Activities for TRIZ Introduction and Penetration into Hitachi Group and Some Typical Application Cases

Setsuo Arita

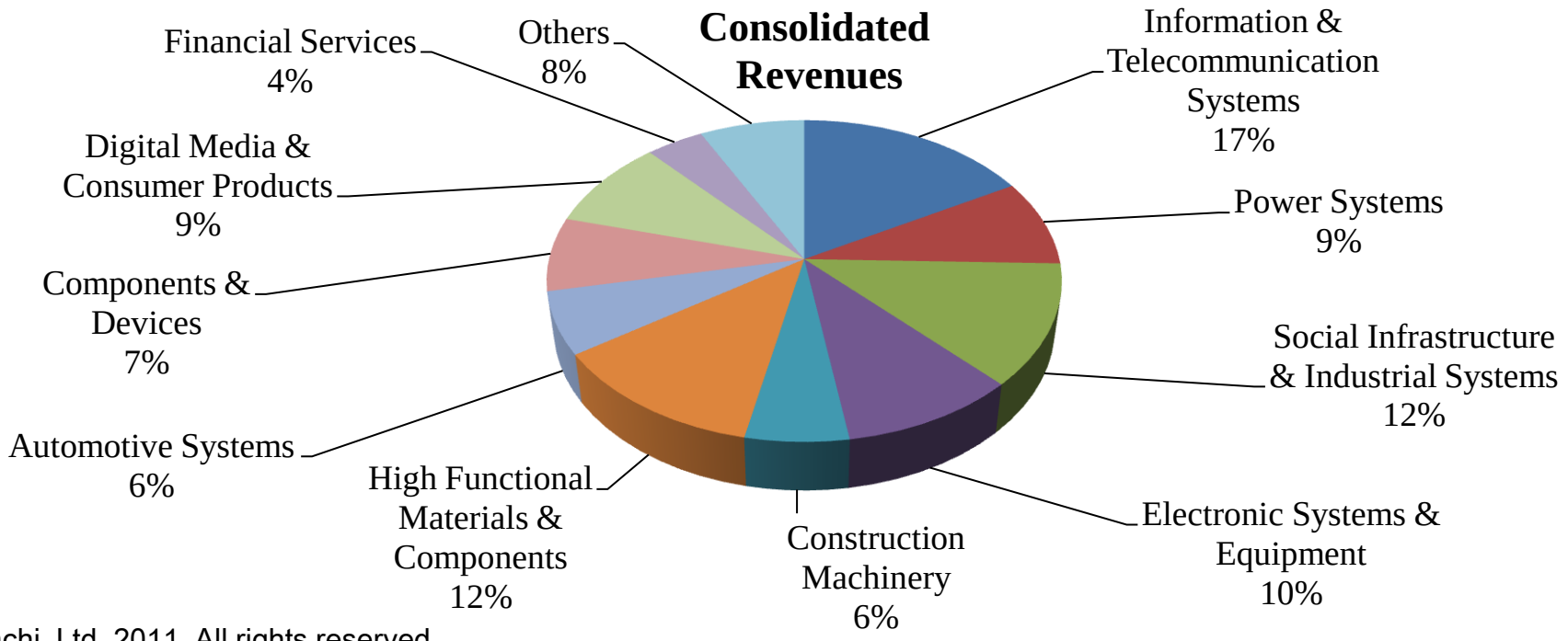
Energy and Environmental Systems Laboratory

Hitachi, Ltd.

Overview of Hitachi Group

Consolidated Basis (as of March 31, 2010)

Corporate Name	Hitachi, Ltd
Founded	1910 (Incorporated in 1920)
Revenues	\8,968,546 million
Employees	359,746
Subsidiaries	900



Motivation of Innovative Engineering of Hitachi Group

In 1997, Hitachi, Ltd. decided to implement innovative engineering methods within all companies of the Hitachi Group to keep ahead of rapidly changing approaches in product development and design.

- The Hitachi Group is a multinational corporation and its products are in various fields.
- The Hitachi Group is involved in a multitude of technical fields.
- Implementing a Group-wide improvement program seemed impossible.

Strategy of Innovative Engineering

- Innovative engineering methods provide a strategy to understand and solve the essence of a problem by applying general solution techniques.
- Hitachi facilitated the introduction and penetration of these techniques.
- Hitachi promoted the development of more advanced methods based on them.
- **All engineers should acquire these techniques as general knowledge and basic skills.**

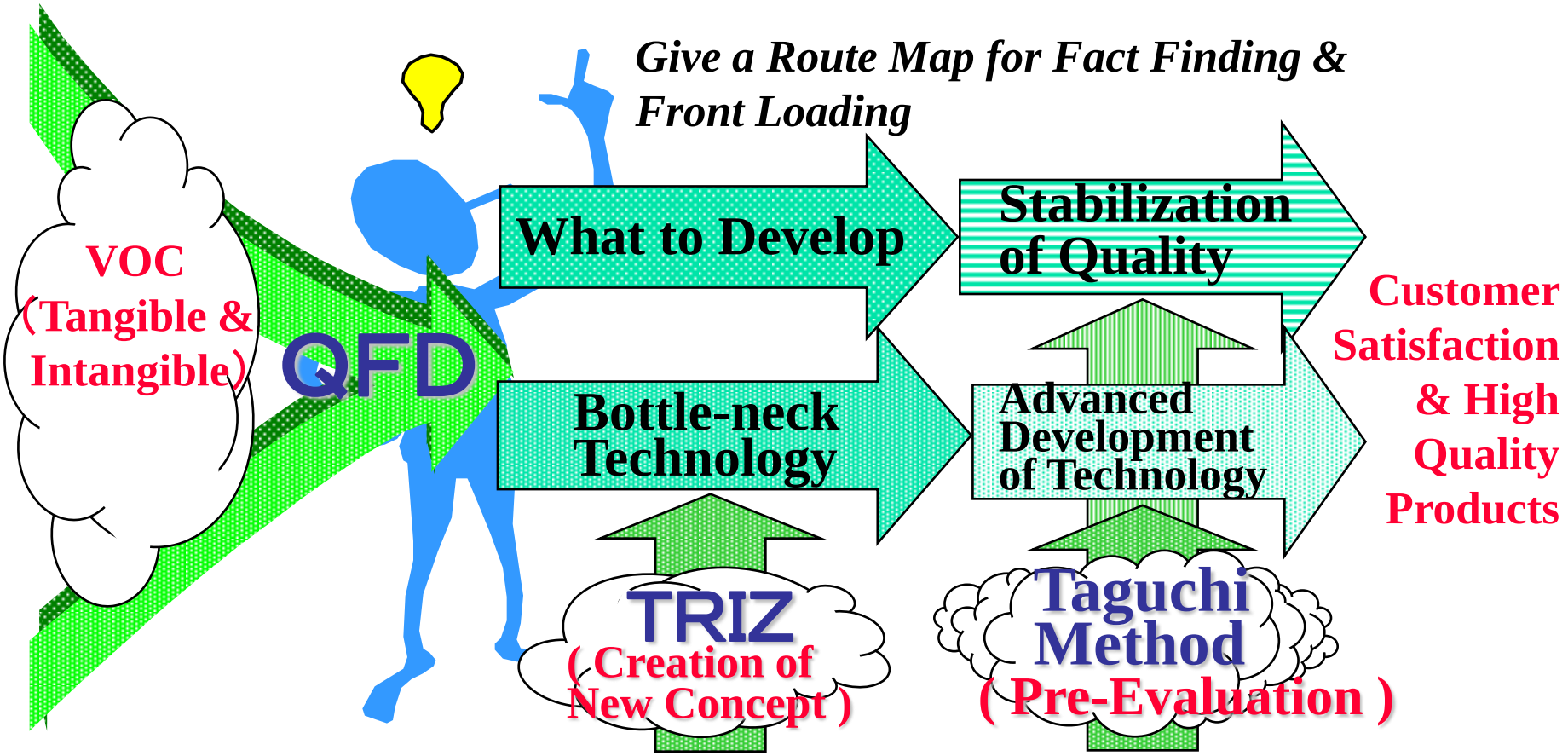
HiSPEED21

"Hitachi Innovation Program toward Super Process with Excellent Engineering & Digital Technologies for the 21st Century"

Contents of HiSPEED21

- QFD, TRIZ, and the Taguchi method were judged to play a major role in the product development and design processes.
- In 1999, the introduction and penetration of these techniques into the Hitachi Group was started.
- The use of various general problem solving techniques by engineers to enhance their engineering abilities was facilitated.
- Each division in the Hitachi Group was guided to promote the development of its leaders.

