

2. 流域管理のためのLCAの新たな視点

東京大学 花木啓祐

2. 1. はじめに

ここ数年の研究を経て、上下水処理施設、構造物などへのLCAの適用が今や日常的に行われるようになってきた。そのこと自体は、物資の消費を組み込んだ形で技術の環境負荷の評価を行うという意味では評価できることである。しかしながら、流域を管理する目的でこのLCAの手法を用いることを意図するとき、現状のLCAは不十分なものであるといわざるを得ない。それは現状のLCAのほとんどがインベントリー分析の段階でとどまっているからである。流域管理のためのさまざまな技術やシステムを評価する目的でLCAを用いる場合には、インベントリー分析に本来続くインパクト分析に足を踏み入れざるを得ない。さもなければ、同一の成績（たとえば同じ処理水質）を上げる技術同士の比較のみにLCAの適用がとどまってしまうのである。

通常インパクト分析において異なった種類の環境負荷を評価する場合には、その負荷に重み付け係数を乗じる形で行う。しかしながら、その統合化の困難性故にインベントリー分析はほとんど行われていないか、あるいは行われていたとしてもその統合化の段階、すなわち異なる環境負荷への重み付けの係数として様々な値が提案されており、妥当と考えられる重み付け係数に意見が収束するに至っていない。

そもそも、流域管理の場で重要な環境負荷となる水質汚濁物質の場合には、世界共通の重み付け係数というものとは存在しない。それらの物質が放出される水系の状態によって環境への影響は異なる。この点は、世界共通の重み付け係数が少なくとも理論上定義できる二酸化炭素や鉱物資源とは異なる点である。

本稿では、それぞれの流域、地域に対する環境容量を基準にして環境インパクトを統一的に評価する考え方を試論として提案したい。

2. 2. 環境負荷の分類

資源消費も含む環境負荷をその二つの性質をキーとして表2. 1のように4つに分類することができよう。第一のキーはその影響が及ぶ範囲が局地的なものか、グローバルなものか、であり、もう一つのキーはその負荷が一過性のものか蓄積性のものか、である。この第2のキーは資源消費を扱う場合にはその資源が再生可能か、再生不能かという言葉に置き換えるとわかりやすい。

グローバルで蓄積性の負荷の典型は二酸化炭素の排出で、世界中のいずれの地で排出された二酸化炭素も、それらがすべて加算された形で環境に影響が与えられるので、その総量が問題になる。これらの負荷の場合、ある一つの行為に起因して異なる場所で生じた負荷を加算する必要がある（空間的加算）、時間的にも蓄積的な効果を考える必要がある。局地的で一過性の環境負荷の典型はBOD、窒素、リンなどの水質汚濁物質で、これらはある水域に高濃度で存在することが問題であって地球全体での発生総量を加算していく性質のものではない。

表2. 1. 資源消費も含む環境負荷の分類とその例

	局地的	グローバル
一過性 (Renewable)	BOD、 窒素、 リン	森林資源消費
蓄積性 (Non-renewable)	重金属、 廃棄物埋め立て	温室効果ガス、 CFC

2. 3. インパクトの考え方の提案

ここで、これら異なった種類の環境負荷によって生じるインパクトを統合的に評価するための方法を提案したい。ここで提案する方法は流域単位でそれぞれの環境負荷に対する環境容量を定義し、それに基づいてインパクトを定量的に評価する方法である。

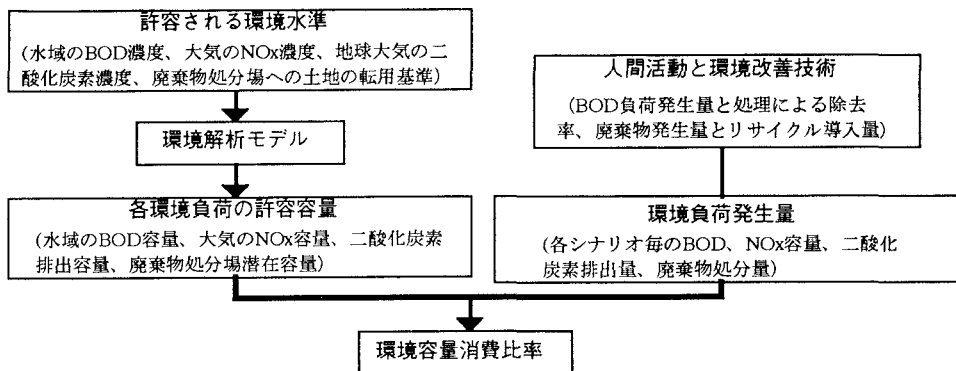


図2. 1. 提案するインパクト分析の手順

ここでは流域という単位で問題を考え、そこにたとえば下水処理を導入するような状況を想定するが、水環境の問題のみを考えるという意味では決していない。この流域で生じる大気汚染、二酸化炭素排出、廃棄物処理・処分、さらに天然資源消費も考えることができる。

(1) 手順

図2. 1にインパクト分析の手順を示す。この方法では、最初に許容される環境の水準を定めるというステップが必要になる。その流域において許容される水環境の水準、大気質の水準、世界全体としての大気の大気二酸化炭素濃度の許容水準、さらに廃棄物の埋め立て処分については、どの程度の土地の転用を許容するか、という判断基準を与えることになる。

いったん許容される水準が決まれば、従来から環境の解析で用いられてきた様々な方法で環境容量が求められる。局地的な環境負荷に対しては、局地的条件から、グローバルな環境負荷に対しては地球全体の容量から対象地域の容量を算出する必要がある。

