ゴルフ場開発と水質汚濁問題*

仁 木 義 郎 原 嶋 亮 二

1. はじめに

日本のゴルフ場の数は1988年9月1日現在1,582カ所であり、ゴルフ場総面積は造成中の222カ所を加えると1,796km²で、大阪府の面積の1,868km²に匹敵する広さとなる¹⁾。東京オリンピックが開催された1960年前後の第一次建設ラッシュ、日本列島改造論により建設ブームが生まれた1970年代前半の第二次建設ラッシュをへて、現在第三次建設ブームを迎えているといわれている。今日の金余りの経済情勢と余暇の増大がゴルフ場建設ラッシュを引き起こした潜在的要因であるが、直接的な引き金としては民間活力導入および内需拡大政策による誘導や、これらに加えて1987年6月に制定された「総合保養地整備法」(通称リゾート法)の果たした役割も大きいと思われる。リゾート開発計画の中でゴルフ場は施設として特に重視される傾向がみられる。国土庁の資料によると、1988年12月現在リゾート構想として挙げられている16の開発構想のうち11がリゾート地の主要な施設としてゴルフ場設置を計画している²⁾。このように、スポーツまたはレジャー施設としてのゴルフ場は山地・丘陵・海浜を問わずリゾー

ト開発の共通メニューとして加えられているといえる。

従来ゴルフ場は公園事業となる施設(公園施設)とされてきたため、公園内に設置されているゴルフ場は国立公園、国定公園、都道府県立自然公園を合わせると200カ所に及んでいる³⁾。しかし自然公園内のゴルフ場の取扱は、1973年3月の三木環境庁長官(当時)の国会答弁を契機に国立、国定公園特別地域内のゴルフ場の新設を認めないこととなり、環境庁は現在もこの方針を維持している。普通地域内の開発行為は届出制となっているが、1973年10月の自然公園法令の改正に当たってそれまで取扱が不明確であったゴルフ場の設置行為を「土地の形状変更」として扱うことが明確にされた。各地方自治体においても都道府県立自然公園内におけるゴルフ場設置の規制については、国立、国定公園の取扱が準用されている。

ゴルフ場建設ラッシュのなかで、ゴルフ場の環境破壊が問題となってきた。1988年、奈良県山添村に端を発したゴルフ場からの農薬流出を中心とした、いわゆる「ゴルフ場問題」はこれまで野放しであったゴルフ場における農薬使用に対して注意を喚起した。ゴルフ場設置が周辺住民の生活環境に与える影響は、使用農薬の流出の他に肥料の流出による富栄養化、生活排水による水質汚濁、地下水を含む水文環境の変化に伴う治水、利水への影響、工事中の濁水流出、騒音、振動の発生による影響などがあり、場所によっては交通安全に対する影響も見過ごせない。これらの問題に対する行政対応は、環境影響評価による事業計画に対するチェックと建設時や供用時の規制基準に対する適合のチェックにより対応してきたが、ゴルフ場が農用地でないため農薬使用についての対応は遅れている。

現在、環境影響評価制度は手続法として多くの地方自治体で実施されている。自治体の多くは、ゴルフ場をレクリエーション施設として位置づけ、環境影響評価の対象事業に加えているが、茨城県、大阪府、長崎県、横浜市、名古屋市、尼崎市、八尾市は対象事業としていない。制度が適用される事業規模については各自治体で異なり、最小1ha以上(川崎市)から300ha(北海道)と幅がある。また、千葉県、愛知県、兵庫県は開発面積100ha未満の事業は制度の適用を受けない

Yoshiro Niki
昭和56年 太陽機構入社
〔趣味〕 絵画鑑賞 ゴルフ

Ryoji Harashima
昭和28年 中央大学法学部卒業
39年 株式会社太陽機構創業
同代表取締役
〔趣味〕 映画 囲碁

* Water Pollution by the Development of Golf Courses,
1989年6月20日原稿受理

ため、制度上は環境アセスメント調査を実施しなくてもゴルフ場開発が可能である。一方、長野県のようにレクリエーション施設にゴルフ場(80ha以上)を明記した制度をもつ自治体もある⁴⁾。

