

SHIBAURA MOT DISCUSSION PAPER

芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科

ディスカッションペーパー

LNG プラント受注額の決定要因に関する研究

吉澤 諒

Discussion Paper No. 2015-01

Shibaura Institute of Technology

Graduate School of Engineering Management

芝浦工業大学大学院

工学マネジメント研究科

〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5

芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科(MOT)ディスカッションペーパーは、研究科の教職員と学生の専門的かつ独創的な研究の促進を図り、広く学術の振興及び教育の発展に資するために、研究成果をワーキングペーパーとして公表するものです。ディスカッションペーパーの著作権は著作者に帰属します。

The MOT Discussion Paper Series is published as a working paper.
The copyright is retained by the author(s).

2015 年 6 月 20 日

LNG プラント受注額の決定要因に関する研究

The Determinants of Contract Amount of LNG Plants

吉澤 諒

Ryo Yoshizawa

Abstract

This paper analyzes the cost of liquefied natural gas plants, and examines order strategy in plant engineering companies. We examine the contract amount of the plants ordered from 2000 to 2013, by using a multiple regression analysis. As an example, we use an independent variable, *PCLI*, which we newly define from the plant cost index and the location factor. As a result, the plants cost are explained by cost-like factor and company-like factor. From this we obtain implications in the order strategies in plant engineering companies.

要旨

本稿では、LNG プラントの受注額に関する分析を行い、プラント・エンジニアリング企業の受注戦略を考察する。2000 年から 2013 年までの LNG プラントの受注データを統計的な手法を用いて分析し、LNG プラント受注額の決定要因にはコスト的な要因と企業的な要因の 2 つがあることが分かった。また、LNG プラントの受注戦略については、2 つの行動特性が見受けられた。

Keywords: Liquefied natural gas plants, Contract amount, Order strategy, Statistical analysis

キーワード : LNG プラント, 受注額, 受注戦略, 統計分析

* 芝浦工業大学大学院 工学マネジメント研究科 pa13018@shibaura-it.ac.jp

1 はじめに

1.1 世界のエネルギー消費量

世界で消費されるエネルギーのうち、化石燃料(石油、石炭、天然ガス)は 82%である。今後もその消費量は増え続け、そのうち化石燃料の割合は7割以上を占めると予想されている[1]。

石油の消費量に着目すると、2012 年から 2040 年までに、日量 88.6 百万バレルから日量 116.5 百万バレルにまで増加する。

天然ガスの消費量に着目すると、2012 年から 2040 年までに、3.44 兆 m^3 から 1.7 倍の 5.88 兆 m^3 にまで増加する。消費量の伸び率は他のどのエネルギー源よりも大きい。そのうち、液化天然ガス(以下、LNG)の需要は、2012 年時点で 237 百万トンであったが、2040 年にはその 2 倍以上の 548 百万トンにまで増加する。このことから、LNG プラント建設需要は今後さらに増加すると予想される。

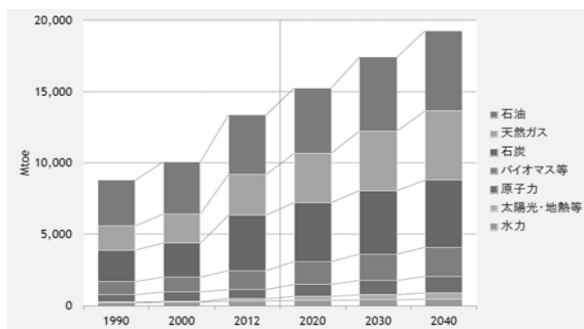


図 1 世界のエネルギー消費量推移[1]

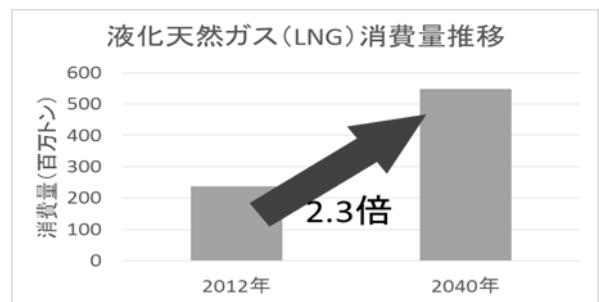


図 2 LNG 消費量推移([1]を基に作成)

1.2 プラント・エンジニアリング産業

プラント・エンジニアリング産業とは、プラントおよびエンジニアリング機能を提供する経済産業活動である[5]。プラントおよびエンジニアリングは以下のように定義される。

プラントとは、何らかの人為的行為により、将来に亘って継続的に付加価値を生み出す機能を発揮するために配置され又は組み合された装置、工作物その他機械類の複合体をいう[6]。

エンジニアリングとは、外部環境の変化を意識し、プロジェクトの創造と統合の視点で、複雑な使命に問題解決の道を拓き、事業価値を向上させる仕組み作りを目指し、事前コンサルティングから操業安全に至る一連の業務の全部、または一部を提供する実践知識業務のことをいう[6]。

プラント・エンジニアリング産業は、世界各国におけるプラントの建設によって世界のエネルギーの安定供給、現地国の産業の高度化などに寄与している。プラント・エンジニアリング産業は受注産業であるため、成約実績が経済状況に左右されやすいという一面をもっている(図 3 参照)。

