

明星大学におけるカーボンニュートラルの達成状況の試算

菊地 貴士¹ 柳川 亜季²

Estimation of carbon neutrality at Meisei University

Takashi KIKUCHI¹, Aki YANAGAWA²,

We estimated the amount of carbon dioxide emitted and absorbed by Meisei University. In recent years, the effects of human activities, such as greenhouse gas emissions, have been manifested as climate change. In response, Japan publicized its 2050 Carbon Neutrality Declaration. In order to achieve carbon neutrality, it is necessary to reduce greenhouse gas emissions and preserve and strengthen the absorption effect. The objective of this study was to investigate the degree of achievement of carbon neutrality at Meisei University. As a result of research, the amount of carbon dioxide emissions at the Hino Campus was 5,242,809kg, and the amount of absorption was 666,628kg. The amount of carbon dioxide emissions at the Ome Campus was 211,510kg, and the amount of absorption was 5,878,207kg. Therefore, although Meisei university cannot achieve carbon neutrality in Hino Campus, Meisei university achieves carbon neutrality within the whole campus.

キーワード：胸高直径，炭素固定，二酸化炭素排出

Keywords：Diameter at Breast Height, carbon fixation, Carbon dioxide emissions

1. 背景・目的

温室効果ガスの排出をはじめとした、人間活動の影響が大気、海洋及び陸域を温暖化させてきたことには疑う余地はなく、大気、海洋、雪氷圏及び生物圏において、広範囲かつ急速な変化が現れている⁽¹⁾。それにより、台風の激甚化や大雨・洪水の多発など気候変動による様々な地球規模課題が発生している。

これに対して、日本は、二酸化炭素を始めとした温室効果ガスの排出量削減に積極的に取り組んできた。しかしながら、2011年3月に起きた東日本大震災により、原子力発電の比率が下がり、火力発電の割合が増加した⁽²⁾。現在も、7割を超える比率で火力発電所が電力を賄っている⁽³⁾。

しかし、2020年10月に政府が2050年カーボンニュートラル宣言を発表したことにより、状況は一変した。これは、国全体で2050年までにカーボンニュートラルを達成するという目標である⁽⁴⁾。カーボンニュートラルとは、二酸化炭素をはじめとする人為的な温室効果ガスの「排出量」から、植林、森林管理などによる「吸収量」を差し引いて、合計を実質的にゼロにすることを意味する。カーボンニュートラルの達成のためには、温室効果ガスの排出量の削減並びに吸収作用の保全及び強化をする必要がある⁽⁵⁾。政府が示した温室効果ガスの削減目標において、中間目標は、2013年度比で2030年度までに温室効果ガスの排出を46%削減することである⁽⁶⁾。このような社会的な背景から、大学と地域が連携し、地域の脱炭素化を進めること、そのモデルを国や

世界に展開していくことをはじめとした、地域における大学の機能はますます重要になっている。このような観点から、文部科学省、経済産業省および環境省による先導のもと、カーボンニュートラルに向けた積極的な取り組みの強化を検討する大学等による情報共有や発信等の場として、「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」が令和3年7月29日に立ち上がった⁽⁷⁾。明星大学は大学等コアリションの取り組みにおいて、人材育成ワーキンググループに参加している。そこで、教育活動の一つである卒業研究課題として、キャンパスのカーボンニュートラルの達成状況を確認するため、学内における二酸化炭素の排出量と吸収量の試算を行った。また、大学のカーボンニュートラルの実現の可能性について、研究検討することを目的とした。

2. 調査方法

2-1 調査対象地

明星大学の日野キャンパスと青梅キャンパスを調査対象地とする。調査対象地の写真を図-1および図-2に示す。

敷地境界線について、ここでは明示しないが、実際には敷地境界線のデータを入手し、国土地理院の基盤地図情報をArc GIS pro (ver. 2.9.3)に取り込み、学内の敷地を調査区ごとに区切り、面積を算定した。学内の敷地には、開学以前から残存する里山林と、大学の敷地造成に伴い新たに整備された植栽林があるが、このどちらも対象とした。

