

ラグナ湖の洪水貯留量を利用した低落差発電

Laguna Lake Low-Head Power Generation by using Flood Discharge Detention Volume

加本 実 土木研究所
水災害・リスクマネジメント国際センター上席研究員
元フィリピン国派遣JICA専門家（総合河川管理）

Minoru KAMOTO Chief Researcher
ICHARM, Public Works Research Institute
Ex-JICA Expert, Philippines

We will face the difficulties of energy for economic and social sustainability in the city. Alternative Energy can be a solution for energy security for urban area not only islands and remote areas: The Possibility of Laguna Lake Low-Head Power Generation is introduced with the flood disaster occurred in Sep. 26th 2009 by Tropical Storm "Ondoy" in Metro Manila. This Provide Preliminary information for further research and development. The collaboration among stakeholders is highly appreciated.

1. はじめに

マニラ首都圏は、毎年のように洪水の被害を受ける。中でも2009年9月26日に来襲した台風オンドイは、マニラ全域の都市機能を麻痺させる、壊滅的な被害をもたらした。その状況の中、これを善用することはできないかと、考えられるのが、洪水によって上昇した湖水位を利用した低落差小水力発電である。

当たりの人口密度は18,246人に上る。

マニラ首都圏の南東に広がるラグナ湖は、琵琶湖より一回り大きな、浅い湖である。パッシング川に海水が遡上し、ナビダン川を通じて、ラグナ湖に塩水が入るといわれている。

2. マニラ首都圏とラグナ湖

マニラ首都圏は636km²、16市、1町。2007年の調査によれば、人口1千150万人余（昼間人口は1千4百万人）、1km²

流域内に6県、14市、47町、2656バラングイ（内187が湖に面する）、湖面積約900km²、流域面積3820km²
平均水深2.5m、最深水深、20m、
平均容量22億5千万m³
滞留時間8ヶ月、湖岸延長285km（10.5mの湖水位地点）

マニラ湾の潮位計は、パッシング川河口から南1.7km離れた

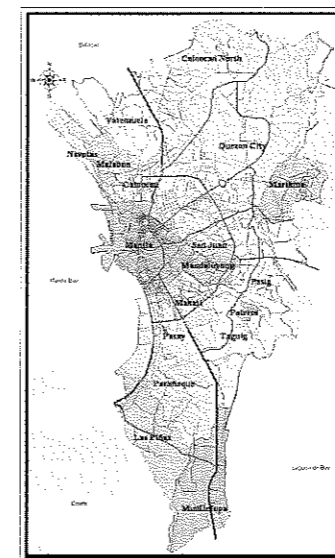


図-1 マニラ首都圏

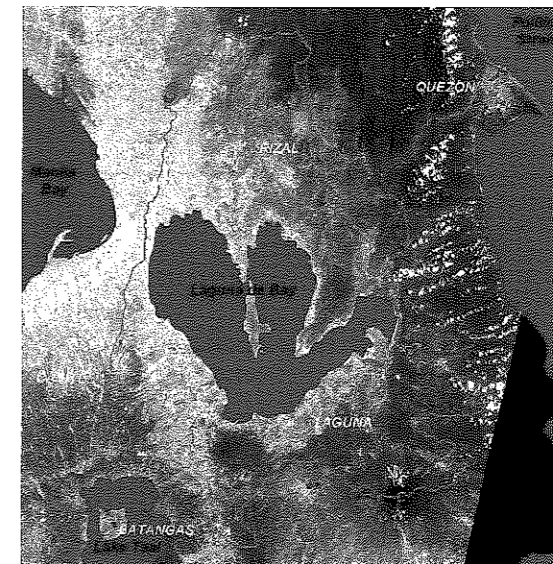


図-2 Landsat Satellite Image: taken April 3, 2002

マニラ南港の15番ピアにある。平均低低潮位を10.000mとなるように0点高をとってこれを基準にラグナ湖の水位も議論している。

1946年から1987年の41年間のラグナ湖の年最高水位を確率処理した結果によれば以下(表2)の通りである。最高は1972年14.03m, 最低は1978年13.58mであった。

表-1 マニラ湾の潮位(参考文献1)

潮位の区別	潮位(EL m)
観測最高潮位	11.770
平均春季高潮位	11.300
平均高高潮位	10.980
平均高潮位	10.838
平均潮位	10.462
平均低潮位	10.101
平均低低潮位	10.000

ベンチマーク(BM4b EL13.247m)

表-2 ラグナ湖の水位(参考文献1)

