

安全帽の耐候性について(第一報)

博物館課 三田村正智 末吉昭一

Weathering of the Shell of the Safety Helmet

by M. Mitamura
S. Sueyoshi

The shell of the helmet shall be made of materials that are hard and durable. Many materials are in existent for suitable, but we were already recognized that thermoplastic resin is spoiled by ultraviolet rays in sunshine.

Our outdoor weathering was given period of time, which are 0, 3, 4.5, 6, 7.5, 9, 10.5, 12 months. Materials made an experiment on falling weight test, compression test, hardness test. Falling weight test as follows:—

The shell mounted on the fixed steel plate, the 3.6 or 2.7 kg steel ball shall be dropped vertically on the center of the shell from a height of 1.3m measured from the bottom of the shell.

On falling weight test, 7.5 month's exposed PE and ABS, 12 month's PC was broken down, another test showed weakened conditions.

1. ま え が き

現在各事業場で使用されている一般工事用の安全帽の帽体には各種の材質があり、熱可塑性樹脂のPE、PC、ABSなどの各種のものが耐衝撃用および耐電用として広く使われている。

しかし、これらの樹脂について樹脂メーカーあるいは成型業者は新品の機械的または電気特性のすぐれた点のみ

に注目して、かくれた欠点、すなわち、各現場で使用している間に、太陽光線中の紫外線に暴露することにより、酸化が進み、劣化して、僅かの衝撃にも破碎して、安全帽としての役目を十分果たせないことを軽視している。

そこで埼玉県岩槻市谷下(佛重松製作所岩槻工場の南側屋根斜面に45°の傾斜をもった暴露台を設置して、1965年5月15日～1966年5月14日の1年間自然暴露し、

Table 1. Weather Conditions (1965~66)

the Weather	months	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
clear days	a.m.	6	10	9	19	14	23	14	20	23	11	17	14	9
	p.m.	7	13	9	17	12	24	11	18	20	10	18	17	9
slightly cloudy days	a.m.	1	3	3	5	4	4	5	6	5	13	3	8	3
	p.m.	2	1	5	7	4	4	8	7	8	11	2	4	1
cloudy days	a.m.	3	10	5	1	5	1	8	2	1	1	6	5	2
	p.m.	4	5	5	2	2	1	7	1	1	4	8	7	1
rainy days	a.m.	4	3	10	3	7	2	3	2	2	3	5	3	0
	p.m.	3	7	8	2	12	1	4	2	2	3	3	2	4
Saitama pref.	lowest temp °C	7.1	11.5	18.6	17.3	10.8	7.2	0.1	-3.5	-6	-4.7	-2.4	-2.6	6.4
Kumagayadist.	highest temp °C	28.6	32.2	37.2	36	31	27.8	24.7	20	19	17.4	18.8	26.2	29.7
Iwatsuki Shop	mean temp °C	23.9	23.5	25.8	32.2	25.4	20.8	19.3	12.2	7.8	10.5	10.5	14.5	20.5

Table 2. Weather Conditions (%)

elapse the Weather	3 months	4.5 months	6 months	7.5 months	9 months	10.5 months	12 months
clear days	46.2	46	53.8	52.4	54.4	52.7	57.2
slightly cloudy days	10.9	13.7	13.0	16.4	18.6	18.6	16.5
cloudy days	20.5	16.5	14.5	14.2	12.2	13.7	13.3
rainy days	22.4	23.8	17	17	14.8	15	13

Table 3. PE Transformation

scale m/m upper space-2.3kg middle space-3.6kg under space-penetration test

new article	3 months	4.5 months	6 months	7.5 months	9 months	10.5months	12 months
17.5 20	19 22	25	29	crush	crush	crush	crush
30 31	31 30	38		"	"	"	"
7.5~9	9.5~10	9.5~12	7~12.5		8~12	7~12	8~12

