

「次世代洋上直流送電システム開発事業」

中間評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	4

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「次世代洋上直流送電システム開発事業」(中間評価)の研究評価委員会分科会(平成29年10月10日)及び現地調査会(平成29年9月4日 於 東京電力ホールディングス株式会社 経営技術戦略研究所)において策定した評価報告書(案)の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第55回研究評価委員会(平成30年3月16日)にて、その評価結果について報告するものである。

平成30年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「次世代洋上直流送電システム開発事業」分科会
(中間評価)

分科会長 石亀 篤司

「次世代洋上直流送電システム開発事業」(中間評価)

分科会委員名簿

(平成29年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	いしがめ あつし 石亀 篤司	大阪府立大学 大学院 工学研究科 電気・情報系専攻 電気情報システム工学分野 教授
分科 会長 代理	ふくだ ひさし 福田 寿	伊藤忠テクノソリューションズ株式会社 科学システム本部 エネルギービジネス推進部 部長
委員	こじま ひろき 小島 寛樹	名古屋大学 大学院 工学研究科 電気工学専攻 准教授
	せんじゅう ともぶ 千住 智信	琉球大学 工学部 工学科 電気システム工学コース 教授
	たけした たかはる 竹下 隆晴	名古屋工業大学 大学院 工学研究科 電気・機械工学専攻 教授
	なかにし ようすけ 中西 要祐	早稲田大学 大学院 環境・エネルギー研究科 特任教授
	ふくい しんた 福井 伸太	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授

敬称略、五十音順

「次世代洋上直流送電システム開発事業」(中間評価)

評価概要(案)

1. 総合評価

近い将来に世界的に市場が形成されると予測される洋上直流送電システムを扱う本事業は、洋上風力の市場動向や技術動向にマッチしており、その実用化・事業化の目的や意義は妥当であり、実現できれば経済効果は大きい。技術力及び事業化能力を十分に有する実施者が選定されているとともに、ワーキンググループや検討会等を通じて、適切に進捗が管理されている。全体として概ね順調に開発が進んでおり、特に要素技術である直流遮断器、ケーブル技術、敷設工法などにおいては、海外競争力を持つ優れた成果が得られている。

一方、多端子直流送電システムの導入に向けて、具体的な市場展開を考慮した有効な戦略を検討する必要がある。また、実用化・事業化に向けては、性能面・コスト面・競合技術に関して完全に見通しが立っている状況ではないので、システム開発と要素技術開発との情報交換を密にし、課題を早期に解決することが望まれる。

なお、世界市場をにらんだ仕様標準化への取組や成果を広く社会に周知する積極的な情報発信などを今後も推進することを期待する。また、欧州で先行するユーティリティ及びベンダの知見を早期に取り入れるなど、本事業の開発進捗を更に加速することが望まれる。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

我が国のエネルギー基本計画で謳われている再生可能エネルギーを導入拡大するためには、陸上より風況がよい海上に洋上風力を設置する必要がある。洋上直流送電システムの開発は、資源の少ない我が国において、日本近海の風力エネルギーを有効活用するために必要不可欠な技術である。世界に通用する多端子直流送電のシステム技術と要素技術の開発を行う本事業は、一民間企業や研究機関が担うには開発リスクを伴うこと、標準化やマルチベンダ化のために中立の公的マネジメント機関が必要とされていること及び現時点で市場が国外に多い中で我が国が国際競争力を確保する必要があることから、NEDO 事業として妥当である。

2. 2 研究開発マネジメントについて

研究開発目標は、システム開発では既存の交流送電システムに対してコスト削減割合 20% という明確で挑戦的な設定がなされている。また、システム開発と要素技術開発が協調しながら、妥当なスケジュール及び研究開発費で実施する計画となっている。本事業に関係するユーザとメーカ双方を中心とした産官学の精通したメンバにより推進されており、実施体制は妥当である。また、ワーキンググループや検討会等を経て、外部有識者のチェックとフィードバックのもとに、個々の開発進捗状況が適切に管理されている。