Product Development and Design Processes



"Product Development and Design Process Engineering Technologies" Proposed by T. Hayashi*

*Former Senior Chief Engineer in Hitachi, Present Chairman of the Board of Japan TRIZ Society

Introduction and Penetration Activities of TRIZ

- Educational materials including applications of the TRIZ were developed and used to help management leaders and engineers understand the essence of TRIZ.
- Leaders were taught how to apply TRIZ and then, how to teach engineers to apply TRIZ.
- The aim was an increase in adoption and penetration of TRIZ by holding forums on engineering techniques focused mainly on applications of TRIZ, and by holding regular meetings with the TRIZ leaders at the divisions.
- Regular follow-ups were held every six months.
- Hitachi commended engineers who obtained excellent results in TRIZ applications.

Application Case of TRIZ to Actual Work as Educational Material

Application Case

Automatic Judgment of Intensity Degradation of Airport Lights

This application case appeared in *NIKKEI MECHANICAL* in September 2000.

＊時間分離の原則　TRIZのテクニックの一つで，時間によって状態を変える方法
＊除去/抽出の原理　邪魔な部分，もしくは特性を取り除く
＊仲介の原理　仲介物を利用する
＊コピーの原理　そのものではなく，"コピー"を用いる
以下はTRIZの40の発明原理
＊周期的な作用の原理　周期的な動作に変える
＊アバウトの原理　100%の少し上または下を狙って，問題を大幅に簡素化

トピックス Topics　テクノロジ Technology　コスト・品質

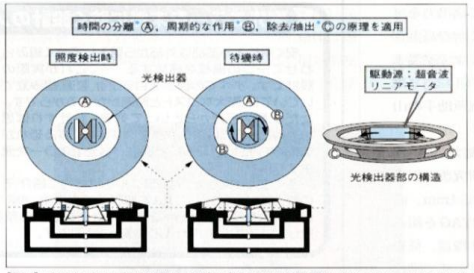
日立，航空灯火の照度低下を検出する方法を創案

ハロゲンサイクルでフィラメントが細ると電気抵抗が増大

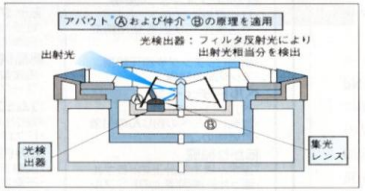
日立製作所の電力・電機グループにある電力・電機開発研究所（茨城県日立市），空港の滑走路に埋設した航空灯火の照度低下を検出する方法を，TRIZを使って複数考案した。特許を出願した。航空灯火の光源はハロゲンランプで，フィラメントのタングステンが蒸発すると，光源の電球内面にそれが蒸着して黒化する。その結果，照度が低下して航空機の操縦士からの視認性が悪くなるために電球を交換する必要が出てくる。1日に1回程度は照度を測定しなければならない。従来は滑走路を人間が巡回して照度を検出，必要があればハロゲンランプを交換していた。新しく，オンラインで照度を検出する方法を考案する必要に迫られた。

そこで，TRIZを使って以下のような方法を考案した。途中のプロセスは省略して，結論だけ紹介する。

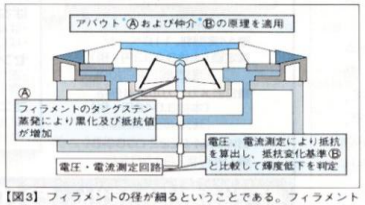
（1）光源とガラス窓との間に，照度を検出するときだけ光検出器を置く回転式光検出法（図1）。この方式の欠点は，光検出器が照度を検出する間は，光が通らないこと。そこでほかの方法も考えた。



【図1】光源とガラス窓との間に，照度を検出する時だけ光検出器を置く，回転式光検出法。光検出器が照度を検出する間は，光が通らない



【図2】フィルタは光を透過するだけでなく，光を反射する。反射した光量を測定する



【図3】フィラメントの径が細るということである。フィラメントが細ることにより電気抵抗値が増大することを利用する

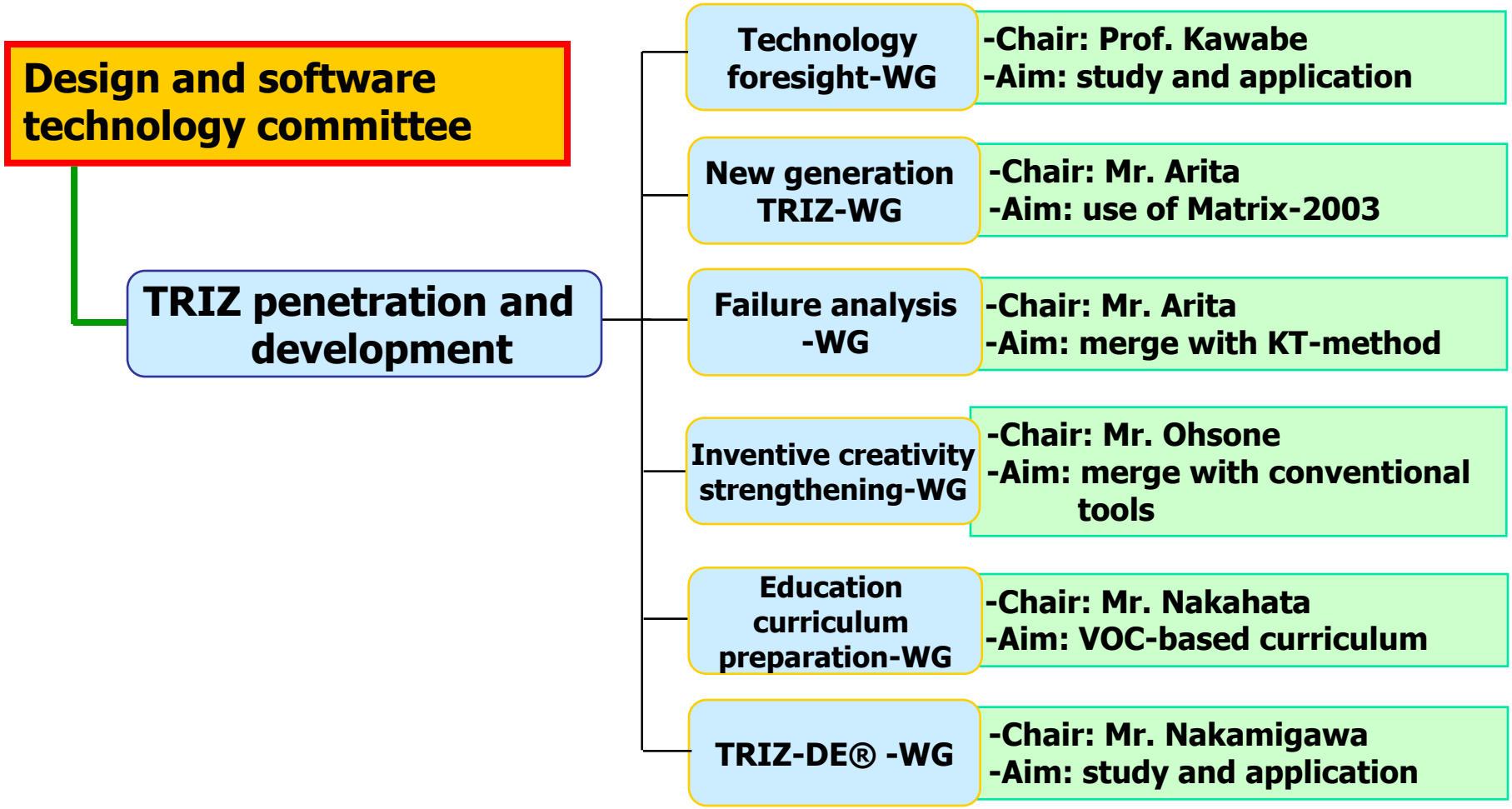
（2）フィルタは光を透過するだけでなく，光を反射する。光源とフィルタとの間に光検出器を置いて，出射光の代わりにフィルタが反射した光量を測定する方法（図2）。光検出器を光源の近くに仕込まなければいけないのが難点と言えば，難点である。もっと理想的な方法はないだろうか。

