

新しい特長を有する地方都市におけるニュータウン 開発プロジェクト構想に関する実証的研究

—雨水有効利用・処理水再利用システムを導入した新水供給システムの提案—

立命館大学 正会員 春名 攻 ^{*1}
立命館大学大学院 学生員 山本 康史 ^{*2}
立命館大学大学院 学生員 ○岸 由祐 ^{*2}

By Mamoru HARUNA^{*1}, Yasushi YAMAMOTO^{*2}, and Yusuke KISHI^{*2}

近年、「安全」「健全」「利便」である生活を営めるニュータウン開発プロジェクトの方法論はほぼ確立されてきたと言えよう。一方、居住希望者は適当な価格の範囲内でより高度で特徴あるニュータウンの購入を求めているのが現状である。本研究は、魅力ある居住地を提供しうるニュータウン建設の可能性を求めて、通常のニュータウン開発プロジェクトとは異なった「新しい魅力付けの方策」を構想し、特徴的な生活機能システムを有するニュータウンの実現を目指した多角度からの総合研究の一環として行ったものである。本論文では、まず、当該ニュータウンに上水・下水の処理水・雨水を混合利用する水システムを想定する。すなわち、自治体は必要最低限の上水道は整備するが、通常の公共下水道システムは整備せず、ニュータウン地域独自の下水道システムと雨水貯留・有効利用システムを開発事業主体が整備するとともに、処理水再利用システムをこれらに付加して整備し、上水・雨水・処理の多元利用可能な複合的水システムを想定し、プロジェクトマネジメントという観点から総合的に検討する事とする。さらに、水を多様に利用した他のニュータウンにはない水環境の形成、水を活用した地域アメニティ施設の整備や、ニュータウン地区内に共有施設としてのフラワーパーク・菜園やスポーツ施設・福祉施設等の整備、さらには、各家体の菜園を初めとする水利用施設の整備、等々の施策を検討する。これらによって「緑や花に豊富なゆとりと安らぎのある水を活かした魅力的なニュータウンの形成が機能面から見ても価格面から見ても実現可能であるかどうか」ということに関して、プロジェクトマネジメント的観点から計画分析を実施することとした。なお、本研究は草津市の田園地域を検討対象地として取り上げこの様な内容の実証的分析を行った。

【キーワード】ニュータウン、雨水有効利用、処理水再利用

1. はじめに

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による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、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、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検討する。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

^{*1} 立命館大学理工学部環境システム工学科

^{*2} 立命館大学理工学研究科環境社会工学専攻

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。

2. 雨水有効利用・処理水再利用システムを整備したニュータウン全体の給排水フロー

従来の下水道は、生活排水はすべて下水道管に流されていたが、生活用水の排水段階における排水の濁度により、2元排水を行うことが有効である。つまり、洗濯や風呂・シャワー、手洗い・洗面、炊事、飲食等に使用され排水される比較的汚染されていない排水と、水洗便所や掃除、洗車等を使用され排出される比較的汚染されている排水を2元排水し、前者を雑用水として再利用することである。

図-1に雨水有効利用・処理水再利用システムを導入した時の一般家庭およびニュータウンにおける給排水に関するフローを示す。従来、家庭で使用された水が処理され河川や海域や湖までの水給排水フローと家庭から排出される生活排水や雨水を処理し、再生することにより雑用水として家庭やニュータウン内の水に関する施設に再利用されるまでの水の給排水フローの違いを明確にすることにより本研究のオリジナリティを示すこととする。