一方、システム開発と要素技術開発の連携が現時点では弱いと感じられるため、より緊密な連携や相互の成果のフィードバックを望む。

また、現時点から海外ベンダとの関係構築を検討し、国際標準化を意識したマネジメントを期待する。

2. 3 研究開発成果について

ほぼ全てのテーマにおいて中間目標を達成している。システム開発においては、異メーカー間の協力による検証が進められ、仕様及び試験環境を整えることができている。また、要素技術開発においては、直流遮断器やケーブル技術、洋上プラットフォームなど世界的な競争力を持つ技術もあり、今後の更なる開発が期待される。さらに、対外発表や知的財産権の確保などの成果普及に対する取組も、実用化・事業化戦略に沿って適切に実施されている。

一方、システム開発での経済性評価については、直流連系より交流連系が経済的に優位といった結果となっており、コスト高の要因分析やコスト計算データの見直しを含めた再検討が必要である。また、要素技術開発の達成度にばらつきが見られるので、最終目標達成に向けて、進捗の度合いにより研究を加速させるなど戦略的に推進することを望む。

なお、成果の対外発表及び特許出願については、実用化・事業化戦略に沿って、更なる加速が望まれる。

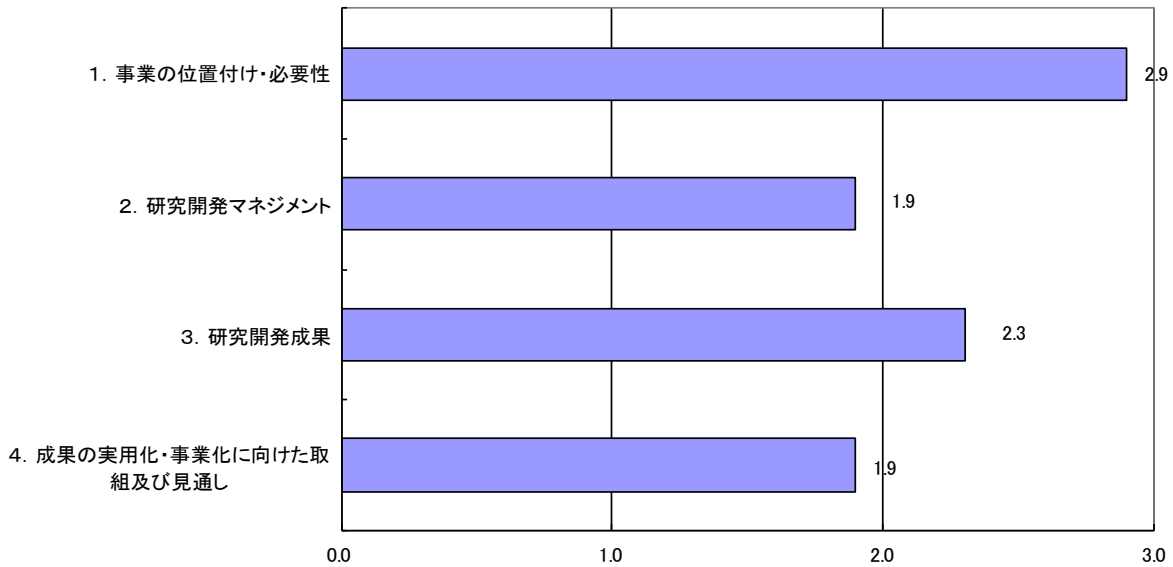
2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

多端子直流送電は世界の各国が開発を競い合っている重要なテーマである。今後、導入拡大が見込まれる洋上風力事業を下支えするものであり、実現すればその市場規模から大きな経済効果をもたらすことが期待できる。要素技術については、2022年度から生産開始と国内外案件での普及に向けたスケジュールが明確に示されており、直流遮断器などの要素技術の性能面で優位性を確保し、他技術との差別化をはかれる見通しは大いにあり、業界及び企業活動にも貢献することが期待できる。

一方、直流送電システム導入モデルのコスト面に関しては、交流送電システムに対する優位性を見通しを早期に立てることが重要である。

今後、市場関係者のヒアリングなどを通じて、どの市場でどのような製品・サービスが優位であるか、競争戦略を意識して、実用化・事業化を目指すことを期待する。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)						
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	B	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	1.9	C	B	B	B	C	B	A
3. 研究開発成果について	2.3	B	B	A	B	B	B	A
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	1.9	C	B	B	B	B	B	B

