

解説 岩盤に挑む

さらなるコスト縮減を実現 ヒューム管を使って岩盤層を126m掘進

あきやま だいち
秋山 大一
ロックマン工法協会
技術委員



ふなば かつのぶ
船場 勝信
ロックマン工法協会



1 はじめに

ロックマンエース工法（以下、本工法）は平成2年の施工開始以来、施工件数、施工延長ともに増加をたどり平成20年度では年間施工件数295件、施工延長21.4kmとなった。これまで、ロックマン工法協会（以下、本協会）では「困難な土質への対応」、「狭小な場所への対応」、「長距離施工への対応」を基本方針として技術開発を行ってきた。しかし使用する管材については、岩盤層、玉石・砂礫層などの硬質な土質を対象としてきたため、開発当初より鋼管さや管方式を原則としてきた。

その理由の第1は、玉石・砂礫層などでは蛇行を生じ易いこと、第2は掘進土質が硬質な場合、カッタがロックされることにより先導体にローリング発生し後続管が破損する懸念が高かったためである。

しかし、近年の施工条件の多様化に伴い、鋼管さや管以外の管材への対応が求められてきた。そこで平成14年

には岩盤層、砂礫層を掘進するための専用管材として合成管を独自に開発した。合成管は継ぎ手部に固定ピンを取り付けることで先導体のローリングにより発生する回転力を後続管全体で受け止めるように工夫した管材である。

さらに平成19年には、回転力をRMルーパーという専用ジョイント管（排泥管を内部に設置）、で受け持つことにより管材に回転力が伝達することを防止する方法を開発した。これによりヒューム管推進が可能となった。以上の取組みにより、本工法は、鋼管に加え合成管、ヒューム管、レジン管の4種類の管材に対応可能となった。

本稿では本工法のヒューム管適用のための技術開発について解説を行うとともに、ヒューム管を使用して岩盤層の長距離施工に挑戦した長崎県佐世保市の施工事例を報告することとする。

2 ロックマンエース工法の掘削・排土のしくみと適用土質

2.1 掘削及び排土のしくみ

本工法は、泥水方式一工程式に分類される小口径管推進工法である。このため、送泥ポンプと排泥ポンプによる還流を用いて、掘削土砂の運搬、排出を行う。また、泥水圧により、切羽の土圧、水圧とのバランスを図り、崩壊や取り込み過剰を防止しながら、掘進を行うものである。

本工法で使用する泥水処理プラントは1次タンク1.0m³、2次タンク2.0m³とコンパクトなものとなっている。これは本工法の対象とする土質が砂礫層、岩盤層であり、掘削土砂の多くは振動ふるいにより除去されることからコンパクトなプラントとなっている。しかし、粘土分の多い土質を掘進する際には補助タンクを使用して比重の低下を図ることもあるので掘進土質の細粒分の含有量には注意が必要である。参考として図-1に本工法のフロー図を示す。

