

53. 地球環境問題の解決に対する炭化処理の有効性に関する考察

EFFECTIVENESS OF WASTE CARBONIZATION TREATMENT IN GLOBAL ENVIRONMENT ISSUES

内海 秀樹*

Hideki UTSUMI

ABSTRACT; This paper is intended as an investigation of the effectiveness of carbonization treatment of organic waste, especially wood waste, in global environment issues. Generally, carbonization treatment furnaces need fossil fuel to carbonize organic waste with radiating heat and discharging CO₂. Carbonization treatment can get charcoal as products and energy resources from organic waste. But if the process needs a lot of fossil fuel, the evaluation of the process is not very good.

This paper focuses on some carbonization furnace, estimates energy and carbon budget. The result of the estimation makes clear that the mass of the acquired energy and carbon is smaller than the mass of the lost them in the case of some furnaces. Even though these furnaces produce high quality charcoal or activated carbon, these furnaces need to be improved from the viewpoint of global warming and energy depletion issues. But in other cases the mass of the acquired energy and carbon is larger than the mass of the lost them by the effective use of energy that is included in wood waste.

So, it is clear that the some types of carbonization treatment furnace for wood waste are useful against global environment issue.

KEYWORDS; carbonization, charcoal, wood waste, carbon budget, heat budget

1. はじめに

人為的な温室効果ガスの排出量の増加が、地球温暖化問題の主要な原因であるかどうかは議論が続いている(例えば、伊藤公紀(2003))。よって、温暖化対策を他の環境問題に対して重点的に行うことは、今後、知見が深まり温暖化対策よりも重点的に対策を講ずべき不可逆的な問題が明らかになった段階で、その問題への対策が間に合わないというリスクを暗黙のうちに背負うことになる。このような状況下では、温室効果ガスのみを対象とするのではなく、それに関連する物質や対策でかつ他の環境問題にも活用できるものを選定し、それらを管理すれば、関連する環境問題への対策と温室効果ガスの排出削減対策を同時に行う仕組みを構築できると思われる。

本稿では、温室効果ガスに関連する物質として炭素に着目し、廃棄物問題への対策として着目されている炭化処理を取り上げる。炭化処理を行える装置は、小型から大型まで種々のメーカーによって製造・販売されている。木質系の廃棄物、間伐材を処理している炭化装置メーカーからのアンケートの回答とカタログに記載されたデータに基づいて熱量、炭素の収支の定量化を試み、炭化処理が地球環境問題の解決に対して、資する可能性について定性的な考察を行うことを目的としている。

2. 温室効果ガスの排出量

2.1 排出源の変化

環境省(環境省(2004))によると、2002年度(平成14年度)の日本の二酸化炭素排出量は、12億4,800万トン(1990年比11.2%増加)、1人当たりでは9.79トン/人(同7.8%増加)で、部門別には、産業部門からの排出量が4億6,800万トン(同1.7%減少)、運輸部門からの排出量は2億6,100万トン(同20.4%増加)、業務その他部門からの排出量は1億9,700万トン(同36.7%増加)、家庭部門からの排出量は1億6,600万トン(同28.8%増加)と報告されている。運輸部門、業務その他の部門、家庭部門、それぞれの増加の理由として、個々の自動車の燃費の改善状況以上に乗用車が大型化(重量化)したこと、床面積あたりのエネルギー消費量はさほど増加していないが延べ床面積が増加していること、世帯数の増加と共に一世帯あたりのエネルギー消費量が増加していることをあげている。

増加を続けている部門で、業務その他の部門と家庭部門のうち、電力使用に伴う二酸化炭素の排出の大半は点排出源に属すると考えてよいであろう。他方、運輸部門、および、業務その他の部門と家庭部門の電力使用以外のエネルギー消費に伴う二酸化炭素の排出は、面排出源と考えてよい。このように、現状の傾向として排出源は点から面へと比重が移っていることが推測

