

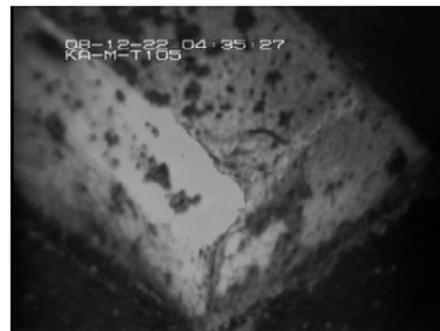
1. 事象

- ・ガラス溶融炉（A系列）において、かくはん棒の曲がり確認されたことを受け、かくはん操作等を行っている際にガラス溶融炉内部に損傷を与えた可能性が考えられたことから、ガラス溶融炉内の観察を実施し、天井レンガの一部が損傷していることが確認された。
- ・レンガ損傷の原因については、損傷したレンガの状態及び炉内の詳細観察を行う必要があることから、今後実施するガラス溶融炉の熱上げ作業、炉内の損傷したレンガの回収作業の結果等をもとに取り纏める。

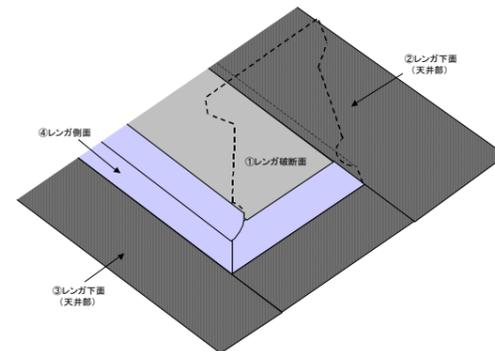
2. 天井レンガの一部損傷に関する原因究明および対策

（1）原因調査

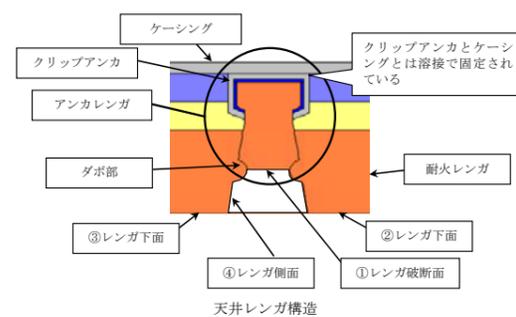
- ・天井レンガの一部が損傷したことに対して、①設計の観点（材料・構造）、②製造の観点、③使用環境、④外力負荷発生観点で原因調査を実施
- ・損傷したアンカレンガにおいては、化学試験時の間接加熱装置温度が急に变化したケース（降温）の場合に最も大きな応力が発生していることが解析により確認された。また、最大応力発生部位は、ダボ部であることを確認
- ・損傷したレンガと同一の材料で試験片を作成して曲げ強度試験を行い、金属のようにある一定の許容応力をもっているものではなく、その強度に非常に大きな広がりをもっているものであることが確認され、本試験結果を統計的に考えた場合、熱応力解析結果で確認された3.4MPaという応力でレンガに損傷が発生する可能性があるとして推定。また、間接加熱装置の降温の繰り返しに伴いレンガの損傷が繰り返し発生し、最終的に脱落に至ったと推定
- ・このことから、現段階においては、天井レンガ損傷の主要因は、過去に実施した間接加熱装置の温度低下時に発生した熱応力の可能性が高く、当社のガラス溶融炉特有の構造及び運転や、インターロックによる停止の影響が大きかったと推定



