

オーストラリア塩田の概況

野田 寧

Information on Australian Salt Farm

Yasushi NODA

1. はじめに

2004年10月9日から16日の日程で、オーストラリア塩田の視察を行った。本報告では、これらの塩田について得た情報を報告する。

2. ポート・ヘッドランド塩田 (Port Hedland Operations)

1) 塩田の沿革

①所在地

ポート・ヘッドランドは、オーストラリアの西北部(東経119度, 南緯20度)にあり, 日本までの距離は, 約5600 km, 人口は約15000人である(図1)。

②開発の歴史

米国のレスリーソルト社が, 日本に対する長期的安定かつ低廉な塩の供給を目的として, ポート・ヘッドランドに豪州政府の開発許可を得て1966年に着工, 1969年に完成した。1978年にレスリーソルト社を米国カーギル社が買収し, 1992年より名称もカーギルソルト社に変更された。2001年8月にカーギルソルト社からダンピア社が買い取り現在に至っており, その年間生産量は270万トンである。

【ダンピア社 (Dampier Salt Limited)】

ダンピア社(本社パース)は, 鉱物資源を主に扱っているリオ・ティント社(Rio Tinto, 株所有64.9%)傘下の塩事業会社で, ポート・ヘッドランド, ダンピア, レイク・マクレオド(Lake Macleod)の三つの塩田を所有している。その他の資本参加は, 丸紅(20.5%), 双日(10.1%), 伊藤忠(4.5%)である。海水を利用する天日塩田は, ポート・ヘッドランド塩田とダンピア塩田である。레이크・マクレオド塩田は, 海水由来の湖底に存在する岩塩(埋蔵量約60億トン)が溶解して湧き出るかん水を結晶池に流し込む方法で採掘している。この三つの塩田で, 710万トンを生産(2002年実績)している。

2) 塩田の気象条件

蒸発量 年平均3300 mm(冬4 mm/日, 夏25 mm/日)

雨量 年平均340 mm

気温 年平均26℃

風向き 南西

積み出し港から7 kmの地点に結晶池が存在する。塩田全体は広大な平坦地で, 蒸発池は高低差を利用して海水を導水する地形を必要とするため, 積出港から東へ約40 km離れている(図2)。周辺に存在する鉄鉱石の採掘場などの影響によると思われるが, 土は赤茶けた色をしている。

3) 蒸発池 (Concentration Ponds)

海水の調査は重金属のみ行うことがある。これは, 原料海水に対する調査ではなく, 苦汁排出に対する環境への影響を配慮した調査である。

蒸発池は, ポンド0からポンド8までの9つに分割され, 順番に海水が移送されて濃縮される。まず, 海水はポンド0の北側と西側に存在するポンプ(Intake Pump)によって蒸発池に導かれる。海水取水能力は1640 m³/分である。かん水は水深1 m程のポンド0からポンプ(Transfer Pump)によりポンド1へ移動する。このとき



