ラオスの電力事情

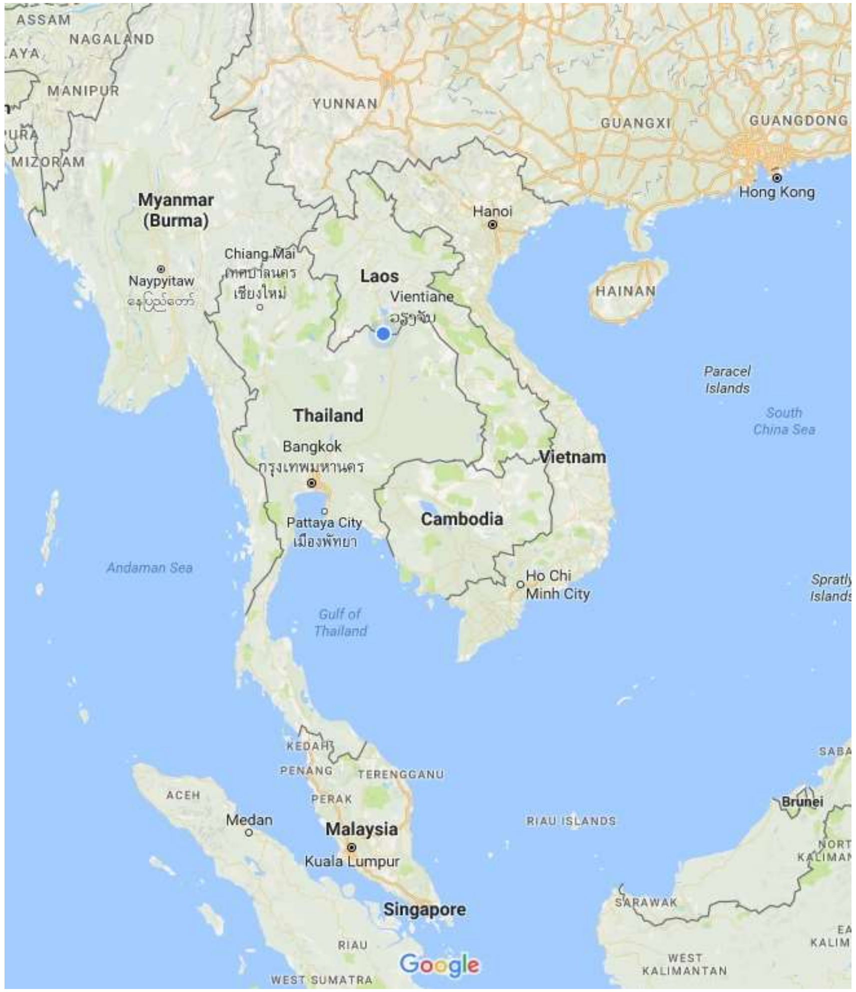
JICA専門家（ラオスエネルギー鉱業省）報告

2018年8月21日

幸坂　直樹

（エネルギー鉱業省　電力政策アドバイザー：2016年8月～2019年8月）

ラオス国概要



Source: Google Map

面積：236,800km^2（本州と同程度）［8割が山岳地帯］

人口：約675万人（2016年）
［ラオ族（60%）、モン族、カム族他約50民族］
［10~24歳：32%、65歳以上：4.2%］

人口密度　27人／km^2

1人当たりGDP：USD 2,408（2016年）
［USD 402（2003年）］

経済成長率：7.0%（2016年）［2005年以降7%以上］

産業構成（2016年）：
サービス業［小売・金融・通信・観光他］（44%）、
工業（37%）、農業［就労者の7割］（17%）

主な輸出品（2015年、総額2,771百万USD）：
鉱物（約50%）、電力（約20%）、農林産品（約10%）、
縫製品（約10%）、木製品、コーヒー…

輸入額　5,233百万USD（2015年）：
→　貿易収支赤字が常態化　課題

“Graduation from LDC by 2020” *(Least Developed Country)*

Source: JICAラオス事務所、他

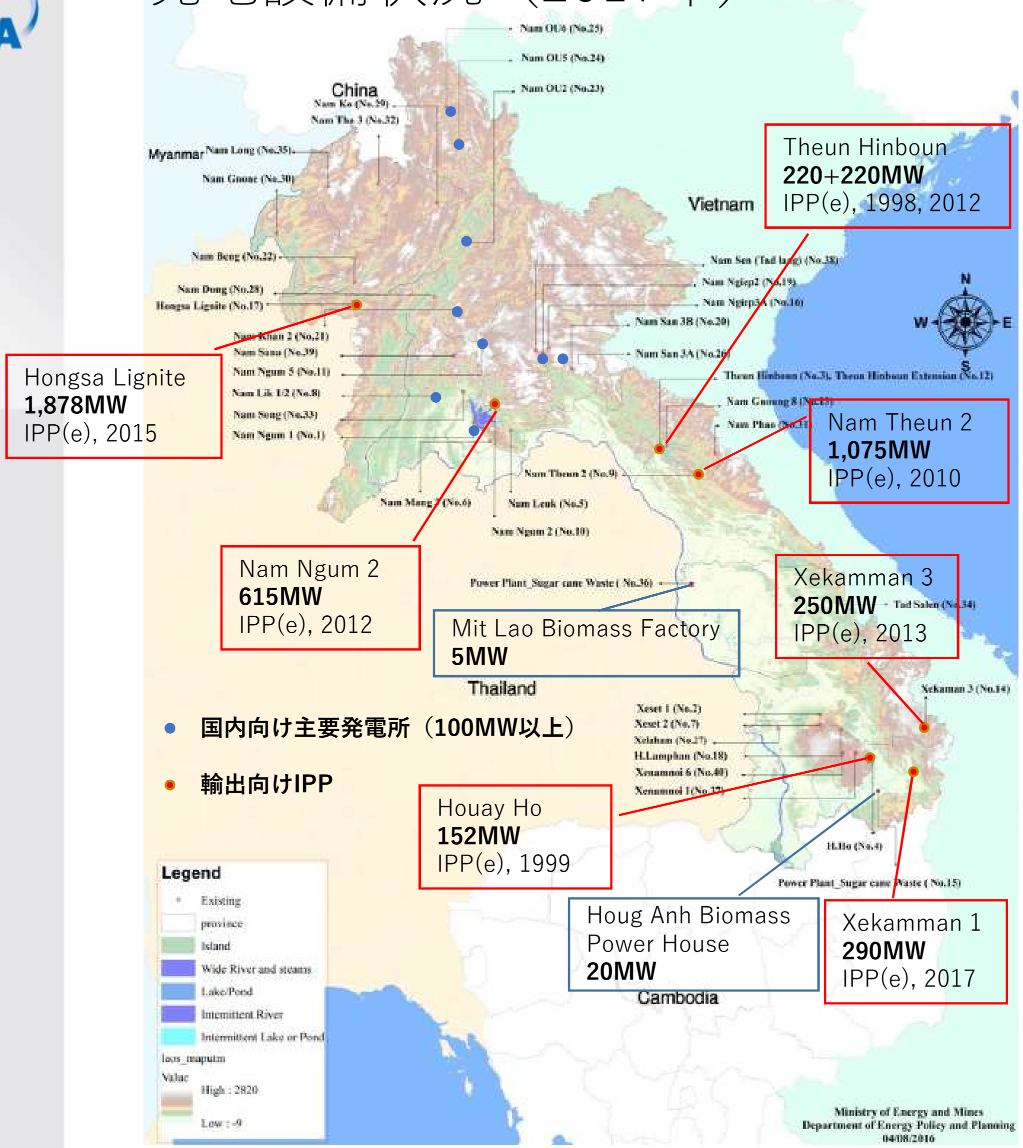
電力概況比較

	タイ	ベトナム	ラオス	カンボジア	ミャンマー
人口（百万人）	68.1	94.4	6.9	15.8	54.4
GDP（USD）/人	6,170	2,164	2,027	1,228	1,307
電化率（%）	**99.3**	**98.7**	**92.4**	**58.2**	**38.3**
発電設備容量（MW）	38,593	42,135	6,373	1,681	5,389
発電設備容量（kW）/人	**0.57**	**0.45**	**0.92**	**0.11**	**0.10**
最大電力（MW）	29,619	28,109	828	951	3,250
最大電力（kW）/人*	**0.43**	**0.30**	**0.12**	**0.06**	**0.06**
停電時間（分/需要家）	40.0/ 153.1	1,651	NA	1,370	NA

Source: JEPIC（2016年度）[*を除く]

- 人口当たりの発電設備容量は高いが輸出向けが大部分を占めており、国内需要はまだ小さい
- 供給信頼度指標（停電時間）は2016年から収集しているものの、地域によっては正確なデータ収集を行う状況（設備・人的）が整っていない 課題
- 参考：最大電力（kW）/人・・・日本1.23、シンガポール1.25、中国0.62

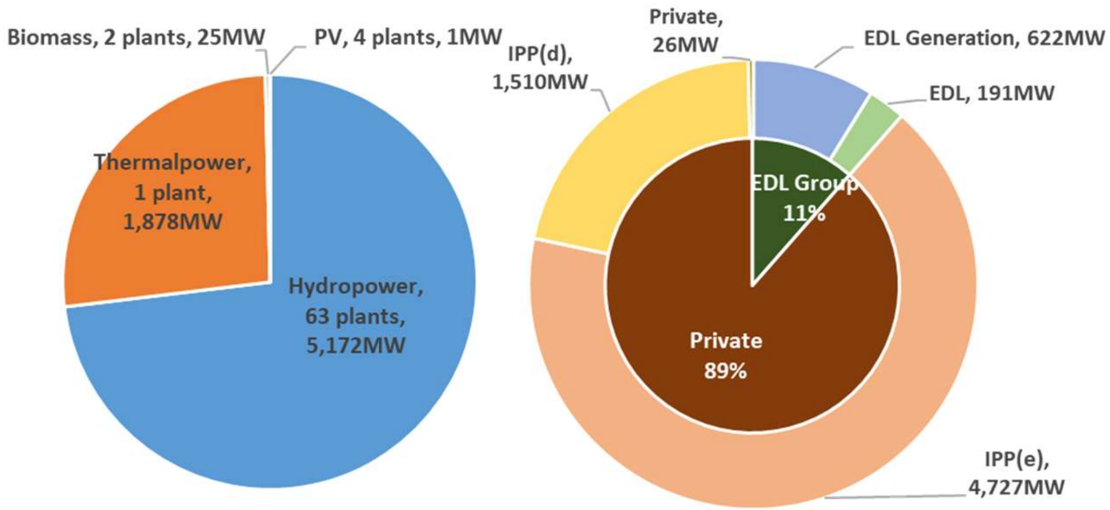
発電設備状況（2017年）



Source: MEM

- 発電設備：7,076MW
  - 水力：63か所、73%
  - 火力： 1か所、27%（2015年に初号機）
  - バイオマス発電（Sugar Factory）2か所

