

Title	BCP (Business Continuity Plan) for a port after earthquake disaster : BCP (Business Continuity Plan) for a port after earthquake disaster
Sub Title	
Author	J F E エンジニアリング株式会社(JFE Engineering Corporation) 白坂, 成功(Shirasaka, Seiko)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2010
Jtitle	Active learning project sequence report Vol.2010, (2010. ) ,p.577- 685
JaLC DOI	
Abstract	<p>This chapter is will show you an outline about our project. The theme of our team is "The BCP for port after earthquake disasters". In this report you can clear propose of our team and we will show you the tools that we used in the ALPS.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• What is BCP</li> </ul> <p>First of all, you must clear the meaning of BCP. Business continuity planning (BCP) is "planning which identifies the organization's exposure to internal and external threats and synthesizes hard and soft assets to provide effective prevention and recovery for the organization, whilst maintaining competitive advantage and value system integrity". It is also called Business continuity Resiliency planning (BCRP). The logistical plan used in BCP is called a business continuity plan. The intended effect of BCP is to ensure business continuity, which is an ongoing state or methodology governing how business is conducted. (From Wikipedia, Business continuity planning) In plain language, BCP is working out how to stay in business in the event of disaster.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• BCP for Port system is</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Ports are important for Japanese economy</li> </ul> <p>Japan boasts the world's second largest retail market, with a value exceeding US\$1,124 billion (135 trillion yen, 2007). In addition to its size, the enormous influence of Japan's retail industry attracts global attention as being the origin of many Asian trends.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Why the new system in good for Japan</li> </ul> <p>As you know, Japan is one of the most earthquake-prone countries in the world. Other natural disasters such as typhoons also occur every year. Business in Japan requires a BCP (Business Continuity Plan) suited to these circumstances. The Hanshin-Awaji Earthquake was a good example to explain the importance of the BCP for ports. The Hanshin-Awaji earthquake was an earthquake that occurred on Tuesday, January 17, 1995, at 05:46 JST in the southern part of Hyogo Prefecture, Japan. It measured 6.8 on the Moment magnitude scale (USGS), and Mj7.3 (adjusted from 7.2) on JMA magnitude scale. The tremors lasted for approximately 20 seconds. The focus of the earthquake was located 16 km beneath its epicenter on the northern end of Awaji Island, 20 km away from the city of Kobe. Approximately 6,434 people lost their lives (final estimate as of December 22, 2005); about 4,600 of them were from Kobe. Among major cities, Kobe, with its population of 1.5 million, was the closest to the epicenter and hit by the strongest tremors. This was Japan's worst earthquake since the Great Kantō earthquake in 1923, which claimed 140,000 lives. It caused approximately ten trillion yen in damage, 2.5% of Japan's GDP at the time. Based on the average currency conversion rate over the following 500 days of 97.545 yen per USD, the quake caused \$102.5 billion in damage. (From Wikipedia, Great Hanshin earthquake) From the numeral of the damage, we can believe that our project has the significant for a lot of countries like Japan. Though ALPS we use some tools to decision on the BCP for port. In this report we will explain the details of each tool. And talk about use those tools we taught the wisdom for our project, the IC chip system.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Our team's suggestion: IC chip system</li> </ul> <p>The IC Chip system, which can help the port to keep working after an earthquake disaster. Image of IC chip system is like the system which the subway ticket gate are using in Japan. When we pass the ticket gate of subway station, a lot of passengers are taking a card with green or pink, we called them SUICA or PASMO in Japanese. We take them and touch a part of gate, and the gate will receive the information of each passengers and request charge for riding. And we assume that the IC chip system for port is similar to the PASMO. The card will be put on the outside of containers and the transfer crane will be used as the gate to read the information.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Process of the IC chip system</li> </ul> <p>When an earthquake occurs, the control center is falling down and it cannot work. When a truck is going into the port, a staff is putting a IC chip on the container which is loaded on the truck. The IC</p>

	<p>chip is used for the container's yard plan, the weight and its storage plan. Then transfer crane which we put a infrastructure on it will read the information of the container. And save them in a memory stick. Then the staff will take the memory stick to the gate which near the gantry crane. Then the computer will know the information of this container and bring it to its destination.</p> <p>▲ Benefits and the horizons with the IC chip system</p> <p>The strong point of this system is that not only can it be used after a strong earthquake, it also works in usual operations. It will also use less staff than normal, so the port agency could use less human resources to run the port. Of course, it's a big project and the system will require quite a huge number of funds. Although the system is not cheap, the potential losses when the port cannot function can be amount to that caused by the Hanshin-Awaji earthquake. Hence for the business, for the safety of citizens and the port staff, I think you can agree with us that this system will be a good business for Japan and also other countries which are earthquake-prone.</p> <p>● Tools that we used in teamwork</p> <p>Though our project of IC chip system, we used some tools to analysis and resolve the problems, like scenario graph, Customer Value Chain Analysis, QFD, Cost Worth Analysis and so on. In this report we will introduce the each tool which we used in details.</p>
Notes	<p>Student final reports</p> <p>Group 15</p>
Genre	Research Paper
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002003-00002010-0577">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002003-00002010-0577</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

# Group 15





## Group 15's Theme Proposed by JFE Engineering Corporation

### Theme 3:

ALPS “safety and security” theme title: **BCP**(Business Continuity Plan) for a **Port** after **Earthquake Disaster**

Proposer Organization's Name: JFE Engineering Corporation

Supporter Name and contact info: Kenichi MURANO , [murano-kenichi@jfe-eng.co.jp](mailto:murano-kenichi@jfe-eng.co.jp)



Abstract of your project theme :

- How to **improve port infrastructure** after earthquake disaster in order to maintain lifeline
- From standpoint of total safety of a **Port SYSTEM**, consider the method of improvement of **optimized specifications** for each infrastructure to provide for earthquake.
- **Business Continuity Plan**: To keep port functions after disaster **under short resources**: such as human, electric power source, etc.

Example: <http://www.skr.mlit.go.jp/pres/h21backnum/kouwan/100128/bcp.pdf>



Fig. 1:Port Damage in Kobe 1995

# ALPS Final Report 2010

Group 15

PROJECT TITLE:  
“BCP (Business Continuity Plan)  
for a Port after Earthquake Disaster”

Theme:  
“BCP (Business Continuity Plan) for a Port after Earthquake Disaster”

Proposer Organization: JFE Engineering Corporation

Proposer Organization’s Supporter: Kenichi Murano

Keio Mentor: Seiko Shirasaka

Members:  
ITO, YOSHIKI  
HUANG, XINRU  
NISHIO, MIKI  
SIRAI, KOUNOSUKE  
KOBAYASHI, EIKI

Graduate School of System Design and Management  
Keio University

# ALPS Final Report

## -BCP (Business Continuity Plan) for a Port after Earthquake Disaster-

Proposer Organization's Name : JFE Engineering Corporation

Group#15  
Huang Xinru  
Miki Nishio  
Kounosuke Shiraishi  
Eiki Kobayashi  
Yoshiki Ito

## Executive Summary

**Key words:** BCP, port, IC chip, disaster, earthquake

This chapter is will show you an outline about our project.

The theme of our team is “The BCP for port after earthquake disasters”. In this report you can clear propose of our team and we will show you the tools that we used in the ALPS.

- What is BCP

First of all, you must clear the meaning of BCP.

Business continuity planning (BCP) is “planning which identifies the organization's exposure to internal and external threats and synthesizes hard and soft assets to provide effective prevention and recovery for the organization, whilst maintaining competitive advantage and value system integrity”.

It is also called Business continuity & Resiliency planning (BCRP). The logistical plan used in BCP is called a business continuity plan. The intended effect of BCP is to ensure business continuity, which is an ongoing state or methodology governing how business is conducted. (From Wikipedia, Business continuity planning)

In plain language, BCP is working out how to stay in business in the event of disaster.

- BCP for Port system is

- ▲ Ports are important for Japanese economy

Japan boasts the world’s second largest retail market, with a value exceeding US\$1,124 billion (135 trillion yen, 2007). In addition to its size, the enormous influence of Japan’s retail industry attracts global attention as being the origin of many Asian trends.

- ▲ Why the new system in good for Japan

As you know, Japan is one of the most earthquake-prone countries in the world. Other natural disasters such as typhoons also occur every year. Business in Japan requires a BCP (Business Continuity Plan) suited to these circumstances. The Hanshin-Awaji Earthquake was a good example to explain the importance of the BCP for ports.

The Hanshin-Awaji earthquake was an earthquake that occurred on Tuesday,

January 17, 1995, at 05:46 JST in the southern part of Hyogo Prefecture, Japan. It measured 6.8 on the Moment magnitude scale (USGS), and Mj7.3 (adjusted from 7.2) on JMA magnitude scale. The tremors lasted for approximately 20 seconds. The focus of the earthquake was located 16 km beneath its epicenter on the northern end of Awaji Island, 20 km away from the city of Kobe.

Approximately 6,434 people lost their lives (final estimate as of December 22, 2005); about 4,600 of them were from Kobe. Among major cities, Kobe, with its population of 1.5 million, was the closest to the epicenter and hit by the strongest tremors. This was Japan's worst earthquake since the Great Kantō earthquake in 1923, which claimed 140,000 lives. It caused approximately ten trillion yen in damage, 2.5% of Japan's GDP at the time. Based on the average currency conversion rate over the following 500 days of 97.545 yen per USD, the quake caused \$102.5 billion in damage. (From Wikipedia, Great Hanshin earthquake)

From the numeral of the damage, we can believe that our project has the significant for a lot of countries like Japan.

Though ALPS we use some tools to decision on the BCP for port. In this report we will explain the details of each tool. And talk about use those tools we taught the wisdom for our project, the IC chip system.

- Our team's suggestion: IC chip system

The IC Chip system, which can help the port to keep working after an earthquake disaster.

Image of IC chip system is like the system which the subway ticket gate are using in Japan.

When we pass the ticket gate of subway station, a lot of passengers are taking a card with green or pink, we called them SUICA or PASMO in Japanese. We take them and touch a part of gate, and the gate will receive the information of each passengers and request charge for riding.

And we assume that the IC chip system for port is similar to the PASMO. The card will be put on the outside of containers and the transfer crane will be used as the gate to read the information.

- ▲ Process of the IC chip system

When an earthquake occurs, the control center is falling down and it cannot work. When a truck is going into the port, a staff is putting a IC chip on the container which is loaded on the truck. The IC chip is used for the container's yard plan, the

weight and its storage plan.

Then transfer crane which we put a infrastructure on it will read the information of the container. And save them in a memory stick. Then the staff will take the memory stick to the gate which near the gantry crane.

Then the computer will know the information of this container and bring it to its destination.

#### ▲ Benefits and the horizons with the IC chip system

The strong point of this system is that not only can it be used after a strong earthquake, it also works in usual operations. It will also use less staff than normal, so the port agency could use less human resources to run the port.

Of course, it's a big project and the system will require quite a huge number of funds. Although the system is not cheap, the potential losses when the port cannot function can be amount to that caused by the Hanshin-Awaji earthquake. Hence for the business, for the safety of citizens and the port staff, I think you can agree with us that this system will be a good business for Japan and also other countries which are earthquake-prone.

#### ● Tools that we used in teamwork

Though our project of IC chip system, we used some tools to analysis and resolve the problems, like scenario graph, Customer Value Chain Analysis, QFD, Cost Worth Analysis and so on. In this report we will introduce the each tool which we used in details.

(967 word)

# -Table of contents-

1. Problem Statement
2. Analysis and Discussion of ALPS Methods
  - 2.1. Scenario graph
  - 2.2. CVCA
  - 2.3. Interview
  - 2.4. OPM
  - 2.5. Function-Structure map
  - 2.6. Scenario Prototyping Rapidly
  - 2.7. Use case
  - 2.8. QFD1, QFD2
  - 2.9. FMEA
  - 2.10. Design for Variety (Robust Conceptual Design)
  - 2.11. Morphological concept generation based on function
  - 2.12. Scorecarding and Design of Experiment
  - 2.13. NPV
  - 2.14. DSM
3. Design Recommendation
4. Competitive Analysis
5. ALPS Roadmap and Reflections
6. Conclusion and Future Work
7. Acknowledgements
8. References
9. Appendix

## 1. Problem Statement

### Background

#### What is obstacle to continue harbor works after earthquake?

**The** port activity is supported by the advanced network between various parties concerned. Various networks such as administrative bodies and private companies become interrupted when a large-scale earthquake occurs, and it causes the paralysis of the port function. It is said that the capital earthquake directly above its epicenter will be generated at the probability of 70% in 30 years in the future.

As for the estimated disaster scale, 6.5 million people cannot come home, 11,000 dead, and the burnt down building 850,000, all of those economic loss will be as much as 112 trillion yen. The frequency of such earthquake as magnitude eight classes will be thought once in about 100-200 years ahead. However, the earthquake of magnitude seven classes is expected to occur several times in 100-200 years in the South Kanto region. The possibility that earthquake (M7.3) in the Tokyo Bay northern part happens is high. It seems that the shake of the central area of Tokyo is intense, and the shake widely reaches to the seaside part in that case. The marine transport of urgent goods is needed at the disaster of the earthquake. The action plan to arrange the activity by various parties is necessary to maintain the function of harbors. BCP in harbors is maintenance of the port function, which is for the business continuance and the social system continuance. Maintenance of the port function means not only hardware but also software.

**In** a Hanshin Awaji large earthquake of magnitude 7.3 generated on January 17, 1995, a subsidence of the quay, sinking of the yard, and the damage of the warehouse, the mechanical handling equipment etc. happened everywhere. A temporary function stop of the Kobe port where about 30% of the container cargo of our country was handled gave the deep effect to not only the Kobe economy and the citizens' life but also distribution and the economy of our entire country. Scale of the damage by this earthquake will be counted for only once in several decades. 6,434 dead, 3 missing persons, and 43,792 injured and 689,776 houses damaged were recorded, and the sum of the damage reached to total 10 trillion yen. (This damage is assumed to be the largest-ever among the natural damages.)

It is presumed several times more than the damage total though it is uncertain that how much (the amount of money) requires for restoration.

**The** harbors equipment was restored by prompt support of the government in the



Kobe port, and the container loading with the gantry crane was restarted in the Maya wharf on March 20 after two months since the earthquake. Moreover, six births of the Kobe port wharf public corporation were restored on April 30. All equipments were restored at the end of March in 1997 afterwards. At that time, the biggest trouble of the harbors function recovery is an exhaust of rubbles, a repair of broken heavy machine, and the restoration of the quay, especially the ground damage. Ministry of Land, Infrastructure and Transport Ports and Harbors Bureau decided "Basic policy of large-scale earthquake measures in harbors" in December 1996, and the Cabinet Council decided "Infrastructure maintenance emphasis plan" in October 2003, based on which, the maintenance of an earthquake-proof and reinforced quay started. In the program for five years from 2006, it is aimed at to make the high quake-resistance quay, where the necessity for supporting the marine transport such as urgent goods and construction machineries is high just after the earthquake.

**From** the standpoint of harbor function during an earthquake, reinforced quays for the earthquake are classified into "special reinforced quays" and "standard reinforced quays", and the government starts the quay improvement project assuming an seismic intensity from 6~7. "Special reinforced quays" means that the structures can withstand major earthquake and are able to transport emergency material immediately after an earthquake.

"Standard reinforced quays" means such facilities that can restore logistical capabilities within 7days and can transport emergency materials. Reinforced quays will be put in place country-wide, at least one berth will be constructed as a "Special reinforced quay" and will be increased sequentially. It defines that the standard for the quake-proof structure should be against the strongest quake-intensity in that area that can be assumed. They assume a 6.5 quake-intensity in consideration of a lack of knowledge of the active faults surrounding the area. There is the third recommendation standard by the Japan Society of Civil Engineers. An improvement by the guidance of the administrative body was advanced to a heavy machine and the quay that was the biggest problem at that time. Earthquake-proof quay and crane that made the best use of the lesson by the Hanshin-Awaji earthquake in 1995 have spread, though it is uncertain if it is enough or not.

**On** the other hand, the maintenance of the harbors information system management promoted by the private initiative was not advanced well due to the difference of the interest and efficiency by each enterprise. What we have understood through VOC and VOX is that software was weak point. (The private

company was not able to invest the enough capital, and countermeasure was not enough.) Such problem that the container was not able to be carried out well in the emergency was because they could not be able to be distinguished (what were put in there) and found (where they were). Handling containers became difficult because the function of the control center decreased at the disaster, though it was managed well by yard plan and the shipping plan under normal condition. Number of missing containers were said to be over 1000 in that case. Lot of frozen foods and perishable foods were no way but to be disposed off. Moreover, there seems to be such case as to increase the disaster without enough urgent goods for the victim. (Considerable secondary disaster was pointed out according to VOX, though the detailed data was not available.) At that time in 1995, what should be prioritized as BCP measures was a revival of hardware such as heavy machines and quays. However, what should be given priority to considering measures by the administration afterwards is information system reinforcement for missing containers.

**This** research is not for hardware measures of harbors promoted by an administrative initiation, but for such proposal as the reinforcement of the harbor's information system management promoted by private sectors for missing containers handling.

## 【Consideration memo (in Japanese)】

### 震災後における港湾荷扱い業務を継続する為の施策案変更について

変更前：震災後倒壊したガントリークレーの早期復旧策を主体に施策案を検討する。  
変更後：如何に早くコンテナヤード内の荷材(コンテナ)をヤード外に搬出するか  
(船積み・トラック積み)を主体とした施策案に変更した。

#### 【変更理由】

前回の Work-shop 後、再度神戸淡路震災のデータや港湾業務の調査、更には見学を行い、現状の港湾 BCP 状況を調査した結果以下の事柄が判明した。

- 日本における 5 大港(荷揚げ量の 80%)に於いては倒壊し難いガントリークレーンに改造若しくは交換が行われている。震度 7 程度であれば倒壊の危険性は極めて少ない。荷揚げ作業等に必要とされる機器は既に大半が何らかの耐震補強がされている。
- コンテナ船専用バースに於いてはバースはスリーブ方式による耐震補強が行われている。現在は在来船専用バースにおける耐震補強工事が検討されている。(国交省データでは首都圏の港湾 1071 カ所に於いて倒壊の恐れのある港湾は 480 カ所でありコンテナ船に関する港湾は含まれていない)
- 港湾業務におけるコントロールセンター設備に於いては耐震対策につき疑義が指摘されている。(建築物の耐震強度やシステムの耐震性等)
- 港内情報システムが機能しない場合は他港よりバックアップデータを得られても、コンテナ内荷材と搬出の緊急性を正確且つ確実に把握し搬出作業が実施出来ない。(前回の大地震時はコンテナ輸送されて来た大量の冷凍食品等の腐敗物処理や緊急搬出作業に対応出来なかったとの情報もある)

現在必要とされる港湾における BCP はコンテナヤードを核とした搬出入業務であり船への積み込みや積み下ろしに必要なハード面(耐震対策対策が進んでいる)とソフト面(内容物確認・シェアリング等)を繋ぎ合わせるインターフェースの強化(個々のコンテナに必要情報を持たせる)ことで震災時の混乱に於いても円滑に正確に搬出入が可能になる。

#### 【確認】

上記仮説を基に港湾関係者や輸出入専門商社・輸出入専門業者さんへインタビューを行い仮説の可能性を検討した結果、施策案を「如何に早くコンテナヤード内の荷材(コンテナ)をヤード外に搬出するか」とした。

【施策案】

- ハードとソフト面の新たなインターフェースとしてコンテナ個々に荷揚げ荷降ろしに要な全ての情報と荷材内容(誤配や安全対策)情報を持たせる。
- 情報は IC チップに記録されコンテナ外側に装着される。租税地域内に搬入される際にゲートにて装着され、搬出時にゲートで回収する。また入船時にも同様に行う。電源は電池とし災害時電力が得られない場合でも運用出来る。

以上

## 2. Analysis and Discussion of ALPS Methods

### 2.1. Project Priority Matrix

I show the project charter which we made in the lower figure.

Project Charter			Creation date
Revised No.	Ver.1, Rev.1		2010/7/28
Theme	BCP for a port after Earthquake Disaster		
Issue	ALPS team15	Premission	

●Team members

Name	Apointment
Murano Kenichi	Proposer, JFE Engineering Corporation
Shirasaka Seiko	Mentor, Keio SDM
Ito Yoshiki	Member, Keio SDM(Leader)
Kobayashi Eiki	Member, Keio SDM
Nishio Miki	Member, Keio SDM
Shiraishi Kounosuke	Member, Keio SDM
Huang Xinru	Member, Keio SDM

●Key stakeholders

NO.	commercial name
1	JFE Enginiering
2	Transport company
3	Shiping agent
4	Port Agency

●Project purpose

BCP Of Port System After Earthquake Disaster

●High-level requierments

Work of loading and unloading can do smoothly ,when earthquake disaster happen.

●Success criteria

Recovering rates of operation that containaer treated more than 70% of normal situation.

table1. Transaction volume of container in port of Yokohama

normal situation	
per year	per day
2798002 TEU	7666 TEU

※TEU:20foot equivalent unit

Success criteria  
5366 TEU/day

Fig.1 Project Charter

We showed team members and key stakeholders in the table at project charter. And project purpose is “BCP of port system after earthquake disaster” that presented from proposer. We focus on the circulation function of the port and loading and unloading. Because we thought the relation of function of loading and unloading is the closest to circulation function of the port. Then we decided that high-level requirement is “work of loading and unloading can do smoothly, when earthquake disaster happen.” We thought success criteria is index which can measure the circulation. Then we decided that index is transaction volume of container and recovering rates of operation more than 70% of normal situation. Concrete numerical value is 5366TEU/day.

By our examination, we found that among the number of ships doing port entrance and leaving, 55% are container ship. And there is the most it. Moreover among the form of hips doing port entrance and leaving, 69% are container. And there is the most it. Therefore we thought the index as transaction volume of container can measure the circulation.

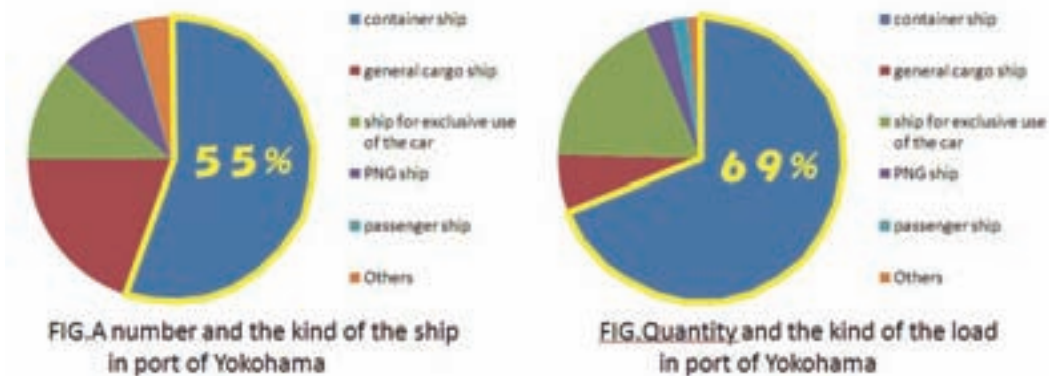


Fig.2

As collecting project purpose, high-level requirements and success criteria all together, we were able to make recognition agree among members. By the above, we said that success criteria was transaction volume of container. Then concrete numerical value calculated it as follows.

## 2.1. Scenario graph

At first we thought about a scenario as follows.

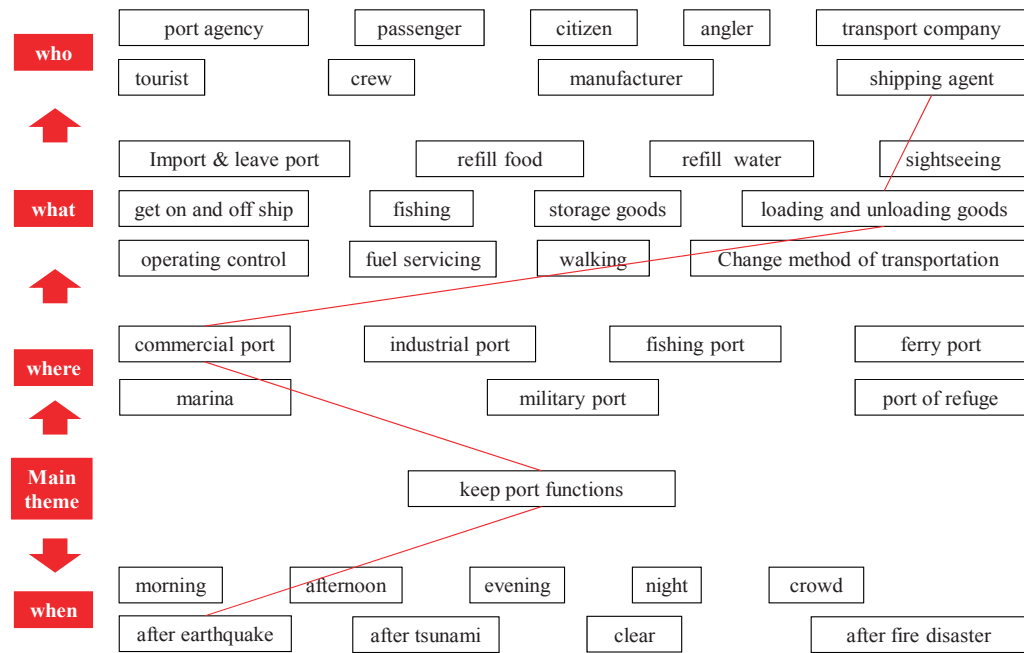


Fig.3 Scenario graph

The following are the steps we have made the scenario graph.

