

都市および近郊の遊休草地で、 人にもヒツジにも環境にも優しい空間をデザインする

Design of human-, sheep-, and environmentally friendly spaces in unmanaged grasslands in urban and suburban areas

○森元真理（東京農業大学農学部）*1

三井裕樹（東京農業大学農学部）*2

*1 Mari MORIMOTO, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Funako 1737, Atsugi, Kanagawa, 243-0034, mm205313@nodai.ac.jp

*2 Yuki MITSUI, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture, Funako 1737, Atsugi, Kanagawa, 243-0034, y3mitsui@nodai.ac.jp

キーワード: バイオフィリックデザイン, ヒツジ放牧, 未利用地, 植生管理, アニマルウェルフェア

1. 緒 言

人間が「生命および生命に似た過程に対して関心を抱く内的傾向」は「バイオフィリア (Biophilia)」と呼ばれ⁽¹⁾, 環境に対する人の本能的な反応として注目されている. 自然とのつながりをもたらす直接的もしくは間接的な要素は, 人の心理的な回復を高めるだけでなく, 健康や前向きな態度を保つ上で有用なことが知られている. 他方で, 都市部のような自然の減少した場所において, 「自然とつながりたいという欲求」を充足させることは容易なことではなく, ない近年では, この「バイオフィリア」理論を日々の生活や労働, 学習における空間等に取り入れることで, 人々の QOL の向上を図るバイオフィリックデザインというアプローチも提唱されており⁽²⁾, 建築学や園芸学, 教育に至るまで多様な分野で活用が試みられている. バイオフィリックデザインでは, 自然の光や植物, 自然に見られる形状や形体, 自然由来もしくはそれを想起させるような建築資材, 屋外の景観や屋内外の風景の融合等が利用されるが⁽³⁾, 様々ある自然要素についてはまだ研究が十分でないものも見られる. 例えば, 動物は景観の美学において重要な要素であると指摘されている⁽⁴⁾. 動物の画像の視聴はストレス負荷のかかった状態から回復する上で効果的であり⁽⁵⁾, 植物の画像を視聴した場合と比べた場合, 感性が豊かになり, 癒しを感じている可能性の高いことが報告されている⁽⁶⁾. また, 職場の窓から動物を眺めることで, スタッフの幸福度や創造性が向上することも報告されている⁽⁷⁾. さらに, 人と動物とのかかわりを通して得られる効果については, 人と動物の関係学 (anthropology) として動物介在療法 (AAT) や動物介在活動 (AAA), 動物介在教育 (AAE) 等の研究分野でも盛んに研究されており, 動物の存在が緊張の緩和やリラックス効果をもたらす, 健康を保つ一要素となることが知られている⁽⁸⁻¹⁰⁾. 他方で, 景観の構成要素やバイオフィリックデザインで用いる自然要素としては, 動物に関す

る報告は限られており, 一例としてはアクアリウムや鳥の鳴き声を利用したもの等が挙げられる^(11,12).

都市の空き地に「自然」をデザインする

日本の圧倒的多数の人口は都市部に居住し, 都市およびその近郊において, 人が自然環境と接するための空間, 機会を創出することはきわめて重要な課題である⁽¹³⁾. 「自然」とは, 単に生物が存在する空間を指すのではなく, 生物同士および生物と非生物的環境が相互に作用して, 物質循環を伴いながら均衡を保っている持続的な生態系である. このような持続的な生態系を成立させるためには, 動植物を育む土壌, その中の微生物環境や水の動態等, それらの相互作用が作りだす環境を総合的に捉えていく志向が重要である. 例えば, 諸外国の都市圏における植栽等による緑化事業では, 平面的な緑化面積だけでなく, 植栽が良好な状態に生育し維持されるための植栽基盤の断面や土壌の状態が評価される. 都市環境は時空間的に不安定で複雑であるため, 都市における自然の成立, 維持, 変化は, 従来の生態学等の理論では測れない可能性がある. そのため, 都市域における「自然」の在り方やデザインに関する本質的な議論は進んでいない.

近年, 高齢化による人口減少や相続の増加などを背景に, 世帯が所有する空き地の面積は, 2003 年の 681 km² から 2013 年には 981 km² となり, 約 1.4 倍増加した⁽¹⁴⁾. こうした空き地の評価額は約 3 兆 950 億円とも試算されるが, 所有者の高齢化, 所有・利用意欲の減退, 活用ノウハウの不足を背景に, 土地が適切に利用・管理されずに放棄されている. 今後は超高齢化社会を迎えて, 低・未利用地が増加していくことが予想され, こうした土地を有効利用し, 地域価値の向上に結びつけていくことは重要な課題である. 空き地を地域資源として有効に活用している先進的な取組に対する国の予算支援も進んでいる⁽¹⁴⁾. そのなかで, NPO 団体, 民間事業者, 行政が連携して, 空き地の共有や集約

化、地域住民による共同管理、コモンズとして利用を行うことで、イベント・スポーツ等のオープンスペース、駐車場、防災空地、緑地、市民農園等に有効活用して国が国の支援対象になる。

空き地など未利用地（遊休地）の適正な管理利用においては、短期間で繁茂する雑草の定期的な除草やごみ等の清掃管理をいかにして行かかが重要である。管理水準が低下した空き地では、雑草、低木の繁茂による藪化、害虫の発生、花粉症の原因植物の優占、鳥獣害の原因となる動物の増加等の生物要因に関する問題や、不法投棄の増加、管理者不在による防犯面や災害発生時のリスク増加等の社会要因に関する問題が発生し、周辺的生活環境を悪化させる⁽¹⁵⁾。未利用地の管理には労力と費用がかかるため、放置される土地が増加し、上述のような問題により地域の景観や活力を低下させ、国土の荒廃につながっているのが現状である。未利用地の適正な管理とは、単に定期的な除草により植生を抑制したり、除草剤を用いて裸地状態を維持することではない。特定の生育旺盛な植物種の優占を抑え、多様な種によって構成される植生を成立させることが重要である。

