



ラオスの電力事情

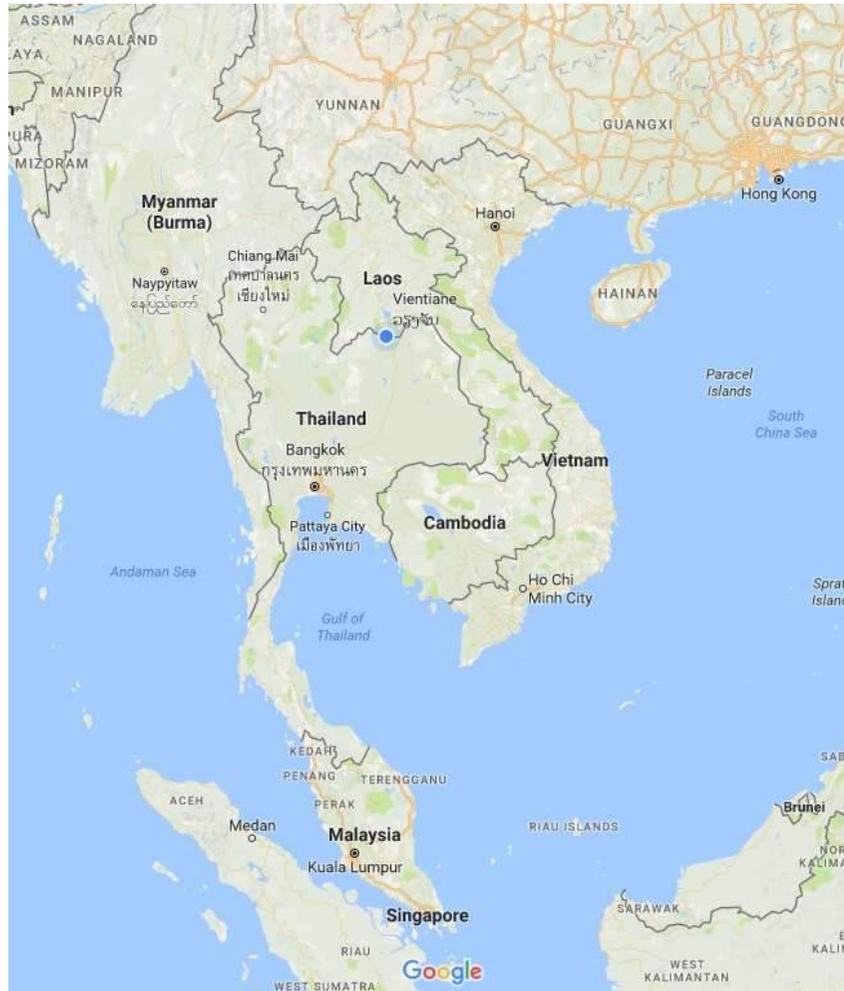
JICA専門家（ラオスエネルギー鉱業省）報告

2018年7月30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：236,800km² (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/km²

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

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

Source: JICAラオス事務所、他

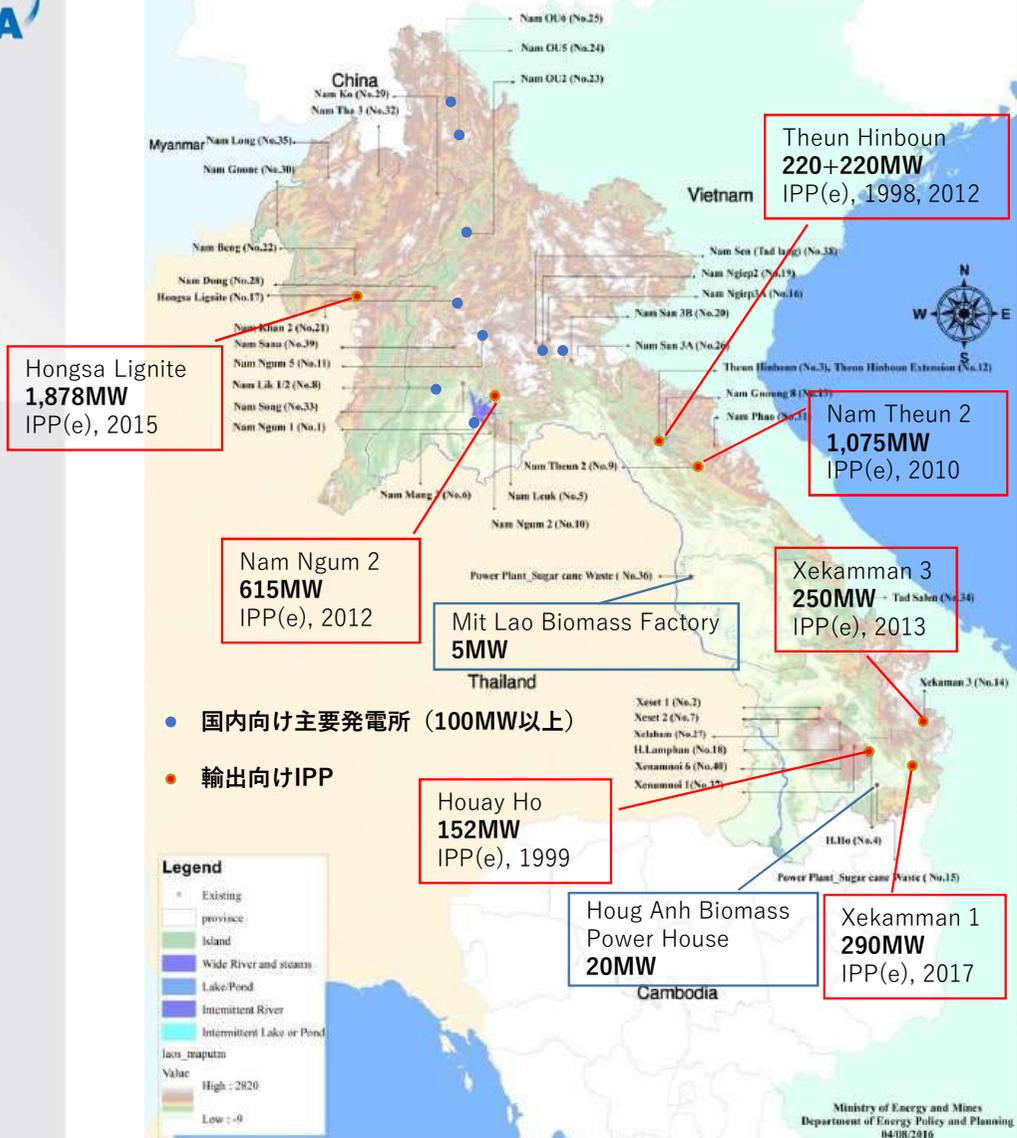
電力概況比較

	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
- 参考：最大電力（kW）/人・・・日本1.23、シンガポール1.25、中国0.62

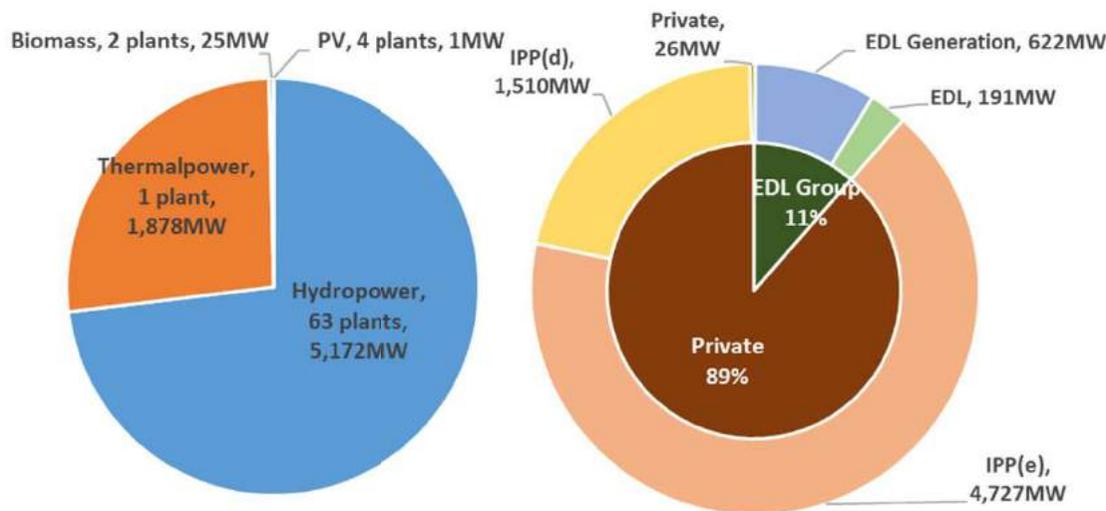
発電設備状況 (2017年)



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

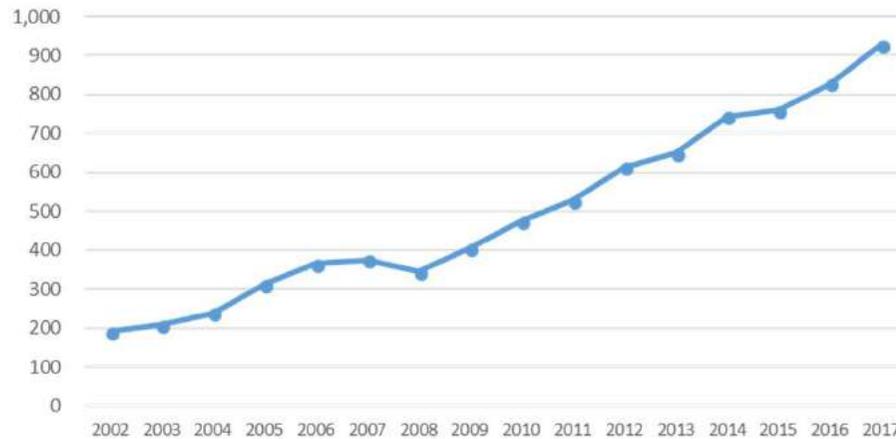
*MEM : ラオスエネルギー鉱業省
EDL : ラオス電力公社
EDL Gen : EDL発電会社
IPP : 独立発電事業者

