

日本における酸性降下物の臨界負荷量の算定について

○パシフィックコンサルタンツ株式会社 正員 真田 純子  
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 正員 山田 和人  
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 林 健太郎  
 パシフィックコンサルタンツ株式会社 小野崎研郎

1. はじめに

酸性雨は地球規模の大気汚染問題の1つであり、国境を越えた取り組みが必要である。湖沼の酸性化や森林衰退等の酸性雨被害が深刻化している欧米においては、既にEuropean Monitoring and Evaluation Program (EMEP) 及びNational Acid Precipitation Assessment Program (NAPAP) により、広域にわたる酸性降下物の共同観測が実施されている。近年、目覚ましい経済成長を続けている東アジア地域では、大気汚染物質の排出量が急増しており、欧米並みの酸性雨が観測されている。今後も大気汚染物質の排出量はさらに増加すると予想されている。このような状況を踏まえ、アジア地域では1993年より「東アジア酸性雨モニタリングネットワークに関する専門家会合」が組織され、東アジアにおける酸性雨問題に対する取り組みが開始されている。

一方、酸性雨による影響を評価し対策に結びつけるための1つの手法として、生態系が悪影響を受けることのない酸性物質の許容負荷量(臨界負荷量)を推定する研究が欧米を中心に広く行われている。ここでは、臨界負荷量の算定・評価手法を紹介し、日本に適用する場合の課題及び今後の方向性を検討した。

2. 臨界負荷量(Critical Load, CL)とは

臨界負荷量とは、対象とする土壌や陸水等の系における指標(例:植生、魚類、水質基準)に対して悪影響を及ぼさないと考えられる最大の酸性物質の負荷量を見積もる手法である。その見積もりには、定常状態を仮定した物質収支モデル(Steady state mass balance model:レベルI解析)、また、時間変動を考慮した動態モデル(Dynamic model:レベルII解析)がある。レベルI解析は物質収支式が比較的単純であるため、広い範囲(国、地域レベル)を扱うことが可能である。レベルII解析は時間変動する多くの反応過程を考慮するため、より詳しい解析が可能であるが、モデルの構造が複雑になる。

臨界負荷量の概念は欧州において発展し、国連欧州経済会議(UN ECE)を主体に多数の成果が報告されている<sup>1),2),3),4)</sup>。日本においても近年、臨界負荷量に関する様々な研究が行われている<sup>4),5),6),7)</sup>。

本稿で対象としたレベルI解析の基本式は以下のとおりである<sup>2),3),7)</sup>。

$$CL(A) = BC_{we} + Al_{le(crit)} + H_{le(crit)}$$

$$= BC_{we} + Al_{le(crit)} + Q^{2/3} \cdot (Al_{le(crit)} / K_{gibb})^{1/3} \quad (1)$$

ただし、 $Al_{le(crit)} = R(Al/Ca)_{crit} \cdot (BC_{dep} + fBC \cdot BC_{we} - BC_{gu})$

ここで、	CL(A)	: 土壌に対する酸の臨界負荷量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
	BC <sub>we</sub>	: 化学的風化による塩基生成量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
	Al <sub>le(crit)</sub>	: 臨界アルミニウム溶出量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
	H <sub>le(crit)</sub>	: 臨界プロトン溶出量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
	Q	: 地下方向への浸透水量	( $m^3 \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
	K <sub>gibb</sub>	: ギブサイト溶解平衡定数	( $m^6 \cdot eq^{-2}$ )
	R(Al/Ca) <sub>crit</sub>	: 臨界アルミニウム/カルシウム比	
	BC <sub>dep</sub>	: 大気からの非海塩性塩基の降下量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
	fBC	: BC <sub>we</sub> のうちカルシウムとマグネシウムが占める比	
	BC <sub>gu</sub>	: 植生によるネットの塩基吸収量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )

