

生産活動における環境改善の評価に関する研究

日大生産工（学部） ○中村 優志 日大生産工 村田 康一

1. はじめに

本論文においては、環境に配慮した生産への要請が高まる昨今の背景を受け、日本経済新聞社が行っている環境経営度調査[3]により得られたデータを用いて、製造業 19 業種の生産機能に関連する環境改善について分析することを目的としている。特に、図 1 に示す柴田ら[4]が提案している環境に関する改善活動の評価フレームワークを念頭に研究を進める。このフレームワークは、改善の実施の評価（図 1 の評価 1 の部分）、改善の公表の評価（図 1 の評価 2 の部分）、及び改善の実施と公表の関係性の評価（図 1 の評価 3 の部分）から構成されている。柴田ら[4][5]や小山ら[1][2]においては、このフレームワークにより、物流機能における環境改善の製造業種間の比較評価を行っており、実施に対して公表が進んでいないという分析結果を得ている。本稿においては、物流機能より先行して環境に関する取組みがなされていると考えられる生産機能を対象に分析を進める。

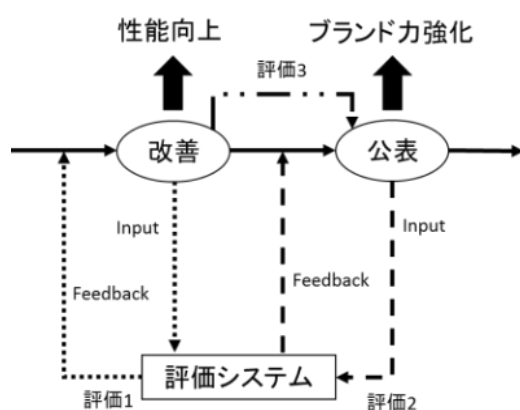


図 1. 環境に関する改善活動の評価
フレームワーク

2. 評価データ

企業の環境経営を調査する手法のひとつとして日本経済新聞社が行っている環境経営度調査[3]がある。1997 年度から毎年行われており、「企業が温暖化ガスや廃棄物の低減などの環境対策と経営効率の向上をいかに両立しているか」を評価することを調査目的としている。本論では 2014 年度の調査のうち、下記の 10 の施策実施(X1-X10)と 1 つの環境指標(Y1)に関する製造業 19 業種の回答結果を評価データとして用いる。

<環境施策>

- X1: コージェネレーション（熱電併給）システムなどエネルギー供給設備の導入・改善
- X2: 再生可能エネルギー利用設備の導入・改善
- X3: 省エネタイプの機器を導入（LED 照明、省エネタイプの生産設備や OA 機器の導入など）
- X4: 空調・照明機器を調節、クールビズの導入
- X5: 昼間からのシフト勤務や夏場の休日増など、就業体制の見直し
- X6: 生産体制の見直しや工程の効率化
- X7: 蓄電設備の新設・拡充
- X8: 蓄熱設備の新設・拡充
- X9: 自家発電設備の新設・拡充
- X10: エネルギー管理システムの導入・拡充

<環境指標>

- Y1: 国内生産拠点における温暖化ガス（CO₂ やメタン等）の排出量

A Study on Evaluation of Environmental Improvement in Production Activity

Yuji NAKAMURA and Koichi MURATA

3. 分析手順

本論文は以下の3つのステップにより進める。

ステップ1：実施状況の分析（第4章）

(1)式に示す実施率の式を用いて、各施策各業種の実施率を求める。また、施策間の相関係数行列を求め、考察を行う。

<実施率の算出式>

$$f_{ij} = \frac{\text{アンケートに回答した業種}i\text{に属する企業数のうち} \\ \text{施策}j\text{を行っている企業数}}{\text{アンケートに回答した業種}i\text{に属する企業数}} \quad (1)$$

(業種 i における環境施策 j の実施割合)

<使用記号>

f_{ij} : 業種 i における施策 j の実施率

($i=1\ldots19, j=1\ldots10$)

i : 業種の添字

j : 施策の添字

ステップ2：把握状況の分析（第5章）

柴田ら[4]においては公表状況について分析を行っているが、データの制約上、公表の準備段階である指標の把握について分析を行う。すなわち、(2)式に示す把握率の式を用いて、各業種の把握率を求める。また、指標は1種類しかないので、把握率の算出にとどめる。

<把握率の算出式>

$$f_{ik} = \frac{\text{アンケートに回答した業種}i\text{に属する企業数のうち} \\ \text{指標}k\text{を公表している企業数}}{\text{アンケートに回答した業種}i\text{に属する企業数}} \quad (1)$$

