

ITER計画の新たなスケジュール及びコスト について

平成28年11月

●
文部科学省
研究開発局
研究開発戦略官付



目次

1. ITER建設のスケジュール及びコスト見直しの経緯
2. ITER機構のガバナンス改革の概要
3. スケジュール見直しの概要
4. コスト見直しの概要
5. ITER理事会独立レビューグループによる第三者評価
6. まとめ

ITER建設のスケジュール及びコスト見直しの経緯 ①

ITER計画のスケジュールについては、これまで、主要機器ごとの製作の遅延が報告されており、それを受け、ITER理事会において遅延回復のための要請を重ねてきた。

■2010年・2011年

- ITERのファーストプラズマ(運転開始)を2020年11月、核融合運転開始を2027年末とする。

■2012年

- ITER機構から、主要機器の一部の製作に遅延が発生しているとの報告。
- 各極の国内機関との協力の下でスケジュール回復策の構築及び遂行を早期に実施することをITER機構に要請。

■2013年

- 長期スケジュールの信頼性を改善させるため、遅延の原因の根本分析を実施し、改善計画を策定することをITER機構に要請。

■2014年

- 我が国を含めた多数の極が、遅延をできる限り回復すべきであり、各極は分担する機器製作に責任をもって対処すべきとの意見を表明。
- その結果、特に遅延の大きい機器について優先して設計の確定を図るとともに、スケジュール回復策を早急に実施し、その結果を報告することをITER機構に要請。

ITER建設のスケジュール及びコスト見直しの経緯 ②

2015年3月に就任したビゴ機構長による建設スケジュール及びコストの見直しに進展。

【ビゴ機構長による改革】

- ビゴ機構長の下、ITER機構のガバナンス改革を実施（副機構長職の削減、迅速な意思決定体制の確立等）。同年5月には多田栄介副機構長（日本）、同年10月にはイ・ギョンス副機構長（韓国）が就任。
- 新たな体制となったITER機構において、それまでの各極における機器製作の遅れ^(※)を踏まえた、新たな建設スケジュール及びコストの見直し作業に着手。

(※) 欧州が担当する建屋に最大の遅延(45ヶ月)が生じており、建設スケジュールの見直しが必要とされてきた。

【第17回ITER理事会結果】

- 2015年11月に開催された第17回理事会においては、その時点におけるITER機構の検討結果として、ファーストプラズマを2025年12月、ITER機構が担当する組立経費のコスト増を約44億ユーロ増とする見直し案が報告された。
- 各極はこれを承認せず、スケジュールの加速及びコストの低減をさらに進めるため、2016年6月までに外部専門家によるレビューを実施することとなった。

ITER建設のスケジュール及びコスト見直しの経緯 ③

【臨時ITER理事会結果】

- 本年4月27日に開催された臨時理事会においては、外部専門家から構成されるITER理事会独立レビューグループ(ICRG)がスケジュール及びコストを評価した結果として、以下が報告された。

- 2025年のファーストプラズマは技術的に達成可能だが、これ以上早めることはできない。
- コストは、過大又は過小な見積りとはなっておらず、合理的な範囲となっている。

【第18回ITER理事会結果】

- 本年6月に開催された第18回理事会においては、上記のレビュー結果を踏まえた議論が行われ、最終的に以下の結論を得た。

- 2025年12月のファーストプラズマに合意。
核融合運転(2035年頃)までの全体スケジュール及びコスト(同理事会ではITER機構から約51億ユーロ増との報告あり)については、第19回ITER理事会(11月)において議論を行う。
- 米国提案の重点事項に関するレビューの導入を検討することに合意。具体的な内容は、既存の評価との重複を避け必要以上の負荷とならないよう検討を進める。

【第19回ITER理事会結果】

- 第19回理事会においては、ITER機構から提出された核融合運転のスケジュール及び新たな建設コストについて議論が行われ、最終的に以下の①については承認し、②については暫定承認^(※)した。

- ① ファーストプラズマ(2025年12月)後のスケジュールについては、段階的な組立と運転を経て2035年12月に核融合運転を開始すること。
- ② 全体の建設段階のコストについては、2035年までで約52億ユーロ(1ユーロ=125円とした場合、約6千5百億円)を増額すること。(うち日本負担分は約570億円)

(※) 暫定承認: 財政当局を含む国内調整が未了であることに留意しつつ、技術的には承認を与え、プロジェクトの当面の前進を促すもの。全極の国内調整が整った上で別途最終承認を経る必要がある。