第1回として3カ月経過、第2回以後それより1.5カ月ごとに試験体を探り、衝撃、静荷重圧縮、およびカタサ試験等によって劣化程度を調べた。

本報告はその結果をまとめたものである。

2. 暴露条件としての天候および気温

気象条件等は第1回の暴露については暴露台附近の正午の気温と熊谷地方の新聞発表による最低および最高気温のみを記録した。

第2回の現在実施中の暴露には紫外線受光量も測定している。

月別、天候、気温は Table 1 に示す。

暴露を実施した試料は各材質について25個とし、各月ごとに3~4個を試験した。

暴露経過の天候状態は Table 2 に示す。

3. 衝撃試験

各試料の形状は全部MP型とし、頂部より125m/mの所で水平に切断し、試験装置は径300m/m、厚さ20m/mの定盤の中心に径6m/mの孔を明けて測定棒が自由に昇降出来る装置とし試験の際には測定棒の上部先端が帽体内頂部の中心にあたる位置におき鋼球一重量2.3kgまたは3.6kgを1.3mから自由落下させた後の測定棒の沈降量を調べる。

落下高さを1.3mとしたのはJIS M7608による衝撃試験における変形量に近い数値を試料の帽体に求めたからである。

3.6kg、2.3kgの2種類の鋼球を使用したのは鋼球を継続使用した場合、暴露による経時老化が進行して後半の試験によって変形量が増大して測定不能の場合を考慮した。

なお試験は試料を温度30°Cの恒温槽に2時間処理した後実施した。

試験結果

1) PE

2.3kgの衝撃試験においては、変形量は暴露の経過と共に増加するが6カ月までワレの発生は認められない。

3.6kgの衝撃試験においては変形量の増加と共に3~4.5カ月まで試料の衝撃部に Fig. 1~2 に示すようなワレを生ずる。

Table 3. 参照

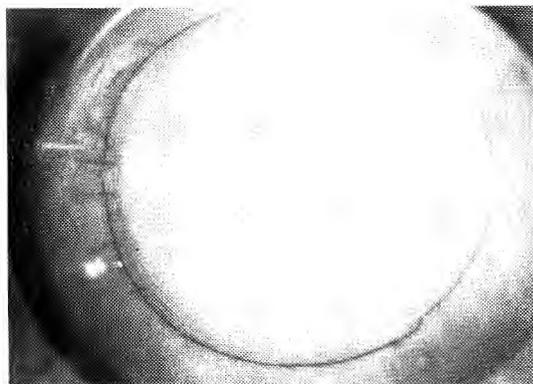


Fig. 1 Cracks which was grown around the top of the helmet's shell by falling weight test, (PE)

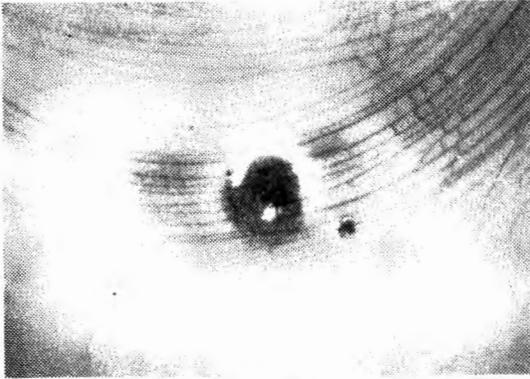


Fig.2 A part of cracks. (PE)
Center of this figure, two dark point (large and small) are dents which grew dy penetration test.

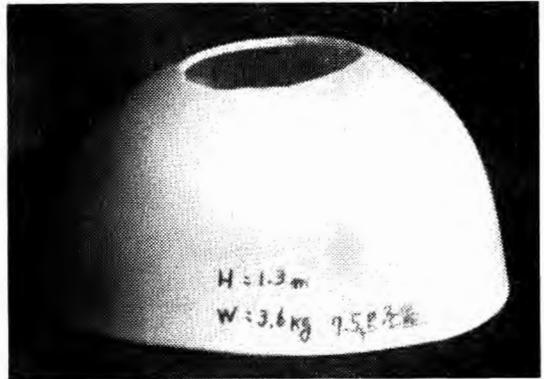


Fig.5 Seven point half months exposed PE. The shell was sunk, and made a 80~90 m/m hole.