(業種 i における環境指標 k の公表割合)

<使用記号>

f_{ik} : 業種 i における指標 k の実施率

($i=1\ldots19, k=1$)

i : 業種の添字

k : 指標の添字

4. ステップ1：実施状況の分析

4.1 実施率の算出

表1に業種別施策別の実施率を示す。

施策別にみると、X4: 空調・照明機器を調節、クールビズの導入については、全ての業種で導入していることがわかる。また、X3: 省エネタイプの機器を導入（LED照明、省エネタイプの生産設備やOA機器の導入など）とX6: 生産体制の見直しや工程の効率化の実施率も全体で99.3%、96.9%と高いことがわかる。一方、X7: 蓄電設備の新設・拡充やX8: 蓄熱設備の新設・拡充については実施率が41.0%、50.1%と低く、実施割合が低い施策であることがわかる。これらの傾向から、比較的成本や工数の低い施策については、どの業種においても取組みがなされ、投資が必要な施策については、業種間で実施率にばらつきがみられることがわかる。

業種別にみると、パルプ・紙においては、全ての施策について実施されており、また、X7: 蓄電設備の新設・拡充やX8: 蓄熱設備の新設・拡充を除く8つの施策について実施率が100%となっており、他業種と比べて環境に関する施策が積極的になされていることがわかる。造船においては、X3からX6とX10については実施率が100%であるのに対して、X7からX9については実施率が0%であるといったメリハリのある結果となっている。このような造船の状況については、製造対象物が大物であり、その製造システムも大型であることから、投資について負担が大きい施策の実施は難しい状況になるのではないかと推察される。

表1. 業種別—施策別の実施率

業種	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1 食品	79.1%	76.7%	100.0%	100.0%	87.2%	97.6%	46.5%	60.5%	72.1%	79.1%
2 繊維	84.6%	69.2%	100.0%	100.0%	84.6%	100.0%	38.5%	46.2%	53.8%	53.8%
3 パルプ・紙	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	66.7%	50.0%	100.0%	100.0%
4 化学	72.7%	83.3%	100.0%	100.0%	78.1%	98.5%	35.9%	47.7%	70.8%	87.9%
5 医薬品	71.4%	52.4%	95.5%	100.0%	59.1%	90.9%	42.9%	52.4%	61.9%	77.3%
6 石油	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	75.0%	50.0%	50.0%	75.0%
7 コム	70.0%	80.0%	100.0%	100.0%	80.0%	100.0%	40.0%	40.0%	55.6%	88.9%
8 炭素	50.0%	58.3%	100.0%	100.0%	83.3%	91.7%	41.7%	50.0%	66.7%	83.3%
9 鉄鋼業	80.0%	85.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	28.6%	57.1%	100.0%
10 非鉄金属および金属製品	59.1%	81.8%	100.0%	100.0%	81.0%	95.5%	40.9%	54.5%	72.7%	81.8%
11 機械	61.4%	78.3%	100.0%	100.0%	75.0%	97.8%	42.2%	38.6%	66.0%	87.2%
12 電気機器	57.7%	80.2%	97.7%	100.0%	73.5%	94.1%	37.2%	57.1%	70.6%	86.2%
13 造船	50.0%	66.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%
14 自動車・自動車部品	86.7%	93.5%	100.0%	100.0%	75.9%	100.0%	54.8%	66.7%	80.6%	93.5%
15 その他輸送機器	50.0%	50.0%	100.0%	100.0%	0.0%	75.0%	25.0%	25.0%	75.0%	75.0%
16 精密機器	69.2%	71.4%	100.0%	100.0%	76.9%	100.0%	64.3%	53.3%	64.3%	66.7%
17 印刷	40.0%	60.0%	100.0%	100.0%	90.0%	100.0%	20.0%	20.0%	60.0%	80.0%
18 軽工業	60.0%	60.0%	100.0%	100.0%	70.0%	100.0%	0.0%	22.2%	44.4%	70.0%
19 その他製造	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	50.0%	50.0%	100.0%	100.0%
全体	68.8%	78.0%	99.3%	100.0%	77.8%	96.9%	41.0%	50.1%	68.0%	84.6%

X1: コージェネレーション（熱電併給）システムなどエネルギー供給設備の導入・改善
X2: 再生可能エネルギー利用設備の導入・改善
X3: 省エネタイプの機器を導入（LED照明、省エネタイプの生産設備やOA機器の導入など）
X4: 空調・照明機器を調節、クールビズの導入
X5: 昼間からのシフト勤務や夏場の休日増など、就業体制の見直し
X6: 生産体制の見直しや工程の効率化
X7: 蓄電設備の新設・拡充
X8: 蓄熱設備の新設・拡充
X9: 自家発電設備の新設・拡充
X10: エネルギー管理システムの導入・拡充

