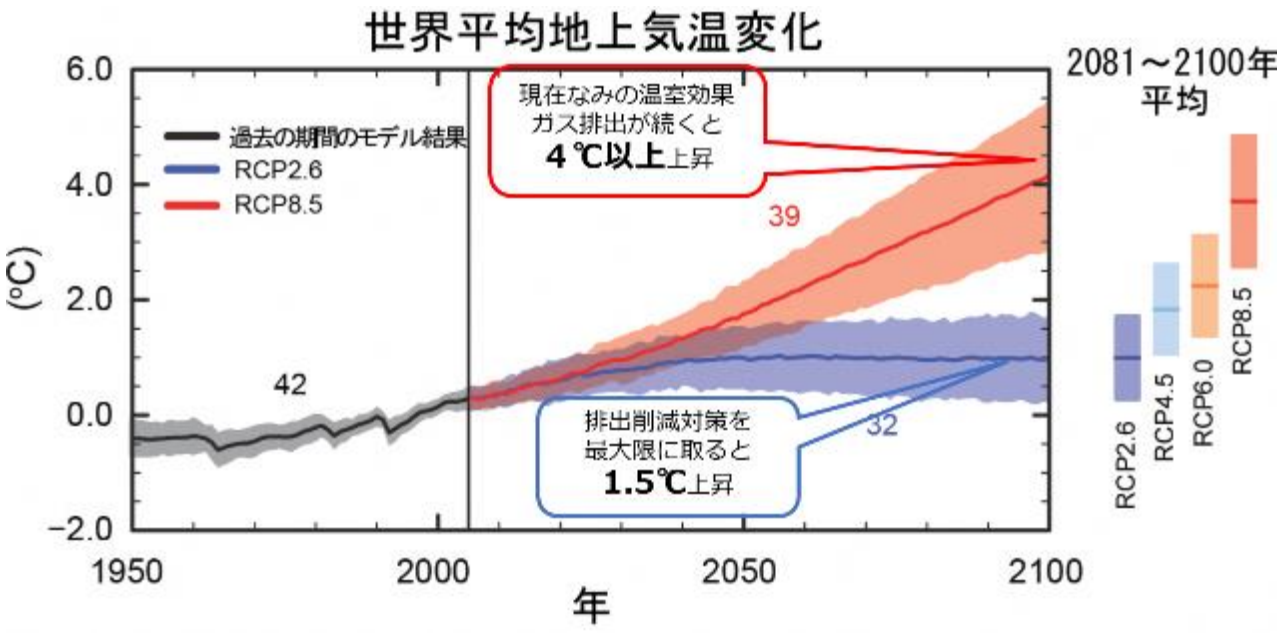
ゼロカーボンに向けた現況調査報告

令和5年3月

遊佐町

なぜ「ゼロカーボン」を検討するのか？

- 20世紀半ば以降の温暖化の主な要因が**人間活動の影響であることは疑う余地がなく**、世界平均気温は工業化（産業革命）以前と比べすでに1°C以上、上昇しています。
- 現在並みの温室効果ガスの排出が続けば、21世紀末には世界の平均気温は４°C上昇すると予測されています。
- 人間社会、生態系に対する甚大な影響を避けるには、21世紀末までの気温上昇を1.5°Cに抑える必要があります。そのためには、**2050年頃までに温室効果ガスの排出と吸収のバランスを取り**、追加的な排出を実質ゼロにする（＝ゼロカーボン／脱炭素）が求められています。



出典：IPCC第６次評価報告書に加筆

- 国内では「ゼロカーボンシティ」を宣言する自治体が相次いでいますが、ゼロカーボンへの具体的シナリオが描けていないことが指摘されています

➡**ゼロカーボンの実現に対して責任ある姿勢と道筋を示すため**、温室効果ガス排出の現状、再生可能エネルギー生産と温室効果ガス吸収のポテンシャルについて概観するため、本検討を実施しました。