国内発電・消費電力

国内発電・消費電力量 (GWh)



最大需要 (MW)



Source: MEM, EDL

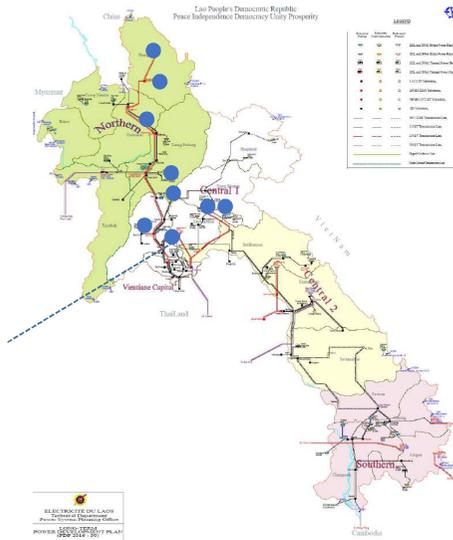
2017年実績

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

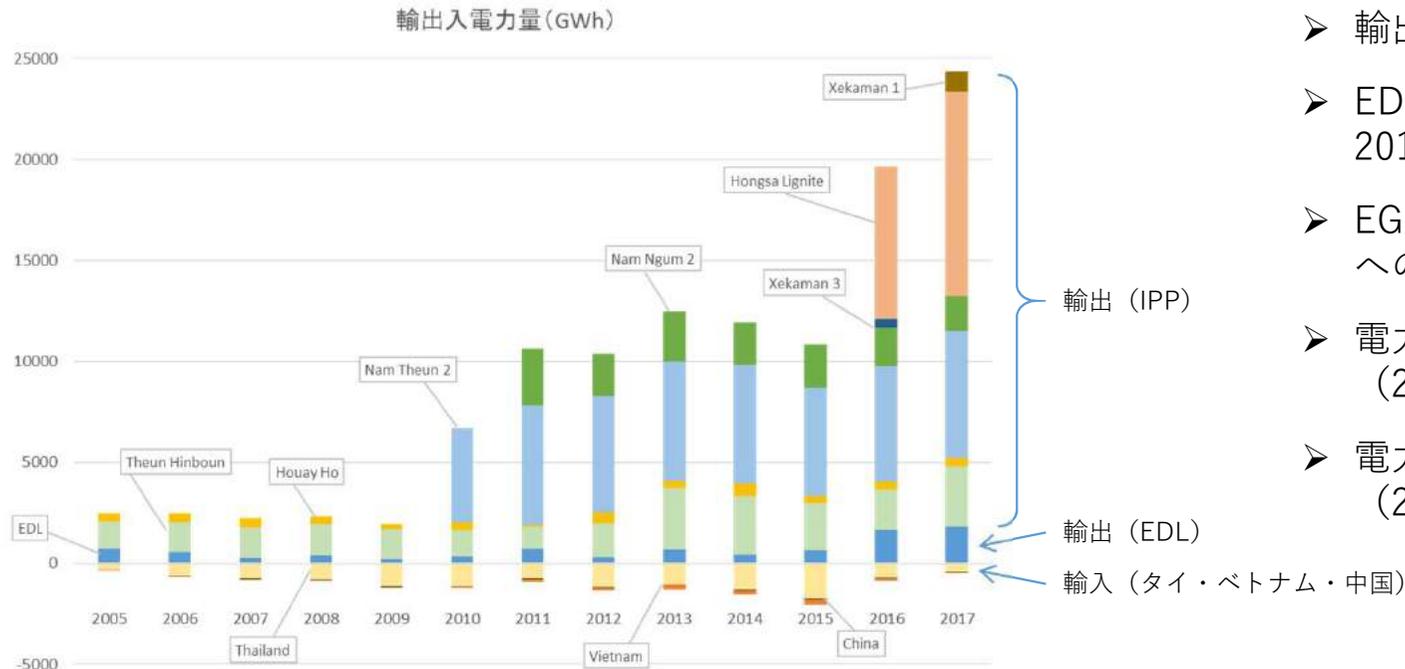


Nam Ngum 1 : EDL Generation

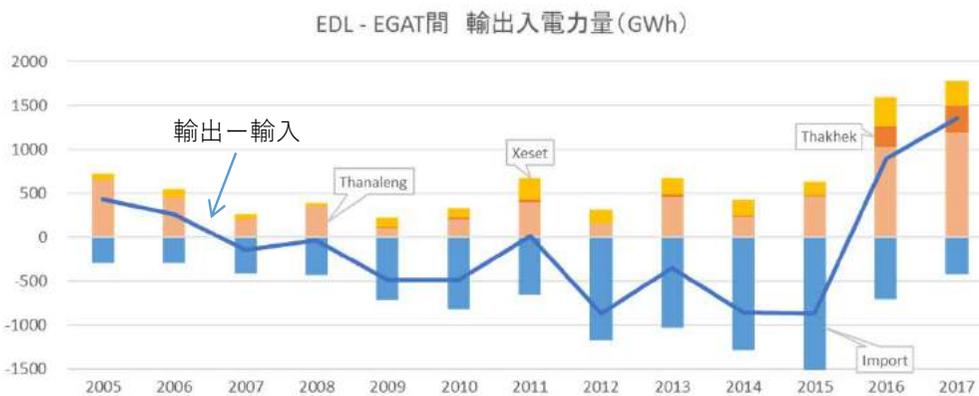


Photo: February 2017

電力輸出入



- 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
- 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)



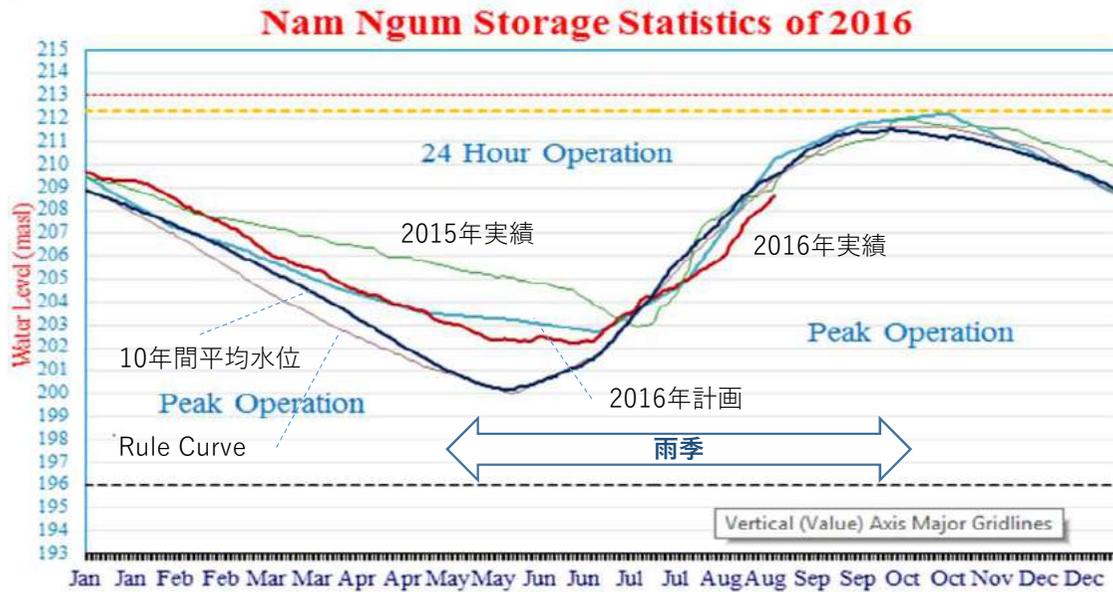
Source: MEM, EDL

(THB/kWh)

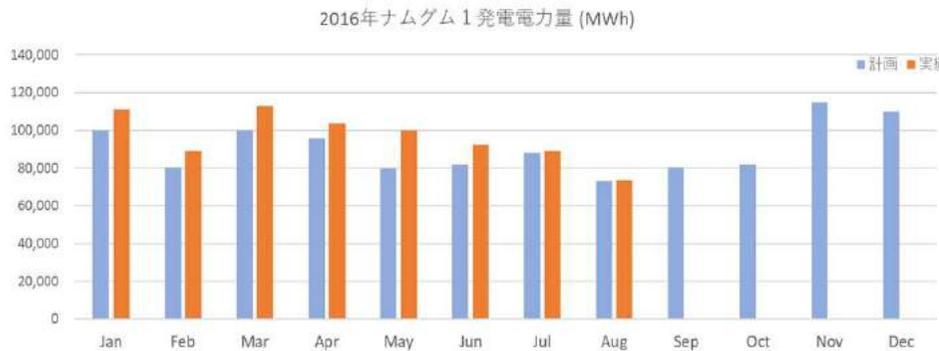
EDL/EGAT 115kV Tariff	Buy from EGAT	Sell to EGAT
Peak (9-22)	1.74	1.60
Off Peak (22-9)	1.34	1.20
Holiday (Sat, Sun, 祝日)	1.34	1.20

