

フィリピンにおける廃残材の利用と問題点

—とくに炉体障害について—

佐 藤 惺*

Utilization of Wood Wastes and Residues in the Philippines

—Destruction of Refractory Bricks—

Akira SATO

フィリピンの木材工業を中心とした残廃材の利用実態を、おもに東部ミンダナオ島を選んで調査し、整理すると共に、問題点を指摘した。とくに廃材燃焼炉に惹き起される炉体内壁の崩壊について、樹種灰分の影響を取上げ、実験的に各樹種によって灰分の質と量に大差のあることを確かめ、その他の理由と共にこの現象に対し考察をすすめた。

は じ め に

筆者はかねてより熱帯材の示す多様な性質に関心を深め、南方諸国への調査旅行を試みて来ているが、その第3回に相当するフィリピン旅行が東南アジア研究センター(京大)の援助で実現した。約3週間の調査で見聞したり、帰国後、試料を分析したりしてこの一文をまとめてみた。

たまたま、最近の新聞(昭54. 5. 6., 大阪毎日)には林野庁が木質エネルギー利用のプロジェクト研究に着手し、山村や木材工業団地等を対象に「木質エネルギー活用普及パイロット事業」を起す構想を固めたことを報じている。これもまた、本題と大いに関係のあることである。本題ではフィリピンを取上げたがこれから述べることは熱帯材という共通項の下に、他の近辺諸国や、これらの国から多量に材木を輸入消費している我国にも無縁のことではなく大いに参考になる筈である。

本論ではフィリピンの木材工業の集約しているミンダナオ島での調査を中心に、廃材、樹皮の利用と処理にからむ問題点を取上げ、とくに樹皮燃焼炉(パークボイラー)との関連点を扱ってみた。その結果、廃材とくに樹皮を燃料として用いる時、樹種毎に含まれる灰分の量と質に多大な差のあることから、今迄以上に燃焼材料の種別に注意し、炉体を破壊しないような燃焼設計をたてるべきではないかとの考えをもつに至った。今後、省エネルギーの観点から、パークボイラーは増加するものと思われるが、この一文がその面に少しでも役立つことがあれば嬉しいと思っている。

廃 材 と 残 材

先ず、廃材について論をすすめようとするに残材なる熟語との相違を明確にしなければならぬが、いろいろ調べてみても日本では両者を廃材または残廃材として取扱いかい、敢て分離して扱かう必然性がないようなので、ここでも同一に扱かうことにする。英語では F. D. Virtucio¹⁾ は一応明確に Wood wastes と Wood residues を区別し、前者を「その時点では充分な役に立たぬが未だ市場価値のある材部」とし、後者は「も

* リグニン化学部門 (Division of Lignin Chemistry)

はや市場価値のなくなった材部」としている。もう少し、具体的にいうなら、前者は伐採現場で生ずる板根、切株、林地放棄材、大型端切等を指し、後者には小型端切、通常切株、枝葉類、割裂材、傷害木等を始めとして製材工場、合板工場および加工工場で生ずる背板、樹皮、剝心、サンダー屑、鋸屑等の大小の廃棄物が該当する。現実には両者の間に厳密な境界を与え難いと思われるので、ここでは同一視することにする。

フィリピンでは一般に材部に対する樹皮の割合を平均8%として計算し、最終用途に到達する利用率(収率)は25%として考えられている。従って、最終的に75%の材は廃材として捨てられることになるが、その大部分は未だ利用の道を残していると察せられる。

側面的な観察ではあるが P. P. Palisoc²⁾ のまとめた数字からみると、第1表にみられるように1975年一ケ年でチップ転用可能な廃材約 7800m³ を生じ、その内3分の2が合板工場から、残りが製材工場からであるが、これを地域的にみると合板工場の能力の82%がミンダオ島に、残り17%がルソン島に集中している。一方の製材工場は57%がルソン島からであるが、全体のチップの7割がミンダオ島より供給されることになる。事実、私の訪れた合板、パルプ工場は全てミンダオ島のものであった。因みに我国はフィリピンから1年間(昭52.10~53.9.)に200万 m³ の材を輸入し、南洋材の9%を占めている³⁾。この大部分は丸太で輸入し、製材品は11%相当分だけである。

廃材の用途

フィリピンにおける廃材の用途について、先述の F. D. Virtucio¹⁾ がまとめているが、整理しなおすと第2表のような結果となる。考えられるような範囲で、実に多くの用途を挙げているが、その多くは小規模で

第1表 チップ転用廃材 (1975)