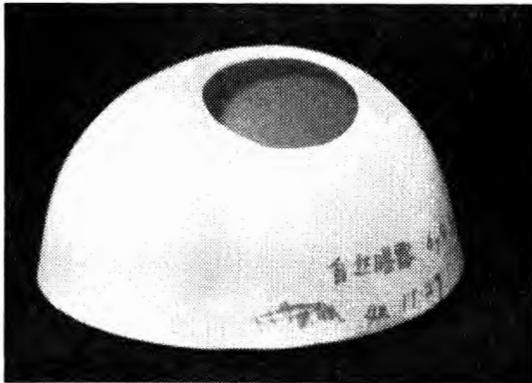


Fig.3 Six months exposed PE (3.6kg)
By falling weight test, the shell was sunk, and made a 80m/m ϕ hole.

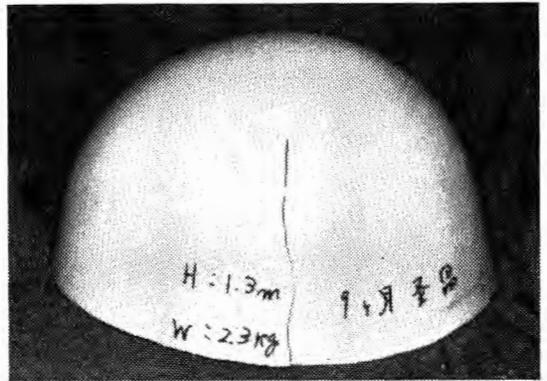


Fig.6 Nine months exposed (PE). Cracks was grown all around, however was not sunk, left-side of the shell cracked to the bottom.

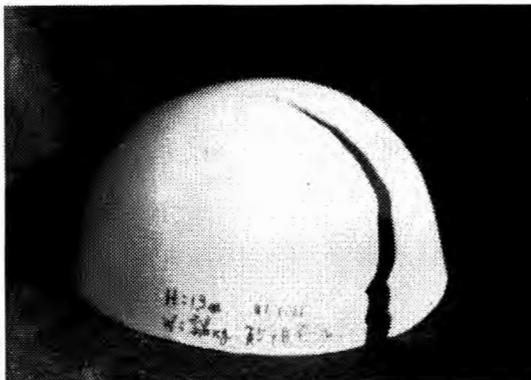


Fig.4 Seven point half months exposed PE (2.3kg)
Crack grew from left behind, front side clung 60 m/m long.

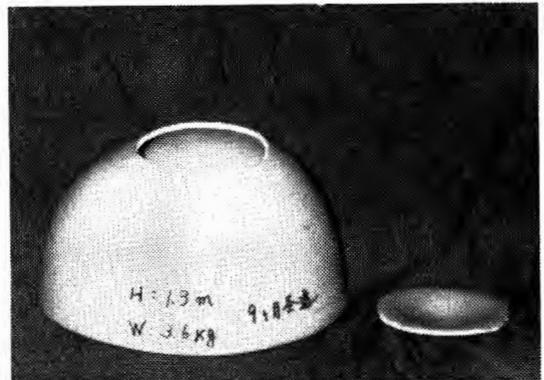


Fig.7 Nine months exposed (PE). This was sunk and made about 90m/m ϕ hole.



Fig. 8 Twelve months exposed (PE)
This was sunk and made a 100~110m/m hole.



Fig. 9 Twelve months exposed (PE).
This was sunk and left-side of the shell separated.

