

企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

企業の環境効率の算出 -産業CO2効率の適用-

産業総合技術研究所
ライフサイクルアセスメント研究センター
環境効率研究チーム

田原聖隆
k.tahara@aist.go.jp



企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

はじめに

Life Cycle Assessment (LCA)

製品やサービスの環境への影響を評価する手法である。対象とする製品を産み出す資源の採掘から素材の製造・生産だけでなく、製品の使用・廃棄段階まで、ライフサイクル全体を考慮し、資源消費量や排出物量を求め、その環境への影響を総合的に評価する。

Environmental (Eco) efficiency

製品システムなどが産み出すサービス(機能)を対比させることにより、サービス当りの環境負荷(環境効率)を求めることができる。この環境効率が高いことは、製品の機能が同一であれば環境負荷量が少ないことを、環境負荷量が同一であれば機能が充実していることを表し、環境に対し高い効率の生産や活動等への定量的な指標となることが期待されている。

$$\text{Eco-Efficiency} = \frac{\text{Product or Service value}}{\text{Environmental influence}}$$

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development, 1992)



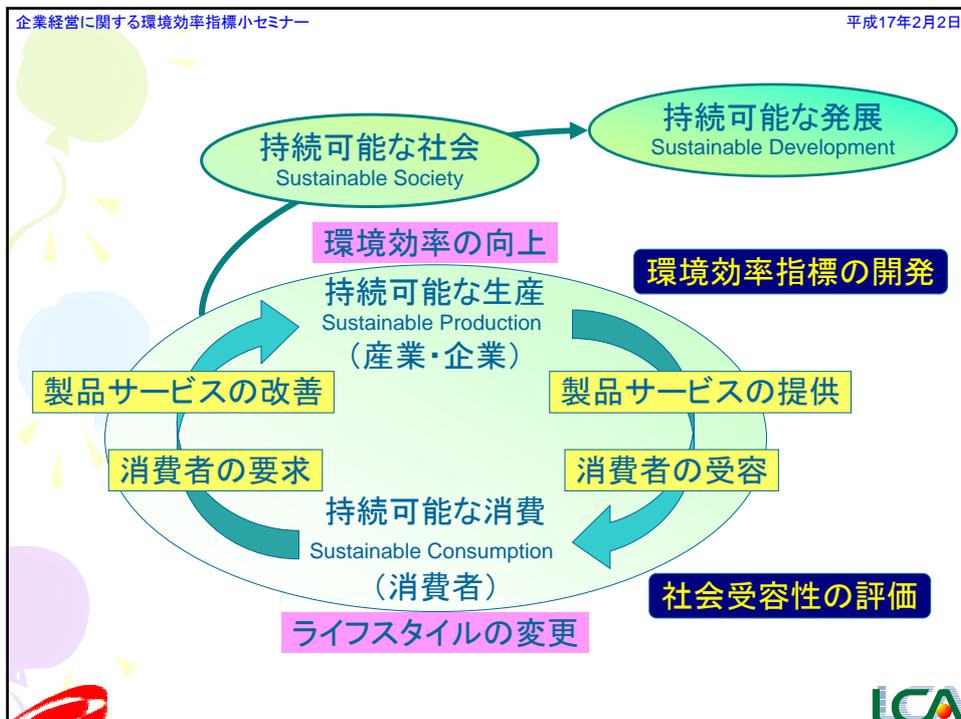
企業経営に関する環境効率 環境報告書報告に記載されたLCA、環境効率の応用例 平成17年2月2日

	日経BP社 消費者ランキング	製品LCA 導入	環境効率		ファクター	データ 基準年
			企業レベル	製品レベル		
1	トヨタ自動車	◎	◎	×	○	2004
2	麒麟ビール	◎	○	×	○	2004
3	松下電器産業	◎	○	◎	◎	2004
4	日産自動車	○	×	×	×	2003
5	シャープ	△	○	×	○	2004
6	サントリー	○	△	×	×	2004
7	ライオン	×	×	×	×	2004
8	ホンダ	◎	○	×	○	2004
9	アサヒビール	○	△	△	○	2004
10	サッポロビール	○	△	△	○	2004
11	旭化成	△	×	×	×	2004
12	富士通	◎	○	◎	◎	2004
13	東芝	◎	◎	◎	◎	2004
14	NTTドコモ	×	△	×	○	2003
15	ソニー	○	◎	×	◎	2004
16	イオン	×	×	×	×	2004
17	花王	◎	◎	×	◎	2004
18	日立製作所	◎	◎	◎	◎	2004
19	松下電工	○	○	×	○	2004
20	キヤノン	○	◎	◎	◎	2004

LCA:
◎データ有り
○データなし
△記載のみ
×記載なし

環境効率:
◎データ有り
○データ有り(逆数)
△類似手法(環境保全効率など)
×記載なし

ファクター:
◎データ有り
○年次推移のみ
×記載なし

企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

環境効率とは

Eco-Efficiency
 Economic (経済)
 Ecological (Environment) (環境)

Quantity of goods or services produced or provided to customers
Net sales

$$\text{Eco-Efficiency} = \frac{\text{Product or Service value}}{\text{Environmental influence}}$$

Energy consumption
Materials consumption
Water consumption
Greenhouse gas emissions (CO2...)
Ozone depletion substance emissions
.....