地 域	製 材 工 場	合 板 工 場
工 場 数	353	21
ル ソ ン	1487.25 m ³	861.45 m ³
ビ サ ヤ ン	207.53	48.56
ミ ン ダ ナ オ	930.87	4256.03
計	2625.65 m ³	5166.04 m ³

第2表 廃材・樹皮の用途

1. 燃 料	屑材、ブリケット、木炭、木ガス
2. 吸 収 材	屠殺場、家畜しきわら、保健用、工業用
3. 清 掃 材 料	金属加工場、床板清拭用
4. 包 装 材 料	もくめん
5. 消 火 剤	油火災用
6. 床 板 材 料	
7. 断 熱 材 料	パッキング
8. 詰 物 材 料	人形、玩具
9. 保 護 材	建築現場
10. 加 工 品	ガス洗浄剤、木セメント、チップボード
11. ハードボード	
12. 化 成 品	しゅう酸、二硫化炭素、カーバイト
13. 肥 料	バーク堆肥
14. 乾 留	メタノール、アセトン、酢酸
15. パルプ・紙	チップ

あり加工度の低いものが多い。逆に、加工度の高い工場規模の用途になると各事業所、現場からの廃材の有機的な連携、換言すれば連続的利用に欠けることとなり、悪くするとその目的のために樹木原木を消費する産業となってしまう。フィリピンには木材総合加工業とも言うべきパルプ、紙の製造から合板加工そうして植林事業までを一社でこなす PICOP 社 (Bislig) のような立派なものもあるが、こうしたものは別として、一般の事業所では成立しないと思われる。第2表の用途に挙げられたなかで燃料用とチップ用が現在活用されている双壁であって、他は量的には貧弱である。

原木の事情

フィリピンの一般的な原木の事情については先に須藤氏の著された「フィリピンの林業と木材工業について (1), (2), (3)」⁴⁾ に詳しく紹介してあるので参考になると思うが、ここでは実際にある工場を訪れ操業現場でその様子や原木の樹種を観察してみた結果を紹介する。ロータリレーサーでベニヤ単板に割かれているのは殆どフタバガキ科の俗に言うラワン類であって、フィリピンで言う「フィリピンマホガニー」と「ヤカル」のグループに属する材が多く、訪れた数社の内、僅かに一社 (Santa Clara Lumber Co., Davao) のみがツグ材 (トウク, Toog, *Combretodendron quadrialatum*) のフリッチをスライサーで突いていた。この材は最近、フィリピンローズウッドとして、資源的に乏しくなった同国の国材、ナラ (*Narra*, *Pterocarpus indicus*) の代用木として売出されている銘木である。林地でも伐採を制限されているため、自動車の車窓からみると山の稜線に此の樹が点々と残っている景色にしばしば出会った。東部ミンダナオの G 社で提供された試料からみると、此の社での使用樹種は第3表のようであった。ここに挙げた12種の内8種がフタバガキ科に属するものである。

さらにまた、同社を例に今後の被供給樹種を知る為にみせて貰った資料 (第4表) からはフタバガキ科が圧倒的に多く、そのなかでも、この同社保有林から供給されるのはマヤピスが最も多く、次いでレッドラワンやアーモンなどであることが判る。一方、蓄積量のヘクタール当り 120m³ というのはミンダナオ島においてすら高い数字と判断して良いものである。既にフィリピンの国産資源の将来が悲観視されるなかでは期待される地域であると言える。

第3表 合板用原木樹種 (G社提供)

取 引 名	学 名
Nato	<i>Palaquim luzoniense</i>
Toog	<i>Combretodendron quadrialatum</i>
* Mangasirono	<i>Shorea philippinensis</i>
* Tangile	// <i>polysperma</i>
* Mayapis	// <i>squamata</i>
* Red Lauan	// <i>negrosensis</i>
* Almon	// <i>almon</i>
* Bagtican	<i>Parashorea plicata</i> /P. <i>wamburgii</i>
* White Lauan	<i>Pentacme contorta</i>
* Apitong	<i>Dipterocarpus grandiflorus</i>
Kalantas	<i>Toona calantas</i>
Binuang	<i>Octomeles sumatrana</i>

* 印がフタバガキ科

第4表 フタバガキ科原木の蓄積量と蓄積率 (G社資料)

樹 種	北 区	南 区
マ ヤ ピ ス	30 %	36 %
レ ッ ド ラ ウ ン	20	15
ア ー モ ン	16	24
ア ピ ト ン	12	0.3
ホ ワ イ ト ラ ウ ン	11	6
バ ク チ カ ン	7	12
タ ン ギ ー ル	4	7
計	100 %	100 %
蓄 積 量*	123 m ³ /ha	121 m ³ /ha