First, main theme as "keep port function" set. Next, we considered a number of scenarios from the main theme. Figure 1 shows the results.

We pick up one key scenario from scenario graph. The key scenario is written in red in Figure 3. Who is "shipping agent", what is "loading and unloading goods", where is "commercial port", when is "after earthquake".

The reason we chose this key scenario is as follows. First, we considered that loading and unloading is most important functions of the port. Secondly, when the Kobe earthquake, the government quickly restored the function of loading and unloading. Therefore, we chose this key scenario.

Our choice of this key scenario might be subjective. So when choosing a key scenario I think the next step should use the pugh-selection.

We could not understand the necessary of scenario graph. We think the scenario graph to be effective in combination with pugh-selection.

We talked many times as follows. It is three following steps.

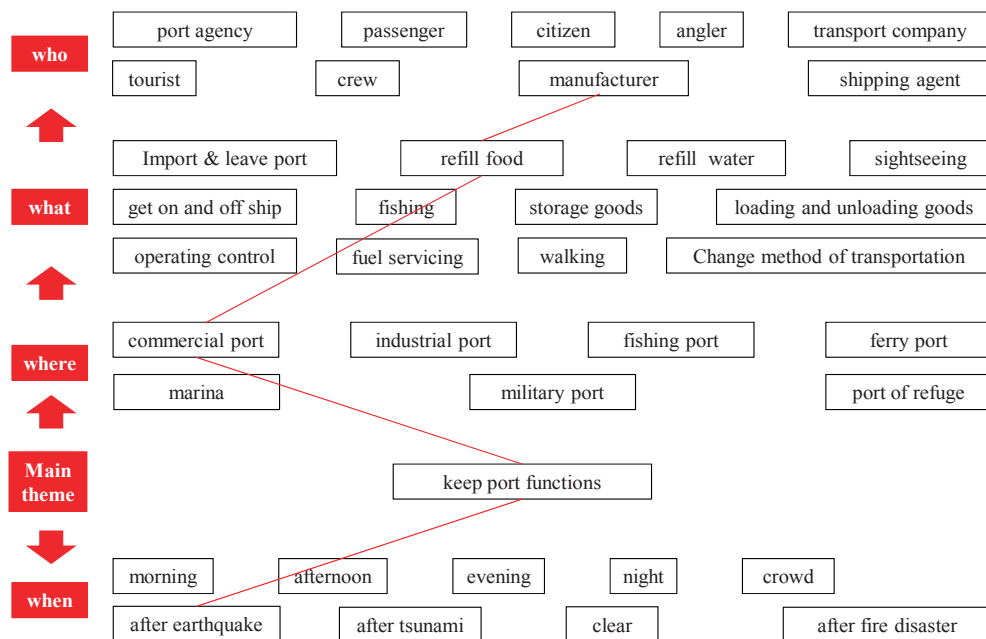


Fig.4 Others Scenario graph

One step, we thought that a maker might want to transport food early like an upper figure afterwards.

However, we thought that therefore permission of port agency was necessary.



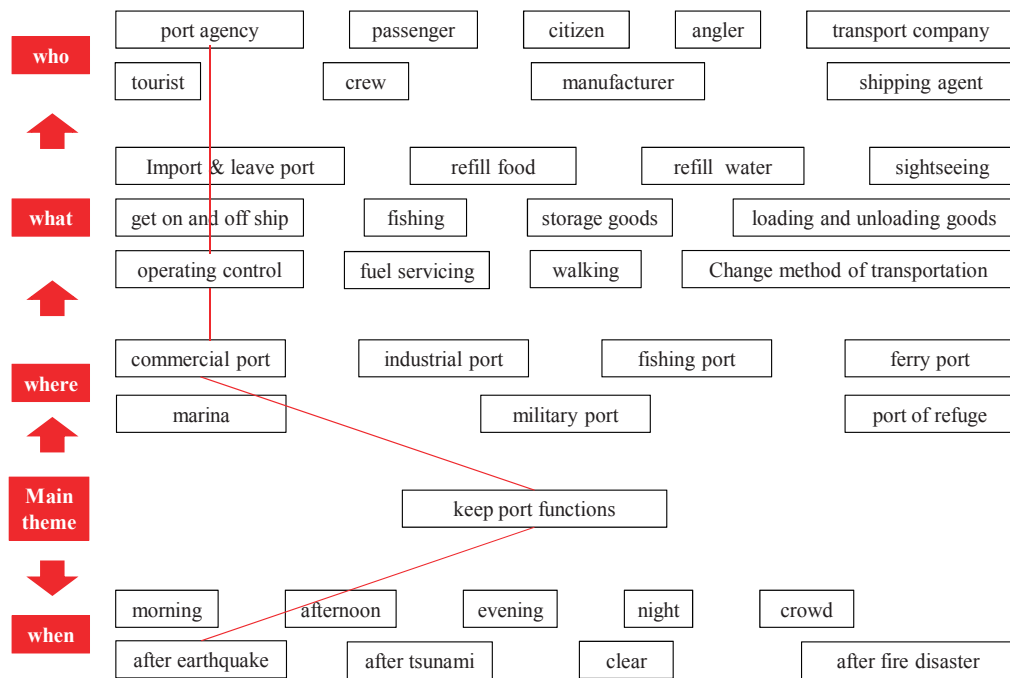


Fig.5 Others Scenario graph

Two step, operating control of port agency is necessary early to transport food.

We understood what was important by this operating control.

Finally, we assumed the main theme to be a distribution system. And, it thought about the following things.

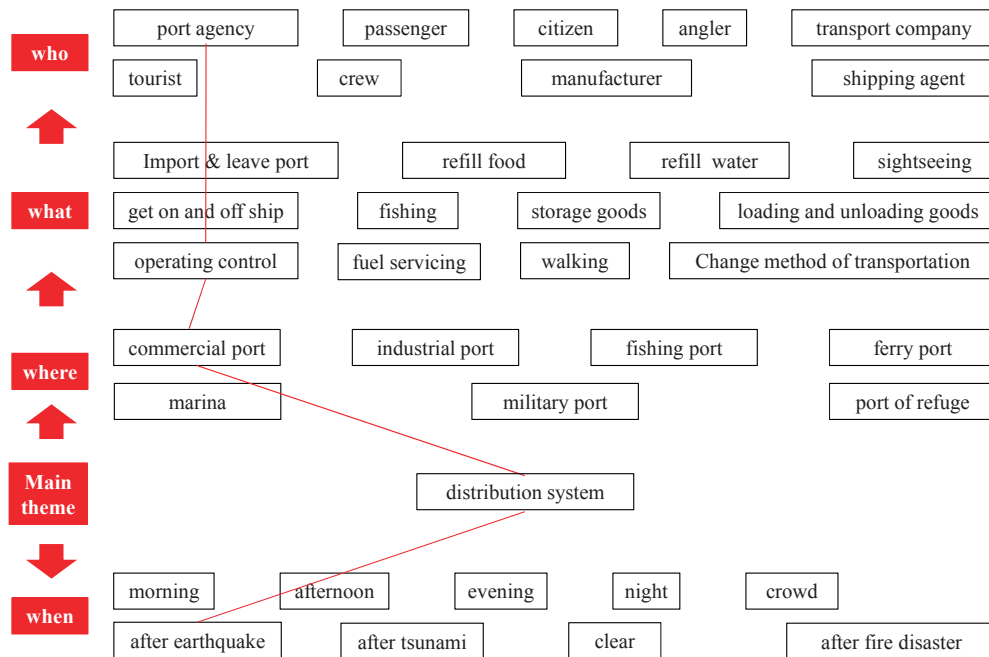


Fig.6 Others Scenario graph

Three steps, as shown in this figure, we changed our main theme from keep port function.

Put IC chip with information on container is our initial solution plan. It enables to gather information about container without help of control center. With this IC chip, we could specify containers destination quickly and able to remove largest barrier for operation. As a result, we are able to realize port BCP.

Evaluation by QFD and Value graph could be helpful for next step. Those tools could give us other insights includes cost view point.

## 2.2. CVCA

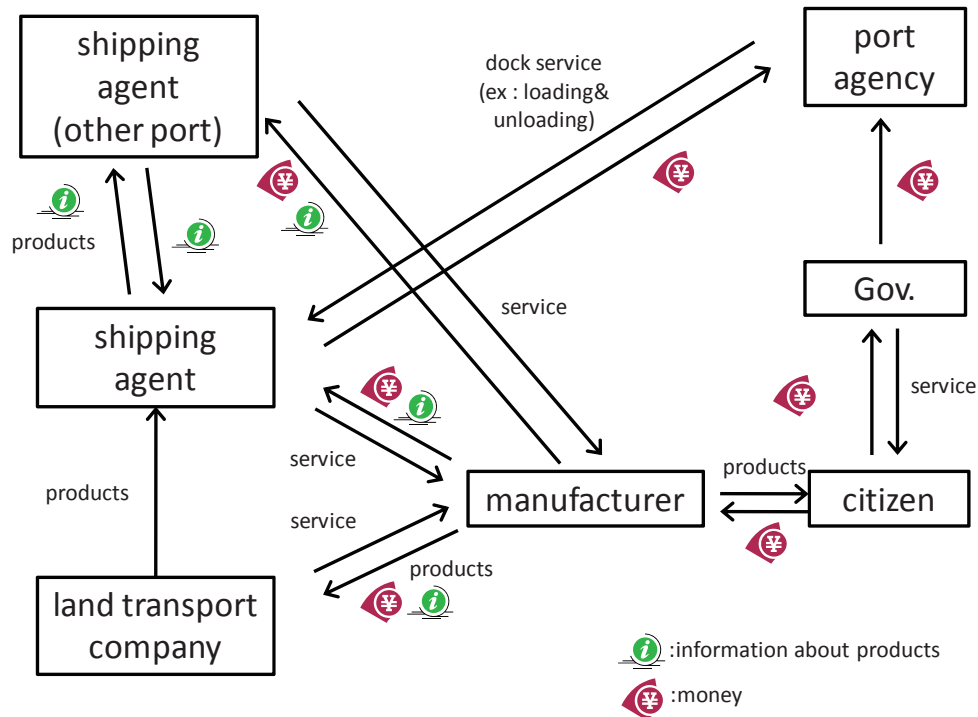


Fig.7 CVCA

Fig.7 is CVCA of our project. Port system has 7 main stakeholders. Main stakeholders are as follows;

- Government
- Citizen
- Port agency
- Manufacturer
- Land transport company
- Shipping agent
- Shipping agent(other port)

We think the main function of the port is the logistics and the normal operation of the ship. From the viewpoint of BCP, we focus on the logistics. Port agency manages the logistics and gets fund from government.

Then port agency provides shipping agent with dock service and gets fund from shipping agent. Shipping agent gets fund and information from manufacturer and provides manufacturer with transport service. Shipping agent in other port also gets fund and information from manufacturer and provides manufacturer with

transport service. Then manufacturer consigns transporting service to land transport company. Manufacturer also sells products to citizen and gets a fund. Then, citizen gives government a fund for a tax and receives the service. When the earthquake occurred, port agency cannot provide dock service to shipping agent. So—we considered about how recover dock service.

## 2.3. Interview

We tried to interview stakeholders concerning BCP of port after disaster. We didn't have enough time to interview so many stakeholders at that time. However those interviews were not so easy for us. Most of them said, why do you ask BCP after earthquake? Are you government person? What kind of impact you can put to the government concerning BCP. Do you have any administrative ability? It is quite sensitive and delicate matter, as too many persons died and too many families lost their houses. They lost so much value of their property.

Anyhow, we tried to contact several stakeholders, but most of persons and companies didn't accept our offer. They said sorry we were busy now, what can you do it? How many persons are working at this issue? Which groups are you belonging to? Are you working with government? It was not so easy to contact them.

Therefore, we asked the company which has a good relationship (manufacture, inhabitant and trading house) with us. At first we explained the purpose of this interview and our position; it took about 10 min. to explain and ask 9 questions. They answered to some items immediately, but they needed some days to answer to other items, so it takes total about 1 hour.

We contact Manufacture, Inhabitant and Trading house.

Questions and result as follows;

**If it will be impossible to use the port because of earthquake;**

**Could you please tell us the temporary action of your company?**

- 1) Has your company/you already prepared the crisis management manual?
- 2) How dose your company/you manage to load imports and exports in the port?
- 3) How will your company/you maintain the business until the port functions will recover?
- 4) If recovery of port function will be delayed for long time, what kind of damage will be happened?
- 5) What kind of port function should be recovered at first?
- 6) As we continue the business; What is the least necessary function of the port?
- 7) What does your company/you expect the port BCP now?
- 8) If your company/you already has risk management based on your experience of Kobe earthquake?

9) If you have some ideas to recover the port function at an early stage after earthquake?

	Manufacture	Trading company	Citizen
Q1	Yes, but under correction	No manual, under consideration	Nothing special. Some notice from government
Q2	The other ports, No loading	Manpower and available machine	—
Q3	Use the other ports	Use the other ports	—
Q4	Cost up or production, shipment delay	Major going concern for the company	Increase in number of crimes
Q5	G-crane, transportation	loading facility and transportation	Life line, harbor
Q6	Transportation	Ditto	—
Q7	Strong construction against earthquake and loading function	Strong construction against earthquake and loading function	Strong construction against earthquake
Q8	Diversified store of major materials and regular shipment	Alliance with other industries or among same industry	Evacuation drill for disaster
Q9	Several BCP availability	Under investigation among the industry	—

Fig.8 VOX-Interview

We interviewed three stakeholders at beginning stage. We didn't have enough time and chance to interview so many stakeholders at that stage. And three stakeholders were as follows; We contact Manufacture, Inhabitant and Trading house.

**Stakeholder A:** Manufacture, they are producing pulp and paper.

They have several own company berth and more than 20 wood chip container boats (tanker). Their main raw materials are loaded by themselves. And final products are shipped from several main ports. Regular products and main raw materials are stocked in different area for safety sake.

And they have prepared several manuals for disasters. They stocked main raw materials 3 to 4 weeks somewhere in their own warehouse.

**Stakeholder B:** Trading company, they are working several ports (Hakodate, Tokyo, Yokohama, Oosaka, Kobe, Shimonoseki, Hakata)

Now they start to consider loading manual for continue trading business after disaster. Their risk management is not only earthquake but also terrorism etc. Their main focus is how soon to resume operation again after damage. They already established private's local organization, its like a local net-work for cooperation and disperse the risk.

**Stakeholder C:** Citizen; he is living in Yokohama and working near the port.

He is extremely ordinary man.

These three stakeholders have different risk understanding, Pulp and paper manufacture is not so sensitive to the earthquake disaster, but Trading company is too sensitive and nervous to this disaster. And Some of Citizens are fading the crisis in Kobe earthquake. His image is conveying the baggage compared to transport the person. And Citizens study to evacuation drill for disaster for escape from the danger of life.

The citizen has expected to the administration to prepare evacuation method and hedge against the risk.

**Why dose pulp and paper manufacture not so sensitive to the earthquake disaster?**

They already have prepared some risk management manuals. Theirs wood chip container boats is not bigger than oil tanker. And they can ripper and remodel the berth without discussion with other company, other user, other customer.

**Why dose trading company so sensitive and nervous to this disaster?**

They cannot continue the business without port function, especially loading and unloading machine/equipment. In other words they are symbiotic relationship

**Generally, Citizens are anxious about own life and then personal property at first.**

It is natural things and risk understanding because of earthquake disaster is not only big influence for our daily life but also incur economic and financial crisis. Different standing positions make distinct BCP for port. It is unclear if these three results are showing representative opinion of individual ones or not.

**We made** self-examination about our interview. We should interview each stakeholder on each item more carefully. With some reason, these results are just showing their surface opinions. We should try to contact and interview port staff and try to collect more information about their real experience at next time. We will

try to know their risk management based on their experience of the Kobe earthquake.

\*Disaster situation occurred in 1995 in Kobe sea port.(by earthquake)

\*What did the port do to recovery from a disaster in Kobe City, and reconstruction process, etc.?

\*Development process of crisis and risk management system.

\*What is the worst obstacle and barrier after earthquake in the sea port?

\*It is definitely needed to repair manual for loading/unloading facility in the port.  
(in order to carry out the import and export products from the port quickly.)

\*It is needed to have crisis and risk management system in the earthquake.

\*Try to consider the operation manual of loading/unloading for disaster.

\*Try to investigate, how to bring out the import/export products after earthquake from the port.

\*Try to contact and interview sea port staff and try to collect more information about their real experience. VOX, Mind-Map. ????

**We** had better understanding that these three opinions given to us were not their real and actual conditions. These were their just comments, not real opinions.

Their entire feelings were not showed.

Anyway we stand on the trading company and to consider BCP for port. And we investigated how soon they can restore the broken crane after an earthquake. And we contacted general trading companies and port staff. We also attended port tour at Daikoku-Pier to collect current anti-earthquake situation and what was the biggest worries about current BCP for port.

We tried to interview port workers/staffs and furthermore import/export trading agent and distributor at the tour of Daikoku-pier.

We investigated current situation and BCP for port.

\*In the Japanese 5 major ports; those share handling cargoes are over 80%.

They have already changed or modified their cranes to such one as to be anti-earthquake. Their risk for total crush in case of the 7 level of an earthquake is quite small. Those machines for handling containers have already been modified to be against an Earthquake.

\*In those berths for containers; they have been reinforced against an earthquake by sleeve method. Now reinforcement of such berths for bulk cargoes are considered.(There are 480 ports which have risks for crush in all the 1071 ports



around the metropolitan area in accordance with the ministry of transportation data.)

\*Possible risks on anti-earthquake countermeasure for such facilities as control center are pointed. (Such as building and computer system)

【And we understand as follows; 】

\*Most of gantry crane and bath were improved for the purpose of earthquake resistant for container ship use only. It is quite few things to collapse these cranes and bath in seismic intensity about 7.

\*Some of staffs are worried about information system for control of port functions in the current BCP. If the communication system would not work, it would not be possible to make sure which container should be in emergency for picking up, even though the backup data would be available from the other port. (In case of the last earthquake, it did not work to pick up frozen food containers urgently or give them up for perishable disposal.)

**Important** point for recent BCP for ports is how to handle containers (both in and out). It will be possible to handle them correctly, if those hardware such as crane and those software such as information on cargoes are well connected by proper interface, even though the situation will be chaos just after an earthquake. Our goal is how to preserve the indispensable data and information to each container, and then how to read and recognize the data from them.

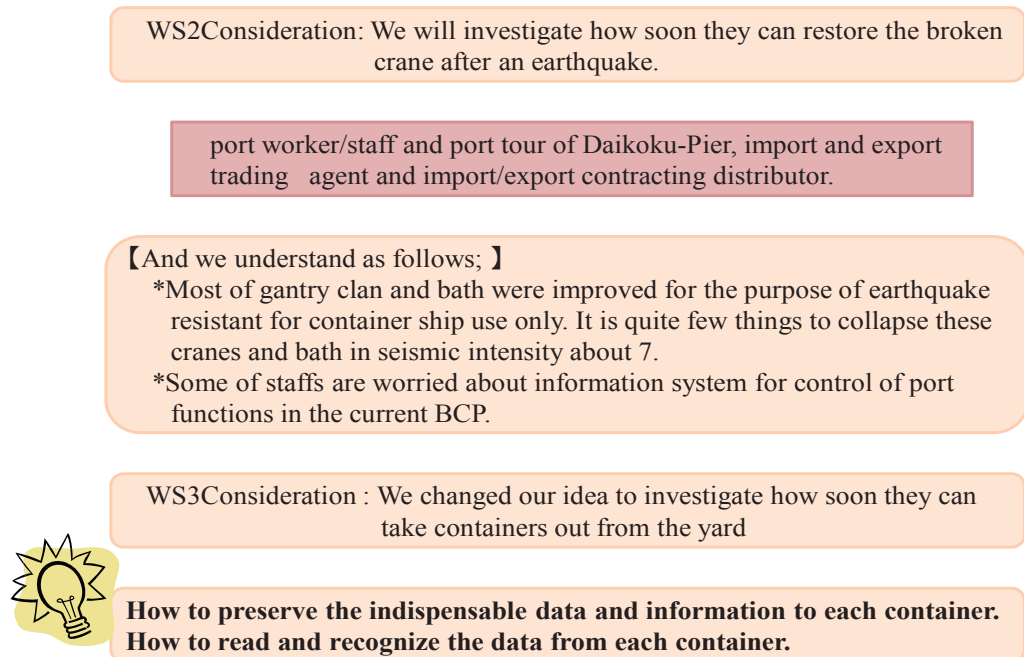


Fig.9 VOC/stakeholder requirement

**And**, we made our final goal with VOC and benchmarking methods which based on interview with general trading companies and shipping companies and port staff during the port tours. Our final goal was how soon they can take out containers from container yard. It was the most important and indispensable matter from business point of view. After we decided our final goal, we started to contact many offices such as;

- Ministry of land, infrastructure and transport harbors bureau.
- Planning section, harbors motor vehicle department of Tokyo metropolitan.
- Yokohama harbors bureau.
- Some general construction companies.
- Earthquake-proof performance design system of harbor structure, published by Harbors and airport technical research institute.

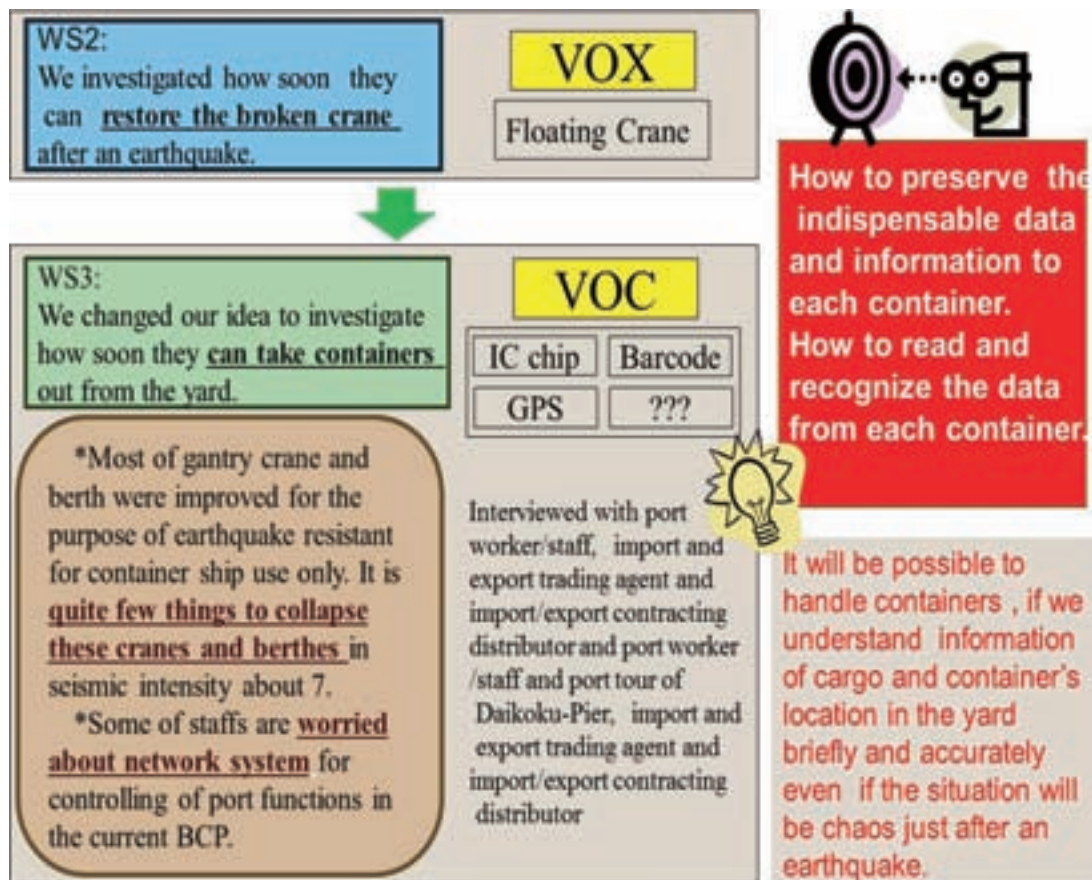


Fig.10 Tentative our target

We contacted government offices, construction companies, shipping company and others. We could successfully obtain valuable information from them. We got to know that most of gantry cranes and berth for container ships were already improved for the purpose of earthquake resistant. At first, in October 2003, Japanese government decided Infrastructure maintenance emphasis plan and started constructing reinforced quays against earthquakes.