Source: EDL, 2016

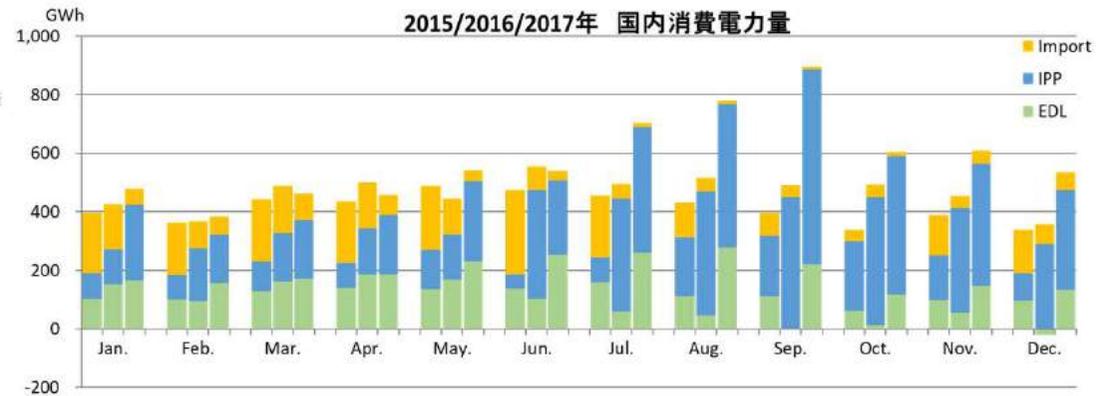
ダム運用/発電計画・月別電力消費



- 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



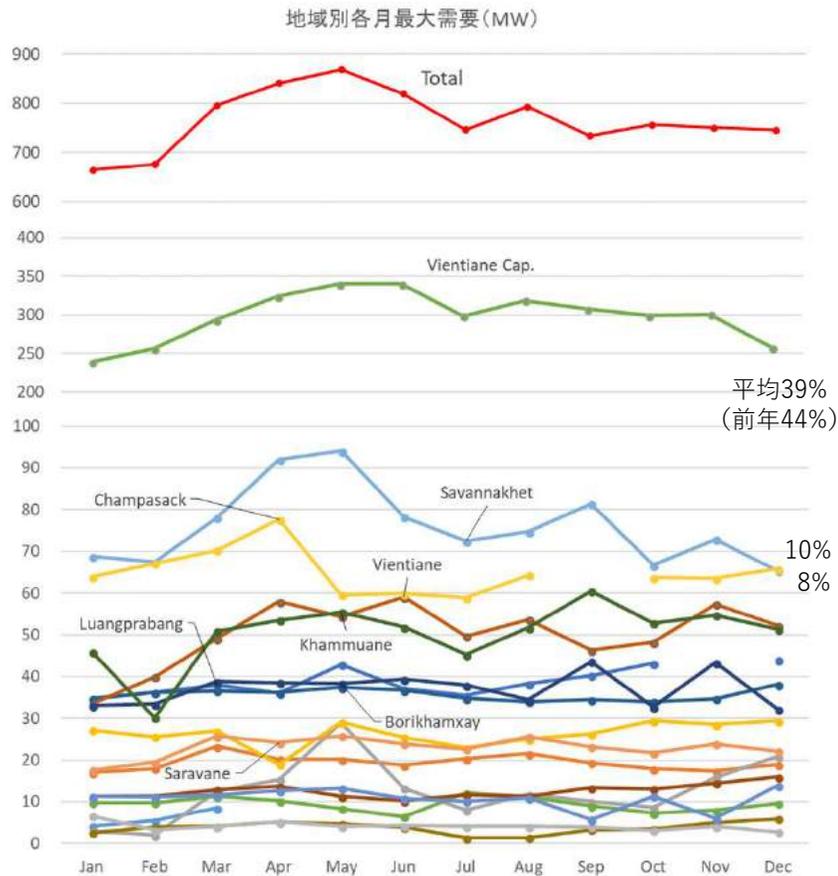
Source: EDL Gen



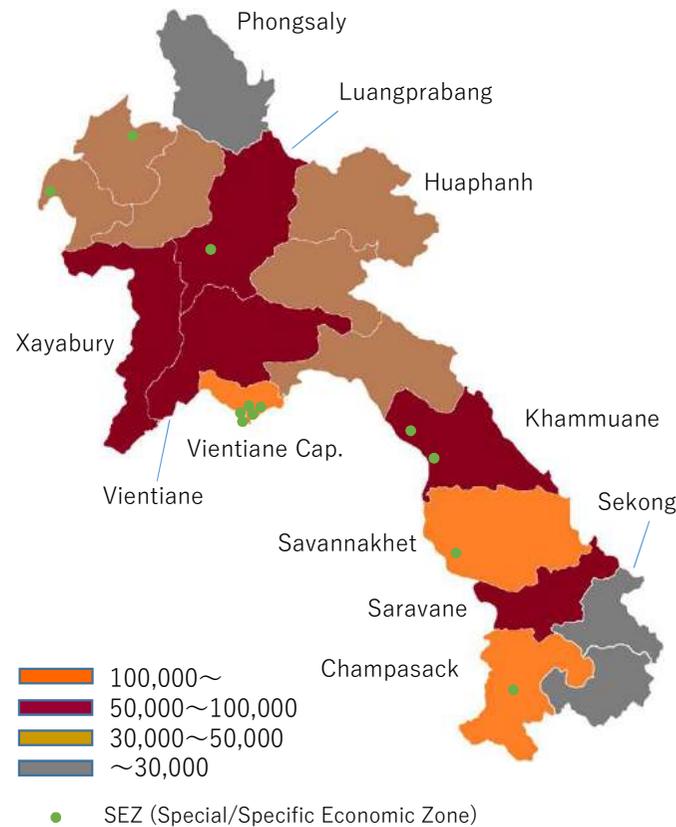
Source: MEM, EDL

地域別電力需要・電化状況

ラオス電力事情概要 (2018年7月)



