〈情 報〉

(社)日本木材保存協会規格第20号 「木質系新素材の生分解性試験方法」の制定について

原 口 隆 英*

はじめに

平成6年(1994年)12月22日の(社)日本木材保存協会理事会において、標記の規格が制定された。規格の全文及びその解説は、既に本誌21巻1号に掲載されているので参照されたい。本稿ではこの試験方法を簡略に図示するとともに、これを制定するに至った経緯や背景等を述べさせていただく。なお、木質系新素材とは何かについて先ず、簡単に触れておくこととする。

1. 木質系新素材

木材は切削、接着、浸透等の加工が比較的容易にできる材料である。とはいっても、プラスチックのように加熱によって自由な形に加工したり、成形加工(射出・押出し)を行ったりはできない。ところが最近、木粉に適当な化学反応を施すこと(これを化学修飾といっている)によって、熱可塑性、熱流動性を付与することができるようになった。そうするとプラスチックなみに成形加工が可能となるわけである。

化学修飾としては、木材成分中の水酸基($-OH$)へ、アセチル基($-COCH_3$)やベンジル基($-CH_2C_6H_5$)を導入するなどいろいろの化学反応が使われている。このような化学修飾は、木材成分特にセルロース中の水酸基同士が水素結合を通して結ばれていたのを解き放つので、熱が加えられるとセルロース分子が動きやすくなり、木材自体が流動するようになる。

更に、化学修飾木粉を硫酸などの触媒とともに

フェノールその他の有機溶媒で煮てやると液状になる。また、耐圧容器を用い高温($250^{\circ}C$)で処理すると、化学修飾をしていない普通の木粉でも液状化を起こす。このようにしてつくった木材液化物は、冷えてからも液状を保っている。そして、発泡成形さえできるようになる¹⁾。

木質系新素材とは、狭義ではこのような熱可塑性木材や木材液化物を原料として製造された新材料のことをいうが、広義ではこのほか各種の表面処理木材(プラズマ処理、フッ素処理、圧密化等)、ハイブリッド木材(プラスチック複合化、無機質複合化等)、あるいは木材から分離したセルロースを化学修飾して製造した機能性セルロース等も含まれている。

本試験法で対象としているのは、これらのうち狭義での木質系新素材である。いわば、木材プラスチックといえるような新材料を当面の対象とした。

これらの木質系新素材は、木質を含んでいるので、自然界で微生物の作用によって分解するものと予想されている。それで、今後発展する可能性のある生分解性プラスチックの一種として期待がもたれるようになってきた。

2. 生分解性について

地球環境保全の要請から、環境中に放出される可能性のある各種製品及びその廃棄物は生分解性をもつことが必須と考えられるようになった。ここに生分解性というのは、英語ではbiodegradabilityといっている用語である。その定義はまだ

* 東京農工大学(名誉教授)、本協会理事

国内的にも国際的にも確定していないが、ここでは「自然環境中の微生物によって分解を受ける性質」と一応いうことにしよう。各種の廃棄物が埋立てられたとき、そのものが生分解性を有していれば、土壤中に生息する細菌や糸状菌の働きによって分解を受けて減量化が進み、最終的には二酸化炭素やアンモニア、水などとなって消失しよう。これは地球環境の浄化にとって好ましいことである。また、何かの間違い、事故等で製品や廃棄物が環境中に流出した場合でも、生分解性があれば土壌、河川水、海水中の微生物の作用で、いずれは消失、浄化の過程を進むものと思われる。今、「最終的」とか「いずれ」といったが、環境中での生分解は一気に進むものではない。しかし、100年先には生分解の結果消失するであろうといった悠長さは許されまい。用途廃止後少なくとも数年のうちには、ある程度分解を受け、やがて消失に至るくらいでないと環境浄化には役立たない。次の問題は、それをどうやって測定し、かつ評価するかである。

3. 木質系新素材の生分解性試験方法

木材自体はいうまでもなく生分解性がある。すなわち、自然界においては主として腐朽という現象によって木材は消失していく。その速度は、樹種や木材が置かれた環境条件によって大いに変ってくる。そこで木材の耐朽性試験 — これは見方を変えれば木材の生分解性試験ともいえる — は一定条件の下で測定して評価することになっている^{2), 3)}。

