

東京大学 公共政策大学院

ワーキング・ペーパーシリーズ

GraSPP Working Paper Series

The University of Tokyo

GraSPP-DP-J-15-002

日本企業と中国企業が海外で供給した石炭火力発電プラントの効率比較

— 比較手法と分析結果の提示 —

柳 美樹 上野貴弘

2015 年 5 月

**GraSPP**  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

GraSPP Discussion Paper J-15-002

GRADUATE SCHOOL OF PUBLIC POLICY

THE UNIVERSITY OF TOKYO

HONGO, BUNKYO-KU, JAPAN

**GraSPP**  
THE UNIVERSITY OF TOKYO

GraSPP-DP-J-15-002

# 日本企業と中国企業が海外で供給した石炭火力発電プラントの効率比較 － 比較手法と分析結果の提示 －

柳 美樹<sup>1)</sup> 上野貴弘<sup>2)</sup>

2015年 5月

1) 一般財団法人日本エネルギー経済研究所地球環境ユニット主任研究員  
〒104-0054 東京都中央区勝どき1-13-1 イヌイビル・カチドキ10F  
TEL: 03-5547-0231  
e-mail: yanagi@tky.ieej.or.jp

2) 東京大学公共政策大学院客員研究員  
〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1  
TEL: 03-5841-0217  
一般財団法人電力中央研究所主任研究員  
e-mail: t-ueno@criepi.denken.or.jp

注: 著者の所属、連絡先はいずれも執筆当時のものです。

# 日本企業と中国企業が海外で供給した石炭火力発電プラントの効率比較 ー比較手法と分析結果の提示ー

柳 美樹・上野 貴弘<sup>1</sup>

## 要旨

二酸化炭素の排出原単位が大きい石炭火力の発電効率は、温暖化対策における論点の1つである。これまで多くの研究で、国内の石炭火力発電所の熱効率に関する国際比較が行われてきたが、近年、海外の石炭火力発電所への公的ファイナンス（輸出信用等）の是非が政策上の論点となっており、各国企業が海外で供給する発電プラントの効率比較が必要となっている。しかし、その方法は未だ確立されていない。そこで、本稿では、Platts UDI WEPP データベースを用いた比較手法の提示を目的とする。また、2015年3月版のデータベースを用いて、日本企業と中国企業を比較した分析結果も示す。

Platts UDI WEPP データベースは世界中の様々なタイプの発電所について、2015年3月時点で約20万ユニット分のデータを所収している（大きな発電所には複数の発電ユニットが並置されていることが多く、データベースにはユニット別に情報が示されている）。海外で供給する石炭火力発電プラントの効率を比較するには、この中から燃料として石炭を用いるユニットを抜き出した上で、①商業運転開始年、②対象地域、③ユニットのステータス、④対象企業を、分析の目的に応じて絞り込む必要がある。その上で、効率を左右する蒸気条件（亜臨界圧、超臨界圧、超超臨界圧）に注目する。また、商業運転を開始していないユニットを分析に含める場合には、運転開始年の不確実性が大きいことから、単年の比較やその経年変化ではなく、累積値で比較を行う必要がある。

この方法に沿って、Platts UDI WEPP データベース 2015年3月版を用いて、日本企業と中国企業が海外でボイラーを供給する石炭火力発電プラントの蒸気条件を比較したところ、近い将来（2015年～2017年の累積値）の見通しにおいて、日本企業が海外で供給するプラントは、中国企業が海外で供給するものよりも高効率であることが明らかになった。

本稿で示した分析には、①蒸気の温度や圧力という定量的な指標で比較できていない、②企業の多国籍化に対応しきれていない可能性がある、③専らメーカーという供給側に着目しており、技術ニーズや規制のあり方などの需要側の要因を捉えられないといった限界があり、これらへの対応が今後に残された課題である。

---

<sup>1</sup> 本稿に示された内容や見解は著者のものであり、いかなる機関の見解を示すものではない。

## 目次

1. はじめに .....	3
2. 各国企業が海外で供給した石炭火力発電プラントの効率の国際比較方法 .....	3
(1) 対象ユニットの抽出方法 .....	3
(2) 効率の国際比較方法 .....	6
3. Platts UDI WEPP データベース 2015 年 3 月版による分析 .....	8
(1) 対象ユニットの抽出方法と日中企業の比較方法 .....	8
(2) 日本企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件 .....	12
(3) 中国企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件 .....	16
(4) 日本企業と中国企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件の比較結果 .....	20
4. まとめと今後の課題 .....	21
参考文献 .....	22
付録：「計画中」の案件を含まないケースの比較分析について .....	23

## 1. はじめに

二酸化炭素の排出原単位が大きい石炭火力の発電効率は、温暖化対策における論点の1つである。これまで国内の石炭火力発電所の熱効率に関する国際比較について多くの研究がなされてきたが（たとえば Hussy et al. 2014）、近年、海外の石炭火力発電所への公的ファイナンス（輸出信用等）の是非が政策上の論点となっており（柳 2015）、各国企業が海外で供給する発電プラントの効率比較が必要となっている。しかし、その比較方法は未だ確立されていない。

そこで、本稿では、Platts UDI WEPP（World Electric Power Plants）データベースを用いた効率比較手法を提示し、2015年3月版のデータを用いて、日本企業と中国企業に関する比較結果を示すことを目的とする。

本稿の著者らが執筆した Ueno, Yanagi and Nakano (2014)では、Platts UDI WEPP データベースの2012年版を用いて、日本企業および中国企業がボイラーを供給した海外の石炭火力発電プラントの蒸気条件（＝発電効率を左右する最大の要因）を比較したが、同ペーパーは海外石炭火力に対する中国の公的ファイナンス額の定量化を目的としていたため、効率の国際比較の方法を詳しく示さなかった。そこで、以下の2章では、Ueno, Yanagi and Nakano (2014)で示した日中比較を例として用いながら、国際比較の方法を提示する。そのうえで、3章ではより最近の2015年3月版のデータベースに基づく比較結果を示し、最後に4章において、本稿で示した分析の限界を整理する。

## 2. 各国企業が海外で供給した石炭火力発電プラントの効率の国際比較方法

Platts UDI WEPP データベースには、石炭火力だけではなく、世界中の様々なタイプの発電所に関する各種情報が網羅的に収められており、データベースで扱われているユニット数は約20万件に及ぶ（2015年3月時点）。大きな発電所には複数の発電ユニットが並置されていることが多く、データベースにはユニット別に情報が示されている。

各国企業が設備を海外で供給した石炭火力発電所の効率を比較する際には、まず、データベースに所収されている約20万件のユニットの中から、対象となるユニットを特定する必要がある。その上で、抽出されたユニットの効率に関する情報を抽出し、国際比較を行う。以下では、Ueno, Yanagi and Nakano (2014)が示した比較分析を例として用いながら、「(1) 対象ユニットの特定方法」と「(2) 効率の国際比較方法」を提示する。

### (1) 対象ユニットの抽出方法

データベースに含まれる全ユニットから、燃料として石炭を使用しているユニットを抜き出した上で、以下の方法で対象ユニットを抽出する。

### ① 対象とする商業運転開始年

Platts UDI WEPP データベースには、各ユニットの商業運転開始年が記載されており、既に商業運転を開始したものについては実際に運転を開始した年、それ以外のものについては運転開始が見込まれる年が入力されている。

Ueno, Yanagi and Nakano (2014)では、2012年版のデータベースにおいて、商業運転開始年が実績値であれ、見込値であれ、2007年以降となっているものを対象とした。2007年以降としたのは、同ペーパーが中国の公的金融機関による海外石炭火力へのファイナンス額を定量化することを目的として、2007年から2013年の間に融資合意が締結されたものを分析対象としたためである。

その結果、「2007年から2012年の間に実際に商業運転を開始したユニット」と「データベースのリリース時点で2012年から2016年までの間に運転開始見込みであるユニット」が抽出された（なお、後述の③で示すように、ユニットのステータスにしたがって更なる絞り込みを行っている）。

当然のことながら、運転開始年の絞り込みは、分析の目的に応じて異なる。たとえば、今後供給されるユニットの効率を比較する場合であれば、運転開始年が将来となっているユニットだけを用いる。歴史的な変遷を分析する場合であれば、さらに過去に遡ってユニットを抽出する。なお、後述の(2)に示すように、将来の運転開始年については不確実性が大きい点に注意が必要である。

### ② 対象地域

各国企業が海外で設備を供給するプラントの効率を比較することが目的であるため、分析対象とする企業が本国で供給したユニットを除外する必要がある。Platts UDI WEPP データベースには、各ユニットの所在国が記載されており、この情報をもとに本国以外で供給されたユニットに絞り込む。

Ueno, Yanagi and Nakano (2014)では、日本企業と中国企業の双方について、それぞれの本国以外のアジア地域に供給したユニットを対象とした。Platts UDI WEPP データベースにはユニット毎に所在国に加えて、所在地域の情報も含まれており、アジア地域に絞り込んだ上で、本国で供給されたユニットを除外した。アジア地域としたのは、現時点において、石炭火力導入の中心的な地域であるためである。

