

ブラジル連邦共和国

クリチバ市政府

ブラジル連邦共和国
エネルギーハーベスティング技術
に関する普及・実証事業
業務完了報告書

2022年1月

独立行政法人
国際協力機構（JICA）

株式会社音力発電

民連
JR
22-008

<本報告書の利用についての注意・免責事項>

- ・ 本報告書の内容は、JICA が受託企業に作成を委託し、作成時点で入手した情報に基づくものであり、その後の社会情勢の変化、法律改正等によって本報告書の内容が変わる場合があります。また、掲載した情報・コメントは受託企業の判断によるものが含まれ、一般的な情報・解釈がこのとおりであることを保証するものではありません。本報告書を通じて提供される情報に基づいて何らかの行為をされる場合には、必ずご自身の責任で行ってください。
- ・ 利用者が本報告書を利用したことから生じる損害に関し、JICA 及び受託企業は、いかなる責任も負いかねます。

<Notes and Disclaimers>

- ・ This report is produced by the trust corporation based on the contract with JICA. The contents of this report are based on the information at the time of preparing the report which may differ from current information due to the changes in the situation, changes in laws, etc. In addition, the information and comments posted include subjective judgment of the trust corporation. Please be noted that any actions taken by the users based on the contents of this report shall be done at user's own risk.
- ・ Neither JICA nor the trust corporation shall be responsible for any loss or damages incurred by use of such information provided in this report.

目次

巻頭写真
略語表
地図
図表番号
案件概要
要 約

1.	事業の背景	1
(1)	事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認	1
1)	事業実施国の政治・経済の概況	1
2)	対象分野における開発課題	1
3)	関連計画、政策（外交政策含む）および法制度	2
4)	事業実施国の対象分野におけるODA事業の事例分析及び他ドナーの分析	5
(2)	普及・実証を図る製品・技術の概要	6
2.	普及・実証事業の概要	9
(1)	事業の目的	9
(2)	期待される成果	9
(3)	事業の実施方法・作業工程	9
(4)	投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）	12
1)	要員	12
2)	資機材リスト	13
3)	事業実施国政府機関側の投入	13
(5)	事業実施体制	13
1)	提案企業の支援体制	13
2)	現地での支援体制	13
(6)	事業実施国政府機関の概要	14
3.	普及・実証事業の実績	16
(1)	活動項目毎の結果	16
(2)	事業目的の達成状況	27
(3)	開発課題解決の観点から見た貢献	27
(4)	日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	28
(5)	事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について	28
(6)	今後の課題と対応策	28
4.	本事業実施後のビジネス展開計画	30
(1)	今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	30
1)	マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）	30

2)	ビジネス展開の仕組み	30
3)	ビジネス展開可能性の評価	30
(2)	想定されるリスクと対応.....	30
(3)	普及・実証において検討した事業化による開発効果.....	31
(4)	本事業から得られた教訓と提言.....	31
1)	今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓	31
2)	JICAや政府関係機関に向けた提言.....	31
5.	参考文献.....	31
6.	添付資料.....	31

巻頭写真



クリチバ市長協議（2017年10月）



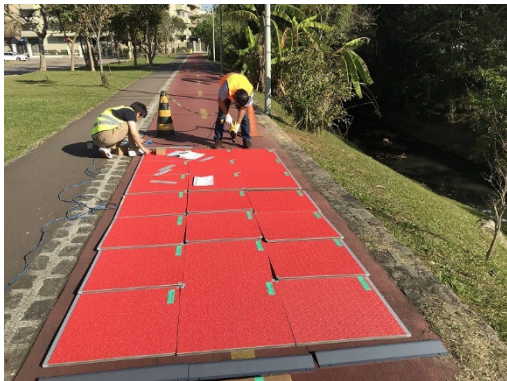
C/P 協議（2018年2月）



機材輸出（2018年5月）



機材保管（於協力企業）（2018年7月）



機材据付作業（TYPE1、TYPE2）（2018年7月）



機材据付後（TYPE3:橋部）（2018年7月）



機材据付後（TYPE1、TYPE2）（2018年7月）



機材据付後（TYPE1 標識部/TYPE3）（2018年7月）



C/P との機材据付検査・試運転 (2018 年 7 月)



クリチバ市長による視察 (2018 年 7 月)



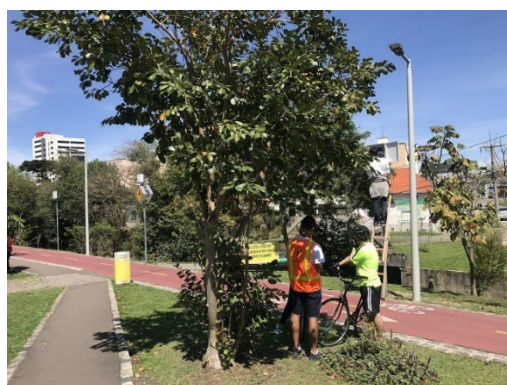
日章旗・JICA ステッカー貼付 (2018 年 7 月)



C/P への機器操作説明 (2018 年 7 月)



調査補助員による歩行者インタビュー
(ベースライン時：2018 年 7 月)



調査補助員による自転車インタビュー
(モニタリング時：2018 年 9 月)

略語表

略語	正式名称	日本語名称
C/P	Counterpart	カウンターパート
IPPUC	Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba	クリチバ都市計画研究所
JETRO	Japan External Trade Organization	独立行政法人日本貿易振興機構
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
M/M	Minutes of Meeting	協議議事録
ODA	Official Development Assistance	政府開発援助
SETRAN	Secretaria Municipal de Trânsito	クリチバ市交通局
SMOP	Secretaria Municipal de Obras Públicas	クリチバ市公共事業局
SMMA	Secretaria Municipal do Meio Ambiente	クリチバ市環境局

〈参考為替レート：2022年1月 JICA 換算レート、小数点第二位以下、四捨五入〉

1 ブラジルリアル=20.29 円

1 米ドル=114.67 円

地図



図表番号

(図)

図-1：クリチバ市環境局（SMMA）組織図	14
図-2：事業実施サイト地図	16
図-3：機材据付サイト図面	19
図-4：路面の安全性改善にかかる回答	26
図-5：環境意識の改善／変化にかかる回答.....	26

(表)

表-1：作業工程表	11
表-2：日本側投入（要員）	12

案件概要

ブラジル国

エネルギーハーベスティング技術に関する普及・実証事業 株式会社音力発電(神奈川県)

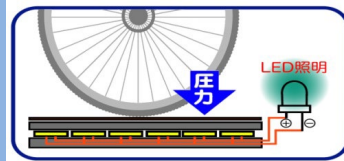
ブラジル国の開発ニーズ

- 「人間が都市における生活機能の中心である」というコンセプトの下、環境配慮型の都市構築を推進(クリチバ市)
- 環境配慮型技術による自転車道アクセシビリティ向上を企図

普及・実証事業の内容

- 「エネルギーハーベスティング技術(発電床)」を整備し、交差点での注意喚起や自転車通行量の測定を行うことで、自転車道の安心・安全の実現およびアクセシビリティ向上に寄与
- 同技術および製品の有効性を実証するパイロット事業
- 提案技術の普及に関する現状を把握

提案企業の技術・製品



製品・技術名

一音や振動など利用されずに無駄になっているエネルギーを周辺環境から“刈り取る”エネルギーハーベスティング技術。および同技術を活用した「発電床」。

一人や自転車が通るときに発生する床の振動を利用して発電を行う床型の発電機。

事業概要

相手国実施機関：
クリチバ市環境局(SMMA)

事業期間：
2017年2月～2022年2月
(5年1ヵ月間)

事業サイト：
クリチバ市内自転車道

ブラジル国側に見込まれる成果

- 環境配慮指標の改善
- 経済的優位性=コストベネフィット
- 持続可能かつ環境配慮型の都市構築構想および計画実現に寄与

日本企業側の成果

現状

- ブラジル国にて実施している第三国研修「持続可能な都市管理コース」(2014年度)にて製品・技術を紹介
- 販売代理店などパートナー企業を開拓

今後

- 環境教育における「エネルギーハーベスティング技術」の活用 など

要 約

I. 提案事業の概要	
案件名	和文：エネルギーハーベスティング技術に関する普及・実証事業 英文：Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for Utilizing Energy Harvesting Technology in Brazil
事業実施地	ブラジル連邦共和国／クリチバ市
相手国政府関係機関	ブラジル連邦共和国／クリチバ市政府、クリチバ市環境局（SMMA）
事業実施期間	2017年2月～2022年2月（5年1ヵ月間）
契約金額	90,812千円（税込）
事業の目的	<p>本事業は、「クリチバ市において、『エネルギーハーベスティング技術』の有効性・信頼性および優位性が実証される」ことを目指す。具体的には、幾つかのタイプ（機能）を有する「発電床」をクリチバ市環境局が管轄する市内の自転車道及び並行する歩道に導入・設置し、設置された発電床の利用状況・機能の活用可能性等について、データ収集・分析を行う。</p> <p>成果① クリチバ市の自転車道及び並行する歩道に、対向する歩行者への警告灯、通行量収集・計測機能及び注意喚起灯を付随した「発電床」が整備される。</p> <p>成果② 提案製品の導入により新しいエネルギー源となり得る環境配慮型技術としての定量データが収集される。</p> <p>成果③ 提案技術の普及に関する現状が把握される。</p> <p>本事業では次の3タイプの「発電床」をクリチバ市環境局が管轄する市内の自転車道及び並行する歩道に導入・設置し、その有効性についての実証活動を行い、これら機能が自転車ユーザーのアクセシビリティの向上、安心感・安全性に与える影響を実証する。</p> <p>① 無線センサー：自転車通過時に無線信号を送り、交差する道路の標識等を光らせる。</p> <p>② メモリ機能：自転車の通行量を収集・計測及び保存（メモリ）する。</p> <p>③ 注意喚起灯：LED照明の発光により注意喚起する。</p>
事業の実施方針	<p>同技術は配電を必要とする他の電気エネルギーと比較した際に、CO₂を排出しないクリーンな技術として環境配慮指標の改善が見込まれるほか、経済的優位性=コストベネフィットの面でも効果が期待できることから、以下の実施方針を設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ベースライン調査に基づいたデータ測定と検証を基本方針とする。 ・ 実証活動では、設置された発電床の利用状況・機能の有効性等に係るデータ収集・分析を通じて、エネルギーハーベスティング技術（発電床）の有効性について実証を行う。
実績	<p>本事業では、2018年7月末時点までに機材の製造、輸送および据付・検収を行い、2018年9月までの現地業務において、前述の成果①、②、③に関するそれぞれの活動を行い、業務を完了した。</p> <p>成果①</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事業サイト選定（2017年10月協議後） ・ 製品設計変更・製造（～2018年4月） ・ 設置場所環境調査（2017年10月、2018年2月） ・ 設置許可手続き（～2018年5月）

