

課題1: 導水路トンネルでの出水問題

- 導水路トンネル
 - ダムサイト上流約6km右岸側に取水口を設置
 - 導水路トンネルの延長は約5km
 - 上下流二方向から掘削工事
- 直面する多くの課題
 - 上流の掘削は長く続く弱層、掘削進度が上がらない
 - 下流からの掘削は、岩は固いが大出水に遭遇
 - 一時は約600リットル/secの出水であったが、大規模な集水ピットとポンプ排水設備で対応
 - 出水により地下水が広範囲に亘って低下、社会問題に発展



NIPPON KOEI

課題2: 出水に伴う社会問題

- 出水により地下水が広範囲に亘って低下
 - 発電所予定地の近くの集落の井戸水が涸れる。
 - 水田に水を供給していた小川も涸れる。
- 対策
 - 生活用水はバウザー（水運搬車）で供給
 - 田畑が耕作不能場合は補償を実施
- 導水路トンネルのグラウトを実施
 - グラウトを完了すると、地下水は上昇を開始、元の状態に復活した
 - ただし、約2年の月日を必要とした



No.6 (8枚中)
水位の戻ったspring water

出典：JICA

NIPPON KOEI

課題3: 導水路トンネル出水に伴う工期の遅延

- 掘削上の悪条件により、掘削工事は約10ヶ月の遅延が避けられない状況
 - BBCILは工期延長をクレーム、20ヶ月近くの工期延長を与える
 - 一方で、掘削とコンクリートの巻立の作業加速手段を提案させ「追加工事」として処理
 - 巻立（Concrete Lining）は、連続打設工法を採用することで大幅な工期縮小を達成、月間巻立て記録が1,300mに達した。
 - トンネル掘削は10ヶ月遅れたが、コンクリートの巻立で工期縮小を達成、当初の工期内で完成することができた。
- 得られた教訓
 - 遅れを無条件に受け入れるのではなく、遅れを取戻す方策を取ることが大切。
 - 追加工事に必要とされるコストは、無為に遅れを生じさせることによって生じるコストより遥かに小さい。

NIPPON KOEI

課題4: 労働ストライキの発生

- ストライキは英国側の工区で発生した
 - 軟弱地盤に遭遇、トンネル掘削面からの湧水、はかどらない工事、掘削工事の労働者の不満が爆発
- きっかけは些細なこと
 - 手違いでお茶の準備が間に合わなかった事、腹を立てた労働者がBBCILの坑内責任者に当り散らす
 - 騒ぎが大きくなり、外部勢力のテロ集団と結託、賃上げを含む大々的な待遇改善の要求に発展
- 原則に忠実なBBCIL所長の対応
 - 理不尽な要求を飲めば、要求は限りなく拡大する。規律の問題であり、全面的に受けて争う。
- 困難な交渉
 - 時間ばかりが経過、相手の最終決定者が見えない状況での争議
 - 有力政治家として一目置かれ面識のあったガミニ・ディサナヤケ氏に非公式に調停を依頼
 - 大臣の部屋でBBCILの幹部と一緒に労働者側の交渉相手に相対してどうにか解決にたどり着く
 - 完全に現場が止まってから、65日間の日時が経過

NIPPON KOEI

課題5: BBCILの苦悩

- BBCILは導水路トンネルを担当
 - 軟弱層に当たり進捗がはかどらない
 - トンネルの湧水に遭遇し進捗が上がらない
 - 反政府テロによる工事ストップの干渉が激化
 - 労働争議（Labor Strike）は約2.5ヶ月間にも亘って継続、工事がストップ
 - 下流の地下水位が低下して、下流地域一体の水枯れ
- 一時、BBCILは契約を放棄し、履行ボンド（保証金）を捨てて逃げ出す噂がでた。
- 和田は、BBCILを逃げ出さないようにすることに集中。
- しかし、BBCILは苦しい時期をなんとか切り抜ける。トンネル掘削は10ヶ月遅れたが、コンクリート巻立は早く工期内に完成。
- 結果的にBBCILは満足できる仕事をした。