このような状況の中で、近年、草食動物の放牧を利用した未利用地の除草が注目されている。例えば、山間部の遊休地や畦道、線路沿いの空き地等人力による除草が困難な場所での放牧による管理が試みられ始めている。放牧による土地管理の調査報告や研究については、多くの場合が牧草地や耕作放棄地を対象としたものであり、未利用地の中でも都市部に点在するような空き地等の遊休地を想定したものは少ない。都市部における研究事例として、ヤギを利用した緑地管理の報告がある⁽¹⁶⁾。ヤギは性格が温厚で扱いやすく、優れた平衡感覚と身軽さを活かし除草することが知られており、近年様々な場所で導入が試みられている⁽¹⁷⁾。一方で、ヤギは樹皮や樹木の葉に対する嗜好性が高いことから、放牧面積が狭い場合や除草が進んで草量が減少してくると、除草対象以外の植物を採食する場合がある。また、中型動物の放牧時に生じやすい疾病として腰麻痺（脳脊髄糸状虫）、熱中症、内部・外部寄生虫症、消火器障害、有毒植物による中毒等があるが、導入するヤギの種類によっては要麻痺に対する抵抗力を持たないものもあるため、定期的な駆虫を怠ると罹患した場合、短期間で状態が悪化して死亡するケースも少なくない。

ヤギ以外で放牧に用いられる中型動物としては、ヒツジが挙げられる。ヒツジはヤギに次いで食性率が高く⁽¹⁸⁾、採食草種の範囲が広い上、つる類や木本類も食べ、大型の放牧動物では採食対象となりにくい草本類も採食することが知られている⁽¹⁹⁾。さらに、ヤギとは口の形状が異なり、一噛みで草を口腔内の奥まで取り込んで引きちぎることができるため、草丈が3cm程度まで摂食することができる⁽²⁰⁾。また、ヒツジはウシなどが利用できない急傾斜地でも活発に行動することや⁽²¹⁾、ヤギと比べて体が大きいため踏圧による雑草抑制効果が高いと期待される。さらに、ヒツジは温順で学習能力も高く、人馴れしやすい特性を持つ⁽²²⁾。これまでに、都市域でのヒツジの放牧による植生管理に関する研究は少数である。大阪府営の緑地公園内に設置した2区画の放牧区（800m²を2か所）に、ヒツジ2頭を放牧し除草効果を調査した研究では、6～8月の放牧では調査地の雑草のほとんどを採食し、草丈、被度が大きく低下、8～10

月の放牧でも多くの雑草を採食したが、成長量の大きいイネ科植物の優占度が相対的に増加した⁽²³⁾。また、繁殖力が高く防除が困難とされる外来植物であるセイタカアワダチソウの草丈を低下させた。さらに、この緑地公園での放牧前後の糞中には病原性微生物の増加が見られず、体重、体高、体長の増加、血液成分もほぼ正常範囲内であった⁽²⁴⁾。他には、ヒツジの小規模緑地への導入による草量抑制効果と人の印象評価に関する研究が北海道大学の農場敷地内で実施されている⁽²⁵⁾。この研究では、市民に開放されている草地に簡易電気柵で小規模な放牧地を作りヒツジを2週間程度放牧した結果、放牧により草丈および現存量が減少するとともに、来訪者を対象にした印象・意識調査では、景観、親しみやすさ、落ち着き、自然や緑を感じる、といった評価点が高く、来訪者に好ましい印象を与えたとしている。

動物と共存する景観のデザイン

近年では動物を何らかの形で活用する場合、動物に対する影響、とりわけアニマルウェルフェアを保障することは不可欠なこととなっている。アニマルウェルフェアとは「動物が生活及び死亡する環境と関連する動物の身体的及び心理的状态」と定義されており⁽²⁶⁾、飼育管理者には家畜の感受性を理解し、その生態や習性による行動が妨げられることのないよう、アニマルウェルフェアに配慮した飼養管理が求められるようになっている⁽²⁷⁾。未利用地への放牧は管理コストの軽減、景観の保全、獣害や虫害の軽減といった機能をもつが、さらに放牧動物にとっても望ましい効果があると期待される。家畜動物を用いた研究では、乳牛を放牧した場合、運動場付フリーストール飼育（舎飼）と比較した際の運動量の増加⁽²⁸⁾、疾病率の低下⁽²⁹⁾といった例が報告されている。しかしながら、中には放牧動物の特性を理解しないまま放牧されているケースも見られ、栄養管理や駆虫管理がきちんと実施されておらず、動物が低栄養や寄生虫による高い感染レベルに陥ることがある。また、放牧地の状態も動物の食性や行動に影響を及ぼすため、アニマルウェルフェアを適切に保つためには、放牧地の植生や放牧動物に及ぼす影響を調査することが不可欠であるが、放牧が動物の健康状態に及ぼす影響に関する研究の多くは牧草地におけるものに限られている。

アニマルウェルフェアを保障するための具体的な実践方法の一つに環境エンリッチメントがある。環境エンリッチメントは、「動物が置かれている飼養環境を改良することによって、行動が制限された動物の生物学的機能を改善することである」と定義される⁽³⁰⁾。環境エンリッチメントの実践方法の一つとして、選択的な採食行動を発現できるような工夫を行う採食エンリッチメントの手法がある。動物が本来の行動を自由に表現するには、餌の選択が必要であり、この行動の自由がアニマルウェルフェアの向上につながる⁽³¹⁾。この選択的な採食が、遊休地などの様々な植物が混在する放牧地においても実現しうるのであれば、アニマルウェルフェアの視点から見ても有益な可能性があるのではないかと考えられる。

本研究は、神奈川県厚木市にある東京農業大学厚木キャンパス内に造成された未利用地に、学内で飼育しているヒツジ2頭を放牧して、放牧前後の植生変化および植物体地

上部バイオマスの変化を解析した。また、放牧時におけるヒツジの行動様式とその頻度を記録し、屋外に自由に放牧させたときに表現される行動パターンを解析した。さらに、放牧時の採食植物種を記録し、採食植物の嗜好性を解析した。ヒツジは一般におとなしく扱いやすい動物であり、都市部の小規模空間での放牧に適していると考えられる。本研究の結果は、都市部の未利用地の有効利用や景観悪化の抑制、放牧動物にとって住みやすい環境を形成といった、「環境」「人間」「動物」がお互いに良い影響を受けることのできる場の創出につながると期待される。

2. 方法

2.1. 調査地

2020年、2021年、2022年の6月～10月に、神奈川県厚木市船子に位置する東京農業大学厚木キャンパス内の遊林地(829 m²)に、大学で飼育されているヒツジ2頭(フライスランド種、雌、2020年時点で齢1歳)の放牧を行った。フライスランド種は比較的近年になってイギリスから日本に導入された乳用品種である。調査地は2007年に造成され、2010年より犬などのペット動物の放牧場として利用されてきたが、2015年以降の利用はごく低頻度で、年1回程度の除草管理がなされてきた。