- 上記のコストについて正式承認するため、来春以降に閣僚級会合を開催する可能性が留意された。

ITER機構のガバナンス改革の概要 ①

(ビゴ機構長のアクション・プラン概要)

- 2013年ITER運営評価報告(非公開)において、ITER事業の運営に関する11項目の勧告が出された(同年10月):①プロジェクト文化の創成、②機構長交代、③機構長権限の強化、④幹部職員の減、⑤システムエンジニアリングの強化、⑥原子力安全文化の醸成、⑦現実的な事業スケジュールの策定、⑧ITER機構と国内機関(DA)の連携強化、⑨組織の簡素化、⑩人材の戦略的活用、⑪答申対処の改善
- これを受け、2015年3月ビゴ機構長が就任、7項目のアクションプラン2015を策定し、実施へ移した:(1)機構長権限の強化、(2)組織の簡素化、(3)共同事業会議(EPB)の設立、(4)予備費の導入、(5)中央チーム(CT、それまでのIOを呼称変更)と国内機関による事業チームの設立、(6)ITER機構と国内機関の統合強化、(7)職員規則の改定
- ビゴ機構長着任以降、ITER機構組織の簡素化、副機構長の指名、それ以下の幹部人事に着手。ITER機構と国内機関の連携を一層強化するための仕組み、ITER機構と国内機関間の問題解決のための予備費の設立を行ってきた。



ITER機構のガバナンス改革の概要 ②(執行部改革)



ベルナール・ビゴ機構長



多田栄介副機構長



イ・ギュンス副機構長



小野塚正紀中央統合本部長



クマル事業管理本部長

- 副機構長ポスト削減:7→2
(IO組織の簡略化を図る)



