

う み

La mer

昭和 46 年 5 月

日 仏 海 洋 学 会

La Société franco-japonaise
d'océanographie
Tokyo, Japon

日 仏 海 洋 学 会

編 集 委 員 会

委員長 今村 豊 (東京水産大学)
委員 星野通平 (東海大学) 井上 実 (東京水産大学) 川原田 裕 (気象庁) 森田良美 (東京水産大学) 永田 正 (東京水産大学) 西村 実 (東海大学) 大柴五八郎 (理化学研究所) 杉浦吉雄 (気象研究所) 高木和徳 (東京水産大学) 高野健三 (理化学研究所) 富永政英 (台湾大学) 宇野 寛 (東京水産大学) 渡辺精一 (理化学研究所)

投 稿 規 定

1. 報文の投稿者は原則として本会会員に限る。
2. 原稿は簡潔にわかりやすく書き、図表を含めて印刷ページで12ページ以内を原則とする。原稿は、東京都千代田区神田駿河台2-3 日仏会館内 日仏海洋学会編集委員会宛に送ること。
3. 編集委員会は、事情により原稿の字句の加除訂正を行なうことがある。
4. 論文(欧文, 和文とも)には必ず約200語の英文(または仏文)のAbstract (Résumé)をつけること。欧文論文には英文(または仏文)のAbstract (Résumé)のほか必ず約500字の和文の要旨をつけること。
5. 図および表は必要なもののみに限る。図はそのまま版下になるように縮尺を考慮して鮮明に黒インクで書き、論文の図および表には必ず英文(または仏文)の説明をつけること。
6. 初校は原則として著者が行なう。
7. 報文には1編につき50部の別刷を無料で著者に進呈する。これ以上の部数に対しては、実費(送料を含む)を徴収する。

Rédacteur en chef Yutaka IMAMURA (Tokyo University of Fisheries)
Comité de rédaction Michihei HOSHINO (Tokai University) Makoto INOUE (Tokyo University of Fisheries) Yutaka KAWARADA (Meteorological Agency) Yoshimi MORITA (Tokyo University of Fisheries) Tadashi NAGATA (Tokyo University of Fisheries) Minoru NISHIMURA (Tokai University) Gohachiro OSHIBA (Institute of Physical and Chemical Research) Yoshio SUGIURA (Meteorological Research Institute) Kazunori TAKAGI (Tokyo University of Fisheries) Kenzo TAKANO (Institute of Physical and Chemical Research) Masahide TOMINAGA (Taiwan University) Yutaka UNO (Tokyo University of Fisheries) Seiichi WATANABE (Institute of Physical and Chemical Research)

RECOMMANDATIONS A L'USAGE DES AUTEURS

1. Les auteurs doivent être, en principe, des Membres de la Société franco-japonaise d'océanographie. Néanmoins, les notes des savants étrangers à la Société seront acceptées, si elles sont présentées par un Membre.
2. Les notes ne peuvent dépasser douze pages. Les manuscrits, dactylographiés sur papier fort, doivent être envoyés au Comité de rédaction de la Société franco-japonaise d'océanographie, c/o Maison franco-japonaise, 2-3 Kanda, Surugadai, Chiyoda-ku, Tokyo.
3. Le Comité de rédaction se réserve le droit d'apporter, le cas échéant, des modifications mineuses aux manuscrits ainsi que de demander aux auteurs de les corriger.
4. Des résumés en langue japonaise ou langue française sont obligatoires.
5. Les figures au trait seront tracées à l'encre de Chine noire sur papier blanc ou sur calque. Les légendes des figures et des tableaux sont indispensables.
6. Les premières épreuves seront corrigées, en principe, par les auteurs.
7. Un tirage à part des articles en cinquante exemplaires est offert gratuitement aux auteurs. Ceux qui en désirent un plus grand nombre peuvent les faire établir à leurs frais.

Man-in-the-Sea Project in Japan*

Tadayoshi SASAKI**

Abstract: In Japan, as in many leading countries of the world, research has been under way concerning development of underwater habitat designed to be used in the conducting of investigations for development of natural resources on continental shelves, the mining of mineral resources in the sea floor, the installation of equipment for harvesting natural resources and the study of underwater fishery culture stations, biological and geological studies of the ocean with considerable success.

This research project aims at constructing, at a depth of 100 m, an underwater work base designed to house four oceanauts for about a month so that they may carry out various underwater activities. It is scheduled to be completed in 1973. The main structure of the underwater habitat, support systems, DDC, PTC, and all other items required, are being produced by Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Mitsubishi Electric Corporation, Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd. and Nakamura Iron Works Co., Ltd.

This series of research is being undertaken by the Japan Association of Underwater Exploitation, and the sponsor is the Science and Technology Agency.

The recommendations of the Council for Marine Science and Technology also includes a note pointing out the necessity for future construction based on the results of this underwater habitat at a depth of 250 m capable of housing 10 oceanauts.

1. Introduction

Ocean exploitation in the world is making great strides today. Especially, the development of resources in the continental shelves is being carried out vigorously as one of primary goals.

For a country like Japan that is small and devoid of land resources, the exploitation of mineral and living resources of the continental shelves is deemed as imminent and imperative. To do this, minute and detailed underwater and seafloor survey and underwater works are prerequisite.

The time-honored procedure practiced for many years by oceanographic survey ships and traditional undersea survey vehicles had been found insufficient. To improve the situation, a new method of launching an underwater habitat on sea floor where man stays over and works successively was introduced. The Sealab Program of the United States of America, the Precontinent Project of France and other man-

in-the-sea programs of England, Germany and U.S.S.R. are just in this case. The trends are already of global nature.

It is of significance that a country like Japan has started research and development work of the underwater habitat in order to help push forward the survey on the exploitation of continental shelves resources, mining of mineral deposits, underwater engineering work and aquaculture.

Our man-in-the-sea project is pointing to mounting the underwater habitat at the depth of 100 m where four oceanauts live about a month and engage in underwater works. Many of basic research works are to be conducted as future goal. A report submitted to the Marine Science and Technology Council of Japanese Government calls for an installation of the underwater habitat at the depth of 250 m where ten oceanauts spend a month and work on the sea floor.

2. Organization of the project

The man-in-the-sea project was brought to effect by Japan Association of Underwater

* Received April 30, 1971

** Tokyo University of Fisheries

Exploitation as committed by the Science and Technology Agency of Japanese Government. To put the project into operation, the JAUE initiated a committee of Underwater Habitat Research.

The names of the committee members are as follows:

Chairman Tadayoshi SASAKI Tokyo University of Fisheries

Committee members:

Shunya ISO Tokyo Kyuei Co., Ltd.

Shigeo INABA Shizuoka Prefectural Fishery Experiment Station

Yutaka UNO Tokyo University of Fisheries

Michimasa ENDO Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Gohachiro OSHIBA Institute of Physical and Chemical Research

Yasuto OHTA Japan Association of Underwater Exploitation

Takayasu OKAMOTO Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd.

Kenji OKAMURA Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Genji KAWAI Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd.

Kenji KANDA Tokyo University of Fisheries

Hiroshi KITAGAWA Nippon Sanso K.K.

Masao KUDO Japan Association of Underwater Exploitation

Tokio KUBO Meteorological Research Institute

Fujio KOBORI Mitsubishi Electric Corporation

Kogaku KOMAMIYA Ministry of Labor

Kenshun SATO Asahi Senken & Co., Ltd.

Osamu SHIGETO Kyushu Workmen's Accident Compensation Hospital

Hiroshi SHIMIZU Japan Organo Co., Ltd.

Kyuichi SUGAWARA Sensui Kenkyujo

Masao SUGIMOTO Hitachi Ltd.

Kenzo TAKANO University of Tokyo

Jun TAMURA Sumitomo Shoji Kaisha, Ltd.

Akira TERADA Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Shin TERAMOTO Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Mansuke NAKAMURA Nakamura Iron Works Co., Ltd.

Ichiro NASHIMOTO Tokyo Medical and Dental University

Shojiro OKADA Hitachi Shipbuilding & Engineering Co., Ltd.

Teizo NUMATA Japan Association of Underwater Exploitation

Masami HAYAKAWA Tokai University

Yoshiki HIRANO Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

Tamao FUKADA Fukada Salvage Co., Ltd.

Hajime FUJIKI Mitsubishi Electric Corp.

Ryukichi HENMI Ocean Systems Japan, Ltd.

Eiichi YAMADA Mitsubishi Electric Corp.

Takanosuke YAMANAKA Nihon Aqua Lung Co.

Mitsuharu YOSHIDA Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

Seiichi WATANABE Institute of Physical and Chemical Research

And this research committee of underwater habitat is divided into three subcommittees (working groups);

Construction Subcommittee:

Chairman, Kenji OKAMURA Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Life Support Subcommittee:

Chairman, Ichiro NASHIMOTO Tokyo Medical and Dental University

Field Operation Subcommittee:

Chairman, Akira TERADA Japan Association of Underwater Exploitation

The construction contractors of the underwater habitat are;

Underwater Habitat; Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

PTC and DDC: Nakamura Iron Works Co., Ltd.

Surface Support Vessel: Hitachi Shipbuilding and Engineering Co., Ltd.

3. Underwater habitat

1. Introduction

The underwater habitat makes an axis of whole submergence system and the Kobe Shipyard & Engine Works of Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. designed and constructed it.

The habitat is designed so that four ocean-aunts may live in it for a month at the depth of 100 m. And it will be logistically supported by a surface ship by means of;

- (1) Electricity, fresh water, foods and other expendables
- (2) Monitoring inside the habitat successively and arranging a PTC ready beside the habitat
- (3) Emplacement and retrieval with no oceanauts inside

2. Principal particulars

The habitat is constructed in the shape of cylindrical hull with the outside diameter of 2.3m and length of 10.85m. Its principal particulars are shown in the Table 1.

3. General arrangement

The habitat consists mainly of pressure hull,

1. Length	11.85 m
2. Beam (without fender)	4.70 m
3. Height	6.525 m
4. Pressure hull (Resisting to internal pressure of 11.1 atm on the surface)	
Diameter (outside)	2.30 m
Length	10.85 m
5. Weight in air	abt. 65 tons
Submerged	abt. 85 tons
6. Occupants	4 oceanauts
7. Maximum depth	100 m
8. Maximum duration	30 days

ballast tanks and access trunk, and support structure. Each component has following functions.

(1) Pressure hull

This makes a living quarters for the oceanauts and shapes a cylindrical form with three compartments inside.

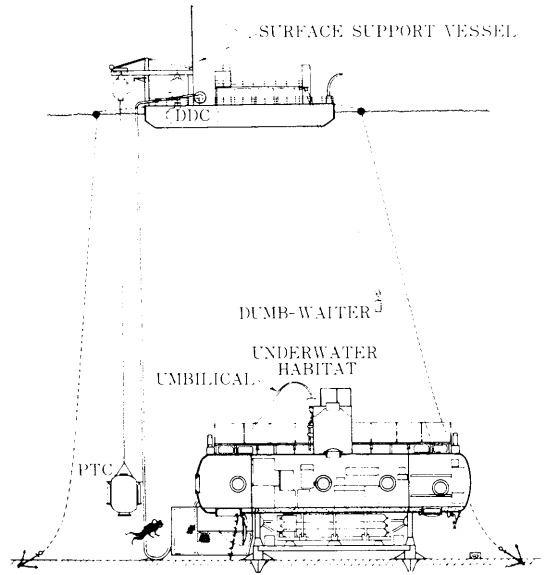


Fig. 1. Total system of "Man-in-the-Sea" Project.

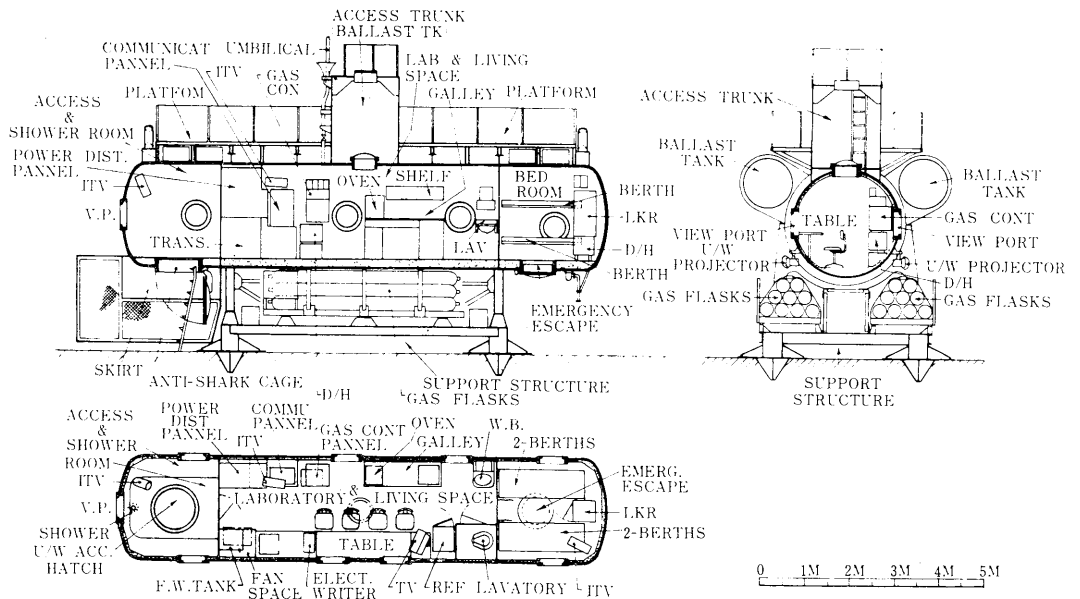


Fig. 2. General arrangement of underwater habitat.

i) Underwater access room

An access room to and from ambient seawater with an access hatch (900 mm ϕ) is used for storing diving apparatuses and accessories and installed with shower.

ii) Laboratory and living quarters

A compartment located in the middle of the habitat where installed with water works of fresh water supply from a mother vessel, instrumentation of environmental control, and equipments for communications and for life support of the oceanauts.

iii) Bed room

A compartment for four oceanauts installed with a emergency escape hatch (635 mm ϕ).

(2) Ballast tanks and access trunk

On either side of the pressure hull, there is a cylinder respectively which is partitioned into three smaller ballast tanks totalling six in all. Flooding the tanks the habitat can be lowered to the sea floor, and displacing the water from the tanks it can be buoyant.

The access trunk is located on the top in the middle part of the pressure hull and used as passage when on the surface. It functions as another ballast tank when it starts descending.

(3) Support structure

This makes a structure which holds aforementioned pressure hull and ballast tanks and has built-in flasks and fixed ballast.

Four legs at the bottom of the support structure are made in the form of truncated pyramid, and was designed as such in consideration of sandy sea-bed. Provided against muddy seafloor, ample bearing area of steel saucer(disc) is equipped at the base of each leg.

4. Equipment

All the equipments and apparatuses in the habitat have been made and checked specifically to insure right operation in the hyperbaric helium rich environment. In consideration of special conditions in the closed atmosphere, materials were selected with due attention so that no toxic fume may come out from them. Description of some of the important equipments and apparatuses will be mentioned as

follows :

(1) Atmosphere control and treatment

The characteristics of environment of underwater habitat will be closed atmosphere, hyperbaric pressure, increased density, higher specific heat, increased thermal conductivity and so on. With these characteristics in mind, an atmosphere control system has been designed to effect the conditions inside the habitat as follows:

- i) Maintain the inside temperature at 30°C as compared to 10°C of ambient seawater temperature.
- ii) Maintain the inside relative humidity at less than 70 %.
- iii) Maintain the partial pressure of oxygen at 0.315 kg/cm².
- iv) Maintain the partial pressure of carbon dioxide at less than 7 mm Hg.
- v) Maintain the water level in the skirt automatically at given position.

In order to meet the conditions, the following equipments are incorporated in the habitat.

i) Ventilation and air purification

To keep the air quality even in the habitat of air volume of abt. 40 m³, circulation fans (4 m³/min \times 140 mm Ag) are equipped. And to purify the air, CO₂ scrubber (LiOH canister) and charcoal filter are built in the fan at the suction vent.

ii) Insulation and heating

The floor in the pressure hull is covered by concrete measuring 180 mm thick in the center line, and is imbedded with heating wire of 2.1 kw. The interior part of the pressure hull except the floor is lined with cork board of 50 mm thickness, and is equipped with six radiant heaters.

iii) Dehumidification

Under normal conditions, it is thought one dehumidifier of 300cc/h will be enough. However, in preparation for a higher humidity raised temporarily when oceanauts come home from the surrounding environment, two dehumidifiers were decided to equip the habitat.

iv) Gas control system

The gas control system is installed to

keep the partial pressure of oxygen and total pressure (or water level) in the habitat normal. This procedure is carried out by releasing gas into the habitat from gas flasks (helium: $150 \text{ kg/cm}^2 \times 266.7 \text{ l} \times 4$, oxygen: $150 \text{ kg/cm}^2 \times 266.7 \text{ l} \times 4$). To insure this process, equipped with in the habitat are PO_2 sensors, and in the skirt are water-level indicators with each instrument connected with electro-magnetic valve to coordinate the gas release automatically. Those regulating instruments of valves, pressure gages, flow meters are put in a gas control panel together with manual control device. In preparation for acute gas contamination in the habitat, there is mixed gas ($\text{He} + \text{O}_2$) line.

(2) Electric power

The electricity consumed in the habitat is supplied by means of umbilical cord from a surface support vessel. The electricity supply is made in 440 V 60 Hz, three-phase and made available of the maximum 40 KVA.

The 440 V electricity is supplied to the water heater and circulation fan, and other apparatuses are supplied with 100 V electricity through power transformer. Wiring of 440 V line and 100 V line is made ungrounded.

(3) Illumination

For interior lighting are used fluorescent lamps ($20 \text{ W} \times 12$, $10 \text{ W} \times 5$) that were fully tested under the hyperbaric helium rich atmosphere.

For exterior lighting are used pressure-resisting and water-tight metal halide lamps with one each below the view ports of the pressure hull, one on the superstructure (platform) and three around the underwater access hatch totalling to thirteen altogether.

(4) Communications

Normally, wire-telephone with helium-speech unscrambler is utilized. On top of this, electrowriter to and from the support vessel, and supersonic underwater telephone between the habitat and oceanauts in the water outside, are utilized. T/V units are also placed in the habitat for entertainment and acquisition of informations.

(5) Monitoring

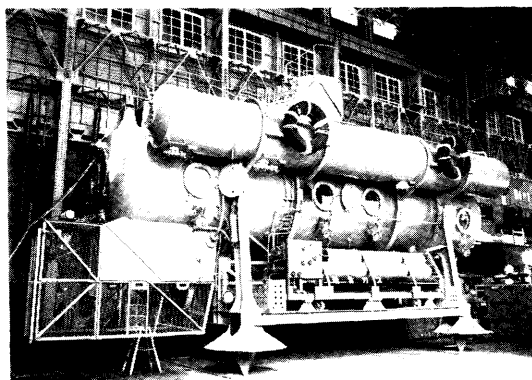


Fig. 3. Overall view of underwater habitat.

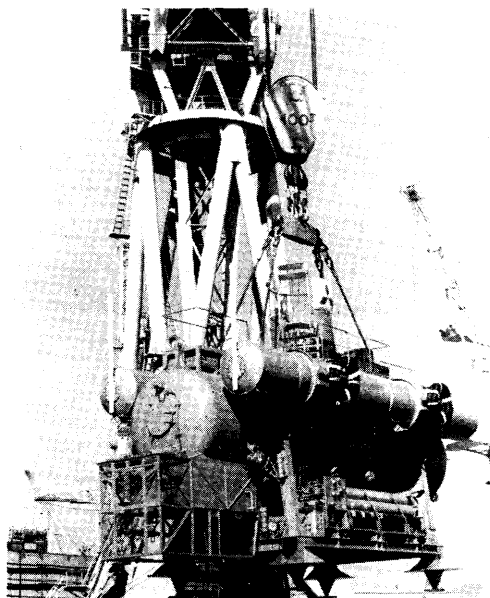


Fig. 4. Launching at Kobe shipyard & engineering works, Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

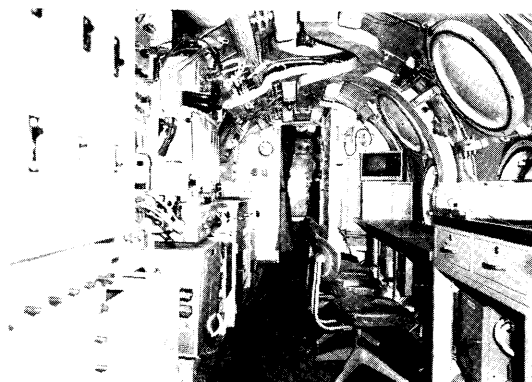


Fig. 5. Interior of habitat.

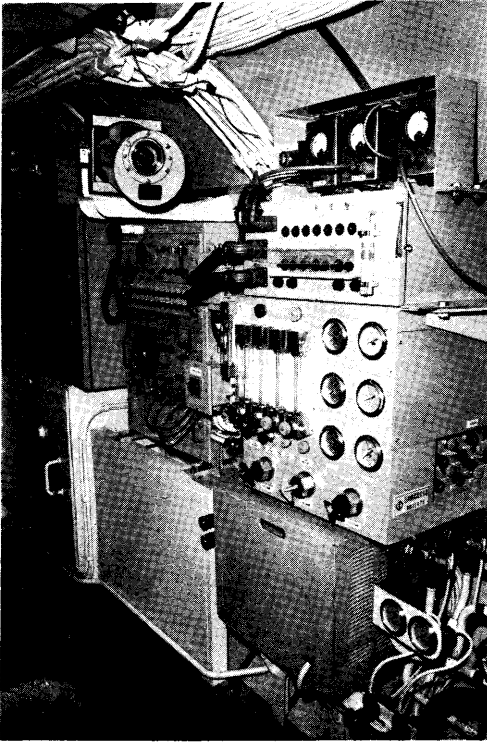


Fig. 6. Interior of habitat.

The activities and behavior of the oceanauts in and outside the habitat are observed from the surface through three ITV cameras inside the hull and one placed in the water near the access hatch.

Of atmospheric conditions in the habitat, PO_2 sensor indications are telemetered, and sampling of air are sent up for gaschromatographic examination respectively through the umbilical cord and gas sampling hose therein to the surface.

4. Surface support vessel

1. Role of surface support vessel

The underwater habitat has electricity, fresh water and so on supplied from the surface support vessel, and the very fact makes it possible for the habitat to hold in it only the minimum volume of supplies and materials, and also for the habitat to stay compact. The support vessel in this Man-in-the-Sea project was designed as a steel pontoon not self-propelled. This support vessel was planned to

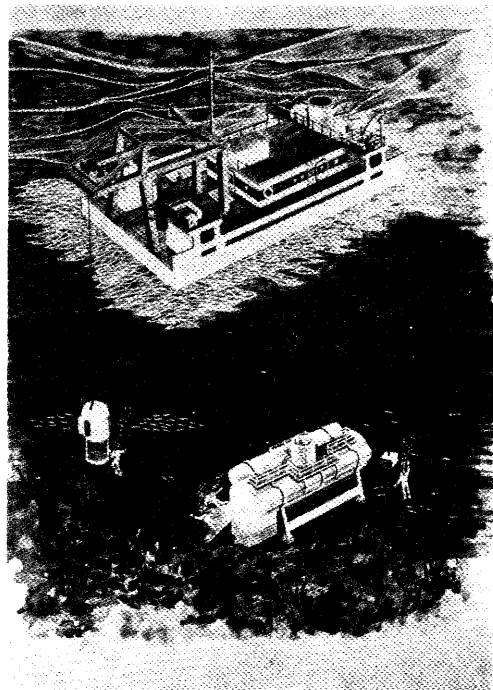


Fig. 7. Model of surface support vessel. Surface support vessel in the center, Underwater habitat at the bottom on the right, and PTC under a gantry crane aboard the support vessel.

perform many functions as mentioned below; (See Fig. 7)

- (1) Supplies of materials
 - i) Electricity and fresh water supplied at all times through umbilical cable and hose.
 - ii) Foods, medicines and equipments are supplied at regular intervals through pressurized dumbwaiter.
- (2) Observation inside habitat
 - i) Done by television of the conditions in the habitat and surroundings.
 - ii) Done by check-up of sampled gas through gas analyser.
 - iii) Done by check-up of habitat's oxygen by O_2 meter in the support ship.
 - iv) Done by reading a clinometer of inclination of the habitat.
- (3) Communications

The communications between the support vessel and habitat are made through;

 - i) Supersonic transceiver
 - ii) Wire Telephone

- iii) Wire Telemail
- iv) Emergency signalling buzzer

(4) Base for diver-engineers

After saturation diving, the diver-engineers are taken to DDC of the support vessel for decompression. Of this DDC, there are installed on board the vessel of the systems of the control, monitoring and communications of the chamber.

The oceanauts are transferred from the habitat to the DDC of the vessel by PTC or underwater pressure elevator. This PTC is also connected by monitoring and communication apparatuses to the support vessel.

(5) Works performed by winches

- i) Assistance given to the descent and ascent of the underwater habitat.
- ii) Hanging down and up the underwater elevator.

(6) Living quarters for supporting crew-members

The living space is provided for the crew-members of observation, supply, oceanauts, oceanaut superintendent of underwater works and vessel's crew.

(7) Others

- i) The support vessel is equipped with VHF wireless telephone and portable transceiver and may communicate with other ships.
- ii) The initial compression of gas in the underwater habitat, PTC and DDC, and the compression of gas in the DDC from second time on, are made from the gas tank of other boat through the support vessel's pipe.

iii) Gas supply is made to various equipments as follows:

Decompression tank helium

Used for compression and stored for emergency use. One-time use only.

Decompression tank Oxygen

Used for breathing and stored for a month. For regular use.

Decompression tank compressed air

For compression and stored for a month. For regular use.

PTC helium-oxygen

Used for breathing and stored for a

month. For renewal
Not specified helium-oxygen

For emergency

- iv) Consultation room and medical equipments are ready to check up and control the health conditions of oceanauts.

2. Particulars of surface support vessel

The main specifications of the support vessel and description of special equipments installed on board will be:

(1) Mooring

Moximum wind velocity	20 m/sec.
Maximum current speed	1.5 knot
Highest sea-level	2 m
Seafloor quality	Sand (Holding power of anchor coefficient 3)

(2) Hull of the surface support vessel

i) Particulars

Length	25 m
Beam	11 m
Depth	3 m
Draft	1.85 m
High	1.25 m
Fuel tank	47 m ³
Fresh water tank	abt. 86 m ³
Ballast tank	68 m ³
Waste oil tank	abt. 1 m ³

ii) No. of bed

Officers' cabin	4
Consultation cabin	1
Cabin for oceanauts	4
Cabin for crew	8
Cabin for physical management	6
	23

iii) Gantry crane

- a. Capacity at 4.5 m outreach... 10.5 t
- b. Pulleys fixed at the end of the outreach to raise and lower the underwater habitat. The wire go through the pullleys to winches through counterweight.
- c. Travelling truck with pulleys on the crane is for launching and retrieval of the underwater elevator.
- d. Davit for hanging counterweight for a underwater habitat with a capacity of 4.0 t and a radius of rotation of 2.0 m is installed.

iv) Crane for supplies

Table 2. Principal particulars of machinery part.

Name	Type	No. of set	Capacity motor rpm × kw	Remarks
ELECTRIC GENERATING PLANT				
Main generator	Horizontal drip proof	2	100 KVA (80 kw) 1,200 AC 445 V, 60 hz	
Prime mover for the above	4 Cycle diesel engine	2	125 ps × 1,200 rpm	
AIR COMPRESOR				
Main air compressor	Vertical, electric motor driven type	1	(AT. FA) 580 × 7.5 30 m ³ /h × 30 kg/cm ²	Auto-Stop
Emergency air compressor	Manual operated type	1	D.P. 25 kg/cm ²	
AIR BOTTLE				
Main air bottle	Steel plate welded	1	1.5 m ³ × 30 kg/cm ²	
Aux. air bottle	Steel plated welded (Auxiliaries in engine room)	1	80 l × 30 kg/cm ²	
Fuel oil transfer pump	Horizontal, electric motor driven gear type	2	1 m ³ /h × 5 m 1,150 × 0.4	Auto-stop
Fresh water pump Driven centrifugal type	Horizontal, electric motor	1	5 m ³ /h × 30 m 3,500 × 2.2	Cont. running
fresh water pump	Horiz. elect. motor	1	1,5 m ³ /h × 140 m 3,500 × 7.5 Hyd. sys.	
For D.D.C. Sea water service pump	Driven centrifugal type Horiz. elect. motor driven centr. type	1	10 m ³ /h × 20 m 3,500 × 2.2	Cont. running
DECK MACHINERIES				
Mooring winch & counterweight	Elect. hydraulic type	1	10 t × 6 m/min oil pump 22 kw	3-Drum 1-W. End
Handling winch mooring winch & underwater habitat	Do	1	10 t × 6 m/min Above oil pump to be commonly used	3-Drum 1-W. End
Hoisting winch for P.T.C.	Do	1	10.5 t × 5 m/min Oil pump 7.5 kw	1-Drum 1-Drum
Travelling winch dumbwaiter & counterweight	Do	1	2 t × 5 m/min Above oil pump to be commonly used	1-Drum 1-W. End
Handling winch P.T.C. docking adjusting	Do	1	2 t × 5 m/min	1-Drum 1-W. End
Winch & submerged anchor handling winch	Do	1	0.3 t × 6 m/min 0.75 kw	
Catapiller winch for P.T.C.	Elect. motor driven Gear type	1		
Catapiller winch for underwater habitat	Do	1	0.3 t × 6 m/min 0.75 kw	
Hose reel winch for underwater habitat	Do	1	0.3 t × 6 m/min 0.75 kw	1-Drum

A crane for supplies to the habitat for a capacity of 1.0 t and a radius of rotation of 1.5 m is installed.