放牧地は金網で3分割して約2週おきに輪牧した(図1)。綿羊は夏季の気温上昇で食欲、運動量が低下することが知られているため⁽²¹⁾、放牧地にテントを設置して日陰を作った。放牧は午前中(7時30分～11時)の1～2時間程度行った。

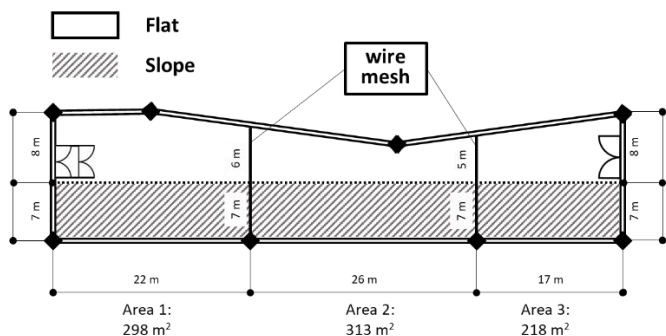


Fig. 1. Layout of the sheep grazing fields. Total area (829 m²) were divided into three areas by wire mesh and rotated about every two weeks.

2.2. ヒツジの行動記録

2021年の放牧期間中、週4日、1日に1～2時間程度(午前7時30分頃～)、目視とビデオカメラ(GoPro HERO9 CHDX-901-FW, GoPro, Inc.)を用いて羊の行動を記録した。

撮影した映像から、1分間隔の瞬間サンプリング法により行動形態を記録し、「採食(立位)」、「採食(伏臥位(ふくがい))」、「休息(立位)」、「休息(伏臥位)」、「探索」に分類した。

目視およびビデオカメラによる調査では、調査可能な日数に限度があったことから、2022年はセンサーカメラを用いて放牧中のヒツジの行動をすべて撮影し、撮影動画から2021年と同様の方法で行動形態と頻度を記録した。また、2022年は平坦部と傾斜部ごとに行動頻度を集計した。

2.3. 放牧前後における植生調査、多様度解析

放牧地に4 m² (2×2 m)の方形区を平坦部に27個、傾斜部に8個、放牧地全体に均等に設置した。そのうち平坦部および傾斜部のそれぞれ4区画をヒツジが入れないよう金網で囲い無放牧区とした。それらの計35区画で、放牧前(2020年10月)、放牧後(2021年および2022年10月)に植生調査を行い、各区の全出現種の植被率、平均的な草丈を記録した。植被率と草丈から優占度(SDR)を算出し、生物群集内の多様性を評価する指数であるシャノン・ウィナーの多様度指数(Shannon-Wiener H')を算出した。ただし、傾斜部の植生調査は2021年と2022年のみ行った。

また、2022年の放牧後に植生調査を実施した後、植生調査区画内の植物体地上部をすべて刈り取って乾燥させ、乾燥重量を計測した。

2.4. ヒツジの採食植物種記録

2020年8月～10月と2021年6月～10月に放牧地におけるヒツジの採食植物種を記録した。ただし、日中の気温が約30℃になる場合、ヒツジは全く採食しないとされることから⁽³²⁾、気温の高い8月～9月上旬は調査しなかった。採食植物種の記録では、ヒツジ2頭を一人のビデオ撮影者がビデオカメラ(GoPro HERO9 CHDX-901-FW, GoPro, Inc.)で採食を妨げないように撮影し、採食中の口元と植物を継続的に撮影した。撮影した映像から、1分間隔の瞬間サンプリング法により採食した植物種を記録し、1分間に複数回採食した場合でも頻度は1回/分とした。

3. 結果

3.1. ヒツジの行動頻度

放牧地におけるヒツジの行動様式と頻度の結果を図2に示す。2021年では、個体1・2ともに伏臥位の休息の頻度が最も高く(63～72%)、次いで採食、立位の休息、探索の順であった(図2a, b)。2022年の調査では平坦部と傾斜部にかけて解析した結果、2頭を合わせた合計で、平坦部では91%を伏臥位の休息が占めていたが(図2c)、傾斜部では休息行動が見られず、立位の採食が85%、探索が15%となり、ほとんどの時間を立って過ごしていた(図2d)。

2021年の行動様式を日割合で示した結果を図3に示す。ヒツジの生理機能に変化(体温・呼吸数の上昇など)が認められる気温とされる25℃を基準とすると、この温度を継続的に超えていた7～8月の期間は、大半の時間を休息(伏臥位)で過ごしていた。気温の高い日は設置していたテント内やススキなど草高の高い植物の下で直射日光を避けるように過ごす様子が多く見られた。

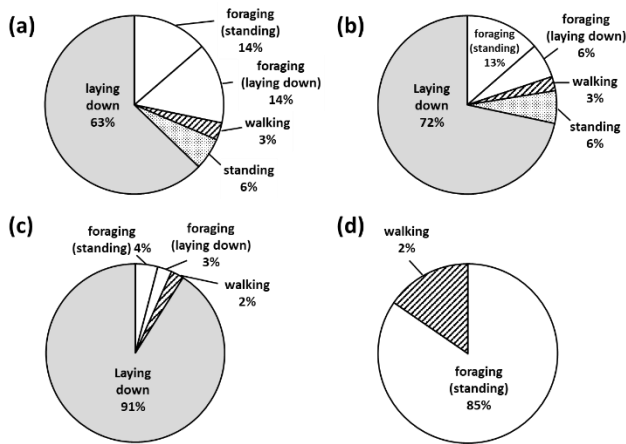


Fig. 2. Behavioral patterns of sheep during grazing. (a) Individual 1 (June–October 2021), (b) individual 2 (June–October 2021), (c) sum of individuals 1 and 2 (flat area, June–October 2022), (d) sum of individuals 1 and 2 (slope area, June–October 2022).