2.1 対応するヒューム管径と

適用土質

本工法のヒューム管推進ではφ400、500の2種類の掘進機を使用し、呼び径φ250、300、350の3種類のヒューム管に対応している。

現行の本工法におけるヒューム管径と掘進機呼び径の組み合わせは下記に示す表-1のとおりである。また本工法の適用土質は、表-2、3のとおりである。

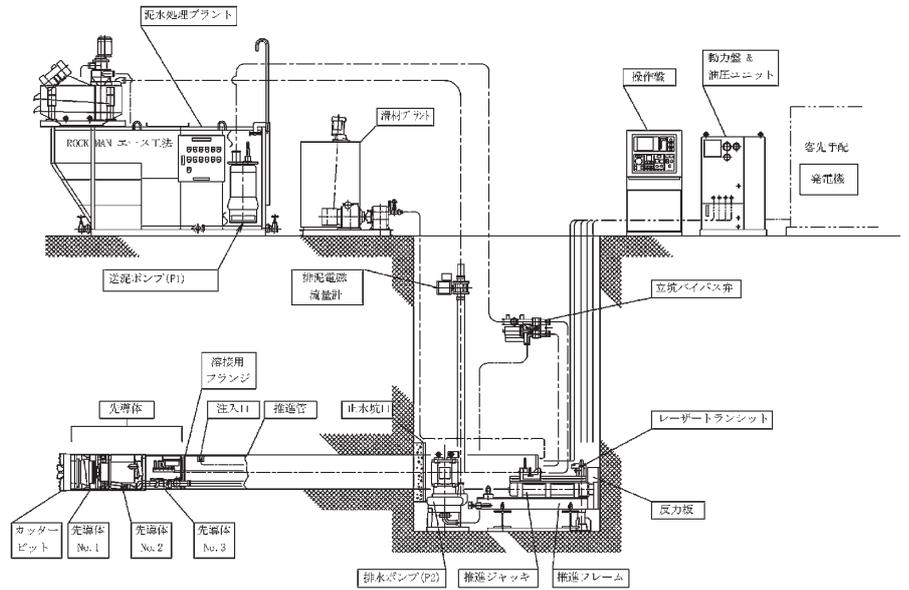


図-1 ロックマンエース工法のフロー図

3 ヒューム管推進のための技術開発

3.1 掘進機とヒューム管の口径差

(テールボイド) 対策

本工法では、鋼管の寸法に準拠した掘進機をヒューム管に使用することから、掘進機と後続管の間に外径差が生じることが避けられない。例えば、φ400の掘進機（掘進径455mm）でφ250のヒューム管（外径360mm）の推進を行う場合、先導体と後続管の間で片側約48mmの大きなテールボイド（空隙）が生じることとなる。

発生したテールボイドは時間の経過に伴い崩壊して地表面沈下の原因となったり、地下水の水みちを形成するなどして、工事後に周辺に影響を及ぼすことが懸念される。

本工法では、遅硬性滑材の一種であるラグセットを使用することでこれらの問題を解決している。ラグセットは推進時には滑材として摩擦力低減効果を発揮し、工事完了後は固化して裏込材としての効果を発揮するものである。

3.2 ヒューム管の破損対策

砂礫層や岩盤層などの硬質な土層をヒューム管で掘進するためには、カタのロックにより生じる先導体のローリング（回転力）を管材に伝達させないことが必要不可欠である。

このため本工法では、RMルーパー

表-1 ロックマンエース工法 仕上がり内径と適応機種種の組み合わせ

工法名	種別	掘進機呼び径	仕上がり内径		
			ヒューム管		
			φ250	φ300	φ350
ロックマン		400A	○	○	—
エース工法		500A	—	—	○

表-2 ロックマンエース工法 適用土質（一般土質）

土質名称	鋼管さや管	合成管	ヒューム管（レジン管）
粘性土	○	○	○
砂質土	○	○	○
砂礫土（Ⅰ）	○	○	○
砂礫土（Ⅱ）	○	○	○
玉石混じり土（Ⅰ）	○	○	○
玉石混じり土（Ⅱ）	○	○	○
玉石転石（Ⅰ）	○	○	○（※）
玉石転石（Ⅱ）	○	○（※）	○（※）

（※）推進延長を最大50mとする。

表-3 ロックマンエース工法 適用土質（岩盤）

土質名称	鋼管さや管	合成管	ヒューム管レジン管
軟岩（Ⅰ）堆積岩	○	○	○
軟岩（Ⅰ）火成岩	○	○	○
軟岩（Ⅱ）	○	○	○
中硬岩	○	○	○（※）
硬岩（Ⅰ）	○	○	○（※）
硬岩（Ⅱ）	○	○（※）	○（※）

