

## 農林業用木炭の利用開発

野外における木炭施用土じょう中のCO<sub>2</sub>変化について雲 林 院 源 治<sup>(1)</sup>・杉 浦 銀 治<sup>(2)</sup>Genji UNRININ and Ginji SUGIURA : Studies on Utilization of  
Charcoal for Agriculture and Forestry  
Behavior of carbon dioxide in the soil treated with charcoal

**要 旨**：林地および工場からの残廃材利用を目的としてそれらの残廃材からつくられた木炭は、一般に炭質が不均一で、しかも灰分が多く日常の用途に用いるには適当ではない。しかしながら木炭を農林業用として土じょうに施用する場合は、大量使用が望め、また、土じょうの物理的、化学的性質の変化および微生物に対する環境調整が考えられる。しかし、これらの木炭が土じょうにあたる影響を明らかにすることは容易ではない。そこでこの研究では、木炭施用と苗木生育との関係を現象的にとらえる目的で、まず手はじめに土質の異なる苗畑、造林地に木炭を施用した場合の土じょう中のCO<sub>2</sub>量の変化と苗木生長の関係を調べた。CO<sub>2</sub>の測定にあたっては、精度よりも野外で簡便に使用でき、比較指標を得ることを考え、検知管真空法を使用した。

過去6年間にわたり、5県に試験地を設け、それぞれ林業用苗木の養苗と養成に木炭を土じょう中に層状、混合あるいは、苗木の周囲に施用する試験を行なった。その結果、野外でのCO<sub>2</sub>測定に対し検知管真空法の実用性が認められた。木炭施用区は対照区に比べCO<sub>2</sub>の発生が多く、これを炭種別にみれば、畜産悪臭の消臭済炭、活性炭、ゴム樹木炭が多く、ついで、樹皮炭、鋸屑炭の順であった。また木炭施用区は一般に樹高、根元径の生長が大きく、樹勢もよい。播種床における結果でも生産本数が多く、また優良苗が多かった。したがって、土じょう中の木炭は育苗時の苗木生長に適した環境を作る効果をもつものと考えられ、とくに重粘土じょうのように構造が密で、苗木生長に対する理学的性質が不良な土じょうに施用して効果があるように思われた。

## I は し が き

本研究は、木材生産の過程で問題となる林地残材、間伐材、さらには工場廃材などを炭化して利用することにより、未利用木材資源の有効利用をはかろうとしたものである。林地残材を炭化するには、最も簡便で移動できる炭がまを、また、工場廃材に対しては林試式角形ブロックがま、平炉などを用い製炭した。これらの木炭と、畜産悪臭消臭防除<sup>6)</sup>(たとえば鶏ふん乾燥時の悪臭を、炭と木酢液の消臭槽に通気する消臭法)に使用した木炭を苗畑などの土じょうに施用した場合、地温の上昇、水分の保持、pHの調整、生長阻害物質の吸着、養分の流亡防止など、物理的、化学的变化と、土じょう動物、微生物環境の調整の可能性が考えられる。

わが国の林地は農地と違い、土じょう構造や構成が異なり耕作などによる人為的な均一性も少ない。特に重粘土質の理学的性の悪い土じょうにあっては、積極的に改良を行なうことが望ましい。古くから木炭を土じょうの改良に用いた例として、焼畑農業、モミガラ燻炭などの利用がある。また、林地では炭がま跡地のスギが生長のよいことも経験的には知られている。このような効果については木炭の内部表面積が大きく吸着性が大きいこと、また、Ca, K, Al, Mg, Fe など無機成分や微量成分を2~8%程度含有し



Photo. 北川式検知器によるCO<sub>2</sub>の測定  
Gas detector tube method in measuring carbon dioxide.

ていることが影響するものと推定されるものの、土じょうの性質や苗木の生育に関与する因子は複雑で、ほとんど解明されていないと考えてよい。

そこで、これを知る一つの方法として、CO<sub>2</sub>量を測定することによって根の呼吸、土じょう中の有機物の量、土じょう動物や微生物活動などを含む総合的な情報が得られるものと考え、筆者らは木炭を施用した土じょう中の空気組成を質量分析計で測ってみた。その結果、木炭施用区のCO<sub>2</sub>濃度は、明らかに対照区より高いことが認められた。そこで野外においても容易にCO<sub>2</sub>を測定できる手段として、今回はじめて、検知管真空法をとりあげて検討した。この計器は軽量、小型で、構造が簡単、操作も容易で、測定所要時間は短く、経費も僅かで、野外での測定に好適であることを知った<sup>7)</sup>。(写真参照)

この方法で昭和48年3月より6年間CO<sub>2</sub>の測定をおこなってきたが、その結果、無機質土じょうではCO<sub>2</sub>濃度が低く、一方有機質の多い苗畑では明らかにCO<sub>2</sub>が多いことが

わかった。そこで、木炭が持つ多くの特性を活用することを考え、各種の木炭を土じょうと混合、層状、あるいは周囲に施用する場合の、土じょう中のCO<sub>2</sub>量の変化を測定し、あわせて植栽苗木の生長を観察することにした。

したがってこの報告は、それらの測定結果を明らかにすることが、未利用資源の量的使用の可能性に結びつくものと考え予備資料を提供しようとしたものである。

この研究と調査にあたり、ご助言をうけた林業試験場 古谷 剛林産化学部長、元教育大学教授 岸本定吉博士、元林産化学部第3科長 香山 彊博士(現北海道大学教授)、同 岩下 睦博士(現第1科長)、当研究室 遠藤正男技官、林業試験場赤沼試験地 山路木曾男主任、同 富岡甲子次技官、千葉営林署愛宕山苗畑 椎津和夫主任、千葉県南部林業事務所 川名 進元保安林課長、同 尾形仁一現保安林課長、岡崎営林署二川緑化苗畑 幅上満雄主任、中津川営林署 加藤銈市元署長、同 石川直彦元造林係長、神奈川県相模湖町若柳 榎本精司氏、小川太治氏、分析および試験木炭の提供をご協力いただいた日本酸素分析センター 原田 光所長、矢田 孝氏、大平洋金属株式会社 大岩 泰博士、伴 義雄氏、日本JES コール株式会社 加藤正義研究部長らの多くの方々に厚くお礼を申上げる。

## II 試験地と実験項目

この実験をおこなった各県の試験地(Fig. 1)と実験項目は次のとおりである。

### 1. 埼 玉 県

#### 1-1. 試 験 地

林業試験場赤沼試験地\*

\* 比企郡鳩山村赤沼112

関東ローム台地で海拔 80 m，基礎は第 3 紀層の上部に洪積世といわれる水成堆積物層がおおっており，粘土分が多く，孔隙率が小さい堅密な埴質じょう土で，この地域の森林土じょうは Bb, Bc 型からなっている。平均気温 14.9°C，年間降雨量約 1,400 mm のアカマツ林地帯である。

#### 1-2. 試験項目

1) スギ，ケヤキ育苗における木炭層状施用試験

昭和 48 年 3 月設定

2) スギ育苗における木炭混合，および層状施用試験

昭和 50 年 3 月設定

### 2. 千葉県

#### 2-1. 試験地

1) 千葉営林署愛宕山苗畑事業所\*

愛宕山苗畑は昭和 35 年に開設した平坦な圃場で，土性は砂壤土からなっている。ヒノキを主とする他マツ，スギの育苗生産がおこなわれている。pH 4.5～5.5，海拔 86 m，平均気温 15°C，年間降雨量 1,400 mm である。

2) 千葉県南部林業事業所\*\*

通称東条海岸にはクロマツの海岸砂防林があり，なぎさより約 50 m の砂丘に試験地を設けた。平均気温 16°C，年間降雨量 1,600 mm である。

#### 2-2. 試験項目

1) ヒノキ播種床における木炭層状施用試験

昭和 49 年 3 月設定

2) クロマツ海岸砂防林における木炭の列状周囲施用試験

昭和 49 年 3 月設定

### 3. 愛知県

#### 3-1. 試験地

岡崎営林署二川苗畑事業所\*\*\*

明治 24 年開設の苗畑で，土性は洪積層に属し，砂質埴土で透水性，通気性など理学的性質が極めて悪く，雨水の透水性不良で，夏期は旱拔になりやすい，海拔 40 m，pH 4.5～5.5，年間平均気温 15°C，年間降雨量 2,000 mm である。

#### 3-2. 試験項目



Fig. 1 試験地位置図  
Testing and measuring field.