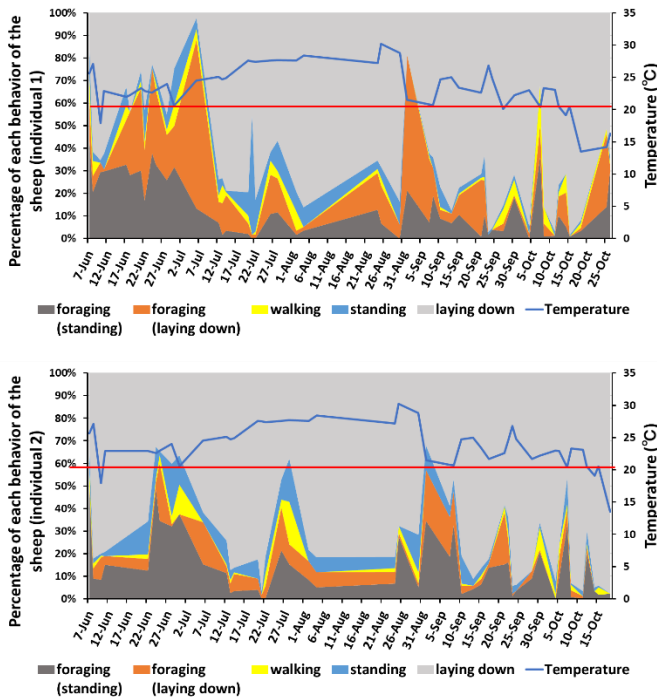


Fig. 3. Percentage of each behavior of the sheep while grazing in June to October 2021. The blue line indicates the mean temperature in grazing. The red line indicates a temperature of 25°C.

3.2. 放牧前後における植物種・多様度の比較

放牧前の2020年および2021年と2022年の放牧終了後に方形区における植生調査を行った。その結果、平坦部では有意な差は見られなかったが非放牧区と放牧区ともに2022年に植物種数が増加する傾向があった(図3a)。平坦部のシャノン・ウィナーの多様度指数(Shannon-Wiener H')は、放牧区のみ2022年の値が2020年の値より有意に上昇した(図3b)。傾斜部では、有意な差はなかったが放牧区において2022年の植物種数が増加する傾向が見られた(図3c)。傾斜部の多様度指数は、有意な差はなかったが放牧区で増加し、非放牧区で低下する傾向が見られた(図3d)。

2022年の放牧後(植生調査後)に植生調査区画の植物体地上部を刈り取って算出した乾燥重量に対して、各区画におけるヒツジの行動様式の頻度が及ぼす影響を解析した結果を図4に示す。平坦部においては、休息(伏臥位)の頻

度および探索・休息(立位)の頻度が増加すると、植物体地上部乾重量が減少した(図4a, b)。一方、立位および伏臥位の採食頻度と植物体地上部乾重量には関連が見られなかった(図4c, d)。また、傾斜部においては、ヒツジの行動頻度(立位での採食および探索)が増加すると、植物体地上部乾重量が減少した(図4e)。

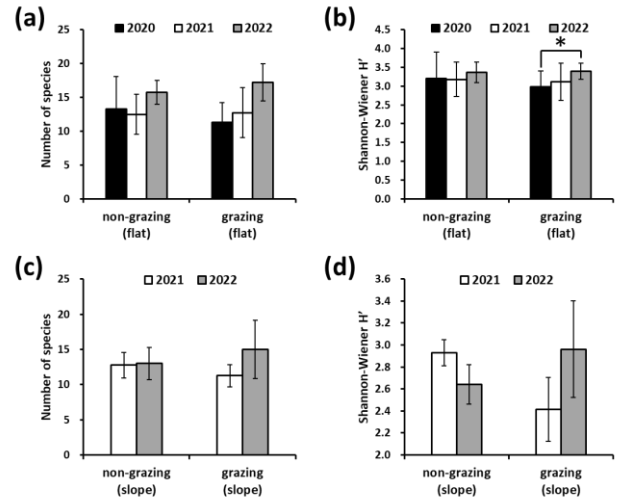


Fig. 4. The number of species and species diversity index for non-grazing and grazing plots in flat area (a), (b) and slope area (c), (d). Bar: standard deviation. * significant difference ($P < 0.01$, Steel-Dwass test).

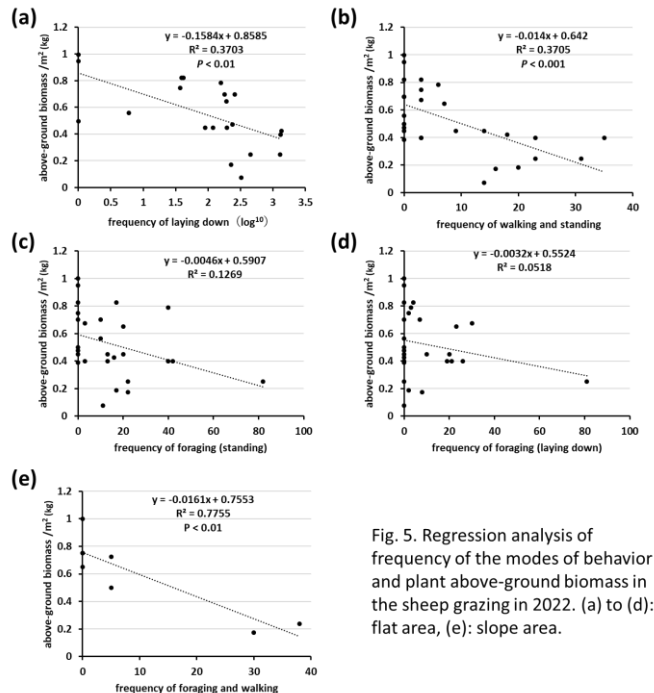


Fig. 5. Regression analysis of frequency of the modes of behavior and plant above-ground biomass in the sheep grazing in 2022. (a) to (d): flat area, (e): slope area.

3.3. 食草調査

2年間の夏季の放牧時に採食した植物は、2頭で合計25科48種(草本種42種, 木本種6種)であった(補表1)。放牧地に広く設置した植生調査区画に出現した植物は全37科75種であり、そのうち64%の植物種を採食したことになる。2頭のヒツジ別に集計した結果を表1に示す。調査期間を通して採食頻度が1時間(1分間隔で60回瞬間サンプリングの記録)あたり1回以上の採食種を高嗜好性植

物とし、採食頻度 0.5~1 回を中嗜好性植物とすると、個体 1 は高嗜好性 10 種、中嗜好性 7 種、個体 2 は高嗜好性 6 種、中嗜好性 8 種となった。ヒツジ個体間、調査年で差異が見られるものの、セイタカアワダチソウの嗜好性が他種と比較して非常に高かった（補表 1）。他には、スギナ、ツユクサ、カモジグサ、ネズミムギ、シロツメクサ、カラムシ、オオニシキソウ、ヘクソカズラ、コセンダングサといった植物種を多く採食した（補表 1）。

生育量に差異があるが、草本植物を多く採食し、1 年生・多年生植物種はいずれも多く採食した（表 1）。植物の生育型ごとに見ると⁽³³⁾、いずれの生育型の植物種もまんべんなく採食していた。

Table 1. The grazed plants for the two sheeps in 2020 and 2021.

