

## 信濃川水力発電再開発の工事現場を訪ねて

ニュース担当グループ委員会

信濃川は、その源を長野、埼玉、山梨の3県にまたがる甲武信岳に発し、千曲川として長野県の佐久平野を流下し、長野市で日本アルプスの槍ヶ岳を水源とする犀川を合流し、新潟県に入り、その名を信濃川と改め魚野川などを合流して日本海に注ぐ、日本一の長さと水量を誇る川です。

この信濃川の新潟県中里村から小千谷市にかけての地域にJR東日本では信濃川水力発電再開発の工事を行っています。我々、取材班はJR東日本信濃川工事事務所を訪れ、工事の概要説明を受けるとともに、調整池、導水路トンネル、発電所等の工事現場を案内していただき、関係者の方々から工事現況や施工にかかわる御苦労など興味深いお話をうかがいましたので、ここに紹介します。

なお、巻頭に口絵写真を掲載しましたので、参考として下さい。

### 1. 信濃川水力発電

**Q:** まず最初に信濃川水力発電再開発の概要についてお聞かせ下さい。

**A:** 国鉄における自営電力の歴史は古く、明治31年頃から小規模ながら局所的に行っていましたが、第一次世界大戦を契機に国内の輸送量が増大する中で、石炭および液体燃料の保存調節が国家的安全保障の問題として論議されるようになり、大正8年7月「国有鉄道運輸ニ関シ石炭ノ節約ヲ図ルノ件」が閣議決定され、鉄道電化の推進と電化用電力を自営電力により賄う方針が樹立されました。この方針に従って、関東地区電化用電源として、信濃川の水力開発が推進されることになりまして、昭和14年の第一期発電開始から昭和44年の第四期発電開始まで水力発電の開発を行っています。

現在も信濃川から最大  $167 \text{ m}^3/\text{s}$  の取水を行い、信濃川水力発電所（千手発電所、小千谷発電所）で  $24.3 \text{ 万 kW}$  の発電を行っています。このほかにも、川崎の火力発電所では  $41.6 \text{ 万 kW}$  の発電を行っていきまして、この両発電所で首都圏の使用電力の約80%を供給しています。

ですが、今後、首都圏の輸送改善に伴う電力需要の増加や火力発電機の老朽化に対処するために、信濃川の余剰水を有効に活用しまして、朝夕のラッシュ時に最大  $20 \text{ 万 kW}$  の発電が可能な新発電所（新小千谷発電所）を建設するのが今回の第五期信濃川水力発電再開発の工事です。

