

日本における余剰ゴルフ場の転用・再編に伴う 温室効果ガスと費用便益のシナリオ分析

齊藤 修¹

¹正会員 早稲田大学助教 高等研究所 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)

E-mail: o.saito@aoni.waseda.jp

日本には全国に2,400余のゴルフ場があるが、バブル経済崩壊後は、経営悪化して倒産する施設が数多く存在する。現在、倒産後、閉鎖されたままのゴルフ場が全国に約20コースあるが、その数は今後増加すると見込まれる。そこで本稿では、既報論文で予測した2035年での首都圏における余剰ゴルフ場を対象として、転用オプションと再編シナリオを設定し、各シナリオの環境面と経済面での潜在的効果を定量化した。その結果、すべてのオプションはネットで温室効果ガス(GHG)吸収源になりうることを、個別オプションの費用便益(B/C)ではゴルフ場、墓地、放牧が相対的な優位性を示し、公園、バイオ燃料生産、再森林化は公的な補助や経済的インセンティブがない限り採算性が低いこと、GHG吸収量とB/Cの値との間にはトレードオフ関係があることが明らかになった。

Key Words : golf courses, restructuring and management options, scenario analysis, Tokyo Metropolitan Area

1. はじめに

日本では、余暇リゾートのような商業施設が広い範囲にわたって開発されてきた。1980年代後半から90年代初頭のバブル経済期には、リゾート施設の会員権や不動産が投資対象として人気を集めた。その結果、日本には2,400ヶ所を超えるゴルフ場が建設されており、その総面積は国土面積の0.6%に相当する。これらゴルフ場の多くは、東京、大阪、名古屋、福岡など大都市近郊や農村地域において開発された(図-1)。現在、関東一都六県には700ヶ所近いゴルフ場があり(図-2)、これは関東の総面積の1.6%、森林面積の3.7%に相当する。

ゴルフ場は農林業が長い間営まれてきた里山を伐り拓いて開発されることが多く、ゴルフ場開発は地域環境破壊の主要因としばしば見なされてきた¹⁾。1980年代後半から90年代にかけて、ゴルフ場やリゾート施設開発に伴う地域景観破壊に対する反対運動が全国各地で起きた²⁾。

日本のゴルフ場利用者数(延べ人数)は1992年の年間1億人をピークに減少に転じ、バブル経済崩壊後、その数は年々減少傾向にある。多くのゴルフ場の経営状態が悪化しており、倒産さらには閉鎖するゴルフ場もある。バブル経済期に計画されたゴルフ場のなかには途中で建設中止になったところも少なくない。しかし、バブル期に計画されたゴルフ場がその後も建設され続けたことも

あり、全国のゴルフ場総数そのものはほとんど減少していないというのが実態である。

ゴルフ場の倒産数は1990年代後半から増えはじめ、2002年には年間108件に達した。2002年以降、年間倒産件数は徐々に減少してきているが、2007年までの累計倒

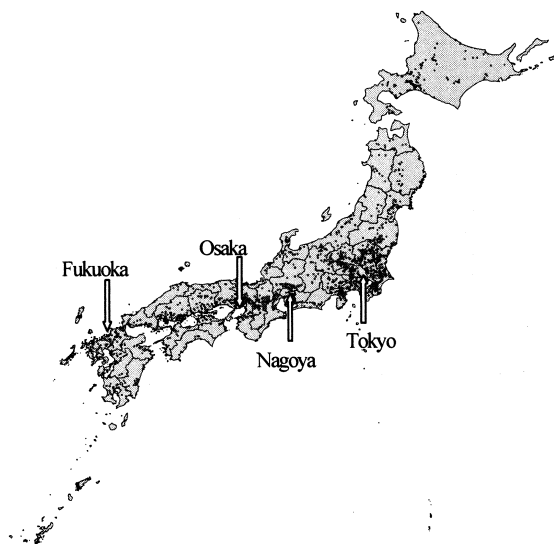


図-1 日本におけるゴルフ場の分布

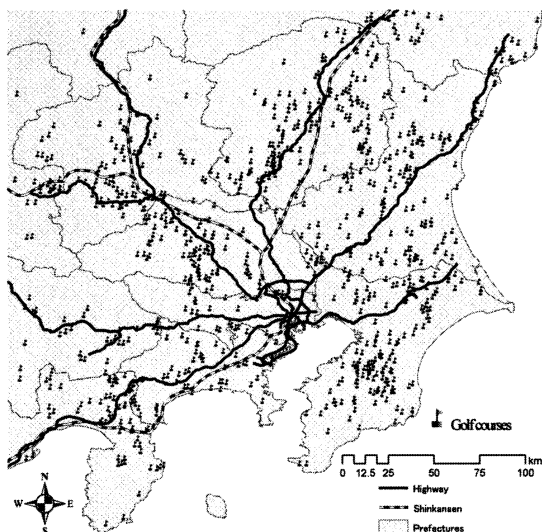


図-2 首都圏におけるゴルフ場の分布

産件数は600件を超える³⁾。これはゴルフ場総数の25%に相当する。倒産したゴルフ場の大部分は外資系企業等を買収され、より効率的な経営を行う運営企業のもとで営業を続けている。その結果、倒産件数が多いにもかかわらず、ゴルフ場の数そのものは減っていない。すなわち、日本のゴルフ産業は供給過剰の状態にあり、余暇活動の多様化と人口減少という傾向が今後も続くとなると、多くのゴルフ場が余剰となる可能性がある。