	<ul style="list-style-type: none"> ・ 輸送・通関・設置／据付・試運転（2018年5月～7月） ・ 製品調整・稼働確認、据付補修工事（2018年9月） ・ 点検マニュアル作成（～2018年7月） <p>成果②</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 既存技術調査（～2018年7月） ・ ベースライン調査実施・分析（2018年7月） ・ モニタリング調査実施・分析（2018年9月） <p>成果③</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 提案製品導入可能分野検討（各回渡航時） ・ ビジネス展開に係る調査（各回渡航時）
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・ 環境教育における「エネルギーハーベスティング技術」活用の検討 環境意識の改善または変化に影響を与える効果が高かったことを踏まえ、今後の海外展開に当たっては、環境教育の教材等として展開することも検討する。
II. 提案企業の概要	
企業名	株式会社音力発電
企業所在地	神奈川県藤沢市湘南台 1-1-6 湘南台駅前クリニックビル 5階 B
設立年月日	2006年9月21日
業種	製造業
主要事業・製品	<ul style="list-style-type: none"> ・ 音力・振動力発電や、その他のエネルギーハーベスティング技術に関する研究開発（受託研究）・コンサルティング ・ 「発電床®」、「振力電池®」、「振子式振力®ライト」等、弊社エネルギーハーベスティング製品の販売 ・ 研究成果を応用した製品の開発・貸出（レンタル）
資本金	221,590千円
売上高	115,337千円（2021年3月期）
従業員数	11名

1. 事業の背景

(1) 事業実施国における開発課題の現状及びニーズの確認

1) 事業実施国の政治・経済の概況

ブラジル連邦共和国（以下、ブラジル）は、1500年のポルトガル人による「発見」、植民地時代、ポルトガル王室のペドロ王子の1822年の独立宣言によるブラジル帝政の開始、1889年の共和制への移行が行われた。1930年～45年のジェトゥリオ・ヴァルガス大統領による工業化に基礎を置く中央集権化が為され、同大統領の辞任後、都市労働者階級を基礎とするポピュリズムの時代に移行し、クビシエッキ大統領の時代にブラジリア遷都が実施された。1964年の軍部クーデター以降親米反共の軍事政権が21年間続き、その間「ブラジルの奇跡」と呼ばれる1970年代の高度成長期を迎える。1985年には民政移管、1990年に大統領直接選挙が実現し、大蔵大臣時代からハイパーインフレの克服に寄与してきたブラジル社会民主党(PSDB)のカルドーズが労働者党(PT)のルーラ候補を破って1995年に大統領に就任し経済開放政策を進めた。2002年の大統領選では変革を求める国民の声を背景に労働者党ルーラ候補が当選し、貧困の克服を最重要課題に掲げ、社会的・地域的格差の是正と経済発展の両立を目指した。

2003年から2011年まで2期にわたって政権を担当したルーラ大統領の後継として、同じ労働者党のジウマ・ルセフが大統領に当選したが2期目を満了せず弾劾裁判により2016年8月に失職し、労働者党と連立を組んでいたブラジル民主運動(MDB)のテメル副大統領が昇格した。2018年10月の大統領選を控えて、テメル大統領の人气が低迷する中、2018年1月にルーラ元大統領の汚職疑惑に有罪判決が下され、圧倒的な支持率を持つ同氏が大統領選に立候補できる可能性が大きく後退、テメル政権の構造改革路線が継続されるとの予想から、株価および通貨レアルが上昇した。

2018年10月に行われたブラジル大統領選挙の決選投票で、ブラジル社会自由党(PSL)のジャイル・ボルソナーロ氏(ブラジル連邦下院議員)が労働者党(PT)のフェルナンド・アダジ氏(元サンパウロ市長)を破り大統領に当選し、2019年1月にボルソナーロ政権が発足した。同大統領は軍や宗教色を有するプロフィールを有し、「小さな政府」への転換を掲げ、経済改革路線を強調、選挙公約で触れた省庁再編や民営化の推進に係る取り組みを開始した。

こうした中、2020年5月頃から新型コロナウイルス感染症が急速に蔓延したブラジルでは、世界的にも厳しい感染状況に見舞われ、2020年末には累計感染者数760万人、累計死者数19万人を超えた。2021年に入っても感染の勢いは衰えず、6月には累計感染者数1,800万人、累計死者数50万人を超えた。

ブラジル地理統計院(IBGE)によると、2020年の実質GDP成長率は通年で△3.9%となり、経済活動が大きく減退したものの、2021年に入ると反動して、同成長率は第1四半期1.3%、第2四半期12.3%、第3四半期は4.0%となり、総じて回復基調にある。

2) 対象分野における開発課題

ブラジルは、2010年推計値で総人口の87%が都市に居住し(世界の都市人口は50%)、都市化が進んでいるにも関わらず都市インフラの整備が追い付いておらず、適切な開発規制を欠いた無秩序な都市開発が進んだ結果、環境・衛生や治安の悪化、交通渋滞、自然災害など様々

な問題が生じている。ブラジル地理統計院（IBGE）による2010年の国勢調査の結果、国民の6%に当たる1,140万人が都市部のスラム街に住んでおり、犯罪温床化が進んでいる。2003年から2016年まで続いた労働者党政権は、前政権から引き継いだ格差是正政策¹を一層進めたことで格差是正には一定の効果を挙げたものの、都市問題の改善に顕著な効果をもたらすには至っていない。

このような都市問題に対しては連邦政府以上に各州政府・市などがその責任を負っている。中でもパラナ州の州都であるクリチバ市は1960年代から「人間（住民）のための都市造り」を目指し、ブラジルのみならず世界中の都市から注目される都市計画を推進してきた。クリチバ市は都市の環境政策において地域社会の参加・協力が重要であるとの考えのもと、市民の環境保護への関心を醸成しており、近年では英国調査会社の比較調査により中南米第一の環境配慮型都市として選定されるなど、都市の持続可能性に関して高い評価を得ている。例えば、戦略的に公園・広場を増やし緑地化を進めており、緑地面積（1億200万m²、市民一人当たり54.5m²）はブラジル国内でも上位にある。

さらに、これまでクリチバ市では、「環境配慮型都市構築」を掲げ、街の発展軸を定めた都市機能の分散、効率的公共バス・システムの開発など、様々な都市政策を実施してきたが、その一つとして、市政府による自転車道整備（新設および改修）が行われ、2016年末までに合計300kmの自転車道を整備する計画で実施された^{2 3}。環境汚染やエネルギー消費を伴わずに市民の利便性を拡大する事で、クリチバ市の「人間都市」構想に整合するものと評価されている。

また、本提案に関連して、クリチバ市政府は、その環境政策に合致する「LEED⁴」運動に注目し、傘下のクリチバ開発公社を通じて、ワークショップ等を開催し奨励している。

3) 関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

- ブラジル交通法における自転車

ブラジルでは、1997年9月23日に発令された連邦法第9503号においてブラジル交通法が定められ、この中で以下のような自転車に対するいくつかの条項が記載されている。

- 第38条では、乗用車は自転車の通行を優先させることと規定されている。
- 第255条では、自転車の通行が許可されていない場所での自転車走行は禁止しており、逆走も禁止している。また自転車道（Ciclovía、Ciclofaixa）の定義があり、Ciclovíaは完全に車道から遮断された自転車専用道路で、Ciclofaixaは車道にペイントした自転車専用通行帯と規定されている。その他、休日だけ自転車道になる自転車道につ

¹ 最低給料の値上げ、貧困層向け直接補助金制度（ボルサ・ファミリア・プログラム）等。

² パラナ州においても自転車道計画が進行している。同州の主要日刊紙である *Gazeta do Povo* 紙によれば、州政府はパラナ自転車プログラム（Programa Ciclo Paraná）を発足させ、環境配慮型都市構築の一環として、州道の片側2車線化及び新設の工事で自転車道の設置を義務付けた。

³ 本計画は目標を達成していないが、2017年就任の新市長も自転車道整備を重視している。

⁴ LEEDとは、米国のグリーンビルディング協会（USGBC: US Green Building Council）が開発・運用を行っている建築物及び敷地利用に関する環境性能評価システムで、省エネルギーと環境に配慮した建物・敷地利用を先導する意味で Leadership in Energy & Environmental Design の頭文字から LEED と呼ばれている。

いての規定もある。

- 第205条、第220条では車が自転車を追い抜く場合、距離置くこと、減速して追い抜くことと記載されている。また自転車が歩行者を優先することが記載されている。
- 第21条では、自転車利用者に対して政府は安全な状況をつくらなければならないとしており、そこで政府（連邦政府、州政府、市政府）は、それぞれが管轄する分野において、自転車が安全を確保するための方策、法令立案、交通オペレーションを実施し、自転車利用者の安全を守るための法案を企画、立案を運営、規制するとしている。
- 第24条では、市政府の役割を強化するとしており、市政府の交通担当機関が下記の交通に関する条項の責任を負うとして、第1項：交通に関する法令、規則を遵守させる、第2項：車、歩行者、動物及び自転車利用者の安全を確保するために市政府及び市の交通担当機関が企画、法令立案、交通オペレーションを担当することとされている。

以上にみるように、ブラジル交通法の中では、自転車利用者、歩行者の安全な通行についての法令が定められ、市の管轄の道路については、市政府がその法令立案、企画、交通オペレーションを担当し、市の役割の強化が謳われている。

- ブラジルにおける自転車道整備

ブラジルではこれまで自動車優先の道路設置が主流であり、自転車道の設置は近年実施されてきた。そのため自転車利用者の安全が妨げられ、多くの自転車事故が発生している。2017年7月28日付Globo紙G1では、2017年上半期間、前年度に比較して自転車利用者の死亡が75%増加したと報じている⁵。さらに、自転車と歩行者との接触事故も多数発生し、車道、自転車道、歩道の区別や新設が必要な状況になっている。

2017年にGlobo紙が26州都市役所及びブラジリア連邦区に対して実施した調査によると、ブラジル全国で自転車道は2,934km整備され、そのうちサンパウロ市が最も長く498.4km、リオデジャネイロ市441.1km、ブラジリア連邦区420.1km、フォルタレーザ市204.6km、続いて5番目にクリチバ市204.2kmと報じてられている。本事業が実施されているクリチバ市はブラジルでも自転車道の整備に力を入れている市と考えられる⁶。

- クリチバ市における自転車道整備

クリチバ市では、2015年1月改定のマスタープランでも、自転車を含めた都市交通の方向性について自転車道計画（Plano Cicloviário）を作成し自転車道を設置する方針につい

⁵ サンパウロ州交通事故情報管理システム（INFOSIGA）によると、自動車、歩行者、自転車含めたすべての交通事故死亡者数は、2016年上半期の476名に対し2017年上半期482名と1.2%しか増加していないのに対し、サンパウロ市内の自転車利用者死亡者数は2016年上半期12名に対し2017年上半期21名と、75%増加している。