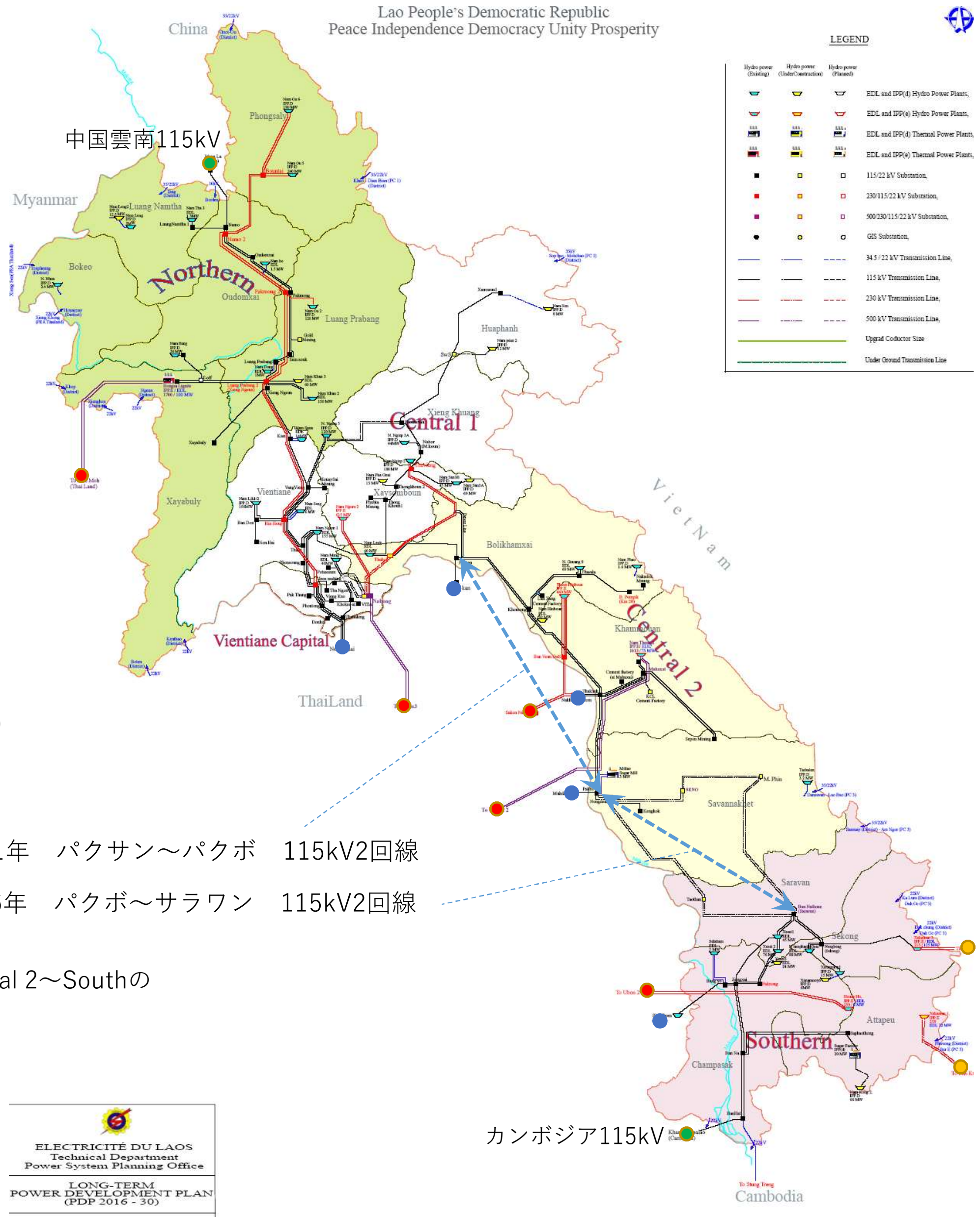
  - 輸出向けIPP(e)： 8か所、67%
  - 国内向けIPP(d)：31か所、21%
  - EDL＆EDL Gen：22か所、11%



Source: MEM

*MEM：ラオスエネルギー鉱業省
EDL：ラオス電力公社
EDL Gen：EDL発電会社
IPP：独立発電事業者

電力系統概要



中国雲南115kV

カンボジア115kV

- IPP (e)からEGAT系統へ送電（500kV, 230kV）
- IPP (e)からEVN系統へ送電（220kV）
- EDLとEGATとの連系（115kV）

2011年　パクサン～パクボ　115kV2回線

2016年　パクボ～サラワン　115kV2回線

円借款事業によりCentral 1～Central 2～Southの系統が連系された

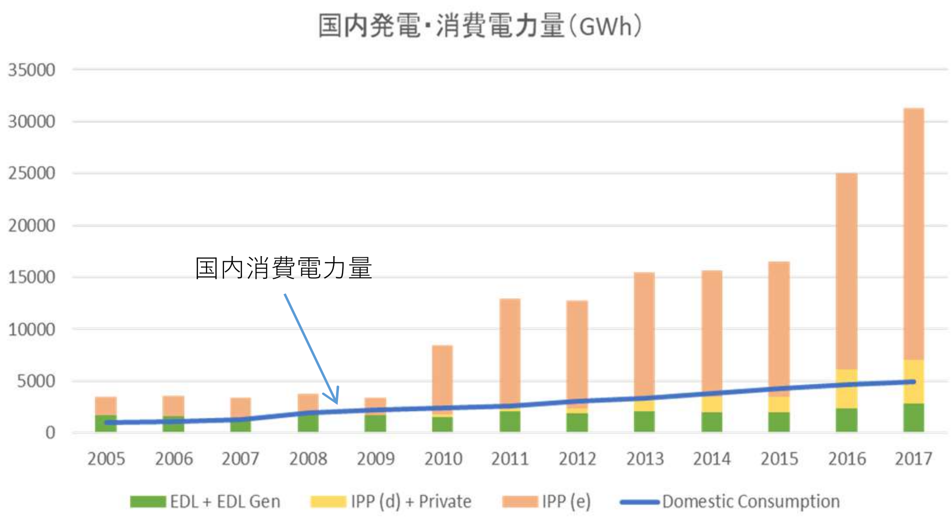
Source: MEM, EDL

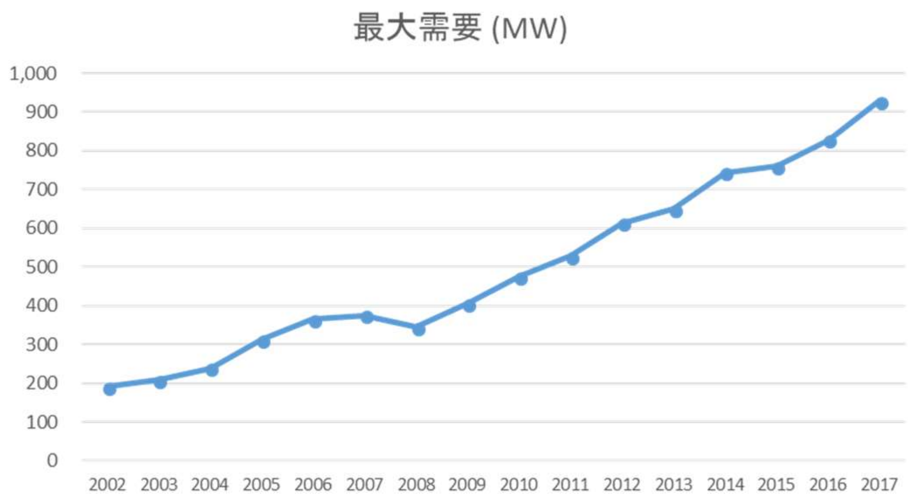
500kV
230kV
115kV

- 電圧：500kV（IPP）, 230kV, 115kV, 22kV, 400V, 220V
- 2016年までにCentral 1 – Central 2 – Southが連系
- IPP (e)：専用送電線でEGAT/EVN系統に送電
- EDL：115kV8回線でEGAT系統と連系（送受電）、カンボジア（送電）、中国雲南（受電）と115kV各1回線で連系
- 35kV、22kVでタイ（PEA）、ベトナム、カンボジア、ミャンマー、中国雲南と送受電（送電または受電のいずれか）

課題

国内発電・消費電力





Source: MEM, EDL

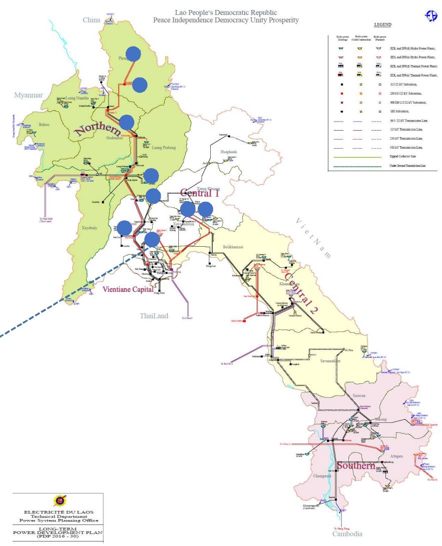
2017年実績
　　国内最大需要：　928MW
　　国内発電電力量：31,314GWh
　　国内消費電力量： 4,966GWh
　（2005～2017年で年平均14%増加（2005年：1,007GWh））

主な国内向け発電所（国内分100MW以上）

Nam Ou 5:	240MW, 2016, IPP(d)
Nam Ngiep 2:	180MW, 2015, IPP(d)
Nam Ou 6:	180MW, 2016, IPP(d)
Nam Ngum 1:	155MW, **1971**, EDL Gen
Nam Karn 2:	130MW, 2015, EDL Gen
Nam Ngum 5:	120MW, 2012, IPP(d)
Nam Ou 2:	120MW, 2016, IPP(d)
Nam Chae:	104MW, 2017, EDL
Nam Lik 1/2:	100MW, 2010, IPP(d)

Nam Ngum 1（円借款他）

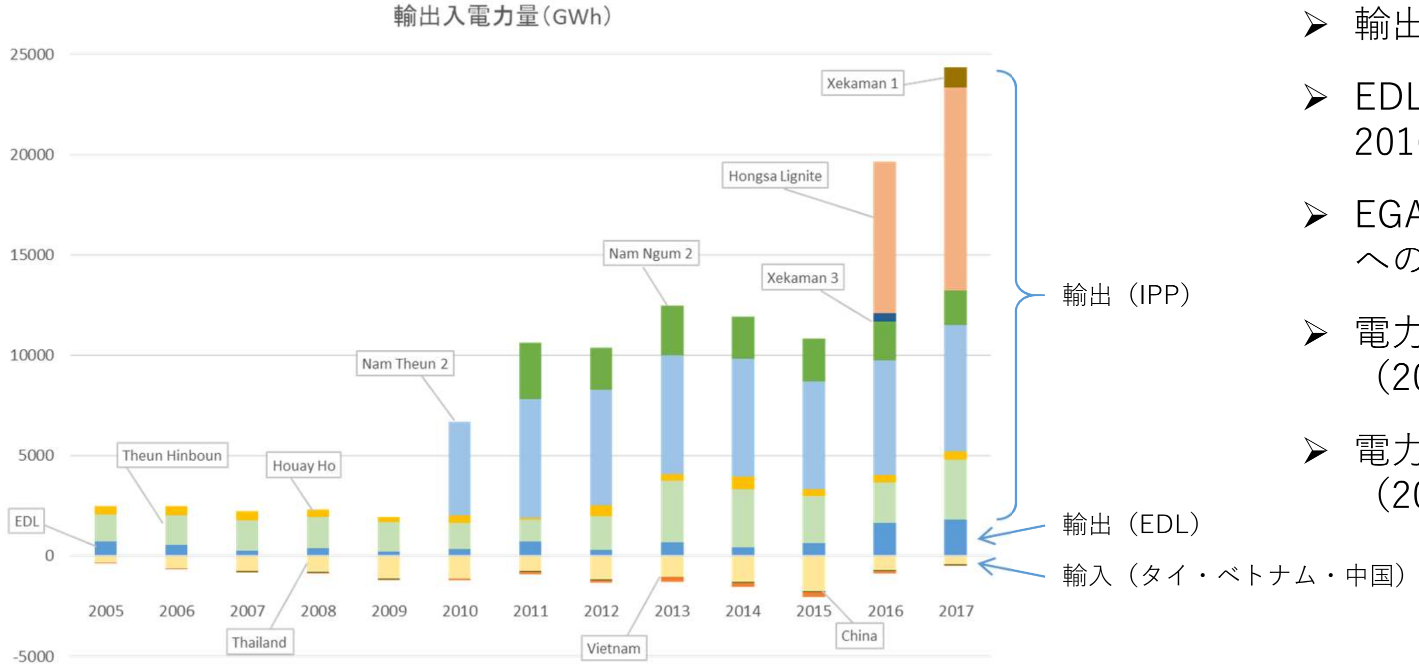
1971 #1, #2	30MW
1974 #3, #4	110MW
1984 #5	150MW
2004 #1, #2 upgrade	155MW
2018 #7, #8	235MW
2020 #6	275MW

