

## 【研究報告】

## ごみ焼却施設の寿命評価手法の研究

A Study on Estimation for Life of MSW Incinerator

大塚康治\*、藤吉秀昭\*、高岡昌輝\*\*

Koji OTSUKA\*, Hideaki FUJIYOSHI\* and Masaki TAKAOKA\*\*

キーワード：ごみ焼却施設、補修度数、寿命

## 1. 研究目的

一般にごみ焼却施設は15年程度が寿命であると言われていたが、箇々に見ると10年程度の施設もあれば30年近く存続稼働している施設もある。施設寿命は機器部品等の寿命いわゆる物理的寿命で決まるものではなく、経済的要因や社会的要因によって決定されるケースが多い。そのため施設寿命には大きな幅がある。しかしながら、廃炉の経済的、社会的要請が有っても、物理的状态が良好で有ればすぐさま廃炉というわけには行かない。

したがって、廃棄物処理施設（焼却処理施設）の寿命はどの程度と考えるのが妥当か、社会的経済的な要請を受けて廃炉を結論づけ得るような設備の物理的状态とはどのようなものかという疑問・質問に答えることは、廃棄物処理施設を合理的に管理して行くに当たっては極めて重要である。

本研究は機械部品の寿命評価手法をごみ処理施設に適用し、設備部品の整備状況のライフサイクルにおける変化と施設の寿命を関連づけ上記の課題に答えようとするものである。

## 2. 研究方法

ごみ焼却施設は数十万にのぼる部品により構成されていると言われていたが、これらの部品の故障頻度から寿命を推定する方法が考えられる。このような方法は非修理系の設備では理論的にワイブル分布等を前提

として寿命分布の特性を明らかにする試みがなされている。しかし、ごみ焼却施設の場合、基本的には修理系であり、修理により全体寿命は永遠であり得る。すなわち施設のモデルとしては「部品交換と改良により寿命はつきない設備」とする必要がある。加えて極めて消耗度の高い設備とそうでない設備の差が大きいこと、交換補修に日数等を要し補修の困難性が高い故障とそうでない故障等が混在している。

このような設備の故障頻度と寿命とはどのような関係になるのか。寿命はつきないのであるが社会的経済的寿命の基礎となる物理的補修度数はライフサイクルを通じてどのように変化していくかを明らかにすることがこの課題に答えるためには有効と考えられる。

そこで、ごみ焼却施設の寿命に関する既存の調査結果を参考として、施設寿命の実態、補修点検の実態を把握するとともに寿命に関する統計学的解析事例を参考にして寿命の統計学的推定手法を検討した。

今回の調査で用いたデータは以下のとおりである。

「ごみ処理施設の長寿命化技術開発：

平成7年度、平成8年度調査における

自治体アンケート調査結果」

(廃棄物研究財団)

調査項目：竣工後の経過年数毎の各設備の保全内容、保全整備費、その詳細内容（交換部品と頻度、定期的補修箇所と補修頻度等）、建設費、実焼却量、稼働時間

対象施設：87施設

回答施設：55施設（回収率63.2%）

本研究は、当センターの研究奨励金（平成9年度）により実施した。

\* (財) 日本環境衛生センター東日本支局環境工学部  
Dept. of Environmental Engineering, East Branch, JESC.

\*\* 京都大学大学院工学研究科環境工学専攻  
Graduate School of Engineering, Kyoto University

## 2.1 補修記録にもとづく経年的補修度数の推定

日常整備点検記録から部品交換、補修、改良、改造等の頻度をカウントしこれら質の異なる故障現象を補修度数として同質化する。ごみ処理施設の長寿寿命化技術開発委員会<sup>1)</sup>が行ったFMEA（故障モードと影響解析, Failure Mode and Effect Analysis）の手法を用い各種補修行為の定量化を行った。補修モード別の定量化に当たっては以下の重みづけを行った。

表2.1 補修モードの重み係数

補修モード	係数
部品交換	1
補修	3
改良	6
改造	9

## 2.2 補修度数の経年的変化パターンの類型化

回答のあった施設のうち経過年数が14年以上の20施設について補修度数の経年変化パターンを作成し、変化パターンの類似したものを集めてグループ化することにより、パターンの基本類型を設定した。

## 2.3 補修度数割合の経年的推移と平均寿命：

ワイブル曲線の当てはめ

各グループにおいて設定（15年及び20年）した経過年数までの補修度数の総合計を求め、この度数を100%として各年度の補修度数の割合の推移をワイブル確率紙上にプロットし、ワイブル分布への適合度を検討した。適合するものについてはその形状母数、平均、分散、平均寿命等を求めた。