From 2006 to 2011, Japanese government also planned to make necessary quay service anti-earthquake in order to support emergency sea transportation of general merchandise and construction machines. They categorized those reinforced quays into two groups. One is special reinforced group and the other one is standard reinforced group considering their functions in case of earthquake seismic intensity level at 6+ and 7.

Special reinforced quays, this means no deformation or displacement in case of large scale of earthquake and they will be available for emergency merchandise transportation just after an earthquake.

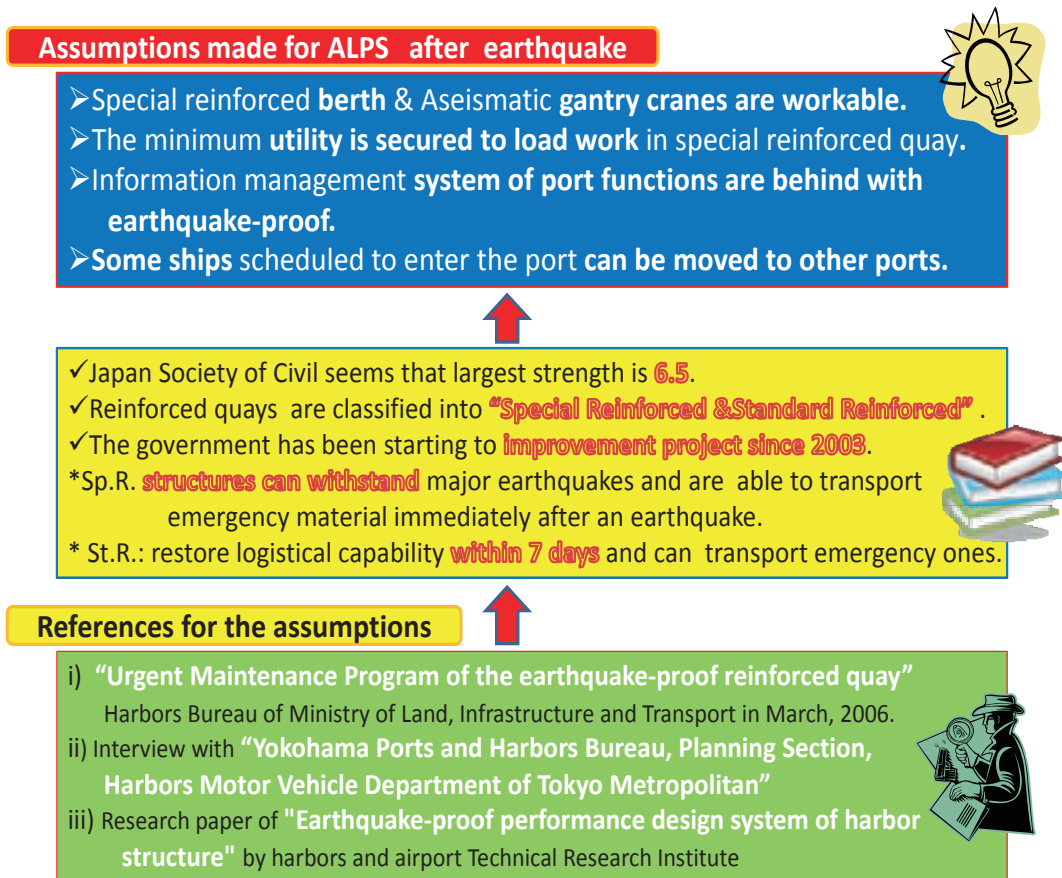


Fig.11 final target/conclusion

And, the standard reinforced quays means that they will be available for emergency merchandise transportation after emergency repair works for about 7 days, in case of large scale of earthquake.

In order to make it possible to transport the emergency merchandise from any ports even in case of large scale earthquake, every port should be equipped with one special reinforced quay.

Furthermore, Special reinforced quays should be equipped with a seismic crane. It is quite few things to collapse these cranes and berth in seismic intensity about level 7. Above are countermeasures for some damaged hardware, which brought us to such conclusion that port works will not stop. Frequency of seismic intensity level 7 earthquake is supposed to be every 300 or 500 years, however life of special reinforced quays will be 50~100 years. Those lives should be 50 years, as some necessary repairs by new technology and regulation are taken into account. We do not know whether something else on top of current governmental countermeasure on anti-earthquake strength for harbor buildings should be done or not, when we

consider cost and effect.

**In** view of above, we propose in WS4 such port information control system by putting IC on containers as to be available in emergency. We want to adopt such available system as Suica and Pasmo for various transportation to container control system with IC chip. We consider Containers as customers who have IC cards and Transfer cranes as station gates. This system will make us possible to handle containers in case some information system like control center will be damaged, which we want to propose.

## 【 Interview memo @ trading company (in Japanese) 】

X X X X (株)情報収集打合せ議事録

平成 22 年 7 月 17 日

日時：2010-07-15 13:00~14:30

場所：東京都 X X X X X X tel：X X X X X

面談諸：X X X X (株) X X X 部輸入貿易 X X X X X X 部長  
：伊藤・西尾・黄・小林

目的：港湾における BCP 対策について

事前送付した質問事項を基にした質問形式によりヒヤリングを実施した。

### I】震災における BCP について

1. 当方よりの質問事項については商社としての想定域内での BCP マニュアルが完備している。BCP マニュアルは港湾だけでなくプラント災害や事故災害等多岐にわたり作成済み。

- 社外秘扱として A4 サイズ小雑誌に纏めあげられていた。項目は港湾の BCP として想定できる範囲で網羅されているとの事であった。(小雑誌は確認した)
- 淡路神戸大震災の経験を生かしロジステック方法につきコンサルタント会社等と協力し作成。

### 2. 港湾設備に関する懸念事項につて《ハード面》

コンテナ船については対策済み・在来型船が遅れていると考えている  
港湾の使用規制は国の管理であり民間としては港湾設備における BCP については関与出来ない。

- 震災後 5 大港(東京・横浜・名古屋・大阪・神戸)に関しては耐震バース工事がほぼ完了した。(国内の荷揚げ量は 5 大港で 8 割)またガントリークレーン等の荷揚げ設備についても補強工事が終了していると判断している。国交省データでは首都圏の港湾 1071 カ所に於いて倒壊の恐れのある港湾は 480 カ所でありコンテナ船に関する港湾は含まれていない)
- 港湾施設として荷揚げ関連設備に関しては余り心配していない。
- コンテナ船における港湾 BCP に関しては対応が進んでいる、震災に関しては輸送の為に一般道の確保が一番の懸念事項であると考えている。

- 現在対策が遅れているのは在来型船(重油タンカー・LPG タンカー・ケミカルタンカー・石炭船・バラ積み貨物船・チップ船)等は特殊パイプライン等を経由して荷揚げがされている。危険物や特殊商品が多くバースも特殊であり耐震改造等は進んでいない。扱い量等が少ない事や特殊性が高く対応が遅れている。特に危険物に関しては港が限定される。(都道府県知事の認可制)

### 3. 港湾設備に関する懸念事項について《ソフト面》

電算処理システムとコンテナヤード内の荷積み作業部分に弱点が残っているかもしれないICチップやX線を用いたコンテナ位置や積み荷状態把握出来るシステムの導入。

- 電算システム機能に関しては耐震対策がまだ不備であるかもしれない。電算システムがダウンした場合ハード面が使用出来ても荷作業が出来ない。コンテナヤード内のコンテナ情報管理システムの再検討が必要ではないか。コンテナヤード内でのトレサビリティとしてICチップ方式等が必要になるかも知れない。
- 荷積み情報についてはバックアップデータとして他港やキャプテンが所持しているが震災後のヤード内等の混乱を想定すると現状システムでは不充分であると思われる。
- 震災によるコンテナ内の積み荷状態をデバンせずに確認出来るシステムが必要になるかも知れない。

## Ⅱ】日本の港湾 BCP について(震災とは別に日本の港湾事業性は危機に直面している。)

### 1. 淡路神戸大震災完全普及以降も神戸港の荷扱い量は震災前の7割程度しか戻っていない。

- 日本経済の後退に伴い港湾荷扱い量が現象しているため、コンテナ船の便数が減少している。大型船の来航便数減少によりフレートが上昇傾向にある。企業の国内離れは加速している。大型コンテナ船の日本寄港便数の減少は単純に物流量の減少だけではない、港湾設備の不備やコストに因るところもある。
- 現在の5大港は港湾が狭い・開港時間が短い為に接岸時の順番待ち等が頻発している。
- 釜山やシンガポール港は港湾業務が24時間であり荷揚げ荷降ろし・停船時間の短縮が出来る。
- 名古屋港のハブ化が検討されているがアジア地域におけるハブ港は釜山港に移い



つつある。韓国は釜山港一極集中しており 24 時間湾岸施設が使用できる、コストも安い。国内企業も釜山経由で輸出を行っている。5 大港は全て太平洋沿岸であり、今後の輸出先は環太平洋域からアジアシフトしてきている。

## 2. 港湾の新機能について

24H ルールの導入とセキュリティー制度の強化が求められている

- 荷材については 24 時間以内に登録が義務付けられている。
- テロ対策としてコンテナ内荷材のチェックを行えるように X 線を用いた検知器の導入(米国)今後の港湾事業としてはより効率的に短時間での荷扱いと合わせ対テロ対策の充実が求められている。

### 《添付資料//事前送付した質問事項》

我々が研究したい事は震災後の港湾における BCP です。その為には何を検討すれば良いかを調査中です。

#### 1 貴社にとっての港湾設備の重要性に関して

- ① 震災後港湾設備が使用できなくなった場合、どのような問題が発生するでしょうか？特にどの機能が最重要でしょうか？
- ② その為の対策として(震災で湾岸が使用できなくなった場合) どのような事を進められているのでしょうか？
- ③ 港湾を使用しなくてはならない一番大きな要因は何でしょうか？
- ④ 港湾が使用できなくなった場合どの様にビジネスを継続しますか？
- ⑤ 震災後港湾が使用できなくなり設備を閉鎖した場合どのような問題が発生することが予測されますか？

#### 2 貴社に於いて取扱商品として一番多い商品は何ですか、それはどのようにして輸出入されているのでしょうか？

- ① 一番多い商品の輸出入方法と理由
- ② 港湾を使用する目的と効果について

#### 3 貴社に於いて神戸震災時何が一番 BCP として障害・困られた事はでしょうか？

- ① 当時の対応策と現在の対応策の違いについて？
- ② 何故神戸港を復旧しなくてはならなかったのか？
- ③ 必要であったインフラは何であると思われましたか？



4 港湾における BCP とは何であるとお考えですか？

- ① Continue するとはどのレベルが確保されれば良いのでしょうか？
- ② 震災後の普及順序の優先順位はどの様にお考えですか

5 貴社に於いてはその他の BCP につき対応策を既にお持ちでしょうか

- ① 津波
- ② テロ
- ③ 台風
- ④ 重油タンク等の大爆発

以上

## 2.4. OPM

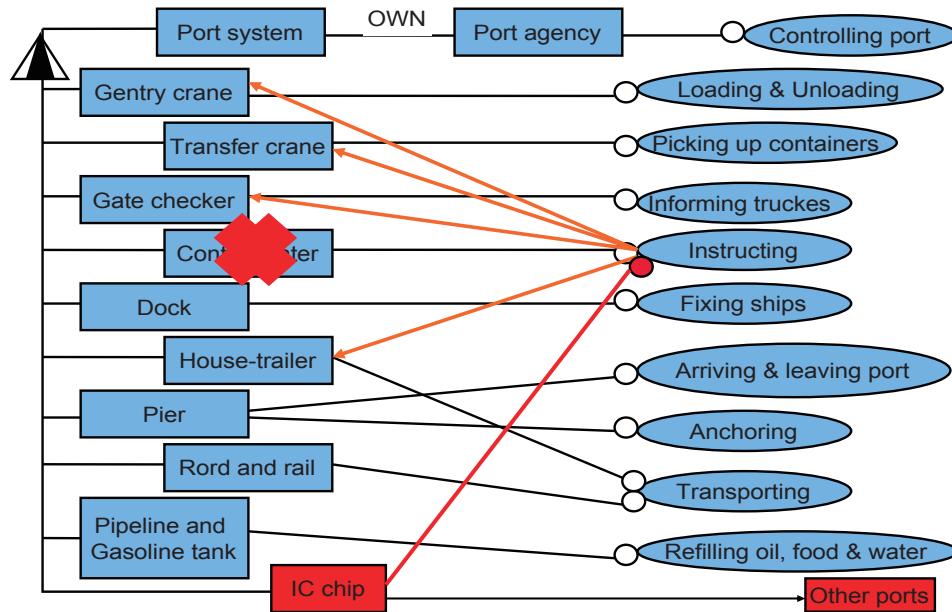


Fig.12 OPM

This is our second OPM of our project .

Make a comparison with the first OPM, we change the target which one we will research. We change the gantry crane to control center.

The reason is we interviewed Yokohama port agency and a tending company. They told us the hardware like, gantry crane and the berths are be strengthen after the Hanshin-Awaji Earthquake, and they told us the concern with the software.

As this graph, if the control crane is cannot workable, the gantry crane, transfer crane and the Gate check will be stopped. Because the information of containers are will be unknown, as destination and weight of containers.

## 2.5. Function-Structure map

First of all, FFBD ( Function Flow Block Diagram) of the system that we thought about is shown below.



Fig.13 Function-Structure map

To think how to connect these items with the function of an actual port, we had to investigate existing functions and working of the port. Therefore, we visited the port, and understood the following flows.



Fig.14 The entire port

【詳細】

①コンテナターミナルの流通の流れ



輸出の場合

- 1) 荷物をゲートに輸送
- 2) ゲートで重さなどチェック
- 3) 管理棟から番号を交付
- 4) 番号の場所へ輸送
- 5) トランスファークレーンでターミナルへ移む
- 6) 冷蔵コンテナはスイッチON
- 7) 管理棟で船への積み込み番地決定
- 8) 埠頭のトラックで荷物まで行く
- 9) トランスファークレーンでトラックへ積み込み
- 10) トラックで船まで輸送
- 11) ガントリークレーンで船へ積み込み

Fig.15 In container yard

Figure about which it thought from these is shown.

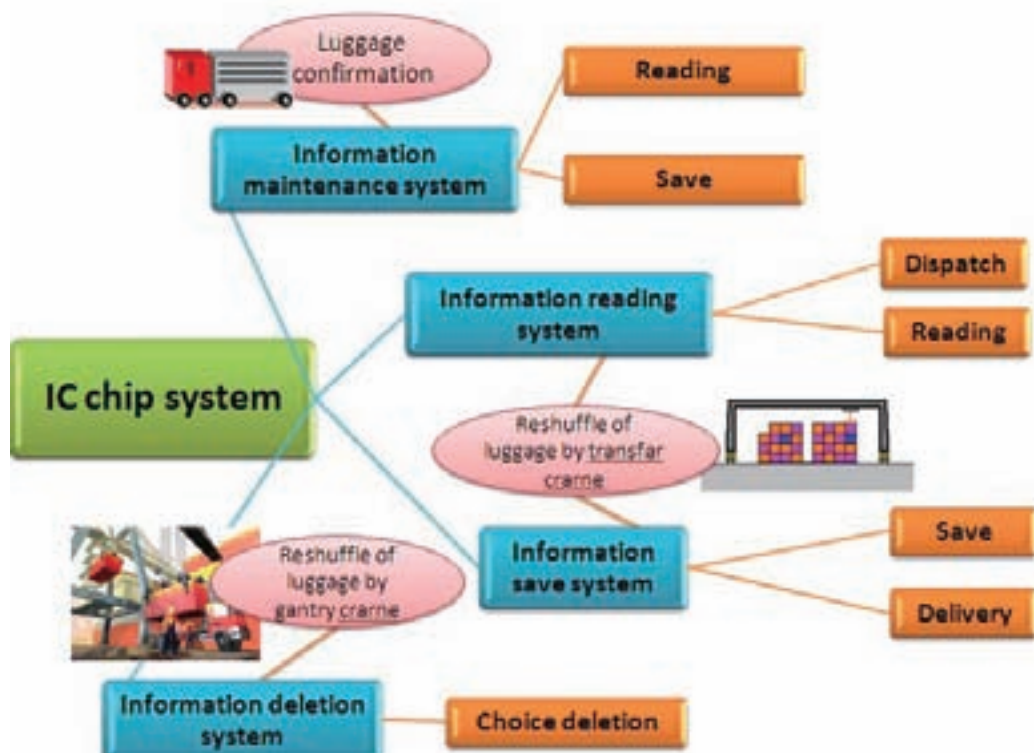


Fig.16 Function-Structure map

## 2.6. Scenario Prototyping Rapidly

We will explain about our prototype next.

The prototype divided it into four steps and thought, we assume figure 1 after the earthquake a step and show below a flow.

Suddenly, an earthquake with a seismic intensity of 7 occurred around Yokohama.

There are some remarkable components such as gantry cranes and a control centre for distribution port system.

After an earthquake we understood how the components of the port will be damaged.

The electric power supply can provide 30% as usual.

Various kind of information can be gathered by the control center indicated with a cross-mark.

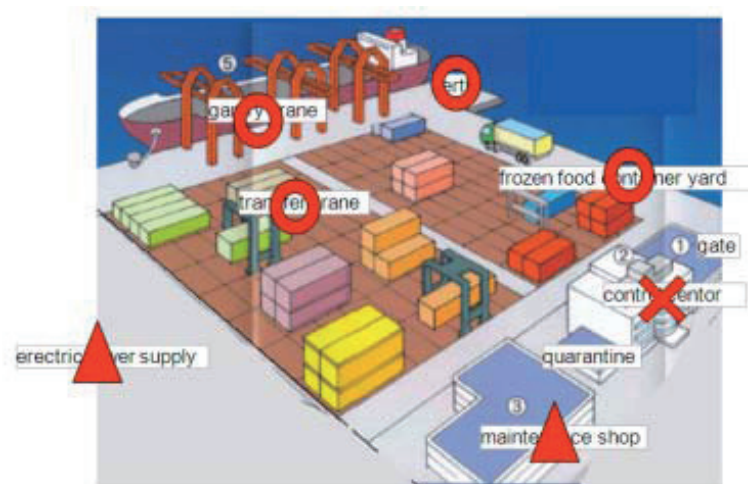


Fig.17 Scenario Prototyping Rapidly

It also takes an important role to send out information all over the container yard.

We suspect that the control centre will not work properly with the current system and the whole distribution system will fail as a result.

According to the result of re-discuss, we found control center is one of the weakest links in port BCP.

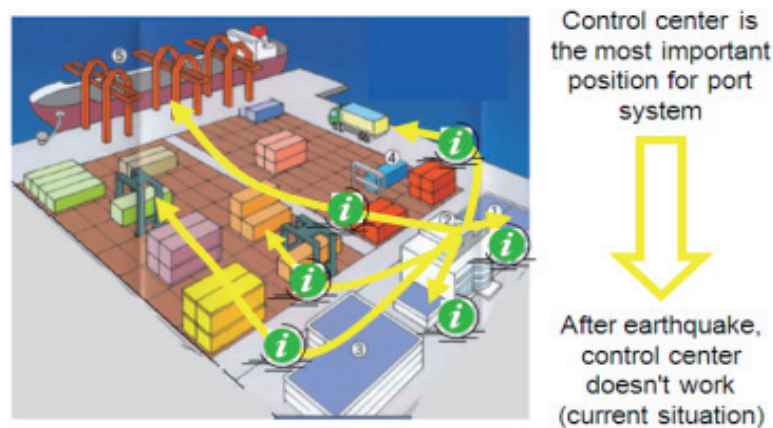


Fig.18 Scenario Prototyping Rapidly

Center's major functions are managing contents and destination of containers. If control centers functions are destroyed, it directly impacts to port operations. So it is very important to gather information about containers contents and destinations quickly before center's recovery. As a conclusion, system to keep information about content and destination in container itself could be one of the solutions for port BCP.

#### new system



Fig.19 Scenario Prototyping Rapidly

Put IC chip with information on container is our initial solution plan. It enables to gather information about container without help of control center. With this IC chip, we could specify containers destination quickly and able to



remove largest barrier for operation. As a result, we are able to realize port BCP.

If the net-work system would not work, it would not be possible to make sure which container should be picked up quickly in emergency situation, even if the backup date would be available from another port.

So, we tried to investigate tentative net-work system in emergency situation.

Our point of view;

How to collect original data of each container without general net-work system.

Current system; All container information is delivered through the Control Center.



Fig.20 Scenario Prototyping Rapidly

But our tentative plan can transmit the original information of each container by itself. Each container has been keeping original data by special IC chip during the storage yard.

Therefore new system might be able to make sure which container should be picked up quickly in emergency situation.

## 2.7. Use case

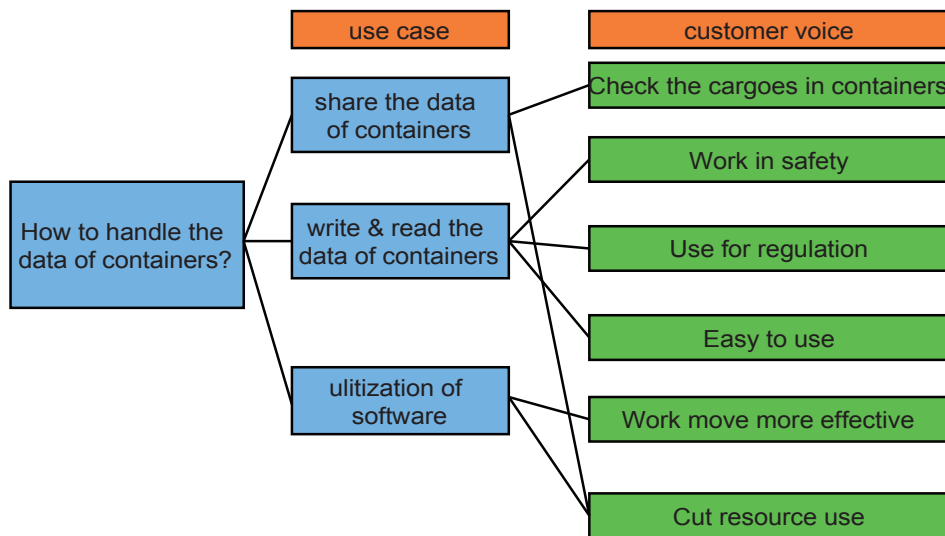


Fig.23 Use case

The use case of our project is Figure.23.

From the voice of our stakeholders such as port agency and transport company, We developed the use cases. This time, we focused on the end-use customer of our project, who is the port agency.

The scenario of our prototyping describes contingency action when a level 7 earthquake happened, the control center cannot work.. Our use case is "how to handle the data of containers after an earthquake?" We found out three major points to resolve this problem.

The first one is that we can share the data of containers with other ports. For example, if the control center cannot work after an earthquake, the data of containers will be brought from other port agencies. It should meet the requirement from our customer that they want to understand the cargoes in containers after an earthquake.

The second one is that we can make some markers on each container for confirming the data of cargoes. It should cover the customer voice that keep the staffs in safety and can be used easily. This can be used not only after an earthquake, but also in a normal condition.

The third one is that we can use a new computer system. It should cover the voice of customer that enhance efficiency and cut resource use. From the use case analysis



we can list up the customer voice, and use the tool called "Affinitize VOCs" to collect and analyses the customer requirements.

In next tool, we will use the customer requirements for QFD. From the result of the use case, we can get some customer requirements from the port agency. From these requirements, we think the port system needs a new function or an evolution in the future.

## 2.8. QFD1, QFD2

We created QFD about container with IC chip. First, we explain about QFD phase1. We think about customer requirements of IC chip as follows.

- Take out within 48 hours
- Low human resources
- Low electric resources
- Can know information about container
- Reusable
- Safe for human
- Work safety
- Small size
- Removable

And we think about Engineering Metrics of IC chip as follows.

- Time of taking out
- Head-count, Electric Energy
- Radio field strength of IC chip
- Strength of IC chip
- Size of IC chip
- Weight of IC chip
- Adhesion strength
- Test of harm

Next, explain about QFD phase2. We choose same engineering metrics as QFD phase1. And we select about Solution Elements or Enabling Functions of IC chip as follows.

- Container
- IC reader
- IC writer
- Receiver
- Communicator
- CPU

- Memory
- Case
- Method of adhesion (like magnet...)

The results of QFD phase1 and phase2 are as Fig.21 and Fig.22.

