

(研究資料)

木材に含まれる硫黄量

桜井孝一⁽¹⁾Kōichi SAKURAI : Sulfur Content in Wood
(Research note)

要旨：残廃材を含めて木質系物質を燃料として使用する際、大気汚染の見地から、昭和48年に施行された「公害健康被害補償法」に基づき、ばい煙施設設置者は硫酸化物の大気放出量に応じ、賦課金を納付することになっており、木屑では硫黄分を0.04%として計算されている。しかし、木材に含まれる硫黄に関する資料は極めて少ないので、今後木材を焼却する場合の検討資料として役立たせるために、主として工場から入手した材料について、硫黄の含有量を測定した。

分析に供した木材は南洋産広葉樹14種、北米産針葉樹3種、ソ連産針葉樹4種及び国産の針・広葉樹20種である。分析部位は南洋材では辺・心材のみで、他は樹皮も行い、国産材の一部は葉についても検討した。

分析の結果、樹皮では北米材に0.150~0.302%、ソ連材に0.041~0.061%、国産材には0.00~0.099%の硫黄が検出された。また辺・心材では北米材の辺材に0.063~0.124%、心材には0.011~0.024%の硫黄が認められたが、ソ連材には辺・心材のどちらにも硫黄は認められなかった。また南洋材の辺材に0.00~0.068%、心材に0.00~0.051%、国産材では辺材で0.00~0.035%、心材に0.00~0.051%の硫黄が検出された。

1. はじめに

化石燃料の大量消費国であるわが国では、その大部分を国外から輸入しているが、1973年の石油ショック以来、熱エネルギーとしての安定供給や価格等の不安から、これを補うものとして、再生産可能な天然資源である木質系物質、主として残廃材の燃料としての価値が見直されつつある。化石燃料を使用する際、これに含まれる硫黄(S)化合物が、硫酸化物(SO_x)として大気に放出されるため、これが大気汚染源の一つとなっており、この放出ガスによって生ずる硫酸ミストの樹木への影響⁸⁾が調査されている。また、これらの汚染源による公害によって、健康被害を受けた人達に補償給付をする目的から、昭和48年に施行された「公害健康補償法」における、汚染物質排出基準により汚染源企業に対して賦課金が科せられ、その基準では木屑中の硫黄分は0.04%となっている。

一般に木材中の硫黄は、その中に存在する含硫黄蛋白質に由来するといわれているが、熱帯地方に生育するヒルギ科植物からは、その他の硫黄化合物も見いだされている⁹⁾。木材に含まれている蛋白質の量は極めて少ないため、木材中の硫黄は化石燃料にくらべ、はるかに少ないものと予想されるが、これについての資料は少なく、三浦伊八郎の資料⁵⁾を除けば断片的¹²⁾⁴⁾⁹⁾¹⁰⁾に見られるのみである。今回は先に述べた背景を考慮して、木質系物質に含まれる硫黄含有量の測定を行った。

試料採取と提供については関係企業や営林署、富山県木材試験場および当場の雨宮昭二木材利用部長、阿部房子林産化学部熱化学研究室長にご協力を頂いた。記して謝意を表します。

2. 試料およびその調製

使用した試料のうち南洋材は合板会社からの単板で、その他（国産材、ソ連材、北米材）は短く玉切りされた原木や、それらの円板である。各試料は樹皮、辺・心材の部位に分けたが、辺・心材の識別困難な樹種については、できるだけ外側の部分を辺材とし、中心に近い部分を心材とした。また南洋材については提供元において識別記入したものをそのまま用いた。

試料はすべて 0.7mm のふるいを通すまで粉碎した。これらの試料のうち特に外材は、海上荷下しや、海中貯木などが行われているため、海水に由来する塩素が多量に含まれている場合が多い。その場合は硫黄の定量分析に障害とならないように、あらかじめ硝酸銀 (AgNO₃) 反応により塩素の確認をし、塩素の存在が認められた試料のみ、純水で脱塩処理後温風乾燥し、他はそのまま分析試料とした。

