

改築の実態・需要の技術調査 及び解析業務

1. 背景及び目的

日本の近代的下水道は、欧米諸国に比べ歴史的に新しいといわれている。それでも、最初の下水道管渠である東京神田下水は、1884年（明治17年）に稼働して110年を経過している。また、最初の終末処理場である東京三河島処理場は、1892年（大正11年）に散水ろ床法で処理開始してから72年を経過している。この間には、戦中戦後の低迷期があったが、1963年（昭和38年）に始まり、第7次にわたる下水道整備5箇年計画に基づいて計画的な整備が進められた結果、1995年度（平成7年度）末の人口普及率は、54%¹⁾となり、21世紀初頭には90%になることが目標とされている。このことにより下水道施設のストック量は処理場1,118ヶ所²⁾、総管渠延長254,818km³⁾となっている。このストック量の増大は耐用年数に達する下水道施設が急速に増大することを示している。今後、維持管理や更新等に係わる費用が増大することは、明らかであり、改築を主とした予算運営に移行すると考えられ、長期にわたる維持管理・改築更新計画が必要となる。

そこで、下水処理場の維持管理・改築更新計画を作成するうえでの問題点を抽出し、その技術的な解決策を見出すため、改築に関する技術の開発を行う必要がある。

本調査は、下水処理場の改築に関する経済的判断手法の検討、下水処理場の建設コストの動向調査及び今後の下水処理場の改築に関する需要量の推定を算定することを目的として、平成5～8年度にかけて、調査を行っている。

平成5～7年度に検討した項目を以下に示す。

- ① 下水処理場の改築に関する実態調査⁴⁾（平成5～6年度）
- ② 下水処理場の改築に関するケーススタディ⁵⁾（平成6年度）
- ③ 下水処理場の改築に関する経済的判断手法の検討⁶⁾（平成6～7年度）

平成8年度は、下水処理場の改築に関する経済的評価方法について検討すると共に、将来の下水処理場の改築に関する需要量の予測を行った。

2. 調査項目

平成8年度における調査項目を以下に示す。

- (1) B下水処理場の費用実績調査及び、ライフサイクルコスト（以下、LCCと略す）の適用
- (2) 下水処理場のLCCを算定するうえでの蓄積すべきデータ項目（費用分類）の提案
- (3) 今後の下水処理場の改築に関する需要量の推定

3. 下水処理場の費用実績調査

3.1 概要

建設省都市局下水道部・(社)日本下水道協会「下水施設の耐久性に関する調査報告書」⁵⁾、日本下水道事業団「下水道施設改築・修繕設計要領(案)」⁶⁾では、改築の経済的手法として、LCCの手法を提示している。この中では、LCCを構成する建設費、修繕費及び、維持管理費の算定方法は、具体的に明示されていない。そこで、下水処理場のLCCの算定方法を確立するために、下水処理場の費用実績を用いた検討を行う。

そこで、下水処理場のLCC手法の適用性を検討するために、建設費、修繕費及び、運用費についての費用実績調査を行った。

この調査は、前年度に標準活性汚泥法のA下水処理場を対象に行ったが、本年度は、小規模処理場であるオキシデーションディッチ法のB下水処理場について同様な検討を行った。

※) ここで運用費とは、維持管理費から修繕費を除いた費用。

3.2 B下水処理場の費用実績調査

B下水処理場の総処理水量の経年推移を図-1に示す。1986年度に供用開始して、1986年度～1989年度まではほぼ増加傾向にあり、1989年度～1995年度にかけては、横ばいになっている。

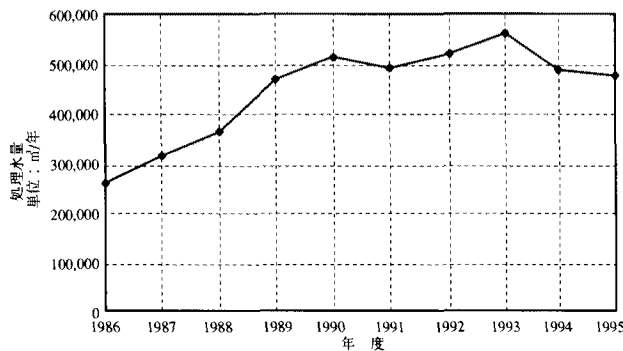


図-1 B下水処理場の年処理水量の推移

B下水処理場の費用実績を建設費、修繕費及び、運用費に分けて調査した。B下水処理場は小規模処理場であり、費用が少ない修繕費や運用費については、資料の上で設備の特定ができない。そこで建設費、修繕費及び運用費の精度を統一させる為に、水処理

