

## プラントの保全における変更管理

財団法人発電設備技術検査協会・八島 清爾

Seiji YASHIMA

### 1. はじめに

製造業、特に、石油化学産業のように、設計変更や設備改造が頻繁に実施される産業における事故・故障の分析例によると、

- 1) 変更の技術検討の不十分
- 2) 変更が他に及ぼす影響の評価不十分
- 3) 変更実施意図の不十分
- 4) 変更内容の周知徹底の不十分
- 5) 変更後の手順、マニュアル、図面等の訂正ミス
- 6) 変更後の機器操作訓練の不十分

等、変更に伴うトラブル発生が非常に多く、これらの対策として、石油化学産業界においては、変更管理(Configuration Control またはChange Control) システムが確立され、以後、この種のトラブルは著しく減少した。

原子力発電産業については、1986年3月、米国Salt Lake市で開催された「原子力発電所の保全に関する国際会議」で、USNRC(米国原子力規制委員会)が、米国の原子力発電所における供用期間中に実施された設計変更あるいは設備改造時における変更管理の不十分さに基因したトラブル事例を指摘し、原子力発電所の安全確保上、「変更管理」が極めて重要であることを強調した。

### 2. 変更管理システムの必要性

原子力発電所は、営業運転開始後において、安全性・信頼性の一層の強化、被ばくの低減、運転性・保全性の向上、設備の経年変化対策、新技術の導入、あるいは、故障・トラブル経験のフィードバック等の理由により設計変更や設備改造が実施される。このような場合、規制対象になるものについては、事前の技術検討、所内への周知徹底、技術資料や図面の整備等の

変更に対するフォローが十分に行われるシステムになっている。しかし、設備の設計変更や改造の多くは、小規模で、かつ、限られた範囲にとどまり、自主管理に任されている。このような工事は、一般に、工事担当部門の責任のもとに実施され、組織的な管理システムが不十分であることが多かった。このような工事においては、技術検討が十分でなく、また、変更管理の不徹底さからトラブルに至ることがあり、時には、プラントの安全性・信頼性を損なうことが多々経験された。

米国においては1985年6～7月の2ヶ月の間に、変更管理の不備によるトラブルが7件も発生し、前述のようにUSNRCが変更管理の重要性を訴えたのである。我国においても、小径配管の設計変更の際しての技術検討が不十分であったために疲労損傷の発生を経験している。また、変更管理を含む品質保証システムの不備が一つの要因となって起きた大きな事故として、「もんじゅ」の2次系配管からのナトリウム漏えいがある。このとき、科学技術庁(当時)に設置された安全総点検チームは、運用会社である動力炉・核燃料開発事業団(現核燃料サイクル開発機構)に対して変更管理システムの整備を指示している。

設計変更後に発生したトラブル例を分析した結果、他産業も含み、その原因は以下のように分類される。

- 1) 変更に関する技術検討が不十分で、変更内容そのものが悪い。
- 2) 変更が他に及ぼす影響を十分に検討せず、目先の改良のみを考えている。
- 3) 変更の実施が徹底せず、変更が未完全あるいは一部のみ行なわれている。
- 4) 変更の指示内容の誤り、変更内容の誤解等のため意図どおりの変更が実施されていない。
- 5) 変更に伴う図面、操作手順書等のドキュメントが改正されていない。

### 3. 変更管理システムを確立するために必要な条件

変更管理を確実に実施するには、発電所の機能が総合的、有機的に働くようなシステムを確立することが重要である。発電所の組織は、電力会社によって異なるため、それぞれの会社の組織に適合したシステムでなければならないが、変更管理システムとして具備すべき条件は次のとおりである。