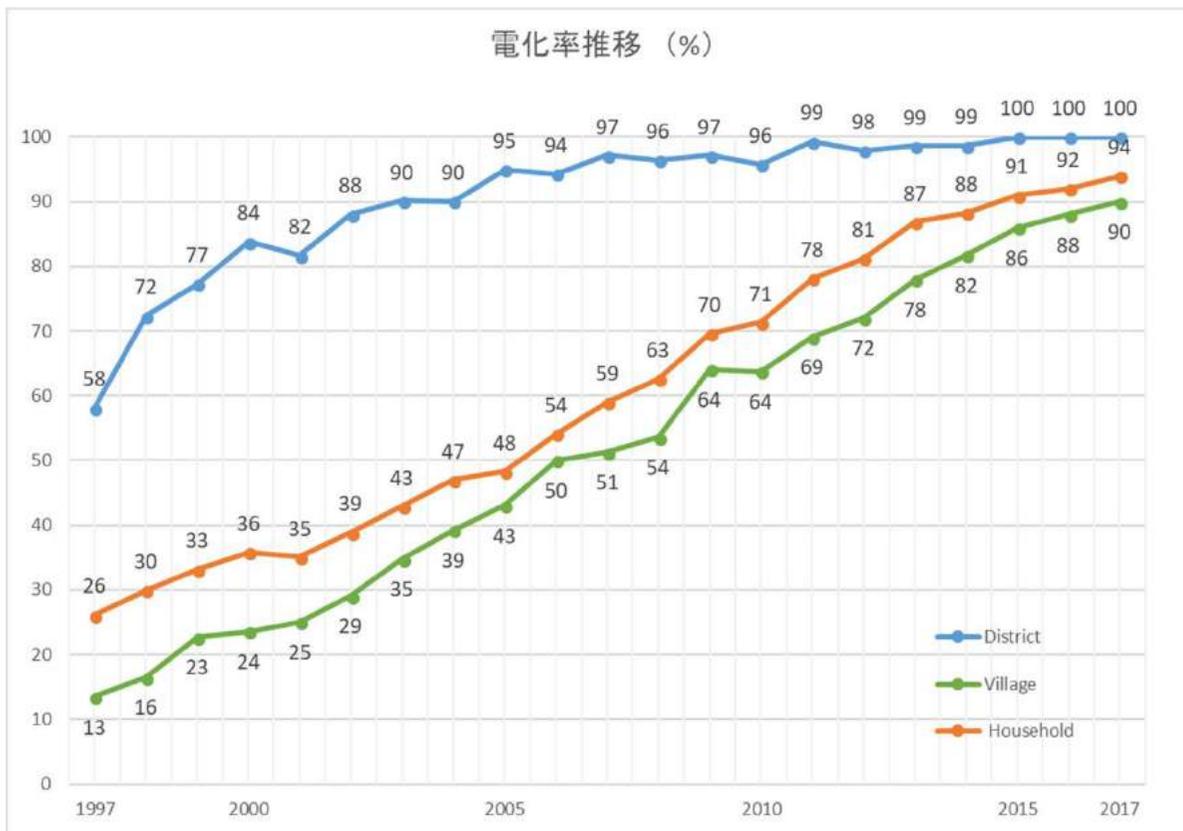
Source: MEM, EDL



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



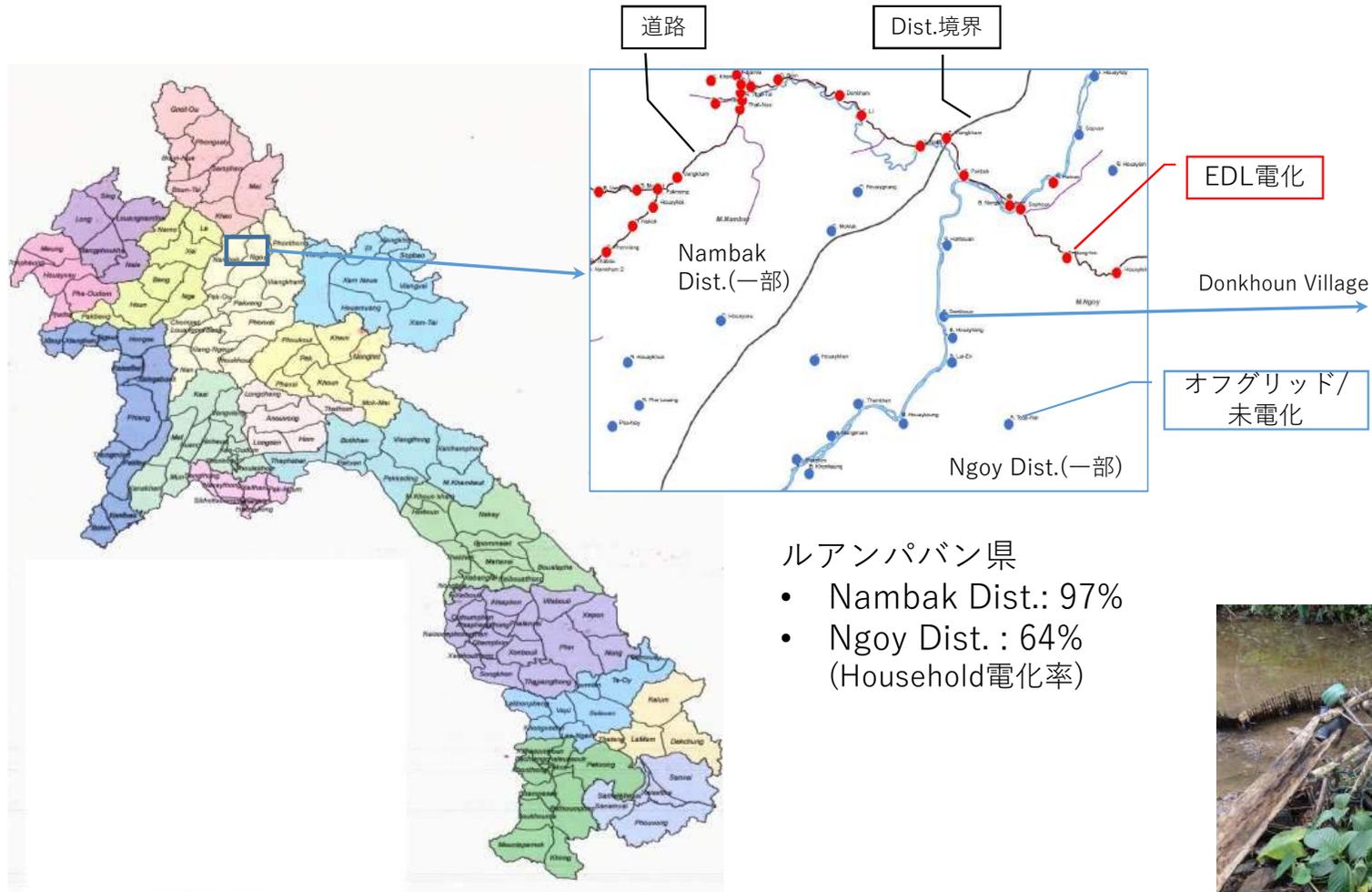
Source: EDL, PDEM

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



- ルアンパバン県
- Nambak Dist.: 97%
 - Ngoy Dist. : 64% (Household電化率)



Source: IREP

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

2025年目標値 (*当初計画から変更)

風力発電：73MW

太陽光発電：144MW*

小水力発電：400MW

バイオマス発電：58MW

バイオガス発電：51MW

廃棄物発電：36MW

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

現状127MW、
ポテンシャル2,000MW
(15MW以下)

Sugarcane：25MW、
Woodchip：65MW
(2018年5月運転開始)

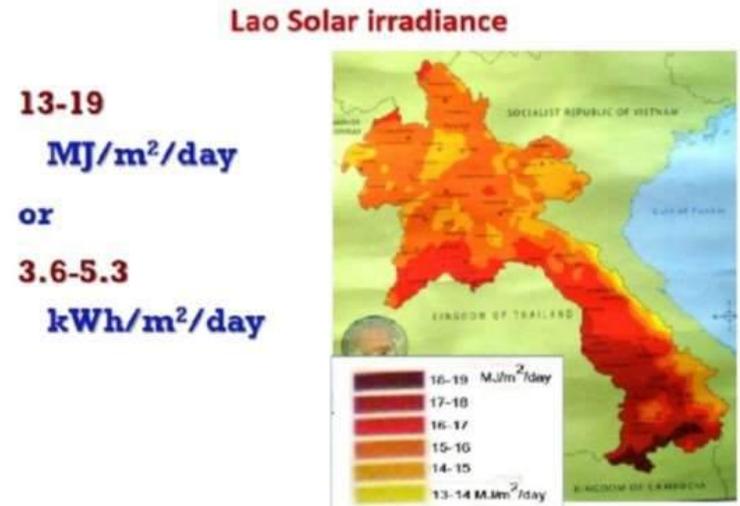
- 家庭用オフグリッド計600kW、日本のグラント (空港等) 計400kW
- EDL Gen (タイ企業とJV) にて32MW (2017~18年運転、2020年までに100MW)
- ビエンチャン地域に日本~ラオス間のJCMとして14MW (2018~19年)
- サワナケット (中部) に計400MW検討中

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

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近郊のPV発電所 (32MW)



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





EDL Gen 60%

Pattana(Thailand) 40%

EDL Gen Solar Power Company

2017: 10MW

2018: 32MW

2020: 100MW

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.

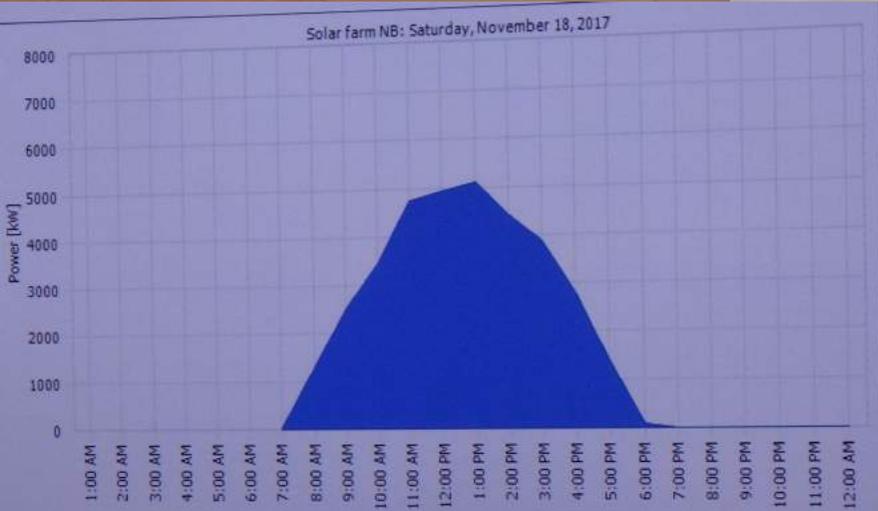
At present 86.5 percent of villages are hooked up to some form of electricity with 92 percent of families able to access a permanent electricity supply, according to recent figures.

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.

7MW at Nabong, Vientiane, November 2017



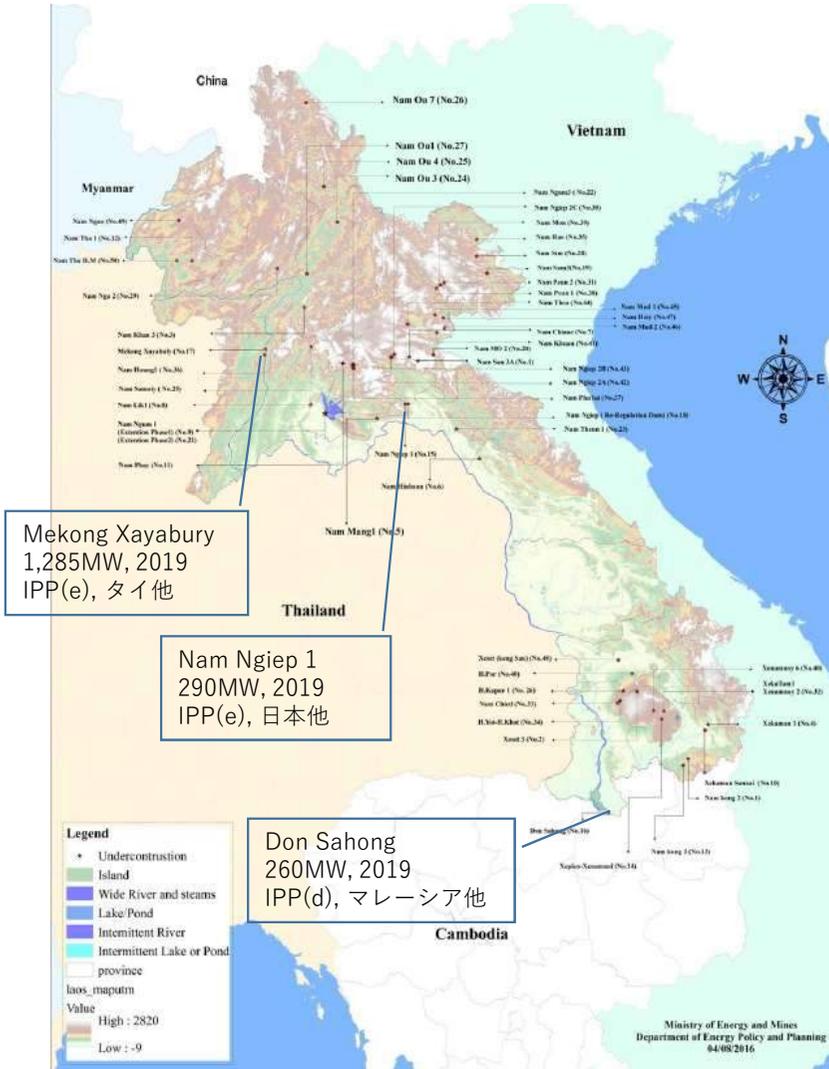
3MW at Naxaythong, Vientiane, February 2017



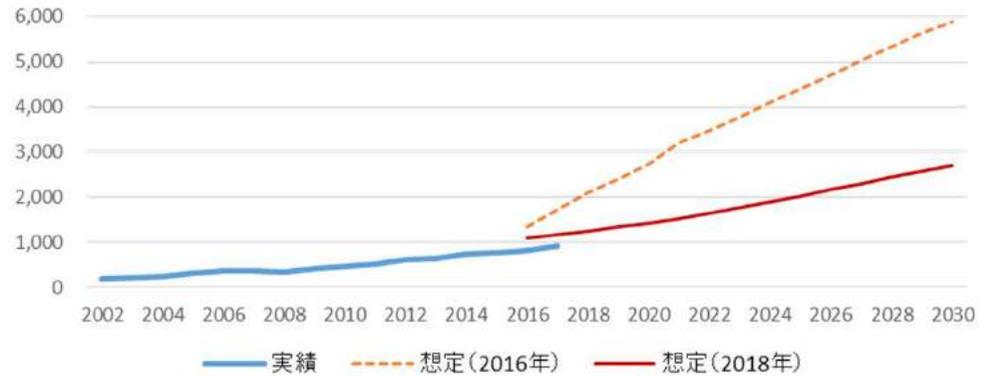
Technical staff install solar panels.

