

# EJAM New Technology の実績と状況

## Achievement of EJAM 'New Technology' and Its Status

○日本原子力発電株式会社	堂崎 浩二	Koji DOZAKI	Member
東京電力ホールディングス株式会社	村井 荘太郎	Sotaro MURAI	Member
東京大学名誉教授	野本 敏治	Toshiharu NOMOTO	Member

Electronic Journal of Advanced Maintenance (EJAM) has been issued on the website of Japan Society of Maintenology (JSM) on May 25<sup>th</sup>, 2009. 'New Technology' (NT) is one of the EJAM categories, and introduces widely advanced techniques developed or modified for maintenance to developing countries of nuclear energy. EJAM NT has achieved to publish two or three articles in average by every three months for these seven years. In this paper, as well as classification and organization of relevant techniques in NT articles, and extension of technology types according to changing times are described, recent status of EJAM NT activities is reported.

**Keywords:** EJAM, New Technology, Maintenance technology

### 1. 緒言

EJAM New Technology は、主に原子力の導入国向けに我が国の新しい保全技術を記事の形式で読みやすく紹介する目的で、2009年5月の創刊以来これまで7年間、3か月ごとに平均して2~3件の保全技術記事を発行してきた。本講演では、これまでに対象とした技術の分類整理や、時代背景に即した範囲拡張等の変遷について述べるとともに、最近の状況について報告する。

### 2. 保全技術記事(New Technology, NT)

#### 2.1 保全技術記事(New Technology, NT)とは

保全技術記事(New Technology, 略称 NT)は、保全のために開発、改良された技術を紹介するものであり、従来の学術的なジャーナルとは異なる形式で、設備の信頼性を高め、安全性を確固たるものにするための技術を世界レベルで状況共有あるいは検討するフォーラムを世界に提供できることを目指したものである<sup>[1]</sup>。

#### 2.2 NTの対象と保全技術マップ

NTの対象の考え方は次のとおりである。

保全活動は大まかには設備の点検、評価、是正措置(補修、取替、予防保全)といった分類が可能であるが、例えば点検といっても、ポンプや弁などの分解点検もあれば機器を構成する構造材料

の非破壊試験もあり、また評価といっても、状態監視結果の評価もあれば非破壊試験で検出された欠陥の破壊力学的評価もあって、その内容は多様であり広範囲である。

EJAMで扱うNTの対象としては、これら広範囲の保全活動に関する技術のうち、機器を構成する構造材料に対する点検(非破壊試験)、評価、補修、取替、予防保全に関する技術に加え、状態監視に関する技術及び原因究明のための高度化技術を主な対象とすることで出発した<sup>[2]</sup>。

その後、実際に記事の投稿を受け付け、保全技術委員会で査読を行い、掲載実績を重ねていく中で、必ずしも機械系の機器(容器、配管、ポンプ、弁)に対する点検、評価、補修、取替、予防保全を対象とした記事だけでなく、熱交換器や電気設備といった対象を扱う記事や、機器の損傷モードや異常状態に着目した記事も現れたこと、さらに福島第一原子力発電所事故後には、被災プラントの除染等、廃止措置に係る記事も出てくるようになり、それに関連して、遠隔操作ロボット技術、場の放射線量の評価等、保全技術をサポートする技術に焦点を当てた場合もカバーする必要が生じてきた。

このようなNTの対象範囲の多様化に対応し読者の便宜を図るため、保全技術委員会では記事の対象をカテゴリ化した保全技術マップを作成し、ホームページに投稿規定類のひとつとして公開し、投稿者に記事の対象カテゴリを選択し、記事の冒

頭に記載してもらうようにしている<sup>[3]</sup>。表 1 に保全技術マップを簡略化して示す。

保全技術マップの縦軸には、大分類として[1]検査技術、[2]評価技術、[3]是正措置技術、[4]廃止措置技術の 4 項目を立て、[1]検査技術の中を小項目として 1.検査、2.状態監視に、[3]是正措置技術の中を小項目として 4.補修取替、5.予防保全、6.その他にそれぞれ分類している。

また、保全技術マップの横軸には、A. 構造及び機器、B. 損傷モードまたは異常状態、C. サポートシステム(ハードまたはソフト)の区分を設け、縦横軸の組合せで[1-A]から[7-C]までのカテゴリに分類している。実際にホームページに掲載されている保全技術マップでは、縦軸の小項目に例示を記載していることと、横軸の項目の説明を記載している点が表 1 の簡略版と異なっている。

