

γ線によるタービン潤滑油の劣化

γ-ray Radiation Damage in Turbine Lubricating Oils

茂庭喜弘* 中村剛*
Yoshihiro Moniwa Gô Nakamura

要 旨

Co-60 γ線を1~5×10⁸ γ (roentgen) 照射し、油の色相、酸価、粘度、比重などを検討した。また赤外線吸収スペクトルを調べ、これらと油の化学的組成との関連性有無を検討した。アロマテック含量約10~50%の油について得られた結果は、必ずしもアロマテック含量の多いものがすぐれているとはいえず、精製法、および添加剤の使用方法に検討の余地があると考えられる。また許容線量は粘度変化の許容限度を20%とするとき、一般のタービン油は1~2×10⁸ γである。

1. 緒 言

原子力プラントの潤滑に際し、従来の有機質潤滑剤を適用する場合の放射線傷害については、すでに多くの報告があり、耐放射線性にすぐれた油の開発も行なわれている^{(1)~(5)}。

原子力発電に際してタービン潤滑油をどう考えるべきかについては、これが十分に遮へいされていることから放射線の照射レベルは低く、油は1×10⁸ radまでの線量に耐えられるので、従来のタービン油が使えるといわれている。しかし遮へいが十分でなく10⁵ rad/h程度の照射レベルの位置におかれる機器では、油の寿命は1,000時間くらいになる⁽⁴⁾。これらはおもに放射線によってひき起こされる油の粘度変化に注目した議論である。実際問題としてはさらに温度の影響、酸化劣化も考えられるので、これらを明らかにしておくかなければならないと思う。また現実に入手できる油について、その放射線による劣化を確認しておくべきである。

油の放射線による劣化についてはかなり多くのデータが集積されているが^{(1)~(5),(8)}、国内のタービン油については確実なデータはない。一方鉱油中の化学成分のうちアロマテック成分を多くすれば許容線量の大きい油が得られると報告され⁽⁵⁾、この結果に基づくと思われる原子力用潤滑油がわが国の市場に提供されているが、これは輸入品であり国内ではまだこの種の油は開発されていない。

そこで鉱油系潤滑油に着目し、従来の添加剤入りタービン油およびアロマテック含量を多くしたといわれる輸入原子力用潤滑油を比較検討するとともに、国内の石油原油により、アロマテック含量を約10~50%、#90タービン油相当粘度の油を試作し、油の組成の影響を検討した。その結果若干の知見を得たので以下に概要を述べる。

2. 実 験 方 法

試油を硬質ガラス製試験管(28 mmφ×160 mm)に約20 g 入れ、Co-60 1万キュリーγ線源の外筒12.5 cmの位置に配置し、1~5×10⁸ γの照射を実施した。この場合試験管のガラス栓を取り除き、試料油面を大気に開放した状態で放置した。照射線量率は主として5.8×10⁵ γ/h、実験初期は同じ位置で7.0×10⁵ γ/h、後期には4.4×10⁵ γ/hであった。これらの線量率の差は実験結果にほとんど影響しなかった。

3. 試油および組成分析結果

3.1 試油およびその一般性状

表1は一般性状を示したもので、A-90、B-90は国内

で作られている添加剤入り#90タービン油で特に酸化安定性にすぐれたものを取り上げてある。C-冷、D-200は輸入油でナフテンベースの油である。前者は冷凍機油、後者は#200級のタービン油である。A-90、B-90らのVIは約100、後者らのVIは約40前後である。

RN系は国内の石油原油からアロマテック含量約10~50%、#90タービン油相当粘度のものをめざした試作油である。RRL系は輸入原子力用潤滑油ですべて鉱油である。このうちタービン用として推奨されているのはRRL-3であるが、A-90、B-90よりもやや高粘度油である。またこの油については許容線量が明らかにされていない。#90タービン油に近似する粘度をもつのはRRL-6で許容線量は1.0×10¹⁸ neutrons/cm²とされる。RRL-4の許容線量もこれと同じである。RRL-1、2、5の3種は許容線量1.6×10¹⁸ neutrons/cm²とされている。これらの粘度は比較的大でタービン軸受にはむかない。原子力プラントの一般機械、歯車、マニピレータなどに推奨されている。

炭化水素油に関するV. W. Davidの研究⁽⁵⁾によると中性子線、γ線らは同一のエネルギーレベルの場合、油に及ぼす効果は同じであると報告されている。また油を組成する各元素について1 neutron/cm²に等価の吸収エネルギーをeV/gで求めた結果から、ナフテン系スピンドル留分に関し、1×10¹⁷ neutrons/cm²は73~92 Mradに等価になることを示している。これより前記の1.0×10¹⁸ neutrons/cm²は730~920 Mrad、すなわち約7~9×10⁸ rad(または約8~10×10⁸ γ)に相当することになり、従来鉱油系潤滑油について知られている許容線量1×10⁸ radに比べてかなり大きいことになる。

表1 油状試料の一般性状測定結果

測定項目 試料	色 相 (ユニオン)	比 重 (15/4°C)	粘 度 (cSt)		V I	酸 価 (mgKOH/g)	引 火 点 COC (°C)	μ (13~16°C)
			(37.8°C)	(98.9°C)				
A-90	1 (+)	0.880	37.50	5.70	100	0.08	197	0.26
B-90	1 (-)	0.861	37.12	5.64	99	0.06	208	0.29
C-冷	1	0.892	20.91	3.64	36	0.01	162	0.13
D-200	1½	0.907	105.2	8.79	49	0.08	191	0.14
RN-1	2 (-)	0.936	24.12	4.26	83	0.02	165	0.16
RN-2	2 (+)	0.966	23.72	3.41	-72	0.02	165	0.14
RN-3	4 (-)	0.973	25.26	3.58	-61	0.02	165	0.17
RN-4	2 (-)	0.914	35.08	4.83	40	0.02	171	0.18
RN-5	1 (+)	0.910	35.21	4.83	39	0.02	171	0.17
RN-6	1	0.913	33.43	4.74	43	0.02	171	0.17
RRL-1	5 (+)	0.938	462.4	22.45	57	0.09	242	0.16
RRL-2	8 <	0.949	106.5	46.45	57	0.09	268	0.12
RRL-3	1½	0.864	49.50	7.59	123	0.05	218	0.24
RRL-4	2 (+)	0.904	138.5	10.40	45	0.02	221	0.19
RRL-5	4½	0.931	261.5	13.21	3	0.06	234	0.16
RRL-6	1½(-)	0.885	34.90	5.65	111	0.06	197	0.24

