

六甲山上の自然地形を生かしたゴルフ場の森林環境の把握

神戸大学大学院農学研究科森林資源学研究室

岸本弦

【研究背景】

ゴルフ場は、開発による大規模な土地改変で植生の消失や自然度の低下が指摘されている（土田 1990）。また開設後もコース管理に大量の農薬を使用するなど、環境に対する負の影響が懸念されてきた。しかし近年は、ゴルフ場の持つ様々な緑地環境が評価され、景観や生態系に配慮した開発や管理が目指されている。ゴルフ場が自然環境と共存してくためには、ゴルフ場が自然にとってマイナスの影響であるという考えから脱却し、二次林の維持管理や生物相の保全などを通してプラスに働くものとして考えていく必要がある（栗田 2011）。自然環境と共存したゴルフ場を目指すためには、現在の植生の把握、調査地情報をもとに現在の森林がどのように形成されてきたか、また今後どのように変化するかを知ることが重要であると考えられる。

本研究では、神戸市の六甲山上に位置するゴルフ場を調査地とし、森林の現状と問題点を把握するために、航空写真調査やゴルフ場内の森林の植生調査を行った。またゴルフ場の主要景観の一つである花木類の開花状況について把握するため、場内の森林部に生育する花木類を対象に開花調査を行った。これらの結果に基づき、今後のゴルフ場の森林環境の動態や花木類の開花状況を予測し、ゴルフ場としての景観を維持しつつ、自然環境と共存したゴルフ場を目指すための今後必要な管理方法について検討した。

【調査地】

調査は兵庫県神戸市の六甲山にある神戸ゴルフクラブで行った（図 1）。このゴルフ場は 1903 年に誕生した日本で最古のゴルフ場である。多くのゴルフ場が開設時に大規模な土地改変を行うなか、神戸ゴルフクラブは大規模な開発は行わず、もとあった自然地形を生かしている。さらに神戸ゴルフクラブは原則として農薬を使用しない草地管理を行うことで、ゴルフ場が多種多様な生き物の住処となり、絶滅が危惧される動植物の重要な保護地になっている（一般社団法人神戸ゴルフクラブ HP <http://www.kobegc.or.jp/course/nature.html> 2022 年 2 月 5 日確認）。

神戸ゴルフクラブの位置する六甲山は瀬戸内海国立公園の六甲地域に属している。六甲山の植生はほとんどが再生植生（二次遷移）であり、やせ地に耐性のあるアカマツやコナラが成長し、比較的水分の豊富な斜面下部にはコナラ林、乾燥している斜面上部にはアカマツ林が成立している（社団法人土地防災研究所 2006）。

【方法】

◎航空写真調査および毎木調査

場内の森林を網羅的に調査するため、全周がコースに囲まれた林分内に3つのプロット（15m×20mが2つと15m×10mが1つ）とコース外の森林につながる林分内に1つのプロット（15m×20m）を設定した。、国土地理院地図/GSI Mapsに掲載されている過去の神戸ゴルフ倶楽部の航空写真から各プロットの林分が成立した年代を推定し、成立後の年数をもとに、「10年プロット」、「20年プロット」、「40年プロット①」、「40年プロット②」とした。林分の基礎データである森林の種組成・林分構造などの現状把握をするため、樹種同定、胸高直径測定、樹高測定の3項目を行った。各プロット内の胸高（1.3m）以上のすべての木本植物を対象とした。

◎主要花木類の開花調査

神戸ゴルフ倶楽部の主要な花木類の開花状況を把握するため、4つのプロットで生育していた17樹種を対象に調査を行った。プロット内に存在する対象樹種の全個体について開花の有無を確認し、開花個体割合を求めた。また開花には相対照度が関係し、樹種により開花に必要な相対強度の値も異なることが報告されている（重松ら1984、山瀬2010）。そこで全天空写真やPAR（光合成有効放射量）センサーを用いて光環境の測定も行い、開花率と光環境の関係について調査した。