### ③ ユニットのステータス

データベースには、「稼働中」、「建設中」、「計画中」など、各ユニットのステータスを示す項目がある。

Ueno, Yanagi and Nakano(2014)では、「稼働中」および「建設中」のものだけを対象とし、「計画中」のものは対象外とした。同ペーパーは主要国（中国、日本、韓国、ドイツ、フランス、米国）が海外の新設石炭火力発電所に提供した公的ファイナンスの金額を比較

したが、その際、「融資合意」が締結された案件だけを比較対象とし、その一歩手前の覚書（Memorandum of Understanding, MoU）段階のものを含めなかった。MoU 段階のものは本当に実行されるかどうか不確実性が高いためである。実際に、インドでは MoU という形式で中国の公的金融機関が多額のファイナンス（72.4 億ドル）を提供することになっていたが、最近になって、MoU のもとで支援対象になるとみられたインド Reliance Power 社の Tilaiya 発電所（3,960MW）の建設が予定通りに進んでおらず、竣工の見通しが立たないことが明らかになった<sup>2</sup>。「計画中」の案件では、融資合意が結ばれていないことが多く（Tilaiya 発電所も Platts UDI WEPP データベースでは「計画中」と分類されている）、金額の国際比較において MoU 段階のものを含めなかったことから、効率の比較においても「計画中」のものを除外した。

分析の目的によっては、「計画中」のものを含めたほうが良い場合もある。たとえば、今後の見通しを分析する際には、商業運転開始年を将来に絞った上で、「建設中」のユニットだけではなく、「計画中」のユニットも含めてもよいかもしれない。ただ、その場合、計画通りには進まない可能性に留意すべきである。

#### ④ 対象企業

上記①～③に沿って抽出されたユニットに対して、ボイラー、または蒸気タービンを供給した企業をリスト化し、その企業名称から分析対象とする企業を絞り込む。

Ueno, Yanagi and Nakano(2014)ではボイラーを供給した企業をリスト化し、企業名称から日本企業および中国企業を絞り込んだ。ただし、日本企業については、国際協力銀行（JBIC）が日印合弁企業に融資をしていることから<sup>3</sup>、日印合弁企業も分析対象に含めた。また、中国メーカーについては、上海、東方、哈爾濱（ハルビン）という三大重電メーカーのほか、多数の中小企業も分析対象とした。（抽出された企業は3章に示す）。

なお、企業を抽出する際に、その企業の「国籍」をどのように判断するかは一筋縄にはいかない問題である。上記の日印合弁企業がその例であるように、企業が多国籍化しているためである。この問題については、3章で詳述する。

また、ボイラーではなく、蒸気タービンを供給した企業を絞りこむ方法もある。ボイラ

---

<sup>2</sup> 同社の2015年4月29日プレスリリースによると、土地収用や石炭の購入契約が順調に進まなかったことから、Tilaiya 発電所の電力購入契約が破棄され、2023～2024年まで竣工は不可能であるとのことである

（<http://www.reliancepower.co.in/1100/Tilaiya-Mediarelease-VFINALFINAL-27Apr15-Clean.pdf> 最終アクセス日：2015年5月20日）。

州政府は Reliance Power に再考するよう要請している模様であるが、Reliance Power は案件の保証金返還を要求するなどしており、現時点ではどのように決着するのかを見通せない（Economic Times 2015）。

<sup>3</sup> 下記リンクのリリースを参照。

<https://www.jbic.go.jp/ja/information/press/press-2009/0728-6009> （最終アクセス日：2015年5月20日）

一と蒸気タービンで供給企業が異なるユニット、さらには供給企業の国籍も異なるユニットも多い。Ueno, Yanagi and Nakano (2014)においても、以下の3章で示す比較においても、分析の第一歩としてボイラー供給企業を対象としたが、蒸気タービンに注目した分析も同時に行うことが本来的には望ましい。

## (2) 効率の国際比較方法

以上の手順で国籍別に抽出されたユニットについて、以下の方法でその効率を国際比較する。

### ① 蒸気条件データの抽出

Platts UDI WEPP データベースには、各ユニットの蒸気条件に関する情報が記載されている。蒸気条件はユニットの発電効率を左右する最大の要因であり、これを効率の代理変数と見なす。Platts UDI WEPP データベースでは、蒸気条件として、(a)技術タイプ（亜臨界圧、超臨界圧、超超臨界圧の3区分。データベースでは“STYPE”の項目）、(b)蒸気温度（主蒸気、再熱蒸気）、(c)蒸気圧力といった項目が含まれているが、(b)蒸気温度と(c)蒸気圧力については欠損値が多いことから、比較の際には、(a)技術タイプのデータを用いる。

(1) で絞り込まれたユニットについて、発電容量と技術タイプの情報を抽出し、設備供給企業の国籍別に各技術タイプの発電容量を集計し、亜臨界圧と超臨界圧と超超臨界圧の比率を計算する。

### ② データの累積表示

Ueno, Yanagi and Nakano(2014)の Table 6 と Table 7 では、2007年～2016年に竣工または竣工予定のユニットの蒸気条件を、「経年変化」ではなく「累積値」で示した。その理由は、将来の運転開始年（2012年版のデータベースでは、2012年以降の運転開始年）に大きな不確実性があり、Platts 自身もこの点をデータベースの説明文書に明記しているためである。

Platts UDI WEPP データベースの“Data Base description and research methodology UDI WORLD ELECTRIC POWER PLANTS DATA BASE”<sup>4</sup>（以下、Methodology）には以下の記述がある。

ある年に運転開始と提案されたプロジェクトの総数は、実際に完工したプロジェクト数を常に下回る。これはユニットサイズや技術を問わず当てはまる。多くの発表済みのプロジェクトが完工されないことから、プロジェクトが発表されたタイミン

---

<sup>4</sup>Platts “Data base description and research methodology - UDI World Electric Power Plants Data Base”  
<http://www.platts.com/IM.Platts.Content/downloads/udi/wepp/descmeth.pdf>（最終アクセス日：2015年5月20日）

グでの運転開始の見込み年は、前倒しの場合もあるが、しばしば後ろ倒しになる。(中略) 毎年の年初から、前年に運転開始予定だがまだ「運転中」のステータスになっていない全てのユニットについて、そのステータスを精査しなければならない。(中略) 調査完了には往々にして約半年を要する。(中略) 提示された年に本当に運転開始するかどうかについて、特別な仮定を置くことはできない。

つまり、データベース上の将来の運転開始年はしばしば事後的に後ろ倒しされる。Platts UDI WEPP データベースは四半期に一度(3月、6月、9月、12月)に更新されるが、「後ろ倒し」を確認するために、本稿執筆時点の最新版である「2015年3月版」とその1つ前の「2014年12月版」を用いて、データを比較してみよう。

図1は、中国企業がボイラーを供給した海外の石炭火力発電所の発電容量を、運転開始年別にみたものである。破線で「2014年12月版」における導入量を表し、実線の赤・青塗りで「2015年3月版」の導入量を示している。なお、実線のうち、赤色は亜臨界圧(subcritical)、青色は超臨界圧(supercritical)となっている。

ここで2014年に注目する。「2014年12月版(破線)」では24,203MWとなっていたものが、「2015年3月版(赤・青塗り)」では13,270MWに留まっており、その差分は10,933MWである。一方、2015年を見てみると、「2014年12月版(破線)」では24,340MWであった導入量が、「2015年3月版(赤・青塗り)」では34,574MWに増えており、その差分は10,234MWである。つまり、データベースの更新によって、約10GW分が2014年から2015年に後ろ倒しされたことになる。

また、図1より明らかなように、最新のバージョンでは2015年の値が突出している。仮にこの多くが2016年以降に繰り越されるとすれば、2015年以降の亜臨界圧・超臨界圧の比率は、最終的な繰り越し分が分かるまでは見極められないことになる。

データベースの以上のような特徴を踏まえると、特に将来のデータについては、単年値ではなく、累積値で傾向を把握する必要がある。

Ueno, Yanagi and Nakano(2014)は、Platts UDI WEPP データベースの「2012年版」に基づき、これまでに述べた方法でデータを抽出し、日本メーカーと中国メーカーがそれぞれの本国以外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件を比較した結果、日本メーカーでは超臨界圧以上の比率が62%、中国メーカーでは35%であることを示した。また、これにより、日本企業が海外で供給するプラントは、中国企業が海外で供給するものよりも高効率であると論じた。次章では、より最新の「2015年3月版」に基づき、運転開始年、対象地域、案件のステータス、対象企業の絞り込み方を変えた分析結果を示し、データベースのバージョンやデータの絞り込み方によって、この結論が変わるかどうかを検討する。