環境効率：
環境負荷あたりの製品・サービスの価値

WBSCD
LCA

企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

環境効率 (Eco-Efficiency) 資源生産性 (Resource Productivity)

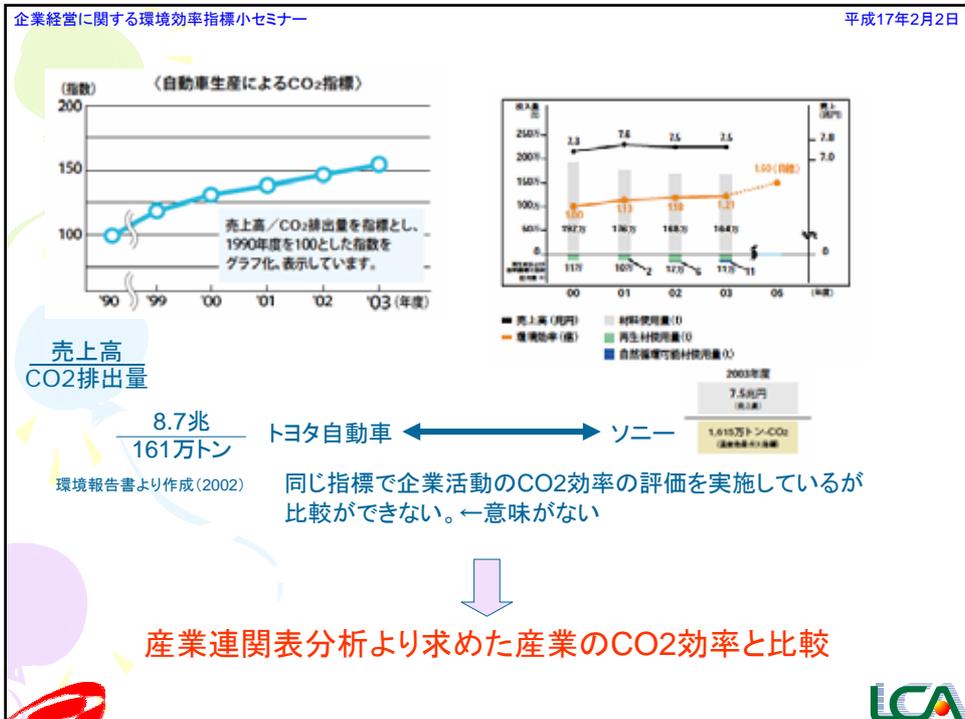
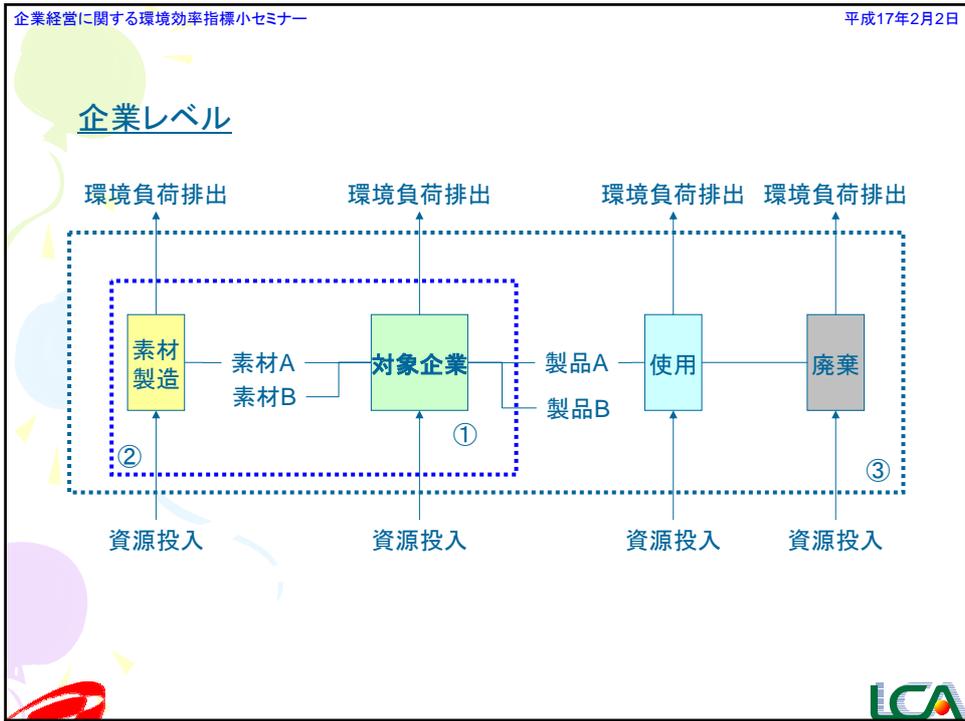
$$\text{環境効率} = \frac{\text{価値}}{\text{環境負荷量}} \qquad \text{資源生産性} = \frac{\text{価値}}{\text{資源使用量}}$$