こうした背景から、既報論文⁴⁾において筆者は日本でのゴルフ場開発の経緯、利用状況、将来人口の統計資料等に基づいて余剰ゴルフ場推計モデルを考案し、首都圏では2035年までに152ヶ所のゴルフ場が余剰になりうることを示した。同論文では余剰ゴルフ場の転用オプションを提示したものの、転用の経済的な採算性や環境影響の定量化には至らなかった。

そこで本稿では、関東における将来的な余剰ゴルフ場を対象として、それらを都市・農村システムにおける持続可能な地域インフラとして再編していくための転用オプションと再編シナリオについて検討し、各シナリオの経済面・環境面での効果を定量化するモデルを開発することを目的とする。これにより、将来を見据えたゴルフ場経営と地域環境マネジメント政策の双方の意思決定に資する知見を得ることができると考える。

2. 方法

(1) 関東におけるゴルフ場と余剰ゴルフ場

関東の一都六県の人口は4,150万人であり、これは総

人口の32.5%が総面積比8.6%の土地に暮らしていることを意味する。関東のゴルフ場の数は、1960年の段階では68ヶ所⁵⁾で、そのほとんどが東京中心部から50kmの範囲に分布していた。その後、ゴルフ場開発が高速道路や高速鉄道の沿線を中心として急速に進み、1960年から80年までの20年間でゴルフ場の数は6倍（400ヶ所以上）になった。関東一都六県だけでなく、山梨県と静岡県、さらに福島県南部を加えた地域を含めると、現在800ヶ所以上のゴルフ場が分布している（図-2）。

本研究では、現在はゴルフ場として営業しているが、今後の人口減少に伴うゴルファー人口の減少から将来的には営業を続けるのが困難になる可能性があるゴルフ場を「余剰ゴルフ場」として定義する。関東における余剰ゴルフ場の数については、既報論文⁴⁾での推計結果に基づき、2035年での余剰ゴルフ場数を152カ所とした。

(2) ゴルフ場再編のための転用オプション

既報論文⁴⁾での検討を踏まえ、本稿では表-1に示す6つの転用オプションを想定した。これらのオプションは相互排他的な関係ではなく、相補的であり、ゴルフ場所有者や管理者は、各コースの地域特性や条件に応じて組み合わせることも考えられる。また、2035年までということであれば、新たな技術開発により、将来的にはもっと多くのオプションがありうるだろう。ただし、本研究では想定が困難な将来技術は対象にはせず、現段階で定量的な評価が可能な6つのオプションを検討対象とした。

(3) シナリオ分析

本研究でのシナリオ分析のプロセスを図-3にまとめた。関東の152ヶ所の余剰ゴルフ場について、そのままゴルフ場として維持するのか、6つの転用オプション（表-

表-1 余剰ゴルフ場の転用オプション設定

(a) 多目的空間（公園）	ゴルフ場には、クラブハウスまでの自動車道路、駐車場が既に整備されており、またコース内には歩道やカートレーンが整備されていることから、ゴルフ場跡地を一般市民に開放して、散策、スポーツ、園芸や農園などの余暇活動を行う多目的空間として利用できるようにする ⁶⁾ 。
(b) 墓地・霊園	大都市では墓地需要が拡大し、墓地不足であるため ⁷⁾ 、都市近郊の余剰ゴルフ場の一部を霊園化できれば、墓地不足を補う有効な手段になると考えられる。
(c) バイオ燃料の原料生産とバイオマス原料の貯蔵	ゴルフ場跡地の草本類を原料としたり、スイッチグラスなどの収量の多い多年草をゴルフ場に植えて、それらを原料として、ライフサイクルでCO2削減に資するバイオ燃料を生産を行う ⁸⁾ 。さらに、ゴルフ場は、周辺の人工林の間伐材や農業残渣などのバイオマス資源を貯蔵・保管するストックヤードとして活用する。
(d) 再森林化	ゴルフ場跡地を森林化することで、多様な生物の生息空間の確保、ヒートアイランドの緩和、CO2吸収・固定化、保水機能の向上の効果が期待できる。
(e) 放牧・牧場	放牧によって草地景観を維持しつつ、畜産による経済的な利潤を生み出すことが可能である ⁹⁾ 。
(f) 放置	日本では多くの場合、草地をそのまま放置すればやがて森林（夏緑ないし常緑広葉樹林）に遷移する。ただし、開発時の地形改変の程度で森林に戻る年数や遷移系列は異なる。

