

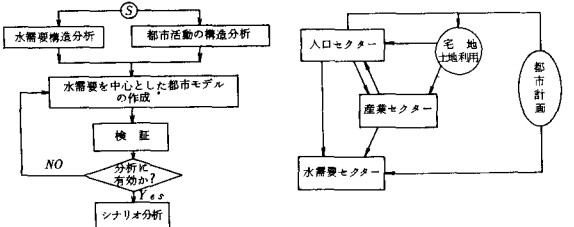
(株)日本水道コンサルタント 正会員 ○今田 俊彦
 同上 " 萩原 良巳
 同上 " 小泉 明

1. はじめに

近年、需要の急激な増加によって水需給が逼迫している都市がある一方、住環境が悪化した都市を嫌って人口が減少したり、石油ショック後の不況によって水需要が減少している都市もみられる。これは都市用水を構成する水需要形態が多様化し、都市をとりまく社会・経済的要因の影響を無視することができないことを示している。このような都市の水需要変化を分析するためには、まず都市活動と水需要との関連をとらえ、次に都市活動に重要な影響を与えている社会・経済的要因を抽出して、これらの要因の将来値を設定し水需要変動を分析することが有効であると考えられる。本稿では、システムの動的挙動を把握するシミュレーション手法であるSD(システムダイナミクス)法を用い、実際の都市を対象として水需要を中心とした都市モデルを作成した。このモデルを用いて過去のある時点から計算し、実績値と比較することにより有効性を検証し、次に将来想定される社会・経済的要因の変動(シナリオ)を入力して、水需要の将来変化過程を分析した。研究プロセスは、図-1に示すとおりである。

図-1 研究プロセス

図-2 モデルの基本構造

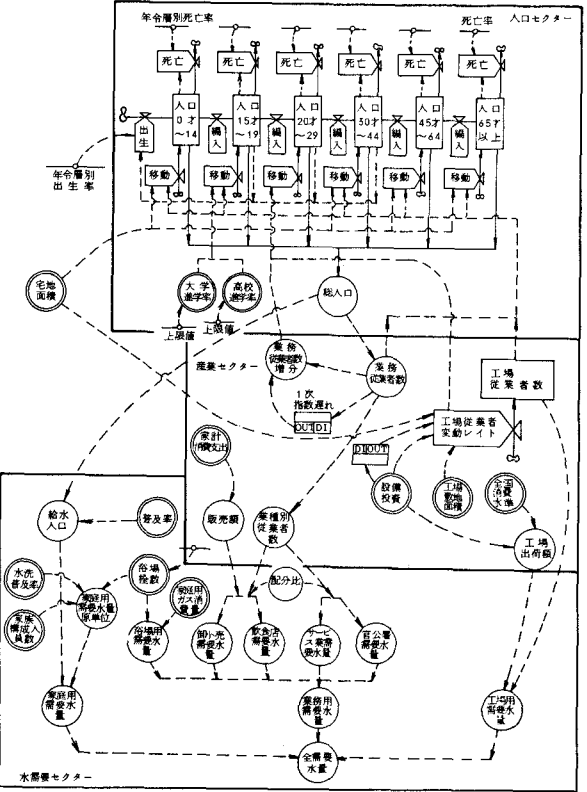


このモデルを用いて過去のある時点から計算し、実績値と比較することにより有効性を検証し、次に将来想定される社会・経済的要因の変動(シナリオ)を入力して、水需要の将来変化過程を分析した。研究プロセスは、図-1に示すとおりである。

2. モデルの構造

都市活動を水需要に着目して①生活②生産③サービスの3種に大別すると、これらの活動の主体は、①都市内で生活する住民②都市内で生産する産業③生活と生産を円滑にする役割を持つ産業、行政機関に対応付けられる。これらの都市活動が必要水量と強い影響を持つとして、モデルの基本構造を図-2のように設定する。すなわち都市内の住民の移動を人口セクターで、生産・サービス活動を産業セクターで、水需要を水需要セクターで記述するものとする。都市活動の場であり、活動の境界を設定する土地を、その大きさや土地利用形態を考慮して、人口セクター、産業セクターを規定する要因としてモデルに組み入れる。さらに、下水道整備計画、水道施設計画等の各種計画が、各セクターを規定している。

図-3 都市の水需要SDモデル図



3. モデルのケース・スタディ

上記の基本構造に従って、人口約50万人のH市に本モデルを適用する。モデルの時間的、空間的スケールは、年単位およびH市行政区域である。

(1)都市活動構造分析：人口・産業セクターに示す。

1) 人口セクター：(図-3)人口の自然増、社会増を記述する。年令階層別人口をレベルとし、レイトに出生数、死亡数、移動人口(転入-転出)をとる。年令階層の区分は、出生率、死亡率、移動率、労働参加率に注目し、これらが同一の年令階層でほぼ一定とみなせるように分割している。出生率、死亡率は各年令階層では定数であり、移動人口は、各年令階層の特徴を生かして、宅地面積、進学率、産業従業者数の変動によって説明している。