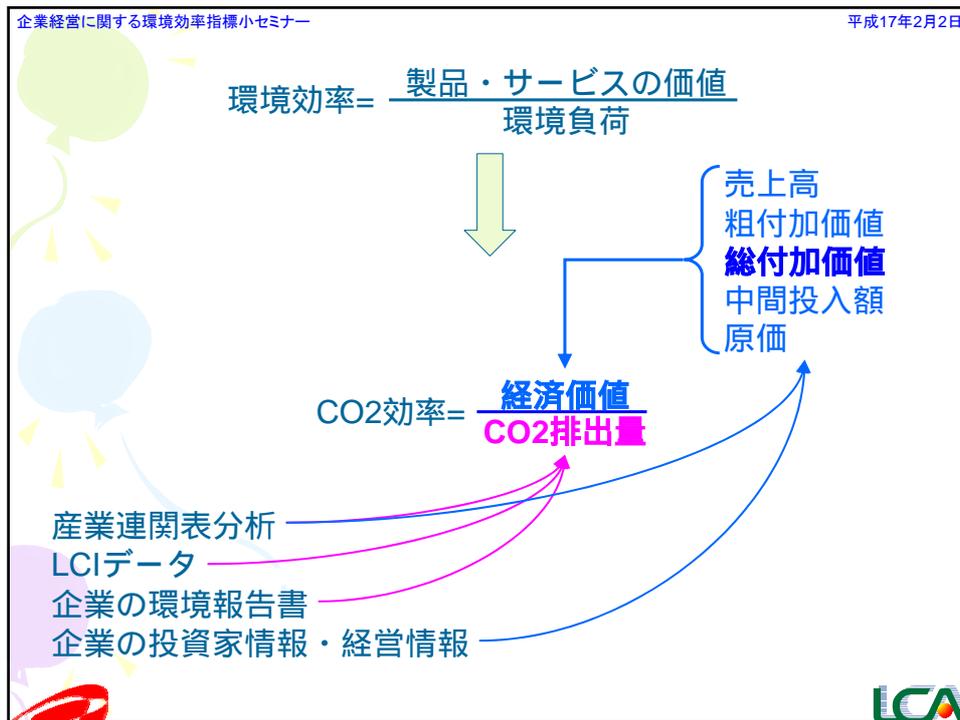
考慮するレベル：製品・素材、企業、産業、国

各レベルで評価方法が違うか？

問題点：
サービスとは？
環境負荷とは？
システムバウンダリはどこ？

LCA





企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

産業連関表 (Input-Output Tables) について

産業連関表: ノーベル経済学賞受賞者であるレオンチェフが考案した産業部門間の物資やサービスの取引を行列の形で表したもの

国民所得では対象とならない中間生産物についても、各産業部門にその取引の実態が詳細に記録されていることに大きな特徴がある

<日本の産業連関表>

- ・ 基本表は基本分類519×403部門で構成されており、この基本表を統合した表示形式として小分類表(186部門)、中分類表(93部門)、そして大分類表(32部門)などもある
- ・ 5年に一度作成され、現時点での最新版は2000年表である
- ・ 精度の高さは他国のものに比ベトップクラス

LCA

企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

<産業連関表の基本的な目的>

外生部門に所与の変化が生じたときに、内生部門に並んだ産業の生産活動にどのような影響がもたらされるかを調べる

内生部門 外生部門

1、2、3、……、n

販路構成 (output) ↓ 中間財取引 ↓ 投入構成 (input)	最終需要部門 ↓ 品目構成	国内総生産額
粗付加価値部門		
国内総生産額		

← 産業連関表の概念図 →

企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

<投入係数>

生産物を1単位つくるのに必要な財・サービスの投入量を計算したもの → 国内生産額と乗じて中間取引量を算出できる

<1985年産業連関表>

産業	中間需要			最終需要				国内生産額
	第一次	第二次	第三次	消費	投資	輸出	輸入	
中間投入 第一次	2103	25184	4797	4060	524	94	-17095	19670
中間投入 第二次	3738	126988	55908	83621	67740	38713	-15372	291056
中間投入 第三次	2996	47208	82412	174665	56943	8736	-5149	367816
粗付加価値	10833	91676	224699					
国内生産額	19670	291056	367816					

産業	中間需要		
	第一次	第二次	第三次
中間投入 第一次	0.107	0.087	0.013
中間投入 第二次	0.190	0.436	0.152
中間投入 第三次	0.152	0.162	0.224
粗付加価値率	0.551	0.315	0.611
計	1	1	1

— 産業連関表で記述される販路構成 —

$A \cdot X + F = X$

{ A: 投入係数行列
 X: 国内総生産額
 F: 最終需要ベクトル

企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

<レオンチェフの逆行列>

各アクティビティに1単位の最終需要があった時、それがいろいろな部門の生産をどれだけつづ誘発するか（生産誘発効果）を示したもの

$$A \cdot X + F = X$$

$$F = X - A \cdot X$$

$$= (I - A)X$$

$X = (I - A)^{-1} \cdot F$

A: 投入係数行列
X: 国内総生産額
F: 最終需要ベクトル

↑
レオンチェフの逆行列式

また、 $(I - A)^{-1} = I + A + A^2 + A^3 + \dots$ なので

$$X = (I - A)^{-1} \cdot F$$

$$= \underbrace{I \cdot F}_{\text{直接効果}} + \underbrace{A \cdot F + A^2 F + A^3 F + \dots}_{\text{間接効果}}$$



企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

<逆行列の3類型>

① $(I - A^d)^{-1}$

国産分と輸入分が実際の割合で分割されている国産品投入係数 A^d により波及過程が計算されるため、**その時点での経済(産業)構造**を的確につかむのに適している。

問題点) 投入選択は流動的なので**不安定**になりやすい

② $(I - A)^{-1}$

産業部門間の技術構造的な相互依存関係をとらえるのに適している。加えて、**投入係数の安定性**という意味でも利用性は高い。

問題点) 輸入が考慮されていない

③ $[I - (I - M)A]^{-1}$

上記二つの**中間的**なもので、**最も多く使用**されている。輸入は各品目ごとの国内総需要に対する総輸入割合を示す**輸入係数M**によって導入されている。

問題点) Mは $(I - A^d)^{-1}$ 型のように**需要部門ごとの係数**を定めていない

参考：産業連関分析入門（宮沢） 

企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

LCAのインベントリ分析における産業連関表の利用

<特徴>

- ① 産業連関表自身の中に、投入物や排出物のインベントリの項目としてそのまま、あるいは多少の加工によって、利用可能な内容が含まれている
- ② 各プロセスの入力と出力を漏れなく記述し、間接的なものを含めた投入資材、負荷排出の全体像を把握するという、インベントリ分析の本質が、産業連関表にほぼそのまま組み込まれていることを活かすものである

