

## 波板スレートの経年劣化に関する研究 (その1: 既往の研究と経年による板厚の変化)

○長谷川 哲也 \*1  
二宮 邦夫 \*2  
畑中 重光 \*3  
谷川 恭雄 \*4

### 1. はじめに

トヨタ自動車(株)では、約35年前から、最近まで各所で工場建設を行ってきた。屋根材としては波板スレート(繊維強化セメント板、JIS A 5430)が主に使われ、漏水等に対するメンテナンスが継続して行われている。図-1に、1994年の集中豪雨後に行った全工場の屋根波板スレートの割れや漏水に対する点検結果を示す。

このデータには若年の物件が少なく、既に補修が行われた物件も入っているため、経年と不具合率の相関は見られない。ただし、20年以上経過した工場では、かなりの割合で不具合が発生していることがわかる。

一般に、波板スレートの経年に伴う劣化については必ずしも明確な結論が得られておらず、耐用年数も定かではない。本研究では、前述の会社工場において、4年~35年経過した建物の波板スレート屋根の不具合状況とその原因、およびスレートの経年による劣化現象について調査・検討する。

まず、本報(その1)では波板スレートの歴史、JIS規格、および既往の研究を概観し、問題点を明らかにした上で、経年による各種強度変化の要因となり得る板厚の変化等の調査結果について報告する。

### 2. 現状と既往の研究

#### 2.1 波板スレートの分類

スレート(slate)とは、元来、粘板岩や頁岩を薄板状に切り取ったものを称していたが、現在では、この天然スレートの他にいくつかの種類的人工スレートが製造されている。表-1に主に屋根葺き材や外装材として使われる非金属成形屋根葺き材の種類を示す。

天然スレートの代替品として、石綿を使用した小平板(約400mm)が大正5年に国産機械によって製造された。その後(第一次世界大戦後)、モルタル瓦風の厚形スレートおよび910mm×1820mmか1210mm×2420mmの大型のいわゆる石綿セメント板に発展し、さらにこれに波を付けた波板スレートへと改良が進んだ<sup>1)</sup>。

#### 2.2 波板スレートの経年劣化についての既往の研究

波板スレートは、施工が容易でかつ他材料と比較して

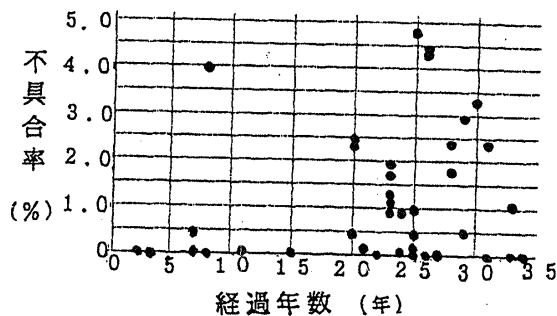


図-1 工場波板スレートの点検結果

表-1 非金属成形屋根葺き材の種類

形状区分	屋根葺き材の種類
平板状	天然スレート ウッドシングル、ウッドシェイク 粘土瓦(平瓦) 住宅用屋根スレート(平板状製品) アスファルトシングル 不燃シングル
凹面板状	粘土瓦(本瓦、スペイン瓦、イタリア瓦)
段状、S字状 (かみあわせ形・重ね形)	粘土瓦(フランス瓦、和形、S形、洋形) 厚形スレート(洋形、和形、平形、S形、平S形)
波板状	住宅用屋根スレート(波板状製品) 波形石綿スレート 波板ガラス プラスチック製波板、折板

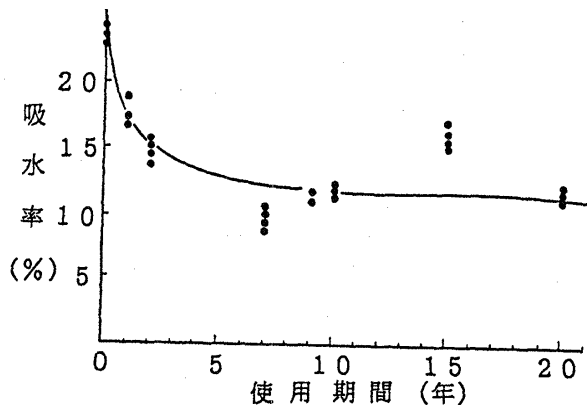


図-2 経年と吸水率(小波)

安価なことから、葺替えを行うことを前提に施工されているものが多かった。したがって、経年劣化に関する研究は少ない。

前島ら<sup>2)</sup>は、施工後の経過年数の異なる自社工場屋根

\*1 日本診断設計(株)