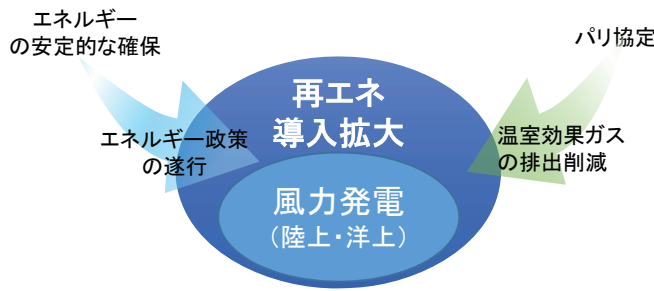
(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 とし事務局が数値に換算し算出。

〈判定基準〉

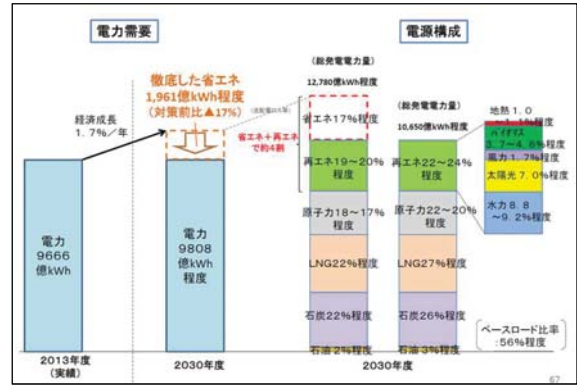
- | | |
|--------------------|------------------------------|
| 1. 事業の位置付け・必要性について | 3. 研究開発成果について |
| ・非常に重要 →A | ・非常によい →A |
| ・重要 →B | ・よい →B |
| ・概ね妥当 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・妥当性がない、又は失われた →D | ・妥当とはいえない →D |
| 2. 研究開発マネジメントについて | 4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆事業の背景



2030年度の電力の需給構造



出典:「長期エネルギー需給見通し」、経済産業省、2015年7月

- エネルギーの安定的な確保と温室効果ガス削減に向けて、再生可能エネルギー(再エネ)の導入拡大は重要
- 長期エネルギー需給見通しの早期実現のみならず、2030年以降も再エネを導入し続けることが重要
- 風力発電は大規模に開発できれば経済性を確保できる可能性があるエネルギーであり世界では導入が加速
- 陸上風力の導入可能な適地が限定的な我が国において**洋上風力発電の導入拡大は不可欠**

洋上風力発電の優良なポテンシャルを有効活用した
大規模な洋上ウインドファーム(WF)導入が必要

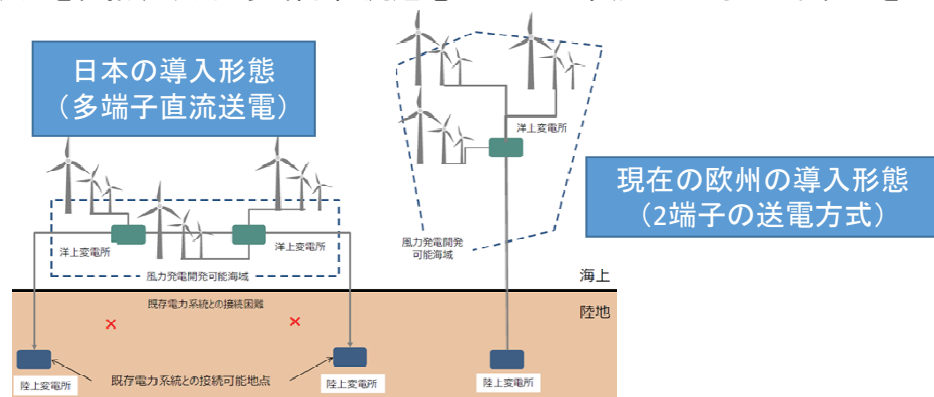
公開

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆多端子直流送電システムの必要性

- 北海道、東北、九州において系統の空き容量不足および周波数変動の課題が顕在化し、系統の送電容量の増加、発電事業者側の出力制御や調整力の確保など課題
- 大規模洋上WFを設置する場合、**現在の**欧州のように遠浅な海域に面的に、かつ遠方に拡大する形態ではなく、沿岸に帯状に洋上WFが順次導入されていくと想定

