

高浜1号の電気ケーブルの経年劣化

蒸気暴露中の絶縁抵抗の急低下を重視せよ

関電・規制委の評価では106年使用可能/ 実際は47年程度

2022年10月27日

小山 英之
(美浜の会)

高浜1号の電気ケーブル・難燃KK(シリコーンゴム) を主に問題にする

- ◆老朽高浜1号は、2016年6月20日に寿命延長が認可され、来年6月に稼働予定
- ◆高浜1号の難燃KKゴム絶縁体が焦点
 - 関電・規制委は106年使用可能と判断して、20年の寿命延長認可
 - ⇒しかし実際は、47年程度しか運転できない。その場合、営業運転開始が1974年なので、2021年が限界となる。
- ◆名古屋地裁等でも老朽問題の重要なひとつ
- ◆運転期間を無制限にする動きに、けん制をかけたい

電気ケーブルの重要性

- ・大規模：原発に1000km～2000kmも存在。
- ・本質的に重要：人体では血管や神経のよう。
- ・特に事故時の状態把握や制御に不可欠な役割。

★絶縁体が劣化すると、ケーブルの独立性が損なわれる。

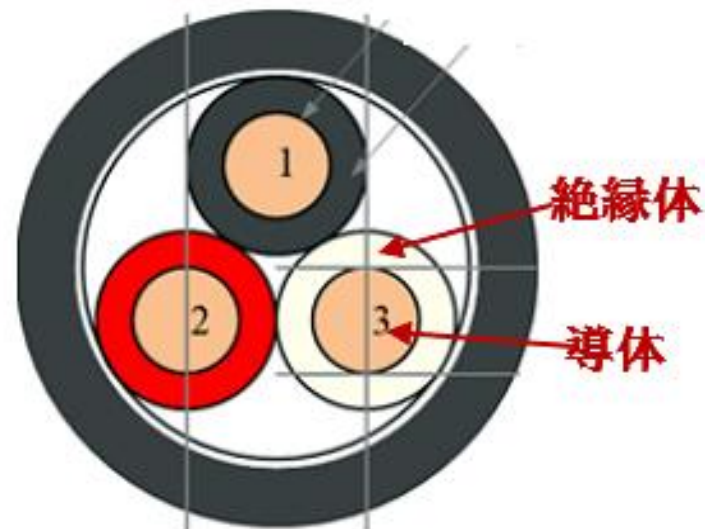
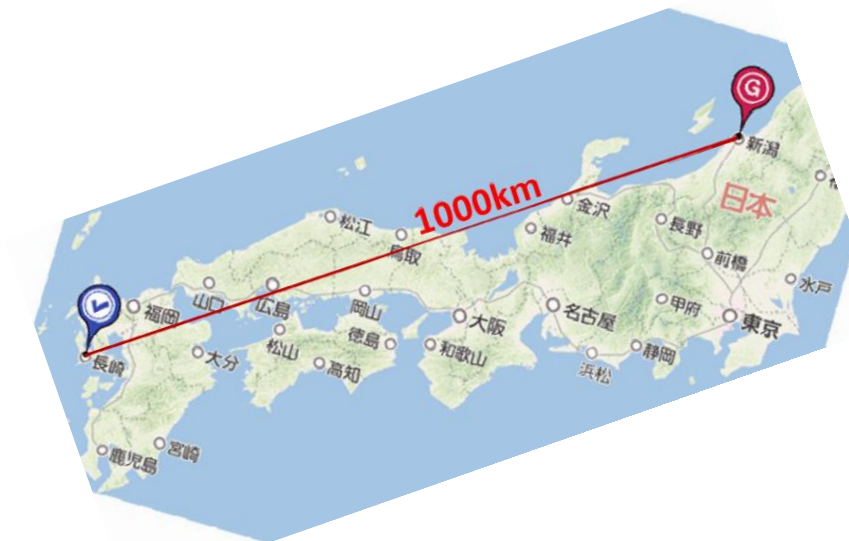
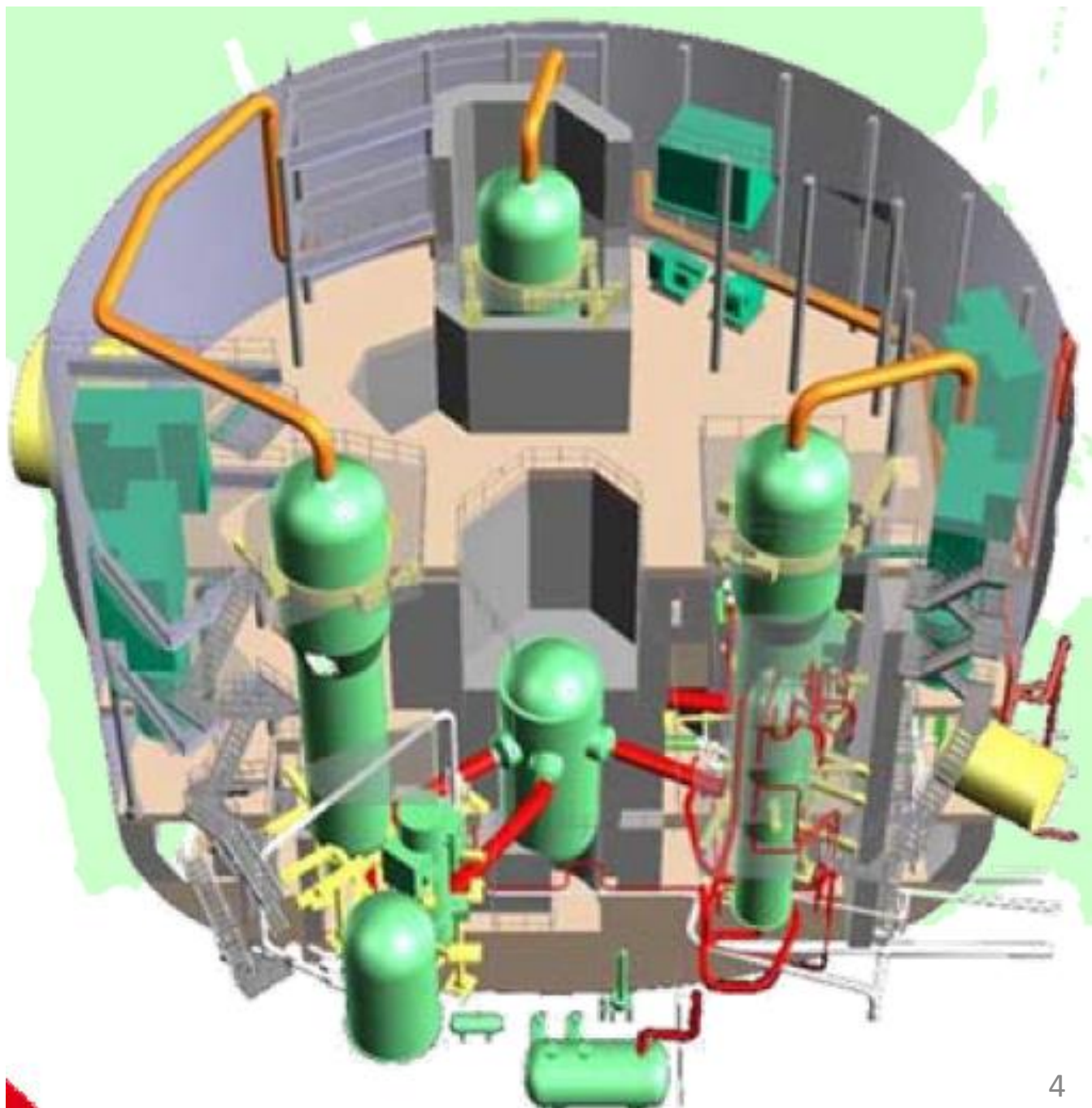


