

インド国
インド国立自動車試験研究開発機構
グローバル自動車研究センター

**インド国
ワイヤーハーネスからの銅資源
高度リサイクル普及・実証事業
業務完了報告書**

**平成 30 年 5 月
(2018 年)**

**独立行政法人
国際協力機構 (JICA)**

三立機械工業株式会社

国内
JR
18-116

目 次

巻頭写真	i
略語表	iii
地 図	iv
図表番号	v
案件概要	vi
要約	vii
第1章 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
(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要	6
第2章 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）	15
(5) 事業実施体制	17
(6) 事業実施国政府機関の概要	18
第3章 普及・実証事業の実績	21
(1) 活動項目毎の結果	21
(2) 事業目的の達成状況	58
(3) 開発課題解決の観点から見た貢献	60
(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献	61
(5) 事業後の事業実施国政府機関の自主的な活動継続について	61
(6) 今後の課題と対応策	62
第4章 本事業実施後のビジネス展開計画	64
(1) 今後の対象国におけるビジネス展開の方針・予定	64
(2) 想定されるリスクと対応	76
(3) 普及・実証において検討した事業化による開発効果	80
(4) 本事業から得られた教訓と提言	81
別添	
1. 英文要約	87
2. 機械の操作に関する説明書（前処理・剥離機・ナゲット処理）	98
3. Automotive Industry Standard : AIS-129	101
4. Automotive Mission Plan 2026(AMP 2026)	102
5. GARC の機材紹介リーフレット作成	103
6. JICA インド事務所からのプレスリリース	104
7. AUTO EXPO The MOTOR SHOW	106
8. 事業紹介ペーパー（日英）	107

巻頭写真



写真1 Global Automotive Research Centre(2016年6月)



写真5 中根会長より Ramachandran (ラマチャンドラン) 所長に設置完了を報告 (2016年9月)



写真2 WN-800 型湿式ナゲットプラント (2016年9月)



写真6 GARC でのワークショップ風景 (三立機械工業中根会長の挨拶) (2016年11月)



写真3 KOS-M 型剥線機(2016年9月)



写真7 GARC・RDU 棟に関係者が集合したテープカット式典風景 (2016年11月)



写真4 HAS-250 型アリゲータシャーリング (剪断加工機) (2016年9月)



写真8 GARC・RDU 棟での機器説明風景 (手前は原料のワイヤハーネス) (2016年11月)



写真 9 GARC での報告会風景(三立機械工業中根会長の挨拶) (2017 年 12 月)



写真 10 機器見学会風景 (2017 年 12 月)



写真 11 Ramachandran (ラマチャンドラン) 所長より JICA インド事務所吉野次長へ機材引渡書類を渡す (2017 年 12 月)



写真 12 AUTO EXPO 展示会風景 (2018 年 2 月)

略語表

略語	正式名称	日本語名称
ARAI	Automotive Research Association of India	インド自動車研究協会
ELV	End of Life Vehicle	使用済み自動車
FICCI	Federation of Indian Chambers of Commerce and Industry	インド商工会議所連合会
GARC G-ARC	Global Automotive Research Centre	グローバル自動車研究センター
HSE	Health、 Safety & Environment	労働衛生・安全・環境（マネジメント）
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
MRAI	Metal Recycling Association of India	インド金属リサイクル協会
MOC	Ministry of Commerce	インド商工省
MOEF	Ministry of Environment, Forests and Climate	インド環境森林省
MoHI & PE	Ministry of Heavy Industries and Public Enterprises	インド重工業・公営企業省
MORTH	Ministry of Road Transport and Highways	インド道路交通省
NATRIP	National Automotive Testing and R&D Infrastructure Project	インド国立自動車試験研究開発機構
SIAM	Society of Indian Automobile Manufacturers	インド自動車工業会
R&D	Research and Development	研究開発
RDU	Recycling Demo Unit	GARC 内のリサイクルデモ部門

地図



インドグローバル自動車研究センター（GARC）の位置図

出典：上図：地図参照元国連 <http://www.un.org/Depts/Cartographic/map/profile/SouthAsia.pdf>、
当該加工は三立機械工業による。なお、領土、国境等に関しては JICA 公式見解ではない。

下図：インド・チェンナイ空港から GARC への行程

GARC 住所：Plot.- E-1, SIPCOT Industrial Growth Centre Orgadam, Mathur Post Sriperumbudur,
Taluk Kanchipurum District, Pin.- 602105.Tamil Nadu

図表番号

図1-1	インフォーマル業者の銅処理と本技術の比較	2
図1-2	自動車販売数と廃車数の見通し	3
図2-1	事業実施体制	17
図2-2	GARC 研究組織図	19
図2-3	NATRIP 研究拠点と研究組織図	20
図3-1	銅資源のリサイクルフロー	28
図3-2	湿式ナゲットプラント等のマニュアル	29
図3-3	インド国内の銅資源リサイクル量	30
図3-4	2017 年 5 月～18 年 12 月度の剥離率（銅回収率）	35
図3-5	インドにおける自動車販売台数と廃車（ELV）の発生台数の見込み量	39
図3-6	インド国内の銅鉱山と銅製錬所・精錬所の位置図	45
図3-7	インドにおけるリサイクル銅発生量見込み	47
図3-8	インドにおける ELV フロー	49
図3-9	WN-800 型湿式ナゲットプラント作業手順	52
図3-10	Mahindra MSTC Recycling 社の銅リサイクル事業拡大	57
図4-1	インドの銅資源循環量の推移	65
図4-2	RDU の廃自動車解体ラインの解体事例	68
図4-3	GARC での廃自動車回収ルート	69
図4-4	ビジネス展開先・対象別の銅資源の回収量を比較した市場規模概念図	70
図4-5	事業収益構造図	73
表1-1	3つの機材の主な仕様等	6
表2-1	資機材リスト	17
表2-2	調査団の要員計画・業務分担	18
表3-1	開所式の参加者リスト	21
表3-2	インド国内の銅資源フロー	30
表3-3	2017 年 12 月 5 日開催の最終報告会の参加者リスト	31
表3-4	湿式ナゲットプラントでの稼働事例	32
表3-5	湿式ナゲットプラントでの稼働事例（続き）	33
表3-6	焼却実験での試験事例	36
表3-7	2015 年および 2025 年の老朽化 ELV 台数の見通し	39
表3-8	インドにおける銅生産の見通し（2000 年～2009 年）	42
表3-9	2011 年の銅スクラップの各国間取引量	42
表3-10	部門別成長による銅金属の需要予測	43
表3-11	銅金属 2009 年度～2024 年度の推定生産量	44
表3-12	インドの銅製錬量の実績値および推定生産量	46
表3-13	各国の自動車リサイクル法比較	49
表3-14	湿式ナゲットプラント（WN-800）の仕様	50
表3-15	事業モデルの試算	53
表3-16	三立機械工業の SWOT 分析	55
表3-17	インドの銅リサイクル企業の SWOT 分析	56
表4-1	インドの銅資源フロー量	65
表4-2	リサイクル銅の分類表	66
表4-3	事業モデルの試算	72
表4-4	電線別の処理方法の比較	74
表4-5	輸入禁止または輸入について何らかの制限がある品目	78
表4-6	他法令で定める輸入関連規制	78
写真3-1	BMW 車のワイヤーハーネス配線透視図	23
写真3-2	山積みのワイヤーハーネス	24
写真3-3	Mahindra MSTC Recycling 社グレータノイダ工場	27
写真3-4	廃電線の焼却実験	37

インド国

ワイヤーハーネスからの銅資源高度リサイクル普及・実証事業 三立機械工業株式会社(千葉県)

インド国の開発ニーズ

廃棄自動車の増加と不適切な廃車(廃電線・ワイヤーハーネス)の処理

- インド全土では車齢15年以上の台数は累計600万台、タミルナドゥ州(チェンナイ含む)でも7万台と推計され、今後大量に廃棄されることとなる。
- 廃車から発生するワイヤーハーネスは、民間リサイクル業者によって、野焼きなどの不適切な処理がなされており、環境問題を誘発している。
- NATRIP GARCでは、自動車解体を行っており、併せて廃電線処理の技術・リサイクルの理解を進めたいと思っている。

普及・実証事業の内容

- ワイヤーハーネスから高度に銅資源を分離する技術を保有しており、環境における銅残渣の影響を軽減するために、使用済み車両等におけるワイヤーハーネスからの高度リサイクルシステム確立を行う。
- (1)リサイクル施設(デモ解体プラント)にて提案製品を活用してワイヤーハーネスの処理及び銅資源の取得を実施、高い剥離率が実証される。(2)対象州・地区にて、ワイヤーハーネスにかかる処理・銅残渣リサイクル方法をマニュアル化し、周知する。(3)導入前後の成果データを分析し、銅資源の販売を含めた本事業の収支分析・ビジネス展開など事業性判断を行う。

提案企業の技術・製品



製品・技術名

ーワイヤーハーネスから高度に銅資源を分離する湿式ナゲットプラント
ー湿式ナゲットプラントは、電線を粉砕し銅と被覆に選別する湿式比重選別システムである。
ー前処理用切断機、多芯線/細芯線処理用剥線機も導入し、効率的なリサイクルを推進する。

事業概要

相手国実施機関: National Automotive Testing and R&D Infrastructure Project, the Global Automotive Research Center: NATRIP GARC

事業期間: 2016年5月～2016年5月

事業サイト: インド国タミルナドゥ州カーンチープラム県

インド国側に見込まれる成果

- 銅資源高度リサイクルシステムのタミルナドゥ州周辺企業への普及・展開
- インドの他州への当該リサイクルシステムの普及・展開

日本企業側の成果

現状

- これまで中国・ベトナム・フィリピンなど東南アジア諸国へ販売したが、インドは、中国に次ぐ将来成長性がありインドでの廃自動車台数も拡大し且つインドでの高級車普及に伴い銅資源の電線使用量も増大するので、有望な参入市場と考えた。

今後

- NATRIP GARCのパイロットプラントから発展して、インド側のNATRIPの情報網を活用してインド全国及び南アジア諸国への拡大・普及も期待できると考えている。

要約

I. 提案事業の概要	
案件名	(和文) ワイヤーハーネスからの銅資源高度リサイクル普及・実証事業 (英文) Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for the Advanced Recycling System of High Quality Copper from Wire Harnesses
事業実施地	インド国タミル・ナド州オラガダム/南アジア地域
相手国	インド国
政府関係機関	インド国立自動車試験研究開発機構・グローバル自動車研究センター
事業実施期間	2016 年 6 月 15 日～2018 年 7 月 31 日
契約金額	99,997,200 円 (税込)
事業の目的	廃棄ワイヤーハーネスの銅残渣による環境負荷軽減に向け、提案製品を活用した銅資源高度リサイクル事業の有用性及び事業性を実証するとともに、リサイクル技術者育成等を通じ、本リサイクル事業の普及を図る。
事業の実施方針	提案企業である三立機械工業株式会社は、「WN-800 型湿式ナゲットプラント」等を使用することで、ワイヤーハーネスから高度に銅資源を分離する技術を保有しており、環境における銅残渣の影響を軽減することができる。本事業では、C/P の GARC 内リサイクル施設において、使用済み車両等におけるワイヤーハーネスからの高度リサイクルシステム確立を行う。
実績	三立機械工業株式会社「WN-800 型湿式ナゲットプラント」等を使用することで、ワイヤーハーネスから高度に銅資源を分離する技術により、環境における銅残渣の影響を軽減することができる。本事業では、C/P の GARC 内リサイクルデモユニット研究棟 (RDU) に機材を設置して、使用済み車両等におけるワイヤーハーネスからの高度リサイクルシステム確立を行った。 1. 実証・普及活動 成果 1 .NATRIP GARC のリサイクル施設 (デモ解体プラント) にて提案製品を活用してワイヤーハーネスの処理及び銅資源の取得が実証された。自動車用ワイヤーハーネスから、銅線とアルミ線並びにソケット類に手選別する。集めた銅線は、「湿式ナゲットプラント WN-800」処理を経て、高純度の銅資源として回収された。 成果 2 . タミル・ナド州・オラガダム地区 GARC にて、ワイヤーハーネスにかかる処理・銅残渣リサイクル方法が確立され、そのマニュアルが伝達された。GARC-RDU 長 Praveen Kumar 氏や操業オペレーター複数名

	に、英文操作マニュアルに沿って操作指導を行い現地のオペレーター単独で作業可能となった。機器デモ見学やインターン研修などの機材紹介も GARC で行っている。 成果 3.当該リサイクルにより、C/P リサイクル施設から廃棄されるワイヤーハーネスの銅が高い剥離率*でリサイクルされ、環境負荷が減少した。 ナゲット方式では、電線の銅成分量に近い銅回収率 99%を達成できたが、一方、廃電線焼却では重量比 90%で約 10%焼失ロスして、且つ焼線のため品質も低下した。本技術の銅回収率は焼却と比較して約 10%高かった。なお、実際の中古自動車では電線被覆が劣化しているため、さらに有意差がでると考えている。 成果 4.C/P リサイクル施設にて抽出された銅が、民間業者等に販売され、提案製品の投資回収年数や事業の収支が分析されるとともに事業の利益化モデルが示された。GARC で抽出された銅価格や操業経費などから、「湿式ナゲットプラント」ビジネスモデルを策定した。GARC で行った湿式ナゲットプラント処理試験は、日本での実績と同様に、銅ナゲット回収率 99%を達成できた。銅国際価格は 1 kgあたり約 7 ドル（2018 年 3 月時点）であり、銅ナゲット価格は 6.5 ドルと算定する。従って、毎日 1 トンのワイヤーハーネス原料を処理するビジネスモデルを考えると、1 年間で、ワイヤーハーネス 300 トンを販売しても、45 万ドルにしかないが、湿式ナゲットプラント処理で銅ナゲット 180 トンを回収して、これを販売すれば、年間 117 万ドルの売り上げで、利益 27 万 4 千ドルを得ると推定する。 2. ビジネス展開 インド側自動車業界関係者および金属リサイクル団体などへのデモ紹介を通じてビジネスモデルの提案は 2017 年 6 月と 2018 年 2 月に実施した。パートナー会社候補の Mahindra MSTC Recycling 社第一工場への売込み実施中。2017 年 8 月、12 月、2018 年 2 月と継続的に面談してきた。
課題	インド自動車業界・リサイクル業界の経営者技術者への「ワイヤーハーネス銅資源リサイクル技術」紹介では、銅リサイクル事業収支のビジネスモデルを提示して優位性をアピールしていく。その際に事業紹介 PR ペーパー（日英版）を作成・活用して、配布するだけでなく、今後とも自主的に訪印し、技術紹介セミナー等を開催して、本技術を普及していきたい。

事業後の展開	GARC やインド商工会議所連合会 (FICCI)経由で機器販売先企業やビジネスパートナーを紹介されている。パートナー会社候補の Mahindra MSTC Recycling 社によるインド国内 30 か所での事業展開を具体化するために、三立機械工業の湿式ナゲットプラントの優位性（性能および収支分析等）を提案して、インドにおける「ワイヤーハーネス銅資源リサイクル」ビジネス普及を展開していく。
Ⅱ．提案企業の概要	
企業名	三立機械工業株式会社
企業所在地	千葉県千葉市
設立年月日	1977 年 4 月 16 日
業種	製造業
主要事業・製品	廃電線処理機・半導体破砕機・各種リサイクル機器
資本金	2,000 万円（2018 年 3 月時点）
売上高	4 億 3,400 万円（2018 年 3 月）
従業員数	18 人（2018 年 3 月時点）

*「剥離率」とは、処理されたワイヤーハーネスから取得した銅資源の成分量の比率((%)を示すものとする。

第1章 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

インドの概要は以下の通りである（外務省の各国・地域情勢、国連資料より抜粋¹⁾）。

一般事情

- 1 面積：328 万 7,469 平方キロメートル（インド政府資料：パキスタン、中国との係争地を含む）（2011 年国勢調査）
- 2 人口：13 億 2,680 万人(2016 年)（国連データ²⁾）
- 3 首都：ニューデリー（New Delhi）
- 4 民族：インド・アーリヤ族、ドラビダ族、モンゴロイド族等
- 5 言語：連邦公用語はヒンディー語、他に憲法で公認されている州の言語が 21
- 6 宗教：ヒンドゥー教徒 79.8%、イスラム教徒 14.2%、キリスト教徒 2.3%、シク教徒 1.7%、仏教徒 0.7%、ジャイナ教徒 0.4%（2011 年国勢調査）

政治体制・内政

- 1 政体：共和制
- 2 元首：ラーム・ナート・コヴィンド大統領（2017 年 7 月 25 日（任期 5 年））
- 3 議会：二院制（上院 250 議席、下院 545 議席）
- 4 政府：ナレンドラ・モディ首相

経済（単位 米ドル）

- 1 主要産業：農業、工業、鉱業、IT 産業
- 2 名目 GDP：2 兆 2,635 億ドル（2016 年：世銀資料）
- 3 一人当たり GDP：1,709 ドル（2016 年：世銀資料）
- 4 GDP 成長率：7.1%（2016 年度：インド政府資料）

② 対象分野における開発課題

インド自動車産業では、自動車生産台数は 2016 年に 446 万台と、韓国を抜いて世界順位 5 位になり、増大している³⁾。2017 年も旺盛な内需を支えに、同 6.5%増の 477.9 万台に達し、過去最高を更新した。2018 年は 517 万台、2027 年には 646 万台に達すると予測している。

また、2016 年のインド国内の新車販売台数（乗用車と商用車の合計）は、前年比 7.1%増の 366.9 万台へ伸びた。2017 年には前年比 9.5%増の 401.8 万台と過去最高を更新し、400 万台の大台突破を果たすとともに、市場規模でドイツを抜き、世界第 4 位に浮上した。2018 年に 440 万台、翌 2019 年には 470 万台へ、2027 年には 555 万台に達すると予測している。

¹ <http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/india/data.html#section1>

² UN Data <http://data.un.org/CountryProfile.aspx?crName=INDIA>

³ http://www.jama.or.jp/world/world/world_t1.html

一方、廃自動車処理は民間業者に任されており実態が不明瞭である。関係者からの聞き取りでは、インドの古い車や損傷した車の7割が、非公認の解体業者（インフォーマルセクター）によって解体され、部品は再利用されるか、製造業者に販売されている、その他の3割は不法投棄されているとのことである。

インド国内全体での廃車リサイクルの現状は、インドグローバル自動車研究センター（GARC）のリサイクルデモ部門(RDU)のようにリサイクル設備や技術が揃っていない。インドのインフォーマル業者の解体・リサイクル作業では、銅線軸が細いハーネスは銅の回収率が低いほか、付着した油分や付属している異物の除去等適切な処理がなされず不法投棄されている。このうち、図 1-1 に示すように、銅線の一部は野焼きされており、中身の銅が熔解して一部溶出することで土壌汚染等の環境問題が発生していると、GARC・RDU 長 Praveen Kumar 氏より報告があった。



図 1－1 インフォーマル業者の銅処理と本技術の比較
出典：2016 年 11 月 4 日 GARC でのワークショップ講演より

インド側の専門家からの聞き取りでは、2015 年時点で約 100 万台の四輪車の使用済自動車（さらに二輪車も含めると廃車数 870 万台）があり、2025 年には、乗用車・商用車（四輪車）の廃車が最大約 400 万台に達する見込みである。

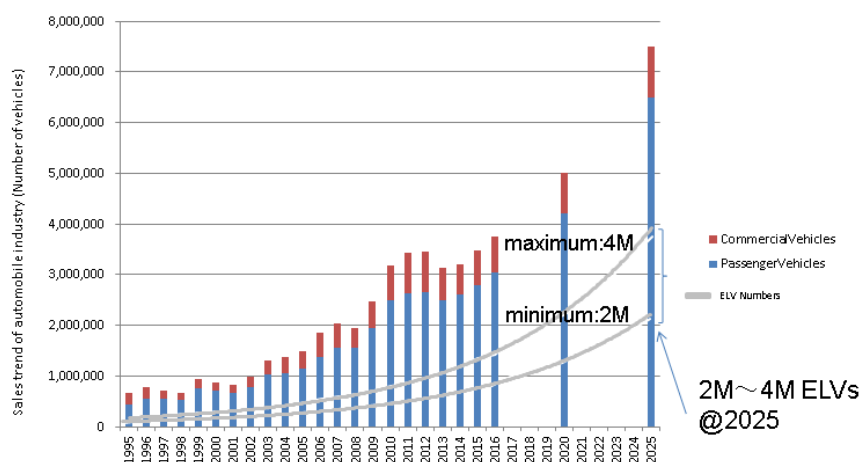


図1-2 自動車販売数と廃車数の見通し

自動車解体をインフォーマル業者が担っている実態では、環境基準を満たすためのノウハウや知識、資金力を持つ解体業者はほとんど存在せず、銅線の野焼きによる不適切な処理などが行われており、解体業者由来の環境汚染が後工程に移ることで表面化しづらくなっており、電線焼却による土壌汚染等の環境問題が発生している。

一方、自動車分野では銅需要量が着実に伸びている。この要因として排気ガス規制強化への対応やハイブリッド車の普及など、自動車のエレクトロニクス化、電装化が進み電線、即ちワイヤーハーネスの搭載量の増加が考えられる。インドにおいても、今後、ハイブリッド車、電気自動車さらに燃料電池車が普及してくるとワイヤーハーネスは増加し、リサイクルしなければならない銅線材の量も増加することになる。⁴

カウンターパート（C/P）であるグローバル自動車研究センター（GARC）のリサイクルデモ部門（RDU）は、インドにおける近代的な廃自動車リサイクル産業の開発の重要拠点に位置付けられて、インド全国に近代的リサイクル処理を普及する拠点として2006年に開設した。本事業では同機関と協力して、廃棄ワイヤーハーネスの銅残渣による環境負荷軽減に向け、銅資源高度リサイクル事業の有用性及び事業性を実証するとともに、リサイクル技術者育成等を通じ、本リサイクル事業の普及を図る。

③ 事業実施国の関連計画、政策（外交政策含む）および法制度

インド自動車産業では1940年代にヒンドゥスタン・モーターズやタタ・モーターズなどのインド財閥系の自動車製造企業が設立され、1947年の独立以降、国産化規制、外資参入規制、輸入規制など国内保護政策が徹底された。当時、既にインドに進出していた外資系企業は、こうした厳しい国産化規制などに対応することができず撤退を余儀なくされ、イ

⁴自動車1台当たりの銅使用量は、ガソリン車で24kg、ハイブリッド車（HEV）で33kg、プラグイン・ハイブリッド車（PHV）で54kg、電気自動車（EV）で94kg。

ンドの現地企業による寡占構造が長く続くこととなった。1980 年代に入ると、鈴木自動車工業株式会社（現スズキ株式会社）とインド政府との国営企業マルチ・ウドヨグ社の四輪車合弁契約が調印するなど、外資系企業に対する規制が一部緩和されるようになった。1990 年代には、日本、欧米諸国、韓国などの外資系自動車企業が相次いでインドに進出したが、外資系企業に対して、インド政府との MOU（覚書）を提携させ、国産化義務、輸出入均衡義務など課していた。2000 年代に入り、こうした規制が WTO 違反とされ、インドは、従来の政策を修正し、対外自由化を加速させることとなった。2002 年に打ち出した新自動車政策においては、外資系企業による出資に関する最低投資金額規制の撤廃、100%外資の参入可、国産化率達成義務の撤廃などが行われるとともに、小型車・二輪車・自動車部品をインド自動車産業の基幹分野と位置づけ、輸出や研究開発を促進する方針が示された。

2016 年には「自動車ミッションプラン 2016-2026（Automotive Mission Plan 2016-2026）」を策定し 2026 年までの中長期的な数値目標を設定し、自動車生産台数の世界順位を 2026 年までに 3 位に、自動車の生産総額を現在の約 4 倍となる 18 兆 8,950 億ルピー（約 35.0 兆円）にするとした。このようなインドの自動車産業の急拡大に伴い、リサイクル分野では、インド各地 10 ヶ所にリサイクル拠点を整備する旨、インド自動車協会（SIAM）が提案中であり、インド政府は ELV 施策（計画では、End of Life（EOL）Policy と称す）を計画している。この ELV 施策の中では、排ガス規制対応車やハイブリッド車/電気自動車への乗り換えを促進するためもあり、国際基準の排ガス規制対応車を販売して、2000 年以前の全車両（乗用車・商用車・二輪車も全て）を廃車にする旨提案している。

また、環境問題に関して、1986 年に制定された、「環境（保護）法」（The Environment (Protection) Act）にて、環境汚染の防止などに関する政府の基本的な役割や権限などを定めている。廃棄物、リサイクル関連の規則等はこの環境（保護）法を根拠として制定されている。しかし、現在のインドでは、環境空間に放出された汚染物質に着目した包括的な法律、例えば日本の大気汚染防止法や廃棄物処理法にあたる法律は上記の環境法以外に存在しない。したがって各地方自治体の条例に拠っている。

さらに、自動車解体作業においては、法的規制が無く、インフォーマルな解体業者が行うことが多く、適正な安全・保安の確保、環境の保全を図る法的整備が重要である。そのため、2017 年 7 月のインド国会では自動車産業標準・廃車規格（Automotive Industry Standard End-of-Life Vehicles/AIS-129）が審議中である。

このような環境法や 2011 年に制定した電子廃棄物リサイクル法、審議中の自動車産業標準・廃車規格（AIS-129）などの関連法制度が整備され、並びに本事業により環境保全が可能となるリサイクル技術の移転を図ることにより、インドにおける自動車解体業の再生可能な持続的な発展が期待できると思料する。

さらに、これまでは 2013 年に発表された「国家電気自動車ミッション計画 2020」（NEMMP）に基づき、2020 年までに電気自動車（EV）とハイブリッド車（HV）の合計で年間販売台数を 600 万～700 万台規模に拡大する計画だった。それが 2017 年に入って EV と HV を両

にらみで普及させる方針に変化が生じつつある。2017年5月末には「2030年までにガソリン車、ディーゼル車の販売を禁止し、EVのみにする」という方針をインド政府の関係機関「NITI Aayog」が明らかにした。その後「販売車両の3割をEV」と下方修正している。

インドでは、温室効果ガス排出量の増加や、都市部を中心とする深刻な大気汚染が発生しているため、自動車のゼロエミッション化を実現するべく、ガソリン車やディーゼル車の販売を禁じて、電気自動車の普及に向けた大胆な施策を立案したものと思われる。

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

1958年に我が国最初の円借款をインド国に供与して以来、円借款は我が国のインド国に対する経済協力の中心となっている。インド国から見て日本は最大の二国間ドナーであり、また日本から見てインド国は2003年以来円借款の最大級の受取国となっている。

近年、インド国は2015年度GDP成長率7.9%と順調な経済成長を続けており、外国投資の規制緩和、国内経済の自由化を積極的に進めている。購買力を有する3億人とも言われる中間層の存在は、今後の有望な投資先・市場としての潜在性を有しており、この点においても、二国間関係が緊密化する必要性は高い。また、インド国は、人口の約3割を貧困層が占めており、貧困削減は持続可能な開発目標（Sustainable Development Goals: SDGs）を達成する上でも重要である。

そこで、インド国に対する援助の戦略性をより一層高め、政府全体として一体性と一貫性を持って効果的・効率的な援助を実施するため、2006年5月、我が国は「対インド国別援助計画」を策定した。同援助計画においては、①電力・運輸インフラ等の支援を通じた経済成長の促進、②保健・衛生問題、地方開発、上下水道支援、植林支援等を通じた貧困・環境問題の改善、③人材育成・人的交流の拡充のための支援、の3点を重点目標としている。インド国のODA事業の特徴としては、我が国のインド国に対する円借款を通じた支援は、投資環境の整備、貧困削減への貢献、環境問題への対処に重点を置いて実施している。

現地大使館及びJICA、JETROからのヒアリングによれば、近年のインド向けODAを取り巻く環境について次の通りであることが分かった。

- ・インドは他国からの援助に対するオーナーシップが高いことに加え、経済成長に伴い、被援助国から援助国に移行しつつある。よって、日本のODAに期待される協力も無償による資金協力より、技術協力的円借款となってきている。
- ・インドの持続的な経済開発を支えるため、デリー・ムンバイ間産業大動脈（DMIC）及び南部中核拠点開発構想（CBIC）などの、インドの経済発展を支える産業集積地域を官民一体となって開発していくために、JICAは円借款と技術協力により、支援を行っている。
- ・JICAのインド中小企業支援事業としては、本事業以外の環境・エネルギー分野では、「工業炉・ボイラー内耐熱カメラ（株式会社セキュリティジャパン/東京都、オガワ精機株式

会社/東京都 2013 年度普及実証事業を実施)」や「残留性有機汚染物質検査技術(株式会社東海テクノ/三重県 2014 年度案件化調査を実施)」などがある。⁵

(2) 普及・実証を図る製品・技術の概要

表 1-1 3つの機材の主な仕様等

名称 (型式番号)	湿式ナゲットプラント (WN-800 型)	切断機 (アリゲータシャ ーリング HAS-250 型)	剥線機 (KOS-M 型)
写真			
サイズ	10 ^L x5 ^W x3.9 ^H (M)	1250 ^L x630 ^W x1300 ^H (mm)	700 ^L x1000 ^W x1200 ^H (mm)
機材の数量	1 台	1 台	1 台
設置場所	NATRIP GARC, Plot.- E-1, SIPCOT Industrial Growth Centre Orgadam, Mathur Post Sriperumbadur, Taluk Kanchipurum District, Pin.- 602105.Tamil Nadu, India		
スペック (仕様)	ケーブル剥離後の細いゴム被覆の絶縁電線を細かく粉砕し、比重によって銅とゴムとを分離させる。	金属 (主に非鉄金属) や、廃プラスチックを対象とした移動が可能な切断機。実用的な切断力と安全性を兼ね備えて、強い力で太い電線にも対応できる。	ゴム製のケーブルの中身の絶縁電線の太い電線を剥離する
特徴	湿式ナゲットプラントは、電線を粉砕し銅と被覆に選別する機能を有する。水の浮力を利用した湿式比重選別で選別するため、微粉銅も回収できる特徴がある。	前処理用。実用的な切断力と安全性で太い電線にも対応できる切断機。	今回は最大 30mm までの幅広なアルミ線を剥線する専用機として使用。 高級車のバッテリー一部分に使用されている幅広な 30mm 平角線の

⁵ https://www.jica.go.jp/india/office/activities/sme_support/ku57pq000025i1m8-att/product_examples.pdf

	集塵機も付属している。		処理もできる。												
処理量	100kg/時間	100kg/時間	50kg/時間												
競合他社製品と比べた比較優位性	三立機械工業は国内で生産されている特殊な太い電線の処理機や、極細の電線や簡単には処理が難しいあらゆる廃電線をすべて処理出来る機器を揃えている。競合会社は一部の廃電線を対象とした機器しか製造販売は出来ていない。また、今般の自動車に使われている電気ケーブルはケーブルの外皮が多様かつ各種特殊素材で出来ており、他社・他国（中国等）の機器では対応ができない。 本技術は、日本において、高く評価され、日本の各地で続々とリサイクルプラントが稼働している。湿式として水を利用しているが、水は循環しており、外部には一切流れていない。また、水を活用することで、ワイヤーハーネスに使用されている細い銅をロスすること無く、高回収率に回収できる。 世界的には乾式のリサイクル方式が一般的に採用されているが、湿式の特徴である銅の高度な回収技術（99%の高効率な回収率）や、プラスチック（被覆樹脂）に銅分が混在することなく高精度で分離できている。 線種別に湿式プラントと乾式プラントを比較すると、以下のようになる。 <table border="1"> <tr> <th></th><th>雑線 (φ 0.6mm 以下の細線)</th><th>ワイヤーハーネス (銅線と被覆樹脂の場合)</th><th>ワイヤーハーネス (銅線と、アルミ線と被覆樹脂の混在)</th></tr> <tr> <td>湿式ナゲットプラント</td><td>◎</td><td>◎</td><td>○ 改良型：◎</td></tr> <tr> <td>乾式ナゲットプラント</td><td>△</td><td>○</td><td>×</td></tr> </table> 欧州からインド国への輸入製品（たぶん乾式プラント）との競合になるかもしれないが、湿式と乾式の銅回収率の差異（湿式が優位）があるため、長期稼働した場合の収益の差異に繋がることや、今後、自動車用電線の多様化により増えてくる銅線・アルミ線の混在したワイヤーハーネスについて湿式プラントが分離できる技術であることを強調したい。 公的機関である GARC で実証試験することで、インド国内の企業視察を受け入れており、インドにおけるリサイクル技術紹介・普及促進の拠点になっている。				雑線 (φ 0.6mm 以下の細線)	ワイヤーハーネス (銅線と被覆樹脂の場合)	ワイヤーハーネス (銅線と、アルミ線と被覆樹脂の混在)	湿式ナゲットプラント	◎	◎	○ 改良型：◎	乾式ナゲットプラント	△	○	×
	雑線 (φ 0.6mm 以下の細線)	ワイヤーハーネス (銅線と被覆樹脂の場合)	ワイヤーハーネス (銅線と、アルミ線と被覆樹脂の混在)												
湿式ナゲットプラント	◎	◎	○ 改良型：◎												
乾式ナゲットプラント	△	○	×												