確率年	湖水位(EL m)
200	14.89
100	14.50
50	14.12
20	13.60
10	13.20
5	12.80
2	12.14

3. 台風オンドイの洪水

2009年9月26日にマニラ首都圏を襲った台風オンドイ(世界標準名, ケツァーナ)は、パッシグ川上流域に24時間で500mm近い雨を降らせ、その規模は、従来の雨の規模から計算すると150年から180年確率に相当するといわれている。

パッシグ川は、ナピンダン川との分岐点の上流でマリキナ川と名を変える。図-3は、マンガハン放水路(3,000m³/s)やナピンダン川(150m³/s)を通じてラグナ湖に流入する様子が示してある。洪水後は、ナピンダン川(150-200m³/s)から海に

表-3 地点観測雨量

	Science Park	Port Area	Catmon
1 hr (max)	92mm	44mm	138mm
24 hr (max)	455mm	258.5mm	460mm

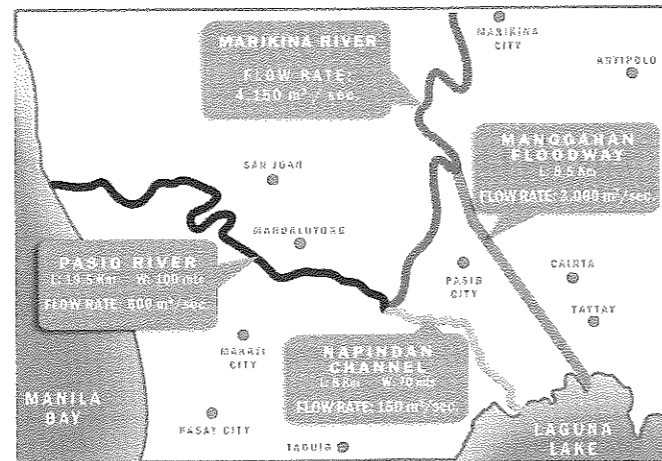


図-3 台風オンドイによる出水状況

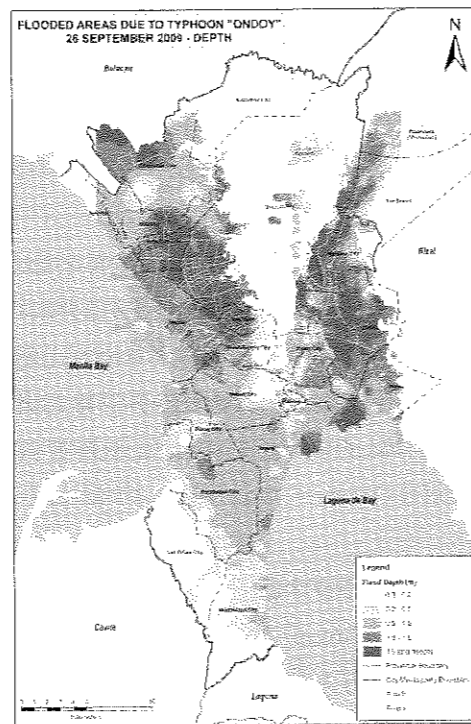


図-4 マニラ首都圏の最大浸水深

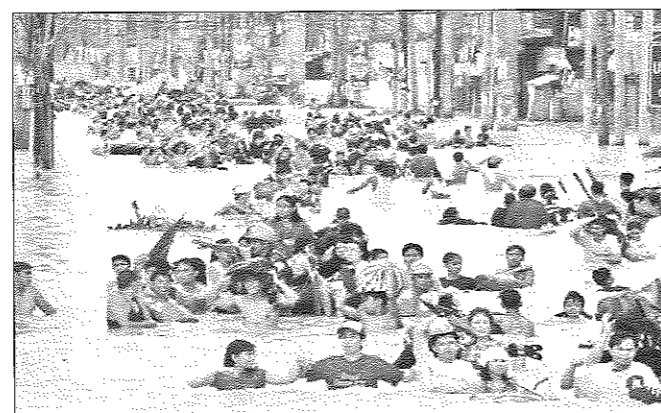


写真-1 マニラ首都圏の洪水状況

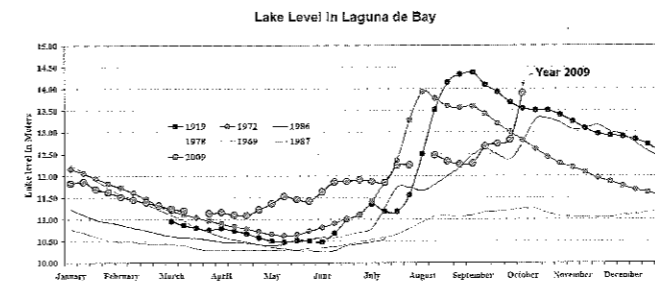


図-5 ラグナ湖の水位

向かって逆流が始まる。その際、現地ではマンガハン放水路は水が停滞しているように見えた。図-4では、マニラ首都圏に渡る大部分が浸水している様子が良く分かる。

NDCC(国家防災調整委員会; National Disaster Coordinating Council)のレポートによると、死者464名、行方不明者37名、負傷者529名、公共施設の被害額は42億84百万ペソ、農業被害が66億69百万ペソ(合計109億52百万ペソ)、約100万家族、500万人が影響を受けた。被害を受けた地区は、マニラ首都圏全体に広がり、なかでもマニラ首都圏北東の山岳部の雨がマリキナ川に押し寄せて、ラグナ湖、マニラ湾までの地域に洪水をもたらした。

マニラ首都圏のコア部分の内水位が上がり、都市機能が麻痺した。ラグナ湖の水位が上がって周辺を浸水させ、なかなか引かなかった。