図. 試験ケーブルの断面構造

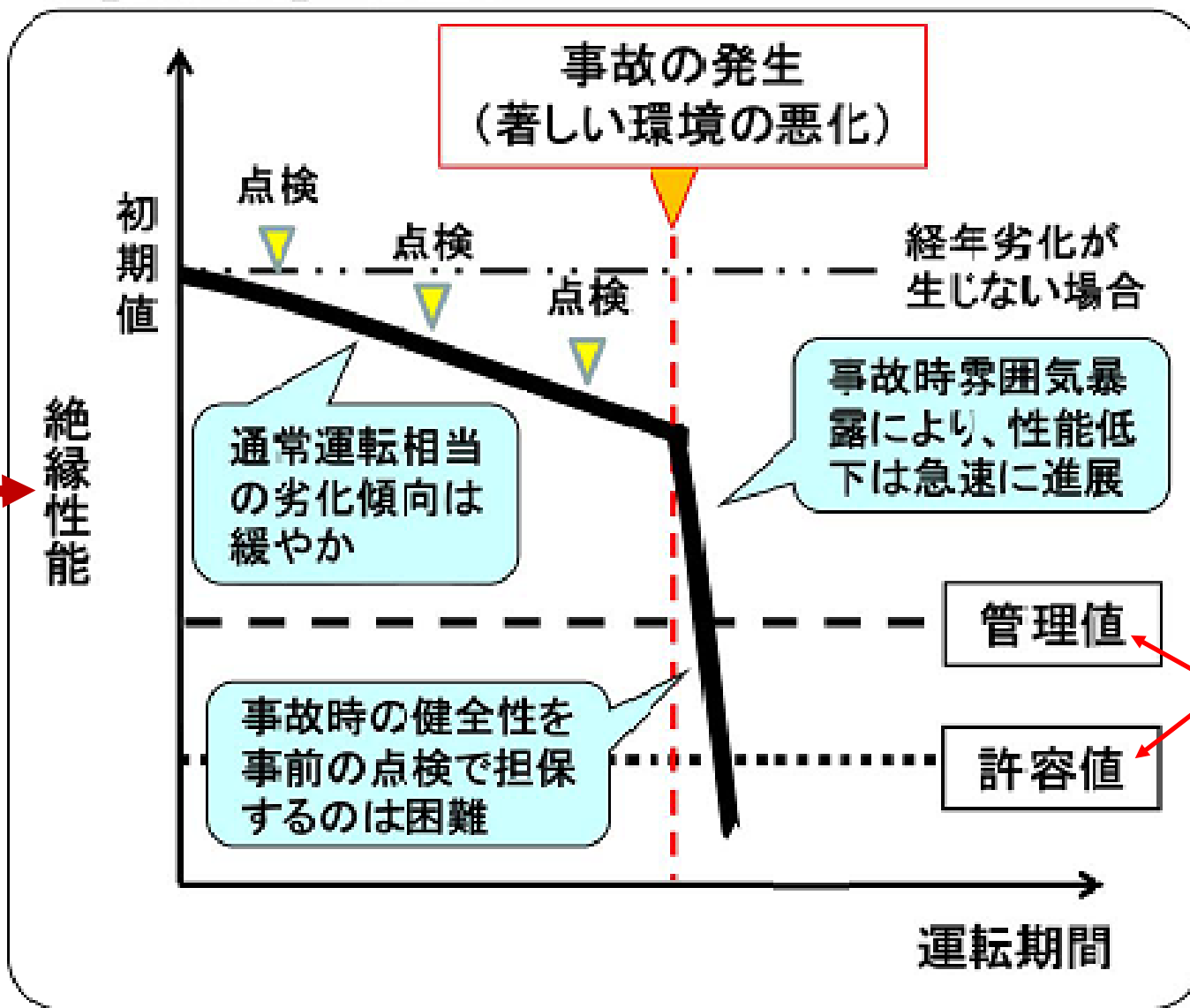
ループ室

高浜1号の問題のケーブルはループ室にある。



【評価例】： 低圧ケーブル 関電報告書 (2015.12.10.)

劣化の指標として「絶縁性能」がとられている

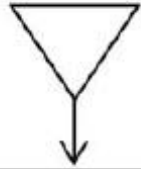


絶縁低下のイメージ図

劣化試験

「破断時の伸び」が劣化の指標

供試ケーブル



熱と放射線
による
加速同時劣化

通常運転時相当の熱・放射線の加速劣化

60年間を包絡する条件の加速試験。劣化の指標として、各段階で「破断時の伸び」を測定。

放射線照射

設計基準事故時相当の放射線照射

設計基準事故
雰囲気暴露

放射線を除く設計基準事故時雰囲気暴露
蒸気暴露

判定

耐電圧試験※1 1500V・1分の課電電圧(JIS条件)に耐えられたものを「良」とする。

事故時条件

★「良」のうち、最も劣化が進んだ場合(破断時の伸びが最小)の場合に対応する期間を「評価期間」= 運転可能期間としている。

★**運転期間延長審査基準では、指標として「絶縁性能」を採用している。**

運転期間延長審査基準（2016年4月改訂）

「環境認定試験による健全性評価の結果、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備に**有意な絶縁低下が生じないこと。**」

劣化の指標:なぜ絶縁性ではなく「破断時の伸び」を採るのか？

平成13年度検討会総合資料

3.4.3.4 健全性評価のための測定項目 (1) 経年変化指標

ケーブルは電力の搬送や制御・計装信号の伝送に使用するものであり、このためには絶縁体の絶縁機能が維持される必要がある。絶縁体の絶縁機能が維持されていることは、絶縁抵抗或いは耐電圧試験（破壊電圧）により確認できるが、絶縁抵抗及び破壊電圧は経年変化パラメータとして捕らえ難く、このためケーブルの経年変化指標としては、一般的に「破断時の伸び」が使用されている。

