

Title	米国の環境法 (Buy Clean California Act) 研究と日本版BCCAのシステムデザイン： 建築物において脱炭素社会を加速させる仕組み作り
Sub Title	Research U.S. environmental law (Buy Clean California Act) and system design for the Japanese version of the BCCA : designing a system to accelerate decarbonization through buildings
Author	高橋, 健(Takahashi, Takeshi) 山形, 与志樹(Yamagata, Yoshiki)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2024
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2024年度システムデザイン・マネジメント学 第599号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002024-0039

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文

2024 年度

米国の環境法 (Buy Clean California Act)
研究と日本版 BCCA のシステムデザイン
：建築物において脱炭素社会を加速させる仕組み作り

高橋 健

(学籍番号：82333291)

指導教員 教授 山形 与志樹

2025 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
システムデザイン・マネジメント専攻

Research U.S. Environmental Law (Buy Clean California Act) and System Design for the Japanese version of the BCCA

: Designing a system to accelerate decarbonization
through buildings

Takeshi Takahashi
(Student ID Number : 82333291)

Supervisor Prof. Yoshiki Yamagata

March 2025

Graduate School of System Design and Management,
Keio University
Major in System Design and Management

論 文 要 旨

学籍番号	82333291	氏 名	高橋 健
論 文 題 目 米国の環境法（Buy Clean California Act）研究と日本版 BCCA のシステムデザイン：建築物において脱炭素社会を加速させる仕組み作り			
環境保護への関心が年々高まっている。とりわけ温室効果ガスを抑制する取組みは全世界で加速している。1997年採択の京都議定書（COP3、COP=Conference of Parties）から始まり、2015年採択のパリ協定（COP25）を経て、COP26グラスゴー会議でパリ協定努力目標1.5℃を目標とするよう強化された。 そのような中、国連環境計画（UNEP= United Nations Environmental Programme）が2022年11月9日プレスリリースで建築・建設部門のエネルギー消費が過去最高を記録し、二酸化炭素排出量は10ギガトンに達したと報じた。欧州を例にとると建築部門はエネルギー需要の約40%を占め、その80%が化石燃料によるものである。今世紀に入って欧米各国、特にカリフォルニアエフェクト、ブラッセルエフェクトと称される両地域は建築物に関して、二酸化炭素を貯蔵する木材に切り替える傾向が強くなってきた。欧米諸国は、脱炭素への意識が高く、建築物に対しても建築時のCO2排出量が4分の1程度であり（ウッドマイルズ研究会 2008）、CO2を貯蔵し続ける木材を建材として選択するケースが増加傾向にある。 本研究の目的の1つには、欧米諸国の先進事例から学び、日本独自の法制度や社会的背景に適応した形での脱炭素政策を考察する点にある。本研究では、海外で成果を上げている法律の中でも、建築・建設分野で具体的な成果を上げているカリフォルニア州のBCCA法をケーススタディとし、その環境的・経済的影響を検討する。本研究は、BCCA法がもたらす環境的・経済的影響とその導入経緯を分析するとともに、日本版BCCA導入のための法律設計を検討することを目的としている。日本版BCCAの導入に向けては、BCCA法と、それに対応する日本の建築基準法および環境基本法の3つの法律をサブシステム分解後、比較分析し、日本の法律上変更が必要な箇所を特定した。さらに、日本版BCCAの適用可能性について、研究者および実務家を対象とした面談調査を通じて定性的に確認した。本研究の意義は、単なる政策提言に留まらず、既存の法制度との整合性を考慮し、具体的かつ実現可能な法制度の枠組みを提示する点にある。BCCA法をケーススタディとすることで、環境規制が企業活動や社会にどのような影響を及ぼすかを分析し、日本版BCCAの導入が持続可能な社会の実現にどう貢献しうるかを考察する。本研究の成果は、政策の構造的分析を通じて、環境問題解決のための実践的な指針を提供することを目指したものである。BCCAをケーススタディとすることで、環境法が企業活動や社会にどのような影響を及ぼすかを分析、想定し、持続可能な社会の実現に向けた日本版BCCAを示す。本研究が示す成果は、システムデザインを通じた法律設計の新たな可能性を探るものであり、環境問題解決のための実践的な指針を提供することを目指した。 本研究のもう1つの目的として、欧米で近年盛んに使用されるようになった木材が建材として脱炭素に本当に貢献するのかを確認することにある。レンガ造り、石造りのイメージの欧米が近年木造に大きく舵を切っている。この確認には、フィンランドで開発され、現在世界170か国で使用されているシステムを使って定量的に分析した。これは1つの建物のLCCO2（ライフサイクルCO2排出量）計算に使われるシステムであり、実際そのように使われている。従来の単一建物のLCCO2計算という用途を超え、本研究では、既存の純木造建築物と仮想的に躯体を鉄骨化した場合のLCCO2を比較することで、木材使用の環境影響を明確に示す新たな方法論を提示した。この手法により、木材使用が建築分野におけるCO2削減に大きく貢献することを具体的に示すことが出来た。本システムを使用して確認した結果、純木造は躯体鉄骨造に比べLCCO2が4割少なかった。都内に実在する建築物3棟を対象として、国際的に信頼のおけるシステムを使用して木材の脱炭素効果を数値化出来たことは、本研究の大きな意義の1つと考える。 本研究が効果的な国内環境法の制定と施行を促進し、企業が環境規制をイノベーションと競争力向上の契機として活用する一助となることを期待する。また、日本が環境と経済を両立させた国家として、世界の環境先進国と肩を並べ、更にはリードする存在となることを目指した提言である。			
キーワード(5 語) 環境政策、脱炭素、木造建築、建築・建設分野、カリフォルニア州			

SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	82333291	Name	Takeshi Takahashi
Research U.S. Environmental Law (Buy Clean California Act) and System Design for the Japanese version of the BCCA : Designing a system to accelerate decarbonization through buildings			
Interest in environmental protection is growing year by year. In particular, efforts to control greenhouse gases are accelerating worldwide, beginning with the Kyoto Protocol (COP3, COP=Conference of Parties) adopted in 1997, followed by the Paris Agreement (COP25) adopted in 2015, and then reinforced at the COP26 Glasgow Conference to set the Paris Agreement effort target at 1.5°C. The Paris Agreement was strengthened at the COP26 Glasgow Conference to set a target of 1.5°C as the goal of the Paris Agreement. Against this backdrop, the United Nations Environmental Programme (UNEP) reported in a press release on November 9, 2022, that energy consumption in the building and construction sector has reached a record high and carbon dioxide emissions have reached 10 gigatons. Taking Europe as an example, the building sector accounts for about 40% of energy demand, 80% of which comes from fossil fuels. Since the turn of the century, Western countries, especially in the California and Brussels Effect regions, have increasingly switched to wood for building, which stores carbon dioxide. Western countries are highly conscious of decarbonization, and their buildings emit only a quarter of the CO₂ during construction (Woodmiles Study Group 2008), so they are increasingly choosing wood as a building material because of its ability to store CO₂. One of the objectives of this study is to examine decarbonization policies in a way that learns from advanced cases in Western countries and adapts them to Japan's unique legal system and social context. This study will examine the environmental and economic impacts of California's BCCA law as a case study among laws and regulations that have achieved results in other countries, with specific results in the building and construction sector. The purpose of this study is to analyze the environmental and economic impacts of the BCCA and how it was introduced, as well as to examine the system design for the introduction of the Japanese version of the BCCA. Regarding the system design for the introduction of the Japanese version of the BCCA, the corresponding Japanese laws including the BCCA, the Building Standards Law and the Basic Environment Law were decomposed into subsystems, and the changes in Japanese laws were analyzed. The validity of the design of the Japanese version of the BCCA was qualitatively verified through an interview survey of researchers and industry practitioners. The significance of this study is that it presents a concrete and feasible model, rather than a mere policy recommendation, by utilizing a system design approach. Japanese version of the BCCA is presented. The results presented in this study explore new possibilities for policy design through system design, and are intended to provide practical guidelines for solving environmental problems. Another objective of this study is to confirm whether wood, which has been actively used in the West in recent years, can really contribute to decarbonization as a building material. The West, with its image of brick and stone construction, has recently made a major shift to wood construction. To confirm this, a quantitative analysis was conducted using a system developed in Finland and currently used in 170 countries around the world. This system is used to calculate the LCCO₂ (Life Cycle CO₂ Emissions) of a single building, and is in fact being used as such. Beyond the traditional use of calculating LCCO₂ for a single building, this study presents a new methodology that clearly demonstrates the environmental impact of wood use by comparing the LCCO₂ of an existing pure wood-frame building with that of a			

hypothetical steel-frame building frame. With this methodology, I was able to concretely demonstrate that wood use can make a significant contribution to CO2 reduction in the building sector. As a result of confirmation using this system, pure wood construction had 40% less LCCO2 than frame steel construction. The fact that I was able to quantify the decarbonization effect of wood in three buildings in Tokyo using an internationally reliable system is one of the most significant aspects of this study.

I hope that this study will promote the enactment and enforcement of effective domestic environmental laws and help companies use environmental regulations as an opportunity to innovate and improve their competitiveness. The recommendations aim to make Japan a nation that balances the environment and the economy, and that is on par with, and even leads, the world's other environmentally advanced nations.

Keywords (5 words)

Environmental Policy, Decarbonization, Wood Construction, Building and Construction Sector, California

目次

第 1 章 序論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究の目的	2
1.3 研究の方法	3
1.4 論文構成	5
第 2 章 BCCA 法研究の背景と意義	6
2.1 研究背景とリサーチエスチョン	6
2.2 先行研究	8
2.3 日本の環境関連法規制の概要	10
2.4 研究の意義と新規性	11
2.5 システムデザイン・マネジメント研究科での位置付け	14
第 3 章 BCCA 法の成立と法的フレームワーク	16
3.1 BCCA 法の成立経緯	16
3.2 法的フレームワーク	17
3.3 BCCA 法の環境と経済への効果	19
3.4 他国との比較	23
第 4 章 BCCA 法が木材ビジネスに与えた影響	27
4.1 カリフォルニア州の木材産業概観	27
4.2 木材ビジネスの成長と BCCA 法	29
4.3 市場拡大と新ビジネスの出現	32
4.4 木材ビジネスに対するインセンティブの効果	35
第 5 章 BCCA 法による他の環境ビジネスへの影響	36
5.1 建設・建材ビジネスへの影響	36
5.2 他産業への波及的効果	38
5.3 まとめ	39

第 6 章 妥当性確認.....	40
6.1 BCCA 法の日本への応用可能性検討.....	40
6.2 日本版 BCCA 法のデザインについての妥当性確認.....	43
6.3 木材を建材として使用することによる LCCO ₂ 効果妥当性確認	46
6.4 考察.....	49
第 7 章 結論.....	50
7.1 結論.....	50
7.2 課題と展望	51
参考文献.....	55
謝辞.....	64

図目次

図 3-1	BCCA による低炭素素材拡大のシステム相関図(筆者作成)	23
図 6-1	BCCA 法日本版検討に当たってのプロセス(法律のサブシステム比較)(筆者作成)	41
図 6-2	ワンクリック LCA のシステムフローイメージ図(データ出典:住友林業株式会社) ..	46
図 6-3	建物のライフサイクルステージ(データ出典:住友林業株式会社)	49

表目次

表 1-1	IRA の歳出概要(単位:億ドル)(データ出典:JETRO 2022 年 10 月 6 日).....	4
表 3-1	BCCA 法と EPBD の概要比較一覧(筆者作成)	24
表 3-2	BCCA 法と他環境法との比較一覧(筆者作成)	26
表 6-1	BCCA 法日本版適用に当たって日本の法律の変更必要箇所一覧(筆者作成) ...	42
表 6-2	BCCA 法日本版適用に当たっての妥当性確認の定性調査対象者一覧(筆者作成)	44
表 6-3	BCCA 法日本版検討に当たっての妥当性確認結果一覧(筆者作成)	44
表 6-4	ワンクリック LCA 社とそのシステム導入先(データ出典:住友林業株式会社)	47
表 6-5	ワンクリック LCA システムによる定量(計量)調査結果サマリー(筆者作成)	48

第1章 序論

本章では、研究の背景、目的、方法を明確にし、論文全体の構成を概説する。

1.1 研究背景

環境保護、とりわけ温室効果ガス排出を抑制しようとする取組みは全世界で加速している。1997年採択の京都議定書(COP3)は2020年までの枠組みを定める先進国のみを対象としたものだが、その後継ともいえる2020年度以降の枠組みを定める2015年採択のパリ協定(COP25)¹は全ての締約国が対象となっている。産業革命以降の気温上昇を2℃未満に抑えようというパリ協定(努力目標は+1.5℃)だが、現状のCO₂排出量が続けば、今世紀末に気温は5.7℃上昇することを示すデータもある(IPCC 第6次評価報告書 2021-2022)²。近年の世界各国で発生している異常気象は温室効果ガス影響による地球温暖化によるものである、として「地球温暖化」という表現から「灼熱地球(ホットハウスアース)」と表現も強くなった(パリ協定の2℃目標は、早くもCOP26 グラスゴー会議でパリ協定努力目標 1.5℃を目標とするよう強化された)。

先進各国を中心として二酸化炭素排出量削減に向けて多くの施策を掲げている。日本を含め多くの先進国では 2050 年にカーボンニュートラル達成を目標とし、中国、ロシア、インドネシアなどは 2060 年、インドは 2070 年目標である。

なぜ各国が膨大な労力と投資を実施してまで多くの施策を講じ脱炭素社会の実現に邁進するか。対策が十分に講じられない場合には、今世紀末に(産業革命時の平均気温比)+5.7℃になるという試算がある。この試算では、例えば+4℃としても50年に1度の高温は39.2倍に、10年に1度の大雨は2.7倍に、10年に1度の干ばつは4.1倍になるという(IPCC 第6次評価報告書 2021-2022)。そうした試算以外にも、そもそも極地の氷が溶け出したり、シベリアなどの永久凍土が溶けたりする結果、今以上に太陽光を(反射することなく)地球が吸収し溜め込む結果、地球の気温は予測がつかないほど加速度的に上昇するのではないかとする仮説(こうした地球エネルギー不均衡(EEI)やアルベド効果の変化に関する研究)などもある³。臨界点を超えると破壊的に壊滅するのは、大雨時の堤防や無理を続けた後の個人の健康、企業の財務体質同様、自然環境も同様なのであろう。温室効果ガスが大気

中に溜まり過ぎた結果、宇宙に逃げるはずの熱が地球に溜まり続けることになる。IPCC『Global Warning of 1.5°C』2018年版によると産業革命以来世界の気温は既に1°C上がっている(IPCC 2018)。地球が太陽から受ける熱量(エネルギー)と放出する熱量のインバランス(EEI: Earth Energy Imbalance)は各方面から古くから指摘されている。アメリカ科学振興協会(AAAS)が発行する『SCIENCE』は、1880年創刊の歴史と権威ある科学学術雑誌である。これが、早くも2005年6月3日発行の雑誌(Vol.38)上で上述のEEI(エネルギー不均衡)について論文を掲載している(Hansen et al 2005)⁴。アメリカ地球物理学連合(AGU: American Geophysical Union)は「2005年から2019年のEEI(Earth Energy Imbalance)が倍増」した旨を発表した(Loeb et al 2021)⁵。米国の科学雑誌『Discover』は、2023年夏の猛暑を地球エネルギーのインバランスのためとし、その規模を「毎日広島級原爆80万個が爆発する熱量に匹敵する」⁶と過激ではあるものの、分かり易い表現で称した(Yulsman 2023)。

1.2 研究の目的

そんな中、国連環境計画が2022年11月プレスリリースで建築・建設部門のエネルギー消費が過去最高を記録し、二酸化炭素排出量は10ギガトンに達したと報じた(UNEP 2022)⁷。欧州を例にとると建築部門はエネルギー需要の約40%を占め、その80%が化石燃料によるものである。建築・建設部門のエネルギー需要の大きさとそこから発する多大な二酸化炭素排出量がかねてから欧米諸国が問題視していた領域である。今世紀に入って欧米各国は建築物に関して、二酸化炭素を貯蔵する木材に切り替える傾向が強くなった。欧米諸国、特に欧州は脱炭素への意識が高く、建築物に対しても建築時のCO₂排出量が4分の1程度であり(ウッドマイルズ研究会 2008)⁸、CO₂を貯蔵し続ける木材を建材として選択するケースが増加傾向にある。高層ビルにさえ純木造化の動きが出て久しい。日本でも2022年大林組が供用を開始した横浜の11階建て純木造ビルを皮切りに大手ゼネコンが木造の高層建築の計画を発表し始めた。欧米諸国に比べて大変ゆっくりした動きではあるものの追従する動きが出てきている(竹中工務店と三井不動産による2025年竣工予定の日本橋の木造17階建てビル等)。

しかしながら、欧米諸国が脱炭素社会にふさわしいと木造建築に注目する中、国土の約7割が森林に覆われ、1300年以上前の木造建築が現存する日本では、こうした木造化へのシフトが遅れており、国際的にリードする動きは見られない。この現状を受け、本研究は次の課題を中心に考察を進める。

第一に、欧米諸国において脱炭素化に向けた建築・建設分野の取り組みを支える政策や、その背景にある意識や社会的決意を明らかにする。特に、環境法がどのように機能し、脱炭素社会の構築に貢献しているのかを確認する。

第二に、欧米諸国で展開されている環境法の具体的な事例を取り上げ、それが脱炭素化だけでなく、新規ビジネス創出にも寄与している点を分析する。

第三に、欧米諸国の文化的・社会的背景が日本とは異なる点を踏まえつつ、これらの法律や政策の中から日本が参照できる部分を選別し、その適用可能性を評価する。

第四に、選定された法律を日本で実現する場合に求められる法制度改正を検討し、具体的に既存日本法をどう改訂すれば、選定した海外法的効果を期待できるか提案する。

第五に、そもそも欧米で盛んになってきた建築の木造化シフトについて、木造化が脱炭素に与える影響を定量的に確認する。

本研究の意義は、欧米諸国の先進事例から学び、日本独自の法制度や社会的背景に適応した形での脱炭素政策を考察する点にある。従来、建築・建設分野の脱炭素化に関して、こうした包括的視点で政策を検討する研究は限られている。本論文は日本における木造化シフトを加速させ、建築部門での脱炭素化を進められるのか、その可能性について検討し、道筋を示すことを目的とする。同時に、木質建材の建築物への多用、建築物の木造化は本当に脱炭素に寄与するのか、という基本部分について定量的に確認する点、既存のシステムを使って従来と異なる使用法で確認したことは、新しい視点と考える。

1.3 研究の方法

脱炭素化を推進する欧米諸国の法律、特に1-(2)で挙げた建築・建設分野への環境改善を図る法律を調べた。米国の連邦法では、バイデン大統領主導で、実際民主党政権の支持率を向上させたと言われる総予算約5千億ドルのIRA: 2022年8月に成立した法案、「Inflation Reduction Act 9」(内歳出全体の約8割の約3,910億ドルが気候変動など環境関連予算)、

表 1-1 IRA の歳出概要(単位:億ドル)(データ出典:JETRO 2022 年 10 月 6 日)

項目	金額
気候変動対策	3,910
医療保険制度改革など	1,080
総計	4,990

US Forest Service による「Wood Innovation Giants」や農業法案 8 章にある「Timber Innovation Act」、州法ではオレゴン州など数州で採用されている「Tax Incentive for Timber Buildings」、カリフォルニア州の「Buy Clean California Act」等々がある。欧州では、英国の「Timber in Construction Innovation Fund」、「Net Zero Strategy (Built Back Greener)」、ドイツでは「Charter for Wood 2.0」、「Building Energy Act」など米国と同様に多くの法律が環境改善に向かって建築・建設部門を主な対象として既に展開されている。

本研究では、欧米諸国の多くの建築・建設部門を主な対象とした環境法案中から焦点を絞って 1 法案をその成立の背景からビジネスに与えた影響を深掘りした上で、日本への展開可能性まで視野に入れて研究してみたいと考える。絞り込む条件としては、①(環境向上への研究開発への助成金ではなく)実社会で現実的に環境効果を及ぼす法律であること、②その結果、ビジネスの世界で新規ビジネスを発展させるなどの影響を及ぼしている法律であること、③日本への導入を考慮した場合、親和性が高いこと(日本でも近似の環境配慮がされている法律が好ましい)、の 3 点を考慮しながら選定した。