国内外の販売実績	・国内：創業以来 40 年に亘り国内ではすでに出荷台数は 1 万台を超えている。 ・海外：近年海外にも出荷され、中国、ベトナム、フィリピン、マレーシアなどアジア各国に 30 台あまり輸出している。
----------	---

第2章 普及・実証事業の概要

(1) 事業の目的

廃棄ワイヤーハーネスの銅残渣による環境負荷軽減に向け、提案製品を活用した銅資源高度リサイクル事業の有用性及び事業性を実証するとともに、リサイクル技術者育成等を通じ、本リサイクル事業の普及を図る。

(2) 期待される成果

成果1.NATRIP GARC のリサイクル施設（デモ解体プラント）にて提案製品を活用してワイヤーハーネスの処理及び銅資源の取得が実証される。

成果2.対象州・地区にて、ワイヤーハーネスにかかる処理・銅残渣リサイクル方法が確立され、そのマニュアルが伝達される。

成果3.当該リサイクルにより、C/P リサイクル施設から廃棄されるワイヤーハーネスの銅が高い剥離率でリサイクルされ、環境負荷が減少する。

*「剥離率」とは、処理されたワイヤーハーネスから取得した銅資源の量（(取得銅資源量(g)/ワイヤーハーネスが含有する銅資源量(g))*100(%)）を示すものとする。その目標値については、50%とする。

成果4.C/P リサイクル施設にて抽出された銅が、民間業者等に販売され、提案製品の投資回収年数や事業の収支が分析されるとともに事業の利益化モデルが示される。

(3) 事業の実施方法・作業工程

本事業では、C/P の GARC 内リサイクル施設において、使用済み車両等におけるワイヤーハーネスからの高度リサイクルシステム確立を行う。具体的な活動は以下のとおり。

【成果1に係る活動】（指標：5回以上の実施）

活動1. 提案製品にかかる導入、稼働、実証

1-1 C/P との事前協議・説明

- ・譲渡後の機械の実施体制（継続して活用される方法を模索する）を協議する。
- ・設置における配置図を確認する。
- ・設置における以下の条件があるか確認する。

：工業用電源1個（制御盤用を必要箇所に配線する。）、水道（水道管を必要箇所に設置する。）、排水（タンクの運搬）、集塵機、フォークリフトに関する協議

：人員として、オペレーター2～3名、前処理5～6名、（内 GARC 人員最低限3人）（育成される人材となるので、雇用形態を確認する）

- ・ GARC が荷物輸送の受け取りとして、リフト操作荷卸しおよび受け取り、さらに設置における以下の条件を確認する。
- ： GARC が設置における人員を 6～7 名用意する。
- ： 三立機械工業が、機材の操作およびワイヤーハーネス回収計画を立てる（スクラップ工場の数量とハーネスの量の推定）
- ・ GARC が普及セミナーの場所（チェンナイ、デリー）を決定し、費用負担し、参加者の招へいを行う。
- ・ GARC が光熱費・水道料金を調べる。

1-2 設置場所確認・機材の製作・輸送

- ・ 設置場所は GARC 内の自動車リサイクル試験棟
- ・ 機材の制作～梱包・国内移動・陸上輸送にかかる期間：3 か月

1-3 設置工事・配電工事

- ・ GARC が人員 6～7 人とフォークリストを用意する（期間：6 日間）。
- ・ GARC が、木枠の梱包材を外す（木枠 20 個程度・コンテナ 2 つ分）
- ・ GARC が、フォークリフトで配置する。
- ・ GARC が、制御盤（変圧器）をつなげる。
- ・ GARC が、水道をつなげる。
- ・ GARC が、連結作業として、コンベアーを乗せる、ダクト管を配管する、各機器にアースボルトを打つ。

1-4 ワイヤーハーネスの収集・投入前処理・投入処理の実施

ワイヤーハーネスの収集

- ・ 三立機械工業が、操作計画を作成する。；最低限：5 回の機械の操作指導（時期は、設備設置時、開所式、2 回操作を教える時期・3 回データ収集時期のうち適宜）
- ・ GARC がワイヤーハーネスを収集する。
処理 1 回あたり 1 トン（日量） x 6 日間＝計 6 トン
- ・ GARC と三立機械工業が、ゴミ成分分析を行う。
- ・ GARC と三立機械工業がハーネスの前処理として、ゴム部分を分離して、ハーネスとプラスチック部分をシャーリング・はさみを使って切断する。
- ・ GARC と三立機械工業がデータ収集（データ収集のうち一回は焼却処理との比較を行う）し、比較分析を行う。

【成果 2 に係る活動】（指標：リサイクルポンチ絵・マニュアルの作成と研修がされる）
活動 2．リサイクル方法整備・普及

2-1 ワイヤーハーネスリサイクル処理にかかる現状・課題の抽出について、C/P 及び関連部局と協議を実施

- ・以下の事項について NATRIP、GARC、ARAI、インド自動車工業会（SIAM）、タミル・ナド州政府等に聞く。
- ・リサイクル法等に関する課題
- ・環境（集塵・排水）について聞き取りをおこなう
 - ・自動車リサイクル法
- ・州ごとの廃車制度（車検・事業社登録・事故車の取り扱い）

2-2 銅資源販売を含めたリサイクル方法の確立、維持管理方法を含むリサイクルマニュアル作成・研修

- ・GARC がスクラップ工場のリストアップをする。
- ・GARC がリサイクル業者、精錬業者のリストアップを行う。
- ・廃車収集状況をおいかけて、リサイクルポンチ絵を作図する。
- ・三立機械工業が、銅回収におけるマニュアルを作成する。内容は以下の通り。
 - ・機械の安全性に関する説明
 - ・機械の操作に関する説明（前処理・剥離機・ナゲット処理）
 - ・メンテナンス含むトラブルシューティング
- ・三立機械工業が、研修（10 月・12 月）（2 日講義・質疑応答）を実施して、以下の人員を育成する。
- ・ナゲット処理装置オペレーター：2～3 名
- ・前処理・剥離機担当：5～6 名

2-3 NATRIP 関係者ほかインド自動車業界・リサイクル業界の経営者技術者へのリサイクルマニュアルを通じてのワイヤーハーネス銅資源リサイクル方法の紹介セミナー【指標：参加者デリー50 人、チェンナイ 50 人程度】

- ・GARC が関係者を招へいする。
- ・GARC が日程と場所（デリー、チェンナイ）を選ぶ。
- ・セミナーの内容を考察する。（日本の法律紹介、リサイクルコスト採算性、ワイヤーハーネスの焼却の課題、先進国における銅の枯渇量、インドの輸出入）

【成果 3 に係る活動】（指標：銅の剥離率 50%、自動車廃棄台数）

活動 3. データモニタリング

3-1 廃棄されるワイヤーハーネスに含まれる銅残渣につき、提案製品導入前と導入後の残渣量のデータの取得・比較

- ・焼却との比較した場合の剥離率を比較する（比較例 10kg×2）（目標値 50%）。

この比較により、ハーネスの銅含有率を調べ、当技術がどれだけ剥離率が高いかということを示す。

- ・生成した銅の分類を分類表（後述の表 4-2 参照）に応じて、格付けする。（JIS 規格の基準確認を目視で行う。）
- ・GARC が自動車廃棄台数（各スクラップ工場の廃棄台数）を調べる。
- ・GARC がバイクの廃棄台数調べる。

3-2 上記モニタリング結果の分析、廃棄銅残渣及び環境負荷減少の実証

- ・上記モニタリング結果を報告書でまとめる。
- ・自動車台数からハーネスの残渣分、リサイクル資源量、経済性として銅の販売価格を算出する。

【成果 4 に係る活動】

活動 4. 収支分析・ビジネス展開

4-1 NATRIP を通じてインド国内の精錬工場へ銅資源販売先（例えば南インドの Sterlite Copper Tuticorin 精錬所など）の調査

- ・GARC が、精錬工場・リサイクル業者のリストアップをする。
- ・GRAC と三立機械工業が、ワイヤーハーネス、銅の国内外市場調査を行う。

4-2 本製品導入コストと銅資源販売による収支のバランス分析（光熱費含む）

- ・三立機械工業が、現地部分製造の可能性調査のため、企業への訪問と調達能力を調べる。
- ・三立機械工業が、現地の販売価格の想定をする。
- ・三立機械工業が、現地パートナーの据え付けの可能性を調べて、現地据え付け価格を決定する。
- ・GRAC と三立機械工業が、人件費調査として、最低賃金を調べ、現地パートナーと交渉して、日当などを想定する。
- ・GARC が、光熱費（電気代、水道代）を調べる。
- ・三立機械工業が、顧客にとっての投資金額、投資回収年数と採算性を分析する。

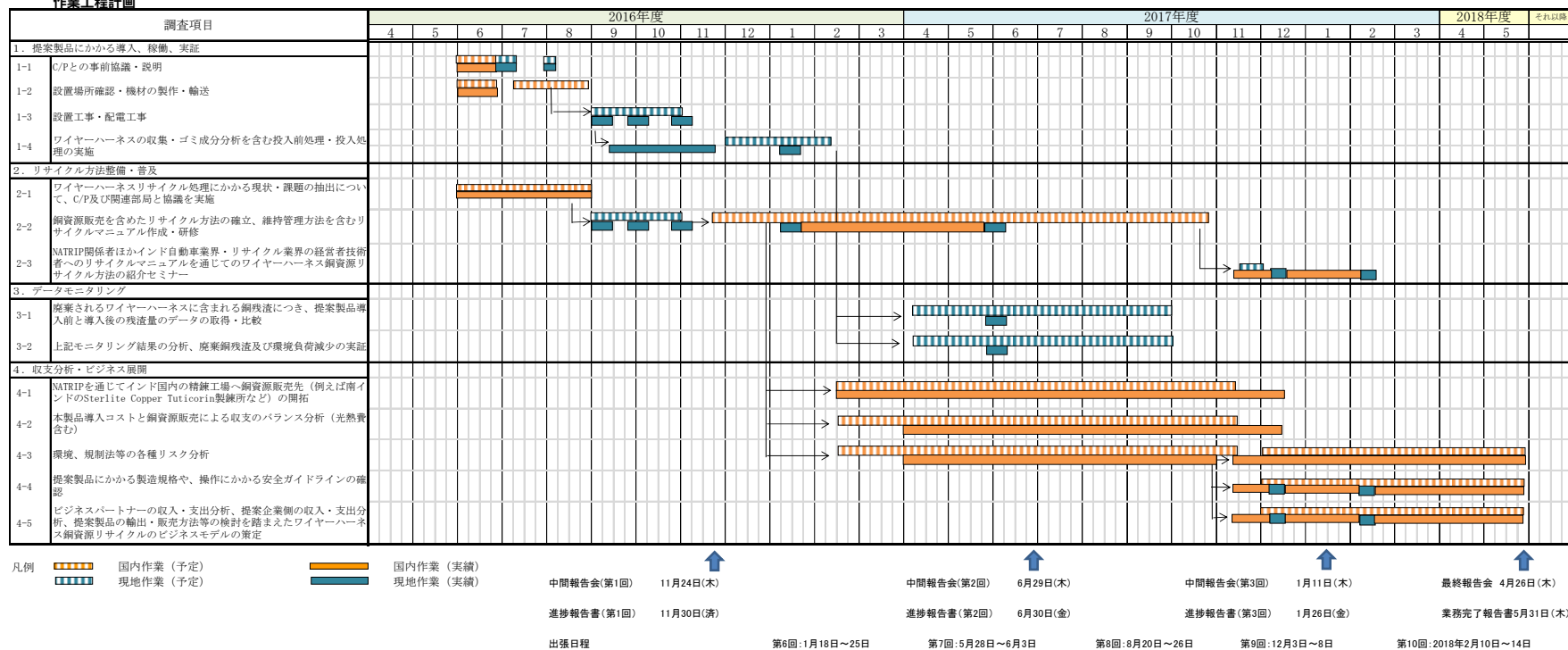
4-3 環境、規制法等の各種リスク分析

- ・GARC が、環境リスク（ほこり、塵芥、排水）の情報収集を行う。
- ・三立機械工業が、カンントリーリスク（紛争、政情不安、汚職）、政治・経済動向、経済概況（賃金コスト、工場用地の価格高騰）、インフラ整備状況（港湾・空港、道路、通信、電力事情等）、労働事情（頻繁なストライキ）、商習慣、近隣住民の反対運動、現地の安全性（治安、医療体制）、自然災害などの現状に関する情報収集は、WEB サイト、現地新聞、情報誌などから収集を行う。

4-4 提案製品にかかる製造規格や、操作にかかる安全ガイドラインの確認

- ・三立機械工業が、JETRO、総領事館、インド商工会議所、日系企業の商工会議所に以下の聞き取りをする。
 - ・三立機械工業が、ビジネスにおける現地合弁会社設立における手続き、期間を調査する。
 - ・三立機械工業が、製造規格について認証手続き・販売許可の有無などを確認する。
- 4-5 ビジネスパートナーの収入・支出分析、提案企業側の収入・支出分析、提案製品の輸出・販売方法等の検討を踏まえたワイヤーハーネス銅資源リサイクルのビジネスモデルの策定。
- ・三立機械工業が、ビジネスパートナー候補をリストアップする。
 - ・三立機械工業が、ビジネスパートナー候補を条件（メンテナンスできるエンジニアがいる、据え付け技術がある）をもとに絞りこみ、交渉する。
 - ・三立機械工業が、ビジネスパートナーの収入・支出分析をする。現地での部品製造の可能性を確認して、現地価格を決定する。
 - ・GARC が、販売先としてスクラップ工場・リサイクル業者をリストアップする。また、メーカー（自動車・家電）でのリサイクル可能性について模索する。
 - ・三立機械工業が、提案企業側の収入・支出分析で、収支計画書を作成する。
 - ・三立機械工業が、輸出価格・販売方法について検討し、金額を算出する。

作業工程計画



(4) 投入（要員、機材、事業実施国側投入、その他）

契約件名：インド国ワイヤーハーネスからの鋼資源高効率リサイクル普及・実証事業										監督職員確認印：【監督職員氏名】																																				注	日数 合計	人月 合計
事業 コード	氏名	担当業務	所属	項目	進捗 回数	契約期間																																				日数 合計	人月 合計					
						2016年												2017年												2018年																		
						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													
1	中根 昭	業務主任者/総括	三立機械工業 会長	計画	10				(7日)		(5日)	(10日)	(7日)	(5日)				(7日)		(5日)							(10日)											66	2.20									
				計画管理用 (任意)	10			(3日)	(6日)	(5日)	(3日)	(5日)	(6日)	(5日)	(8日)			(17-25)		(4日)	(3日)						(7日)						(6日)	(5日)				75	2.50									
				実績	10			4/28-30	7/1-6	10/4-10	9/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	10/1-26	75	2.50								
				計画	1			(3日)	(6日)	(8日)	(3日)	(5日)	(6日)	(5日)	(7日)																										7	0.23						
2	中根 亮一	副業務主任者	三立機械工業 社長	計画	1																																		7	0.23								
				計画管理用 (任意)	2																																					10	0.33					
				実績	2																																					9	0.30					
				計画	1																																						10	0.33				
3	鈴木 学	パイロット設置	三立機械工業 工場長代理	計画	3					(5日)	(18日)			(5日)																										20	0.67							
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																															12	0.40					
				実績	1					(2日)	(18日)																															12	0.40					
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				実績	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				実績	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				計画	1					(2日)	(18日)																																0	0.00				
				計画管理用 (任意)	1					(2日)	(18日)																																	0	0.00			
				実績	1					(2日)	(18日)																																					

[illegible]

外部人材【現地業務】		契約原簿																																				日数 合計	人月 合計		
年度 月	氏名	担当業務	所属	項目	進捗 回数	2016年												2017年												2018年											
						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						
4	福田 暢文	チーフアドバイザー ODA事業計画立案	JFEテクノリサーチ主査	計画	10			(7日)		(5日)	(10日)	(7日)		(5日)		(7日)		(5日)		(5日)		(5日)		(10日)															66	2.20	
				計画管理用 (任意)	10			(3日)	(6日)	(6日)	(13日)	(6日)	(6日)	(11日)	(4日)				(4日)	(3日)			(7日)				(12日)	(4日)										75	2.50		
				実績	10			6/28-30 (3日)	7/1-6 (6日)	7/14-16-21 (6日)	8/1-2-3-9-10-15-16 (9日)	8/15-16 (2日)	8/23-24 (2日)	9/5-6 (2日)	11/1-6 (6日)	1/15-25 (11日)								5/28-31 (4日)	6/1-3 (3日)			8/20-26 (7日)											12/1-8 (8日)	2/10-14 (5日)	
5	石塚 仁司	ODA事業課題検討	JFEテクノリサーチ部長	計画	2							(7日)																											17	0.57	
				計画管理用 (任意)	1										(5日)																									5	0.17
				実績	1											(5日)																								5	0.17
6	大島 誠	ODA事業現状分析	JFEテクノリサーチ主査	計画	1						(10日)																												10	0.33	
				計画管理用 (任意)	0																																			5	0.17
				実績	0																																				0
7	松山 幸也	地元経済振興・地域活性化の検討と助言	千葉市産業振興財団 コーディネーター	計画	3			(7日)				(7日)																											0	0.00	
				計画管理用 (任意)	2			(3日)	(6日)				(5日)																										0	0.00	
				実績	2			6/28-30 (3日)	7/1-6 (6日)	7/14-16-21 (6日)	8/1-2-3-9-10-15-16 (9日)	8/15-16 (2日)	8/23-24 (2日)	9/5-6 (2日)	11/1-6 (6日)	1/15-25 (11日)								5/28-31 (4日)	6/1-3 (3日)			8/20-26 (7日)											0	0.00	
8	八木 敏明	インドでのビジネスモデル検討(日本での調査)	個人(元APOテクノサポート)	計画	0																																		0	0.00	
				計画管理用 (任意)	0																																			5	0.17
				実績	0																																				0
9	有岡 義洋	インドでのビジネスモデル検討(現地調査)	ジームス・アソシエーツ(専門家)	計画	10			(7日)		(5日)	(10日)	(7日)		(5日)		(7日)		(5日)		(5日)		(5日)		(10日)															66	2.20	
				計画管理用 (任意)	10			(3日)	(5日)	(6日)	(5日)	(4日)	(5日)	(7日)									(4日)	(3日)			(7日)												60	2.00	
				実績	10			6/28-30 (3日)	7/1-6 (6日)	7/14-16-21 (6日)	8/1-2-3-9-10-15-16 (9日)	8/15-16 (2日)	8/23-24 (2日)	9/5-6 (2日)	11/1-6 (6日)	1/15-25 (11日)								(4日)	(3日)			8/20-26 (7日)												60	2.00
																																			外部人材 人月小計 (現地)	計画 管理用 実績	155 125 140	5.17 4.17 4.67			

外部人材【国内業務】				契約期間																																				日数 合計	人月 合計																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
年度 月	氏名	担当業務	所属	項目	進捗 回数	2016年												2017年												2018年																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
						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																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

表 2-1 資機材リスト

	機材名	型番	数量	設置年月	設置先
1	湿式ナゲットプラント	WN-800 型	1 台	2016 年 9 月	GARC・リサイクルデモ棟 (チェンナイ)
2	切断機 (アリゲータシ ャーリング)	HAS-250 型	1 台	2016 年 9 月	GARC・リサイクルデモ棟 (チェンナイ)
3	剥線機	KOS-M 型	1 台	2016 年 9 月	GARC・リサイクルデモ棟 (チェンナイ)

※2017 年 12 月 5 日付けの機材引渡式にて、
GARC からの「CERTIFICATE_OF_HANDOVER」を JICA インド事務所が受け取る。

(5) 事業実施体制

・提案者の支援体制 (日本側)

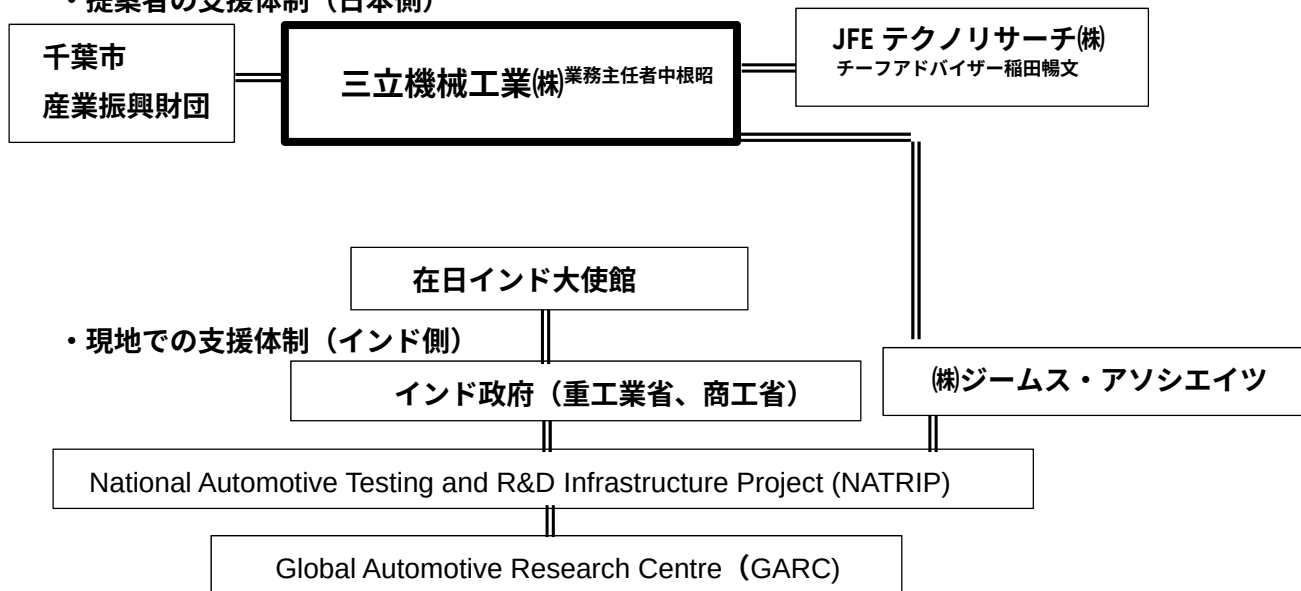


図 2-1 事業実施体制

表 2-2 調査団の要員計画・業務分担

	担 当	氏 名	所 属	業務内容
1	総括・団長（業務主任者）	中根 昭	三立機械工業(株)	①提案製品にかかる導入、稼働、実証
2	副業務主任者	中根 亮一		②リサイクル方法整備・普及
3	パイロット設置	鈴木 学		③データモニタリング
4	チーフアドバイザー	稲田 暢文	JFE テクノリサーチ(株)	①GARC との連絡
5	ODA 事業課題検討	石塚 仁司		②リサイクル方法整備・普及
6	ODA 事業現状分析	大畠 誠		③データモニタリング ④収支分析・ビジネス展開
7	地域課題の検討	松山 隼也	千葉市産業振興財団	①収支分析・ビジネス展開
8	ビジネスモデル検討	有岡 義洋	(株)ジームス・アソシエイツ	①GARC との連絡 ②収支分析・ビジネス展開
9	ビジネスモデル検討	八木 敏明	元 NPO テクノサポート (2017 年時点は個人)	①GARC との連絡 ②収支分析・ビジネス展開

（６）事業実施国政府機関の概要

カウンターパート名：

インド国立自動車試験研究開発機構 グローバル自動車研究センター

National Automotive Testing and R&D Infrastructure Project(NATRIP),

the Global Automotive Research Centre (GARC)

GARC 職員数：100 名程度のうち、実施部署であるリサイクルデモ（RDU）では、自動車リサイクル担当技師 2 名、ナゲットプラント操作助手/オペレーター 2 名、解体レーン専任作業員 30 名程度が在籍(図 2-2 参照)。

対象地域：インド国 タミル・ナド州チェンナイ、(C/P 機関本部（NATRIP）：デリー)

事業内容：「インドのデトロイト」といわれるチェンナイの自動車製造工業団地に近接する GARC は、自動車性能試験全般を実施する研究拠点である。NATRIP はインド国内 7 か所の研究拠点を持っている(図 2-3 参照)。

体制の概要： GARC 内のリサイクルデモ棟に廃電線リサイクル機器設備「湿式ナゲットプラント・剥線機・アリゲータシャリング」を設置した。

GARC の組織図は図 2-2 の通り⁶。

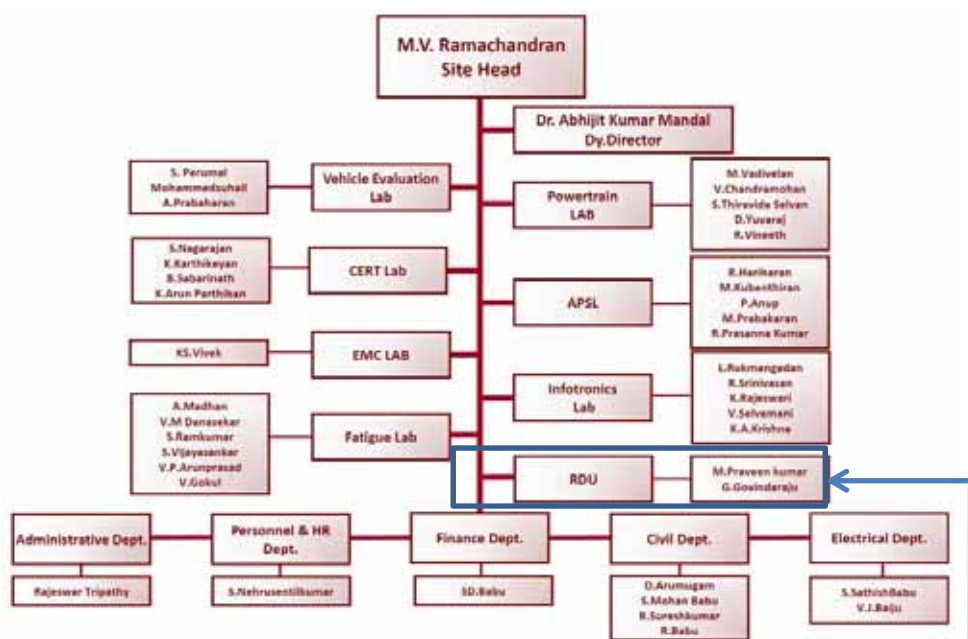
リサイクルデモ部門（RDU）は、インドにおける近代的な廃自動車リサイクル産業の開発の重要拠点に位置付けられている。原料を分別しやすい車体設計や収集後の分離技術、インドでのリサイクル技術の普及などを担当している。

⁶ <http://www.garc.co.in/>

リサイクルデモ部門の主な目的は、下記の3つがある。

- 安全に自動車解体を行うことに関する実証研究
- リサイクル率やより良いリサイクル方法の検討
- リサイクルにかかるビジネスモデルの検討

実際の廃車解体・リサイクルの経験を基に作業の標準化を行い、インド国内で、今後整備されると期待されている ELV 施設への管理・監督をする役割を担う。



解体証明（例）



RDU 外観

図 2 - 2 GARC 研究組織図

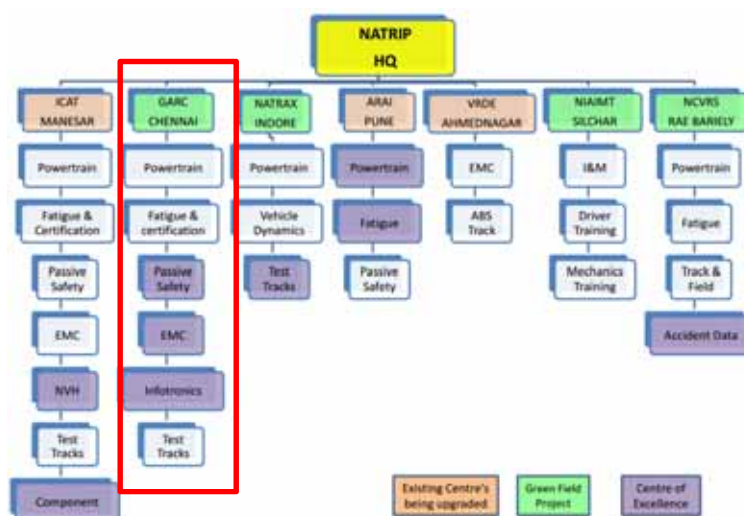


図 2-3 NATRIP 研究拠点と研究組織図

出典：上図：地図参照元国連 <http://www.un.org/Depts/Cartographic/map/profile/SouthAsia.pdf>、当該加工は三立機械工業による。なお、領土、国境等に関しては JICA 公式見解ではない。

第3章 普及・実証事業の実績

(1) 活動項目毎の結果

【成果1に係る活動】

活動1. 提案製品にかかる導入、稼働、実証

1-1 C/P との事前協議・説明

2016年6月、8月にGARCを訪問して機器設置に関して協議した。GARC側は、先方の負担でリサイクル棟の床面かさ上げを行うなど当方の設置条件に積極的に協力した。

1-2 設置場所確認・機材の製作・輸送

表2-1に示す通り、2016年9月8日に現地RDU棟に設置した。

1-3 設置工事・配電工事

2016年9月の現地工事に合わせて、GARC側が自己負担で、分電盤の設置、給水・排水配管系の設置など、関連工事を行った。

機材（3機種）は電源、水道管などにつないで設置したのちに、試験運転のためワイヤーハーネス50kgを投入し装置を稼働した結果、26.4kgの銅が回収された。集塵機を含むすべての機材は正常に稼働して問題無かった。

2016年11月4日に機器稼働を周知するために、NATRIP関係者ほかインド自動車業界・リサイクル業界の経営者・技術者などチェンナイ周辺の関係者約50名を招待して、機器稼働式（テープカット式典）およびワークショップ（機材のプレゼンテーション・見学会）を開催した（表3-1参照）。

表3-1 開所式の参加者リスト

ORGANISATION 所属先	NAME 氏名	TITLE 役職
Consulate-General of Japan(領事館)	Seiji Baba	Consul - General
JAPAN EXTERNAL TRADE ORGANIZATION (JETRO)	Hidehiro Ishiura	Director General
Japan International Cooperation Agency Jica India office (JICA)	Masaaki Kawamura	Programme Specialist
BMW Chennai 工場(自動車)	MUTHUKUMARAN.K	MANAGER-INDIRECT TAXES
	KARTHICK A RTM	SR.MANAGER
Renault Nissan Technology and Business Centre India Pvt. Ltd.	SARARAVAN	ASST.MANAGER
	MOHANDOAA	ASST.MANAGER

