2014年3月28日@東京都市大学

2014年春の大会
標準委員会セッション3(原子力安全検討会、分科会）
「原子力安全確保のための基本的な技術要件」

原子力安全確保のための基本的な技術要件と規格基準の体系化の課題の検討

平成26年3月28日(金）

一般社団法人　原子力安全推進協会
平川　博將
（技術士　原子力・放射線部門）

目次

1. 技術要件やオブジェクティブ・ツリーへの福島第一原子力発電所事故の教訓の反映
2. 原子力安全の規格基準の充実・体系化に向けた諸課題の検討
3. まとめ

検討の範囲

- 福島第一事故の教訓と指摘事項のうち、技術要件やオブジェクティブ・ツリーへ追加的に取り込むべき事項の検討
- 安全設計に関係する国内規格基準類を整備・体系化して行くにあたっての課題の検討
- 福島第一事故の教訓と指摘事項に基づくSSR-2/1, 2/2及び新規制基準への提案事項や留意事項の取りまとめ

１．技術要件やオブジェクティブ・ツリーへの福島第一原子力発電所事故の教訓の反映

検討のステップ

1. 福島第一原子力発電所事故に関する各種報告書の教訓と指摘事項の整理・抽出
2. 技術要件としてSSR-2/1, 2/2に追加的に盛り込むべき内容の整理。
3. オブジェクティブ・ツリーへの反映の検討
   - 追加的に盛り込む技術要件が原子力安全を確保するためのロジックと整合するかどうかを確認。
4. 学会版の原子力安全確保のための基本的な技術要件（案）の検討。

各種報告書の教訓と指摘事項の整理・抽出

- 参考とした福島第一事故調査報告書
  - 政府のIAEA閣僚会議報告
  - 国会事故調
  - 政府事故調
  - 民間事故調
  - 東電事故調
  - 日本原子力技術協会
  - INPO　等

- 「福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえて充実すべき技術要件は何か？」の観点からの整理・抽出。
  - 教訓や指摘事項のうち、直接的な事故原因に関わる施設・設備の設計や運用マネジメントに関する項目を中心に抽出。
- 原子力規制委員会資料や報道記録をもとにこれらの教訓と指摘事項の網羅性を確認。
- 約200件の福島第一原子力発電所事故の教訓や指摘事項から技術要件及び新規制基準に反映すべき事項を抽出した。

反映事項抽出の検討方法

- オブジェクティブ・ツリーの論理構造を活用しつつ充実すべき事項を下記のステップで検討。
  - 各種事故報告書から抽出された約200件の教訓と指摘事項について、
    - IAEA SSR-2/1及び2/2の個別安全要件、新規制基準において対応の有無を確認
    - 追加すべき内容、技術要件への反映の要否を検討。
  - 対応するオブジェクティブ・ツリーを選別し、
    - これらの教訓や指摘事項が課題（脅威：challenges）やメカニズム（mechanisms）や対応策（provisions）のどのレベルに相当するものか確認
    - 課題、メカニズム、対応策の概念に包含されるものか確認
    - 必要に応じてオブジェクティブ・ツリーを修正、追記。

SSR-2/1 技術要件への主な反映事項

- シビアアクシデント対策と津波などの自然現象による外部ハザードに対する備えに関するものが主体。
  - SSR-2/1の82要件の内、12要件が教訓の反映の対象。
- 反映が必要な点：設備対策関係。SSR-2/1の要件をより明確な表現にするべく、センテンスを追加したり、表現を見直したり、表現を補強すべきものが多い。
  - ✓ 最終ヒートシンク喪失や建屋水素爆発の対策、長時間の全電源喪失を考慮したパラメータ監視方策や制御室の居住環境条件を確保した制御能力の維持、緊急時コントロールセンター（緊急時対策所）の自然災害／原子力緊急事態が発生した場合の機能維持の方策、非常用電源の観点から外部電源系統の耐震性向上など
- 留意すべき点：SSR-2/1の要件本文を一部見直す部分もあるものの、主に付則の表現を補強する観点からのセンテンスの追加や、文章を修正すべきものが多い。
  - ✓ 想定を超える事象に対する備え、津波などの蓋然性のある脅威に対する徹底した設備設計、非常用電源系の溢水対策、代替電源の確保、施設や設備の機能強化など