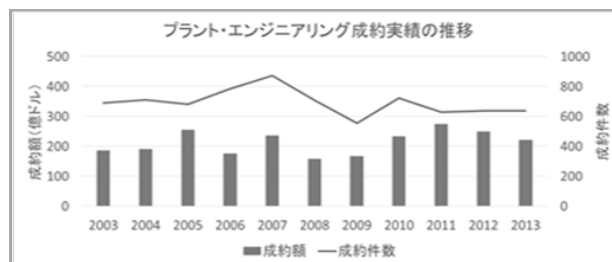


図 3 プラント・エンジニアリング成約実績の推移([3],[4]を基に作成)

我が国にとって重要な産業であるプラント・エンジニアリング産業だが、米国や中国、韓国の企業に比べると、その力は弱く、実績の差は歴然である。2013 年の主要国のプラント・エンジニアリング成約実績は、日本、韓国、米国は前年実績を下回っている。一方、中国は唯一 2010 年以降実績を伸ばしている(図 4 参照)。

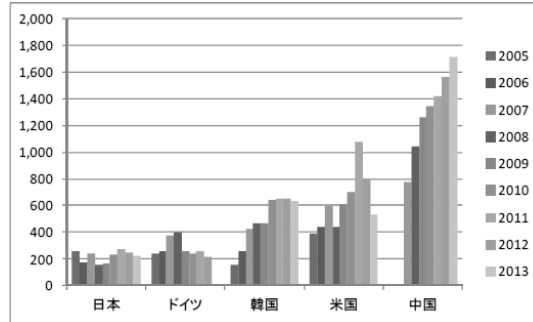


図 4 主要国の海外プラント・エンジニアリング受注実績(単位: 億ドル) [4]

1.3 研究背景と本研究の目的

今後もエネルギー需要はさらに増加し、プラント建設の需要も増加すると予想される。日本のプラント・エンジニアリング会社は、市場の拡大に伴い、米国、中国、韓国などのプラント・エンジニアリング企業との競争に直面している。拡大する市場への戦略的な展開が必要である。しかし、我が国のプラント・エンジニアリング企業の競争力は他国に後れを取っていると思われる。

本研究の目的は、プラントの受注戦略を分析することである。そこで、まずは統計分析の手法を用いてプラント受注額の決定要因を明らかにする。その後、受注戦略について考察する。なお、今後天然ガスの需要が最も増加すると予想されることから、本研究ではプラントの種類を LNG プラントに絞る。

2. プラント建設コストに関する先行調査

プラントの建設費に関する調査は数多く行われてきた。プラント建設において、最適投資を実現するためには、計画段階から複数の立地候補国・地域の概算建設コストを算定比較し、プラント投資額を把握することが必要となる[7]。これらコスト算定は、プラント・エンジニアリング会社やプラントメーカーにとって投資の有効性の評価や自己競争力の把握に重要である。

日本機械輸出組合は、プラント建設費のコスト算定のため、2 つの指数を作成している。

2.1 プラントコストインデックス (PCI)

プラントコストインデックス(以下、PCI)は、時間に関するコスト指数である。過去のプラント建設費実績から、現在のプラント建設費を推定するために用いる。定義を以下に示す。

ある時点のプラント建設費を異なる時点の建設費に変換するコスト指数。ある年 t にプラントを建設する際、基準年 t_0 に対するプラント建設費を示す。ある時点 t における PCI を PCI_t とし、算出方法を以下に示す。(P_t, P_{t_0} : ある時点 t, t_0 におけるプラント建設費)

$$PCI_t = \frac{P_t}{P_{t_0}} \times 100$$

対象となるプラントは化学分野の反応系（気相または気・液相反応）と分離系（蒸留、抽出等）を持つプロセスプラントとなっている。

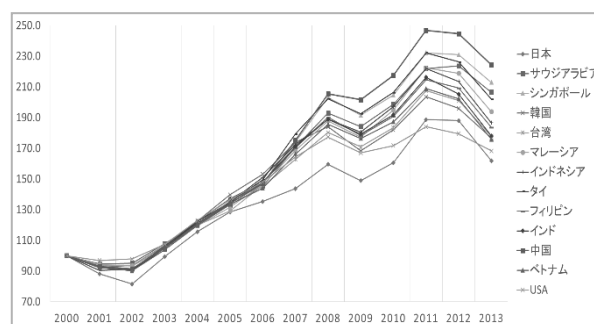


図 5 PCI 推移 (2000 年を基準年=100, [7]をもとに作成)

2.2 ロケーションファクター(LF)