3. 分析方法

有機物中の硫黄の定量方法はいくつかあるが、固体試料である石炭では、硫黄の捕捉剤を加えて行う灰化法（エシュカ法）や、燃焼容量法などが JIS 化されている。

今回の分析は約 0.25~0.30g の木粉を円柱状に固め⁷⁾、フラスコ燃焼法によって分解後、導電率滴定⁸⁾を行った。試料中の水分は別に測定し、硫黄の含有量は無水物で表示した。

4. 結果と考察

4-1. 南洋材

原木の大量輸入当初は樹皮付きのものが多かったが、近年では剥皮後の原木が輸入されるため、これらの樹皮は入手できなかった。

表 1. 南洋産材の S 量 対全乾物

市場名	樹種名 学名	S 量 (%)	
		辺材	心材
メランチ	<i>Shorea</i> sp.	0.019	0.00
ダークレッドメランチ	"	0.068	0.014
レッドメランチ	"	0.035	0.00
メラピー	"	0.034	0.019
タウン	<i>Pometia</i> sp.	0.00	0.00
ビンタンゴール	<i>Calophyllum</i> sp.	0.00	0.00
アンベロイ	<i>Pterocymbium</i> sp.	0.015	0.013
マカラング	<i>Macaranga</i> sp.	0.014	0.051
ナトウ	<i>Palaquium</i> sp.	0.070	0.021
セルチス	<i>Celtis</i> sp.	0.018	0.015
ドリアン	<i>Durio</i> sp.	0.058	0.014
アルストニア	<i>Alstonia</i> sp.	0.033	0.031
スロアネア	<i>Sloanea</i> sp.	0.039	0.026
カメレレ	<i>Eucalyptus deglupta</i>	0.014	0.00

輸入港：新木場港

供試樹種および分析結果は表1に示した。この表から知られるように、タウンとビンタンゴールは辺・心材に、メランチ、レッドメランチ、カメレレは心材部に硫黄が検出されなかった。また、辺・心材の比較では辺材部に多く、中でもダークレッドメランチ、ナトウ、ドリアンでは0.058~0.070%の価を示し、他の辺材では0.00~0.039%であった。また心材部ではマカランガが0.051%とやや多く、他の心材には0.00~0.031%が測定された。

4-2. 北米材

北米産材は針葉樹3樹種であったが、同一樹種について、海水浸漬の経歴のあるものAと、その経歴がないといわれるものBについて、海水による影響の有無についても検討を行った。これらの分析結果は表2に示してあるが、このA、Bの試料にはいずれも強い塩素反応があり、経歴については疑問が持たれた。

供試樹種における硫黄量は、いずれも樹皮部に最も多く0.150~0.302%、次に辺材部で0.063~0.124%、心材部は0.011~0.024%であった。このうちベイツガ樹皮ではBよりもAに、辺材ではAよりもBが多かった。またベイヒバ、スプルースにはA、B間にほとんど差はなく、ベイツガに見られたA、B間の差は海水浸漬有無の影響ではなく、他の理由によるものと考えられた。北米材中の硫黄の量は資料¹⁾によれば、パイン、オーク、スプルース、レッドウッドの樹皮にそれぞれ0.1%で、レッドウッドの材中にはない。また他の資料²⁾ではダグラスファー、パインの樹皮にはないが、ベイツガでは0.1%である。三浦伊八郎³⁾によればカラマツ、マツ、トウヒ等の辺・心材の灰分中には存在し、しかも辺材部に多い。

4-3. ソ連材

ソ連産材は4樹種であり、樹種名は分析結果とともに表3に示した。富山県新湊港に輸入されるソ連産

表2. 北米産材のS量 対全乾物

樹種名		S量 (%)		
市場名	学名	樹皮	辺材	心材
ベイヒバ A	<i>Chamaecyparis nootkatensis</i>	0.256	0.069	0.024
" B		0.250	0.084	0.020
スプルース A	<i>Picea sp.</i>	0.150	0.087	0.019
" B		0.180	0.063	0.020
ベイツガ A	<i>Tsuga heterophylla</i>	0.302	0.088	0.017
" B		0.178	0.102	0.011