したがって、ケーブル経年変化評価におけるケーブルの経年変化指標は、「破断時の伸び」とすることが妥当であると考える。

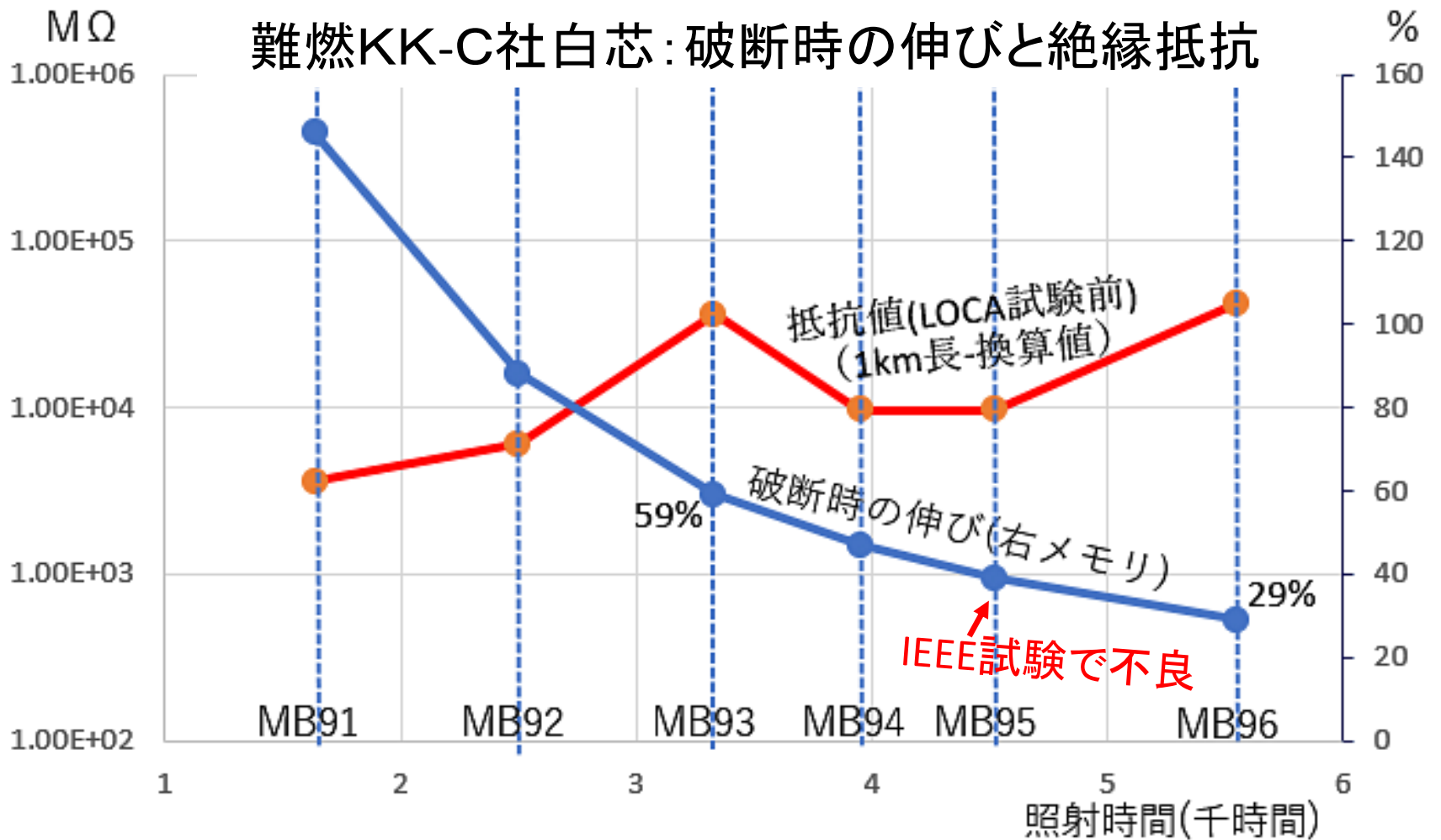
中間まとめ:2つの劣化指標

1. 絶縁抵抗値---延長審査基準の指標
2. 破断時の伸び---関電等の実際の指標

絶縁体を引っ張って破断したときの伸び。

たとえば、元の長さの2倍まで伸びたとき、伸びは100%と表示。

**「破断時の伸び」は、審査基準である
絶縁抵抗値に対応しているのか？**



★関電は破断時の伸びが最劣化した29% (初期値420%の0.069倍)を採用

注：原子力安全基盤機構(JNES:2014.3.1に規制庁と統合)のSSレポート表2.4.2-1及び表2.4.2-43よりのデータ。抵抗値は1km長-換算値を用いた。

高浜1号のケーブル

表 2.3-20 実布設環境での長期健全性評価結果

布設区分	実布設環境条件		使用 ケーブル	評価期間 [年]* ¹	ケーブル 更新時期* ^{5、6}	更新を踏ま えた評価 期間[年]
	温度 [°C]	放射線量率 [Gy/h]				
ループ室	42	0.3747	難燃KK	106* ²	—	—
	50	0.0130	難燃PH	28* ^{3、4}	第27回定期検査時 (2010年度～)	約65