- v) Supply hose
 - a. Fresh water
inside diameter 25 mm ϕ \times 180 mm
 - b. Gas sampling
inside diameter 5 mm ϕ \times 180 mm
- These hoses are tied to the cable linking the support vessel and underwater habitat.

vi) Mating equipment
Equipment for mating the underwater elevator and DDC is installed.

(3) Engines and motors
As for particulars of main equipments, see Table 2.

(4) Power sources of support vessel

- i) Primary electric power source equipments
 - a. Two primary generators of 100 KVA (800 kw) driven by diesel engine. One generator put in use when towed, and two of them put in motion in works.

- b. Main switchboard panel consists of control panels of generator, 445 V and 105 V electric current.
- ii) Secondary electric power source equipments
 - a. Storage battery, charger and charger-discharger equipped for battery light, communication apparatuses, signalling alarm, and wireless telephone.

Particulars of battery:
Lead-acid, marine
Voltage of DC 24 V
Capacity of 200 Ah

- b. Three single-phase transformers of 12.5 KVA is equipped in the engine room for the use of lighting, signal lights, small electric appliances, measuring instruments and communication apparatuses.
- iii) The distribution of electricity to the underwater habitat and the elevator is made of follows:

	U/W habitat	U/W elevator (PTC)
Line hanged down	Tied to lifting steel cable	Independent
Power line	600 V, 36 mm ϕ \times 180 m	600 V, 21.5 mm ϕ \times 150 m
Communication line	53.3 ϕ \times 180 m W/tension member Coaxial, 3c for T/V Single-conductor, 10c for regulated signals	41.1 ϕ \times 150 m W/tension member
Cable handling	By catapillar winches	By catapillar winches
Cable storing	In cable storage in the form of numeral 8	In cable storage in numeral 8
Disposing cable ends	In the water, by water-tight pressure connector, and made seperable in emergency. On board the vessel, by water-tight connector.	

3. Structure of the support vessel

The vessel is a non-self-propelled steel pontoon and shapes almost like a box with bow and stern short raked.

(1) Below main deck

Below the main deck, there are fore and after ballast tank, fuel tank, and fresh water tank on each board.

In the double-bottom space, there are waste oil tank, and on both side fuel oil and fresh water tank. Between the fresh water tanks are installed pipe passage and bilge well. And only the bottom the tanks occupy is double-bottomed.

Other spaces of steel partition include

engine room, switchboard panel room, passage, living quarters, decompression room, gas cylinder room, warehouse and cable storage.

Living quarters partitioned by wall divides into rooms of officers, health controllers, diver-engineers and vessel crew-members.

(2) Deck cabin

In the deck cabin, installed are steel-partitioned dining room, pantry, food store, shower stall, toilet and passage.

(3) Open deck

On the main deck and winch platform, there are winches, catapillar winches, hose reels, davits and gantry.

The decompression room below the main deck opens up to the deck by an access hatch.

On the after deck behind the deck cabin is reserved an area covered by an awning for extra storage of gas cylinders.

5. Deck decompression chamber (DDC)

1. Outline

The decompression tank equipped in the surface support vessel is the space where the oceanauts receive recompression and decompression treatment, and also where facilities and regulating equipments of living, air-conditioning, supply of gas, communications, observation, etc. are equipped. (See Fig. 8)

2. Particulars of DDC

Maximum internal pressure	10.3 kg/cm ² G
Crew-member	4
Temperature, inside	25-35°C
outside	25°C
Humidity, inside	60-80 %
Recompression time	5-10 hours (regular)
Decompression time	72 hours (regular)
Place to be installed	Surface support vessel

3. Decompression chamber

Divided into two areas of main and anteroom, and the main room equipped with service lock and the anteroom with mating hatch. Facilities for living and sanitation may be installed. Passage to the tank is made through the anteroom, and at the entrance to the anteroom, and between the main and anteroom, there is air-tight lock one each.

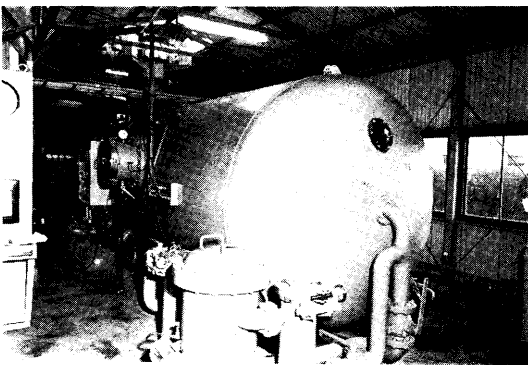


Fig. 8. DDC

Specifications of DDC

Type	Cylindrical chamber	w/2 rooms
Dimensions		
Inside diameter	2 m	
Length overall	7 m (Main room 5.2 m, Anteroom 1.8 m)	
Volume	abt. 21 m ³ (Main room 15.3 m ³ , Anteroom 5.7 m ³)	
Width overall	abt. 2.3 m	
Height overall	abt. 2.3 m (excl. docking trunk)	
Weight	abt. 9.3 tons	
Lock	700 mm ϕ 2 (at entrance and in between two rooms)	
Hatch	600 mm ϕ 1 (at the hatch to u/w elevator)	
Service lock	400 mm ϕ 1 (Main room)	
Observation	250 mm ϕ 1 (Main room)	
viewport	150 mm ϕ 3 (Two in main room, 1 in anteroom for ITV)	
	75 mm ϕ 3 (One each for lock, and one for service lock)	

6. Underwater elevator (PTC)

1. Outline

The underwater elevator shuttles between the surface support vessel and the underwater habitat. It is equipped with facilities and regulating equipments of gas supply, communications, observation and descent and ascent of itself. It functions also as an underwater observation station and is provided with the characteristics of high-strength and anti-humidity. It is built so that it may mate with the DDC. (See Fig. 9)

2. Particulars of PTC

Maximum internal pressure	10.3 kg/cm ² G
Maximum external pressure	10.3 kg/cm ² G
Crew-members	4
Humidity	100 %
Temperature	Water temperature
Place to be installed	Area around u/w habitat

3. PTC structure

On the top of the PTC, there are manhole and hanging shackle, in the middle viewpoints and fixing devices for gas flasks, and on the bottom an access hatch and mating flange.

Specifications of PTC

Type

Cylindrical chamber w/one room, perpendicular

Dimension

Inside diameter 1.75 m
 Height overall 2.84 m (Top to flange)
 Volume abt. 5.5 m³.
 Maximum diameter abt. 2.3 m (when gas flasks equipped)

Weight

Four oceanauts aboard

In air abt. 7.0 tons (Incl. anchor)

In water abt. 0.5 ton (,, ,,)

,, ,, ,, -0.5 ton (Excl. anchor)

Access hatch 700 mm ϕ 1

Manhole 400 mm ϕ 1

View ports 150 mm ϕ 2

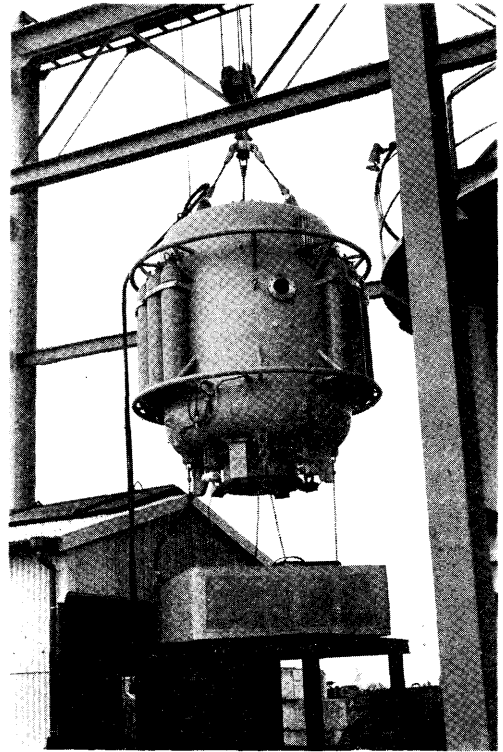


Fig. 9. PTC

海中作業基地に関する研究

佐々木忠義

要旨: わが国のように、国土が狭く、陸上資源に乏しい国にとっては、大陸棚における鉱物資源、生物資源の開発が焦眉の急である。そのためには、大陸棚を正確に調査し、その上大陸棚での各種の作業が必要である。

しかし、従来から行なわれてきた、観測船や潜水調査船などによる方法だけでは不十分である。そのため、海底に作業基地を設置し、そこに長期間滞在して連続的に調査し、作業を行なう方法が案出されるに至った。すでにアメリカではシーラブ計画、テクタイト計画、フランスではブレコンチナン計画、西ドイツではヘルゴランド計画として着々と海中作業基地の研究が進められ、さらにイギリス、ソ連なども同様な研究が推進されている。こうして、大陸棚の資源開発やそのための研究などを目的とした海中作業基地の研究、実験は世界的な傾向となってきた。

わが国においても、大陸棚資源開発のための調査研究、海底鉱物資源採取作業、資源採取装置の施設工事、海中栽培漁場の調査などを進めるために、海中作業基地に関する研究に着手した。

本研究においては、100 m の海底に海底作業基地を設置し、そこに4人の海中作業者が約1か月滞在して各種の海中作業に従事することを目標とし、そのために必要な各種の基礎的な研究を実施するものである。

Stabilization of Sheared Zones of Undersea Coal Mine Using the TACSS System*

Shigetaka IIDA**, Hirosuke KUBOTA**

Abstract: In construction of underwater structures and development of undersea resources, techniques to stop leakage of seawater under high pressures are extremely important for successful performance of work. The authors have developed the process distinguished by a special chemical grouting material which undergoes a chemical reaction upon contacting water to form a water-insoluble solidified gel to seal or strengthen ground at the seabottom or underwater structures having seams or cracks where severe leakage occurs, and have named this technique the "TACSS System (Takenaka Aqua-reactive Chemical Soil Stabilization System)."

The Paper reports on two cases in which the TACSS System was applied to stabilize sheared zones encountered at the cut face of tunnels being driven in undersea coal mines at depths of approximately 600 m below sea level. Seawater under high pressures of approximately 60 kg/cm² accompanied by methane gas had been erupting from these sheared zones with outcrops at the seabottom, and various measures having been attempted to no avail, hope of making any further advances had been given up for several years. With application of the TACSS System, a breakthrough of the sheared zone was made in an exceedingly effective and safe manner and a great step forward was taken in solution of difficult problems in this field of engineering.

1st Case

Water cut-off and stabilization works of tunnel cutting face at sheared zone in shaft off Hashima Island, Takashima Colliery, Mitsubishi Coal Mining Co.

1. Introduction

The Takashima Colliery of Mitsubishi Coal Mining is comprised of the two areas of Takashima and Hashima, at the latter, Hashima (Hashima, Takashima-cho, Nishi Sonogi-gun, Nagasaki-ken) known popularly as "Gunkanjima (Warship Island)", with Vertical Shaft No. 2 at 636 m below sea level as the main base, good quality coking coal is being mined in the Mitsuse area, while at the same time development of the coal fields off Hashima is being hurried. (Driving of the main shaft was completed to a depth of 199 m below sea level in 1895, after which 6 years were spent from

May 1930 to May 1936 in improvements and driving down to the present depth.)

The TACSS grouting project carried out this time was adopted with the purpose of stopping water and stabilizing the cutting face of the tunnel at a sheared zone, which tunnel was being driven to develop a new coal field off Hashima. Driving of the tunnel had been at a complete standstill for approximately 2 years since this sheared zone had been encountered.

The outline of this sheared zone off Hashima which is exposed at the seabottom is as shown in Fig. 1. In the advance check boring performed in 1967 from the cutting face of the tunnel, upon boring through Layer A (a pulverized coal layer 1.0 m thick popularly called

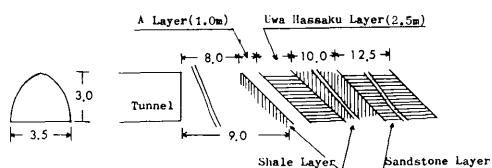


Fig. 1. Outline of sheared zone off Hashima.

* Received April 30, 1971

** Takenaka Technical Research Laboratory, Japan

“giro”) and while reaching out to the Uwa-hasshaku Layer (coal vein), the pulverized coal of Layer A blew out from the boring hole accompanied by water under a high pressure of approximately 60 kg/cm². This phenomenon was due to seawater penetrating through cracks in the Uwa-hasshaku Layer, shale layer and sandstone layer crumbling the weak Layer A. Because of this, consolidation grouting by cement injection which was to serve at the same time for water cut-off was attempted, but this was not successful in stopping the severe blow-out of pulverized coal from Layer A accompanied by water. (The total amount of cement injected is said to have been 600 to 650 tons at injection pressures of 100 to 150 kg/cm²).

2. Grouting plan

As shown in Fig. 2, a grouting plan was established in which cover rock comprised of three-row overlapping spherical solidified masses would be made to surround the cutting face of the tunnel (not including the bottom) at Layer A of a thickness of 1.0 m.

1. Chemical grout used

In selection of the chemical grout used, the following points were considered:

- The work site was a tunnel with especially poor ventilation for an undersea tunnel.
- The environmental temperature and humidity were high.
- Explosive methane gas of 2~4% (100% at time of blowout of pulverized coal) was being generated at all times in the tunnel.
- The particle size distribution of the pulverized coal blown out was similar to that of silt-bearing sandy soil and there was concern over penetration of the grout chemical.

From the above, odorless, non-flammable

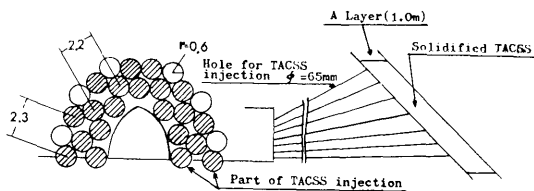


Fig. 2. Outline of TACSS injection.

types T-020 NF and T-022 NF were selected as the main grout ingredients and C-852 was selected as the reaction accelerator.

2. Injection quantity

Since the ground layer to be worked was a pulverized coal layer bearing water under pressure of approximately 60 kg/cm², it was considered that expansion effect during the solidification process of the grout could not be expected very much, and it was assumed that volumetric ration of solidification, β (β =solidified volume/volume of grout injected), would be $\beta=4$ in determining the injection quantity per hole.

If the quantity of grout injected is Q and the radius of the solidified mass is r , Q would be about 216 from the following equation, but actually, the loss of approximately 30 due to filling of the injection hole (the shale layer portion to Layer A) was taken into consideration and a total of 240 (=240 kg) was adopted.

$$Q = \frac{4\pi r^3}{3\beta} = \frac{4 \times 3.14 \times 0.6^3}{3 \times 4} = 216$$

3. Geltime

The quantity of reaction accelerator to be added was set at 2% (wgt) of the main ingredient considering the pumping capacity (25 l/min) of the grout pump (described below) and geltime of approximately 10 min for the standard injection quantity per grout hole.

3. Grouting equipment system

The outline of the grouting equipment system is as shown in Fig. 3.

1. Grout injection pump

Model BG-5, manufactured by Toho Chika Koki Co., Ltd. with the following specifications:

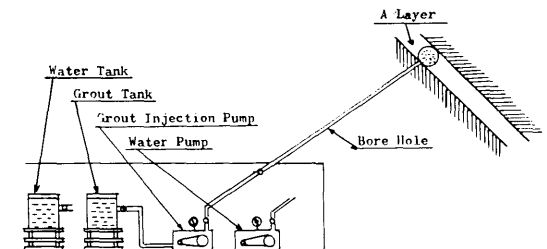


Fig. 3. Grouting Equipment System.

Type: Single cylinder, double action, piston type

Pumping quantity: 25 l/min

Pumping pressure: 64 kg/cm² (max.)

Cylinder diameter: 45 mm

Stroke : 60 mm

Power requirement: 7 PH air motor (sprocket chain drive, air pressure 5 kg/cm²)

Crankshaft revolution: 150 rpm

2. Water pump (for borehole washing and pumping supplementary reaction water)

Model CP-15, manufactured by Toho Chika Koki Co., Ltd. with the following specifications:

Type : 4-throw plunger type

Pumping quantity : 30 l/min

Pumping pressure : 300 kg/cm²

Power requirement: 15 HP air motor (sprocket chain drive, air pressure 5 kg/cm²)

3. Grout tank, water tank

Steel tanks, diameter 75 cm height 60 cm, capacity 250 .

4. Grout injection hose

Diameter 1 in length 10 m, pressure-resistant hose (double-layer wire reinforced)

5. Pressure valves

Used at connection point of grout injection hose and grout hole packer, manufactured by Japan Longyear Co., Ltd.

4. Outline of grouting operation

TACSS grouting schedule:

1. Bore hole diameter 65 mm. Model Sekisaku P-6 manufactured by Sekiyu Sakusei Co., Ltd., bore hole and packer coupled at No. 2 and No. 3 groups of collier.

2. Washing of hole

3. Grout injection

4. Pumping of reaction water

Injection of supplementary reaction water simultaneously with ejection of residual grout in bore hole.

5. Results of grouting

After grouting with TACSS and prior to proceeding with tunneling, check boring was performed in the pressure of an inspector from

the Sasebo Mine Safety Inspection Office at the crown of the cutting face and 5 other places (No. 2, No. 4, No. 6, No. 9 and No. 11 in Fig. 2) as a result of which there was no blow out of "giro" or sea water which had been seen previously and permission for tunneling was granted.

According to the condition of the cutting face at the time of tunneling through the sheared zone, it was seen that just as planned in the beginning, lenses of previously grouted cement which had solidified, solidified TACSS gel and "giro" had formed an integral, dry, solidified area. (This solidified area was not limited to the periphery of the tunnel but had spread to the entire cross section of the cutting face.) There was no crumbling at all due to the pressurized sea water and a magnificent breakthrough had been made of the fault. Further, on observation of the solidified mass taken from the cutting face at the time of excavation, solidified TACSS gel was seen to be very densely filled in Layer A and the Uwahasshaku Layer, and moreover, because of the high-pressure grouting, an exceedingly strong and dense solidified mass had been obtained.

6. Conclusions

This grouting work was carried out under extremely severe conditions of a sheared zone at an undersea coal mine tunnel with especially the environment of the work are being that of blow out of "giro" and generation of methane gas with danger of a mine disaster occurring, but with the TACSS process being a one-liquid system, apparatus and operations were all simpler than other grouting methods while a high level of results could be obtained with small amounts of grout which was of great effect in preventing disaster inside the narrow tunnel. Also, at the time of injection of grout the skinning effect at the surface of the grout in the tank due to the high temperature and humidity in the tunnel was extremely effective as a barrier against the humidity so that in particular reclaimed grout could be reused to hold grout losses to a minimum.

At the initial stage of grouting, due to the

shortage in water to react with the grout chemical, unreacted grout flowed in reverse simultaneously with opening of the valve of the packer so that some loss was produced, but subsequently, water was pumped before and after injection of grout as a supplement and it became possible to cause the grout to become completely solidified.

2nd Case

Water cut-off and stabilization works of tunnel cutting face at sheared zone in drift of Ikeshima Mine, Matsushima Coal Mining Co.

1. Introduction

The mines of Matsushima Coal Mining Co., Ltd. consist of the Oshima Coal Mine and Ikeshima Coal Mine, and presently, at Ikeshima (Ikeshima, Sotome-cho, Nishi Sonogi-gun, Nagasaki-ken) excavation of a tunnel is being continued at a depth 600 m under sea level to develop a new coal field, but during tunneling a sheared zone with a thickness of approximately 20 m was encountered. Following this, further excavation was made for 5 m, but as the sheared zone consisted of interbeds of soft sandstone and sandy shale the rock character was extremely weak against water, on top of which there were numerous cracks allowing great quantities of fossil water to penetrate down from a water-bearing layer located approximately 30 m above the tunnel (pressure of springing water approx. 25 kg/cm²) causing the rock to swell readily and crumble to present a dangerous condition. For this reason, tunneling was discontinued for a time and cement was grouted from the cutting face in a manner to surround the tunnel. This cement grouting ($W/C=3/1$ by weight, grouting pressure 100 kg/cm²) was performed by a two-row process with the first outer row grouted with a total cement quantity of approximately 65 tons, while the inner row was grouted with about 3.5 tons. However, since injection of the inner row was almost impossible and springing of water at the cutting face was not stopped, the TACSS Process was taken up with the 3 objectives of

1) positive sealing of cracks over the entire tunneling length through the sheared zone, 2) prevention of water springing and 3) study of the applicability to other tunnels in this mine.

2. Grouting plan

Grout holes were bored from the cutting face and as in the case of the Hashima Mine, the 3 operation stages of 1) washing of the bore hoel, 2) grout injection, and 3) pumping of reaction water were carried out.

Since the grouting work had the purpose of stabilizing the tunneling face by stopping springing of water from the upper water-bearing layer through sealing of cracks in the rock of the sheared zone, no particular standard injection quantity of grout was established and priority in injection was given wherever the take was good.

1. Chemical grout used

Similarly to the case of Hashima, the environmental conditions of an undersea tunnel was taken into consideration and odorless, non-flammable type main ingredients T-022 NF and T-025 NF and reaction accelerator C-528 were selected.

2. Geltime

The geltime of the injected grout was set at approximately 6 to 7 minutes and the standard quantity of accelerator was taken at 3 to 4 % by weight of main ingredient.

3. Grouting equipment system

The grouting equipment system was entirely the same as in the case of Hashima with the exception of the packer.

4. Outline of grouting operation

Injection of TACSS was carried out according to the following procedure:

1. Hole boring and packer coupling

Bore holes, diameter 37 mm, carried out from No. 2 and No. 3 groups of collier.

2. Washing of bore hole interiors

Performed with previously mentioned CP-15 grout pump.

3. Grout injection

Accomplished with previously mentioned BG-5

grout pump.

4. Pumping of supplementary reaction water
Performed with CP-15 grout pump.

5. Results of grouting

After injection of TACSS, check boring was carried out through the sheared zone from the middle portion of the cutting face, the result of which was that no springing of water could be seen at all and tunneling work was resumed.

According to observations of the cutting face and the natural ground on passing through the sheared zone, it was seen that grout had uniformly penetrated into even the smallest cracks and a dense gel had been formed. There were especially numerous cracks running diagonally from the upper right hand portion to the lower left hand portion while also there were several cracks running horizontally from left to right and in these cracks the gelled grout had penetrated everywhere in thin paper form to completely fulfill the role of sealing cracks.

Through application of TACSS Process, the fault was passed successfully without a drop of water being allowed to spring.

6. Conclusions

It was possible to use the experience gained previously at Hashima to full advantage in this work and the operation was carried out with extreme smoothness. Only, unlike the case of Hashima, since the emphasis was on sealing cracks in the sheared zone, it was not possible to calculate the required amount of chemical grout beforehand. However, as the injected grout all gelled without fail in the cracks the grouting pressure rose in the end and the it was possible to readily confirm the sealing effect. The reason for this is that in the

TACSS Process the grout is never wasted without limit through dilution or washing away by underground water.

Closure

The examples of TACSS grouting performed at the two undersea coal mines reported here have been of immense value in solving the difficult problem of driving through sheared zones under great water pressures in development of new undersea coal fields in the area of Nagasaki Peninsula and are very welcome news to the coal mining industry in this region. It is considered that these results are useful for undersea civil works, construction undersea tunnel, prevention of water leakage of structure in the sea and of oil leak from oil field at sheared zone. Moreover, prevention of sliding of structure in the sea etc. In this method, as chemical grout insoluble in seawater TACSS system does not happen the water pollution.

The results of prevention of water leakage under high pressure in undersea coal mine show possibility of many application for ocean development.

Acknowledgements

In former work technical guidance was received from the engineers, engineering Operations Section Chief TOMINAGA, Sub-section Chief NAGANO and Sub-section Chief ARIMATSU of the Hashima Mine of Mitsubishi Coal Mining Co., and later work enthusiastic technical advice was received throughout from Chief Supervisor NAGAO, Assistant Chief Shaft Supervisor HIRAI, Engineer SHIRAIISHI and Engineer HORIE of the Ikeshima Mine of Matsushima Coal Mining Co. to whom the sincerest gratitude is hereby extended.

TACSS 工法による海底炭鉱断層破碎帯の安定化工事について

飯 田 茂 隆 久 保 田 浩 典

要旨 水中構造物や海洋開発において、高圧で浸入する海水を防止する技術は重要である。筆者等は従来の2液システムより優れた1液性の注入液を開発し上記の問題解決に成功した。このシステムを竹中式加水反応型薬液注入工法 (Takenaka's Aqua-reactive Chemical Soil Stabilization System 略して TACSS 工法) と呼んでいる。

本報告は2つの海底炭鉱において TACSS 工法による坑道断層破碎帯の止水および切羽安定化工事に関するものである。これらの炭鉱はいずれも海面下 600 m で水平坑道と断層破碎帯が交叉しており、高圧を伴う苛酷な湧水のため坑道の掘進は種々方策が試みられたにもかかわらず全く停滞状態であった。TACSS 工法の適用により両鉱とも断層突破に成功し、この分野での困難な問題が解決された。

Study on the Purification of Breathing Gas by Regenerable Adsorbents*

Hiroshi SHIMIZU**, Ikuo SHINDO** and Seiichiro ARAKI**

Abstract: Accumulation of carbon dioxide gas due to the breathing by man poses a serious problem in closed environments such as undersea habitats and vehicles. A study was made in an effort to find a new method for the removal of carbon dioxide from the breathing gas. In this study were used various synthetic and natural zeolites as adsorbents for the removal of carbon dioxide gas by adsorption.

It was found out that effective removal of carbon dioxide gas is realized by use of suitable zeolites. It was also established that zeolites exhausted with carbon dioxide can be regenerated very effectively by heat under reduced pressure. There was no decrease in the carbon dioxide adsorption capacities of zeolites even after the repetition of exhaustion and regeneration. That is to say, zeolites were found to be reusable again and again.

The use of microwave for the heat regeneration of zeolites leads to a shorter time for heating and to a more adequate effective regeneration than the case of electric heating.

1. Introduction

Purification of breathing gas for human beings living undersea has become a matter of great importance in the marine exploration. In particular, removal of carbon dioxide from the breathing gas is a key to the successful undersea activities by man. People on the land usually breathe the atmospheric air containing about 0.05 % by volume of carbon dioxide. If the concentration of carbon dioxide in the air exceeds 12~13 % volume, man suffers from the carbon dioxide poisoning. If the worst comes to the worst, he will die of this poisoning. As long as he lives on the land, man is seldom subject to such a danger. When he lives in an undersea vehicle or in an undersea habitat, however, man is in constant danger of suffering from the poisoning by carbon dioxide accumulated in the limited space. At present, it is a common practice to use chemical absorbents such as lithium hydroxide, barium hydroxide, etc. for the removal of carbon dioxide from the breathing gas. Needless to say, these chemicals have limited capacities to absorb carbon dioxide and therefore it is impossible

to use them continuously for an extended period. This means that a large stock of the chemical absorbent is required if man is to live undersea for many hours or days. Such a large stock of chemicals in turn takes up a great deal of space in the undersea vehicle or habitat.

A study was made in an attempt to develop a carbon dioxide removal system which one can use repeatedly by regenerating the absorbent. In this study different kinds of natural and synthetic zeolites were tested as the absorbent of carbon dioxide. Some of the zeolites exhausted with carbon dioxide were regenerated quite effectively and it was confirmed that these zeolites can be used repeatedly for a long period. Unlike the conventional chemical absorbents, the zeolites can be used semipermanently once they are charged into a column of the new carbon dioxide removal system. Thus, the use of regenerative zeolites compared favorably with the conventional method in the space economy. Moreover, the new system will permit one to save the trouble of replacing the exhausted adsorbent with a new one and of course one will not run a risk of forgetting to charge the adsorbent.

In the present study, about ten kinds of

* Received April 30, 1971

** Exploratory Projects, Japan Organo Co., Ltd.

zeolites were tested for the adsorption and desorption of carbon dioxide. Data of three kinds of these zeolites which turned out to have better performance are reported in this paper.