	Sheep No.	
	1	2
Total grazed plants		
No. plant families	16	14
No. plant taxa	36	25
Preferably grazed plants		
High (> 1 grazing / h)	10	6
Medium (0.5 to 1 grazing / h)	7	8
Herbs / Trees		
Herbs	32	22
Trees	2	2
Life history		
Annual	6	5
Perennial	30	20
Growth form (Numata, 1953)		
Erect form (e)	3	4
Rosette form (r)	3	0
Partical-rosette form (pr)	2	1
Pseudo-rosette form (ps)	5	3
Procumbent form (p)	6	5
Tussock form (t)	7	5
Branched form (b)	4	3
Climbing or liane form (l)	5	3

4. 考察

本調査におけるヒツジ 2 頭は、畜舎ではほとんどの時間を立位や伏臥位の姿勢で休息して過ごし、朝夕の決まった時間に給餌される飼料を立位で摂食している。これに対して、造成地の未利用地における放牧では、畜舎では見られない伏臥位での採食や探索行動が認められた。特に座りながらの採食は休息と同時に行われ、暑熱による影響から休息時間が大半を占め、採食量が低下する 7~8 月においても行動全体の約 2 割を占めた。したがって、畜舎では制限されている行動が放牧時には放牧期間を通して発現しており、一日の活動時間の大部分を採食やそのための探索に当てるとヒツジ本来の食性に近づいていると考えられる⁽²⁰⁾。さらに、本未利用地では多種多様な生育型及び草高の植物種を選択しながら採食している様子がうかがえたことから、放牧がアニマルウェルフェアの向上にも寄与するとされている選択的採食の一助となっているものと推察された⁽³¹⁾。

ヒツジの快適温度帯は 10~15℃であり、25℃を超える

と生理機能に変化（体温・呼吸数の上昇など）が現れることが知られている⁽³⁴⁾。本調査でも、気温が 25℃を継続的に超える 7・8 月に放牧時の行動は休息が大半を占め、運動量に低下が認められた。したがって、多くの地域で高温多湿となる夏季においては、十分な運動と採食量を伴うヒツジの放牧は困難であると考えられる。そのため、夏季の放牧では日除けができる空間を確保することや、早朝や夜間の比較的涼しい時間帯に放牧するなどの管理が必要である。一方、秋以降も放牧を継続したところ、外気温が低下すると著しく行動量が増加し、冬季にかけての採食圧と踏圧によって前年の枯れた植物体地上部の大半が春までに無くなった。また、翌年の早春から 6 月にかけての放牧でも活発に行動し、大型化すると嗜好性が低下する植物種の採食も見られた。以上の点を踏まえると、暑熱対策と衛生管理がコントロールできればヒツジは周年放牧が可能であり、特に外気温の低い涼しい期間を中心に放牧を続けることで、都市部で繁茂し易い植物種に対する採食圧や踏圧を高め、それらの抑制に寄与することが期待できると考えられた。

都市の空き地では、乾燥、貧栄養な土壌が多いことから、生育・繁殖力が旺盛な外来雑草等が優占しやすく、繁茂すると抑制が困難になる。本調査では 2 頭のヒツジが強害雑草であるセイタカアワダチソウを非常に高頻度で採食し、他にもコセンダングサ、ネズミムギ、カモジグサといった生育旺盛な外来種に対する嗜好性が高いことが示された。また、多様な生育型の植物を採食し、つる植物で繁茂しやすいヘクソカズラなども強く嗜好した。さらに、このような幅広い植物種に対する採食圧に加え、採食や歩行によって踏圧がかかることで植物の成長が大きく抑制されていた。今回放牧したヒツジの調査期間中における体重は最大で 100kg 程度であり、空き地や耕作放棄地の除草放牧にしばしば利用されるヤギと比べて、ヒツジの踏圧による植物の成長抑制効果が高いと考えられる。

一方、放牧時の踏圧は、土壌の物理性を変化させる可能性がある。牧草地でのヒツジの放牧では、適度な放牧圧は草地の種多様性を向上させるが、過放牧は多様性を低下させるという報告が多く示されている。2022 年秋の放牧後に調査区の土壌硬度（山中式土壌硬度計による緻密度; mm）を計測した結果、平地無放牧区、平地放牧区、傾斜地無放牧区、傾斜地放牧区の土壌緻密度はそれぞれ 9.3 (SD:3.9)、16.5 (1.5)、5.9 (1.8)、9.5 (1.5) となり、放牧区で土壌硬度が高まった。土壌硬度は植物の根の伸長性、透水性、通気性に影響し、作物栽培においては緻密度 20mm 以下が適正な土壌硬度とされる。特に緻密度 10~15mm で植物の根張りや乾湿条件として最適とされ、15~22mm ではやや硬いが根は伸びるとされるため、平地放牧区の 16.5mm は植物の生育に適正な土壌硬度であると考えられる。一方、緻密度 10mm 以下では反対に土が柔らかすぎて干ばつのリスクが生じてくる。傾斜地無放牧区の土壌緻密度が 5.9mm と非常に低かったことから、藪化した傾斜地では乾燥耐性の強い生育旺盛な雑草が優占し、土壌侵食や崩壊のリスクも高まる恐れがある。

都市域における草食動物を活用した植生の管理では、都市住民の生き物との触れ合いの機会を創出することが大きな目的の一つである。自然の限られた都市部において、身近な場所では出会える動物の存在は人と自然とのかかわりを