Table 4. A. B. S Transformation

scale-m/m	upper space-2.3kg		middle space-3.6kg		under space-penetration test		
new article	3 months	4.5 months	6 months	7.5months	9 months	10.5months	12months
13	17.5 19.5	17	13	crush	crush	20	22
20 21	23 25	20	19	"	"	27	25
3~4	4~5.5	4~7	4~9	5~10	6~7	7~9	7~8

2.3kgの衝撃試験における7.5カ月以降、3.6kgの衝撃試験における6ヶ月以降の試料は Fig 3~9 に示す。

PEについては熱可塑性樹脂の試料の中で最も劣化が早く、自然暴露と実際使用条件とは異なるが、使用開始後少なくとも6カ月を経過したものについては、キズ、ワレ等の有無を十分確かめて着用することを要する。

2) ABS

2.3kgの衝撃試験では6カ月経過まで変形量は減少の

傾向があるが、ワレその他の異状は認められない。

3.6kgの衝撃試験における3カ月の試料では10m/m~15m/mのワレが頂部に放射状に発生し、以降の試料も暴露の経過と共にワレ長さの拡大および破砕等が認められた。

12カ月暴露した試料は7.5カ月および9カ月経過の試料の様に破砕されなかったが、頂部に40m/m~50m/mのワレが生じ、その一部は Fig.14 に示す様に陥没した状



Fig. 10 Six months exposed ABS (3.6kg)
Cross crack which was grown at the top.



Fig. 11 Seven point half months exposd ABS (2.3kg)
The shell separated.



Fig. 12 Seven point half months exposd ABS (3.6kg)
The shell separated.

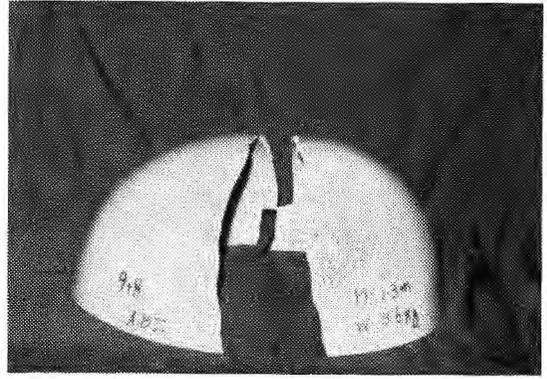


Fig. 13 Nine months expoped ABS (3,6kg)
With Fig. 11~12 same crack was given.



Fig. 14 Twelve months exposed. This was not separated but cracks were many streak and radial to the bottom.

態で頂部のワレを中心として放射状に細かいワレが無数に帽体下端に達している。

ABSはPEに比較して機械的強度はすこぶる優っているが、耐候性については十分注意を要する。著しい退色細かいキズ、またはワレの発生した場合は使用すべきではない。

3) PC

10.5カ月経過の暴露までは衝撃試験の結果はいずれも何等の異状が認められなかったが、12カ月の暴露によっていずれも破碎された。

PCは他の熱可塑性樹脂から比較すれば劣化の進行はかなり遅いと思われるが、同種の樹脂であっても成型条件等によつての相違があると思われる。

外観のみで異状の有無を確認することは困難であり長い期間使用したものは十分な注意を必要とする。

Table 5. PC Tranfsoation
scale-m/m upper space-2.3kg midder space-3.6kg under space-penetration test.

new artile	3 months	4.5 months	6 months	7.5 months	9 months	10.5months	12 monthe
10.5	19	15	13	16	12	18	
20	24.5 25	24	24	24	26	24	
5~6	5~6.5	6~7	6~8	6~10	6~7	7~10	8~9

Table 6. FRP Transformation
scale m/m upper space-2.3kg middle space-3.6kg under space-penetration test

new article	3 months	4.5 months	6 months	7.5 moths	9 months	10.5months	12 mnths
13 14	13 15	15	12	16	16	16	15
20 22	18 20	18	22	22	21.5	22	22
7.5~9	8.5~9	8~9	9~10	9~11	9~10	7~9	8~9

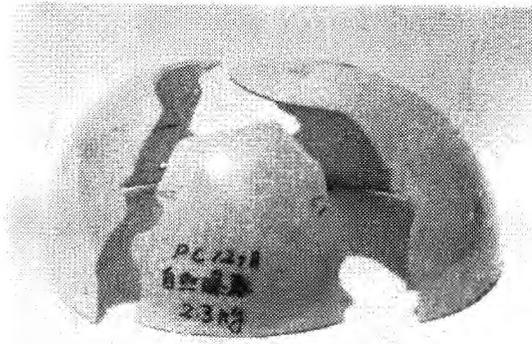


Fig. 15 Twelve months exposed PC (2.3kg).
This separated three pieces.