* 京都大学地球環境学堂 Graduate School of Global Environmental Studies, Kyoto University

表2-1 2010年度の温室効果ガス排出量の推計

	基準年	2002年度				現状対策ケース		
	百万 t-CO2	百万 t-CO2	基準年 比	基準年 総排出 量比	百万 t-CO2	基準年 比	基準年 総排出 量比	
エネルギー起源CO2	1048	1174	12.0	10.2	1115	6.4	5.4	
産業部門	476	468	-1.7	-0.7	450	-5.5	-2.1	
運輸部門	217	261	20.3	3.6	259	19.4	3.4	
業務その他の部門	144	197	36.8	4.3	178	23.6	2.8	
家庭部門	129	166	28.7	3.0	155	20.2	2.1	
エネルギー転換部門	82	82	0.0	0.0	73	-11.0	-0.8	
非エネルギー起源CO2	74	73	-1.4	-0.1	74	0.0	0.0	
CO2排出量	1122	1247	11.1	10.1	1189	6.0	5.4	
温室効果ガス排出量	1237	1331	7.6	7.6	1311	6.0	6.0	

※上記の表は四捨五入の都合上、各欄の合計は一致しない場合がある。

出典：環境省(2005a), p. 11の一部項目の入れ換えとCO2排出量を追記

(著者)

表3-2 各種石炭の元素分析例と炭素に対する酸素の比

国別	銘柄	炭素	水素	窒素	酸素	硫黄	全硫黄	C:O
豪州	ドレイトン	71.1	4.9	1.4	8.1	0.8	0.9	0.11
	ニューランズ	69.1	4.1	1.4	7.0	0.4	0.4	0.10
	ハンターバレー	72.7	4.5	1.6	9.3	0.3	0.6	0.13
	レミントン	71.9	4.5	1.5	8.2	0.4	0.4	0.11
	ワークワース	69.1	4.6	1.5	8.9	0.4	0.4	0.13
中国	大同	78.2	4.5	0.8	8.8	0.6	0.7	0.11
	南屯	83.0	5.2	1.6	9.8	0.5	0.8	0.12
カナダ	オーベットマーシュ	64.3	4.6	1.5	14.3	0.3	0.6	0.22
	コールバレー	69.7	4.7	0.9	13.1	0.1	0.3	0.19
インドネシア	サツイ	72.4	5.5	1.2	11.9	0.7	0.8	0.16
南アフリカ	エルメロ	72.0	4.4	1.7	7.9	0.6	0.8	0.11
	オブティマム	72.9	4.9	1.6	9.1	0.5	0.6	0.12
米国	ピナクル	68.2	5.6	1.4	0.3	0.6	0.7	0.00
	ブラトー	72.8	5.5	1.5	11.2	0.7	0.9	0.15

出典：牧野 尚夫(2002), p. 13

され、小規模排出源対策の重要性が増すと思われる。

2.2 京都議定書による基準年との比較

2004年11月、ロシアが京都議定書を批准したことにより、京都議定書は発効要件を満たし、2005年2月16日に発効した(環境省(2005a))。本稿では、炭化処理との関係から二酸化炭素のみを対象として扱う。基準年でのエネルギー起源CO2と非エネルギー起源CO2の排出量の推計値は、それぞれ、1,048、74(単位はいずれも[百万t-CO2])である。2002年度現在での推計値は、それぞれ、1,174、73(単位はいずれも[百万t-CO2])である。現状で行っている対策を継続した場合の2010年度時点での排出量の推計値は、1,115、74(単位はいずれも[百万t-CO2])であり、併せて基準年総排出量比で5.4[%]の増加が見込まれ、基準年より、エネルギー起源CO2のみが67[百万t-CO2]増加する(表2-1)。

2.3 日本が削減すべき排出量

京都議定書により我が国は、温室効果ガスの総排出量を2008年から2012年の第1約束期間に基準年(1990年)から6%削減を確実に達成しなければならなくなった。その量は、基準年の二酸化炭素の排出量が1122[百万t-CO2]であるので、その6[%]に相当する約67[百万t-CO2]が一つの目安となり、先の計算結果と併せて約134[百万t-CO2]となる。炭素換算値では、約37[百万t-C]に相当する。

