	2,680	26

発熱量の順位 Rank	樹種 Wood species	科名 Family	発熱量 Calorific value of wood	アルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量 Calorific value of alcohol-benzene extracts and lignin	木材1ccあたりの発熱量 Calorific value of wood per 1 cc	順位 Rank
3	イワガラミ *Schizophragma hydrangeoides* SIEB. et ZUCC.	ユキノシタ Saxifragaceae	4,850	1,940	1,750	60
4	ヤマグワ *Morus bombycis* KOIDZ.	クワ Moraceae	4,840	1,980	2,520	31
4	エゾニワトコ *Sambucus Sieboldiana* BL. var. *Miquelii* HARA	スイカヅラ Caprifoliaceae	4,840	1,750	2,080	54
6	ハシドイ *Syringa reticulata* HARA	モクセイ Oleaceae	4,830	1,580	2,850	20
7	コブシ *Magnolia Kobus* DC.	モクレン Magnoliaceae	4,820	1,650	2,120	52
7	ニガキ *Picrasma quassioides* BENN.	ニガキ Simaroubaceae	4,820	1,810	2,750	23
9	ハンノキ *Alnus japonica* STEUD.	カバノキ Betulaceae	4,810	1,710	2,160	48
9	ホウノキ *Magnolia obovata* THUNB.	モクレン Magnoliaceae	4,810	1,610	2,020	57
11	カシワ *Quercus dentata* THUNB.	ブナ Fagaceae	4,790	1,930	3,110	10
12	ノリウツギ *Hydrangea paniculata* SIEB.	ユキノシタ Saxifragaceae	4,780	1,650	3,300	2
13	ゴトウヅル *Hydrangea petiolaris* SIEB. et ZUCC.	〃	4,770	2,010	2,290	40
14	ハルニレ *Ulmus Davidiana* PLANCH. var. *japonica* NAKAI	ニレ Ulmaceae	4,750	1,380	2,850	20
14	シウリザクラ *Prunus Ssiori* FR. SCHM.	バラ Rosaceae	4,750	1,710	2,660	28
14	アカイタヤ *Acer Mono* MAXIM. var. *Mayrii* KOIDZ.	カエデ Aceraceae	4,750	1,580	2,520	31
14	シナノキ *Tilia japonica* SIMONKAI	シナノキ Tiliaceae	4,750	1,540	1,660	62
18	ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta* TURCZ.	カバノキ Betulaceae	4,740	1,580	2,090	53
18	サワシバ *Carpinus cordata* BL.	〃	4,740	1,740	2,840	22
18	オヒヨウ *Ulmus laciniata* MAYR.	ニレ Ulmaceae	4,740	1,530	2,510	33
18	カツラ *Cercidiphyllum japonicum* SIEB. et ZUCC.	カツラ Cercidiphyllaceae	4,740	1,510	2,280	41
18	ハリエンジュ *Robinia Pseudo-Acacia* L.	マメ Leguminosae	4,740	1,500	2,940	17
18	ツリバナ *Euonymus oxyphyllus* MIQ.	ニシキギ Celastraceae	4,740	1,740	2,990	15
18	ヤマブドウ *Vitis Coignetiae* PULLIAT	ブドウ Vitaceae	4,740	1,660	2,460	38

発熱量の順位 Rank	樹種 Wood species	科名 Family	発熱量 Calorific value of wood	アルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量 Calorific value of alcohol-benzene extracts and lignin	木材1cc あたりの発熱量 Calorific value of wood per 1 cc	順位 Rank
25	エゾノキヌヤナギ *Salix Pet-susu* KIMURA	ヤナギ Salicaceae	4,730	1,590	2,130	50
25	サワグルミ *Pterocarya rhoifolia* SIEB. et ZUCC.	クルミ Juglandaceae	4,730	1,420	1,750	60
25	クリ *Castanea crenata* SIEB. et ZUCC.	ブナ Fagaceae	4,730	1,820	2,220	43
25	エゾノウワミズザクラ *Prunus Padus* L.	バラ Rosaceae	4,730	1,450	2,130	50
25	ヒロハツリバナ *Euonymus macropterus* RUPR.	ニシキギ Celastraceae	4,730	1,930	3,120	9
25	オオバボダイジュ *Tilia Maximowicziana* SHIRASAWA	シナノキ Tiliaceae	4,730	1,480	1,560	63
25	コシアブラ *Acanthopanax sciadophylloides* FRANCH. et SAVAT.	ウコギ Araliaceae	4,730	1,420	2,080	54
25	ミズキ *Cornus controversa* HEMSLEY	ミズキ Cornaceae	4,730	1,460	2,700	24
25	ハクウンボク *Styrax Obassia* SIEB. et ZUCC.	エゴノキ Styracaceae	4,730	1,420	2,550	30
34	ドロノキ *Populus Maximowiczii* HENRY	ヤナギ Salicaceae	4,720	1,510	1,790	59
34	ウワミズザクラ *Prunus Grayana* MAXIM.	バラ Rosaceae	4,720	1,580	2,220	43
34	シロザクラ *Prunus Maximowiczii* RUPR.	〃	4,720	1,290	2,640	29
34	エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii* REHD.	〃	4,720	1,460	2,930	18
34	タラノキ *Aralia elata* SEEM.	ウコギ Araliaceae	4,720	1,570	2,170	47
34	アオダモ *Fraxinus Sieboldiana* BL.	モクセイ Oleaceae	4,720	1,700	3,300	2
40	バッコヤナギ *Salix Bakko* KIMURA	ヤナギ Salicaceae	4,710	1,410	2,030	56
40	ナナカマド *Sorbus commixta* HEDL.	バラ Rosaceae	4,710	1,500	2,680	26
40	ハリギリ *Kalopanax septemlobus* KOIDZ.	ウコギ Araliaceae	4,710	1,430	2,500	34
40	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.	モクセイ Oleaceae	4,710	1,330	3,250	4

発熱量の順位 Rank	樹種 Wood species	科名 Family	発熱量 Calorific value of wood	アルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量 Calorific value of alcohol-benzene extracts and lignin	木材1ccあたりの発熱量 Calorific value of wood per 1 cc	順位 Rank
44	ダケカンバ *Betula Ermanii* CHAM.	カバノキ Betulaceae	4,700	1,430	2,440	39
44	ウダイカンバ *Betula Maximowicziana* REGEL	〃	4,700	1,370	2,490	35
44	アサダ *Ostrya japonica* SARG.	〃	4,700	1,430	3,240	5
44	ブナ *Fagus crenata* BL.	ブナ Fagaceae	4,700	1,380	3,240	5
44	オオバクロモジ *Lindera membranacea* MAXIM.	クスノキ Lauraceae	4,700	1,620	2,870	19
49	シラカンバ *Betula platyphylla* SUKATCH. var. *japonica* HARA	カバノキ Betulaceae	4,690	1,260	3,050	12
49	ミズナラ *Quercus mongolica* FISCH. var. *grosseserrata* REHD. et WILS.	ブナ Fagaceae	4,690	1,480	3,240	5
49	ハウチワカエデ *Acer japonicum* THUNB.	カエデ Aceraceae	4,690	1,430	2,490	35
52	アズキナシ *Sorbus alnifolia* C. KOCH	バラ Rosaceae	4,680	1,300	3,000	14
52	ヤマモミジ *Acer palmatum* THUNB. var. *Matsumurae* MAKINO	カエデ Aceraceae	4,680	1,550	3,040	13
54	ウシコロシ *Pourthiaea villosa* DECNE.	バラ Rosaceae	4,670	1,470	3,500	1
54	アオハダ *Ilex macropoda* MIQ.	モチノキ Aquifoliaceae	4,670	1,380	2,480	37
54	イタヤカエデ *Acer Mono* MAXIM.	カエデ Aceraceae	4,670	1,280	3,080	11
57	ナカバヤナギ *Salix sachalinensis* FR. SCHM.	ヤナギ Salicaceae	4,660	1,430	2,000	58
57	トチノキ *Aesculus turbinata* BL.	トチノキ Hippocastanaceae	4,660	1,450	2,190	46
59	アカシデ *Carpinus laxiflora* BL.	カバノキ Betulaceae	4,650	1,330	2,700	24
60	オニグルミ *Juglans ailanthifolia* CARR.	クルミ Juglandaceae	4,640	1,600	2,130	49
60	キハダ *Phellodendron amurense* RUPR.	ミカン Rutaceae	4,640	1,210	2,270	42
60	クロウメモドキ *Rhamnus japonica* MAXIM.	クロウメモドキ Rhamnaceae	4,640	1,480	2,970	16
63	ウリノキ *Alangium platanifolium* HARMS var. *macrophyllum* WANGERIN	ウリノキ Alangiaceae	4,610	1,850	3,130	8

III. 日本産木炭の諸性質

日本全国を，北海道・東北・関東・中部・近畿・中国・四国・九州の8ブロックにわけ，その中より木炭生産量を基準として代表県をえらび出し，炭ガマの種類，大きさ，製炭方法を実地調査のうえ，採集した各種木炭323種について，形態，年輪密度，硬度，精れん(煉)度，容積重，水分，灰分，揮発分と固定炭素，炭水素，発熱量，ヨード吸着の測定，およびX線による構造の究明をおこなって，日本産木炭の諸性質をあきらかにした。

A. 試　　料

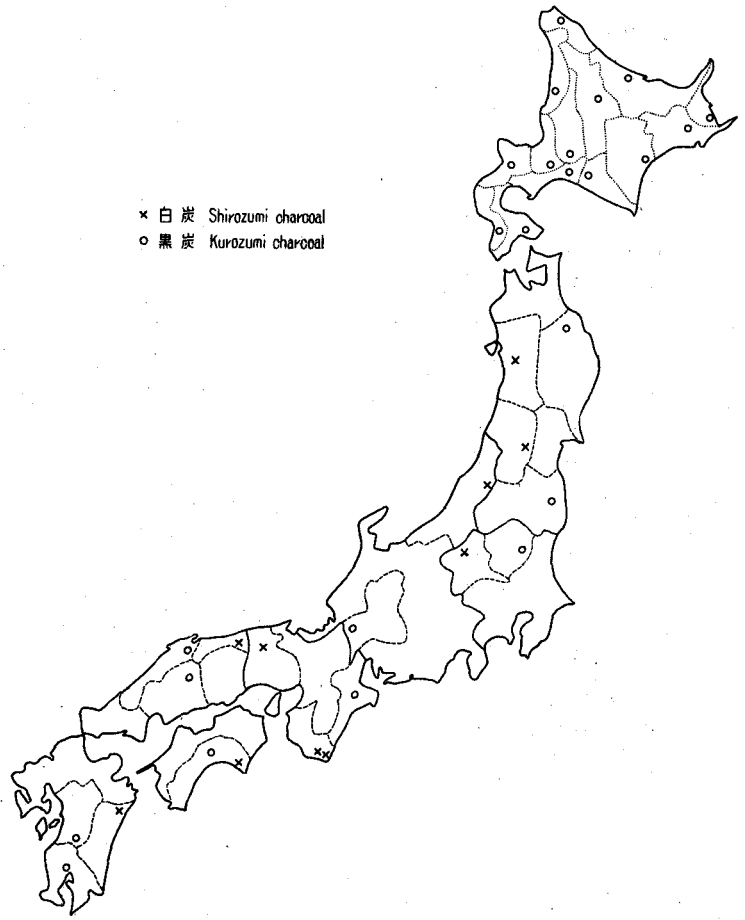
第23表は昭和30年度の県別木炭生産量[153]を白炭，黒炭ごとに生産量の大きいほうから順にならべたものである。この表から，各地方ごとに最大の生産量をもつ県をえらびだし，さらに，とくに大きい生産量をもつ県，および有名木炭を産する県を若干つけくわえた。北海道の場合は行政区画によって14支庁にわかれているので，それら支庁管内で，もっとも木炭検査量の多い林検[38]管内をえらびだした。各地とも林務関係部課に依頼して，普通の木炭を産する現地に案内していただき，なるべく2カマ以上を調査することにした。調査期間は1957年3月22日から5月17日までで，のべ19県と北海道各地を廻り，62基

第23表　昭和30年度県別木炭生産量 (抜すい)

Table 23.　Yield of charcoal in each prefecture in 1955

(単位 1,000 t)

白炭 Shirozumi charcoal				黒炭 Kurozumi charcoal			
1)	山形	50	東北	1)	岩手	163	東北
2)	新潟	48	中部	2)	北海道	104	
3)	秋田	41		3)	島根	100	中国
4)	宮崎	40	九州	4)	高知	87	四国
5)	高知	31	四国	5)	福島	71	
6)	兵庫	31	近畿	6)	鹿児島	66	九州
7)	長野	30		7)	熊本	57	
8)	大分	27		8)	広島	57	
9)	福島	26		9)	宮城	57	
10)	群馬	21	関東	10)	岐阜	56	中部
11)	岩手	17		11)	愛媛	55	
12)	和歌山	15		12)	三重	50	近畿
13)	鳥取	13	中国		⋮		
		⋮		20)	栃木	30	関東
		⋮				⋮	
	計	486			計	1,603	

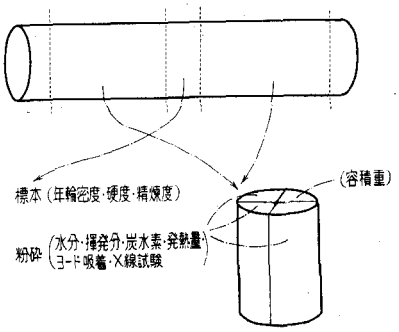


第20図　木炭の採集地
Fig. 20.　Locality where charcoals were collected.

の炭ガマを調べ，白炭67種，本州・四国・九州の黒炭114種，北海道の黒炭142種，計323種を採集した。

第20図には採集地点を，第24表には各地で調査したカマの個数と採集した試料個数の内訳をかかげてある。

試料は第21図のように，金切鋸で両端をすこしずつ切りおとして棄て，両端から数cmずつの木炭を2個きりとり，白炭は表面についている消粉をブラシではらいおとし，黒炭はナタで皮をはぎ，たて



第21図　試料の調製
Fig. 21.　Sampling of charcoal.

第24表 調査したカマ数と試料数

Table 24. Numbers of oven observed and of sample collected

炭種 Kind of charcoal	地方 District	県 Prefecture	支庁 Region	調査カマ数 Number of oven	試料個数 Number of sample
白炭 Shirozumi charcoal	東北	秋田		1	3 (3)
		山形		2	5 (3, 2)
	関東	群馬		2	7 (, 4)
	中部	新潟		2	5 (2, 3)
	近畿	和歌山		4	16 (4, 6, 4, 2)
		兵庫		1	6 (6)
	中国	鳥取		2	5 (2, 3)
	四国	高知		1	3 (3)
	九州	宮崎		3	17 (8, 3, 6)
	計	9 県		18	67
黒炭 Kurozumi charcoal	東北	岩手		4	30 (2, 3, 3, 22)
		福島		2	8 (5, 3)
	関東	栃木		3	11 (2, 3, 6)
	中部	岐阜		2	11 (5, 6)
	近畿	三重		2	7 (4, 3)
	中国	島根		2	5 (3, 2)
		広島		1	4 (4)
	四国	高知		1	18 (18)
	九州	熊本		2	7 (4, 3)
		鹿児島		2	13 (5, 8)
	計	10 県		21	114
黒炭 Kurozumi charcoal	北海道		石狩	2	20 (11, 9)
			渡島	1	14 (14)
			檜山	1	6 (6)
			後志	1	3 (3)
			空知	2	9 (4, 5)
			上川	2	5 (2, 3)
			留萌	2	11 (6, 5)
			宗谷	1	2 (2)
			網走	2	27 (20, 7)
			胆振	2	10 (7, 3)
			日高	2	8 (2, 6)
			十勝	2	8 (4, 4)
			釧路	2	13 (7, 6)
			根室	1	6 (6)
	計 Total		14 支庁	23	142

に4分した。その1つを容積重測定用とし，のこりの3つは鉄の乳鉢で粉砕した。したがって，容積重の測定には2個の試料があるわけである。

粉砕する試料は粉砕とフルイわけをくりかえし，すべて60メッシュ以下とし，できた試料は試験管にうつし，栓をしないで，飽和食塩水を底にいれてあるデシケーター中に貯えた。一方まんなかの木炭片は，年輪密度，硬度，精れん（煉）度測定用とし，測定後は標本として保存した。

B. 調査実験方法

i. 調査方法

製炭をおこなっている炭ガマの所在地までゆき，直接の製炭担当者よりききとり調査と炭ガマの構造についての実測をおこなった。ききとり調査項目は，炭ガマの所在地，製炭者の氏名・年齢・経験年数・専業副業の別，炭ガマの名称，築ヨウ（窯）年月，築ヨウに要した労力（のべ人員であらわした），産炭量（1カマから出る木炭の量を俵数であらわしたもの），製炭時間（立込み・口たき・炭化・精れん・消火・出炭）と俵装時間である。また炭ガマの構造についての実測項目は奥行・最大幅・天井高・排煙口・煙道口・カマ口の大きさとカマ底の傾斜の程度であって，炭ガマが空いていないときは，ききとり調査によった。

ii. 実験方法

a) 形　　態：炭材とした樹木の老若が炭質に影響することは当然考えられることである。ここでは炭材を割ることなく焼いたもの（丸という）か，半分に割ったものか，それとも1/4ていどに割ったものか，さらに小さく割ったものかなどを調べた。つぎに皮を含まぬ木炭の最大直径と最小直径をキャリパーで測定して，その平均値を直径とし半径を算出した。

b) 年輪密度：炭材とした樹木の生長の良否が炭質に大きな影響を及ぼすことが考えられるので，年輪密度の測定をおこなった。年輪数はルーペで読みとり，形態のところで調べた半径から，1 cm あたりの年輪数を算出した。

c) 硬　　度：三浦式木炭硬度計を用いて測定した。東大元農学部長，三浦伊八郎博士の考案したもので，種々の金属またはそれらの合金で硬さの異なる小刀をつくり，その尖鋭部を木炭の新しくつくった木口面にあててこする。木炭片に傷がつかないで金属の条痕がつくときは，さらに番号の高い小刀をとり同様に検査する。こうして，ある番号の小刀によって木炭の一部に条痕がつき，一部が傷つくときは，その小刀と木炭の硬度が一致するとみなす。この硬度計の成分[70]はつぎのようである。

第25表 木炭検定器の硬度を表わす各金属片の重量組成 (%)

Table 25. Composition of hardness tester for charcoal

硬度 (金属片番号) Hardness number	鉛 Lead	アンチモニー Antimony	銅 Copper	錫 Tin	亜鉛 Zinc	鋸用鋼鉄 Steel for saw
1	100					
2	95	5				
3	90	10				
4	85	15				
5	80	20				
6	75	25				
7	70	30				
8	28	13	6	53		
9	14	19	8	59		
10		25	10	65		
11		20	20	60		
12			100			
13			90		10	
14			86	4	10	
15			82	8	10	
16			78	12	10	
17			74	16	10	
18			70	20	10	
19			65	30	5	
20						100

d) 精れん度[47,49]： 林試式木炭精れん計 R-6 型で測定した。これは農林省林業試験場木炭研究室長，岸本定吉技官が考案したもので，木炭がよく焼ければ焼けるほど炭素含有率が大きくなり，したがって電気伝導度は大きくなり，電気抵抗が小さくなるという原理から，電気抵抗を測って炭質を判定しようとするものである。

電気抵抗 1 Ω を精れん度 0， 10 Ω を精れん度 1 度， 100 Ω ($=10^2\,\Omega$) を精れん度 2， 1000 Ω ($=10^3\,\Omega$) を精れん度 3，以下同様としている。

精れん計はメーターの部分と，それに接続する電極部からなっており，電極 (2 本の針) を木炭の木口面ならびに外皮の部分におしあてて測定した。

e) 容積重： 木炭片を水に数時間ひたして充分に水を吸収させたのち，表面についた水をガーゼでぬぐいとり，北大式簡易木炭容積比重測定器[150] (キシロメーター) で容積を測った。つぎにその木炭片を 2 日間，105～110°C の電気乾そう器で乾そうしたのち，その重量を測って算出した。

f) 水　　分[87]：木炭粉末1gを秤量ビンにとり，そのフタをあけたまま飽和食塩水を下部にいれたデシケーター中に静置し，恒量 (24時間における変動が0.5 mg 以下) となってから，銅製の内箱をいれた電気乾そう器中で，105°～110°C で1時間乾そうし，その減量を水分とした。

g) 灰　　分[100]：絶乾試料30～100 mg をシュバインヘン中の白金舟にはかりとり，ミクロ・マッフル中で灰化させた。試料の量以外は木材分析の灰分定量と同様である。

h) 揮発分と固定炭素[87]：恒湿試料1gを重量既知の白金ルツボにとり，フタをしたのち950°C (±20°C) に調節してあるタテ型管状電気炉にいれて7分間加熱し，冷却後重量をはかって減量をもとめ，これを揮発分とした。また水分，揮発分と灰分以外を固定炭素とした。

i) 炭素と水素[100]：PREGL 原案の炭水素微量定量装置によって分析をおこなった。絶乾試料3～6 mg をシュバインヘン中の白金舟中にはかりとり，酸素気流中で燃焼させ，空気置換はおこなわなかった。酸素の精製はおこなわず，調圧ビンには蒸溜水を用い，計泡器には濃硫酸をつめ，調圧ビンと計泡器の間にはカセイカリの塔を1本いれて炭酸ガスの除去を完全にした。接続はゴム管をやめて，すべてビニール管を用いたが，ゴムのクズが出ず，中がよく見え，またゴムの粘着が避けられて，使用結果はきわめて良好であった。吸収管の接続に用いたビニール管は1回ごとに新品にとりかえた。これは燃焼管とカルシウム管の接続の部分に用いたビニール管が熱のためにふくれてゆるくなるからである。水の吸収には過塩素酸マグネシウム $Mg(ClO_4)_2$ (できるだけ湿度をさげた恒温恒湿室内で，特級品を乳鉢で砕き，直径1～2 mm の大きさに調製したもの) を用い，炭酸ガスの吸収には MERCK のナトロンアスベストを用いた。予備テストは MERCK のグルコースを用いてときどき行なったが，炭水素とも0.3% 以内によく一致した。

j) 発 熱 量[57,87]：BERTHELOT-MAHLER 式のボンブ・カロリメーターを用い，前述の木材の発熱量の測定の場合とまったく同様に測定した。

k) ヨード吸着：絶乾試料約0.5 g を秤量ビンにはかりとり，細口共栓試薬ビンにうつし，0.1 N のヨード・ヨードカリ溶液20 cc を加え，20°C 恒温室で20分間振とう機にかけ，東洋濾紙 No. 5A (径9 cm) で自然濾過をおこなった。濾液5 cc を0.05 N のチオ硫酸ソーダ溶液で滴定し，木炭1gに吸着されるヨードの量を算出した。

l) X 線 試 験[3]：試料をメノーの乳鉢でよくすりくだいたのち，スライドグラスの上にのせたアルミ板の窓にその試料を圧入した。用いたX線装置はX線ディフラクトメーター，ガイガーフレックス (Geigerflex…理学電機製) で，ガイガー計数管と自記記録装置をそなえている。使用したX線は CuKα 線で，ニッケルフィルターを用い，レートメータ (Ratemeter)，マルティプライヤー (Multiplier)，タイムコンスタント (Time constant),

第26表 白炭ガマ(窯)の

Table 26. Structure of oven for shirozumi

炭ガマ番号 Oven number	1	2	3	4
炭ガマの所在地 Locality				
地方 District	東北地方 Tôhoku			関東地方 Katnô
県 Prefecture	秋田県 Akita	山形県 Yamagata		群馬県 Gunma
市町村 City, town or village	仙北郡協和村 舟岡，深堀	山形市大字山寺字所部		利根郡新治村 大字猿ケ京
製炭者 Worker				
年齢 (歳) Age	31	24	41	35
経験年数 (年) Years experienced	10	6	3	15
専副業の別 Principal or side-job	副	副	副	副
炭ガマの名称 Name of oven	吉田式	吉田式 (卵型)	在来式	群馬式 (卵型)
炭ガマの構造 (m) Structure of oven				
奥行 Length	1.8	1.8	1.5	2.1
最大幅 Width	1.62	1.35	0.9	1.41
ヨウ(窯)壁高 Height of wall	1.26	1.2	1.2	1.11
天井高 Height of ceiling	0.15	0.3	0.36	0.39
排煙口 Outlet (lower)	0.54×0.12	0.42×0.09	0.27×0.09	0.36×0.075
煙道口 Outlet (upper)	0.12×0.18	0.12×0.18	0.09×0.12	0.15×0.105
カマ口 Inlet	0.27(上) 0.30(下)×0.75	0.33×0.6	0.3×0.51	0.3(上) 0.36(下)×0.69
カマ底 Bottom	水平	奥下り (0.018)	奥下り (0.12)	前下り (0.06)
築ヨウ年月 Date of construction	1956年10月	1956年11月	1957年2月	1956年12月
築ヨウ労力 (人) Number of labourer for construction	15	15	7	30
産炭量 (俵…15 kg) Yield (bag…15 kg)	6.5	8.5	5	11
製炭時間 (時) Time for (hr.)				
立込み Filling	0.7	1	0.5	1
口たき Burning at inlet	3.5	4	1	9
炭化 Carbonization	20.0	22	18	48
精れん(煉) Refining	7.5	7	3	8
出炭 Taking out	1.3	1	1	2
計 (日) Total (day)	2	2	1	4
俵装時間 (時/俵) Time for packing (hr./bag)	0.5	0.4	—	0.9

構造と製炭時間
charcoal and time for the making

5	6	7	8	9
	中部地方 Chûbu		近畿地方 Kinki	
	新潟県 Niigata		和歌山県 Wakayama	
	東蒲原郡鹿瀬町 字角神	東蒲原郡鹿瀬町 字角神小字高山	東牟婁郡古座川町 大字平井成井谷	
31	56	41	39	28
7	35	20	10	12
副	専	専	専	専
群馬式	八名式	八名式	備長式	備長式
1.95	1.95	1.95	3.0	3.0
1.41	1.35	1.35	3.0	3.0
1.14	1.44	1.35	1.95	1.95
0.36	0.36	0.15	1.05	1.05
0.24×0.06	0.36×1.14	0.36×0.12	0.18×0.09	0.18×0.09
0.18×0.12	0.135 丸	0.18 丸	0.075 角	0.09×0.045
0.24(上)/0.33(下)×0.72	0.3(上)/0.36(下)×0.51	0.33(上)/0.36(下)×0.42	0.39(上)/0.51(下)×1.47	0.39(上)/0.66(下)×1.62
水平	—	奥下り (0.03)	前下り	水平
1956年12月	1956年8月	1956年8月	1954年9月	1955年2月
20	18	30	77	—
9	4.5 (30 kg 俵)	4 (30 kg 俵)	65	65
1.5	1	1.5	4	3(2人)
5	3.5	5	120	96
42	18	21	96	120
8	10	9	24	24
2.5	1	1.5	8	10(2人)
4	2	2	12	12
0.9	—	—	0.8	1.0

第 26 表 (2)

炭ガマ番号 Oven number	10	11	12	13
炭ガマの所在地 Locality				
地方 District	近畿地方 Kinki			中国地方 Chûgoku
県 Prefecture	和歌山県 Wakayama		兵庫県 Hyôgo	鳥取県 Tottori
市町村 City, town or village	東牟婁郡古座川町大字平井，成井谷水滝	東牟婁郡古座町田原字荒船	養父郡関宮町大谷	八頭郡用瀬町大字赤波
製炭者 Worker				
年齢 (歳) Age	52	35	60	50
経験年数 (年) Years experienced	30	15	42	30
専副業の別 Principal or side-job	専	専	副	専
炭ガマの名称 Name of oven	備長式	備長式	兵庫式	八名式
炭ガマの構造 (m) Structure of oven				
奥行 Length	3.0	2.7	1.95	1.71
最大幅 Width	2.7	1.8	1.29	1.5
ヨウ(窯)壁高 Height of wall	2.25	1.8	1.26(後) 1.05(前)	1.05
天井高 Height of ceiling	0.6	1.05	0.36	0.27
排煙口 Outlet (lower)	0.18×0.075	0.27×0.06	0.24×0.03	0.195×0.06
煙道口 Outlet (upper)	0.045 角	0.075 丸	0.06×0.045	0.09 丸
カマ口 Inlet	0.36(上) 0.54(下)×1.32	0.24 (上) 0.405(下)×1.32	0.18 0.36×0.60	0.3×—
カマ底 Bottom	中クボミ	—	奥下り (0.18)	奥下り (0.105)
築ヨウ年月 Date of construction	1956年11月	1956年8月	1956年11月	1956年12月
築ヨウ労力 (人) Number of labourer for construction	45	—	12	17
産炭量 (俵…15 kg) Yield (bag…15 kg)	35	25	8	5
製炭時間 (時) Time for (hr.)				
立込み Filling	4	8	0.7	0.5
口たき Burning at inlet	72	72	3.5	1.5
炭化 Carbonization	72	72	48	22
精れん (煉) Refining	24	24	7	7
出炭 Taking out (日)	6	8	2.5	3
計 Total (day)	9	9	3	2
俵装時間 (時/俵) Time for packing (hr./bag)	0.8	0.3	1.0	1.0

14	15	16	17	18
	四国地方 Shikoku	九州地方 Kyûshû		
	高知県 Kôchi	宮崎県 Miyazaki		
	安芸郡吉良川町 笠木山	東臼杵郡北川村 大字川内名小字 瀬口	東臼杵郡北川村 大字川内名	
50	41	25	43	51
7	22	8	10	15
副	副	副	副	専
—	横づめ備長式	日向	日向	日向
1.8	3.75	3.0	3.3	3.3
1.5	3.6	2.4	3.3	3.3
1.05	1.65	1.65	1.65	1.65
0.3	0.75	0.45	0.6	0.51
0.21×0.069	0.36×0.06	0.3×0.09	0.24×0.075	0.3×0.09
0.09丸	0.09角	0.09×0.04	0.105丸	0.09×0.06
0.36×0.45	0.39×1.05	0.36(上)/0.54(下)×0.12	0.36(上)/0.54(下)×—	0.48(上)/0.66(下)×1.05
—	水平	水平	水平	水平
—	1956年1月	1956年8月	1955年12月	1956年9月
25	—	—	—	—
—	55	30	36	50
0.5	3	2.5(2人)	2.5(2人)	4(2人)
6	108	48	72	72
20.5	96	108	96	120
5.5	16	20	24	24
2.5	10	5(2人)	6(2人)	8(2人)
2	11	9	9	11
—	1.0	0.7	0.8	1.1