ロケーションファクター(以下、 LF)は、国や地域に関するコスト指数である。世界各地でのプラント建設費の違いを数値化[7]できる。ある地域 A にプラントを建設する際、基準地域 A_0 に対するプラント建設費を示す。ある地域 A における LF を LF_A とし、算出方法を以下に示す。(P_A, P_{A_0} :ある地域 A, A_0 に対するプラント建設費)

$$LF_A = \frac{P_A}{P_{A_0}} \times 100$$

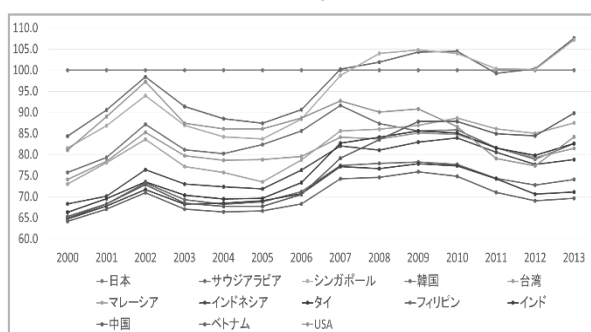


図 6 LF 推移 (日本を基準地域=100, [7]をもとに作成)

3. 分析方法

3.1 分析対象

今後 LNG の需要がエネルギー資源の中で最も伸びることから、本研究では分析対象とするプラントを LNG プラントに絞った。ただし、LNG プラントの請負業務は EPC 業務のものとする。EPC 業務とは、設計 (Engineering)、調達 (Procurement)、建設 (Construction) の略である。EPC 業務はプラント・エンジニアリング企業のコア事業として会社の基盤を成している。プラント・エンジニアリング企業は、この EPC 遂行能力をサービスとして顧客に提供し、主な収益を挙げている。分析サンプルとなる LNG プラントの受注データは、日経新聞の LNG プラント受注関連の記事を参考にした (表 1 参照)。ただし、受注企業については、企業名を伏せ、A~H で表記してある。

本研究では、統計分析の手法を用いて LNG プラントの受注額の決定要因を明らかにし、その結果が

ら受注戦略について考察する。プラントはその生産量によって受注額に大きな差が生じるため、本研究では一生産量あたりの受注額、つまり受注単価(受注額/生産量)を目的変数として分析を進める。

表 1 LNGプラント受注データ

No.	受注年度	受注額 (百万円)	生産量 (万トン/年)	国	受注企業	クライアント数	請負 業務	受注単価 (受注額/ 生産量)	PCLI	工事内容	系列数	カントリー リスク
1	2001	60,000	330	オマーン	B H	6	E P C	181.818	79.82	増設	1	2
2	2003	70,000	480	カタール	B G	2	E P C	145.833	90.94	増設	1	3
3	2004	70,000	480	カタール	B G	2	E P C	145.833	102.31	増設	1	3
4	2001	75,000	470	カタール	B G	2	E P C	159.574	79.82	増設	1	3
5	2001	100,000	420	オーストラリア	A D	6	E P C	238.095	78.50	増設	1	0
6	2001	120,000	500	エジプト	A D H	3	E P C	240	79.82	新設	1	6
7	2011	140,000	200	インドネシア	A	4	E P C	700	151.82	新設	1	3
8	2000	150,000	380 x 2	マレーシア	A D	5	E P C	197.368	73.00	増設	2	2
9	2005	170,000	380 x 2	インドネシア	A D	6	E P C	223.684	92.19	新設	2	3
10	2013	170,000	360	マレーシア	A	1	E P C	472.222	141.66	増設	1	2
17	2000	175,000	400 x 2	ナイジェリア	A	4	E P C	218.75	84.30	増設	2	5
12	2005	200,000	335 x 2	イエメン	A D E	6	E P C	298.507	112.22	新設	2	7
13	2002	225,000	400 x 2	ナイジェリア	A	4	E P C	281.25	80.20	新設	2	5
14	2009	230,000	520 x 3	オーストラリア	A D	6	E P C	221.154	135.20	増設	3	0
15	2003	300,000	480 x 2	ロシア	B C	4	E P C	312.5	86.96	増設	2	3
16	2013	400,000	380 x 2	パプアニューギニア	A B	6	E P C	526.316	123.44	増設	2	5
11	2009	400,000	780 x 2	カタール	B E	3	E P C	256.41	102.31	新設	2	3
18	2004	420,000	780 x 2	カタール	B E	2	E P C	269.231	112.22	新設	2	3
19	2005	500,000	780 x 2	カタール	B E	4	E P C	320.513	112.22	新設	2	3
20	2005	1,150,000	840	オーストラリア	A B D	5	E P C	1369.05	145.32	新設	1	0

3.2 PCI、LF の説明力について

プラント建設費の見積もりや投資の有効性把握を目的として作られてきた *PCI* と *LF* であるが、実際この 2 つの指数の説明力がどれほどあるのかを確かめる。

PCI は時間に関するコスト指数、*LF* は場所に関するコスト指数であるため、それぞれ単独では受注単価と比較することはできない。そのためにまず、*PCI* と *LF* を受注単価と比較できる形に変換する必要がある。