*1：稼働率100%での評価期間

*2：等価損傷線量データの重ね合わせ手法により評価 ← **難燃KK-評価期間106年の評価**

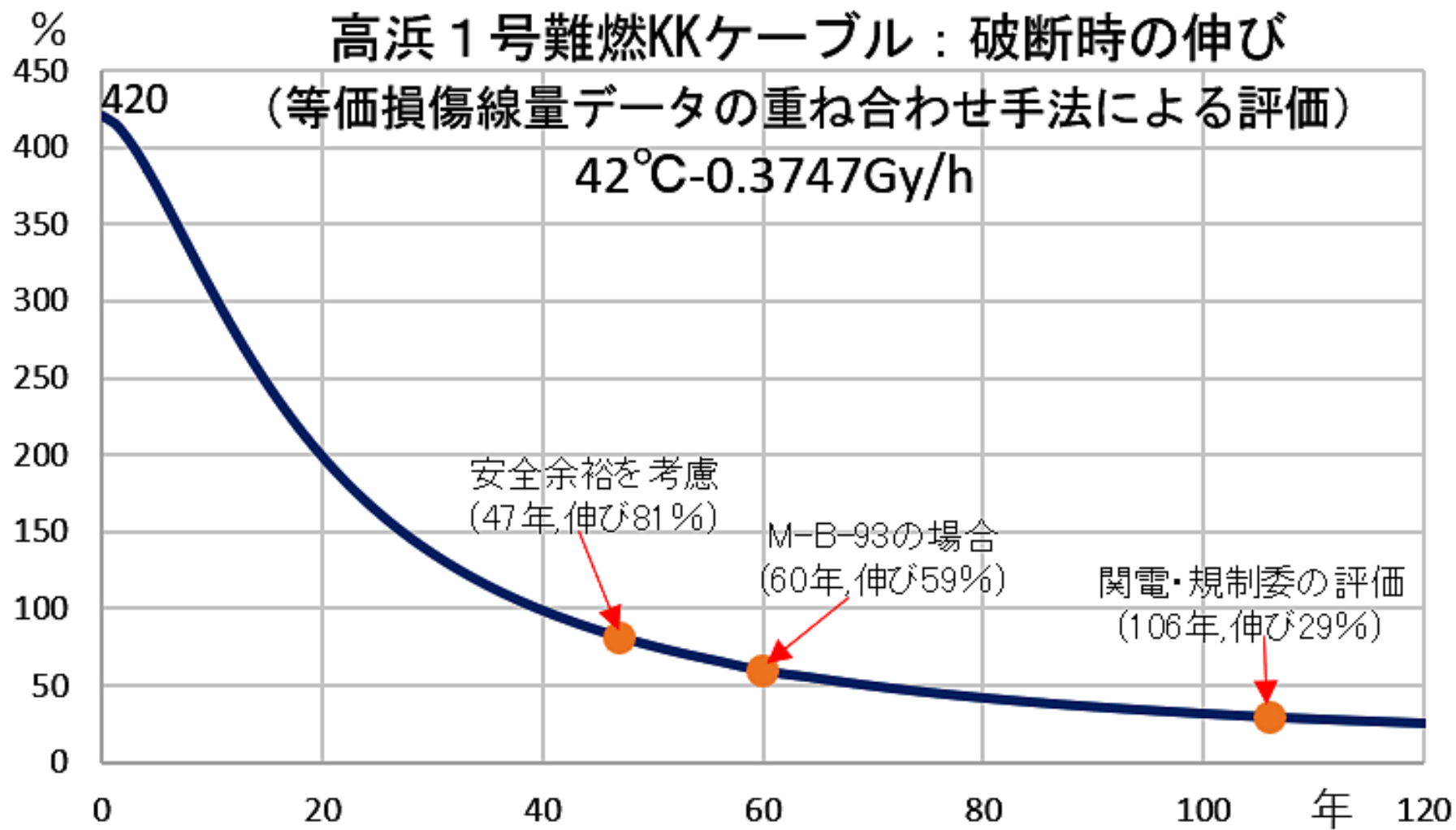
*3：時間依存データの重ね合わせ手法により評価

*4：ケーブルトレイの温度上昇値(14°C)を考慮して評価している。

*5：評価期間が60年を下回る場合に更新時期を記載

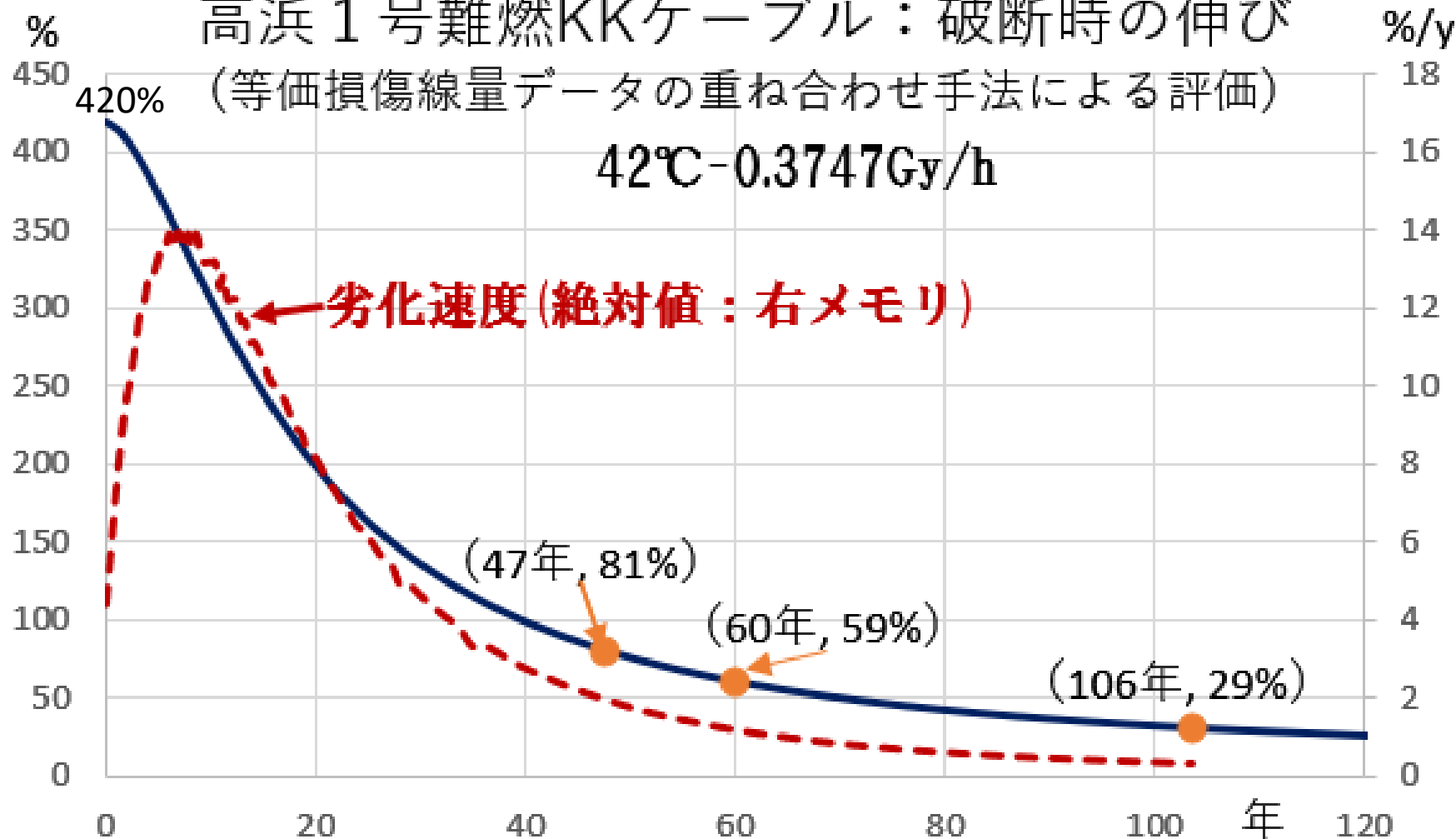
注：2015.11.16. 運転期間延長申請書の補正申請 低圧ケーブル p28

関電表2.3-20の難燃KKの条件 42°C-0.3747Gy/h による劣化