* この数字は欠損率修正後のものである

試料用材鑑の採取

前述の用材をより一層観察し、また後述の灰分等の測定用試料としても入用な為、工場から数十km離れた伐採地深くヘチエインソーを用意してジープで出かけて行った。その途中では、従業員がネイティブと呼ぶ山岳民に会ったり、伐採現場事務所の小舎が、我国で一時話題となった「修羅」の上にのっているのを確かめたりして楽しいことも多かったが、概ね、胸高直径1m前後の各樹種を選び胸高位で伐採し、樹皮から心材を含む各辺20cm程の角材試料を得、同時に葉、花等の部分も採取して材鑑用とした。

内地へ輸送されたものについてそれぞれの樹皮を観察した結果を第5表に示したが、この他にも伐採直後の樹脂の滲出の仕方や色などに興味ある観察が出来た。第5表 記載外の試料が輸送途次で行方不明となったのは大変残念であった。樹皮は厚いので1.4cm、薄いので0.4cm位であるが実際にはこの厚い樹皮と薄い樹皮では感覚的には大差を感じる。また、厚くても内容の大まかで繊維質なもの、緻密で革質様の薄いものでは比較が難しい。

また、腊葉を写真3のように調製し保存することにした。



写真1 「修羅」の現代版、ミンダナオ東部の山中にて



写真2 採取した試料材鑑，上部のツタは薬用に用いる

第5表 標本材樹皮の特徴

樹 種 名	皮の厚さ	特 徴
パ ナ ウ	0.75 cm	皮質密重質，明褐色，表面は不均一な粗肌
ヤ カ ル	1.25	皮質密，明褐色，重質，表皮層イボ状斑紋あり，内層せんい質
タ ン ギ ー ル	0.65	軽質，斑状模様比較的平滑
レッドラワン	1.20	重質，赤褐色，表面粗肌・白色斑あり，内部せんい質
バクチカン	0.80	重質，灰褐，表面粗肌，せんい質
ホワイトラワン	1.40	重質，黒褐色，表面粗，せんい質
ツ ー グ	1.20	赤褐色，鱗片状表皮，白色巾広せんい
ナ ラ	0.50	革質，灰白色表皮，薄片様，さくい
グ バ ス	0.70	表皮黄白色やや平滑，軽軟質
ラ ミ オ	0.60	重硬，茶色粗面，非常にさくい
ダ リ ン ジ ー	0.50	革質，茶色比較的平滑
カラムピット	0.90	重量感，褐色縦裂，せんい質