木質系新素材は前述のように生分解性材料であろうと考えられてきた。しかし、それが真実か否かは試験してみなければ分からない。筆者らは木質系新素材の生分解性試験方法の開発にこの数年来取り組んできた。この間各方面から、このような試験の公的機関における実施と試験結果に基づく生分解性の証明を求める声が起こってきた。試験の実施は大学や国公立研究所に委託する方法を講ずるとして、試験方法の制定と証明書の発行は法人格をもった団体が担当すべきであろう。我が

国には多くの木材関係諸団体がある。それらのうち、このような業務を処理する経験と生分解に関わる専門知識を有するのは日本木材保存協会である。早速、本協会内で具体的事項について検討を開始した。

本協会では、性能受託試験規程が昭和54年(1979年)から施行されている。この規程は、木材保存剤と保存処理木材に係る性能試験の受託に関して定めたものである。木質系新素材を保存処理木材に関係のある材料と読んで、取りあえずはこの規程を適用して作業を進めることにした。

すなわち、第3条により会長は、性能試験方法(この場合は、木質系新素材の生分解性試験方法)を決定し、第4条に基づき、それによる試験を性能試験実施機関に対して依頼するという手続きをとることにしたわけである。

さて、諸種の材料について生分解性を評価するために考案された方法としては、次の4種類を挙げることができる。①特定の微生物を用いる方法、②土壌を用いる方法、③活性汚泥を用いる方法、④コンポスト(堆肥)を用いる方法。

木材の耐朽性試験は①であり、ファンガスセラ(土壌腐朽槽)試験や杭試験などは②である。③は我が国でプラスチックの生分解試験に使用されている。欧米では④がプラスチックの生分解性試験に用いられている。木質系新素材に対しては、それが木材由来の成分を少なからず含んでいるところから、木材の耐朽性試験方法に準じた特定の微生物を用いる方法も考えられないではないが、木材以外の成分も含まれるわけだし、環境中での生分解という観点から、土壌中の微生物を用いる方法、すなわち②を採用することとなった。その要点を図-1及び図-2に示す。

この試験で用いる土壌は砂質壤土とし、畑あるいは芝生の地下約30cmの土壌を掘り取って用いることとした。これは地表から30cm程の深さになると、土壌微生物相が作物の種類や耕起の方法に関わらず、比較的安定しているからである⁴⁾。

図-1、-2の手順によって試験を行い得られた各試験体の秤量値から、試験体及び対照試験体の

図-1 各種試験体の調製と秤量

- *1): 立方体, あるいは正方形×試料厚, 質量1g以上, 個数24個
- *2): 試験体と同形, 個数は12個
- *3): 20×20×厚さ10mm, 個数は6個

図-2 各種試験体の土壌中生分解試験

- *4): 土壌水分は土壌含水量の60～80%とし, 温度26℃, 関係湿度70%以上の雰囲気下にて試験
- *5): 補正試験体は培養びん内で殺菌した土壌中に埋設, 温湿度は*4)と同じ

$$\text{試験体及び対照試験体の質量減少率(\%)} = \frac{(\text{試験前質量}) - (\text{試験後質量})}{(\text{試験前質量})} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{補正用試験体の質量増加率(\%)} = \frac{(\text{試験後質量}) - (\text{試験前質量})}{(\text{試験前質量})} \times 100 \quad (2)$$

$$\text{試験体の補正質量減少率(\%)} = (\text{試験体の質量減少率の平均値(\%)}) - (\text{補正用試験体の質量増加率の平均値(\%)}) \quad (3)$$

質量減少率と補正用試験体の質量増加率を計算し、最終的に試験体の補正質量減少率を求める。これは上述の(1)～(3)式に示すとおりである。

(3)式によって計算された試験6カ月後の値が8%以上のとき、試験体は生分解性を有するものと判断する。この8%という数値については、いろいろ議論のあるところである。

本協会規格第7号塗布・吹き付け・浸せき処理用木材防腐剤の性能基準によると、表面処理用防腐剤で処理した木材の防腐効力は、抗菌試験後の平均質量減少率が3%以下のとき合格となる。ということは、3%を超える平均質量減少率ではその防腐処理木材は腐朽したものとみなされる。木材の腐朽に関する試験においては、一般的に実験誤差を含めて3%を超えた質量減少率が生じた場合は、その木材は腐朽しているとされるのである⁵⁾。

