

2021.3.20(土)
於：福井市

バイオ炭の現状と展望

谷田貝光克

京都議定書 あす本格スタート

京都議定書に基づき、温室効果ガスの排出を削減する約束期間が日本でも1日から本格的に始まる。総排出量の99%近くを占める二酸化炭素(CO₂)などは、4月以降に出した分が日本の排出量として算入される。12年度までの5年間、石油や電

気の使用など日常生活のあらゆる場面で的人為的な排出が、すべて「温室効果ガス6%削減」という国際約束を果たせるかどうかに直結することになる。 3面に関係記事
温室効果ガスの排出削減を求めた京都議定書の約束期間は、国際的に

は08、12年。日本では、削減対象の6種類のガスのうちCO₂、メタン、一酸化二窒素の排出量の計算が年度ごとの統計に基づいたため、これらは4月からのデータを使うことが認められている。代替フロンなど他の3ガスは1月から算入されている。

温暖化意識して暮らす

編集委員

竹内敬二

いまは異常気象が起これば、すぐに「温暖化のせいだろう」と疑う。しかし、20年前、ほとんどの人が「地球温暖化」という言葉を知らなかった。

格的に動き出す。排出削減の活動が定着し、社会を変えていく可能性がある。

電化製品を選ぶときはいつそう省エネ水準を気にするようになるかもしれない。企業活動ではごく自然に「CO₂排出のコスト」が意識されるようになるだろう。社会のあらゆる判断に「温暖化」としてどうなのか」という新しい価値の軸がで

少しずつ使われるようになったのは、88年、科学者をつくる国連の「気候変動に関する政府間パネル」(IPCC)ができてからだ。科学者が描く気温の上昇カーブと将来の危機予測を手がかりに、気候変動枠組み条約と、条約を具体化する京都議定書ができた。

の対応は安全保障などと並ぶ外交の重要事項になりつつある。 こうして成長も競争も地球環境の制約のなかで考えるようになれば、文明の発展は常にエネルギー消費の増加を伴うという産業革命以来の常識が変わる。成長の量ではなく、生活の質を大事にする方向に経済社会構造が向かうかもしれない。

議定書は、大気を世界の公共財と考へ、その将来の安定のためにコストもいとわれないという未来志向の強い国際約束だ。「共通だが差異ある責任」の原則をもとに、まず先進国に行動を求めた。

この議定書の仕組みが日本でも本格的に動き出す。排出削減の活動が定着し、社会を変えていく可能性がある。

時代の節目における日本の役割は何か。日本は先進技術をもつ経済大国で、温暖化への国民の関心がひときわ高い国だ。省エネを進め、いち早く低炭素型の社会モデルを世界に示す素地がある。

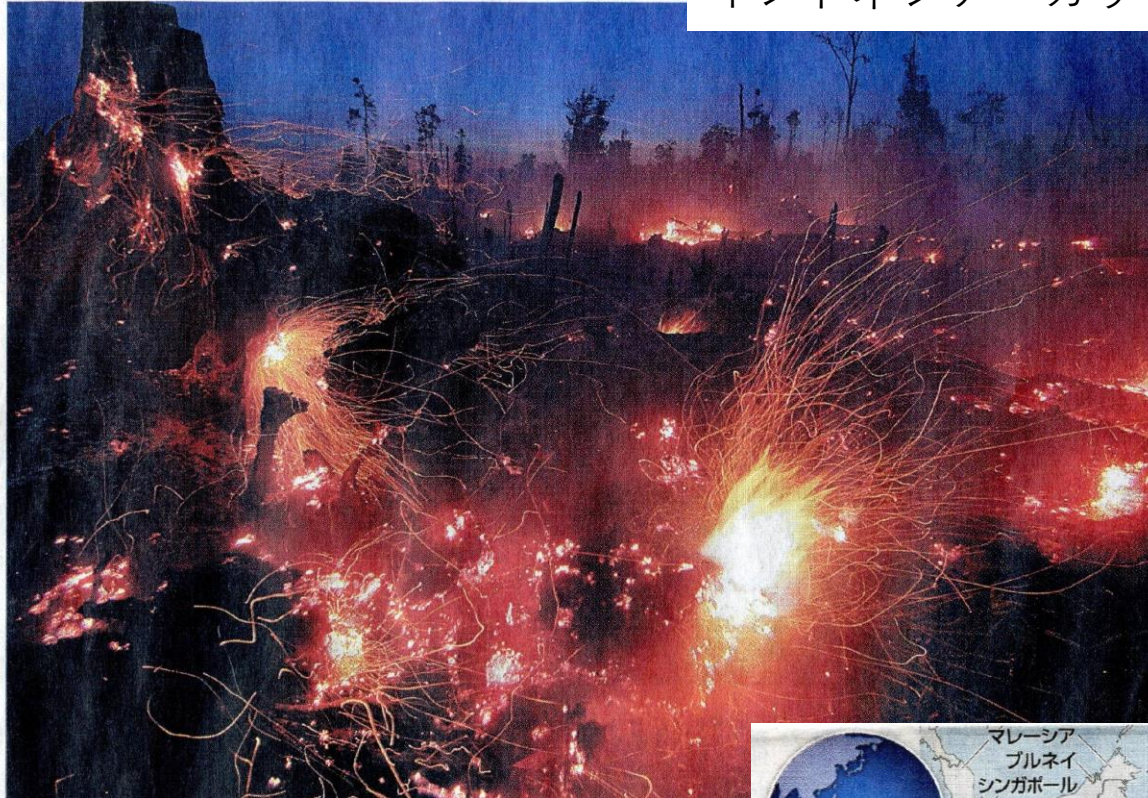
2008~2012

温室効果ガス6%削減

低炭素型社会

CO2排出コストの意識

木々が焼け落ちた後も燃える泥炭地。インドネシア・中部カリマンタン州で小林裕幸撮影。30秒間露光。



泥炭地：
樹木・コケ
など植物の
炭化層

大地燃え 大量CO₂

インドネシア 焼き畑で泥炭火災

地球異変



- ・ 熱帯の泥炭地 湿地の水分で燃えにくい
- ・ 運搬用水路の増設 → 排水と乾燥
- ・ 野焼きの火 → 泥炭地火災



えぐれる大地

泥炭火災で地面が燃え、
根が浮き上がった樹木

朝日新聞2007.10.7



焼け落ちた森で、農民が畑作の準備をしていた。インドネシア・中部カリマンタン州で

日本のCO₂総排出量上回る

インドネシア泥炭地からのCO₂放出量 年平均20億トン

14億トン 火災、 6億トン 微生物分解

日本の排出量 13億トン/年

小規模焼き畑農業 →人工増加・生活の近代化（増収の試み）

→泥炭地への入植

バイオ燃料の需要 →

アブラヤシ（パーム油）プランテーションの拡大

78年25万ha, 05年500万ha

地球温暖化(Global warming)

温室効果ガス (Greenhouse gases) の大気中濃度の増加

原因：化石燃料の燃焼、熱帯林減少など

温室効果ガスの種類

自然に存在するもの

水蒸気(H_2O)、二酸化炭素 (CO_2)
メタン (CH_4)、亜酸化窒素 (N_2O)
オゾン (O_3)

人為的に存在するもの

二酸化炭素、メタン
亜酸化窒素
フロン (Chlorofluorocarbon)

二酸化炭素の温室効果

ジョン・チンダル (John Tyndall 物理学者 イギリス)

