

資 料

石州瓦坏土および瓦製品の品質調査（2006年～2010年）

中島 剛*・原田 達也**・江木 俊雄*

1. 目 的

石州瓦坏土および製品の品質動向を把握し、瓦坏土品質の安定化と製品の品質管理に寄与するため、瓦坏土の特性試験と棧瓦製品の品質調査を1983年度以来、定期的を実施してきた。既報¹⁾で2005年6月までの結果を報告している。本報ではそれ以後の坏土並びに製品の品質とその推移について報告する。

2. 方 法

島根県大田市から浜田市にかけて集積しているトンネル窯によるJ形（和形）棧瓦および熨斗瓦製造工場全社を対象として調査を実施した。今回報告分の対象企業数は7～13社である。このうち1社を除いて全てトンネル窯での製造であった。また、2009年からは7社のうち1社は2工場を調査したので、調査対象は8工場であった。試料採取は年1回、各工場で生産中の瓦坏土および瓦製品を3～5枚採取した。あわせてゼーゲル錘を用いた瓦焼成炉の焼成温度調査を実施した。

採取した瓦坏土について、既報²⁾の方法により耐火度、粒度分布の測定と化学組成の分析をおこなった。また、棧瓦製品については、JIS A 5208：1996の方法により寸法測定（長さ、幅、働き長さ、働き幅、谷深さ）、吸水率測定、曲げ破壊荷重の測定をおこなった。さらに、JIS規格

には規定されていない瓦重量と瓦中央部分の厚さの測定もおこなった。

以上の測定値について、測定時期ごとに平均値と標準偏差を算出した。ただし、耐火度と焼成温度は測定値がSK番号で表示されるため、℃単位の温度に換算して計算した。また、棧瓦製品についての結果は、石州瓦の主流の大きさである53B形のみを対象として計算し、56形および53A形の各1社分ずつの測定値は除外した。

3. 結 果

各物性値の測定結果を図1～14に示した。いずれの図も実線は平均値を示し、破線は平均値 $\pm 2\sigma$ （標準偏差 $\times 2$ ）の値を表す。従って対象試料の約95%が破線内の値をとると推定される。また、既報¹⁾で報告した1999年～2005年のデータを平均したものも示した。

3.1 坏土の特性および焼成温度

3.1.1 粒度組成

粒度組成の変化を図1～3に示した。図では粒子径75 μm 以上の粒子を砂分、2～75 μm の粒子をシルト分、2 μm 以下の粒子を粘土分として示した。全体の変化をみると、砂分は僅かに増加している。シルト分は2007年を最大値にとり2009年に最小値をむかえる変化を示す。逆に粘土分は2007年が最も少なく、2009年が最も多い。また、2009年以降標準偏差が小さいことが特徴である。

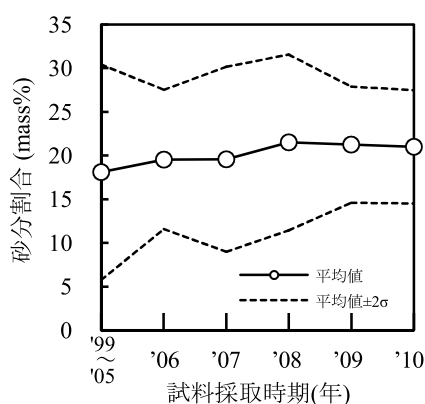


図1 瓦坏土の粒度組成
(砂分：75 μm 以上)

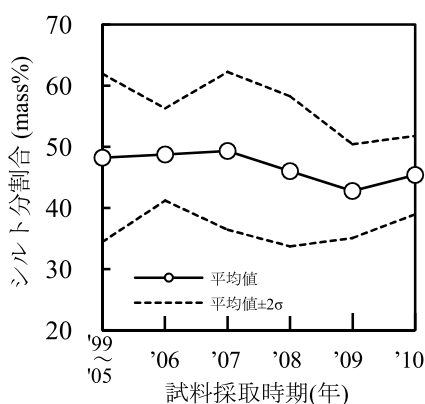


図2 瓦坏土の粒度組成
(シルト分：2 μm ～75 μm)