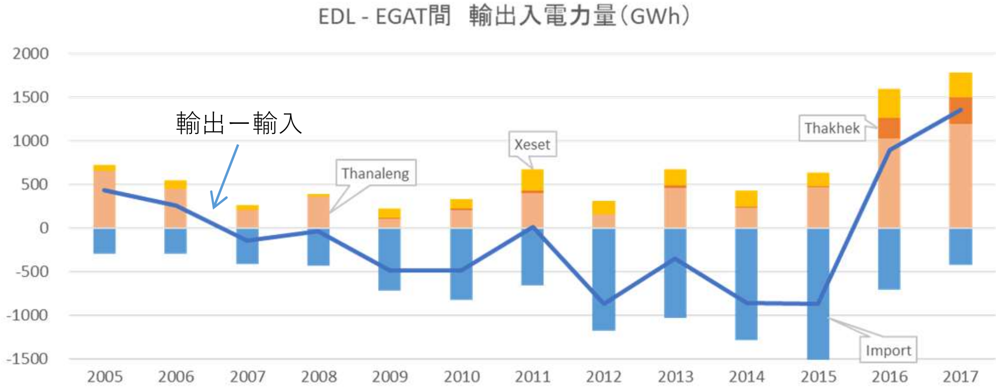


Nam Ngum 1 : EDL Generation

Photo: February 2017

電力輸出入





Source: MEM, EDL

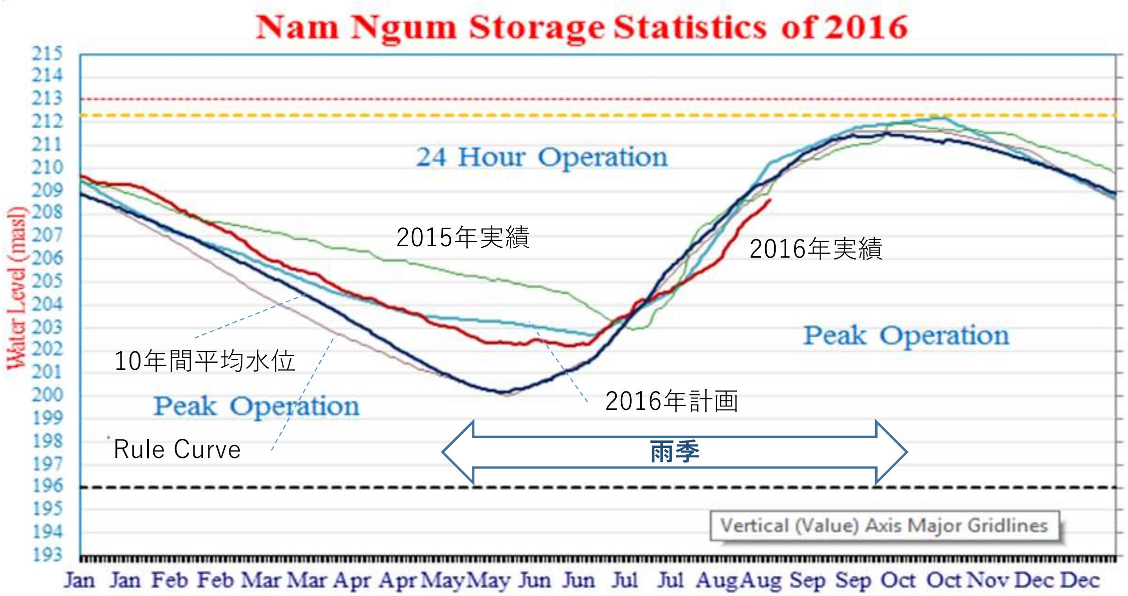
- 輸出の大部分はIPP
- EDL-EGAT間は2012-15年輸入超過、2016-17年輸出超過
- EGATからの買電（輸入）はEGATへの売電（輸出）より高値　課題
- 電力輸出総額：1,297百万USD（2017年）
- 電力輸入総額：22百万USD（2017年）

(THB/kWh)

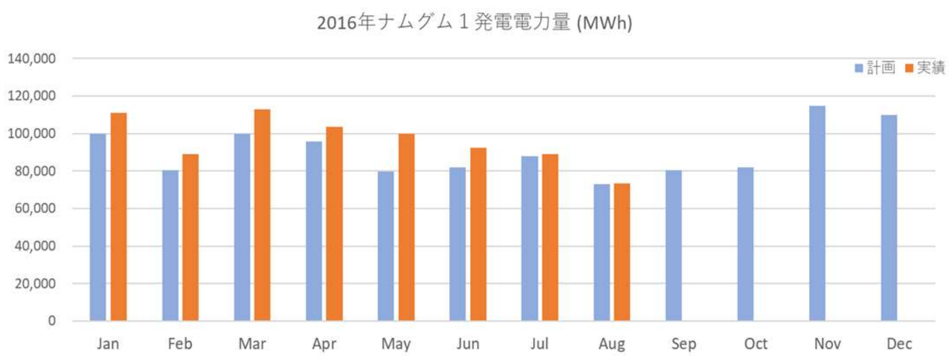
EDL/EGAT 115kV Tariff	Buy from EGAT	Sell to EGAT
Peak (9-22)	1.74	1.60
Off Peak (22-9)	1.34	1.20
Holiday (Sat, Sun, 祝日)	1.34	1.20

Source: EDL, 2016

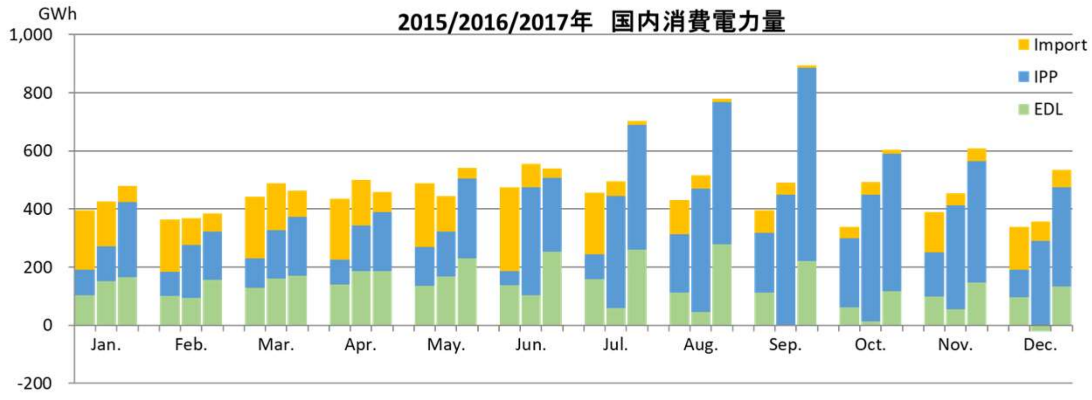
ダム運用/発電計画・月別電力消費



- ダム毎に基準となるRule Curve設定、10月頃翌年の水位・発電計画策定
- NCC（National Control Center）との調整により月毎、週毎、翌日の発電計画を策定
- 雨季に24時間運転、乾季にピーク時間運転との記述があるが、上流発電所の運転状況、維持流量等により変化
- 1月～5月頃（乾季）に電力輸入が多い、2016年雨季からIPPからの供給が増加 課題