促進するとともに、その場所における感情的なつながり強化する可能性がある⁽³⁵⁾。また、放牧動物が含まれる風景に対する印象をSD法で調べた先行研究からは、放牧動物がいる場合といない場合の草地風景に対する印象を動物がいない方が高評価であったとしつつも、因子内の項目得点ではヒツジの存在する草地の風景の方が存在しない風景に比べて「美しい」、「派手な」、「新しい」といった項目の得点が高く、ヒツジの放牧風景に目新しさを感じる人が多いことを報告している⁽³⁶⁾。さらに、主要な放牧動物（ヤギ、ヒツジ、ウマ、ウシ）について動物自体に対する印象を調査した研究からは、ヒツジは3種に比べて「かわいい」、「癒される」、「穏やかな」、「安全な」といった項目の得点が高いことが報告されており、心地よい風景や空間を創出する際にも有益なイメージを喚起する存在として役に立つのではないかと考えられた⁽³⁷⁾。実際に、小規模緑地にヒツジを放牧して一般の来訪者の印象評価を行った他の研究からも、「利用・体験」（明るい、楽しい、親しみやすい、安全な、美しい）、「空間性」（落ち着いた、自然的な、田園的な、静的な、広い、調和した、緑の豊かな）、「固有性」（整然とした、歴史を感じる、特徴のある、好ましい）に関する因子が抽出され、「景観、親しみ、落ち着き、自然や緑を感じる」といった評価点が高く、「日常性」の評価は低かったことから、多くの人にとってヒツジの放牧風景は肯定的で非日常的な景観として捉えられている様子が見えてくる⁽²⁵⁾。

その一方で、都市域での放牧は、動物による鳴き声や臭い等が近隣住民に与える影響を考慮する必要がある。近藤ら⁽²⁵⁾による研究では、小規模緑地でのヒツジ放牧を見た来客による印象評価で、「臭い、怖い」という否定的な尺度に対する評価点は低く、糞尿は気にならないという評価が得られた一方で、放牧のために設置した電気柵については、来訪者から「気に入らない、危険な、落ち着かない、目障りな」といったマイナスの印象が一定割合あり、こうした印象を払拭することも今後の課題の一つと言えるだろう。しかしながら、空き地の除草管理という点では、通常は燃料エンジン式の刈払機が多く使用されており、燃料にかかるコスト、騒音、CO₂排出、廃棄物の発生が伴うことを考えると、動物による除草管理は環境負荷が低い方法とも言えるだろう。

本研究では、ヒツジを未利用地に放牧することで、雑草繁茂の抑制と植物多様性の増加、ヒツジ本来の食性に近い選択的採食の実現と畜舎では見られない行動様式の発現が認められ、管理放棄された造成地の景観とヒツジのウェルフェアの向上に寄与することが示された。しかしながら、本研究は2年間という限られた期間での調査であったため、今後は長期的な放牧が植生や土壌に及ぼす影響を引き続き評価する必要がある。都市空間においてどのような植生が成立し、維持され、変化していくのかに関する知見はまだない。都市の未利用地に草食動物を放牧した場合、放牧強度等の管理方法や場所ごとの環境のちがいで結果が異なると予想される。都市における「自然」のデザインを考えるときは、むしろそのような固有性と偶然性を基本要素としてとらえ、それぞれの地域で独自の管理方法を実践して、その場所ならではの自然を創出することが重要である。またヒツジにおいても、暑熱の厳しい夏季放牧の実施方法について検討するとともに、ヒツジだけに依存しない

除草管理の方法についても合わせて検討していく必要がある。人と動物とのかかわりは一方向への依存では成り立たない。活用する動物に全てを期待するのではなく、人も彼らが快適に過ごすための手助けをしながら草地管理を一緒に行うという認識の方が正しいのかもしれない。ヒツジは日本国内では、肉用品種であるサフォーク種が一般的であるが、肉以外にも毎年一定量の毛皮を生産し、上手に活用すれば染色や加工を通して様々なものづくり活動やイベントへの利用が可能である。また、食肉利用の場合は、放牧するヒツジも一定間隔で導入し続けなくてはならないが、癒しの景観の一部や羊毛の活用ということであれば、導入回数も抑制でき、人も特定のヒツジとかかわることが出来るため、より深い形でつながることができるのではないだろうか。人と動物とのかかわりは、人に心理的効果や生理・身体的効果、社会的効果等の様々な恩恵をもたらすことが知られている。ヒツジについて言えば、先行研究において見られた癒しや穏やかさに関するイメージは^(36,37)、それが何に起因しているのかはまだ明らかとなっていない。また、印象というのは人側の動物観や動物経験によっても影響を受けると考えられるため、今後は印象に影響を及ぼす要素についても、個々の動物種および動物種間ごとで検証していく必要がある。

以上のことがらを踏まえて、動物が放牧される景観を都市域にデザインできれば、人と自然を結ぶ空間、機会として都市に暮らす人々のバイオフィリアを満たす一形態として大きな役割を果たすものと考えられる。

文 献

- (1) Wilson, E. O.: *Biophilia: The Human bond with other species*. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- (2) Kellert, S. R., Heerwagen, J., & Mador, M.: *Biophilic Design: the Theory, Science, and Practice of Bringing Buildings to Life*. John Wiley & Sons, 2008.
- (3) Kellert, S. R.: *Nature by Design: The practice of Biophilic Design*. New Haven: Yale University Press, 2018.
- (4) Orians, G.H. and Heerwagen, J.H.: Evolved Responses to Landscapes. In Barkow, J.H., Cosmides, L. and Tooby, J. (Eds.), *The Adapted Mind: Evolutionary Psychology and the Generation of Culture*. Oxford University Press, 555-579, 1992.
- (5) Wells, D. L.: The effect of videotapes of animals on cardiovascular responses to stress. *Stress and Health*, Vol. 21, 209-213, 2005.
- (6) 篠原未歩, 石井英里子, 星野祐子, 山田光穂: 高品質な映像条件が人にもたらす癒やし効果の検討, パーソナルコンピュータ利用技術学会論文誌, 16 巻 2 号, 40-55, 2021.
- (7) Cooper, C. and Browning, B.: *Human spaces: The global impact of biophilic design in the workplace*. Interface inc, 2015.
- (8) Nagengast, S. L., Baun, M. M., Megel, M., and Leibowitz, J. M.: The effects of the presence of a companion animal on physiological arousal and behavioral distress in children during a physical examination. *Journal of pediatric nursing*,