電源開発計画

2020年までに運転開始予定の発電所



需要想定 (MW)



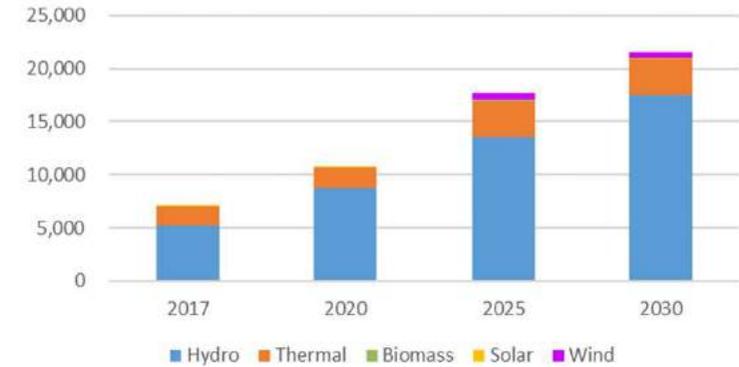
2017年 : 7,076MW
 水力 63か所、5,172MW
 火力 1か所、1,878MW

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

電源開発計画



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)

Source: MEM, EDL

Mekong Xayabury : IPP(e)

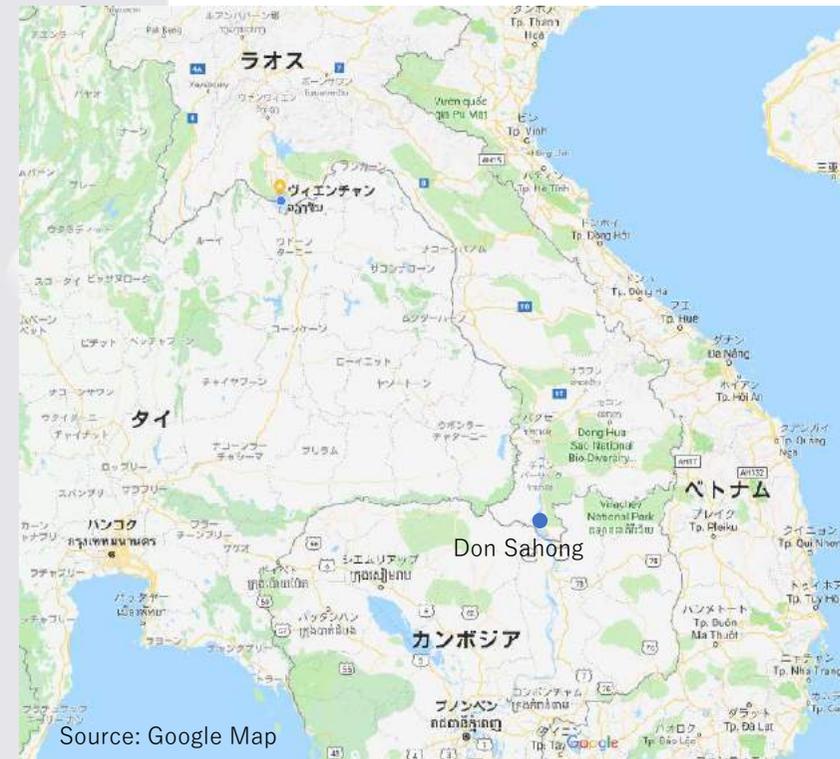


Source: Mekong River Commission

Photo: December 2016



Don Sahong : IPP(d)