1859年

二酸化炭素： 赤外線（熱）を吸収する性質を確認

水蒸気：

チンダル現象

微粒子による光の散乱

光の通路が乳白色に光って見える現象

宮沢賢治　　ガスコーブドリの伝記（1932年、昭和7年）

ブドリ（イーハトーブ火山局の技師）

冷害のために孤児になり、苦学を続けた若者。
火山の活動観測担当。

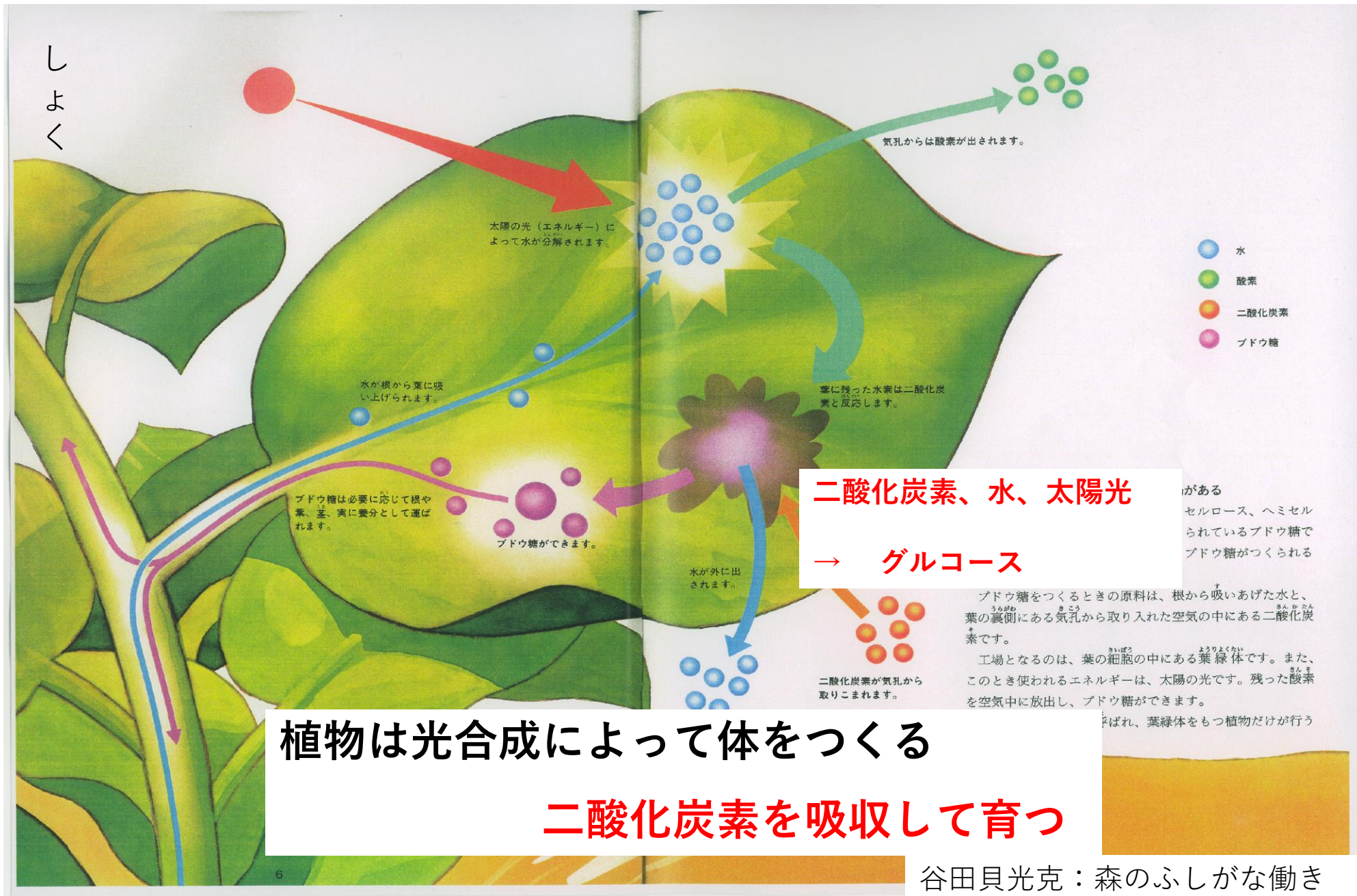
ブドリ「気層の中には炭酸瓦斯がふえてくれば暖かくなるのですか」

恩師「それはなるだろう。地球ができてからいままでの気温は、
大抵空気中の**炭酸瓦斯**の量で決まっていたと言われるくらいだからね」

ブドリは、自分の命を捨てて火山を大噴火させ、
噴出する二酸化炭素で冷害を防いで人々を救った。



カルボナード火山島



し
よ
く

太陽の光（エネルギー）によって水が分解されます。

水が根から葉に吸い上げられます。

ブドウ糖は必要に応じて根や葉、茎、実に変分として運ばれます。

ブドウ糖ができます。

水が外に出されます。

気孔からは酸素が出されます。

葉に残った水素は二酸化炭素と反応します。

- 水
- 酸素
- 二酸化炭素
- ブドウ糖

二酸化炭素、水、太陽光
→ **グルコース**

があるセルロース、ヘミセルラされているブドウ糖でブドウ糖がつくられる

ブドウ糖をつくる時の原料は、根から吸いあげた水と、葉の裏側にある気孔から取り入れた空気の中にある二酸化炭素です。

工場となるのは、葉の細胞の中にある葉緑体です。また、このとき使われるエネルギーは、太陽の光です。残った酸素を空気中に放出し、ブドウ糖ができます。

すばれ、葉緑体をもつ植物だけが行う

植物は光合成によって体をつくる

二酸化炭素を吸収して育つ

谷田貝光克：森のふしがな働き

二酸化炭素： 植物・作物の成長に必要

過度の使用→地球温暖化

→ 自然環境の悪化

ヒトが自然を変える

天災をヒトが作り出すこともある。

天災：暴風・地震・洪水・火山の爆発 など

化石資源に代わる代替エネルギー

自然エネルギー：太陽エネルギー、水力、
風力、波力・潮力、地熱

バイオマスエネルギー：
生物材料（エネルギー作物、木質系材料、
穀物、バイオマス廃棄物など）



アルコール燃料化、メタンガス化、液化、
ガス化、固形燃料化

バイオマス

生態学分野： 生物量・生物現存量

生物資源

「太陽エネルギーを蓄えた様々な生物体の総称」

「エネルギーや工業原料などの資源としてみた生物体」

- ・ 再生産可能資源
- ・ カーボンニュートラル
- ・ 環境調和型資源

生物由来、土に還る、環境汚染少ない

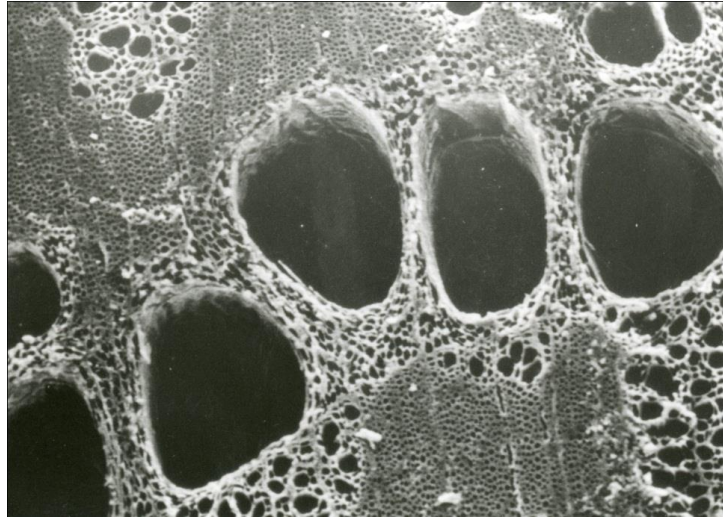
表1 バイオマスの利用率				
	バイオマスの種類	年間発生量	利用率	2025年目標
		(万トン)	(%)	(%)
廃棄物系	家畜排せつ物	8,100	87	90
	下水汚泥	7,800	63	85
	黒液	1,300	100	100
	紙	2,700	81	85
	食品廃棄物	1,700	24	40
	製材工場残材	640	97	97
	建設発生木材	500	94	95
未利用系	農作物非食用部	1,300	32	45
	(すき込みを除く)			
	林地残材	800	9	30%以上

* 出典：バイオマス活用推進基本計画(平28.9) を一部改変

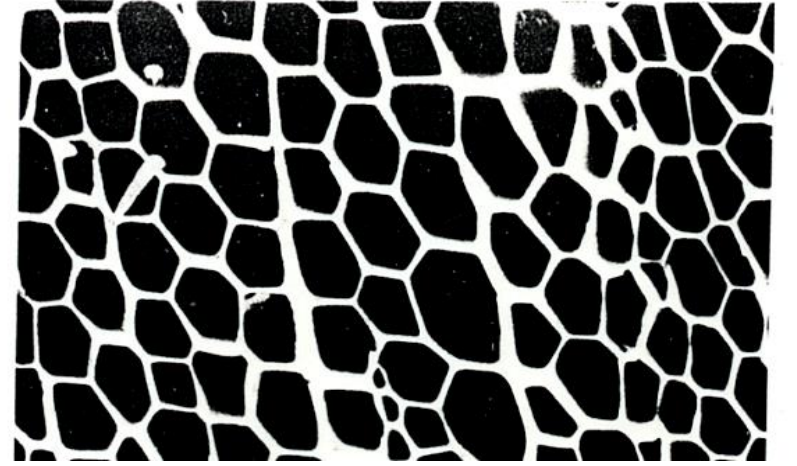
平成28年3月時点の年間発生量、利用率



黒炭



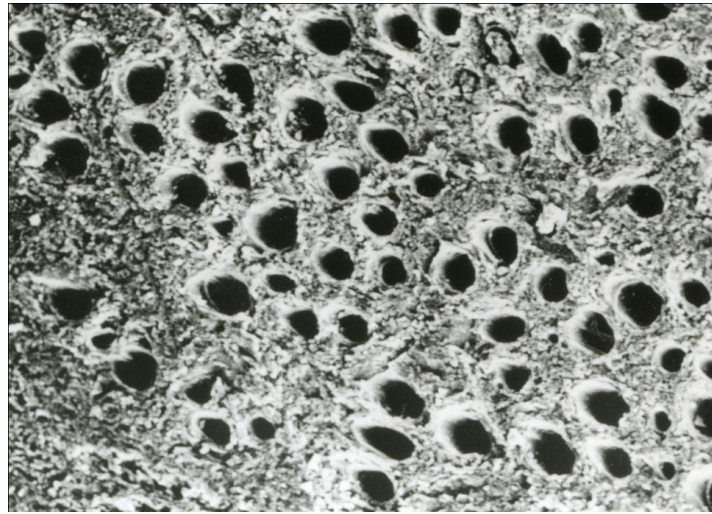
黒炭(ナラ) x100



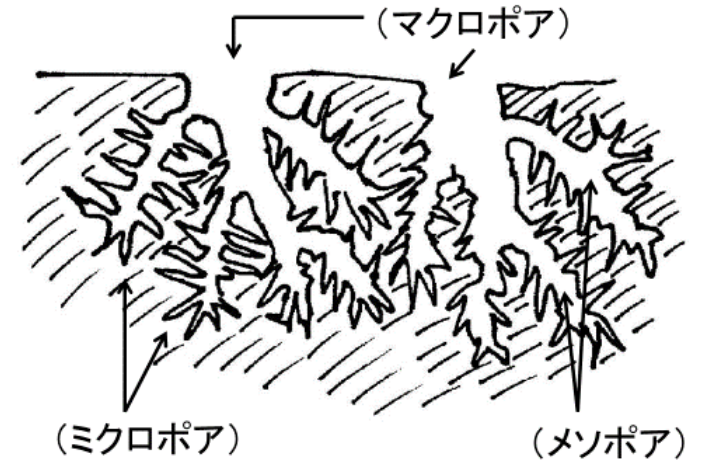
黒炭(スギ)x100



白炭(備長炭)