- Vol. 12, No. 6, 323-330, 1997.
- (9) Friedmann, E., Thomas, S. A., Son, H. C., et al.: Pet's presence and owner's blood pressures during the daily lives of pet owners with pre-to mild hypertension. ANTHROZOÖS, Vol. 26, No.4, 535-550, 2013.
- (10) Levine, G. N., Allen, K., Braun, L. T., et al.: Pet ownership and cardiovascular risk: A scientific statement from the American heart association. *Circulation*, Vol.127, No.23, 2353-2363, 2013.
- (11) Windhager, S., Atzwanger, K., Bookstein, F. L., and Schaefer, K.: Fish in a mall aquarium—An ethological investigation of biophilia. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 99, No. 1, 23-30, 2011.
- (12) 吉田友紀子, 辻村壮平, 谷村星哉, 杉村奈南, 久野覚: 鳥のさえずりがバイオフィリックデザイン空間における積極的快適性に与える影響, 日本建築学会環境系論文集, Vol.88, No.809, 565-574, 2023.
- (13) 飯田晶子, 曾我昌史, 土屋一彬: 人と生態系のダイナミクス③都市生態系の歴史と未来, 宮下直, 西廣淳 編, 朝倉書店, 2020.
- (14) 国土交通省 土地・建設産業局 企画課 田村英之: 空き地対策の推進について, 2017.
- (15) 国土審議会土地政策分科会企画部会: 低・未利用地対策検討小委員会 中間取りまとめ, 2006.
- (16) 曾根佑太, 山田順之, 山本富晴: 都市域におけるヤギを利用した緑地管理活動の研究, ランドスケープ研究, Vol.75, No.5, 507-512, 2012.
- (17) 的場和弘 2010 年 ヤギによる耕作放棄地の植生管理 85 巻 1 号 p.45-54
- (18) 三井計夫: 牧草類及び施業上の諸問題, 畜産の研究 (3) No.2, 619-622, 1948.
- (19) 井上楊一郎: 草地経営の技術, 地球出版, 156-165, 1961.
- (20) 佐藤衆介, 近藤誠司, 田中智夫, 楠瀬良, 森裕司, 伊谷原一 (編): 動物行動図説 家畜・伴侶動物・展示動物, 朝倉書店, 2011.
- (21) 河野博英: 新特産シリーズ ヒツジ—飼い方・楽しみ方, 農山漁村文化協会, 2019.
- (22) 田中智夫: シリーズ<家畜の科学>5 羊の科学, 朝倉書店, 2015.
- (23) 松下美郎, 森達摩, 出雲章久, 石塚譲, 山田倫章, 松寄由利子, 亀山始: 都市公園におけるめん羊導入による除草効果, 大阪府立食とみどりの総合研究センター研究報告, Vol.39, 13-16, 2003.
- (24) 出雲章久, 石塚譲, 森達磨, 松下美朗, 山田倫章, 松寄由利子, 亀山始: 都市公園に導入しためん羊の健康状態と環境衛生, 大阪府立食とみどりの総合技術センター研究報告, Vol. 39, 17-23, 2003.
- (25) 近藤哲也, 漁野千穂, 松島肇, 近藤誠司, 中辻浩喜, 浅川昭一郎: 緑地への短期間のヒツジ放牧による草量抑制効果とヒツジを含む風景に対する人の印象, ランドスケープ研究, Vol.68, No.5, 651-654, 2005.
- (26) 農林水産省 生産局: アニマルウェルフェアに配慮した家畜の飼養管理の基本的な考え方について, 2020.
- (27) 田中智夫: わが国における Animal Welfare (アニマルウェルフェア) への対応, 日本畜産学会, Vol.82, No.3, 333-336, 2011.
- (28) 遠藤幸洋, 佐藤和也, 宍戸哲郎, 石黒裕敏, 小倉振一郎, 佐藤衆介: 放牧が乳牛の福祉性改善並びにそれを介した健康性に及ぼす影響, 日本家畜管理学会誌, Vol.52, 64-65, 2006.
- (29) Bendixen, P. H., Vilson, B., Ekesbo, I., and Astrand, D. B.: Disease frequencies of tied zero-grazing dairy cows and dairy cows on pasture during summer and tied during winter. *Preventive Veterinary Medicine*, Vol. 4, No. 4, 291-306, 1986.
- (30) Newberry, R. C.: Environmental enrichment: Increasing biological relevance of captive environments. *Applied Animal Behavior Science*, Vol.44, 229-243, 1995.
- (31) Xavier, M., Villalba, J. J., Atwood, S. B., Dziba, L. and Provenza, F. D.: Is dietary choice important to animal welfare? *Journal of Veterinary Behavior*, Vol.3, 229-239, 2008.
- (32) 日本緬羊協会編: 新しい緬羊飼育法, 日本緬羊協会, 1988
- (33) 沼田真: 生態学方法論, 古今書院, 1953.
- (34) Marcone, G., Kaart, T., Piirsalu, P., and Arney, D. R.: Panting scores as a measure of heat stress evaluation in sheep with access and with no access to shade. *Applied Animal Behaviour Science*, 240, 105350, 2021.
- (35) Zhao, Y., Zhan, Q., and Xu, T.: Biophilic Design as an Important Bridge for Sustainable Interaction between Humans and the Environment: Based on Practice in Chinese Healthcare Space. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, Vol. 2022, 2022.
- (36) 立松風太, 森元真理: 大学生の放牧風景に対する印象評価, 2022 年度日本造園学会全国大会発表要旨集, 2022.
- (37) 立松風太, 菅原舞衣, 森元真理: SD 法を用いた放牧動物に対する印象評価, 2023 年度日本造園学会全国大会発表要旨集, 2023.

Supplementary Table 1. Grazed plants by the two sheeps in the study of 2020 and 2021.