一方、多数の樹種について野外杭試験と室内耐朽性試験の相関を求めた試験結果によると、室内試験で得た3%という質量減少率は、野外杭試験から推定した耐用年数で3～4年に相当する⁶⁾。これは、この程度の質量減少率があれば木材は3～4年でかなり広範囲に腐朽する可能性があるということを意味するものである。ちなみに、ここでいう耐用年数は、杭試験における平均被害度が2.5になったときで、実用的にみてもはや使用に耐えない時点に達した年数をいう⁷⁾。

先に述べたように、ある材料に生分解性があるということは環境中では少なくとも数年のうちにある程度の生分解を受けるということが必要である。この視点からするならば、3～4年でかなり腐る、すなわち、生分解を受けるということは、室内試験から求めた質量減少率3%という値が生分解性の有無を判定する境界線として妥当であることを示すものといつてよいであろう。

ところで、この3%という数値は、8週間の抗菌試験から求められたものである。生分解試験方法では、抗菌試験は6カ月間である。もし、菌による生分解が8週間後も同じ速度で進むと仮定すると6カ月後には、約10%の質量減少率をもたら

すものと推定できる。しかしながら、土壤中の生分解試験ではその速度は次第に低下して、6カ月ともなると始めの3カ月までの生分解速度の8割程度になってしまう。そこで「生分解性試験6カ月後における質量減少率が8%以上のとき、試験体は生分解性を有するものとする」と暫定的に定めた次第である。

5. おわりに

環境調和型の生分解性プラスチックとしては、天然高分子由来のものや微生物のつくるポリエステルのほか、化学合成高分子（ポリビニルアルコール、ポリカプロラクトン等）が知られている⁸⁾。ポリスチレンは全く生分解性がないとされるが、リグニン類似の官能基を導入することによって生分解性を付与することが可能である⁹⁾。

これらは今後急速に実用化が進むものと期待される。このような生分解性プラスチックのもつ意義と効用については、次の4点が指摘されている¹⁰⁾。

①誤って自然界に放出されても、生分解されるため自然環境に悪影響を与えない。②埋立てられても、次第に分解するため、埋立処分場の延命化に寄与する。③生ごみに混在していても、一体的処理によりコンポスト化が図れる。④焼却の場合も既存プラスチックより発熱量が低いいため、焼却炉に与える負荷が小さい。

木質系新素材も、生分解性のあることが認められたものについては、一般の生分解性プラスチックと同様の意義と効用があることは勿論である。ただし、木材以外の成分を含む新素材では、それらの生分解性についても検討をする必要がある。このほか、種々の問題点が今後出てくるものと思われるが、その際は十分に調査研究を進めるとして、取りあえずこの試験方法を提出した次第である。

本稿を草するにあたり種々ご協力いただいた日本木材保存協会西本孝一会長、(株)レンゴ-白川欣一氏、東京農工大学農学部福田清春氏に感謝の意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 白石信夫: 木材学会誌, **32** (10), 755-762 (1986)
- 2) JIS Z 2101「木材の試験方法」17, 耐朽性試験 (1994)
- 3) 鈴木憲太郎: 木材保存, **20** (3), 136-138 (1994)
- 4) Suzuki, T., Tokunaga, Y. and Watanabe, I.: Soil Sci. Plant Nutr., **15**, 280 (1969)
- 5) JWPA: 木材保存, **16** (1), 52 (1990)
- 6) 中村嘉明: 木材保存, **17** (1), 17 (1991)
- 7) 松岡昭四郎, 雨宮昭二: 木材工業, **28** (3), 108 (1973)
- 8) 土肥義治: 日本農薬学会誌, **19**, S11-S14 (1994)
- 9) Hatakeyama, H., Hayashi, E. and Haraguchi, T.: Polymer, **18**, 759-763 (1977)
- 10) 生分解性プラスチック実用化検討委員会: 同委員会報告書 p. 6-8 (1995)

(1995. 6. 27 受理)

アブレビ辞典—(23)—

S T E L

【Short-Term Exposure Limit: 短時間暴露許容濃度】

労働衛生における許容濃度のひとつ。1日7～8時間または1週40時間の作業において、その間に短時間連続して暴露しても被害を受けないと考えられる濃度。

ACGIH (アメリカ産業衛生専門家会議) では、連続した暴露が1回15分以内、かつ1日4回を越えず、また暴露の間隔が60分以上の場合で被害を被らない濃度としている。また、この場合の被害として、1) 刺激性、2) 慢性または不可逆の被害、3) 作業効率の実質的な低下をもたらす程度の麻酔作用、
(S. S.)