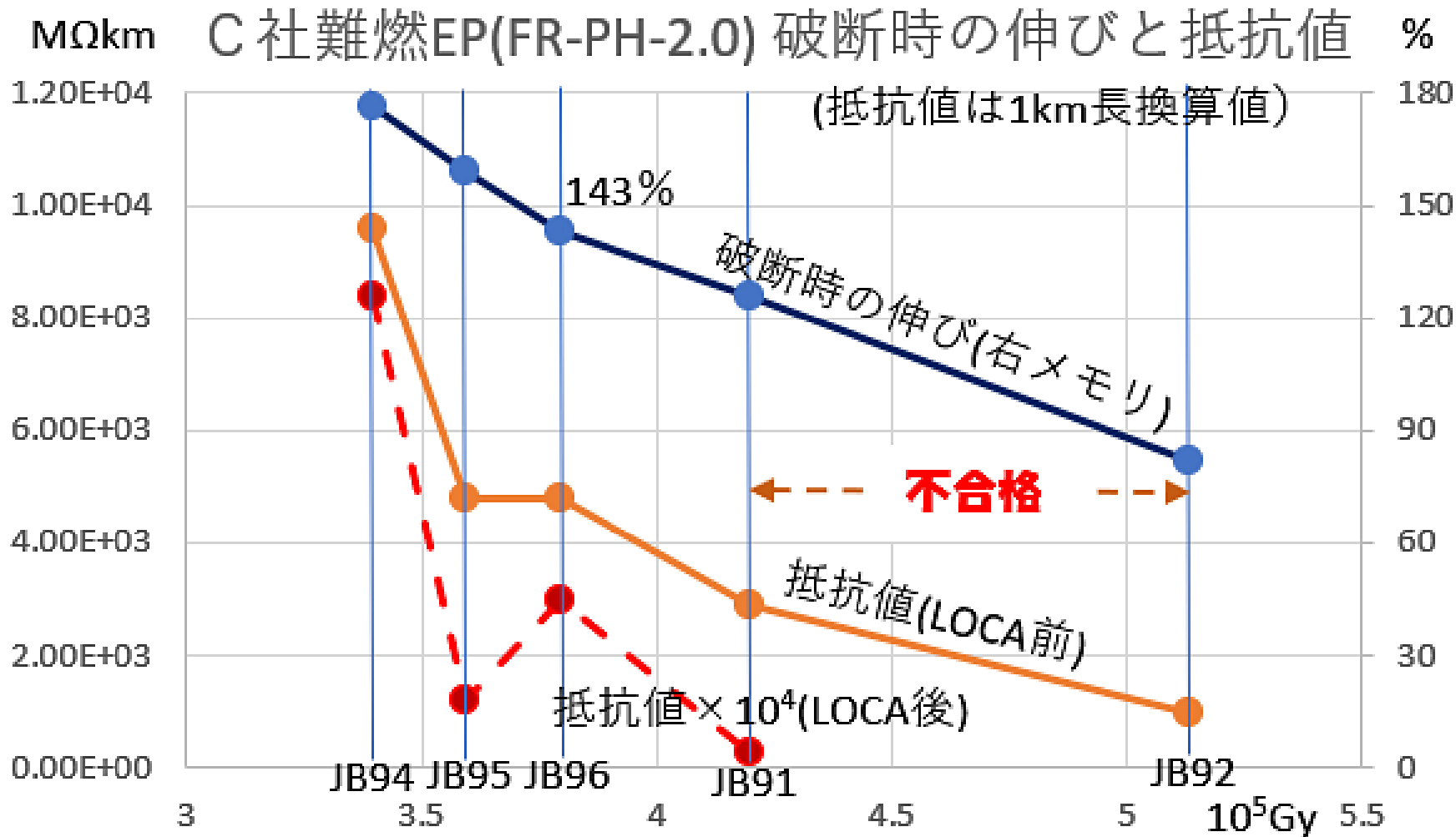


高浜 1 号難燃KKケーブル：破断時の伸び (等価損傷線量データの重ね合わせ手法による評価)

42°C-0.3747Gy/h



他の種類のケーブルは蒸気暴露によってどうなっているだろうか？



★合格最劣化ケースはJB96で、伸びは143% (初期値420%の0.34倍)

表 2.4.2-32 C社難燃 EP ゴム絶縁ケーブル (FR-PH-2.0) の判定試験結果

供試ケーブル番号		蒸気暴露中課電 DC : 750V	JIS 耐電圧試験 AC1500V-1分	IEEE 耐電圧試験 AC2600V-5分
J-B-94	黒芯	良	良	<u>1500V 課電で不良</u>
	白芯	良	良	1800V 課電で不良
	赤芯	良	良	<u>1600V 課電で不良</u>
J-B-95	黒芯	良	良	2100V 課電で不良
	白芯	良	良	2500V 課電で不良
	赤芯	良	良	2300V 課電で不良
J-B-96	黒芯	良	良	2000V 課電で不良
	白芯	良	良	2200V 課電で不良
	赤芯	良	良	2000V 課電で不良
J-B-91	黒芯	48 時間後に故障発生	—	—
	白芯	良	1400V 課電で不良	—
	赤芯	216 時間後に故障発生	—	—
J-B-92	黒芯	168 時間後に故障発生	—	—
	白芯	120 時間後に故障発生	—	—
	赤芯	48 時間後に故障発生	—	—