(注) V IViscosity Index (粘度指数), JIS. K2284 による
μ曾田式振子形試験機による境界摩擦係数

* 日立製作所日立研究所

表2 n - d - M 分析値

項目 試料	組成関連値			炭素分布分析値				環分析値冷		
	比重 (15/4°C)	屈折率 (n_D^{20})	分子量	C _A (%)	C _N (%)	C _R (%)	C _P (%)	R _A	R _N	R _T
A-90	0.8794	1.4800	403	10.4	26.1	46.5	53.5	0.38	1.48	1.86
B-90	0.8612	1.4705	426	7.1	28.7	35.8	64.2	0.21	1.22	1.43
C-冷	0.8924	1.4902	253	12.3	47.3	59.6	40.4	0.38	1.86	2.24
D-200	0.9072	1.4981	391	17.1	33.6	50.7	49.3	0.48	2.60	3.08
RN-1	0.9357	1.5221	381	24.1	28.7	52.8	47.2	1.14	1.99	3.13
RN-2	0.9662	1.5470	255	42.5	25.6	68.1	31.9	1.36	1.28	2.64
RN-3	0.9731	1.5547	260	47.6	18.4	66.0	34.0	1.55	1.06	2.61
RN-4	0.9140	1.5063	313	18.5	36.8	55.3	44.7	0.71	1.92	2.63
RN-5	0.9100	1.5026	319	15.9	38.7	54.6	45.4	0.60	2.05	2.65
RN-6	0.9129	1.5021	318	14.1	42.6	56.7	43.3	0.55	2.21	2.76
RRL-1	0.9377	1.5230	297	26.7	34.4	61.1	38.9	0.99	1.79	2.78
RRL-2	0.9489	1.5331	488	27.8	20.1	47.9	52.1	1.73	1.93	3.71
RRL-3	0.8635	1.4780	440	5.0	25.3	30.3	69.7	0.26	1.66	1.92
RRL-4	0.9038	1.4970	444	9.3	36.5	45.8	54.2	0.50	2.67	3.17
RRL-5	0.9314	1.5262	399	29.8	14.6	44.4	55.6	1.50	1.20	2.70
RRL-6	0.8850	1.4844	390	2.4	42.1	44.5	55.5	0.12	2.55	2.67

表3 シリカゲルクロマト分析値

項目 試料	供試量 (g)	分析値 (%)			全回収率 (%)
		飽和分	アロマテック分	樹脂分	
A-90	10.2316	89.84	8.36	0.68	99.06
B-90	9.8090	91.39	8.29	0.31	99.99
C-冷	10.4740	78.80	20.85	0.35	98.04
D-200	10.0200	70.73	28.61	0.66	99.37
RN-1	10.3744	49.79	49.42	0.79	98.27
RN-2	10.0931	47.01	52.49	0.50	99.50
RN-3	9.9824	45.24	51.50	3.26	98.24
RN-4	10.2730	64.42	34.83	0.75	98.34
RN-5	10.2137	66.83	32.99	0.18	98.28
RN-6	10.1051	82.59	16.77	0.64	98.49
RRL-1	10.0400	39.06	56.48	4.46	99.76
RRL-2	10.0657	37.58	58.23	4.19	98.02
RRL-3	10.0439	91.33	8.18	0.49	98.40
RRL-4	10.2029	70.73	28.61	0.66	98.24
RRL-5	10.1850	48.95	49.11	1.94	98.37
RRL-6	10.0097	79.93	19.63	0.44	98.45

3.2 組成分析結果

3.2.1 n - d - M 分析値

表2に分析結果を示す。またC_AとR_Aの関係を図1に示す。これらの結果からRRL系のR_A/C_Aは試作RN系のそれよりもやや大きいといえる。C_Aは油中の全炭素原子に対するアロマテック炭素原子の百分率であり、R_Aは油の構成分子中に含まれるアロマテック環の平均数であるから、試作RN系はRRL系に比較しアロマテック環についている側鎖の炭素原子数が多いと考えられる。またこの分析段階ではごく単純に考えればR_A/C_Aの大きい油の方が放射線に対し有利ではないと思われる。

3.2.2 シリカゲルクロマト分析値

表3はシリカゲルクロマト分析値である。 n - d - M 分析値から予想されるのとは異なった結果を与える油もあるが、全般的にはだいたい同様な傾向にある。

3.2.3 赤外線吸収スペクトル

潤滑油中のアロマテック含量は、波数1,600 cm⁻¹、810 cm⁻¹の吸光度から推定できることを既報⁽⁶⁾⁽⁷⁾したが、ここには1,600 cm⁻¹の吸収を示す。図2はRRL系、図3はRN系のスペクトルである。図2でRRL-3の吸収は最も弱く、ついでRRL-6、RRL-1、2、5らは吸収が強い。図3にはRN系のほかにA-90タービン油のスペクトルを併記した。B-90のスペクトルもこれに類似する。C-冷、D-200のスペクトルは省略したが、RRL-6に近似する吸収を示す。