⁶ 2017年2月18日付Globo紙G1
(<https://g1.globo.com/economia/noticia/em-3-anos-malha-cicloviaria-mais-que-dobra-de-tamanho-nas-capitais-do-pais.ghtml>)。なお、この記事にある「自転車道」はciclovía（自転車専用路）とciclofaixa（自転車専用通行帯）を指すのもで、自転車と車両、あるいは自転車と歩行者が共有するスペースは含まない。

て述べている。以下マスタープラン第49条～第51条抜粋に見るように、クリチバ市は積極的に自転車利用の向上を促し、自転車道の整備及び自転車利用者の交通安全を強化することを目指している。

(第49条)

1. 自転車道計画 (Plano Cicloviário) の作成によって市内の自転車の通行に関する事業を制定する。このマスタープランで決定された方針に基づいて作られる。各関係機関の提案を取り入れる。
2. フィージビリティスタディーによって市の開発計画にこの自転車道計画を取り入れる。市の他の公共交通、市の道路計画、都市開発計画、公園設置計画、環境、娯楽エリアの計画の中に自転車道計画を取り入れる。
3. 自転車道の企画、施工、メンテナンスを既存の通行の安全基準に基づいて計画する。
4. 自転車道使用の奨励、教育キャンペーンのプログラムを作成する。またそれにより、安全な交通規則を普及する。自動車と自転車の安全な共存を目的とする。
5. 公共交通システムと連携した自転車道システムを構築し、市内の自転車道網を統合して市内の観光スポット及び関心の高いスポットにリンクする。
6. 自転車利用を支援する民間設備 (民間が設置する設備) の設置を奨励する。
7. 自転車の使用を奨励する。
8. 可能であれば、学校等では駐輪場の設備スペースを確保する。

(第50条)

自転車道計画は、次の方針に基づき作成される。

1. 都市機能との統合。
2. 新しい自転車道と既存の自転車道とのリンクがなければならない。
3. 公共交通システムと (自転車道と) の統合。ターミナル等と (自転車道) の統合。バスターミナルなどが (自転車道と) リンクしてなければならない等。市内の短距離の移動についての移動習慣を変える。

(第51条)

自転車道計画は最低次の項目がなければいけない。

1. 自転車の通行のために自転車道の種類を決定する。
2. 市内の自転車道設置場所と優先順位を決める。
3. 自転車通行のためのサポート設備の選択。その優先度の決定。
4. 公共交通手段の場所を考慮したうえで、郊外のマイクロ自転車道網をメインの自転車道システムに統合する。

また、2015年1月にはクリチバ市自転車法 (法律14.594号) が制定され、同法においても「自転車を社会的重要度の高い通常交通手段として規定」されている。

法律14.594号ークリチバ市自転車法

パラナ州都であるクリチバの市議会は以下の法律を承認し、市長たる私が認可する。

第1条 クリチバでは自転車を社会的重要度の高い通常交通手段として規定し、市内道路の5%を、市中心部をつなぎ公共交通に機能的に連結させる自転車用通行帯 (ciclofaixa) および自転車専用路 (ciclovía) に充てる。

第1項 自転車通行帯および自転車専用路は以下の指針に従うものとする。

1. 車両と同方向の一方通行とする。
2. 障害物は駐車場の前1mまでとし、後1mから再開する。
3. 通行帯と同方向に自転車マークを路面につける。
4. 車線を無くすことなく、車道幅を再調整する。
5. 通行帯は、サイクリストが快適に通行可能な1.5m以上とする。
6. 国家交通局 (Dep. Nacional de Trânsito) の指導に従い異なる色により区分をする。
7. 自転車用通行帯と一般道を黄色の大型丸紙で区分する。

第2項 第1項の指針はクリチバ市内の既存の自転車用通行帯には適用しない。

第2条 自転車置き場や駐輪スペースを確保すること。

1. 公共交通機関のターミナル
2. 教育施設
3. ショッピングセンター、スーパーマーケット等複合商業施設

4. 公共広場、公園
第3条 (拒否権使用)
第4条 本法令は公示後90日に発効する。
3月29日宮殿、2015年1月16日
クリチバ市長-Gustavo Bonato Fruet -

4) 事業実施国の対象分野におけるODA事業の事例分析及び他ドナーの分析

① 事業実施国の対象分野におけるODA事業の事例分析

・ クリチバ都市圏スマートグリッド導入事業（円借款協力準備調査、2012年）

環境に配慮した都市計画で知られるパラナ州都クリチバ市を中心としたクリチバ都市圏では電化率はほぼ100%に達している一方、配電ロス¹は2012年時点で約8%（日本は約0.001%）と高く、年間停電時間は約660分と全国平均の約600分／年（日本は約9分／年）を上回っている状況であり、電力エネルギーの効率化や安定化が喫緊の課題となっている。同州はスマートグリッド導入による環境に配慮したクリーンエネルギーの活用や効率化を推進しており、クリチバ都市圏の26都市において取り組みが始まっている。州全域に電力供給を行っているパラナ州電力公社（COPEL）は、スマートグリッドの導入を通じ、再生可能エネルギーの導入促進や停電の削減、電力供給の信頼性の向上を推進している。

同事業は、環境に配慮したクリーンエネルギーの活用や効率化、分散型電源の普及拡大を推進する目的において本件事業と一致するもので、いずれも我が国の対ブラジル援助重点分野「環境」の中で「都市環境改善プログラム」に該当するものであることから、同調査において事業の妥当性および協力内容の方針確認を行った。

・ クリチバ市における土地区画整理事業実施能力強化プロジェクト（技術協力プロジェクト、2013年～2016年）

クリチバ市は1960年代後半から都市計画分野に係る先進的な取組みを積極的に導入し、特に都市交通の分野においては極めて効率的な公共交通システムを有している。クリチバ市は都市交通を中心とした都市計画の経験が豊富な反面、総合的な国土・都市計画の法制度や計画体系整備が十分とは言えない。ブラジルの現状にあわせて実践的な土地区画整理の手法や業務フローを適用するにはパイロットプロジェクトの実施等、実践を通じた職員の能力向上や、法整備を含めた制度整備が必要となる。かかる状況下、土地区画整理事業の実施体制の強化のための技術協力プロジェクトが我が国に要請された。同プロジェクトでは、クリチバ市が、土地区画整理事業を都市計画実現のツールとして活用するための制度的、技術的能力の開発が実施される。

② 他ドナーの分析

世銀や米州開発銀行（IDB）による電力セクターおよび分野での協力実績はあるが、エネルギーハーベスティング技術に関する協力実績はない。

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

本提案における製品・技術は、エネルギーハーベスティング技術および同技術を活用した「発電床」であり、人や自転車が通るときに発生する床の振動を利用して発電を行う床型の発電機である。床に圧力や振動を電圧に変換する「圧電素子」を並列に接続して敷き詰めることにより、その床の上を人や自転車が踏むことによって床が振動し、その振動エネルギーが圧電素子に加わることで電圧に変換される。

【名称】

エネルギーハーベスティング技術：

提案者はエネルギーハーベスティング技術（身の周りの環境からエネルギーを刈り取る技術）を実現する上で基幹となる圧電素子⁷の活用に関して世界で唯一の技術を持っている。

住宅・会社・工場・商業施設・道路などの日常生活のあらゆる場において、音や振動などの、利用されておらず無駄になっているエネルギーを小規模な電力エネルギーとして有効活用することで、環境負荷の少ない社会インフラの構築に貢献する。

【スペック（仕様）（サイズ含む）】

製品の外形などの仕様：

現在の主な製品は縦横300mm~600mm、厚さ10mm~30mm程のタイルカーペット型（または塩ビタイル型、オフィスフロア型）であり、床面への埋め込みまたは後付けにより簡単に設置することが出来る。サイズについては用途や要望に応じて変更することも出来るほか、防水タイプも有しており、屋外設置も可能である。

既製品においては、500kgの耐荷重性を確認済みで、耐久性としては床材のJIS規格に則って試験をしており、100万回の踏みつけ試験をクリアしている（本実証事業にて活用する製品は、使用状況、設置環境に応じて適切な試験を実施する）。また、発電床内部の発電ユニットそのものの耐用年数としては、圧電素子自体がほぼ永久的に使えることと、これが壊れないよう構造上の工夫をしていることにより、半永久的に使用できる（ただし、床材としての現実的な寿命は、使用する表面材や使用状況とも関係する）。

発電量：

例えば、60kgの人が1秒間に2歩のペースで歩行した場合、以下の発電量となる。

- ・ 約2mW秒（1秒当たりの平均値）
- ・ 0.1~0.3W（1m秒程度の瞬間最大値）

また、多くの人が歩くなど、発生する圧力・振動の量が増えれば増えるほど、発電量も比例して大きくなる。

本事業では、以下の3つのタイプ（機能）の「発電床」を環境局が管轄する市内の自転車道及び並行する歩道に導入・設置する。設置された発電床の利用状況・機能の有効性等について、環境局と協働でアンケート調査・サンプル調査（ヒアリング等）ならびに定量データ収集・分析を通じて、エネルギーハーベスティング技術（発電床）の有効性について実証を行う。

TYPE1	無線センサー内蔵型の発電床 (機能) 無線発信機能による受信側照明や警告音の ON/OFF スイッチ (設置場所) クリチバ市内自転車道と歩道との交差点 (計 2 ヶ所) ※ 受信機側の照明などには電源が必要。
TYPE2	メモリ機能付き発電床 (機能) 通行量データの収集・計測する機能とそれらデータを保存 (メモリ) する機能。 (設置場所) クリチバ市内自転車道 (計 2 ヶ所)
TYPE3	LED 照明内蔵型 (注意喚起) の発電床 (機能) LED 照明の発光による注意喚起機能。 (設置場所) 自転車道に並行する歩道の一定区間 (計 40m 程度)

詳細は、添付資料2：発電床・受信機の「ダイアグラム」参照。

⁷ 振動や圧力などの力が加わると電圧が発生し、また逆に電圧が加えられると伸縮する素子。

【特徴】

機能面の特徴：

以下のような特徴から、環境配慮型技術として既存手段による照明等を補完し、部分的に代替する。既存電源に頼らず、「機能として」従来と同等の利便性を確保しながら、アクセシビリティ向上効果を付加する。

- ・ CO₂を排出しない「ゼロエミッション」を実現するクリーンエネルギーである。
- ・ 配電及び配電コストが不要であり、誘導灯／センサーをどこにでも設置できる。
- ・ 「メンテナンスフリー」であり半永久的に使用できるため、維持コストが掛からない。
- ・ 踏んだ時のみ発電／点灯するため、走行／通行位置を周知できる。例えば、無灯火の自転車が多いブラジルにおいて自転車の灯火を代替し、安全性が向上する。安全性向上を通じて、安心した走行／通行に寄与する。
- ・ 自らの走行・通行が発電／点灯に結び付くことで、設置箇所の走行・通行を促し、アクセシビリティを向上させる。