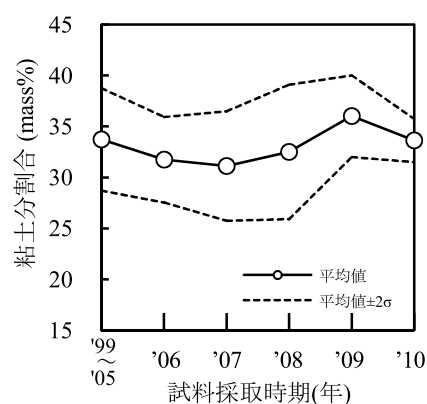


図3 瓦坏土の粒度組成
(粘土分：2 μm 以下)

*無機材料・資源グループ，**材料技術グループ

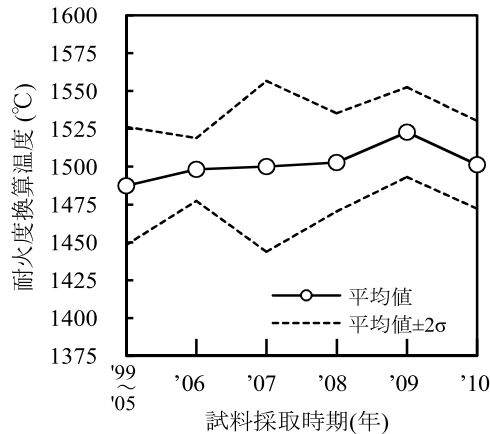


図4 瓦坏土の耐火度換算温度

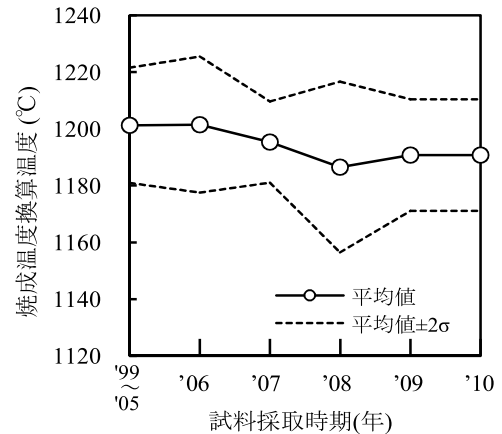


図5 工場の焼成温度換算温度

砂分の僅かな増加は変動の範囲内といえる。シルト分と粘土分の相補的な関係は、前回の調査期間以前からみられる²⁾。これは良質な粘土分の低下に伴う現象として20年以上前から指摘されている³⁾。但し、2009年の36mass%という粘土分の値は1990年代後半のレベルの高い数値であった¹⁾。この年は特異的に高い可能性はあるものの、翌年も34%と比較的高い値であることから近年の減少傾向に歯止めがかかっていることが推測される。既報¹⁾で指摘されているように、粘土分は瓦製品を製造する上で重要な役割を果たし、その減少は成形および乾燥工程での不良を誘発する可能性がある。歩留まりを落とさないためにも現状維持を期待したい。

3.1.2 耐火度

今回の調査期間において、瓦坏土の耐火度の平均値は2009年を除いてすべてSK18であり、安定した値で推移した。これは図4の耐火度換算温度のグラフで確認される。SK19+を示した2009年の耐火度は1996年以来の高い値となった。これは粒度分布で確認された高い粘土分を反映するものと考えられる。前回までの調査期間で報告された耐火度の低下傾向はおさまった。

3.1.3 焼成温度

瓦を焼き締める重要な工程となる焼成温度の変化を図5に示した。焼成温度は5a+から6a-の範囲で、2008年が最も低い雁行状の変動であった。この最低値は前回の報告と