本検討の結果は、令和5年度に実施予定の「遊佐町エネルギー基本計画」の改定に反映します。

ゼロカーボンまでの道筋検討イメージ

ゼロカーボンとは、温室効果ガスの排出量と吸収のバランスがとれている状態を指します。

まずは現在の排出量とその特性を捉え、その上で

① 人口減少等による自然減や省エネルギー対策により、どのくらいエネルギー起源CO_2排出量を削減するか

② 町内で調達可能な再生可能エネルギーの総量はどの程度か

③ 森林吸収や農地固定により期待できる吸収量はどの程度か（再生可能エネルギーの利用で置き換えできない分の排出量を相殺する）

という手順で、それぞれのポテンシャルを推計します。

【本レポートの構成】

1．現在の温室効果ガス排出量の推計

-1 エネルギー起源CO_2

-2 農業由来のCH_4

2．再生可能エネルギー導入ポテンシャルの推計

3．吸収ポテンシャルの推計

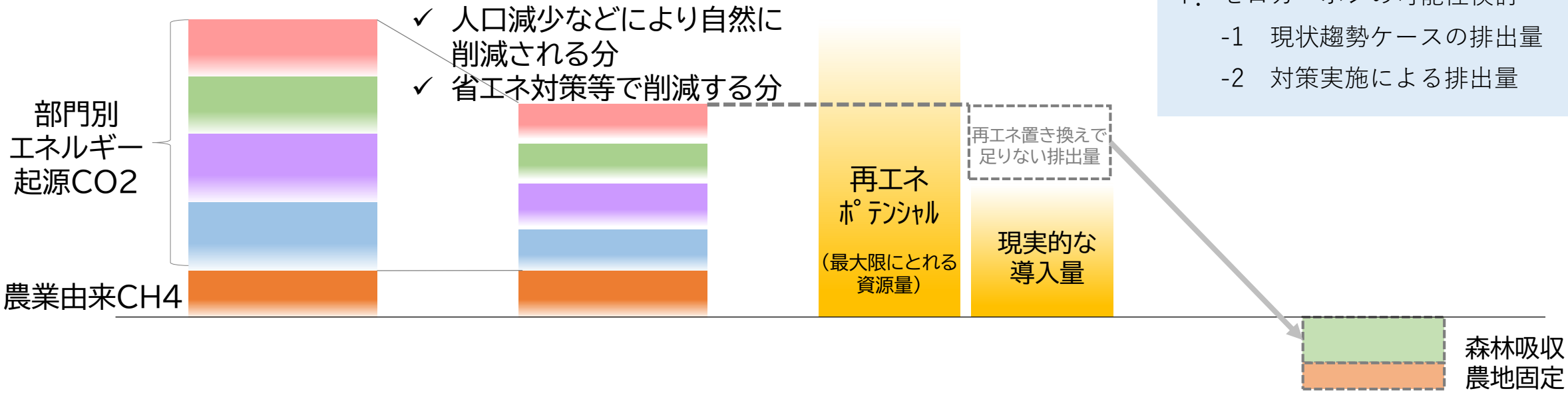
-1 森林吸収

-2 農地固定

4．ゼロカーボンの可能性検討

-1 現状趨勢ケースの排出量

-2 対策実施による排出量

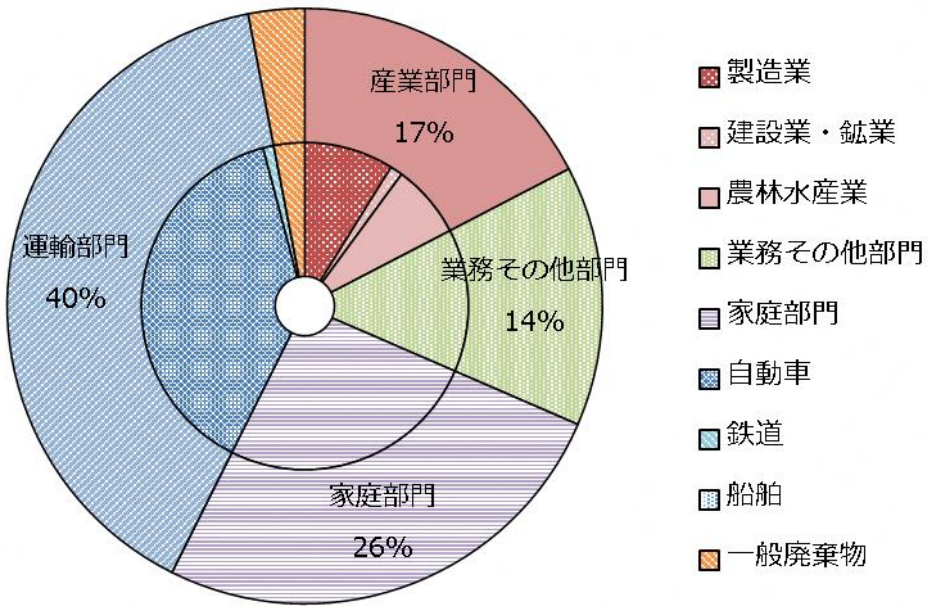


部門別・分野別CO_2排出量の推計

- 部門別エネルギー起源CO_2
- 農業由来の温室効果ガス（CH_4）

部門・分野別の温室効果ガス（CO_2）排出量

- 環境省「自治体排出量カルテ 」において遊佐町の資料を使用しました。
- 令和元（2019）年度の排出量は**約80,000 t －CO_2** でした。
- 人口1人あたり排出量は5.9 t であり、全国平均の7.8 t を下回っています。
- 運輸部門の占める割合が40％で最多となっています。運輸部門の占有率は全国（20％）・山形県（30％）を上回っています。
- 人口規模の少ない自治体は自家用車移動が主体になるため、運輸部門の占める割合が高くなる傾向にあります。



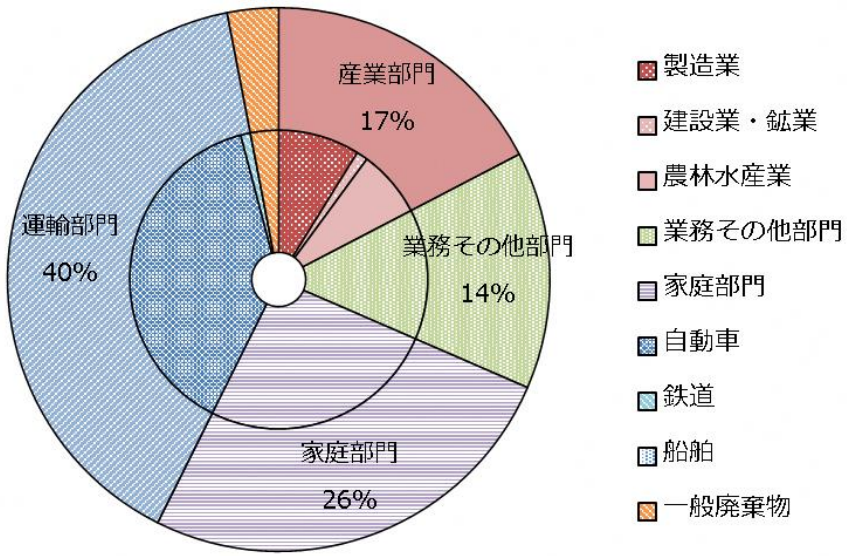
部門			令和元年度排出量（千t-CO2）	構成比
合　計			80	100%
産業部門			14	17%
	製造業		7	9%
	建設業・鉱業		1	1%
	農林水産業		6	7%
業務その他部門			11	14%
家庭部門			21	26%
運輸部門			32	40%
	自動車		31	39%
		旅客	14	18%
		貨物	17	21%
	鉄道		1	1%
	船舶		0	0%
廃棄物分野（一般廃棄物）			2	3%

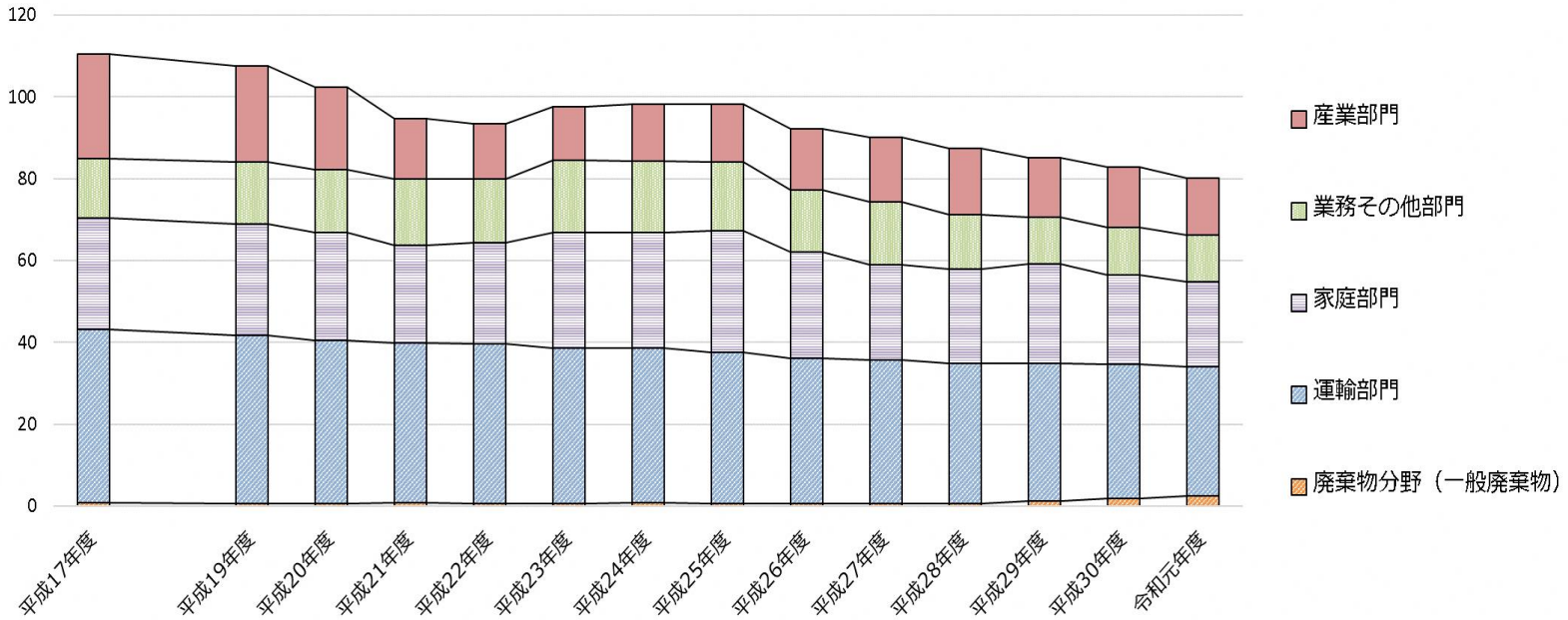
データ出典：自治体排出量カルテ（環境省）

部門・分野別の温室効果ガス（CO_2）排出量の経年変化

- 中期的には減少傾向であり、平成25（2013）年度比で18.4%減となっています。
- 平成25（2013）年度比で削減率が大きい順に、業務（32.6%）→家庭（30.3%）→運輸（14.1%）→産業（1.4%）となっています。
- 廃棄物部門※は近年増加傾向です。