第27表 本州・四国・九州の
Table 27. Strcuture of oven for kurozumi charcoal and

炭ガマ番号 Oven number	19	20	21	22
炭ガマの所在地 Locality				
地方 District	東北地方 Tôhoku			
県 Prefecture	岩手県 Iwate			
市町村 City, town or village	九戸郡山形村字川井			
製炭者 Worker				
年齢 (歳) Age	42	33	37	
経験年数 (年) Years experienced	27	4	5	
専副業の別 Principal or side-job	専	専	専	
炭ガマの名称 Name of oven	岩手式	在来式 (卵型)	岩手式	市岡式
炭ガマの構造 (m) Structure of oven				
奥行 Length	3.6	3.6	3.6	3.9
最大幅 Width	2.7	3.0	2.7	2.74
ヨウ(窯)壁高 Height of wall	0.84	0.78	0.81	0.84
天井高 Height of ceiling	0.45	0.3	0.36	0.36
排煙口 Outlet (lower)	0.42×0.06	0.45×0.075	0.42×0.06	
煙道口 Outlet (upper)	0.15 丸	0.135 角	0.15 角	
カマ口 Inlet	0.48×0.06	0.6×0.6	0.75×0.75	
カマ底 Bottom	水平	—	水平	
築ヨウ年月 Date of construction	—	1956年11月	1956年10月	
築ヨウ労力 (人) Number of labourer for construction	45	50	30	32
産炭量 (俵…15 kg) Yield (bag…15 kg)	35	30	30	41
製炭時間 (時) Time for (hr.)				
立込み Filling	2.5 (2人)	3 (2人)	5 (2人)	4 (2人)
口たき Burning at inlet	35	24	48	12
炭化 Carbonization	70	60	72	69
精れん (煉) Refining	15	4	4	4
消火 Extinguishment		72		
出炭 Taking out	2.5 (2人)	2 (2人)	2 (2人)	2 (2人)
計 (日) Total (day)		8		
俵装時間 (時/俵) Time for packing (hr./bag)	0.9			0.6

黒炭ガマの構造と製炭時間
time for the making in Honshû, Shikoku and Kyûshû

23	24	25	26	27	28
福島県 Fukushima 田村郡都路村大字古道字芹ケ沢	田村郡都路村大字古道字戸屋	関東地方 Kantô 栃木県 Tochigi 那須郡馬頭町大字大山田小字上郷，川原防		那須郡馬頭町大字大内小字玉山	中部地方 Chûbu 岐阜県 Gifu 揖斐郡坂内村坂本，釜ケ倉
40	29	39	39	48	65
3	10	20	20	30	50
副	副	専	専	副	専
大竹式	大竹式	岩手	大正	高久式	坂内式
3.0	3.6	3.3	3.6	3.45	4.2
2.4	2.88	2.4	2.55	2.79	2.4
0.69	0.75	0.81	0.84	0.78	1.02（後） 1.11（前）
0.21	0.27	0.09		0.39	0.57
0.3×0.045（1つ） 0.15×0.06（2つ）	0.36×0.06（1つ） 0.18×0.06（2つ）	0.42×0.09	0.3×0.1（2つ）	0.36×0.105	0.39×0.12
0.12丸（1つ） 0.09丸（2つ）	0.165丸（1つ） 0.105丸（1つ）	0.12丸		0.15角	0.18丸
0.54×0.75	0.54×0.6	0.45×0.45	0.6×0.66		0.33（上） 0.57（下）×1.11
奥下り（0.105）	奥下り（0.07）	奥下り（0.06）		水平	奥下り
1955年10月		1956年10月		1956年9月	1957年3月
—		15		27	
30	39	30	37	27	
4（2人）		4（2人）	4（2人）	6（2人）	4（2人）
24	48	30	30	48	36
75	85	70	70	48	120
5	5	4	4	4	0
72	48	48	48	84	96
3（2人）		1.5（2人）	1.5（2人）	3（2人）	5（2人）
9		8	8	9	12
		0.6	0.6		

第 27 表 (2)

炭ガマ番号 Oven number	29	30	31	32
炭カマの所在地 Locality				
地方 District	中部地方 Chûbu	近畿地方 Kinki		中国地方 Chûgoku
県 Prefecture	岐阜県 Gifu	三重県 Mie		島根県 Shimane
市町村 City, town or village	揖斐郡坂内村 広瀬川尻	度会郡大宮町 永会北谷	度会郡大宮町 永会，若瀬谷	能義郡布部村 大字菅原，緩 治屋谷
製炭者 Worker				
年齢 (歳) Age	55	30	40	25
経験年数 (年) Years experienced	40	5	5	10
専副業の別 Principal or side-job	専	専	副	副
炭カマの名称 Name of oven	坂内式	内田式	八名式 内田式の折衷	八名式
炭カマの構造 Structure of oven				
奥行 Length	4.2	3.3	3.0	3.0
最大幅 Width	3.0	2.7	2.4	2.4
ヨウ(窯)壁高 Height of wall	1.05	1.08	1.05	0.84
天井高 Height of ceiling	0.75	0.36	0.36	0.3
排煙口 Outlet (lower)	0.36×0.18	0.36×0.09	0.3×0.075	0.3×0.06
煙道口 Outlet (upper)	0.165 丸	0.12 角	0.12 角	0.12 角
カマ口 Inlet	0.45×1.08			
カマ底 Bottom	奥下り (0.06)	奥下り (0.09)	奥下り (0.09)	水平
築ヨウ年月 Date of construction				1955年9月
築ヨウ労力 (人) Number of labourer for construction				40
産炭量 (俵…15 kg) Yield (bag…15 kg)	70	36		25
製炭時間 (時) Time for (hr.)				
立込み Filling	2 (4 人)	3 (2 人)	5	2.5 (2 人)
口たき Burning at inlet	24	72	56	72
炭化 Carbonization	96	60	72	80
精れん (煉) Refining	—	24	0	17
消火 Extinguishment	96	60	72	72
出炭 Taking out	4 (4 人)	—	4	1 (3 人)
計 (日) Total (day)	10	10	10	11
俵装時間 (時/俵) Time for packing (hr./bag)	0.3	0.5	0.7	

* 初ガマのため特に長い，したがって平均値からははずした。

33	34	35	36	37	38	39
	広島県 Hiroshima 比婆郡西城町大字八鳥	四国地方 Shikoku 高知県 Kôchi 吾川郡伊野町柳瀬，石見舟ヶ谷	九州地方 Kyûshû 熊本県 Kumamoto 球磨郡人吉市鹿目町		鹿児島県 Kagoshima 姶良郡姶良町平松	
41	35	19	34	69	32	32
26	15	2	6	5	5	5
副	副	副	専	副	専	専
	広島県式二号	高知県一号式八名式の折衷	岩手	在来式 (円型)	市岡式	農林 (卵型)
2.85	3.0	3.15	3.6	1.8	3.6	3.3
2.34	2.7	3.15	2.7	1.8	2.1	3.0
0.84	1.2	1.05	0.96	0.96	1.38 (前) 1.14 (後)	1.08
0.51	0.15	0.39	0.54	0.54	0.42	0.36
0.27×0.06	0.42×0.06	0.39×0.075	0.36×0.06	0.18×0.054	0.105 丸	0.33×0.09
0.12 丸	0.135 丸	0.18 丸	0.135 角	0.09 丸	0.105 丸	0.12×0.105
	0.6×1.2		0.48× —		0.6×0.9	0.6×1.05
水平	奥下り (0.09)	奥下り (0.09)	水平	水平	水平	奥下り (0.09)
1955年3月	1956年12月	1956年4月	1956年10月		1957年3月	1954年10月
30	30	45	34			
26	40	46	51	13	46	38
4 (2人)	5	5 (2人)	8	—	—	2 (3人)
72	72	37	54	72	216*	60
120	72	78	72		168*	108
15	24	7	—	3	0	15
96	72	72	72	120	84	72
2.5 (2人)	2	3 (2人)	8	—		1 (3人)
14	11	10	10	9	21	12
0.9	0.7	0.8	0.6			

第28表 北海道の黒炭

Table 28. Structure of oven for kurozumi charcoal

炭ガマ番号 Oven number	40	41	42
炭ガマの所在地 Locality			
地区 Region	石狩 Ishikari		渡島 Oshima
市町村 City, town or village	千歳郡千歳町泉沢	千歳郡千歳町 藤の沢	函館市庵原 279番地
製炭者 Worker			
年齢 (歳) Age	39	60	25
経験年数 (年) Years experienced	20	36	10
専副業の別 Principal or side-job	専	専	専
炭ガマの名称 Name of oven	岩手式	農林一号	在来式 (角型)
炭ガマの構造 (m) Structure of oven			
奥行 Length	4.5	4.8	4.35
最大幅 Width	3.45	4.8	3.3
ヨウ(窯)壁高 Height of wall	1.08	1.35(前) 1.2 (後)	1.29
天井高 Height of ceiling	0.36	0.6	0.75
排煙口 Outlet (lower)	0.51×0.09	0.36×0.114	0.63×0.12
煙道口 Outlet (upper)	0.18丸	0.36×0.24	0.255×0.18
カマ口 Inlet	0.69×0.9	0.72×1.2	0.6×1.11
カマ底 Bottom	水平	奥下り (0.09)	水平
築ヨウ年月 Date of construction	1956年11月	1949年	1956年11月
築ヨウ労力 (人) Number of labourer for construction	50	—	51
産炭量 (俵…30 kg) Yield (bag…30 kg)	45	75	50
製炭時間 (時) Time for (hr.)			
立込み Filling	6 (2人)	9 (3人)	—
口たき Burning at inlet	48	22	13
炭化 Carbonization	120	144	96
精れん (煉) Refining	12	36	24
消火 Extinguishment	96	120	72
出炭 Taking out	4 (2人)	11 (3人)	3 (2人)
計 (日) Total (day)	13	16	10
俵装時間 (時/俵) Time for packing (hr./bag)	0.5	1.2	0.4

ガマの構造と製炭時間
and time for the making in Hokkaido

43	44	45	46	47
檜山 Hiyama 檜山郡厚沢部村大字蛾虫小字赤沼	後志 Shiribeshi 岩内郡共和村字小沢，小字セトセ，メオトシの沢	空知 Sorachi 夕張郡夕張市清水沢 129		上川 Kamikawa 上川郡上川町字越路
28	63	56	60	51
3	40	3	7	11
副	副	副	専	副
在来式 (円型)	在来式	在来式	北海道普及ガマ (卵型)	在来式
3.6	4.05	4.05	3.9	3.6
3.6	3.9	3.3	3.15	3.15
1.14	1.35	1.2	1.2	1.2
0.57	0.75	0.6	0.48	0.48
0.54×0.09	0.54×0.09 (1つ) 0.225×0.09 (2つ)	0.3×0.15	0.48×0.075	0.24×0.09 (1つ) 0.15×0.09 (2つ)
0.15×0.12	0.195 角 (1つ) 0.09 角 (2つ)	0.15 角	1.35 角	0.15×0.12 (1つ) —
0.54 (上) 0.75 (下) ×0.9	0.54 (上) 0.66 (下) ×0.84	0.63×1.05	—	0.45 (上) 0.6 (下) ×1.05
奥下り (0.09)	前下り (0.09)	奥下り (0.09)	奥下り (0.09)	—
—	1956年9月	1956年8月	1956年9月	1956年10月
—	60	—	—	—
40	50	40	38	35
8	6 (2人)	4 (3人)	—	5 (3人)
36	24	48	24	24
72	96	144	84	68
0	10	7	5	5
72	120	84	84	87
4	4	3 (3人)	—	4 (3人)
9	12	14	10	9
0.7	0.5 (角) 0.3 (丸)	0.5	—	—

第28表 (2)

炭ガマ番号 Oven number	48	49	50
炭ガマの所在地 Locality			
地区 Region	上川 Kamikawa	留萌 Rumoi	
市町村 City, town or village	上川郡上川町字越路	留萌郡小平町字豊平	
製炭者 Worker			
年齢 (歳) Age	59	46	53
経験年数 (年) Years experienced	10	15	17
専副業の別 Principal or side-job	副	専	専
炭ガマの名称 Name of oven	在来式 (円型)	在来式	在来式
炭ガマの構造 (m) Structure of oven			
奥行 Length	3.0	3.0	3.9
最大幅 Width	3.0	2.1	3.3
ヨウ (窯) 壁高 Height of wall	1.2	1.29	1.26
天井高 Height of ceiling	0.36	0.36	0.54
排煙口 Outlet (lower)	0.39×0.09	0.3×0.09	0.39×0.09
煙道口 Outlet (upper)	0.15 角	0.18 丸	0.21 丸
カマ口 Inlet	0.6×0.9	0.6 (上) 0.54 (下) ×0.75	0.6×1.5
カマ底 Bottom	奥下り (0.09)	奥下り (0.06)	水平
築ヨウ年月 Date of construction	1953年夏	1956年10月	1956年5月
築ヨウ労力 (人) Number of labourer for construction	—	30	55
産炭量 (俵…30 kg) Yield (bag…30 kg)	25	25	40
製炭時間 (時) Time for (hr.)			
立込み Filling	4 (2人)	2 (4人)	4 (3人)
口たき Burning at inlet	8	12	48
炭化 Carbonization	88	67	96
精れん (煉) Refining	8	5	10
消火 Extinguishment	72	63	56
出炭 Taking out	2 (2人)	2 (4人)	3 (3人)
計 (日) Total (day)	9	8	11
俵装時間 (時/俵) Time for packing (hr./bag)	0.5	—	0.5

51	52	53	54	55
宗　谷 Sôya	網　走 Abashiri		胆　振 Iburi	
宗谷郡猿払村字鬼志別番外地	紋別市上渚滑町立牛2線	紋別市上渚滑町立牛2線沢	勇払郡厚真村字当麻内	
30	34	30	49	31
6	15	6	25	7
副	専	専	専	専
在来式 (長三角形)	在来式 (栗型)	在来式 (栗型)	在　来　式	在来式 (円型)
6.0	4.8	4.8	5.7	4.8
3.3	4.05	4.2	4.5	4.8
1.2	1.05 (前) 1.44 (後)	1.41	1.35	1.35
0.45	0.36	0.33	0.51	0.42
0.42×0.06	0.57×0.09	0.3×0.09	0.3×0.075 (1つ) 0.24×0.075 (1つ)	0.54×0.09
0.18 角	0.27×0.21	0.15×0.18	0.135 角	0.225×0.21
0.75× —	0.39 (上) 0.6 (下)×0.99	0.42 (上) 0.6 (下)×0.9	0.66×1.08	0.6×1.14
奥下り (0.09)	奥　下　り	奥下り (0.15)	奥下り (0.15)	中高 (0.09)
1953年	1954年10月	1956年9月	1954年6月	1956年7月
—	43	—	65	60
30	70	65	85	65
6 (2人)	12 (2人)	—	12	8 (2人)
8	18	26	48	24
118	105	76	96	120
4	4.5	10	8	12
96	87	63	120	84
3 (2人)	4.5 (2人)	—	8 (2人)	5 (2人)
11	13	10	14	13
—	0.4	0.7	0.5	0.8

第 28 表 (3)

炭ガマ番号 Oven number	56	57	58
炭ガマの所在地 Locality			
地区 Region	日高 Hidaka		十勝 Tokachi
市町村 City, town or village	沙流郡平取町 二風谷		十勝郡浦幌町 字常室
製炭者 Worker			
年齢 (歳) Age	41	32	29
経験年数 (年) Years experienced	13	0.5	5
専副業の別 Principal or side-job	専	副	専
炭ガマの名称 Name of oven	在来式	在来式	岩手式
炭ガマの構造 Structure of oven			
奥行 Length	5.4	5.4	4.35
最大幅 Width	3.9	3.9	3.3
ヨウ(窯)壁高 Height of wall	1.2	1.35	0.75
天井高 Height of ceiling	0.3	0.54	0.69
排煙口 Outlet (lower)	0.6×0.09	0.39×0.075 (2つ)	0.27×0.075
煙道口 Outlet (upper)	0.18×0.27	0.12 角	0.18 丸
カマ口 Inlet	0.6×1.11	0.69×1.2	0.54×0.69
カマ底 Bottom	奥下り	奥下り	水平
築ヨウ年月 Date of construction	1956年8月	1956年9月	—
築ヨウ労力 (人) Number of labourer for construction	—	90	—
産炭量 (俵…30 kg) Yield (bag…30 kg)	60	75	70 (15 kg 俵)
製炭時間 (時) Time for (hr.)			
立込み Filling	6 (2人)	5 (3人)	7 (2人)
口たき Burning at inlet	40	30	48
炭化 Carbonization	56	108	96
精れん (煉) Refining	12	5	24
消火 Extinguishment	84	108	96
出炭 Taking out	4 (2人)	5 (2人)	4 (2人)
計 (日) Total (day)	11	12	13
俵装時間 (時/俵) Time for packing (hr./bag)	0.8	1.1	0.3

59	60	61	62
十勝郡浦幌町	釧路 Kushiro 川上郡標茶町上知安別		根室 Nemuro 野付郡別海村字西別35線3号
54	39	46	49
20	16	7	30
専	専	専	専
在来式 (栗型)	在 来 式	在 来 式	在 来 式
5.25	5.7	6.9	5.4
4.2	3.75	4.05	3.6
1.5	1.35	1.35	1.35
0.3	0.36	0.45	0.3
0.33×0.075 (2つ)	0.45×0.09 (2つ)	0.45×0.09	0.45×0.15
0.135×0.15	0.12 角	0.12 角	0.18×0.15
0.66×1.2	—	—	—
奥下り (0.12)	奥下り (0.09)	奥下り (0.06)	—
—	1956年7月	1956年8月	1956年8月
—	—	60	20
88	86	97	65
12	6 (3人)	3 (5人)	6
12	48	36	20
132	81	144	144
5	19	24	24
96	96	144	144
8	4 (3人)	2 (5人)	3
14	12	16	15
0.4	0.5 (15 kg 俵) 0.6 (30 kg 俵)	—	0.3

第29表 白炭の性質

試料番号 Sample number	1	2	3	4	5
炭ガマ番号 Oven number	1			2	
炭ガマ所在地 Locality					
地方 District	東北地方 Tôhoku				
県 Prefecture	秋田 Akita			山形 Yamagata	
樹種 Wood species	コナラ *Quercus serrata*	コナラ *Quercus serrata*	コナラ *Quercus serrata*	コナラ *Quercus serrata*	コナラ *Quercus serrata*
形態 Shape					
横断面の形 Shape at traverse section	円	半円	円	円	半円
半径 (cm) Radius	1.7	2.2	1.5	1.7	2.5
年輪数 Number of annual ring	9	9	12	10	13
年輪密度 Annual ring density	5.3	4.1	8.0	5.9	5.2
硬度 Hardness	12	12	12	12	12
精れん度 Degree of refining	0	0	0	0	0
容積重 Specific gravity	0.68	0.72	0.69	0.66	0.76
工業分析 (%) Industrial analysis					
水分 Moisture	10.09	10.49	9.98	10.30	10.83
灰分 Ash	1.63	1.44	2.16	1.25	1.70
揮発分 Volatile matter	4.48	3.79	4.83	4.41	3.43
固定炭素 Fixed carbon	83.80	84.28	83.03	84.04	84.04
元素分析 (%) Ultimate analysis					
灰分 Ash	1.81	1.61	2.28	1.39	1.91
炭素 Carbon	93.83	93.16	94.43	94.80	94.34
水素 Hydrogen	0.91	0.90	0.82	0.88	0.87
酸素 Oxygen	3.45	4.33	2.47	2.93	2.88
発熱量 (cal) Calorific value					
恒湿ベース Moist basis	6990	6980	6990	7050	6930
無水ベース Dry basis	7770	7800	7770	7860	7780
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.062	0.042	0.040	0.064	0.044

Table 29. Properties of shirozumi charcoal

6	7	8	9	10	11	12
	3		4			5
	山形 Yamagata		関東地方 Kantô 群馬 Gunma			群馬 Gunma
イタヤ *Acer* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.
半円	円	半円	円	円	四分円	円
2.8	1.1	1.9	1.8	1.2	4.4	1.2
15	7	12	15	11	22	16
5.4	6.4	6.3	8.3	9.2	5.0	13.3
9	12	12	11	11	11	11
0	0	1	1	1	1	0
0.51	0.69	0.69	0.71	0.68	0.77	0.72
10.85	10.13	10.45	9.66	10.60	10.09	11.11
1.42	2.99	1.54	2.08	1.44	1.32	1.54
3.61	5.16	4.47	5.47	4.03	4.05	3.63
84.12	81.72	83.54	82.79	83.93	84.54	83.72
1.59	3.33	1.72	2.30	1.61	1.47	1.73
94.55	92.36	94.41	92.97	94.63	94.60	95.31
1.18	0.89	0.78	1.01	0.80	0.90	0.81
2.68	3.42	3.09	3.72	2.96	3.03	2.15
6950	6880	6970	7060	6960	7030	6940
7790	7660	7780	7820	7790	7820	7810
0.045	0.062	0.050	0.068	0.043	0.057	0.056

第 29 表 (2)

試料番号 Sample number	13	14	15	16	17
炭ガマ番号 Oven number	5			6	
炭ガマ所在地 Locality					
地方 District	関東地方 Kantô			中部地方 Chûbu	
県 Prefecture	群馬 Gunma			新潟 Niigata	
樹種 Wood species	ナラ *Quercus* sp.	ケンポナシ *Hovenia dulcis*	マンサク *Hamamelis japonica*	コナラ *Quercus serrata*	コナラ *Quercus serrata*
形態 Shape					
横断面の形 Shape at traverse section	四分円	円	円	円	半円
半径 (cm) Radius	3.6	1.3	1.4	1.4	2.0
年輪数 Number of annual ring	25	10	8	8	5
年輪密度 Annual ring density	6.9	7.7	5.7	5.7	7.5
硬度 Hardness	11	9	9	11	11
精れん度 Degree of refining	1	1	1	1	0
容積重 Specific gravity	0.64	0.51	0.42	0.69	0.72
工業分析 (%) Industrial analysis					
水分 Moisture	10.19	9.23	10.26	10.08	10.52
灰分 Ash	1.56	3.45	2.87	1.64	1.99
揮発分 Volatile matter	4.42	6.83	5.06	4.60	3.06
固定炭素 Fixed carbon	83.83	80.49	81.81	83.68	84.43
元素分析 (%) Ultimate analysis					
灰分 Ash	1.74	3.80	3.20	1.82	2.22
炭素 Carbon	94.58	89.74	91.12	93.08	94.52
水素 Hydrogen	1.12	1.16	0.85	0.84	0.71
酸素 Oxygen	2.56	5.30	4.83	4.26	2.55
発熱量 (cal) Calorific value					
恒湿ベース Moist basis	7050	6830	6770	7000	6880
無水ベース Dry basis	7850	7530	7540	7780	7690
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.106	0.069	0.044	0.082	0.040

18	19	20	21	22	23
7			8		
新潟 Niigata			近畿地方 Kinki 和歌山 Wakayama		
ブナ *Fagus crenata*	ブナ *Fagus crenata*	イタヤ *Acer* sp.	カシ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.
半円	円	円	円	円	半円
2.8	1.2	1.8	1.9	1.3	2.8
17	10	20	15	27	19
6.1	8.3	11.1	7.9	20.8	6.8
11	10	11	11	11	11
0	0	1	1	1	1
0.64	0.60	0.57	0.83	0.82	0.84
10.37	10.77	10.54	9.56	9.69	10.34
1.22	1.33	2.71	2.18	1.93	2.49
3.86	3.87	3.99	5.01	4.55	3.96
84.55	84.03	82.76	83.25	83.83	83.21
1.36	1.49	3.03	2.41	2.14	2.78
94.92	95.64	94 78	91.03	93.91	94.40
0.85	1.09	0.76	0.85	1.02	0.73
2.87	1.78	1.43	5.71	2.93	2.09
7020	6970	6970	6980	7060	6920
7830	7820	7790	7710	7820	7720
0.055	0.049	0.059	0.090	0.074	0.045

第 29 表 (3)

試料番号 Sample number	24	25	26	27	28
炭ガマ番号 Oven number	8	9			
炭ガマ所在地 Locality					
地方 District	近畿地方 Kinki				
県 Prefecture	和歌山 Wakayama	和歌山 Wakayama			
樹種 Wood species	カシ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.	エゴノキ *Styrax japonica*
形態 Shape					
横断面の形 Shape at traverse section	半円	円	半円	四分円	円
半径 (cm) Radius	2.4	1.5	3.0	3.7	2.3
年輪数 Number of annual ring	34	15	24	30	24
年輪密度 Annual ring density	14.2	10.0	8.0	8.1	10.4
硬度 Hardness	11	12	11	15	6
精れん度 Degree of refining	1	1	1	1	1
容積重 Specific gravity	0.81	0.90	0.86	0.93	0.48
工業分析 (%) Industrial analysis					
水分 Moisture	10.30	8.82	9.20	9.35	9.90
灰分 Ash	1.20	2.44	2.39	2.52	1.05
揮発分 Volatile matter	3.15	5.69	5.08	5.09	4.20
固定炭素 Fixed carbon	85.35	83.05	83.33	83.04	84.85
元素分析 (%) Ultimate analysis					
灰分 Ash	1.34	2.68	2.63	2.78	1.16
炭素 Carbon	93.84	92.72	92.28	90.78	94.58
水素 Hydrogen	0.94	1.26	1.08	1.22	0.98
酸素 Oxygen	3.88	3.34	4.01	5.22	3.28
発熱量 (cal) Calorific value					
恒湿ベース Moist basis	6980	7190	7030	7020	7020
無水ベース Dry basis	7780	7880	7750	7760	7800
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.059	0.092	0.123	0.118	0.103

29	30	31	32	33	34
		10			
		和歌山 Wakayama			
リョウブ *Clethra barbinervis*	カマツカ *Pourthiaea villosa* var. *laevis*	ミズメ *Betula grossa*	イヌシデ *Carpinus Tschonoskii*	ケヤキ *Zelkova serrata*	ムクロジ *Sapindus Mukorossi*
円	円	円	半円	半円	四分円
1.8	1.6	2.2	3.0	3.1	3.6
24	28	31	31	30	22
13.3	17.5	14.1	10.3	9.7	6.1
11	11	8	8	11	2
0	0	0	1	1	1
0.53	0.78	0.52	0.49	0.74	0.48
10.18	10.36	10.32	10.29	9.64	10.17
1.04	1.93	1.14	1.22	2.64	1.09
3.87	4.02	3.90	4.46	4.93	3.98
84.91	83.69	84.64	84.03	82.79	84.76
1.16	2.15	1.27	1.36	2.92	1.21
94.22	93.56	94.11	93.26	91.55	92.79
1.22	1.12	0.80	1.28	1.02	1.48
3.40	3.17	3.82	4.10	4.51	4.52
7030	7040	7040	6970	6910	7020
7830	7850	7840	7770	7650	7810
0.065	0.146	0.100	0.204	0.075	0.211

第 29 表 (4)

試料番号 Sample number	35	36	37	38	39
炭ガマ番号 Oven number	11		12		
炭ガマ所在地 Locality					
地方 District	近畿地方 Kinki				
県 Prefecture	和歌山 Wakayama		兵庫 Hyôgo		
樹種 Wood species	ウバメガシ *Quercus philly-raeoides*	ウバメガシ *Quercus philly-raeoides*	コナラ *Quercus serrata*	アベマキ *Quercus variabilis*	ノグルミ *Platycarya strobilacea*
形態 Shape					
横断面の形 Shape at traverse section	円	四分円	円	半円	半円
半径 (cm) Radius	1.2	2.0	1.3	2.5	2.3
年輪数 Number of annual ring	14	14	15	16	14
年輪密度 Annual ring density	11.7	7.0	11.5	6.4	6.1
硬度 Hardness	18	18	11	11	11
精れん度 Degree of refining	0	0	0	0	0
容積重 Specific gravity	1.13	1.18	0.82	0.78	0.68
工業分析 (%) Industrial analysis					
水分 Moisture	9.74	9.47	10.59	10.47	10.65
灰分 Ash	1.70	0.82	1.30	2.77	3.14
揮発分 Volatile matter	4.47	5.01	3.66	4.50	3.97
固定炭素 Fixed carbon	84.09	84.70	84.45	82.26	82.24
元素分析 (%) Ultimate analysis					
灰分 Ash	1.88	0.91	1.45	3.09	3.51
炭素 Carbon	92.83	94.34	94.05	93.85	93.27
水素 Hydrogen	0.91	1.27	0.47	1.19	0.76
酸素 Oxygen	4.38	3.48	4.03	1.87	2.46
発熱量 (cal) Calorific value					
恒湿ベース Moist basis	7020	7120	6970	6850	6810
無水ベース Dry basis	7780	7870	7800	7650	7620
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.062	0.098	0.041	0.072	0.042

40	41	42	43	44	45
			13		14
			中国地方 Chûgoku 鳥取 Tottori		鳥取 Tottori
シデ *Carpinus* sp.	サクラ *Prunus* sp.	アワブキ *Meliosma myriantha*	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.
円	円	円	円	半円	円
1.2	1.8	1.1	1.3	2.5	1.4
14	16	9	11	16	12
11.7	8.9	8.2	8.5	6.4	8.6
11	9	11	11	11	12
0	0	0	1	0	1
0.63	0.62	0.65	0.71	0.68	0.71
10.08	10.39	10.97	10.20	10.44	9.97
1.62	1.50	1.22	1.32	1.23	1.72
3.15	4.00	3.11	4.78	4.09	4.35
85.15	84.11	84.70	83.70	84.24	83.96
1.80	1.67	1.37	1.47	1.37	1.91
94.16	95.07	95.48	94.09	94.33	92.59
1.02	1.30	0.75	1.06	0.83	1.17
3.02	1.96	2.40	3.38	3.47	4.33
7020	6980	6940	7010	7040	7050
7800	7790	7790	7800	7860	7830
0.056	0.043	0.039	0.077	0.075	0.087

