

17. グリーン購入対象物品評価手法の検討

A STUDY ON EVALUATION METHOD FOR ENVIRONMENTAL CONSCIOUS PURCHASEING

奈良 松範*

Matsunori NARA *

ABSTRACT; In this paper, the simulation model on the evaluation of goods for environmental conscious purchaseing was examined. Linear regression and curvilinear regression methods were used to assess the load of environmental pollution if any correlation existed. First, the equation used for the design of water pollution aspects of street surface contaminants and the street runoff as a source of load pollution. Second, the modelling for self-purification of nature to clarify the water pollution by urban runoff from the road surface and drainage pits. Mathematical simulation of self-purification of nature of water pollution using Monod model for the degradation of organic compounds caused by the contaminants of urban runoff from the road. Finally, the evaluation method for environmental conscious purchasing was used to examine performance data with daily rainfall for the effect of road scavenges before a rainfall. This approach showed that the concept of the model would be useful for the evaluation of environmental protection methods. The reconfirmation of the data and the verification and validation of the model, however, must be done.

KEYWORD; Environmental Concious Purchasing, Mathmatical Modeling, Simulation

1. はじめに

わが国の建設業界における地球環境問題への関心はリオサミットから高まりをみせ、その後、その範囲を拡大し、深さも増してきたように思える。しかし、建設業の現場では環境保全の意識が後退している側面も見受けられる。ここで、環境問題の原点に戻り、なぜ地球環境問題解決の方向に大きな進展が見られないのかについて考えてみたい。現在、環境問題とよばれている事象は、周知の通り、この呼称が用られる以前には公害とよばれており、その対象とする範囲も狭かった。公害とは、私企業ならびに公企業の活動によって地域住民がこうむる人為的災害で、ばい煙・有毒ガスによる大気汚染、排水・廃液による河川汚濁、地下水の大量採取による地盤沈下、機械の騒音・振動などであるとされている。このように考えてみると、環境問題は公害からその範囲を拡張、人類がこうむる人為的災害と言い換えることができるような地球環境問題まで拡大してしまったものであり、環境問題はある意味では依然、公害であるといえる。地球環境問題もあくまでも企業活動による人為的な災害であり、その悪影響が地球規模に拡大したにすぎない。地球環境問題というと、自分から少し離れた事象のように聞こえてしまうが、実は、あくまでも公害であり環境影響の発生源が世界中に散在し、その影響が地球規模になったにすぎないを考える。つぎに、環境問題の発生源に言及すれば、その原因は公害の定義にあるように私企業や公企業などの企業活動によるだけでなく、一般の生活

* : 諏訪東京理科大学 Tokyo University of Science, Suwa

者に起因する例は少なくない。特に、われわれのライフスタイルのあり方が水質汚濁（生活排水等に関連して）や地球温暖化（省エネルギー等に関連して）に対する環境影響は無視できない。しかしながら、企業活動でなく生活活動により発生する環境影響に対する認識はかなり低く、まして地球環境への影響を顧慮する人は少ないと思われる。以上、環境問題の解決に向けた問題点に言及したが、その根本は企業活動における公害意識の徹底および一般の生活者による環境への配慮の醸成が必要であるということである。

誰でも自分が子供の時の自然環境と現在のそれとを比べてみれば、周りの環境が悪化していることに気づくのではないだろうか。しかし一般には、川が汚れたからといって何ができるわけでもなく、また何をすればいいのかわからないのが現状であろう。このような場合、環境に関する難しいことは抜きにして、特別なことを意識しなくとも誰にでもできる具体的な環境配慮活動を提示することが望ましい。特別な活動を行ってもらのではなく、日常生活がそのまま環境配慮になるように仕組みられている方策があればよい。このような活動としてグリーン購入を取り上げてみたい。グリーン購入とは、誰でも必ず行う購買という活動の中に環境への配慮を組み込んだものであるといえる。