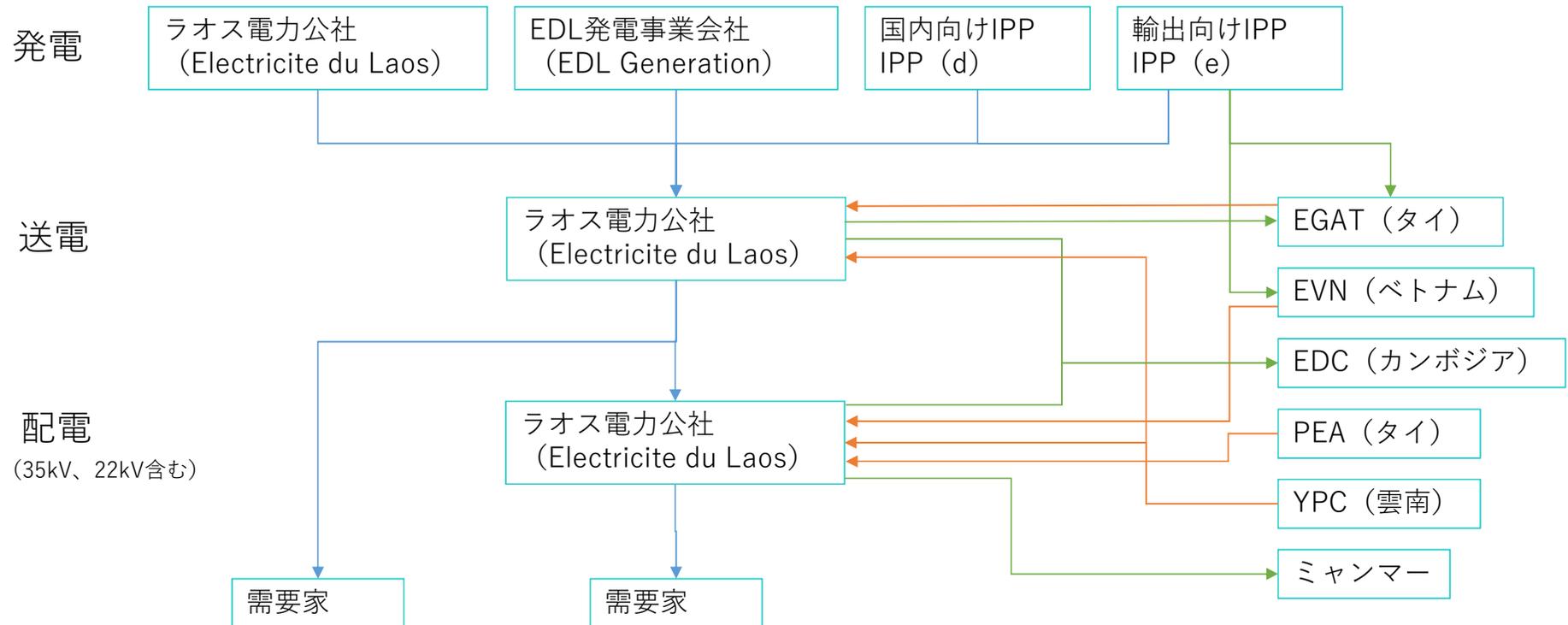
Source: Google Map



Photo: June 2018

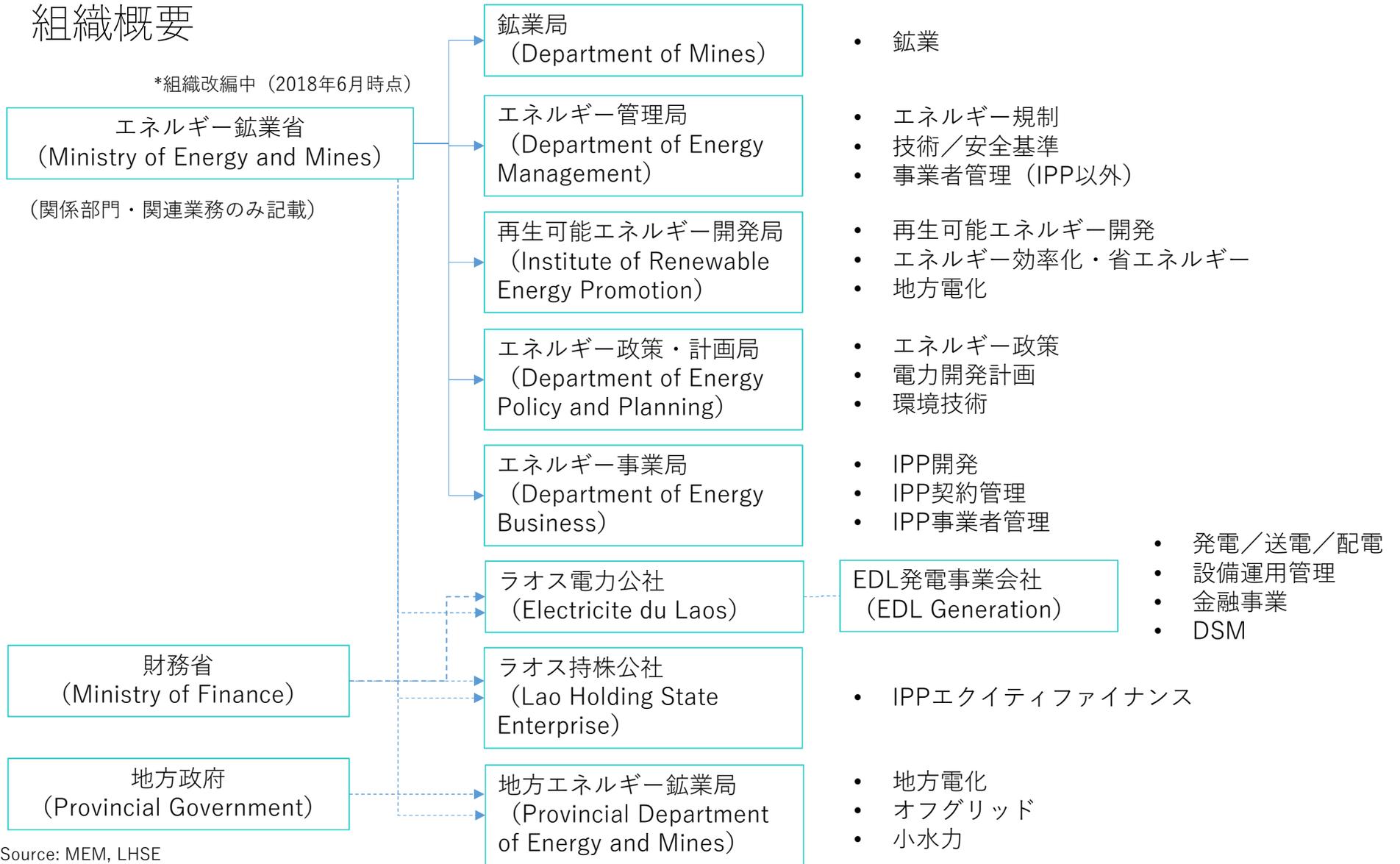


電気事業概要



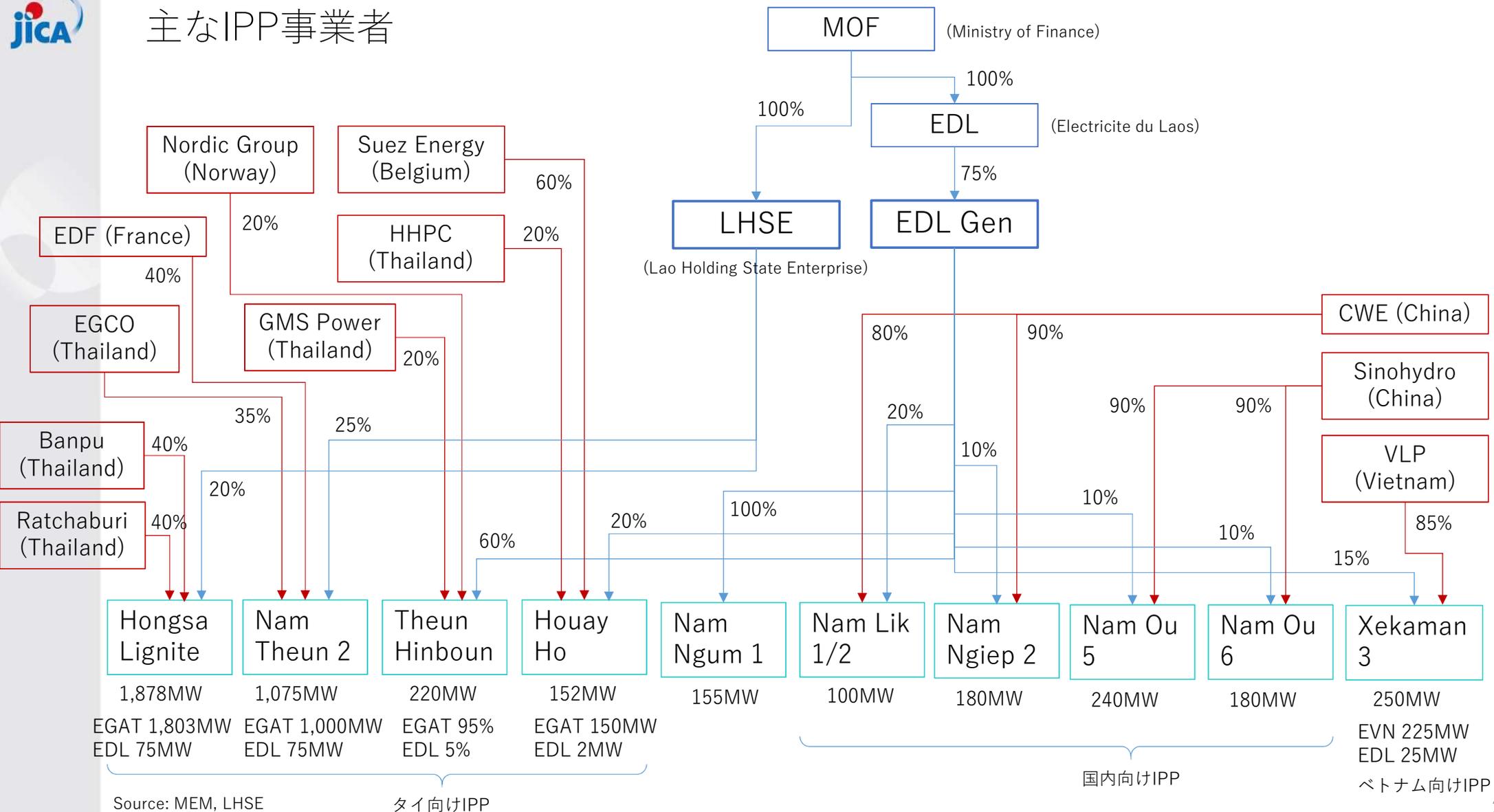
組織概要

*組織改編中 (2018年6月時点)



Source: MEM, LHSE

主なIPP事業者



Nam Lik 1/2 : IPP(d)

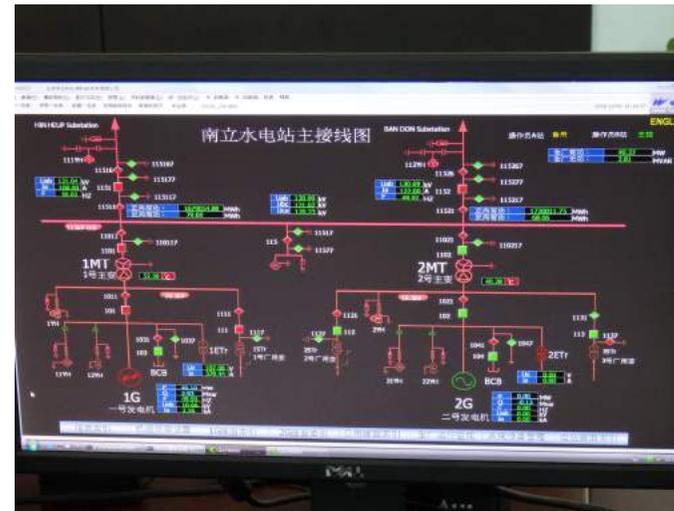
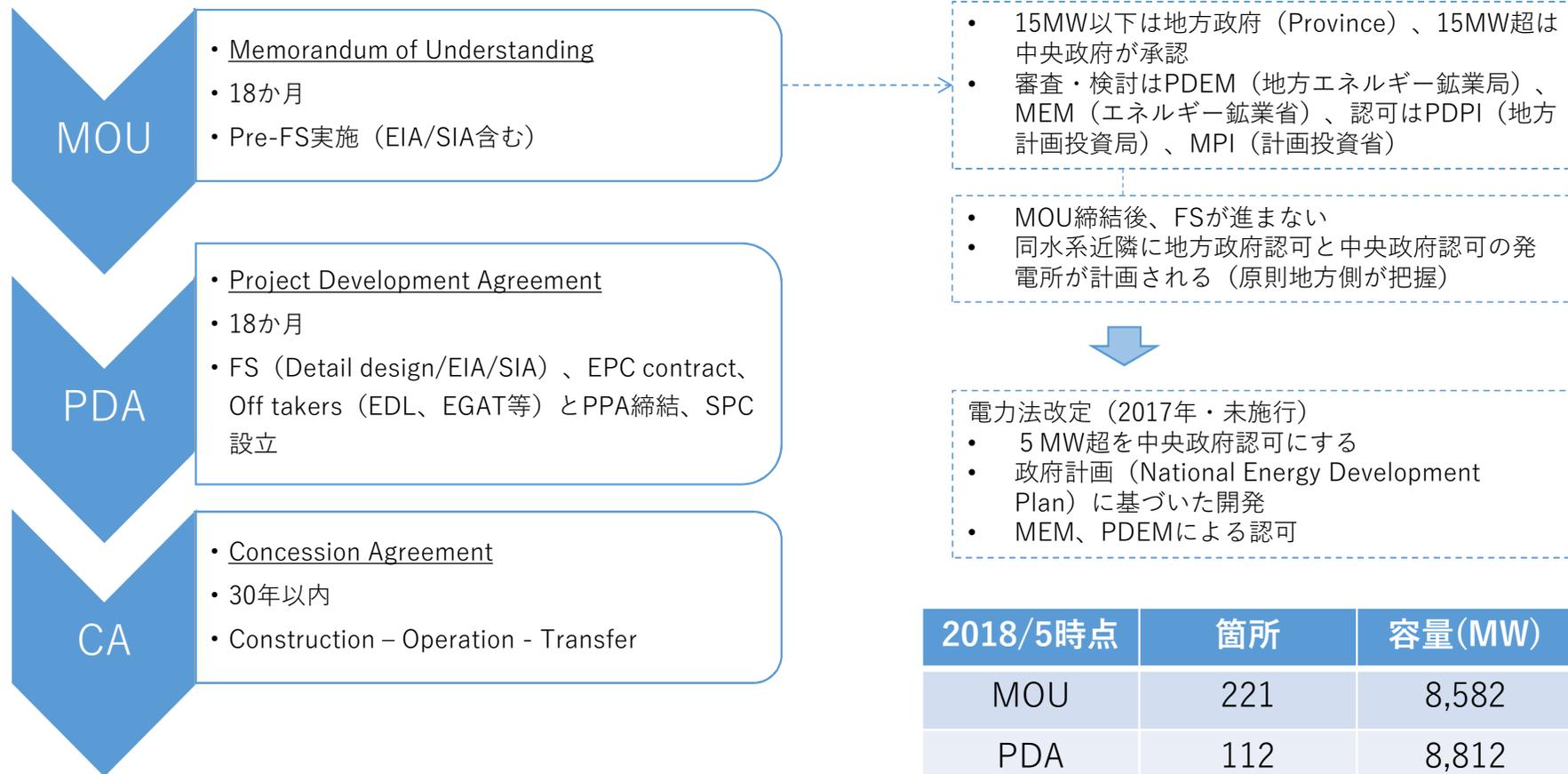


