

## 土木学会第1回年次学術講演會講演

(土木材料之部 No. 1)

## 混成タールの風化作用に依る性質の変化に就て

(Influences of Weathering on the Properties of Tars mixed with Asphalt.)

會員 西 川 榮 三\*

## 要 旨

タールに少量のアスファルトを混合したる混成タールは種々の性質良好であるが、本研究では其の風化状態を検し、少量のアスファルトの混合が風化に對する抵抗性を強め、之を良質のものたらしむるを證明し、混成タールの状態にてタールを使用する時は初期稠度比較的硬質のものも使用可能にして其の使用範囲を擴め得ることを指摘し、尙其の各種の使用法に對しての考察をも行つたものである。

## 1. 緒 言

曩に石油アスファルト及舗装用タールの風化に關しては、其の研究を行ひ、内務省土木試験所報告(第37號)に記載した。タール及アスファルトの混合物即ち混成タールの一般性質については、同報告第32號(91~116頁)に發表した如く、其の混合割合が當を得たる場合には、其の性質は舗装用材料として、純タールよりも良好である。本研究は、舗装材として良好なる性質を示す範圍の混合割合の混成タールにつき、其の薄層の風化作用による性質変化を研究したものである。即ちタール中に少量のアスファルトが存在する場合に、其の日光、酸化等に對する抵抗性、硬化状態等に及ぼす影響につき研究したものである。

既往の研究に於て、清水中、稀薄なる鹽類液中、酸液中、アルカリ液中等の瀝青材の変化は、其の変化の性質及程度に多少の差はあるが、其の相違は比較的少く、清水中の変化を知ることにより、他の稀薄溶液中に於ける変化の大体を類推し得るを知りたるを以つて、本研究に於ては次の3種の自然風化を行ふこととした。

1. 實驗室空氣中に試料の薄層を靜置して風化せしむ
2. 日光直射下に試料の薄層を放置風化せしむ
3. 清水中に試料の薄層を浸漬して風化せしむ

## 2. 試 料

本研究に使用せる試料は、下記の6種である。

- |       |   |  |
|-------|---|--|
| 純タール  | { | 試料 (1) タール (No. 2018) 路面處理或は透入マカダム等の工事に使用せらるゝ程度のもの |
|       |   | 試料 (2) タール (No. 2020) タール混合マカダムに使用せらるゝ程度の硬質タール     |
| 混成タール | { | 試料 (3) 試料 (1) にアスファルト(軟質)を混合したるもの(80:20)           |
|       |   | 試料 (4) 試料 (2) にアスファルト(軟質)を混合したるもの(80:20)           |
|       |   | 試料 (5) 試料 (1) にアスファルト(硬質)を混合したるもの(80:20)           |
|       |   | 試料 (6) 試料 (2) にアスファルト(硬質)を混合したるもの(80:20)           |

\* 内務技師 工学士 内務省土木試験所勤務 (講演せず)

試料 (1) 及 (2) は純タールにして, (3), (4), (5), (6) は混成タールである。

試料 (1) のタールは, 比重 1.189 (25°C), エングラー比粘度 2.8 (100°C); タール粘度 32 (25°C) にして, 300°C までの蒸溜々出物 18.7%, 常温にて液状を呈し, 軟化點 (R & B) 4°C の純タールである。

試料 (2) のタールは比重 1.212 (25°C), エングラー比粘度 6.3 (100°C), タール粘度 770 (25°C) 及 98 (35°C) で 300°C 溜出物 16.4%, 軟化點 (R & B) 22°C で, 試料 (1) より遙かに粘度高き半液状製品である。

混成タール調製に使用した軟質アスファルトは針度 168, 軟化點 (R & B) 41.5°C で硬質タールは針度 44, 軟化點 (R & B) 51°C である。

混成タール (3), (4) はタール 80%, 軟質アスファルト 20% より成り, 混成タール (5), (6) はタール 80%, 硬質アスファルト 20% より成る。このアスファルト混合により, タールの性質は変化し, 粘度を増加する。以上 4 種の混成タールは大體次の如き性質を有する。

試料 (3) は, 流動性のタール (1) と軟質アスファルトとより成り, 比重 1.150 (25°C), エングラー比粘度 5.6 (100°C); タール粘度 153 (25°C); 48 (30°C), 22 (35°C) にして, タール (1) よりは遙かに粘度高きも, タール (2) よりは低粘度である。300°C までの溜出物は 15.0%, 軟化點は 17.0°C である。

試料 (4) は半液状タール (2) と軟質アスファルトとより成り, 比重 1.166 (25°C), エングラー比粘度 11.9 (100°C); タール粘度 336 (35°C), 及 95 (40°C) でタール (2) より遙かに粘稠である。300°C までの溜出物は 13.2% で軟化點 (R & B) は 32°C である。