- **複数の洋上WFと既存の比較的大きな電力系統や需要地とを多端子で接続し**、効率的に送電することが可能な多端子洋上直流送電システムが大規模洋上WFの導入拡大に必要
- 多端子洋上直流送電システムの導入形態は、順次拡張しながら導入すると想定。従って、複数のメーカーが参入してシステム構築する可能性が高く、**マルチベンダ化**に向けた取組みが必要
- 洋上風力の導入拡大を目指す欧州も多端子直流送電システムの実用化に向けた取組みを進行中

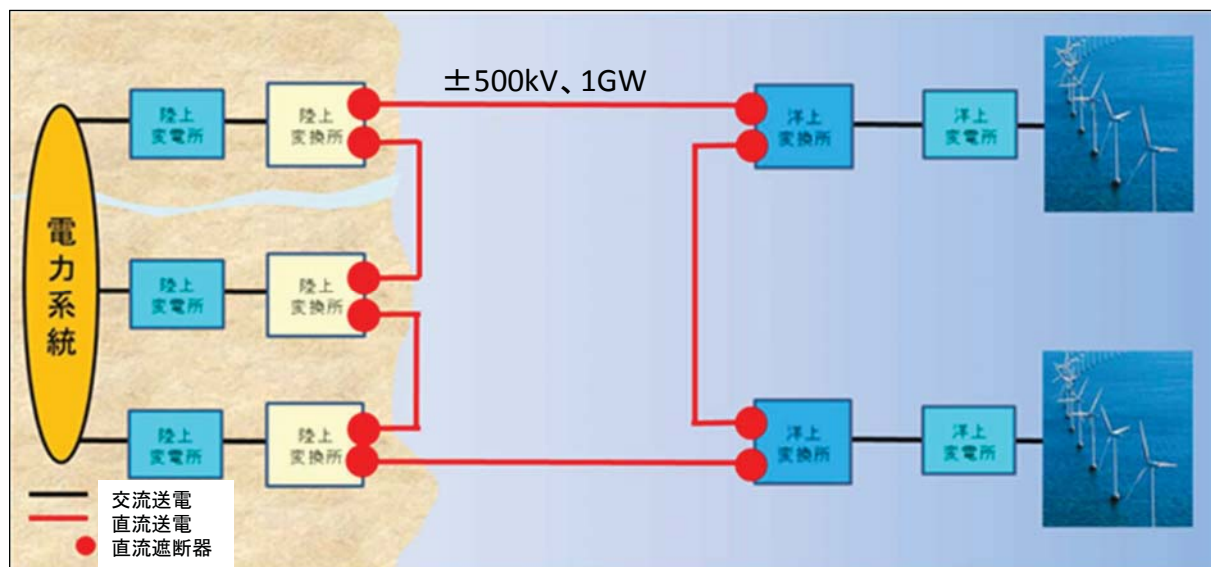


※出典:「再生可能エネルギー導入に係る電力系統対策動向調査報告書」、2015年2月、NEDO(実施者:三菱総合研究所)

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆事業の目的

- 高い信頼性を備え、かつ低コストで実現する世界トップクラスの送電容量(電圧±500kV、容量1GW)を有し、**マルチベンダ化にも対応した多端子直流送電システムと必要な要素技術**を開発
- 今後の大規模洋上風力の連系拡大・導入拡大・加速に向けた基盤技術の確立が目的



1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆政策的位置付け

- 陸上風力の導入可能な適地が限定的な我が国において**洋上風力発電の導入拡大は不可欠**
- 洋上風力発電の導入拡大に向けての技術開発、インフラ整備などの推進が必要
- 大容量を長距離送電可能な送電システムを開発する本事業の果たす意義大

エネルギー基本計画(2014年4月)

再生可能エネルギーを受け入れるための地域内送電線や地域間連系線が必要となることから、まず、風力発電事業者からの送電線利用料による地域内送電線整備に係る投資回収を目指す特別目的会社の育成を図っていく。また、出力変動のある再生可能エネルギーの導入拡大に対応するため、電力システム改革において新たに広域的運営推進機関を設置し、周波数変動を広域で調整する仕組みを導入するとともに、同機関が中心となって地域間連系線の整備等に取り組む。

中長期的には、陸上風力の導入可能な適地が限定的な我が国において、洋上風力発電の導入拡大は不可欠である。

また、浮体式洋上風力についても、世界初の本格的な事業化を目指し、福島沖や長崎沖で実施している実証研究を進め、2018年頃までにできるだけ早く商業化を目指しつつ、技術開発や安全性・信頼性・経済性の評価、環境アセスメント手法の確立を行う。