（※）推進延長を最大50mとする。

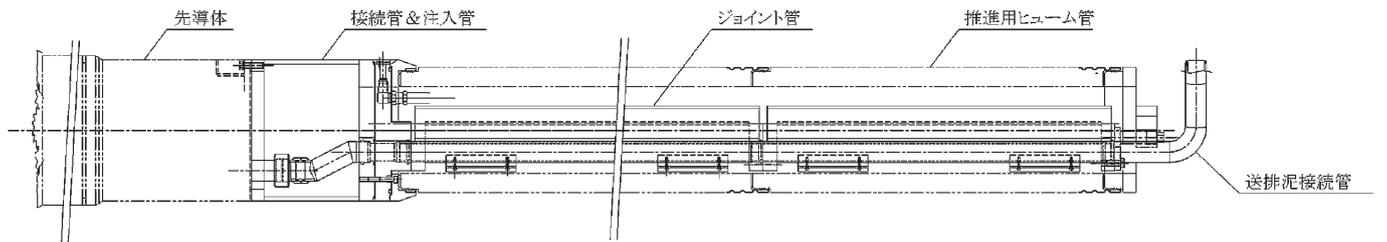


図-2 RMルーバー配置図

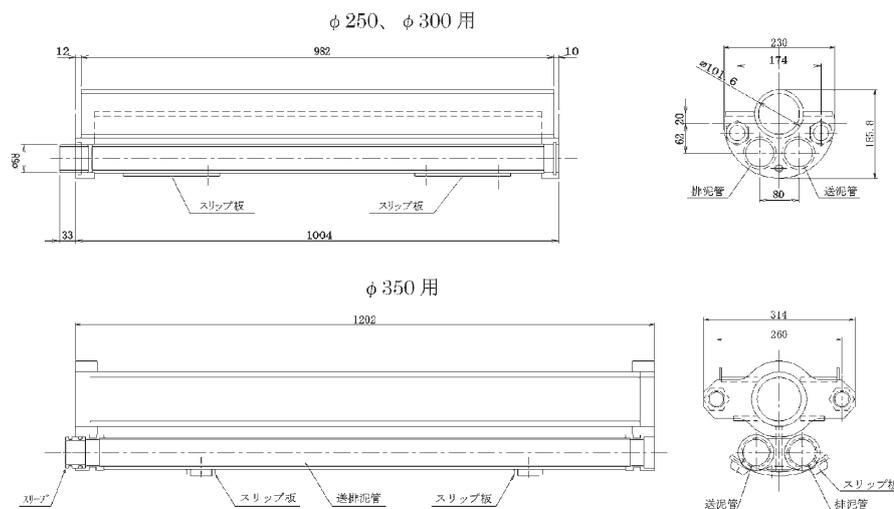


図-3 RMルーバーの構造図



写真-1 RMルーバー

(写真-1)を開発した。これにより回転力を推進管内部に設置したRMルーバーに伝達させて、ヒューム管の損傷を防止することができる。RMルーバーの設置状況を図-2に示す。

