



JAEA-Review
2007-021

IAEA国際緊急時対応演習ConvEx-3に関する調査

Study on IAEA International Emergency Response Exercise ConvEx-3

山本 一也

Kazuya YAMAMOTO

原子力緊急時支援・研修センター

Nuclear Emergency Assistance and Training Center

May 2007

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Review

本レポートは日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp/index.shtml>)
より発信されています。このほか財団法人原子力弘済会資料センター*では実費による複写頒布を行っ
ております。

〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920

* 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4 日本原子力研究開発機構内

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920

© Japan Atomic Energy Agency, 2007

IAEA 国際緊急時対応演習ConvEx-3に関する調査

日本原子力研究開発機構 原子力緊急時支援・研修センター
山本 一也

(2007年 2月 26日受理)

2005年にIAEAはルーマニアの原子力発電所を発災場所と想定した大規模な国際緊急時対応演習ConvEx-3（2005）を実施した。本調査報告は、関連するいくつかの文献を基にConvEx-3について調査した結果をまとめたものである。

このConvEx-3はIAEAの国際基準に基づいて実施されており、その結果とともに演習の方法、特に演習評価、に関しては、原子力緊急時支援・研修センターが企画・実施する訓練・研修や国、道府県、市町村の各レベルで行われる原子力防災訓練の評価に資するところが多い。また、今後、アジア地域を中心とした原子力緊急時対応に関する協力について検討するに当たり、国際的な緊急時対応や訓練についての考え方や方法を整理しておくことは非常に有益である。

本調査では、ConvEx-3及びその演習評価報告から得られた知見を、原子力防災の訓練・研修の方法及び評価方法、支援・研修センターの緊急時支援活動への反映、国際協力に関する技術的な事前調査・検討という4つの観点で整理した。

Study on IAEA International Emergency Response Exercise ConvEx-3

Kazuya YAMAMOTO

Nuclear Emergency Assistance and Training Center
Japan Atomic Energy Agency
Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken

(Received February 26, 2007)

The International Atomic Energy Agency (IAEA) carried out a large-scale international emergency response exercise in 2005 under the designated name of ConvEx-3(2005), at Romania. This review report summarizes a study about ConvEx-3(2005) based on several related open literature.

The ConvEx-3 was conducted in accordance with Agency's safety standard series and requirements in the field of Emergency Preparedness and Response. The study on the preparation, conduct and evaluation of ConvEx-3(2005) exercise is expected to provide very useful knowledge for development of drills and educational programs conducted by Nuclear Emergency Assistance and Training Center (NEAT). Especially, study on the exercise evaluations is instrumental in improving evaluations of drills planned by the national government and local governments.

As international cooperation among Asian countries in the field of nuclear emergency preparedness and response is going to realize, it is very useful to survey and consider scheme and methodology about international emergency preparedness, response and exercise referring the knowledge of this ConvEx-3 study.

The lessons learned from this study of ConvEx-3(2005) are summarized in four chapters: methodology of exercises and educational programs, exercise evaluation process, amendments/verification of the emergency response plan of NEAT, and technical issues of systems for emergency response and assistance of NEAT relevant to interface for international emergency communication.

Keywords: Nuclear Emergency Exercise, IAEA International Emergency Response Exercise, ConvEx-3, Exercise Evaluation

目 次

1. はじめに	1
2. IAEA ConvExについて	2
2.1 ConvExにおける演習レベルの構成	2
2.2 ConvExのベースとなっているマニュアル類	5
2.3 IAEAの通報連絡手段	6
3. ConvEx-3(2005)の演習概要	8
3.1 演習の設定	8
3.2 ルーマニアの緊急時計画区域と一般介入レベル	8
3.3 ルーマニアの原子力防災体制	10
3.4 演習の実施及び評価体制	13
4. ConvEx-3の目的と演習の評価	16
4.1 ConvEx-3演習の目的	16
4.2 演習目的の修正と追加	18
4.3 演習評価の方法	20
4.4 ConvEx-3(2005)演習報告に見る評価内容	25
5. ConvEx-3(2005) 演習からの知見	31
6. まとめ	40
引用・参考文献	41
付録A 演習の詳細シナリオと結果	43
1. ConvEx-3(2005) 演習のシナリオ	43
2. 演習上の放射性物質の放出（ソースタームと被ばく線量評価）	46
3. 演習における時系列	49
4. 演習における防護対策	51
付録B 演習参加国及び参加国際機関	53
付録C 評価用テンプレートの例	54

CONTENTS

1 . Introduction	1
2 . About the IAEA ConvEx	2
2.1 Scheme of exercises on ConvEx	2
2.2 Plans and manuals for ConvEx	5
2.3 Emergency communication tools of IAEA	6
3 . Description of the ConvEx-3(2005)	8
3.1 Scope of the exercise scenario	8
3.2 Emergency planning zones and generic intervention levels in Romania	8
3.3 Nuclear emergency response organizations in Romania	10
3.4 Implementation and evaluation organization	13
4 . Objectives and evaluations of ConvEx-3	16
4.1 Common exercise objectives of ConvEx-3	16
4.2 Customized objectives of ConvEx-3(2005)	18
4.3 Methods of exercise evaluations	20
4.4 Conclusions of evaluators described in the ConvEx-3(2005) exercise report	25
5 . Lessons learned from the ConvEx-3(2005) exercise report	31
6 . Summary	40
References	41
Appendix A The exercise scenario and the results	43
1. The exercise scenario of ConvEx-3(2005)	43
2. Total released source term and dose estimations	46
3. Time series of the exercise	49
4. Countermeasures during the exercise	51
Appendix B Exercise participants (member states and international organizations)	53
Appendix C Examples of the evaluator report template for ConvEx-3	54

1. はじめに

日本原子力研究開発機構(以下、「原子力機構」という。)は、我が国の原子力研究開発の中心機関であり、原子力緊急事態等において原子力の専門家として技術的支援を行う責任を負っている。原子力緊急時支援・研修センター(以下、「支援・研修センター」という。)は、原子力機構の技術的支援の効果的な実施と実効性の向上を実現するため、原子力緊急事態に対する準備と対応に関する研修・訓練の業務を推進している。具体的には、原子力防災及び原子力緊急時対応要員にかかわる訓練及び研修を企画立案し、実施している。

原子力緊急事態対応は我が国を挙げての災害対応であり、これには国、道府県、市町村及び多くの防災関係機関が防災活動に参加する。国及び自治体が行う教育・訓練等において、これらの要員の育成に協力することも支援・研修センターの重要な業務のひとつとなっている。

一方、今後急速に発展していくものと予想されるアジア諸国の原子力利用に関して、原子力防災分野における体制の強化は非常に重要であり、近い将来、我が国がアジア諸国における原子力防災体制の整備に向けた活動への協力やアジア地域における原子力緊急事態に対する国際的支援の中心的役割を期待されることは想像に難くない。したがって、今後の原子力機構の原子力防災分野の研究や業務は、これらの国際的動向を視野に入れたものであることが求められる。

2005年にIAEAはルーマニアの原子力発電所を発災場所と想定した大規模な国際緊急時対応演習 ConvEx-3 を実施した。この ConvEx-3 は、IAEA の国際基準に基づいて実施されるもので、その演習の方法、特に評価に関しては、支援・研修センターが企画・実施する訓練・研修や国、道府県、市町村の各レベルで行われる原子力防災訓練、またアジア地域の原子力緊急事態に関する取組みを検討するに当たり、資するところが多いものと考えられる。

本調査報告は、上記を踏まえて、IAEA が実施した国際緊急時対応演習 ConvEx-3 に関するいくつかの文献を基に調査した結果をまとめたものである。ConvEx-3 に関する資料としては、以下の3件ではほぼ全容を知ることができる。

- ・評価者用ガイド (Guide for Evaluators) ¹⁾
- ・参加者用ガイド (Guide for Players) ²⁾
- ・演習報告 (Exercise Report) ³⁾

本調査報告では、上記資料の内容を大幅に再編成するとともに、IAEA や EC 諸国の原子力防災体制や訓練の考え方等に関する関連文献の情報についても集約した。

2. IAEA ConvExについて

IAEA の国際的緊急時対応の法的な根拠は、IAEA 憲章第 3 条の A6, すなわち、「健康を保護し、並びに人命及び財産に対する危険を最小にするための安全上の基準を設定し、又は採用すること」及び「前記の基準が適用されるように措置を執ること」, に基づき、原子力緊急時関連の 2 条約, すなわち, “原子力事故早期通報条約” 及び “原子力事故援助条約” から成り立っている。⁴⁾ これら原子力緊急時関連 2 条約は 1987 年に成立し、これに対応して IAEA は同年、緊急対応センター (Emergency Response Centre: ERC) をウィーンの本部に設立し、各国の原子力緊急時対応の中心的役割として、緊急時対策や通報連絡、緊急時対応、援助・知識の共有を図った。

その後、2002 年に IAEA は加盟国に対して「原子力又は放射線緊急事態の対策と対応」と題する安全要件 (No. GS-R-2)⁵⁾ を作成し、各国の原子力緊急時対応のためのインフラ整備と必要な機能要件について規定を設けた。これを受け、2005 年に ERC を事故・緊急センター (Incident and Emergency Centre: 以下、IEC という。) に名称変更するとともに、その対応を放射線テロ攻撃をも含む範囲に拡大、強化した。⁶⁾

上記原子力緊急時関連 2 条約に基づいて実施される、この IAEA-IEC と加盟国間の情報連携に関する演習訓練が国際緊急時対応演習 (International Emergency Response Exercise: 以下、Convention Exercise の略称を用いる IAEA の慣例に従い “ConvEx” という。) である。

2.1 ConvExにおける演習レベルの構成

後述する IAEA のマニュアル、EPR-ENATOM 2004⁷⁾ では、ConvEx について以下の 3 種 (レベル) の演習を定義し、各演習レベルにはさらに 2 ~ 3 段階の訓練モードが設定されている。

(1) ConvEx-1

FAXによる通報、Early Notification and Assistance Convention web site (Web上に確立されたIAEAの通報連絡システム、第2.3項参照：以下、ENAC Webサイトという。) のアクセスを中心とした通報訓練レベルの演習

[ConvEx-1a]

- ・IAEA の ERC (現 IEC) から加盟国の警報発信部署 (NWP: National warning point) 及び国外緊急時の所管部署 (NCA(A): National competent authority for an emergency abroad) への FAX 通報、ENAC Web サイトへの入力を行う。
- ・各国 NWP はただちに ERC へ FAX 受信の連絡をする。
- ・NCA(A)は、次の出勤時、すなわち勤務時間内であればその時、勤務時間外であれば翌日の出勤時、に FAX 及び ENAC Web サイトを確認し、FAX 通報の受信連絡と ENAC Web サイトのアクセス状況を報告する。

- ・実施頻度は年2回。

[ConvEx-1b]

ConvEx-1aの逆方向の通報訓練。

- ・加盟国通報部署から、FAXにて、あらかじめ決められた演習用メッセージをIECへ緊急時通報する。IECはFAX通報の受信を連絡する。
- ・NWPあるいはNCA(A)だけが関与する演習で、実施頻度は四半期に1回。

(2) ConvEx-2

通報に要する時間や確認要請の適切さに関する試験を含んだ通報訓練レベルの演習

[ConvEx-2a]

- ・IECからNWPへのFAX通報に対して、以下の対応に要する時間を評価する。
 - ・NWPからIECへの受信連絡
 - ・NWPからNCA(A)への通報
 - ・NCA(A)はできるだけ速く、ENAC Webサイトにより確認し、FAXを使ってENAC Webサイトのアクセス状況とNWPから通報を受けるまでに要した時間を連絡する。
- ・実施頻度は年2回、実施月の前月にNCA(A)に通知されるが、具体的日時は知らされない。

[ConvEx-2b]

ConvEx-2aの逆方向の通報訓練

- ・指定された国は、あらかじめ連絡されたときから1か月以内に抜き打ちで、ENAC WebサイトとFAX（あるいはどちらか一方のみ）を用いてIECへトリガーとなる緊急時通報を行う。
- ・IECはできるだけ速く受信連絡を実施する。
- ・指定された加盟国だけが演習に関与し、他の国が関わることはない。

[ConvEx-2c]

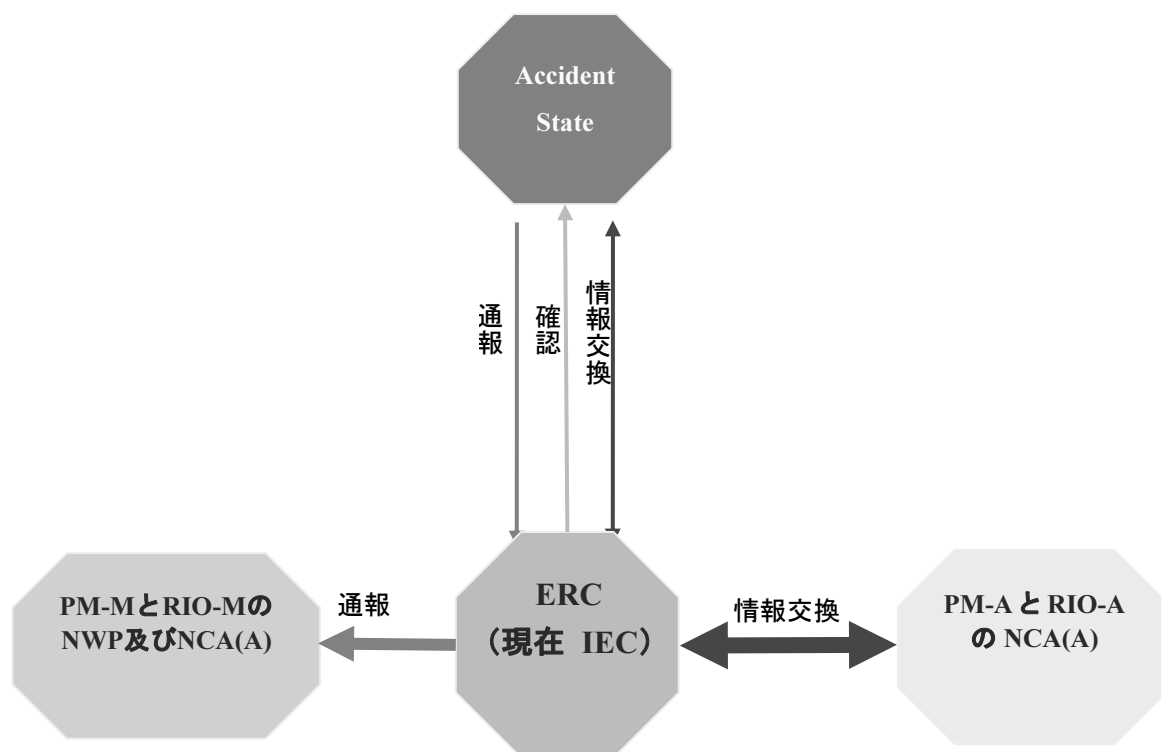
EPR-ENATOMの2002年版から2004年版に改訂された際に追加された演習

- ・ConvEx-3実施の年を除く、毎年実施。実施日はあらかじめ公表される。
- ・参加登録された加盟国のNCA(A)は6時間に渡って演習を行う。
- ・隔年で世界気象機関（World Meteorological Organization, 以下、WMOという。）が参加、IAEAとの連携手続を試験する。
- ・IECは仮想的な緊急事態を設定し、登録された加盟国のNCA(A)へ通報するとともに、ENAC Webサイトに情報を入力、発行する。IECはその後もENAC Webサイトを通して情報を発信、参加国のNCA(A)はENAC Webサイトへアクセスし、情報内容を確認する。

(3) ConvEx-3

4年に1回実施される、すべての活動と情報交換の仕組みを試験する大規模演習

- ・通常、当事国の実施する国レベルの防災訓練時にあわせて実施される。
- ・IAEAはコーディネーションやコントロール等IECのすべての機能を検証し、関係する国際機関とすべての加盟国がFAXとENAC Webサイトを使用して情報交換等の対応等を確認する。
- ・ConvEx-3における基本的な訓練の形を図1に示す。
- ・ConvEx-3の演習企画や国際機関との調整は、IAEAのIACRNA (Inter-Agency Committee on Response to Nuclear Accidents) が演習当事国とともに行う。
- ・IACRNAは演習当事国、周辺国及び国際関係機関等と統合国際演習ワーキンググループ (Working Group on Joint International Exercises) を設置し、準備を約1.5年程度かけて行う。
- ・第1回のConvEx-3演習は2001年フランス (Gravelines原子力発電所) で実施され、最新のものは2005年5月にルーマニアのセルナボダ原子力発電所で実施された。



PM-A : 演習対象国 (Participating Member Countries: Active Participation)
 PM-M : 演習参加国 (Participating Member Countries: Minimal Participation)
 RIO-A, -M : 関係国際機関 (Relevant International Organisations)

図1 ConvEx-3における基本的な訓練の形
 [出典 : briefing for OECD-NEA meeting, 2004⁸⁾]

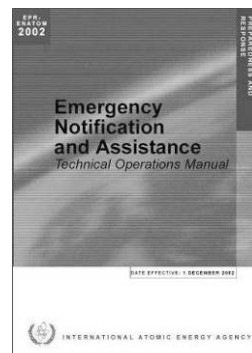
2.2 ConvEx のベースとなっているマニュアル類

(1) EPR-ENATOM 2004 : 緊急時通報と国際支援の手順マニュアル⁷⁾

IAEA の ConvEx は、IAEA の原子力事故等、緊急時の国際的な通報と支援活動に関わるマニュアル (EMERGENCY NOTIFICATION AND ASSISTANCE TECHNICAL OPERATIONS MANUAL, EPR-ENATOM 2004) で定められている。

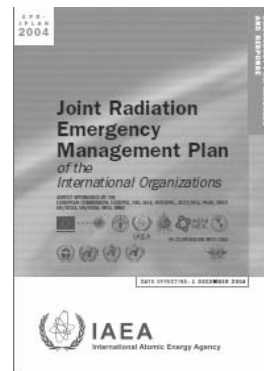
ただし、ConvEx-3 (2005) の参加者用ガイド (Guide for Players)²⁾ には適用文書として 2004 年版が記載されている一方、ルーマニアの報告⁹⁾ では旧版 (すなわち EPR-ENATOM 2002) が紹介されており、実際の演習では混在していた可能性がある。

また、EPR-ENATOM 2004 では、2006 年内に新バージョン発行の計画が記されているが、2006 年 12 月時点ではまだプレリリースの段階で一般には公開されていない。



(2) EPR-JPLAN 2004 : 国際協力活動による放射線緊急事態管理の計画¹⁰⁾

IAEA の IEC の運営上のアレンジメントを定めたもので、IEC と加盟国のそれぞれの役割と責任、各機関相互及び国との連携、対策に関わる調整についても述べられている。