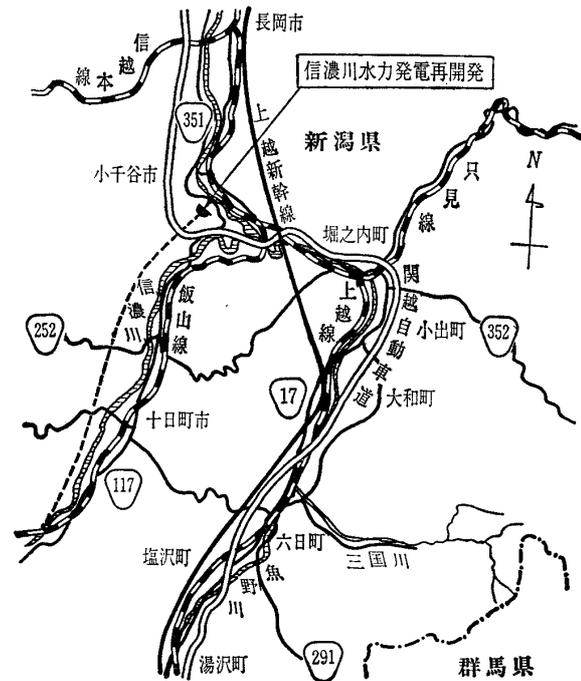


図-1 位置図

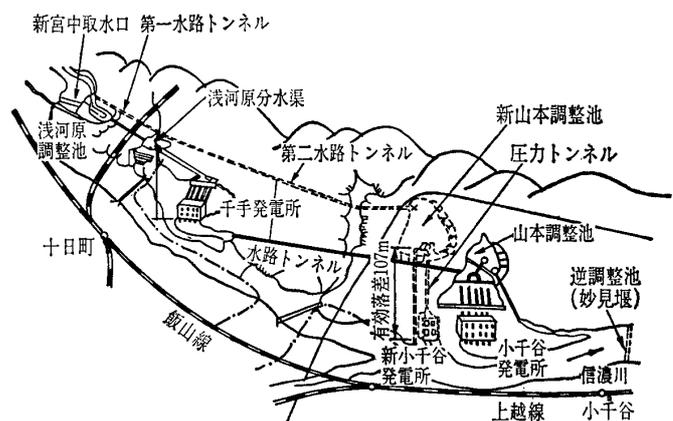


図-2 計画概要図

**Q:** 次に、今回の工事の計画についてお聞かせ下さい。

**A:** 今回の計画は、 $150 \text{ m}^3/\text{s}$  を信濃川から取水して  $20 \text{ 万 kW}$  の新規発電を行うもので、昭和60年8月より取水口、導水路トンネル、調整池、圧力トンネル、発電所等の施設の建設を行っています。

取水口は、宮中にある既設の取水口に隣接して設けまして、そこから水路トンネルにより、約  $27 \text{ km}$  下流の小千谷市山本山の新山本調整池（容量  $320 \text{ 万 m}^3$ ）に送水します。

ひろば

表-1 計画諸元

項目	諸元	
発電計画	水系および河川名	信濃川水系信濃川
	発電方式	水路式, 取水量 150 m <sup>3</sup> /s
	最大有効落差	107m
	最大使用水量	220 m <sup>3</sup> /s
	最大出力	200 000 kW
水路	取水口	側方流入式(幅54.0m, 取水水深4.5m, 延長89.0m)
	導水路	水路トンネル 26 280m(勾配 1/2 500), 第1トンネル 7 820m, 第2トンネル18 460m, 分水設備 1か所, 水路橋 2か所(総延長 341m)
	水圧管路	埋設型 1条, 内径7.7m, 延長720m
調整池	ダム型式	ゾーン型フィルダム, 堤体高さ44.5m, ダム頂長 1 360m
	有効貯水量	3 200 000 m <sup>3</sup> , 湛水面積 312 000 m <sup>2</sup>
	利用水深	13.0m, 常時満水位 E.L. 156.8m
	堤体積	2 300 000 m <sup>3</sup>
発電所	関連設備	放流設備, 笠型取水口, 注水工
	発電所建屋	鉄筋コンクリート造半地下式
	水車発電機	立軸フランス水車(10万kW, 2台), 立軸三相同期発電機(10万kVA, 2台)
	変圧器	屋外三相変圧器(10万kVA, 2台)
放水路	開渠上幅52.0m, 下幅28.0m, 延長122.0m	

途中約 8 km 下流では既設施設の有効活用を図るために 40 m<sup>3</sup>/s を浅河原調整池に分水し, 既設の千手発電所のオフピーク発電に利用します。新山本調整池に蓄えられた水を圧力トンネルにより新小千谷発電所に送水(最大有効落差 107m)して, 主に首都圏のラッシュ時に対応するための発電を行う予定です。

2. 水路トンネル

Q: 水路トンネルの施工法は?

A: 水路トンネルの延長は約 27km ありまして, この長大トンネルの施工は, 経済性および安全性を勘案した結果 NATM(機械による上半先進ショートベンチ掘削方式, タイヤ工法)を採用しました。