試料 (5) は流動性タール (1) と硬質アスファルトとの混成物にして比重 1.151 (25°C), エングラー比粘度 6.4 (100°C); タール粘度 186 (25°C), 66 (30°C), 34 (35°C) で, 試料 (3) より少しく粘度高きも, 粘度の上のみより言へば, 同程度の工事に使用し得る程度のものである。300°C までの溜出物 15%, 軟化點 (R & B) は 16.0°C である。

試料 (6) は, 半液状タール (2) と硬質アスファルトとの混成タールにして比重 1.167 (25°C), エングラー比粘度 13.2 (100°C), タール粘度 358 (35°C) 及 103 (40°C) で, 混成タール (4) より稍粘度高きも略同程度の工事に使用し得べき程度のものである。300°C 迄の溜出物は 13.2% で, 軟化點 (R & B) は 31°C である。

### 3. 薄層の重量変化

上記 6 種の試料を厚 3 mm 前後の薄層に擴げ, 上記各種の風化状況の下に置き, 3 日, 7 日, 15 日, 1 月, 3 月, 6 月, 9 月, 1 年毎に其の重量を秤り, 風化による重量変化を測定した。但し試料は径約 55 mm, 表面積 23.7 cm<sup>2</sup> の銅製或は硝子製の容器に 8~9 g を採取した。

(1) 實驗室空氣中に於ける重量変化 空氣中に於ては, 各試料中の揮發性成分は蒸發して重量減少の原因をなすと共に, 其の殘留成分は空氣中の酸素を吸収して重量増加の原因をなす。試料の重量変化として表るゝ所はこの兩者の差である。揮發生成成分多き試料 (1), (3), (5) はいづれも重量の減少を起す。揮發性成分比較的少き試料 (4), (6) は甚しき重量変化なきか或は僅少の増加を起して居る。其の變化の傾向を摘記すれば表-1 の如くである。

表-1 によれば, 重量増減率は案外少く, 最高 3.0% に達して居ない。この事實より考ふるに, 透入マカダム, 混合マカダム等に於て, 鋪裝の比較的下部にあるタール類 (混成タールを含む) の揮發成分の發散は極めて緩慢であり, 又化學變化による硬化も遲鈍なることが想像し得られる。

表-1. 空気中重量変化 (室内)

	タール	混成タール		タール	混成タール	
	(1)	(3)	(5)	(2)	(4)	(6)
1 月	-1.03%	-0.23	-0.40	-0.09	+0.20	+0.08
3 月	-1.93	-0.49	-0.66	-0.24	+0.41	+0.07
6 月	-2.44	-0.92	-1.06	-0.33	+0.23	-0.11
1 年	-2.91	-1.29	-1.53	-0.63	+0.13	-0.22

備考：(-) 印は重量減少, (+) 印は重量増加

(2) 日光下に於ける重量変化 日光下に於ては、温度の上昇激しく、且つ光線の作用により化学変化が甚しい。従つて重量変化は遙かに大なるべきで、其の結果を摘記すれば表-2 の如くである。

表-2. 日光下重量変化

	タール	混成タール		タール	混成タール	
	(1)	(3)	(5)	(2)	(4)	(6)
1 月	-15.21%	- 8.18	- 8.55	- 7.42	-4.79	- 5.36
3 月	-15.67	- 9.99	-10.36	- 9.57	- 5.38	- 6.14
6 月	-15.97	- 9.76	-10.59	- 9.72	- 5.53	- 6.18
1 年	-18.28	-11.22	-12.38	-11.24	- 6.44	- 6.97

表-2 中タールと混成タールとを比較すれば、アスファルトの存在の爲にタール中の揮発成分の發散が抑制せらるゝものゝ如し。即ち、この抑制作用なき場合を考ふれば、混成タール (3) 及 (5) は 1 年後 14.6% の減少あるべきに事實は夫々 11.2 及 12.38% の減少に止る。混成タール (4) 及 (6) では 8.98% の減少があるべきに事實は 6.44% 及 6.97% に止つて居る。このアスファルトの抑制作用は實驗室空気中試料について點検するも、同様な事實が認められる。

上記日光下の重量減少を見るに、大略試料中の揮発成分に相當する量に近き (或は之より稍少き) 量に達して居る。従つてシール コート、路面處理等に用ゐらるゝタール類は、甚しき重量減を起し、其の爲に且つ他の原因の爲に、硬化變質著しきものと推定せられる (この點につきては尙詳述すべし)。而してこの場合純タールよりも混成タールの方が変化少きことが豫想できる。

(3) 清水中に於ける重量変化 清水中に於ける重量変化は主としてタール中の溶出成分の溶解除去せられることに依る。この場合に於てもアスファルトの抑制作用が見られる。表-3 に其の結果を摘記する。