NIPPON KOEI

課題7: 地下水位の異常

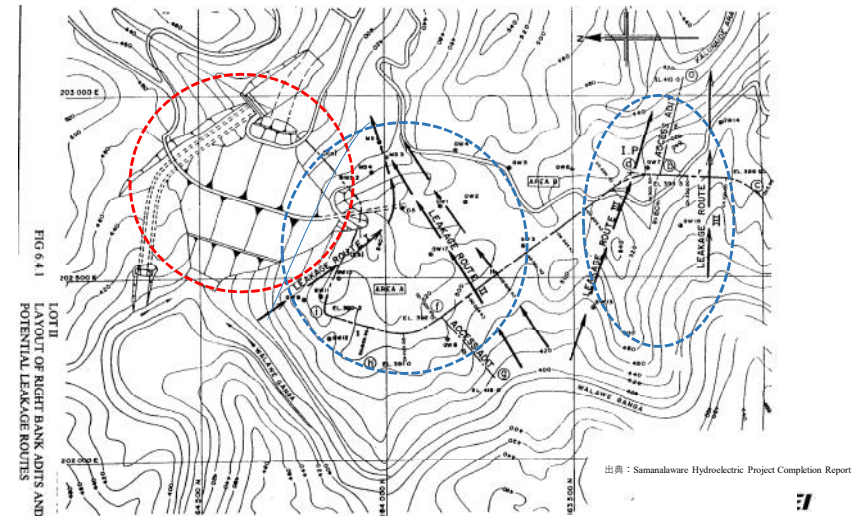
- 石灰岩地帯でのダム建設ということもあり、「技術的な不安要因」が当初より付きまっていた。右岸のボーリング（深さ200m長、55本）を追加。
- 地下水の初期水位は高いが、ボーリングがEL.380m付近に達すると、地下水位がEL.380付近まで急降下する現象が観察される。EL.380は、ダムサイトでの河床標高に近いレベル。
- さらに、洪水時に河川水位が上昇・下降すると、広範囲に亘って地下水が連動して上下する現象が観察される。
- 右岸側のボーリングの調査では、石灰岩の存在は皆無。大空洞もボーリングでは発見できていない。
- EL.380付近に地下水位をコントロールする地質構造の存在の可能性が推論された。同時に透水性の高い連続層の存在も推論された。
- しかしボーリング調査、地上調査、水質調査、さらにリモートセンシングによる地質構造の究明も試みられたが、原因は解明できない。
- 透水層の範囲（広がりと深さ）は広く、深さに関しても限定できない。

NIPPON KOEI

課題6: 日本側のストライキの対応

- BBCILのストライキが終盤に差し掛かった頃、日本側でもストライキが発生。
- 日本側（鹿島・間・熊谷JV）は英国側からの教訓もあり、賃上げを含む要求の大部分を呑み、1週間でストライキを収束。
- 「こんな貧しい人達と争って勝っても一銭も得にならない」という判断。
- どちらの行動が評価されるべきか解答は分らない。
- どちらも今後の問題に対する考え方の教訓として受け止める。