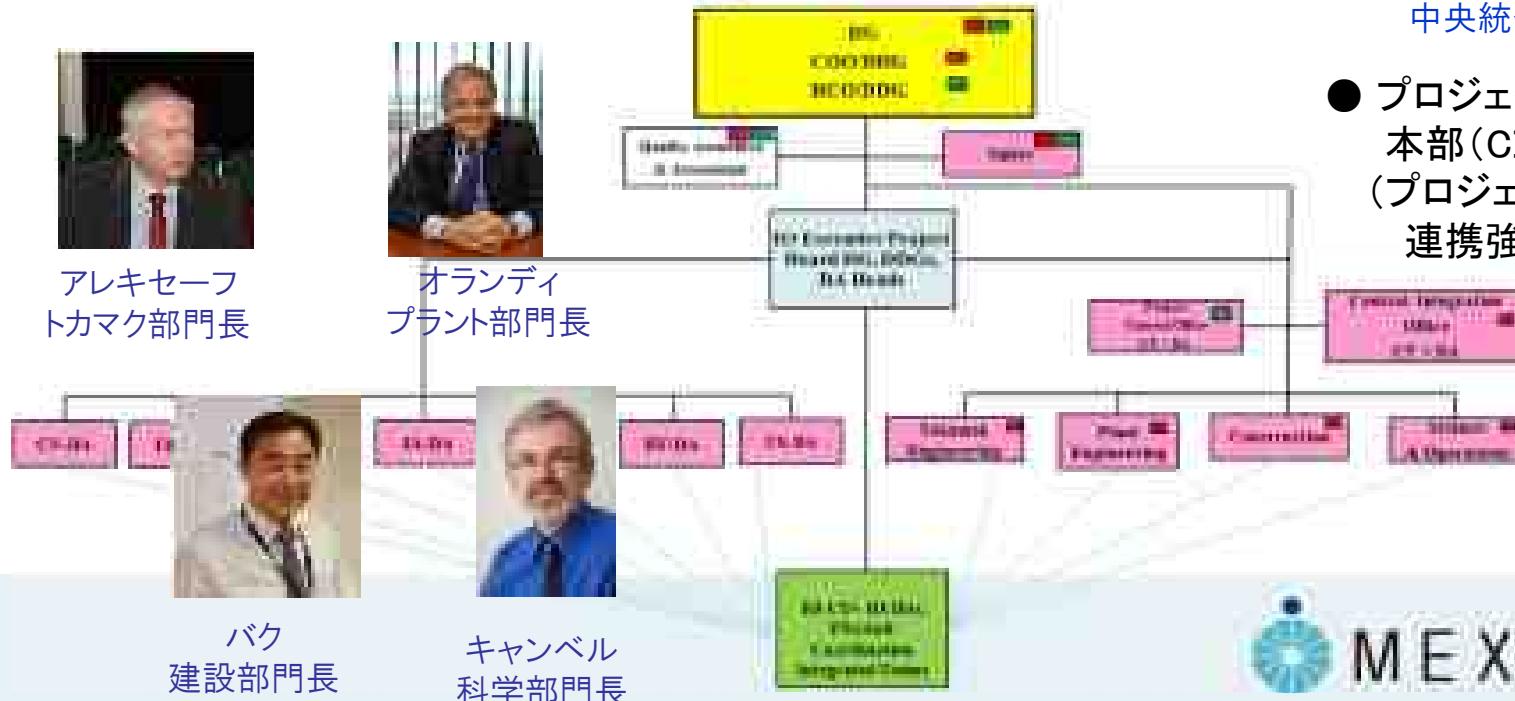
ヤニシツ
中央統合本部次長



岡山克巳
事業管理本部次長

Overall Organization of the ITER Project (detail)

2 April 2015



- プロジェクトを横断する機能を強化: 中央統合本部 (CIO)、事業管理本部 (PCO) の設立 (プロジェクト文化創成、ITER機構と国内機関連携強化を図る)

青文字: 新任

スケジュール見直しの概要 ①(詳細経緯)

- 2010年に承認されたスケジュールに関し、第10回ITER理事会(2012年6月)において遅れが発生しているとの報告があり、是正措置及び回復計画の検討及び実施が進められた。しかし、その後も是正は行うものの、スケジュール遅延は止まらない状況が続いた。
- そのため、第13回ITER理事会(2013年11月)において、2014年年次作業計画の実施から得られた知見を活用して、長期スケジュールの信頼性を改善させ、第16回ITER理事会(2015年6月)に提示するよう要請した。

2015年6月時点での機器の製作状況 (第16回ITER理事会資料より)

Item / System	Relevant Organisation	Delay from Level-0 Reference Schedule in May 2014 (in months)	Delay from Level-0 Reference Schedule in Sep 2014 (in months)	Delay from Level-0 Reference Schedule in April 2015 (in months)
Tokamak Complex (B-F11)	EU-DA	30	21-43	21-48
Vacuum Vessel Sector 49	EU-DA	26	40	35
Vacuum Vessel Sector 50	KO-DA	19	27	27
TF Coil 09	EU-DA	19	29	27
TF Coil 12	JA-DA	10	12	20
PFS, PFS Coil	EU-DA	18, 18	25, 22	25, 31

- ファーストプラズマ達成に直結する機器(クリティカル機器)の製作工程の遅延が止まらず、特に、欧州の調達する建屋、真空容器、ポロイダル磁場(PF)コイルが問題となった。
- これによると、第16回ITER理事会に報告された進捗報告では、ファーストプラズマは最速で2026年7月。これを出来るだけ早くするとの理事会方針に従うと共に、各極DAの詳細作業スケジュールを統合した作業が進められた(CT-DAによる現実的に達成可能な長期工程の策定)。
- 第17回ITER理事会(2015年11月)にファーストプラズマを2025年12月としたスケジュールの更新案が提示されたが、合意には至らず、ICRGで妥当性を評価。その結果、おおむね妥当との結論を得た。
- 第18回ITER理事会(2016年5月)において、ファーストプラズマまでの事業スケジュールが承認されるとともに、次回理事会に核融合運転までのスケジュールを提案するよう要請があった。
- 新たな事業スケジュールは第19回ITER理事会において合意された。

スケジュール見直しの概要 ②(遅延要因の分析)

新たなスケジュールは、その積み上げにあたり、各極における財政制約を考慮に入れ、かつクリティカル機器に対して以下の是正を実施したものの。

- ①建屋(欧州):2シフト、週6日建設作業の導入、
建屋の部分的な利用促進
- ②PFコイル(欧州):PFコイルの一部を中国に調達移管
- ③真空容器(欧州):欧州分7セクターのうち2セクター
を韓国に調達移管

現地での組立作業では、①CMAによるエンジニアリング支援を導入し、組立工事に体制を詳細化するとともに、②国内機関での機器調達の進展の成果を反映して、組立て作業の時間、手順を見直している。

特にファーストプラズマ以降については、第17回ITER理事会(2015年11月)以降に提起された4ステージアプローチ(実験プログラムを4段階で構成する案)により、核融合運転を目指すこととしている。

したがって、実現可能性が高く、合理的なスケジュールである。

マイルストン	旧スケジュール	新スケジュール
クライオスタート閉	2020.2	2024.12
ファーストプラズマ	2020.11	2025.12
第二期運転	2022.9	2028.12
第三期運転	-	2032.6
DT運転開始	2027.12	2035.12



