

## (研究資料)

## 廃材・木質厩肥中の Cl 量およびその溶脱性

桜井孝一<sup>(1)</sup>

Kôichi SAKURAI : Chlorine in the Barks, Sawdusts and  
the Sawdust Manures, and its Solubility  
(Research note)

**要旨**：最近、鋸屑や樹皮等が燃料、畜舎敷料、土壌改良材として活用されはじめています。しかし、その原木は輸入材の場合が多く、製材時までの過程で海水貯木されるため、海水に由来する Cl が含まれるばかりでなく、これらを畜舎敷料に使用後の木質厩肥の場合では、家畜の排泄物に由来する Cl が含まれています。一般に、これらに含まれる Cl の濃度が高いと、燃焼炉の腐蝕や農作物の生長阻害の原因となるおそれがあるが、この種の材料に含まれている Cl の量を測定した資料は少ない。

今回、貯木状態の異なる数地区の製材工場から採取した輸入材や国産材の鋸屑および樹皮、牛舎に敷いたスギおよびマツ・スギ混合鋸屑厩肥、市販のラワン鋸屑厩肥について Cl の量を測定した。また、上記の鋸屑と樹皮の一部および市販のラワン鋸屑厩肥を対象に、Cl の溶脱性について室内および圃場実験を行った。

鋸屑や樹皮に含まれる Cl の量は原木の貯木状態に影響され、海水貯木期間が比較的長いと思われる試料では 1.81% の高い例がみられたのに対し、土場貯木を併用した試料では 0.2% 程度であった。また、木質厩肥における Cl の量は家畜の排泄物中の Cl の量にかなり影響される結果が得られた。なお、これらの試料に含まれる Cl は、水が十分存在すれば、比較的容易に溶脱されることが明らかとなった。

## 1. はじめに

従来、鋸屑やバーク等の廃材は林産廃棄物としてほとんど焼却あるいは投棄されていたが、近年に至り、有機質資源の再利用の観点から見直され、バークは廃材堆肥<sup>5)6)</sup>の原料となり、鋸屑は家畜の敷料や燃料としての利用度が高まっている。しかし、輸入外材特に海水貯木された木材中には、海水に含まれる NaCl を主とした Cl 化合物に由来する Cl が存在し、貯木条件によっては高濃度を示す<sup>1)</sup> 場合がある。これらの廃材を利用するとき、含まれる Cl の及ぼす影響について論議されている。例えばバークなどは堆肥化後農地に施与するとき、堆肥化する際に添加物として使用される鶏ふん中の Cl や、敷料使用後の木質厩肥中の Cl 等も含め、高濃度の Cl の存在が作物の減収につながる場合もある<sup>3)</sup>。また、燃料として使用する場合でも、Cl が炉の腐蝕を促す原因ともなりかねない。

廃材中の Cl は野積中に溶脱が進むといわれるが、他方、厚く堆積したバーク中では下部に集積する<sup>2)</sup> との指摘もある。このようなことから、堆肥化後の Cl の溶脱度合を知るうえで、また他の用途に利用する場合でも、基礎資料として、使用前の Cl の含量を知っておくことが必要であろう。

ここでは、既報<sup>4)</sup>のフラスコ燃焼法による Cl の定量について検討を行い、さらに廃材中の Cl 含量の目安を得る目的で、各地の製材工場から採取した廃材、および敷料使用後の木質厩肥に含まれる Cl の定量

表 1. 廃材の採取地と Cl 量 (対全乾物)

採取地	No.	樹種	原木の貯木状態	Cl(%)	採取地	No.	樹種	原木の貯木状態	Cl(%)
釧路	1	トドマツS	河川	0.09	東京新木場	9	米スギB	海水	0.21
"	2	" B	"	0.12	"	10	ラワンB	"	1.56
大船渡	3	米ツガS	海水・土場	0.18	"	11	" B	"	1.42
東京新木場	4	" S	海水	1.41	清水	12	米ツガB	"	0.78
"	5	" S	"	0.71	高知	13	米マツ混合S	海水・土場	0.23
"	6	米ツガ混合S	"	1.81	"	14	南方材S	"	0.14
"	7	ラワンS	"	0.80	静岡産	15	スギS	土場	0
"	8	米スギS	"	0.38	いわき産	16	" S	"	0