(3) EPR-RANET 2006 : IAEA 緊急時対応ネットワーク⁶⁾

原子力事故援助条約を実効的なものとするため、IAEA-IEC と各加盟国責任当局間のネットワークと援助能力について述べられている。

2000 年に、当初 ERC を中心としたグローバルな緊急時対応ネットワークとして確立された ERNET (Emergency Response Network) に関するマニュアルとして EPR-ERNET 2002 として発行された。前述の EPR-ENATOM 2004 の脚注に参考文献として EPR-ERNET 2004 の記載がある (この版は Web 上の IAEA 等のサイトには掲載されていない。ERNET から RANET の切替わり時期に当たるため、未発行になった可能性がある。)

その後、2005 年に ERC が IEC として強化されたのにもない、ERNET の概念も拡張され、RANET (Response Assistance Network) として確立された。また、RANET に関するマニュアルとして EPR-RANET 2006 が作成された。

ただし、ConvEx-3 (2005) では、旧版の EPR-ERNET 2002 が適用されている。



2.3 IAEAの通報連絡手段

第2.1項に記載した ENAC Web サイトは、Web 上に確立された IAEA の通報連絡システムであり、EPR-ENATOM 2004⁷⁾では Early Notification and Assistance Conventions web site と説明している。IAEA の原子力緊急時関連2条約 Early Notification and Assistance Convention の略語と混同しやすいが、本調査報告では、EPR-ENATOM 2004 の記述方法を踏襲し、ENAC Web サイトとする。

IAEA の ERC と加盟国の NWP 及び NCA(A)の間の通報連絡手段はいくつかあるが、EPR-ENATOM 2004 によると、IAEA は ERC の通信手段を次の優先順位で考えている。

- ① FAX (ファクシミリ)
- ② ENAC Web サイト
- ③ 電話
- ④ 電子メール

これらを使った通報連絡においては、原則として英語を使うことが記されている。また、電話音声はすべて録音される。

ENAC Web サイト は、(<https://>で始まる) IAEA の公式の保護されたウェブサイトであり、第1報、助言メッセージ、緊急時のクラスやタイプに関する情報交換に利用される。ただし、信頼性にまだ課題があるもようで、NWP 及び NCA(A)との間でやり取りされるすべての情報について、この ENAC Web サイトを使うわけではなく、緊急時の通報や確実に送らなければならない重要情報に関しては、あくまでも FAX 通報後に、同じ内容を入力するだけである。

図2に ENAC Web サイトの画面例を示す。ENAC Web サイトは、インターネットを介して、通常の PC で使われているブラウザで開くことができるが、アクセスするには IAEA の ERC が発行するログオン ID とパスワードが必要である。

電話と電子メールは緊急時通報には使われない。EPR-ENATOM 2004 によると、電話は基本的に緊急時通報 FAX の確認に用いるものとされている。また、特に電子メールは、ERC がフル対応モードの状態に限って、情報を要求する場合に使うものとされ、第1報、助言メッセージ、緊急時クラスの変更連絡に使ってはならないと記している。その理由は EPR-ENATOM 2004 には記されていない。緊急時通報を電子メールで送ったときに“気付かれない”可能性が高いからではないかと思われる。

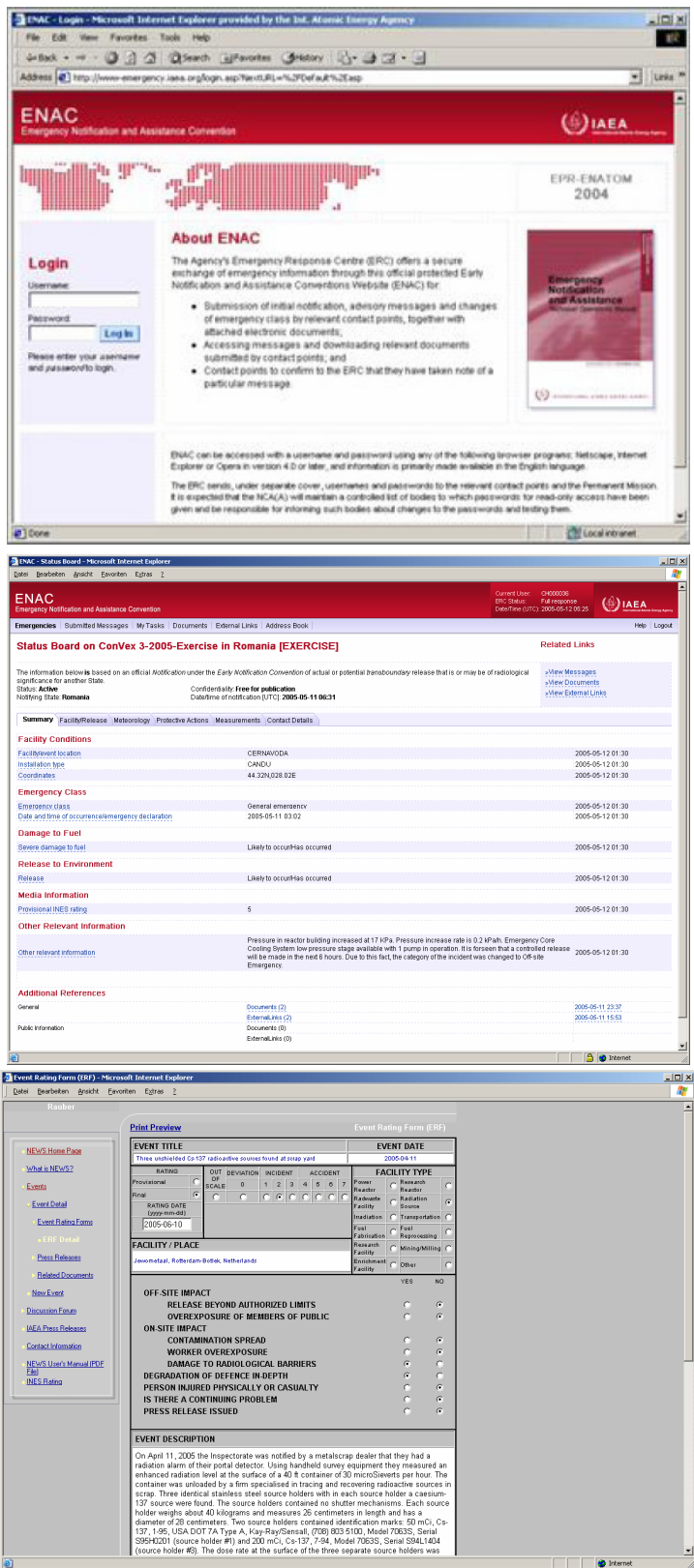


図2 ENAC Web サイトの画面例
 [出典: Incidents-and-Emergency Center, 2005¹¹⁾]

3. ConvEx-3(2005)の演習概要

3.1 演習の設定^{1,2)}

- (1) 発災場所：セルナボーダ（Cernavoda）原子力発電所1号機（ルーマニア）
- (2) 実施：2005年5月11日～12日
- (3) シナリオ：全面緊急事態（General Emergency）〔演習の詳細シナリオは付録A参照〕
- (4) 演習時間：39時間
- (5) 演習の特徴：

- ・訓練参加者には、演習実施日は知らされるが、正確な演習開始時刻は事前に伝えられない。また、発災発電所の炉心構造等の特徴や、周辺地域については概略で知らされているが、演習シナリオは伝えられない、いわゆるブラインド訓練であり、演習開始後はほぼリアルタイムで進行する。

事態の進展は、前半は速い対応が、後半は解析評価に基づく綿密な対応が必要とされるようにシナリオ上でアレンジされている。

- ・演習の初期の放射性物質放出期間のみ、（シナリオ上要求される防護対策と一致させるため）気象情報をコントローラ側から提供し、その後は実際の気象条件で行う。

3.2 ルーマニアの緊急時計画区域と一般介入レベル^{2,9)}

ConvEx-3(2005)において設定された緊急時計画区域（EPZ: Emergency Planning Zone）と一般介入レベル（GIL: Generic Intervention Levels）は、ルーマニアの防災計画に基づいて設定されている。

ルーマニアの防災計画が、米国 NRC の規程をベースに作成されたとは必ずしも言えないが、セルナボーダ原子力発電所の EPZ は NUREG-0654/FEMA-REP-1Rev.1¹²⁾と同じ考え方を採用し、以下のように設定されている。

セルナボーダ原子力発電所のEPZ： プルーム被ばく経路： 半径10km
 経口摂取被ばく経路： 半径50km

図3 にセルナボーダ原子力発電所の EPZ を地図とともに示す。

また、ルーマニアの一般介入レベルの設定は表1 の通りである。全身の実効線量については、米国 EPA の基準ではなく、英国の基準を採用している。また、安定ヨウ素剤の服用規準はスイスと同等である。

ルーマニアでは安定ヨウ素剤を使用手引きとともに住民に事前配布している。⁹⁾また、地域の医院等でも在庫を有しており、地域の医療関係者や赤十字代表者が、安定ヨウ素剤を失くしてしまった住民や旅行者へ渡す。

服用量は以下の通り。

- ・成人；65mgKI 錠剤を2錠（等価安定ヨウ素 100mg）
- ・3歳から12歳；1錠，3歳未満；1/2錠

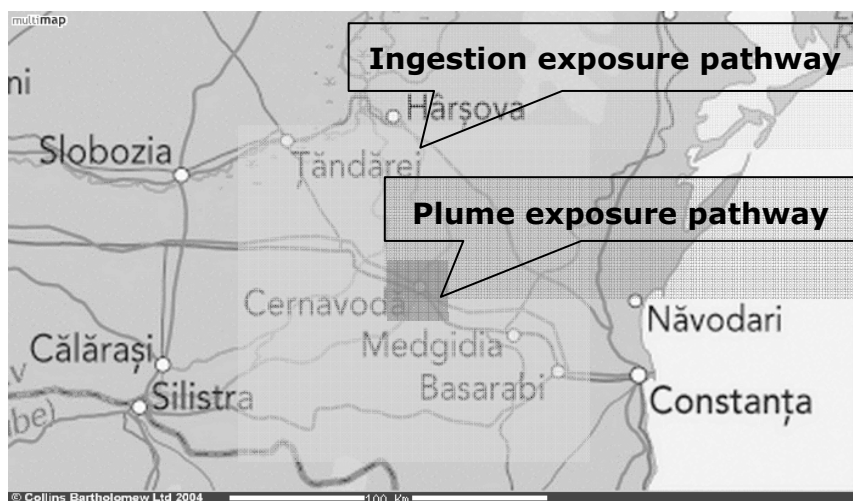


図3 セルナボダ原子力発電所のEPZ
 [出典：Baciu著 ANSN EPR-TG Regional Workshop 2006⁹⁾]

表1 ルーマニアの一般介入レベル [出典：CONVEX-3 (2005) Guide for Players²⁾]

防護手段	介入レベルと比較する線量	介入レベル (mSv)			
		全身の実効線量		甲状腺, 肺, 皮膚 に対する等価線量	
		下限	上限	下限	上限
屋内退避	初期の24時間における外部被ばく線量と摂取による預託線量の和	3	30	30	300
避難	同上	30	300	300	3000
安定ヨウ素剤服用	初期の24時間におけるヨウ素131摂取による預託線量	—	—	30	300

3.3 ルーマニアの原子力防災体制⁹⁾

図4 にルーマニアの原子力防災体制を示す。ルーマニアの原子力防災の中心は原子力規制委員会(Comisia Națională pentru Controlul Activităților Nucleare : 以下 CNCAN という。)である。

CNCAN は、原子力緊急事態において、専門家と技術的評価の面から内務省 (Ministry of Administration and Interior) の国家緊急時委員会 (Ministerial Committee for Emergencies) を支援する。また、ここがルーマニアの IAEA に対する警報発信部署 (NWP) になっている。

住民防護対策やメディア広報は国家緊急時委員会が負っているが、予測評価を含め、これらについて技術的な評価を行い、委員会に助言を行うのはすべて CNCAN である。さらに、産業、通商、交通等の各部門に対する防護手段の助言も CNCAN の役目となっている。

ルーマニアの国立原子力研究機関として教育・研究省傘下のホリア・フルベイ国立物理及び原子力工学研究開発機構 IFIN-HH ('Horia Hulubei' National Institute for Research and Development in Nuclear Physics and Engineering) がある。IFIN-HH は、RODOS システム (Real-time On-line DecisiOn Support Systems) に関するルーマニアの担当機関である。RODOS システム¹³⁾は、欧州共同体 (European Community, 以下、EC という。) 諸国の主要な研究開発機関の連合によって開発された原子力緊急時管理のための意思決定支援システムであり、登録ユーザーは緊急時に、Web 上の RODOS センターのサイト (<http://www.rodos.fzk.de/>) に 24 時間いつでもアクセスし、使用できるようになっている。

また、図4の原子力防災体制には記載されていないが、国立介入調整センター(National Intervention Coordination Center : 以下、CNCI という。)という組織がある。詳しい情報が入手できていないため、その役割の詳細は不明であるが、資料から推定すると、米国の FEMA と類似した消防・防災分野にかかわる組織で、国民の防護に関連した業務を行っている模様である。ルーマニアの原子力緊急時の通報体制図を図5に示す。ConvEx-3(2005)では、CNCAN が IAEA 側の対応を行うのに対して、CNCI は EC 側の対応を行っている。

欧州共同体の行政機関である欧州委員会 (European Commission) には、後述する運輸・エネルギー総局の所管である ECURIE 協定 (欧州共同体緊急時放射線情報交換協定) とは別に、環境総局の部局 A : 第3部門市民防護が所管する、原子力災害を含む天災や化学災害、山火事等に対する市民防護を各国共同で対応する仕組み、市民防護共同機構 (The Community mechanism for civil protection) がある。¹⁴⁾ CNCI は、ルーマニア国内の防災関連組織の調整を行うとともに、この市民防護共同機構の窓口機関となっているもようである。⁹⁾ 市民防護共同機構は、EU 各国所管官庁とブリュッセルのモニタリング・情報センター (MIC: Monitoring and Information Centre) との間で、Web ベースの情報交換システム CECIS (The Common Emergency Communication and Information System)

14) を構築し、国境を越えて影響を及ぼす一般災害や原子力災害に関する情報交換を行っている。CNCI がルーマニアにおける CECIS システムの所轄組織と考えられる。

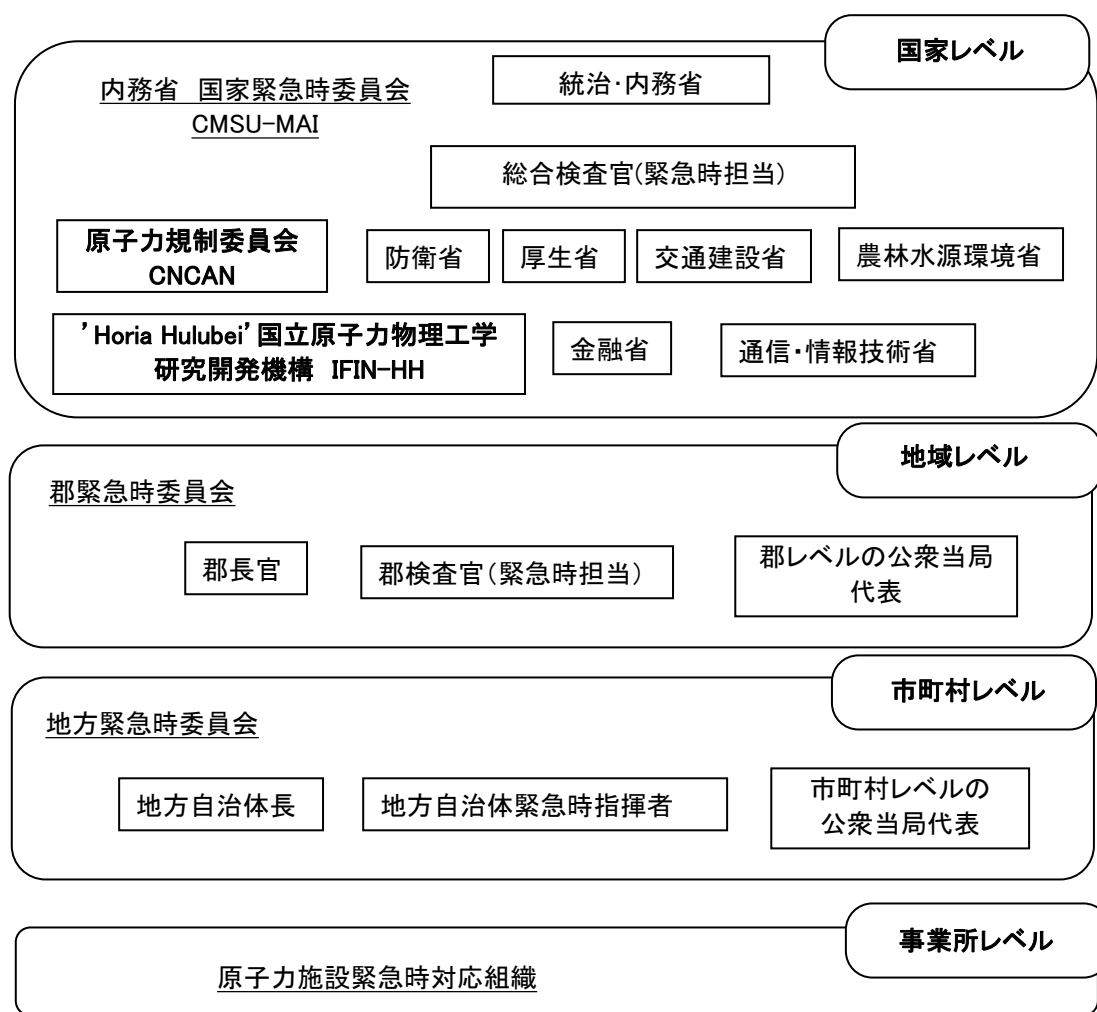


図4 ルーマニアの原子力防災体制

[出典：Baciu著 ANSN EPR-TG Regional Workshop 2006⁹⁾を基に作成]