1明星大学総合理工学科環境科学系

2明星大学総合理工学科 准教授 生態学

2-2 調査・計算方法

調査方法手順としては、図-3 および図-4 の黄色に塗りつぶした範囲と青色に塗りつぶした範囲において、異なる調査方法を用いた。これは、立地条件により同一の調査手法をとれなかったためである。まず、黄色に塗りつぶした範囲においては、樹種別の立木数を調査した。その次に、当該範囲においては、胸高直径が大きい樹木、中程度、小さい樹木の胸高直径を測定し、樹種ごとの平均胸高直径を算出した。胸高直径の測定の際には地面から 1.2m の高さで測定を行った。また、樹木の胸高直径の測定には、ワイド輪尺を使用した。学内には、ツツジ等を中心に、低木植栽があるが、今回は、樹高が 1.2m 以下の低木植栽は評価対象外とした。測定した胸高直径から、国土技術政策総合研究所が公表している以下の樹木の年間 CO₂ 固定量算定式⁽⁸⁾ を使用し、年間 CO₂ 固定量を求めた。

全樹木

$$Y = 0.111\{(X + 1.1)^{2.6173} - X^{2.6173}\} \quad (1)$$

ケヤキ

$$Y = 0.127\{(X + 1.4)^{2.5998} - X^{2.5998}\} \quad (2)$$

イチョウ

$$Y = 0.0667\{(X + 1.0)^{2.7122} - X^{2.7122}\} \quad (3)$$

ここで、 X 、 Y はそれぞれ、胸高直径 (cm)、年間 CO₂ 固定量 (kg) である。調査では、様々な樹種が確認されたが、ケヤキとイチョウ以外の樹種は、全樹木の式を使用した。⁽⁸⁾ 松江ら (2008) の研究では、対象とする樹種が 7 種であり、明星大学の樹木の種構成とは異なるため、松江ら (2008) の提示する全樹木の予測式を使うことは、不確実性を含むと考えられる。また、30 度をこえる傾斜で密な樹林地である学内の里山林においては、測定可能範囲が限られた (図 3-4 の青色に塗りつぶした範囲)。このような樹林地においては、赤い四角で示した 10m×10m (100m²) の面積内にある樹木の毎木調査を行い年間 CO₂ 固定量を求めた (図-1)。これを図-1 の①、②、③の 3 カ所で測定し、平均値を算出した。この 100m² あたりの平均年間 CO₂ 固定量からキャンパス内青色の部分の里山林の面積の年間 CO₂ 固定量を算出した。

本学の緑地は落葉広葉樹林であるため、葉で固定された CO₂ は落葉により失われ、その分解により土壌からの CO₂ が排出するため、算定式では葉の炭素固定は考慮していない。次に明星大学から排出される CO₂ 排出量を電気使用量、廃棄物量、燃料及びガス使用量の 4 点から算出した。しかし、青梅キャンパスは、電気使用量のデータしか入手できなかったため、電気使用量のみを CO₂ 換算した。廃棄物の焼却処理において、プラスチック類及び廃油以外のごみ種別については温室効果ガスの負荷量としないこととした⁽⁹⁾。

本研究では、青梅キャンパスの廃棄物や日野キャンパスへの通学・通勤にかかる CO₂ 排出量は考慮していない。

3. 結果

日野キャンパスと青梅キャンパスで測定した年間 CO₂ 固定量と年間 CO₂ 排出量に関するデータを次の表に示す。表 1 から表-9 までが CO₂ 固定量のデータであり、表-10 と 11 が CO₂ 排出量のデータである。表-12 は CO₂ 固定量と排出量の収支を表している。



図-1 明星大学日野キャンパス

注：①、②、③は里山林 100m² の胸高直径の測定地を表している。



図-2 明星大学青梅キャンパス



図-3 日野キャンパスの調査区域

注：黄色の区域は植栽地を表し、青色の区域は里山林の場所を表している。



図-4 青梅キャンパスの調査区域

表-1 日野キャンパスの植栽地の年間 CO₂固定量（広葉樹）

広葉樹（種類）	サクラ	クリ	ケヤキ	カエデ	カシ	カツラ	ブナ	センノキ	クヌギ	その他
平均胸高直径（cm）	32.3	23.0	30.0	20.2	22.9	24.4	27.3	43.0	62.0	16.7
本数（本）	167	106	60	69	137	25	16	11	2	364
1本あたりのCO ₂ 固定量（kg・年 ⁻¹ ）	90.5	52.9	110.7	43.2	52.6	58.2	69.5	143.0	256.8	32.1
全体の年間CO ₂ 固定量（kg・年 ⁻¹ ）	15,113.5	5,607.4	6642.0	2,980.8	7,206.2	1,455.0	1,112.0	1,573.0	513.6	11,684.4