Table 1 Maintenance Technology Map (Simplified)

		A. Structures and Components	B. Degradation Mode/Abnormal Condition Mode	C. Support System (Hardware/Software)
[1] Inspection Technology	1. Inspection	[1 - A]	[1 - B]	[1 - C]
	2. Condition Monitoring	[2 - A]	[2 - B]	[2 - C]
[2] Evaluation Technology	3. Analysis/Evaluation Technology	[3 - A]	[3 - B]	[3 - C]
[3] Maintenance Technology	4. Repair/Replacement	[4 - A]	[4 - B]	[4 - C]
	5. Improvement	[5 - A]	[5 - B]	[5 - C]
	6. Others	[6 - A]	[6 - B]	[6 - C]
[4] Decommission Technology	7. Dismantling/Decontamination	[7 - A]	[7 - B]	[7 - C]

### 2.3 技術開発段階

NT が扱う保全技術には、既に産業界で実用化されたものから研究開発段階のものまであることから、保全技術マップと同様に読者の便宜のため、技術開発段階を定義して、ホームページに投稿規定類のひとつとして公開し、投稿者に記技術開発段階を選択し、記事の冒頭に記載してもらうこととしている<sup>[4]</sup>。表 2 に技術開発段階の定義を示す。

Table 2 Development Phase of Technology

<b>1) Phase 1 : Research and Development Phase</b> Its effectiveness and influence are confirmed in its own institution only; No application yet.
<b>2) Phase 2 : Industrial Confirmation Phase</b> Its effectiveness and influence are confirmed by a third party in industry.
<b>3) Phase 3 : Publicly-accepted Phase</b> Its effectiveness and influence are publicly accepted by standardization or guidelines, or equivalent, or actual application to commercial plant.

フェーズ 1 は研究開発段階で、有効性や影響を開発者が確認しているのみで、適用実績はまだな

い段階を示す。

フェーズ 2 は産業界での確認段階であり、有効性や影響を開発者以外の第三者が確認している段階を示す。

フェーズ 3 は実用段階であり、有効性や影響について基準やガイドラインで認められているか、実機プラントで適用実績がある段階を示す。

## 3. NT の実績と状況

### 3.1 NT 実績一覧

2009 年 5 月 25 日の Vol.1 No.1 の NT1 から、2016 年 5 月 25 日の Vol.8 No.1 の NT77 まで、78 件(NT7 で重複あり NT7(2)と採番)全ての記事のタイトル、著者(NT では多くは機関名だが、個人名の場合もある)、保全技術の分類、技術開発段階を一覧表にしたものを表 3 (次ページ)に示した。

初期には(Vol.2 No.1 まで)保全技術マップが単純で、検査技術、評価技術、補修技術、予防保全技術、その他(例えば環境改善技術)程度の分類であり、技術開発フェーズの分類もなかったが、その後の縦横の 2 軸から成る保全技術マップと技術開発フェーズの定義に沿った分類を追記した。

### 3.2 保全技術マップ上での実績整理

表 3 の NT 記事が保全技術マップ上でどのように分布しているかを調べるため、各記事を保全技術マップ上に当てはめ、各カテゴリの件数を集計し表 4 に示した。ここで、初期(Vol.2 No.1 まで)の単純なカテゴリ分類の記事については、上述のとおり新しい保全技術マップに即して分類した。

表中、10 件を超えるカテゴリは濃い網掛け、5 件~10 件のカテゴリは中程度の網掛け、1 件~4 件のカテゴリは薄い網掛けで分布の程度を示した。

これによれば、これまでの NT 記事は保全技術マップのほぼ全域にわたりまんべんなく分布しており、特に多いカテゴリは[1-A]特定機器を対象とする検査技術、[5-A]特定機器を対象とする予防保全技術である。

廃止措置技術については、[7-B]特定損傷モードを対象とする廃止措置技術は考えにくい、ゼロでも不自然ではない。[5-C]予防保全技術のサポートシステムもゼロであるが、これはカウントの仕方に依存するかもしれない。

