

ギヤー老化試験機 TG100の特長

*大場 良保



ゴム、プラスチックをはじめとする樹脂材料は自然環境下に曝されているうちに物理的・化学的作用を受け、徐々に本来の物性を失い、ついには実用に耐えられなくなってしまう*1)。寿命を縮める外的要因には、光、オゾン、塩素、窒素酸化物 (NOx) 等さまざまありますが、その中の一つに熱が存在します。

熱による老化は、熱自体による劣化と熱酸化による劣化があります。熱自体による劣化は、樹脂材料に熱が作用すると材料自体が熱を吸収して、分子運動が激しくなって起こります。更に運動が活発化すると、ポリマーの化学結合が耐えきれなくなり、分子鎖切断等を生じます*2)。また熱酸化による劣化は、分子運動中に酸素が供給され起こります。急激な温度上昇を伴う水素引抜き反応と酸化反応で、分子運動はますます激しくなります。これにより、架橋反応が生じ、材料の硬化からクラックが発生することもあります。

当社は、より正確かつ容易に熱老化試験が行えるよう、装置の開発・改良を重ねてまいりました。

本稿では、ギヤー老化試験機 TG100型の機能・技術の紹介を致します。今後お客様の研究開発の一助となれば幸いです。

1. 主な熱老化試験規格とその試験装置

熱による材料の老化試験は、ISO 188や、JIS K 6257、K 7212といった規格により、試験条件が規定されており、材料研究及び開発の分野において最も重要な要素の一つを担っています。当社のギヤー老化試験機TG100型はこれら試験規格に合致した試験が行えます。

(1) ゴムの促進老化試験 (JIS K 6257*3) ISO 188*4) 短時間でゴムの自然老化を再現するため、実際の使用条件を超える高温で行う試験を促進老化試験と呼び、使用する試験機によって2つに大別されます。JISの中で規定されているのは空気の流れと熱とが共存し、両者の作用によって劣化が促進するA法と、空気の流れが遅く、主として熱によって劣化が進行するB法です。そして、A法の中でもAA-2に区分される試験法で使用する試験機は、試験槽内に垂直軸を中心として回転する試験片取付枠を持ち、水平方向に空気を循環させる構造になっています。この、AA-2に規定される試験機が強制循環形熱老化試験機 (横風式)、もしくはギヤー式老化試験機と呼ばれます。

(2) プラスチックのオープン法 (JIS K 7212*5) 強制通風循環式オープンを用いて、プラスチックを空気中で加熱して劣化を促進し、その熱安定性を試験する方

法です。このオープンとは、強制通風循環式加熱槽で、試験槽、電気加熱装置、温度調節装置及び試験片取付枠回転装置を有するものをいいます。また、風速及び空気置換率でA形、B形に分類されます。

2. TG100型の特長

—流量計法による正確な老化試験—

当社のTG100型の最大の特長は、空気置換率に流量計法を採用し、正確・簡便・短時間に希望の試験条件を再現することが可能な点です。

ここで、流量計法をはじめとしたTG100型の特長を紹介します。

(1) 空気置換率の重要性

冒頭に述べた熱老化の仕組みから、試験材料と酸素の接触機会の増減は試験結果に大きな影響を与えることがわかります。熱老化試験機においては、酸素による劣化作用の影響が空気置換率に作用されるところが大きいということです。また、槽内の空気置換により試験対象から発生するガスを外部に排出し、その影響を最小限に抑えることができます。これにより試験材料の種類を問わず、常に一定の試験条件下で熱老化の影響を調べることができます。つまり、熱老化試験機の槽内空気置換率が正確であることは、試験の再現性を高めることに直結します。

従来、空気置換率を測定する方法として、消費電力法が用いられてきました。これは、JIS K 7212「熱可塑性プラスチックの熱老化性試験方法（オープン法）通則」に規定されているように、空気置換中に槽内の温度を指定温度に維持するのに必要な消費電力と、換気孔を閉じて“空気置換”ゼロとした状態で槽内温度を指定温度に維持するのに必要な消費電力量の差を求めます。そしてその差が、槽内を通過する空気量に対応するものとして、空気置換率を求める方法^{*6)}です。