（3）フィラメント，そしてハロゲンランプというランプの特性を最大限に活用すると光検出器がなくても，以下のようなことができる。光源の電球内面にフィラメントのタングステンが蒸着するということは，フィラメントの径が細るということである。フィラメントが細ることにより電気抵抗値が増大することを利用する方法（図3）。フィラメントの電気抵抗値を照度の代替特性として測定する。フィラメントの電気抵抗値は，フィラメントそのものの電圧値と電流値を測定すれば，オームの法則から簡単に計算できる。

（篠原　司）

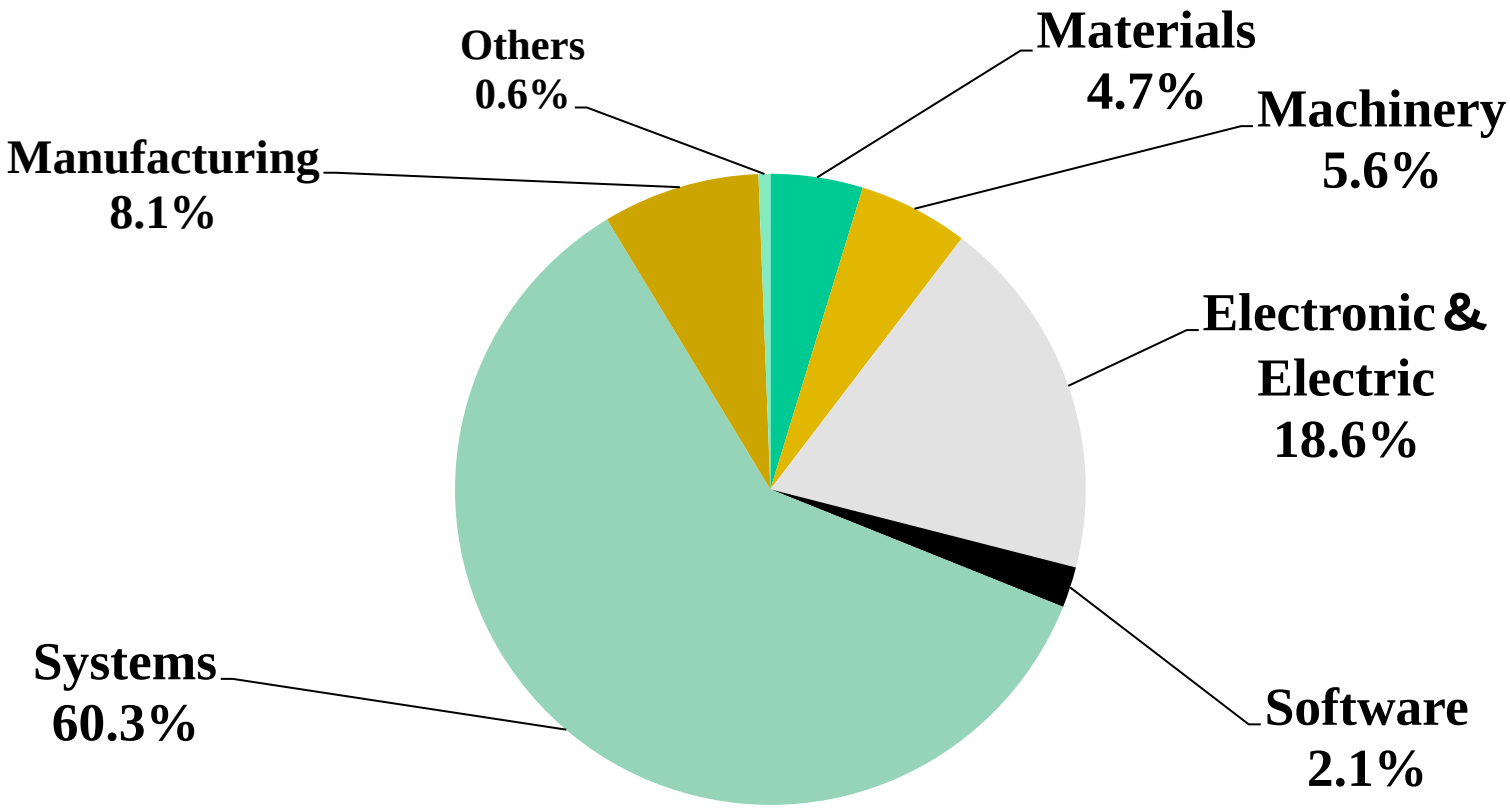
64　NIKKEI MECHANICAL　2000.9 no.552

Group-wide Committee for TRIZ Penetration into Hitachi Group

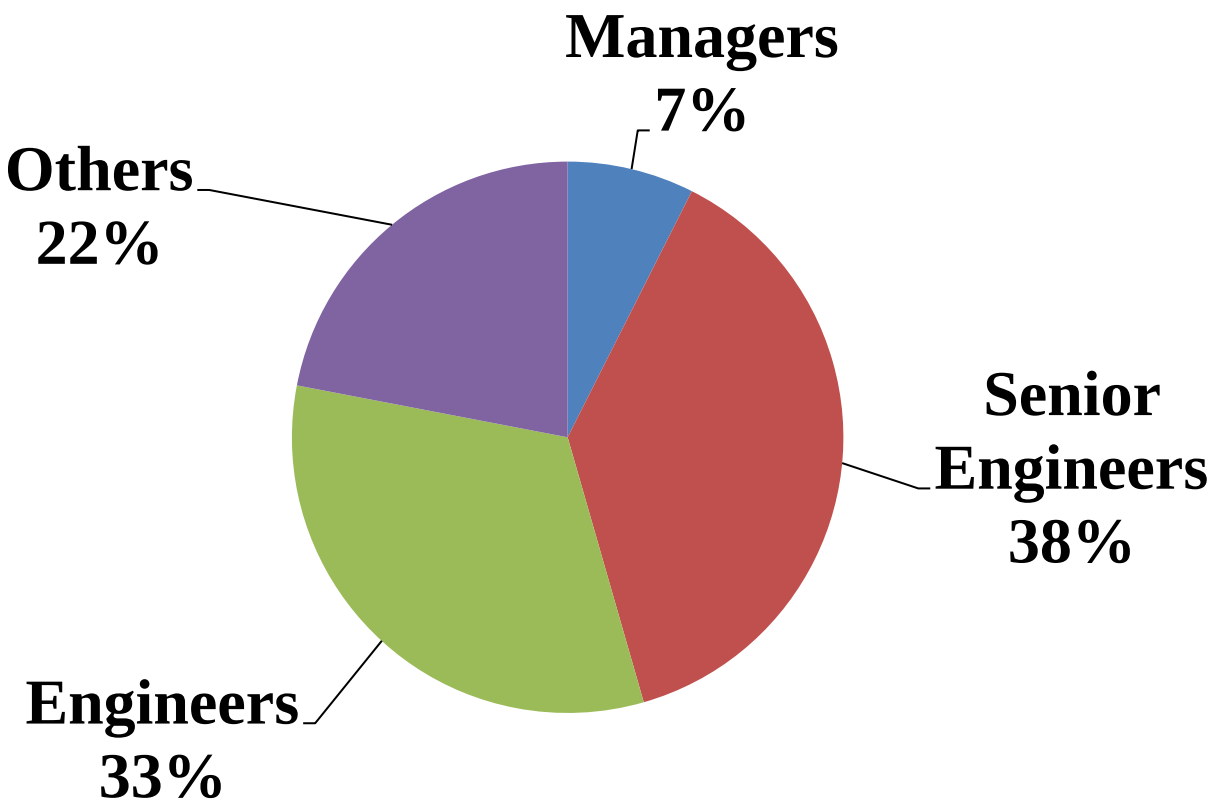


TRIZ Application Fields in Hitachi Group

■ **Total number of TRIZ applications between 1997 and Sept. 2010 was about 3950.**