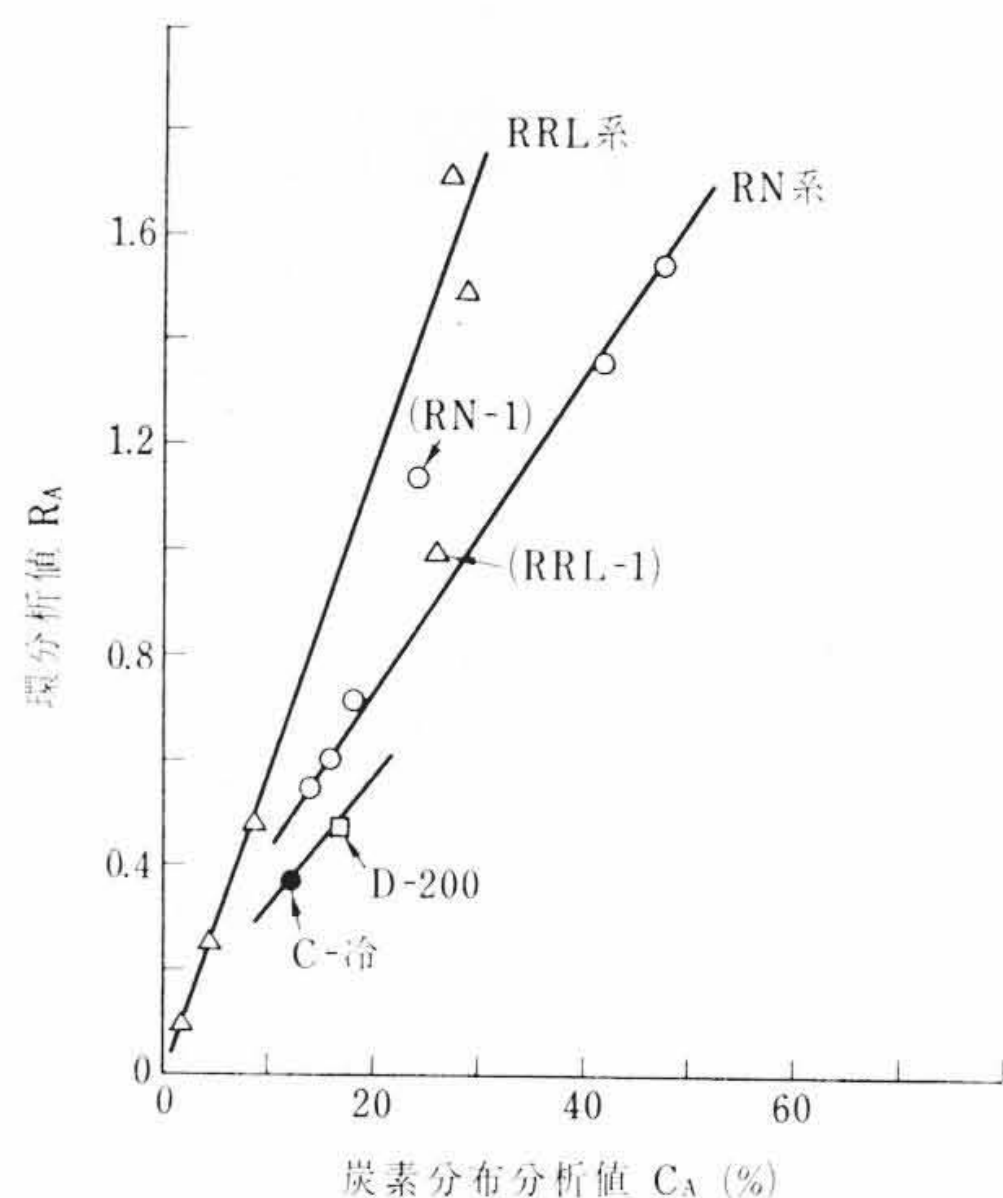


図1 n - d - M 分析におけるC_AとR_Aの関係

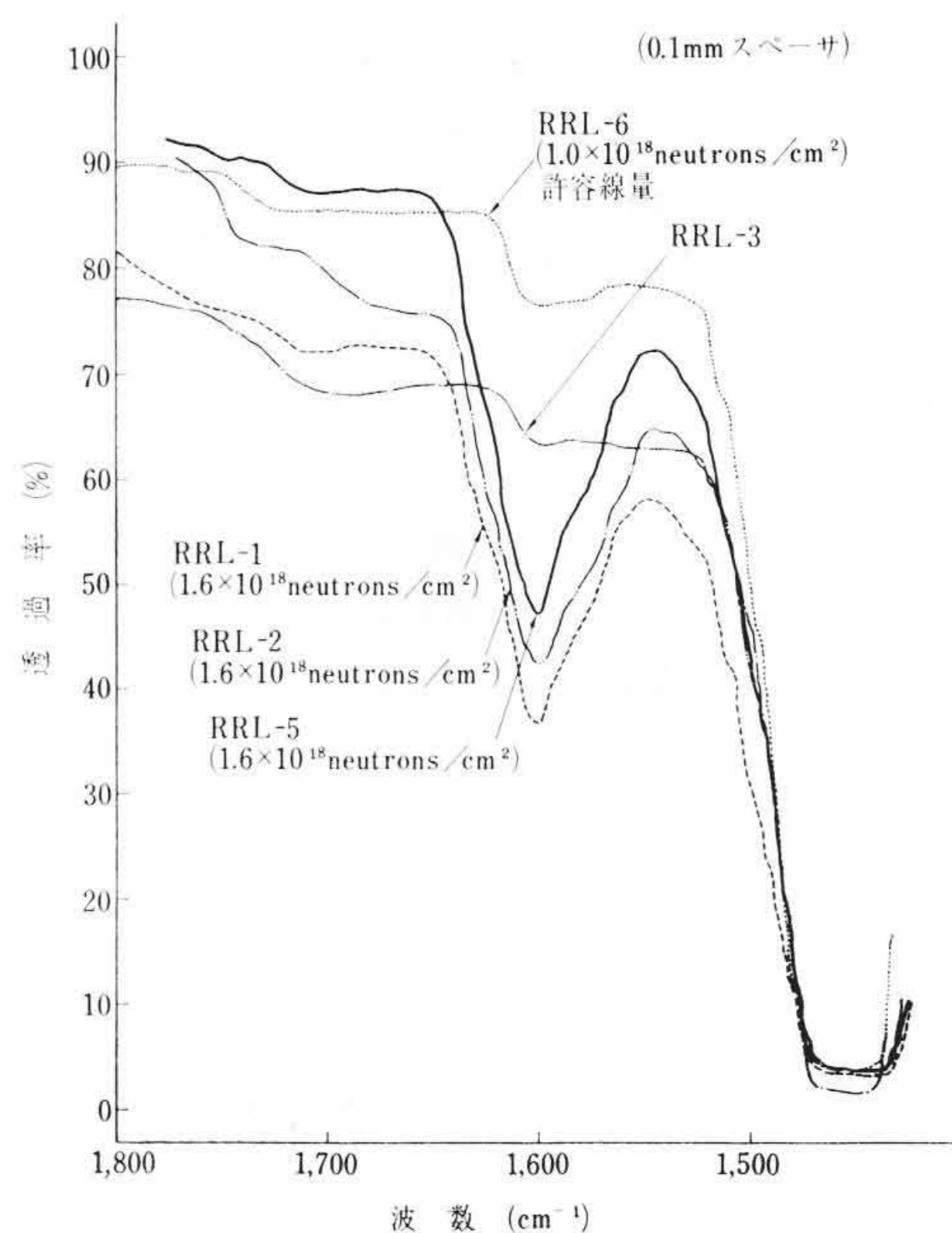


図2 RRL (新油) 1,600 cm⁻¹ 付近の赤外吸収スペクトル

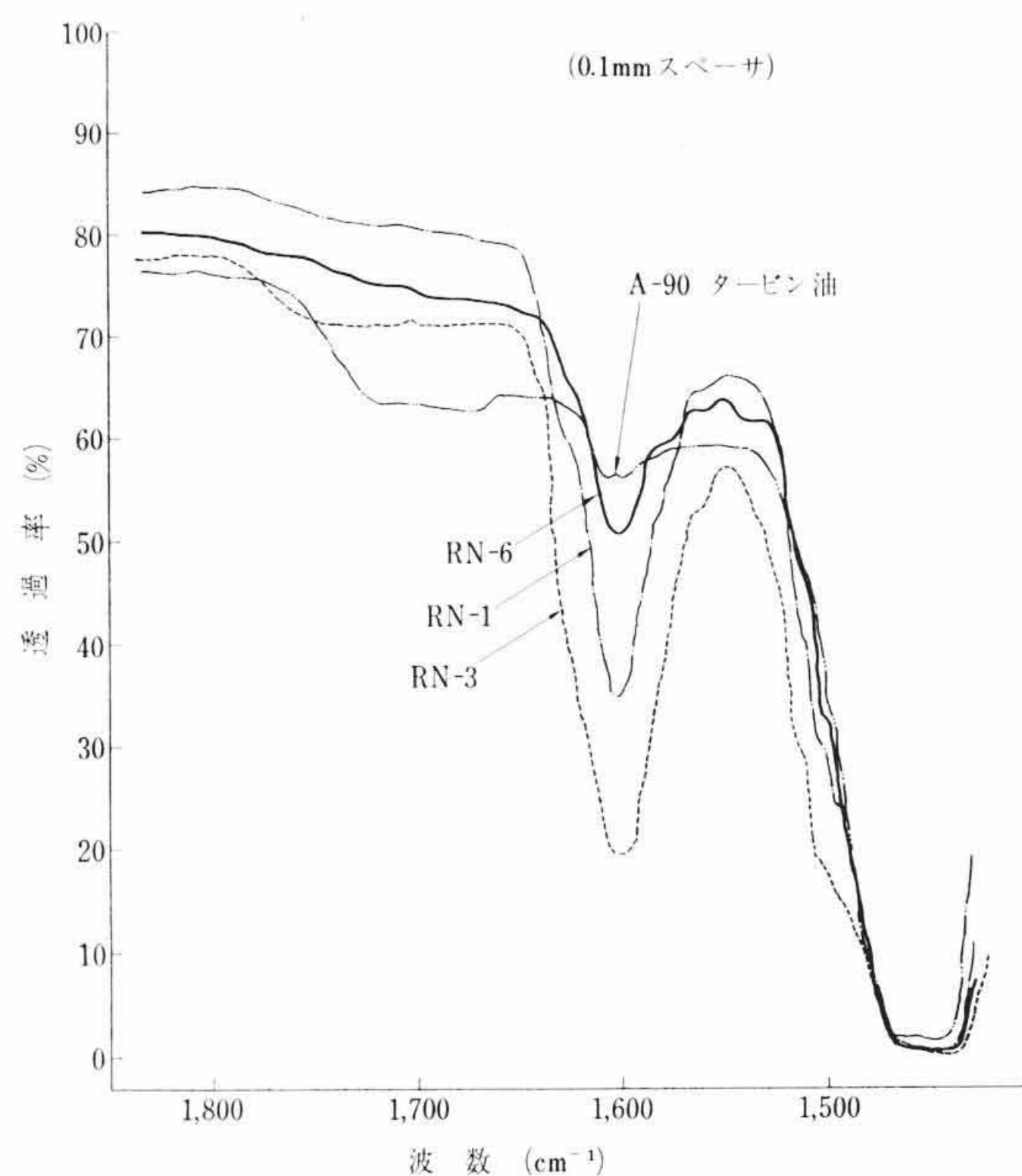


図3 RN油 (新油) 1,600 cm⁻¹ 付近の赤外吸収スペクトル

表4 試料油の放射線照射前後の性状

項目 試料	照射量 (γ)	色相 (ユニオン)	比重 (15/4℃)	粘度 (cSt)		粘度増加率 (%)		VI	酸価 (mgKOH/g)	μ
				37.8℃	98.9℃	37.8℃	98.9℃			
A-90	0	1 (+)	0.880	37.50	5.70	—	—	100	0.08	0.26
	1.3×10^8	1½	0.885	40.45	5.88	7.9	3.5	95	0.02	0.22
	2.14×10^8	2½(-)	0.887	45.64	6.20	21.7	8.8	88	0.02	0.23
	3.5×10^8	3 (+)	0.889	53.49	6.84	42.6	20.0	88	0.02	0.25
	5.0×10^8	4	0.891	64.70	7.74	72.5	35.8	90	0.03	0.22
B-90	0	1 (-)	0.861	37.12	5.64	—	—	99	0.06	0.29
	2.14×10^8	2 (+)	0.866	44.56	6.51	20.5	15.4	106	0.02	0.26
	3.5×10^8	2½	0.868	53.19	7.32	43.3	29.8	107	0.02	0.26
	5.02×10^8	3	0.871	66.30	8.45	78.6	49.8	106	0.04	0.24
D-200	0	1½	0.907	105.2	8.79	—	—	49	0.08	0.14
	1.0×10^8	2	0.915	120.2	9.70	14.3	10.3	50	0.03	0.13
	5.0×10^8	3	0.920	214.8	13.10	104	49.1	36	0.03	0.13
LB-170X	0	4½	0.986	39.00	7.20	—	—	143	0.07	0.20
	1.3×10^8	2½	0.992	51.75	9.14	32.7	26.9	143	0.12	0.19
	2.14×10^8	3½	1.000	69.26	10.33	77.6	43.5	131	0.57	0.17
	3.5×10^8	4½(+)	1.004	90.14	12.39	131	72.1	128	0.86	0.18
	5.02×10^8	4½(+)	1.009	118.5	14.94	204	107	125	1.11	0.19

