

京都大学工学部 正 員 平岡 正勝
大 成 建 設 正 員 友沢 孝
京都大学工学部 学生員 ○山本 攻

1. はじめに

廃水の高処理が要求されるにつれ、各種の単位操作の開発、改良が進められている。ところでこれら多種多様な装置を目的に応じてどのように選別、これをどのように組み合わせて処理プロセスを構成するの否、全体として最も経済的であるかを検討することが極めて重要な問題となってきた。しかし、この種の問題をシステムティックに求める手法はこれまで余り研究されておらず、本研究はその第一歩としてのものである。

2. 問題の定式化

まずはじめに、その一般的手順を要約しておく。

- 現在、実用化しうる可能性のある各種処理プラントを拾いあげる。
- それぞれの汚染除去性能を定量化する。
- それぞれの Operating Cost と Initial Cost を定量化する。
- 可能と思われる結合方式を出来るだけ広く設定する。
- 最適計算により、それぞれの単位操作の設計変数(規模)と操作変数(通水量, 通気量, 交換率 等.) の最適値探索をする。

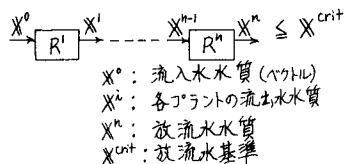


図-1 対象とするプラント結合系

このような手順によってプロセスの最適設計をおこなうわけであるが、その計算モデルを以下に述べる。

対象とするプラント結合系は、たとえば図-1 のようなものである。いま各プラントはすべて押出流れでありかつその水質変化速度は一次反応形で表現されるものとする、入口、出口の水質関係は、次式ようになる。

$$X^{i+1} = R^i X^i$$

ここで $R^i = \frac{X^{i+1}}{X^i}$ をプラントの水質変換マトリックスと名付けると対象システムの出口入口の水質関係式は次式によって与えられる。

$$X^n = R^n \cdot R^{n-1} \cdots R^1 \cdot X^0$$

これら $R^1 \cdots R^n$ の各マトリックスとしては X のそれぞれの要素の除去に対し他の要素は影響を与えないと仮定して次の形を与えた。

$$R^i = \begin{bmatrix} f_1(t^i, p^i) & & 0 \\ & f_2(t^i, p^i) & \\ 0 & & f_m(t^i, p^i) \end{bmatrix}$$

t^i は i 番目のプラントの滞留時間, p^i はそのプラントの各種パラメータ(操作変数)である。

評価関数としては、Initial Cost と Operating Cost とする。これらは一般に αV^B と表わされ、評価関数は、

$$J = \sum_{i=1}^n \alpha_i V_i^{P_i}$$

となる。

最適計算をおこなうに当り変数が多いので L.P. で最適化を試みる。そのためプロセス式及び評価関数を線型化する。プロセス式の対数をとると X の i 番目の要素については

$$\ln(X_i^{\text{out}}/X_i^0) \geq \sum_{j=1}^n f_i(t^j, p^j) \quad (i=1, 2, \cdots, m)$$

となる。また、評価関数も線型近似して

$$J = \sum_{i=1}^n (A^i t^i + B^i)$$

となる。これらのモデルを L.P. で解けば最適解が得られる。

3. 具体例

2.に述べた定式化を以下の具体例で考察してみる。プロセスは 図-2 のようなものを考える。これらの単位操作についてRを求めるわけであるが、1例として活性炭吸着をあげると次のようになった。

$$R = \begin{bmatrix} e^{-4.02t^6} & e^{-4.02t^6} & e^{-3.12t^6} & 0 \\ 0 & e^{-4.02t^6} & e^{-0.57t^6} & e^{-1.02t^6} \\ 0 & 0 & e^{-1.02t^6} & e^{-4.02t^6} \end{bmatrix}$$

また、評価関数については、表-1のような線型関数で与えた。L.P.の手法としては、双対シンプレックス法を用いた。最適化した結果の1例として、放流水基準の変化と、その時の各プラントのInitial Costとの関係を図-3にあげておく。この図によれば放流水基準が厳しくなれば、三次処理プラントの容量が多くなる事がわかる。しかし、この結果はプロセス式、コストモデルのとり方によって変化するものである(図-3の結果が現実的なものであるとはいえない)。

表-1 線形化コストモデル

単位装置	線形化の範囲 (hr)	Initial Cost (10 ³ \$)	Operating Cost (10 ³ \$/year)
最初沈殿池	0.0~7.0	12.0t ¹ + 5.0	1.2 t ¹ + 2.8
曝気槽	1.0~9.0	6.4t ² + 9.8	1.62 t ² + 6.1
最終沈殿池	0.0~7.0	13.8t ³ + 5.8	1.27 t ³ + 2.97
凝集沈殿池	1.0~9.0	29.3t ⁴ +16.0	0.633t ⁴ + 2.1
アンモニアストリッパ	0.1~0.9	66.9t ⁵ + 4.0	7.57 t ⁵ + 3.4
活性炭吸着塔	0.1~0.9	315. t ⁶ +84.	11. t ⁶ + 1.1

4. まとめ

本研究は、はじめに述べたようにこの種の問題を解くにあたってその手順を確立する目的で行なったものであり、具体例として挙げたものには種々の問題点が含まれている。例えば ① 状態変数(Σi)の選び方、② 評価関数の定式化、③ 他のプロセスとの比較の必要、等である。具体例では6つの状態変数を選んだが、この選び方については検討を加える必要がある。また、評価関数については、Initial Costの減価償却等を考慮に入れたプラントの稼働期間全体での評価関数へと改めていく必要がある。そして、問題点③に挙げたように、この種の問題の最終的な結果は、いろいろな組み合わせを比較して最適解を求めることであり、これを定式化することが今後の課題となると考える。

最後に、本研究を進めるにあたり、内藤正明助教授の御指導のあった事を記し、ここに感謝の意を表します。

<参考文献>

友沢 孝 “水処理プロセスの最適構成に関する研究”
京都大学衛生工学 修士論文, 昭48年3月

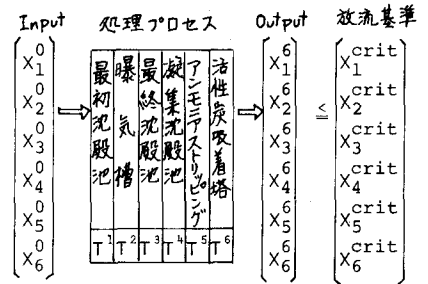


図-2 処理プラントの例

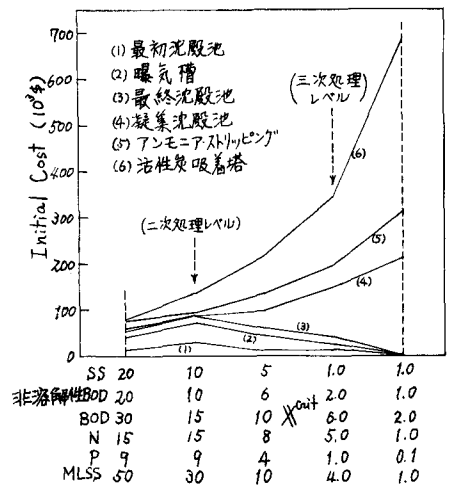


図-3 X^{crit}とInitial Cost およびその内訳