

鹿児島県大島郡龍郷町

則敏光 副町長様

奄美大島におけるバイオマス発電の検討結果
「焼酎のおくりもの」

2025 年 4 月

内田技術事務所 内田聡

注) 本報告書は龍郷町のご協力のもとに 2022 年 11 月から 2024 年 1 月まで三菱重工
パワーインダストリー（株）と共同で実施した「奄美大島本島でのバイオマス発電の
可能性」の調査結果をまとめたものである。

焼酎のおくりもの

2025 年 4 月

内田技術事務所 内田 聡

1. はじめに

鹿児島空港を出発し 1 時間も経つと、飛行機の窓からマリンブルーのサンゴ礁に囲まれた島が目に入ってきた。奄美大島だ。沖縄本島に比べ島の大きさは 6 割ほどだが、人口は沖縄本島が 130 万人なのに対して 6 万人弱しかいない。ダイビング以外の観光施設も少ないこともあり島全体として海も山も自然が昔の儘維持されている範囲が大きい。アマミノクロウサギや島固有のカエルなど奄美大島は学術上貴重な動植物が多数生息している。



奄美住用川のマングローブ

この自然を将来に伝承するためにも 2021 年 7 月 26 日に「奄美大島、徳之島、沖縄島北部及び西表島」が世界自然遺産に登録された。一方、島に多数生息するハブによる咬傷事故を減らすため 1979 年に導入されたマングースは、実際は夜行性と昼行性の違いからハブ対策にはほとんど効果が無かった。一時、クロウサギなどの固有種の捕食者となり大繁殖したが、地道な努力により昨年絶滅宣言が発せられた。ハブは人には有害だが、山を無益な開発から守るという自然保護には一定の効果があったと考えられる。

奄美群島は第二次世界大戦後アメリカ軍政下にあったが、昭和 28 年 12 月 25 日にアメリカ政府より沖縄返還の前に群島民へのクリスマス プレゼントとして日本に返還された。令和 5 年には、日本復帰 70 周年の節目を迎えた。

西南諸島の地政学的な対応から自衛隊の駐屯が始まったが島内の人口減少は進み、島と



龍郷町のハートロック

して自立型発展を目指す試みが行われている。環境文化型国立公園 や世界自然遺産としての自然環境や歴史、文化の独自性の保全・継承を行い、持続可能な観光産業を中心とした社会づくりを目指す努力が進められている。

奄美大島は観光業を中心とした第三次産業が主体だが、第一次産業として特産のサ

トウキビの栽培、肉牛を中心とした畜産業また近年作る漁業としてマグロの養殖が盛んに行われている。それらの産業、特に奄美大島名産の黒糖焼酎を製造する過程で多量に発生する焼酎粕をメタン発酵発電に有効活用にできないか三菱重工パワーインダストリー株式会社(以下 IDS、あるいは当社)は奄美大島の一つの町の龍郷町より相談を受けた。小生はIDSの当時の社長だった牧浦秀治氏の依頼によりIDSでの新エネルギー関連の仕事の助勢を行っていたため、このメタン発酵発電の試設計を行い、離島での成立有無を検討した。

2. 奄美大島と発電設備

前述の通り世界自然遺産に登録された奄美大島は、西郷隆盛が幕府からの追及を逃れるために身を隠した島として知られている。実際今回の仕事の場所は奄美大島の北部に位置する龍郷町だが、ここには西郷隆盛が現地で結ばれた愛加那と3年間過ごした木造家屋が復元されている。西郷隆盛は西南戦争の士族側の盟主として人気も高いが、奄美大島に妻と二人の子供を残して島を去った過去を知っている人は少ないかもしれない。残された一人の息子の菊次郎は後の京都市長になったのだから、西郷隆盛の奄美大島での生活は優れた子孫と島での観光インフラ創造には貢献したのかもしれない。