【結果・考察】

◎ゴルフ場内の森林の種組成・林分構造

毎木調査によって得られた各プロットの林分構造（種ごとの胸高断面積合計、個体密度、胸高直径、樹高）の結果を表1-1～表1-4に示す。

10年プロットでは、個体密度は27133個体/ha、胸高断面積合計は20.6 m³/haであった。個体数はツツジ類が全体の68%と約3分の2を占めた。また低木種のうち、ツツジ類が約90%を占めた。個体数割合はツツジ類、リョウブ、アカマツの順に大きかった。胸高断面積割合はアカマツが49%、クロマツが29%と二種の合計で4分の3以上を占めており、アカマツ、クロマツ、リョウブ、ツツジ類の順に大きかった。他のプロットと比較して個体数密度、低木層の個体数割合が高いことが特徴であり、成長過程の個体群であるといえる。高木層はゴルフ場の主要樹種であるアカマツやクロマツが占めていた。

20年プロットでは、個体密度は4667個体/ha、胸高断面積合計は27.0 m³/haであった。個体数はツツジ類が45%、ウツギが24%と合計で約70%を占めた。個体数割合はツツジ類、ウツギ、タンナサワフタギの順に大きかった。胸高断面積割合はアカマツが57%と半分以上を占めており、アカマツ、エゴノキ、タンナサワフタギの順に大きかった。落葉低木種の個体数割合が高いことが特徴である。マツ類は1個体しか確認できなかった。

40年プロット①では、個体密度は4467個体/ha、胸高断面積合計は79.7 m³/haであった。

個体数はアセビが全体の49%と約2分の1を占めた。個体数割合はアセビ、アカマツ、ツツジ類の順に大きかった。胸高断面面積割合はアカマツが80%を占めており、アカマツ、アセビの順に大きかった。他のプロットと比較して、アカマツやアセビなどの常緑樹の割合が高いことが特徴である。林冠層をアカマツが優占し、中木層をアセビが優占していた。またアカマツの後継樹は確認できなかった。

40年プロット②では、個体密度は6200個体/ha、胸高断面面積合計は53.0m²/haであった。個体数はアセビが24%、アオキが16%を占めた。個体数割合はアセビ、アオキ、ツツジ類、リョウブ、コナラ、タンナサワフタギの順に大きかった。胸高断面面積割合はネムノキが32%、リョウブが20%、ヤマザクラが17%と落葉樹が優占し、3樹種で約70%を占めた。胸高断面面積割合はネムノキ、リョウブ、ヤマザクラ、アカマツ、アセビの順に大きかった。アカマツの個体数密度が低く林冠層は落葉樹が優占していたこと、アセビやアオキなどの常緑中低木種の個体数割合が高いことが特徴である。

◎主要花木類の開花状況

開花調査によって得られた各樹種の開花個体割合を表2に示す。開花個体割合は0%～100%までみられ、樹種により開花状況が大きく異なることが明らかになった。また光量子センサーでの測定は現在も継続しており、来年度も引き続き測定を続けることで開花率と光環境の関係を明らかにしたいと考えている。

◎ゴルフ場内の森林の現状と問題点

航空写真調査および毎木調査の結果から、神戸ゴルフ倶楽部の森林（残地森林）は林齢や林分構造が異なるパッチで構成されることが明らかになり、均一な環境ではなく、多樹種かつ多様な環境であることが分かった。また森林部の問題点も明らかになった。40年プロット①と40年プロット②では高木種や中木種の小径木がほとんど見られず、後継樹が育っていないことが明らかとなった。また40年プロット①と40年プロット②では常緑樹であるアセビの優占度が高く、林床の植生の更新に必要な光量が不足することから、今後植生の多様性が低下する可能性がある。またマツ枯れやナラ枯れが確認され、被害が拡大するとゴルフ場の林分構造が大きく変わる可能性がある。これらの問題をそのまま放置していると自然環境と共存したゴルフ場を目指す上で望ましいと考えられる生態系および景観が失われる危険性があることが明らかになった。多様な森林環境を維持するためにも、光環境の改善や野生動物の生態系維持など、それぞれの目標をもって管理を行う必要があると考えられる。

【今後の展望】

ゴルフ場の森林管理においては、森林部に求められる機能を考慮することが重要であると考えた。そこでゴルフ場の森林部を2種類に分け、それぞれに合った管理方法を提案する。