以上のようにゴルフ場を取り巻く社会的、政治的環境は大きく変わりつつあり、特に山岳の水源地に立地する場合が増加するにつれ水質汚濁への関心が高まっている。ここでは、これらの情勢を踏まえ、ゴルフ場という人工の施設の特性を中心に水質とゴルフ場開発の関係を論じることとする。

2. 人工施設としてのゴルフ場

2.1 規模の増大化

コース(18ホール)の使用する純面積は、42haくらいといわれているが、敷地と外周との状況、敷地の形状・地形の状態、進入道路や管理道路、事務所、修景や用水のための池、残しておきたい樹林帯を含めると、50~70haの敷地面積が必要である⁵⁾。都市計画法による行政指導は、敷地に対する開発面積を50%以下としているため、所要敷地はそれぞれ2倍となる。最近の傾向としては山岳コースの増加に加え全体的に平坦なコース設計が多くなり、場内に修景用の池を配置する例が増えている。このため所要敷地面積は増加傾向にあり、当然のことながら工事に伴う移動土量も急激に増加しつつある。愛知県の場合では、従来120,000m³以下の移動土量で18ホールのコースが造成されてきたのに対して、最近では4,000,000m³を越す例も出てきている。

2.2 高度の排水機能

ゴルフ場は原則として自然流域を変更しないように設計される。しかし、流域内の土地形状変更に伴い基底流量の減少、降雨流出の増加という形で河川の流況に変化が生じる。グリーンを始めとする芝地の雨水排水は設計上極めて重要な要点であり、このためゴルフ場のU型溝、管渠などの表面排水路長は20km以上に及ぶ。これは芝が過度の水分を嫌うためであり、ゴルフ場に降った雨水は短時間で調整池に流入する構造になっている。

2.3 擬似農地

ゴルフ場のほとんどは、芝地と樹林地であり、クラブハウス、駐車場、道路など非浸透施設の土地利用面積は全体の5%以下である。グリーンが1.7ha、ティーグラウンドが1.1haで、これらにフェアウェイ(18ha)とラフ(30ha)の面積を加えると約50haが芝地面となる⁵⁾。農用地が農作物を最終収穫物としているのに対して、ゴルフ場の芝は「緑の芝」それ自体を管理の最終目標にしている。しかし、芝管理の実情は農地における農作物の管理と変わりなく、50haに及ぶ芝地は

フェアウェイ、ラフ、グリーン等のそれぞれの用途に合わせた排水、灌漑、施肥、施薬等の管理が行われている。

2.4 水質汚濁に係る特定事業場

18ホールのゴルフ場の利用客は1日平均140人(最大200人/日)程度である。プレー時間はおよそ4~5時間で、休憩、食事、入浴等に2~3時間を要し、全体の滞留時間は6~8時間である。施設で働く従業員、キャディーは合わせて90~120人で、クラブハウスには食堂や浴室があり、コース内には2~4カ所の茶店が設けられているのが普通である。ゴルフ場の事業所排水については、水質汚濁防止法改正に伴い、1988年10月より総床面積420m²以上の厨房施設を有するゴルフ場は飲食店とみなされ特定事業場となった。また、排水量が50m³・d⁻¹以上の特定事業場には排水規準が適用されることとなっているため、処理排水をそのまま放流しているゴルフ場は、すべての排水口で排水規準が適用される可能性がある。

3. ゴルフ場開発と水質汚濁

3.1 水質汚濁の種類と原因

図1はゴルフ場開発に伴う水質汚濁への影響波及を示したものである。ゴルフ場開発に伴う水質への影響を造成工事から施設供用時への時間の流れに沿ってみると、大まかに工事中に生じる影響と、工事の結果が供用時においても継続して発生するものと、供用時の人間活動の結果生じるものに大別される。筆者らが愛知県においてゴルフ場造成工事の影響についてモニターをした結果によると、下流河川に現れた水質変化として濁度、窒素、リン等の栄養塩類、BOD、COD、腐植酸等の有機物および鉄、マンガン濃度上昇が観測された。