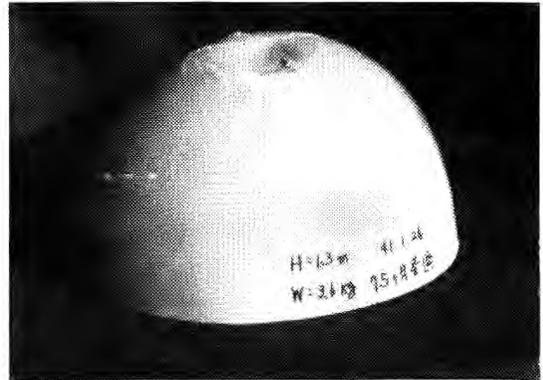


Fig. 17 Seven point half months exposed FRP.

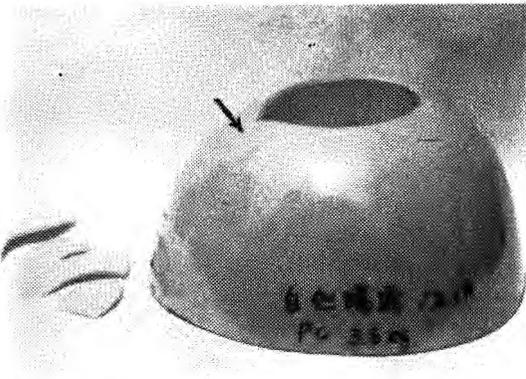


Fig. 16 Twelve months exposed (3.6kg).
The top of shell was broken down and crack
marked reached bottom.

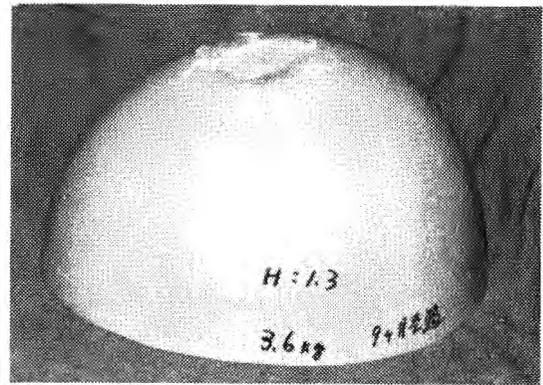


Fig. 18 Nine months exposed FRP.

4) FRP

3.6kgの衝撃試験の結果は3~4.5カ月の試料を除いては変形量は21.5~22m/mの範囲であり新品と12ヶ月間の暴露試料とを比較してその差は認められないが、暴露による劣化があってもガラス繊維の補強材によって劣化状態が衝撃試験では確認されない。

7.5カ月および9カ月暴露した試料が衝撃部に大きなクボミを生じたのは暴露結果によるよりもガラス繊維の分布状態の相違によって生じたものと判断される。

5) フェノール

各材質の中で新品~12カ月暴露に至る試料は衝撃試験結果によればPEについて変形量が大であるが、FRPと同じく補強材等の関係から暴露による影響は認められない。

フェノール樹脂製の帽体は、衝撃を受けた場合衝撃部は大きな変形をするが、瞬間的に原形に復すのが一般的な傾向でワレ等は認められない場合が多い。

FRP、フェノール等の熱硬化性樹脂に関しては、1

Table 7. Phenol resin Transformation
scale-m/m upper space-2.3kg middle space-3.6kg under space-penetration test.

new article	3 months	4.5 months	6 monthe	7.5 months	9 months	10.5months	12 months
19 20	19 21	21	21	22	19	22	19
26 27	27 28	27	28	23	26	30	27
12.5~15	13.5~14	13~14	12~15	12~18	11~16	12~16	12~16

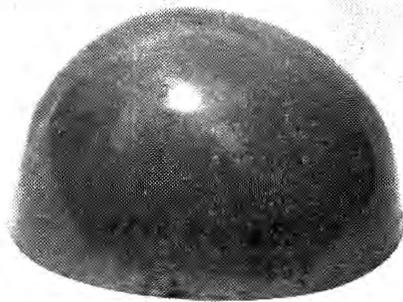


Fig. 19 Twelve months exposed Phenol.
Crack was not grown.