Q: 小千谷市付近は河岸段丘が発達していて, その中に水路トンネルを施工するわけですが, 地形・地質はどのよ

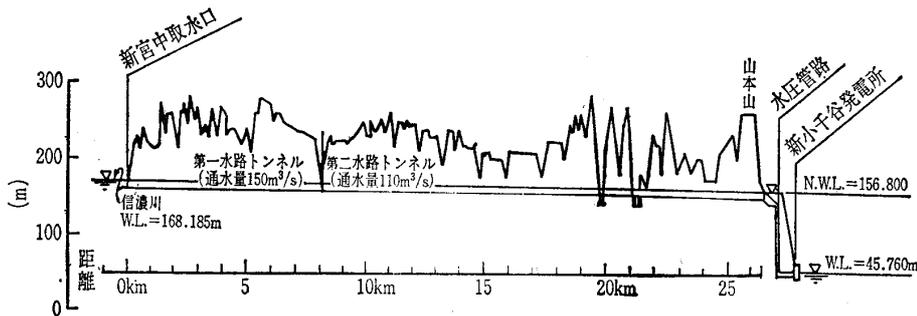


図-3 水路トンネル縦断面図



写真-1 取材風景

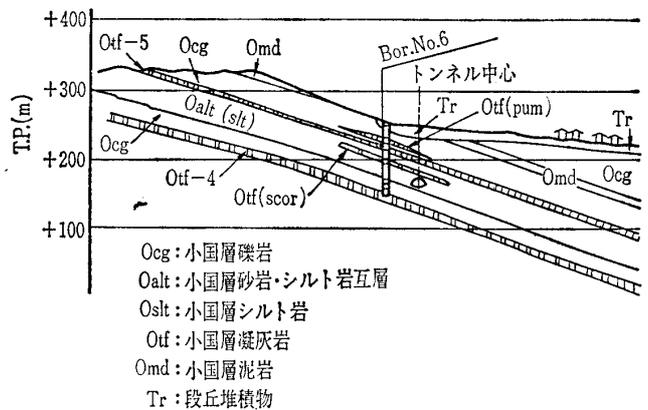


図-4 地質断面図

うになっているのですか?

A: トンネルルートの東側には, 信濃川が蛇行しながら全体として南西から北東方向に流れていまして, 西側には東頸城丘陵が信濃川にほぼ平行に延び, 取水口から北に向かって低くなっています。地形上の特徴は, 河岸段丘が発達していることで, 全体として信濃川から丘陵に向かって階段状になっています。

地層は第四紀洪積世前期の魚沼層群小国層でありまして, 信濃川に沿って洪積世後期の段丘堆積物がこれを覆っています。小国層は砂岩, シトル岩およびその互層と礫岩, 凝灰岩からなりまして, 岩相変化に富み被圧帯水層が多く存在します。

本地域の小国層の地質構造は, 取水口(宮中)~取安川(17 k 400m付近)間では丘陵側から信濃川に向かって傾斜する単斜構造をなしていまして, 信濃川が向斜軸となっています。取安川を過ぎると向斜軸は内陸部に入り, 山本山の西側に連続します。傾斜は取水口付近で40°~50°, 浅河原付近で10°前後, 取安川付近ではほぼ水平になり, 山本山付近では逆に西側に10°~20°傾斜しており, 全体的に見ると, ゆるくねじれた構造となって

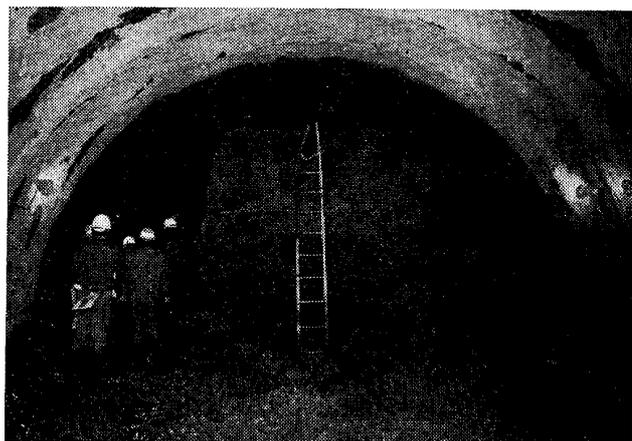


写真-2 NATM切羽

なる可能性もありますので、経済的な湧水対策を検討するために、過去の施工例の調査をしまして、各地山条件での湧水対策を整理しました(表-2)。

切羽前方の予測方法としましては、水抜きを兼ねた長尺水平ボーリングを行いまして、事前の地質や湧水状況の把握を行っています。現在までの湧水対策としては、この長尺水平ボーリングを中心に行ってしまして、必要に応じて短尺水平ボーリングを行っています。

Q: 水路トンネルの施工では、新しい工法を採用されたとうかがっていますか？

A: 水路トンネルの終点方約3.1km区間におきまして、山岳トンネルでは我が国最初の、シールド機を用いた直打ちコンクリートライニング工法(ECL工法)を採用しました。