話はそれだが、奄美大島空港から龍郷町までは風光明媚な道を30分ドライブして到着する。町の入口に白煙(ミスト主体と思う)をもうもうと吐き出している60000kWのディーゼル発電所(大島全体の約2/3の発電容量)がいきなりお迎えしてくれる。外観もおせいじにも奇麗とは言えず、自然との共生を謳う奄美大島には似合わない設備と見受けられた。

再エネ発電は水力の新住用川発電所3,000kWと名音川発電所370kWを除く13,473kWのほとんどが太陽光発電で、風力は2009年に運開した奄美大島風力発電所の1,990kWだけで、バイオマス発電は今年運開した名瀬浄化センターの125kWだけである。奄美大島は山の敷地面積が多い島であり、山にはハブが生息しかつ世界遺産にも登録されたこともあり、山林の伐採は闊達ではない。そのため、本土に多い未利用材を利用したバイオマス発電所は立地してないし、今後も立地は困難である。過去に製材工場があり本土にも輸送していたが現在では運営されてなく、一般木質バイオマスに利用する加工廃材の供給もない。

奄美大島は亜熱帯の気候でもあり太陽光発電の設置に適していて、大型ではティーンダ(沖縄方言で太陽と言いう意味)発電所1,400kWが運用中。建物の屋根に設置された設備と併せて合計11,358kWが接続済みである。島内の発電を担っている九州送配電会社は太陽光発電の接続募集を実施中だが、周波数維持のため需給関係の調整が必要な場合は太陽光発電の出力制限を依頼する出力制限ルールを適用している。九州送配電会社は竜郷発電所内に蓄電池を設置して再エネによる出力擾乱の影響を低減する試験を実施中である。

風力発電は奄美大島ゴルフコースに設置済みの 1,990kW だけで、大型の風車は風速変化時の系統に与える影響も大きくかつ台風銀座という自然環境での対応の難しさもあり進んでいない。

以上の状況下、島内のバイオマス廃棄物でメタン発酵発電を行って、残渣分はリサイクルするというシステムは、再エネではあるが負荷変化(周波数対応)にも対応でき、発電系統に優しく自然と共生した方式と考えられ、試設計をスタートした。

3. 奄美大島の産業と黒糖焼酎

奄美大島は観光業を中心とした第三次産業が主体だが、第一次産業として特産のサトウキビの栽培、肉牛を中心とした畜産業また近年作る漁業としてマグロの養殖が盛んに行われている。

表 1. 人口（令和 2 年人口国勢調査）

市町村	奄美市	大和市	宇検村	瀬戸内町	龍郷町	合計
人口	41,390	1,364	1,621	8,546	5,817	58,738
割合	70.5	2.3	2.8	14.5	9.9	100

奄美群島の人口は令和 2 年国勢調査では 104,281 人

表 2. 農業産出額（令和 3 年度統計(単位 百万円)）

野菜	サトウキビ	花き	果樹	肉牛	豚	鶏	その他	合計
292	665	21	656	782	52	199	15	2,682

奄美諸島名産の黒糖焼酎は米、米麴、米酵母にサトウキビから抽出した黒糖を混入させて発酵させた蒸留酒で、奄美諸島でのみ生産できる特産品である。日本の酒税法では製造時に黒糖を混ぜると“リキュール”扱いとなり税率がアップするが、本土復帰したときに島の産業を維持するため国税庁の“米麴を使用することを条件に黒糖焼酎としての製造を認める”との扱いとなり奄美諸島だけで製造が許されている経緯がある。黒糖焼酎の製造過程を図 1 に示す。黒糖焼酎だからと言って黒糖だけ使用する訳でなく、米（タイ米が主流）を麴菌で一次発酵させた米麴に黒糖溶液を入れてゆっくり発酵させ、蒸留して完成となる。