Table 3 Overview of EJAM NT Achievement

Vol.	Issue	No.	Title	Authors	Classification	Development Phase
1	1	NT1	Simulation Technique for UT Wave Propagation as an Effective Tool for Predicting the Inspection Results and Interpreting the Root Cause of Unexpected Indications	Ichiro Komura, Takashi Furukawa (JAPEIC)	I: Inspection (1-C)	Phase 2
		NT2	Seal Welding of PWSCC at J-Weld of Reactor Vessel Head Penetration Nozzle	KEPCO, MHI	II: Repair (4-A)	Phase 3
		NT3	Seal-Welding over Cracks for Preventing SCC Propagation	Takashi Ito(HGNE), Tooru Ootubo(Toshiba)	II: Repair (4-A)	Phase 3
		NT4	CRC Preventive Maintenance Technique for Primary Loop Recirculation Piping	Toshiba	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
		NT5	Internal Polishing Preventive Maintenance Technique for Primary Loop Recirculation Piping	Toshiba	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
		NT6	IHSI Preventive Maintenance Technique for Primary Loop Recirculation Piping	Toshiba	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
	2	NT7	Water Jet Peening Technology for Preventing Stress Corrosion Cracking by Using Cavitations	HGNE, MHI	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
		NT7(2)	Water Jet Peening as Residual Stress Improvement Method for Alloy 600 PWSCC Mitigation	MHI	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
		NT8	LDT (Laser Desensitization Treatment) Preventive Maintenance Technique for Reactor Internal Piping	Toshiba	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
		NT9	HSW (Heat Sink Welding) Preventive Maintenance Technique for Primary Loop Recirculation Piping	Toshiba	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
	3	NT10	Hydrogen Water Chemistry During Start-Up (HDS)	JAPC	V: Others (6-B)	Phase 3
		NT11	Residual Stress Improvement for Nickel Based Alloy PWSCC Mitigation by Ultrasonic Shot Peening	MHI	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
		NT12	Laser Peening Technology for Preventing Stress Corrosion Cracking for BWR reactor internals	Toshiba	IV: Preventive Maintenance (5-A)	Phase 3
		NT13	Crack Removing Method for Repair of Reactor Internals	HGNE	II: Repair (4-C)	Phase 3
	4	NT14	Mitigation for Flow Accelerated Corrosion by OWC in PWR Secondary Cooling System	JAPC	V: Others (6-B)	Phase 3
		NT15	PWR Secondary Water Chemistry Control Using High pH with Ethanolamine	KEPCO	V: Others (6-B)	Phase 3
		NT16	Wall thinning inspection technique for large-diameter piping by a partially attached-type guided wave sensor	Hitachi, HGNE	I: Inspection (1-C)	Phase 2
		NT17	Application of 3D Ultrasonic Inspection System for pipe wall thinning	Toshiba	I: Inspection (1-C)	Phase 2
		NT18	Actual Stress and Thickness Measurement for Steel Pipes Using Electro-magnetic Acoustic Transducer	Nichizo Tech Inc., Osaka University	II: Repair (2-A)	Phase 2
2	1	NT19	INLAY Method Using the Cylindrical Container for Reactor Vessel of PWR	KEPCO, MHI	II: Repair (4-A)	Phase 3
		NT20	WearMATE™ Portable Ferrograph Analyzer for Wear Debris Diagnosis	TEPCO, TRIBOTEX	IV: Preventive Maintenance (2-B)	Phase 3
		NT21	A New Fiber-optic Multipoint Sensing System for Condition-Based Maintenance	Toshiba	IV: Preventive Maintenance (2-C)	Phase 3
		NT22	A Monitoring System for Condition-based Maintenance without Laying New Communication Cables	Hitachi	I: Inspection (2-C)	Phase 3
	2	NT23	Ultrasonic integrity assessment for foundation bolts of nuclear power plants	Hitachi, HGNE, TEPCO	I: Inspection (1-A)	Phase 3
		NT24	Development of the advanced phased array UT technique for accurate sizing of cracks in the nozzle welding	MHI	I: Inspection (1-A)	Phase 3
		NT25	Visualization Method of UT Wave Propagation Phenomena for Assisting the Better Understanding of Inspection Results	JAPEIC	I: Inspection (1-C)	Phase 2
	3	NT26	Outer Surface Irradiated Laser Stress Improvement Process (L-SIP) Applied To Pressurizer as Residual Stress Improvement Method	MHI, JAPC	5-B	Phase 2
		NT27	Remotely Operated Inspection Device for BWR Jet Pump	Toshiba	1-B	Phase 1
		NT28	Review on Conservatism of Guideline for Inspection and Evaluation to BWR Internals	TEPCO, Toshiba, HGNE	3-B	Phase 3
	4	NT29	Condition-Based Maintenance of Motor-Operated Valves in Nuclear Power Plants	Okano Valve, TEPCO	2-A	Phase 2
		NT30	Replacement Operation Schedule Management of Main Control Boards at Ikata Unit 1&2 Using Full Digital Control Systems	Shikoku EPSCO	4-A	Phase 3
		NT31	Current Status of Technical Development of In-pile Tests for IASCC of Irradiated Stainless Steels in JMTR	JAPC	3-A	Phase 1
		NT32	SCC mitigation method by TiO2 technique	TEPCO, Toshiba	5-B	Phase 2
3	1	NT33	Evaluation of High Flow Rate Condensate Polisher for Next PWR Plants	Kyushu EPSCO, Organo	5-A	Phase 1
		NT34	Development of Underwater Remote Microscopic Observation Technique for Nuclear Reactor Core Internals	HGNE	1-A	Phase 2
		NT35	Application of Tungsten Ball Filling Type Radiation Shielding System to the Pressurizer	MHI, NUSEC	5-A	Phase 2
