温暖化でも生活の質を守るエネルギーの地産地消
－ 地域共助で笑顔あふれる未来へ！－

チーム名：温暖化対策・適応策
メンバー：伊藤裕介、宮浦尚也、吉田直樹、吉峯究
アドバイザリー講師：今中政輝、薄井智貴、福澤和久

1.　現状の把握（課題認識）

1.1.　地球温暖化

我々は過去に例のない急速な自然環境の変化の中で生活している。IPCC 第 6 次報告書によると、近年の温暖化については疑う余地がない事実であり（図 1)、人為起源の気候変動は多くの気象および気候の極端現象に影響を及ぼしていることが言及されている。

世界平均気温は、全ての排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続け、向こう数十年の間に二酸化炭素及びその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に、世界平均気温は 1.5°C ～ 2.0°Cを上昇するとされている。地球温暖化は、世界全体の水循環を、その変動性、世界的なモンスーンに伴う降水量、降水及び乾燥現象の厳しさを含め、更に強めると予測されている。

また、国連防災機関（UNDRR）においても、洪水や防風雨をはじめとする災害の規模が、過去 20 年において増大していることも指摘されている。(図 2)

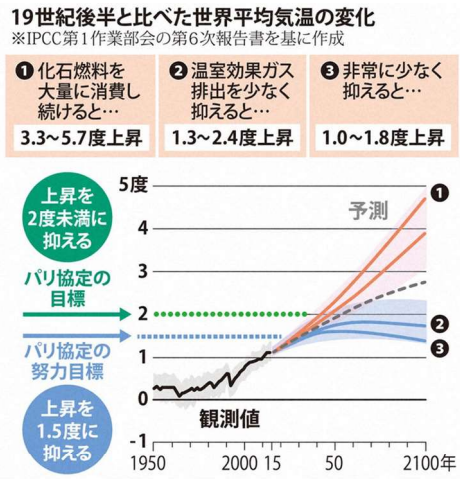


図 1　世界平均気温の変化[1]

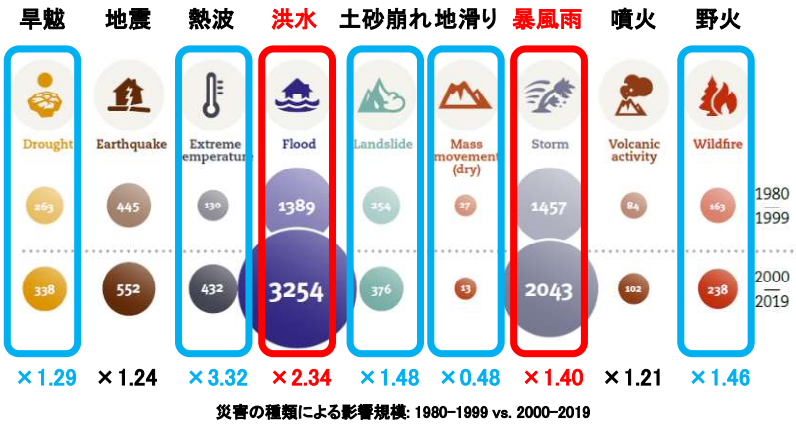


図 2　災害の種類による影響規模：
1980-1999 vs. 2000-2019[2]

1.2.　風水害の増加

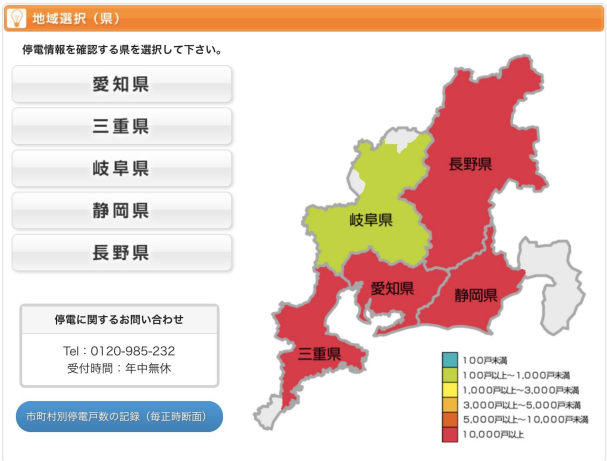
温暖化による極端現象は、既に私たちの生活に影響を及ぼしはじめている。例えば、台風や豪雨の増加・激甚化による大規模停電の誘発である。

2018 年 9 月の台風 21 号（主な被災地域：近畿地方（大阪））、2018 年 10 月の台風 24 号（主な被災地域：中部地方（愛知・静岡））、2019 年 9 月の台風 15 号（主な被災地域：関東地方（千葉））などによる大規模停電の発生は記憶に新しい（図 3）。

温暖化による風水害の増加は、このような大規模な停電を頻発化させ、既存の電力供給システムの下で生活を行っている私たちの生活の質を低下させる原因になることが懸念される。

a.　2018 年 9 月の台風 21 号
（約 240 万戸停電、5 日後復旧）

b.　2019 年 9 月の台風 15 号
（約 93 万戸停電、12 日後復旧）



c.　2018 年 10 月の台風 24 号
（約 119 万戸停電、中部地方では平成で最大）

図 3　大規模停電の発生状況[(3)(4)(5)(6)]