SSR-2/2 技術要件への主な反映事項

- 緊急時の備えやアクシデントマネジメントに関するものが主体。
  - SSR-2/2の33要件の内、10要件が対象。
- 反映が必要な点：運転組織の実際の活動に依存し性能規定的な表現の部分が多いため、要件本文を含めこれらを明確な表現にするべく、センテンスを追加したり、表現を見直したりすべきものが多い。
  - ✓ 想定を超える事象に対する備え、テロ攻撃（B.5.b）、複数のユニットが関わる事象、長時間に及ぶ事故対応に対する体制などの対応策、放射線防護面を含めアクシデントマネジメント（AM）の対応力、適用すべき手順書の柔軟性の確保など。
- 留意すべき点：SSR-2/2の要件の付則の表現を補強する観点からのセンテンスの追加や、文章を修正すべきものが多い。
  - ✓ 運転組織の責任としての安全を最優先とするリスク管理プロセス、要員の安全文化の強化、説明責任を含めたステークホルダーとの協働による安全性向上、緊急時の情報発信のルール作りなど。

新規制基準（国内規格基準類）の充実が必要な主な事項

- 新規制基準は、性能規定であるが、仕様規定に近い具体的な設備や活動提示している部分も多い。
  - その規定内容は、今回の各種事故調査報告書の教訓や指摘事項を反映していると考えられるものの、教訓や指摘事項が広範囲かつ詳細に亙るため実施の際の具体的な要件や、実施手順を策定するために留意すべき点と考えられるものも多い。
- 今回の各種事故調査報告書の教訓と指摘はシビアアクシデント対策に関するものが主体。広範囲かつ、指摘事項も詳細に亙るために、下位の規定において取り上げるべきもの（新規制基準において下位の規定に委ねているもの）などが含まれている。
  - ✓ 体制や組織、品質保証などのマネジメントに関するプラント運転の保安活動において反映を考慮すべきものについては、今後、より下位の保安規定に関する新規制基準（規則や審査基準）との比較検討も必要。
  - ✓ 今回の事故から抽出された直接的な教訓や指摘事項を反映するために、事業者がどのような体制を構築し、どのような実施手順を策定すべきかなどを規定するような下位の規定である詳細なガイダンスが必要。

教訓のオブジェクティブ・ツリーへの反映の検討

- 対象となるオブジェクティブ・ツリーは、全68図の中24図。
  - 当初の記載内容の概念に含まれると考えられるものが、13図。
  - 11図（約16%）について修正、追記。
- 教訓や指摘事項は、深層防護の考え方の基本部分である安全機能、それに基づく課題（脅威）とそのメカニズムに大きな影響を及ぼすような本質的なものではない。
  - 多くは安全対応策（provisions）レベルの見落としや、弱点に相当するもの。（寧ろ対応策を検討する場合の追加的な視点や留意事項）
  - メカニズムとして明記が可能と考えられるのは環境へのソースタームへの放出に関し、「建屋の水素爆発」のメカニズムの存在。
  - 課題（脅威）レベルとして、見直し修正すべきものはない。
- IAEAのINSAG-12から続く、SRS No.46の深層防護の考え方にもとづく安全対応策への展開の論理の流れは流れはおおむね妥当であり、そのアプローチは、安全対応策を評価する場合に、非常に有用である。

福島第一事故の教訓を反映した「基本的な技術要件（案）」の検討

- 「基本的な技術要件」を展開するため、最新の知見である福島第一原子力発電所事故の教訓をIAEA SSR-2/1及び2/2の技術要件に反映。
  - IAEAのSSR-2/1及び2/2の改訂提案（DS462)を下敷きに、本検討結果による技術要件への反映事項を考慮した見直しを検討。
  - 本調査結果における反映事項は、新しい知見の集約としてほぼIAEAの改訂提案が参照する教訓を包含し、対応策が深層防護の観点から論理的な不整合がなく、現時点での教訓の集大成されたものと考えられる。
- IAEAの改訂提案の文章に、今回の調査結果による反映事項の過不足分を織り込み、福島第一原子力発電所事故の教訓や指摘事項を反映した「基本的な技術要件（案）」を作成。
- より詳細な仕様規定ベースの規格基準への展開し、原子力安全のための規格基準の体系を構築する際の技術要件のベース（性能要件）。