TRIZ Users by Position

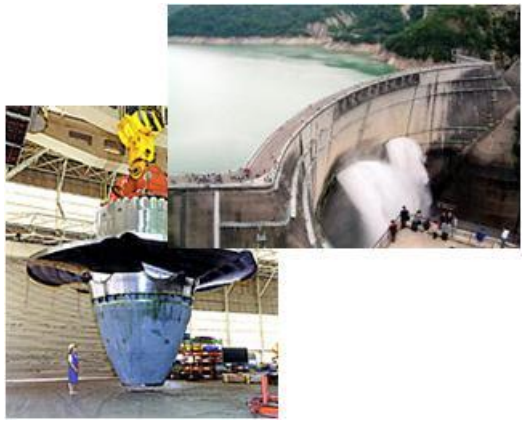


Energy and Environmental Systems Laboratory (EERL)

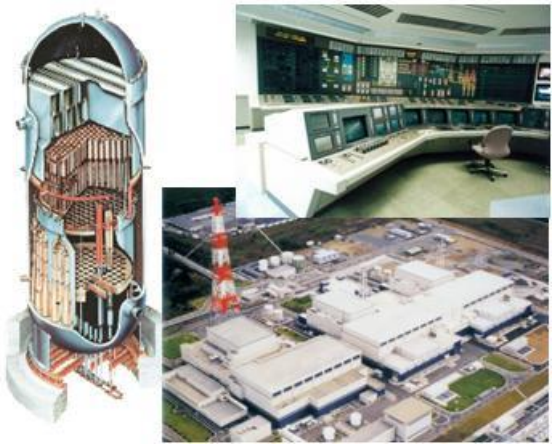
R&D Fields of Power Systems at EERL

Thermal Power

Hydroelectric Power



Nuclear Systems



Advanced Medical Systems

Power & Industrial Systems

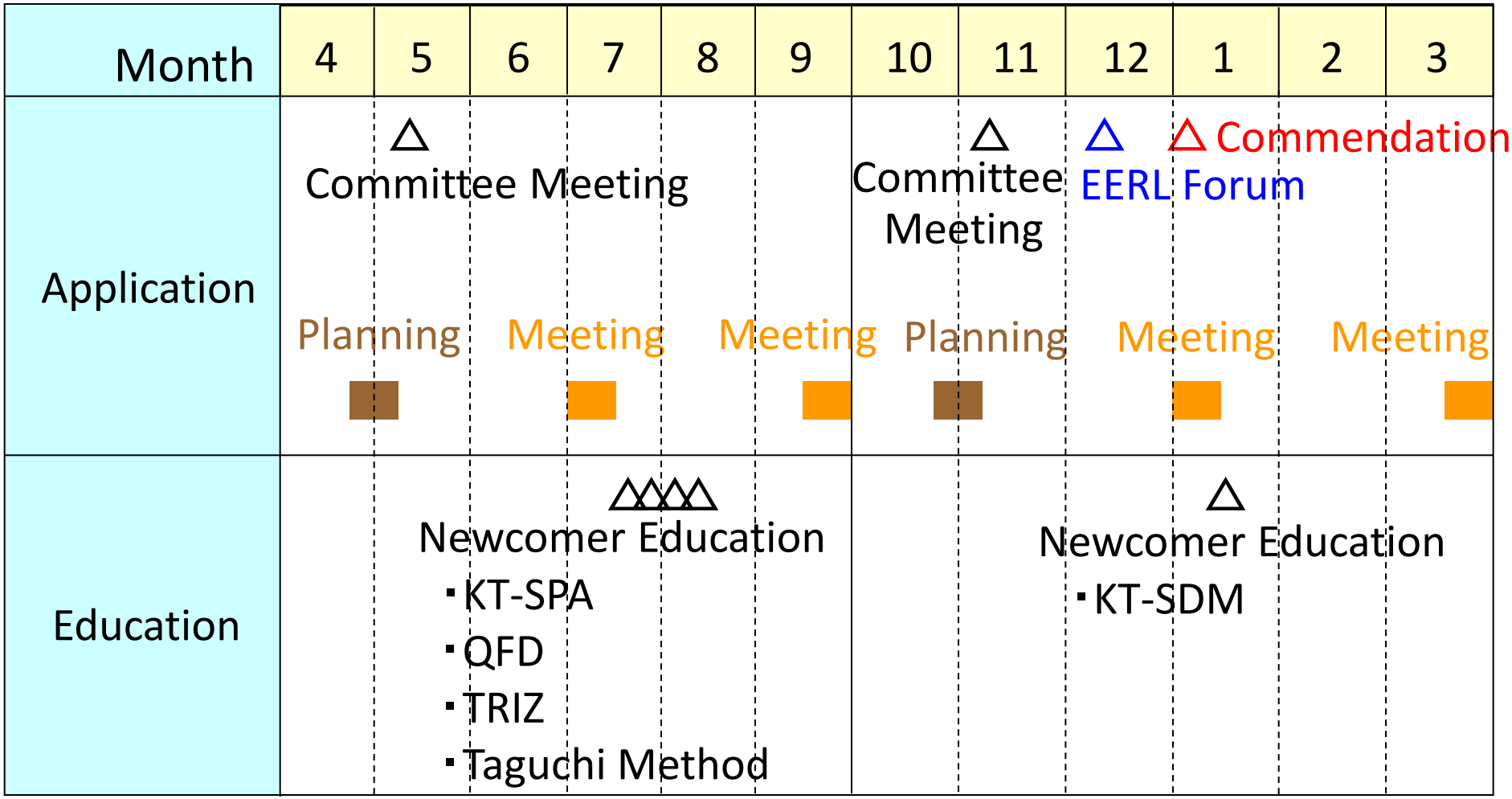
R&D Fields of Industrial & Social Infrastructure Systems at EERL

Transportation Systems

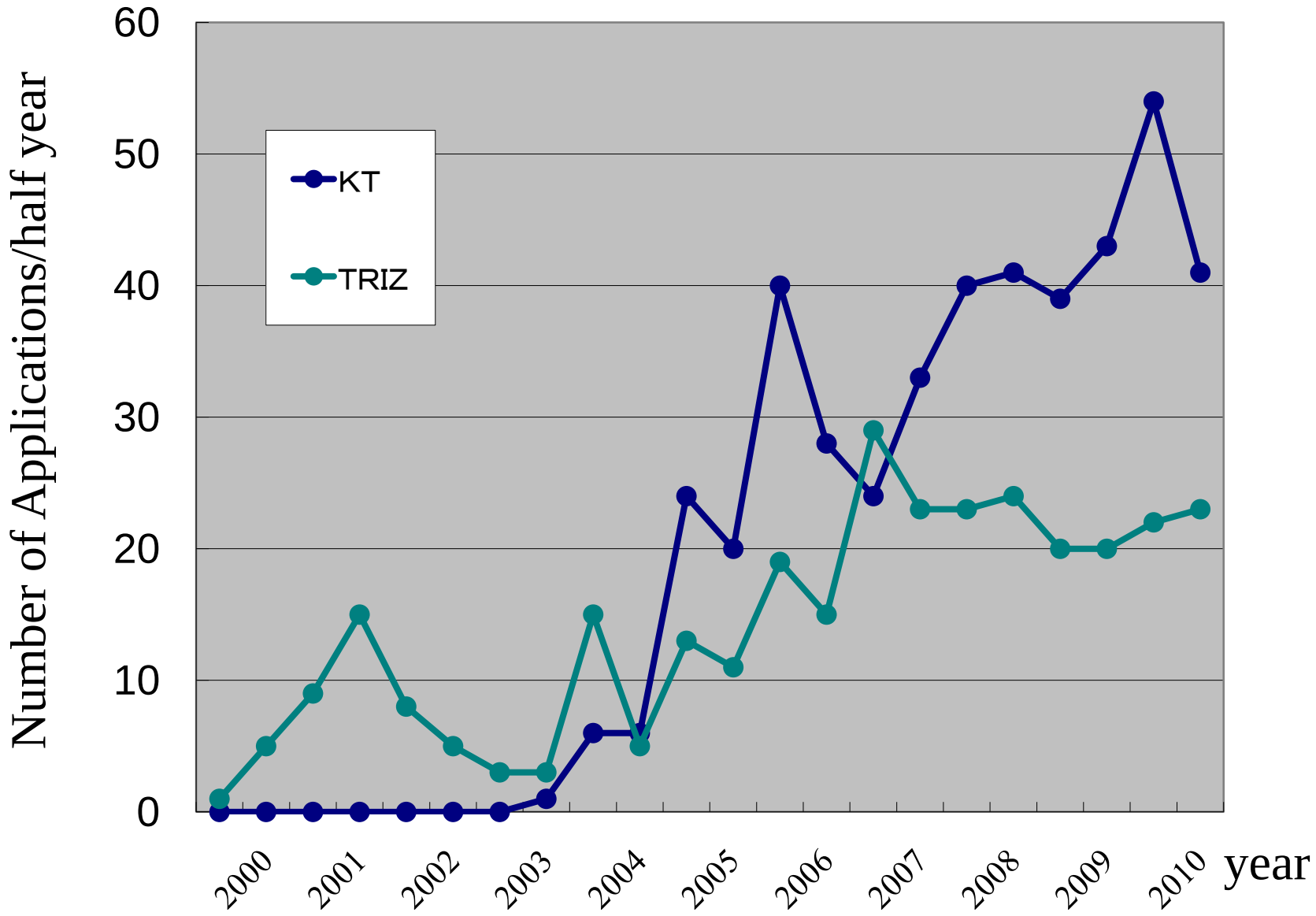
Industrial & Social Infrastructure Systems