\* 君津市愛宕 274

\*\* 鴨川市広場 820

\*\*\* 豊橋市大岩町大穴 1～2

クスノキ、カイヅカイブキ、キョウチクトウなど緑化用苗木育苗における木炭層状施用試験  
昭和49年4月設定

#### 4. 岐 阜 県

##### 4-1. 試 験 地

中津川営林署岩村苗畑事業所\*

明治24年開設の苗畑で、中新世岩村層といわれる花崗岩風化土じょうからなっている。

この地域の森林土じょうはBA、Bb型の乾性型で土性は壤土である。海拔630m、平均気温11.7°C、最高気温34.8°C、最低温度-14.5°C、平均降雨量は2,000mmである。

##### 4-2. 試 験 項 目

ヒノキ、クロマツ、カイヅカイブキ、ドウダン育苗における木炭混合層状施用試験

昭和48年5月設定

#### 5. 神 奈 川 県

##### 5-1. 試 験 地

神奈川県津久井林務事務所管内、民有地\*\*

海拔200mの森林地帯の東面傾斜地で、第3紀小仏層の褐色森林土じょうで、平均気温18.7°C、年間降雨量1,836mmである。

スギ植栽前はクスギ、ナラ林であった。

##### 5-2. 試 験 項 目

スギ造林植栽時における畜産悪臭消臭済木炭の混合施用試験

### III 供試木炭と施用法

供試木炭は、安価で大量にえられる林地、工場廃材を炭化したものでその特性はTable 1 にしめたとおりである。これら木炭は灰分多く、形状が不揃いで品質が劣るため通常の目的には利用しにくく、土じょうの環境調整に使うことにした。一部は畜産悪臭の消臭<sup>6)</sup>に利用したのち施用した。また、東南アジアで日本向けに生産されている木炭の粉炭、低質活性炭もあわせ供試した。その性状もTable 1 にあわせ示した。

施用にあたっては、層状、混合、周囲施用の3種類の方法を適用した。各試験地ごとの施用法をFig. 2~7 に示した。層状施用の場合は1.0(縦)×1.0(横)×0.4(深さ)mの穴を掘り、下に厚さ5~30cmの木炭層をつくり、その上に掘り出した土を埋め戻して苗床とした。混合施用では、前記と同様に穴を掘り土を埋め戻した上層15~30cmに木炭5~20kg/m<sup>2</sup>を平均によく混合して苗床とした。周囲施用は、植栽苗木の周囲を列状30mに5~30cm幅で深さ50cmの溝を掘り木炭300kgを施用した。

\* 恵那郡岩村町富田字大洞1538

\*\* 津久井郡相模湖町若柳 539

Table 1. 実験用木炭の性状  
Characteristics of the charcoals for experiment

炭種 Charcoals applied	産地 Production area	製法 Process	工業分析 (%) Proximate analysis				活性炭分析 Characteristics of activated carbon			
			水分 Moisture	灰分 Ash	揮発分 Volatile matter	固定炭素 Fixed carbon	メチレンブルー吸着 Methylene blue (cc/g)	カラメル吸着 Caramel (cc/g)	Fe (%)	Cl (%)
ゴム樹炭 Rubber tree charcoal	インドネシア Indonesia	レンガがま Brick kiln	5.50	2.30	32.20	60.00				
ゴム樹活性炭 Rubber tree activated charcoal	新潟 NIIGATA	水蒸気賦活炉 Steam activating kiln	8.98	5.05	12.72	73.25	3.0	33.5	0.194	0.136
パームカーネルシユル炭 Parm charcoal	インドネシア Indonesia	平炉 Flat kiln	6.15	5.91	15.36	72.58			0.037	
樹皮炭 Hemlock bark charcoal	静岡 SHIZUOKA	内熱炭化炉 Inner heating kiln	10.07	4.36	11.18	74.39			0.382	
鋸屑炭 (N材) Sawdust (soft wood) charcoal	栃木 TOCHIGI	平炉 Flat kiln	4.00	1.95	27.33	66.72				
活性炭 (N材鋸屑炭) Activated sawdust (soft wood) charcoal	岐阜 GIFU	水蒸気賦活炉 Steam activating kiln	15.00	4.00	10.00	71.00	35.1	40.0	0.05	0.20
活性炭 (N材鋸屑炭) Activated sawdust (soft wood) charcoal	林試製 F. F. P. R. I.	流動賦活炉 Fluid activating kiln	10.00	1.24	8.76	80.00	28.0	90.0		
ザツ木炭 (L材) Low grade (hard wood) charcoal	林試製 F. F. P. R. I.	角型ブロックがま Rectangular block kiln	8.07	2.72	15.00	74.21				
紛じん炭 (廢材) Dust charcoal	愛知 AICHI	廢材ボイラー Waste boiler	5.00	64.40	17.50	13.10				
モミガラ炭 Husk charcoal	秋田 AKITA	流動炉 Fluid kiln	3.00	41.50	21.50	34.00				

Table 1. (つづき) (Continued)

炭種 Charcoals applied	活性炭分析 Characteristics of activated carbon		粒 度 (%) Grain size							精煉度 Degree of refining	供試試験地 Plot
	比電導率 Specific conductivity	pH	100	100~145	145~200	200~250	250~280	280~350	350 mesh		
ゴム樹炭 Rubber tree charcoal			33.6	12.8	5.7	5.3	1.3	1.6	39.7	9	埼玉県 赤沼試験地
ゴム樹活性炭 Rubber tree activated charcoal	130	9.9	5.5	0.9	7.7	5.8	1.8	3.4	74.9	1	埼玉県 赤沼試験地
パームカーネルシェル炭 Palm charcoal			8.6	19.2	7.0	6.6	13.6	2.5	42.5	5	埼玉県 赤沼試験地
樹皮炭 Hemlock bark charcoal			(+4.2) 25.5	(4.2~8) 27.9	(8~16) 16.3	(16~32) 7.0	(-32) 23.3			4	埼玉県 千葉県 愛知県 岐阜県 神奈川県
鋸屑炭 (N材) Sawdust (soft wood) charcoal			(+10) 5.5	(10~40) 15.8	(40~50) 16.2	(50~60) 12.6	(60~80) 14.2	(80~100) 10.3	(-100) 25.4	9	埼玉県 千葉県 神奈川県
活性炭 (N材鋸屑炭) Activated sawdust (soft wood) charcoal	600	8.5	7.5	8.8	5.4	—	—	11.2	67.1	1	千葉県 岐阜県
活性炭 (N材鋸屑炭) Activated sawdust (soft wood) charcoal			15.8	16.1	9.0	—	—	38.0	21.1	1	愛知県 神奈川県
ザツ木炭 (L材) Low grade (hard wood) charcoal										6	愛知県
粉じん炭 (廃材) Dust charcoal										—	愛知県
モミガラ炭 Husk charcoal			(+20) 9.0	(20~40) 30.0	(40~60) 28.0	(60~100) 11.0	(100~200) 17.0	(-200) 5.0		9	神奈川県

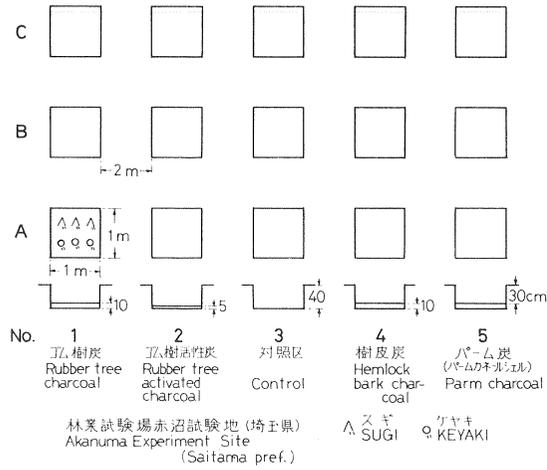


Fig. 2 スギ、ケヤキ育苗木炭層状施用図  
 Layered charcoal applying method in SUGI and KEYAKI nursery practice.

