

雨水有効利用・処理水再利用システム導入に関する実証的研究

立命館大学理工学部 正会員 春名 政
立命館大学大学院 学生員 大友 智
立命館大学理工学部 ○学生員 岸 由祐

1. はじめに

地方都市郊外地域に開発されるニュータウンにおいて「安全」で「健全」な生活を営めることに加えて、通常のニュータウン開発プロジェクト構想に対する「新しい魅力付けの方策」に関して検討を加えた。すなわち、雨水有効利用・処理水再利用システムの整備と水を利用した施設の導入を取り上げ、魅力ある居住地を有するニュータウン開発に関して計画的検討を加えた。

2. 本研究の概要

本研究で取り上げるニュータウンでは、従来のように地域の公共下水道システムを利用することを考慮せず、ニュータウン地域独自の地区下水道システムを整備する方法を採る事とした。さらに雨水有効利用・処理水再利用システムを整備する事により、地区特有の方策として、雨水と処理水を利用して、現在上水が利用されているトイレの洗浄水・掃除・洗車・庭への散水・花壇への水やり、家庭菜園、等々を賄うこととする。これらに加えて、ニュータウン内に噴水や人工河川・せせらぎ、池、水のモニュメント、等々、他のニュータウンにはない、「ニュータウン内に水を多様に利用した利水施設の整備や花壇・家庭菜園を作る」等の整備施策を採用する。そしてこれらによって、「水辺や緑・花が豊富で、ゆとりと安らぎがある魅力的なニュータウンの形成を実現する事が可能であるかどうか」を、都市開発・整備技術や水供給・処理システム技術はもとより、住民の居住環境に関する評価や事業採算性検討等の計画・マネジメント技術も考慮した「システム工学的的方法論」を駆使して、計画化・事業化の計画分析を実施することとした。なお、本研究では草津市南部の郊外地域を対象地として取り上げ実証的分析を行った。図2に本研究の概念図を示す。

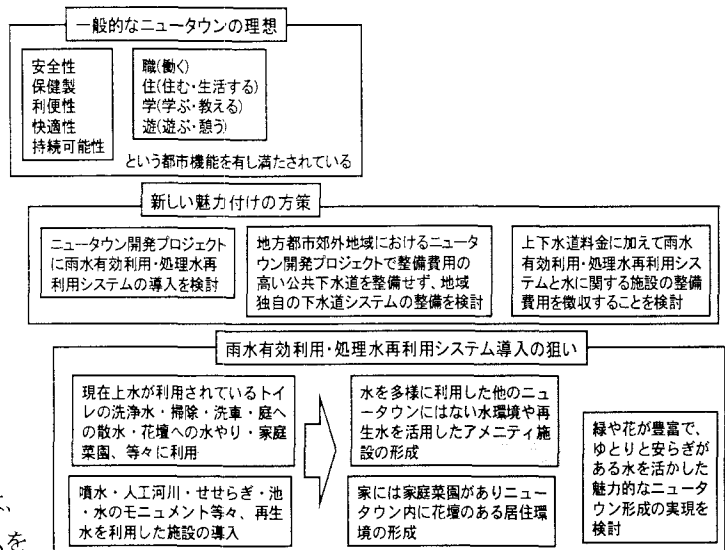


図2 本研究の概念図

3. 本モデルの定式化およびパラメータ推定

雨(1) 雨水有効利用・処理水再利用システム整備計画モデルの定式化

$$\begin{aligned}
 \text{Max. } Y &= a_0 \cdot (X_1)^{a_1} \cdot (X_2)^{a_2} \cdot (X_3)^{a_3} \cdots (X_n)^{a_n} \quad (n=1, \dots, 12) \\
 \text{Sub to. } \sum_{i=1}^{12} A_i X_i &\leq A \quad \sum_{i=1}^{12} W_i X_i \leq W \\
 \sum_{i=1}^{20} P_i (\lambda + 1)^{y-t+1} &\leq 0 \quad P_t = H_t + S_t + E_t - L_t - Z_t \\
 H_t &= \sum_{i=1}^{12} C_i^H X_i \quad S_t = \sum_{i=1}^{12} C_i^S X_i \quad E_t = \sum_{i=1}^{12} C_i^E X_i \quad L_t = \sum_{i=1}^{12} C_i^L X_i
 \end{aligned}$$

整備は計画期間の初期 (t=1) に行うものとする

Y : 住民の効用(ニュータウンの魅力)	A_t : X_t 整備に必要な面積
X_1 : 大規模な噴水の整備量 (個)	A : ニュータウン内での開発可能面積
X_2 : 小規模な噴水の整備量 (個)	W_i : X_i 整備に必要な水量
X_3 : 噴水なし	W : ニュータウン内での再生可能水量
X_4 : 人口河川の整備量 (個)	$\sum_{t=1}^{20} P_t (\lambda + 1)^{y-t+1}$: y 期における借入金
X_5 : せせらぎの整備量 (個)	P_t : t 期におけるトータル収支
X_6 : 河川なし	λ : 年利率
X_7 : 大規模な池の整備量 (個)	H_t : 建設費
X_8 : 小規模な池の整備量 (個)	S_t : 設備整備費
X_9 : 池なし	E_t : 運営費
X_{10} : 大規模なモニュメントの整備量 (個)	L_t : 住民からの税収
X_{11} : 小規模なモニュメントの整備量 (個)	Z_t : t 期の財源
X_{12} : モニュメントなし	C_i^H : 施設 i の建設費
$a_0, a_1, \dots, a_n$: パラメータ	C_i^S : 施設 i の設備整備費
	C_i^E : 施設 i の運営費
	C_i^L : 施設 i に対する住民からの税収