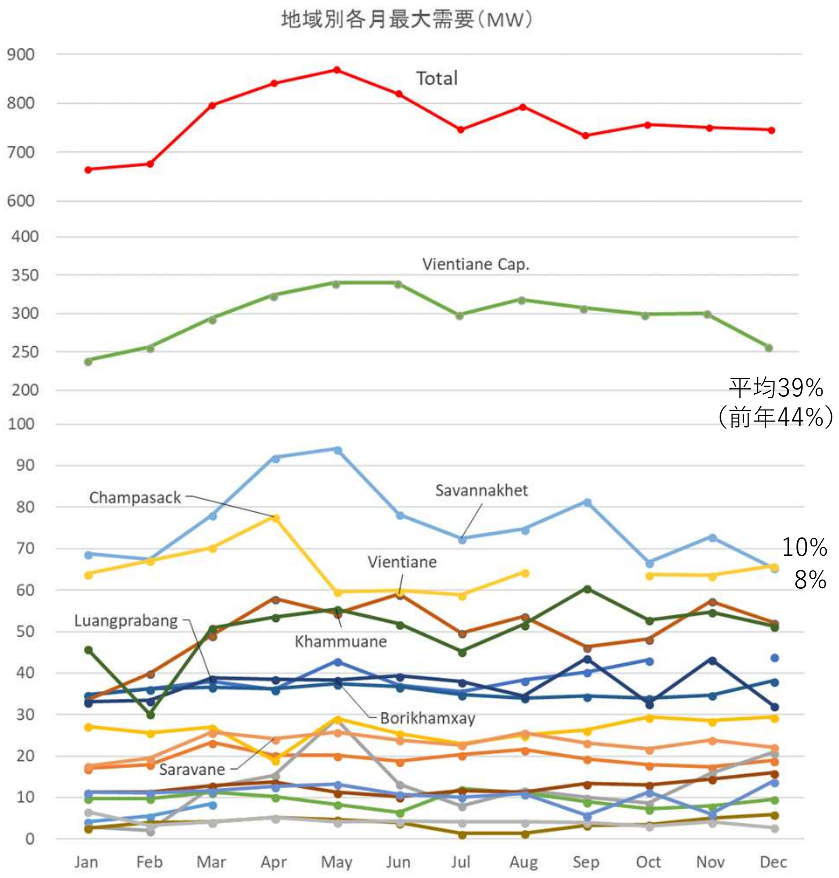


Source: EDL Gen

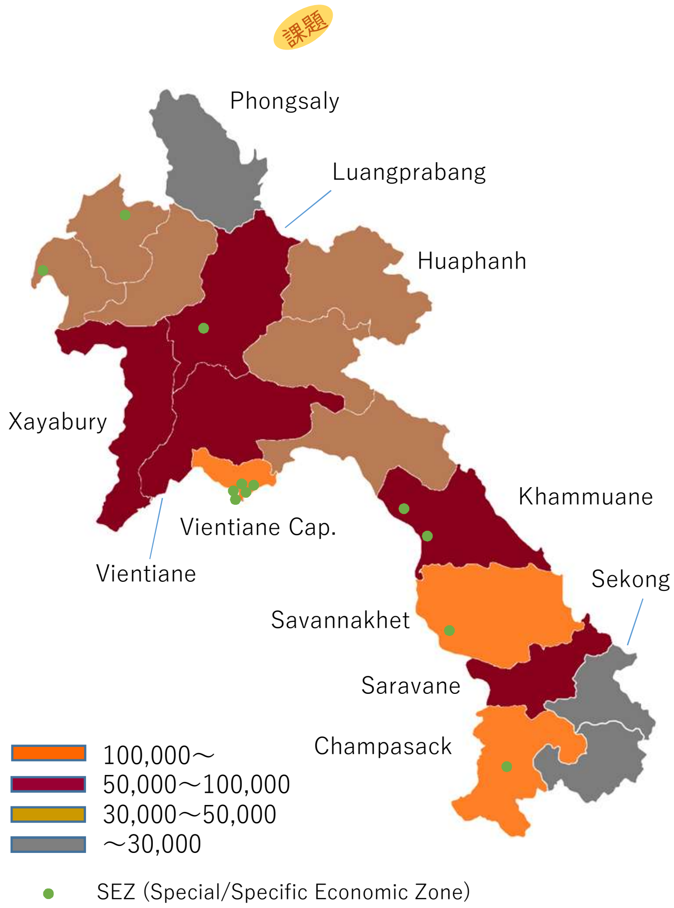


Source: MEM, EDL

地域別電力需要・電化状況



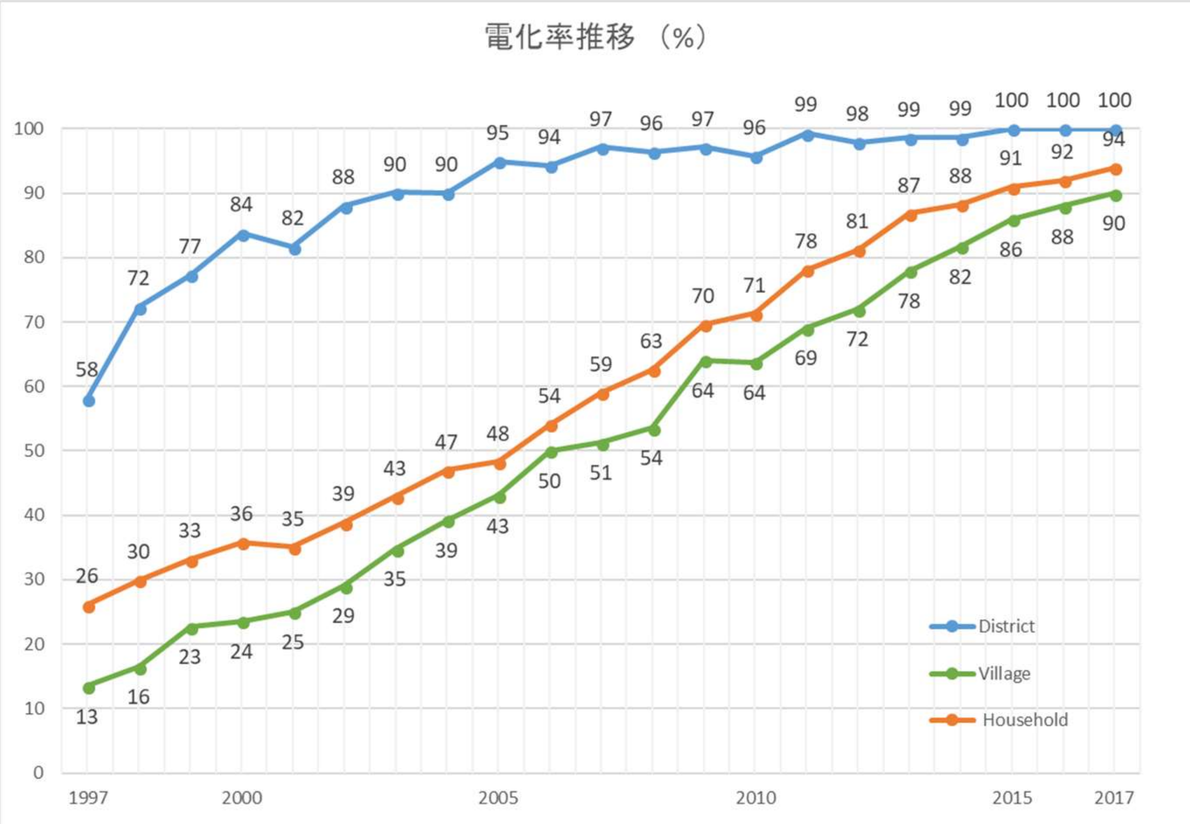
Source: MEM, EDL



Province	Household電化
Vientiane Cap.	150,316 (100%)
Savannakhet	135,274 (93%)
Champasack	122,417 (100%)
Vientiane	98,708 (100%)
Xayabury	74,976 (98%)
Luangprabang	72,099 (88%)
Khammuane	69,041 (97%)
Saravane	61,138 (92%)
Oudomxay	49,926 (90%)
Borikhamxay	43,889 (95%)
Xiengkhuang	39,526 (91%)
Huaphanh	36,763 **(73%)**
Luangnamtha	32,785 (97%)
Bokeo	32,607 (97%)
Attapeu	23,809 (87%)
Phongsaly	20,204 **(58%)**
Sekong	15,997 **(69%)**
Xaysomboune	13,136 (92%)

Source: EDL, PDEM

電化率推移



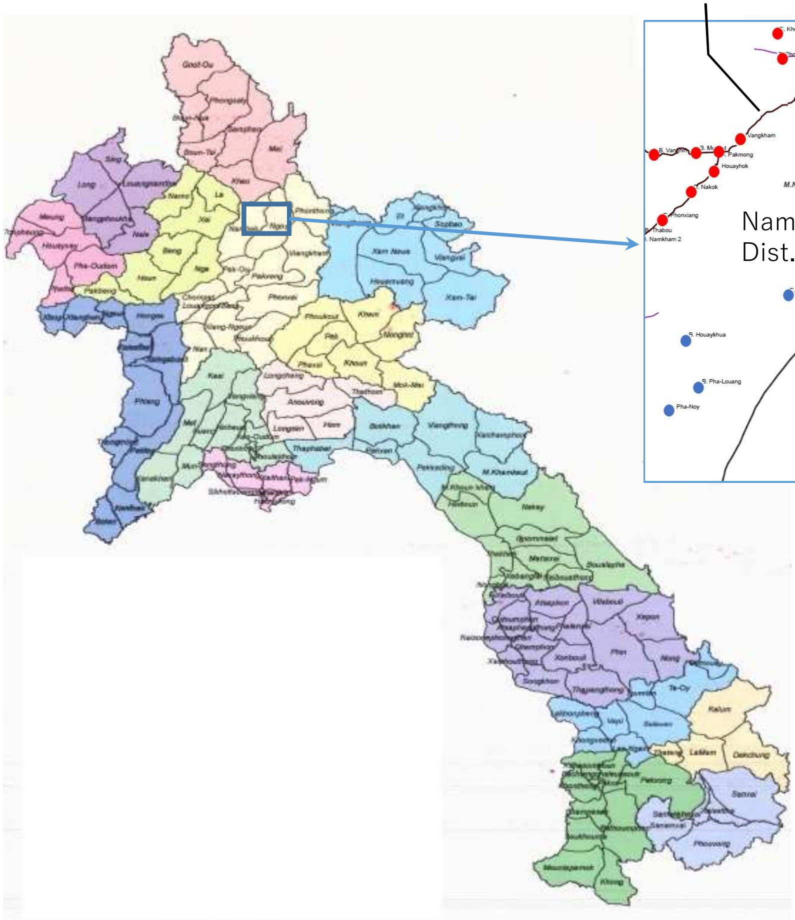
Source: EDL, PDEM

電化率：（Household）
1995年15%
2005年48%
2010年71%
2015年91%
2017年94%
2020年95%（目標）
2025年98%（目標）

2010年時点の目標：
2015年80%、2020年90%、2030年98%

2017年	電化数/全数	電化率(%)
District	148/148	100.00
(うちby EDL)	148/148	100.00
Village	7,667/8,505	90.15
(うちby EDL)	7,403/8,505	87.04
Household	1,081,396/1,159,566	94.23
(うちby EDL)	1,092,611/1,159,566	93.28

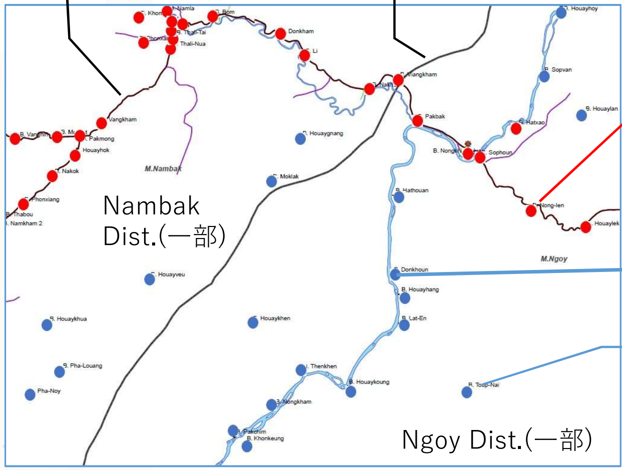
オフグリッド/未電化村の状況



Source: IREP

道路

Dist.境界



EDL電化

Donkhoun Village

オフグリッド/
未電化

課題

ルアンパバン県

- Nambak Dist.: 97%
- Ngoy Dist. : 64%
  (Household電化率)

Photo: June 2017

再生可能エネルギーの開発目標

2025年に総エネルギー消費の30%を再生可能エネルギーとする
（うち10%をバイオ燃料開発による燃料輸入10%減として計算）

支援策（*実施済、他は検討中）
・Renewable Energy Fund創設
・関税免除等の支援*
・売電単価に対する補助金等

課題

2025年目標値（*当初計画から変更）

- 風力発電：73MW
  - チャンパサック（南部）にてFS実施中（計50MW）
  - セコン（南部）でFS準備（600MW、ベトナム向け）
  - 2020年に12MW、2030年に73MW、ポテンシャル182,000MW
- 太陽光発電：144MW*
  - 家庭用オフグリッド計600kW、日本のグラント（空港等）計400kW
  - EDL Gen（タイ企業とJV）にて32MW（2017～18年運転、2020年までに100MW）
  - ビエンチャン地域に日本～ラオス間のJCMとして14MW（2018～19年）
  - サワナケット（中部）に計400MW検討中
- 小水力発電：400MW
  - 現状127MW、ポテンシャル2,000MW
  - （15MW以下）
- バイオマス発電：58MW
  - Sugarcane：25MW、Woodchip：65MW（2018年5月運転開始）
- バイオガス発電：51MW
- 廃棄物発電：36MW
- バイオエネルギー（熱源）：バイオマス113ktoe、バイオガス178ktoe
- バイオ燃料：バイオエタノール158ML、バイオディーゼル300ML

Source: IREP

太陽光発電の導入状況

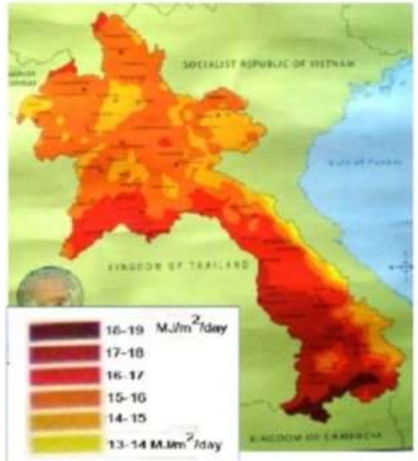
- World Bank “Rural Electrification Phase I/II”
  - 2万戸以上のオフグリッドPV（20-50W/戸, 2010-2015）
  - 他の外国支援によるオフグリッドPV（学校・病院）
- 商業ベースでのRooftop PV
  - Eg. SunlabobによるUNDP office (20kW), World Bank office(45kW)への設置
- Japanese grant “Cool earth partnership”
  - ワッタイ国際空港（260kW）、EDL本社（170kW）
- Solar farm
  - Eg. EDL GenによるビエンチャンVientiane近郊のPV発電所（32MW）

Lao Solar irradiance

13-19 MJ/m²/day

or

3.6-5.3 kWh/m²/day



Source: MEM

- EDLの系統拡張によりオフグリッドPVが不要に 課題
- FIT等の制度が未整備 課題
- 現在400MW以上のPV発電所がFS


EDL Gen Solar at Naxaythong, Vientiane


260kW: Wattai International Airport

EDL Gen 60%

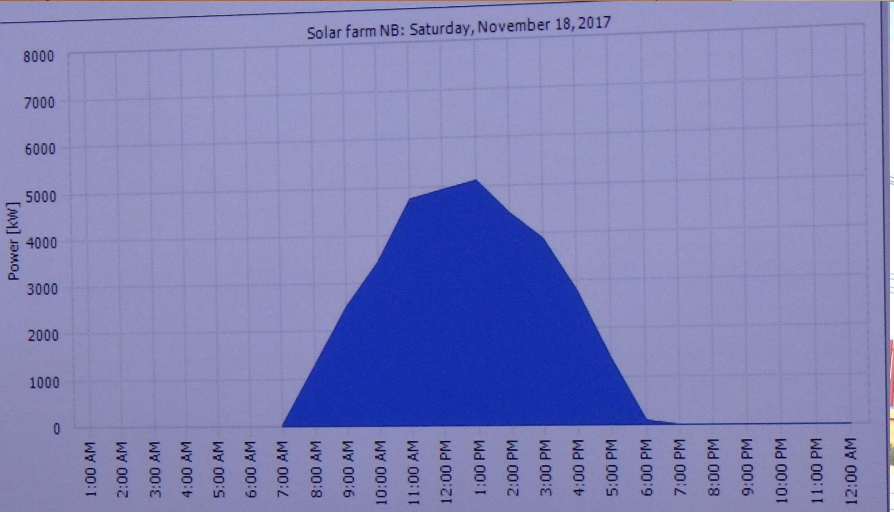
Pattana(Thailand) 40%

EDL Gen Solar Power Company

2017: 10MW → 2018: 32MW → 2020: 100MW


7MW at Nabong, Vientiane, November 2017


3MW at Naxaythong, Vientiane, February 2017



Vientiane Times, January 19, 2018

EDL-GEN to beam out solar power in Vientiane next month

Times Reporters

EDL-GEN Solar Power expects to start distributing 32MW of solar power to Vientiane residents next month after it finishes installing solar panels, according to a company staffer.

EDL-GEN technician Mr Thep Chanthavong said the project was well underway after installation work began in Chaengsavang village, Naxaithong district last year.

According to the EDL-Generation Public Company, the project is part of efforts to support the government's plan for renewable energy to account for 30 percent of total power supplies by 2025.

By then, Laos plans to generate about 144MW of solar power.

The project in Chaengsavang village is costing more than US$3.4 million and using the latest Talesun solar panels with an expected operational life of 25 years.

The project was approved by the Ministry of Energy and Mines with EDL-Generation Public Company holding a 60 percent stake and Pure Power Development Company Limited holding 40 percent.

The venture aims to ensure sustainable power supplies in the capital as economic development continues to surge while reducing the need for imported energy.

Initially, the project will produce 10MW before generating 32MW-50MW in 2018 and increasing to 100MW by 2020.