\*3 三重大学工学部建築学科助教授

\*2 トヨタ自動車(株)プラント・エンジニアリング部

\*4 名古屋大学工学部建築学科教授

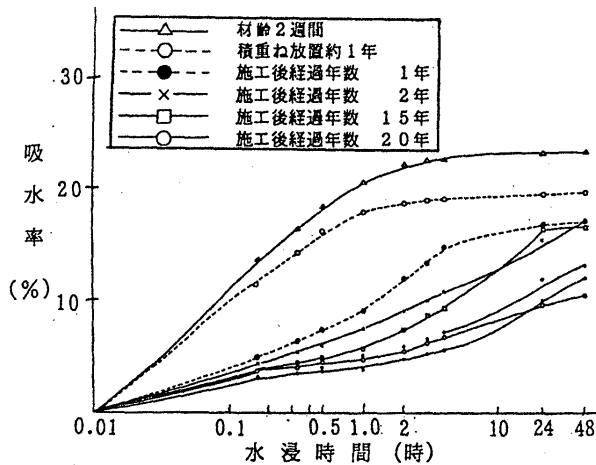


図-3 経年と吸水速度(小波)

材の石綿スレートの変化を調査した。以下にその要約を示す。ただし、小波スレートについては施工後、20年まで、現在よく屋根材として使われている大波スレートについては施工後10年までのデータである。

(1) 吸水率

図-2のように、初期の吸水率は約20%を越えているが、施工後2~3年で急速に低下し、5年以降では約10%前後まで低下している。

(2) 吸水速度

図-3のように、材齢令2週間の製品は水浸後1時間で約20%の吸水率まで達するが、施工後2年経過した製品は約10%の吸水率まで達するのに10時間以上もかかっている。

(3) 曲げ強度

その当時の製品の平均強度とJIS規定値(表-2)から判断して、強度の低下は無く、逆に強度上昇の傾向が見られる。ただし、曲げ破壊時のたわみは減少する。

(4) 遊離石灰量(セメント化学分析委員会法:1954年に準ずる)

生産直後の製品では、遊離石灰量は7%弱であるが、初期の段階で急激に減少する。2年経過時点では約1%まで減少し、5年以降は殆ど見られなくなる。

2.3 波板スレート(大波)のJIS規格の変遷

冒頭に述べた工場の屋根材は大波板スレートである。以下、大波スレートについて述べる。表-2にJISの変遷を、このうち曲げ破壊荷重の変遷を図-4に示す。昭和23年(47年前)から小刻みに改訂が行われ、約9年間で強度が2倍に上昇しているのは特筆される。昭和49年(21年前)に曲げ破壊荷重が350kgから400kgへと、すなわち約14%引き上げられている。

2.4 疑問点

(1) 経年に伴い、遮水性能および強度が向上している。つまり石綿スレートは経年に伴って屋根材としての性能が向上していく材料であると思われる。

(2) 小波スレートでは施工後20年、大波スレートでは施工後10年までの結果が文献<sup>2)</sup>に示されているが、図-1において不具合が多く見られた施工後20年以上

表-2 波板スレート(大波)のJISの変遷

制定年月	原料配合	養生	大きさ (mm)	曲げ破壊荷重 (kg)	衝撃 (おもり 落下高)	吸水率 (%)	サブ リッパ	
昭23-4	セメント:セリ=約3W湿気養生、約1wセリは石綿の1/2を超えない	約3W湿気養生、約1wセリは石綿の1/2を超えない	(5.5山) 長 1820 2120 2120	厚8 170以上	100以上	30以下	500枚から3枚抜き取り	
昭25-2	"	"	"	厚8 190以上	120以上	30以下	"	
昭26-12	セメント:セリ=約2W湿気養生、約1週セリは石綿の30%を超えない	約2W湿気養生、約1週間保存出荷	"	厚8 190以上	120以上	30以下	"	
昭29-12	"	製板後十分に養生する	"	厚6.5 240以上	120以上	30以下	"	
昭32-12	セメント:石綿=85:15分散材(有機セリ)はセリ石綿合計重量の3%以内とす。石綿は5Rが標準	"	(5.5山) 長 1820 2120 2420	厚6.5 240以上	120以上	30以下	"	
			(7.5山) 長 1820 2120 2420	厚6.5 330以上	120以上	28以下		
昭35-12	"	"	(5.5山)	厚6.5 240以上	120以上	28以下	"	
			(7.5山)	厚6.5 330以上	120以上			
昭39-6	"	"	130波 (5.5山)	厚6.5 250以上	120以上	28以下	"	
			(7.5山)	厚6.5 350以上	120以上			
昭40	"	"	130波 (7.5山)	厚6.5 350以上	120以上	28以下	"	
昭49	"	"	130波 (7.5山)	厚6.5 400以上	120以上	28以下	"	
平1-4	(有機セリ)はセリ石綿合計重量の3%以内とす。石綿は主としてカリアイ石綿とする	"	(7.5山)	厚6.5 3922.8N	400以上	120以上	28以下	"
				厚6.5 400以上				