初期投資・ランニングコストの低減：

エネルギーハーベスティング技術は、一般に配電に係るコストや電気料金が掛からないことにより、（中長期的に）電気エネルギーに係るコストを減らすことができる。

【競合他社製品と比べた比較優位】

英国PAVEGEN SYSTEMS社が床発電システムを製品化している。同社製品と比べた比較優位性としては、①エネルギーハーベスティング分野で先行しており、圧電素子を使用した発電床については特許を押さえていること、②一般的な床材の代替として使えることが挙げられる。なお、公表されている発電量としてはPAVEGEN SYSTEMS社の方が大きい（約5W秒）が、提案者の製品も圧電素子を連ねた発電基盤を重ねることにより同等の発電量は実現可能である。

【国内外の販売実績】

本事業で提案する「エネルギーハーベスティング技術（発電床）」は、経済産業省関東経済産業局の「平成27年度戦略的基盤技術高度化支援事業」（サポイン事業）として認定・採択されており、国内外でも同技術に対して極めて高い注目を集めている。

販売先は民間が多く、大手床材メーカーに卸しタイルカーペットとして販売され、オフィス、学校などに導入されている。下表は国内における販売・導入実績である。発電床の量産開始は最近であるため、販売枚数としてはこれまで数千枚だが、売上が伸び始めている（2,000万円／年程度）。公的機関に対する販売実績としては、藤沢市役所の庁舎入口に設置され、「発電床」による発電量が電子ペーパーに表示され、市民の環境意識醸成に役立てられている実績、渋谷区役所との共同実験の実績などがある。いずれの導入先も「環境配慮型技術」「CO₂排出ゼロ=ゼロエミッション」といった点を高く評価し、メリットを強く認識している。

また、海外での販売実績としては、商社を通じて教材やイベント用途として中東諸国、韓国、シンガポールの床材メーカーなどに販売・レンタルしている他、ニュージーランド、インドなどの商業施設からの引き合いも入り始めている。



道路工事用マット型『発電床®』
（左：周囲明るい、右：周囲暗い）

国内における主な販売・導入実績および受賞・助成金採択

年	主な販売・導入実績
2006	・「発電床®」販売・レンタル開始
2007	・「振力電池®」開発（NEC エレクトロニクスと電池レスリモコンを共同開発） ・首都高速道路五色桜大橋「振動力発電機」を導入（橋の揺れにより発電し照明を点灯。） ・首都高速道路代々木パーキングエリアにて『発電床®』を導入 ・コクヨオフィスシステムのオフィスフロアにて『発電床®』を導入（避難誘導灯）
2008	・渋谷ハチ公前発電実証実験を実施（照明点灯及び発電量測定実験。渋谷区役所との共同実験。）
2009	・MM 総研大賞 話題賞受賞 ・グッドデザイン賞 受賞
2010	・新江ノ島水族館正面入口に『発電床®』システムを導入 ・神奈川県「創造的新技术研究開発計画」認定
2011	・福岡銀行 ATM に『発電床®』システムを導入（点字ブロックタイプの発電床を避難誘導灯） ・味の素スタジアムに『発電床®』システムを導入
2012	・東急リゾート（浜名湖）に『振子型振動力発電装置』を導入 ・渋谷ヒカリエに「発電床」を装飾用照明として導入
2013	・量産版「振力電池®」販売開始 ・道路工事用マット型『発電床®』を開発、製品化
2014	・キューピーマヨネーズ仙川工場に「発電床」を廊下の誘導灯として導入
2015	・横浜国立大学に「発電階段」を屋外階段の誘導灯として導入 ・トヨタ自動車北九州工場に「発電床」「発電階段」を誘導灯として導入決定 ・経済産業省関東経済産業局「中小ものづくり高度化法」認定 ・経済産業省関東経済産業局「戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン事業）」採択
2016	・東京都練馬区リサイクルセンター施設内の通路に『発電床®』を誘導灯として設置 ・経済産業省関東経済産業局「戦略的基盤技術高度化支援事業（サポイン事業）」採択
2018	・奈良県立万葉博物館に「発電床」を設置
2020	・東京ビッグサイトに「発電床」を導入

【価格】

以下が発電床の価格表である（輸送費等は含まない）。

発電床の価格表（税抜）

製品名	単価（円）	販売条件
発電床（500mm×500mm×20mm）	@80,000	1枚の場合
発電床（500mm×500mm×15mm） <タイルカーペット、塩ビタイル>	@60,000	1枚の場合
発電床（300mm×300mm×8mm）	@5,000	1ロット 1,000枚の場合
発電床（300mm×300mm×8mm）	@6,500	1ロット 500枚の場合
専用 LED ストリングス （長さ 10m、LED ライト 100 球）	@42,000	

【設置場所】

TYPE1	・ Eixo Canal Belém Norte 周辺の自転車道と歩道との交差点
TYPE2	・ Eixo Canal Belém Norte 周辺の自転車道
TYPE3	・ Eixo Canal Belém Norte 周辺の歩道

【今回提案する機材の数量】

クリチバ市の自転車道において3タイプの製品の有効性・有用性を実証するにあたり、上記程度の設置箇所・長さの自転車道への導入を計画しているが、この場合300mm角の発電床約1,000枚及び付随するLED照明、配線ケーブル、無線受信器・中継器等が必要となる。

2. 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

本事業は、以下の成果を達成することにより、「クリチバ市において、『エネルギーハーベスティング技術』の有効性・信頼性および優位性について、実証を通じて確認し、実証結果をもとに提案技術の普及に関する現状が把握される」ことを目指す。

具体的には、幾つかのタイプ（機能）を有する「発電床」をクリチバ市環境局が管轄する市内の自転車道及び並行する歩道に導入・設置し、設置された発電床の利用状況・機能の活用可能性等について、データ収集・分析を行う。

(2) 期待される成果

成果① クリチバ市の自転車道及び並行する歩道に、対向する歩行者への警告灯、通行量収集・計測機能及び注意喚起灯を付随した「発電床」が整備される。

成果② 提案製品の導入により新しいエネルギー源となり得る環境配慮型技術としての定量データが収集される。

成果③ 提案技術の普及に関する現状が把握される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

本事業では、2016年末に協議議事録（M/M）⁸を締結したが、2017年よりクリチバ市政府の政権が交代したため新政権との協議を行った結果、事業の内容・機材等に大きな変更はないものの、C/Pをクリチバ市環境局と変更し、実施サイトを変更することとなった。これに伴い、新体制となったクリチバ市側とM/Mを再度締結することとなり、2018年2月に変更M/Mを締結し、業務計画も変更した。以下表-1に変更後の業務計画と、作業工程の予定・実績を示す。

⁸ 本事業では、クリチバ市政府側の要求に基づき、「Term of Cooperation（ポ語名：Termo de Cooperação）」をM/Mに代わるものとした。本報告書本文内ではM/Mと表記する。

(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

1) 要員

本事業における要員投入実績は下表の通り。

表-2：日本側投入（要員）

事業年度	氏名	担当業務	格付	所属	分類	項目	2017年												2018年												2019年												2020年												2021年					日数合計	人員合計	備考											
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5														
1	渡水 浩平	業務主任者	3	(株)電力発電	2	計画																																																						60	2.00												
							実績												実績												実績												実績												実績					60	2.00												
							■												■												■												■												■					60	2.00												
						事業法人内小計																																																												計画	60	2.00					
						実績																																																												実績	60	2.00					
2. 事業法人【国内業務】																																																																							10	0.50	
1	渡水 浩平	業務主任者	3	(株)電力発電	2	計画																																																						10	0.50												
							実績												実績												実績												実績												実績					105	5.25												
							■												■												■												■												■					105	5.25												
						事業法人内小計																																																												計画	10	0.50					
						実績																																																												実績	105	5.25					
3. 外部人材【現地業務】																																																																							73	2.43	
2	山田 光秀	サブマネージャー/商標収集・分析	3	(株)日本開発サービス	A-1	計画																																																						73	2.43												
							実績												実績												実績												実績												実績					73	2.43												
							■												■												■												■												■					73	2.43												
3	田中 鏡子	情報収集・分析補助	4	(株)日本開発サービス	A-2	計画																																																						25	0.83												
							実績												実績												実績												実績												実績					25	0.83												
							■												■												■												■												■					25	0.83												
4	高野 修一	保証結果普及	3	(株)日本開発サービス	A-3	計画																																																						55	1.83												
							実績												実績												実績												実績												実績					55	1.83												
							■												■												■												■												■					55	1.83												
5	栗田 高法	ビジネスプラン構築	4	(株)日本開発サービス	A-4	計画																																																						68	2.27												
							実績												実績												実績												実績												実績					68	2.27												
							■												■												■												■												■					68	2.27												
						外部人材内小計																																																												計画	221	7.38					
						実績																																																												実績	221	7.38					
4. 外部人材【国内業務】																																																																							16.0	0.80	
2	山田 光秀	サブマネージャー/商標収集・分析	3	(株)日本開発サービス	A-1	計画																																																						16.0	0.80												
							実績												実績												実績												実績												実績					16.0	0.80												
							■												■												■												■												■					16.0	0.80												
3	田中 鏡子	情報収集・分析補助	4	(株)日本開発サービス	A-2	計画																																																						17.0	0.85												
							実績												実績												実績												実績												実績					17.0	0.85												
							■												■												■												■												■					17.0	0.85												
4	高野 修一	保証結果普及	3	(株)日本開発サービス	A-3	計画																																																						15.0	0.75												
							実績												実績												実績												実績												実績					15.0	0.75												
							■												■												■												■												■					15.0	0.75												
5	栗田 高法	ビジネスプラン構築	4	(株)日本開発サービス	A-4	計画																																																						14.0	0.70												
							実績												実績												実績												実績												実績					14.0	0.70												
							■												■												■												■												■					14.0	0.70												
6	橋崎 敏文	保証結果普及	4	(株)日本開発サービス	A-5	計画																																																						1.0	0.05												
							実績												実績												実績												実績												実績					1.0	0.05												
							■												■												■												■												■					1.0	0.05												
7	原田 由典	成果品作成支援	5	(株)日本開発サービス	A-4	計画																																																						8.0	0.40												
							実績												実績												実績												実績												実績					8.0	0.40												
							■												■												■												■												■					8.0	0.40												

2) 資機材リスト

機材名	型番	数量	納入年月	設置先
発電床	TYPE1	24	2018年7月	クリチバ市 Eixo Canal Belém Norte 周辺の自転車道と歩道との交差点
	TYPE2	18	2018年7月	同自転車道
	TYPE3	105	2018年7月	同歩道
LED 照明付受信機・メモリ機能付中継器	-	1	2018年7月	同自転車道

発電床は、「発電ユニット」、「本体ケース」及び「床表面材」を部品として組み立てられた。各TYPEの機能については、添付資料2および添付資料4を、上記最終製品における使用部品数量については添付資料3を参照。