第 29 表 (5)

試料番号 Sample number	46	47	48	49	50
炭ガマ番号 Oven number	14		15		
炭ガマ所在地 Locality					
地方 District	中国地方 Chûgoku		四国地方 Shikoku		
県 Prefecture	鳥取 Tottori		高知 Kôchi		
樹種 Wood species	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.	サクラ *Prunus* sp.	ヒイラギ *Osmanthus ilicifolius*
形態 Shape					
横断面の形 Shape at traverse section	半円	半円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.4	1.5	1.7	1.6	1.3
年輪数 Number of annual ring	13	12	15	9	14
年輪密度 Annual ring density	5.4	8.0	8.8	5.6	10.8
硬度 Hardness	14	13	15	10	11
精れん度 Degree of refining	1	1	0	0	0
容積重 Specific gravity	0.73	0.78	1.00	0.59	0.76
工業分析 (%) Industrial analysis					
水分 Moisture	10.22	10.01	10.25	10.26	10.75
灰分 Ash	1.46	1.38	1.93	0.75	0.93
揮発分 Volatile matter	4.34	4.83	4.00	3.72	3.12
固定炭素 Fixed carbon	83.98	83.78	83.82	85.27	85.20
元素分析 (%) Ultimate analysis					
灰分 Ash	1.63	1.53	2.15	0.84	1.04
炭素 Carbon	94.18	92.67	94.10	95.30	95.93
水素 Hydrogen	1.24	1.11	0.88	0.94	0.71
酸素 Oxygen	2.95	4.69	2.87	2.92	2.32
発熱量 (cal) Calorific value					
恒湿ベース Moist basis	6960	7010	6940	7050	7000
無水ベース Dry basis	7750	7780	7730	7860	7840
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.070	0.096	0.038	0.052	0.040

51	52	53	54	55	56
16					
九州地方 Kyûshû 宮崎 Miyazaki					
アラカシ *Quercus glauca*	アラカシ *Quercus glauca*	アラカシ *Quercus glauca*	コジイ *Castanopsis cuspidata*	コジイ *Castanopsis cuspidata*	サクラ *Prunus* sp.
円	円	半円	円	円	円
1.6	1.0	2.8	1.2	1.7	1.7
18	9	24	8	9	19
11.3	9.0	8.6	6.7	5.3	11.2
15	11	11	9	7	10
0	0	1	1	1	1
1.00	0.93	0.87	0.57	0.52	0.57
9.76	10.10	9.61	10.06	9.93	10.03
2.95	3.75	3.36	2.01	0.86	1.12
5.28	4.74	5.25	4.30	4.73	4.10
82.01	81.41	81.78	83.63	84.48	84.75
3.27	4.17	3.72	2.23	0.95	1.25
91.33	90.25	91.10	93.06	92.80	94.79
0.91	0.71	1.23	0.99	1.32	0.90
4.49	4.87	3.95	3.72	4.93	3.06
6810	6730	6900	6970	6970	7020
7550	7490	7630	7750	7740	7800
0.042	0.041	0.054	0.044	0.058	0.107

第 29 表 (6)

試料番号 Sample number	57	58	59	60	61
炭ガマ番号 Oven number	16		17		
炭ガマ所在地 Locality					
地方 District	九州地方 Kyûshû				
県 Prefecture	宮崎 Miyazaki		宮崎 Miyazaki		
樹種 Wood species	サザンカ *Camellia Sasanqua*	エゴノキ *Styrax japonica*	タブノキ *Machilus Thunbergii*	アラカシ *Quercus glauca*	サザンカ *Camellia Sasanqua*
形態 Shape					
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	1.2	1.0	1.7	0.9	1.5
年輪数 Number of annual ring	28	13	16	10	18
年輪密度 Annual ring density	23.3	13.0	9.4	11.1	12.0
硬度 Hardness	11	8	3	12	9
精れん度 Degree of refining	1	1	1	1	1
容積重 Specific gravity	0.82	0.52	0.50	0.88	0.72
工業分析 (%) Industrial analysis					
水分 Moisture	8.89	10.16	8.47	8.98	9.13
灰分 Ash	3.33	1.88	2.03	3.17	1.78
揮発分 Volatile matter	5.66	4.13	6.10	6.31	5.52
固定炭素 Fixed carbon	82.12	83.83	83.40	81.54	83.57
元素分析 (%) Ultimate analysis					
灰分 Ash	3.65	2.09	2.22	3.48	1.96
炭素 Carbon	93.17	94.28	92.17	91.12	91.78
水素 Hydrogen	1.42	1.07	1.36	1.40	1.43
酸素 Oxygen	1.76	2.56	4.25	4.00	4.83
発熱量 (cal) Calorific value					
恒湿ベース Moist basis	7150	7030	7180	7060	7090
無水ベース Dry basis	7850	7830	7840	7760	7800
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.091	0.070	0.138	0.144	0.127

62	63	64	65	66	67
18					
宮崎 Miyazaki					
アラカシ *Quercus glauca*	エゴノキ *Styrax japonica*	タブノキ *Machilus Thunbergii*	タブノキ *Machilus Thunbergii*	エゴノキ *Styrax japonica*	ミズメ *Betula grossa*
円	円	円	円	円	四分円
1.7	1.9	2.1	2.2	1.5	4.3
13	16	12	14	9	13
7.6	8.4	5.7	6.4	6.0	3.0
11	7	6	8	9	10
1	1	1	1	0	1
0.90	0.53	0.48	0.55	0.65	0.59
9.50	9.63	9.28	8.74	9.67	10.27
2.98	1.55	1.71	2.37	2.17	0.83
5.97	4.71	5.13	6.36	4.89	4.29
81.55	84.11	83.88	82.53	83.27	84.61
3.29	1.72	1.88	2.60	2.40	0.92
91.77	94.37	93.58	90.29	94.07	94.89
1.22	1.29	1.32	1.14	1.34	1.05
3.72	2.62	3.22	5.97	2.19	3.14
6930	7090	7060	7050	7030	7030
7660	7840	7780	7730	7790	7830
0.127	0.169	0.124	0.123	0.069	0.136

第39表 本州・四国・九州の黒炭の性質

試料番号 Sample number	101	102	103	104
炭ガマ番号 Oven number	19		20	
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	東北地方 Tôhoku			
県 Prefecture	岩手 Iwate		岩手 Iwate	
樹種 Wood species	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	ヤマモミジ *Acer palmatum* var. *Matsumurae*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	四分円	長方形	円
半径 (cm) Radius	1.9	4.5	5.8	2.0
年輪数 Number of annual ring	30	34	29	38
年輪密度 Annual ring density	15.8	7.6	5.0	19.0
硬度 Hardness	8	10	8	2
精れん度 Degree of refining	7	6	∞	6
容積重 Specific gravity	0.50	0.63	0.48	0.43
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	5.77	6.72	5.93	6.45
灰分 Ash	1.49	1.38	1.25	1.47
揮発分 Volatile matter	10.58	8.01	11.58	10.73
固定炭素 Fixed carbon	82.16	83.89	81.24	81.35
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.58	1.48	1.33	1.57
炭素 Carbon	89.21	90.60	87.59	89.21
水素 Hydrogen	2.96	2.50	3.05	2.42
酸素 Oxygen	6.25	5.42	8.03	6.80
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7730	7650	7700	7610
無水ベース Dry basis	8200	8200	8180	8130
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.157	0.145	0.142	0.219

Table 30. Properties of kurozumi charcoal in Honshû, Shikoku and Kyûshû

105	106	107	108	109	110
	21			22	
	岩手 Iwate			岩手 Iwate	
アズキナシ *Sorbus alnifolia*	アサダ *Ostrya japonica*	ナラ *Quercus* sp.	クワ *Morus bombycis*	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	ブナ *Fagus crenata*
円	円	円	円	円	円
1.8	1.9	2.1	2.6	2.3	2.2
30	15	12	20	18	28
16.7	7.9	5.7	7.7	7.8	12.7
1	8	9	8	10	9
8	3	5	2	2	2
0.38	0.43	0.53	0.51	0.62	0.57
6.04	7.92	6.95	8.62	8.22	8.97
0.81	1.00	1.17	2.61	1.40	0.93
10.20	6.93	8.17	6.19	6.42	6.24
82.95	84.15	83.71	82.58	83.96	83.86
0.86	1.09	1.26	2.86	1.53	1.02
89.59	92.59	91.35	90.11	92.22	92.38
3.45	2.06	2.55	1.73	1.84	1.82
6.10	4.26	4.84	5.30	4.41	4.78
7670	7510	7570	7240	7420	7300
8170	8150	8140	7930	8080	8020
0.207	0.220	0.162	0.107	0.183	0.249

第 30 表 (2)

試料番号 Sample number	111	112	113	114
炭ガマ番号 Oven number	22			
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	東北地方 Tôhoku			
県 Prefecture	岩手 Iwate			
樹種 Wood species	トチノキ *Aesculus turbinata*	ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	ウリハダカエデ *Acer rufinerve*	マンサク *Hamamelis japonica*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.3	2.0	2.9	2.1
年輪数 Number of annual ring	26	17	18	16
年輪密度 Annual ring density	11.3	8.5	6.2	7.6
硬度 Hardness	1	9	5	7
精れん度 Degree of refining	3	4	4	3
容積重 Specific gravity	0.35	0.48	0.45	0.46
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	8.20	7.62	7.88	8.51
灰分 Ash	0.96	2.07	1.11	1.08
揮発分 Volatile matter	6.44	7.46	7.06	6.71
固定炭素 Fixed carbon	84.40	82.85	83.95	83.70
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.05	2.24	1.21	1.18
炭素 Carbon	92.36	91.34	91.85	92.80
水素 Hydrogen	1.97	1.95	2.10	1.94
酸素 Oxygen	4.62	4.47	4.84	4.08
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7430	7440	7520	7410
無水ベース Dry basis	8090	8050	8170	8100
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.256	0.149	0.315	0.277

115	116	117	118	119	120
ヤマモミジ *Acer palmatum* var. *Matsumurae*	ホウノキ *Magnolia obovata*	モミジ *Acer* sp.	オオカメノキ *Viburnum furcatum*	ハンノキ *Alnus* sp.	カバ *Betula* sp.
円	円	円	円	円	円
2.2	2.0	2.1	2.1	2.3	2.2
19	22	23	29	17	20
8.6	11.0	11.0	13.8	7.4	9.1
8	1>	7	2	2	3
2	2	3	3	2	3
0.50	0.29	0.48	0.38	0.39	0.44
8.78	8.74	8.47	8.22	8.89	8.51
1.10	1.05	1.11	0.89	0.52	1.33
6.08	6.44	6.38	6.53	6.23	6.77
84.04	83.77	84.04	84.36	84.36	83.39
1.21	1.15	1.21	0.97	0.57	1.45
91.22	93.01	92.09	92.12	92.64	92.62
1.91	1.95	1.92	2.27	2.00	1.83
5.66	3.89	4.78	4.64	4.79	4.10
7330	7380	7440	7450	7350	7400
8040	8080	8130	8110	8060	8090
0.296	0.291	0.288	0.264	0.319	0.296

第 30 表 (3)

試料番号 Sample number	121	122	123	124
炭ガマ番号 Oven number	22			
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	東北地方 Tôhoku			
県 Prefecture	岩手 Iwate			
樹種 Wood species	コナラ *Quercus serrata*	アオダモ *Fraxinus Sieboldiana*	アズキナシ *Sorbus alnifolia*	イタヤ *Acer* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.3	2.2	2.2	2.5
年輪数 Number of annual ring	19	30	25	23
年輪密度 Annual ring density	8.3	13.6	11.4	9.2
硬度 Hardness	8	9	7	7
精れん度 Degree of refining	2	2	2	3
容積重 Specific gravity	0.59	0.62	0.42	0.46
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	8.39	8.42	8.50	8.18
灰分 Ash	1.14	1.49	0.56	1.93
揮発分 Volatile matter	6.45	7.76	6.68	6.70
固定炭素 Fixed carbon	84.02	82.33	84.26	83.19
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.24	1.63	0.61	2.10
炭素 Carbon	92.29	92.56	92.70	91.25
水素 Hydrogen	1.73	1.82	1.85	1.90
酸素 Oxygen	4.74	3.99	4.84	4.75
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7320	7380	7410	7450
無水ベース Dry basis	7990	8060	8100	8120
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.229	0.182	0.263	0.312

125	126	127	128	129	130
クワ *Morus bombycis*	サワシバ *Carpinus cordata*	カシワ *Quercus dentata*	ハリギリ *Kalopanax septemlobus*	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*	ミズキ *Cornus controversa*
円	円	円	円	円	円
2.1	1.9	2.3	2.0	2.0	1.7
13	17	17	17	21	11
6.2	8.9	7.4	8.5	10.5	6.5
1	10	10	1	1	2
5	2	2	2	5	3
0.30	0.52	0.61	0.40	0.37	0.46
7.03	8.58	8.09	7.84	6.77	8.03
2.92	2.64	1.68	2.34	0.94	1.29
9.36	6.89	6.51	7.06	6.99	7.19
80.69	81.89	83.72	82.76	85.30	83.49
3.14	2.89	1.83	2.54	1.01	1.40
88.07	92.89	91.13	89.96	91.15	90.64
2.77	1.84	1.92	2.30	2.50	1.91
6.02	2.38	5.12	5.20	5.34	6.05
7460	7170	7410	7370	7580	7410
8030	7840	8060	8000	8130	8050
0.169	0.163	0.148	0.153	0.257	0.169

第 30 表 (4)

試料番号 Sample number	131	132	133	134
炭ガマ番号 Oven number	23			
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	東北地方 Tôhoku			
県 Prefecture	福島 Fukushima			
樹種 Wood species	クヌギ *Quercus acutissima*	クヌギ *Quercus acutissima*	ナラ *Quercus* sp.	スモモ *Prunus salicina*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	半円	円	円
半径 (cm) Radius	1.9	3.1	1.8	2.6
年輪数 Number of annual ring	18	18	15	23
年輪密度 Annual ring density	9.5	5.8	8.3	8.8
硬度 Hardness	9	11	9	9
精れん度 Degree of refining	6	3	3	2
容積重 Specific gravity	0.53	0.68	0.57	0.55
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.58	8.03	7.48	9.94
灰分 Ash	1.47	1.32	1.92	0.54
揮発分 Volatile matter	11.06	5.63	7.76	5.29
固定炭素 Fixed carbon	80.89	85.02	82.84	84.23
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.57	1.44	2.07	0.60
炭素 Carbon	90.26	91.01	90.68	92.51
水素 Hydrogen	2.93	2.04	2.55	1.90
酸素 Oxygen	5.24	5.51	4.70	4.99
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7610	7400	7470	7240
無水ベース Dry basis	8150	8040	8070	8040
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.213	0.129	0.192	0.336

135	136	137	138	139	140
	24			25	
	福島 Fukushima			関東地方 Kantô 栃木 Tochigi	
アカマツ *Pinus densiflora*	コナラ *Quercus serrata*	コナラ *Quercus serrata*	オノオレカンバ *Betula Schmidtii*	クヌギ *Quercus acutissima*	クヌギ *Quercus acutissima*
円	円	四分円	半円	円	半円
3.6	2.4	3.1	2.7	1.8	2.4
9	12	14	21	10	7
2.5	5.0	4.5	7.8	5.6	2.9
秋 5 春 1〉	9	9	9	8	9
2	5	6	4	∞	∞
0.27	0.54	0.62	0.61	0.48	0.71
9.01	6.70	6.69	7.69	6.06	5.66
0.98	1.40	1.23	0.55	1.43	1.45
5.89	8.84	7.20	6.09	13.01	13.01
84.12	83.06	84.88	85.67	79.50	79.88
1.08	1.50	1.32	0.60	1.52	1.54
92.41	90.02	90.38	91.94	86.27	85.79
1.85	2.69	2.85	2.30	3.29	3.22
4.66	5.79	5.45	5.16	8.92	9.45
7330	7630	7610	7580	7480	7590
8050	8180	8160	8210	7970	8040
0.241	0.209	0.199	0.215	0.169	0.105

第 30 表 (5)

試料番号 Sample number	141	142	143	144
炭ガマ番号 Oven number	26			27
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	関東地方 Kantô			
県 Prefecture	栃木 Tochigi			栃木 Tochigi
樹種 Wood species	アオダモ *Fraxinus Sieboldiana*	クヌギ *Quercus acutissima*	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.0	1.7	1.9	1.9
年輪数 Number of annual ring	24	10	8	10
年輪密度 Annual ring density	12.0	5.9	4.2	5.3
硬度 Hardness	3	8	9	9
精れん度 Degree of refining	9	6	8	6
容積重 Specific gravity	0.49	0.60	0.60	0.60
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	5.62	6.56	5.93	6.65
灰分 Ash	1.49	2.02	1.68	1.47
揮発分 Volatile matter	10.72	8.93	9.89	7.83
固定炭素 Fixed carbon	82.17	82.49	82.50	84.05
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.58	2.16	1.79	1.57
炭素 Carbon	85.67	88.04	87.66	90.06
水素 Hydrogen	3.33	2.79	2.94	2.79
酸素 Oxygen	9.42	7.01	7.61	5.58
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7710	7540	7720	7650
無水ベース Dry basis	8170	8060	8210	8190
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.203	0.174	0.183	0.215

145	146	147	148	149	150
					28
					中部地方 Chûbu 岐阜 Gifu
ナラ *Quercus* sp.	タカノツメ *Evodiopanax innovans*	ヤマザクラ *Prunus* sp.	シデ *Carpinus* sp.	エゴノキ *Styrax japonica*	ナラ *Quercus* sp.
半 円	円	円	円	円	円
2.8	1.9	1.8	1.6	1.3	1.7
12	12	14	13	14	11
4.3	6.3	7.8	8.1	10.8	6.5
9	1>	3	4	4	2
7	6	6	7	6	∞
0.63	0.28	0.46	0.53	0.48	0.51
6.03	6.71	6.68	6.32	6.38	6.00
1.74	0.63	1.33	1.31	1.64	2.34
13.07	7.30	7.57	8.76	8.30	19.86
79.16	85.36	84.42	83.61	83.68	71.80
1.85	0.67	1.43	1.40	1.75	2.49
88.07	88.62	89.75	87.70	87.37	80.42
3.20	2.79	2.56	2.88	2.33	3.64
6.88	7.92	6.26	8.02	8.55	13.45
7640	7620	7610	7670	7670	7010
8130	8170	8150	8180	8200	7460
0.176	0.296	0.242	0.204	0.200	0.096

第 30 表 (6)

試料番号 Sample number	151	152	153	154
炭ガマ番号 Oven number	28			
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	中部地方 Chûbu			
県 Prefecture	岐阜 Gifu			
樹種 Wood species	ケヤキ *Zelkova serrata*	ケンポナシ *Hovenia dulcis*	アブラチャン *Parabenzoin praecox*	クリ *Castanea crenata*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	1.8	1.9	1.5	1.8
年輪数 Number of annual ring	16	14	13	12
年輪密度 Annual ring density	8.9	7.4	8.7	6.7
硬度 Hardness	9	9	8	6
精れん度 Degree of refining	5	5	7	2
容積重 Specific gravity	0.62	0.51	0.53	0.41
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	7.18	6.77	5.46	9.36
灰分 Ash	3.79	1.47	1.59	1.13
揮発分 Volatile matter	7.91	7.34	9.79	5.22
固定炭素 Fixed carbon	81.12	84.42	83.16	84.29
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	4.08	1.58	1.68	1.25
炭素 Carbon	86.83	90.68	88.73	91.94
水素 Hydrogen	3.00	2.53	3.03	1.87
酸素 Oxygen	6.09	5.21	6.56	4.94
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7410	7570	7740	7300
無水ベース Dry basis	7990	8120	8190	8050
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.168	0.178	0.191	0.362

155	156	157	158	159	160
29					
岐阜 Gifu					
ネムノキ *Albizzia Julibrissin*	ヤマザクラ *Prunus* sp.	モミジ *Acer* sp.	エゴノキ *Styrax japonica*	アブラチャン *Parabenzoin praecox*	イタヤ *Acer* sp.
円	円	円	円	円	円
1.8	1.9	1.7	1.5	1.8	1.7
12	10	15	12	20	9
6.7	5.3	8.8	8.0	11.1	5.3
3	4	7	1>	5	6
6	∞	7	7	∞	5
0.43	0.45	0.51	0.40	0.50	0.49
7.88	6.19	6.58	6.19	5.64	7.10
1.58	0.71	1.28	0.84	0.96	1.50
6.76	20.00	8.73	11.02	14.78	6.96
83.78	73.10	83.41	81.95	78.62	84.44
1.71	0.76	1.37	0.90	1.02	1.61
89.64	83.25	88.56	88.20	82.81	90.02
2.08	3.17	2.66	3.01	3.29	2.45
6.57	12.82	7.41	7.89	12.88	5.92
7410	7360	7550	7640	7500	7600
8050	7850	8080	8150	7950	8180
0.223	0.134	0.209	0.204	0.139	0.221

第 30 表 (7)

試料番号 Sample number	161	162	163	164
炭ガマ番号 Oven number	30			
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	近畿地方 Kinki			
県 Prefecture	三重 Mie			
樹種 Wood species	ナラ *Quercus* sp.	リョウブ *Clethra barbinervis*	クヌギ *Quercus acutissima*	ソヨゴ *Ilex pedunculosa*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	1.6	1.2	1.5	1.4
年輪数 Number of annual ring	12	14	13	9
年輪密度 Annual ring density	7.5	11.7	8.7	6.4
硬度 Hardness	8	8	10	4
精れん度 Degree of refining	8	6	7	9
容積重 Specific gravity	0.60	0.68	0.62	0.52
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	5.88	6.68	5.91	5.59
灰分 Ash	1.24	3.07	0.92	1.70
揮発分 Volatile matter	10.45	9.84	10.68	17.09
固定炭素 Fixed carbon	82.43	80.41	82.49	75.62
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.32	3.29	0.98	1.80
炭素 Carbon	88.02	88.73	89.01	88.08
水素 Hydrogen	3.15	2.86	3.17	3.10
酸素 Oxygen	7.51	5.12	6.84	7.02
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7540	7550	7690	7720
無水ベース Dry basis	8010	8090	8180	8180
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.137	0.142	0.142	0.157

165	166	167	168	169
31			32	
三重 Mie			中国地方 Chûgoku 島根 Shimane	
ヒメシャラ *Stewartia monadelpha*	エゴノキ *Styrax japonica*	ヤブツバキ *Camellia japonica*	カシ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.
円	円	円	円	長方形
1.8	2.0	1.4	1.8	(3.6)
12	18	16	33	18
6.7	9.0	11.1	18.3	5.0
5	6	9	10	11
7	7	5	6	5
0.46	0.49	0.60	0.81	0.85
5.89	5.98	6.88	6.73	7.19
0.66	1.07	2.14	1.95	3.21
13.71	8.51	7.53	7.89	7.39
79.74	84.44	83.45	83.43	82.21
0.70	1.14	2.30	2.09	3.46
88.76	89.57	89.42	89.78	88.19
3.01	2.89	2.71	2.63	2.45
7.53	6.40	5.57	5.50	5.90
7650	7750	7590	7610	7380
8130	8230	8150	8160	7950
0.195	0.196	0.192	0.161	0.134

第 30 表 (8)

試料番号 Sample number	170	171	172	173
炭ガマ番号 Oven number	32	33		34
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	中国地方 Chûgoku			
県 Prefecture	島根 Shimane	島根 Shimane		広島 Hiroshima
樹種 Wood species	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	半円	円	四分円	四分円
半径 (cm) Radius	3.0	2.0	3.5	3.2
年輪数 Number of annual ring	21	33	36	19
年輪密度 Annual ring density	7.0	16.5	10.3	5.9
硬度 Hardness	9	9	9	9
精れん度 Degree of refining	6	5	6	5
容積重 Specific gravity	0.65	0.62	0.68	0.65
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.72	6.91	6.73	7.29
灰分 Ash	1.95	1.54	2.78	2.58
揮発分 Volatile matter	7.35	7.60	8.13	6.03
固定炭素 Fixed carbon	83.98	83.95	82.36	84.10
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	2.09	1.65	2.98	2.78
炭素 Carbon	88.74	88.14	87.10	90.16
水素 Hydrogen	2.67	2.52	2.68	2.74
酸素 Oxygen	6.50	7.69	7.24	4.32
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7590	7590	7460	7600
無水ベース Dry basis	8140	8150	8000	8190
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.143	0.163	0.172	0.181

174	175	176	177	178
			35	
			四国地方 Shikoku 高知 Kôchi	
アベマキ *Quercus variabilis*	アベマキ *Quercus variabilis*	クヌギ *Quercus acutissima*	カナメモチ *Photinia glabra*	ムクノキ *Aphananthe aspera*
四分円	半円	半円	円	円
4.1	2.1	3.0	1.5	2.4
28	18	18	25	27
6.8	8.6	6.0	16.7	11.3
10	11	11	11	9
3	5	4	4	3
0.80	0.74	0.79	0.81	0.58
7.68	6.85	7.75	7.41	7.47
2.72	0.84	2.44	1.50	4.22
5.69	7.32	5.77	6.47	7.06
83.91	84.99	84.04	84.62	81.25
2.95	0.90	2.64	1.62	4.56
89.60	88.84	88.93	90.62	86.48
2.31	2.96	2.02	2.41	2.28
5.14	7.30	6.41	5.35	6.68
7430	7560	7410	7510	7090
8050	8120	8040	8110	7670
0.130	0.155	0.132	0.249	0.153

第 30 表 (9)

試料番号 Sample number	179	180	181	182
炭ガマ番号 Oven number	35			
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	四国地方 Shikoku			
県 Prefecture	高知 Kôchi			
樹種 Wood species	タブノキ *Machilus Thunbergii*	エノキ *Celtis sinensis* var. *japonica*	ヤマガキ *Diospyros Kaki* var. *sylvestris*	イヌビワ *Ficus erecta*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	1.8	1.4	2.1	1.4
年輪数 Number of annual ring	21	12	21	9
年輪密度 Annual ring density	11.7	8.6	10.0	6.4
硬度 Hardness	6	5	9	10
精れん度 Degree of refining	4	6	5	3
容積重 Specific gravity	0.46	0.46	0.64	0.85
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	7.27	7.15	7.20	7.88
灰分 Ash	1.68	3.86	1.82	4.35
揮発分 Volatile matter	6.70	8.41	7.28	7.58
固定炭素 Fixed carbon	84.35	80.58	83.70	80.19
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.81	4.16	1.96	4.72
炭素 Carbon	90.10	86.80	89.05	86.48
水素 Hydrogen	2.66	2.55	2.58	2.15
酸素 Oxygen	5.43	6.49	6.41	6.65
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7530	7340	7420	7010
無水ベース Dry basis	8120	7910	8000	7610
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.233	0.188	0.189	0.122

183	184	185	186	187
クマノミズキ *Cornus brachypoda*	ソヨゴ *Ilex pedunculosa*	アカメガシワ *Mallotus japonicus*	リョウブ *Clethra barbinervis*	アセビ *Pieris japonica*
円	円	円	円	円
1.8	1.4	1.2	2.0	2.1
19	19	16	25	28
10.6	13.6	13.3	12.5	13.3
7	8	9	8	7
4	6	5	4	3
0.49	0.56	0.63	0.55	0.46
7.35	6.89	7.33	7.56	8.66
1.66	1.18	1.18	1.67	1.23
6.61	7.88	6.56	7.13	5.69
84.38	84.05	84.93	83.64	84.42
1.79	1.27	1.27	1.81	1.35
90.34	90.12	89.92	90.02	91.18
2.55	2.73	3.08	2.48	2.29
5.32	5.88	5.73	5.69	5.18
7490	7580	7560	7430	7360
8080	8140	8160	8040	8060
0.175	0.175	0.234	0.158	0.390

第 30 表 (10)

試料番号 Sample number	188	189	190	191
炭ガマ番号 Oven number	35			
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	四国地方 Shikoku			
県 Prefecture	高知 Kôchi			
樹種 Wood species	ヤブツバキ *Camellia japonica*	シイノキ *Castanopsis cuspidata*	サクラ *Prunus* sp.	カシ *Quercus* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.1	1.8	1.5	1.5
年輪数 Number of annual ring	32	15	17	14
年輪密度 Annual ring density	15.2	8.3	11.3	9.3
硬度 Hardness	8	7	4	10
精れん度 Degree of refining	4	3	5	5
容積重 Specific gravity	0.75	0.49	0.48	0.78
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	7.59	7.93	7.64	6.73
灰分 Ash	2.59	2.02	1.48	2.64
揮発分 Volatile matter	6.55	5.79	6.41	7.21
固定炭素 Fixed carbon	83.27	84.26	84.47	83.42
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	2.80	2.19	1.60	2.83
炭素 Carbon	89.19	89.56	89.52	88.30
水素 Hydrogen	2.42	2.37	2.89	2.45
酸素 Oxygen	5.59	5.88	5.99	6.42
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7340	7420	7440	7450
無水ベース Dry basis	7940	8050	8060	7990
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.155	0.223	0.251	0.165

192	193	194	195	196
			36	
			九州地方 Kyûshû 熊本 Kumamoto	
カシ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	カシ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.
半円	四分円	円	円	円
2.1	4.0	1.3	1.8	1.7
17	22	17	13	10
8.1	5.5	13.1	7.2	5.9
9	10	10	14	11
6	8	4	2	2
0.85	0.77	0.63	0.89	0.67
6.74	5.68	7.69	8.37	9.42
1.79	2.43	2.13	2.80	3.51
7.54	11.71	7.05	5.55	6.30
83.93	80.18	83.13	83.28	80.77
1.92	2.58	2.31	3.07	3.88
89.81	85.60	89.39	89.46	89.13
3.10	3.23	2.30	2.13	2.01
5.17	8.59	6.00	5.34	4.98
7540	7460	7240	7130	6990
8080	7910	7850	7780	7720
0.171	0.158	0.190	0.129	0.197

第 30 表 (11)