1.3.　停電リスクの増加

温暖化による風水害の増大が避けられない未来において、既存の電力供給システムでは、大規模停電のリスクがより高まることが予想される。その理由は、風水害の影響で主送電線が損傷すると、下流の住宅地等への給電が不能になるためである。また、主送電線の短期修復技術が向上するとしても、発電部門のゼロ・エミッションが実現される未来において、主要電源になると考えられるメガソーラーや風力発電設備は、風雨や飛来物により損傷しやすく、風水害時における発電停止のリスクが懸念される（図 4）。

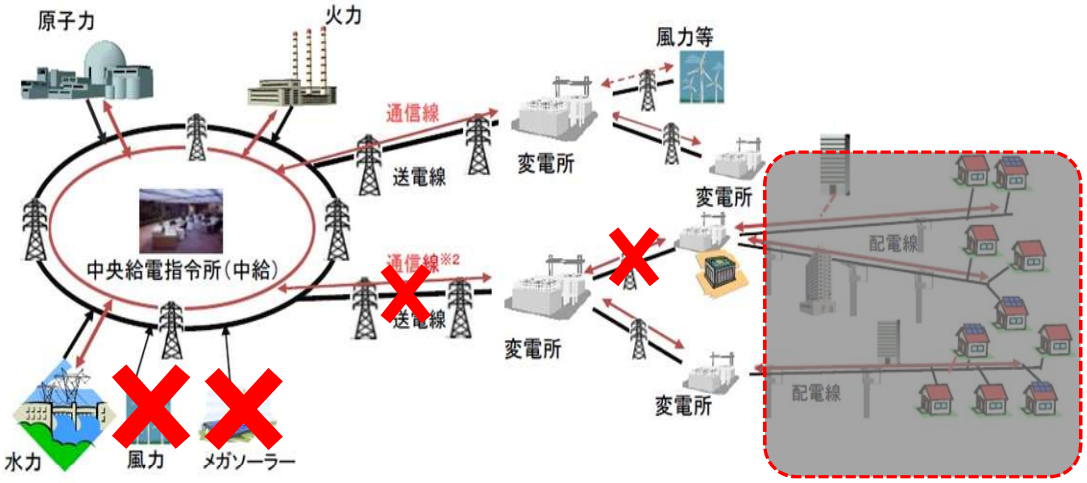


図 4　大手電力の集中的な電力供給のイメージ

2.　20 年後に向けた提言の概要

地球温暖化に伴う将来的な電力需給の変動リスクを回避し、災害時でも生活の質を保証するために、私たちは、電力の分散と自給自足による既築住宅を対象とする共助コミュニティ（電力コミュニティ）の構築を提案する。（図 5）

提案実現のために、本稿では既築住宅における自家発電の方法、コミュニティにおける共助の方法、コミュニティへの参加による各世帯の経済性などを課題としてとらえ検討を行った。