2. Adsorption and desorption of carbon dioxide on various zeolites

250 ml of each zeolite was charged into a glass column of about 30 mm I.D. The pressure in the glass column was reduced to less than 10 mm Hg abs. by means of a vacuum pump. Then a mixed-gas containing CO₂ was admitted from a gas holder to the glass column to return the pressure therein to normal. Following this, the mixed-gas was passed continuously through the zeolite column to adsorb carbon dioxide. This adsorption run was terminated when the CO₂ leakage* became higher than 80~90%. Regeneration was next carried out in accordance with the methods described in 2.4. After the regeneration, the adsorption run was carried out once more to look into the CO₂ adsorption capacity of the regenerated zeolite. In like manner, the adsorption and regeneration cycle was repeated to make a cycling-up test on the CO₂ removal by each zeolite.

1. Description of apparatus

Fig. 1 is a schematic flow diagram of the experimental apparatus. Three pure gases (He, O₂ and CO₂) from respective gas bombs were mixed, and admitted to the adsorption column.

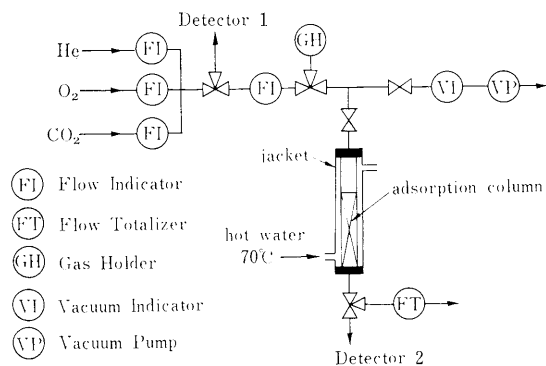


Fig. 1. Experimental apparatus.

* CO₂ leakage

$$= \frac{\text{Effluent CO}_2 \text{ concentration (volume \%)}}{\text{Influent CO}_2 \text{ concentration (volume \%)}} \times 100$$

Detectors 1 and 2 were used to determine the influent and effluent CO₂ concentration, respectively. Through the jacket around the adsorption column was run hot water to heat the zeolite to regenerate it. Previous to each adsorption run, the gas holder was filled with a mixed-gas of much the same gas composition as the influent mixed-gas. The mixed-gas filled in the gas holder was used to return to normal the pressure inside the column which was once reduced by means of the vacuum pump. The flow totalizer was used to measure the total effluent gas volume.

2. Characteristic of zeolites

About 10 different kinds of natural and synthetic zeolites were tested. Of these zeolites, three kinds Zeolite A, B and C were found to have better performance than other zeolites, and these three zeolites were selected as candidates for the adsorbent to be used in the new CO₂ removal system. In this paper are reported data obtained from the aforementioned three kinds of zeolites, *i.e.* Zeolite A, B and C. Characteristics of these three zeolites are as follows:

a) Zeolite A

This is a synthetic mordenite with much the same chemical formula as the natural mordenite. The value of Si:Al ratio of this zeolite is 5 which is the highest of all the zeolites. This zeolite has greater acid stability than other zeolites and its effective pore size is about 10 angstroms. It contains hydrogen ions as cations. It has a white color appearance and it is in the form of 1.6 mm diameter pellets.

b) Zeolite B

This is a Type X synthetic zeolite with an effective pore size of about 9 angstroms and this zeolite has the chemical formula Na₂O·Al₂O₃·2.5 SiO₂·nH₂O. It has a white color appearance and it is in the form of beads with a 8~12 mesh size distribution.

c) Zeolite C

This is a natural zeolite with a pore size distribution ranging from 4 to 9 angstroms. Its chief components are cryptolite and mordenite. This zeolite has a bluish appearance and it has the granular form ranging

in size from 3 to 5 mm.

3. Adsorption tests

250 ml of each zeolite was charged into a glass column of about 30 mm I.D. to a bed depth of about 40 cm. Then, the cock at the bottom of the column was closed and the pressure in the column was reduced to less than 10 mm Hg abs. by means of a vacuum pump. After the pressure inside the column was lowered to less than 10 mm Hg abs., the vacuum pump was stopped and the pressure in the column was returned to normal by introducing the mixed-gas in the gas holder to the column. Then the influent mixed-gas containing CO₂ was admitted to the column to begin the adsorption run.

The influent mixed-gas was prepared by mixing pure gases of He, O₂ and CO₂ after the flow of each pure gas had been measured by respective rotameters. The pure gases were

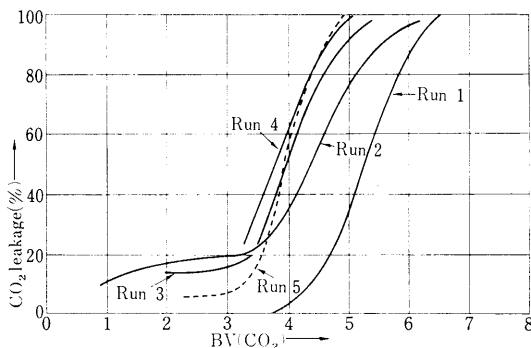


Fig. 2. Breakthrough curves of Zeolite A cycling-up test (Run 1~5).

so mixed that the resultant mixed-gas might contain about 2% by volume of O₂ and about 1% by volume of CO₂ on the basis of He matrix. The flow rate of the influent mixed-gas measured by the flow totalizer was about 800 ml/min. This is equivalent to a space velocity (SV for short) of 190~210 bed volumes (BV for short) per hour or a linear velocity (LV for short) of 70~80 m per hour.

Kitagawa Gas Detectors were used as detectors 1 and 2 for the determination of CO₂ concentration in the influent and effluent gas, respectively.

4. Regeneration tests

Regeneration consisted of heating the zeolite, and of evacuating resultant desorbed CO₂. For the heating of the zeolite was used hot water at about 70°C or an electric furnace to heat the zeolite to 300°C. The heating was continued for 2~3 hours in each regeneration

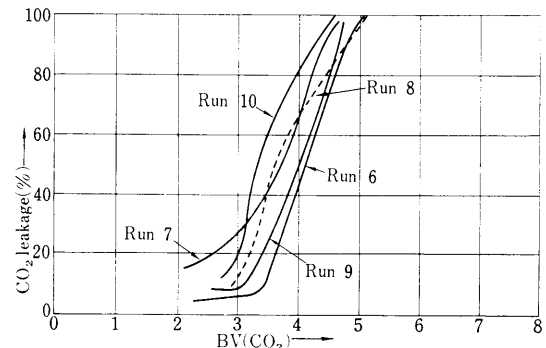


Fig. 3. Breakthrough curves of Zeolite A cycling-up test (Run 6~10).

Table 1. Experimental conditions and results, cycling-up test of Zeolite A.

Run		Heating temperature	Average influent CO ₂ concentration (volume %)	Average influent CO ₂ flow (ml/min)	Influent gas flow		CO ₂ adsorption capacity (Total) BV(CO ₂)	
					SV (l/min)	LV (m/hr)		
1	fresh zeolite	—	1.23	10.7	0.867	208	85	5.19
2	regeneration 1	70°C	1.31	11.4	0.871	209	85	4.32
3	.. 2	..	1.38	11.4	0.826	198	81	3.52
4	.. 3	..	1.26	10.0	0.869	209	85	3.72
5	.. 4	..	1.22	10.4	0.853	205	83	3.72
6	.. 5	..	1.28	11.2	0.874	210	85	3.96
7	.. 6	..	1.25	10.6	0.845	203	82	3.81
8	.. 7	..	1.18	9.8	0.828	199	81	3.15
9	.. 8	..	1.09	9.4	0.862	207	84	3.60
10	.. 9	..	1.07	9.0	0.843	202	82	3.24

method. Heat treatment by use of microwaves was also studied.

5. Experimental results

Experimental conditions and results are given in Tables 1, 2 and 3, and Figs. 2, 3, 4 and 5. The breakthrough curves in these figures were constructed by plotting the CO₂ leakage as a function of BV(CO₂). The designation BV(CO₂) denotes numbers of bed volumes of CO₂ adsorbed per one bed volume of the adsorbent zeolite.

The area surrounded by the breakthrough curve and the straight line corresponding to the 100% leakage was determined by the graphical integration and this area was regarded as the total quantity of CO₂ adsorbed by the zeolite in each adsorption run.

What follows are experimental results and discussion on the three zeolites which showed better CO₂ removal performance.

a) Zeolite A

From Table 1, and Figs. 2 and 3, it can be seen that this zeolite has lower CO₂ adsorp-

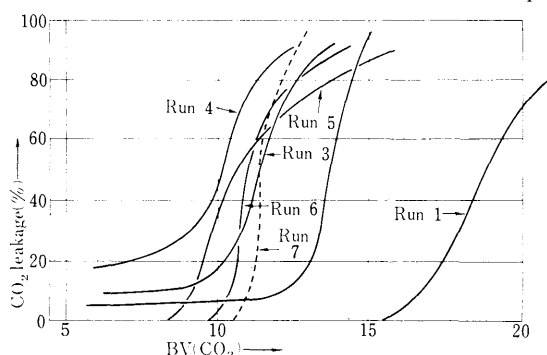


Fig. 4. Breakthrough curves of Zeolite B cycling-up test.

tion capacities. On the other hand, it is regenerated considerably well by the heat treatment at about 70°C. The cycling-up test for this zeolite was carried on as far as the 10th cycle. As a result, the CO₂ adsorption capacity of this zeolite reached an almost value of 3~4 BV. (See Fig. 3)

b) Zeolite B

Table 2 and Fig. 4 show that this zeolite has higher CO₂ adsorption capacities. However, this zeolite is not regenerated very well by the heat treatment at about 70°C. It is also noted that the CO₂ adsorption capacity of the zeolite decreases with increasing cycles. The CO₂ leakage level increases with increasing cycles. This means that when regenerated by hot water, this zeolite will eventually have to be thrown away after a few cycles. When this zeolite is regenerated by heating to 300°C using an electric furnace, its CO₂ adsorption capacity becomes stabilized at about 12 BV though the capacity after the regeneration is lower than that of the fresh zeolite or about 19 BV. Good performance of this zeolite regenerated at 300°C is also reflected in the sharp breakthrough curves as well as in the zero CO₂ leakage level.

c) Zeolite C

As seen from Table 3 and Fig. 5, this zeolite had the highest CO₂ adsorption capacity. The breakthrough curves for this zeolite are relatively sharp. However, when this zeolite is heated at about 70°C, almost no regeneration is effected. When regenerated by heating at 300°C, the regeneration ratio fluctuated but the CO₂ adsorption capacity was the

Table 2. Experimental conditions and results, cycling-up test of Zeolite B.

Run		Heating temperature	Average influent CO ₂ concentration (volume %)	Average influent CO ₂ flow (ml/min)	Influent gas flow		CO ₂ adsorption capacity (Total) VB(CO ₂)	
					SV (l/min)	LV (m/hr)		
1	fresh zeolite	—	1.12	9.8	0.875	210	84	18.8
2	regeneration 1	70°C	1.14	9.5	0.835	200	81	13.0
3	„ 2	„	1.08	9.7	0.899	216	88	11.0
4	„ 3	„	1.18	10.1	0.856	205	83	8.5
5	„ 4	„	1.08	9.3	0.866	217	74	11.7
6	„ 5	„	1.11	9.1	0.822	206	70	11.5
7	„ 6	„	1.07	8.7	0.811	203	79	11.6

Table 3. Experimental conditions and results, cycling-up test of Zeolite C.

Run		Heating temperature	Average influent CO ₂ concentration (volume %)	Average influent CO ₂ flow (ml/min)	Influent gas flow		CO ₂ adsorption capacity (Total) BV(CO ₂)	
					SV (l/min)	LV (m/hr)		
1	fresh zeolite	—	1.17	10.0	0.853	205	83	19.6
2	regeneration 1	70°C	1.07	9.1	0.846	203	82	2.1
3	„ 2	„	1.05	8.7	0.833	200	81	3.0
4	„ 3	300°C	1.17	9.5	0.808	194	69	20.7
5	„ 4	„	1.14	9.0	0.791	190	67	15.4
6	„ 5	„	1.34	10.5	0.787	189	67	22.9

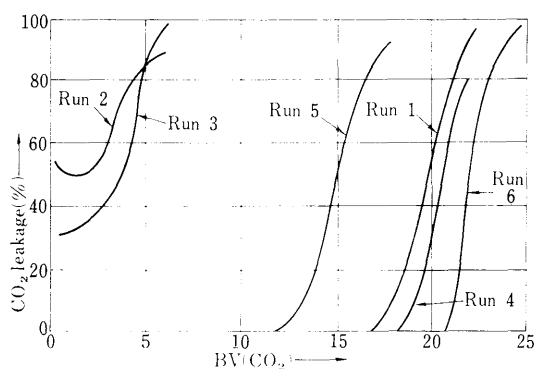


Fig. 5. Breakthrough curves of Zeolite C cycling-up test.

highest, that is, about 20 BV.

6. Discussion

Of about 10 different kinds of zeolites tested in this work, three kinds were selected as promising CO₂ adsorbents. Features of these three zeolites are as follows:

a) Zeolite A

This zeolite is regenerated quite effectively by heating at a comparatively low temperature of 70°C. This is a distinguished advantage of this zeolite. The CO₂ adsorption capacity of this zeolite is of the order of 3~4 BV.

b) Zeolite B

Heating to 300°C is required for the effective regeneration of this zeolite. The CO₂ adsorption capacity of this zeolite regenerated at 300°C is constant at about 12 BV.

c) Zeolite C

Just as in the case of Zeolite B, heating to 300°C is required for the effective regeneration of this zeolite. When regenerated at this

temperature, the CO₂ adsorption capacity is about 20 BV which is the highest among the capacity values shown by other zeolites. Another advantage of this zeolite lies in the fact that this natural zeolite is less expensive than other synthetic zeolites.

3. Regeneration of zeolites by microwave heating

In the foregoing experiments it was found out that in most cases zeolites exhausted with CO₂ can best be regenerated at temperatures of about 300°C. Heating by means of an electric furnace as used in the foregoing experiments required time as long as 2~3 hours because zeolites are poor conductors of heat. In order to remedy this drawback to the heating by an electric furnace, a study was made on heat regeneration of zeolites by microwave.

A adsorption column charged with 1.0 liter of zeolite was placed inside a microwave heating range designed especially for this study. When microwave of 2450 MHz. at an output of 800 W was applied, it took no more than 7 minutes to raise the temperature of zeolite to 300°C. This finding led to a study in depth of the heat regeneration of zeolites by the microwave heating range.

Zeolite B was used in this study. One liter of zeolite B was charged into an adsorption column made of glass. This adsorption column was placed horizontally in the microwave range. The gas inlet and outlet of the adsorption column were communicated to the outside of the microwave range. Air in mixed with CO₂ gas was passed through the adsorption column

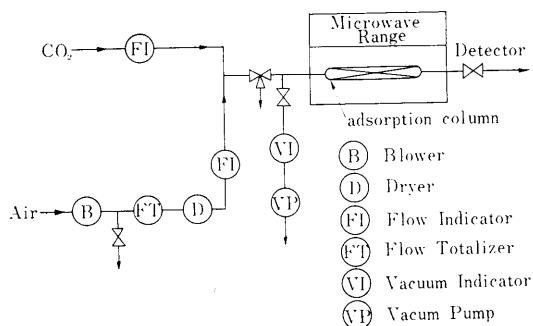


Fig. 6. Experimental apparatus.
(Microwave heating)

to accomplish an adsorption run.

Then the zeolite was regenerated by microwave heating under reduced pressure and the regenerated zeolite was allowed to cool to room temperature.

Following this, the adsorption run was carried out again with the regenerated zeolite to look into any change in the adsorption capacity of the zeolite. In this way, the effectiveness of repeated regeneration by microwave heating was investigated.

1. Experimental apparatus

An experimental apparatus used in this study is shown in Fig. 6.

2. Microwave heating range

A microwave heating range manufactured by N Company was used in this study. Photos of this microwave range are shown in Figs. 7 and 8. Specifications of this microwave range are as follows:

Heating capacity: 1 liter
 Heating rate: $300 \pm 50^\circ\text{C}$ in minutes
 Keeping warmth: 30 minutes at $300 \pm 50^\circ\text{C}$
 with automatic intermittent microwave irradiation

Microwave frequency: 2450 MHz.

Microwave output: 800 W on the average

Input power: 100 V AC single-phase, 50 Hz.
 frequency, and 16 A current

3. Adsorption tests

As shown in Fig. 6, a constant flow of air was sent to the system by means of a blower via a silica gel dryer and a rotameter. At the same time, a constant flow of CO_2 gas from a bomb was sent also to the system via another

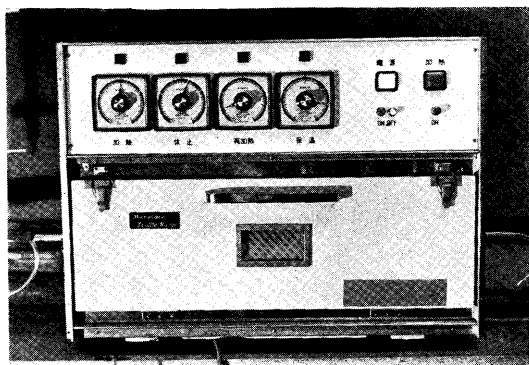


Fig. 7. Microwave heating.

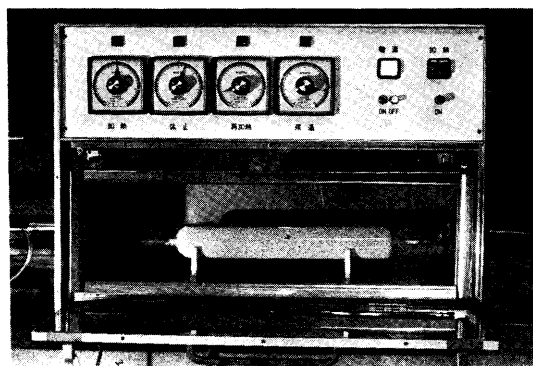


Fig. 8. Microwave heating.

rotameter. The resultant mixed gas was introduced to the adsorption column in the microwave range. This adsorption column with 60 mm I.D. and 350 mm depth was previously charged with 1 liter of Zeolite B. The influent mixed gas had a flow rate of 3.8~4.5 liters/min., a SV of 228~270 BV/hr. or a LV of 80~100 m/hr. The CO_2 concentration in the influent mixed gas ranged from 1.5 to 2.5 % by volume. The adsorption run was terminated when the CO_2 concentration in the effluent gas became constant.

The effluent gas volume was calculated from the cumulative flow reading at the flow totalizer in advance of the air dryer, adsorption time, CO_2 concentration in the effluent gas, etc. CO_2 concentration was determined by means of Kitagawa Gas Detector.

The CO_2 adsorption capacity of zeolite was determined by the graphic integration of BV (CO_2)-leakage curve.

4. Regeneration tests

As soon as an adsorption run was terminated,

Table 4. Experimental conditions and results (Microwave heating), cycling-up test of Zeolite B.

Run	Heating interval (min)	Microwave irradiation interval (min)	Average influent CO ₂ concentration (volume %)	Average influent CO ₂ flow (ml/min)	Influent gas flow			CO ₂ adsorption capacity	
					SV (l/min)	LV (BV/hr)	(m/hr)	(B.T Cap.)	(Total)
1	37	13	2.10	91.7	4.370	262	93	9.2	16.1
2	,,	,,	1.76	80.8	4.593	276	97	8.9	14.9
3	74	26	1.75	79.3	4.531	272	96	8.6	14.2
4	37	13	1.70	75.6	4.448	267	94	9.0	16.4
5	,,	,,	2.09	89.4	4.280	257	91	9.1	16.3

the flow of influent mixed gas was stopped and the pressure inside the adsorption column was reduced by means of the vacuum pump. When the pressure inside the adsorption column became lower than 50 Hg abs., the irradiation of microwave was started while continuously working the vacuum pump. The temperature of zeolite rose to 300°C in about 7 minutes. Thereafter, the temperature inside the adsorption column was kept at about 300°C for about 30 minutes by the automatic and intermittent irradiation of microwave. Then, the zeolite was allowed to cool while continuing the pressure reduction by the vacuum pump. This completed the regeneration step.

5. Experimental results

The experimental results are shown in Table 4 and Fig. 9. The total CO₂ adsorption capacity of Zeolite B was about 14~16 BV(CO₂),

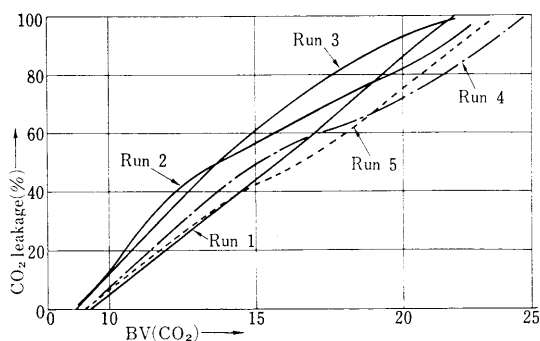


Fig. 9. Breakthrough curves of Zeolite B (Microwave heating) cycling-up test.

and its breakthrough capacity for CO₂ about 9 BV(CO₂). The breakthrough point of CO₂ was constant throughout the cycling-up test and the CO₂ leakage was 0% up to the breakthrough point.

These results indicate that heating by microwave is an effective means of regenerating zeolite exhausted with CO₂.

In the present study, tests were carried out under ordinary pressure and on a small scale. It is therefore necessary to make an additional study in which the new purification method is adopted under high pressure and on a larger scale. In that case, helium mixed gas is used under high pressure and therefore, the microwave heating range, especially its magnetron should necessarily be of material impervious to helium gas. Also, in a scale-up application of the present purification method, a due consideration should be given to the specifications of the microwave regeneration system.

As stated above, various problems are expected in the practical application of the present purification method. However, there is a strong possibility that this method can be put into practice.

As a result, a new method of continuously purifying the breathing gas has been contrived, whereby CO₂ in the breathing gas is removed on suitable zeolites which can be repeatedly regenerated by means of microwave heating.

再生可能なる吸着剤による呼吸ガスの精製に関する研究

清水 博 神藤郁夫 荒木清一郎

要旨：海中住居や潜水船のように閉鎖された系においては、人間の呼吸による炭酸ガスの蓄積が大きな問題になる。この問題を解決するために、呼吸気体中の炭酸ガスを除去する新しい方法について研究を行なった。炭酸ガスの除去方法としては吸着法を用い、吸着剤として種々の合成及び天然ゼオライトを使用した。

その結果、適当なゼオライトを用いると、炭酸ガスを有効に吸着除去することが可能であることが認められ、また炭酸ガスを吸着したゼオライトは、一般に加熱と減圧の組合せによって効果的に再生されることが認められ、使用と再生を繰り返しても、ゼオライトは炭酸ガス吸着能力の低下がなく、何度でも繰り返し再使用できることがわかった。

また加熱再生をマイクロ波を用いて行なうと電熱加熱による再生方法にくらべて、ゼオライトの加熱に要する時間が著しく短縮され、再生も十分に効果的に行なわれるという結果が得られた。

Applications of Cathodic Protection System to Marine Steel Structures in Japan*

Masao NAKAGAWA**

Abstract: For the purpose of corrosion control on the area above the splash zone of the marine steel structures, various types of coating are applied, while in the submerged zone and mud zone cathodic protection, both "impressed current system" and "galvanic anode system", is most effective and economical. It is easy to keep the rate of corrosion prevention more than 90% through proper design, installation and maintenance.

This is a report of the design, outline of installation works and protective effect of cathodic protection systems for sea-berth for oil tanker, drilling platform, wave observation tower, drilling barge and submarine pipeline by impressed current system or galvanic anode system.

1. Introduction

Oceanic development involves many technical problems and one of them is corrosion control, including anti-fouling, for submarine steel structures. Nowadays major marine structures made of steel are the harbour cargo handling facilities such as quay, sea-wall, sea-berth for mammoth tankers, etc. and the undersea resources exploiting equipment such as drilling barge, drilling platform, submarine pipeline, etc., and in the years to come promising is construction of number of such submarine structures as undersea tunnel, undersea oil storage tank, undersea power plant, undersea operation center, undersea farm and so on, for each of which corrosion control will be the most important problem.

Most of marine structures are located in the corrosive environments which should be divided into five categories; (1) sea atmospheric zone, (2) splash zone, (3) tidal zone, (4) submerged zone and (5) sea mud zone, and consequently the mechanism of corrosion is more complex and the corrosion rate is higher than in the ordinary corrosive environments. Therefore, the most suitable method of corrosion control in each particular zone must be taken up in order to overcome such severe corrosive cir-

cumstances.

For protecting the section exposed in the air above the splash zone, it is usual to apply paint coating or concrete covering, and as a preventive coating system, undercoat of inorganic zinc rich paint followed by topcoat of epoxy-base or coal tar epoxy base paint is said most durable.

The section above the mean water level of the tidal zone may be protected by the same method as for the splash zone because of short time of sea water immersion, while the section below M. W. L. may be guarded by cathodic protection. Since the section above M. W. L. is especially attacked by severe corrosion, it may sometimes be protected by covering the pile with wrought iron, Monel metal or stainless steel.

Although the submerged zone and the sea mud zone may be temporarily protected by coating, it is difficult to re-coat once the initial coating had deteriorated, so in many cases cathodic protection system is applied to the structurals as naked in these zone, or coating and cathodic protection are applied in combination to such structures as steel piling, submarine pipeline, undersea tunnel and undersea storage tank.

Cathodic protection system has been actually applied to a great many structures all over the world, and in Japan, too, more than fifteen

* Received April 30, 1971

** Nakagawa Corrosion Protecting Co., Ltd., Japan

hundred constructions in harbour facilities and submarine structures have been protected by this system since 1950 and its effectiveness of protection is widely recognized. The following are the merits of cathodic protection system:

- (a) Regardless of the old or new-built structure, it is applicable.
- (b) As it almost has no need of trimming the structure for the purpose of cathodic protection, neither any change in design of the structure nor shutdown of the plant is necessary.
- (c) As the protective effect is high (normally more than 90 per cent protection rate), it has no need of considering more allowance for corrosion than required or of using high-quality anti-corrosive material.
- (d) The protective effect can easily be confirmed by electrochemical means.
- (e) It prevents shutdown of the plant, replacement of structural members, loss of manufactures or accident resulting from corrosion.
- (f) The cost of corrosion prevention is relatively low for its effectiveness of protection.
- (g) Easy maintenance.

In this report several typical examples of cathodic protection application to submarine steel structures are cited with brief explanation of design and installation work.

2. Example 1: Sea-berth for oil tankers

Currently the mode of moorings for large-sized tankers is changing to the offshore sea-berth system. The scale and construction are various, but generally it is a type of pier or dolphin, constructed of large-diameter steel pipes. This is an example of the impressed current system cathodic protection on a sea-berth, but there are many cases of the galvanic anode system cathodic protection as described in the next example. Usually, the impressed current system is taken up for large-scale facilities, while the galvanic anode system is employed for small-scale structures and this is because of economical reason.

- (a) The object for corrosion control:

Sea-berth for 350,000 D. W. T. class crude

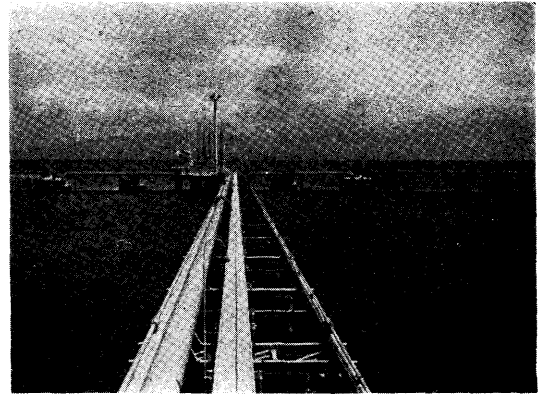


Fig. 1. General view of sea-berth.