A: 海水浸漬があるといわれるもの

B: 海水浸漬がないといわれるもの

表3. ソ連産材のS量 対全乾物

樹種名		S量 (%)		
市場名	学名	樹皮	辺材	心材
シベリアカラマツ	<i>Larix gmelini</i>	0.047	0.00	0.00
エゾマツ	<i>Picea jezoensis</i>	0.041	0.00	0.00
オウシュウアカマツ	<i>Pinus sylvestris</i>	0.061	0.00	0.00
ベニマツ	<i>Pinus koraiensis</i>	0.055	0.00	0.00

輸入港: 富山県新湊

材の荷下ろしは、海中投下は少なく直接陸揚げされる場合が多い。そのため他の外国産材に見られたような、強い塩素反応は無く、ベニマツのみに弱い反応があった。これら 4 樹種は樹皮でシベリヤカラマツに 0.047%, エゾマツ 0.041%, オウシュウアカマツ 0.061%, ベニマツ 0.055% が測定された。これを北米材のそれらに比べると、硫黄量ははるかに少なく、さらに辺・心材では、いずれの樹種にも測定されなかった。

4-4. 国 産 材

分析に供した国産材は、針葉樹 7 樹種と広葉樹 11 樹種であるが、この他にテーダマツとユーカリを加えた。これら樹種の中で広葉樹のオヒルギは、その生育特性²⁾ から塩素反応が強く、ヤエヤマヒルギはそれよりも弱く、その他の樹種には塩素反応は無かった。なお、分析した試料中には、草津白根山系の硫黄高原地帯から採取したものがあるが、比較検討の便宜上、分析結果は表 4 と表 5 に分けて表示した。

表 4 は通常の林地生育樹種についての結果である。この表に示されるように、針葉樹では樹皮部に 0.027

表 4. 国 産 材 の S 量 対全乾物

和 名	学 名	産 地	S 量 (%)		
			樹 皮	辺 材	心 材
カ ラ マ ツ	<i>Larix leptolepis</i>	林試浅川実験林	0.088	0.00	0.00
"	"	不 明	0.032	0.00	0.00
ア カ マ ツ	<i>Pinus densiflora</i>	林試千代田試験地	0.00	0.00	0.00
ト ド マ ツ	<i>Abies sachalinensis</i>	山梨県東大演習林	0.073	0.00	0.00
ス ギ	<i>Cryptomeria japonica</i>	茨城県大子町	0.044	0.00	0.00
ヒ ノ キ	<i>Chamaecyparis obtusa</i>	岐阜県小坂町	0.047	0.00	0.00
シ ラ カ ン バ	<i>Betula platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	北海道厚賀営林署	0.036	0.00	0.00
ミ ズ ナ ラ	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	北海道厚賀営林署	0.063	0.029	0.00
コ ナ ラ	<i>Q. serrata</i>	茨城県谷田部町	0.081	0.020	0.023
ク ス ギ	<i>Q. acutissima</i>	静岡県浜松営林署	0.050	0.028	0.018
シ ラ カ シ	<i>Q. myrsinaefolia</i>	静岡県浜松営林署	0.036	0.016	0.038
ク リ	<i>Castanea crenata</i>	静岡県浜松営林署	0.00	0.00	0.00
オ ヒ ル ギ	<i>Bruguiera conjugata</i>	奄美大島	0.096	0.035	0.056
ヤエヤマヒルギ	<i>Rhizophora nucronata</i>	八重山	0.033	0.00	0.015
テ ー ダ マ ツ	<i>Pinus taeda</i>	林試赤沼試験地	0.027	0.020	0.00
ユ ー カ リ	<i>Eucalyptus viminalis</i>	林試岡山試験地	0.039	0.017	0.00