	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
主要マイルストン	当初														
	新														
建屋	当初														
	新														
PFコイル	当初														
	新														
真空容器	当初														
	新														
現地組立	当初														
	新														

コスト見直しの概要 ①(詳細経緯-1)

- 2015年3月の臨時ITER理事会において、追加直接投資等の予備的な資源を纏めて予備基金として設置することが承認され、同年9月にその管理計画が承認された。
- 第17回ITER理事会(2015年11月)において、長期スケジュールの更新案と共に全体事業コストの更新案が提示されたが、合意には至らず、ICRGで妥当性を評価。その結果、合理性ありとの評価を得た。
- 第18回ITER理事会(2016年6月)において、次回理事会に全体事業コストを提案するよう要請があった。
- 新たな全体事業コストは、第19回ITER理事会において暫定合意された。
- なお、運転期及び除染期のコストは従来と変更はない。

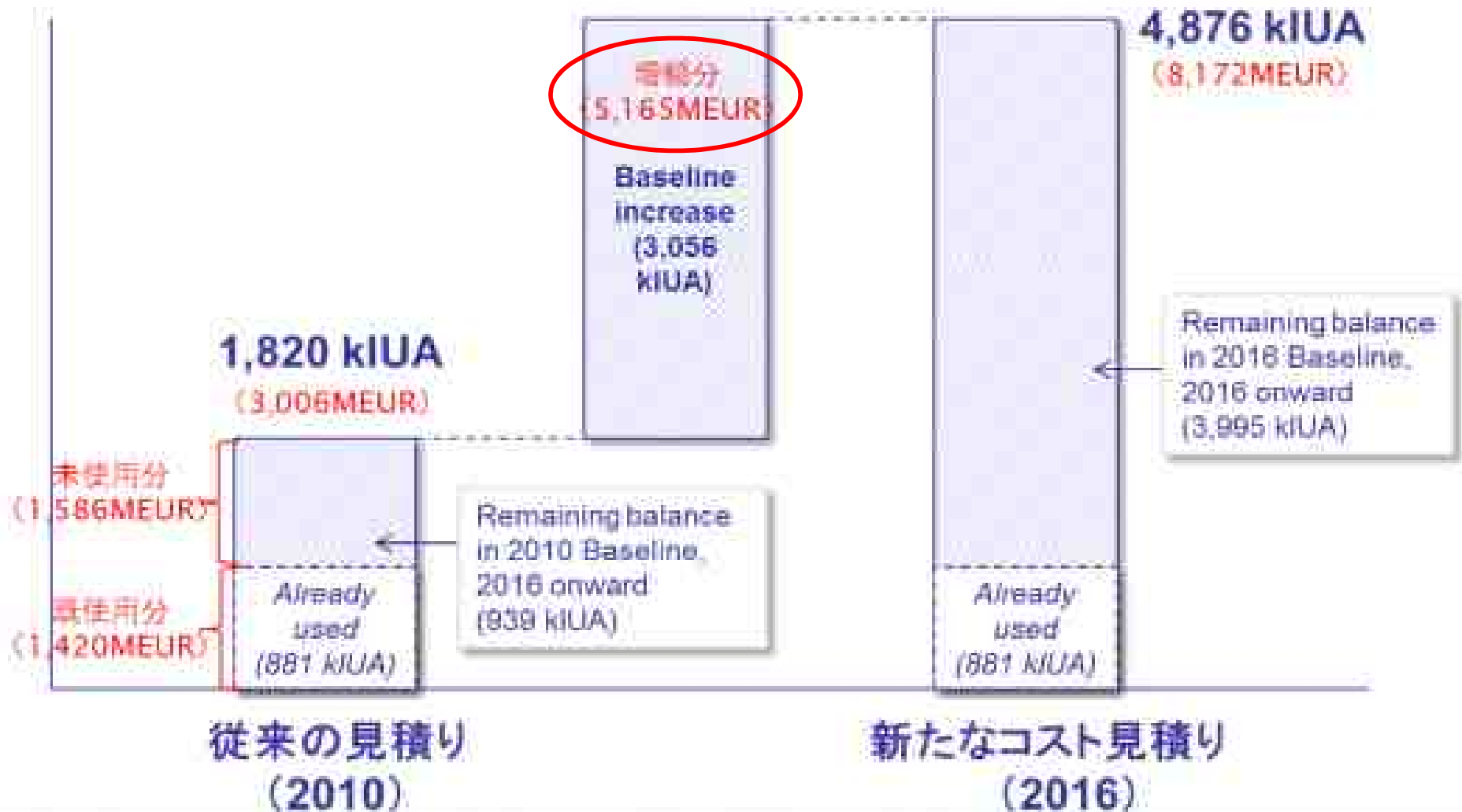
(単位:kIUA)	従来承認コスト	第19回ITER理事会(2016年11月)において暫定承認されたコスト
建設段階(合計、2007年以降)	4700.0	7813.1
1. 直接投資 (Direct Investment)	3475.0 (内訳) 現物貢献 2879.5 資金貢献 562.7 TBM 32.7	4645.9 (内訳) 現物貢献 2936.8 資金貢献 1658.7 TBM 50.4
2. ITER機構の職員(雇用職員及び 出向職員)、基盤施設等の管理運 営費 [出向職員以外は資金貢献]	975.2	2482.2
3. 建設中の研究開発 [資金貢献]	77.1	77.1
4. 予備費	172.7	607.9