According to data from the Ministry of Energy and Mines, Laos has 42 power plants producing electricity with a total installed capacity of 6,300MW, which generate 33,000 GWh of electricity a year.

Laos has 55 substations that distribute electricity using 55,000 kilometres of transmission lines.

Some 20.4 percent of the power generated is consumed in Laos while 79.6 percent is exported.

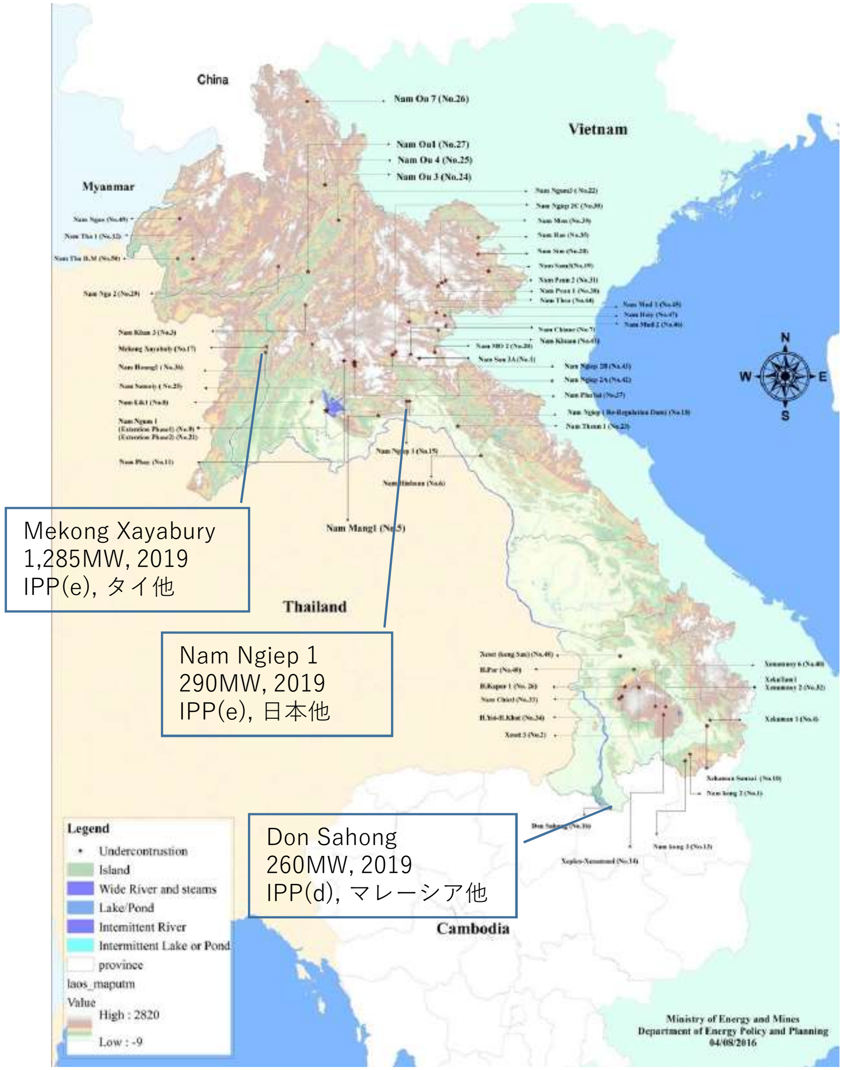
At present 86.5 percent of villages are hooked up to some form of electricity with 92 percent of families able to access a permanent electricity supply, according to recent figures.

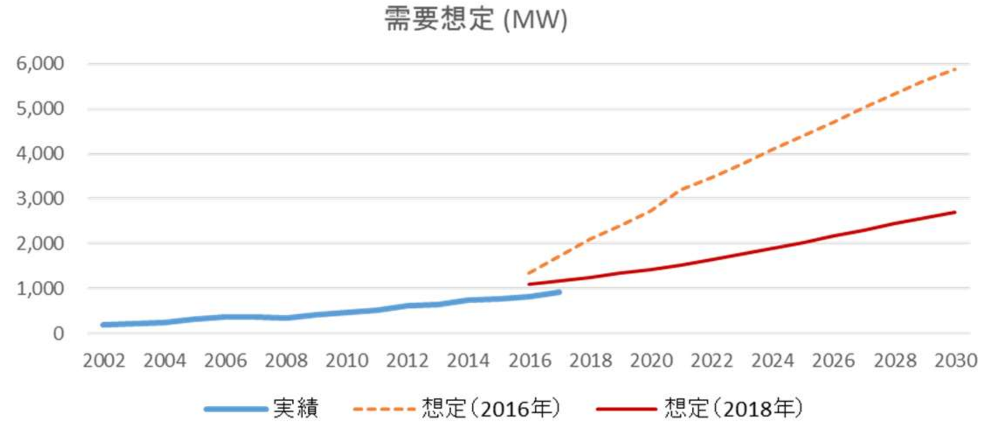
The Ministry of Energy and Mines' strategy for 2016-2020 aims to develop 48 energy projects with 90 substations which will push Laos' installed capacity to 10,000MW, allowing it to generate 60,000 GWh of electricity annually.


Technical staff install solar panels.

電源開発計画

2020年までに運転開始予定の発電所



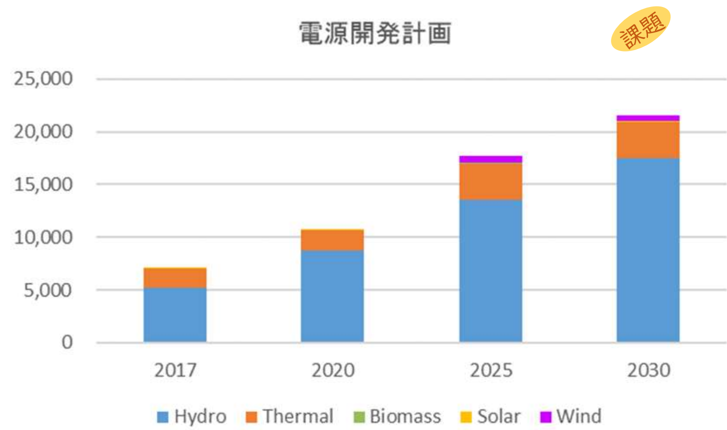


2017年：7,076MW
　水力　63か所、5,172MW
　火力　1か所、1,878MW

2020年：10,738MW
　水力　81か所、8,735MW
　火力　1か所、1,878MW

2025年：17,683MW
　水力　144か所、13,580MW
　火力　3か所、3,378MW

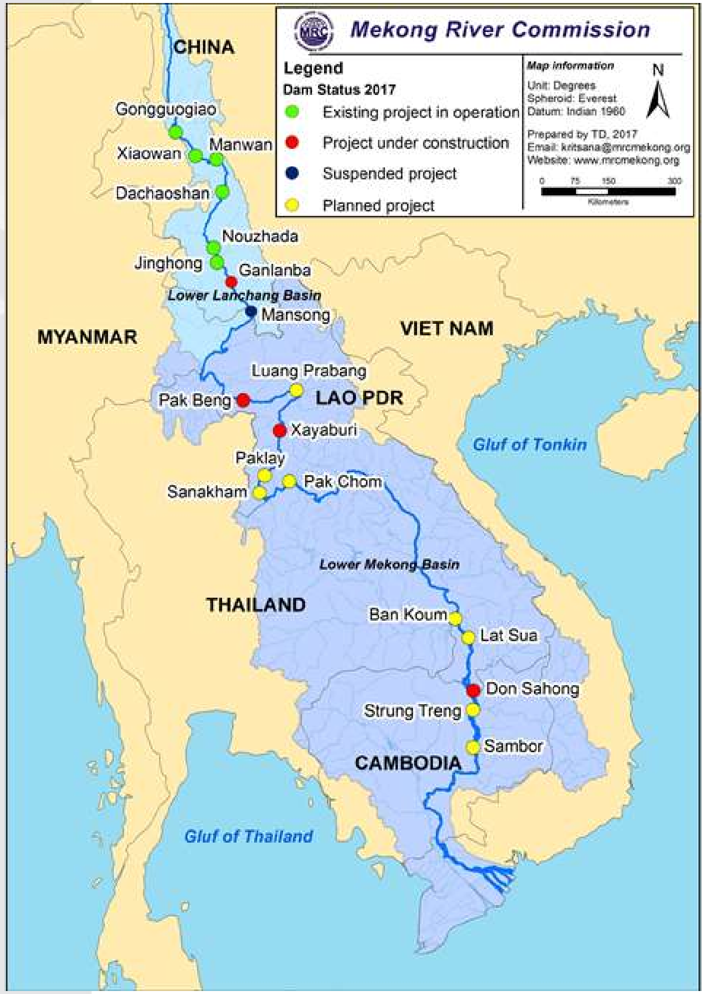
2030年：21,589MW
　水力　202か所、17,486MW
　火力　3か所、3,378MW



Source: MEM、EDL

水力開発ポテンシャル：約23,000MW
（メコン本流16,000MW中、ラオス領内9,800MW、
メコン支流26,000MW中、13,000MW開発可能）

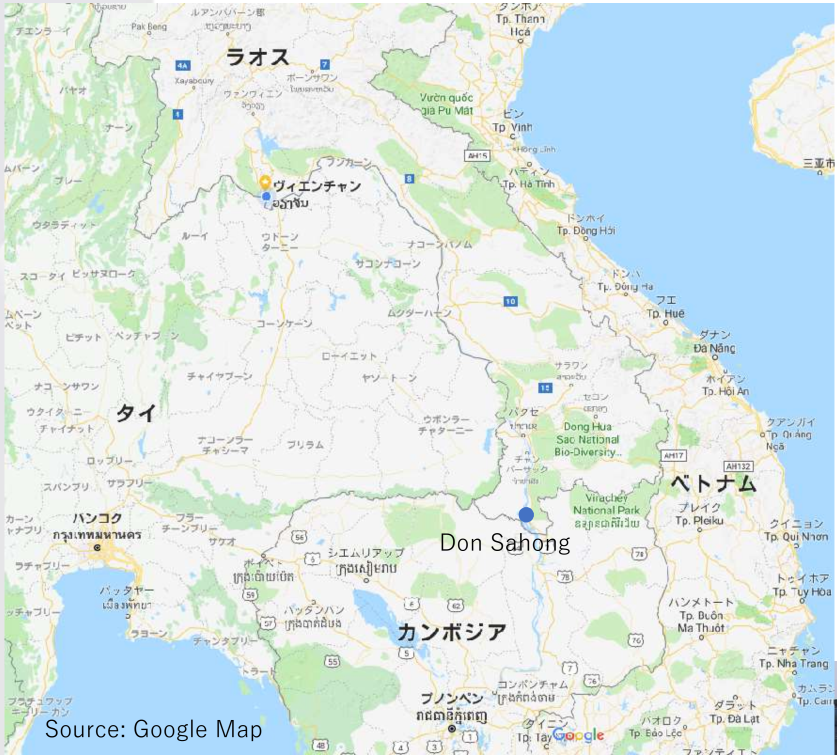
Mekong Xayabury : IPP(e)