表5 試料油の放射線照射前後の性状

項目 試料	照射量 (γ)	色相 (ユニオン)	比重 (15/4℃)	粘度 (cSt)		粘度増加率 (%)		VI	酸価 (mgKOH/g)	μ
				37.8℃	98.9℃	37.8℃	98.9℃			
RN-1	0	2 (-)	0.936	24.12	4.26	—	—	83	0.02	0.16
	1.0×10^8	2½	0.944	—	—	—	—	—	0.05	0.14
	5.0×10^8	4	0.957	61.42	5.89	154	38.3	0	0.19	0.14
RN-3	0	4 (-)	0.973	25.26	3.58	—	—	-61	0.02	0.17
	1.0×10^8	4	0.984	—	—	—	—	—	0.04	0.18
	5.0×10^8	4½	0.993	42.74	4.61	69.3	28.8	-74	0.14	0.16
RN-6	0	1	0.913	33.43	4.74	—	—	43	0.02	0.17
	7.0×10^8	1½	0.919	—	—	—	—	—	0.02	0.16
	5.0×10^8	2½(-)	0.924	69.74	6.99	108	47.5	44	0.08	0.16
RRL-3	0	1½	0.864	49.50	7.59	—	—	108	0.05	0.22
	1.3×10^8	3½	0.868	55.70	7.74	16.7	12.7	111	0.03	0.24
	2.14×10^8	4 (+)	0.869	61.65	8.19	29.2	28.0	110	0.05	0.25
	3.5×10^8	5 (-)	0.872	72.40	9.28	51.7	35.0	112	0.08	0.22
	5.02×10^8	6 (-)	0.874	86.25	10.38	80.7	51.0	110	0.09	0.22
RRL-4	0	2 (+)	0.904	138.5	10.40	—	—	45	0.02	0.19
	1.0×10^8	4	0.907	160.3	11.10	15.7	6.7	39	0.11	0.13
	5.0×10^8	8	0.914	266.7	13.10	92.6	26.0	-5	0.16	0.12

4. Co-60 γ線照射による劣化

4.1 一般性状の変化

表4, 5は放射線照射による変化を示したものである。表中LB-170Xはポリアルキレングリコール油である。比重はやや大きくなり粘度指数は低下の傾向がある。酸価は若干減少するか、あるいは増大する。LB-170Xのみ酸価は大きく増しているが、化学構造上予期された結果である。境界摩擦係数 μ はわずかに低下する傾向がある。以上の変化はいずれにしても小さい。しかし色相変化はかなり大きく、かつ粘度増加が著しい。すなわちγ線による油の変質は、特に粘度について著しく酸化劣化はLB-170Xを除きほとんど問題にならない。

図4は粘度変化率であるが、はじめの予想ではアロマテック含量の大なる油ほど粘度変化は少ないものと考えていた。しかしそのような結果は得られず、必ずしもアロマテック含量の多い油が耐放射線性にすぐれているとはいえない。また検討した油のうちA-90タービン油は比較的すぐれた油である。また試作RN系ではRN-3がよい。輸入原子力用油RRL系でタービン用として推奨されているRRL-3は化学組成的に普通のタービン油と同様のものであり、γ線照射による粘度変化はA-90油、B-90油よりも大きい。

さきに各油の $n-d-M$ 分析値を示し、 R_A/C_A の違い、 R_A と C_A の数値、あるいはシリカゲルクロマト分析を行なってアロマテックの

重量%を示し、これらの結果がγ線照射結果と関係するであろうことを考えていたが、照射結果は予期に反した。あるいはここに実施した照射実験での線量率が大きかったためかと考えられるが、この点については後日改めて検討したいと思う。

4.2 赤外線吸収スペクトルの変化

4.2.1 γ線照射直後のスペクトル

図5にRRL-4の場合を示す。波数 $1,800 \sim 1,400 \text{ cm}^{-1}$ の領域では特に大きな変化はない。ただしRRL-3の場合は $1,700 \text{ cm}^{-1}$ 付近に若干の吸収が現われる。これはRRL-3がγ線照射後の酸価がやや大きくなっていることと符合する。すなわちγ線による油の変質は油分子間のクロスリンクのみでなく、酸化も多少起こることを示している。

波数 $1,000 \sim 700 \text{ cm}^{-1}$ の領域では明らかに 965 cm^{-1} , 910 cm^{-1} , 885 cm^{-1} に変化が起こっている。これらの吸収は環状C-Cの伸縮振動によるものと帰属されている。この結果はγ線照射によって炭素-水素の結合状態が変わり、飽和環状構造が増えることを意味する。この構造変化により粘度指数が低下する傾向を示したものであろう。

4.2.2 γ線照射後長期間放置した場合

B-90タービン油に関する測定結果を図6に示す。またこれに関連して測定した油の酸価を表6に示す。B-90油はγ線照射直後では $5.02 \times 10^8 \gamma$ 照射しても $1,800 \sim 1,500 \text{ cm}^{-1}$ 領域の赤外スペ