3. 炭素フロー管理の必要性

3.1 大気中での物質収支

二酸化炭素の排出量は、二酸化炭素そのものの排出量で議論する場合と、炭素換算で議論する場合の2通りがあり、本来両者では意味が異なる。二酸化炭素の

表3-1 典型的な原油と天然ガスの元素組成

元素	原油[wt%]	天然ガス[wt%]
炭素(C)	82.2~87.1	65~80
水素(H)	11.7~14.7	1~25
硫黄(S)	0.1~5.5	tr~0.2
窒素(N)	0.1~1.5	1~15
酸素(O)	0.1~4.5	-
C:O	0.001~0.055	-

出典：燃料協会編(1984), p. 253

排出量の大半はエネルギー利用に伴うものであることは既にみたが、その殆どは化石燃料の使用によるものである。化石燃料である石油・天然ガス、石炭の元素組成を表3-1~2に示す。既に指摘した(内海秀樹(2004a))が、石炭に関する検討を加える。石炭の元素分析例から、炭素を1としたときの酸素の比率は、0.2前後より小さい値を示している。これに対し、二酸化炭素は炭素を1とすると酸素は2.67であり、化石燃料とは炭素と酸素の比率が大幅に異なる。

大気中の二酸化炭素濃度を減少させるためにはいくつかの方法がある。大きくは、発生源対策と吸収源対策に分けることができ、発生源対策として代表的なものは、化石燃料の使用量の削減、単位重量当たりの燃焼時に得られる熱量の多い化石燃料への切り替え、排出後に二酸化炭素を大気中から隔離する方法等である。吸収源対策として代表的なものは、植物による二酸化炭素の吸収を目的とした林業の適切な管理等である。

発生源対策の中でも化石燃料の使用量を抑える対策は、地下からの大気中への炭素フローを抑制することができる。単位重量当たりの燃焼時に得られる熱量の多い化石燃料への切り替えも同様に、大気中に放出される炭素の量を減らすことができる。ところが、発生した二酸化炭素を大気中から隔離することは、大気中で結合した酸素も隔離することになる。物質収支の観

表3-3 活性炭および木炭の構造と機能と利用法

構造		機能	利用法
多孔体	マイクロ孔 および メソ孔	吸着	上下水処理、工場廃水処理、工業薬品の精製、食品の脱色、浄水器、超純水製造、廃ガス処理(ダイオキシン類、水銀なども含む)、脱臭、プルトニウムや放射性ヨウ素の吸着剤、化学防護服、呼吸用マスク、たばこフィルタ、土壌浄化
		吸・脱着	ヒートポンプ
		分離	空気から窒素の分離、水素の精製、CO ₂ の回収、エチレンの回収、原子力排気ガスのホールドアップ、清酒の香味矯正、貴金属の回収、クロマトグラフ充填剤
		ふるい	
		除放	抗癌剤などの薬効の持続、虫・動物の忌避剤の忌避効果持続
		解毒	吸着型血液浄化器、尿毒症原因物質吸着剤、透析液の再生
	マクロ孔	担持	触媒や薬剤の担体(脱臭剤、鮮度保持剤、防毒マスク、抗菌活性炭、半導体ドーピングガス吸着剤、各種有機合成反応(アンモニア合成、酸化、カルボニル化、アセチレンへの付加、水素化、脱水素など))
		微生物担持	生物活性炭・生物木炭(浄水の高度処理、活性汚泥処理の効率化、浄化槽の効率化、池・河川水などの浄化)、バイオリクター、生物脱臭、土壌改良、魚礁
		断熱、防音	断熱・耐火ボード、防音ボード
		研磨	漆器の研磨、印刷用銅板・亜鉛板研磨、七宝研磨化粧用
炭素および微量成分			黒色 黒色顔料、素描用具(コンテ)
			吸光 融雪剤、地温上昇材
			燃焼発熱 固体燃料
			爆燃 黒色火薬、花火
			ガス化 燃料ガス製造の原料
			還元 製鉄、金属ケイ素製造、水道水中の残留塩素除去、廃オゾン処理
			触媒 有機合成反応(ハロゲン化・脱ハロゲン化、酸化、酸化脱水素)、排煙脱硫脱硝
			イオン交換 イオン交換体
			導電性 電磁波遮蔽、通電発熱体、電気二重層キャパシタ、水からイオンの回収、リチウム二次電池、負極材
			肥料 肥料、土壌改良
粒子、形状			灰として 釉薬、染色助剤
			ろ過 ろ材
		装飾	お花炭、飾炭、枝炭、装飾炭

