

【3軸同時振動】+【温度】の新しい 複合環境試験機『TRE-200』

アイデックス株式会社 営業技術部 上原 雅史

M. Uehara

エスベック株式会社 開発本部 開発プロジェクト 東迫 正通

M. Higashisako

Transportation Evaluation System TRE-200 Combining 3-Axis Simultaneous Vibration and Temperature

The demand for transport environment tests is changing from tests for a single hazard to combined environment tests where multiple hazards are combined. We introduce the TRE-200, a low-cost, space-saving transport environment test system that successfully performs 3-axis simultaneous vibration and temperature combined environment tests. The development process, application examples and future initiatives will be presented.

はじめに

当社は、1978年の創業以来40年以上にわたり振動を応用した技術を磨き、輸送を想定した振動試験機『輸送包装試験機』で輸送時の製品の安心安全の確保に寄与してきた。ここでは当社がもつ振動技術と環境試験器のリーディングカンパニーであるエスベック株式会社がもつ温度制御技術を融合して誕生した【3軸同時振動】+【温度】の複合環境試験を実現する輸送環境試験装置【TRE-200】（以下、TRE-200 写真1）について、開発に至った経緯および活用事例、併せて今後の取組みについて紹介したい。

1. 開発背景

近年、eコマースの革新的な進化に伴い、B



写真1 輸送環境試験装置 TRE-200

2BだけでなくB2CあるいはC2Cの電子商取引が爆発的に増加し、物流量が加速度的に増加し続けている。そうした中で製品が輸送中に受けるハザードは多岐にわたり、製品自体の破損のみならず外装箱の擦れや汚れが

原因で返品になるケースが増えている。これまで当社では輸送中の振動というハザードに特化した損傷再現を重視し、輸送包装試験機を開発してきた。しかしながら、実際に輸送中に発生する損傷は、振動などの単一のハザードによるものに限らず、複数のハザードが複合要因となり生じるものがある。そうした損傷の場合、単一の試験を実施しても損傷を再現できない場合があり、複数のハザードを加味した複合環境で実施する必要があった。

他方で、医薬業界では2018年12月より適正流通ガイドライン（日本版GDP）が発出され、医薬品輸送時のリスク評価や適切な温度・振動管理が求められており、輸送環境を再現した試験の重要性が増している¹⁾。

さらに現在も世界中で猛威を奮い続けている新型コロナウイルスに対し、世界中でワクチンや治療薬が開発されているが、これらはバイオ医薬品の一種である。バイオ医薬品は主にタンパク質を有効成分とした医薬品で、従来の化学合成医薬品よりも副作用が少なく、今まで治療が困難であった病気への効果が期待される一方、輸送ハザード（温度変化や振動など）によるタンパク質の凝集が品質に変化を及ぼすことがあり、安全性確保に向けた厳格な試験が求められている。

このような試験ニーズに対応するため、輸送時の振動と温度の二つのハザードを同時に試験可能な TRE-200が誕生した。

2. 現状把握

TRE-200の開発当時、すでに振動と温度の複合環境試験は存在しており、特に自動車産業分野では、評価試験の一環として活用される事例があった。しかしながら、試験装置が



写真2 輸送包装試験機 BF-50UT

大きく、複合環境試験用に広範なスペース確保が必要となっていた。また、過酷な環境試験に対応するために必然的にハイスペックとなり、コスト面の負担は大きかった。これらの理由により、誰でも導入し活用できる汎用性の高い装置ではなかった。実輸送環境の再現に必要な最低限のスペックに絞り込むこと、かつ、コンパクトな装置にすることで、今まで複合環境試験を必要としながらも実施することのできなかった多くの試験者に対し、インパクトを与えられるのではと思いついた。

3. 輸送環境試験装置 TRE-200の概要

TRE-200は、輸送を想定した振動試験機としてすでに多くの納入実績のある輸送包装試験機 BF-50UT（アイデックス㈱製、写真2）に、エスベック社のユニット型温度供給装置を組み合わせることで実現した。その振動は実輸送で発生している振動と同じ3軸同時振動であり、独自の振動プログラムにより輸送中のトラックの右左折時の貨物が左右に移動することも考慮した輸送に特化した振動が特徴である。温度環境は輸送包装試験機のテー