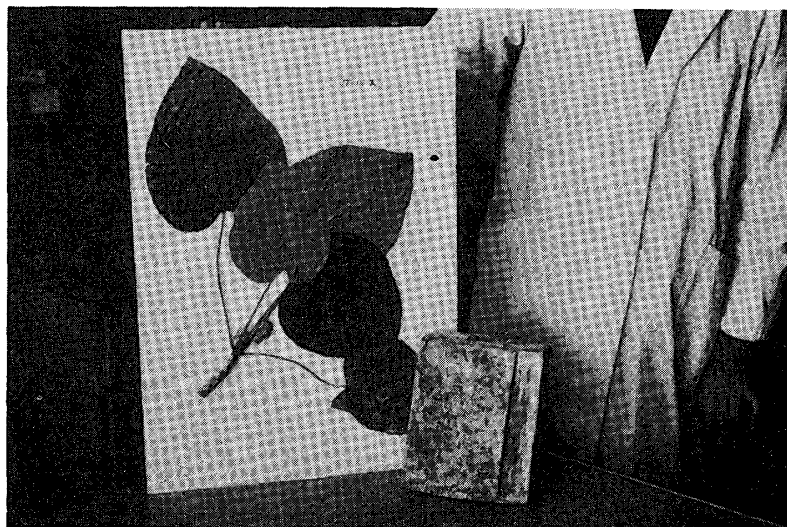


写真3 グバス (*Endospermum peltatum*) の腊葉

樹皮の行方

樹皮は製材やパルプのどの用途にも不要であり、その殆どは焼却され、ごく一部が燃料として役立つ程度であるが、たまたま、集材ポンドで見かけた興味ある薪作りにつれて紹介してみたい。伐採地からトラックで運ばれた原木は一旦、海中に投げ輸出用と自家用に選別する土場（ポンド）に近隣の住民がやって来て、水中或は土場から勝手に樹皮を剥がし、傍のヤシ園の中で、家族ぐるみでこれを 50 cm 長× 5 cm 巾位の短冊に細切し、50本を一束として樹皮薪を作って、これを家庭用に部落のマーケットで1束1ペソ（約25円）で販売しているのである。これは現金収入の乏しい住民にとっては貴重な収入源であるし、また工場側にとっては不要な樹皮が多量に除去される為、危険なことも承知で黙認しているようだが、一方で、充分な剥皮の済まぬことも確かで、水面下の樹皮や下積みの材は残されて、後に工場内で剥皮されることとなり、この量も決して少いものではないようである。

工場内ではベニヤ工場では小型のジェットバーカーでパルプ工場では大型のそれで水圧を利用して剥皮し



写真4 現住民による剥皮

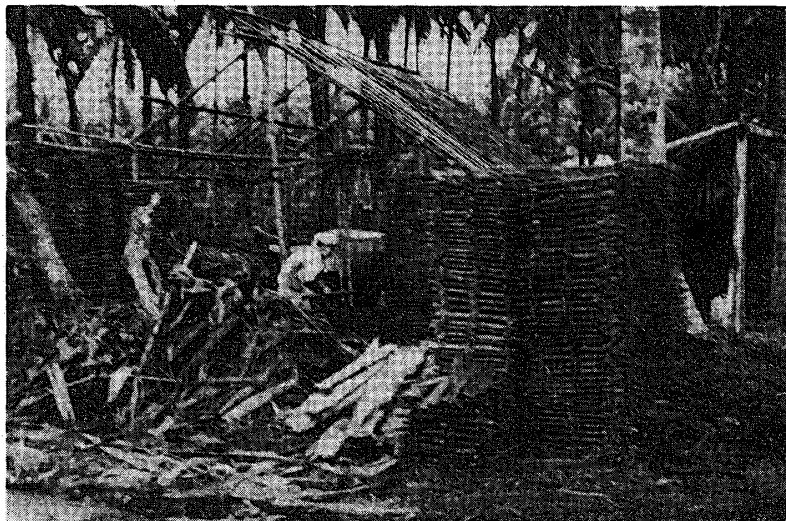


写真5 樹皮の薪作り

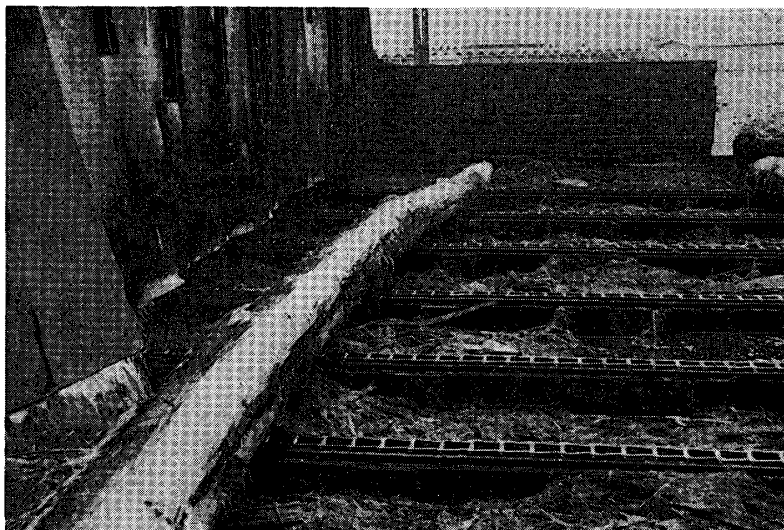


写真6 樹皮の排出（パルプ工場）

ているのが多いが、当然樹皮は濡れてしまい、しかも、しばしば泥土を巻き込んで乾燥することなくボイラーへ送り込まれる事例が多い。こうした場合、後述の炉内水分の問題とからんで好ましい形とは言えなくなる。今後の問題点と言えよう。

また、現地工場では二級品丸太を多く消費する（一級品は主に日本へ輸出）せいか、ロータリレーサーなどで欠損率が高く、歩留り50%の声すら聞いた次第である。一方、これらの廃材が樹皮燃料の欠点を補っている次第でもあった。

廃材燃焼炉（Bark Boiler）の問題点

フィリピンのように電力と重油に乏しく、その一方で緑の豊かな国で工場用動力を求めるのに廃材専焼炉を用い蒸気を作って電力用に活用するのは当然の智慧であろう。一方、燃焼炉メーカー側から眺めると、バークボイラーにはしばしば難点があり、とくに炉体壁の破損を招く原因が不明なままに、保障期間等の設定を余儀なくさせられると言うことが行なわれているといわれる。写真7に炉壁の崩落した様子を示したが、