	2	NT36	Transformer Condition Monitoring Diagnostic Technologies to Detect Deterioration and Faults	KEPCO, MHI	3	Phase 3
		NT37	Strain Rate Evaluation of some Typical Nuclear Power Plant Components during Plant Operation	JAPC, TEPSYS	3-A	Phase 1
		NT38	Confirmation test of IHSI for pipes with crack	Takao Sasayama(Toshiba), Satoshi Hongo(IHI)	1-B	Phase 3
	3	NT39	Metal Surface Stress Improvement by Mechanical Polishing for Preventing Stress Corrosion Cracking	HGNE	5-A	Phase 3
		NT40	Development of UT Sizing Technique of Cracks for Ni Alloy Welding	KEPCO, MHI	1-B	Phase 2
	4	NT41	Simplified Evaluation Method of Strain Rate Being Generated on Structural Materials during Plant Start-up	JAPC, TEPSYS	3-A	Phase 1
		NT42	ECT system for in-vessel components of nuclear reactor	HGNE	1-B	Phase 2
		NT43	Underwater Laser Beam Welding Technology for Reactor Vessel	Toshiba	4-A	Phase 2
4	1	NT44	Cleaning the secondary side of steam generators of Tomari Power Station Unit 1/2 using ASCA and UEC technology	Mashihito Suzuki, Eiji Oohashi (Hokkaido EPSCO)	5-A	Phase 3
		NT45	Development and Actual Application of Remote-type Vacuum Blast Decontamination Device	MHI, NUSEC	5-A	Phase 3
	2	NT46	The Application of Signal Analysis to Condition Monitoring and Plant Diagnosis of Commercial Nuclear Power Plant	TEPSYS	2-B	Phase 3
		NT47	Utilization examples of 3D Laser Scanning Technique	MHI, NUSEC	6-A	Phase 3
	3	NT48	BWR Reload Core Loading Pattern Optimization System FINELOAD-3TM	TEPSYS	3-A	Phase 3
		NT49	Advanced INLAY System for Reactor Vessel of PWR	MHI	5-A	Phase 3
	4	NT50	Development of Smart Array ECT System for the Inspection of Steam Generator tubes	KEPCO, NEL	1-A	Phase 3
		NT51	Pt Deposition Treatment Combined with Chemical Decontamination	HGNE, GEH	3-A	Phase 1
		NT52	Application of eddy current testing for vessel and in-vessel components	Toshiba	1-A	Phase 3
5	1	NT53	Effectiveness of Oxygen Treatment on FAC Mitigation in PWR Secondary System	JAPC	5-B	Phase 3
		NT54	Pt Deposition Treatment Combined with Chemical Decontamination	MHI	1-A, 4-A	Phase 3
		NT55	Phased Array Ultrasonic Testing for Components with complex surface geometry	Toshiba	1-A	Phase 3
	2	NT56	A New Method of Eddy Current Testing Insensitive to Defect Orientation	Toshiba	1-A	Phase 1
		NT57	Remote Control Monitoring Robot System in Large-Scale Disaster Scenes	HGNE	2-B	Phase 1
	3	NT58	Electro-Magnetic Induction Testing for Inspection of Wall Thickness and Inner-surface Defects- "i Eddy" System -	Dainichi Machine & Engineering	1-A	Phase 2
		NT59	The Advanced lining inspection technology for seawater piping	MHI	1-A	Phase 1
	4	NT60	Development of Future Prediction of Animation by coupling of Principle Component Analysis and Singular Spectrum Analysis	Kazuyuki Demachi et al. (The Univ. of Tokyo)	3-A	Phase 1
		NT61	Validation of Multifrequency and Window-Multifrequency Techniques using Remote Field Eddy Currents for ISI of FBR Tubes	Ovidiu Mihalache et al. (JAEA)	1-A, 3-A	Phase 1
		NT62	Remote Controlled Robot with expandable features	MHI	1-A, 4-A, 6-A	Phase 1
6	1	NT63	Double-arm Heavy Machinery-type Robot "ASTACO-SoRa"	HGNE	4-B, 5-B	Phase 2
		NT64	Quadruped Robot for Nuclear Facilities	Toshiba	1-B, 4-B	Phase 3
	2	NT65	Blockage Monitoring Method of SG Tube Support Plate with Intelligent ECT	MHI	1-A	Phase 3
	3	NT66	Development of the Air dose Rate Evaluation System (ARES)	TEPSYS	3-C	Phase 3
	4	NT67	Development of the electric shock prevention transparent cover for infrared thermography diagnosis	JAPC	2-A, 2-B	Phase 2
		NT68	High-pressure water decontamination apparatus "Arounder"	HGNE	7-C	Phase 2
7	1	NT69	MHI-Teleoperated Robot for decontamination and concrete core sampling in Fukushima daiichi reactor buildings	MHI	7-C	Phase 2
		NT70	Flow-Induced Vibration Suppression of Jet Pump in Boiling Water Reactor	Toshiba	5-A	Phase 1
	2	NT71	Application of TiO2 injection technology for BWR plants to mitigate SCC susceptibility of core internals	TEPCO, Toshiba	5-B	Phase 3
	3	NT72	A New Mechanical Condition-based Maintenance Technology Using Instrumented Indentation Technique	Shigetaka Okano, Masahito Mochizuki (Osaka Univ.)	1-A	Phase 1
		NT73	Survey robots for Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant	HGNE	7-C	Phase 2
	4	NT74	Dry Ice Blast Decontamination to In-service equipment in Japanese PWR Plant	MHI	7-A	Phase 2
		NT75	Effects of metallic diaphragms on sensitivity characteristics of an optical ultrasonic sensor and reduction of interrogation time based on wavelength division multiplexing for under-sodium visual inspection	Koichi Saruta et al. (JAEA)	1-A	Phase 1
8	1	NT76	Development of Remote Decontamination Technologies improving Internal Environment of Reactor Building at Fukushima Daiichi NPS	Toshiba	5-A	Phase 3
		NT77	Development of the FLEXible radiation DOSE evaluation software (FLEXDOSE)	TEPSYS	3-C	Phase 2