4.2 相関係数行列の算出

全ての業種で実施率が 100%である X4: 空調・照明機器を調節、クールビズの導入の施策を除いた 9 つの施策の実施率について、施策間の相関係数を求める。その結果を表 2 に示す。

相関の高い施策の組合せとして、X1: コージェネレーション（熱電併給）システムなどエネルギー供給設備の導入・改善と X2: 再生可能エネルギー利用設備の導入・改善の実施（相関係数：0.78）と、X2: 再生可能エネルギー利用設備の導入・改善の実施と X6: 生産体制の見直しや工程の効率化（相関係数：0.55）の 2 つの組合せが挙げられる。なお、後者と比べて相関係数が高い組合せは X5: 昼間からのシフト勤務や夏場の休日増など、就業体制の見直しと X6: 生産体制の見直しや工程の効率化（相関係数：0.88）などあるが、いずれかの実施率に 0%を含むものがあり、それが相関係数を良くしていると考えられることから、そのようなデータのないものを対象に組合せの選定をおこなっている。

表 2. 実施率の施策間の相関係数行列

	x1	x2	x3	x5	x6	x7	x8	x9	x10
x1		0.78	0.07	0.42	0.41	0.72	0.52	0.54	0.16
x2	-0.78		0.31	0.60	0.55	0.65	0.44	0.58	0.49
x3	-0.07	-0.31		0.23	0.27	-0.01	-0.22	-0.05	0.12
x5	-0.42	-0.60	-0.23		0.88	0.26	0.07	0.32	0.37
x6	-0.41	-0.55	-0.27	-0.88		0.17	0.07	0.29	0.25
x7	-0.72	-0.65	0.01	-0.26	-0.17		0.74	0.63	0.18
x8	-0.52	-0.44	0.22	-0.07	-0.07	-0.74		0.76	-0.06
x9	-0.54	-0.58	0.05	-0.32	-0.29	-0.63	-0.76		0.25
x10	-0.16	-0.49	-0.12	-0.37	-0.25	-0.18	0.06	-0.25	

X1: コージェネレーション（熱電併給）システムなどエネルギー供給設備の導入・改善
X2: 再生可能エネルギー利用設備の導入・改善
X3: 省エネタイプの機器を導入（LED 照明、省エネタイプの生産設備や OA 機器の導入など）
X4: 空調・照明機器を調節、クールビズの導入
X5: 昼間からのシフト勤務や夏場の休日増など、就業体制の見直し
X6: 生産体制の見直しや工程の効率化
X7: 蓄電設備の新設・拡充
X8: 蓄熱設備の新設・拡充
X9: 自家発電設備の新設・拡充
X10: エネルギー管理システムの導入・拡充

これらの関係性について散布図を用いて表したものを図 2 と図 3 に示す。

図 2 は、コージェネレーション（熱電併給）システムなどエネルギー供給設備の導入・改善の実施と再生可能エネルギー利用設備の導入・改善の実施の関係性について各業種の状況を示した散布図である。相関係数の値が高いことから、積極的な業種は両方のシステムを導入しているということになり、このような業種として、パルプ・紙、

石油、その他製造業が挙げられる。また、実施率が低い業種としては、その他輸送機器、印刷、窯業などが挙げられる。

図 3 は、再生可能エネルギー利用設備の導入・改善の実施と生産体制の見直しや工程の効率化の関係性について各業種の状況を示した散布図である。全ての業種において生産体制の見直しや工程の効率化に関する実施率が高い反面、再生可能エネルギー利用設備の導入・改善については業種間でその実施にばらつきがあることがわかる。特に、両施策ともに高い実施率である業種として、パルプ・紙、石油、その他製造業が挙げられる。