施設、汚泥処理施設等の分類をせずに、下水処理場全体についての集計を行った。

B下水処理場の建設費、修繕費及び、運用費の経年推移を図-2に示す。

建設費は、1982年度～1986年度までの5年間にかけて支出されており、完成年に近づくほど、年当たりの建設費は増加している。

修繕費についても、建設費と同様、下水処理場全体についての集計を行った。修繕費も図-1に示す処理水量の増減に連動し、年次に従い増加傾向にあるが(資料の上で、年度によって多少の増減がある)支出は運用費に比べて少ない。

運用費についても、建設費、修繕費と同様、下水処理場全体についての集計を行った。運用費も修繕費と同様、年次に従い増加傾向にある。

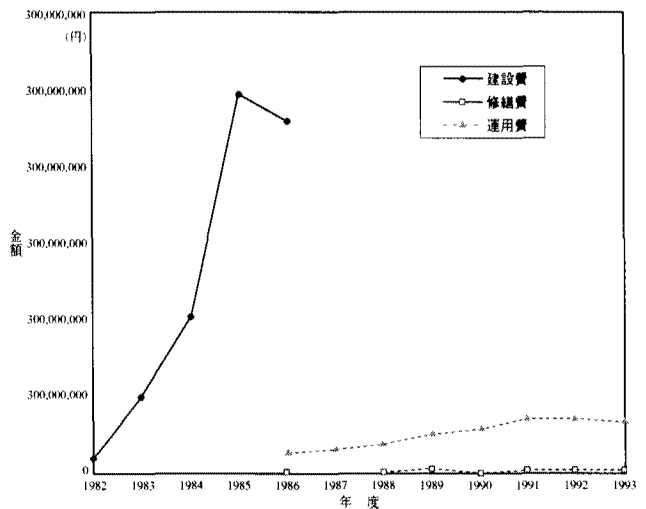


図-2 B下水処理場の建設費・修繕費・運用費

3.3 物価上昇率及び利率の設定

LCCの算定において、物価上昇率及び利率を設定する必要がある。LCC手法における物価上昇率及び利率の決め方についての具体的な記述は、既存の文献には見あたらない。そこで、物価上昇率及び利率を下水処理場の財政に即して設定する。

B下水処理場の費用実績は、各年の物価を反映したものであるため、LCCの算定において、再び物価上昇率は考慮しない。利率は、地方債の50%以上を占める政府資金の利率を用いた。

3.4 下水処理場の費用実績に基づくLCC

B下水処理場の費用実績と、政府資金の利率を用いて、下水処理場全体のLCCを計算する。LCCの算出は、①現価法（一切の費用の累計）、②年価法（年平均コスト）の2方法で行った。また、B下水処理場のLCCの検討においては、供用開始年（1986年）を基準年とした。

(1) 現価法によるLCCの算定

現価法とは、下水処理場の取得コスト（＝建設費）及び毎年の維持コスト（＝修繕費＋運用費）が1ライフサイクルコスト間に要する一切の費用を計上する方法である。この視点に対して、現価法によるLCCの算定を行う。

B下水処理場施設全体における現価法により算定されたLCCを図-3に示す。1986年から、取得コスト、維持コストの2段階のLCCが明瞭に表されることがわかる。

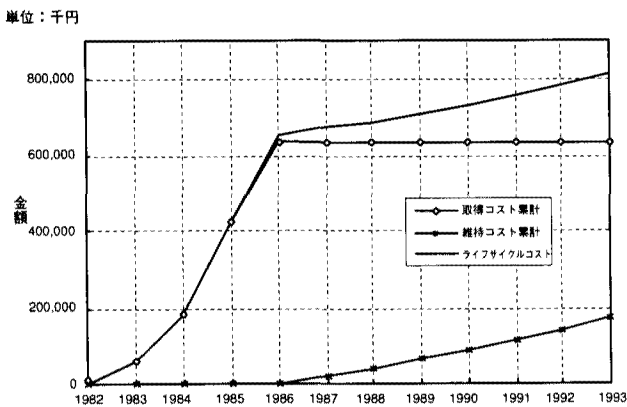


図-3 B下水処理場の現価法によるLCC

(2) 年価法によるLCCの算定

年価法とは、n年経過したときにかかる取得コストと維持コストの合計をn年かけて毎年均等に支払う費用（年価）を算定する方法である。取得コスト及び維持コストの年価の合計が減少から増加へ転化する年を経済的な改築最適年と判断する。

