

## エコタウン事業の環境産業育成における技術的要素

佐藤 明史<sup>1,3\*</sup>・三木 理<sup>2</sup>

### Technological Factors of Environmental Industry Promotion of Eco-town Projects

Meiji SATO<sup>1,3\*</sup> and Osamu MIKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yawata Unit, Nippon Steel & Sumikin Technology Co., Ltd., Fukuoka 804-0001, Japan

<sup>2</sup>Research Center for Sustainable Energy and Technology, Kanazawa University, Ishikawa 920-1192, Japan

<sup>3</sup>Graduate School of Natural Science and Technology, Kanazawa University, Ishikawa 920-1192, Japan

#### Abstract

Eco-town projects are valued highly inside and outside of Japan as a way to build a local resource circulating society. The most important point of any Eco-town project is the implementation of a real recycling business, and building a reliable Eco-town brand. In various places in and outside of Japan, a lot of plans similar to Eco-town projects have been built, but many plans have not been fully realized. The main reasons for this are that the concept of plan did not fit the local specifications, and concrete methods for implementation of the projects were not sufficiently clear.

The purpose of this research is for the authors to show that the Eco-town project is suitable, and to present a concrete method for creating resource circulation society that can be tailored to each local region. Then, we attempt to systemize technical elements and functions of Eco-towns, especially from the point of view for making environmental industries.

**Key words:** Eco-town projects, Resource recycling society, Environmental industry, Recycling, Implementation

#### 1. 緒 言

国内外において地域の実情に即した循環型社会の構築が重要な課題となっている<sup>1</sup>。1994年にグンター・パウリにより提唱された「ゼロエミッション」<sup>2</sup>はその一つの代表的な考え方である。これは廃棄物を発生しない自然界を模範として工業団地を進化させることを目標としている「インダストリアル・エコロジー」<sup>2</sup>の考え方と類似している。この「ゼロエミッション」の考え方を取り入れ、1997年に通商産業省（現在の経済産業省）と環境庁（現在の環境省の管轄）により作られたのが「エコタウン構想」<sup>3</sup>である。

エコタウン（以下ET）事業の目的としては、①個々の地域におけるこれまでの産業蓄積を活かした環境産業の振興を通じた地域振興、②地域における資源循環型社会の構築を目指した産業、公共部門、消費者を包含した総合的な環境調和型システムの構築、の2つが掲げられ

ている<sup>3</sup>。また、その内容について、i) 地方公共団体がそれぞれの地域の特性を活かして作成した『エコタウンプラン（環境と調和したまちづくり計画）』の基本構想と具体的事業に独創性・先駆性が相当程度認められ、かつ、そのプランが他の地方公共団体のモデルとなりうる場合には、通商産業省および環境庁はエコタウンプランとして共同承認するとともに、ii) 地方公共団体および民間団体が行う循環型社会形成に資する先導的なりサイクル施設整備事業に対し財政支援を実施するものとされている。そして、この事業では「ゼロエミッション」を、「あらゆる産業から出るすべての廃棄物を新たに他の分野の原料として活用し、あらゆる廃棄物をゼロにすることを旨とする」として新しい資源循環型の産業社会の形成をめざす構想」としている。

本研究では、エコタウン事業の構成要因や事業パターンの調査・分析を行うとともに、特にエコタウンの主たる目的の1つである環境産業育成面において、技術的側面を中心に事業構築に有効と考えられるコンセプトとその具体的展開法を検討する。

**キーワード:** エコタウン事業, 循環型社会, 環境産業, リサイクル, 事業化

<sup>1</sup> 日鉄住金テクノロジー（株）八幡事業所

<sup>2</sup> 金沢大学理工研究域サステナブルエネルギー研究センター

<sup>3</sup> 金沢大学大学院自然科学研究科

平成28年9月21日受理

\*e-mail: sato-meiji@nsst.jp

#### 2. 従来の研究と本研究の意義

エコタウン（ET）事業は地域の循環型社会を構築するために作られるものであるため、地域の産業や既存イ

ンフラなどにどのような特徴があるかを理解し、それらを活かしてどのようなETを作るかについての明確な指針が必要である。

これまでに報告されたET研究の視点は、次の4つに分類することができる；(1) 事業内容の特徴、(2) 事業の実現方法、(3) 事業内企業の相互連携、(4) 地域循環。それらの内容と課題について以下に述べる。

#### (1) 事業内容の特徴に関する研究

事業の具体的内容の特徴に関する研究<sup>4-12</sup>や、複数の事業の事業内容を比較検討した研究<sup>13-20</sup>が行われている。松永は、7ヶ所の事業をその特徴から次の3つのタイプ、a) 環境産業育成型：環境産業の振興に重点を置く、b) 廃棄物処理対応型：廃棄物の広域的な処理を行う、c) コミュニティ形成型：環境と住民参加をキーワードとした都市づくり、コミュニティづくりを行う、に分類している<sup>7</sup>。外川は、14の事業について、過疎地、小都市、鉱産地域、大都市の工業団地、臨海部工業コンビナートおよび広域などにより分類している<sup>14</sup>。また関らは、10ヶ所の事業を取り上げ、事業の方向としてエネルギー系、中間系、環境系、および担い手として行政主導型、市民主導型と企業主導型、により事業を分類している<sup>20</sup>。

現在、全国には26のET事業が存在しているが、これらのET事業について設置されている場所の地域の特性と目指している方向の関係がより明確になれば、今後のET事業拡大に有益であると思われる。

#### (2) ET事業の実現方法に関する研究

目指すべきET事業の姿を構築した後、どのようにそれを実現していくかに関する研究もある。数多くの事業が実現した北九州ET事業における政策や事業化のポイントを整理したもの<sup>21,22</sup>がある。また中国にETを作るために、北九州市の循環型都市協力事業の経験を活かして、a) 現状把握、b) 課題の整理、c) 目標の設定・基本計画の策定、d) 支援政策の検討、e) 事業化の検討、などのステップに分けて、ET導入ガイドライン<sup>6</sup>が作られている。

これらの研究によれば、ET事業の計画を立案し、実際にリサイクル事業をスタートするまで多くの時間を費やす例が多い。そのためET事業の実現には、理想、理念より、実現に重きを置いた実行計画をいかに立案し、スピーディーに実行する方法を明確にすることが必要である。

#### (3) ET内における企業の相互連携についての研究

事業の高度化に向けた取り組みとして、ET内における企業の相互連携の在り方に関する研究も進められている<sup>23</sup>。そこでは連携の課題として、a) 設備、b) 購入、c) 置場、d) ユーティリティ、e) メンテナンス、f) 廃棄物活用、g) 共同開発、などを挙げ、それらを企業活動の

工程上からA) 入口(廃棄物収集)、B) 輸送(工場前後)、C) 工場間、D) 出口(資源化物販売)、E) 全体連携(規制緩和等)、に分けて、事業内に立地する複数企業の協力、シナジー効果を高めるための活動が提案されている。しかし、これら高度化に向けた連携を具体的にどのように進めるかについては今後の検討課題としている。