２．原子力安全の規格基準の充実・体系化に向けた諸課題の検討

原子力安全の規格基準の体系化の目的

- 世界最高水準の原子力安全の確保を目指すためには、事業者自らがその活動を律則し、かつ自主的に原子力安全を向上させる科学的合理的な取り組みを促進させることが重要。
- 原子力学会では福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、産業界の原子力安全の向上活動の基盤を構築するべく、原子力安全の目的と基本安全原則を頂点とする、深層防護の考え方に沿った、かつ新知見のタイムリーな反映が可能な標準の体系を構築。
- 原子力安全確保のためのより合理的な標準策定活動。
  - 標準委員会の活動は、規制基準の体系化にもつながるもの。
  - 原子力安全の規格基準の体系の構築は、事業者の安全性向上活動を学協会として支援するものともなる。

検討のステップ

1. 規格基準体系のフレームワークの検討。
   - 第Ⅰ編「原子力安全の目的と基本原則」から基本的な技術要件への展開のフレームワーク
   - INSAG-12安全原則とIAEA安全基準類及び基本となる国内規格基準類の整理
2. 「基本的な技術要件」をベースに規格基準の体系を構築する際の課題の検討。
   - IAEA安全基準と国内規格基準との比較。
   - 「基本的な技術基準」から規格基準の体系へ展開の考え方の検討（手順及び3学協会分担）。
3. IAEA安全基準及び新規制基準への反映提案の検討。
   - IAEA安全基準の改訂提案DS462への提案の検討。
   - 規制基準を継続的改善するための視点の検討。

