

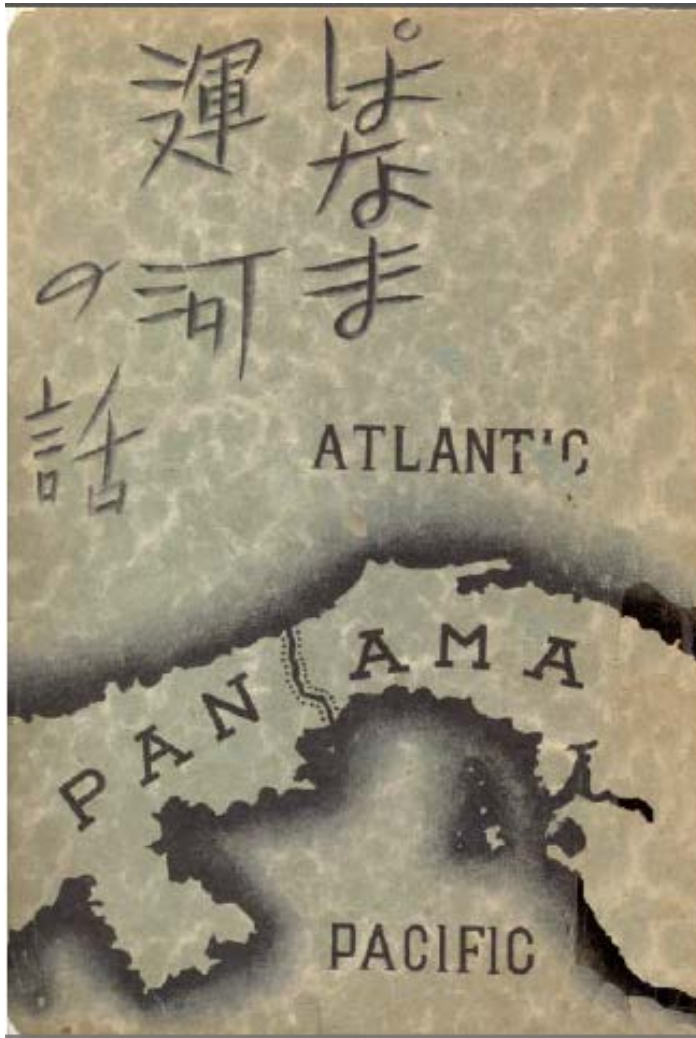
基調講演

拡張パナマ運河の 技術的課題と取り組み

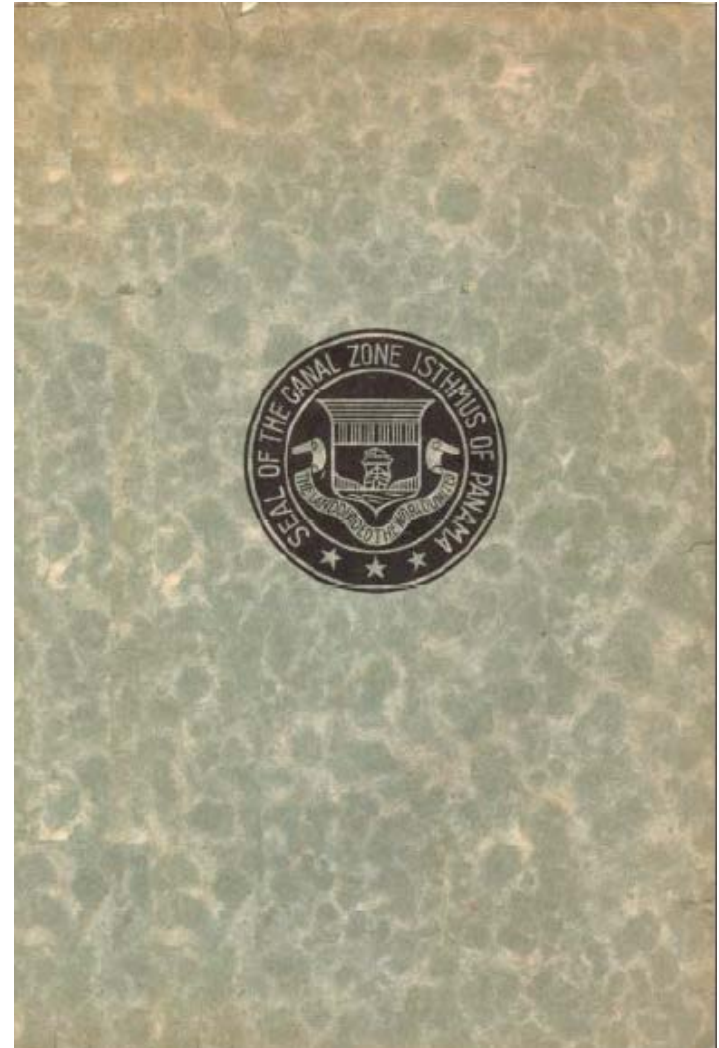
2019.2.13

NPO法人 研究機構ジオセーフ
九州大学 名誉教授
(沿岸技術研究センター 参与)
善 功企

青山 士著 「ぱなま運河の話」
(私家本 S14、このとき60才 土木学会蔵)