Annual Schedule of Penetration Activities at EERL

- **Promotion by top-down and bottom-up**
- **High evaluation score as an incentive**



Number of Applications at EERL



Two Typical Application Cases

Case 1

- Problem Solving for Insulation Breakdown of Enamel Wire

Case 2

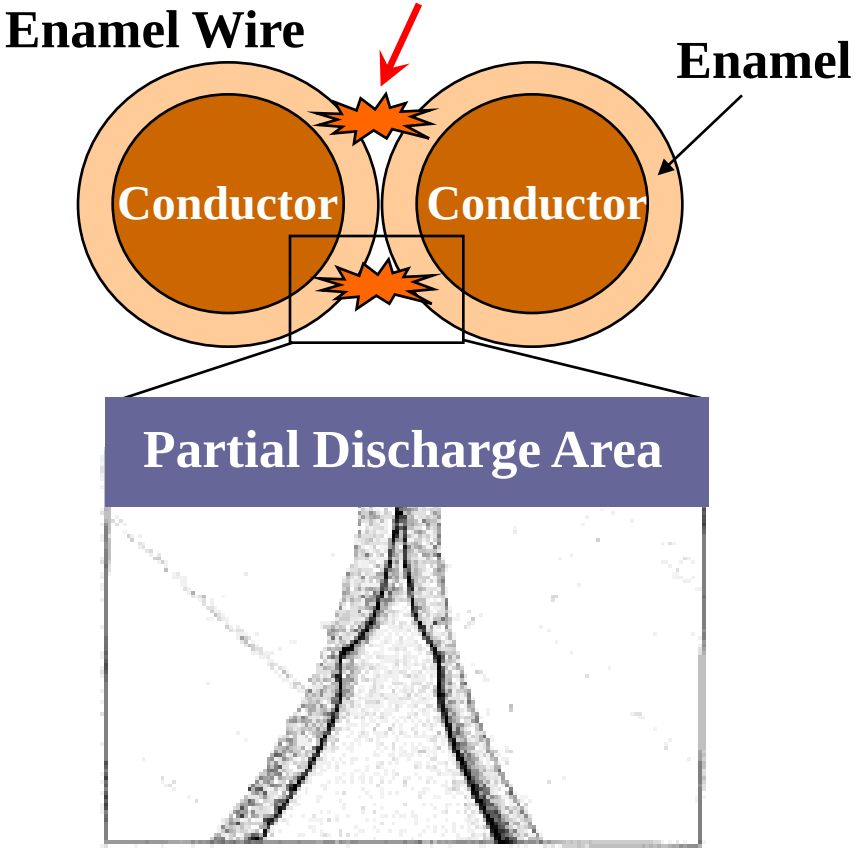
- Failure Analysis Merging TRIZ and Kepner-Tregoe® (KT)

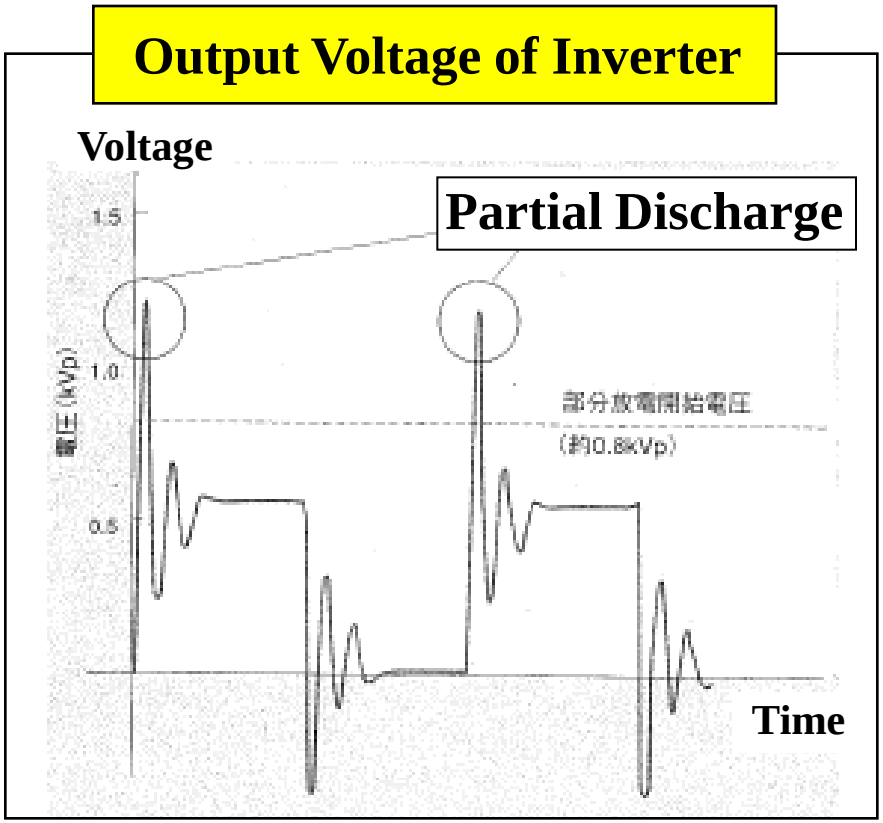
Case 1: Problem of Enamel Wire

Phenomena

- Many failures occurred in motors recently.
- Failures in the exchanged motors occurred again in a short time.