民間規格基準の体系化のイメージ

第Ⅰ編「原子力安全の目的と基本原則」

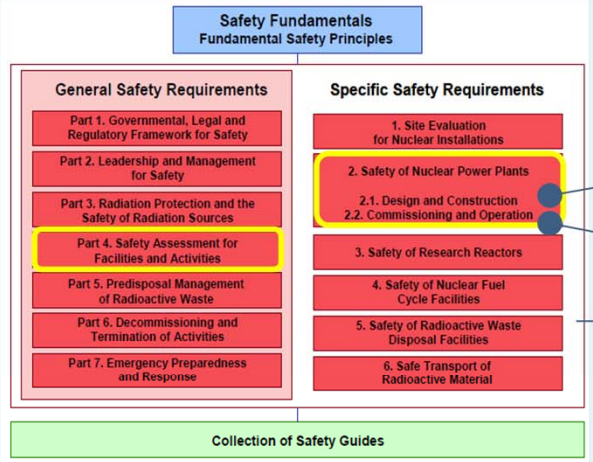
原子力安全の目的

原子力安全の目的は，人と環境を，原子力の施設と活動に起因する放射線の有害な影響から防護することである。

主目的1：人と環境への放射線ハザード防護（INSAG-12）
目的2：放射線防護（INSAG-12）
目的3：技術的な安全（INSAG-12）

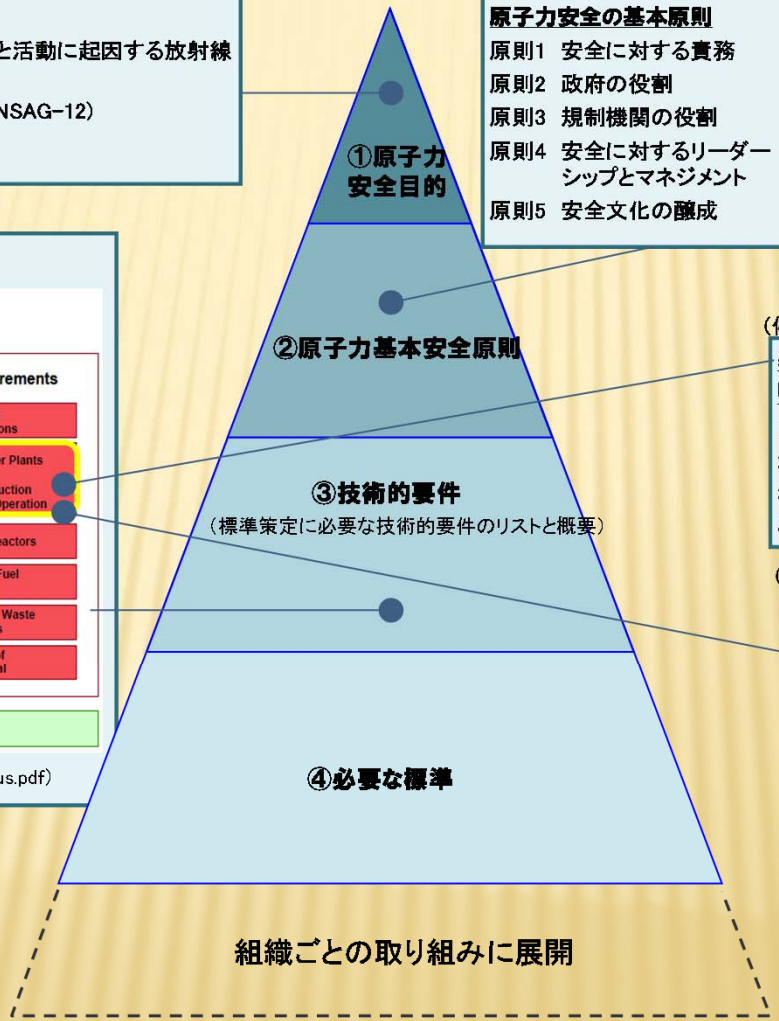
（例）

IAEAの安全要件等の構成の例



（出典：http://www-ns.iaea.org/downloads/standards/status.pdf）

①～④の体系



第Ⅰ編「原子力安全の目的と基本原則」

原子力安全の基本原則

原則1　安全に対する責務
原則2　政府の役割
原則3　規制機関の役割
原則4　安全に対するリーダーシップとマネジメント
原則5　安全文化の醸成
原則6　原子力の施設と活動の正当性の説明
原則7　人及び環境へのリスク抑制とその継続的取り組み
原則8　事故の発生防止と影響緩和
原則9　緊急時の準備と対応
原則10　現存する放射線リスク又は規制されていない放射線リスクの低減のための防護措置