[illegible]

Fig.21 QFD phase1

		Solution Elements or Enabling Functions									
Engineering Metrics	Phase I Relative Weights	container	IC reader	IC writer	Reciever	Communicator	CPU	Memory	Case	adhesion (Imagnet etc)	
		Time of taking out (t)	24%	3	3	3	3	3	9		
		Head-count	17%			1	1	3	3		
		Electric energy (Wh)	20%	1	1	1	1	3	3		
		Radio field strength (mV/m)	16%			9	9				
		Strength (Pa)	5%	1	1	1	1	1	9		
		Size of IC chip (m3)	3%	1	1	1	1	1	9	1	
		Weight of IC chip (kg)	5%	1	1	1	1	1	9	1	
		Adhesion strength (kg)	6%	3						3	9
		Test of harm	5%	1		3	3				
	Raw score	0.2	1.0	1.0	2.8	2.8	1.9	3.4	1.3	0.6	
	Relative Weight	1%	7%	7%	19%	19%	13%	22%	8%	4%	

Fig.22 QFD phase2

Time of taking out is large weight score in QFD phase1. This result is the same as our forecast.

Memory is large weight score in QFD phase2. This result is the same as our forecast too. Because we think the most important function is to save information such as yard plan and storage plan.

Our issues and other thoughts about QFD phase1 and phase2 are as follows;

- We should consider about QFD to quantify. Because now we qualitatively-set relation weight.
- We have to make cost-worth analysis. Therefore we set IC function, and we estimate cost-worth about IC.
- We think that, QFD is too difficult to use social system.
- QFD was very difficult because we have never used it. And, we think that QFD is used after determined a solution. So-we think the solution converges to local minimum.

## 2.9. FMEA

Function or Requirement	Potential Failure Modes	Potential Causes of Failure	Occurrence	Local Effects	End Effects on Product, User, Other Systems
Attach a IC chip to each container on the track	Cannot attach a IC chip to a container	Weak bond portion between a container and a IC chip		It is impossible to add informations to each container	It is impossible to load and unload containers
	Cannot attach a IC chip to a container	Miss a IC chip		It is impossible to add informations to each container	It is impossible to load and unload containers
	Cannot attach a IC chip to a container	The surface of the container covered with rust		It is impossible to add informations to each container	It is impossible to load and unload containers
Transfer crane collect information of each IC chip	IC chip sends wrong data to transfer crane	IC Chip do not communicate correct data to transfer crane		Transfer crane cannot receive correct information	It is impossible to load and unload containers
	IC chip sends wrong data to transfer crane	Mix with noise during the communication		Transfer crane cannot receive correct information	It is impossible to load and unload containers
	Transfer crane cannot collect information of each IC chip	IC chip's data signal does not reach to transfer crane		Transfer crane cannot receive correct information	It is impossible to load and unload containers
	Transfer crane cannot collect information of each IC chip	Date signal receiver of transfer crane is broken		Transfer crane cannot receive information	It is impossible to load and unload containers
	Transfer crane cannot collect information of each IC chip	IC chip is broken		Transfer crane cannot receive information	It is impossible to load and unload containers
Transfer crane save information of each container	Device of transfer crane cannot save information	Device of transfer crane is broken		Transfer crane lost information of each container	It is impossible to load and unload containers
	Device of transfer crane cannot save information	Memory capacity is full		Transfer crane lost information of each container	It is impossible to load and unload containers
Some people go to transfer crane to pick up information	Some people cannot go to transfer crane	Underhanded		Cannot collect information	It is impossible to load and unload containers
	Some people cannot go to transfer crane	container yard collapse		Cannot collect information	It is impossible to load and unload containers

Remake / Display storage plan	Cannot make / display storage plan	human error		Cannot make / display storage plan	It is impossible to load and unload containers
Communicate wirelessly track the location of the container	Track cannot communicate	Radio is broken		Track cannot receive information	It is impossible to load and unload containers
	Track cannot communicate	Signal does not reach to track		Track cannot receive information	It is impossible to load and unload containers
Transfer crane put the container on the truck	Containers fall of the truck	Afterquake		Transfer crane cannot put the container on the truck	It is impossible to load and unload containers
	Cranes cannot put the containers on the trucks	not enough trucks are available to put cranes upon		Transfer crane cannot put the container on the truck	It is impossible to load and unload containers
	Cranes cannot put the containers on the trucks	Transfer crane is broken		Transfer crane cannot put the container on the truck	It is impossible to load and unload containers
Trucks drive to the gantry crane	Trucks cannot drive	Truck has a flat tire		Cannot carry containers to gantry crane	It is impossible to load and unload containers
	Trucks cannot drive	Truck run out of fuel		Cannot carry containers to gantry crane	It is impossible to load and unload containers
Gantry cranes load the ship	Containers cannot be placed on the ship	No power supply for the gantry cranes available		Containers are not put on the ship	It is impossible to load and unload containers
	Containers cannot be placed on the ship	The gantry crane is broken		Containers are not put on the ship	It is impossible to load and unload containers
	Containers cannot be placed on the ship	No place on the ship to put more containers		Containers are not put on the ship	It is impossible to load and unload containers
	Containers cannot be placed on the ship	The ship is damaged by the earthquake		Containers are not put on the ship	It is impossible to load and unload containers

Fig.24 FMEA

This is the FMEA of our ALPS project. We considered the FMEA based on the functions. And, we divided into nine sub-functions. Potential failure modes, Potential causes of failure, Local effects and End effects on system of each function are shown in the table. As a result, we found that there are many potential failure modes.

Our issues and other thoughts about FMEA are as follows;

- We have to think of ways to cope with failure mode.
- We have to estimate DNP.

## 2.10. Design for Variety (Robust Conceptual Design)

We discussed about how to keep port BCP when earthquake and other problems happen at the same moment.

Following is list of situations we discussed.

	Large Scale	Small Scale
1.Typhoon/Hurricane	×	□
2.Terrorism	×	□
3. Fire	□	○
4. Lack of manpower	□	□
5. Tsunami	×	□

Fig.25 Robust Conceptual Design

In Typhoons and Hurricanes case, operators should keep attention for weather information during operations except too large typhoon/hurricane.

In terrorism case, operator should wait support by Self Defense Force before start operation.

In fire case, there are few combustible materials in port area, but after extinguish a fire, start operation.

In lack of manpower case, port is not operating 24h, so need to standby emergency response team nearby port area.

In Tsunami case, if tsunami too big to collapse container, operation is impossible, if tsunami is small, operators should watch out for tsunami information.

Many case should assumed to keep port BCP. Routine recovery drill is also important as well as designing system.



	Large Scale	Small Scale
1.Typhoon/Hurricane	□	○
2.Terrorism	×	×
3. Fire	×	×
4. Lack of manpower	—	—
5. Tsunami	×	×

Fig.26 Robust Conceptual Design

We discussed about how to keep port BCP when earthquake and other problems happen at the same moment.

IC chip feature

- ① For rain, it have waterproof cover.
- ② For fire, it is weak against heat and lose data.
- ③ For typhoon, it is fixed well and no problem.
- ④ For terrorism, maybe terrorists took away IC chips.
- ⑤ For tsunami, IC chips maybe fall off because of water pressure.

As shown is above, we should consider robustness of IC chips. To keep port BCP, Not only watch recovery procedure, but we should select appropriate product. Multi-view analysis is useful to keep port function in emergency situation.

## 2.11. Morphological concept generation based on function




























Solutions Sub-Functions	1	2	3	4	5
Receive Information	 letter	 mail	 phone	 Shared-server	 DC
Save information	 paper	 Bar-code	 QR-code	 IC-chip	
Attach info to container	 magnet	 tape	 Direct writing	 key	 pin
Go to read Information	 walk	 Container track	nothing		
Read Information	 eye	 Code reader	 DC	 GPS	
Save&collect Information	 paper	 Date (note PC...)	 In-car device	 memorize	
give Information	 orality	 paper	 date		

Fig.27 Morphological concept generation based on function

We generated morphological concept based on function. We consider main function about save up to receive information such as storage plan and yard plan. This function can be separated sub-functions as follows.

- Receive information
- Save information
- Attach information to container
- Go to read information
- Read information
- Save & collect information
- Give information

First, we considered solution about each sub-functions. The results are as follows;

### 【Receive information】

- Letter
- Mail
- Phone
- Shared-server

- Date communication

#### **【Save information】**

- Paper
- Bar-code
- QR-code
- IC chip

#### **【Attach information to container】**

- Magnet
- Tape
- Direct writing
- Key
- Pin

#### **【Go to read information】**

- Walk
- Container track
- Nothing

#### **【Read information】**

- Eye
- Code reader
- Date communication
- GPS

#### **【Save& collect information】**

- Paper
- Date (Note PC...)
- In-car device
- Memorize

#### **【Give information】**

- Orality
- Paper
- Date

Next, we choose best solution by each sub-functions. Best solution of receive information is DC (Date Communication), Best solution of save information is IC-chip, Best solution on attach information to container is magnet, Best solution of go to read information, Best solution of read information is container track, Best solution of read information is DC (Date Communication), Best solution of save & collect information is in-car device, Best solution of give information is data.

Our issues and other thoughts about 『Morphological concept generation about function』 are as follows;

- We generate more morphological concept based on function / VOC / EM.
- We consider about more sub-function.
- We should choose best solution by use pugh-selection.
- Morphological concept is most difficult tool in this homework.

## 2.12. Scorecarding and Design of Experiment

It is useful when we work with new problem that we only have little knowledge about design space.

Procedures are as shown in below.

Design variables = factors

Values of design variables = levels

Outputs = observations

The figure of the flow.

Factors + Levels  $\Rightarrow$  "Experiment"  $\Rightarrow$  Observation

### Project Objective (Biggest Y)

It is an earthquake and a disaster.

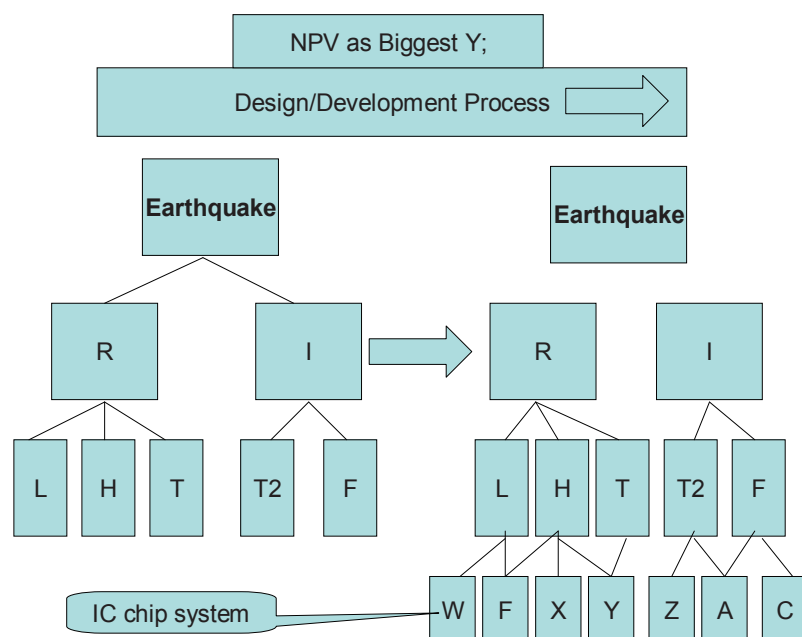


Fig.28 Scorecarding

### Control Factors (X's)

As a conclusion, system to keep information about content and destination in container itself could be one of the solutions for port BCP.

However, The factor is the durability of the system.

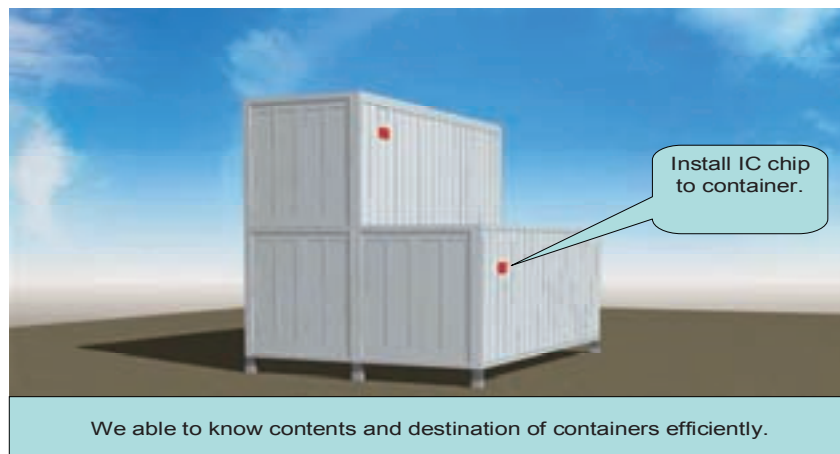


Fig.29 IC chip

### What can you control?

Suddenly, an earthquake with a seismic intensity of 7 occurred around Yokohama.

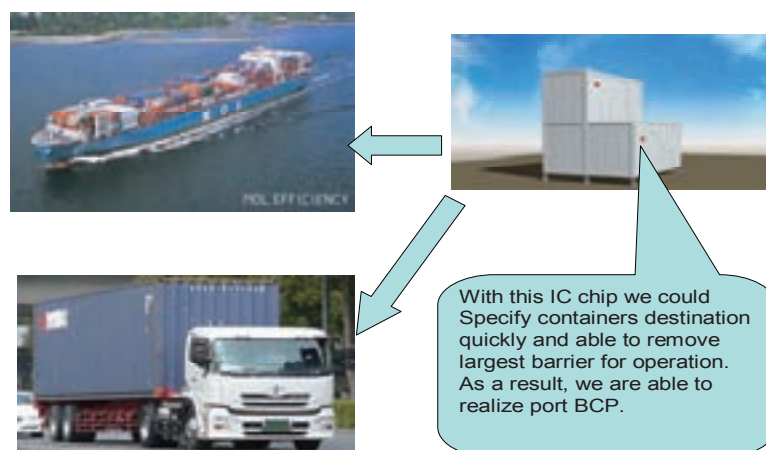


Fig.30 distribution system

Put IC chip with information on container is our initial solution plan. It enables us to store and collect information about container without help of control center.

With this IC chip, we could specify container's destination quickly and be able to remove largest barrier for operation. As a result, we are able to realize port BCP. What are your levels? We discussed about how to keep port BCP when earthquake and other problems happen at the same moment. Each factor can take two levels.

Noise Factors (V's)

I investigated the result of five factors about compound misfortune as follows.

Transfer Function

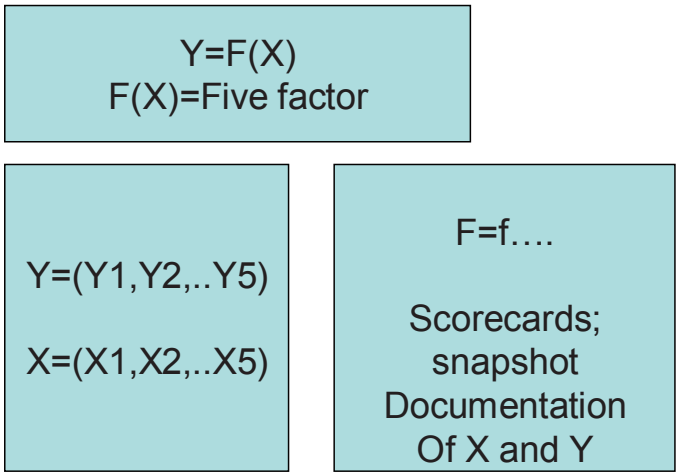


Fig.31 Design of Experiment

In Typhoons and Hurricanes case, operators should keep attention for weather information during operations except too large typhoon/hurricane.

In terrorism case, operator should wait support by Self Defense Force before start operation.

In fire case, there are few combustible materials in port area, but after extinguish a fire, start operation.

In lack of manpower case, port is not operating 24h, so need to standby emergency response team nearby port area.

In Tsunami case, if tsunami too big to collapse container, operation is impossible, if tsunami is small, operators should watch out for tsunami information.

Many case should assumed to keep port BCP. Routine recovery drill is also important as well as designing system.

How can you conduct experiments with your prototypes?

It is an assumption experiment.

We did design of robustness for working condition and IC chips. Result of analysis for working condition shown by black, and IC chip shown by red.

Red mark is an IC tip	Large Scale	Small Scale
1.Typhoon/Hurricane	× □	□ ○
2.Terrorism	× ×	□ ×
3. Fire	□ ×	○ ×
4. Lack of manpower	□ —	□ —
5. Tsunami	× ×	× ×

Fig.32 Robust Conceptual Design

DOE is used in the context of robust design.

From this table, we understand we should focus on robustness of IC chips.

※IC chip feature

1. For rain, it have waterproof cover
2. For fire, it is weak against heat and lose data
3. For typhoon, it is fixed well and no problem
4. For terrorism, maybe terrorists took away IC chips
5. For tsunami, IC chips maybe fall off because of water pressure

※Design Variables

- I. The installation position of the IC tip
- II. The weight of the IC tip
- III. The strength of the magnet.
- IV. Affinity with the container.

Discussion:

In port BCP situation, there was large risk that became constraint from government



involvement and government administration systems.

After our several attempts, we decided score carding and Design for Variety will not describe our solution well because government's influence is too big in this situation. It also came from ambiguous user requirement and boundary setting.

## 2.13. NPV

I show an evaluation result of NPV in Fig33.

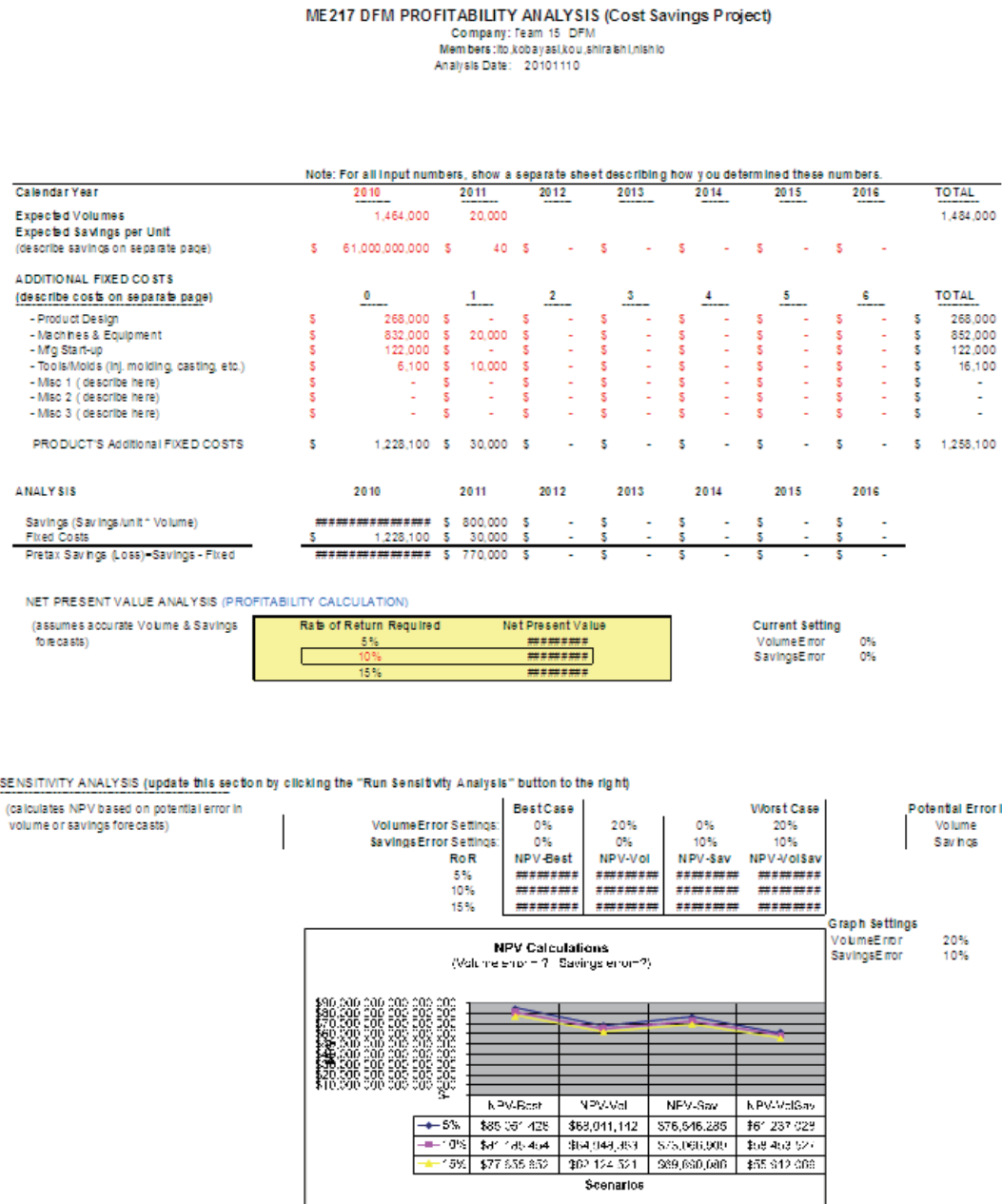


Fig.33 NPV

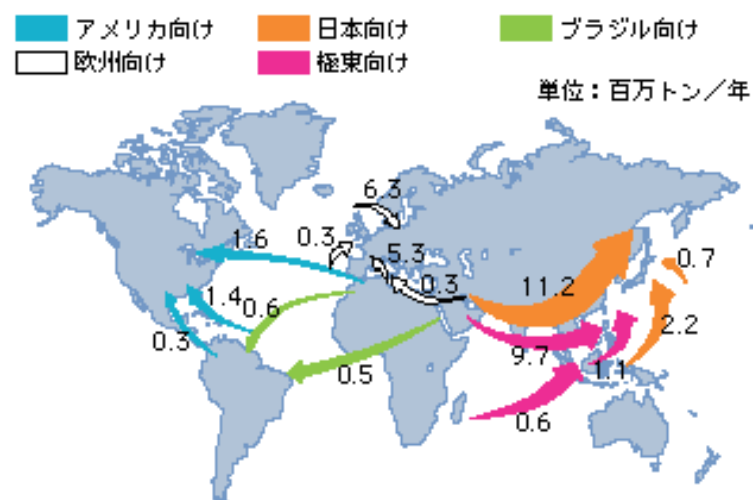
An amount of money was not displayed when I performed NPV. As a reason, I thought our system to be because an amount of money was big to handle the circulation.

The growth characteristics are low in the market size for the country and Time before reaching a point of IRR is short. But

When I consider a toll at the time of the earthquake outbreak, I think that the selling price of the system is proper.

## I. Analyze

The big cost is only for initial investment in our system. Therefore there are few adding costs and benefits of buying new equipment and maintenance. But If Japanese government introduce our system into the Japanese port, We think that the trust from the foreign countries in the international trade improves. If it is, we think that use profit of Japanese port rises and may lead to activation of the economy



資料：World LPGas Association

There is little profit as business. But Japan that is an earthquake large country and has great economic benefit in trade. Because it is a duty of the countries to protect damage to the economy, we think that this system is essential.



## 2.14. DSM

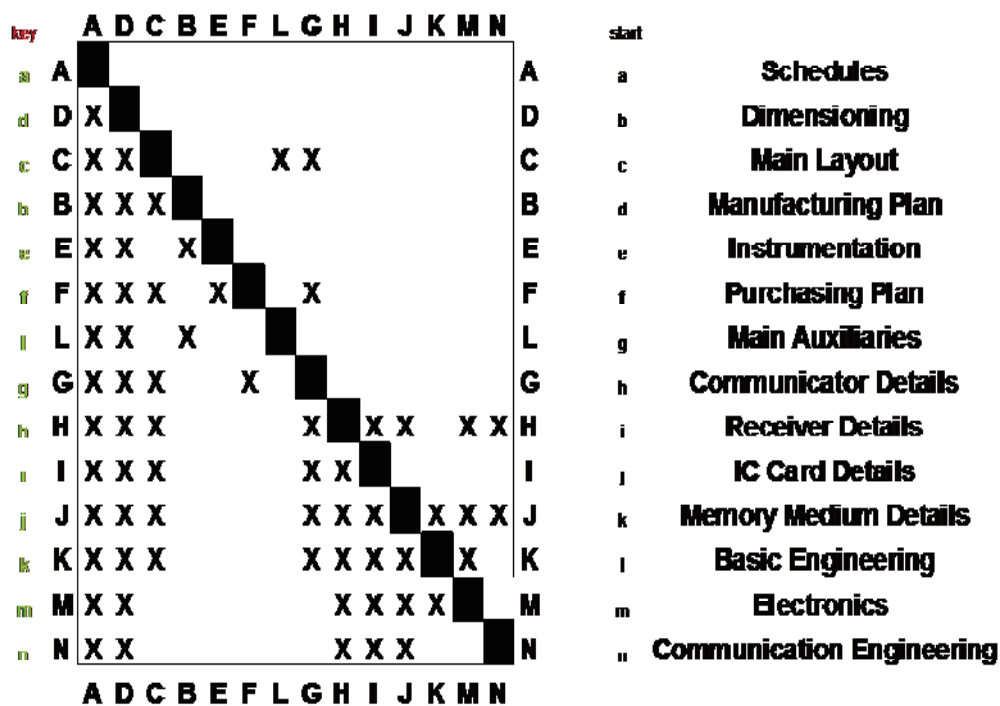


Fig.34 DSM

DSM is Design Structure Matrix.