表 5. 草津白根山系硫黄地帯生育樹種の S 量 対全乾物

和 名	学 名	産 地	S 量 (%)				
			樹 皮	辺 材	心 材	小 枝	葉
シ ラ ベ	<i>Abies veitchii</i>	万座地区	0.065	0.024	0.00	0.159	0.312
コメツガ	<i>Tsuga diversifolia</i>	"	0.043	0.014	0.00	0.074	0.363
ナナカマド	<i>Sorbus commixta</i>	"	0.059	0.017	0.018	0.100	0.325
ダケカンバ	<i>Betula ermanii</i>	三原地区	0.053	0.015	0.018	—	—
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i>	"	0.099	0.026	0.027	—	—
ミズナラ	<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i>	"	0.057	0.030	0.018	—	—

0.088%, 辺材部にはテーダマツのみに0.020%の硫黄が測定された。また心材部にはいずれの樹種にも認められず、アカマツは樹皮部にも検出されなかった。この結果はソ連材の分析結果と同様の傾向を示している。さらに広葉樹の樹皮部では、コナラの0.081%とオヒルギの0.096%がやや多く、他は0.033~0.063%で、辺材部では0.00~0.035%, 心材部に0.00~0.056%であった。ただクリのみが、いずれの部位にも硫黄は検出されなかった。

表5は前述したように、硫黄地帯から採取した樹種である。この表中の針葉樹であるシラベとコメツガを表4のそれらと比較すれば、樹皮部では0.043~0.065%ではほぼ同程度であったが、辺材部には明らかに相異があり、0.014~0.024%の硫黄が測定されたが、心材部では測定されなかった。一部着葉状態で採取した試料(シラベ、コメツガ、ナナカマド)については、その葉および小枝についても分析を行ったところ、最も多いのは葉の部分で0.312~0.363%, 小枝では0.074~0.159%であった。硫黄地帯に生育する樹葉中の硫黄量は、噴出する硫黄(H_2S)の影響⁸⁾を受ける。

以上外国産樹種を混えたいくつかの樹種について、それぞれの部位別に分析した結果を総体的に見ると、葉の部分に最も多く、次いで小枝、樹皮、辺材の順で心材部は最も少なかった。

5. む す び

一般に木材中の無機成分は、樹種やその部位、あるいは生育条件などによっても異なるといわれている。今回分析した有機化合物に由来するといわれる硫黄もこれに類似し、その部位による差があった。同属異種である南洋産材のカメレレと国産材ユーカリについて見れば、同じ値を示しているものの、他の同一樹種(表4のカラマツ、表4と5のミズナラ)では異なる値を示しており、含有量は、必ずしも一定のものではないことがわかった。また北米産材には高い測定値が得られたが、これらの樹種には一般的に多いものかどうかは、さらに多くの試料について検討する必要がある。

最初に述べたように、木屑中の硫黄量は0.04%の基準によって、汚染負荷量賦課金があり、業界の関心事となっている。ここで測定した値は木材中の硫黄含有量であり、燃焼排ガス中の硫黄量との関係は不明確であるので、得られた結果も今後の検討資料として参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) BETHEL, J. S. et al: Energy from Wood; A Report to the Office of Technology Assessment Congress of the United States, p. 246, (1979)
- 2) 平田満穂: 苦竹の幹形比重灰分量及び化学成分について, 日林誌, **19**, 18, (1937)
- 3) 加藤 篤: マングローブと有機硫黄化合物—特にヒルギ科植物について—, 化学, **32**, 985~996, (1977)
- 4) 神奈川県農業試験場: 大気汚染調査研究報告第11報, 神奈川県, 100~113, (1969)
- 5) 三浦伊八郎: 薪炭学考料, 共立出版, 35, 39, 40, (1943)
- 6) 桜井孝一: パルプ紙中のイオウの迅速定量法, 林試研報, **286**, 75~82, (1976)
- 7) ———: 廃材木質既肥中のCl量およびその溶脱性, 林試研報, **315**, 127, (1981)
- 8) 佐藤久男ほか: 草津白根熊四郎山地帯の亜高山樹種類の生長阻害について, 93回日林論, 147~150, (1982)
- 9) TILLMAN, D. A.: Wood as an Energy Resource, Academic Press, p. 71, 73, 84, (1978)
- 10) 土屋 穰ほか: 台湾産竹類のパルプ原料としての研究第1報, 農化誌, **15**, 433, (1939)