1) のいずれかに転用するか、4つの将来シナリオ(図-4)のもとで検討した。将来シナリオは、日本の農村景観の長期的な変化傾向と伝統的な管理についての文献¹⁰⁾、農村地域の将来シナリオに関する文献^{10,11)}、生態系マネジメントやバイオマス生産・利用に関する文献^{12,13)}を踏まえて設定した。4つのシナリオは「技術による地域環境の改善⇄地域の自然、生態系、文化遺産の保全」という軸と「地域の縮小・地域からの撤退⇄地域経済・コミュニティの活性化」という軸の2軸によって分割される4象限で整理できる(図-4)。つまり、「現状延長」"Business as usual"シナリオ(S1)は地域は縮小撤退が進むが、IT技術などの技術の発展・普及により地域の縮退を補うような社会シナリオである。これは、現状傾向のもとでは蓋然性が最も高いと思われる。そして、S1では大部分の余剰ゴルフ場は経営が厳しいながらも事業の効率を高めることで、2035年においてもゴルフ場として維持していると仮定した。「エネルギー創出」"Generating Energy"シナリオ(S2)では、温室効果ガス(GHG)排出削減に資するため、余剰ゴルフ場をバイオマスを有効利用するエネルギー生産の場に転用することが促されるとした。さらに、「アメニティと利便性」"Amenity and Comfort"シナリオ(S3)では、人々が観光、レジャー、スポーツ、学習、精神的な充足、定年後のサービスなどへの需要が高まり、余剰ゴルフ場もそうした用途への転用が促されるとした。そして、「自然再生」"Restoring Nature"シナリオ(S4)では、植林や森林管理が促進されると想定した。

4つの将来シナリオ毎に余剰ゴルフ場の経営オプションの構成比を将来の不確実性も考慮して設定した(表-2)。このオプション配分・評価プロセスはモンテカルロ分析の手法で行い、分析にあたってはCrystal Ball ver.7を用いた。もともとこのような構成比の未来の値を正確に予測することは不可能であり、ここでは各シナリオの将来像に即して構成比を確率分布で与えた。例えば、S1ではゴルフ場として維持するオプション(M)に40~80%の範囲の確率分布(三角分布)、放置(f)に0-20%の範囲の確率分布(三角分布)を設定した。なお、モンテカルロ分析での試行回数は各シナリオ一万回とした。

(4) 環境・経済評価の方法

本研究では、GHG排出量を環境評価指標、費用便益(B/C)を経済評価指標として用いる。各経営オプションのGHG排出量と費用便益の算定にあたっての前提条件と計算式(括弧内に用いた原単位など)を表-3と表-4にそれぞれ示した。既存の統計資料、白書、論文を踏まえて、我が国においてできるだけ平均的な数値(原単位)を用いて算定を試みた。なお、文献に数値がない場合には、各オプションに関係する実務家に直接問い合わせ

設定した。

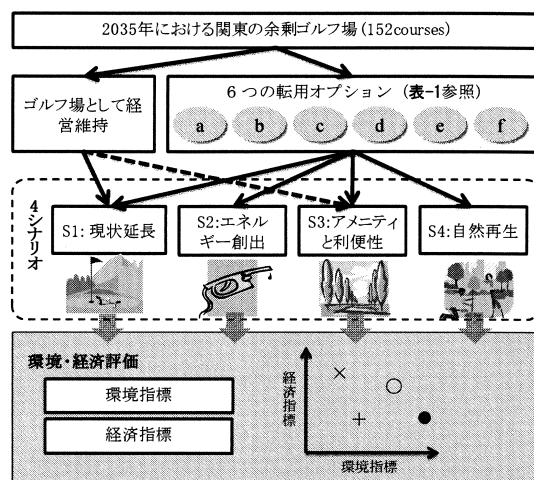


図-3 シナリオ分析のプロセス

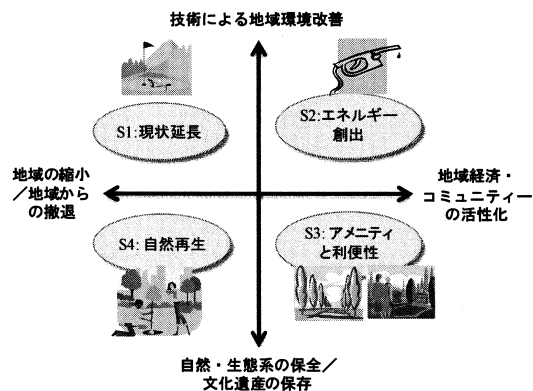


図-4 4つの将来シナリオ

表-2 余剰ゴルフ場の経営オプションの構成比(%)

	シナリオ			
	S1	S2	S3	S4
(M) ゴルフ場として維持	60 ^{b)}	10 ^{b)}	10 ^{b)}	10 ^{b)}
(a) 多目的空間(公園)	10 ^{b)}	10 ^{b)}	30	10 ^{b)}
(b) 墓地・霊園	0	0	30	0
(c) バイオ燃料の原料生産とバイオマス原料の貯蔵	0	60 ^{b)}	0	0
(d) 再森林化	10 ^{b)}	10 ^{b)}	10 ^{b)}	60 ^{b)}
(e) 放牧・牧場	10 ^{b)}	0	10 ^{b)}	10 ^{b)}
(f) 放置	10 ^{b)}	10 ^{b)}	10 ^{b)}	10 ^{b)}
合計(%)	100	100	100	100