蒸留過程には常圧蒸留と低圧蒸留の二つがある。前者は製品の焼酎の香りが強く、いわゆるおやじ向けの酒となる。後者は無色透明の焼酎になり女性でもロックなどで好んで飲まれるようだ。この低圧蒸留ができるようになり販路が日本各地に広がったようだ。東京

のスーパーでも“れんと”や“里の曙”が陳列されている。一方、常圧蒸留酒はなかなか東京ではお目にかけられない。常圧蒸留酒である“長雲山田川”や方言で“おやじ”を意味する徳之島で生産される“あじゃ”が我々にはおいしく感じる。是非ネットで探してください。

奄美大島には奄美市に 6 酒造所、龍郷町に 3 酒造所、宇検村に 1 酒造所が存在する。龍郷町の 3 酒造所から焼酎粕は、年間 2000 トン発生することがわかった。焼酎の製造はサトウキビの生育期間に左右され、夏の 5 月から 8 月までは焼酎の製造は行わず、9 月から 4 月までが焼酎の製造期間である。従い、設備容量は年間のばらつきを考慮して計画しなくてはならない。

島内で採取される各種焼酎粕のメタン化試験を実施したが、排出される焼酎粕は蒸留方法によってメタン化特性が異なる。最もメタン化性能が良い焼酎粕は常圧蒸留したもので、“おやじ”が好きな焼酎は“女性”好みの焼酎より燃料として性能が良いことになる。

製造時に大量に排出される焼酎粕(龍郷町内焼酎製造会社で年間 2,000 トン)は、一部肥料としてサトウキビ畑に散布しているが、その処理に困っているのが実情である。焼酎粕のメタン発酵発電は宮崎県の霧島酒造でサツマイモを原料として運用中であるが、黒糖焼酎では実績がない。

この焼酎粕を原材料として使用したメタン発酵発電プラントを奄美大島に導入し運用することを目的とした調査及び詳細検討と導入可能性評価を行うことになった。試設計は鹿児島県 GX 推進再エネ支援事業の一環として行った。なお黒糖焼酎は奄美諸島の特産品であり、その副産物である焼酎粕を再生可能エネルギー発電の原材料として使用すれば、2050 年カーボンニュートラルに向けた島独自の手法となる。これにより、エネルギーの地産地消を実現可能である。

図 1 に奄美大島のサトウキビを中心とした島内グリーンリサイクルシステムを示す。焼酎の発酵後に廃棄される焼酎粕に加え、それ以外の廃棄物として糖분을絞った後のサトウキビ廃棄物のバガス、黒糖を精製時に廃棄される黒糖不純物、牛糞、污泥更にマクロ養殖で廃棄されるマクロ残渣物がある。これらをバイオガス発生装置のバイオリアクターで発酵させ、ガスはガスエンジンで発電に使いリアクターからの廃棄物は脱水して堆肥化やそのままサトウキビ畑や農地に肥料として散布すれば、島内主要産業内でのリサイクルシステムが完成する。はやりの自然との共生が確立し、グリーンサイクルの“ショーケース”として国内外にアピールできると考えた。