同等かそれ以下の低い傾向である。坏土の耐火度と対照的な結果となった。

3.1.4 化学組成

表1に各調査時期における坏土の化学組成分析結果(平均値)を示した。1999年～2005年は7年間の平均値を示した。焼成素地の赤色の呈色に影響を及ぼす Fe_2O_3 含有量の増加は、蛍光X線による化学組成の結果が報告されて以降常に指摘されてきた²⁾。本調査においても2007年まで同様の傾向が確認され、最大で2007年の3.18mass%を示した。しかしながら2008年以降減少に転じ、直近の3年間では2.8～2.9mass%で安定した結果であった。 SiO_2 は2000年以降の減少傾向¹⁾を反映し70～71mass%台の範囲を推移している。逆に Al_2O_3 は16mass%台と比較的高い値となった。また、2009年は近年では突出して粘土分が多くシルト分が少ないが、化学組成からはその影響は認められない。揮発性物質の存在度に左右される強熱減量の値は、粘土分の変動割合とあまり良い相関は得られなかった。

3.2 棧瓦製品の品質

3.2.1 瓦寸法

瓦製品の長さ、働き長さ、幅、働き幅の変化を図6～9に示した。JIS規格における53B形棧瓦の基準値は、それぞれ295mm、225mm、315mm、275mmであり、全て±4mmの許容差が認められている。図より、前回の調査期間では長さ、働き長さ及び幅について、平均値±2σの値がJISで定め

表1 蛍光X線分析法による瓦坏土の化学分析値 (mass%)

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	LOI.*	Total
1999年～2005年	71.72	0.69	16.06	2.94	0.07	0.43	0.25	0.39	2.04	0.03	5.12	99.74
2006年	70.90	0.68	16.35	3.00	0.07	0.44	0.31	0.51	2.11	0.03	5.26	99.66
2007年	70.80	0.69	16.27	3.18	0.07	0.45	0.29	0.43	2.09	0.03	5.23	99.53
2008年	70.84	0.64	16.39	2.84	0.06	0.43	0.28	0.41	2.20	0.03	5.25	99.37
2009年	71.44	0.65	16.13	2.78	0.05	0.42	0.27	0.44	2.11	0.03	5.17	99.49
2010年	71.50	0.63	16.10	2.87	0.05	0.41	0.27	0.42	2.22	0.04	4.98	99.49

*LOI 強熱減量

られた ± 4 mmの許容差を僅かに超えた。今回の調査期間では2006年の働き長さ及び2007年の幅の値がJISの許容差を僅かに超えた。それに対し、2008年以降ではどの寸法も平均値 $\pm 2\sigma$ の値がこの許容差を超えることはなかった。各瓦会社が品質管理に一層の努力を図られた結果だと推測される。

次に、谷深さの変化を図10に示した。JIS規格では、35 mm以上と規定されている。結果は標準偏差約1 mmでばらつきは小さいが、平均値が若干増加しているように見受けられる（2006年37.2mm, 2010年37.8mm）。

3.2.2 吸水率

吸水率の変化を図11に示した。本調査期間では2008年の平均値5.05%を最大値とし、最小で2006年に4.20%を示した。2009年の標準偏差がその他の年と比べて高かった。

吸水率のJIS規格は12%以下と規定されており、今回の調査期間においてもそれを大きく下回った。また、上述のように多少変動があるものの4%台を維持した。吸水率は焼成温度の影響を受ける。焼成温度がV字状の変動を示すのに対し、吸水率は2008年近傍において丁度逆の対応関係となっている。つまり焼成温度が低いと吸水率が増加し、焼成温度の上昇により吸水率は低下する。石州瓦の特長である低い吸水率は、高い焼成温度により支えられている。

3.2.3 曲げ破壊荷重

図12に曲げ破壊荷重の変化を示した。今回の調査期間において曲げ破壊荷重の平均値は2770～3070Nの間で安定して推移しており、標準偏差は160～360Nであった。前回の報告では平均値と標準偏差の推移がそれぞれ2600～3000N, 150～400Nであったので、品質がより安定している。JIS