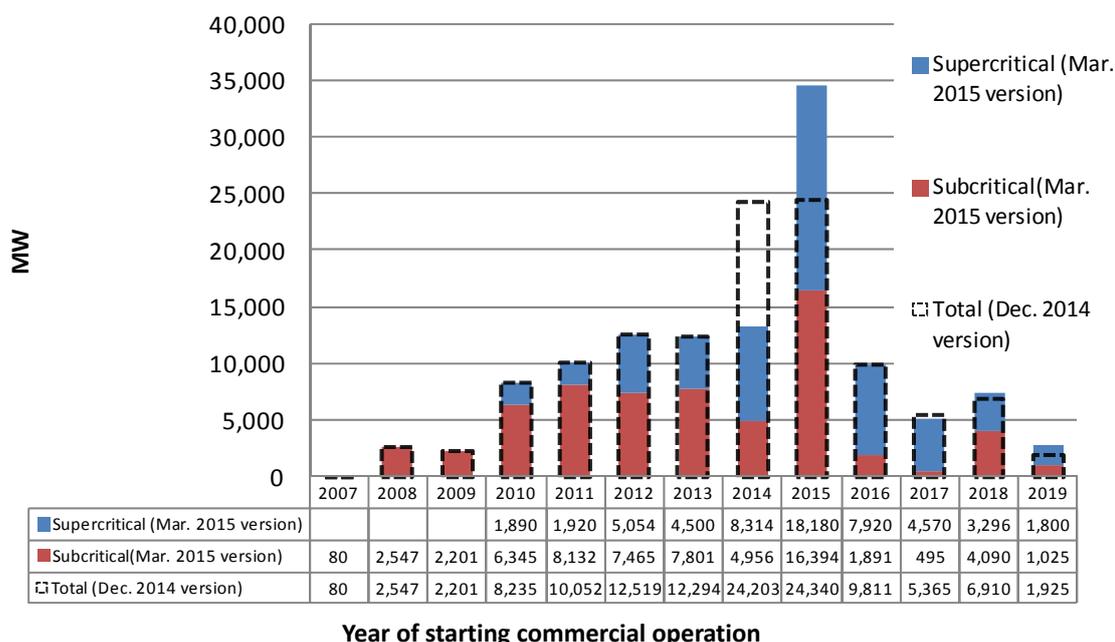


図1 Types of boiler technology supplied by Chinese manufacturers to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database(March 2015 (red and blue) and Decemnrber 2014 (dash line))

(中国企業が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ)

出典：UDI World Electric Power Plants Database（2015年3月および2014年12月）に基づき著者作成

### 3. Platts UDI WEPP データベース 2015年3月版による分析

2章ではPlatts UDI WEPPデータベースを用いた比較方法をUeno, Yanagi and Nakano (2014)で示した分析結果を例に提示したが、その際、分析対象とするユニットの絞り込みの基準は、分析の目的に応じて異なることを繰り返し指摘した。そこで、本章では、本稿執筆時点(2015年5月)での最新版であるPlatts UDI WEPPデータベース「2015年3月版」を用いて、Ueno, Yanagi and Nakano (2014)とは異なる抽出方法で比較分析を行う。具体的には、より最新のデータを用いることから、過去の傾向ではなく、将来の見通しに焦点を当てる。

#### (1) 対象ユニットの抽出方法と日中企業の比較方法

データベースに含まれる20万件弱のユニットから、燃料として石炭を使用しているユニットを抽出し、対象ユニットの更なる絞り込みを以下のように行った。

##### ① 商業運転開始年

商業運転開始年が実績値であれ、見込値であれ、2007年以降となっているものを対象として、ユニットを抽出した。その結果、日本企業については「2007年から2014年の間に実際に商業運転を開始した案件」と「データベースのリリース時点で2015年から2021年までの間に運転開始見込みである案件」が、中国企業については「2007年から2014年の間に実際に商業運転を開始した案件」と「データベースのリリース時点で2015年から2019年までの間に運転開始見込みである案件」が抽出された。

なお、データとしては、2007年以降のものを抽出したが、後述するように効率比較の際には、2015年～2017年に運転開始見込みのユニットのみを対象とする。将来の見通しの分析を目的としているためである。

## ② 対象地域

対象を拡大し、日本企業と中国企業の双方について、それぞれの本国以外の国（アジア地域以外も含む）に供給したユニットを対象とした。

## ③ ユニットのステータス

「稼働中」、「建設中」、「計画中」のものを対象とした。「計画中」のものを含めたのは、将来の見通しの分析を目的とするためである。ただし、本稿の付録に「計画中」のものを除外した分析結果を提示し、「計画中」を除外しても結論に影響がないことを示している。

## ④ 対象企業

上記①～③に沿って抽出された案件に対して、ボイラーを供給した企業をリスト化し、その企業名称から日本企業および中国企業を絞り込んだ。ただし、2章でも述べたように、企業は多国籍化しており、その国籍の特定は単純ではない。そこで、以下のように、複数のパターンを分析する。

### 日本企業の抽出

企業名称から、明らかに日本企業と判定された企業は以下である。これをパターン1とする。

（パターン1）Babcock-Hitachi, Ishikawajima-Harima Heavy Industries, Kawasaki Heavy Industries, Mitsubishi Heavy Industries, Mitsubishi Hitachi Power Systems, Mitsui Engineering & Shipbuilding, Sumitomo Heavy Industries, Takuma Company

日本企業の海外関連会社のうち、インドにおける合弁企業は国際協力銀行（JBIC）の支援を受けたことがあることから、日印合弁企業も日本企業に含めると以下になる。これをパターン2とする。

(パターン2) Babcock-Hitachi, Ishikawajima-Harima Heavy Industries, Kawasaki Heavy Industries, Mitsubishi Heavy Industries, Mitsubishi Hitachi Power Systems, Mitsui Engineering & Shipbuilding, Sumitomo Heavy Industries, Takuma Company ± BGR-Hitachi, L&T-MHI

さらに、その他の日本企業の海外関連会社も含めると、以下になる。これをパターン3とする。

(パターン3) Babcock-Hitachi, Ishikawajima-Harima Heavy Industries, Kawasaki Heavy Industries, Mitsubishi Heavy Industries, Mitsubishi Hitachi Power Systems, Mitsui Engineering & Shipbuilding, Sumitomo Heavy Industries, Takuma Company + BGR-Hitachi, L&T-MHI  
+ Babcock-Hitachi/Ansaldo Caldaire, Babcock-Hitachi Dongfang Boiler, Babcock-Hitachi Europe, Hitachi Power Europe, Mitsui Babcock Harbin Boiler, Mitsui Babcock Energy, Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe

日本企業については、この3つのパターンを分析する。

#### 中国企業の抽出

企業名称から中国企業と判定された企業は以下である。

(パターン1) Babcock & Wilcox Beijing, Sichuan Chuanguo Boiler, China National Machinery Import & Export Corp., China Western Power Industrial, Dongfang, Guangdong Machinery Import & Export Corp., Hangzhou Boiler Group, Harbin, Jiangxi Jianglian Energy & Env. Protection Co.Ltd, Qingdao Jieneng Power Station Engineering, Jinan Boiler Group, Shanghai, China National Machinery Industry Corp. (Sinomach), Shandong Machinery Export & Import Corp., Taiyuan Boiler Group, Wuhan Boiler, Wuxi Huaguang Boiler, Yantai Hyundai Moon Heavy Industry、その他名称が特定されない中国企業 (Platts UDI WEPP データベース上は unidentified Chinese supplier と表記)

また、中国メーカーのうち、Dongfang、Harbin、Shanghaiの3社は三大重電メーカーとして知られている。三大メーカーは他の中小メーカーよりも高効率な発電プラントを供給すると予想されることから、これらに絞り込む場合も分析する。これをパターン2とする。

(パターン 2) Dongfang, Harbin, Shanghai

さらに、フランス企業の Alstom は 2007 年に Wuhan Boiler を買収して、2009 年に Wuhan に新工場を建設した。同社はマレーシアの Manjung 発電所で導入される超超臨界圧発電所の建設を受注し、ボイラー耐圧部を武漢 (Wuhan) の新工場で製作している<sup>5</sup>。しかし、Platts UDI WEPP データベース上は、ボイラー供給企業は Wuhan Boiler ではなく、Alstom となっており、中国からの出荷を認識できない。このように、Platts UDI WEPP データベースだけでは企業の多国籍化を捉えきれないという限界があるため、インターネット上で入手できる Wuhan Boiler の Annual Report に基づき<sup>6</sup>、同社が海外で設備を供給する発電所を探索した。その結果、マレーシアの Manjung 発電所 4 号機 (1,080MW、超超臨界圧、2015 年運転開始予定)、インドネシアの Tanjung Bin 発電所 4 号機 (1,000MW、超臨界圧、2016 年運転開始予定)、スロベニアの Sostanj 発電所 6 号機 (600MW、超超臨界圧、2015 年運転開始予定) にボイラーを供給することが分かった。そこで、全ての中国企業を含むパターン 1 に、これら 3 つの案件を追加したものをパターン 3 とする。なお、2011 年度以降の Annual Report はウェブ上で入手可能であったが、これ以前の Annual Report は入手できなかった。そのため、ここで取り上げた 3 件以外に、Wuhan 工場からボイラーが出荷されるプラントが存在する可能性を排除しきれない点に注意が必要である。