白炭(備長炭 ウバメガシ)x100倍



木炭の細孔構造の例

木炭の特性

- 多孔性 ミクロポア ($\sim 20 \text{ \AA}$)、メソポア ($20 \sim 1000 \text{ \AA}$)、マクロポア (1000 \AA)
- 大きな表面積
黒炭 $300 \sim 400 \text{ m}^2/\text{g}$
ライター1個分の重さ (15g) の木炭の面積 ($6,000 \text{ m}^2$)
→ テニスコート (ダブルス) の23面分
白炭 $250 \sim 300 \text{ m}^2/\text{g}$
テニスコート (ダブルス) の17面分
- 高い吸着能 radius of pore
- ミネラルを含む K, Mg, Na, Ca など
弱アルカリ性

炭化温度と木炭の組成

炭化温度(°C)	炭素(%)	水素(%)	酸素、窒素および損失(%)
150	47.5	6.1	46.3
260	67.9	5.0	23.5
280	72.6	4.7	22.1
320	73.6	4.8	21.1
340	75.2	4.4	20.0
432	82.0	2.3	14.1
1020	83.3	1.7	13.8
1110	88.1	1.4	9.3
1350	90.8	1.6	6.5
1500	94.6	0.7	3.8
1500以上	96.5	0.6	0.9

炭化温度の上昇 ⇒

- ・炭素含有率 大
- ・炭素以外の元素 小

炭化温度と木炭の物性

炭化温度 (°C)	電気抵抗 (Ω/cm)	容積重	硬度	精煉度
400	5.5×10^8	0.51	<1.0	9
500	5.7×10^5	0.52	1.0	5
600	2.3×10^3	—	3.5	3
700	0.133×10^0	—	5.0	0
800	0.015×10^0	0.59	8.0	0
900	0.023×10^0	0.60	8.0	0
1000	0.017×10^0	0.57	9.5	0
1100	0.012×10^0	0.59	9.5	0

炭化温度の上昇 ⇒

- ・電気抵抗 小
- ・容積重、硬度 大
- ・精煉度 上昇

木炭： 土壌改良資材

昭和61年11月

地力増進法施行令の一部改正

木炭が土壌改良資材として指定

昭和62年6月1日(1987) 施行

黒炭・白炭の保水性・透水性改善率

	黒炭	白炭
保水性改善率	14.6	4.9
透水性改善率	88.9	4.9

木炭粉混入率 5%、使用土壌 鴻巣土壌

(財) 日本肥糧検定協会

「地力増進法の改正」

木炭が土壌改良資材に

昭和61年11月26日地力増進法施行令の一部が改正、土壌改良資材として木炭が政令指定され、昭和62年6月1日施行されました。

土壌改良資材用木炭の特長

- ① 土の水はけを良くし適当に水分を保ちます。
- ② 通気性と肥持ちを良くします。
- ③ 土の酸度 (pH) を整えます。
- ④ 有害ガスを吸着し、植物の生長を助けます。
- ⑤ 微量元素(ミネラル)を補給し植物の生長を良くします。
- ⑥ 植物の生長に役立つ微生物が増えます。
- ⑦ 土の表面温度を上げます。(例えば雪をとかしやすくし、霜柱を防ぐなど)

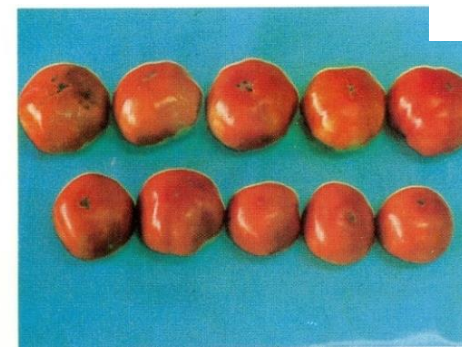
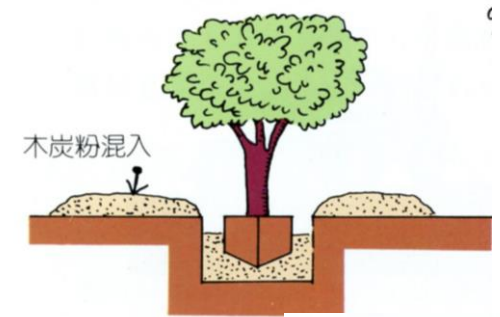
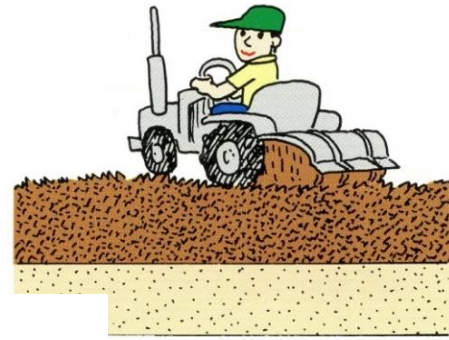
社団法人 全国燃料協会
全国燃料団体連合会
炭 や き の 会

土壤改良資材としての木炭

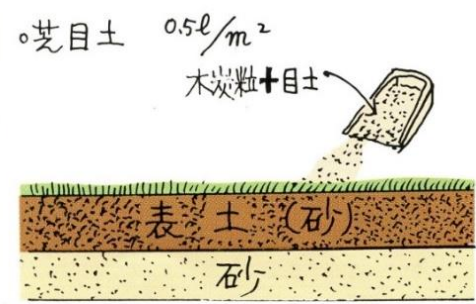
- ・野菜
- ・果樹
- ・園芸樹
- ・芝

ど

な

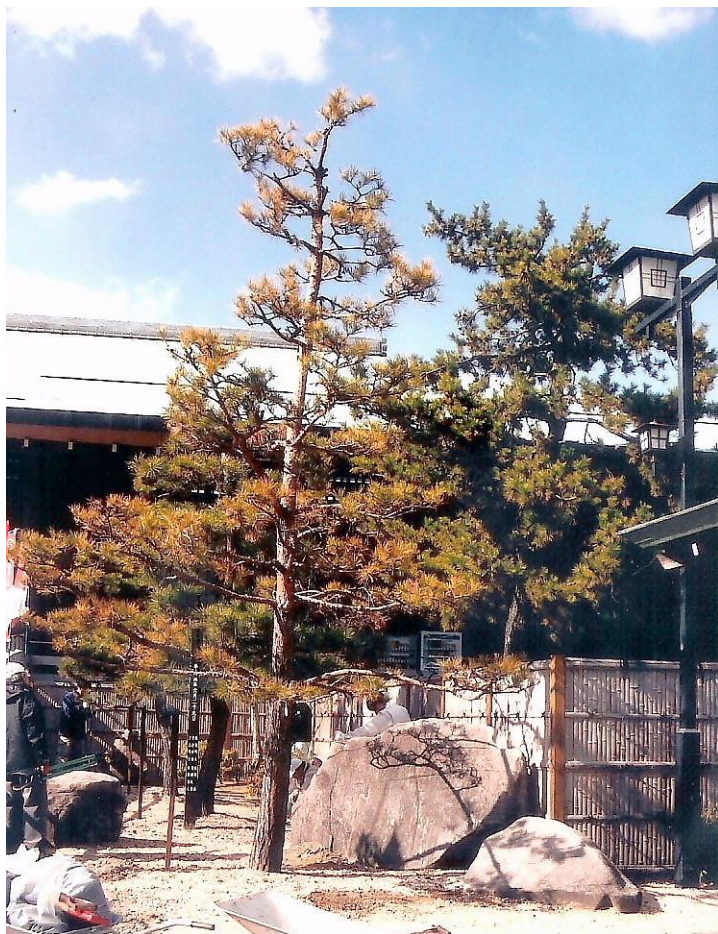


樹木など

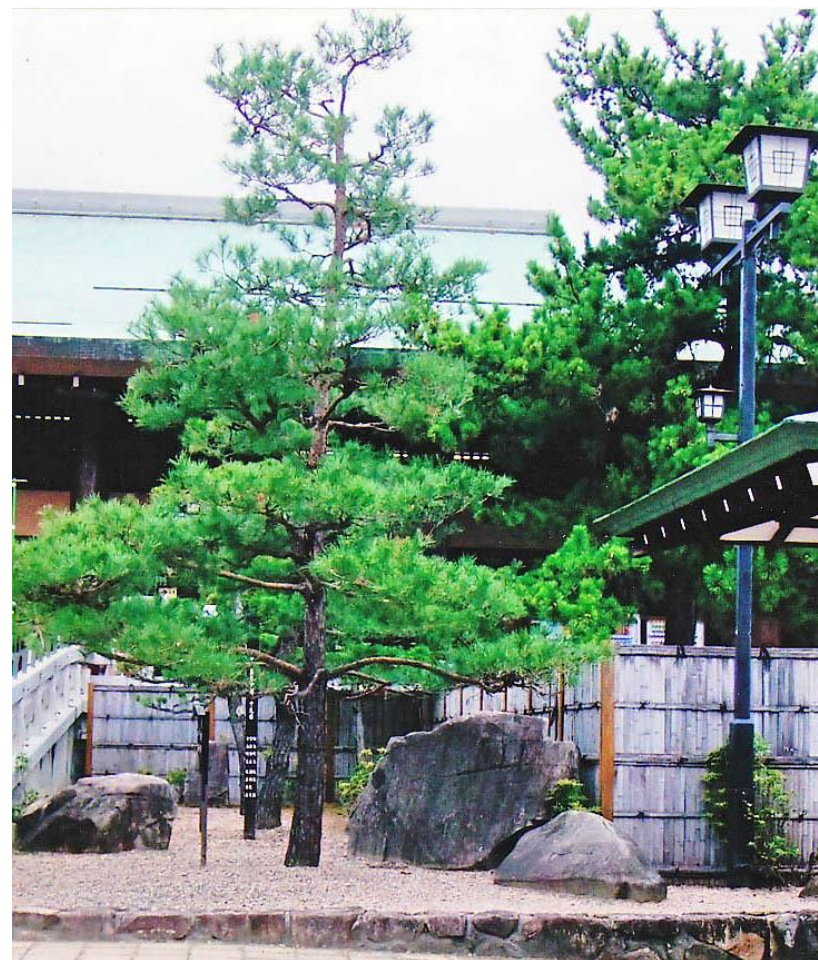


(奈良炭化工業)