Table 4 Distribution of Articles Issued on Maintenance Technology Map

		A. Structures and Components	B. Degradation Mode/Abnormal Condition Mode	C. Support System (Hardware/Software)
[1] Inspection Technology	1. Inspection	[1-A] 15 NT23, NT24, NT34, NT50, NT52, NT54, NT55, NT56, NT58, NT59, NT61, NT62, NT65, NT72, NT75	[1-B] 5 NT27, NT38, NT40, NT42, NT64	[1-C] 4 NT1, NT16, NT17, NT25
	2. Condition Monitoring	[2-A] 3 NT18, NT29, NT67	[2-B] 4 NT20, NT46, NT57, NT67	[2-C] 2 NT21, NT22
[2] Evaluation Technology	3. Analysis/Evaluation Technology	[3-A] 7 NT31, NT37, NT41, NT48, NT51, NT60, NT61	[3-B] 1 NT28	[3-C] 3 NT36, NT66, NT77
[3] Maintenance Technology	4. Repair/Replacement	[4-A] 7 NT2, NT3, NT19, NT30, NT43, NT54, NT62	[4-B] 2 NT63, NT64	[4-C] 1 NT13
	5. Improvement	[5-A] 17 NT4, NT5, NT6, NT7, NT7(2), NT8, NT9, NT11, NT12, NT33, NT35, NT39, NT44, NT45, NT49, NT70, NT76	[5-B] 5 NT26, NT32, NT53, NT63, NT71	[5-C] 0
	6. Others	[6-A] 2 NT47, NT62	[6-B] 3 NT10, NT14, NT15	[6-C] 0
[4] Decommission Technology	7. Dismantling/Decontamination	[7-A] 1 NT74	[7-B] 0	[7-C] 3 NT68, NT69, NT73

