

氏 名	ハヤシ ア ケ ミ 林 亜 希 美
学 位 の 種 類	博士（工学）
学 位 記 番 号	博第848号
学位授与の日付	平成24年6月27日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学 位 論 文 題 目	強化磁器食器の衝撃試験時のひずみ挙動と破壊に関する研究

論文審査委員	主 査	教 授	太 田 敏 孝
		教 授	小 澤 正 邦
		准教授	安 達 信 泰
		教 授	小 林 雄 一（愛知工業大学）

## 論文内容の要旨

強化磁器食器は原料の微粒子化やアルミナの添加によって製造され、一般の磁器食器より2倍から3倍の曲げ強度を有する。この強化磁器食器は、プラスチック製食器からの化学物質溶出に関心が高まった事や、最近の食育教育に見られるような情操教育の観点から、学校給食において使用が増加し、その製品強度の評価手法の確立が求められていた。一般に、強化磁器食器の強度の評価は、曲げ強度と衝撃強度によって行われる。しかし、強化磁器食器の衝撃強度に関する報告は少なく、それまで国内の標準化された試験方法はなかった。そこで、申請者の所属する機関を含め15の陶磁器関連の国内公設試験研究機関が共同で参画し、強化磁器食器の衝撃試験測定方法について検討を行った。その結果、ASTM C368-88に準じた振り子式衝撃試験装置を用いたJIS S2402「強化磁器食器の縁部衝撃試験方法」が平成22年11月に制定された。ただし、衝撃強度は、食器を固定するために用いられる治具（バックストップ）、固定荷重、ハンマーモーメントなどの測定条件によって影響を受けることが示された。しかし、なぜ影響を受けるのかについての理由は不明のまま残された。本論文では、この強化磁器食器の衝撃試験における測定条件による影響を解明するため、歪みゲージを用いて衝撃試験時における食器の歪み変形挙動を測定し、各測定パラメータと衝撃強度との関係について検討を行ったものである。

第1章では、学校給食における食器の現状、強化磁器食器の強化方法や特性、食器の曲

げ試験、衝撃試験などについて概説した。また、強化磁器食器の衝撃試験方法 JIS 化に向けて行った共通試験の結果などについて説明し、食器の衝撃破壊挙動解明の必要性について述べた。

第 2 章では、4 種類の形状（碗 2 種及び皿 2 種）の強化磁器食器を用いて、衝撃試験時に発生する歪みを食器の様々な位置で測定し、検討した結果について述べた。歪み波形は、食器の大きさ及び形状、測定条件（衝撃エネルギーの大きさ、固定荷重、ハンマー重量、バックストップ開き角等）によって変化し、明瞭な 2 つのピークを持つ複雑な波形を示すこと、その波形は特に食器の直径によって変化することなどを明らかにした。

第 3 章では、破壊源となる打撃点において、歪み波形が 2 つのピークを持つ原因の解明を行った結果を述べた。バックストップ接点での歪み波形測定や高速度カメラを用いた打撃時のハンマーと食器の変形の観察により、一つ目の歪みピークは食器が最初に打撃を受けた時に打撃点において局所的に起こる変形に起因するものであること、二つ目の歪みピークはバックストップからの反作用によって跳ね返った食器が再びハンマーと衝突することにより起こる変形に起因するものであること、そして、二つ目の歪み波形が一つ目の歪み波形に重なることにより、歪みピークが増大し、破壊に至る場合があることを明らかにした。

第 4 章では、ハンマー重量と衝撃強度及び歪み波形の関係について検討を行った結果を述べた。比較的小さい食器では重いハンマーを用いた場合に、衝撃強度が高く測定される傾向にあること、一方、比較的大きな食器では軽いハンマーを用いた場合に、衝撃強度が低く測定される傾向にあることを説明した。

第 5 章では、以上を総括した。強化磁器食器における衝撃試験においては、バックストップからの反作用によって起こる食器とハンマーとの再衝突により、食器内に複雑な歪み変形が生じる。それは、食器の大きさや測定条件によって大きく影響されるため、曲げ強度が同じ製品であっても、食器の大きさや測定条件によって衝撃強度が異なる結果が現れることが解明された。この結果は、先に制定された JIS 規格に反映される必要のある重要な結果と考えられる。また、本研究結果は、食器の運搬や洗浄中に生じる様々な場面（落下、ケースあるいは食器同士の衝突、洗浄機中での負荷）で想定される食器の衝撃破壊に対して、その安全対策上においても有用な知見を与えるものと期待される。

## 論文審査結果の要旨

一般の磁器食器の2～3倍の曲げ強度を有する強化磁器食器は、プラスチック製食器による環境ホルモンの問題や、食育教育の観点から、学校給食において使用が増加し、その製品強度の評価手法の確立が求められていた。そこで、申請者の所属する機関を含め15の陶磁器関連の国内公設試験研究機関が、強化磁器食器の衝撃試験測定方法について共同で検討を行い、平成22年11月にJIS S2402「強化磁器食器の縁部衝撃試験方法」が制定された。この時、衝撃強度はいくつかの測定条件によって影響を受けることが示されたが、なぜ影響を受けるのかについては不明のまま残された。本論文は、これを解明するため、衝撃試験時における食器の歪み変形挙動を測定し、各測定パラメーターと衝撃強度との関係について検討を行ったものである。

第1章では、学校給食における食器の現状、強化磁器食器の特性や評価方法などについて述べるとともに、衝撃試験方法のJIS化に向けて行った共通試験結果について説明し、食器の衝撃破壊挙動解明の必要性について述べている。

第2章では、多種の強化磁器食器を用いて、衝撃試験時に発生する歪みを測定し、歪み波形が、食器の大きさ及び形状、測定条件によって変化し、明瞭な2つのピークを持つ波形を示すこと、その波形は特に食器の直径およびバックストップによって変化することを明らかにした。

第3章では、歪み波形が2つのピークを持つ原因の解明を行った。高速度カメラを用いた観察により、一つ目の歪みピークは食器が最初に打撃を受けた時に打撃点において局所的に起こる変形に起因するものであること、二つ目の歪みピークはバックストップからの反作用によって跳ね返った食器が再びハンマーと衝突することにより起こる変形に起因するものであること、そして、二つ目の歪み波形が一つ目の歪み波形に重なることにより、歪みピークが増大し、破壊に至る場合があることを明らかにした。

第4章では、ハンマー重量と衝撃強度及び歪み波形の関係について述べ、比較的小さい食器では重いハンマーを用いた場合に、衝撃強度が高く測定される傾向にあること、一方、比較的大きな食器では重いハンマーを用いた場合に、衝撃強度が低く測定される傾向にあることを説明した。

第5章は、総括である。

以上のように、本論文により、強化磁器食器における衝撃試験においては、バックストップからの反作用によって起こる食器とハンマーとの再衝突により、食器内に複雑な歪み変形が生じ、食器の大きさや測定条件によって大きく影響されるため、曲げ強度が同じ製品であっても、食器の大きさや測定条件によって衝撃強度が異なる結果が現れることが解明された。この結果は、先に制定されたJIS規格を補完し、工学の分野において有用な知見を与えるものと判断され、博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認める。