サトウキビを中心とした島内グリーンリサイクルシステム（GRS）

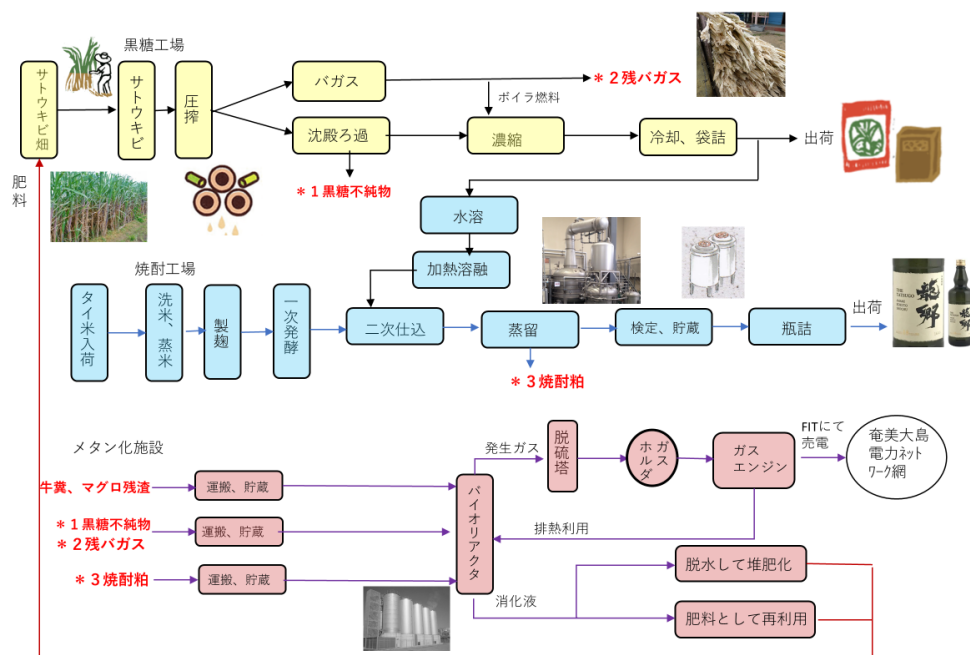


図 1. サトウキビを中心とした島内リサイクルシステム

4. メタン化施設試設計

有機廃棄物を原料としたメタン発酵発電プラントの計画は原料のメタン化特性を知ることが重要かつ最初のステップとなる。まず、原料ごとのメタンガス発生特性を把握する試験（3週間程度の短期ラボ試験）を行い、原料として採用できる目処が立ったら必要により長期ラボ試験（4か月程度の連続試験）を実施し実機設計のための各種データを取得する。

今回試設計の肝は初めてメタン化する焼酎粕や補助原料としての牛糞、バガス、マグロ残渣物のメタン化特性を把握する試験を実施し、工業的に成立することをまず確認することであった。幸い試験実施結果（龍郷町の予算も充当し株式会社バイオガ斯拉ボで試験を実施）ではそれぞれの原料で特性は異なるがメタン化設備の原料として特性的には使用可能の目処が得られた。

但し、調査を進めていくうちに、焼酎粕以外の原料候補である牛糞は肥料としてのニーズや龍郷町内で堆肥センタの原料として採用が既に決まっていること、バガスは製糖工場の燃料として再利用されているが残った量も堆肥原料や牛の飼育の敷き藁として既に利用

先が決まっていること、マグロ残渣物は龍郷町の大島の反対側の宇検村からの移送の問題などで使用が困難なことが判明し、結局原料が焼酎粕一本となった。

因みに豚糞と牛糞並びにマグロ養殖場の現地調査も実施した。奄美大島では牛を生まれてから1年程度育ててから、本土に移送して各地ブランド牛として育てている。奄美大島で生まれた子牛が移送先で立派に育った親牛を我々は戴いているのである。隣の徳之島では闘牛場もあり島の名物となっている。奄美大島の牛舎は優しい母子牛が静かに育つ環境を維持していた。

牛糞はメタン発酵性能が良いと思っていたが、牛は草食性飼料を食べた後にお腹の中で発酵させ、口からメタンが排出される。また、でんぷん質などの栄養分は体に取り込まれるため牛糞はいわばカスであり、メタンを発生させる能力が十分ないことが思い知らされた。牛糞は手で触れるが豚糞は触るのが躊躇された。

メタン発酵設備では原料が得られてもいきなりメタンが発生できない。なぜなら最初の立ち上げ時には反応容器内にメタンを発酵させるための汚泥（種汚泥）が必要で、今回のケースではその量は300m³必要と計算された。幸い奄美市に汚泥処理センタ（名瀬浄化センタ）が稼働していて、そこから排出される消化液（反応容器からの排出液。原料量とほぼ等量）を導入することで可能なことがわかった。もし得られない場合は本土からわざわざ船で移送するという、経済的にも厳しい計画を採用せざるを得なかった。この点では奄美大島には地の利があった。種汚泥に原料を入れて反応を維持し、ある程度の時間がたつと、反応容器内のメタン菌はその土地と原料に合った菌に育っていく。まさに自然環境の力である。