供用時は利用者等からの生活排水、芝管理用の肥料、農業による影響が生じるおそれがある。また、盲排水管等の管渠から流出する鉄やマンガンの増加や伐採木が埋設された場合には腐植の流出が増加することもある。これらは下流河床に付着堆積し河床を变色させることがある。

3.2 工事中の水質

(1) 濁度、SS

濁水の主な発生場所は、降雨時には裸地部全面であり、無降雨時には湧水箇所や沢部における工事箇所である。降雨時の発生を決定する要因としては、土質の他に、裸地面の傾斜や転圧状態、降雨の状況等が挙げられる。降雨強度が強い場合や総雨量が著しく多い場合には、発生量そのものを減少させることは不可能である。このため多くの作業現場では仮設

図1 ゴルフ場開発に伴う水質汚濁への影響波及図

の沈砂池に工夫を凝らしたり、濁水防止のための工法、工程を工夫している⁶⁾。工事中の降雨時におけるSSの変化についての測定例を図2に示した。対照地点は工事の行われていない近傍の河川について同時に測定したものである。工事の影響として、SSのピークが対照地点よりも高く、また沈砂池、調整池の効果によってピークの遅れが生じている。また、ピーク後の濁度減少が緩慢になっている。

ピーク濃度の上昇に伴う土砂粒子の増加は、魚類の腸管閉塞を起こしたり、鰓の損傷に伴う罹患率の増加をもたらす。また水質の回復が遅いため、透過光の低下による付着藻類の基礎生産が減少し、アユなどの藻食魚の漁獲が減少する場合もある。

(2) 有機物、栄養塩類

大規模な造成に伴う表層土の擾乱は土壌有機物の存

在バランスを破壊し、一時的に下流河川の富栄養化を引き起こすことがある。造成工事中のこのような有機物の流出についてはこれまでほとんど注目されなかったが、場所によってはBOD, CODの他に、T-N, T-Pの流出増加もみられ、下流河川が富栄養化する現象はしばしば観察される。図3は工事中のBOD, COD, T-N, T-Pの変化を示したものである。BOD, CODおよびT-N, T-Pの流出のピークは沢部の工事時期に一致している。開発前の水質と比較すると、BODは20倍、COD 5倍、T-N 10倍、T-P 10倍の流出濃度となっている。月一回の測定結果と毎時測定した水位データより、ゴルフ場の造成工事現場当たりの流出量を試算すると、愛知県三河山間部では、BOD 3t, CODで3~10t, T-Nで0.5~3 t, T-Pで約0.7tと推定される。他の河川について推定された総負荷量に比べる

図2 工事中のSS流出（□△：対照地点，■▲：工事現場下流）

図3 工事に伴う有機物、栄養塩の流出（破線は開発前の値）

と^{7),8)}、これらの値は小さい。しかし通常負荷の非常に少ない水源地に発生すること、負荷の発生時間が集中し、発生源形態が比較的低レベルで多量である点を考えると、場所によっては深刻な問題になる可能性もある。今後、低減対策の検討を含め実態の把握に努めることが必要である。

3.3 供用時の水質

(1) 肥料による汚濁負荷

表1に日本グリーンキーパーズ協会が関東を中心に中部を加えて計170カ所のゴルフ場で調査した年間施肥量の実績についてのアンケート結果を示した⁹⁾。グリーンへの年間肥料投入量を窒素についてみると、ほとんどのコースでコウライ、ペントともに $15\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上であり、少ない施肥量のコースではそれぞれ $3.94\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、 $8.95\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ というところもある。長野県の例ではグリーンへの窒素使用量は、 $16.9\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ 、リンが $22.9\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ でティーグラウンドはグリーンよりは少ないがほぼ同量を、フェアウェイはグリーンの1/2、ラフは1/3を使用している¹⁰⁾。

表1 ゴルフ場の肥料使用量

(成分量 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)

使用場所	N	P_2O_5
コウライグリーン	27.44 (3.94~49.4)	34.71 (2.72~132.6)
ペントグリーン	33.11 (8.95~60.85)	42.77 (7.501~103.5)
ティー	19.37 (5.0~48.24)	25.66 (6.3~85.5)
フェアウェイ	12.45 (4.8~24.0)	14.16 (5.2~38.3)