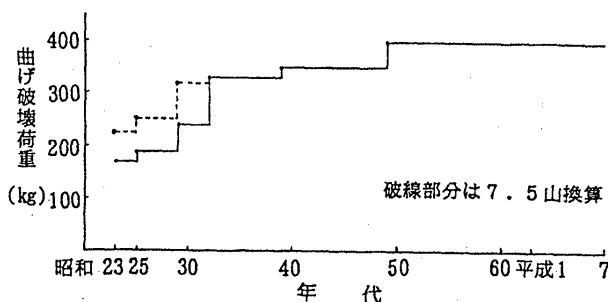


図-4 波板スレート(大波)のJIS(曲げ破壊荷重)の変化

の大波スレートについては不明な点が多い。

(3) 昭和49年にJISの曲げ破壊荷重値が改訂されているが、曲げ強度と割れ等の不具合との関連は不明である。

2.5 本研究の進め方

本研究では、施工後35年までの大波スレートについて、板厚の変化、化学特性の変化、物理特性の変化などの試験を行って経年による変化を明らかにするとともに、

上記の疑問点を解決する。さらに、これらの劣化現象に対し補修を考える際の参考資料とする。

### 3. 経年による板厚等の変化

#### 3.1 製品出荷時の厚さのバラツキ

1,820×950mmのスレート板の踏抜きを考えた場合、耐力は板厚によって大きく左右される。そのため、年代別の強度を論ずる前に、どのような厚さの製品が出荷されていたのかを調査した。

暴露されたスレート板について、重ね部分で下になった方は減肉がなく出荷時の厚さを示すものと考えられる(図-5)。したがって、出荷年度別で無作為に抽出した1枚のスレートについて、重ね下部分の全ての山頂と谷底の厚さ(7点×2)を測定した。測定結果を図-6に示す。ほとんどの年代で谷底の方が厚くなっている。1枚の中でもバラツキはかなり大きく、そのバラツキは古いものの方がより大きくなる傾向があり、20年経過したものでは2mmにもなっていた。平均値を見る限りでは製造年度の新旧による板厚の増加または減少傾向は見られない。しかしバラツキはかなり大きく、山頂で1.15mm谷底で1.22mmもの差があった。なお、JIS A 5430に準じた測定方法(1枚で4箇所)によるデータも収集したが(各経過年数で3~37枚)、板厚のバラツキは図-6とほぼ同様であった。

JISでは、「供試体の端(幅方向)から20mm以上内側の山頂および谷底の各2点を1/20mm以上の精度を持つ測定器で計り、4点の平均値を求めて板の厚さとする」と規定されている。その寸法の許容値は $6.3 \pm 0.6$ mmとなっているが、今回の試験結果もその計り方では許容値以内であった。

#### 3.2 経年による厚さの変化

前項で述べたように、板厚の初期値にかなりバラツキがあるため、経年に伴う板厚の減少を板厚測定だけで論ずることが出来ない。そのため、1枚の板の中で同じ山頂部の重ね下部と暴露部のそれとの差をもって減少厚さとした。測定方法はJIS A 5430に準じたが、山頂も谷底も1枚につき2列ずつ行い、各列につき、重ね下1箇所、露出部4箇所を測定し、重ね下部の板厚と露出部の板厚の差を調べた。

測定結果を図-7に示す。図によれば相関性は強く、経年に伴い板厚の減少が進行してゆくことがわかる。回帰直線によれば、施工後23年で板厚は約10%減少する。また谷底に比べ山頂の方が若干大きめの減肉を示すといえる。