- 1) 運転、補修、技術、放射線管理等の設計変更及び設備改造に関係する部門がすべて参画し、その必要性、妥当性について共通認識を持つようにすること。
- 2) 各部門間の協調や意思疎通が十分に図れるシステムとすること。
- 3) 各部門間の責任区分を明確にして、部門間のインターフェースを完全にし、技術検討面での脱落や谷間をなくすこと。
- 4) 設計グループ（プラントメーカーを含む）と運転管理グループ間の意思伝達と調整を十分に行なうこと。
- 5) 計画、設計、工事施工、試運転調整、文書・図面・記録の整備・保存及び備品・治工具の管理等の各段階における業務の流れがスムーズに運用されるシステムとすること。
- 6) 関係部門の品質保証・品質管理システムの関与と役割が明確になっていること。

### 4. 石油化学プラントにおける設備改造時の変更管理

石油化学プラントにおける設備改造は、主として、製造部門から変更要求が出され、工務部門が改造の設計及び工事を実施している。改造工事にあたっての主要な検討事項及び手順は次のとおりである。

#### 4-1) 主要検討事項

- 1) プラントの設計思想との整合性についての検討
- 2) プラントのシステムとしての安全に対する検討
- 3) プロセスに与える影響についての検討

#### 4-2) 設備変更の手順

- 1) 製造、設計、保守部門が合同でチェックリストに基づき変更要求の審査を行う。
- 2) プロセスに与える影響については、製造部門が主となって検討を行う。ただし、海外あるいは他企業での事例を反映して行う設備変更は各部門が合同で検討を行う。  
これらの検討内容は記録・保存されるシステムとなっている。
- 3) 設備変更に対して内部査察を行い、設備変更の完全性をチェックする。  
標準的な手順は下表のとおりである。

石油化学プラントにおける設備改造時の標準的な管理手順

順次	項目	検討内容及び方法	担当部門
1	変更の着手検討会	変更要求に対する審査 プロジェクトマネージャーが担当	製造、工務、保守
2	設計前の確認	チェックリストにより運転面、保守面、環境面の安全確認 レイアウト、材料の確認	製造、保守、工務 工務、製造
3	工事着手前の確認	工事体制、工事内容、スケジュール、現物準備、工事前の確認事項、工事側への引渡し等の検討	工務、製造
4	工事体制の確立	工事実施体制を整備関連部門に周知	工務
5	工事結果の査察	プロジェクトマネージャー及びプラント全体で構成されたチームによる工事結果の査察	プロジェクトマネージャー、査察チーム
6	竣工検査	官庁検査または社内検査	工務

石油化学プラントにおける変更管理システムは次のような特色を持っている。

- 1) 変更や改造に対する評価システムが完備されている。
- 2) 運転性の検討は、改造に伴う運転特性の変動の有無に重点が置かれており、考えられる事象、原因、結果について考察が行われる。
- 3) 図面の改廃に対しては、設計思想との関係を明確にしておくことを義務付け、改廃の経歴を明らかにしている。

### 5. 原子力発電所における変更管理

原子力発電所において、定期検査期間等を利用した設備・系統の変更・改造工事を、円滑かつ安全に実施するために必要な変更管理の手順について、以下に具体例を示す。

### 5-1) 変更要求の提案

変更要求を提案する部門は、変更を必要とする経緯、理由、変更の緊急性、必要時期、変更内容、変更に伴う要検討事項等を取りまとめて、変更を実施する部門及び変更を審議する部門に対し的確に意思を伝達しなければならない。この場合、変更提案の様式を定めておけば効果的である。