#### (4) 地域循環に視点を置いた研究

地域内で循環可能な資源はなるべく地域で循環させ、地域内での循環が困難なものについては循環の輪を広域化させていくという「地域循環圏」という考えが示されている。この地域循環圏の形成にET事業が中心的な役割を果たしているかどうかに関する研究も行われている<sup>24</sup>。

以上のように、これまで行われた研究は、ETの分類や導入・進化・高度化について個別に検討した事例が主である。

このET事業が特に注目され参考にしたいと考えられている点は、多数のリサイクル事業が現実にも創出された上、環境事故などが起きにくい信頼性の高いリサイクル工業団地が構築されていることである<sup>45</sup>。しかし、国内外のいくつかの地域においては、ET事業やそれに類似した考え方の計画が立案されたにもかかわらず、事業が予定通り実現しない例も生じている。その主たる理由として、地域の実情に即した事業のコンセプトが明確でないことと、事業を実現するための具体的な展開方法が示されていないことが挙げられている<sup>6</sup>。

本研究では、これまでに報告された研究資料を参考として、数多いET事業の構成要因や事業パターンの調査・分析を行った後、特にエコタウンの主たる目的の1つであり、重要度も高い環境産業育成面において検討した。その結果、事業構築におけるコンセプトの立案方法が明確でないこと、またその事業実現への要件や具体的な展開方法が確立されていないことが課題と考え、事業実現に有効と考えられるコンセプトとその具体的な展開の実行策をリサイクルフローやMaterial flow analysis (MFA) 分析等を意思決定ツールとして研究する。

### 3. 地域特性に適合するエコタウン事業タイプの選択

ET事業の目的が、地域の実情に即した循環型社会構築であることから、先ずET事業に解決を期待する主要課題を抽出した後、それぞれのETが存在する地域の地域特性を用いてETの事業タイプの選定を行った。この選定においては、松永の分類を参考に<sup>7</sup>、代表的なET事業をそれらETの設立目的から「環境産業育成型」、「廃棄物適正処理型」および「環境意識醸成型」の3つのタイプに分類した。この分類の有効性については、各ET

Table 1 Tasks potentially solved by ET projects

Purpose of ET	Task	City (Registered fiscal year for ET)
New industry promotion (Recycling industry)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Substitute declining heavy industries near seashore with new industries</li> <li>Utilize high leverage technologies in manufacturing to create environmental industries</li> <li>Utilize existing infrastructure for manufacturing to create environmental industries</li> </ul>	City of Kitakyushu (1997) Kawasaki city (1997)
Proper treatment of waste	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dealing with the increase of general waste due to increasing population (promote citizen actions to decrease the amount of general waste at source)</li> <li>Use more earth friendly action like recycling</li> </ul>	City of Sapporo (1998)
Promoting citizen's environmental mind Activating of communities	<ul style="list-style-type: none"> <li>To make more concrete community by using renewable energy, segregation of waste and ISO14001 activities</li> </ul>	Iida city (1997) Minamata city (2000)

事業との関連において検証が試みられている<sup>25</sup>。

### 3.1 ET 事業において解決が期待されている課題

ET 事業の設立目的として、1) 環境産業を育成する、2) 廃棄物を処理する、3) 市民の環境意識を向上させる、などが挙げられている<sup>26</sup>。そこで、全国の全 26ET の中から、① ET 承認地域が都道府県など広域ではなく市町村など狭い地域に集中している、② ET プランにおいて、事業の目指す方向が比較的明確である、③ 複数の ET 施設 (ET ハード補助金が交付されている施設を含む) が稼働している、という条件で、北九州市、川崎市、札幌市、飯田市 (長野県) および水俣市 (熊本県) の 5 都市を調査対象に選んだ。そして経済産業省の ET 環境産業進行形・環境調和まちづくり事例集<sup>27</sup> を用いて、解決が期待されている主な課題を Table 1 (エコタウン地域承認年を含む) のように分類した。Table 1 にはそれぞれの ET の地域承認年を示す。

Table 1 において、ET の設立目的が新産業の育成である場合では、北九州市や川崎市のように、戦後発展してきた臨海工業地帯の重化学工業が曲がり角を迎え、少しでも新しい産業を育成したいとの狙いがある。そのためには既存の資産・インフラの活用が効率的であり、その点から環境産業 (重工業産業設備を活用したプラスチックリサイクル事業など) 育成を重点に挙げている<sup>28</sup>。

廃棄物の適正処理が主目的である札幌市の場合、エコタウンの検討を開始した当時は人口増に伴う一般廃棄物の増加が課題になっていたため、廃棄物の適正処理としてリサイクルの拡大が求められて ET が作られた (1998 年)。

また、目的が市民環境意識の向上である場合は、飯田市や水俣市など比較的小規模都市において環境をテーマに市民意識を向上させ、これを町の活性化につなげるた

め ET が有効に活用された。なお水俣市の場合は、ET 団地を造り環境産業を育成する目的も同時にあった。

### 3.2 地域特性の評価

地域に適合する ET 事業を選定するためには ET が設置される地域、都市独自の地域特性を評価する必要がある。まず、前節で取り上げた 5 都市の ET を、Table 1 の①環境産業育成型、②廃棄物適正処理型および③環境意識醸成型の 3 つのタイプに分類し、各分類とそれぞれの地域特性との関連を調べた<sup>29-35</sup>。

Table 2 に環境産業の育成を目的とした北九州市と川崎市の地域特性を示す。それぞれのデータは Table 2~4 すべてにおいて、ET 地域承認の影響を見るために、それぞれの地域の ET 地域承認年における値を用い、増減を示す場合は、地域承認年とその 5 年前の値との変化を示した。Table 2 における地域特性データから明らかのように、北九州市と川崎市は a) 人口が 101.5 万人、121.7 万人と多く、b) 工業製品出荷額も 237 万円/人、439 万円/人と多いが -7.35%、-10.06% と減少傾向であり、c) 産業廃棄物が 787,000 t・年/人、370,000 t・年/人と多く、d) 製造業のインフラを有する。地域特性の結果から、これらの都市の ET は、既存インフラの活用による新産業の育成を目指した環境産業育成型であることが分かる。

Table 3 に廃棄物適正処理を目的とした札幌市の地域特性を示す。札幌市は北海道の中心都市として、急激な人口増加 (4.38% 増加) による一般廃棄物の増加に苦慮し、市長がゴミの非常事態を宣言するなど、ゴミの減量や施設の増強に取り組むとともに、廃棄物の単純処理からリサイクル活動に取り組んだ。この結果札幌市のリサイクル団地内には全国のエコタウン事業の中で比較的早くから多種多様な事業が集積していた<sup>35</sup>。しかし、地域