IUA: 経時的に安定した基盤を提供するため、及び公平に各参加極に物納による調達割合を定めるため、ITER協定の一環として作成されたITER会計単位(ITER Unit of Account)。1IUAは1.69kユーロに相当(2016時点)。

コスト見直しの概要 ②(詳細経緯-2)

ITER機構コストの比較(2010 対 2016)

新たなコスト見積りは2010時点の見積りに対して約2.7倍
(2016以降では約4.3倍)



コスト見直しの概要 ③(増額要因の総括分析)

(Million ユーロ)

	2016 - 2025	2026 - 2035	計	従前見積りとの比
組立費	(745) 1,975 (2,720)	(0) 893 (893)	(745) 2,868 (3,613)	~4.8
人件費	(450) 929 (1,379)	(0) 269 (269)	(450) 1,198 (1,648)	~3.7
ITER保守管理費	(76) 325 (401)	(0) 40 (40)	(76) 365 (441)	~5.8
予備費	(315) 500 (815)	(0) 235 (235)	(315) 735 (1,050)	~3.3
計	(1,586) 3,729 (5,315)	(0) 1,437 (1,437)	(1,586) 5,165 (6,751)	~4.3

(1) 組立経費の増 2,868Mユーロ (3,585億円)

2010年以降の設計活動により詳細化された複雑な組立工程及び工数増への対応、組立工事監督経費の増、従来になかった段階的な組立工程(staged approach)の追加により必要となった一時保管設備等の整備 等

(2) 人件費の増 1,198Mユーロ (1,498億円)

組立工程及び工数の増に対応するための作業量の増加(ITER機構職員:3100人年→11200人年)。ただし、人件費単価は一定

(3) ITER保守管理費の増 365Mユーロ (456億円)

ITERの建設サイトや機構本部に係る高熱水費、保守費、セキュリティ経費、備品費等。従来になかった段階的な組立工程の追加により必要となった一時保管設備関連費用が増加、それを除いた職員1人当たりの経費は一定

(4) 予備費の追加 735Mユーロ (919億円)

更なるスケジュール遅延及びコスト増を生じさせないための機動的支出を行う予備費の追加

コスト見直しの概要 ④(増額要因の個別分析-1)

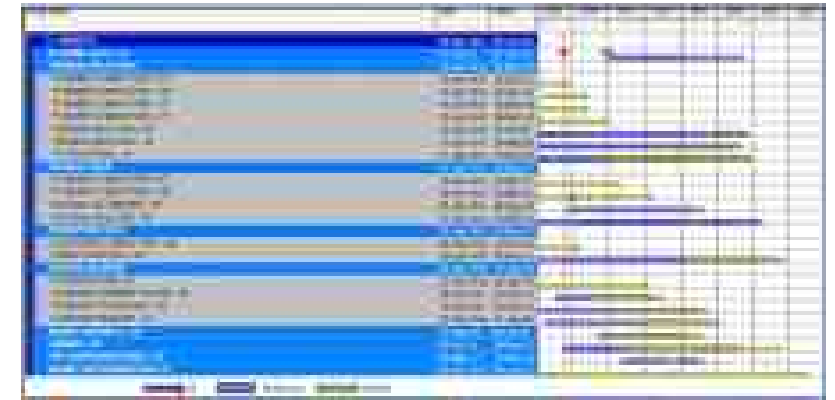
組立費

- 事業スケジュールは、WBS(作業分解構成)に従って詳細化、作業時間を割り当てスケジュール作成(ITER機構と全国内機関で共通のソフトウェアを使い、毎月進捗を統合して管理している。
- ITER機構では、このスケジュールから、別のソフトウェアにて人工、単価を割り当て、作業コストを評価している(なお、今後の契約上の関係から人工、単価は非開示)
- ITER機構は、これらのコスト評価の内訳を、各機器毎にコストブックとしてまとめ、全国内機関と情報共有している。
- なお、主要項目(計測装置、設備、真空容器、マグネット、加熱装置、組立統合、トリチウム)について、ICRGが人工、単価を確認し、コストは妥当との評価を行った。