芝



枯死寸前のマツ(宮島)
(a dying pine tree)



木炭施用4年後
緑豊かなマツに完全に回復
(Charcoal treatment revives a dying pine tree)
(日の丸産業(株)提供)

地球温暖化問題に対する対応

1988 気候変動に関する政府間パネル 設置

(IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)

国連環境計画 (UNEP) と世界気象機関 (WMO) により1988年に設置された政府間組織
世界の政策決定者に対して最も信頼できる科学知見を提供し気候変動枠組条約の活動を支援
気候影響変動の科学的分析

1992.5 気候変動枠組み条約 (New York 採択)。

IPCCの分析・評価に基づき

「2000年までにCO2等温室効果ガスの濃度を1990年レベルに抑える。」

1992.6 国連環境開発会議(地球サミット・リオデジャネイロ) 条約発効

日本を含む155カ国が条約に署名

目的:大気中温室効果ガス濃度の安定化

森林・バイオマス(木材等)

「温室効果ガスの吸収源及び貯蔵庫」としての位置づけ

1995.3 第一回締約国会議 (COP1 Conference of Parties) (ベルリン)

1996.7 COP2 ジュネーブ

1997.12 COP3 京都会議 京都議定書

2006年 IPCC国別温室効果ガス インベントリガイドライン

地球温暖化防止に向けた世界の動き

京都議定書：2020年までの温暖化対策（COP3、1997）

2008~2020の温暖化対策

パリ協定：2020年以降の温暖化対策

国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）

「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2°Cより十分低く保つと共に、1.5°Cに抑える努力を追及すること」

先進国・途上国が温室効果ガスの削減目標を定め、対策を実行。
各国は結果を報告・検証し、5年ごとに削減目標を見直す。

- 2015.12 パリ協定 温室効果ガス削減の国際合意、195か国
- 2016.9 中国、米国が 参加
- 2016.11.4 パリ協定発効、11.8 日本発効後に批准
- 2016.11.7~18 COP22 モロッコ 日本は議決権のないオブザーバー
- 2017.6.1 トランプ パリ協定離脱の表明（2020.11離脱）
- 2019.6 IPCC(京都) 温室効果ガス排出量の算定方法ガイドライン改良指針
水素製造・希土類の生産工程
ガス化・熱分解などによる廃棄物処理 での排出量
- 2021.2 米国 パリ協定復帰

わが国の温室効果ガス削減目標

- ★2030年度の温室効果ガス排出削減目標 (2017年時点)
 - 2013年度比26.0%削減(中期目標)
 - 2013年度の総排出量に対して
 - 森林吸収源 2.0%
 - 農地土壌・都市緑化 0.6%
 - 2050年までに80%削減(長期目標)

★2019.10 2050年までにカーボンニュートラル実現

バイオ炭についての現在の動き

- ・ IPCCの第5次評価報告書(AR5)(2013)において、緩和（温室効果ガスを削減）に寄与する可能性がある技術の一つとして記載された。
効果についての根拠：ほとんどなし とも記載。

⇒ IPCCのインベントリガイドラインにおいて、バイオ炭に関する温室効果ガスの排出・吸収量の算定方法は明確に示されていない。

★2019年に採択・承認(49回IPCC総会) 予定の
2006 IPCC国別温室効果ガスインベントリガイドラインに向けて
バイオ炭の農業利用に伴う炭素貯留量の算定について検討
(2017年度～2019年度) (環境省)

★2019年改良IPCCガイドライン(於：49回 IPCC総会)

農地・草地土壌へのバイオ炭投入に伴う炭素固定量の算定方法が追加

* 2006年IPCC国別温室効果ガスインベントリガイドラインが
2019年に改良, 承認
このガイドラインの使用は各国の任意
このガイドラインの取り扱いが正式に決定されるには
国連気候変動枠組条約 (UNFCCC)の下での討議が必要。

2020年のわが国のバイオ炭の農地施用に伴う炭素貯留量の算定・報告を開始

IPCCによる 農地への炭素貯留効果を算定する方法論の提示

環境省 「バイオ炭の活用による吸収源検討会」(2017年度~2019年度)

* IPCCガイドライン2019年改良版に基づき

「木質バイオマス由来のバイオ炭の農地施用による炭素貯留効果」
について2020.4提出のGHGインベントリでUNFCCCに報告

2018年度におけるバイオ炭の炭素貯留効果による排出削減量：
約5,000トン-CO₂

引き続き 林地施用への検討

* IPCC：気候変動に関する政府間パネル (Intergovernmental Panel on Climate Change)
GHG:温室効果ガス (Greenhouse Gas)
UNFCCC:国連気候変動枠組条約

バイオチャー (Biochar)

生物資源を材料とした炭化物

- ・ 農業廃棄物、食料残渣、家畜糞尿 など
- ・ 作物の増収、土壌環境改善、消臭 など

利用と効能はこれまでの炭化物と同じ概念

- ・ 天然素材の木質系資源と異なり、微量元素などの混入
- ・ 炭化条件により固定炭素が低いと

土壌施用後の分解の可能性

- ・ 炭材の多様化 バイオチャーなどの普及
 - ・ 製炭法の多様化 炭化炉、炭化温度
 - ⇒ 炭化物の多様化
 - ⇒ 未炭化物の分解 ⇒ CO₂ の放出
 - ⇒ 木炭は半永久的に残存するとの考えを直す時代になってきた
- c f . 愛媛県鹿野川石灰岩洞窟の木炭 約1万年前
太安万侶の墓の木炭

なすべきこと：

優れた製炭技術の確保、維持による良質の炭化物の製造

バイオ炭の土中での安定性

Y.Kuzyakovら、(ドイツ) p.11 (Asia Pacific Biochar Conference 2016)

- ^{14}C (炭素の放射性同位元素) をバイオ炭に標識(ラベル)
→ CO_2 としての量を測定
- バイオ炭の平均残存期間 : 数百年から数千年と推定
- バイオ炭の原料、熱分解温度、土壌によってバイオ炭の分解速度は異なる

バイオ炭の土からの温暖化ガスの発生抑制

S.Chabg , p.16 (カナダ)

- 温暖化ガス発生減少 → バイオ炭の種類、土の種類によって異なる
- バイオ炭からの CO_2 発散は小
 N_2O 発生抑制 大 N_2O の温暖化効果は CO_2 の298倍

N_2O : 亜酸化窒素 (一酸化二窒素、Nitrous oxide)

笑気ガス、麻酔作用

家畜糞からのバイオ炭

A.Mendez ら, p.88 (スペイン)

・ N,P,K, 有機物を含む → 高含有養分

炭化温度: 300, 450, 600°C

土壌に10% (重量) 施用 3か月後の変化を観察

家畜飼料からのバイオ炭

N. Bolan ら, p.15 (オーストラリア)

・ N,P,K,S, その他微量元素を含む

バイオ炭の施用 飼料からのN₂O (nitrous oxide)の放出を低減

鶏糞炭化物

・ L.Van Zwieten ら, p.72 (オーストラリア)

鶏糞、広葉樹 550°C炭化物 を 10トン/ha 施用。

→ 12か月後の牧草の成長を比較

N₂Oの発散: 乾燥期には湿潤期よりも減少

バイオ炭の農業利用に伴う炭素貯留量の算定について検討 (2017年度～2019年度) (環境省)

バイオ炭を3群に分けて調査

第1群： 白炭、黒炭、粉炭、オガ炭、竹炭

第2群： もみ殻くん炭、鶏糞炭

第3群： 上記以外のバイオ炭

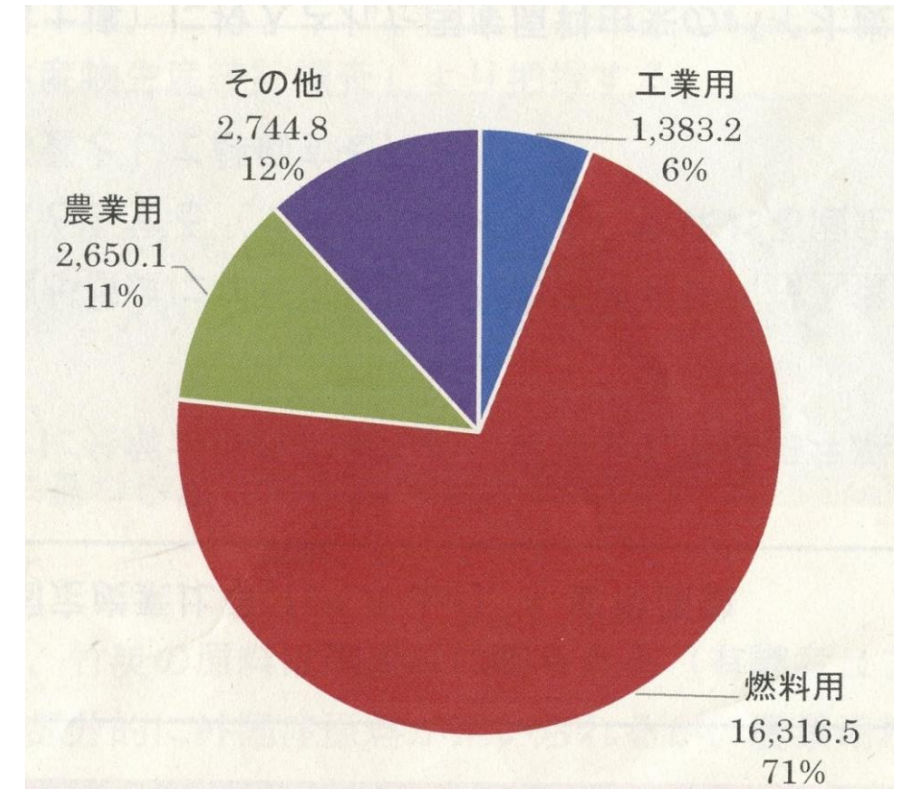
第1群の農業用生産量は11%

燃料用：調理用

農業用：土壌の透水性、保水性、通気性の改善用
土壌微生物の活性化用 など

工業用：酸化鉄などの還元用、研磨用、活性炭原料など

その他：水質浄化用、調湿用、消臭用 など



第1群のバイオ炭の合計生産量の内訳
(2017年、単位：トン)