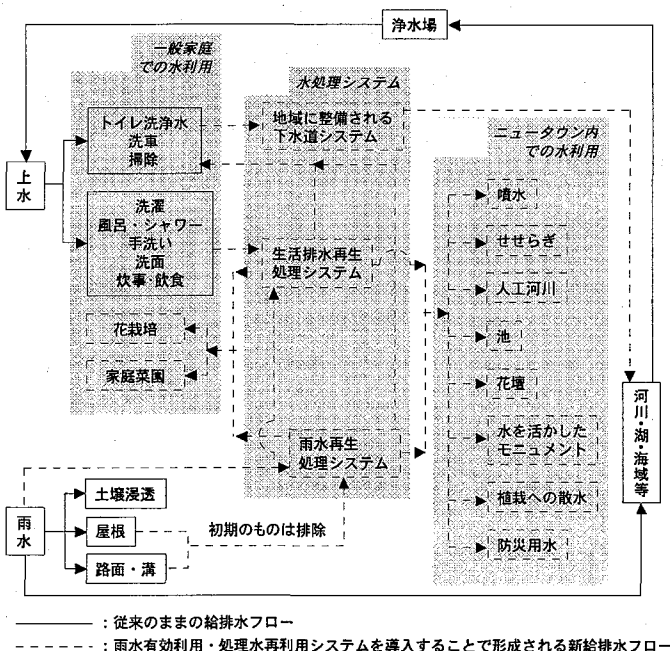


図-1 雨水有効利用・処理水再利用システムを導入した給排水フロー

3. 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

本モデルの定式化においては、住民の効用を最大とした。ここでいう住民の効用とは雨水有効利用・処理水再利用システムと、それを利用して導入する各施設の両者に関する満足度を指標とした。また、制約条件として整備面積、再生可能水量、ニュータウン開発費用等を以下のように示し、実現可能であるのか検討した。図-2に雨水有効利用・処理水再利用システム整備計画モデルの定式化を示す。

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

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_i : X_i 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) $\sum_{i=1}^{12} P_i (\lambda+1)^{y-t+1}$: 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
 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

図-2 雨水有効利用・処理水再利用システム整備計画モデル

4. 滋賀県における実証的分析

ここでは、滋賀県草津市の馬場町、青路町、岡本町を計画対象地とし、実証的検討を行った。なお、計画対象地域の面積を約50ha、計画想定人口を1万人と設定した。

(1) アンケート調査

先述した本モデルのパラメータを推定するため滋賀県草津市全域を対象地域とし、アンケート調査を行った。調査方法は訪問・留め置き調査、配布数は

517部、回収数は434部（うち有効回答409部）であった。アンケート調査内容は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、表-1に示す各パターンに対して満足か不満かの5段階評価の質問形式を採った。なお全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した。

表-1 導入施設の組み合わせによる各パターン

	導入施設		
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

またニュータウンの価格を一般的なニュータウンの価格と同等にするため、各施設の導入にあたって、整備費用を住民が毎月支払うと設定した。つまり、

- 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
- ③各パターンの施設の建設費、設備整備費、運営費を考慮し、負担主体を住民と公共を考え以下の3パターンと設定した。

- 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。

(2) パラメータ推定

定式化した本モデルは非線形計画問題の1つであり、コブ・ダグラス型の対数線形と呼ばれる効用関数である。本モデルは目的変数が量的データで、説明変数が質的データである。この場合、パラメータ推定には数量化I類を用いることが多い。しかしここでは、ダミー変数のみで表現できる0-1の重回帰分析と考え、重回帰分析を用いてパラメータ推定を

行う事とする。なお、インプットデータはアンケート調査結果を用いた。以下の表-2にパラメータ推定結果を載せる。

表-2 パラメータ推定結果

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
Y(A)	0.00012	0.21585	0.98943	0.14177	0.37104	0.71796
Y(B)	0.18756	0.99125	0.35517	0.20015	0.85347	0.53314
Y(C)	0.45194	0.99708	0.48283	0.72741	0.55453	0.72741

a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_0
0.04359	0.39335	0.78987	0.07368	0.40058	0.76495	1.96037
0.00150	0.79644	0.76898	0.06551	0.81967	0.71592	2.89504
0.00152	0.95942	0.92853	0.45486	0.48575	0.98548	4.64699

5. 最適解の算出

雨水有効利用・処理水再利用システム整備計画モデルを混合整数計画問題として捕らえ最適解を算出した。制約条件でのニュータウン建設費、設備整備費、運営費は、想定するニュータウンと同等規模の現存のニュータウンに関するデータを収集し、それを参考にした。また、雨水有効利用・処理水再利用システム整備費用に関しても同様である。詳細は紙面の都合上割愛させて頂き公演当日に示す事とする。