カ年間の暴露ではその影響は少ないものと判断する。

4. 静荷重による圧縮試験

試料は各材質の衝撃試験に使用した試料と全く同一条件で加工後、暴露されたものを、JIS M 7608 の衝撃試験に使用する鋼球48m/mR・3.6kg を帽体頂部に当て4 tonアムスラー型試験機により10~250kgまでにおける変形量を測定した。

試験結果

1) PE

圧縮試験の結果は各材質中でPEの変形が最も大であり未暴露(新品)の試料については50kgでの変形量はABS、PCなどの180kg~190kgに相当する変形量に達し、100kgにおける変形は32m/mにも達した。

Table 8. PE Deformation (%)

load (kg)	new article	3 months	6 months	7.5 months	9 months	10.5months	12 months
50	11.2	6.4	3.6	3.2	2.4	3.2	4.8
100	22.5	17.5	17.5	16.7	22	16.7	19.2
150	51	33	32	31			
200	60	46	42	35			
250	—		(180kg)	(160kg)			

3カ月暴露40kgまでの変形は新品と同じ変形量であったが、50kg以上における変形量は減少の傾向を示した。

6カ月暴露の試料は40kgで変形量が新品および3カ月の試料の1/2に減少し、100kgではほぼ3カ月暴露のものと同量の変形を示し、180kg以上の圧縮には耐えられず変形のみが増加した。

7.5カ月、80kgまでの変形は6カ月暴露の試料と同じ傾向で進み、90kgにおいて圧縮部の周囲に衝撃試験6カ月3.6kgと同様なソレを生じた。ソレの発生状態は圧縮部の周囲に帽体周囲にそって細かい多数のすじワレが確認された。

9カ月暴露の試料の40kgにおける変形量は、未暴露の

試料と比較すると1/2に減少しその最大の荷重は100kgとまりとなった。

10.5カ月暴露、最大荷重については暴露の経過と共に逐次低下する。

12カ月暴露の試料は、6~10.5カ月の試料に比較して各荷重での変形量は増加の傾向を示し、また変形量について前回の10.5カ月の試料より2.5%増加しているのは、試料の温度は一定温度(30°C~2時間)に保っても実験室における室温等の関係かと思われる。

3カ月、6カ月暴露の試料が180~200kgまで圧縮可能であったものが、以降の暴露試料では100~130kgの圧縮荷重が限度であったのは、明らかに自然暴露の結果による脆化の影響と考えられる。

Table 9. ABS Deformation (%)

load(kg)	new article	3 months	6 months	7.5months	9 months	10.5moths	12 months
50	3	1.5	0.8	1.5	1.5	0.8	0.8
100	4	4	1.6	2.5	3	1.5	2.4
150	6	6	3	4	5.5	3.5	4.8
200	14	12	6	crack (180kg)	9.5	10	crack (160kg)
250	23	22	16				

未暴露の試料は250kgまで圧縮したときの変形量は29m/m、180kgまでの荷重に対しては変形も比較的均一に進むが190kg付近で急速に変形が増加する。

3カ月暴露においては150kgまで圧縮した変形は未暴露の試料と変りないが、200kg以上の荷重で2~3m/m程度変形量の減少はするがほぼ未暴露の試料と似た傾向を示した。

6カ月暴露の結果は250kgにおける変形量が20%以上減少したが、これは暴露の結果による試料の材質硬化のためと考えられる。

7.5カ月暴露190kgでの変形量は7m/m、頂部の圧縮部にワレを生ずると共にその周囲にも糸状のワレが頂部を中心に放射状に発生する。

9カ月暴露以降の試料は7.5カ月の試料と同じ傾向を示すが12カ月暴露のワレの生ずる荷重は低い所に移る。

ABSについては、6カ月暴露までは変形量の減少はあっても250kgまでの圧縮試験が可能であったにもかかわらず、7.5カ月以上経過した試料については200kg前後の荷重でワレを生ずる状態であり、12カ月暴露の試料は160kgでワレを生ずる結果となった。