ブル上に試験槽を搭載し、温調ユニットから任意の温度に温調された空気を循環することで、試験槽内を適切な温度に維持する。試験槽は120サイズの段ボール箱を2箱段積みでき、箱同士の擦れの他、上下段の振動伝達の違いなど評価検証することができる。装置仕様は表1を参照のこと。

4. 活用事例

TRE-200の活用事例として、実際に実輸送で不具合が発生している試験体について、振動+温度を再現させた複合環境試験の再現結果の詳細を期待されるが、試験機メーカーである筆者らが顧客から預かった試験体の試験結果を公に出せない事情があることをご理解

いただきたい。ここでは、筆者らが検証した温度+振動の複合環境試験条件の算出事例について述べるに留めたい。

5. 検証概要

今回の検証手順を下記に示す。

- ① ダミー貨物に加速度ロガーを設置し実輸送計測（約1,500km）
 - ② 振動条件の算出
 - ③ 温度条件の算出
 - ④ 決定した振動+温度による試験を行い、輸送環境の再現可否の判断
- ① ダミー貨物に加速度ロガーを設置し実輸送計測（約1,500km）
- 実輸送計測は簡易加速度ロガーG-MEN(ス

表1 TRE-200 仕様

温度範囲	-30℃～70℃
周波数範囲	10～65Hz
最大加速度	98m/s ² (10G)
最大変位	1.7mmP-P
振動モード	Manual, Random, Sweep, Transportation
最大搭載量	40kg



写真3 G-MEN DR-20

図1 夏季輸送試験 時系列グラフ

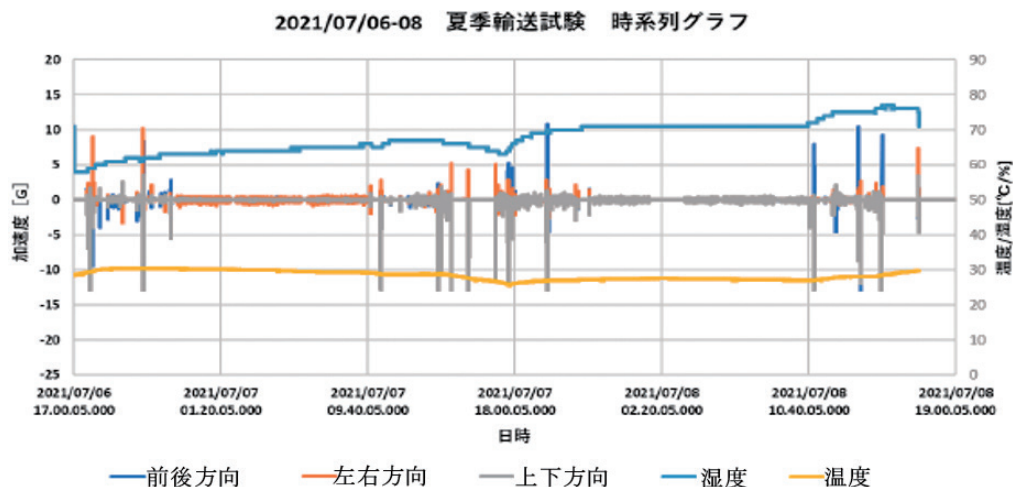
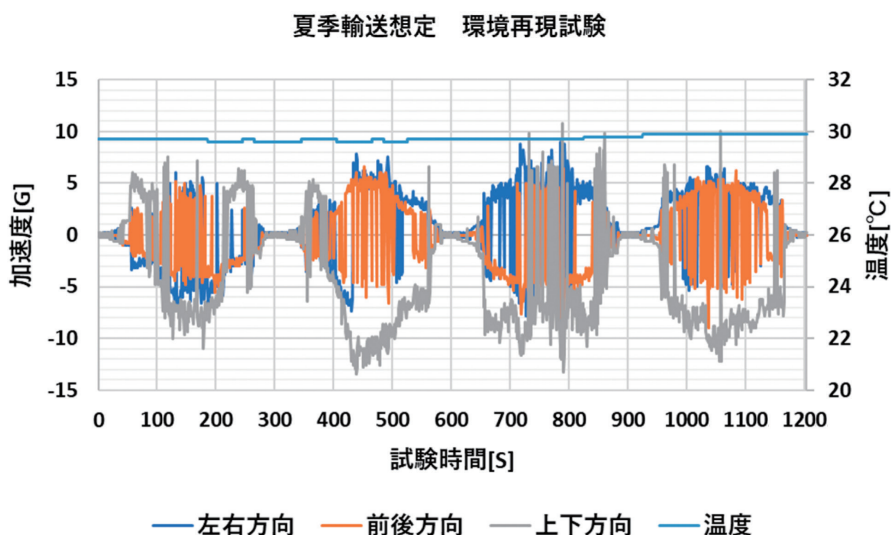