Japanese name	Latin name	Life cycle	Herbs / Trees	Growth form (Numata, 1953)	Number of grazed records (1-minute intervals / h)			
					2020		2024	
					No. 1	No. 2	No. 1	No. 2
トクサ科	Equisetaceae							
スギナ	<i>Equisetum arvense</i> L.	Perennial	Herb	p	0.44	0.32	1.78	1.29
ドクダミ科	Saururaceae							
ドクダミ	<i>Houttuynia cordata</i> Thunb.	Perennial	Herb	p	0.18	0.21	0.15	0.19
ヤマノイモ科	Dioscoreaceae							
オニドコロ	<i>Dioscorea tokoro</i> Makino	Perennial	Herb	l		0.03	0.19	
ラン科	Orchidaceae							
ネジバナ	<i>Spiranthes sinensis</i> (Pers.) Ames var. <i>amoena</i> (M.Bieberson) Hara	Perennial	Herb	ps			0.04	
ツユクサ科	Commelinaceae							
ツユクサ	<i>Commelina communis</i> L.	Annual	Herb	p	1.91	1.26	1.52	1.10
カヤツリグサ科	Cyperaceae							
アオスゲ	<i>Carex breviculmis</i> R.Br.	Perennial	Herb	p			0.44	0.14
イネ科	Poaceae							
カモジグサ ※	<i>Agropyron tsukushiense</i> (Honda) Ohwi var. <i>transiens</i> (Hack.) Ohwi	Perennial	Herb	t			3.22	0.14
コブナグサ	<i>Arthraxon hispidus</i> (Thunb.) Makino	Annual	Herb	t	0.15	0.18	0.04	0.04
チガヤ	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	Perennial	Herb	t			0.04	0.05
ネズミムギ ※	<i>Lolium multiflorum</i> Lam.	Perennial	Herb	t			3.46	0.76
ススキ	<i>Miscanthus sinensis</i> Andersson	Perennial	Herb	t			0.04	0.05
シマスズメノヒエ ※	<i>Paspalum dilatatum</i> Poir.	Perennial	Herb	t			0.52	0.52
チカラシバ	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.	Perennial	Herb	t			1.69	
エノコログサ	<i>Setaria viridis</i> (L.) Beauv.	Annual	Herb	t	0.06			
ブドウ科	Vitaceae							
ノブドウ	<i>Ampelopsis brevipedunculata</i> (Maxim.) Trautv. var. <i>heterophylla</i> (Thunb.) Hara	Perennial	Tree	l	0.09	0.59	0.85	0.57
ヤブカラシ	<i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagn.	Perennial	Herb	l	0.29		0.19	0.24
マメ科	Fabaceae							
ヤブマメ	<i>Amphicarpaea bracteata</i> (L.) Fernald subsp. <i>edgeworthii</i> (Benth.) Ohashi var. <i>japonica</i> (Oliver) Ohashi	Perennial	Herb	l	0.74	1.21		
ヤハズソウ	<i>Lespedeza striata</i> (Thunb.) Hook. et Arn.	Perennial	Herb	b			0.07	0.14
ムラサキツメクサ ※	<i>Trifolium pratense</i> L.	Perennial	Herb	b			1.89	0.67
シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i> L.	Perennial	Herb	p	3.74	2.24	13.44	9.48
カラスノエンドウ	<i>Vicia angustifolia</i> L.	Annual	Herb	b			0.04	
バラ科	Rosaceae							
ナワシロイチゴ	<i>Rubus parvifolius</i> L.	Perennial	Tree	l		0.18	0.11	
アサ科	Cannabaceae							
エノキ	<i>Celtis sinensis</i> Pers. var. <i>japonica</i> (Planch.) Nakai	Perennial	Tree	e	0.68	0.35		0.62
クワ科	Moraceae							
ヤマグワ	<i>Morus australis</i> Poir.	Perennial	Tree	e		0.09		
イラクサ科	Urticaceae							
カラムシ	<i>Boehmeria nipononivea</i> Koidz.	Perennial	Herb	e	0.53	0.82	1.11	1.90
ブナ科	Fagaceae							
クヌギ	<i>Quercus acutissima</i> Carruthers	Perennial	Herb	e		0.03		
カタバミ科	Oxalidaceae							
オウツチカタバミ	<i>Oxalis stricta</i> L.	Perennial	Herb	t	0.18	0.15		
トウダイグサ科	Euphorbiaceae							
オオニシキソウ ※	<i>Euphorbia maculata</i> L.	Annual	Herb	b	2.88	2.68		
ナンキンハゼ	<i>Sapium sebiferum</i> (L.) Roxb.	Perennial	Tree	e	0.03			
アカバナ科	Onagraceae							
メマツヨイグサ ※	<i>Oenothera biennis</i> L.	Annual	Herb	pr		0.03		
タデ科	Polygonaceae							
シヤクチリソバ ※	<i>Fagopyrum cymosum</i> Meisn.	Perennial	Herb	b	0.41	0.26	0.89	0.76
スイバ	<i>Rumex acetosa</i> L.	Perennial	Herb	ps	0.59	0.18	0.70	
エゾノギシギシ	<i>Rumex obtusifolius</i> L.	Perennial	Herb	r			0.07	
ミズキ科	Cornaceae							
クマノミズキ	<i>Swida macrophylla</i> (Wall.) Sojak	Perennial	Tree	e		0.29		
アカネ科	Rubiaceae							
ヘクソカズラ	<i>Paederia scandens</i> (Lour.) Merr.	Perennial	Herb	l	2.35	2.24	2.04	1.43
ヒルガオ科	Convolvulaceae							
コヒルガオ	<i>Calystegia hederacea</i> Wall.	Perennial	Herb	l			0.04	
オオバコ科	Plantaginaceae							
オオバコ科	<i>Plantago asiatica</i> L. var. <i>asiatica</i>	Perennial	Herb	r		0.03		
シソ科	Lamiaceae							
カキドオシ	<i>Glechoma hederacea</i> L. subsp. <i>grandis</i> (A.Gray) Hara	Perennial	Herb	p	0.06	0.06	0.48	
イヌコウジュ	<i>Mosla punctulata</i> (J.F.Gmel.) Nakai	Annual	Herb	e	0.03		0.46	0.10
キク科	Asteraceae							
ヨモギ	<i>Artemisia princeps</i> Pamp.	Perennial	Herb	pr	0.76	2.03	0.67	0.57
コセンダングサ ※	<i>Bidens pilosa</i> L.	Annual	Herb	e	1.44	1.65	0.92	0.05
ハルジオン	<i>Erigeron philadelphicus</i> L.	Annual	Herb	ps	0.09			
アキノノゲシ	<i>Lactuca indica</i> L.	Annual	Herb	ps	0.38	0.71	0.44	0.05
コウゾリナ	<i>Picris hieracioides</i> L. subsp. <i>japonica</i> (Thunb.) Krylov var. <i>japonica</i>	Perennial	Herb	pr	0.06	0.09	0.07	
セイタカアワダチソウ ※	<i>Solidago altissima</i> L.	Perennial	Herb	ps	15.97	14.82	4.07	2.86
ヒメジョオン ※	<i>Stenactis annuus</i> (L.) Cass.	Annual	Herb	ps	0.29	0.29	0.11	0.10
セイヨウタンポポ ※	<i>Taraxacum officinale</i> Weber	Perennial	Herb	r		0.03	0.04	
ウコギ科	Araliaceae							
チドメグサ	<i>Hydrocotyle sibthorpioides</i> Lam.	Perennial	Herb	p		0.03		

※ invasive species