従来のシールド工法は、シールド機により掘削し、そのテール部でセグメントを組立て覆工しまして、地山とセグメントの間の空隙にモルタル系裏込め注入材を充填するのですが、ECL工法は掘削機後部で直接覆工コンクリートを打設する工法です。このため、シールド機後部には型枠機構を装備し、シールドスキンプレートと型枠の間には妻枠が装備されています。コンクリートはシールド機の掘進と同時に内型枠と地山との間に空隙を生じることなく連続的に加圧打設し、妻枠を移動させながらコンクリート圧力で土圧・水圧に対抗させ、地山をゆるめることなく覆工を完了します。また、シールド機の推進はシールドジャッキにより型枠とコンクリートの付着を反力としまして、最大5000tfの推力で行います。進行はNATMに比べますと約2倍になります。また、現在の掘進速度は300m/月です。

Q: 水路トンネルの工事の進捗状況はどうですか？

A: 第一水路トンネルは、昭和63年3月に完成しまして、すでに部分使用開始しています。第二水路トンネルは8工区に分かれていまして、切羽は最も多い時期で14、現在は13切羽で工事は40%程度の進捗状態です。

### 3. 調整池

Q: 調整池の堤体はゾーン型フィルダムとのことですがその選定理由は？

A: 周辺の基盤が軟岩であることから堤体はフィルダムとすることとしました。その形式についてもいろいろ検討したのですが、工期や工事費を考え、周辺地山の地質調査の結果、粒度調整を行うことにより、堤体材料として周辺地山の材料を堤体盛立てに利用が可能であるとの結論を得まして、堤体の型式は中央コア型のゾーン型ダムとしました。堤体の盛立て量は約230万m<sup>3</sup>で、霞が関ビルの4.4個分に相当します。

Q: 堤体の材料は周辺の地山で得られた材料を用いてい

います。

Q: 水路トンネルのルートはどのように決めたのでしょうか？

A: 水路トンネルのルートは民家の多い地域を通るために次の3つの項目を基本にして選定しました。

- 1) 基準地点を最短ルートで結ぶ
- 2) 集落、墓地、溜池、鉄塔などの直下は努めて避ける
- 3) 既設発電所建設の水問題に関する経緯を踏まえ、工事施工に伴う湧水による利水への影響を避ける

特に、水問題については住民の関心が非常に高く、地質調査・水文調査もこのような観点に立って慎重に行いました。その結果、トンネルのルートは集落、水田、畑などの水利用の多い段丘面直下は極力避けて、丘陵部の2枚の難透水層(凝灰岩)の間にある砂岩、シルト岩の互層を選定しました。

Q: 難透水層の間ですと被圧水があって湧水の可能性があると思われるのですが？

A: 事前の地質調査の段階で高被圧帯水層であることが予想されていまして、今回の工事でも湧水がありました。湧水があると切羽の安定に影響を及ぼし、切羽が立たなく

表-2 湧水対策

地質調査などより把握される地山状況	予測される状況		湧水対策
	湧水状況	切羽の自立性	
互層	突発	砂層は悪い	①②必要によって③(抜けにくいことがある)
砂	湧水量 小~中 (場合によって大)	悪い	①②必要によって③④⑤
砂礫	湧水量 中~大	良い	①必要により②
泥岩	ほとんどない	地山強度比によるが一般的には良い	なし
	砂のはさみ層があれば湧水有り		必要により①②

注: ①長尺水平ボーリング, ②短尺水平ボーリング, ③ウェルポイント, ④水抜き坑, ⑤その他(注入などの特別な対策)