また、混合整数計画問題として最適解を算出するためには、各説明変数にある特殊な制限がかかる。それは、まず、 X_i は整数であること。次に、例えば、噴水を例に取り上げて説明するが、 $X_1, X_2 \geq 1$ のときには、 $X_3 = 0$ とならなければならない。また、 X_3 は0か1しか得ないし、 $X_3 = 1$ のときは $X_1, X_2 = 0$ となる。制約条件に加えて、これらの条件を満たす為の条件式が必要であるが、その条件式を以下の表-3に載せる。

表-3 混合整数計画問題における条件式

1. $X_i = \text{整数}(i=1, 2, 3, \dots, 12)$
2. $X_1 * X_3 = 0, X_2 * X_3 = 0, X_4 * X_6 = 0, X_5 * X_6 = 0$
 $X_7 * X_9 = 0, X_8 * X_9 = 0, X_{10} * X_{12} = 0, X_{11} * X_{12} = 0$
3. $X_3 \leq 1, X_6 \leq 1, X_9 \leq 1, X_{12} \leq 1$
4. $X_1 + X_2 + X_3 \geq 1, X_4 + X_5 + X_6 \geq 1$
 $X_7 + X_8 + X_9 \geq 1, X_{10} + X_{11} + X_{12} \geq 1$

前述のように制約条件、混合整数計画問題における条件式を満たした上で、目的関数である住民効用（ニュータウンの魅力）を最大とする最適解の算出結果を算出した。以下の表-4に最適解結果を載せる。

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

6. おわりに

本研究では、地方都市郊外地域における市街化調整区域でのニュータウン開発プロジェクトに、雨水有効利用・処理水再利用システムが導入できる事を実証的に示す事ができた。つまり、「水を生かした魅力的なニュータウンの建設」が実現可能であることを示す事ができた。また、人口1万人のニュータウンにおいて、宅地価格は通常のニュータウンと同等で、ニュータウンの価格を上昇させずに魅力的なニ

ュータウンを提供できる事になる。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・シミュ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・新ゴミ処理システムの有効利用や環境への配慮、さらにニュータウン以外に本システムを導入できないか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。

【参考文献】

- 1) 国土交通省 土地・水資源局水資源部編：平成14年版日本の水資源 2002. 8
- 2) 和田安彦・三浦浩之共著：水を活かす循環環境都市づくり～都市再生を目指して～ 2002. 4
- 3) 株式会社 東レリサーチセンター調査研究部門：水リサイクル技術の新展開 1995

A Verification Study on Planning Methodology for New Town Development at Suburban Area in Local City with New Type of Water Supply System with the Use of Rainwater and Processed Water Through Sewage Treatment

By Mamoru HARUNA*¹, Yasushi YAMAMOTO*² and Yusuke KISHI*²

At the first stage of this study a new type of water supply system with the use of rainwater and processed water through sewage treatment is analyzed and this water supply system is applied to the case study of an actual new town development project at suburban area in Kusatsu-city of Shiga-prefecture where no public sewerage system is constructed. At the second stage study after obtaining planning and design by ordinary engineering procedure established as CAD system, necessary modifications to water supply system such as systems for the use of rainwater and processed water through sewage treatment are planned and designed both for new town planning level and for individual residences system planning level. Furthermore such several regional facilities that utilize the water supply system as flower garden, vegetable garden, an artificial pond and little stream and a public swimming pool are planned and designed for new town planning level. At the same time several domestic use systems such as water supply system for sprinkler, water for flush toilet and water supply system for car washing are planned designed for individual residences system planning level. At the final stage the idea of introducing new water supply system studied above and the planning methodology studied above are applied to a case study of large-scale new town development project at suburban area in Kusatsu-city of Shiga-prefecture where no public sewerage system is constructed. Through various planning analyses in which a kind of cost/effectiveness in relation with maximum value of total utility by all residences of the new town that are planned corresponding to many planning alternatives, some desirable alternatives of new town development with new type of water supply system analyzed above are proposed.