日本グリーンキーパーズ協会のコース管理アンケート集計報告
(S.60年度)による。()内は最小~最大を示す。

施肥方法はコースにより異なり、フェアウェイへは年間2~7回、グリーン、ティーグラウンドへは冬場を除いて毎月施肥を行うコースが多い⁹⁾。

ゴルフ場に散布された肥料成分の流出には、粒剤か液肥か、全面散布か分肥かといった、施肥方法の他に降雨状況、ゴルフ場の排水特性などの様々な要因が関係する。環境影響評価の流出予測では農用地で測定された流出率を用いる場合が多いが、ゴルフ場は極めて雨水排水機能が高いため、農用地としての草地や水田とは異なると思われる。今後実測データの積み重ねによって、実情にあった流出係数を求めていくことが必要であろう。

(2) 農薬

ゴルフ場で使用される農薬は、病害用の殺菌剤、殺虫剤および雑草駆除の除草剤の3つに分類される。この他、土壌改良剤や着色剤も一部使用される場合もある。ゴルフ場における使用農薬については1988年8月に出された農水省の「ゴルフ場における農薬の安全使用について」の通達に基づき各都道府県は、使用薬剤を農薬取締法に基づく登録農薬とする方針で要綱、指針等による行政対応をしてきた。ゴルフ場における農薬の安全使用に関して「指導要綱」まで制定した県は千葉県、三重県、兵庫県など13府県(予定の神奈川県、京都府を含む)に上るが、指導指針や「要項・要領・通知」により対応している自治体も多い。

ゴルフ場における農薬使用やゴルフ場から流出する農薬についての実態調査は、各自治体を中心にやっと緒についたばかりであるため十分な結果は得られていない。農薬の流出については、肥料と同様に降雨や施肥方法との関連で体系的な調査が必要であろう。

(3) 処理排水

愛知県、岐阜県、三重県のゴルフ場15コースについて調査した結果によると、クラブハウスからの処理排水量は18ホールのコースで $50\sim100\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ である。キャディハウス、管理棟および茶店からの排水はし尿と生活排水が含まれる。水量はキャディハウスが $6\sim12\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 、管理棟が $0.8\sim4\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 、茶店は $2.5\sim7\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ で1週間を周期とする変化を示す。し尿、生活排水の発生源ごとの処理方法ではクラブハウスには長時間曝気+汙過が最も多いが、硝化・脱窒を行っているゴルフ場も4カ所あり、調査した全箇所の約1/3に達した(表2)。表3は処理施設の目標値を示している。

表3 処理施設目標値

($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)

クラブハウス	管理棟	キャディハウス	茶店
BOD 10(5-10)	20(10-30)	20	15(5-20)
BOD 10(3-10)	50(10-20)	20	15(10-20)
SS 10(3-20)	15(10-30)	20	15(5-20)
T-N 7(5-10)	-	-	5
T-P 1	-	-	1

中部地方15箇所のゴルフ場について調査した結果を示したものの。()内は最小~最大を示す。

表2 ゴルフ場における生活排水の処理

クラブハウス	管理棟	キャディハウス	茶店
○長時間曝気+汙過 ○接触曝気+汙過 ○活性汚泥+汙過 ○接触曝気+硝化・脱窒+汙過	○単独+接触曝気+汙過 ○単独+汙過	○接触曝気+汙過 ○単独+接触曝気+汙過	○単独+接触曝気+汙過 ○単独+硝化・脱窒 ○分離接触曝気+汙過

表4 クラブハウスからの処理排水

項目	H ゴルフ場	A ゴルフ場	N ゴルフ場
pH	7.1	6.6	-
BOD ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	3.3	17.3	3.1(0.5~11.7)
COD ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	5.2	16.2	4.5(0.5~11.6)
T-N ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	2.1	4.8	-
T-P ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	0.17	-	-
調査年, 回数	S. 60, 2回	S. 62, 3回	S. 53~62, 83回

クラブハウスについては、BOD、COD、SSともに $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ に設定しているゴルフ場が多かった。また、5カ所のゴルフ場でT-Nについて目標値を設定しており、平均では $7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ であった。また、T-Pについては1カ所設定されており、 $1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ としている。

