

平成23年 6月 3日
独立行政法人
日本原子力研究開発機構
敦賀本部

高速増殖原型炉もんじゅ
非常用ディーゼル発電機C号機シリンダライナーのひび割れ
に係る原因と対策について

高速増殖原型炉もんじゅ（定格出力28.0万kW）では、設備点検中の平成22年12月28日10時31分からディーゼル発電機*¹C号機の点検における負荷試験を行っていたところ、10時52分頃、異音があり、シリンダ部からの排ガスの漏えいを確認するとともに、10時55分頃、No.8シリンダのシリンダライナー*²部にひび割れを確認しました。このため、10時56分に当該ディーゼル発電機を停止しました。

ディーゼル発電機はA、B号機が自動待機中*³であり、他の設備に影響はなく、環境への影響もありません。

【平成22年12月28日 お知らせ済み】

その後、現地ならびに工場での状況調査及び原因調査を実施するとともに、点検を行った作業員からの聞き取り調査なども実施してきました。これらの結果、原因については、シリンダライナーを取り外す際に、油圧計を取り付けず、油圧管理を適切に行わなかったことから、シリンダライナーに過大な応力をかけたことにより、ひび割れが発生し、破損に至ったと推定しています。

また、調査の過程で一部シリンダライナーの材料強度の低下が確認されましたが、これはシリンダライナーの製造時に材料に鉛成分が混入したことにより、鑄造過程で、材料強度が低下したものと推定しています。なお、今回確認された材料強度が低下したシリンダライナーであっても、適切な油圧管理にて作業を行うことにより、初期のひび割れが生じるような過大な応力が発生しないことを確認しています。

このことから、今回のひび割れ発生に対する再発防止対策を検討するとともに、これらの結果を取りまとめ、本日、原子力安全・保安院に報告しましたので、お知らせいたします。

- *1：外部電源が喪失した際に、プラントを安全に停止するために必要な機器に電源を供給する設備。
- *2：ディーゼル機関の燃焼室を形成する筒状の部品。
- *3：原子炉停止中、非常用ディーゼル発電機が2台動作可能であることが求められている。

添付資料：非常用ディーゼル発電機C号機シリンダライナーのひび割れに係る原因と対策について

以上

(原子力安全・保安院提出資料)

高速増殖原型炉研究開発センター（高速増殖原型炉もんじゅ原子炉施設）
非常用ディーゼル発電機C号機シリンダライナーのひび割れについて

非常用ディーゼル発電機C号機シリンダライナーのひび割れに係る 原因と対策について

平成22年12月28日に発生した非常用ディーゼル発電機C号機シリンダライナーのひび割れについて、状況調査及び原因調査を行い、原因と対策をとりまとめた。

1. 発生状況

高速増殖原型炉もんじゅ（以下「もんじゅ」という）は、平成22年10月1日より平成22・23年度設備点検を実施している。「もんじゅ」では3台ある非常用ディーゼル発電機（A、B、C号機）のうち、C号機については、11月18日から12月25日にかけて点検を行った。12月27日に点検後の無負荷運転試験を行い、12月28日には、ディーゼル発電機の発電能力を確認する負荷運転試験を行っていたところ、異音と排ガスの漏えいを確認するとともに、12台あるシリンダのうちNo.8シリンダのシリンダライナー*¹部のひび割れを確認したため、10時56分頃に非常用ディーゼル発電機C号機を停止した*²。

また、非常用ディーゼル発電機C号機は所定の機能を有していないと評価したことから、14時30分、法令報告事象に該当すると判断した。

* 1：シリンダライナー

ディーゼル機関のシリンダ内部に組み込まれている筒状の部品であり、ピストン、ピストンリングとの摺動面を形成している。

* 2：非常用ディーゼル発電機の保安規定の運転上の制限

低温停止中（250℃以下）は、非常用ディーゼル発電機が2台動作可能であることが求められている。今回、A及びBディーゼル発電機は健全であり、この要求事項を満足している。