このような観点からグリーン購入を考えた場合、調達の対象となる物品を適切かつ妥当な方法で判定し、その結果にしたがって購入してもらうことが必要となる。そこで本文では、グリーン購入の対象となる物品を評価するための方法、すなわちグリーン購入による環境負荷低減に寄与するための方法を提案している。

2. 評価モデル

環境への負荷を低減させる方法は大別して、環境の許容負荷レベルが設定できる場合と設定できない場合に分類できる。許容負荷レベルが存在する場合は、その許容値を上限として負荷を管理するための手法あるいはモデルを考える。また、許容負荷レベルが存在しないあるいは不明な場合、許容レベルは設定できないので環境への負荷を最小化することになる。いずれにしても、環境への影響（負荷）を考える場合、その蓄積量を評価する必要がある。いま、時刻 t における問題とする環境負荷物質の量を $Q(t)$ とすれば、積分方程式を用いて、

$$Q(t) = \int_0^t I(\tau) \times R(t-\tau) d\tau \quad - (1)$$

ただし、 $I(\tau)$: 時刻 τ に物質が対象環境中に流入する率

$R(t-\tau)$: 対象環境中での負荷物質の残留関数 (Retention Function)

と表すことができる。本モデルの概念を図1に示した。これは環境を1つのブラックボックスとして、これに対する入力と出力があるシステムを表現しており、時刻 τ に関数 $I(\tau)$ の割合で入力があり、時刻 t に $E(t)$ の出力があるシステムである。 τ は環境が負荷物質の入力を受けはじめた時刻であり、環境中の残留量が関数 $R(t-\tau)$ にしたがうとすれば、時刻 τ における負荷物質の取り込み量は、

$$I(\tau) \times d\tau \quad - (2)$$

であり、他の負荷物質との相互作用がない（独立である）と仮定すれば、負荷物質が時間 $(t-\tau)$ の間だけ残留すれば、残留量は、

$$I(\tau) \times d\tau \times R(t-\tau) \quad - (3)$$

となる。

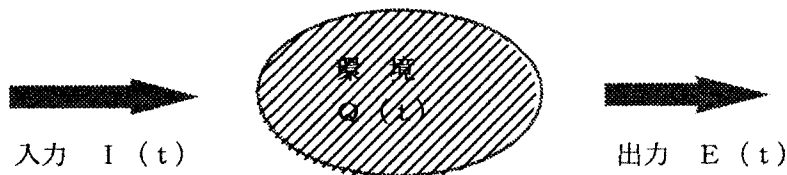


図1. 環境負荷評価モデルの概要

3. モデルシミュレーション

大気中へ拡散した二酸化炭素が地球温暖化に対する環境負荷としてふるまう挙動あるいは河川や湖沼に流入した水質汚濁物質が公用水域の汚染負荷としてふるまう挙動などに代表される環境負荷物質のダイナミカル・システムに対して適用することができるモデルの構築を検討した。

本文では、水質汚濁の現象を取り上げ、モデルシミュレーションを行った。河川等の水域を取り上げたことにより、自然浄化作用を前提条件として、自然浄化能力の範囲（負荷限界となる）内に環境負荷を制御することが目標となる。換言すれば、どの程度の環境負荷であれば自然浄化作用により分解除去されるか、あるいは自然環境という浄化能力の範囲で処理され、汚濁の進行を阻止することができるかを検討することになる。すなわち、水域へ流入する汚濁物質を含む製品に係るグリーン購入の判断基準は、環境（汚濁）負荷が自然浄化能力の範囲に制限されていること、あるいは少なくとも従来の同等製品より環境（汚濁）負荷が低減されていることとした。