Source: Mekong River Commission

Photo: December 2016

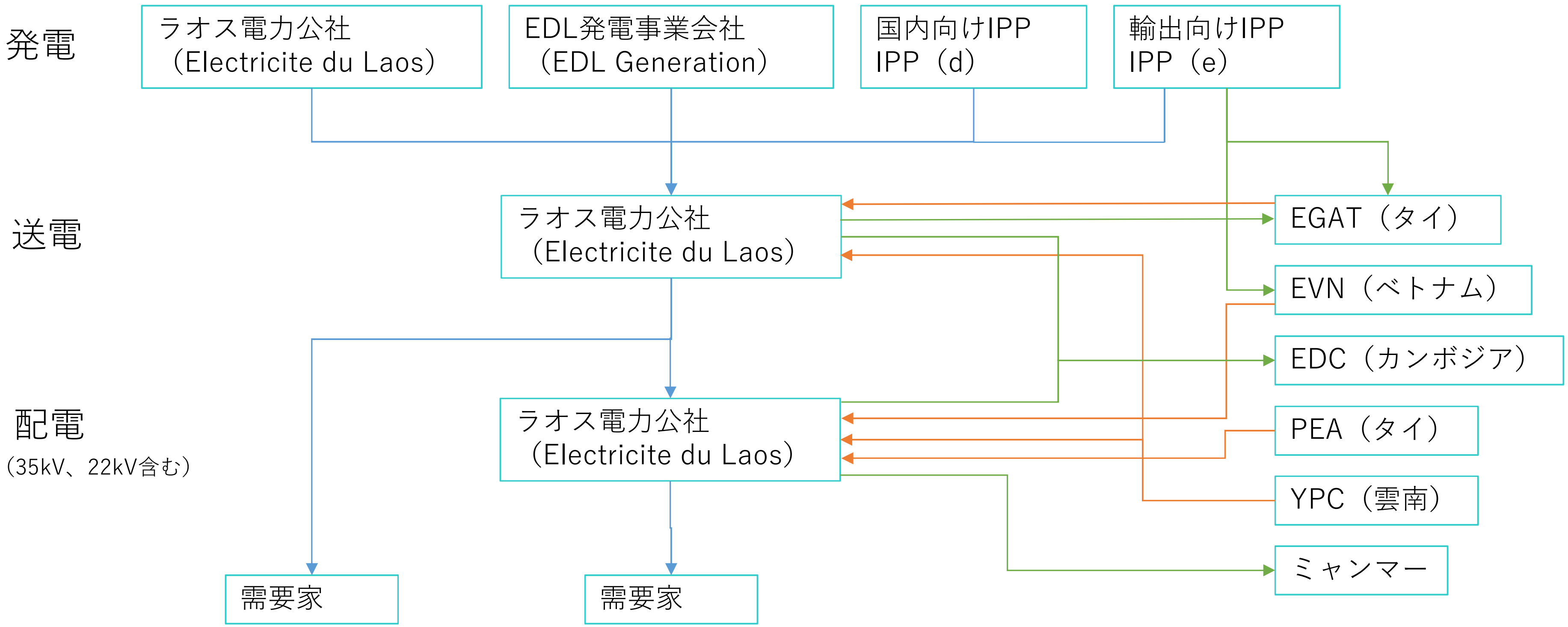
Don Sahong : IPP(d)



Source: Google Map

Photo: June 2018

電気事業概要


発電
ラオス電力公社
（Electricite du Laos）
EDL発電事業会社
（EDL Generation）
国内向けIPP
IPP（d）
輸出向けIPP
IPP（e）
送電
ラオス電力公社
（Electricite du Laos）
EGAT（タイ）
EVN（ベトナム）
EDC（カンボジア）
PEA（タイ）
YPC（雲南）
ミャンマー
配電
（35kV、22kV含む）
ラオス電力公社
（Electricite du Laos）
需要家
需要家

組織概要

*組織改編中（2018年6月時点）

エネルギー鉱業省
（Ministry of Energy and Mines）

（関係部門・関連業務のみ記載）

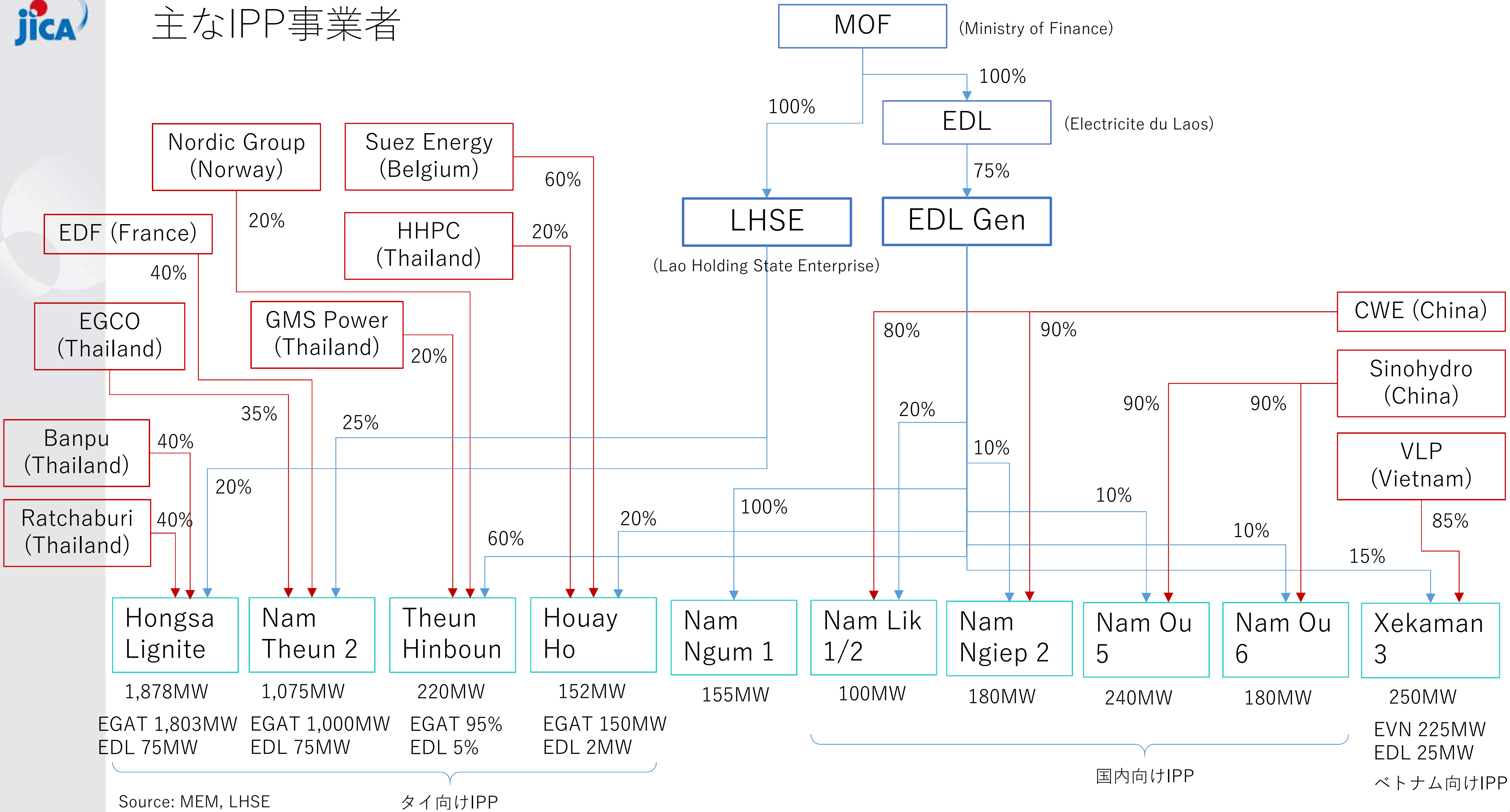
鉱業局（Department of Mines）	• 鉱業
エネルギー管理局（Department of Energy Management）	• エネルギー規制 • 技術／安全基準 • 事業者管理（IPP以外）
再生可能エネルギー開発局（Institute of Renewable Energy Promotion）	• 再生可能エネルギー開発 • エネルギー効率化・省エネルギー • 地方電化
エネルギー政策・計画局（Department of Energy Policy and Planning）	• エネルギー政策 • 電力開発計画 • 環境技術
エネルギー事業局（Department of Energy Business）	• IPP開発 • IPP契約管理 • IPP事業者管理
ラオス電力公社（Electricite du Laos） → EDL発電事業会社（EDL Generation）	• 発電／送電／配電 • 設備運用管理 • 金融事業 • DSM
ラオス持株公社（Lao Holding State Enterprise）	• IPPエクイティファイナンス
地方エネルギー鉱業局（Provincial Department of Energy and Mines）	• 地方電化 • オフグリッド • 小水力

財務省
（Ministry of Finance）

地方政府
（Provincial Government）

Source: MEM, LHSE

主なIPP事業者



Source: MEM, LHSE

Nam Lik 1/2 : IPP(d)

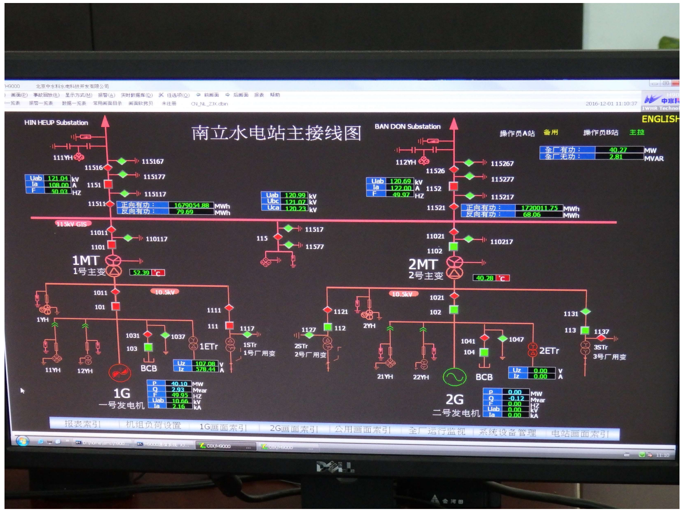


Photo: December 2016

電源開発スキーム

MOU

- Memorandum of Understanding
- 18か月
- Pre-FS実施（EIA/SIA含む）

PDA

- Project Development Agreement
- 18か月
- FS（Detail design/EIA/SIA）、EPC contract、Off takers（EDL、EGAT等）とPPA締結、SPC設立

CA

- Concession Agreement
- 30年以内
- Construction – Operation - Transfer

- 15MW以下は地方政府（Province）、15MW超は中央政府が承認
- 審査・検討はPDEM（地方エネルギー鉱業局）、MEM（エネルギー鉱業省）、認可はPDPI（地方計画投資局）、MPI（計画投資省）

課題

- MOU締結後、FSが進まない
- 同水系近隣に地方政府認可と中央政府認可の発電所が計画される（原則地方側が把握）

電力法改定（2017年・未施行）

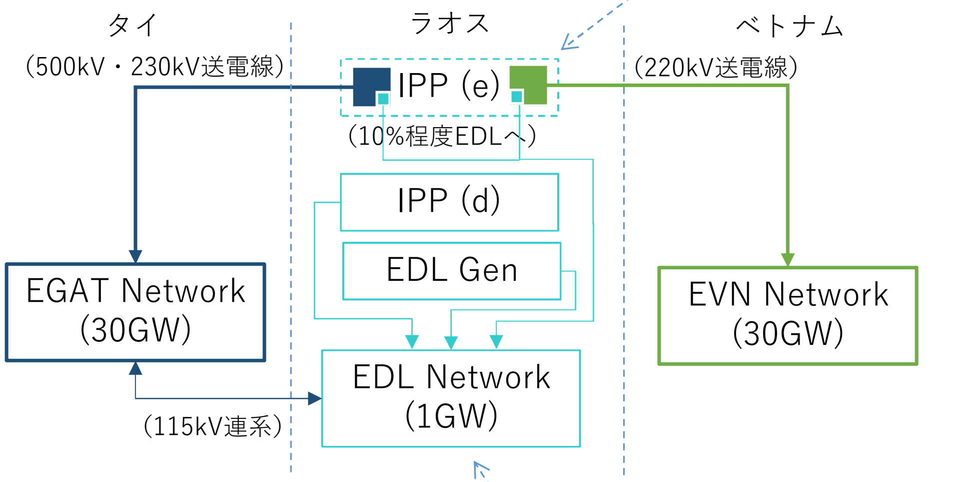
- ５MW超を中央政府認可にする
- 政府計画（National Energy Development Plan）に基づいた開発
- MEM、PDEMによる認可