クラブハウスの処理水質について、測定例を表4に示した。ゴルフ場により処理水質には幅がみられるが、Nゴルフ場の場合、長時間曝気と汙過方式でBOD、CODともに平均 $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ 以下で管理されている。

4. おわりに

1973年にゴルフ場が公園施設から外され、現在一部では環境破壊の元凶ともいわれるようになったのは、いうまでもなくゴルフ場で使用される農薬の流出に端を発している。しかし、ゴルフ場が現在のように極めて人工的要素の強い、非自然的な芝管理を指向する都市型施設である限り、水源の上流に立地しているゴルフ場が与える下流域の住民、河川生態系への影響は非常に大きいと言わざるを得ない。以下、今後予想されるいくつかの問題点についてふれてみた。

ゴルフ場が最上流の水源に設置されることが多くなったため、井戸等の地下水汚染について注意を払う必要が出てきている。特に水に溶けやすい硝酸態窒素については、十分な注意を要する。このため地下水について有効なモニター方法を確立していく必要があるだろう。また、ゴルフ場排水が飲料水へ混入するおそれがある場合には、水質の監視が必要であると同時に飲料水中の農薬の安全基準濃度の設定が大きな課題といえる。特に農薬については、使用する薬剤種が多いため指標物質と成りうる物質の検討など課題が多い。

ゴルフ場で使用されている農薬や肥料が多いか少ないかは今のところ判定基準がない。しかし、本来、栄養素に乏しい荒地に生育するはずの芝に対して、なぜ農用地並みの肥料が必要なのか疑問である。現在の芝管理のなかには芝を緑に保つため常時過栄養に近い状態にし、このため病害虫に侵されやすくなり農薬の散布量も増加せざるを得ないという悪循環がみられる。

プレイヤーが単に見た目の美しさだけでゴルフ場の評価を下し、そのため多くの犠牲を周辺環境に強いているとすれば悲しいことである。芝を常時緑に保つ必要があるかどうかは最終的にはプレイヤーが選択する問題ではあるが、経営者側もこれからはゴルフ場が本来自然性の高い施設であるべきことを認識し、ゴルフ場を設置することによって動植物の保全地を確保しながら共存の場を築いていくといった、一歩進んだ考え方が要求されるだろう。

最後に、ゴルフ場が林立してくると、小流域にいくつものコースが設置されるケースが増加してくる。このような場合、現在の環境影響評価制度や開発許可手続きのなかの基準等では、下流の複合的な影響、流域全域についての環境管理はできない。したがって、ある程度以上の流域について総量規制の考え方を取り入れる等の管理システムを確立する必要があるだろう。

文 献

- 1) 宮下隆(1989)長野県下におけるゴルフ場開発の現状と開発規制の制度、ゴルフ場等の開発と地域・環境問題—シンポジウム講演集一、環境科学年報 信州大学, 11, 別冊, p. 1-26.
- 2) 中山大二郎(1989)リゾート開発と地域環境、環境情報科学, 18(1), 31-35.
- 3) 環境庁自然保護局計画課(1989)「利用のあり方検討小委員会」検討報告資料集.
- 4) 環境技術研究協会編(1987)環境アセスメントハンドブック上巻, p. 43-48.
- 5) 中野有(1987)ALL ABOUT GOLF COURSE ゴルフ場大専科, pp. 446, 株式会社東京経済.
- 6) 内藤連三編(1987)環境と開発—矢作川方式を語る—, 109 pp., 矢作川環境技術研究会.
- 7) 杉崎隆一(1973)都市活動と水質, 半谷高久編汚染水質機構(水文学講座9), 共立出版.
- 8) 手塚泰彦(1974)河川の汚染, 築地書館.
- 9) 日本グリーンキーパーズ協会(1986)昭和60年度コース管理アンケート集計報告, 90pp., 日本グリーンキーパーズ協会.
- 10) 桜井善雄(1989)ゴルフ場開発と水汚染, ゴルフ場等の開発と地域・環境問題—シンポジウム講演集一、環境科学年報 信州大学, 11, 別冊, p. 108-121.