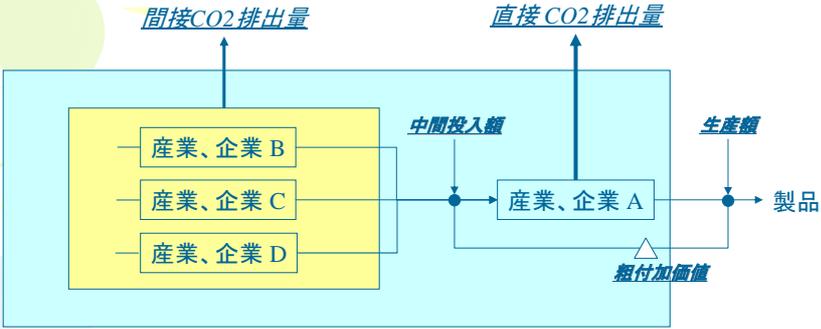
<問題点>

すべての財やサービスを約400という限られた数の部門に分類しており、ひとつの部門に多くの異なる製品が分類されてしまう

得られる値は全体の平均値にすぎない



企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日



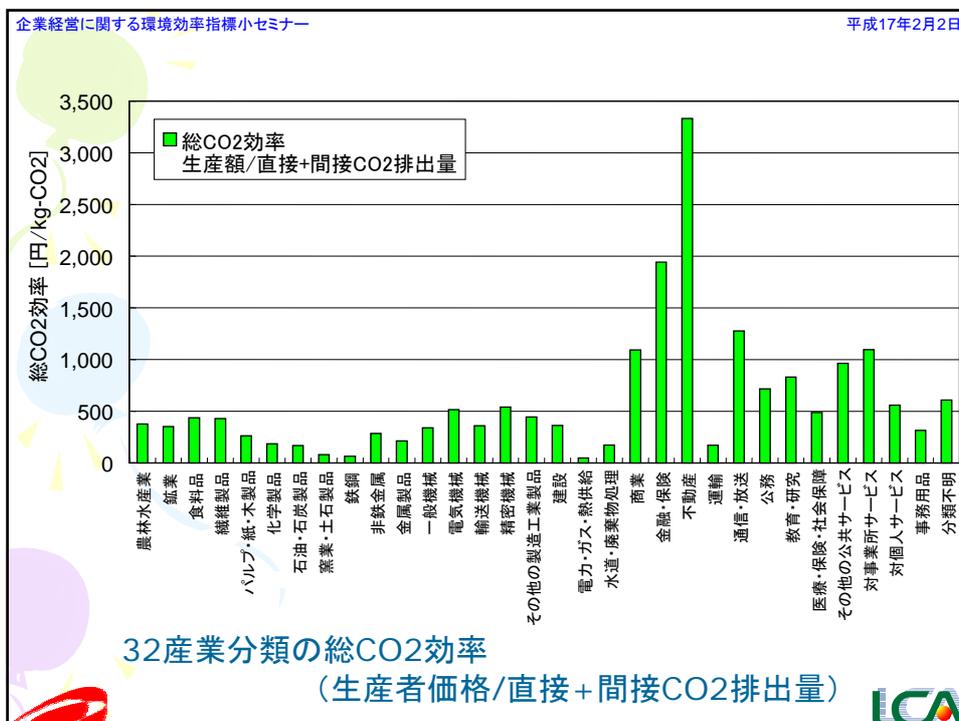
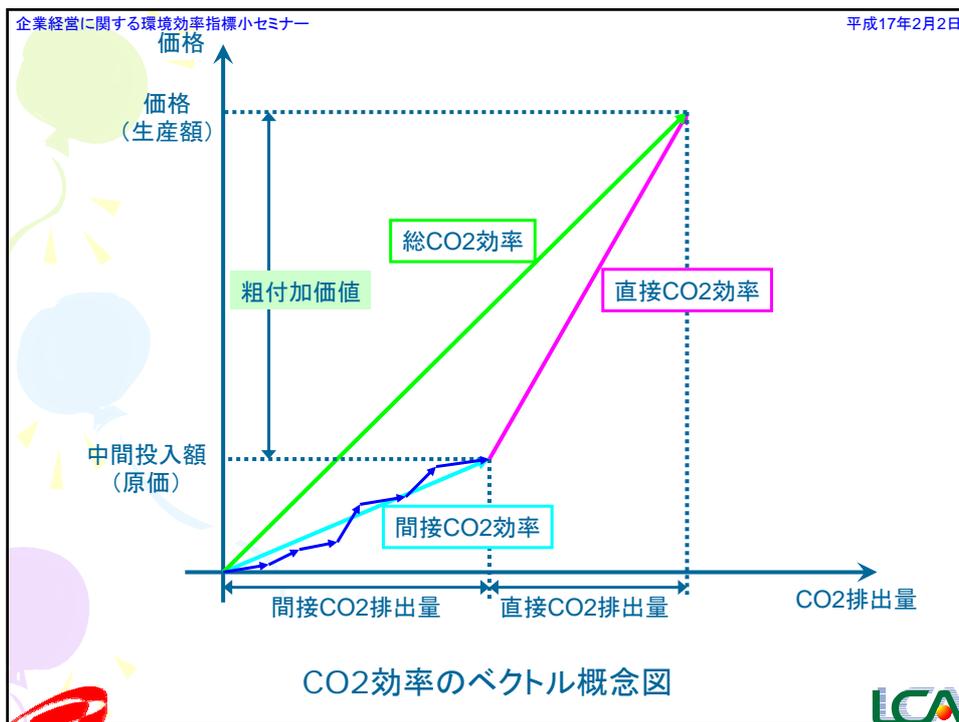
$$\text{総CO2効率} = \frac{\text{生産額}}{\text{直接・間接CO2排出量}}$$