2018/5時点	箇所	容量(MW)
MOU	221	8,582
PDA	112	8,812
建設中	44	5,985

Source: MEM、他

送電系統制御の状況

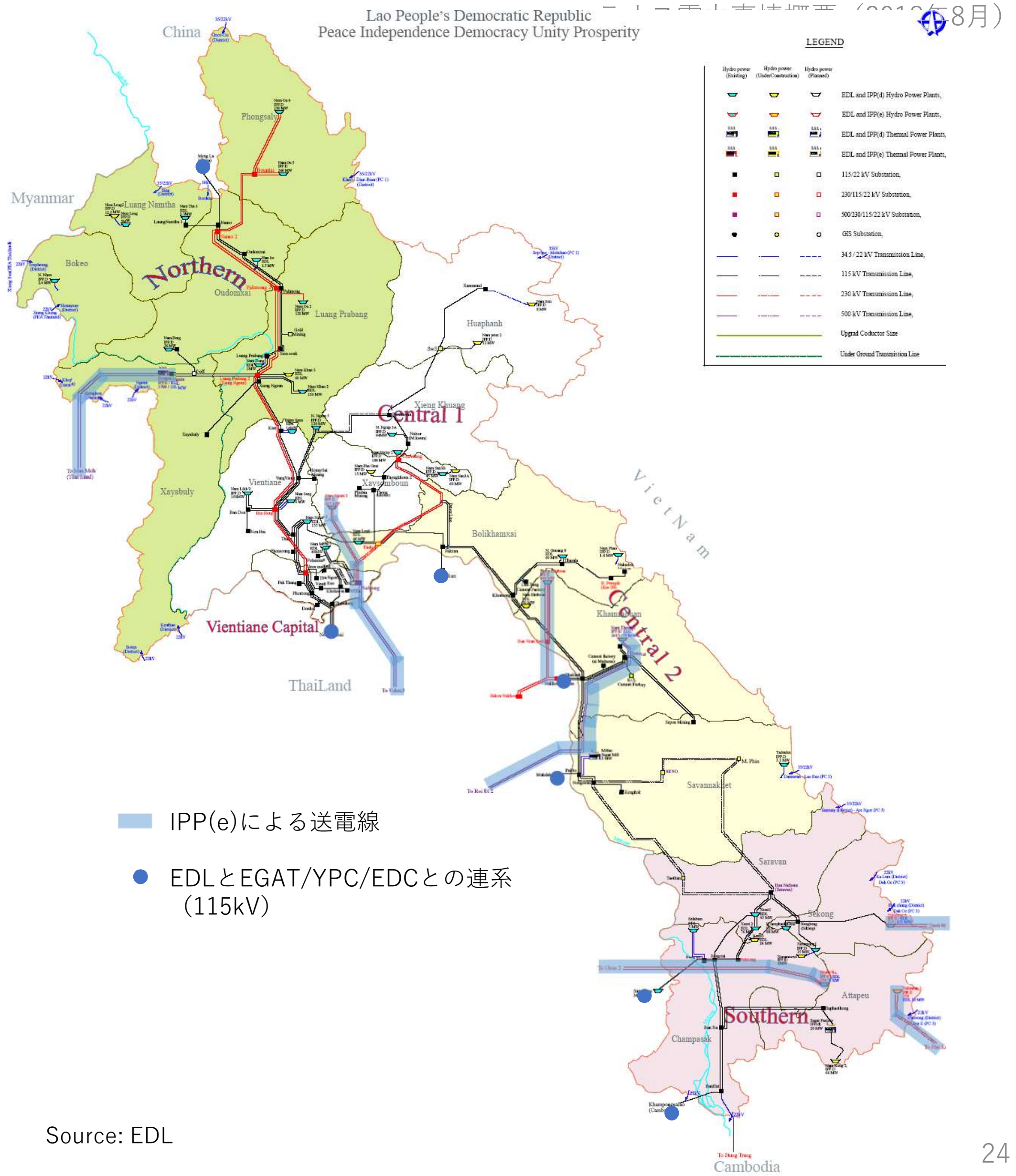
- IPP(e)からEGAT/EVN向け送電とEDL向け送電は原則切り分けられている
- IPP(e)はEGAT/EVNとの契約に基づき、EGAT/EVNの指令/計画により発電



NCC (National Control Center) of EDL

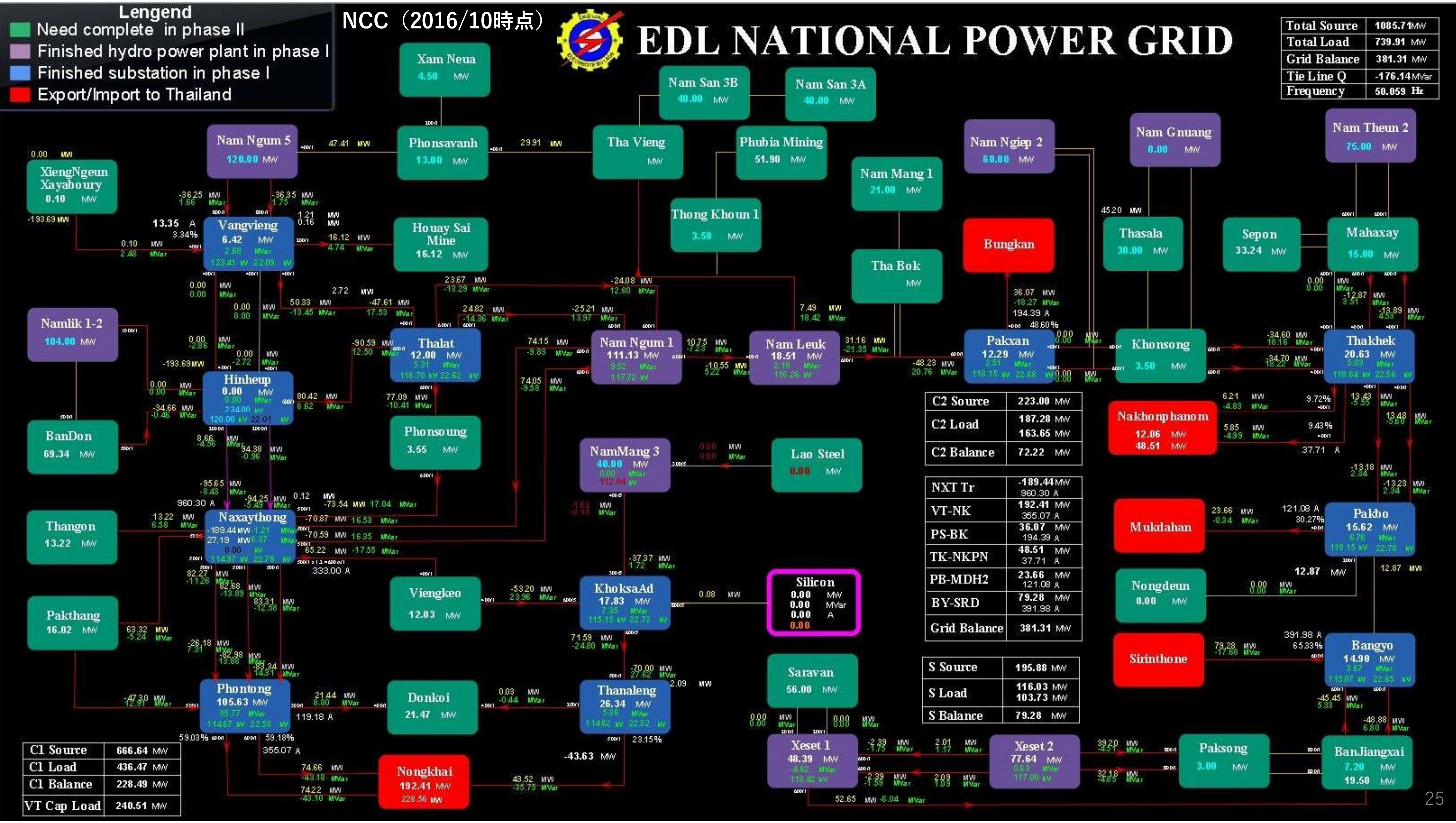
課題

- 2012年に設立（Phase 1）
- 需要監視、発電計画、潮流・電圧監視等
- 需給調整（周波数調整）は主にEGATとの調整
- 2016年10月時点で発変電所58か所中、RTU設置（オンライン監視可能）は16か所
- 現在Phase 2進行中、2017年9月時点で、発変電所75か所中RTU設置20か所、CBは遠隔操作可能
- 2018年末に90か所以上の発変電所にRTU設置、RCC（Regional Control Center）4か所設置予定
- ピーク時間帯：20時頃・・・都市部では10時頃、14時頃にも



Source: EDL

NCC（2016/10時点）



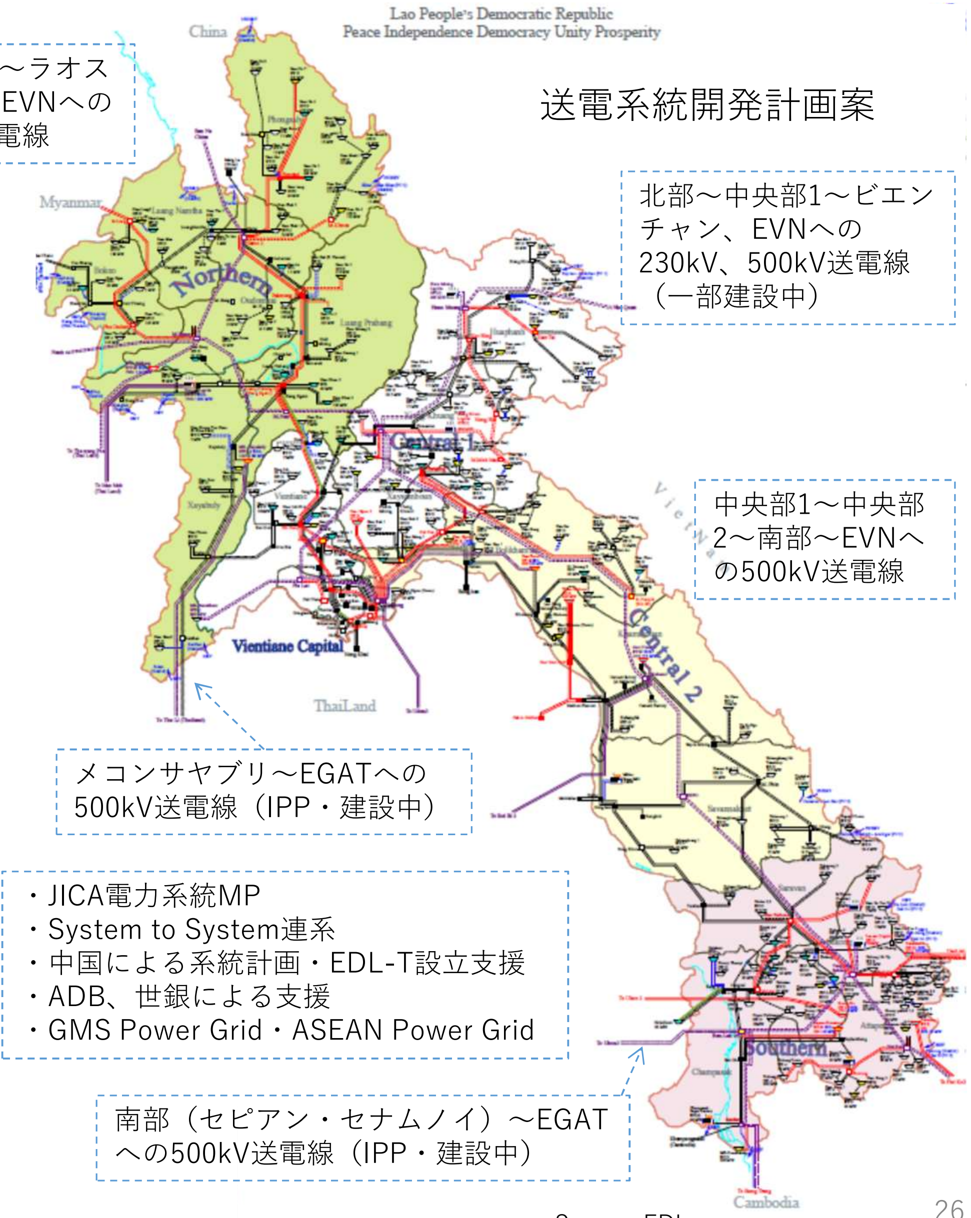
電力輸出・系統開発計画

タイ：　　　既設・建設中6,000MW、タイ側の需要・政策の影響
ベトナム：　既設・建設中600MW、IPP送電線を活用した輸出計画
LTMS（ラオス～タイ～マレーシア～シンガポール）：
　　　　　　2018-2019年にマレーシア向けに最大100MW、
　　　　　　2019年には500kV送電線を活用、
　　　　　　その後シンガポール向けを検討

・2030年までに15,000MW電力輸出
・2030年までにGMS Grid設立

電力輸出入 (MW)	Export in operation	Committed export (MOU)	Import
Thailand	4,260	9,000	462
Vietnam	540	5,000	18
Cambodia	10	300	
Myanmar	10	（今後）500	
Yunnan, China			68
Malaysia	100		
Singapore		（今後）100	
Total	**5,000**	**15,000**	**550**