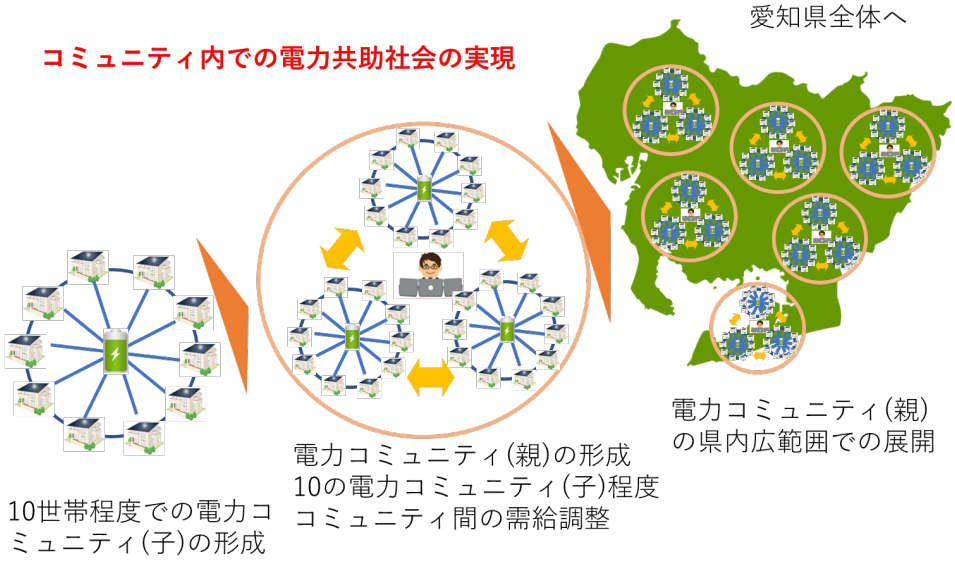


図 5　提言のイメージ

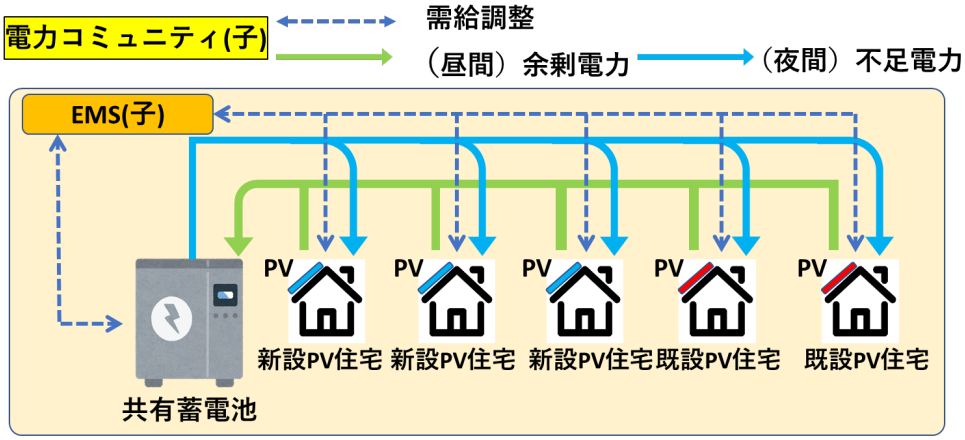
3.　提案の内容

3.1.　提案の 3 本柱

提案内容は大きく 3 つの柱に分かれる。
第一に、電力共助を推進するための組織となる共同事業体を設立する。
第二に、10 世帯程度で形成される電力コミュニティ（子）の既築住宅に対して、太陽光発電設備と蓄電設備を導入し、生活に必要な電力をコミュニティ内で 100 % 賄える電力共助システムを構築する。
第三に、10 個程度の複数コミュニティ（子）で電力コミュニティ（親）を形成する。そして、電力コミュニティ（子）間で電力の需給調整が可能な電力共助システムを構築する。

3.2.　電力コミュニティの概要

電力コミュニティ（子）は、2～10 程度の世帯（既築住宅）で形成する。
すでに太陽光発電設備が設置されている住宅を除き、全ての住宅に太陽光発電設備を設置する。
また、電力コミュニティ（子）で共有する蓄電池を新たに設置する。
電力コミュニティ（子）における各世帯の電力需給調整は、エネルギーマネージメントシステム（EMS）を用いて行う。EMS はリアルタイムで各世帯の発電量、電気使用量および蓄電池残量のモニタリングし、調整を行い、電力コミュニティ内（子）での電力の融通を実現する。(図 6)



PV：太陽光発電システム　新設PV住宅：今回の提言でPVを新設する住宅
EMS(子)：エネルギーマネージメントシステム

図 6　電力コミュニティ（子）における電力共助のイメージ

そして、電力コミュニティ（子）を複数個（10 程度）集め、電力コミュニティ（親）を形成する。

電力コミュニティ（親）内の各電力コミュニティ（子）は共有 EMS でつながっており、電力コミュニティ（子）間でもリアルタイムで各世帯の発電量、電気使用量および蓄電池残量の調整を行うことを可能にする。

これにより、ある電力コミュニティ（子）の給電量が不足した場合でも、他の電力コミュニティ（子）の余剰電力を配給することで、電力コミュニティ（親）内の電力不足は生じず、電力コミュニティ内における完全自給自足による電力共助が実現できる。（図 7）