LOCA試験の蒸気暴露 + 課電(750V)で 短絡(ショート)などの故障を起こした例

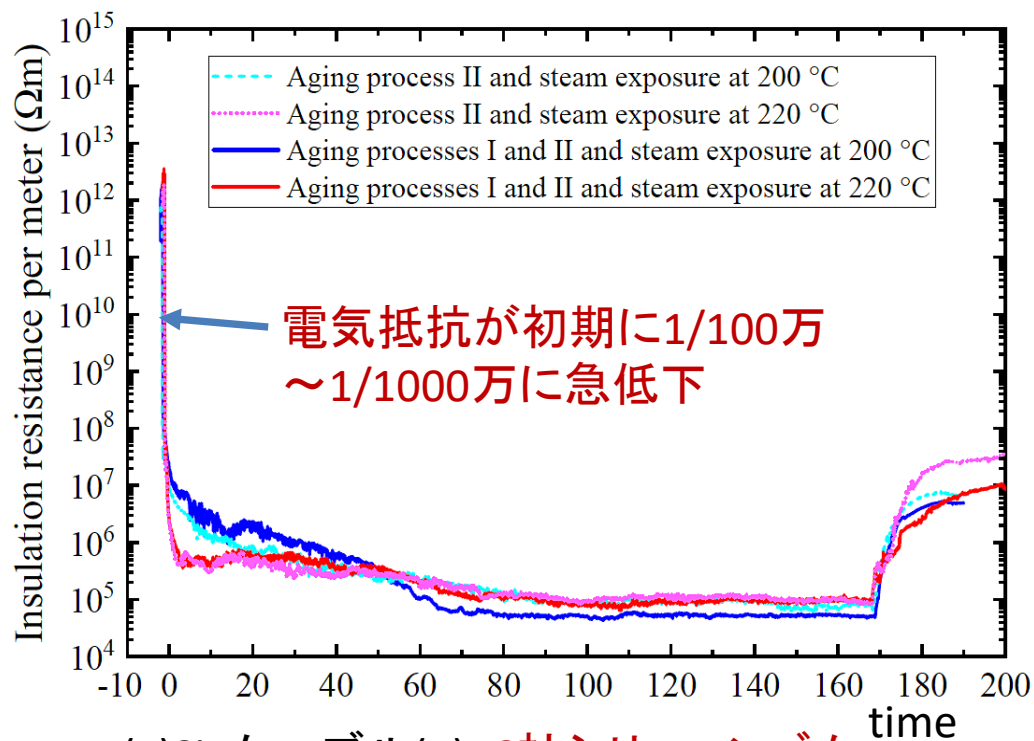
ケーブル種類	故障した供 試体番号	破断時の伸び の初期値(A1)	破断時の 伸び(A)	初期値に対す る割合(A/A1)
CV-2.0-A	A-B-91	557%	192%	0.344
FR-CV-2.0-A	C-B-92	396%	152%	0.384
PG-2.0	F-B-84	571%	92%	<u>0.161</u>
FR-PW-2.0-B	H-B-94	510%	130%	0.255
FR-PH-2.0(白芯)	J-B-91	506%	126%	0.249

★原発事故が起こったときの蒸気暴露によって、破断時の伸びが初期値の0.16倍以上あっても短絡(ショート)などの故障が起こり得る。 難燃KKの59%は初期値の0.14倍に劣化。

原子力規制委のNRA技術報告(2019.11)

「重大事故環境下におけるケーブルの絶縁特性の分析」を公表。蒸気暴露中に絶縁抵抗を測定する方法について検討。初期に一気に絶縁抵抗が低下することが判明(下図)。

・「蒸気暴露中にケーブルの絶縁抵抗を測定し、その測定結果をケーブルの重大事故等時の要求性能と照らし合わせて評価することが重要」(p.62)「今後、さらに劣化が進んだケーブルについて同様の試験を行い、経年劣化と重大事故時の絶縁性能との関係について調査する必要がある」(p.63)。



(a)SiRケーブル(P)=C社シリコンゴム

・これに対し2020年5月の「電気事業者の対応状況」では、絶縁低下の影響は極めて小さいと結論しているが、これは事業者の判断に過ぎない。

安全余裕を考慮した評価期間を

1. 難燃KKケーブルについて、せめて初期値の0.14倍(59%)であるM-B-93を採用すべき。
2. さらに、安全余裕を考慮した「管理値」を採用すべき
 - ・JNESは最小伸びが29%のとき、「劣化指標管理値案」として40%を提案(下図)。
 - ・関電も前の図で「管理値」を記述。

■ 評価期間 = $59\% \times (40/29) = 81\%$ [47年] が妥当では。

表 5-3 劣化指標管理値案

対象ケーブル	劣化指標管理値案 (破断時の伸び)	備考
C社シリコンゴム 絶縁ケーブル	40%	29%でその後の LOCA に耐えられることを確認

■規制委には具体的な判定基準がない

福島みずほ議員事務所でのレクで、規制庁担当者に質問
(2016年5月30日)

- ・関電の説明図に「許容値」や「管理値」が書かれているがそれは何か
――「**関電から説明を受けていないので知らない**」。
- ・規制庁の判断基準では許容値や管理値はどうなっているのか
――「**そんなものはない**」 と答えた。

- ・LOCA (JIS) 試験で合格したうち最も劣化した場合 (106年) を採用した関電をそのまま認めるだけ。
- ・JNESは安全余裕を見た「管理値」を提案しているが、それを採用するような指導もしない。
- ・実際は40年もたてば十分劣化している (初期値420%が40年で約100%に、60年で55%に)。配管の維持基準のように理論的考察を加え安全余裕をもたせた規格は存在しない。

■結論

- ◆高浜1号の難燃KKケーブルは、実質的に運転期限を過ぎた。
- ◆電気ケーブルを管理する具体的な基準・規格は存在しない。
- ◆破断時の伸びにより最劣化した場合の試験結果をそのまま採用。106年運転可能という関電の判断をそのまま容認。
- ◆LOCA試験も、厳しい米国IEEEの基準でなく緩いJIS規格の合格だけで判断（JISでは1.5kV・1分、IEEEでは2.6kV・5分）。
- ◆もし事故で絶縁低下が起これば、事故状況の把握も制御もできないという恐ろしい事態に陥る可能性がある。
しかし、事故時に絶縁性がどうなるか、把握できていない。
- ◆40年超えの運転自体が異常なのに、このような規制なしの老朽運転が許されていていいはずがない。