

# 非金属材料の損傷機構判定評価人工知能(AI)に関する研究

## — 過学習に関する検討 —

日大生産工(院) ○宮路 瑠唯 日大生産工 三友 信夫  
ベストマテリア 松田 宏康 東工大院物質理工 久保内 昌敏

### 1. 緒言

我が国では、多くの化学プラントにおいて高経年化・老朽化が進んでいる<sup>1)</sup>。そのため、既存設備等の効率的かつ効果的な維持管理が求められている。化学プラントでは、材料として非金属材料も多く用いられているが、これら非金属材料の損傷機構は不明な点が多く、収集されているデータも少ないのが現状である。しかしながら、損傷を精度よく予測することが可能になれば、効率的かつ効果的な維持管理が可能になる。そのために、筆者らはAIの導入について検討を行っている<sup>2)</sup>。

本研究では、化学プラントで発生した非金属材料の損傷事例を取り上げ、決定木の階層ならびに過学習に着目し、検討を行った。

### 2. 方法

本研究では、前述の目的のためにAIの導入について検討を行った。AIとしては、前報<sup>2)</sup>と同様に決定木分析を用いた。決定木分析とは、教師データとして選択や分類を与え、樹形図を用いてデータを分類する手法である<sup>3)</sup>。決定木分析に用いる機械学習データとしては非金属材料劣化事例集<sup>4)</sup>と、樹脂ライニング皮膜の劣化診断指針 [改訂版]<sup>5)</sup>を使用した。これらの資料に掲載されたデータをAIでの分析に適したデータに加工(以下、データクレンジング)し、決定木分析を行った。プログラミング言語にはpython3を用い、決定木分析が実行可能であるオープンソース機械学習ライブラリscikit-learnを用いた。

### 3. 結果

前述の二つの事例集より141件の事例を用いて分析を行った。損傷機構を目的関数とし、前報<sup>2)</sup>と同様に、材料、機器、流体、温度、圧力等の18項目を明変数として設定(データクレンジング)した。損傷機構としては、表1の42種類を用いた。以上のデータをもとに、5層まで決定木分析を行った。この中で損傷機構

表1 損傷機構の一覧

損傷機構	件数	損傷機構	件数
分解	7	キャビテーション	1
膨潤	37	腐食	8
浸透	13	スキップ腐食	2
透過	1	酸衝撃	2
応力腐食割れ	2	ブリード	1
環境応力割れ	13	耐侯性不足	1
破壊	2	熱応力	3
クリープ	2	熱衝撃	3
クリープ破壊	1	熱膨張	1
疲労	3	熱硬化	1
剥離	2	硬化	1
亀裂	1	硬化不良	1
応力	1	脆化	1
応力集中	5	密着	1
過大応力	1	劣化	1
静電気	2	酸による劣化	1
座屈	1	オゾン劣化	2
衝撃	3	スルホン化	1
異常反応	1	錆の発生による応力	1
締付力不足	2	接着不良	5
スラリーエロージョン	4	施工不良	1

「浸透」の決定木分析による結果を図1に示す。全143件中13件が「浸透」の事例であり、ノード②～⑥が分類された「浸透」の事例である。構造の詳細について、図1中に示す。

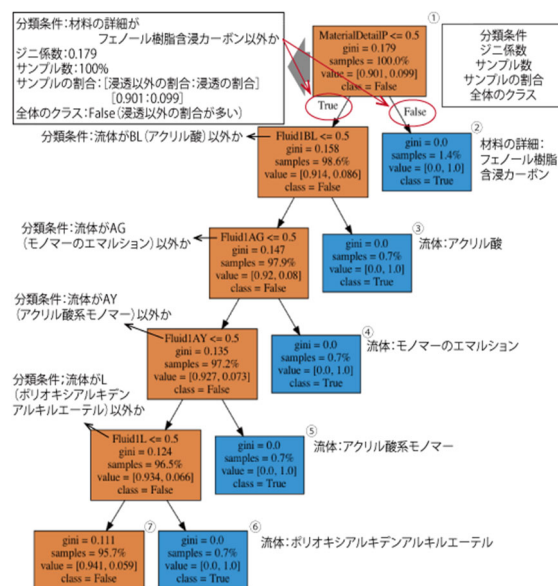


図1 損傷機構「浸透」の決定

### 4. 考察

今回得られた結果と決定木の階層について考察を行う。分類されたノードについて、該当

する事例を確認したところ、全ての事例において分析より得られた「分類条件」で分類されていることが確認された。このことから、決定木分析を行うことで、損傷機構を判断するための条件が抽出可能となることが確認できた。つまり、機器について必要な情報を入力することで、起こり得る損傷の予測が可能となると考えられる。また、ノード⑦には分類されなかった「浸透」の事例が7件残っている。そこで階層を増やし7件の事例をさらに分類できるかどうか検討を行った。