島で得られる焼酎粕のメタン化試験により設備の仕様が決まり、発電容量30kWの施設の試設計が完成した。焼酎粕とほぼ同量排出されるメタン抽出後の消化液は肥料としてサトウキビ畑に散布できるが、消化液が得られる時期とサトウキビ畑で散布が必要な時期のマッチングが必ずしも同時にならないため、消化液からの固形分は汚泥として回収し堆肥化する設備を考慮した。環境規制値をクリアした排水処理後の消化液は近隣の川へ放出する計画とした。

配置図案を図2に示す。約40m x 30mの敷地に配置される計画となる。奄美大島のどこに配置できるか検討した。特に奄美大島では景観法の考慮が必要である。景観法は「我が国の良好な景観の形成を促進するために」平成16年に策定されたもので、自然景観が豊かな場所に景観を毀損する構造物や建設物の設置に制限をかけるものである。特に世界自然遺産に指定されている奄美大島では多様な生態系と共に自然と深くかかわりながら形成された人々の暮らしや文化を価値ある資源として後世に引き継ぐために奄美市は景観法に

基づく景観行政団体に移行した。奄美市は「奄美市景観計画」を策定し良好な景観の保全、活用、育成を図ることを目的としている。基本方針である「建設物及び工作物の配置、規模、形態意匠などについて地域全体として調和のとれたものとなるよう努める」ことを尊重しなくてはならない。指定場所から外れる場合でも前記趣旨を尊重し計画する必要がある。

島内設置場所としては最大の焼酎工場近傍が最も適切であることが判明した。規制的にも軽減されるし、人員の共用化並びに焼酎粕がパイプ移送で可能で、余計な費用が必要なく経済的にも優れていることになる。