2. 調査結果（添付図）

(1) シリンダライナーの詳細調査

- ・ ひび割れが確認されたシリンダライナー（No.8）を分解したところ、ライナーつば部とライナー本体間の全周に周方向のひび割れが発生し、分離していた。
- ・ さらに、ライナーつば部に13カ所の縦方向のひび割れが発生し、そのうち6カ所はひびが全面に達し、分離していた。
- ・ 破面観察を実施したところ、過大な応力が作用した際に現れる組織模様（ディンプル等）が確認された。
- ・ シリンダライナー（No.8）の材料強度を確認したところ、引張強さが低下していることが確認された。他のシリンダライナーについても確認したところ、11本中4本のシリンダライナーにおいて、引張強さが低下していることが確認された。
- ・ 引張強さが低下したシリンダライナーの組織観察を行ったところ、引張強さの低下の原因となる異常な黒鉛組織（ウィドマンステッテン黒鉛）が確認された。

3. 推定原因

(1) ひび割れが発生した推定原因

- ・ シリンダライナーの点検作業に関する状況を確認したところ、取り外し作業の作業

要領書に油圧計の取り扱いが明確になっておらず、適切な油圧管理を行うことができなかった。

- ・実際の作業状況を確認したところ、油圧計を取り付けずに作業を行い、作業員間の油圧に係る合図が遅れ、圧力をかけ続けたことが確認された。
- ・このことから、シリンダライナー部に過大な応力がかかり、シリンダライナー（No. 8）の最小破断応力を超えたため、ライナーつば部とライナー本体間に初期のひび割れが発生した。
- ・その後、組み立て時の締め付けにより発生する応力や、試験運転時の熱及び圧力により発生する応力によりひび割れが進展し、シリンダライナーの破損に至ったと推定した。

（2）材料強度の低下が発生した推定原因

- ・シリンダライナーの材料分析を行ったところ、引張強さの低下の原因の1つとなる鉛成分が含まれていることが確認された。
- ・シリンダライナー製造メーカーにおいて、材料に鉛が混入した原因について調査を行ったところ、製造メーカーにおける材料調達において、リサイクル材（鋼屑）の一部に鉛が含まれていたことが確認された。
- ・このことから、材料の強度低下が発生した原因は、シリンダライナー製造時、材料の一つであるリサイクル材に鉛成分が混入したことにより、製造中の鑄造過程で引張強さの低下の原因となる異常な黒鉛組織が発生したためと推定した。
- ・鉛成分が混入した可能性があるシリンダライナーは、リサイクル材の購入業者の履歴から、1987年（昭和62年）2月～1989年（平成元年）5月に製造されたものと特定した。
- ・なお、ひび割れが発生した原因との関係については、最も材料強度が低下しているシリンダライナーであっても、適切な油圧管理を行っていれば、初期のひび割れが生じるような過大な応力は発生しないこと、適切な油圧管理が行われずに過大な応力がかけられた場合、材料強度には関係なく初期のひび割れが発生することを確認した。

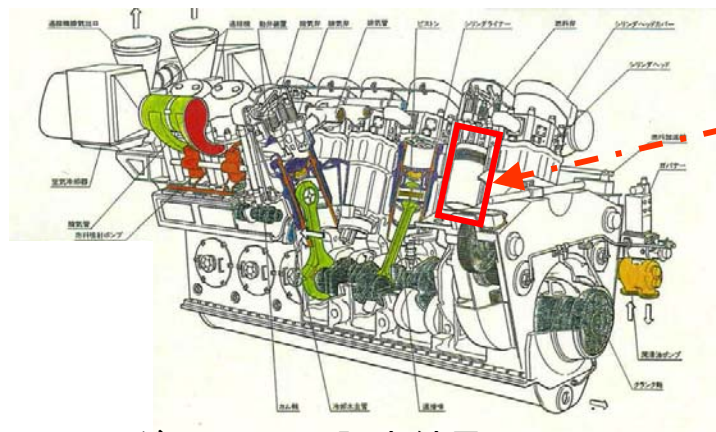
4. 対策

- ・非常用ディーゼル発電機C号機のシリンダライナー（12個）については、全てを新品に交換する。
- ・シリンダライナー点検作業の作業要領書に、手順や油圧計の取り付けを明記し、油圧値を記録することにより、シリンダライナーに過大な圧力をかけないように適切な油圧管理を行う。
- ・なお、今後、非常用ディーゼル発電機A、B号機のシリンダライナーの超音波速度（引張強さと相関がある）を順次測定し、引張り強さが低いものについては、新品に交換する。