表紙



裏表紙

図5 青山 士の手書きのメモ

詩人ゲーテの夢

人類がやがて成し遂げるであらう三つの偉大なる工事それを見て死ぬ者は何と幸福であらう;その三つと云ふのは「パナマ運河」「ダニューブとラインとを結ぶ運河」及び「スエズ」の夫れである。



はしがき

詩人ゲーテの夢

人類がやがて成し遂げるであらう三つの偉大なる工事それを見て死ぬ者は何と幸福であらう;その三つと云ふのは「パナマ運河」「ダニューブとラインとを結ぶ運河」及び「スエズ」の夫れである。

(青山士)

ゲーテ像(フランクフルト ゲーテ公園, 2018.5.14)

ばなま運河ハ世界ノ土木工事ノ中デ相當ニ大キナモノデ、又夫レガ人類文化ノ上ニ大ナル影響ヲ興フル事ニ於テ有名ナル施設デアルガ故ニ、其工事ニ實際携タ人、又其所ヲ視察シタ人又夫レニ付テノ書籍ヲ讀ダ人ニヨツテ多クノモノガ書カレテアリマス。夫レデアリマスカラ私如キ筆ニ親ミノナイモノガ、又一ツ書カナタトモヨイノデアリマスガ、ばなま運河ガ未ダ海ノ物とも山のものとも分ラナカッタ時カラ、私ガ其ノ幻ヲ逐テ途ニ身體ノ強カラザリシ私ヲシテ七年有餘消煙燈燻雨ノ熱帯不健康地ニ働タ事ヲ得セシメタル恩節及ビ友達ノ奨励並ニ御親切ナル御援助ニ對シ、私自身ガ全身汗みどろニナツテ働タ其工事ノ事及ビ私ガ其時見タ事及ビ感シタ事ヲ書キ付ケテ甚大ナル感謝ノ意ヲ表スルト同時ニ後ヨリ來ルモノ、爲メニ幾分ナリトモ參考ニ爲ラシムル事ハ爲シ置クベキ事ト信ジ、上梓シタノデアリマス。

昭和十四年四月少閑ヲ得テ

著者誌ス

パナマ共和国 (Republic of Panama)



人口: 約403万人

面積: 75,517km²

(北海道よりやや小さい)