B下水処理場全体の年価法によるLCCを図-4に示す。供用開始から間もないことから、年価は

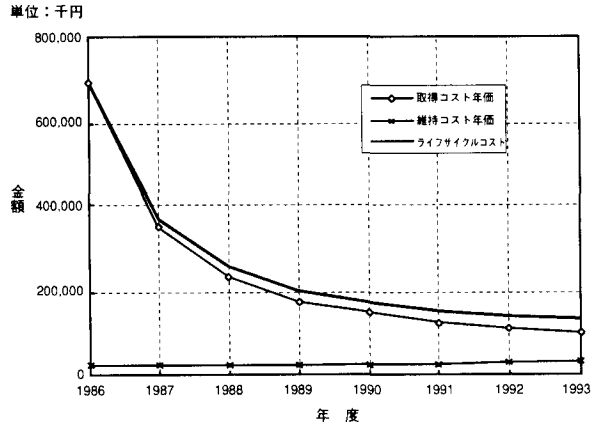


図-4 B下水処理場の年価法によるLCC

減少し続けており、経済的な改築最適年はまだ迎えていない。

3.5 維持管理コストについての考察

平成7年度においては、各種の対象物、検討目的により、LCCを構成するコストとしてどのような種類が使われているかの文献調査⁴⁾を行った。

平成8年度においても、平成7年度と同様に、B下水処理場のLCCの構成要素として、運用費を考慮すべきであると考えられる。

3.6 B下水処理場のLCCの適用

B下水処理場の費用実績を用いて、改築に関する経済的判断手法の試算を行った。

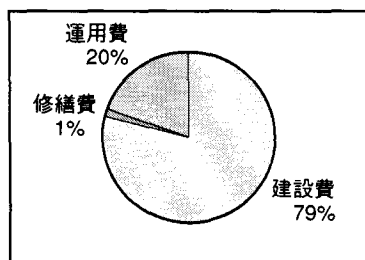
下水処理場のLCCの考え方は、平成7年度に行ったA下水処理場と同様な手法とした。

また、B下水処理場のLCCの現価予測を(財)建築保全センター「建築物のライフサイクルコスト」⁷⁾方式（以下、建築物方式と略す）で行い、建設費・修繕費・運用費を算定した。各項目の比率を①第1期建設工事着手以降、第2期建設工事着手以前（実績年次の最終年次）である1993年度、また②1993年度から25年経過（土木・建築におけるコンクリート躯体の標準対応年数の半年分）した2018年度及び、③1993年度から50年経過（土木・建築におけるコンクリート躯体の標準対応年数）した2043年度について、それぞれ算定して図-5に示した。

経過年数を経る程、修繕費、運用費の占める割合が増加することがわかる。

B下水処理場のライフサイクルコスト比較（現価法）

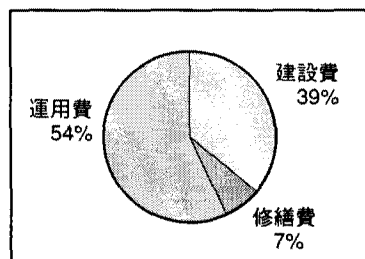
(1) 1993年度（実績年次の最終年次）



（単位：千円）

項目	費用
建設費	640,302
修繕費	7,066
運用費	158,496
計	805,864

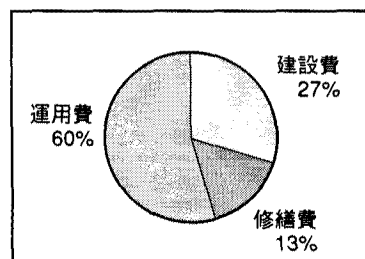
(2) 2018年度予測（25年後予測）



（単位：千円）

項目	費用
建設費	640,302
修繕費	112,597
運用費	902,278
計	1,655,177

(3) 2043年度予測（50年後予測）



（単位：千円）

項目	費用
建設費	640,302
修繕費	310,558
運用費	1,419,710
計	2,370,570

図-5 B下水処理場の建設費・修繕費・運用費の比率

4. 下水処理場のLCCを算定する上での蓄積すべきデータ項目（費用分類）の提案

4.1 検討方針

下水処理場の改築を検討する時期としては、計画及び設計の段階、維持管理の段階がある。計画及び設計の段階としては、従来使用されている耐用年数を用いることが考えられる。また、維持管理段階で