図1 オーストラリアにおける塩田略図

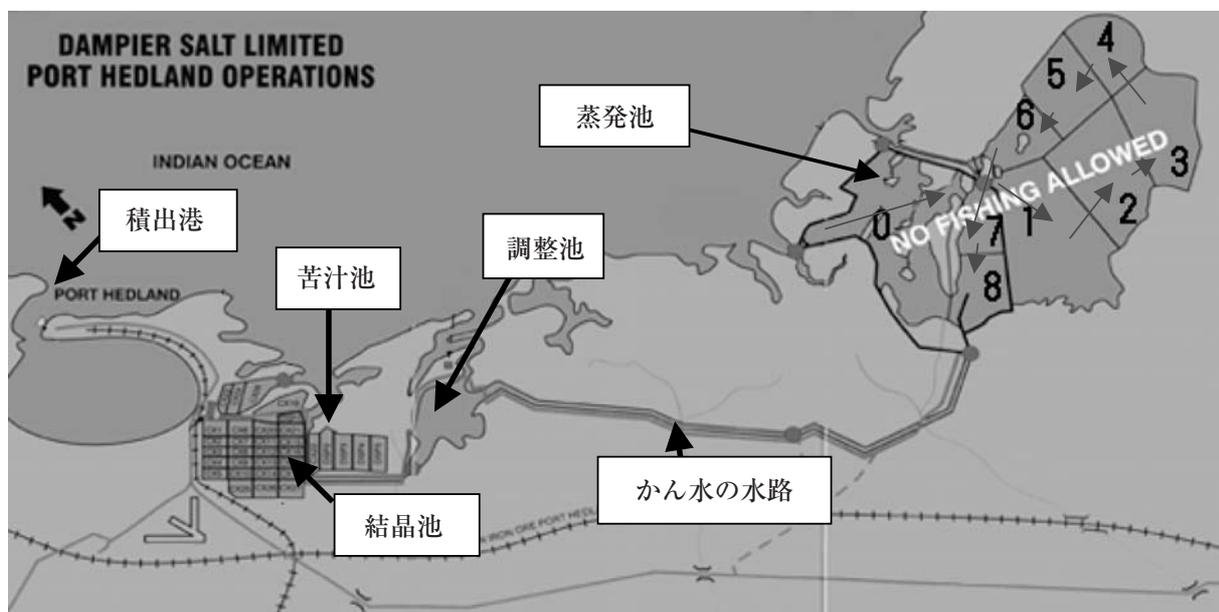


図2 ポート・ヘッドランド塩田の概要図

のボーメ度 (Baume) は約5程度である。ポンド1からポンド6、ポンド7から8までは地形の高低差を利用して流れる (ポンド6から7へはポンプ使用)。ポンド8でのボーメ度は約20である。蒸発池全体の大きさは7800 haである (各池平均700 ha)。石膏はポンド6付近から析出が起こる。滞留時間は平均で23日である。

蒸発池における調査は1週間に1回行われ、比重と温度、pHを測定している。ポンド0での取水海水の密度は、年平均1.031 kg/Lで、pHはおおよそ7.5~8.5で変化し、年平均8.0であった。また栄養塩は最終結晶品質にも影響を与えるので、蒸発池では魚 (ミルキーフィッシュ) により、藻類などの制御を行っている。魚によってスライムなどの除去を行い、好塩菌、栄養塩などを抑えている。

4) 調整池 (Pickle Pond)

ポンド8のかん水は約21 kmの水路 (Ditch) を介して結晶池の側にある調整池に運ばれる。水路には2箇所にポンプが設置されている。水路の底は石膏 (gypsum) により固められている。ポンド9と呼ばれる調整池ではかん水濃度を調整し、ポンプにより結晶池へ導入する。ポンプは2台設置され、その取水能力は6200~6800 m³/時であるが、常時1台を運転し、他の1台は流量調整やバックアップとして使用している。かん水のみでは塩類の析出が起きるため、常時海水を少量導入しながら運転する。ポンプの材質はステンレスで、翼部分はエポキシコーティングを行っている。

5) 結晶池 (Crystallizers)

ポート・ヘッドランドでは28区画の結晶池を使用している。各池の大きさは約36 haで、約2 mの堤防で区切

られ、全体で1030 haである。ボーメ度約25のかん水が50 cm程度の水深になるように導入される。水深が18 cm程度になるとボーメ度30.5程度になるので、苦汁として排出し、新たなかん水を導入する。基本的なかん水の濃度管理は密度 (1.25~1.26 kg/L) で行うが、2週間に1回、カルシウムとマグネシウムを測定し、確認している。

結晶池はベッドが30~100 cmであり、その上にフロアーが30cm程度ある。フロアーの上に結晶が50 cm程度できると採塩を行う。半年で約15~20 cmの採塩が可能となる。スクレーパー (Scraper) で掘り起こし、採塩機 (Hervester) で、50トン積みトレーラー3台に積載し、洗浄プラントへ輸送する。採塩は結晶池の外側から円を描くように行い、1回で15 cm程度採塩する。

6) 洗浄プラント (Washplant)