PCI と *LF* を受注単価と比較できる形に変換し、その変数をプラントコストロケーションインデックス(以下、*PCLI*)と呼ぶことにする。

ある時点 t 、ある地域 A でプラントを建設する場合、基準年 t_0 、基準地域 A_0 に対するプラント建設費を示す。ある年 t 、ある地域 A における *PCLI* を $PCLI_{At}$ とし、算出方法を以下に示す。

$$PCLI_{At} = \frac{LF_A \times PCI_t}{100}$$

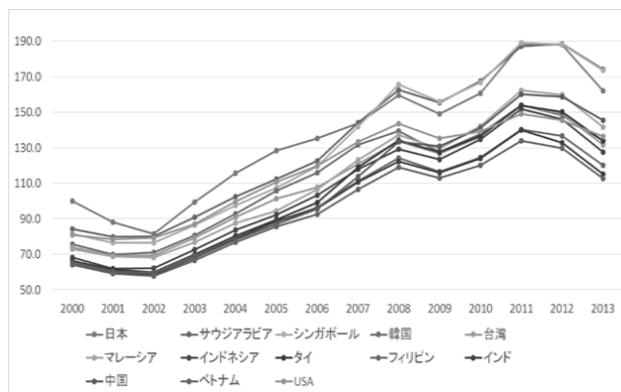


図 7 PCL I 推移(基準年を 2000 年、基準地域を日本に設定=100)

PCLF と LNG プラントの受注単価の相関分析を行った。また、LNG プラントの受注単価を目的変数、PCL I を説明変数として単回帰分析を行った。

表 2 受注単価と PCL I との相関分析結果

	(1)	(2)
① 受注単価	1	
② PCL I	0.678 **	1

***.相関係数は1%水準で有意(両辺)

** .相関係数は5%水準で有意(両辺)

*.相関係数は10%水準で有意(両辺)

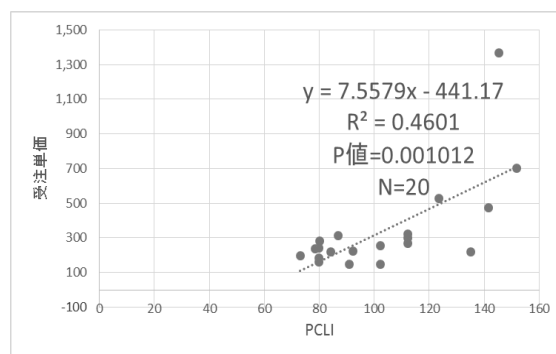


図 8 受注単価と PCL I との単回帰分析結

分析結果から、PCL I の値が高いほど受注単価が高くなるという傾向が見られた。

PCL I について、受注単価との相関分析では、正の相関関係が認められた。また、相関係数は 0.68 で高い相関関係があるといえる。また、相関係数は 5%水準で有意であった。単回帰分析では、P 値の値から、受注単価と PCL I の単回帰モデルは 1%水準で有意という結果が得られた。しかし、 R^2 の値が 0.46 と低い値であった。よって、PCL I・LF の説明力は高いとは言えない。

なお、LF には、アジア 10 ヶ国(韓国、台湾、シンガポール、マレーシア、インドネシア、タイ、インド沿海部、中国沿海部、フィリピン、ベトナム)、中東 1 ヶ国(サウジアラビア)、米国の計 12 ヶ国についてのみ作成されている。そのため、その 12 ヶ国以外の国については以下の国と仮定した。

表 3 LF の設定

設定前	設定後
イエメン	サウジアラビア
エジプト	サウジアラビア
オーストラリア	米国
オマーン	サウジアラビア
カタール	サウジアラビア
ナイジェリア	サウジアラビア
ロシア	米国
パプアニューギニア	インドネシア

ちなみに、PCL I (PCL I) には最新のプラントの技術動向や設備動向、建設動向等が反映されている。プラントの最新技術等は、プラントが生成するエネルギー源の価格にも影響してくると思われる。PCL I (サウジアラビア) とドバイの原油価格、日本の天然ガス価格、石炭価格について、相関分析を行ったところ、PCL I と原油、天然ガス、石炭との間に 1%水準で有意な相関関係が認められた。

表 4 PCLIとエネルギー価格との相関分析結果

	(1)	(2)	(3)	(4)
(1) PCLI サウジアラビア)	1			
(2) 原油 (ドバイ)	0.949 ***	1		
(3) 天然ガス 日本)	0.908 ***	0.788 ***	1	
(4) 石炭	0.972 ***	0.890 ***	0.919 ***	1

***相関係数は1%水準で有意 (両辺)

**相関係数は5%水準で有意 (両辺)

*相関係数は10%水準で有意 (両辺)

3.3 説明変数の追加

3.2 では、LNG プラントの受注額の決定要因は PCI、LF のみでは不十分であるということが分かった。よって、より詳細な分析を行うため、新たにいくつかの説明変数を追加する。

3.3.1 工事内容

工事内容は、新設工事と増設工事の 2 種類がある。工事内容をダミー変数として採用した。新設工事を 1、増設工事を 0 とした。

3.3.2 系列数

プラントの系列数は、プラント毎に異なる。プラントの系列数が LNG プラントの受注単価にどのような影響を及ぼしているのか確かめるため、プラントの系列数をそのまま説明変数として加える。

3.3.3 受注企業数

プラント・エンジニアリング会社は、プラント建設を行う場合、ジョイントベンチャー (以下、JV) を組むことが多い。JV とは、合弁会社のことで、一企業では請け負うことのできない大規模な工事や事業を、複数の企業が協力して請け負うことである。受注企業の数 が LNG プラントの受注単価にどのような影響を及ぼしているのかを確かめるため、受注企業数をそのまま説明変数として加える。