3) 事業実施国政府機関側の投入

クリチバ市政府側（主に環境局）より投入された実績は以下の通り。

- ・ クリチバ市長を頂点とする人員体制
- ・ 市政府国際担当2名のM/M締結への協力
- ・ 環境局の局長以下、事業監督室長（Reinaldo氏）を監督者、公園・広場部長（Jean氏）を実務トップとする人員体制（建築士等含む）と機材据付工事・実証活動における局職員のアサイン及び環境教育課職員のアサイン
- ・ 機材設置場所選定に係る協力、図面の提供
- ・ 設置工事における電源提供、工事許可
- ・ 機材設置用ポール（TYPE1/2）提供及び据付工事、機材稼働時の電源供給（TYPE1/2）
- ・ 機材設置場所における住民説明用パネルの設置
- ・ その他、導入可能分野の検討への協力

(5) 事業実施体制

1) 提案企業の支援体制

本事業では、（株）音力発電が、普及・実証事業に主体的に従事した。外部人材として、開発コンサルタントとしての実績が豊富で、ブラジル在住のコンサルタントも擁する（株）日本開発サービス（JDS）を活用した。

2) 現地での支援体制

円滑な輸入通関業務の実施を図ると同時に、予期せぬ機材の故障やメンテナンス対応などにも万全の体制を構築するため、クリチバ市の日伯商工会議所や現地建築事務所および生産委託候補企業などの支援を得た。

(6) 事業実施国政府機関の概要

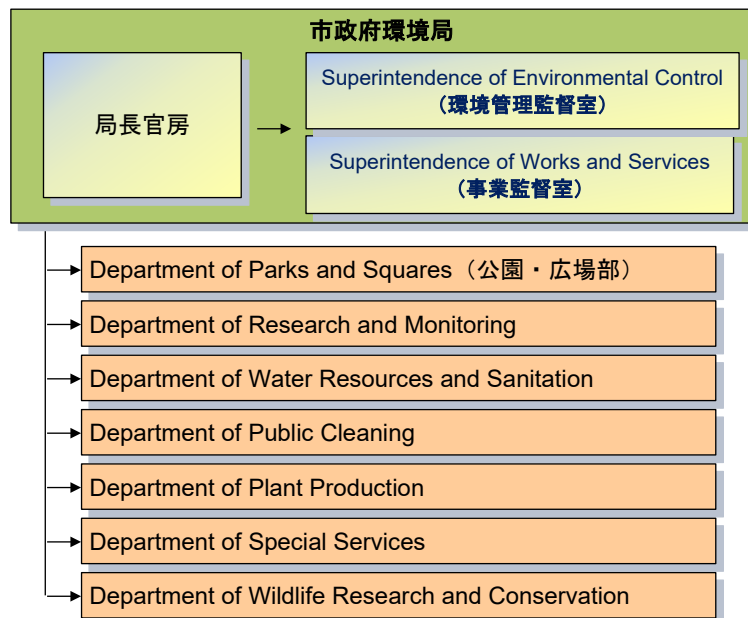
- 名称：

クリチバ市政府 環境局 (Secretaria Municipal do Meio Ambiente: SMMA)

- 基礎情報（所轄省庁等名、事業内容、体制の概要）：

クリチバ市政府は、行政長（市長）のもとに、5つの顧問機関、4つの中間機関、11の下部機関を有しているほか、独立採算の市営研究所や財団ならびに半官半民の公社など11の外郭機関が多様な分野にて、その機能を果たしている。本事業では、クリチバ市長及び環境局長が同市政府側署名者となりM/Mを締結した。

クリチバ市環境局（SMMA）は、クリチバ市内の環境政策全般を担っており、公園・広場の管理、緑地化、廃棄物管理、野生生物保護などを行う7つの部から構成され、「より質の高い生活と次世代のため、市民の共有空間の保全と改善に努め」ている。また、クリチバ市民の環境意識向上に関する取り組みを積極的に進めているほか、エネルギー保全に関する取り組み、例えば公園内水路での小水力発電設備導入など新エネルギー活用も計画されている。本事業が目指す「エネルギーハーベスティング技術」の普及においては、市民に対して環境配慮型技術のひとつとして当技術のメリットを広めるため、またこの実証活動を行うために最適なC/Pであると考えられた。なお、本事業ではM/Mの変更にあたり、クリチバ市長へ説明し理解と賛同を得ており、設置場所の選定についても市長の示唆に基づいて行われた。



出典：クリチバ市 HP を元に作成

図-1：クリチバ市環境局（SMMA）組織図

本事業の対象サイトを管理・監督しているのは「事業監督室：Superintendence of Works and Services」とその管轄下にある「公園・広場部：Department of Parks and Squares」であり、同部署が、同製品のサイト据付の承認ならびに据付／動作確認を担当していると同時に、モニタリングを協働で実施している。

一方で、「環境管理監督室：Superintendence of Environmental Control」の管轄下にある「環境教育部」では、同市の環境教育と啓蒙活動を担っている。

環境教育の3つの柱として、①水資源、②河川保全③緑地保全を掲げ環境意識の向上に努めている。

一例としては、②河川保全の一環として「固形廃棄物の決められた場所へのゴミ廃棄と分別回収（リサイクル）」を公立／私立の学校、集合住宅、住民協会、大学などを対象に実施中。環境記念日や合同清掃などのイベントも実施し、参加者数や継続回数などの指標値で、市民の環境意識の向上具合を計っている。

また、この環境教育部には、「Nucleo（＝コア）」と呼ばれる職員がおり、クリチバ市を10の地域に区分し、各エリアにひとりずつ配属され「環境教育の啓蒙」に充っている。本事業では、「エネルギーハーベスティング技術への理解度向上」「環境意識の向上」を図るうえで、これら環境教育部およびNucleo職員とも協働し、活動の展開ならびに成果指標の収集に努める方針である。

3. 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

【成果1にかかる活動】

成果① クリチバ市の自転車道及び並行する歩道に、対向する歩行者への警告灯、通行量収集・計測機能及び注意喚起灯を付随した「発電床」が整備される。

1-1： 製品・材料の設置／据付に向けた手続きを行う。

・ 事業サイト選定

本事業では、2017年10月のクリチバ市長、SMMAとの協議を経て、クリチバ市役所至近の川沿いであるEixo Canal Belem Norte近郊の自転車道及び歩道が事業実施サイトとして選定された。当サイトはクリチバ市政の中心地であるほかパラナ州政府官庁からも程近く、事業の成果を広く周知するため、交通量が多くクリチバ市内でも重要な場所に設置するようクリチバ市長から強く推薦された場所である。また、当サイトの自転車道及び歩道は、クリチバ市内を水源とするベレン川に沿って設けられており、川沿いの公園を管轄するSMMAの管理下にある。



出典： Googlemap より調査団作成

図-2：事業実施サイト地図

・ 据付工事・機材設置に係る許認可等

上記事業サイトは、SMMAの管理下にあることから、据付工事および機材設置にあたってはSMMAが工事の許認可を行った。

また、無線送信機能を有する一部機材（Type1およびType2）については、ブラジル国内における無線使用許可を取得する必要があるため、この認可手続きを行った（後述）。

1-2：製品据付のための実施設計を準備する。

製品据付のための実施設計を策定するにあたり、以下の項目を検討し、計画した。

- ・ 製品の製造期間および納品時期の確認
- ・ ブラジル側の輸入者／荷受人（協力企業の発掘）
- ・ 国内輸送および輸送梱包にかかる検討
- ・ 海上輸送航路および時期の検討、船腹の確保ほか
- ・ ブラジル輸入通関および通関場所の検討
- ・ 据付時期および据付作業
- ・ 機材試運転および検査

特に、ブラジルでは輸入を行う際に、Radarと呼ばれる輸入者登録制度があり、ブラジル法人（納税者番号が必須）でないとこれが取得できない。日本法人である㈱音力発電は、このRadarが取得できないことから、ブラジル法人の協力企業を発掘し、輸入者／荷受人を務めてもらうこととなった。

1-3：現地事情に合わせた製品の設計変更および製造を行う。

据付サイトの現状調査に基づき、現地向けの仕様変更を行った。

当初から想定していた「製品の機能」にかかる大がかりな設計変更は不要であったが、一部製品のサイズ変更、表面材の材質および色の決定など、詳細な仕様変更を行った。

また、C/Pとの協議や関係者からの助言に基づき、「盗難防止策」を強化する目的で、施工方法にかかる工夫（金属ビス止め）を施したことから、（転倒防止用）スロープ材の材質変更（ゴム→金属）を行った。

主な仕様変更は次のとおり。

該当製品	当初仕様	変更後
発電床のサイズ (Type3 : LED)	600mm×600mm (これを2枚横並)	600mm×1200mm (橋) 600mm×1000mm (歩道)
表面材の材質	(未確定) 選択可	塩ビ
表面材の色	(未確定) デフォルトは緑	橋／歩道：緑 自転車道：赤
スロープ材	ゴム	ステンレス (ビス止め可)

1-4：設置場所の環境調査を行う。

据付準備にあたり、まず、据付サイトの図面を入手し、図面上において据付場所の検討を行った後、2017年10月および2018年2月に据付サイトでの現場確認・環境確認調査を行った。同調査では、機材の具体的な据付場所、警告表示板用及び中継器用のポール設置場所をC/Pと協議のうえ決定した。また、製品を据え付ける自転車道、歩道および橋梁部を対象に、路面舗装状況（傾斜、凹凸・陥没、クラックの有無など）を確認すると同時に、配電、工事中電源ユーティリティの確認を行った。

これらを踏まえ、M/Mに記載されたとおり、ブラジル側負担事項である「舗装面の整備、ポール設置、配電ユーティリティの供給」については、環境局側が工事を担当した。2018年7月の据付前サイト確認でも適切な環境整備状況が確認できたことから、予定どおりに機材据付けを実施した（詳細は、次項の図-3参照）。

1-5： 導入機材設置許可に関する手続きが行われる。

- ・ 機材設置許可

本事業では、上述の通りC/Pがクリチバ市内公園等における自転車道等への機材設置等を行う部局であるため、導入機材設置に関しては基本的に他組織に対する許認可手続き等は発生せず、C/P内部の手続きとなった。

- ・ 無線通信

本事業における導入機材の内、TYPE1/2においては自転車が発電床上を通行した際に無線（Bluetooth Low Energy）が送信されることとなる。ブラジルでは、国内で無線通信機器を販売する際に、その販売法人は「ブラジル国家電気通信局（ANATEL）」へ申請を行い、認証を受けることが不可欠となる。

これにはブラジル法人としての納税者番号が必要となるが、外国法人である㈱音力発電社はブラジルの納税者番号を有していないことに加え、今回の「普及・実証事業」が製品の販売目的ではなく、文字通り「実証事業」として設置・使用されることから、現地企業の協力を得て「Technical Conformity Certificate」を申請し、2018年5月に取得した。

