雨水利用の管理型ビオトープ

神谷 博

Study of Biotope Controlled by Rainwater Circulation System

Hiroshi Kamiya

Keywords: Biotope; Rainwater use; Water circulation; Natural energy; Maintenance

1 はじめに

近年ビオトープづくりが全国的なブームとなっている。その多くは川や湖沼、田、里山など既にある自然若しくは半自然の環境に手を加えて自然度を高める試みである。ビオトープの単位のとおり方は、大きな自然からベランダビオトープのようなマイクロなものまで様々で、設置される場所も農山村域から都市域まで広がっている。本稿では都市域の建築的なスケールで人工的につくられた水路や池のビオトープを取り上げている。建築に付随して維持管理されるシステムであり、これを「管理型ビオトープ」と呼ぶことにする。こうしたタイプのビオトープも実施例が増えてきているが、その考え方、システムは様々であり、確立した方法があるわけではない。もともと多様性の高い環境をつくることが求められるシステムであり、評価も難しいが、成功例ばかりともいえないのが現状である。本研究では、人工的システムの中でも主に雨水を水源にし、自然エネルギーを用いた循環管理システムについて、その評価方法の検討を行った。

2 対象とした事例

雨水利用の管理型ビオトープとして、これまでに自ら手がけた事例を用いた。これらは自然エネルギーによる雨水循環システムをほぼ同じ手法で用いている。
事例1：ルミナス武蔵小金井（東京都・小金井市）
事例2：聖フランシスコ子供寮（東京都・大田区）
事例3：幕張かるがも館（千葉県・船橋市／解体済）
事例4：洗足学園小学校（神奈川県・川崎市）
これらの概要については表1のとおりである。

2.1 システムの概況

何をもってシステムを評価するかは、状況によって異なるが、ここでは自然度を高めることと、維持管理をたやすくすることのバランスという視点を据え、評価に関わる概況を整理した。

- ・管理上、手間やコストの問題を生じていないか
 - ・ビオトープとして生物の生息環境が成り立っているか
 - ・居住者に受け入れられ、喜ばれているか
- これらはクリアすべき基本的な要件であるが、取り上

げた事例で見られた状況は以下のとおりである。

2.1.1 管理上の問題

- ・どのケースでも夏場にアオミドロが大量に発生する：一時期のものであり人力による除去を指導、実施している。
- ・冬場に水不足になりがちとなる：事例1では緑化用の雨水槽との水量配分を変更して対応した。
- ・風車の維持管理：事例1については設置方法の問題から水落ちが起きやすい。事例3についてはシャフトの摩擦音が生じたことがあった。これらには定期的なメンテナンス（年1～2回）で対応している。事例3は仮設で、風車のみのシステムとしたが水量・水質ともに他事例より問題が起きやすかった。

2.1.2 ビオトープとしての環境

- ・導入種：最初に実施した事例1では、由緒の分かっているクロメダカを放流したが、その後自生してメダカ～ユスリカの安定した生態系となっている。事例2は事例1からクロメダカを移し、事例4では事例2からさらに移してそれぞれに自生し、環境に適応している。
- ・生態的環境：事例3は仮設のため金魚のみを放し、水路も自然度を抑える方法をとったが、生態系としての安定度に欠け、かえって維持管理に手間がかかった。

2.1.3 居住者の満足度

- ・事例1では事前と完成後のアンケート調査を行なっている。当初事業者が最も心配したものがビオトープだったが結果は逆に満足度の高いものとなった。
 - ・他の事例でも、若干の管理上の問題はあがるが居住者の満足が損なわれる状況ではない。事例3は居住者ではないが来館者と子供に好評であった。
- 各事例については以上のような状況にあるが、自然エネルギーを用いたシステムとしてこれまで概ね成り立ってきた。その要因の一つである循環システムがどのように稼動してきたかは大事なポイントであり、これを検証することとした。

2.2 循環システムの位置づけ

人工的につくられる水系のビオトープシステムは、そ

法政大学工学部兼任講師， Assistant Professor, Faculty of Engineering, Hosei University, 3-7-2 Kajino, Koganei, Tokyo 184-8584 Japan

表 1: 雨水ビオトープ事例比較表

	事例 1	事例 2	事例 3	事例 4
水面形態	水路型	水路+池型	池+水路型	池型
	幅 0.6~1.2m 長 60m	幅 0.6m, 長 10m 幅 3m, 長 10m	幅 0.6m~1.2m 長 20m	幅 2~3m, 長 10m 幅 3m, 長 8m
水深	15cm	10~15cm 10cm	15~30cm	15~50cm 10cm
貯留槽	RC 造	プラスチック製	プラスチック製	プラスチック製
	地下型	地下型+地上型併用	地下型	地下型
	35 m ³ , 緑用 70 m ³	30 m ³	10 m ³	29 m ³
集水域	屋根 約 650 m ²	屋根及び地表 約 200 m ²	屋根及び地表 約 100 m ²	屋根 約 400 m ²
循環システム	揚水風車+ソーラー発電によるポンプ	揚水風車+ソーラー発電によるポンプ	揚水風車	揚水風車+ソーラー発電によるポンプ
導入種	クロメダカ	クロメダカ	(金魚)	クロメダカ
ビオトープ以外の雨水の用途	屋上菜園, 屋上緑化, 壁面緑化	庭木への散水	なし	なし
建物用途	分譲集合住宅	子供養育施設	住宅案内所 (仮設)	教育施設