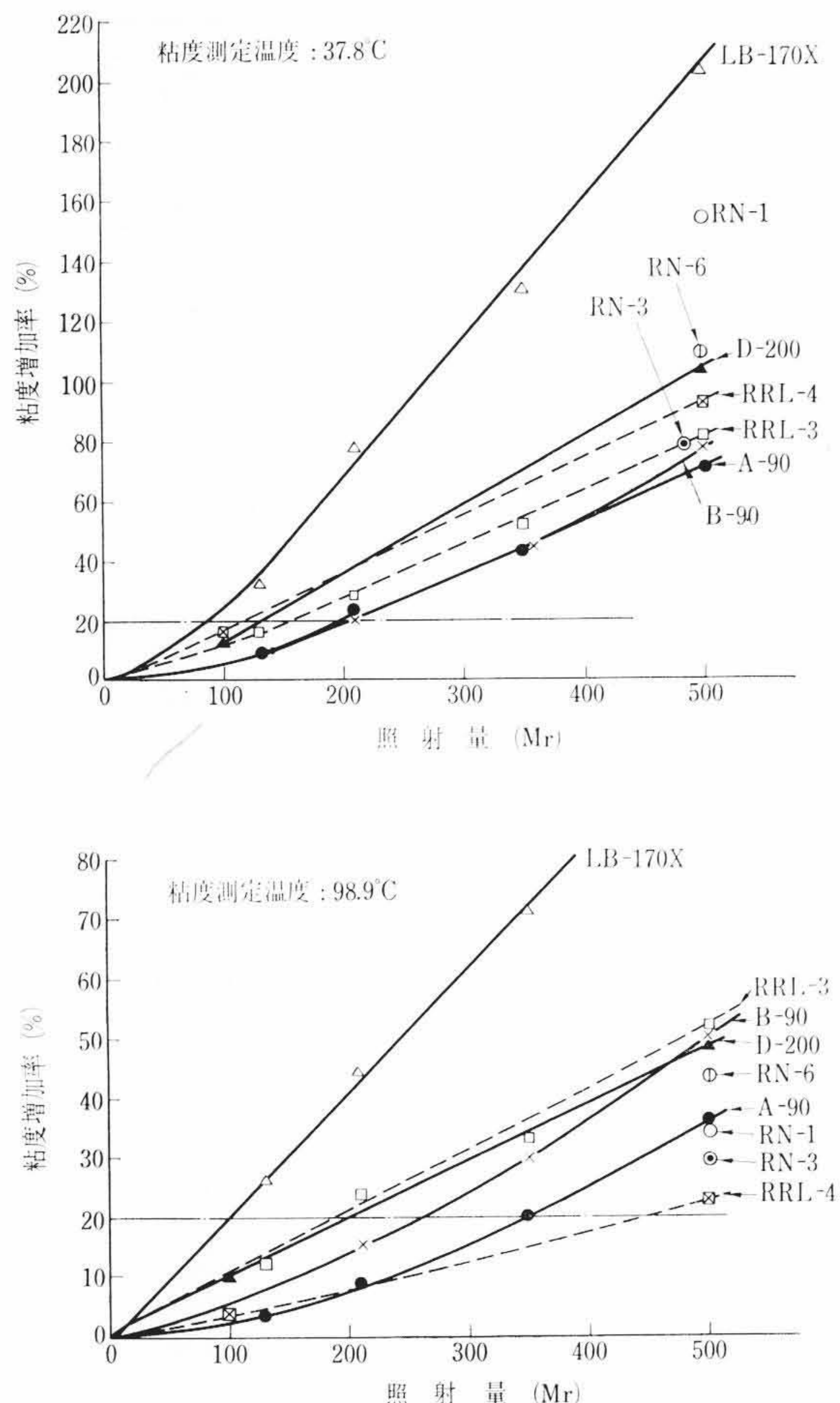


図4 γ 線照射した試料の粘度増加

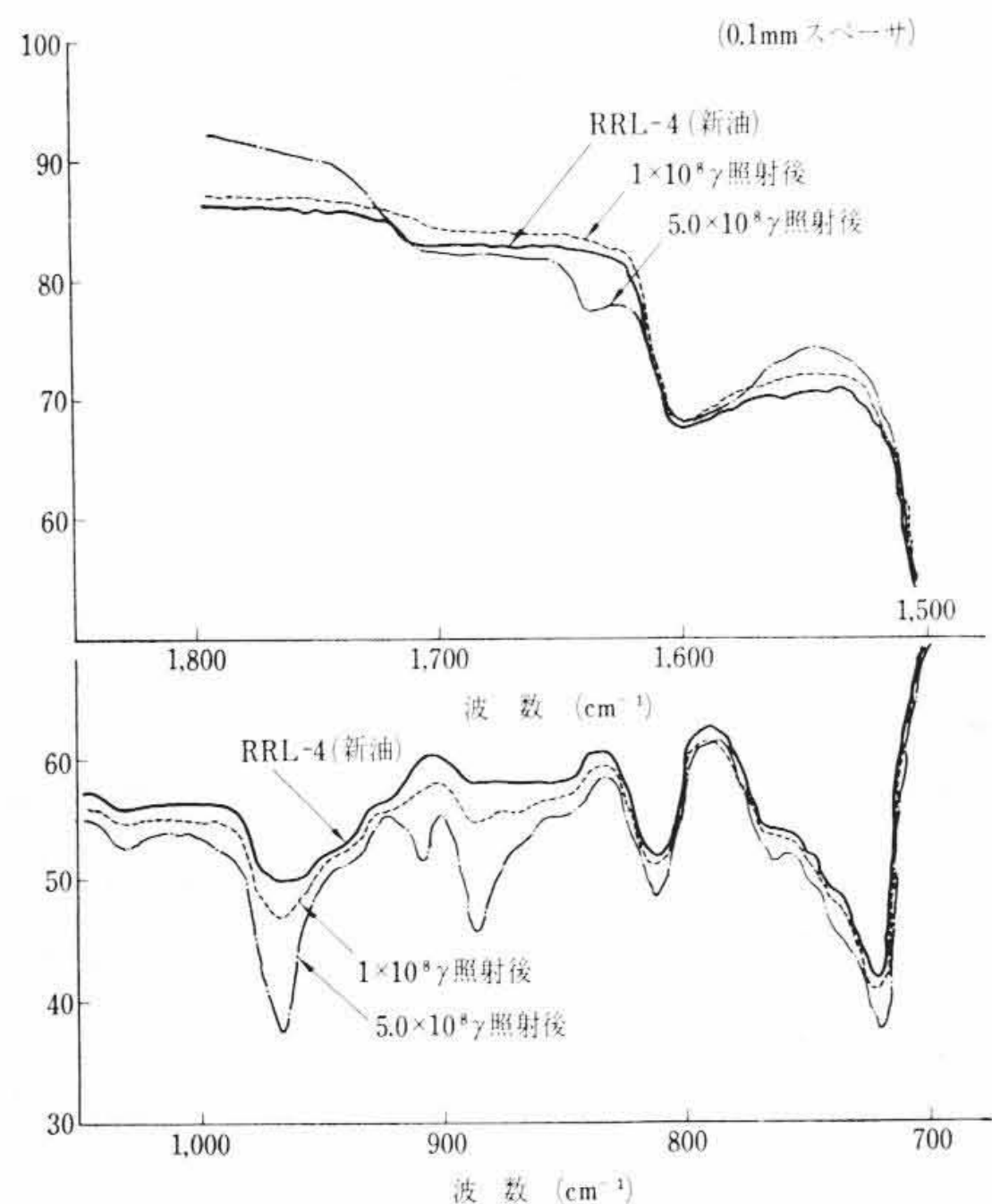


図5 RR-4油の γ 線照射による変質

クトルは新油と大差がない。しかし室内に約5年放置したものでは $2.14 \times 10^8 \gamma$ 、 $5.02 \times 10^8 \gamma$ 照射した試料の場合 $1,700 \text{ cm}^{-1}$ 付近に著しい吸収を示す。しかし $1.3 \times 10^8 \gamma$ 照射した試料では照射直後と大差ない。一方酸価も表6にみられるように、 $1,700 \text{ cm}^{-1}$ 付近に強い吸収を示したものは約 2 mgKOH/g となっており大きく増加している。B-90油は γ 線照射直後において酸価にも赤外スペクトルにも異常がなかったのに、そのまま空中に放置することにより、ある線量以上照射したものに著しい酸化劣化が起こった