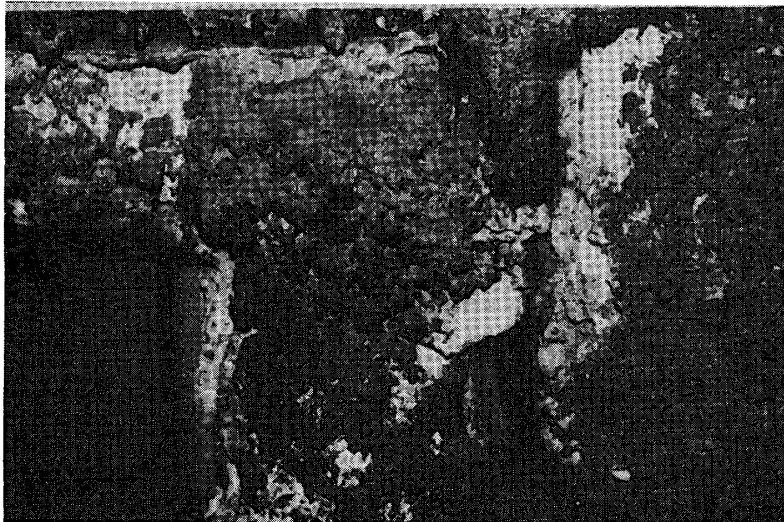


写真7 崩壊した炉壁（タクマ（株）提供）

従来の内地材の焼却環境とはやや異なるようである。中西、中村氏⁵⁾は外材焼却炉にみられる廃材の燃焼特性として次の4点を挙げられたが、充分考慮に値するものと思われる。すなわち、

1) 水分が多い。2) 揮発分が多く長焰となる。3) かなりの重量物である。4) 不燃性の固型物の混入のおそれがある。の4点である。著者は上記のに加えて、樹種別にその樹皮・材のもつ燃焼特性に留意すべきではないかと考えるようになり、以下の実験も行なった次第である。

炉 体 壁 損 傷 へ の 原 因

炉体内壁の崩壊する問題について考えてみた結果、次のような事柄に的を絞ってみた。

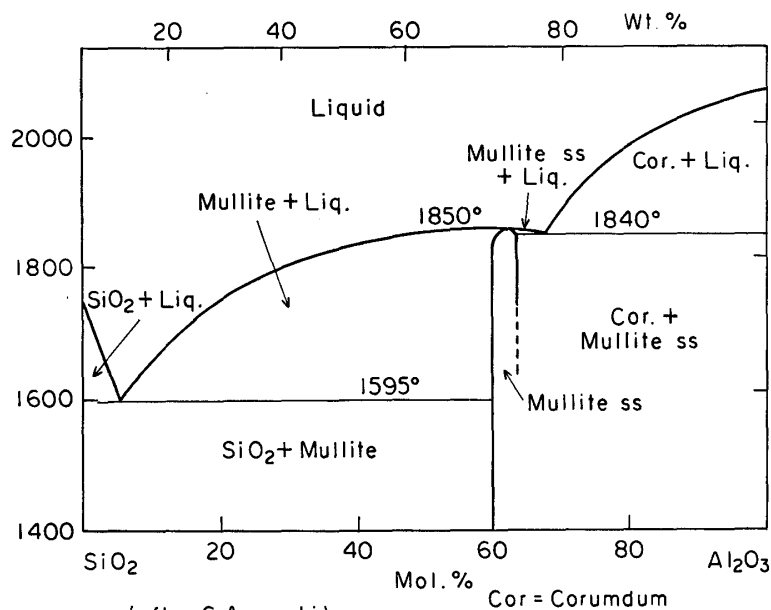
- 1). 木材の抽出成分による異常高温燃焼
- 2). 灰分と炉体のアルカリ融解、炭酸塩融解に基く炉体内壁の崩壊
- 3). 湿潤燃料からの水分による崩壊の促進
- 4). 海水中の塩類、特に食塩による金属部分の腐蝕