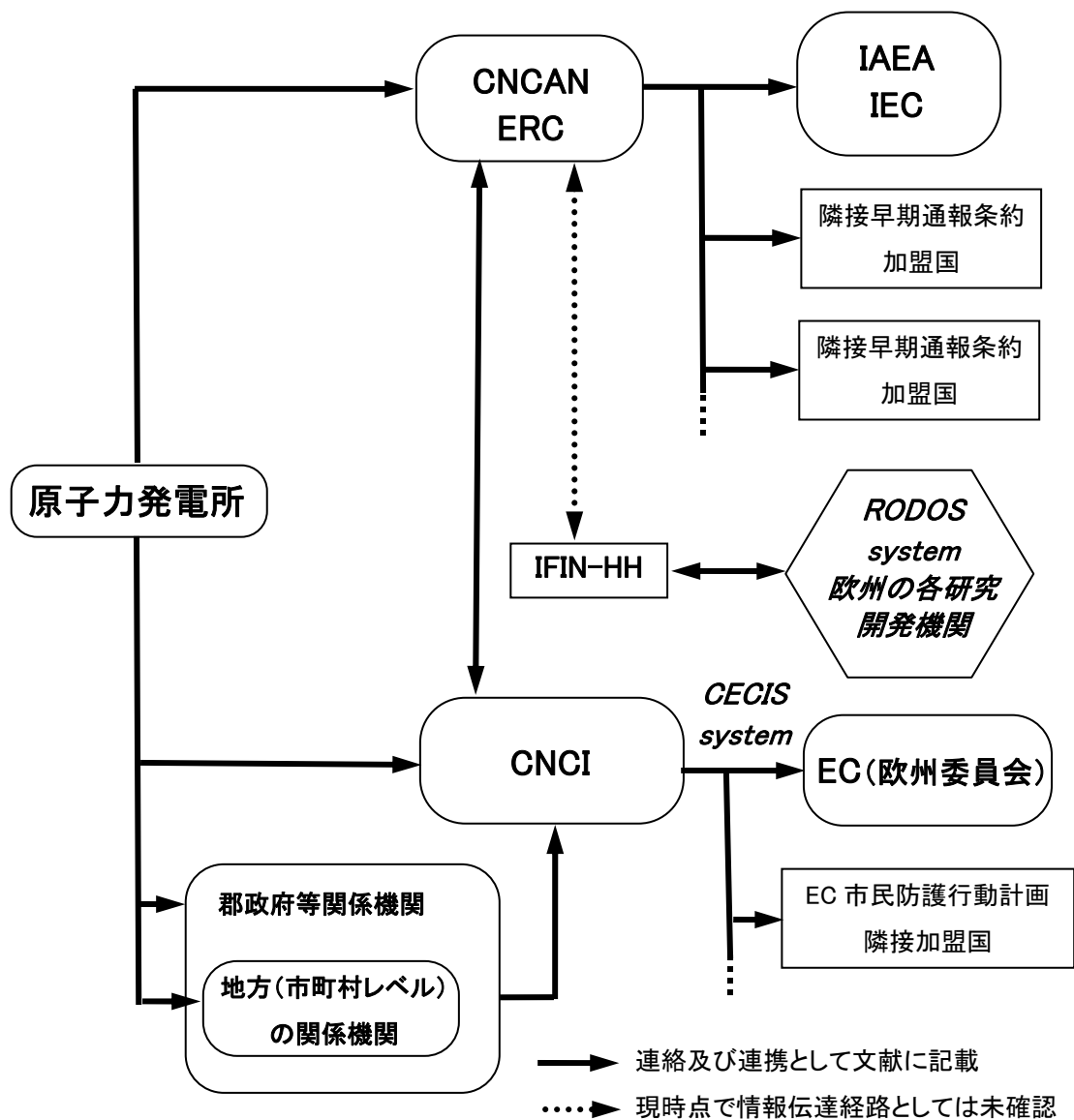


図5 ルーマニアの原子力緊急時の通報体制図

[出典：Baciu著 ANSN EPR-TG Regional Workshop 2006⁹⁾を基に作成]

3.4 演習の実施及び評価体制

(1) 演習参加者^{1,2)}

ConvEx-3(2005)の演習参加国は 62 개국である。また、8 つの国際機関が参加している。

[参加国及び参加国際機関のリストは付録 B 参照]

本演習で対象とされたのは原子力発電所から 1000km の範囲で、演習当事国のルーマニア以外で評価対象となったのはルーマニアに隣接しているブルガリア、ハンガリー、モルドバ、セルビア・モンテネグロ、トルコ、ウクライナの 6 개국、1000km 範囲内に含まれている 8 개국、及び 8 つの国際機関である。ルーマニアは、上記の隣接 6 개국には直接通報しなければならない。

上記以外の（日本を含む）55 参加国は IAEA からの FAX の受信と ENAC Web サイトのアクセス状態確認、及び欧州委員会からの受信等だけである。参加各国及び国際機関は IAEA を通して、ルーマニア及び近隣諸国へ情報提供の要求を行う。

欧州委員会（European Commission）は、この ConvEx-3(2005)に合わせて、第 4.2 節で述べる ECURIE 協定（欧州共同体緊急時放射線情報交換協定：European Community Urgent Radiological Information Exchange arrangements）に基づくレベル 3 演習¹⁵⁾を実施している。ルーマニアとブルガリアが正式に EU 加盟国となったのは 2007 年 1 月からであるが、両国は、ConvEx-3(2005)当時、既に ECURIE 協定に参加している。ただし、ルーマニアは、ECURIE 協定における正式な情報交換ツールである CoDecS システム（2001 年に構築された Coding and Decoding System）等の整備が ConvEx-3(2005) に間に合わず、FAX で対応していたもようである。

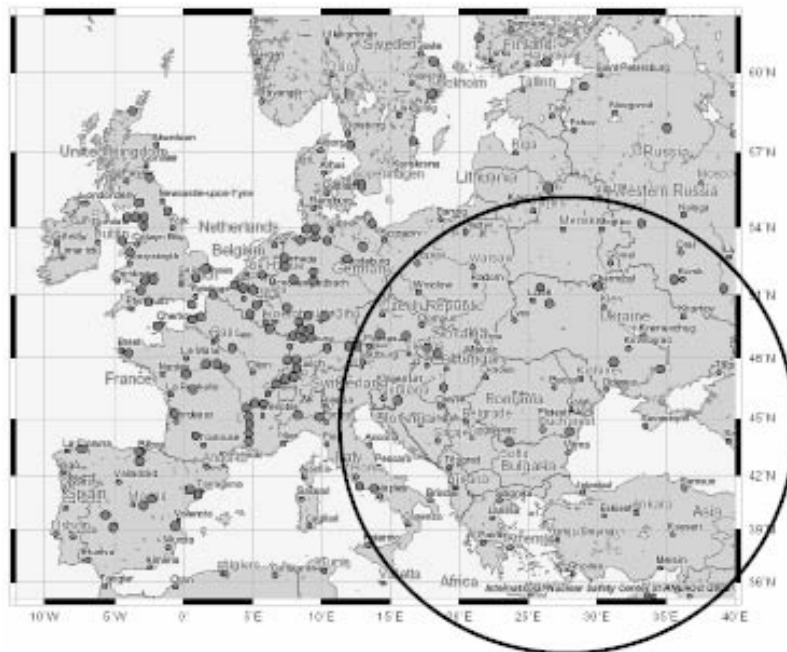


図6 訓練対象となる原子力発電所から1000kmの範囲
〔出典：CONVEX-3 (2005) Guide for Players²⁾〕

(2) 演習の実施と評価^{1,3)}

ルーマニアとその6隣接国、及び8つの国際機関から、それぞれ本演習のコントローラチームと評価チームが編成されている。評価者等は13時間で交代しながら演習を進める。

演習評価チームのリーダーはIAEAの担当で、コントローラチームのリーダーを兼任している。ConvEx-3(2005)における演習評価チームの体制を図7に示す。

また、ルーマニアでは、演習のための模擬メディア(報道関係の学生)を設け、国内外のメディアからの問合せ等を模擬して実施している。

ConvEx-3(2005)の実施は前述したように、2005年5月11日~12日である。その準備期間は実質的に1年半程度である。³⁾

IAEAからConvEx-3の開催と参加の呼びかけがなされたのは2002年11月15日であった。それに対し、スロベニアとルーマニアが当事国としての名乗りを挙げ、IACRNAが最終的に当事国としてルーマニアを選定したのが2003年12月10日であった。

演習に関するIACRNAワーキンググループ会議が2004年2月4日を最初に、4回実施されている。その間、演習参加国の呼びかけ、評価者及びコントローラーの選任等が行われている。評価者及びコントローラーの教育研修は2005年3月15日までに各組織において実施されている。また、2005年3月22日までに、演習の概要をまとめた演習マニュアルが評価者及びコントローラーへ、参加者用ガイドが演習参加者へ配布されている。

2005年4月27日と5月4日に参加国及び参加国際組織の間の通信試験が行われた。演習の実施に関するプレスリリースが2005年5月4日になされている。

演習実施後、約1ヵ月の間にルーマニア国内及びIACRNAワーキンググループ会議において訓練評価結果がまとめられ、2005年6月30日及び7月13日に発表された。

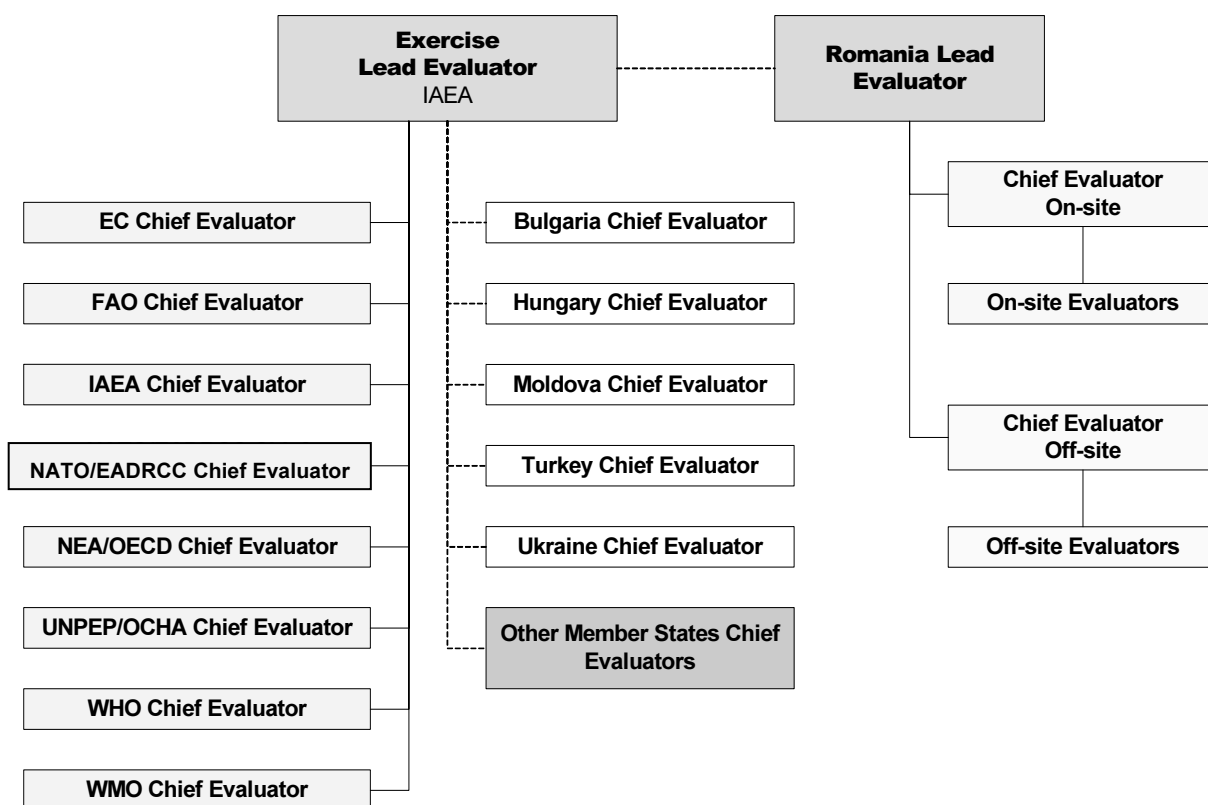


図7 ConvEx-3 (2005) における演習評価チームの体制
 [出典：CONVEX-3 (2005) Guide for Evaluators¹⁾]

4. ConvEx-3の目的と演習の評価

4.1 ConvEx-3演習の目的

ConvEx-3 の演習目的は基本的に本節で述べる 5 項目とされており、さらにこれらの項目に対して、参加国や参加機関のニーズに合わせ、項目内容の修正や個別の追加が許されている。演習評価では、参加国や参加機関の緊急時対応組織の行動がこの演習目的を満足するものであったかどうかを判定する。

ConvEx-3 (2005) の評価者用ガイド (Guide for Evaluators) ¹⁾には、この 5 つの項目とともに、さらに要求される行動に関する具体的な判断基準として、下記のような質問事項あるいは確認事項が示されている。評価者は、評価対象の担当者あるいは組織の行動を、この質問／確認事項に沿って判定、記録する。

目的 1 : メディアの報道や原子力事故に関する問合せに対し、スタッフが適切に、かつタイムリーに対応するかどうかテストする。

質問 (確認事項)

- Q1. [当該組織] の広報担当官が原子力発電所の出来事に関するメディアの報道を認識していたか?
- Q2. [当該組織] は、原子力発電所の事故に関する確認されていない内容のメディア報道に対しどう対応するかという手順に従っていたか、また、広報担当官は緊急時対応の指揮者に [予想される時間] 分以内にその報道について相談するための連絡を行ったか?
- Q3. [緊急時対応指揮者] はメディア報道をよく理解していたか? また、それを検証／確認するためのステップを取ったか?
- Q4. [緊急時対応指揮者] は、そのメディア報道を検証／確認するために関係する機関と相談する決定をしたか?
- Q5. 関係する機関からの情報に基づいて、[緊急時対応指揮者] は、緊急時対応組織 (以下、「ERS」という。) に対応させることについて適切に意思決定したか?

目的 2 : [当該組織] の ERS 立ち上げがタイムリーに、かつ適切になされるかどうかテストする。

質問 (確認事項)

- Q1. [緊急時対応指揮者] は、緊急時対応組織を部分的に立ち上げることを要求したか? これが、その時点の状況において適切な選択であったか?
- Q2. 重大緊急事態の通報を受けたとき、[当該組織] は、ERS を立上げる必要があると決断したか?
- Q3. 立ち上げが要求されたとき、[緊急時対応指揮者] は、報告を受取ってから [予

想される時間] 分以内に立上げる必要があると決断したか？

- Q4. [緊急時対応指揮者] は, [当該組織] の ERS に報告するため, [ERS 要員のリスト] らの調整を行ったか？
- Q5. 緊急時対応センターへ行くため [当該組織] の担当者と連絡を取る手順は適切にきちんと行われたか？
- Q6. 立ち上げに使われる通信システム [PC, 召集システム, 電話等のシステム機器のリスト] は所定の通り動作したか？
- Q7. [当該組織] の緊急時対応センターへの参集を要求された要員はセンターに到着したか？また, センターは [予想される時間] 分以内に活動開始準備を整えられたか？
- Q8. 担当者は各自の立ち上げの手順について相談した, あるいは記憶にしたがって業務を行おうとしたか？要員は各自の立ち上げの手順を理解して行動している様子であったか？ある業務については, 追加的な手順あるいはツールのほうが有益であった, というようなことはなかったか？
- Q9. 担当者が役割分担の範囲を守っていたか？
- Q10. 交代要員は, 交代前に決定された事項や実施されたアクションについて十分良く理解していたか？
- Q11. [当該組織] は他の [関係機関] との連携を取って, 活動を解除したか？

目的 3 : 情報交換の手続きに従って関連する活動がタイムリーに, かつ適切になされるかどうかテストする。

- Q1. [通信システム] は連続的に使える状態にあり, 運転されていたか？
- Q2. メッセージを受取った担当者は, そのメッセージを処理するために [通信システム] を正しく操作できたか？
- Q3. 緊急時対応センターは各メッセージを正しく受領したか？
- Q4. 緊急時対応センターは受取ったメッセージのフォローを保ち, 状況の評価を最新のものに維持していたか？
- Q5. 適切な要員が全員, [通信システム] を使うことができたか？
- Q6. メッセージは適切な緊急時対応センター要員に [予想される時間] 分以内に配布されたか？
- Q7. 緊急時対応センター要員は各メッセージを理解していたか？
- Q8. 業務が連携するべきものであるとき, 所定の通信 [情報交換のリンク] が [関係機関] との間で確立されたか？

目的 4 : メディア情報が連携を持ちながら, タイムリーに, かつ適切に発信されるかどうかテストする。

- Q1. 横断的問題（2つ以上の国際機関の境界上にある問題で、公表に当たっての内容確認が各機関の緊密な連携の下でなされなければならないもの。）をプレスリリースする際、事前に〔関係機関〕にレビューのため送付されていたか？
- Q2. 〔関係機関〕のWebサイトは、プレスリリースを作成している当該組織の広報担当官の助言を得たものであったか？
- Q3. プレスリリースは事実に基づいたもので、〔当該組織〕の役割、責任、活動に限られた内容であったか？
- Q4. 発行されたプレスリリースのコピーが、〔当該組織〕から〔関係機関〕に提供されていたか？

目的5：〔その他の対応行動〕が連携を持ちながら、タイムリーに、かつ適正な方法でなされるかどうかテストする。

- Q1. 期待された〔対応業務〕があなたの〔組織／グループ〕でタイムリーに、かつ適正な方法でなされていたか？
- Q2. 〔緊急時対応指揮者〕は、その職務として役割分担した業務について優先順位付けやフォローができていたか？
- Q3. 行動あるいは対応が要求された局面において、優先順位付けが不足していたために、〔当該組織〕として役割分担していた業務を完遂できなかったということがあったか？
- Q4. 情報伝達に関して、業務を完了する前にもっと明確にしておく必要があったのに、不十分だったというような例があったか？
- Q5. 〔当該組織〕が役割分担された対応業務を実施するのに十分な資源が使える状態にあったか？
- Q6. 期待されていたことと異なることがなされなかったか？それを行ったことによって有益なことがあったか？それを行ったことによって、〔他機関〕との間に支障が生じなかったか？それを行うことについて正当性はあったか？
- Q7. 交代要員は、前任者がそれまでに行っていたことをよく理解していたか。
- Q8. 業務の優先度が次の交代要員に引き継がれていたか？あるいは、次の交代要員が業務の優先度を変えてしまわなかったか？もし変えていた場合、それは良い結果となったか、それとも悪い結果となったか？

4.2 演習目的の修正と追加

ConvExの演習目的項目等については、参加国や参加機関がそれぞれにおいて、その実情や都合に合わせて修正や追加などの変更を行ってよいことになっている。

ルーマニアでは、ConvEx-3（2005）の上記5項目以外に次の項目が追加された。⁹⁾

- ・安全性の評価を行うこと、事故進展予測を行うこと、また、プラント側の復旧作業

において技術的な過程を観察する。

- ・放射性物質の放出に関して、その性状と潜在的及び実際の放出量を評価する。また、サイト周辺住民の健康への影響を評価する。

放射性物質の放出に伴う環境影響評価は CNCAN が実施しており、解析に使用されたのは米国原子力規制委員会 NRC (U.S. Nuclear Regulatory Commission) の影響分析用放射線学的評価システム RASCAL (Radiological Assessment System for Consequence Analysis) 3.0.1¹⁶⁾である。

- ・模擬メディアによる情報提供要求について、要員を代えながら対応のテストを行う。

また、欧州委員会は、ConvEx-3 (2005) に合わせて ECURIE 協定に基づくレベル 3 演習を実施している。¹⁵⁾ ECURIE 協定は、欧州委員会の運輸・エネルギー総局の所管である欧州共同体の緊急時における放射線情報を欧州共同体加盟国間で共有する協定である。ルーマニアにおける ECURIE 協定の所轄組織は CNCAN である。