※廃棄物部門の排出量は、焼却施設ごとの焼却量をベースに算出し、負担金割合で按分しています。そのため、酒田地区広域行政組合としての増減傾向、ごみ組成などの影響を受けます。





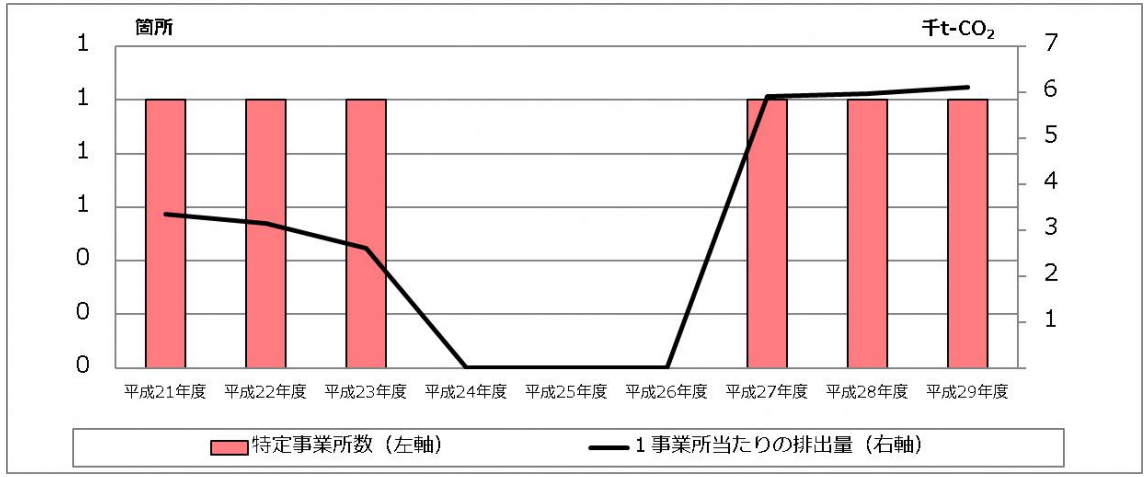
データ出典：自治体排出量カルテ（環境省）

（産業部門の特徴）

- 産業部門の42%（製造業の82%）にあたる6,000ｔ－CO_2を１社の特定事業所※が占めています。この特定事業所は化学工業です。
- 農林水産業は、特定事業所と匹敵する排出量となっています。

※特定事業所とは、エネルギーの使用量（＝温室効果ガスの排出量）が年間1,500kl/年以上と大きく、温室効果ガス排出量を国に報告する義務を有する事業所

部門・分野			平成29年度 排出量（千t-CO2）	平成30年度 排出量（千t-CO2）	令和元年度 排出量（千t-CO2）	平成29年度 構成比	平成29年度 特定事業所の排出量（千t-CO_2）	平成29年度 特定事業所のカバー率
合　計			85	83	80	100%	6	7%
	産業部門		15	15	14	17%	6	42%
		製造業	7	8	7	9%	6	84%
		建設業・鉱業	1	1	1	1%	0	0%
		農林水産業	6	6	6	7%	0	0%
	業務その他部門		11	12	11	13%	0	0%
	家庭部門		24	22	21	29%		
	運輸部門		34	33	32	39%		
		自動車	33	32	31	38%		
		旅客	15	15	14	18%		
		貨物	17	17	17	20%		
		鉄道	1	1	1	1%		
		船舶	0	0	0	0%		
	廃棄物分野（一般廃棄物）		1	2	2	1%		



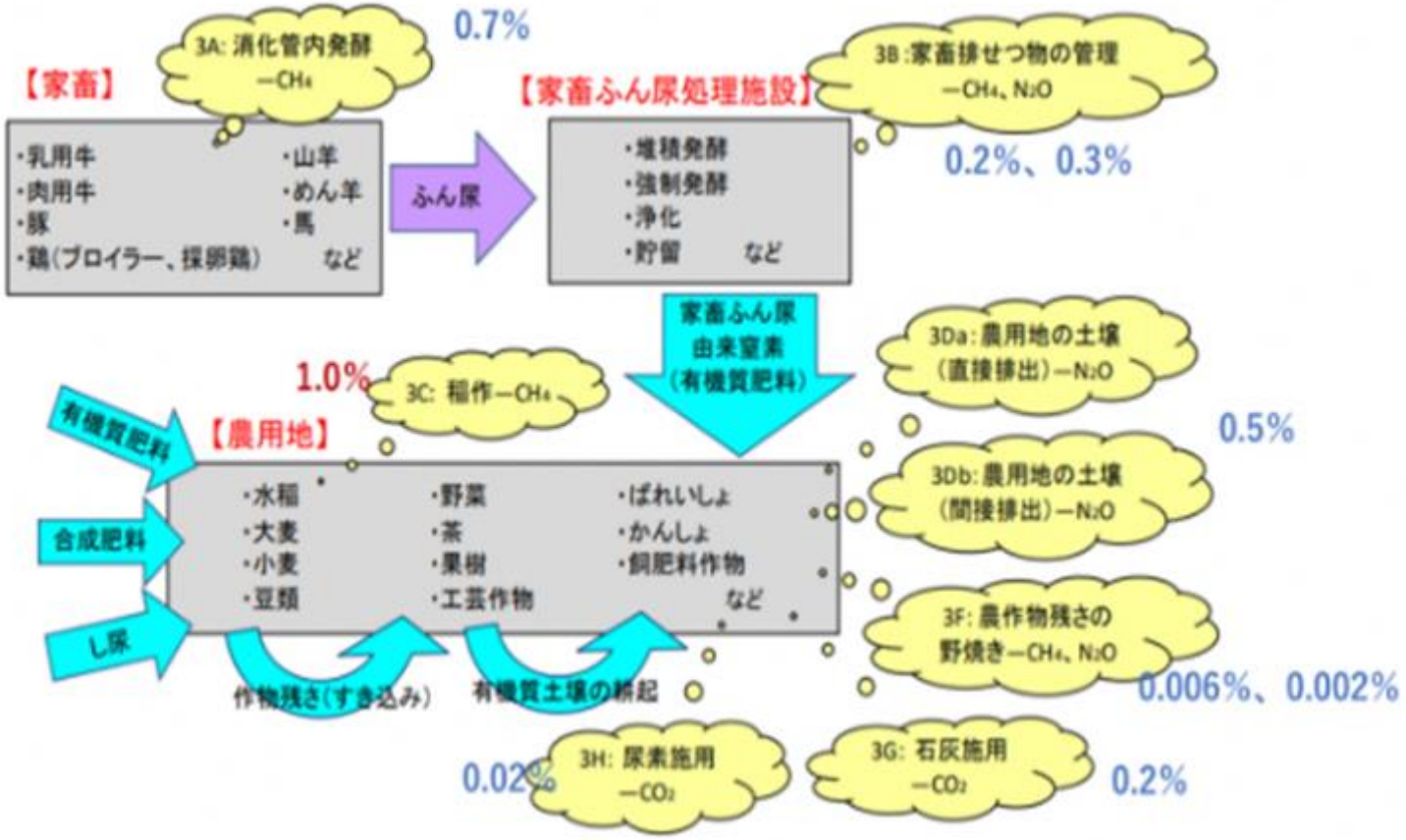
データ出典：自治体排出量カルテ（環境省）

農業由来の温室効果ガスとは？

- 日本の温室効果ガス排出量の90％程度がエネルギー起源ＣＯ$_2$です。そのため、一般的に自治体の排出量として捉えるのはこのエネルギー起源ＣＯ$_2$のみです。
- 一方、世界全体では農業（関連）由来を含む温室効果ガスの割合は少なくありません。
- 農業が主産業である遊佐町において、農業由来の排出状況を把握しておくことは重要です。