(RNTBCI) Chennai 工場(自動車)	GNANASEKARAN	ASST.MANAGER
ASHOK LEYLAND(自動車)	S.MOHAN	OFFICER
	S.PARTHIBAN	AGM
	RAJ KISHORE NAIK	HEAD(PRODUCT DEVELOPMENT)
	KARTHIK	ENGINEER
	VIGNESH	ENGINEER
Mahindra and Mahindra Limited (M&M)(自動車)	SARAVANAN MUTHIAH	PRINICIPAL ENGINEER
	SURESH	SR.MANAGER
	E.KARTHIKEYAN	MANAGER
	M.KANNAN	DEPUTY GENERAL MANAGER
VOLVO(自動車)	REX	DEPUTY MANAGER
HERO (二輪車)	ALEX KURIAN	MANAGER
CATERPILLAR(重機)	KARTHICK	DESIGN ENGINEER
	RAGHAVAN	DESIGN ENGINEER
	RAGHAVAN	DESIGN ENGINEER
	HEMAKUMARI	DESIGN ENGINEER
	SURESH	DESIGN ENGINEER
	MADHANA KRISHNAN	DESIGN ENGINEER
MSTC Limited (A Government of India Enterprise) MSTC CHENNAI(政府系リサイクル機関)	V.VASANTI	REGIONAL MANAGER
MSTC KOL(政府系リサイクル機関)	SLUS TAPAS BASU	GM
SIMS RECYCLING SOLUTIONS (リサイクル業者)	S.SATHEESHKUMAR	MANAGER- BUSINESS DEVELOPMENT
APOLLO(タイヤ)	K.V.REDDY	SR.SPECIALIST - TESTING
	RANJITH	TESTING
SAINT GOBAIN(ガラス)	MAGESH BABU.L.G	ADMINISTRATION
Automotive Skills Development Council: ASDC(自動車業界)	N.BALASUBRAMANIAN	LEAD-TRAINER

1-4 ワイヤーハーネスの収集・ゴミ成分分析を含む投入前処理・投入処理の実施

2016 年 9 月、10 月の現地稼働試験に合わせて、GARC 側で、廃自動車（BMW 車）約 50 台からワイヤーハーネスを約 1,000 kg 収集しており、湿式ナゲットプラント並びに関連機器の稼働試験を行った。BMW 車は入門モデル 3 シリーズ車でも 1 台あたり 12.9 kg（実測値）、上級モデル SUV 車では 21.0 kg（実測値）のワイヤーハーネスが回収できた。写真のように上位機種ほど電装品が多く車体各所をワイヤーが巡っている。

自動車用ハーネス類は、フロアハーネス(約 6 kg)、エンジンルームハーネス(約 3 kg)、エンジンハーネス(約 2 kg)、ドアハーネス(約 1.5 kg)、トランク内ハーネス(約 0.5 kg)などがある。部分別に銅比率に相違があるが、銅重量に換算すると、ハーネス重量の平均 65%程度が銅重量に相当するとされる。成果目標として 50%としていたが、実際に解体した BMW 車の試験結果としては約 65%の剥離率（銅取得量/投入ワイヤーハーネス重量）を得た（後述の表 3-4 と 3-5、図 3-4 参照）。



写真 3－1 BMW 車のワイヤーハーネス配線透視図

本事業では、BMW 廃車 1500 台を解体処理しており、概算 30 トンのワイヤーハーネスを 2016 年秋から 2017 年にかけて回収している。引き続いて 2017 年 8 月からは日産ルノー SUV 廃車を解体処理しており、その後 2017 年 12 月からはインドのマヒンドラ（Mahindra）車の廃車を引取り解体している。湿式ナゲットプラント（WN-800）機材は定常的に稼働している様子である。また、GARC での研修生（工業高校・高専のインターン生）による湿式ナゲットプラントを操業体験する研修にも活用している。

取り外したワイヤーハーネスはコネクタ・ソケットを切断して、電線部分だけとして湿式ナゲットプラントに投入して、銅ナゲットを回収している。GARC がチェンナイ市内のリサイクル企業（SIMS Recycling 社）へ販売した銅ナゲットの引き取り価格は、2017 年 1 月時点で 1 kg あたり 180 ルピー（約 330 円）だった。詳しく聞くと銅ナゲットが 300 ルピー（約 540 円）であり、日本での価格（2017 年 1 月時点での価格）では 570 円程度だから、インドでの引取額はやや安い、銅ナゲットについては妥当な価格ともいえる。

別途、文献調査で入手したインドでの販売値段事例でも、「鉄スクラップは 1kg 当たり 23 ルピー、アルミスクラップは 1kg 当たり 110 ルピー、銅スクラップは 1kg 当たり 250～300 ルピーである」とあったので、裏付けもとれている。

しかしながら、「180 ルピー」という値付けは、回収したナゲットに白っぽいメッキ品の銅ナゲットがあるため、アルミニウム材が混入したように見えたために、正しい値付けがされていない為のようである。同サンプル品を持ち帰り、日本での売価を調べたところ、ピカ銅品⁷の 40～50 円落ちで、ピカ銅がインドで 300 ルピーの場合は、約 50 円落ちしても「285 ルピー」が適正価格とわかったので、GARC では 100 ルピーほど安値で売却していたようである。以上を考慮して、インドでの銅ナゲット価格は 6.5 ドル/kg と推定している。

なお、2017 年 11 月に国際銅価格は 1 kg あたり US\$7 にまで高騰しており 2018 年 3 月でもほぼ同レベルの高値安定で推移しており、リサイクル事業の採算性が高まっている。2018 年通年も同レベルの国際価格推移が予測され、銅スクラップ品の需要も高まると推察される。



写真 3－2 山積みのワイヤーハーネス
(廃ハーネス上に載っている Paraveen Kumar 氏。
これで概算約 10 トン (BMW 車換算で 500 台分)

⁷ 電線から被覆(皮)を取り除いた銅線で、表面に加工や劣化がないもの

【成果 2 に係る活動】

活動 2. リサイクル方法整備・普及

2-1 ワイヤハーネスリサイクル処理にかかる現状・課題の抽出について、C/P 及び関連部局と協議を実施

・自動車産業標準・廃車規格

インド自動車工業会（Society of Indian Automobile Manufacturers : SIAM）は、2006 年に立案された「年次行動計画（Automotive Mission Plan : AMP）2006-16」に続くターゲットとして「Automotive Mission Plan 2016-26」（AMP 2016-26）を掲げている。「AMP 2016-26」では、インドの自動車関連産業（Automotive industry）について、①今後新たに 6,500 万人の雇用機会を創出すること、②モディ首相の進める「メイク・イン・インド」や製造業の中での牽引役となること、③車両輸出を 5 倍に、同部品輸出を 7.5 倍に増やすことを企図すること、④インドの名目 GDP の 12% 超を占めること、⑤ 2015 年比で産業規模を 3.5～4.0 倍とすることなど、などが記されている。また、製造業の競争力を維持・改善し、また環境や安全性の問題に対処するために、特定の（政府）介入が想定されるとも示されている

自動車産業標準・廃車規格 (AIS-129)^{注1}は 2015 年 3 月の最終案が道路交通省 (MORTH) の安全基準委員会 (Central Motor Vehicle Rule-Technical Standing Committee : CMVR-TSC) でのパブリックコメントを終えて、2017 年 7 月に国会審議の段階にある。このドラフトは、3 部構成で 1 部は、廃自動車 (ELV) の回収や解体の規制、2 部と 3 部は自動車メーカーの規制となっており、RRR104 の計算⁸、鉛、水銀、カドミウム、六価クロムなどの重金属使用の制限、プラスチック部品や材料の表示、解体情報の提供が挙げられている。また、インドの ELV 規制は、2000 年以前の製造されたすべての車両を廃車 (ELV) 対象とする。四輪自動車 (M1 カテゴリー⁹) だけでなく、二輪車 (L1 と L2 カテゴリー¹⁰) も対象であることが特徴である。また、ELV 所有者には、図 2-2 に示したような解体証明書 (Certificate of Destruction : CoD) が発行され、車両登録の抹消が行われる。さらに、インド政府は、リサイクル率を上げるために廃車のために持ち込まれた各乗用車に対して 25,000 ルピー (US\$375) のインセンティブを廃車所有者に提供しよう提案している。

なお、市場に流通している車両部品についての既存の規制がないことから、この草案には車両部品に関する規制は盛り込まれていない。（注 1：別添 3 参照）

⁸ Reusability, Recyclability and Recoverability の略で再使用、再資源、再生の可能性を指す。
リサイクル率目標 80%以上

⁹ M1 は四輪若しくは 3 輪の乗用車両。運転席を除き座席数が 8 席以下。

¹⁰ L1 は最高速度 45km/h を超えない、排気量 50cc を超えない二輪車。L2 は L1 以外。

・リサイクル法等に関する課題の将来見通し

インド自動車協会（Society of Indian Automobile Manufacturers:SIAM）が掲げている自動車産業成長戦略 The Automotive Mission Plan 2016-26 (AMP 2026)¹¹ の第 5.4 節 EOL（End of Life）には、以下のことが記載されている。

『2026年までの自動車産業の成長戦略において、EOLの実施を想定している自動車製造および組立のポリシーは、安全性と環境の保全に合致している。既にAMP2016でも、そのような政策を構想したが、この目標に向けて多くの進歩が見られる。いくつかの顕著なEOL施策は次のとおりである。

i) EOL施策は、特定の町や地域に限定されるものではない。インド国のどこにいても、すべての車両所有者は 居住地に近い車両廃棄物センター（スクラップセンター）へ廃車を持ち込める。

ii) 車両および組立のカテゴリでは、異なるスクラップ用およびEOL用の標準が、I&C施策¹²に関連して定義されている。

iii) インド政府は、車両を解体するトレード可能証明書（解体証明書）のような革新的な金融商品でインセンティブの導入を検討している。インド政府は、リサイクル率を上げるために廃車として持ち込まれた乗用車に対して25,000ルピー（US\$375）のインセンティブを廃車所有者に提供するよう提案している。このような廃車奨励策が、導入される可能性があり、特に、環境に影響を与えるような古い車両に適用される。インド政府は、（2000年以前に販売された）車齢15年以上の車を廃車する意向のあるオーナーにインセンティブを導入するべきと検討している。インドでは普通乗用車に対する車検制度はなく、商用車（バス、トラック、タクシーなど）にのみ車検が課されている。有効期間は新車が2年間、更新後1年間（以降毎年更新が必要）とされている。普通乗用車の場合、登録すると15年間有効でその後も更新が可能となっている。その間に車検等義務はない。検査及び車検証発行の権限自体は州政府にあり、車検場（testing station）で車検証を発行する。また、車両登録や商用車の運営許可は地域交通局（Regional Transport Offices（RTO））が担っている。

iv) 必要な法律および規制当局は、ROAD TRANSPORT AND SAFETY BILL（RTSB）2015 規則の下で、想定される EOL の問題に取り組む。』

とある。（別添 4 参照）

また、2016 年 10 月の NATRIP CEO Sanjay Bandopadhyaya 氏との面談でも、インド国内 10 か所に車両廃棄物センター（スクラップセンター）を開設すると説明があった。

NATRIP CEO Sanjay Bandopadhyaya 氏や GARC 所長 M.V.Ramachadram 氏、インド自動車工業会（SIAM）Executive Director Tech. K.K. Gandhi 氏や Associate Director Amit

¹¹ <http://www.siamindia.com/uploads/filemanager/47AUTOMOTIVEMISSIONPLAN.pdf>

¹² 車検証 Inspection and Certification Regime(I&C))

Kumar 氏などインド自動車行政側や、さらに Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd. Laxman Popalghat 氏と Vinay Dalmia 氏など民間企業等の各氏からのヒアリング話を総合すると、インド国内にリサイクル拠点 30 か所以上を整備する計画である。既に家電リサイクル（E-Waste）回収事業もインド国内各地で稼働しており、健全なリサイクル事業者が増えている。E-Waste リサイクル業者である ECORECO 社 B K Soni 氏の話では、インフォーマル業者を統合して再教育していく研修を政府支援の基で進めているとのことだった。

民間でも、鉄鋼省傘下 MSTC Ltd がインド自動車製造会社であるマヒンドラ・グループの子会社 Mahindra Intertrade と組んで、Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.を 2016 年 12 月に設立して、2017 年 6 月からデリー近郊グレータノイダで最初の廃車車両の汚染除去と解体を行うリサイクル工場を建設途中であり、2018 年 2 月に工場見学した際には、本格的な自動車破砕工場も施設はほぼ完成し、4 月からは商業稼働を開始する予定であると聞いた。まずは毎日 100 台解体処理して、年間 10 万～15 万トンの鉄くず処理能力を有する（ワイヤーハーネス重量として年間数百トン程度）規模になる。



写真 3－3 Mahindra MSTC Recycling 社グレータノイダ工場
(解体した廃車からは部品を分別回収して、廃車 17 台からワイヤーハーネス約 100kg (小型車一台あたり約 6 kg) を回収している。)

2018 年には、デリー以外の全国に 4 つのリサイクル工場（計画では、チェンナイ、アーメダバード、カルカッタ、バンガロールなど）を設置する予定である。

インド国内でのリサイクル用の破砕工場の稼働によりは従来、海外から屑鉄の年間 500～600 万トン輸入を減らし、電気炉用の屑鉄原料をインド国内調達することに役立つ。さらに、廃電線銅資源の回収も併設できる。リサイクル工場は、車齢 10 年以上廃自動車（ELV）や白物家電などを処理するようになる。

計画されたプラントには、回収、圧縮、輸送、汚染防止、解体、細断、リサイクル、廃棄などの自動車リサイクル機能がある。施設には船舶や機械もスクラップする設備

が備わっている。さらに将来は、同社は、全国の 30 の廃車リサイクルセンターのネットワーク整備の計画もある。Vinay Dalmia 氏の見込みでは、今後、廃車が増えればインド全国数百か所のリサイクル工場が必要とのことだった。インドの自動車リサイクル市場は、今後 10 年間で 50 億米ドル相当の市場規模があると概算している。

2-2 銅資源販売を含めたリサイクル方法の確立、維持管理方法を含むリサイクルマニュアル作成・研修

- ・廃車収集状況をおいかけて、リサイクルフローを作図した。

解体業者へ渡された自動車の廃電線は、一般的に、銅資源全体のマテリアルフローは次図のようになる。ワイヤーハーネスの銅線は銅資源としてハーネス重量の 50%～60%分が回収されるが、残りの被覆樹脂は焼却か埋立されると推察する。矢印の太さ(%数字) はヒアリングなどによる推定値。

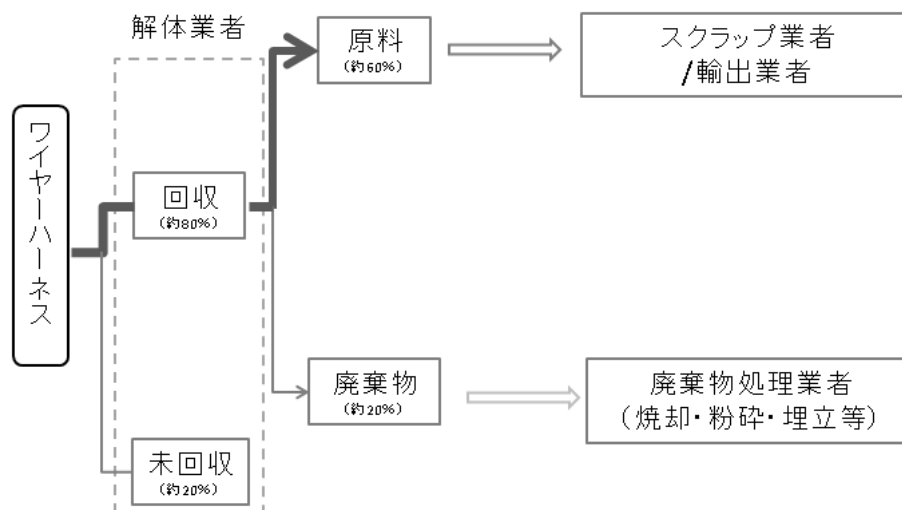


図 3-1 銅資源のリサイクルフロー (%数は推定値)

チェンナイの主な ELV 解体市場（ハブ拠点）は、商用自動車を解体しているボーダーサットム（Border Thottam）市場と、二輪車・三輪車を解体するプダペット（Pudupet）市場がある。ボーダーサットム（Border Thottam）市場は、600 以上の ELV 解体業者があり、1,500 名近い労働者が市場で働いており、大規模な解体工場では、毎日約 4～5 台を解体している。車両別の解体費用（支払われる労働者手当）は、ジープ解体は、1,000 ルピー。トラック解体は、2500～3000 ルピー。通常、4～5 名の労働者が 1 台のトラックを解体している。廃棄物処理業者（スクラップ業者）へ渡した電子部品を燃焼させることにより、それらから銅などの貴金属を抽出している。湿式ナゲットプラント一式の商談引合いがあったチェンナイの SRINIVASA Enterprises 社は前述のボーダーサットム（Border Thottam）市場に近くに位置する。同社の Managing

Director（業務執行役員）S.Srinivasan 氏によれば、自社で一日当たり 3～4 トン（最大 40 トン/日）の廃電線の扱い量があるとのこと。周辺の廃車解体市場からの集荷能力があるので最大 40 トンという大量の扱い量の見通しも納得できる。

- ・銅回収における湿式ナゲットプラント等のマニュアル(下記に表紙を示す)を作成した（詳しくは、別添 2 を参照）。



図 3-2 湿式ナゲットプラント等のマニュアル

2-3 NATRIP 関係者ほかインド自動車業界・リサイクル業界の経営者技術者へのリサイクルマニュアルを通じてのワイヤーハーネス銅資源リサイクル方法の紹介セミナー

- ・インド金属リサイクル協会 MRAI（ムンバイ）にて、2017 年 6 月に講演した。
- ・2017 年 12 月に GARC（チェンナイ）での最終報告会を開催し（表 3-3 参照）、さらにリサイクル事業者向け(チェンナイ・ムンバイ)でプレゼンや商談を行った。セミナーの内容は、日本の法律紹介、リサイクルコスト採算性、ワイヤーハーネスの焼却の課題、インドのリサイクル銅の輸出入量などを報告した。さらに、自動車関係者・リサイクル事業者向け（デリー）にて、2018 年 2 月に AUTO EXPO 展示会に参加した。
- ・インドのリサイクル銅の輸出入量を統計データから表 3-2 のように算定した。

表 3-2 インド国内の銅資源フロー（統計データより算定）（単位：千トン）

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MINE PRODUCTION	23.0	32.0	31.0	32.0	35.5	36.2	32.7	34.8	26.7	29.9	30.5	30.0
Ores & Concentrates(Cu Ct.) Imports	812.2	630.7	621.3	631.2	620.9	581.9	578.2	593.4	594.3	542.9	304.3	440.4
Ores & Concentrates(Cu Ct.) Exports	13.4	0.2	8.0	0.2	1.0	2.4	0.0	7.5	4.2	0.0	10.3	13.7
Imported Scrap Cu*	29.91	29.52	30.66	22.98	26.04	43.98	59.34	40.68	48.87	50.97	52.56	52.44
Recycling(Cu) in India		7.9		19.1		11.5	25.2		100.3	168.8	392.7	314.0
SMEALTER PRODUCTION(Primary)	609.6	699.9	651.0	705.1	653.9	671.2	695.4	617.0	766.0	792.6	769.8	803.1
SMEALTER PRODUCTION(Secondary)	15.0	9.9	11.0	12.7	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.5	20.0
REFINERY PRODUCTION	624.6	709.8	662.0	717.8	655.8	671.2	695.4	617.0	766.0	792.6	773.3	823.1
USAGE	340.0	383.5	405.0	433.0	405.0	466.0	456.0	455.1	440.0	458.0	472.4	485.0
COUNTRY STOCKS	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

出典：ICSG「2017Statistical Yearbook」、「COPPER BULLETIN(May2018)」等から作成

* 銅合金スクラップ（Alloyed copper-base scrap）には重量 30%銅含有と査定した。

2016 年度の銅資源リサイクルフローを図示すると、

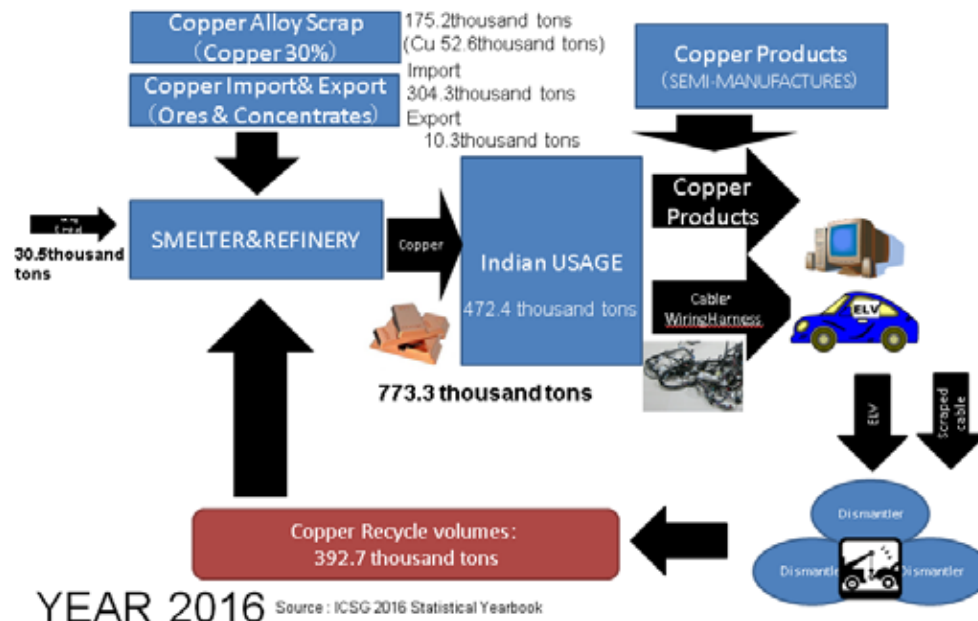


図３－３ インド国内の銅資源リサイクル量（2016 年）

表３－３ 2017 年 12 月 5 日開催の最終報告会の参加者リスト

ORGANISATION 所属先	NAME 氏名	TITLE 役職
Japan International Cooperation Agency Jica India office (JICA)	Mr.Yoshiomi Yoshino	Senior Representative
	Ms.Yuka Matsushiba	Programme Specialist
JAPAN EXTERNAL TRADE ORGANIZATION (JETRO)	Mr.Ryohei Sakane	Director
Invest India (デリーFICCI 傘下)	Mr. Uday Munjal,	Manager Research and Investment Facilitation
SS ENTERPRISES(チェンナイ・リサイクル企業)	Mr. Sai Jaikanth	Deputy Director – Technical
GARC	Mr.M.V.Ramachandran	GARC Site Head
	Dr.Abhijit Kumar Mandal	Deputy Director – Technical
	Mr.Praveen Kumar	RDU MANAGER
	他複数名	

【成果 3 に係る活動】

活動 3. データモニタリング

3-1 廃棄されるワイヤーハーネスに含まれる銅残渣につき、提案製品導入前と導入後の残渣量のデータの取得・比較

稼働時からの投入実績を表 3-4 と表 3-5 に示す。原料を投入しての稼働試験は約 100 時間（2018 年 1 月時点）稼働している。立ち上がり時期は調整中でもありロス品もあったので、剥離率約 50%程度だったが、その後、65%前後になっている（投入物は全て回収されるわけではなく、機器内に残るものもあるので、データにばらつきは出るものの、図 3-4 に示すように、5 月～12 月度の実績を平均してみると約 65%となる）。

表 3-4 湿式ナゲットプラントでの稼働事例

稼働月日	作業時間(分)	作業者	投入原料:ワイヤーハーネス重量(kg)	回収した銅重量(kg)	剥離率(%)	格付け(目視)
2016/9/10	40	K.Rajesh	50.0	26.4	52.8	1 号ナゲット (赤ナゲット)
機器調整のため何度か稼働試験しているがデータ取りせず。						
2016/9/29	95	Ganesh P.	100.0	50.1	50.1	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2016/9/30	90	K.Rajesh	100.0	50.7	50.7	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2016/10/3	195	K.Rajesh	210.0	117.0	55.8	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/3/15	100	Ganesh P.	100.0	65.0	65.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/3/16	210	Ganesh P.	100.0	70.0	70.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/3/17	90	Ganesh P.	65.0	40.0	61.5	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/3/21	125	Ganesh P.	50.0	35.0	70.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/3/23	120	Ganesh P.	50.0	30.0	60.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/3/30	120	Ganesh P.	50.0	34.0	68.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/3/31	120	Ganesh P.	50.0	35.0	70.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/4/7	103	K.Rajesh	60.0	40.0	66.6	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/2	120	Ganesh P.	100.0	68.0	68.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/4	120	Ganesh P.	100.0	65.0	65.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/5	145	Ganesh P.	100.0	67.0	67.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/8	135	Ganesh P.	100.0	66.0	66.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/9	135	Ganesh P.	100.0	65.0	65.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/17	105	Ganesh P.	90.0	52.0	58.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/19	150	Ganesh P.	100.0	64.0	64.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/22	150	Ganesh P.	100.0	62.0	62.0	1 号ナゲット (赤ナゲット)

2017/5/23	120	Ganesh P.	100.0	64.0	64.0	1号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/25	140	Ganesh P.	100.0	63.0	63.0	1号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/26	140	Ganesh P.	100.0	65.0	65.0	1号ナゲット (赤ナゲット)
2017/5/31	120	V. Sudgarsan	100.0	64.0	64.0	1号ナゲット (赤ナゲット)
2017/6/1	120	Ganesh P.	120.0	75.0	62.5	1号ナゲット (赤ナゲット)
2017/6/16	データ 無	K.Rajesh	100.0	64.0	64.0	1号ナゲット (赤ナゲット)

表3-5 湿式ナゲットプラントでの稼働事例（続き）

稼働月日	作業時間(分)	作業者	投入原料: ワイヤーハーネス重量 (kg)	回収した銅重量(kg)	剥離率 (%)	消費電力 (k wH)
2017/7/13	240	D.Kumar	100	65	65.0	2.3
2017/7/13	データ 無	K.Purushathaman	100	60	60.0	4
2017/7/31	225	K.Purushathaman	60	31	62	2
2017/8/2	345	K.Purushathaman	100.0	62.1	62.1	2.0
2017/8/11	150	N.Suresh	50.0	32.0	64.0	2.3
2017/8/21	120	N.Suresh J.Logesan	50.0	37.0	74.0	0.8
2017/8/21	70	N.Suresh J.Logesan	50.0	34.0	68.0	1.0
2017/10/17	データ 無	N.Suresh D.Kumar	50.0	30.0	60.0	2.0
2017/11/6	145	N.Suresh	100.0	60.0	60.0	4.9
2017/11/7	140	N.Suresh	50.0	37.0	74.0	1.0
2017/11/10	120	N.Suresh Dinesh	50.0	17.7? (少なすぎ)	平均値 53.8	2.4
2017/11/13	180	N.Suresh K.Purushathama Vivek	150.0	90.0? (多過ぎ)		4.0
2017/11/18	120	N.Suresh L,Elumalai J.Logesan	50.0	36.0	72.0	1.4
2017/11/23	72	C.Murugan P.GnanoSelvan R.Krishnan	50.0	35.0	70.0	2.1

2017/11/29	120	N.Suresh J.Logesan	75.0	50.0	66.6 6	2.0
2017/11/30	78	N.Suresh J.Logesan	80.0	53.0	66.2 5	1.9
2017/12/1	72	N.Suresh J.Logesan	75.0	49.0	65.3 3	1.7
2017/12/4	24	N.Suresh K. PuruShadlaman Elumalai	50.0	55.0 (2 回 の合計)	64.7	1.0
2017/12/5	72	N.Suresh J. Hogerh Elumalai	35.0			1.4
2017/12/7	120	N.Suresh J.Logesan	150.0	100.0	66.6	1.7
2017/12/8	180	N.Suresh J. Hogerh	150.0	103.0	68.6	4.0
2017/12/11	180	N.Suresh J. Hogerh	150.0	106.0	70.6	1.8
2017/12/12	144	J. Hogerh Dinesh	150.0	94.0	62.6	3.3
2017/12/13	114	N.Suresh J. Hogerh	100.0	73.0	73.0	2.6
2017/12/14	114	N.Suresh J. Logesh	150.0	102.0	68.0	3.6
2017/12/15	12	N.Suresh J. Logesh	50.0	19.5	39.0	0.5
2017/12/18	60	N.Suresh J. Logesh				1.6
2017/12/19	132	N.Suresh J. Hogerh	150.0	99.6	66.4	3.5
2017/12/22	90	N.Suresh J. Logesh	100.0	64.0	64.0	1.9
2017/12/26	90	N.Suresh J. Logesh	100.0	69.0	69.0	2.5
2018/1/19	96	J. Logesh D.Kumar Elumalai	50.0	36.0	72.0	1.6
2018/1/24	90	N.Suresh Barani	125.0	83.0	66.4	3.1

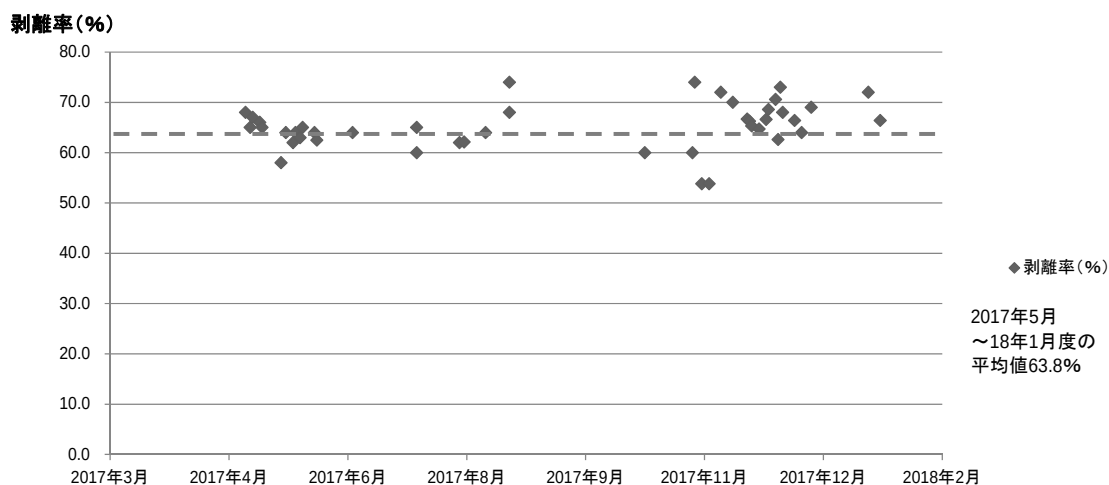


図3－4 2017年5月～18年1月度の剥離率（ハーネスの銅重量比）のデータ事例

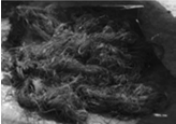
（第7回出張の）2017年5月29日にワイヤーハーネスを軽油焼却する実験を行った。

- ・焼却した場合の剥離率を比較する（50Kg）（回収目標値50%）。

電線被覆を焼却して、残渣物の重量を計測したところ29.6 kgで剥離率59%だった。今回の電線は新品であり劣化がほとんど無かったので、電線焼却した際に散逸する微細な線材や熔解する銅などが少なく、かなり高率な回収率になったと推察される。ナゲット方式では、ほぼ理論値の65%を回収しているが、焼却では59%だったので、当技術の剥離率は焼却と比較して約6%高かった。なお、実際の中古自動車で電線被覆が劣化していれば、10%程度の有意差はあると考えている。

- ・生成した銅の分類は、焼線であり、現状ではインド国内の分別対象ではない。日本でも焼線の扱いはほとんどないが、1 kgあたり約460円程度の価格と推定しており、インドでも銅ナゲット品に比べ約100円程度売価が下がるものと考えられ、従って、焼線の売価は1 kgあたり約330円程度と推定している。この金額（180ルピー）は、アルミ混入の銅ナゲット（二級品）の引取価格180ルピーにも符合しており、妥当な金額と推察している。

表 3－6 焼却実験での試験事例

試験月 日	作業時間(分)	作業者	投入原料:ワイヤーハーネス重量(kg)	回収した銅重量(kg)	剥離率(%)	格付け(目視)
2017/5/29	120	中根会長 (三立機械工業) 稲田 (JFE－TEC) Ganesh P. (GARC) ほか	50.0	29.6	59.2	焼線 