今回の ECURIE 協定レベル 3 演習における主な評価項目と概要は次の通りである。

- ・ ECURIE 緊急通報とメッセージの送信。

欧州共同体では原子力緊急時の情報伝達のために CoDecS コミュニケーションシステムという情報伝達システムを構築している。¹⁷⁾この CoDecS システムと FAX が原子力緊急時における ECURIE 協定に基づく緊急通報と情報交換の中心手段である。

- ・ TREN H.4 緊急事態チームの活動。

欧州共同体の原子力緊急時対応は、共同体理事会の下にある運輸・エネルギー総局の部局 H:原子力の第 4 部門放射線防護 (TREN H.4 と略称される。) が所管している。ルクセンブルグの TREN H.4 には緊急事態チームが組織されており、緊急時対応を行う。

- ・ STUK による RESPEC の活動。

フィンランドの STUK (Säteilyturvakeskus : 放射線安全センター) は緊急時対応のための非常に大きな組織を持っており、原子力緊急時に欧州委員会の TREN H.4 に対する事故の技術的解析、環境拡散評価、防護対策、広報活動等の幅広い支援業務を欧州委員会と契約している。これを STUK では RESPEC プロジェクトと名付けている。欧州委員会との契約上は、訓練等において支援活動を 24 時間 (年間を通した活動時間の合計) 行うことになっているが、ConvEx-3 (2005) で STUK は、契約上の活動時間を越える、30 時間あまりに渡って、その活動を自主的に継続している。

- ・ ENSEMBLE システムによる環境拡散予測評価。

ルーマニアが放射性物質の環境拡散予測評価に NRC の RASCAL を使用したのに対して、欧州共同体の公式な環境拡散予測評価ツールが中一広域大気拡散予測シス

テム ENSEMBLE (A System to Reconcile Disparate National Forecasts of Medium and Long-Range Atmospheric Dispersion) であり, JRC (Joint Research Center: 欧州委員会の統合研究センター) の Ispra サイトに所属する REM グループが管理している。¹⁸⁾

- ・ EURDEP システムによる環境測定データ交換。

EURDEP (European Radiological Data Exchange Platform) システム¹⁷⁾は欧州共同体加盟国内の放射線モニタリングデータを集約, 提供するシステムで, 参加国から CoDecS システムあるいは FAX によって, 逐次送られ, 24 時間常にアップデートされている。平常時は 1 日に 1 回だが, 緊急時では 1 時間に 1 回アップデートされる。

4.3 演習評価の方法

(1) 演習評価の実施¹⁾

ConvEx の演習評価は, 第 3.4 項(2)で述べたように, 図 7 に示した体制で各演習対象(演習当事国, IAEA, 演習対象発電所から半径 1000km 以内に含まれる演習参加国, 参加国際機関)について行われる。評価者のシフトは 13 時間で組まれている。評価は, 各国・組織担当のチーフ評価者の下, 評価者を以下の 4 つの機能部門に分け, 各部門ごとに実施する。

- ① 総括管理部門 (Management Area)
- ② コミュニケーション部門 (Communications Area)
- ③ 技術部門 (Technical Area)
- ④ 広報部門 (Public Information Area)

評価は, 評価対象の担当者あるいは組織の行動を, 第 4.1 項に述べた各目的項目に関する質問/確認事項に沿って判定していくが, 4 つの機能部門が必ずしもすべての目的項目に該当するわけではない。評価者用ガイドには, 4 つの機能部門と目的項目及びその質問/確認事項の対応表が示されている。この対応表を表 2 に示す。

IAEA は各々の ConvEx について, 評価用テンプレート (チェックシート) を作成し, 評価者用ガイドと別に評価者に支給している。¹⁾ 評価用テンプレートは, 機能部門別に作られており, 第 4.1 項に述べた各目的項目を満足しているかどうか判定できるように, 各々の質問/確認事項と Yes/No チェックボックスや時間等の記録欄から構成されている。問題行動を観察した場合の記録欄も設けられている。参加者のシフトに伴う交代の引継ぎ状況については重要視されており, 演習中に行われるすべてのシフトについて, 交代の度に評価が行われ, 省略されることはない。

付録 C にテンプレートの例として, ConvEx-3 (2005) の評価者用ガイド¹⁾に記載されている評価用テンプレートの一部を抽出して付す。

ConvEx-3 (2005) の評価者用ガイド¹⁾は冊子だけではなく, PDF バージョンも用意されている。この PDF 評価者用ガイドの評価用テンプレートには“ノート注釈”が付されている。

図8 に PC の画面上で見た評価用テンプレートの例を示す。付録 C の評価用テンプレートの2ページ目とまったく同じ記載であるが、PC の画面上にはいくつかのアイコンが見られる。これはIAEA担当のチーフ評価者である Martin Hug によってコメントが“ノート注釈”として PDF に付されたものである。このテンプレートを使用する評価者が PC のポインタをこのアイコン上に移すと、図中に示されているように、Hug 氏のコメントがポップアップで表示される。

表2 機能部門と評価事項の対応表

[出典：CONVEX-3 (2005) Guide for Evaluators¹⁾]

Objective	Question	Management	Communications	Technical	Public Information	Objective	Question	Management	Communications	Technical	Public Information
1	1				X	3	3		X		
	2				X		4		X		
	3	X					5		X		
	4	X					6		X		
	5	X					7		X		
2	1	X					8		X		
	2	X					9		X		
	3	X				4	1				X
	4	X					2				X
	5	X					3				X
	6	X					4				X
	7	X				5	1	X	X	X	
	8	X	X	X			2	X		X	
	9	X	X	X			3	X		X	
	10	X	X	X			4	X		X	
	11	X	X	X	X		5	X		X	
	12	X					6	X	X	X	
3	1		X				7	X	X	X	
	2		X				8	X	X	X	X

ConvEx-3 (2005) Guide for Evaluators
Technical Area

Q9: Did personnel consult their activation procedures or did they try to perform tasks from memory? Did the staff appear knowledgeable in the use of their procedures? Did it appear that additional procedures/tools would have been useful for certain tasks?

Evaluate procedure use in the table below.

Position	Procedure	Did you observe this position using this procedure ³⁶		Did the staff appear knowledgeable in use of the procedure ³⁷		Additional procedures/tools needed ³⁸	
		Yes	No	Yes	No	Yes	No

Q10: Did personnel stay within the boundary of their defined roles?
Watch for the following inappropriate action.

Yes	No	Inappropriate Action

HUG, Martin

The Chief Evaluator should before the exercise think about what would be inappropriate tasks for this position to perform and list those task here for the evaluator to watch for during the exercise. For example you could list here "The Technical Leader performed calculations better performed by a Technical Team member" or "the Technical Team asked for data from the Accident State that was outside there area of expertise".

³⁶ Check 'No' if you did not observe the position using the procedure at all. In your opinion as an evaluator, had the procedure been consulted, would it have improved the outcome of the action? If so provide details in the comment section.

³⁷ Inappropriate use of the procedure would be indicated by the position reading and rereading steps over and over before proceeding with the action. If the answer is 'Yes' indicate in the comment section if this appeared due to the procedure step not being clear, or if clear the position appeared to not be familiar with the step so he had to read it a couple of times before he/she could proceed.

³⁸ Describe what additions to procedure/tools are needed in the comment section.

2

図 8 PC 画面上の PDF 評価用テンプレートの例
 [出典 : CONVEX-3 (2005) Guide for Evaluators¹⁾ PDF版]

(2) 評価結果のまとめと報告

ConvEx-3 の評価者用ガイド¹⁾には、評価者レポート (Evaluator Report) の作成要領が定められている。

演習終了後、前項(1)で述べた評価者用テンプレートで作成された評価者の記録は、各組織ごとに、演習目的項目順に集計され、次の要領でレポートに記載される。

- ① 目的項目に関する各質問／確認事項の要求について当該組織あるいは緊急時対応指揮者個人の行動を Yes/No チェックボックスで示す。
- ② 当該目的項目に関する問題点、改善が必要な欠格事項が観察された場合は、その内容を記載し、さらにそれを次の判定基準と課題が属する分野（計画、訓練、資源）によって分類する。
 - i) クリティカル (Critical) ; その役割や責任を果たす上で [機関] の能力を著しく損ねた、もしくは要員の安全／保安を危険に陥れるような欠陥
 - ii) 重大 (Major) ; [機関] の対応の効果を著しく低下させた欠陥あるいは弱点で、その職務遂行上で防止はできなかったものの、要員の安全／保安を危険に陥れるようなことにはならなかった。
 - iii) 軽微 (Minor) ; 対応の効果を低下させた弱点
- ③ 上記①、②の評価、及び当該組織各機能部門担当評価者の意見に基づいて、その目的項目に関する総合判定を次の規準で行う。
 - i) 優秀 (E : Excellent) ; 行動の信頼性が高く、円滑に完遂され、全く問題がなかった。
 - ii) 合格 (S : Satisfactory) ; 行動は完遂されたが、弱点も見受けられた。
 - iii) 不合格 (U : Unsatisfactory) ; 計画、あるいは訓練、資源上の欠陥により、行動は完遂されなかった。

上記の記録集計と総合判定を 5 つの演習目的項目すべてについて実施し、評価者レポートとする。評価者用ガイドには、問題点や欠格事項を指摘するだけでなく、優れていた点、他機関の模範となるような点についてもレポートに記載されるべきことが記されている。

評価者レポートは参加国や参加機関には提出されていると考えられるが、一般に公表されていない。しかし、IAEA の IACRINA が出している演習報告 (Exercise Report)³⁾は、限定配布という形ではあるが、一般に公表されている（表紙には限定配布とされているが、Web 上で入手できるため、事実上公開文書である。）。

演習報告には、評価レポートのまとめとして、演習当事国、演習対象となる半径 1000km 以内のすべての演習参加国、IAEA を含む参加国際機関について、5 つの演習目的項目の集

計と総合判定結果が一覧表にして記載されている。ConvEx-3（2005）における“評価レポートのまとめ”一覧表を表3に示す。本表から、ConvEx-3（2005）においては一部の演習参加国で演習評価がなされなかったか、あるいは評価者レポートが提出されなかったことが分かる。本一覧表は、演習報告では質問／確認事項の判定グレードと欠格事項の判定に応じて色分けされており、ひと目で各国及び国際機関の評価結果が分かるようになっている。

表3 ConvEx-3（2005）の評価レポートのまとめ一覧表
 [出典：CONVEX-3（2005）Exercise Report³⁾]

State or International Organisation	O1	O2	O3	O4	O5	Comments
Accident State						
Romania		E	S	U	S	Objective 1 was not exercised
Romanian neighbouring States						
Bulgaria	E	E	E	S	E	
Hungary	E	E	E	E	E	
Moldova	S	S	E	S	S	
Serbia and Montenegro						No information available; comments were given
Turkey	E	E	E	S	E	
Ukraine	E	E	S	S	S	
States within 1000 km from NPP Cernavoda that provided evaluation						
Austria						No information available; comments were given
Italy						No information available; comments were given
Germany						No information available; comments were given
Greece	E	E	S	E	S	
Pakistan						No information available; comments were given
Portugal						No information available; comments were given
Russia						No information available; comments were given
Slovenia	S	S	E	S	S	
International Organisations						
EC		S	S	U	S	Objective 1 was not exercised
FAO			S			Other objectives were not exercised
IAEA	S	S	S	S	S	
UNEP/OCHA	U	U	U	U		Objective 5 was not exercised
WHO	S	S	S	E	S	Objective 1 was not fully exercised
WMO		E	E			Other objectives were not exercised

4.4 ConvEx-3(2005)演習報告³⁾に見る評価内容

表 3 から分かるように、ConvEx-3 (2005) に参加したルーマニアとその 6 隣接国、半径 1000km 以内の 8 か国、及び 8 つの国際機関のうち、いくつかは何らかの理由で評価が実施されずに終わっている。IAEA の IACRNA が出している演習報告に評価が記載されている機関についてみると、概ね「優秀」あるいは「合格」であった。ルーマニアと欧州委員会、国連環境計画/人道問題調整部 (UNEP/OCHA : United Nations Environment Programme / Office for the Coordination of Humanitarian Affairs) の統合環境部門の 3 機関で「不合格」と判定された演習目的項目があった。ルーマニアと欧州委員会はともに目的 4 : メディア情報に関する連携とタイムリーかつ適切な発信について、「不合格」とされた。

演習評価では、優れていた点と問題点を同様に評価することになっているが、ここでは ConvEx-3(2005)演習報告³⁾を基に IACRNA ワーキンググループ会議の訓練評価において、どのような点が問題とされたかを中心にまとめる。

(1) ルーマニアの評価

- ・ルーマニアの各レベルについて、その緊急時対応組織の立ち上げプロセスについては「優秀」という評価がなされている。
- ・CNCI において、入電する情報に応じて逐次状況の再評価を行うところを、いくつかまとめて実施していた点が指摘された。
- ・各レベル間の緊急時対応に関する情報交換はタイムリーとは言えなかったが、概ね適切に行われた。推奨された是正事項は、地方と国の間における種々の情報の配布 (共有) の方法のさらなる開発と総括管理部門スタッフに対する情報交換に関する訓練の必要性である。

ルーマニア担当者の報告を見ると、CNCI の組織内の連携及びルーマニア国内の防災関連組織間の調整に問題があるという指摘がなされている。⁹⁾

- ・国レベルの広報グループは適切に機能しなかった (ルーマニアはこの点で「不合格」と判定された。)。地方レベルと国レベルの間でプレスリリースの調整ができず、これを緊急時対応組織 (CNCI や CNCAN) の技術グループが肩代わりして遂行していた。地方レベルでは原子力発電所の連絡員がプレスリリースを非常に良く支援していた。しかし、地方委員会の場でメディアに緊急事態の説明をしていた点が、委員会の活動を妨げていたと指摘された。推奨された是正事項は、広報担当者の訓練と広報の計画と実施手順のさらなる開発である。
- ・第 4.2 節で述べたルーマニア独自の演習項目については、国と地方の意思決定を行う者に対してテーブルトップ演習や訓練を行うことが推奨される是正事項となった。

(2) 欧州委員会の評価

- ・ 欧州委員会からは、IACRNA の演習報告³⁾とは別に、ECURIE のレベル 3 演習の演習レポート¹⁵⁾が公開されている。両者の内容に大きな相違はない。第 4.2 節で述べたレベル 3 の演習項目について、以下のような評価がなされている。
- ・ ECURIE 緊急通報とメッセージの送信については、適切になされたが、さらに改善の余地があり、また行動を（マニュアル無しで）自動的にできるよう、よく演練する必要がある。
- ・ CoDecS コミュニケーションシステムは FAX よりも速く、よりコントロールしやすく分かりやすいことが示された。参加国によっては、FAX では紙が多くなり、演習中に整理がうまくできなくなってしまったという報告の記載がある。一方、CoDecS システムについても、まだ応答が遅く、使い難いという評価もなされている。
- ・ TREN H.4 緊急事態チームは、ConvEx-3(2005)当時、要員を 2 名しか当てておらず、演習では何とかなったものの、実際の事故対応では手が十分に回らないことが指摘された。事前に用意されたファイルをよく知らなかったため、手順を分かり易く示すこととチーム要員の訓練が必要であることも指摘された。
- ・ TREN H.4 緊急事態チームは、9 時間のシフトを組んでいるが、これが交代時のオーバーラップを考慮したものであり、引継ぎを非常に円滑にしたことが指摘されている。
- ・ TREN の広報チームは担当者が緊急時対応に不慣れであったと指摘されている。IAEA の担当部署と連絡が取れず、広報発表に関する調整ができなかった（IACRNA はこの点で欧州委員会を「不合格」と判定した。）。さらに、TREN H.4 はもっと情報を報道担当官に提供する必要があると指摘された。
- ・ 欧州委員会の他局の活動が不足していたため、TREN H.4 の負荷は本来よりも低かった。今後の演習では、本来なされるべき活動をすべて網羅するように準備することが必要であると指摘された。
- ・ ENSEMBLE システム、EURDEP システム、RESPEC の活動は非常に良くできたという評価である。

(3) UNEP/OCHA 統合環境部門の評価

- ・ UNEP/OCHA 統合環境部門については、評価を受けた演習目的項目の 1 から 4 までのすべてが「不合格」であった。UNEP/OCHA 統合環境部門は、この ConvEx-3 (2005) に最小限の人数しか参加しなかった。そのため、（特に OCHA 側の）緊急時対応組織 ERS が立ち上がらず、以下の 2 点について「クリティカル」という判定がなされてしまった。
 - 1) ConvEx-3(2005)の事前演習の情報伝達試験では、IAEA からの FAX を受信することができなかった。
 - 2) OCHA は受信した 10 件の FAX を OCHA 内の緊急時対応組織 ERS リーダーには

送ったものの、統合環境部門等の他の関係者には送らなかった。演習の間、OCHAでは緊急時対応組織が設置されないままであった。

- ・統合部門内のコミュニケーション手順と代替システムの明確化、及びその改良が必要との指摘がなされた。

(4) その他の機関に関する評価

- ・IAEAを含め、他の機関は特に「不合格」という判定はなかった。重大な指摘事項ではないが、IAEAに対しては次のような指摘がされている。

- 1) 120分という立ち上げ目標時間は満足されたが、最初のシフト要員交代後の立ち上がり（作業の開始）がタイムリーではなかった。
- 2) IECの施設は長期の緊急時対応には十分ではなかった（特に、スペースの不足、音がうるさいこと、インターネットが遅いこと）。
- 3) 技術的なツール類が効果的に使われず、チェックリストも便利なものであるが、使われないままのものがいくつかあった。20のマイナーな改善項目が指摘された。
- 4) ENAC Webサイトは、前回演習では配信に1時間以上を要していたが、今回は5～15分に改善された。しかし、一部の機関からは、一時ENAC Webサイトが使えなくなったという報告があった。また、今回初めてENAC Webサイトを使ったというWMOは、入力、情報のアップデート管理、（WMOの慣例による）名称を使うことやハイパーリンクに課題があると指摘している。

- ・ルーマニア以外の国で指摘された点で比較的共通しているのは、Webを利用した情報通信システムは非常に有効である反面、自国内及びIAEAや欧州共同体等、さまざまな機関が多様な情報通信システムを構築しているため、それらすべてについて習熟している必要があり、人材や設備の問題や現場でそれらの使い分けを分かり易く示す必要性が生じていることである。

(5) 演習報告の結論と推奨事項

ConvEx-3(2005)演習報告³⁾は、最後にIACRINAのワーキンググループ会議としての演習全体の評価を「結論と推奨事項」として述べている。

前項の評価内容が国や組織別に記載されていたのに対して、「結論と推奨事項」では演習の全体総括とともに所見と推奨事項が4つの機能部門別に記載されている。以下にその概要を記す。

① 全体総括

- ・演習参加国と国際機関の緊急時体制がテストされ、さらなる改善点が特定された。演習目的項目は本質的に満足されたが、改善がなされなければ対応の効率や効果を損ないかねないいくつかの分野が明らかとなった。
- ・国内及び国際間の情報交換においてインターネットもしくはWebベースのシステムが非常に便利であることが示されたが、緊急時の情報の適切でタイムリーな取扱いを