ひろば

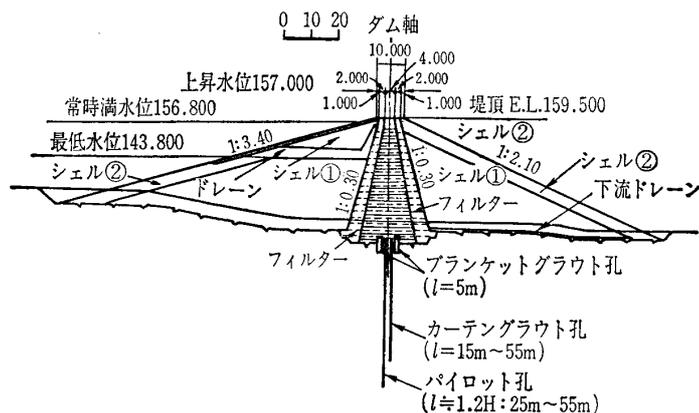


図-5 新山本調整池標準断面図

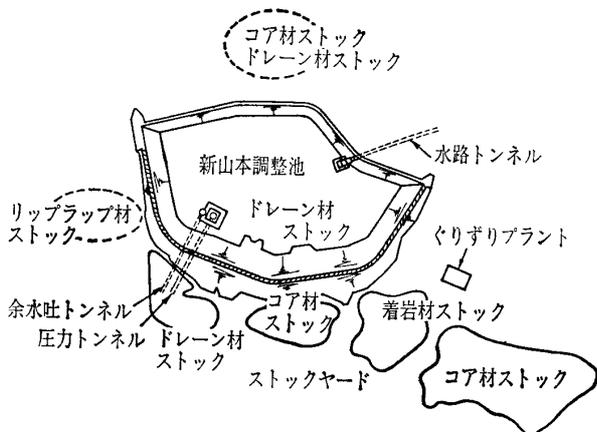


図-6 新山本調整池現場平面略図

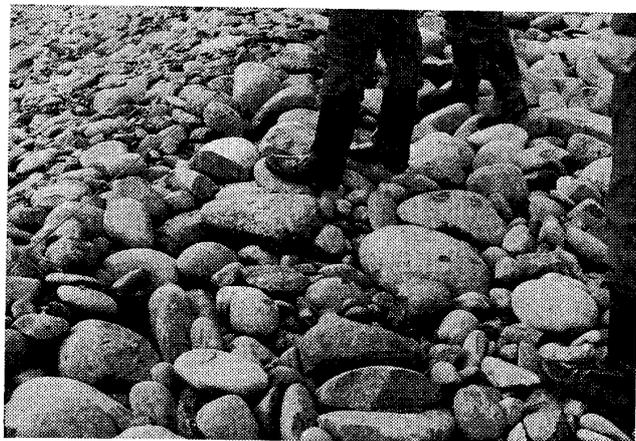


写真-3 リップラップ材

ることですが？

A: 材料は、調整池周辺で得られる段丘堆積物の砂礫材を主に用いてまして、コア材はその砂礫材に段丘堆積物の粘性土、崖堆積物、ロームを混合して使用しています。砂礫材は、粒度の違い、特に74 $\mu$ m以下のシルト分や粘土分の含有率の違いによってシェル①材、シェル②材に分けられます。また、グリズリ設備によって150mm以上の礫を除いたものをフィルター材、除かれた大玉をリップラップ材として使用します。さらに、ドレーンプラントによって2mm以下の砂分やシルト分、粘土分を洗い流したものを

をドレーン材として使用しています。

Q: 国内では珍しい逆アーチのフィルダムとうかがっていますが、耐震性はどうですか？

A: 逆アーチの安全性については、技術委員会を設けて検討を行っておりますし、模型振動試験では、曲線部の安全性を確認しています。そのほかにも、河川管理施設等構造令では堤体の力学安定の検討について「円弧すべり面についてのスライス法により計算し、安全率を1.2以上とすること」としていますので、発電急停止による上昇水位時、常時満水位時、中間水位時、完成直後および水位急低下時の5条件について安定解析を行った結果、安全率はすべて1.2以上という結果を得まして、安全であることが確かめられました。

また、フィルダムは堤体の盛立て完了後も安定するまでに時間を要すること等から、漏水、堤体変位の測定を義務づけられていますし、ほかにも、間隙水圧計、層別沈下計、土圧計、地震計等を設置して、堤体の挙動を監視することになっています。

Q: 堤体の基礎処理はグラウチングで行ったとのことですが、基礎は軟岩ですので、施工は難しいと思うのですが？

A: 基礎処理は、主に堤体基礎地盤の止水性を高めるために施工していますが、確かに軟岩でのグラウチングは、限界圧力が低くて高い圧力で注入ができないので難しいですね。そこで、実際の施工では、特に岩盤を破壊しないことに重点を置きまして、注入速度の規制、許容変位量の規制、中断基準を設け、低圧で精度の高い透水試験を行いながら施工しています。また、施工中におきた問題点の検討結果を即時に次の施工にフィードバックすることや、全体の注入状況を常に把握して、追加、完了の判定が迅速に行えるようにするために、パソコンを利用した管理体制をとっています。今回の注入の改良目標値は、カーテングラウトで5 $L_u$ 、ブランケットグラウトで10 $L_u$ としていますが、現在のところ満足した結果を得ています。