は、計画段階等で想定していなかった修繕費、維持管理費の割り増しがある場合に、経済的に処理場を運営していくための改築計画を策定する必要がある。

将来、下水処理場の改築計画を効率的に構築するために、各下水処理場では、維持管理に関してデータを蓄積するべきである。

4.2 検討する上での基礎調査

下水処理場のLCCを算定するうえでの蓄積すべきデータ項目に関する基礎調査を行った。

(1) A, B下水処理場の費用実績調査

A, B下水処理場の費用実績調査を行った。

1) A下水処理場

建設費、修繕費については、水処理系列、汚泥施設別に建設精算台帳、修繕台帳等に詳細に記録されている。

運用費については、委託費の詳細な内容の整理がなされていなかった。

2) B下水処理場

建設費については、土木・建築、機械・電気、別に整理されているが、費用の少ない修繕費及び運用費については、設備の特定ができなかった。

(2) 日本下水道事業団「下水道施設改築・修繕設計要領（案）処理場・ポンプ場編」

改築及び修繕に関しては、①物理的（劣化、耐荷力、耐震力等）、②経済性、③機能性（安全性、効率性、省エネ等）な観点からの診断、評価を行うように指導されている。

土木・建築については、物理的・機能性についての判定を行い、機械・電気については、物理的・機能性・経済性についての判定を行うことになっている。

経済的判定については、LCCによる方法または、残存価格を考慮した費用価格による方法で判断するようになっている。

(3) (社)日本下水道協会「下水道統計」

下水道統計に示されているLCCに関する財政の分類は以下のとおりである。

- ① 建設費（公共下水道・流域下水道）
 - ・地方公共団体名、処理場
- ② 施設別維持管理費（公共下水道・流域下水道）
 - ・地方公共団体名、維持管理費、人件費、電力費、委託費、補修費、薬品費、燃料費

(4) (財)建築保全センター「建築物のライフサイクルコスト」

(財)建築保全センター「建築物のライフサイクル

コスト」に示されているLCCの利用の考え方について、下水処理場の改築計画に適合する事項について引用する。

1) LCC代替案の検討

LCC代替案の検討には、全体LCC代替案の検討と個別LCC代替案の検討に分けられる。LCC算定には、概算法、略算法、精算法があり、用途によって使い分けを必要とする。

2) 概算・略算・精算用データベースについて

概算・略算・精算用のデータベース帳簿に示される数量は実態に合ったものが望ましく、データは、随時更新する必要がある。(財)建築保全センター「建築物のライフサイクルコスト」に示されている数量は、①数回に渡る各建築部材協会・各設備メーカーへの調査、②建築業協会「設備システムの耐用性に関する調査研究」(1992年10月)、③総合技術開発プロジェクト「建築物の耐久性向上技術の開発」報告書(1985年)、④その他、建設省官庁営繕部資料より、LCCデータベース検討会で総合的に勘案した結果の年数である。

(5) 各種の対象物のLCC

各種の対象物のLCCを算定する場合のデータ項目を表-1に示す。

表-1 各種の対象物のLCCを算定する場合のデータ項目

フォークリフト・トラックのデータ項目 ⁸⁾	①使用年数、最大荷重 ②取得費 ③燃料費 ④修繕費 ⑤月別稼働時間
作業用ラインバン ⁸⁾	①購入価格 ②日常の点検費 ③修理費 ④車検費 ⑤保険費 ⑥税金 ⑦燃料費
空調・給排水衛生設備 ⁹⁾	①建設費 ②更新費 ③保全費 ④光熱水費
下水道管路 ¹⁰⁾	①設計費 ②建設費 ③清掃費・清掃率 ④点検費・点検率 ⑤人件費
電気設備 ¹¹⁾	①研究・開発・設計費 ②生産・構築費 ③運転費 ④保全費 ⑤改造費 ⑥廃却費
給水揚水設備 ¹²⁾	①取得費 ②動力費 ③日常点検費 ④定期点検費 ⑤交換費用
建築物 ¹³⁾	①企画・設計費 ②法的点検・定期点検費 ③運転・日常点検費 ④清掃費 ⑤保安費 ⑥経常的修繕費 ⑦植栽管理費 ⑧光熱水費 ⑨修繕費