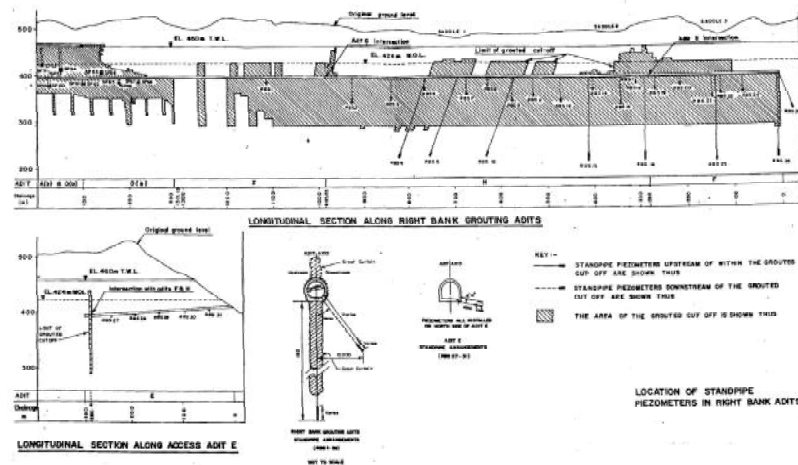
NIPPON KOEI



湛水前のダムサイト周辺でのグラウト工事

- 対抗策として、大規模な止水グラウトを実施。
- 1989年には計画したグラウトトンネル工事を開始し、昼夜兼行で実施。
- グラウトの深さは100mを超える。河床より100m以上の深さに達する。
- グラウトはベントナイト入りの高濃度のセメントグラウト。
- 通常の止水グラウトでは、グラウトホール1m長当たりせいぜい50kg/m前後だが、場所によっては100倍の5t/mを越すところもあった。
- 問題エリアのグラウトテークはいっこうに減少しない。
- 採集されたコアから見る限り大きな空洞もない。どこへ入るのか分からない。
- ハンギング・グラウトの可能性。
- 過去の調査でも、このような状況は予見されていない。

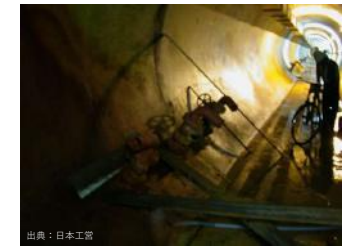
NIPPON KOEI



出典：Samanalaware Hydroelectric Project Completion Report

Figure 4.2 Longitudinal Section along Cut-off Adits

グラウトトンネルの内部



ハンギング・グラウトの対策

- グラウト工事中の1990年6月2日から試験湛水を開始。
- 1990年6月11日に貯水位がEL402mに達した時点で、ダム下流尻から右岸300mのところに漏水を発見。水位をEL400m以内に保ちながらグラウト工事を継続。
- 地質専門家の見解：「石灰岩の残るダムサイトと左岸側を除き、右岸側は広く『熱水作用』を受け、そのため石灰岩が溶解され透水性が増大した。」
- ハンギング・グラウトの状況を解消策は？、グラウトの深度を増すべきか否か？ 何をもってグラウトを終結させるか？
 - 対策案1：計画された範囲のグラウトは計画どおりに実施する。
 - 対策案2：グラウトに深入りせず、湛水後の結果を見て、必要に応じて次の対策を考える。
- 結論として、少なくともグラウトをやった範囲はしっかりと基準を満足させ、湛水後の結果を見て次の対応を考えることとする。
- しかし、試験湛水の途中で漏水事故が発生した。

NIPPON KOEI

課題8: 湛水中の漏水事故

- 湛水中の漏水事故
 - 1992年10月22日、貯水池水位がEL440m（満水位はEL460m）に達した時、ダム下流右岸約300m付近からの大量の漏水が発生。右岸の山の被りを洗い流す。
 - 最大出水量は毎秒約7.5トンに達する。
 - しかし、漏水は透明で、徐々に漏水量は毎秒2～3トンに減少する。
- 相当の動揺。和田も現地に飛ぶ。
 - 地下水位が出水により下降したことを確認。
 - 出水が自然に水圧抑制したことを確認。天が与えた解決策。技術的な安心感を得る。
 - その後「国際委員会」でもダムの安定性と右岸の安全性は問題ないことが確認された。
 - ただし、漏水は継続していた。

NIPPON KOEI



課題9: 漏水事故への対処

- たまたまこの時期（1992年10月）は日本側サマナラ委員会が現場を視察。外務省、OECD、専門技術委員、当社関係者が現場におり一部始終を目撃。設計を担当した英国のGIBB社の幹部も上記現場視察に来ていた。
- 出水は、関係機関や社会では、大問題として取り上げられた。
- GIBBの幹部を部屋に呼び、互いの協力関係を維持し、責任回避の行動をとらないように要請。了解を取り付けた。
- その後一丸となって外部への対応を図り、困難を共に克服。GIBBは最後まで付き合った。この頃のGIBBには、誠実さを感じさせるものがあった。
- この漏水に対して、スリランカ政府は、専門家による「第三者レビュー委員会」および「国際委員会」を設置して工法選定や施工方法の助言を受けた。
- OECDも日本人専門家による「湧水問題検討会」を設置し、専門家の方々にも参加いただき、議論を進めた。