焼却前（重量 50.0 kg）



焼却中



焼却後（重量 29.6 kg）

写真3－4 廃電線の焼却実験

（ワイヤーハーネス 50 kgに軽油を掛けて点火して、電線被覆を焼却するまで2回、
のべ約2時間焼却した）

さらに、廃電線を集めて野焼きを行い、燃え殻から銅線を取り出す実験では、写真に示すように発煙の煙は灰色や黒色をしている。この煙の色の正体は、粒子状物質を含む「煤塵（ばいじん）」であり、煤塵には発がん性を持つ有害物質が混ざり、銅線の銅などの重金属や、電線の被覆に使われていた塩化ビニル樹脂が元となって出来る塩素化ダイオキシン類や臭素化ダイオキシン類が混ざり合った有毒な煙が発生するものとされている。

・廃自動車（ELV）台数の将来見通し

インド自動車工業会（Society of Indian Automobile Manufacturers：SIAM）が公表する統計の内、乗用車（Passenger Vehicle）と商用車（Commercial Vehicle）を合算した「自動車」の生産台数は増加基調にある。2016年（暦年）の生産台数は前年比8.0%増となる449万台。過去最高だった2012年（418万台）を4年ぶりに上回っている。2016年の自動車販売台数は前年比8.8%増となる452万台。インドでは、生産台数（449万台）とほぼ同じ規模の数の自動車が毎年販売されている。このため、好調なカテゴリーも生産面と同じで、多目的乗用車（Utility Vehicle：UV）と一般乗用車（Passenger Car：PC）である。¹³

インド自動車工業会（SIAM）の情報によれば、車齢25年以上の古い車両（二輪車も含む）が約3,000万台、いまだに道路を走行中である。一方、2016年度（16年4月～17年3月）の新車販売台数（乗用車と商用車の合計）は376万959台となり、2015年度と比べて8%増えた。インドの四輪車需要は2020年に500万台規模に達する。インド自動車工業会の2018年1月11日付けの集計では、インド国内の2017年の乗用車と商用車を合わせた総販売台数は、新記録となるおよそ401.8万台。前年比は約10%の伸びを達成して、ドイツを抜き世界第4位の販売数になり、2020年には約500万台と日本の販売台数（日本国内販売台数は2017年の523万台から2020年には500万台未満へ漸減の予想）も抜くとみられる。

インド乗用車市場でトップシェアを握るスズキのインド子会社、マルチスズキが2017年、インドでおよそ5割のシェアを獲得。韓国のヒュンダイ、地元インドのマヒンドラ&マヒンドラ、タタモーターズが、マルチスズキに続いた。

別の資料「平成26年度地球温暖化問題等対策調査委託費（アジアにおけるリサイクル法制度及びリサイクルビジネスの現状等に関する調査）」報告書でも、ほぼ同等の販売数推定値が示されている¹⁴。そこで、販売15年後に廃車になると仮定すれば、廃車台数は2020年に約100万台、2025年に約200万台と推定されている。

¹³ 国際協力銀行「インド投資環境」（2017年8月）<https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/inv-india201708>

¹⁴ 経済産業省 <http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/research/h26fy/h2703-asia/h2703-asia.pdf>

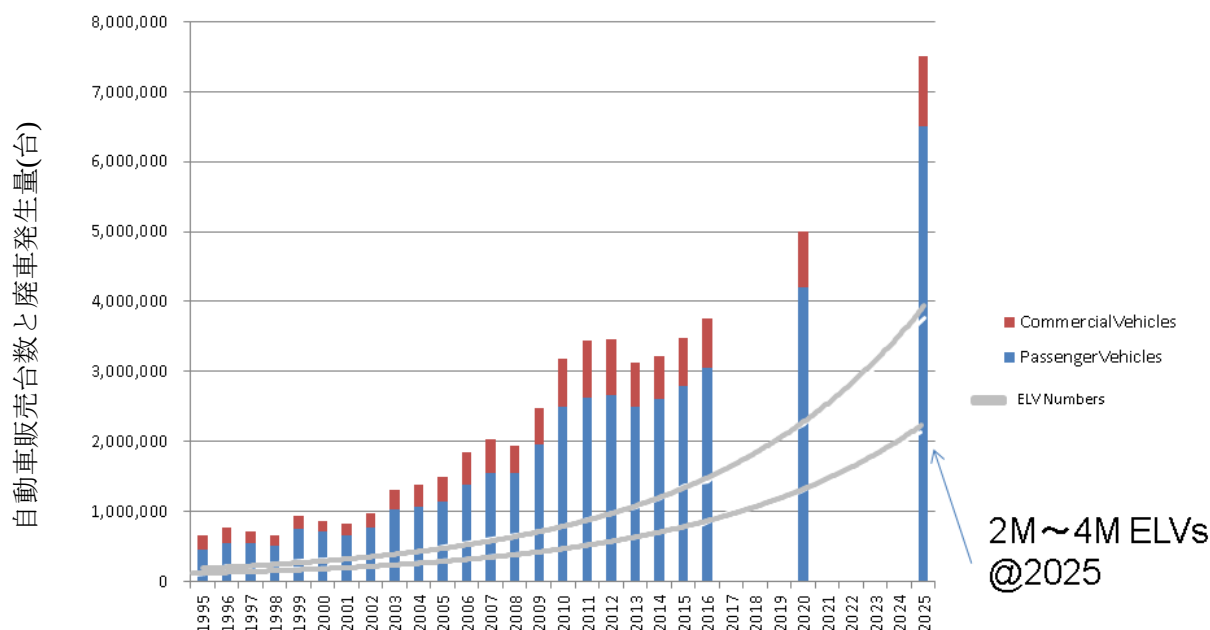


図3－5 インドにおける自動車販売台数と、廃車（ELV）の発生台数の見込み量
各種分析やヒアリングにより、2025 年で 200 万台～400 万台が廃車になる。

出典：SIAM のWEB サイトや Ward ' s 2014 World Vehicle Data など基に作成。注：商用車にはトラックとバスが含まれている。

車種別の詳細を分析した Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) 編著「Analysis of End of Life Vehicles (ELVs) Sector in India インドでの廃車（ELV）セクタの分析」によれば、そこで、2015 年および 2025 年の車両総 ELV の種類は、以下の通りである。

表3－7 2015 年および 2025 年の老朽化 ELV 台数の見通し

車種 (Type of vehicle)	2015 年の ELV 台数	2025 年の総 ELV 台数
1.二輪車 (Two Wheelers)	7,289,442	17,723,951
2.三輪車 (Three Wheelers)	262,439	757,932
3.自家用車 (Private Cars/SUVs)	721,558	2,809,966
4.商用タクシー (Commercial passenger Vehicles)	46,522	94,757
5.商用貨物車 (Commercial goods vehicles)	411,230	1,188,833
ELV である可能性が高い総車両数	8,731,185	21,895,439

この文献では、『2015 年の使用済み自動車（ELV）の総数は、873 万台（自動車・商用車は 118 万台）と見込まれる。2025 年までには 250%増加して、ELV 台数は 2189 万台（自動車・商用車は 409 万台）に上昇すると推定される。』と結論付けて、先述の分析値よりさらに急増すると分析している。

インドでの自動車ユーザーの買い替え意向を、チェンナイにてヒアリングすると、日本の自動車保有者とあまり変わらずに、10 年未満（7 年程度）で廃車にするという回答であった。チェンナイは大都市であり、消費行動が他の地方都市とは異なるのかもしれないが、インドでの販売台数の伸びをみると、ELV 発生台数は、予測を超えて拡大する可能性が大かもしれない。

また、インド中央公害防止委員会（Central Pollution Control Board）によると、2025 年には約 400 万台に達する見込みである。GARC や MRAI でのヒアリングでは、200 万台はかなり低めの予想であり、ELV 法施行で廃車が促進されれば 400 万台にもなりそうであるとコメントがあった。

さらに、『国家電気自動車計画（NMEM）』のもと、電気自動車の普及を推進して、2020 年までには、電気自動車とハイブリッド車を合わせた年間販売台数が 600 万台から 700 万台規模に拡大する見通しとなっている。2017 年 6 月インド政府エネルギー省は、この動きをさらに加速させるべく、「2030 年までに、ガソリン車およびディーゼル車の国内販売を禁じ、インドで販売される自動車を電気自動車のみに制限する」との方針を明らかにした。

これらの背景を考慮すれば、2025 年（10 年後）の廃車台数は少なくとも 200 万台、多ければ最大 400 万台に達すると予測でき、直面している課題の大きさが分かる。

3-2 モニタリング結果の分析、廃棄銅残渣及び環境負荷減少の実証

- ・自動車台数からハーネスの残渣分、リサイクル資源量、経済性として銅の販売価格を算出する。

次に廃自動車台数とその経済効果を考察してみると、一台当たりワイヤーハーネス（銅線含有 50%）は自動車総重量の約 1.0%程度の約 10 kg/台使われている前提¹⁵で算定し、車齢 25 年以上（1990 年以前）の古い車両（四輪車）を図 3-5 より読み取ると、約 400 万台であり、現時点で廃車すると、銅線の回収額（銅資源の金額面）は 158 億円である。

ワイヤ発生量 4 万^{トン} x 銅回収率 50(%) x 銅単価\$7000/^{トン} = 総額 \$ 1.4 億(約 158 億円)

¹⁵ Mahindra MSTC Recycling 社の情報によれば、インド大衆車である MultiSuzuki 車を解体試験した結果、ワイヤーハーネス重量は 4 kgであったとのこと。

2016 年は、四輪車約 380 万台を販売しており、この時点で車齢 25 年未満（販売時期 2000 年前後の車両と考えて、図 3-5 に示す 2000 年代前半の生産台数を調べると年間約 100 万台と推定できる。そこで、新車販売に伴う旧車（廃棄対象車）は約 100 万台と推定できる。一台当たりワイヤーハーネス（銅線含有 50%）は自動車総重量の約 1.0%程度の約 10 kg/台使われているので、インド全体の年間あたりの銅線の回収額（銅資源の金額面）は以下の通り 39 億円。

ワイヤ発生量 1 万トン x 銅回収率 50(%) x 銅単価\$7000/トン = 総額 \$ 3500 万(約 39 億円)

つまり、過去の累積分処理により 158 億円得たのちに、毎年 39 億円の銅販売益を得る。

また、ここでの計算前提として、銅回収率 50（%）としているが、高機能な最新型車や高級車、電気自動車には銅配線が多用されており且つより太い電線径の配線が使われているので、前述の BMW 車に例にあるように銅回収率 60（%）を超えることが推察される。

【成果 4 に係る活動】

活動 4. 収支分析・ビジネス展開

4-1 NATRIP を通じてインド国内の精錬工場へ銅資源販売先（例えば南インドの Sterlite Copper Tuticorin 精錬所など）の調査

精錬工場・リサイクル業者のリストアップや、廃自動車ワイヤーハーネス、船舶解撤の廃銅線など、銅のインド国内外市場調査を、2017 年 6 月にインド金属リサイクル協会 MRAI（ムンバイ）にヒアリングを行った。

インド鉱山局「銅市場調査」報告書（2014 年）¹⁶によると、インド各州で稼働する 35 の銅再処理施設があり合計 242,321 トンの能力がある。

MRAI によると、インド国内の銅のリサイクル率は現状約 20～30%に留まっているが、今後 40%に目指すということだった。これらの議論を考慮すると、銅再処理および他の非鉄金属および廃棄物再処理装置による二次銅の総生産量は 64,975 トン/年である。インドにおける 2008～09 年の粗銅（バージン原銅）の生産量は、502,081 トンであった。つまり、総生産量は 64,975 トン/年は第一次生産量(粗銅量)の約 13%に相当する。銅は世界市場で最も効率的にリサイクルされる材料の一つであり、中国がスクラップ利用のリーダーである。銅資源は、適切に製錬されていれば、性能を損なうことなく 100%リサイクルできる。

International Copper Association Ltd によれば、世界の銅需要の 34%がリサイクルによって満たされている。

¹⁶ http://ibm.nic.in/writereaddata/files/07072014112340marketsurvey_copper.pdf

インディアン銅開発センター（ICDC）、国際銅研究グループ（ICSG）より、コルカタで実施された調査では、2000年1月から2004年5月の間のスクラップ使用率は35%～49%に達した。ICDCの現地調査の結果から、スクラップ使用による二次銅の量は、インドの総生産量の20%に達成されている。

表3-8 インドにおける銅生産の見通し（2000年～2009年）（単位：トン）

年度	電気銅の製造量	見かけ上の生産 （二次銅生産の20%を追加）
2001	259,683	311,620
2002	335,769	402,923
2003	378,850	454,620
2004	395,967	475,160
2005	413,354	496,025
2006	529,248	635,098
2007	512,363	614,836
2008	501,485	601,782
2009	513,640	616,368
2010	532,865	639,438

成長産業分野の需要予測では、電力・通信業界向け9%に続いて、産業界向け（8%）、運輸向け（8%）、耐久消費財向け（7%）、ビル・建築向け（7%）の順に挙げられる。2005年度の見かけの消費量49万6千トンを基準年として、将来見通しを算出し、表3-8に示した。

表3-9 2011年の銅スクラップの各国間取引量（単位：トン）

Importing Regions	Africa	China	CIS	Europe	Indeterminate	Latin America	Middle East	North America	Oceania	Other Asia	India	Total	Total inter-regional
Exporting Regions													
Africa	2,078	50,888	-	20,500	-	-	6,370	2,150	60	52,866	8,259	143,171	141,093
China	-	-	-	519	-	-	-	0	-	1,036	-	1,555	1,555
CIS	-	591	3,452	10,830	-	2,764	878	756	32	4	-	19,307	15,855
Europe	225	1,036,088	0	1,520,315	5,687	509	2,102	19,018	743	148,164	146,589	2,879,440	1,359,125
Indeterminate	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Latin America	25	100,519	-	24,488	0	5,471	126	34,813	-	14,810	950	181,202	175,731
Middle East	-	15,018	-	7,278	20	19	13,142	458	-	15,190	3,341	54,466	41,324
North America	107	1,140,412	19	110,991	-	2,431	161	160,919	229	136,943	18,312	1,570,524	1,409,605
Oceania	20	72,457	-	1,602	-	41	-	-	771	19,099	1,568	95,558	94,787
Other Asia	25	67,904	-	17,439	-	-	1,025	1,774	41	24,738	1,521	77,536	60,584
India	10	3,548	-	2,550	-	2	48	1	0	1,853	-	8,012	8,012
Total	2,994	2,917,122	3,471	1,716,572	5,707	11,237	23,920	219,889	1,882	634,749	187,000	5,724,543	
Total inter-regional	916	2,917,122	19	196,257	5,707	5,766	10,778	58,970	1,111	389,965	187,000		3,773,611

India (2011)
Export 8 thousand ton
Import 187 thousand ton

Note: In this trade data, Mexico is considered as part of Latin America

Data: CRU

将来需要

表 3－10 部門別成長による銅金属の需要予測

2010 年度から 2024 年度（基準年 2005 年度は 496 千トン。（単位：千トン）

年度	産業						合計
	電力・通信分野 (成長率 9%)	エンジニアリング分野 (成長率 8%)	自動車・運輸分野 (成長率 8%)	消費財 (成長率 7%)	建設分野 (成長率 7%)	その他産業分野 (成長率 16%)	
2010 年度	330	35	46	40	40	107	598
2011 年度	360	38	50	43	43	124	658
2012 年度	392	41	54	46	46	144	723
2016 年度	553	56	73	60	60	261	1063
2020 年度	780	76	99	78	78	472	1583
2024 年度	1101	104	135	102	102	853	2295

注：インドにおける銅資源消費量のシェア¹⁷を前提にしており、2010 年度時点は、電気通信分野 56%、一般エンジニア 6%、運輸 8%、耐久消費財 7%、建築・建設 7%、その他の産業 16%のシェアに基づいて計算した。

2005 年度の需要 496 千トンから、第 12 次 5 ヶ年計画の最終年度である 2016 年度の需要は 100 万トンに増加した。同じ成長率で続くと、2024 年度には 230 万トンに達する。年平均成長率（CAGR）と国民総生産（GDP）、さらに、部門別成長に基づく需要予測による検討の 3 つの検討ケースで、以下のように判定した。

- ・年平均成長率 12%前提による 2024 年度の銅需要 310 万トンは、少し高い水準にあり部門別成長率積算に基づく銅需要量 230 万トンは現実的な数字である。
- ・一方、9%の GDP 成長率に基づいた銅資源量 200 万トン弱は若干下側にあるが、近い将来のインド国の GDP 成長率は 9%から 2 桁に上昇すると予想されるので、200 万トン超もありうる。

インド国内には電気銅の製造業者が 1 つしかなく、Hindustan Copper Ltd.（HCL）¹⁸だけである。しかし、Sterlite Industries（India）Ltd.¹⁹と Hindalco Industries Ltd.などの生産者も、輸入銅精鉱から電気銅を製造している。電気銅製造における HCL の占める割合

¹⁷ インド政府第 11 次 5 ヶ年計画委員会の鉱物探査開発部ワーキンググループ報告書

¹⁸ Hindustan Copper Ltd.（1928 年開業、Gujarato 工場 2016 年開業予定）

¹⁹ Sterlite Industries（India）Ltd.（1966 年開業）

は、約 9%と非常に小さく、主に、Hindalco Industries Ltd.の Birla Copper 製造所²⁰ (64%) および Sterlite Industries (26%) になる。

2000 年度の銅の生産量は 259 千トンであったが、経済の自由化と（銅製錬業への）民間企業の参入により、電気銅の生産量は前例のないほど増加した。2024 年まで年平均 9.35%で成長すると電気銅の生産量は 2024 年度には 2,036 千トンと見込まれる（表 3-11 参照）。

表 3－1 1 CAGR 9.35%および見かけ上の生産銅を適用することによる銅金属 2009 年度～2024 年度の推定生産量（千トン）

年度	電気銅の製造量 年平均 9.35% で成長	二次銅生産 (推定したス クラップ品)	(前提とした スクラップ品 の割合)	見かけ上の生 産(スクラップ 品分を追加)	備考
2009	533	106	20%	639	二次銅の 含有率 20%
2010	582	117	20%	699	
2011	637	128	20%	765	
2012	697	139	20%	836	
2013	762	152	20%	914	
2014	833	250	30%	1083	二次銅の 含有率 30%
2015	911	273	30%	1184	
2016	996	299	30%	1295	
2017	1089	327	30%	1416	
2018	1191	357	30%	1548	
2019	1302	521	40%	1823	二次銅の 含有率 40%
2020	1424	570	40%	1994	
2021	1557	623	40%	2180	
2022	1703	681	40%	2384	
2023	1862	745	40%	2607	
2024	2036	815	40%	2851	

インドの銅資源統計から推定した銅資源リサイクル量 300thousand tons (@ 2016 年) と合致する。

リサイクル率が 20%から 40%に向上（より良いリサイクル原料を必要とする）という見通しは、ナゲット処理の必要性の根拠になりうる。

粗銅の一次生産量に電気銅(スクラップ品の二次生産)の 20%を追加することにより、表 3-11 に示すように、2001 年度は、見掛け生産 31 万 2 千トンと見積もられたが、2009 年度には 63 万 9 千トンに達した。二次銅生産が全体の 20%相当である傾向は 2013 年

²⁰ Hindalco Industries Ltd.の Birla Copper 製造所（1998 年開業）

度までで、その後は、二次銅の利用可能性が増して、2014 年度～2018 年度までは 30%、2019 年度～2024 年度までは 40%に増加すると推定される。表 3-11 によると、2024 年度における銅の総生産量は 285 万 1 千トンと推定できる。リサイクル率が 20%から 40%に向上する、つまり、より良いリサイクル原料が増える根拠としては、現状の船舶解体由来の銅線に加えて、2012 年から家電リサイクル施行による銅配線、さらに今後は自動車リサイクル制度の確立による銅配線など、リサイクル銅原料の回収が、段階的に促進することを前提にしている。

インド銅需要増に対しては、インド国内鉱山の生産量が少ないため、海外からの粗銅の輸入とインド国内のリサイクル量拡大（最終的には欧米並みのリサイクル率 50%程度まで）で対応できると考えられる。

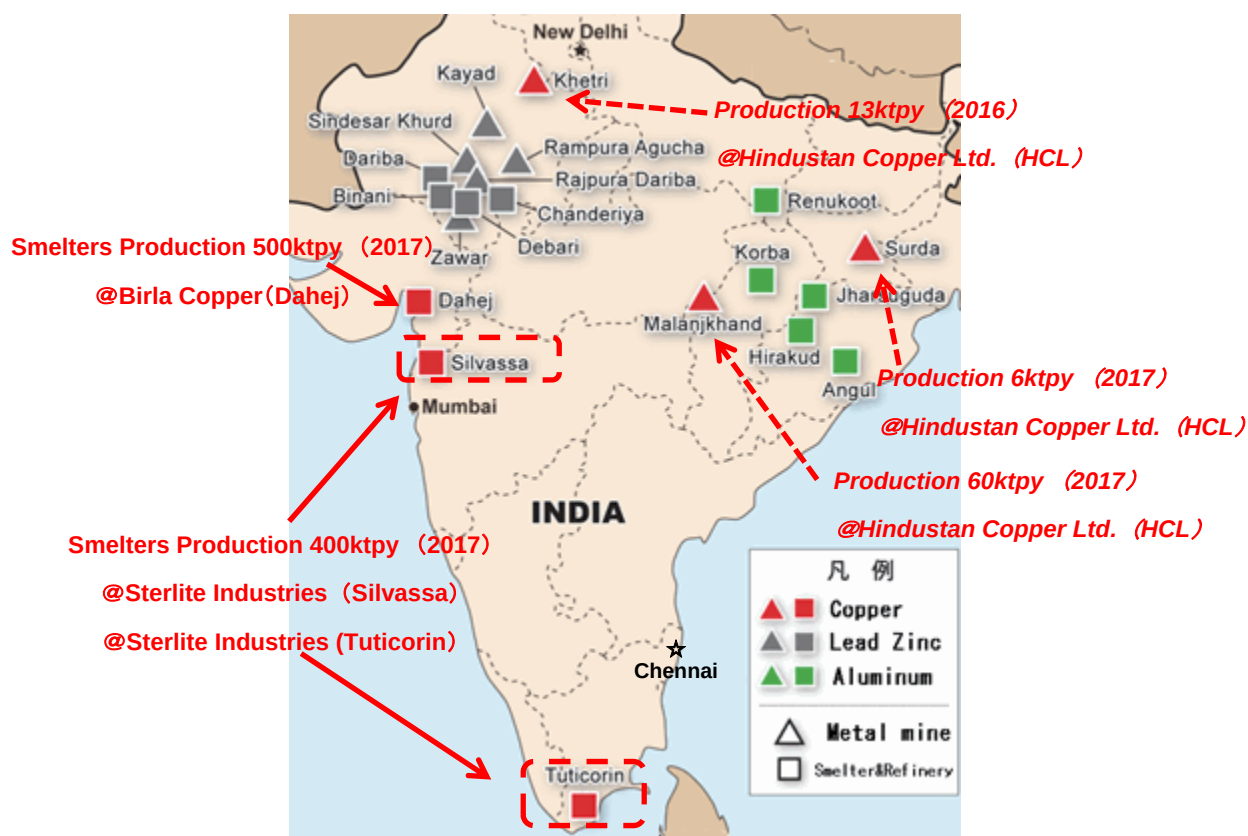


図 3-6 インド国内の銅鉱山と銅製錬所 (Smelter)・精錬所 (Refinery)の位置図
(出所：ICSG 2016 Statistical Yearbook 等より作成)

表3-12 インドの銅製錬量（ICSG 2016 STATISTICAL YEARBOOK より）の実績値および CAGR 14%推定した場合の銅金属 2017 年度～2024 年度の推定生産量（千トン）

	年度	インド 国内の 銅産出	輸出入	二次銅 生産 （スク ラップ 品から の精錬 銅）	（前提とし たスクラッ プ品の割合 40%程度か ら 50%へ 拡大を想 定）	電気銅の製 造総量（スク ラップ品分 を追加）	備考
実績 値	2012	32.7	578.2	84.5	12%	695.4	
	2013	34.8	585.9	0	0%	617	
	2014	26.7	590.1	149.2	19%	766	
	2015	29.9	529.9	232.8	29%	792.6	
	2016	36.5	294	449.5	58%	780	
推定 値	2017	35	500	354	40%	889	年平均 14%で 成長
	2018	35	550	429	42%	1014	
	2019	35	600	521	45%	1156	
	2020	35	650	632	48%	1317	
	2021	35	750	717	48%	1502	
	2022	35	850	827	48%	1712	
	2023	35	1000	917	47%	1952	
	2024	35	1100	1090	49%	2225	

（出所：INTERNATIONAL COPPER STUDY GROUP” ICSG 2016 STATISTICAL YEARBOOK” Vo 1.
14（November 2017）ほか

表 3-12 によると、2024 年度における銅の総生産量は 222 万 5 千トンと推定できるので、その年度の約半分の 100 万トン強をリサイクル銅の製錬品が供給すると推定した。2012 年から家電リサイクル法が施行されて少しずつ、リサイクル銅が増えたものと考えている。今後は自動車リサイクル法が施行されてさらに拡大すると推定している。

4-2 本製品導入コストと銅資源販売による収支のバランス分析（光熱費含む）

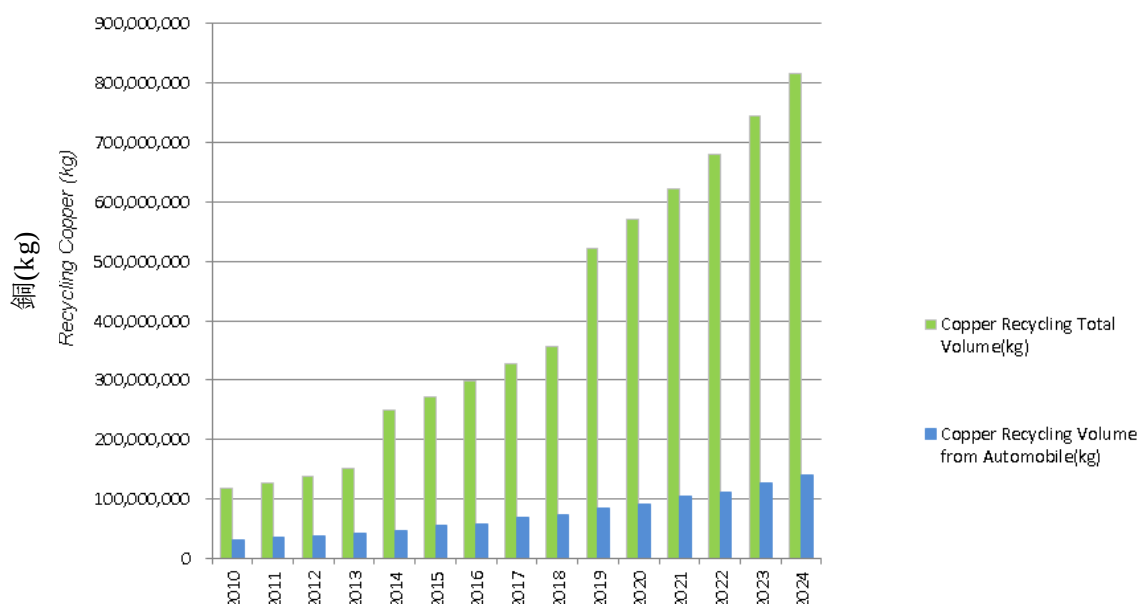


図3-7 インドにおけるリサイクル銅発生量見込み（廃棄自動車からの銅資源量含む）

廃自動車の推定台数（2025年に約200万台）からの銅リサイクル量を考察すると上図のように、インド国内の廃自動車から回収する銅資源量は2020年以降、年間約10万トンと推定される。湿式プラント（WN-800型）の1台あたりの年間処理能力(投入量400トン、回収銅換算量200トン)なので、インド国向けに湿式プラント500台の必要がある。詳細は4.5節で記述する。

4-3 環境、規制法等の各種リスク分析

- ・ GARC が、環境リスク（ほこり、塵芥、排水）の情報収集を行う。
- ・ 三立機械工業が、カンントリーリスク（紛争、政情不安、汚職）、政治・経済動向、経済概況（賃金コスト、工場用地の価格高騰）、インフラ整備状況（港湾・空港、道路、通信、電力事情等）、労働事情（頻繁なストライキ）、商習慣、近隣住民の反対運動、現地の安全性（治安、医療体制）、自然災害などの現状に関する情報収集は、WEBサイト、現地新聞、情報誌などから収集を行う。

インド国内の環境規制としては、2017年4月から、自動車排ガス規制「バーラト・ステージ4（BS4：EuroIVと同等）」を導入し、BS4対応モデルのみの販売・登録を認めるとした。今後も排出ガス基準を強化していき、次世代規制基準のBS5を飛び越して、

2020 年までに BS6 : EUROVI 相当に引き上げる方針である。この規制は新車販売に直結しており、自動車メーカーに対応が求められる。

今後の生産台数を予想する上で重要となるのが、環境規制強化の影響である。これまでインドの排ガス規制では、大都市は「バーラト・ステージ (BS) 4」(欧州基準の「ユーロ 4」相当) が、大都市以外では「BS3」(「ユーロ 3」相当) が適用されてきた。2017 年 4 月からはインド全国で「BS4」が適用され、2020 年には当初 2024 年導入予定だった「BS6」(「ユーロ 6」相当) を前倒して適用し、「BS5」を経ずに一層の環境規制強化を進めることになった。このような環境規制強化の影響は、完成車メーカーの開発負担増につながると予想される。インドの自動車市場は 450 万台と大きいですが、自動車部品は未だ輸入超過が続いており、自動車部品セクターでは更なるサプライヤーの集積が必要である。このため、今後、環境規制に対応するため特定のサプライヤーに発注が集中する可能性もあり、納期の遅れや車両本体価格の上昇につながることも想定される。一方、現地企業へのヒアリングでは、環境や安全性に対する規制が高まれば、技術力の高い日系メーカーの強みが発揮できる機会が増える。

車両の老朽化対策として、インド政府の法規制に先行して、市当局が厳格な法律・ルールを施行している。例えば、デリーでは、2015 年 12 月 16 日付けの最高裁決定にて、2005 年以前に登録された(車齢 10 年の)商用車のデリーへの乗り入れ禁止している。

チェンナイでは、州営バス、商用貨物車、商用自動車は 8 年間の許可証(車検証 Inspection and Certification Regime(I&C))を発行している。これは普通 ELV 車齢の 15 年間に比べて厳しい。そして、許可証の期限(8 年間)が切れると、古い車齢の車両は解体されるか、オークションを通じて売却されるかのどちらかになる。しかし、これらの車両の多くは、登録番号を変更し、(州外の)農村部で走っていると聞いており、チェンナイ周辺(オラガダム - チェンナイ間)でも古いバスは走行しているのを散見する。

現在、車両を廃車するための明確な実施手順はない。廃車手続きとして登録解除がなければ、車両が ELV として宣言されず、車両法 1956 年と関連修正法により、スクラップとして取引することはできない。このため、ELV 業界では、正式なりサイクル業者が参入できない。つまり、この廃車手続き規定があることでフォーマルリサイクラーが参入できない障壁になっている。次に、インドにおける ELV フロー(廃棄自動車の資源化の流れ)を図 3-8 に示す。