網かけ数値はモンテカルロ分析用に確率分布を与えた。

¹⁾ 範囲40-80%、中央値60%とした三角分布。

²⁾ 範囲0-20%、中央値10%とした三角分布。

³⁾ (100-M-f)/3, ⁴⁾ (100-c-f)/3, ⁵⁾ (100-a-b-f)/3, ⁶⁾ (100-d-f)/3

表-3 経営オプションのGHG排出量の算定式と仮定

Option*	Emission (排出)	Sequestration (吸収・固定化)
(M)	<i>Operation and maintenance of a golf course</i> = Energy consumption (237.4 kl-crude oil equivalent/course¹⁴⁾) × Unit calorific value (38.2 GJ/k litter¹⁵⁾) × Carbon emission factor (0.0187 t-C/GJ¹⁵⁾) <i>Transportation by golfers</i> = Number of players per course (40,000 players/course¹⁶⁾) ÷ Number of players per vehicle (1.5 players/vehicle) × Round-trip distance (100 km/vehicle) × Gasoline mileage (15 km/litter) × Unit calorific value (34.6 GJ/k litter¹⁵⁾) × Carbon emission factor (0.0183 t-C/GJ¹⁵⁾)	<i>Carbon sequestration</i> = Forest area (50 ha/course) × Temperate forest net primary production (NPP) (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾)
(a)	<i>Construction of a park</i> = Developed land area (50 ha) × Unit development expense (200,000 Japanese Yen (JPY)/ha) × Carbon emission factor (3.786 kg-CO₂/1,000 JPY¹⁸⁾) × Conversion to carbon (12/44) ÷ Period 2010–2035 (25 years) <i>Operation of a park</i> = Floor area of administrative office (2,500 m²) × CO₂ emission factor (46.8 kg-C/m²¹⁹⁾) + Park maintenance expense (50 ha × 30.3 JPY/m²²⁰⁾ × 2 times/year) × CO₂ emission factor (3.786 kg-CO₂/1,000 JPY¹⁸⁾) × Conversion to carbon (12/44) <i>Transportation by visitors</i> = Number of visitors by automobile (10,000/park·year) ÷ Number of visitors per vehicle (2 players/vehicle) × Round-trip distance (20 km/vehicle) × Gasoline mileage (15 km/litter) × Unit calorific value (34.6 GJ/k litter¹⁵⁾) × Carbon emission factor (0.0183 t-C/GJ¹⁵⁾)	<i>Carbon sequestration</i> = Forest area (50 ha/course) × Temperate forest NPP (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾)
(b)	<i>Construction of a cemetery</i> = Number of plots (8,000 plots/course²¹⁾) × Unit development expense (20,000 JPY/plot²²⁾) × Carbon emission factor (3.786 kg-CO₂/1,000 JPY¹⁸⁾) × Conversion to carbon (12/44) ÷ Period 2010–2035 (25 years) <i>Operation of a cemetery</i> = Floor area of administrative office (2,500 m²) × CO₂ emission factor (46.8 kg-C/m²¹⁹⁾) + Green space maintenance expense (20 ha × 30.3 JPY/m²²⁰⁾ × 2 times/year) × CO₂ emission factor (3.786 kg-CO₂/1,000 JPY¹⁸⁾) × Conversion to carbon (12/44) <i>Transportation by visitors</i> = Number of visitors by automobile (20,000/cemetery·year) ÷ Number of visitors per vehicle (2 players/vehicle) × Round-trip distance (20 km/vehicle) × Gasoline mileage (15 km/litter) × Unit calorific value (34.6 GJ/k litter¹⁵⁾) × Carbon emission factor (0.0183 t-C/GJ¹⁵⁾)	<i>Carbon sequestration</i> = Forest area (50 ha/course) × Temperate forest NPP (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾)
(c)	<i>Net GHGs reduction by bioethanol utilization</i> = [Forest biomass yield (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾) × 50 ha) + Grass land biomass yield (3.2 t-C/ha-year¹⁷⁾) × 50 ha] × Ethanol production yield (0.342 l/kg²³⁾) × Calorific value of Bioethanol (21.1 MJ/litter) × Net GHG reduction by bioethanol production and utilization (12.2 g-CO₂/MJ²⁴⁾) × Conversion to carbon (12/44)	<i>Carbon sequestration</i> = Forest area (50 ha/course) × Temperate forest NPP (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾)
(d)	<i>Transportation of forest workers and volunteers</i> = Number of workers and volunteers (1,000 people) ÷ Number of visitors per vehicle (2 players/vehicle) × Round-trip distance (40 km/vehicle) × Gasoline mileage (15 km/litter) × Unit calorific value (34.6 GJ/k litter¹⁵⁾) × Carbon emission factor (0.0183 t-C/GJ¹⁵⁾) <i>Forest management</i> = Operating hours of weed cutter (500 hours/year) × Gasoline consumption (0.3 liter/hour) × Unit calorific value (34.6 GJ/k litter¹⁵⁾) × Carbon emission factor (0.0183 t-C/GJ¹⁵⁾)	<i>Carbon sequestration</i> = Forest area (90 ha/course) × Temperate forest NPP (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾)
(e)	<i>Construction of a ranch</i> = Developed land area (50 ha) × Unit development expense (20,000 JPY/plot²²⁾) × Carbon emission factor (3.786 kg-CO₂/1,000 JPY¹⁸⁾) × Conversion to carbon (12/44) ÷ Period 2010–2035 (25 years) <i>Operation of a ranch</i> = Floor area of the administrative office (2,500 m²) × CO₂ emission factor (46.8 kg-C/m²¹⁹⁾) <i>Methane emission from livestock (enteric fermentation)</i> = Ranch area (grass land area) (60 ha) × Number of dairy cattle per unit area (2 cows/ha) × Methane emission factor (0.1 t-CH₄/cow¹⁵⁾) × Global warming potential of methane (21) × Conversion to carbon (12/44)	<i>Carbon sequestration</i> = Forest area (40 ha/course) × Temperate forest NPP (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾)
(f)	<i>Monitoring and patrolling</i> = Frequency of patrolling (12 times/year) × Round-trip distance (20 km/vehicle) × Gasoline mileage (15 km/litter) × Unit calorific value (34.6 GJ/k litter¹⁵⁾) × Carbon emission factor (0.0183 t-C/GJ¹⁵⁾)	<i>Carbon sequestration</i> = Forest area (70ha/course) × Temperate forest NPP (6.5 t-C/ha-year¹⁷⁾)