- 農業に関しては、次のように様々な場面で温室効果ガスが排出されています。
  - ✓ 家畜の消化管内発酵（ＣＨ$_4$）
  - ✓ 家畜排せつ物（ＣＨ$_4$、Ｎ$_2$Ｏ）
  - ✓ 稲作（ＣＨ$_4$）
  - ✓ 農用地の土壌（直接排出）（Ｎ$_2$Ｏ）

    など



出典：日本国温室効果ガスインベントリ報告書2022年（国立環境研究所）より作成
（）内の％は2020年温室効果ガス排出量（CO2換算）に占める割合

稲作により排出されるメタン（CH_4）

- 今回は、農業由来温室効果ガスのうち最も大きな割合を占めている「稲作から生じるメタン（CH_4）」を算定対象としました。
- 稲作（水田）では、稲わらなどの有機物が酸素のない状態で嫌気性細菌に分解されることでCH_4が発生しています。

水田から排出される CH4の量（t-CH_4）
＝（水田の種類ごとの）作付面積（㎡）　×単位面積当たりの排出係数※（t-CH_4-C/㎡）×16/12

【水田の種類（東北地方・2019年）】

排水性割合	水管理割合	有機物管理方法
4時間排除（63%）	常時潅水田（5%）	わら施用（83%）
日排除程度（31%）	間断灌漑水田（65%）	各種堆肥施用（5%）
排水不良（6%）		無施用（12%）

× 遊佐町の作付面積 → ※組み合わせにより排出係数が異なる

↓

年間約526 t－CH_4
CO2換算で**約13,000 t -CO_2**
※農業分野エネルギー起源の2倍以上

再生可能エネルギーポテンシャルの推計

- 全体結果
- 太陽光発電
- 風力発電
- 太陽熱・地中熱

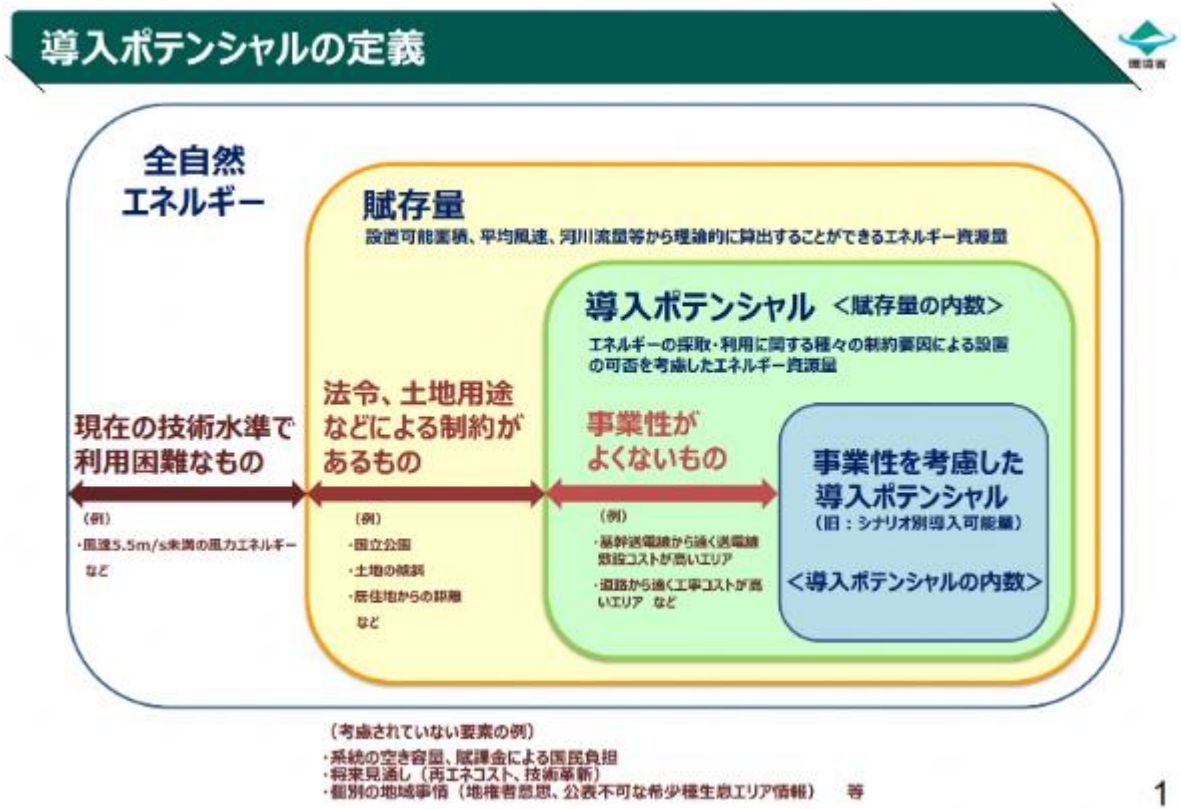
再生可能エネルギーポテンシャルとは

- 今回の町内再生可能エネルギーポテンシャル推計の情報は、環境省「再生可能エネルギー情報提供システム[REPOS(リーポス)]」 の「自治体再エネ情報カルテ」の掲載データを基に整理しました。
- 再生可能エネルギーの資源量は、次のように分類できます。

賦存量　＝現在の技術水準で利用可能なエネルギー資源量

導入ポテンシャル　＝賦存量からエネルギーの採取・利用に関する制約に該当する箇所を除いた資源量

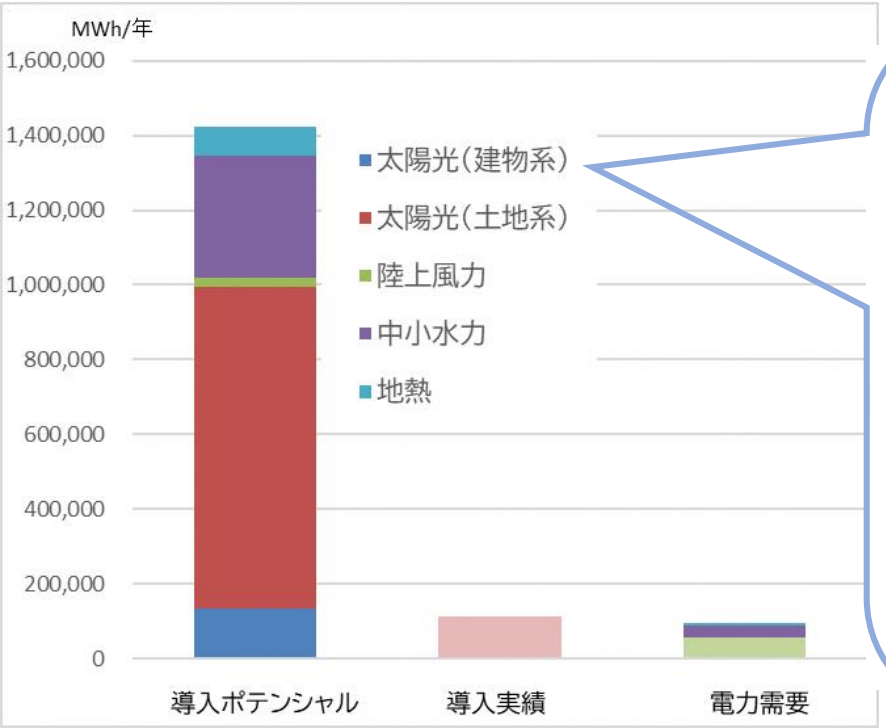
- 一般的には、<u>導入ポテンシャルの値が社会的に導入可能な資源量</u>として扱われることが多いため、REPOSで得られる導入ポテンシャルの数値に本町の状況を加味して、より現実的なポテンシャルを推計しました。