3カ月までの試料について190kg、6カ月の試料については240kg近くの荷重に達すると急速に変形のみ増加するのは、暴露の経過と共に変形が鈍くなり暴露による劣化がすすむと変形はさらに減少してワレを生ずることになる。

3) PC

Table 10. PC Deformation (%)

load(kg)	new article	3 months	6 months	7.5months	9 months	10.5months	12 months
50	2	2	0.8	1.3	1.6	2	1.3
100	4	3.5	3	3	3	4	3
150	9	6	6	6	7	7	7
200	14	12	11	12	12	13	13
250	(240kg) 19	22	22	20	22	(240kg) 21	(240kg) 22

未暴露の試料は240kgまで圧縮したときの変形量は24m/m、240kg以上の荷重に対しては変形量のみ増加し、100~220kgまでの変形の増加は10kgに対して約4.8%であるが230~240kgにおいては10%以上となる。

3カ月暴露の試料は未暴露試料の240kgの変形に比較すると8%減少した。

6カ月~9カ月暴露の各試料とも3カ月暴露と同じ傾向を示し性能上の著しい変化は圧縮試験では認められな

い。

10.5カ月~12カ月暴露のものも最大荷重240kgで未暴露の試料よりも僅かに変形量が増加した程度であり、暴露による劣化は認められない。

PCに関しては衝撃試験では12カ月暴露の結果に自然暴露による影響と思われる現象が確認出来たのが、圧縮試験によっては暴露による劣化は確認出来なかった。

4) FRP

Table 11. FRP Deformation (%)

load(kg)	new article	3 months	6 months	7.5months	9 months	10.5 months	12 months
50	0.8			0.8	0.8	0.8	
100	1.6		0.8	1.6	1.6	1.2	0.8
150	2		1.6	2.4	3.2	1.6	1.5
200	4		4	3	4.8	2.2	2.8
250				5			4

未暴露~9カ月暴露までの各試料とも著しい相違は認められない。

試料の10.5カ月、12カ月暴露のものについて僅かに変形量が減少しているが、暴露による影響かと推定される。

FRPの一般的な傾向として荷重に対する変形は少なく、各試料とも200~250kgで圧縮部分にワレが発生す

る。

圧縮試験の250kgの荷重に耐えたのは7.5ヶ月と12カ月暴露の2種の試料のみであった。

5) フェノール

未暴露~12カ月暴露の全試料が同一傾向で変形量が大きく、9~10.5カ月の試料がやや減少している。フェノールの場合はPE以外のいかなる材質に比較しても変

Table 12. Phenol Deformation (%)

load(kg)	mew astile	3 months	6 months	7.5months	9 months	10.5months	12 months
50	2.4		1.2	1.2	0.8	1.3	2
100	10.4		8.9	9.5	4		8.9
150	18.3		14.4	21	13.5	15	20
200	26.4		21.6	31	21.6	29	27
250			30				

量は大であるが、FRPと同じく暴露による劣化の影響は認めることが出来ない。

以上、FRP、フェノール等の熱硬化性樹脂に関しては、各試料とも同一条件（繊維・樹脂・その他製造工程）に近いものであってもフェノールの補強材もしくはFRPの場合ガラス繊維の方向性・配合分布等による相違も大であり、耐候性による性能上の問題は熱可塑性樹脂と比較した場合にはそれほど重要ではないものと思われる。

5. 硬 さ 試 験

未暴露～12カ月の暴露を経過した試料を恒温槽で30°

Cで2時間処理した後に直ちに測定した。測定点は帽体の頂部5カ所とし、各試料の温度は、一応一定条件に保ったとしてもプラスチック材料に関しては実験室内の温度等による影響が大であるので、室温22°Cの状況で実施したが試料の形状、肉厚または試験機に制約されて正確な測定は困難であった。