保守管理費

- 物納機器を保管するための施設、用地が新たに必要。加えて、期間延伸に伴い各施設の保守管理費が増
- 期間延伸にともない、光熱費、警備等の一般管理費が増
- 実績をもとに、コストを評価

スケジュールの例



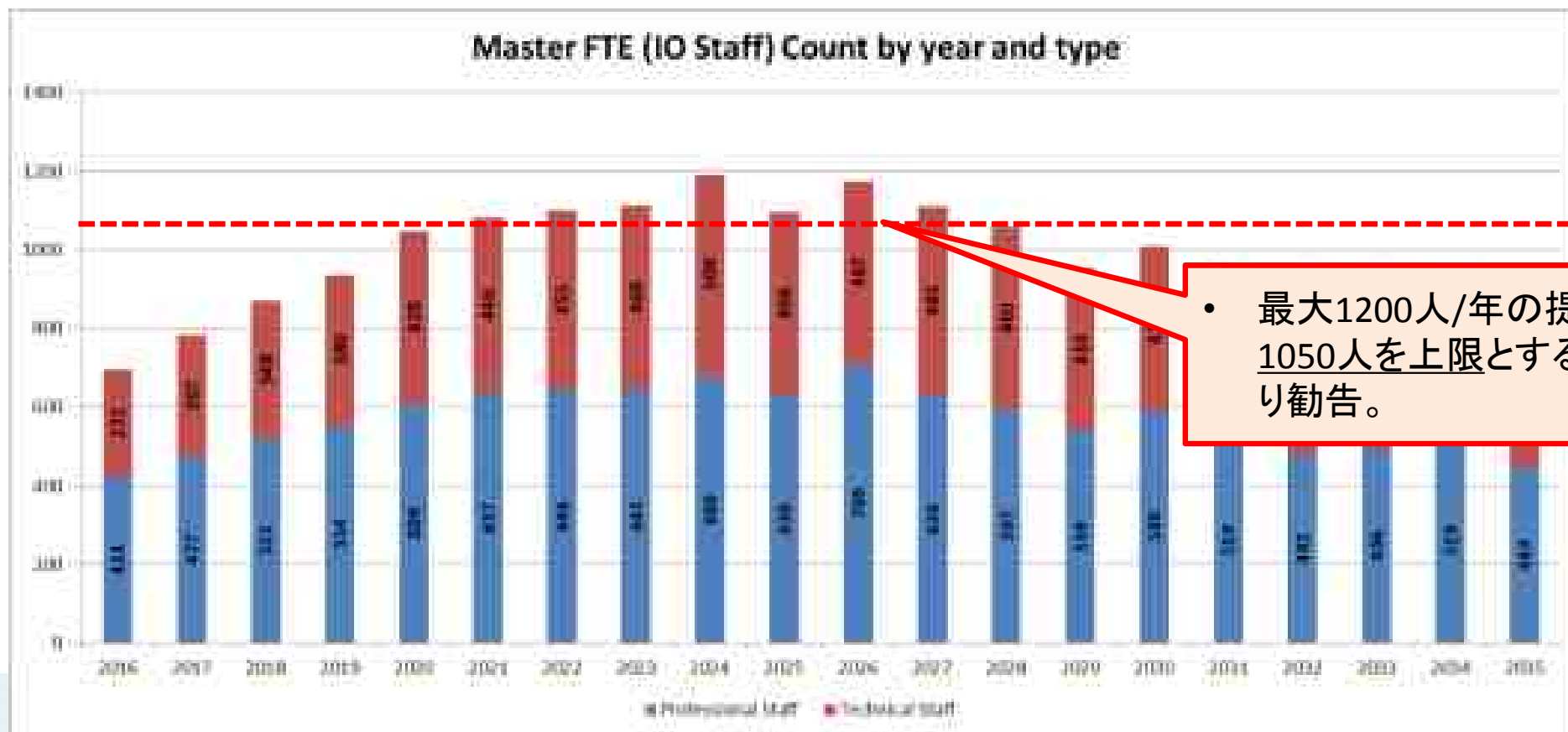
コスト評価の例



コスト見直しの概要 ⑤(増額要因の個別分析-2)