バイオ炭の生産量		
	合計	農業用
白炭	3,126.2	1.2
黒炭	7,248.3	90.5
粉炭	6,394.4	2476.5
オガ炭	6,553.0	105.0
竹炭	410.9	132.0
2018年データ、単位：トン		
林野庁「特用林産物生産統計調査」		

固定炭素比率と精煉度			精煉度と焼成温度の関係		
バイオ炭	固定炭素比率	精煉度	精煉度	焼成温度	
	(%)		0~1	900°C以上	
黒炭	75以上	2~8	1~2	800°C以上900°C未満	
白炭	85以上	0~3	2~5	700°C以上800°C未満	
粉炭	55以上	4~9	5~7	600°C以上700°C未満	
オガ炭(黒)	70以上	2~8	7~8	500°C以上600°C未満	
オガ炭(白)	85以上	0~3	8~9	400°C以上500°C未満	
竹炭	43.6				
* 竹炭は南雲ら(2013)のデータ、 それ以外は全国燃料協会の「木炭の規格」			*全国燃料協会資料		



精煉計

バイオ炭の炭素含有率と炭素残存率の設定						
種類	焼成温度	炭素含有率	100年後の炭素残存率	100年後の炭素残存率*		
				焼成温度	デフォルト値	
白炭	約800°C(精煉度0～3度)	0.77*	0.89	>600°C	0.89	
黒炭	500～800°C(精煉度2～8度)		0.89	450～600°C	0.80	
オガ炭	800°C		0.89	350～450°C	0.65	
粉炭	450°C		0.80			
竹炭	既報データによる		0.436			
*2019年改良IPCCガイドラインによる						

2019年改良IPCCガイドライン

- ・ 農地土壌及び草地の鉱質土壌へのバイオ炭の投入
- ・ 算定は義務ではない。
国連気候変動枠組条約（UNFCCC）によって2019年改良IPCCガイドラインの使用が義務化されるまでは使用は任意。
- ・ バイオ炭
嫌気的条件下で、350°C以上の温度で加熱して得られた固形物
好気的条件下で精製された炭化物(森林火災によって炭化されたバイオマス等) は対象外
- ・ バイオ炭投入による炭素貯留量 =
土壌に投入されたバイオ炭の量(t)x炭素含有率x100年後の炭素残存率 x 44/12

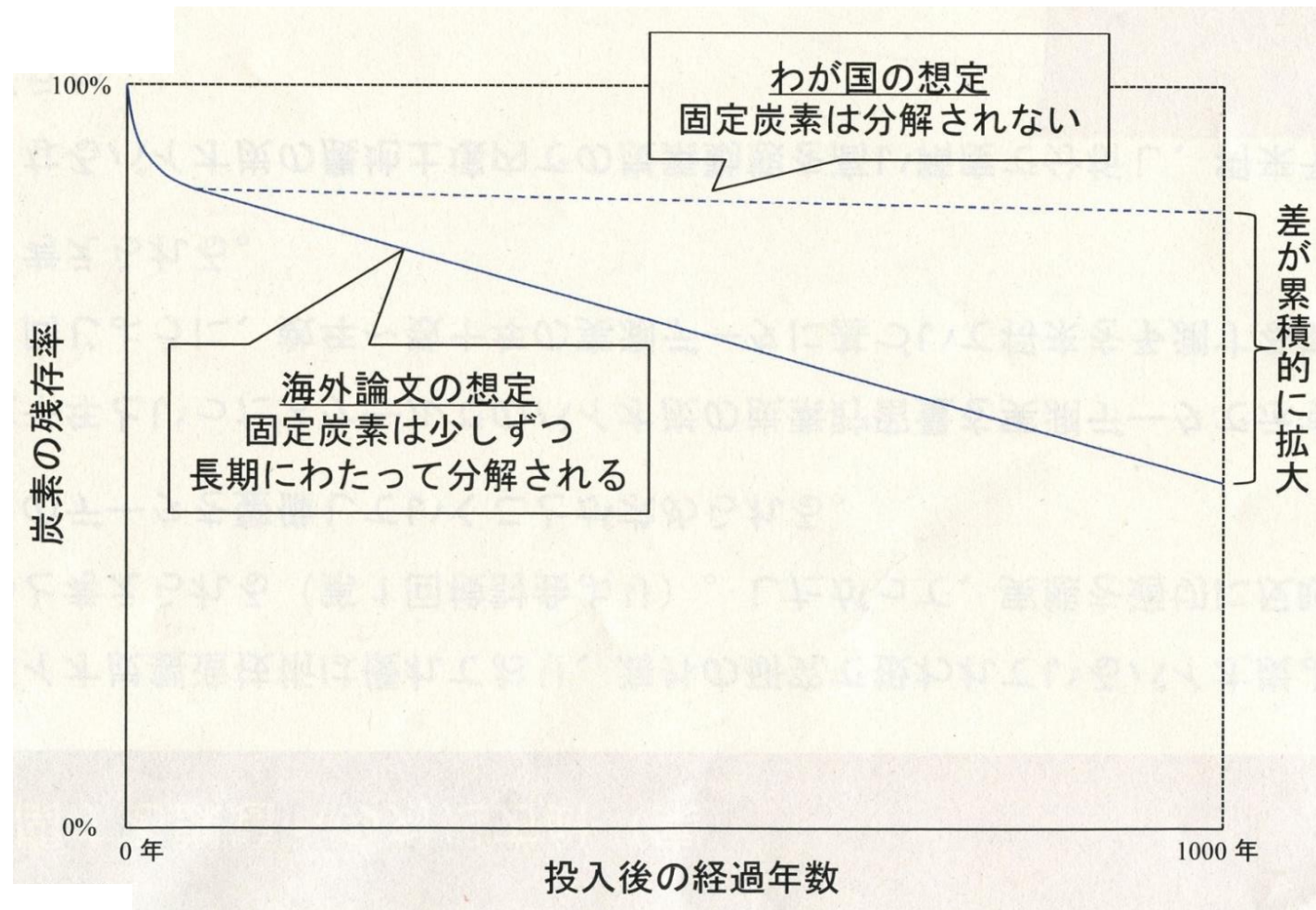
木炭の土壌施用によるCO₂発生抑制についての算定式

★炭素貯留量 =

農地土壌へのバイオ炭投入量 × 固定炭素比率 × 変換係数

- ・ 農地土壌へのバイオ炭投入量：
農地土壌に投入された国産原料由来のバイオ炭の重量
- ・ 固定炭素比率：
農地土壌内で永続的に貯留される（分解されない）炭素の重量比率
- ・ 変換係数：
炭素重量から二酸化炭素重量に変換するための係数（= 44/12）

バイオ炭が農地土壌中で分解される速度 海外論文の想定とわが国の想定



J-クレジット

(CO2排出権を取引するわが国の制度)

- ・省エネ再エネ設備の導入や森林管理等による温室効果ガスの排出削減・吸収量をクレジットとして認証する制度
- ・経産省、環境省、農水省が運営
- ・本制度により、民間企業・自治体等の省エネ・低炭素投資等を促進
クレジットの活用で国内の資金循環を促すことで環境と経済の両立を目指す

J-クレジット制度の概要について 農林水産省環境政策室(2020.11.9)

★J-クレジット制度において「バイオ炭の農地施用」を対象にした
CO2排出削減・吸収についての方法論が承認(2020.9)

J-クレジット 主な方法論(農林水産分野の排出削減・吸収活動と関連の深いもの)

分類	方法論名称	分類	方法論名称
省エネルギー	ボイラーの導入	再生可能	バイオガス(嫌気性発酵によるメタンガス)
	ヒートポンプの導入	エネルギー	による化石燃料又は系統電力の代替
	空調設備の導入		バイオ液体燃料(BDF・バイオエタノール・
	照明設備の導入		バイオオイル) による化石燃料又は系統電力の代替
	冷凍・冷蔵設備の導入	農業	豚・ブロイラーへの低タンパク配合飼料の給餌
	電動式建設機械・産業車両の更新		家畜排せつ物管理方法の変更
	園芸用施設における炭酸ガス施用システム		茶園土壌への硝化抑制剤入り化学肥料又は
	の導入		石灰窒素を含む複合肥料の施肥
再生可能	バイオマス固形燃料(木質バイオマス) に		バイオ炭の農地施用 (NEW)
エネルギー			
	太陽光発電設備の導入	森林	森林経営活動
	水力発電設備の導入		植林活動
現在、J-クレジット制度では63方法論を承認(2020.10現在)			
省エネルギー等 41、再生可能エネルギー9、工業プロセス5、農業4、廃棄物2、森林 2			