2) 産業セクター：(図-3)産業を業種別に、工業と業務営業(工業以外の産業)に分類する。(表-1)生産サービスの活発さを表わすものとして、従業者数、販売額(出荷額)を採用する。特に工業は、都市計画や経済的要因に影響されるため、従業者数をレベルとし、その変動レイトを設備投資、工場敷地と宅地面積の比で記述する。

(2) 水需要構造分析：水需要セクターに示す。(図-3)水需要を用途別に家庭、業務営業、工業に分類する。(表-2)用途別に水需要の構造を分析し重回帰式を作成する。例えば、家庭用需要水量は原単位と給水人口の積で表わされ、原単位は水洗普及率、浴槽数、世帯構成人員数で記述され、工業用需要水量は、出荷額と従業者数で記述される。

(3) モデルの検証：構築されたSDモデルの有効性の検証の方法は、①モデル内の各要素間の関係式の正当性の検証②感度分析③過去のデータによる検証の3つがあると考えられている。このうち①は、作成した重回帰式のほとんどが95%有意であり、統計的には検証されている。②は、重要な外生変数について感度分析を行なった結果、極端な変動を示すものがないことを確認した。③は過去5年間(昭和45年~50年)の実績値と計算値を比較しおおむね良好な結果を得た。図-4は需要水量の検証結果であるが石油ショック(昭和48年末)後の工業用水の大幅な減少を、よく表している。

(4) シナリオ分析：水連行政の立場から、次のような要因に注目して、水需要変化を分析する。

①宅地開発、土地利用の進め方②経済的要因(成長率、市場購買力等)③下水道整備計画。以上の3つの

要因は、本モデルでは次の外生変数に対応付けられる。①宅地面積、工場敷地面積②工業設備投資、家計消費、消費水準③下水道普及率。表-3のように標準ケースと各種のシナリオを設定し、計算したものを表-4に示す。その結果をみると、宅地低開発型と促進型とでは、昭和65年で人口が1万人差があるだけで、需要水量は約1,300千 m^3 程度しか差がなかった。一方、工業成長率が8%と4%の場合、工業用水の差が大きく、昭和65年では5,600千 m^3 ほどの差がみられた。下水道普及率を変えた場合、ケース6が標準ケースを300千 m^3 程度上回るだけであった。

4. おわりに

本稿は、都市の水需要変化過程を分析するために、要因間の関連を重回帰式を中心にSD手法を用いて構造化したものである。今後、分析に要求される精度、内容、目的によっては、①人口の年令階層数を多くする②回収水や下水処理水等を利用する都市では、要求される水質も考慮した予測を行なう③工業設備投資、宅地面積等を他の要因によって記述し内生化する等の必要性があると考えられる。

表-1 就業分類

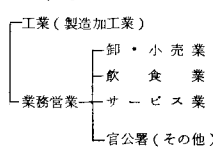


表-2 水需要の用途別分類

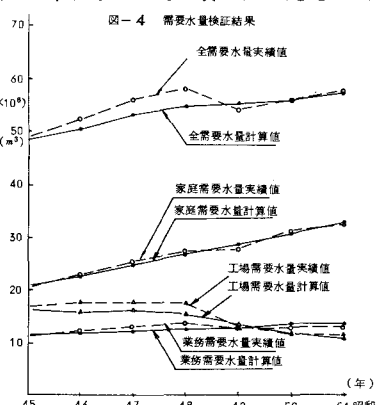
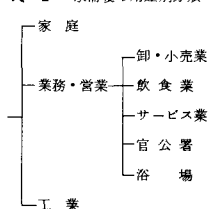


表-3 各シナリオの外生変数の組み合わせ

ケース番号	シナリオ分析項目	外 生 変 数				備 考
		宅地面積	工場敷地面積	家計消化・消費水準	工業設備投資	
0	標準	増加分 4.04%/年	宅地面積との比 14.8%	過去10年間の平均伸び率	増加分 2.0億円/年	昭和70年 1.0%
1	土地利用	増加分 2.04%/年	標準	標準	標準	標準
2	"	"	6.04%/年	"	"	"
3	経済成長	"	宅地面積との比 15%	"	増加分 3.0億円/年	"
4	"	標準	標準	標準の2成長	1.4億円/年	"
5	"	"	"	標準	1億円/年	"
6	下水道計画	"	"	"	標準	昭和60年 1.0%

表-4 各ケースの昭和65年の値

ケース番号	総人口(人)	需 要 水 量 (千 m^3 /年)				家庭用水原単位(m^3 /人)	工業(%)成長率	業務・営業成長率(%)
		全 体	家 庭	工 業	業務営業			
標準	593	9,065.0	5,670.0	1,412.0	19,830	9,550	6.0	3.0
1	588	8,980.0	5,623.0	"	19,830	"	"	"
2	598	9,132.0	5,718.0	"	20,020	"	"	"
3	600	9,521.0	5,732.0	1,773.0	20,160	"	8.0	"
4	593	8,811.0	5,663.0	1,218.0	19,300	"	4.0	2.0
5	591	8,495.0	5,650.0	8,870	19,500	"	1.0	3.0
6	593	9,092.2	5,698.0	1,412.0	19,800	9,408	6.0	"