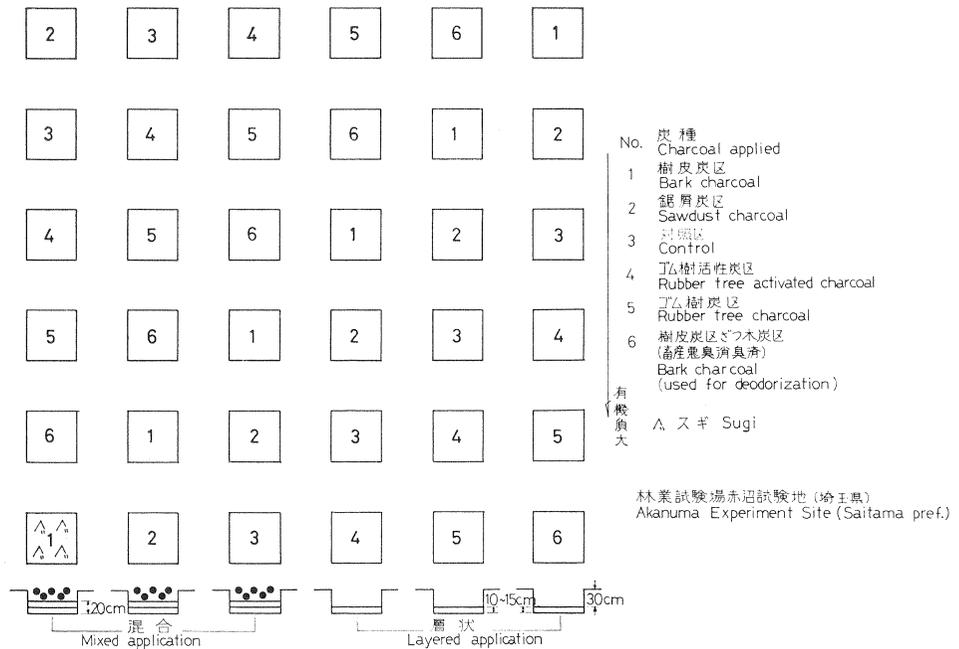


Fig. 3 スギ育苗木炭混合層状施用図  
 Mixed or layered charcoal applying method in SUGI nursery practice.

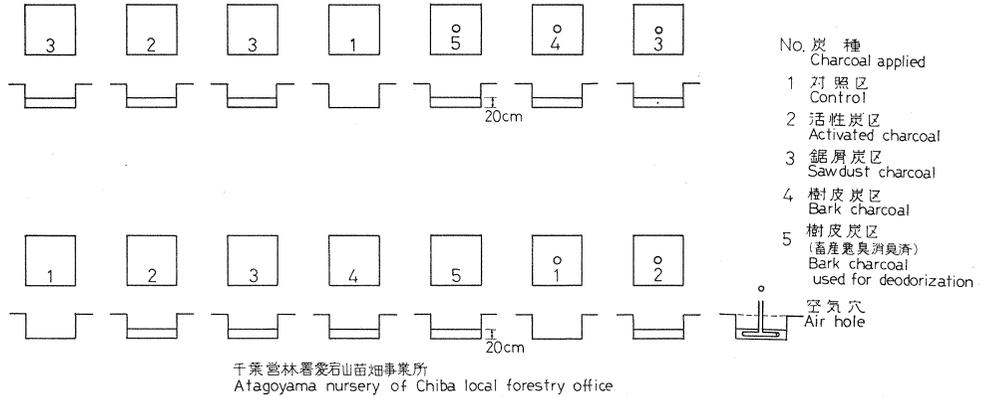


Fig. 4 ヒノキ播種床木炭層状施用図  
Layered charcoal-applying method in HINOKI seed bed.

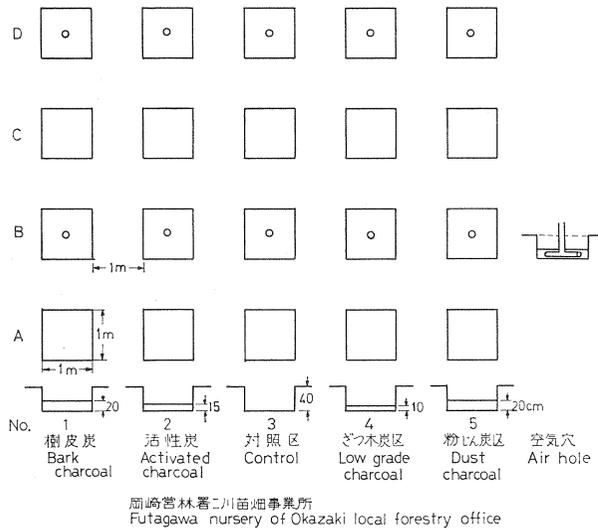


Fig. 5 緑化用苗木育苗木炭施用図  
Experimental seedling field for replanting and charcoal  
applying method.

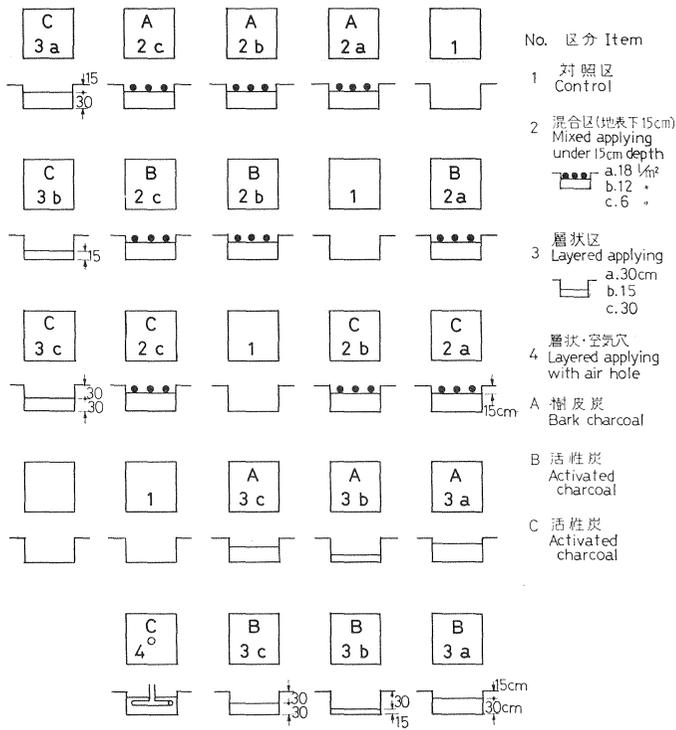


Fig. 6 苗木育苗における木炭混合層状施用図  
Mixed or layered charcoal-applying method in nursery practice.

中津川営林署岩村苗木事業所  
Iwamura nursery of Nakatsugawa local forestry office

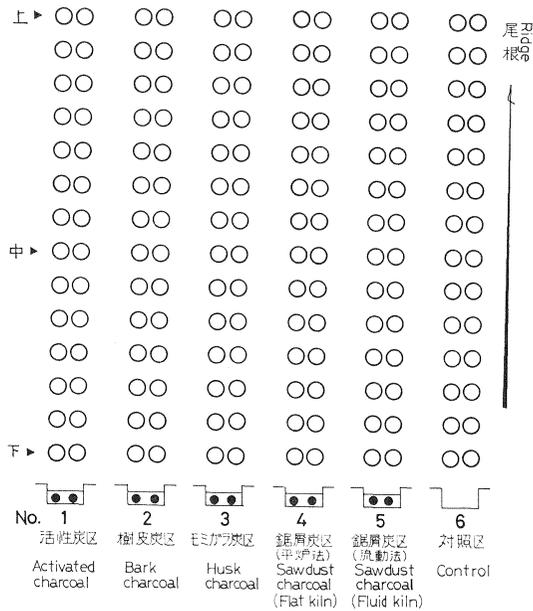


Fig. 7 スギ造林植栽木炭混合施用図  
Mixed charcoal-applying method in SUGI planting.