一つ目はコースに面している林分である。この林分は利用者から見える位置にあり、コースの一部としての位置づけが大きい。求められる機能としては、ゴルフ場の景観の維持や、コースを遮るブラインド効果などが考えられる。管理方法として、伐採による光環境の改善を行うことで、マツ類やツツジ類といった陽樹性の樹木が維持できると考える。また開花調査を継続して行うことで、樹種ごとに開花に必要な環境が明らかになり、伐採による管理を行う上での数値的指標になることも期待される。本研究であれば、10年プロットや40年プロット①に適した管理方法であるといえる。

二つ目はコースに面していない林分である。この林分はコースからは距離があり、大規模な伐採や植栽を行っても、コースの景観への影響は少ない。求められる機能としては、野生動物への餌資源の提供や、生息地となる多様な林分構造が考えられる。管理方法として、伐採による光環境の改善を行うことで、種数の増加や後継樹の更新が見られ、野生動物の生息地としての機能を維持することが出来る。また落葉性の結実植物の植栽を行うことで、野生動物の餌を提供することが出来る。本研究であれば、40年プロット②に適した管理方法であるといえる。このように林分の特徴に合わせた管理をすることで、自然環境と共存したゴルフ場になると考える。

本研究によってゴルフ場内には多様な森林環境が成立していることが明らかになった。またゴルフ場という場所の特性上、単に森林生態学の視点から評価するだけでなく、景観的視点をもって管理することが重要であることも明らかになった。これらの知見は神戸市内だけでなく全国のゴルフ場にも適用できると考える。神戸ゴルフ倶楽部は希少な高原植物が見られる関西有数の緑地であり、自然環境普及のため市民の方が参加できる「自然観察会」などを開催している。本研究の成果が、神戸市内に本研究の調査地のような様々な緑地環境が存在することを、普段ゴルフに関わりのない人々にも知ってもらおうきっかけとなることを期待している。

【参考文献】

- ・ 土田 勝義 (1990) ゴルフ場開発と植物・植生「ゴルフ場・リゾート開発」(信州大学/地域開発と環境問題研究班編)175-180. 信山社
- ・ 栗田 英治 (2011) 里山景観の保全に向けた都市近郊ゴルフ場の可能性. ランドスケープ研究 75(1) : 30-32
- ・ 一般社団法人神戸ゴルフ倶楽部 HP 神戸ゴルフ倶楽部の自然環境
<http://www.kobegc.or.jp/course/nature.html> 2022年2月5日確認
- ・ 社団法人土地防災研究所 (2006) 六甲山の緑の歴史
- ・ 重松 敏則, 高橋 理喜男, 鈴木 尚 (1984) 二次林林床における光条件の改良が野生ツツジ類の着花に及ぼす効果. 造園雑誌 48(5) : 151-156
- ・ 山瀬 敬太郎 (2010) 野生花木類の開花に適した光環境. 兵庫県立農林水産技術総合センター研究報告. 森林林業編 56 : 1-4



図1 神戸ゴルフ倶楽部の航空写真（2013）

地図・空中写真閲覧サービスより引用

<https://mapps.gsi.go.jp/contentsImageDisplay.do?specificationId=1530834&isDetail=true>



図2 10年プロット、20年プロット、40年プロット①、40年プロット②の拡大図

Google マップ (<https://www.google.co.jp/maps>) に加筆

表 1-1 10年プロットの林分構造

10年プロット	BA合計		個体密度		胸高直径(cm)				樹高(m)			
	m ² /ha	%	個体/ha	%	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
アカマツ	10.2	49.4	1567	5.8	8.2	3.9	16.3	0.7	5.9	1.8	9.2	1
クロマツ	6.0	29.3	833	3.1	8.1	5.2	20.1	1.8	5.2	1.8	8.1	2.2
リョウブ	1.7	8.3	2633	9.7	2.6	1.2	6.4	0.3	3.3	0.9	6.1	1.6
ツツジ spp	1.5	7.5	18533	68.3	0.9	0.4	3.0	0.1	1.9	0.4	2.9	0.8
その他	1.1	5.6	3533	13.0	—	—	—	—	—	—	—	—
総計	20.6	100	27133	100	1.8	2.5	20.1	0.1	2.4	1.3	9.2	0.8