注) 樹種中の S…鋸屑, B…パーク。  
No. 14 は樹種不明。

を行った。また、これらの試料に含まれる Cl の溶脱性について二・三の実験を行った。

廃材の採取にご協力していただいたかたがた、特に東京新木場の塩崎 登氏、ならびに厩肥の製造（提供鋸屑の敷き込み）や、Cl 測定用試料を提供して頂いた茨城県稲敷郡碓崎村 成島 實氏に感謝の意を表します。

## 2. 試料および方法

### 2.1 廃材および厩肥試料

廃材の採取地と種類、原木時の貯木状態は表 1 に示したが、依頼して採取したものもあり、海水貯木期間については大船渡のおよそ 2 週間の例を除いては不明である。廃材のうちパークはウィリーミルで粉碎し、鋸屑はそのまま篩い分けせず、よく混合して試料とした。

厩肥中の Cl 測定試料は、市販品のラワン鋸屑厩肥と、肉牛飼育農家で敷料として使用中のマツ・スギ混合鋸屑、それに当研究室で提供したスギ鋸屑による厩肥である。試料の敷き込み畜舎は 1 わく 26 m<sup>2</sup> の広さに仕切られた開放式で、コンクリート下打ちされた平面床に、およそ 2 m<sup>3</sup> ずつ試料を敷き込んだ。1 わくの飼育頭数は牛の年齢により 5～2 頭で、敷き込み試料の取り出しは飼育家の判断にまかせ、14～17 日間敷き込んだものである。飼育中に粗飼料として与えた稲ワラの粗大物を取り除いたほかは、そのまま分析に供した。

### 2.2 Cl の溶脱試験方法

Cl の溶脱性については、上記の鋸屑とパークの一部および市販品の厩肥を対象に室内実験と圃場実験を行った。室内では通常の手法に従い、1g の試料に純水を 5, 10, 20, 100 ml ずつ加え、一定時間放置あるいは振とうを行い、ろ別乾燥後、試料中の Cl 残存量を測定した。

圃場での実験では、試料を袋に入れて土中に埋め込んだ。この際、試料中への土壌混入を避け水の透過を自由にするため、ナイロンスッキングを利用し、一定の大きさの袋状のものを二重にして試料を入れ、試料の厚さ 1 cm 程度にし、深さ 20 cm の土壌中に埋め込み (A グループ)、45 日後掘り出した。さらに日を変えて試料の厚さを 2 cm とし、前と同様にして埋め込み (B グループ)、15 日経過後試料を回収、同時に埋め込み試料に接していた上部と下部の土壌をおよそ 60 ml ずつ採取し、それぞれに残存する Cl を定量した。土壌に滞留する Cl の定量には、フラスコ燃焼法が適用できないので、水抽出物について

測定した。

### 2.3 分析方法

試料の分析に先だち、既報の分析法<sup>4)</sup>について試料の取り扱いや滴定条件を検討した。供試試料は木片と違い粉体のため、そのままではかさばって取り扱いにくく、マクロ分析のような試料を多く使用する場合のフラスコ燃焼には適さない。試料を取り扱いやすくするため、小型錠剤器を若干改良した成形器(図1)を用い、0.2~0.3gを円柱状に固形化して燃焼分解の供試料とした。この分析法は最終的には滴定によりClを定量するが、滴定液に50%アルコールを使用するため、検体の調整が繁雑である。これを避けて、純水のみを使用した場合について滴定したところ、それのみでも定量可能なことがわかったので、前述した試料の分析は、標準液、検体液ともアルコールは使用しないで行った。

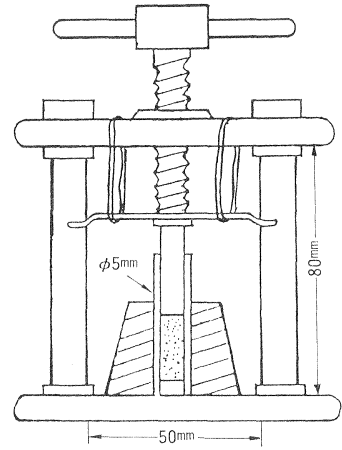


図1. 成形器の概略

## 3. 結果と考察

### 3.1 滴定条件の検討結果

電位差滴定時に使用するイソプロピルアルコールは、滴定曲線の終末点を明瞭にするため、マイクロ分析では常用される。しかし、試料を多く使用する分析では、これの与える影響は少ないと考えられる。