**Table 2** Local characteristics of ET for environmental industry promotion

Purpose	Local characteristics (Items)	City of Kitakyushu (ET from 1997)	Kawasaki city (ET from 1997)	Characteristics	
New industry promotion (Recycling industry)	Population	Population (Million)	1.015	1.217	Moderate
		Rate of change of Population (%)	-0.49	1.83	Slight increase~decreasing
		Population density (capita/km <sup>2</sup> )	2,101	8,531	High
Manufacturing	Manufactured goods shipments (JPY/person·year)	2,374,000	4,387,000	Much	
		Rate of change of Manufactured good shipment (%)	-7.35	-10.06	Decreasing; Mainly heavy industries
Waste	General (kg/day·person)	1.30	1.17	Intermediate	
		Rate of change of General waste (%)	3.01	-5.68	Kitakyushu: increase Kawasaki: decreasing
		Industry (ton/year·person)	787	370	Much
Manufacturing facilities Machinery		Steel works: 1 (Blast furnace, Coke oven), Power generation: 2	Steel works: 1 (Blast furnace, Coke oven), Power generation: 2	High temperature furnace, waste treatment	
General waste treatment facility (Incinerator, Landfill)		Incinerator for general waste: 3, Landfill:	Incinerator: 3, Landfill: 1	Incinerator & Landfill	
Technologies·Human resources		Steel making technology, cement production technology, waste treatment technology (Total 2 items)	Steel making technology, cement production technology, waste treatment technology (Total 2 items)	Development capabilities, human resource of manufacturing, high interest in environment	
Original community activities		Standard (1 item)	Standard (1 item)		

Notes)

- The data for local characteristics is population<sup>29-34</sup>, population density<sup>35,36</sup>, Manufactured goods shipments<sup>37-43</sup>, General waste<sup>44-46</sup> and industrial waste<sup>47-49</sup>. All data is the data in each registered year for ET.
- Each rate of change is encompasses the 5 years before the registered year for ET until the registered year for ET.
- Manufactured goods shipments are not published in the case of small Municipalities.
- Date of industrial waste is only published by prefectures and Government-ordinance-designated city.
- When the data of target year cannot be obtained, the data is calculated by proportional distribution of closer years.
- The data of manufacturing facilities<sup>51,52</sup>, treatment facilities for general waste<sup>53</sup>, cement facilities<sup>54</sup>, technologies·human resources, community activities is obtained by papers<sup>27</sup> of each ET (Mainly present number).

に立地した大都市で商業都市であることから、一般廃棄物の削減に成功した後（-22.05% 減少）は、産業廃棄物も少ない（223,000 ton·year/person）ことから、特にそれ以上の環境産業育成の必要性は小さかった。

Table 4 に市民環境意識の向上やコミュニティの活性化を目的とした ET である飯田市と水俣市の地域特性を示す。飯田市と水俣市は、a) 人口（11,1 万人, 3,11 万人）が小さく、人口密度（341 人 /km<sup>2</sup>, 191 人 /km<sup>2</sup>）も小さい都市ながら、b) 化学工業や精密機械産業などものづくりの企業が根づいている。また、c) 一般廃棄物の削減に積極的に取り組んでいること（0.88 kg / 日・人, 0.95 kg / 日・人）も特徴である（産業廃棄物のデータはないが量は少ない）。独自のコミュニティ活動としては、d) 飯田市においては太陽光市民共同発電事業があり、e)

水俣市では環境を町の活性化の手段としてごみの 21 分別（2015 年 4 月 1 日現在）により、月に数回地域の人々が会話する場が作られている<sup>56</sup>。

**3.3 地域特性と ET タイプとの対応**

Table 2 ~ 4 の地域特性の中から、人口、一般廃棄物量および産業廃棄物量を主要な要因として選定し、これにソフト要因として技術・人材と独自のコミュニティ活動内容の特徴を加えて分析した。次に、これら 5 都市の 5 種類の地域特性について最も大きいものを 1（基準）として相対的に比較した。この結果を Fig. 1 に示す。

Fig. 1 から明らかのように、①北九州市と川崎市の特徴は人口（0.57, 0.68）および規模の大きい製造業が多いため、一般廃棄物量（0.92, 0.82）と産業廃棄物（1.0, 0.42）を多量に発生することであるが、同時に環境に関連する

**Table 3** Local characteristics of ET for waste treatment

Purpose	Local characteristics	Item	City of Sapporo (ET from 1998)	Characteristics
Proper treatment of waste	Population	Population (Million)	1,798	Many
		Rate of change (%)	4.38	Large
		Population density (capita/km <sup>2</sup> )	1,603	High
Manufacturing		Manufactured goods shipments (JPY/person·year)	439,000	Not many (commercial city)
		Rate of change (%)	-3.9	Decreasing slowly
Waste		General (kg/day·person)	1.41	Large
		Rate of change of General waste (%)	-22.05	Sharply decreasing (by the effect of declaring for reducing waste)
		Industry (ton/year·person)	223	Not much
Manufacturing facilities·Machinery			Industries	Not much
General waste treatment facility (Incinerator, Landfill)			Incinerator: 3 Landfill: 3	Available excess capacity is small (waste increase by population increase)
Technologies·Human resources			Development capability is small because it is a commercial city with few manufacturing human resources (1 item)	Development capability is small and has less manufacturing human resource. There is great interest in the environment.
Original community activities			Standard (1 item)	

**Table 4** Local characteristics of ET for promoting environmental mind

Purpose	Local characteristics	Item	Iida city (ET from 1997)	Minamata city (ET from 2000)	Characteristics
Promoting citizen's environmental awareness	Population	Population (Million)	111,000	31,100	Small
		Rate of change (%)	0.59	-5.16	Slight increase~decreasing
		Population density (capita/km <sup>2</sup> )	341	191	Small
Activating communities	Manufacturing	Manufactured goods shipments (JPY/person·year)	359,000	309,100	Not much
		Rate of change (%)	-11.63	7.18	There is variation
Waste		General (kg/day·person)	0.88	0.95	Small
		Rate of change of General waste (%)	No data	6.07	Increase (Minamata city)
		Industry (ton/year·person)	No data	No data	
Technologies·Human resources	Technology, human resource	Human resource for precision machinery industry (Total 3 items)	Human resource for chemical, liquid crystal & electric components industries (Total 3 items)	Many human resource for environmental education	
Original community activities	Activities to activate community	Cooperative solar power generation and biomass utilization by citizens, (Total 2 items)	Separation of general waste into 21 groups, Env. ISOEMS (Total 2 items)	Unique activities are done energetically	

技術・人材 (0.66, 0.66) が豊富であることから、これらの都市の ET は環境産業育成型に位置付けることができる。また、②札幌市は商業都市であることから産業廃棄物は少ないが、人口が多いこと (1.0) により一般廃棄

物 (1.0) の処理が課題であり、そのため ET は廃棄物処理型といえる。それに対し、③飯田市・水俣市の場合は、人口の小さい地方都市であるため廃棄物 (0.62, 0.67) の問題は小さいが、中小都市に特徴的な製造業も多いこと