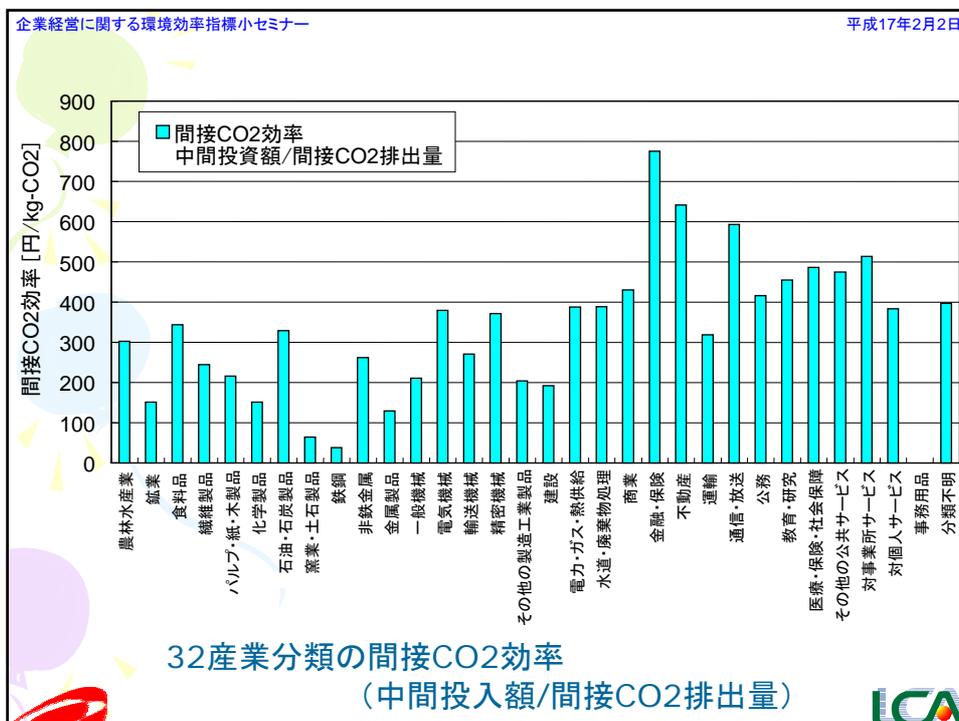
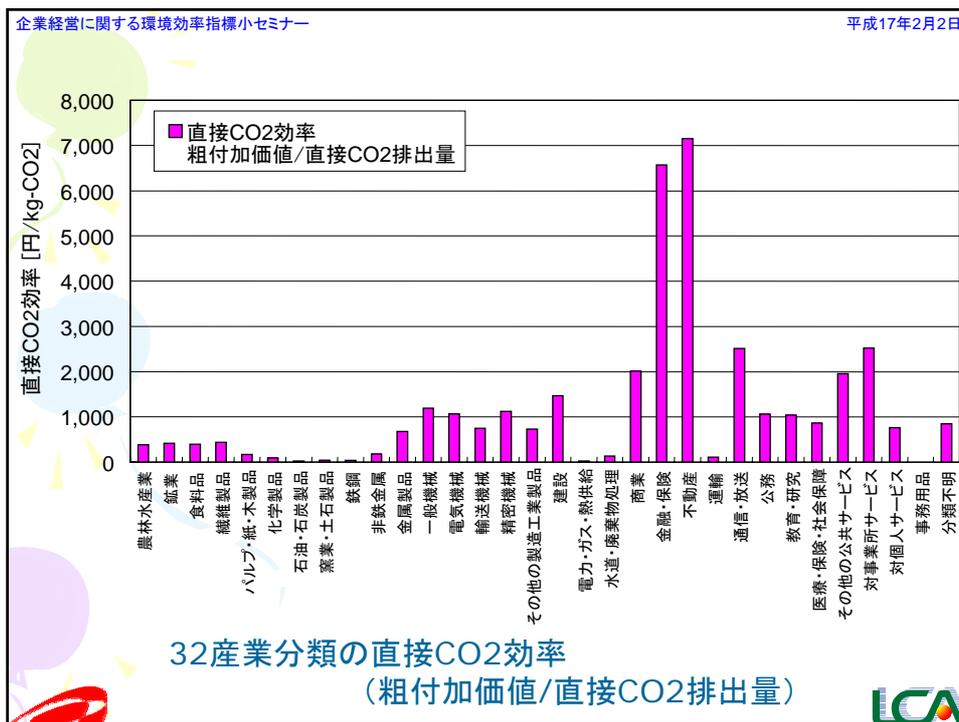
$$\text{直接CO2効率} = \frac{\text{粗付加価値}}{\text{直接CO2排出量}}$$