観察結果

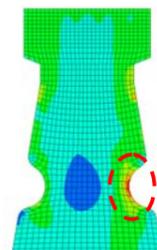


イメージ図



天井レンガ構造

アンカレンガ損傷状況



アンカレンガダボ部で確認された熱応力

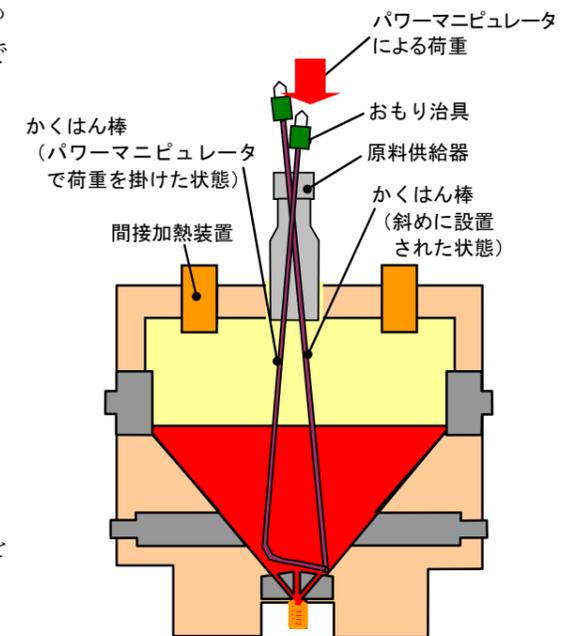
（2）対策

- ・今後の原因究明等に必要なガラス溶融炉の熱上げ等においては、可能な限り間接加熱装置による温度の低下速度を小さくすることによりレンガに発生する応力が小さくなる運転を実施する。
 - ・温度低下速度は、発生応力が十分に小さくなる値として10℃/10分程度とする。これにより、天井レンガに発生する応力が小さくなり、新たにレンガの損傷が発生する可能性を低く抑えることができる。
- なお、最終的な原因究明結果及び対策については、炉内のガラスを抜き出した後の炉内観察結果を含めて最終報告書にて報告を行う。

3. かくはん棒の曲がりに関する原因調査及び対策

（1）原因調査

- ・かくはん棒が曲がったことに対して、①設計、製造の観点、②使用前の棒の強度低下の観点（使用前の棒の状態）、③使用中の棒の強度低下の観点（使用中の温度など）、④荷重、荷重方向といった使用条件の観点で原因調査を実施
- ・棒が斜めになり、たわみが発生し、座屈荷重が小さくなった場合に、かくはん棒の上に設置したおもりの重さにパワーマニピュレータによる荷重を併せると座屈に至ることを解析により確認
- ・このことから、かくはん棒が斜めになった状態で上部からおもり治具及びパワーマニピュレータで過度の荷重を掛けたことで座屈荷重を超え、変形に至ったものと推定
- ・腐食については、曲がりが発生したかくはん棒（2号機）よりも使用時間が長いかくはん棒（1号機）の減肉量の観察を行ったところ一部分に若干の減肉が確認されたため、かくはん棒（2号機）についても減肉している可能性があり、これが曲がりの要因となった可能性がある
- ・今後、かくはん棒（2号機）についても減肉量の測定を行い、最終報告書の中で使用時間制限に関する評価を行う



（2）対策

- ・かくはん棒上部からのパワーマニピュレータによる荷重付加を行わないこととする。

4. 今後の原因究明等に必要な作業の内容、目的

①熱上げ、レンガの回収

- ・炉底部に落下していると推定されるレンガを回収
- ・ガラス溶融炉を熱上げし、炉内のガラスを溶融させた上で、ガラス溶融炉上部の開口から専用の治具（レンガ回収治具）を挿入して実施
- ・回収したレンガは、その個数の把握や外観等の観察を可能な限り行う

【作業時の想定事象】

- 炉内圧力が上昇した場合
 - ・圧力上昇が一時的ではなく、継続的に圧力が上昇するなどして作業継続困難な場合⇒シャットダウン

ンに移行

ii. レンガ回収治具が故障した場合

- ・別のレンガ回収治具に交換してレンガ回収
- ・レンガ回収治具シャフトの変形等によりレンガ回収治具の撤去が困難な場合
⇒流路が確保されていることが確認できている場合は、ガラスの抜き出し
⇒レンガの存在が否定できない場合及び回収治具の想定外の損傷等が確認された場合はシャットダウンに移行