Partial Discharge ⇨ Insulation Breakdown





Application of Inventive Principle Based on Matrix 2003

Improving Parameter

Improved immunity by blending in an inorganic insulation material

➡ Improvement of reliability ➡ Parameter 35 ”Reliability/Robustness”

Worsening Parameter

Worsened flexibility of wire

➡ Parameter 34 “Ease of Operation”

Inventive Principles

28 Mechanics Substitution
1 Segmentation
40 Composite Materials
29 Pneumatics & Hydraulics

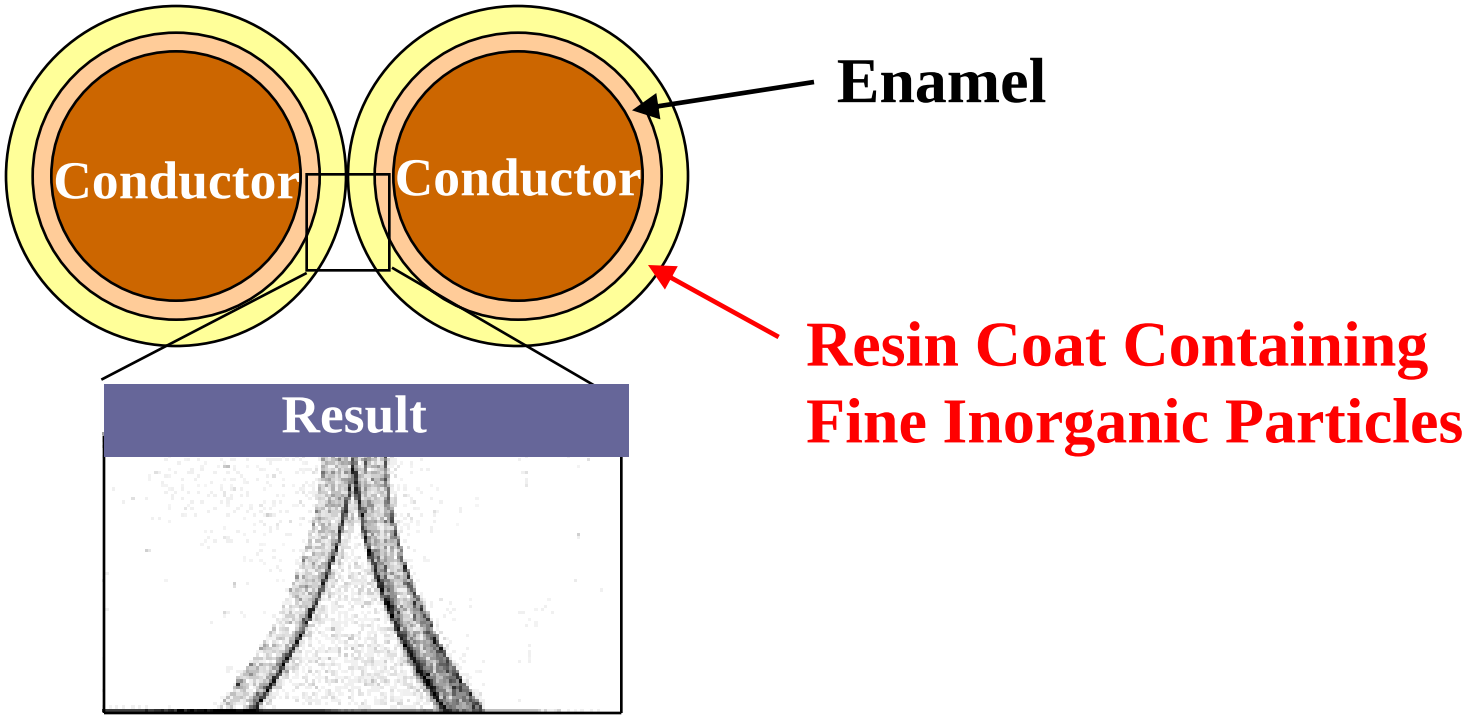
Selection of Inventive Principal 1

➡ **Increase of Segmentation Ratio**

Problem Solving for Enamel Wire

Increase of Segmentation Ratio ⇨ Fine Inorganic Particles

Improvement of flexibility while maintaining immunity to surge



Case 2: Failure Analysis Merging TRIZ and KT

Background

- TRIZ-FA（Problem resolution based on subversion analysis）
  - Extraction of failure cause candidates by analyzing elements and functions
  - Difficulty in evaluation of probable causes
- KT-PA
  - Evaluation of probable causes by describing four aspects of problem (What, Where, When, Extent)
  - Difficulty in establishment of probable causes

（KT-PA：Kepner Tregoe Problem Analysis）

Target

Proposal of an effective fault analysis method merging TRIZ-FA and KT-PA

Outline of KT-PA

(1) Description of the four aspects of problem (What, Where, When, Extent) about IS, ISNOT, Distinctions, and Changes

(2) Establishment of probable causes by Distinctions and Changes, or knowledge and experiences

(3) Evaluation of probable causes using IS/ISNOT pairs to find the Most Probable Cause (MPC)

IS: Observed event

IS NOT: Expected but unobserved event

Distinction: Feature of IS compared with IS NOT

Change:
- what is changed at Distinction
- what is changed around Distinction
- date/time of change

Comparison of Failure Analysis by TRIZ-FA and KT-PA

Items \ Methods	TRIZ-FA	KT-PA
Merit	**Rational cause extraction by functional diagram**	**Rational evaluation of probable cause by IS/IS NOT**
Demerit	**Difficulty in evaluation of probable causes**	**Difficulty in establishment of probable causes**

Failure Analysis Merging TRIZ-FA and KT-PA

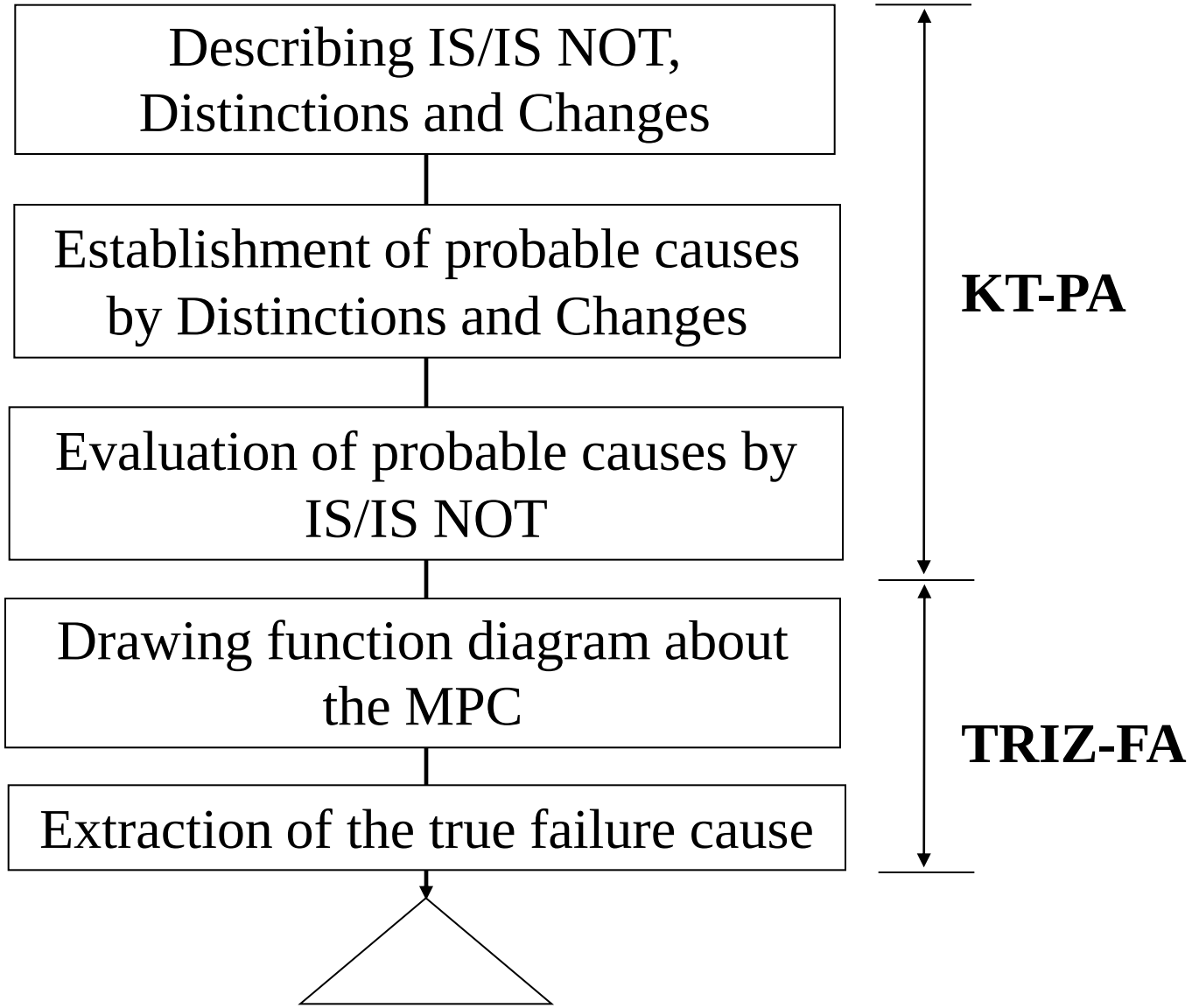
Cause Extraction Approach

To extract the true failure cause by TRIZ-FA, after finding the most probable cause by KT-PA