解析事例として諏訪湖への水質汚濁負荷を取りあげ、ノンポイント汚染源から流入する汚濁負荷を制御することによりどの程度の環境負荷低減効果が期待できるのかについて検討した。本解析で用いた諏訪湖の特性値を表1に示した。グリーン購入の対象物品として道路路面の清掃を選定しており、清掃の有無および清掃の性能（清掃効率）を比較パラメータとした。解析モデルは、諏訪湖の流域において降雨により雨水桝や路面等に堆積した汚濁物質が押し流され、諏訪湖に流入することにより湖が汚染されるケースを想定した。このような場合、路面および雨水桝等の清掃という対象物品（サービスに該当する）を購入することによりノンポイント汚濁負荷が自然浄化能力の範囲でおさまるように制御することが可能であるか、逆に、制御が可能となるような清掃のレベルとはどのようなものかについて評価することになる。そして得られた評価結果に基づき、検討している物品がグリーン購入の対象となり得るかを判断することになる。

この考え方は冒頭に述べたように、グリーンの意味が環境負荷を環境容量の範囲で制御できるような物品であることとしたことに基づいており、本モデルは清掃だけでなく水質汚濁負荷を発生する物品あるいは汚濁負荷の発生を抑制する物品の評価等に係るケースに対して汎用性があると考ええる。特に、生活雑排水の公用水域の環境に及ぼす影響は大きく、自然系、農業系および工業系を含めた全体に対して生活系の排水が水域へのCOD流入負荷量に占める割合は30%～50%に及んでおり⁽¹⁾⁽²⁾、生活系排水の環境負荷を低減するような物品の水環境汚濁負荷の評価手法を確立することは急務である。

表1. 諏訪湖の特性

項目	流域面積	湖面積	最大深度	総貯水容量	滞留時間
数値	531.2 km ²	3.3 km ²	7.2 m (平均4.7 m)	62,987,000 m ³	39 日

3. 1. 汚濁負荷の流出

これまでの研究によりノンポイント汚染源からの汚濁負荷流出に関するモデルが提案されており⁽³⁾、一般には、汚濁負荷流出量を Q_p とすれば、流出負荷はある限界流量を超えると急激に増加すること、そして堆積物による負荷（ S ）の占める割合も大きいことを加味して次式のように表されている。

$$Q_p = k S^m Q^{n-1} (Q - Q_c) \tag{4}$$

ここで、 k ：負荷流出係数、 m ：堆積に関する係数、 n ：運動に関する係数、 Q_c ：限界流量

また、負荷流出の連続式は以下になる。

$$S(t) = S_0 + \int M dt + \int R dt + \int r dt + \int O dt + \int D_f dt - \int Q_p dt \tag{5}$$

ここで、 S_0 ：管渠系にある初期堆積負荷量、 M ：路面、側溝からの負荷、 R ：降雨含有負荷、 r ：屋根含有負荷、 O ：他からの負荷、 D_f ：晴天時負荷

しかし、本文では流出する汚濁負荷の流出量曲線がどのような形状であっても、公用水域に流入してか

ら十分に拡散した状態を対象とするので、長い時間スケールのもとでは流出負荷の急激な増加による影響は無視することができる。さらに、堆積物負荷量を標準化するとともに道路等の清掃効率（ α ）を加味することにより、(4) 式は以下のように簡略化することができる。

$$Q_p = \alpha k Q^n \quad - (6)$$

既往の研究⁽³⁾により住宅地の排水区における降雨量（ x ）と単位面積・単位降雨量あたりの流出負荷量（ Q_{p-BOD} ）について、 $BOD : Q_{p-BOD} \text{ (kg/ha/mm)} = 1.168 x^{-0.5537} \text{ (mm)}$ 、 $COD : Q_{p-COD} \text{ (kg/ha/mm)} = 0.746 x^{-0.757} \text{ (mm)}$ の関係が得られている。また、降雨流出量（ x ）と流出水質（ q ）との間の関係は、 $BOD : q_{p-BOD} \text{ (ppm)} = 72.2341 x^{-0.2789} \text{ (mm)}$ 、 $COD : q_{p-COD} \text{ (kg/ha/mm)} = 50.4222 x^{-0.3449} \text{ (mm)}$ としている。以上の準備を行ったうえで、本解析で用いる入力用諸元を表2に設定した。