以上を考慮して、BCCA 法¹⁰ を本研究では分析対象として選定した。詳細は第 2 章以降で述べるが、BCCA 法を選定した背景を以下に簡単に上述の 3 点に関連して説明する。①②の例として、CarbonCure Technologies 社が挙げられる。同社は、カリフォルニア州の建設および産業資材業界の主要な業界団体であり、同州のコンクリート製造業者の大部分を代表する The California Construction & Industrial Materials Association (CalCIMA) の会員である。同社は、コンクリート製造時に二酸化炭素(CO₂)を注入し、ミネラル化する新たな技術を提供しコンクリートの強度を向上させながら CO₂ の排出を削減に寄与している¹¹。また、ワシントン大学の建築環境学部に所属する研究機関である CLF(Carbon Leadership Forum)¹² は、建築業界における「エンボディド・カーボン(emodied carbon):建築物の建材原料取得から建設から解体・廃却迄の運用以外の GHG(二酸化炭素を含む温室効果ガス)の削減を推進し建築材料の環境負荷を低減する取り組みを行っている。CLF は BCCA 法の影響を受けた新規ビジネスの発展に直接的な関与を持ち、低炭素建材の

普及と業界の持続可能性向上に貢献している。③BCCA 法の施行により、建材メーカーは製品の環境性能を示す環境製品宣言 (EPD) の取得を進め、カーボンフットプリント (商品・サービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでの間に排出される温室効果ガスを CO₂ に換算し、その商品・サービスに分かりやすく表示する仕組み) の削減に取り組まざるを得なくなった。EPD を取得していない製品 (建材) の使用は、公共工事入札時の条件にもなっている。日本では、ライフサイクル全体で環境を考慮した上で、商品のカテゴリー毎の基準を策定、制定し、第三者機関として日本環境協会が公平な審査を経て認定を受けた商品だけに付与されるエコマーク¹³ を 1989 年から導入していて、親和性が高い。BCCA 法については、上述の通り、第 2 章で改めて詳述したい。

本研究は、環境に配慮した法律が、どのような経緯で制定、施行され、結果としてどのような新たなビジネスが生み出されたかを BCCA 法の事例から紐解きたい。そしてその結果、今後のビジネス機会がどのように拡大していくか、企業価値にどのように影響していくか、課題はないか、等々を研究、調査するものである。そして、BCCA 法が促進する低炭素建材の利用は、建築物の LCCO₂ (ライフサイクル CO₂ 排出量) 削減に寄与しているか、を世界的に定評のあるシステムを使用し、既存の建物を使用しながら、定量的 (計量的) に妥当性を確認していく。このシステムは、そもそも 1 つの建物の LCCO₂ を LEED 申請用、または建物の環境配慮 PR 用に算出するためなどに開発されたシステムである。今回は、既存の建築物 (純木造) の LCCO₂ を試算しながら木造部分を鉄骨に変えた場合の LCCO₂ を試算して各々を比較した。これは従来にない本システムの使い方である。既存建築物の LCCO₂ 計算は、本システムの本来の使い方である。が、その一部を鉄骨化した建物を想定した上、その LCCO₂ を計算し、本来の建築物のそれと比較する、という使用法は新しい。今後、カーボン・クレジット市場が活発になり、トン当たり CO₂ 価格が上がっていけば、今回本論文で使用したような計算手法が使われ始めることと考える。低炭素素材 (現状は一般的に木質建材) を多く使えば、該当建物の LCCO₂ は減少するはずであり、それは建築会社、または事業者にとって、経済効果を生むからである。現状 (2024 年時点) 日本では、CO₂ トン当たりの炭素税は 289 円、J クレジットの価格は僅か 1,500 円~4,000 円¹⁴ であり、建築物に関して経済効果によって関係者の行動変容を促すレベルには残念ながら至っていない。

1.4 論文構成

本論文の構成は、第 1 章で環境研究、中でも特に建築・建設部門での脱炭素 (不動産を通じた脱炭素) は無視出来ない規模 (前述の通り全体の 40%) であり、そこに着目した旨を述べた。そこ

で欧米諸国の法律で効果を上げているものを特に1つ選んで深掘りしていく旨、その対象としてカリフォルニアの州法である BCCA 法を(将来的には日本にも国情に合わせて改訂の上適用することも視野に入れ)研究することを論じてきた(BCCA 法自体は、2017 年 10 月に制定され、5 年間の準備期間を経て 2022 年 7 月から施行された)。

続く第 2 章では、BCCA 法成立の背景とリサーチクエスチョンを論じながら研究の意義と位置付けを確認したい。第 3 章では、BCCA 法の成立経緯と法的フレームワークを中心に環境と経済への効果を他国との比較も論じながら見てみたい。第 4 章では、BCCA 法が木材ビジネスに与えた影響を確認しつつ、第 5 章では、BCCA 法と他の環境ビジネスへの影響を研究したい。第 6 章では、BCCA 法を総括しつつ、実在の建築物を使った定量(計量)調査を実施し、低炭素素材の優位性を確認する。最後に第 7 章で、本研究の学術的、実務的貢献、更に今後の研究課題について述べてみたい。

第2章 BCCA 法研究の背景と意義

本章では、メインリサーチクエスチョン(RQ)とサブ RQ を提示し、BCCA 法に対応する日本の法律について触れる。そして、先行研究を論じ、研究の意義、SDM 研究科での本研究の位置付けと重要性について述べる。

2.1 研究背景とリサーチクエスチョン

BCCA 法は、カリフォルニア州における環境政策の中で重要な役割を果たしている。この法律は、公共事業で使用される建材に対して環境基準を設け、特に温室効果ガスの排出削減を促進することを目的としている。BCCA 法は、持続可能な建設方法を促進し、カリフォルニア州の木材ビジネスの発展を支援する法的枠組みを提供する。

近年、地球温暖化が進行する中で、温室効果ガスの削減は国際的な課題として広く認識されている。国連の報告によれば、建設業界は全世界の CO₂ 排出量の約 40%を占め⁷、その中でも特にコンクリートや鋼材などの建材が大きな影響を及ぼしている。従って、建設業界における環境負荷の軽減は、持続可能な開発の実現に向けた重要なステップとなる。

BCCA 法の成立背景には、カリフォルニア州が国際的な環境政策のリーダーシップを取る意欲

がある。カリフォルニア州は、1960 年前後から環境保護のための厳格な規制を導入しており、特に自動車排出ガス規制においては全米のモデルとなっている。世界のどんな自動車メーカーも達成出来ないと評された厳しさと有名なマスキー法成立の 1970 年に先行すること 10 年以上である。カリフォルニア州議会は、早くも 1959 年に州安全保障法典を改正し、州の公衆保健委員会に対し自動車の汚染物質の排出基準を制定することを義務づけた。翌 1960 年、州安全保障法典の第 20 編に「第 3 章 自動車汚染防止」を追加し、先の排出基準に実効力をもたせた。1966 年 1 月、カリフォルニア州において全米初＝世界初の排ガス規制が実施された¹⁵。このような歴史的背景から、BCCA 法もまた州の環境政策を強化し、持続可能な開発を促進するための重要な法律として位置付けられている。豊かな自然に恵まれ、世界第 5 位の経済規模を有するカリフォルニア州は、環境意識が 1960 年頃から強く、カリフォルニア州の環境政策が他の州や国に影響を与え、広く採用されていく傾向を指す「カリフォルニア効果」という言葉を生んだ。

BCCA 法の具体的な内容としては、公共工事において使用される建材に対して、ライフサイクル全体におけるカーボンフットプリント¹⁶の削減が求められている。この法律の下では、企業は EPD¹⁷（環境製品宣言）を取得することが義務付けられており、これにより製品の環境性能が明示される。BCCA 法に基づく入札プロセスでは、EPD を持たない製品は選定から除外されるため、企業は環境性能を高める必要がある。このような法律の導入は、カリフォルニア州における木材ビジネスにとって新たなチャンスを生む可能性が高い。木材は再生可能な資源であり、適切に管理された森林から供給されることが期待されている。BCCA 法により、木材が持つ環境負荷の低減効果が強調されることで、企業はより多くの木材を利用する方向にシフトしていくことが考えられる。

本研究では、以下の RQ（リサーチクエスション）を設定する。

メイン RQ: 「BCCA 法を日本に導入すると仮定した際には日本の主要法律をどのように変更（設計）すべきか？」

サブ RQ: 「BCCA 法が促進する低炭素建材の利用は、建築物の LCCO₂ 削減にどの程度寄与するか？」

これらの問いに対する答えを探ることが、本研究の目的である。特に、BCCA 法の導入が木材ビジネスに与える影響を分析することで、環境に配慮した法律がビジネス機会を創出するメカニズムを明らかにしたい。更に、BCCA 法の環境効果と新規ビジネス創出の成功事例を日本にどのように適用出来るかを考察することで、持続可能な社会の実現に向けた提言を行う。本研究の意義は、

いくつか挙げられる。1 つには、環境法とビジネスを結びつけた独自の視点を提供することである。BCCA 法の実施により、企業は環境問題に真剣に向き合うことが求められ、これによって持続可能な経済の実現に寄与する可能性がある。また、BCCA 法(の日本版)が日本においても施行される場合には、木材ビジネスの発展と環境保護が両立する新たなモデルを示すことが出来ると考える。日本には 1980 年代末からエコマークを導入しており、EPD 表示を義務付ける BCCA 法との親和性は高いと思われる。本研究の意義の 2 つ目としては、日本導入に際し、日本の主だった法律をどう変更すれば BCCA 法の日本版を実現出来るか、について確認した点である。法律をサブシステムに分解し本場の BCCA 法と比較することにより確認した。これについては、実業界を主に有識者の方々数名からご意見を伺う定性調査を実施し、妥当性を確認しつつ、多くの知見を得た。意義の 3 つめとしては、建築分野における環境規制の法律によって、低炭素建材の使用が促進される。その結果として、現状は建材として木材の使用が増加している。木材の建材利用が増加することは本当に LCCO2 に貢献するのか。これについて、妥当性確認として実在する建造物を題材として定量調査を実施した。以上の意義については、本論文中、リサーチクエスションに対する回答を述べながら今後改めて触れていく。

2.2 先行研究

先行研究を 5 分野別に見た時に、以下が確認された。

1. 環境法とビジネスの相互作用に関する研究

環境法とビジネスの相互作用については、Porter and van der Linde (1995)の研究が先駆的である¹⁸。彼らは、適切に設計された環境規制がイノベーションを促進し、企業の競争力を高める可能性があることを示した。この「ポーター仮説」は、その後多くの研究者によって研究され、議論が重ねられてきた。

2. 建設業界における環境規制の影響に関する研究

建設業界における環境規制の影響については、Ofori et al. (2000)が包括的な研究を行っている¹⁹。彼らの研究は、環境規制が建設業界の慣行や技術革新に与える影響を分析し、持続可能な建設への移行における課題と機会を明らかにした。

3. カリフォルニア州の環境政策に関する既存の研究

カリフォルニア州の環境政策については、Hanemann(2007)が詳細な分析を行っている²⁰。この研究は、カリフォルニア州が環境政策のリーダーとしての地位を確立してきた過程を歴史的に追跡

し、その成功要因を明らかにしている。

4. 木材産業と環境政策の関係性についての研究

木材産業と環境政策の関係性については、Wear and Murray (2004)の研究が重要である²¹。彼らは、環境規制が木材産業の構造や競争力にどのような影響を与えるかを分析し、持続可能な森林管理と経済的利益の両立可能性を示唆している。

5. 日本における類似の環境政策研究

日本における環境政策研究については、Tojo et al. (2006)の研究が参考になる²²。彼らは日本の環境政策の特徴と課題を分析し、国際的な文脈での日本の位置づけを明らかにしている。

以上を総括すると、これまでの先行研究は、環境法とビジネスの相互作用、建設業界における環境規制の影響、カリフォルニア州の環境政策、木材産業と環境政策の関係性、そして日本における環境政策研究など、多岐にわたる視点から BCCA 法とその関連分野を分析してきた。が、環境法を単なる規制で終わらせることなく、経済活動を活発化させる機会として捉え研究したものは少ないように見受けられた。かつ、海外の成功事例を国内で展開する可能性について論じたものは見い出せなかった。本研究は以下の点で独自性を有している。

第一に、システムデザインの見地から BCCA 法を分析した研究は、これまでほとんど行われていない。本研究では、BCCA 法を単なる環境規制としてではなく、建設業界全体のシステムを変革する触媒として捉え、その影響を包括的に分析する。この視点は、BCCA 法がもたらす複雑な相互作用や波及効果を理解する上で重要である。

第二に、BCCA 法の日本版を適用する可能性を具体的に検討した論文は、現時点では見当たらない。本研究は、BCCA 法の枠組みを日本の文脈に適用する可能性を探り、その実現可能性と潜在的な影響を分析する。これにより、日本の環境政策立案者や経営者、ビジネスリーダーに対して、具体的かつ実践的な示唆を提供することが出来る。

第三に、木材の脱炭素効果を定量的に証明した。これは、1.2、1.3 でも述べてきたが、既存のシステムを使って従来と異なる使用法で確認したことは、新規性と独自性を有すると考える。

これらの独自の視点により、本研究は BCCA 法に関する既存の知見を拡張し、環境法とビジネスの関係性について新たな洞察を提供する。更に、日本の環境政策とビジネス戦略の発展に向けた重要な貢献となることが期待される。

2.3 日本の環境関連法規制の概要

本研究では、主に BCCA 法と日本の環境基本法および建築基準法を比較するが、日本にも環境配慮型調達や温室効果ガス削減に関する具体的な法律が存在する。これらの法律は、BCCA 法と同様に環境保護と経済活動の調和を目指すものであり、その概要と特徴を理解することは重要である。

a) グリーン購入法(国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律)

2000 年に制定されたグリーン購入法は、国や地方公共団体等が率先して環境物品等の調達を推進することを目的としている²³。この法律の主な特徴は以下の通りである：

1. 環境負荷の少ない製品やサービスの調達を義務付け
2. 毎年度、環境物品等の調達の推進に関する基本方針を策定
3. 各機関は、基本方針に即して、毎年度、環境物品等の調達方針を作成・公表し、調達実績の概要を取りまとめ公表

グリーン購入法は、公共調達を通じて環境配慮型製品の市場拡大を促進する点で、BCCA 法と類似の機能を持っている。

b) 地球温暖化対策推進法(温対法)

1998 年に制定された地球温暖化対策推進法は、温室効果ガスの排出抑制を促進することを目的としている²⁴。主な特徴は以下の通りである：

1. 国、地方公共団体、事業者、国民の責務を明確化
2. 温室効果ガス排出量の算定・報告・公表制度の導入
3. 地方公共団体実行計画の策定義務付け
4. 排出量取引の国内統合市場の試行的実施

温対法は、BCCA 法と同様に温室効果ガス排出削減を目指しているが、より広範な部門を対象としている点が特徴である。

これらの法律は、BCCA 法の目的と類似する部分があるが、本研究では主に環境基本法と建築基準法を比較対象とする。その理由は以下の通りである：

1. 環境基本法は、日本の環境政策の基本的な方向性を定める法律であり、BCCA 法の背景にある環境保護の理念と比較可能である²⁵。かつ、BCCA 法日本版策定に当たっては、日本の根幹、上位の法律を(その下位法律に)先駆けてまず先行して改訂する必要があると考えた。

2. 建築基準法は建築物の安全性や環境性能に関する基準を定める法律であり、BCCA 法の建材規制と関連性が高い²⁶。かつ、上記1. 同様 BCCA 法日本版策定に当たっては、日本の根幹、上位の法律を(その下位法律に)先駆けてまず先行して改訂する必要があると考えた。

一方で、グリーン購入法や温対法は、より具体的な施策を定める個別法として位置付けられる。本研究では、日本国内上位の 2 大法(建基法、環境法)の改訂を検討することで、より包括的な環境配慮型建設の法的枠組みの構築を目指す。ただし、今後、日本版 BCCA 法の導入を検討する際には、2 大法の改訂のみならず、これらの既存の法体系(2大法に限らずのその下位に位置付けられる個別法)との整合性や相乗効果を考慮することが重要となる。特に、グリーン購入法における調達基準の設定方法や、温対法における排出量報告制度などは、日本版 BCCA 法の設計に有用な示唆を与える可能性がある。

なお、本研究は、BCCA 法と日本の環境関連法規制、中でも上位の環境基本法を比較分析することで、より効果的な環境政策の在り方を探るものである。その意味で、BCCA 法と個別法というべきグリーン購入法や温対法との対比は行わない。

2.4 研究の意義と新規性

本研究は、第 2 章(2)先行研究でも述べた通り、海外の環境法をビジネスと結びつけて分析するという独自の視点を提供する。これは大きな意義がある。特に、日本のビジネスへの示唆として海外法を分析、研究する観点は、これまでの先行研究では十分に引き上げられてこなかった領域である。環境法とビジネスの関係性を探ることは、今後の持続可能な経済発展において極めて重要である。BCCA 法のような先進的な環境法が、いかにして新たなビジネス機会を創出し、同時に環境保護にも寄与するかを明らかにすることで、環境と経済の両立可能性を示すことが出来る。

本研究の大きな意義は、2 つ挙げられる。1. BCCA 法をケーススタディとして、環境法が企業活動や社会に与える影響を分析し、持続可能な社会の実現に向けた日本版 BCCA を法律をサブシステム分解した上で提案し、その内容を有識者に定性調査し妥当性確認を実施した点、2. 1 つの建物の LCCO₂(ライフサイクル CO₂ 排出量) 計算に使われるシステムを、従来の単一建物の LCCO₂ 計算という用途を超え、本研究では、既存の純木造建築物と仮想的に躯体を鉄骨化した場合の LCCO₂ を比較することで、木材使用の環境影響を明確に示す新たな方法論を提示した点、である。

続いて新規性について述べたい。従来研究ではカリフォルニア州の環境政策を分析したり(Hanemann, 2007)²⁷、日本の環境政策を分析したり(Tojo et al, 2006)²⁸と各々別個に研究するケースが基本であった。大きな文脈の中で各国法律を比較することはあっても、海外の特定の環境政策を日本に導入する検討に至った研究は見受けられなかった。2022 年 7 月に施行された BCCA 法の日本導入を研究した論文はなかった。政策立案は、省庁の役割である。が、実際にやられていない状況下、海外で成果を挙げている環境法を日本に導入する検討を、法律をサブシステム分解した上で、緻密に日本法の改訂点を洗い出し、それを世に問うこと、関連する産業界の有識者の皆様に提示することは意義あるだけでなく新規性もあると考える。

また、従来単一建築物の LCCO₂ 計算という用途のために開発され、そのために使われているシステムを既存の純木造建築物と仮想的に躯体を鉄骨化した場合の LCCO₂ を比較することで、木材使用の環境影響を明確に示す新たな方法論を提示した点は新たな手法である。この手法で確認した結果、純木造は躯体鉄骨造に比べ LCCO₂ が 4 割少なかった。この新たな使用方法により、木材使用が建築分野における CO₂ 削減に大きく貢献することを具体的に示すことが出来た。

1.3 後半で述べた通り、今後カーボン・クレジット市場が活発になり、トン当たり CO₂ 価格が上がっていけば、今回本論文で使用したような新たな計算手法が使われ始め、木質建材を使用することによる脱炭素効果を試算するケースが増えていくことと考える。

以上最重要な意義と新規性に加えて、その他の意義について述べる。

本研究はカリフォルニア州の事例を通じて、環境法が木材ビジネスの発展にどのような影響を与えるかを具体的に分析する。これにより、環境規制が必ずしも経済活動の制約とはならず、むしろ新たな市場や技術革新を促進する可能性があることを示すことが出来る²⁹。

日本の文脈に置き換えて考察することも、本研究の重要な意義の一つである。BCCA 法の日本版導入の可能性を検討することで、日本の環境政策とビジネス戦略の両面に対して有益な示唆を提供することができる。特に、日本の木材産業や建設業界にとって、環境規制をビジネスチャンスとして捉える新たな視点を提示することができる³⁰。

また、本研究は環境法の経済効果を分析することで、政策立案者や企業経営者に対して、環境規制の導入がもたらす具体的な経済的影響を示すことが出来得る。これは、今後の環境政策の策定や企業の環境戦略立案において、重要な参考資料となり得る³¹。更に、本研究は環境問題とビジネスの関係性について、学際的なアプローチを採用している。法学、経済学、環境科学、経営学

などの複数の学問領域を横断することで、より包括的な視点から環境法とビジネスの相互作用を理解することが出来ると考えるからである³²。

本研究の意義は、以下の点において更に具体化される。

1. 政策立案への貢献

本研究は、環境法がビジネスに与える影響を詳細に分析することで、より効果的な環境政策の立案に貢献出来ると考える。特に、BCCA 法の成功事例や課題を明らかにすることで、日本における類似の法律の導入や既存の環境規制の改善に向けた具体的な提言を行うことが出来る³³。