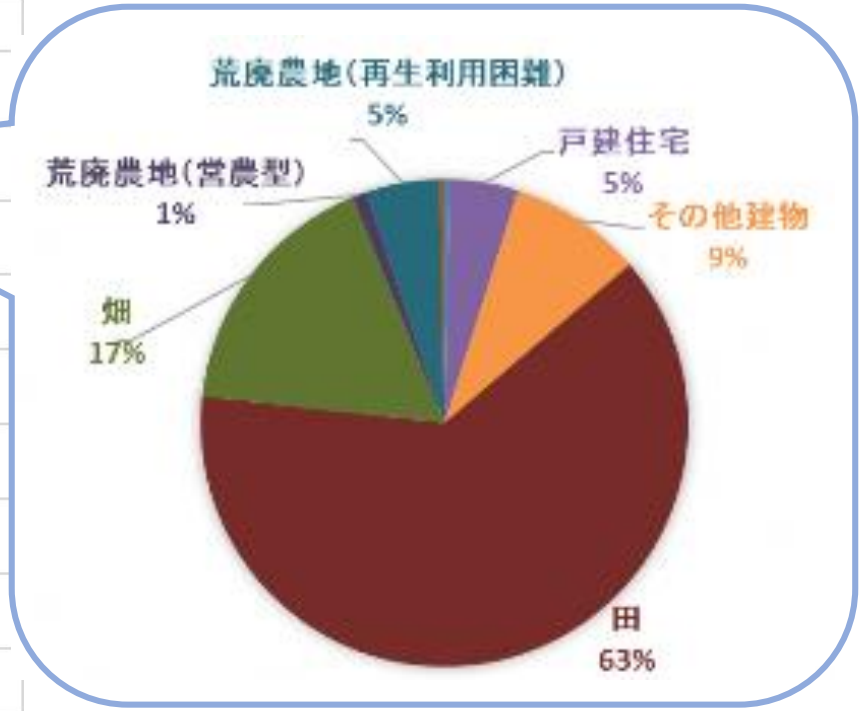


出典：REPOSマニュアル（環境省）

全体結果:発電ポテンシャル

- 発電ポテンシャルの総量は822,427MWh/年です。　（洋上風力発電は含まない）
  - 年間電気使用量の約25倍に相当します
  - 発電ポテンシャルの約70％が太陽光発電、その63％を田、17％を畑におけるソーラーシェアリング※が占めています
  - 現在の年間電力需要を満たす発電量を得るには、たとえば「営農中の田・畑の各５％、荒廃農地（利用困難）の50％に太陽光発電設備を設置する」ことでまかなえます





出典：REPOS掲載データより作成

ソーラーシェアリング

農地の上に架台を立て、その上にソーラーパネルを置いて発電します。

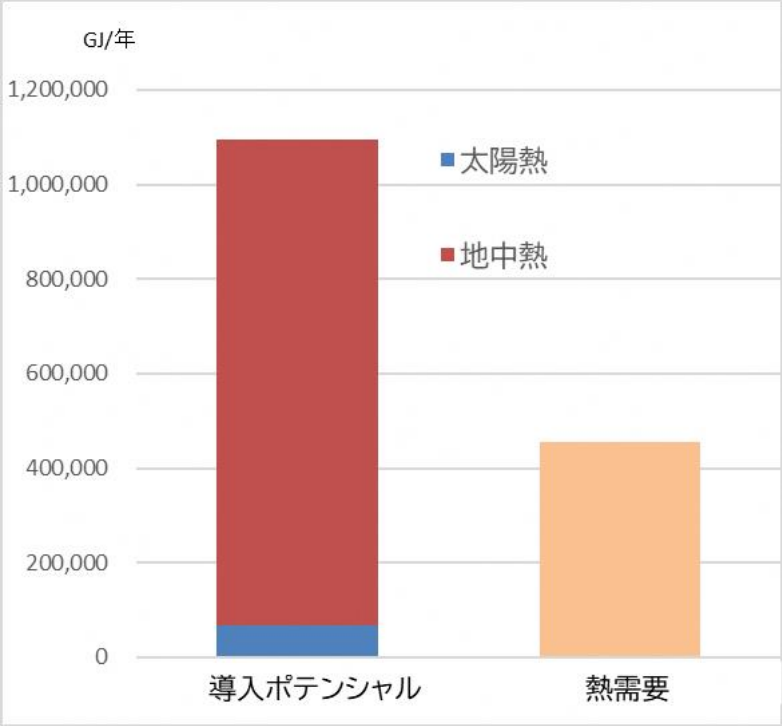
パネルの下で栽培する作物が必要とする太陽光が届くように、パネルの間隔・傾斜を調整します。（REPOSでは遮光率30％として計算されています）

水稲を含む様々な作物で実践されています。

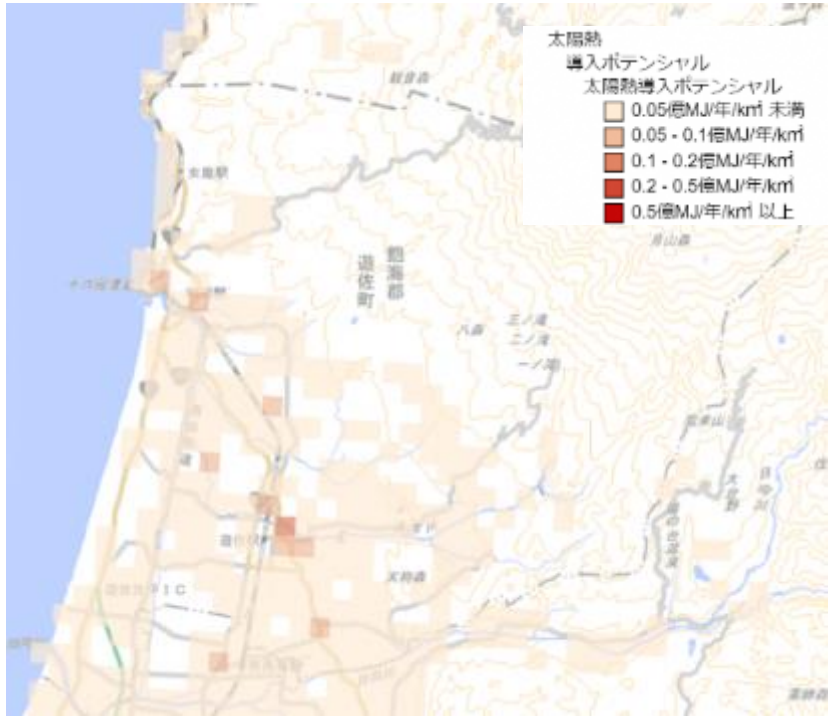
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/attach/pdf/einou-26.pdf