試料番号 Sample number	197	198	199	200
炭ガマ番号 Oven number	36		37	
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	九州地方 Kyûshû			
県 Prefecture	熊本 Kumamoto		熊本 Kumamoto	
樹種 Wood species	クヌギ *Quercus acutissima*	クヌギ *Quercus acutissima*	タブノキ *Machilus Thunbergii*	ヤブツバキ *Camellia japonica*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	四分円	半円	円	円
半径 (cm) Radius	3.0	2.3	1.9	1.4
年輪数 Number of annual ring	14	9	12	18
年輪密度 Annual ring density	4.7	3.9	6.3	12.9
硬度 Hardness	11	11	4	6
精れん度 Degree of refining	3	2	8	∞
容積重 Specific gravity	0.85	0.76	0.44	0.55
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	8.31	9.07	5.87	5.97
灰分 Ash	1.21	1.55	1.85	1.80
揮発分 Volatile matter	5.25	5.29	11.10	19.16
固定炭素 Fixed carbon	85.23	84.09	81.18	73.07
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.32	1.70	1.97	1.91
炭素 Carbon	91.92	92.52	86.62	84.44
水素 Hydrogen	2.18	1.98	3.34	3.45
酸素 Oxygen	4.58	3.80	8.07	10.20
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7400	7250	7630	7350
無水ベース Dry basis	8070	7970	8100	7820
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.191	0.170	0.202	0.100

201	202	203	204	205
	38			
	鹿児島 Kagoshima			
ミツマタ *Edgeworthia papyrifera*	カシ *Quercus* sp.	ミズキ *Cornus controversa*	エゴノキ *Styrax japonica*	シイノキ *Castanopsis cuspidata*
円	四分円	長方形	四分円	円
2.3	3.7	(4.0)	3.6	1.8
10	20	28	27	18
4.3	5.4	7.0	7.5	10.0
1>	11	10	9	6
7	4	5	5	7
0.37	0.92	0.66	0.52	0.53
6.19	7.80	7.14	7.14	6.40
2.32	1.95	0.60	0.84	2.32
11.48	6.53	7.54	7.35	9.41
80.01	83.72	84.72	84.67	81.87
2.47	2.11	0.65	0.90	2.48
86.91	89.45	90.92	89.90	88.45
3.20	2.38	2.62	2.95	2.75
7.42	6.06	5.81	6.25	6.32
7560	7360	7560	7590	7540
8060	7990	8140	8170	8050
0.192	0.129	0.186	0.194	0.207

第 30 表 (12)

試料番号 Sample number	206	207	208	209
炭ガマ番号 Oven number	38	39		
炭ガマ所在地 Locality				
地方 District	九州地方 Kyûshû			
県 Prefecture	鹿児島 Kagoshima	鹿児島 Kagoshima		
樹種 Wood species	マテバシイ *Pasania edulis*	サクラ *Prunus* sp.	タブノキ *Machilus Thunbergii*	エゴノキ *Styrax japonica*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	四分円	四分円	円	四分円
半径 (cm) Radius	3.1	3.2	3.9	4.1
年輪数 Number of annual ring	24	19	15	31
年輪密度 Annual ring density	7.7	5.9	3.8	7.6
硬度 Hardness	9	7	6	8
精れん度 Degree of refining	6	6	8	6
容積重 Specific gravity	0.64	0.46	0.56	0.61
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.60	6.86	6.07	6.54
灰分 Ash	1.54	1.19	3.91	0.87
揮発分 Volatile matter	6.90	7.83	12.30	18.22
固定炭素 Fixed carbon	84.96	84.12	77.72	74.37
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.65	1.28	4.16	0.93
炭素 Carbon	90.75	89.89	84.69	90.94
水素 Hydrogen	3.20	2.85	3.48	2.63
酸素 Oxygen	4.40	5.98	7.67	5.50
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7670	7660	7290	7680
無水ベース Dry basis	8220	8220	7770	8210
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.182	0.291	0.136	0.178

210	211	212	213	214
ミズキ *Cornus controversa*	マテバシイ *Pasania edulis*	ヤブツバキ *Camellia japonica*	シラカシ *Quercus myrsinaefolia*	アカガシ *Quercus acuta*
円	四分円	円	半円	長方形
1.8	3.5	1.5	2.8	4.0
25	31	31	20	32
13.9	8.9	20.7	7.1	8.0
9	8	7	9	11
8	3	5	5	6
0.58	0.69	0.58	0.67	0.86
5.71	7.37	6.70	6.77	6.76
0.49	2.50	1.02	0.71	1.64
15.57	5.85	7.05	7.16	9.67
78.23	84.28	85.23	85.36	81.93
0.52	2.70	1.09	0.76	1.76
89.55	90.64	89.94	89.74	89.58
3.33	2.14	2.31	2.75	2.62
6.60	4.52	6.66	6.75	6.04
7720	7480	7610	7540	7520
8190	8080	8150	8090	8070
0.169	0.127	0.158	0.195	0.109

第31表 北海道の黒炭の性質

試料番号 Sample number	301	302	303	304
炭ガマ番号 Oven number	40			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	石狩 Ishikari			
樹種 Wood species	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*	アオダモ *Fraxinus Sieboldiana*	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.1	1.8	2.4	2.7
年輪数 Number of annual ring	21	24.	30	34
年輪密度 Annual ring density	10.0	13.3	12.5	12.6
硬度 Hardness	2	9	9	6
精れん度 Degree of refining	6	4	4	4
容積重 Specific gravity	0.38	0.56	0.64	0.43
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.41	7.22	7.24	7.49
灰分 Ash	0.31	1.65	1.09	0.74
揮発分 Volatile matter	7.81	6.25	7.34	5.62
固定炭素 Fixed carbon	85.47	84.88	84.33	86.15
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	0.33	1.78	1.17	0.80
炭素 Carbon	90.50	90.28	91.15	91.58
水素 Hydrogen	3.25	2.39	2.39	2.45
酸素 Oxygen	5.92	5.55	5.29	5.17
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7720	7500	7640	7530
無水ベース Dry basis	8250	8080	8240	8140
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.254	0.183	0.171	0.305

Table 31. Properties of kurozumi charcoal in Hokkaido

305	306	307	308	309	310
ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	サワシバ *Carpinus cordata*	アズキナシ *Sorbus alnifolia*	サクラ *Prunus* sp.	アサダ *Ostrya japonica*	ヤマグワ *Morus bombycis*
円	円	円	円	円	円
1.9	2.1	2.0	1.9	2.4	1.8
24	36	26	22	25	25
12.6	17.1	13.0	11.6	10.4	13.9
9	8	9	4	10	9
5	4	3	2	4	4
0.57	0.52	0.44	0.38	0.56	0.57
7.13	7.65	7.97	9.40	7.13	7.30
0.88	1.49	0.92	2.26	1.11	2.10
5.98	5.81	10.29	5.47	6.32	6.36
86.01	85.05	80.82	82.87	85.44	84.24
0.95	1.61	1.00	2.49	1.20	2.27
89.43	89.89	91.56	89.66	90.46	88.96
2.11	2.68	2.26	2.37	2.56	2.52
7.51	5.82	5.18	5.48	5.78	6.25
7620	7450	7500	7130	7590	7400
8200	8070	8150	7870	8170	7980
0.186	0.191	0.235	0.325	0.206	0.182

第 31 表 (2)

試料番号 Sample number	311	312	313	314
炭ガマ番号 Oven number	40	41		
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	石狩 Ishikari	石狩 Ishikari		
樹種 Wood species	ハリギリ *Kalopanax septemlobus*	エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii*	コブシ *Magnolia Kobus*	イタヤカエデ *Acer Mono*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	四分円	円
半径 (cm) Radius	2.3	1.6	3.2	2.7
年輪数 Number of annual ring	30	22	57	25
年輪密度 Annual ring density	13.0	13.8	17.8	9.3
硬度 Hardness	6	7	10	10
精れん度 Degree of refining	5	1	2	1
容積重 Specific gravity	0.43	0.45	0.56	0.57
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.71	9.29	8.70	9.48
灰分 Ash	0.95	1.31	1.10	0.74
揮発分 Volatile matter	7.30	4.23	4.09	3.86
固定炭素 Fixed carbon	85.04	85.17	86.11	85.92
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.02	1.44	1.21	0.82
炭素 Carbon	91.06	92.47	92.16	92.40
水素 Hydrogen	2.47	1.76	1.70	1.68
酸素 Oxygen	5.45	4.33	4.93	5.10
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7660	7270	7190	7320
無水ベース Dry basis	8210	8000	7930	8020
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.191	0.267	0.191	0.264

315	316	317	318	319	320
イタヤカエデ *Acer Mono*	ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*	ミズキ *Cornus controversa*	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	ヤマモミジ *Acer palmatum* var. *Matsumurae*
長方形	半円	四分円	半円	円	円
5.0	3.6	5.4	3.5	2.3	2.9
70	35	35	25	35	70
14.0	9.7	6.5	7.2	15.2	24.1
9	10	10	4	10	8
1	2	1	2	1	1
0.58	0.56	0.58	0.35	0.56	0.52
9.21	8.92	9.40	8.98	9.27	9.53
0.96	1.16	1.57	0.74	3.17	0.85
3.99	4.11	4.10	3.95	5.02	4.16
85.84	85.81	84.93	86.33	82.54	85.46
1.06	1.27	1.73	0.81	3.49	0.94
92.56	92.18	91.66	91.76	88.80	91.19
1.48	1.73	1.54	2.18	1.53	1.79
4.90	4.82	5.07	5.25	6.18	6.08
7230	7310	7180	7340	7020	7200
7990	8020	7930	8060	7730	7960
0.232	0.169	0.156	0.287	0.086	0.274

第 31 表 (3)

試料番号 Sample number	321	322	323	324
炭ガマ番号 Oven number	42			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	渡島 Oshima			
樹種 Wood species	カツラ *Cercidiplyllum japonicum*	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	カバ *Betula* sp.	ホウノキ *Magnolia obovata*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	3.2	1.4	1.8	2.4
年輪数 Number of annual ring	15	25	18	13
年輪密度 Annual ring density	4.7	17.9	10.0	5.4
硬度 Hardness	1	5	8	4
精れん度 Degree of refining	5	8	3	4
容積重 Specific gravity	0.32	0.53	0.51	0.31
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.89	6.05	8.08	7.85
灰分 Ash	0.75	1.36	1.20	1.01
揮発分 Volatile matter	6.56	8.85	4.91	6.39
固定炭素 Fixed carbon	85.80	83.74	85.81	84.75
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	0.81	1.45	1.31	1.10
炭素 Carbon	90.72	88.32	91.83	90.40
水素 Hydrogen	2.73	3.14	2.06	2.60
酸素 Oxygen	5.74	7.09	4.80	5.90
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7610	7710	7470	7520
無水ベース Dry basis	8170	8200	8120	8160
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.253	0.204	0.231	0.248

325	326	327	328	329	330
サクラ *Prunus* sp.	ブナ *Fagus crenata*	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*
円	円	円	円	円	円
2.5	2.6	2.2	2.2	2.2	2.5
14	28	20	22	32	35
5.6	10.8	9.1	10.0	14.5	14.0
5	8	10	10	10	9
9	5	4	7	5	4
0.47	0.52	0.66	0.59	0.55	0.59
5.72	7.55	7.38	6.55	6.63	7.08
0.61	1.77	1.47	1.56	1.48	0.91
10.80	6.99	6.10	7.90	6.68	5.90
82.87	83.69	85.05	83.99	85.21	86.11
0.65	1.91	1.59	1.67	1.58	0.98
89.14	89.11	91.17	89.60	90.39	91.02
3.12	2.55	2.11	2.69	2.37	2.44
7.09	6.43	5.13	6.04	5.66	5.56
7680	7450	7560	7660	7600	7600
8140	8060	8170	8200	8130	8180
0.273	0.230	0.169	0.191	0.182	0.175

第 31 表 (4)

試料番号 Sample number	331	332	333	334
炭ガマ番号 Oven number	42			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	渡島 Oshima			
樹種 Wood species	イタヤカエデ *Acer Mono*	アカシデ *Carpinus laxiflora*	サワシバ *Carpinus cordata*	ハリギリ *Kalopanax septemlobus*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	半円	円	円	半円
半径 (cm) Radius	3.6	3.3	4.8	4.0
年輪数 Number of annual ring	30	38	39	18
年輪密度 Annual ring density	8.3	11.5	8.1	4.5
硬度 Hardness	6	9	7	3
精れん度 Degree of refining	5	5	5	4
容積重 Specific gravity	0.46	0.55	0.51	0.42
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.85	7.23	7.43	7.22
灰分 Ash	1.26	0.88	0.82	1.70
揮発分 Volatile matter	6.61	6.68	5.95	6.49
固定炭素 Fixed carbon	85.28	85.21	85.80	84.59
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.35	0.95	0.89	1.83
炭素 Carbon	91.65	90.69	92.39	89.28
水素 Hydrogen	2.25	2.61	2.09	2.55
酸素 Oxygen	4.75	5.75	4.63	6.34
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7670	7620	7590	7510
無水ベース Dry basis	8230	8220	8200	8090
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.275	0.226	0.260	0.159

335	336	337	338	339	340
43					
檜山 Hiyama					
サクラ *Prunus* sp.	コナラ *Quercus serrata*	アオダモ *Fraxinus Sieboldiana*	ブナ *Fagus crenata*	ブナ *Fagus crenata*	イタヤ *Acer* sp.
円	円	円	円	半円	半円
1.8	1.4	2.2	1.9	4.0	3.0
22	22	34	40	21	32
12.2	15.7	15.5	21.1	5.3	10.7
4	9	8	8	7	6
∞	∞	8	8	∞	9
0.46	0.52	0.54	0.51	0.50	0.46
5.70	5.83	5.80	6.13	6.39	5.63
1.09	1.16	1.00	1.00	1.07	0.74
15.59	14.73	9.36	10.12	17.38	11.51
77.62	78.28	83.84	82.75	75.16	82.12
1.16	1.23	1.06	1.07	1.14	0.78
84.39	84.99	87.70	88.98	82.13	87.18
3.67	3.43	3.21	3.03	3.66	2.99
10.78	10.35	8.03	6.92	13.07	9.05
7520	7550	7650	7700	7350	7750
7980	8010	8120	8210	7850	8210
0.119	0.248	0.170	0.172	0.109	0.214

第 31 表 (5)

試料番号 Sample number	341	342	343	344
炭ガマ番号 Oven number	44			45
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	後志 Shiribeshi			空知 Sorachi
樹種 Wood species	イタヤ *Acer* sp.	カバ *Betula* sp.	カバ *Betula* sp.	イタヤ *Acer* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	1.9	2.8	2.2	2.2
年輪数 Number of annual ring	21	27	24	22
年輪密度 Annual ring density	11.1	9.6	10.9	10.0
硬度 Hardness	7	9	10	6
精れん度 Degree of refining	5	2	1	∞
容積重 Specific gravity	0.48	0.48	0.46	0.52
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.85	9.10	9.17	5.65
灰分 Ash	1.10	1.12	0.56	0.91
揮発分 Volatile matter	7.50	4.61	4.13	12.05
固定炭素 Fixed carbon	84.55	85.17	86.14	81.39
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.18	1.23	0.62	0.96
炭素 Carbon	91.56	91.24	92.84	86.21
水素 Hydrogen	2.43	2.08	1.79	3.73
酸素 Oxygen	4.83	5.45	4.75	9.10
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7660	7360	7460	7770
無水ベース Dry basis	8230	8100	8210	8230
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.302	0.231	0.219	0.198

345	346	347	348	349	350
			46		
			空　知 Sorachi		
シナノキ *Tilia japonica*	カバ *Betula* sp.	キハダ *Phellodendron amurense*	ナラ *Quercus* sp.	イチイ *Taxus cuspidata*	サワシバ *Carpinus coraata*
円	円	円	円	円	四分円
2.8	2.1	2.7	3.6	1.9	4.8
18	21	35	16	88	110
6.4	10.0	13.0	4.4	46.3	22.9
1>	6	1>	8	10	9
8	8	9	∞	2	2
0.40	0.44	0.32	0.57	0.47	0.53
5.66	5.32	5.46	5.69	8.37	8.37
1.08	0.69	1.13	0.92	0.40	1.29
10.15	9.35	10.74	12.61	4.79	4.82
83.11	84.64	82.67	80.78	86.44	85.52
1.15	0.73	1.20	0.98	0.44	1.41
88.44	88.19	88.69	85.57	92.82	91.64
2.81	3.20	2.91	3.56	1.78	1.95
7.60	7.88	7.20	9.89	4.97	5.00
7600	7790	7730	7720	7380	7390
8060	8230	8170	8190	8050	8060
0.202	0.203	0.200	0.144	0.264	0.208

第 31 表 (6)

試料番号 Sample number	351	352	353	354
炭ガマ番号 Oven number	46		47	
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	空地 Sorachi		上川 Kamikawa	
樹種 Wood species	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	ヤナギ *Salix* sp.	ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	イタヤカエデ *Acer Mono*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	四分円	円	長方形	長方形
半径 (cm) Radius	4.2	3.3	(4.3)	(5.2)
年輪数 Number of annual ring	29	23	48	48
年輪密度 Annual ring density	6.9	7.0	11.2	9.2
硬度 Hardness	9	1>	9	10
精れん度 Degree of refining	5	8	4	2
容積重 Specific gravity	0.44	0.33	0.46	0.52
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	7.48	5.37	8.30	10.43
灰分 Ash	2.27	0.77	0.66	0.74
揮発分 Volatile matter	12.91	10.30	5.72	4.04
固定炭素 Fixed carbon	77.34	83.56	85.32	84.79
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	2.45	0.81	0.72	0.83
炭素 Carbon	89.60	88.26	91.76	92.77
水素 Hydrogen	2.52	3.47	2.40	1.64
酸素 Oxygen	5.43	7.46	5.12	4.76
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7520	7710	7450	7130
無水ベース Dry basis	8130	8150	8120	7960
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.114	0.261	0.217	0.407

355	356	357	358	359	360
48			49		
上川 Kamikawa			留萌 Rumoi		
ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	イタヤカエデ *Acer Mono*	カバ *Betula* sp.	イタヤカエデ *Acer Mono*	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	オヒョウ *Ulmus laciniata*
長方形	長方形	四分円	円	円	四分円
(7.8)	(4.8)	5.8	2.3	2.4	4.4
92	54	185	26	27	33
11.8	11.3	31.9	11.3	11.3	7.5
1>	7	2	8	10	9
∞	∞	7	4	5	4
0.41	0.49	0.40	0.49	0.54	0.59
6.35	6.10	6.96	7.12	7.33	7.95
0.48	2.44	1.41	1.37	2.34	2.14
20.10	14.86	8.64	6.66	14.01	6.38
73.07	76.60	82.99	84.85	76.32	83.53
0.51	2.60	1.52	1.47	2.53	2.33
82.00	82.87	87.84	89.79	88.92	89.71
3.67	3.40	3.04	2.76	2.70	2.35
13.82	11.13	7.60	5.98	5.85	5.61
7160	7310	7550	7510	7520	7360
7570	7780	8110	8090	8120	8000
0.071	0.107	0.181	0.254	0.135	0.163

第 31 表 (7)

試料番号 Sample number	361	362	363	364
炭ガマ番号 Oven number	49			50
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	留萌 Rumoi			留萌 Rumoi
樹種 Wood species	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*	ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	ミズキ *Cornus controversa*	ナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	四分円	円	四分円	円
半径 (cm) Radius	5.2	3.1	3.0	2.2
年輪数 Number of annual ring	25	32	17	25
年輪密度 Annual ring density	4.8	10.3	5.7	11.4
硬度 Hardness	9	10	7	8
精れん度 Degree of refining	5	4	6	8
容積重 Specific gravity	0.55	0.58	0.48	0.48
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	7.07	7.59	7.18	6.16
灰分 Ash	1.14	1.18	0.63	0.53
揮発分 Volatile matter	6.96	5.68	7.99	9.84
固定炭素 Fixed carbon	84.83	85.55	84.20	83.47
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.23	1.28	0.68	0.56
炭素 Carbon	90.41	91.37	90.01	88.88
水素 Hydrogen	2.78	2.38	3.24	3.46
酸素 Oxygen	5.58	4.97	6.07	7.10
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7550	7600	7610	7670
無水ベース Dry basis	8120	8230	8200	8170
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.193	0.200	0.284	0.247

365	366	367	368	369	370
				51	
				宗谷 Sôya	
イタヤ *Acer* sp.	ミズキ *Cornus controversa*	ハリギリ *Kalopanax septemlobus*	ダケカンバ *Betula Ermanii*	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*
円	円	四分円	円	長方形	円
2.6	2.8	4.9	3.3	(10.4)	1.4
17	27	42	28	35	18
6.5	9.6	8.6	8.5	3.4	12.9
6	5	9	7	1	5
4	8	1	9	∞	∞
0.53	0.46	0.44	0.46	0.29	0.52
6.97	5.95	9.67	5.83	7.04	6.12
1.56	0.88	1.52	0.69	3.28	1.63
6.54	11.01	3.73	8.40	26.73	18.83
84.93	82.16	85.08	85.08	62.95	73.42
1.68	0.94	1.68	0.73	3.53	1.74
89.14	88.07	92.56	90.16	75.19	81.21
2.74	3.29	1.65	3.18	4.09	3.93
6.44	7.70	4.11	5.93	17.19	13.12
7530	7710	7130	7760	6640	7220
8090	8200	7890	8240	7140	7690
0.246	0.213	0.210	0.183	0.121	0.115

第 31 表 (8)

試料番号 Sample number	371	372	373	374
炭ガマ番号 Oven number	52			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	網走 Abashiri			
樹種 Wood species	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	アサダ *Ostrya japonica*	ヤマモミジ *Acer palmatum* var. *Matsumurae*	ナラ *Quercus* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.9	2.1	2.5	2.1
年輪数 Number of annual ring	25	14	30	25
年輪密度 Annual ring density	8.6	6.7	12.0	11.9
硬度 Hardness	6	10	7	9
精れん度 Degree of refining	7	3	3	3
容積重 Specific gravity	0.53	0.51	0.51	0.49
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	5.80	7.82	8.07	8.46
灰分 Ash	1.11	1.32	0.96	0.85
揮発分 Volatile matter	9.87	5.84	5.03	5.02
固定炭素 Fixed carbon	83.22	85.02	85.94	85.67
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.18	1.43	1.04	0.93
炭素 Carbon	89.11	90.25	90.98	90.87
水素 Hydrogen	3.48	2.23	2.22	2.26
酸素 Oxygen	6.23	6.09	5.76	5.94
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7480	7200	7450	7420
無水ベース Dry basis	7940	7810	8100	8110
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.175	0.161	0.234	0.209

375	376	377	378	379
ナラ *Quercus* sp.	ホウノキ *Magnolia obovata*	ヤナギ *Salix* sp.	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*
四分円	円	円	円	円
3.9	4.5	3.3	2.5	2.4
20	40	27	16	25
5.1	8.9	8.2	6.4	10.4
11	4	1	8	10
2	1	1	4	3
0.63	0.26	0.27	0.50	0.53
8.90	11.11	10.95	7.45	8.25
1.85	0.74	1.08	1.78	1.57
5.12	3.24	3.65	5.94	5.27
84.13	84.91	84.32	84.83	84.91
2.03	0.83	1.22	1.92	1.71
90.20	93.59	92.40	89.86	91.48
2.11	1.49	1.60	2.48	1.91
5.66	4.09	4.78	5.74	4.90
7300	7060	7080	7380	7450
8010	7940	7950	7970	8120
0.185	0.404	0.568	0.177	0.155

第 31 表 (9)

試料番号 Sample number	380	381	382	383
炭ガマ番号 Oven number	52			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	網走 Abashiri			
樹種 Wood species	コブシ *Magnolia Kobus*	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*	アズキナシ *Sorbus alnifolia*	オヒョウ *Ulmus laciniata*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.7	1.9	1.8	1.9
年輪数 Number of annual ring	22	21	19	15
年輪密度 Annual ring density	8.1	11.1	10.6	7.9
硬度 Hardness	6	4	4	6
精れん度 Degree of refining	3	1	4	2
容積重 Specific gravity	0.34	0.42	0.45	0.41
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	8.35	8.93	7.28	9.05
灰分 Ash	0.98	0.92	1.16	1.61
揮発分 Volatile matter	5.05	4.20	5.96	4.56
固定炭素 Fixed carbon	85.62	85.95	85.60	84.78
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.07	1.01	1.25	1.77
炭素 Carbon	92.08	92.70	90.28	91.55
水素 Hydrogen	2.32	1.96	2.90	1.82
酸素 Oxygen	4.53	4.33	5.57	4.86
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7470	7370	7630	7220
無水ベース Dry basis	8150	8090	8230	7940
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.274	0.275	0.199	0.237

384	385	386	387	388
ミズキ *Cornus controversa*	ナナカマド *Sorbus commixta*	イタヤ *Acer* sp.	サクラ *Prunus* sp.	ヤマグワ *Morus bombycis*
円	円	円	円	円
2.5	2.0	1.9	2.1	2.0
19	26	25	18	21
7.6	13.0	13.2	8.6	10.5
6	7	9	6	6
2	4	2	5	2
0.44	0.46	0.50	0.40	0.45
9.07	7.36	8.58	6.49	8.64
1.22	0.69	1.26	1.51	2.40
4.47	6.11	5.12	7.93	5.52
85.24	85.84	85.04	84.07	83.44
1.34	0.75	1.38	1.62	2.63
91.93	91.38	90.63	89.16	89.75
1.78	2.52	1.68	3.28	1.99
4.95	5.35	6.31	5.94	5.63
7290	7630	7420	7670	7260
8020	8230	8120	8200	7950
0.232	0.199	0.306	0.253	0.239

第 31 表 (10)

試料番号 Sample number	389	390	391	392
炭ガマ番号 Oven number	52		53	
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	網走 Abashiri		網走 Abashiri	
樹種 Wood species	キハダ *Phellodendron amurense*	シナノキ *Tilia japonica*	ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	半円	円	四分円	円
半径 (cm) Radius	3.2	2.4	4.6	1.5
年輪数 Number of annual ring	27	21	32	17
年輪密度 Annual ring density	8.4	8.8	7.0	11.3
硬度 Hardness	5	1>	11	10
精れん度 Degree of refining	1	1	2	3
容積重 Specific gravity	0.32	0.17	0.70	0.65
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	11.52	12.79	8.66	8.14
灰分 Ash	1.83	2.03	0.77	1.38
揮発分 Volatile matter	3.91	4.44	6.07	4.84
固定炭素 Fixed carbon	82.74	80.74	84.50	85.64
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	2.07	2.33	0.84	1.50
炭素 Carbon	90.94	88.19	91.79	90.89
水素 Hydrogen	1.72	1.70	2.22	2.21
酸素 Oxygen	5.27	7.78	5.15	5.40
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	6900	6720	7360	7390
無水ベース Dry basis	7800	7710	8060	8040
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.563	0.604	0.194	0.199

393	394	395	396	397
イタヤ *Acer* sp.	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	アズキナシ *Sorbus alnifolia*	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*
円	円	円	円	円
1.4	2.7	2.9	3.0	3.2
28	28	31	31	33
20.0	10.4	10.7	10.3	10.3
7	9	10	8	7
4	5	1	1	1
0.50	0.54	0.56	0.51	0.41
6.43	6.46	8.71	9.21	9.13
1.26	1.45	1.75	0.54	0.64
6.44	6.91	4.14	3.40	3.69
85.87	85.18	85.40	86.85	86.54
1.35	1.55	1.92	0.59	0.70
89.69	89.22	90.83	93.05	92.74
2.73	2.71	1.72	1.59	1.68
6.23	6.52	5.53	4.77	4.88
7650	7630	7250	7320	7350
8170	8160	7940	8070	8090
0.266	0.194	0.119	0.302	0.235

第 31 表 (11)

試料番号 Sample number	398	399	400	401
炭ガマ番号 Oven number	54			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	胆振 Iburi			
樹種 Wood species	ナラ *Quercus* sp.	イタヤカエデ *Acer Mono*	エゾヤマザクラ *Prunus Sargentii*	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	四分円	円	円	円
半径 (cm) Radius	4.0	2.6	2.0	2.5
年輪数 Number of annual ring	23	24	21	22
年輪密度 Annual ring density	58	9.2	10.5	8.8
硬度 Hardness	9	8	7	9
精れん度 Degree of refining	3	2	2	2
容積重 Specific gravity	0.61	0.55	0.50	0.52
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	7.81	8.38	8.67	8.22
灰分 Ash	1.30	0.86	0.40	1.64
揮発分 Volatile matter	5.07	4.51	4.57	4.96
固定炭素 Fixed carbon	85.82	86.25	86.36	85.18
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.41	0.94	0.44	1.79
炭素 Carbon	91.31	92.15	92.63	91.80
水素 Hydrogen	2.14	1.84	1.88	1.90
酸素 Oxygen	5.14	5.07	5.05	4.51
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7500	7390	7310	7290
無水ベース Dry basis	8140	8060	8010	7940
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.223	0.292	0.277	0.199

402	403	404	405	406
			55	
			胆振 Iburi	
ハリギリ *Kalopanax septemlobus*	アズキナシ *Sorbus alnifolia*	アサダ *Ostrya japonica*	ナラ *Quercus* sp.	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*
円	円	円	円	円
2.2	1.8	2.5	2.6	3.1
21	24	23	24	20
9.5	13.3	9.2	9.2	6.5
6	6	7	10	8
3	3	3	1	2
0.44	0.42	0.48	0.64	0.46
7.75	8.11	8.01	9.47	8.36
1.03	0.45	1.07	0.89	0.34
5.30	4.75	4.82	4.14	4.52
85.92	86.69	86.10	85.50	86.78
1.12	0.49	1.16	0.98	0.37
91.40	91.19	91.55	92.27	93.34
2.15	2.35	2.05	1.53	1.94
5.33	5.97	5.24	5.22	4.35
7480	7570	7390	7160	7490
8100	8240	8030	7910	8170
0.203	0.258	0.189	0.197	0.266

第 31 表 (12)