以 上

「もんじゅ」非常用ディーゼル発電機C号機シリンダライナーひび割れについて

1. 発生箇所の概要



ひび割れが確認されたNo.8シリンダ部

12	11	10	9	8	7
6	5	4	3	2	1

発電機

（ディーゼル機関を上から見た平面図。
数字は、シリンダNo.を表す。）

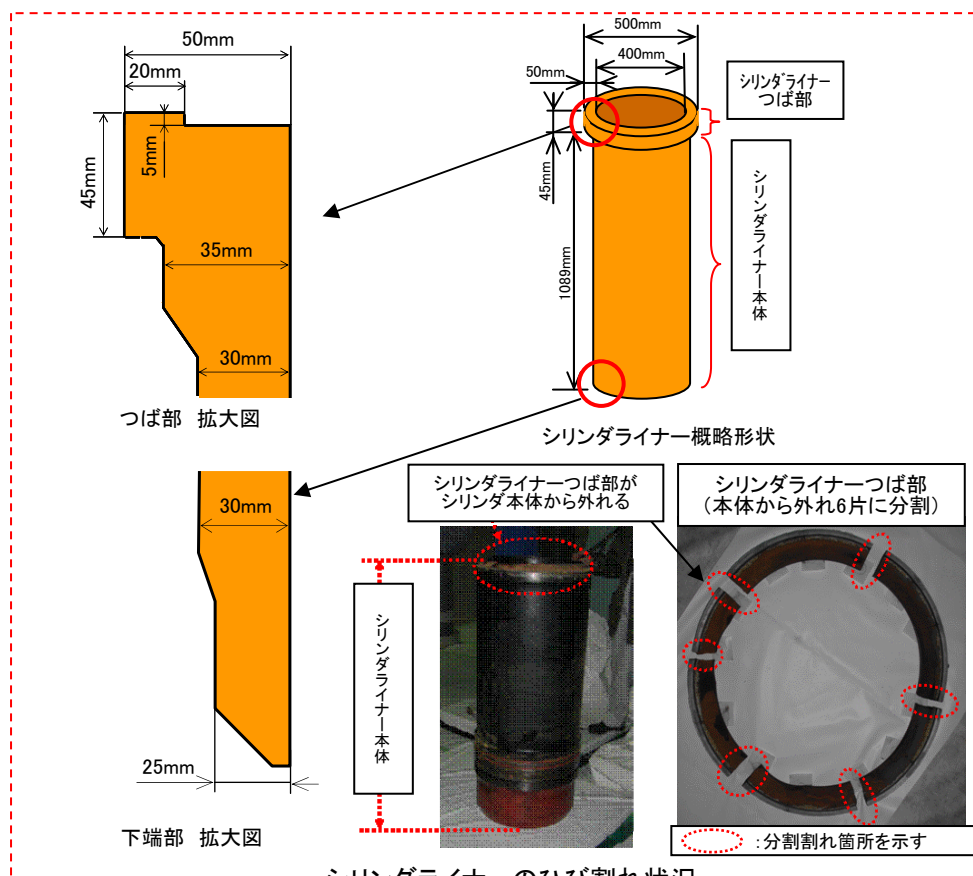
【非常用ディーゼル発電機C号機の仕様】

- ・出力: 4250kW(12気筒)
- ・全長: 約11m ・全高: 約3m ・全幅: 約3m

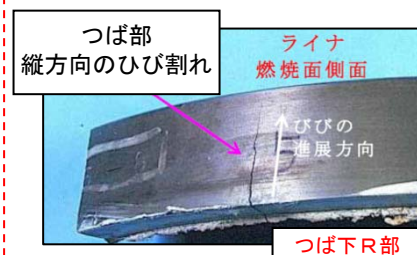
2. シリンダライナーの調査結果

(1) シリンダライナーのひび割れ状況

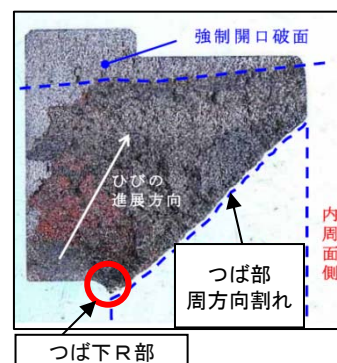
No.8シリンダライナーを分解し確認した結果、13箇所縦方向のひび割れが確認され、そのうち6箇所はひび割れが貫通していた。また、つば部に周方向の貫通ひび割れを確認した。