Technical Conformity Certificateは、申請者が「無線モジュール」をラボに提出し、ANATELが認定するラボを有する認証機関が「連続的に信号を送信できること」「Transmissionの送信チャンネルを選択できること」などを技術的条件として分析を行い、認証を発行する。有効期間は、取得日より2年間であり、製品の「販売」は出来ないが、実証目的のための設置・使用が許可される。

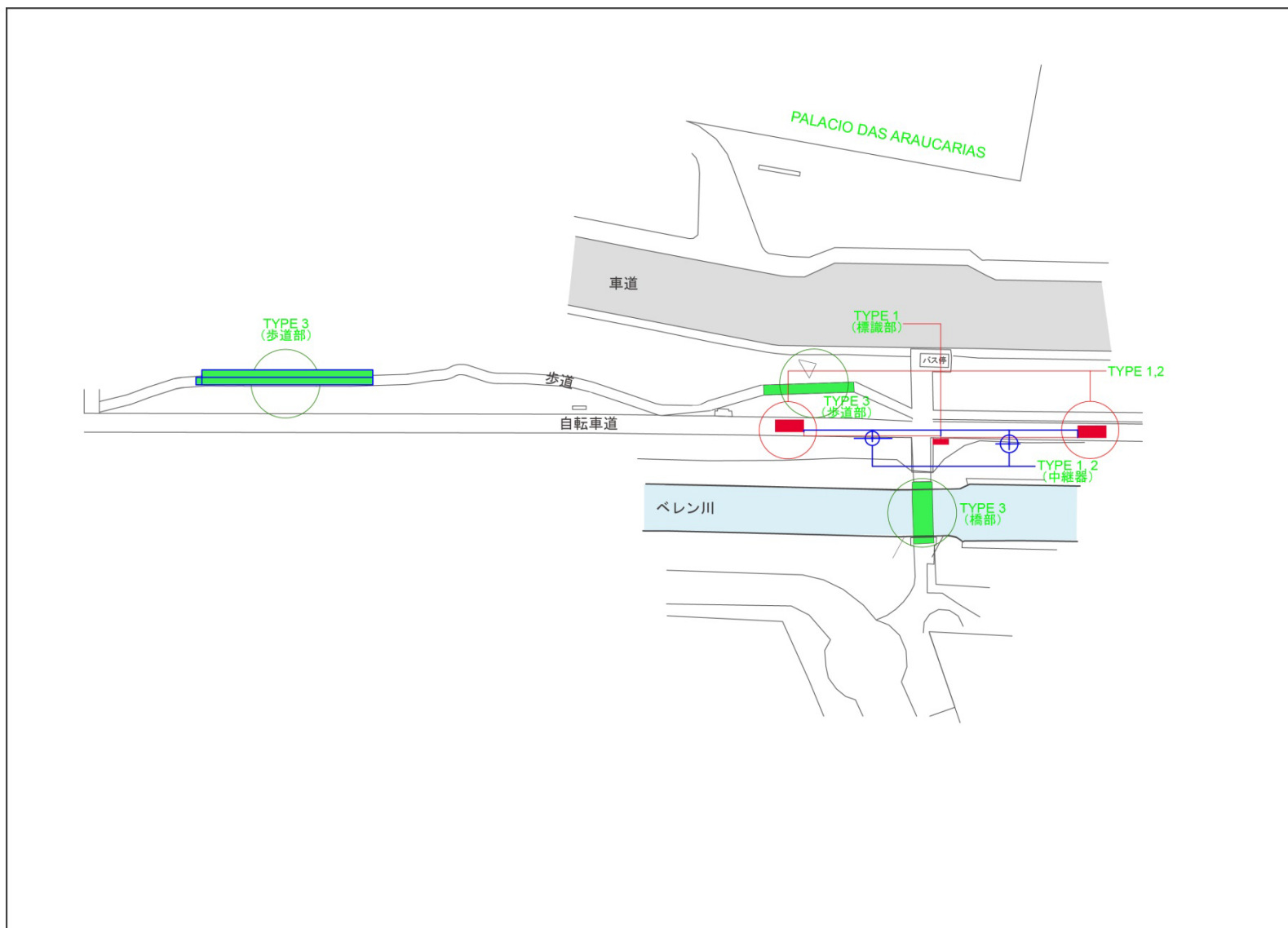


図-3：機材据付サイト図面

1-6：機材の輸送、通関、設置／据付を行う。

① 輸送、通関、設置／据付（2018年5月～7月）

2018年4月中に製品の製造を完了し、5月1日より輸出関連業務を開始した。サッカーのロシアワールドカップの影響やブラジル国内でのトラック業界のストライキ問題の影響が懸念されたが、予定どおりのスケジュールで納品が可能となった。

特に、ブラジル側の輸入通関を円滑に進めるための「製品説明資料」および物流業者との「事前協議」が効果的であったと考えられる。

機材の輸送、通関から据付・検収までの日程は以下のとおり。

Date	Task	Remarks
2018年5月1日	指定倉庫納品	神戸港
2018年5月上旬	輸送梱包／輸出通関手続き	
2018年5月24日	船積み	20FT/RC
2018年5月下旬～6月下旬	海上輸送	Kobe港～Singapore～Santos港
2018年6月25日／26日	荷揚げ／保税倉庫輸送	Santos港／Agesbec（保税倉庫）
2018年6月28日／29日	輸入申請・通関許可	イエローチャンネル（書類審査）
2018年6月29日～	ブラジル国内輸送（陸送）	Agesbec～Colombo（協力企業）
2018年7月6日	荷受け／荷卸し	協力企業工場内
2018年7月16日	開梱、据付準備	協力企業工場内
2018年7月17日～7月20日	機材据付・調整	
2018年7月23日～7月25日	機材調整／試運転	
2018年7月25日	検収	環境局／JICAブラジル立会い

② 製品調整・稼働確認、据付補修工事（2018年9月）

前述の通り、2018年7月に環境局およびJICAブラジル事務所立会いの下で機材設置／据付を完了したが、それ以降、特に設置前の路面状態が良くないことが原因と考えられる以下2つの現象が起こり、2018年9月に対応を行った。

・ **【TYPE2】**：日本とブラジルでの測定波形の違いによる認識精度に係る課題

発電床（TYPE2）は、自転車・歩行者の識別機能および通行数計測機能、ならびに走行・通行方向の識別機能を有するものであるが、クリチバ市に設置した機材では、一部機能に誤認識の不具合が発生していることを2018年9月の現地業務において確認し、対応を行った。不具合現象、考えられる原因と対応は以下の通り。

日本とブラジルでの測定波形の違いによる認識精度に係る課題
<p>1. 現象</p> <ul style="list-style-type: none"> 普及・実証事業においてクリチバ市に導入した発電床 TYPE2（通行量計測）の機能の内、方向、自転車と歩行者の識別精度が出ていない。 発電床から無線信号が送信されていることは確認した。 <p>2. 上記現象が起こった原因について</p> <ul style="list-style-type: none"> 設置場所における設置路面の状況、固定方法、地面の平面度が事前の想定と異なり、これが無線信号の送信状況に影響を与えたと考えられる。 通常、一般的な無線機器と同様、発電床が踏まれた際は単発の無線が送信されるのではなく、複数回送信されるが、上記設置状況から無線信号送信タイミング等がずれた。

- ・ 発電床 TYPE2 は受信機側の無線信号の「波形」を解析することにより通行データの識別を行うため、識別結果に影響したと考えられる。

3. 対応方針

受信機側における解析・識別プログラムを更新し、アルゴリズムを更新する。日本のプログラムにはないパラメータの追加も行き、設置場所の無線信号送信状況に合わせてこれら更新を行う。

上記、対応方針を元に、2018年9月の現地業務期間中に日本の関係者と連絡を取りアプリケーションのアップデートを実施した。この結果、受注者として精度向上を確認した（サンプル数50（30～60分）程度の調査において、種別100%、数量100%、向き78%だった）。

- ・ **【発電床：全てのTYPE】** 製品の「据付・固定」に関する不具合

2018年7月に据付を行った製品について、製品の据付・固定に関する不具合（設置した発電床のずれ、固定用ビスの外れ等）が確認された。原因の特定は困難であったが、所見の結果、製品・据付工事の不具合ではなく、製品設置前の初期状態として路面の舗装が良くなかったことが考えられる。

具体的には、「当初C/Pから、5cmのアスファルトであると説明」を受けていた路面は、実際には「アスファルトではなく、また厚さも2cm程度しかなかった」ため、ビス・アンカーによる固定が十分作用しなかったと考えられる。（このため、据付工事時のアンカー固定用接着剤も十分機能しなかったと考えられる）。公道であるため、事故の危険性を排除するために至急補修工事の必要があると判断し、以下の対応を行った。

<対応>：クリチバ市環境局及び現地工事業者とも相談・調整の上、アンカーに対する接着剤の使用（据付工事時使用とは別のもの）に加え、発電床スロープと路面との接着を行った。なお、責任の所在が明確になっていないため、またC/P及びJICAとの事前協議を行う時間的猶予がなかったため、本補修工事は受注者が2018年9月の現地業務時に(株)音力発電の負担で対応した。

1-7：提案製品の点検マニュアルを作成する。

2018年7月の据付および検収完了後より、製品の盗難防止および安全確保を目的とした点検マニュアルを作成した。

特に、自転車道における通行量および通行者の種類をカウントする発電床（Type2：無線カウンター）に関しては、中継器内に設置されたタブレット端末より、定期的に通行量データの回収が必要となり、データ回収後のリセット操作などを手動で実施する必要があるものであった。ゆえに、同点検マニュアルでは、重要となる点検事項や操作については、利用者の使い易さを考慮してフローチャートを取り入れるなど纏め方を工夫したため、基本的な保守管理であればトレーニング等を行う必要なく対応可能であるものを想定した（詳細は添付資料6参照）。

【成果2にかかる活動】

成果② 提案製品の導入により新しいエネルギー源となり得る環境配慮型技術としての定量データが収集される。

TYPE1（無線センサー）およびTYPE3（注意喚起灯）について、ベースラインとなる「自転車ユーザーのアクセシビリティ」「歩行者の交通安全意識」を調査項目としてインタビュー調査を行い（活動2-2、2018年7月）、さらに「環境意識向上・啓蒙効果に関する主観評価」に係る調査項目を加えてモニタリング調査を行い（活動2-4、2018年9月）、この結果を分析した（活動2-5、2018年10~11月）。

TYPE2（通行量計測）については、前述の通り2018年9月にアップデートしたアプリケーションに基づいて通行量計測を継続し、後述する通り2019年4月にデータ保存端末を引き取るまで6ヵ月間強計測を行った。TYPE2により計測された通行量は以下の通り。

年月	計測数（通行量）	日数	1日平均
2018年10月	22,978	31	741
2018年11月	28,209	30	940
2018年12月	27,144	31	876
2019年1月	30,760	31	992
2019年2月	27,298	28	975
2019年3月	32,889	31	1,061