出典：安部 郁夫(2001)、各種廃棄物からの吸着用炭化物・活性炭の製造方法と有効利用、(エヌ・ティー・エス、p17)

表3-4 炭化温度の違いによる木炭の量と元素構成

炭化温度 [°C]	炭の元素構成			木材乾重量 に対する木 炭の割合 [%]
	炭素 [%]	水素 [%]	酸素 [%]	
200	52.3	6.3	41.4	91.8
250	70.6	5.2	24.2	65.2
300	73.2	4.9	21.9	51.4
400	77.7	4.5	18.1	40.6
500	89.2	3.1	6.7	31.0
600	92.2	2.6	5.2	29.1
700	92.8	2.4	4.8	27.8
800	95.7	1.0	3.3	26.7
900	96.1	0.7	3.2	26.6
1000	96.6	0.5	2.9	26.8
1100	96.4	0.4	3.2	26.1

出典：石原 茂久(1996)、p. 720 を元に著者再構成

点から、地球環境への人為的な影響を減らすのであれば、化石燃料の炭素、酸素の比率に近づけて隔離する方法を目指すべきである。

吸収源対策とした森林の適切な管理では、木材を切り出しつつ再植林を行い、切り出した木材を、安定した形で貯留するかが重要であるが、日本における住宅の平均寿命が、20～30年であることを考え合わせると長期的な大気からの分離は困難であり、さらに長期間で安定した形態での分離が望まれる。

3. 2 炭化処理

炭化処理は、低(あるいは無)酸素状態で加熱し、熱分解を進めることによって有機物を炭の状態にする処理のことであり、古来から存在する技術のひとつで

ある。表3-3に活性炭および木炭の構造と機能と利用法について示す。

生成される炭化物は、原材料の物性や炭化温度等によってその性質が異なる。一例として炭化温度の違いによる木炭の量と元素構成の関係を表3-4に示す。炭化温度が高くなると水素、酸素の割合が減少し炭素の割合が増加するのがわかる。揮発分が多い方が発熱量が多く燃料としての利用価値は高いが、自然発火することがあるので、取り扱いには注意を要する。

炭化処理の代表的な意義には、衛生化、減容化、安定化、資源化の4つがある(内海秀樹(2004b))が、熱処理を行うことから病原性細菌やウイルス等を死滅させることや、1/10程度に減容化することが可能であり、かつ炭化物は微生物による分解が困難である。

近年火力発電の燃料が石油から石炭に移行している。原油は、資源の偏在性が高く、価格は、高騰しており、可採年数が長い石炭に注目が集まっている。出力調整のために、微粉炭を使用する方向で研究が進められている。粒径が、比較的小さいため下水汚泥の炭化物を利用する方向で研究が進められている。

3. 3 炭化材料としての有機系廃棄物

一般廃棄物の排出量は、年間約5,000[万t]あり、産業廃棄物の排出量は、年間約4[億t]である。一般廃棄物は、その約8割が焼却処理され、二酸化炭素が放出されている(環境省(2005b))。産業廃棄物の種類別排出量と処理状況を表3-5に示す。それぞれの分類の中でその大半が有機性廃棄物と考えられる主要なもの