2013年の夏ごろからは (Vol.5 No.2 以降)、福島第一原子力発電所事故を受けて開発した技術を対象とする NT 記事が現れ、必ずしも廃止措置技術という分類だけでなく、特定の異常状態下での状態監視 (遠隔モニタリングロボット技術) や特定機器を対象とする検査・補修取替その他の技術 (遠隔で障害物撤去や除染を行うロボットの開発) 等、遠隔の除染あるいは多目的の技術を対象とする記事を 10 件近く発行してきている。

### 3.3 技術開発段階について

技術開発段階については、全 78 件の NT 記事の実績は次のように分類される。

フェーズ 1 (研究開発段階) : 15 件

フェーズ 2 (産業界確認段階) : 21 件

フェーズ 3 (実用段階) : 42 件

すなわち、実用段階のものが最も多く半数以上を占め、残りは産業界での確認段階と研究開発段階がおよそ同じくらいの割合である。フェーズ 3 (実用段階) のものの割合が多い理由は、初期には既に開発済みの補修・予防保全工法の紹介が多かったためである。

フェーズ 1 (研究開発段階) のものの保全技術マップ上のカテゴリの内訳については、[1-A]6 件、[1-B]1 件、[2-B]1 件、[3-A]6 件、[4-A]1 件、[5-A]2 件、[6-A]1 件 (1 件につき複数のカテゴリ指定もあるため合計が 18 件となっている) であり、特定機器を対象とした検査技術と評価・解析技術が多かった。

### 3.4 現在の状況について

最近の NT 記事発行の状況としては、平均して

ほぼ毎回 2 件ずつの発行を行っており、非常に活発というほどではないものの、福島第一原子力発電所事故後 5 年が経過し、再稼働した既設プラントが極めて少数である原子力産業界の現状を考えると、相当に安定した活動状況にあるといえる。

記事の対象は、事故関連の遠隔除染等の技術が多くなっているが、検査、評価、補修、予防保全等多岐に亘っており、多様な保全技術マップを網羅した記事の発行活動を何とか維持している。

## 4. 結言

EJAM 保全技術記事 (NT) は、2009 年 5 月の創刊以来、2016 年 5 月現在で 78 件の NT 記事を発行してきている。その対象技術は多様な保全技術マップを網羅し、種々の技術開発段階に亘っている。

保全関係者の積極的な参加・活用が行われ、保全技術記事の所期の目的達成につながるよう、今後も保全技術記事のねらいを維持しながら継続して運営を工夫していく。保全技術記事を通じた活発な情報・意見の交換に期待する。

## 謝辞

本報は、EJAM 保全技術委員会において NT 記事原稿案を査読し、掲載してきた実績を著者らがまとめたものである。同委員会の委員各位のご指導、ご助言に感謝する。特に EJAM NT の立ち上げ以来、委員として参加された安藤博氏には毎回丁寧な査読をして頂き、多大なご貢献に感謝している。

また毎回の発行作業やアクセス状況の把握等については保全学会事務局の労に拠るところである。

## 参考文献

- [1] 宮坂下, EJAM の紹介, 保全学 vol.8, No.2 (2009)
- [2] 堂崎, 保全技術記事とそのねらい, 第 6 回学術講演会, 2009 年 7 月
- [3] [http://www.jsm.or.jp/ejam/Library/contributors/at1\\_NTmap.html](http://www.jsm.or.jp/ejam/Library/contributors/at1_NTmap.html)
- [4] [http://www.jsm.or.jp/ejam/Library/contributors/at2\\_DevLevel.html](http://www.jsm.or.jp/ejam/Library/contributors/at2_DevLevel.html)