民族: 混血70%, 先住民7%
ほか

気候: 乾季と雨季、降雨量

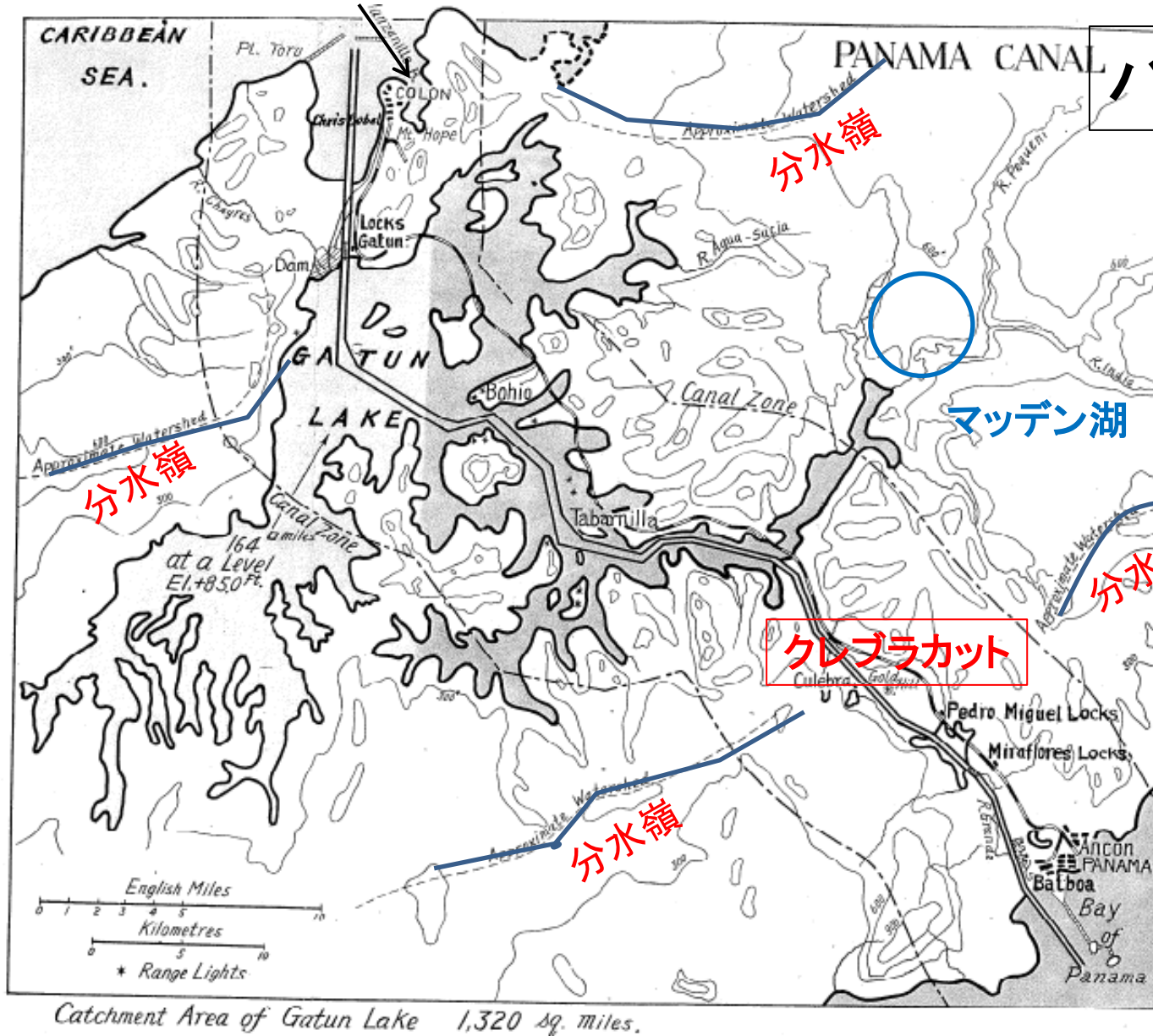
ガトゥン湖側約3500mm/年

パナマ地峡:

Isthmus of Panama

コロン市 カリブ海側

パナマ運河



- カリブ海
- コロン市
- チャグレス川
- ガトゥン閘門
- ガトゥン湖
- クレブラカット
- ペドロミゲル閘門
- ミラフローレス湖・閘門
- 太平洋

- 分水嶺
- マッデン湖

パナマ市
太平洋側

青山 士(1939):「パナマ運河の話」 参照

Gamboa

パナマ運河鉄道 特急列車

写真1 パナマ運河の水路
(浚渫基地 Gamboa 付近)

拡張プロジェクト概要

- 1999.12.31 運河の管理権が米国からパナマ共和国へ
2006.10.22 パナマ運河庁(PCA)による提案が「**国民投票**」で認められた。
2007.9.3 発破とともに拡張工事が開始された。
2016.6.26 拡張工事終了後、開通した。**(9年弱)**

提案：新三段式閘門の新規建設等により、

- ①旧閘門と併用して年6億トンの貨物の通過を可能にし
(**通行量は約2倍**となった)、
- ②巨大化する新たなパナマックス船に対応する。
(**ネオパナマックス船**) 5000TEU⇒約15000TEUへ
- ③工事としては、閘門建設のほか、航路浚渫・拡幅
等々約200種類有(ヒヤリングによる)

予算 52億5千万ドル(約5800億円 1US\$=110円)

拡張プロジェクトの主な工事

1. 新閘門とクレブラ・カットを結ぶ、旧侵入航路とほとんど平行な6.1kmの新航路 (太平洋側)建設
2. 太平洋、大西洋両運河入口の増深と拡幅
3. ガトウン湖の増深と拡幅、クレブラ・カットの増深
4. ガトウン湖の水位レベルの増加 (水位27mへ)
5. 太平洋、大西洋側それぞれにおける新三段階式閘門の設計ならびに建設。

太平洋側

(ココリ新閘門・ミラフォーレス旧閘門)





コヨリ閘門

(PCAパンフレット資料より)



アグア・クララ閘門



ビジターセンター3m-6m30s.lnk

(PCAパンフレット資料より)

パナマ運河

ガトゥン閘門

アクアクララ閘門

ペドロミゲル閘門

ミラフローレス閘門

ココリ閘門

新旧閘門

パナマ運河
庁(ACP)パ
ンフレット資
料より

新旧閘門の比較

	旧閘門	新閘門
運用開始日	1914.8.15	2016.6.26
閘門長 (m)	304.8	427
閘門幅 (m)	33.5	55
閘門深さ (m)	12.8	18.3
最大船舶	パナマックス	ネオパナマックス
レーン数	2	1
貯水池	なし	あり
ゲートタイプ	観音開き	ローリングゲート
曳航操船	電動機関車	タグボート

パナマックスと新パナマックスの比較

	パナマックス注 1)	新パナマックス	備考
全長 (m)	294.1	366	
全幅 (m)	32.4	49	
喫水 (m)	12 注 2)	15.2	
最大高(m)	57.91	57.91	アメリカ橋高による

注 1) : 実際に通過が許可されている船舶の大きさの制限値(例外有)