滴定は、pH 1 付近に調整した 50% アルコール系液で行ったとき、滴定曲線の立ち上がりが良く、純水のみではそれがやや傾斜する<sup>4)</sup>。これについて、標準試薬の秤取量を変えて滴定した両者の滴定曲線を比較検討すると、終末点の曲線パターンは(図2)それぞれほぼ一定であった。しかし、検体液が多いとき、または、検体液中の Cl 濃度が高いとき標準液の消費量が増えるに従い、滴定曲線の傾斜は大きくなるが、検体液量 20 ml 程度で、標準液の消費量が 10 ml 以内では、両者間に大きな差はなかった。

この両者の方法で、南方材ウリン 3, プライ 2, 米スギパーク 1, ラワンパーク 1, と邦産スギ鋸屑 1 の 5 種 8 検体を粉体試料とし、前述の成形器で固形化後、燃焼分解して Cl の定量を行った。得られた結果(表2)を比較すればその差はわずかであり、試料を多く使用する常用分析では、滴定液には純水のみを用いてよいものと判断された。

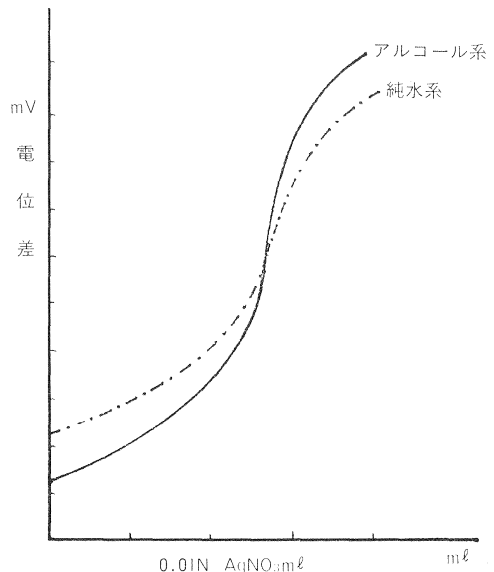


図2. 滴定曲線のパターン

表 2. 異なる滴定条件による Cl の定量結果 (対全乾物)

試料	滴定液	試料 (mg)	0.01N AgNO <sub>3</sub> (ml)	Cl (mg)	Cl (%)	
南方材 ウリン	イ {	アルコール系	195.3	2.89	1.03	0.53
			180.7	2.79	0.99	0.55
		純水系	241.6	3.49	1.24	0.51
			202.3	3.37	1.20	0.59
	ロ {	アルコール系	193.9	2.72	0.96	0.50
			178.4	2.88	1.02	0.57
		純水系	217.4	3.56	1.26	0.58
			232.0	3.85	1.37	0.59
	ハ {	アルコール系	204.7	1.81	0.64	0.31
純水系		218.3	1.86	0.66	0.30	
南方材 プライ	ニ {	アルコール系	192.6	0.58	0.21	0.11
			163.5	0.47	0.17	0.10
		純水系	240.6	0.47	0.17	0.07
			165.0	0.40	0.14	0.09
	ホ {	アルコール系	212.2	3.19	1.13	0.53
		純水系	233.0	3.21	1.14	0.49
ラワンパーク	ヘ {	アルコール系	215.4	8.13	2.88	1.34
			197.4	7.17	2.54	1.29
		純水系	199.3	7.19	2.55	1.28
			163.9	6.29	2.23	1.36
米スギパーク	ト {	アルコール系	180.1	1.14	0.40	0.22
			165.0	0.98	0.35	0.21
		純水系	231.8	1.75	0.62	0.27
			216.5	1.23	0.44	0.20
邦産 天竜スギ	チ {	アルコール系	238.8	—	—	—
		純水系	194.3	—	—	—

### 3.2 廃材および厩肥中の Cl 量

#### 3.2.1 廃材中の Cl 量

供試廃材中の Cl 量を表 1 に併示した。海水接触のなかったスギ鋸屑では、分析により Cl が検出されなかったのに対し、海水貯木をされた木材からの廃材では、含有量の差はあるがいずれも Cl が検出された。特に東京新木場から採取した試料中には、1%を越えるものが 4 試料もあり、最も多いもので 1.81% を示した。清水で採取した試料も比較的多く 0.78% であった。これらの地区では専用の海水貯木場があるため、貯木期間が比較的長くなること、さらに原木を海中から引き上げて直ちに剥皮、製材を行っている等の理由から、廃材は多量の塩分を含んだ状態で排出されるものと思われる。釧路の試料は、河川貯木されたものであるが、これは原木の船積輸送後、海上荷下ろしされ、筏組にして河口から 4 km 上流の貯木場まで運ばれている。従って海水接触期間も短く、かつ河川水による塩分溶脱も起こるため 0.1% 程度の値を示すものであろう。他の工場土場で採取した試料は、木材の輸入手続きが済み次第陸送により、工場内土場に貯木される関係から、海水貯木される期間が比較的短いと考えられ、さらに、土場貯木中の雨水による表面付近の塩分が溶出される等の理由から、0.2% 程度の値になったと考えられる。