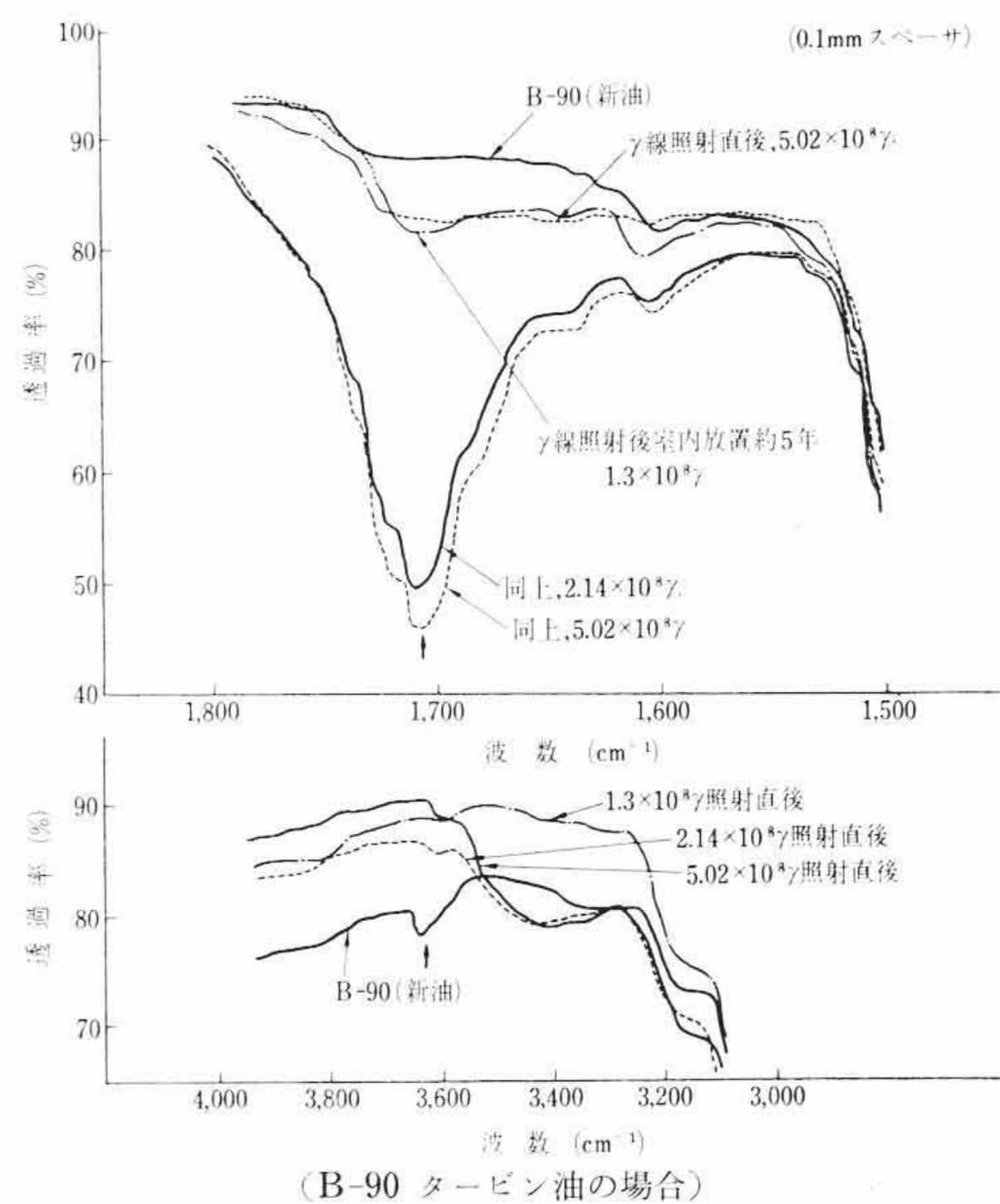


図6 γ 線照射後長期間空中放置した油の変質有無

表6 γ 線照射による酸価の変化

試料	項目 γ 線照射量 (γ)	酸 価 (mgKOH/g)		
		照射前	照射直後	照射後空中 放置約5年
A-90	1.3×10^8	0.08	0.02	0.14
	3.5×10^8	0.08	0.02	0.22
	5.02×10^8	0.08	0.03	0.67
B-90	1.3×10^8	0.06	—	0.25
	3.5×10^8	0.06	0.02	2.17
	5.02×10^8	0.06	0.04	2.14
D-200	1.0×10^8	0.08	0.03	0.09
	5.0×10^8	0.08	0.03	0.17
RRL-3	1.3×10^8	0.05	0.03	0.53
	3.5×10^8	0.05	0.08	0.37
	5.02×10^8	0.05	0.09	1.12
RRL-4	1.0×10^8	0.02	0.11	0.10
	5.0×10^8	0.02	0.16	0.27
RN-1	1.0×10^8	0.02	0.05	—
	5.0×10^8	0.02	0.19	0.37
RN-3	1.0×10^8	0.02	0.04	—
	5.0×10^8	0.02	0.14	0.33
RN-6	1.0×10^8	0.02	0.02	—
	5.0×10^8	0.02	0.08	0.20