洗浄プラントに運搬された塩は、トレーラーの下部から高架道路の下のホッパーに排出される。スクリーンコンベアーではかん水により洗浄されながら次のベルトコンベアーに移動する。ベルトコンベアー上では、かん水と海水を噴射して洗浄を行う。かん水洗浄 (塩7万トンに対して40 kL使用) は、砂や石膏を洗い落とし、海水洗浄 (少量) は、マグネシウムなどの付着液の除去を中心に行う。洗浄用かん水は微粒で製品にならなかった塩を海水で溶解し、使用している。海水洗浄の基準はマグネシウム1%以下である。

7) 貯塩・搬出 (Stock Pile・Ship Loading)

洗浄された塩は隣接する貯塩場 (60万トン) に積み上げられ、数週間放置し、水分を除く。積出港までの距離は、約9 kmあるが、公共の道路 (舗装) を使用するの

で、92 t 積みトラックで運搬される。

積出港には20万トンの貯塩場がある。船積み速度は最大2100トン/時、干潮時の水深13.2mで7万トン級の船舶が接岸可能である。

8) 品質

洗浄前後と貯塩場(港)でサンプリングを行い、カルシウム、マグネシウム、水分、不溶解分を測定している。洗浄前後は1000トンごとに、貯塩場では400トンごとにサンプリングを行う。またサンプルをダンピア塩田の分析室に送ることもあり、硫酸塩、塩化物の分析を行う。

分析機器は、滴定装置、紫外可視吸光度計、原子吸光度計がある。必要な場合には、ダンピア社ダンピア塩田の分析室に設置されているイオンクロマトグラフィーを使用することもあるとのことであった。

ダンピア社では、3塩田の塩品質を同基準で制御しており、濃度範囲は、塩化ナトリウム96.5%以上、水分1.8~2.8%、カルシウム0.03~0.05%、マグネシウム0.02~0.03%、硫酸塩0.10~0.15%、カリウム0.01~0.02%、不溶解分0.01~0.03%である。

9) 苦汁

結晶池で使用されたかん水は別の結晶池へ移動せず苦汁池に移す。苦汁池は全部で6区画あるが、おおよそ半分は海へ排水される。海への排水には、海水面、波などの状況により諸規制がある。残りは、苦汁として売却、もしくは無償で街に提供し、競馬場などの埃抑制に使用される。

3. オンスロー塩田 (Onslow Salt Mine)

1) 塩田の沿革

①所在地

オンスローは、オーストラリアの西北部(パースから北へ約1000km)にあり、人口は約500人である。

②開発の歴史

オランダのアクゾ・ノーベル社が、アジア太平洋地区マーケットを狙い豪州ガルフホールディングス社と提携し1997年に着工した。1999年にサイクロン「Vance」の被害により完成が遅れた。2001年に最初の採塩が行われ、現在アクゾ・ノーベル社が92%の株式を所有している。年間の生産量は250万トン(2003年実績)である。

【アクゾ・ノーベル社 (Akzo Nobel)】

アクゾ・ノーベル社は、医薬品、コーティング、化成品を生産している企業で、塩事業は化成品部門に所属する。欧州には岩塩を利用した工場が3箇所存在する。天日塩田はオンスロー塩田のみである。

2) 塩田の気象条件

蒸発量 年平均3000 mm

気温 年平均26℃

風向き 南西

天然の地形を利用して開発されている塩田で(図3)、周辺には他の産業はない。積出港は自社専用のものである。

3) 蒸発池

海水、蒸発池については年に2回、重金属の調査を行っている。

蒸発池はポンド1からポンド5まで5分割されており、順番に海水が移送され濃縮される。まず、ポンプによって海水はポンド1へ導かれる。海水取水能力は720m³/分である。蒸発池は全部で5つあり、水深は1~1.5m程度である。ポンド1からポンド5へかん水は地形の高低差を利用して移動する。ポンド5では飽和かん水になる。蒸発池全体の大きさは7850haであり、石膏はポンド3付近から析出が起る。蒸発池の特徴は、ポンドを仕切る堤防高さが5~6mもある。これはサイクロンへの対策で、100年間の気象データを基に設計され、他の塩田では見られない特徴である。