表3-5 産業廃棄物の種類別排出量と処理状況(平成14年度実績)

産業廃棄物	排出量とその割合		処理状況(%)		
	排出量(千t)	割合(%)	再生利用率	減量化率	最終処分率
燃え殻	1,782	0.5	40	22	38
汚泥	182,438	46.4	8	84	9
廃油	3,185	0.8	31	64	5
廃酸	2,681	0.7	25	70	5
廃アルカリ	1,492	0.4	29	65	6
廃プラスチック類	5,552	1.4	27	29	44
紙くず	2,096	0.5	50	41	8
木くず	4,963	1.3	45	46	10
繊維くず	70	0.0	13	62	25
動植物性残渣	4,477	1.1	31	62	7
動物系固形不要物	203	0.1	26	69	5
ゴムくず	37	0.0	11	25	64
金属くず	7,684	2.0	83	2	16
ガラスくず、コンクリートくず及び陶磁器くず	4,545	1.2	44	4	52
鋳さい	16,249	4.1	79	2	19
がれき類	55,365	14.1	84	1	14
動物のふん尿	89,799	22.8	94	4	2
動物の死体	211	0.1	76	12	12
ばいじん	10,406	2.6	57	14	29
計	393,234	100			

※各種類の産業廃棄物量は四捨五入してあるため、合算した値は合計値と異なる場合がある。

出典：環境省(2005c)

表4-1 各炭化装置事例の諸元

炭化装置	炉形式	原料	材料重量	製炭重量	収率[%]
A	バッチ式 外熱式	木片、木製パレット	150	50	33
B	バッチ式 外熱式	木片	220	53	24
C	バッチ式 内熱式	間伐材、竹	450	50	11
D	連続式 内熱式	建設廃材	170	43	25

※材料重量および製炭重量の単位：バッチ式[kg/回]、連続式[kg/h]

(()内は再生利用率)は、動物のふん尿(94%)、動物の死体(76%)、紙くず(50%)、木くず(45%)、動植物性残渣(31%)、繊維くず(13%※化石系含む)、汚泥(8%※無機系含む、濃縮汚泥ベース)であり、化石系は、廃プラスチック類(27%)、ゴムくず(11%)である。

再生利用率は、動物のふん尿、動物の死体は高いが、紙くず、木くず、動植物性残渣、繊維くず、汚泥は前者の2つに比べれば低い再生利用率である。これらの大半は炭化可能である(なお汚泥は有機性のもののみ)。

4. 炭化装置事例の分析

4.1 炭化装置事例の諸元

表4-1に炭化装置の事例の諸元を示す。ここで示した炭化装置はいずれも小規模のものである。装置A～Cは、バッチ式であり装置Dのみ連続式である。装置AおよびBは、化石燃料を使用して炭化を行う外熱式であり、装置CおよびDは材料そのものの熱を利用した内熱式である。材料重量および製炭重量は、表4-1の通りである。収率は、装置Cが、化石燃料を使用しない炉であるため他と比べ低くなっている。

表4-2に炭化温度と化石燃料使用量を示す。炭化温度は装置Cを除いて600～800℃程度である。木材の

表4-2 各炭化装置事例の炭化温度と燃料使用量および電力使用量

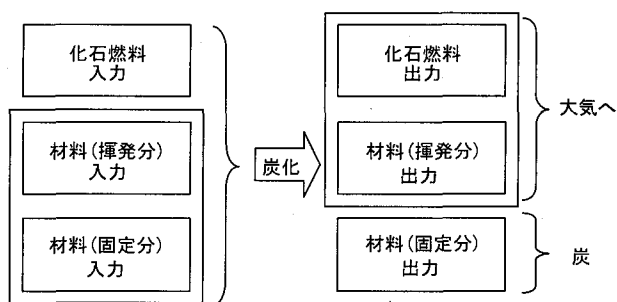
炭化装置	炭化温度[℃]	使用化石燃料種類	使用量	単位	電力使用量	単位
A	600-800	灯油	23.3	L/回	不明(起動時のみ)	-
B	650	灯油	60	L/回	18	kWh/回
C	400(仮定)	-	-	-	-	-
D	600-700	LPG	4	kg/h	5	kWh/h