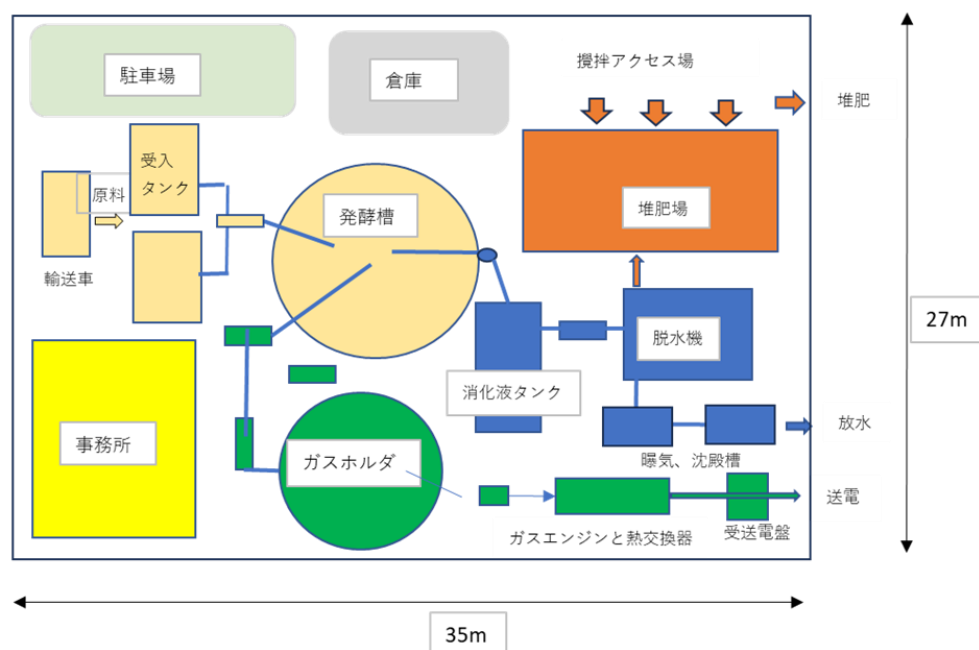


図2 30kWバイオマス発電設備の機器配置

5. 補助金対応

国、県の補助事業の目的は次の3つに分類され、各省庁、県が応募した案件について計画した支援事業の趣旨に合致するかを判断して交付金を助成している。

- 温室効果ガス削減
- 有機農業促進（含む化学肥料削減）
- レジリエンス強化

脱炭素事業を奄美大島で広げるためには他の事業と併せて総合的な観点の元、

「世界自然遺産と脱炭素戦略の共生」のキャッチフレーズを掲げ「脱炭素先行地域づ

くり事業」を纏めていくのが最も適していると考えます。選定されれば奄美大島内は財政指数が全国平均以下なので最大 3/4 の補助率が得られる。

- ・ 国は 2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言した。また 2021 年 4 月には 2030 年度に温室効果ガスを 2013 年度から 46%削減、更に 50%の高みに向け挑戦を続けることも表明。
- ・ 更に地域の魅力と質を向上させる地方創生に資する地域脱炭素の実現を目指し、特に 2030 年までに集中して行う取り組み施策を中心に工程と具体策を目指す「地域脱炭素ロードマップ」が策定され、100 か所の脱炭素先行地域で 2025 年度までに取組実施の道筋をつけ、2030 年度までに実行する「脱炭素ドミノ」のモデルとすることを決定。
- ・ 龍郷町殿は現在「地域脱炭素実現に向けた再エネの最大限導入のための計画づくり」を国の支援を得ながら実行中だが、現在検討中の「地元名産黒糖焼酎粕のメタン化並びに肥料化推進」も組み込み、脱炭素先行地域に認定されるよう計画していくことが望まれる。

レジリエンス強化のために、今回のメタン化発電設備を非常時にも有効活用できる設備として計画した。通常時は奄美の特産品黒糖焼酎粕で作ったクリーン電力を EV ステーション等に供給する。一方、地震や台風などの自然災害で送電システムを止めざるを得ない場合では、所内電源設備で災害時地域援助ステーションを立ち上げ地域住民や自治体に開放し、EV 充電を行える機能を付加する。(レジリエンス強化)