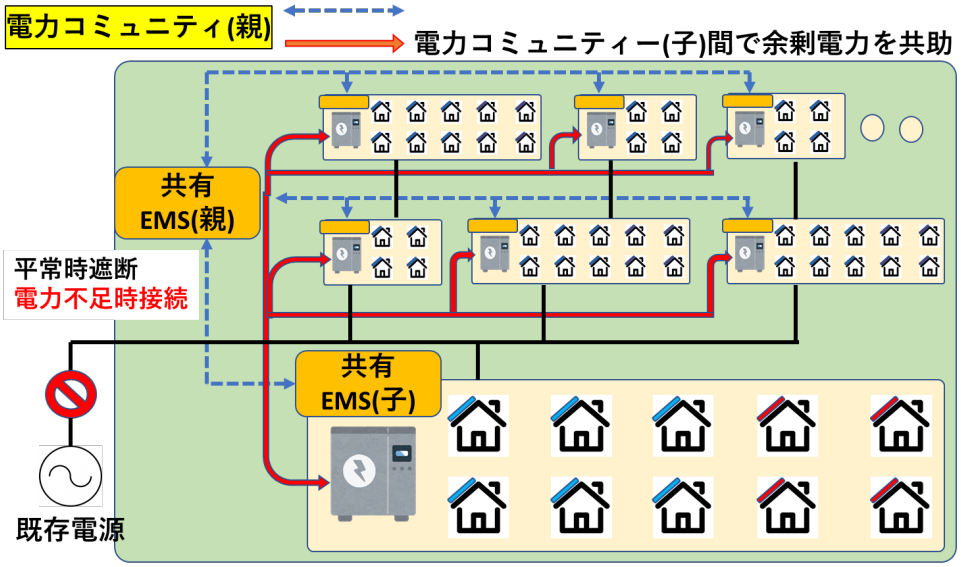


図 7　電力コミュニティ（親）における電力共助のイメージ

3.3.　提案内容の独自性

電力を自給するコミュニティに関しては、既に様々な形態が提案、実施されているが（表 1）、私たちの提案する電力コミュニティの特徴は、

① 太陽光発電システムの導入が低下している既築住宅[7]をコミュニティの対象とすること
② 営利志向のアグリゲーター（電力需給調整事業者）を置かないこと
③ 運用方法が通常のマイクログリッドと真逆であり、平常時・災害時にはコミュニティ内で電力を自立運用させ、非常時（コミュニティ内の電力供給システムの不具合等）には電力

会社が運用する主要電力ネットワークに接続して電力の供給を受けること（表 2）

④ コミュニティを「子」から「親」へとシステマティックに増殖できること

⑤ コミュニティ間での電力共助が可能であること

⑥ コミュニティを構成する各世帯は、電力会社に電気料金を支払うのではなく、共益費を共同事業体に支払う形式であること

⑦ コミュニティの絆がより強化されること

などが挙げられる。

表 1　電力需給の既存形態

	対象	主体	概要
コミュニティZEH	新築住宅中心	デベロッパーまたは住宅購入者	• 小規模単独コミュニティ内で余剰電力の共有
スマートシティ潮芦屋	新築住宅	デベロッパー	• 自営線敷設による蓄電池ネットワークをベースとしたマイクログリッドシステム
シュタットベルケ	既築住宅中心	自治体、エネルギー事業者	• 再エネに特化せず、公共事業体がエネルギーを供給
本提案（エネルギー共助）	既築住宅中心	県を中心とした共同事業体	• 各コミュニティに太陽光パネル、蓄電池を導入、コミュニティ内でエネルギーを共有

表 2　a. マイクログリッド（一般）

	主要ネットワークとの接続	エネルギー調整
平常時 災害時	**切り離し**	域内のエネルギー**消費量の抑制**や**電源設備の制御**により需給バランスを維持
電源（域内） トラブル時	**接続**	**外部から調達**し、需給バランスを維持

表 2　b. 提案内容（地域共助）

	主要ネットワークとの接続	エネルギー調整
平常時	**接続**	**外部から調達**し、需給バランスを維持
災害時	**切り離し**	域内のエネルギー**消費量の抑制**や**電源設備の制御**により需給バランスを維持

4.　提案実現のための具体的な取り組み（アクションプラン）と実現可能性

4.1.　具体的取組

(1) 共同事業体の設立

最初に、電力共助を推進するための組織となる共同事業体を設立する。

共同事業体は、愛知県を中心とする大手電力会社（中部電力株式会社グループを想定）が参加する組織で、必要に応じて機械、電気、システム、工事、維持管理などの専門事業者で構成する。愛知県は当該提案事業の計画策定と推進役を担う。具体的には、当該共同事業体の立ち上げ、補助金の交付、市町村との連携によるコミュニティ作りのためのプロモーションを行う。(図 8)

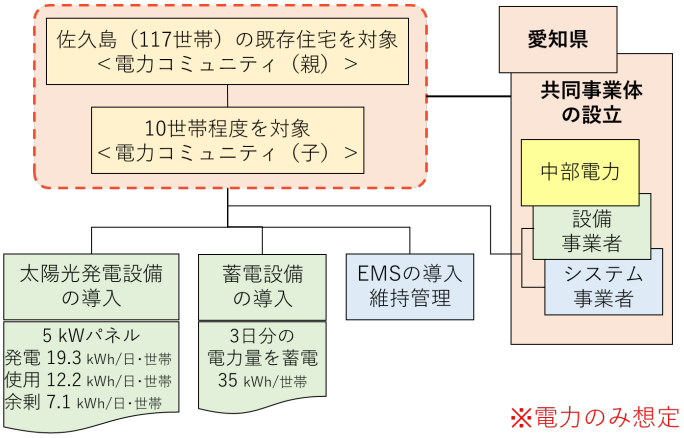


図 8　共同事業体と役割

(2) 電力コミュニティ（子）の構築

次に、西尾市佐久島をモデル地域とした電力コミュニティ（子）の実証[1]を行う。愛知県と西尾市が連携し、佐久島を対象とした 10 世帯程度で形成される既築住宅による電力コミュニティ（子）を選抜する。共同事業体の構成員である専門事業者もしくは共同事業体が委託する専門事業者は、選抜された当該コミュニティの既築住宅に対して、太陽光発電設備の設置、蓄電設備の設置、EMS の導入（スマートメータ含む）および必要に応じて自営電線の敷設などを行う。そして、電力コミュニティ（子）内での電力需給調整により、生活に必要な電力を 100%賄える電力共助システムを構築する。(図 8)