被害額はその後の世銀などのDNA(Disaster Needs Assessment)調査によって、続いて起こったペベン台風の被害と合わせて、GNPの2.7%という数字が出されている。

4. ラグナ湖の低落差水力発電

台風オンドイのもたらした豪雨により、ラグナ湖の水位は12.8mから14m近くまで一気に1.2m上がり、低下するのに2ヶ月以上かかった。(マニラ湾の平均低低潮位を10mとしている。)過去の例では、水位が12m以下に落ち着くのに、4ヶ月以上かかったこともある。なお、パッシグ・マリキナ川と周辺小河川の流域面積は、ラグナ湖に注ぎ込む全体(km²)の6分の1程度である。そのため、1.2mの水位上昇分のうち20cm程度がパッシグ・マリキナ川周辺からのものと考えられる。ラグナ湖流域の中で最大の流入河川は船登り観光で有名なパグサンハン川である。パグサンハン川は映画「地獄の黙示録」のロケ地でもあった。

ラグナ湖の湖面積900km²の内、2m程度の水位幅を利用できるとすると、 $9 \times 10^2 \times 10^6 \times 2 = 1.8 \times 10^9$ より総量18億m³となり、ナピンダン川の流下能力は、せいぜい200m³/sで

あるので、有効落差3mとして、理論水力Pは、 $P = 9.8 \times 200 \times 3 = 5880$ (kW)になる。この程度の水力量が年間2ヶ月ほどは期待できる。

流量Q(m³/s)の水が落差He(m)を落下して単位時間になす仕事を理論水力(Theoretical Water Power)といい、重力単位で表すと、
 $P = W_0 \cdot Q \cdot He = 1,000 \cdot Q \cdot He$ (kg・m/sec)
 kW単位で表すと、
 $P = 9.8 \times Q \cdot He$ (kW) (1kg・m=9.8ジュール, 1,000ジュール=1kW), ここでHeは、有効落差を表す。

ナピンダン川とパッシグ川との合流点には、アジア開発銀行の援助によって、ラグナ湖を淡水化して水資源開発をしようとした時のナピンダン堰と閘門がある。これらを活用することによって、低落差水力発電所を建設することが出来ると考えられる。現在、昨年の大洪水を受け、世界銀行などがマ