$$\text{間接CO2効率} = \frac{\text{中間投入額}}{\text{間接CO2排出量}}$$

産業連関表分析データを用いたCO2効率の概念

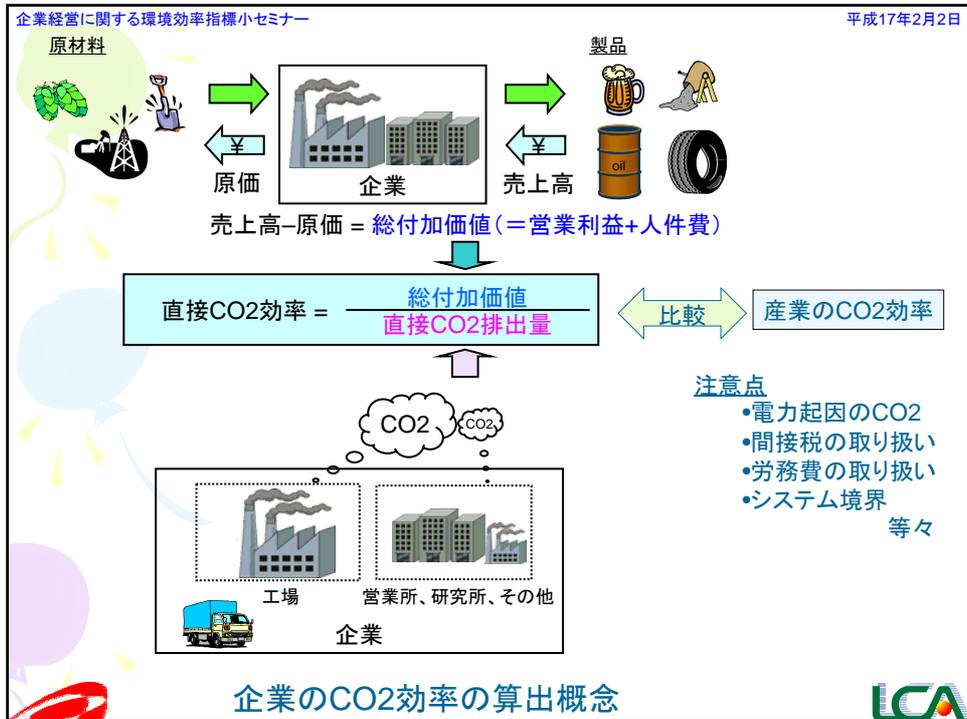






企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

CO2排出原単位 基本分類 部門名	項目 単位(生産者価格ベース)	総CO2効率	直接CO2効率	間接CO2効率
		¥/kg-CO2	¥/kg-CO2	¥/kg-CO2
11.101	1米	691	2,532	270
11.102	2麦類	412	1,208	253
11.201	3いも類	606	2,885	277
11.202	4豆類	596	3,134	263
11.301	5野菜	459	687	263
11.401	6果菜	765	3,981	265
11.501	7砂糖原料作物	543	5,811	223
11.502	8飲料用作物	537	32,145	215
11.509	9その他の食用雑糧作物	468	1,205	285
11.601	10飼料作物	635	3,250	238
11.602	11糧菰	521	706	363
11.603	12花き・花木類	268	237	300
11.609	13その他の非食用雑糧作物	619	1,830	218
12.101	14酪農	656	3,076	429
12.102	15飼畜	373	1,299	320
12.103	16肉鶏	348	621	321
12.104	17豚	434	1,765	335
12.105	18肉用牛	511	2,975	443
12.109	19その他の畜産	922	7,213	383
12.201	20養蚕	438	1,220	336
13.101	21獣医薬	367	345	361
13.102	22農薬サービス(除害医薬)	312	296	306
21.101	23森林	1,011	3,513	253
21.201	24素材	568	764	503
21.301	25持増産物(食料類)	174	104	358
31.101	26海産漁業	113	63	292
31.104	27海産養殖業	164	132	189
31.201	28内水産漁業	266	218	306
61.101	29金属鉱物	201	176	237
62.101	30農業原料鉱物	196	201	177
62.201	31砂利・採石	255	979	156
62.202	32砕石	232	590	140
62.909	33その他の非金属鉱物	213	222	195
71.101	34石炭	173	116	339
72.101	35原油・天然ガス	488	433	487
111.101	36と紙(含肉類処理)	470	1,000	458
111.201	37肉加工	495	618	449
111.202	38畜産びん・かん詰	361	275	379
111.203	39動物油脂	200	92	318
111.204	40醸造品	373	226	439
111.301	41冷凍食品類	189	692	148
111.302	42餅・干し食品類	235	327	210
111.303	43水産びん・かん詰	212	153	224
111.304	44ねり製品	326	492	266
111.305	45魚油・魚かす	157	128	167
111.309	46その他の水産食品	311	1,102	213
111.401	47精穀	591	60	659



企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

企業における産業連関表の粗付加価値にあたる値を求める必要がある

↓
本研究で定義

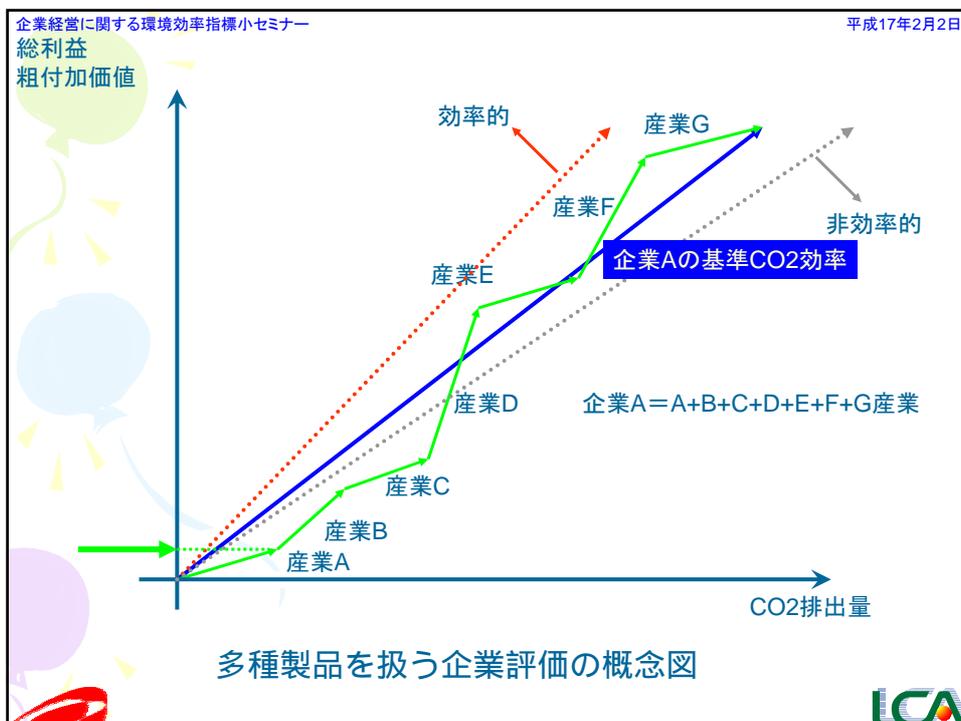
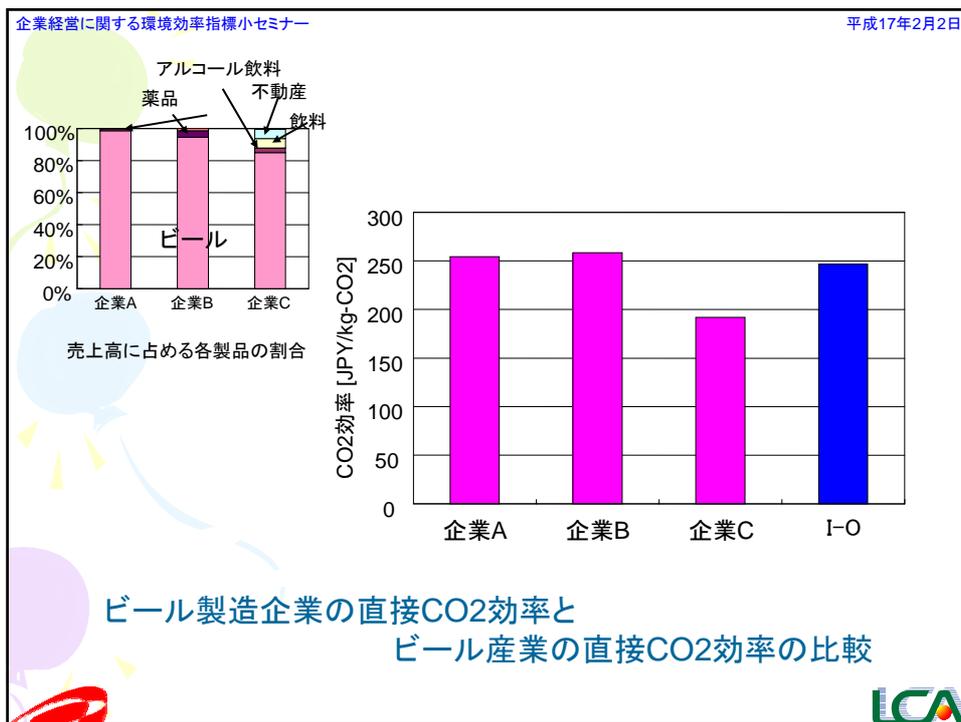
粗付加価値 = 総付加価値
= 営業利益+労務費+給料+賞与+退職金+福利厚生などと定義した