第Ⅱ編「原子力安全確保のための基本的な技術要件について」

（例）

基本的な技術要件（設計）

「SSR-2/1 原子力発電所の安全：　設計」相当

1. 設計における安全のマネジメントの要件
2. 主要な技術要件
3. 全般的な発電所設計に関する要件
4. 具体的な発電所系統設計に関する要件

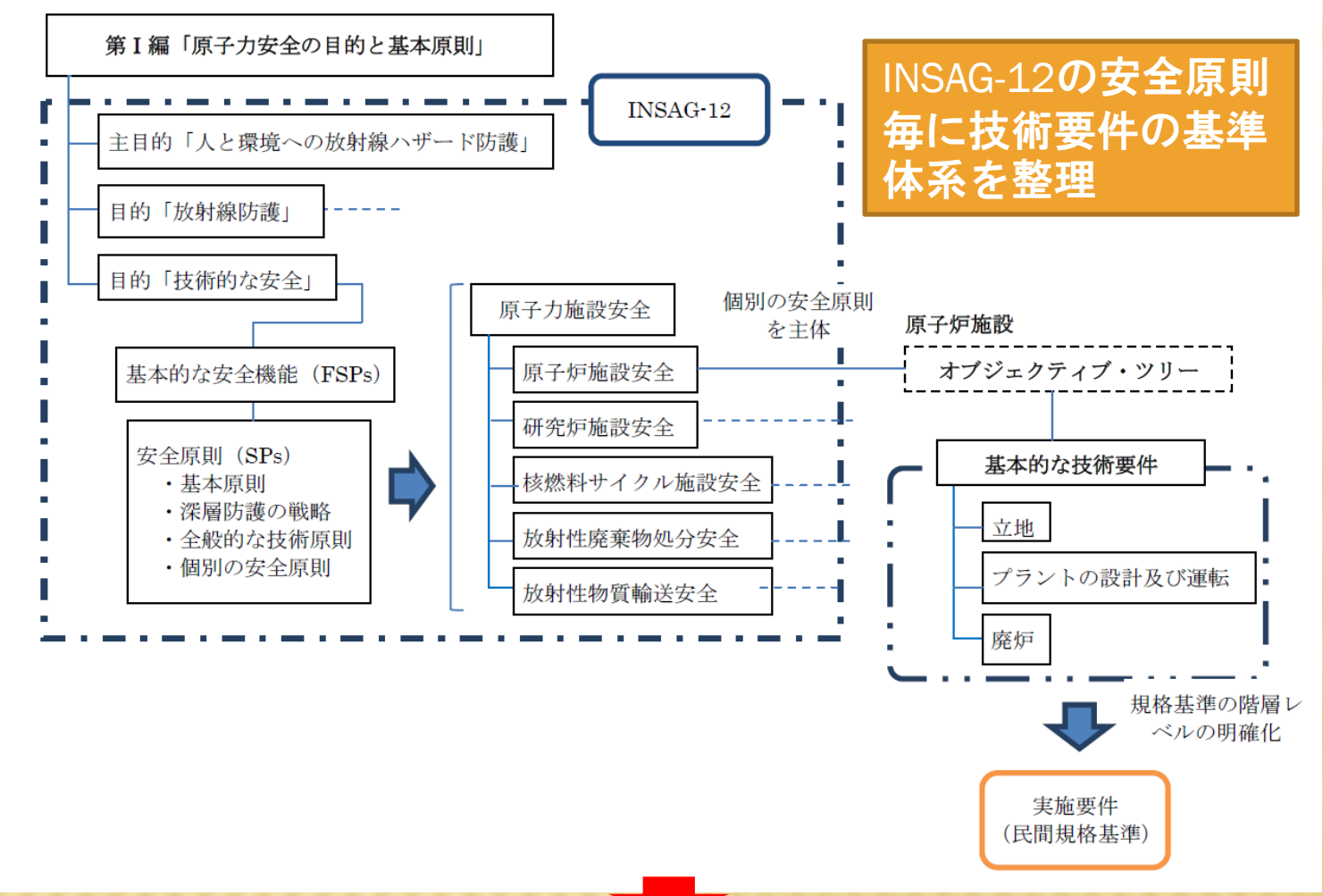
（例）

基本的な技術要件（試運転及び運転）

「IAEA SSR-2/2 原子力発電所の安全：　試運転及び運転」相当

1. 運転組織の運営及び組織体制の要件
2. 運転における安全のマネジメントの要件
3. 運転の安全プログラムに関する要件
4. プラント試運転に関する要件
5. プラントの運転
6. 保全、試験、サーベイランス及び検査に関する要件
7. 廃炉の準備に関する要件

基本安全原則から民間規格基準の体系化の流れ



INSAG-12の安全原則毎に技術要件の基準体系を整理

プラントの立地～設計及び運転～廃炉に至る全ての供用段階に関する「基本的な技術要件」から実施要件へ展開する。

基本的な技術要件から規格基準の体系への具体的な展開の方法

（1）プラントの立地から廃炉に至る供用段階に関して「基本的な技術要件」を定義する。（核セキュリティとの関係を含む）

（2）設計・運転についてはIAEA SSR-2/1及び2/2相当の「基本的な技術要件」を中心に、IAEA技術要件と国内規格基準の比較分析結果から各要件に対応する国内規格基準を明確にする。

（3）INSAG-12の安全原則とIAEA安全基準類の関係（核セキュリティとの関係を含む）とIAEA安全の整理結果を参考にし、

（4）原子力安全確保のための「基本的な技術要件」と対応する国内民間規格の有無を整理して不足分を補う、

ことにより規格基準の体系化を検討する。

各々の規格基準の階層レベル（requirements/guides）を明確にして、必要な民間規格基準、改訂すべき民間規格基準を安全原則と関連付けられた体系図に反映し、目指すべき原子力安全の目的から民間規格基準まで展開した体系の全体像を明示する。