表-3. 清水中重量変化

	タール	混成タール		タール	混成タール	
	(1)	(3)	(5)	(2)	(4)	(6)
1 月	-1.11%	-0.73	-0.72	-0.29	-0.16	-0.19
3 月	-1.35	-0.87	-0.87	-0.30	-0.06	-0.11
6 月	-1.95	-1.21	-1.18	-0.37	-0.07	-0.12
1 年	-2.86	-2.39	-2.24	-1.18	-0.39	-0.46

#### 4. 薄層の稠度変化

前章記載の各風化物につき其の表面に於ける稠度の変化を測定し風化に依る硬化状態の変化を探究して見た。其の方法は、内務省土木試験所報告 37 號 p 41~63 に記載せる如くで、測定温度は 1.0°C, 15.0°C 及 25°C である。方法の概略を記載すれば、一定温度とせる試料面に、所定の径のプランジャーを接せしめ、之に所定の荷重を與へ、所定の時間 (5 秒) 試料面を推し、プランジャー侵入の深さを 1/100 mm 單位で測定するものである。試験條件

は次の各種の組合せを用いた。

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
プランジヤーの径 mm	10	5	3	1	1	1	0	0	0	0
荷重 g	50	50	50	50	150	250	50	150	250	350

備考：プランジヤーの径 0 と記せるは針度試験用針を用いたものである。

(1) 実験室空気中に於ける稠度変化 各試料につき 1.0°C, 15.0°C の稠度を測定したるに次の如し。

(1) 各試料 1.0°C 稠度：各試料につき種々の条件の下に 1.0°C の稠度を測定したが、各試料は時の経過と共に幾分づゝ表面の硬化する傾向を見ることが出来る。原タールと混成タールとは、最初は著しい稠度の相違があるが、この相違は次第に減少し、1 年後には接近してくる。同一タールに異なるアスファルトを混じたる兩試料【例へば (3) と (5) 或は (4) と (6)】は其の稠度の変化は殆ど同様である。稠度変化の模様を例示すれば図-1 の如くである。

図-1, 1. 試料 (2), (4), (6) 実験室空気中 1.0°C 稠度変化

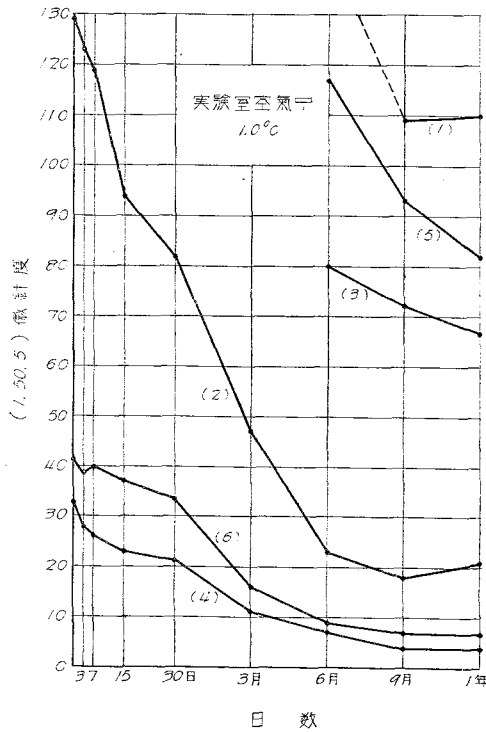
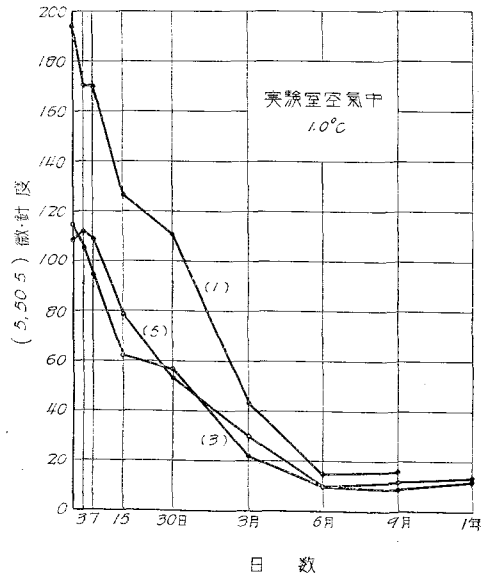


図-1, 2. 試料 (1) 及 (3), (5) 実験室空気中 1.0°C 稠度変化



(2) 各試料 15°C 稠度：15°C の稠度の測定についても 1.0°C の場合と略同様の事が言へる。1 例を示せば図-2 の如くである。

(2) 日光下に於ける稠度変化 各試料につき 1.0°C, 15°C, 25°C にて稠度を測定した。重量変化の結果より予測せる如く、日光下に於ては実験室空気中に於ける場合より其の稠度の変化は著しく大である。