iii. レンガが炉底傾斜面に存在するなどして回収できない場合

- ・炉内でレンガ回収治具を傾けて傾斜面のレンガ把持を試みる
- ・レンガが把持できない場合⇒流路が確保されたことを確認したうえでガラスの抜き出し

②ガラスの抜き出し

- ・流下速度低下が発生への対応として予め炉底かくはん装置（直棒）又は流下補助治具（かくはん棒（直棒）と類似の治具）をガラス溶融炉に設置

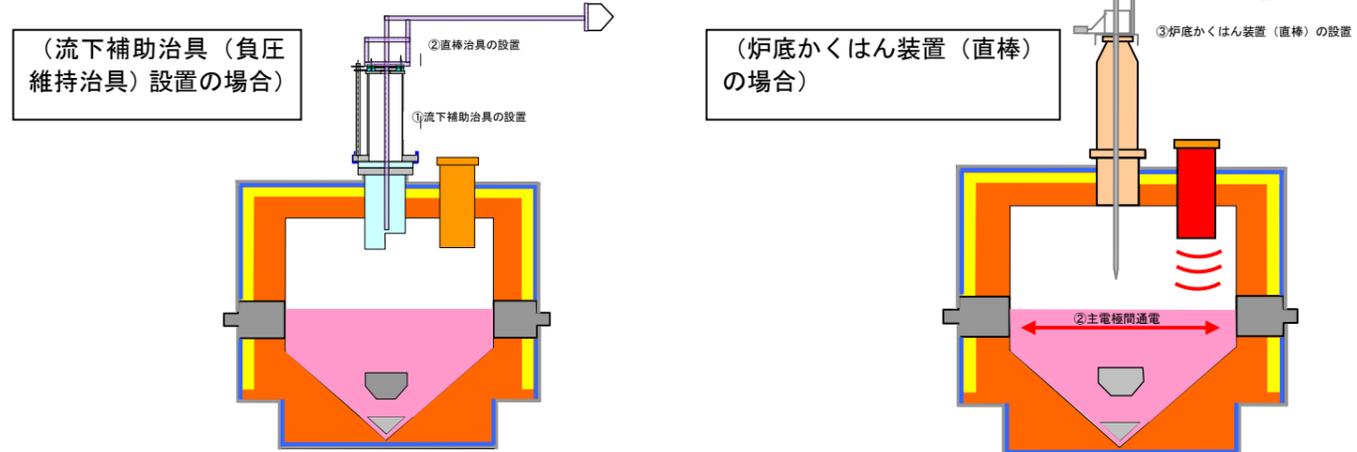
【作業時の想定事象】

- i. ガラス抜き出しを開始したが流下速度が上昇しない
 - ・予め手順に定められた制限に至った場合⇒流下を停止し、シャットダウンに移行
- ii. ガラス溶融炉内のガラス抜き出し中に、残留レンガ片等が流路に閉塞し、流下速度が低下した場合
 - ・大きく流下速度が低下し流下の継続が困難な場合
⇒必要に応じて炉底かくはん装置（直棒）又は流下補助治具（かくはん棒（直棒）と類似の治具）を炉内に挿入し、閉塞解除
⇒閉塞解除できない場合には、シャットダウンに移行

③炉内詳細観察

- ・炉内のガラスを抜き出し、放冷した後、炉内の観察を行う
- ・炉内に残留したガラスにより炉底部の観察が実施できない場合は、機械的にガラスを除去する装置を用いて残留ガラスを除去
- ・炉内観察は、かくはん棒による炉底部損傷の有無を確認するとともに、天井レンガ損傷の原因究明のため、炉内のガラスにより確認できなかった天井以外の他のレンガに損傷等がないことを確認

これらの調査の結果、炉底部の損傷が確認された場合や、天井レンガ損傷に対して熱応力の発生以外の要因が考えられる場合は、追加の原因究明を行い、対策を検討するものとする。