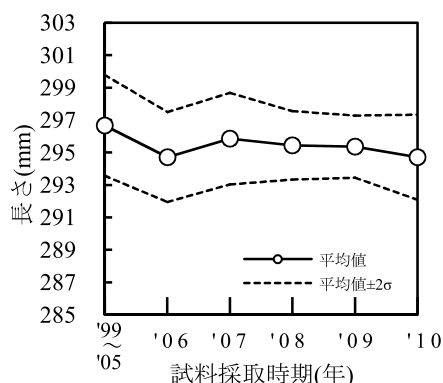


図6 瓦製品の長さ(規格値 295 ± 4 mm)

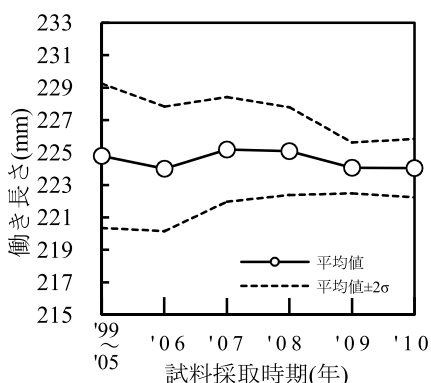


図7 瓦製品の働き長さ(規格値 225 ± 4 mm)

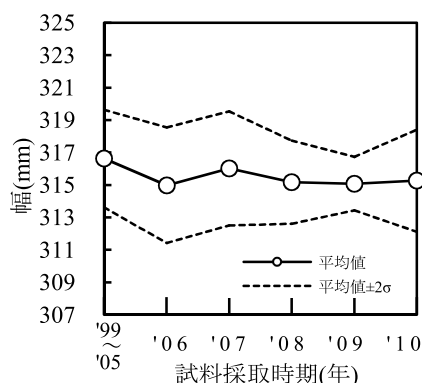


図8 瓦製品の幅(規格値 315 ± 4 mm)

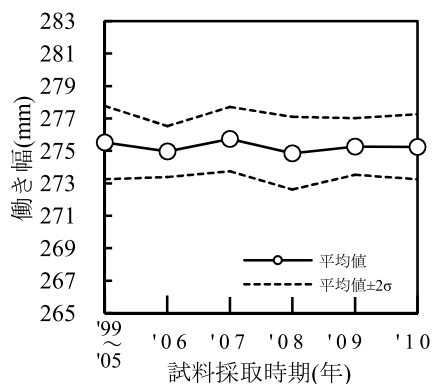


図9 瓦製品の働き幅(規格値 275 ± 4 mm)

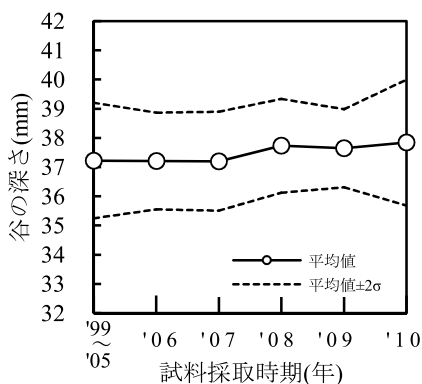


図10 瓦製品の谷深さ(規格値35mm以上)

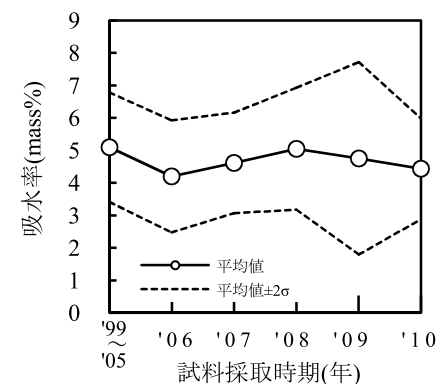


図11 瓦製品の吸水率(規格値12%以下)

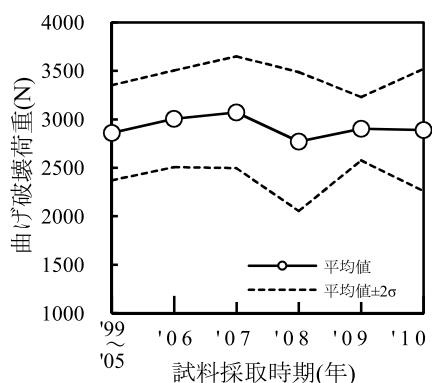


図12 瓦製品の曲げ破壊荷重(規格値1500N以上)