(1) 各試料 1.0°C 稠度：日光下各試料の 1.0°C 稠度の変化は諸種の条件の下に測定したが其の 1 例は図-3 に示せる如くである。試料 (1), (3), (5) 等の比較的粘度低き試料も、15 日間の風化後に於ては、其の表面稠度は (2), (4), (6) 等の比較的硬質試料の原稠度の程度迄硬化し、1 月に至れば、試料 (2), (4), (6) の実験室空気中 1 ヶ月

図-2,1. 試料(1)及(3),(5) 實驗室空氣中風化 15°C 稠度变化

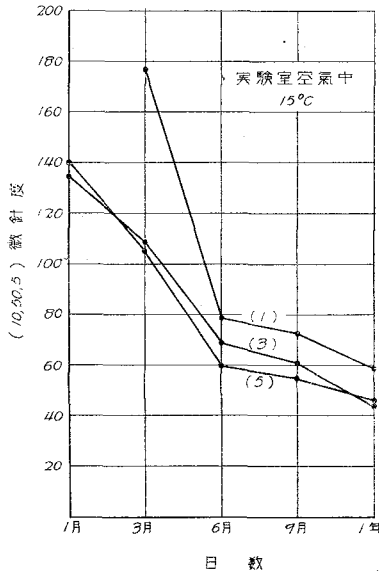


図-2,2. 試料(2)及(4),(6) 實驗室空氣中風化 15°C 稠度变化

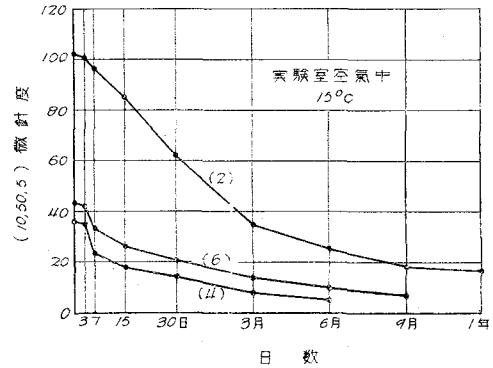


図-3,2. 試料(2)及(4),(5) 日光下風化 1.0°C 稠度变化

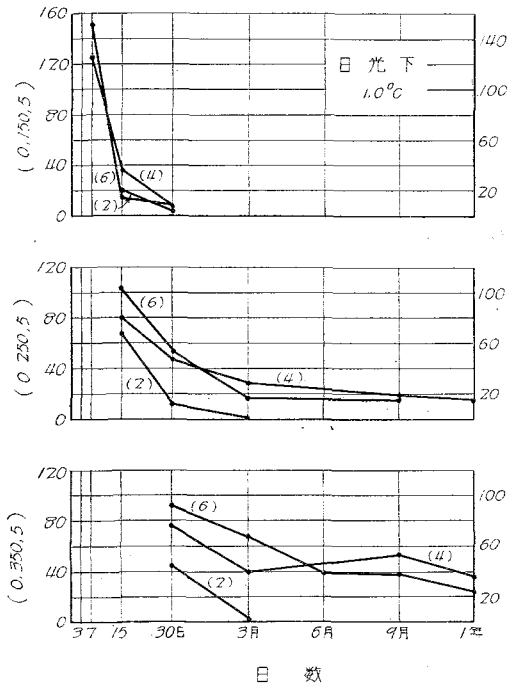
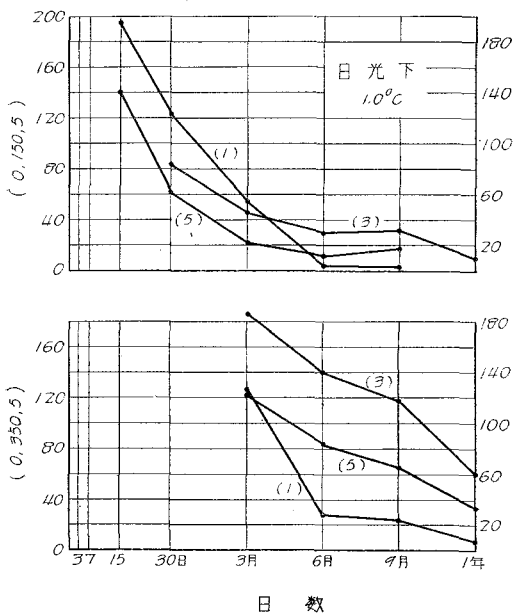


図-3,1. 試料(1)及(3),(5) 日光下風化 1.0°C 稠度变化



後稠度よりも硬質となる。

混成タール(3),(5)はタール(1)より最初硬質であつたが、風化6ヶ月、9ヶ月、1ヶ年後に於ては、純タール(1)よりも遙かに軟質である。換言すれば、タール(1)に少量のアスファルトを混合したものは、脆化が遅延せらるゝ利益がある。