NIPPON KOEI

課題10: 大臣からの水位低下命令

- ダム右岸からの出水事故が発生後、貯水位低下に関する大臣命令が発せられる。
- しかし、一端下げたら永遠にこのプロジェクトは蘇生できなくなると判断した。
- 「国外追放」を覚悟で命令不服従を決定する。
- この頃、発電機の据付で振動のトラブルが発生、原因分析に苦しむが、メーカーの不手際と判明し解決、貯水位低下命令の出ている中、発電を開始することができた。
- 工事完成までに、出水に対する方策が固まらない。しかし、出水によって貯水池の運用の安定性が増したことについて理解が広まった。
- やがて大臣が交代、水位低下命令は自然消滅。発電も継続することができた。
- ダムにとっても、和田にとっても「運命の岐路」であった。

NIPPON KOEI

サマナラウェア発電所の発電実績



出所: CEB 資料より作成

図1 サマナラウェア年間発電量と計画値の比較

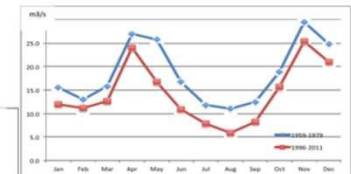


図2 事業実施以前と以降の貯水池平均流入量の比較

出典: JICA

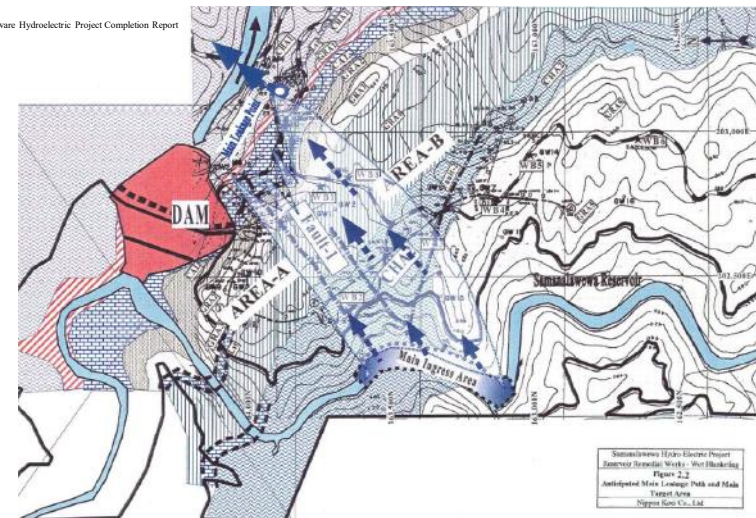
NIPPON KOEI

課題11: 漏水対策 水中ブランケット工

- ダム右岸からの漏水事故について、スリランカ政府は専門家による「第三者レビュー委員会」と「国際委員会」を設置。OECFも日本人専門家による「湧水問題検討会」を設置。
- 右岸は、グラウトの工事後に大量の漏水が発生したこと、グラウトによる地下水位低下効果がみられないことから、グラウトには明確な効果がない。
- 最終的には水中ブランケット工法による対策工事の実施を決定する。
- 水中ブランケット工法は、パキスタンのタルベラプロジェクトで採用され成功した工法。
- パキスタンの経験者を招き、コロンボでセミナーを実施。広くスリランカの関係者の理解を得て、日本側政府関係機関の合意を取り付ける。
- この改修事業に対し 1995 年から円借款が融資された。ブランケット工事の実施に至るまでには、工事完成後、約4年の年月がかかる。
- 工事は、中間湛水した貯水池湖面よりバージダンプに積んだ粘土材を投下させ、漏水箇所を塞ぐ。GPSを使って座標を組みながら、作業は整然と実施。
- このような方法であるため、発電を継続しながら作業が進行できた。