(パターン 3) Babcock & Wilcox Beijing, Sichuan Chuanguo Boiler, China National Machinery Import & Export Corp., China Western Power Industrial, Dongfang, Guangdong Machinery Import & Export Corp., Hangzhou Boiler Group, Harbin, Jiangxi Boiler Factory, Jinan Boiler Group, Shanghai, China National Machinery Industry Corp. (Sinomach), Shandong Machinery Export & Import Corp., Taiyuan Boiler Group, Wuhan Boiler, Wuxi Huaguang Boiler, Yantai Hyundai Moon Heavy Industry、その他名称が特定されない中国企業 (Platts UDI WEPP データベース上は

---

<sup>5</sup> 下記リンクを参照。

<http://www.alstom.com/Global/Power/Resources/Documents/Brochures/manjung-4-malaysia-ultra-supercritical-coal-plant-editorial.pdf> (最終アクセス日: 2015 年 5 月 20 日)

<sup>6</sup> 下記リンクを参照。

<http://www.cninfo.com.cn/finalpage/2012-04-27/60921154.PDF> (最終アクセス日: 2015 年 5 月 20 日)

<http://www.cninfo.com.cn/finalpage/2013-06-27/62617685.PDF> (最終アクセス日: 2015 年 5 月 20 日)

<http://www.cninfo.com.cn/finalpage/2014-04-29/63944570.PDF> (最終アクセス日: 2015 年 5 月 20 日)

<http://www.cninfo.com.cn/finalpage/2015-04-29/1200934181.PDF> (最終アクセス日: 2015 年 5 月 20 日)

unidentified Chinese supplier と表記) +データベース上は Alstom がボイラーを供給とされているマレーシアの Manjung 発電所 4 号機 (1,080MW、超超臨界、2015 年運転開始予定)、インドネシアの Tanjung Bin 発電所 4 号機 (1,000MW、超臨界、2016 年運転開始予定)、スロベニアの Sostanj 発電所 6 号機 (600MW、超超臨界、2015 年運転開始予定)

中国企業については、この 3 つのパターンを分析する。

#### ⑤ 日中企業の比較方法

以下の (2) では、日本企業と中国企業の各パターンについて、商業運転開始年でみた 2007 年以降の経年変化と、2015 年～2017 年及び 2015 年～2021 年の累積値を示す。2 章で述べたように、将来のデータ (今回の場合、2015 年以降) は経年変化ではなく累積値を見るべきであるためである。また、2015 年～2017 年の期間を示すのは、Platts の Methodology に、「近い将来 (2～3 年) のデータは、それ以降に運転開始するプラントのデータよりも信頼できる」と記載されており、2017 年までと 2018 年以降を区別すべきと考えたためである。

また、日本企業と中国企業の比較に際しては、2015 年～2017 年の累積値で比較を行う。既に述べたように、将来の見通しの分析を目的とするためである。

#### (2) 日本企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件

図 2 および図 3 は、上記パターン 1 について、運転開始年別に、亜臨界圧 (subcritical)、超臨界圧 (supercritical)、超超臨界圧 (Ultra-supercritical) の導入量および比率を示したものである。パターン 1 の 2015 年～2017 年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧=10:0:90 である。

図 4 および図 5 は、インドにおける合弁企業 (BGR-Hitachi と L&T-MHI) を加えたパターン 2 について、同様の図を作成したものである。2015 年～2017 年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧=5:47:48 である。

図 6 および図 7 は、パターン 2 にその他の日本企業の海外関連会社も含めたパターン 3 について、同様の図を示したものである。2015 年～2017 年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧=3:55:42 である。

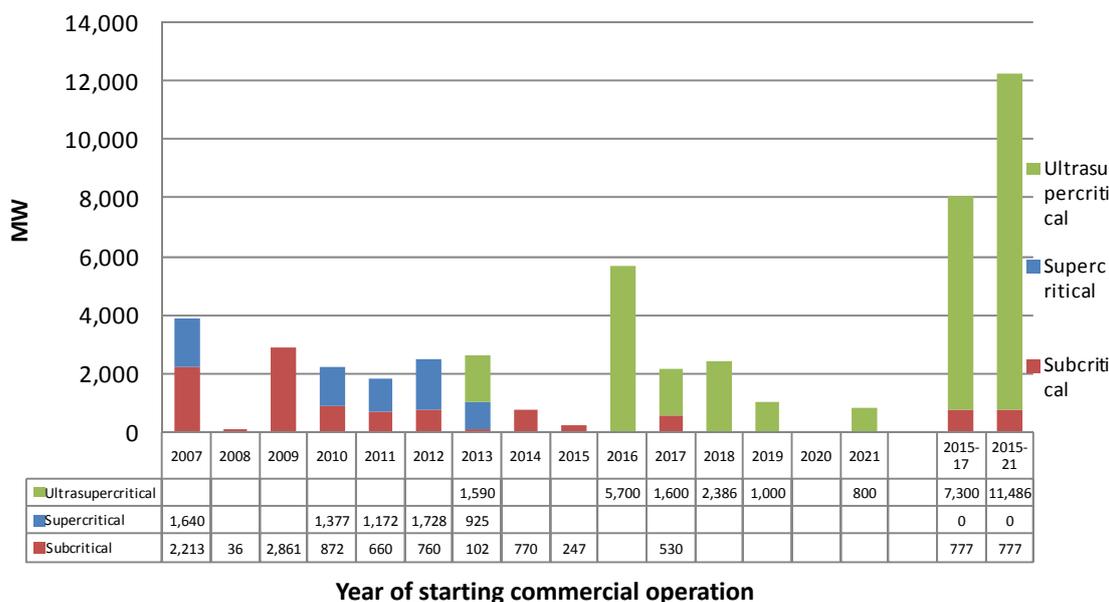


図2 Types of boiler technology supplied by Japanese manufacturers to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (capacity)  
 (日本企業が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (容量))

出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成

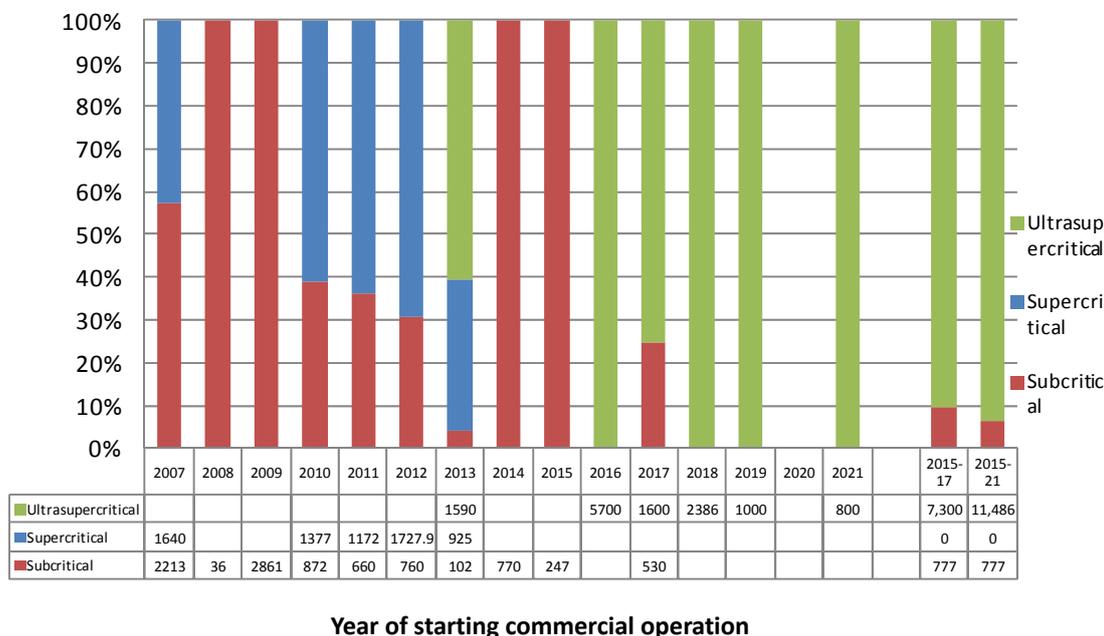


図3 Types of boiler technology supplied by Japanese manufacturers to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (share)  
 (日本企業が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (シェア))

出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成

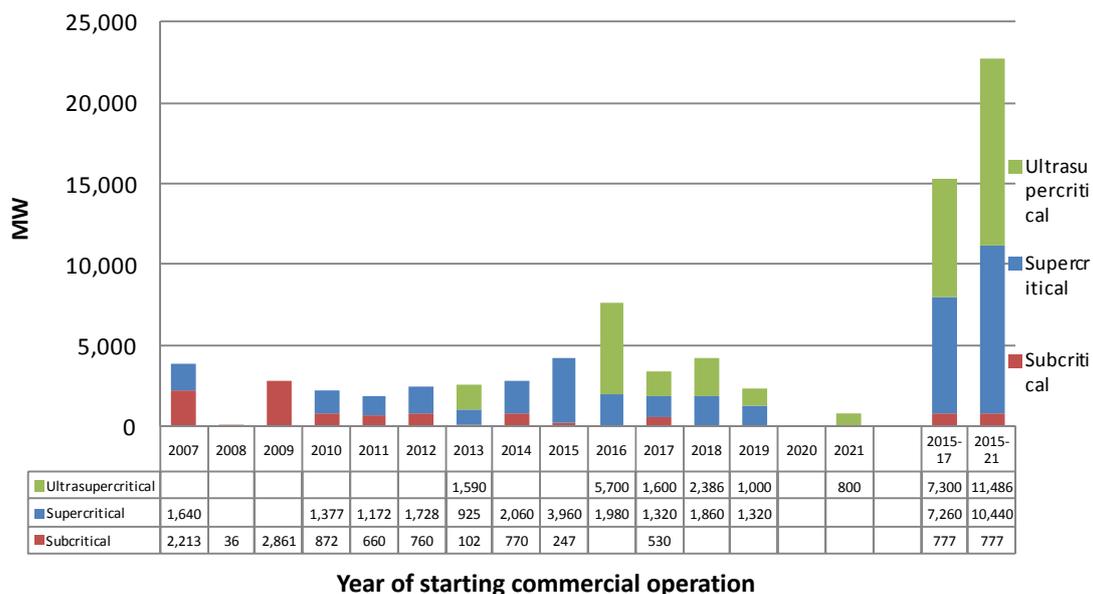


図4 Types of boiler technology supplied by Japanese manufacturers (including joint ventures with Indian firms) to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (capacity)