This is the Organized DSM of our project.

It is a tool for system analysis. As a management tool, DSM tool provides a project representation that allows for feedback and cyclic task dependencies. This time we only made a simple DSM for our project. We use fourteen tasks and analyze the process that we should find out the important things before we are scheduled for introduction the IC Chip for port system.

From the first time we use the DSM to analysis the project. We found the better turns than the first time.

As the DSM table of our project, we analysis the schedules, main layout, manufacturing plan, instrumentation, purchasing plan, main auxiliaries, communicator details, receiver details, IC card details, memory medium details, Basic engineering, electronics, communication engineering with the DSM.

Then we change the turn of them for decreased the X on the right side by the black grates. After that we found the electronics and communication engineering are important for the part of IC chip, as the communicator, receiver, IC card. Except those parts, we found the better turn for the other tasks.

So, from the DSM, we found the better turn of our project. It will help us cut down some steps than before. We also found the coupled part in our project, from H to N in the graph.

### 3. Design Recommendation.

#### What we will propose is new system

**From** 2006 to 2011, Japanese government also planned to make necessary quay service anti-earthquake in order to support emergency sea transportation of general merchandise and construction machines. They categorized those reinforced quays into two groups. One is special reinforced group and the other one is standard reinforced group considering their functions in case of earthquake seismic intensity level at 6+ and 7. In order to make it possible to transport the emergency merchandise from any ports even in case of large scale earthquake, every port should be equipped with one special reinforced quay. Furthermore, Special reinforced quays should be equipped with a seismic crane. It is quite few things to collapse these cranes and berth in seismic intensity about level 7. Above are countermeasures for some damaged hardware, which brought us to such conclusion that port works will not stop. In view of above, we propose in WS4 such port information control system by putting IC on containers as to be available in emergency. We want to adopt such available system as Suica and Pasmo for various control system with IC chip.

We consider Containers as customers who have IC cards and Transfer cranes as station gates. This system will make us possible to handle containers in case some information system like control center will be damaged, which we want to propose.

**The** new system that we propose is how to find out missing containers promptly and accurately in the emergency. What we are proposing is to put IC chips to those containers. Basic principle of this system has been already practically used with the charge collection system of various transportations and automatic examination of tickets in the expressway. It will be the one to make the most use of writing and reading performance by noncontact character of integrated circuit chip. Information on the cargo loaded into those containers (emergency and notes for handling, etc.) is written into the integrated circuit chip installed in each container. The information will be collected when unloaded with the gantry crane in case of import cargo, when passes the harbors gate in case of export. Each integrated circuit chip can keep sending the location information etc. by a built-in battery for the maximum several days. The container is piled up with four steps normally, of which height is over eight meters. Work by man is dangerous even if it can be readable with noncontact technique. Therefore, the device to read the information will be put to transfer

crane. (location of device will be adjusted by the height of containers at both sides.) As containers are piled up with four steps by two rows, one pass of transfer crane can cover much space for missing containers. At the same time to read the information, computer in the transfer crane can make new and urgent plan for picking up necessary containers.

**In** the normal case, the information will be kept as back-up in several different sections. However, in case of emergency, those are not enough to build up new plan for special and urgent situation. In order to make the new plan for emergency, such information as container location and cargo will be necessary, since containers will be moved to other location temporarily in case of emergency.

**This** system can be fit for such situation as temporary re-location of containers by information of IC chip, so that we can pick up and carry out necessary container correctly, urgently and safely. New software development and improvement of current one will be necessary for above system, so that emergency yard and shipping plan can be made easily. It can restore the port function in case of emergency that new container plan will be updated by complying with the situation. The details can be referred in the chapter of prototype.



## 4. Competitive analysis

### II. Estimate

We decided the assumption that selling to the management system of loading and unloading of container by IC chip.

At first we estimated the cost.

The results are shown in Figure 35.

introduction cost			maintenance cost		
item		amount of money	item		amount of money
supply cost	Gate	4000	Maintenance	Equipment charges	300
	IC chip	300		Personnel expenses (maintenance)	600
	Software for re-plans	50		Communication costs	150
	PC	30	Production	Facilities operation expense	1000
	Device	192		Personnel expenses (IC production)	400
	IC chip case	100			
	Attachment	100			
	Facilities	1000			
development expense	Personnel expenses	2000	Unit : Ten thousand yen		
	Communication costs	150			
	Entertainment expenses	200			
			合計	10072	

Fig35. cost

We conducted a study of necessary expenses. And we supposed that a cost was necessary in an item to show in Fig1. We decided to introduce a cost to the cost of introducing and selling system and to keep the cost of maintenance and other expenses to maintain the system.

The price we decided that for the 10% addition of the total cost. A public works project is usually addition of 4% of the total cost.

But when we compare it with the scale of the circulation loss sum at the time of the earthquake outbreak even if we raised it to 10%, we judged that the feelings of the customer did not have a difference.

The market size assumes it 23 ports of the domestic specially important harbor.

### III. Calculate ( and Visualize the result)

I show an evaluation result of NPV in Fig36.

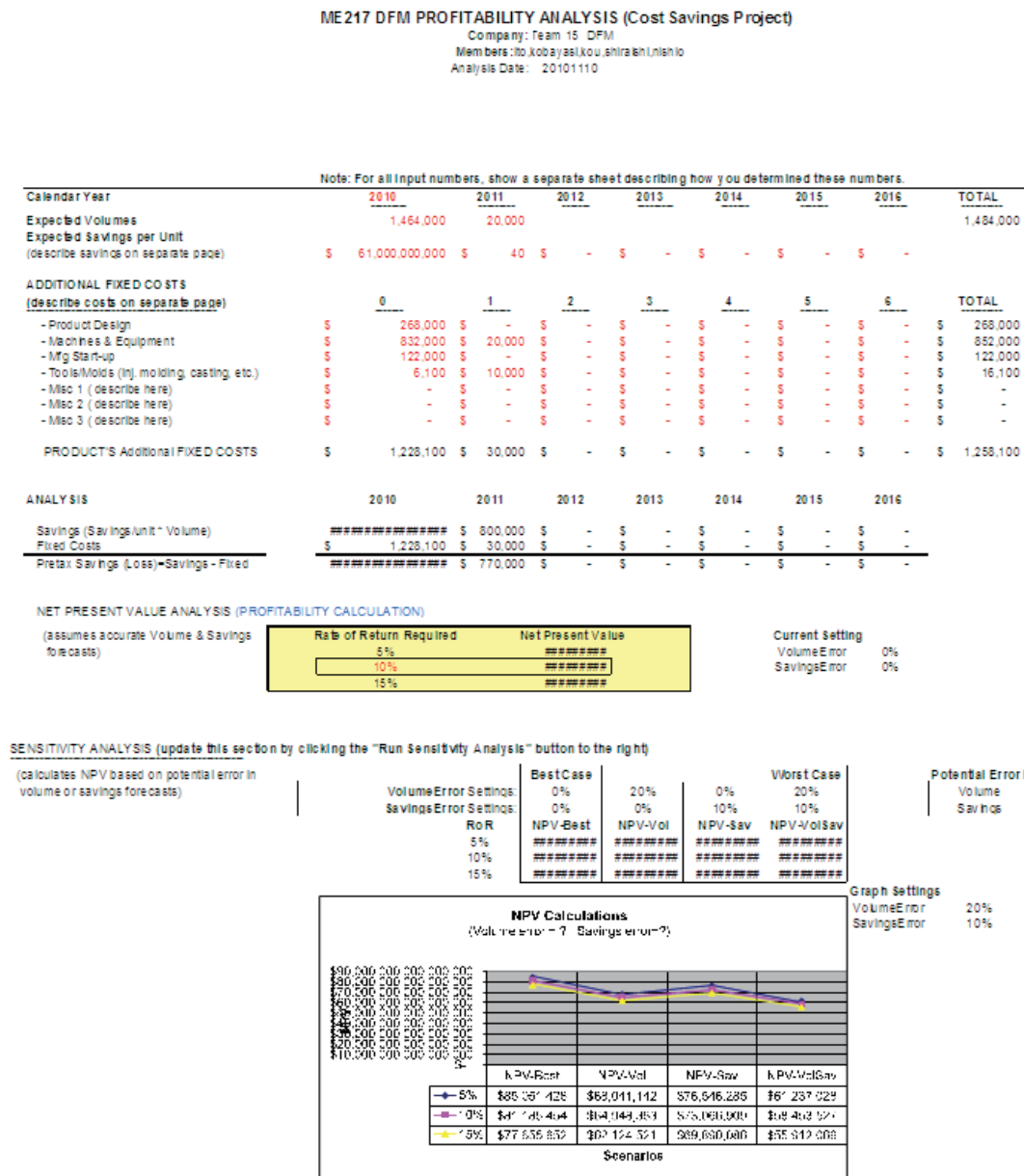


Fig.36 NPV

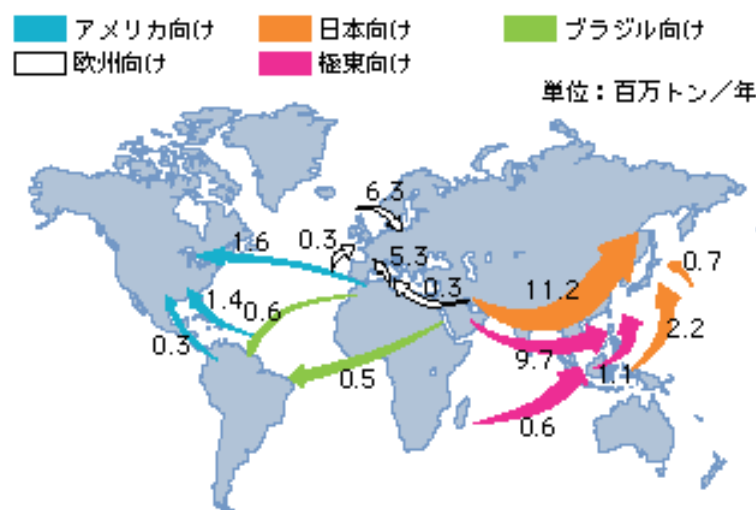
An amount of money was not displayed when I performed NPV. As a reason, I thought our system to be because an amount of money was big to handle the circulation.

The growth characteristics are low in the market size for the country and Time before reaching a point of IRR is short. But

When I consider a toll at the time of the earthquake outbreak, I think that the selling price of the system is proper.

#### IV. Analyze

The big cost is only for initial investment in our system. Therefore there are few adding costs and benefits of buying new equipment and maintenance. But If Japanese government introduce our system into the Japanese port, We think that the trust from the foreign countries in the international trade improves. If it is, we think that use profit of Japanese port rises and may lead to activation of the economy.



資料：World LPGas Association

There is little profit as business .But Japan that is an earthquake large country and has great economic benefit in trade. Because it is a duty of the countries to protect damage to the economy, we think that this system is essential.

## 5. ALPS roadmap and reflections

I describe the technique used with current ALPS and the obtained finding.

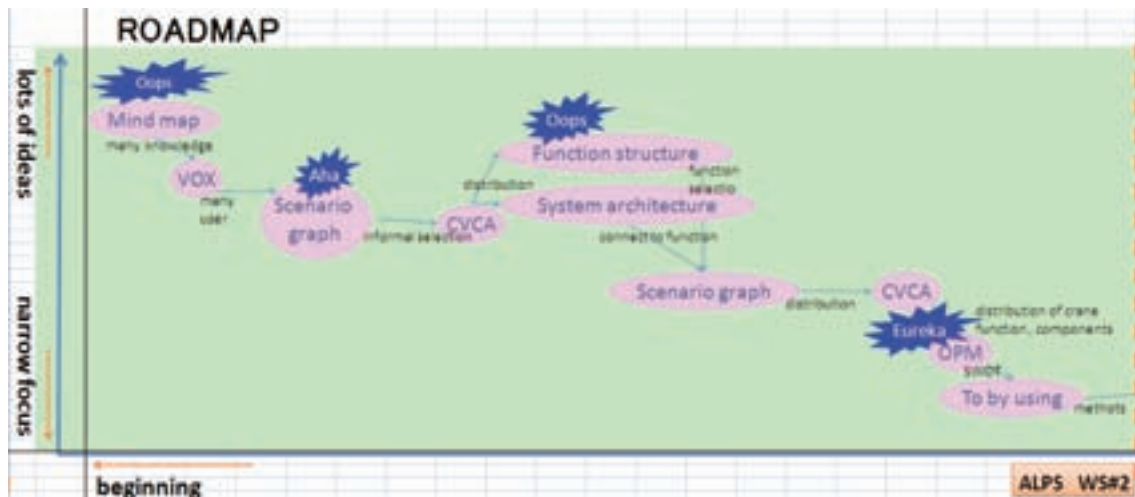


Fig.37 Road map to WS2

We began ALPS activity in a mind-map as the beginning. However, we admitted to begin far from our life oneself. Therefore, some difficulties confronted us at the time of CVCA making. Then we grasped the perspective of port by making function structure and system architecture. After that we determined solutions by making CVCA and OPM. But we noticed that our solution is not important by repeating an interview. Then we arranged interview contents and function of port. And reflect most suitable solution. Now we carry .We could define our activity history like above and information.

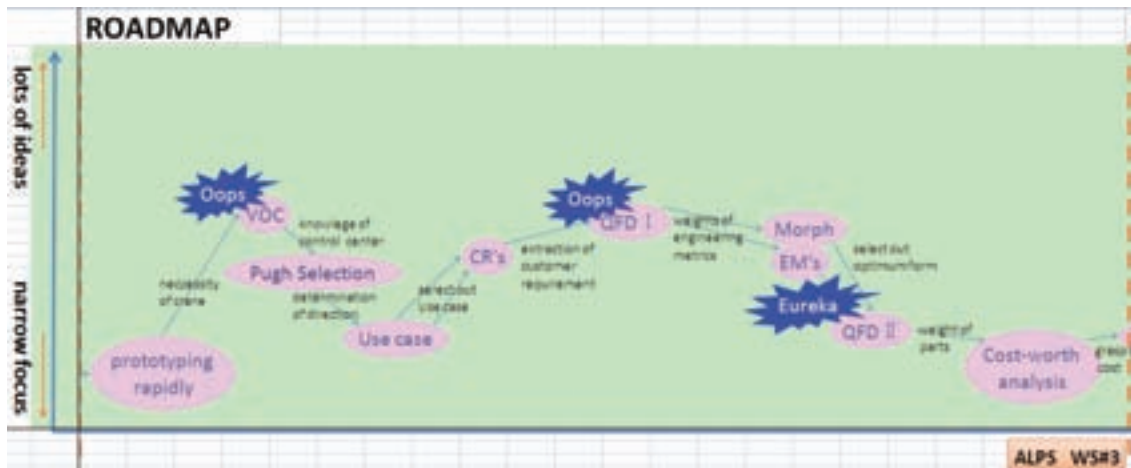


Fig.38 Road map to WS3

We obtained feedback because of the announcement, and collected the voices to the people who were the re-related to the port. Then, we noticed the role and importance at the control center, and the control center felt that it became the key to our system. Afterwards, Pugh Selection was done, and the member conferred on the policy in the future. It thought about Use case in the circulation of the decided port, and Use case suitable for our purpose was selected. Then, the demand of the customer who actually uses the port has been extracted. The interview result of going previously is reflected in this. Afterwards, we are QFD how to achieve the demand. It examined it. Here, because the examination was advanced by the table form, it is felt that all members deeply understood the content. Three techniques ahead are used and QFD went. The conception of integrated circuit chip that was able to play the role of the control center here floated. Afterwards, Cost-worth analysis was done, and a rough cost was understood.

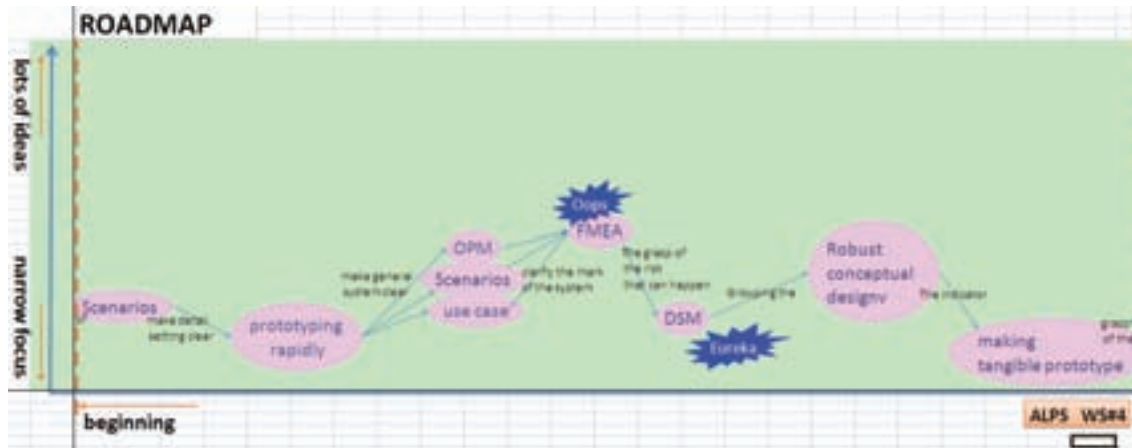


Fig.39 Road map to WS4

I show a road map after the third work shop of ALPS in figure 1.

Before we start FMEA, carried out OPM, scenario, Use Case again to arrange a conventional change. Therefore we made the indicator of the system clear. After that we grasped the risk that could happen by using FMEA. In addition, we arranged the task that was necessary for a process by using DSM. Furthermore we considered for the risk that could happen by using Robust conceptual design. To pass on information obtained by using these techniques in the prototype, it announced by Power Point. Therefore we made a small container yard. And we give presentation by the operative process of the system which I used an IC tip for.

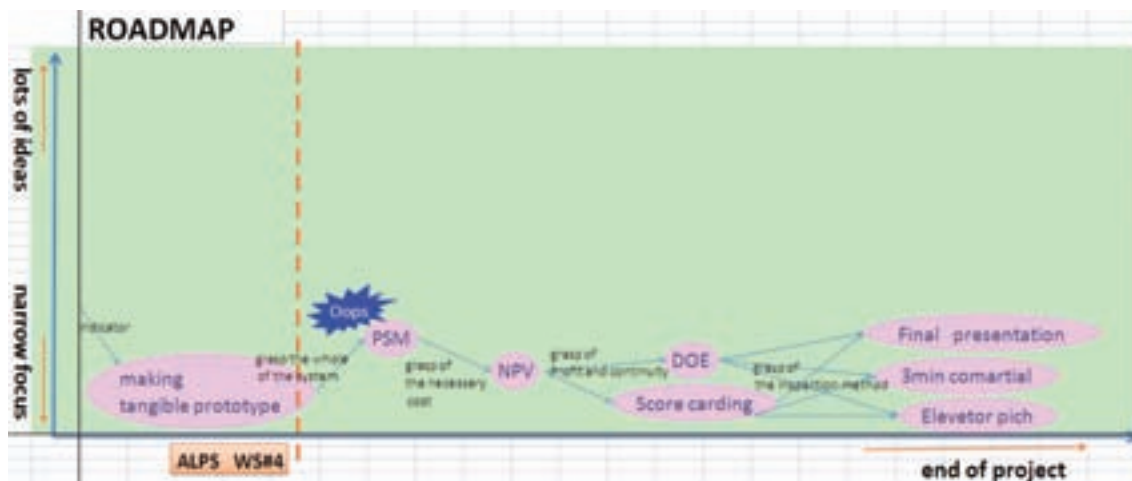


Fig.40 Road map to WS5

I show a road map to last announcement on the top. We examined the financial analysis and inspection method by the last announcement. The big profit was not provided by the cost analysis, but our system thought that it was necessary at the Japanese port when I considered an economic toll at the time of the earthquake outbreak. We sentenced you to an appeal to the investor by the commercial by overlooking our system.

In addition, I realized the strength and the weakness of our system again by thinking about how you conveyed an important item with the elevator pace.

## 6. Conclusions and Future Work

Total financial damage of Hanshin Earthquake was 10 trillion yen, and total financial damage of epicentral earthquake at Tokyo, which we assume as our target, could be 112 trillion yen.

We have estimated financial damage of port around 1 to 11 trillion yen from experience of Great Hanshin Earthquake. Reduction of financial damage is also important in port BCP.

Our proposed system using IC chips costs 120 million yen, it seems not balanced in cost-benefit point of view, but possibility of a severe earthquake in Tokyo area within 30 years is over 70%, and we could say it have significant benefit from financial damage reduction point of view. If distribution function stopped 24 hours, it could cause 1 billion yen loss every day, and the loss of the discontinuity of distribution function was estimated to 500 billion yen at Hanshin Earthquake.

Immediately after Great Hanshin Earthquake, only 3 quakeproof berths Kobe port were available. But, currently, 70% of berths at Tokyo port have been already quakeproofed and many quakeproof measures are taken. So, introduction of IC chips is important, and it is beneficial enough from reliability point of view.

		Hanshin-Awaji Earthquake	Tokyo Earthquake (anticipated)
Total financial damage		About 10,000 billion yen	About 112,000 billion yen
The financial damage		1,000 billion yen (about 10%)	About 11,000 billion yen
Total loss distribution		About 500 billion yen	About 1 billion yen (per day)
Provision and Damage	Hard	Only quakeproof berth was workable(3/150 )	70% of berths have earthquake resistant
	Soft	No provision	Investment cost is 120 million yen (IC chip system)

Fig.41 Effects



I would like to set out about issues and outlook for the future about our IC chip system.

First step, we created port logistics system using the IC chip system.

After that, we will check characteristic of IC chip, and we will improve IC chip quality.

Furthermore, we restructuring our IC chip system based on data got from the IC chip.

Second step, we will consider the actual use in Tokyo Bay. And we will hope to get actual performance and System Reliability Through the actual use.

After that, we will get official approval from public agency.

Third step, we will plan to expand five major ports in Japan.

Furthermore, we would like to expand all Ports in Japan.

And we will hope to get actual performance in all of Japan ports.

After that, we would like to get official approval from WTO.

Fourth step, we will want to introduce our IC chip system to all of earthquake country.

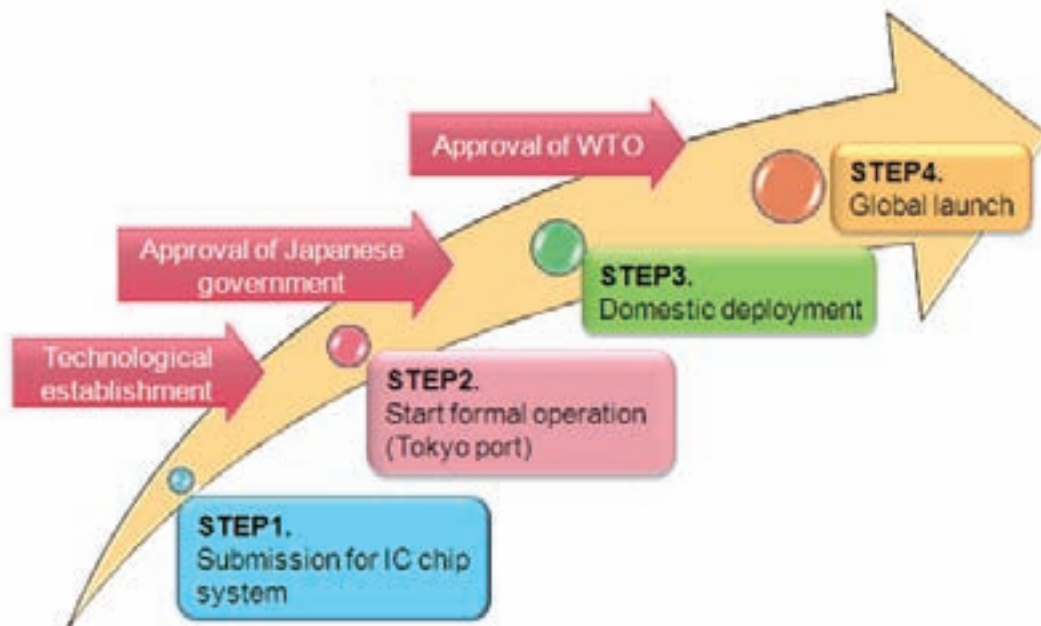


Fig.42 Schedule & Challenges

In this research, we test our ideas for port BCP from view of keeping distribution functions. But we found out that the government maybe overtake the control of port operation and port operators cannot use port by their own in some situation after the earthquake. So we should look at not only distribution function, but also government's administration and legal systems. Global standardization of port system is also important, beside of building national and local government's simplified procedures on emergency situations. It is not easy to standardize port system globally because it needs to promote new law or treaty as Incoterms at international trade, and new infrastructure. To keep port BCP, government's administration system and international standardization should be set up. So government including national government, corporate related to port and citizens should discuss together how to build system, and we expect our IC chip solution take place in this total system.