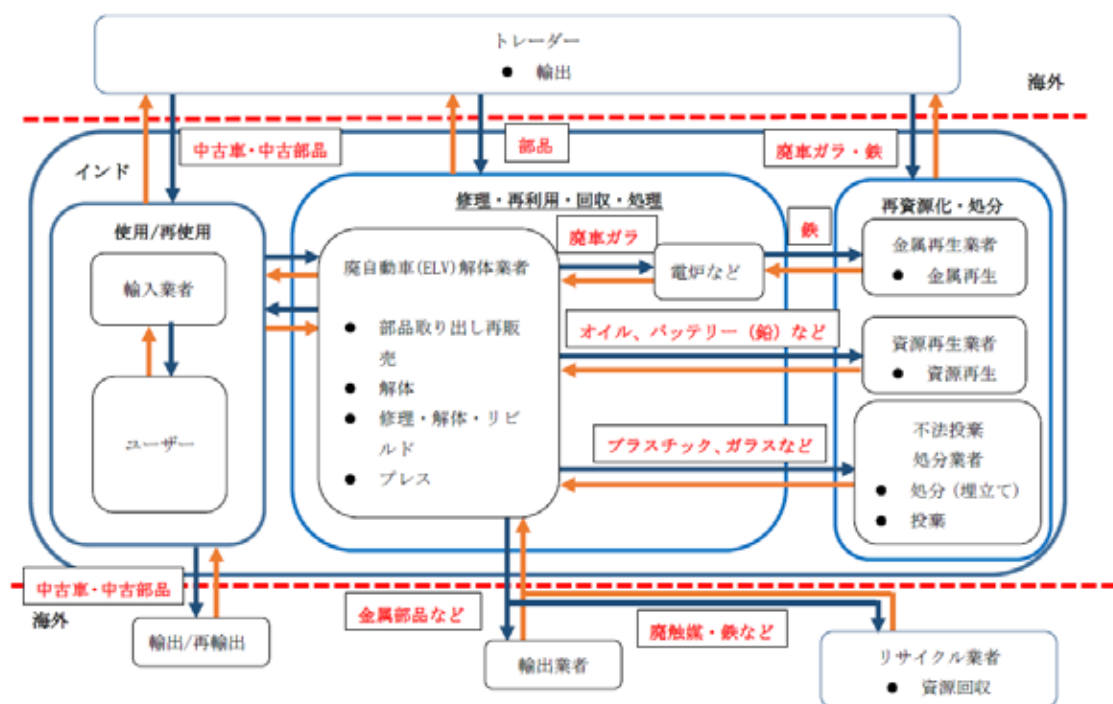


図3-8 インドにおけるELVフロー（廃棄自動車の資源化の流れ）

表3-13 各国の自動車リサイクル法比較

	日本	インド	EU	韓国	中国	米国
管理手法の背景	・最終処分場不足 ・ASR の不法投棄 ・資源の有効利用	・違法解体業者対策	・増加するASR 対策 ・放棄自動車対策 ・解体現場の環境対策	・廃棄自動車対策 ・資源の有効利用 ・ELV 情報管理	・不法改造車対策 ・資源の有効利用 ・循環経済政策	・厳格な法律運用 ・ELV リサイクルに伴う環境保全対策
法令名 ELV 管理手法	法令「使用済み自動車の再資源化等に関する法律（2005 年施行）」	法令「Recycling of End-of-Life Vehicles (AIS-129)」国会審議中（2017 年 7 月～） 環境関連法令「Hazardous Waste Rules 2008」, 「E-waste Rules 2011」	法令「廃自動車指令（2000 年施行）に基づく加盟国の国内法」	法令「電子・電気製品及び自動車の資源循環に関する法律（2008 年施行）」	法令「廃棄自動車回収管理弁法（2001 年施行）」「自動車製品回収利用技術政策（2006 年 2 月公表）」	関連法令「資源保全回収法」「大気浄化法」等

リサイクル 目標	目標なし エアバック：85% ASR：70% (2015-)	目標なし	2015 年までに： 再使用＋リカバリ：95% 再使用＋リサイクル：85%	2015 年以降 マテリアル＋エネルギー回収：95% (うちエネルギー回収率は 10% 以内)	リサイクル可能率として： 2017 年：95%前後(マテリアルリサイクル 85%以上)	目標なし (実質的には ELV の 95%以上がリサイクルルートに入り、このうち、80%はマテリアルリサイクルされているとされる)
情報管理	電子マニフェスト制度	解体証明書の発行(計画中)	破壊証明書 (CoD, certificate of destruction) の発行、政府による目標値モニタリング	登録抹消情報、リサイクル情報の集約化	廃棄自動車回収証明書の発行	リサイクル業界団体による情報収集管理

Ref: Sakai et al. "An international comparative study of end-of-life vehicle (ELV) recycling systems" (2014), CPCB "GUIDELINES FOR ENVIRONMENTALLY SOUND MANAGEMENT OF END- OF - LIFE VEHICLES (ELVs)" (2016) などより作成

4-4 提案製品にかかる製造規格や、操作にかかる安全ガイドラインの確認

表 3-14 湿式ナゲットプラント (WN-800) の仕様

仕様	WN-800 フルスペック仕様品 (防音室付)	WN-800 基本仕様品
寸法	10.0(L)x6.0(W) x3.5(H) (m)	3.5 (L)x3.5 (W) x3.5(H) (m)
重量	3,000kg	2,000kg
消費電力	3-phase, 415 V, 27.5 kw	3-phase, 415 V, 18.7 kw
スループット (処理能力)	100-200 kg/hour (gross) 電線径 φ 2.5mm 粉砕の場合: 100 kg/hour 電線径 φ 4.0mm 粉砕の場合: 200 kg/hour	80-160kg/hour (gross)

インド向けに基本仕様のみに機材を提案してみたが、現地企業の反応は、前処理の破砕機や、環境対策の集塵機能など自動化機能を盛り込んで、スループット向上ができるフルスペック品を希望していた。従って、2018 年時点では、GARC へ導入したモデル機とほぼ同等品を、インド側企業へ提案している。

なお、操作にかかる安全ガイドライン (操作・操業上の注意点) は操作マニュアルに記述してインド側へ引渡した。

4-5 ビジネスパートナーの収入・支出分析、提案企業側の収入・支出分析、提案製品の輸出・販売方法等の検討を踏まえたワイヤーハーネス銅資源リサイクルのビジネスモデルの策定。

インドや ASEAN 諸国では、日本や EU 諸国のように自動車解体業が事業として確立しておらず、解体業者の登録制度等も存在しないため全体像を把握するのが困難である。一般に、インフォーマルな自動車解体業者によって部品が取り外され、残ったスクラップは回収業者を通じて廃棄物処理業者等に販売されている。

現状では、生産性が高く環境配慮が可能な工場が存在しないために、違法解体業者が ELV リサイクルインフラの中に組み込まれており、政府が取締りを行うとリサイクルフロー・設備インフラ自体の崩壊を招く恐れがある。

したがって、地域内に先進的工場を作することを契機に規制を強化しようと行政では検討されている。2017 年 6 月にヒアリングしたムンバイのエコリサイクル社が、廃家電（E-WASTE）を対象にしたリサイクル拠点整備をインド政府機関（National Skills Development Centre: NSDC）と共同整備しており、E-WASTE 電線リサイクルを普及させるフランチャイズ化を計画していることは参考になろう。

ELV 解体の研究を行うために、チェンナイに近い NATRIP・GARC でデモ施設を 2006 年に設置した。解体実験用の車両は、研究を開始するために自動車会社（チェンナイ近郊の BMW、ルノー日産、ヤマハ等）によって提供されている。一方、民間でも、MSTC Ltd と Mahindra Intertrade が、Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd を立ち上げて、2018 年 3 月までに 10 万～15 万トンの解体処理能力を有するインドの最初の自動車シュレッダー・リサイクルの新工場をニューデリー近郊にて建設中であり、その後も全国展開を計画している。

このようなフォーマルな自動車解体を行う事業者の出現も確認でき、自動車解体業が形成されつつあるともいえる。

・インドでのビジネス展開（事業の計画案）

以上のような背景を踏まえて、高効率な銅資源回収や環境対応のために、銅線リサイクルナゲット処理工程が、インドにおいても直ぐにでも必要になると想定できる。まずは、インド 30 か所のリサイクル拠点(廃車スクラップセンター)にむけて湿式ナゲット装置を販売するビジネスモデルになる。

既に 2017 年 12 月時点で、ムンバイの Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.や、チェンナイの SRINIVASA Enterprises 社の 2 社との商談中である。



湿式ナゲット装置の製造元の三立機械工業株式会社としては、インドのリサイクル業界の現状を見て、インド向けに提供する機材は基本性能に限定した製品を提案したところ、商談中の2社とも日本向けの環境対策・防音対策品（フルスペック品）を希望している。今後の顧客ヒアリングにてより適切なインド向け仕様を見極めていきたい。

一方、湿式ナゲット装置の購入先である、インドリサイクル企業（機器の販売先）でのビジネスモデルも検討しておきたい。

2018年1月～3月時点は国際的銅販売が1kgあたり約7.0ドル（約750円）と高値を付けている。

リサイクル工場（一箇所）の年間稼働日数を 300 日で、回収ワイヤーハーネス（銅線含有）処理量は一日当たり 1 トン処理（処理能力 1 時当たり 100 kg～150 kg で 8 時間稼働）と見積もる。仕入単価と処理数に関わる材料費と、売上高に関わる銅価格に大きく変動すると考えられるが、表に示すモデルでは、US\$1.5/kg で集荷した廃ワイヤーハーネス 1 トンを、湿式ナゲット方式でリサイクルして、高純度分別した銅ナゲット（二次銅資源）を引取業者（または精錬工場）へ（国際価格並みの）\$6.5/kg で販売すると仮定して試算すると、売上額は 117 万ドル、純利益は初年度 27.4 万ドル、二年目以降 46.2 万ドルとなる。現在、銅国際価格が高いため 1 年目に全て減価償却をするケースを想定した。

廃車解体業の場合では、廃車からのワイヤーハーネスを年間 300 トン回収し、そのまま売却して 45 万ドルを得るより、本機材を用いて適正なりサイクル処理して銅回収すれば同程度の 46.2 万ドルの利益を得て、且つ廃車を社内解体して原料費相当額 45 万ドルも利益に加算すると計 91.2 万ドルの利益を得ることができる。

表 3-15 事業モデルの試算（単位：千ドル）

	1 年目	2 年目以降	備考
売上高	1,170.0	1,170.0	リサイクル工場（一箇所）の年間稼働日数を 300 日で、回収ワイヤーハーネス（銅線含有 60%）処理量は一日当たり 1 トン処理（処理能力 1 時当たり 100 kg～150 kg で 8 時間稼働）。 2018 年 3 月時点の国際的銅販売は kg あたり約 7.0 ドル（約 750 円）でしたので、銅ナゲット価格は 6.5 ドル/kg と想定する。
原料費	450.0	450.0	ハイヤーハーネス購買額は 1 kg あたり 100RS（＝1.5 ドル：約 170 円）で、毎日 1 トン購入。
労務費	10.8	10.8	オペレータ年収 240,000RS として 3 名を雇用
製造経費（電気代・消耗品代等）	22.1	22.1	（チェンナイの電力料金 6RS/kw で計算すると）1 時間当たり 180RS（＝3.0 ドル、約 330 円）などを考慮 タルク粉は、年間 30 袋（600kg 相当＝60000 円）を消費すると仮定。
減価償却等	272.0	0.0	設備費など合計 3000 万円（27 万 2 千ドル）と想定し、これを 1 年目ですべて償却するケースを想定。
売上総利益	415.1	687.1	
人件費・管理費	18.0	18.0	エンジニアクラス（年収 600,000RS）など 2 名を考慮
営業利益	397.1	669.1	
法人税等	122.7	206.7	規模により異なるが、課税対象所得 1,000 万ルピー以下の企業の場合、30.90%（法人税率 30%+教育目的税 3%）
純利益	274.4	462.3	

※為替レート： 1Rs = \$ 0.15 = ¥1.74

（2018 年 1 月～3 月度の国際的銅販売は kg あたり約 7.0 ドル、約 750 円）

当面は、電線の被覆材は埋立処分することになるが、埋め立てコストも発生するだろう。

日本では塩ビ被覆材のリサイクルも行っており、インドでも、分別回収した塩ビ被覆材は、再生ペレットに加工されたり、床材などの再生加工品の原料とするなどのリサイクル利用法も検討されるだろう。

インドリサイクル企業（機器の販売先）としては2種類がある。どちらの工場でも一工場に一台（湿式ナゲット装置ならびに剥線機等の一セット）が必要とされる。

一つは、前述の Mahindra MSTC Recycling Pvt Ltd は2017年6月にデリーで稼動するインドで初めての商用での廃車の汚染除去と解体のリサイクル工場を立ち上げ後に、本格的な自動車破碎工場が完成する。デリーで最初のユニットを設立した後、翌年に全国に4つのリサイクルユニットを設置する予定である。同社はインド各地30か所の設立を計画しており、これら向けに湿式ナゲット装置ならびに剥線機等の販売可能性がある。8月の面談、12月の商談で、Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.社への売込みを行っている。

また、12月の面談で打ち合わせしたチェンナイのリサイクル企業 SRINIVASA Enterprises 社へも売込みを行っている。

もう一つは、ワイヤーハーネス製造会社向けである。ここでのハーネス不良品を、再資源化するために一連の銅リサイクル機器が活用される。例えば、GARC 近郊のチェンナイ工業団地にある Motherson Sumi Systems Limited (MSSL) 社は、住友電装が双日株式会社と Motherson Group(印)との合併により設立した会社であり、自動車用ワイヤーハーネス等の生産設備を有している。同社はインドのウッタルプラデシュ州ノイダ、カルナタカ州バンガロール、タミル・ナド州チェンナイ及びポンディシェリに工場を有するが、インド以外にも全世界に45生産拠点を有している。

合併企業設立の段階に踏み込むとすれば、湿式ナゲット装置の製造会社として、三立機械工業株式会社との提携を希望するインド側製造会社（機器サプライヤー）は多数あると考える。セミナーや展示会を通じてや、FICCI などインド公的機関からの紹介を受けて、今後のインド市場を見据えた場合、今後どのような形態での進出が望ましいのか、考えてみる必要がある。

最後に、三立機械工業の立場で、SWOT 分析（S : Strong point 強み. W : Weak point 弱み. O : Opportunity 機会. T : Threat 脅威 ⇒ SWOT analysis）を試みた。

インド、GARC の設備を設置している利点を活用して「積極戦略」や「差別化戦略」などの形態でインド進出できるかを判断したい。

表 3-16 三立機械工業の SWOT 分析

		外部環境分析	
		機会	脅威
組織の経営資源		● 廃車規格 (AIS-129) の法整備が進みつつある ● 日本企業にとってはインド市場への販路開拓は大きな期待感がある(さらに欧州向けにも展開) ● 真剣にインド進出を検討する企業が急速に増えている	● 欧州系や中国系企業のインド進出の可能性もあり、競合する ● インドは外資開放とはいえ、政治を含めて不安要素が多い
内部環境分析	強み	積極戦略	差別化戦略
	弱み	段階的戦略	縮小撤退
	● 日本での豊富な販売実績、中国・フィリピンなど海外での販売実績 ● (JICA 支援により)インド・チェンナイ GARC に実機設備を持つ ● 顧客要望毎にオーダーメイド製品の提供が可能 ● GARC 名でデリー・チェンナイでのセミナー(2017 年 12 月)および AUTOEXPO 出展(2018 年 2 月)を実施	● インド地場企業と合弁会社を設立して、現地生産する(単独進出) ⇒FICCI などからの紹介 ● 基本仕様限定の低コスト品や環境配慮型のフルスペック品など各種仕様品の提供が可能	● GARC (チェンナイ)を活用して、インド国内のリサイクル企業・ハーネス製造業などユーザーとコンタクトする ⇒Mahindra MSTC Recycling Pvt Ltd や Motherson Sumi Systems Limited (MSSL) 社
	● インドでの知名度が低い ● 会社規模が小さい ● 海外販売スタッフがおらず(外部人材を活用)、インド向け事業展開で、時間的制約を受けることがある	● インド進出希望する日系企業と連携する(単独進出を避ける)	● インド向け販売・営業を中止する

一方、湿式ナゲット装置の購入先である、インドリサイクル企業（例えば、現在コンタクトしている販売候補先「Mahindra MSTC Recycling」）でのビジネスモデルも検討するため、Mahindra MSTC Recycling 社の立場での SWOT 分析（S : Strong point 強み.W : Weak point 弱み.O : Opportunity 機会.T : Threat 脅威⇒SWOT analysis）を次表に示す。

表 3－17 インドの銅リサイクル企業の SWOT 分析
(Mahindra MSTC Recycling 社の例)

強み (Strengths)	弱み (Weakness)
実績： 両社 (MSTC Limited と Mahindra INTERTRADE Ltd) は、鉄鋼原料供給、自動車メーカー、エンジニアリングの経験が何十年もある。両社はいくつもの成功した立ち上げ経験を持ち、現在は合併会社 (Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.) を設立している。 ELV 関連企業との関係： Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd. は、ELV (廃車) の回収および販売を行う企業と優れた関係を築いている。 地域性： インドには他の ELV リサイクル業者はない。ELV のサプライヤー (ELV 所有者) は、非公式リサイクラーよりも正式なリサイクラーにむしろ提供することを望んでいるだろう。	高額な初期投資： 銅リサイクルプラント設備費 (約 3000 万円) の投資と融資が必要である。 前処理： 銅のリサイクル処理を開始するためには、事前に、廃棄された車両 (ELV) からのワイヤーハーネス回収作業をする必要がある。 原料入手の課題： ELV 回収・入荷ルートが未整備。
機会 (Opportunities)	脅威 (Threats)
主要設備増強： 銅のリサイクル設備は一台当たり年間 300～500 トンの生産能力を持つが、現在のリサイクル可能なワイヤーハーネスの年間発生量はインドで 10,000 トン (EVL 100 万台から収集) を超えている。さらに台数は必要だろう。 研究開発： 同社は、インド国内の銅リサイクルプラントの大半を「メイク・インディア (インド国内製造)」する能力がある。	環境保護基準： インド政府の ELV 法「AIS-129」が国会審議されて今後更新されるたびに、基準を満たす技術的かつ経済的に実現可能なリサイクルソリューションを開発する必要がある。

インドの自動車産業標準・廃車規格 (AIS-129) が国会審議中であり、法整備が進み、リサイクルビジネスに、フォーマルセクター (正規リサイクル企業) が参入して、適正なリサイクル事業を行うことが期待される。廃車リサイクルビジネスがインドに定着していくためにも、本技術を始めた日本のリサイクル技術を紹介することが大切となろう。

2017年8月、12月、2018年2月と3回に亘り Mahindra MSTC Recycling 社関係者にヒアリングしたところでは、同社は廃車リサイクルに関する政策が不確実性にもかかわらず、「公害防止のための圧力が高まる中、廃車リサイクル事業は実現する」と期待してプロジェクトを進めている。廃車リサイクルガイドライン (AIS-129) はできたが、インド政府がまだ明確な車の廃棄政策を施行していないので、自動車所有者は廃車解体のために、リサイクル工場へ持ち込むことを強制されていない。マヒンドラ MSTC リサイクル社のプロジェクトの総費用は Rs 120 crore (=1200 million ルピー、12 億ルピー、約 24 億円) と推定される。

2018年2月に見学した（デリー郊外の）ノイダに、世界標準仕様の収集と解体センター（マヒンドラ MSTC リサイクル社第一工場）を開設した。それは面積7エーカー（約 30,000m²、東京ドームの 2/3 面積）で、30～40crore（3～4 億ルピー、約 7 億円）の費用がかかる。第一工場は廃車 100 万トン規模である。しかしながら、「同社が解体証明書を発行するために、どのようにして車両の登録解除を行うかの手続きが明確でない」といった、いくつかの運用上の課題があるということである。

実際、インドにおける廃家電リサイクル事業の銅回収量を見ても、2012 年施行当時は少量で、数年間のリードタイムで集荷が本格化していた実例があるので、自動車リサイクル事業が立ち上がるには数年を要するかもしれない。

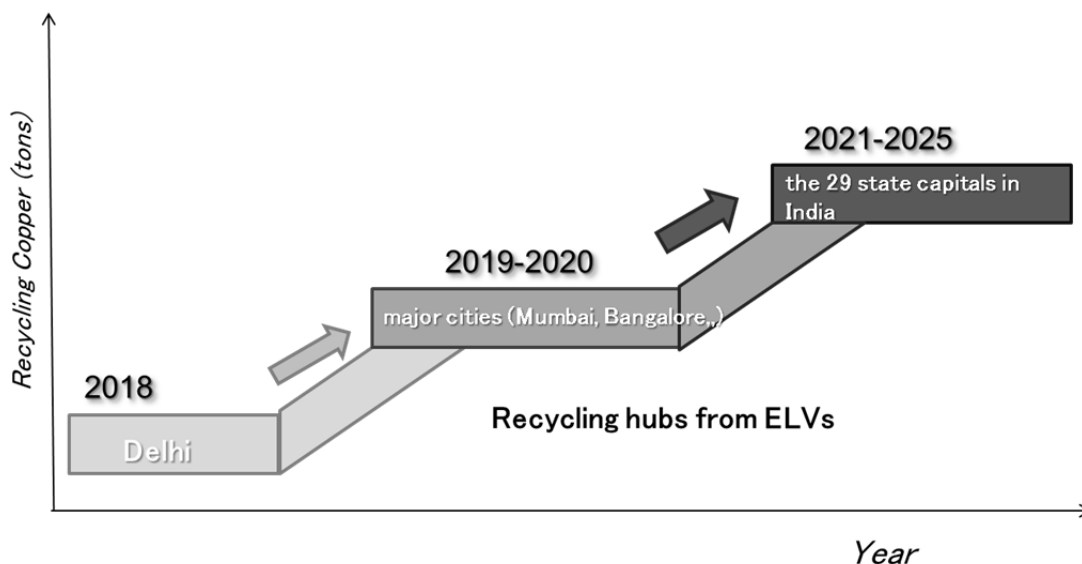


図 3-10 Mahindra MSTC Recycling 社の銅リサイクル事業拡大のビジネスモデル

(2) 事業目的の達成状況

1) 概要

GARC(Global Automotive Research Centre:自動車研究センター)内の RDU(Recycling Demo Unit) 建屋内に、機器類を設置し、2016 年 9 月 8 日に Mr.M.V.Ramachandran (ラマチャンドラン) 所長、Dr.Abhijit Kumar Mandal (アビジット・クマル) 副所長、Recycling Demo Unit(RDU)長 Mr.Praveen Kumar (パラヴィン・クマル) 氏に操作マニュアル等を引き渡し、合わせて動作説明を行った。

2) 達成状況

成果 1.NATRIP GARC のリサイクル施設(デモ解体プラント)にて提案製品を活用してワイヤーハーネスの処理及び銅資源の取得が実証される。

自動車に使用された電子部品や自動車部品には異材が含まれることが多く、再利用には制約がある。自動車用ワイヤーハーネスから、銅線とアルミ線並びにソケット類に手選別する。束ねた銅線は、「湿式ナゲットプラント WN-800」処理を経て高純度の銅資源として回収された。また、「アリゲータシャーリング HAS-250」でカットされたアルミ線は「剥線機 KOS-M」により被覆材の皮むき処理により、アルミ線材として回収された。また、ソケット類には真鍮材も含まれているため、純度がやや劣るが、多少真鍮材も混ざった銅資源が回収された。

RDU 長 Praveen Kumar 氏や操業オペレーター複数名に、別添 2 に示す英文操作マニュアルにて操作説明を行い、現地のオペレーター単独で作業できるようになった。

成果 2.対象州・地区にて、ワイヤーハーネスにかかる処理・銅残渣リサイクル方法が確立され、そのマニュアルが伝達される。

チェンナイ GARC での成果をインド各地の関係者へ紹介して、廃自動車のワイヤーハーネス(配線)から銅資源を回収・リサイクルする事業性を伝えるため、各社訪問や報告会・セミナー、AUTO EXPO 展示会などの機会を活用した。

GARC では BMW 車 1500 台を解体処理した以降も、各自動車製造会社から持ち込まれた廃車を継続的に解体処理しており、機材は定常的に稼働している様子である。RDU 長 Praveen Kumar 氏や操業オペレーター複数名に、別添 2 に示す英文操作マニュアル(和文操作マニュアルを翻訳したもの)にて操作説明を行った。実稼働を通して現場から上がってきた質疑を受けての補足説明や、メンテナンス操作も適宜行った。このような経緯を経て現地のオペレーター単独で作業できるようになっただけでなく、GARC での研修生(工業高校・高専のインターン生)による湿式ナゲットプラントを操業体験する研修にも活用している。

また、販売候補先企業（チェンナイ在住の）SRINIVASA Enterprises 社は、GARC 設置の機材見学を通して関係者複数名に、GARC の RDU 長 Praveen Kumar 氏より、別添 2 に示す英文操作マニュアルにて操作説明を行った。今後、同社へ機器販売する際には、直接、三立機械工業より、インド側関係者・オペレーター単独で作業できるように指導する予定である。同じく販売候補先企業（本社はムンバイ）Mahindra MSTC Recycling 社も GARC 設置の機材見学予定であり、公的機関である GARC がインドにおける操作研修・技術移転の拠点となっている。

成果 3. 当該リサイクルにより、C/P リサイクル施設から廃棄されるワイヤーハーネスの銅が高い剥離率でリサイクルされ、環境負荷が減少する。

ナゲット方式では回収した銅資源量はほぼ理論値の剥離率 65%を回収しているが、廃電線焼却では 59%だったので、当技術の剥離率は焼却と比較して約 6%高かった。なお、実際の中古自動車で電線被覆が劣化しているため焼却すると 50%程度になると推測されて、ナゲット方式と焼却では 10%程度の差は発生すると考えている。

成果 4. C/P リサイクル施設にて抽出された銅が、民間業者等に販売され、提案製品の投資回収年数や事業の収支が分析されるとともに事業の利益化モデルが示される。

C/P リサイクル施設にて抽出された銅が、チェンナイの民間業者（SIMS RECYCLING SOLUTIONS：地元リサイクル業者）に、（2017 年 1 月時点で）1 kgあたり 180 ルピー（約 330 円）で販売されていたが、これは他の金属と一緒に販売したため、安く買いたたかれた様子である。2018 年の銅国際価格は 1 kg 当り約 7 ドルと高価を維持しており、もっと有利に販売できるだろう。

機器のビジネスモデルとしては、毎日 1 トンの廃ワイヤーハーネスを集荷して、1 時間当たり 100 kg 投入で、一日 10 時間稼働して 1 トン処理するケースを想定する。

GARC で行った湿式ナゲットプラント処理試験は、日本での実績と同様に、銅ナゲット回収率 99%を達成できた。銅国際価格は 1 kg あたり 7 ドル（2018 年 3 月時点）であり、銅ナゲット価格は 6.5 ドルと算定する。

従って、毎日 1 トンのワイヤーハーネス原料を処理するビジネスモデルを考えると、1 年間で、ワイヤーハーネス 300 トンを販売しても、45 万ドルにしかないが、湿式ナゲットプラント処理で銅ナゲット 180 トンを回収して、これを販売すれば、年間 117 万ドルの売り上げで、一年目で 27 万 4,400 ドルの利益、2 年目からは 46 万 2,300 ドルの利益を得るというビジネスモデルが想定される。

(3) 開発課題解決の観点から見た貢献

①今回の普及実証事業において「開発課題への貢献」:

- ・インド重工業省傘下のインド国立自動車試験研究開発機構・グローバル自動車研究センター (NATRIP GARC) のリサイクルデモユニット (RDU) では、廃自動車のデモ解体プラントが試行されているが、ワイヤーハーネスに特化した処理は行われていなかった。
⇒「湿式ナゲットプラント」設備を GARC・RDU に設置して、実証試験して、チェンナイ周辺企業へ向けて技術紹介している。
- ・ワイヤーハーネスによる環境負荷を低減するには、内部銅線の適切な剥離、塩化ビニール部分の処理による再資源化が必要であり、作業者の安全確保や、環境保全など、高度リサイクル技術の移転が重要である。
⇒公的機関である GARC・RDU のセミナーや、AUTO EXPO 展示会 (インド・ニューデリー) への出展など技術紹介を図っている。
⇒公的機関である GARC・RDU は、実証試験後には、チェンナイ周辺企業へ向けて、実機を使って、技術紹介や作業手順を普及教育している。
⇒GARC やインド商工会議所 (FICCI) やインド政府機関 INVEST INDIA などを通じて、民間企業向けに機材紹介を行っている。

②将来の提案製品がインド市場に普及することによる効果見通し:

- ・インド社会において、今後、自動車リサイクルが大きな産業になることが予想され、その自動車のワイヤーハーネスのリサイクルのために、環境に悪影響を与えず、銅資源の高度リサイクルができる「湿式ナゲットプラント」設備を GARC・RDU に設置して、実証試験している。
⇒インドにおける銅資源リサイクルモデルを紹介している。
1 台の廃車から約 10~20 kg の銅を回収できるので、2024 年に約 400 万台の廃車から、回収できる銅資源量は 40 万トンと推定されている。インド側企業関係者も廃車台数見込み (つまり銅回収) が大なることと、インド政府の自動車リサイクル法 (AIS129) 施行が近いことから、銅資源リサイクルの可能性に注目している。インドの自動車リサイクル法による ELV 規制は、2000 年以前の製造されたすべての車両を廃車 (ELV) 対象としており四輪自動車 (M1 カテゴリー) だけでなく、二輪車 (L1 と L2 カテゴリー) も対象であり、台数が増えることになるだろう。
⇒インド各地 30 か所にリサイクル拠点を設置する Mahindra MSTC Recycling 社の計画は、インド政府の意向に沿ったものといえる。環境配慮した適正な銅資源リサイクルを普及するためにも、同社への販売が現実になれば、30 か所すべてに、本機材が導入されることになるだろう。さらに銅リサイクル法の普及を通して日本式の自動車リサイクル技術全般の展開・普及の端緒になることも期待したい。

(4) 日本国内の地方経済・地域活性化への貢献

三立機械工業(株)は昭和 52 年の創業以来、オリジナル製品の「廃電線リサイクル処理機」を開発・製造・販売し、廃電線リサイクル処理機のパイオニアとしてあらゆる廃電線の処理を可能とし、銅を中心とした貴重な金属資源の再利用、樹脂・ゴム等表面被覆材を含めた循環型社会に貢献している。長年の業績に基づき、製品は千葉地域の産業用機械製品地域資源に位置付けられると共に、商圏は国内全域に及び、1 万台以上を販売して各地域の環境行政に繋がる経済発展に貢献している。近年は東日本大震災及び津波によるガレキ中の塩分付着・複雑交錯廃電線の処理に採用され、岩手、宮城、青森の企業と連携した復興支援と雇用創出に繋がる活動を、経済産業省の補助金支援事業の基で行っている。また、地元千葉市においても、これらの地域貢献が評価され、第 11 回ベンチャーカップのコミュニティビジネス賞の第一号が与えられた。

千葉市では「千葉市地域経済活性化戦略」の中で、アジア及び周辺国を今後の有効なビジネスチャンス圏と位置付け、市内企業の海外展開を積極的に後押ししている。

「日印投資促進パートナーシップ」によりインドへは官民の 3.5 兆円の投融資が計画され²¹、大規模な国内消費と第三国への輸出向け製造需要、豊富な若年労働力、中国に比し安価な人件費、生産拠点としての低運送コストに基づく地政学的利点、自動車・電機・鉄鋼等大手日本企業の生産開始による環境保全の重要性等々があるので、三立機械工業が現地において多大に寄与し得る可能性が極めて大きいと思料する。

廃自動車リサイクル機器の製造においては、刃物、バネ等の高品質な焼き入れ技術による多くの部材が必要であり、これら日本独自の高度な基盤技術を有する関東地域はじめ各地の産業集積企業体（クラスター）への貢献も十分期待される。

地元千葉市において、地域のコミュニティ活性化の一環として千葉市及び市内大手企業と連携した廃電線リサイクル事業も計画されており、障害者を含む雇用促進に繋がる効果も見込まれる。これに同様な事業は千葉市以外の地域にも波及する可能性を有している。

(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

GARC では積極的に機器活用する方針を有しており、事業期間後も、ほぼ毎日稼働する運用計画を提案している。機材の維持管理・事業の継続性について相談が来れば対応したい。

GARC は 2018 年 2 月にニューデリーでの AUTOEXPO（自動車部品・製造機器と自動車車体・車両の展示会）へ参加した。展示会でのアピールを通じて、GARC での廃

²¹ <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keikyoku/dai22/siryou1.pdf>

自動車リサイクルについての先駆的な解体技術が、インド全国における環境配慮型リサイクルモデルの定着に寄与し、NATRIP・GARC の指導により、インド各地での自動車リサイクル業界の環境問題改善・技術革新の更なる促進に繋がることを期待している。