#### 3.3 経年による断面の密度変化

断面方向の密度変化を顕微鏡写真と比重測定によって評価した。谷部の年代別断面写真を写真-1に示す。

経年変化が観察されるのは外部表層のみである。経年5年では表面・内部共に変化がなく、10年目で表面のセメント硬化体がわずかに消失し、固定されていたアス

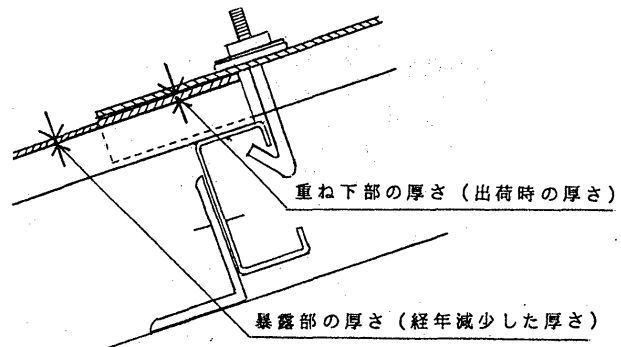


図-5 重ね下部位置図

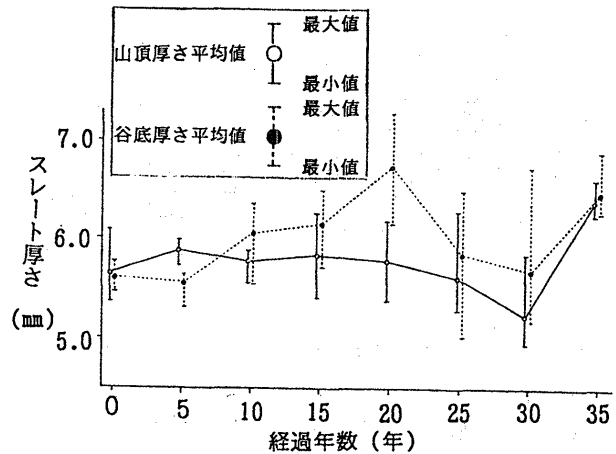


図-6 1枚の中での各部の厚さ(出荷年度別)