傾向としてABS・PEの材質のものが暴露の経過と共にカタサが増加する。

温度上昇または下降によるカタサ値の変化はカタサ値の高い材料ほど影響が少ないことが確認された。

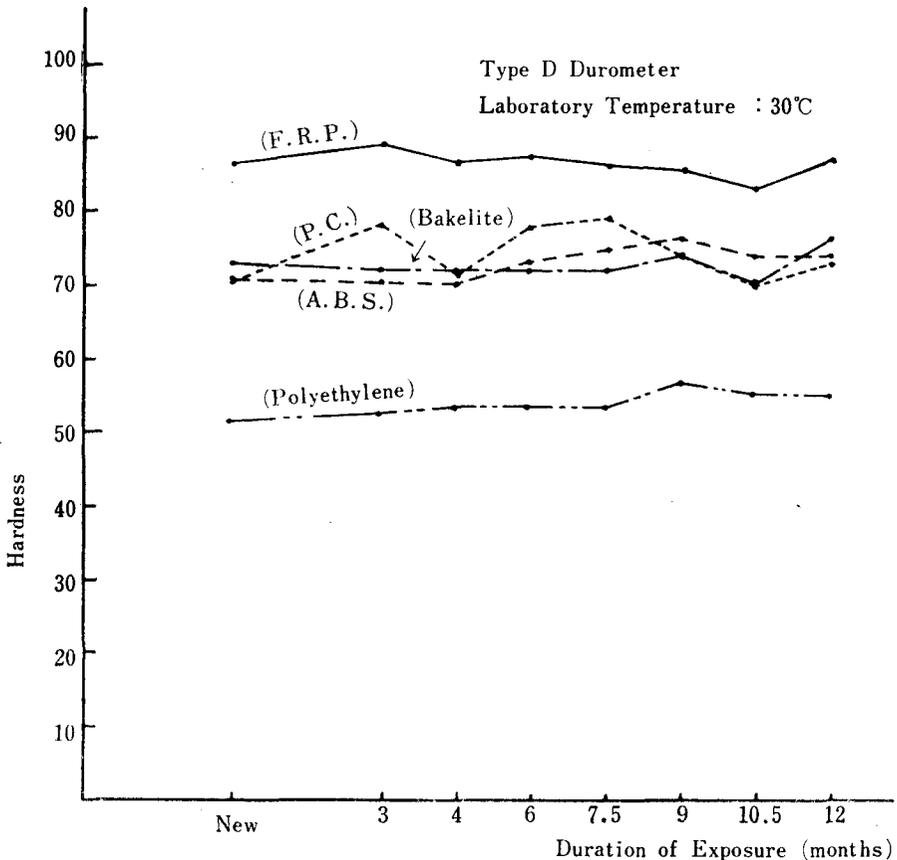


Fig. 20 The Relation between Duration of Exposure and Hardness.

6. 各材質に対する現在までの結論

PEは6カ月で暴露による影響を受け、速いものでは3カ月経過したもので著しい劣化が認められるものがあり、本材質は従来から耐電帽として広く使用されているが、6カ月以上使用した場合は耐衝撃性の性能は著しく低下していると考えなければならない。

ABSは7.5カ月以降の場合、暴露による影響を受ける。

機械的な強度の強いものほど劣化しやすく、本報告に使用した試料は比較的耐候性に優れているものであり、PEと同じく耐衝撃を目的とした使用をする場合は退

色、キズ、ワレ等のあるものは絶対使用してはならない。

PCは一年間暴露により衝撃試験で劣化が確認出来たが、成型条件でその性能に著しい違いがみられ、PE、ABS等の材質に比較して劣化の進行は遅いがワレ等が発生する場合は突然で、他の熱可塑性の材質より劣化の判定に困難である。2年以上の長期間の使用はさげなければならない。

熱硬化性樹脂、FRP、フェノールについては暴露による劣化は認められるが補強材等によってその影響はきわめて少ないものと考えられる。