個別企業向けの商談や、上記の展示会等を通じて、GARC のリサイクルデモユニットの活動内容が分かる「メッセージ（パンフレットや稼働動画）」を発信している。これらの機会を通じて、インド側に役立つ「廃車リサイクル手法」を認知してもらい、技術の普及、機器の販売に繋がることを期待している。

（６）今後の課題と対応策

今後の課題：

- ・インド自動車業界・リサイクル業界の経営者技術者への「ワイヤーハーネス銅資源リサイクル技術」紹介では、銅リサイクル事業収支のビジネスモデルを提示して優位性をアピールしていく。その際に事業紹介 PR ペーパー（日英版）を作成・活用して、配布するだけでなく、今後とも自主的に訪印し、技術紹介セミナー等を開催して、本技術を普及していきたい。

課題と対応策：・GARC が回収した銅ナゲットは、チェンナイのリサイクル企業へ販売していることは確認した。

⇒現状の現地リサイクル業者への販売価格が安いので、（国際価格で売買できる業者として）海外向け販売する実力のある販売先を探すことが必要である。

- ・本製品導入コストと銅資源販売による収支バランス分析（光熱費含）などを、インド側企業（リサイクル機器の販売先）へ紹介していく。

⇒ チェンナイの民間リサイクル企業も、大手自動車系列のリサイクル企業も事業採算性に注目しているので、ビジネスモデルを提示して、今後の機器販売へつなげたい。三立機械工業にとっても、インド向けの B to B のモデルが構築でき、数十台以上を輸出販売するビジネスが成立する規模になろう。

- ・ビジネスパートナーの収入・支出分析、提案企業側の収入・支出分析、提案製品の輸出・販売方法等の検討を踏まえたワイヤーハーネス銅資源リサイクルのビジネスモデルの策定

⇒今後とも三立機械工業中根昭会長と中根亮一社長が自主的に訪印して（2018 年 7 月に計画中）、展示会場で提供する情報・資料を提供するだけでなく、さらに同社の英文ホームページによる商品説明・プレゼンという営業活動ビジネスの進め方を考えている。

また、欧州系の競合製品（乾式プラント）と比較して、当社の湿式プラントは環境対応を考慮した点で機器価格は高くなっている。しかし欧州製の乾式プラントは、一体

化した設備構成になっており、部分的にインド製に置き換えることもできないのではないか。湿式プラント第1号機は日本からの輸出品となるが、インド現地側で調達できるものを見極めて、2号機からはインドの技術部品を組み合わせたい。

以上のような点を事業紹介PRペーパーに反映して、今後ともインドでのプレゼンテーションやセミナー等の開催を通じて、本事業の優位性を紹介していきたい。

本件はインド全土に、リサイクル産業の拠点（数十か所）を整備することが期待される。そこで、インド全土向けとしてリサイクル機材を大量生産するために、インド政府が提唱する”Make in India”政策に合わせて、リサイクル機材をインドでの内製化する可能性も大きい。民間企業では対応しきれない課題が出てきた場合には、JICA および日本政府とインド政府関係者には、日本企業の進出・投資環境整備についてご支援をお願いしたい。

第4章 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）

1) 銅資源リサイクルについて

銅及び銅合金リサイクル原料(以下 R 原料)は、伸銅業にとって銅地金(電気銅)と並ぶ主要な原料であるにもかかわらず、発生品を回収し集荷した原料であることから、生産品である銅地金とは異なり需給は不安定で需要と供給のバランスが崩れると、品不足によるタイトな状況と品余りによる余剰状態を繰り返してきた²²。

日本の JIS に規定された銅及び銅合金リサイクル原料分類基準によると、R 原料は“新 R 原料”と“古 R 原料”からなる。“新 R 原料”は、伸銅や電線の製品として各事業所から出荷され伸銅や電線を加工する工程で発生した R 原料である。その材質や履歴も明確なことから、品質の信頼性の高い R 原料として再び伸銅や電線の製造所にリターンされる。つまり、ワイヤーハーネス製造工場での電線切断後の端材等がこれに相当する。

一方、“古 R 原料”は、伸銅品や電線が組み込まれた部品等からなる多岐の製品が消費者等に渡り、何年かを経てその製品用途を終え廃却され、R 原料として回収されたものである。

本事業では自動車ワイヤーハーネスから、銅線とアルミ線並びにソケット類に手選別することで、分別済みの古 R 原料を採る。このうち銅線は湿式ナゲット処理を経て高純度の銅系 R 原料として回収され、一級品（1 号銅ナゲットと称す）として高額で販売できる。また、アルミ線は被覆材の皮むき処理により、アルミ線材・板材として回収される。そして、ソケット類は、真鍮材も含まれているため、純度がやや劣り、二級品（込真鍮クズ相当品）になるが、それぞれの品質に応じたリサイクル品に相当する。なお、家電・電子機器や自動車で使用された電子部品や自動車部品には異材が含まれることが多く、再利用には制約がある。しかし、適切に異材を除去すれば、廃電線は、ほぼ 100%がリサイクルされ、ナゲット処理などが行われて、純良なものは電線メーカーと伸銅メーカーに、メッキなどがある物は伸銅メーカーや鋳物メーカーが使用することができる。

2) インドの銅資源リサイクル状況

リサイクルのフローでは一般的に、製品の流れを“動脈”とし、回収・集荷を“静脈”とする呼び方がある。動脈が製品を社会に提供する機能を有するのに対し、静脈は、そうした製品を素材として回収・集荷し再利用に提供する機能と言える。

²² (一社)日本伸銅協会「銅及び銅合金リサイクル原料調査報告書」(平成 27 年 8 月 1 日)

銅ナゲット、つまりリサイクル銅（R 銅）を精錬する精錬所がインド国内に複数箇所あり、国内で再資源化できる。さらにインド各地に自動車ワイヤーハーネス製造会社（Motherson Sumi、Tata Yazaki など日系合弁会社）もあり、インド自動車会社向けのワイヤーハーネスを製造しているため、再資源化した銅はインド製の新車へ組み込まれることになる。インドでの銅資源フローを表 4-1 および図 4-1 に示すが、銅系 R 原料のリサイクル資源量（静脈の循環量）は統計データが無い。分かっている動脈側の銅流通量の統計データ^{23,24}から推定して、2016 年には約 400 千トンの銅資源はリサイクルされていると推定できた。

表 4-1 インドの銅資源フロー量（千トン）

	YEAR									
	2004	2006	2008	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017
MINE PRODUCTION	29.1	23.0	31.0	35.5	32.7	34.8	26.7	29.9	30.5	30.0
Ores & Concentrates(Cu Ct.)										
Imports	232.2	812.2	621.3	620.9	578.2	593.4	594.3	542.9	304.3	440.4
Exports	5.7	13.4	8.0	1.0	0.0	7.5	4.2	0.0	10.3	13.7
SMELTER PRODUCTION	404.6	624.6	662.0	655.8	695.4	617.0	766.0	792.6	773.3	803.1
REFINERY PRODUCTION	405.3	624.6	661.6	656.9	695.4	617.0	766.0	791.9	773.3	823.1
USAGE	303.5	382.7	507.8	463.9	456.0	455.1	440.0	458.0	472.4	485.0
COUNTRY STOCKS	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0

（出所：“ICSG 2017 STATISTICAL YEARBOOK” Vol.14 (November 2017)，“COPPER BULLETIN(May 2018)”ほか

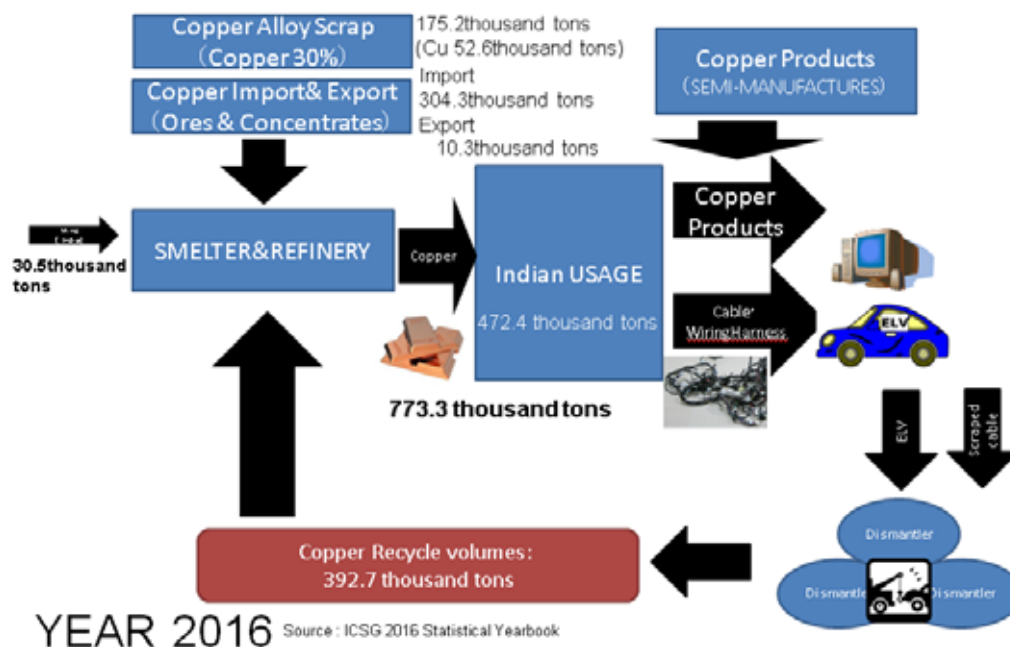


図 4-1 インドの銅資源循環量の推移（2016 年）

（出所：INTERNATIONAL COPPER STUDY GROUP “ICSG 2016 STATISTICAL YEARBOOK” Vo 1. 13 (November 2016)、World Bureau of Metal Statistics “World Metal Statistics” Volume 69 Number 8(August 2016)より作図）

²³ INTERNATIONAL COPPER STUDY GROUP “ICSG 2017 STATISTICAL YEARBOOK” Vol.14 (November 2017)

²⁴ World Bureau of Metal Statistics “World Metal Statistics” Volume 69 Number 8(August 2016)

銅の分類は、表 4-2 の分類表に応じて、格付けする（JIS 規格の基準確認を目視で行う。）

銅の国際価格は昨年 2016 年平均の 4,863US\$/トンから、2017 年平均は約 1.3 倍の 6,166US\$/トンに跳ね上がったのち、2017 年 10 月以降、高止まりで 2018 年 1 月～3 月時点では 7000 ドル/トン台を維持している²⁵。なお、日本国内の銅建値²⁶は、2017 年 10 月に 81 万円に達し、それ以降も 2018 年 2 月まで 80 万円台が続き、3 月はやや下がり気味で 76.5 万円となった。インドの銅価格は現地ヒアリング等から銅ナゲット価格は 6.5 ドル/kg と想定する。

①銅線：被覆された銅電線(被覆銅線)を皮むき処理により被覆材と分離した銅線。銅純分が高く、JIS では 1 号銅線、取引ではピカ線と称されている。

②銅ナゲット：被覆電線を細かく切断し銅分とビニール系の被覆材を浮力と比重差を利用し分離したもの。銅線と共に銅純分が高い。本事業では、主にこのクラスの銅を回収できている。

表 4-2 リサイクル銅の分類表

分類	特徴	写真	価格 (円/kg)	価格 (₹/kg)	価格 (ルピー/ kg)
1 号銅 (JIS) (1 ピカ 線)	JIS 規格では 1 号銅線くずを径が 1.3 mm 以上の銅線および銅より線の純良なもので、ビニール被覆、はんだ、メッキなどの焼いたものを混入しないもの、とある。規格としては、ビニール線をむいたもので、ぴかぴか光っているもの、ただし、メッキしてあるもの、ジョイント等が着いているものを除くもの。		720 円	\$6.60	RS300
1 号ナゲ ット (赤 ナゲッ ト)	被覆銅電線を細かく破碎し、プラスチック等の被覆や介在物を除去して取りだした銅		700 円	\$6.50	RS180 (日本で の鑑定額 は RS285)
2 号銅線 くず (JIS) (旧 1 号 銅線また は焼 1 号 銅線)	JIS 規格では径が 0.35 mm から 1.3 mm の銅線および、0.35 mm 以上の銅線を焼いた純良なものとしてある。原料業界では、上記 1 号銅線を (JIS) を焼いたもの。		520 円	\$4.68	RS180 程度

²⁵ JOGMEC 報告書 http://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2018/03/mr201803_02.pdf

²⁶ 日本国内銅建値は LME 銅相場に為替手数料等を加算したもの。インド銅価格は現地ヒアリング等から算定したもの。

上銅くず (JIS) (上銅または上故銅)	厚さ0.3mm以上の純銅の板、条、管、および銅ブスバー、棒などの一辺の長さが10mm以上のもの。銅合金、銅覆銅板などの異材およびメッキ、異物を混入していないもの。		540 円	\$4.86	インドでの取り扱いがなく、価格データ無
下銅くず (JIS) (鉱山山行、2号銅)	銅合金にその他の金属が混入、または付着して容易に分離できないものなど。		430 円	\$3.87	インドでの取り扱いがなく、価格データ無
雑黄銅くず (JIS) (込真鍮くず)	一般には真鍮屑と言われるもので黄銅棒、黄銅鋳物等の製品のくず、加工されて古くなったもの、他の金属と付着しているもの（たとえば水道関係の蛇口パイプ、バルブ、又は仏具、及びボルト、ナット、ネジ、歯車などの機械部品等）で鉄等の混入のないもの。		330 円	\$2.97	インドでの取り扱いがなく、価格データ無

注：日本鑑定額は JX 金属商事での売却額。売却単位（量）は 4 トン車 1 台分。

3) インドの廃自動車の発生と処理状況

現在、インドでは、自動車は修理業者によって徹底的に修理され、修理不可能な段階になった時に廃棄処分される。そして、解体業者では、約 13% が最終処分、約 87% は再利用またはリサイクルされている。

GARC 構内のリサイクルデモ部門（RDU）は、廃自動車解体リサイクルラインを有し、図 4-2 に示すように廃自動車解体を実施している。廃車は、車体ボディ（鉄）・タイヤ(ゴム)・プラスチック（合成樹脂、FRP）・窓ガラス（ガラス）・バッテリー（鉄・真鍮・銅ほか）・ワイヤーハーネス（銅、アルミニウム）などに分解し再資源化している。



図 4 - 2 RDU の廃自動車解体ラインの解体事例

出典：2016 年 11 月 4 日 GARC でのワークショップ講演より

このような解体と再利用の作業で排出される部品の一つが、ワイヤーハーネスであり、ここから銅が回収される。

自動車用バッテリー線などの大物のワイヤーハーネスはクリップで一本に纏められており、回収しやすい形態である。一方、電装品駆動用などへの小物ワイヤーハーネスは車体各部に散在しており、ワイヤーハーネスだけを回収するには手間が掛かるため、日本ではシュレッダーによって金属類として回収される。しかし、インドでは手作業でワイヤーハーネス回収作業が可能なので、100%回収と見積もられている。

日本の普通乗用車の場合は、ワイヤーハーネス重量は 10～15 kg/台、上記の事例の高級車ではワイヤーハーネス使用量は多く、ワイヤーハーネス重量は約 20～25 kg/台である。2017 年度当時、GARC では、BMW 車 1500 台を集中的に解体作業しており、専門の作業員（臨時の派遣傭人）を雇用し車体内部の電線の全てを手作業で取外すことで、ワイヤーハーネス銅線 100%を回収している。一日当たりでは約 6 台を解体処理しており、1 台あたり約 20 kgのワイヤーハーネスを回収するとすると毎日約 120 kgとなる。一方、ワイヤーハーネスからの銅資源回収作業については、一日当りワイヤーハーネ

ス重量約 100 kgを湿式ナゲットプラントに投入して毎日 2 時間稼働して処理している。これは 1 週間でワイヤーハーネス 500 kgの処理量になり、毎週、銅重量として約 325 kg程度（剥離率 65%）を回収していることになる。

なお、GARC には、チェンナイ周辺の自動車工場（BMW、ルノー日産、フォード、YAMAHA など）から自動車ワイヤーハーネスを回収し、リサイクル業者を経由して精錬所に販売するルートができています（図 4-2 参照）。回収した銅ナゲットの販売先は現地チェンナイの資源リサイクル業者に一括して販売しているとのこと、売価は 1 kg あたり 180 ルピーとのこと、業者からはアルミニウム線混在を疑われているため、銅ナゲット正価の 1 kgあたり 300 ルピーからかなり安く買ったたかれている様子である。サンプルを日本で分析したところ、鑑定額は 285 ルピーになったので、適正な値付けをフィードバックした。

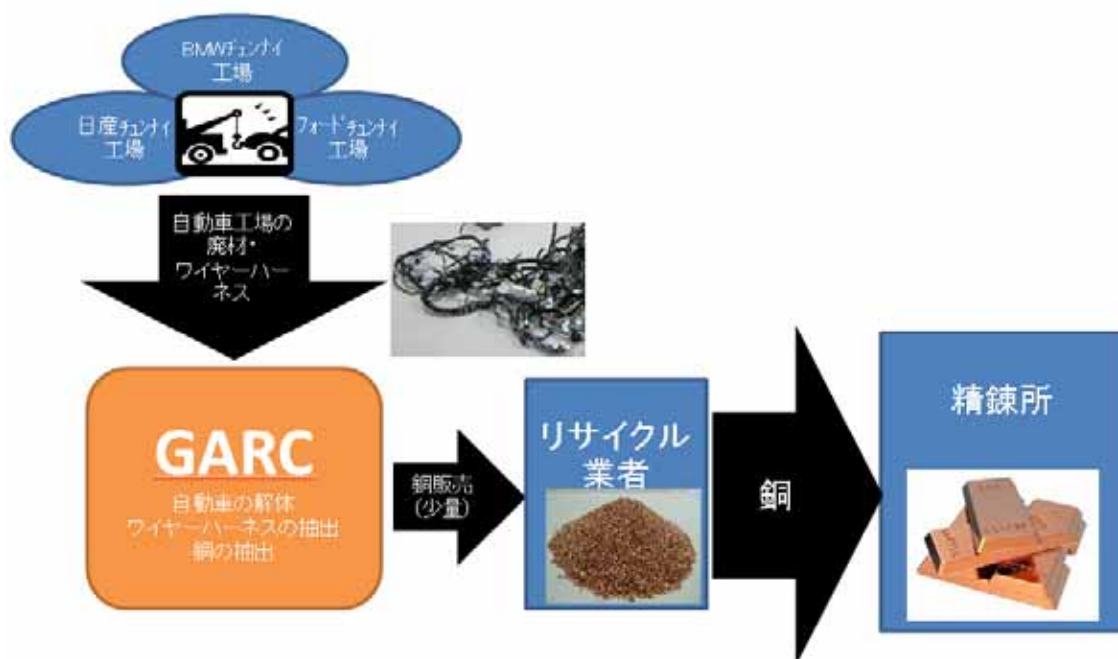


図 4-3 GARC での廃自動車回収ルート

② ビジネス展開の仕組み

提案企業はインドでの製品の直接販売と現地合弁会社の設立による現地生産を目指している。そのため、まず第 1 に販売先またはパートナー企業の選定においては、本事業の成功要因（Key Factor for Success）は廃車（ワイヤーハーネス）の集荷量だと考えられるため、集荷力と安定した集荷ルートを持つ企業を選択したい。これと同時に、環境対応において、インドにおける先進的な工場を作ることについて合意を得られることが絶対条件となろう。

具体的活動としては、ビジネスパートナーをリストアップするために、インド商工会議所 (FICCI) にインドのリサイクル企業等との引き合わせを依頼する。その際には、先方の企業に訪問しての現地見学だけでなく、先方からも GARC のリサイクルデモ棟見学を実施してもらい、日本の ELV リサイクル技術を理解してもらう。これらの手順・プロセスを通じて、信頼関係の構築を図りたい。

2017 年 12 月、チェンナイおよびムンバイのリサイクル事業者へ事業計画、候補地、集荷計画、事業スキームなどの具体的な交渉を実施しており、機材の販売先として、Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd. (インド全土) と SRINIVASA Enterprises (チェンナイ) の 2 社へ見積提出に至っている。特に Mahindra MSTC Recycling 社は自動車会社 Mahindra and Mahindra 社の子会社であり、自社グループ内で総合エンジニアリング会社として、インドでの機器製造にも期待でき、パートナー企業として有望と考えている。

さらに留意したい点は、銅の使用量はエンジン自動車では一台あたり 20kg から、電気自動車 (EV) では 90kg に増加することである。インドでは 2030 年代に電気自動車の全面普及を計画しており、銅資源を適切に回収する廃車リサイクルビジネスの確立が必要であろう。²⁷

本事業のターゲット市場として、将来的にはビジネス規模・銅資源市場を想定した次図のような三階層の集合市場があると予想される。インドの銅資源リサイクル量の将来見通しから、インドの自動車リサイクル市場のうち、もっとも価値の高い有価物である銅はインド全体で 25 億ドル (2800 億円) の市場規模となり、銅リサイクル全体では、約 60 億米ドル (6700 億円) 相当の価値になると想定できる。

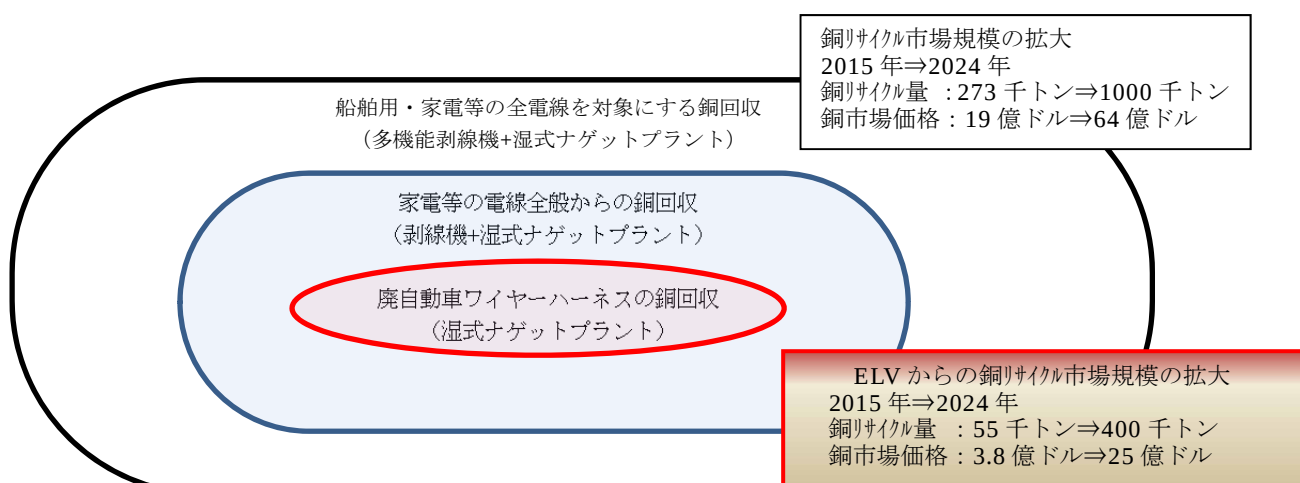


図 4-4 ビジネス展開先・対象別の銅資源の回収量を比較した市場規模概念図

出典：インドの銅リサイクル統計などから作図

²⁷ 自動車 1 台当たりの銅使用量は、ガソリン車 (ICE) で 24kg、ハイブリッド車 (HEV) で 33kg、プラグイン・ハイブリッド車 (PHV) で 54kg、電気自動車 (EV) で 94kg。

出所 JOGMEC「銅ビジネスの変遷」(2018 年 3 月) http://mrirc.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2018/03/report_cu_business201803.pdf

GARC のネットワークからは、「湿式ナゲットプラントのユーザーとなる廃自動車ワイヤーハーネスの銅回収拠点」、つまり車両廃棄解体リサイクルセンター（MSTC Ltd と Mahindra Intertrade のジョイントベンチャー工場など、まずは 10 か所）のような機器の販売先を探す。また金属リサイクル協会（MRAI）では、多機能剥線機および湿式ナゲットプラントの販売先として船舶用・家電等の全電線を対象にする銅回収業者を探している。さらに、これら販売先のネットワークやインド商工会議所連合会（FICCI）の紹介で、現地での機械製造業者(将来的な合弁先企業)との繋がりを作りたい。銅リサイクル市場規模は処理対象品を広げると拡大するが、これはどのような廃電線回収ネットワークをもつビジネスパートナーを選ぶかによるところであり、今後の課題となる。

③ 想定されるビジネス展開の計画・スケジュール

タミル・ナド州政府は 2023 年までに達成する政策目標及びそのために必要な戦略、インフラ投資の内容を定めた構想「Tamil Nadu Vision 2023」を公表している。当構想の実現に向け、2023 年までに累計 15 兆ルピー（25 兆円）規模（電力：4.5 兆、交通：3.8 兆、都市インフラ：2.75 兆、産業・商業：1.5 兆、一般・社会インフラ：1 兆等）の投資を見込んでいる。優遇措置の適用可否は州政府との交渉次第であり、業種や地域によって取扱いが異なる場合がある。タミル・ナド州産業振興公社（SIPCOT: State Industries Promotion Corporation of Tamilnadu Ltd.）が窓口になる。

- ・原材料・資機材の調達計画(含、許認可の必要性の有無)

本機材のような民間レベルの場合は特に許認可は無し。

- ・生産・流通・販売計画(含、許認可の必要性、現地生産計画の有無)

本機材のような民間レベルの場合は特に許認可は無し。現地生産の可能性は十分にある。現在の交渉相手先マヒンドラ&マヒンドラ（Mahindra and Mahindra Limited、略称 M&M）はインドの自動車製造企業であるだけでなく、「マヒンドラ・グループ」の中核企業であり、機械製造エンジニアリング会社を傘下に持つので、現地委託生産の可能性はある。

- ・要員計画・人材育成計画

操業ワーカーは比較的容易に確保でき、且つ、定着率も高いのが特徴だが、熟練工や高学歴エンジニアなどオフィス・スタッフ等の人材は不足しており、賃金上昇率ならびに離職率とも極めて高い状況がある。²⁸

²⁸国際協力銀行「インド投資環境」（2017 年 8 月）<https://www.jbic.go.jp/ja/information/investment/inv-india201708>

チェンナイ（賃金水準/月）（ルピー（US ドル）2016 年 6 月時点、JETRO 調査よりは以下の通り。

ワーカー（一般工職）：13,926 ルピー（209 ドル）

エンジニア（中堅技術者）：30,102 ルピー（452 ドル）

中間管理職（課長クラス）：70,215 ルピー（1055 ドル）

最低賃金：（非熟練工）6,276 ルピー（194 ドル）

・収支分析・資金調達計画

第 3 章にて述べたとおり、本ビジネスモデルは、購入企業にとって「有償（銅資源を含有する）」価値のある有価物として、現地の市場価格 \$ 1.5/kg で集荷した廃ワイヤーハーネスを、湿式ナゲット方式でリサイクルして、高純度分別した銅ナゲット（二次銅資源）を引取業者（または精錬工場）へ（国際価格並みの）\$6.5/kg で販売すると仮定して試算すると、純利益で初年度 27.4 万ドル、二年目以降 46.2 万ドルとなる。1 年目で機材原価焼却が完了して、2 年目以降は全て純益になることが特徴である。

もちろん、廃車を集めやすいリサイクル拠点（例えば、Mahindra MSTC Recycling 社を想定）が、リサイクル事業の主体である場合は、外部業者から購入することはなく、廃ワイヤーハーネスは自前で収集できるので、実質的には、廃ワイヤーハーネスの原価は生じないため、45 万ドル分の利益が上乗せできる。

表 4－3 事業モデルの試算（表 3－15 再掲）

	1 年目	2 年目以降	備考
売上高	1,170.0	1,170.0	リサイクル工場（一箇所）の年間稼働日数を 300 日で、回収ワイヤーハーネス（銅線含有 60%）処理量は一日当たり 1 トン処理（処理能力 1 時当たり 100 kg～150 kg で 8 時間稼働）。2018 年 3 月時点の国際的銅販売は kg あたり約 7.0 ドル（約 750 円）でしたので、銅ナゲット価格は 6.5 ドル/kg と想定する。
原料費	450.0	450.0	ワイヤーハーネス購買額は 1 kg あたり 100RS（＝1.5 ドル：約 170 円）で、毎日 1 トン購入。
労務費	10.8	10.8	オペレータ年収 240,000RS として 3 名を雇用
製造経費 （電気代・消耗品代等）	22.1	22.1	（チェンナイの電力料金 6RS/kw で計算すると）1 時間当たり 180RS（＝3.0 ドル、約 330 円）などを考慮 タルク粉は、年間 30 袋（600kg 相当＝60000 円）を消費すると仮定。
減価償却等	272.0	0.0	設備費など合計 3000 万円（27 万 2 千ドル）と想定し、これを 1 年目ですべて償却するケースを想定。

売上総利益	415.1	687.1	
人件費・管理費	18.0	18.0	エンジニアクラス（年収 600,000RS）など 2 名を考慮
営業利益	397.1	669.1	
法人税等	122.7	206.7	規模により異なるが、課税対象所得 1,000 万ルピー以下の企業の場合、30.90%（法 人税率 30%+教育目的税 3%）
純利益	274.4	462.3	

※為替レート： 1Rs= \$ 0.015= ¥1.74

（2018 年 1 月～3 月度の国際的銅販売はkgあたり約 7.0 ドル、約 750 円）

原料のワイヤーハーネスを 300 トン集荷できれば、1 年目から設備投資回収可能であり、銅リサイクル事業への早期参入がビジネスチャンスとなろう。さらに 2 年目からは設備償却もなく 46.2 万ドルの利益を得るし、自動車を社内解体する場合は原料費 45 万ドルも利益に加算でき、91.2 万ドルの利益を得る。



注: 原料を外部購入する場合

図 4-5 事業収益構造図 (前述の表を図示)

④ビジネス展開可能性の評価

表 4-4 電線別の処理方法の比較

	雑線 (φ 0.6mm 以下の 細線) 	ワイヤーハーネス (銅線と被覆樹脂の 場合) 	ワイヤーハーネ ス(銅線と、アル ミ線と被覆樹脂 の混在) 	特徴
湿式ナゲット プラント (三立機械工 業：処理能力 100-200 kg/hr)	◎	◎  残存樹脂は無い	○ 改良型：◎	湿式設備は、電線やケーブルを細かく二段回で粉碎し、水流デッキ上の比重選別原理を用いて銅等と被覆材料を選別できるナゲット化装置である。デッキ上の比重選別は分離精度が 98% であり、機能的には銅とアルミも分離できる構造である。
乾式ナゲット プラント (例：欧州メ ーカーA 社： 処理能力 100kg/hr)	△	○  黒っぽい被覆樹脂 片が残存	×	欧州メーカーA 社の湿式設備は、電線やケーブルを細かく粉碎し、エアータンクで比重選別原理を用いて銅と被覆材料を選別できるコンパクト設計な銅の乾式ナゲット化装置である。 機能簡略化により機器価格は約 5 万ユーロと安い、銅回収率は 90% と湿式に比べ 8% は低下。さらにアルミ混在の場合は分離できない。

欧米では湿式の排水処理を厭い、湿式が普及していないが、日本では湿式処理でも排水を外部に出さず循環処理することで湿式ナゲットプラントが普及している。さらに細線の場合や、銅線・アルミ線混在（実際にインドの GARC での BMW 車解体で遭遇したケース）の場合は、湿式プラントが優位である。