Q: 堤体はコア材とかシェル材とか異なった土質材料を盛立てていくわけですが締固めはどのように行っているのですか？

A: 堤体材料は施工方法によってその強度、変形性、透

表-3 盛立て施工仕様

ゾーン	含水比	転圧機械	仕上げ厚	転圧回数
コア	$w_{opt} + 0.5 \sim + 3.5\%$	コンパクトダーザー(30t級)	20cm	12回
フィルター	自然含水比	振動ローラー(8t級)	40cm	4回
ドレーン	自然含水比	振動ローラー(15.5t級)	100cm	4回
シェル①	自然含水比	振動ローラー(15.5t級)	100cm	4回
シェル②	自然含水比	振動ローラー(15.5t級)	100cm	4回

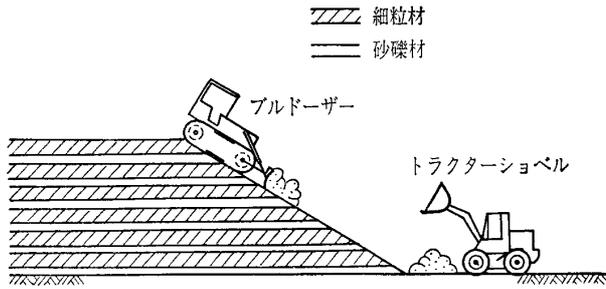


図-7 コア材ストックパイル

水性等の性質が異なるために、各ゾーンで所定の特性値をもつフィルダムを施工するうえで、盛立ては最も重要な作業の一つですので、昭和60年度に盛立て試験を実施しまして、各材料に対して施工機械、仕上げ厚、転圧回数等の盛立て施工仕様を定めました。また、同時に品質規格を定め、盛立て施工管理基準を策定しています。

**Q**：盛立て量が約 230 万  $\text{m}^3$  と多いために、堤体材料の含水比の管理は大変だったのでは？

**A**：堤体材料、特に、コア材の含水比の管理には大変気を使いました。コア材の含水比は盛立て施工管理基準では最適含水比+0.5~+3.5%の範囲ですが、土取り場で採取されるコアの細粒材は最適含水比よりかなり湿潤でしたので、含水比を低下させるためにストックパイルを造成しました。ストックパイルは、高含水比の細粒材と透水性の砂礫材を交互にまき出し、層状に積み上げて造成しまして、まき出し時のばっ気による乾燥と細粒材の圧密による水のしぼり出し効果で含水比の低下を図るものです。

ストックパイルの造成から材料の使用まで1年~1年半放置していましたが、その間に最適含水比より4~7%も湿潤側であったものが、管理基準を十分満足するものとなりました。

また、コア材については RI 法を主体にして現場密度を管理しています。

**Q**：盛立て工事の進捗はどの程度ですか？

**A**：全体量 230 万  $\text{m}^3$  の 7 割弱の 155 万  $\text{m}^3$  の盛立てが終了しています。

#### 4. 最後 に

**Q**：今回の再開発工事の完成はいつですか？

**A**：1989年度末に完成の予定で、1990年度に官庁検査をうけて全面使用開始の予定です。

**Q**：最後に、今回の工事で一番苦勞されたのはどの様なことですか？

**A**：小千谷地区は新潟の中でも有数の豪雪地帯で、雪のないのは5月から11月までの間、それに加え、梅雨もありまして、調整池のコア材の盛立てが可能なのは年間で50日程度しかなく、工事工程上で苦勞しています。そこで、晴天日には昼夜作業を行い、休日も晴天であれば盛立て工事を行うようにしています。

#### ◆取材後記◆

今回の取材で、水力発電を JR で行っていることに驚き、ダム工事の雄大さに感動しました。また、水力発電の計画、建設を進めていく上で、土質地質、気象、環境等の条件の重要性を再認識しました。

最後に、本取材にあたって貴重な時間を割いていただいた、JR 東日本信濃川工事事務所の川名室長、野澤助役はじめ関係者の方々に厚くお礼申し上げますとともに、今後の工事の安全施工をお祈り申し上げます。

インタビュー期日：1988年10月31日

インタビュアー：尾崎 修、関根悦夫、富田知己

(文責：関根悦夫)

(原稿受理 1989.1.31)