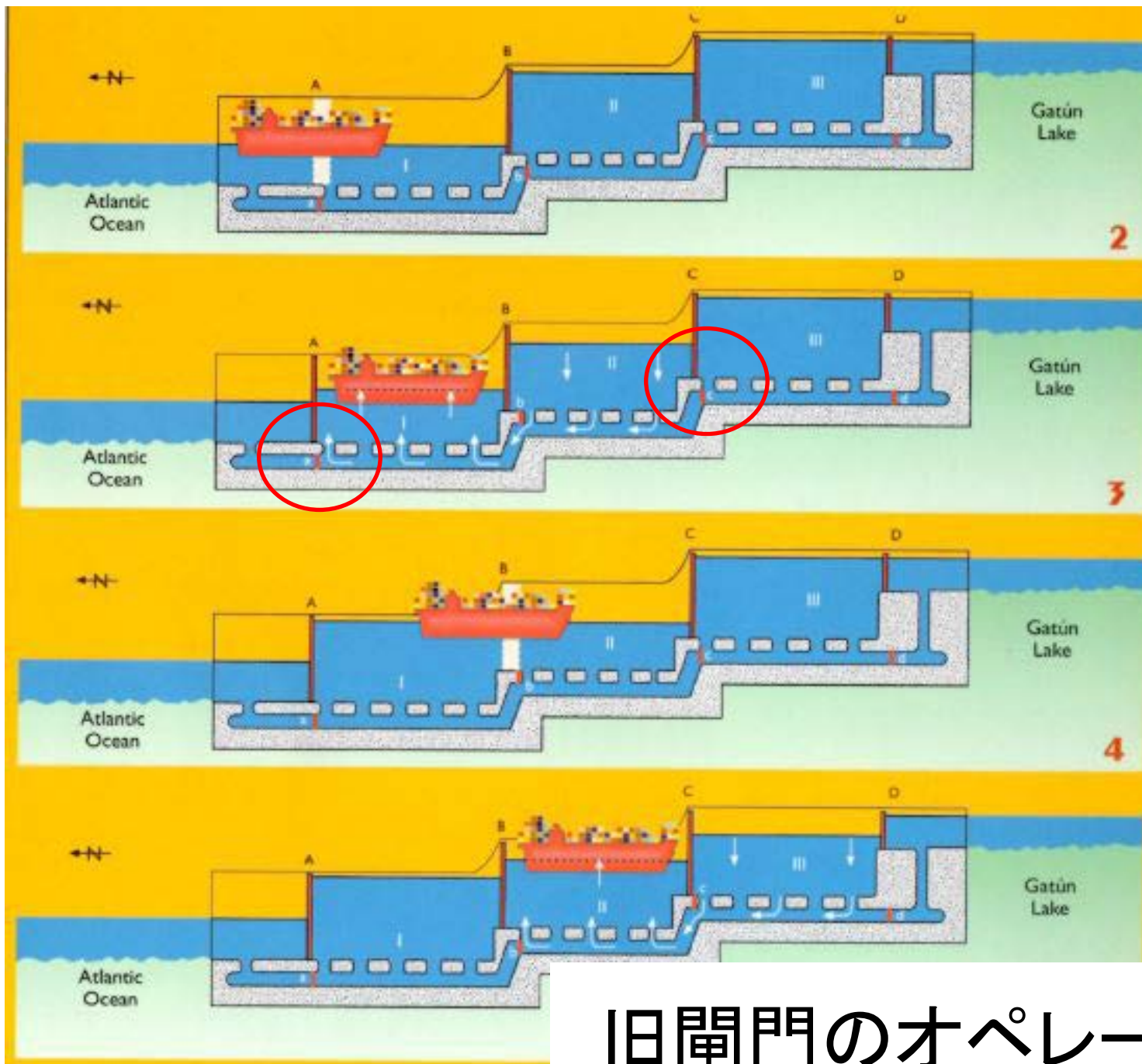
排水量 65,000 トンが典型的な大きさ

注 2) : 熱帯淡水において

通過時間: 運河8~10時間、両洋間 24~30時間

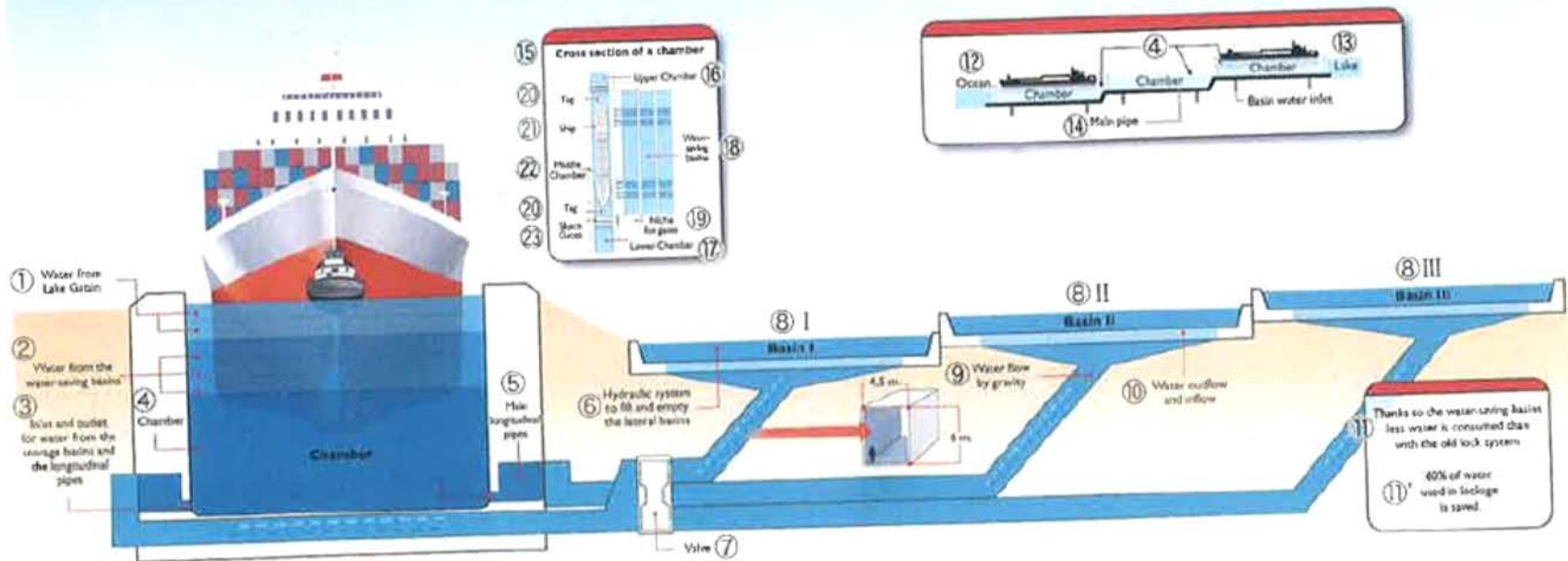
拡張パナマ運河の国別利用(2017)

順位	国名	2017年度 全貨物 重量 (トン)	割合(%)
1	アメリカ	166,073,901	68.3
2	中国	44,003,726	18.3
3	チリ	27,535,517	11.4
4	日本	27,385,734	11.4
5	メキシコ	25,309,513	10.4



旧閘門のオペレーション

新閘門のオペレーション



- ①ガトウン湖からの水
- ②節水貯水池からの水
- ③貯水池と長手方向の
パイプからの水の出入り口
- ④閘室
- ⑤メインの長手方向パイプ
- ⑥並列した貯水池の水の
出入りのための水理システム
- ⑦バルブ

- ⑧ I 貯水池 I
- ⑧ II 貯水池 II
- ⑧ III 貯水池 III
- ⑨重力による水の流れ
- ⑩水の流出入
- ⑪節水貯水池により旧閘門システムに
比較して少ない水が消費される
- ⑪' 閘門操作で用いられる水の60%が
節水される