表-2 日野キャンパスの植栽地の年間 CO₂固定量（針葉樹）

針葉樹（種類）	マツ	メタセコイア	ヒバ	イチヨウ	ヒノキ	スギ	モミ
平均胸高直径（cm）	24.7	57.9	18.6	31.2	15.1	34.4	18.0
本数（本）	49	17	87	24	49	13	1
1本の年間CO ₂ 固定量（kg・年 ⁻¹ ）	59.4	230.5	37.8	67.2	27.2	100.1	36.0
全体の年間CO ₂ 固定量（kg・年 ⁻¹ ）	2,910.6	3,918.5	3,288.6	1612.8	1,332.8	1,301.3	36.0

表-3 青梅キャンパスの植栽地の年間 CO₂固定量（広葉樹）

広葉樹	カエデ	カシ	ケヤキ	コナラ	サクラ	その他
平均胸高直径（cm）	24.5	24.6	30.0	33.7	32.3	24.0
本数（本）	88	122	27	6	259	136
1本の年間CO ₂ 固定量（kg・年 ⁻¹ ）	58.5	59.1	110.7	96.8	90.5	56.6
全体の年間CO ₂ 固定量（kg・年 ⁻¹ ）	5,148.0	7,210.2	2,988.9	580.8	23,439.5	7,697.6

表-4 青梅キャンパスの植栽地の年間 CO₂固定量 (針葉樹)

針葉樹	ヒバ	マツ	メタセコイア
平均胸高直径 (cm)	20.0	21.3	58.0
本数 (本)	190	76	30
1本の年間 CO ₂ 固定量 (kg・年 ⁻¹)	42.4	47.0	230.5
全体の年間 CO ₂ 固定量 (kg・年 ⁻¹)	8,056.0	3,572.0	6,915.0

表-5 日野キャンパス植栽地の年間 CO₂固定量

	年間 CO ₂ 固定量
植栽地の広葉樹 (kg・年 ⁻¹)	53,887.9
植栽地の針葉樹 (kg・年 ⁻¹)	14,000.6
合計 (kg・年 ⁻¹)	67,888.5

表-6 青梅キャンパス植栽地の年間 CO₂固定量

	年間 CO ₂ 固定量
植栽地の広葉樹 (kg・年 ⁻¹)	47,065.0
植栽地の針葉樹 (kg・年 ⁻¹)	18,543.0
合計 (kg・年 ⁻¹)	65,608.0

表-7 100m²あたりの森林面積の年間 CO₂固定量

場所	年間 CO ₂ 固定量 (kg・年 ⁻¹)
①	1,298.2
②	824.9
③	912.1
平均値	1,011.7

表-8 日野キャンパス森林の年間 CO₂固定量

森林面積 (m ²)	59,179.6
森林面積の年間 CO ₂ 固定量 (kg・年 ⁻¹)	598,739.5

表-9 青梅キャンパス森林の年間 CO₂固定量

森林面積 (m ²)	574,518.9
森林部分の年間 CO ₂ 固定量 (kg・年 ⁻¹)	5,812,599.1

表-10 日野キャンパスの年間 CO₂排出量

種類	使用・排出量	排出係数 ⁽¹⁰⁾	年間 CO ₂ 排出量
電気	10,187,000kwh	0.452 (kg・kwh ⁻¹)	4,604,524kg
産業廃棄物	198t	2.55 (tCO ₂ ・t ⁻¹)	504,900kg
石油ガス	43t	3 (t-CO ₂ ・t-LPG ⁻¹)	129,000kg
廃油	1.5t	2.92 (tCO ₂ ・t ⁻¹)	4.38t

表-11 青梅キャンパスの年間 CO₂排出量

種類	使用量	排出係数 ⁽¹⁰⁾	年間 CO ₂ 排出量
電気使用量	467,944kwh	0.452 (kg・kwh ⁻¹)	211,510kg

表-12 年間 CO₂固定量と排出量の収支

キャンパス	固定量 (kg)	排出量 (kg)	収支
日野	666,628.0	5,242,809.0	-4,576,181.0
青梅	5,878,207.1	211,510.0	5,666,697.1
計	6,544,835.1	5,454,319.0	1,090,516.1

4. 考察

本研究結果から、明星大学全体で、カーボンニュートラルを達成しており、CO₂吸収量が年間 1,090,516.1kg 上回っていることが分かった。しかし、CO₂排出量の 98.4%は日野キャンパスから排出されていた。また、日野キャンパスによる CO₂固定量の全量に青梅キャンパスによる CO₂固定量を加算した場合、CO₂固定量の 89.8%は青梅キャンパスが担っていることが示された。