3.3.4 クライアント数

プラント建設プロジェクトのクライアントは、複数である場合が多い。規模の大きいプロジェクトや、リスクの大きい国でのプロジェクトの場合、リスクを分散するためにクライアント数は多くなる傾向にある[8]。クライアント数が LNG プラントの受注単価にどのような影響を及ぼしているのか確かめるため、クライアント数をそのまま説明変数として加える。

3.3.5 カントリーリスク

プラント建設プロジェクトは、建設国のリスクにも左右される。国や地域のリスクは、経済協力開発機構 (OECD) が設定しているものを採用した。リスクの度合いは 0～7 の 8 段階で評価されている[9]。

3.3.5 プロジェクト係数(平均企業係数)

各企業の受注単価の平均値も考慮に入れる。相対的な評価ができるよう、各企業の受注単価の平均値を全プロジェクトの受注単価の平均値で割った。これを次式で表し、企業係数と呼ぶことにする。

$$\text{企業}x\text{の企業係数} = \frac{\text{企業}x\text{の受注単価の平均}}{\text{全プロジェクトの受注単価の平均}}$$

企業係数は、一生産量あたりの受注額がどれだけ高いか、つまり同じ規模のプラントをどれだけ高い値段で受注しているかを示している(表 4 参照)。企業係数が 1 以上の場合、その企業は平均的に高い単価でプロジェクトを受注しているといえる。そのことから、この企業係数は企業の収益性と関係しているのではないかと考えた。そこで、各企業の企業指数と、各企業の ROA との相関分析を行った。ただし、ROA は連結決算のもので、2002 年から 2013 年の値の平均値を採用した。採用する企業は、国内企業とした[11]~[19]。その結果、企業係数と各企業の ROA との間に 1%水準で有意な相関があるという結果が得られた(表 5 参照)。よって、企業係数はその企業の収益性を表しているともいえる。

表 5 企業係数

企業名	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社	H社
企業係数	1.23	1.09	0.92	1.18	0.84	0.54	0.44	0.78

表 6 企業係数と ROA との相関分析結果

	(1)	(2)
(1) ROA	1	
(2) 企業係数	0.999978 ***	1

***.相関係数は1%水準で有意 (両辺)

**相関係数は5%水準で有意 (両辺)

*相関係数は10%水準で有意 (両辺)

プロジェクトを受注した企業の企業係数が高いのか低いのかを判断するため、各プロジェクトにおける、受注企業の企業係数の平均値をプロジェクト係数と名付け、説明変数に加える。

$$\text{プロジェクト}i\text{のプロジェクト係数} = \text{プロジェクト}i\text{を受注した企業の企業係数の平均値}$$

3.4 分析モデル

本研究の目的は、LNG プラントの受注戦略の分析である。LNG プラントの受注額の決定要因を明らかにするため、以下のモデルで重回帰分析を行う。

受注単価を目的変数、工事内容、系列数、受注企業数、クライアント数、カントリーリスク、PCLI、プロジェクト係数を説明変数とする。

$$\text{受注単価}_i = \alpha_0 + \alpha_1 PCLI_i + \alpha_2 \text{系列数}_i + \alpha_3 \text{プロジェクト係数}_i + \alpha_4 \text{受注企業数}_i + \alpha_5 \text{カントリーリスク}_i + \alpha_6 \text{クライアント数}_i + \alpha_7 \text{工事内容}_i$$

4 分析結果

4.1 分析結果

表 7 受注単価との相関分析結果

	受注単価	PCLI	系列数	プロジェクト係数	受注企業数	クライアント数	工事内容	カントリーリスク
受注単価	1	0.678 **	-0.227	0.365	0.179	0.142	0.443 *	-0.273

***相関係数は1%水準で有意（両辺）

**相関係数は5%水準で有意（両辺）

*相関係数は10%水準で有意（両辺）

表 8 重回帰分析結果：係数(t 値)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
定数 ()	-912.44 (-1.68)	-931.08 ** (-2.43)	-986.29 *** (-2.69)	-1026.30 *** (-3.00)	-607.80 ** (-2.04)
PCLI ()	6.37826 ** (2.66)	6.45 *** (3.37)	6.29 *** (3.51)	6.55 *** (3.84)	6.66 *** (3.58)
系列数 ()	-175.08 * (-2.07)	-175.20 ** (-2.16)	-168.49 ** (-2.26)	-174.09 ** (-2.40)	-166.76 * (-2.10)
プロジェクト係数 ()	590.257 (1.61)	595.38 (1.76)	652.66 ** (2.31)	652.25 ** (2.35)	495.60 (1.70)
受注企業数 ()	126.992 (1.26)	129.53 (1.55)	143.46 * (2.20)	141.56 * (2.03)	
カントリーリスク ()	-13.248 (0.48)	-12.70 (-0.52)	-14.51 (-0.64)		
クライアント数 ()	9.32065 (0.24)	10.02 (0.29)			
工事内容 ()	7.42806 (0.05)				
調整済みR2乗	0.52	0.55	0.58	0.60	0.60