- ⑫海洋
- ⑬湖
- ⑭メインパイプ
- ⑮閘室の断面
- ⑯上段閘室
- ⑰下段閘室
- ⑱節水貯水池
- ⑲ゲートの引き込み空間

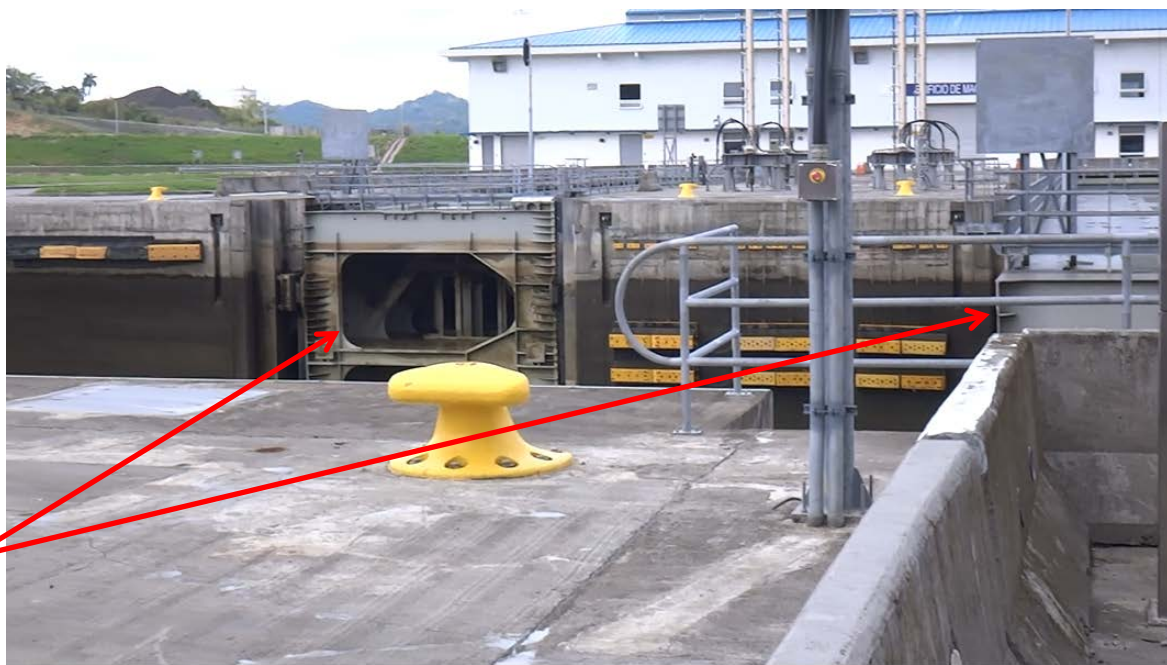
- ⑳タグボート
- ㉑船舶
- ㉒中断閘室
- ㉓水門

ゲートのタイプ



観音開き

ローリングゲート



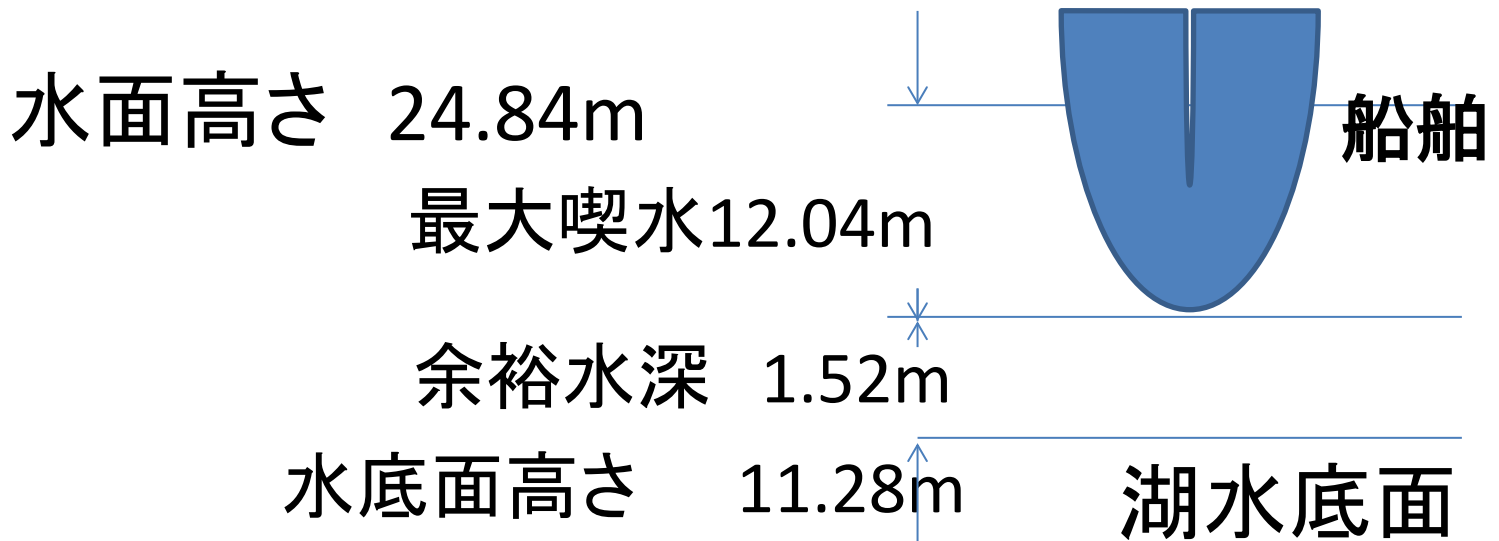
曳航(電動機関車;ロコモティブ)



曳航操船(タグボート)



図3 ガトウン湖の水面高さ調整



雨季の暴風雨と洪水対応

例 1985年 5.1cm/hr 急激な上昇
ガットンダム水門を開放

水の管理

	ガトウダム/湖	マッデンダム/湖	ミラ・フォーレスダム/湖
ダム建設年	1906-1913	1933-1935	1914
標高(m)水位	26.67	76.81	16.46
占有面積(km ²)	436	50.2	3.94
貯水量(百万m ³)	775	651*	2.46
最高水位(m)	26.81	78.6	x
上記到達日	1993.12.12	1983.12.20	x
最低水位(m)	24.56	57.95	x
上記到達日	1997.5.17	1976.8.1	x

* active storage capacity

パナマ地峡運河略歴史(1)

約300万年前以降 海底隆起によりパナマ地峡
創造される

1513年 バルボア(Balboa)「南の海」(後の太平洋)発見

1514年 スペイン王がダビラ(Davira)パナマ知事に2つの海を結ぶ自然ルート of 発見を命じるも失敗、しかし「Camino Real」道路が建設され、ペルーの金・銀等の輸送ルートとなる