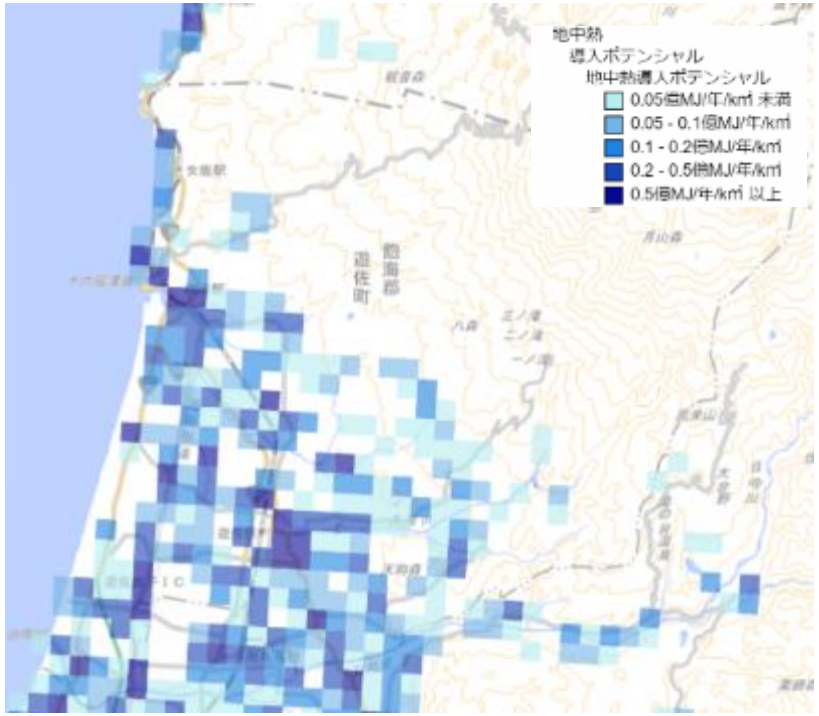
全体結果:熱利用ポテンシャル

- 熱利用ポテンシャルは1,095,853GJ/年です。
  - 年間熱需要の2.4倍に相当します。
  - 電気に比して需要量に対するポテンシャルが高くありませんが、家庭用機器の電化を進めることで全消費エネルギーにおける電気の割合を高めることで、再エネ電気でまかなえるエネルギー需要を拡大できると考えられます。



出典：REPOS掲載データより作成





出典：REPOS掲載データ

温室効果ガス吸収ポテンシャルの推計

- 森林吸収
- バイオ炭施用

温室効果ガスの「吸収」とは

- 地球温暖化を抑制するため、大気中の温室効果ガスを吸収し、比較的長期間にわたり固定することが有効です。そのフィールドになるのが「吸収源」です。温室効果ガスの吸収源としては、次のようなものがあります。

①森林

森林の適切な管理により成長した材積量での炭素貯留。

②農地におけるバイオ炭施用

鉱質土壌の農地・採草放牧地に難分解性のバイオ炭を施用することによる炭素貯留。

③農地における堆肥・稲わらの施用

農地に投入した有機物のうち、分解されにくい状態の腐食物質となった分をカウントするもの。ただし、一部は大気放出＝発生源となる。

- 遊佐町ではすでに堆肥・稲わらを活用した農法が広く行われており、追加的な実施が多くは見込めないと判断し、今回は**①森林**と**②農地におけるバイオ炭施用**を対象としました。

森林吸収量推計の手法

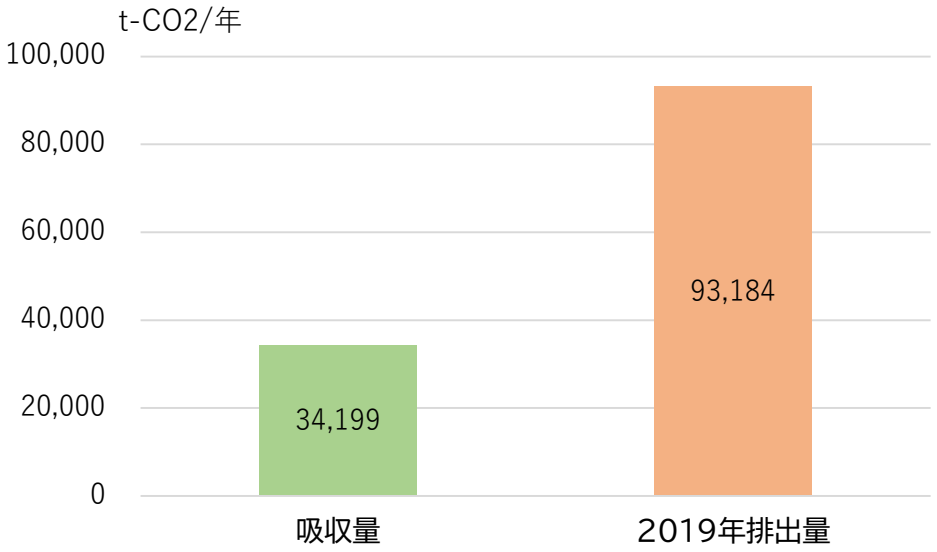
- 森林での吸収量＝町全体の森林が適切に経営・管理された場合、１年間に成長する材（㎥）が吸収するＣＯ$_2$の量とします。

町全体森林年間ＣＯ$_2$吸収量（t-ＣＯ$_2$/年）
＝ 町内全体の森林の<u>年間幹成長量(㎥/年)</u>
× 拡大係数 × （１＋地下部比率）
× 容積密度（t/㎥）
× 炭素含有率×ＣＯ$_2$換算係数（12/44）
※年間幹成長量は県が作成する森林簿から入手

民有林（公有林含む）の吸収量は

約34,000 t -CO_2／年

（2019年排出量の37％に相当）



バイオ炭施用による吸収量推計の手法

- バイオ炭とは「燃焼しない水準に管理された酸素濃度の下、350°C超の温度でバイオマスを加熱して作られる固形物（2019年改良IPCCガイドラインによる）」のことです。
- Jクレジット制度において算定対象となるバイオ炭の種類は、**木竹由来の「白炭、黒炭、竹炭、粉炭、オガ炭**※」の５種と、これ以外を原料とするその他のバイオ炭として次のものが特定されています。
  - 家畜ふん尿由来（鶏ふん炭など）
  - 草本由来
  - もみ殻・稲わら由来（もみ殻くん炭など）
  - 木の実由来
  - 製紙汚泥・下水汚泥由来　※オガ炭は、鋸屑・樹皮を原料としたオガライトを炭化したもの

出典：農林水産省「バイオ炭の農地施用を対象とした方法論について」

炭素貯留量

＝プロジェクト実施後のＣＯ$_2$貯留量(A) －プロジェクト実施によるＣＯ$_2$排出量(B)