表 1-2 20 年プロットの林分構造

20年プロット	BA合計		個体密度		胸高直径(cm)				樹高(m)			
	m ² /ha	%	個体/ha	%	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
アカマツ	15.4	57.1	33	0.7	76.7	—	76.7	76.7	11.8	—	11.8	11.8
エゴノキ	5.1	19.0	67	1.4	25.7	25.3	43.6	7.8	8.6	3.3	10.9	6.2
タンナサワフタギ	3.3	12.3	667	14.3	7.6	2.3	12.8	2.5	4.6	0.8	5.8	2.3
ツツジspp	0.9	3.4	2067	44.3	2.2	0.9	4.0	0.4	2.0	0.8	3.6	0.6
ウツギ	0.8	2.9	1133	24.3	2.6	1.5	7.9	0.2	2.7	0.9	5	1.3
その他	1.4	5.3	700	15.0	—	—	—	—	—	—	—	—
総計	27.0	100	4667	100	4.2	7.5	76.7	0.2	2.9	1.6	11.8	0.6

表 1-3 40 年プロット①の林分構造

40年プロット①	BA合計		個体密度		胸高直径(cm)				樹高(m)			
	m ² /ha	%	個体/ha	%	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
アカマツ	64.0	80.3	800	17.9	30.3	10.1	59.6	18.1	14.8	3.1	19.5	8.1
アセビ	10.6	13.3	2167	48.5	7.3	3.0	14.7	0.9	4.4	1.3	8.6	1.6
ツツジspp	0.4	0.5	733	16.4	2.5	0.6	3.9	1.5	2.8	0.7	4.1	1.8
その他	4.7	5.9	767	17.2	—	—	—	—	—	—	—	—
総計	79.7	100	4467	100	10.6	10.8	59.6	0.3	6.1	4.6	19.5	1.4

表 1-4 40 年プロット②の林分構造

40年プロット②	BA合計		個体密度		胸高直径(cm)				樹高(m)			
	m ² /ha	%	個体/ha	%	平均	標準偏差	最大	最小	平均	標準偏差	最大	最小
ネムノキ	16.9	31.9	200	3.2	26.7	23.3	53.5	11.5	9.5	2.5	12.3	7.6
リョウブ	10.8	20.3	600	9.7	13.4	7.4	25.3	4.1	7.6	2.2	11.5	4.9
ヤマザクラ	8.7	16.5	67	1.1	40.8	—	40.8	40.8	11.3	—	11.3	11.3
アカマツ	6.6	12.5	133	2.2	24.8	5.2	28.6	21.1	8.0	1.1	8.8	7.2
アセビ	5.2	9.8	1467	23.7	5.8	3.4	12.7	0.8	3.5	1.2	5.8	1.6
コナラ	2.3	4.3	467	7.5	7.5	2.7	12.1	3.9	5.7	0.9	6.6	4
タンナサワフタギ	1.2	2.3	400	6.5	6.0	1.9	7.7	2.9	4.3	1.0	5.4	2.9
アオキ	0.1	0.2	1000	16.1	1.1	0.6	2.5	0.4	2.0	0.4	2.7	1.3
ツツジspp	0.1	0.2	667	10.8	1.3	0.9	3.0	0.4	2.1	0.6	2.9	1.3
その他	1.0	2.0	1200	19.4	—	—	—	—	—	—	—	—
総計	53.0	100	6200	100	6.2	8.4	53.5	0.3	3.9	2.5	12.3	0.9

表 2 主要花木類 17 種の開花個体割合

樹種	総個体数	開花個体	開花率(%)	樹種	総個体数	開花個体	開花率(%)
ツツジspp	651	223	34.3%	コックバネウツギ	10	10	100.0%
アセビ	102	80	78.4%	ヤマザクラ	5	3	60.0%
ウツギ	38	22	57.9%	ヒサカキ	4	4	100.0%
タンナサワフタギ	34	20	58.8%	ノイバラ	4	1	25.0%
スノキ	20	10	50.0%	ナツハゼ	1	0	0.0%
イヌツゲ	17	6	35.3%	ウメモドキ	1	1	100.0%
アオキ	16	16	100.0%	ニシキギ	1	1	100.0%
ツクバネウツギ	15	11	73.3%	ガマズミ	1	0	0.0%
コアジサイ	10	8	80.0%				