以上の内、3)、4)とは樹種には直接関係はないが触れておく。

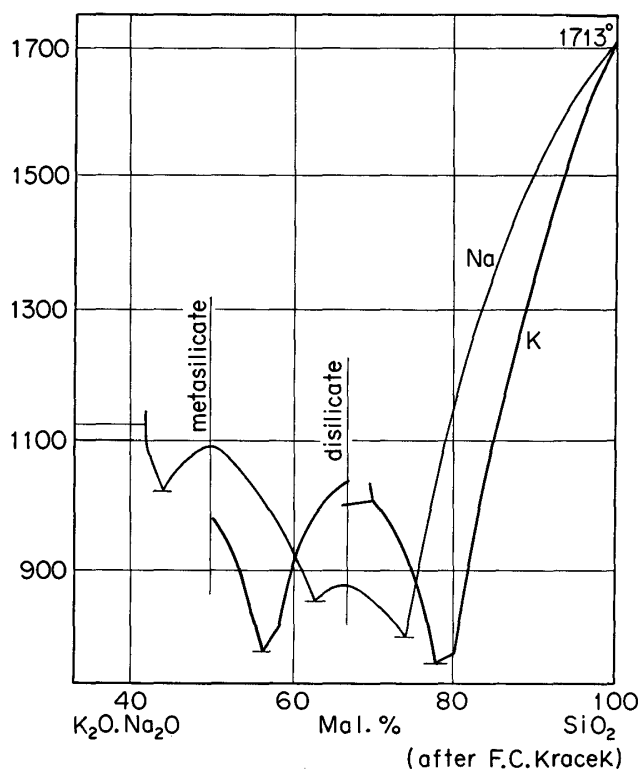
通常、木材成分はセルロース、リグニン、ヘミセルロースの三者を三主要成分とし、全体として発熱量を平均、約 4.5 Kcal/g を示すとされているが、抽出成分は樹種によって大きく異なり、数%から20%を超える量まで含まれている。輸入広葉樹（その殆どは熱帯材）の平均は著者の計算では 6.4%⁶⁾ となる。とくに熱帯材ではその変異が激しく、燃料とする際にもこのことは熟知されねばならない。また、抽出成分の内容についても、易燃性の炭化水素、テルペン、樹脂から炭水化物等に至るまで範囲が広く、たまたま、樹脂の多い廃材・樹皮を焼料にすると、焰は長くなり、局部的には 1500°C を超えることも珍しくないだろうし、他の内地産廃材等に合せて築造した耐火煉瓦の組合せでは許容温度を超えることになる。とくに、多量の本灰の存在している炉壁の熔融温度は 2) のアルカリ融解の理由で煉瓦の熔融点は下っている筈である。テルペン類に富むカプール (*Dryobalanops* sp.) などはその危険な例ではなかろうか。

2) の問題については本論の主眼点とも言うべき問題であるが、一般に、不溶性物質を固体の水酸化アルカリと加熱融解すると融点の低い可溶性物質に変化し、とくに金属の酸化物や硅酸塩などの分解に用いる。これをアルカリ融解と称するが、同様に炭酸ナトリウムや炭酸カリウムを用いて硅酸塩や硫酸塩の分解をよく行うがこれを炭酸塩融解と呼んでいる。そうして一般にカリウム塩の方がナトリウム塩の場合に比べ融点が低くなる性質を示す。これらの方法は広く分析化学の分野で硅石等の融解・可溶化に用いられているが、窯業の分野でも釉薬の成分として積極的に利用されている技術である。従って多量のカリウム酸化物が存在すると二酸化硅素と酸化アルミニウムを主体成分とする耐火煉瓦にとっては極めて危険な存在となる。融点の立場からもっと具体的に示したのが、第1図と第2図にみられるダイヤグラムで、前者は通常の耐火煉瓦に相当し、後者は二酸化硅素に各種のアルカリまたは土類元素の添加量と組成比に基く融解点の低下する実状を示している。カリウムの場合、極小点を二ヶ所に示し、その時の温度が 750~780°C であることが読取れる。ただし、現実にはもっと多成分系で反応が起る為に図示されたような標準点に温度が下ることはないかもしれない。3) に挙げた水分による炉壁崩壊の問題は一般には意外と見過され易く、一部の識者により指摘されるところであり、水分の存在を単に熱量面だけの負計算の要素とすることだけでなく炉体壁保守の立場からも留意して欲しいことである。良い例ではないが水分を加えた七成分系での融点の移動をした例として第3図を転載しておくが、意外に融点が低下するものである。各成分組成比は異なるが圧力を除いて現実に近いものである。二酸化炭素と水分の組成比を知ることが大事であり、同時に水分は少ない方が好ましいことになる。具体的には燃料を廃材といえども乾燥してから燃焼すべきということになる。最後に挙げた4)の問題は同じ炉体の破壊でも水管、煙道等の金属部分に起る腐蝕であり、しばしば都市の塵埃焼却炉で起る塩ビ製品から発生する塩化水素の害につながる問題である。言い換えれば、一時的にせよ海中貯木