地球温暖化対策計画(2016年5月)

北海道や東北北部の風力適地では、必ずしも十分な系統調整力がないことから、地域間連系線などの系統整備や系統運用の高度化等に向けた技術開発に取り組む。

中長期的には、陸上風力の導入可能な適地が限定的な我が国において、洋上風力発電の導入拡大は不可欠であり、港湾区域等において着床式洋上風力の導入を促進するとともに、浮体式洋上風力発電についても、世界初の本格的な事業化に向けた実証研究などの取組を進める。

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆政策的位置付け

海洋基本計画(2013年4月)

第2部 海洋に関する施策に関し、政府が総合的かつ計画的に講ずべき施策

1 海洋資源の開発及び利用の推進

(2)海洋再生可能エネルギーの利用促進

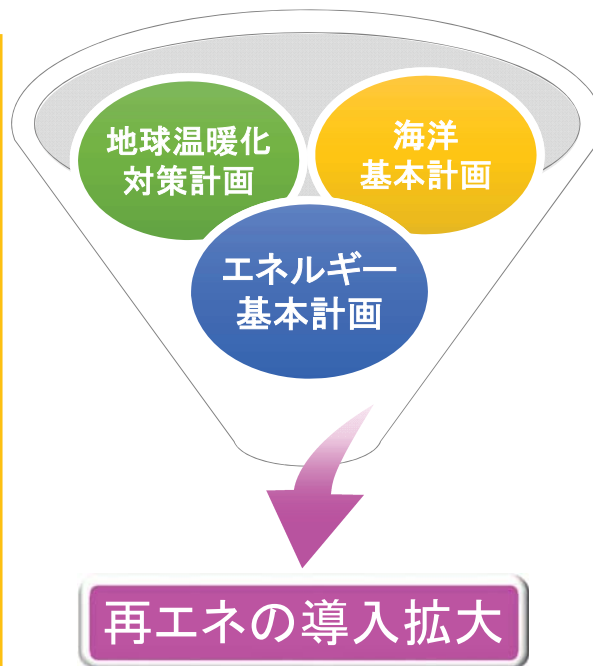
- 銚子沖及び北九州沖で着床式洋上風力発電システムの実証研究を実施
- 長崎県沖で浮体式洋上風力発電システムの実証研究を実施
- 福島県沖で浮体式洋上ウインドファームの実証研究を実施
- 浮体式洋上風力発電施設について、平成25年までに安全ガイドラインを策定するとともに国際標準化策定を主導

7 海洋科学技術に関する研究開発の推進等

(1)国として取り組むべき重要課題に対する研究開発の推進

エ 海洋再生可能エネルギーの開発に関する研究開発

洋上風力発電の実用化と導入拡大のため、技術開発及び実証を推進する。また、専用船等のインフラや、基盤情報など、洋上風力発電の普及のための基盤整備を推進する。



エネルギー基本計画を始めとした上位政策の
目標達成に本事業は大きく寄与

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆他の洋上風力事業との関連性

- NEDOでは、洋上風力発電の実用化に向けた様々な技術開発を行っており、着床式洋上風力発電については実証事業を実施
- 並行して洋上風力の大規模導入に向けた我が国へ適用可能な最適な送電技術を開発することも必要であり本事業がその位置づけ

年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	H25年度	H26年度	H27年度	H28年度	H29年度	H30年度	H31年度	
調査	FS調査												
実証研究		洋上風況観測システム実証研究(銚子・北九州)											
		洋上風力発電システム実証研究(銚子・北九州)											
		風車大型化						次世代浮体式洋上風力発電システム実証研究					
研究開発			超大型風力発電システム技術研究開発										
								洋上風況観測システム実証研究(洋上風況マップ)					
								洋上風力発電システム実証研究(低コスト施工)					
導入支援			洋上ウインドファームFS			着床式洋上ウインドファーム開発支援事業							
						地域共存型洋上ウインドファーム基礎調査							
系統技術								次世代洋上直流送電システム開発事業					

2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 事業の目標

研究開発項目 I .システム開発

● 中間目標

システム開発として多端子洋上直流送電システムの設計・調達・建設(EPC)と運転・保守(O&M)等を検討した結果を使い、また、多端子洋上直流送電システム向けに要素技術開発するコンポーネントの特性を使い、モデルケースの可能性検討を行い、既存の交流送電システムに対して、コスト削減割合20%を得る。