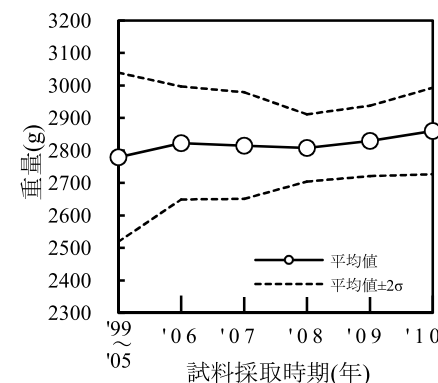


図13 瓦製品の重量

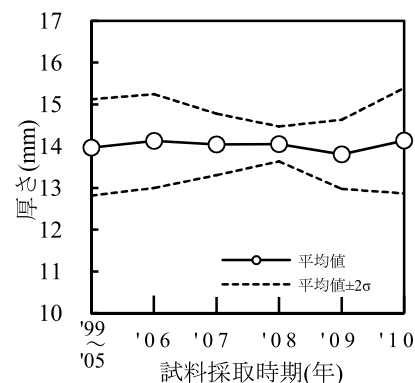


図14 瓦製品の厚さ

規格では1500N以上の強度を求められており、十分に達成している。

3.2.4 瓦重量および厚さ

瓦重量の変化を図13に、厚さの変化を図14に示した。厚さは13.8～14.1mmの範囲で安定的に推移している。重量も2800g台前半の値で微増している。既報¹⁾で報告されたような瓦製品の軽量・薄形化の傾向はみられない。また2008年以降の標準偏差の減少は、長さ・幅の寸法精度向上によるものと考えられる。

3.3 坏土特性および製品品質の総合的評価

本資料で報告した5年間の変化傾向をまとめると、瓦坏土では、砂分の漸増は依然認められるものの、シルト分は減少に転じ、逆に粘土分は増加傾向で推移した。特に2009年は36.0mass%という1990年代後半のレベルの高い値となった。さらにFe₂O₃濃度の増加傾向もおさまった。耐火度についても2009年のSK19⁺に代表される安定した値を示した。2009年以降、各物性値のデータのばらつきが小さくなる傾向がみられた。原料事情が大幅に改善したとは考えにくい。この5年間においてはこれまでに見られた品質低下の傾向に歯止めがかかっている。

瓦製品の品質について、瓦寸法に関しては、JIS規格で定められた基準値及び許容差に対し、2008年以降どの寸法も平均値±2σの値がこの許容差を超えることはなかった。

同時に標準偏差も減少し品質の安定化が図られた。

瓦の強度や耐久性の強さを表す指標となる曲げ破壊荷重および吸水率について、いずれも安定して良好な結果であった。焼成温度が少しずつ低下している点が気になるが、これらの項目は良質な石州瓦の品質をアピールする重要な特長となるので、今後も高い水準で維持されることが期待される。

全体としての特長は2008年以降各品質のばらつきが小さくなったことである。これには様々な要因があろうが、各瓦会社の品質管理に対する努力の賜物である点は間違いなく、今後もエネルギー事情、原料事情、その他種々の要因による社会的な向かい風が想定される中、石州瓦の優れた品質を長く継続的に維持されることが望まれる。

文 献

- 1) 原田達也, 若槻和郎. 石州瓦坏土および瓦製品の品質調査 (1999年～2005年). 島根県産業技術センター研究報告. 2006, 42, p.31-34.
- 2) 塩村隆信, 川谷芳弘. 石州瓦坏土および瓦製品の品質調査 (平成2年度～平成5年度). 島根県立工業技術センター研究報告. 1993, 30, p.53-57.
- 3) 塩村隆信, 長野和秀. 石州瓦坏土の基本特性 (昭和62年度～平成2年度). 島根県立工業技術センター研究報告. 1990, 27, p.75-77.