J-クレジットの売買

①相対取引

売りたい方 ⇒ 仲介事業者 ⇒ 買いたい方

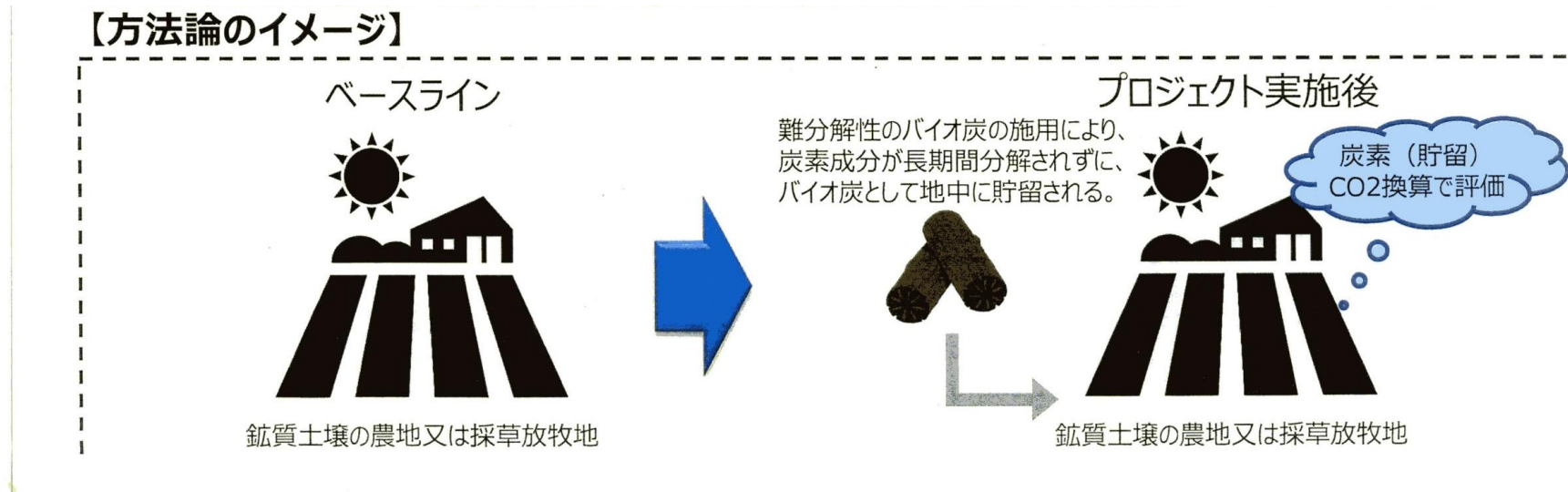
②入札販売

売りたい方 ⇒ J-クレジット
制度事務局 ⇒ 入札販売 ⇒ 買いたい方

バイオ炭の農地施用(1)

J-クレジット制度におけるバイオ炭の農地施用にかかる方法論に関する説明会 (Web会議 2020.11.9)

- ・ 難分解性の炭素を土壌に貯留する活動を対象
- ・ バイオ炭： 燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350°C超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物(2019年改良IPCCガイドラインに基づく)



バイオ炭の農地施用(2)

★主な適用条件

1. 施用対象：農地、または採草放牧地の鈹質土壤に施用
 2. バイオ炭の製造・品質
 - ・ 燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下(嫌氣的条件の下)、350℃以上の温度で焼成されたもの
 - 以下のいずれかで焼成温度を確認
 - 精煉度が0～9であること
 - 固定炭素比率が55%以上であること
- 上記の実測による確認で、以降は同じ原料・製炭工程にてバイオ炭を製造している場合は条件を満たしているとする

バイオ炭の品質の確認法 バイオ炭の品質は①～③のいずれかの方法で
固定炭素比率または精煉度(0～9)を測定することで担保

- ①木炭精煉計等を用いて炭化の度合い(電気伝導度)を測定
- ②工業分析法「JIS M 8812 :2004 石炭類及びコークス類」による固定酸素比率の測定
- ③日本バイオ炭普及協会規格「土壤炭素貯留用バイオ炭—測定法—」による固定炭素比率の測定

3. 原料：バイオ炭の原料は国産であり、塗料、接着剤等が含まれていないこと、また、未利用の間伐材など他に利用用途がないものであること

バイオ炭の農地施用(3)

★クレジット量の算定

CO2 貯留量 =

$$\text{施用したバイオ炭の量} \times \text{炭素含有率} \times \text{バイオ炭の100年後の残存率}^* \times 44/12 \\ - \text{バイオ炭の運搬等により排出されるCO2排出量}$$

*100年後の炭素残存率：投入後100年間に分解・排出される炭素量を差し引いたもの

★農地土壌へのバイオ炭投入量 =

$$\text{バイオ炭の農業用生産量} \times \text{農地土壌投入率}(\%) \times \text{鈰質土壌面積比率}(\%) \times \text{国産原料比率}(\%)$$

- ・ 農地土壌投入率：95% 飼料等の農地土壌に投入されないバイオ炭は農業用バイオ炭の5%未満(重量ベース)
- ・ 鈰質土壌面積比率：95.2% 資料からのデータ
- ・ 国産原料比率： 白炭、黒炭、竹炭の原料は国産材に限られる。
粉炭、オガ炭は部分的に外国産原料が用いられるが
農業用粉炭、オガ炭には外国産原料は使用されていない。
→ 農地土壌に投入されるバイオ炭はすべて国産原料由来

貯留量の算定

$$\text{貯留量} = (1) \text{プロジェクト実施後貯留量} - (2) \text{ベースライン貯留量} - (3) \text{プロジェクト実施後排出量}$$

(1) プロジェクト実施後貯留量：プロジェクト実施後にバイオ炭を農地に施用することで、
土壌に施用されるCO₂量

(2) ベースライン貯留量：プロジェクトが実際されない場合に、土壌に貯留されるCO₂量

(3) プロジェクト実施後の排出量：

- ・ バイオ炭原料の運搬：バイオ炭原料の採取場所からバイオ炭製造場所までの運搬に伴う化石資源の使用による排出量
- ・ バイオ炭製造設備の使用：原料の炭化処理に伴う化石燃料又は電力使用による排出量
- ・ バイオ炭の運搬： バイオ炭の製造場所から使用場所までの運搬に伴う化石燃料の使用量
- ・ バイオ炭施用設備に使用：機械によるバイオ炭の農地施用に伴う化石燃料又は電力使用による排出量

方法論で対象にするバイオ炭

★2020年のわが国の温室効果ガスインベントリの算定対象
白炭・黒炭・竹炭・粉炭・オガ炭

★上記以外のものでJ-クレジット方法論で対象とするもの
(2019年改良IPCCガイドラインにおいて係数が提示されているもの)

家畜糞尿由来(鶏糞炭など)

草本由来

もみ殻・稲わら由来(もみ殻燻炭など)

木の实由来

製紙汚泥・下水汚泥由来

炭素含有率		
バイオ炭原材料	熱処理の プロセス	データ値 炭素含有率
家畜糞尿	熱分解	0.38
	ガス化	0.09
木材	熱分解	0.77
	ガス化	0.52
草本(もみ殻、 稲わらを除く)	熱分解	0.65
	ガス化	0.28
もみ殻、稲わら	熱分解	0.49
	ガス化	0.13
ナッツの殻、 種	熱分解	0.74
	ガス化	0.40
バイオソリッド	熱分解	0.35
(ペーパースラッジ 下水汚泥)	ガス化	0.07
* 2019年改良IPCC ガイドラインによる		

バイオ炭の炭素含有率と100年後の炭素残存率					
		焼成温度	炭素含有率	100年後の炭素残存率	
	白炭	約800°C(精煉度0～3)			
インベントリ報告書 算定対象にバイオ炭	黒炭	500～800°C(精煉度2～8)		0.89	
	オガ炭	800°C	0.77		
	粉炭	450°C		0.80	
	竹炭	既報のデータによる	0.436(炭素含有率と炭素残存率を包含した値に対応)		
	家畜糞尿		0.38		
自家製造品等	木材由来		0.77		
その他のバイオ炭**	草本由来		0.65		
	もみ殻・稲わら由来		0.49	0.65	
	木の実由来		0.74		
	製紙汚泥・下水汚泥由来		0.35		
* 複数の種類のバイオ炭が混在している場合は、最も小さい値を使用					
** インベントリ報告書の酸てい対象である種類のバイオ炭であっても、必要な証跡がそろっていない場合、又はバイオ炭の種類を特定できる情報が取得できない場合はこちらを参照。					
出所：日本国温室効果ガスインベントリ報告書2020年4月、2019年改良IPCCガイドライン					

林地へのバイオ炭の施用例

- ・ 木炭施用によるスギの生長 杉浦銀治ら、30回日林論、59(1984)
スギ挿し木2年生(40~70cm)に樹皮炭、おがくず炭、活性炭、もみ殻炭を施用
活性炭区が最も成長大、細根数が多い
木炭施用：水分保持、空気量・微生物層の環境が改善されCO₂が多くなった
粘土質、微生物層の少ない土壌、pHの低い土壌には木炭 効果あり
- ・ 海岸砂地におけるクロマツ植栽木の生長に及ぼす木炭施用効果(II)
中井裕一郎ら、97回日林論、623(1986)
木炭(粉状)を植栽木の植穴に砂と共に混入
木炭施用量の多い試験区は、樹高、根元直径、枝条長が大きい。
- ・ スギ、ヒノキコンテナ苗育苗培地への木質バイオマス燃焼灰混合
長倉淳子ら、森林総研報告、17(1)、75(2018)
燃焼灰 pH 約12 市販のカリウム肥料(塩化カリウム)の約2倍
燃焼灰、5%(体積比)施用では成長良好、濃度高くなると不良
- ・ 樹園地に施用する場合 植穴100L に対して3~10Lの木炭粉(3~10%)が適切
全国燃料協会(パンフ)