試料(2),(4),(6)等は日数の経過と共に急速に硬化し、15日に至れば、實驗室空氣中1ヶ年後試料よりも硬く

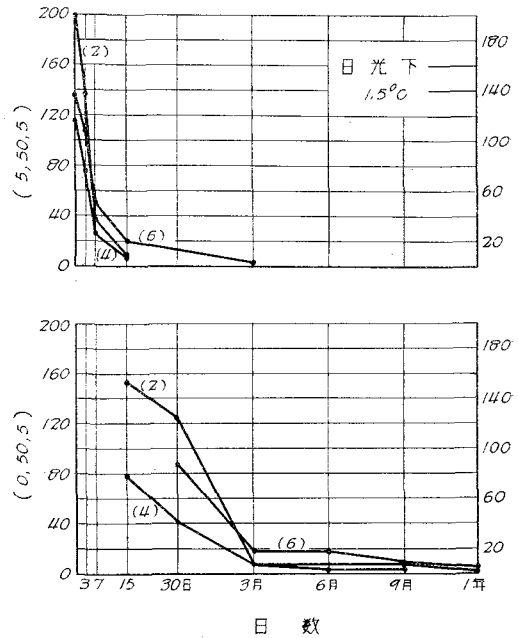
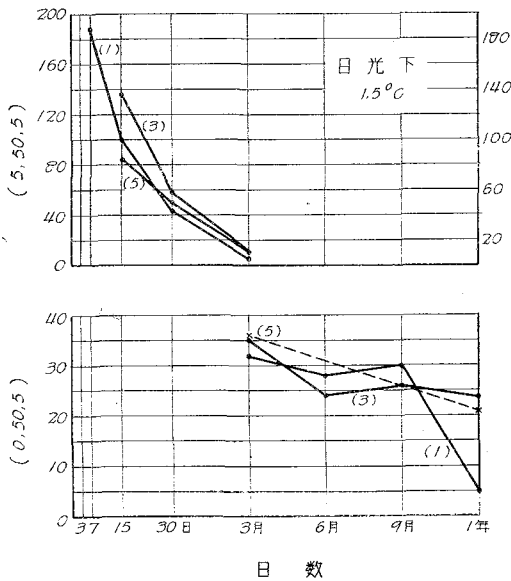
なる。混成タール (4),(6) は最初純タール (2) よりも硬質であつたが、1ヶ月以後に於ては逆にタール (2) よりも軟質であり、この場合に於てもアスファルトの混合がタールの脆化を防ぐのに効果があることを示して居る。

又日光下 1.0°C の稠度の測定に於ては、混成タール中に混合したるアスファルトの硬軟の差は、混成タールの稠度に著しい相違を表して居ない。

(2) 各試料 15°C 稠度：日光下 15°C の稠度の変化は諸種の條件の下に測定したが、其の1例を示せば、**図-4** の如し。この場合に於ても、日数の経過と共に各試料共硬化し、15日以後は實驗室空氣中1ヶ年後試料よりも硬質となること及純タールに對して少量のアスファルトの混合がタールの脆化を遅延せしむることを示して居る。

図-4, 2. 試料 (2) 及 (4),(6) 日光下風化 15°C 稠度変化

図-4, 1. 試料 (1) 及 (3),(5) 日光下風化 15°C 稠度変化



更に混成タール (3),(5) と混成タール (4),(6) とを比較するに、其の初期稠度は、(3) 及 (5) の方遙かに (4),(6) より軟質であつたが 1 ヶ年後に於ては、其の稠度は甚しく接近して居る。

(3) 各試料 25°C 稠度：日光下風化 3ヶ月以後に於ては各試料共 25°C に於て稠度の測定が行ひ得る。この場合にも大体に於て 1.0°C, 15°C の稠度比較と同様の傾向を表して居るが、尙 1 ヶ年後に於ては、混成タール (4),(6) は軟質純タール (1) よりも軟質であり、アスファルトの混合が、タールの脆化防止に基だ有效なることを明示して居る。

(3) 清水中に於ける稠度変化 各試料につき 1.0°C 及 15°C にて稠度を測定したるに其の結果は次の如くである。

(1) 各試料 1.0°C 稠度：大体に於て實驗室空氣中風化の場合と類似して居るが、稠度変化の程度は幾分少い。實驗結果の記載は省略する。

(2) 各試料 15°C 稠度：15°C 稠度変化の様様は大体に於て實驗室空氣中試料の場合より緩慢である。稠度は諸種の條件の下で測定したが其の一例を示せば**図-5** の如くである。