しかし、消費電力法の規定通りに測定を行おうとすると、非常に手間がかかります。

主な理由の一つは、換気中と無換気中の消費電力量を測る間、室内温度を一定にコントロールしなければならないことです。しかし消費電力法を規定しているASTM^{*7)}^{*8)}では $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ の範囲内に収めることとされていますが、試験機を設置する一般的なラボや工場内の室内温度は

変動が大きいのが実情です。もう一つは、測定に多大な時間を要するということです。消費電力量を測るには、槽内温度が指定温度に到達して安定するのを待つ必要があります。3回程度の消費電力量を測定し、平均値を求める場合、約6時間かかります。さらに空気置換中と空気置換ゼロの2条件で測定するため、実際は1日作業となります。

(2) 流量計法の採用

当社が採用している流量計法は、JIS K 6257^{*3)}に記載されている空気置換率の測定法です。この空気流量の測定にデジタル流量計を採用し、流量表示器でリアルタイムに流量を確認することができます。流量調節は、調節バルブによりフレキシブルに調整でき、厳密な置換率の変更を試験中随時行うことが可能です。

またTG100型は、試験槽の密閉性を高め、槽内導入空気を常に 40°C に予熱することで空気密度を一定に保ち、外気温度変化に左右されない、正確な空気置換率を測ることができます。これから、流量計法の採用によって置換率の再現性は、表1のとおり消費電力法から著しく向上しており（表1）^{*6)}、正確な試験結果を得ることができるようになっています。



写真1. デジタル流量計表示器と空気置換率対応表

表1 消費電力法装置と流量計法装置の空気置換率の再現性比較

測定回数	消費電力法 (回/h)	流量計法 (回/h)
1	12.6	10.0
2	13.9	10.2
3	12.7	10.3
4	13.0	10.0

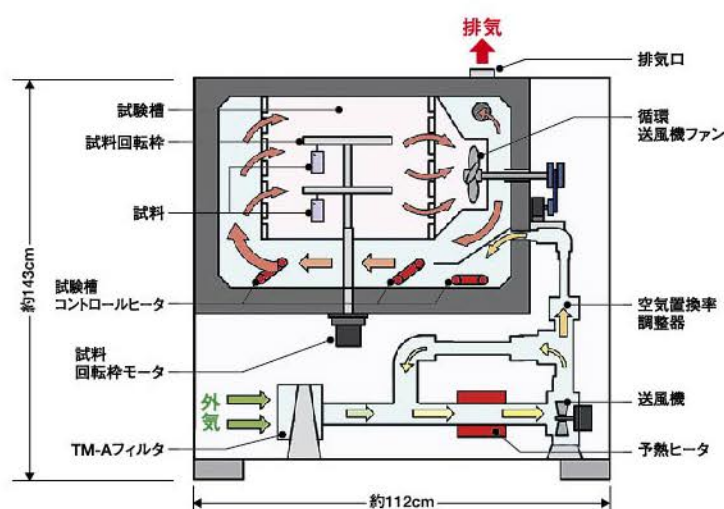


図1 TG100型の内部構造図(正面)

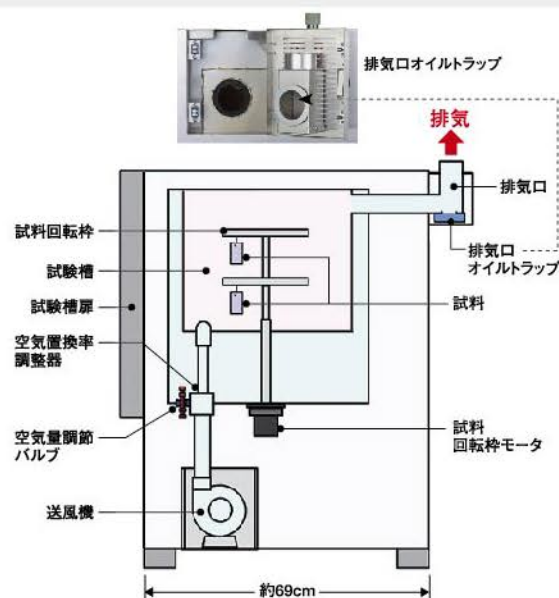


図2 TG100型の内部構造図(側面)