★ バイオ炭施用拡大による吸収源検討会 (令和2年度)

林地への施用について

関係省庁：環境省、農水省、林野庁

バイオマス発電などから排出される燃焼灰の利用

- ・バイオマス発電の増加と共に燃焼灰も増加
- ・産廃処分コストの増加⇒ 採算性圧迫
処分地の増加 ⇒ 環境負荷

★木質バイオマス発電ボイラーからの燃焼灰は有効利用されれば、廃棄物とみなさない
(環境省通達)



林地還元(林地への施用)

施用(散布)法の検討

- ・手撒き
- ・へり散布 (フィンランド)
自走式散布機(スウェーデン)
カリウムが過剰にならないよう 要注意
- ・アカマツ林(フィンランド)
原料：スプルース、炭化温度：500、650℃
施用量：5, 10t/ha 。、 土壌表面へ人力で散布
- ・竹林(中国)
原料：竹葉、炭化温度：500℃、施用量：5, 10, 15 t /ha
土壌0～20cmと混合(耕耘)

今後、バイオ炭をどのように有効活用すべきか

- ・ IPCCによる土壌改良材としての利用
他の用途の利用拡大・開発：調湿、消臭、水処理、
畜産(家畜糞の消臭 ⇒ 炭化处理など)
 - ・ バイオ炭の適切な利用法：土壌への適切な利用法
 - ・ 施用・使用した時の効果の見える化。効果の実証データの表示。
使用者が効果を認識できる工夫 ⇒ 利用促進
 - ・ バイオ炭の原料の拡大
 - ・ バイオ炭の製造法 品質の良い製炭法、作業能率のより製炭法の検討
木質系以外の素材での炭化法の検討
- * 農業廃棄物、食料残渣、家畜糞尿からの炭化物：作物の増収、土受環境改善、消臭など
利用と効能はこれまでの炭化物と同じ概念
- * 天然素材の木質系資源と異なり、微量元素などの混入、食品残渣などは塩分が多い。
⇒ 作物に悪影響の可能性 ある程度の仕分けが必要
- * 地中貯留時の炭素固定効果のバラツキ
バイオ炭の種類、炭化法によって固定炭素量が異なる
木炭は半永久的に残存すると考えられてきた。愛媛県石灰岩洞窟の炭(約1万年前製造)
太安万侶の墓の木炭

最も原始的な伏せ焼き

世界各地で今でも行われている



斧で伐採(1)



炭窯の形に積まれた炭材(2)



積んだ炭材の上を草と土で被う(3)



完成したタンザニア式伏せ焼窯と
木酢液採取用煙突(4)

日本で定番の日本式伏せ焼き



穴を掘って炭材を詰めて製炭 (1)



炭材を草や枝葉で被い、さらにその上をトタン、土で被って作る伏せ焼の炭化炉 (2)



勢いよく出る煙- 煙突で冷えた煙は凝縮して酢液となって滴り落ちる (3)

粃殻燻炭器



水上勉 粃炭

- ・ 山頭火の放浪の中での暮らしについての記載
- ・ 山口県防府での山頭火の生家を訪ねての話
- ・ 山門の前での僧侶の奥さまらしき女性の話
「中に、炭火をいれた石油缶を一つおいといて、缶のへりに穴をあけちよって、その上に煙突つくって、こうしてまわりから粃を山にしてかけますのじゃ」。
- ・ 若狭の彼の生家では田にもみ殻を積んでそれが腐って翌年の堆肥になったのだという。

フィリピンセブ島での粃殻製炭



タイでのヤシガラの製炭



炭化物は活性炭原料



炭化炉に炭材を隙間なく詰める(1)



炭材に着火する(2)



炭化炉のふたを被せて煙突からの液体(木酢液) を採取する(3)



排水溝を利用した簡易炭化炉

ベトナム ウンニョン近郊 製炭所 2017.11



中国、丹東近郊の炭窯



炭材：ナラの1種 (Mongolian oak (*Quercus mongolica*))



排煙の冷却槽、除塵機



木酢貯留槽



乾留窯 4列 60基
炭材：1.2トン 木炭 300kg (収率20%)

木炭 3,000トン/年
木酢 3,000トン/年



果てしなく続くダイズとトウモロコシの畑



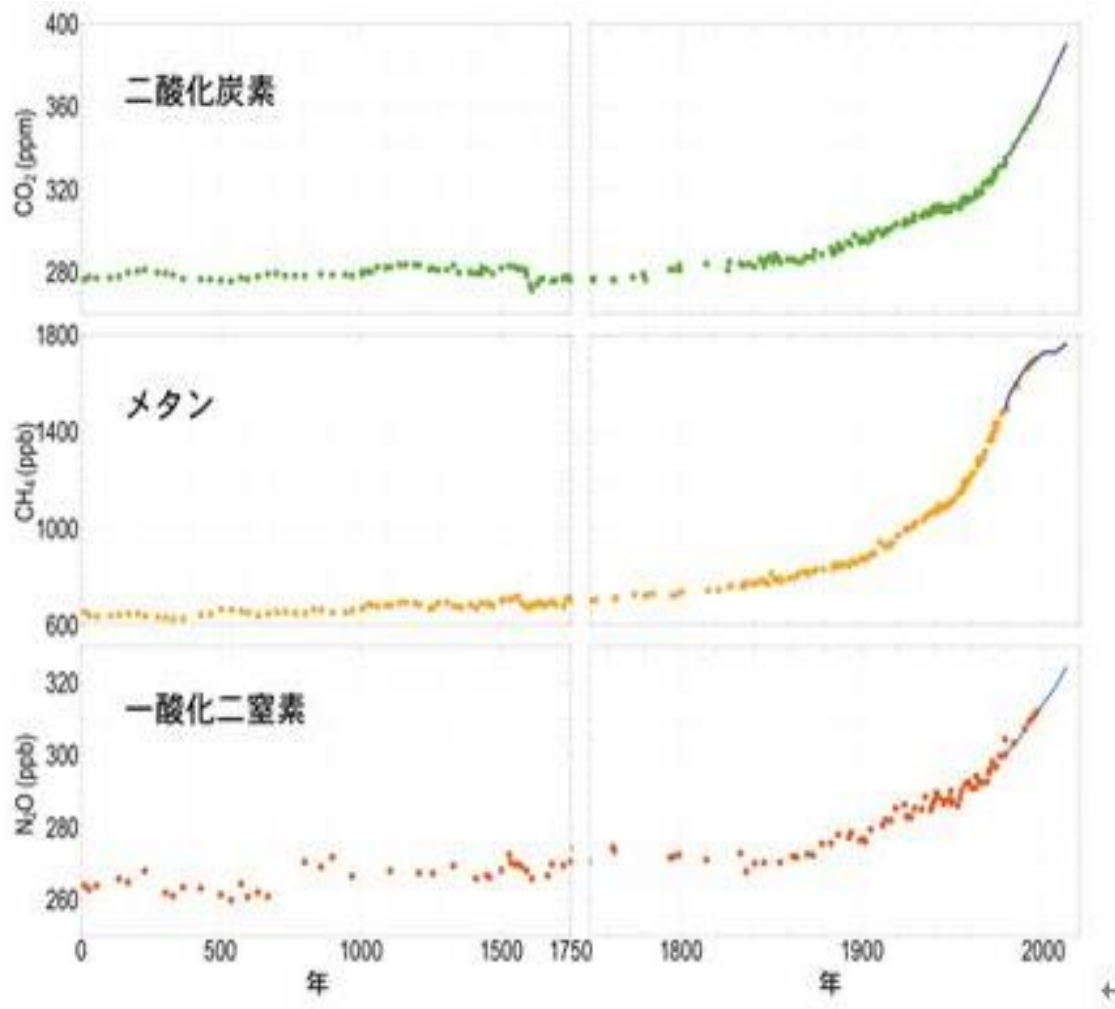
積み重ね野積みされるトウモロコシの茎

これも炭やき？ ⇒ 開放型炭化法
炭化法 嫌氣的炭化法が一般的



NPO いすみ竹炭研究会 (千葉県いすみ市)