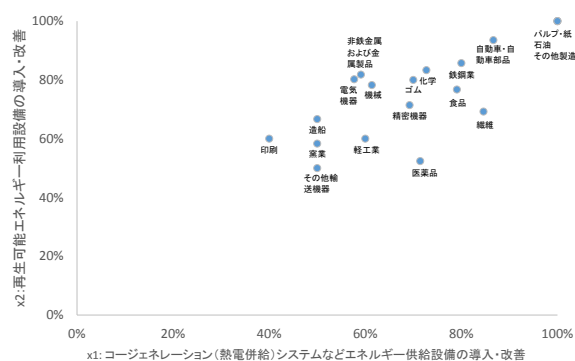


図 2. 施策 X1 と施策 X2 の実施率の関係

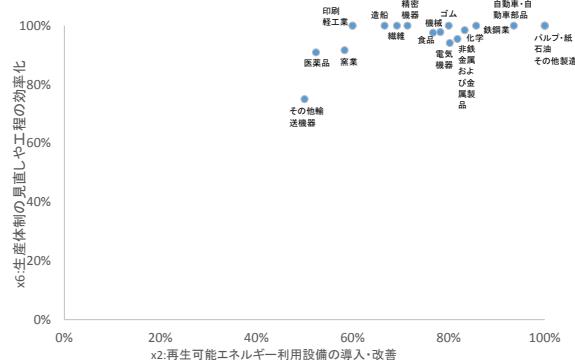


図 3. 施策 X2 と施策 X6 の実施率の関係

5. ステップ 2：把握状況の分析

表 3 に業種別の把握率を示す。

全体としての把握率が 98.3%である。15 業種で国内生産拠点における温暖化ガス（CO₂ やメタン等）の排出量の把握率が 100%であり、電気機器の把握率が 95.2%で全体の最小値であることから、

本指標について高い把握状況であることが伺える。

指標の把握と指標の公表の間には段階があるものの、従来研究の中で、物流機能においては公表があまり進んでいないという結果に対して、生産機能では、公表に関わるステップが進んでいるという傾向がみられることがわかる。

表 3. 業種別の把握率

	業種	Y1
1	食品	100.0%
2	繊維	100.0%
3	パルプ・紙	100.0%
4	化学	100.0%
5	医薬品	95.5%
6	石油	100.0%
7	ゴム	100.0%
8	窯業	100.0%
9	鉄鋼業	100.0%
10	非鉄金属および金属製品	95.5%
11	機械	97.9%
12	電気機器	95.2%
13	造船	100.0%
14	自動車・自動車部品	100.0%
15	その他輸送機器	100.0%
16	精密機器	100.0%
17	印刷	100.0%
18	軽工業	100.0%
19	その他製造	100.0%
	全体	98.3%

Y1: 国内生産拠点における温暖化ガス（CO2 やメタン等）の排出量

6. 結論と今後の課題

本論文においては、製造業 19 業種の環境に関する改善活動について、10 種類の実施の状況と 1 種類の指標把握の状況について定量的な分析を行った。その結果として、下記のようなことがわかった。

<実施について>

下記の 2 つの施策間には高い相関がみられる。

- 「コージェネレーション（熱電併給）システムなどエネルギー供給設備の導入・改善の実施」と「再生可能エネルギー利用設備の導入・改善の実施」
- 「再生可能エネルギー利用設備の導入・改善の実施」と「生産体制の見直しや工程の効率化の実施」

<把握について>

これまでに分析された物流機能においては、環境

指標の公表があまり進んでいないという知見であったが、生産機能においては、公表の準備段階である指標の把握について各業種共通して高い割合で進んでいることがわかった。ただし、データ取得の制約から不十分であった把握した指標の公表については、今後調査する必要がある。また、指標については今回 1 種類のみ分析であったが、それ以外のものについても調査を進める必要がある。また、実施と公表の関係性についても調査を進め行う必要があると考えられる。

参考文献

- [1] 小山拓也, 村田康一, 若林敬造, 平田光子, “実施と公表からみた製造業における環境改善活動の分析”, 第 19 回日本情報ディレクトリ学会全国大会研究報告予稿集, pp. 39-42, 大阪体育大学, 泉南郡熊取町, 大阪, 2015 年 9 月 5-6 日.
- [2] 小山拓也, 村田康一, 若林敬造, “環境改善評価結果の効率的な比較方法に関する研究”, 一般社団法人日本ロジスティクスシステム学会第 18 回全国大会予稿集: サプライチェーンマネジメント革新に向けての課題と展望, pp. 39-42, 豊橋創造大学, 豊橋市, 愛知, 2015 年 7 月 11-12 日.
- [3] 日本経済新聞社, 第 18 回「環境経営度調査」調査報告書, 2015.
- [4] 柴田翔一, 村田康一, 若林敬造, “物流活動における環境改善の成果公表状況に関する産業間比較”, 第 47 回 (平成 26 年度) 日本大学生産工学部学術講演会講演概要, pp. 863-866, 日本大学, 習志野市, 千葉, 2014 年 12 月 6 日.
- [5] 柴田翔一, 若林敬造, 村田康一, “製造業における物流活動の環境改善に関する特性解析”, 第 18 回日本情報ディレクトリ学会全国大会研究報告予稿集, pp. 61-66, 日本大学国際関係学部, 三島市, 静岡, 2014 年 9 月 6-7 日