## 3. 研究結果

### 3.1 既存調査結果<sup>1)2)</sup>

技術開発委員会の研究<sup>1)</sup>によると、廃炉データよりごみ焼却炉の寿命はワイブル分布への適合度が高く、平均寿命15.7年と推定された。累計保全費は建設後10年間はほぼ一定で増加し、建設費の約40%以下になる。また、ごみ1トン当たりの補修費は10年後でボイラ炉で3,000円未満、その他では5,000円未満であった。

また、補修データについてワイブル分布を適用したところごみ焼却施設全体の寿命は19.2年、保全重要設備の最小寿命が施設の平均寿命と考えた場合の最小寿命系の場合は16.4年と推定された。

### 3.2 補修度数の変化パターン

変化パターンは箇々に多くのバリエーションがあるが、大きく3つのタイプに分けることができた。

第1グループ：補修度数が単調に増加する単調増加型

第2グループ：補修度数が一定期間固定して推移するプラトー型

第3グループ：補修度数が一定期間低割合で推移し、その後急激に増加するピーク型

各グループの補修パターンは図3.1～図3.3のとおりである。

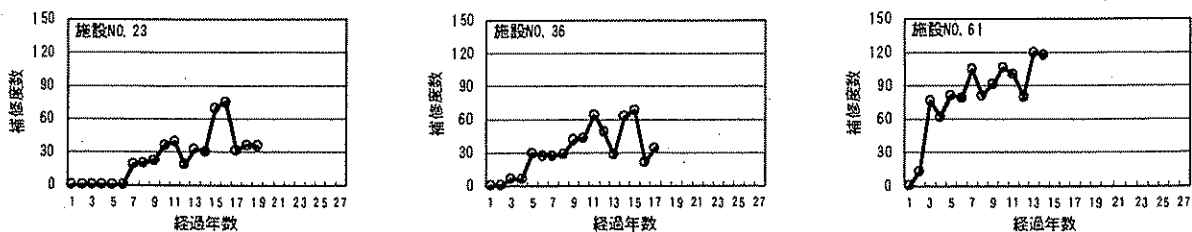


図3.1 第1グループに分類された補修パターン

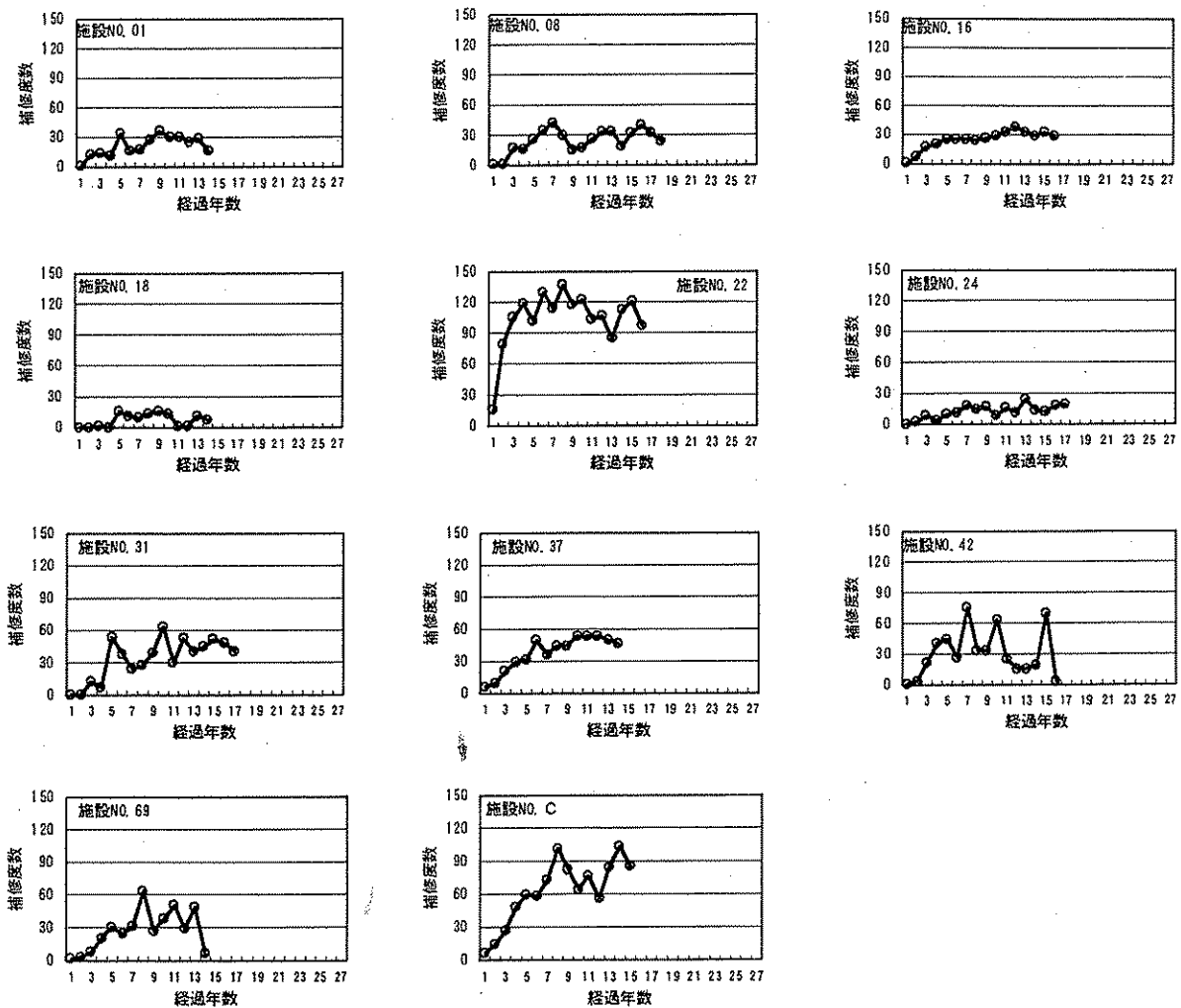


図3.2 第2グループに分類された補修パターン

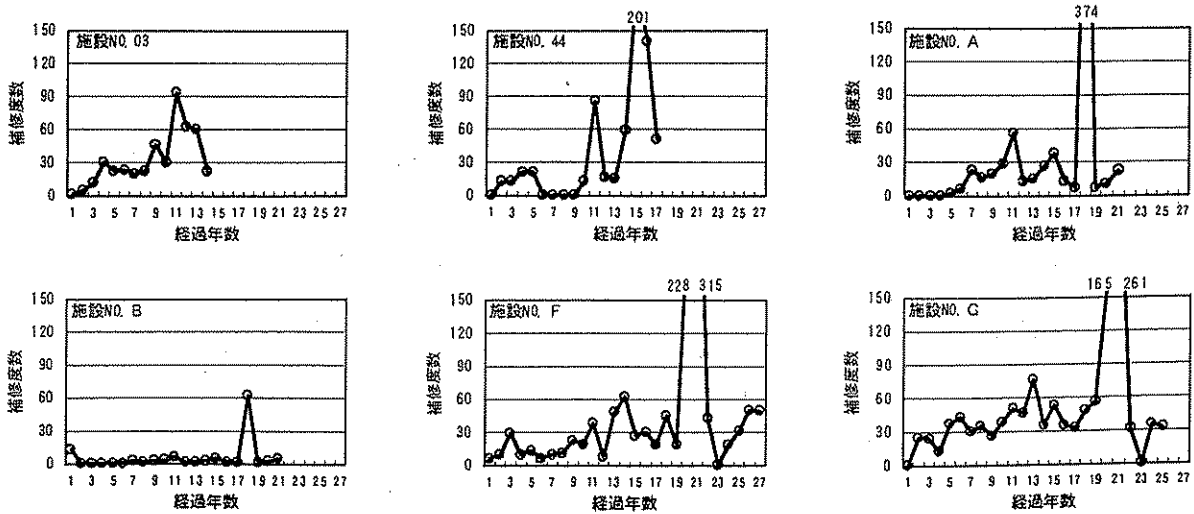


図3.3 第3グループに分類された補修パターン

3.3 15年間の累積度数を100%としたときの各年の補修度数割合の推移

15年を寿命と見たときの平均補修割合の推移は図3.4~図3.6のとおりである。

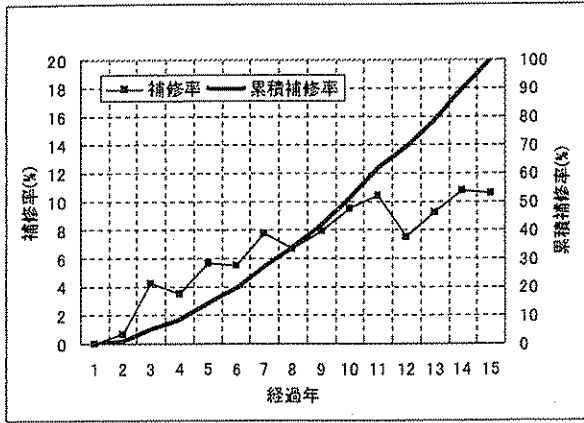


図3.4 第1グループの平均補修率 (15年)