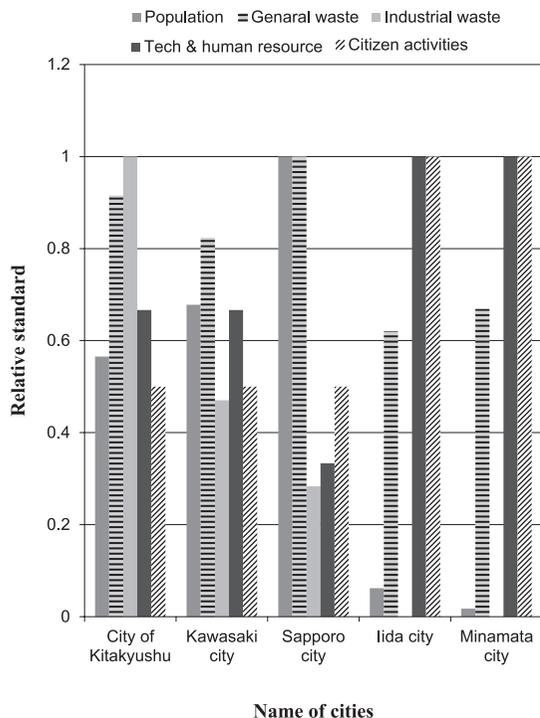


Fig. 1 Comparison of local characteristics for five representative cities

から技術・人材（1.0）やコミュニティ活動（1.0）による環境意識醸成型ETを作り上げている。

以上のような地域特性とETタイプとの対応関係を利用することにより、対象とする地域に適合するET事業の選定が可能になると思われる。

#### 4. 環境産業育成型事業実現への要件

エコタウン（以下ET）の3つのタイプのうち、最も多くの地域が目指している環境産業育成型事業に成功するための要件、それに必要なハード技術とソフト技術、および事業実現のための実行策について検討する。ここでいうハード技術とは、廃棄物の処理・再資源化に用いられるプロセスおよびそれに関わる機械・設備・関連技術を指している。またソフト技術とは、ハード技術の前後にあって、廃棄物の処理・再資源化を効率よく推進するために必要な業務・行動（広義の技術）を意味するものとする。

##### 4.1 環境産業育成型事業実現への要件

3.1で示したように、環境産業育成型ET事業に期待されている点は、①臨海工業地帯などの重厚長大工業の陰りを新しい産業で補う、②高度なものづくり力を環境産業創出に活用する、③既存ものづくりインフラを活用

して環境産業を創出することである。これらを解決するための要件について検討する。

##### (1) 個別企業について

個別事業のビジネスモデルを含むETの全体計画を立案し、ET地域承認を得た後、個別企業による環境ビジネスを作る。そこではMFA分析を用い、収集できる廃棄物量を定量的に把握し、十分な廃棄物これを工場で資源化した際の効率、資源化量を把握して、しかも安定的に資源化物を販売できる定量的なビジネスモデルを構築することが必要となる。採算性が確保できる場合には、リサイクルの質にも留意し、持続可能なビジネスとなりうるかの検討が必要である。また環境事故が起らない信頼性や、地域に認められる企業になるため地域の環境教育に貢献するなど重要な要素となる。

##### (2) ET内企業の連携

次に、個別立地企業が設立されただけでは、環境産業育成型ET事業としては不十分である。立地企業は一定の広さの工業団地または地域に集積していることや、その中で様々な連携が行われることが望ましい。理想的には、各個別事業はET事業会社の個別事業別の事業部的に運営されることである。連携は、MFA分析の観点から、廃棄物収集（入口）、運搬、工場、資源化物販売（出口）のビジネス全般を定量的に把握して集積性があり、しかも環境事故が起らないように相互監視することや、ET内の廃棄物を限りなく資源化するための連携などが重要となる。

##### (3) ET周辺地域・他地域との連携

さらにETは、地域の資源循環構築のための中核となることが望まれている<sup>24</sup>。循環型社会の構築はETの団地内のみならず、地域から有用な廃棄物をできる限り収集して資源化し、地域産業の競争力が向上する形で資源を供給するMFA分析に基づき定量的に分析して、地域循環圏構築に主導的な役割を果たすことが望まれる。

以上の要件を纏めるとTable 5のようになる。このように地域の循環型社会を構築するための目指すべき環境産業育成型ETの条件を実現していくことが重要なテーマである。

#### 4.2 環境産業育成型事業実現における必要なハード技術とその重要度

ET事業における業種別のハード技術の役割を、より具体的に検証するために、全国26のエコタウン事業に存在するペットボトル、家電、自動車の主要3事業（エコタウン補助金対象施設、非対称施設を含む）で適用されているハード技術をTable 6に整理した。

Table 6<sup>57</sup>においてハード技術の適用状況を見ると、ペットボトルは、選別→破碎→洗浄という廃棄物処理業プロセスと、フレック、ベレット製造というものづくり業

**Table 5** Business conditions for environmental industry promotion

Target	Tasks
Each factory	Business and technological necessity Waste collection→recycling technologies→selling of resource  Task <ul style="list-style-type: none"> <li>• Profitability, Realization of higher recycling ratio</li> <li>• Continuation of highly reliable waste treatment</li> <li>• Contribution for local environmental education</li> </ul>
Cooperation in ET	Cooperation <ul style="list-style-type: none"> <li>• Collection, transportation, factory, selling of resource, total</li> </ul> Task <ul style="list-style-type: none"> <li>• Highly technological waste treatment and mutual monitoring</li> </ul>
Cooperation among ET and surrounding area and other area	Task <ul style="list-style-type: none"> <li>• Decreasing local waste generation</li> <li>• Foundation of recycling industries and enlarging local resource circulating</li> <li>• Cooperation between material and resource circulating industries</li> <li>• Promotion of local resource circulation area (Proper and efficient resource circulation, resource circulating utilizing local characteristics, resource circulation providing local vitality)</li> </ul>

**Table 6** Hard technologies in three main business in ET

ET	PET bottle	Home appliance	Automobile
Hokkaido	Sorting→fracturing→washing • Flake~pellet production	Dismantle→fracturing→material separation	
City of Sapporo	Metal removing→fracturing→washing		
Akita pref.		• Dismantle→fracturing→washing	
Iwate pref. Kamaishi city			• Dismantle→scrapping (Shredder less)
Miyagi pref. Uguisuzawa		• Dismantle→fracturing→washing	
Kawasaki city	• Fracturing→washing • Chemical decomposition~polymerization	• Dismantle→fracturing→material separation	
Nagano pref. Iida city	• Melting→flake~pelletizing		
Toyama city			• Dismantle→scrapping (Shredder less)
Fukuyama city	• Sorting→fracturing→washing • Flake making		
Yamaguchi pref.	• Removal of foreign matter, washing, fracturing, depolymerization, purification, polymerization, polyester raw materials		
City of Kitakyushu	• Sorting→fracturing→washing • Flake~Pelletizing	Sorting→fracturing→washing	• Dismantle→scrapping (Shredder less)
Kumamoto pref. Minamata city		Sorting→fracturing→washing	