変更提案に際し、記載に必要な主要事項は次のとおりである。

項 目	内 容
1. 要求提案の経緯	提案が次の何れによるものかを明記する。 ①運転・保全上の不具合対策 ②運転・保全上のトラブル反映 ③他プラントにおけるトラブルの反映 ④プラントメーカー等からの改善提案 ⑤規制当局からの指導 ⑥新技術の採用 ⑦その他
2. 変 更 内 容	下記事項に基づいて変更内容を具体的に記述する。 ①変更を要する系統・設備 ②変更により期待される性能・機能及び操作性 ③変更に関する具体案 ④付帯的な改善要望事項
3. 変 更 理 由	何故変更を必要とするかを下記事項に基づいて記述する。 ①不具合発生による影響事象及びその程度（運転パラメータの顕著な変動、制限値からの逸脱、機能・調整能力・応答性・リカバリー性の低下、振動、ハンチング等の不具合発生に伴う影響とその程度について具体的に記述） ②不具合発生の原因（できれば、直接及び間接原因に分けて記述） ③不具合発生による影響事象及びその程度（運転パラメータの顕著な変動、制限値からの逸脱、機能・調整能力・応答性・リカバリー性の低下、振動、ハンチング等の不具合発生に伴う影響とその程度について具体的に記述）
4. 変更実施時期及び緊急性	準備期間を含め、変更実施が妥当と思われる時期及び緊急性を記述する。
5. 変更に伴う影響評価	変更に伴い、影響を受ける可能性がある事項及び検討が必要と考えられる事項をリストアップする。

### 5-2) 変更要求の審査

変更要求の審査は、要求の妥当性、変更に伴う安全性・信頼性・操作性・経済性・放射線被ばくへの影響、系統・設備の運転性能・特性に及ぼす影響、妥当な変更実施時期、人員・教育・要領指針等の要検討事項、関係法令等に対する適合性、諸届の必要性等の基本事項について審査を行い、その実施の採否を決定するものである。

従って、変更の要否を決定する権限を有する者を長として、関係部門の代表者、審査に必要な能力・知識を有する者で構成されたチームによって行うことが必要である。

項 目	内 容
1. 変更要求の妥当性評価	変更要求の妥当性について下記事項を評価する。 ①不具合事象解析の妥当性 ②変更以外の処置による解決の可能性 ③変更による基本設計との整合性 ④変更成果の確実性 ⑤変更要求時期の妥当性
2. 変更に関する影響評価	変更に伴いシステムに与える下記の影響について評価する。 ①システム及びサブシステムの機能に与える影響 ②システムのバランス及びインターフェースに与える影響 ③安全性・信頼性に与える影響 ④運転性・保全性に与える影響 ⑤人員・訓練に対する影響 ⑥被ばく管理に及ぼす影響 ⑦経済性に及ぼす影響
3. 関係諸法令等の適合性、諸届の要否検討	設計及び工事に関する諸法令との適合性、届出の要否を検討する。
4. 将来計画との整合性検討	変更する箇所に関連する設備について、将来、改造計画がある場合には、それとの整合性を検討する。

### 5-3) 変更設計及び詳細検討

変更要求の提案が受け入れられれば、変更設計担当部門は、基本計画に対し、最も効果的、経済的な方法を検討・立案する。具体的な設計がまとまった段階で、変更を行うことによるシステム及びサブシステムの機能・性能に対する影響、関連設備とのインターフェースについて漏れのないように特にチェックを行っておくことが望ましい。また、基本設計に関係するような変更を行う場合には、プラント設計を実施したメーカーに連絡し、安全性・信頼性等について確認しておくことが望ましい。

設計検討が完了した後、工事施工までに、準備すべき事項は次のとおりである。

項 目	内 容
1. 図面、技術資料の整備	下記図面、資料等の整備を行う。 ①図面、取扱説明書等の修正 ②必要な技術資料の準備 ③改正すべき基準、要領、細則等の検討及び作成計画
2. 教育・訓練の計画	①変更に伴う教育が必要な場合には、教育訓練実施のための具体計画の作成 ②変更がシステムのバランス及びインターフェースに与える影響のチェック
3. 検査・試験の計画	変更に伴う官庁検査、試験、試運転等の実施計画を作成する。
4. 変更に関するチェックシステムの準備	変更の際し、下記のチェックを行うためのシステムを確立する。 ①変更が確実に実行されたかどうか（チェックシート等の作成） ②予期された品質・機能が確保されているか ③品質特性が悪化していないか