その後、愛知県が県内市町村と連携し、電力コミュニティ（子）を県内に展開していく。

(3) 電力コミュニティ（親）の構築

電力コミュニティ（子）の電力共助システムの成功を受け、佐久島に電力コミュニティ（子）を 10 個程度追加で形成し、電力コミュニティ（親）を形成する。つまり、佐久島のほぼ全世帯が電力コミュニティに参加することになる。その際、電力コミュニティ（子）間にも必要に応じ

[1] 佐久島は令和 3 年度に「スマートアイランド推進実証調査」を実施していることから、環境配慮事業等の実証を行う土壌が整っていることや、主要送電網から独立させやすい現在の送電システムの状況から採用している。

て自営電線を敷設する。これで、電力コミュニティ（子）間の電力需給調整が可能となり、佐久島全域で生活に必要な電力を 100%賄える電力共助システムが構築される。

このシステムは、既に県内に展開している電力コミュニティ（子）に対しても適用していく。

(4) オール電化による世帯内全エネルギーの自給自足の実現

2040 年までには、導入する太陽光発電容量および蓄電容量を増やすことで、熱供給を含めたオール電化を志向する。そのために、既築住宅をリフォームして、IH クッキングヒーター、エコキュート、床暖房を新たに設置する。各種設置工事は、共同事業体の構成員である専門事業者もしくは共同事業体が委託する専門事業者が行う。また、燃料電池を初めとする新技術の導入も将来的に検討していく。

4.2. 実現可能性

(1) 必要電力

太陽光パネルの必要容量および発電量は、東海地域における世帯当たりの年間使用電力量（図 9）および電力以外（ガスや灯油）の使用エネルギーの電力換算値（表 3）にもとづき、日照時間、季節変動係数、パワーコンディショナー、雑損失係数、設置方位の損失係数を考慮するとともに、余剰電力が生成される条件で試算した。

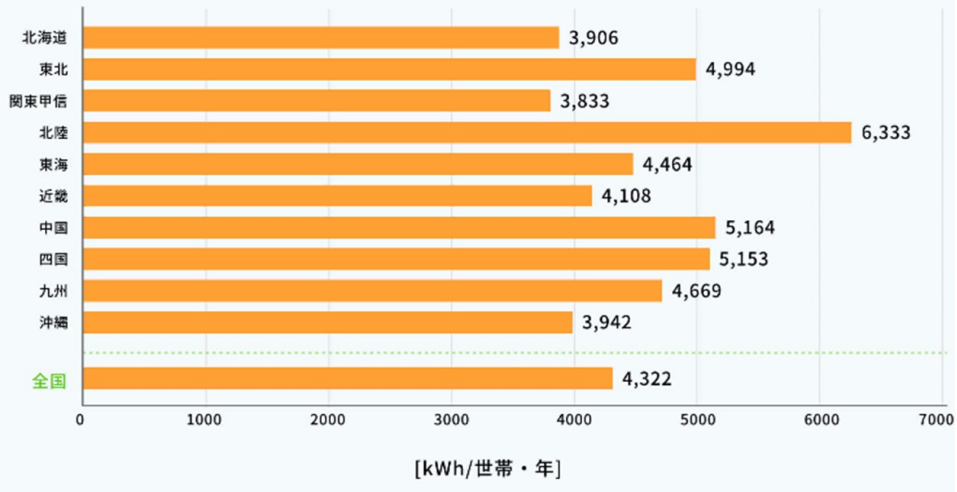


図 9　既築戸建における電力使用量[8]

表 3　エネルギー消費量の電力換算値[9]

	[GJ/世帯･年]				→ 換算 →	[kWh/世帯･年]		
	都市ガス	LPガス	灯油	合計	都市ガス	LPガス	灯油	合計
北海道	4.17	2.59	30.34	37.10	1,158	719	8,428	10,306
東北	3.22	4.39	21.22	28.83	894	1,219	5,894	8,008
関東甲信	11.16	2.57	3.28	17.01	3,100	714	911	4,725
北陸	6.90	2.85	13.60	23.35	1,917	792	3,778	6,486
東海	8.52	4.01	4.13	16.66	2,367	1,114	1,147	4,628
近畿	12.22	1.28	2.42	15.92	3,394	356	672	4,422
中国	3.60	4.05	4.98	12.63	1,000	1,125	1,383	3,508
四国	1.83	4.79	5.26	11.88	508	1,331	1,461	3,300
九州	3.16	4.14	4.33	11.63	878	1,150	1,203	3,231
沖縄	0.72	4.57	1.49	6.78	200	1,269	414	1,883
全国	8.41	2.98	6.26	17.65	2,336	828	1,739	4,903

試算の結果を表 4 に示す。蓄電容量は、内閣府が定める 72 時間（3 日間）[10]を参考にした。なお、太陽光発電に必要な日照時間が 6 日間連続ゼロ（日照時間ゼロが 5 日連続する頻度は 40 年強に一度程度[11]）の場合でも、使用電力を半分に節電することでコミュニティ内での給電は可能である。

表 4　世帯当たりの必要電力

摘要	電力のみ考慮	オール電化
太陽光パネル容量（kW）	5	7
太陽光発電量（kWh/日）	19.3	27.1
余剰電力量（kWh/日）	7.1	2.1
蓄電池容量（kWh）	35	70