プロセスの両方の技術を持っている場合が多い。工場運営上から、両方の技術を持つということには廃棄物処理工場と生産工場の両方を持つという難しさが存在する。

次に家電は、分解→破碎→素材分別という分解・分別プロセスが中心である。素材分別精度が事業の採算性を決めるために、最新技術を含め様々な種類の選別装置が、

Table 7 Hard technologies and their tasks in three main business in ET

Business	Items	Content
PET bottle	Process	Sorting→fracturing→washing→flake/pelletizing (Kitakyushu, Kawasaki)
	Special technology	Removal of foreign matter machine
	Task	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorting accuracy before manual separation</li> <li>• The purity of the product (Flake and pellet) (this is related to the efficiency of production process)</li> </ul>
Home appliance	Process	Sorting→fracturing→washing→material separation (resource: plastics, glass cullet, etc.) (Kitakyushu, Kawasaki)
	Special technology	Freon detoxification by thermal plasma Higher accurate sorting of waste plastics by specific gravity sorting and removal of foreign matter like wiring Freon separation and recovery of heat insulation material urethane by heating volume reduction (paid resources) Color sorting of non-ferrous
	Task	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorting know-how to attain closed loop recycling of home appliance parts into new home appliances</li> <li>• Minimizing the amount of mixed plastics</li> <li>• R &amp; D for new fields (Flat TVs, compact appliances)</li> </ul>
Automobile	Process	① Shredder method Parts collection→shredding→Iron and non-ferrous recovery→Shredder dust recovery ② All recycling (shredder less) method (Kitakyushu) Parts collection→drained→Resin parts recovered→Dismantle→Non-ferrous recovery→Steel scrap recovery
	Special technology	Sorting plastics for recycling→utilizing automotive industries
	Task	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduction of copper content in steel scrap</li> <li>• Recycling of wire harness→Domestic resources circulation ensure</li> <li>• Reduction of amount and treatment cost of shredder dust</li> </ul>

多段式で活用されている。

また自動車は、販売用パーツ回収、鉄・非鉄の分別回収、スクラップ製造のプロセスが基本である。最初の段階の販売用パーツ回収が収益的にも重要で、その後、シュレッダー方式およびシュレッダーレス方式により鉄・非鉄を分別回収する。特にシュレッダーレス方式は、ワイヤーハーネスを徹底的に回収することにより、鉄スクラップ中の銅含有量を減らし、製鉄会社における転炉工程での利用率を高めている。

次にET事業の主要3事業で適用されているハード技術の課題をTable 7にまとめる。Table 7より、工程別の必要能力としては、(a) 選別前工程における完全な異物除去(選別工程での製品ペレットの品質向上に必要)、(b) 選別機では、高速選別などの最新技術の導入、(c) 破碎工程では、安価な刃物の使用と長寿命化、などが技術課題となっている。特に刃物は大量に使用する消耗品なので、刃物の長寿命化は重要なテーマである。

一方、ハード技術の総合力により決まるものとしては、(d) 生産効率の向上(要員、歩留・原単位・作業率)、(e) 廃棄物という品質が安定しない不均質原料から高品質・

均一な資源をつくる(販売価格に寄与)、(f) リサイクル工程においてやむを得ず発生する発生廃棄物のミニム化(処理費用および環境事故の低減に寄与)、が重要である。

このほかETには多数のリサイクル事業が集積しているので、発生する廃棄物をほかのリサイクル会社で原料として受け入れてもらい、ET全体としてMFA分析に基づき廃棄物をミニム、すなわちゼロエミッションを目指すことも重要である。

従って、今後リサイクル事業において強化すべきハード技術の課題は、新規製品のリサイクル技術開発(小型家電、フラットテレビ、レアメタル、ソーラーパネル等)、海外の手選別との競争力維持のための省力化、自動化技術開発(選別技術力の向上)、装置の小型化、刃物の長寿命化などが挙げられる。

以上の検討の結果から、環境産業育成型ET事業になるために必要なハード技術をTable 8にまとめた。環境産業育成型ET事業を実現するために必要なハード技術は、個別立地企業においては、主として工場における競争力を左右する。主要な工程である選別、粉碎、洗浄、

**Table 8** Required hard technologies for ET of environmental industry promotion

Items	Hard technologies	Each recycling company	Others
Factory	Separation	Purpose	Horizontal development of technology Joint use of special sorting equipment
		Method	
	Fracturing	Room temperature milling, frost shattering uniaxial, biaxial, hammer	
	Washing	Method, liquid, temperature	
	Recycling	Pelletizer, compression molding	
	Detoxification	Reliable hazardous waste disposal (High temperature treatment, etc.)	
Maintenance	Skill transfer of maintenance technologies Ensuring of license holders	Multi-enterprise maintenance Joint development of human resources	

資源化などの工程は、人員、エネルギー、部品寿命、資源化率などを左右する重要な技術である。またどうしても発生する廃棄物の適正処理は、ETにおける環境事故防止の信頼度を決める重要な要素であり、メンテナンスは重要である。

これらのハード技術のレベルアップと技能伝承を可能とするものが、ET内の連携である。刃物などの共通の課題には、情報交換によりレベルアップを図れるものもあるし、メンテナンスにおいては、共通のメンテナスマンの起用や、共同で技能伝承教育などを行うことも可能である。

このように個別企業における努力と合わせて、ET内での連携がハード技術向上のキーであると考えられる。

**4.3 環境産業育成型事業において必要なソフト技術とその重要度**

この事業におけるソフト技術は、「廃棄物収集」、廃棄物をリサイクルして資源として販売する「資源化物販売」および「輸送」に大別される。これらソフト技術の業種別の業務内容と課題と考えられるものをTable 9に挙げた。Table 9に示すように、ソフト技術の基本は、廃棄物収集に係る費用、輸送距離、資源化物の販売価格の最適化である。廃棄物収集に関しては、ペットボトルおよび家電はリサイクル法で支援されているが、自動車などの他業種では、個別の企業の営業努力に依存している。ただETの立地企業であることは、環境配慮企業であることをアピールしやすく廃棄物収集において有利に働く場合もある。また輸送においては、現状法律の規制が厳しいので積載方法等の規制の緩和が期待されている。工場においては、メンテナンス技術の向上、季節による集荷量の変動に対応した置場能力の確保などが要点と思われる。さらに資源化物販売においては、動脈との連携の

観点から、資源化物から製品を作る施設がET内にあることが理想である。そのほか、売れ筋パーツの判断と販売ネットワークの構築、高品位鉄スクラップの販売先の開拓などが必要と考えられる。

現在のリサイクル関連ET事業における最大の課題は、MFA分析の際にも重要な観点となる集荷量の確保に関するソフト技術である。集荷量の向上には、廃棄物の生成位置、量、品質の正確な把握が重要となる。また輸送については、輸送距離に加えて、帰り空便の活用や、ほかの部品との混載など、輸送効率の向上が必要である。また、静脈物流は動脈物流に加えて、引取りタイミングが厳格でない場合も多いのでコストダウンの余地がある。