3. 臨界負荷量の超過量評価

ある地域の臨界負荷量と大気からの酸性降下物量を比較することにより、酸負荷の超過量を見積もることができる。その算出式は以下のとおりである。

$$Ex_{acid} = A_{dep} + A_{soil} - CL(A) \quad (2)$$

ただし、  $A_{dep} = S_{dep} + N_{dep} - BC_{dep}$

$$A_{soil} = BC_{gu} - N_{gu} - N_{im} - N_{de}$$

ここで、

$Ex_{acid}$ :	酸負荷の超過量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
$A_{dep}$ :	酸性降下物量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
$A_{soil}$ :	植生の活動に係る酸負荷量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
$S_{dep}$ :	非海塩性の硫黄の降下量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
$N_{dep}$ :	窒素の降下量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
$N_{gu}$ :	植生によるネット窒素吸収量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
$N_{im}$ :	有機物としての窒素不動化量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )
$N_{de}$ :	脱窒量	( $eq \cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ )

#### 4. 日本に適用する場合の課題

日本における臨界負荷量の推定(レベルI解析)に関して、以下に示す課題が挙げられる。

1)化学的風化による塩基生成量( $BC_{we}$ ):土壌の化学的風化による $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 等の塩基生成量は、臨界負荷量の見積もりの中で最も重要な指標である。欧州では、これを土壌母材別に数クラスに分類している<sup>2)</sup>。日本では、6~7割の面積を占める酸性褐色森林土の風化速度を土壌母材や生成環境等を考慮して分類する必要がある。

2)Al/Ca比:欧州では、植生に影響を及ぼすAl濃度の臨界値を表す指標として、Al/Ca比を設定している<sup>2)</sup>。また、これ以外に数種類の指標が検討されている<sup>3),4)</sup>。日本の生態系に適したAl/Ca比は、植生や土壌タイプを十分に考慮して設定されるべきである。

3)植生による塩基吸収量( $BC_{gu}$ ):日本は寒帯林から亜熱帯林まで、幅広い植生が存在している。これら異なる植生による塩基吸収量を見積もる手法を検討する必要がある。

4)その他:酸性降下物量( $A_{dep}$ )、植生による窒素吸収量( $N_{gu}$ )、窒素不動化量( $N_{im}$ )、脱窒量( $N_{de}$ )等は、臨界負荷量の超過量を評価する際に検討が必要である。

#### 5. 今後の方向性

臨界負荷量の算定の目的は、大気汚染物質の排出規制や排出割り当て等、具体的な対策を講ずるための科学的根拠を示すことである。臨界負荷量の推定及び評価の手法は、各国の研究者によって種々の検討が行われている段階にあり、レベルI解析においても手法は確立されていない。

しかし、欧州では政策決定に資することを目的として、データの不十分な国を含めて、欧州全域の臨界負荷量図及び超過量図が作成されている。日本においても、各種データが十分に整備されているとはいえないが、さらなる研究の発展のためには、全国レベルの臨界負荷量図及び超過量図を作成することが必要であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) Hetteling et al. (1991) Mapping Critical Loads for Europe, CCE Technical Report No.1
- 2) Heinz et al. (1993) Manual on Mapping Critical Levels/Loads, UN ECE Task Force on Mapping
- 3) Downing et al. (1993) Calculation and Mapping of Critical Loads in Europe, CCE Status Report 1993
- 4) 岡崎 (1990) 土壌に対する酸性降下物の影響、酸性雨が陸域生態系に及ぼす影響の事前評価とそれに基づく対策の検討、人間環境系研究報告集、G028-N11-01
- 5) 吉永他 (1994) 国土数値情報を用いた酸性雨に対する感受性分布図の作成、日本土壤肥科学雑誌 Vol.65, No.5
- 6) 新藤他 (1994) 酸性降下物の臨界負荷量推定法のわが国への適用可能性と問題点、日本土壤肥科学会講演要旨集第40集
- 7) 新藤他 (1995) 酸性降下物の臨界負荷量の概念と推定法の評価、環境科学会誌 Vol.1.8, No.1