神奈川県相模湖町若柳(民有地)  
Wakayanagi, sagamiko-choo, of Kanagawa pref. (private earth)

### IV 土じょう中の空気組成と CO<sub>2</sub> 測定法

#### 1. 空気組成測定法

まず土じょう中の空気組成を質量分析計で調べた。土じょう中の空気、ガスを調査するにあたってのサンプリングは次のようにしておこなった。内径 0.2 mm のガラス毛细管を折れないようにアルミ製径 8 mm の外とうで覆い、先端をとがらせたものを採取管とし、これを地表下 30 cm の深さにつきさし、あらかじめ減圧にした 100 ml のパイレックス製の採取ビンと真空ゴム管で接続した。ついでしずかにコックを開き、1 分後にコックをとじ、地中のガスを採取した。このガスについて日立製の RMU-6 E 型質量

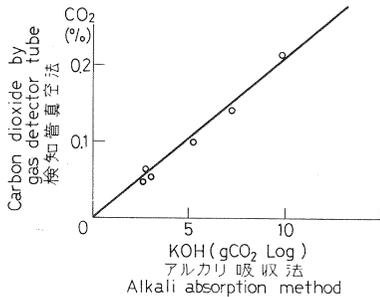


Fig. 8 アルカリ吸収法と検知管真空法の比較 (河原輝彦図)

Relationship between alkali absorption method and gas detector tube method in measuring carbon dioxide.

量分析器で組成を測定した。その結果、Table 2 に示すように土じょう中の空気組成は大気のと異なり、CO<sub>2</sub> が多く、とくに木炭施用区はこの傾向が強いことを知った。また、海岸の砂地においても木炭施用区の方が CO<sub>2</sub> 量が多い事実が認められた。このような事実から、木炭ガスの CO<sub>2</sub> 分析に日頃使用し手馴れており、また、現地試験にも適用しやすい検知管真空法による試験を昭和 48 年 3 月より開始した。

#### 2. CO<sub>2</sub> 検知管真空法

北川式 CO<sub>2</sub> 検知管 A 型 (測定範囲 0.1~2.6%), B 型 (0.05~1.0%) を用い、地下 30 cm の地中ガスを次の方法で採取し、供試した。すなわち、径 6 mm の鉄棒を試験区の中心部、あるいは根元より 30 cm 離れたところに挿入し

Table 2. 土じょう中の空気組成  
Air composition in soil (%)

調査地 Plot	林業試験場赤沼試験地(埼玉県) F.F.P.R.I. AKANUMA Exp. site			千葉営林署愛宕山苗畑 (千葉県) ATAGOYAMA nursery		鴨川海岸(千葉県) KAMOGAWA Beach	
樹種 Species	スギ SUGI			ヒノキ HINOKI		クロマツ KUROMATSU	
炭種 Charcoal applied	対照区 Control	活性炭区 Activated charcoal	樹皮炭区 Bark charcoal	対照区 Control	活性炭区 Activated charcoal	対照区 Control	鋸屑炭区 Sawdust charcoal
空気組成 Air composition	N <sub>2</sub>	78.10	78.00	78.10	78.10	78.20	78.20
	O <sub>2</sub>	20.80	20.90	21.00	20.70	20.40	20.80
	Ar	0.88	0.88	0.91	0.94	0.94	0.93
	CO <sub>2</sub>	0.19	0.22	0.53	0.26	0.51	0.10

備考 Remarks : 試料採取 : 地表下 30 cm の空気 Sampling of air under 30 cm depth.  
採取年月日 Sampling date : 49.11.14 (千葉県下) 49.11.26 (埼玉県下)  
地中温度 (地表下 30 cm) Soil temp. under 30 cm : 7~8°C.  
分析 Measurement.  
質量分析計 Mass spectrometer.

て引抜き、生じた穴に直ちにφ4mmのシリコンゴムの細管を30cmまで挿入し、地上部をかるくおさえ、一方両側をカッターで折除した検知管を検知器に接合し、5分間放置後試料ガス100mlを吸引した。そこで検知管の着色が青紫から淡桃色へかわる変色層を読みとり、さらに温度補正表をつかってCO<sub>2</sub>濃度を求めた。なお、河原<sup>12)</sup>は、検知管法とアルカリ吸収法<sup>1)-5)</sup>との比較実験を行ない。Fig. 8 にしめすように両者のCO<sub>2</sub>量の間に関係があることを認めている。

### V 苗木の生長調査

植栽木の生長調査は、あらかじめ植栽時に打ち込んだ竹杭を基準にして、苗高と根元径について測定した。

### VI 試験結果

結果は各試験地ごとにまとめた。

#### VI-1. 埼玉県

##### スギ、ケヤキ育苗における木炭層状施用試験（林業試験場赤沼試験地）

南方産木炭（ゴム樹、パームカーネルシェル）とヘムロック樹皮炭を試験試料とした。スギは秩父3号を母樹とする同一クローンの挿木、苗高約40cmの2年生苗を選び、1区画3本、ケヤキは当試験地育苗の約1mのものを1区画3本とした。なお植栽は昭和48年3月20日である。スギ、ケヤキ育苗にお

Table 3. スギ、ケヤキ混植育苗木炭層状施用試験，経年CO<sub>2</sub>発生量  
Carbon dioxide generation in SUGI and KEYAKI seed-bed  
treated with layered-applying charcoals

林業試験場赤沼試験地（埼玉県）F. F. P. R. I. AKANUMA Experiment site

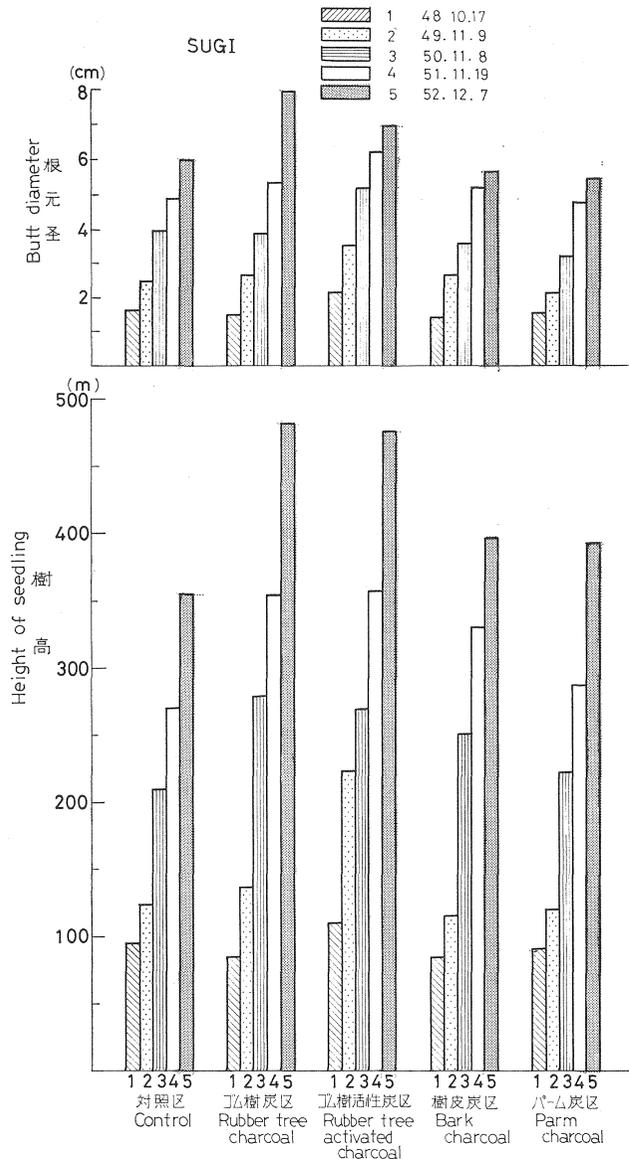
単位 Unit : (%)

測定年月日 Date		49. 9. 4	49.11. 9	50. 9. 4	50.11. 8	51. 6.29	51.11.19	52.12. 7							
天候 Weather		晴 Fine	晴 Fine	晴 Fine	雨 Rain	曇 Cloudy	晴 Fine	晴 Fine							
気温 (T) Air temp.	地温 (H) Soil temp. (°C)	T	H	T	H	T	H	T	H						
			25.0	23.0	7.0	7.0	27.0	24.0	9.0	10.0	21.0	20.0	10.0	10.0	12.5
炭種 Charcoals applied	対照区 Control	0.23		0.07		0.23		0.13		0.60		0.15		0.07	
	ゴム樹炭区 Rubber tree- charcoal	0.43		0.10		0.55		0.25		0.70		0.18		0.14	
	ゴム樹活性炭区 Rubber tree- activated charcoal	0.32		0.15		0.55		0.15		0.58		0.14		0.11	
	樹皮炭区 Bark charcoal	0.48		0.15		0.62		0.16		1.00		0.27		0.90	
	パーム炭区 Parm charcoal	0.32		0.10		0.31		0.13		0.62		0.16		0.11	

備考 Remarks : 天候測定 午後2~3時。Weather measuring at 2~3 P.M.