個別企業の廃棄物マーケティングに加えて、廃棄物の種類によっては、地元の廃棄物を確実にETで処理するため（地産地消）の規制強化への取組が期待される。また資源化物販売についても、海外に販売されるのではなく、国内の動脈企業に確実に届けるネットワークの構築が重要である。さらに国全体としても、資源セキュリティ（資源の確保、資源自給率向上）などの観点から資源化物の国内確保も重要である。その実現には全国の廃棄物のフローを明確化し、資源がより国内で循環する方法を検討する必要がある。

以上の検討結果から、環境産業育成型ET事業に必要なソフト技術をTable 10に示す。動脈産業においては、工場のハード技術の重要度が非常に高い。しかしながら、リサイクル事業においては、Table 9に示すように、ソフト技術の重要性が大きい。その理由は、廃棄物収集が前工程、すなわち他社の工場の都合に依存しているケースが多いため、量的にも質的にも廃棄物収集が安定せず、またバージン原料との競争に打ち勝ち、安定的な資源化物販売先を確保することが難しいためである。

**Table 9** Soft technologies and their tasks in three main business

Business	Item	Content
PET bottle	Waste collection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PET bottles from houses are recycled by bidding followed by containers and Packaging Recycling Law (Price optimization by amount, transportation length)</li> <li>• PET bottles from companies are recycled by contracts with supermarkets and vendors (Price optimization by amount, transportation length)</li> </ul>
	Transportation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collection by own company (partially consignment) (Loading method, transportation length, price optimization)</li> </ul>
	Selling of resource	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selling to production companies (Maintaining price control by ensuring amount of resource)</li> </ul>
	Task	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determination of the bid price (Balance ensure between treatment ability and volume of orders)</li> <li>• Consideration in handling the amount of balance between PET bottles from houses and companies</li> <li>• Relaxation of regulations for mixture transportation and utilization of return cargo</li> <li>• Getting lower price electricity by joint enterprise</li> </ul>
Home appliance	Collection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regional sharing by home appliance recycling law (Efficient collection)</li> </ul>
	Transportation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collection by own company (partially consignment) (Loading method, transportation length, price optimization)</li> </ul>
	Selling of resource	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selling to production companies (Keeping the price control ability by ensuring amount of resource)</li> </ul>
	Task	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Keeping the size of yard which corresponds to seasonal variation of the collection amount</li> <li>• Getting lower price electricity by joint enterprise</li> <li>• Ensuring maintenance technologies and technical transfer in/outside factories</li> <li>• Education of home appliance recycling law for reducing to export home appliance</li> <li>• Efficient transportation by mixture and relaxation of regulations</li> </ul>
Auto-mobile	Waste collection	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Collection from dealers, automobile maintenance companies (Optimization of transportation length and price)</li> </ul>
	Transportation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selling to production companies (Keeping the price control ability by ensuring amount of resource)</li> </ul>
	Selling of resource	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parts collection and selling (Judgment of stocking parts, and join networks for used parts)</li> <li>• Steel scrap and non-ferrous metal sales (Keeping the price control ability by ensuring amount of resource)</li> </ul>
	Task	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Judgment of stocking parts, and closely cooperation with networks for used parts</li> <li>• Ensuring high quality steel scrap to customers (low copper content)</li> <li>• Getting lower priced electricity by joint enterprise</li> <li>• Efficient trans. by mixture transportation and utilization of return cargo</li> <li>• Reduction of amount and treatment cost of shredder dust (treatment facility selection by length and price)</li> </ul>

ソフト技術の中身をより具体的に示すと、①廃棄物収集においては、環境に配慮した、持続可能な社会を構築するためには、単純焼却・単純埋立ではなく、リサイクルを行う必要があることを顧客に理解してもらう営業力、②輸送においては、より安価な輸送手段（帰り空便の活用など）を使える企画力、③工場では、生産性を向上させることができる操業力（刃物の長寿命化等）、作業率を向上させるメンテナンス力など、④廃棄物収集量の大きな変動に対応できる置場の確保、⑤資源化物販売においては、バージン資源と競争できる品質や資源化物販売量の確保による価格支配力、などが必要である。さ

らに、それぞれの項目に関して個別立地企業で努力するだけでなく、⑥ET内連携を強化することが重要である。

Fig. 2に環境産業育成型ET事業となるために必要なソフト技術とハード技術の関係を示す。中心に工場に必要な技術として、ハード技術が存在し、その両側に、廃棄物収集と資源化物販売に関するソフト技術が存在する。

#### 4.4 目指すべきET事業実現のための実行策

ここまでET事業に解決が期待されている課題および地域特性評価を用いた事業の選定方法を示すとともに、環境産業育成型事業になるための条件と必要なハード・ソフト技術を提案してきた。

**Table 10** Required soft technologies for ET of environmental industry promotion

Item	Section	Each factory	Cooperation within ET
Waste collection	Range	Collecting waste from what area	Cooperating sales and collection
	Waste	Collecting what kind of waste	Cooperating sales and collection
	Quantity・Quality	Amount of quality of waste is steady or variable? Quality control of waste	Building joint quality control system
	Price	Setting suitable price by the conditions as compensation, inverse onerous contract, single・continuous	Suitable price by joint sales, co-collection
Transportation	Loading method	Single・mixed, utilization of flight	Co-transportation Utilization of return cargos Mixed possible transportation
	Price	Suitable price by amount and distance	Suitable price by co-transportation
Yard	Size	To change the size of yard	Sharing yard
Factory	Technology	Operation ability to enhance productivity Maintenance ability to enhance work rate	Joint enhancement of the ability of operation and maintenance
Selling of resource	Network	Ensure customers Quality control of resource	Increasing the price control ability by joint selling

**Imaging diagram**

Soft technologies	Hard technologies	Soft technologies
Collect.→Trans.→	<u>PET bottles</u> : Selection→Fracturing→Washing →Flake/pellet production	(→Trans.) →Trans.→Sales
Collect.→Trans.→	<u>Home appliance</u> : Sorting→Fracturing→Washing→Material selection	→Trans.→Sales
Collect.→Trans.→	<u>Automobile</u> : Parts collection→Shredding→Ferrous ・ Non-ferrous collect.	→Trans.→Sales
Collect.→Trans.→	→Shredder dust collection Parts collection→Drained→Resin parts collect. →Dismantling →Non-ferrous collect.→Iron scrap collection	→Trans.→Sales
Cooperation	Maintenance, skill transfer	Cooperation

**Fig. 2** Soft and hard technologies for environmental industry promotion

次に必要なことは、実際に ET 事業を構築・実現する作業である。そのための ET 事業実現のための実行策を Fig. 3 にまとめた。目標とする事業を実現するためには、まず方針の明確化、現状の把握、課題の整理が重要である。最初に実施する事業の対象を決めるために体制を作り、現状を把握するとともに、事業を始める上での課題を明確にすることが必要である。次に事業の基本計画、コンセプトを立案する。環境産業の実現には、地域に循環型社会を作るなどのコンセプトを作り、地域のステークホルダーの賛同をえることが必要である。個別の事業計画が策定できたら、ET 内企業や地域と連携して事業を構築することが重要である。