* p<0.1

**p<0.05

***p<0.01

表 9 モデル(4)に関する重回帰分析結果

モデル	係数 ^a				有意確率	共線性の統計量	
	標準化されていない係数 B	標準誤差	標準化係数 ベータ	t		許容度	VIF
1 (定数)	-1026.304	341.817		-3.002	.009		
PCLI	6.547	1.707	.588	3.836	.002	.898	1.113
系列数	-174.094	72.607	-.374	-2.398	.030	.867	1.153
プロジェクト係数	652.247	277.391	.401	2.351	.033	.727	1.376
受注企業数	141.560	69.874	.307	2.026	.061	.916	1.092

a. 従属変数 受注単価

表 7 は、受注単価と各説明変数との相関分析結果である。受注単価と PCLI との間には、5%水準で有意な正の相関関係が認められた。また、工事内容との間には 10%水準で有意な正の相関関係が認められた。このことから、PCLI の値が高く、工事内容が増設工事の場合受注単価は高くなる傾向があるということが分かった。

表 8 は、重回帰分析結果を示している。説明力の弱い変数を徐々に減らしながら重回帰分析を行った。その結果、もっとも説明力の高いモデルは調整済み R² の値から、(4)のモデル(説明変数を PCLI、系列数、プロジェクト係数、受注企業数、の 4 つにしたモデル)であることが分かった。

表 9 は、表 8 の(4)のモデルの詳細な重回帰分析結果である。いずれの説明変数も VIF 値が 2 未満であることから、重大な多重共線性は発生していないと判断した。

重回帰分析の結果を各変数について整理すると、次のようになる。

PCLI について

重回帰分析結果によるとPCLIの係数の値は正であった。このことから、値が高いプロジェクトでは受注単価が高くなる傾向があるといえる。

系列数について

重回帰分析結果によると系列数の係数は負であった。このことから、建設するプラントの系列数が多ければ多い程、受注単価は低くなる傾向があるといえる。

プロジェクト係数について

重回帰分析によるプロジェクト係数の値は正であった。プロジェクト係数は、各プロジェクトの受注企業の企業係数の平均値である。このことから、企業係数の高い企業がプロジェクトを受注した場合、受注単価が高くなることを示している。企業係数を企業の収益性として判断すると、収益性の高い企業が受注したプラントは受注単価が高くなる傾向があることを示しているといえる。

受注企業数について

重回帰分析結果によると受注企業数の係数は正であったことから、プロジェクトを受注する企業が多ければ多い程、受注単価は高くなる傾向があるといえる。

4.2 受注額の決定の要因について

結果から LNG プラント受注額の決定要因には、コスト的な要因と企業的な要因の 2 つがあることが分かる。コスト的な要因には、PCLI、系列数である。企業的な要因には、プロジェクト係数、受注企業数である。LNG プラントの受注戦略を考えるにあたり、企業的な要因についてより詳細な分析をする必要があると考えた。なぜなら、コスト的な要因と違い、企業的な要因は各企業が戦略的に考えることのできる要因だからだ。企業的な要因について、より詳細な分析をすることで、各企業のポジションに応じた最適な戦略を考察することができると考えた。そこで、分析モデルについて企業的な要因を見直し、改良モデルを作成することにした。LNG プラント受注額の決定要因のうち、企業的な要因について、より詳細な分析を進める。その為、新しい変数を追加することにより分析モデルを改良した。

5 モデルの改良

5.1 JV 戦略係数

プロジェクトを受注する企業間の企業係数に差がある場合、受注単価にどのような影響を及ぼすのかを確かめるため、各プロジェクトにおける、受注企業の企業係数の最大値と最小値の差を JV 戦略係数と名付け、プロジェクト係数と置き換える。JV 戦略係数に置き換えたことで、プロジェクトを受注する企業間の企業係数に差がある場合、LNG プラントの受注単価にどのような影響が出るのかを見ることができる。受注企業の企業係数をその企業の収益性とするならば、LNG プラントを受注した企業の間に収益性の差が大きい場合、受注単価にどのような影響が出るのかを見ることができるとも解釈できる。

5.2 改良モデルによる分析結果

表 10 受注単価との分析(改良モデル)

	受注単価	PCLI	系列数	JV戦略係数	受注企業数	クライアント数	工事内容	カントリーリスク
受注単価	1	0.678 **	-0.227	-0.412 *	0.179	0.142	0.443 *	-0.273

***相関係数は1%水準で有意(両辺)

**相関係数は5%水準で有意(両辺)

*相関係数は10%水準で有意(両辺)

表 11 改良モデルでの重回帰分析結果:係数(t 値)

	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
定数 α_0	-111.14 (-0.31)	-115.69 (-0.38)	-98.14 (-0.39)	-101.15 (-0.44)	117.90 (0.43)
PCLI α_1	5.67015 ** (2.74)	5.6918 *** (3.09)	5.60 *** (3.54)	5.61 *** (3.79)	6.15 *** (3.36)
系列数 α_2	-224.92 ** (-2.98)	-225.4 *** (-3.20)	-225.69 *** (-3.32)	-226.17 *** (-3.51)	-195.47 ** (-2.47)
JV 戦略係数 α_3	-705.75 ** (2.84)	-707.07 *** (-3.02)	-702.35 *** (-3.16)	-698.31 *** (-3.76)	-453.68 ** (-2.17)
受注企業数 α_4	199.574 * (2.18)	200.05 ** (2.31)	195.56 ** (2.62)	194.20 *** (3.13)	
カントリーリスク α_5	-0.1796 (0.01)	0.069 (0.00)	-1.00 (-0.04)		
クライアント数 α_6	-10.823 (-0.09)	-12.333 (-0.12)			
工事内容 α_7	-0.672 (-0.03)				
調整済み R ² 乗	0.65	0.67	0.70	0.72	0.56