日野キャンパスからの CO₂排出量を日野キャンパスで固定する場合、4,576,181kg の CO₂を追加で固定する必要がある。この排出量を電気使用量に換算すると以下の通りになる。

$$4,576,181\text{kg} \div 0.452\text{kg} \cdot \text{kwh}^{-1} = 10,124,294.25\text{kwh} \quad (4)$$

日野キャンパスのみで、カーボンニュートラルを達成するためには、(4)式より、約 1000 万 kwh の電気使用量について再生エネルギーなどを利用して賄わなければならない。そこで、現在、東京都で導入が進められている、太陽光パネルによる発電可能量を試算した。その結果、太陽光パネルのシステム容量 1kw あたりの年間発電量は約 1,000kwh・年⁽¹¹⁾であり、約 1 万倍の 1 万 kw の太陽光パネルが必要になる。また、容量 1kw あたり約 25 万円の設置費用がかかるため、設置するだけで約 25 億円かかる⁽¹²⁾。さらに、太陽光発電に必要な面積は 1kw あたり、10¹⁵m²⁽¹³⁾であり、これを考慮すると、少なくとも 100,000m²の開けた土地が必要になり、設置費用に加えて、多くのコストがかかると思われる。

日野キャンパスの建物の屋上の面積を Arc GIS pro (ver. 2.9.3) で算出した結果、49,819.6m²であった。この面積は建物の頂点で計算したため、実際の太陽光パネルを設置できる面積は、これより小さくなる。そのため、本研究では屋上全体の 50%の面積を設置可能な面積とする。したがって、屋上に太陽光パネルを設置できる面積は以下となる。

$$49,819.6\text{m}^2 \times 0.5 = 24,909.8\text{m}^2$$

この結果から、青梅キャンパスを考慮せず、日野キャンパスだけでカーボンニュートラルを考えた場合、屋上を利用した太陽光パネルの設置に必要なエネルギーを賄うことができず、日野キャンパス単独でのカーボンニュートラルの達成は不可能だと考える。試算においては、一般的な設置費用を用いた。また、太陽光発電設置については、各建物の屋上条件があるため、あくまでも支障がない前提で試算した結果である。

謝辞

学内の敷地に関する情報やエネルギーおよび廃棄物に関する情報については、明星大学の管財チームの皆様にご協力いただきました。ここに感謝の意を表します。

また、青梅キャンパスでの調査においては、明星大学の総務チームの皆様にご協力いただきました。ここに感謝の意を表します。

本研究は、明星 SATOYAMA プロジェクトの助成を受けたものです。

5. 参考文献

- (1) 気候変動に関する政府間パネル (IPCC) : 「第 6 次評価報告書 第 1 作業部会報告書 (自然科学的根拠), 政策決定者向け要約 (SPM) の概要 (ヘッドライン・ステートメント)」, pp1-3, (2021)
- (2) 資源エネルギー庁 : 「2020-日本が抱えているエネルギー問題 (前編)」
- (3) 資源エネルギー庁 : 「令和 3 年度エネルギー需給実績 (速報)」, (2022)
- (4) 経済産業省 : 「カーボンニュートラル 2050 実現に向けた取組の検討について」, (2021)
- (5) 環境省 脱炭素ポータル
https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about/
- (6) 地球温暖化対策推進本部 : 「日本の NDC (国が決定する貢献)」, (2000)
- (7) 大学等コアリション運営委員会, 大学等コアリション,
<https://uccn2050.jp/>
- (8) 松江正彦・長濱庸介・飯塚康雄・村田みゆき・藤原宣夫 : 「日本における都市緑化樹木の CO2 固定量算定式」, 日本緑化工学会誌, 35(2), pp:318-324. (2009)
- (9) 環境省, [itiran_2020_rev.pdf.\(env.go.jp\)](https://www.env.go.jp/itiran/2020_rev.pdf)
長野広域連合, 長野広域連合 A 焼却施設建設事業に係る環境影響評価書, pp.679-694 (2012)
- (10) 東京電力エナジーパートナー株式会社 : 「2021 年度の CO2 排出係数について」, (2022)
- (11) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO): 「太陽光発電導入ガイドブック」, (2000)
- (12) 経済産業省調達価格等算定委員会 : 「令和 2 年度の調達価格等に関する 意見 (案)」, (2020)
- (13) 環境省 : 「平成 22 年度 再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」, pp15-73, (2011)