表2. モデル解析で用いた公共用水域流入負荷諸元

項 目	対象汚濁物質	流出水質： q (ppm)	降雨量（ x ）	流出負荷量（ Q_p ）
ケース1	COD	28.9	5 mm	0.426α
ケース2	COD	17.9	20 mm	0.263α
ケース3	BOD	46.1	5 mm	0.479α
ケース4	BOD	31.3	20 mm	0.222α

3. 2. 汚濁負荷の除去・残留

水域に流入した汚濁物質は、自然の作用である沈殿、凝集、酸化、還元などの物理化学的および微生物や水生動植物による生物学的な自然浄化作用により分解除去されて浄化される。しかし、この自然浄化のメカニズムも無限の能力を持つわけではなく、ある一定の能力限界を超えた場合、自然浄化作用は有効でなくなる。有機物による汚濁の自然浄化作用を定量的に把握するためには BOD や DO 等の変化をみるのが有効である。浄化作用の活性を把握するために次式で表される脱酸素プロセスが利用される。

$$L_t / L_0 = 10^{-k t} \quad - (7)$$

ここで、 L_t ：最初の BOD 濃度、 L_0 ： t 時間後の BOD 濃度

また、再ばっ気作用は最初の酸素不足量と t 時間後の酸素含有状態から以下のように表される。

$$D_t = D_0 \times 10^{-k' t} \quad - (8)$$

ここで、 D_t ：最初の酸素不足量、 D_0 ： t 時間後の酸素不足量、 k' ：再ばっ気定数

(7) 式および (8) 式より、次式が得られる⁽⁴⁾。

$$D = k L_0 (10^{-k t} + 10^{-k' t}) / (k' - k) + D_0 \times 10^{-k' t} \quad - (9)$$

ここで、 D ： t 時における酸素不足量、 L_0 ：第一段階 BOD 、 t ：日数

汚濁負荷が流入した場合、最もクリティカルな状況は酸素不足量が最大になった時である。これは酸素不足量の極値を意味しており、 D の時間微分が零になる時点である。

$$dD / dt = k L - k' D_0 = 0 \quad - (10)$$

$$D_0 = k L / k' \quad - (11)$$

$$L = L_0 \times 10^{-k t} \quad - (12)$$

したがって、以上の式から次式を得る。

$$D_0 = (k / k') L_0 \times 10^{-k t_0} \quad - (13)$$

$$t_0 = (1 / (k' - k)) \log (k' / k) [1 - (D_0 (k' - k) / L_0 k)] \quad - (14)$$

湖沼および河川の環境基準は、それぞれ COD および BOD で規定されており、各々 COD 3mg/l 以下、 BOD 3mg/l 以下である。諏訪湖の場合、すでに環境基準を超えた状態で定常状態になっており、平成 13 年度の水質目標は COD 4.7mg/l 以下である。したがって、これ以上の環境悪化を防止するためには、まず河川へ流入した汚濁負荷が湖に入る段階以前に、河川の環境基準である BOD 3mg/l 以下となるようにしなければ

ならない。直接、湖に流入した汚濁負荷は、湖の中で水理学的滞留時間の範囲で湖沼の環境基準である COD 4. 7mg/l 以下にならなければならない。このような目標を達成するために、ノンポイント汚染源からの流出汚濁負荷の制御方策として路面等の清掃が有効であるかどうかを評価する。有効であれば、その有効となる条件をグリーン購入の判定基準として利用することができる。

(7)式から(14)式で提示した汚濁負荷の除去・残留式を用いて、COD および BOD それぞれについて検討を行った。COD は閉鎖性水域、そして BOD は河川等（流水型）のモデル式を用いることになる。表 3 の条件の下に汚濁負荷制御シミュレーションを行った。すなわち、BOD における検討では自然浄化作用のメカニズムを利用し、COD の検討では酸素不足量の観点からシミュレーションを行った。