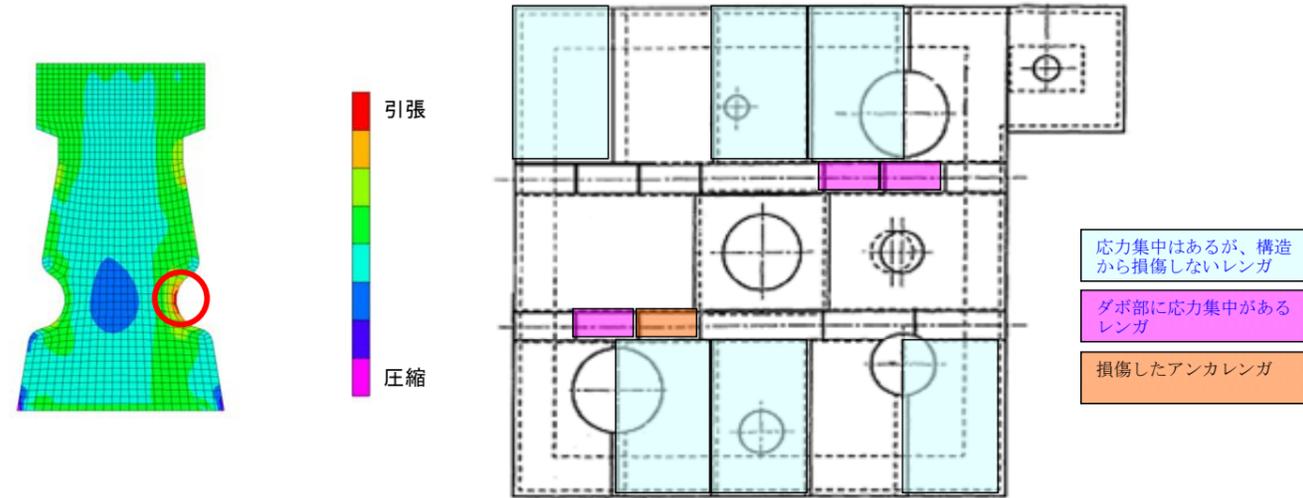
5. 今後実施する原因究明等に係る作業に対する安全性評価

(1) 現時点のガラス溶融炉Aに対する安全性評価

- ・今後の原因究明等を行うために必要な炉内ガラス抜き出しのための熱上げ操作が、天井レンガの一部が損傷している状態で安全に実施できることについて、①ガラス溶融炉の強度及び耐震性、②高レベル廃液ガラス固化建屋内の放射線しゃへい性能、③ガラス溶融炉の閉じ込めの機能、④かくはん操作によるガラス溶融炉底部及び炉内レンガに対する影響、⑤ガラス溶融側壁及び炉底部レンガの健全性、⑥電気設備の絶縁抵抗の回復状況の観点で評価を実施した。
- ・評価の結果、いずれの観点でも安全性に影響を及ぼすことがないことが確認された。

(2) さらにレンガが損傷した場合の影響評価

- ・今回損傷した天井レンガと同程度の応力が発生したと考えられるアンカレンガが現時点で損傷していないこと、曲げ強度試験結果による評価から、今回発生した事象は非常に稀なケースであり、今後同様の事象が発生する可能性は低いと考えられ、対策で述べた天井レンガの発生応力の低減を行うことにより、その可能性はさらに低くなる。
- ・今後の運転において損傷の可能性のある天井レンガは、一部のアンカレンガに限られ、天井レンガの損傷は限定的であり、安全に影響を与えるものではない。



(3) 原因究明のための運転に与える影響の評価

- ・仮に、間接加熱装置温度が急激に降下するなどして、再び天井レンガが損傷した場合、ガラスの抜き出し作業時の流下速度に影響が生じることが想定され、作業に影響が生じた場合は作業を一旦中断する。
- ・なお、原因究明のための運転中に間接加熱装置温度が急激に降下するような事象が発生した場合には、ガラス抜き出し作業後に行う炉内健全性の調査において、他の天井レンガに損傷が無いかをITVカメラを用いて観察する。

以上