(2) 提案実施コスト

① イニシャルコスト

イニシャルコストとして、太陽光発電設備費用、蓄電池費用、補填用自営電線の敷設費用、スマートメーター費用、EMS システム費用を考慮した。オール電化の場合は、リフォーム費用を追加している。[12][13][14][15][16]

なお、自営電線の敷設費用は、佐久島のコミュニティ（親）を構成する世帯の半数が、10 m の追加電線を補填する必要があると仮定して算出した。

② ランニングコスト

ランニングコストは、住宅用太陽光発電の運手維持管理（定期点検、パワーコンディショナー更新）を想定した。[17]

以上の費用を表 5 にまとめる。

表 5　提案内容を実施するためのコスト試算結果

コスト種類		電力のみ考慮	オール電化
イニシャルコスト（円/世帯）	太陽光発電設備	1,430,000	2,002,000
	蓄電設備	1,750,000	3,500,000
	スマートメーター	14,000	14,000
	EMS	23,000	23,000
	補填用自営電線	100,000	100,000
	リフォーム	—	1,000,000
	合計	3,317,000	6,639,000
ランニングコスト（円/月・世帯）		1,454	2,036

(3) 世帯負担額比較

将来的に予測される電気料金の負担額と、本提案事業におけるコミュニティ構成世帯が負担する共益費について、2025 年から 2045 年（ 20 年間）の平均月額で比較した。(図 10 ）

なお、月額の共益費は、表 5 の（イニシャルコスト÷20 年÷12 ヶ月）＋（ランニングコスト）で算出している。

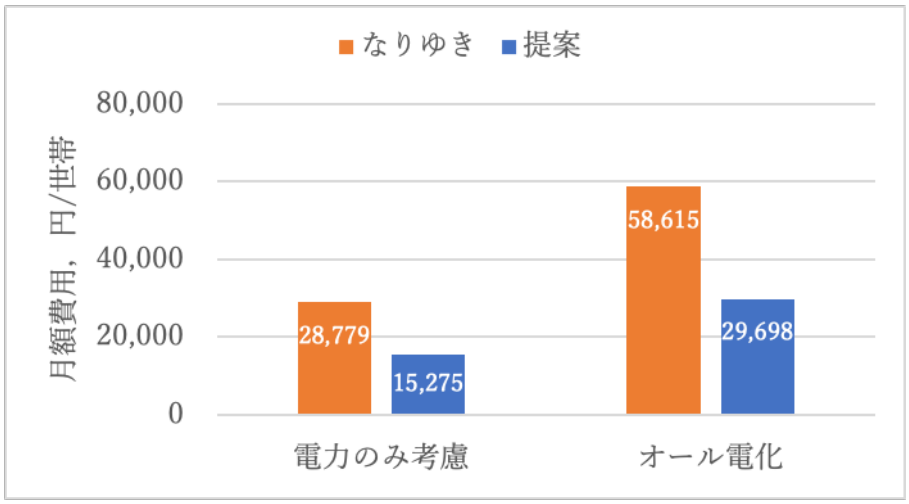
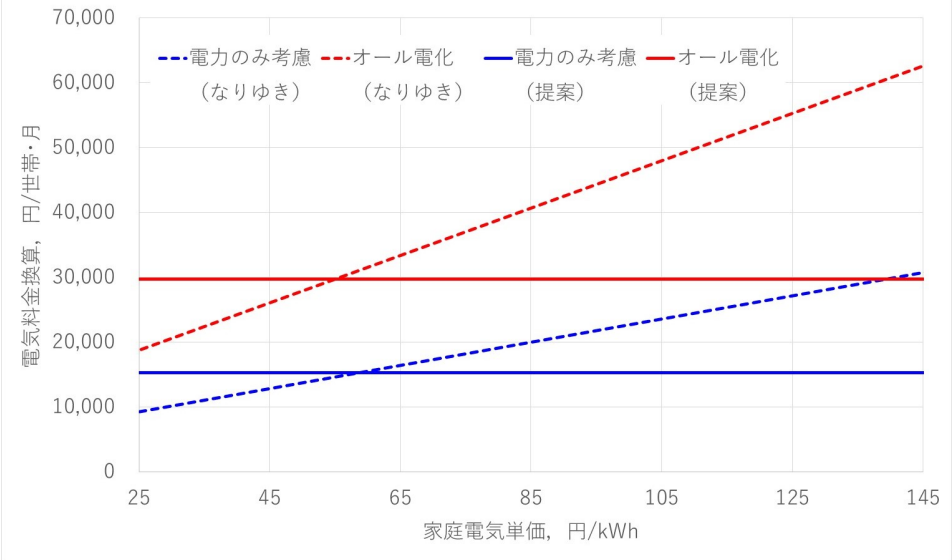