* p<0.1

**p<0.05

***p<0.01

表 12 モデル(9)に関する重回帰分析結果

		係数 ^a				共線性の統計量	
モデル		標準化されていない係数		t	有意確率		
		B	標準誤差			許容度	VIF
1	(定数)	-100.950	230.738	-0.438	.668		
	PCLI	5.606	1.485	3.776	.002	.840	1.190
	系列数	-225.894	64.519	-4.85	.003	.777	1.287
	JV戦略係数	-700.432	187.136	-3.743	.002	.570	1.755
	受注企業数	193.765	62.228	3.114	.007	.817	1.223

a. 従属変数 受注単価

表 10 は、改良モデルにおける受注単価と各説明変数との相関分析結果である。プロジェクト変数に代わって新たに説明変数に加えた。受注単価と JV 戦略係数の間には、10%有意で負の相関関係が認められた。このことから、JV 戦略係数が高ければ高い程、受注単価は低くなる傾向があるといえる。

表 11 は、重回帰分析結果を示している。説明力の弱い変数を徐々に減らしながら重回帰分析を行った。その結果、もっとも説明力の高いモデルは調整済み R² の値から、(9)のモデル(説明変数を PCLI、系列数、JV 戦略係数、受注企業数の 4 つにしたモデル)であることが分かった。改良前のモデルに比べ、調整済み R² 値が高く、各変数の説明力も上がっていることから、改良モデルの方が説明力の高いモデルだと言える。

表 12 は、表 11 の(9)のモデルの詳細な重回帰分析結果である。いずれの説明変数も VIF 値が 2 未満であることから、重大な多重共線性は発生していないと判断した。

重回帰分析の結果を各変数について整理すると、以下のようになる。

PCLIについて

重回帰分析結果によるとPCLIの係数の値は正であった。このことから、値が高いプロジェクトでは受注単価が高くなる傾向があるといえる。

系列数について

重回帰分析結果によると系列数の係数は負であった。このことから、建設するプラントの系列数が多ければ多い程、受注単価は低くなる傾向があといえる。

JV 戦略係数について

JV 戦略係数は各プロジェクトにおける受注企業の企業係数の最大値と最小値の差である。重回帰分析によるプロジェクト係数の値は負であった。このことから、LNG プラントを受注する企業の間で、企業係数の最大値と最小値の差が大きい、つまり受注企業の受注単価の平均値の差が大きい場合は受注単価が低くなる傾向があることを示している。また、JV 戦略係数の最小値は0、つまり、1社の企業が単独でプロジェクトを受注した場合である。そのため、単独受注した場合にも受注単価は高くなる傾向があることを示している。

受注企業数について

重回帰分析結果によると受注企業数の係数は正であったことから、プロジェクトを受注する企業が多ければ多い程、受注単価は高くなる傾向があるといえる。

5.3 コスト要因と企業要因について

LNG プラント受注額の決定要因のうち、コスト的な要因については PCLI が高いプロジェクトの場合は受注単価が高くなる傾向にあり、建設するプラントの系列数が多ければ多い程、受注単価は低くなるといえる。そして、企業的な要因については、受注企業数が多ければ多い程、受注単価は高くなるという結果が得られた。ただし、単純に受注企業数が多ければ受注単価が高くなるという訳ではない。プロジェクトにおける受注企業の受注単価の平均値の差が大きい場合、受注単価は低くなる傾向にあるからだ。これは、LNG プラントを受注する場合、受注単価の平均値が自社と同等の値の企業と JV を組むと受注単価が高くなる傾向になることを示している。

6. まとめ

本研究では、LNG プラントに注目し、その受注戦略を考察するため、受注額の決定要因を明らかにしてきた。改良前、改良後のモデルによる重回帰分析の結果から、LNG プラントの受注単価の決定要因には、コスト的な要因と企業的な要因の 2 つに分類した。コスト的な要因には、PCLI、系列数がある。企業的な要因には、受注企業数、企業係数(プロジェクト係数、JV 戦略係数)がある。

コスト的な要因、特に PCLI について、エネルギー価格の関係性を踏まえて考察する。表4より、エネルギー価格との間に 1%水準で正の相関関係が認められた。このことから、エネルギー価格が上昇すると、

LNG プラントの受注単価も高くなるという傾向があると考えられる。この原因として、LNG プラントの契約方式が影響していると考えられる。LNG プラントは、他のエネルギープラントとは違い、生産する LNG の仕向地、つまり LNG の供給先と価格契約を結んでから建設に取り掛かることがあるため、エネルギー価格と受注単価との連動性が高いと考えられる。