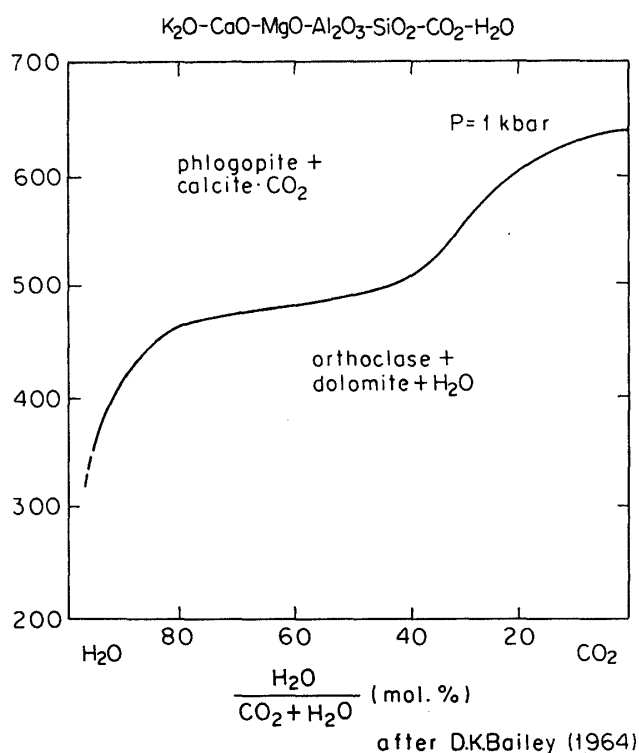
等で原木に滲透付着した食塩が、炉内の高温で熔融し、解離を起して最終的には塩化水素（塩酸）として金属部分を腐蝕するもので、ppm 単位の存在で問題の起ることを江口氏⁷⁾の報告からも推察することが可能である。避けられるに越したことはないと思う。



第1図 アルミニウム硅素系における融点変動



第2図 硅素とアルカリの融点変動



第3図 水分の影響 (七成分系)

試料木の灰分分析

前述のように東部ミンダナオ島、カタンガ (Catanga) 地区で採取した供試木を樹皮と木部に別けて、水分および灰分量をそれぞれ、JIS 規格 P-8002 と P-8003 に基いて測定した。二連法で行ない木部は一度に 2 g を、樹皮は 1 g をルツボにとって測定した。粉碎には小型ウイリー型粉碎機を、灰化には小型電気炉 (Thermolyne 1400) を使用し、600°C で灰化を行なった。一方、灰分中の組成酸化物の定量はタクマ (株) の研究室に依頼し分析して貰った。カリウムとナトリウムは原子吸光法、カルシウムは滴定法、珪素は重量法によるものであった。

以上の結果を集成したのが第6表である。この表からは実に多くの事柄を知ることが出来るが、先ず注目すべき樹種による灰分量の差異が大きいことであり、同容量の廃材を燃焼させても生じる木灰の量は数倍～数十倍に達することを意味している。また、樹皮と木部では前者の方が遥かに灰分が多く、その比をとるとパナウの 180 からレッドラワンの 3 に至るまで巾広いが、大体 10～20 倍位樹皮の灰分が木部より多いと言える。パナウの樹皮の三分の一が灰分であり、ツークのその四分之一が木灰になるということは全く驚くべきものである。フタバガキ科だけを取上げてみても一つの傾向を見出すことは出来なかった。このことは、ラワン類といえどもおのおのの樹種の特性を知らねばならぬということである。さらに前述の処で危険視された灰分組成中、カリウムの多いものとして樹皮ではホワイトラワンとナラが、材ではパナウ、レッドラワン、ホワイトラワン、グバスそれにカラムピット等がある。灰分量との相乗積を求めるとホワイトラワンなどは非常に要注意な樹種ということになるだろうか。その他では珪素に富む材としてのツーク、カルシウムに富む材としてダリンジ、ラミオ、ナラ、ヤカル、タンギール等が挙げられるが、ナトリウムについては植物生理上当然かも知れないがカリウムに比べて遥かに低く、凡そ十分の一位と言えよう。従って炉体壁への影響も小さいものと言える。この表から洩れている成分として次に多いのはマグネシウム、燐、鉄などを挙