また図-3に示すようにRMルーバーの構造は狭い管内のスペースを有効利用できるように送排泥を内蔵した構造となっている。



図-4 位置図

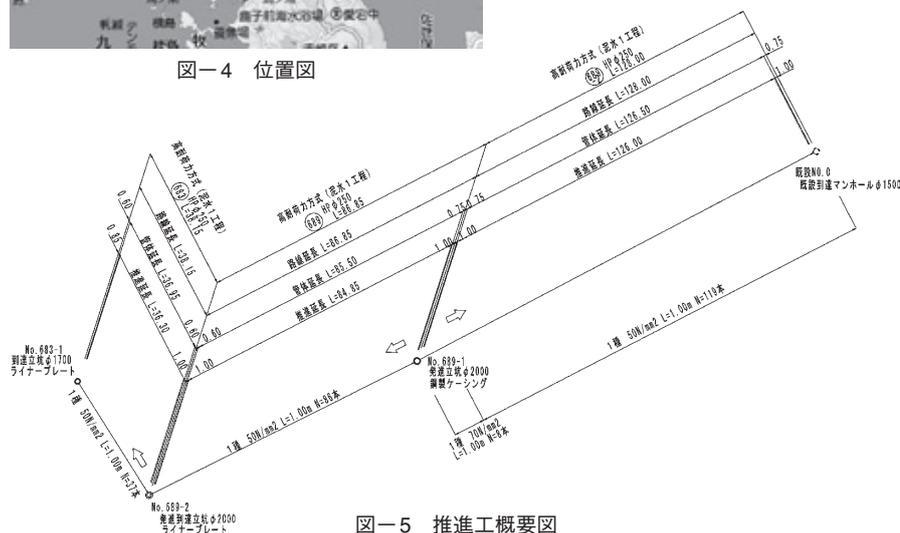


図-5 推進工概要図

4 施工事例

これまで述べてきたように本工法では、多様な管材への対応を進めてきたが、ここでは岩盤層をヒューム管で126m掘進した長崎県佐世保市の事例を紹介する。

4.1 工事の概要

工事名：日野処理分区（その1）
管渠布設工事

発注者：長崎県佐世保市水道局

元請負者：(株)山口組

施工業者：(株)コプロス

工期：平成21年11月～
平成22年3月

呼び径：250（ヒューム管）

区間距離：128.0m+86.85m+38.15m

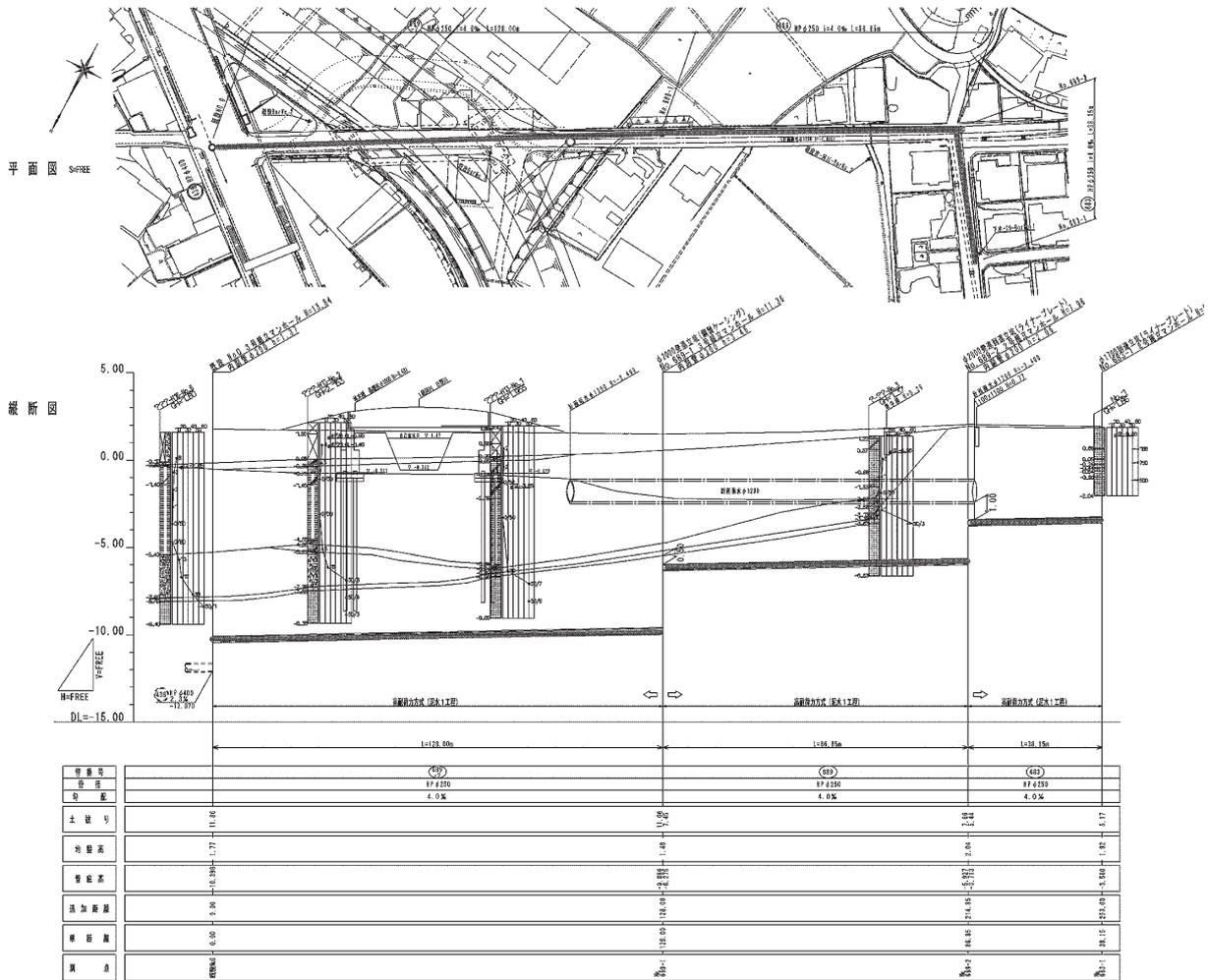


図-6 平面縦断面図

4.2 施工条件

当現場は、長崎県佐世保市日野町における下水道管敷設工事である。施工対象污水管は、市道下に計画されたφ250の管きよである。

掘進土質は一軸圧縮強度16.4～18.1MN/m²の砂岩層であり、本工法の岩盤分類では、「軟岩（Ⅰ）」に分類される。砂岩は堆積岩であるため、岩盤中に粘土など細粒分が多く含まれると、掘進中に循環泥水の比重が上昇し、還流設備に過大な負荷が発生することが懸念される土層である。