(日本企業(インド企業との合弁を含む)が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ(容量))

出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成

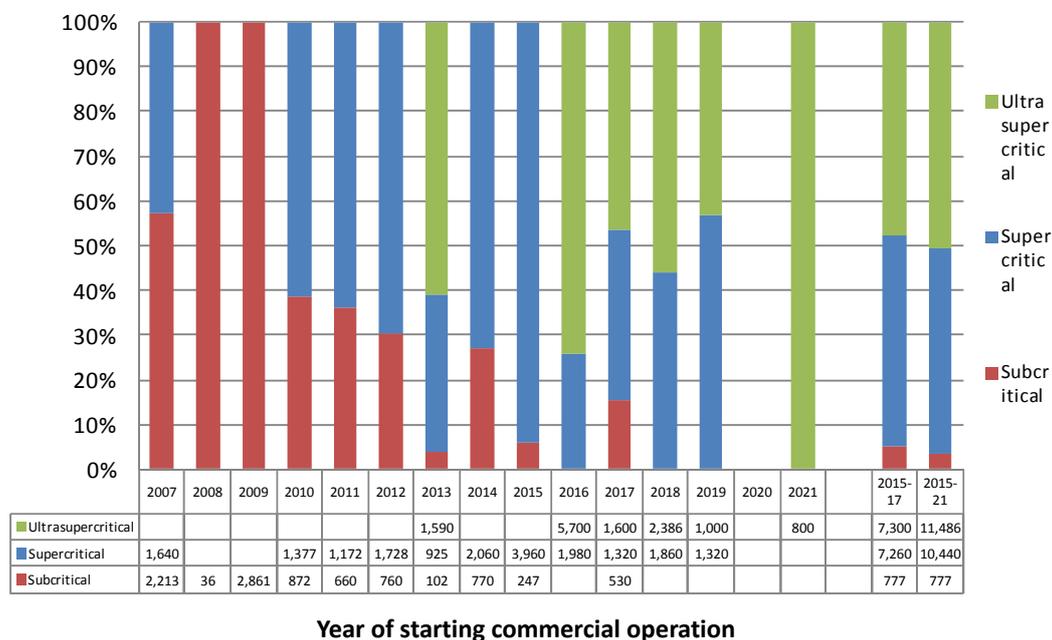


図5 Types of boiler technology supplied by Japanese manufacturers (including joint ventures with Indian firms) to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (share)

(日本企業(インド企業との合弁を含む)が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ(シェア))

出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成

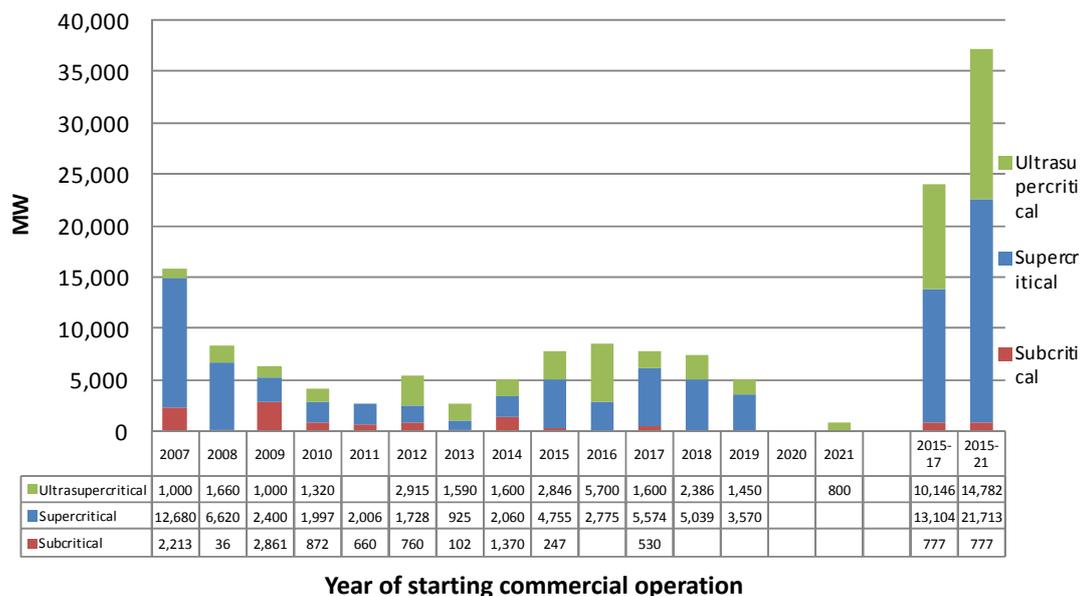


図 6 Types of boiler technology supplied by Japanese manufacturers (including affiliated companies in other countries) to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (capacity)

(日本企業 (海外関連会社を含む) が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (容量))

出典 : UDI World Electric Power Plants Database (2015 年 3 月) に基づき著者作成

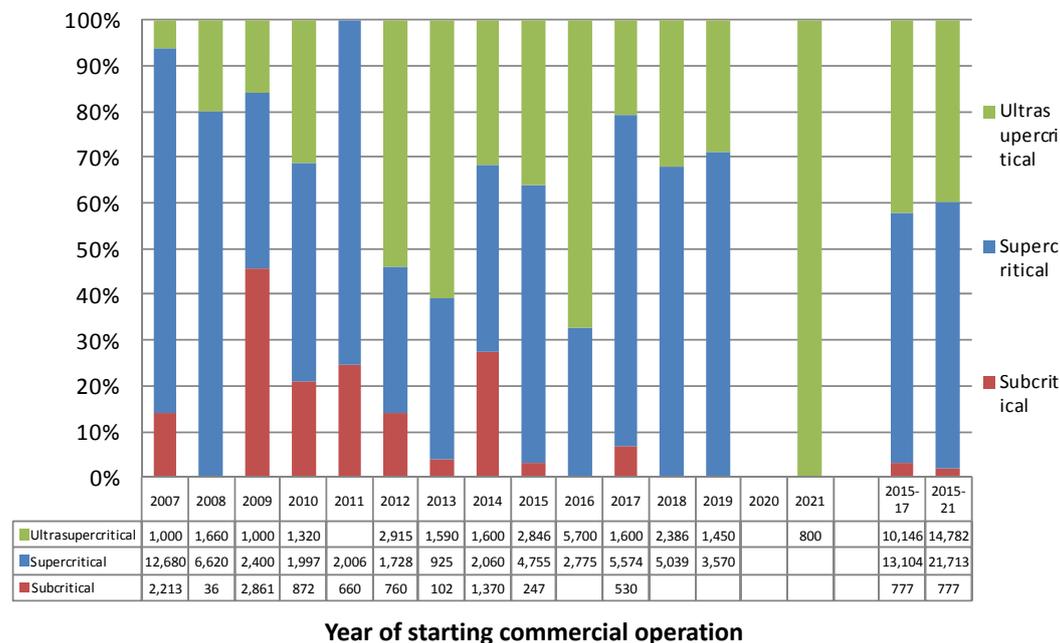


図 7 Types of boiler technology supplied by Japanese manufacturers (including affiliated companies in other countries) to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (share)

(日本企業 (海外関連会社を含む) が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (シェア))