「基本的な技術要件」からの規格基準の展開（仕様規定の体系化）のための分析

- IAEA個別安全要件SSR-2/1及び2/2の各要件を国内規格基準と比較

フォーマット2：例示

①IAEA　SSR2/1　安全要件 （安全基準シリーズ；NS-R-1の改訂版）	②国内：規制の対応 （新規制基準、省令、規則、内規等）	④留意事項	⑥民間規格
要件1:プラント設計における安全のマネジメントの責任 原子力発電プラントの建設および（または)運転の許可を申請する者は、規制機関に提出した設計がすべての適用可能な安全要件を確実に満足する責任を負わなければならない。 3.1. 原子力発電プラントの設計において安全上重要な活動に携わる、設計組織を含むすべての組織は、安全に関する事項が最も高い優先事項であることを確実にする責任を負わなければならない。	核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律 第五章の四 原子力事業者等の責務 第五十七条の九　製錬事業者、加工事業者、試験研究用等原子炉設置者、外国原子力船運航者、発電用原子炉設置者、使用済燃料貯蔵事業者、再処理事業者、廃棄事業者及び使用者（旧製錬事業者等、旧加工事業者等、旧試験研究用等原子炉設置者等、旧発電用原子炉設置者等、旧使用済燃料貯蔵事業者等、旧再処理事業者等、旧廃棄事業者等及び旧使用者等を含む。以下「原子力事業者等」という。）は、この法律の規定に基づき、原子力施設における安全に関する最新の知見を踏まえつつ、核原料物質、核燃料物質及び原子炉による災害の防止に関し、原子力施設の安全性の向上に資する設備又は機器の設置、保安教育の充実その他必要な措置を講ずる責務を有する。	国内規制要件では、プラントの設計活動において安全上重要な活動に携わる、設計組織を含むすべての組織の安全のマネジメントの責任を明示的に規定したものはないが、改正原子炉等規制法では、事業者が「原子力施設における安全に関する最新の知見を踏まえつつ、核原料物質、核燃料物質及び原子炉による災害の防止に関し、原子力施設の安全性の向上に資する設備又は機器の設置、保安教育の充実その他必要な措置を講ずる責務を有する」ことを規定してある。これには、建設許可及び（又は）運転許可を申請するものの設計活動に関する安全のマネジメントの責務が含まれると考えられる。	原子力安全の基本的考え方について　第Ⅰ編　原子力安全の目的と基本原則 原則1 安全に対する責務 原子力学会倫理規定 2-1 安全確保の努力

SSR-2/1及び2/2と国内規格基準の相違点の分析

- SSR-2/1、2/2の安全要件と国内規制要件と比較し、技術的な安全要件をカバーしているか、不足または規定がないと考えられるものがあるかという観点で相違点をリストアップ

IAEA**個別安全要件（SSR-2/1）と国内規制要件との比較**

分析結果
〇：同等である
△：個々の要件全体を考慮しても、国内規制要件では不足または規定がない。
▼：国内規制要件をIAEA個別安全要件に追加して明確化する方が良いと考えられる。

要件No.	要件	評価	国内規制要求の安全要件でカバーされないもしくは相違すると考えられる内容	カテゴリ
2	プラントの設計に関するマネジメントシステム	〇	IAEA安全基準では更に、GS-R-3、GS-G-.3.1によりマネージメントシステムの要件を規定している。国内規制要件では設備供給者等の設計者の設計に関するマネジメントシステムの性能要件を明確に規定したものはないが、改正原子炉等規制法で、原子炉設置者に「設計及び工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織が技術上の基準に適合するものであること」を要求しており、同規則（品質管理規則）で「品質管理監督システム」として詳細が規定されている。「品質管理監督システム」は、経営責任者の責任として安全文化を醸成するための活動を促進には触れられているが、総じてISO9001に規定するQMSである。また、インターフェースに関する管理規定は明確ではない。	－
3	プラントの全寿命期間を通したプラント設計の安全性	△	設計活動に関する安全マネジメントの性能要件を明確に規定したものは国内規制要件にはない。要件2の説明で示すように品質保証システムとして規則でISO9001に規定するQMS相当の設計活動の要件を規定しているが、標準プロセスに関するものであり、安全性を確保するための要件ではない。また、国内規制では発電所の将来の廃止措置は、プラントの設計、建設や運転とは個別に取扱うため、「品質管理監督システム」においても廃止措置を考慮した文書維持などの、将来の作業を容易化するような安全マネジメントの考え方の視点が反映されていないと考えられる。	6)

IAEA SSR-2/1及び2/2と国内規格基準の比較分析結果

- IAEAでは基本安全原則SF-1を頂点とする安全要件（Safety requirements）、安全ガイド（Safety guides）からなる安全基準の体系を構築。
  - 原子力安全を確実にするためには、このような原子力安全の目的と基本原則から展開した、安全要件の体系化が必要。
- 学協会での規格基準は、IAEA個別安全要件に対して、国内の規制基準や民間規格及びプラクティス等ではカバーされない個別安全要件が確認。（規格基準の体系という意味では不十分）。
  - 原子力安全の観点からより体系的な規格基準整備の取り組みが必要。
  - リストアップされた国内規制要求の安全要件でカバーされないもしくは相違すると考えられる内容を、10の同一の観点のカテゴリーに分け国内技術要件を取り纏める場合に考慮すべき事項を検討。