炭化温度としては、この程度が生成炭化物の持つ熱量が最も高くなるとされている(炭焼きの会(1991))。装置Cは、アンケートの回答から400[℃]と仮定した。ここにあげた炭化装置では、燃料として灯油とLPG(液化石油ガス)が使用されている。これらの燃料は、材料の間接的な加熱と、材料が熱分解し炭化する過程で発生する熱分解ガスの燃焼処理をするために使用される。

4.2 評価の際の考え方

炭化処理は、炭という物質そのものを資源としてまず活用し、最終的に燃料にして使用することに意義がある。しかし、そのために化石燃料を消費し、熱量および炭素収支の上で入力が出力よりも多ければ、炭化処理の長所はあまり意味のないものになってしまう。著者は、このように考え、各炭化装置事例に対して、熱量と炭素収支について定量化を行った。

本来、熱量の収支計算を行う際は、炭化処理を行うに際して必要とした燃料と材料の持つ熱量の両方を対象にして計算する必要があるが、本稿では、図4-1に示す考え方に従って算定を行った。材料は、大気中から固定されたものであり、これが炭化処理の過程で大気中に放出されたときは、材料中の揮発分は差し引き0になると考え、化石燃料(電力含む)の投入分と算出



※材料(揮発分)は、入力と出力で差し引き0になるため化石燃料の出力のみを算定対象とした。

図4-1 入力と出力の算定を行う際の考え方

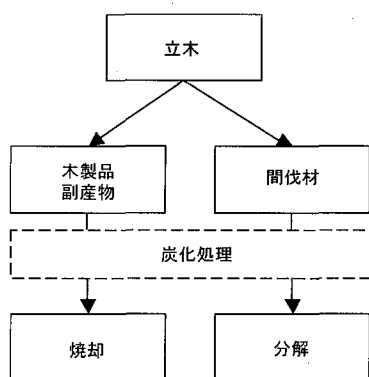


図4-2 本稿での材料について設ける仮定

表4-3 エネルギー源と発熱量と二酸化炭素排出係数

燃料の種類	単位 発熱量	単位	排出 係数	単位
灯油	36.7	MJ/L	0.680	kgC/L
LPG	50.2	MJ/kg	0.819	kgC/kg
木炭	15.3	MJ/kg	-	-
電力	9.0	MJ/kg*	0.103	kgC/kWh

出典：*は戎能一成(2005)、
他は環境省地球環境局(2003)

表4-4 熱量の投入量と産出量

炭化 装置	投入量 (電力含む)	産出量	(産出) -(投入)	投入 産出比
A	855	765	-90	0.895
B	2364	811	-1553	0.343
C	0	765	765	-
D	246	650	404	2.645

※投入および産出の単位:A~C[MJ/回]、D[MJ/h]

※電力は発電端投入熱量

された炭のみを算定対象とした。よって、木が長年かけて固定した炭素を炭化処理によって短時間のうちに一部を放出させるという事実については評価の枠組みには入らない。

本稿で扱う材料について設ける仮定を表す模式図を図4-2に示す。炭化装置の材料は廃棄され焼却される、あるいは、自然界に放置され生物活動により長時間かけて分解される木材(例えば未利用間伐材)と仮定している。つまり、本来そのままでは、熱や二酸化炭素となって大気中に放出される木材を対象に評価を行う。

以降の算定で用いる単位発熱量と炭素換算二酸化炭

表4-5 炭素の放出量と固定量

炭化 装置	放出量 (電力含む)	固定量	(固定量) -(放出量)	放出量 固定量比
A	15.8	46.1	30.3	2.9
B	42.6	49.0	6.4	1.1
C	0.0	38.9	38.9	-
D	3.8	39.2	35.4	10.3