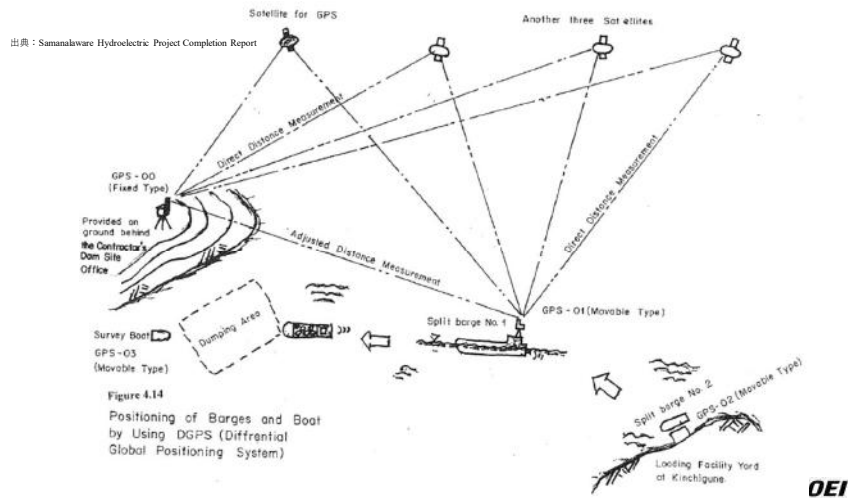
NIPPON KOEI

出典: Samanalawewa Hydroelectric Project Completion Report



Samanalawewa Hydro-Electric Project
Remedy Remedial Works - Wet Blanketing
Figure 2.2
Anticipated Main Leakage Path and Main
Target Area
Nippon Koei Co., Ltd.

51



水中ブランケット工の効果

- ダム右岸地山の漏水対策として、改修事業により水中ブランケット工事が実施。
- しかし、工事を開始しても成果がでない。
- 「どぶ銭」になるのではないか？不安が重くのしかかる。
- 1998年の8月末、工事を開始して3年後、ついにブランケットが「ツボ」を打ちあてる。地下水位が急速に低下、出水量が激減。思わず万歳を叫ぶような一瞬を迎えた。
- 工事以前、貯水池満水時に毎秒2.8m³程度であった漏水量が、工事後には毎秒2.2m³程度に減少、その後の漏水量はダム貯水位に連動して毎秒1.5~2m³程度で安定。
- 改修事業は漏水量の一定程度の抑制が目的。1998年の水中ブランケット工事により漏水量は減少し、国際委員会は本工事を成功と評価した。
- ブランケットの投入量は426千m³であった。計画の半分の量で終了した。

NIPPON KOEI

現時点での考察

- 結果的には、グラウト工事はせずに湛水して、結果を見て「水中ブランケット」を採用するというのが現実的な解決策であったのかもしれない。
 - しかし技術的には、先ずグラウトにより対策を行い、それが不完全であれば「水中ブランケット」を含む他の対策工とならざるを得ない。
 - 途中、グラウトに関する二つの考え方がでて、現地でも激しく議論があった。
 - 漏水後は、紆余曲折の末、水中ブランケット工により問題解決が図られた。
 - 発電を継続することが、プロジェクトの目的を果たすこと。水中ブランケット工は、停止せずに実施することができた。
-
- 出水量が減少するまでの期間、ずっしりとした「澱」が体のどこかに張り付いているような日々が続く。
 - 今後もある程度の漏水は避けられないのだが、サマナラウェア貯水池はいかなる貯水位に対しても安全に運用されることとなった。

NIPPON KOEI



NIPPON KOEI

課題12: 発電機器の据付にかかわるトラブル

- 水車が東芝、発電機は英国GECが担当して、据付を実施。
 - GECは途中でフランスのALSTOHMと合併し、GEC-ALSTOHMとなる。
- 有水テストの段階で、はっきりと分る振動が発生、原因究明に多くの時間を費やす
- この時期、出水事故のために、大臣命令で貯水池水位を下げるという圧力がかかる。そのため振動の原因究明を加速させる
- 発電機はEWIの担当、EWIとGECが結託して原因は水車にあると言い張る、日本工営の監督の落ち度のような発言
- 最終的にGECのミスが判明。設計とは異なる部品を使い、それが振動の原因であった。総取り替えを行い解決する。
- 外部の貯水池水位を下げるという圧力が強くなる中でのトラブルで、胃の痛くなる日々
- 「EWIの担当者は何を監督していたのか」との批判を受ける一方、日本工営の担当者の評価は上がった。「日本製品は高いけれども信頼感が持てる」との評価も得ることができ、東芝も溜飲を下げる