人件費

- 事業スケジュールに基づき(期間延伸)、ITER機構の作業量(工数増)を評価し、これに基づき人工を積み上げ。この際、専門職、技術職、に分けて評価(職員数3,100人年→11,200人年)。
- ICRGにより、作業量、人工を確認し、ITER機構の人員計画は妥当との評価。
- 本年6月の第18回ITER理事会に上記の人員増を提案したが、年あたりの総数を1,050人を上限とするよう理事会が勧告。ただし、不足分は各極国内機関から短期的な人材の派遣を行うこととした。このため、人件費は11,200人年分計上。



• 最大1200人/年の提案に対し、1050人を上限とするよう理事会より勧告。

コスト見直しの概要 ⑥(増額要因の比較分析-1)

ITER建設には、これまでに例のない規模で大型かつ精密な機器の組立作業が必要であり、そのコストについて同規模のプロジェクトとの比較が困難なため、我が国の先進トカマク実験装置(JT-60SA)の経験に照らし、その規模等を勘案しつつ評価を行った。

➤ ITERトカマク組立コスト(組立費の一部)は、JT-60SAと比較しておよそ7倍規模となっている。これに対して、JT-60SAと装置規模や技術面において比較した結果、以下のとおり。

(1) 装置規模 : **ITERのトカマク本体重量は9倍**

組立には1,500tクレーンを使用。JT-60SAの250tクレーンと比較して6倍規模にも関わらず精度は同等以上が要求されるため、高度な技術と労力が必要

(2) 溶接技術 : **ITERの真空容器容積は6倍。溶接量は3倍、特殊素材に伴う労力はおよそ倍。**

ITERで溶接するステンレス鋼の厚さはJT-60SAの3倍の60mmであり、溶接時の変形を抑えることがより困難。素材は放射化を避けるためにコバルトの含有量を減らす等した特殊ステンレス鋼を使用。技術の蓄積が少ない特殊ステンレス鋼を寸法公差±0.01%以内という高精度で溶接する必要があり、溶接量の差以上の労力と高度な技術が必要

(3) 規制対応 : **JT-60SAでは適用されない法規制への対応**

ITERはトリチウムを燃料に用いるため、仏国の原子炉関係法令に基づき、溶接等にJT-60SAでは適用されない規制基準(許容欠陥量が半分以下(欠陥部位の大きさが板厚の1%内))や法定検査(全溶接部に放射線検査を義務付け、第三者認証)への対応が必要

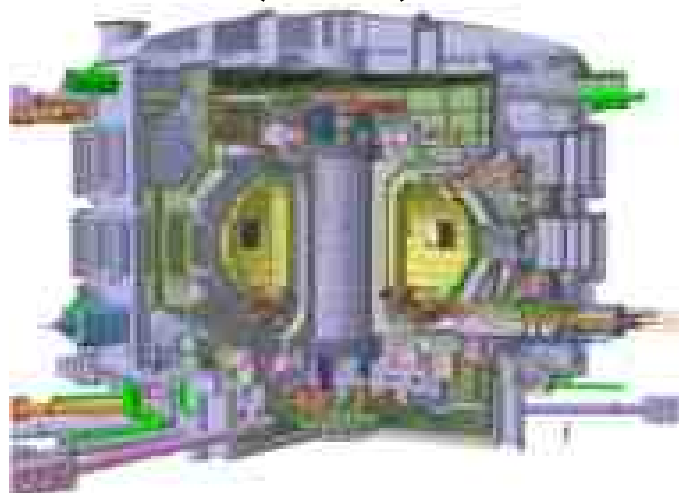
(4) その他 : **7極の国際プロジェクトであることに伴う調整**

JT-60SAは従前の加熱装置を再利用するため取合設計が当初から確定しているが、ITERにおいては7極の物納機器との取合調整が必要

➤ これらのことから総合的に判断すると、ITERの組立コストの規模について、国内の最新の実績値からしても過大ではないと評価している。

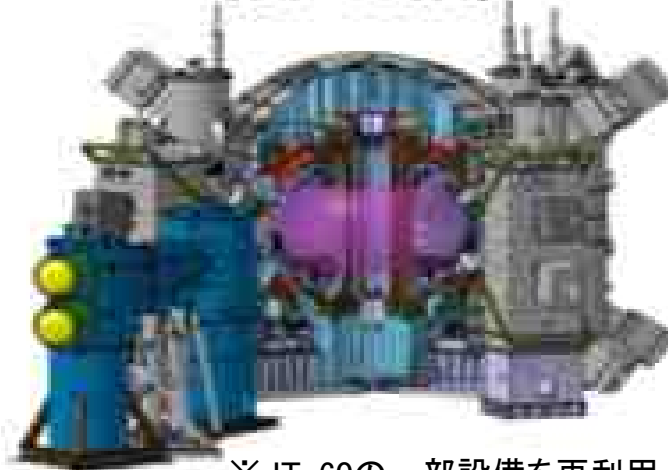
コスト見直しの概要 ⑦(増額要因の比較分析-2)