2. 企業戦略への示唆

環境規制をビジネスチャンスとして捉える視点は、企業の戦略立案に新たな方向性を提供する。本研究は、BCCA 法に対応する過程で生まれた新たなビジネスモデルや技術革新の事例を分析することで、日本企業が環境規制に対してより積極的かつ創造的に対応するための示唆を与える³⁴。

3. 国際競争力の向上

環境規制への対応は、今や企業の国際競争力を左右する重要な要素となっている。本研究は、先進的な環境法に対応することが、いかにして企業の国際競争力向上につながるかを示すことで、日本企業のグローバル戦略に新たな視点を提供する³⁵。

4. サステナビリティ経営の促進

本研究は、環境法とビジネスの関係性を探ることで、サステナビリティ経営の重要性と具体的な実践方法を示す。これにより、企業がより積極的に ESG(環境・社会・ガバナンス) への取り組みを強化し、長期的な企業価値の向上につなげるための指針を提供する³⁶。

5. イノベーションの促進

環境規制への対応は、しばしば新たな技術やビジネスモデルの開発を促す。本研究は、BCCA 法がカリフォルニア州でどのようなイノベーションを生み出したかを分析することで、環境規制がイノベーションの触媒となり得ることを示し、日本企業の技術開発や新規事業創出への示唆を与える³⁷。

6. 地域経済への影響分析

BCCA 法がカリフォルニア州の木材産業や関連産業に与えた影響を詳細に分析することで、環境法が地域経済に及ぼす影響を明らかにする。これは、日本の各地域が環境政策を策定する際の参考となり、地域経済の活性化と環境保護の両立に向けた示唆を提供する³⁸。

7. グローバルな環境問題への貢献

本研究は、一地域の環境法が持つグローバルな影響力を示すことで、地域レベルの取り組みが世界規模の環境問題解決にどのように貢献し得るかを明らかにする。これは、日本が環境政策のリーダーシップを取る上での重要な示唆となり得ると考える³⁹。

8. 学際的研究促進

本研究は、環境法、経済学、経営学、環境科学など複数の学問領域を横断する学際的なアプローチを採用している。これにより、環境問題とビジネスの関係性について、より包括的で深い理解を提供し、今後の学際的研究の発展に貢献する⁴⁰。

9. 持続可能な消費行動の促進

環境法がビジネスに与える影響を分析することで、消費者の行動変容にも影響を与える可能性がある。本研究は、環境に配慮した製品やサービスの普及が、いかにして消費者の選択に影響を与えるかを示すことで、持続可能な消費行動の促進に寄与する⁴¹。

10. 国際協調重要性強調

環境問題は一国だけでは解決できない地球規模の課題である。本研究は、カリフォルニア州の事例を通じて、環境法の国際的な調和の重要性を強調し、日本が国際的な環境政策の協調にどのように貢献出来るかを示唆する⁴²。

11. 長期的な経済成長モデルの提示

本研究は、環境保護と経済成長が両立可能であることを示すことで、従来の経済成長モデルに代わる新たな持続可能な成長モデルを提示する。これは、日本の長期的な経済政策立案に重要な示唆を与える⁴³。

12. リスク管理の新たな視点

環境規制の強化は企業にとってリスクとなり得るが、同時に新たな機会でもある。本研究は、環境法への対応をリスク管理の観点から分析することで、企業のリスクマネジメント戦略に新たな視点を提供する⁴⁴。

2.5 システムデザイン・マネジメント研究科での位置付け

本研究のシステムデザイン・マネジメント研究科における位置付けは以下の通りである。

本研究は、システムデザイン・マネジメント研究科の特性を踏まえ、環境法がシステム全体に与える影響と新たなシステムデザインの創出に焦点を当てている。

「システム」の定義を述べる。「定義された目的を達成する、要素、サブシステム、またはアセンブ

リが統合されたひとまとまり。これらの要素には、製品（ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア）、プロセス、人、情報、技術、設備、サービス、及びその他のサポート要素が含まれる」(INCOSE)「一つ以上の定められた目的を達成するために編成された、相互作用する要素の組合せ」(ISO/IEC/IEEE 15288)⁴⁵

本研究の位置付けは、以下の観点から重要性を持つと考える。

1. システム思考の適用

環境法とビジネスの相互作用を、システム全体の観点から分析する。BCCA が建設業界全体のシステムにどのような影響を与えるかを考察し、複雑な相互作用を理解することを目指す。

2. 複雑性の管理

環境規制とビジネスの関係を複雑系として捉え、その相互作用や emergent behavior (創発的なシステム全体としてのふるまい) を分析する。これは、システムデザイン・マネジメント研究科で重視される複雑性の管理に直接関連する(例: 第 4 章 木材ビジネスに与えた影響の章全体、5.2 他産業への波及的効果)。

3. イノベーションプロセス

BCCA がどのようにシステムレベルでのイノベーションを促進したかを確認していく。これは、新たなシステムデザインの創出プロセスを理解する上で重要である。(例: 4.3 新ビジネスの出現、第 5 章 他の環境ビジネスへの影響の章全体)

4. ステークホルダー分析

BCCA の影響を受ける様々なステークホルダーを特定し、それぞれの利害関係をシステムとして分析します。これは、システム全体の最適化を目指す上で不可欠な視点である。(例: 3.3 の図 1 BCCA による低炭素素材拡大の因果ループ図、第 6 章 括と日本への適用可能性と妥当性確認の章全体)

5. リスク管理とレジリエンス

環境規制がもたらすリスクとチャンス、システム全体のレジリエンスの観点から分析する。これは、持続可能なシステムデザインを考える上で重要な視点である。(例: 第 4 章 木材ビジネスに与えた影響～第 5 章 他の環境ビジネスへの影響)

6. 持続可能性の設計

BCCA を通じて、持続可能な環境向上システムビジネスシステムをどのように設計出来るかを考

察する。これは、システムデザイン・マネジメント研究科の社会的責任を果たす上で重要なテーマである。(例：第3章 法的フレームワーク～第6章 日本への適用可能性)

第3章 BCCA 法の成立と法的フレームワーク

本章では、BCCA 法が環境と経済に与えた影響を具体的な事例とデータを用いて分析し、環境効果と経済効果の両面からその成果を検討する。

3.1 BCCA 法の成立経緯

カリフォルニア州は長年にわたり、環境保護政策のリーダーとしての地位を確立してきた。BCCA 法の成立は、この伝統の延長線上にあると言える。前述の通り 1960 年代から自動車排出ガス規制を先駆的に導入し、その後も様々な環境政策を展開してきたカリフォルニア州は、建設部門における温室効果ガス排出削減にも早くから着目していた⁴⁶。2017 年 10 月、ジェリー・ブラウン州知事(当時)によって署名された BCCA 法は、公共事業における建材の調達に環境性能基準を導入する画期的な法律となった⁴⁷。この法律の成立背景には、以下のような要因が存在する。

1. 気候変動への危機感の高まり

カリフォルニア州は気候変動の影響を直接的に受けており、森林火災の増加や干ばつの深刻化などが社会問題化していた⁴⁸。これらの問題に対処するため、より積極的な温室効果ガス削減策が求められていた。

2. 建設部門の温室効果ガス排出量の大きさ

建設部門が州全体の温室効果ガス排出量の約 40%を占めているという認識が広まり、この分野での対策の必要性が高まっていた⁴⁹。

3. グリーン調達の推進

公共調達を通じて環境配慮型製品の市場を拡大し、民間部門への波及効果を期待する動きが強まっていた⁵⁰。

4. 技術革新の促進

環境性能の高い建材の開発を促進し、州内産業の競争力強化を図る狙いもあった⁵¹。

BCCA 法の成立過程では、環境団体や進歩的な企業からの支持がある一方で、一部の業界団体からは懸念の声も上がった。特に、中小企業への負担増や、州外企業との競争力低下を危惧する意見が出された⁵²。しかし、州政府は段階的な導入や支援策の充実により、これらの懸念に対応しつつ法案を推進した。法案の審議過程では、対象となる建材の範囲や環境性能の基準値をめぐって活発な議論が交わされた。最終的に、鉄鋼、ガラス、断熱材、コンクリートの 4 種類の建材が対象となり、それぞれの製品カテゴリーごとに具体的な排出量基準が設定された⁵³。

BCCA 法の成立は、カリフォルニア州の環境政策における重要な転換点となった。この法律は、単に公共調達基準を変更するだけでなく、建設業界全体の慣行を変革し、低炭素経済への移行を加速させる触媒としての役割を果たすことが期待された⁵⁴。

3.2 法的フレームワーク

BCCA 法の法的フレームワークは、公共事業における建材調達に環境性能基準を導入することで、建設部門の温室効果ガス排出削減を目指すものである。この法律の主要な構成要素は以下の通りである。

1. 対象となる建材

BCCA 法は当初、構造用鋼材、板ガラス、鉱物繊維断熱材、構造用コンクリートの 4 種類の建材を対象としていた⁵⁵。これらの建材は、建設プロジェクトにおいて大量に使用され、かつ製造過程で多くの温室効果ガスを排出するものとして選定された。

2. 環境製品宣言 (EPD) の義務付け

対象となる建材のサプライヤーは、製品のライフサイクル全体における環境影響を示す EPD の提出が義務付けられた⁵⁶。EPD は、国際標準化機構 (ISO) の規格に基づいて作成され、第三者機関による確認が必要とされる。

3. グローバルウォーミングポテンシャル (GWP) の基準設定

各建材カテゴリーにおいて、GWP の上限値が設定された⁵⁷。この基準値は、業界の現状と技術的可能性を考慮して決定され、定期的に見直しが行われる。

4. 段階的な導入

BCCA 法は 2017 年 10 月 15 日に制定されたが、実際の調達基準の適用は 2022 年 7 月 1 日からとされ、企業に準備期間が設けられた⁵⁸。

5. 適用範囲

カリフォルニア州の公共事業を対象としており、州政府機関が発注する建設プロジェクトに適用される⁵⁹。

6. 報告義務

州の調達担当部署は、BCCA 法に基づく調達の実施状況と環境影響の評価結果を定期的に報告する義務を負う⁶⁰。

7. 例外規定

特定の状況下では、BCCA 法の要件を満たさない製品の使用が認められる場合がある。例えば、代替製品が入手不可能な場合や、著しいコスト増加が見込まれる場合などが該当する⁶¹。

8. 罰則規定

BCCA 法の要件に違反した場合の具体的な罰則は明記されていないが、公共調達からの排除など、事実上の制裁が課される可能性がある⁶²。

BCCA 法の法的フレームワークは、以下のような特徴を持っている：

1. 市場メカニズムの活用

環境性能の高い製品の調達を優先することで、市場を通じた環境配慮型製品の普及を促進している⁶³。

2. イノベーションの促進

厳格な環境基準を設けることで、企業の技術革新を促し、より環境負荷の低い製品開発を奨励している⁶⁴。

3. サプライチェーン全体への影響

EPD の要求により、製品のライフサイクル全体における環境影響の把握と削減が促進される⁶⁵。

4. 透明性の確保

EPD の公開により、建材の環境性能に関する情報の透明性が高まり、消費者や投資家の意思決定に影響を与える⁶⁶。

5. 柔軟性と実効性のバランス

段階的な導入や例外規定により、企業の負担に配慮しつつ、実効性のある制度設計がなされている⁶⁷。

BCCA 法の法的フレームワークは、環境保護と経済発展の両立を目指す先進的な取り組みとし

て評価されている。一方で、その実施には課題も存在する。例えば、中小企業への負担、州外企業との競争条件の公平性、EPDの信頼性確保などが挙げられる⁶⁸。これらの課題に対しては、継続的な制度の見直しと改善が必要とされている。

BCCA 法の法的フレームワークは、環境保護と経済成長の両立を目指す先進的な試みとして評価できる。しかし、この法律の実効性を高めるためには、いくつかの課題に取り組む必要があると考える。まず、EPD の取得や低炭素製品の開発にかかるコストは、特に中小企業にとって大きな負担となる可能性がある。この点について、州政府は財政的支援や技術援助を提供するなど、企業の負担を軽減する施策を検討すべきだろう。また、BCCA 法の対象となる建材の範囲を段階的に拡大していくことも重要である。現在の 4 種類の建材から、将来的には木材や他の代替材料も含めることで、より包括的な環境影響評価が可能となる。更に、他州や連邦政府との協調も課題となる。カリフォルニア州単独の取り組みでは、州外からの輸入建材との競争で不利になる可能性がある。そのため、連邦レベルでの類似法案の採択を働きかけるなど、より広範囲での政策調和が求められる。これらの課題に適切に対処することで、BCCA 法はより効果的な環境政策として機能し、他の地域のモデルケースとなる可能性を秘めている。

3.3 BCCA 法の環境と経済への効果

BCCA 法の施行以来、カリフォルニア州の建設部門では環境と経済の両面で顕著な変化が見られている。以下、BCCA 法がもたらした主な効果について詳述する：

1. 温室効果ガス排出削減効果

BCCA 法の導入は、対象建材の製造過程やライフサイクル全体における温室効果ガス排出削減に大きく貢献している。特に、持続可能性の高い建材として木材の多用が推進されており、これは脱炭素建築の実現において極めて重要な役割を果たしている。木材は再生可能資源であり、建材として使用することで長期的に炭素を固定する特性を持つため、環境への貢献が科学的にも裏付けられている⁶⁹。

更に、BCCA 法に基づく調達基準の強化により、環境性能の優れた建材が公共事業で優先的に採用される傾向が定着しつつある。実際、木材を主要な構造材とした建築プロジェクトの増加により、建築物全体のライフサイクル CO₂ 排出量の削減が加速している。このような取り組みは、森林管理や木材加工業界への需要拡大にも寄与しており、環境改善と経済的波及効果を両立する

結果をもたらしている。

具体的には、サンフランシスコ市の「1 De Haro」ビルの事例がある。これは、サンフランシスコ初のクロスラミネーテッドティンバー (CLT) を主要構造材として採用した多層建築物であり、低炭素建材の活用における先駆的事例である。このプロジェクトは、BCCA 法が成立した 2017 年以降の 2019 年に着工され、BCCA 法が実施される 2022 年以前に完成していることから、BCCA 法の理念を先取りした持続可能な建築物として位置付けられる。木材の多用により、建設段階での CO2 排出量を約 3,500 トン削減し、これは 740 台以上の自動車の年間排出量に相当する⁷⁰。この事例は、BCCA 法が推進する建築資材選定の基準に合致するだけでなく、低炭素建築の未来像を示すモデルケースともいえる。

BCCA 法を通じたこれらの成果は、建築部門における脱炭素化への明確な貢献を示しており、持続可能な建材利用のモデルケースとして高い評価を受けている。木材の利用拡大を伴う取り組みは、今後も地球規模の環境目標達成に寄与する重要な要素となることが期待される。

以上から、BCCA 法はその導入により、持続可能な建材利用を促進し、環境改善に顕著に寄与していることが実証された。

2. 環境配慮型建材市場の拡大

BCCA 法は、低炭素建材の需要を促進し、長期的な市場成長に寄与すると期待されている。Fortune Business Insights によると、米国のグリーン建材市場は 2022 年に 882 億米ドルと評価され、2023 年から 2030 年にかけて年平均成長率 (CAGR) 12.7% で成長し、2030 年には約 2,012 億米ドルに達する見込みである⁷¹。このような成長は、低炭素社会への移行を目指した政策の影響やサステナブル建材への関心の高まりが背景にある。短期的には市場変動が見られるものの、長期的な需要の拡大が期待される。

3. イノベーションの促進

カリフォルニア州マウンテンビューに 2022 年 5 月に完成した Google の新社屋「グーグル・ベイ・ビュー」⁷²は、イノベーション、自然、コミュニティをテーマに設計され、24 時間 365 日カーボンフリーエネルギーでの稼働を目指している (建物の屋根には 5 万枚のソーラーパネルが設置され、合計で約 7 メガワットのエネルギーを生成、北米最大規模の地熱杭システムを導入し、これにより二酸化炭素排出量を約 50%、冷却に使用する水を 90% 削減、等)。このプロジェクトでは、木材を多用した設計が採用されており、持続可能な建築のモデルケースとして注目されている。これらの事例は、カリフォルニア州における木材利用の先進的な取り組みを示しており、BCCA 法の施行に伴う

木材関連のイノベーションの一端を垣間見ることが出来る。

4. 雇用創出効果

環境配慮型建材産業の成長により、新たな雇用が生まれている。カリフォルニア州労働統計局によると、2023 年までに関連産業で約 2 万人の新規雇用が創出された⁷³。

5. 中小企業への影響

BCCA 法は当初、中小企業に対する負担が懸念されたが、カリフォルニア州には中小企業を支援する複数の既存プログラムがあり、多くの企業がそれらを活用して適応を果たしている。これらのプログラムには、California Capital Access Program (CalCAP)⁷⁴、California Research Credit⁷⁵、California Small Business Loan Guarantee Program (SBLGP)⁷⁶、California Competes Tax Credit⁷⁷などが含まれる。

一方で、BCCA 法の実施にあたっては以下のような課題も指摘されている：

1. EPD の信頼性

EPD の信頼性向上のため、カリフォルニア州では ISO 14025 や EN 15804 に基づく国際基準の採用を進める動きがある。また、カリフォルニア州エメリービルに本社を置く SCS グローバル社など第三者確認機関による審査プロセスの透明化が課題解決に寄与している⁷⁸。

2. 州外企業との競争条件

州外企業が BCCA 法の要件を満たすのが困難な場合があるが、連邦政府による調和的な基準作りが進められている。例えば、米国環境保護庁(EPA)は、全国的な建材環境基準の策定を検討している⁷⁹。

3. 技術的な課題

一部の建材カテゴリーでは技術的な制約があり、環境基準を満たすことが難しい。これに対し、州政府はカリフォルニア州エネルギー委員会(CEC)を通じて、低炭素技術の研究開発に補助金を提供している⁸⁰。

4. 行政コストの増加

BCCA 法の実施と監視には、州政府の側にも相当の人的・財政的リソースが必要となる。EPD の審査や基準の定期的な見直し、企業のコンプライアンス確認などに伴う行政コストの増加が課題となっている。これに対応するため、州政府はデジタルツールやプロセス改革による効率化を模索しているが、効果的な導入には課題が残る⁸¹。

5. 長期的な効果の不確実性

BCCA 法の効果については、短期的には建材の環境負荷削減や経済的波及効果が見られるものの、長期的な環境改善や経済効果が持続的に実現されるかどうかは不確実である。この不確実性を軽減するため、州政府は年間総収益が 10 億ドル以上の企業に対し、スコープ 1、スコープ 2、スコープ 3 の温室効果ガス排出量の報告を義務付け、年間総収益が 5 億ドル以上の企業には気候関連財務リスクの開示を求めている⁸²。また、州政府は定期的なデータ収集と効果測定を義務付け、カリフォルニア大学との連携によるモニタリングプログラムを導入している⁸³。しかし、これらの取り組みが十分な成果を上げるには、持続的な資源投入と政策の柔軟な調整が必要であり、さらなる改善が求められている。

これらの課題に対しては、州政府、業界団体、研究機関などが協力して解決策を模索している。例えば、中小企業向けの支援プログラムの拡充、EPD 作成のための簡易ツールの開発、国際基準との整合性を図るための取り組みなどが進められている⁸⁴。BCCA 法の実施は、これらの課題を抱えながらも、カリフォルニア州の建設部門における環境負荷の低減と新たな経済機会の創出に大きく貢献していると評価されている。今後も継続的な改善と調整を行いながら、より効果的な政策として発展していくことが期待される⁸⁵。

以上を総括すると、BCCA 法は環境保護と経済成長を同時に推進するポテンシャルを持つ政策であり、その影響は政策設計から市場の変化、経済的波及効果に至るまで多岐にわたる。以下の図は、BCCA 法がもたらすこれらの影響をシステム相関図として視覚化したものである。政策介入がどのようにして市場拡大や環境改善をもたらすかを、相互作用の形で整理している。この図は、次章以降で詳細に分析する木材市場を含む、BCCA が影響を与える様々な領域間の相互作用を示している。