*オプション(M)～(f)は表-2と同じ。

表-4 経営オプションの費用便益評価の算定式と仮定

Option*	Cost (費用)	Benefit (便益)
(M)	Annual operating cost of a golf course = Average annual operating cost of 2,026 courses (459 million JPY ¹⁶⁾)	Annual sales of a golf course = Average annual sales of 2,026 courses (482 million JPY ¹⁶⁾)
(a)	Construction cost of a park = Unit development expense (200,000 JPY/ha) × Developed land area (50 ha) ÷ Period 2010–2035 (25 years) Operating cost of a park = Labor cost of the operating staff (2.5 million JPY/year) + equipment and commodities (500,000 JPY/year) + Mowing [Unit price of mowing per m ² (30.3 JPY/m ² ²⁰) × grass land area (50 ha) × Frequency (2 times)]	Admission = Unit price of admission (200 JPY/visitor) × Number of visitors (10,000 visitors)
(b)	Construction cost of a cemetery = Number of plots (8,000 plots/course) × Unit development expense (20,000 JPY/plot ²²) ÷ Period 2010–2035 (25 years) Operating cost of a cemetery = Annual maintenance cost (5,200 JPY/plot, labor cost for pruning trees, cleaning, waste collection etc. ²³) × Number of plots (8,000 plots/course)	Perpetual usage fee = Perpetual usage fee per unit (690,000 JPY ²¹ /100 years) × Number of plots (8,000 plots) Maintenance fee = Maintenance fee per unit (6,000 JPY ²¹ /50 years) × Number of plots (8,000 plots)
(c)	Construction cost of bioethanol plant (Annual production capacity of 150 k liters, 400 million JPY ²⁶) ÷ Period 2010–2035 (25 years) Feedstock collection and transportation cost = Volume of biomass feedstock (485 dry-tons/year) × Unit price for biomass collection and transportation (15,000 JPY/dry-tons ²⁷) Conversion cost and taxes = Unit production cost of bioethanol [Chemicals (5 JPY/litter ²⁸) + Fermentation auxiliary material (2 JPY/litter ²⁸) + Steam and electricity cost (2.2 JPY/litter ²⁸) + Labor cost (4.5 JPY/litter ²⁸) + Road tax (5.2 JPY/litter) + Gasoline tax (48.6 JPY/litter)] × Annual production volume (150 kl/year)	Bioethanol sales amount = Annual production volume (150 k liters/year) × Unit price of ethanol (100 JPY/litter)
(d)	Reforestation cost = {Soil coordination (540,000 JPY/ha) + Seedlings (240,000/ha) + Fencing from animal feeding (904,700 JPY/ha ²⁹)} × Reforestation area (40 ha) ÷ Period 2010–2035 (25 years) Forest management = Management cost of Japanese cypress [Weed and shrub cutting (860,000 JPY/ha) + Monitoring (200,000 JPY/ha) + Improvement cutting (360,000 JPY/ha) + Thinning (360,000 JPY/ha ²⁹)] × Correction factor by employing volunteer workers (1/5) × Reforestation area (40 ha)	Amortization of forest tax = Amortization of forest tax (1,000 JPY/ha) × Forest area (90 ha/course)
(e)	Construction of a ranch = Developed land area (60 ha) × Unit development expense (20,000 JPY/plot ²⁹) ÷ Period 2010–2035 (25 years) Purchase of dairy cattle = Price of dairy cow (150,000 JPY/cow) × Number of cattle (2 cattle/ha × 60 ha) Labor cost = Annual labor cost (4 million JPY/worker) × Number of workers (2 workers) Pasture forage and other materials = {Purchased pasture forage (300,000 JPY/cow ³⁰) + Fuel (12,000 JPY/cow ³⁰) + Repair cost (20,000 JPY/cow ³⁰) + Consumable materials (20,000 JPY/cow ³⁰)} × Number of cattle (2 cattle/ha × 60 ha)	Sales from livestock = Annual sales per delivered cow (700,000 JPY/cow ³⁰) × Number of cattle (2 cattle/ha × 60 ha) × Proportion of delivered cattle (80%)
(f)	Monitoring and patrolling = Labor cost (10,000 JPY/person) × Number of patroller (2 persons) × Frequency of patrolling (12 times/year)	n.q. (not quantified)