表 3．シミュレーションの条件

脱酸素定数(deoxygenation constant)	0. 1, 0. 3, 0. 5
再ばっ気定数(re-aeration constant)	0. 2
滞留時間(retention time)	河川：0～2日、湖：39日
CODの検討ケース	表 2 に示した流入汚濁負荷は湖の 1/8 の容積で均一に混合されるとする。この場合、COD 平均濃度は 15mg/l。

BOD に関する結果を図 2 に示した。縦軸は、河川における目標 BOD 濃度を 3ppm と設定した場合の許容流入汚濁負荷（BOD）濃度である。図中の線の最上部（太線）、中間（細線）、下段（最細線）は、それぞれ脱酸素定数が 0.3、0.2、0.1 の結果を示している。脱酸素定数が 0.3 の場合は最も汚濁流入に対する余裕があり、同値が 0.1 ではかなり低濃度の汚濁負荷流入でも目標 BOD 濃度が維持できないことを表している。

COD に関する結果を図 3 に示した。湖に直接流入した汚濁負荷が湖の 1／8 容積の中に一様拡散し、生物学的な自然浄化作用を受けるとしたモデルであるが、図から明らかなように本モデルで設定したノンポイント汚濁負荷程度では 39 日の水理学的滞留時間の間にすべて分解除去されてしまうという結果が得られた。

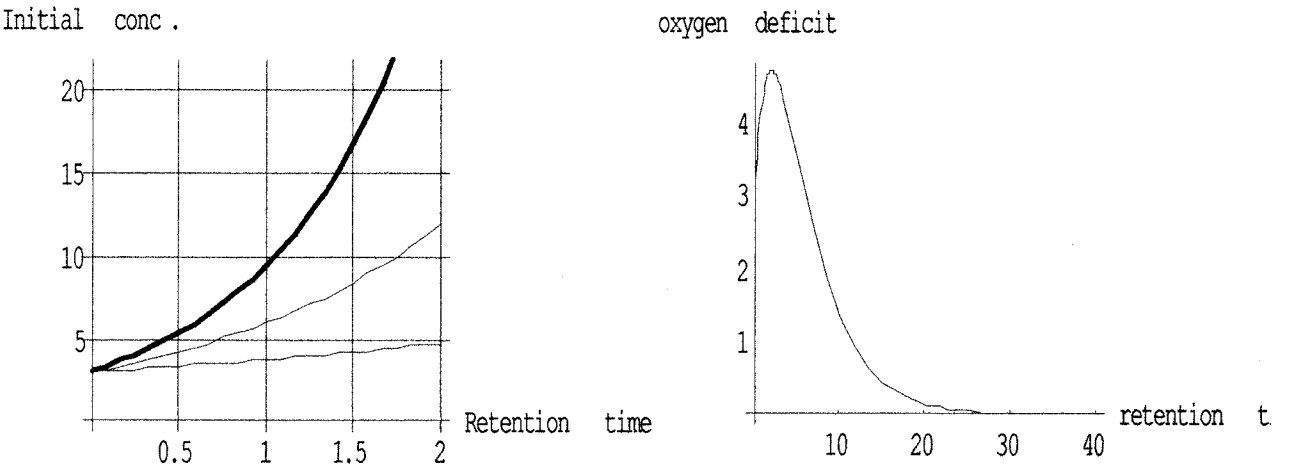


図 2．BOD を対象とした自然浄化モデルの検討結果 図 3．COD を対象とした自然浄化モデルの検討結果

つぎに、路面等の清掃効果を考慮したモデルについて検討を行った。清掃効果のパターンは、これまでの経験から、図4に示すような飽和型の関数でモデリングを行った。これは、清掃を確実に行うことにより流出汚濁負荷は減少するが、その減少効果は作業量に比例して上昇するのではなく、ある段階で飽和してしまうことを表している。ここで仮定した清掃効果関数をすでに述べた BOD を対象とした自然浄化モデルの関数に乗じた合成モデルを構成し、その結果を図5に示した。図5によれば適切な清掃は自然浄化作用を補償する効果を持つことがわかる。この関係を利用することにより、ノンポイントの汚濁負荷が発生した場合に不足するであろう自然浄化の能力を適切な清掃（最小コスト）により補填することができる。