シリンダライナーのひび割れ状況



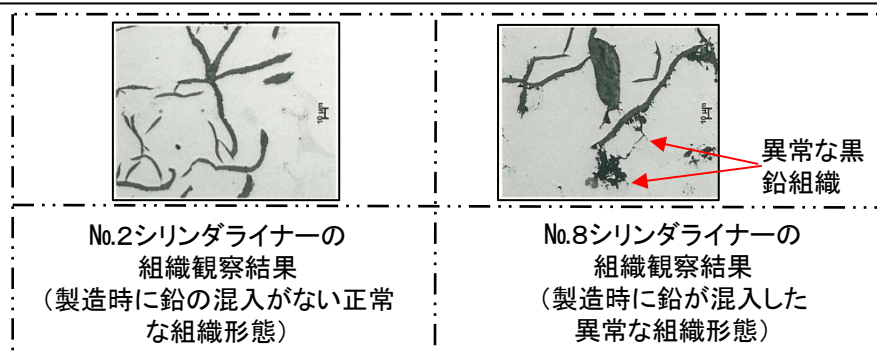
・シリンダライナーつば部外周面外観



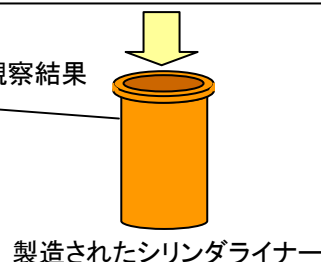
・周方向ひびの破面外観

(2) シリンダライナーの組織観察結果

調査の過程で一部のシリンダライナーの引張り強さの低下が確認されたため、組織観察を行った結果、シリンダライナー製造時に原材料へ鉛が混入したことによる、異常な黒鉛組織を確認した。