*オプション(M)～(f)は表-2と同じ。

3. 結果と考察

(1) 経営オプションの評価結果

GHGについては削減量が157～2,259t-CO₂ equivalent/ゴルフ場・年と、すべての経営オプション(M～f)が吸収源として機能しうることがわかった(表-5)。また、容易に想定できるように、再森林化(d)による削減量が最も多く、ゴルフ場として経営を維持する場合(M)の削減量が

経営オプションのなかでは最も少なかった。

ゴルフ場経営(M)に要する費用と便益はそれぞれ他のオプションのそれよりもひと桁(10倍程度)大きい(表-5)。ただし、余剰ゴルフ場となって将来的に閉鎖ないし転用せざるをえないゴルフ場の費用便益の数値(絶対値)とB/Cは、表-5で示したもののより小さいと考えられる。B/Cについては、墓地・霊園(b)の値が2.15と経営オプションのなかでは最も高い値を示した。これは墓地の

表-5 経営オプションの評価結果

	GHG削減量 (t-CO ₂ equivalent/ ゴルフ場・年)	費用 (百万円/ ゴルフ 場・年)	便益 (百万円/ ゴルフ 場・年)	B/C
(M) ゴルフ場	157	459.1	481.7	1.05
(a) 多目的空間	631	33.7	2.0	0.06
(b) 墓地・霊園	661	48.0	103.2	2.15
(c) バイオ燃料	1,234	33.4	15.0	0.45
(d) 再森林化	2,259	16.9	0.1	0.01
(e) 放牧・牧場	270	64.7	67.2	1.04
(f) 放置	2,020	0.24	0.0	—

永年使用料と整備区画数の設定次第で大きく変わりうる数値であるが、今回検討したオプションのなかで比較する限り、墓地・霊園への転用は経済的な優位性があると示唆された。このほか、放牧・牧場もB/Cが1.04で経済的な採算がある程度は見込めると思われる。

一方、収益があまり見込めない多目的空間 (a) や再森林化(d)は、B/Cが0.1未満であった。これらのオプションは、ゴルフ場跡地の転用によって発揮しうる生態系サービスに対する経済的なインセンティブや補助金がない限り、経済的な実現可能性は低いと考えられる。また、バイオ燃料生産(c)のB/Cは生産コストがまだ高いことからB/Cが0.45となっているが、将来は技術革新によって低コスト化が進み、B/Cの値が向上する可能性がある。

(2) シナリオ分析結果

表-5の結果を各経営オプションの環境面と経済面の原単位データとして用い、関東において152の余剰ゴルフ場を表-2のオプション構成比でシナリオ毎に再編した場合の効果を推定した。その結果、S4の自然再生シナリオにおいてGHG削減量は最大となるが、S4のB/Cは4シナリオのなかで最も低くなった (図-5)。S1の現状延長シナリオとS2のエネルギー創出シナリオでは、B/Cが1.0より大きくなったが、その一方でGHG削減量はS4の半分以下となった。この結果は、GHG削減量と経済性との間にトレードオフ関係があることを示唆している。

このトレードオフ関係は、各シナリオのモンテカルロ分析結果を示した図-6から明確に読み取ることができる。例えば、S4のGHG削減量は176～330千t-CO₂ equivalent / 年の範囲で分布するが、GHG削減量が多いほどB/Cは低くなり、GHG削減量が最も多くなる場合のB/Cは0.28となる。図-6上にてS1、S2、S4のモンテカルロ分析結果をつなぐと、GHG削減量とB/Cのトレードオフ関係を示す仮想的な境界曲線を読み取ることができる。なお、S3のアメニティと利便性のシナリオでは、モンテカルロ分析でのB/Cの値がすべて1.0以上を示したが、GHG削減量についてはそれほどばらつきはなく、他のシナリオでみ