パナマ地峡運河略歴史(2)

1527年 二人のスペイン人船乗りが「荒れ狂う
チャグレス河」河口から50kmまで航行。パナマ運
河建設に向けて決定的要因となる。Cruces港の礎
が築かれた。併せてパナマに向かう30kmの
「Camino de Cruces」道路建設される。(道路ルート)

1534年 皇帝チャールズVが運河建設の調査・
具体案の作成を命じる。

1779年 スペイン王チャールズIIIが技術者を送
りニカラグア湖ルートの調査を命じる。

19世紀 スペインの興味は仏・英・米・コロンビア・
独等の国間に拡がる。

パナマ地峡運河略歴史(3)

1848年 米西海岸でゴールドラッシュはじまる。

1852年 コロンビア政府(当時パナマ地域はコロンビアの支配下)が米企業に地峡横断鉄道のコンセッションを認める。1852年(コロン市)から始め1855年(パナマ市)まで完成。(鉄道ルート)

1878年 コロンビア議会はパナマ地峡運河の建設と運用についての99年コンセッションを承認。後「French Canal」の法的根拠となる。



パナマ運河鉄道
(1852年建設開始
1855年完成)
特急車両

パナマ運河鉄道 展望車内





2018/05/11

ミラフォーレス閘門からバルボア港を望む



パナマ地峡運河略歴史(4)

1869年 レセップスによるスエズ運河開通

1880年 レセップス、パナマ運河建設開始、エッフェルも参加。**海面式を目指す**も失敗に終わる。

1903年 米、フランスから未完成の運河を含むすべての権利を購入。同年「パナマ共和国」として独立。

1904年 パナマ地峡運河理事会(Isthmas Canal Commission)発足、建設開始。**(青山士参加)**

パナマ地峡運河略歴史(5)

1914年 パナマ運河完成 (海運ルート)

道路ルート 1527年

鉄道ルート 1855年

海運ルート 1914年

1999年 パナマ運河パナマ共和国に返還

2007年 運河拡張工事開始

2016年 拡張工事終了

1878 コンセッションをフランスの会社に認める法案を承認 青山士誕生(9.23)

1903.7.11 東京帝国大学卒業{24才}

1903.8.11 卒業一か月後、横浜港からカナダへ、直ちにシアトルへ行き、種々なる労働に従事して時の至を待つ

1903.11.3 コロンビアからパナマ共和国独立

1903.11.18 米国とパナマ運河条約締結

1904.3 中旬 ニューヨーク着、イスマン・カナル理事(Isthmian Canal Comissioner)の一人、コロンビア大学バア(Burr)教授へ廣井教授の紹介状を持って就職方依頼。

1904.6.1 ニューヨーク港でコロン港に向かうユカタン船上で契約サイン、工事従業員の一人となる。(25才)

1906 米上院 閘門式に5票差で決着

19011.11.11 パナマ運河地帯を去る。(33才) 約7年半

1912年 帰国

1963.3.21 没 (享年84才)

青山 士

ばなま運河の話より



内村 鑑三先生



ウチヤマ 純一郎先生



廣井 勇先生

グ捧ニ靈ノ生先諸ヲ子冊小此テ以ヲ謝感

青山が最初に落ち着いたBohio 村 (コロン港から七里 チャグレス河畔)



測量・地質調査(Wash boring and Diamond drill Boring)に従事。天幕生活二年余り。その後、設計製図の内業に従事。

運河沿いの雨林 (Rain Forest)