H : 地表下30cmの地温 Soil temp. under 30cm depth.

注) スギは秩父3号同一クローン2年生挿木苗



林業試験場赤沼試験地 (埼玉県)  
 Akanuma experiment site (Saitama pref.)

Fig. 9 スギ, ケヤキ育苗木炭層状施用による経年生長量  
 Growth of SUGI and KEYAKI seedling in the seed-bed  
 treated with charcoals (layered applying).

る木炭層状施用試験のCO<sub>2</sub>の径年調査結果は、Table 3 に示すようにいずれの場合も対照区に比べ木炭施用区の方が多かった。特に6月の測定値において、CO<sub>2</sub>量が多かったことは高温、多湿による微生物の環境変化によるものと考えられる。以上の結果に対しスギの樹高と根元径からみた生長量をグラフにすると、Fig. 9 に示すようにゴム樹活性炭、ゴム樹炭施用区の生長がよかった<sup>9)11)</sup>。根系の生長<sup>10)11)</sup>についても活性炭区は長く、40 cm の層に根系がみられた。

スギ育苗における木炭混合、層状施用試験

スギは比企13号を母樹とする同一クローンの挿木2年生苗をそろえ、1 m<sup>2</sup> 当り5本を昭和50年3月14日植付した。この試験区は広葉樹林帯が南西側にあり、苗畑の造成地形および位置からも林縁側に有機

Table 4. スギ育苗木炭混合層状試験のCO<sub>2</sub>量  
Carbon dioxide in SUGI nursery treated by the charcoals  
林業試験場赤沼試験地(埼玉県) AKANUMA Experiment site

単位 Unit : (%)

施 用 法 Charcoal application		混 合 区 Mixed			層 状 区 Layered								
測 定 月 日 Date		50.11.15	51.11.19	52.12.6	50.11.5	51.11.19	52.12.6						
天 候 Weather		晴 Fine	晴 Fine	晴 Fine	晴 Fine	晴 Fine	晴 Fine						
気 温 (T) Air temp.	温 度 (H) Soil temp. (°C)	T 14.5	H 12.5	T 12.0	H 7.0	T 12.5	H 7.5	T 14.5	H 12.5	T 12.0	H 7.0	T 12.5	H 7.5
炭 種 Charcoals applied	対 照 区 Control	A	0.15	0.17	0.12	0.24	0.28	0.15					
		B	0.15	0.15	—	0.29	0.34	0.11					
		C	0.56	0.41	0.48	0.34	0.57	0.57					
	樹 皮 炭 区 Bark charcoal	A	0.29	0.34	0.17	0.22	0.18	0.15					
		B	0.37	0.16	—	0.24	—	—					
		C	0.45	0.53	0.16	0.40	0.38	0.23					
	ゴ ム 樹 活 性 炭 区 Rubber tree- activated charcoal	A	0.27	0.26	—	0.66	0.40	0.20					
		B	0.44	0.24	0.18	0.60	0.65	—					
		C	0.33	0.25	0.25	0.62	0.58	0.32					
	鋸 屑 炭 区 Sawdust (soft wood) charcoal	A	0.17	0.16	0.18	0.13	0.13	0.15					
		B	0.36	0.34	0.25	0.17	0.19	0.15					
		C	0.57	0.46	—	0.24	0.17	0.18					
	ゴ ム 樹 炭 区 Rubber tree- charcoal	A	0.19	0.21	0.13	0.39	0.19	0.15					
		B	0.18	0.19	0.15	0.24	0.20	0.13					
		C	0.24	0.38	—	0.29	0.45	0.25					
	畜 産 消 臭 済 樹 皮 炭 区 Bark charcoal used for deodorization	A	0.21	0.31	0.17	0.32	0.13	0.11					
		B	0.26	0.42	—	0.25	0.23	0.20					
		C	0.28	—	—	0.24	0.45	0.30					

備考 Remarks : H : 地中 30 cm の地温 Soil temp. under 30 cm depth.

Organic matter content

A 有機質少ない Low, B やや多い Medium, C 多い High.

注) スギ : 比企13号同一クローンの2年生挿木苗 40~50 cm.

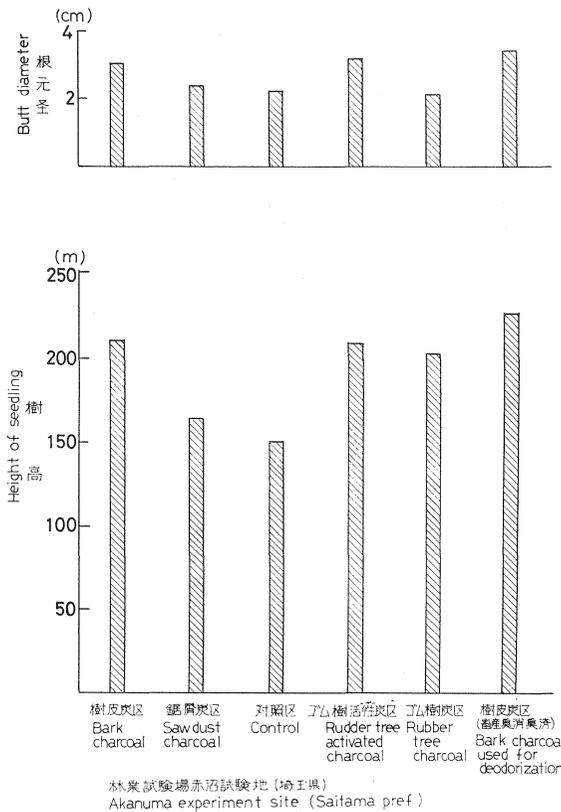


Fig. 10 スギ育苗木炭混合施用による生長量 (52.12.6 調査)  
Growth of SUGI seedling in the seed-bed treated with charcoals (mixed appling).

質が多かった。したがってこの苗畑は、Table 4 からわかるように試験開始時ですでにやや高いCO<sub>2</sub>発生量が認められた。

炭種別のCO<sub>2</sub>発生量は、ゴム樹活性炭区が多かった。また、混合施用と層状施用のCO<sub>2</sub>発生量を比較すると、混合区の方が少ない傾向を示した (Table 4)。

一方スギ生長量については、昭和52年調査では混合施用区では Fig. 10 に示すように畜産悪臭消臭済樹皮炭区の生長がもっともよく、以下ゴム樹活性炭、ゴム樹炭区、樹皮炭区の順であった。一方層状施用区ではゴム樹活性炭区が最も良く生長した。この施用区でも前記のように有機質の多い苗畑での対照区は生長もよかった。

## VI-2. 千葉県

### ヒノキ播種床木炭層状施用試験 (千葉営林署愛宕山苗畑)

種子は笠間営林署産を使用した。農業用活性炭、樹皮炭など10~20cm層状に施用したものと、土じょう中のガスを抜くために、Fig. 4, 5 にしめすようにビニール樋と管を応用して木炭層に埋め込んだものをつくり比較した。

この実験結果は、Table 5 からわかるように樹皮炭区、活性炭区が80%以上と最も良い優良苗の得苗率をえた<sup>8)</sup>。また、生産本数では、鋸屑炭区が最も多かった。CO<sub>2</sub>発生量は、畜産悪臭消臭済樹皮炭区で3年間をとおしもっとも多く、次いで活性炭区であった。

Table 5. ヒノキ播種床木炭施用試験 (空気穴なし)  
Charcoal-applied test in HINOKI seed-bed (without air hole)

千葉県営林署愛宕山苗畑事業所

昭和49年4月1日播種 (Seeding) 20g/1m<sup>2</sup>

区分 Items	ヒノキ苗生産 Hinoki seedling production			pH			CO <sub>2</sub> (%)			
	優良苗 Good seedling ratio (%)	不良苗 Bad seedling ratio (%)	1m <sup>2</sup> 当り生産本数 Piece of seedling production per square meter	原炭 Original charcoal	49.11.14	50.12.10	51.11.15	49.11.14	50.12.10	51.11.15
対照区 Control	75.0	25.0	500	—	5.7	5.7	5.7	0.12	0.14	0.30
樹皮炭 Bark charcoal	82.0	18.0	522	8.6	7.5	7.3	6.3	0.18	0.14	0.40
樹皮炭 (畜産悪臭消臭済) 6か月 Bark charcoal used for deodorization	76.9	23.1	549	8.6	8.0	7.7	6.7	0.60	0.23	0.50
鋸屑炭 (soft wood) charcoal Sawdust charcoal	76.6	23.4	955	8.2	6.4	6.4	5.8	0.22	0.19	0.32
活性炭 Activated charcoal	82.4	17.6	727	9.6	7.6	6.4	5.8	0.32	0.17	0.50

注) 圃場管理: 除草6回, 消毒10回, 灌水4回, 日覆5月~11月  
基肥 (m<sup>2</sup> 当り): 硫酸カリ 31g, 鶏ふん 300g, 硫酸 105g, ようりん 90g.