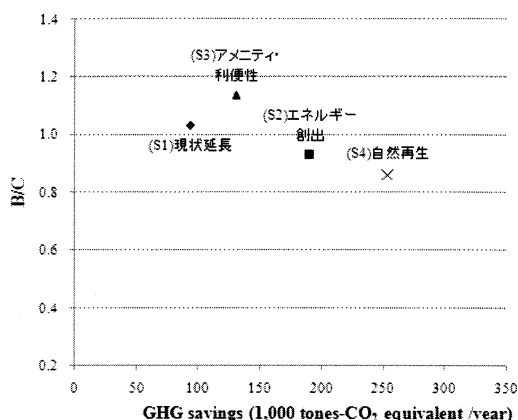


図-5 各シナリオのGHG削減量とB/C比

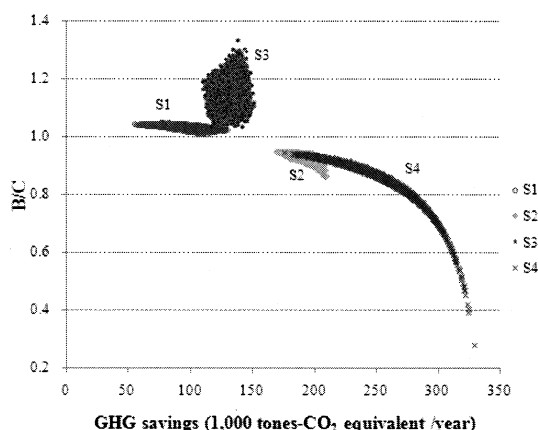


図-6 各シナリオのGHG削減量とB/C比のモンテカルロ分析結果

られたような指標間でのトレードオフ関係を見出すことはできなかった。

4. おわりに

本稿では、既報論文⁴⁾にて2035年までに余剰となると予測した関東のゴルフ場152ヶ所を対象として、6つの転用オプションの組み合わせ方を将来シナリオに応じて変化させた場合の環境面及び経済面の潜在的効果の定量化を試みた。これを通して、シナリオ分析のための実践的な事前評価モデルを構築した。本研究で明らかになった主な点は次のとおりである。

- (1) 検討対象としたすべての経営オプション（ゴルフ場、多目的空間、墓地、バイオ燃料生産、再森林化、放牧、放置）はネットでCO₂吸収源として機能しうる (表-5)

- (2) 個別オプションの費用便益(B/C)では、ゴルフ場としての維持、墓地、放牧が相対的な優位性を示す(表-5)
- (3) 公園、バイオ燃料生産、再森林化は公的な補助や経済的なインセンティブ、技術革新がない限り採算性が低い(表-5)
- (4) シナリオ分析では、現状延長シナリオ(S1)より他の3つのシナリオ、すなわちエネルギー創出シナリオ(S2)、アメニティ・利便性シナリオ(S3)、自然再生シナリオ(S4)の方がGHG削減量が多くなる(図-5、図-6)
- (5) モンテカルロ分析の結果、GHG吸収量とB/Cの間には明確なトレードオフ関係がある。なかでもS4のGHG削減量は全シナリオのなかで最大となるが、そのB/Cは最小の値をとる(図-6)

日本では、本稿でとりあげた余剰ゴルフ場問題が近い将来深刻化することが、多くのゴルフ場オーナー、企業買収(M&A)関係者の間で認識されつつある。この問題を学術的な研究対象とした研究は既報論文⁹⁾を除いてほとんどないが、スキー場など他のリゾート施設やそこへのアクセス道路を含め、これらの既存施設を将来的にどのようにマネジメントしていくべきか、地域の問題として捉え直し、検討すべき段階に来ている。本稿では、既報論文⁹⁾を発展させ、将来的な再編についてシナリオ分析を試みた。仮に、この問題を市場メカニズムに委ねるならば、本稿で示唆されたように、ゴルフ場としてなんとか維持しつつ、条件が合う一部地域で墓地や放牧地への転用が進む可能性はある。しかし、事業としての採算性だけでなく、環境面での効果を考慮するならば、バイオ燃料生産や再森林化といった転用もありうる。さらに、それぞれの地域にとって経済性だけでなく、地域の自然環境や地域コミュニティにとっても有益なシナリオをデザインしていく必要があるだろう。本研究成果は、個々のゴルフ場経営の今後の転用・再編方策の検討だけでなく、地域環境管理における将来シナリオを検討するための判断材料となりうる。

今後は、今回の将来シナリオ分析に土地利用変化解析モデルを追加し、関東における人口や土地利用の変化のなかで、余剰ゴルフ場の再編をいかに進めるのか、再編による効果を空間的に評価・表現できるようにする。また、関東のゴルフ場跡地でのフィールド調査を引き続き行い、その結果を踏まえて、生物多様性関連指標³¹⁾³²⁾など、他の環境評価指標の追加も検討予定である。

謝辞：本研究は文部科学省科学技術振興調整費「若手研究者の自立的な研究環境整備促進」プログラムによる早稲田高等研究所デニウ・トラックプログラムの一環とし

て行われたものである。本論文作成の過程では、谷川寛樹氏、西本敏雄氏、手塚寛氏、喜田任紀氏、内藤弘氏、栗原聡氏、水野智雄氏、三保尚之氏から有益な情報及び示唆をいただいた。ここに記して感謝の意を示す。