<ITER>



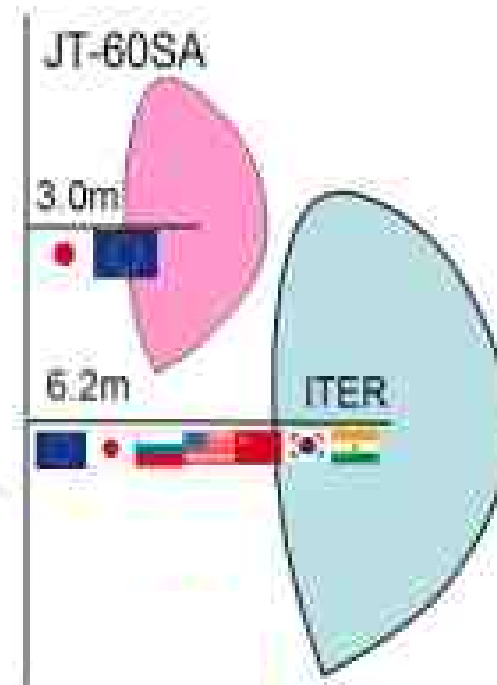
建設地: 仏・カダラッシュ
 建設開始: 2007年
 組立開始: 2017年
 核融合燃料: 重水素 / 三重水素

<JT-60SA>



※JT-60の一部設備を再利用

建設地: 茨城県・那珂市
 建設開始: 2007年
 組立開始: 2014年
 核融合燃料: 重水素 / 重水素



サイト組立経費評価	ITER	JT-60SA	比 (ITER/SA)
①トカマク本体重量 (t)	23,000	2,600	~9
②真空容器容積 (m ³)	1,595	295	~6
③真空容器厚み (最大) (mm)	60	18	~3
④トカマク組立作業 (人年)	今後の入札に影響するため非公表		~5
⑤組立コスト見積り (Mユーロ)			~7

ITER理事会独立レビューグループによる第三者評価

- 2015年11月に開催された第17回ITER理事会の決定により、ITERのスケジュール及びコスト増の妥当性をレビューするため、外部専門家チームが設置された。
 - ・参加7極から、ITER計画と利害関係のない計14名が選出
 - ・日本からは大型加速器建設経験者と大型プロジェクトのコンサルタントの2名が参加
- 2016年2月～4月までの間、サブグループによる作業、現地会合やテレビ会合を通じて集中的なレビューを実施※。
※特に主要分野として計測装置、設備、真空容器、マグネット、加熱装置、組立統合、トリチウムを設定し、ITER機構の積算根拠（機器毎の工数や単価を含む）につき詳細な分析を実施。
- 4月中旬に取りまとめられた最終報告書においては、レビューの結果として以下が報告され、同月開催された臨時ITER理事会においてこの結果を留意した。
 - 2025年のファーストプラズマは技術的に達成可能だが、これ以上早めることはできない。
 - コストは、ITER機構職員及び契約職員のコストを含め、過大又は過小な見積りとはなっておらず、合理的な範囲となっている。



まとめ

【基本的認識】

- ITER計画は、世界初の本格的な核融合装置を実現するという目的の下、連合組織EUや旧西側・東側の国々からなる7つの極が協同で進める大型国際プロジェクトであり、これまでに例の無い先導的挑戦である。そのため、技術的先進性に伴う課題や、建屋・機器を参加極が別々に製造・物納し、ITER機構が設計統合や組立・据付を行うというプロジェクトの性質が複雑に絡み合って、スケジュール遅延とコスト増加が生じている。

【文部科学省としての分析】

(スケジュール)

- 参加国の財政制約を反映したものであり、かつ、機器製作の担当極を変更するなどして遅延を最大限回復する策が採られていることから、新たなスケジュールは妥当と評価する。

(コスト)

- 我が国が知見を有するJT-60SAの工数を参照した場合、工程及び工数の増加並びにそれによるコスト増は妥当と評価する。
- また、人件費単価は一定となっており、上記の工程及び工数の増に伴う人員増並びにそれによるコスト増は妥当と評価する。
- そのほか、予備費の追加についても、これまでの実績を踏まえると妥当と評価する。