(3) 外部環境に左右されない試験

前述の通り、TG100型は流量測定時に一定の空気密度を保つため、槽内に導入する空気は導入空気予熱部内の予熱ヒータ(図1参照)で $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ に調温しています。この予熱方式は、正確な空気置換率の再現に加え、槽内温度分布のバラつきを最小限に抑える役割も果たしています。

また、導入空気は予熱前に活性炭を主としたTM-Aフィルタを通過させた外気を槽内に送り込みます。複数台の試験機を設置している環境において、他機器やTG自身からの排気ガスや、空気中のオゾン等の吸入による試験への影響を防ぎます。このように、導入空気を常に調温・清浄化し、一定にコントロールする構造により、槽内温度が均一で外部環境に左右されない試験が可能です(写真2)。

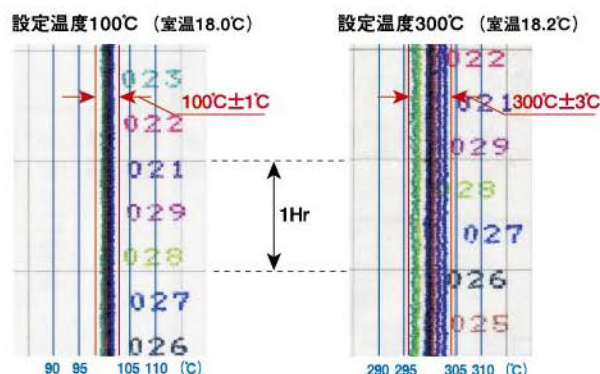


写真2. 置換率10回/hにおける槽内温度分布
(試験槽隔壁から内側70mm離れた9点の測定)

(4) その他の特長

TG100型の排気は背面から上面に向かって垂直に円筒が立ち上がっています。上部に排気を行うことで、複数

の試験機を同室に設置した場合にも、隣接する機器への影響を最小に抑えることができます。加えて、簡単に清掃が行えるよう排気口は開閉式になっています。排気口下部にはオイルトラップが取付いており、熱老化により試験片から揮発した油分をためる仕組みになっています(図2参照)。このトラップは簡単に取り外して清掃することができますので、続けての試験も円滑、正確に行うことができます。

表2 TG100型の仕様

温度範囲	〔外気温度+10℃〕～300℃
空気置換率	1時間当たり3～10回
調節精度	±1℃(設定温度≤100℃の場合) ±1%(設定温度>100℃の場合)
試料回転枠	φ180mm、φ300mmの2重枠2段方式
試料枠回転数	7±1rpm
試験槽内寸法	約幅45×奥行45×高さ50cm
試験槽容積	約100L
導入空気温度	40±1℃
本体寸法	約幅112×奥行69×高さ143cm
電源容量	3相200V 約11A
運転質量	約200kg

【参考文献】

- *1) 大武義人(2006)「腐食と劣化(6) 合成樹脂(ゴム・プラスチック)の劣化評価・分析手法」『空気調和・衛生工学 第80巻 第1号』pp.69-75
- *2) 中村勉、大武義人(2005)「腐食と劣化(5) 合成ゴム材の劣化について」『空気調和・衛生工学 第79巻 第11号』pp.1025-1032
- *3) JIS K 6257:2010「加硫ゴム及び熱可塑性ゴム—熱老化特性の求め方」
- *4) ISO 188:2011「Rubber, vulcanized or thermoplastic -- Accelerated ageing and heat resistance tests」
- *5) JIS K 7212:1999「プラスチック—熱可塑性プラスチックの熱安定性試験方法—オープン法」
- *6) 三橋健八、須賀義(1992)「最新の空気加熱老化試験機の開発」、『工業材料 Vol.40 No.2』pp.116-123
- *7) ASTM E145-94(2011)「Standard Specification for Gravity Convection and Forced Ventilation Ovens」
- *8) ASTM D2436-93(2005)「Standard Test Method for Forced Convection Laboratory Ovens for Evaluation of Electrical Insulation」

*日高・川越工場 耐候課