企業的な要因から、受注戦略について考察する。今回の分析結果では、企業係数の高い企業が単独で受注した場合、受注単価が高くなるという結果が出た。

逆に、企業係数の低い企業、つまり収益性の低い企業については、同レベルの収益性を持つ企業と JV を組むことで、高い受注単価を得ていると解釈できる。つまり、今回の研究では、企業係数の高い企業と低い企業の 2 つのタイプの企業について、受注戦略の行動特性が見受けられる結果となった。

本研究では、主に日経新聞の記事を基に LNG プラントの受注データを収集し、各変数との関係性を分析してきた。しかし、海外企業の受注案件については不明な部分が多く、十分な分析ができたとはいえない。今後の課題としては、プラントを受注する際の JV のあり方などを研究することなどが考えられる。また、各変数の説明力の理由を明確にできれば LNG プラントだけでなく、他の石油精製プラント等の化学プラントの受注分析にも応用することができると考えられる。

7. 謝辞

本稿を執筆するにあたり、ご指導を賜りました主指導教員の安岡孝司教授、副指導教員の関誠夫教授、同大学の馬場良雄教授、稲村雄大准教授、千代田化工建設株式会社の佐藤大介様、芝浦工業大学工学マネジメント研究科の諸先生方、そして在校生の皆様に深く感謝を申し上げます。

8. 参考文献

- [1] (財)日本エネルギー経済研究所, 2014, 『アジア・世界エネルギーアウトルック 2014』
- [2] 経済産業省, 2010, 『インフラ・システム輸出の現状』
- [3] 日本機械輸出組合, 2010, 『2010 年度海外プラント・エンジニアリング (PE) 成約実績調査』
- [4] 日本機械輸出組合, 2013, 『2013 年度海外プラント・エンジニアリング (PE) 成約実績調査』
- [5] プラント・エンジニアリング産業懇談会, 2002, 『プラント・エンジニアリング産業の定義』, 経済産業省 HP
- [6] 白川宏昭, 2011, 『平成 23 年度プロジェクトレポートプラント・エンジニアリング企業の知的財産活動の分析』, 東京工業大学
- [7] 日本機械輸出組合, 2013, 『2013 年 PCI/LF 報告書』
- [8] Jerome Sabathier, Simon Roussanaly, Axel Pierru, , 2013 年, 『Capital structure in LNG infrastructures and gas pipeline projects : Empirical evidences and methodological issues』, ENERGY POLICY, 61 巻, 285-291
- [9] OECD, 2014 年 8 月 21 日, 『Country Risk Classification』(アクセス日 2014 年 11 月 30 日), <http://www.oecd.org/trade/xcred/crc.htm>
- [10] NIKKEI VALUESEARCH, (アクセス日 2014 年 7 月 24 日～2015 年 9 月 26 日), <https://valuesearch.nikkei.co.jp/home?serverid=002>
- [11] 日揮株式会社, 2006 年 6 月 29 日, 『有価証券報告書第 110 期』, (アクセス日 2014 年 1 月 22 日),

http://www.jgc.com/jp/05_ir/pdf/yukashoken/110_2005/110_h170401_h180331.pdf

[12]日揮株式会社, 2010 年 6 月 29 日, 『有価証券報告書第 114 期』, (アクセス日 2014 年 1 月 22 日),

http://www.jgc.com/jp/05_ir/pdf/yukashoken/114_2009/114_h210401_h220331.pdf

[13]日揮株式会社, 2014 年 6 月 27 日, 『有価証券報告書第 118 期』, (アクセス日 2014 年 1 月 22 日),

http://www.jgc.com/jp/05_ir/pdf/yukashoken/118_2013/118_h250401_h260331.pdf

[14]千代田化工建設株式会社, 2006 年 6 月 29 日, 『有価証券報告書第 78 期』, (アクセス日 2014 年 1

月 22 日), <https://www.chiyoda-corp.com/ir/library/file/financial-report/fr78-200603.pdf>

[15] 千代田化工建設株式会社, 2009 年 6 月 24 日, 『有価証券報告書第 81 期』, (アクセス日 2014 年

1 月 22 日), https://www.chiyoda-corp.com/ir/library/file/financial-report/fr81_200903.pdf

[16] 千代田化工建設株式会社, 2014 年 6 月 25 日, 『有価証券報告書第 86 期』, (アクセス日 2014 年

1 月 22 日), https://www.chiyoda-corp.com/ir/library/financial-report/fr86_201403.pdf

[17]東洋エンジニアリング株式会社, 2007 年 6 月 26 日, 『有価証券報告書第 52 期』, (アクセス日 2014

年 1 月 22 日), <http://www.toyo-eng.com/jp/ja/ir/library/securities/pdf/scty52.pdf>

[18] 東洋エンジニアリング株式会社, 2012 年 6 月 27 日, 『有価証券報告書第 57 期』, (アクセス日 2014

年 1 月 22 日), http://www.toyo-eng.com/jp/ja/ir/library/securities/pdf/scty57_4q.pdf

[19] 東洋エンジニアリング株式会社, 2014 年 6 月 25 日, 『有価証券報告書第 59 期』, (アクセス日 2014

年 1 月 22 日), http://www.toyo-eng.com/jp/ja/ir/library/securities/pdf/scty59_4q.pdf