Quakeproof measure for control center and introducing new computer system is important, but also human resource development for risk management at port is important. Risk management requires process management and it is mandatory to develop appropriate human resources.

For who works for port operation safety, they should understand knowledge about maritime operation safety and international framework including ISPS code. Currently, there was course about port operation safety conducted by The Japan Port and Harbour Association and NPO called Port Security Network. Over 1000 people take the course and they are working at front line.

To keep practical ability for risk management and disaster control, regular training and practice is important. Port government uses scenario based training for long time, but now they try to introduce more practical training as using role playing games. Training and practice with broad stakeholders as Coast Guard and Police have constraint of cost and time, so training become aims to just demonstrate, but we expect by introducing role playing game style tabletop exercise and communication exercise within worksite to develop practical ability.

Volunteers take important role in local disaster prevention or risk management. To leverage their abilities, role of leaders are necessary, but in Japan there was only "Disaster Prevention Expert" by Japan Disaster Prevention Organization for ability development. We expect utilizing experts know port very well by registering and using NPO network related to port for human resource development.

## 7. Acknowledgments

We would like to express our deepest gratitude to Associate professor. Shirasaka, who provided helpful comments and suggestions. We would also like to thank Mr. Murano(JFE Eng.), all of ALPS teachers and all of SDM teachers whose opinions and information have helped us very much throughout ALPS2010.

2010/11/28

## 8. References

### 【Research paper & Book 】

- “Urgent Maintenance Program of the earthquake-proof reinforced quay”  
Delivered by internet homepages of Harbors Bureau of Ministry of Land,  
Infrastructure and Transport in March, 2006.
- Interview with “Yokohama Ports and Harbors Bureau, Planning Section,  
Harbors Motor Vehicle Department of Tokyo Metropolitan”
- Research paper of "Earthquake-proof performance design system of harbor  
structure" by harbors and airport Technical Research Institute
- 耐震強化岸壁緊急整備プログラム, 平成18年3月, 国土交通省港湾局

### 【Web page 】

<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/kyoku/04guide/mokuji.html>

<http://www.city.yokohama.jp/me/port/>

<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/kyoku/02minato/02data/03.html>

[www.yfdc.or.jp/contents/jp/index.html\\_ja](http://www.yfdc.or.jp/contents/jp/index.html_ja)

[www.pa.ktr.mlit.go.jp/kyoku/03info/03kisyu/2010/0428\\_keihin-jigyougaiyou.pdf](http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/kyoku/03info/03kisyu/2010/0428_keihin-jigyougaiyou.pdf)

<http://en.reingex.com/Japan-Business-Economy.asp>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Great\\_Hanshin\\_earthquake](http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Hanshin_earthquake)

<http://bcplan.com/>

[http://en.wikipedia.org/wiki/Business\\_continuity\\_planning](http://en.wikipedia.org/wiki/Business_continuity_planning)

<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/kyoku/04guide/mokuji.html>

<http://www.city.yokohama.jp/me/port/>

<http://www.pa.ktr.mlit.go.jp/kyoku/02minato/02data/03.html>

9. Appendix





## ●数字でビックリ! 横浜港

### 横浜港の主な輸出入貨物と輸出入国

輸出 計4,690万トン

順位	品目	貨物量
1	自動車	1,643
2	自動車部品	641
3	機械	539
4	化学工業品	217
5	銅材	204

単位: 万トン

順位	国	貨物量
1	中国	976
2	アメリカ	371
3	韓国	236
4	オーストラリア	232
5	アラブ首長国連邦	204

輸入 計4,481万トン

順位	品目	貨物量
1	天然ガス	697
2	原油	581
3	製造食品	167
4	植物油	159
5	衣類・はきもの	157

単位: 万トン

順位	国	貨物量
1	中国	854
2	アメリカ	663
3	サウジアラビア	435
4	マレーシア	353
5	オーストラリア	343

資料: 横浜港統計年報(平成20年速報版)

さまざまなものが横浜港から輸出入されています。例えば、アイスクリームは5年連続日本一の輸出量、チョコレートは全国の6割が横浜港から輸入されています。他にもどんなものが横浜港から輸出入されているか調べてみましょう。

資料: 横浜港統計年報(平成19・20年より)



### 横浜港に入ってくる船の数と種類(外航船)



石油を運ぶ「タンカー」



天然ガスを運ぶ「LNG船」



自動車やトラックを運ぶ「自動車専用船」



人を運ぶ「客船」



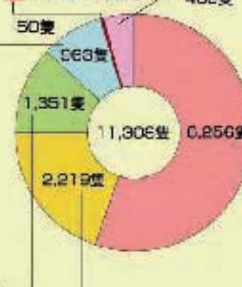
その他 大豆や小麦などを運ぶ「ばら積み船」など



コンテナを運ぶ「コンテナ船」



様々な貨物を運ぶ「一般貨物船」



資料: 横浜港統計年報(平成20年速報版) 参考: 日本郵船協会

### ●港や船について、もっと知りたい人は

コンテナターミナルの見学ができるよ。

■大黒ふ頭コンテナターミナル見学施設  
[http://www.ycdc.or.jp/contents/jp/BO\\_guidance](http://www.ycdc.or.jp/contents/jp/BO_guidance)  
 TEL:045-671-7290

港や船について勉強できるよ。

■横浜みなと博物館  
<http://www.nippon-maru.or.jp/>  
 TEL:045-221-0280

船の歴史について勉強できるよ。

■日本郵船歴史博物館  
<http://www.nyk.com/rekishi/>  
 TEL:045-211-1923

横浜港のことがよくわかるよ。

■横浜市港湾局(キッズページ)  
<http://www.city.yokohama.jp/ma/port/learn/>  
 TEL:045-671-7165


  
**横浜港の移り変わり**
  

  
 1859年横浜開港の直前  
 (横浜開港前・関税所跡)
   

  
 1862年日本郵船の横浜に到着  
 (日本郵船株式會社船政所跡)
   

  
 1871年地味丸と可成式クレーン  
 (横浜みなと歴史館跡)
   

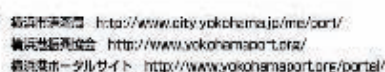
  
 1880年フジコンテナ船が横浜に入港  
 (横浜みなと歴史館跡)
   

  
 2003年次々大規模開港を遂げし  
 (横浜みなと歴史館跡)
   

  
 2006年世界最大級コンテナ船  
 エママースク入港

APOターニナリフジ(株)/静岡県産業協会/財団上地/仁徳県環境建設会/東京青島(株)/東京清水区水先人会/ダーシー オーガニック・ジャパン(株)/日本観光協会/日本経済歴史博物館  
国体水産資源振興財団/森下大企業(株)/メーヌク 数/三番倉庫(株)/坂田山崎(株)/阪田山崎材料/岩田山崎事務所/福岡市消費生活センター/福岡市消費者センター/福岡市女性と子育て

資料：橫河電機

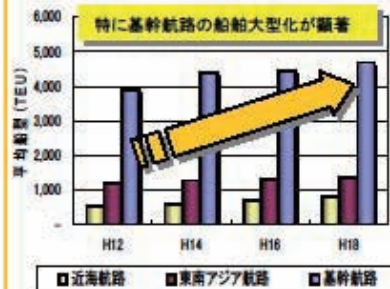




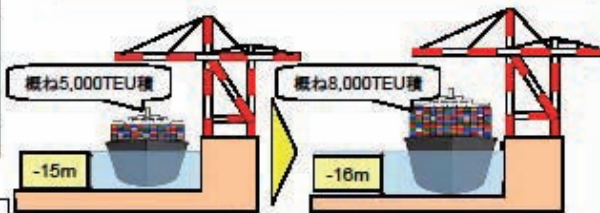
## 国際海上コンテナターミナル整備事業の効果

### 整備の必要性

近年、コンテナ貨物量の増大、コンテナ船の大型化、輸送コストの低減等、港を利用した貿易の国際競争力強化に対する要請は、ますます高まっています。



基幹航路(欧州・北米～アジア間)では、8,000～10,000TEU積の超大型コンテナ船も投入されています。



積載可能コンテナ個数(TEU)に対応するバースの標準値

コンテナ船の平均船型の推移(日本5大港)  
(資料:国総研研究報告を基に作成)



### 大型コンテナ船が着岸できない港は 基幹航路から外される(抜港)

- ・輸送時間がかかる
- ・費用(輸送費等)がかかる
- ・積卸作業増により荷傷みの可能性が高まる

国民生活に  
悪影響



### 我が国産業界の国際競争力の強化のため 大水深岸壁を整備

横浜港南本牧ふ頭において  
同ふ頭では3つ目の  
-16m岸壁を整備しています

基幹航路  
(欧州・北米～アジア間)  
の輸送確保につながる



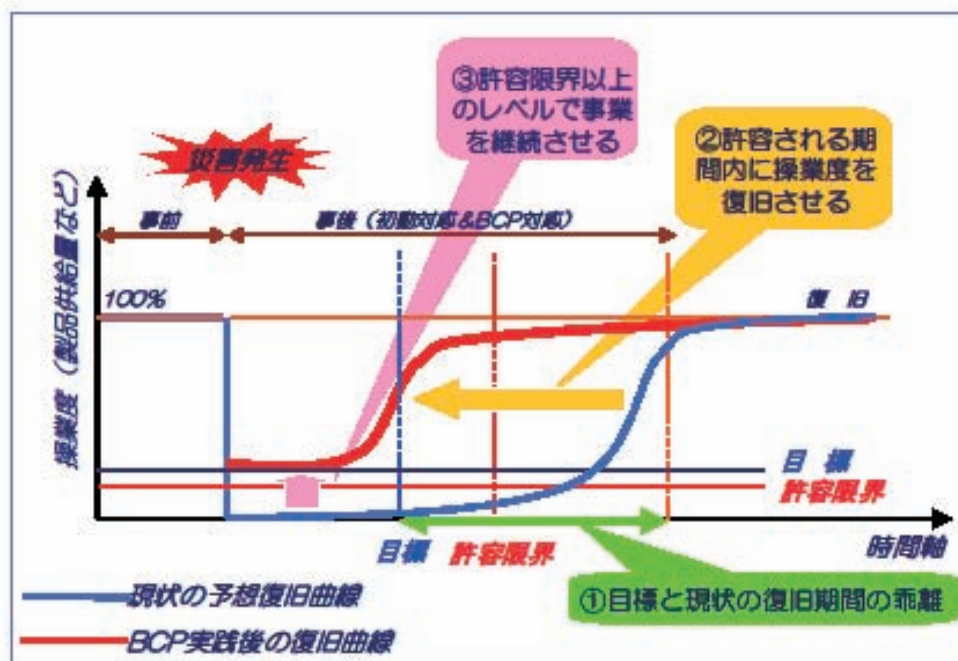


## 【ポイント】

### 1. 事業継続の取組みとは

企業は、災害や事故で被害を受けても、取引先等の利害関係者から、重要業務が中断しないこと、中断しても可能な限り短い期間で再開することが望まれている。また、事業継続は企業自らにとっても、重要業務中断に伴う顧客の他社への流出、マーケットシェアの低下、企業評価の低下などから企業を守る経営レベルの戦略的課題と位置づけられる。

この事業継続を追求する計画を「事業継続計画」（BCP：Business Continuity Plan）と呼び、内容としては、バックアップのシステムやオフィスの確保、即応した要員の確保、迅速な安否確認などが典型である。それらは、事業内容や企業規模に応じた取組みでよく、多額の出費を伴わずとも一定の対応は可能なことから、すべての企業に相応した取組みが望まれている。



事業継続計画（BCP）の概念

この事業継続の取組みは欧米が先行しているといえる。その内容は、従来のわが国企業の一般的な防災対策とかなりの部分で重なるものの、中心的な発想やアプローチが異なると見た方がよいと思われる部分もある。したがって、この分野で既に先進的な企業は別として、まず一度、自社の防災の取組みが事業継続の考え方に合致するか慎重に見直すことを推奨する。

## 【耐震強化岸壁緊急整備プログラム】

平成18年 3 月

国土交通省港湾局

### 1. はじめに

東海地震、東南海・南海地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震、さらには首都直下地震などの大規模地震の発生が切迫している。また、これらの大規模地震だけでなく、我が国は全国どこでも地震が発生しうる地震国であり、港湾における大規模地震対策を進めていく必要がある。

このため、運輸省港湾局（現、国土交通省港湾局）では、「港湾における大規模地震対策の基本方針」（平成8年12月）に基づき、また「社会資本整備重点計画」（平成15年10月閣議決定）において示された重点目標の達成に向け、耐震強化岸壁の整備をはじめとする様々な対策を進めてきた。しかしながら、耐震強化岸壁の整備充足は未だ道半ばであり、その整備率は平成17年4月末時点で54%にとどまっている状況である。この原因として、耐震強化岸壁の整備が一般の岸壁に比して総じてコスト高となる点などがあげられている。また、中央防災会議による調査・研究の進展から大規模地震に関する新たな知見が明らかとなるなど、港湾における大規模地震対策に関し考慮しなければならない事項も大きく変化している。さらに、港湾の施設に対する設計思想が従来の仕様規定から性能規定へと移行されることにより、なお一層のコスト縮減の工夫が可能となる。本プログラムは、このような問題意識のもと、限られた財源を効率的・効果的に活用し、平成18年度から平成22年度までの5年間に、耐震強化岸壁の整備を緊急かつ低コストで進めるための考え方をとりまとめたものである。

なお、本プログラムの実施に当たっては、港湾を巡る社会経済の動向等を勘案しつつ、弾力的にその実施を図るとともに、必要に応じ見直すものとする。

### 2. プログラムの目的

本プログラムでは、通常時において十分な需要を有する岸壁の建設・改良に際して、大規模地震が発生した場合にも、震災直後の緊急物資、建設機械等の海上輸送機能を担う必要性の高い岸壁の耐震強化を図ることを目的とする。

### 3. 耐震強化岸壁の整備の進め方

#### （1）配置の考え方

「港湾の施設の技術上の基準」の性能規定化にあわせ、震災時に担う機能の面から、耐震強化岸壁を新たに「耐震強化岸壁（特定）」と「耐震強化岸壁（標準）」の2種類に分類し、整備の推進を図ることとする。

#### ○「耐震強化岸壁（特定）」

大規模地震等による被災時にあっても、利用が困難となるような変形・変位を生じさせない係留施設であり、想定される最大規模の地震直後から緊急物資の輸送が

可能である。首都圏における想定地震では震度 6 強～7（300年～500年に 1 度に発生）の想定される最大規模の地震時でも震災直後から利用可能となる。

○「耐震強化岸壁（標準）」

大規模地震等による被災時にあっても応急復旧により緊急物資を輸送可能な係留施設であり、想定される最大規模の地震直後の速やかな応急復旧により機能を回復しうる。被災から 7 日間程度でその機能は応急的に復旧される。なお、首都圏における想定地震では震度 6 弱～6（100年～150年に 1 度発生）の地震に対しては震災直後から利用可能となる。

耐震強化岸壁は、各港湾及び隣接する港湾での必要量及び既存施設量、果たすべき機能を勘案し、さらにコスト縮減の観点、港湾法第 3 条の 3 の規定による港湾計画との整合性にも配慮しつつ、全国への配置の観点から耐震強化岸壁が必要とされる各港において「耐震強化岸壁（特定）」を最低 1 バースは確保することとし、それ以外は「耐震強化岸壁（標準）」を配置することを基本とするが、隣接港の状況に鑑みて被災直後から使用できる施設が近傍にある場合等については「耐震強化岸壁（特定）」の代替施設として「耐震強化岸壁（標準）」配置することができるものとする。また、港湾管理者においては、防災ソフト施策との連携推進を努めるものとする。

（2）耐震強化岸壁の分類による効果

耐震強化岸壁をその性能から 2 種類に区分し、さらに改良による整備等の効果を加味することで、従来型の耐震強化岸壁のみで全国の計画バース数を確保する場合に比べ、残事業費を 3 割程度削減可能と見込まれる。

#### 4. 整備の目標

○平成18年度から平成22年度までの 5 年間を本プログラムの対象期間とし、平成22年度でアウトプット指標としての整備率（計画バース数に占める整備済み及び整備中バースの数の率）は概ね70%を目標値とする。

○これらの耐震強化岸壁は、①耐震強化岸壁が整備されていない県、②耐震強化岸壁が未整備である港湾などに高い優先順位を与えつつ、既存老朽岸壁の改良を中心に整備に着手する。

#### 5. フォローアップ等

本プログラムの実施状況については、その着実な実施を図る観点から、港湾管理者及び国において適切にフォローアップすることとし、次年度に整備に着手する施設を毎年度末に公表する。

（以上）

## 【[国土交通省]施策名震災時の緊急物資の供給を確保する】

### 施策の概要

震災時においては、被害をできる限り抑えるためにも、被災地域に緊急物資をいち早く供給することが必要である。しかし、通常の水産物輸送が困難な場合が多くあるため、多様な輸送手段により緊急物資を輸送できるようにする必要がある。

施策に関する評価結果の概要と達成すべき目標等

#### 【評価結果の概要】

目標の達成状況に関する分析(指標の動向)

平成18年度は耐震強化岸壁が1バース供用されたことにより、緊急物資供給可能人口が前年度から約10万人増加し、約2,050万人となった。(施策の実施状況)対象とする地域において、平成18年度には20港湾において耐震強化岸壁の整備を進め、うち1港湾の耐震強化岸壁が供用開始された。

### 課題の特定と今後の取組の方向性

公共事業予算の制約から、図-2にあるように、平成14～16年度予算は前年度と同程度の予算額で推移してきたが、大規模地震の切迫性や、これに対する対応の必要性について中央防災会議等で議論されていることなどを踏まえ、17年度は前年度比1.3倍の45億円、18年度は1.6倍の71億円の予算を重点的に確保したところである。

なお、耐震強化岸壁の整備期間を考慮すると2～3年後には予算の増強効果が見込まれる。また、耐震強化岸壁の整備にあたっては、従来の、発災直後においても緊急物資等を搬入できる耐震強化岸壁(特定)に加え、今後は、速やかな応急復旧により被災後から7日間程度で緊急物資等の搬入が可能となる耐震強化岸壁(標準)を導入することとし、トータルの整備費用の縮減する方針を定めた。

さらに、平成17年度には、耐震強化岸壁の整備を緊急的に進めるため、18年度から22年度までの5年間の耐震強化岸壁緊急整備プログラムを策定し、計画的な整備の推進を図ることとしている。

以上のような対応をとりながら、計画的な整備を推進していることから、目標達成に向けた成果を示していると考えA-2と評価した。

19年度は耐震強化岸壁緊急整備プログラムに基づき、引き続き、予算の重点化を図ることとしており、大規模地震の切迫性の高い地域における耐震強化岸壁の整備を推進することに努めて参りたい。

#### 【達成すべき目標、測定指標、目標期間、測定結果等】

○業績指標38：港湾による緊急物資供給可能人口

目標値：約2,600万人(平成19年度)



評価 A-2 実績値：約2,050 万人（平成18 年度）

初期値：約1,900 万人（平成14 年度）

評価結果の予算要求等への反映内容

評価結果を踏まえ、引き続き、耐震強化岸壁緊急整備プログラムに基づき、大規模地震の切迫性の高い地域における耐震強化岸壁の整備の推進に必要な予算を要求した。

（港湾：平成20 年度概算要求：327,738 百万円の内数〔平成19 年度予算：280,723 百万円の内数〕）施政方針演説等 年月日 記載事項（抜粋）

第166回国会 施政方針演説平成19 年1月26 日

大規模地震対策や土砂災害対策など、防災対策を戦略的、重点的に進めます。

関係する施政方針演 説等内閣の重要政策

（主なもの）

社会資本整備重点計画 平成15 年10月10 日港湾による緊急物資供給可能人口

【約1,900 万人(H14)→2,600 万人(H19)】

備 考

これまでの取組を引き続き推進

（注）備考欄には、「2 行政機関別の反映状況」に基づき、予算要求への反映状況について、「これまでの取組を引き続き推進」、「改善・見直し」の別を記載。

### 【建設政策研究所一情勢の特徴 - 2006 年 7 月後半】

行政・公共事業・民営化

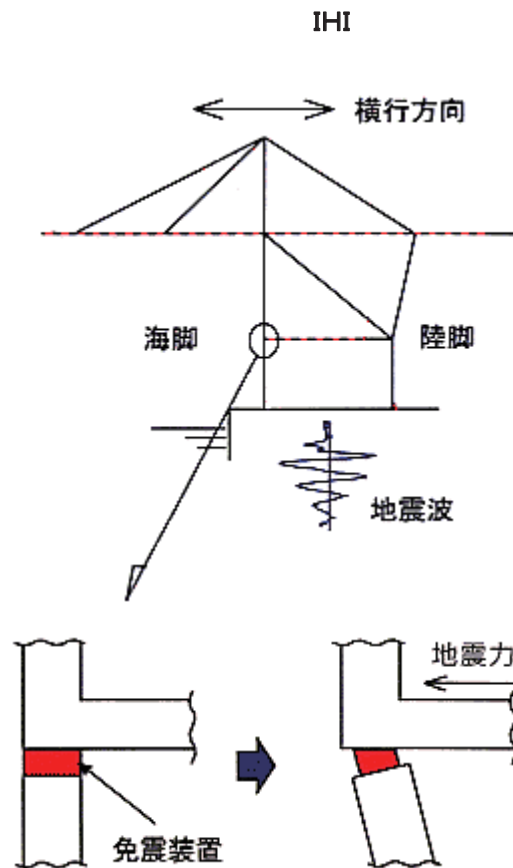
●「国土交通省は、本年度末をめどに耐震強化岸壁の緊急整備プログラムを策定する。耐震強化岸壁が整備された港湾は、地震発生時に物資輸送拠点になるため早期整備が必要とされているが、整備率は 55%（今年 1 月時点）にとどまっている。同省は、300～500 年に一度起きる規模の地震に対応する岸壁を整備する従来の方法（特定タイプ）に加え、100～150 年に一度の地震に備える『標準タイプ』を新たに設け、効率的に事業化していく考え。プログラムの計画期間は 5 年で、この間に整備率を 70%程度まで引き上げる方針だ。……新設する標準タイプは、100～150 年に一度の地震の場合には被災直後から利用可能で、300～500 年に一度の最大級地震時には、1 週間程度の応急復旧により利用が再開できるレベルを想定している。特定タイプよりも、コストが約 2 割削減できるという。」（『建設工業新聞』2006.07.20）

### 【IHI 免震装置の特長・機構】

■トリガー機能：地震後もトリガーの再設定が不要 ■復元機能：自重による復元力の利用で  
地震後は元の位置に完全復帰 ■コンパクト：地上付近の限界寸法に影響なし

- シンプル構造: 部品点数を少なくし信頼性を向上
- メンテナンスフリー: 地震後のシアピン交換作業などの装置復旧作業が不要
- 汎用性: 既設クレーンにも取付可能

## B. 棧構



## 【参考文献】

第11回日本地震工学シンポジウム の文献を次ページに記載

# 港湾構造物の耐震性能設計体系について A FRAMEWORK FOR PERFORMANCE-BASED SEISMIC DESIGN OF PORT STRUCTURES

井合 進<sup>1</sup>, 菅野高弘<sup>2</sup>, 一井康二<sup>3</sup>, 野津 厚<sup>4</sup>

<sup>1</sup>土木学会・地盤工学会・日本地震工学会 港湾空港技術研究所 工博

Susumu Iai, JSCE/JGS/JAEE, Port and Airport Research Institute, iai@pari.go.jp

<sup>2</sup>土木学会・地盤工学会 港湾空港技術研究所 工博

Takahiro Sugano, JSCE/JGS, Port and Airport Research Institute, sugano@pari.go.jp

<sup>3</sup>土木学会・地盤工学会・日本地震工学会 港湾空港技術研究所 工修

Koji Ichii, JSCE/JGS/JAEE, Port and Airport Research Institute, ichii@pari.go.jp

<sup>4</sup>土木学会・地盤工学会・日本地震工学会 港湾空港技術研究所 工修

Atsushi Nozu, JSCE/JGS/JAEE, Port and Airport Research Institute, nozu@pari.go.jp

## SUMMARY

Conventional seismic design for port structures is based on providing capacity to resist a design seismic force, but it does not provide information on the performance of a structure when the limit of the force-balance is exceeded. In this study, a design framework based on performance-based methodology is proposed, in which deformations in ground and foundation soils and the corresponding structural deformation and stress strain states are used as key design parameters. Based on the properly defined design earthquake levels and acceptable damage levels, the proposed performance-based methodology forms the basis for practice-oriented guidelines on seismic design of port structures.

キーワード: 港湾構造物, 性能照査, 設計体系, 耐震性能, 耐震設計.