● 最終目標

多端子洋上直流送電システムのモデルケースから、導入を想定した1~3ケースを選択・システム設計し、また、要素技術開発されたコンポーネントのプロトタイプにおいて試験された信頼性データと、それらコンポーネントを選択したモデルケース向けに設計した特性を用いて、**既存の交流送電システムに対して、平均稼働率(信頼性)等を含めたコスト削減割合20%以上の導入モデルケースを完成する。**

研究開発項目 II .要素技術開発

● 中間目標

多端子洋上直流送電システム向けに新たに必要となるコンポーネントのプロトタイプ設計と試作、性能試験を行い、モデルケースから要求される特性を得る。あわせて、既存の交流送電システムに対して、モデルケースのコスト削減割合20%へ貢献する。

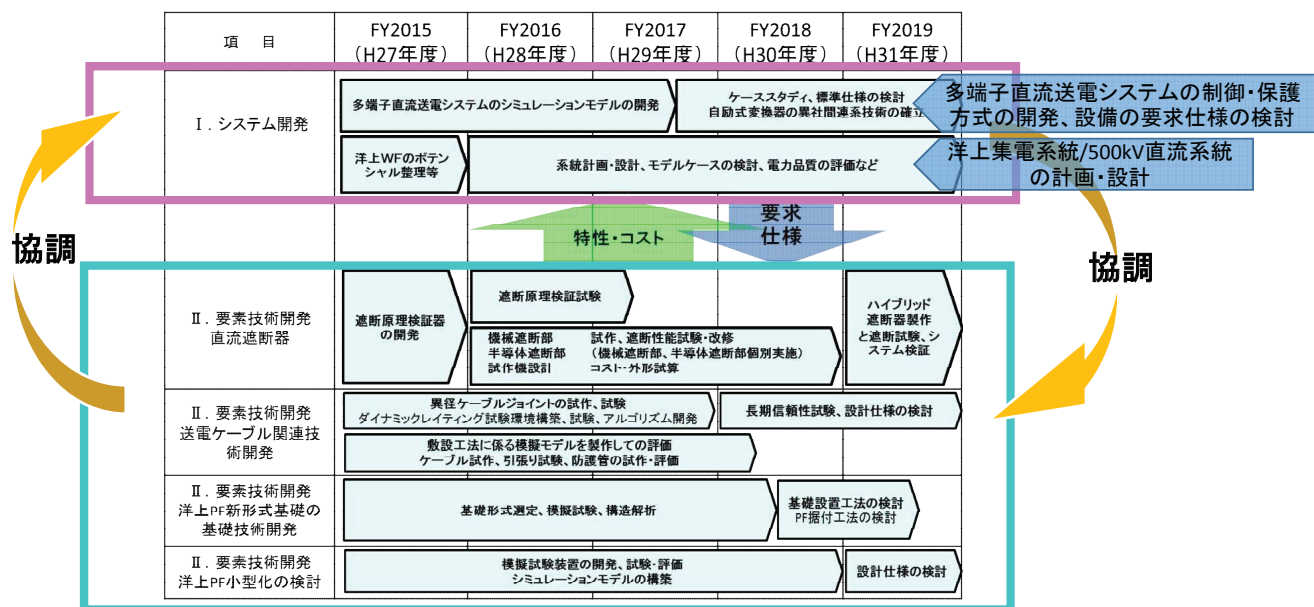
● 最終目標

要素技術開発されたコンポーネントのプロトタイプの信頼性試験を行い、また、選択されたモデルケースに向けた設計と特性検討、あるいは、設計と試作、性能試験を行い、それらコンポーネントの仕様を完成する。あわせて、既存の交流送電システムに対して、そのモデルケースの平均稼働率(信頼性)等を含めたコスト削減割合20%以上へ貢献する。