図 10　2025 年から 2045 年までの 20 年間を想定した電気料金の平均月額比較

電力のみを考慮した場合、オール電化とした場合ともに、本提案事業における共益費の方が世帯当たりの負担額が少ないことがわかる。つまり、私たちが提案するコミュニティに参加することで、愛知県民は安心・安全な地産地消による電力共助のみならず、電力利用にかかる費用負担の低減も享受できることになる。

また、電気自動車が各世帯に普及した時点で、蓄電池の一部を電気自動車の蓄電機能で代替すれば、蓄電池負担を減らす、あるいは、仮想的に蓄電池容量を増やすことも可能である。

なお、当該比較は現在の電気料金を 24.5（円/ kWh)、2050 年の電気料金を 134（円/ kWh）



[18]と仮定し、直線回帰により各年の電気料金を設定している。参考までに、2050 年の電気料金がより安価な場合について図 11 に示す。当該事業に対する補助金を考慮しなくとも、2050 年の電気料金が概ね 60（円/ kWh）程度まで上昇すれば、費用負担が低減されることがわかる。

図 11　2050 年の想定電気料金と提案採用時の共益費との比較

4.3.　ロードマップ

本提案事業のロードマップを図 12 に示す。

2024 年に共同事業体を設立・稼働させ、佐久島において電力コミュニティ（子）の運用を開始する。そして、提案内容の不具合の洗い出し修正を行い、2026 年より県内市町村に電力コミュニティ（子）を展開する。2028 年前後から佐久島にて電力コミュニティ（親）の運用を開始する。この成功を受け、2031 年から県内市町村での電力コミュニティ（親）の形成に着手する。さらに、2033 年前後から熱エネルギーを含めたオール電化に移行する。

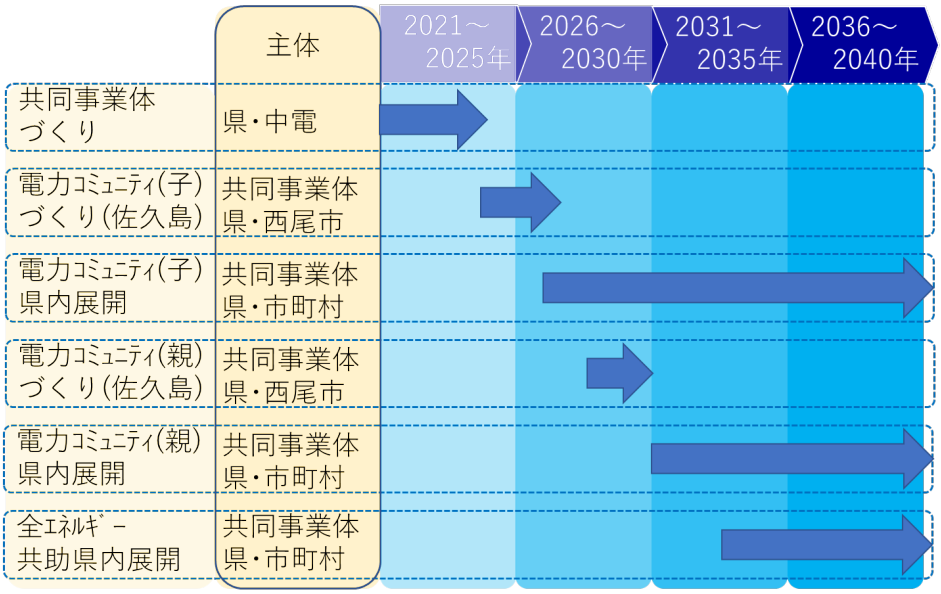


図 12　本提案事業のロードマップ

5.　波及効果

私たちの提案は、地球温暖化により将来的に影響を受けることが懸念される電力供給停止による生活の質の低下を、地産地消による電力共助の観点から回避することで温暖化に適応するものであり、市民生活の基盤を守る上で意義深いものと考える。

また、環境、経済、防災、福祉への波及効果も期待でき、家庭部門における CO_2 削減にも寄与できることから、地球温暖化の緩和策にもつながるものである。（図 13）

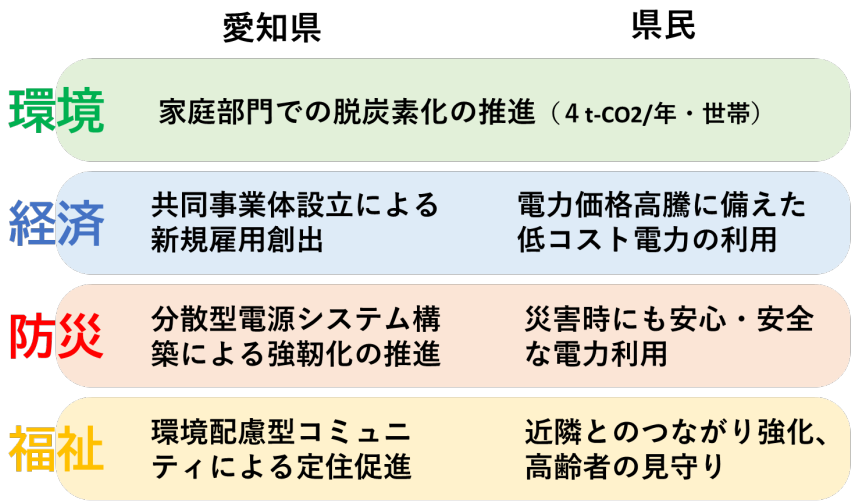


図 13　本提案事業の波及効果

5.1.　最後に

私たちが提案する電力の自給自足と共助の概念にもとづき、本提案事業のコンソーシアム名を SEPA とした。SEPA とは、Self-sufficiency of the Electric Power of Aichi の頭文字を合わせたもので「セパ」と読む。SEPA を成功させ、SEPJa（Self-sufficiency of the Electric Power of Japan）「セプジャ」へと発展させることが夢である。