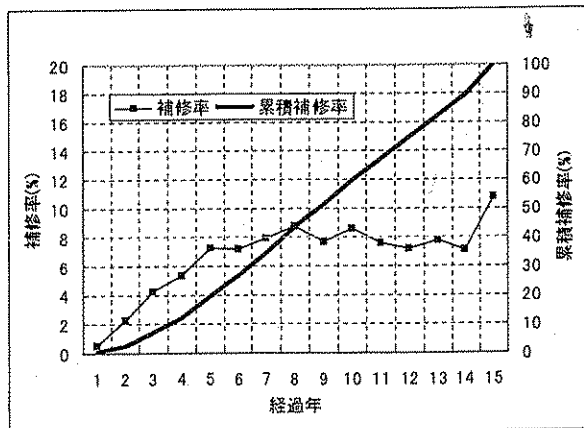


図3.5 第2グループの平均補修率 (15年)

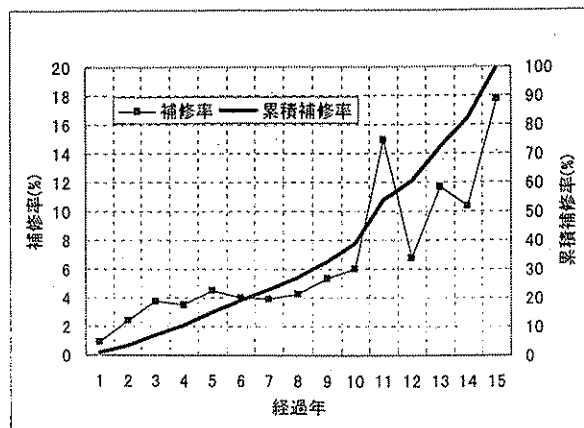


図3.6 第3グループの平均補修率 (15年)

各グループは以下のように特徴づけることができる。

- 単調増加型：  
一定補修度数になるまでが長い、設計上・維持管理上の問題があり得る
- プラトー型：  
補修度数が一定し計画保全、予算措置がしやすい
- ピーク型：  
後半7年以後に大きなつげが来るそれ以降はいつでも廃棄可能

一般にプラントの故障確率はバスタブ曲線を描くと言われている。すなわち稼働開始初期には設計上・施工上のミスから多くの故障が発生する。しかしこれらの故障は保証期間内に出現することが多く、施工メーカーの責任で補修が行われるため記録に残らない場合が多い。その後安定期に入り一定の故障割合で推移する。この期間をなるべく長く維持することが施設寿命を長くすることにつながる。しかしながら箇々の部品の寿命等により一定期間後故障率は上昇していく。

本解析によるとこれに近いパターンは第3グループ、すなわちピーク型として現れている。しかも後半摩耗故障期の故障率の上昇が極めて高く、ここを寿命と考えた方が経済的となりうるパターンである。

これに対して第2グループ(プラトー型)は安定期に一定の故障率で推移するが全体に高い故障率となっている。これは予防保全的対応の結果と考えられる。すなわち故障率と言うより予防保全的な補修を行うため補修頻度が高くなっているが、プラントの信頼率は高くなる。しかし、経済性から考えると改善の余地があるパターンである。単調増加型では設計上、使用材質上、運転管理上の課題があり得るものと考えられる。したがって基本パターンとしてはプラトー型とピーク型になる。

各パターンをワイブル分布に当てはめると、プラトー型が適合し、各種母数から算出した平均寿命は10.6年となった。ワイブル分布の適用状況は図3.7のとおりである。この平均寿命とは部品全体の平均的寿命であるため、15年間の補修度数全体の平均(50%点)とすることができる。