環境容量については、ある期間（たとえば日）あたりの容量として求めるのがよい。局地的で一過的な負荷項目に対しては期間あたりの容量を算出することは困難ではないが、二酸化炭素や資源消費など、蓄積性の環境負荷の場合、持続可能な負荷が年間あたりの許容環境負荷になるがその算出には工夫が必要である。

一方、人間活動（たとえば生活排水）とそれに対する対応技術が導入されたときの環境負荷をLCAのインベントリ解析の手順に従って計算する。このような負荷が環境容量をどの程度消費してしまうかという比率（無次元数）を環境容量消費比率と呼ぶことにする。その定義は、

$$E = W/C, \quad E: \text{環境容量消費比率}, W, C: \text{環境負荷と環境容量}$$

ここで、環境負荷と環境容量は同じ次元（たとえばt/dayなど）にする必要がある。

(2) 環境容量

環境容量については末石の緻密な研究がある¹⁾が、ここでは、LCAへの適用を念頭に置き、代表的な環境負荷に対して比較的簡易な考え方に基づく環境容量の求め方を議論したい。

BOD、窒素などの水質汚濁項目については、汚濁源の放流地点を特定し、水域の流量などから河川の自浄作用のモデルや湖沼モデルを用いて環境容量を計算することができる。流域における対策として、流量を変化させて環境容量を増大させる対策もあり、その場合はこの段階で対策が組み込まれることになる。NOxによる大気汚染も同様にして環境容量を計算することができる。

二酸化炭素の場合、グローバルで蓄積性の環境負荷であるので、環境容量の設定にはいくつかの考え方が存在する。ここでは一つの考え方として、大気中の二酸化炭素濃度を産業革命前のほぼ2倍の550ppmで安定化するというIPCCのシナリオを許容できる範囲とする。IPCCによれば、このシナリオを実現するためには、世界平均の一人あたりの年間二酸化炭素排出量を現状の1.3t-C/yearから増加させず、21世紀中

葉には 1 t-C/year 程度にまで低減させる必要がある。これは世界平均の値であるので、発展途上国の今後の発展を考えると、この目標は厳しいものである。ともあれ、一人あたり年間二酸化炭素排出量 1 t-C/year を環境容量と考えることができる。なお、現在の我が国の平均値は約 2.7 t-C/year である。これを流域に対して適用するなら、その流域の人口をもとにして、流域全体の環境容量を求めることができる。

廃棄物埋め立ての場合については、現在の残余容量ではなく、潜在的な埋め立て可能地を基準に考える。その場合、持続可能な範囲での埋め立て地への土地の転用をいかに設定するか、が問題となる。内陸の埋め立ての場合、埋め立て完了後植林を行えば、60年程度で樹木が十分に成長すると仮定して、土地利用から判断して潜在的に埋め立て可能な面積の 1/60 が年間埋め立て可能面積と仮定する方法などが考えられる。

(3) インベントリー分析の結果の組み込みに伴う問題点

LCAのインベントリー分析においてはそれぞれの環境負荷項目を製造、運用などの各段階毎に別々に求める。通常の方法ではそれらを加算してライフサイクル環境負荷とする。これを上述の方式で環境容量と比較する場合には注意が必要となる。

二酸化炭素のような加算性の負荷の場合には、二酸化炭素が放出される場所によらずインパクトは同じであるから、ライフサイクル的なCO₂発生量をそのまま用いることができる。しかし、BODやNO_xのうち、材料や燃料由来のものについては、それらが製造されている場での排出になるので、これを直接排出分に加えることは妥当ではない。厳密には、直接排出に伴う環境容量消費比率とそれぞれの製品製造の場における排出に伴う環境容量消費比率を比較し、比率の最大値を採用することが必要になる。後者については、製品製造の場を特定することは困難であり、従ってその場の環境容量を推定することはできない。しかし、たとえば水処理施設を考えた場合、施設からのBOD直接排出量と、その施設建設分に相当するセメント製造工場由来のBOD間接排出量を比較すれば、後者は小さいので無視することができる。もっとも、NO_x負荷については、電力消費に伴う負荷が大きく、発電所の立地毎にそのインパクトを評価する必要があるかもしれない。

(4) インパクトの相互比較

各環境負荷項目毎に得られる環境容量消費比率は無次元の量であり、各項目の間で直接の比較を行うことができる。たとえば、ある技術を導入した場合に異なる環境負荷項目の間でトレードオフが生じる場合、それをこの比率で比較することができる。

2. 4. 解決すべき課題

ここで提案した方式は、インパクトの相互比較の段階で環境負荷項目毎の重み付けを行わない代わりに、各負荷項目の重要性、緊急性などをすべて環境容量の数値の中に織り込むことになっている。それはフロー図の第一段階の「許容される環境水準」をどのように設定するかという問題である。この段階での客観的な環境水準の決定は今後の課題である。

もう一つの課題は、環境容量が消費されている水準によって一定量の環境負荷が与えるインパクトが異なるという側面をどのように取り込むかと言うことである。汚染水準が高いほど限界損害費用が高くなることは一般的に認められていることである。すなわち、環境容量に対して既に過剰の汚染物質が放出されている場合の追加的な環境負荷は、環境容量に余裕がある場所での追加的な環境負荷よりも環境インパクトは大きい。これに対して、現時点で採用している「環境容量消費比率」は、言い換えれば、汚染水準に関係なく限界環境インパクトが一定であることを仮定していることになる。

このように多くの課題があるが、ISO14000 シリーズで決められた製品管理の目的に限定されているLCAを実際の環境問題の解決に役立てるためにはインパクト分析に手を着けざるを得ないであろう。

参考文献

末石、環境計画研究会「環境計画論—環境資源の開発・保全の基礎として—」森北出版(1993)第5章