原子力安全の規格基準の体系化にむけての課題のまとめ

- IAEA SSR-2/1及び2/2の個別安全要件は、包括的な安全技術要件を規定しており、また、ほぼ国内規制要件をカバーしているので、技術要件の網羅性という観点からは問題ない。
- これらは、機能要求に相当するものといえるが、更に性能水準要求レベル、実施方法レベルやみなし規定の仕様規格相当のものに展開していき、関連規格を整備し、下記の点について検討が必要。

基本安全原則を頂点とする規格基準体系のフレームワーク	関連する個別安全要件とIAEA SSR-2/1及び2/2相当の技術要件との関係	IAEA SSR-2/1及び2/2の技術要件と安全原則（FSPs、SPs）との関係の整理
•基準策定における３学協会の役割分担と各々が取り扱う範囲を明確にして、基準の階層レベル、基準構成の整理を行うことが必要である。	•SSR-2/1及び2/2の各要件は、それのみでは不十分で他のIAEA安全基準と合わせて適切な技術要件となるものもある。更に、一部、国内規制要件では設計要件としているが、IAEA安全基準では別文書（例えば、立地要件）として規定してあるなど、国内規制要件との取扱いの異なるものがある。規格基準の体系化を検討する場合は、これらの関係を整理する必要がある。	•SSR-2/1及び2/2の各要件の順番や要件の括りをINSAG-12の安全原則（SPｓ）とオブジェクティブ・ツリーを参考に整理する必要がある。

新規制基準の充実に向けての提案

- 新規制基準は、性能規定であるが、仕様規定に近い具体的な設備や活動を提示している部分も多い。
  また、その規定内容は、今回の各種事故調査報告書の教訓や指摘事項を反映していると考えられるものの、教訓や指摘事項が広範囲かつ詳細に亘るため実施の際の具体的な要件や、実施手順を策定するために留意すべき点と考えられるものも多い。
- 新規制基準を充実させるためには、各種事故調査報告書の教訓や指摘事項を考慮した具体的な留意点反映を検討するとともに、今後、下記に留意することが望まれる。

1）規定内容をより具体的、かつ明瞭性のあるものとしていくことが望ましい。（IAEA安全基準との過不足の検討。より詳細なガイドラインを策定するなど）。

2）確保すべき安全機能からオブジェクティブ・ツリーを介して深層防護に沿った論理性を確保しつつ、安全対応策から、技術要件につなげるというトップダウン的な今回の相補的な検討のアプローチを活用することで、規制基準の充実を図ることが可能であると考えられる。

3）新規制基準の充実を進めるにあたり、規制側が仕様規定をどこまで規定するか、民間規格をいかに活用すべきかなどの考え方を整理・公開することで、より効果的な安全規制を推進することが望まれる。

4）規制文書や安全規制の考え方に関する、より丁寧かつ具体的なガイダンスの充実が必要と考えられる。（IAEA初め諸外国の規制機関の例）。

まとめ

- 第Ⅰ編「原子力安全の目的と基本原則」を具体化するために、国内規格基準類の上位の要件となる「基本的な技術要件」について検討を行ない、更に国内規格基準類を体系化する場合の課題について検討した。
- 具体的な成果は、以下の通りである。
  - 第Ⅰ編「原子力安全の目的と基本原則」から基本的な技術要件への展開のロジックをIAEA関連図書の分析を通じて確立した。
  - オブジェクティブ・ツリーとSSR-2/1, 2/2の比較を通じて、技術要件のベースとしてSSR-2/1, 2/2が論理的妥当性を有していることを確認した。
  - SSR-2/1, 2/2、新規制基準、オブジェクティブ・ツリーに対し、福島第一事故の教訓と指摘事項の反映を検討した。また、この結果から「基本的な技術要件(案)」および「オブジェクティブ・ツリー(学会版)」を作成するとともに、SSR-2/1, 2/2および新規制基準への提案事項を取纏めた。
  - SSR-2/1, 2/2と国内規格基準類、IAEA関連図書の比較を通じて、第Ⅰ編「原子力安全の目的と基本原則」を頂点とする規格基準類の体系化を進めていく上での課題を検討し、取纏めた。