本稿で紹介した湿式とは異なり、乾式はエアー（空気）中での比重選別であり、乾式の原理は下方からの風力で比重の軽い樹脂を浮かせることにより銅と樹脂を分離させるが、ワイヤーハーネスや電子機器類などの通信線は径が細いため（ $\phi 6\text{mm}$ 以下の）銅線は、下方からの風力によって 8% 程度の銅が樹脂側に吹き飛ばされるため、銅の回収率が大幅にダウンする。風力の技術では 解決出来ない事であり、日本に於いては、銅径の太いものは乾式を採用されるが、銅径の細い系統の電線リサイクルは三立機械工業が特許を有する湿式プラントが圧倒的に採用されている。一方、価格についても欧州メーカー A 社の乾式設備コストは 5 万ユーロと、湿式設備に比べて安い、銅回収率は 90% と湿式に比べ約 8% は低下するため、年間 600 トンのワイヤーハーネスを処理して（理論上）約 360 kg の場合、湿式では 352.8 kg（2470 千ドル）、乾式では 324 kg（2270 千ドル）と 1 年目で 2 万ドルの差が生まれ、これは機材価格差（約 5 千ドル～15 千ドル）を上回る効果である。さらに湿式ではアルミ混在の場合は分離できるが、乾式の重量分離では分離できず、最新式の銅線・アルミ線配線を採用する車両を解体するには不向きである。²⁹

インド政府の” Make in India”政策は、インドの高い経済成長率と雇用創出を目指すために、国内外の企業からの投資を促進し、インドを世界の製造拠点に発展させることで、簡易的で効率的な行政を実現すること（外国資本からの投資を盛大に歓迎という意図）を目的とした政策である。インドの製造業による GDP シェアを現在の 15-25% から 60% に向上させることを目標としている。この国家政策は、投資促進、イノベーション育成、人材育成、知的財産保護、高品質の製造インフラ構築を実現させる取り組みである。この政策には、外国企業による拠点設立(会社の設立)を促し、インドを重要な製造拠点(工場の設置)に位置付けるためのプロジェクトが含まれている。

ムンバイのエコリサイクル社の話では中国等の機器では銅リサイクル対応ができない様子であった。中国製品を購入したエコリサイクル社の話では中国製は、機材トラブルがあって稼働していない、たぶん環境対策・安全対策は不足であろう。実際には欧州からインド国への輸入製品（たぶん乾式プラント）との競合になるかもしれない。湿式と乾式の銅回収率の差異（湿式が優位）があるため、長期稼働した場合の収益の差異に繋がることを強調したい。2017 年に面談して説明した Mahindra MSTC Recycling

²⁹ 更なる軽量化とコスト削減のため、銅ワイヤーハーネスのアルミニウム化が進展しており、自動車における銅線とアルミ線が混在する。今後の電動車にはバッテリー配線用にアルミ線も多用するだろう。さらに電動車では配線量が増えるため、将来的に旧来のガソリン車より、電動車でのワイヤーハーネス重量（銅重量）は増えると推定される。JIGMEC「銅ビジネスの変遷」http://mric.jogmec.go.jp/wp-content/uploads/2018/03/report_cu_business201803.pdf

Pvt. Ltd.や SRINIVASA Enterprises など各社へ、今後も訪印等を続けて比較優位を伝えていきたい。

2017 年 12 月からムンバイの Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.や、チェンナイの SRINIVASA Enterprises 社の 2 社との商談が始まり、そのうち Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.とは 2018 年に入り、具体的な商談を継続している。

(2) 想定されるリスクと対応

・機材輸送費リスク

インド国への通関関税は、例えばタミル・ナド州の場合、26.428%と高率であり、機材代金と輸送料金の総額に対して 26.428%を乗じるため、通関費用が高額になる。これは輸入製品を減らして、インド国内産業を育成するために 2014 年 9 月に打ち出した製造業振興政策 “Make in India”が影響している。GDP に占める製造業比率を現状の 16%から 2022 年までに 25%に引き上げる目標を設定し、振興すべき 25 業種の特定や規制緩和を行ったものの、投資誘致権限は主に州政府に属するため、抜本的な対策は打ち出せていない。つまり、中央では、インド商工省やインド商工会議所（FICCI）が “Make in India”政策を進めているが、インド国に進出する場合は、州政府や現地インド企業と協力して、インド国内生産することで、インド進出する海外展開策が考えられる。

なお、インド政府は 2017 年 7 月 1 日に新税「物品サービス税 (Goods and Services Tax : GST)」を導入し、中央政府と州政府ごとに異なる税制の統一を図る。税率は 5%、12%、18%、28%の 4 段階で、例外措置の対象品目は無数に上る。

GST 導入により、インド工業連盟(CII)の試算では、全ての間接税制を一本化し、税制手続きを簡素化すると、GDP 成長率は 1.5~2%押し上げられる見通しである。地場企業の課税逃れは困難になり、外資企業は競争力強化の機会を獲得し、インド経済の更なる成長の引き金となるだろう。

・安全リスク

安全の確保手段の一例として、商用ビザ申請のためには現地企業または政府機関等から招聘状が必要であるが、受入側(今回は GARC)が滞在中の身元証明先となりうる。また、チェンナイ GARC にあるオラガダム地区は自動車工業団地でもあり、比較的にセキュリティのしっかりした(3つの防衛線：門構え、警備員、施錠のある)宿泊先が確保できた。インド滞在中に安全を脅かすような事件・事故に遭うことは無かったが、航空機の遅延など、日本ではあまり起こらない予期せぬリスクには遭遇した。「インドは日本と同じではない」というリスク管理意識は常に持った方が良いだろう。

・法令リスク

製造業者の経理実務において特に注目されるひとつの論点に「減価償却費」というものがある。“減価償却”とは、時間の経過や使用によって価値が減少する資産を、その資産を取得した年度にまとめて費用に一括計上するのではなく、その資産の耐用年数にわたって少しずつ費用計上していく会計処理のことを指す。ところが、インドでは会計上の固定資産台帳と、税務上の固定資産台帳は全く別物として作成・管理しておく必要がある。設備投資が大きければ大きいほど、減価償却費が事業計画や実際の損益、キャッシュフローに与える影響は大きく、これらの会計上および税務上の取り扱いおよびその違いについて事前に正しく理解をした上で検討をしておくことなど、日本の経営者にはなじみが少ない制度がある。

「廃棄物処理業」などのインフラ投資には、プロジェクト開始から 20 年間のうち連続する 10 年間は法人税非課税の措置がある。剥線機等の製造が広義の「廃棄物処理業」のインフラ投資に該当するかは、具体的案件化した段階で、合併会社を通して、個別の情報収集が必要である。

南インドのチェンナイは自動車産業を中心とした製造産業が集積しており、多くの日系メーカーが進出している。チェンナイ周辺の工業団地は経済特区（SEZ：Special Economic Zone）になっている。最大 15 年間の法人税減免、原材料・部品の輸入関税免税、さらに物品税、サービス税、中央売上税の免税措置などを国が制定している。地方政府も付加価値税（VAT：州内の物品販売に課税）の免税処置を行っている。

・環境リスク（排水、重金属等）

環境法の観点から企業の義務は以下の事項がある

- 事業所の設立前に環境認可（EC）の取得(EIA 通達)
- 大気法・水管理法に基づき、「設立許可」（CfE: Consent for Establishment）を州汚染管理局（SPCB： State Pollution Control Board）から取得する。
- Factories 法に基づき、機械の使用、化学物質の保管等に関する許可を取得する
- CfE の取得後、事業開始前にオペレーション条件（CfO: Consent for Operation）を SPCB から取得する。CfO として排水量、廃棄物の排出方法、再利用・リサイクル条件、排水や排ガスの上乗せ基準等が設定される。
- 大気法・水管理法に基づき排ガス・排水のモニタリングおよび SPCB へ報告
- 有害廃棄物を取り扱う許可(有害廃棄物管理規則)および取扱量の SPCB へ報告。有害物を輸送する場合 SPCB へ報告する。

・輸入規制リスク

本件ビジネスモデルでは、1) 機器製造・取扱い技術を支援・提供する、2) 機材をインド国企業へ提供する二つの手法を考えている。

はじめに、技術支援や営業支援のためにインドに出張者を派遣したり、機器の製造技術や稼働技術やノウハウ等をインド側企業に供与したりする。この場合、当然のことながら、日本企業はインド企業に対して人的役務提供報酬やロイヤリティ、管理報酬、貸付利息などを請求する。インドは、ネパール、チリ、シンガポール、マレーシア、日本、韓国、アフガニスタンなど様々な国と貿易協定を締結しており、他の様々な PTA や FTA の締約国でもある。これらの優先協定に適用される特別関税率は、法律で規定されている。特別関税率は法律で公表されているが、税関法第 1962 条の第 25 節にもその旨が通知されている³⁰

インドでは、工業製品を含め、ほとんどの品目は輸入自由品目に該当し、自由に輸入することができる³¹。しかし、表 4-5 のように輸入禁止または輸入に制限がかかる品目も存在する。輸出入に制限のある品目を輸出入しようとする場合は、外国貿易総局（DGFT）への申請が必要である。なお、詳細は商工省商務局・外国貿易部に確認が必要となる。

表 4－5 輸入禁止または輸入について何らかの制限がある品目

	内容	規制品目
輸入禁止品目	輸入が禁止されている品目	動物、一部の農産品、武器、牛肉関連品 など
輸入制限品目	輸入に際し、ライセンス、輸入許可または各種証明書の取得が必要な品目	一部の農産品、鶏肉関連製品 など
輸入業者指定品目	国有企業など指定された業者しか輸入が許可されない品目	原油、石油など

J E T R O によれば、輸入に関して他法令で定められた規制には表 4-6 のようなものが存在する。

表 4－6 他法令で定める輸入関連規制

法令名	内容
関税法 (Customs Act, 1962) に基づく輸入規制の通達	インドの関税法第 11 項は、政府に対して輸入禁止・制限措置を発動する権限を与えている。現在、同権限の下で、現在のところ 100 件近くの政府通達が発効しており、様々な製品の輸入が禁止・制限されている。対象品目は、向精神薬、特定の本・雑誌、指定動物・またはその一部、特定のラベル類、特定の車、麻薬性の薬品など。
BIS 基準規制	2000 年 11 月 24 日付商工省通達 No.44 に基づき、指定品目のインドへの輸入には、インドの品質規格である BIS (Bureau of Indian Standard) を取得

³⁰ <http://commerce.nic.in/>

³¹ 国土交通政策研究 第 101 号インドの物流事情に関する調査研究(2012 年) <https://www.mlit.go.jp/pri/houkoku/gaiyou/pdf/kkk101.pdf>

	することが義務付けられている。対象品目には食品 原料、加工食品、セメント、鉄鋼製品、タイヤなどが含まれている。
中古品輸入	中古品輸入は一部例外を除き、輸入にはライセンスの取得が求められる（輸出入政策 2.17 項）。中古資本財については、自由に輸入することが可能。ただし、コンピュータ、コピー機、ディーゼル燃料のジェネレーター、エアコンなどについては中古資本財と認められないためライセンスの取得が必要で、援助案件を除けば事実上輸入は不可。また、修理・改造されて輸入される機械部品については、インド政府が認定した検査機関の公認技師による証明書（当該部品の残存寿命が、新品と比べ 80%以上であることの証明）が必要。また、企業が生産目的に機械設備を持ち込む場合については、設備機械の減価償却後価値が 2 億 5,000 万ルピーを越える場合、ライセンス不要となる。
中古車輸入	販売を目的とした中古車輸入については、製造日から 3 年以上経過した車や左ハンドル車は禁止されている。輸入の際は、最低 5 年の路上使用に適すること、かつ 5 年間はインド国内のサービス施設で部品交換や修理などのサービスが受けられることを証明する書類の提出を義務付けている。また、輸出国での船積み前検査に加え、インド国内でも通関前の適合検査が義務付けられる。
船舶輸入	船舶の輸入は、ライセンス不要だが、海運省のガイドラインに従うことが必要。主に船舶の残存寿命に関する規定あり。
ジェネレーター輸入	ジェネレーターセットの輸入は、環境保護規制 (Environment Protection Rules, 1986)の定める排気・騒音基準に従うことが要件となる。

以上のことから見て、銅資源リサイクル機器は、新品機械では制約は無いが、中古機械の輸入に際しては、CEC(Chartered Engineer's Certificate)制度に沿った輸出地での船積み前検査を受け、その検査証明書（CEC）を輸入通関時に提出することを義務付けている。

・処理事業者リスク（インフォーマルセクターの影響度合い）

ワイヤーハーネス廃電線に端子部分や鉄製部品などを残してしまうと原料が混在するのでリサイクル率や純度が低下する。GARC の場合のように、手作業で端子部分を分別する精緻な分別・前処理の収集システムが必要である。

現状では、生産性が高く環境配慮が可能な工場が存在しないために、インフォーマルセクタ（違法解体業者）が ELV リサイクルインフラの中に組み込まれており、政府が取締りを行うとリサイクルフロー・設備インフラ自体の崩壊を招く恐れがある。

したがって、地域内に先進的工場を作ることを契機に規制を強化しようと行政では検討されている。ムンバイのエコリサイクル社が、廃家電（E-WASTE）を対象にしたリサイクル拠点整備をインド政府機関（National Skills Development Centre: NSDC）と共

同整備しており、E-WASTE 電線リサイクルを普及させるフランチャイズ化を計画していることは参考になろう。

既に家電リサイクル（E-Waste）回収事業もインド国内各地で稼働しており、健全なリサイクル事業者が増えている。今後、廃自動車分野でも Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.が、2017 年 6 月にデリーで稼働した最初の廃車車両の汚染除去と解体を行うリサイクル工場を立ち上げて、2018 年 4 月に本格的な自動車破碎工場（自動車シュレッダー・リサイクル工場）として商業稼働を開始する予定で、10 万～15 万トンの処理能力を有する。2018 年には、デリー以外の全国に 4 つのリサイクル工場（計画では、アーメダバード、ムンバイ、バンガロールなど）、さらに国内 30 所を設置する予定である。さらに船舶解体におけるアジロ電線など分別した材料を再生処理するリサイクルシステムを有する処理業者を探したい。

（３）普及・実証において検討した事業化による開発効果

インド政府機関（NATRIIP・GARC）では、インド国内外のリサイクル処理技術の開発状況、自動車の LCA 検討による自動車長寿命化やリサイクルしやすく・分解しやすい設計など（ELV を考慮した車両開発・研究）も続けている。インド国内での GARC 役割に本事業成果も加わり、GARC における廃車リサイクル事業がインド国内に普及促進する起点となることを期待している。

広くインド社会への開発効果としては、銅製品は国際価格で取引できる商品（コモディティ）であることから、インド経済の成長に伴い、インド国内流通だけではなく、国際的にも取引される商品になるため、銅資源リサイクルはインド国のみならず国際的にも重要なリサイクルフローになる。回収からリサイクルまでに至る事業は「静脈産業」であるが競争力のあるリサイクル技術を他社に先行して、インドにおいて事業化できれば、その恩恵は大きな形(先行者利益)となって還元されるはずである。

自動車解体をインフォーマル業者が担っている実態では、環境基準を満たすためのノウハウや知識、資金力を持つ解体業者はほとんど存在せず、銅線の野焼きによる不適切な処理などが行われており、解体業者由来の環境汚染が後工程に移ることで表面化しづらくなっており、電線焼却による土壌汚染等の環境問題が発生している。従って、インフォーマルセクターによる野焼き等の違法廃棄や、無価値な廃棄物として不法投棄されて環境破壊につながることを避けるためにも、適切なリサイクル事業化はインド社会にとって有益である。政府・地方行政機関による適正な廃車ビジネスの展開がもっとも求められる。

インドにおいて廃車が適正にリサイクルされる法整備が近々施行されれば、廃車リサイクル事業はビジネスチャンスであると、マヒンドラ MSTC リサイクル社（Mahindra MSTC Recycling Pvt. Ltd.）は捉えている。ワイヤーハーネスの銅資源が高い経済価値を

有することが広くインド国内で認識されれば、リサイクル企業の設備投資意欲が高揚し、銅リサイクルビジネスの産業高度化とそれに伴う環境配慮が促進されるであろう。

ワイヤーハーネスリサイクル機（ナゲットプラント処理機）の販売では、リサイクル産業競争力と実績を有する日本か欧州系企業の覇権争いになろう。今回、三立機械工業が実証した湿式型プラントは『ワイヤーハーネス等の従来の銅リサイクル困難物において高いリサイクル率を確保できる』特性を有するため、欧州企業が供給する乾式型プラントとのすみ分けによる共存が可能と考えている。

三立機械工業は、今回の GARC への機材設置により、まずは湿式ナゲットプラントの優位性を定量的・定性的に証明したことで、インドにおいて先行導入できた。今後は、将来の市場すみ分けも念頭に一層認知を広め、市場占有率を先んじて獲得していきたい。

（４）本事業から得られた教訓と提言

インドの廃自動車リサイクルは、資源の有効利用の確保や廃棄物の適正処理により生活環境の保全及び国民経済の健全な発展に大きく寄与するとともに、自動車大国になりつつあるインドの課題として、着実に取組を進めていくべきである。環境負荷削減等の社会的課題の解決や、銅資源の国際的な資源循環の促進に向けて、先駆的な技術を有する我が国のリサイクル事業者の海外進出により、インドの自動車リサイクル関連事業者の競争力強化に資する形で国際貢献を進めることができた。

➤ 「インド政府機関」へのアプローチ

持続可能なリサイクル手法の確立のため、自動車リサイクル法の整備・適切な運用が早急に必要である。環境対策と新車販売策として、2017年5月に「2030年に販売する全車を電気自動車（EV）に」を掲げたが、「完全EV化の実現性が乏しいため、販売車両の4割をEVに下方修正」するなど、次世代車に関する政策立案は、先行きは不透明な状況になっている。一方でエンジン車の販売予測は好調であり、EV化にはハイブリッド車で対応することで買替が進めば、新車販売台数は今後とも好調で廃車数の拡大は予想通りに推移するであろう。従って、環境配慮型の廃車リサイクル体制をインド全土に展開するような支援がなされるべきであろう。

廃車ワイヤーハーネスからの銅資源リサイクルの実証検証を現地のカウンターパートの NATRIP、GARC の協力と得て、2年間に亘り行ってきた。これまでも GARC は廃車リサイクル施設見学を受けていたが、今後も実機見学者の受け入れや機材操作の研修などを続けて、廃車リサイクルシステムの普及に努めてほしい。

➤ 「インド企業」へのアプローチ

廃電線処理プラントの現地化追求には、「対象事業者へ製品展開・拡大」「環境改善、3R 投資の促進」等が挙げられる。本ビジネスモデルの収益性がインド側に理解されつ

つあり、また、日系業のインド進出数も増えつつあるので、インドの日印双方の企業への本事業紹介を続けていきたいと考えている。

最後に、業務主任者：中根昭の総括を持って、結言とする。

①今後海外展開を検討する企業へ向けた教訓

本プロジェクトの終了に際し、中小企業の経営者として私の海外展開に対する初心と現在を報告いたします。海外展開をする前段として、まず国内に於いて企業の関与する業界のマーケットに評価されて始めて海外が見えて来ると思います。

マーケットのニーズを的確に捉え、技術力を磨き、新しい製品を提供し業界から必要とされる製品、企業になることが何より重要と考え、私の持論である「常に一步前に」を実践してまいり、地域の関係機関や団体のさまざまな支援もあり、業界から評価をいただけるようになりました。その延長上で海外を見ると我々の技術が海外でも評価されるのでは、と思え、JETROの海外展開支援の専門家派遣事業で、インドに車産業などの調査の為、インドに訪問し、カウンターパートに相当する機関との接点も探る事も出来、インドに於いて自動車産業が右肩上がりで急成長しており、近年には膨大な廃車が発生しそうとの見込みを思うと、今、リサイクルの土壌が無いインドこそ、これからの廃車からワイヤーハーネスの銅資源を環境に配慮したリサイクルを提案する時期に来ていると痛感し、JICAの中小企業海外展開支援事業の普及・実証事業に「インド国 ワイヤーハーネスからの銅資源高度リサイクル普及・実証事業」を提案し採択に至りました。

事業の開始に当たっては、インドに於けるカウンターパートの選択や協力、コンビを組むコンサルタント会社、担当者、アドバイザーの方々の強力な布陣を揃える事がより重要で、今回は恵まれた環境を整えて事業を円滑に進めることが出来ました。テーマも相手国もスタッフも慎重に進めることが、いかにプロジェクトをまとめるに重要だと思います。

本事業の教訓としては、「インド国の自動車リサイクル市場という潜在的に拡大しつつある業界に注目したこと」と「カウンターパート先と良好な信頼関係を構築できたこと」でインド側の成長の波にうまく乗り合わせる事ができた点にあります。

②JICA や政府関係機関に向けた提言

本テーマは、「インド国ワイヤーハーネスからの銅資源高度リサイクル普及・実証事業」で、現地に当社製品を設置し、ワイヤーハーネスからの銅資源リサイクルの実証検証を現地のカウンターパートの NATRIP、GARC と共に行ってまいりました。実証に向けた事業は目的を十分に達成出来たと思うが、本 ODA の目的には中小企業の優れた製品・技術等をもって途上国の課題の解決と中小企業の海外事業展開と共に地域経済

の活性化の促進が織り込まれています。その観点ではインドの銅需要は右肩上がりに増えているので、インドのリサイクル業界は今後とも好況になると思われます。

事業開始の前半では、実証に重きを置き、海外事業展開への理解やアドバイスがやや抑えられ、インドでの自動車リサイクルが今から本格的に始まるタイミングなのに、十分な行動が出来ず、このままでは欧州のメーカーがインドに近い事や車全体のリサイクル機器の豊富さで先んじられ、欧州の機器が優先的に採用される懸念があります。事業を進めて、実証を重ね、設置した GARC では評価されたことで、インドでの機材の販売の可能性が十分にありそうなので、ビジネス展開の布石にも寛大にご理解いただけました。事業後半になってからインド事務所の力強い支援を頂いたが、もう少し早い段階からの海外展開へのアドバイスを求めたいと思います。

また、本事業成果をまとめ、JICA ロゴマークを入った事業紹介 PR 資料（日英版）を作成したので、今後もしろいろなところでこれらを活用して事業をアピールしたいと思います。

別 添 目 次

1. 英文要約
2. 機械の操作に関する説明書（前処理・剥離機・ナゲット処理）
3. Automotive Industry Standard : AIS-129
4. Automotive Mission Plan 2026 (AMP 2026)
5. GARC の機材紹介リーフレット作成
6. JICA インド事務所からのプレスリリース
7. AUTO EXPO The MOTOR SHOW
8. 事業紹介ペーパー（日英）

1. 英文要約

(National Automotive Testing and R&D Infrastructure Project,
the Global Automotive Research Centre(NATRIP GARC)

Summary Report

(India)

Verification Survey with the Private Sector for
Disseminating Japanese Technologies for the
Advanced Recycling System of High Quality
Copper from Wire Harnesses

May, 2018

Japan International Cooperation Agency
(Sanritsu Machine Industry Co., LTD)

1. BACKGROUND

In India, the automotive industry is rapidly growing. The “Automotive Mission Plan” formulated in 2006 aimed to achieve a ranking of 7th place in the world in terms of numbers produced by 2016. This goal was already achieved in 2009. However, environmental problems are arising because when automobiles are dismantled, many parts (such as e-waste products and electrical wire harnesses) are discarded, rather than being properly recycled. Burning plastic covers to extract copper resources and disposal of plastic waste into the soil is occurring. In addition, the number of dismantled cars and old cars is increasing annually. Cars more than 15 years old are currently total an estimated 6 million cars throughout India, with seventy thousand of them in Tamil Nadu State, including Chennai. Proper recycle technologies are therefore needed when these cars are dismantled.

In India, though “The Environmental Protection Act” establishes basic governmental roles for the prevention of environmental pollution, details of waste disposal. Recycling procedures in each state are determined by each local state government. In Chennai, dismantling and recycling automobiles is being tested in a demo plant operated by NATRIP GARC. NATRIP GARC is a public organization under the Ministry of Heavy Industry of India. It conducts various testing, validation, and R&D in the automotive sector. It has stressed the importance of how to dismantle abandoned cars, but a detailed method of recycling wire harnesses has not yet been determined. Approximately 10 kg of wire harnesses can be extracted from a standard sized car that has been discarded. This is a huge amount compared to a household electrical appliance which has approximately 1.3 kg of copper, and it has a significant environmental impact. The transfer of advanced recycling technology to NATRIP GARC, including appropriate measures for peeling plastic casings, extracting copper resources, and disposing of plastic wires, is important in order to help ensure worker safety and protect the environment.

Sanritsu Machine Industry manufactures the Proposed Products mentioned in II.4., and has the know-how to separate plastic and copper from wire harnesses. Through this survey, they will transfer the technique and cooperate to establish an appropriate method for recycling wire harnesses, so that the survey may contribute to reducing the impact related to the disposal of wire harnesses on the environment.

2. OUTLINE OF THE PILOT SURVEY FOR DISSEMINATING SME'S TECHNOLOGIES

(1) Purpose

(1-1) Objectives

To reduce the environmental impact, the purpose of this survey is to verify the effectiveness and feasibility of an advanced system for recycling high quality copper from wire harnesses by using the proposed product. This survey also aims to disseminate the recycling business model to other areas in India through the publication of a manual and the provision of technical training.

(1-2) Expected Output

Output 1: In the recycling demo plant, a high rate* of extracted copper resources will be verified by using the proposed product.

* The desired rate of extraction of copper resources is determined in the Implementation Plan.

Output 2: In the target area, the advanced method of recycling wire harness using the product in question will be established, and a recycling manual will be produced and disseminated to related parties.

Output 3: After the introduction of the recycling system in the plant, the amount of residual copper inside wire harnesses that is discarded will be reduced.

Output 4: A profitable business model will be proposed based on the results of the analysis of cash flow and the investment payback period of the proposed product through the plant's sale of recycled copper resources.

(2) Activities

1. Activities related to Output 1: Installation, operation, and verification of the proposed product

1-1. Prior consultation and explanation with C/P

1-2. Confirmation of the product at the installation site, and the manufacture and transportation of the product

1-3. Installation work with power distribution

1-4. Collection of wire harnesses from abandoned vehicles, pre-processing (including waste component analysis) and treatment

2. Activities related to Output 2: Development and dissemination of the recycling method

2-1. Review of current status and recognizing challenges regarding recycling wire harnesses

2-2. Establishment of a recycling method using the proposed product, production of a recycling manual, including maintenance, and training toward C/P and recycling companies

2-3. Conducting seminars using the recycling manual with C/P and recycling companies

3. Activities related to Output 3: Monitoring of data

3-1. Collection of data and comparative analysis of the amount of copper recovered from wire harness before and after the introduction of the proposed product

3-2. Analysis of the above monitoring results, and an examination of the amount of residual copper from discarded wire harnesses

4. Activities related to Output 4: Cash flow analysis and business development

4-1. Cultivation of customers and potential market for the sale of copper resources

4-2. Cash flow analysis in terms of the cost of the proposed product, including utilities and the sale of copper resources

4-3. Risk analysis, including the impact of environmental and regulatory law

4-4. Confirmation of a manufacturing standard for the proposed product and safety guidelines for its operation

4-5. Development of a business model through analysis of income and expenditures for both C/P and Sanritsu Machine Industry

(3) Information of Product/ Technology to be Provided

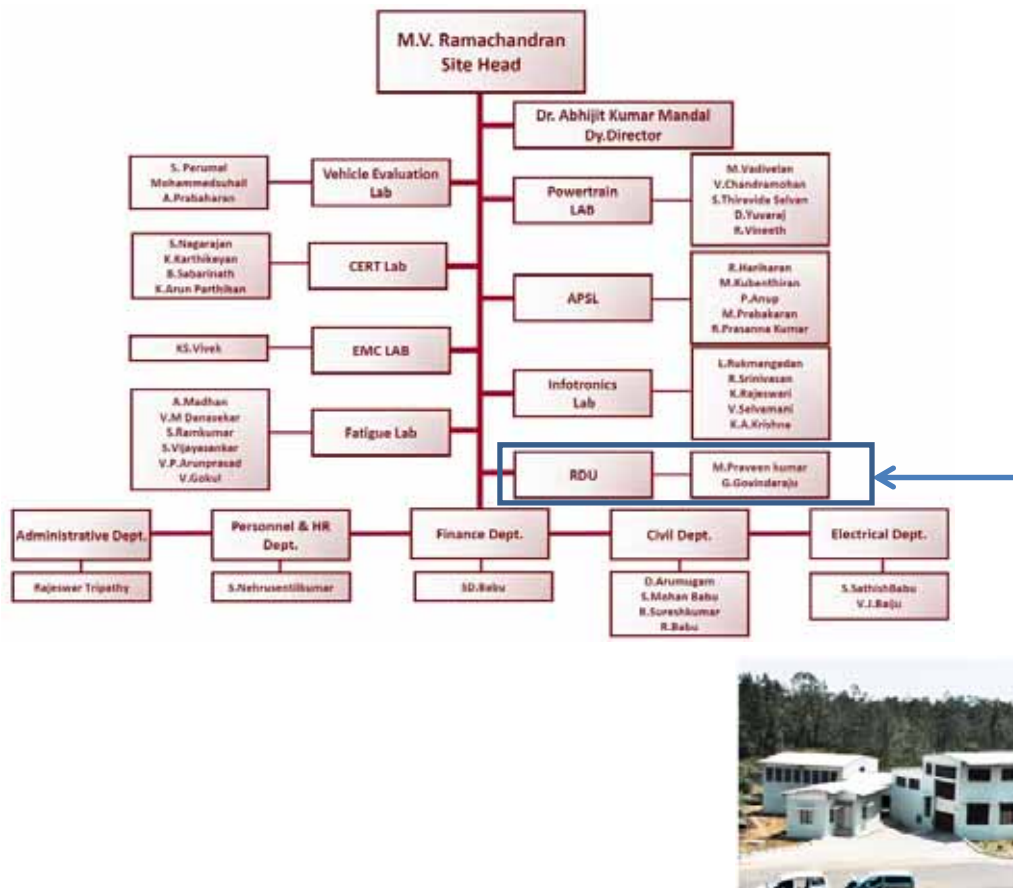
The Survey will be implemented in accordance with the Survey Outline given in Table 1.

Table 1 Information about products methods to be provided:

Type	Wet type Nugget Plant (WN-800)	Alligator type Shears (HAS-250)	Cable Stripper (KOS-M)
Photo			
Power	3-phase, 200V 29.46kW	3-phase, 200V 2.2kW	3-phase, 200V 2.2kW
Size	10 ^L x5 ^W x3.9 ^H (M)	1250 ^L x630 ^W x1300 ^H (mm)	700 ^L x1000 ^W x1200 ^H (mm)
Weight	3,000 kg	600 kg	300 kg
Throughput	100 kg/hr	100 kg/hr	50 kg/hr
Remarks	For wire harnesses	Type-HAS (oil pressure type) is a cutting	For solid & stranded cable

		machine for long wires	
Advantage	Sanritsu Machine Co., deals in more than 8000 units of waste wire & cable recycling machines in both the Japanese and overseas markets. The wet type plant is particularly suited to recycling harness wires that include adhesive tape. Since water is circulated, it is not discharged externally. About 60 units of wet type plants are running both in Japan and overseas.		