NIPPON KOEI



KOEI

課題13: ソーサ委員会での査問

- 「出水」調査を行なうため、プレマダーサ大統領直属の委員会が設立
 - ソーサ元最高裁判事を委員長とし、技術の専門家も参加
 - プロジェクトの主要メンバー一人ずつ呼ばれ、いろいろな角度から喚問
 - 和田はプロジェクトの責任者であり、最後に喚問を受ける、喚問は4日間継続
 - 前日と違う発言は必ず追求される。前日話したポイントを頭に入れて日々臨む
-
- どんなに調査しても分からない部分が自然にはある。
 - 我々は、自然や問題に真摯に取り組まなければならないし、専門技術力を極限まで高めなければならない
 - 「自然を対象とする我々の仕事には時に予測不能な現場条件が介在せざるを得ない。まさに今回がこのケースである。」と締めくくった。

NIPPON KOEI



OEI



EI



NIPPON KOEI

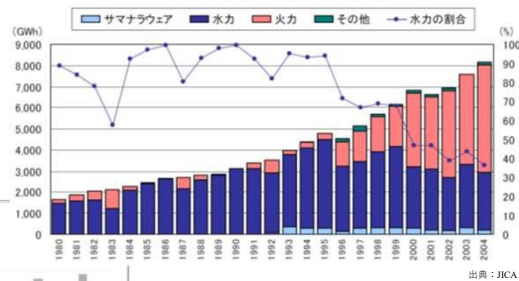


ダム右岸地山からの漏水（その後のJICAの評価）

- 工事実施以降、漏水量および右岸地山内部の地下水位のモニタリングが現在まで継続して行われている。
- 2006年12月3日に、漏水量は毎秒5m³以上に増加。その後、右岸地山内の地下水位および貯水池水位の低下に伴い、毎秒2.9m³程度（2007年3月12日時点）に減少、この数値は改修事業実施前の漏水量よりも多い。
- 2006年12月までは改修事業の目的は達成されていたと評価されるが、評価時点においては、漏水量が改修事業実施以前よりも多くなっている。
- このため、改修事業が目的とした効果は失われたものと判断される。
- この漏水量増大は、増大時の地下水位の挙動等からみて、漏水吐き口付近で生じた地山内の破壊に起因するものと推定される。
- 施工された水中ブランケット部分の遮水効果は現在も維持されていると推察。
- 2006年12月に最大で時間あたり4.6m³/sを記録した漏水量は2007年6月以降落ち着きを見せ、2008年以降は1996-2006年の5年間の平均漏水量1.8m³/sよりも量が若干高い2.5m³/sで安定している。

NIPPON KOEI

図1 スリランカ国内発電量の増加傾向と水力発電の割合

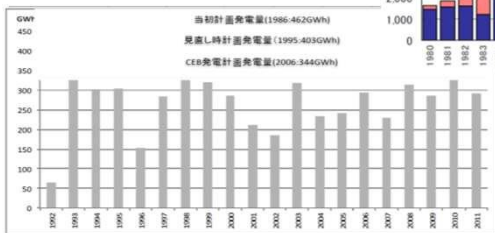


出典：JICA

下流水利への影響

- ダム地点下流のカルトタ地区では、本事業実施以前から灌漑農業が行われていた。
- 本事業の発電使用後の水はダムの直下流には放流されず同地区を迂回するため、本事業の実施にあたっては同地区の灌漑用水に対する配慮が必要とされていた。
- これに対しては、CEBと灌漑局は灌漑用水をダムから放流することを合意。
- このため、ダム右岸地山からの漏水が灌漑用水として利用され、不足する場合には農業用水放流バルブから放流が行われている。
- 現在は、ダムからの漏水がカルトタ地区の灌漑農業に利用されている。
- 小水力発電設備も設置される計画がある。