蒸発池の調査として1週間に1回、比重と塩分濃度(PSU)、pHを測定する。まれに塩化物、臭化物、カルシウム、マグネシウムを測定する。また、栄養塩は蒸発池内で魚(ミルキーフィッシュ)により対策をしているが、魚量を制御するなどの生物的な制御は行っていない。

4) 調整池

ポンド5のかん水は、調整池へポンプで移送する。ポンプ内では海水を少量混合して運転を行っている(図4)。使用されているポンプ3台の材質は鉄で、犠牲電極を使用し、翼部分はアクゾ・ノーベル社独自のコーティングを行い防食している。

5) 結晶池 (Crystallizers)

オンスロー塩田は12区画の結晶池があり、各池の大きさは約60haで、約1mの高さの堤防で区画され、全体で805haの面積がある。濃度制御は比重で行い、比重1.20のかん水を導入する。かん水の調節は密度1.24kg/Lを基本とし、苦汁として排出するが、その他にカルシ

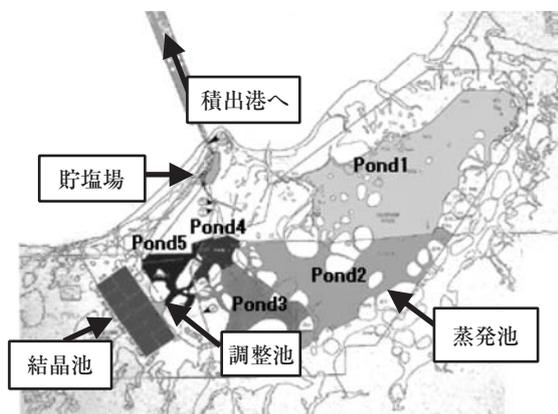


図3 オンスロー塩田の概略図

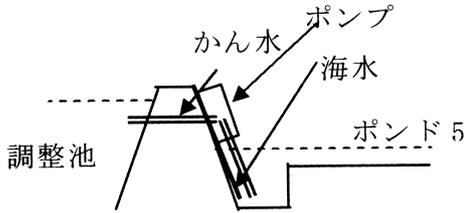


図4 調整池への取水概略図



図5 オンスロー塩田貯塩場のリクレーマー

ウムとマグネシウムを測定する。サンプリング頻度は1日に3～4回である。かん水は結晶池で使用された後、苦汁として海へ排水されるが、将来的には増産の必要性から、かん水としての再利用も考えている。現在は苦汁を新たな結晶池の造成に使用している（底を固める）ので少量しか排水していないとのことであった。

結晶池のベッドは約50 cmであり、その上の結晶層が30～40 cmになると採塩する。採塩機（Harvester）で直接採塩し、トレーラーに積載し、洗浄プラントへ輸送する。採塩は結晶池の外側から円を描き、1回で15 cm程度採塩する。採塩方法は全地球測位システムを使用して水平をとり、更にデータ通信システムを用いて、採塩計画を採塩機で入出力可能とさせる方法になるとの説明があった。また、この新型の採塩機はレーザーで塩層の深さを計測でき、すでに1台が準備中であった。

6) 洗浄プラント

洗浄プラントへ運搬された塩は、トレーラーの下部から高架道路の下のホッパーへ排出される。スクリーコンベアーではかん水で洗浄しながら次のベルトコンベアーに移動する。ベルトコンベアー上では、かん水と海水を噴射して洗浄をする。海水の貯槽池は洗浄プラントの側にあり、池底はポリエチレンシートが敷かれている。工程で一度使用したかん水、海水は排水される。

7) 貯塩・搬出

洗浄された塩は貯塩場（100万トン）へ運搬される。貯塩は円錐形に行わず、三角柱状に行く。これはリクレーマーによる削りだしと同時に、海に1.5 km突き出した

ベルトコンベアーで直接貯塩場から船までの輸送を行うためである（図5）。リクレーマーはメキシコのゲレロ・ネグロ塩田でも同様のものを使用している。積出港は4.5万トン級の船が接岸可能である。