確かなものとするため実践的で良く練られた手順が必要である。各国に共通して使われる国際プラットフォームについて、各国独自の Web ベースとの情報交換のため、できる限りのインターフェイスを用意することが何よりも有益である。しかしながら、データセキュリティネットワーク (DSN) による FAX を用いた情報交換も並行して維持されるべきである。

- ・国内の、そして特に国際的レベルにおいて存在している報道情報に関する調整の問題は非常に重要であり、今後の緊急時演習においても演習目的の項目として残されるべきである。情報の調整は、渉外手続き及び機関と所管官庁との広報情報の交換について試行錯誤を通して改善していく必要がある。
- ・本演習は、その準備から実施、評価に至るまで、満足できるものであったが、特に演習の評価プロセスについてはまだ改善の余地がある。一部のケースにおいて、評価者の情報が不完全なものであったのは、評価者への指導と評価者用ガイドを本演習に適合させるための擦り合わせが不十分であったためである。今後の演習では、評価者の適切な訓練を行うためにもっと努力と時間を割くべきである。

② 総括管理部門 (Management Area)

- ・総括管理部門における問題点は、すべて「訓練」に起因するものである。市町村、郡、国、国際機関、すべてのレベルについて、対応要員と責任者に対して、より系統的で計画的な訓練が必要であるということは明らかである。

[推奨事項] 緊急時の外務担当部署 (NCA(A)) 及び他の担当組織は系統的な訓練プログラムを開発して実施するべきである。NCA(A)及び他の担当組織は、緊急時要員の訓練に関し、所管権限をより共有化し、マネージメントの面から支援を行うことを公約に掲げて努力すべきである。

③ コミュニケーション部門 (Communications Area)

- ・国内及び国際間の専用 Web サイト (例えば ENAC Web サイト) は効率的な情報の伝達手段となり得ることが確認された。
- ・相互参照を行う仕組み (ENAC Web サイトや ECURIE あるいは二国間協定) がなければ、国際間で本質的に同じ情報がさまざまな形で報告され、情報のオーバーフローを招き、不要な労力の素となってしまう。情報交換に関する二国間協定は、タイムリーな通報のための有効なツールとなり得ることが確認された。
- ・演習において、NCA(A)のほとんどが資料管理や記録を紙ベースで行っているが、一部では電子化し、情報の流れの監視を行っていた。演習では、このような革新的な情報の流通管理が資料管理や記録の効率を向上させるということが示された。

[推奨事項] IAEA 事務局と NCA(A)は関係国際機関とともに、2004 年 6 月に IAEA が発表した「原子力及び放射線緊急事態に対する国際的な準備と対応システムの強化に関する国際行動計画」²¹⁾に基づいて、国際的な緊急時情報伝達システムの向上に関する戦略の推進をより加速する。

④ 技術部門 (Technical Area)

- ・地域的及びグローバルな協定の下、WMO の地域限定気象センター (RSMC) が常に準備、提供している地域限定の気象学上の成果が作成され、提供された。ユーザーは全般的に満足であった。この演習においては、これら WMO の成果とともに、JRC の Ispra サイトが提供している大気拡散予測システム ENSEMBLE の結果が、RODOS システムの結果とともに、利用できた。これら複数の数値解析手段は、複数の解析結果を生み出し、潜在的に意思決定を手間取らせる、あるいは混乱させる可能性がある。リアルタイムで 24 時間休みなく行われる緊急事態対応に対して、これら複数の解析結果を信頼できる方法で合成するような、科学的で技術的に実施可能な解決方法が開発されれば、緊急時管理の専門家にとって防護対策を提案する際の効果的な解析データや情報となり得るであろうと思われる。
- ・WMO から提供される気象関連情報が、広域の環境拡散解析に関する有益な情報源として、各国の専門家にとってきわめて重要であるということが、この演習で示された。各国の気象担当機関及び WMO 気象関連情報のその他のユーザーは、WMO の取り決めについてしっかり知っておくべきである。そして、各国において WMO の成果情報を利用することについては、外国の緊急時対応の一環として定期的に訓練しておくべきである。
- ・ENSEMBLE システムの Web サイトで発信された広域大気拡散予測は、参加国、とりわけ自国内にそのような解析能力を有していない国、によく入手された。国の所管官庁には、拡散予測の委託や助言の観点から、国レベルでの ENSEMBLE システムの利用について援助や支持をすることを推奨する。また、緊急時の運用体制の中に設備の設置を考慮することを推奨する。

[推奨事項] IAEA 事務局と WMO は、NCA(A)及び関係国際機関と合同で、現在の気象学的成果、もしくは、ENSEMBLE の予測技術の利用を含め、緊急事態対応に対するリアルタイムのサポートのため、複数の数値解析結果を信頼できる方法で合成するような新しい支援技術に対する開発や改良の実施状況をレビューすべきである。

[推奨事項] IAEA 事務局と NCA(A)は、WMO 及び関係国際機関とともに、緊急事態管理の意思決定の仕組みや系統に対する気象学的データや情報の最適なインターフェイス (窓口) を決定すべきである。

[推奨事項] 各国について、国の防災訓練において WMO の気象学的成果 (情報) の利用についてテストすることは有益である。テストのプロセスと頻度については、例えば、1 国あたり年 1 回を超えないなど、WMO との合意が必要である。
- ・IAEA の ENAC Web サイトは緊急時において通報すべき多数の相手に対し信頼すべき情報を伝達するのに極めて高い利便性を提供する。重要で、信頼性があり、時間的にクリティカルで急速に状況が変わっていくような情報について効果的に管理することが、リアルタイムの緊急事態管理における本質的な事項である。

[推奨事項] IAEA は、ENAC Web サイトの内容管理を再考すべきである。そして、システムをしっかりと維持するための効果的な方法を開発するか、あるいは緊急時事象進展に応じてタイムリーに本質的で役に立つ情報へのアクセスができるようにするべきである。

- いくつかの NCA(A)では、起こりうる「事故」の進展／シナリオを自分で評価するために必要な CANDU 炉に関する技術情報が不足していた。それ以外についても、「海外の原子力事故」の対応に関する手順を持っていなかった。

[推奨事項] IAEA 事務局には、ENATOM に記載された例示を含め、「国境を越えた緊急事態」のケースに対する NCA(A)の対応についてより理解しやすいガイドを開発することを奨励する。IAEA の援助の下で、異なったタイプの発電炉についての技術情報を含み、すべての NCA(A)がアクセスできる原子力知識ポータルが開発され得るだろう（たとえば、発電炉情報システム PRIS²²⁾ を原子力緊急時に関する技術的質問もカバーするように拡張され得るであろう。）。

⑤ 広報部門 (Public Information Area)

- さまざまな参加者、参加国や参加国際機関の間における報道情報の調整の必要性は既に何度も議論され、いまだに原子力緊急時における公然の重要課題と見られている。演習の前後の調整されたプレスリリースを除くと、演習においてはほとんど調整されていない情報がメディアに「提供」されている。対応要員はまだ調整されたプレスリリースを発行するということの重要性を低く見ている（同様な教訓は前回演習でも分かっていたのに、明らかに学習されていない。）。
- 緊急事態が発生する前に、広報担当者が原子力緊急時の基礎的事項や正しい用語について教育を受けているということは重要である。特に、国際原子力事象評価尺度 (INES) の意味については、メディアや一般大衆の接点となるすべての要員について非常に明確にさせておく必要がある。

[推奨事項] 今後の演習においては、広報情報の調整とメディアを組入れての演習がより重要視されるべきである。広報情報の調整をテストする要素訓練が開発されてもよさそうなものである。

5. ConvEx-3(2005) 演習からの知見

ここでは、上述した国際緊急時対応演習 ConvEx-3 に関する調査から、支援・研修センターの今後の業務を考える上で有効と思われる事項を整理する。

(1) 訓練・研修の実施方法

原子力防災及び原子力緊急時対応要員に係る訓練及び研修は、支援・研修センターの業務の大きな柱である。我が国には、我が国独自の原子力防災体制があり、必ずしも IAEA や欧州で行われている原子力防災訓練の知見がそのまま当てはまるものではないが、第 4.4 節に記した演習報告に見る各機関に対する評価内容や第(5)項の演習の結論と推奨事項をみると、我が国においても指摘されるであろうと思われる事項も多い。

今後、支援・研修センターで企画、実施する防災訓練や研修において、それらを重点的に強化することは、支援・研修センターの訓練や研修の質的向上に欠かせないものと思われる。以下に、ConvEx-3(2005)において指摘された事項の中で、我が国にも共通すると思われるポイントを述べる。

- ① 演習では、インターネットもしくは Web ベースのシステムといった革新的な情報の流通管理が資料管理や記録の効率を上げ、情報交換においても非常に有効であるということが示された。これに反して、FAX は紙が多くなって、整理がうまくできなくなったという指摘がある。我が国でも、原子力機構の情報共有システム ECHO²⁴⁾に代表される情報交換システムが存在し、その有効性が認められつつあるが、これをさらに充実し、防災訓練や研修において定着させていくことが効果的である。

ただし、これを推進するに当たり、やはり演習において指摘されているように、本質的に同じ情報が国際レベルで多様に報告され、情報のオーバーフローを招き、不要な労力の素となるという指摘や緊急時においてこのようなシステムを適切に、タイムリーに使いこなすためには、それらすべてについて習熟している必要があるという指摘に見られるように、各機関がそれぞれ情報交換という観点から果たすべき役割を明確にし、実践的で良く練られた手順を確立し、これらを訓練や研修に確実に反映することが必須である。すなわち、まず第一にこれらを盛り込んだ“教材”の開発が重要であろう。

また、指摘されているように、このようなシステムの有効性を強調するとともに、FAX を用いた情報交換も並行して維持されるべきであることを忘れてはならない。

- ② 広報部門に関しては、いわゆる広報技術の問題よりも、“報道情報の調整”が大きな課題として指摘されている。この調整は、渉外手続きに関する問題、及び機関と所管官庁との情報の交換の問題に関し、試行錯誤を通して改善していく必要があるとされている。我が国の訓練等においても、広報文を事前に準備しておく、あるいは作成するが、本来行う調整作業は省略されているケースが多いように思われ、これでは本

当の問題点は浮かび上がってこないであろう。今後の広報部門の研修訓練は、むしろ広報文を国、道府県、市町村の各レベル間で調整することに重点をおいた内容が必要と思われる。

- ③ 広報担当者が原子力緊急時の基礎的事項や正しい用語について教育を受けているということが重要であると指摘されている。このような内容を持つ研修は我が国でも行われているが、どちらかといえば広報技術に重点がおかれ、使われる「言葉」は比較的難しい傾向がないだろうか。もう一度、“広報向け”という観点から、教育すべき事項や用語を点検しなおす必要がある。
- ④ ルーマニアの地方委員会の場合、メディアに緊急事態の説明をしていたことが、委員会の活動を妨げていたと指摘されている。たとえ訓練であっても、メディア対応は決められた場所で行うことが原則である。我が国の原子力総合防災訓練においても同様な課題が発生していないだろうか。また、訓練中のVIPの視察が救護所のスクリーニングサーベイ現場の中心を通ったため、サーベイ活動が一時中断するという、同様な光景を見ることがある。

防災訓練において、メディアの取材等は広報の観点から重要な面があるが、例えば、訓練の事前準備の段階で、訓練参加機関とメディア双方に以下のような事項を納得させ、徹底することが必要ではないかと思われる。

- i) 対策本部等の取材においては、最少人数のクルーで、各班ブースに接近しない。救護所の取材では汚染管理ゾーン内に入らない。
- ii) 視察においても、「訓練中」というシチュエーションを理解してもらい、特に対策本部内や救護所のような、現実の災害時において非常にシビアな対応、管理を要する場所では、通る経路を考慮してもらう。

これらは、メディアや首長からは強い反発があることも予想されるが、「訓練でできないことは、実際でもできない。」ので、支援・研修センターの訓練や研修においても、防災担当者に対し彼らの理解を得る努力が必要であるということを教示する必要があると思われる。

- ⑤ 総括管理部門における問題点は、すべて「訓練」に起因しており、市町村、郡、国、国際機関、すべてのレベルについて、総括管理部門の要員と責任者に対して、より系統的で計画的な訓練が必要であると指摘されている。また、特にレベル間や組織間の意見調整に関する指摘事項が多い。これは我が国でも同じであろう。総括管理の要員や責任者に対する要素訓練、あるいは“組織間の意見調整”に重点を置いた研修等を考えることもよいと思われる。
- ⑥ 地方と国の意思決定を行う者に対してテーブルトップ演習や訓練を行うことも指摘されている。これまでの我が国における研修・訓練を見る限りでは、そのほとんどにおいて代理者がその役割を果たしているように思われる。意思決定レベルに関する教育・訓練状況は十分であろうか？現状において、すぐには実現できないにしても、ま

ずは各オフサイトセンターにおける機能班や地域の対策本部の訓練において、交代要員を含む責任者レベルの強化を図ることを考える必要がある。

- ⑦ ConvEx-3 (2005) の評価者用ガイドや評価用テンプレートを見ると、業務の交代（シフト）に関して、交代要員との引継ぎ事項に関する確認事項は、すべての機能部門について、すべての“交代”時にもれなく行うようになっている。JCO の臨界事故に限らず我が国で経験された原子力に係わる過去の事故を考えても、その大小に係わらず事故対応は 1 日で終わるものではない。しかしながら、我が国における訓練では、この要員交代を、訓練の“中断”によって省略、あるいは、ごく一部の指揮者だけの交代だけに代えて実施しているのが実情である。

ConvEx-3 において、“交代”時の引継ぎが重要視されているのは、この引継ぎをうまく行うことが長時間に渡る緊急時対応を円滑に継続するキーポイントだからである。今後、特定のグループ、例えば総括管理部門や評価・検討を実施しているグループや特定の組織については、防災訓練時に“交代”のプロセスを入れて、引継ぎ手順の確認を行う必要があると思われる。

欧州委員会の TREN H.4 緊急事態チームは 9 時間という比較的短い間隔でシフトを組んでいるが、これは交代時のオーバーラップを考慮したものであり、演習評価でも引継ぎが非常に円滑であったと記されている。場合によっては、現状のシフト間隔を見直す必要も生じるものと思われる。

- ⑧ ConvEx-3 (2005) の演習シナリオ（付録 A 参照）で注目されるのは、放射性物質の放出が 3 ステージ（主要な放出は 2 回）設定されていることと、発電所における事故発生から 3 分後には放射性物質の放出が始まり、初期の 1 時間の間、放出が継続されているという設定である。

このような設定がなされた理由は、セルナボダ原子力発電所が CANDU 炉であることとは無関係である。すなわち、最初のトラブルであるエンドフィッティングからの冷却材漏洩と引続き発生する原子炉建屋の換気系のバルブ故障による隔離閉鎖機能の喪失はまったく因果関係のない事象であり、ConvEx-3(2005)において、放射性物質の早期放出を意図的に演習シナリオに設定したものと考えられる。

我が国で行われている国、道府県の各レベルで行われる原子力発電所事故を想定した防災訓練は、事故発生から放射性物質の放出まで 10 数時間あることを前提とした訓練シナリオが主流である。格納容器の損傷を認めるようなシビアアクシデントを防災において想定すべきかどうかの議論は別にしても、IAEA や米国 NRC が想定しているような、事故発生から放射性物質の放出まで数時間、あるいは放射性物質の放出後という状況にも対処できる防護対策の準備は、我が国においても実施しておくべきと思われる。

また、ConvEx-3(2005)において、放射性物質の放出を複数回にしたのは、単に演習時間を長くし、シフトの交代時に関する演習を加えようとしたわけではないと思わ

れる。ConvEx-3(2005)における3ステージ目の計画放出は、同じ状況であればBWRでも実施され得るものであり、CANDU炉に固有なプロセスではない。これは、演習企画側の意図として、訓練参加者が防護対策や放射線モニタリングの内容をさらに変更しなければならない状況を設定し、その対応振りを確認しようとしたと推測される。例えば、第1ステージの放出では、時間がないので屋内退避を考える必要があり、第2ステージではモニタリングの結果により、防護対策の内容見直しが必要となる。さらに、第3ステージの放出では一部の避難が必要になる。

このような事象進展シナリオは、技術的な観点あるいは現実的な観点からは少々無理がある。我が国においては、原子力のPAの観点から採用できないというような批判を受けるであろうと思われる。しかし、演習において防災活動の種々の機能的側面を確認するという観点で考えれば、明らかに現在我が国で一般的に採用されている訓練シナリオよりも有効である。我が国においては、国や自治体の総合防災訓練以外の、あまり一般に公開されることのない訓練・研修において、このようなシナリオを使うことが考えられる。

- ⑨ ConvEx-3(2005)演習報告書には、今後の演習においては本来なされるべき活動をすべて網羅するように準備することが必要であるという記載がある。演習において、本来なされるべき活動手順の一部を省略して実施したことに対する指摘である。前項の⑦及び⑧に述べたように、ConvEx-3(2005)では行うべき活動をなるべく網羅するため、非常によく工夫された演習であると思われるが、それでもこのような指摘を受けている。

このような活動手順の一部省略は、ConvEx-3に限らず、我が国の訓練でもしばしば見られる。時間の制約及び訓練の円滑な進行という理由により、各機関の意見調整や、各部門が本来その場で行なわなければならない資料作成は、訓練を企画実施する担当部署による綿密な事前準備によって、訓練当日はほとんど必要としない。また、初期対応に限った訓練が一般的な“訓練のやり方”になっている。

緊急時対応に不慣れな初心者が訓練参加者の大きな部分を占める我が国の防災訓練においては、手順を確認させるという教育的な観点から、このような方法の訓練を中心に据えることはやむをえない事情がある。しかし、これだけで済ませてしまうと、“省略”することができない本当の緊急時に要員が対応できない恐れがある。

今後の取組みとして、例えば、以下が考えられる。

- ・ 訓練の事前準備の段階で、企画実施する担当部署が、各機関の意見調整や資料作成を実施する場合は、自身で行うのではなく、当該作業を本来行う要員に準備会議等に参加させ、当人に行わせる、もしくは当人と一緒に行う。これは回数と手間がかかるが、米国の大規模な演習の準備で行われる手法で、訓練の事前準備そのものが教育、あるいはドリルの役割を果たす。訓練企画担当者等を対象とした訓練や研修の中で、このような方法の必要性を教育する。

- ・住民避難における車両の確保や避難施設への住民の配分に関する市町村とオフサイトセンターとの調整などのように、従来の訓練では省略されてしまうプロセスについて、モデルケースを設定し、“ひとつの提案”あるいは“例示”という形で訓練や研修の中で、これらのプロセスを含める。

(2) 原子力防災訓練の評価方法

支援・研修センターは、国、道府県、市町村の各レベルで行われる原子力防災訓練やオフサイトセンター機能班訓練において、原子力防災に関する専門家として訓練評価を託されることがあり、これを高い信頼性をもって遂行することも重要な使命のひとつである。