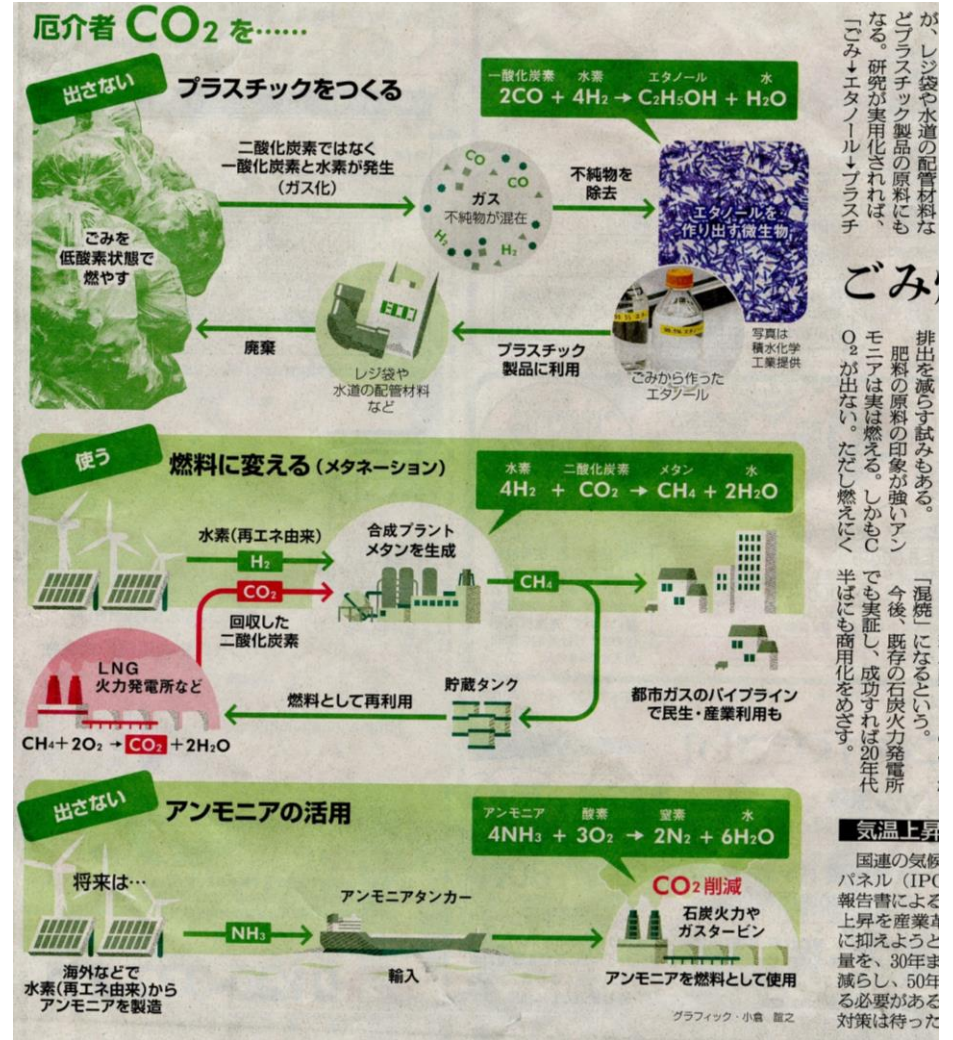
二酸化炭素：過去1000年以上
280ppmで推移、18世紀の中頃より上昇

主な原因：

- ・ 産業革命による化石資源の大量消費
- ・ 森林伐採、砂漠化

西暦0年から2011年までの主な温室効果ガスの大気中の濃度の変化
(IPCC 第5次報告書/気象庁)

CO2 出さない未来へ



が、レジ袋や水道の配管材料などプラスチック製品の原料にもなる。研究が実用化されれば、「ごみ→エタノール→プラスチック

排出を減らす試みもある。肥料の原料の印象が強いアンモニアは実は燃える。しかもCO₂が出ない。ただし燃やしていく

「混焼」になるという。今後、既存の石炭火力発電所でも実証し、成功すれば20年代半ばにも商用化をめざす。

気温上昇

国連の気候パネル (IPCC) 報告書による上昇を産業に抑えようと量をし、30年まで減らし、50年必要がある対策は待った

アンモニア 火力燃料に期待

将来期待される燃料アンモニアの利用イメージ

アンモニア

Ammonia

海外から輸入

国内で再生可能エネルギー由来の水素から合成

アンモニアはいずれも二酸化炭素を排出しない手法での製造を目指す

火力発電所、工業炉

船舶

現状

主に化学肥料や化学製品などの原料として利用

CO₂ 出さず 石炭と「混焼」試験

■ 早期に導入可能

重機大手1日工の樫生工場 (兵庫県)。ここに石炭火力の試験炉で、気化したアンモニアを粉状の石炭に混ぜて燃やす「混焼」の試験が行われている。熱量ベースでは混焼率20%を実現。これはCO₂の20%削減につながるという。2019年度からは新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の事業として、混焼率をさらに高めようとしている。

アンモニアは、業的には水素と窒素から合成して大量生産されており、世界の生産量は年間約2億トン。このうち約8割が化学肥料の原料として消費されており、世界の食糧増産に貢献人口増を支えてきた反面、近年は燃料としての「使い

やすさにも注目が集まる。石炭や天然ガスを燃料とする火力発電所での混焼であれば、既存のインフラを活用できるからだ。日本では年間約108万トンの0.9年度を消費。このうち約8割を国内生産。約2割を輸入で賄っている。国際環境経済研究所の塩沢文朗主席研究員は「アンモニアは製造から輸送、供給までの技術が確立しており、比較的低コストで早期導入が可能だ」とみる。

■ 汚染物質を排出。ただし、アンモニアの原料である水素は天然ガスなどから生産されるのが主流で、製造時にCO₂が発生する。さらに水素と窒素を合成する際、高温・高圧下



グリーン成長戦略における燃料アンモニアの主な工程表

	2021年	22年	23年	24年	25年	~30年	~40年	~50年
火力	混焼率の向上、専焼に向けた基礎技術の開発					専焼に向けた実証		専焼化開始
貯蔵	貯蔵タンクの大型化、海上タンクの整備					商業的拡大		
港湾	配送・貯蔵拠点の検討					立地企業のニーズを踏まえた施設整備		立地企業のニーズを踏まえた施設整備

政府「水素社会への移行期に」

読売 2021.2.7

読売 2020.10.5

「炭素税」本格導入検討

CO₂削減へ

税率段階引き上げ

環境省

2050年の温室効果ガスの排出量実質ゼロ実現のため、環境省が排出量に応じて企業に税負担を課す「炭素税」を本格的に導入する方向で検討していることがわかった。激変緩和のため税率を段階的に引き上げ、税収は脱炭素政策に活

用する。2日の中央環境審議会の小委員会で素案を示す。

国内では2012年から炭素税の一種として二酸化炭素(CO₂)排出量に応じて原油やガスなどの化石燃料の輸入業者に課税する地球温暖化対策税(温対

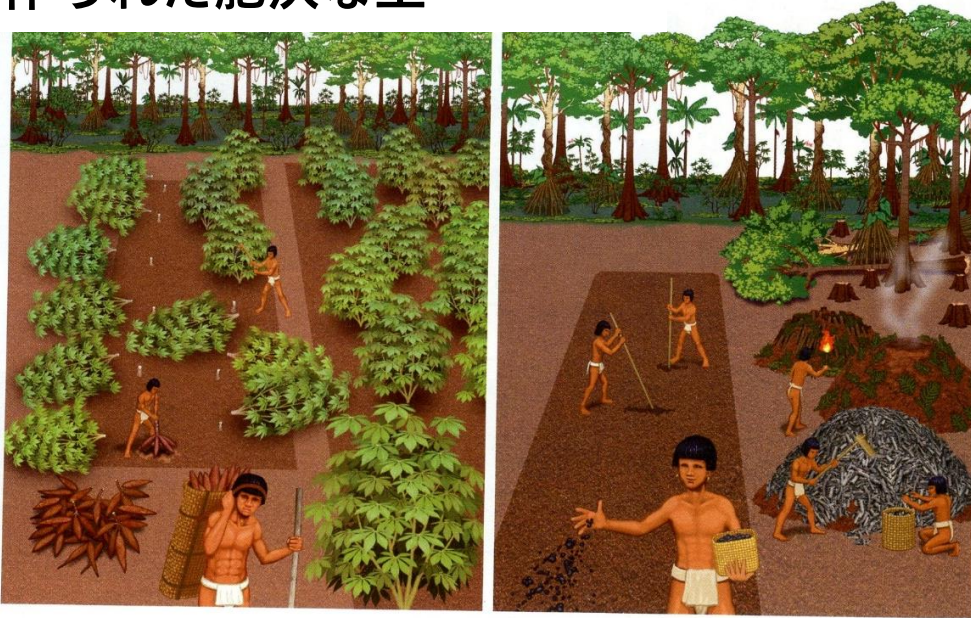
税)を導入している。しかし、1トあたり289円で、スウェーデンの約1万4400円、フランス約5500円、デンマーク約3000円など欧州と比べて税率が桁違いに低い。

環境省は、CO₂削減に向けて産業構造を転換させ

るに
導入
の
を導
方式
り欧
や社
この
つ、
針を
の計
り組
の影
め、

テラ・プレタ 古代アマゾン文明のもとに 作られた肥沃な土

アマゾン文明における炭焼き農法(想像図)
林を切り開き、その木材を蒸し焼きにして、炭化したと思
育てていた作物は、現代でも熱帯地域で多く作られる
バナなどではなかったか。



テラ・プレタ・ド・インディオ (インディオの黒い土)

炭の混じった土は農作物の
育ちがよい

やさしい畑 (家の光協会)

わが国の黒ぼく土

- ・ 旧石器時代の土器 赤土から発掘
 - ・ 縄文時代の土器 黒土から発掘が多い
- 旧石器時代の土器が黒土から出ることには無い

褐色森林土の上での野焼き ⇒ 黒ぼく土

山野井徹 山形応用地質 20号、19(2000)

右/テラ・プレタ。古代アマ
ゾン文明の人々の手でつくら
れたという肥沃な土
左/熱帯強風化土壌。アマ
ゾン川流域に広く見られる、酸
化物が多く養分に乏しい土
(写真提供/Bruno Glaser)



「南米・アマゾン川流域に「奇
跡の土」と呼ばれる肥沃な土壌
があるのをご存じですか？」と
言つて、編集部員が科学雑誌『ナ
ショナルジオグラフィック』の

特定非営利活動法人 炭の木植え隊

- ・ 途上国で炭の原木の森づくりを行い、
地域住民の福祉の向上に寄与
- ・ 森づくりを通じて日本の農山村、途上国の人との交流を図る
- ・ 農山村・森林・林業の活性化に貢献



ラオスでの植林



花王みんなの森づくり事業参加

炭の木植え隊



里山林の循環利用は山に活力をもたらす



木を植える



木が育つ



新たな木が育つ(萌芽更新)

伐った木を利用する



大きくなり過ぎた木は
病虫害に弱い
(ナラ枯れ病など)

木は伐らなければ育たない
そして伐った木を利用しなければ
山に元気は戻らない