#### 3.2.2 厩肥中の Cl 量

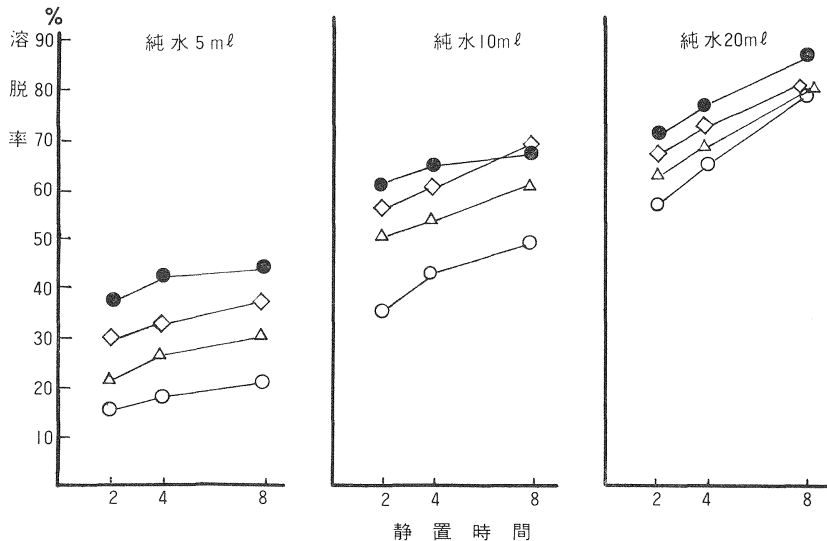
敷料使用後の厩肥に含まれる Cl 量を表 3 に示した。市販厩肥では、敷料使用前に含まれている Cl に、家畜排泄物中の Cl も加わり、高濃度を示すものと考えられたが、他の試料と比較して若干多い程度の 1.07% であった。敷料取り替え時に飼育わくごとに採取したマツ・スギ混合厩肥についてみると、成牛 2 頭飼いの試料よりもむしろ子牛の群飼いの方に多く、およそ 0.5 から 1.0% にわたっていた。また当研究室で提供した Cl を含まないスギ鋸屑による厩肥では、0.69% の Cl が検出された。家畜排泄物中の Cl の量は、飼料や食塩の摂取量に関係し、厩肥中の Cl 量は、畜舎の構造や 1 わく中の飼育頭数、それに敷料の敷き込み期間によって異なる。この分析結果から判断すれば市販厩肥の場合、敷料に使用される前の鋸屑には、含まれていた Cl が少なかったものと思われる。

3.2.3 Cl の溶脱性

室内で行った静置状態での Cl の溶脱性は、試料 1g に対し水 5 ml と少量の場合、水が試料の膨潤に消費されるためかる液も少なく、従って溶出する Cl も少なかった。中でも市販厩肥は、鋸屑そのままのものよりも溶脱率は低かった。試料に対し水の量が増えるに従い溶脱も進み、図 3 に示すように純水 20 ml を加えたとき、2 時間で 60% の溶脱を示し、8 時間後では、いずれの試料も 80% 台の溶脱率を示した。またこれらの試料を振とうした場合の溶脱性についてみると、10 分振とうで 80% 以上の溶脱率であったが、30 分振とうでもあまり差はなかった (表 4)。このことは、溶出 Cl 濃度と試料中の Cl 濃度が、比較的短時間のうちに平衡状態になるためと考えられる。純水を 100 ml に増やし、1 時間振とうを行ったときの溶脱率は 95% 前後となり、Cl の溶脱はほぼ完了したもののみてよからう。

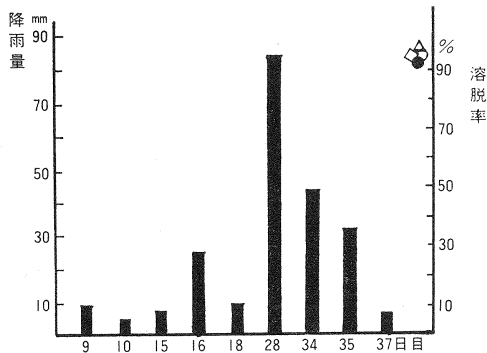
表 3. 鋸屑厩肥中の Cl 量 (対全乾物)