表 2: ビオトープシステム比較表

	場所	水源	循環システム
自然系ビオトープ	川, 湧水, 湖沼	川, 湧水, 湖沼	自然のまま
人工系ビオトープ (機械管理)	公園, 建築	水道, 井戸水, 雨水	機械循環設備
人工系ビオトープ (自然エネルギー管理)	建築, 公園等 (今後)	雨水	風車, 太陽電池など

の水源の確保が課題の一つとなる。水道水や井戸水を用いる場合は水量の安定確保が容易であり、コストをいとわなければ給水のみのシステムも可能である。しかし、雨水を主に用いる場合には、その貯留施設と循環システムが必要となる。一方、自然系のビオトープは、現存する自然に手を加えて自然度を高めるだけであり、新たなエネルギーも循環システムも必要としない放置型のシステムである。人工の循環システムは、これまで水道や電力などオフサイトのエネルギーに頼るケースが多かったが、これに対して、オンサイトの自然エネルギーを用いた管理型ビオトープは半放置型システムであり、自然系ビオトープとの中間に位置づけられる。表 2 に各ビオトープの比較を示す。

3 自然エネルギーによる循環システム

事例では循環システムに風車と太陽電池による自然エネルギーを用いており、これまでのところビオトープとの適合性がよいと思われる結果を得ている。その理由として、機械的運転でなく、自然のリズムに対応して稼動するために多様性の高い環境を得ているためではないかと考えられる。ここで用いているシステムは次のとおりである。

(1) 揚水風車

- ・ドイツ製の灌漑用揚水風車、汲み上げ揚程約 22m, 強風対策装置付, ダイヤフラムポンプ最大揚水量 300 ℓ/分
- ・弱風でも羽根が回れば水が出るので効率はよい。風は常時吹かないものの昼夜を問わず稼動する。大風時には大水を汲み上げるが、常時も風のリズムに従って水量が変動する。

(2) ソーラーポンプ

- ・太陽電池 50~55w のパネル 1 枚で、50w の直流ポンプを稼動させる。蓄電はせずに太陽光の強さによって変化する発電量に応じてポンプが稼動する。
- ・ポンプの吐出量は風車より小さく、最大 10ℓ/分程度だが、昼間は安定して稼動する。

この二つの異なる特性をもつポンプを単に並列に用い連動させない。これによって、むらのあるそれぞれの自然エネルギーをカバーしあうシステムとしている。水環境としては、止水域と流水域の両方の性格を持ち、メダカの生息には適している。大風時に風車によってつくられるフラッシュ流は、自然の川の洪水と同様に水質面で大掃除の役割を果たす。

3.1 システムの評価方法

循環システムの評価方法として「循環回数」と「循環平準度」を求めて検討することとした。本稿では主に「循環回数」についての検討を行ったが、今後、評価軸を増やした上でビオトープ及び建築を単位とした雨水の「循環能」として指標化することをめざしたい。

3.1.1 循環回数

循環回数は、ビオトープ部分に存在する水が入れ替わる回数（開水部循環回数 n_o ）と、貯留部分に存在する水が入れ替わる回数（貯留部循環回数 n_i ）とに分けて検討を行なった。雨水による給水のない貯留時においては、 n_o は一般的に多い方がよく、 n_i は少ない方がバックアップ能力が高い。これを合わせた評価として、循環比を求め、循環能力の指標とする。通常設計に際して開水部と貯留部の容積比を目安として、これを極

力大きくしようとする。循環比はこれに対してもう一つの尺度となり、循環比が大きければ水質維持も含めた総合的な循環能力が高いと判断できる。算出式は次のとおりとする。

開水部循環回数=開水部給水量/開水部容量

貯留部循環回数=貯留部流入量/貯留部容量

循環比=開水部循環回数/貯留部循環回数

ここに、

開水部給水量=風車揚水量+ソーラーポンプ揚水量

貯留部流入量=開水部給水量・蒸発散量 (=0.7)

3.2 循環回数によるシステムの検証、評価

3.2.1 風車揚水量の想定

風力については、地域ごとの条件によって差が大きく、風車の性能も微気候に大きく左右される。従って個別に詳細な風力データを得ることは難しい。ここでは、気象庁アメダスによる府中市の月平均風速を用い、事例3のみは海岸近くであるため、2.0倍の補正を行なった。また、揚水風車のエネルギー効率を旧来の多翼型風車の一般的な効率である30%に対して40%とした。