Cause Presumption Approach

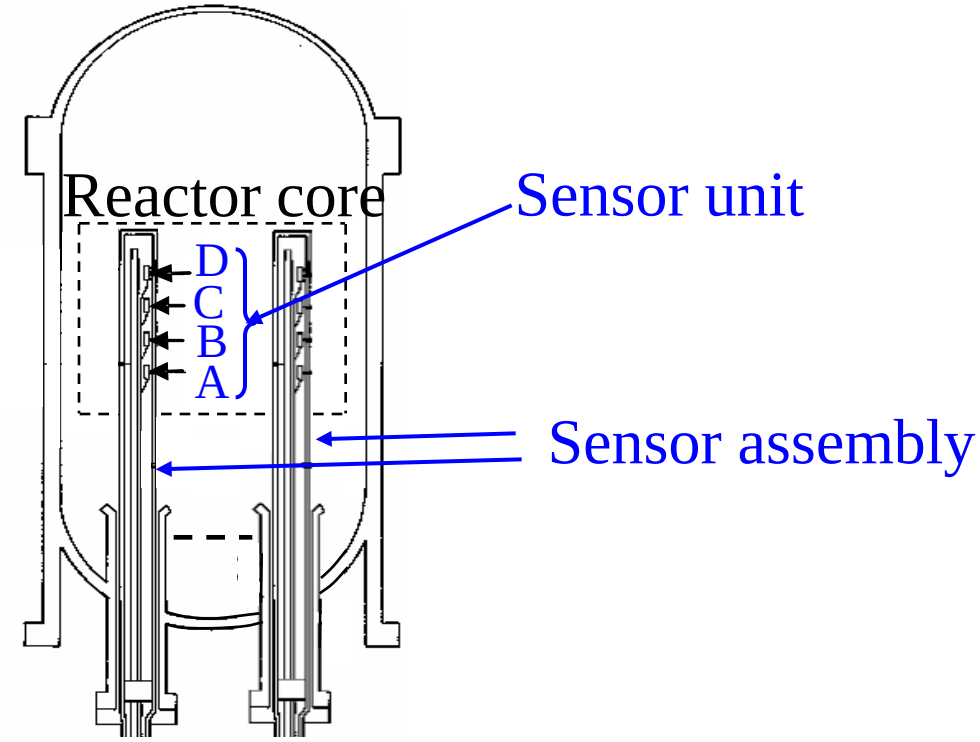
To find the true failure cause by KT-PA, after extracting candidate failure causes by TRIZ-FA

Cause Extraction Approach



Case Study (Cause Extraction Approach)

Application to Nuclear Power Plant Sensor System



Event : Sensor units A, B and D in same assembly intermittently output low values.

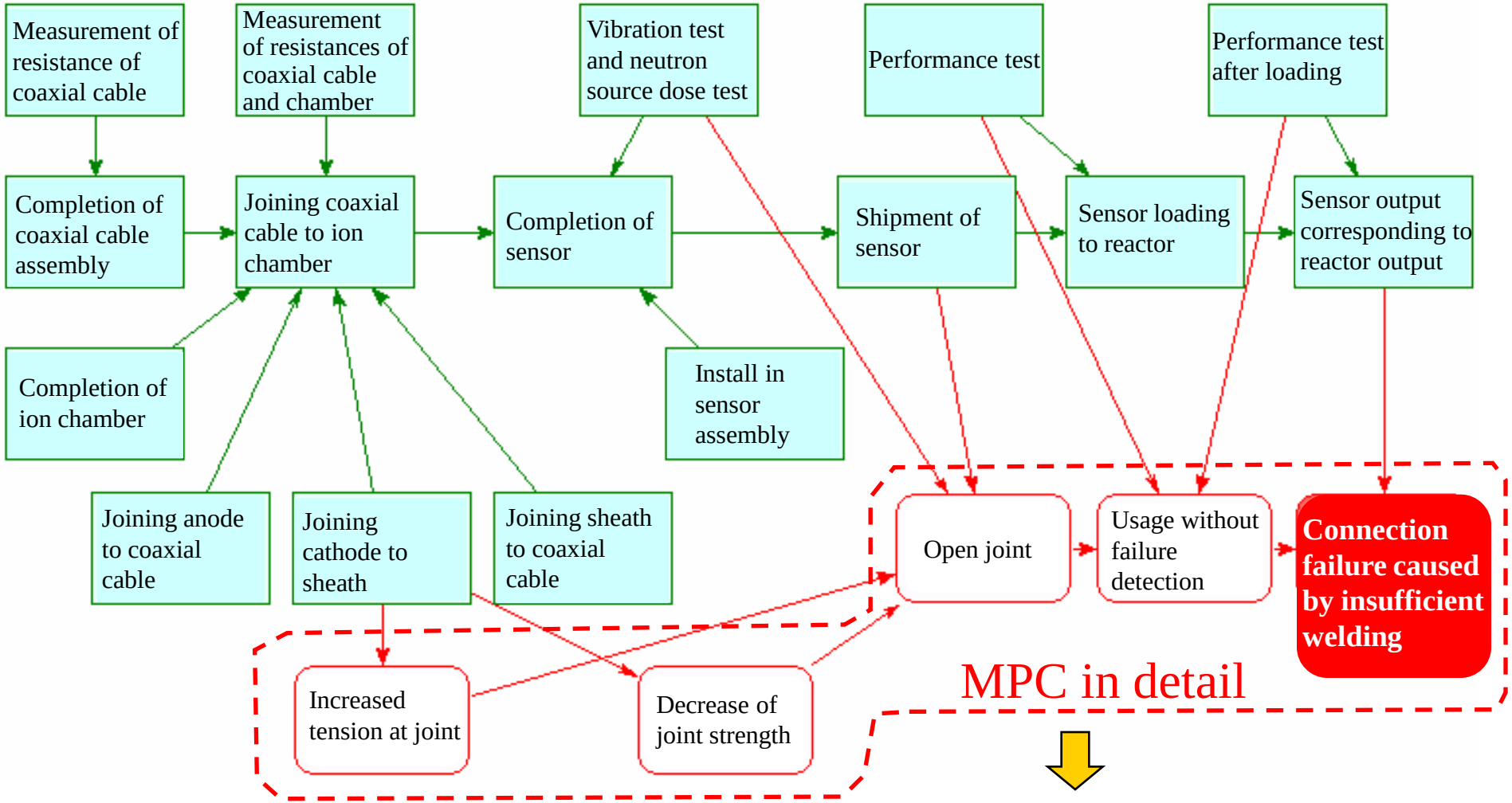
Cause Evaluation by KT-PA

Specific Problem Statement				Establishment of probable causes	Evaluation of probable causes
Output of the exchanged sensor declined.					"IS/IS NOT" tests
Four aspects	IS		IS NOT	1) Moisture invasion to connector	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ ○△○○○△○△×
WHAT	Exchanged specific sensors Output decrease	① ②	Exchanged other sensors Output increase	2) Joint error of connector or sensor	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ ○○○○○△△△○○ MPC
WHERE	Specific sensor units A, B, D channels	③ ④	Other sensor units C channel	3) Leakage of gas	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ ○○○○○△△△△×
WHEN	After start-up Plant output more than b% Burst A, B channels are stable in a few days	⑤ ⑥ ⑦ ⑧	Previous cycle Plant output less than b% Random Continuously intermittent output	4) Induced electric noise	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ △△△○×
EXTENT	Sensor output less than a% Intermittent output at plateau	⑨ ⑩	Sensor output more than a% Constant output at plateau	5) Amplifier anomaly	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩ △△△△△△△×

MPC : Most Probable Cause

MPC is analyzed by TRIZ-FA.