※放出および固定の単位:A~C[kgC/回]、D[kgC/h]

※電力は発電端放出量

素排出係数を表4-3に示す。係数の出典を統一するため木炭の発熱量を、15.3MJ(約3660[kcal/kg])としたが、原料が木質系の場合5000[kcal/kg]の報告もあり(炭焼きの会(1991))、この値は、やや低めの数値と考えられる。炭化処理の中で特に外熱式の炭化炉は、運転条件を変更することができるため、アンケートによる回答あるいはカタログでの記載内容で表される運転条件を元に算定している。入力、化石燃料起源の燃料の直接燃焼によるものと電力生産にかかる入力を含む。各々の値は、入力はエネルギー種別毎の使用量に、それぞれ表4-3の係数を乗じるにより求めた。

4.3 算定結果

(A) 熱の投入量と産出量

表4-4に炭化装置事例の熱の投入量と産出量の関係を示した。産出量は、製炭重量に表4-3の木炭の単位発熱量を乗じて求めた。

外熱式の炭化炉である炭化装置A、Bはどちらも、投入熱量の方が超過する結果になった。つまり、これらの装置は、投入した化石燃料の熱量よりも少ない熱量しか炭から回収することができない。炭化装置Aは、木炭の発熱量の値を他の報告にあったものにすれば回収が可能な水準には届くと考えられる。なお、炭化装置Cは、立ち上げ時に補助燃料を使わなくても炭化処理をおこなうことができるため、投入熱量が0となり投入産出比は求められない。

(B) 炭素の放出量と固定量

次に表4-5に、炭素の放出量と固定量の関係を示す。固定量は、炭化温度毎の生成炭化物の炭素の比率を木炭と同じと仮定し、表3-4を利用して、それぞれの炭化温度に応じた炭素元素の割合を製炭重量に乗じることによって求めた。

その結果、ここに取り上げた炭化装置については、すべて、固定される炭素の方が放出される炭素より多いという結果になった。炭化装置AおよびBは、熱の投入産出では投入量の方が多かったにもかかわらず炭素の放出と固定との関係では、固定量の方が多くなっている。水素分が多く発熱量の多い燃料を使っている影響である。

(C) 単位材料重量あたりの結果

これらの2つの量を単位材料重量あたりの量で示したのが、表4-6である。単位材料あたりの産出熱量

表4-6 各炭化装置事例の単位材料あたりの
産出熱量と炭素固定量

炭化装置	材料重量 [kg]	熱量 (産出量) -(投入量)	単位材料 あたりの 産出熱量 [MJ/kg]	炭素量 (固定量) -(放出量)	単位材料 あたりの 炭素固定量 [kgC/kg]
A	150	-90.1	-0.60	30.3	0.202
B	220	-1553.1	-7.06	6.4	0.029
C	450	765.0	1.70	38.9	0.086
D	170	404.5	2.38	35.4	0.208

は、炭化装置AとBでは、負の値になっており、炭化処理によって固定できる以上の熱量を投入している。単位材料あたりの炭素固定量は、炭化装置AとDで、1kgあたり約200g程度の炭素の固定を行っているが、既にみたように炭化装置Aは熱的には損失を出している。炭化装置Cは、化石燃料を全く使わないという点で、収率は低いが熱的に自立している。

4.3 生成炭化物の品質と活用方法

本稿で取り上げたこれらの炭化装置を投入産出熱量と炭素固定量のみで評価を行ったが、生成された炭化物については全く検討していない。炭化装置A、BおよびDでの運転条件のうち炭化温度は大差がないが、炭化時間が異なるため品質に差異があると思われる。地球温暖化対策、エネルギー枯渇対策としての炭化処理であれば、固定炭素量が負になるような炭化装置や、産出熱量から投入熱量の差をとったものが負になる炭化装置は、技術開発の方向を改めるよう誘導する必要がある。また、製品評価の方法もこれらの状況に配慮したものが必要となる。