(風車揚水量) = (風速当たり揚水量) × (平均風速) × (地域補正率) × 0.4 (効率)

3.2.2 ソーラーポンプ揚水量の想定

太陽光発電の発電量については NEDO (新エネルギー・産業技術総合開発機構) や各メーカーから細かい数値が示されており、通常は日射量との関係で示される。日射量と発電量、ポンプの揚水量との関係は単純ではなく、個別条件によっても大きく左右される。しかし、発電量はポンプの能力に合わせて設計されているため、ここではポンプの能力を主として算定した。ポンプの形式は小型のダイヤフラムポンプで12Vタイプと24Vタイプを用いている。能力は3事例とも異なっており、それぞれの性能数値を用いた。尚、日射量は NEDO の資料を用い、発電効率の補正に総合設計係数 (K 値) の一般値 0.7 を用いた。

(ソーラーポンプ揚水量) = (発電量当たり揚水量) × (パネル当たり発電量) × 0.7 (総合設計係数)

図1~4に、風車揚水量、ソーラーポンプ揚水量について示す。これらから、このシステムの場合には風車の稼働能力がソーラーより大きい事がわかる。事例3では海岸近くで風を期待できる場所であったためソーラーを用いていないが、組合わせシステムより大きい値となっている。また、風車揚水量は季節により変動が大きく、ソーラーポンプ揚水量は比較的安定している事がわかる。従って、合成された揚水量も風車による変動パターンをトレースしたものとなっている。

3.2.3 循環回数の算定

風車とソーラーポンプによる揚水量は連動したシステムではなく、それぞれに独立している。従ってこれを単純に加算することで合成された揚水量となる。これにより各事例ごとの循環回数及び循環比を求めた。図5~8に結果を示す。

循環回数は、事例2のみ他に比べて際立った値となっているが、ここではビオトープ以外の雑用水への利用を含んでいるために貯留容量が開水部容量に比べて大きくなっている。循環比では事例3が他に比べて低

図 1: 事例1 ルミナス武蔵小金井

図 2: 事例2 聖フランシスコ子供寮

図 3: 事例3 幕張かるがも館

図 4: 事例4 洗足学園

くなっているが、システムの運転時に管理上やや問題

図 5: 事例 1 ルミナス武蔵小金井

図 6: 事例 2: 聖フランシスコ子供寮

図 7: 事例 3 幕張かるがも館

図 8: 事例 4 洗足学園

図 9: 循環平準度(2001年8月14日府中市)

は似通った性格のシステムを持っていることが分かる。

3.2.4 循環平準度

循環平準度は、風車とソーラーポンプによって合成される循環のリズムを示すものとする。自然のリズムは長期に均せば規則的であるが、短期的には不規則なリズムを持っている。利用面からすると問題のあるムラとなるが、これが生態的な多様性をもたらす大事な要素でもあり、適度に平準化されることが望ましい。

循環システムで実質的に問題になるのは、月レベルの平均値より毎日のリズムであり、これは季節によっても異なるパターンとなる。日パターンごとの検討は今後の課題とし、ここでは一例として、2001年8月14日府中市における夏期の状況を図9に示す。1日24時間の中では、ソーラーポンプが昼間しか運転しないため、循環パターンに偏りが出る。風車との合成によってこれが均されると考えられるが1日単位では風のばらつきも大きい。晴天日で見ると、ソーラーの働きが大きいことがわかる。それでも風車が最低流量の底上げに寄与していることが読み取れる。この例から見ても、日パターンはかなりばらつきがあるため、循環平準度については今後検討すべき点が多くある。

風車とソーラーポンプを組合せることでどのように平準化されるのか、事例に当てはめて今後の検討を行いたい。

4 まとめ

ここまで、雨水循環システムの評価方法について検討してきたが、現実の運転状況をどの程度正確に反映できているかは不明である。実測が容易ではないことや、アメダスの代表地点データと各現場との差も大きい。想定した諸元についても今後検討の余地がある。

雨水ビオトープの技術的評価には、循環システムのほかにいくつかの評価軸が必要と考えられる。

- ・雨水の集水、給水面の性能
- ・貯留槽の構造、取水装置の性能
- ・開水部の底質の容量及び材質
- ・水生の植物や生物の浄化能力、水質負荷・基準等、この他にコスト、管理、居住者の評価等、ソフトの評価軸を合わせて総合的な評価となる。設計に際してはこれらについて何らかの指標が得られれば分かりやすい。循環回数、循環比はその意味で手がかりの一つとなり得ると思う。本稿を手がかりに、他のタイプのシステムとも比較することで今後の指標化につなげてゆきたい。

があったこととの関連性が伺われる。また事例1と4