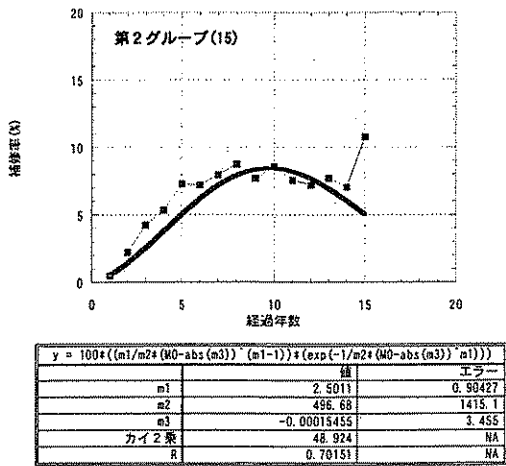


図3.7 第2グループのワイブル分布の適用 (15年)

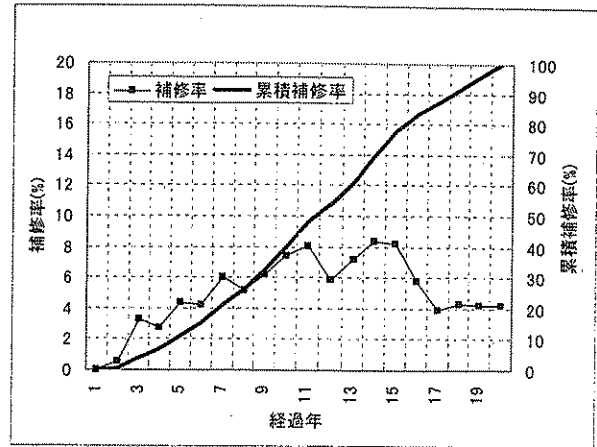


図3.8 第1グループの平均補修比率 (20年)

### 3.4 20年累積を100%とした補修度数割合の経年変化

20年を寿命として維持管理することを目指す場合の各年度の補修度数の分布を同様に求めると図3.8~図3.10のとおりとなる。20年間の実績を示す施設が少ないことから少数の例を参考に類推したり、2年分そのまま外挿したりして求めた。

第1グループ(単調増加型)と第2グループ(プラトー型)では15年から20年最終4半期に補修度数が減少していることが特徴的である。これは明らかに廃棄を意識して補修経費を節約した結果が現れたものと思われる。一方、14~15年に多少補修度数が高まるが、この補修によりさらに5年程度の寿命延伸が図られている例と見ることもできる。第3グループは15年を経過してますます補修頻度が高まるケースであり、前半の補修不足が後半にまわったことが顕著に現れている。これらに補修曲線を当てはめた結果は図3.13のとおりである。15年経過時の累積補修率は、第1及び第2グループでは概ね80%であるのに対し、第3グループは50%にとどまっている。

このような補修曲線の作成は計画的な補修のあり方の目標を定めるのに大変参考になるものと考えられる。

また、ごみ焼却施設においては第2グループのように一定期間安定的な補修度数を維持し、14~15年目程度で中規模の補修を行うことにより更に5年程度の寿命を延ばす方法が最も合理的であると考えられる。

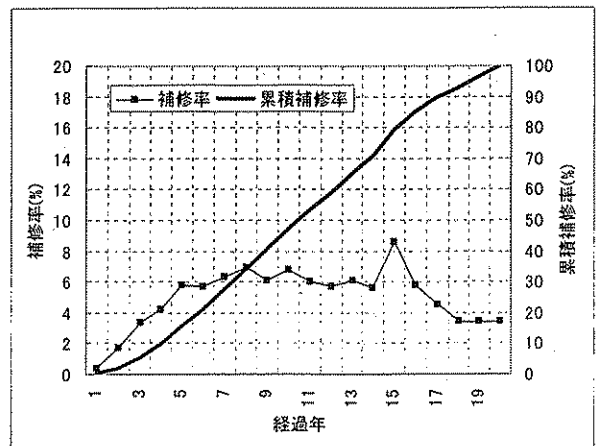


図3.9 第2グループの平均補修比率 (20年)

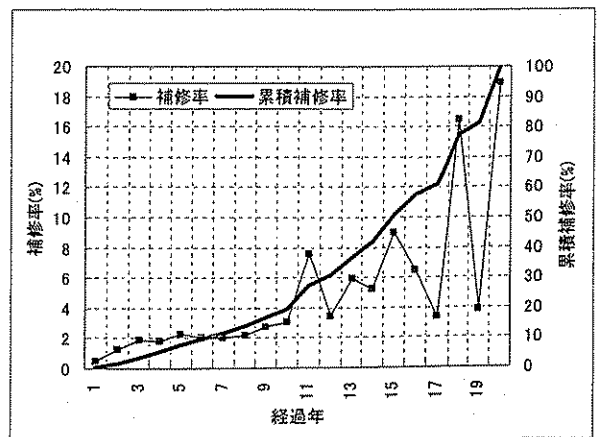


図3.10 第3グループの平均補修比率 (20年)