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

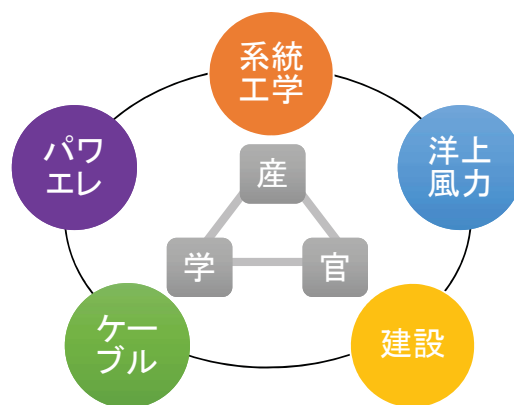
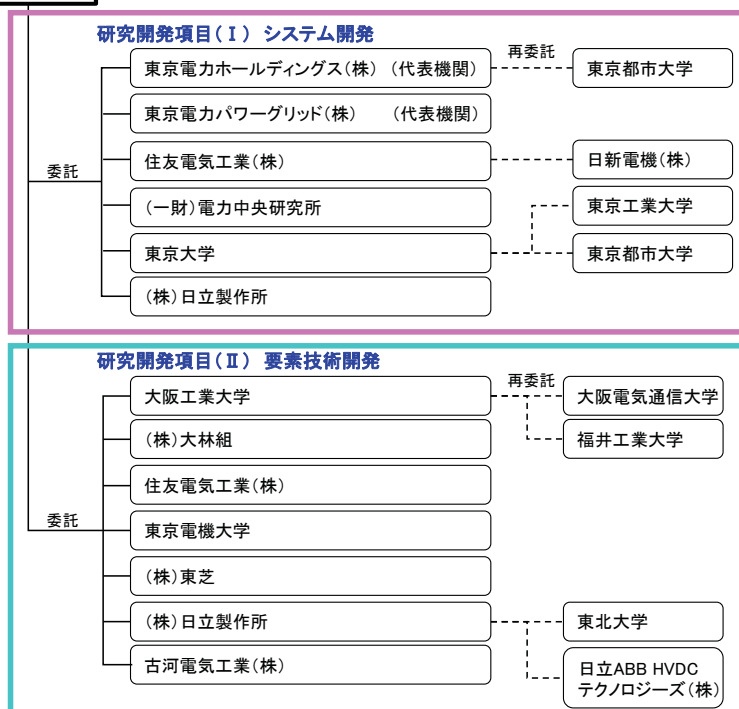
- システム開発は、4年目までに洋上風車の集電システムの計画と設計、複数の洋上WFの送電システムの計画と設計と経済性評価を実施。システム制御・保護方式の開発では、解析モデルと異社間連系に対応したシステム標準仕様を開発
- その後、モデルシステムの最適化を図りつつ経済性あるモデルケースの完成、システム制御・保護技術の確立、システム標準仕様書の完成、要素技術開発への要求仕様のフィードバックを実施
- 要素技術開発は、3年で要素技術開発の試作・評価試験を完了
- 直流遮断器は、29年度と30年度に各遮断部の数十kV器を開発し、31年度初旬にハイブリッド遮断器として完成
- その後、長期信頼性試験や設計指針・仕様(システム開発からの要求仕様を踏まえて)検討などを実施



2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

◆ 研究開発の実施体制

NEDO



- 関連分野に精通した、競合企業を含む事業者が参加し、システム開発と要素技術開発が協調して開発を推進
- 多端子洋上直流送電システムのユーザ目線での開発を重視するために東京電力を代表機関に選任

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ プロジェクト費用

- 平成27～29年度の前半3年間の予算総額は約34億円
- 5年間の総予算額は約48億円の見込

研究開発項目ごとの費用(NEDO負担額)

単位: 百万円

年度	2015 (H27)	2016 (H28)	2017 (H29)	2018 (H30)	2019 (H31)
研究開発項目(I) システム開発	449	253	(101)※	-	-
研究開発項目(II) 要素技術開発	592	1,229	(841)※	-	-
合計	1,041	1,482	(942)※	(800)※	(500)※

※()内予定

◆ 成果の普及

学会発表等については、特許の想定や機密性の高い情報の取り扱い等を考慮しつつ、成果普及の観点から情報発信を実施。

また、特許出願については、実用化・事業化を想定し、戦略的に特許化が必要と判断したものは出願するとともに、国内出願、海外出願についても、市場動向や費用対効果等を踏まえつつ選択。

	27年度	28年度	29年度	計
特許出願 (海外)	—	9 (2)	2 (1)	11 (3)
学会発表、論文 (査読付)	1 (1)	13 (3)	5 (3)	19 (7)
講演、その他	5	—	—	5