写真-2 パッシグ川下流から、開けられているナピンダン堰をのぞむ。その左には、かすかに閘門が見える。

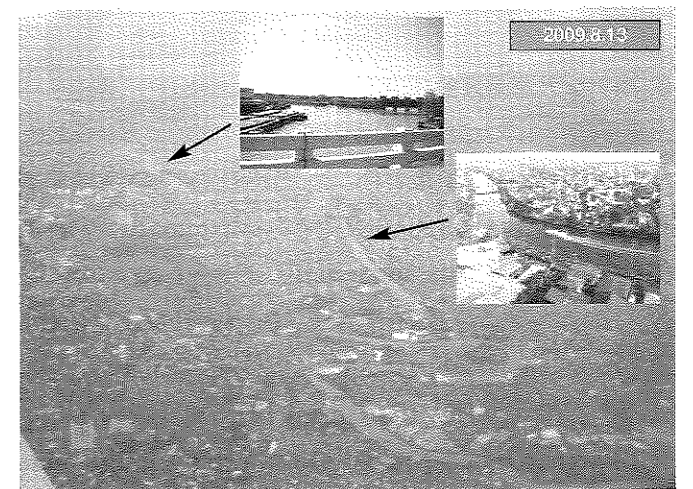


写真-3 下流側から、パッシグ川流域を望む。上に広がるのはラグナ湖。

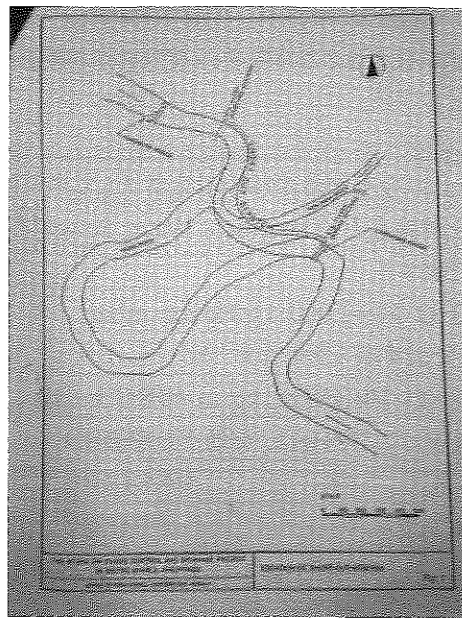


図6 パシグ川下流のサンファン川合流点での蛇行箇所ショートカット

ニラ首都圏の洪水対策について調査に入ろうとしている。その中のテーマの一つは、ラグナ湖から直接、マニラ湾に放流するためのパラナイケ放水路である。予備的にラグナ湖の水位を下げておいて、まさかの場合も、水位が大幅に上がらないようにしようとするもので、その規模を350m³/sあるいは800m³/sとして、検討されたこともある。こちらは計画が成立したとしても、用地買収などで、その実現には紆余曲折が予想される。また、上流に貯水池を設ける案に比べ、直接に上流のマリキナ川沿いに住む人々の洪水対策にはならない。しかしながら、このパラナイケ・放水路が実現すれば、低落差水力発電はより効率的になりうる。また、パラナイケ放水路自身でも水力発電の可能性がある。

手前のサンファン川がU字型に蛇行した箇所は、土地区画整理事業などを入れてショートカットすれば、非常に有効な都市の再開発になる。

5. 東アジア海洋大会 (EAS)

東アジア海洋大会 (EAS) が2009年11月23日から27日まで、マニラで開催された。最終日には、当時のフィリピン大統領アロヨ女史も参加される大きな大会であった (<http://www.iisd.ca/yimb/sea/easc2009/26nov.html>)。

大会はフィリピン政府が主催し Partnerships in the Environmental Management for the Seas of East Asia (PEMSEA) が計画し、the Global Environment Facility (GEF) と the United Nations Development Programme (UNDP), the United Nations Office for Project

Services (UNOPS) が地域的な取り組みを支援した。

東アジア地域の海洋、海浜の持続ある管理と開発のための、対話、知識情報の交換、能力向上、戦略的行動、協力のための地域レベルの機会を提供しようとするもので、国会議員・政府代表・国連機関・産業・学識経験者・若者たち等、1400名以上の参加者を得た。

5日間の大会中、28テーマに分かれて、ワークショップが行われた。その中に、都市の拡張と引き続き生じるエネルギー需要によるアジアの水危機に着眼した「水の利用と供給のマネジメント」のテーマがあった。その分科会のひとつに、「島々や遠隔地の経済社会開発のためエネルギー保全の解決としての代替エネルギー」のセッションがあり、良い事例・政策そして革新的な技術の共有、多様な代替エネルギーの可能性と融資の仕組みの検討に注目し、直面する困難な状況が議論された。そこで小規模発電についても、議論され、以下のような提言がまとめられた。

- ① エネルギーを生み出す研究開発を更に支援する。
- ② 小規模発電の開発のための政府支援策をリスト化する。
- ③ 北南、南南の技術交流を奨励する。
- ④ 長期的な国家計画を準備する。
- ⑤ 関係者間の協力を奨励する。

日本からも小水力利用推進協議会も参加されていた。著者はこのセッションで、ラグナ湖の低落差水力発電について議論を投げかけてみたが、技術的に大きな異論はなく、だれが推進するかが重要だとコメントを得た。

6. おわりに

柔道家、嘉納治五郎の書に、「精力善用、自他共栄」がある。洪水という強力な外力を、都市生活に役立てることができれば、被害を受けた方々も救われよう。ラグナ湖の水位を一日も早く下げたいのが、湖岸に住む人々の悲願ではある。しかしながら、高水位時においても安全な対策がとられれば、低落差水力発電は、年間に数カ月は可能になると考えられる。その実現には、エネルギー省、ラグナ湖開発公社、マニラ首都圏庁、地方政府などの広範囲な連携が不可欠である。

参考文献:

- 1) The JICA study on Flood Control and Drainage Project in Metro Manila, in 1990
- 2) Need assessment on Ondoy and Pepeng, JICA 2010