土被りは5～11mと深く、掘進不能となった場合、地上から掘削回収することは難しい現場である。図-6に本工事の縦断面図を示す。

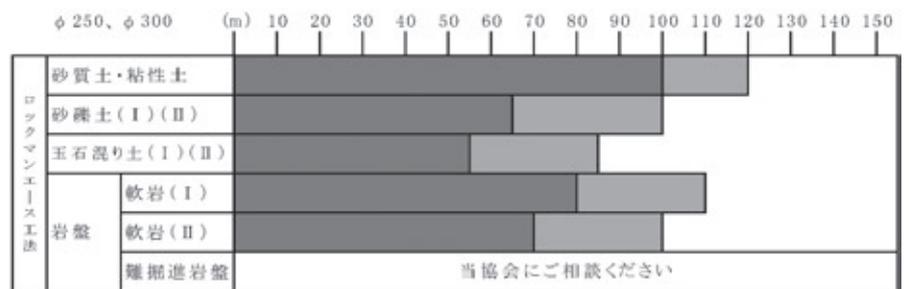


図-7

4.3 施工上の問題点

(1) 126mの長い推進延長

本工事3スパンのうち最も推進延長が長いものは126mであり、本工法（ヒューム管）の「軟岩（Ⅰ）」の最大延長110mを上回る延長となっている。図-7に本工法の推進可能延長を示す。

ヒューム管推進では、推進精度が管敷設精度に直結している。すなわち、鋼管さや管方式のようにさや管内での勾配調整余裕が全くない工法である。このため、長距離施工においては、掘進作業が可能であっても、所定の施工精度の確保に不安が残る事例である。

(2) 土被り12mの深い施工深度

本工事では、一級河川日野川に架かる橋梁基礎（杭基礎）を下越する必要から、最大土被り11.86mと深い施工となっている（写真-2）。

さらに施工深度の深い区間が、推進延長126mと長距離に該当していることから、泥水の還流施設（送排泥ポンプ施設）に過大な負荷がかかることが懸念される。

特に、岩盤中に多くの細粒分が含まれていると、循環泥水の比重が急上昇し還流設備の負荷が増大して、還流不能となることも懸念される。このため、推進中は常に循環泥水の比重を目標管理値以内とする管理が極めて重要となる。

4.4 施工結果

発進立坑から推進長約85.0m付近でレーザトランシットのビームが受光盤に現れない障害が発生した。原因はヒューム管推進では、遅効性滑材を充填した比較的大きな空間（テールボイド）の中を掘進するため、相対比重の軽いヒューム管にわずかな凹凸が生じて、RMルーパーの上部がレーザビームの障害となったものと推定された。

このためレーザトランシットの台を微調整しつつ推進を続行したが、距離が伸びるに伴いレーザトランシットの調整頻度が多くなり通常の施工と比較して長時間を要することとなった。施工精度としては、設計4.0%の勾配に対し4.2%と高い精度で到達することができた。

一方、最長推進延長 $L = 126.0\text{m}$ 、立坑深約12.0mであることから還流設備の能力が懸念されたため、排泥ポンプについても中継による施工を検討したが通常の1台ポンプでの施工で完了することができた。これは掘進土質が写真-3に示すように細粒分の少ない砂岩層であったため、循環泥水の比重上昇が少なかったことが幸いしたこ



写真-2 土被り11mを越える深い立坑



写真-3 礫状の掘削ズリ

とによる。

推進力については遅効性滑材の減摩効果と蛇行発生の少ないマルチジャッキを使用する事により最終推進力は約10.0tと低い推進力で施工を完了できた。

5 おわりに

本工法はこれまで玉石・砂礫層などの土質では蛇行を生じやすいことから、さや管の余裕により精度確保を行ってきた経緯がある。

しかしながら近年のコスト縮減への要請は厳しく、鋼管さや管方式では、「内管挿入」「中込め注入」などヒューム管推進には無い作業工程が存在し、これが施工費の上昇を招いているとの指摘があった。