第6表 Ash analysis of Philippine timbers

Local name	Bark						Wood			
	Thickness (cm)	Ash (%)	K ₂ O	Na ₂ O (%)	SiO ₂	CaO	Ash (%)	K ₂ O	SiO ₂ (%)	CaO
Panau	0.75	32.75	0.25	0.06	45.93	0.62	0.18	26.15	4.07	5.37
Yacal	1.25	3.17	2.00	0.19	7.90	31.0	0.22	3.20	0.92	32.04
Tangile	0.65	1.64	7.35	0.96	2.75	34.26	0.10	1.19	2.94	30.82
Red lauan	1.20	1.14	9.71	1.75	1.66	30.13	0.37	12.61	5.47	12.88
Bagtikan	0.80	10.22	3.13	0.21	0.23	31.03	0.85	8.43	0.66	27.81
White lauan	1.40	5.78	15.83	0.59	10.31	28.23	0.59	28.28	1.34	11.21
Toog	1.20	25.43	2.25	0.24	34.40	8.28	3.16	1.39	33.75	6.57
Narra	0.50	5.87	18.40	0.46	2.26	19.66	0.12	2.48	3.19	32.30
Gubas	0.70	10.46	4.63	0.52	0.23	34.14	0.67	23.17	0.68	5.57
Lamio	0.60	11.00	1.25	0.11	0.19	34.03	1.50	3.26	0.20	39.24
Dalinsi	0.50	23.04	1.63	0.12	0.19	30.52	1.88	1.04	0.26	38.66
Kalumpit	0.90	7.63	2.45	0.36	0.49	39.02	0.28	15.79	6.24	16.19

げることが出来るが、興味のある炭酸根の量については不明である。おそらく、多くの陽性元素は炭酸(水素)塩か磷酸(水素)塩の形で含まれているのが多いとみられる。

木 灰 の 行 方

以上のように廃材を燃焼すると多量の木灰を生じ、訪れた工場でも平日には三交代終夜操業であり乍ら日曜日には炉の灰出しの為に休業すると説明していたが、これらの灰が現実には海岸より海へ投棄されてしまうと聞き、実に勿体ないと思った。東南アジアの或る国ではサトウキビの木灰からカリウムを回収し肥料として還元使用しているという話を聞くにつけても惜しいと思ったが、資源に恵まれ黒字操業を続けている企業や土地柄ではあまりあくせくする必要がないのだろうかとも思った。将来は必要に応じて利用されるものと信じている。肥料以外の利用方法として田中氏(京都市工業試験場)が提示されたのを紹介すると、この木灰に適当な粘土などを混ぜて焼成すると立派なタイルや陶製品が出来るということである。今後の宿題として残しておきたいと思う。

ま と め

前述の事柄をまとめてみると、フィリピンでは廃材資源の活用については未だ充分にその環境が熟していない、技術的にも合理化のすすまぬ点が多くみられる。廃材焼却炉や廃材専焼ボイラーなどは今後とも増加するとみられるが炉の管理にあたって、常に適性温度に燃焼温度を制御すること、樹種別の灰分特性を熟知して燃焼設計を行なうこと、燃料は乾燥状態で与えること、灰出しは積極的に行ないその灰の有効利用に務めること、など提言したいと思う。

謝 辞

今回の調査旅行に御協力を頂いた方々の内とくに次の方達に厚くお礼申し上げます。市村真一、渡部忠世(東南アジア研究センター)、本田一郎、若村保二郎、藤井重雄(タクマ株式会社)、細井正弘(信交商事株式会社)本美 浩、水野義忠(半田港運株式会社)、田中稔也(京都市工業試験場)、A. Puyat, A. Q.

Aleta, B. C. Sinues, J. Andl (Gonzalo Puyat & Sons Inc). また、旅行を共にした榎章郎氏（在米中）にもその御協力に対し礼を述べます。

引用文献

- 1) F. D. Virtucio, FOPRIDECOM TECHNICAL NOTE, No. 82 (1968)
- 2) P. P. Palisoc, FOPRIDE DIGEST 6, 5 (1977)
- 3) 統計（外材輸入総量），熱帯林業 No. 48-51 (1978～1979)
- 4) 須藤彰司，木材工業 29, 21: 75: 117 (1974)
- 5) 中西祺周，中村嘉明，木材工業 29, 25 (1974)
- 6) 佐藤 惺，熱帯林業 No. 50, 17 (1978)
- 7) 江口幸司，木工機械 No. 70, 16: No. 71, 14 (1975)