試料番号 Sample number	407	408	409	410
炭ガマ番号 Oven number	55	56		57
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	胆振 Iburi	日高 Hidaka		日高 Hidaka
樹種 Wood species	ヤナギ *Salix* sp.	カシワ *Quercus dentata*	カシワ *Quercus dentata*	ナラ *Quercus* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	3.3	2.8	1.9	2.5
年輪数 Number of annual ring	25	19	15	8
年輪密度 Annual ring density	5.6	6.8	7.9	3.2
硬度 Hardness	3	11	10	9
精れん度 Degree of refining	1	2	2	6
容積重 Specific gravity	0.34	0.67	0.64	0.63
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	9.62	8.49	8.94	6.30
灰分 Ash	0.52	1.35	1.60	0.82
揮発分 Volatile matter	3.92	4.85	4.84	8.55
固定炭素 Fixed carbon	85.94	85.31	84.62	84.33
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	0.57	1.47	1.76	0.87
炭素 Carbon	92.13	90.87	90.91	89.37
水素 Hydrogen	2.01	1.93	1.90	2.78
酸素 Oxygen	5.29	5.73	5.43	6.98
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7280	7300	7200	7670
無水ベース Dry basis	8060	7980	7910	8180
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.380	0.149	0.149	0.201

411	412	413	414	415
ナラ *Quercus* sp.	イタヤ *Acer* sp.	イタヤ *Acer* sp.	アサダ *Ostrya japonica*	アサダ *Ostrya japonica*
四分円	円	四分円	円	半円
2.9	2.5	6.0	2.4	3.7
14	14	23	22	21
4.8	5.6	3.8	9.2	5.7
9	5	8	10	10
5	6	5	3	4
0.60	0.52	0.57	0.56	0.59
7.20	6.50	6.88	7.87	7.50
2.05	1.28	0.69	1.34	1.07
7.71	7.26	6.48	5.44	5.80
83.04	84.96	85.95	85.35	85.63
2.21	1.37	0.74	1.45	1.16
88.97	89.96	90.77	89.78	91.39
2.68	2.80	2.84	2.22	2.40
6.14	5.87	5.65	6.55	5.05
7430	7640	7660	7420	7570
8010	8170	8230	8050	8180
0.167	0.226	0.252	0.195	0.209

第 31 表 (13)

試料番号 Sample number	416	417	418	419
炭ガマ番号 Oven number	58			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	十勝 Tokachi			
樹種 Wood species	サワシバ *Carpinus cordata*	アズキナシ *Sorbus alnifolia*	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	四分円
半径 (cm) Radius	2.1	2.2	2.5	3.6
年輪数 Number of annual ring	24	30	25	20
年輪密度 Annual ring density	11.4	13.6	10.0	5.6
硬度 Hardness	7	8	10	8
精れん度 Degree of refining	7	7	7	9
容積重 Specific gravity	0.50	0.50	0.59	0.53
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	6.08	5.97	5.56	5.89
灰分 Ash	1.07	0.52	0.85	1.14
揮発分 Volatile matter	9.58	9.52	10.18	11.98
固定炭素 Fixed carbon	83.27	83.99	83.41	80.99
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.14	0.55	0.90	1.21
炭素 Carbon	88.39	89.38	88.17	86.49
水素 Hydrogen	3.44	3.22	3.25	3.44
酸素 Oxygen	7.03	6.85	7.68	8.86
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7690	7670	7770	7600
無水ベース Dry basis	8180	8160	8220	8080
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.199	0.223	0.180	0.142

420	421	422	423	424
59				60
十勝 Tokachi				釧路 Kushiro
ナラ *Quercus* sp.	ナラ *Quercus* sp.	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*	ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*
円	四分円	円	四分円	四分円
2.0	5.4	2.4	5.0	5.3
11	28	14	28	31
5.5	5.2	5.8	5.6	5.8
10	10	9	6	10
5	4	5	8	3
0.64	0.60	0.58	0.58	0.64
7.53	6.70	7.29	5.55	8.46
1.20	0.91	1.49	1.02	1.20
6.59	7.81	6.80	11.71	5.06
84.68	84.58	84.42	81.72	85.28
1.30	0.98	1.61	1.08	1.31
90.92	89.72	90.40	87.59	91.72
2.56	2.89	2.66	3.51	2.25
5.22	6.41	5.33	7.82	4.72
7520	7610	7600	7740	7370
8140	8150	8200	8190	8050
0.197	0.169	0.167	0.151	0.186

第 31 表 (14)

試料番号 Sample number	425	426	427	428
炭ガマ番号 Oven number	60			
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	釧路 Kushiro			
樹種 Wood species	コナラ *Quercus serrata*	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	ハリギリ *Kalopanax septemlobus*	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.8	1.9	2.1	2.8
年輪数 Number of annual ring	29	19	13	20
年輪密度 Annual ring density	10.4	10.0	6.2	7.1
硬度 Hardness	10	7	4	7
精れん度 Degree of refining	3	3	5	3
容積重 Specific gravity	0.63	0.58	0.45	0.38
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	8.18	7.87	6.96	7.69
灰分 Ash	1.18	1.04	1.23	0.56
揮発分 Volatile matter	5.15	5.11	6.72	5.33
固定炭素 Fixed carbon	85.49	85.98	85.09	86.42
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	1.29	1.13	1.32	0.61
炭素 Carbon	92.24	91.58	90.37	92.27
水素 Hydrogen	2.11	2.08	2.38	2.22
酸素 Oxygen	4.36	5.21	5.93	4.90
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7440	7450	7540	7550
無水ベース Dry basis	8100	8090	8110	8180
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.167	0.203	0.169	0.232

429	430	431	432	433
		61		
		釧　路 Kushiro		
ヤ　ナ　ギ *Salix* sp.	ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta*	ミズナラ *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*	イヌエンジュ *Maackia amurensis* var. *Buergeri*	ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*
円	円	四　分　円	円	円
3.1	3.5	5.7	2.0	2.2
25	23	32	27	57
8.1	6.6	5.6	13.5	25.9
1>	1	11	6	5
2	5	4	5	5
0.40	0.37	0.69	0.50	0.53
8.86	7.43	7.40	6.64	7.75
0.74	0.70	1.07	1.08	3.60
3.92	6.49	6.04	6.50	5.24
86.48	85.38	85.49	85.78	83.41
0.81	0.76	1.16	1.16	3.90
93.15	90.95	91.35	90.45	86.65
1.52	2.53	2.45	2.69	2.82
4.52	5.76	5.04	5.70	6.63
7350	7550	7350	7290	7430
8060	8160	7990	7920	8090
0.271	0.238	0.167	0.146	0.120

第 31 表 (15)

試料番号 Sample number	434	435	436	437
炭ガマ番号 Oven number	61			62
炭ガマ所在地 Locality				
地区 Region	釧路 Kushiro			根室 Nemuro
樹種 Wood species	ハンノキ *Alnus japonica*	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*	コナラ *Quercus serrata*	ナラ *Quercus* sp.
形態 Shape				
横断面の形 Shape at traverse section	円	円	円	円
半径 (cm) Radius	2.4	2.9	2.2	2.0
年輪数 Number of annual ring	15	16	14	24
年輪密度 Annual ring density	6.3	5.5	6.4	12.0
硬度 Hardness	1	1>	10	11
精れん度 Degree of refining	3	4	4	4
容積重 Specific gravity	0.35	0.35	0.62	0.61
工業分析 (%) Industrial analysis				
水分 Moisture	7.82	7.23	7.38	8.11
灰分 Ash	0.49	0.81	0.99	1.63
揮発分 Volatile matter	5.87	6.33	5.60	5.04
固定炭素 Fixed carbon	85.82	85.63	86.03	85.22
元素分析 (%) Ultimate analysis				
灰分 Ash	0.53	0.87	1.07	1.77
炭素 Carbon	91.26	90.52	90.79	90.07
水素 Hydrogen	2.86	2.73	2.43	2.44
酸素 Oxygen	5.35	5.88	5.71	5.72
発熱量 (cal) Calorific value				
恒湿ベース Moist basis	7280	7540	7620	7350
無水ベース Dry basis	8010	8180	8210	7990
ヨード吸着 (g/g) Iodine adsorbed	0.254	0.193	0.149	0.145

438	439	440	441	442
ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	ヤチダモ *Fraxinus mandshurica* var. *japonica*	ハンノキ *Alnus japonica*	シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica*	ナラ *Quercus* sp.
円	円	円	円	四分円
2.4	3.3	2.9	2.1	4.1
37	19	28	19	25
15.4	5.8	9.7	9.0	6.1
8	10	2	1	11
4	4	3	3	4
0.50	0.55	0.35	0.33	0.60
7.92	8.14	9.12	7.86	7.26
2.59	2.09	1.02	0.40	1.15
8.43	4.84	3.63	8.53	6.45
81.06	84.93	86.23	83.21	85.14
2.81	2.27	1.12	0.43	1.24
88.55	90.52	91.20	92.47	89.93
2.41	2.37	2.05	2.40	2.51
6.23	4.84	5.63	4.70	6.32
7290	7430	7280	7540	7620
7920	8090	8010	8180	8210
0.144	0.113	0.256	0.233	0.147

はそれぞれ4, 1, 4, スリット系は1°−1°−0.1 mm, 電圧は35 KV, 電流は13 mAで回折角(2θ) 90°から5°くらいまで記録させた。

得られた回折図形からバックグラウンドを差引いたのち半価幅を測定し，次式にしたがって結晶子(クリスタリット)の大きさを算出し，また別に面間隔の大きさももとめた。

$$結晶子の高さ = \frac{0.9\lambda}{\beta_{\frac{1}{2}}\cos\theta}$$

$$結晶子の幅 = \frac{1.84\lambda}{\beta_{\frac{1}{2}}\cos\theta}$$

ここで

$\beta_{\frac{1}{2}}$…半価幅

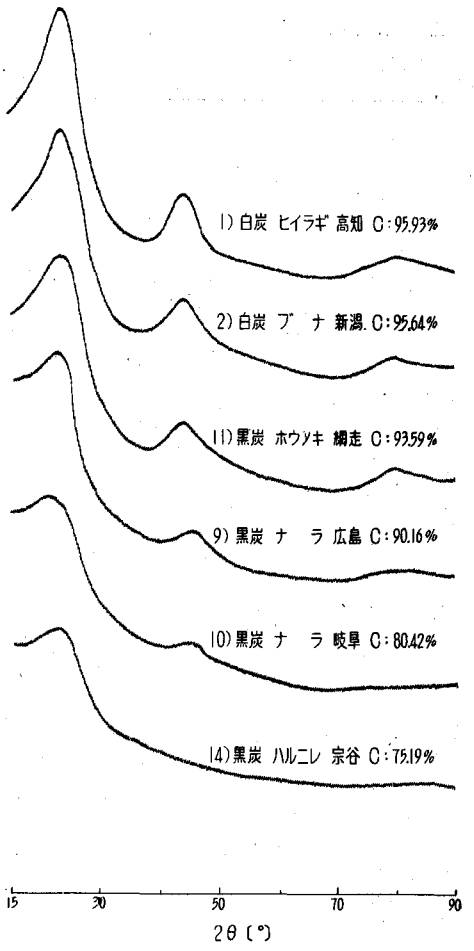
θ…回折角

λ…X線の波長（ここでは1.542 A）

C. 結　　果

白炭ガマの構造と製炭時間を第26表に，本州・四国・九州の黒炭ガマの構造と製炭時間を第27表に，北海道の黒炭ガマの構造と製炭時間を第28表に，また白炭の性質を第29表に，本州・四国・九州の黒炭の性質を第30表に，北海道の黒炭の性質を第31表に，またX線試験の結果を，第22図と第32表にかかげた。

樹種の学名は大井次三郎"日本植物誌[101]"によった。



第22図　炭素含有率の異なる木炭のX線回折図形

Fig. 22. X-ray diffraction diagrams on various charcoals.

D. 考　　察

i. 炭ガマの構造と製炭時間

a) 製　炭　者

製炭者の年齢は，白炭の場合，最高が60歳，最低が24歳，平均41歳，本州・四国・九州の黒炭の場合，最高が69歳，最低が19歳，平均39歳，また北海道の黒炭の場合，最高が63歳，最低が25歳，平均44歳となっている。

第32表 日本産木炭の結晶構造 (Å)

Table 32. Crystalline structure of charcoal in Japan

		炭素含有率 Carbon (%)	水素含有率 Hydrogen (%)	面間隔 Spacing of plane (002)	結晶子の大きさ Dimension of crystallite Lc (高さ)	La (幅)
白炭 Shirozumi charcoal						
1) ヒイラギ *Osmanthus ilicifolius*	(高知) (Kôchi)	95.93	0.71	3.72	10.6	33.0
2) ブナ *Fagus crenata*	(新潟) (Niigata)	95.64	1.09	3.60	10.2	29.2
3) コナラ *Quercus serrata*	(兵庫) (Hyôgo)	94.05	0.47	3.72	9.5	25.0
4) カシ *Quercus* sp.	(和歌山) (Wakayama)	92.28	1.08	3.66	10.4	23.1
5) サザンカ *Camellia Sasanqua*	(宮崎) (Miyazaki)	91.78	1.43	3.72	10.0	25.4
6) ケンポナシ *Hovenia dulcis*	(群馬) (Gunma)	89.74	1.16	3.69	9.2	23.7
本州・四国・九州の黒炭 Kurozumi charcoal in Honshû, Shikoku and Kyûshû						
7) ホウノキ *Magnolia obovata*	(岩手) (Iwate)	93.01	1.95	3.68	10.2	19.9
8) クヌギ *Quercus acutissima*	(熊本) (Kumamoto)	91.92	2.18	3.68	9.2	22.4
9) ナラ *Quercus* sp.	(広島) (Hiroshima)	90.16	2.74	3.77	9.7	19.7
10) ナラ *Quercus* sp.	(岐阜) (Gifu)	80.42	3.64	3.83	9.3	15.6
北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido						
11) ホウノキ *Magnolia obovata*	(網走) (Abashiri)	93.59	1.49	3.72	10.3	25.4
12) コブシ *Magnolia Kobus*	(網走) (Abashiri)	92.08	2.32	3.75	9.2	19.9
13) ミズキ *Cornus controversa*	(留萌) (Rumoi)	90.01	3.24	3.79	9.6	20.8
14) ハルニレ *Ulmus Davidiana* var. *japonica*	(宗谷) (Sôya)	75.19	4.09	3.90	9.0	15.2

製炭者の経験年数は，白炭の場合，最高が42年，最低が3年，平均17年，本州・四国・九州の黒炭の場合，最高が50年，最低が2年，平均15年，また北海道の黒炭の場合，最高が40年，最低が0.5年，平均14年で，総合すると15年前後が多かった。

製炭者の専業，副業の別については，白炭の場合，18人中，専業が8人，副業が10人であるが，本州・四国・九州の黒炭の場合，21人中，専業が11人，副業9人，不明1人となり，北海道の黒炭の場合，23人中，専業が16人，副業7人で，この順に専業者の率

が大きくなっている。

b) 炭ガマの構造

炭ガマの奥行は，白炭の場合，最大が3.75 m，最小が1.50 m，平均2.42 m，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が4.20 m，最小が1.80 m，平均3.36 m，また北海道の黒炭の場合，最大が6.90 m，最小が3.00 m，平均4.66 mで，この順に大きくなっている。

炭ガマの最大幅は，白炭の場合，最大が3.60 m，最小が0.90 m，平均2.04 m，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が3.15 m，最小が1.80 m，平均2.61 m，また北海道の黒炭の場合，最大が4.80 m，最小が2.10 m，平均が3.68 mで，やはりこの順に大きくなっている。

炭ガマのヨウ壁高は，白炭の場合，最大が2.25 m，最小が1.05 m，平均1.47 m，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が1.26 m，最小が0.69 m，平均0.93 m，北海道の黒炭の場合，最大が1.50 m，最小が1.08 m，平均1.26 mで，白炭ガマが一番高く，北海道の黒炭ガマ，本州・四国・九州の黒炭ガマの順となっている。

炭ガマの天井高は，白炭の場合，最大が1.05 m，最小が0.15 m，平均0.50 m，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が0.75 m，最小が0.09 m，平均0.38 m，また北海道の黒炭の場合，最大が0.75 m，最小が0.30 m，平均0.47 mで，白炭ガマが一番高く，北海道の黒炭ガマ，本州・四国・九州の黒炭ガマの順となっている。

c) 産　炭　量

白炭ガマの産炭量は最大65俵（15 kg俵），最小5俵，平均25俵であるが，本州・四国・九州の黒炭ガマの産炭量は最大70俵（15 kg俵），最小13俵，平均36俵である。また北海道の黒炭ガマは最大97俵（30 kg俵），最小25俵，平均56俵であり，平均の56俵を本州方面とおなじく15 kg俵に換算すると112俵となって，本州方面にくらべて北海道の黒炭ガマの大きいことがよく示されている。

d) 製　炭　時　間

口たき（乾そうだき）に要する時間は，白炭の場合，最大が120時間，最小が1時間，平均39時間，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が72時間，最小が12時間，平均45時間，また北海道の黒炭の場合，最大が48時間，最小が8時間，平均29時間，となっている。

炭化に要する時間は，白炭の場合，最大が120時間，最小が18時間，平均59時間，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が120時間，最小が60時間，平均79時間，また北海道の黒炭の場合，最大が144時間，最小が56時間，平均102時間，となっており，この順に長くなっている。

精れんに要する時間は，白炭の場合，最大が24時間，最小が3時間，平均14時間，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が24時間，最小が0時間，平均8時間，また北海道

の黒炭の場合，最大が36時間，最小が0時間，平均12時間となっており，本州・四国・九州の黒炭，北海道の黒炭・白炭の順に長くなっている。

結局，口たき・炭化・精れんの合計時間は，白炭が112時間，本州・四国・九州の黒炭が132時間，北海道の黒炭が143時間となっている。

e) 俵 装 時 間

1俵の木炭を俵装するに要する時間は，白炭の場合，最大が1.1時間，最小が0.4時間，平均0.8時間，本州・四国・九州の黒炭の場合，最大が0.9時間，最小が0.3時間，平均0.65時間，また北海道の黒炭の場合，最大が1.2時間，最小が0.3時間，平均0.6時間であって，この順に短かくなっている。

ii. 木 炭 の 性 質

年輪密度，硬度，精れん度，容積重，水分，灰分，揮発分と固定炭素，炭素と水素，発熱量，ヨード吸着，X線試験の順に考察する。

a) 年 輪 密 度

結果を一覧表にまとめると，第33表のようになる。白炭の最大は23.3（サザンカ—宮崎），最小は5.0（ナラ—群馬），平均8.8である。本州・四国・九州の黒炭の最大は20.7（ヤブツバキ—鹿児島），最小は2.9（クヌギ—栃木），平均8.9，また北海道の黒炭の最大は31.9（カバ—上川），最小は3.2（ナラ—日高），平均10.0である。

結局，平均値でみると，北海道の黒炭10.0，本州・四国・九州の黒炭8.9，白炭8.8の順となり，本州方面の黒炭と白炭はほとんどおなじであるが，北海道の黒炭はそれらより1.1～1.2大きいことがわかる。

b) 硬　　度

結果を一覧表にまとめると，第34表のようになる。白炭の最大は18（ウバメガシ2種—和歌山），最小は2（ムクロジ—和歌山），平均11であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は14（カシ—熊本），最小は1＞（ホウノキ—岩手，タカノツメ—栃木，エゴノキ—岐阜，ミツマタ—熊本），平均7，また北海道の黒炭の最大は11（ナラ2種—網走，カシワ—日高，ミズナラ—釧路，ナラ2種—根室），最小は1＞（キハダ，ヤナギ—空知，ミズナラ—上川，シナノキ—網走，ヤナギ，シラカンバ—釧路），平均7である。

これにより，白炭の硬度は黒炭より大きく，本州・四国・九州の黒炭と北海道の黒炭は，同じであることがわかる。西田ら[94]の報告によれば広葉樹を原料とする白炭の硬度は20＜～1＞，平均12，黒炭の硬度は16～1＞，平均8となっているが，上記結果は平均値において黒炭・白炭，両方の場合とも1低かった。また20＜，16というような最大値を含んでいなかった。

第33表 年輪密度

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	5.8	5.8		東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	5.5	5.8	5.8		〃
	〃	3)	6.4				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	7.5	8.0	8.0		〃
	〃	5)	8.4				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	6.6	7.7	7.7		〃
	〃	7)	8.5			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	12.4				〃
	〃	9)	11.2	11.0			〃
	〃	10)	10.1		10.4	中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	9.4				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	8.8	8.8		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	7.5	7.4	7.4		〃
	〃	14)	7.3			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	8.4	8.4	8.4		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	11.1				広島 Hiroshima
	〃	17)	10.8	9.3	9.3	四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	6.2			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					8.8	総平均 Average	

Table 33. Density of annual ring

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	11.7	9.7	9.2	石狩 Ishikari	40)	12.7	12.9
20)	13.6			〃	41)	13.1	
21)	7.1			渡島 Oshima	42)	9.6	9.6
22)	9.3			檜山 Hiyama	43)	13.4	13.4
23)	8.1	7.1		後志 Shiribeshi	44)	10.5	10.5
24)	5.9			空知 Sorachi	45)	9.9	10.1
25)	4.3	6.7	6.7	〃	46)	10.3	
26)	7.4			上川 Kamikawa	47)	10.2	15.1
27)	7.1			〃	48)	18.3	
28)	7.6	7.6	7.6	留萌 Rumoi	49)	8.5	8.7
29)	7.5			〃	50)	8.9	
30)	8.6	8.7	8.7	宗谷 Sôya	51)	8.2	8.2
31)	8.9			網走 Abashiri	52)	9.3	9.9
32)	10.1	11.4	9.4	〃	53)	11.4	
33)	13.4			胆振 Iburi	54)	9.5	8.8
34)	6.8	6.8		〃	55)	7.1	
35)	11.0	11.0	11.0	日高 Hidaka	56)	7.4	5.9
36)	5.4	6.5	7.9	〃	57)	5.4	
37)	7.8			十勝 Tokachi	58)	10.2	7.8
38)	7.5	8.7		〃	59)	5.5	
39)	9.5			釧路 Kushiro	60)	7.7	9.0
				〃	61)	10.5	
				根室 Nemuro	62)	9.7	9.7
			8.9	総平均 Average			**10.0**

第34表 硬 度

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	12	12	12	東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	11	11			〃
	〃	3)	12				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	11	10	10		〃
	〃	5)	10				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	11	11	11		〃
	〃	7)	11			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	11	11	11		〃
	〃	9)	11				〃
	〃	10)	7			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	18				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	11	11		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	11	12	12		〃
	〃	14)	13			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	12	12	12		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	10	9	9		広島 Hiroshima
	〃	17)	8			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	9			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					11	総平均 Average	

Table 34. Hardness

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	9	6	6	石狩 Ishikari	40)	7	8
20)	4			〃	41)	9	
21)	8			渡島 Oshima	42)	7	7
22)	5			檜山 Hiyama	43)	7	7
23)	10	9		後志 Shiribeshi	44)	9	9
24)	9			空知 Sorachi	45)	3	5
25)	9	6	6	〃	46)	7	
26)	7			上川 Kamikawa	47)	10	6
27)	5			〃	48)	3	
28)	7	6	6	留萌 Rumoi	49)	9	8
29)	5			〃	50)	7	
30)	8	7	7	宗谷 Sôya	51)	3	3
31)	7			網走 Abashiri	52)	6	7
32)	10	10	10	〃	53)	9	
33)	9			胆振 Iburi	54)	7	7
34)	10	10		〃	55)	7	
35)	8	8	8	日高 Hidaka	56)	11	9
36)	12	8	8	〃	57)	9	
37)	3			十勝 Tokachi	58)	8	9
38)	9	8		〃	59)	9	
39)	8			釧路 Kushiro	60)	6	6
				〃	61)	6	
				根室 Nemuro	62)	7	7
			7	総平均 Average			7

第35表 精れん(煉)度

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	0	0	0	東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	0	0			〃
	〃	3)	1				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	1	1	1		〃
	〃	5)	1				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	1	0	0		〃
	〃	7)	0			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	1	1	1		〃
	〃	9)	1				〃
	〃	10)	1			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	0				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	0	0		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	1	1	1		〃
	〃	14)	1			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	0	0	0		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	1	1	1		広島 Hiroshima
	〃	17)	1			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	1			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					1	総平均 Average	

Table 35. Degree of refining

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	7	4	4	石狩 Ishikari	40)	4	3
20)	8			〃	41)	1	
21)	3			渡島 Oshima	42)	5	5
22)	3			檜山 Hiyama	43)	9	9
23)	4	4		後志 Shiribeshi	44)	3	3
24)	5			空知 Sorachi	45)	9	8
25)	∞	7	7	〃	46)	6	
26)	8			上川 Kamikawa	47)	3	7
27)	6			〃	48)	9	
28)	6	7	7	留萌 Rumoi	49)	5	5
29)	8			〃	50)	6	
30)	8	7	7	宗谷 Sôya	51)	∞	∞
31)	6			網走 Abashiri	52)	3	2
32)	6	6	5	〃	53)	2	
33)	6			胆振 Iburi	54)	3	2
34)	4	4		〃	55)	1	
35)	5	5	5	日高 Hidaka	56)	2	4
36)	2	5	5	〃	57)	5	
37)	8			十勝 Tokachi	58)	8	7
38)	5	6		〃	59)	6	
39)	6			釧路 Kushiro	60)	3	4
				〃	61)	4	
				根室 Nemuro	62)	4	4
			5	総平均 Average			**4**

第36表 容積重

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	0.70	0.70		東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	0.64	0.66	0.68		〃
	〃	3)	0.69				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	0.72	0.64	0.64		〃
	〃	5)	0.57				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	0.71	0.64	0.64		〃
	〃	7)	0.60			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	0.83	0.77	0.75		〃
	〃	9)	0.75				〃
	〃	10)	0.56			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	1.16				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	0.70	0.70		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	0.70	0.72	0.72		〃
	〃	14)	0.74			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	0.78	0.78	0.78		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	0.73	0.68	0.68		広島 Hiroshima
	〃	17)	0.70			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	0.62			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					0.70	総平均 Average	

Table 36. Specific gravity

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	0.57			石狩 Ishikari	40)	0.50	0.51
20)	0.43	0.47		〃	41)	0.53	
21)	0.49		0.49	渡島 Oshima	42)	0.50	0.50
22)	0.46			檜山 Hiyama	43)	0.50	0.50
23)	0.58	0.59		後志 Shiribeshi	44)	0.47	0.47
24)	0.59			空知 Sorachi	45)	0.42	0.44
25)	0.60			〃	46)	0.47	
26)	0.56	0.53	0.53	上川 Kamikawa	47)	0.49	0.46
27)	0.50			〃	48)	0.43	
28)	0.52	0.49	0.49	留萌 Rumoi	49)	0.54	0.51
29)	0.46			〃	50)	0.47	
30)	0.61	0.57	0.57	宗谷 Sôya	51)	0.41	0.41
31)	0.52			網走 Abashiri	52)	0.43	0.46
32)	0.77	0.72		〃	53)	0.55	
33)	0.65		0.73	胆振 Iburi	54)	0.50	0.50
34)	0.74	0.74		〃	55)	0.48	
35)	0.62	0.62	0.62	日高 Hidaka	56)	0.66	0.60
36)	0.79	0.65		〃	57)	0.58	
37)	0.45		0.64	十勝 Tokachi	58)	0.53	0.57
38)	0.65	0.64		〃	59)	0.60	
39)	0.63			釧路 Kushiro	60)	0.49	0.50
				〃	61)	0.51	
				根室 Nemuro	62)	0.49	0.49
			0.56	総平均 Average			**0.50**

c) 精 れ ん 度

結果を一覧表にまとめると第35表のようになる。白炭の最大は1，最小は0，平均1であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は∞(ミズナラ—岩手，クヌギ2種—栃木，ナラ・ヤマザクラ・アブラチャン—岐阜，ヤブツバキ—熊本)，最小は2(クワ—岩手，ほか17種)，平均5，また北海道の黒炭の最大は∞(サクラ・コナラ・ブナ—桧山，イタヤ・ナラ—空知，ミズナラ・イタヤカエデ—上川，ハルニレ2種—宗谷)，最小は1(エゾヤマザクラ—石狩，ほか17種)，平均4である。

これにより，白炭は黒炭より，あきらかによく精れんされており，黒炭では，北海道のもののほうが，本州・四国・九州のものよりもややよく精れんされていることがわかる。

d) 容 積 重

結果を一覧表にまとめると第36表のようになる。白炭の最大は1.18(ウバメガシ—和歌山)，最小は0.42(マンサク—群馬)，平均0.70であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は0.92(カシ—鹿児島)，最小は0.28(タカノツメ—栃木)，平均0.56，また北海道の黒炭の最大

第37表　木炭の容積重と炭材の容積重の関係

Table 37. Relation between specific gravity of charcoal and that of wood

樹種 Wood species		木炭試料数 Number of charcoal	木炭の容積重 Specific gravity of charcoal	炭材の容積重 Specific gravity of wood
ナ　ラ	*Quercus* sp.	26	0.56	0.69
ヤチダモ	*Fraxinus mandshurica* RUPR. var. *japonica* MAXIM.	7	0.56	0.69
イヌエンジュ	*Maackia amurensis* RUPR. et MAXIM. var. *Buergeri* C. K. SCHN.	9	0.56	0.54
アオダモ	*Fraxinus Sieboldiana* BL.	2	0.55	0.70
ア サ ダ	*Ostrya japonica* SARG.	5	0.54	0.69
ブ　ナ	*Fagus crenata* BL.	3	0.52	0.69
サワシバ	*Carpinus cordata* BL.	4	0.52	0.60
イ タ ヤ	*Acer* sp.	17	0.52	0.59
ハルニレ	*Ulmus Davidiana* PLANCH. var. *japonica* NAKAI	10	0.50	0.60
アズキナシ	*Sorbus alnifolia* C. KOCH	5	0.46	0.64
サ ク ラ	*Prunus* sp.	7	0.44	0.53
ハリギリ	*Kalopanax septemlobus* KOIDZ.	5	0.44	0.53
ミ ズ キ	*Cornus controversa* HEMSLEY	4	0.43	0.57
カ　バ	*Betula* sp.	13	0.42	0.57
ハンノキ	*Alnus japonica* STEUD.	3	0.36	0.45
ヤ ナ ギ	*Salix* sp.	3	0.34	0.44
シナノキ	*Tilia japonica* SIMONKAI	2	0.29	0.35