4.3 改築計画を作成する上での蓄積すべきデータ項目の提案

下水処理場のLCCを算定するためのデータベースのデータ項目案は、以下のとおりである。

(1) 建設・修繕・更新費用について

① 大分類 (系列名を含む): 例えば、水処理1系列
② 中分類: 例えば、最初沈殿池
③ 小分類: 例えば、汚泥かき寄せ機
④ 供用開始年度
⑤ 大分類の標準的耐用年数
⑥ 小分類の標準的耐用年数
⑦ 建設費用: 内容、数量、単価、金額、建設、年度
⑧ 修繕・補修費用: 内容、数量、単価、金額、修繕年度
⑨ 更新費用: 内容、数量、単価、金額、修繕年度

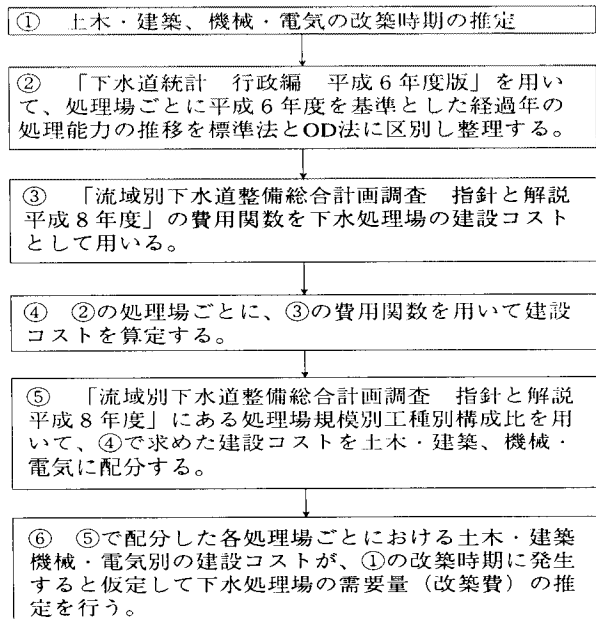
(2) 維持費について

① 大分類 (系列名を含む)
② 中分類
③ 小分類
④ 供用開始年度
⑤ 人件費: 費用、分担率 (直営・委託)
⑥ 電力費: 数量、分担率、単価、金額
⑦ 薬品費: 品名、数量、分担率、単価、金額
⑧ 燃料費: 品名、数量、分担率、単価、金額
⑨ 水質測定費: 数量、分担率、単価、金額、(直営・委託)
⑩ 補修費: 内容、数量、金額、(直営・委託)
⑪ その他: 内容、数量、金額、(直営・委託)

※) 人件費、電力費、薬品費、燃料費、水質測定費は、資料の上で施設ごとの詳細な区分けをするのが困難であり、把握できる規模ごとに集計をするのが現実的である。このため、分担率というパラメータ (使用頻度による) を用いて、それぞれの費用を算定する。