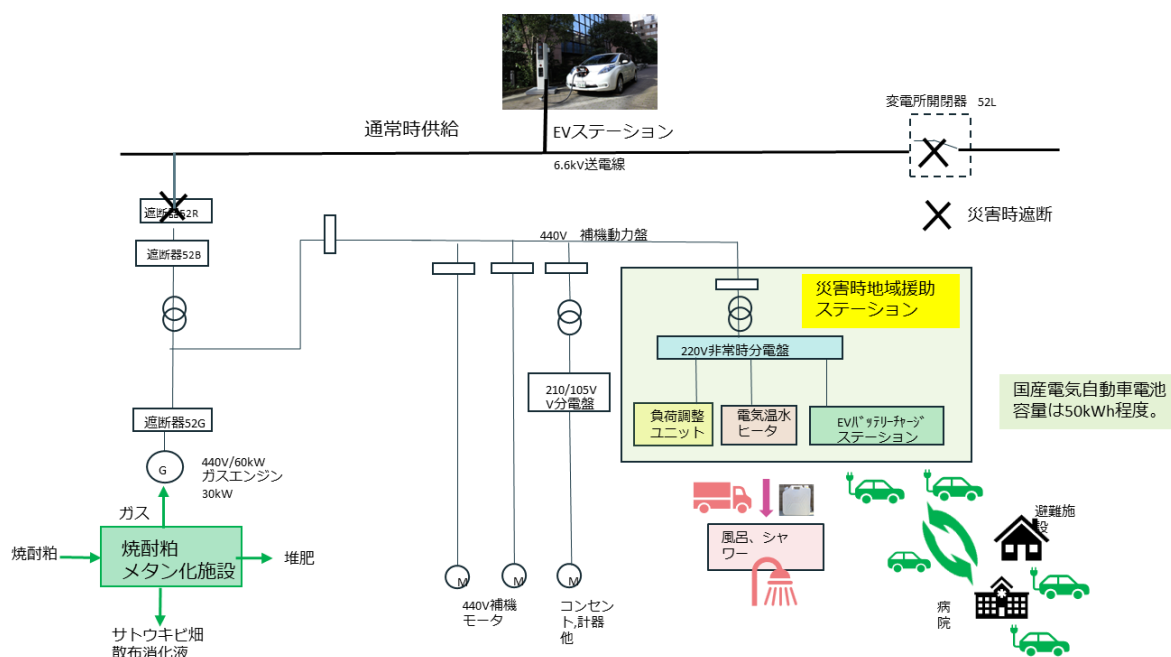


図3 レジリエンス強化 送電系統概念

充電済みの EV は避難施設などに配電車として活用可能とする。電気のウーバーイートである。また電気温水ヒータを準備し、タンク車やポリタンクに給水可能とする。発電所事務所の電灯、空調も使用可能として避難所として活用できる設備とする。これにより補助金取得の間口が広がると考えた。

6. 提案結果

検討条件

原料としての焼酎粕	2000 トン/年
設備費用	2/3 の国の補助金活用
発電容量	30kW
売電単価	25 円/kWh
消化液の肥料としての販売	無償配布

上記検討条件で経済性を検討したが、残念ながら発電容量（即ち原料）が少ないこともあり、補助金が得られたとしても経済的には成立しなかった。奄美大島内でのグリーンサイクルの確立や災害時の発電ステーションとして「世界自然遺産と脱炭素戦力の共生」を PR 項目として図ったが、残念ながら「焼酎のおくりもの」にはならなかった。

7. 最後に

筆者は、三菱重工在職時は一軸 700MW 級のガスタービンコンバインドサイクル発電所や、高さが 100m を超える 1000MW 級のタワー型石炭ボイラなど国内外の特に事業用の CO2 を多く発生する大型火力発電所を手掛けていた。

今回試設計する設備は 30kW という超小型再生エネルギー設備であった。また、三菱重工（含む MHPS）在職中は部下が多数いて、計算や図面は若手の担当だった。今回は今までとは全く違った観点により自分で計算、作図する取り組みが必要なため、一から頭をリフレッシュさせて事に当たれた。元々手作業は得意だったので若手に任すより早く、正確にできたかもしれないというのは、単なる自慢話にしかないでしょうが。

コンサルタントとして会社側担当の主任クラスと一緒に約 2 年間仕事をしたが、何とも言えない目からうろこの経験ができたことを追記する。

最後に鹿児島県龍郷町並びに各焼酎会社には各種ご配慮いただき心から感謝いたします。

以上

参考文献 牧浦秀治他 「離島・奄美大島本島でのバイオガス発電の考察」

産業機械誌、No887（2024 年 9 月号）

鹿児島県 GX 推進再エネ導入支援事業 令和 5 年度奄美大島報告書

執筆者略歴



内田 聡

1954 年	生まれ
1980 年	東京大学工学部修士課程修了（機械工学専攻） 三菱重工業（株）入社 原動機事業本部配属
2009 年	同 長崎造船所副所長
2013 年	同 執行役員 エンジニアリング 本部副本部長
2014 年	MHPS 常務取締役 エンジニアリング 本部長
2017 年	MHPS ヨーロッパ CEO
2021 年	内田技術事務所を設立

連絡先：uchida_engoffice_sdgs@yahoo.co.jp