詳細検討で配慮すべき主要事項は次のとおりである。

項目	内容
1. プラントの機能・性能に与える影響	下記事項を参考に機能・性能に与える影響を検討する。 ①プラントパラメータに与える影響（設定値、制限値との対比） ②系統の機械的、電気的條件等に対する影響（例えば、応力、伸び拘束、振動等） ③腐食、侵食等の環境条件への対応 ④起動・停止及び運転中の制御に対する影響 ⑤運転及び保全ミスの危険性に対する影響 ⑥インターロック、設定値等に与える影響 ⑦放射線環境に対する検討
2. 変更に伴うインターフェースへの影響	下記事項を参考にインターフェースについて検討する。 ①機械と人間の作業分担に対する影響 ②操作のための監視及び行動に与える影響 ③レイアウトによる労働安全、防災面への影響

#### 5-4) 変更工事実施に伴う管理

##### 1) 工事着手前の連絡、確認

変更工事を実施するにあたっては、できるだけ早期に、工事体制、工事内容、工事工程、作業範囲、既設設備との関係等、必要な事項について、関係部門と連絡調整を行うことが必要である。

連絡調整を要する主要事項は次のとおりである。

項目	内容
1. 工事着手前の準備事項	変更工事実施担当部門は、下記の事項を関係部門に連絡し、徹底を図る。 ①工事体制（工事責任者、工事業者人員、作業時間帯、工事中の連絡責任者） ②工事内容（工事を行う系統・機器、危険物の取扱い、既設設備との関係等を明記すると共に必要な図面を添付） ③工程（全体工程及び既設設備との取合いを示す詳細工程を作成） ④放射線管理区域内入域手続の準備 ⑤工所用機材置場及び搬出入経路図面の作成

##### 2) 工事施工に伴う確認事項

工事施工にあたっては、工事中における連絡不十分、部門間の調整不備等によるトラブルを防止すると共に、工事が計画どおり実施され、支障がないことを確認しなければならない。確認は、工事施工担当部門、設備の運用監視担当部門の相互共同で行うことが望ましい。また、工事が完了すれば、工事の計画と結果との整合確認を行うことが必要である。

項目	内容
1. 工事中の確認	①工事範囲、機材置場、工程等が計画どおり実施されていることの確認 ②工事体制、必要な諸連絡事項の遵守状況の確認
2. 工事結果の確認	①変更工事結果の確認（他のシステム関連機器とのインターフェース、レイアウト上の労働安全、防災面のチェック）

##### 3) 試運転の準備

試運転の実施にあたっては、試運転に必要な諸準備が完全に整備されていることを確認しなければならない。特に、担当者間の連絡、必要な書類手続等について、工事担当部門と試運転実施部門との間の綿密な調整が大切である。

項目	内容
1. 試運転の準備	下記事項を基に試運転を実施するために必要な資料の取揃えと手続を行う。 ①試運転要領書及びチェックリストの準備（責任区分、操作者等を明確にしたもの） ②試運転実施に必要な諸手続 ③試運転実施のための打合せ及び確認 ④系統及び設備の状況確認（試運転を実施するのに適切な整備が完了していることを確認）

##### 4) 工事完了の確認

工事完了後には、変更工事に関連した範囲の設備のバランス状態及び環境条件等が、工事前に復元され、設備の運用に支障のないことを確認しなければならない。

工事完了後の確認は、工事施工部門と設備運用担当部門とが合同で行うことが望ましい。

#### 5-5) 変更処置完了後の管理

変更作業が完了し、運用を開始するまでに、必要な書類の引継ぎと構造及び取扱上の説明等を適切な時期に行って、運用に支障がないようにしなければならない。

運用開始後、必要な諸調整が終了して安定状態になった後、変更結果の評価を行って将来への参考に供することが望ましい。また、図面、手順書等の改廃状況、変更に伴う治工具・予備品等のチェックを行い、これらの手落ちによるトラブルの防止を図らなければならない。

なお、変更を必要とした理由、変更に伴う主要検討事項とそれに対する考え方、結論、変更に伴う設備の取扱い、設定値、警報値の修正等、事後の運用に関連する事項を整理しておくことが必要である。