5. 今後の下水処理場の改築に関する需要量の推定

5.1 推定方法のフロー



5.2 改築時期の推定

平成5年度のアンケート調査結果報告書によると、機械・電気設備の改築時期（耐用年数）は、**図-6**～**7**のとおりであり15年と推定する。

また、土木・建築についてはコンクリート躯体の標準耐用年数が50年となっており、改築時期を50年と推定する。

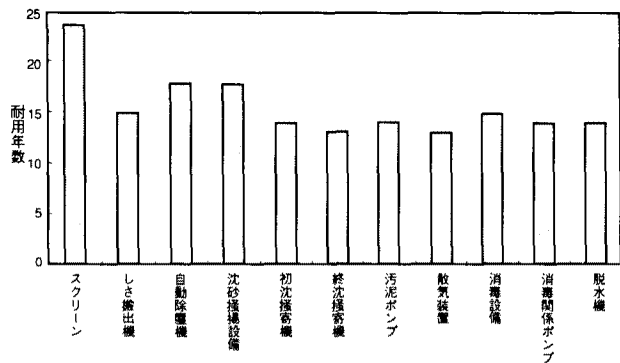


図-6 主な機械設備の耐用年数実績

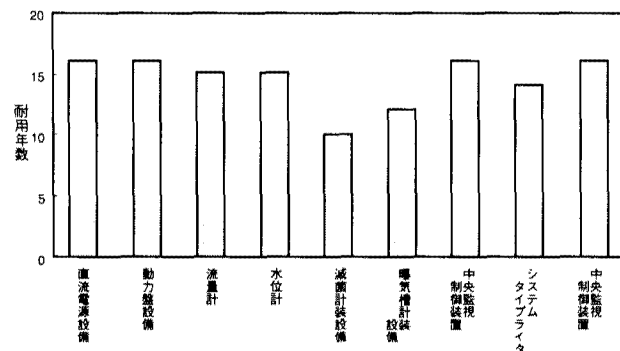


図-7 主な電気設備の耐用年数実績

・「改築時期」

	土木・建築	機械・電気
標準法	50年	15年
OD法	50年	15年

5.3 経過年の処理場数及び処理能力の分類

(社)日本下水道協会「下水道統計 行政編 平成6年度版 pp.308～387」を用いて、処理場ごとに平成6年度を基準とした経過年の処理能力の推移を標準法とOD法に区別し整理した。

結果を**図-8**～**9**にそれぞれ示す。

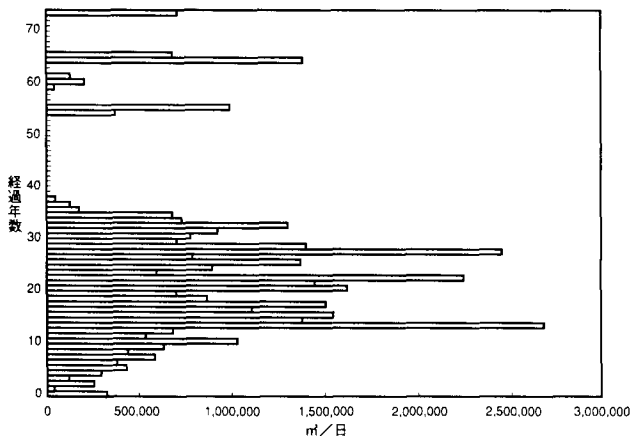


図-8 標準法における経過年の処理能力の推移

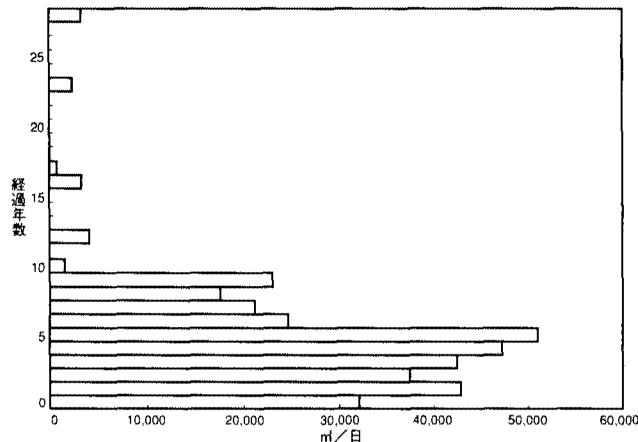


図-9 OD法における経過年の処理能力の推移

5.4 下水処理場における建設コスト

下水処理場における建設コストは、(社)日本下水道協会「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 平成8年度版 pp.225」にある費用関数を用いた。費用関数を**図-10**に示す。