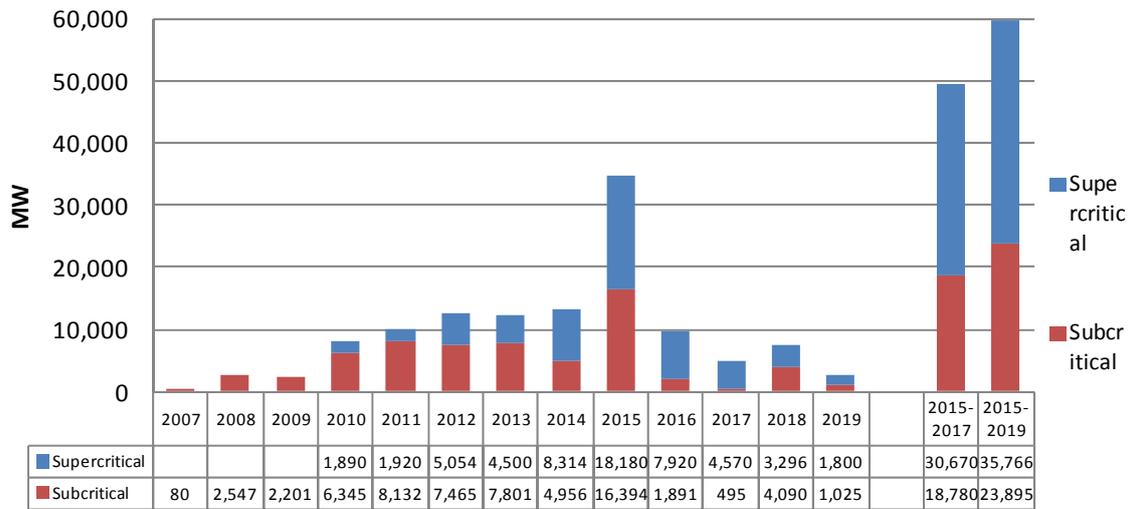
出典 : UDI World Electric Power Plants Database (2015 年 3 月) に基づき著者作成

### (3) 中国企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件

図8および図9は、パターン1の中国企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電所について、運転開始年別に、亜臨界圧、超臨界圧、超超臨界圧の導入量および比率を示したものである。2015年～2017年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧＝38：62：0である。

図10および図11は、中国メーカーのうち、Dongfang、Harbin、Shanghaiという三大重電メーカーに絞ったパターン2について、同様の作図を行ったものである。2015年～2017年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧＝32：68：0である。

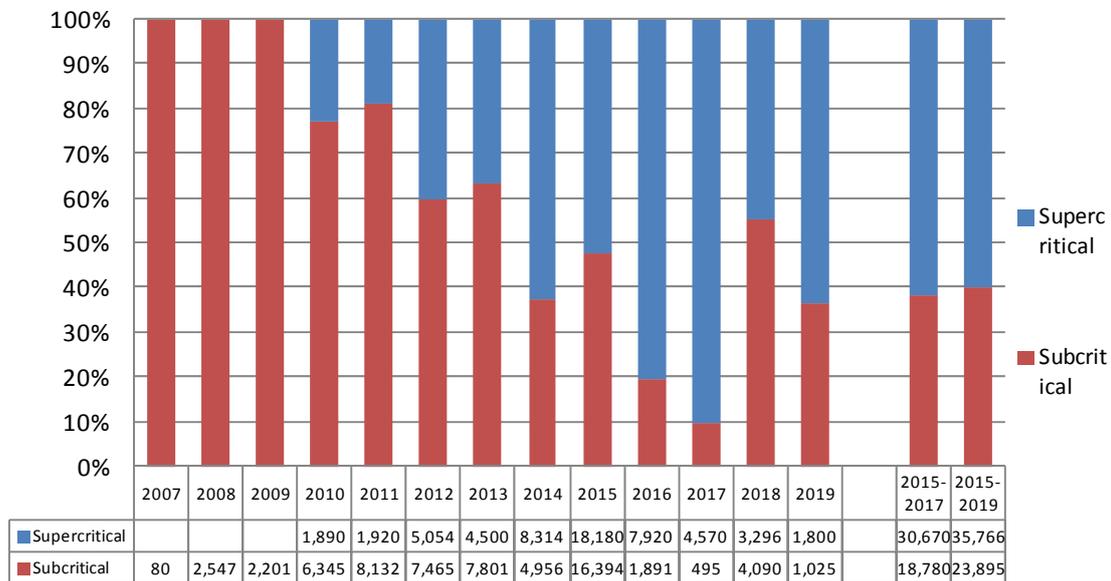
図12と図13は、パターン1に、Alstomが買収したWuhan Boilerから出荷される3つの案件を追加したパターン3について、同様の図を示したものである。2015年～2017年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧＝36：61：3となる。



Year of starting commercial operation

図8 Types of boiler technology supplied by Chinese manufacturers to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (capacity)  
(中国企業が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (容量))

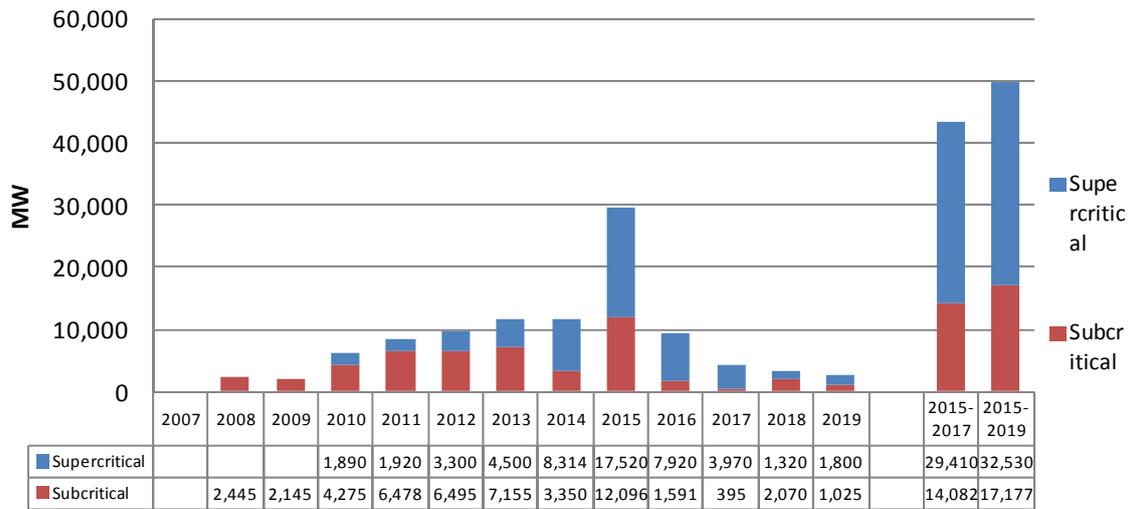
出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成



Year of starting commercial operation

図9 Types of boiler technology supplied by Chinese manufacturers to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (share)  
(中国企業が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (シェア))

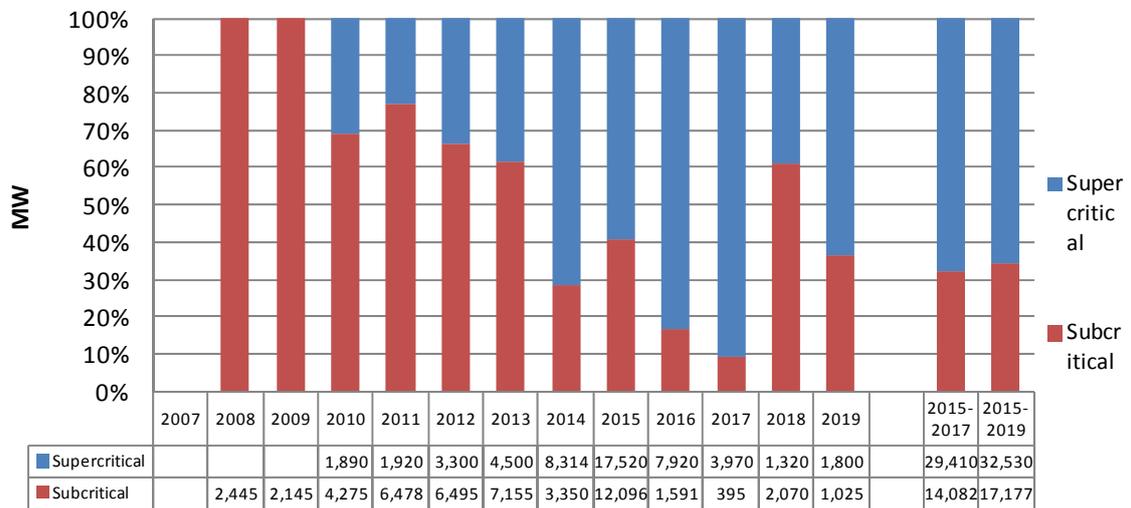
出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成



Year of starting commercial operation

図 1 0 Types of boiler technology supplied by three major Chinese manufacturers (Dongfang, Harbin, Shanghai) to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database, 2015 (March) (capacity)