は 0.70 (ナラ—網走), 最小は 0.17 (シナノキ—網走), 平均 0.50 である。

結局, 平均値でみると, 白炭 0.70, 本州・四国・九州の黒炭 0.56, 北海道の黒炭 0.50 の順となっており, 白炭は黒炭より 0.14～0.20 ほど大きく, 黒炭では本州・四国・九州のほうが北海道よりも 0.06 大きい。

西田ら[94] の報告によると白炭の容積重は 1.17～0.35, 平均 0.72, 黒炭の容積重は 0.88～0.51, 平均 0.66 となっているが, 上記結果は白炭の最大値と平均値において, わずかに 0.01～0.02 の差があり, 黒炭の平均値において 0.10～0.16 ほど低い値であった。

つぎに木炭の容積重と炭材の容積重の関係を表示すると, 第 37 表のようになる。この表は北海道の黒炭とその炭材 (前述) のおのおのの容積重から作成したもので, 一般的に容積重の大きい木炭は容積重の大きい炭材からつくられることがわかる。

e) 水　　分

結果を一覧表にまとめると第 38 表のようになる。白炭の最大は 11.11% (ナラ—群馬), 最小は 8.47% (タブノキ—宮崎), 平均 10.01% であり, 本州・四国・九州の黒炭の最大は 9.94% (スモモ—福島), 最小は 5.46% (アブラチャン—岐阜), 平均 7.18%, また北海道の黒炭の最大は 12.79% (シナノキ—網走), 最小は 5.32% (カバ—空知), 平均 7.64% である。

結局, 白炭の水分 (10.01%) は黒炭より 2.4～2.8% ほど大きく, 黒炭では, 北海道の黒炭のほうが本州・四国・九州の黒炭よりも 0.5% ほど大きい。

西田ら[94] によれば, 広葉樹を原料とする白炭 28 種の炭粉の水分は 10.99～6.04%, 平均 8.55%, また黒炭 18 種の水分は 11.38～5.85%, 平均 8.03% としており, 上記結果は黒炭の平均値において 0.8～0.4% 低い値となって比較的近似していたが, 白炭の平均値において 1.5% ていど大きい値を示した。

f) 揮発分と固定炭素

結果を一覧表にまとめると第 39 表と第 40 表のようになる。白炭の揮発分の最大は 6.83% (ケンポナシ—群馬), 最小は 3.06% (コナラ—新潟), 平均 4.50% であり, 本州・四国・九州の黒炭の最大は 19.86% (ナラ—岐阜), 最小は 5.22% (クリ—岐阜), 平均 8.48% であり, 北海道の黒炭の最大は 26.73% (ハルニレ—宗谷), 最小は 3.24% (ホウノキ—網走), 平均 7.12% である。

結局, 平均値では, 白炭 4.50%, 北海道の黒炭 7.12%, 本州・四国・九州の黒炭 8.48% の順となっている。

つぎに白炭の固定炭素の最大は 85.35% (カシ—和歌山), 最小は 80.49% (ケンポナシ—群馬), 平均 83.64% であり, 本州・四国・九州の黒炭の最大は 85.67% (オノオレカンバ—福島), 最小は 71.80% (ナラ—岐阜), 平均 82.67%, また北海道の黒炭の最大は 86.85% (アズキナシ—網走), 最小は 62.95% (ハルニレ—宗谷), 平均 84.04% である。

第38表 水 分 (%)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	10.09	10.09	10.35	東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	10.65	10.51			〃
	〃	3)	10.29				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	10.12	10.16	10.16		〃
	〃	5)	10.20				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	10.30	10.46	10.46		〃
	〃	7)	10.56			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	9.97	9.83	10.02		〃
	〃	9)	9.64				〃
	〃	10)	10.11			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	9.61				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	10.53	10.53		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	10.32	10.17	10.17		〃
	〃	14)	10.07			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	10.42	10.42	10.42		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	9.82	9.54	9.54		広島 Hiroshima
	〃	17)	8.86			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	9.51			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					10.01	総平均 Average	

Table 38. Moisture

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	6.25	7.84	7.79	石狩 Ishikari	40)	7.42	8.22
20)	6.14			〃	41)	9.20	
21)	7.83			渡島 Oshima	42)	7.04	7.04
22)	8.22			檜山 Hiyama	43)	5.91	5.91
23)	8.01	7.59		後志 Shiribeshi	44)	8.37	8.37
24)	7.02			空知 Sorachi	45)	5.52	6.13
25)	5.86	6.24	6.24	〃	46)	6.73	
26)	6.04			上川 Kamikawa	47)	9.37	7.63
27)	6.46			〃	48)	6.47	
28)	6.95	6.76	6.76	留萌 Rumoi	49)	7.37	7.17
29)	6.60			〃	50)	6.92	
30)	6.01	6.12	6.12	宗谷 Sôya	51)	6.58	6.58
31)	6.25			網走 Abashiri	52)	8.74	8.58
32)	6.88	6.86	7.09	〃	53)	8.11	
33)	6.82			胆振 Iburi	54)	8.14	8.44
34)	7.39	7.39		〃	55)	9.15	
35)	7.34	7.34	7.34	日高 Hidaka	56)	8.72	7.46
36)	8.79	7.60	7.05	〃	57)	7.04	
37)	6.01			十勝 Tokachi	58)	5.87	6.32
38)	7.02	6.76		〃	59)	6.77	
39)	6.60			釧路 Kushiro	60)	7.92	7.67
				〃	61)	7.37	
				根室 Nemuro	62)	8.07	8.07
			7.18	総平均 Average			**7.64**

第 39 表 揮 発 分 (%)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	4.37	4.37	4.27	東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	3.82	4.22			〃
	〃	3)	4.82				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	4.52	4.78	4.78		〃
	〃	5)	4.98				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	3.83	3.88	3.88		〃
	〃	7)	3.91			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	4.17	4.46	4.26		〃
	〃	9)	4.66				〃
	〃	10)	4.32			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	4.74				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	3.73	3.73		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	4.43	4.48	4.48		〃
	〃	14)	4.51			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	3.61	3.61	3.61		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	4.79	5.15	5.15		広島 Hiroshima
	〃	17)	5.98			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	5.22			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					4.50	総平均 Average	

Table 39. Volatile matter

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	9.29	7.42	7.42	石狩 Ishikari	40)	6.78	5.60
20)	10.84			〃	41)	4.17	
21)	7.10			渡島 Oshima	42)	6.92	6.92
22)	6.83			檜山 Hiyama	43)	13.12	13.12
23)	7.44	7.41		後志 Shiribeshi	44)	5.41	5.41
24)	7.38			空知 Sorachi	45)	10.57	10.37
25)	13.51	9.94	9.94	〃	46)	10.16	
26)	9.85			上川 Kamikawa	47)	4.88	10.67
27)	8.80			〃	48)	14.53	
28)	10.02	10.76	10.76	留萌 Rumoi	49)	7.95	7.93
29)	11.38			〃	50)	7.90	
30)	12.01	11.12	11.12	宗谷 Sôya	51)	22.78	22.78
31)	9.92			網走 Abashiri	52)	5.31	5.25
32)	7.54	7.67	7.02	〃	53)	5.07	
33)	7.87			胆振 Iburi	54)	4.85	4.65
34)	6.20	6.20		〃	55)	4.19	
35)	7.20	7.20	7.20	日高 Hidaka	56)	4.84	6.37
36)	5.60	9.16	9.28	〃	57)	6.87	
37)	13.91			十勝 Tokachi	58)	10.31	9.27
38)	7.55	9.34		〃	59)	8.23	
39)	10.46			釧路 Kushiro	60)	5.40	5.64
				〃	61)	5.93	
				根室 Nemuro	62)	6.15	6.15
			8.48	総平均 Average			**7.12**

第 40 表 固 定 炭 素 (%)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	83.80	83.80	83.61	東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	84.07	83.49			〃
	〃	3)	82.62				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	83.75	83.02	83.02		〃
	〃	5)	82.46				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	84.05	83.88	83.88		〃
	〃	7)	83.78			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	83.91	83.97	83.93		〃
	〃	9)	83.80				〃
	〃	10)	84.05			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	84.39				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	83.81	83.81		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	83.97	83.93	83.93		〃
	〃	14)	83.90			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	84.77	84.77	84.77		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	83.11	83.14	83.14		広島 Hiroshima
	〃	17)	82.83			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	83.33			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					83.63	総平均 Average	

Table 40. Fixed carbon

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	83.02			石狩 Ishikari	40)	84.57	84.92
20)	81.84	83.35		〃	41)	85.35	
21)	83.48			渡島 Oshima	42)	84.84	84.84
22)	83.56		83.44	檜山 Hiyama	43)	79.96	79.96
23)	83.24	83.80		後志 Shiribeshi	44)	85.29	85.29
24)	84.54			空知 Sorachi	45)	82.95	82.37
25)	79.19			〃	46)	81.80	
26)	82.38	82.35	82.35	上川 Kamikawa	47)	85.05	80.55
27)	83.39			〃	48)	77.56	
28)	80.97	80.92	80.92	留萌 Rumoi	49)	83.21	83.63
29)	80.88			〃	50)	84.14	
30)	80.24	81.22	81.22	宗谷 Sôya	51)	68.18	68.18
31)	82.54			網走 Abashiri	52)	84.61	84.89
32)	83.21	83.18		〃	53)	85.71	
33)	83.15		83.67	胆振 Iburi	54)	86.05	86.06
34)	84.26	84.26		〃	55)	86.08	
35)	83.27	83.27	83.27	日高 Hidaka	56)	84.97	84.90
36)	83.34	81.09		〃	57)	84.88	
37)	78.09		81.94	十勝 Tokachi	58)	82.92	83.38
38)	83.98	82.39		〃	59)	83.85	
39)	81.40			釧路 Kushiro	60)	85.73	85.56
				〃	61)	85.36	
				根室 Nemuro	62)	84.30	84.30
			82.67	総平均 Average			**84.04**

結局，平均値では，北海道の黒炭84.04%，白炭83.64%，本州・四国・九州の黒炭82.67%の順となった。なお，白炭の固定炭素が比較的すくないのは水分がおおいためである。

g) 灰　　分

結果を一覧表にまとめると第41表のようになる。白炭の最大は4.17%(アラカシ—宮崎)，最小は0.84%(サクラ—高知)，平均2.07%であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は4.72%(イヌビワ—高知)，最小は0.52%(ミズキ—鹿児島)，平均1.80%，また北海道の黒炭の最大は3.90%(ハルニレ—釧路)，最小は0.33%(シラカンバ—石狩)，平均1.30%である。

結局，平均値でみると，白炭2.07%，本州・四国・九州の黒炭1.80%，北海道の黒炭1.30%の順となっている。

西田ら[94]の結果によれば，白炭の灰分は4.97～1.31%，平均2.57%，黒炭の灰分は4.52～1.53%，平均2.64%であって，上記結果は白炭において0.5%，黒炭において0.8～1.3%低い値であった。

h) 炭素と水素

結果を一覧表にまとめると第42～44表のようである。白炭の炭素の最大は95.93%(ヒイラギ—高知)，最小は89.74%(ケンポナシ—群馬)，平均93.46%であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は93.01%(ホウノキ—岩手)，最小は80.42%(ナラ—岐阜)，平均89.48%，また北海道の黒炭の最大は93.59%(ホウノキ—網走)，最小は75.19%(ハルニレ—宗谷)，平均90.07%である。

結局，平均値でみると，白炭93.46%，北海道の黒炭90.07%，本州・四国・九州の黒炭89.48%の順となり，白炭の炭素は黒炭よりも3.4～4%ほど大きい。西田ら[94]は広葉樹を原料とする白炭の炭素は96.26～88.24%，平均92.38%，黒炭の炭素は93.11～78.08%，平均89.13%としており，上記結果は白炭において1.1%，黒炭において0.3～0.9%高かった。

白炭の水素の最大は1.48%(ムクロジ—和歌山)，最小は0.47%(コナラ—兵庫)，平均1.03%であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は3.64%(ナラ—岐阜)，最小は1.73%(クワ・コナラ—岩手)，平均2.56%，また北海道の黒炭の最大は4.09%(ハルニレ—宗谷)，最小は1.48%(イタヤカエデ—石狩)，平均2.48%である。

結局，平均値でみると，本州・四国・九州の黒炭2.56%，北海道の黒炭2.48%，白炭1.03%の順となり，白炭の水素は黒炭の半分以下で1.5%ほど小さい。

また，白炭の酸素の最大は5.97%(タブノキ—宮崎)，最小は1.43%(イタヤ—新潟)，平均3.44%であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は13.45%(ナラ—岐阜)，最小は2.38%(サワシバ—岩手)，平均6.16%，また北海道の黒炭の最大は17.19%(ハルニレ—宗谷)，最小は4.09%(ホウノキ—網走)，平均6.15%である。

結局，平均値でみると，本州・四国・九州の黒炭 6.16%，北海道の黒炭 6.15%，白炭 3.44% の順となり，白炭の酸素は黒炭よりも 2.7% ほど小さい。

i) 発　熱　量

結果を一覧表にまとめると，第 45 表と第 46 表のようになる。恒湿ベースの場合，白炭の発熱量の最大は 7,190 cal（カシ—和歌山），最小は 6,730 cal（アラカシ—宮崎），平均 6,990 cal，本州・四国・九州の黒炭の最大は 7,750 cal（エゴノキ—三重），最小は 6,990 cal（ナラ—熊本），平均 7,490 cal，また北海道の黒炭の最大は 7,790 cal（カバ—空知），最小は 6,640 cal（ハルニレ—宗谷），平均 7,460 cal である。

結局，平均値でみると，本州・四国・九州の黒炭 7,490 cal，北海道の黒炭 7,460 cal，白炭 6,990 cal の順となり，白炭の発熱量（恒湿ベース）は黒炭よりも 470～500 cal ほど小さい。

また，無水ベースの場合，白炭の発熱量の最大は 7,880 cal（カシ—和歌山），最小は 7,490 cal（アラカシ—宮崎），平均 7,770 cal，本州・四国・九州の黒炭の最大は 8,230 cal（エゴノキ—三重），最小は 7,460 cal（ナラ—岐阜），平均 8,070 cal，また北海道の黒炭の最大は 8,250 cal（シラカンバ—石狩），最小は 7,140 cal（ハルニレ—宗谷），平均 8,070 cal である。

結局，平均値でみると，本州・四国・九州の黒炭と，北海道の黒炭はともに 8,070 cal，白炭は 7770 cal であり，白炭の発熱量（無水ベース）は黒炭よりも 300 cal 小さい。

西田ら[94] は広葉樹を原料とする黒炭の発熱量（無水ベース）は 8,095～7,148 cal，平均 7,753 cal，おなじく白炭は 8,340～7,562 cal，平均 7,967 cal で白炭の発熱量のほうが 214 cal 高いとしているが，上記結果は黒炭において約 320 cal 高く，白炭において約 200 cal 低く，しかも白・黒の順序は逆であった。また西田ら[94] による 8,340 cal（タカノツメ），8,241 cal（カツラ）というような高い値は白炭ではえられなかった。

j) ヨ ー ド 吸 着

結果を一覧表にまとめると第 47 表のようになる。白炭のヨード吸着量の最大は 0.211 g/g（ムクロジ—和歌山），最小は 0.038 g/g（カシ—宮崎），平均 0.079 g/g であり，本州・四国・九州の黒炭の最大は 0.390 g/g（アセビ—高知），最小は 0.096 g/g（ナラ—岐阜），平均 0.195 g/g，また北海道の黒炭の最大は 0.604 g/g（シナノキ—網走），最小は 0.071 g/g（ミズナラ—上川），平均 0.216 g/g である。

結局，平均値でみると，北海道の黒炭 0.216 g/g，本州・四国・九州の黒炭 0.195 g/g，白炭 0.079 g/g の順となり，黒炭は白炭の 2.5 倍ほどの吸着力がある。

また参考のために，市販活性炭 3 種について同様の試験をおこなったところ，0.572 g/g（武田薬品），0.582 g/g（関東化学），0.570 g/g（小宗化学）となって，活性化処理をおこなっていない木炭の最大値とほぼ同じであった。

第41表 灰 分 (%)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	1.90	1.90	1.96	東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	1.63	1.99			〃
	〃	3)	2.53				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	1.79	2.26	2.26		〃
	〃	5)	2.62				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	2.02	1.98	1.98		〃
	〃	7)	1.96			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	2.17	1.92	1.99		〃
	〃	9)	2.09				〃
	〃	10)	1.69			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	1.40				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	2.15	2.15		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	1.42	1.58	1.58		〃
	〃	14)	1.69			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	1.34	1.34	1.34		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	2.67	2.46	2.46		広島 Hiroshima
	〃	17)	2.55			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	2.14			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					2.07	総平均 Average	

Table 41. Ash

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	1.53	1.51	1.47	石狩 Ishikari	40)	1.33	1.37
20)	1.25			〃	41)	1.42	
21)	1.74			渡島 Oshima	42)	1.29	1.29
22)	1.51			檜山 Hiyama	43)	1.07	1.07
23)	1.42	1.30		後志 Shiribeshi	44)	1.01	1.01
24)	1.14			空知 Sorachi	45)	1.01	1.21
25)	1.53	1.57	1.57	〃	46)	1.41	
26)	1.84			上川 Kamikawa	47)	0.78	1.24
27)	1.45			〃	48)	1.54	
28)	2.22	1.68	1.68	留萌 Rumoi	49)	1.59	1.37
29)	1.23			〃	50)	1.12	
30)	1.85	1.65	1.65	宗谷 Sôya	51)	2.64	2.64
31)	1.38			網走 Abashiri	52)	1.48	1.41
32)	2.55	2.45	2.39	〃	53)	1.21	
33)	2.32			胆振 Iburi	54)	1.05	0.93
34)	2.32	2.32		〃	55)	0.64	
35)	2.36	2.36	2.36	日高 Hidaka	56)	1.62	1.38
36)	2.49	2.33	1.87	〃	57)	1.30	
37)	2.12			十勝 Tokachi	58)	0.95	1.10
38)	1.56	1.61		〃	59)	1.24	
39)	1.65			釧路 Kushiro	60)	1.03	1.22
				〃	61)	1.45	
				根室 Nemuro	62)	1.61	1.61
			1.80	総平均 Average			**1.30**

第 42 表 炭 素 (%)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	93.81	93.81	93.99	東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	94.56	94.09			〃
	〃	3)	93.39				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	94.07	93.28	93.28		〃
	〃	5)	92.69				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	93.80	94.59	94.59		〃
	〃	7)	95.11			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	93.30	93.14	93.46		〃
	〃	9)	83.02				〃
	〃	10)	92.93			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	93.59				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	94.31	94.31		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	94.21	93.57	93.57		〃
	〃	14)	93.15			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	95.11	95.11	95.11		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	92.60	92.64	92.64		広島 Hiroshima
	〃	17)	91.69			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	93.16			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					93.46	総平均 Average	

Table 42. Carbon

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	89.91	91.32	91.25	石狩 Ishikari	40)	90.41	90.99
20)	88.80			〃	41)	91.69	
21)	91.35			渡島 Oshima	42)	90.41	90.41
22)	91.79			檜山 Hiyama	43)	85.90	85.90
23)	91.12	90.97		後志 Shiribeshi	44)	91.88	91.88
24)	90.78			空知 Sorachi	45)	87.88	88.33
25)	86.03	87.73	87.73	〃	46)	88.77	
26)	87.12			上川 Kamikawa	47)	92.26	87.45
27)	88.59			〃	48)	84.24	
28)	87.72	87.37	87.37	留萌 Rumoi	49)	90.03	89.91
29)	87.08			〃	50)	89.76	
30)	88.46	88.80	88.80	宗谷 Sôya	51)	78.20	78.20
31)	89.25			網走 Abashiri	52)	90.87	90.95
32)	88.90	88.39	88.83	〃	53)	91.17	
33)	87.62			胆振 Iburi	54)	91.72	91.98
34)	89.38	89.38		〃	55)	92.58	
35)	89.03	89.03	89.03	日高 Hidaka	56)	90.89	90.25
36)	90.76	88.71	89.27	〃	57)	90.04	
37)	85.99			十勝 Tokachi	58)	88.11	88.88
38)	89.89	89.57		〃	59)	89.66	
39)	89.37			釧路 Kushiro	60)	91.75	91.02
				〃	61)	90.17	
				根室 Nemuro	62)	90.46	90.46
			89.48	総平均 Average			**90.07**

第 43 表 水 素 (%)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	0.88	0.88		東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	0.98	0.92	0.90		〃
	〃	3)	0.84				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	0.90	0.95	0.95		〃
	〃	5)	0.99				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	0.78	0.85	0.85		〃
	〃	7)	0.90			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	0.89				〃
	〃	9)	1.15	1.07			〃
	〃	10)	1.15		1.03	中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	1.09				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	0.91	0.91		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	0.97	1.09	1.09		〃
	〃	14)	1.17			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	0.84	0.84	0.84		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	1.07				広島 Hiroshima
	〃	17)	1.40	1.18	1.18	四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	1.23			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					**1.03**	総平均 Average	

Table 43. Hydrogen

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyushû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	2.73			石狩 Ishikari	40)	2.50	2.14
20)	2.97	2.16		〃	41)	1.71	
21)	2.11		2.22	渡島 Oshima	42)	2.52	2.52
22)	2.00			檜山 Hiyama	43)	3.33	3.33
23)	2.36	2.47		後志 Shiribeshi	44)	2.10	2.10
24)	2.61			空知 Sorachi	45)	3.21	3.02
25)	3.25			〃	46)	2.88	
26)	3.02	2.92	2.92	上川 Kamikawa	47)	2.02	2.83
27)	2.76			〃	48)	3.37	
28)	2.81	2.79	2.79	留萌 Rumoi	49)	2.70	2.78
29)	2.78			〃	50)	2.86	
30)	3.07	2.98	2.98	宗谷 Sôya	51)	4.01	4.01
31)	2.87			網走 Abashiri	52)	2.17	2.16
32)	2.58	2.59		〃	53)	2.12	
33)	2.60		2.55	胆振 Iburi	54)	2.04	1.98
34)	2.51	2.51		〃	55)	1.83	
35)	2.58	2.58	2.58	日高 Hidaka	56)	1.91	2.44
36)	2.08	2.61		〃	57)	2.62	
37)	3.33		2.72	十勝 Tokachi	58)	3.34	3.12
38)	2.78	2.77		〃	59)	2.90	
39)	2.76			釧路 Kushiro	60)	2.16	2.39
				〃	61)	2.66	
				根室 Nemuro	62)	2.36	2.36
			2.56	総平均 Average			**2.48**

第44表 酸 素 (%)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	3.41	3.41		東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	2.83	3.00	3.15		〃
	〃	3)	3.24				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	3.24	3.51	3.51		〃
	〃	5)	3.70				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	3.40	2.58	2.58		〃
	〃	7)	2.03			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	3.64	3.87	3.52		〃
	〃	9)	3.74				〃
	〃	10)	4.23			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	3.92				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	2.63	2.63		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	3.40	3.76	3.76		〃
	〃	14)	3.99			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	2.71	2.71	2.71		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	3.66	3.72	3.72		広島 Hiroshima
	〃	17)	4.36			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	3.47			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					3.44	総平均 Average	

Table 44. Oxygen

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	5.83	5.01	5.06	石狩 Ishikari	40)	5.76	5.50
20)	6.98			〃	41)	5.18	
21)	4.80			渡島 Oshima	42)	5.78	5.78
22)	4.70			檜山 Hiyama	43)	9.70	9.70
23)	5.10	5.26		後志 Shiribeshi	44)	5.01	5.01
24)	5.47			空知 Sorachi	45)	7.90	7.44
25)	9.19	7.78	7.78	〃	46)	6.94	
26)	8.02			上川 Kamikawa	47)	4.94	8.48
27)	7.20			〃	48)	10.85	
28)	7.25	8.16	8.16	留萌 Rumoi	49)	5.68	5.94
29)	8.91			〃	50)	6.26	
30)	6.62	6.57	6.57	宗谷 Sôya	51)	15.15	15.15
31)	6.50			網走 Abashiri	52)	5.48	5.48
32)	5.97	6.57	6.23	〃	53)	5.50	
33)	7.46			胆振 Iburi	54)	5.19	5.11
34)	5.79	5.79		〃	55)	4.95	
35)	6.03	6.03	6.03	日高 Hidaka	56)	5.58	5.93
36)	4.67	6.35	6.14	〃	57)	6.04	
37)	8.56			十勝 Tokachi	58)	7.60	6.90
38)	5.77	6.05		〃	59)	6.20	
39)	6.22			釧路 Kushiro	60)	5.06	5.37
				〃	61)	5.72	
				根室 Nemuro	62)	5.57	5.57
			6.16	総平均 Average			**6.15**

第45表 発熱量（恒湿ベース）(cal)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・ Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	6,990	6,990		東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	6,980	6,960	6,970		〃
	〃	3)	6,930				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	7,020	6,950	6,950		〃
	〃	5)	6,900				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	6,940	6,970	6,970		〃
	〃	7)	6,990			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	6,990	7,020	7,000		〃
	〃	9)	7,060				〃
	〃	10)	6,990			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	7,070				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	6,930	6,930		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	7,030	7,010	7,010		〃
	〃	14)	7,010			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	7,000	7,000	7,000		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	6,950	7,010	7,010		広島 Hiroshima
	〃	17)	7,110			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	7,030			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					**6,990**	総平均 Average	

Table 45. Calorific value (moist basis)

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	7,690	7,450	7,460	石狩 Ishikari	40)	7,520	7,390
20)	7,660			〃	41)	7,230	
21)	7,440			渡島 Oshima	42)	7,590	7,590
22)	7,400			檜山 Hiyama	43)	7,590	7,590
23)	7,430	7,510		後志 Shiribeshi	44)	7,490	7,490
24)	7,610			空知 Sorachi	45)	7,720	7,650
25)	7,540	7,630	7,630	〃	46)	7,590	
26)	7,660			上川 Kamikawa	47)	7,290	7,320
27)	7,640			〃	48)	7,340	
28)	7,410	7,460	7,460	留萌 Rumoi	49)	7,530	7,540
29)	7,510			〃	50)	7,560	
30)	7,630	7,640	7,640	宗谷 Sôya	51)	6,930	6,930
31)	7,660			網走 Abashiri	52)	7,320	7,350
32)	7,530	7,530	7,510	〃	53)	7,420	
33)	7,530			胆振 Iburi	54)	7,420	7,390
34)	7,500	7,500		〃	55)	7,310	
35)	7,400	7,400	7,400	日高 Hidaka	56)	7,250	7,490
36)	7,190	7,330	7,480	〃	57)	7,570	
37)	7,510			十勝 Tokachi	58)	7,680	7,650
38)	7,540	7,560		〃	59)	7,620	
39)	7,560			釧路 Kushiro	60)	7,460	7,440
				〃	61)	7,420	
				根室 Nemuro	62)	7,420	7,420
			7,490	総平均 Average			**7,460**

第46表 発熱量 (無水ベース) (cal)

白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	7,780	7,780		東北 Tôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	7,810	7,770	7,780		〃
	〃	3)	7,720				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	7,810	7,740	7,740		〃
	〃	5)	7,680				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	7,740	7,780	7,780		〃
	〃	7)	7,810			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	7,760	7,790	7,780		〃
	〃	9)	7,810				〃
	〃	10)	7,770			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	7,830				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	7,740	7,740		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	7,830	7,800	7,800		〃
	〃	14)	7,790			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	7,810	7,810	7,810		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	7,710	7,750	7,750		広島 Hiroshima
	〃	17)	7,800			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	7,770			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					7,770	総平均 Average	

Table 46. Calorific value (dry basis)

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûsyû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	8,200	8,080	8,090	石狩 Ishikari	40)	8,120	8,050
20)	8,160			〃	41)	7,960	
21)	8,070			渡島 Oshima	42)	8,160	8,160
22)	8,060			檜山 Hiyama	43)	8,060	8,060
23)	8,080	8,120		後志 Shiribeshi	44)	8,180	8,180
24)	8,180			空知 Sorachi	45)	8,170	8,150
25)	8,010	8,130	8,130	〃	46)	8,130	
26)	8,150			上川 Kamikawa	47)	8,040	7,910
27)	8,170			〃	48)	7,820	
28)	7,960	8,010	8,010	留萌 Rumoi	49)	8,130	8,120
29)	8,040			〃	50)	8,120	
30)	8,120	8,160	8,160	宗谷 Sôya	51)	7,420	7,420
31)	8,170			網走 Abashiri	52)	8,020	8,030
32)	8,080	8,080	8,090	〃	53)	8,080	
33)	8,080			胆振 Iburi	54)	8,070	8,070
34)	8,100	8,100		〃	55)	8,050	
35)	7,990	7,990	7,990	日高 Hidaka	56)	7,950	8,090
36)	7,890	7,930	8,040	〃	57)	8,140	
37)	7,990			十勝 Tokachi	58)	8,160	8,170
38)	8,110	8,100		〃	59)	8,170	
39)	8,100			釧路 Kushiro	60)	8,110	8,090
				〃	61)	8,070	
				根室 Nemuro	62)	8,070	8,070
			8,070	総平均 Average			**8,070**

第 47 表 ヨード吸着 (g/g)