(4) 各種風化の比較 純タール及混成タールの稠度変化は清水中に於て最も少く空气中に於ては之より稍多く、日光下に於て最も甚しい。而して日光下に於ける1ヶ年後風化物の稠度の順位は、必ずしも原試料の稠度の順位と等しからず、最初最も軟質のものが却つて最も硬質なものに変化するが如き場合あることを示して居る。

(5) 各試料稠度変化比較 純タール(1)及(2)の比較：純タール(1)及(2)は、其の初期稠度を著しく異にし、清水中、實驗室空气中に於ては1ヶ年風化後も、其の相異は明かである。然るに日光下に於ては、兩者共迅速に硬化し、1ヶ年後に於て兩者の稠度は甚しく接近して来る。

純タールと混成タールとの比較：純タール(1)に對する混成タール(3)及(5)或は純タール(2)に對する混成タール(4)及(6)を考ふるに、混成タールの初期稠度は原タールに比して遙かに硬質である。清水中、實驗室空气中に於ては、時日の経過と共に混成タールの稠度及原タールの稠度の相異は幾分減少する傾向が見えるが、1ヶ年後に於ても尙兩者格段の相違がある。然るに日光下に於ては6ヶ月後は、兩者の稠度の順位は逆転し、混成タールの方が純タールよりも軟質となる。即ち約20%のアスフルートの存在がタールの極端なる稠度変化を緩和するに甚だ有效である。

混成タール(3),(5)と(4),(6)との比較：混成タール(3),(5)と(4),(6)とは其の含有するタールを異にする。初期稠度は(3),(5)の方が(4),(6)より遙かに軟質である。而して清水中實驗室空气中に於ては、1ヶ年後も兩者の稠度の差は大であるが、日光下に於ては其の相違は甚しく減じて来る。

5. 薄層の成分、軟化點等の変化

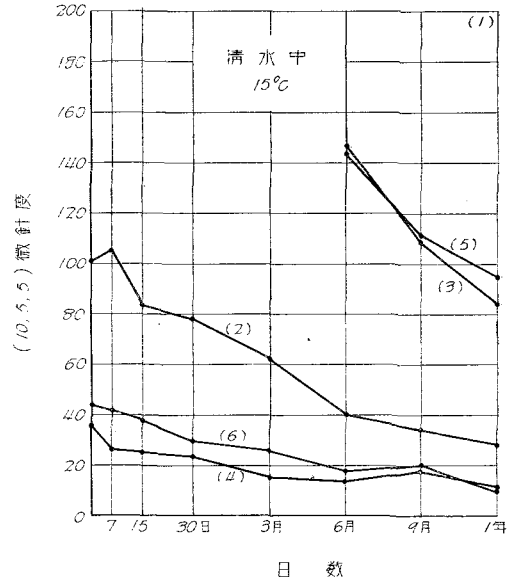
上記の如き、薄層の重量変化、稠度変化等より、風化によりて、試料中の揮發成分の蒸發、水可溶成分の溶出、薄層の吸水、酸化、重合、炭化等の現象が行はるゝ事が豫想せられる。従つて試料の成分、軟化點等に変化があるものと考へられる。6ヶ月後及1ヶ年後に於て各試料の軟化點及遊離炭素の量を測定せるが、この結果を上記の

表-4. 1ヶ年後に於ける遊離炭素及び軟化點

項 目	タール (1)	混成タール		タール (2)	混成タール		
		(3)	(5)		(4)	(6)	
原 試 料	遊離炭素 %	10.1	8.2	8.2	12.4	10.1	10.1
	軟化點 °C	4	17	16	22	32	31
清 水 中 1ヶ年後	遊離炭素 %	15.68	11.64 (12.5)	11.87 (12.5)	16.59	12.85 (13.3)	12.56 (13.3)
	軟化點 °C	17	25	24	28	35	34
實 驗 室 空 氣 中 1ヶ年後	遊離炭素 %	17.08	12.66 (13.6)	12.69 (13.6)	17.03	13.01 (13.6)	13.20 (13.6)
	軟化點 °C	23	26	26	33	37	37
日 光 下 1ヶ 年	遊離炭素 %	21.26	14.10 (15.9)	14.80 (16.3)	20.16	14.18 (15.4)	14.61 (15.6)
	軟化點 °C	53	51	50.5	53	51.5	51.0

備 考：括弧内は純タールの試験結果及重量減少より算出せる計算値

圖-5. 試料(2)及(4),(6)清水中風化 15°C 稠度変化



重量及稠度変化と比較すれば、更に各種風化の性質を明かにし得る。今1ヶ年後の各試料にのみついて之を例示すれば表-4の如くである。

清水中試料では、軟化點は各原試料より一般に高まつて居り、遊離炭素も増加して居る。實驗室空氣中試料では其の増加の程度が稍多いが、日光下の試料では遊離炭素の増加も軟化點の上昇遙かに大である。