本研究で着目した炭化装置の生成する炭化物の用途の一例に床下調湿が含まれている。家屋の床下の風通しをよくして木炭を敷くと床下の湿度が保たれるようになり、木材の防腐やシロアリの害に対する効果があると言われている。現在は、それらの対策として薬剤が使われているが、これが、木造住宅の解体廃棄物を木炭の材料として使う上での障害になっている。防腐剤の利用から木炭の利用への代替性についての知見が待たれるところであり、床下の通気性が確保できる構造を積極的に住宅が採用すべきである。

二酸化炭素排出削減の一環として廃木材の炭化処理を行い床下に貯留しておけば、特別なCO₂投棄場所を確保する必要もなく床下1坪(約3.3m²)あたり、40～70kg程度の炭素を隔離することが可能である。さらに、正確にその量を比較的精度よく把握することも可能である。管理者は、実際の管理を行う必要はなく、床下の湿気対策という便益を享受することができる。そして、ライフラインが寸断されるような災害時にはこの木炭を非常用燃料として使うことも可能であろう。

今後、このようなシステムの構築が課題になるであろう。

5. 結論

本稿では、まず、地球環境問題の中でも地球温暖化問題に着目し現在の日本の二酸化炭素排出状況を概観し、日本が果たさなければならない削減目標値を炭素換算値で表した。そして、化石燃料の炭素、酸素比率から二酸化炭素収支を中心にした管理ではなく炭素収支を中心とした管理を行う必要があることについて述べた。

炭素収支を中心に管理する方法として、炭化処理を取り上げこの方法が、温暖化対策だけではなく廃棄物処理という側面でも意義を増していることについて述べ、特に木質系の廃棄物や間伐材を利用した炭化装置の実例を挙げ、アンケートによる回答およびカタログ記載の数値を元に、利用可能熱量と炭素固定量について算定を行い評価を行った。

そして、今回取り上げた炭化装置によって製造される炭の用途である床下調湿を例に挙げ、木炭を中心とした物質循環システム構築の可能性について言及した。

今後の課題は、炭化装置のデータをさらに収集し、考察で述べたシステムの構築の実行可能性についてさらなる精緻化を行うことである。

謝辞

本研究の成果の一部はマツダ財団の助成を受けています。

参考文献

- 石原茂久(1996):木質系炭素材料素材開発の新しい展開, 木材学会誌, vol. 42, no. 8, pp. 717-723
- 伊藤公紀(2003):地球温暖化 埋まってきたジグソーパズル, 日本評論社
- 内海秀樹(2004a):地球環境問題における廃棄物炭化処理の評価方法に関する予備的考察, 第12回地球環境シンポジウム講演論文集, 63-68
- 内海秀樹(2004b):有機系廃棄物の処理における炭化の位置づけに関する研究, 第15回廃棄物学会研究発表会講演論文集I, 671-673
- エヌ・ティー・エス(2001):脱焼却最前線 廃棄物の炭化処理と有効利用, NTS
- 戎能一成(2005):総合エネルギー統計の解説, 独立行政法人産業研究所, p. 140
- 環境省(2004):環境白書, 平成16年版
- 環境省(2005a):京都議定書目標達成計画, 平成17年4月
- 環境省(2005b):日本の廃棄物処理, 平成14年度版
- 環境省(2005c):産業廃棄物の排出及び処理状況等(平成14年度実績), 平成17年1月
- 環境省地球環境局(2003):事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン(試案ver1.5), 平成15年7月
- 炭焼きの会(1991):環境を守る炭と木酢液, 家の光協会
- 燃料協会編(1984):燃料便覧, コロナ社
- 牧野 尚夫(2002):石炭の特徴, 微粉炭火力技術の高度化-環境性の向上と発電コストの低減-, 第1章, 電中研レビュー第46号, pp. 9-13