4. まとめ

今回の研究で以下の四点を明らかにした。

- ① 補修度数の経年的変化割合をパターン化し3つの基本パターンを示した。
- ② 3つの基本パターンのもつ保守整備上の特性を考察し、施設寿命延命への課題を示した。
- ③ 20年を寿命として目標を立てた際の保守整備計画立案に参考となる補修曲線を示した。
- ④ 合理的な計画補修のあり方としては第2グループ(プラトー型)が適切であると判断された。

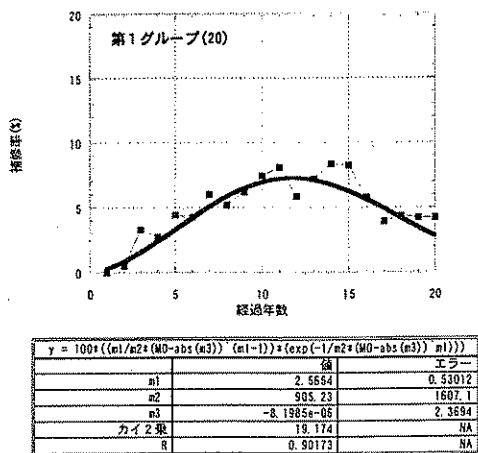


図3.11 第1グループのワイブル分布の適用 (20年)

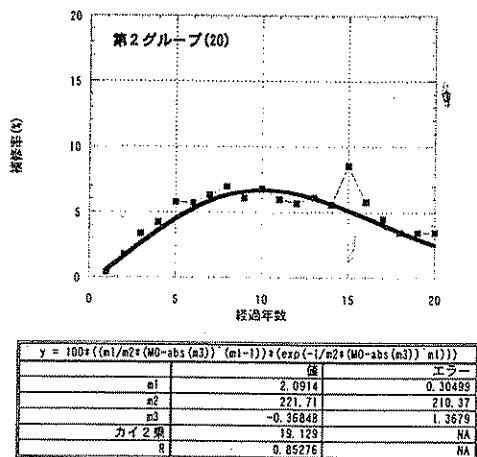


図3.12 第2グループのワイブル分布の適用 (20年)

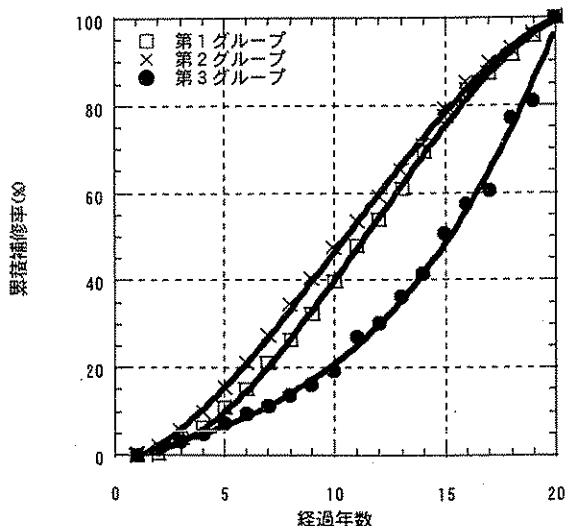


図3.13 各グループの補修曲線

5. 今後の課題

補修度数を求めるに当たり部品交換、補修等に重みをつけて補修モードの定量化を行っている。その重み付けの方法によって補修度数が異なるが、経年変化への寄与等の詳細な検討すること及び各グループ別の補修費の分布及びごみ1トン当たり補修費の違い等について詳細な検討を行うことで保守整備計画立案に参考となると考えられる。

参考文献

- 1) 厚生省生活衛生局水道環境部：ごみ処理施設の長寿命化技術開発平成8年度報告書, pp1-250
- 2) 高岡昌輝他：ごみ焼却施設の寿命の推定, 廃棄物学会論文誌, Vol. 9, No. 6, pp256-263
- 3) 室津義定他：システム信頼性工学, 共立出版, pp65-67(1996)
- 4) 古川俊之：寿命の数理, 朝倉書店, pp3-4(1996)