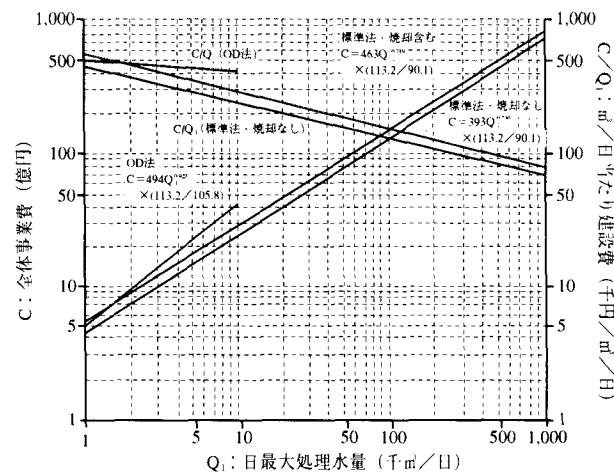


図-10 建設コストの費用関数

5.5 下水処理場における建設コストの算定及び分類

標準法とOD法に分類した処理能力を図-10に示す建設コストの費用関数を用いて、各下水処理場の建設コストを推定した。

また、その結果を(社)日本下水道協会「流域別下水道整備総合計画調査 指針と解説 平成8年度版 pp.226」にある処理場規模別工種別構成比を用いて、土木・建築、機械・電気に配分した。

さらに、配分した各処理場ごとにおける土木・建築、機械・電気別の建設コストが、改築時期（土木・建築50年、機械・電気15年）に発生すると仮定して下水処理場の需要量（改築費）の推定を行った。

結果を図-11に示す。

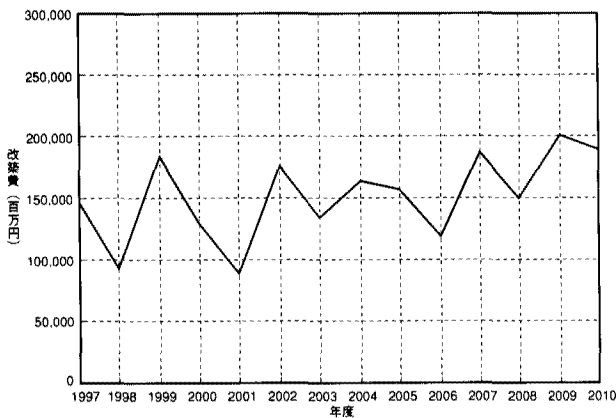


図-11 改築の需要量 (標準法+OD法)

5.6 下水処理場における改築の需要量の推定

今後の下水処理場における改築の需要量の推定結果は、図-11に示すとおりである。図-11より、1997年～2010年までの間、改築費は年間約1,000億円～2,000億円となり、年間平均では、約1,510億円と推定される。

これは、平成7年度の下水道総事業費¹⁾ (31,634億円) の約4.8%、また平成7年度の下水処理場における全事業費²⁾ (約9,054億円) の約16.7%を占め、下水処理場の改築事業は、下水道事業に大きなウエイトを占めると推定される。

6. おわりに

今後の下水道事業は、耐用年数を越える下水処理場が増大することもあり、改築事業の幅も増大すると考えられる。この為、改築時期の判断、改築の手法について今後とも具体的な検討が必要である。

<参考文献>

- (1) (社)日本下水道協会：平成7年度版、下水道統計一要覧（第52号の3）
- (2) (財)下水道新技術推進機構：改築の実態・需要に関する調査、下水道新技術研究所年報（4/4）1993年度
- (3) (財)下水道新技術推進機構：改築の実態及び技術調査、下水道新技術研究所年報（2/2）1994年度
- (4) (財)下水道新技術推進機構：改築の実態及び技術調査業務、下水道新技術研究所年報（2/2）1995年度
- (5) 建設省都市局下水道部・(社)日本下水道協会：下水道施設の耐久性に関する調査報告書、平成3年
- (6) 日本下水道事業団：下水道施設改築・修繕設計要領（案）、処理場・ポンプ場編、平成3年3月
- (7) (財)建築保全センター：建築物のライフサイクルコスト、1993年
- (8) 日本能率協会：ライフサイクルコストリング、昭和56年3月初版
- (9) 16年を経過した設備の老朽度調査の実態、建築設備、VOL.35, No.9, 1985
- (10) 下水道施設の維持管理・更新費の低減手法に関する調査、平成5年度下水道関係調査研究年次報告書集
- (11) 小川耕二：ライフサイクルコストリングの具体的諸問題と設備のモダナイゼーション、建築設備
- (12) 小坂信二：給水揚水設備の信頼性手法を応用したL.C.C.算定、建築設備、1987
- (13) (財)建築保全センター：建築物のライフサイクルコスト、(財)建築保全センター、1993

●この調査に関する問い合わせは、

技術第一部長	高橋 賢治
技術第一部主任研究員	百崎 和博
技術第二部研究員	林 和生
技術第一部研究員	川俣 利明