NIPPON KOEI



出所：CEB資料より作成

図1 サマナラウェア年間発電量と計画値の比較

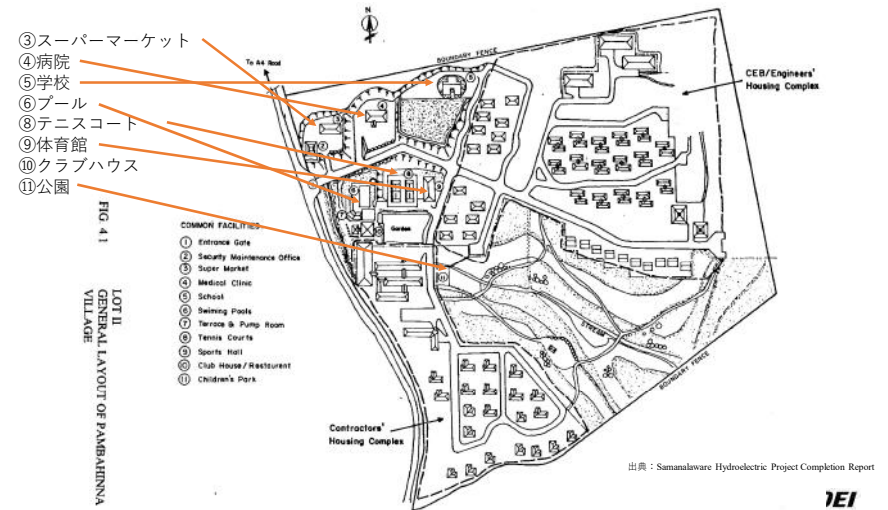
出典：JICA

NIPPON KOEI

つわものどもが夢の跡

- 同伴家族の子供を含めると日本人の総数が180名に達する珍しい現場であった。
- 学校、クリニック、プール、スーパーマーケットを作り、生活の不便さの最小化に努めた。テニスコートも作り、日本・英国・スリランカ対抗テニスをやって和やかな時間も過ごした。
- テロが活発になった頃は、皆の緊張が極端に増加、暴徒が押し寄せてきたら「命以外は抵抗せずに渡すように」ということを皆が覚悟した。
- このような外部環境の中で一緒に生活、団結には素晴らしいものがあった。共に戦う戦友というレベルにまで達し、帰国してからもかなりの人が連絡をとりあって交際が続いた。
- 心残りなことは、未だこのプロジェクトの竣工式を挙げていないことである。
- ベトナムに出張（平成16年9月23日—10月3日）して、ダイニンプロジェクトで、コントラクターのトップとして働くハザマ、熊谷組の仲間に会えた。「いつかサマナラウェアの竣工式をしよう」と言って別れた。
- 当社のダイニンプロジェクト所長もサマナラウェア・プロジェクトで働いた当社の中堅であった。かくしてサマナラウェア一家の中堅だったコンサルタントもコントラクターもベトナムのダイニンプロジェクトではトップとして活躍している。若手の成長を確信した。
- 和田の長期の駐在はこれを最後に終わった。苦勞も多く、重い経験であった。ずっしりとした手ごたえを感じさせるものを、このプロジェクトからは得た。歳のせいでもあるが、以前より物に動じなくなった。

NIPPON KOEI



皆さんは、和田の決断をみて
どう思われましたか。

課題

プロジェクトには、大なり小なり苦勞があり、
決断を迫られる場面があります。

NIPPON KOEI

NIPPON KOEI

誠意を持ってことにあたり 技術を軸に社会に貢献する

日本工営の経営理念

NIPPON KOEI

自分なりの社会貢献のあり方

皆さんは、仕事を通じてどのように社会に貢献していますか？
直接的であっても、間接的であっても構いません。

NIPPON KOEI

SDGs Sustainable Development Goals

- 持続可能な開発目標（SDGs）
- 2001年に策定されたミレニアム開発目標（MDGs）の後継
- 2015年9月の国連サミットで採択
- 「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された、2016年から2030年までの国際目標
- 持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成
- 地球上の誰一人として取り残さない（leave no one behind）ことを誓う
- SDGsは発展途上国のみならず、先進国自身が取り組む普遍的なものである
- 日本としても積極的に取り組む必要がある



NIPPON KOEI

SDGs 国連で採択された2030年までの国際目標



NIPPON KOEI