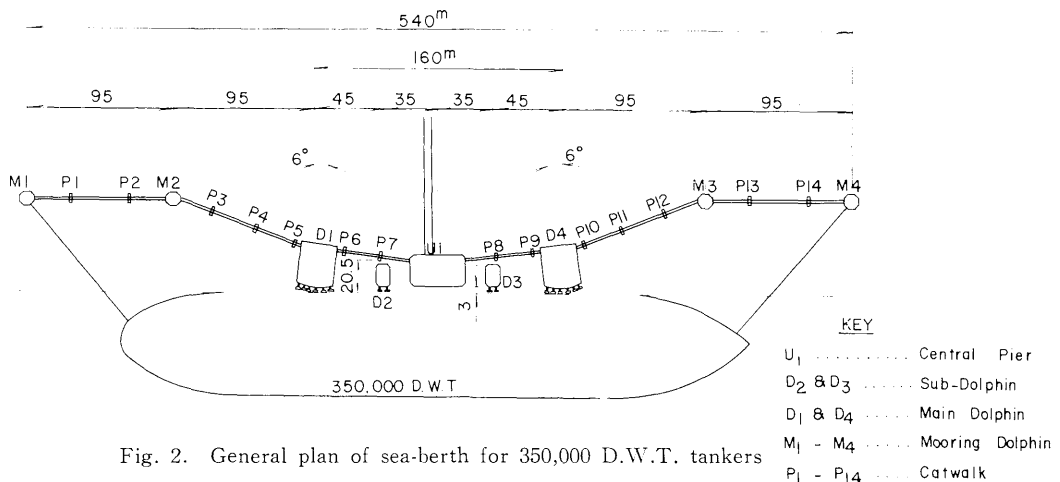


Fig. 2. General plan of sea-berth for 350,000 D.W.T. tankers

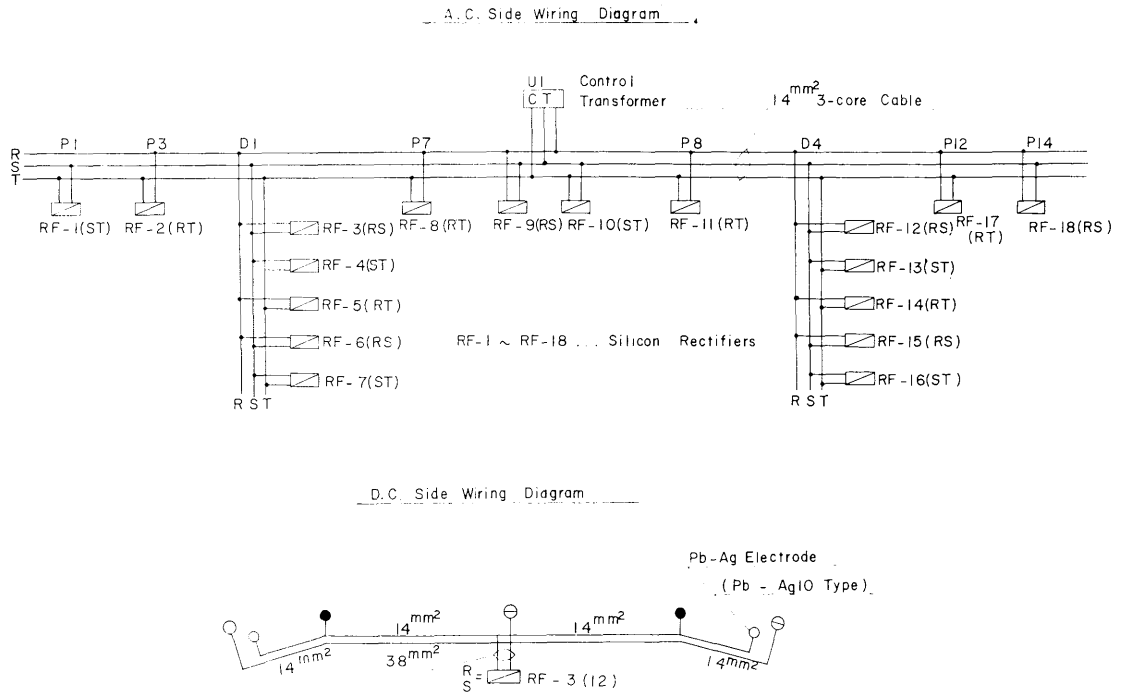


Fig. 3. Cathodic protection wiring diagram in sea-berth.

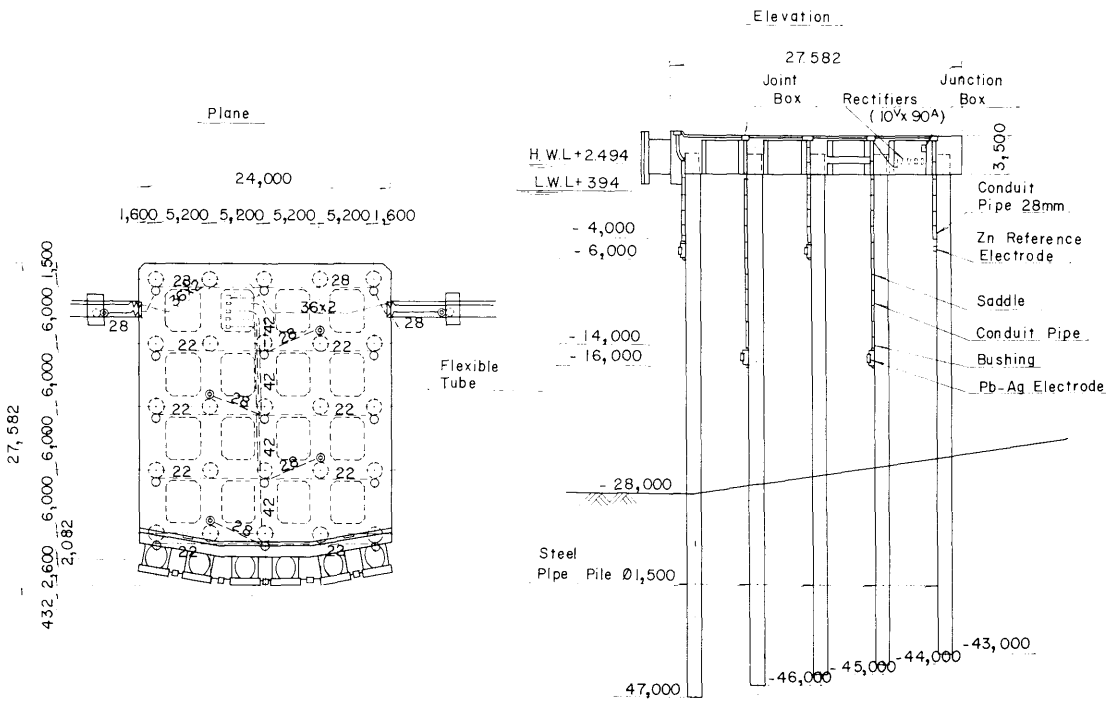


Fig. 4. Electrode arrangement in main dolphin.

oil tanker, -28 meter deep, with 136 steel piles.

(b) Method of corrosion control:

Above the water level... Anti-corrosion coating (inorganic zinc rich paint and tar-epoxy paint)

In seawater and sea mud... Impressed current system with two-step transformer-rectifier

(c) Protective current:

Central pier	140 A
Main dolphin	360 A × 2 units = 720 "
Sub-dolphin	92 " × 2 " = 184 "
Mooring dolphin ...	57 " × 4 " = 228 "
Catwalk.....	10 " × 14 " = 140 "
Total.....	1,412 "

(d) Power source apparatus:

Control transformer, input 460 V, 3 ϕ , 27 KVA	1 unit
Silicon rectifier, output 10 V × 90 A, 1.3 KVA	18 units

(e) Electrode unit:

Material.....	Lead-silver alloy
Size and quantity...	
25 ϕ × 850 mm, 30 A rating...	48 pieces
25 ϕ × 200 mm, 10 A rating...	12 pieces

(f) Wiring and piping:

Piping...	Thick-wall conduit pipe
Wiring.. D.C. side:	Vinyl insulated cable
A.C. side:	Polyethylene insulated, polyethylene sheathed cable

(g) Reference electrode:

Each dolphin was fitted with a zinc reference electrode which is connected to the control transformer with measuring circuit wiring, and the potential of each section can be monitored through instrumentation of the control transformer.

The general plan of the sea-berth is shown in Fig. 2 and the wiring diagram is in Fig. 3. The electrode unit was attached to the steel pipe pile through insulator by underwater welding process, as shown in Fig. 4; all the steel piles are kept under protective potential. According to the result of test for protective effect by means of test pieces over one year, the corrosion rate of the non-protected pieces

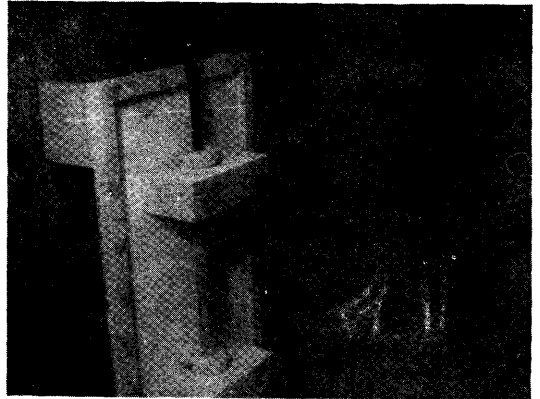


Fig. 5. Lead-Silver Electrode attached to pile by underwater welding.



Fig. 6. Underwater Welding of galvanic anode.

was 0.12~0.14 mm per year, while that of all the protected pieces was zero, representing 100 per cent protection.

3. Example 2: Sea-berth for oil tankers

This is a 250,000 ton tanker berth which was installed in the 26 m deep sea around the middle of Tokyo Bay, constructed of 95 pieces of 0.71 to 1.5 m diameter and 68 to 75 m long steel pipe pile with extension of approximately 500 m.

Between the sea-berth and the on land tank-yard is laid 42-inch diameter submarine pipeline, which is cathodically protected by the impressed current system from the seaside.

The following is the generality of design of cathodic protection:

(a) Protected area and protective current

Structure	Protected area (m ²)	Protective current (A)
Unloading pier	3,797	202
Main dolphins	5,426	306
Mooring dolphins (A- M1, M2 & M4)	4,875	264
Mooring dolphin (B- M3)	1,888	103
Supplemental dolphins	1,292	68
Catwalk pier-A	1,404	84
" " -B	996	56
Total	19,678	1,587

(Not including submarine pipeline)

(b) Method for corrosion control

Galvanic anode system with aluminium alloy anodes (ALAP)

(c) Type and quantity of anodes in use

Structure	Type H-70	Type H-80	Type H-120
	(2.0 A/pce)	(2.0 A/pce)	(2.0 A/pce)
Unloading pier	42 pcs	117 pcs	pcs
Main dolphins	62	30	102
Mooring dolphins (M1, M2 & M4)	51	27	90
Mooring dolphin (M3)	22	9	35
Supplemental dolphins	12	44	
Catwalk pier-A	12	54	
" " -B	10	34	
Total	211	315	227

753 pieces of ALAP anode in total were installed, and 6 to 11 pieces were attached to each pile by underwater welding process, as illustrated in Figs. 6, 7 and 8.

4. Example 3: Offshore platform

Most of offshore platforms for oil production are constructed of steel pipe piles and for corrosion control measure, anti-corrosion coating is applied to the sea atmospheric zone, anti-corrosion coating or metallic covering to the splash zone and cathodic protection system to the submerged zone. Many offshore platforms are of jacket type which is usually assembled and processed in the works on land and transferred to the location and emplaced. Accordingly the cathodic protection equipment can be installed at the time of assembling in the works, then the structure fitted with aluminium anodes being shipped from the works.

In case of this platform, galvanic anode system with aluminium anodes is applied, but impressed current system is also applicable. In many cases, the platform is protected by galvanic anode system during the period of wild-cat drilling and it is changed over to impressed current system when oil production is set about following the success in prospecting. This is because when the well begins to produce oil the power supply cabling must be laid up to the platform thereby power being available and also because impressed current system is economically advantageous for long-term corrosion control, as compared with galvanic anode system. However, galvanic anode system is recommendable where maintenance is difficult to do.

Oil well casing can also be guarded by

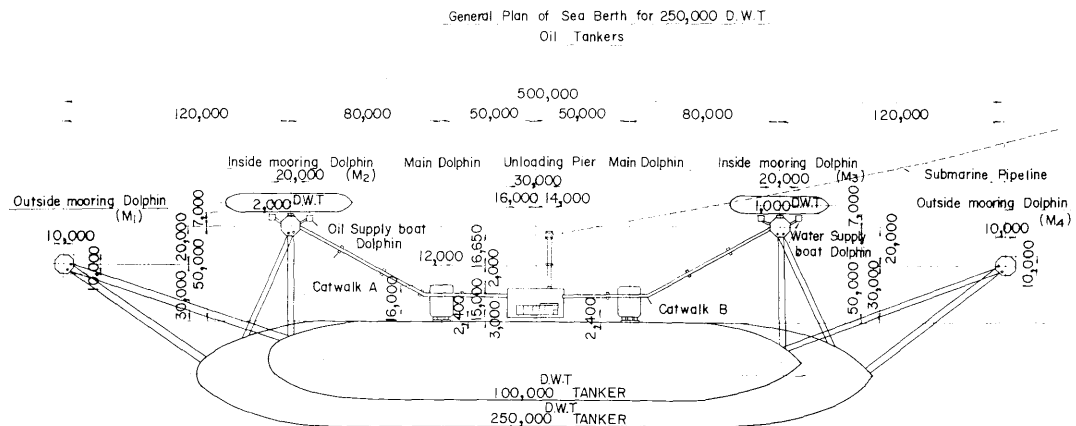


Fig. 7. General plan of sea-berth.

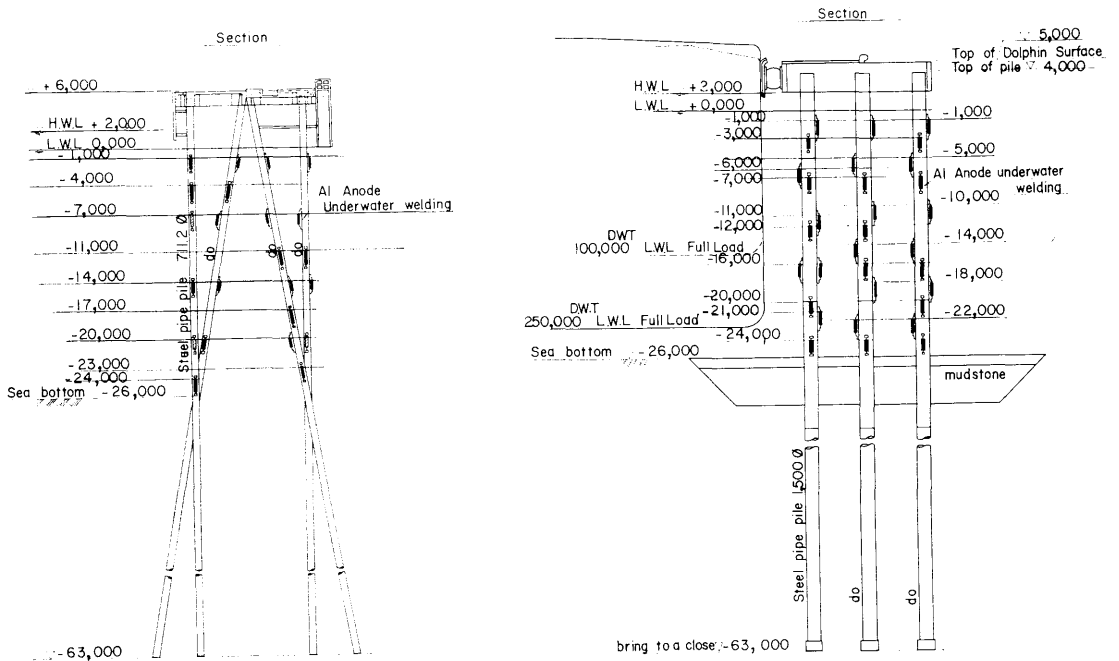


Fig. 8. Unloading pier and main dolphin.

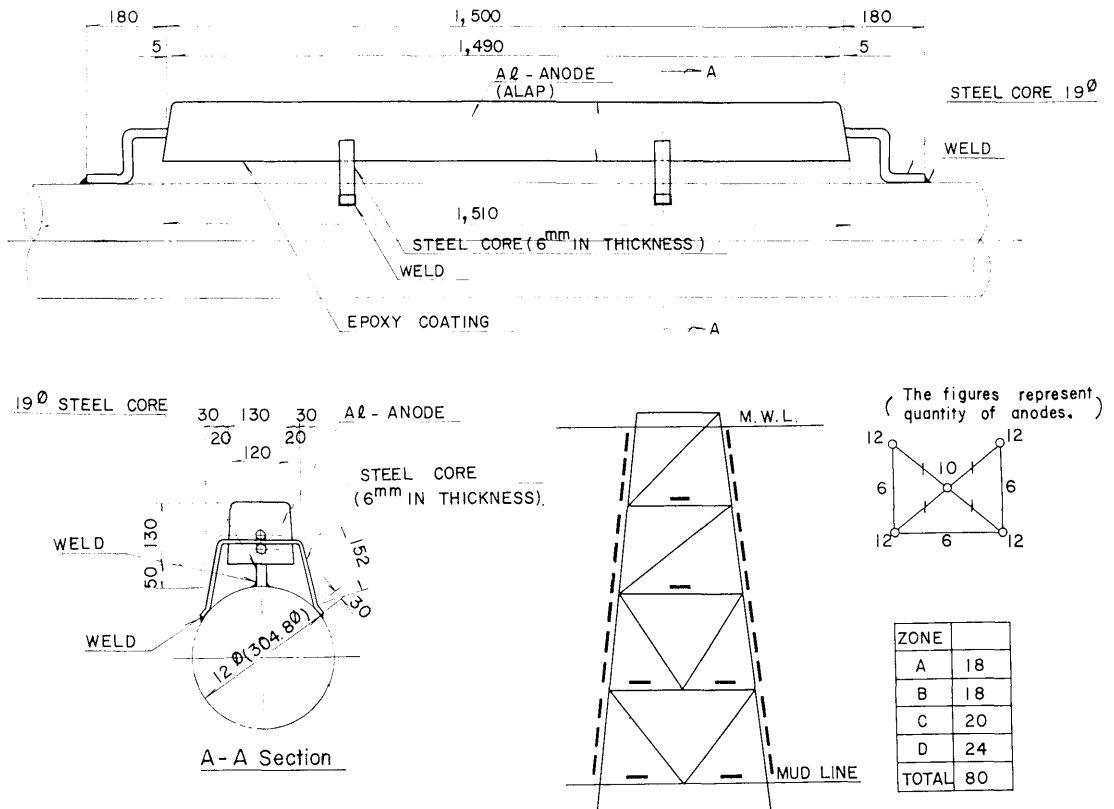


Fig. 9. Shape of anode and general arrangement on offshore oil well jacket.

cathodic protection, but while the casing is to be put in more than 1,000 m deep beneath the sea bottom, the anode cannot be installed in the sea mud, so it is necessary to make special design in consideration of the anodes to be installed and protective current value, in order to make protective current thoroughly flow to the lower area of the casing.

As the facilities related to the offshore oil production platform, there are submarine pipeline and undersea storage tank. Some of the undersea storage tanks are fitted with number of aluminium anodes on the shell plate for cathodic protection. In the other paragraph is stated about submarine pipeline.

(a) The object for corrosion control:

Offshore oil well jacket in 115 feet deep water.

(b) Method of corrosion control:

Galvanic anode system with aluminium anodes.

(c) Protected area and protective current:

In sea water... $1,960 \text{ m}^2 \times 0.10 \text{ A/m}^2 = 196 \text{ A}$

In sea mud... $180 \text{ m}^2 \times 0.02 \text{ A/m}^2 = 4 \text{ "}$

Total... 200 "

(d) Anode in use:

Kind and Brand... Aluminium anode
"ALAP" Type H-140

Shape and Size... Square bar;
 $(110+130) \times 130 \times 1,500 \text{ mm}$

Initial current output... 2.5 A/piece

Quantity of anodes installed... 80 pieces

Service Life... 12 years

(e) Method of fitting:

The strap for anode mounting was welded to the specified position on the steel pile at the time of assembling and processing of the main structure on land. Fig. 9 represents the shape of the anode and arrangement.

5. Example 4: Wave observation tower

(a) The object for corrosion control:

Jacket-type tripod steel tower constructed of steel pipes, 812 mm O.D. in 20 m deep water.

(b) Method of corrosion control:

Impressed current system

(c) Protected area:

In sea water... 520 m²
In sea mud... 140 m²

(d) Protective current:

55 amperes

(e) Power source apparatus:

Silicon rectifier, D.C. output 15 V x 60 A

(f) Electrode unit:

Material... Lead-silver alloy

Size and quantity... 25 x 650 mm ... 3 sets

The electrode was enclosed in a hard vinyl holder which was attached to the horizontal truss with L-steel by underwater welding process. The lead-wire of the electrode was connected through a metallic conduit pipe to

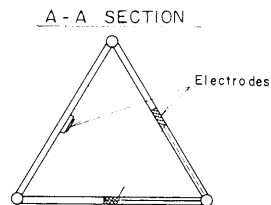
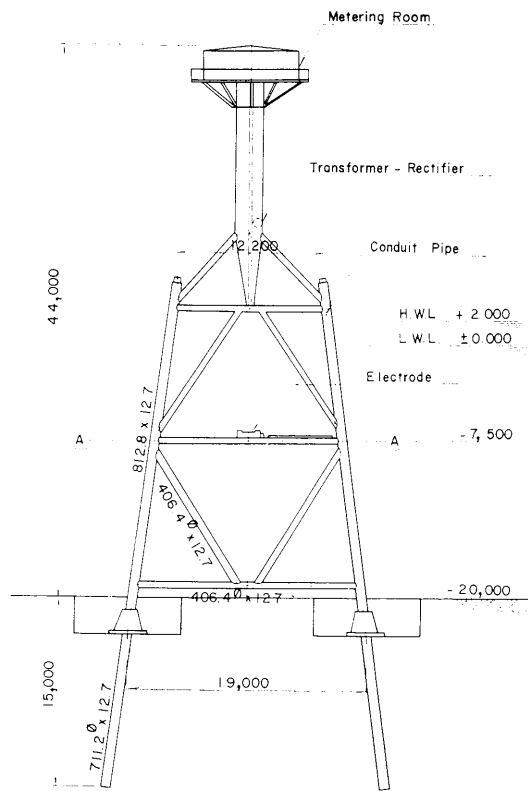


Fig. 10. Wave observation tower-electrode arrangement and piping.

the rectifier installed in the observation tower so as to avoid damage due to wave.

Fig. 10 shows the electrode arrangement and piping. The potential in the submerged zone is kept at a such value sufficient for attainment of corrosion prevention, namely $-1,000\text{mV}$ referred to S.C.E. According to the result of testing by the test pieces simultaneously attached to the tower four years ago, the corrosion rate of the non-protected piece is 0.3 mm a year, while that of the protected piece is zero. One set of non-protected piece and protected one is shown in Fig. 11.

Report on test by test pieces

Place of Installation: The observation tower
off Hiratsuka Beach, National Disaster
Prevention Science Center

Date of installation: November 23, 1966

Date of removal: September 16, 1970

Days of testing: 1,415 days

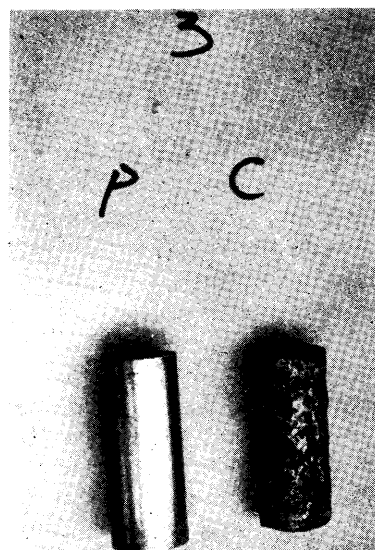


Fig. 11. "P": Cathodically protected test piece
"C": Non-protected test piece
(Both pieces underwent four year testing
in the sea water of Sagami Bay, Japan.)

Wire mark	Piece mark	Water depth (m)	Weight before test (gr)	Weight after test (gr)	Weight loss (gr)	Corrosion rate	
						By weight (gr/m/hr)	By depth (mm/yr)
79	P	-2	85.069	85.210	0	0	0
	C		84.121	56.227	27.894	0.262	0.292
80	P	-4	85.181	85.342	0	0	0
	C		83.120	52.765	30.355	0.285	0.318
81	P	-6.5	84.682	84.879	0	0	0
	C		85.033	59.060	25.972	0.244	0.272
82	P	-9	84.509	84.670	0	0	0
	C		83.197	49.844	33.354	0.313	0.349

Note: (1) Mark 'P' represents the protected test piece and mark 'C' the non-protected one.

(2) It is attributable to some irremovable deposits on the piece that the weight of every protected piece after testing is larger than before testing. In this case, weight loss is deemed "zero".

6. Example 5: Drilling rig

Any of the marine structures such as ship, submarine survey boat, mobile drilling rig, etc. can dock in from time to time for repair or replacement of anti-corrosion equipment, but in every case careful consideration must be given to the problem of corrosion in view of use in high-corrosive marine environments for a long term, great loss due to possible shut-down resulting from debasement in strength and function attributable to corrosion and also of high cost of the structure itself, and cathodic protection system is widely applied in this

field, too.

It is usual to protect the shell plating of ship by combination of anti-corrosion coating and cathodic protection, and in many cases the cathodic protection is provided by galvanic anode system with zinc anodes, but now the automatic control impressed current system becomes popular. Since the value of required protective current widely varies depending on the ship's condition, that is, at anchor or on voyage, and what is more the paint film may be damaged under condition of over-protection, it is desirable for cathodic protection of the ship's shell plating to keep the protective cur-

rent proper constantly. Galvanic anode system may sometimes fail to feed sufficient current when large amount of protective current is required. Impressed current system tends to feed excessive current when the ship is at anchor. Accordingly, automatic control impressed current system is most advantageous because it can keep the protective current for the shell plating adequate all the time, regardless of being at anchor or being under way.

Cathodic protection system can be applied to the ballast tanks of ship, too. In order to protect the internal surface of the tank from corrosion due to sea water ballast during the period of empty hold, galvanic anode system with aluminium anodes or zinc anodes is employed. For planning and designing of corrosion control for the ballast tank, it is necessary to calculate the service life of anodes in consideration of the rate of sea water ballasting.

The submarine boat is also protected by combination of coating and cathodic protection. The hull of submarine boat undergoes compressive stress by external pressure while submerging, and when surfacing it is subject to the effect of residual stress of compression, though external pressure is eliminated. This means the hull undergoes repeated stress by submerging and surfacing, and then it is necessary to take the problem of stress corrosion into consideration. In construction of deep-sea submarine boat, super high tensile maraging steel is used, but there are some unsolved problems in the countermeasure for such phenomena as weld decay crashing and delayed crashing, and furthermore this material may cause hydrogen embrittlement in case of excessive cathodic protection. The hull and manipulator section of "SHINKAI", the first-built submarine survey boat in Japan, are protected by galvanic anode system.

In case of cathodic protection to high tensile steel, there is no trouble of hydrogen embrittlement as far as the steel member of 50~60 kg/mm² is concerned, but it is said the material of higher tension than the above is subject to embrittlement to some degree, though the degree is not yet proven.

On the other hand, cathodic protection is fairly effective against stress corrosion, too and in fact there are some cases in U.S.A. where it is applied to maraging HY-100 steel structure. In this case, corrosion preventing system is so designed as to flow protective current with as slight as possible potential difference through mild steel corrugated sheet as electrode, and to prevent hydrogen embrittlement by anti-corrosion coating on the steel surface with polyurethane-base paint to make low current density.

There are many types of mobile drilling rig-submersible rig, self-elevating platform rig, semi-submersible rig and floating barge; to all of them cathodic protection system is applied. The particulars of the corrosion preventing device vary depending on the scale and construction of the rig. In most cases, the external sections are protected by automatic control impressed current system and the interior of floater or ballast tank is protected by galvanic anode system.

The following are the details of cathodic protection system for RIG-61 of Transworld Drilling Co. built in Japan:

Self-elevating column-stabilized floating drilling rig

1. Cathodic protection for hull's shell plating while navigating
 - (a) Protected area and protective current:
Shell plating, etc.
 $3,050 \text{ m}^2 \times 0.01 \text{ A/m}^2 = 30.5 \text{ A}$
 - (b) Method of cathodic protection:
Galvanic anode system with aluminium anodes
 - (c) Anode in use:
Material Aluminium alloy
Brand..... ALAP Type AB-16BC
Shape and size.....
Flat plate, 50×100×500 mm
Initial current output.... 0.72 A/piece
Quantity of anodes..... 46 pieces
Service life..... 730 days, say 2 years
 - (d) Installation:
The anode was fastened with nuts to the stud bolts welded in place to the shell plate; the anode arrangement is at intervals of 1.5~1.6 m.