以下、北九州 ET 事業を具体的な展開事例として示す。

鉄鋼業を中心とした重工業に陰りが見え、また臨海地に広大な土地を抱え、その活用方法を模索していた。各種の基礎検討の結果、静脈ビジネスが候補として挙がったが十分な収益を上げることは難しいと結論付けられた。しかしリサイクル施設を作りたいとの思いと、通商産業省、環境庁のリサイクル法の設置に伴う処理施設の設置の必要性と思いが合致し、ET 事業が始められた。従来から公害を克服した町として環境への意識は高かったが、廃棄物ビジネスは住民の気もなく、難しい決断であったが、地域の活性化のために、環境を新しい産業として育成することとした。

北九州 ET 事業では、産学官ゼロエミッションを中心とする ET プランを作成し、工業団地にリサイクル事業

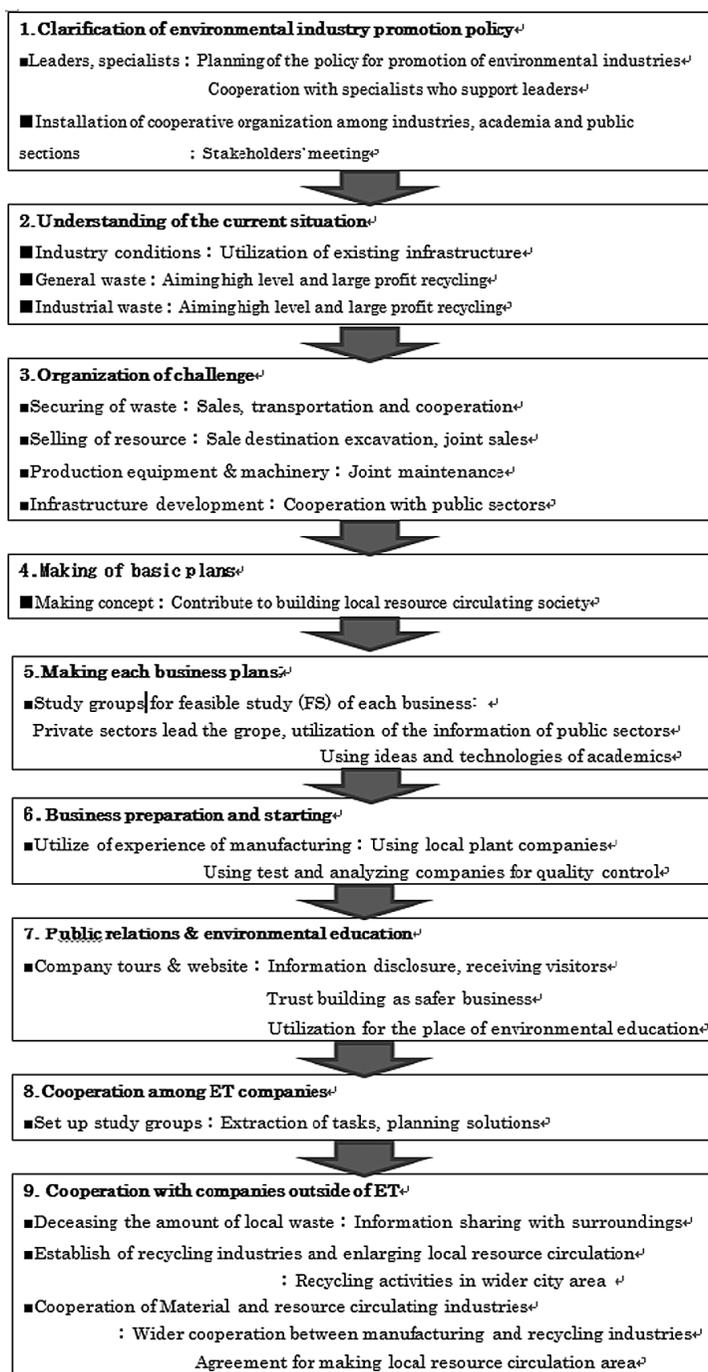


Fig. 3 Action plan for implementing goals

が集積した事業を目指した。その中で特に事業のスタート、インプリメンテーション（実現）に全力を傾注し、できるものから小さく生んでいく方式を取った。これには、北九州方式リサイクル事業検討会の事業化調査が大

き貢献した。そして具体的な事業モデルを作り、補助金を獲得して、多くのリサイクル事業をスタートさせた。この実現には、モノづくりの地としての人材、経験、再生資源の販売先の多さが大きく寄与している<sup>58</sup>。その中

でET事業に必要なハード技術、ソフト技術も培われていった。また必要な教育、事業内連携、周辺との連携などを構築していった。

現在まで北九州は環境首都を目指した環境の町としての街づくりを積極的に進め、環境モデル都市<sup>59</sup>、環境未来都市<sup>60</sup>、OECDグリーンシティプログラムのグリーンシティの1つに選ばれ<sup>61</sup>、ハイレベルの静脈産業が存在することから動脈企業の誘致にも有利なポジションを得ている。環境モデル都市計画の中で設立されたアジア低炭素化センターは活発に活動している<sup>62</sup>。一方ゼロエミッション実現に関しても様々な研究が行われている<sup>63,64</sup>。それらの知見を活かし、地域に根差した循環型社会が国内外の地域に構築されることが期待されている。

北九州市の事例のように、ET事業の構築には、地域の特性と強みを十分に把握し、個別ビジネス、ET連携について計画を立てた後は、これを大きく育てるやり方が最も有効だと思われる。またそこには循環型社会を地域に構築するという大きなヴィジョンも必要である。

## 5. 結 言

エコタウン（以下ET）事業に解決が期待されている課題を通して、地域特性評価を用いた目標とするET事業の選定のため、これを環境産業育成型、廃棄物適正処理型、環境意識醸成型の3つに分類した。その中で中心的な環境産業育成型について、目標とする事業になるための要件、必要なハード技術・ソフト技術について検討した。その上で、目標とするET事業を実現するための実行策について総括した。

今後のETの課題としては、以下が挙げられる。

### 1) ET個別企業の高度化

単にリサイクルするというレベルから、より高いレベルのリサイクル技術を追求することにより、単純焼却や埋立処分などに対するリサイクルの競争力が高まり、収益性を上げることができる。

また技術の向上には産学連携による技術開発力の向上や、操業技術、メンテナンス技術に関するET内連携も重要である。

### 2) 廃棄物収集に関する仕組みづくり

地域循環圏の確立に向かって、その地域で出る廃棄物は、海外などへの流出を抑え、すべてその地域のETでリサイクルする仕組み（地産地消）の構築が必要である。地域の多くの廃棄物を一括してETに運ぶことにより、廃棄物の輸送効率も向上し、資源化物の販売の効率も上がる。このような仕組みを作るためにも、ET内のさらなる相互連携が必要で、理想的にはETがまるごと一つの企業のように、営業し、リサイクルし、販売すること