Ａ：プロジェクト実施後のＣＯ$_2$貯留量

＝土壌に投入されたバイオ炭の量（ｔ）×炭素含有率×100年後の炭素残存率※×44/12

Ｂ：プロジェクト実施によるＣＯ$_2$排出量

＝バイオ炭原料及びバイオ炭の運搬、バイオ炭製造に伴って排出されるＣＯ$_2$

※種類ごとに規定

バイオ炭施用による吸収量推計の手法

- 今回は**「もみ殻くん炭の施用」**を想定してポテンシャルを推計しました。プロジェクトの概要は以下のように設定しました。
  - 町内の水稲栽培で生じるもみ殻を原料とするくん炭を製造し、土壌改良材として水田に施用する。
  - くん炭製造はＪＡのカントリーエレベーター、ライスセンター（町内３施設）の敷地内にて行い、施設周辺の圃場に散布することで、原料・製品運搬にかかるCO_2排出を抑制する。
  - 水稲収穫量のうち半分が上記施設で扱われ、このうち70％が未利用であると仮定して、もみ殻賦存量（最大供給量）を推計する 。
  - エスケイ工業社製もみ殻くん炭機「スミちゃんD2型」 を導入するとして、もみ殻くん炭の製造量を想定する。
  - 水田への施用量は文献より29ｔ／haとし 、散布可能面積を確認する。
- 上記の仮定に基づき、導入を仮定したくん炭機の処理能力を考慮して、**①各施設で供給可能量の半分のみを扱うケース（１基導入）**、**②供給可能量の全量を扱うケース（2基導入）** の２パターンで、炭素貯留量を推計しました。

バイオ炭施用による吸収量推計の結果

- 上記に従って推計した結果、３施設の合計で
  ①供給可能量の半分のみを扱うケース
  （１基導入）　➡**215t-CO_2／年**
  ②供給可能量の全量を扱うケース
  （2基導入）　➡**430t-CO_2／年**

が固定できることが明らかになりました。

- ただし、上記推計結果はあくまで今回想定した「水稲収穫量のうち半分が3施設で取り扱われ、もみ殻発生量の70％は未利用」を前提とした賦存量がベースとなっています。３施設における取扱量やもみ殻の利用状況を精査した上で、より現実に近い吸収ポテンシャルを推計する必要があります。

くん炭製造量　＝水稲収穫量×32.3％（もみ殻発生率）
×50％（３施設取扱率）　×70％（未利用率）
×0.1（かさ比重）　×0.33（歩留率）　÷３（施設数）

	単位	①半量利用（１基導入）	②全量利用（２基導入）
くん炭使用量（容積）	㎥/年	808	1,616
くん炭使用量（重量）	t /年	65	131
炭素含有率		0.49	0.49
100年後残存率		0.65	0.65
換算係数		3.67	3.67
D）1年あたり固定量	t－CO_2	76	153
消費電力量	kWh/年	10,150	20,300
E）製造時排出量	t－CO_2	5	10
F）1年あたり差し引き固定量	t－CO_2	72	143
３施設合計	t－CO_2	**215**	**430**

ゼロカーボンの可能性検討

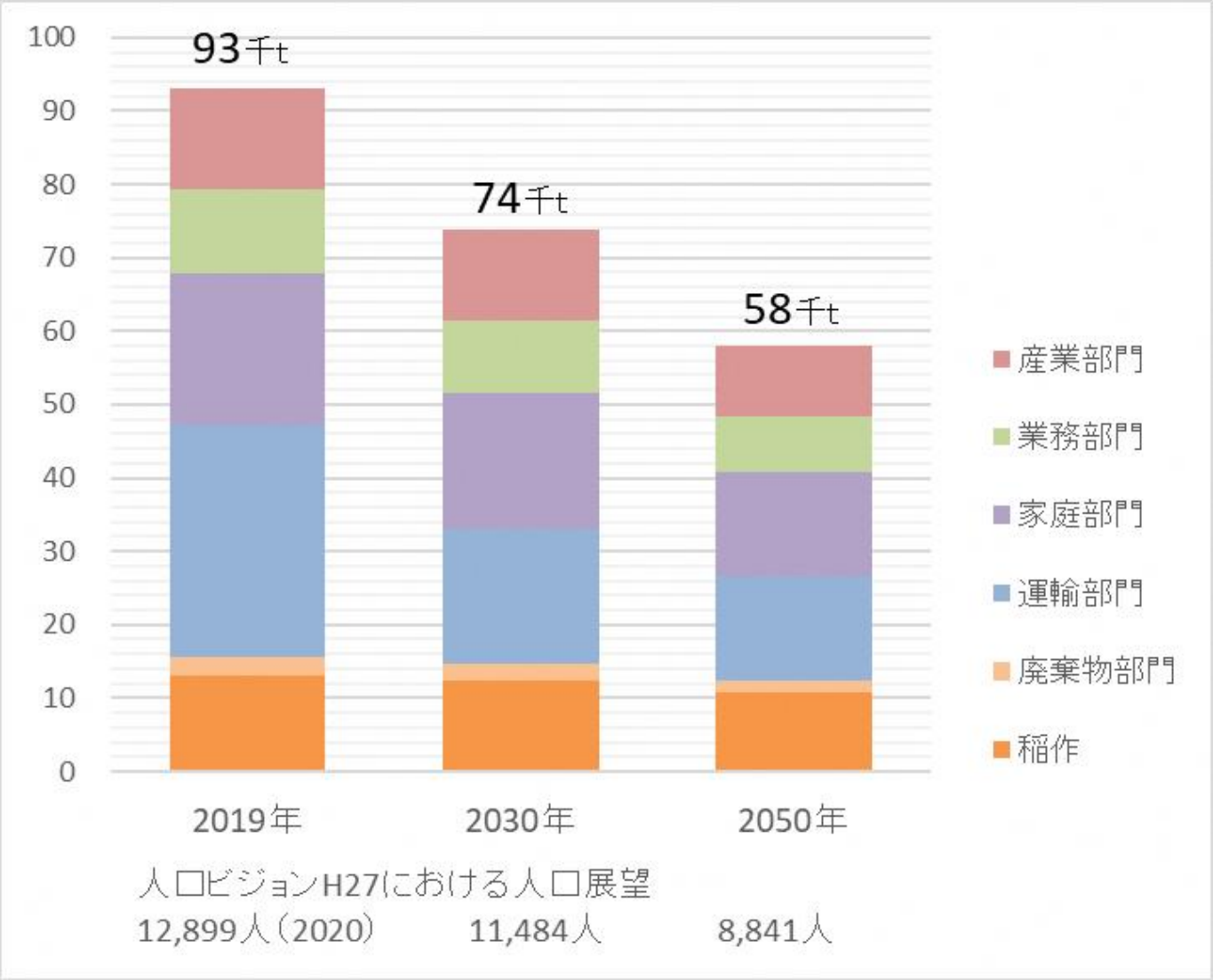
- 現状趨勢（BAU）ケースの排出量
- ゼロカーボンの方向性

現状趨勢(BAU)ケースの排出量推計

- BAU 排出量は推計可能な直近年度（現状年度）の温室効果ガス排出量に対して、**活動量**のみが変化すると仮定して推計するものです。つまり、特段の排出削減対策を取らない場合に見込まれる、自然に推移した場合の将来の排出量と言えます。
- ここでは、人口減少に伴うエネルギー消費量等の削減を見込んで推計しました。
  - ✓ 産業～廃棄物部門：町人口ビジョン(H27)における将来展望
  - ✓ 稲作：社人研推計による日本の将来推計人口