(2) アンケート調査概要

対象地	滋賀県草津市全域
調査方法	訪問・留め置き調査
アンケート実施日	2003年1月10日～14日
アンケート配布数	517部
アンケート回収数	434部（有効回収数：409部）

ニュータウンに導入する施設を噴水、河川、池、水のモニュメントの4つを考え、さらに大規模・小規模なしという3つの水準を設け、それらの組み合わせにより9つのニュータウンのパターンを提案し、住みたいか住みたくないかの5段階評価でアンケート調査を行った。各パターンへの導入施設の組み合わせは表3に示す。なお、すべてのパターンには雨水有効利用・処理水再利用システムを整備しているものとする。

表3 導入施設の組み合わせによる各パターン

	導入施設		
	なし	なし	なし
1	なし	なし	なし
2	小規模な河川	小規模な池	小規模なモニュメント
3	大規模な河川	大規模な池	大規模なモニュメント
4	小規模な噴水	小規模な池	大規模なモニュメント
5	小規模な噴水	小規模な河川	大規模な池
6	小規模な噴水	大規模な河川	小規模なモニュメント
7	大規模な噴水	大規模な池	小規模なモニュメント
8	大規模な噴水	小規模な河川	大規模なモニュメント
9	大規模な噴水	大規模な河川	小規模な池

雨水有効利用・処理水再利用システムと水を利用した各施設を導入するにあたって、整備費用を住民が毎月支払うこととした。

- ①毎月に節約できる上下水道料金の概算
- ②雨水有効利用・処理水再利用システムの整備費用として公共下水道整備費用で賄えない分の整備費用
- ③各パターンの水に関する施設の建設費、設備整備費、運営費

の3つを考慮し、住民の金額負担額を設定した。

- A) すべて住民が負担する。
- B) 住民が半分負担し、残りは公共が負担する。
- C) すべて公共が負担する。

(3) パラメータ推定方法

定式化した本モデルは非線形計画問題の1つであり、対数線形と呼ばれるものであるが、両辺の自然対数をとると線形計画問題における重回帰分析に他ならない。よって本研究のパラメータ推定方法として重回帰分析を用いた。

4. 最適解の算出

定式化した本モデルの最適解算出結果を表4に示す。なお、本研究では滋賀県草津市の青地町と馬場町にまたがる約50haを対象地域、人口を1万人と設定した。

表4 最適解結果

		(A)	(B)	(C)
噴 水	X ₁ (大規模な噴水の整備量:個)	0	0	1
	X ₂ (小規模な噴水の整備量:個)	1	2	3
	X ₃ (噴水がない)	0	0	0
河 川	X ₄ (大規模な河川:人工河川の整備量:個)	0	1	1
	X ₅ (小規模な河川:せせらぎの整備量:個)	2	2	3
	X ₆ (河川がない)	0	0	0
池	X ₇ (大規模な池の整備量:個)	0	0	0
	X ₈ (小規模な池の整備量:個)	1	2	1
	X ₉ (池がない)	0	0	0
水のモニュメント	X ₁₀ (大規模な水のモニュメントの整備量:個)	0	0	0
	X ₁₁ (小規模な水のモニュメントの整備量:個)	2	2	1
	X ₁₂ (水のモニュメントがない)	0	0	0

ここでは住民の費用負担金額によって、住民の効用が最大となる水を活かした施設のグレードと整備量（個数）を決定できた。最近、公共主導で生活排水の再利用や、再生水を噴水やせせらぎに利用している事例は多数あるが、本研究では人口1万人のニュータウンにおいて、宅地価格は通常の価格で提供し、住民から毎月、整備費用を負担することを検討した。この結果、ニュータウンに雨水有効利用・処理水再利用システムを導入し、再生水を利用した施設を構築して「水を活かした魅力的なニュータウン」の実現可能性が実証できた。

5. おわりに

今後、本研究で取り扱った再生水を利用した施設以外に導入できる施設や導入機能、導入施設の配置問題を検討する必要があることに加えて、ここで示したような魅力的かつ個性的なプロジェクトを実現性の高いものとするため、ファイナンス・シュミレーションによるマネジメント構想や融資制度の詳細設定、建設費、設備整備費、運営費の詳細検討をし、新しい提案の実現性を高めることが必要である。また、ニュータウン内での花木の販売や、雨水有効利用・処理水再利用システム・新ごみ処理システムの有効利用や環境への配慮、等々に関して更なる可能性を追求していきたいと考えている。最後に、本研究を遂行するに当たり、本年度3月まで博士後期課程3回生であった立花潤三氏、博士前期課程2回生であった山本康史氏の、多大の協力に対し謝辞を表します。