1) 引継書類及び手順書等の管理

項 目	内 容
1. 引継書類等	①運用開始前に変更に伴う図面、取扱説明書、治工具類等の引継リストを作成し、引継事項の整備確認を行う。
2. 操作手順書、チェックリスト等の整備	①運転及び保金を担当部門は、運転操作及び保全に必要な手順書、チェックリスト等の整備確認を行う。
3. 周知及び教育訓練	①運転及び保全を行うに必要な知識・技術が運用前に修得されていることを確認する。

2) 運転パラメータのチェック

試運転データ等の評価を行い、運転パラメータに変化が生じた際には、パラメータの変化に対応する設定値、警報値等の変更の要否を検討する。

3) 変更結果のチェック

変更の計画に対する達成具合、変更に伴う影響の程度等をチェックする。

項 目	内 容
1. 変更後の機能・性能確認	①変更計画で予定された機能・性能の整合をチェックする。 ②機能・性能の計画値との偏差が大きい場合、プラントの総合的なバランス、安全性等に与える影響を評価する。
2. 調整・手直し後のフォロー	①試運転段階で調整・手直し等が行われた場合は、関係図書に対し必要な修正が行われたことを確認する。(手順書、取扱説明書、各種設定値等についてのフォローを確実に行う。)
3. 変更に伴う影響評価	①変更により、他の機器、系統に影響を及ぼしている恐れがある場合は、変更後の変動チェックを行い、その安全面及び運転操作面での妥当性を確認する。

4) 変更後のフォロー

i) 変更内容の正確な把握と、将来への参考とするため、下記事項を含めた記録を作成する。

項 目	内 容
1. 変更概要	①変更理由、変更内容、工事期間、経費等
2. 主要検討事項	①変更実施に際して検討した主要事項とその結論、決定根拠等
3. 主要変更事項	①取扱書、手順書、チェックリスト、図面、設定値、警報値等の変更した主要事項をリストアップ
4. 主要届出事項	①変更にあたり、官公署等に届出または変更手続を行った関係書類のリストアップ及び整理

ii) 変更に伴い不要となった図書、部品等の管理と、新しく手配された図書、部品等に対する管理を下記事項を参考として確実にを行う。

項 目	内 容
1. 廃棄部品、旧治工具・予備品の処分	①変更により使用できなくなった部品、治工具、予備品等が的確に廃棄処分されたことを確認
2. 図面、取扱説明書等の改正	①変更された図面、取扱説明書等は差替または修正が確実に行われたことを確認
3. 新品部品・治工具・予備品等の管理	①変更後の新しい部品、治工具、予備品等が適切な管理状態にあることを確認

6. むすび

戦後、日本の電力、鉄鋼、石油化学等の設備産業は海外技術を導入し、スクラップ アンド ビルドを繰返し、高度成長を支えてきた。この時代においては、技術進歩が激しく、また、大型化が叫ばれ、昨日の技術は今日には陳腐化するような状況で、当時の技術者は導入技術を理解、消化、実用化するのに日々追われていた。従って、組織的な変更管理は必要とせず、個人個人が自分のノウハウとして活かしていた。

この点、原子力発電プラントは、理論的に完成され、軍用船舶で実用化されたため、軍事機密のもと、機器の信頼性よりも理論的安全が強調され、保全は非現実的な思考が優先されたこともあり、論理的思考に欠けていたきらいがあった。原子力発電は、我国においては、基幹電源であり、その位置付け、性格上、また、技術的にプラントは長期間に亘って供用されるべきものである。これをまっとうさせるには保全活動の最適化が最重要な役割を担うこととなる。最適化の具体的な方策には種々あるが、その中の一つとして変更管理システムの構築があり、技術伝承の面からも必要かつ重要である。

参考文献

(財) 発電設備技術検査協会、原子力発電所信頼性向上調査、昭和58～62年度

(平成15年 7月 24日)