6.　最終報告会における議論

鈴置先生

災害に対するロバスト性について

Q．どこの冗長性を考えているのか？

A．平時、災害時、ともにグリッド内だけで処理できる想定である。
ただし、非常時は外部（大規模集中電力システム）に依存もすることもあり得る。

R．内部で不具合が発生したときは、外部接続も難しいのではないか？
内部でほぼ自立している、という理解で良いのか？

A．内部で自立している、という理解で良い。
内部の不具合は、システム系統、機械系統および需給系統が考えられるが、システム系統と機械系統は維持管理により不具合を未然に防止する。需給系統である低圧電線については、必要箇所に自営線を敷設することで冗長性を担保する。なお、補填の自営線敷設費用は計画に加味している。また、台風等で太陽光パネルに飛来物が当たりパネルが損傷する可能性はあるが、コミュニティ全体に蓄電された電力により共助することができる。メガソーラーの様に 1 箇所でのダメージが全体に影響するのではなく、リスクの分散という側面も本提案には含まれている。

愛知県環境局

Q．全ての世帯に 5kW の太陽光をつけて、3 日分の蓄電池を置く、という想定か？
国の目標設定もあるため、考えていかないといけない。

A．全ての世帯に 5kW の太陽光をつけて、3 日分の蓄電池を置く、という想定である。
ただし、蓄電池については、3 日分の蓄電容量 × 世帯数の蓄電容量をコミュニティ共有の蓄電設備として、空き家、コミュニティ内の空き地、あるいは、公共の土地に設置することも想定している。

Q．35kWh の蓄電池は大きすぎるようではあるが、どうか？

A．確かに課題はあるが、国としても研究開発を進めているので、低コスト化が進むことを期待する。

中級コース 山本氏

Q．冬の日射量でも足りるのか？

A．今回は年間平均日射量を基準に検討し、十分賄えると考えている。技術革新が現在も進んでおり、安価な大容量蓄電池の開発が期待される。日射量の多い夏に大量蓄電して長期間の日射量不足にも耐えうると考える。

今中先生

愛知県はマイクログリッドに縁深い地域である。万博でもかなりがんばったとはいえ、普及がなかなか進まない普通の家庭で通常の利用ができる、小規模なコミュニティで描く、このあたりが新しく興味深い。

中経連でもガイドブックが出て、将来を想定している。

チームメンバーは年齢の差があれど、バランスよくしっかりと議論ができていた。

【引用文献】

(1) IPCC：「第 6 次報告書」、(2021)
(2) UNDRR：「The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)」
(3) しがとこ編集部(2018)
(4) 千葉日報(2019)
(5) 中部電力パワーグリッド：「停電情報」(2018)
(6) 中部電力株式会社：「台風 24 号による停電状況（第 17 報)」、プレスリリース(2018)
(7) 一般社団法人太陽光発電協会：「太陽光発電の状況―主力電源化に必要な新規案件開発継続―」、調達価格等算定委員会資料、4(2020)
(8) 環境省：「2017 年度の家庭でのエネルギー消費量について」
(9) 環境省：「平成 29 年度 家庭部門の CO4 排出実態統計調査（確報値)」
(10) 内閣府：「大規模災害時における地方公共団体の業務継続の手引き」、58(2016)
(11) 山岸玲：「東京都心で 4 日連続日照ゼロ　きょうも続けば 42 年ぶり」、朝日新聞デジタル(2020)
(12) 資源エネルギー庁：「太陽光発電について」、70 (2020)
(13) 株式会社三菱総合研究所：「定置用蓄電システムの目標価格および導入見通しの検討」、定置用蓄電システム普及拡大検討会、第 3 回、18(2021)
(14) 村木美貴ほか：「持続可能な都市の実現に向けた ZEH 街区形成のあり方に関する研究-東京都大田区に着目して-」、日本都市計画学会都市計画論文集、Vol.54、No.3、498(2019)
(15) 内閣府：「系統強化のコストについて」、資料 4(3)、7(2011)
(16) リショップナビ：「オール電化住宅にリフォーム(リノベーション)する費用は？」、https://rehome-navi.com/articles/509
(17) 資源エネルギー庁：「太陽光発電について」、73 (2020)
(18) 荻本和彦ほか：「将来の再生可能エネルギー100%の可能性と課題」、第 34 回エネルギーシステム・経済コンファレンス講演論文集、31-5 (2018)