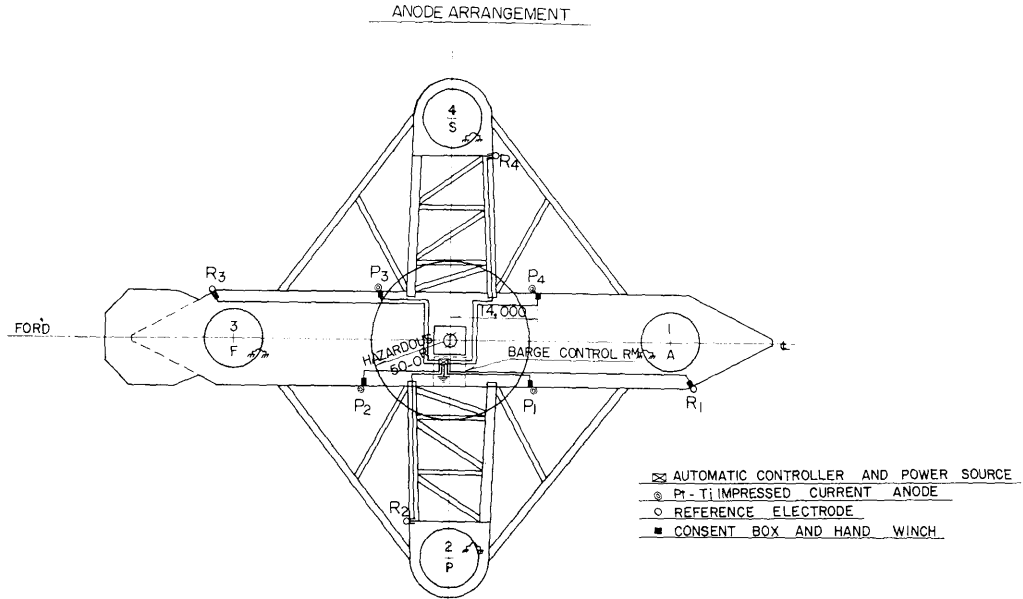


Fig. 12. Self-elevating column-stabilized floating drilling rig—61.

2. Cathodic protection for the shell plating of the legs during drilling operation
 - (a) Protected area and protective current:
 Legs and footings (1,460 m² × 0.10 A)
 × 4 legs = 146 A × 4 legs
 - (b) Method of cathodic protection:
 Automatic control impressed current system
 - (c) Power source apparatus:
 Model S.C.R. Model Automatic Control Rectifier . . . 1 unit
 Input 480 V, 3 φ
 Output 20 V × 150 A × 4 ccts.
 - (d) Electrode unit:
 Material Platinized titanium
 Size 50 φ × 2,000 mm
 Current output 150 A/piece
 Quantity 4 pieces
 Service life 5 years
 - (e) Reference electrode:
 Material Zinc
 Size 50 φ × 100 mm
 Quantity 4 pieces
 - (f) Outline of design:
 The power source apparatus is located in the barge control room. The electrode is hanged down by hand winch from each of four places on the hull and is hoisted

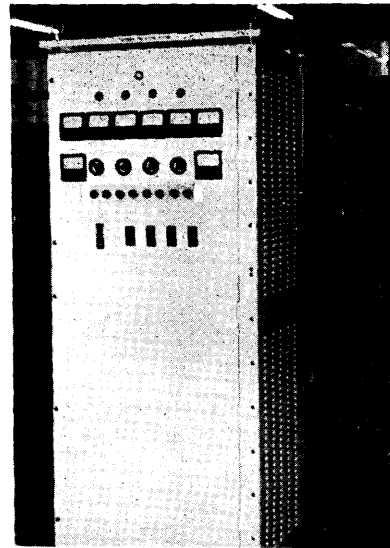


Fig. 13. Automatic control D.C. power source apparatus.

3. Cathodic protection for the interior of leg and footing
 - (a) Protected area:

Total area of protection... 38,700 m²
 Each leg and footing has several compartments so that balance can be maintained by combination of sea water ballasting in each of them.

(b) Protective current density:

As the time of ballasting varies by each compartment, its protective current density also varies. In the area where ballasting is for limited days it is 500 mA/m², while in the area where ballasting is for many days it is 54-70 mA/m².

(c) Anode in use:

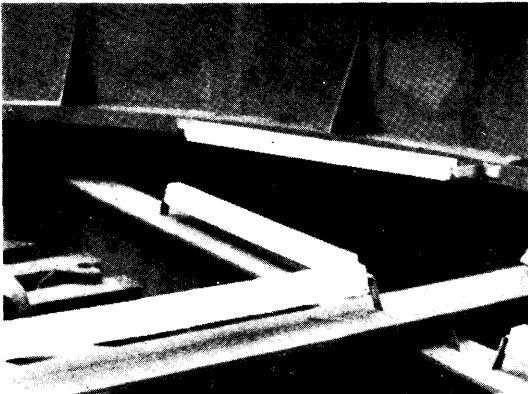


Fig. 14. Anode arrangement in ballast tank

For the designed service life as five years, five types of aluminium alloy anode and one type of magnesium anode were installed in the tanks, depending on the days of ballasting. Fig. 14 shows the anode arrangement in a ballast tank of RIG-61.

7. Example 6: Submarine pipeline

Generally, the submarine pipeline is protected from corrosion by combination of insulative covering with coal-tar enamel coating and glass-cloth reinforcement and cathodic protection. Accordingly, the current density in cathodic protection is remarkably low as of 1~5 mA/m², as compared with in case of bare surface. However, because of long extension as well as of limited position and large intervals for anode arrangement, different from other structures, there are many points to be considered at the time of design for corrosion control system.

This is an example of the impressed current system for a submarine pipeline, but in many cases galvanic anode system with aluminium anodes or zinc anodes is applied. Fig. 15 shows the method of installing galvanic anode. Also, there are many cases where an anode bracelet

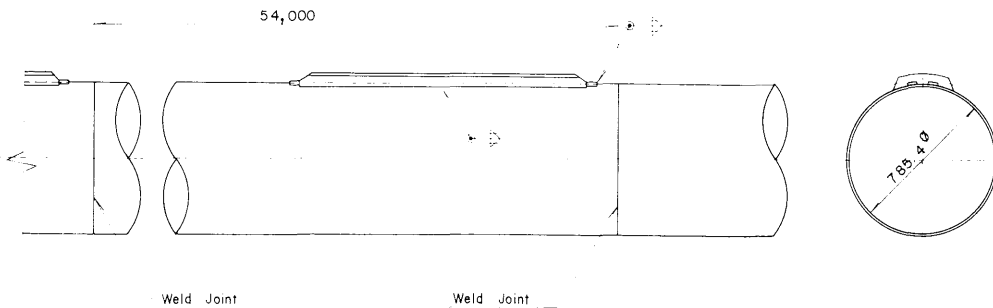
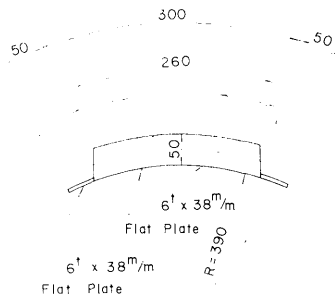


Fig. 15. Anode attached on pipeline.



is mounted with band embracing the pipe, as shown in Fig. 16.

- (a) The object for corrosion control:
Submarine pipeline, 48'' ϕ \times 10 km, with coal-tar enamel and glass-cloth covering.
- (b) Method of corrosion control:
Impressed current system
- (c) Protected area and protective current:
Under sea bottom...
48,500 m² \times 2.15 mA/m² = 105 A
Under soil on land, etc..... 10 "
Total..... 115 "
- (d) Power source apparatus:
Silicon rectifier..... 1 unit
Input-400 V, 3 ϕ
Output-36 V \times 130 A
- (e) Electrode unit:
Material..... High silicon cast iron
Size and quantity... 180-240 ϕ \times 800 mm, 30A rating... 4 pieces
Installation..... The electrodes were

buried under the sea bottom near the sea-shore 300m far from the submarine pipeline.

Fig. 17 shows the general arrangement of cathodic protection system for a submarine pipeline.

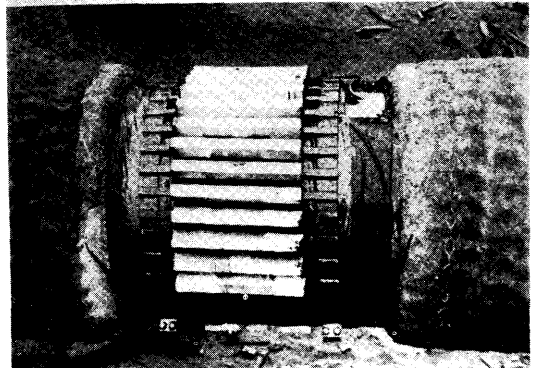


Fig. 16. Anode bracelet mounted on pipeline.

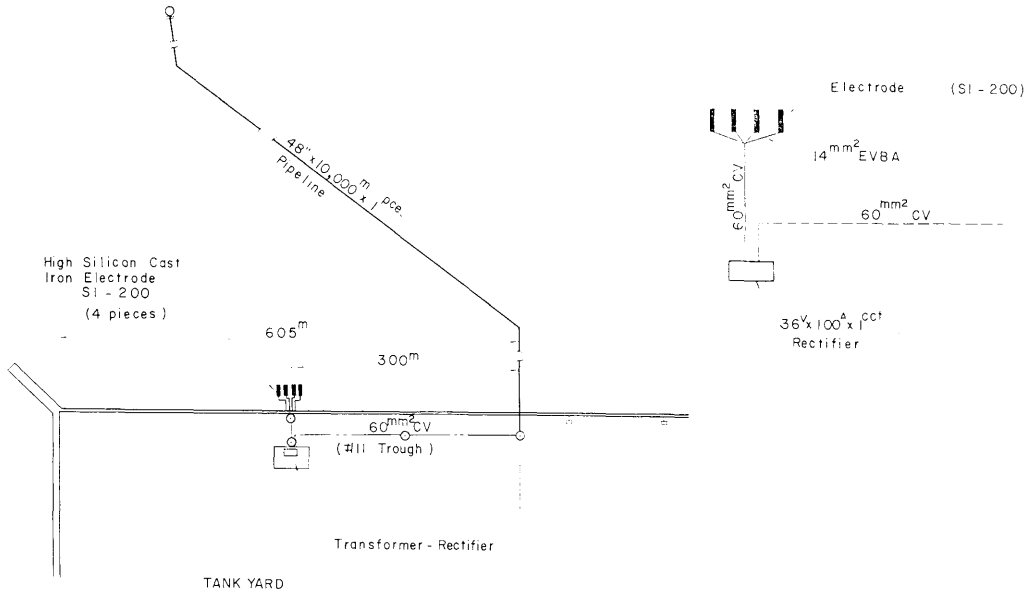


Fig. 17. General arrangement of cathodic protection system for submarine pipeline.

日本における海洋鋼構造物に対する電気防食の適用

中 川 雅 央

要旨; 海洋開発を遂行してゆくために重要な問題の一つは、海中に構築される金属構造物や装置類の防食問題である。これらの構造物の効果的且つ恒久的な防食法として、電気防食法（陰極防食法）の適用が検討されている。

本報では鋼杭構造のオイルタンカー用シーバース、採油プラットフォーム、波浪観測塔、ドリリングリグ、海底パイプライン、などに適用された外部電源方式、および流電陽極方式による電気防食の設計ならびに施工の概要と防食効果の評価について述べる。

Studies on the Aquaculture of *Macrobrachium nipponense* (De Haan) with Special Reference to Breeding Cycle, Larval Development and Feeding Ecology*

Yutaka UNO**

Abstract: The commercial important fresh water prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) was reared in the laboratory. The adult female took place pre-spawning molt and spawning in the intervals of 17~18 days under the laboratory conditions. Relation between egg-carrying period and temperature may be expressed by linear equation. It will be seen that there are at least three peaks of spawning in the field.

The larva went through nine zoeal stages to the first postlarva in 20 days approximately, under the laboratory condition: water temperature 27.8~28.2°C, salinity 4.56~5.15‰ Cl. The temperature metamorphosing to postlarva ranged from 28.5 to 32.3, 24.4 to 32.4, 24.2 to 32.1 and 27.7 to 32.4°C at salinity 1.65, 4.64, 7.22 and 11.8‰ Cl, respectively. Relation between the size of ration and concentration of food may be expressed in favor of Ivlev's formula, $r = R(1 - e^{-kp})$.

1. Introduction

The prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) is very commonly met with in brackish and fresh waters of Far East region. The species is the most important commercial fresh water prawn in Japan.

Recently, interest has been shown in the possibility of the culture for mass-production of the genus in the world. *Macrobrachium carcinus* has been reported by LEWIS *et al.* (1965) and *M. rosenbergi* by LING (1961, 1962) and UNO *et al.* (1969).

The taxonomical and ecological studies of the prawn has been reported by KUBO (1940, 1949, 1950). However, there is little evidence on larval development, breeding and feeding ecology, as the first place of the propagation on this species. The present paper is dealt with these problems basing on the feeding experiment in the laboratory.

2. Materials and methods

The adult specimens were collected from the

* Received April 30, 1971

** Ecological Laboratory, Tokyo University of Fisheries

Lake Kasumiga-Ura, Ibaragi Pref., Japan and removed our University for experiments. Adults were reared separately, one in each glass aquarium 30×19×15 cm. All the prawn were fed daily with approximately 5 grams of bivalve meal, measuring the daily ration. Each aquarium was examined daily to record water temperature and molting.

The breeding behavior was examined in the field as the prawn do not always behave naturally in aquaria. Random samples from the commercial catches were collected from Tamatsukuri, Kasumiga-Ura during May 22 to September 22, 1970. Intervals between sampling dates were usually 10 days.

In order to the larval development, groups of newly hatched larvae were placed in pouches made of bolting silk to promote feeding capacity and prevent from siphoning out of larvae. The details of rearing method have already described (KWON and UNO, 1969).

With a view to determining the effects of temperature on the larval development, groups of 50 newly hatched zoeae were reared under 8 different variations of temperature ranging from 18.9 to 37.0°C. The combined effects of temperature and salinity on the metamorphosis

of larva were investigated. The newly hatched zoeae were reared through metamorphosis under the various salinity-temperature combinations.

The effect of food concentration on the ration of zoea was studied. 10 ninth zoea larvae kept in 300 ml glass jar were fed under 6 different food concentrations ranging from 200 to 1,200 *Artemia salina* nauplii. The size of ration during 6 hours was determined.

3. Results and discussions

A) Breeding cycle

The daily ration and pre-spawning molting cycle of the species was shown in Fig. 1. The prawn took place pre-spawning molting about ten days after culturing and being adapted in the aquarium under conditions of water temperature 24.5~25.4°C and salinity 3.12~4.15‰ Cl. The sexually ripe female (1~7 hours after the pre-spawning molting) was able to mate by introducing a mature male into an aquarium. Egg-laying took place between 1~6 hours after mating. Sexually ripe females can be identified by following: 1. The fully developed ovary can be seen through the carapace as a large greenish gray colored mass. 2. The daily ration

of food decreases 2~4 days before pre-spawning molt as shown in Fig. 1 (arrow MB indicated molting). The interval between two successive molts ranged from 17~18 days at 24.5~25.4°C.

The egg-carrying period determined in 23 specimens under various water temperatures, ranged from 11 to 22 days, as shown in Fig. 2. Relation between egg-carrying period and temperature may be expressed by linear equation.

The occurrence of berried specimens among female in the field was shown in Fig. 3. The

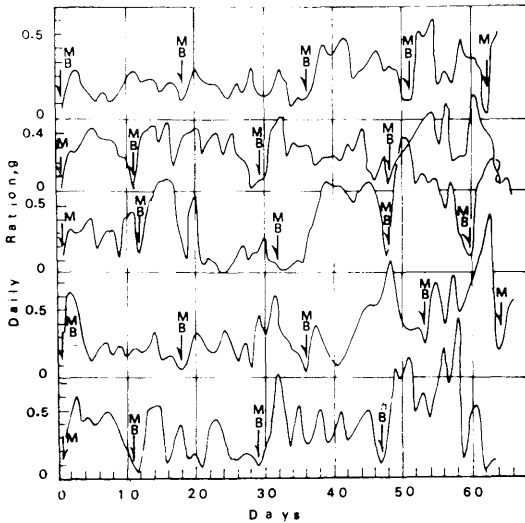


Fig. 1. Showing the daily ration (g) and pre-spawning molting cycle of *Macrobrachium nipponense* in the laboratory. Temperature 24.5~25.4°C, salinity 3.12~4.15‰ Cl and feeding on bivalve meat. M, common molt; MB, pre-spawning molt (arrow).

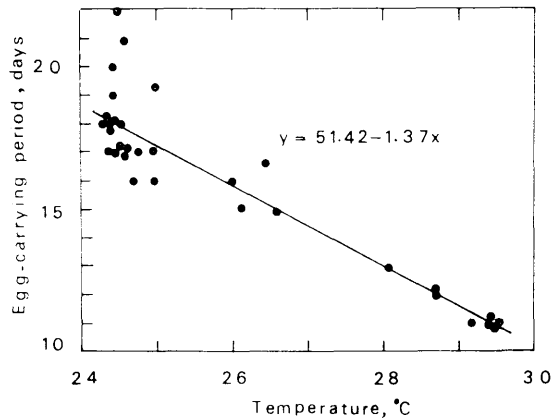


Fig. 2. Relation between temperature (x) and egg-carrying period (y) of *Macrobrachium nipponense*.

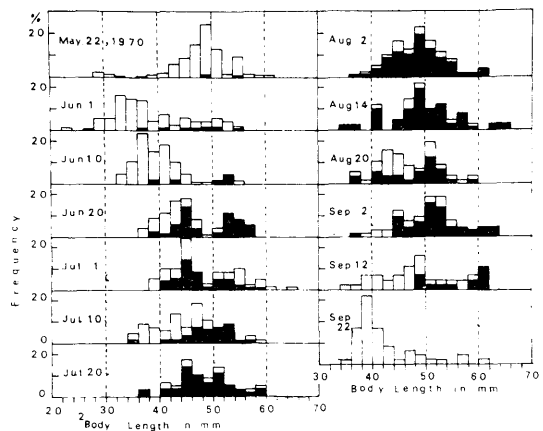


Fig. 3. Body-length frequency distribution of female prawn, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) collected from the Lake Kasumiga-Ura during the breeding season. Black, berried individuals; White, no berried.

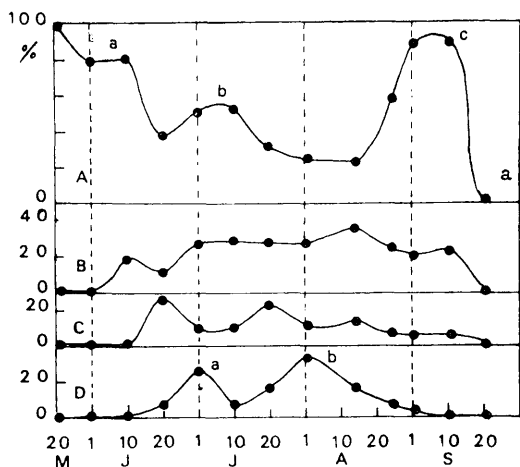


Fig. 4. The variations of gonad index (GI, gonad weight/body weight \times 100) during the breeding season. A, frequency distribution of individuals which GI ranged 1 to 2; B, GI, 2-5; C, GI 5-8; D, GI \geq 8.

breeding period of the species extended from June to September. It will be seen that the larger individuals more than about 40 mm in body length berried in the beginning season. The variation of the gonad index (GI, gonad weight/body weight \times 100) was shown in Fig. 4. The frequency distribution of individuals which GI ranged from 1 to 2 had three peaks at May 22~June 10, June 22~July 20 and August 14~September 22. Those peaks were shown in Fig. 4A marked by a, b and c. The individuals belonging to the first group taken on May 22, the beginning of the breeding season had almost no berried eggs. The values of GI of this group increased reaching approximately 8~10 at June 1~July 10 in Fig. 4Da. The second group (Fig. 4Ab) corresponded to the second one in Fig. 4Db. The GI of individuals belonging to the third group (Fig. 4Ac) did not increase during the breeding season, but many of them already berried. It will be seen that there are at least three peaks of spawning during the breeding season.

B) Larval development

The eggs were slightly oval in shape, measuring from 0.54 \times 0.67 mm change to 0.56 \times 0.92 mm on average; being light greenish gray primitively in color and changed to light gray owing to advance of development; body length

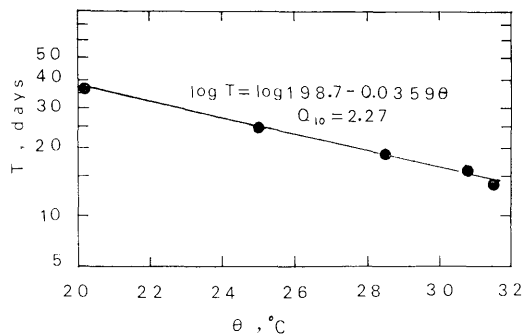


Fig. 5. Relation between temperature (θ) and period of zoea larva (T), *Macrobrachium nipponense*.

of newly hatched zoea larva was 2.06 mm and first postlarva is 5.31 mm on average. The larva went through nine zoeal stages to first postlarva in 20 days approximately, under the laboratory condition. The species was also decreased on body length when ninth zoea larva was metamorphosed to first postlarva as *M. rosenbergi* did (UNO and KWON, 1969). The recognized characters of each stage was summarized in Table 1. The morphological description was reported in detail by KWON and UNO (1969).

C) The effects of temperature and salinity on larval development

The temperature suitable for metamorphosis ranged from 25.1 to 33.3 $^{\circ}$ C. Under suitable temperature, larval period was 25.1 to 13.7 days and percentage metamorphosis ranged 100 to 62%. The zoea perished when temperature was lower than 22.1 and higher than 35.3 $^{\circ}$ C. The relation between the temperature (θ) and the time in day (T) required for metamorphosing to postlarva may be expressed in favor of formula, $T e^{a\theta} = c$ i.e. $\log T = \log c - 0.434 a\theta$, where a and c presented constants. Calculating approximate values of a , c and Q_{10} from the experimental data, the equations will be obtained. $Q_{10} = 2.27$, $\log T = \log 198.7 - 0.0359 \theta$ (Fig. 5).

The newly hatched zoeae were reared through metamorphosis under 24 temperature-salinity combinations. The temperature ranged from 20.3 to 35.9 $^{\circ}$ C and salinity from 1.65 to 10.88 ‰ Cl. The result was shown in Fig. 6. The temperature suitable for metamorphosing to

Table 1. The recognized characters of larvae, *Macrobrachium nipponense* (De Haan) reared in the laboratory under the conditions of water temperature 27.8~28.2°C, salinity 4.56~5.15 ‰ Cl and feeding on *Artemia salina* nauplii. B, biramous; R, rudimentary; U, uniramous; D, degenerative; I, incomplete; Aps, apical setae; Sps, sub-apical setae; Sne, segment of endopod.

Item Stage	Body length mm	Recognized characters	Position	Number of appendages									
				Maxilliped			Pereiopod						
				1st	2nd	3rd	1st	2nd	3rd	4th	5th		
Z 1	2.06	Sessile eyes	Aps	4	4	4	—	—	—	—	—		
			Sps	—	—	—	—	—	—	—	—		
			Sne	B	3B	3B	R·B	R·B	—	—	—		
Z 2	2.27	Stalked eyes	Aps	4	4	4	4	4	—	—	—		
			Sps	B	2	2	2	2	—	—	—		
			Sne	B	4B	3B	4B	4B	RB	—	RU		
Z 3	2.61	A rostral tooth, telson and uropod	Aps	4	4	4	4	4	—	—	—		
			Sps	2	2	2	2	2	—	—	—		
			Sne	B	4B	4B	4B	4B	RB	—	RU		
Z 4	3.07	Two rostral teeth, uropod biramous with setae	Aps	4	4	4	4	4	—	4	—		
			Sps	2	2	2	2	2	—	4	—		
			Sne	B	4B	4B	4B	4B	RB	4B	6U		
Z 5	3.71	Buds of pleopods, antennal flagellum two-segmented	Aps	4	4	4	4B	4B	RB	4	—		
			Sps	2	2	2	2	2	—	2	—		
			Sne	B	4B	4B	4B	4B	BI	4B	6U		
Z 6	4.24	Pleopods biramous and rudimentary; rudimental chelae of pereiopods	Aps	4	4	4	4	4	4	4	—		
			Sps	2	2	2	2	2	2	2	—		
			Sne	B	4B	4B	4B	4B	4B	4B	6U·R		
Z 7	4.69	Pleopods biramous, bare; antennal flagellum 3 or 4-segmented	Aps	4	4	4	4	4	4	4	—		
			Sps	2	2	4	6	6	2	2	—		
			Sne	B	5B	4B	4B	4B	4B	4B	6B		
Z 8	5.15	Movable chelae, telson convex posteriorly	Aps	4	4	4	4	4	4	4	—		
			Sps	2	2	4	6	6	6	6	—		
			Sne	5B	4B	4B	4B	4B	4B	4B	6B		
Z 9	5.60	Pleopods with setae, antennal flagellum 7-9-segmented, antennular inner flagellum 3-segmented	Aps	4	4	4	4	4	4	4	—		
			Sps	2	2	2	6	6	6	6	—		
			Sne	B	5B	4B	4B	4B	4B	4B	6B		
P L	5.31	Behaviors of swimming and locomotion as adult	Aps	4	4	4	—	—	—	—	—		
			Sps	2	2	4	—	—	—	—	—		
			Sne	B	5B	3B	3B·D	5B·D	5B·D	5B·D	6B·D		

postlarva ranged from 28.5 to 32.3, 24.4 to 34.4, 24.4 to 32.1 and 27.7 to 32.4°C under salinity 1.65, 4.64, 7.22 and 11.88 ‰ Cl, respectively. It will be concluded that the range of suitable temperature at optimal salinity for larval development is greater than that at salinity above

and below this value.

D) Intensity of feeding

The result of the effect of food concentration on the ration of zoea was shown in Fig. 7. The relation between the size of ration (r) and concentration of food (p , number of *Artemia*

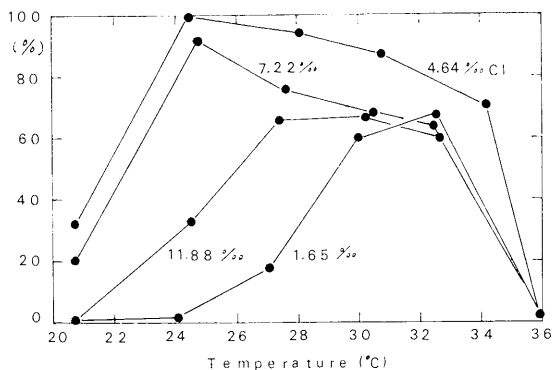


Fig. 6. The combined effect of temperature and salinity on percentage metamorphosis of zoea larva, *Macrobrachium nipponense*.

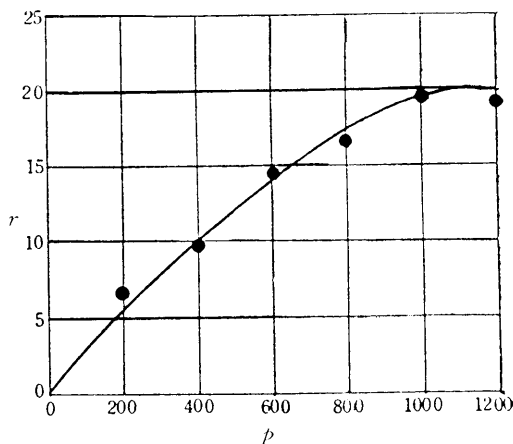


Fig. 7. The way in which the size of the ration r depends on the degree of concentration of the food p . Feeding condition is shown in Table 1.

salina nauplii/300 ml sea water) may be expressed in favor of Ivlev's formula, $r=R(1-e^{-kp})$, where r , R and k presented actual and maximal ration, and constant, respectively (IVLEV, 1961). Calculating approximal value of k from the experimental data, the equation will be obtained, $r=22.63(1-e^{-0.344p})$.

4. Summary

1. *Macrobrachium nipponense* (De Haan) was reared in the laboratory. The breeding cycle was examined basing on the separate feeding and compared with that in the field. Under laboratory condition (water temperature

24.5~25.4°C) the interval between two successive molts ranged from 17 to 18 days, and the spawning took place in this interval after pre-spawning molt. It will be seen that there are at least three peaks of spawning in the field, basing on gonad index variations.

2. The egg-carrying period of this species was depended on water temperature. Relation between egg-carrying period (y) and temperature (x) may be expressed by linear equation, $y=51.42-1.37x$.

3. Under the laboratory condition the larva went through nine zoeal stages to first post-larva in 20 days. The species was decreased on body length when ninth zoea larva was metamorphosised to first postlarva. The recognized characters were shown in the table.

4. Relation between the temperature and the time required for metamorphosing to post-larva may be expressed by the formula, $\log T = \log 198.7 - 0.0359 \theta$. The temperature suitable for metamorphosing to postlarva ranged from 28.5 to 32.3, 24.4 to 34.4, 24.4 to 32.1 and 27.7 to 32.4°C under salinity 1.65, 4.64, 7.22 and 11.88‰ Cl.

5. The relation between the size of ration and concentration of food may be expressed in favor of Ivlev's formula, $r=22.63(1-e^{-0.344p})$.