Visualization of Failure by TRIZ-FA



Evaluation of countermeasure and reflection on product

This Method was presented at the second TRIZ symposium in Japan. The contents of the presentation appeared in October 2006 *NIKKEI MONOZUKURI*, a monthly magazine on design and manufacturing.

多様性増すTRIZ活用 USITの適用や他技法との併用進む

「第2回TRIZシンポジウム」から

課題を解決するアイデアに網羅性と必然性をもたらすための方法論であるTRIZ。その適用に向けてのアプローチに広がりが出てきている。全体的なプロセスが複雑していて分かりにくいといった伝統的なTRIZの欠点を補った「USIT（統合的構造化発想思考法）」を適用したり，TRIZを補完する他の手法と組み合わせたりして，導入効果を高めていこうという取り組みが増えてきている。2006年8月31日～9月2日開催の「第2回TRIZシンポジウム」では，そうした動きの一端が垣間見えた（図1）。

実際の研究開発テーマで体験

同シンポジウムでUSITの適用について発表したのが，松下電工，コニカミノルタビジネステクノロジーズ（本社東京）など。USITの適用を円滑に進められるように，それぞれの独自の視点から工夫している点が印象的だ。

松下電工のアプローチで特徴的なのは，USITの適用対象テーマの選び方。実際の研究開発テーマを対象とすることで，体験者にUSITの効果をより直接的に知ってもらい，かつその成果を実際の業務にそのまま生かせるように工夫している。同社では全研究所，および一部の事業本部の研究開発部門において，そうした取り組みを進めている。

松下電工がUSITの適用で狙っているのは，特許出願による事業参入障壁の形成と研究開発の効率化だ。そのため，USITを適用するのは，必然的に同社が研究開発において重要視しているテーマとなる。

もっとも，TRIZやUSITの場合，テーマによっては適用しにくいものもあるので，同社では重要な研究テーマの中からさらにUSITを適用しやすそうなものを抜粋して対象テーマとしている。具体的には「技術的な問題が明確になっているか」「解決のための手段が漠然としているか」「そのテーマに関する基礎的な技術の知識があるか」といった視点から，研究所の所長や企画担当者が選定している。

図1●「第2回TRIZシンポジウム」の講演会場風景

約150人の参加者が集まった。2005年開催の第1回と比較して4割強の増加という。

選定したテーマに対してはそれぞれ，同テーマの担当者（リーダーを含んで3人程度），当該技術分野に通じた共同検討者，特許担当者でチーム（標準的なケースで5人）を編成する。そして，テーマ実践型の研修という形で，同テーマへのUSITの適用方法を社内講師の指導を受けつつ学ぶ[*1]。

同社ではこれまで，こうしたやり方によって合計14のテーマに対してUSITを適用。USITによって創出されたアイデアは，実現可能性や特許性の点から絞り込んだものに限っても，1テーマ当たり平均27件に上る。実際にUSITを体験したメンバーの92%が，USITの有効性を認め，その適用を推奨している。

USITオペレータをカスタマイズ

USITの教育をタグチメソッドとリンクさせながら推進しようと模索しているのがコニカミノルタビジネステクノロジーズである（図2）。

同社がそう考えるのは，タグチメソッドにおける機能展開と，USITにおける問題分析のプロセスが似ているため。同社では既にタグチメソッドが社内で広く使われているため，タグチメソッドになぞらえてUSITを教育すれば，理解してもらいやすいはず，と考えているのだ[*2]。

図2●コニカミノルタビジネステクノロジーズの事例発表

同社……第1開発センター第12開発部……氏がポスターセッションにて同社の事例を紹介した。

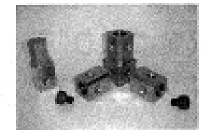


図3●タカノのステンレスパイプ用ジョイント「タカノサイコロジョイント」

ステンレス製のパイプ構造体を溶接レスで実現できるようにするジョイント。

また，アイデア出しの段階で利用する「USITオペレータ」をカスタマイズしている点も同社の特徴。USITでは，ユーザーが抱える具体的な問題をまず一般的な問題に置き換え，それに対して一般的な解決策を考えてから具体的な解決策へと落とし込む。その一般的な問題に対する一般的な解決策を導くのに利用するのがUSITオペレータだ[*3]。

同社は，こうしたUSITオペレータの中から，同社の事業領域でよく使用するUSITオペレータを抽出して，それらを優先的に適用していくことでアイデア出しを効率化していこうと狙っている。そのために同社は，事業領域である電子写真技術の特定領域における社内社外の特許を分析，32個のUSITオペレータから10個を抽出したとしている。

QFDやKT-PAなどと併用

TRIZを補完する他の手法と組み合わせて導入効果を高めているのが，パナソニック コミュニケーションズ（本社福岡市）や日立製作所である。パナソニック コミュニケーションズでは"できたところ勝負"の商品開発から脱却し，科学的な未来予測力に基づく商品開発を目指すために，QFD，TRIZ，タグチメソッドを組み合わせて活用している。

大まかには「顧客の声を的確につかみ，商品のコンセプトをつくる」「そうしたコンセプトを実現する上での技術的課題を明確にする」「顧客の期待を上回る技術的な目標を定める」といった段階でQFDを活用。続く「技術的目標を実現するための基本構想を考え出す」「重要な技術課題を解決する」といった段階でTRIZを利用している。さらに「そうした基本構想を商品ごとにバラつきが出ないように開発・設計に落とし込む」「工場でバラつきが出ないように生産する」といった段階でタグチメソッドを使うというパターンだ。同社ではこうしたやり方により，今日勝てる商品を開発できるようになるだけでなく，長期的に勝負していける商品のコンセプトを手に入れることが可能になったとしている。

日立製作所でも，商品開発という観点からはパナソニック コミュニケーションズと同様にQFDやタグチメソッドとセットでTRIZを導入している。ただ，さらに興味深いのは，日立製作所の場合はこれに加えて製品の不具合分析にTRIZを適用している点。

しかも，KT-PA（Kepner Tregoe Problem Analysis）法[*4]という手法をTRIZと組み合わせることで，不具合分析に適用する上でのTRIZの欠点を補っている。

KT-PA法の利点は，発生した不具合の「大まかな原因」を，想定される幾つもの原因の中から機械的かつ理論的に絞り込めること。ただ，絞り込んだ「大まかな原因」からさらに細かな原因を探り出すためには使えない。一方，TRIZはその逆。TRIZでは，ある程度絞った原因に対して「どうしてそのような原因が発生したのか」といった，より詳細な原因を探っていくアプローチを採るため，真因の詳細分析には使えても，大まかな原因の絞り込みには役立てにくいのだ。

そのほか，中小企業におけるTRIZの適用事例が発表されたことも，今回の同シンポジウムの一つの特徴といえる。精密板金組み立て・加工を手掛けるタカノ（本社長野県松本市）が，長野工業高等専門学校の協力の下でTRIZを利用して考案した，ステンレスパイプ用のジョイントの事例を発表した（図3）。（宮岡恒重）

*1 同研修の所要期間は実質的には2日。ただし，1日目は問題の定義と，問題の分析の途中まで。……

*3 「二つの機能を統合してみたら」「部品を複数化してみたら」といった糸口を提供するものである。

*4 KT-PA法 発生した不具合の事象（IS）と，それと同等に発生してもおかしくないのに実際には発生しなかった事象（IS NOT）について，What（対象や事象の差異），Where（場所/部位の違い），When（時間的な条件の違い），Extent（度合や条件の違い）といった観点から事象の詳細を明確にし，……

Summary

- Total number of TRIZ applications between 1997 and September 2010 was about 3950 in the Hitachi Group.
- TRIZ applications in actual work are promoted from top-down and bottom-up.
- Merging of TRIZ with other methods is developed.
- TRIZ effectiveness is recognized in the Hitachi Group.
- TRIZ activities in the Hitachi Group are being continuously promoted.