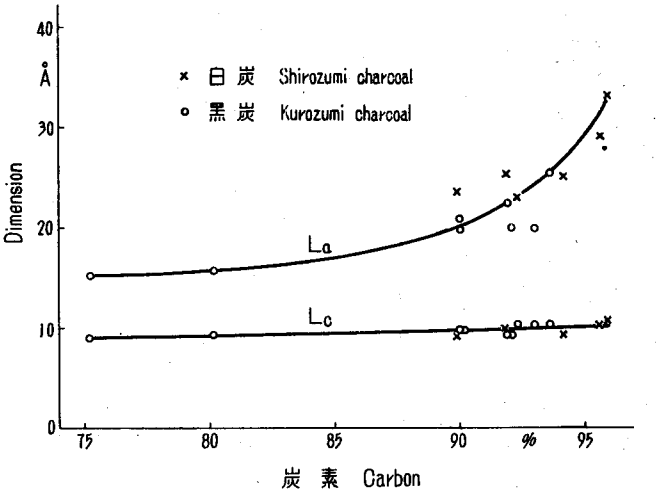
白炭 Shirozumi charcoal						本州・四国・Kurozumi charcoal	
地方 District	県 Prefecture	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地方 District	県 Prefecture
東北 Tôhoku	秋田 Akita	1)	0.048	0.048		東北 Thôhoku	岩手 Iwate
	山形 Yamagata	2)	0.051	0.053	0.051		〃
	〃	3)	0.056				〃
関東 Kantô	群馬 Gunma	4)	0.056	0.063	0.063		〃
	〃	5)	0.069				福島 Fukushima
中部 Chûbu	新潟 Niigata	6)	0.061	0.057	0.057		〃
	〃	7)	0.054			関東 Kantô	栃木 Tochigi
近畿 Kinki	和歌山 Wakayama	8)	0.067	0.104	0.089		〃
	〃	9)	0.108				〃
	〃	10)	0.148			中部 Chûbu	岐阜 Gifu
	〃	11)	0.080				〃
	兵庫 Hyôgo	12)	0.049	0.049		近畿 Kinki	三重 Mie
中国 Chûgoku	鳥取 Tottori	13)	0.076	0.081	0.081		〃
	〃	14)	0.084			中国 Chûgoku	島根 Shimane
四国 Shikoku	高知 Kôchi	15)	0.043	0.043	0.043		〃
九州 Kyûshû	宮崎 Miyazaki	16)	0.063	0.098	0.098		広島 Hiroshima
	〃	17)	0.136			四国 Shikoku	高知 Kôchi
	〃	18)	0.125			九州 Kyûshû	熊本 Kumamoto
							〃
							鹿児島 Kagoshima
							〃
総平均 Average					0.079	総平均 Average	

Table 47. Iodine adsorption

九州の黒炭 in Honshû, Shikoku and Kyûshû				北海道の黒炭 Kurozumi charcoal in Hokkaido			
炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各県平均 Average in each prefecture	各地方平均 Average in each district	地区 Region	炭ガマ番号 Oven number	各カマ平均 Average in each oven	各地区平均 Average in each region
19)	0.151	0.220	0.218	石狩 Ishikari	40)	0.221	0.218
20)	0.189			〃	41)	0.214	
21)	0.163			渡島 Oshima	42)	0.220	0.220
22)	0.238			檜山 Hiyama	43)	0.172	0.172
23)	0.218	0.213		後志 Shiribeshi	44)	0.251	0.251
24)	0.208			空知 Sorachi	45)	0.201	0.191
25)	0.137	0.205	0.205	〃	46)	0.182	
26)	0.217			上川 Kamikawa	47)	0.312	0.197
27)	0.222			〃	48)	0.120	
28)	0.199	0.193	0.193	留萌 Rumoi	49)	0.205	0.212
29)	0.188			〃	50)	0.220	
30)	0.145	0.166	0.166	宗谷 Sôya	51)	0.118	0.118
31)	0.194			網走 Abashiri	52)	0.282	0.265
32)	0.146	0.155	0.152	〃	53)	0.216	
33)	0.168			胆振 Iburi	54)	0.234	0.248
34)	0.150	0.150		〃	55)	0.281	
35)	0.199	0.199	0.199	日高 Hidaka	56)	0.149	0.194
36)	0.172	0.169	0.172	〃	57)	0.208	
37)	0.165			十勝 Tokachi	58)	0.186	0.179
38)	0.180	0.174		〃	59)	0.171	
39)	0.170			釧路 Kushiro	60)	0.209	0.192
				〃	61)	0.171	
				根室 Nemuro	62)	0.173	0.173
			0.195	総平均 Average			**0.216**

k) X 線 試 験

第32表の結果を図示すると第23図のようになり，炭素含有率が75.19%から95.93%まで増大するにつれて，面間隔 (002) はわずかではあるが3.90 Å から 3.60 Å まで減少の傾向を示し，グラファイトの3.4 Å に近づいてゆくのがみられる。また結晶子（クリスタリット）の大きさは，その高さ (L_c) においてわずかずつではあるが 9.0 Å から 10.6 Å までしだいに大きくなり，その幅 (L_a) はかなり急速に 15.2 Å から 33.0 Å へと発達するのがみられる。この結果は“木材炭化温度の炭質におよぼす影響”におけるX線試験の結果とおおむね一致する

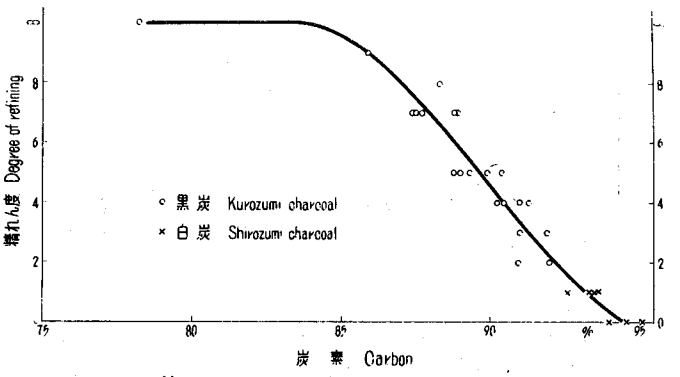


第23図　日本産木炭の結晶子の大きさ

Fig. 23. Dimension of crystallite of charcoal.

iii. 各性質の間の関係

木材の炭素含有率は樹種をとわず，どれもほとんど50%であり，加熱により生成する木炭中の炭素の量はしだいにふえてゆく。この炭素は正確に測定できるので，これを基準として他の諸性質の変化の状況を究明することにした。すなわち，精れん度と炭素，水分と炭素，揮発分と炭素，水素と炭素，酸素と炭素，発熱量と炭素，ヨード吸着と炭素の順にこれらの間の関係を考察する。また，容積重と硬度は簡単に測定でき，しかもほぼ比例すると考えられるので，これらの関係をもさらに考察する。



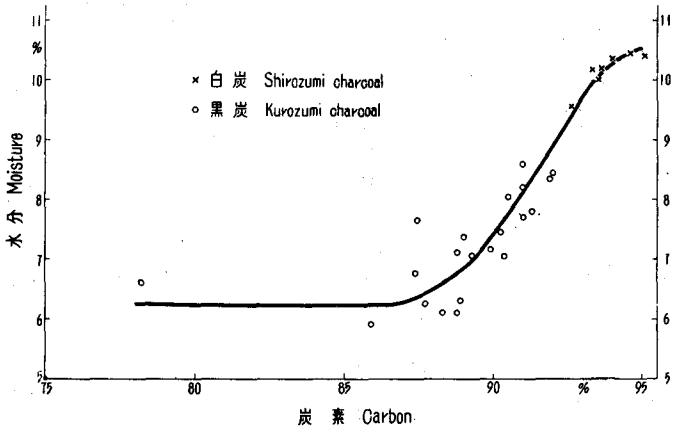
第24図　精れん（煉）度と炭素の関係

Fig. 24. Degree of refining and carbon content.

a) 精れん度と炭素

これを図示すると第24図のようになる。用いた数字は，白炭と本州・四国・九州の黒炭の場合，各地方の平均値を，北海道の黒炭の場合，各地区

の平均値である。これにより炭素含有率85%附近から精れん度は小さくなりはじめ，94%附近で0になることがわかり，岸本[47]の報告におおむね一致する。



第25図 水分と炭素の関係

Fig. 25. Moisture and carbon content.

b) 水分と炭素

これを図に示すと第25図のようになり，炭素含有率の増大につれて，水分もまた大きくなってゆく。いま"木材炭化温度の炭質におよぼす影響"における500°Cから1,100°Cまで各種温度で炭化してつくった木炭の炭素含有率を用いて，第25図に示された曲線から水分をみちびきだし，さらに前述の水蒸気吸着における吸着水分の対比表をつくると第48表のようになる。これからみれば，その実験室内で調製した木炭と実際に日本の山村において生産されている木炭の水蒸気吸着の状況はかなりよく一致していることがわかる。

第48表 実験室内で調製した木炭と，日本の山村において生産されている木炭の水分

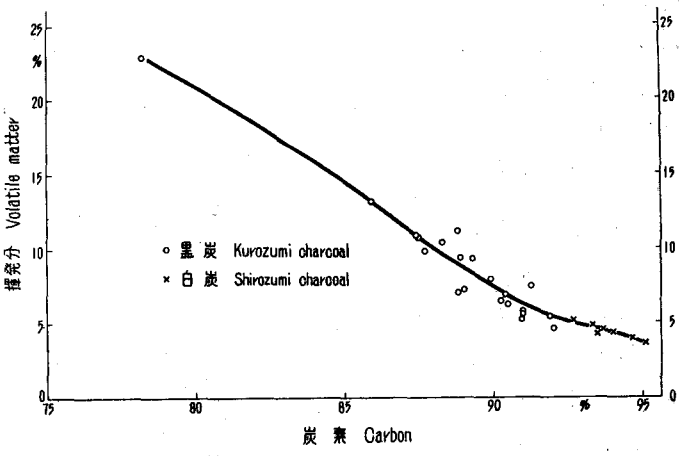
Table 48. Moisture of charcoal prepared in laboratory and made in mountain village (%)

実験室内で調製した木炭 Charcoal prepared in laboratory			日本の山村において生産されている木炭 Charcoal made in mountain village
炭化温度 Carbonization temperature (°C)	炭素含有率 Carbon (%)	水蒸気吸着 Moisture adsorbed (%)	第25図よりの水分 Moisture observed from Fig. 25 (%)
500	80.66	6.5	6.2
600	89.12	6.5	6.9
700	92.06	7.7	9.0
800	93.51	8.9	10.0
900	94.39	9.7	10.4
1,000	94.77	10.0	10.5
1,100	96.18	10.8	10.8

c) 揮発分と炭素

これを図示すると第26図のようになり，炭素の増大につれて揮発分が減少してゆくことがわかる。この結果はHANLEY・PEARSE[30]の結果と近似した傾向を示している。すなわ

ち HANLEY らは 500C°, 600°C, 700°C で炭化した木炭の揮発分をそれぞれ 18%, 9%, 3% としているが，筆者の室内実験におけるそれら炭化温度段階別の炭素含有率を用いて第26図より揮発分をもとめると，それぞれ 20%, 9%, 5% となって，両結果はかなりよく近似していることがわかる。

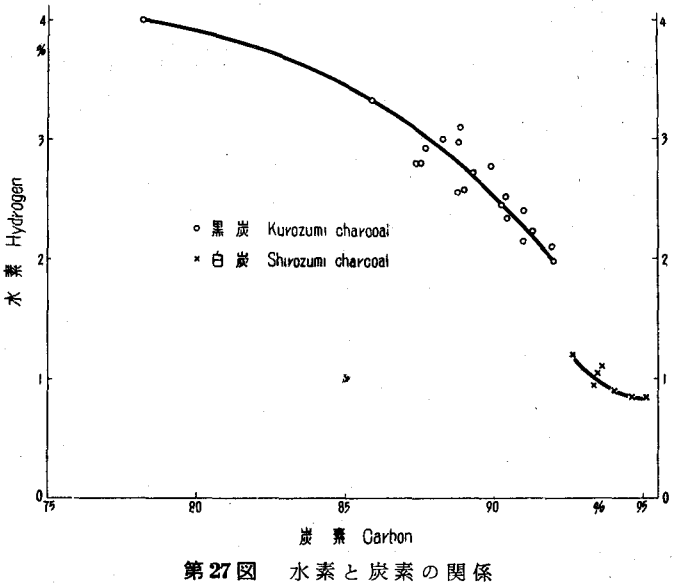


第26図　揮発分と炭素の関係

Fig. 26.　Volatile matter and carbon content.

d)　水素と炭素

これを図示すると第27図のようになり，炭素の増大につれて水素の減少していくのがみられる。しかし，黒炭と白炭の境にかなり大きなギャップがあり，第29表における低炭素含有率の白炭（たとえば，14. ケンポナシ—C：89.74%，H：1.16%，52. アラカシ—C：90.25%，H：0.71%）の水素含有率を第27図にあてはめてみると，同じ炭素含有率のとき，白炭のほうが黒炭にくらべて水素含有率の小さいことがわかり，白炭と黒炭の特異性がうかがわれる。

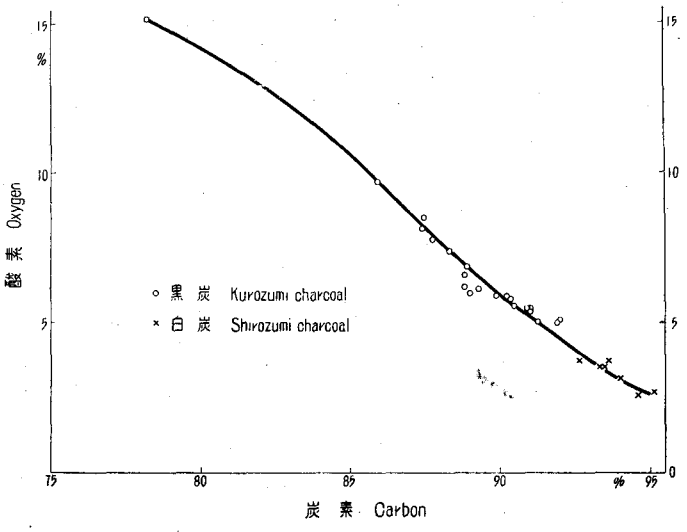


第27図　水素と炭素の関係

Fig. 27.　Hydrogen and carbon content.

e) 酸素と炭素

これを図示すると第28図のようになり，炭素の増大につれて，酸素が減少していくのがみられる。

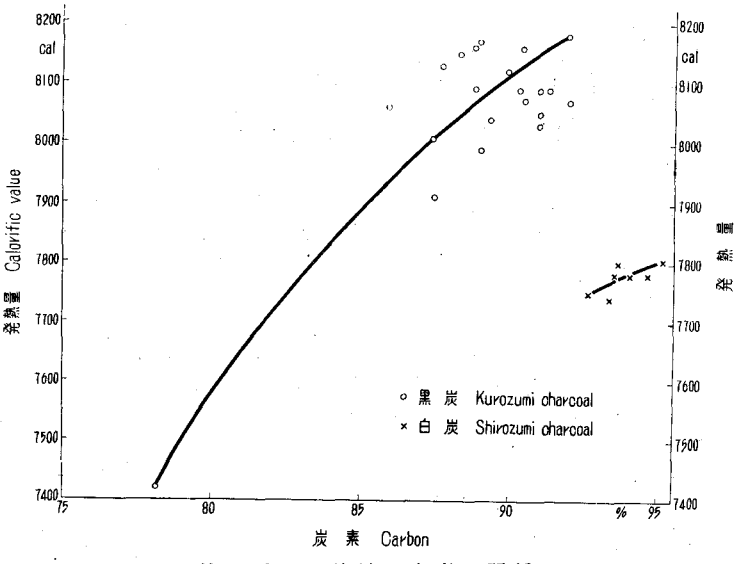


第28図　酸素と炭素の関係

Fig. 28. Oxygen and carbon content.

f) 発熱量と炭素

これを図示すると第29図のようになり，黒炭の場合，炭素の増大につれて発熱量も大



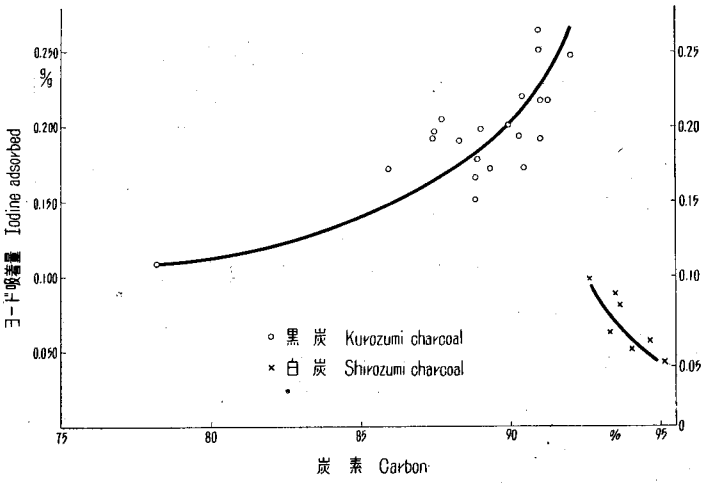
第29図　発熱量と炭素の関係

Fig. 29. Calorific value and carbon content.

きくなる。白炭の場合，黒炭ほどはっきりしていないが，炭素の増大につれて発熱量が大きくなるようである。白炭と黒炭の境に大きなギャップのあるのは，水素含有率の相違によるものと考えられる。

g) ヨード吸着と炭素

これを図示すると第30図のようになり，黒炭の場合，炭素の増大につれてヨード吸着量も増し，白炭の場合，炭素の増大につれてヨード吸着量は逆に減少することがわかる。黒炭と白炭の境には大きなギャップがみられる。いま第29～31表より低炭素含有率の白炭5種，高炭素含有率の黒炭5種をえらびだして，そのヨード吸着量を示すと第49表のようになる。



第30図　ヨード吸着と炭素の関係

Fig. 30.　Iodine adsorption and carbon content.

第49表　低炭素含有率の白炭と高炭素含有率の黒炭のヨード吸着

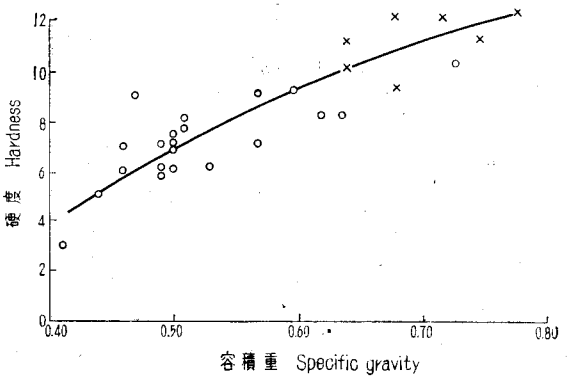
Table 49.　Iodine adsorption of shirozumi charcoal which has lower carbon content and of kurozumi charcoal which has higher carbon content

白炭 Shirozumi charcoal				黒炭 Kurozumi charcoal			
		C (%)	ヨード吸着 Iodine adsorbed (g/g)			C (%)	ヨード吸着 Iodine adsorbed (g/g)
群馬	ケンポナシ	89.74	0.069	網走	ホウノキ	93.59	0.404
宮崎	アラカシ	90.25	0.041	胆振	シラカンバ	93.34	0.266
〃	タブノキ	90.29	0.123	釧路	ヤナギ	93.15	0.271
和歌山	カシ	90.78	0.118	網走	アズキナシ	93.05	0.302
〃	カシ	91.03	0.090	岩手	ホウノキ	93.01	0.291
平均		90.44	0.088	平均		93.23	0.307

つぎに第 30 図の曲線から，炭素含有率 90.44% の黒炭のヨード吸着量をもとめると 0.213 g/g となり，白炭の場合の平均値の 0.088 g/g の約 2 倍半の値を示す。また同じ曲線から炭素含有率 93.23% の白炭のヨード吸着量をもとめると 0.076 g/g となり，黒炭の場合の平均値 0.307 g/g の約 1/4 の値を示し，白炭と黒炭の特異性をよく示している。

h) 容積重と硬度

これを図示すると第 31 図のようになり，容積重が大きくなればなるほど硬度も大きくなることをよく示している。この傾向は三浦[70] の報告と一致する。



第 31 図　容積重と硬度の関係
Fig. 31.　Specific gravity and hardness.

要　　結

日本においては，木炭が大量に使用されており，本論文は木材炭化の基礎研究として，第 I に木材炭化温度の炭質におよぼす影響を，電気炉を用いる室内実験により総合的に究明した。第 II に炭材ならびに燃料として大量に用いられている木材の理化学的性質，とりわけ容積重，熱量，化学的組成について，北海道のほとんどすべての主要樹木 75 種を試料として測定，分析をおこない，さらに熱量と化学的組成の関係を解明した。第 III に日本において現実に生産されている木炭を，全国各地より現地調査のうえ，323 種採集し，その諸性質を詳細にあきらかにした。その結果の大要はつぎのようである。

I.　木材炭化温度の炭質におよぼす影響

絶乾ミズナラ木材片 (1×1×7 cm) を電気炉中で炭化して 1,100°C まで 100°C きざみの木炭をつくり，木炭・留出液・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・水蒸気吸着・熱量・湿式酸化法による反応性・X 線試験による結晶構造)，ガスの発生量と組成などが炭化温度とともに，どのように変化するかを究明した。その結果の要約は第 50 表のようである。これによると，

第50表　木材炭化温度の炭質におよぼす影響

炭化温度 (℃)	105	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100
収量 (%)											
木炭	100.0	99.2	66.5	34.0	29.5	27.7	25.8	25.6	25.1	25.1	24.7
留出液	0	0.2	25.9	49.4	51.1	51.3	51.0	50.7	51.5	51.7	51.0
ガス	0	0.6	7.6	16.6	19.4	21.0	23.2	23.7	23.4	23.2	24.3
収縮 (%)											
切線方向		5.7	17.1	30.2	33.2	35.6	36.5	38.9	40.0	41.3	41.7
半径方向		3.2	8.2	21.1	25.5	25.5	29.8	31.7	32.3	32.1	35.4
繊維方向		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		90.9	75.9	49.3	43.3	40.0	36.4	33.1	32.1	31.0	29.7
木炭の容積重		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 (%)											
灰分	0.33	—	0.67	0.85	1.08	1.16	1.25	1.26	1.66	1.58	1.42
炭素	48.86	—	55.79	71.81	80.66	89.12	92.06	93.51	94.39	94.77	96.18
水素	5.96	—	5.28	3.03	2.92	2.54	1.70	1.19	0.90	0.58	0.53
ヨード吸着 (g/g)	0.280	0.280	0.256	0.087	0.234	0.448	0.433	0.407	0.145	0.023	0.023
水蒸気吸着 (%)											
対・絶乾試料	11.7	9.8	6.5	7.7	7.0	7.0	8.3	9.8	10.7	11.1	12.1
対・吸湿試料	10.5	8.9	6.1	7.1	6.5	6.5	7.7	8.9	9.7	10.0	10.8
熱量 (cal)											
対・絶乾試料 (A)	4,630	—	5,390	6,650	7,510	8,010	7,890	7,770	7,600	7,640	7,630
1gの木材から生ずる木炭の熱量 (B)	4,630	—	3,580	2,260	2,220	2,220	2,040	1,990	1,910	1,920	1,880
残存率 $\frac{B}{A}\times 100$ (%)	100	—	77	49	48	48	44	43	41	41	41
湿式酸化 (%)											
対・絶乾試料	39.0	—	31.1	9.5	10.7	9.2	13.7	19.0	25.1	22.5	28.4
対・試料中の炭素	79.8	—	55.7	13.2	13.3	10.3	14.9	20.3	26.6	23.7	29.5
X線試験 (Å)											
面間隔 (002)	—	—	—	3.72	3.72	3.72	3.67	3.67	3.60	3.63	3.60
クリスタリットの大きさ L_c	—	—	—	7.8	7.6	8.1	7.9	8.3	8.0	8.7	8.3
L_a	—	—	—	—	—	14.4	23.8	26.5	26.7	32.3	30.7
ガス発生量 (cc/4.27 g)											
各温度段階別		14	209	226	100	99	120	87	64	55	48
積算		14	223	449	549	648	768	855	919	974	1022
ガスの組成 (Vol. %)											
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

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%，1,100°C で 25% となる。

留出液は 500°C までにほとんど留出してその収量は 51% に達し，その後 1,100°C まで変化は少ない。

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

2) 木炭の収縮率は切線方向がもっとも大きく半径方向がこれにつぎ，繊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，その後は変化少なく 700°C で 36%，1,100°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 1,100°C で 0.55 となった。

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% になる。

水素は木材の 6% より低下して 1,100°C で 0.53% となる。

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，1,000°～1,100°C ではきわめて小さい。

6) 木粉は 11.7% の水分を吸着し，炭化温度の上昇につれて減少し 300°C で炭化した木炭は 6.5% の水分を吸着するのみとなる。400°C で炭化した木炭は 1% ほどふえて 7.7% の水分を吸着するが，500°C，600°C で炭化した木炭はふたたび減少して 7.0% の水分を吸着するのみであり，そののち炭化温度の上昇につれて，水分吸着量はしだいにふえ 1,100°C で炭化した木炭は 12.1% の水分を吸着するようになる。

また吸着の過程によって，3 つのグループにわけることができる。

7) ミズナラ木粉の熱量は 4,630 cal であったが，炭化温度の上昇につれて熱量は増大し，600°C で炭化した木炭は 8,010 cal の最大値を示した。そののちわずかずつ減少して 1,100°C で炭化した木炭は 7,630 cal となった。

8) 燐酸-重クロム酸カリによる湿式酸化をおこなったところ，ミズナラ木粉の湿式酸化率（炭酸ガス量より算出した炭素の試料にたいする百分率）は 39% であり，炭化温度の上昇につれて，しだいに減少し，400°～600°C で炭化した木炭はわずか約 10% となる。そののちしだいに増加して 1,100°C で炭化した木炭は 28.4% の湿式酸化率を示す。

また酸化の過程により，3 つのグループにわけることができる。

試料中の炭素の何% が炭酸ガスになったかをみると，600°C で炭化した木炭は 10% で，酸化剤にたいして最大の抵抗力を示した。

9) X 線試験の結果，炭化温度の上昇につれて (002) の面間隔は 3.72 Å から 3.60 Å へ

と，わずかずつではあるが減少してゆく。またクリスタリットの大きさは L_c はあまり変化はないが L_a は 14 Å から 31～32 Å へと次第に大きくなってゆくのがみとめられた。

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

ガスの組成は 600℃ までは CO_2 と CO が大部分であったが，700℃ 以降は H_2 がおきかわって首位をしめた。

II.　北海道産主要樹種の炭材ならびに燃料としての理化学的性質

1)　北海道各地より採集した主要樹種について，炭材としてきわめて重要な性質である容積重を測定し，つぎの結果をえた。

	平均	最大	最小
針葉樹 (12種)	0.42	0.60 (ハイマツ)	0.33 (ストローブマツ)
広葉樹 (59種)	0.55	0.75 (ウシコロシ)	0.33 (オオバボダイジュ)
ツル植物 (4種)	0.45	0.52 (ヤマブドウ)	0.36 (イワガラミ)

2)　従来ほとんど測定されたことのないそれら木材の発熱量を JIS によって測定した結果はつぎのようである。単位は cal で，無水ベースにより示した。

	平均	最大	最小
針葉樹 (12種)	4,960	5,170 (イチイ)	4,820 (アカエゾマツ)
広葉樹 (59種)	4,730	4,970 (イヌエンジュ)	4,610 (ウリノキ)
ツル植物 (4種)	4,850	5,030 (コクワ)	4,740 (ヤマブドウ)

3)　それら木材の化学的組成の平均値は第 51 表のようである。なお，この中にはまだ分析されたことのない樹種 31 種 (針葉樹 2 種，広葉樹 25 種，ツル植物 4 種) を含んでいる。

第51表　北海道産主要樹種の化学的組成 (%)

	針葉樹 (12種)	広葉樹 (59種)	ツル植物 (4種)
灰分	0.31 0.53～0.08	0.51 1.43～0.23	0.87 1.26～0.48
抽出物			
アルコール・ベンゼン	4.1 14.3～0	2.9 8.6～0.4	4.4 5.9～3.1
冷水	3.0 8.9～0.7	3.1 7.6～0.5	6.2 11.9～3.6
温水	5.0 14.2～1.8	5.2 10.3～1.9	9.4 19.6～4.7
1% NaOH	16.1 25.6～10.7	21.8 31.5～14.7	28.8 42.6～22.2
全ペントザン	12.8 14.2～11.9	22.6 26.9～18.4	25.1 26.9～23.1

	針葉樹 (12種)	広葉樹 (59種)	ツル植物 (4種)
メチル・ペントザン	4.0 5.3～1.5	1.2 3.6～0	3.8 4.8～2.0
CROSS-BEVAN セルロース	55.5 59.9～44.0	57.9 63.6～46.8	49.0 57.7～40.8
α-セルロース	38.9 45.0～30.1	42.7 51.0～31.1	32.5 44.1～25.2
ホロセルロース	70.6 75.3～62.3	79.1 84.0～70.7	67.9 74.4～59.2
リグニン	28.7 31.8～25.6	21.1 26.9～15.8	26.1 28.5～20.7

針葉樹と広葉樹の差は，1% カセイソーダ抽出物，ペントザン，ホロセルロース，リグニンなどにあらわれ，広葉樹とツル植物の差は，冷水，温水，1% カセイソーダ各抽出物，セルロース，ホロセルロース，リグニンなど，ほとんどの成分にあらわれている。

4) 木材の有するアルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの発熱量を算出して，木材の発熱量との関連性をしらべたところ，アルコール・ベンゼン抽出物とリグニンの含有率の高い木材ほど，発熱量が高いという傾向をみいだした。

III. 日本産木炭の諸性質

1) 炭ガマの構造，製炭時間などは第52表のようである。

北海道の炭ガマの大きさが，本州・四国・九州のものにくらべて大きい，したがって産炭量も大きく3倍以上であった。

第52表 炭ガマの構造と製炭時間

	白炭	本州・四国 九州の黒炭	北海道の黒炭
調査炭ガマ数	18	21	23
製炭者			
年齢	41 60～24	39 69～19	44 63～25
経験年数	17 42～3	15 50～2	14 40～0.5
炭ガマの構造 (m)			
奥行	2.42 3.75～1.5	3.36 4.2～1.8	4.66 6.9～3.0
最大幅	2.04 3.6～0.9	2.61 3.15～1.8	3.68 4.8～2.1
ヨウ壁高	1.47 2.25～1.05	0.93 1.26～0.69	1.26 1.50～1.08
天井高	0.50 1.05～0.15	0.38 0.75～0.09	0.47 0.75～0.30