References

- IVLEV, V. S. (1961): Experimental ecology of the feeding of fishes (translated from the Russian by D. SCOTT). Yale Univ. Press., p. 22.
- KUBO, I. (1940): On the taxonomical studies of Japanese *Palaemonidae*. 1. *Palaemon* (in Japanese). J. Imp. Fish. Inst., **34**(1), 5-26.
- KUBO, I. (1949): Ecological studies on the Japanese fresh-water shrimps, *Palaemon nipponensis*, 1. Seasonal migration and monthly size-composition with special reference to the growth and age. Bull. Jap. Soc. Fish., **15**(3), 125-130.
- KUBO, I. (1950): Ecological studies on the Japanese fresh-water shrimp, *Palaemon nipponensis*. 2. Localization found in the population of the shrimp of the Lake Kasumigaura (in Japanese). Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **15**(10), 561-566.
- KWON, Chin Soo and Y. UNO (1969): The larval development of *Macrobrachium nipponense* (De Haan) reared in the laboratory. La mer, **7**(4), 278-294.
- LEWIS, J. B. and J. WARD (1965): Developmental

- stages of the *Palaemonid* shrimp, *Macrobrachium carcinus* (LINNAEUS, 1788). *Crustaceana*, **9**, 137-148.
- LING, S. W. and A. B. O. MERICAN (1961): Notes on the life and habits of adult and larval stages of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Proc. Indo-Pacif. Council.*, **9**(2), 55-60.
- LING, S. W. (1962): Studies on the rearing of larvae and juveniles and culturing of adults of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). *Indo-Pacif. Fish. Council., Curr. Affairs Bull.*, **35**, 1-11.
- UNO, Y. and KWON Chin Soo (1969): Larval development of *Macrobrachium rosenbergii* (De Man) reared in the laboratory. *J. Tokyo Univ. Fish.*, **55**(2), 179-190.

日本産テナガエビ *Macrobrachium nipponense* (De Haan) の増養殖に関する研究

特に産卵周期、幼生の発生および摂餌生態について

宇 野 寛

要旨: わが国において産業上最も重要な淡水エビであるテナガエビの増養殖をはかるため、その基礎となる産卵周期・幼成の発生・成長と温度-塩分との関係、摂餌量と餌料密度との関係などを主として室内飼育実験によって明らかにした。

本種は水温 24~25°C, アサリ生肉を与えて飼育した時、雌は 17~18 日ごとに脱皮して産卵をくりかえす。温度と抱卵期間との関係は直線的である。霞ヶ浦の自然水域では一産卵期に 3 回の産卵の山があると考えられる。

幼生の成長は温度と塩分量とに影響される。温度-塩分量の組合せ実験から塩分量 4.64% Cl の時、適温度は 24.4~32.4°C で適温範囲が最も広く、この塩分量以上又は以下の場合はその範囲が狭まる傾向を示す。幼生の摂餌量は餌料密度と密接な関係があり、摂餌に関するイブレフの式によくあてはまる。

水産資源開発の今後の方向と日本漁業のあり方について*

平 沢 豊**

The Direction of Fisheries Development of Japan in Future

Yutaka HIRASAWA

Abstract: This paper deals with the potential fisheries production of ocean, the economic efficiency of input between fishery and agriculture in protein production, and the directions of Japanese fisheries in future.

Owing to examination of above those things, I have one conclusion that the developing countries would be exploiting offshore, deep sea fisheries ground and the developed country would be exploiting coastal fisheries ground. In general, it is believed that the growth of fishery is performed from coastal sea to offshore and next from offshore sea to deep sea, but in this paper I will assert another idea about the future Japanese fisheries development that I reversed usual idea.

1. 水産資源開発の可能性

水産資源からどれだけ生産量をあげられることができるか。これについては多くの学者、機関の推測が発表されており、低目の見積もりでは1億トン、高目のそれでは約20億トンである。これらは推計の基礎が違うので一率に論ぜられないが、2~3億トン位が多くの推測の落ちつく所である。

Table 1はFAOと水産庁とが1968年に全く別々に推計を行なった結果の要約であるが、その方法は全く同じであり、結果も似ており現在の段階においては最も依存しうる資料といえる。両者とも1965年のを基準年次にとり、総生産5,350万

Table 1. Forecast of fisheries production in future. (unit: million tons)

	A Total Catch	B Catch of the fishes investigated	C Future Potential catch	D $\frac{C}{B}$	E A x D
FAO	53.5	43.0	118.2	2.7	14.4
Japan		27.7	473-64.0	1.7-2.3	91-123

* 1971年4月30日受理

** 東京水産大学 Tokyo University of Fisheries

トンについて、そのうちFAOでは4,300万トンの生産を構成する魚種について、日本では2,770万トンを構成する魚種をとった。このやり方は現在の世界の漁業生産のうち、生産および操業状況、資源状況の資料があって、それらの資料により、潜在的生産可能量を推計しうる魚種のみを選んである。いずれも、魚種ごとの積み上げ計算であり、FAOにくらべて日本の方が対象魚種を厳選したことになる。この推計結果の総計がCで示されているが、Bに比較してFAOでは2.7倍、日本では1.7~2.3倍になっている。そこで、資料等の欠如から調査対象とならなかった魚種も同じこの割合で生産可能であるとして、これも含めて伸ばしたのがEである。つまり、現在漁獲されている魚種のみについてFAOではその潜在的可能量は1.4億トン、日本の場合では9.1千万トンから1.2億トンという数字が得られている。

この数値は明らかに全海洋の潜在的生産可能量よりは少ない。第1には海洋には未利用の資源が多く存在するからである。たとえば、FAOの推計によっても南氷洋の沖アミ(krill)のみでも年間5,000万トンの生産は可能であるというが、こ

れらは計算の対象外とされた。第2には増・養殖漁業の今後の発展の成果が対象外とされた。後に日本の事例で述べるごとく、増・養殖漁業の生産可能性は極めて大きい。これらを含めて考えると潜在生産可能量は最低に見積って2億トン、大目に見積もれば5億トンということになる。

2. 海洋開発の経済的効果について

漁業における海洋開発の経済的効率を測定することは諸々の困難があるが、ここでは過去の資料から農業と比較しつつ、その効率性をみてみよう。

Fig. 1 は投下された資本の生産性を年次別にみたものである。資本の生産性は分母に投下固定資本額を分子に付加価値額をとったものであらわされる。図によると漁業は農業、畜産業よりはるかに生産性が高い。また、農業と畜産業は年々生産

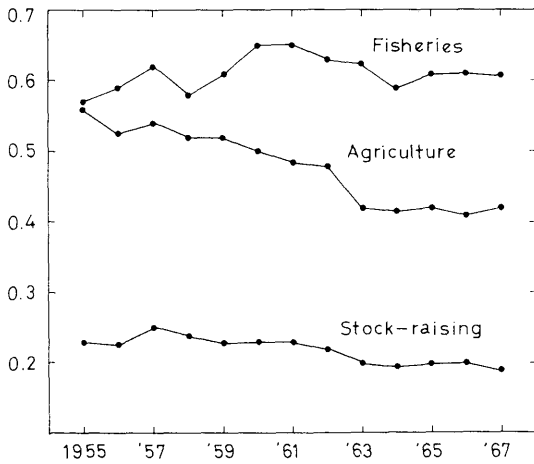


Fig. 1. Capital efficiency of agriculture and fisheries.

Table 2. Economic efficiency of fisheries.

	A Capital Efficiency (added value / fixed capital)	B Fixed Capital per ton for net protein	C Live production per 100 hours	D Cost per 100 kg
Fisheries	0.6	2,800 \$	587 kg	21 \$
Coastal			248	33
Offshore, Deep sea			1,506	17
Stock-raising	0.2	7,500		
Cattle			117	130
Hog			388	58
Egg			652	47

性が低下する傾向にあるのに、漁業では同水準を維持している。漁業では農業、畜産業より投資の伸び率は高いが、魚価の上昇による付加価値の増加が大きいので、資本の生産性が維持されているわけである。漁獲量の伸びは漁業投資額の伸びより低い。それで物的には投資の生産性は落ちてはいるが、価値的には同一水準を維持しているわけである。

Table 2 も漁業と畜産業の経済効率の比較で年度は 1967 年度のものである。A は図と同じものであるが、B は蛋白質 1 トン当りに必要な投下資本額、C は男子労働 100 時間当りの生産量、D は蛋白質 100 kg 当りに必要な生産費である。漁業と畜産業を比較する場合、統一的なデータがないので、筆者が既存のデータから、各方面から比較しつつかなりの前提をおいて推計した。漁業と畜産業について、一つ一つの結果は正確性に欠けるとはいえ、各方面から行なった結果はいずれも同じような傾向を示しているので、これから一般的な結論を引き出すことが可能であろう。

B によれば漁業は畜産業の約 3 分の 1 の資本しか要しない。C では漁業平均は 587 kg で、これは鶏卵よりは低くなっているが、牛や豚にくらべてはるかに高い。C は物的生産性を示す指標であり、畜産では牛がいかに生産性が低く、鶏卵が高いか、逆に漁業では沿岸漁業がいかに生産性が低く、沖合・遠洋漁業が高いかを示しており、この生産性の高さと同価格水準とが対応するものである。漁業は平均すれば生産性は高いが、沿岸と沖合・遠洋とは大きな差がある。また、沿岸のうちで、資料不足のため計算してはいないが、増・養殖業はより生産性は低いものとなる。

D は 100 kg 当りの生産費である。これによると漁業平均は畜産よりもはるかに低く、沿岸漁業でさえ鶏卵より低くなっている。物的生産性では沿岸漁業の方が鶏卵よりも低かったのに、生産コストでは安いのはなぜか。ここに漁業と畜産業との大きな違いがある。つまり、漁業はとる産業であり、魚は無主物であるから原材費がかからない。また、飼料代がなくても済む。このため、生産コストが安くなる。A の計算で漁業の付加価値が高

いのもこのためである。しかし、この有利性は増殖業では失われるであろう。

全世界的にみて人口は爆発的に増大し、食糧不足が憂慮されている。これに対して1968年以降緑の革命と称して、日本の短桿小麦の改良されたメキシコ小麦、またフィリピンの国際稲作研究所で開発されたIR-8型米が農業生産に革命的な生産増大を与えることが期待されている。この新しい小麦・米等の新品種が真に革命者の役割を果たすか否かは今後にかかっている。たとえば、IR-8にしても、これが威力を発揮できるのはよく灌漑された地域であって、施肥が可能である場合である。今までIR-8型が普及した地域は前記の条件が満たされたところである。また、小麦にしてもメキシコで大きな成果をあげたが、南米には少しも普及していない。これはメキシコでは農地改革が行なわれたのに、南米では大地主制が残っているからである。アジア、アフリカでも同じ条件の地域が多い。地主制という封建性が残っているところでは地主側からも農民側からも多肥料・労働集約的な農法を採用する積極的動機にかける。農民側は改良種を採用し、苦労した労働の成果は地主に奪われることになるので、新しい農法に魅力を感じないであろう。また、地主は小作をやめて労働者を雇おうとしても、労働多投になると労賃支出が増大し、経営採算が合わなくなることを恐れる。つまり、“緑の革命”が真の革命となるには、その前に社会革命が必要であり、これが前提条件になるといってもよい。だが、現状からすれば近い将来にかかる社会革命が発展途上国に起ると期待することは無理である。発展途上国は食糧不足から脱出することは容易ではない。

しかし、ここで“緑の革命”が成功したと仮定したとしてもいい。小麦と米等の主穀の生産性が上昇し、発展途上国のカロリーは充足されたでしょう。カロリー摂取量がある必要量を越えるようになると、その時から食糧需要はより高級なものを求めて澱粉から蛋白質にむかう。西欧人も近々200年前までは穀物が主食であった。肉食が主になってきたのは産業革命以後のことである。日本が現在この過程を進んでいる。発展途上国でも

し農業生産が上り、人民の多数のカロリーが充足すれば需要は蛋白質に移ること必然であって、漁業生産の重要性はますます高まることになる。

3. 漁業発展の型とわが国の漁業の将来の方向

漁業発展の型は一般的に沿岸から沖合へ、沖合から遠洋へと発展するものであると考えられてきた。確かに、過去において、そしてある程度は現在においても、漁業はこの発展の型を通過してきたし、また通過しつつあるが如くである。Fig. 2はこの関係をみたものである。横軸に年次を、縦軸には漁業の発展度をとる。発展度の具体的なマーカーを何にするかは議論のあるところであるが、ここでは大体の傾向をつかめばよいので、上にいくにしたがって発展度が高まるという理解でよいと思う。まず、第1段階は沿岸漁業が支配的である。漁業規模は小さく生産性は低い。しかし、沿岸漁業の中から沖合漁業が生まれ、これが発展し出すと第2段階に移る。この段階では沿岸漁業の発展はとまり、沖合漁業のみ伸びていく。沿岸漁業の発展がとまるのは、①漁場利用が過密になったこと、②沖合漁業に進出するものが資本、労働、技術等ですぐれたものであり、残ったものは退嬰的であること、③大型の沖合漁船がしばしば沿岸に侵入し、その漁場を荒らすことなどによる。

次に、沖合漁業が発展すると、その中から遠洋漁業が発展する。すると前と全く同じような理由で沖合漁業の発展がとまり、遠洋漁業のみ発展するという型になる。日本の漁業が現にしかりであり、世界の他の国も、期間的なずれがあっても、多くは同じ型をたどっている。沿岸から沖合へ、沖合から遠洋へというのは漁業発展の一般的な型といってもよいであろう。

問題はこの型が今後も続くかどうかにある。過去は確かに日本でも外国でも多少の違いはあるがこの型を示してきた。しかし、今後はどうか。この場合、外国の事例は参考にならない。漁業に限る限り、日本が先進国であり、日本の漁業のこれからの進む方向は自らの中にその方向を見つけ出さなければならない。

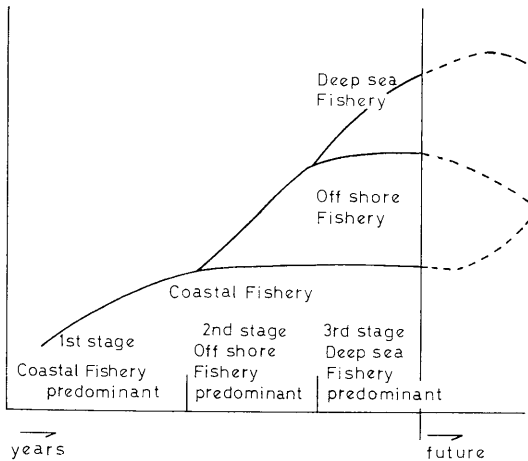


Fig. 2. The stages of fisheries development and expected trend in future.

著者のみるところでは、漁業発展の型は日本においては大きく変わるということである。Fig. 2における点線はその方向を示した。

沖合漁業は今後は衰退をまぬかれない。まず第1に沖合漁場での水産資源はほとんど限度まで利用しつくされているからである。漁獲量の増加が望み得ぬからである。一方、労働力不足、労賃水準の上昇は今後も続く。沖合漁業が今日まで発展しえた基盤は沿岸の低賃金の漁業労働者の存在であったが、今日この基盤が急速にくずれているのである。

沖合漁船は遠洋漁船にくらべて、トン数の割合に乗組員が多い。漁船そのものが小さいから、船内の労働条件は悪い。また、沖合漁業の漁獲対象は主として多獲性の大衆魚である。サンマ、アジのように漁獲量が少なくなれば魚価も上昇するが、もともと需要が強いものではない。サバのように大漁になると価格は急落するのである。多獲性大衆魚は、所得弾性値が負のものが多く。つまり、国民の所得水準の上昇にしたがって需要は漸次減少するのである。現在はまた水産加工需要が強いから、全体として魚価は堅調であるが、かつてフィッシュソーセージ・ハムが本物の畜産物のそれに移っていったごとく、現在のねり製品を主体とする加工需要もよほど高級品を生産しないと需要が再び畜産品に移る可能性がある。沖合漁業は漁獲量の停滞を魚価の上昇でおぎない、かろう

じて経営を維持しているが、これがそう長続きする筈がない。

需要以上に深刻なのはすでに述べた労働力不足である。省力化漁法の導入に努めているがこれにも限度があろう。今までは過剰労働力の排出や省力化漁法の導入で切り抜けてきたが、すでに限界にきている。漁船の運航にはある最低人数が必要であり、その水準を割るようになったとき、出漁不可能の漁船数が急速に頭在化する。

遠洋漁業は航海日数が長いというハンデがあるが、沖合漁業より労働者雇用において有利な条件にある。労働生産性が高いから賃金水準が高い。また、船内が広いから、居住関係を良好にすることができる。かくして、遠洋漁業は沖合漁業からの労働者を引き入れて不足する労働者の補充をしている。この補充が可能なかぎり、遠洋漁業も発展しよう。しかし、補充がきかなくなると図示したごとく将来は衰退する可能性を持っている。たとえば、米国をみても沿岸の漁船は存在するが、航海日数が長くなる遠洋漁船数はごく少ない。また、現在の漁船もその乗組員は南欧その他からの移民が多く、米国生まれのものは少数である。ここに問題の難かしさがある。

すなわち、漁業就業がどんなに賃金が低くとも、陸上に職を得られなければ、漁民およびその子弟は漁船に乗ることになる。ところが、自由に陸上に職を得られるようになると、また陸上で生活が充分といえぬまでも一応生活の心配がなくなれば、今後は漁業の方が賃金が高くなっても乗船したがるなくなる。漁船に乗ることによって一般の人間生活から離れることへの嫌悪が大きくなり、賃金の差でもってしてもなかなか埋めあわせられなくなる。埋め合わせるためには一般賃金の2倍、3倍と漁業経営を成り立たせなくなるような高賃金が必要となるであろう。現在の日本の遠洋漁業はまだそこまではいっていないが、近い将来はその水準に達する可能性は大きい。少くとも現在の漁船隊を維持することは不可能になろう。

さらに、米国で遠洋漁業が成立し難いのは外国からの水産物の輸入である。沿岸の生産物は多くの場合、外国からの輸入品と競合しないが、遠洋

漁業の場合は競合が直接的である。米国ではすでに輸入品が国内生産をはるかに上回っており、このためこれらの魚価が抑えられている。日本の場合は輸入品の割合はまだ僅かであるが、周知のごとく年々かなりの勢いで増加している。円切り上げはこの傾向をますます強めるであろう。わが国のコストの高い漁船でとるよりは、輸入した方が割安であるという状態になろう。

国際環境も問題になろう。現在、1973年の第3回の国際海洋法会議を目ざして、その準備が続けられているが、1960年の会議で主流をしいた領海6哩、漁業専管水域6哩という米・加提案の妥協案は今日では発展途上国の領海拡大の主張の前に色あせたものとなった。当時、ペルー、チリー、エクアドル等の領海200哩の主流は法外に見えたが、今日では南米、アフリカ諸国の間で支持する力も強く、発展途上国の主張は「領海は沿岸国がその必要に応じ自由に定めうるもの」という海洋分割に近い主張に結集しようとしている。来るべき国際海洋法会議が開けるか開けないか、またどんなことになるかは全く予断する所でないが、公海がますますせまくなる現実には変りはない。

しかし、この領海拡大の動きがなくても問題が解消するわけではない。労働力不足は思い切った省力化漁法の導入によって切り抜けることができるかも知れない。衛星船により誘導された無人漁法なども将来は可能かも知れない。しかし、問題はその経済性にある。海洋の潜在生産可能量は2~5億トンあると述べたが、今まで利用価値が高く、しかも漁獲可能なものから手をつけてきた。今後、開発可能なものは利用価値が低く、かつ開発に困難性を伴うものばかりである。開発の困難性は技術の進歩によって解決可能である。問題は品質である。

円の切上げ等の問題があるので、そのスピードは落ちるとはいえ、日本経済は今後も成長を続けるであろうし、それにつれて食生活も高度化していこう。水産物に対する需要も高級化する。とすると未利用の低級資源は魚粉利用しか考えられないことになる。魚粉利用では高度の資本装備をもつ開発漁船が経済的にペイするかどうか。しかも

魚粉は米国の実例をみてもわかるごとく、大豆粕等と代替が可能であり、魚粉が高くなれば、需要は大豆に切り変わる可能性を持っている、大豆は世界的にみてかなり増産可能な穀物であるので、魚粉の価格は当然に限界ができる。魚粉を目的とした遠洋漁船隊の成立は経済的に無理である。

海洋にはカツオ、イカ等利用価値のある未利用資源も存在するが、一般に信じられているほど、それほど多くわが国が利用できるものではない。以上の理由から遠洋漁業にも将来はそれほど大きく期待するわけにはいかない。

次に、沿岸漁業はどうか。沿岸漁業は日帰りであり危険性等はないので、所得を充分あげられれば労働力を確保することができよう。また沖合漁場と違って、技術の発達によって資源量をふやすことも可能である。更に沿岸漁業の強みは生産物が高級魚介類であるということである。この三つの条件、すなわち、労働条件、生産増加可能性、需要増大(=価格上昇)を見込みうるものは沿岸漁業のうちでも、漁船漁業ではなく養殖業であるということになる。図中で沿岸漁業が上昇する可能性を点線で示したのは以上の理由による。

しかし、これには重大な保留条件が一つある。それは海水の汚濁である。いくら前述の3条件がそろっても、沿海が漁場価値を喪失したならすべては空論となる。ここで、沿岸の汚染を守るということは、日本の漁業が生きていくための死活問題となった。

4. 増・養殖業の発展と将来の国際的漁場利用の方向

Table 3は1954~1969年間のわが国の養殖漁業の生産量、金額を、漁業全体、沿岸漁業との比較でみたものである。数量比重はまだ低いが、それでも過去15か年間に沿岸漁業に対して7.3%から21%へと伸びている。一方、金額の伸びはいちじるしく、1969年では全漁業の14%、沿岸漁業の34%をしめるに至った。1970年はのりの豊作で生産量、金額とも大いに増加し、金額比重では全漁業の20%位になるものと思われる。

養殖業の生産が近年大巾である理由は、第1に

Table 3. The position of marine culture in Japanese fisheries.

		1954	'57	'60	'63	'66	'69
Catch quantity (1000 tons)	Total Catch	4,453	5,312	6,103	6,590	6,963	8,613
	Coastal	1,961	2,157	2,178	2,417	2,278	2,239
	Culturing	145	244	284	390	405	476
Values (million \$)	Total	54.2	74.7	98.7	1,374	1,744	2,238
	Coastal	22.0	26.4	34.4	515	667	906
	Culturing		54	92	190	286	306

技術水準の向上である。第2次大戦の養殖業の技術的発展は第1期が昭和30年頃までで、のり、かき、真珠の養殖が戦前水準に復活した。第2期は昭和30~35年で、この時期には種苗確保と水面の立体的養殖技術が確立し、安定性と生産性を高めた。第3期は昭和35~40年のはまち等の魚類養殖の技術、経済的基盤ができ上り、養殖業が伝統的なのり、かき、真珠に新来のを加えて多様化した時代であり、現在もその延長線上にあるといえよう。養殖業の以上のような発展は第1に技術水準の向上によるものであるが、昭和30年以降の経済条件の好転が養殖の推進に大きな力を発揮していることは強調されるべきである。たとえば、はまち養殖はすでに戦前に野上和三郎氏によって技術的に完成されていたが、普及は微々たるものであった。それが30年以降、とくに35年以降に入って急速に普及したのは、国民所得上昇による高級魚需要増大のためであった。この時期に入って始めてはまちの価格が上昇して経営採算の見通しがついた。一方、戦前、戦後を通じて食用とされていたイカナゴが、昭和30年頃から下級魚であるため、次第に食用にならなくなり、このためハマチの餌料として安く確保できるようになったという事情も大きく影響している。

日本経済は、現在円切上げ等による景気後退が案じられているとはいえ、長期的にみれば経済の拡大はなお進むであろう。所得の向上によって食生活の高度化、多角化が進み、水産物においても高級魚介類の需要が急増し、この点で増・養殖の発展に好適な経済基礎を醸成する。

食生活においては世界的にみても、1人当りの所得水準が300ドル以下の発展途上国では、所得の低さのため食糧摂取の絶対量が不足している。

この段階では絶対量をうるために安価な澱粉食に走る。蛋白質食品までは手が回らない。安価な食糧は国内産のものであるから、伝統的な食生活が固執されることになる。食生活における伝統固執型と呼ぼう。ところが所得が上昇し、多少生活に余裕ができると、食生活にやや高度のものをとり入れることができる。しかし、全面的に切り換えるだけの余裕はでない。この段階では伝統的な食生活を基盤にしなが、これに新しいものを附加するという混合型となる。日本では昭和30年前後のパン食、肉食の普及がこの時期で第1次の食生活の革命である。この時期をすぎたお所得が向上し、生活に余裕ができると量的な摂取は十分に満足されるが故に価格の安い伝統的な食生活から解放され、各人はその好みに応じて、食生活の高度化と多様化を図りうるようになる。食の面でいえば澱粉食は従となり、蛋白食が主になり、しかもその高級化が進む。この過程はほぼ1人当りの所得が1,500ドル以上の水準で達せられる。この時期を第2の食生活の革命といってよい。日本は現在この第2次の革命の入口に立っていると思われる。

このことを証明するのが、水産物の所得弾性値の動向である。所得弾性値とは所得の増加分に対するある物の消費の増加分の割合である。Fig. 3の縦軸は所得が増加したときのある品物の消費増加割合を示している。1960, 1968年を比較すると、水産物平均でも、内容別にみて1960年より1968年の方が高くなっている。一般に、所得弾性値は所得水準が上ると下がるのが原則である。所得が増加しても人間の胃に変化はないから食欲が増えるわけではない。このことが食糧生産が主である

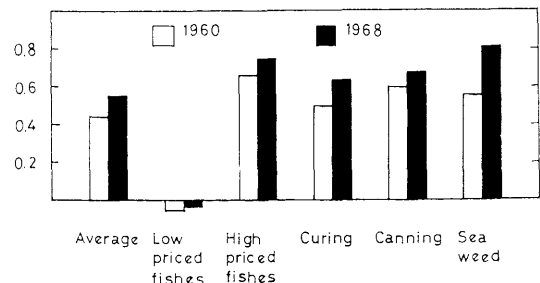


Fig. 3. Income elasticity of demand in Japan.

Table 4. Income elasticity of demand.