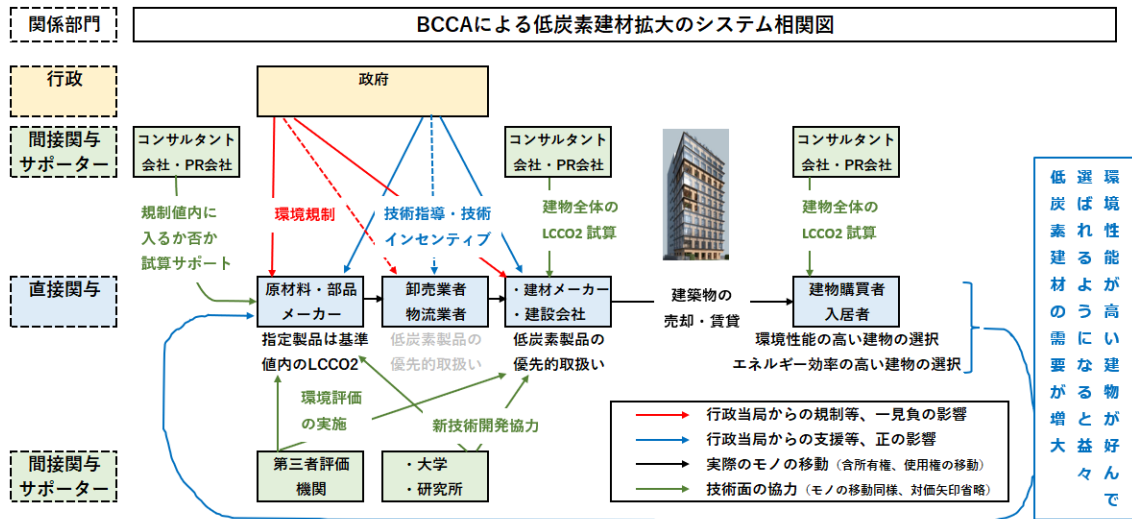


図 3-1 BCCA による低炭素素材拡大のシステム相関図 (筆者作成)

3.4 他国との比較

BCCA 法は、建設部門における環境負荷低減を目指す先進的な法律として注目を集めているが、その特徴や効果をより明確に理解するためには、他国や地域の類似の取り組みと比較することが有効と考える。ここでは、主に欧州の EPBD (Energy Performance of Buildings Directive) との比較を中心に、BCCA 法の特徴を浮き彫りにしていきたい。

1. 欧州の EPBD との比較

表 3-1 BCCA 法と EPBD の概要比較一覧(筆者作成)

特徴	BCCA	EPBD
制定年	2017年	2002年 (2010年、2018年に改訂)
施行年	2022年	2002年 (改訂版は各年に応じて施行)
対象範囲	特定の建材 (構造用鋼材、板ガラス、鉱物繊維断熱材、構造用コンクリート)	建築物全体のエネルギー性能
適用範囲	カリフォルニア州の公共事業	EU全体
規制手法	環境製品宣言 (EPD) とグローバルウォーミングポテンシャル (GWP) の基準値	エネルギー性能証書 (EPC) と最低エネルギー性能基準
イノベーション促進効果	低炭素製品開発を直接的に促進	建築物全体のエネルギー効率向上を促進
市場への影響	公共調達を通じて低炭素建材市場を直接的に拡大	建築物のエネルギー性能向上を通じて間接的に市場を変革

EPBD は、欧州連合 (EU) が 2002 年に導入し、2010 年と 2018 年に改訂を重ねてきた建築物のエネルギー性能に関する法律である⁸⁶。BCCA 法と EPBD は、建築部門の環境負荷低減を目指す点で共通しているが、以下のような違いがある：

a) 対象範囲

EPBD は建築物全体のエネルギー性能に焦点を当てているのに対し、BCCA 法は特定の建材 (構造用鋼材、板ガラス、鉱物繊維断熱材、構造用コンクリート) に限定している。この点で、BCCA 法はより具体的で直接的に製品レベルでの環境性能向上を促している⁸⁷。

b) 規制手法

EPBD は主にエネルギー性能証書 (EPC) の導入や最低エネルギー性能基準の設定を通じて規制を行う。一方、BCCA 法は環境製品宣言 (EPD) とグローバルウォーミングポテンシャル (GWP) の基準値を用いており、より詳細な製品ライフサイクル評価に基づいている⁸⁸。

c) 適用範囲

EPBD は EU 全体に適用される法律であるのに対し、BCCA 法はカリフォルニア州の公共事業に限定されている。しかし、BCCA 法の影響は民間セクターにも波及しており、実質的な影響範囲は広がっている⁸⁹。

d) イノベーション促進効果

BCCA 法は具体的な製品カテゴリーに対して GWP 基準値を設定することで、より直接的に低炭素製品の開発を促す。これに対し、EPBD はより包括的なアプローチを取っており、建築物全体のエネルギー効率向上を目指している⁹⁰。

e) 市場への影響

BCCA 法は公共調達を通じて低炭素建材市場の拡大を直接的に促進している。EPBD も建築物のエネルギー性能向上を通じて間接的に市場を変革しているが、BCCA 法の方がより即効性のある市場変革をもたらしていると言える⁹¹。

2. BCCA 法を取り上げる意義(以上、比較のまとめ)

第1章(2)本研究の方法の中で「絞り込む条件」で述べたことに補足しながら、環境先進地域と言われる欧州の法律ではなく、カリフォルニア州の BCCA 法を本研究で取り上げる理由を以下に述べる。

a) 先進性

BCCA 法は、建材の製造過程における CO₂ 排出量に直接焦点を当てた先駆的な法律である。これは、建築物のライフサイクル全体での環境影響を考慮する上で重要なアプローチであり、欧州の法律よりも一歩進んだ取り組みと言える⁹²。また、BCCA 法はより具体的な製品レベルでの環境性能向上に焦点を当てているのに対し、EPBD は建築物全体のエネルギー性能に注目している。これは、特定の建物だけではなく、環境に好影響を与える建材を使用する他の建物にも効果が及び、BCCA 法はより一層環境効果の水平展開が期待出来る。

b) 実経済への影響

BCCA 法は公共調達を通じて直接的に市場に影響を与えており、その効果が既に述べてきた通り短期間で顕在化してる。環境配慮型建材市場の急速な拡大や新規雇用の創出など、具体的な経済効果が観察されている⁹³。

c) 日本のエコマークとの親和性

BCCA 法が要求する EPD は、日本のエコマーク制度と類似点がある。両者とも製品の環境性能を可視化し、消費者の選択に影響を与えることを目的としている。この類似性は、BCCA 法の日本への適用可能性を検討する上で重要な要素となり得る⁹⁴。

d) イノベーション促進効果

BCCA 法は具体的な数値基準を設定することで、企業の技術革新を直接的に促している。これ

は、日本の産業界にとっても参考になる取り組みであり、環境技術開発の促進策として注目に値する⁹⁵。

e) 地域レベルでの取り組みのモデルケース:

BCCA 法はカリフォルニア州という一地域の取り組みだが、その影響は州外にも波及している。(経済力の強い)カリフォルニア州へ納品する業者は、州外に所在する場合でも BCCA 法に準拠せざる得なく、いわゆるカリフォルニア・エフェクトが効くことになる(カリフォルニア大学バークレー校のビジネス倫理学のデイビッド・フォーゲル教授は、カリフォルニアが他州や国外の政策にも影響を与えていると主張した)。これは、日本政府や経済力ある国内の地方自治体が環境政策を推進する上でのモデルケースとなり得る⁹⁶。

3. 他の注目すべき法律や取り組み

BCCA 法との比較対象として、以下の法律も注目に値するため一覧表にまとめた。

表 3-2 BCCA 法と他環境法との比較一覧(筆者作成)

法律名	国/州	BCCAとの共通点	BCCAとの相違点	ユニーク点
BCCA (Buy Clean California Act)	カリフォルニア州	建材の環境性能に注目	公共調達に特化	EPDとGWP基準の組み合わせ
Buy Clean Buy Fair Washington Act	ワシントン州	建材の環境性能を考慮	労働条件や人権も考慮	環境と社会の両面を統合
Timber Innovation Act	米国(連邦法)	木材利用の促進	研究開発支援が中心	木造建築の高層化を推進
Net Zero Strategy: Build Back Greener	英国	建設部門の脱炭素化	より包括的な戦略	2050年ネットゼロ目標との連携
Building Energy Act	ドイツ	建築物のエネルギー効率向上	エネルギー性能証明書の義務付け	再生可能エネルギー利用の促進
MPG (MilieuPrestatieGebouwen)	オランダ	建材のライフサイクル評価	建築物全体の評価	より広範な環境影響を考慮
RE2020	フランス	建材の炭素排出に注目	エネルギー性能も規制	建築物の運用段階も含む
EPBD (Energy Performance of Buildings Directive)	EU	建築部門の環境影響削減	エネルギー性能に焦点	EU全体での統一基準

a) ワシントン州の Buy Clean Buy Fair Washington Act

2023 年に成立したこの法律は、BCCA 法を参考にしつつ、更に労働条件や人権への配慮も含めた包括的なアプローチを取っている。これは、環境と社会の両面を考慮した持続可能な調達の新たなモデルとして注目されている⁹⁷。

b) オランダの MilieuPrestatieGebouwen (MPG)

建築物の環境性能を評価する制度で、建材のライフサイクル評価を含む包括的なアプローチを取っている。BCCA 法よりも広範囲な環境影響を考慮している点が特徴である⁹⁸。

c) フランスの RE2020(環境規制 2020)

建築物のエネルギー性能と炭素排出量の両方を規制する包括的な法律である。BCCA 法よりも広範囲な規制ですが、建材の製造段階での排出量にも注目している点で類似性がある⁹⁹。

4. 日本版 BCCA 法の適用可能性

BCCA 法の日本への適用可能性について、(詳細は今後第 6 章で論じるつもりだが、)ここで一部触れておくと、以下の点を考慮する必要がある。a) 既存の制度との整合性、b) 産業界への影響、c) 技術的課題、d) 法的枠組みの整備、e) 市場への影響、の諸点である。

結論として、BCCA 法は建設部門における環境負荷低減の先進的な取り組みとして、日本を含む他の国々にとって重要な参考事例となり得る。その特徴である具体的な数値基準の設定、公共調達を通じた市場変革、イノベーション促進効果などは、日本の環境政策立案にも大いに示唆を与えるものである。一方で、日本の社会経済的背景や既存の制度との整合性を考慮しつつ、慎重に適用可能性を検討していく必要があると考える。BCCA 法の研究を通じて得られる知見は、日本が建設部門における環境負荷低減と経済成長の両立を図る上で、貴重な参考資料となる。今後、日本版 BCCA 法の具体的な設計や実施に向けた議論が活発化することが期待される。

第4章 BCCA 法が木材ビジネスに与えた影響

本章では、BCCA 法がカリフォルニア州の木材産業に与えた影響を、売上規模、技術革新、雇用創出の観点から詳細に論じる。

4.1 カリフォルニア州の木材産業概観

カリフォルニア州は、アメリカ合衆国の中でも特に多様な森林資源を有する州の一つである。州の総面積の約 33%を森林が占め、その面積は約 1,300 万ヘクタールに及ぶ¹⁰⁰。この豊富な森林資源を背景に、カリフォルニア州の木材産業は長年にわたり州経済の重要な一角を占めてきた。BCCA 法が導入される以前のカリフォルニア州木材産業の状況を理解するためには、まず産業の構造と特徴を把握する必要がある。カリフォルニア州の木材産業は、主に以下の部門から構成されている:

1. 林業(伐採・造林)

2. 製材業
3. 木材加工業(合板、パーティクルボード等)
4. 木造建築業
5. 木製品製造業(家具、紙製品等)

これらの部門は相互に密接に関連しており、州内の木材サプライチェーン全体を形成している

101。BCCA 法導入前の木材産業の状況は、以下のような特徴を持っていた：

1. 生産量の推移

カリフォルニア州の木材生産量は、1990 年代をピークに徐々に減少傾向にあった。これは、環境保護規制の強化や輸入材との競争激化などが要因として挙げられる。2015 年時点での州内の木材生産量は約 15 億ボードフィート(約 350 万立方メートル)程度であった¹⁰²。

2. 雇用状況

木材関連産業の雇用者数も、生産量の減少に伴い漸減傾向にあった。2016 年時点で、直接的に木材産業に関わる雇用者数は約 5 万人程度と推定されていた¹⁰³。

環境規制の影響：

カリフォルニア州は従来から環境保護に熱心な州として知られており、木材産業もその影響を強く受けていた。特に、持続可能な森林管理や生物多様性の保全に関する規制が厳しく、これが生産コストの上昇要因となっていた¹⁰⁴。

3. 技術革新

環境規制への対応や競争力強化のため、木材産業では新技術の導入が進められていた。例えば、より効率的な伐採・製材技術や、木材廃棄物の有効利用技術などが開発・導入されつつあった¹⁰⁵。

4. 市場動向

建設業界の動向が木材需要に大きな影響を与えていた。2008 年の金融危機以降、住宅建設市場は徐々に回復傾向にあったものの、BCCA 法導入前の時点ではまだ本格的な回復には至っていなかった¹⁰⁶。

5. 輸出入バランス

カリフォルニア州は木材の純輸入地域であり、州内需要の約 40%を輸入材でまかなっていた。主な輸入先はカナダ、オレゴン州、ワシントン州などであった¹⁰⁷。

6. 森林認証の状況

持続可能な森林管理への関心の高まりを受け、FSC(森林管理協議会)やSFI(持続可能な森林イニシアチブ)などの森林認証の取得が進んでいた。しかし、認証林の割合はまだ限定的であった¹⁰⁸。

このような状況下で、BCCA 法の導入は木材産業に大きな変革をもたらす可能性を秘めていた。特に、以下の点が注目されていた。

1. 環境性能の重視

BCCA 法は建材の環境性能を重視する法律であり、木材の持つ環境優位性(炭素貯蔵能力、再生可能性など)が注目される契機となることが期待された。

2. イノベーションの促進

より環境負荷の低い木材製品の開発が求められることで、新たな技術革新や製品開発が促進されと考えられた。

3. 市場構造の変化

公共事業における木材利用の増加が見込まれ、これが民間部門にも波及することで、木材需要全体の拡大につながる可能性があった。

4. サプライチェーンの再構築:

環境性能の証明が求められることで、木材のトレーサビリティ向上や、より持続可能な調達方法の確立が必要となると予想された。

5. 競争力の変化:

環境性能の高い木材製品を提供できる企業が競争上優位に立つ可能性が高まり、業界内の競争構造に変化が生じると考えられた。

BCCA 法の導入は、これらの期待と課題を背景に、カリフォルニア州の木材産業に大きな転換点をもたらすこととなった。次節では、BCCA 法の導入後、実際に木材産業にどのような変化が生じたかを詳細に分析する。

4.2 木材ビジネスの成長と BCCA 法

BCCA 法の導入は、カリフォルニア州の木材ビジネスに多大な影響を与え、産業全体の成長を促進した。この節では、BCCA 法が木材ビジネスの成長にどのように寄与したかを、売上高・市場

規模の推移、雇用創出効果、技術革新と生産性向上の観点から詳細に分析する。

1. 売上高・市場規模の推移

BCCA 法は、カリフォルニア州内の持続可能な建材市場を拡大させることで、木材ビジネスの成長を後押ししている。特に、以下の分野で顕著な成果が見られる。

a) 全体の市場規模

カリフォルニア州林業協会 (California Forestry Association) によると、州内の持続可能な木材製品市場は、低炭素建材需要の高まりを背景に着実に成長している¹⁰⁹。特に、CLT (クロス・ラミネーテッド・ティンバー) の市場拡大が全体の成長を牽引しており、2022 年には前年比約 12% の成長率を記録した¹¹⁰。

b) 公共事業における木材利用

カリフォルニア州総務局の調査では、BCCA 法の影響により、公共事業プロジェクトにおける持続可能な木材の採用率が増加している¹¹¹。この傾向は、環境性能基準を満たす木材製品の利用が優先される政策に起因すると考えられる。

c) 環境配慮型木材製品の市場拡大

CLT や構造用集成材などの環境配慮型製品の市場成長は特に著しく、2020 年から 2023 年の間に国内需要が年平均 15% 増加したと報告されている¹¹²。

d) 輸出の増加

カリフォルニア州産の CLT や低炭素木材製品は、国際市場でも注目されており、特にアジア (含大洋州) やヨーロッパ市場向けの輸出額が増加傾向にある¹¹³。

2. 雇用創出効果

BCCA 法は、持続可能な木材ビジネスの発展を通じて、州内の雇用創出にも寄与している。

a) 直接雇用の増加

カリフォルニア州労働市場情報局 (California Labor Market Information Division) のデータでは、木材関連産業における直接雇用者数が 2020 年から 2023 年の間に 8% 増加した¹¹⁴ (木材関連産業の雇用者数は、生産量の減少に伴い長期的には漸減傾向にあった。2016 年時点で、直接的に木材産業に関わる雇用者数は約 5 万人と推定されていた。その後、2020 年には約 45,000 人まで減少したが、BCCA 法の導入を契機に持続可能な木材ビジネスが発展した結果、2023 年時点で

は約 48,600 人と 8%増加し、回復傾向が見られる)。

b) 間接雇用への波及効果

持続可能な建材需要の増加に伴い、森林管理や物流、建設業など関連産業においても間接雇用が拡大している¹¹⁵。

c) 新たな職種の創出

環境性能認証や持続可能な森林管理に特化した専門職が新たに生まれており、これらの職種は高い専門性と収益性を持つと報告されている¹¹⁶。

d) 技能訓練の拡充

木材関連企業は、従業員のスキル向上を目的とした研修を強化しており、州政府も支援プログラムを通じてこれを後押ししている¹¹⁷。

3. 技術革新と生産性向上

BCCA 法は、木材産業における技術革新を加速させ、生産性の向上をもたらした。

a) 環境性能向上技術

低炭素排出型の製材技術や、木材の耐久性を高める新たな処理方法など、環境性能を向上させる技術開発が進んだ。例えば、カリフォルニア大学バークレー校では、木材を低炭素建材として活用するための革新的な処理技術の研究が進められており、環境負荷の低減や資源利用効率の向上に寄与する可能性が指摘されている¹¹⁸。

b) デジタル技術の活用

IoT や AI 技術を活用した森林管理システムや、3D プリンティング技術を用いた木材加工など、デジタル技術の導入が木材産業において進展している。これらの技術により、生産効率や資源管理の精度が向上し、木材産業全体の競争力が強化されつつある¹¹⁹。特に、IoT を活用したデータ収集と分析による効率的な伐採計画や、3D プリンティングを用いた部材生産の迅速化は、持続可能な木材利用の実現に寄与している¹²⁰。

c) 高性能木質材料の開発

CLT や構造用集成材(グルーラム)などの高性能木質材料の開発と生産が加速した。これらの材料は、従来の木材よりも高い強度と環境性能を持ち、鉄骨やコンクリートの代替材料として注目を集めている¹²¹。

d) トレーサビリティ技術

ブロックチェーン技術を活用した木材のトレーサビリティシステムの開発が進み、持続可能な調

達の証明が容易になった。これにより、BCCA 法の要求する環境性能の証明が効率化された¹²²。

BCCA 法の導入がもたらしたこれらの変化は、カリフォルニア州の木材ビジネスに大きな成長をもたらした。売上高・市場規模の拡大、雇用の創出、技術革新の促進は、木材産業の競争力を高め、持続可能な発展の基盤を築いた。特筆すべきは、これらの成長が単なる量的拡大にとどまらず、環境性能の向上や持続可能性の確保と両立している点である。BCCA 法は、環境保護と経済成長の両立という課題に対する一つの解答を示したと言える。残念ながら、BCCA 法の施行は 2022 年 7 月からなので、まだ数年間の実績しか参照出来ない。しかしながら、2050 年のゼロカーボン、実質 5 年後の 2030 年のカーボンハーフを世界に公約している日本にとって数年間とはいえ環境・経済の両面で大きな効果を挙げてきた BCCA 法を参考にしながら、今後の脱炭素を考慮し実行していく価値はあると思われる。

次節では、BCCA 法の導入によって生まれた新たな市場機会や、木材関連の新規ビジネスの出現について詳しく見ていく。

4.3 市場拡大と新ビジネスの出現

BCCA 法の導入は、カリフォルニア州の木材産業に新たな市場機会をもたらし、多様な新規ビジネスの出現を促した。この節では、環境配慮型建材市場の拡大、認証・評価ビジネスの成長、木材関連スタートアップの台頭について詳細に分析する。

1. 環境配慮型建材市場の拡大

BCCA 法の要求する環境性能基準は、環境配慮型建材市場の急速な拡大をもたらした。特に木材関連の環境配慮型建材は、その自然由来の特性と炭素貯蔵能力から、大きな注目を集めることとなった。

a) 高性能木質材料市場

クロス・ラミネーテッド・ティンバー (CLT) や構造用集成材 (グルーラム) などの高性能木質材料の市場は急成長を遂げている。例えば、CLT の世界の市場規模は、2024 年から 2029 年の予測期間中に年平均成長率 (CAGR) 10%を超えると予測されている¹²³。