参考文献

- 1) K. Takeuchi, Brown, R.D., Washitani, I., and Yokohari M. (Eds.), SATOYAMA-Traditional rural landscape of Japan. Tokyo: Springer, 2002.
- 2) 山田國廣編：ゴルフ場亡国論，藤原書店，1990.
- 3) 帝国データバンク：2007年ゴルフ場経営者の倒産動向調査（帝国ニュース特別企画，2008/02/13），2008.
- 4) O. Saito: Restructuring existing rural resorts as a sustainable infrastructure for basin socio-ecological systems in Japan: A case of redundant golf courses in the Tokyo Metropolitan Area, *Proc. 3rd Int. Conf. on Sustainability Engineering and Science*, Auckland, December 8-12, 2008.
- 5) 足立区：都民ゴルフ場跡地利用に関する提案型事業の公募(2007年11月1日)，2007. URL: <http://www.city.adachi.tokyo.jp/006/d15700013.html>
- 6) 広域関東圏産業活性化センター：墓地の需要調査と新しい事業スキームの研究報告書，2004.
- 7) D. Tilman, Hill, J. and Lehman, C.: Carbon-Negative Biofuels from Low-Input High-Diversity Grassland Biomass, *Science*, Vol.314, pp.1598-1600, 2006.
- 8) 井上智晴：但馬における集畜連携放牧について，第6回放牧サミット（2006/09/28-29，熊本県），pp. 22-25, 2006.
- 9) 齊藤修：関東における過去約40年間の樹林地の量的・面的変化，GIS理論と応用，Vol.12No2, pp.145-154, 2004.
- 10) Future Foundation and Newcastle University, Rural Futures Project: Scenario Creation and Backcasting. (Prepared for Defra), Project SD0303, November, 2005.
- 11) 東京大学 RCAST 脱温暖化II 社会チーム，電通消費者研究センター：2050年脱温暖化社会のライフスタイルII 社会のエコデザイナー，電通，2007.
- 12) 栗田栄治，横張真：里山ランドスケープの保全に果たすゴルフ場の役割とその管理手法，Vol.64, No.5, pp.589-594, 2001.
- 13) 安田信太郎，横張真：バイオマスエネルギーの活用からみた里山ゴルフ場の役割，ランドスケープ研究，Vol.65, No.5, pp.497-500, 2002.
- 14) 三菱総合研究所：業務部門におけるエネルギー消費量試算について，2007.
- 15) 環境省，経済産業省：温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル Ver.2.3, 2008.
- 16) 経済産業省経済産業政策局調査統計部：特定サービス産業実態調査報告書 ゴルフ場編（平成16年），経済産業統計協会，2005.
- 17) 大谷義一：二酸化炭素フラック，森林科学，Vol.33, pp.10-17, 2001.
- 18) 日本建築学会：建物のLCA指針—温暖化・資源消費・廃棄物対策のための評価ツール，丸善，1999.
- 19) 日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット編：エネルギー・経済統計要覧2005，省エネルギーセンター，2005.
- 20) ハウスクリーニング熊本サンアメニティ：草刈・剪定

- 作業. URL:
<http://www.sunamenity.com/kusakari/index.html>
- 21) 宝塚市：新公園墓地整備計画の概要，2008. URL:
<http://www.city.takarazuka.hyogo.jp/?PTN=LV3&LV2=6&LV3=32&LV4=0®id=575>
- 22) 愛知県知多市：知多墓園事業特別会計 墓地公園整備事業. URL:
<http://www.city.chita.aichi.jp/soumu/soumu/zaisei/tousyoyosan/juuten/h17/uruoi17.pdf>
- 23) 石油産業活性化センター：第2世代バイオ燃料製造技術の研究開発に関する報告書，2008.
- 24) J.Hill, Nelson,E., Tilman, D., Polasky, S., and Tiffany, D.: Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels, *PNAS*, Vol.103, No.30, pp. 11206-11210, 2006.
- 25) 芦屋市：芦屋市霊園維持管理業務，平成16年度事業チェックシート，2005. URL:
<http://www.city.ashiya.hyogo.jp/pm/s17/html/4340010.html>
- 26) 真岡市：バイオエタノールプラントの価格に関する聞き取り調査，2009年1月28日，2009.
- 27) バイオ燃料技術革新協議会：バイオ燃料技術革新計画，平成20年3月，2008. URL:
<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/fuel/080404/hontai.pdf>
- 28) 新エネルギー財団編：バイオマス技術ハンドブック，オーム社，2008.
- 29) ヘキサチューブ：育林費用比較表. URL:
<http://www.hexatube.jp/ikurinhikaku.PDF>
- 30) 中央畜産会：畜産経営診断 全国集計，2001. URL:
http://cali.lin.go.jp/cali/db/kumi/html/cx/cx13/rakunou13/pdf/XD1_2001006.PDF
- 31) Tanner, R.A. and Gange, A.C.: Effects of golf courses on local biodiversity, *Landscape and Urban Planning*, Vol.71, pp.137-146, 2005.
- 32) Yasuda, M. and Koike, F.: Do golf courses provide a refuge for flora and fauna in Japanese urban landscape? *Landscape and Urban Planning*, Vol.75, pp.58-68, 2006.

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SCENARIO ANALYSIS OF THE REDUNDANT GOLF COURSES IN JAPAN

Osamu SAITO

Commercial infrastructures intended for use as leisure retreats such as golf and ski resorts have been extensively developed in many rural areas of Japan. However, following the burst of the economic bubble in the 1990s, several existing resorts faced tough management decisions and some were forced to close their business. In this study, six alternative management options for restructuring the existing golf courses (park, cemetery, biofuel production, reforestation, pasturing and abandonment) are examined and their environmental and economic impacts are quantitatively assessed. In addition, restructuring scenarios of these options and an ex-ante assessment model are developed. The scenario analysis by Monte Carlo simulation shows a clear trade-off between GHG savings and benefit/cost (B/C) ratios, of which “Restoring Nature” scenario absorbs the most CO₂ among the four scenarios considered, but its B/C ratio is the lowest. This study can be used to select or examine options and scenarios of golf course management and rural environmental management policies.