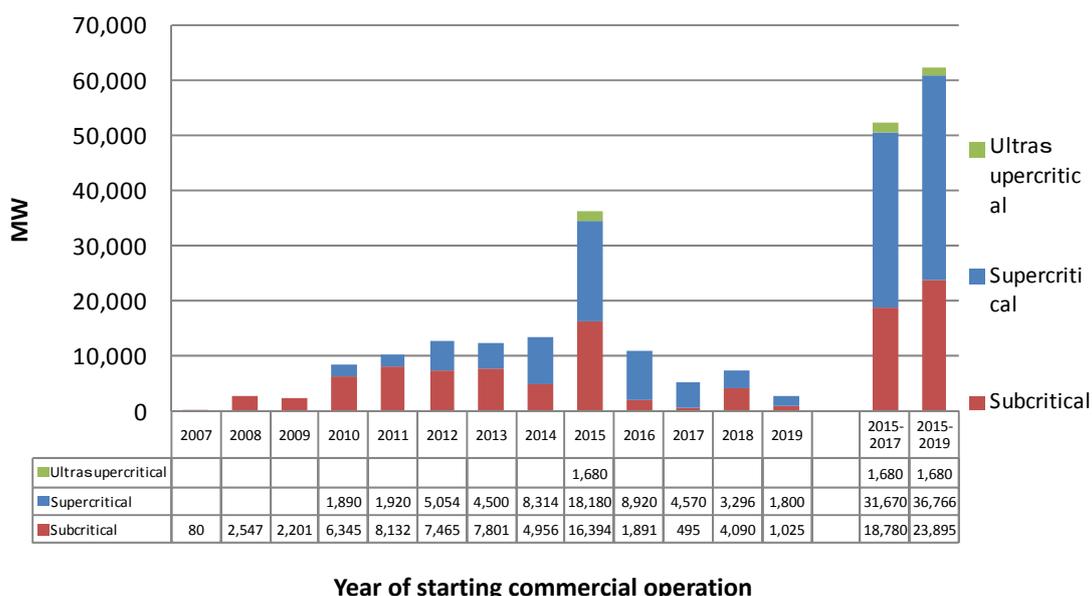
(中国三大メーカー(東方、哈爾濱、上海)が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ(容量))  
 出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成



Year of starting commercial operation

図 1 1 Types of boiler technology supplied by three major Chinese manufacturers (Dongfang, Harbin, Shanghai) to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (share)

(中国三大メーカー(東方、哈爾濱、上海)が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ(容量))  
 出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月)に基づき著者作成

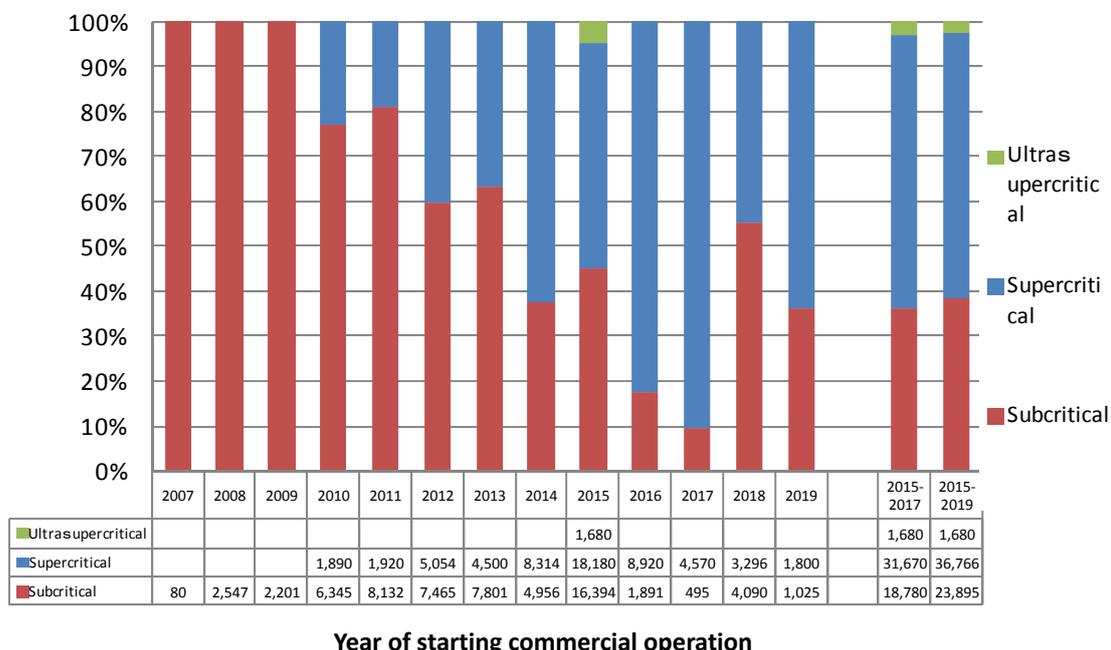


Year of starting commercial operation

図 1 2 Types of boiler technology supplied by Chinese manufacturers and Alstom's Wuhan factory to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (capacity)

(Alstom の武漢工場を含む中国企業が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (容量))

出典 : UDI World Electric Power Plants Database (2015 年 3 月) に基づき著者作成



Year of starting commercial operation

図 1 3 Types of boiler technology supplied by Chinese manufacturers and Alstom's Wuhan factory to overseas markets based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (share)

(Alstom の武漢工場を含む中国企業が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (シェア))

出典 : UDI World Electric Power Plants Database (2015 年 3 月) に基づき著者作成

#### (4) 日本企業と中国企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件の比較結果

(2) と (3) で示した蒸気条件比率 (2015 年～2017 年の累積値) を整理すると表 1 のようになる。

表 1 日本企業と中国企業が海外でボイラーを供給した石炭火力発電プラントの蒸気条件の比較

ケース名	2015 年～2017 年の累積値における比率
日本企業 (パターン 1 : 海外関連会社なし)	亜臨界圧 : 超臨界圧 : 超超臨界圧 = 10 : 0 : 90
日本企業 (パターン 2 : インドにおける合弁含む)	亜臨界圧 : 超臨界圧 : 超超臨界圧 = 5 : 47 : 48
日本企業 (パターン 3 : 全ての海外関連会社を含む)	亜臨界圧 : 超臨界圧 : 超超臨界圧 = 3 : 55 : 42
中国企業 (パターン 1 : 全て)	亜臨界圧 : 超臨界圧 : 超超臨界圧 = 38 : 62 : 0
中国企業 (パターン 2 : 三大重電メーカーのみ)	亜臨界圧 : 超臨界圧 : 超超臨界圧 = 32 : 68 : 0
中国企業 (パターン 3 : パターン 1 に Alstom の武漢工場からの供給を追加)	亜臨界圧 : 超臨界圧 : 超超臨界圧 = 36 : 61 : 3

出典 : UDI World Electric Power Plants データベース (2015 年 3 月) に基づき著者作成

この数字から以下の 2 点を読み取ることがきる。

第一に、日本企業も中国企業も、2015 年 3 月版のデータ (2015 年～2017 年に運転開始見込みであるユニット) では、2012 年版のデータ (2012 年時点で既に運転開始していたユニットとその時点で着工していたユニット) と比べて、より高効率なタイプの技術を海外に供給するようになっていることである。日本企業については、亜臨界圧の比率が大幅に減り、超超臨界圧の比率が大幅に増えている。一方、中国企業については、亜臨界圧の比率が大幅に減り、超臨界圧の比率が大幅に増えているが、超超臨界圧は、ほぼ存在しない。

第二に、ともに効率が向上したため、近い将来 (2015 年～2017 年の累積値) の見通しにおいても、日本企業がボイラーを海外で供給する発電プラントは、中国企業が海外で供給するものよりも高効率であることである。この点は、両者の亜臨界圧の比率および超超臨界圧の比率を比べると明白である。なお、不確実性がより大きくなる 2015 年～2021 年の累積値で見てもこの傾向に変わりはない。

2015 年 3 月版のデータベースに基づけば、日本企業が海外で供給する発電プラントは中国企業よりも高効率であると言えるが、将来的に中国企業が日本企業に完全にキャッチア

ップするかどうかは両者の相対的な向上速度次第であり、引き続き、状況を注視する必要がある。

#### 4. まとめと今後の課題

本稿では、Ueno, Yanagi and Nakano(2014)が示した Platts UDI WEPP データベースの「2012年版」を用いた日中比較を例として、各国企業が海外で設備を供給する発電プラントの効率比較の方法を提示した。その上で、執筆時点での最新版である「2015年3月版」を用いて、Ueno, Yanagi and Nakano(2014)とは異なるデータ抽出基準で分析を行い、「近い将来（2015年～2017年の累積値）において、日本企業が海外で供給するプラントは、中国企業が海外で供給するものよりも高効率である」であることを明らかにした。

最後にこれまでの分析の限界を整理して、本稿を締めくくりたい。

第一に、本稿では蒸気条件を亜臨界圧、超臨界圧、超超臨界圧という大きな分類で扱ったが、それぞれの分類の中でも、蒸気温度や蒸気圧力にバリエーションがあり、それに応じて熱効率にも差が生じる。Platts UDI WEPP データベースでは蒸気温度や蒸気圧力について十分なデータを得られないことから、3つの分類に沿った分析しかできなかったが、より精緻に論じるには、別の手段によって温度や圧力のデータを補完する必要がある。

第二に、Alstom が買収した Wuhan Boiler のように、Platts UDI WEPP データベースに依拠した分析では企業の多国籍化に対応しきれない可能性がある。また、日本企業について3つのパターンを示したように、そもそも企業の国籍をどのように定義すべきかも論点である。国際比較を行うには国籍を特定する必要があるが、一方で企業は多国籍化しており、更なる検討が必要である。

第三に、本稿の分析では専ら設備の供給側に注目したが、技術ニーズや規制のあり方といった需要側の要因を捉えられていない。どのような技術や設備が採用されるかは、供給側と需要側の双方の要因が相まって決まるものである。本稿で示した分析をさらに精緻にしていくには、需要側に着目した検討も必要である。

最後に、本稿では、日本企業と中国企業を対象としたが、世界全体の傾向を捉えるには他国企業についても分析を行うべきである。また、2章でも述べたように、同じユニットでも、ボイラー供給企業と蒸気タービン供給企業の国籍が異なることがあるため、蒸気タービンに注目した分析も必要である。

これらの限界に対応することが、今後に残された課題である。

## 参考文献

Economic Times(2015), “Jharkhand government urges Reliance Power to reconsider Tilaya decision”, Economic Times, May 5, 2015.