が望ましい。

### 3) 地域循環圏と周辺地域および広域への拡大

廃棄物収集を拡大するためには、廃棄物収集地域を広げる必要がある。廃棄物それぞれに適正は回収距離があるので、廃棄物毎の収集戦略の立案が必要であるが、複数の廃棄物収集の営業を共同で行うことにより、回収地域を広げることが可能となる。

## References

1. S. Hashimoto, Y. Moriguchi, T. Tasaki, M. Yanagishita: Journal of the Japan Society of Waste Management, **17**, 3, pp. 204–218 (2006)
2. Ministry of Environment: Annual Report on the Environment and the Sound Material-Cycle Society in Japan 2000 (2001)
3. Ministry of Economy: Trade and Industry website, Eco-town Projects, 3R policy (2016)
4. Environmental Industry Promotion Division: Future City Promotion Department, Environment Bureau, City of Kitakyushu, Overview of Kitakyushu Eco-town project, p. 1 (2012)
5. S. Otoma, T. Matsumoto, H. Sakaguchi: Journal of the Japan Society of Waste Management, **18**, 6, pp. 410–416 (2007)
6. Ministry of Economy: Trade and Industry, City of Kitakyushu, Eco-town Guidelines in China, Separate volume, p. 3 (2012)
7. H. Matsunaga: Bulletin Paper of Studies of Institute of Comparative Regional Studies, The University of Kitakyushu, **42**, pp. 45–59 (2001)
8. H. Samuta: Economic Review of Kanazawa University, **23**, 2, pp. 271–302 (2003)
9. K. Yamamoto, E. Nishizawa, T. Masuda: Departmental Bulletin Paper of Hosei University, pp. 125–177 (2005)
10. K. Yamamoto, E. Nishizawa, T. Masuda: *KEIZAI SHIRIN*, The Hosei University Economic Review, **73**, 3, pp. 741–795 (2006)
11. K. Yamamoto, E. Nishizawa, T. Masuda: *KEIZAI SHIRIN*, The Hosei University Economic Review, **73**, 4, pp. 459–485 (2006)
12. T. Machida: The monthly bulletin of Social Science, Senshu University, **522**, pp. 5–31 (2006)
13. K. Yamamoto, M. Kawabe, A. Matsuo: Social information science, Journal of the faculty of Social information science, Kure University, **6**, pp. 169–184 (2000)
14. K. Togawa: Institutional Journal of Kyushu University Economics Association, **67**, 4&5, pp. 141–181 (2000)
15. K. Nakamura: Research on Environmental Disruption, Iwanami Shoten, **31**, 2, pp. 23–30 (2001)
16. M. Akita, S. Inoue, K. Shiinoki: Yamaguchi, *Gekkan Haikibutsu*, **29**, 8, pp. 56–61 (2003)
17. M. Akita, S. Inoue, K. Shiinoki: Yamaguchi, *Gekkan Haikibutsu*, **29**, 9, pp. 34–41 (2003)
18. M. Abe, Y. Arino, M. Obokata, S. Kato, M. Hashizume: Yamaguchi Lab., Bulletin of Keio University (2004)

19. Ministry of Economy: Trade and Industry and Ministry of Environment Website (2004)
20. M. Seki (Edit) , *Shinhyosha* , pp. 89–104, 234–248 (2009)
21. City of Kitakyushu, JICA and IGES, Environmental Policy Handbook (2003)
22. K. Nagata (Supervision): Study Group for Environmental Capital, *Nikkan Kogyo Shinbunsha*, pp. 59–60 (2008)
23. Mizuho Information & Research Institute Inc., Ministry of Environment Report, pp. 158–167 (2012)
24. Ministry of Environment: Guidelines for Local Resource Circulation, pp. 1–10 (2012)
25. M. Sato, Y. Ushiro, H. Matsunaga: International Symposium on “Green Technology for Resources and Materials Recycling,” Seoul, Korea (2004)
26. Environment Bureau, City of Kitakyushu, Eco-town Plan (1997)
27. Ministry of Economy, Trade and Industry, Environmentally Friendly Towns (2007)
28. S. Kato: Lecture in Eco-town festival in Toyama (2005)
29. City of Kitakyushu website, Population (towns), Former data (1989–1992)
30. City of Kitakyushu website, Population (towns), Former data (1989–1997)
31. Kawasaki city website, Long term data (population), number of families, gender population, Area trends separation (2016)
32. City of Sapporo website, Former data, Population Census (1989–1993)
33. Iida city website, Iida city population information (2016)
34. Minamata city, Population information (2016)
35. The Geospatial Information Authority of Japan website, Former area investigation (1985–2003)
36. The Geospatial Information Authority of Japan website, Former area investigation (2004–2011)
37. Ministry of Environment website, Download (1990)
38. Ministry of Environment website, Download (2009)
39. City of Kitakyushu website, Census, Census Supervising table (2010)
40. Kawasaki city website, Census of Manufacturers, Output and value-added nominal output value (1997)
41. City of Sapporo website, Data repository, p. 26 (2016)
42. Iida city website, Regional Economy Revitalization Program, p. 9 (2013)
43. Kumamoto prefecture website, Data of Kumamoto, Census (2000)
44. Ministry of Environment, Waste Treatment Technology Information, Report for General Waste Treatment (1998–2011)
45. City of Kitakyushu website, Part 3 Transition to resource circulation, Environment of city of Kitakyushu (2007)
46. Kawasaki city website, Action plan for resource circulation society (report) (2004)
47. Current status of industrial waste treatment in city of Kitakyushu (2014)
48. Kawasaki city website, the fifth plan of industrial waste treatment, p. 6 (2013)
49. Current status of industrial waste treatment, the third plan of industrial waste treatment in city of Sapporo, p. 5 (2016)
50. City of Sapporo website, Sapporo waste and garbage plan 21 (2000)
51. The Japanese Iron and Steel Federation, Map for steel works visiting in Japan (2016)
52. The Japanese Electric Power Generation Company Federation: Information for electric companies and facilities (2016)
53. Ministry of Environment: General waste treatment investigation, Database for environmental information (2016)
54. Japan Cement Association, Cement factory tours in Japan (2016)
55. Nippon Steel Corporation, pp. 11–15 (2001)
56. Minamata city website (2016)
57. Companies’ website (2016)
58. K. Sueyoshi: Kitakyushu Eco-town’s Challenge to Zero Emission, United Nation Zero emission forum book, *Kaizosha* (2002)
59. City of Kitakyushu website, Environmental Model City (2016)
60. City of Kitakyushu website, Future City (2016)
61. City of Kitakyushu website, OECD Green Cities Program (2016)
62. Kitakyushu Asian Center for Low Carbon Society website (2016)
63. N. Mihashi: Zero Emission Guidelines, United Nation Zero emission forum book, *kaizosha* (2001)
64. K. Yamaji: Manual for environment management, United Nation Zero Emissions forum book, *kaizosha* (2002)