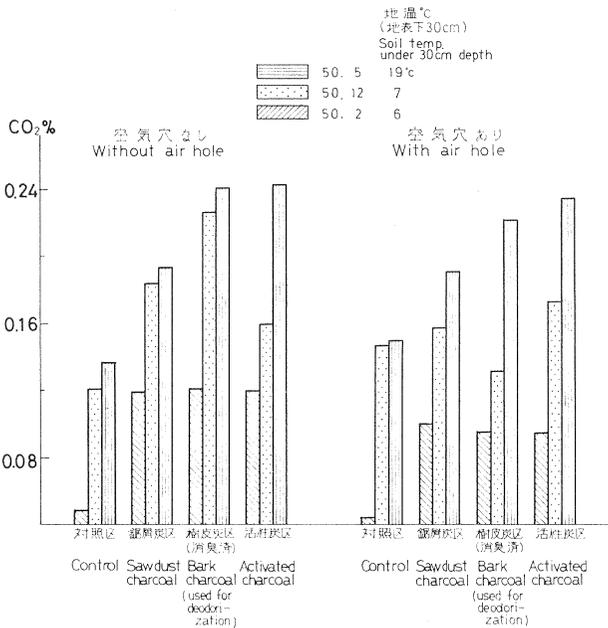


Fig. 11 ヒノキ播種床木炭層状施用によるCO<sub>2</sub>量  
Carbon dioxide in HINOKI seed-bed treated by the charcoals (layered applying).

千葉県営林署愛宕山苗畑 (杉浦工)  
Atagoyama nursery of chiba local forestry office

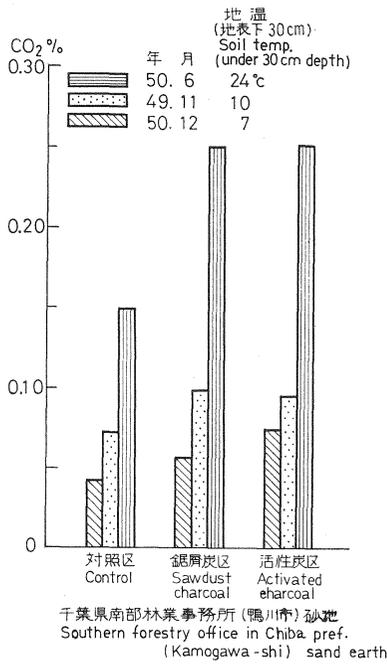


Fig. 12 クロマツ海岸砂防林の木炭周囲施用による CO<sub>2</sub> 量  
Carbon dioxide in KURUMATSU coastal sand-dune treated by the charcoals (surrounded applying).

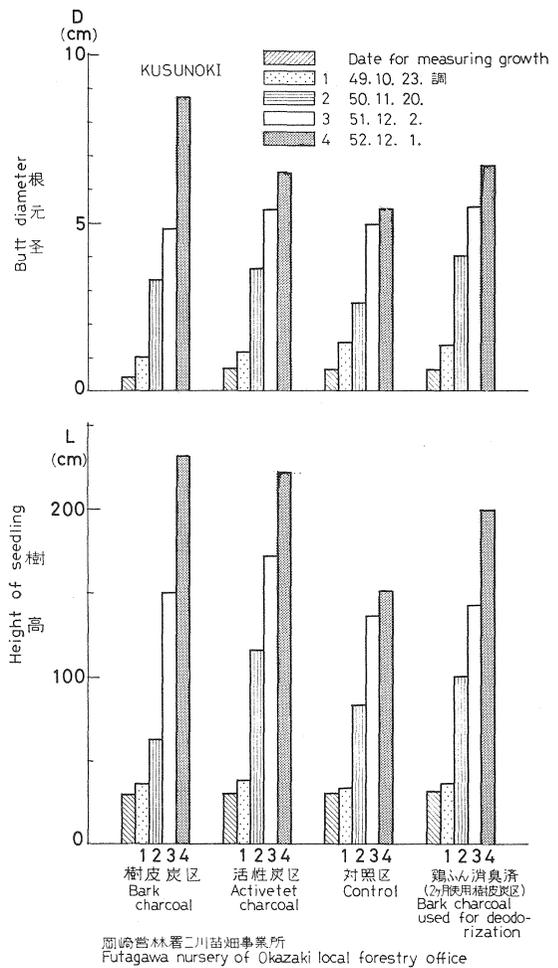


Fig. 13 クスノキの経年生長  
Growth of KUSUNOKI seedling (without air hole).

Table 6. 月別のCO<sub>2</sub>発生量  
Carbon dioxide generation in every month  
岡崎営林署二川苗畑事業所

(%)

測定年月日 Date		51. 1. 29	51. 2. 25	51. 3. 29	51. 4. 28	51. 5. 27
天候 Weather		曇 Cloudy	晴 Fine	曇 Cloudy	晴 Fine	曇 Cloudy
炭種 Charcoals applied	対照区 Control	0.14 (5.1)	0.15 (6.1)	0.28 (9.7)	1.34 (16.2)	2.40 (20.4)
	樹皮炭区 Bark charcoal	0.20 (5.0)	0.27 (6.0)	0.39 (9.5)	1.59 (15.8)	2.60 (20.0)
	活性炭区 Activated charcoal	0.17 (5.0)	0.29 (5.9)	0.30 (10.0)	1.53 (16.0)	2.75 (23.0)
	ザツ木炭区 Low grade charcoal	0.09 (4.9)	0.22 (5.8)	0.40 (10.1)	1.20 (16.2)	2.00 (20.4)
	粉じん炭区 Dust charcoal	0.07 (5.1)	0.08 (5.5)	0.24 (9.0)	0.77 (15.9)	1.30 (20.0)
	赤土(山壁)区 Red soil	0.04 (2.0)	0.04 (2.7)	0.05 (5.6)	0.05 (11.8)	0.07 (20.0)

備考 Remarks : ( ) 内地温地表下 30 cm Soil temp. under 30 cm depth.

苗木樹種 Seedling :

クスノキ KUSUNOKI, キョウチクトウ KYOCHIKUTO, カイツカイブキ KAIZUKAIBUKI.

Table 7. 苗木育苗木炭層状施用試験, 空気穴有無のCO<sub>2</sub>発生量  
Carbon dioxide generation in planting trees seed-bed treated  
with layered-applying charcoals (with or without air hole)

岡崎営林署二川事業所

単位 Unit : (%)

調査年月日 Date		50. 8. 25		50. 11. 20		51. 12. 3		52. 12. 2	
天候 Weather		晴 Fine		晴 Fine		晴 Fine		晴 Fine	
炭種 Charcoals applied	対照区 Control	T	H	T	H	T	H	T	H
		30	26	17	14	10	7	10	8
炭種 Charcoals applied	対照区 Control	1.50	0.90	1.18	0.54	0.42	0.18	0.40	0.18
	樹皮炭区 Bark charcoal	1.90	0.70	1.30	0.70	0.52	0.20	0.65	0.18
	活性炭区 Activated charcoal	2.15	1.21	1.30	0.78	0.68	0.33	0.61	0.41
	ザツ木炭区 Low grade charcoal	1.51	0.57	1.25	0.54	0.47	0.28	0.68	0.16
	粉じん炭区 Dust charcoal	1.00	0.50	0.75	0.48	0.40	0.35	0.60	0.18

備考 Remarks) H : 地表下 30 cm 温度 Soil temp. under 30 cm depth.