混成タール中のタールが、純タールの場合と同様な率を以つて遊離炭素を増加するものとして、其の量を算出すれば表-4中括弧内に示したるが如き數値を取る。之を實測値と比較すれば實測値の方が低い。之はアスファルトの風化防止作用に依るものと考えられる。又混成タール日光下1ヶ年後の軟化點は、純タールの夫れより稍低い。これ等の點より見てもアスファルトはタールの風化を遅延せしめる効果がある。

### 6. 日光下風化残留物と蒸溜残留物との比較

日光下風化に於ては、日光熱による揮發成分の蒸發が行はるゝほか、光線及空氣中酸素等の影響をも受くるものと考えられる。日光熱の影響は試料の温度を65°C位迄は上昇せしむる可能性がある。今全く光線の作用なく熱の作用のみを考ふるには、タールを蒸溜して其の蒸溜残留物を取りて試験すればよろしい。即ち日光下風化物と蒸溜残留物との相違は日光光線の影響有無の相異に依るものと考えてよろしい。この意味で兩者を比較して見ると次の如く、タール或は混成タールの日光下風化には光線の化学的作用の大なることが分る。蒸溜は235°C、270°C、300°C、325°Cの各種温度にて行ひ、各温度の蒸溜残留物の量、軟化點、遊離炭素の量、稠度等を測定せるものである。

(1) 蒸溜に依る重量減少、及蒸溜残留物の遊離炭素、軟化點等と日光風化物の夫れ等との比較 この比較の結果を試料(1),(3),(5)につき図示すれば図-6の如くである。遊離炭素の量は、日光下風化物の方が重量減少率低き

図-6.1. 蒸溜残留物中遊離炭素

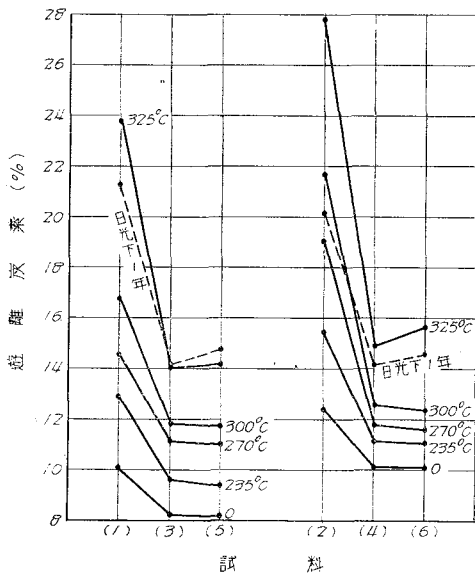
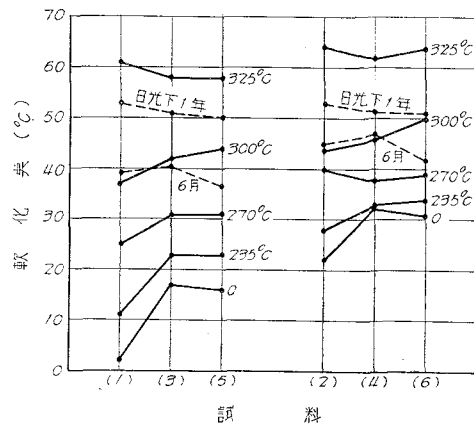


図-6.2. 蒸溜残留物軟化點



に拘らず、300°C 蒸溜残留物より多い。試料(2),(4),(6)についても同様である。軟化點も、日光風化物の方が変化が大である。

いづれの場合に於ても、日光風化物は、蒸溜残留物に比し其の重量減少低きに拘らず、其の遊離炭素、軟化點の上に多くの変化を來して居る。このことは、日光下風化物の変化が單に揮發成分の損失にのみよるものでなく、光線、酸素其の他の化学的变化に負ふ所多きことを實證するものである。