また、別の報告では、2024 年から 2033 年にかけて CAGR 14.5%で成長するとされている¹²⁴。

b) BCCA 法の影響による環境配慮型建材の需要増加と新たな市場セグメントの形成

CarbonCure Technologies は、コンクリート製造時に二酸化炭素(CO₂)を注入し、ミネラル化する新技術を提供している¹²⁵。この技術により、コンクリートの強度を向上させながら CO₂ の排出を削減している。また、Carbon Leadership Forum (CLF) は、ワシントン大学の建築環境学部に所属する研究機関で、建築業界における embodied carbon の削減を推進し、建築材料の環境負荷を低減する取り組みを行っている¹²⁶。環境配慮型建材の他の例としては、パーティクルボード(木質資源のマテリアルリサイクル製品で、端材や廃材を細かいチップにして接着剤と混ぜ、熱圧成型した建材)の市場規模は、VERIFIED MARKET REPORTS の報告によれば、2031 年までに 291 億ドルに達し、8 年間で 2023 年実績 194 億ドルの 1.5 倍に達する見通し¹²⁷ である。

2. 認証・評価ビジネスの成長

BCCA 法は企業に対して EPD の取得を義務付けており、この要求は認証・評価ビジネスの発展を促進している。

a) EPD 作成支援サービス

BCCA 法の施行に伴い、EPD(環境製品宣言)の作成を支援するコンサルティング企業やサービスプロバイダーが市場において存在感を高めている。これにより、企業は EPD 作成を通じて環境負荷情報の透明性を向上させるとともに、規制への対応が容易になった。

具体例として、米国に本社を置く「SCS Global Services」や「UL Environment」が挙げられる。これらの企業は、製品ライフサイクル評価(LCA)の実施、データ収集、EPD 作成プロセスのサポートを提供している。これらの取り組みにより、EPD 作成にかかる労力や時間が削減され、企業が環境基準を満たすためのプロセスが簡便化されつつある。特に、中小企業にとっては、外部の専門家との協力が規制対応を進める上で有効な手段となる環境が整いつつある。

b) 第三者認証機関:

BCCA 法の影響で、EPD を確認・認証する第三者機関の需要が増加している。具体的な増加率に関する公的なデータは確認できないが、主な第三者認証機関として「Intertek」や「NSF International」などがあり、これらの機関が企業の EPD 認証を通じて市場競争力を高めている。

c) 環境ラベル事業:

EPD とともに、環境性能を示すラベルの普及も進んでいる。具体的な増加率に関する公的なデータは確認できないが、「Green Seal」(ISO の分類では日本のエコマーク同等の「タイプ 1」に該当)

や「Cradle to Cradle」(ISO の分類では「タイプ 1」、一部 EPD 同様の「タイプ 3」に該当)などの環境ラベルの認証が増加しており、これにより消費者は環境配慮型製品を容易に選択できるようになり、環境意識の向上と市場全体の環境ラベル取得の方向へのシフトが進んだ。

3. 木材関連スタートアップの台頭

a) 環境技術スタートアップ

BCCA 法による新たな市場機会は、環境技術スタートアップを後押しした。例えば、カリフォルニア州のスタートアップ Cambium Carbon 社は、2019 年創設の従業員 38 人(2024 年 12 月 10 日閲覧時)の小規模企業であるが、都市部の廃木材を活用して再生木材製品を製造するビジネスモデルを展開しており、2021 年には約 537 万ドルの資金調達を達成した¹²⁸。同社の起業してからの資金調達額は、総計で約 850 万ドルに及ぶ¹²⁹。これら巨額の資金調達によって、同社は廃木材の再利用事業を拡大するための基盤を強化した。また、Planted Materials 社¹³⁰のように、バイオベースの木材材料開発を手掛ける企業も増加してきた。

b) アプリケーション開発

Trimble Forestry 社¹³¹は、木材供給チェーン全体のトレーサビリティを向上させるソフトウェアを提供しており、多くの林業企業で導入されている。同社の技術は、効率的な運営と環境負荷の低減に寄与している。また、世界の林業ソフトウェア市場は 2023 年に 15 億 1,000 万米ドルと評価され、2032 年までに 93 億米ドルに達すると推定されている¹³²。予測期間中には年平均成長率(CAGR) 22.39%で成長するとされ、こうした市場の拡大を背景に、Trimble Forestry 社のような企業が提供するソリューションの需要も今後さらに高まることが期待される。

BCCA 法が木材産業にもたらした技術革新と新規ビジネスの創出は、環境規制が産業発展の触媒となり得ることを示す好例である。しかし、この変革を持続可能なものにするためには、いくつかの重要な点に注意を払う必要がある。まず、技術革新の恩恵が業界全体に行き渡るよう、知識と技術の共有を促進する仕組みづくりが重要である。業界団体や研究機関が中心となり、セミナーやワークショップを開催するなど、情報交換の場を積極的に設けることが求められる。また、新規ビジネスの持続可能性を確保するためには、市場の需要と供給のバランスを慎重に見極める必要がある。短期的なブームに終わらないよう、長期的な視点での市場分析と戦略立案が不可欠だ。更に、木材産業の発展が森林資源の過剰利用につながらないよう、持続可能な森林管理 practices の導

入と徹底が重要である。認証制度の活用や、再植林プログラムの実施など、環境保全と産業発展の両立を図る取り組みが求められる。加えて、木材産業の技術革新が他の産業分野にも波及効果をもたらすよう、異業種間の協力や連携を促進することも重要だ。例えば、建設業や製造業との協働により、木材の新たな用途開発や利用方法の革新が期待できる。最後に、BCCA 法がもたらした変革を一過性のものに終わらせないためには、継続的な政策支援と規制の適切な見直しが必要である。環境規制と産業発展のバランスを保ちつつ、時代の変化に応じた柔軟な政策運用が求められる。これらの点に注意を払いながら、BCCA 法を軸とした木材産業の持続可能な発展を推進することで、環境保護と経済成長の両立という大きな課題に対する一つの解決モデルを示すことができるだろう。

4.4 木材ビジネスに対するインセンティブの効果

BCCA 法による木材ビジネスへの影響は、新たな市場機会や雇用創出だけでなく、インセンティブ制度によって更に強化されている。この節では、税制優遇措置や補助金制度、公的調達における優遇策について触れる。

1. 税制優遇措置

カリフォルニア州は、低炭素技術の導入を奨励するために、税制優遇措置も提供している¹³³。たとえば、特定の環境配慮型建材や再生可能エネルギー技術に対する投資は、税額控除や減税の対象となるケースがある。このような優遇措置は、企業が初期投資負担を軽減しつつ、持続可能な技術や材料への移行を促進する役割を果たしている。

2. 補助金制度

カリフォルニア州政府は、キャップ・アンド・トレード制度（規制と市場メカニズムを組み合わせる温室効果ガスの排出削減を効率的に進める制度）による収益を活用して

California Climate Investments (CCI)¹³⁴ と呼ばれる補助金プログラムを運営している。このプログラムでは、環境性能向上や温室効果ガス削減に資するさまざまなプロジェクトを支援している。CCI は、エネルギー効率化プロジェクト、再生可能エネルギー技術の導入、持続可能な輸送手段の開発など、幅広い分野を対象としており、木材関連プロジェクトや環境配慮型建築材料の利用促進にも資金を提供している。

3. 公共調達における優遇策

公共工事入札時には、BCCA 法基準を満たす製品への義務が設けられており、この影響で多くの企業が環境性能向上へ取り組むようになった。公共工事向け建材と一般向けの建材を2重に管理することは建材供給会社にとって実務上不可能であり、結果として、この義務化は、市場全体で環境配慮型製品へのシフトを促進する要因となっている。

以上、第4章では BCCA 法が木材ビジネスに与えた影響について詳述した。この法律によって木材産業は新たな成長機会と課題に直面し、それぞれ対応策を講じながら進化してきた。次章では、BCCA 法と他の環境ビジネスへの影響について考察していく。

第5章 BCCA 法による他の環境ビジネスへの影響

5.1 建設・建材ビジネスへの影響

Buy Clean California Act (BCCA 法) の導入は、建設業界全体に大きな影響を与え、環境性能を重視したビジネス慣行を促進した。この章では、BCCA 法が建設・建材ビジネスに及ぼした影響を分析する。

1. 低炭素建材の需要増加

BCCA 法は、建設プロジェクトで使用される主要建材におけるエンボディド・カーボンの削減を求めている。この規制に基づき、建材の環境性能を示す EPD(環境製品宣言)の提出が義務付けられ、低炭素建材の需要が増加している。

例えば、カリフォルニア州のセメント業界では、2017 年から 2023 年の間に低炭素セメントの生産が顕著に増加したと報告されている。これには、代替燃料や炭素捕捉技術の採用といった新たな取り組みが寄与している。また、カリフォルニア州大気資源局(CARB)は、2045 年までのセメント産業のネットゼロ目標に向けた戦略を策定中であり、2035 年までの中間目標も設定されている¹³⁵。

更に、カリフォルニア州の鉄鋼業界では、再生可能エネルギーを活用した電気アーク炉(EAF)の導入や生産過程での排出削減が進んでいる。具体的な数値データは限られているが、Global Energy Monitor の報告¹³⁶によれば、世界的に電炉製鋼能力の割合を増加させる動きがあり、カリ

フォルニア州内でも同様の取り組みが見られる。

また、資源エネルギー庁の報告¹³⁷では、製造時のCO₂排出量を従来の鋼材より大幅に削減した『グリーンスチール』の市場が拡大しているとされている。これらの取り組みは、BCCA 法基準への適合を目指すカリフォルニア州の鉄鋼業界においても、排出削減の一環として進められていると考えられる。

2. 環境配慮型プロジェクトの増加

BCCA 法の基準により、カリフォルニア州の公共建設プロジェクトでは、環境性能を重視した取り組みが増加している。これにより、LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) 認証を取得するプロジェクトが増加傾向にあると報告されている。具体的な州内データは限られているものの、カリフォルニア州は全米でも環境配慮型建築のリーダーとしての地位を築いており、多くの公共施設や民間プロジェクトが LEED 認証を取得している。BCCA 法が制定された以降の LEED 建築物としては、2018 年にサンフランシスコで完成した LEED プラチナ認証を取得した超高層ビル Salesforce Tower、メンロパークに同じく 2018 年に完成した Facebook の本社拡張プロジェクト (Facebook Headquarters Expansion) は、LEED ゴールド認証を取得した。

世界的には、2017 年から 2021 年の間に 36,835 件を超えるプロジェクトが LEED 認証を取得し、総面積は 46 億 3,000 万平方フィートに達したと報告されている¹³⁸。カリフォルニア州内でも、BCCA 法が低炭素建材の使用を推進することで、LEED 認証の普及が促進されていると考えられる。これにより、建設業界では持続可能な建材の選定や施工プロセスの改善が進み、環境負荷削減が一層加速している。

3. サプライチェーンの透明性向上

BCCA 法の施行により、建材のライフサイクル全体での環境影響の評価が求められ、サプライチェーンの透明性が向上している。この法律では、セメント、鉄鋼、ガラス、断熱材といった主要建材について、EPD (環境製品宣言) の提出が義務付けられており、建材の環境性能に関するデータの公開が進んでいる¹³⁹。

これに伴い、建設プロジェクトの発注者は、エンボディド・カーボンが低い建材を提供するサプライヤーを優先的に選定する傾向が強まっている。この傾向は、サプライヤー間の競争を促し、環境性能の向上を追求する動機となっている。

4. 新たな職種の創出

BCCA 法に関連して、環境性能評価やサステナビリティに関する専門知識を有する職種の需要が新たに生まれている。これらの専門家は、建設プロジェクトの計画から実行までの環境最適化をサポートしており、業界全体の競争力向上に寄与している。また、エンボディド・カーボンの評価基準を策定するコンサルタントや、EPD 作成を支援する専門家が増加しており、これらの役割は建材の選定や環境性能の向上に重要な影響を及ぼしている。

更に、BIM (Building Information Modeling) の市場は世界的に成長を続けており、2032 年までに年平均成長率 (CAGR) 13.6% で拡大すると予測されている¹⁴⁰。これに伴い、カリフォルニア州でも BIM を活用した環境影響予測やエンボディド・カーボン削減の専門家の需要が高まることが期待されている。

5. 研究開発投資の増加

BCCA 法の影響で、建材メーカーや建設会社による研究開発投資が増加している。例えば、カリフォルニア州のセメント業界では、低炭素技術の導入や再生可能エネルギーの活用が進められている。具体的な企業名や投資額に関する公開情報は限られているが、業界全体での取り組みが強化されている。

5.2 他産業への波及効果

BCCA 法の施行は、建設業界だけでなく、その周辺産業にも大きな影響を及ぼしている。特に、建材の生産・流通・利用を支える運輸業界や物流業界、さらには製造業などの関連産業においても、環境負荷を軽減する技術や運用方法の革新が進んでいる。このような波及効果は、産業全体の脱炭素化を促進する点で非常に重要である。

1. 運輸・物流業界

建材輸送における環境負荷削減のため、低排出ガス車両の導入が進んでいる。例えば、カリフォルニア州では、電気自動車 (EV) や水素燃料電池車 (FCEV) の普及が進み、2035 年までに新車販売の 100% をゼロエミッション車 (ZEV) とする目標が掲げられている¹⁴¹。また、カリフォルニア州政

府は物流企業向けに補助金プログラムを提供し、ZEV 導入を支援している。

ZEV の 100%普及前の現在でも、米国を拠点とする UPS (United Parcel Service) は、世界最大の貨物輸送会社として、配送ルートの最適化を図る AI システム「ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation)」を導入している¹⁴²。このシステムは配送効率の向上とコスト削減を目的とし、UPS 全体で年間約 4 億マイルの走行距離削減と 1 億ドル以上のコスト削減を達成している。このような取り組みは、物流業界全体での環境負荷削減と経済効率の両立を目指す先進事例といえる。

2. エネルギー産業

建設現場や建材製造工程でのエネルギー使用の効率化が進んでおり、特に再生可能エネルギーの利用が拡大している。カリフォルニア州エネルギー委員会の報告によれば、2023 年時点で州全体の電力供給における再生可能エネルギーの割合が 2021 年時点で 52.7%に達している¹⁴³。これに基づき、建材工場においても再生可能エネルギーが一定の割合で利用されていると考えられる。この取り組みは、環境負荷削減だけでなく、企業のブランドイメージ向上にも寄与している。例えば、CalPortland は風力や太陽光エネルギーの利用を拡大し、顧客や地域社会からの信頼を向上させている¹⁴⁴。

3. IT 産業

BIM (Building Information Modeling) を活用することで、建材使用の最適化や環境負荷削減のシナリオ分析が可能となっている。例えば、Autodesk 社¹⁴⁵の Autodesk Revit や Autodesk Insight を使用した設計プロセスでは、環境影響を考慮した建材の選定が効率化され、設計者やプロジェクトマネージャーがプロジェクト全体の持続可能性を高めることができる。このようなデジタル技術の普及は、建設業界全体の効率性向上に貢献し、BCCA 法基準への対応を加速している¹⁴⁶。

5.3 まとめ

BCCA 法の導入は、建設・建材業界を中心に、多くの産業で持続可能性を促進する変革をもたらしている。この規制により、環境性能が新たな競争軸となり、企業のイノベーションを促進している。しかし、BCCA 法には課題も残されている。特に、中小企業にとっては、環境性能基準を満たすための技術導入や初期投資が大きな負担となる場合がある。また、サプライチェーン全体の透明性

を確保するためのデータ管理や認証プロセスの標準化にも課題がある。

これらの課題を克服するため、カリフォルニア州政府は補助金や技術支援プログラムを拡充しているが、更なる取り組みが必要である。

次章では、日本への適用可能性について論じながら、メイン RQ「日本版導入の場合の日本の主要法変更への考察」とそれに対する定性調査、サブ RQ への定量(計量)調査結果について述べていきたい。

第6章 妥当性確認

この章では、日本版 BCCA 法の可能性とその場合の法的枠組みの分析、有識者定性調査、及び木造建築の LCCO2 削減効果(定量調査)の実証分析を通じて検討する。

6.1 BCCA 法の日本への応用可能性検討

a) 法的枠組みの確認

BCCA 法の成功は、強固な法的枠組みと綿密に計画された政策支援に依存している。BCCA 法の核となる要素は、建築資材に関する環境製品宣言 (EPD) の義務化と地球温暖化ポテンシャル (GWP) の基準設定である。これにより、建設産業全体が環境負荷削減を目的とした具体的な目標に従うことを可能にしている。

日本においてこれを応用するためには、日本の建築と環境に関する基本的で根本的な法律を改訂する必要がある。BCCA 法を単なる調達法と捉えると日本のグリーン購入法と比較すればいいという話になりかねないが、単なる環境規制法と捉えると日本の温対法(地球温暖化対策の推進に関する法律)と対比させればいいという話になる。今まで見てきた通り、BCCA 法は調達を通して環境改善を狙う法律であり、日本の環境基本法(以下、図も含めて「環境法」と略して記載)の下に位置する個別法たるグリーン購入法や温対法(地球温暖化対策の推進に関する法律)と並べてみるのではなく、大元の環境法、及び建築基準法(以下図も含めて「建基法」と略して記載)、と比較してみるべきと考える。BCCA 法、日本の両法(建基法、環境法)をサブシステム(各法律をシステムと見なし、その機能を更に細分化したもの)に分解し、BCCA 法的展開を日本で実施するに当たって日本の両法律に不足の部分を図 6-1 に示されるように対比させ確認してみた。

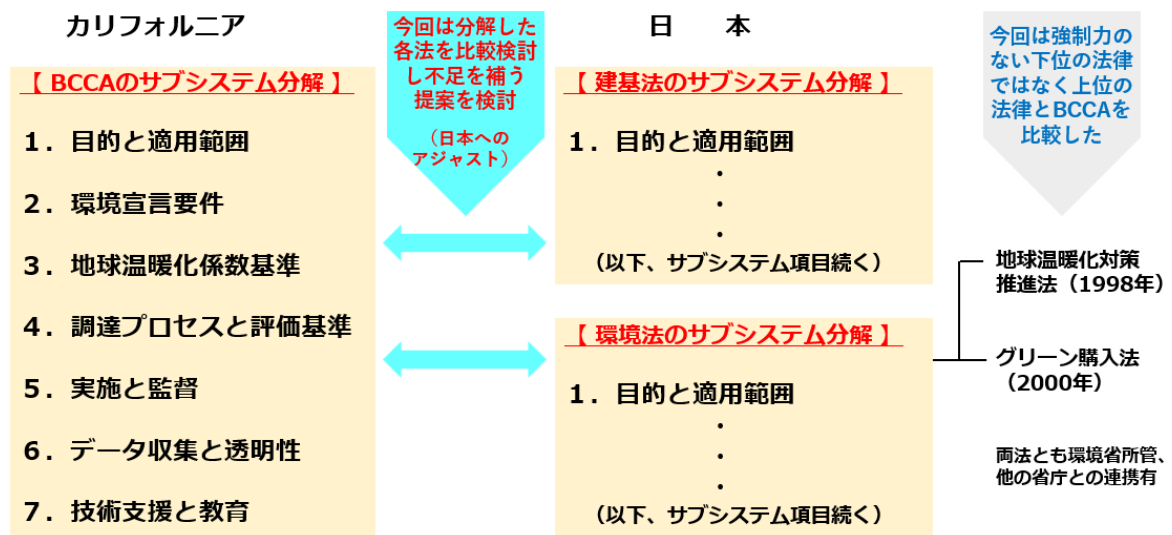


図 6-1 BCCA 法日本版検討に当たってのプロセス(法律のサブシステム比較) (筆者作成)

その結果、以下のような点について日本の 2 法律の改正が必要であることが明らかになった。3 つの法律を上記のようにサブシステム分解して並べて比較した結果の日本の両法律改訂箇所のまとめとしては以下図 6-2 を参照されたい。また、条文だけを改訂すれば済む話として終わらないように、条文の中身の正さ・吟味として産学の有識者の方々からご意見を頂戴した。この妥当性確認としての定性調査まとめは、続いての項(2)にまとめた。

◆ 建築基準法の改正

- ・第 6 条、第 20 条から第 23 条における建築確認申請の要件に環境性能と持続可能性を提出することを義務付け (EPD の提出を追加、GWP 基準を設定) する。
- ・第 26 条、第 28 条から第 35 条および第 37 条で述べる部材、設備第 37 条で建築材料の品質基準に環境性能と持続可能性を追加する (EPD 提出を追加、GWP 基準を設定)。

◆ 環境基本法の改正

- ・第 13 条、第 22 条、第 24 条、第 29 条で、建材部門における EPD の義務化と GWP 基準の導入を明文化。

表 6-1 BCCA 法日本版適用に当たって日本の法律の変更必要箇所一覧(筆者作成)