2-1：既存技術に係る経済性および環境配慮に関する調査を行う。

各指標および入手手段に沿って経済性・環境配慮に係る調査を行うべく、環境局との協議を実施した。本技術である「エネルギーハーベスティング技術」を用いた製品である「発電床」については、クリチバ市における導入事例が他に見られないため、既存のエネルギーハーベスティング技術との単純比較はできない。このため、製品のタイプ毎の機能から、以下のような「既存技術」を比較対象として想定した。

TYPE1：比較対象なし、または赤外線センサー＋無線＋照明

TYPE2：調査員による（人力／目視での）通行量計測

TYPE3：街路灯、避難誘導灯など

TYPE1について、本製品・技術のように「自転車が交差点方向に向かい通った時のみ、無線センサーにより交差する歩行者に対して警告灯を点滅させる」という機能を持つ製品・技術はクリチバ市内で存在が確認できなかった。例えば、赤外線センサーを用いて類似のシステムを作ることは出来るが、自転車と歩行者の区別ができない、方向の区別ができない、などから同一機能のものは見当たらなかった。

TYPE2については、調査員による（人力／目視での）通行量計測を「既存技術」として比較する。本報告書時点では調査員による通行量計測に係るコストを入手した。

クリチバ市から通行量調査を受託したことがある企業に、後述するベースライン調査・モニタリング調査と同様の通行量調査（約4時間×3日の自転車及び歩行者の通行量と方向の調査及び記録）についてヒアリングしたところ、約RS\$2,000程度との回答であった。

TYPE3については、街路灯や避難誘導灯を「既存技術」として想定した。

2-2：現状の自転車利用者の安全意識に関する調査を行う。

2018年7月の機材据付前に、自転車ユーザーのアクセシビリティ、自転車交通流調査、および既存技術による自転車交通流に関するベースラインとなる調査を実施した。

- ◆ 調査実施日 : 2018年7月11日（水）11:00～13:00および16:00～18:00
2018年7月15日（日）10:00～16:00
2018年7月16日（月）11:00～13:00および16:00～18:00
- ◆ 調査実施場所 : Eixo Canal Belem Norte近郊の歩道及び自転車道（設置サイト）
- ◆ 調査方法 : ① 調査員による歩道利用者と自転車道利用者に対するインタビュー調査（集計表を用いた10段階の主観評価）
② 調査員による歩行者と自転車の通行量計測調査

調査対象と主な項目は次のとおり。尚、調査結果およびその要点は、2-5に後述する。

調査	指標	調査方法	主な調査項目	対象機材
自転車ユーザーのアクセシビリティ	安全性・安心感に係る主観評価	アンケート調査（設置地点における調査票を用いた自転車ユーザーに対するヒアリング）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 属性（年齢・性別・通行頻度） ・ 対歩行者・自転車危険度 ・ 走りづらさ（路面／交差点構造） ・ その他に起因する危険度など ・ 総合評価 	TYPE1 TYPE3
	自転車交通量調査	設置地点における定点観測調査（調査員による目視カウント）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 時間当たり自転車通行量 	TYPE1 TYPE3
歩行者の交通安全意識	交通安全に係る主観評価	アンケート調査（設置地点における調査票を用いた歩行者に対するヒアリング）	<ul style="list-style-type: none"> ・ 属性（年齢・性別・通行頻度） ・ 対自転車危険度 ・ 交差点の構造に対する走りづらさ ・ 総合評価 	TYPE1

2-3：同技術の活用メリットの確認のための指標案を検討する。

ベースライン調査の集計・分析結果に基づき、ビジネス展開に繋がることを念頭において、同技術の活用メリット（安全意識の改善度、環境意識の向上度など）にかかる指標を検討した。

2-5に後述するモニタリング調査結果からは、「自転車ユーザーのアクセシビリティ」として安全性・安心感に係る主観評価が、「歩行者の交通安全意識」として交通安全に係る主観評価が、また「環境配慮型技術としての優位性」として環境意識向上・啓蒙効果に関する主観評価が改善したことから、これらが同技術の活用メリットを示す指標案となり得るものと考えられた。

2-4：アンケート調査等によるモニタリングを実施する。

「発電床」設置前後における、路面に対する安全性、夜間通行時の安心感、危険認識（対自転車、対歩行者など）の比較を目的として、設置後のモニタリング調査を実施した。

また同時に、「発電床」設置後の環境配慮型技術に対する認知度（環境意識の向上度）にかかる調査項目を実施し、分析を行った。

- ◆ 調査実施日 : 2018年9月18日(火) 11:00~13:00および16:00~18:00
2018年9月19日(水) 11:00~13:00および16:00~18:00
2018年9月23日(日) 10:00~15:30
- ◆ 調査実施場所 : Eixo Canal Belem Norte近郊の歩道及び自転車道(設置サイト)
- ◆ 調査方法 : ① 調査員による歩道利用者と自転車道利用者に対するインタビュー調査(集計表を用いた10段階の主観評価)
② 調査員による歩行者と自転車の通行量計測調査

調査対象と主な調査項目は次のとおり。尚、調査結果のその要点については、2-5に後述する。

2-5: 上記モニタリング結果を分析し、環境配慮型技術としての優位性を検証する。

機材設置後のモニタリング調査の結果および設置前のベースライン調査との比較分析を行った。実施した調査項目としては、「路面に対する安全性」「夜間通行時の安心感」「危険認識(対自転車、対歩行者)の比較」ならびに機材設置後の「環境配慮型技術に対する認知の評価」を歩行者および自転車ユーザーを対象に実施した。

路面に対する安全性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 凹凸 ・ 滑りやすさ ・ 夜間視認性 ・ 走りやすさ
夜間通行時の安心感	<ul style="list-style-type: none"> ・ 事故/転倒の恐れ ・ 治安 ・ 夜間視認性 ・ 歩道の歩きやすさ
歩行者の危険認識 (対自転車事故)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 前方からの接近に危険/不安 ・ 横方からの接近に危険/不安 ・ 後方からの接近に危険/不安 ・ 自転車からの気配り(減速/歩行者優先等)
自転車ユーザーの危険認識 (対歩行者事故)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 対歩行者事故(前方)に危険/不安 ・ 対歩行者事故(交差点/横方)に危険/不安 ・ 歩行者の対自転車注意不足 ・ (設置サイトの)歩道交差点の構造
環境配慮型技術への認知	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新技術への関心 ・ 環境意識 ・ エネルギーハーベスティング技術の理解 ・ エネルギーハーベスティング技術の将来性

<調査結果の要点>

◆ 調査の信頼レベルとサンプル数

「発電床」の設置前調査（ベースライン）および設置後の調査（モニタリング）をそれぞれ、「平日および休日の計3日間」に実施したとともに、いずれの調査日も通行者の中から性別、年齢などを問わずに「無作為（ランダム）に調査対象を選出」しインタビューを実施した。本調査の「信頼度：90%以上」「許容誤差：10%未満」と設定して、約120サンプルの回収を試みたところ、結果として、クリチバの歩行者および自転車ユーザー数（母集団）に対するサンプル数（有効回答数）は、ベースライン時で、歩行者、自転車ともに120以上、モニタリング時で歩行者96、自転車77となった。「歩行者」については、クリチバの人口を母集団としても「許容誤差10%未満」の範囲で「95%以上の信頼度」、自転車ユーザーについては、「許容誤差11%で信頼度95%」の精度での調査を実施することができた。

実際の通行者数および回答数（＝有効回答数）は次のとおり。

	カウント調査		インタビュー回答数	
	歩行者	自転車	歩行者	自転車
ベースライン（3日間計）	1,581	1,306	125	129
モニタリング（3日間計）	1,880	1,505	96	77

◆ 調査方法

調査方法としては、質問項目毎に「プラス側5段階、マイナス側5段階の計10段階の主観評価」を採用し、調査員の質問に対して通行者が口頭で+5～-5を回答する（調査員がそれを書き留める）インタビュー形式で実施した。また、設置した「発電床の評価」に係る質問はインタビューの後半で行うことで「現場近郊の評価」についてバイアスが極力かからないよう配慮した。（インタビュー調査に使用した「質問表／調査票」は添付7参照。）

←安心／良くなった					危険／悪くなった→				
+5	+4	+3	+2	+1	-1	-2	-3	-4	-5
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
←安心／良い					危険／悪い→				

◆ 比較調査の結果と考察

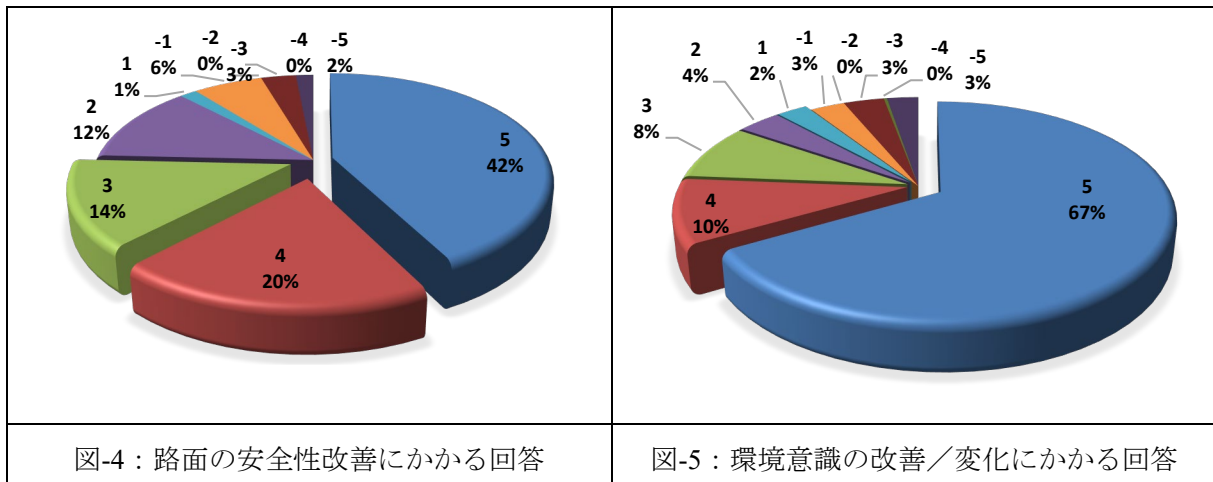
前述の調査手法に基づき、「歩道利用者」および「自転車道利用者」のそれぞれに、「安全性」「安心感」「危険認識」および「環境配慮型技術にかかる認識」についての主観評価にかかるインタビュー調査を実施した。

それぞれの調査項目に対する詳細な結果は、添付資料8に調査結果報告として纏めたが、特に注目すべき調査結果としては、前述の各項目への主観評価が発電床の設置後に「改善された」とする回答が多くを占めている点である。

具体的には、「凹凸、滑りやすさ、夜間視認性、走りやすさ」といった個別の調査項

目に照らして「路面に対する安全性」にかかるモニタリング調査を実施したところ、インタビューに回答した歩行者（n=96名）の内、発電床の設置後に、路面に対する安全性が「改善された」とする回答が92%（88名）であった。10段階の主観評価：「-5（低）～+5（高）」に基づく回答で「+3」以上の回答が81%（77名）を占めている。このことから、「発電床」により、歩道利用時の安全性に係る体感値は改善される（つまり安心感が増す）と言える。