観察結果

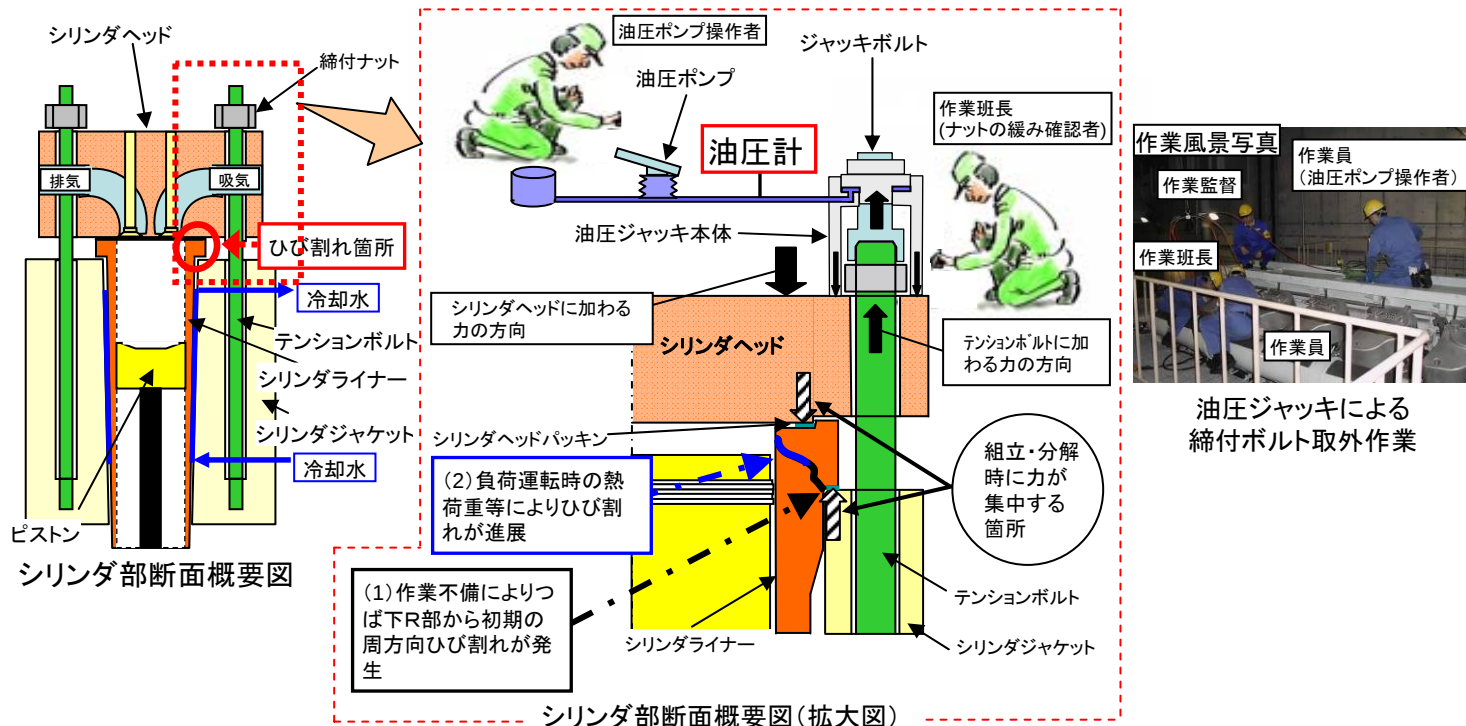


製造されたシリンダライナー

3. 推定原因

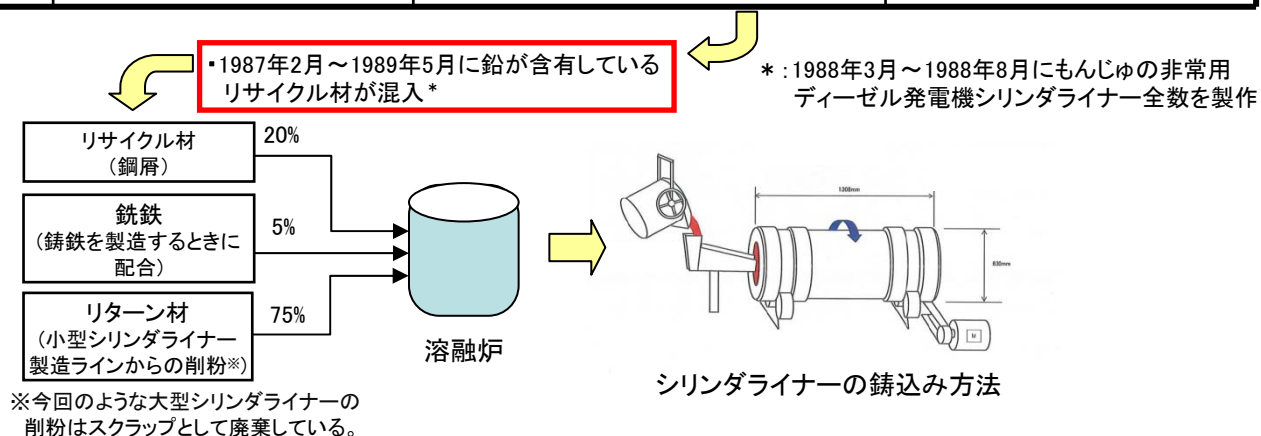
- ・作業要領書に油圧ジャッキ等の取扱いが明確でなかったため、油圧管理を適切にできなかった。
- ・油圧計を取付けずに作業を行い、作業員間の油圧に係る合図が遅れ、圧力をかけ続けたことから過大な応力がかかり、シリンダライナーの最小破断応力を超えたため、周方向のひび割れが発生した。
- ・組立時の締付け応力や負荷運転時の熱荷重等によって割れが進展し、シリンダライナーの破損に至った。
- ・シリンダライナー引張強さの低下の原因は、製造時に材料の一つであるリサイクル材に鉛成分が混入したことにより、製造中の casting 過程で異常な黒鉛組織が発生したことである。
- ・また、調査の結果、鉛混入による引張強さの低下が確認されたが、適切な油圧管理を行うことにより、ひび割れは発生しないことを確認している。

(1) 作業不備によりシリンダライナーにひび割れが発生



(2) シリンダライナー製造時における鉛混入期間の特定(調査結果)

取引期間	1971年～1985年4月	1985年5月～1989年5月	1989年6月～2000年5月
リサイクル材納入状況	納入会社を調査した結果、鉛成分は含まれていないことを確認。	納入会社の1社について、鉛成分を含んだ鋼を取り扱っており、その一部がリサイクル材に含まれていることが判明。	納入会社を調査した結果、鉛成分は含まれていないことを確認。



4. 対策

- ・C号機はひび割れたNo.8シリンダライナーの他、12個全て新品に交換する。
- ・作業要領書に油圧ジャッキ等の作業手順を定め、油圧計の指示値を確認するように定めた。
- ・A、B号機のシリンダライナーは、超音波速度(鉛が混入した場合に発生する異常な黒鉛組織の有無が確認できる)を測定し、強度が低いものについては、新品と交換する。