フレンチ・キャナルでの工事状況



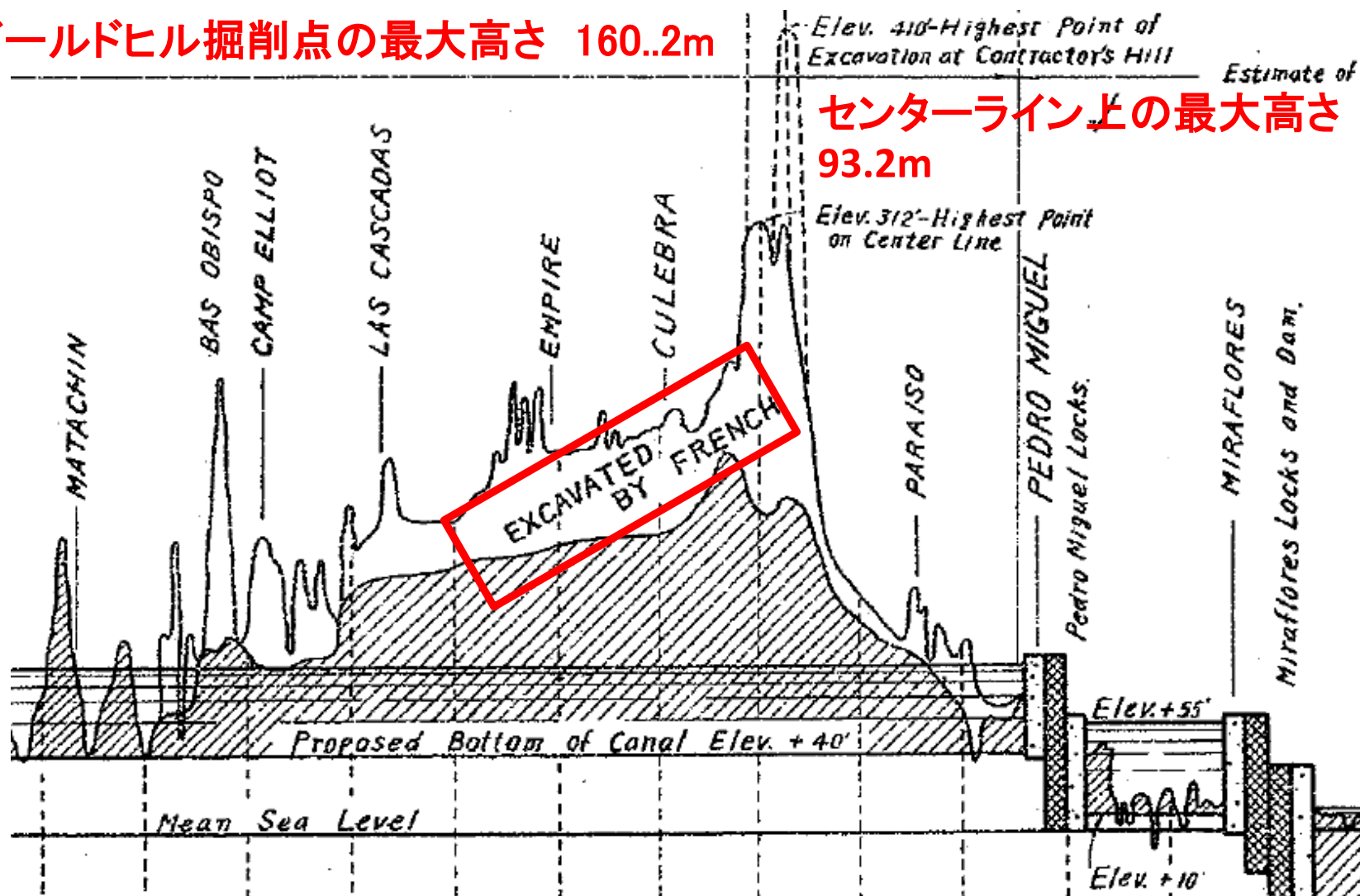
黄熱病・マラリヤ等の病疫、クリブラ・カットの難工事、資金の枯渇等々でレセップスの海面式運河開発は失敗。6, 300人の死者が発生したという報告もあり。

クレブラ・カットでの工事



クレブラ・カット断面

ゴールドヒル掘削点の最大高さ 160.2m



センターライン上の最大高さ
93.2m

青山士の仕事

「私が設計して残してきたうちでガトウン閘門の湖水の方の翼壁及び下流の中央繫船壁及び小規模ではありますが、ガトウン村の給水工事中の鉄筋混凝土造のアグアクララ フィルトレーション プラント(Agua Clara Filtration Plant)は、私が帰るときは百分の七八十出来て居りましたが其後出来上がりの写真を見ますと取入口、沈澱池、ラピット、メカニカルサンドフィルタア、浄水池、ポンプ小屋及び試験所等、皆設計通りに出来て居るのを見ますと、少しは働きがいがあった様に感ぜられます。……」



パナマ運河博物館

パナマ運河建設に
参画した唯一の日本人

青山士の写真が2か
所に展示されている。

この写真のほかに、
もう1枚、青山が同
僚たちと一緒に写っ
た集合写真がある。



James H. Adams



Akira Aoyama

Akira Aoyama の名前が書
かれている



本の最後に書かれている親友から送られた詩

故郷ヲ離ルル数千里ノ椰子ノ生ヘテ居ル彼ノ地ニ於テ只独
テ読ダ時ハ実ニ感慨無量デアリマシタ。

「椰子の実」

藤 村

名も知らぬ遠き島より
流れ寄る椰子の実一つ

故郷の岸を離れて
汝はそも波に幾月

(中略)

思ひやる八重の汐々
いつれの日にか国に帰らん

参考文献

- 1) 青山 士(1939) : ぱなま運河の話、非売品、土木学会図書館
- 2) EDICIONES BALBOA社(2017) : GUIDE to the Panama Canal
- 3) 高橋 裕(1962) : 名誉(会)員 青山 士氏をお訪ねして、土木学会誌、47-01、pp.36-39.

Barro Colorado島 運河内の自然遺産



1923年にBarro Coloradoは生物保存地区となり、1946年から
Smithsonian Tropical Research Instituteにより運営されてきた。
島への入り口の船着場

ご清聴有難うございました。



パナマ運河 クレブラ・カットを通過する船舶