上段 Upper : 空気穴なし No air hole, 下段 Lower : 空気穴あり Air hole.

苗木樹種 Seedling :

クスノキ KUSUNOKI, キョウチクトウ KYOCHIKUTO, カイツカイブキ KAIZUKAIBUKI.

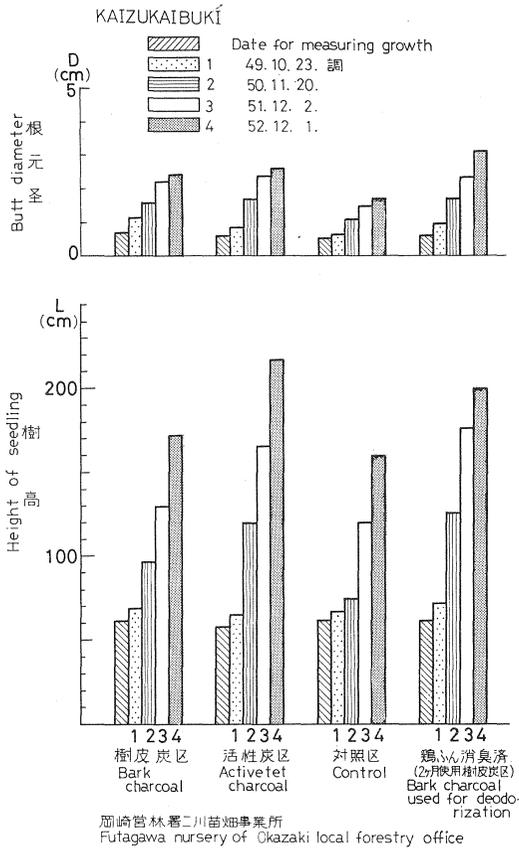


Fig. 14 カイツカイブキの経年生長  
(空気孔なし)  
Growth of KAIZUKAIBUKI seedling  
(without air hole).

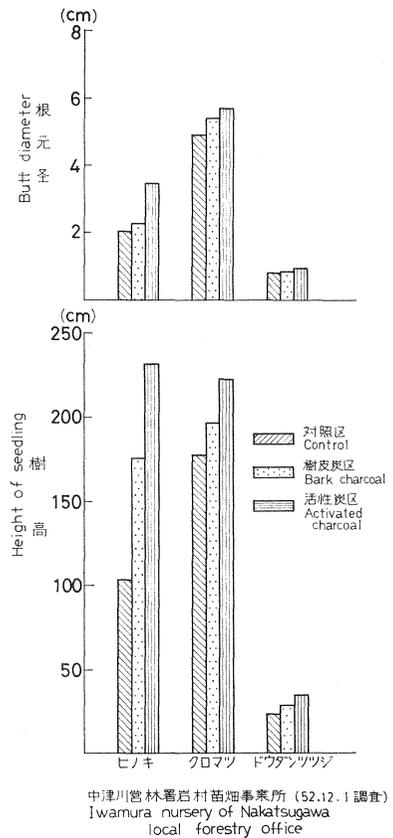


Fig. 15 苗木育苗における木炭層状  
施用の生長量  
Growth of seedling in nursery  
treated with charcoals (layered  
applying).

Table 8. ヒノキ, クロマツ, カイツカイブキ, ドウダン育苗試験  
木炭混合層状施用における CO<sub>2</sub> 発生量  
Carbon dioxide generation in various seed-bed treated with charcoal

中津川営林署岩村苗畑事業所

単位 Unit : (%)

施用法 Charcoal application		混合区 Mixed				層状区 Layered											
測定年月日 Date		50. 8.26	50.11. 8	51.12. 1	52.12. 1	50. 8.25	50.11.18	51.12. 1	52.12. 1								
天候 Weather		晴 Fine		晴 Fine		晴 Fine		晴 Fine									
気温(T) 地温(H) Air temp. Soil temp.		T 33.0 H 24.0	T 12.0 H 6.5	T 10.5 H 6.6	T 9.6 H 6.0	T 33.0 H 24.0	T 12.0 H 6.5	T 10.5 H 6.6	T 9.6 H 6.0								
炭種 Charcoals applied	対照区 Control	0.45		0.29		0.25		0.13		0.41		0.30		0.28		0.22	
	樹皮炭区 Bark charcoal	0.48		0.38		0.18		0.28		1.58		0.80		0.33		0.48	
	活性炭区A Activated charcoal A	0.75		0.55		0.16		0.18		1.03		0.51		0.25		0.16	
	活性炭区B Activated charcoal B	0.80		0.38		0.15		0.38		0.72		0.35		0.18		0.22	

備考 Remarks) H : 地表下 30 cm 温度 Soil temp. under 30 cm depth.  
木炭施用量 Charcoal application : 混合区 (Mixed) 12 l/m<sup>2</sup>.  
層状区 (Layered) m<sup>2</sup> 当り厚さ 15 cm thick/m<sup>2</sup>.

Table 9. 悪臭消臭済木炭混合施用における CO<sub>2</sub> の発生量 (スギ造林地)  
Carbon dioxide generation in SUGI plantation field treated with mixed-applying  
charcoals which has been used for deodorization of poultry farm

神奈川県津久井郡相模湖町岩柳 (民有地)

単位 Unit : (%)

測定年月日 Date		49.12. 6			50. 8.19			51.12.17			52.12. 8		
天候 Weather		晴 Fine			晴 Fine			晴 Fine			晴 Fine		
気温(T) 地温(H) Air temp. Soil temp.		T 5.0	H 6.5		T 35.0	H 24.0		T 6.6	H 6.9		T 9.5	H 7.5	
測定位置 Measuring position		下 L			下 中 上 L M U			下 中 上 L M U			下 中 上 L M U		
炭種 Charcoals applied	対照区 Control	0.05			0.26 0.07 0.10			0.10 0.12 0.10			0.15 0.20 0.12		
	粗製活性炭区 Low grade activated charcoal	0.12			0.52 0.45 0.35			0.12 0.13 0.10			0.20 0.18 0.21		
	樹皮炭区 Bark charcoal	0.20			0.71 0.52 0.20			0.12 — 0.10			0.32 0.14 0.13		
	モミガラ炭区 Husk charcoal	0.12			0.58 0.33 0.41			0.12 0.10 0.10			0.28 0.15 0.15		
	鋸屑炭(平炉)区 Sawdust charcoal (flat kiln)	0.12			0.55 0.45 0.41			0.12 0.10 0.09			0.18 0.11 0.13		

備考 Remarks) H : 地表下 30 cm 温度 Soil temp. under 30 cm depth.  
上 Upper (U) : 尾根 Ridge, 中 Middle (M) : 中腹 Halfway hill, 下 Lower (L) : 麓 Foothill.

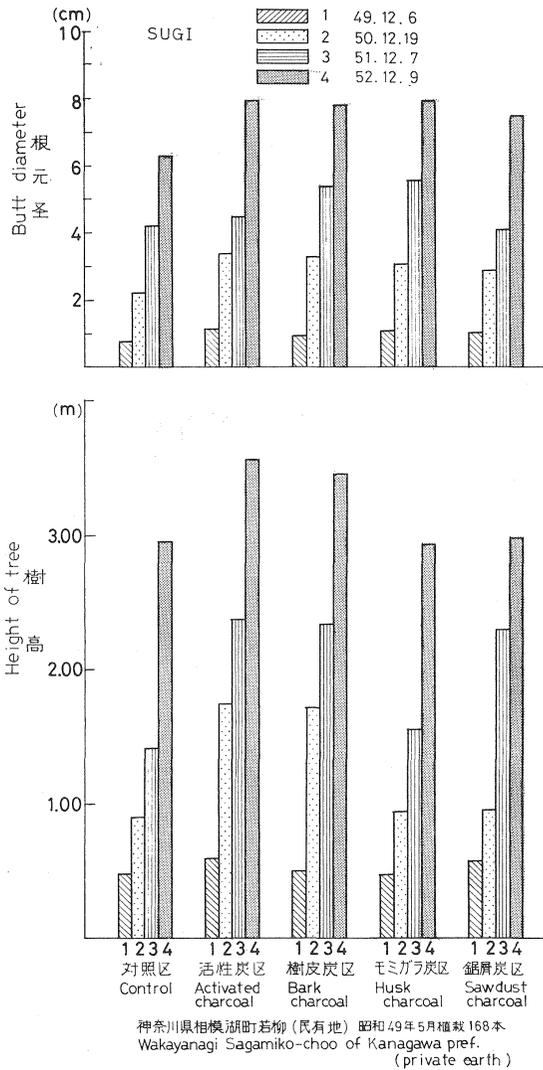


Fig. 16 スギ造林植栽時における混合施用試験の生長量  
Growth of tree in SUGI plantation field treated with mixed applying charcoal.