Key words: Design Guidelines, Performance Evaluation, Port Structures, Seismic Design, Seismic Performance

## 1 はじめに

港湾構造物の耐震設計では、従来、設計地震力に対して安定を保つために必要な抵抗力を構造物側で与えようとする方法がとられてきた。しかし、この方法では力の限界釣合い状態を超える外力が作用した場合の構造物の挙動は不明である。この方法を踏襲して、仮に、阪神・淡路大震災における地震動のようにまれに発生する著しく強い地震動レベルに対して設計しようとすれば、建設・補修費用は著しく過大なものとなる可能性がある。逆に、中程度の地震動レベルに対して既往の設計法を用いて設計した場合には、仮に阪神・淡路大震災における地震動のような激しい地震動が作用した場合の構造物の挙動を把握することは困難である。本論文では、既往の地震事例に見られる港湾構造物の挙動に関して、その力学的ならびに機能上の特徴を再検討し、これらに基づいて、港湾構造物に必要とされる耐震性能を考慮した新たな設計体系の構築を試みた。

## 2 港湾構造物の地震被害例とその特徴

港湾構造物の地震被害例には以下のようなものがある。

### 2.1 重力式岸壁の被害

重力式岸壁の地震被害例を Fig. 1 に示す。1995 年の阪神・淡路大震災における神戸港での被害である<sup>1)</sup>。被害は、著しい海側への変位、沈下および傾斜を伴うものである。主要被害原因は、ケーソン直下のゆるく堆積した基礎地盤の変形によるものである。

### 2.2 矢板式岸壁の被害

矢板式岸壁の地震被害例を Fig. 2 に示す<sup>2)</sup>。1983 年の日本海中部地震における秋田港での被害である。被害は、矢板背後の裏埋砂の液状化により、矢板本体に過度な土圧が加わったことに起因している。この結果、矢板本体の曲げ

モーメントは過大となり、矢板に亀裂が発生することとなった。他の被害例を Fig. 3 に示す。Fig. 2 に示した被害例と同一の地震における秋田港における被害例であるが、この場合には、控え工が液状化の可能性のあるゆるい砂層に設置されていたため、岸壁全体が海側に変位する変形形態を示している。以上の2被害事例から、岸壁の地盤および構造条件により被害形態が著しく異なることがあることが理解される。

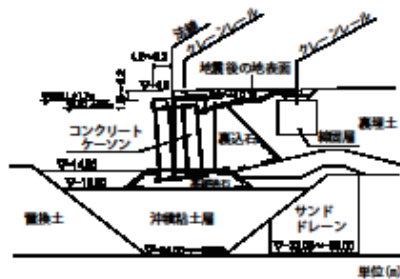


Fig. 1 Damage to a caisson quay wall at Kobe Port

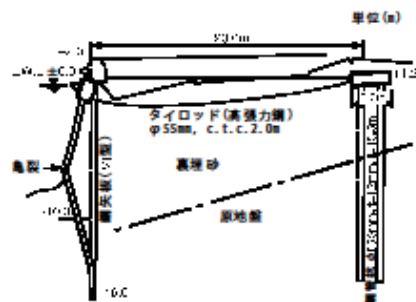


Fig. 2 Damage to a sheet pile quay wall at Ohama Wharf, Akita Port

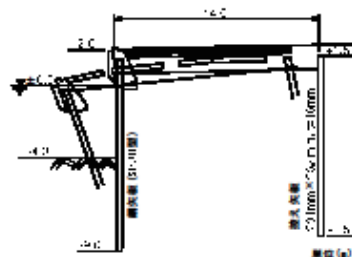


Fig. 3 Damage to a sheet pile quay wall at Shimohama Wharf, Akita Port

### 2.3 杭式横棧橋の被害

杭式横棧橋の地震被害例を Fig. 4 に示す<sup>1)</sup>。1995 年の阪神・淡路大震災における神戸港での被害である。主要被害原因は、棧橋直下の捨石盛土の海側への著しい変位によるものである。杭に加わる曲げモーメントが過大となり、杭頭および杭地中部の双方で塑性ヒンジが発生している。地震後に杭を引きぬいてその状況を調査したところ、杭地中部での塑性ヒンジの発生が明確に確認されたものである。

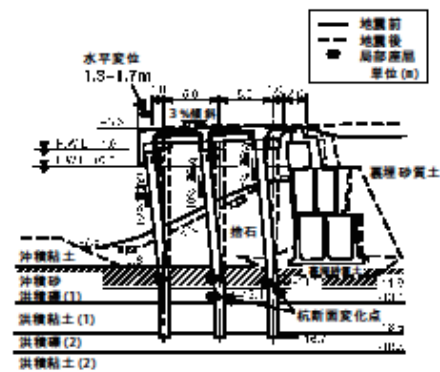


Fig. 4 Damage to a pile-supported wharf, Kobe Port

### 2.4 防波堤の被害

ケーソン式混成堤の地震被害例を Fig. 5 に示す<sup>1)</sup>。1995 年の阪神・淡路大震災における神戸港での被害である。被害は、主に著しい沈下であり、混成堤のゆるい基礎地盤の著しい変形によるものである。

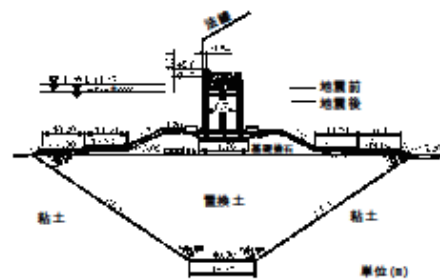


Fig. 5 Damage to a composite breakwater at Kobe Port



## 2.5 港湾構造物の地震被害の特徴

2.1~2.4 に示す地震被害事例に見られるとおり、港湾構造物の地震被害において、工学的観点ないし設計実務上の観点から地震被害とされるほとんどのケースは、港湾構造物の著しい変形であって、構造的な崩壊ではない。したがって、このような構造物の耐震設計においては、力の極限釣合いに基づく従来の設計法よりも、構造物の変位や境界応力状態に基づいて構造物の耐震性能を規定する設計法が適している。

また、港湾構造物の地震被害を機能面から見た場合には、岸壁をはじめとする港湾構造物は、並列物流システムとしての特徴を備えており、例えばある岸壁が被害を受けて使用困難になっても、それに隣接する岸壁の機能が維持されていれば、港湾全体としての物流機能が停止することはない。この点は、高架橋で連続する道路や鉄道などの物流系において、一部区間の地震被害が物流全体系に著しい影響を与えるような直列システム群とは対照的な点である。港湾構造物の耐震設計においては、このような港湾施設の物流システム系としての特徴を適切に反映することができる設計体系を適用すべきである。

あわせて、港湾構造物は、震災復興の拠点、危険物取扱などの機能を有する施設から、小型船舶の係留や護岸などの施設まで、きわめて多様である。港湾構造物の耐震設計体系の構築においては、このような特徴も適切に反映することができる設計体系を構築することが必要である。

## 3 提案する設計体系

以上のとりまとめから明らかなように、港湾構造物の耐震設計においては、設計における主要な評価対象として、地盤および構造物基礎の変形とこれに伴う構造物の変形および応力状態を設計パラメータとして考慮した設計法の導入が必要である。このような耐震性能の概念に基づく設計法（以下耐震性能設計とよぶ）は現在発展途上のものともいえ、1990年代の世界の地震被害の経験から生まれてきた<sup>25)</sup>。その目的は、「1 はじめに」で述べた既往の設計法の限界を改善することにある。以下では、これらの動向も踏まえながら、港湾構造物に適した設計体系を検討してみた。

耐震性能設計においては、設計地震動強さのレベルを適切に定義し、そのレベルに応じた許容被害程度を明確に規定する必要がある。多くの場合、2段階レベルの地震動を設計参照レベルとして導入し、これらのレベルの定義は以下のとおり与えることが多い：

レベル1地震動(L1): 構造物の設計供用期間中に1~2度発生する確率を有する地震動

レベル2地震動(L2): 構造物の設計供用期間中に発生する確率は低い、大きな強度を有する地震動

このうちレベル2地震動(L2)は、海外では構造物の供用期間における10%超過確率の地震動レベルとすることが

多い<sup>26)</sup>。わが国の場合には、土木学会の第3次提言によるものがあり<sup>27)</sup>、「現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さをもつ地震動」と定義している。対象地点およびその周辺に活断層が知られていない場合でも、M6.5程度の直下地震が起きる可能性に配慮するものとし、これによる地震動をレベル2地震動の下限としている。

L1およびL2の両者を用いる2段階設計法は、1) L1に対して設計で規定したレベルの安全性および使用性を確保し、2) L2に対する被害形態および被害程度を明確化することをねらっている。この2段階設計法は、L2に対する被害程度規準を満たすのみではL1に対する安全性および使用性を確保できない場合、ないしはL1に対する設計のみではL2に対する耐震性能が確保できないなどの状況が想定される場合に有効であり、世界の中では地震活動度が中ないし高レベルの地域がこれに該当する。わが国もこのような高レベルの地震活動度の地域に属していると考えられる。特に注意したい点として、L2のように強地震動に対する設計のみでは、これより低いレベルのL1地震動に対する耐震性能照査において、L2に対するものよりも厳しく設定したL1に対する被害程度規準が、自動的に満たされる保証がない点がある。

許容被害程度は、対象施設の利用形態・港湾全体としての機能確保などの諸条件を踏まえて規定し、Table 1に示すように、あらかじめ構造被害と機能被害に分けて検討しておき、最終段階でこれらを総合的に判断して許容被害程度を設定することにより、許容被害程度の意味づけにおける混乱が避けられるものと考えられる。同表における構造被害は被災した構造物の本格復旧に要する費用・労力に直接関係するもので、地震による直接被害とよばれる。機能

Table 1 Acceptable level of damage in performance-based design\*

許容被害程度	構造被害 (直接被害)	機能被害 (間接被害)
被害程度 I : 使用可能	無被害ないし軽微な被害	機能維持ないし軽微な機能低下
被害程度 II : 補修可能	限定被害**	短期間の機能停止***
被害程度 III : 非崩壊限界	著しい被害 (崩壊はしない)	長期間の機能停止ないし機能喪失
被害程度 IV : 崩壊****	構造喪失	機能喪失

\* 人命や財産の保全、震災復興ないし緊急防災拠点、有害物や危険物取扱などの機能を果たす施設の場合には、上表に示す一般的項目に加え、これらの施設特有の機能の観点からの許容被害程度を考慮すべきである。

\*\* 限定された塑性応答ないし残留変位

\*\*\* 短期間の応急復旧完了までの機能喪失

\*\*\*\* 構造物崩壊時の周辺への影響は著しくない

被害は、本格ないし応急復旧に要する時間や費用に関係するもので、地震による間接被害ともよばれる。港湾構造物の本来的機能である海上と陸上の物流の接点を担う機能のほか、港湾構造物の機能としては、人命・財産の保全、震災復興拠点、危険物取扱い施設の安全確保などが該当する施設もある。これらの機能を果たす施設の場合には、Table 1 に示すものに追加する独立した検討項目の形で、これら該当機能に関する許容被害レベルを考慮しておき、最終段階でこれらすべてを総合的に判断して許容被害程度を設定することが適当である。

これらの設計地震動レベルおよび許容被害レベルに基づいて、対象構造物に要求される耐震性能のレベルは、Table 2 に定義した耐震性能グレード S, A, B, C により規定することが適当と考えられる。耐震性能設計においては、構造物を、これらの耐震性能グレードの要件を満たすように設計するのである。

耐震性能設計における主な手順は Fig. 6 に示すとおりである。

- 1) 耐震性能グレード S, A, B, C の選定：まず第一段階として、Table 1, 2 を参照し、設計対象施設の利用形態・港湾全体としての機能確保などの諸条件を踏まえて許容被害程度を考慮して、対象構造物に適した耐震性能グレードを選定する。これとは別に、構造物の重要度に基づいて耐震性能グレードを選定してもよい。構造物の重要度は、設計基準類に示されていることが多く、その例を Table 3 に示す。利用形態・港湾全体としての機能確保などの諸条件によっては、必要に応じて、耐震性能グレード S, A, B, C 以外の耐震性能を導入してもよい。
- 2) 被害程度規準の設定：許容被害程度を変位、極限応力状態、塑性率などの工学的パラメタにより規定する。これについては、「4 被害程度規準」において解説する。
- 3) 耐震性能照査：耐震性能照査は構造物の地震応答解析結果として得られる工学的パラメタと先に設定した被害程度規準との比較により行う。仮に解析結果が被害程度規準を満たさない場合には、原設計断面ないし既存構造物を改良する。液状化対策としての地盤改良も、この段階で必要となる。液状化対策の詳細については、文献<sup>9)</sup>を参照のこと。

#### 4 被害程度規準

前章で述べたとおり、耐震性能設計においては、許容被害程度を、対象構造物の地震応答特性を考慮して、変位、限界状態応力、ひずみ、塑性率などの工学的パラメタにより規定する。これを被害程度規準という。被害程度規準は、前章に示した Table 1 に基づいて、対象施設の利用形態・港湾全体としての機能確保などの諸条件も考慮しつつ、主に設計に関して高度の知識・技術を有する専門家が主体となって設定するのがよいであろう。岸壁の利用形態として

Table 2 Performance grades S, A, B, and C

耐震性能グレード	設計地震動	
	レベル 1 (L1)	レベル 2 (L2)
グレード S	被害程度 I: 使用可能	被害程度 I: 使用可能
グレード A	被害程度 I: 使用可能	被害程度 II: 補修可能
グレード B	被害程度 I: 使用可能	被害程度 III: 非崩壊限界
グレード C	被害程度 II: 補修可能	被害程度 IV: 崩壊

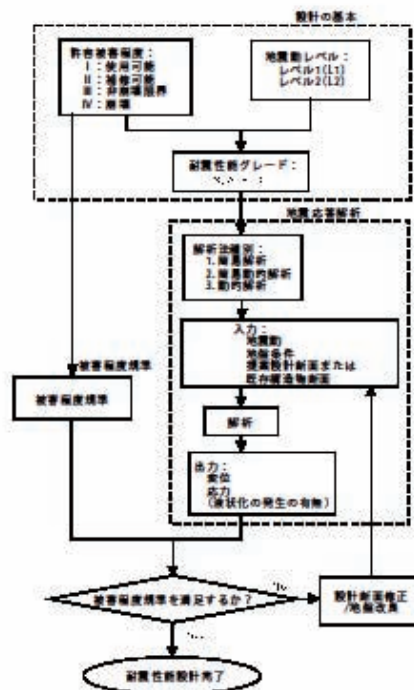


Fig. 6 Flowchart for seismic performance evaluation

は、一般公共埠頭のように走行式クレーンが装備されていない埠頭で、危険物や人命関連施設には該当せず、かつ前面海域が十分に広い場合も多く、このような場合には、港湾構造物の被害程度規準の目安は、以下の条件に基づいて導いてよいものと見られる。すなわち、Table 1 に示す機能被害程度 I が、被害程度規準における許容被害程度 I を規定し、同表に示す構造被害程度 II~IV が、被害程度規準における許容被害程度 II~IV を規定するものとするのである。具体例として、重力式岸壁の被害程度規準の設



Table 3 Performance grade based on the importance category of port structures

耐震性能グレード	地震による構造物被災の影響程度に基づく定義	重要度*に応じた構造物種別
グレードS	①構造物が被害を受けた場合、多くの人命・財産の損失を与えるおそれのあるもの ②震災復興に重要な役割を果たすもの ③有害物又は危険物を取扱う構造物で、被害を受けた場合に人命又は財産に重大な損失を与えるおそれのあるもの ④構造物が被害を受けた場合、関係地域の経済・社会活動に重大な影響を及ぼすもの	特級
グレードA	グレードS構造物のうち①～④の程度が著しく高くないもの、または、 ⑤構造物が被害を受けた場合、復旧にかなりの困難が予想されるもの	特級～A級
グレードB	一般的な構造物でグレードS, A, C以外のもの。	A級～B級
グレードC	小規模な構造物で容易に復旧可能なもの。	B級～C級

\*文献<sup>7)</sup>に示された重要度

定の例を以下に示す。

重力式岸壁の被害程度規準を規定する上で、機能被害の観点からは、船舶接岸の安全性、荷役車両の走行性、荷役作業の安全性、冠水、滞水など、また、構造被害の観点からは、変位や傾斜角（セルラブロック式岸壁の場合にはブロック間のすべりを含む）などについて検討する必要がある。なお、原理的には、壁体を構成するコンクリート部材に対する応力照査も必要となる。しかし、既往の地震事例では、コンクリート部材が応力限界に達して損傷した例は少なく、現行設計法によって設計した断面であれば、ケーソン底面がコンクリートにより岩盤に直接固定される場合や新形式のケーソンなど特殊な場合を除き、多くの場合、部材応力については、耐震性能照査を省略してよいと思われる。

照査対象項目としては、Fig. 7に示すとおり、構造物本体については、変位、沈下、傾斜、法線の出入りなど、エプロンについては、沈下（エプロン上段差）、エプロンと背後地の段差、傾斜などがある。

耐震性能照査においては、先に述べた機能被害および構

造被害の観点からの諸検討項目の一つ一つについて、上に述べた照査項目から該当する項目を拾い出し、それぞれの許容被害程度を設定し、これらを総合化して、対象施設の被害程度規準を設定する。

重力式岸壁の被害程度規準は、Table 4を参照し、設計対象施設の構造に関する諸条件を考慮して設定する。Table 4に示す被害程度規準は必要最小限の要件を示している。したがって、耐震性能照査において、照査対象項目によって被害程度が異なる場合には、このうちの最も悪い被害程度をもって検討対象構造物の被害程度とする。例えば、同表を用いて被害程度を設定した場合の耐震性能照査において、海側への傾斜角は3°以下に留まるが法線変形率は1.5～5%となる場合には、対象構造物の被害程度はⅡと判定する。

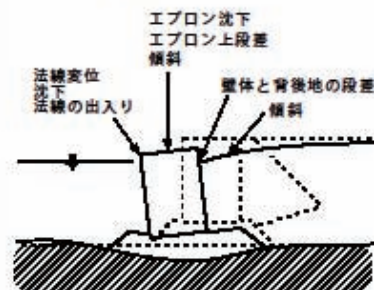


Fig. 7 Parameters for specifying damage criteria for gravity quay wall

Table 4 Damage criteria for gravity quay wall

許容被害程度		被害程度Ⅰ	被害程度Ⅱ	被害程度Ⅲ	被害程度Ⅳ
壁体本体	法線変形率( $d/H$ )*	1.5% 未満**	1.5～5%	5～10%	10%以上
	海側への残留傾斜角	3° 未満	3～5°	5～8°	8°以上
エプロン	エプロン上の段差	0.03～0.1 m 未満	N/A	N/A	N/A
	エプロンと背後地間の段差	0.3～0.7 m 未満	N/A	N/A	N/A
	海側への傾斜角	2～3° 未満	N/A	N/A	N/A

\*  $d$ : 壁体天端の残留水平変位;  $H$ : 重力式壁体の高さ

\*\* 代替規準に「法線の出入りが30 cm未満」もある

なお、走行式クレーンなどが装備されている岸壁の場合には、別途、これらの荷役施設の機能および構造安定条件の制約から、岸壁に関する被害程度規程の制約を課す必要がある。

## 5 耐震性能照査における解析法種別

耐震性能照査型設計における地震応答解析では、港湾構造物の地震時挙動を評価し、その結果が予め設定した被害程度規程（変位、応力、塑性率、ひずみなどで与えられる）を満たすか否かについて照査することを目的とする。解析法の選定においては、それぞれの耐震性能照査に適した解析法を選定する必要がある。一般に、耐震性能グレードが高い施設には高度の解析手法が必要となる。

地震危険度解析、表層地盤の地震応答／液化化解析および港湾構造物の地震応答解析には種々のものがある。これらの解析法は、その難易度および解析能力によって以下のように大別される。

- 1) 簡易解析：滑動限界または弾性応答限界の概略評価、および構造物の残留変位の概略オーダーの評価に適した解析
- 2) 簡易動的解析：より広い適用性があり信頼性もより高い。予め想定した被害形態のもとでの変位、応力、塑性率、ひずみの評価が可能な解析
- 3) 動的解析：最も高度。地震時に発生する被害形態および被害程度（変位、応力、塑性率、ひずみなど）の評価が可能な解析

各耐震性能グレードに対して最も適切と見られる解析法種別を Table 5 に示した。この表においては、耐震性能グレードが高い構造物ほど高度の解析法が必要になるということを基本としている。同表に示すとおり、より難易度の低い解析法も、概略設計段階や世界各地でみた場合に特に地震活動度が低い地域での設計では用いることができる。

解析法の例としては、重力式岸壁の場合には、簡易解析では震度法、簡易動的解析では剛体滑動解析または簡易算

定チャート、動的解析では非線形有限要素法、などがある。

## 6 結論

本論文は港湾構造物の耐震設計体系について検討したもので、力の極限的合いに基づく既往の設計法の限界を改善することをねらったものである。このため、まず、地震事例に見られる港湾構造物の挙動について、その力学的ならびに機能上の特徴を再検討した。この結果、1) 工学的観点ないし設計実務上の観点から地震被害とされるほとんどのケースは、港湾構造物の著しい変形であって、構造的な崩壊ではないこと、2) 港湾構造物の地震被害を機能面から見た場合には、岸壁をはじめとする港湾構造物は、並列物流システムとしての特徴を備えており、例えばある岸壁が被害を受けて使用困難になっても、それに隣接する岸壁の機能が維持されていれば、港湾全体としての物流機能が停止することはないこと、の2点を踏まえた設計体系が必要であることがわかった。

以上の点を反映する形で、設計における主要な評価対象として、地盤および構造物基礎の変形とこれに伴う構造物の変形および応力状態を設計パラメータとした新たな設計体系を示した。この体系では、許容被害程度の設定において、構造被害と機能被害とをあらかじめ分けた形で検討した上で最終的に総合的な被害程度を設定する点、種々の解析法種別を耐震性能グレードなどに関連づけて選定する点、など、港湾構造物の耐震設計に適すると思われる要点を盛りこんだ点に特徴がある。

## 参考文献

- 1) 稲富隆昌ほか 24 名：1995 年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告、港研資料 No.857, pp.1-1762, 1997
- 2) 土田 肇ほか 6 名：1983 年日本海中部地震港湾被害報告、港研資料 No.511, pp.1-447, 1985
- 3) Lai, S. and Ichii, K.: Performance based design for port structures, Proc. UJNR 30<sup>th</sup> Joint Meeting of United States-Japan Panel on Wind and Seismic Effects, Gaithersburg, NIST SP931, pp.84-96, 1998
- 4) SEAOC: Performance based seismic engineering of buildings, Structural Engineers Association of California, Sacramento, California, 1995
- 5) Steedman, R.S.: Seismic design of retaining walls, Geotechnical Engineering, Proc. Institution of Civil Engineers, 131, pp.12-22, 1998
- 6) 運輸省港湾局監修：埋立地の液化化対策ハンドブック（改訂版）、沿岸開発技術研究センター、pp.1-421, 1997
- 7) 運輸省港湾局監修：港湾の施設の技術上の規程・同解説、日本港湾協会、1999
- 8) PIANC: Seismic design guidelines for port structures, Balkema, pp.1-474, 2001
- 9) 土木学会：土木構造物の耐震設計法に関する第3次提言と解説、2000

Table 5 Types of analysis related to performance grades

解析法種別	耐震性能グレード			
	Grade C	Grade B	Grade A	Grade S
簡易解析	■	■	■	■
簡易動的解析	■	■	■	■
動的解析	■	■	■	■

凡例：

■	標準的設計ないし設計の最終段階に用いる
■	概略設計ないし世界でも地震活動が低く設計地震動が小さい場合に用いる



## 【復旧プロセス】

### 平成7年 月日 復旧状況

- 1月17日 兵庫県南部地震発生。
  - 25日 「神戸港復興対策連絡会議」設置、復興に向けて官民の連絡調整を図る
  - 25日 政府が兵庫県南部地震を激甚災害に指定。
- 2月17日 神戸港港湾計画改訂。平成17年を目標に既設埠頭の再開発、「六甲アイランド南」建設を決定。
- 3月1日 政府が特別財政援助法及び各省令を公布し、国庫補助等の特例措置を講じる。
  - 17日 応急復旧工事の結果、利用可能バースが107バースにまで達する。
  - 20日 摩耶埠頭においてガントリークレーンによるコンテナ荷役が再開。
- 4月11日 コンテナターミナルの24時間・日曜・祝日荷役について港運労使が合意。
  - 28日 神戸港復興計画委員会報告。
  - 30日 公社6バースでガントリークレーンによるコンテナ荷役再開。
- 7月1日 阪神高速道路湾岸線が全線開通
  - 31日 ポートライナー（神戸新交通ポートアイランド線）全線開通。
- 8月1日 摩耶大橋開通。本格復旧第1号として東神戸フェリー埠頭第4バースが供用開始。
  - 23日 六甲ライナー全線開通
- 10月30日 阪神・淡路復興委員会が最終報告。上海・長江交易プロジェクト等を提言
- 11月15日 ハーバーハイウェイ（港湾幹線道路）の高羽ランプ～摩耶ランプが開通。  
（六甲アイランド～摩耶埠頭が高架道路で結ばれる。）
  - 13日 六甲アイランド仮設栈橋埠頭（S－B C）が供用開始。
  - 16日 上海・長江－神戸・阪神交易促進会議開催（16～19日）。