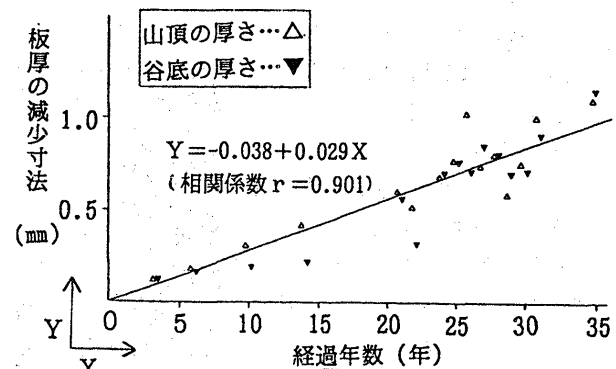


図-7 経年による板厚の減少

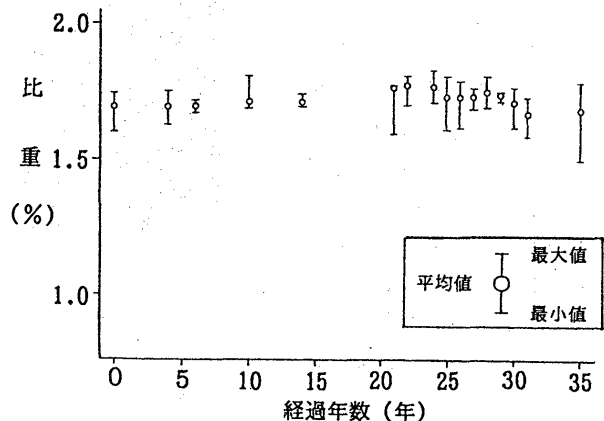


図-8 年代別比重変化

ベストが毛羽立ち始めている。20年目では、アスベストがさらに毛羽立っている。30年目では、表層から0.6mm程度がポーラスになっている。内部および室内側

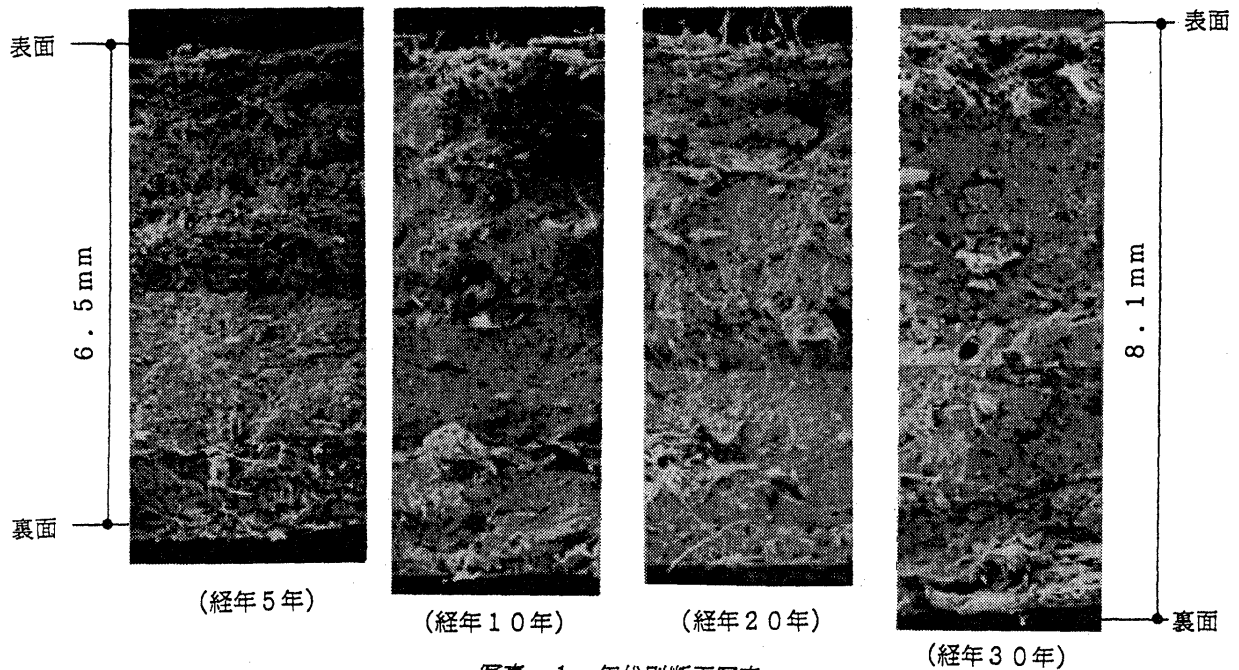


写真-1 年代別断面写真

(裏面)はこの倍率では見かけ上は何の変化も無いように見える。

図-8に、経年別の比重測定結果を示す。経年による変化はほとんど見られない。

以上のことから、経年に伴う密度の変化は表層のみで、内部においてはほとんど変化しないものと思われる。

### 3.4 経年による層間剥離率の変化

一般に、波板スレートは所定の厚さまで何重にも重ねて成型される。その後、加圧脱水、養生、脱型、貯蔵を経て、出荷にいたる。

板の重ね部で剥離が起きている状況を写真-2に示す。以下、剥離率について述べる。

調査方法は、各年代別に無差別に抽出した長さ850mm以上のサンプルを、山頂と谷底に沿って高速カッターで切断し、その断面を目視で観察した。板内の位置に関係なく、剥離の起きている部位の長さの合計を剥離長さとし、調査長さで除して剥離率とした。

表-3に調査結果を示す。若年の製品にも剥離がかなり見られる。また、経年による剥離率の増加傾向は見られない。

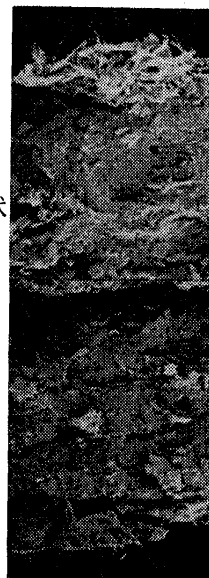


写真-2 層間剥離状況

表-3 層間剥離率

項目	調査長さ (mm)	剥離長さ (mm)	剥離率 (%)	
0	山部	1860	800	43.1
	谷部	1860	300	16.1
5	山部	1015	695	68.5
	谷部	1015	380	37.4
10	山部	1995	1305	65.4
	谷部	1995	0	0.0
15	山部	850	515	60.6
	谷部	850	50	5.9
20	山部	1810	0	0.0
	谷部	1810	0	0.0
25	山部	860	0	0.0
	谷部	860	300	34.9
30	山部	800	70	8.8
	谷部	800	0	0.0
35	山部	1820	1660	91.2
	谷部	1820	0	0.0

### 3.5 まとめ

- 1) 出荷時点で1枚の中でも既に厚さのバラツキがかなり大きく、その差は最大で2mmであった。
- 2) 経年により板厚は減少する。
- 3) 外部表層のみ経年とともに若干風化する。

### 4. むすび

本報(その1)では波板スレートの歴史、JIS規格、および既往の研究を概観し、問題点を明らかにした上で、経年による強度変化の要因となり得る板厚の変化等の調査結果について報告した。

### 参考文献

- 1) 狩野春一他：波板石綿スレート・石綿セメント板JIS解説、石綿スレート協会技術部会論文集、pp.42~43、1967
- 2) 前島正一他：長年使用波形スレートの特性、石綿スレート協会技術部会論文集、pp.99~108、1967