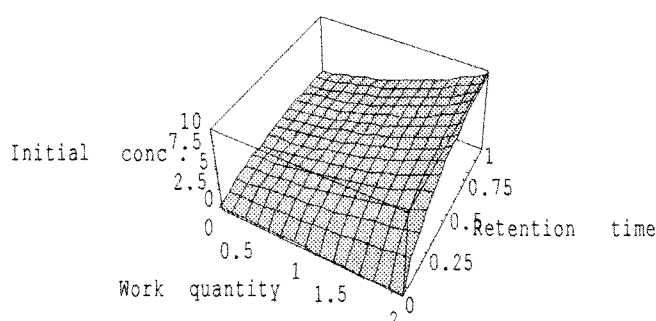
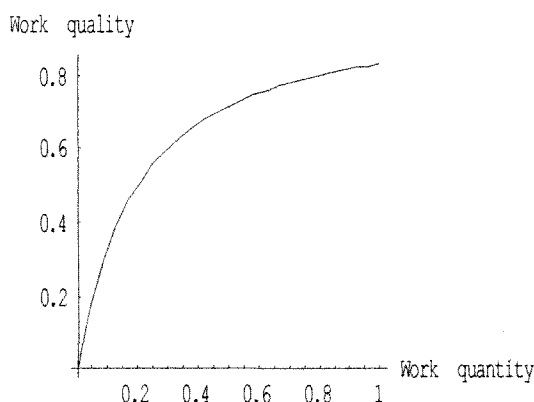


図4. 路面等の清掃効果を考慮したモデル
のための清掃効果関数

図5. 清掃効果を加味した場合の自然浄化作用

4. 結論

本論ではグリーン購入にふさわしい物品を評価する方法の一つとして、ある限界値あるいは許容範囲を設定することにより比較評価することを試みた。具体的な事例として、ノンポイントの汚濁負荷を取りあげ、このような負荷が流出した場合、公共用水域において自然浄化作用だけで負荷を除去できれば好ましわけがあるが、自然浄化ではカバーしきれない部分を担保（補完）するような物品があればグリーン購入の対象とみなせるのではないかと考え、検討を行った。提案した汚濁負荷のシミュレーションモデルを用いることにより、発生してしまった環境負荷を自然浄化作用の範囲で修復するために、路面清掃というサービスが有効であることを示すことができた。本モデルのスキームに沿ってシミュレーションを行うことにより、より一般的な汚濁負荷の自然浄化作用およびこの作用を補完することのできる因子ならびにその程度を明らかにすることができるのではないかと考えている。すなわち、汎用性のあるグリーン購入対象物品を評価するための考え方が提案できたのではないかと考えている。しかしながら、本研究の目的はあくまでも評価モデルの提案であったため、解析の精度は高いとはいえない。また、モデルの構築においてさまざまな仮定や近似を行っており、使用したデータも特定の条件（場所）で得られたものである。今後、実際の評価に用いるためにはこのような問題点を解決し、さらに詳細な調査とモデルの改良が必要であると考えている。

(参考文献)

- (1) 吉田良一” 土壌浄化法による生活雑排水対策”、用水と廃水、Vol.24,NO.4, 1982
- (2) 坂本憲照” 茨城県における生活雑排水対策”、用水と廃水、Vol.24,NO.4,1982
- (3) 和田安彦、” ノンポイント汚染源のモデル解析”、技報堂出版、pp91-138、1990