材 料	牛 年 齢	頭 数	敷き込 み日数	Cl (%)
マツ・スギ混合	0.34	5	17	0.95
〃	0.40	4	17	0.71
〃	0.45	4	17	0.73
〃	0.60	4	17	0.88
〃	1.50	2	17	0.54
ス ギ	0.35	5	14	0.69
市 販 厩 肥	—	—	—	1.07



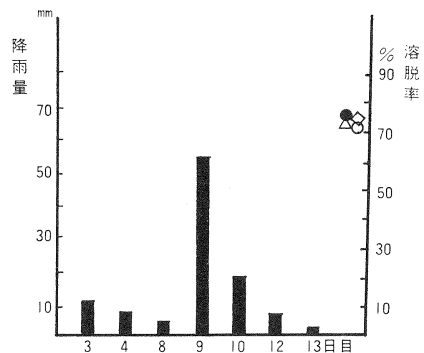
●: 米ツガパーク No. 12, ◇: 米ツガ混合鋸屑 No. 6, △: ラワン鋸屑 No. 7, ○: 市販厩肥

図 3. 静置状態における溶脱率



埋め込み日より回収日までの降雨経過  
注：記号は図3と同じ

図 4. Aグループの降雨量と溶脱率



埋め込み日より回収日までの降雨経過  
注：記号は図3と同じ

図 5. Bグループの降雨量と溶脱率

表 4. 振とうによる溶脱率  
(対全乾物)

試料	No.	振とう時間(分)			
		10	20	30	40
米ツガ混合鋸屑	6	80	83	86	—
ラワンパーク	11	87	90	92	—
米ツガパーク	12	85	86	87	94
市販厩肥		84	86	89	—
米ツガ鋸屑	4	—	—	—	95
ラワン鋸屑	7	—	—	—	97
ラワンパーク	10	—	—	—	95

注) 試料 1g に対し純水 20 ml, ただし 60 分のみ純水 100ml。

表 5. Bグループ試料と土壌中の Cl 量  
(対全乾物)

試料	No.	試料中の Cl 残存率 (%)	土壌中の滞留 Cl (%)	
			上部	下部
米ツガ混合鋸屑	6	24	0.11	0.31
ラワン鋸屑	7	30	0.03	0.05
米ツガパーク	12	26	0.06	0.11
市販厩肥		23	0.01	0.04

圃場内土壌に埋め込んだ試料 A グループについて、埋め込んだ日より試料回収時までの降雨日およびその雨量と溶脱率を図 4 に示す。この期間

の総雨量は 217 mm で、埋め込み試料のすべてが 95% 以上の溶脱率であった。室内での実験結果から考えて、試料回収時以前に Cl のほとんどが溶脱していたものと思われる。また、B グループでは埋め込み期間中の総雨量が 103 mm であり、溶脱率は 70% 台であった(図 5)。この理由は、埋め込んだ試料の厚さは A グループに比し 2 倍であることと、降雨の状態や埋め込み期間の影響によるものであろう。B グループの試料回収時に採取した土壌中の Cl は一様ではなかったが、試料上部のものよりも下部の方に多かった(表 5)。これは、地表面を流去する多量の雨水による流亡よりも、水の地下浸透時による溶脱が多いことを示している。

以上の結果より厩肥中の Cl の溶脱は、雨水さえあれば比較的短期間に進むものと思われるが、土壌中に滞留する Cl もあり、厩肥を耕地特にハウス内に施用するときは、その量を十分考慮する必要がある。

引用文献

- 1) 江口幸司：原木・海水・合板機械 (I) 原木に含まれる塩分と機械の腐食，木工機械，No. 70, 16～19, (1975)
- 2) 河田 弘：木質廃材堆肥に関する研究 (I) ヘムロックパーク堆肥について，林試研報，301, 47

~78, (1978)

- 3) 大沢孝也：蔬菜の塩害と窒素供給形態の関係 (I) 数種果菜について, 園学雑, **31**, 53~63, 同 (II) 数種葉根菜について, 同, 157~167, (1962)
- 4) 桜井孝一：木材・パルプ・紙中の塩素の迅速定量法, 林試研報, **280**, 95~101, (1976)
- 5) 高橋弘行：廃材堆肥の作り方, 北海道林産技術普及協会, 119 pp., (1977)
- 6) 植村誠次：廃材堆肥, 全国林業改良普及協会, 268 pp., (1968)