訓練評価に関して、ConvEx-3の調査を通して得られた知見は以下のとおりである。

- ① 訓練評価は一人で行うのでもなく、また複数が漫然と全体を見るのでもない。機能部門別にそれぞれ担当を決め、明確な分担作業として実施する。長時間の演習でシフトを伴う場合は、各部門でチームを作り、シフトを組んで対応する。
- ② 訓練評価者は演習参加国や参加機関から公平に選出され、特定の機関や組織に偏ることはない。これによって、訓練評価の中立性を担保していると考えられる。
- ③ 訓練で確認すべき事項を明確にし、これを訓練目的として列挙する。これを事前に訓練参加者及び評価者に周知することによって、参加者と評価者のベクトルを同じにする。
- ④ 設定された目的項目を、容易に判定できるような、具体的質問事項あるいは確認事項に細分化する。
- ⑤ 具体化した質問事項あるいは確認事項に基づく判定の仕方、記録の方法を明示し、評価用テンプレートとしてまとめる。これによって、評価事項の漏れや評価者の個人的な“ブレ”を防止する。このような手法は、ConvExのみならず、以前から米国の連邦緊急事態管理庁 FEMA (Federal Emergency Management Agency) の FEMA-REP-14¹⁹⁾及び REP-15²⁰⁾で採用されており、既に欧米の演習評価では一般的な手法となっている。
- ⑥ 目的や質問事項あるいは確認事項を固定化しない。訓練対象(国や機関)の実情に応じて“カスタマイズ”する。
- ⑦ 以上を評価者用ガイドとしてまとめ、演習の前に評価者に対してしっかりと指導、教育する。訓練評価を機能部門別にグループ化することは、この評価者を教育する場合にも効果的である。
- ⑧ 演習終了後、評価者内で十分に議論、検討し、その上で正式な評価報告として発表する。訓練評価者の選出と同様に、これによって、訓練評価の中立性や客観性を担保しているものと考えられる。

ConvEx-3(2005)演習報告は、緊急時対応者(訓練参加者)のみならず、演習評価者についても演習評価のための訓練が必要であることを強く指摘している。ConvEx-3におい

て、演習評価者は“演習の感想”を求められているのではなく、厳格で客観的な“適合性審査”を行う専門家であることが要求されている。

上記⑤で述べたようなテンプレートやチェックシートは、使用者にとっては詳細なマニュアルを読んでも、なかなか分かり難いことが多い。特に慣習や文化が異なる国や組織からの多様な要員から混成されている ConvEx-3 の演習評価チームのような組織にあっては、特に発生しやすい問題と思われる。原子力機構内でも、支援・研修センターはじめ、さまざまな現場で手順書や点検簿などにテンプレートやチェックシートが使われているが、問題は同じであろう。マニュアルをより分かり易くするための工夫として、第 4.3 節(1)に述べた、コメントがポップアップで表示される“注釈”添付機能の有効利用は、ひとつ良い解決策であると思われる。

(3) 支援・研修センターの緊急時支援活動への水平展開事項

- ① ConvEx-3(2005)において、欧州委員会の TREN H.4 緊急事態チームは、要員を十分に当てておらず、実際の事故対応では手が回らない恐れがあることを指摘されている。また、彼らが事前に用意されたファイルをよく知らなかったため、対応に手間取っている。分かり易く手順を示すこと、及び要員の訓練が必要という指摘もされている。
支援・研修センターにおける訓練においても、常に緊急通報時の対応要員数が適切であること、初期対応者のマニュアルやチェックシートが分かり易く、すぐに取り出せる場所・状態にあることを定期的を確認しておく必要がある。
- ② 欧州委員会の TREN H.4 緊急事態チームは、交代時のオーバーラップを考慮して 9 時間のシフトを組んでいるが、これが引継ぎを非常に円滑にしたという指摘がされている。支援・研修センターの長期間（1 週間程度の）緊急時対応におけるシフトの考え方を確認する必要がある。
- ③ 技術的なツール類が効果的に使われず、チェックリストも便利であるにもかかわらず、使われないうまのものがあつたことが指摘されている。支援・研修センターにおいても、いくつかのツール類、チェックリストを参集してくる要員が全員使いこなせるように教育と確認を定期的に行う必要がある。
- ④ 入電してきた情報に応じて逐次状況の再評価を行うところを、いくつかまとめて実施していた点が指摘されている。状況にもよるが、重要な評価に関しては、このようなことが起こらないように、支援・研修センターの訓練においても確認事項としておくべきである。
- ⑤ 欧州委員会が ECURIE 協定の正式な大気拡散予測システムとして位置付けているのが ENSEMBLE システムであるが、ルーマニアの CNCAN では米国 NRC の RASCAL が使われ、フィンランドの STUK は独自の拡散評価解析を使用し、各国の原子力研究機関では Karlsruhe が中心となっている RODOS 意思決定支援システムの環境拡散解析を使っている。このように数種の解析ツールの予測結果にどの程度の差異が有

ったかは明らかでないが、演習報告には、これらが潜在的に意思決定を手間取らせ、混乱させる恐れがあることを指摘している。

我が国においても、正式な大気拡散予測システムとして位置付けられている緊急時迅速放射能影響予測ネットワークシステム **SPEEDI** があり、支援・研修センターの環境拡散評価システムがある。原子力機構内だけを考えても、さらに異なる環境拡散評価解析コードがいくつか存在している。原子力機構が緊急時支援を行う際に、これらすべての解析評価ツールを使う訳ではないが、このような複数のツールをどう使うのか、それらの間に存在する差異について緊急時対応を行う指名専門家はどうか判断すればよいのか、本当の原子力緊急時が起こる前に明確にしておく必要がある。

(4) 海外協力の検討

- ① IAEA は原子力緊急事態発生時の通報連絡及び防災活動支援を行う国際的な体系を構築し、原子力緊急時関連 2 条約を各国と批准している。**ConvEx-3** はこの枠組みの中で、2 条約の参加国及び関係国際機関の協力によって実施されたものである。

EC 諸国は、EC 諸国内で発生した原子力緊急事態に対応するため、欧州委員会が中心となって緊急通報及び情報交換を行うための支援システムを構築し、さらにこれを利用して IAEA との連携を図っている。すなわち、JRC の de Vries による報告²⁵⁾によれば、既存の **ECURIE** 緊急通報システムに IAEA の **ENAC Web** サイト用のインターフェイスを開発し、2005 年 7 月に **ENAC Web** サイトと相互にデータを交換する形で接続した。データ交換の詳細については不明であるが、**ECURIE** 緊急通報で用いられるコミュニケーションツールである **CoDecS** システムに、**ENAC Web** サイトと直接情報データの変換を行うインターフェイスプログラムを作成することで対応したもようである。これにより、EC 諸国内では慣れた **ECURIE** システムを使って、環境モニタリングや環境拡散予測等の高度な技術的情報交換とともに、**ENAC Web** サイトによる IAEA との情報交換も可能となった。

現在、原子力緊急事態発生時における国際間の通報連絡及び情報交換手段として、IAEA が標準としている **FAX** と **ENAC Web** サイトしか持たない地域（例えば、日本を含むアジア地域）においても、今後 EC 諸国のような情報交換システムの有効性を学び、必要性を感じることを思われる。

- ② アジア地域における緊急時のための情報交換システムの可能性として、原子力機構が開発した情報共有システム **ECHO**²⁴⁾ が有力であると考えられる。**ECHO** システムは、支援・研修センターが行う訓練や研修のみならず、国や自治体を実施する原子力防災訓練において利用され、日本の原子力災害時のコミュニケーションツールとして認知されつつある。さらに、原子力災害に限らず、一般災害時のコミュニケーションツールとしてのポテンシャルに注目する自治体や市町村が現れ始めている。

今後、IAEA は、2004 年に発表した「原子力及び放射線緊急事態に対する国際的

な準備と対応システムの強化に関する国際行動計画」²¹⁾に基づいて、IEC の整備とともに国際的な緊急時情報連携の枠組みを強化、拡大するものと考えられる。このような国際動向を踏まえ、ENAC Web サイトに関する詳細情報、さらにアジア地域における情報通信網など、今後さらに調査、検討を継続する必要がある。そのため、今後、IAEA との情報交流を積極的に行っていくことが不可欠である。

- ③ ConvEx-3 (2005)では演習当事国のルーマニアに対し、多くの周辺参加国や機関が様々な支援や情報の提供を行っている。これには、欧州という、隣接する国が多く、歴史的に古くからの交流や共通した文化を持ち、また原子力施設も多く設置されているという地域的な条件が強く感じられる。

今後、アジア地域における原子力利用（中国の原子力発電所の増加、インドネシアやベトナムにおける原子力発電所建設計画大型研究炉の運転）は、さらに促進されることはほぼ間違いないものと思われる。地域的な条件の違いから、欧州のような体制を築くまでには行かないかもしれないが、原子力緊急事態において各国の連携と支援体制をより強化することは、地域の安全の確保の点から非常に重要である。さらに、アジア地域において、国際的な原子力緊急時対応訓練も必要となってくるものと考えられる。

このような場合に、アジア地域における原子力緊急時支援体制の構築や訓練に関して、国を通じた参加や支援が原子力機構に対し求められるものと考えられる。支援・研修センターとして、このような国際的な協力のニーズに応えられるようにポテンシャル強化を図っておくとともに、地域的な情報システムや訓練・研修のプログラム及び教材の開発など、寄与することができる領域について、計画的に展開していくことが必要であると考えられる。

- ④ 今後、世界中のどこかで実際に原子力緊急事態が発生した場合には、我が国を含むIAEAの原子力緊急時関連2条約批准国に支援要請がなされる。IAEAは、第2.2節(3)に述べたように、IECの設置とともに、支援体制をより強化するための仕組み、RANET、を構築しており、これを基に協力を求めてくるものと考えられる。RANETの概念では、FAXによる緊急通報とENAC Webサイトによる情報交換を行うNWPやNCA(A)という従来からの部署（第2.1節(1)参照）に加えて、放射線モニタリングや被ばく医療を含む技術的支援を目的とした組織（NAC：National Assistance Capability）が新たに位置付けられている。⁶⁾ 我が国において、このNACに相当する機関は、原子力機構や放射線医学総合研究所、原子力安全技術センター等が該当するものと考えられる。

したがって、今後、我が国がRANETに参加した場合には、海外への支援活動をIAEAとともに推進していくことが我が国にも求められ、特にアジア地域における緊急事態に対して迅速な支援体制を関係国と協力して取る必要が出てくる。すなわち、原子力機構は、NACのコンタクトポイントとして、各国の放射線モニタリングや解

析評価データの提供、緊急時対応に必要な情報やデータベースの提供を求められることになるものと考えられる。また、現在、我が国における ENAC Web サイトのコンタクトポイントは外務省の国際原子力協力室にあるが、技術的支援に関わる国内関係機関との連携や連絡など、海外支援の技術的な面に関するポータルサイトとしての貢献も同時に考えていく必要があると思われる。

- ⑤ 原子力緊急時の情報交換について、各国に共通して使われる国際プラットフォームの必要性が指摘され、各国独自の Web ベース情報交換ツールと接続するため、できる限りのインターフェイスを各国で用意することが推奨されている。例えば、欧州委員会には、EURDEP システムという EC 諸国全体の放射線モニタリングデータを集約、提供する環境測定データ交換システムがある。

我が国では、既に自治体のテレメータシステムからのモニタリングポストデータ等を集約、提供するシステムを原子力安全技術センターが確立している。したがって、もし、これをアジア諸国と接続し、アジア圏全体を網羅できるように拡張することが将来できるならば、アジア地域における環境測定データ交換システムとして展開することができるものと考えられる。

- ⑥ ConvEx-3(2005)では、事故の発生が CANDU 炉という国際的にはマイナーな炉形であったため、いくつかの参加国においては「事故」の進展を評価するための技術情報が不足していたという点が指摘された。アジア地域においてこのような事態になることは当面考えられないものの、アジア地域ではむしろ原子力発電所の事故以外の事故等について対応を考えておくことがより重要である。アジア地域の原子力事情をよく把握し、考えられる「原子力事故」をサーベイしておくことがまず重要である。
- ⑦ IAEA の国際的な緊急時情報伝達（通報と支援に関わる情報の両方）は UTC（協定世界時）を用いて行われる。事故発生の現地時間も含め、支援・研修センターの情報集約エリアにおいて、これら海外の時刻を確認できるようにするとともに、一部のシステムについては、国内対応と国際対応で時計表示を切替えられるようなデュアルタイム化の対応が必要となる。

以上、ConvEx-3(2005)の演習結果を参考として、IAEAと協力したアジア地域の緊急時支援のための知見を中心に整理した。この緊急時支援のためには、欧州の経験を参考にしながらもアジア地域の特徴を十分踏まえた検討が必要となる。

6. まとめ

2005年にIAEAがルーマニアの原子力防災訓練に合わせて実施した大規模な国際緊急時対応演習 ConvEx-3に関する調査をいくつかの文献を基に実施した。

ConvEx-3は、IAEAの国際基準に基づいて実施されており、支援・研修センターが企画・実施する訓練・研修や国、道府県、市町村の各レベルで行われる原子力防災訓練、またアジア地域の原子力緊急事態に関する取組みを検討するに当たり、資するところが多い。本調査によって以下のような知見をまとめた。

- (1) 訓練・研修の方法については、必ずしもIAEAや欧州で行われている原子力防災訓練の知見をそのまま我が国に当てはめられるものではないが、ConvEx-3(2005)の演習報告に見る評価内容や推奨事項をみると、我が国においても同様に指摘されるであろうと思われる事項も多い。今後、支援・研修センターで企画、実施する防災訓練や研修において、これらの事項を重点的に強化するようなプログラムを考えることも新しい訓練・研修を創出する良いヒントになる。
- (2) 原子力防災訓練の評価方法について、ConvEx-3においては訓練評価を組織的に行い、その中立性や客観性を重視し、どのような評価者でも同じレベルで評価が行えるように工夫している。同時に、評価者に対する教育・訓練の重要性が強調されている。
- (3) ConvEx-3(2005)の演習における指摘事項には、支援・研修センターの原子力緊急時支援活動においても該当すると思われる指摘事項があることが分かった。これらの指摘事項は、支援・研修センターの原子力緊急時支援活動マニュアルの見直しや訓練等において緊急時対応を確認する際に参考になる。
- (4) 原子力機構が近い将来、アジア地域の原子力防災体制の整備及び原子力緊急事態に関する支援の取組みに協力することを前提にした場合の、支援・研修センターにおける技術的な検討事項を抽出した。課題となる検討事項は以下の通りである。
 - ① IAEAからの緊急時通報を受けた国から国内の関係機関への通報、情報交換を迅速に行うことが重要であり、そのための手段、方策を検討し、国及びIAEA、アジア諸国に提案すること。特に、IAEAの国際的緊急時情報交換やアジア諸国の国内における情報伝達に関して、原子力機構の情報共有システムECHOのノウハウを提供することは、支援・研修センターが貢献できる今後の大きな海外協力分野のひとつと考えられる。
 - ② IAEAの事故・緊急センター(IEC)強化に関わる動向や技術的情報を調査、検討すること。そのため、IAEAとの情報交流を積極的に行っていく必要がある。
 - ③ IAEAが推進するRANETにおいて、原子力機構が我が国のNACのひとつとして位置付けられ、支援・研修センターがそのコンタクトポイントとして対応する場合について、課題を洗い出し、必要な検討を行うこと。
 - ④ アジア地域の原子力事情から予想される「原子力事故」をサーベイし、事故評価に必要な基本的な技術情報を整備しておくこと。

引用・参考文献

- [1] International Atomic Energy Agency, IACR/NA: CONVEX-3 (2005) Guide for Evaluators, IAEA, Vienna, (2005)
- [2] International Atomic Energy Agency, IACR/NA: CONVEX-3 (2005) Guide for Players, IAEA, Vienna, (2005)
- [3] International Atomic Energy Agency, IACR/NA: CONVEX-3 (2005) Exercise Report, IAEA, Vienna, (2005)
- [4] International Atomic Energy Agency: Convention on Early Notification of a Nuclear Accident and Convention on Assistance in the Case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency, Legal Series No. 14, IAEA, Vienna (1987).
- [5] International Atomic Energy Agency, et al.: Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Requirements No. GS-R-2, IAEA, Vienna (2002).
- [6] International Atomic Energy Agency: IAEA Response Assistance Network - Incident and Emergency Centre, EPR-RANET 2006, IAEA, Vienna (2006)
- [7] International Atomic Energy Agency: Notification and Assistance Technical Operations Manual, EPR-ENATOM 2004, IAEA, Vienna (2004).
- [8] International Atomic Energy Agency: CONVEX-3 (2005) – briefing for OECD-NEA meeting, October, 2004
- [9] A. Baciú: The Romanian experience in ConvEx-3 (2005) International Emergency Response Exercise, IAEA ANSN EPR-TG Regional Workshop on Incident and Emergency Preparedness, Beijing, China, June 27-30 (2006)
- [10] International Atomic Energy Agency: Joint Radiation Emergency Management Plan of the International Organizations, EPR-JPLAN 2004, IAEA, Vienna (2004)
- [11] International Atomic Energy Agency: Incidents-and-Emergency Center, IAEA General Conference 2005.
- [12] U.S. Nuclear Regulatory Commission: Criteria for Preparation and Evaluation of Radiological Emergency Response Plans and Preparedness in Support of Nuclear Plants, NUREG-0654/FEMA-REP-1, Rev. 1, USNRC, Washington, DC (1980).
- [13] D. Vamanu, et al.: Adaptive strategies in nuclear emergency assessment: The ConvEX-3 case, Romanian Reports in Physics, Vol. 58, No. 4, P. 553-571 (2006), 及び,
The RODOS system, (online) < <http://www.rodos.fzk.de/>>
- [14] European Commission: Civil Protection - The Common Emergency Communication and Information System (CECIS), (online)

- <<http://ec.europa.eu/environment/civil/cecis.htm>>
- [15] European Commission TREN H.4: ECURIE level 3 Exercise 2005 (CONVEX- 3) - Evaluation Report, (2005)
- [16] Sjoreen, A., et al., "Radiological Assessment System for Consequence Analysis (RASCAL) Version 3.0," ANS 7th Topical Meeting on Emergency Preparedness and Response, Santa Fe, NM USA, American Nuclear Society, Sept. 13-17, 1999.
- [17] European Commission TREN H.4: ECURIE -European Community Urgent Radiological Information Exchange- Communication Instruction, Ver. 2.2, (2004)
- [18] S. Galmarini: ENSEMBLE for ConvEx-3: Contribution of ENSEMBLE to the International Emergency Response Exercise ConvEx-3, Joint Research Centre, (2006)
- [19] Federal Emergency Management Agency: Radiological Emergency Preparedness Exercise Manual, FEMA-REP-14, (1991)
- [20] Federal Emergency Management Agency: Radiological Emergency Preparedness Exercise Evaluation Methodology, FEMA-REP-15, (1991)
- [21] International Atomic Energy Agency: International Action Plan for Strengthening the International Preparedness and Response System for Nuclear and Radiological Emergencies, (2004) , または, (online)
<<http://www-ns.iaea.org/downloads/rw/action-plans/ers-action-plan.pdf>>
- [22] International Atomic Energy Agency: The Power Reactor Information System (PRIS) and its extension to Non-Electrical Applications, decommissioning, and Delayed Project Information, IAEA Technical reports series No. 428, (2005), または, IAEA PRIS- Power Reactor Information System, (online)
<<http://www.iaea.org/programmes/a2/>>
- [23] International Atomic Energy Agency and OECD Nuclear Energy Agency: The International Nuclear Event Scale (INES)- User's Manual, IAEA, Vienna (2001)
- [24] 渡辺文隆ら: 緊急時の組織間連携の円滑化をねらいとした緊急時情報共有システム, 地域安全学会梗概集 No.12, (2002年11月)
- [25] G. de Vries: CoDecS 2.0: the software that will connect EMERCON and ECURIE, Joint Research Centre, (2004)
- [26] CANTEACH Project: (online) <<http://canteach.candu.org/concepts.html>>