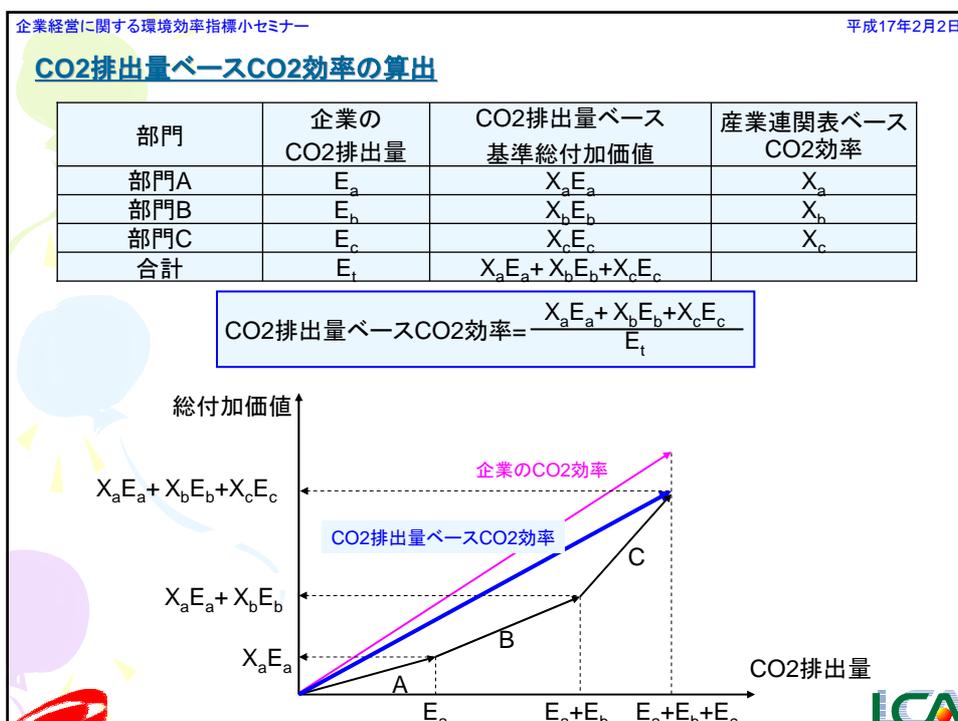
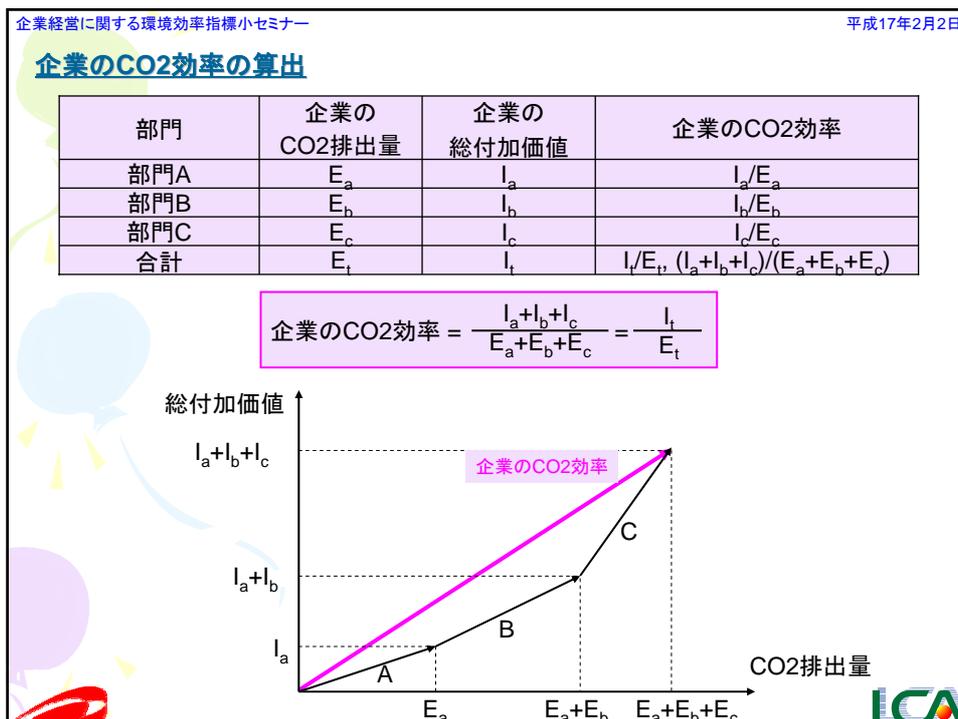
↑
各企業の有価証券報告書より求めることができる