	Total Meats		Fishes	
	No. of country investigated	Elasticity	No. of country investigated	Elasticity
Average		0.75		0.65
Developed country	19	0.37	16	0.32
Middle developed	9	0.81	8	0.56
Developing	48	0.89	45	0.78

第1次産業から、消費が抑制されない、第2次産業・第3次産業にと産業構造が変化する原因となっている。日本の場合一般的法則では所得上昇につれて下がる筈の弾性値が逆に上昇している。ここに日本において現在第2次の食生活革命が起っているという私の主張の根拠がある。

次に将来の蛋白質需要の増大はわかるが、畜産物に代替されるのではないかという議論がある。これに対しては図で低級魚は弾性値が現在でも負になっているが、中・高級魚や加工品はかなり高い水準を示していることが答である。つまり、今後は高級魚介類を中心として、需要は増大していくのである。

以上の関係は国際比較からもいえる。Table 4がこれを示す。

この表は世界の国を先進国、中進国、後進国の三つに分けて、肉と水産物の弾性値をみたものである。わが国は経済大国といっても1人当りの所得ではなお、16、17位なので中進国グループに入れて計算した。資料はFAOのAgricultural Commodities (1967年版)からとった。これで見ると、肉と水産物では平均すれば肉の方が高くなっているが、国別にみると後進国が高く、先進国が低くなっている。これはさきの所得弾性値低下の一般法則を物語るものである。肉と水産物を比較すると、後進国では差があまりなく、中進国で大きくなり、先進国ではまた少なくなっている。このことは、何を意味するか。それは後進国はちょうど戦時中や戦後直後の日本の状態を想起するとわかりよい。つまり、蛋白質の絶対量の不足のため、所得が少しでも増加すれば肉、水産物の区別なく求めることを示している。味の嗜好がまだ働かないのである。この段階がすぎ質的欲求がやや満足されると、味が重要視される。今まで下

級魚介類を摂取していたのが、より美味な肉類へ需要が移る。これが中進国の状態を示すものであり、日本の状態である。わが国では現在が水産物にくらべて肉類の需要が最も強い段階である。

これが先進国段階でまた変る。肉は充分に摂取しているし、脂肪が多くて衛生上の問題が起る。また、肉は牛、鶏、豚しかなく単調である。それに対して水産物は脂肪が少ないし、種類も豊富である。食生活の多様化の上からも水産物が見なおされる。先進国平均ではまだ肉類の方が多くなっているが、米国、スウェーデン等の所得最上国では弾性値は水産物の方が高くなっている。ただし、この場合の水産物はエビ、カニ、サケ、アワビ、ホタテガイ等の高級魚介類に限られる。現在の日本ではまだぜい沢品とされているものが、先進国では大衆が日常に要求されるものとなってくる。日本においても将来はかかるものが日常的に要求され、現在の大衆魚は食糧としては利用されなくなるであろう。米国近海でかつて食糧とされたヘイク、メンヘーデンの類が未利用資源として残され、エビ、ホタテガイなどの漁業が現在でも盛んに行なわれているのはこのためである。

かくみてくると、増・養殖業の生産物は日本では現在ではぜい沢品であっても、将来は国民の生活の必需品となるものであり、その増産を図ることは国民的に必要なことになるであろう。沖合、遠洋漁業ではかかる高級魚介類の生産があまり期待しえないとすると、これらは沿岸の増・養殖業に求めなければならない。

すでにTable 2で示したごとく、沖合・遠洋漁業は生産性において沿岸漁業よりはるかに高い。まして、増・養殖業とでは比較にならぬほど高い。しかし、沖・遠洋漁業がいかにその生産性が高くても、将来の労働力の面から、また需要の面からいっても、先進国では次第に維持し難くなっているのも事実である。ヨーロッパ諸国、米国等かつて遠洋漁業が栄えた国が現在では衰退に入っているのはそのためである。

遠洋漁業が先進国では維持しがたくなる一方、発展途上国では人口増大から蛋白質の絶対量の増加の必要性が急増している。沖合・遠洋漁業は生

産性がきわめて高く、生産費も安くなるから、質ではなく量的増加が必要な発展途上国にとっては沖合・遠洋漁業を發展させることが望ましいといえよう。

沖合・遠洋漁業を發展させるためには発展途上国では資本・技術が不足しているから、これらは先進国の援助を待たねばならない。しかし、沖合・遠洋漁業の技術は漁船、漁具等に体系化されているから、技術習得は比較的容易にできる。農業だと技術が確立していても、管理技術の体系であるから、農民1人1人がそれを体得していなければ生産を向上させるわけにはいかない。農民1人1人の技術、資質が向上しなくてはならぬのである。さもないと、たとえばミラクルライス IR-8を導入してみても灌漑や施肥の技術が伴わないと生産をあげることができない。これに対し沖合・遠洋漁業では、たとえば100トンの漁船で、乗組員20人とすれば、20人のうち船長、機関長等4~5人の経験者がいれば、船や漁具を操作することができ、まがりなりにも生産の7~8割位を上げることができる。発展途上国では、20人全部の教育はむずかしいが、4~5人のエリートの教育はできる。さらに、漁業技術は一般に習得が容易である。このことは台湾、韓国がマグロ延縄を始めてから2~3年でその技術を完全にマスターしたのをみてもわかる。農業ではこうはいかない。農業技術が確立していても、農民がそれを実行できるか否かは、農民の1人1人の教育・資質にかかわる問題であるからである。

農業について述べたことは増・養殖業に全くあてはまる。増・養殖業の生産物は高級品でコストも高く、管理技術が主体である。つまり、需要面からいっても技術面からいっても増・養殖業は先進国にして始めてこなしうる漁業形態なのである。これに反して沖合・遠洋漁業はその生産物は発展途上国向きであり、技術習得も容易であるとすれば、それは後進国、中進国に適した漁業形態であるといえることができる。

漁業の一般常識では沿岸漁業は発展途上国、沖合・遠洋漁業は先進国の分担として考えられているが、将来の漁場利用はむしろ逆になった方が望

ましい。つまり、沿岸漁業は先進国に、沖合遠洋漁業は発展途上国にという風に。全世界の水産海洋資源が全人類の共通の財産であるとするならば、それぞれの必要に応じた国際的な漁場利用の方式こそが望ましいのである。現在、1973年の国際海洋法会議を旨として、中・南米、アフリカ等の諸国から領海拡大の声が強くなっており、12哩の線はととも守れなくなっている。公海が狭くなっていくのは時代のすう勢であり、止めることができない。わが国としては将来の望ましい国際的漁場利用を念頭におきつつ、漁業のあり方を漸次、転換させていく必要がある。

日本の沿海水域(水深200m以浅)の総面積は26万km²である。現在、養殖漁場として利用しているのは、1600km²で全体の0.6%にすぎない。この養殖面積から1969年で52万トンの生産をあげているので、これは面積当りにすると1m²当たり0.3kgの生産になる。いま、26万m²のうち、港湾、漁港区域その他養殖利用制限地域を除くと24万km²となる。もし、この面積が将来5%利用可能となれば技術水準を一定としても380万トン、10%利用されれば760万トンの生産ができる。これは現在の漁獲量927万トンの40~80%にあたる。

大陸棚面積のうち、将来何が利用可能となるかは不明であるが、わが国の沿岸の増・養殖の潜在的生産力が大きいことは十分に指摘しうるのである。

しかし、沿海がこのように利用可能であるかどうかは、かかって将来の海場の汚濁如何による。海の公害と闘うことが日本の漁業を守る第一義的な仕事となった。

現状のまま推移すれば、沿海は汚濁され増・養殖の場に適さなくなろう。多くの漁民は漁業を止めることになるが、資本的な漁業はオセアニア、東南アジア等のより広く、海のきれいな場所に養殖場を求めてそこにプランテーションを築く方向に向うだろう。これもまた先進国による沿岸漁場開発の一方式なのである。このことは、円の切り上げ等により、次第に水産物の輸入が容易になり、かつ、沿岸国の領海域の拡大の傾向によって、諸

外国と合弁形式が多くなり、漁船漁業においても開発輸入方式の採用が必然化してくる。いずれにしても、将来のわが国漁業のあり方としては、遠洋漁業を発展させていくよりもむしろ、国内、国

外における増・養殖を主体にした沿岸とその沖合の開発輸入方式をとる可能性が強いが、それは国際的な漁場利用の面からも望ましいといえるだろう。

日仏海洋学会賞受賞記念講演に代って

波浪および内部波の研究*

富 永 政 英**

Recherches sur les vagues et les ondes internes

Masahide TOMINAGA

私は幼少時のある時期に千葉県の実里近くに住んでいたことがあり、東京湾に面した内房の静かな波や、外房の巨大な砕波を眺めて興味と恐怖を印象づけられた。そして、現在ですらときに大波に呑まれる夢 (nightmare) におそわれることがある。観測や理論の困難さを無視して、波の神秘に魅せられたのもそんなことが寄与しているのかも知れない。

1950年代公私の混乱からどうやら立直ったとき、港湾研究所の浜田氏のすぐれた水槽による波浪実験の報告に接し、次第に浅くなる海面を進む波の変形と砕波にひかれ、当時まだ不充分であった波形の変化の理論を試みた。それは境界値問題の“リーマンの方法”というのを Courant-Hilbert の中から見出し、それを適用してかなり簡単により結果を得た。しかし、線型理論で処理したままその先には進まなかった。

その後、京都大学防災研究所の国司氏の風浪発生の実験をみせていただいた。水面を風が吹き初めると、しばらく表層流が観測される。そのうち急に波長の短い ripple が何か影響を受けはしないか、と思って理論的に扱ってみた。そして、0.6 cm くらいの波長のものが不安定のピークにあるような結果を得た。しかし、国司氏の実験でそれを確かめることはできなかった。今後共再検討の必要があろう。

かつて、函館海洋気象台の旧夕汐丸に乗って津軽海峡の海洋観測をしたことがある。その時、東風が吹き続き、沿岸に近い数か所では西に向う強い潮流があって、そこで発達する波は波高が増大して、波長は減じ、砕波して海面が confuse されている。その後、波と流れの作

用に興味を持っているうちに LONGUET-HIGGINS と STEWART が非線型相互作用を解決した。そこで、津軽海峡のことを思い出し、流れのある海面上を風が吹いて波を生ずるとき、流れのない海面を同じ風力によって生じた波に比べどのような差異があるかを考えた。resonance theory について考えると、振幅増大の割合は流速と波の周期の比に関係し、たとえば 2 ノットの流れにさからって周期 4 sec の波が発生しているときはこの増大の割合は 2.6 倍にもなる。MILES の shear flow theory による sheltering の影響も同じようにして論ずることができる。このようにして先ず理論的に振幅の変化を求める式を得、ついで多くの components からなる波のスペクトル (Neumann スペクトルを例にとりて) の形を求めた。そのスペクトルのピークは流れのないときのスペクトルのピークより少し低周波側に移動する。さらに、実際の海面における目視波浪観測とも比較し、大体妥当な結果を得たので、気象庁海上気象課でも波浪予報の参考としたことがある。

1964 年に渡仏したころから内部波に興味を持ち初めた。フランスが行なっている地中海ニース沖の浮きの実験室 (la bouée laboratoire) において、海中一定の深さの温度の長周期変動が観測された。そこで、気象状態の変化によって生ずるのではないかと思ってまず進行する急な気圧変動によって理論的に内部波が発生するような計算を行なった。その当時は気圧の同時観測がなされていなかったため、充分実証することができず、ついで大西洋 Bermuda 島における内部波の観測結果を解析し、天気図解析によって顕著なフロント通過によって、とくに長周期の内部波発生の可能性を指摘した。地中海のも

* 1971 年 6 月 30 日受理

** 台湾大学海洋研究所にて

るが、その後 CRÉPON は風によって起り得ることを示した。

最近、数分から10数分の Thermocline における温度や塩分の変動に関心を持っている。手はじめに、有限振幅の Väisälä 振動を厳密に解いてみた。parcel method をとるところにいくらか無理があるが、Thermocline のへりで比較的振幅が大きく、周期も無限小振幅理論によるものの2倍近い長い変動があり得ることが理論的に示された。今後は発生機構、減衰の問題などを考えようと思っている。これらに関しては東京大学海洋研究所の海洋物理、海洋気象研究室の研究者のかたがたに負うことが多いので感謝の意を表したい。

よく考えてみると、これといって確固たる結論を得るような仕事はしなかったような気がする。どれもなまかじりの感が深いことを反省している。一つは、長年勤務

したところの環境も影響して、本格的に実験や洋上観測に専念しにくかったことにより、自ら観測事実の本質を完全につかむことができずにいたことを遺憾に思っている。海洋物理は純理論家として研究することの不十分なことを身をもって経験したような気がしている。しかし、波浪研究会を初めとして多くのすぐれた研究者のかたがたから得たアドバイスを金科玉条のように思っている。

現在、台湾大学においてこの声をあげた海洋研究所の adviser として友邦新進の研究生に接している。観測船に乗ることも要請されているし、自らも大いに希望を持っている。両国の海洋学の何らかの橋渡しができればと思っている。

体力の続く限りは働きたいので今後共御指導、御協力をよろしく願いたい。

学 会 記 事

1. 昭和46年5月13日、日仏会館会議室において日仏会館と本学会共催で講演会が開催された。来日されたモンペリエ大学のフランソワ・ドゥマンジュ (F. DOUMENGE) 教授が「南太平洋のサンゴ礁に関する諸問題」と題して講演された(スライド使用、通訳つき)。非常に多くの参会者を得て盛会であった。
2. 昭和46年6月2日、東京水産大学において評議員会が開かれた。
 - 1) 会務および編集報告が行なわれた。
 - 2) 昭和45年度の収支決算および昭和46年度の予算案について審議された。
 - 3) 多賀委員長より学会賞受賞候補者の選考経過報告があり、富永政英会員を推薦したと報告された。学会賞規定により投票の結果、同氏が受賞者と決定した。なお、昭和46年度より賞金を5万円とすることにした。
 - 4) 学会賞規定により、昭和46年度の学会賞受賞候補者推薦委員13名を下記のとおり選出した。
秋山 勉、有賀祐勝、今村 豊、岩田憲幸、加賀美英雄、梶浦欣二郎、鬼頭正隆、草下孝也、宮崎千博、杉浦吉雄、多賀信夫、高野健三、富永政英(abc順)
 - 5) 昭和46年度の編集委員は、現在の委員のほか森田良美、永田 正両氏を委員に加えることにした。
 - 6) 評議員の任期満了に伴い、昭和46、47年度の評議員の選出について審議された。
 - 7) 松生 治氏を幹事に、監事に久保田稔、岩崎秀人両氏が選ばれた。
 - 8) 名誉会員に速水頌一郎氏が推薦され、満場一致で可決された。
 - 9) 本学会正会員費の値上げの件について審議された。
 - 10) 本学会に海洋工学分科会を設置する件について審議され、承認された。
3. 昭和46年6月3日、日仏会館会議室において第12回総会が開かれた。
佐々木会長の挨拶に引き続き、次の報告、審議が行なわれた。
 - 1) 昭和45年度の会務並びに会計報告が行なわれた。
なお、45年度の収支決算(別表)は監事の監査を受けて承認された。
会員移動：45年度の新入会員は正会員16名、賛助会員2社；退会は正会員12名(内死亡2名)、賛助会員5社である。

昭和46年3月31日現在の会員数は名誉会員12名、正会員405名、賛助会員41社である。

- 2) 今村編集委員長より学会誌第8巻の編集経過報告が行なわれた。
8巻1号～4号は総ページ数262ページで、その内訳は論文9編(和文4、英文5)、寄稿4編(和文2、英文2)、資料2編、シンポジウム4編、記念講演1編、その他学会記事などである。8巻4号には会則、会員名簿を掲載することにした。
- 3) 多賀委員長より学会賞受賞候補者の選考経過報告が行なわれた。
- 4) 昭和46、47年度の評議員(116名)が選出された。(本号61ページの「日仏海洋学会役員」参照)
- 5) 正会員費の値上げについて審議の結果、現行の年額1,000円を昭和46年度より年額1,500円に値上げすることが承認された。
- 6) 昭和46年度の予算案について審議の結果、別表のとおり承認された。

昭和45年度収支決算

収 入

項 目	収入額(円)	備 考
前年度繰越金	0	
会 費	369,000	
賛 助 会 費	490,000	98口
学 会 誌 売 上	49,600	
広 告 料	360,000	
賛 助 費	120,000	
計	1,388,600	

支 出

項 目	支出額(円)	備 考
学会誌等印刷費	1,241,600	第8巻
送 料 通 信 費	82,000	
編 集 費	20,000	
事 務 費	15,000	
交 通 費	20,000	
総 会 費	10,000	
次年度繰越金	0	
計	1,388,600	

昭和 46 年度予算案

取 入		
項 目	収入額(円)	備 考
前年度繰越金	0	
会 費	607,500	450名 90%
賛 助 会 費	490,000	98口
学会誌売上	70,000	
広 告 料	360,000	
計	1,527,500	
支 出		
項 目	支出額(円)	備 考
学会誌等印刷費	1,310,000	第9巻
送 料 通 信 費	120,000	
編 集 費	20,000	
事 務 費	27,500	アルバイト代を含む
交 通 費	20,000	
総 会 費	10,000	
次年度繰越金	20,000	
計	1,527,500	

- 佐々木会長より海洋学分会の設置について、その構想を説明された。
- 総会終了後、引き続き学会賞の授与が行なわれた。昭和46年度日仏海洋学会賞受賞者：富永政英氏（埼玉大学理工学部）
受賞課題：沿岸波浪および内部波に関する一連の研究（別項「推薦理由書」参照）
 - 佐々木会長より富永政英博士に賞状、メダルおよび賞金が授与された。（富永博士は海外出張のため代理富永順子氏）
 - 学会賞の授与終了後、「学会賞受賞者の業績について」と題して永田 豊博士の講演が行なわれた。
- 講演終了後、同会場において祝賀懇親会が開かれ、多数の参加者を得て盛会であった。
- 昭和46年6月3日、4日の両日、日仏会館会議室において、昭和46年度「日仏海洋学会学術研究発表会」が開かれた。多数の参加者を得て有意義であった。

第 1 日（6月3日）

午前の部

座長： 永田 豊（東大・理）

- 水中動力源 Water Turbine (Indirect Type) 塩見文作（日本海洋産業研）
- Problem of tidal current ellipses 日高孝次（東大海洋研）
- Critical latitudes for the existence of several tidal constituents in a rotating canal 日高孝次（東大海洋研）

午後の部

座長： 寺本俊彦（東大海洋研）

- 沿岸における局部風による吹送流の鉛直循環について 高杉由夫・斉藤泰一（東水大）
- 波の運動量の増加について 平 啓介・石川浩治・三沢信彦（東大海洋研）
- オホーツク海南部及び北海道・千島周辺海域におけるカルシウムの分布 福井 深・馬場利則・岡部史郎（東海大・海洋）

第 12 回総会

学会賞授与

講演

座長： 多賀信夫（東大海洋研）

学会賞受賞者の業績について … 永田 豊（東大・理）

第 2 日（6月4日）

午前の部

座長： 大柴五八郎（理研）

- 呼吸気体中の炭酸ガスの除去に関する研究 清水 博・神藤郁夫・荒木清一郎（オルガノKK）
- 海洋鋼材構造物に対する陰極防食法の応用 重野隼太（中川防蝕工業KK）
- TACSS 工法による海底炭鉱断層破砕帯の止水工事について 飯田茂隆・久保田浩典（KK竹中工務店）

午後の部

座長： 大柴五八郎（理研）

- 日本漁業の今後の方向について … 平沢豊（東水大）
- 日本におけるカキ養殖の問題点について 小笠原義光（東水大）
- 海水産エビ類の増殖に関する基礎について 宇野 寛（東水大）
- 座長： 小笠原義光（東水大）
- 北西太平洋の基礎生産についての考察 市村俊英・高橋正征（東教大・理）

特別講演

ヨーロッパにおける海洋開発の動向 佐々木忠義（東水大）

8. 下記の諸氏が入会された。

正会員

氏名	所 属	紹介者
小泉 格	阪大・教養	大柴五八郎
久保 治良	茨城水試	"
大内 一憲	中川防蝕KK	佐々木忠義
石井幸次郎	川崎市上麻生 1091	"
野津 治郎	三井海洋開発KK	"
川崎 寛司	日立製作所機械研	"
堀越 増興	東大総合研究資料館	大柴五八郎
小池 康之	東水大	佐々木忠義
日本船舶振興会図書室		大柴五八郎

9. 退 会

正会員: 松江吉行, 高山重嶺

10. 死亡

会員関 重雄氏は昭和46年1月13日, 逝去された。

謹んで御冥福を祈る。

名誉会員小久保清治氏は昭和46年5月29日, 逝去された。謹んで御冥福を祈る。

11. 会員の住所, 所属の変更。

氏名	新住所又は新所属
元田 茂	清水市折戸 1,000 東海大学海洋学部
深瀬 茂	神戸市生田区中山手通 7-178 神戸海洋気象台
鳥羽 良明	仙台市片平 2-1-1 東北大学理学部地球物理学教室
樋口 明生	枚方市山之之上西町 35-20-510
伊東 教晶	清水市日立町 9-30 並木荘 203
佐藤 猛郎	熊本市大江町渡鹿北久根山 223 東海大学短期大学部
茂木 昭夫	北九州市小倉区北方日之出町 北方住宅 15-24
森永 勤	東大阪市小若江 321 近畿大学農学部水産学科
青木 洋	埼玉県和光市西大和団地 4-5-309
菱田 耕造	神戸市生田区中山手通 7-178 神戸海洋気象台
池田 豊	東京都目黒区目黒本町 3-20-7
江上不二夫	東京都千代田区丸の内 2-3-1 三菱商事ビル 三菱化成生命科学研究所
矢部 博	清水市日之出町 静岡県水産試験場
田口 正	清水市元城町 6-21 北村方
高橋 正美	静岡市音羽町 23-11 遠藤方

小林 信雄 熱海市網代 57-1 丸和水産KK
 田中満佐人 横浜市鶴見区岸谷 1-5-11 IHI 岩谷寮
 宮崎 正衛 東京都杉並区高円寺北4丁目 気象研究所

レ・ヴァン・フォン 322/19 Thanh Thai Saigon,
 South Vietnam

12. 交換および寄贈刊行物。

- 1) 鯨研通信, 234号, 236号, 1971.
- 2) 淡水区水研研究報告, 20(2), 1970.
- 3) 理学部紀要, 34号, 1970. (早大・理工)
- 4) 日本海の海上気象統計図表, 1971. (舞鶴海気)
- 5) 神奈川県立博物館研究報告, 1(4), 1971.
- 6) 国立科学博物館研究報告, 14(1,2), 1971.
- 7) 広島大水産学部紀要, 9(2), 1970.
- 8) 日本海区水研要覧, 1971. 4.
- 9) 日本海区水研研究報告, 23号, 1971.
- 10) 航海, 33号, 1971.
- 11) 神戸海気彙報, 185号, 1971.
- 12) 海洋機器開発, 3(3, 4), 1971. (日本船用機器開発協会)
- 13) 海洋観測資料, 1971. 3, 水産庁.
- 14) 港湾技研報告, 10(1), 1971.
- 15) 港湾技研資料, No. 111~116, 1971.
- 16) 研究実用化報告, 20(1~5), 1971. (電通研)
- 17) Preliminary Report of the Hakuho Maru Cruise KH-69-4 (IBP Cruise), 1970.
- 18) Revue des Travaux de l'Inst. des Pêches Maritimes, Tome XXXIV Fasc. 4, 1970.
- 19) Science et Pêche, N° 198, 1970, N° 199, 200, 1971.
- 20) Cahiers Océanogr., XXIII^e Année N° 1~4, 1971.

日仏海洋学会賞受賞候補者推薦理由書

氏名: 冨永政英 (埼玉大学 理工学部)

題目: 沿岸波浪および内部波に関する一連の研究

推薦理由: 冨永氏は波浪の現象, 特に沿岸波浪および内部波に関する問題を主として理論的な側面から精力的に研究し, その優れた着想とあいまって, 数多くの重要な事実を明らかにした。最近発表された論文は「うみ」(日仏海洋学会誌)誌上の3編を含めて17編に達し, その内容は多岐にわたっているが, 主なものを要約すれば次の通りである。

- (1) 有限水深での有限振幅定常波の理論を展開し, また斜面上での波の変形について計算し, これらの結

果が実験あるいは実測をよく説明する事を示した。

- (2) 定常流にのった表面波の問題をとく基本的な解法を論じ、流れにさかのぼる短い波長の重力波の不安定性を見出した。この流れの上を進む波の理論はこの問題に対する種々の実験的研究のきっかけを作った。
 - (3) 前記理論を更に発展させ、風浪の発生に対する直接の吹送流の影響や、流れの存在下におけるフィリップス・マイルスの機構を論じる等、流れの存在する海域における風浪の発生、成長、スペクトルの変形について研究し、その結果が海流の存在する海域での波高観測によく合うことを示し、実際の波浪予報にこの効果を加味すべきことを指摘した。
 - (4) 長周期内部波の発生の問題を論じ、気圧変化との共鳴、あるいは潮流による流れのシアーによる内部波発生の機構を示し、それぞれバーミュダ島、ジブラルタル海峡での実測される現象を説明しうることを示した。
 - (5) 海洋中の温度躍層にみられる数分の短周期内部波を説明するのに、特殊な密度分布における有限振幅波の理論を展開し、実際の温度躍層内に観測される内部波の性質をよく説明することを示した。
- 以上の成果は海洋物理学の進歩に貢献する所が顕著であり、本賞を受けるに十分値する。

学会賞受賞候補者推薦委員会

委員長 多 賀 信 夫

主 要 論 文

- 1955: Sea surface condition observed near the shore. Bull. Tokyo Gakugei Univ., 7.
- 1955: Studies on wave of finite amplitude. J. Oceanogr. Mag., 11(3).
- 1956: Transformation of wave profile over a sloping bottom. J. Oceanogr. Mag., 12(3).
- 1959: On some solutions of the equation of small amplitude water waves generating on a running stream. Bull. Tokyo Gakugei Univ., 10.
- 1960: Stability of surface water waves Progressing against a running stream. Bull. Tokyo Gakugei Univ., 11.
- 1961: Secondary undulations in Miyako Bay accompanied by the Chile Tsunami. Report on Chile Tsunami.
- 1962: Stability of subsurface drift current and the generation of ripples (Inviscid case). Bull. Tokyo Gakugei Univ., 13.
- 1962: On the waves generated over the steady uniform current. J. Oceanogr. Soc. Japan, 20th Anniversary Volume.
- 1964: Resonance and sheltering mechanism of wind-generated waves on a steady uniform current. Bull. Tokyo Gakugei Univ., 15.
- 1964: On the spectrum and characteristics of gravity waves generated by winds on steady, uniform currents. Studies on Oceanography.
- 1964: Observation and analysis of significant height of wind waves generated on the surface of currents. J. Oceanogr. Soc. Japan, 20(3).
- 1964: Onde de l'eau se propageant sur un écoulement à gradient vertical. La mer, 2(1).
- 1966: Sur le développement des ondes internes par l'action des Perturbations atmosphériques. La mer, 4(1).
- 1967: Sur des ondes internes engendrées par la perturbation atmosphérique. La mer, 5(1).
- 1968: Effet de la différence de la vitesse de courant entre deux couches dans la mer sur des ondes internes à la période de marée, engendrées dans le détroit de Gibraltar. La mer, 6(1).
- 1970: Finite vertical oscillation of fluid parcel in a heterogeneous, incompressible sea water, Part I. Theoretical consideration. J. Oceanogr. Soc. Japan, 26(4).
- 1970: Finite Vertical oscillation of fluid parcel in a heterogeneous, incompressible sea water, Part II. Observational results in the sea. J. Oceanogr. Soc. Japan, 26(5).

