

米国に於けるタホ湖の湖水管理のケース・スタディについて

A Case Study : Water Quality Management of Lake Tahoe in the U.S.A

戸 沢 哲 夫 *

By Tetsuo TOZAWA

The Lake Tahoe Basin was divided and ranked into seven levels of land capability according to the frequency and magnitude of hazards. With the Lake Tahoe, the major emphasis has been placed upon assessing the viability of Landsat as monitoring device and the development of a usable system for water quality management. The Lake Tahoe Basin data base cannot be considered to be complete at this time. The elements presently contained with it are only a small sampling of data which can be integrated into such a system.

1. タホ湖の環境計画について

1969年連邦議会の承認後現在遂行されているタホ地域計画局は、翌年連邦林野局と共同で土地の分級が行われている。湖の周辺環境の保全と湖への流入物の規制により透明度も世界有数の中に入っている。これらの対応の方策と若干の富栄養化に関する一般説明も付加させながら記述する。

2. タホ盆地の位置と成因及び地形について

タホ盆地はカルフォルニア州とネバタ州の境界に位置し、ネバタ州の中に $\frac{1}{2}$ 、カルフォルニア州の中に $\frac{1}{2}$ 概略的に盆地内に横たわっている。盆地内のタホ湖は北部地域は首都サクラメントに向け、サンフランシスコ等の諸都市から多数の人々がレクリエーション地域として利用している。タホ盆地は地殻変動

による断層が成因で周辺の山脈は隆起し、盆地の底は相対的に降下し、西側と東側には断層運動の起因で形態上、地構、低地になったところに水が満たされたものである。盆地の東部側と南側の土は粒状の火成岩から成り浸食により影響され易い。一旦乱されると植物は土壌の中性から短期の成長(70日~120日)による回復は困難になっている。湖の両方と北側は変成岩と火山性の安定したものから出来ている。タホ盆地は一般に傾斜面が多く土地のおよそ半分は20%以上の急勾配で、盆地内は10%以下の勾配から成っているのは14%であり、これらの土地の殆んどは湖の南側の端に位置している。融雪時と降雨からの表面流出は64区分した分水界を通して直接流下している。これら湖に流下する流れは湖の水質と土壌を関連させることが重要となる。こゝでは水文学としての地形と気候的要素の機能としての面を考慮することになる。

* 正会員 札幌工業高校 土木科教諭
(〒060 札幌市北区北20条西13丁目)

3. タホ盆地の土地の分級について

土地の区分は物理的状態の効果で表示し、浸食からの危険性、水質、野性の生物、沈澱作用、植物との関連性等不安からの回復への可能性と応答への大きさ、土地の感度評価、地方的評価をみた上で取扱っている。土地分類の資料は水文学、土壌、地形、地質等から統合するとし土地と物理的要素を考慮して水準の基準を設定している。土地の不安定についての取扱いは土地利用の規制、透水性の割合からみている。こゝでは7つの土地の分級は土地の相対的リスクより規定している。

基本的には土地は自然の状態のままで存続させるようにし、以下の様な取扱区分を行っている。

1. 傷つき易い地域については保護地域に向け利用を限定し、開発の排除を目指している。クラスは3つに分級している。

1a. 30%又はそれ以下の非常に急勾配の山のスロープから成る。表面流水の可能性から浸食の危険性が高い土壌からなっている。

1b. 自然排水が良くない。

草地、氾濫原、湿地等の水源保護と土地利用については野生の生物の生息、沈澱物を考慮する必要がある。

1c. 動物相と傷つき易い植物相の保護をする地帯。実在する精巧な自然界のバランスで安定化する必要がある。

2. 30%～50%の急勾配の山のスロープから成る。

土壌と土地の形状は高い侵食と木材の伐採を制限する地帯である。土地利用は信頼関係で許される。

3. 9%～30%の山の勾配から成る。

中位の不安定の危険がある。

開発には注意深い計画実施が実在させている。

4. 9%～30%の山の勾配から成る。

低密度の住宅と木材の伐採を限定し、土地の侵食の可能性があるので、注意深い設計で対応する必要がある地域で、市街化は不適である。

5. 16%以下の平地の勾配から成る。

特別の保護地域の実態要求があり土地の不安について幾つかの制限を有している。土地の様式は高い表面流水の可能性についてわずかに侵食の危険を有している。

6. 16%以下の平地となだらかな勾配から成る。

盆地北側緩傾斜地に分布し、市街化、レクリエーション整備が可能である地域である。

7. 5%又はそれ以下の盆地の底地から成る。土地の限定利用と低い不安定な危険地域とみなされる。表面流水のわずかな侵食の危険と盆地内では現在最も開発許容度の高い地域である。

分級の適用に当たり盆地の中を14の地形の単位に区分し、これらは侵食のプロセスと自然の水文と発生の特徴に類似があるとした土地様式によって細別している。

相互の分級の中では土地管理に対する将来性と不安定に向けて、影響し合う自然界のプロセスを特定し、特徴の相互理解を基本に地形単位にグループ別している。こゝでは開発を禁ずる地区から制限する地区迄広範囲にわたり、不安定な徴候の危険の状態を示すことによる設計上の決定を行っている。