付録A 演習の詳細シナリオと結果

1. ConvEx-3(2005) 演習のシナリオ^{2,3,9)}

(1) 発災施設：セルナボーダ（Cernavoda）原子力発電所1号機（ルーマニア）

セルナボーダ原子力発電所1号機はCANDU炉（重水減速重水冷却圧力管型加圧水炉）である。写真A - 1にセルナボーダ原子力発電所を示す。最も近いセルナボーダ市は発電所から2kmの距離にあり、半径10kmのEPZ内に29000人の住民がいる。

(2) 事故発生時のプラント状況は、以下の通り。

- ・ 100%定格出力運転中、
- ・ ECCS系のポンプは非常用発電系からの給電により起動できる状態。
- ・ 一次系の放射能は、ヨウ素131等価で1 MBq/t, トリチウム25 TBq/t。

(3) 最初の事象はQ11チャンネルのエンドフィッティング（圧力管と燃料交換のための閉止プラグとに間にある炉心の遮蔽を連通する管。）の破損であり、炉心は自動停止し、隔離閉鎖とECCSの注入が開始された。

セルナボーダ原子力発電所1号機のエンドフィッティングのプラグ部の様子を写真A - 2に示す。また、CANDU炉の炉心周辺構造とエンドフィッティング部の模式図²⁶⁾をそれぞれ図A - 1, 図A - 2にそれぞれ示す。

(4) 2分後、原子炉の隔離閉鎖機能が失われた。これは、原子炉建屋の換気系の吸気側の2個のバルブと排気系の2個のバルブがすべて同時に故障したことによる。

(5) 4分後、Q11チャンネルループのECCS系の8個のバルブが開かなくなり、燃料の冷却能力が失われた。

(6) 1時間後、修理作業の結果、炉の隔離閉鎖機能が復旧し、外部への雰囲気ガスの放出が止まった。

(7) 2時間後、非常用発電機から給電して2個のECCS系バルブを開くことに成功し、故障していたループに冷却水の一部注入が開始された。しかし、その90分後（3時間30分後）、両方のECCS系ポンプが停止し、燃料の冷却能力が再び失われた。

(8) 12時間後、片側1基のECCS系ポンプの修理作業の結果、起動に成功し、炉の燃料の冷却能力停止状態は終わった。

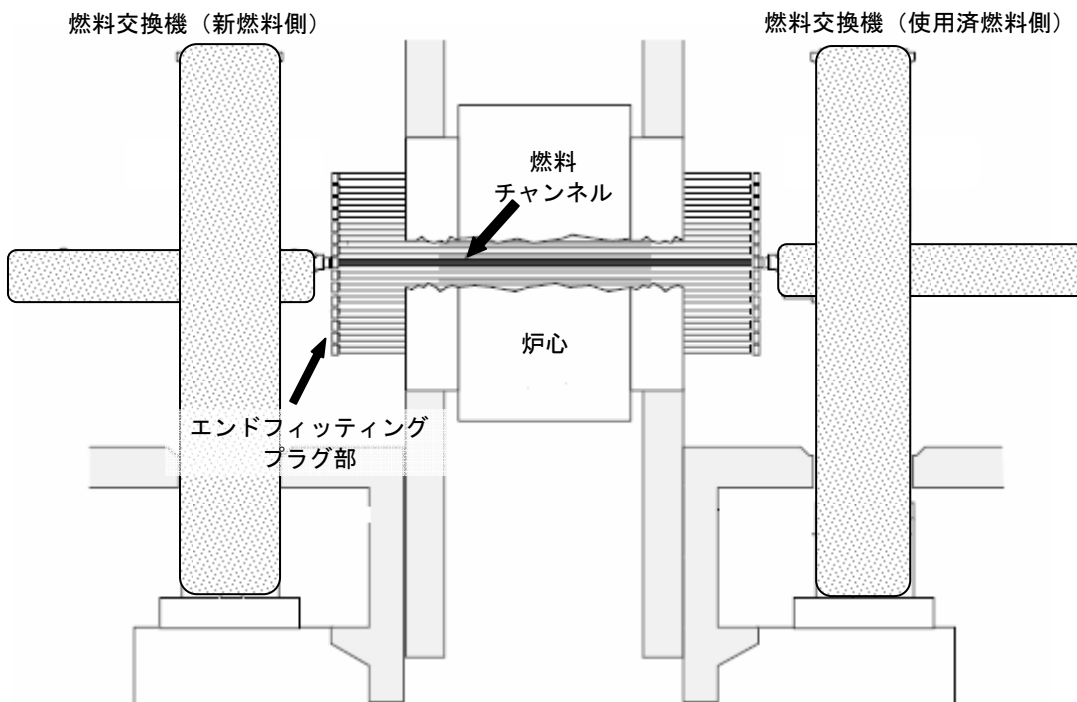
(9) 高圧のため、翌日（26時間後）から4時間に渡って、圧力を低下させるための計画放出が排気筒を通して行われた。



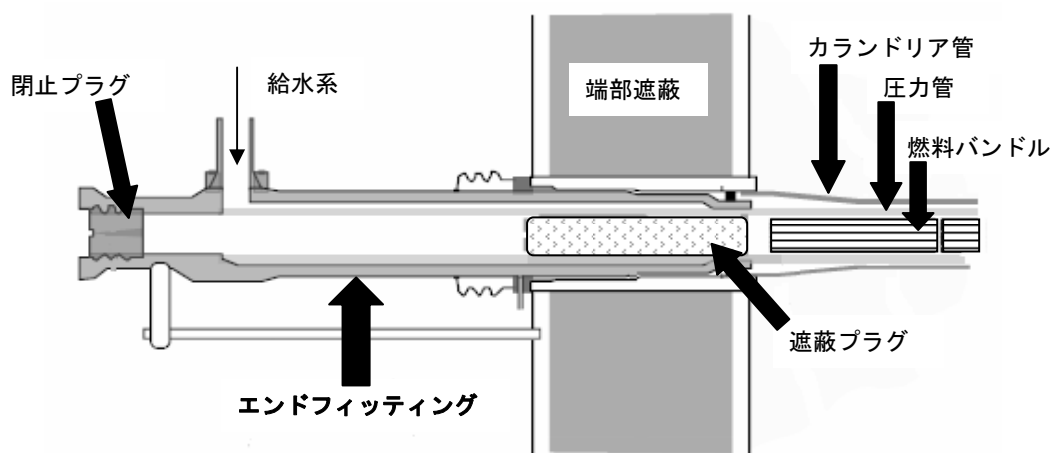
写真A - 1 セルナボーダ原子力発電所〔出典：CONVEX-3 (2005) Guide for Players²⁾〕



写真A - 2 セルナボーダ原子力発電所1号機のエンドフィッティングのプラグ部
〔出典：CONVEX-3 (2005) Exercise Report³⁾〕



図A - 1 CANDU炉の炉心周辺構造模式図
 [出典：CANTEACH ProjectのHP²⁶)を参照し作成]



図A - 2 CANDU炉のエンドフィッティング部模式図
 [出典：CANTEACH ProjectのHP²⁶)を参照し作成]

2. 演習上の放射性物質の放出（ソースタームと被ばく線量評価）^{3,9)}

前項、付録 A の第 1 項のシナリオから、ConvEx-3(2005) 演習では、放射性物質の放出が次の 3 回発生している。

- ① 演習開始から 1 時間〔前項シナリオの(3)～(5)〕の制御されない放出
- ② 炉心冷却が失われている間の長い漏洩状態（ただし、この放出量は汚染影響の観点からは重要なものではない。）〔前項(6)～(7)〕
- ③ 減圧のため、2 日目の朝から 4 時間に渡って実施された制御された放出〔前項(8)〕

ConvEx-3(2005) 演習の設定上、気象条件は放出①に対してだけ事前に用意されたデータ（風速 2m/s, 大気安定度 F）⁹⁾がコントローラ側から与えられた。放出②以降は、実際の気象条件を基に、演習参加者が環境拡散影響評価を行って、演習が進められた。ルーマニア側の報告では、演習で使用する気象条件が途中で変更されたことにより、解析評価の現場では演習情報を誤解するなど、演習参加者が混乱したことが記されている。⁹⁾

本演習において放射性物質の放出に伴う環境影響評価は、ルーマニアでは CNCAN が米国 NRC の影響分析用放射線学的評価システム RASCAL3.0.1¹⁶⁾ で実施している。

表 A - 2 及び表 A - 2 に CNCAN の解析したソースターム総量、計画被ばく線量分布をそれぞれ示す。また、放出①における環境拡散影響評価の結果を図 A - 3 に示す。最も影響が大きいとされた地区は原子力発電所の北西 2～5km にあるセルナボーダの町である。個人の実効被ばく線量は数 10mSv であり、甲状腺被ばく線量は数 100mSv と評価された。

放出③以降では、実気象データに基づく評価の結果、南西方向、5km までの地域で数 100～数 10 μ Sv, 甲状腺被ばく線量が数 mSv と評価された。この地区の住民は 1000 人以下である。

一方、欧州共同体では ENSEMBLE システムを使って環境拡散予測評価を実施している。その解析例を図 A - 4 に示す。この解析評価は、JRC-Ispra の REM グループが詳細な報告書¹⁸⁾を公開している。

演習中において少なくとも以下の 4 つの環境拡散評価がなされている。

- ① CNCAN の RASCAL による解析評価
- ② JRC-Ispra の ENSEMBLE による解析評価
- ③ 意思決定支援システム RODOS に組み込まれた環境拡散解析による評価
- ④ STUK による RESPEC の活動の一環として実施された評価

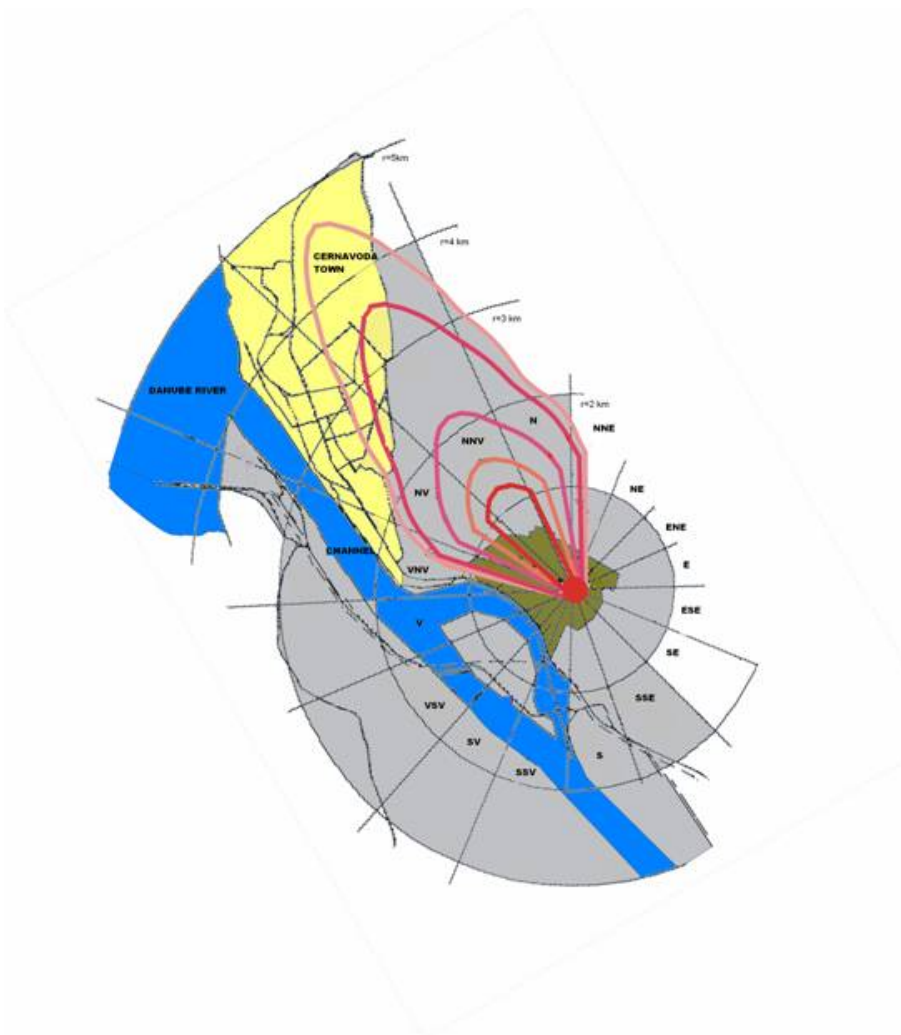
これら 3 種の評価について、相互に比較検討がなされたのかどうか、なされたとすれば、それを実施したのはどの機関か、それらの結果をどう防護対策に生かしたのか、といった点に非常に興味があるが、これらについて具体的に言及した資料は公開文献の範囲ではない。本文第 4.4 節に記載したように、ConvEx-3(2005)演習報告³⁾の結論と推奨事項の中で、これら複数の解析ツールが、防護対策等の意思決定を手間取らせ、混乱させる恐れがあると記載されていることのみである。

表 A - 1 ConvEx-3(2005) 演習上のソースターム総量
 [CONVEX-3 (2005) Exercise Report³⁾より引用]

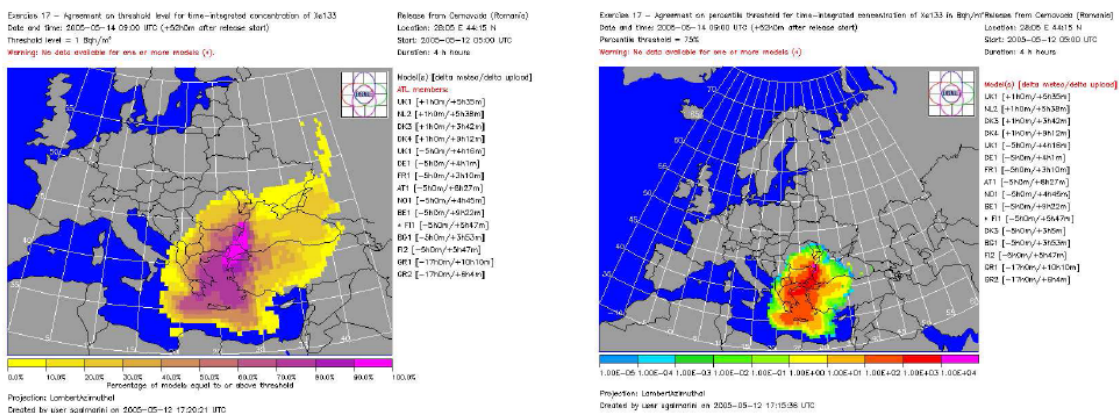
Nuclides	Releases [TBq]			TOTAL [TBq]
	0-1 hours	1-26 hours	26-30 hours	
H-3	1.572E+02	-	-	1.572E+02
I-131	6.253E+01	4.130E-01	1.212E+01	7.506E+01
I-132	8.330E+01	6.292E-01	1.737E+01	1.013E+02
I-133	1.481E+02	7.022E-01	1.308E+01	1.619E+02
I-135	1.382E+02	3.221E-01	2.005E+00	1.405E+02
Kr-83m	1.772E+01	6.021E+00	1.692E-01	2.391E+01
Kr-85m	4.408E+01	4.469E+01	1.155E+02	2.043E+02
Kr-85	2.210E-01	9.534E-01	2.866E+01	2.983E+01
Kr-88	1.202E+02	7.192E+01	3.260E+01	2.247E+02
Kr-89	6.983E+01	4.000E-06	0.000E+00	6.983E+01
Xe-133m	6.720E+00	2.803E+01	7.621E+02	7.969E+02
Xe-133	2.189E+02	9.332E+02	2.648E+04	2.763E+04
Xe-135m	3.759E+01	5.527E+01	3.387E+02	4.316E+02
Xe-135	2.629E+01	2.957E+02	6.041E+03	6.363E+03
Xe-138	1.756E+02	6.77E-01	7.029E-28	1.763E+02
Cs-134	1.144E+00	-	-	1.144E+00
Cs-137	2.189E+00	-	-	2.189E+00
Cs-138	1.144E+02	-	-	1.144E+02

表A - 2 シナリオ上の被ばく線量 (RASCAL3.0.1コードによる解析)
 [CONVEX-3 (2005) Exercise Report³⁾より引用]

Distance from Release [km]	Effective Dose [mSv]	Thyroid Dose [mSv]
1	74	1500
2	34	730
3	20	440
4	14	300
5	11	230
6	8.6	180
7	7.1	150
8	6	130
9	5.1	110
10	4.5	96
15	2.6	58
20	1.8	40



図A - 3 ConvEx-3(2005) 演習上の放出①における環境拡散評価結果
(RASCAL3.0.1コードによる解析)
〔出典：Baciu著 ANSN EPR-TG Regional Workshop 2006⁹⁾〕



図A - 4 ConvEx-3(2005) におけるENSEMBLEシステムでの環境拡散予測評価結果の例
〔出典：Galmarini著 ENSEMBLE for ConvEx-3, 2006¹⁸⁾〕

3. 演習における時系列

(1) セルナボータ原子力発電所の時系列表

[出典：CONVEX-3 (2005) Exercise Report³⁾]