同様に、「路面に対する安全性が改善した」と回答する自転車ユーザーも全体の97%を占めるほか、「夜間通行時の安心感が改善した」と回答する自転車ユーザーが88%を占めるなど、いずれも発電床の設置後の環境にかかる体感値に「プラス」のインパクトを与えていることが分析できる。また、特筆すべきは「環境配慮型技術に対する認知」にかかる回答でも、インタビューに回答した歩行者（n=96名）の内、発電床によって「環境意識が改善／変化した」とする回答が91%、この内「+3」以上の回答が85%、「+5」の回答が7割近くを占めており環境意識改善に大きな効果が期待される。



これら調査結果の詳細については、添付資料8参照。

上記活動内容2-1～2-5の通り、概ね実証データについては取得出来たものの、一部機材の不具合・破損があったため、以下に経緯を記載する。

① 製品（TYPE2）稼働確認・精度調査（2019年1月）

企業機密情報につき非公表

② 実証用機材の不具合、破損の判明（2019年10～11月）及びその原因、対応について

企業機密情報につき非公表

【成果3にかかる活動】

成果③ 提案技術の普及に関する現状が把握される。

3-1：提案製品の導入可能な分野をC/Pや民間セクターと検討する。

実証活動中から、本製品およびエネルギーハーベスティング技術に関心を示す現地販売代理店や現地生産パートナー（候補）との積極的な接触・発掘活動を実施した。本事業で検討した、提案製品の導入可能な分野は、4. 本事業実施後のビジネス展開計画に記載した。

3-2：民間セクターからの提案製品・技術に対する関心も含め、ブラジルでのビジネス展開に係る調査を行う。

本事業実施前には、他州（サンタカタリーナ州及びパラ州）において自転車道設置を行う公的プロジェクトより、本事業で提案する「発電床」へ関心を持っていることが表明されていた。このような他地域への横展開を含め、本事業後の本製品・技術のビジネス展開においては、特に現地パートナーとの連携が重要であることが想定されたため、案件化調査において発掘したパートナー候補を巻き込んで本事業を進めた。

前述した通り、ブラジルでは輸入時に、ブラジル法人登録番号の取得を条件に、Radarと呼ばれる輸入者登録が求められる。㈱音力発電は、このRadarを取得できないことから、ブラジル法人のパートナー候補企業に輸入者／荷受人を務めてもらい、製品や輸入手続きに係る理解を深めてもらうと共に、実証活動の視察、適宜助言を得ることを通じて、提案製品の導入可能な分野を検討した。

(2) 事業目的の達成状況

企業機密情報につき非公表

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

㈱音力発電が持つ「エネルギーハーベスティング技術」及び「発電床」は、配電や電気エネルギーに係るコスト負担がなく、環境への負荷を抑えながら照明・誘導灯等の代替製品および補完製品として機能する特徴から、都市構築に組み込まれることにより、持続可能かつ環境配慮型の都市構築構想および計画実現に寄与し得るものと考えられた。

本事業による実証活動を通じて「発電床」を自転車道／歩道に導入した際に得られた具体的な効果として、自転車道／歩道利用時の安全性に係る体感値が改善されて安心感が増したことが挙げられる。また、環境配慮型都市構築を掲げるクリチバ市の自転車道における実証活動の実施は、環境配慮に係る啓発・啓蒙となり、環境意識の改善に係る効果も得ることができた。成果2にかかる活動の結果からは、1日平均500～1,000名程の周辺住民が設置した「発電床」を利用し、多くの住民の環境意識改善・変化に貢献したものと考えている。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

- 現時点での地元経済・地域活性化への貢献

神奈川県では、同県の強みを活かした競争力のある産業の創出・育成を図ることを目的として「神奈川県地域産業活性化基本計画⁹⁾」（現計画期間は2017年4月1日～2022年3月31日）を策定している。本計画においては「エネルギー」が集積分野の一つとして位置づけられており、非常に関係が深い。県の方針に沿った地域産業活性化の好例を提供し、知識の蓄積に貢献している。

また、㈱音力発電が位置する藤沢市との連携も行っている。同市市役所の入口に「発電ゲート」を設置し、通行することにより生み出される電力を電子ペーパーに表示することにより、市民の環境意識の向上に役立っている。



藤沢市役所の「発電ゲート」

加えて、㈱音力発電は2017年1月まで独立行政法人中小企業基盤整備機構が慶應義塾大学および地域と連携して運営する起業家育成施設である慶應藤沢イノベーションビレッ

ジ（SFC-IV）の入居企業であった。代表者が大学での研究成果を元にビジネス化を行っている他、同大学国領教授を顧問に招いているなど、本格的な産学連携の好事例を提供している。

- 本事業実施により見込まれる地元経済・地域活性化への貢献

発電床の生産・販売数が増加することにより日本の協力企業への発注が増え、協力企業における雇用増加などに貢献し得る。

また、さらなる大学との連携強化も想定される。上記慶應義塾大学の他、交通・渋滞緩和等について横浜国立大学の中村教授と、振動に関する研究について長岡技術科学大学の高橋教授との連携強化を検討しているが、海外事業における事例を日本にフィードバックすることで「リバース・イノベーション」としてさらなる地域経済・地域活性化への貢献が見込まれる。

(5) 事業後の事業実施国政府機関の自立的な活動継続について

企業機密情報につき非公表

(6) 今後の課題と対応策

本事業を通じて明らかとなった課題と対応策は以下の通り。

- 環境教育における「エネルギーハーベスティング技術」活用の検討

㈱音力発電としては、本事業で実証対象とした発電床の活用方法のみならず、上述した環境教育における活用など、ブラジルにおいて多くの人の環境意識を高める目的で、「エネルギーハーベスティング技術」の活用ニーズが存在することが把握できた。また、実証活動においても、利用者（通行者）が「発電床によって『環境意識が改善／変化した』」とする回

⁹⁾ <http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/fl11747/>

答が91%であり、意識改善に関して効果が高かった。このように環境意識の改善または変化に影響を与える効果が最も高かったことを踏まえ、今後の海外展開に当たっては、環境教育の教材等として展開することも検討していきたい。

4. 本事業実施後のビジネス展開計画

(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定

1) マーケット分析（競合製品及び代替製品の分析を含む）

本事業に先行する案件化調査では、クリチバ市においては、公道（特に自転車道）及び建築物における避難誘導灯等としてのニーズが大きいことが判明した。本事業において導入したTYPE1～TYPE3の発電床は、それぞれ異なったマーケットが想定される。本事業でC/Pや民間セクター関係者との協議を踏まえて想定された用途及び顧客は、下表の通り。

TYPE・機能	想定される用途	想定される顧客
TYPE1：無線センサー内蔵型の発電床 無線発信機能による受信側照明や警告音のON/OFFスイッチ	公道・交差点における警告灯 センサー (防犯用途、離床センサー等)	公共（道路管理部門） 公共施設、病院 民間商業施設・建設会社・集合住宅・工場等
	スイッチの配線・電池レス化	公共施設 民間商業施設・建設会社等
TYPE2：メモリ機能付き発電床 通行量データの収集・計測する機能とそれらデータを保存（メモリ）する機能	通行量計測 (自転車または歩行者)	公共（都市計画部門） 民間調査会社
TYPE3：LED照明内蔵型（注意喚起）の発電床 LED照明の発光による注意喚起機能	注意喚起灯	公共（道路管理部門）
	避難誘導灯 生活用途誘導灯 (寝室、廊下、トイレ等)	公共施設 民間商業施設・建設会社・集合住宅・住宅・工場等
	装飾灯	民間商業施設等
共通	教育 (環境教育・理科教育)	公共（環境教育部門） 公的教育機関 民間教育機関

2) ビジネス展開の仕組み

企業機密情報につき非公表

3) ビジネス展開可能性の評価

企業機密情報につき非公表

(2) 想定されるリスクと対応

ブラジルに進出した日系企業は、理解が難しい法律、規制、税制や予想外にコスト・手間のかかるロジスティックスなど多くのビジネス面での困難に直面すると言われており、これらを総称して「ブラジルコスト」と呼称されている¹⁰。これらのリスクを出来る限り軽減するために、現地代理店を通じた販売とすることにより、法務面、雇用・労務面、治安面、環境社会配慮面でのリスクは抑えられるものと考えている。

リスクとして最も注意すべきは知財リスクである。発電システムに関わる技術について、国内の特許として39件を出願、内19件権利化済みである他、特許協力条約（PCT: Patent

¹⁰ JETRO（2015）「ブラジル・リスクマネジメント研究会報告書」。

Cooperation Treaty) に基づく国際出願を含む海外での特許を18件出願、15件権利化済みである。ただし、一部の技術についてはブラジルを含め海外で出願できていないため、今後出願することを検討する。また、技術に係る最機密事項は特許出願を行わず公開していないため、模造品を製造されるリスクはないものと考えている。

(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果

企業機密情報につき非公表

(4) 本事業から得られた教訓と提言

1) 今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

ブラジルにおいて今後展開を検討する企業へ向けて、本事業の実施から得られた教訓は以下の通り。

- ブラジル、特にクリチバ市において環境配慮型技術に対する関心は高く、実証場所として適していた。一方、市政府の政権交代に起因して協議議事録の再締結が発生し、C/Pや実施サイトが変更された。これにより活動開始までに想定以上の期間を要することとなった。
- 市長による示唆を受けて実施サイトが決定されるなど、環境配慮型技術に対するクリチバ市の強い取組姿勢に基づいて、本事業への協力を得ることができた。
- 「ブラジルコスト」として法律、規制、税制やロジスティックス面での困難が指摘されているが、本事業においては特に機材輸入時の関税がビジネス展開の障壁となることが想定された。また、通常12時間の時差があり双方の稼働時間が重ならないことから、C/P等とのやり取りに時間を要することがあった。やり取りを円滑に進めるため、現地在住の外部人材や現地パートナー候補企業、及びJICAブラジル事務所の協力は不可欠であった。

2) JICAや政府関係機関に向けた提言

前項とも関連し、協議議事録締結、再締結や、実証中断に当たっては、JICAブラジル事務所の強い支援を受けることで、C/Pとの関係も含め本事業を進めることができた。ブラジルは日本から遠距離であり、特に現地に拠点を持たない中小企業にとってJICA現地事務所から支援を得ることの意義は大きいと考えており、今後も継続した支援の必要性は高いと考える。

5. 参考文献

- ・ 「ブラジル経済の基礎知識（第2版）」、二宮康史 著、JETRO、2011年7月
- ・ 「現代ブラジル事典」ブラジル日本商工会議所編、2005年7月
- ・ 「新版現代ブラジル事典」ブラジル日本商工会議所編、2016年4月

6. 添付資料

企業機密情報につき非公表