(2) 蒸溜殘留物の稠度と日光下風化殘留物の稠度との比較 各試料につき比較せる中より數例を摘記すれば表-5 の如くである。

表-5. 蒸溜殘留物及日光下風化物の稠度比較

試料	重量%減	日光下風化物 風化日數	蒸溜殘留物 蒸溜溫度	1.0°C 稠度		150°C 稠度	
				條件	稠度	條件	稠度
タール (1)	10.3 10.7	..... 5日	270°C .....	3,50,5 "	15 10	5,50,5 "	>300 99
	18.3 18.4	1年 .....	..... 300°C	0,350,5 0,350,5 "	7 >200	0,150,5 "	7 >200
混成タール (3)	6.8 7.4	15日 .....	..... 270°C	3,50,5 "	12 8	5,50,5 "	135 126
	11.2 15.2	1年 .....	..... 300°C	0,350,5 "	60 115	0,150,5 "	147 >200
混成タール (5)	6.0 7.2	..... 15日	270°C .....	3,50,5 "	10 15	5,50,5 "	145 88
	12.4 14.5	1年 .....	..... 300°C	0,350,5 "	34 102	0,150,5 "	97 >200
タール (2)	6.3 6.4	..... 15日	270°C .....	0,150,5 "	26 21	..... .....	..... .....
	11.2 12.9	1年 .....	..... 300°C	0,350,5 "	<5 15	0,150,5 "	47 >200
混成タール (4)	4.7 4.8	..... 1月	270°C .....	3,50,5 "	66 7	1,50,5 "	138 20
	6.4 10.5	1年 .....	..... 300°C	0,350,5 "	35 58	0,150,5 "	113 178
混成タール (6)	4.1 4.5	..... 15日	270°C .....	3,50,5 "	61 15	1,50,5 "	123 74
	7.0 10.5	1年 .....	..... 300°C	0,350,5 "	24 47	0,150,5 "	97 150

即ち、270°C 及 300°C 蒸溜殘留物と、之に近き重量減少を示せる日光下風化殘留物との稠度の比較を見るに、大体に於て日光下風化物は重量減少低きに拘らず、稠度は蒸溜殘留物より硬質である。

## 7. 要 約

上記の研究より次の如き事項が分る。

1. 重量の変化 各試料は風化により概む重量減少を示すが、時として僅少なる増加を示す場合がある。重量減少の程度は實驗室空氣中、清水中に於ては共に少く（本實驗の試料にては 1 年間に3%以下）、日光下試料では大である（本實驗では1年間最大 18.4%、最小 6.4%）。軟質タールと硬質タールとでは減少率を異にする。混成タール中のタールは重量減少の割合が少い。即ち少量のアスファルトの存在はタール中の揮發成分の蒸發、水可溶成分の溶出を抑制する。又重量変化より推測するにタール中の水可溶成分は揮發性成分中に多く含まれて居る。

2. 稠度の変化 各試料は風化によりいづれも稠度を変化するが、其の程度は清水中に於て最も少く、實驗室空氣中においては、之より稍多く、日光下に於ては甚しく稠度を変化する。

軟質タール (1) と硬質タール (2) とでは稠度の変化の程度を異にし、日光下 1 ケ年風化後に於ては兩者の稠度は甚しく接近して來る。

混成タールの稠度は、純タールに比して変化が遅い。清水中、實驗室空氣中では、1 年後に於ても純タールの方が軟質であるが、日光下 1 ケ年後に於ては、同じタールを使用せる場合には混成タールの方が純タールより軟質である。之を換言すれば、混成タールを使用する場合には、純タールよりも其の初期稠度の遙かに硬質のもの

を用ゐても差支ない。この事實は透入マカダム、混成マカダム等の施工に最初より、硬質製品を使用し得る可能性ありて、甚だ有利である。

**3. 遊離炭素及軟化點** 各種風化に依り、遊離炭素は増加し、軟化點は上昇する。其の程度は清水中に於て最も少く實驗室空氣中に於ては、之より稍多く、日光下に於ては甚しい。本實驗に於ては軟化點 50~53°C に達して居る（參考ストレート・アスファルト針度 50 前後のものゝ軟化點は 50°C 前後である）。

純タール (1),(2) に比し混成タール (3),(5) 及 (4),(5) の方が日光下 1 年後の軟化點は低い。

**4. アスファルト混合の影響** 之を要するにタールに少量のアスファルトを混合することは、其の耐風化性を向上し、其の用途を擴大せしめる。

シーラコート及路面處理等に用ゐらるゝ加熱用タール類は、施工後、日光、風雨等の影響を最も受け易い状態に置かれて居る。其の撒布後は、其の層が薄い爲、短時間に冷却せられて常溫稠度に戻るを以つて、常溫に於てよく路盤面に密着し、骨材を包圍しうる柔軟性を有する必要がある。この意味に於て、混成タール (3),(5) の如き材料が之に適する。

透入或は混合マカダム等にタールを用ゐる場合には、路表面部を除き、舗裝の稍内部に於ては日光、風雨、空氣等の作用を受くことが少いから、時日が経過しても、其の性質変化は緩慢である。従つて最初より、相當に硬質タールを使用しても風化による脆化現象を多く考慮する必要がない。且つ其の結合力、舗裝の安定度等を考ふる時は、稠度の硬質（脆弱ならざる範圍に於て）なる方を得策とする。故にかゝる場合は混成タール (4),(6) の如きものが之に適する。

**5. タール類の硬化現象** 日光下、清水中、空氣中風化物の諸種の変化と蒸溜殘留物の性質とを對照することにより、タール類の硬化は、單に揮發成分の蒸發消失或は水可溶成分の溶出消失にのみよるに非ずして、光線、空氣等によりて殘留物が化学的硬化を行ふに依ること多きを明かにし得る。