	白　炭	本州・四国 九州の黒炭	北海道の黒炭
産炭量　(俵)	25 65～5	36 70～13	56* 97～25
製炭操作　(時)			
口たき	39 120～1	45 72～12	29 48～8
炭化	59 120～18	79 120～60	102 144～56
精れん	14 24～3	8 24～0	12 36～0
計	112	132	143
俵装時間　(時/俵)	0.8 1.1～0.4	0.65 0.9～0.3	0.6 1.2～0.3

*　北海道の黒炭は30 kg 俵である。

第53表　日本産木炭の諸性質

	白　炭	本州・四国 九州の黒炭	北海道の黒炭
試料数	67	114	142
年輪密度	8.8 23.3～5.0	8.9 20.7～2.9	10.0 31.9～3.2
硬度	11 18～2	7 14～1〉	7 11～1〉
精れん度	1 1～0	5 ∞～2	4 ∞～1
容積重	0.70 1.18～0.42	0.56 0.92～0.28	0.50 0.70～0.17
工業分析　(%)			
水分	10.01 11.11～8.47	7.18 9.94～5.46	7.64 12.79～5.32
揮発分	4.50 6.83～3.06	8.48 19.86～5.22	7.12 26.73～3.24
固定炭素	83.63 85.35～80.49	82.67 85.67～71.80	84.04 86.85～62.95
元素分析　(%)			
灰分	2.07 4.17～0.84	1.80 4.72～0.52	1.30 3.90～0.33
炭素	93.46 95.93～89.74	89.48 93.01～80.42	90.07 93.59～75.19
水素	1.03 1.48～0.47	2.56 3.64～1.73	2.48 4.09～1.48
酸素	3.44 5.97～1.43	6.16 13.45～2.38	6.15 17.19～4.09
発熱量　(cal)			
恒湿ベース	6,990 7,190～6,730	7,490 7,750～6,990	7,460 7,790～6,640
無水ベース	7,770 7,880～7,490	8,070 8,230～7,460	8,070 8,250～7,140
ヨード吸着　(g/g)	0.079 0.211～0.038	0.195 0.390～0.096	0.216 0.604～0.071

2) 木炭の性質は第53表のようである。

これによると，白炭と黒炭の相違は，硬度・精れん度・容積重・水分・揮発分・炭素・水素・酸素・発熱量・ヨード吸着など，ほとんどあらゆるものにあらわれている。

また本州・四国・九州の黒炭と北海道の黒炭の差は，年輪密度・精れん度・容積重・揮発分などにあきらかにあらわれている。

さらにX線試験により，炭化の進行につれて結晶子の大きさは，その高さ (L_c) がわずかずつ大きくなり，幅 (L_a) がかなり急速に発達してゆくのが認められた。

3) 各性質の間の関係について考察すると，木炭中の炭素の増大につれて，白炭・黒炭の両方とも水分は増大し，精れん度・揮発分・酸素は逆に小さくなる。発熱量は黒炭の場合，炭素の増大につれて大きくなっていくが，白炭の場合は炭素含有率は大きいにかかわらず発熱量は黒炭よりも小さく，白炭の場合も炭素の増大につれて，発熱量がすこしずつ増えてゆく傾向がみとめられた。水素は黒炭の場合，炭素の増大につれて小さくなってゆき，黒炭と白炭の境に大きなギャップをつくって，白炭もやはり減少してゆく。またヨード吸着量は黒炭の場合，炭素の増大につれて大きくなってゆくが，白炭の場合は炭素の増大につれて，逆にヨード吸着量は小さくなってゆき，黒炭と白炭の境で大きなギャップがみられる。結局，発熱量・水素・ヨード吸着に，白炭・黒炭がおのおのの特性を示している。

文　献

1) 赤松秀雄： 化学の領域, **1**, 7 (1947).
2) 赤松秀雄： 炭素, **1**, 85 (1950).
3) 赤松秀雄・高橋　浩： 実験化学講座, **4**, 246 (1956).
4) AKAMATSU, H., TAKAHASHI, H. and TAMARU, K.: Bull. Chem. Soc. Jap., **24**, 27 (1950).
5) 穴戸圭一・木村徳治・道堯繁治・丁国璋・福田祐作： 繊維素工業, **11**, 224 (1935).
6) ASAHARA, G.: Sci. Pap. Inst. Phys. Chem. Resear., **1**, 23 (1923).
7) 厚木勝基・久保　復： 工化, **30**, 229 (1927).
8) BISCOE, J. and WARREN, B. E.: J. App. Phys., **13**, 364 (1942).
9) BLAYDEN, H. E. and RILEY, H. L.: J. Soc. Chem. Ind., **54**, 159 T (1935).
10) BLAYDEN, H. E., RILEY, H. L. and TAYLOR, A.: J. Chem. Soc., 67 (1939).
11) 朴　千権： 繊維素工業, **14**, 316 (1938).
12) BUGGE, G.: Industrie der Holzdestruktionsprodukte (1927).
13) BUNBURY, H. M.: The destructive distillation of wood (1923).
14) CHORLEY, J. C. and RAMSAY, W.: J. Soc. Chem. Ind., **11**, 395 (1892).
15) DEBYE, P. und SCHERRER, P.: Phys. Z., **18**, 291 (1917).
16) DUPONT, G.: Bull. inst. pin **14**, 31 (1931). 119) 芝本・栗山：木材炭化 124 (1952).
17) 福田祐作： 繊維素工業, **15**, 154 (1939).
18) 福田祐作・道堯繁治・山口　勝： 繊維素工業, **13**, 447 (1937).

19) 福田祐作・堀尾正雄： 工化, **42**, 778 (1939).
20) 福渡七郎： 大陸と繊維工業, 43 (1939). 88) 西田：木材化学工業 (上) 86 (1946).
21) 福山伍郎： 札幌農林学会報, **19**, 315 (1928).
22) 福山伍郎： 北海道林業会報, **32**, 211 (1934).
23) 福山伍郎・里中聖一： 北大演習林報告, **16**, 281 (1953).
24) 福山伍郎・里中聖一： 北大演習林報告, **16**, 298 (1953).
25) 福山伍郎・里中聖一： 北大演習林報告, **17**, 127 (1954).
26) 古川淳二： 化学実験学・基本操作篇 I, 389 (1940).
27) GOTTLIEB, E.: J. prakt. Chem., **28**, 385 (1883).
28) HÄGGLUND, E.: Holzchemie (1939).
29) HÄGGLUND, E.: Chemistry of wood (1951).
30) HANLEY, N. A. and PEARSE, J. F.: Australian Chem. Inst. J. and Proc., **12**, 263 (1945). 152) WISE and JAHN: Wood chemistry 842 (1952).
31) HANZAWA, M. and SATONAKA, S.: Resear. Bull. Coll. Exp. Forests, Hokkaido Univ., **17**, 439 (1955).
32) HANZAWA, M. and SATONAKA, S.: Resear. Bull. Coll. Exp. Forests, Hokkaido Univ., **18**, 113 (1956).
33) HANZAWA, M. and SATONAKA, S.: Resear. Bull. Coll. Exp. Forests, Hokkaido Univ., **18**, 117 (1956).
34) HANZAWA, M. and SATONAKA, S.: Resear. Bull. Coll. Exp. Forests, Hokkaido Univ., **19**, 253 (1958).
35) 早川栄治： 紙業雑誌, **33**, 469 (1939).
36) HEUSER, E. und BRÖTZ, A.: Papier-Fabr., **23**, 69 (1925). C. A. **19**, 3014 (1925).
37) HOFMANN, K. A. und HOFMANN, U.: Ber., **59**, 2433 (1926).
38) 北海道林務部林業指導課： 昭和30年度・北海道薪炭年鑑 (1956).
39) 石原供三・鷲見四郎： 林誌, **18**, 537 (1936).
40) 伊藤半右エ門： 人絹界, **8**, 530 (1940). 日化総, **14**, 1145 (1940).
41) 伊藤友義： 繊維素工業, **13**, 4 (1937).
42) 上代 昌： レーヨンエーヂ, **8**, 14 (1940). 88) 西田：木材化学工業 (上) 92 (1946).
43) 賀田立二： 燃料研究所研究報告, No. 10, 1 (1930).
44) KATZEN, R., MULLER, R. E. and OTHMER, D. F.: Ind. Eng. Chem., **35**, 302 (1943).
45) 川瀬 清： 北大演習林報告, **19**, 1 (1958).
46) 川瀬 清・氏家雅男・戸坂圀夫： 北大演習林報告, **20**, 239 (1959).
47) 岸本定吉： 林試研究報告, No. 65, 135 (1953).
48) 岸本定吉： 触媒製炭, 118 (1959).
49) 岸本定吉・古谷 剛・雲林院源治： 日林誌, **33**, 144 (1951).
50) 岸本定吉・内藤三夫・河野研一： 日林誌, **34**, 251 (1952).
51) KLAR, M.: Technologie der Holzverkohlung (1921).
52) KLASON, P. & BERGH, Å.: Arkiv för Kemi, Mineralogi, och Geologi, **3**, 9 (1909).
53) KLASON, P., HEIDENSTAMM, G. und NORLIN, E.: Z. angew. Chem., **23**, 1252 (1910).
54) 小林久平： 木材乾溜工業 (1939).
55) KRISHNA, S.: Indian Forester **57**, 110 (1931). Forest Bull. (India), No. 79, 1 (1932). C. A. **27**, 1483 (1933). 70) 三浦：薪炭学考料 104 (1943).

56) 栗山　旭：第59回・日本林学会大会講演集, 318 (1951).
57) 黒川真武・佐々木正治：燃料発熱量測定法 (1949).
58) LEBEAU, P. MARMASSE, P., MICHEL, R. and VIEL, G.: Ann. combustibles liquides, **10**, 1027 (1935). C. A. **30**, 2359 (1936).
59) 松原卓二：岐阜高農学術報告, No. 50, 65 (1943).
60) 松井明夫：瓦斯分析法, 87 (1946).
61) MCMILLEN, J. M., GORTNER, R. A., SCHMITZ, H. and BAILY, A. J.: Ind. Eng. Chem., **30**, 1407 (1938).
62) 右田伸彦：パルプ及び製紙工業試験法, 126 (1943).
63) 右田伸彦：木材化学 (基礎篇) (1950).
64) 三村鐘三郎：林試報告, No. 9, 107 (1911).
65) 三浦伊八郎：大日本山林会報, No. 456, 1 (1920).
66) 三浦伊八郎：林誌, **15**, 1051 (1933).
67) 三浦伊八郎：炭窯百態 (1933).
68) 三浦伊八郎：木炭講話・総論の部 (1937).
69) 三浦伊八郎：レーヨンエーヂ, **6**, 18 (1939). 88) 西田：木材化学工業 (上) 42, 60, 54 (1946).
70) 三浦伊八郎：薪炭学考料 (1943).
71) 三浦伊八郎・青山一雄・五十嵐健二：東大演習林報告, No. 15, 6 (1931). 88) 西田：木材化学工業 (上) 78 (1946).
72) 三浦伊八郎・前野茂夫：日本林学会大会講演集, 405 (1937).
73) 三浦伊八郎・内藤三夫：国有林に於ける改良黒炭窯試験成績 (1935). 70) 三浦：薪炭学考料 269 (1943).
74) 三浦伊八郎・内藤三夫：日林誌, **18**, 987 (1936).
75) 三浦伊八郎・中塚友一郎：繊維素工業, **14**, 63 (1938).
76) 三浦伊八郎・西田屹二：改良製炭法調査成績 (1921).
77) 三浦伊八郎・西田屹二：木材化学 (1938).
78) 三宅　勇・杉浦銀治：日林誌, **32**, 244 (1950).
79) 森岡　勇・山近　進：林誌, **9**, 1 (1921).
80) 内藤三夫・岸本定吉：第61回・日本林学会大会講演集, 270 (1952).
81) NAKAMURA, H.: Mem. Coll. Sci. Kyoto Imp. Univ., **6**, 295 (1923).
82) 中村一元：繊維素工業, **8**, 145 (1932).
83) 中塚友一郎：日本林学会大会講演集, 409 (1937).
84) 中塚友一郎：林産製造 (1949).
85) 日本林業技術協会：林業手帳, 23 (1961).
86) 日本学術振興会：パルプ原料自給策, 8 (1938). 88) 西田：木材化学工業 (上) 92 (1946).
87) 日本規格協会：JIS, M. 8802 (1954).
88) 西田屹二：木材化学工業 (上) (1946).
89) 西田屹二・深水徳一・羽島秀雄：繊維素工業, **11**, 66 (1935).
90) 西田屹二・花田大四郎・今橋良雄：木材化学工業 (上) 118 (1946).
91) 西田屹二・羽島秀雄・深水徳一：繊維素工業, **12**, 48 (1936).
92) 西田屹二・今川　正：人絹界, **9**, 230 (1941).
93) 西田屹二・三山良輔・羽島秀雄：繊維素工業, **13**, 186 (1937).
94) 西田屹二・高木徳一・深水徳一：林誌, **11**, 387 (1929).

95) 西田屹二・武井 斉・中村健次： 人絹界, **7**, 301 (1939). 日化総, **13**, 459 (1939).
96) 西田屹二・渡辺 謙・周防照海： 人絹界, **9**, 79 (1941). 日化総, **15** 414 (1941).
97) 西田屹二・渡部常樹： 人絹界, **8**, 8 (1940). 88) 西田：木材化学工業 (上) 110, 114 (1946).
98) 西田屹二・渡部常樹・和田 疆： 人絹界、**9**, 572 (1941). 日化総, **16**, 220 (1942).
99) 西田屹二・米沢保正： 人絹界, **7**, 640 (1939). 88) 西田：木材化学工業 (上) 92, 104 (1946).
100) 落合英二・津田恭介： 有機微量小量分析法 (1948).
101) 大井次三郎： 日本植物誌 (1953).
102) 岡沢鶴治： 理研報, **7**, 821 (1928).
103) 大島義清・福田義民： 工化, **32**, 687 (1929).
104) 小沢 武： 工化, **27**, 679 (1924).
105) PARR, S. W. and DAVIDSON, C. N.: J. Ind. Eng. Chem., **14**, 935 (1922).
106) 林業試験場： 木材工業便覧 (1952).
107) 林業試験場： 木材工業ハンドブック (1958).
108) RITTER, G. J. and FLECK, L. C.: J. Ind. Eng. Chem., **18**, 576 (1926).
109) 鮫島実三郎・赤松秀雄・井上勝也・川村静一・松浦良平・浜田 博・田丸謙二： 現代膠質学の展望, 第1集, 249 (1948).
110) 里中聖一： 第65回・日本林学会大会講演集, 331 (1956).
111) 里中聖一： 第67回・日本林学会大会講演集, 345 (1957).
112) 里中聖一： 第68回・日本林学会大会講演集, 347 (1958).
113) 里中聖一： 北大演習林報告, **20**, 257 (1959).
114) 里中聖一・鷲尾祥温： 未発表 (1959).
115) SCHORGER, A. W.: The chemistry of cellulose and wood (1926).
116) SCHUSTER, F.: Brennstoff Chemie, **18**, 1 (1937).
117) SCHWALBE, C. G. and BECKER, E.: Z. angew. Chem., **32**, 229 (1919).
118) SCHWALBE, C. G., HOMBURG, B. und ENDER, W.: Cellulosechem., **17**, 36 (1936).
119) 芝本武夫・栗山 旭： 木材炭化 (1952).
120) 志方益三： 林誌, **16**, 69 (1934).
121) 志方益三・馬 鐘 国： 繊維素工業, **9**, 309 (1933).
122) 志方益三・馬 鐘 国： 繊維素工業, **10**, 148 (1934).
123) 志方益三・福渡七郎： 大陸科学院報告, **1**, 103 (1937).
124) 志方益三・石崎道也： 繊維素工業, **8**, 121 (1932).
125) 志方益三・小川一弥： 繊維素工業, **13**, 319 (1937).
126) 志方益三・大西秀雄： 農化, **11**, 836 (1935).
127) 志方益三・高坂武雄： 農化, **10**, 558 (1934).
128) 志方益三・立野恒夫： 農化, **14**, 942 (1938).
129) 志方益三・土山以美： 林誌, **16**, 259 (1934).
130) 島口三郎： 樺太庁中央研究所報告, 2類, No. 13, 1, (1938).
131) 四宮康資： 人絹界, **9**, 439 (1941). 日化総, **15**, 1125 (1941).
132) 森林植物同好会： 北海道森林植物写真図譜 (II. 木本篇), (1955).
133) 高橋 明： 日林誌, **26**, 100 (1944).
134) 東大林産化学教室： 林産化学実験書 (1956).
135) 辻 行雄： 林誌, **9**, 6 (1927).
136) 辻 行雄： 林誌, **10**, 422 (1928).

137) 内田潤一： 人絹界, **7**, 395 (1939). 日化総, **13**, 396 (1939).
138) 内田 憲： 木炭と加工炭 (1952).
139) 内田丈夫・渡辺賢弥： 人絹界, **9**, 385 (1941). 日化総, **15**, 978 (1941).
140) 上田嘉助： 繊維素工業, **8**, 169 (1932).
141) 上田嘉助・三橋 勳： 繊維素工業, **5**, 98 (1929).
142) 上田嘉助・森田豊茂： 繊維素工業, **4**, 233 (1928). 日化総, **2**, 399 (1928).
143) 上田嘉助・村山鉄造： 繊維素工業, **1**, 266 (1925). 日化総, **7**, 256 (1925).
144) 上田嘉助・大幡賢二： 繊維素工業, **14**, 360 (1938).
145) 上田嘉助・太田豊治： 繊維素工業, **14**, 94 (1938).
146) 上田嘉助・荘司寿人： 繊維素工業, **7**, 16 (1931).
147) 上田嘉助・山田悟一： 繊維素工業, **2**, 273 (1926). 日化総, **7**, 558 (1926).
148) 宇野昌一： 林産製造学 (1935).
149) 太秦康光： 分析化学, 326 (1947).
150) 渡辺磯治： 日林誌, **19**, 926 (1934).
151) WISE, L. E.: Wood chemistry (1946).
152) WISE, L. E. and JAHN, E. C.: Wood chemistry (1952).
153) 全国燃料会館： 木炭・薪その他家庭燃料に関する統計資料, 17 (1957).

Summary

In Japan, a large quantity of charcoal and wood is used for fuel. This study is a fundamental one about wood carbonization and charcoal industry in Japan. The effect of temperature on the properties of charcoal in wood carbonization, the properties of wood (75 species) as fuel and raw material of charcoal, and also the properties of charcoal (323 pieces) were studied.

I. Effect of temperature on properties of charcoal in wood carbonization

Oven-dry test pieces (1×1×7 cm) of "Mizunara" oak (*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*) were carbonized in an electric furnace at 100°C intervals (100°C, …… 1,100°C).

The yields of charcoal, distillate and gas; the shrinkage of test pieces; the properties of the charcoal (specific gravity, ash, carbon, hydrogen and oxygen content; iodine adsorption, adsorption of water vapour, calorific value, reactivity tested by wet oxidation method and crystalline structure); and the volume and composition of gas were observed.

The results are as follows:

1) The yield of charcoal decreased rapidly till 400°C, then attained to 25% at 1,100°C. Almost all the distillate (51%) was produced below 500°C. The yield of gas increased rapidly and attained to 23% at 700°C.

2) The shrinkage of test pieces is the largest in tangential direction, then radial; it is the smallest in longitudinal. Relative volume decreased rapidly till 400°C (49%) and attained to 30% at 1,100°C.

Table 54. Effect of temperature on properties of charcoal in wood carbonization

Temperature (°C)	105	200	300	400	500	600	700	800	900	1,000	1,100
Yield (%)											
Charcoal	100.0	99.2	66.5	34.0	29.5	27.7	25.8	25.6	25.1	25.1	24.7
Distillate	0	0.2	25.9	49.4	51.1	51.3	51.0	50.7	51.5	51.7	51.0
Gas	0	0.6	7.6	16.6	19.4	21.0	23.2	23.7	23.4	23.2	24.3
Shrinkage air-dry basis (%)											
Tangential		5.7	17.1	30.2	33.2	35.6	36.5	38.9	40.0	41.3	41.7
Radial		3.2	8.2	21.1	25.5	25.5	29.8	31.7	32.3	32.1	35.4
Longitudinal		0.4	0.4	10.6	13.1	16.8	19.0	21.0	21.2	22.3	21.5
Relative volume		90.9	75.9	49.3	43.3	40.0	36.4	33.1	32.1	31.0	29.7
Specific gravity of charcoal		0.739	0.609	0.470	0.463	0.474	0.494	0.536	0.538	0.542	0.550
Ultimate analysis of charcoal (%)											
Ash	0.33	—	0.67	0.85	1.08	1.16	1.25	1.26	1.66	1.58	1.42
Carbon	48.86	—	55.79	71.81	80.66	89.12	92.06	93.51	94.39	94.77	96.18
Hydrogen	5.96	—	5.28	3.03	2.92	2.54	1.70	1.19	0.90	0.58	0.53
Iodine adsorption (g/g)	0.280	0.280	0.256	0.087	0.234	0.448	0.433	0.407	0.145	0.023	0.023
Adsorption of water vapour (%)											
dry basis	11.7	9.8	6.5	7.7	7.0	7.0	8.3	9.8	10.7	11.1	12.1
moist basis	10.5	8.9	6.1	7.1	6.5	6.5	7.7	8.9	9.7	10.0	10.8
Calorific value, (cal)											
dry basis (A)	4,630	—	5,390	6,650	7,510	8,010	7,890	7,770	7,600	7,640	7,630
Calorific value of charcoals produced from 1 g of wood (B)	4,630	—	3,580	2,260	2,220	2,220	2,040	1,990	1,910	1,920	1,880
Ratio, $\frac{B}{A}\times 100$ (%)	100	—	77	49	48	48	44	43	41	41	41
Wet oxidation (%)											
dry basis	39.0	—	31.1	9.5	10.7	9.2	13.7	19.0	25.1	22.5	28.4
based on carbon in sample	79.8	—	55.7	13.2	13.3	10.3	14.9	20.3	26.6	23.7	29.5
X-ray examination (Å)											
Spacing of plane (002)	—	—	—	3.72	3.72	3.72	3.67	3.67	3.60	3.63	3.60
Dimension of crystallite L_c	—	—	—	7.8	7.6	8.1	7.9	8.3	8.0	8.7	8.3
L_a	—	—	—	—	—	14.4	23.8	26.5	26.7	32.3	30.7
Volume of gas (cc/4.27 g)		14	209	226	100	99	120	87	64	55	48
accumulated		14	223	449	549	648	768	855	919	974	1022
Composition of gas (vol. %)											
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	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

3) Specific gravity showed the minimum value at 500°～600°C.

4) Carbon content increased rapidly till 600°C (89%) and attained to 90% at 1,100°C. Hydrogen content attained to 0.53% at 1,100°C.

5) Iodine absorptive capacity was low at 400°C, high at 600°～800°C and the lowest at 1,000°～1,100°C.

6) Oak sawdust adsorbed 11.7% of water vapour on the basis of oven-dry sample; the adsorptivity decreased with the increment of carbonization temperature, the charcoal carbonized at 300°C adsorbed only 6.5% which was the minimum value. The charcoal at 400°C adsorbed 7.7% which was ca. 1% higher than the adsorption at 300°C, but the charcoal at 500°C and 600°C adsorbed 7.0%; then the adsorptivity increased to 12.1% at 1,100°C with the increase of carbonization temperature.

These charcoal samples were divided into three groups according to the manner of adsorption.

a: Oak sawdust heated at 105°C and 200°C.……These materials showed maximum adsorptivity during 0.5～1.5 hours from the beginning of adsorption.

b: Charcoals carbonized at 300°～700°C.……These charcoals showed maximum adsorptivity during 0～0.5 hour.

c: Charcoals carbonized at 800～1,100°C.……These charcoals showed maximum adsorptivity during 0.5～1.5 hours, which was similar to "a" group.

7) Calorific value of oak wood was 4,630 calories; the value increased with the increment of carbonization-temperature; the charcoal carbonized at 600°C showed the maximum value, 8010 calories. Then, the value decreased gradually until the charcoal carbonized at 1,100°C showed 7,630 calories.

8) Wet oxidation using potassium dichromate–phosphoric acid mixture was carried out on these charcoals. In the wet oxidation of oak sawdust, the ratio of carbon calculated from carbon dioxide to sample was 37%.

The ratio decreased with the increment of temperature, the charcoal carbonized at 400°～600°C gave only 10%. Then, the ratio increased to 28.4% at 1,100°C with the increment of temperature.

These charcoals were divided into three groups according to the manner of oxidation.

a: Oak sawdust dried at 105°C and charcoal carbonized at 300°C.……A large amount of carbon dioxide was produced during the first 30 minutes, then the production decreased rapidly.

b: Charcoals carbonized at 400°～700°C……The ratio was 1% during the first 30 minutes, then the CO_2 gas increased gradually.

c: Charcoals carbonized at 800°～1,100°C……The ratio was 2～3% during the first 30 minutes and the maximum generation of CO_2 lay in the second or third 30 minutes. The ratio of charcoal carbonized at 600°C was 10%; the charcoal showed maximum resistance to the oxidizing liquor.

9) By X-ray examination of the structure of these charcoals, the spacings of planes and dimensions of crystallites were determined.

As for the spacings of the planes, the value of (002) decreased slightly from 3.72 to 3.60 Å on heating up to 1,100°C. The height of crystallite (L_c) hardly changed, while the width (L_a) increased gradually from 14 to 32 Å with the increment of carbonization temperature.

10) A considerably large amount of gas (44% of total gas) was produced below 400°C and one low peak was seen at 700°C again.

Most of the gas was CO_2 and CO below 600°C, then H_2. The compositon of all gas was as follows; CO_2 and H_2 30% respectively, CO 26%, CH_4 13% and C_mH_n only 1%.

II. Properties of wood as the raw material of charcoal and the fuel

1) Specific gravities of almost all wood samples gathered from all parts of Hokkaido were determined. The average values were as follows:

Softwoods	(12 species)	0.42
Hardwoods	(59 species)	0.55
Climbing plants	(4 species)	0.45

2) Calorific values of the samples were as follows:

		Average	Maximum	Minimum	(cal)
Softwoods	(12 species)	4,960	5,270	4,820	
Hardwoods	(59 species)	4,730	4,970	4,610	
Climbing plants	(4 species)	4,850	5,030	4,740	

Calorific value of softwood was higher than that of hardwood.

3) Chemical composition of the samples was determined. The difference between softwood and hardwood was found in 1 per cent NaOH extractives, pentosan,

Table 55. Chemical composition of samples of Hokkaido wood (%).

	Softwood (12 species)	Hardwood (59 species)	Climbing plant (4 species)
Ash	0.31	0.51	0.87
Solubility in			
Alcohol-benzene	4.1	2.9	4.4
Cold water	3.0	3.1	6.2
Hot water	5.0	5.2	9.4
1% NaOH	16.1	21.8	28.8
Total pentosan	12.8	22.6	25.1
Methyl-pentosan	4.0	1.2	3.8
CROSS and BEVAN cellulose	55.5	57.9	49.0
α-cellulose	38.9	42.7	32.5
Holocellulose	70.6	79.1	67.9
Lignin	28.7	21.1	26.1

holocellulose and lignin. The differences between hardwood and climbing plant were seen in cold water, hot water and 1 per cent NaOH extractives, cellulose, holocellulose and lignin.

4) The wood which contains more alcohol-benzene extractives and lignin, shows higher calorific value.

III. Properties of charcoals in Japan

1) The size of oven, and the times for charcoal making are summarized in Table 56.

The oven size in Hokkaido was larger than that in Honshû, Shikoku and Kyûshû. Therefore, the yield was considerably high.

2) Properties of charcoals are summarized in Table 57.

Difference between shirozumi charcoal and kurozumi charcoal was seen in hardness, degree of refining, specific gravity, moisture, volatile matter, carbon, hydrogen, oxygen, calorific value and iodine adsorption.

Difference between kurozumi charcoal in Honshû, Shikoku and Kyûshû and that in Hokkaido was seen in annual ring density, degree of refining, specific gravity and volatile matter. By means of X-ray examination, it was observed that the height of crystallite (L_c) increases slowly, while the width (L_a) increases with the progress of carbonization.

3) Relationship between certain properties.

Degree of refining, volatile matter, hydrogen and oxygen decrease; moisture and calorific value increase with the increment of carbon in charcoal. However, there is a

Table 56. The size of oven, and the times for charcoal making

	Shirozumi charcoal	Kurozumi charcoal in Honshû, Shikoku and Kyûshû	Kurozumi charcoal in Hokkaido
Number of ovens	18	21	23
Worker			
Age	41	39	44
Years experienced	17	15	14
Size of oven (m)			
Length	2.42	3.36	4.66
Width	2.04	2.61	3.68
Height of wall	1.47	0.93	1.26
Height of ceiling	0.50	0.38	0.47
Yield (bag-15kg)	25	36	112
Time for (hr)			
Buring at inlet	39	45	29
Carbonization	59	79	102
Refining	14	8	12
Total	112	132	143
Time for packing (hr/bag)	0.8	0.65	0.6

gap between shirozumi charcoal and kurozumi charcoal in calorific value and hydrogen content.

In kurozumi charcoal, more iodine is adsorbed with the increment of carbon, however, in shirozumi charcoal, less iodine is adsorbed. A remarkable gap is seen between kurozumi charcoal and shirozumi charcoal.

Table 57. Properties of charcoals in Japan

		Shirozumi charcoal	Kurozumi charcoal in Honshû, Shikoku and Kyûshû	Kurozumi charcoal in Hokkaido
Number of samples		67	114	142
Annual ring density		8.8	8.9	10.0
Hardness		11	7	7
Degree of refining		1	5	4
Specific gravity		0.70	0.56	0.50
Industrial analysis	(%)			
Moisture		10.01	7.18	7.64
Volatile matter		4.50	8.48	7.12
Fixed carbon		83.63	82.67	84.04
Ultimate analysis	(%)			
Ash		2.07	1.80	1.30
Carbon		93.46	89.48	90.07
Hydrogen		1.03	2.56	2.48
Oxygen		3.44	6.16	6.15
Calorific value	(cal)			
moist basis		6,990	7,490	7,460
dry basis		7,770	8,070	8,070
Iodine adsorption	(g/g)	0.079	0.195	0.216