両法律で改正必要条文	1. 建基法	① 第6条 (確認申請書の内容)
		② 第20条 (構造耐力)
		③ 第21条 (主要構造部)
		④ 第22条 (屋根)
		⑤ 第23条 (外壁)
		⑥ 第26条 (防火壁)
		⑦ 第28～35条 (建築設備)
		⑧ 第37条 (建築材料の品質)
	2. 環境法	① 第13条 (地球環境保全の推進)
		② 第22条 (製品及びサービスの環境負荷低減)
		③ 第24条 (環境への負荷の低減に資する製品等の利用の促進)
		④ 第29条 (情報の提供)

b) 政策支援と日本の特殊事情

日本政府は、単に法律で義務化を徹底させるだけでなく、企業が EPD を作成し、環境性能データを管理できるよう補助金と技術支援を提供する必要がある。

エコマーク取得が 1 件 15 万円程度の取得費用であるのに対し、EPD 取得費用は数百万円(木質建材について日本で最初に EPD を 2024 年 7 月に取得した銘建工業例)を要するコスト負担は特に中小企業にとっては大きな問題である。同時に EPD 取得のノウハウ、技術指導も必要である。

日本の建築市場は、中小企業が数的に多く占める構造となっており、BCCA 法の基準を満たすための負担が、中小の建材メーカーや地方の建設業者には重く、EPD の取得や GWP 基準の遵守が技術的および経済的に困難である。こうしたことをパッケージで進めていかないと法律上義務化しても実態が伴ってこない恐れがある。

日本では商業用ビルについては、鉄筋コンクリート構造が主流であり、木造建築の割合が低い。このため、低炭素建材である木材の利用促進に向けた市場インセンティブが必要である。補助金と技術支援だけでなく、EPD、GWP を備えた低炭素建材を使用した建物に対しては、建物の建蔽率や容積率を(場合によっては、償却年数も)優遇する等の暫定措置も、建物を発注した施主にとっては大きな魅力、動機づけになる可能性は大きい。

カリフォルニアでは 4 品目について始まったこの低炭素建材の使用義務化であるが、日本ではどの品目から始めるか、その品目の GWP 基準値などの見直しはどのような頻度で行うか、など細目を詰めて決定することも(業界や学会が協力するにしても)政府の仕事である。世界に公約した

日本の 2050 年のカーボンゼロ、特に 2030 年のカーボンハーフはもう目の前である。実質、あと 5 年後のカーボンハーフ達成に向けてやるべきことを速やかに実行に移すべきである(既に述べた通り、BCCA 法が制定後 5 年の猶予期間を経て実施されたことを見ても我々人類に残された時間は少なく、時間を無駄にすることなく動くことが求められている)。こうした動きは、地方自治体との連携が不可欠であるが、その調整に時間がかかる可能性がある。

低炭素コンクリートなど、本論文でも紹介したような新しい低炭素建材は世の中に出てきつつある。しかし、今後数年間で厳しい目標を達成することを迫られている状況下、国土の 7 割を森林で覆われる日本は、(コストや耐久性など不透明な部分が大きい新しい低炭素建材より)伝統的な建築材である木材を多用することが最良ではないかと考える。実際、既に 2022 年から施行している BCCA 法を達成するために州の 3 割を森林で占めるカリフォルニアで、木材の使用が建材として大きく伸びてきたのは見てきた通りである。

以上、メインのリサーチクエスション(RQ)の「日本版 BCCA 法導入の場合には、日本の主要法をどのように変更すべきか?」について述べてきた。引き続き、以上の BCCA 法日本版導入に向けた日本の法律改正と日本版導入についての妥当性確認として数名の有識者のご意見を確認していきたい。その後、サブ RQ「BCCA 法が促進する低炭素建材の利用は、建築物の LCCO₂ 削減にどの程度寄与するか?」について実在の建物を使って定量的(計量的)に検討したい。これらの確認は、BCCA 法日本版適用についての日本の法的枠組みや政策提言が産学の皆様にどう受け止められるかを確認するだけでなく、木材の多用化が LCCO₂ に本当にどの程度貢献するのか、を明らかにする重要なプロセスとなる。

6.2 日本版 BCCA 法のデザインについての妥当性確認

1) 定性調査方法

BCCA 法日本版導入に向けての確認方法(メイン RQ)については、有識者への定性調査を実施した。対象は以下の方々について行った。匿名扱いにして欲しい、という意見も中にはあったため、そのように取り扱った。インタビュー対象と調査実施日等は、以下、表 6-1 を参照されたい。

表 6-2 BCCA 法日本版適用に当たっての妥当性確認の定性調査対象者一覧(筆者作成)

所 属	役職	氏名	調査日	調査場所	調査時間
(株)鳥取CLT 東京駐在事務所	シニアマネージャー	岩坂 将 氏	2024年12月3日(火)	ZOOM	60分
住宅・建築SDG s 推進センター (IBECs)	理事長	伊香賀 俊治 氏	2024年12月6日(金)	IBECs 平河町 (麹町)	90分
ウッドステーション (株)	会長	塩地 博文 氏	2024年12月6日(金)	幕張・ウッドステーション本社	90分
住友林業 (株) 木材建材事業本部	マネージャー	A (匿名希望)	2024年12月10日(火)	ZOOM	45分
銘建工業 (株) 東京駐在事務所	東京事務所代表	谷口 翼 氏	2024年12月16日(月)	銘建工業(株) 東京事務所 (茅場町)	60分

特に質問状を用意して記入頂くという形式ではなく、インタビューの中で口頭にて以下同じ質問(5 枝)をしてそれに対する回答を聴き集めるカジュアルな形で現場からの生の声を伺った。形式的な文書での記入ではなく、寛いだ会話から本音を引き出したいという思いからそのようにした。インタビュー形式の選択により、率直な意見を引き出すことに成功したと考えられる。

2) 定性調査: 確認結果(質問と回答のサマリー)

表 6-3 BCCA 法日本版検討に当たっての妥当性確認結果一覧(筆者作成)

質 問	回 答
Q1. BCCAの日本版を導入すると環境・経済両面で効果あると考えますか？	- 環境に好影響は間違いない (共通意見)。 - コスト意識が強いため拘束力が必要。ただし中小企業支援も必須 (A社)。 - 強制力だけではなく市場原理を活用し経営者が積極採用出来る案とすべき (B社)。 - 導入には、公的支援が不可欠 (D社)。
Q2. 日本はBCCAのEPDやGWP基準に親和性があると思いますか？	- 金融審議会では企業の有価証券報告書へのサステナビリティ開示の義務化も議論されており、政府機関が動き始めており環境的に好ましい (B社)。 - 国交省が積極的にEPD導入を進めている (D社)。 - 2030年のカーボンハーフを考えると早急な義務化、導入が好ましい (E社)。
Q3. 法律19点の改正以外に必要事項、ご意見はありますか？	- 大がかりな法律改正が難しい場合は「告示」など現実的手法を検討すべき (E社)。
Q4. BCCA日本版の導入は御社にとって有利、または商機と考えますか？	- プラスになる (共通意見)。 - 社内でも環境意識の温度差がある。環境メリットに理解を示さない人にとっては、負荷が増える単なる規制にしか見えない可能性もある (A社)。 - 業界浸透には政府の支援が鍵 (C社)。
Q5. 建設・建築分野から環境に貢献する方法についてご意見は何かありますか？	- 木材は環境系建材であることは概ね正しいが、歩留まり以外は無駄にしている可能性もあり、トータルで考えるべき。伐採後の再造林が重要 (C社)。 - 三井不動産の純木造中層集合住宅モクシオンは例外的に償却年数が長くなった。木造建築の法定耐用年数を見直す動きは好ましい (E社)。

※ A～E社は仮の企業表記

日本に馴染まなそうな強制力を持たせた法律提案であったが、概ねインタビュー対象者からの賛同を頂いた。実質 5 年後の 2030 年のカーボンハーフ達成のためには迅速に何かをすべきという認識はインタビュー対象者全員に共通する認識であった。今回の提案は(カリフォルニアでも環境改善と経済にすら好影響を挙げている法律でもあり) 良い事案になるのではないかという意見が多かった。ただ、カリフォルニアでも 5 年間の猶予期間後に施行された実態を伝えると(2030 年カーボンハーフへの手法としては) 実効性発揮への難しさを時間的に懸念する声もあった。時間の観点では、日本の法律改訂への所要時間を考え、まずは「告示」を活用する手法が現実的であるという指摘が見られた。

本調査から得られた示唆は以下の通りである。

- a) 強制力を持つ法律の導入には、中小企業への公的支援を含めた柔軟な制度設計が必要である。
- b) 木材利用における課題(再造林、法定耐用年数など)を解決するための総合的な視点が求められる。
- c) 産官学が協力し、多面的なアプローチを取ることで、環境改善への活動を社会に定着させることが可能である。」

定性調査の結果、メイン RQ の『日本版 BCCA 法の適用可能性』に関して以上の重要な知見が得られた。総括すると、第一に、法的枠組みの改正箇所を明確化することで、日本版 BCCA 法の導入が現実的な選択肢となる可能性が示された。第二に、政策支援が中小企業の負担を軽減し、法制度を定着させる上で不可欠であるという共通認識が得られた。2025 年 1 月 12 日の日経新聞 1 面に「木造オフィス耐久性を評価」と題した記事が掲載された。2025 年に木造建造物の耐久性、丈夫さの基準を満たせば、国土交通省は耐用年数を現状の 2 倍以上の 50 年以上と認定する新制度を導入するそうである。上述 b) のコメントにあった木造建築の法定耐用年数が早くも大幅見直しされることとなり喜ばしい。当面はオフィスと店舗向けだけの様子であるが、いずれ住宅の 88.4% を占める木造住宅 にもこの制度が拡大されることが期待される。

続いて、定量(計量)調査を通じ、木材利用が建物の LCCO2 削減にどの程度寄与するか(サブ RQ)を確認する。

6.3 木材を建材として使用することによる LCCO2 効果妥当性確認

1) 定量(計量)調査方法: 低炭素建材としての木材の利用は、建築物の LCCO2 削減にどの程度寄与するか? (サブ RQ) の確認方法

上述の定性調査に加え、公平性の高い定量(計量)調査を実施した。これはサブ RQ の確認を目的としており、実在の純木造の建物を使って確認した。

a) 妥当性確認に使用したシステム

現在、世界 170 か国で使用されている、フィンランドのワンクリック LCA 社が 2000 年初頭に開発したシステム(ワンクリック LCA、以降 OCL と表記、下記図 6-3、6-4 を参照)を使ってエンボディード・カーボン¹⁾を算出した(以下、図を参照)。これは 1 つの建物の LCCO2 計算に使われるシステムである。しかし、筆者は、木材の LCCO2 効果を量るため、既存純木造建築物の躯体を鉄骨化した場合の LCCO2 を既存の純木造建築の LCCO2 と比較して、両者の間の LCCO2 差を算出するという使い方を行った。これは新しいアルゴリズムであり、このシステムを木材の LCO2 優位性を量る為に使用した例は、先行研究でも例がない。このシステムは上述の通り、そもそも、ある建物の LCCO2 を算出する目的で誕生し、現に世界中で使用されているものである。今回既存純木造建築物の躯体を鉄骨にした場合の LCCO2 と、元々の純木造建築物との差を算出することで木造の効果を明確に算出できた。これは大きな意義があると考ええる。尚、本来は年会費 100 万円などの費用(各種コースが存在)が必要な本システムの利用である。が、今回の修論へのアカデミック目的の一時的な利用という前提で、OCL の日本総代理店である住友林業に特別にご配慮頂き、各種便宜をお計らい頂いたことに感謝する。

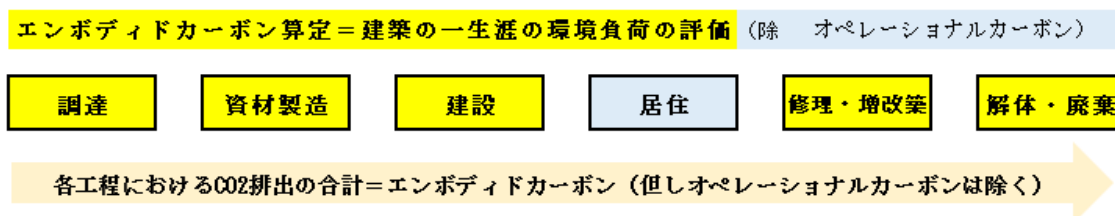


図 6-2 ワンクリック LCA のシステムフローイメージ図(データ出典:住友林業株式会社)

表 6-4 ワンクリック LCA 社とそのシステム導入先(データ出典:住友林業株式会社)

企業名	One Click LCA Ltd.
所在地	フィンランド ヘルシンキ市
設立日	2001年
特色	建設LCAソフト、プラットフォームビジネスを展開
導入国数	170か国以上 (2024年10月時点)
日本へ導入	2022年8月以降、住友林業(株)が日本総代理店(単独代理店)デベロッパー、ゼネコン以外に東京大学、早稲田大学でも活用中

b) 確認対象

- ① 純木造、② 建築物の情報が入手し易いこと、が条件である。

これは前述のワンクリック LCA システムが、建物 LCCO₂(オペレーショナルカーボンを除いたエンボディード・カーボン)計算上、建物の全資材情報を求めるからである。その結果、私が所有する 2021 年築の木造住宅 3 棟とした(私はHondaを早期退職して以降、個人的に創設した不動産投資業を営んでいる関係で、集合住宅としての純木造住宅を数等保有している。その中で情報を集め易い、近年の建築物を選定した)。他人が所有する建物の全資材の使用量を把握することは事実上不可能であるからだ。

誰もが知ってる「丸ビル」など有名な建物をベースに比較出来れば一層好ましいかも知れない。しかし、上述の資材量全把握が困難なことに加え、現状 RC 建築とそれを木造化した場合を比較しようとする、一部躯体を木造化したことによる建物の強度計算をしなければならない。それは時間と費用の観点で非現実的である。それに対し、木造を一部鉄骨化する分には強度計算は不要であり、両者の比較は他の例に比べ遥かに容易である。

今回は、その実在する木造建築の LCCO₂ とそれらの躯体を鉄骨造とした場合を想定した場合の LCCO₂ を比較した(木造と鉄骨造の LCCO₂ の対比)。1章(2)(出典:ウッドマイルズ研究会)で述べたように、RC(鉄筋コンクリート)造は、木造や鉄骨の数倍、特に建築時と廃却時に CO₂ を排出する。木造対鉄骨造の比較なら RC 造と比較するほどの大きな差は出ない可能性もあるが、既述の理由で、木造対鉄骨造の LCCO₂ の比較とした。しかも、今回対象とした既存木造集合住宅は在来工法であり、特殊性はなく、極めて一般的な木造住宅であるため、計量(定量)調査対象としてふさわしいと判断した。

2) 定量(計量)調査:確認結果

確認結果は想定を超えたものだった。純木造 3 棟の現状の LCCO₂ 合計は 159.8 t だったが、これらの鉄骨化の LCCO₂ 合計は 270.0 t であった。木造は鉄骨造に比べ 41%も LCCO₂ 排出量は少なく、環境に好影響を与えるということがいえる(以下、表 6-2 参照)。木造の効果は LCCO₂ が鉄骨比 110 t 以上にも及び、これは杉の木 7,820 本近くになる(CO₂ 1 t は杉の木 71 本が 1 年間に吸収する量、から算定¹⁴⁷⁾。小規模木造建物 3 棟(合計床面積 607m² 強)程度でも脱炭素に大きく貢献することが証明された。鉄骨造と比較してもこれだけの効果が出るわけだから、RC 造と比較した場合、その差は一層大きく開くことが容易に想定される。

森林が国土の約 7 割を占める日本では、この豊富な木材資源を効率的かつ持続可能に活用することで、環境負荷の軽減だけでなく、地域経済の活性化や社会的利益の創出も期待される。延床面積が 1000m² 前後までは木造の単価が安く、2000m² を超えると鉄筋コンクリート造や鉄骨造が割安になる傾向がある¹⁴⁸⁾。しかし現状は割高であろう木造の高層ビルですら今後上昇基調にあるカーボンプライシング¹⁴⁹⁾と相殺することにより、将来的には他の建材と比較してコスト優位に立つ可能性がある。

この結果は、木造建築の普及が LCCO₂ 削減を達成するために重要であることを示唆している(サブ RQ への回答)。

表 6-5 ワンクリック LCA システムによる定量(計量)調査結果サマリー(筆者作成)

現状純木造	延べ床面積 m ²	延べ床面積 当たり排出量 kg/m ²	LCCO ₂ t	躯体鉄骨化試算	延べ床面積 m ²	延べ床面積 当たり排出量 kg/m ²	LCCO ₂ t
新宿区高田馬場①	241.20	260	62.7	新宿区高田馬場①	241.20	446	107.6
新宿区高田馬場②	208.71	267	55.7	新宿区高田馬場②	208.71	441	92.0
渋谷区神泉	157.77	262	41.3	渋谷区神泉	157.77	446	70.4
合 計	607.68		159.8	合 計	607.68		270.0

同条件の建築物で、木造、鉄骨造の場合でのライフサイクルCO₂発生量差

(試算条件はOCLデフォルト値)

新宿区高田馬場①	44.9
新宿区高田馬場②	36.3
渋谷区神泉	29.0
合 計	110.2

また、本来論文には定量(計量)調査の際の算定式を示すべきと考えるが、今回は OCL システムは本来高額で(その使用権が)販売される(年間 100 万円)システムであり、ブラックボックス化されている。現在使用されている世界 170 か国でも算定式は開示されていない。よって、算定式に代え

て、日本総代理店の住友林業から開示頂いた算定の概念を建物ライフサイクルの工程ごとに以下に示す。尚、以下記号で示された各工程についてのイメージ図については、住友林業提供の以下、図 6-3 を参照されたい。

A1-3(建築資材): 資材量と資材ごとにソフト内の原単位(CO2 データ)を紐づけ計算

A4(施工現場までの輸送): 資材量にデフォルトの輸送距離を掛け合わせて計算

(資材ごとに輸送距離を個別修正も可能)

A5(施工): 延べ床面積を元に計算できる原単位にて算出し、端材率の設定により各資材の端材を自動計算(端材率の個別修正も可能)

B3(修繕): 各資材のデフォルトの修繕率と算定期間を掛け合わせて計算(修繕率の個別修正も可能)

B4-5(修繕・更新改修): 各資材のデフォルトの耐用年数から計算(耐用年数の個別修正も可能)

C1(解体): 延べ床面積を元に計算できる原単位にて算出

C2-4(廃棄物の輸送・処理・処分): 各資材の廃棄シナリオにより、輸送、処理、処分の影響を計算(廃棄シナリオはいくつか選択可能)

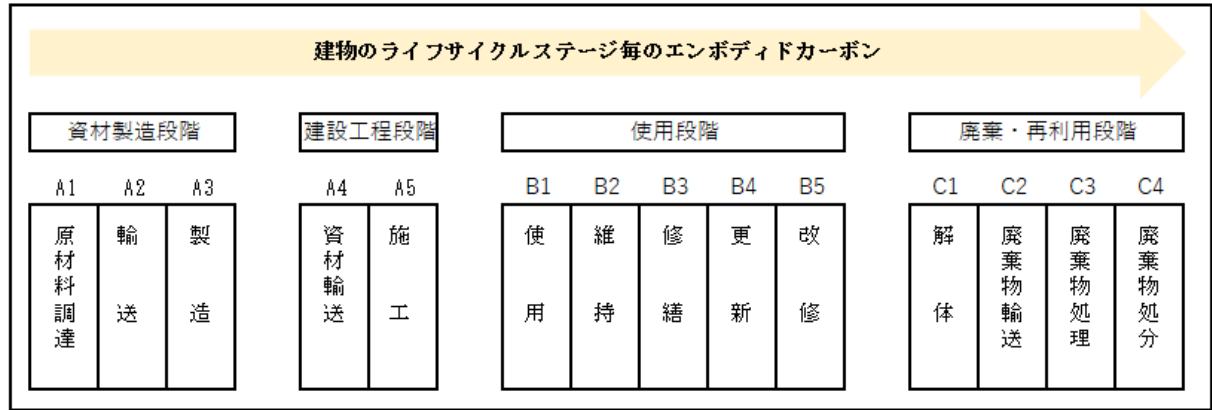


図 6-3 建物のライフサイクルステージ(データ出典:住友林業株式会社)

6.4 考察

本章では、日本における BCCA 法導入の適用可能性とその妥当性について確認を行った。定性

的調査を通じて、研究者や産業にかかわる経営者層を中心に受容性、課題、および実現に向けた障壁を明らかにした。また、定量的調査では、低炭素建材としての木材利用が、建築物の $LCCO_2$ 削減に貢献する可能性を世界的に信頼されるシステムを独自の使用法で活用することで数値化して示した。