一方、本工法もレーザターゲットの改良と合成管の採用により、さや管の余裕が無くても所定の精度内での推進が可能となる施工事例が多くなった。

こうした状況から平成19年4月より、ヒューム管推進を新たに加えることとなった。岩盤部におけるヒューム管の施工実績はすでに中硬岩まで拡がりつつある。推進工法に占めるヒューム管の割合を考えると、今後更に採用が増加するものと考えている。

本稿では本工法のヒューム管適用のための技術開発の一端と岩盤層掘進へ挑戦した施工事例を報告させていただいた。

本施工事例より、ヒューム管による岩盤層の掘進が本工法で可能であることが報告できたが、RMルーパーにおいても、レーザターゲットの視野障害など改善の必要があるものと考えている。今後も、発注者、施工者の皆様からのご指導をいただきながら、技術の向上に努めて行きたいと考えている。

○お問合せ先

ロックマン工法協会
本部事務局

〒732-0052

広島市東区光町1-13-20

ディア・光町2F

Tel : 082-261-5923

Fax : 082-261-5925

URL : <http://www.rockman.gr.jp/>

E-mail : rockman@alpha.ocn.ne.jp

東日本支部

〒105-0012

東京都港区芝大門1-4-10 大蔵ビル5F

Tel : 03-3431-4501

Fax : 5948-4578

執筆者紹介

秋山 大一（あきやま だいいち）

八千代エンジニアリング(株)

技術部第三課課長

船場 勝信（ふなば かつのぶ）

(株)コプロス パイプジャッキング部課長

会員動向

平成22年度 理事会、通常総会、基調講演会と 合同懇親会を開催

【ロックマン工法協会・コマンド工法協会】

ロックマン工法協会とコマンド工法協会（会長：小谷謙二氏、広島市東区光町1-13-20）は、平成22年4月23日、大阪市東淀川区のホテルラフォーレ新大阪において、平成22年度の第1回理事会、通常総会、基調講演会と合同懇親会を開催した。

総会の挨拶に立った小谷会長は「ロックマン工法協会は設立18年目を迎え、この間の施工件数は4,074件で、施工延長は約295kmに及んでいる。平成21年度の施工実績は、件数が20年度対比-13.0%であったのに対し、延長は+7.2%と増加して1件当りの延長は25%伸びている。会員数は59社（新入会員1社、退会者1社）で、激動する推進の工法団体の中でも比較的安定した状態にある。今後も、会員数が減らないような魅力ある活動を目指す必要がある。平成21年度の主な活動としては、ヒューム管推進対応が増えたことや長距離推進への施工性の向上に向けて、専用裏込滑材並びに中込材等が活用され、結果としてスパン長はφ400A：38m、φ500A：41mに対し、ヒューム管φ300mm：54m、φ300RS：71mとヒューム管タイプのスパンが伸びている。今回は、鋼製さや管方式、合成鋼管方式に新しく加わったヒューム管方式、レジン管方式について、全てに技術・積算資料が定着し、他工法と競争し得る実績を上げることができた。今後も、政府の公共投資予算は減少し、厳しい市場が予想されるが、本協会としては、会員の皆様との協力により、更なるニーズの掘り起こしと普及に向け努力を続けていきたいと思う。その方策の一つとして、地区別割合の隔



▲ ロックマン工法協会 第18回通常総会



▲ コマンド工法協会 第12回通常総会



▲ 基調講演会



▲ 合同懇親会

たりが大きく、中国地方47%、近畿中部地方14%、四国地方6%、九州地方12%の合計で79%（東北、関東、北陸で21%）を占めており、この傾向は数年変わっておらず、今後、東日本地区での普及活動を積極的に進める必要があると考えて、昨年度は組織的基盤作りに取り組み、東日本支部の設立によって、東日本の占める割合が7%アップした。これからも、設計段階から採用いただく努力が欠かせない。平成22年度も、技術の向上を目指し

て、推進スパンの長距離化や曲線施工導入の模索等進めていきたい」と、これまでの協会活動の経緯と今後の取り組みへの姿勢を語った。

コマンド工法協会の総会においても「昨年に比べ約52%増の5,460mを施工することができ、厳しい状況から復活の兆しが見え始めた」と、今年度への期待を示した。

両協会は、それぞれの理事会と総会のあと、合同で基調講演会と懇親会を催し、熱心に情報交換を行った。