図2 夏季輸送想定 試験条件

実輸送等価条件 -TRE-200 輸送想定試験条件-	
振動	温度
振動モード：TRANSPORTATIONモード	温度モード：31℃に設定
Lo-周波数：10Hz	
Hi-周波数：40Hz	
掃引時間：5分1秒	
掃引回数：4回	
加速度：40Hz時に3.5G設定	湿度
	湿度モード：77%に設定

図3 夏季輸送想定 環境再現試験 時系列グラフ



リック社製、写真3)を活用した。計測は温度の影響が特に大きい夏季および冬季とした。計測で得られた夏季輸送の時系列グラフを図1に示す。

② 振動条件の算出

振動条件の算出は、2018年の第56回全日本包装技術研究大会にて筆者らが報告した方法で行った²⁾。

③ 温度条件の算出

温度条件は、夏季の場合は最高温度、冬季の場合は最低温度、など製品が受けたハザードでワーストケースを想定して決定した。

夏季の輸送データより算出した試験条件は図2の通りとなった。

④ 決定した振動+温度による試験を行い、輸送環境の再現可否の判断

図3に輸送環境再現試験時のG-MENの時系列グラフを示す。実輸送計測と同様の計測条件で計測を実施しており、加速度についてはピーク加速度のみの記録となるため、グラフの見た目が歪であることをあらかじめご了承ください。試験条件は31℃に設定したが、試験中のダミー貨物内の温度は29.6~29.9℃を推移した。試験槽内とダミー貨物内の温

度を一定とするには時間を要することが分かった。

6. 課題と今後の取組み

前述の検証で設定温度と試験中のダミー貨物内の温度に若干の差が生じていたが、温度設定のオフセットや試験開始前に任意温度環境に試験体を順応させることで解決できると考える。また、TRE-200の試験前準備として、恒温槽での保管が可能な場合、よりスムーズに試験可能である。ただ、TRE-200への試験体設置作業はより簡素化する構造が必要と考え、現在進行形で試験槽の改良を続けている。また、温暖湿潤気候である日本において、湿度が製品に与える影響は決して小さくない。湿度上昇によって段ボールの含水率が上昇すれば座屈や荷崩れの原因になり、印字の消えや色移りなど、商品価値を損なうリスクが潜

んでおり、無視できないハザードである。近い将来、振動+温度+湿度の複合環境試験装置を提案できるよう引き続き製品開発を継続する所存である。なお、すでに輸送包装試験機BF-50UTを所有している試験者は、調温ユニットを組み合わせることで、TRE-200にアップグレード可能であることを最後に記したい。

参考文献

- 1) 山内悟留, 東迫正通, 岡田俊介; バイオ医薬品の輸送課題と輸送環境試験装置 (TRE-200) の開発, エスペック技術資料 Test Navi Report No.46 (通巻127号) 2020
- 2) 上原雅史, 川口和晃; 簡易加速度ロガーを用いた再現試験条件の導出 - 第2報 -, 公益社団法人日本包装技術協会 第56回全日本包装技術研究大会予稿集, 141 2018