これらの分析を総合すると、日本においても BCCA 法のような政策の導入は、環境負荷低の面から有益であることが示唆される。しかしながら、実際の適用に際しては、国内の法体系や市場環境との整合性を十分に考慮する必要がある。特に、日本の建築基準法や環境法制における枠組みの調整が求められること、特に中小企業の適応コストに対する支援策が必要であることが指摘された。

本研究の結果から、日本版 BCCA 法を導入するためには、(1) 市場インセンティブの設計、(2) 法的枠組みの整備、(3) 政策導入に向けたパイロットプロジェクトの実施、が重要なステップとなることが分かった。これらの課題を克服することが、日本の建設・建材業界における脱炭素化の促進に向けた鍵となる。木材の多様化が脱炭素に大変有効であることが、今回の定量調査で(新たなシステム活用法によって)明らかになった今、これら課題を克服しても早急に日本版を導入する意義は大きいと感じる。

第7章 結論

7.1 結論

本研究は、脱炭素社会の実現に向けて、建築物における低炭素建材の活用を促進するための政策とその適用可能性を検討した。特に、カリフォルニア州の BCCA 法に焦点を当て、日本版 BCCA 法の導入の可能性を分析した。研究の過程では、BCCA 法が建築・建設分野に及ぼす影響や、環境規制が新たなビジネス機会を生むメカニズムについて検討を行った。

本研究では、以下の 2 つの主要なリサーチクエスションに対する分析を行った。

1. 日本版 BCCA 法の適用可能性 – 国内の法制度や市場環境を考慮し、政策導入の障壁とその解決策を考察した。
2. 木質建材の環境影響 – 木材を建材活用することは、 $LCCO_2$ 削減にどの程度貢献するかを定量的に確認し、脱炭素における木材の効果を実在の建物を使って再評価した。

研究の結果、日本においても BCCA 法のような環境政策の導入は、温室効果ガス排出削減に貢献し、同時に新たなビジネス機会を創出する可能性があることが示された。特に、低炭素建材の市場形成を促進し、環境規制を成長戦略の一環として活用することで、持続可能な建築業界の実現につながると考えられる。

しかしながら、本研究で明らかになった課題も少なくない。第一に、日本の法体系との整合性の確保が必要であり、建築基準法や環境基本法の改正が求められる。通常の法改正では時間的に 2030 年のカーボンハーフには間に合わない、「告示」を使って即始めるべき、という有識者も複数いらした。第二に、産業界の受容性を高めるために、木材建材の使用促進策や経済的インセンティブの設計が重要となる。第三に、政策導入にあたっては、パイロットプロジェクトの実施を通じて実効性を確認するプロセスが不可欠である。

以上を踏まえ、本研究の成果は、日本版 BCCA 法の導入に向けた重要な基礎情報を提供し、持続可能な建築・建設分野における環境政策の方向性を示唆するものである。今後は、より具体的な政策提言や実証研究を進めることで、実際の政策立案に寄与することが期待される。

また、BCCA 法的環境規制法導入により、低炭素建材の使用、現時点では木材の使用が増えている。木材の建材利用が、建物の LCCO₂ 削減に効果があるのかを世界的に信頼のおけるシステムを、前述の通り一般の使用法とは異なる独自の手法を使って確認した。躯体を鉄骨化しただけで LCCO₂ は劇的に悪化した(純木造比4割悪化)。今回は、純木造の躯体を鉄骨化した場合の試算を行ったが、同様規模の純木造と RC 造(鉄筋コンクリート建築)を比較すれば、恐らくそれ以上の差が確認できると考える。

7.2 課題と展望

本研究は、BCCA 法の現地での効果を研究し、日本版 BCCA 法の導入に向けた可能性を検討し、その実現に向けた具体的な提案を行ったが、以下の課題が残されている。

第一に、政策の社会的受容性についての研究が必要である。新たな環境規制が導入された場合、企業や地方自治体、国民がどのように対応するかを調査し、受容性を高めるための施策を提案する必要がある。ここには、定性調査の際に有識者からご指摘のあった「告示」の形での BCCA 法日本版の施行の可能性も検討したい。その他、法的に強制させる形で終始せず、市場原理を上手に持ち込んで、経営者が進んで取り組めるような提案に出来ることが望ましい、というご意見もご

もつともであり、その方向でも模索してみたい。

第二に、定量分析の対象を更に広げる必要がある。本研究では一部の建築物を対象に低炭素建材の効果を確認した。今回の定量分析では、国内に広く普及している木造在来軸組み工法の建築物 3 棟を対象とした。これにより、本研究の結果は一般的な建築事例にも適用可能であると考えられる。しかし、より多様な建材や地域における定量分析を積み上げることで、構造の多様性や地域特性を考慮したより精緻な評価が可能となる。今後、二酸化炭素取引市場が世界的に拡大し、カーボンプライスが一層上昇するにつけ、LCCO₂ 優位性によってコストにも反映されてくることが充分考えられる。その場合、従来の一般的な活用法と変わって、建材の種類と使用量によって LCCO₂ の差が明白になる今回定量調査に使用したシステムの活用法も変わってくると考える。

第三に、国際的な視点を一層強化することが重要である。本研究では主にカリフォルニア州を対象としたが、EU や他の州の事例をより詳細に比較分析することで、より包括的な結論が得られると考えられる。

最後に、実務面では、日本版 BCCA 法導入時のロードマップ作製とその後の経済的・環境的影響をモニタリングし、継続的に制度を改善していくための仕組みを構築することが課題となる。これらの課題を克服することで、より実効性の高い環境政策が実現されるだろう。その結果、日本が環境と経済を両立させた国家として、世界の環境先進国と肩を並べ、更にはリードする存在へと成長するきっかけになれば幸いである。

また、木材は LCCO₂ 的に建材として使用されるにふさわしいことを国際的なシステムを独自の活用法で明らかにした。しかし、木材の活用には以下のような課題がある。

1. 木材供給の安定性 – 日本は国土の 7 割が森林が占める割に、国内の木材産業は供給体制が脆弱であり、持続可能な森林管理と連携した安定供給の確立が求められる。
2. コスト競争力の強化 – 鉄骨やコンクリートに比べて木材建築は床面積が 2000 m²を超えるとコストが高くなる傾向があるため、政策的な支援や税制優遇政策、法定償却期間の見直し(これについては、2005 年 1 月 12 日の日経新聞朝刊の1面で政府が見直しを始める旨が報道された)が必要である。
3. 防火・耐久性への懸念 – 実際、木造建築は鉄筋コンクリート建築並みに 50 年超の寿命があることが知られている。近年、耐火木材や CLT(Cross Laminated Timber)の開発が進んでいるが、防災面での規制の整備や市場の受容性向上が不可欠である。

本研究では、木材利用が環境負荷軽減に寄与する点に焦点を当ててきたが、木材の効用はこれにとどまらない。木材は建材としてだけでなく、人間の健康や心理的福祉、更に社会的・文化的な側面においても多くの可能性を秘めている。建築物の国際空間評価システム(WELL 認証)や林野庁のデータによれば、木材には以下のような多面的な効果があることが示されている。これらの知見は、木材が持つ『環境と人にやさしい』素材としての可能性を再認識させるものであり、持続可能な社会の実現に向けた重要な鍵となる。本節では、木材がもたらすこれらの多面的な効用について考察する。

a)WELL 認証が推奨する無垢材の利用ウェルビーイングへの貢献

建築物の国際空間評価システム(WELL 認証)は 2014 年に米国の Delos 社によって開発された。10 の評価基準がある中、MATERIALS 部門で、WELL 認証はこう述べている「製品に添加される化学物質は、健康や環境に有害な影響を与えることが証明されているか、あるいは有害であると考えられており、呼吸器系の健康に大きく影響し、発がんリスクを高めることさえある」と述べ、特に室内空間に無垢な木質建材を推奨している¹⁵⁰。

b)林野庁が示す多くの木材の効用

林野庁は、その HP¹⁵¹で木材の人への効用を多くの角度から述べ、「木材は人にやさしい」と以下全項目にデータを示しながら特に室内建材としての利用を奨励している。以下そこからの抜粋を示す。省庁が公式に木質建材がもたらす(主にウェルビーイングとの)コベネフィットに定量データを示しながら言及していることは注目に値する。

- ① 木材を建物の内装などにたくさん使うと、部屋の中の湿度の変動は小さくなる。
- ② 断熱性や衝撃に対するコンクリートなど他の建材に比して最も安全性が高い。
- ③ 紫外線を吸収し易いことから目にやさしく、音を適度に反射し音をまろやかにするので音楽鑑賞に優れる
- ④ 木材は、人の健康面や心理面に良い影響を与える。
- ⑤ 木の香りは、体をリラックスさせ、ダニの行動を抑制する。
- ⑥ 各種木質居室は、リラックス状態やわくわくした状態をもたらす。
- ⑦ 小学校で、木製の机と椅子を導入したところ、子ども達が、物事に熱心になった、あくびがあまりでなくなったといった「良い傾向の変化」が多かった。

人の心身にも好影響を与える、環境だけでなくウェルビーイングにも有効な木材のコベネフィットを知るにつけ、木材の益々の活用とそれにより、地球環境の改善が進むことを願うものである。

参考文献

論文中注

- 1 パリ協定は、2015 年の国連気候変動枠組条約締約国会議(COP21, COP: Conference of Parties)で採択され、2016 年に発効した**気候変動問題に関する国際的な枠組**。パリ協定では 2020 年以降の温室効果ガス削減に関する世界的な取り決め、世界共通の「2℃目標(努力目標 1.5℃以内)」が掲げられた。
- 2 気候変動に関する政府間パネル(IPCC: Intergovernmental Panel Climate Change)第 58 回総会が 2023 年 3 月に、スイスで開催され、IPCC 第 6 次評価報告書(AR6)統合報告書の政策決定者向け要約(SPM)が承認されるとともに、同報告書の本体が採択。日本では文部科学省・研究開発局環境エネルギー課が(農林水産省・経済産業省・気象庁・環境省と合同で)同月 20 日に SPM を公表した。
https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/mext_01204.html (2024 年 11 月 3 日 閲覧)
- 3 Loeb, N. G., Johnson, G. C., Thorsen, T. J., Lyman, J. M., Rose, F. G., & Kato, S. (2021). Satellite and ocean data reveal marked increase in Earth's heating rate. 『Geophysical Research Letters』, 48(13), e2021GL093047.
- 4 Hansen James, Larissa Nazarenko, Reto Ruedy, Makiko Sato, Josh Willis,
Anthony Del Genio, Dorothy Koch, Andrew Lacis, Ken Lo, Surabi Menon, Tica Navakov, Judith
Periwitz, Garyrussell, Gavin A.Schmidt, Micholas Tausnev (2005) Earth Energy Imbalance:
Confirmation and Implications in “SCIENCE” Vol.308,Issue 5727, pp.1431-1435
5. Loeb Norman G, Gregory C.Johnson, Tyler J. Thorsen, John M.Lyman, Fred
G.Rose, Seiji Kato (2021) “Satellite and Ocean Data Reveal Marked Increase in Earth Heating Rate”
Geographic Research Letters” Vol.48 Issue 13, July 16, 2021 issued by AGU= American Geophysical
Union p.1
- 6 Yulsman Tom “Want to Understand This Summer Heat?” 2023 年 8 月 18 日
最終更新 2023 年 8 月 19 日
<https://www.discovermagazine.com/environment/want-to-understand-this- summers-heat-imagine-800-000-hiroshima-atom-bombs> (2024 年 11 月 3 日 閲覧)
- 7 United Nations Environmental Programme プレスリリース (2022 年 11 月 7 日)
- 8 ウッドマイルズ研究会 (2008 年 3 月 1 日) ウッドマイルズ研究ノート(その 18)『木材の炭素貯蔵と省エネルギー効果』 p.5, 表 1
- 9 バイデン政権は 2021 年 4 月、看板政策として「米国雇用計画」と「米国家族計画」を議会に提案した。前者はインフラ投資や供給網の強化、後者は人的投資や気候変動対策を柱にする。両計画合わせて 4 兆ドル規模の成長戦略。紆余曲折を経て最終的に、(1)支出規模を 5,000 億ドル程度に縮小、(2)それ以上の歳入を確保、などの線で合意。その結果成立したのが、「インフレ削減法」であり、2022 年 8 月 16 日、バイデン大統領が署名した。JETRO 「インフレ削減法は、気候変動対策に軸足(米国)」(2022 年 10 月 6 日)
<https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2022/2faeb20d767ea136.html> (2024 年 11 月 3 日 閲覧)
- 10 BCCA 法(Buy Clean California Act) California State, Engineering Branch,
DGS (Department of General Services), Procurement Division

<https://www.dgs.ca.gov/PD/Resources/PageContent/Procurement-Division-Resources-List-Folder/Buy-Clean-California-Act> 2024 年 11 月 3 日閲覧

- 11 CarbonCure Technologies HP 2024 年 2 月 2 日 付

“Take aways from California’s Concrete Decarbonization Plan“ 2024 年 11 月 3 日

閲覧 <https://www.carboncure.com/concrete-corner/takeaways-from-californias-concrete-decarbonization-plan/>

- 12 Carbon Leadership Forum HP The California Carbon Report: “Analysis of Embodied and Operational Carbon Impacts of 30 Buildings“

<https://carbonleadershipforum.org/california-carbon/> (2024 年 11 月 3 日閲覧)

- 13 公益財団法人日本環境協会が実施するエコマーク事業は、国際標準化機構の規格 ISO14020 (環境ラベルおよび宣言・一般原則) および ISO14024 (環境ラベルおよび宣言・タイプ I 環境ラベル表示・原則および手続き) に則って運営されている。この制度は「自主的で多様な基準に基づいた、第三者の機関によってラベルの使用が認められる制度」とされている。エコマークは日本で唯一のタイプ I 環境ラベル。2012 年および 2020 年にタイプ I 環境ラベル運営団体で組織する世界エコラベリング・ネットワーク (Global Eco labelling Network : GEN) の監査システムである GENECIS の認定を受けた。

- 14 CARBON MEDIA「カーボンプライシングとは？炭素税から排出権取引まで図解でわかりやすく解説」2024 年 7 月 4 日最終更新 https://sustech-inc.co.jp/carbonix/media/carbon_pricing/ (2024 年 12 月 10 日閲覧)

- 15 水谷洋一 (1991) 「アメリカにおける自動車排ガス規制の歴史 (1)」『一橋研究』 第 15 巻第 4 号 pp.63-83

- 16 カーボンフットプリント＝「商品・サービスのライフサイクルの各過程で排出された温室効果ガス (GHG) を CO2 排出量に換算し、商品・サービスに表示された数字」環境省・経済産業省協同「“カーボンフットプリント実践ガイド”を作成しました」2023 年 5 月 26 日 <https://www.meti.go.jp/press/2023/05/20230526001/20230526001.html> (2024 年 11 月 3 日閲覧)

- 17 EPD＝Environmental Product Declaration＝LCA に基づき、各製品ライフサイクル全体に渡る温室効果ガス (GHG) の排出量を示し、環境影響を定量的に評価

- 18 Porter, M. E., & Van der Linde, C. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), pp. 97-118

- 19 Ofori, G., Briffett, C., Gang, G., & Ranasinghe, M. (2000). Impact of ISO 14000 on construction enterprises in Singapore. *Construction Management & Economics*, 18(8), pp. 935-947

- 20 Hanemann, W. M. (2007). How California came to pass AB 32, the Global Warming Solutions Act of 2006. Department of Agricultural & Resource Economics, UCB

- 21 Wear, D. N., & Murray, B. C. (2004). Federal timber restrictions, interregional spillovers, and the impact on US softwood markets. *Journal of Environmental Economics and Management*, 47(2), pp. 307-330

- 22 Tojo, N., Lindhqvist, T., & Davis, G. A. (2006). The future of eco-labelling: Making environmental product information systems effective. Routledge

- 23 環境省 (2000) 「グリーン購入法 (国等による環境物品等の調達の推進等に関する法律)」第 3 条 (基本方針)、第 6 条 (調達方針) 等々 環境省 グリーン購入法 (2023) <https://www.env.go.jp/policy/hozen/green/g-law/index.html> (2024 年 11 月 10 日閲覧)

- 24 環境省 (1998) 「地球温暖化対策の推進に関する法律」第 2 条 (定義)、第 4 条 (国の責務)、第 21 条 (温室効果ガス算定排出量の報告) 等々 環境省 「地球温暖化対策推進法と地球温暖化対策計画」 <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/domestic.html> (2024 年 11 月 10 日閲覧)

- 25 環境省 (1993) 「環境基本法」第 3 章 (環境の保全に関する基本的施策)、第 14 条 (環境基本計画) 等々

- 26 国土交通省 (1950) 「建築基準法」第 2 章 (建築物の敷地、構造及び建築設備) 等々

- 27 Hanemann, W. Michael. 2007. "How California Came to Pass AB 32, the Global Warming Solutions Act of 2006." Department of Agricultural & Resource Economics, UC Berkeley, Working Paper Series

-
- 28 Tojo, N., Matsuto, T., & Hanaki, K. (2006). "Waste Management and Recycling in Japan." In *Waste Management and Recycling in Japan: Opportunities for European Companies*
- 29 Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995) "Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship" *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), pp.97-118
- 30 林野庁 (2021・令和3年度) 「森林・林業基本計画」
第1章 森林・林業をめぐる状況の変化
- 31 Ambec, S., Cohen, M. A., Elgie, S., & Lanoie, P. (2013) "The Porter Hypothesis at 20: Can Environmental Regulation Enhance Innovation and Competitiveness?" *Review of Environmental Economics and Policy*, 7(1), pp.2-22
- 32 Loorbach, D., Frantzeskaki, N., & Avelino, F. (2017) "Sustainability Transitions Research: Transforming Science and Practice for Societal Change" *Annual Review of Environment and Resources*, 42, pp.599-626
- 33 環境省 (2021).「第五次環境基本計画」
第1部 環境・経済・社会の状況と環境政策の展開の方向
- 34 Nidumolu, R., Prahalad, C. K., & Rangaswami, M. R. (2009) "Why Sustainability Is Now the Key Driver of Innovation" *Harvard Business Review*, 87(9), pp.56-64
- 35 World Economic Forum (2020) "The Global Competitiveness Report 2020"
Executive Summary <https://www.weforum.org/publications/the-global-competitiveness-report-2020/> (2024年12月10日閲覧)
- 36 Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014) "The Impact of Corporate Sustainability on Organizational Processes and Performance" *Management Science*, 60(11), 2835-2857
- 37 Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hémous, D., Martin, R., & Van Reenen, J. (2016). "Carbon Taxes, Path Dependency, and Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry" *Journal of Political Economy*, 124(1), 1-51
- 38 経済産業省 (2020).「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」
セクション[はじめに]～[1. 2050年カーボンニュートラルの実現]
- 27 IPCC (2022) *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. [Summary for Policymakers]
- 40 Lang, D. J., Wiek, A., Bergmann, M., Stauffacher, M., Martens, P., Moll, P., ... & Thomas, C. J. (2012) "Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges" *Sustainability science*, 7(1), pp.25-43
- 41 Thøgersen, J. (2021) "Consumer behavior and climate change: consumers need considerable assistance" *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 42, pp.9-14.
- 42 United Nations (2015) Paris Agreement. Article 2 (長期的な気温目標), Article 4 (国が決定する貢献及び緩和)
- 43 Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review* Cambridge University Press
Executive Summary, Part I: Climate Change – Our Approach
- 44 Busch, T., & Hoffmann, V. H. (2007) "Emerging carbon constraints for corporate risk management" *Ecological Economics*, 62(3-4), pp.518-528
- 45 西村秀和 監訳 「システムズエンジニアリングハンドブック 第四版」P.5 慶應義塾大学出版(2021)
- 46 IPCC (2022) *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Summary for Policymakers, p.4, Section A.1
- 47 California State Legislature (2017). Assembly Bill No. 262, Chapter 816: Public contracts: bid specifications: Buy Clean California Act. Section 1, paragraph (a)
- 48 California Air Resources Board (2021) California's Changing Climate 2021: A Summary of Key Findings from California's Fourth Climate Change Assessment.
Executive Summary, p.3, "Key Findings" section
- 49 California Air Resources Board (2020) California Greenhouse Gas Emissions for 2000 to 2018: Trends of Emissions and Other Indicators Executive Summary, p.1 and Overall Trends 2000-2018 section
- 50 California Department of General Services (2021) Buy Clean California Act Implementation Introduction, p.1, パラグラフ 2
- 51 Busch, T., & Hoffmann, V. H. (2007) "Emerging carbon constraints for corporate risk management" *Ecological Economics*, 62(3-4), pp.518-528
- 52 California Manufacturers & Technology Association (2018) *The Buy Clean California Act: Challenges and Opportunities for California Manufacturers*
Executive Summary, p. 2
- 53 California Department of General Services (2022) *Buy Clean California Act Compliance* Section 3: Implementation Guidelines, p. 7
- 54 Stern, N. (2007) *The Economics of Climate Change: The Stern Review* Cambridge University Press
Part I: Climate Change ~Our Approach, p. 3
- 55 California Department of General Services (2019) *Buy Clean California Act: Initial Product Category Rules and Guidelines*. Section 2: Product Category Rules, p.5
- 56 International Organization for Standardization (2006) ISO 14025:2006 Environmental labels and