### 【平成8年 月日 復旧状況】

- 2月1日 六甲アイランド仮設栈橋埠頭の全体が完成。
- 2月19日 阪神高速道路神戸線の摩耶～京橋間が開通。
- 3月4日 世界最大のコンテナ船「レジナマースク」号RC-4入港。
- 4月15日 ポートアイランド（第2期）に日本初の水深15m大水深高規格コンテナバース供用開始。
  - 18日 K-ACTバース供用再開
- 5月9日 神戸港復興推進協議会発足。
- 6月30日 ポートターミナルビル、前面Q1バース復旧完了。
- 7月4日 神戸大橋及び浜手バイパス全線通行再開。
  - 20日 六甲アイランドフェリー埠頭復旧完了、全面供用再開。
- 8月24日 ハーバーハイウェイ全線通行再開。

9 月 30 日 阪神高速道路 3 号神戸線全線開通。

10 月 1 日 中突堤岸壁復旧完了。

18 日 上海・長江交易促進プロジェクトの神戸港交易港区決まる（ポートアイランド /62ha）

11 月 1 日 事務手続簡素化の一環として、神戸市に提出する岸壁使用許可申請書等を FAX でも受付開始。

12 月 26 日 中突堤西地区浮栈橋整備完了。

### 【平成 9 年復旧状況】

3 月 31 日 港湾施設全面復旧

5 月 19 日 神戸港復興宣言

## 第2章 都市災害の概況

兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）は、人的被害において、戦前の関東地震につぐ地震災害となった。また、市街地において多くの箇所で大炎が発生し、延焼域が広範囲に及んだ。国内で3,800人以上の死者を出した地震被害は、1948年6月の福井地震（M7.3）以来で、近畿地方でM7.2を記録したのは、1927年3月の北丹後地震（M7.3）以来である。

主要な被害が発生した位置と被害内容を、図2.1に示す。

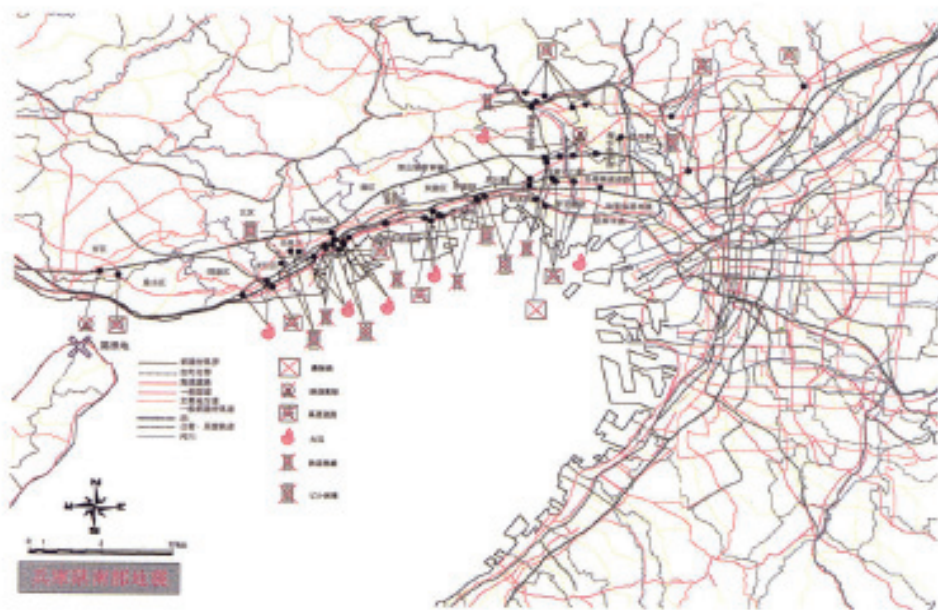


図2.1 主要な被害箇所と被害内容

### (1) 被害概況

今回の地震では、地震災害として挙げられる全ての被害事象が発生した。火災・液状化による被害、建物・ライフラインの被害、道路・鉄道の被害などが顕著であった。これらの被害は、活断層の直下型地震により、大規模な地盤振動によるものであり、阪神地区で想定されていた地震規模以上のものであった。また、阪神地区は、古い歴史をもつ都市であり、新旧入りくんだ建物と細い路地により、被害が増長されたものと考えられる。

3月25日現在での死者 5,497人・行方不明者 2人及び重軽傷者の多くは、建物倒壊と火災によるものである。

被害総額は、9兆5,060億円であるが、その内訳を表2.1に示す。最も被害額が大きいものは、建築物の5兆8,000億円で、総額の80%を占めている。次に大きいものは、港湾の1兆400億円となっている。

この被害額は、直接的な被害であり、間接的な経済活動の低下分を含めるとさらに大きなものとなると考えられる。

表2.1 被害項目と被害額<sup>a)</sup>

項 目	金 額	概 要
建 築 物	58,000	倒壊、使用不能
鉄 道	4,070	JR西日本 1,630、JR貨物 40、阪急電鉄 860、 阪神電鉄 700、神戸電鉄 150、山陽電鉄 70、 神戸高速鉄道 380、市営地下鉄 200、 神戸新交通 40
高 速 道 路	6,000	阪神高速道路 5,000、日本道路公団 1,000、 (中国縦貫道、名神など)
公 共 土 木 施 設 (高速道路除く)	3,215	道路 1,191、河川 196、海岸 15、砂防 8、 下水道 1,123、街路 41、公園 115、 国直轄事業 526
港 湾	10,400	公共 8,000、民間 2,400
埋 立 地	64	佐野、志筑 7、南芦屋浜、芦屋浜 40、 西宮、甲子園 17
文 教 施 設	2,524	県立学校 141、市町立学校 1,636、 社会教育施設 302、体育施設 206、文化財 9、 県立大学 3、私立学校 177
農 林 水 産	975	農地 14、農業用施設 137、治山施設 36、 漁港 199、水産業施設 22、農業共同利用施設 73、木材流通施設 3、卸売市場 491
廃 棄 物 ・ し 尿 処 理 施 設	41	
水 道 施 設	521	配水池、配水管、浄水場
ガ ス ・ 電 気	2,510	ガス 210、電気 2,300
通 信 ・ 放 送 施 設	440	電気通信施設 376、放送施設 11、ケーブルテレ ビ 44、兵庫衛星通信 9
商 工	6,300	機械、装置
計	95,060	

(平成7年2月2日現在、単位は億円)



### (3) 経済活動に及ぼす影響

日本の第二の経済活動拠点である阪神経済圏を直撃した阪神大震災（兵庫県南部地震）は、大災害とともに経済活動に与えた影響も大規模なものとなった。

日本の国内総生産のうち、阪神経済圏の占める割合は、約11%の約70兆円（1991）に及んでいる。一日の割合に換算すると、約1,920億円になり、経済的影響は計りしれないと思われる。

経済企画庁は、『都市機能が集中している地域だけに、経済活動の停滞が長引くことが日本経済に与えるマイナスの影響は予想外に大きい』と述べている<sup>71</sup>。一方、エコノミストの間には、『時間がたてばインフラ復興のための需要が出てくるため、長期的には目先のマイナス面を上回る経済効果があるだろう』とみている面もある。しかし、復興に必要な資金調達を国・自治体が債券を発行すれば長期金利を押し上げ全国への景気に悪影響を与える可能性も考えられる。例えば、関東大震災では、『震災手形』により、昭和2年には銀行の倒産が相次いで金融恐慌を招いたとも言われている。

阪神大震災に関連した被害総額については、直接・間接の被害を合わせると『40兆円』とも言われている（種業日商金額）。主要公共関連の被害復旧額では、鉄道が4,120億円、大阪ガス150億円、関西電力2,300億円、港湾施設約5,000億円などの額が予想されている。

一方、被害を受けた企業の営業収入減は、関西電力200億円、大阪ガス80億円、JRの東海道新幹線は一日当たり約5～6億円であり、今年度300～440億円の減収、民間の日本生命の貸借ビル倒壊による収入減は16億円などと言われている。

これらの被害は、数値として挙げられるものであるが、企業などの操業率の低下・中止などをみると、次のようになっている。

幹線道路の破壊により、京阪神の多くは、物流への影響（企業への物資・生活物資）が出ている。大阪府池田市の自動車組立工業では、部品が届かず操業が出来ない事態となった。製鋼所などでは、電気・ガス・水の停止により、操業を中止あるいは操業率を落としている。神戸製鉄所の高炉は、操業を全面的に停止している。

電気産業では、停電とともに倉庫内の部品が床に散乱し、すぐの生産開始が出来ない企業もある。食品会社では、工場の被害と原材料の入荷不足にともない断水により生産が出来ないところもある。

神戸港は、日本最大の貨物港であり、貨物取扱量は約1億7,000万トンその内国際コンテナの取扱量は4,000万トンである（1993年実績）。神戸港への輸入品は、食料品24%、衣類・家具26%、また輸出品では機械類43%、化学製品16%、繊維12%となっている。また、神戸港は、大型コンテナ船の専用岸壁をもち欧米・アジアなどと結ぶ定期航路の基地でもある。しかし、今回の地震により神戸港は、岸壁が大きく陥没したりエプロンの亀裂などが発生し、かつ岸壁背後の起伏化に伴い使用は不能となっている。今後の復旧期間を鑑みても、海上物流の低下による経済的影響は、港湾依存産業ならびに関連産業の企業の経営をも悪化させる要因と思われる。

阪神地区でのライフラインの途絶と物流が断絶している場合、企業の生産活動・個人消費への影響は、経済的に大きな打撃となる。

関東大震災（M7.9）では、死者・行方不明を約14万人をだし、地震発生から三週間後『帝都復興院』を設置し、当時の金額で約4億7,000万円（国の一般会計の3割程度）を使用した。その後、震災から3年目から都市としての機能が回復したが、その後5年間財政資金を投入し、東京を中心に投入した資金は、約16億円（現在に換算すると60～70兆円）であった。関東大震災では、当時の帝都は日本最大の生産・消費の場所であり、その復興のプロセスを今回の阪神地区に当てはめるこ

とは難しい。神戸を中心とした阪神地区は、生産・消費の流通の大動脈であり、寧ろとは違った影響が全国に波及すると考えられる。

また、関東大震災の当時は、都市の再復興に際して政府の強権が発動されたが、今日の都市復興計画には住民側の私権を顧みず、政府・地方自治体が押し進める必要がある。

従って、避難生活の長期化と相まって、日本の経済への影響は、図りしれないと思われる。

出典：（社）建設コンサルタンツ協会 平成7年5月

# 平成21年国内主要港湾統計

## 入港船舶

	単位	横浜港	前年比	東京港	前年比	名古屋港	前年比	大阪港	前年比	神戸港	前年比
数 数	隻	37,104	85.9	78,118	93.0	32,375	83.6	75,307	80.8	36,487	88.0
	千艘*	257.843	87.4	140.782	95.2	712.614	88.0	124.153	91.1	187.076	92.3
外航船	隻	10,316	91.2	5,925	97.6	8,130	90.8	3,670	87.4	7,525	92.1
	千艘*	229.815	92.4	124.578	95.8	174.813	89.7	80.192	89.7	141.953	93.6
うち、 フルコンテナ 船	隻	5,110	94.3	5,024	98.1	4,190	96.4	3,713	93.0	4,124	95.2
	千艘*	120.142	98.3	117.687	96.0	97.184	96.6	60.416	93.9	96.797	97.4
内航船	隻	26,788	84.0	22,193	91.8	24,245	81.4	19,632	79.1	28,962	87.0
	千艘*	39,829	92.3	36,704	93.3	32,901	85.8	43,961	93.7	42,123	89.3

(注) ※主要港調べ。主要港の数値の中には通商圏での観測のものもあるため、後日変更する場合があります。

## 海上出入貨物

		単位	横浜港	前年比	東京港	前年比	名古屋港	前年比	大阪港	前年比	神戸港	前年比
種 別		トン	115,528,762	81.5	72,413,330	88.0	165,067,751	75.7	80,944,290	87.1	77,027,010	80.9
		TEU	2,797,994	80.4	3,810,769	91.2	2,112,738	75.0	2,099,887	93.6	2,347,034	82.9
外国貿易	計	トン	79,039,900	81.9	40,684,247	90.2	106,429,015	78.3	32,816,575	91.1	43,188,396	86.4
	輸出	トン	34,348,141	73.7	12,134,664	88.7	39,938,838	70.3	9,700,750	84.0	19,326,815	81.5
	輸入	トン	40,490,759	90.4	28,549,583	90.8	66,490,177	81.2	23,115,825	94.5	23,861,581	90.9
うち、 コンテナ 貨物	計	トン	41,812,298	83.6	38,227,985	89.4	36,848,302	79.2	28,302,040	94.7	30,324,665	88.2
	輸出	トン	23,945,701	81.4	11,445,589	87.1	17,920,701	76.1	7,625,648	90.7	14,689,248	86.7
	輸入	トン	26,766,597	86.0	26,782,396	96.4	18,927,601	82.3	20,766,392	96.2	15,635,417	89.6
コンテナ 個数	計	TEU	2,551,237	79.8	3,399,269	91.2	2,651,863	78.0	1,813,067	94.5	1,772,898	86.8
	輸出	TEU	1,379,287	81.6	1,559,967	90.2	1,034,811	77.9	837,168	95.4	945,565	88.2
	輸入	TEU	1,171,950	77.6	1,839,312	92.0	1,617,052	78.1	1,006,909	93.8	827,333	85.3
内国貿易	計	トン	40,488,862	80.8	31,729,083	87.6	56,638,736	70.8	48,127,715	84.5	33,838,614	74.9
	輸出	トン	16,723,965	78.9	10,478,523	84.1	30,280,429	67.9	20,570,303	87.1	13,796,572	74.2
	輸入	トン	23,764,897	82.2	21,250,560	89.4	26,358,307	74.6	27,557,412	82.6	20,042,042	75.3
うち、 コンテナ 貨物	計	トン	2,421,585	99.3	2,476,621	80.0	426,094	33.1	1,824,352	89.1	3,396,688	95.4
	輸出	トン	1,384,444	89.2	1,288,452	74.9	415,418	32.3	1,367,909	93.0	1,545,832	87.6
	輸入	トン	1,137,141	113.5	1,228,169	86.0	210,676	34.8	556,443	81.2	1,850,856	103.1
コンテナ 個数	計	TEU	242,747	87.4	411,600	96.0	60,875	32.7	256,820	87.6	674,128	91.8
	輸出	TEU	104,841	85.3	289,944	97.8	30,189	34.5	179,628	87.2	213,397	88.4
	輸入	TEU	137,916	90.9	141,536	90.2	30,726	31.1	77,192	88.4	260,729	94.8

(注) ※コンテナ個数は、実入・出の合計。

(注) ※主要港調べ。主要港の数値の中には通商圏での観測のものもあるため、後日変更する場合があります。

## 貿易額

	単位	横浜港	前年比	東京港	前年比	名古屋港	前年比	大阪港	前年比	神戸港	前年比
合 計	億円	82,518	63.5	102,955	77.0	98,775	61.0	58,480	78.0	64,871	70.7
輸出額	億円	55,099	63.3	36,450	67.9	67,660	61.1	26,767	76.7	62,482	69.1
輸入額	億円	27,439	63.8	66,500	83.0	32,109	60.8	32,693	79.1	22,469	73.1

(注) ※横浜税関資料による。(推定値)

## 津波解析コードの整備及び津波の河川遡上解析

## 【概要版】

我が国の原子力発電所は、多量の冷却水を取得する必要性から海岸に立地する場合が多い。そのため、津波に対する安全性を確保することが重要となる。

津波に対する原子力発電所の安全性を評価する際、津波の遡上および引き波に対する安全施設への影響評価が必要となる。津波の遡上に対しては、一般的に敷地前面の海域から遡上してくる津波を対象とし、その遡上高さが敷地高さを超えないことを確認することになる。しかし、我が国の原子力発電所には、河川に隣接して立地している場合がある。このような施設の場合、河川側の堤防から遡上してくる津波に対しても安全性を評価する必要がある。

平成18年9月に改訂された『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』においても、津波を地震動に伴う事象と位置付けて、施設の供用期間中に極めてまれに発生する可能性のある津波によって、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないことを確認するよう求めている。

原子力安全基盤機構では、津波に対する耐震安全性評価に備えて、遠地津波および近地津波を対象とした津波解析コード **SANNAI** を整備してきた。これまでに、日本近海および太平洋全域、さらにはインド洋の海底地形データを整備するとともに、1960年チリ地震津波や1983年日本海中部地震津波、2004年インド洋津波など既往の津波をシミュレーション解析で再現することにより、**SANNAI** コードの検証を行ってきた。

本作業では、津波研究の最新知見を導入すべく、津波の遡上モデルとして新たに小谷らの方法<sup>1)</sup>を導入するとともに、このモデルを河川遡上問題に適用し、解析結果と観測記録を比較した。今回導入した方法は、東北大学における **TD-GE Project** の一環として公開されている **"TUNAMI code"** から引用したものである。また、津波の河川遡上の観測事例として、2003年十勝沖地震による津波を対象に検証した。

図1に解析結果を示す。十勝川河口付近の津波の遡上高さおよび遡上範囲を示す。津波の伝播モデルは、大塚ら<sup>2)</sup>の論文を参照し、設定した。解析の結果、大津港付近では、1m程度の遡上高さとなり、土木学会において公表されている被害写真（写真1参照）<sup>3)</sup>から推定される被害高さ

(1~2m)と概ね一致した。しかし、同解析では、十勝川における約11kmの河川遡上<sup>6)</sup>を再現することはできなかった。これは、本報考慮すべき河川の水位（水流）を考慮していないことが主な原因と考えられる。

河口付近では、河川の流れが岸線によって堰となり、水位が上昇してより陸域に遡上しやすくなることが予想される。河川に隣接して立地する原子力発電所の岸線に対する安全性を評価するためには、今後、河川水流を考慮した河川遡上モデルの構築が必要である。

今後予定されている原子力発電所の岸線に対する安全性評価に際し、本作業で導入した遡上モデルを活用していく。

#### 参考文献

- 1) 小谷美佐, 今村文彦, 宮藤律夫, GISを利用した岸線遡上計算と被害推定法, 南岸工学論文集, 第45巻, pp.356-360, 1995.
- 2) 大塚圭一, 今村文彦, 現地データを利用した2003年十勝沖地震岸線の数値解析と特性の把握, 南岸工学論文集, 第51巻, pp.271-275, 2004.
- 3) 藤岡功司, 今村文彦他, 2003年十勝沖地震により発生した岸線の特性, 土木学会, 2003年十勝沖地震被害調査報告会, 2003.
- 4) 安田信保, 岸線の河川遡上, 平成15年(2003年)十勝沖地震被害調査報告, 北海道開発土木研究所月報特集号, pp.15-22, 2003.



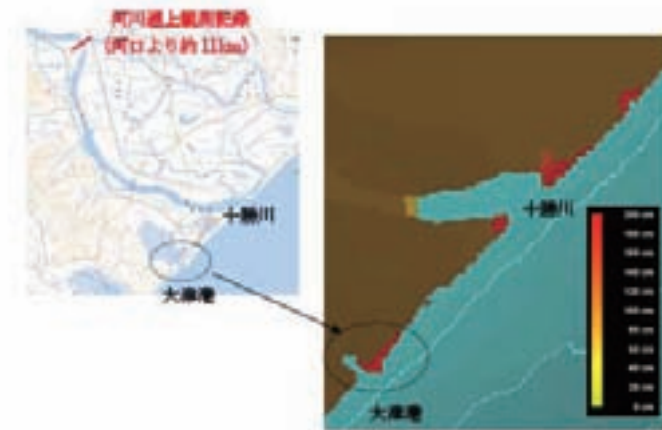


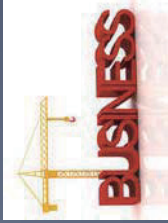
図1 十勝川河口付近における津波の遡上高さとその範囲



写真1 大森湾における津波の痕跡（フェンスに残る海藻）

出典：<http://www.jnes.go.jp/content/000010951.pdf#search>  
 JNES/SAE07-080 07解析報-0080  
 津波解析コードの整備及び津波の河川遡上解析より

## Group 15's Final Presentation Slides



# BCP FOR A PORT AFTER EARTHQUAKE DISASTER

Gr15 Ito, Huang, Nishio, Kobayashi, Shiraishi

## Agenda

1. Back ground
  1. Past case
  2. Interview
  3. Grasp the original state
2. Problem presentation
3. Prerequisite condition
  1. Before earthquake
  2. After earthquake
4. Solution
  1. IC chip
  2. Port system of IC chip
5. Effect
6. Challenges for the future



## Back ground

1995 Hanshin-Awaji Earthquake

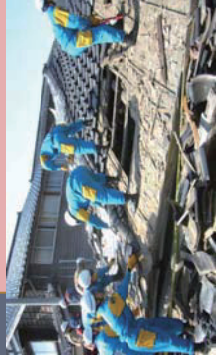
### ◎ Past case

Maximum level earthquake in last century

**Damage Scale** ⇒ Economy: 10 trillion yen  
Houses destruction : 689,776  
Casualties: 50,229

Port : Stagnation of harbors work  
(Complete restoration; 2 years)

Damage of harbors ⇒ berth and gantry crane  
(loading and unloading)



## Back ground

Probability of 70% within 30 years???  
**Tokyo Earthquake!**

### ◎ Interview

- The Ministry of Land, Infrastructure and Transport.
- Yokohama Ports and Harbors Bureau.
- Harbors Motor Vehicle Department of Tokyo Metropolitan

- Manufacture
- Trading company
- Citizen

### Earthquake-proof evaluation of port

- ✓ It is equipped with an earthquake-proof berth and the crane one by one.
- ✓ These equipments are presumed that operation are possible up to 7 in the seismic intensity.
- ✓ Information systems are behind with earthquake -proof

- Port worker/staff and port tour of Daikoku-Pier
- Import and export trading agent

- Research paper of "Earthquake-proof performance design system of harbor structure" by harbors and airport Technical Research Institute

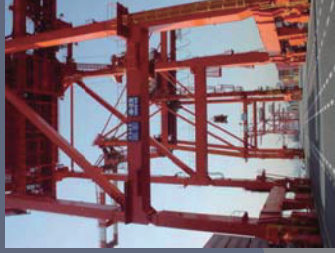


# Back ground

Probability of 70% within 30 years??  
**Tokyo Earthquake!**

## Grasp of the situation

**Information management system are behind with earthquake-proof.**  
**Special reinforced berth & Aseismatic gantry cranes have equipped.**  
**Some ships scheduled to enter the port can be moved to other ports.**



Maybe

# Problem presentation

After Hanshin-Awaji Earthquake, the following items of the port are reviewed by investigation

A communications network

How to load containers

Transfer crane

berth

Gantry crane



There is uneasiness in an anti-earthquake measure of the software side that brain of the circulation of the port

# Prerequisite condition

## Before earthquake

- ◆ Berth is reinforced by the rule of the country.
- ◆ The non-common use power supply is secured.
- ◆ Our system is introduced into containers in the yard.



## After earthquake

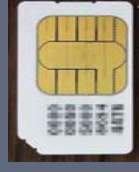
- ◆ Special reinforced berth & Aseismatic gantry cranes are workable.
- ◆ The minimum utility is secured to load work in special reinforced berth.
- ◆ Information management system of port functions are behind with earthquake-proof.
- ◆ Some ships scheduled to enter the port can be moved to other ports.

# Solution

## IC chip



## IC CHIP SYSTEM



## Solution

**Intensity of 7  
Earthquake  
happen ! !**

**The truck loaded  
with container  
comes to a gate**

## Staffs take the memory stick from transfer crane

## The device of transfer crane files the information

## Staffs take the memory stick for transfer cranks

Control center collapsed!!

## Solution

**The truck conveys a container to the ship**



**Staffs takes off a IC chip and the gantry crane load a container on a ship**

**Staffs takes off a IC chip and the gantry crane load a container on a ship**

**Trucks go near the container which is load onto a ship**

**Staffs takes off a IC chip and the gantry crane load a container on a ship**

**The truck conveys a container to the ship**

**Staffs send the yard plan and storage plan to each truck by radio**

**PC make  
a storage  
plan**

**Trucks go near the container which is load onto a ship**

# Effect

## Inspection

	Hanshin-Awaji Earthquake	Tokyo Earthquake (anticipated)
Total financial damage	About 10,000 billion yen	About 112,000 billion yen
The financial damage	1,000 billion yen (about 10%)	About 11,000 billion yen
Total loss distribution	About 500 billion yen	About 1 billion yen (per day)
Provision and Damage	Hard	70% of berths have earthquake resistant
	Soft	Investment cost is 120 million yen (IC chip system)

PROFITABLE

END

Thank you for listening



Special thanks : Prof. Shirasaka/Dr. Murano

# Challenges for the future