分科会の発足について

佐々木 忠 義

世界の人類は、こんご多くの資源を海洋に依存しなくてはならない。爆発的にふえつづける世界の人類の生活を支える物質は、海洋資源にしかないのではないか。こうした考えは、いま世界的視野に立って、殆んど例外なく認められているものと思われる。

具体的に、何がどうかということ、いまさらここに述べるまでもなく、各国各様であろう。

ところで、きわめて重要なことは、最終の資源の場合海洋であると判断した場合、そのいろいろの資源を採取あるいは採掘する姿勢である。海洋科学を十分にふまえ、海洋資源開発にアプローチする場合、多くの問題点が考えられる。こうした問題点をあますことなく取り入れ、なおかつそれらの海洋資源の開発に取り組むためには、どこかで絶えずそうした問題を考えそれに取り組むことが必要である。

ところで、海洋開発あるいは、海洋資源開発といっても、その内容はまことに多岐に亘り複雑である。そこで、一応考え得る範囲で手のつけられそうな対象を選んで着手せざるを得ない。

こうした考えを具体的に実現させる第1着手として分科会を設けたらどうかということになり、この問題をまず幹事会で検討してもらった。それにつづいて評議員会では、あらゆる角度から論議をつくり分科会の内容について検討した。その結果、分科会の設置が決定した。こうしたいきさつについては、すでに総会において詳細に説明し報告した通りである。

取敢えず発足した分科会とその幹事は次の通りである。

1. 水中作業艇 (Underwater Vehicles Committee)
幹事：平野美木
2. 水中映像 (Underwater Image-Information Committee)
幹事：早苗清久
3. 栽培漁業 (Aquaculture Committee)
幹事：森 英旭

4. 海洋腐食 (Marine Corrosion Committee)
幹事：重藤隼太
5. 海洋計測 (Oceanographic Instrumentation Committee)
幹事：森川吉郎
6. 海洋鉱物資源 (Mineral Resources Committee)
幹事：田村 純
7. 水中作業技術 (Man's Underwater Activities Committee)
幹事：山中鷹之助
8. 海洋動力 (Power Supplies Committee)
幹事：山田沢三
9. 沿岸環境管理 (Waste Management and Coastal Zone Committee)
幹事：磯 舜也
10. 海洋汚染 (Marine Pollution Committee)
幹事：清水 博

なお、次の各分科会も設置の方針が決定し幹事の委嘱を検討中である。

- Data Engineering Committee
- Surface Support Systems Committee
- Undersea Cable Committee

各分科会の幹事は、その分科会がそれぞれの問題について興味を寄せられる会員と共に、その問題を解明し解決するために分科会を開いて相互に意見の交換をし、論議し検討してその結果をまとめる等の作業を遂行する。

こうして、分科会で得られた新知見、見解、決定事項などについては、その内容に応じて研究発表会とかシンポジウムなどを通して発表ないしは紹介してもらい、会員一同で討論し論議をつくり問題の解決に役立てる。

以上の通り、分科会の設置、分科会の作業内容、作業内容の周知がたなどについて、その概略を記した。多くの会員の皆さんが、この分科会に興味を寄せられ、その発展のために積極的に参加して頂きたくこの機会に改めて御願する次第である。

日仏海洋学会役員

顧問 ユベール・ブロッシェ ジャン・デルサルト
 ジャック・ロベール
名誉会長 アレクシス・ドラランデル
会長 佐々木忠義
常任幹事 永田 正, 大柴五八郎
幹事 阿部友三郎, 石野 誠, 井上 実, 今村 豊
 岩下光男, 宇野 寛, 川原田 裕, 神田献二
 菊地真一, 鬼頭正隆, 草下孝也, 斎藤泰一,
 佐々木幸康, 杉浦吉雄, 高木和徳, 高野健三
 辻田時美, 富永政英, 奈須敬二, 西村 実,
 根本敬久, 半沢正男, 松生 治, 松尾邦之助,
 丸茂隆三, 森田良美, 山中鷹之助 (50音順)
監事 久保田穰 岩崎秀人
評議員 赤松英雄, 阿部友三郎, 阿部宗明, 秋山 勉,
 新崎盛敏, 有賀祐勝, 石野 誠, 市村俊英,
 井上直一, 井上 実, 今村 豊, 入江春彦,
 岩崎秀人, 岩下光男, 岩田憲幸, 上野福三,
 宇田道隆, 宇野 寛, 大内正夫, 大柴五八郎,
 大村秀雄, 岡部史郎, 小沢敬次郎, 梶浦欣二郎,
 金谷太郎, 川合英夫, 川上太左英, 川村輝良,
 川村文三郎, 川口守一, 川原田 裕, 神田献二,
 菊地真一, 鬼頭正隆, 木村喜之助, 草下孝也,

楠 宏, 国司秀明, 黒木敏郎, 久保田 穰,
 小林 博, 小牧勇蔵, 近藤 仁, 西条八束,
 斎藤泰一, 斎藤行正, 坂本市太郎, 佐々木忠義,
 佐々木幸康, 猿橋勝子, 椎野秀雄, 柴田恵司
 下村敏正, 庄司大太郎, 末広恭雄, 杉浦吉雄,
 多賀信夫, 高野健三, 高橋淳雄, 高木和徳,
 田畑忠司, 田村 保, 千葉卓夫, 辻田時美,
 土屋靖彦, 寺本俊彦, 富永政英, 鳥居鉄也,
 中井甚二郎, 中野猿人, 永田 正, 永田 豊,
 奈須敬二, 奈須紀幸, 新野 弘, 西村 実,
 新田忠雄, 根本敬久, 野村 正, 花岡 資,
 半沢正男, 半谷高久, 菱田耕造, 日比谷 京,
 松山義夫, 平野敏行, 深沢文雄, 福島久雄,
 淵 秀隆, 星野通平, 増沢譲太郎, 松井 魁,
 松生 治, 松尾邦之助, 松崎卓一, 松平康男,
 丸茂隆三, 溝口哲夫, 三宅泰雄, 宮崎千博,
 宮崎正衛, 元田 茂, 森田良美, 森安茂雄,
 安井 正, 矢部 博, 山路 勇, 山中鷹之助,
 山中 一, 依田啓二, 渡辺貫太郎, 渡辺精一,
 渡辺信雄 (50音順)
 マルセル・ジュクラリウス, イヴ・ド・ムク
 シー, ロジェ・ペリカ

賛 助 会 員

井 出 利 明
 株式会社内田老鶴園新社 内田至
 梅 林 弘 直
 小樽船用電機株式会社
 株式会社オルガノ
 海上電機株式会社
 協同低温工業株式会社
 協和商工株式会社
 小松川化工機株式会社
 小 山 康 三
 三信船舶電具株式会社
 三洋水路測量株式会社
 シュナイダー財団極東駐在事務所
 昭和電装株式会社
 大洋電機株式会社
 株式会社鶴見精機工作所
 帝国酸素株式会社
 東京工材株式会社
 株式会社東京久栄
 東京レプ株式会社
 株式会社東邦電探

釧路市白金町 11
 東京都千代田区九段 1-2-1
 東京都千代田区大手町 2-4 新大手町ビル7階 極東貿易株式会社
 小樽市色内町 1-20
 東京都文京区本郷 5-5-16
 東京都千代田区神田錦町 1-19
 東京都千代田区神田佐久間町 1-21 山伝ビル
 東京都新宿区下落合 1-513 第二正明ビル
 東京都江戸川区西小松川 1-2645
 東京都文京区本駒込 5-13 英和印刷社
 東京都千代田区内神田 1-15
 東京都港区新橋 5-23-7 三栄ビル
 東京都港区芝罘平町 38 日本ガス協会ビル
 高松市福岡町 467
 東京都千代田区神田錦町 3-16
 横浜市鶴見区鶴見町 1506
 神戸市兵庫区高松町 22-1
 東京都中央区築地 4-2 築三ビル
 東京都中央区八重洲 3-3 八重洲口会館
 東京都豊島区池袋 2-1120 ローズマンション 302号
 東京都杉並区上高井戸 5-327

株式会社 ナック	東京都中央区銀座 1-5-6
日本アクアラング株式会社	東京都豊島区北大塚 1-16-6 大塚ビル
日本海事広報協会海の世界編集部	東京都港区琴平町 35 船舶振興ビル
有限会社日本ダイビングスポーツ	神戸市兵庫区神田町 3
日本テトラポッド株式会社	東京都港区新橋 2-1-13 新橋富士ビル9階
日本テレスコム株式会社	東京都港区六本木 4-11-10 六本木富士ビル
社団法人日本能率協会	東京都港区芝公園 25号地 協立ビル
日本無線株式会社	東京都港区芝桜川町 25 第五森ビル
船用電球株式会社	東京都目黒区下目黒 1-6-21
有限会社ハラダ電機製作所	東京都豊島区池袋 8-3292
ヒエン電工株式会社	堺市松屋町 1-3
深田多満男	東京都港区芝虎ノ門 8 虎ノ門実業会館 深田サルベージ株式会社
藤田 潔	東京都中央区銀座西 7-6 株式会社ビデオプロモーション
藤田 峯雄	東京都江東区南砂 1-3-25 株式会社 中村鉄工所
フランス物産株式会社	東京都千代田区神田小川町 3-20-2 増淵ビル
古野電気株式会社	東京都中央区八重洲 4-5 藤和ビル
三菱重工業株式会社	東京都千代田区丸の内 2-10
株式会社吉田製作所	東京都台東区上野 3-13-9
吉野計器製作所	東京都北区西ヶ原 1-14
株式会社離合社	東京都千代田区神田鍛冶町 1-2 丸石ビル
株式会社渡部計器製作所	東京都文京区向丘 1-7-17

会費値上げのお知らせ

このたび、印刷費、郵便料金その他諸経費の値上りのため、やむを得ず46年度より正会員費を年額 1,500 円(45年度までは 1,000 円)に改正いたすことになり、去る6月3日の第12回総会において御承認を得ました。

つきましては、会員各位の一層の御協力をお願い申し上げます。

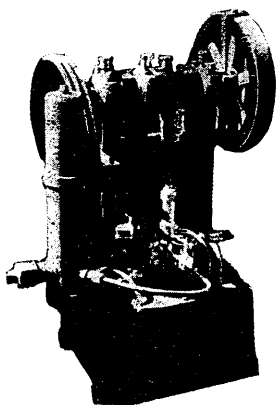
なお、会費納入の際、郵便振替の場合は、郵便局の受取証をもって領収書に換えさせていただきますが、特に

本学会の領収書を必要とされる場合は、「払込通信欄」にその旨を御記入願います。(郵便振替口座番号 東京 96503)

また、昭和46年度の正会員費をすでに納入された方は、御手数ながら既納分との差額500円を御送付くださいますようお願い申し上げます。

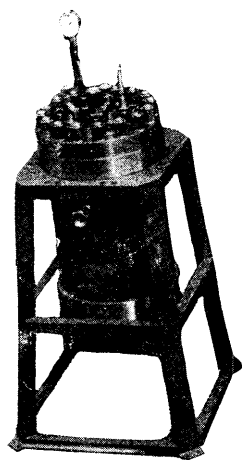
日仏海洋学会

ヨシダの海洋試験機



超高圧テストポンプ

水圧試験装置
 高圧水圧ポンプ
 流水実験装置
 恒温水槽
 回流水槽
 衝撃試験機
 抗張力試験機
 摩耗試験機



高圧テスト容器

☆その他各種試験機装置設計製作



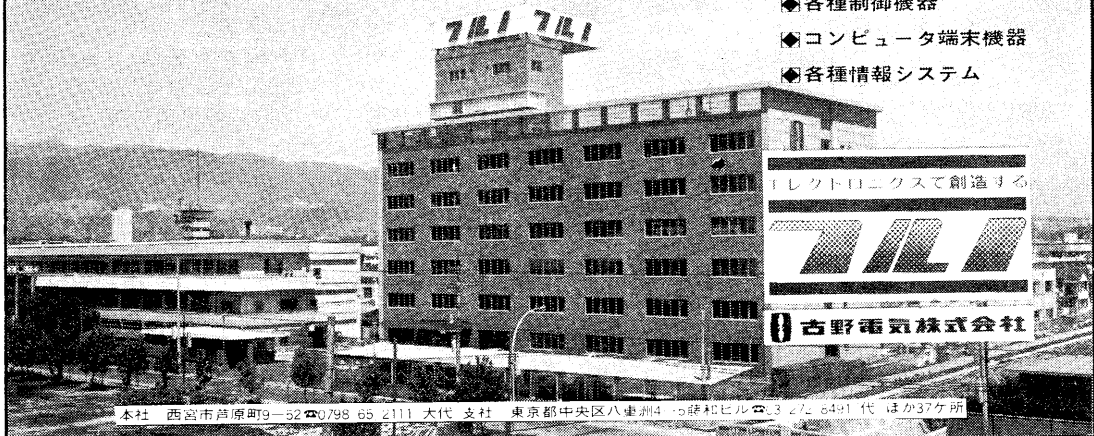
株式
 会社

吉田製作所

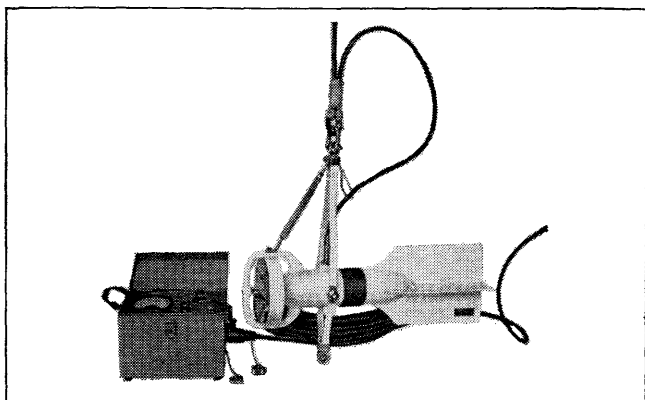
東京都台東区上野3丁目13番9号 電話 (832) 4351~5

7IL1 は無限の可能性に挑戦する

- ◆漁撈電子機器
- ◆航海計器
- ◆海洋開発機器
- ◆航空機用電子機器
- ◆各種制御機器
- ◆コンピュータ端末機器
- ◆各種情報システム



本社 西宮市高原町9-52 ☎0798 65 2111 大代 支社 東京都中央区八重洲4-5 藤和ビル ☎3 476 6491 代 ほか37ヶ所



Direct-Reading Current &
Direction Meter

Model

CM-2

Catalogues are to be sent immediately upon receipt of your order products

Products

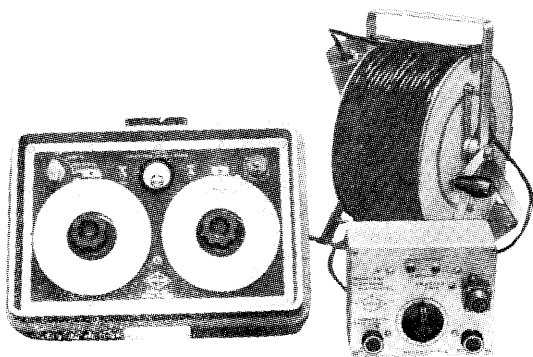
- KM-2: Direct Reading Knot-Meter for Trawl-Boats to Control Adequate Speed
- ET-5: Electric Meter of Water Temperature
- ECT-5: Electric Conduction and Temperature Meter for Chlorine

TOHO DENTAN CO., LTD.

Office: 1-8-9, Miyamae, Suginami-Ku, Tokyo. Tel. Tokyo (03) 334-3451~3

AUTO-LAB PORTABLE S-T BRIDGE

Model 206



オート・ラブ誘導起電式精密塩分計に引続いて、開発された温度と塩分の現場測定用の可搬型海洋測器です。温度、塩分ともダイヤルで直読出来、簡便で堅牢しかも高精度なソリッドステートのユニット結合構造の最新鋭計器です。

- 温度 : 0~35°C 1/2 確度 ±0.1°C
- 塩分 : Scale 1. 0~32 ‰S 確度 ±0.1 ‰S
Scale 2. 32~42 ‰S 確度 ±0.03 ‰S
- 電源 : 電池 9V, 200時間使用可能

追加附属品

- ステンレス製ケーブルリール
- 半自動式電極プラチナイザー

製造品目

転倒温度計 各種
電気式水温計 各種
採水器・海洋観測機器
気象用・理化学用温度計
サーモレンジャー
ミグスター 温度調節器

日本およびアジア総代理店



株式会社 渡部計器製作所

東京都文京区向丘1の7の17
TEL (811) 0044 (代表) ☎ 113

(カタログ御希望の方は誌名御記入の上御請求下さい)

Exploiting the Ocean by...

T.S.K. OCEANOGRAPHIC INSTRUMENTS

REPRESENTATIVE GROUPS OF INSTRUMENTS AND SYSTEMS

T.S.—多要素海象データ—磁気記録装置

概要：流向，流速，塩分，水温等を連続長期にわたり，測定記録するためのものである。

本システムは各部がビルディングブロック方式で構成しデータ集録及び制御部を共通にして測定対象の増減が容易に行え P.H. 溶存酸素，濁度の測定等システムの拡張性を有します。

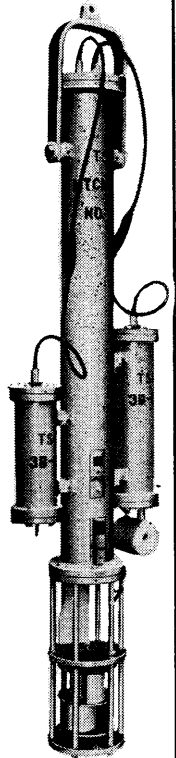
各データ—はブイあるいは観測支柱等に固定された本器の水中検出記録部により電気量に変換，カセットテープにインクリメンタル方式によってデジタル信号として磁気記録される。

センサー（通常）

	測定範囲	感 度	精 度	備 考
流 向	0~360°	1.4°	±3°	
流 速	0.025~4 m/sec	0.025m/sec	0.5 m/sec 以下 0.025 m/sec	
傾 斜 角	0~35°	5°	0.5 m/sec 以上 0.05 m/sec	±5°
塩 分	10~35‰S	0.03‰S	±0.1‰S	温度補償範囲0~35°C
水 温	0~30°C	0.05°C	±0.1°C	

データ—レコーダ

記 録 期 間	記 録 間 隔				
	5 分	15 分	30 分	1 時間	連 続
	1ヶ月	3ヶ月	6ヶ月	1年	50時間
記 録 方 式	インクリメンタル方式				
使用データ—テープ	フリップス型コンパクトカセットテープ C-120				
記 録 容 量	約 500 万ビット				
記 録 密 度	約 800 ビット/インチ				
信 号 変 換 方 式	位相変調方式				
記 録 内 容	1 アドレス6データ— 直列式 アドレス： 機械番号，日付，時刻 データ—： 流向，流速，傾斜角，塩分，水温				



THE TSURUMI SEIKI CO., LTD.

1506 Tsurumi-cho Tsurumi-ku, Yokohama, 230 Japan

CABLE ADDRESS
TSURUMISEIKI Yokohama

TELEPHONE
Yokohama 521-5252~5

TSK. USA.
3446 Kurtz St.,
San Diego, Calif. 92110, U.S.A.

IWAMIYA INSTRUMENTATION LABORATORY



潜水器具総合メーカー

日本ダイビングスポーツ

本社 神戸市兵庫区神田町3番地

TEL 神戸 078 (34) 7959
9451

水路測量と土質調査

Hydrographic Survey and Marine Geological Survey

SANYO Hydrographic Survey Co., LTD.

業務 深淺測量, 底質土質調査, 国土保全測量調査, 海洋資源開発測量調査

防災工事測量調査, マイルポストの測量, 航海保安に必要な調査, 海底ケーブル沈設測量調査, 潮汐, 潮流, 海流, 波浪の観測

一般海洋観測調査, その他一般海事関係の観測調査および関係業務の技術, 科学的研究

特色 高性能の精密計測機の整備拡充

元海上保安庁職員をもつて組織する優秀なる我国唯一の技術陣

総代理店(連絡先)は全国的組織網を持つ三井物産 K. K の本, 支店出張所

三洋水路測量株式会社

東京都港区新橋5丁目23番7号

電話 (432) 2971~4

メルタック

熱溶融型接着剤ですから、溶剤や水を含まないの乾燥の必要がなく、瞬間的に接着します。

ポリエチレン、アルミ箔等にも良く接着します。

ポリロック

含浸、注型、充填用として使用される接着性と作業性の良好なシーリング材です。

ポリワックス

ワックスを主成分とし、各種ポリマーをブレンドした防湿、密封用のシーリングワックスです。

東京工材株式会社

東京都中央区築地 4-7-1 TEL (542) 3361 (代)

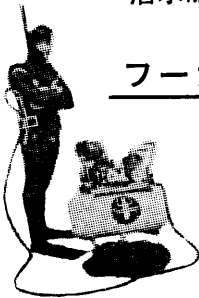
アクアラング



aqua-lung

◎ カタログ 進呈 ◎
潜水服採寸表

フーカ―潜水具



- 最新式アクアラング器具一式
- フーカ―潜水具
沿岸工事、水中調査、養魚、養殖、漁業、救難作業等の水中作業に画期的な高能率を示す潜水器具
- ナイロンジャージ付スポンジゴム潜水服
軽くて強く……保温性がよく……着心地快適
- アクアラング事業部併設
水中作業のご依頼に応じますのでご照会下さい
- アクアラング講習会常設
東京にアクアラング訓練用プールを設置

仏国・スピロテック社 日本総代理店
米国・U.S. ダイバーズ社

日本アクアラング株式会社

九州営業所 福岡市島飼1の5の33
電話 福岡(74) 8907
名古屋営業所 名古屋市中川区東出町3の1
電話 名古屋(331) 5016

東京支社 東京都豊島区北大塚1丁目16の6
(国電大塚駅前大塚ビル一階)
電話 東京(918)6526 (代表)

本社 神戸市兵庫区高松町22の1
(帝国酸素株式会社内)
神戸営業所 電話 神戸(67) 5501 (大代表)

Murayama

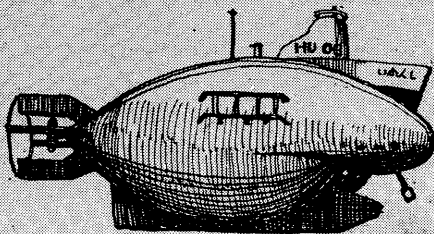
水中濁度計
水中照度計
電導度計



株式 村山電機製作所

本社 東京都目黒区五本木2-13-1
出張所 名古屋・大阪・北九州

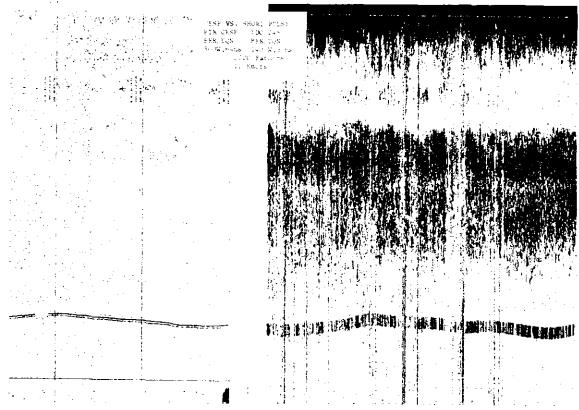
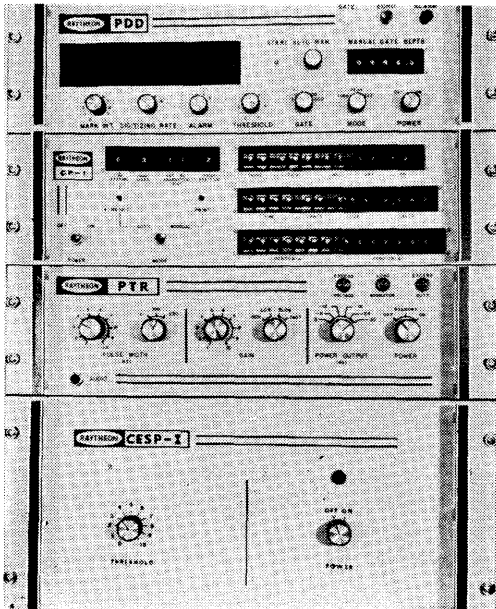
海底資源の開発に活躍—潜水調査船“しんかい”



陸・海・空 世界に伸びる 本社 神戸市生田区中町通2-16-1
日生川崎ビル3~7階
東京支社 東京都港区芝浜松町3-5
世界貿易センタービル



海洋探測及び制御システム



(レイセオン社システム)

(従来の音響探測器)

上右の記録を見比べて下さい!!

レイセオン社の音響測深及び地層探査システムにはノイズが入りません。

レイセオンは、石油開発、海洋測量に必要な探査機器を完全なシステムとしてもあるいは従来のシステムを改良するための単独機器としても販売しています。

- 水中深度測定システム
- 高分解能海底地層探査システム
- 自動デジタル深度トレース・システム
- 海中地震探査システム(エア・ガン使用)

- 海底石油、ガス生産遠隔制御システム
- 深海係留機器放除システム
- 各種精密エレクトロ・グラフィック・レコーダ

※本製品はリースでも御利用いただけます。

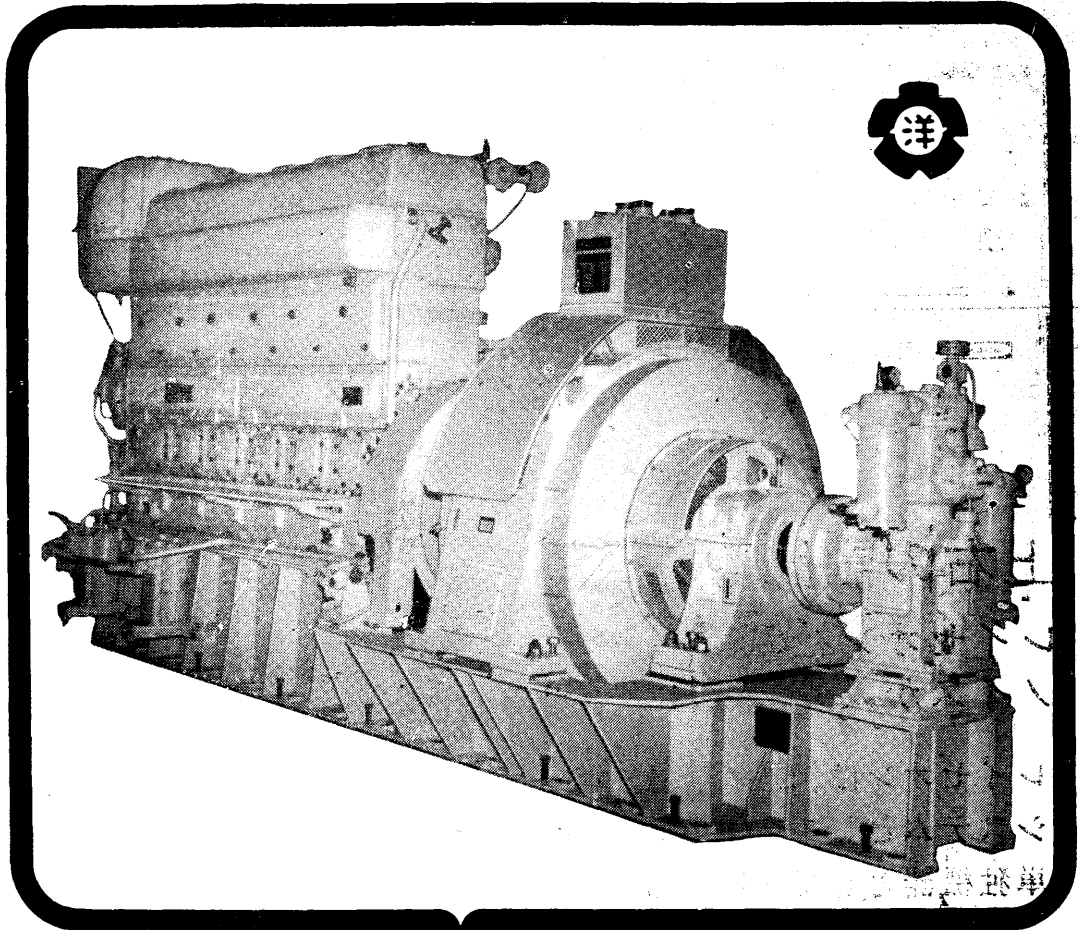
日本総代理店 技術と情報の



エレクトロニクス部 第1課

- 本社 東京都中央区日本橋本石町1-2(大東ビル) 千103 東京(03) 279-0771(大代表)
- 大阪 大阪市南区順慶町通2-38(鈴木ビル) 千542 大阪(06) 262-3471(代表)
- 水戸 茨城県勝田市東石川1305-68 千312 勝田(0292) 72-3085

ながい経験と最新の技術を誇る **DAIEN**
大洋の船舶用電気機器



主要生産品目
 自励・他励交流発電機
 直流発電機
 各種電動機及制御装置
 船舶自動化装置
 配電盤

大洋電機株式会社

取締役社長 山田沢三

本社 東京都千代田区神田錦町3の16
 電話 東京 (293) 306133
 岐阜工場 岐阜県羽島郡笠松町如月町18
 電話 笠松 41111
 伊勢崎工場 群馬県伊勢崎市八幡島町726
 電話 伊勢崎 1816-1816-1835-816
 下関出張所 下関市竹崎町39
 電話 下関 (22) 28203704
 北海道出張所 札幌市北二条東二丁目 浜建ビル
 電話 札幌 (25) 6347(23)8061-8261

昭和 46 年 5 月 15 日 印刷
昭和 46 年 5 月 31 日 発行

う む 第 9 卷
第 2 号

定価 円 400

編集者 今 村 豊
発行者 佐々木 忠義
発行所 日仏海洋学会
財団法人 日仏会館内
東京都千代田区神田駿河台2-3
郵便番号:101
電話 (291) 1141
振替番号:東京96503

印刷者 小 山 康 三
印刷所 英和印刷社
東京都文京区本駒込5-13
郵便番号:113
電話 (828) 3935

第 9 卷 第 2 号

目 次

<p>原 著</p> <p>海中作業基地に関する研究 (英文) …佐々木忠義 85</p> <p>TACSS 工法による海底炭鉱断層破碎帯の安定 化工事について (英文) ……………</p> <p>…………… 飯田茂隆・久保田浩典 96</p> <p>再生可能なる吸着剤による呼吸ガスの精製に関 する研究 (英文) ……………</p> <p>…………… 清水 博・神藤郁夫・荒木清一郎 102</p> <p>日本における海洋鋼構造物に対する電気防食の 適用 (英文) ……………中川雅央 110</p>	<p>日本産テナガエビ <i>Macrobrachium nipponense</i> (De Haan) の増養殖に関する研究—特に産 卵周期, 幼生の発生および摂餌生態について (英文) ……………宇野 寛 123</p> <p>水産資源開発の今後の方向と日本漁業のあり方 について ……………平沢 豊 130</p> <p>日仏海洋学会賞受賞記念講演に代つて 波浪および内部波の研究 ……………富永政英 138</p> <p>学会記事 …………… 140</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tome 9 N° 2

SOMMAIRE

<p>Notes originales</p> <p>Man-in-the-Sea Project in Japan ……………</p> <p>…………… Tadayoshi SASAKI 85</p> <p>Stabilization of Sheard Zones of Undersea Coal Mine Using the TACCS System ……</p> <p>…………… Shigetaka IIDA and Hirosuke KUBOTA 96</p> <p>Study on the Purification of Breathing Gas by Regenerable Adsorbents ……………</p> <p>…………… Hiroshi SHIMIZU, Ikuo SHINDO and Seiichiro ARAKI 102</p> <p>Applications of Cathodic Protection System to Marine Steel Structures in Japan ……</p> <p>…………… Masao NAKAGAWA 110</p>	<p>Studies on the Aquaculture of <i>Macro-</i> <i>brachium nipponense</i> (De Haan) with Special Reference to Breeding Cycle, Larval Development and Feeding Ecology …………… Yutaka UNO 123</p> <p>The Direction of Fisheries Development of Japan in Future (in Japanese) ……………</p> <p>…………… Yutaka HIRASAWA 130</p> <p>A l'occasion d'avoir reçu le prix de la Société franco-japonaise d'océanographie</p> <p>Recherches sur les vagues et les ondes internes …………… Masahide TOMINAGA 138</p> <p>Procès-Vervaux …………… 140</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------