Photo: December 2016

電源開発スキーム

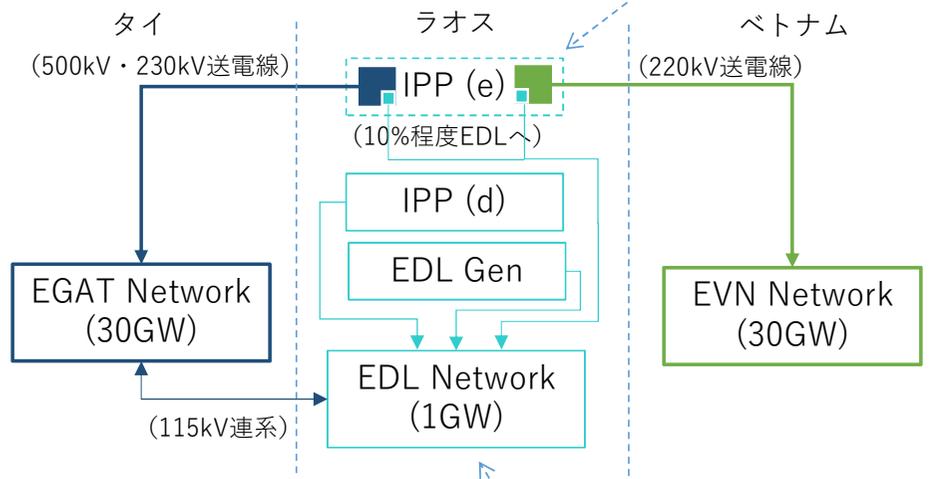


Source: MEM、他

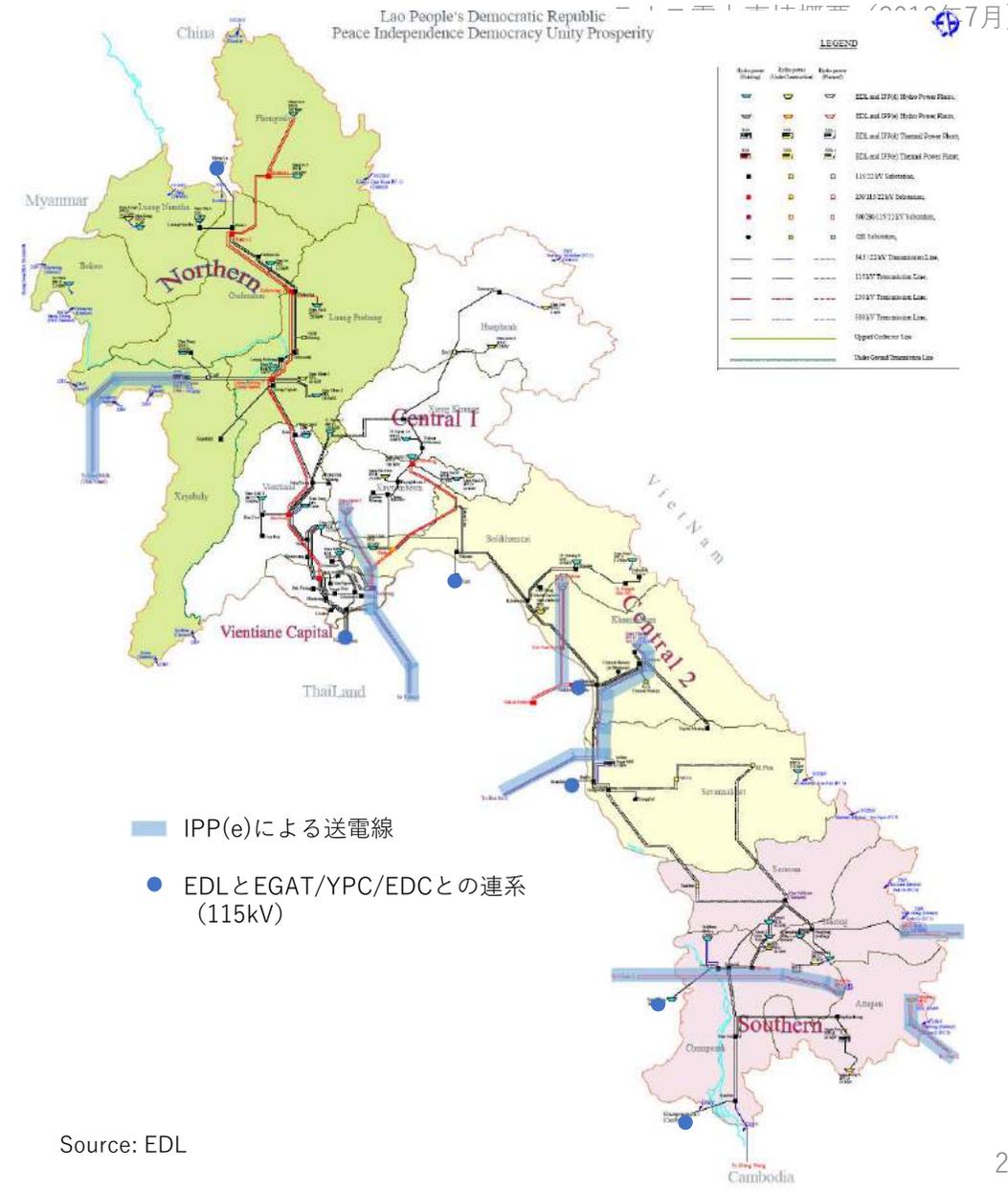
2018/5時点	箇所	容量(MW)
MOU	221	8,582
PDA	112	8,812
建設中	44	5,985

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
- 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

Lengend

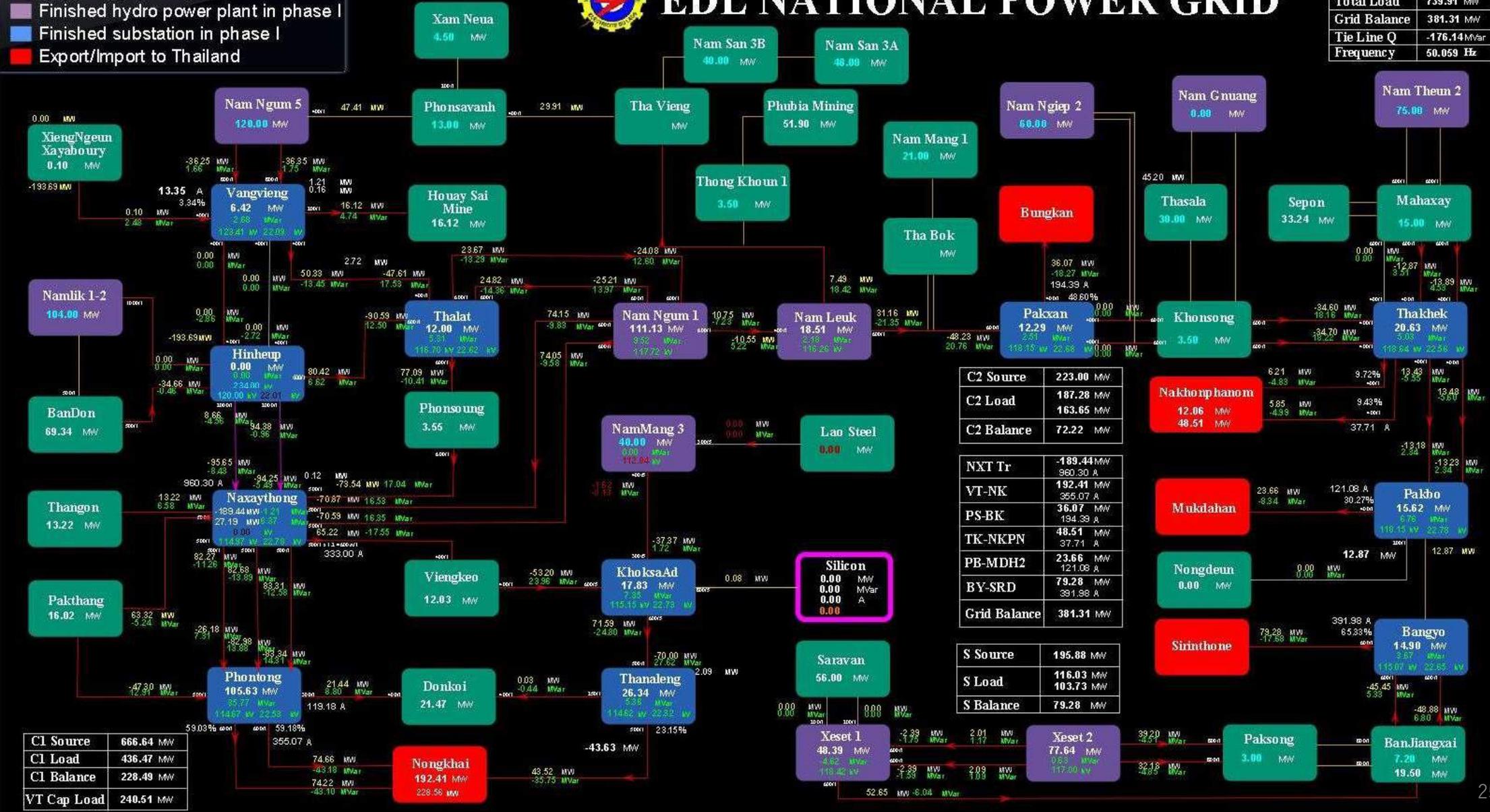
- Need complete in phase II
- Finished hydro power plant in phase I
- Finished substation in phase I
- Export/Import to Thailand

NCC (2016/10時点)



EDL NATIONAL POWER GRID

Total Source	1085.71 MW
Total Load	739.91 MW
Grid Balance	341.31 MW
Tie Line Q	-176.14 MVar
Frequency	50.059 Hz



CI Source	666.64 MW
CI Load	436.47 MW
CI Balance	228.49 MW
VT Cap Load	240.51 MW

C2 Source	223.00 MW
C2 Load	187.28 MW
C2 Balance	163.65 MW

NXT Tr	-189.44 MW
VT-NK	192.41 MW
PS-BK	36.07 MW
TK-NKPN	48.51 MW
PB-MDH2	23.66 MW
BY-SRD	79.28 MW
Grid Balance	381.31 MW