<[http://economictimes.indiatimes.com/articleshow/47166107.cms?utm\\_source=content\\_ofinterest&utm\\_medium=text&utm\\_campaign=cppst](http://economictimes.indiatimes.com/articleshow/47166107.cms?utm_source=content_ofinterest&utm_medium=text&utm_campaign=cppst)> (最終アクセス日 : 2015 年 5 月 20 日)

Hussy, C., E. Klaassen, J. Koornneef and F. Wigan (2014), “International comparison of fossil power efficiency and CO2 intensity –Update 2014.”

<<http://www.ecofys.com/files/files/ecofys-2014-international-comparison-fossil-power-efficiency.pdf>> (最終アクセス日 : 2015 年 5 月 20 日)

Platts, “Platts UDI World Electric Power Plants Database.” (2015 年 3 月版及び 2012 年版)

Ueno T., M. Yanagi and J. Nakano(2014) “Quantifying Chinese Public Financing for Foreign Coal Power Plants,” GraSPP-DP-E-14-003, Graduate School of Public Policy, The University of Tokyo.

<<http://www.pp.u-tokyo.ac.jp/research/dp/documents/GraSPP-DP-E-14-003.pdf>> (最終アクセス日 : 2015 年 5 月 20 日)

Supplementary Online Material (SOM)

<<http://www.pp.u-tokyo.ac.jp/research/dp/documents/GraSPP-DP-E-14-003-SOM.pdf>> (最終アクセス日 : 2015 年 5 月 20 日)

Supplementary Online Material 2 (SOM2)

<<http://www.pp.u-tokyo.ac.jp/research/dp/documents/GraSPP-DP-E-14-003-SOM2.pdf>> (最終アクセス日 : 2015 年 5 月 20 日)

柳 美樹 (2015) 「米政府による石炭火力発電への公的融資停止措置とその限界—OECD 輸出信用アレンジメントへの波紋—」『エネルギー経済』第 41 巻、日本エネルギー経済研究所 (2015 年 6 月、所収予定)

## 付録：「計画中」の案件を含まないケースの比較分析について

計画中を含む場合の分析において、日本企業の超超臨界圧比率が低かったのはパターン3（全ての海外関連会社を含むケース）、中国企業の超臨界圧比率が高かったのはパターン2（三大重電メーカーに限るケース）であった。

そこで、これらのケースを用いて、Ueno, Yanagi and Nakano (2014)と同様に、Platts UDI WEPP データベース 2015 年 3 月版において計画中とされている案件を含まない場合を計算し、「近い将来（2015 年～2017 年の累積値）の見通しにおいて、日本企業が海外で供給するプラントは、中国企業が海外で供給するものよりも高効率である」という状況が変わらないかどうかを確認する。

図 1 4 は、日本企業のパターン 3 について計画中の案件を含まない場合を示したものである。2015 年～2017 年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧=3：59：38である。

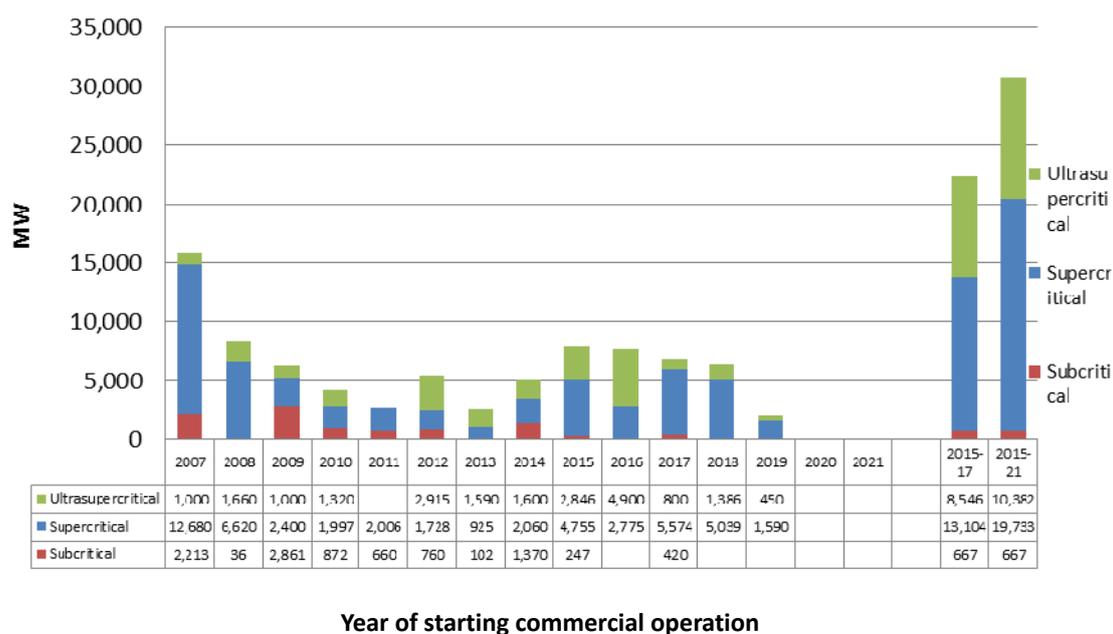


図 1 4 Types of boiler technology supplied by Japanese manufacturers (including affiliated companies in other countries) to overseas markets, excluding units at a planning stage, based on UDI World Electric Power Plants Database 2015 (March) (capacity)

(日本企業（海外関連会社を含む）が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ（容量、計画中のものを除く）)

出典：UDI World Electric Power Plants Database（2015 年 3 月）に基づき著者作成

図15は、中国の三大重電メーカーについて計画中の案件を含まない場合を示したものである。2015年～2017年の累積値における蒸気条件の比率は、亜臨界圧：超臨界圧：超超臨界圧=42：58：0である。

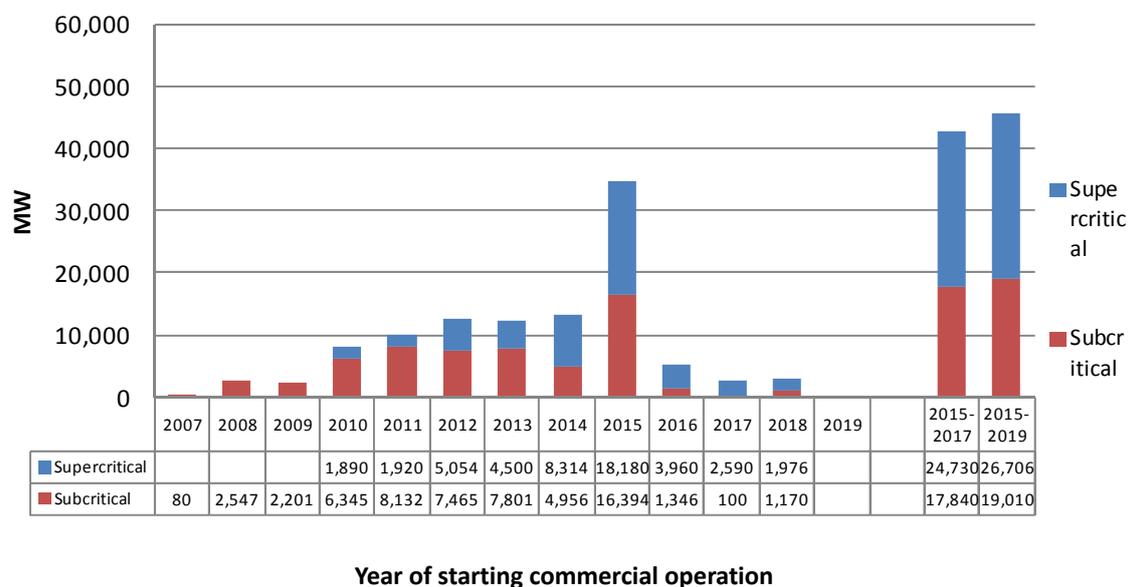


図15 Types of boiler technology supplied by three major Chinese manufacturers (Dongfang, Harbin, Shanghai) to overseas markets, excluding units at a planning stage, based on UDI World Electric Power Plants Database, 2015 (March) (capacity)

(中国の三大重電メーカー (Dongfang, Harbin, Shanghai) が海外市場で供給したボイラーの技術タイプ (容量、計画中のものを除く)

出典：UDI World Electric Power Plants Database (2015年3月) に基づき著者作成

このように計画中のものを含まない場合の比較分析においても、「近い将来 (2015年～2017年の累積値) の見通しにおいて、日本企業が海外で供給するプラントは、中国企業が海外で供給するものよりも高効率である」という結果になることが確認された。