わけである。B-90油は図6に示すように波数 $3,640 \text{ cm}^{-1}$ 付近に若干の吸収をもつ油である。この吸収はタービン油の酸化防止剤として用いられるDBPC（ジ・ターシャリ・ブチル・パラクレゾール）の分子構造に関する特性吸収と考えられるが、 γ 線照射 $1.3 \sim 5.02 \times 10^8 \gamma$ 後の油ではこの吸収がはっきりしなくなっている。この場合の分析精度からDBPCがまったく変質してしまったとは断定できないが、 γ 線照射によりDBPCが破壊をうけることは明らかである。 γ 線照射直後の酸価が新油と大差ない事実から、その段階では今回の赤外分析にかからない程度のDBPCがまだ残っていたかも知れない。あるいはほかの酸化防止剤が存在していたのであろう。しかしその後の室内放置により酸化が進んでいるので、酸化の連鎖をひき起こすべき酸化生成物が微量に存在していたであろうことが推定される。 $1.3 \times 10^8 \gamma$ 程度の照射に対してはこれらの酸化生成物による酸化を十分おさえ得たが $2 \times 10^8 \gamma$ 以上の照射をうけたものでは、その後の酸化を防止する効果はなくなっていたものと考えられる。

以上のことから放射線による油の変質は粘度変化にのみ注目すべきものではなく、酸化現象および酸化防止剤の破壊がともなっ

ていることに注意する必要がある。放射線による油の劣化について、その初期段階では劣化機構上生成した遊離基と酸化防止剤との反応が考えられているのは周知のとおりであるが、上記の結果からもやはり酸化防止剤の意義は大きいと思われる。

赤外データは省略するが、RRL-3の基本的な化学組成はB-90油に似ており、アロマテック含量の少ない油であるが、 $3.5 \times 10^8 \gamma$ 照射試料でも $1,700 \text{ cm}^{-1}$ 付近の吸収は照射直後と大差ない。すなわちB-90油よりも安定である。RRL-3がB-90油より安定なのは油の化学組成の差によるのではなく添加剤に違いがあるのではないかと推定される。

またRRL-4は前記したRRL-3よりもアロマテックに富んでいる。この場合は $5.0 \times 10^8 \gamma$ 照射したものでも酸化は進行しない。RRL-3とRRL-4とは同一製造者によるもので、酸化防止剤が同じと仮定すれば、アロマテック含量の差が影響しているのかも知れない。

表6で明らかなおとおりA-90タービン油は $5.02 \times 10^8 \gamma$ 照射した試料でも酸化の進行は少なく、前記B-90, RRL-3よりもすぐれている。A-90油よりも若干アロマテック含量の多いRN-6は表6に示すとおとおりA-90よりも酸化は進行しない。

以上の結果から酸化防止剤の選択とアロマテック含量の両者が酸化の進行に関係があるように思われるが、データからみてこの場合は酸化防止剤の効果が大きいように思われる。この問題を明らかにするには、アロマテックに関する分析と同時に酸化防止剤を明らかにし、かつ放射線の照射により生成する物質を詳細に検討する必要がある。しかし本報ではこのような評価の検討は不可能である。ただこれらを考慮することにより、さらにすぐれた油ができるであろうことが期待される。

5. 結 言

実験結果を要約すると以下のようである。

- (1) 鉱油中のアロマテック含量が多いほど放射線による劣化は少ないという結果がすでに報告されており、本報でもそれを期待して実験したが、予期に反しアロマテック含量を多くしても必ずしもよい結果は得られなかった。
- (2) γ 線照射直後に測定した色相、比重、粘度、粘度指数、酸価、境界摩擦係数については、色相および粘度に著しい変化がみられ、そのほかはわずかに変化する程度である。
- (3) 赤外線吸収スペクトルにおいて波数 965 cm^{-1} 、 910 cm^{-1} 、 885 cm^{-1} の吸収に変化がみられ、これらは γ 線照射前よりも強くなる。その相対吸収強度は 965 cm^{-1} の吸収が最も強く、 885 cm^{-1} の吸収がこれにつぐ。この結果は γ 線照射

により飽和環構造が増したことを意味する。このためか γ 線照射後の油の粘度指数は一般に低下している。

- (4) γ 線照射により赤外スペクトルにおける $3,640 \text{ cm}^{-1}$ 付近の吸収は消失する。
- (5) γ 線照射後、空中に放置すると著しく酸化劣化が進行する油がある。この酸化現象は油中のアロマテック含量、酸化防止剤の耐放射線性の大小に関係すると考えられるが、この点についてはさらに今後検討を要する。
- (6) 油の粘度変化に対する許容限度を20%とすると、タービン油の許容線量は $1 \sim 2 \times 10^8 \gamma$ である。しかし酸化現象についても十分注意すべきであると考ええる。

なお本報の結果からA-90タービン油がすぐれている。RRL-3はこれよりも劣る。またB-90油は酸化防止剤が γ 線に弱いと思われる。D.B.Cox氏⁽⁸⁾、R.F.Hausmann氏らの報告⁽⁴⁾によれば少なくともタービン軸受の潤滑に関しては放射線の照射レベルが低く、放射線による油の変質は問題とするに足りず特に耐放射線性の大きい油を用いる必要はないといわれている。したがってD.B.Cox氏らはむしろ酸化安定性その他の物理化学特性に着目して油を選ぶ必要があると称している。酸化劣化を考えると酸化防止剤が放射線により破壊を受けやすいものがあるので、この点に留意すべきであり、本報に扱った油ではA-90のような特性のものがよいと思う。

なおわが国では鉱油について放射線の存在下で使用すべきものを目標とした吟味は行なわれていないが、本報の結果から十分検討の余地があると思う。終わりに各種アロマテック含量の#90タービン油相当品につき試作を煩した石油会社の各位、そのほかの試油ならびに資料の提供をいただいた各石油会社に対し厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) R. O. Bolt and J. G. Carroll: Radiation Effects on Organic Materials, New York. Academic (1963)
- (2) S. L. Cosgrove: REIC Report. No. 4 March 15 (1960)
- (3) J. G. Carroll, R. O. Bolt, C. E. Cuniff and P. T. Heyl: Lubrication Eng. 18, 64 (1962)
- (4) R. F. Hausmann and E. R. Booser: Lubrication Eng. 13, 199 (1957)
- (5) V. W. David and R. Irving: Effects of Nuclear Radiation on Hydrocarbon Oils, Greases, and Some Synthetic Fluids, Shell-Mex House (1958)
- (6) 茂庭, 本間: 日立評論 47, 1616 (昭 39-10)
- (7) 茂庭, 本間: 潤滑 10, 41 (昭 40-1)
- (8) D. B. Cox, E. A. Oberright and R. J. Green: ASLE Trans., 5, 126 (1962)