1～7迄の土地の水準の分類にあたり危険な状態は土の様式をグループ別にしてCriteriaとしての利用がある。又表面から浸透させないとする種々の水準の許容度を設定した可能性への等級付をしながら、基本的には生態的要素の分析の背景も判断要素に導入している。下記表はそれらの関係を示している。

土地分級	1	2	3	4	5	6	7
土地勾配(%)	30以上	30～50	9～30	9～30	0～16	0～16	0～5
透水性(%)		1	5	20	25	30	30

4. タホ湖の調査について

タホ湖は相対的に開発で傷つけられない合衆国の中でも数少ない自然のまゝに存在する湖水である。タホ地域計画局が求めているものは、地形の輪郭と排水地域の面積、表面流水に関係していると見なし、環境上のパラメーターの変化に関し、地形図とランドサットの像を相互に考慮して、相関の方法で現在資料の収集整理が行われている。タホ湖の湖水表面積は500 ㎡であり、湖水の沈澱物対策として排出規制がなされている。調査としては湖の栄養に関する状態のモニタリングがある。こゝでは水質管理については、使用に耐えるシステムの開発をランドサット利用によりアセスがなされている。水質は全体の土地の状況を包括的システムで調査し、基本資料を統合する

試みで行っている。

そこではマニュアルの試みを考慮し又各資料の要素間の集成をしシステムとしての分析が試みられている。

運用出来る基本資料は特別に設計した画像を基本に情報システムによっている。こゝでは実際的に実行しているプログラムによって画像処理を写實的に集成している。土地関連の水準は基本資料の範囲で、全体にとって欠くことの出来ない要素である。互いの地域を含む図の要素はコードによって統計上でつくり出され後日、日付で処理がなされるようになっている。内容の範囲の要素をシステムに関して統合出来るとしても、こゝでの資料は狭いサンプリングになっている。最新情報が環境にもたらすものへの可能性としてシステム・ダイナミックスの意味を含む構想となっている。そこにはスペクトル光電子走査装置が関係し、最新の画像を更にシステムの統合を計れる様に目指している。ランドサットからの像を、Overlayし、3つに区分した写實的な資料を平面図形にして総和している。種々なる資料を正確な分析で考慮しながら、見透しの増加に関する分析で準備をして行き視覚的にこれらの像を互いに表わしている。地形の浮き出し像に向け、地形上の地図を転換させるように類示させている。降雨量の像は表面流出係数を示す評価では、個々の排水流域に関するものを相互に面状にすることで見込んでいる。ランドサットセンサーにより示される排水地域の特徴の試みは、土地に関する準備の段階で実行されている。こゝでは多様なスペクトルの分類で遂行され、地域の中で類似したものを再生した情報で、統計上出力されファイルし、更に土地関係の水準を含ませながら、地域全体についてコード化を包含させながら、統計上の決定を行い、ファイルの相互間の比較の準備がなされている。そこには土地分級とのかねあいの検証と訂正がある。又リモート・センシング・データに関する情報を基本に、補助の重要な要素を統合に向け、デジタルの土地の資料の準備を包含させる努力がなされている。

取扱いの最後に、排水地域の土地についてのモデルの発展が望まれる。これにはそこに包含される要素が信頼のおけるものでなければならない。これらを効果的に機能するものを保証する基本資料については、実在のテストをする必要がありこの面で、モデルの立証の困難性への

の指摘がある。然し水質の対応は、流域と湖の主題はランドサット・センサーの分析を適応させることについて、実行の可能性即ち、時間を越えたシステムのあり方も望まれる。排水区域を履う様式の分類と、表面流出係数モデル・雨量のモデリングを発展させる要求もある。これらの要素は正確に評価出来るような統合を目標に、基本資料の組み立てについてはリモートセンシングを利用し、環境上のモニタリング情報の調査を継続させる必要があるとみなされている。

タホ湖の富栄養化の促進に対する可能性は表面流水による沈澱物の影響と、湿地帯の草地を横切って流れる流れの拡がり等が考慮されている。前者はタホ湖に流入する山地域からの表面水の排水手段と、後者は天然の湿地から成る南側の水質制限について水質低下を保証する必要がある、融雪時の流出と降雨についても試みられる。調査結果として、直接表面排水と支流の浮遊した沈澱作用の負荷と栄養物を低湿地で減少させることによって、天然水として流出水の取扱いが出来るとみなされている。又天然水の取扱いの範囲は雨水の流量が自然との機能としての特徴付であり、特に影響を湖岸周辺にみると生物学上、化学、物理の意味付が必要となる。以上の点で調査状況をみると支流関係の汚染は湿地帯の牧草地で効果的に減少させることが出来、牧草地の中で沈澱物を緩和し、高い栄養物の負荷を緩和させる時期はあらしに関係している。有機物は春の融雪時に表面流水を通して、牧草地からの放出となり又これらは植物の分解により融雪時水浸しになっている可能性がある。土壌表面が広範囲に栄養になるものを浸出させながら激しく崩壊することもある。