- 2030年：**73,928t－CO_2**（基準年比79.3%）
- 2050年：**57,982t－CO_2**（基準年比62.2%）

➡人口減により2050年までに38%が削減



電気:熱割合を考慮した見たゼロカーボンの可能性

- エネルギー消費統計（市町村エネルギー需給データベースより）の最終エネルギー消費全体における電気：熱の割合は、**電気21%**、**熱79%**です。
- BAUの温室効果ガス削減率（－38%）を乗じると、2050年のエネルギー消費は**電気83TJ**、**熱314TJ**です。

- 再生可能エネルギーのうち、ポテンシャルの高い太陽光発電と、熱需要を満たすように太陽熱・地中熱を導入することとして、それぞれの導入状況を右の３パターン設定します。

高位導入ケース：　2050年のエネルギー需要を再生可能エネルギーでまかなうことが可能

中位導入ケース：　2050年のエネルギー需要を満たすことはできないが、エネルギー消費量を40%程度削減すればまかなうことができる水準

	太陽光発電	太陽熱・地中熱	2050年需要の充足率
下位導入ケース	田・畑　各1% 荒廃農地(耕作不可)10% 47TJ(12,924MWh)	太陽熱5% 地中熱5% 55TJ	26%
中位導入ケース	田・畑　各5% 荒廃農地(耕作不可)20% 179T(49,833MWh)	太陽熱20% 地中熱10% 116TJ	74%
高位導入ケース	田・畑　各5% 荒廃農地(耕作不可)50% 233T(64,622MWh)	太陽熱30% 地中熱30% 329TJ	141%

※導入量の「%」は、設置可能面積ではなく、ポテンシャルに対する割合です

吸収源対策を加味したゼロカーボンの可能性

- 再生可能エネルギーの中位／高位導入ケースに、それぞれ下記の水準で吸収源対策を追加します。

  高位導入ケース：森林整備を30％実施、バイオ炭製造を各施設２基

  中位導入ケース：森林整備を10％実施、バイオ炭製造を各施設１基

- 2050年BAUの温室効果ガス排出量は58千ｔ－CO_2です。

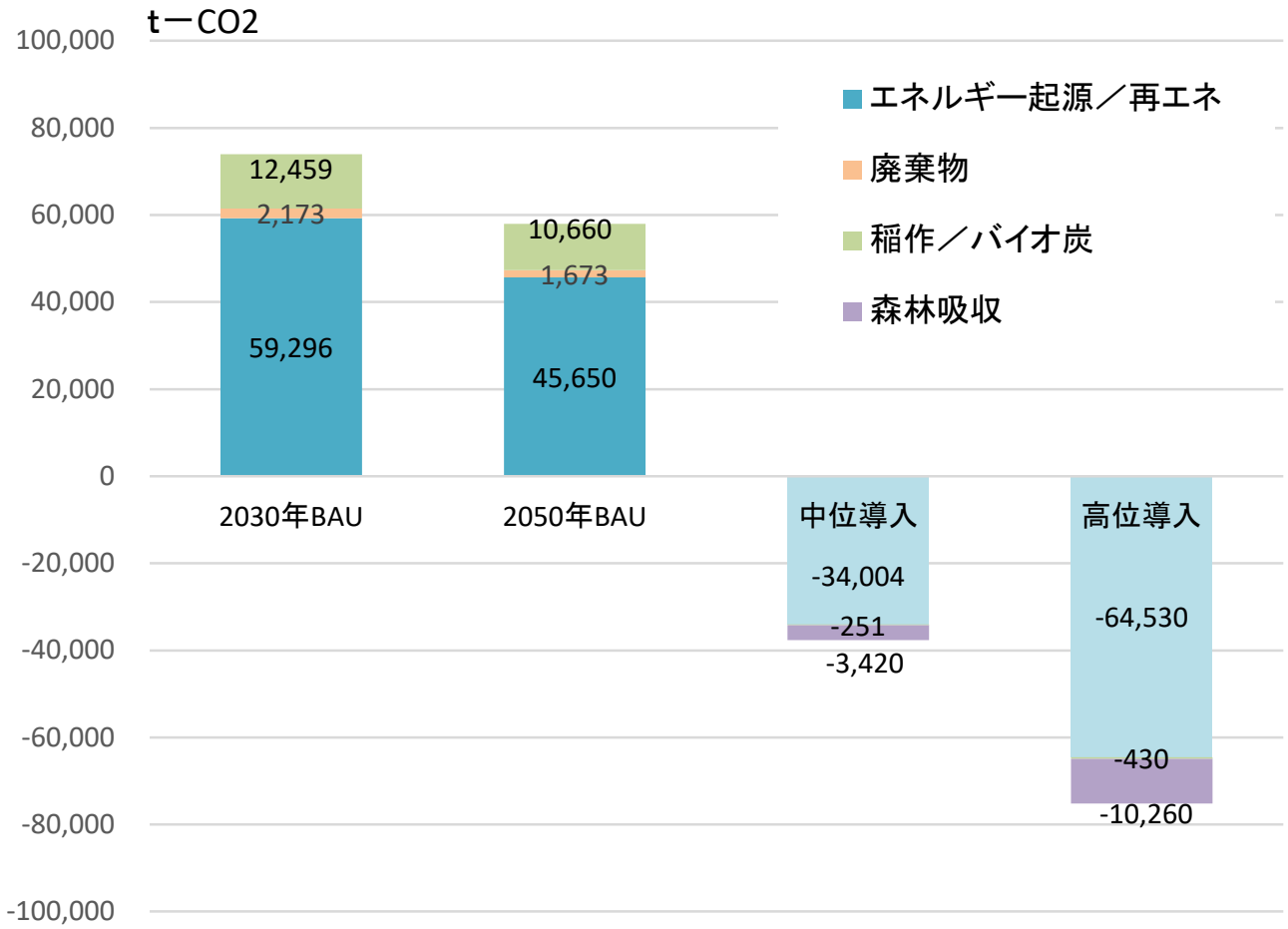
各ケースの温室効果ガス排出量

高位導入ケース：　△17,238 t －CO_2

➡ゼロカーボンを130％達成

中位導入ケース：　20,308 t－CO_2

➡ゼロカーボンまであと35％



ゼロカーボンシナリオの考え方

- 人口減少率から想定される2050年排出量は、マイナス38％（2019年比）です。
  - ✓ 再エネのうちポテンシャルの高い太陽光発電を中心に導入することとして、**田・畑5％（営農型）、荒廃農地20％または50％（地上型）**で2050年電力需要の100％以上をカバー
  - ✓ **太陽熱・地中熱の30％**を導入することで熱需要もカバー、**再エネ100％が達成できます**
- 給湯および暖房と自動車の電化、家庭での省エネを進展させることで、再生可能エネルギーの電気の用途を拡大することが有効です。

- 吸収ポテンシャルは現排出量の37％程度であり、上記の再生可能エネルギーポテンシャルから見れば（数字上は）追加的な吸収源対策は不要と言えます。
- 吸収量確保のためには林道整備等のため多額のコストがかかることや、林地における境界特定の難しさ、バイオ炭施用については先行例が少なさや製造時の安全管理など様々な課題があります。
- 一方で、森林整備による水源涵養・防災対策、未利用材の燃料化の可能性、環境保全型農業の更なる価値づけなど、多様なメリットも期待できます。ゼロカーボンの達成とあわせて、**地域社会・経済の持続性向上の観点から**、吸収源対策の事業化についてもさらなる検討の必要があります。