上記の空気穴を設けた木炭施用区は、換気されるためか Fig. 11 から明らかなように CO<sub>2</sub> 発生量はやや少ない結果をえた。

クロマツ海岸砂防における木炭列状周囲施用試験 (千葉県鴨川市広場 通称東条海岸)

海岸砂防用クロマツは同県八日市場市産の 2 年生マツ苗と マサキを含めた 43 本を用いて生長実験に供した。CO<sub>2</sub> 発生量は砂地でも、Fig. 12 に示すように木炭施用区が多い結果をえた。一般にこの地区での海岸砂防では植栽枯損率は 30% 近いといわれているが、木炭施用区は、はるかに少ない結果をえた。このことについては今後さらに検討を加えたい。

VI-3. 愛 知 県

緑化用苗木育成における木炭層状施用試験 (岡崎営林署二川苗畑事業所)

緑化用苗木の試験には、クスノキ、キョウチクトウ、カイヅカイブキの 3 樹種を 1 m<sup>2</sup> 当り 3 本ずつ計

9本とし、層状施用と空気穴設置を組合せて昭和49年4月に植付をおこなった。51年1月末から5月末までのCO<sub>2</sub>発生量の月別変化を、地温とともにTable 6にしめた。これによると、地温の上昇にともなってCO<sub>2</sub>発生量が増加し、とくに5月頃より発生量が著しく多くなっている。しかし赤土重粘土質で土性が不良のところでは、月別変化の幅が狭く、わずかに400~700 ppmであった。

一方活性炭、樹皮炭区はCO<sub>2</sub>発生量が多くそれぞれ2.75%および2.60%であった。炭種別、空気穴の有無でCO<sub>2</sub>の発生量は、Table 7にしめすように対照区に比べ活性炭、樹皮炭区が多く、また、すべての場合空気穴を設けた方がそれが無いものより濃度が低く両者の間に大きな差があることがわかった。これに対しクスノキ、カイヅカイブキの径年生長率を調べた結果、Fig. 13, 14に示すようにいずれも対照区に比べ生長のよい結果をえた。

#### VI-4. 岐 阜 県

ヒノキ、クロマツ、カイヅカイブキ、ドウダン育苗における木炭混合、層状施用試験（中津川営林署岩村苗畑）

1 m<sup>2</sup> 当りヒノキ10本、クロマツ5本、カイヅカイブキ3本、ドウダンツツジ3本の割合で昭和48年4月植栽し、その後、昭和50年10月ヒノキを6本、クロマツを3本残し間伐した。これら苗木育苗の場合の木炭混合、層状施用試験のCO<sub>2</sub>発生量をTable 8に示した。混合層状区とも対照区に比べCO<sub>2</sub>量が多い傾向をあらわした。生長量の調査ではFig. 15にしめすように活性炭区が最も生長がよくついで樹皮炭区であった。

#### VI-5. 神 奈 川 県

スギ造林植栽時における木炭混合施用試験（津久井郡相模湖町若柳民有地）

畜産悪臭消臭済の各種木炭1kgを直径および深さ40~45cmの1穴の中で土と混合して、その上部約20cmに山つちをもどし植栽した。6つの試験区毎に28本の2年生市販苗約40cmを2列に頂上まで計168本を昭和49年5月に植付した。

結果はTable 9にしめすように山ろくの方がCO<sub>2</sub>発生量が多く、山頂の方が少なかった。また、炭種別では、特に樹皮炭区が多かった。

一方生長量もFig. 16に示すように活性炭区、樹皮炭区が大きい結果をえた。

### VII ま と め

以上の結果から次のようなことが判明した。

1. 野外における土じょう中のCO<sub>2</sub>測定には、検知管真空法は簡便で実用性があると判断された。
2. 育苗、および苗畑試験で、木炭施用区は対照区に比べCO<sub>2</sub>発生量が多く、畜産悪臭消臭済木炭、活性炭、樹皮炭、ゴム樹炭、鋸屑炭、対照区の順に減少した。また海岸砂地での予備的試験の結果、同様に木炭施用区はCO<sub>2</sub>発生量が多かった。
3. 苗木生産、育苗試験の結果は、木炭施用区が対照区より樹高と根元径の生長がよく、樹勢もよかった。
4. 播種床試験において木炭施用区は生産木数と優良苗が多い傾向をしめた。
5. 重粘土じょうのように理学的性質の劣った土じょうでの育苗植栽にあたっては、木炭施用は苗木生長を促進する効果をもつように思われた。

6. したがって本試験の施用範囲内においては、CO<sub>2</sub>発生量が多いところは育苗成績もよい結果が得られたと考えられ、それが木炭施用の効果によるものと考えられた。
7. なお木炭施用が土じょうの性質および微生物にあたる影響と樹木生長の関係については、今後検討を加える必要がある。

#### 文 献

- 1) 安田 環：土肥誌，**43**，6，223～230，(1972)
- 2) 桐田博充・穂積和夫：生理生態誌，**14**，23～31，(1966)
- 3) 千葉喬三・堤 利夫：京大演習林報，**39**，91～99，(1967)
- 4) ———・入江洋四郎・堤 利夫：京大演習林報，**40**，131～139，(1968)
- 5) 桐田博充：日生態会誌，**21**，1・2，37～47，(1971)
- 6) 杉浦銀治・遠藤正男・雲林院源治・殿内正芳・永田信一：木材学会要旨，**25**，189，(1975)
- 7) 雲林院源治・遠藤正男・杉浦銀治：木材学会要旨，**26**，236，(1976)
- 8) ———・———・———・椎津和夫：木材学会要旨，**27**，292，(1977)
- 9) 杉浦銀治・遠藤正男・雲林院源治・山路木曾男：林業技術，**396**，28～31，(1975)
- 10) 山路木曾男・富岡甲子次・杉浦銀治・遠藤正男・雲林院源治：日林関東支講，**29**，51，(1977)
- 11) 杉浦銀治・遠藤正男・雲林院源治・山路木曾男・富岡甲子次：日林関東支講，**29**，50，(1977)
- 12) 農林技会事務局：昭和51年度，都市および都市周辺における樹林地の維持と管理に関する研究，(1977)

**Studies on Utilization of Charcoal for Agriculture and Forestry**  
**Behavior of carbon dioxide in the soil treated with charcoal**

Genji UNRININ<sup>(1)</sup> and Ginji SUGIURA<sup>(2)</sup>

Summary

For the purpose of utilization of forest and mill residue, the charcoal carbonized from the residue, in general, has high content of ash, and further, is not used for high grade purposes. If the charcoal is applied for a soil conditioner, the soil seems to be changed in physical and chemical properties, and also improved in microbial environment.

This study dealt with investigation of influence of the charcoal applied to various soils in nursery or plantation area of forest on carbon dioxide in the soil and growth of seedling. The carbon dioxide in this study was measured by using gas detector tube as a relative index.

A carbon dioxide is generally generated in a soil, but it does not always occur in constant rate. It is formed abundantly after rainfall or cultivation and also changed by weather or time elapsed within a day. The generation of a carbon dioxide seems to be caused by microbial decomposition of an organic matter and respiration of root. Therefore, the environmental behavior in the soil can be seen by measuring of generation of the carbon dioxide in the soil.

In this study, the carbon dioxide in the various soils treated with or without the charcoals have been measured for six years. Consequently, the charcoal-treated soils showed more carbon dioxide production and growth of seedling than those of untreated soil. As there are many problems to be solved, however, further works are needed in detail.

---

Received March 28, 1979

(1) (2) Forest Products Chemistry Division