流水以上に沈澱物と栄養物の大きさによる水準が実質的に何倍もの影響があるとみられる向がある。これらは街路を通しての表面水流の構成とみなされる可能性もある。次に支流の影響度を見ると、低い水質の表示についての流域の影響度と対比し流域、支流別の影響度をみた上で水質の表示をする必要がある。

表面流水の将来の管理方策を検討する上で栄養物の流送上不明確な地帯の取扱いがあり、広大な地域を減らす方向等の活動があるので、こゝでは草地帯の栄養物の動きと浸透性について地域の有する可能

性をアセスする動きがある。これには草地を通した自然界の浸透と湿地帯の取扱いはシステム全体に与える機能が関係し、そこには寿命と過負荷の決定に重要な要素を有するとみなされる。South Lake Tahoe に於ける原野のサンプリングの評価については、PH、酸素の水中での溶解状況の確認、濁度、伝導率及び葉緑素 a、残留物の分析等栄養物に関する位置は全体にわたり規則的な基準について収集している。ここでは草地の出口と入口の各位置に於いて各種化学試験よりサンプル分析を行っている。こうした南側湖辺のサンプル採取については流域の上流側には幾つかの放牧と森林地帯、入江と幅広い草地の入り込みと中に深い水路がクリークとして発達している。又エアポート、ゴルフコース、自然保護地区がみられる。春と冬を通してあふれ出る水についてクリークの合流点からは分流が出来、湿地帯の中を流れて居り途中ビーバーダムの形成もみられる。排水地域の上流は一般に森林地帯があり夏には多くのリゾートが置かれている。又低い密度の居住に関する地域の流下水はクリークに通じている。こうした地点を包括し南側に 6 箇所、サンプル採取の結果、西と東各側湖岸に流れ込む川の近くの影響については水質基準からみると影響はないとする判断がなされている。然しこゝでの沈澱物と栄養物の増加の傾向は水路化された部分で窒素化合物について検出されるとしている。牧草地の取扱いについては一般に栄養物の濃度が高いときに沈澱物も高い。こゝでは腐敗した植物があると融雪時表面流水による栄養物の一時放出が考えられる。

5. 湖の栄養と生態について

湖の栄養に関する状態には栄養物の最低濃度に関する貧栄養と富栄養が対比される。こゝでは栄養物の最低と最高の水準について水質の中では幅広いかわりで問題となる。湖をみる要素は動物と植物の残存物、化学の構成に対する沈澱物とのかねあいとみられている。現在の環境の中では生態系の発達系列の変化のプロセスは見分けにくく考えられている。然し表面流水の中には高い栄養物の流入と富栄養化した湖がみられる。湖の栄養に関する状態は人間活動、土壌、流域特性、天候、湖の高さと緯度を包含

した多くの要素によって決定される。この内湖の深さと栄養物の供給、気候が最も重要である。タホ湖はこうした意味からも高位の湖でかつ深い水深を有している。栄養になる濃度を軽減させるための有効な手だては生態上の生産の割合を軽減させ湖水の最深部の水温を夏の時期にも下げさせるようにすることである。湖の深さが非常に大きいと底迄の到達の拡散による薄めがみられ又湖の植物のバイオマスは栄養になるものが手近にある量により決定されることが確認されている。浅い湖に長期間栄養物が負荷としての受入があると水質の後退がみられる。湖の生態上のパラメーターは栄養になる濃度、深水層の酸素の消耗、透明度が問題となる。多くのもたらす結果は他の異なったものとの相互関係のかねあいとなる。特に夏季に於ける浅い湖の魚の死は溶解した酸素の消失が関係し、濁りと水中の藻類の発生は植物プランクトンの全盛期を呈する。これらは水中の植物に起因する問題のみでなく、溶解した酸素の濃度中に日々の変動の引き起こしが藻類の水中発生を根ずかせ密集成長させる。

生態学上のプロセスの中で化学、物理を含めた相互関係は湖の管理の取扱い上最も困難な問題の 1 つであり、栄養物のリサイクリングに負うべき部分が大きい。湖をシステム全体としてみたとき栄養物に係わる部分を湖水に排出させない為に盆外地の送出等の取扱いの方法を採用しているタホ湖の水質管理方法は有効適切な方策と云える。

参 考 文 献

- 1) 丸田頼一、都市緑地計画論。236 ~ 244 p
- 2) Clean Lakes Program Guidance Manual. p.p.1~16
- 3) Land Capabilities (Lake Tahoe Basin)
- 4) Meadowland and Natural Treatment process in the Lake Tahoe Basin.
- 5) Application of Digital Image Techniques and Information System to Water Quality Monitoring of Lake Tahoe.