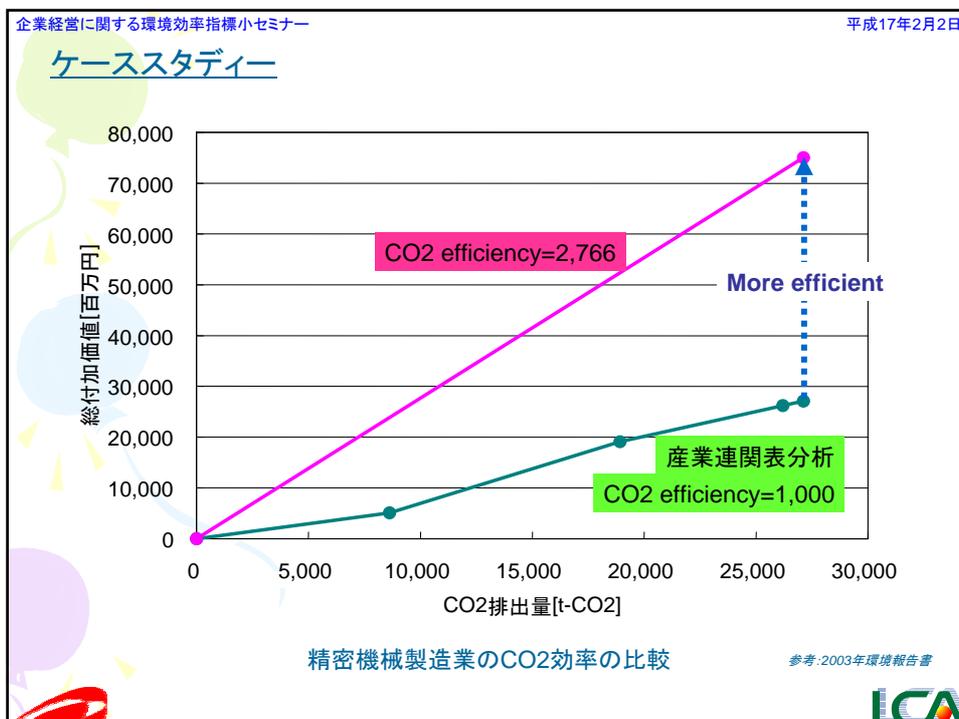
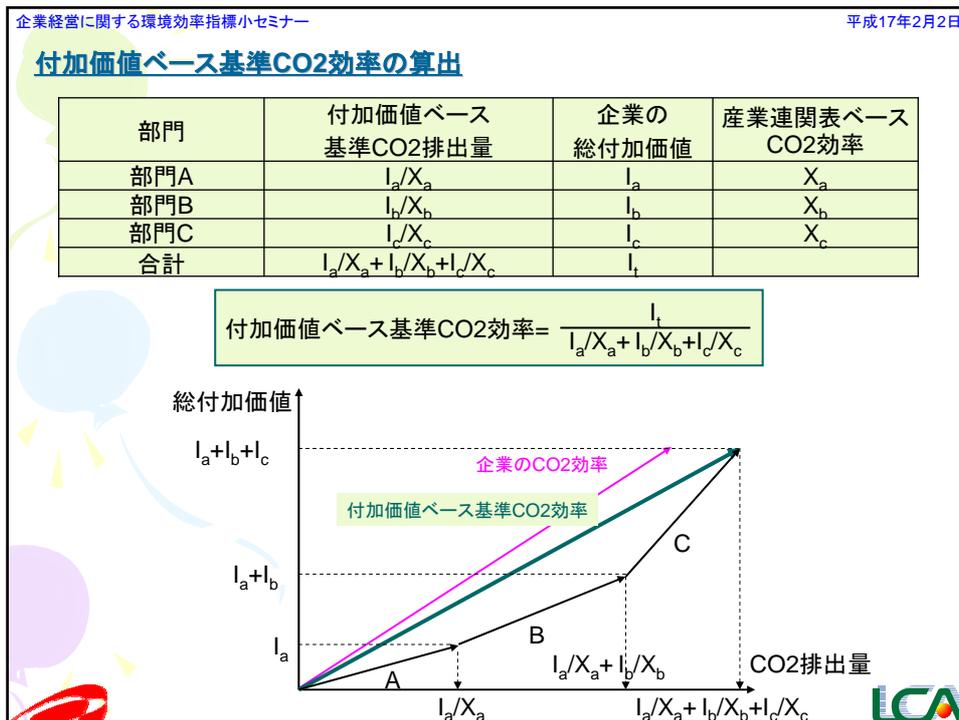
企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

14年期

	A企業	B企業	C企業
売上高	999,920	1,093,773	423,262
売上原価	703,954	799,303	319,101
商品製品期首棚卸高	6,055	8,322	7,899
当期製品製造原価	224,881	224,002	96,171
原材料費	142,167	140,324	55,654
労務費	20,862	14,422	8,143
経費	65,033	71,028	34,230
期首半製品棚卸高	7,948	7,700	3,849
他勘定振替高	-2,041		-2,084
期末半製品棚卸高	-9,089	-9,472	-3,622
当期商品製品仕入高	54,600	61,884	35,590
酒税	433,244	520,863	169,920
他勘定振替高	-4,178	-6,259	-2,467
商品製品期末棚卸高	-10,648	-11,529	-6,814
不動産事業原価		2,020	18,802
売上総利益	295,965	294,470	104,161
販売費及び一般管理費	251,941	224,663	93,113
販売奨励金	65,863	67,928	18,854
運搬費	24,274	20,750	8,987
販促物品費			8,773
広告費	31,895	38,139	15,853
給料・賞金(キリン賞与含む)	38,448	19,678	9,799
賞与		7,755	2,416
退職給付金	7,843	2,272	3,414
役員退職慰労金引当金繰入額	339		
賞与引当金繰入額			319
福利厚生	9,220		
減価償却費	3,145	5,490	1,920
研究開発費	21,565		
貸倒引当金繰入額	3,845	5,069	587
その他	45,504	57,578	22,187
営業利益	44,024	69,807	11,047
総付加価値	120,736	106,179	35,138







企業経営に関する環境効率指標小セミナー 平成17年2月2日

まとめ

- 産業連関表分析を利用した、CO2効率評価手法の提案
- ケーススタディーの紹介
 - 比較的単一産業に属している企業
 - 多くの産業に属している企業
- 本手法の限界
 - 産業分類
 - 対象年度
 - 評価範囲