Source: MEM

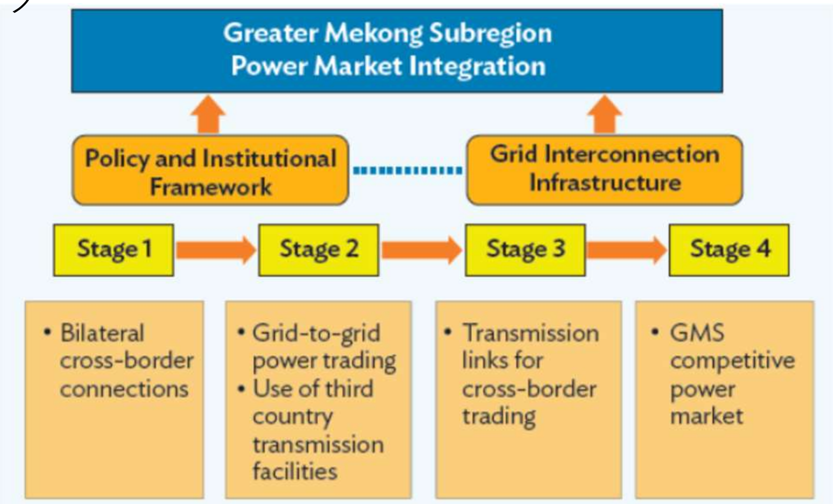


Source: EDL

ASEAN・GMS地域の電力系統連系計画

ADBの取り組み

- RPTCC（域内電力取引等を検討する会議体）において、GMS地域（タイ、ベトナム、ラオス、カンボジア、ミャンマー、中国雲南）の電力系統統合・電力市場創設に向けて検討
- 現在の主な検討事項
  - 制度面（法律、税制、取引ルール）、技術面（品質基準、Grid Code）の検討
  - GMS Regional Masterplanの策定と更新
  - 優先プロジェクトのプレFS
  - RPCC（域内電力調整センター）の設置検討
- ロードマップ



Source: ADB

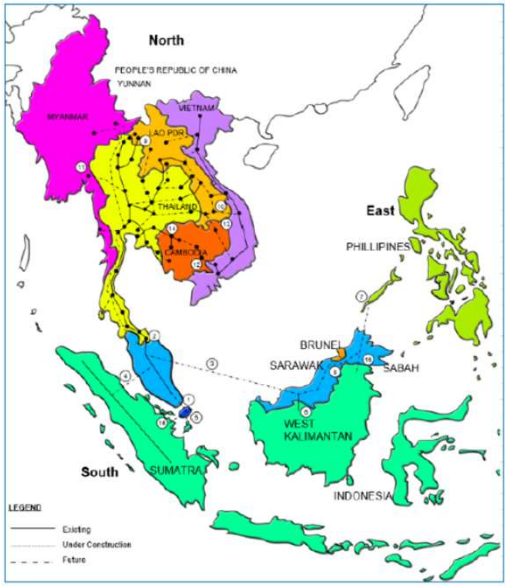
ASEANの取り組み

- ASEAN10か国によりMOU on APG（ASEAN Power Grid）が締結され、系統連系・電力取引の協力を通して協調した・効率的な開発を行う

AMEM ← HAPUA Council ← APGCC

*AMEM：ASEANエネルギー相会議
HAPUA：ASEAN電力首脳会議
APGCC：APG調整委員会

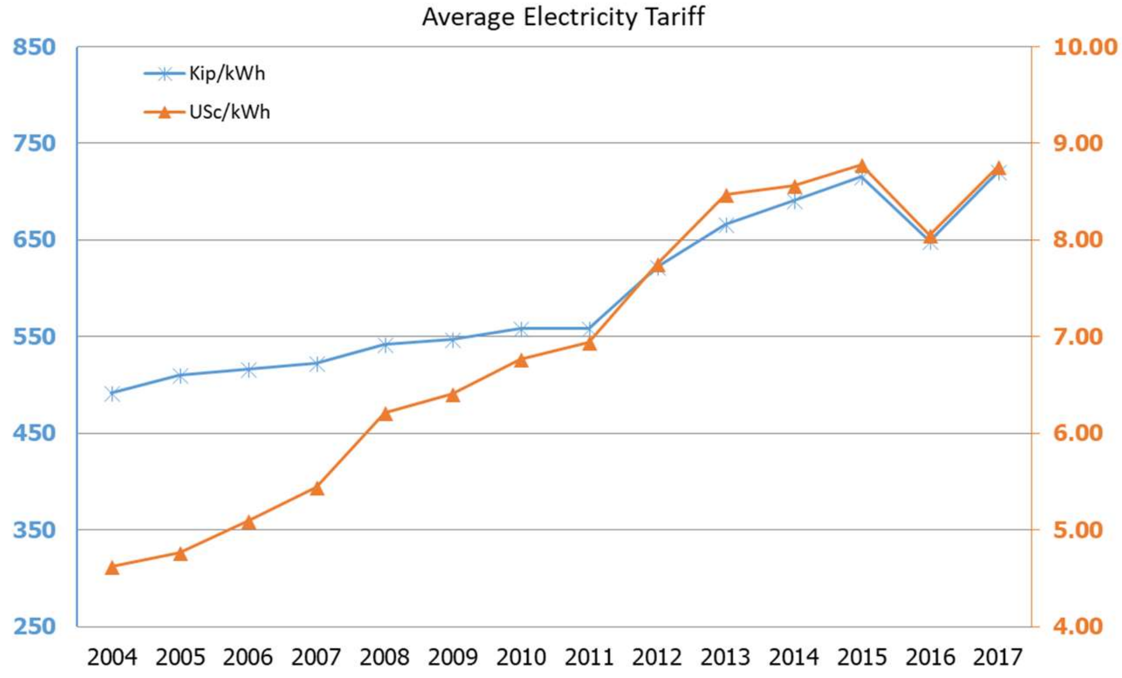
- 主な検討事項
  - AGTP：発電・送電系統計画
  - ATSO：電力取引・連系系統運用組織
  - ASEAN Interconnection Masterplanの更新
  - 多国間電力取引FS



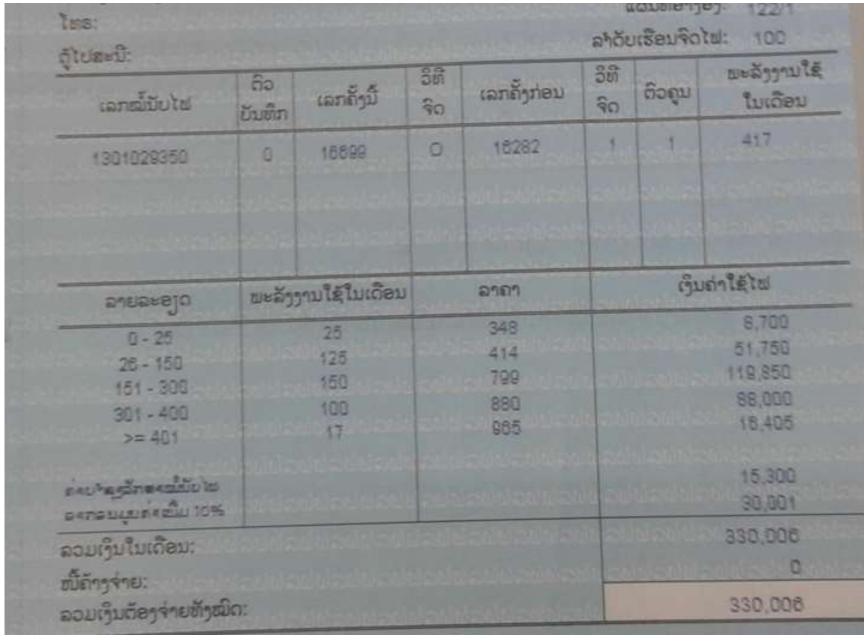
ASEAN系統連系計画

Source: APGCC

電気料金推移



Source: MEM



Residential, 2017 *1Kip=JPY0.013

	Kip	JPY*
0-25kWh	348	4.5
26-150kWh	414	5.4
151-300kWh	799	10.4
301-400kWh	880	11.4
401-500kWh	965	12.5
501- kWh	999	13.0

ラオスにおけるJICAプロジェクト

電力関連（2011年以降）

- パクサン～パクボ間115kV送電線（2005-2012、有償）
- 電力系統基礎情報収集（2011-2012、技術協力）
- 電力セクター事業管理能力強化（2012-2013、技術協力）
- パクボ～サラワン間115kV送電線（2012-2016、有償）
- 北部小水力発電（2013-2015、無償）
- ナムグム１水力発電所増設（2017-、有償）
- 電力系統マスタープラン（2017-、技術協力）

その他（近年の主なもの）

- ビエンチャン国際空港拡張（有償）
- ビエンチャンバス公社能力改善（技術協力）
- ビエンチャン上水道拡張（有償）・都市水環境改善（技術協力）
- 国道9号線橋梁改修（無償）・セコン橋建設（無償）
- クリーン農業開発（技術協力）・サバナケット農業振興（技術協力）
- 初等算数学習改善（技術協力）
- 保健医療サービスの質改善（技術協力）・郡病院改修（無償）・不発弾除去組織管理能力強化（技術協力）

Thank you for your attention

kosaka.naoki@friends.jica.go.jp

（参考・ビエンチャン日本人商工会議所紹介）

ビエンチャン日本人商工会議所　団体概要

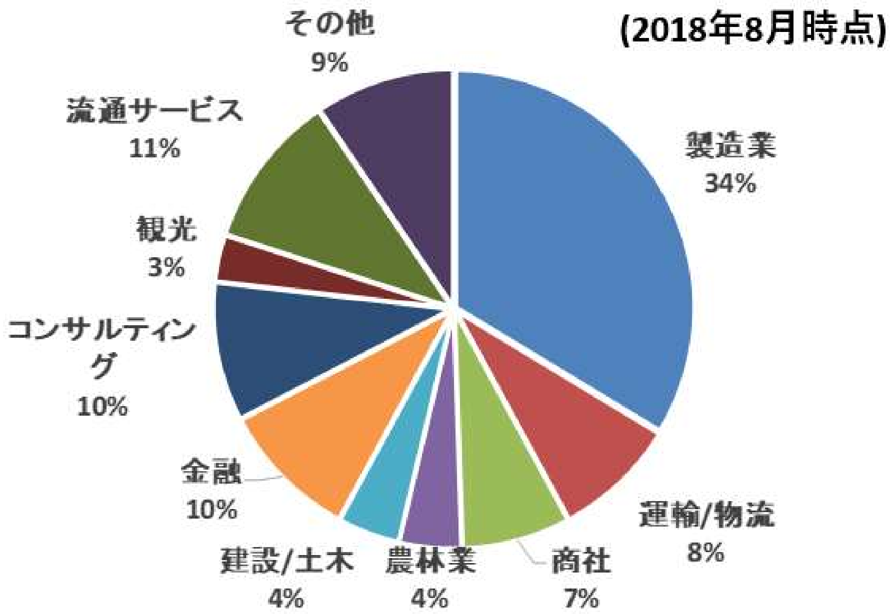
設立	**2009年11月**
所在地	**No. 66, Haysok Village, Unit 16, Chanthaboury District, Vientiane Capital, Lao P.D.R.**
会頭	**古谷　一樹**
会員企業数	**95社（2018年8月時点。うち準会員20社）**
主な活動	**(1) 月次理事会** **(2) 毎四半期の定例会・懇親会** **(3) ラオス商工会議所・他国商工会議所との交流** **(4) ASEAN日本人商工会議所連合会への参加** **(5) 日ラオス官民合同対話（2007年より実施。今年度で12期目）**

商工会ウェブサイトでは、会の活動の様子やラオスの投資関連法令などの情報を日々アップしています。是非ご覧ください。URL : http://jcciv.org/

（参考・ビエンチャン日本人商工会議所紹介）

会員企業の推移と業種内訳

設立から9年間で3.3倍に増加



製造業が最多だが、最近では
金融・コンサルなどサービス業も徐々に増加

会員企業の事業内容例

＜製造業＞

・安全靴
・スーツ、衣料品
・寝具
・歯科医療機器
・和装小物
・かつら、ウィッグ
・炭
・玩具　等

＜金融＞

・銀行
・総合保険
・リース（携帯、バイク）等

＜サービス業＞

・旅行代理店、ホテル
・飲食店
・空港運営
・レンタカー
・ドライクリーニング
・進出支援、コンサル　等

＜その他＞

・水力発電ダム建設
・経済特区開発
・国際運輸・物流　等