最終的に13層で残りの7件を含む全事例が分類された。しかしながら、この結果は過学習となる可能性があり、汎用性のある学習とはいえない。そこで、過学習についての検討が必要となる。

過学習の検討では、データを学習用データとテスト用データに分割する必要がある、代表的な手法として、Hold-out法、Cross Validation法、Leave One Out法が知られている。本研究ではデータ数が多くないことから、データ数が少ない場合に用いられるLeave One Out法を用いて検討を行った。

Leave One Out法とは、一つを除いた全てのデータで学習を行い、除いた一つでテストすることをデータ数分繰り返す手法で、精度を用いて評価を行う、学習データで学習した内容で、テストデータが正しく分類できれば精度が1となり、精度が1に近いほど、過学習ではないことを意味する。実際にLeave One Out法を行った結果について次に示す。

本研究で取り上げた「浸透」の決定木での精度は、3層の場合が0.923、5層が0.903、10層が0.899、13層が0.879となり、どの階層においても精度が高い結果となった。これは「浸透以外」の事例が全事例の約90%を占めており、テストデータとして事例が1件取り除かれたとしても十分な学習ができることが理由であると考えられる。そのため、「浸透以外」の事例は誤って分類されにくく、全事例の約10%と少ない「浸透」の事例が誤って分類された場合でも、全体としては高い精度になっていると考えられる。しかしながら、この決定木は「浸透」と「浸透以外」の分類であり、「浸透以外」には浸透を除く41の損傷機構が含まれている。Leave One Out法の結果においては、「浸透」と「浸透以外」の分類は精度良く行われているが、「浸透以外」の中の41の損傷機構が正しく分類されているかどうかの判断はできない。そこで、「浸透以外」の損傷機構を考慮した検討の必要がある。そのため、「浸透」「浸透以外」

のような2分類ではなく、全損傷事例について、全ての損傷機構による分類(42分類)を行った。この決定木において、前述の「浸透」の決定木の場合と同様にLeave One Out法を行った。得られた精度は、3層の場合が0.237、5層が0.255、10層が0.280、13層が0.219となった。「浸透」の決定木と比較すると、明らかに精度が低いことが分かる。これは、損傷機構の中には件数が1, 2件と少ないものが多く存在することが原因の一つであると考えられる。そのために、テストデータとして事例が1件取り除かれてしまうと十分な学習ができず、正しく分類できない可能性があると考えられる。その結果、低い精度になったと考えられる。

以上のことから、過学習の検討については、現状では未だデータ数が少ないことから困難であると考えられる。そのため、データの追加や精査を行う必要がある。過学習に関する検討が可能になれば、最適な解析の層の深さを得ることができると考えられる。

## 5. 結言

本研究では、非金属材料の損傷を対象として、損傷機構を判定・評価するために決定木分析を行った。その結果、損傷機構を判断するための条件の抽出や、起こり得る損傷の予測等が可能になると考えられる。

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業の結果得られたものである。

## 参考文献

- 1) 一般財団法人エンジニアリング協会, プラントの高度メンテナンス, <https://www.ena.or.jp/research/plant-maintenance>, (参照2021-10-13)
- 2) 宮路瑠唯, 三友信夫, 松田宏康, 久保内昌敏, 耐食FRPなど化学プラントで用いられる有機材料の損傷機構判定評価のための人工知能(AI)に関する研究, 強化プラスチック, No.4 (2021) pp.127-128.
- 3) 総務省, ICTスキル総合習得教材, [https://www.soumu.go.jp/ict\\_skill/pdf/ict\\_skill\\_3\\_5.pdf](https://www.soumu.go.jp/ict_skill/pdf/ict_skill_3_5.pdf), (参照2021-10-13)
- 4) 社団法人化学工学会 化学装置材料委員会 有機材料分科会, 非金属材料劣化事例集(2006).
- 5) 樹脂ライニング工業会, <樹脂皮膜耐食技術者 必携の書> 樹脂ライニング皮膜の劣化診断指針 [改訂版] (2009).