(4) Counterpart Organization



(5) Target Area and Beneficiaries

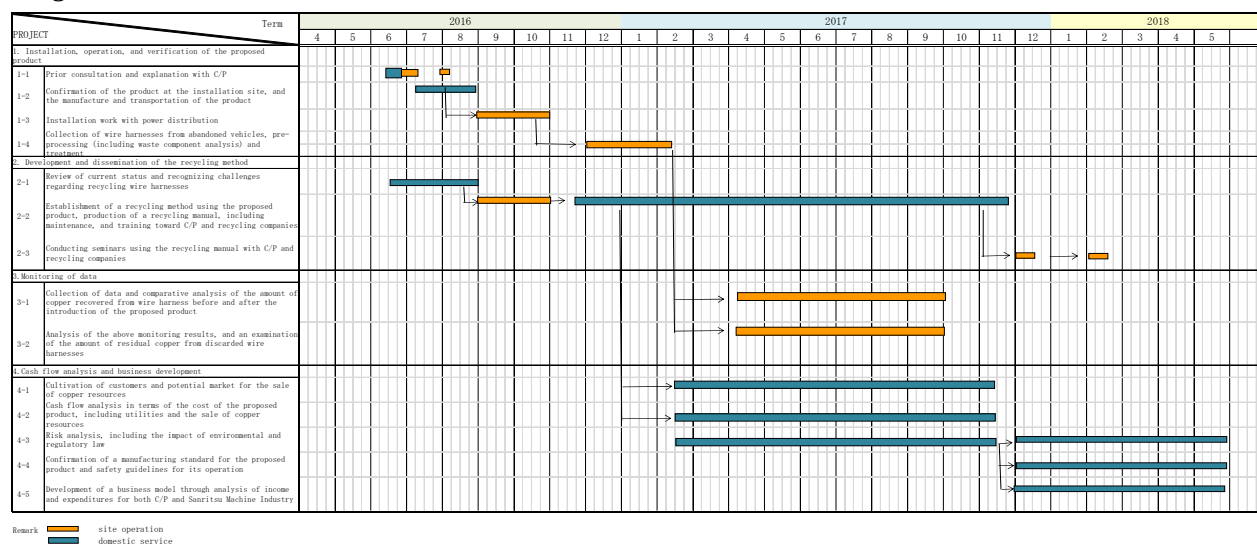
Target Area: Chennai, India

Beneficiaries: Dismantlers & Recyclers

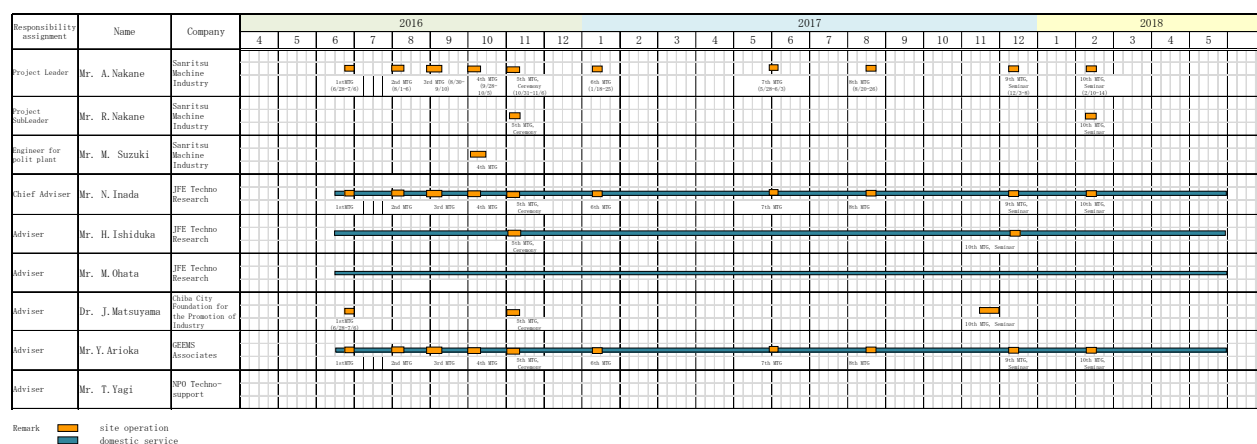
(6) Duration

From June, 2016 to May, 2018

(7) Progress Schedule



(8) Manning Schedule

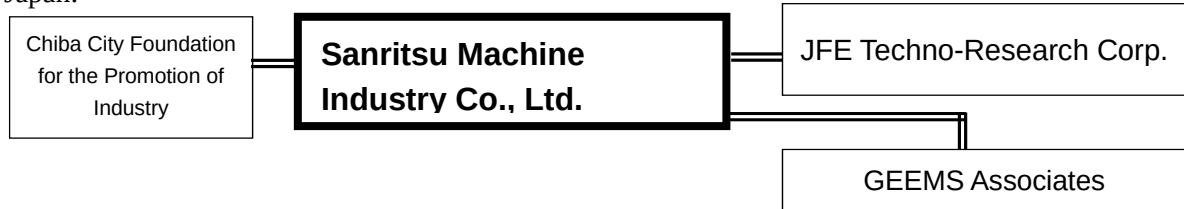


(9) Implementation System

Japan: Sanritsu Machine Industry Co., LTD, Japan

India: NATRIP : National Automotive Testing and R&D Infrastructure Project,
Global Automotive Research Centre (GARC), India

Japan:



India:

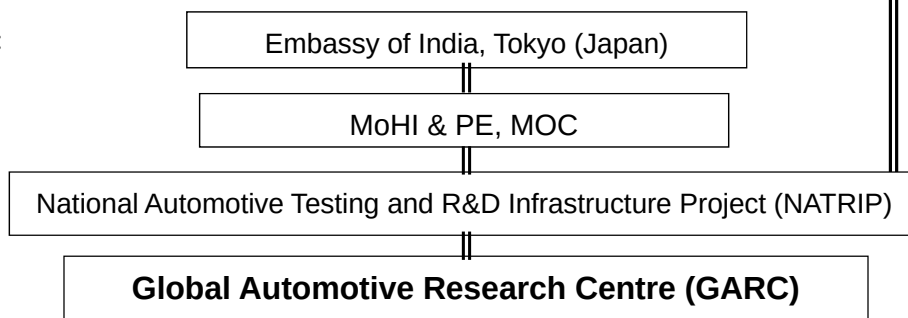


Fig.1 Implementation Structure

3. ACHIEVEMENTS OF THE SURVEY

(1) Outputs and Outcomes of the Survey

(Outcome 1)

At the Recycling Demo Unit of NATRIP GARC, a high recovery rate of extracted copper resources was verified with the Proposed Product (Wet-type Nugget Plant) when treating scrapped wire harnesses from end-of-life vehicles (ELVs).

After hand-sorting the copper wire and sockets from the ELV wire harnesses, a copper nugget recovery rate of 99% was achieved by processing through the "Wet Nugget Plant WN-800." Operational guidance was given to Mr. Praveen Kumar and some operators in the Recycling Demo Unit, and the local operators can now operate the machine independently.

(Outcome 2)

Based on the results at GARC in Chennai, the feasibility of the advanced method of recycling wire harnesses by using the "Wet Nugget Plant WN-800" was established, and the outcomes and the recycling manual were disseminated in company visits, reporting seminars, the AUTO EXPO exhibition, etc.

GARC serves as the base for operational training and technology transfer in India.

(Outcome 3)

As a copper recycling system for scrapped wire harnesses, the wet nugget system achieved a copper resource recovery rate of 65%, which is substantially the same as the theoretical value, whereas the wire harness incineration method had a recovery rate of 59%. Therefore, the recovery rate of the proposed technology was about 6% higher than that of the incineration method.

In addition, the wire covering of actual used cars is deteriorated, and it is estimated to be about 50% when the wire was incinerated. We think that a difference of about 10% occurs in the nugget system and incineration for this reason. From this result, we were also able to prove the reduction in the environmental burden.

(Outcome 4)

A profitable business model will be proposed based on the results of an analysis of the cash flow and the investment payback period of the Proposed Product through the plant's sale of recycled copper resources.

The Wet-type Nugget Plant treatment test conducted by GARC achieved a 99% copper nugget recovery rate, which is the same as the actual results in Japan. The price of copper nuggets is US\$6.50/kg (as of March 2018).

Accordingly, calculations considering a business model in which 1 ton/day of wire harness raw material is treated show that sale of 300 tons p.a. of wire harnesses will generate sales revenue of only US\$450,000, but if 180 tons of copper nuggets are recovered by treating the wire harnesses by the Wet-type Nugget Plant, and these copper nuggets are sold, the sales revenue is US\$1.17 million and a profit (net income) of US\$274,400 is obtained. Under this scenario, the profit from the second year

onward is US\$462,300.

The verification survey and demonstration project of proper recovery of copper resources from ELVs, which are expected to increase in India in the future, could sufficiently achieve their objectives.

(2) Self-reliant and Continual Activities to be Conducted by Counterpart Organization

GARC is continuously dismantling scrapped automobiles, and the Wet-type Nugget Plant is in steady operation. The plant has been opened to outside visitors for plant tours, and is also actively used in training in which trainees (interns from technical high schools, etc.) at GARC experience operation of the Wet-type Nugget Plant.

GARC is both technically and economically independent, and there is no problem for continuing activities in the future.

4. FUTURE PROSPECTS

(1) Impact and Effect on the Concerned Development Issues through Business Development of the Product/ Technology in the Surveyed Country

Assuming laws requiring proper recycling of scrapped automobiles (ELVs) in India can be implemented in the near future, the ELV recycling business is seen as a business opportunity by Mahindra MSTC Recycling Private Limited. Moreover, if there is a wide recognition in India that the copper resource represented by automotive wire harnesses has a high economic value, this will heighten interest in capital investment by recycling companies and will promote a more advanced level of industry in the copper recycling business, as well as environmental consideration accompanying the more advanced industry.

Japanese and European affiliated companies that have competitiveness and track records in the recycling business can be expected to compete for superiority in sales of wire harness recycling equipment (nugget plant treatment equipment). Because the Wet-type Nugget Plant demonstrated by Sanritsu Machine Industry in this project has the feature of “making it possible to secure a high recycling rate with wire harnesses and other copper materials, which had been difficult with conventional technologies,” coexistence with the dry-type plants supplied by European companies by an appropriate division of the market is considered possible.

By installing equipment at GARC in this project, Sanritsu Machine Industry was able to introduce recycling technology in India in advance of other makers, first and foremost by demonstrating the superiority of the wet-type nugget plant both quantitatively and qualitatively. In the future, it is hoped that the company will further expand recognition of this technology, bearing in mind future segmentation of the market, and will acquire market share ahead of others.

ELV recycling in India will make an important contribution to the sound development of the national economy and protection of the living environment by securing effective utilization of resources and proper treatment of wastes, and should be promoted steadily as an issue in India, which is continuing to become a major automotive country. In this project, “Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for the Advanced Recycling System of High Quality Copper from Wire Harnesses in

India,” it was possible to promote Japan’s international contribution in a form that supported the solution of critical social problems such as reduction of environmental burdens, etc. in India and the development of an Indian auto recycling-related business anticipating increased demand for copper resources in India.

(2) Lessons Learned and Recommendation through the Survey

In order to establish a sustainable recycling method in India, development and proper operation of the Automobile Industry Standard Law (AIS-129) is an urgent necessity. Increasing automobile sales are forecast, and the number of ELVs will also increase. Therefore, measures and support should be provided so as to enable the development of an environment-friendly ELV recycling system throughout India.

In this theme, “Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for the Advanced Recycling System of High Quality Copper from Wire Harnesses in India,” a Sanritsu Machine Industry wet-type nugget plant was installed at GARC in Chennai, India, and a demonstration verification of high quality copper recycling from wire harnesses from ELVs was carried out with the cooperation of the local counter-partners NATRIP and GARC over a 2 year period. It is thought that the project for demonstration of the technology amply achieved its objectives.

GARC has been receiving outside visitors for tours of its ELV recycling facilities. We hope that GARC will also continue to receive visitors and give training in machine operation in the future so as to popularize the recycling system for ELVs.

ATTACHMENT: OUTLINE OF THE SURVEY



2. 機械の操作に関する説明書（前処理・剥離機・ナゲット処理）英訳版の表紙と目次

①HAS-250 アリゲータシャーリング（剪断加工機）



Table of contents

Introduction / Version and section labels / Remarks	1
Main specifications / Safety and installation precautions	2
Operation	3-4
Maintenance and Adjustments	
1. Daily inspection	6
2. Replacing and adjusting the shear blades	9-10
1) Blade edge changing and blade replacement procedure	
2) Blade clearance adjustment	
Troubleshooting	11
Remarks	12
Attached material: general drawing 3-0000-4, hydraulic unit diagram, electric circuit diagram 4-4712	

Introduction

Thank you for purchasing the HAS-250 Hydraulic Alligator Shearing machine.

This instruction manual covers important information about this machine, including correct and safe usage methods and maintenance. To ensure that you use this machine safely and correctly, always read and sufficiently understand this instruction manual before use. Please be aware that there may be some differences between the product that you purchased and the content of this document due to specification changes for modifications and other factors. If there are any unclear points or problems regarding this document or product, please contact Sonrisu Machine or your sales agent.

Warning and caution labels

The following labels in this instruction manual indicate important precautions that must be followed.

Warning Failure to observe this warning may result in death or serious injury.

Caution Failure to observe this caution may cause an injury accident or machine malfunctions or damage.

②KOS-M型剥線機

Wire Stripper

Instruction Manual

Hakuou Series

Model: KOS-MT
KOS-PT
KOS-M
KOS-P
KOS-T



Figure: KOS-MT




Table of contents

Introduction / Warning and caution labels	1-2
Wire specifications / Safety precautions	3
Operation	5
1. Processing procedure for stranded wire	6
2. Processing procedure for single-strand wire	8
Maintenance and adjustments	
1. Replacing cutter blades	9-11
① Removing the top roll unit	
② Removing the bottom roll unit	
③ Attaching the roll units	
④ Disassembling and assembling the roll unit	
2. Adjusting the roller chain	12
① Adjusting the chain by the motor base	
3. Oiling and greasing	14
Introduction	15-16
Assembly parts list	17
Accessories	18
Attached documents: general drawing, parts list	

Introduction

Thank you for purchasing the Hakuou series wire stripper.

This instruction manual covers important information about this machine, including correct and safe usage methods and maintenance. To ensure that you use this machine safely and correctly, always read and sufficiently understand this instruction manual before use. Please be aware that there may be some differences between the product that you purchased and the content of this document due to specification changes for modifications and other factors. If there are any unclear points or problems regarding this document or product, please contact Sonritsu Machine or your sales agent.

③WN-800型湿式ナゲットプラント

WN-800 Wet type nugget plant
Full specification package
Instruction manual



Table of contents

Introduction / warning labels	p. 1
Main specifications	p. 2
Safety precautions	p. 3
Operation	pp. 4-14
1. Preparing for operation	(p. 4)
2. Operation procedures	(pp. 4-6)
3. Stopping the machine by using the emergency stop button	(p. 6)
4. Troubleshooting after an emergency stop due to an overload	(pp. 7-8)
5. Troubleshooting when separation is insufficient	(pp. 9-11)
6. Troubleshooting when drying of sugar is insufficient	(pp. 11-12)
Electrical modifications	pp. 13-14
Maintenance and adjustments	pp. 15-23
Troubleshooting	p. 24
Consumable parts list	p. 25

Introduction

Thank you for purchasing the WN-800 wet type nugget plant.

This instruction manual covers important information about this device, including correct and safe usage methods and maintenance. To ensure that you use this device safely and correctly, always read and sufficiently understand this instruction manual before use. Please be aware that there may be some differences between the product that you purchased and the content of this document due to specification changes for modifications and other factors.

If there are any unclear points or problems regarding this document or product, please contact Sonitsu Machine or your sales agent.

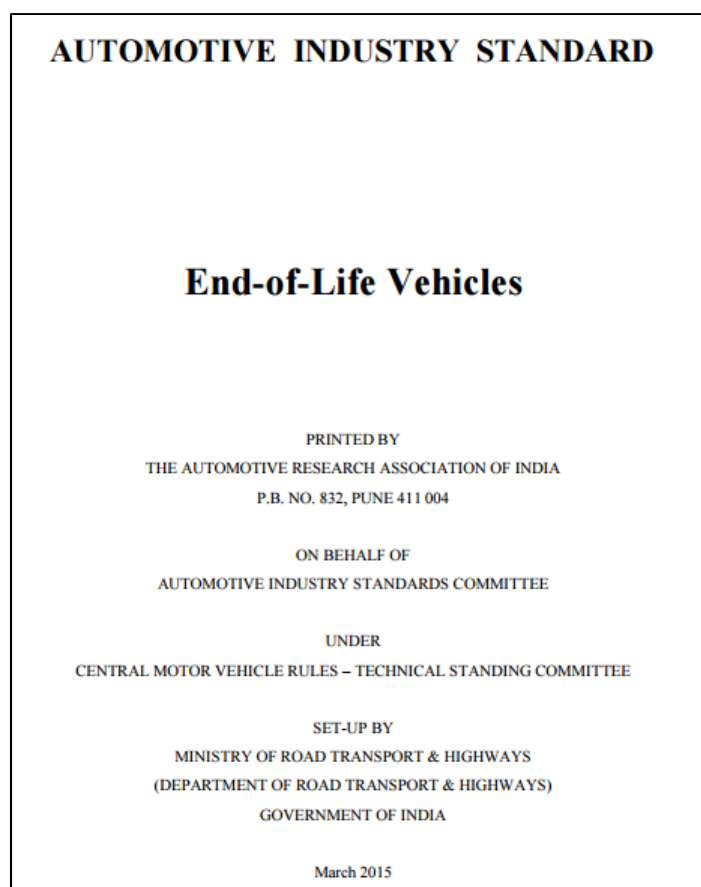
Warning labels

The following labels in this instruction manual indicate important procedures that must be followed.

! Warning Failure to observe this warning may result in death or serious injury.

! Caution Failure to observe this caution may result in dangers that may cause injury or machine malfunctions or damage.

3. Automotive Industry Standard : AIS-129



インド自動車研究協会（Automotive Research Association of India : ARAI）のホームページ上に公開されている³²。AIS（Automotive Industry Standard）は、1989年に道路交通省（Ministry of Road Transport and Highways : MORTH）によって交付された安全基準法（Central Motor Vehicles Rules : CMVR）の通達（Notification）である。なお、ARAIはインド重工業省の自動車業界の研究機関 NATRIP の参加にあり、研究開発、テスト、承認や乗用車の規制のフレーム作りに関する技術的な専門知識やノウハウを提供している。2015年3月の最終案が道路交通省（MORTH）の安全基準委員会（Central Motor Vehicle Rule-Technical Standing Committee : CMVR-TSC）へ通知されており、パブリックコメントも終了して、2017年7月からの国会審議の段階にある。

この草案 AIS-129 は、3部構成で1部はELVの回収や解体の規制、2部と3部は自動車メーカーの規制となっており、RRR104の計算、重金属使用の制限、プラスチック部品や材料の表示、解体情報の提供が挙げられている。また、インドのELV規制は、四輪自動車（M1カテゴリー）だけでなく、二輪車（L1とL2カテゴリー）が対象であることが特徴である。また、ELV所有者には、解体証明書（Certificate of Destruction : CoD）が発行され、車両登録の抹消が行われる。なお、市場に流通している車両部品についての既存の規制がないことから、この草案には車両部品に関する規制は盛り込まれていない。

³² https://araiindia.com/hmr/Control/AIS/35201550654PMAIS-129_F.pdf

4. Automotive Mission Plan 2026 (AMP 2026)



AUTOMOTIVE MISSION PLAN: 2016-26 (in Green Book)		
Contents		
1. What is AMP 2026?		03
2. Objectives of AMP 2026		03
3. Achievements and Learnings of Automotive Mission Plan 2006-16		04
4. Vision and targets		05
5. Interventions		06
6. Conclusion		10

2026 年までの自動車産業の成長戦略である「Automotive Mission Plan 2026」(AMP 2026)³³では、EOL(End of Life vehicle)の実施を想定している自動車製造および組立のポリシーは、安全性と環境の保全が合致した方法である。既に AMP2016 でも、そのような政策を構想したが、この目標に向けて多くの進歩が見られる。いくつかの顕著な EOL 施策は次のとおり。

i) EOL 施策は、特定の町や地域に限定されるものではない。どの地域でも、全ての車両所有者は居住地に近い車両廃棄物センター（スクラップセンター）へ廃車を持ち込める。

ii) 車両および組立のカテゴリでは、異なるスクラップ用および EOL 用の標準が、I&C 施策に関連して定義されている。

注：I&C 車検証 *Inspection and Certification Regime(I&C)*

iii) インド政府は、車両を解体するトレード可能証明書（解体証明書）のような革新的な金融商品でインセンティブの導入を検討している。インド政府は、リサイクル率を上げるために廃車のために持ち込まれた各乗用車 に対して25,000ルピー (US\$375) のインセンティブを消費者に提供するように提案している。このような廃車奨励策が、導入される可能性があり、特に、環境に影響を与えるような古い車両に適用される。（インド政府は、車齢15年以上の車を廃車する意向のあるオーナーにインセンティブを導入するべきと検討している。現在、政府は車齢15年以上の車両が再登録されたときにグリーン税を課している。しかし、Regional Transport Offices (RTO) による規則は州ごとに異なる。）

iv) 必要な法律および規制当局は、Recent Trends in Organic Synthesis and Chemical Biology : RTSB 2015 規則の下で、想定される EOL の問題に取り組む。

³³ <http://www.siamindia.com/uploads/filemanager/47AUTOMOTIVEMISSIONPLAN.pdf>

5. GARC の機材紹介リーフレット作成

GARC 公式リーフレットに WN-800 紹介が入った。



**GLOBAL
AUTOMOTIVE
RESEARCH
CENTRE**
ENSURING SAFE DRIVE

Plot E1, SIPCOT Industrial Growth Centre
Oragadam, Mathur Post
Sriperumputhur Taluk
Kanchipuram Dist - 602 105
Tamil Nadu, India

For Further Details:
Mr. M.V. Ramachandran
Site Head - GARC
mv.rama@garc.co.in



Recycling Unit:



**AUTOMOTIVE
RECYCLING
UNIT**

End of Life Vehicle (ELV) Project

The Recycling Unit is a significant first step in developing a modern and viable auto recycling industry. The code of practise for handling End-of Life vehicles have been formalised and is followed by the unit. The hazardous wastes are dealt with environmentally sound methods. The baling machine is available for making bales of the sheet metal. GARC's Recycling Unit expertise includes value evaluation of scrap vehicle, parts-material classification & proper disposal of materials generated from scrapping of ELV's.

Wiring Harness Recycling Plant

The advanced recycling system of high quality copper from wire harness by using Wet Type Nugget Plant, It is enabling Recovery of High-Grade Copper.



Laboratory Contact Details: Mr. M.Praveen Kumar, Engineer, praveen.kumar@garc.co.in

ENSURING SAFE DRIVE

6 . JICA インド事務所からのプレスリリース（2017 年 12 月 18 日付け）



JICA Supports Introduction of Waste Wires Recycling Systems for Safer Environments in the Automotive Industry

~Environmentally friendly recycling method to establish ecologically conscious recycling industry and system in India~

Chennai, December 18: Japan International Cooperation Agency (JICA) recently facilitated an extensive seminar on the 'Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for the advanced recycling system of high-quality copper from wire harness' in collaboration with the Global Automotive Research Centre (GARC) in Chennai. This seminar was based on the verification survey conducted in the target area of Chennai, Tamil Nadu, by renowned Japanese enterprise - Sanritsu Machine Industry Co. Ltd., with the assistance of JICA. The objective of the survey was to discuss the implementation of the Japanese technologies to benefit employees working in the recycling industry, especially automotive, who can practice the safer process of the proposed advanced recycling method suggested through this survey.

Considering the current situation of the wire harnessing in India, where the inappropriate treatment such as 'open burning of wire harness' itself is commonly done by informal waste disposers which causes the environment pollution, this survey will assist removing such practices and will establish environment conscious recycling industry and system in India.

The seminar was attended by key dignitaries which included Mr. M.V.Ramachandran, Site Head, GARC; Mr. Praveen Kumar, Chief, GARC; Mr. Akira Nakane, CEO, Sanritsu Machine Industry Co. Ltd.; Mr. Nobufumi Inada, JFE Techno-Research Corporation and Mr. Yoshiomi Yoshino, Senior Representative, JICA India Office. Many high-level experts and specialists in Small and Medium-Sized Enterprises (SME) matters participated in the seminar.

Making the special address on the occasion, **Mr. Yoshiomi Yoshino, Senior Representative, JICA India Office** said, "Today, I am delighted to witness the operation status of the equipment progress of verification activities. It is expected that this project could spearhead in establishing the appropriate recycling method of wire harness for reducing environmental burden in India. It is JICA's honor and privilege to contribute to introducing Japanese advanced technology"

JICA also facilitated Japanese technologies enabled recycling systems in Mumbai on the following day showcasing the effective Japanese technologies to various stakeholders. These high technology recycling systems will also be demonstrated with GARC on their stand at AUTO EXPO 2018 to be held in New Delhi in February 2018. This showcasing of recycling machines for wire harnessing will present golden opportunity to showcase such an outstanding copper recycling technology to related automotive enterprises in whole India for possible future joint operation.

This survey which started in 2016, is implemented by Sanritsu Machine Industry Co. Ltd., with JICA's support for two years. The survey constitutes a part of the JICA's program on the partnership with the Japanese private sector, especially for SMEs.



Demonstration of recycling machines for waste wires harness named 'Wet Type Nugget Plant (WN-800)'



Attendees in a discussion during the seminar

About JICA

Established, by a specific law, as an independent administrative institution under the Government of Japan, the Japan International Cooperation Agency (JICA) aims to contribute to the promotion of international cooperation, as a sole Japanese governmental agency in charge of ODA implementation. JICA is the world's largest bilateral donor agency. JICA works as a bridge between Japan and emerging countries, and provides assistance in forms of loan, grant and technical cooperation so that the emerging countries can strengthen their capabilities.

JICA India Office Web: <http://www.jica.go.jp/india/english/>

JICA India Brochure: <http://www.jica.go.jp/india/english/office/others/brochures.html>

JICA's Partnership with the Japanese Private Sector (presentation):

https://www.jica.go.jp/sme_support/ku57pq00001jx2al-att/a1461138296391.pdf

Sanritsu Machine Industry (Japanese only): <http://www.sanritsu-machine.com/>

For further information, please contact:

JICA India Office	MSL India
Ai Tachikawa/Vini Sharma	Sahil Raina
+91 11 49097000	+91 9873184999
Tachikawa.Ai@jica.go.jp/sharmavini.id@jica.go.jp	sahil.raina@mslgroup.com

7. AUTO EXPO The MOTOR SHOW

(2018 年 2 月 8 日~11 日開催@デリー)



右から GARC 関係者の Mr.L.Rukmagadan、有岡氏、Mr. Mohamed Suhail、中根会長、稲田



GARC の ELV 活動紹介例として、ウェットステーション (WN-800) をパネルで紹介していた。

銅資源リサイクルで環境・産業発展に貢献

- 自動車廃電線からの銅資源高度リサイクルをJICAが支援 -



三立機械工業 株式会社
sanritsu machine industry co., ltd

①環境対策への貢献(自動車リサイクル)

②資源廃棄物からの収益化

に繋がります!!

成果

銅回収率99%(焼却・乾式に比べ10%UP!!)

	環境影響	銅回収率	銅品質	写真
湿式 ナゲットプラント 三立機械工業	少ない	98 ~ 99%	非常に良い: 中間比重物(被覆交じりとアルミ)の除去可能	
乾式 ナゲットプラント 欧州製	少ない	90 ~ 95%	良い: 中間比重物(被覆交じりとアルミ)混入アリ	
野焼き処理	大きい 大気汚染	90%	悪い: 焼けてしまうため低下	

- 廃電線リサイクル処理プラント導入試験
(2016年9月~2018年1月)実施
- ワイヤハーネスからの銅ナゲット剥離率(銅回収率)は99%近くまで達成
(当社の湿式ナゲットプラントならば、乾式に比べて10%アップ)
- 焼却による銅リサイクルは重量10%が焼失し、銅焼線になる。銅回収率(約90%)は湿式プラントに比べ10%低く、かつ品質もダウンするため銅資源価値(売買価格)も40%ダウンする

提案システム



-自動車廃電線からの銅資源高度リサイクルをJICAが支援-

現状1



インフォーマル
業者による解体

不法投棄

野焼

自動車廃電線の
不適切処理

現状2

今後インド自動車産業への法規制の
可能性、その対応必要性

現状、インド政府において
◆車齢15年以上商用車の廃車奨励
◆自動車リサイクル法整備推進

土壌・大気汚染など環境に影響

自動車廃材の不適切処理

実証内容

湿式ナゲットプラントWN-800

GARC(自動車研究センター)に設置
2016年9月より実証試験開始

【JICA事業名】ワイヤーハーネスからの銅資源高度
リサイクル普及・実証事業
【期間・場所】2016年6月～2018年5月
・タミルナドゥ州カーンチープラム県
【受託/実施企業】三立機械工業株式会社(千葉県)
【インド側実施機関】(GARC)自動車研究センター

- 操作計画・マニュアル策定支援
- 運用・維持管理指導
- リサイクル検証
- 事業性分析
- 自動車業界・金属リサイクル業界へセミナー
実施(2017年6月、2018年2月)

三立機械工業 高度な技術と実績

- 水流と振動を利用した湿式の比重選別方式で被覆・アルミの混在を除去！微粉銅も高精度に回収！
- 極細電線やコード類・ハーネス類等あらゆる線種に対応！
- 水の循環利用・集塵機能付きで環境に優しい！
- 日本国内での豊富な販売実績、中国・フィリピン等での販売実績

高品質&高回収率で収益力UP

●銅資源販売比較(処理量300^{kg}/年)

ワイヤー
ハーネス
そのまま



\$450,000/年
インド国内売価US\$1.5/kg

高純度
銅ナゲット
180%回収



\$1,170,000/年
銅ナゲット価格US\$6.5/kg
(2018年3月現在)



銅ナゲット

販売
(精錬所など)

収益274千ドル
(2年目以降償却費が
無くなり462千ドル)



三立機械工業 株式会社
sanritsu machine industry co.,ltd

＜お問合せ先＞

三立機械工業株式会社(千葉県千葉市) 担当: 中根亮一

TEL: 043-304-7511 URL: <http://www.sanritsu-machine.com/index.html> E-Mail: info@sanritsu-machine.com

Recycling and Environmental Business from Recycled Copper

- JICA supports advanced recycling of high quality copper from ELV wire harnesses -



1) Environmental contribution (End-of-Life Vehicle (ELV) Recycling)

2) Profitable metals to recycle

Outcomes

COPPER RECOVERY RATE OF WET-TYPE PLANT: 99%

(10% INCREMENT IN COMPARISON TO INCINERATION & DRY TYPE II)

	Environmental Impact	Recovery	Copper quality	Photo
Wet-type nugget plant (Sanritsu Machine Industry)	Small	98 - 99%	Very Good: Accurately separates copper, aluminum and plastic coatings from nuggets.	
Dry-type nugget plant (EU)	Small	90 - 95%	Good: Separates copper, aluminum and plastic coatings from nuggets. However, plastic coatings are mixed in with aluminum.	
Open burning of electrical cables	Large (Air pollution)	90%	Bad: Copper quality is degraded due to burning. Moreover smouldering of copper cables releases various contaminants, such as hydrogen chloride, heavy metals and ash.	

- ❑ Operation and verification of wet-type nugget plant from Sept. 2016 by GARC
- ❑ Copper nugget recovery: 99% (10% increase compared to dry-type)
- ❑ Loss in open burning of cables for copper recovery is 10% compared to the wet-type, and the quality of burned wire is degraded. The copper resource value (trading price) also drops by 40%

Implementation System



- JICA supports advanced recycling of high quality copper from ELV wire harnesses -

Current status 1



Current status 2



Demo plant

Wet-type Magnet Plant WN-800

Installation, operation, and verification from Sept. 2016 - by GARC

[JICA Project Name] Verification Survey with the Private Sector for Disseminating Japanese Technologies for the Advanced Recycling System of High Quality Copper from Wire Harness

[Duration/Area] From June 2016 to May 2018
Chennai, Tamil Nadu State, India

[Implementing Co.] Sanritsu Machine Industry Co., Ltd., Japan

[Counterpart] Global Automotive Research Centre (GARC)

- ☐ Support for operation planning and manual preparation
- ☐ Guidance on operation and maintenance
- ☐ Recycle verification
- ☐ Business Analysis
- ☐ Automobile industry / metal recycling industry seminar done in (June 2017, February 2018)

Advantages of Sanritsu's wet-type process

- Wet-type gravity concentration
The wet-type gravity classifying method has a high accuracy recovery rate, and separates copper, aluminum and plastic coatings from nuggets!
- Processing for discarded parts (such as cables and electrical wire harnesses)!
- Environmentally-friendly specifications for water recycling and dust collector!
- Healthy sales performance in Japan, China, Philippines, etc.

Profitability UP !!

High quality, High recovery rate

Comparison of sales (processing 300 ton p.a.)

Wire harnesses (sold as-is)	Pure copper from wire harnesses 180 tons
	
\$450,000 p.a. Wire harness scrap price is US\$1.5/kg	\$1,170,000 p.a. Copper nugget price is US\$6.6/kg as of Mar. 2018