#	Time [UTC]	Event	Consequence
DAY 1			
1	03:00	Channel Q11 ('A' side) end fitting failure.	Loop 2 broken (RIH8-ROH5) EXERCISE STARTS
2	03:02	Automatic reactor trip on low Primary Heat Transport System (PHTS) pressure/pressurizer low level.	Reactor power reduced to decay levels
3	03:02	High activity inside reactor building detected on containment radiation system.	Containment isolation signal generated.
4	03:03	Failure of containment isolation logic. Two 30" Reactor Building (R/B) ventilation lines remain open due to failure to close of associated containment isolation valves (PV13, PV14, PV15, PV16 failed to close).	Release outside containment.
5	03:04	Dousing not initiated. Auto Emergency Core Cooling (ECC) injection initiated. (5 kPa < R/B pressure < 14 kPa)	Dousing is not initiated. ECCS injection partial successful.
6	04:00	Eight ECC valves (3432-MV43/44/45/46/59/60/61/62) on the broken loop fail to open (failure to open on class IV or class III electrical power). All ECCS injection valves on intact loop open. Intact loop isolation successful.	Injection to broken loop failed. Degradation of fuel cooling in the broken loop.
7	04:30	Containment integrity ensured following successful repair / closure on one valve in each open line. Actual R/B pressure 3 kPa.	Releases outside containment stopped.
8	05:00	Decision taken to start Emergency Power Supply (EPS) Diesel Generators.	
9	05:30	Successful opening of the 3432-MV43/44 powered from EPS.	Injection to broken loop partially restored.
10	06:30	R/B pressure increases to 4.5 kPa (increasing rate = 1 kPa/h).	
11	06:30	Transfer to low-pressure ECCS stage – 3432-P1 fail while running.	Injection to broken loop failed again.
12	06:30	3432-P2 fail to start due to pump breaker from EPS under work permit and from class III burned (failure not detected).	Degradation of fuel cooling starts again in the broken loop.
13	07:00	Intact loop at 120°C and cooled through thermosyphoning.	
14	15:30	Following repairing activities 3432-P2 starts and run successfully. R/B pressure increases to 12.1 kPa (Increasing rate = 0.8 kPa/h).	Fuel degradation in the broken loop stops.
15	17:30	R/B pressure 13.85 kPa. Increasing rate = 0.7 kPa/h.	
16	23:00	R/B pressure increases to 16.6 kPa. Increasing rate = 0.5 kPa/h.	
DAY 2			
17	05:00	R/B pressure: 17.8 kPa. Increasing rate: 0.2 kPa/h. Conditions for containment depressurization through the stack (R/B pressure ≤ 18 kPa). Containment controlled depressurization through the stack is started (depressurization rate max. = 5 kPa/h).	Off-site radioactive release (plume).
18	09:00	Containment depressurization through the stack is finalized.	Off-site radioactive release stops.
19	10:00	Plant under control – ECCS in service / Containment closed.	EXERCISE ENDS for CERNAVODA NPP

(2) ルーマニア側から IAEA-ERC へ発信されたメッセージの時系列表

[出典：CONVEX-3 (2005) Exercise Report³⁾]

#	Type	Information time	ENAC		Subject
			Time submitted	Time published	
Exercise start: 03:00 on 11 May 2005					
1.	GENF	03:14	04:49	06:31	General Emergency – initial notification
2.	GENF	04:06	05:43	07:24	Plant status; protective actions initiated
3.	GENF	04:38	06:13	08:15	Plant status; release stopped
4.	GENF	05:24	06:32	08:22	Plant status; INES rating revised
5.	GENF	05:51	07:11	08:24	Plant status; source term
6.	GENF	05:51	07:57	08:26	Plant status; source term revised
7.	GENF	07:20	09:11	11:09	Plant status; core damage
8.	MPA	08:10	09:33	11:22	Off site measurements
9.	GENF	13:00	14:19	14:38	Plant status
10.	MPA	14:00	14:49	15:35	Off site measurements; protective actions
11.	MPA	16:00	15:57	16:25	Off site measurements; protective actions
12.	MPA	17:00	17:37	17:57	Off site measurements; protective actions
13.	GENF	18:00	18:20	18:32	Plant status; pressure in reactor building increases
14.	MPA	20:00	20:10	20:16	Off site measurements; protective actions
15.	GENF	20:15	21:06	21:12	Plant status; pressure in reactor building increases
16.	GENF	22:27	22:39	22:44	Plant status; pressure in reactor building increases
12 May 2005					
17.	GENF	00:09	00:19	00:34	Plant status; controlled release possible
18.	GENF	01:30	01:36	02:37	Plant status; additional protective actions
19.	GENF	04:28	05:09	06:35	Plant status; controlled release time estimated
20.	MPA	05:50	05:51	06:41	Off site measurements; revised protective actions
21.	GENF	06:05	07:05	07:47	Plant status; controlled release started
22.	GENF	09:15	11:18	11:31	Plant status; controlled release stopped
23.	MPA	12:15	12:27	12:42	Off site measurements; revised protective actions
24.	GENF	12:50	13:41	13:44	Plant status; no new release projected
25.	MPA	15:00	15:05	15:08	Off site measurements; revised protective actions
26.	MPA	15:15	15:30	15:36	Off site measurements; revised protective actions
27.	GENF	16:05	16:31	16:37	Plant status; emergency reclassification (down)
Exercise end: 17:00 on 12 May 2005					

(時刻はUTC)

4. 演習における防護対策^{9,15)}

演習 1 日目において、発電所において事故が発生したのは UTC（協定世界時）で 5 月 11 日 3:00 である。ルーマニアの時差は 2 時間なので、これはルーマニア時間で 11 日の 5:00 である。IAEA に全面緊急事態 (General Emergency) の連絡が入ったのは 3:14UTC、すなわち 5:14 である。ルーマニア側の報告によれば、発電所からの通報で地域（市町村レベル）の緊急時対応組織が立ち上がったのが、1 時間後、郡の緊急時対応組織が 1 時間 15 分後、国の緊急時対応組織は 2 時間後である。

一方、放出①では放射性物質の放出が 3:03UTC、すなわち 5:03 に開始し、4:06UTC、すなわち 6:06 に停止している。放射性物質の放出は既にほとんど停止していたが、発電所から付録 A 第 2 項の環境影響評価に基づき地方行政側へ防護対策の実施が勧告された。その結果、5km 以内のセルナボーダの町について屋内退避が 7:15 に決定され、8:00 に実施された。すなわち、放射性物質の放出が 5:03 に開始し、事故発生を受けて郡レベルの緊急時対応組織が 6:15 に立ち上がり、約 1 時間の放射性物質の放出停止直後に屋内退避を決定したことになる。

住民への広報手段はサイレン及び TV やラジオによる警報メッセージである。この屋内退避はその後、31 時間に渡って継続した。

安定ヨウ素剤投与については、屋内退避が決定されたのと同じ 7:15 に決定され、9:00 に 5km 以内のセルナボーダの町について実施された。演習では、KI 錠剤を模擬したものをを用いて 18 歳以下の幼稚園から高等学校の子供たちに対して配布された。KI 錠剤の配布は医師を含む 5 つのチームで対応した。

放出①におけるその他の防護対策は、交通規制、学校の閉鎖、家畜の屋内退避、水源や飼料のカバー掛け、農産物や牛乳に関する摂取制限が行われた。セルナボーダの町内では、活動していた要員やビル、土地の除染が行われた（注：これは個別要素訓練であった可能性がある。）。

また、セルナボーダについて、住民避難の事前検討も始められている。

放出②の段階に入って、IAEA の演習報告 (Exercise Report)³⁾には記載されていないが、発電所内で汚染を伴う負傷者が 2 名発生し、郡病院に収容されている⁹⁾（注：これはルーマニア側が国内向けの訓練として、ConvEx-3 のシナリオと別に特別に設定したものである。）。

安定ヨウ素剤投与についても、放出①の後、22:00～23:00 の屋外のモニタリング結果により、セルナボーダからさらに 7km 離れた隣村のセイメニ (Seimeni) でも、2 チームを派遣し、KI 錠剤の配布を行った。

演習 2 日目の放出③では、240 人の高校生について、避難が実施された。これは、解析評価の結果、3km の範囲は避難の必要ありという結果¹⁵⁾になったための措置であるが、この避難の決定は 12 日の 9:05 になされ、避難は 9:30～11:00 の間実施された。前記第 3 項の時系列では、2 日目の計画放出③は 5:00UTC、すなわち 7:00 から 4 時間、11:00 ま

で行われており、正に放出の最中に避難が実施されたことになる。

さらに、2日目の計画放出③では実気象データに基づく評価に切替ったことから、風向きが変わり、防護対策対象地域を、放出①における発電所の北西方向から南東方向に拡大しなければならなくなった。

その対応として屋内退避を、第3.2節に述べた、プルーム被ばく経路 EPZ の全域、すなわち半径 10km 内、に拡大することを 7:00 に決定し、7:40 に実施している。この新たな対象区域の屋内退避は 9 時間に渡って継続した。安定ヨウ素剤投与についても、さらに南東方向 5km 以内の地区を追加した。さらに屋外モニタリングの範囲、すなわち結果としての農産物や牛乳に関する摂取制限の範囲は、(放出①による)北西方向 50km 及び(放出③による)南東方向 30km となった。

本演習における事故の国際原子力事象評価尺度 (INES ; International Nuclear Event Scale)²³⁾ は、事前にそのシナリオに基づいて“5”と設定されていた。これは TMI (スリーマイルアイランド) 原子力発電所の事故と同レベルである。¹⁷⁾演習において、事故としての放出①の INES の格付けは、5月11日の 5:24UTC, すなわち 7:24 に行われた。

付録B 演習参加国及び参加国際機関

〔演習参加国〕

下図の塗りつぶしで示した国が演習参加国である。⁹⁾特に本演習で中心となるルーマニアの隣接国は、ブルガリア、ハンガリー、モルドバ、セルビア・モンテネグロ、トルコ、ウクライナの6か国である。



図 B - 1 CONVEX-3 (2005) 演習参加国

〔出典：Baciu著 ANSN EPR-TG Regional Workshop 2006⁹⁾〕

〔演習参加国際機関〕

1 European Commission	EC
2 Food and Agricultural Organisation of the United Nations	FAO
3 International Atomic Energy Agency	IAEA
4 NATO Euro-Atlantic Disaster Response Coordination Centre	NATO/EADRCC
5 OECD Nuclear Energy Agency	OECD/NEA
6 United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs	UNEP/OCHA
7 World Health Organization	WHO
8 World Meteorological Organization	WMO

〔出典：CONVEX-3 (2005) Exercise Report³⁾〕

付録C 評価用テンプレートの例
 [出典：CONVEX-3 (2005) Guide for Evaluators¹⁾]

(例 1) 演習評価は機能部門別に行われ、それぞれ実施した評価者の実名を入れる。

Evaluation area: **Public Information Area**

Evaluator: _____ Shift: 1st 2nd 3rd 4th
Name

(例 2) 演習評価用テンプレートは、評価する各目的項目及びその質問／確認事項に沿って行われる。以下は、Yes/No チェックボックス式のテンプレート。

Objective 1: To test whether the (ORGANISATION) staff responds to media reports and inquiries about a nuclear accident in an appropriate and timely manner.

Q3: Did the (ERS LEADER) demonstrated a good understanding of the media report and take steps to verify the report?

Good understanding:

Yes No NA

Steps to verify the report:

Yes No NA

Q4: Did the (ERS LEADER) determine that (RELEVANT ORGANISATION) should be consulted to verify the report?

Yes No NA¹⁶

Q5: Based on information received from (RELEVANT ORGANISATION), did the (ERS LEADER) make the appropriate decision on activation of the ERS centre?

Yes No NA

(例 3) 以下は、Yes/No チェックボックス式のテンプレートで、問題行動を観察した場合の記録欄が付いたもの。

Q10: Did personnel stay within the boundary of their defined roles?

Watch for the following inappropriate actions.

Yes	No	Inappropriate action

(例4) 評価する目的項目の質問／確認事項が時系列に沿ってチェックしなければならない場合の演習評価用テンプレートの例。

- Q2: Upon receiving a message, did personnel correctly operate (*communication system*) to process the message?
- Q3: Did the ERS centre correctly acknowledge each message?
- Q4: Did the ERS centre keep track of incoming messages and maintain an updated situation assessment?
- Q5: Were adequate staff available to operate the (*communication system*) system?
- Q6: Were messages disseminated within (*expected time*) minutes to the appropriate ERS centre staff?
- Q7: Did the ERS centre staff understand each message?

Assess the initial EMERCON message from IAEA using the table below (NA for 2nd shift evaluator) and continue further evaluation of additional messages, by watching the processing of other ENAC messages and other Fax messages on each evaluation shift. Document in the table the message number or name and evaluate performance by answering the questions in the table below. For any 'No' answer, document conditions you observed in the comments section.

Message	Communication System	Staffing appears adequate to process the message ²¹		Operator appeared knowledgeable in operation of the program or equipment		Message was acknowledged, understood and acted on within 15 minutes)		If appropriate message was disseminated to all other warning points in 15 minutes.		ERS centre kept track of message and updated its situational assessment based on message content.	
		No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes	No	Yes
Initial Notification from IAEA	ENAC										
Initial Notification from IAEA	FAX										
	ENAC										
	ENAC										
	FAX										
	FAX										

(例5) 業務の交代（シフト）に関する演習評価用テンプレートの例。交代要員との引き継ぎ事項に重点を置いた質問／確認事項を評価する。

Shift Change – Communication Area

Objective 2: To test whether activation procedures of (ORGANISATION'S) Emergency Response System (ERS) are timely and appropriately implemented.

Q11: Did the relief shift have a good understanding of what decisions were made and actions taken during the previous shift?

Objective 5: To test whether (OTHER RESPONSE ACTIONS) are applied in a timely and justified manner.

Q7: Did relief shifts have a good understanding of what took place on the off going shift?

Q8: Did the task priority carry forward to the next shift or did the next shift change priorities? If priorities were changed did it have a positive or negative outcome?

At the end of your shift document the tasks turned over to the next shift. Remove this table from your evaluation package and provide it to the next shift evaluator that is relieving you. Next shift evaluator complete evaluation by checking the appropriate box in the task continued/understood by next shift column.

If the answer to a column is 'Not understood', 'Negative effect' or 'No' explain your response in the comment section.

The following tasks were started on Shift 1 st 2 nd 3 rd and turned over to next shift to complete. Shift 2 nd 3 rd 4 th			Did the next shift understand what was expected by the previous shift?		Did the next shift change the task priority?		Did modifying the task/priority have a positive/negative effect on the outcome of the task?		Did the next shift ever complete the task?	
							Positive effect	Negative effect	Yes	No
			Understood	Not understood	Kept priority	Changed priority				

(例6) 演習中に観察された問題あるいは不適合事項に関する記録欄。

Evaluator's Comments - Technical Area

Number	Observation	Deficiency/Weakness	Problem Area

国際単位系 (SI)

表1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質の量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度 (質量密度)	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
質量体積 (比体積)	立法メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
(物質量の) 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率	(数の) 1	1

表5. SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表3. 固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(a)	rad		m ² ・m ⁻¹ =1 ^(b)
立体角	ステラジアン ^(a)	sr ^(c)		m ² ・m ⁻² =1 ^(b)
周波数	ヘルツ	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m ² ・kg ² ・s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N・m	m ² ・kg ² ・s ⁻²
工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² ・kg ² ・s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s ² ・A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・A ⁻²
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V	m ⁻² ・kg ⁻¹ ・s ³ ・A ²
磁束密度	ウェーバ	Wb	V・s	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻¹
磁束	テスラ	T	Wb/m ²	kg ² ・s ⁻² ・A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(d)	°C		K
光強度	ルーメン	lm	cd・sr ^(c)	m ² ・m ⁻² ・cd=cd
放射能	ベクレル	Bq	lm/m ²	m ² ・m ⁴ ・cd=m ² ・cd
(放射性核種の) 放射能	ベクレル	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 質量エネルギー当量, カーマ線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量, 組織線量当量	グレイ	Gy	J/kg	m ² ・s ⁻²
	シーベルト	Sv	J/kg	m ² ・s ⁻²

- (a) ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作る際のいくつかの用例は表4に示されている。
 (b) 実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“1”は明示されない。
 (c) 測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
 (d) この単位は、例としてミリセルシウス度m°CのようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表4. 単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa・s	m ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N・m	m ² ・kg ² ・s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg ² ・s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m ² ・m ⁻¹ ・s ⁻¹ =s ⁻¹
熱流密度, 放射照度	ラジアン毎平方メートル	rad/s ²	m ² ・m ⁻¹ ・s ⁻² =s ⁻²
熱容量, エントロピー	ジュール毎平方メートル	W/m ²	kg ² ・s ⁻³
質量熱容量 (比熱容量), 質量エントロピー	ジュール毎キログラム	J/K	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
質量エネルギー (比エネルギー)	ジュール毎キログラム	J/(kg・K)	m ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	J/kg	m ² ・s ⁻² ・K ⁻¹
体積エネルギー	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・K ⁻¹
電界の強さ	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ ・kg ² ・s ⁻²
体積電荷	ボルト毎メートル	V/m	m ² ・kg ² ・s ⁻³ ・A ⁻¹
電気変位	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ ・s ² ・A
誘電率	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² ・s ² ・A
透磁率	ファラド毎メートル	F/m	m ⁻³ ・kg ⁻¹ ・s ⁴ ・A ²
モルエネルギー	ヘンリー毎メートル	H/m	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・A ⁻²
モルエントロピー	ジュール毎モル	J/mol	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・mol ⁻¹
モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	m ² ・kg ² ・s ⁻² ・K ⁻¹ ・mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ ・s ² ・A
吸収線量	グレイ毎秒	Gy/s	m ² ・s ⁻³
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ ・m ⁻² ・kg ² ・s ⁻³ =m ² ・kg ² ・s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² ・sr)	m ² ・m ⁻² ・kg ² ・s ⁻³ =kg ² ・s ⁻³

表6. 国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648000) rad
リットル	l, L	1 l=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg
ネーパ	Np	1 Np=1
ベル	B	1 B=(1/2) ln10 (Np)

表7. 国際単位系と併用されこれに属さない単位でSI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.60217733(49)×10 ⁻¹⁹ J
統一原子質量単位	u	1 u=1.6605402(10)×10 ⁻²⁷ kg
天文単位	ua	1 ua=1.49597870691(30)×10 ¹¹ m

表8. 国際単位系に属さないが国際単位系と併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里	海里	1 海里=1852m
ノット	ノット	1 ノット=1 海里毎時=(1852/3600) m/s
アール	a	1 a=1 dam ² =10 ² m ²
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100kPa=1000hPa=10 ⁵ Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=10 ⁻¹⁰ m
バール	b	1 b=100fm ² =10 ⁻²⁸ m ²

表9. 固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn・s/cm ² =0.1 Pa・s
ストークス	St	1 St=1 cm ² /s=10 ⁻⁴ m ² /s
ガウス	G	1 G=10 ⁻⁴ T
エルステッド	Oe	1 Oe=(1000/4π) A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx=10 ⁻⁸ Wb
スチル	sb	1 sb=1 cd/cm ² =10 ⁴ cd/m ²
ホト	ph	1 ph=10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm/s ² =10 ⁻² m/s ²

表10. 国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R=2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
X線単位	X unit	1 X unit=1.002×10 ⁻⁴ nm
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=10 ⁻²⁶ W・m ⁻² ・Hz ⁻¹
フェルミ	fm	1 fermi=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット	carat	1 metric carat=200 mg=2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr=(101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm=101 325 Pa
カロリ	cal	
マイクロン	μ	1 μ=1 μm=10 ⁻⁶ m



古紙配合率100%
白色度70%の再生紙を使用しています