S Source	195.88 MW
S Load	116.03 MW
S Balance	103.73 MW

Xeset 1	48.39 MW
Xeset 2	77.64 MW

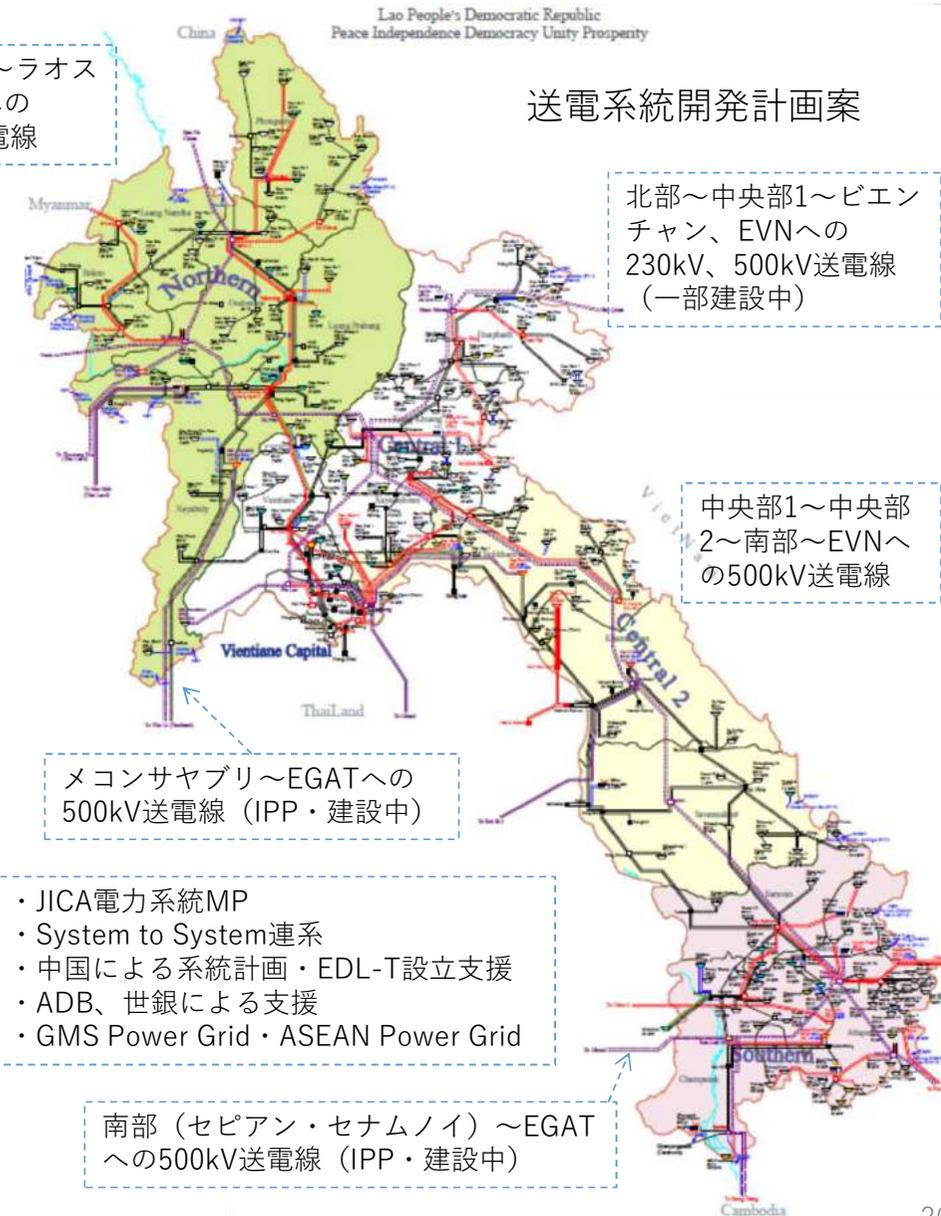
電力輸出・系統開発計画

- 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

送電系統開発計画案

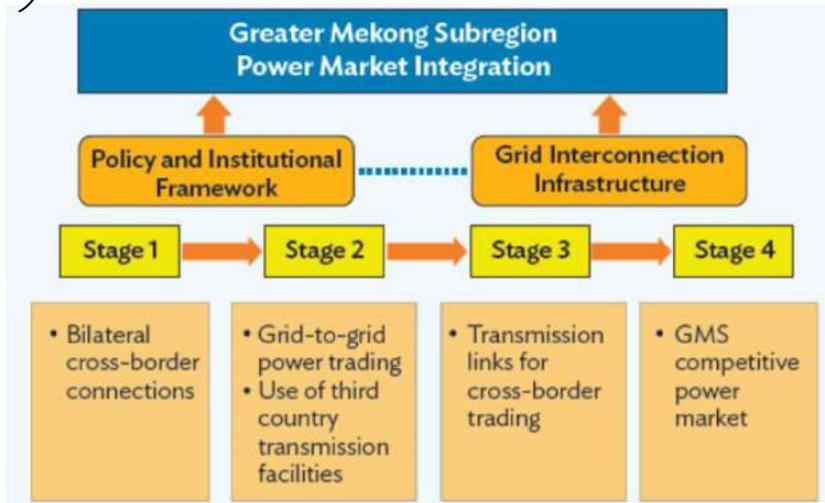


Source: EDL

ASEAN・GMS地域の電力系統連系計画

ADBの取り組み

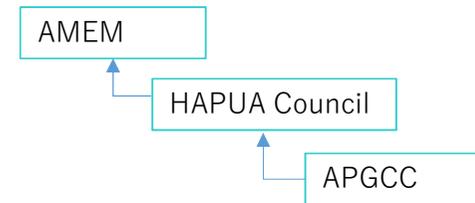
- RPTCC (域内電力取引等を検討する会議体) において、GMS地域 (タイ、ベトナム、ラオス、カンボジア、ミャンマー、中国雲南) の電力系統統合・電力市場創設に向けて検討
- 現在の主な検討事項
 - 制度面 (法律、税制、取引ルール)、技術面 (品質基準、Grid Code) の検討
 - GMS Regional Masterplanの策定と更新
 - 優先プロジェクトのプレFS
 - RPCC (域内電力調整センター) の設置検討
- ロードマップ



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

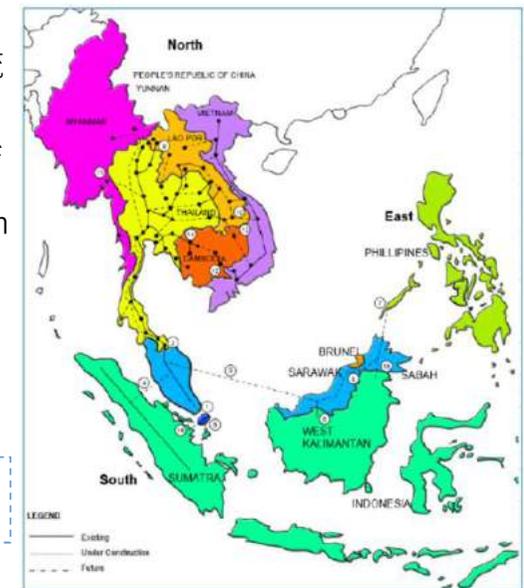


*AMEM: ASEANエネルギー相会議
HAPUA: ASEAN電力首脳会議
APGCC: APG調整委員会

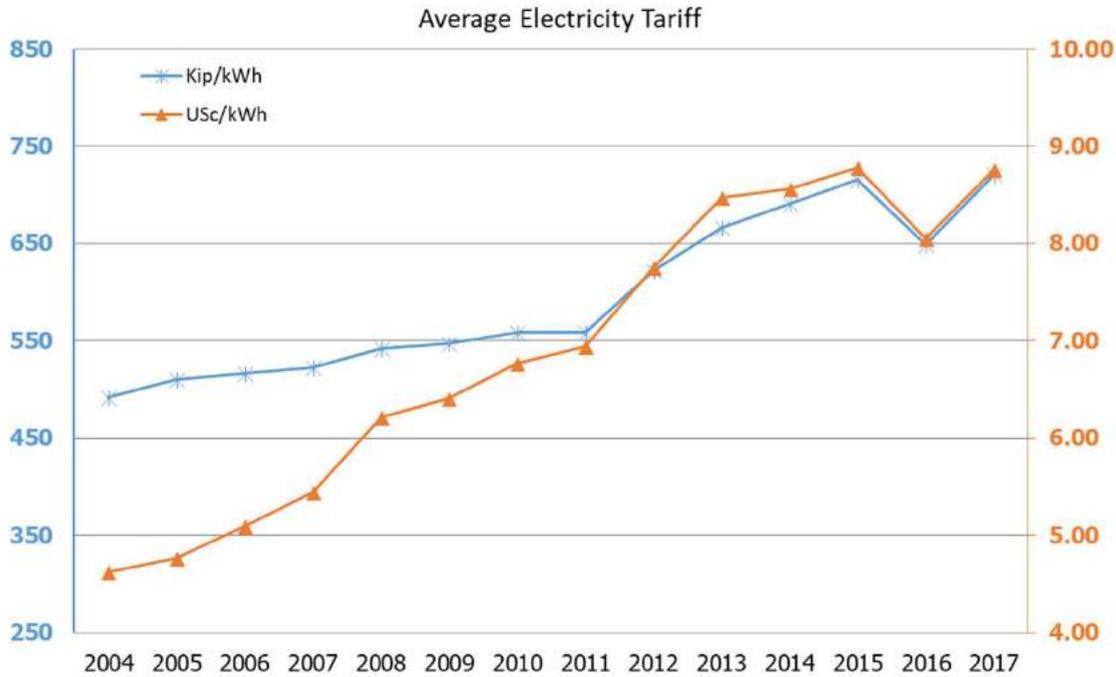
- 主な検討事項
 - AGTP: 発電・送電系統計画
 - ATSO: 電力取引・連系系統運用組織
 - ASEAN Interconnection Masterplanの更新
 - 多国間電力取引FS

ASEAN系統連系計画

Source: APGCC



電気料金推移



Source: MEM

ເລກພິມໄຟ	ຕົວ ບັນທຶກ	ເລກຄັ້ງນີ້	ວິທີ ຈັດ	ເລກຄັ້ງກ່ອນ	ວິທີ ຈັດ	ຕົວຄູນ	ພະລັງງານໃຊ້ ໃນເດືອນ
1301029350	0	16899	0	16282	1	1	417

ລາຍລະອຽດ	ພະລັງງານໃຊ້ໃນເດືອນ	ລາຄາ	ເງິນຄ່າໃຊ້ໄຟ
0 - 25	25	348	8,700
26 - 150	125	414	51,750
151 - 300	150	799	119,850
301 - 400	100	880	88,000
>= 401	17	965	16,405
ຄ່າບໍາລຸງຮັກສາພິມໄຟ ອະນາໄມເມັດຄ່າເພີ່ມ 10%			15,300
ລວມເງິນໃນເດືອນ:			330,000
ໜີ້ຄ້າງ່າຍ:			0
ລວມເງິນຕ້ອງຈ່າຍທັງໝົດ:			330,000

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