-
- declarations — Type III environmental declarations —
Principles and procedures Section 3.2, p.2
- 57 California Department of General Services (2020) *Buy Clean California Act: Global Warming Potential Limits* Section 2: Material Categories and GWP Limits, p.3
- 58 Scott Fong, Department of General Service, California (2022) *Buy Clean California Act* p.2, p.4
[https://usea.org/sites/default/files/event-/7.%20Fong%20-%20DOE%20BCCA 法%20presentation.pdf](https://usea.org/sites/default/files/event-/7.%20Fong%20-%20DOE%20BCCA%20法%20presentation.pdf)
(2024 年 11 月 3 日閲覧)
- 59 California Department of General Services (2021). *Buy Clean California Act: Scope and Application* Chapter 1: Introduction, p.1.
- 60 California Department of General Services (2022) *Buy Clean California Act: Annual Progress Report* Executive Summary, p.1
- 61 California Department of General Services (2020) *Buy Clean California Act: Exceptions and Wal.vers* Section 3: Criteria for Exceptions, p.5
- 62 California Department of General Services (2021) *Buy Clean California Act: Enforcement and Compliance* Chapter 2: 『Compliance Mechanisms』p.7
- 63 Porter, M. E., & van der Linde, C. (1995) Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), pp.97-118
- 64 Nidumolu, R., Prahalad, C. K., & Rangaswami, M. R. (2009) *Why Sustal.nability Is Now the Key Driver of Innovation* Harvard Business Review, 87(9), pp.56-64
- 65 Hellweg, S., & Milà i Canals, L. (2014) Emerging approaches, challenges and opportunities in life cycle assessment *Science*, 344(6188), pp.1109-1113
- 66 Eccles, R. G., Ioannou, I., & Serafeim, G. (2014) “*The Impact of Corporate Sustal.nability on Organizational Processes and Performance*” *Management Science*, 60(11), pp.2835-2857.
- 67 California Air Resources Board (2021) *Buy Clean California Act: Flexibility Mechanisms and Implementation Strategies* Section 3: Implementation Guidelines, p.12
- 68 California Manufacturers & Technology Association (2020) *Buy Clean California Act: Challenges and Opportunities for Small and Medium-sized Enterprises* Executive Summary, p.2
- 69 林野庁(2019)『令和元年度 森林・林業白書』第 3 章、第 2 節 この白書では、木材利用が地球温暖化防止に貢献する 3 つの側面として、炭素の固定、エネルギー集約的資材の代替、化石燃料の代替が挙げられている。特に、木造住宅は鉄骨プレハブ住宅や鉄筋コンクリート住宅に比べて約 4 倍の炭素を貯蔵していることが示されている。
- 70 AUTODESK 「PERKINS&WILL カリフォルニア州初の複数階層マス ティンバー構造建築によるトータルカーボン マネージメント サステナビリティのお客様事例」
<https://www.autodesk.com/jp/customer-stories/perkins-will> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 71 FORTUNE BUSINESS INSIGHTS 米国グリーン建材市場規模、シェア、新型コロナウイルス感染症の影響分析、用途別(屋根材、床材、断熱材、その他)、最終用途産業(住宅および非住宅)、国別予測、2023～2030
<https://www.fortunebusinessinsights.com/jp/%E7%B1%B3%E5%9B%BD%E3%81%AE%E3%82%B0%E3%83%AA%E3%83%BC%E3%83%B3%E5%BB%BA%E6%9D%90%E5%B8%82%E5%A0%B4-109063> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 72 TECTURE MAG「龍の鱗」を備えたサステナブルな Google 新社屋 https://mag.tecture.jp/culture/20220520-google-bay-view/?utm_source=chatgpt.com
(2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 73 California Employment Development Department (2023 年): 「Green Jobs in California: 2019-2023 Growth Report」"Chapter 2: Employment Trends in Green Building Materials"
- 74 新しい設備や技術を導入する中小企業を対象にした融資保証プログラム
https://www.treasurer.ca.gov/cpcf/calcap/index.asp?utm_source=chatgpt.com
(2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 75 低炭素建材やエネルギー効率の高い材料の開発を支援するなど研究開発活動を行う企業に税額控除を提供するもの https://www.ftb.ca.gov/file/business/credits/california-research.html?utm_source=chatgpt.com
(2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 76 中小企業が BCCA 法に準拠する製造プロセスや物流の再編に必要な資金を調達する際、保証を提供するプログラム https://www.ibank.ca.gov/small-business/loan-guarantees/?utm_source=chatgpt.com (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 77 カリフォルニア州内での事業拡大や新規事業開始に際して提供される税額控除で、低炭素建材関連のビジネスや BCCA 法適合プロジェクトを優先的に支援する可能性がある https://business.ca.gov/california-competes-tax-credit/?utm_source=chatgpt.com (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 78 SCS global Service 環境安全宣言

-
- https://ja.scsglobalservices.com/services/environmental-product-declarations?utm_source=chatgpt.com (2022年12月10日閲覧)
- 79 長島・大野・常松法律事務所 ニュースレター 2024年1月「米国競争法・企業結合ガイドラインの最終版の公表」 <https://www.noandt.com/publications/publication20240126-1/> (2024年12月10日閲覧)
- 80 カリフォルニア州エネルギー委員会 (CEC) (2017) 「Investing In Energy Innovation」
- 81 California Government Operations Agency (GovOps) 「Transforming government through innovation」 <https://www.govops.ca.gov/> (2024年12月10日閲覧)
- 82 Deloitte「カリフォルニア州の気候関連法による影響の概要」 <https://www2.deloitte.com/jp/ja/pages/audit/articles/crd/headsup30-18.html> (2024年12月10日閲覧)
- 83 Berkeley Academy Guide 2024-2025 <https://guide.berkeley.edu/graduate/degree-programs/climate-solutions/> (2024年12月10日閲覧)
- 84 California Governor's Office of Business and Economic Development (2023) *BCCA 法 Support Programs for Small and Medium Enterprises: Progress Report* Chapter 2: Program Outcomes, p.11
- 85 California Department of Industrial Relations (2023) *Impact of the Buy Clean California Act on Employment and Economic Growth: A Comprehensive Study* Executive Summary, p.2
- 86 European Commission. (2023) Energy Performance of Buildings Directive 2024年『Overview』セクション、第1 paragraph https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en (2024年11月3日閲覧)
- 87 California Department of General Services. (2022) Buy Clean California Act: Covered Materials 『Covered Materials』セクション <https://www.dgs.ca.gov/PD/Resources/Page-Content/Procurement-Division-Resources-List-Folder/Buy-Clean-California-Act> (2024年11月3日閲覧)
- 88 Pomponi, F., et al. (2021) Embodied carbon in buildings: Measurement, mitigation, and management *Springer Nature* Chapter 2, p.15
- 89 California Air Resources Board. (2023) BCCA Impact Assessment Report. 『Executive Summary』 <https://www2.arb.ca.gov/resources/documents/buy-clean-california-act-BCCA> (2024年11月3日閲覧)
- 90 Gervasio, H., & Dimova, S. (2018) *Model for Life Cycle Assessment (LCA) of buildings. EUR 29123 EN*, Publications Office of the European Union, Luxembourg p. 23
- 91 California Green Building Standards Code. (2022) CAL Green セクション <https://www.dgs.ca.gov/BSC/CALGreen> (2024年11月3日閲覧)
- 92 Huang, L., et al. (2022) “Comparative study of environmental building policies: Lessons from the US and EU” *Building and Environment*, 207, 108406. p. 5
- 93 California Employment Development Department. (2023) Green Jobs Growth Report 2019-2023. Key Findings セクション https://www.edd.ca.gov/Jobs_and_Training/Green_Jobs.htm (2024年11月3日閲覧)
- 94 公益財団法人 日本環境協会 エコマーク事務 (2023) 「エコマーク」『エコマークについて』セクション <https://www.ecomark.jp/> (2024年11月3日閲覧)
- 95 Bergek, A., & Berggren, C. (2014) “The impact of environmental policy instruments on innovation: A review of energy and automotive industry studies” *Ecological Economics*, 106, pp.112-123
- 96 Lutsey, N., & Sperling, D. (2008) “America's bottom-up climate change mitigation policy” *Energy Policy*, 36(2), pp.673-685
- 97 Washington State Legislature (2023) Buy Clean Buy Fair Washington Act. <https://waconservationaction.org/wp-content/uploads/2022/02/Buy-Clean-Buy-Fair-WA-011822-vFINAL.pdf> (2024年11月10日閲覧)
- 98 Dutch Ministry of the Interior and Kingdom Relations (2022) Environmental Performance of Buildings (MPG). What is the MPG? <https://www.rvo.nl/onderwerpen/wetten-en-regels-gebouwen/milieuprestatie-gebouwen-mpg> (2024年11月10日閲覧)
- 99 French Ministry of Ecological Transition. (2021) RE2020: What changes for building construction? Mal.n objectives of RE2020 <https://www.ecologie.gouv.fr/re2020-nouvelle-etape-vers-future-reglementation-environnementale-des-batiments-neufs-plus-ambitieuse> (2024年11月10日閲覧)
- 100 California Department of Forestry and Fire Protection (2023) *California Forest Statistics* Executive Summary, pp. 2
- 101 California Timber Products Harvest Report (2022) Section 3: Annual Harvest Volumes, p.15
- 102 U.S. Forest Service (2021) *Timber Production and Use in California* Chapter 2: Production Trends, p.8
- 103 California Employment Development Department (2022) *California's Timber Industry Employment Report* Key Findings, p.3
- 104 California Forest Stewardship Program (2023) *Sustainable Forest Management Practices* Best Practices Guide, p.12
- 105 California Wood Products Association (2022) *Innovations in Wood Products* Section 4: Emerging

-
- Technologies, p.22
- 106 California Building Industry Association (2022) *Housing Market Trends Report* Market Analysis, p.7
- 107 U.S. Department of Agriculture (2021) *Forest Products Annual Market Review* California Section, p. 45
- 108 Forest Stewardship Council (FSC) (2022) *FSC Certification in California*. Impact Assessment, p. 18.
- 109 California Forestry Association, "State of California Timber Market Report 2023."
- 110 University of California, Berkeley, "Innovations in Engineered Wood Products," Nature at Berkeley, 2023
- 111 California Department of General Services, "Trends in Sustainable Materials Use," Annual Report 2023
- 112 U.S. Forest Service, "Domestic CLT Demand: Annual Review," 2023
- 113 California Forestry Board, "Export Growth in Sustainable Timber Products," Policy Brief, 2023
- 114 California Labor Market Information Division, "Timber Industry Employment Trends," 2023
- 115 California Labor Market Information Division, "Timber Industry Employment Trends," 2023
- 116 California Timber Association, "Emerging Careers in Sustainable Forestry," Industry Insights, 2023
- 117 California State Government, "Workforce Development Programs in Forestry," Policy Report, 2023
- 118 Berkeley Rausser 「Continuing Berkeley's legacy in forest products」
https://nature.berkeley.edu/news/2024/05/continuing-berkeley-s-legacy-forest-products?utm_source=chatgpt.com 2024 年 12 月 10 日閲覧
- 119 日本林業経済学会「森林管理における ICT の活用動向」『林業経済』第 75 巻、第 2 号、2021 年
- 120 Autodesk "Innovative Uses of 3D Printing in Wood Construction," 2023.
https://www.autodesk.com/design-make/articles/3d-printing-construction?utm_source=chatgpt.com (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 121 American Wood Council (2022) *Cross-Laminated Timber: A Guide to Design and Construction* Chapter 3: Structural Properties, p.45
- 122 California Forestry Association (2023) *Blockchain in Timber Supply Chains: Opportunities and Challenges* Executive Summary, p.3
- 123 Mordor Intelligence Industry Reports 「クロスラミネートティンバー市場規模・シェア分析 - 成長動向と予測 (2024 年～2029 年)」 https://www.mordorintelligence.com/ja/industry-reports/cross-laminated-timber-market?utm_source=chatgpt.com (2024 年 12 月 9 日閲覧)
- 124 KD Market Insights「クロスラミネート木材 (CLT) 市場調査レポート-最新動向、成長機会、市場規模・シェア 世界予測分析-2024 年～2033 年」https://www.kdmarketinsights.jp/report-analysis/cross-laminated-timber-clt-market/367?utm_source=chatgpt.com (2024 年 12 月 9 日閲覧)
- 125 CarbonCure Technologies 社 HP Concrete That Matters <https://www.carboncure.com/> (2024 年 12 月 9 日閲覧)
- 126 CLF Embodied Carbon Policy Toolkit
<https://carbonleadershipforum.org/clf-policy-toolkit/> (2024 年 12 月 21 日閲覧)
- 127 Verified Market Report パーティクル ボード市場に関する洞察
<https://www.verifiedmarketreports.com/ja/product/particle-board-market/> (2024 年 12 月 9 日閲覧)
- 128 PitchBook, Cambium Carbon 社の会社プロフィールと関連レポート、「Cambium Carbo 社の資金調達データ」(2021 年、資金調達セクションに詳細記載)
<https://pitchbook.com/profiles/company/459758-17#overview> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 129 Tracxn Technologies Limited 「Cambium Carbon - About the company」
https://tracxn.com/d/companies/cambium-carbon/_V9i-oQNCfHeW5VQRVwu2IE0vSCttK2eI4Je6GIMYwgA?utm_source=chatgpt.com#about-the-company (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 130 Planted Material 社 HP <https://www.plantedmaterials.com/> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 131 Trimble Inc. 「The CONNECTED FOREST®」 <https://forestry.trimble.com/> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 132 Straitsresearch 「林業ソフトウェア市場の規模、シェア、トレンド分析レポート」
https://straitsresearch.com/jp/report/forestry-software-market?utm_source=chatgpt.com (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 133 DSIRE (Database of State Incentives for Renewables & Efficiency), California Part <https://programs.dsireusa.org/system/program/ca> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 134 California Climate Investment HP <https://www.caclimateinvestments.ca.gov/> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 135 California Air Resources Board (CARB), "SB 596 Workshop Report," 2023.

-
- CARB Report
- 136 Global Energy Monitor, "Slow to Decarbonize: Global Steelmakers Face USD 518 Billion Stranded Asset Risk," 2023. Global Energy Monitor Report
- 137 経済産業省 資源エネルギー庁「鉄鋼業の脱炭素化に向けた世界の取り組み(前編)～「グリーンスチール」とは何か?」
https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/green_steel_01.html (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 138 Green Building Japan 「過去 5 年間の LEED 登録/認証取得状況アップデート」
https://www.gbj.or.jp/leed-data-trends-past-five-years/?utm_source=chatgpt.com
(2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 139 California Department of General Services (DGS) 「Buy Clean California Act」
<https://www.dgs.ca.gov/PD/Resources/Page-Content/Procurement-Division-Resources-List-Folder/Buy-Clean-California-Act> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 140 Panorama Data Insights「Building Information Modeling Market Analysis Report」
https://panoramadatainsight.inrich.com/posts/building-information-modeling-market?utm_source=chatgpt.com (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 141 California Air Resources Board「Advanced Clean Cars II」<https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-cars-program/advanced-clean-cars-ii> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 142 Member's 「物流業界における AI 活用事例 9 選—需要予測から配送の最前線まで」
https://knowledge.members.co.jp/column/20241025-distribution-ai?utm_source=chatgpt.com
- 143 California Energy Commission (2023) 「Tracking Progress – Renewable Energy」
<https://www.energy.ca.gov/data-reports/tracking-progress> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 144 California Energy Commission (2023) 「CalPortland Sustainability Report, 2023」
<https://www.calportland.com> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 145 Autodesk Official Website. 「BIM Solutions」<https://www.autodesk.com> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 146 Panorama Data Insights 「Building Information Modeling Market Analysis Report」
<https://www.panoramadata.com/BIM-market> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 147 中部カーボン・オフセット推進ネットワーク <https://cconet.org/free/howmuch>
(2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 148 日経 ESG 「都市木造の事業費」 2022.09.05 付記事
<https://project.nikkeibp.co.jp/ESG/atcl/column/00005/083100252/>
(2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 149 JPX (日本取引所グループ)「カーボン・クレジット市場」<https://www.jpx.co.jp/equities/carbon-credit/index.html> (2024 年 12 月 10 日閲覧)
- 150 WELL 認証 HP <https://v2.wellcertified.com/en/wellv2/materials>
(2024 年 12 月 18 日閲覧)
- 151 林野庁 「木材は人にやさしい」https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/kidukal/con_2_2.html (2024 年 12 月 18 日閲覧)

その他、参考書籍等

Benjamin J. Richardson and Stepan Wood (2006) "Environmental Law for Sustainability: A Reader" Hart Publishing

Delmas, M. A., & Montes-Sancho, M. J. (2011). "An Institutional Perspective on the Diffusion of International Management System Standards: The Case of the Environmental Management Standard ISO 14001." *Business Ethics Quarterly*, 21(1), 103-132

Esty, Daniel C. and Andrew S. Winston (2009) "Green to Gold: How Smart Companies Use Environmental Strategy to Innovate, Create Value, and Build Competitive Advantage" Yale University Press

McNall, J Scott G., James C. Hershauer, and George Basile (2011) "The Business of Sustainability: Trends, Policies, Practices, and Stories of Success" Praeger

Joachim Radkau (2012) *Holz –Wie ein Naturstoff Geschichte schreibt*

山縣光昌訳 (2013)『木材と文明』 築地書館

Testa, F., Iraldo, F., & Frey, M. (2011). "The effect of environmental regulation on firms' competitive performance: The case of the building and construction sector in some EU regions." *Journal of Environmental Management*, 92(9), 2136-2144.

浅野直人 (2018)『環境法政策』 信山社

江田健二・阪口幸雄・松本真由美 (2020)『「脱炭素化」はとまらない!』 成山堂書店

大塚直 (2020)『環境法 第4版』 有斐閣

小原二郎 (2003)『木の文化をさぐる』NHK BOOKS

梶井功・祖田修・田中学・松田藤四郎 (以上編集代表委員) (2014)

『戦後改革・経済復興期Ⅱ (別編 I 戦後林業史)』 農林統計協会

北村喜宣 (2019)『環境法 第5版』 弘文堂

佐藤仁 (2019)『反転する環境国家 「持続可能性」の罟をこえて』名古屋大学出版会

竹内憲司 (1999)『環境評価の政策利用』 勁草書房

野田公男編 (2013)『日本帝国圏の農林資源開発』 京都大学学術出版会

日端康雄 (2008)『都市計画の世界史』 講談社現代新書

日引聡・有村俊秀 (2002)『入門 環境経済学』 中公新書

諸富徹・浅野耕太・森晶寿 (2008) 『環境経済額講義』 有斐閣ブックス

中川毅 (2017) 『人類と気候の 10 万年史』 講談社

謝辞

本研究の実施及び論文執筆に当たり、多くの皆様から多大なるご支援を賜りました。

主査・山形教授、副査・矢向教授には、問題の捉え方から解析手法に至るまで親身にご指導頂き、心より感謝申し上げます。

また、内閣官房、林野庁をはじめとする官公庁および関連企業の皆様には、長期にわたり貴重なご助言を賜りました。特に、定性調査にご協力頂いた有識者の皆様、定量調査の実施において世界的に著名なシステムの使用を特別にお許し頂き、多大なご支援を賜りました住友林業に、心より感謝申し上げます。

更に、山形研究室の特任教授、博士課程の皆様を含む院生の方々には、研究を進める上で多くの刺激を頂きました。研究室の皆様との闊達な意見交換や切磋琢磨できる環境に恵まれたことを、心より幸運に思います。

このような恵まれた環境をご提供頂いた慶應義塾大学大学院に深く感謝申し上げます。修士論文執筆を通じて、生涯学習の重要性と可能性を実感し、新たな知見を得られたことに感謝しています。この貴重な経験を糧に、今後も継続的な学びと新たな挑戦を続けていく所存です。