8) 品質

洗浄前後と貯塩場においてサンプリングを行い、カルシウム、マグネシウムについて測定を行っている。洗浄前後は1.5時間ごと、貯塩場では500トンごとにサンプリングを行う。貯塩場では、カリウム、臭化物、硫酸塩、不溶解分の分析を行っている。

分析機器は、滴定装置、イオンクロマトグラフィーがある。カルシウム、マグネシウムもイオンクロマトグラフィーで測定することがあるとの説明を受けた。

9) 苦汁

オンスロー塩田では、5)で前述したように、将来的には苦汁の再利用も計画している。現在は結晶池の両側に小さな水路状の池があり、片側がかん水池、反対側が苦汁池となっている（図6）。

4. シャークベイ塩田（Shark Bay Salt Field）

1) 塩田の沿革

①所在地

シャークベイは、オーストラリアの西部（パースから

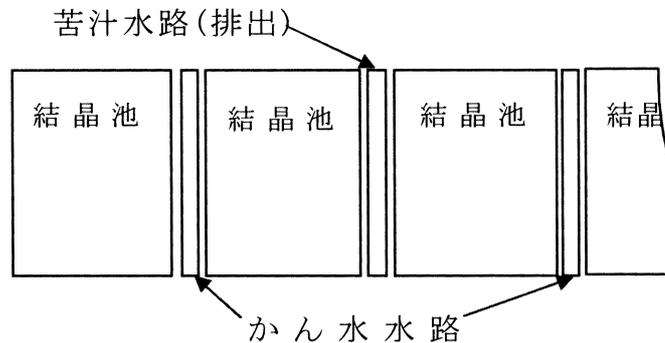


図6 オンスロー塩田結晶池

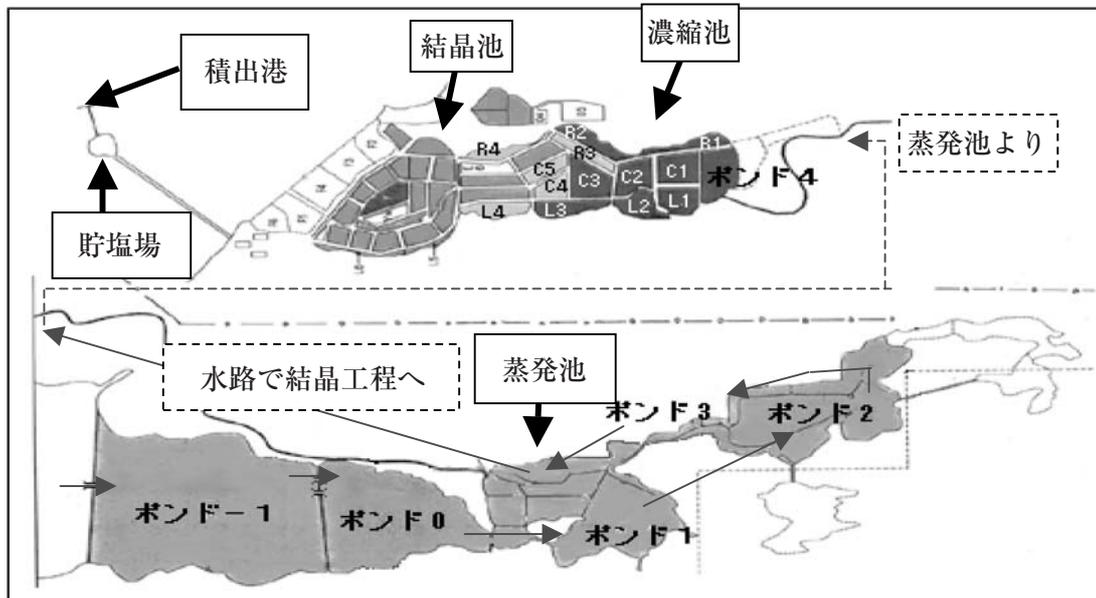


図7 シャークベイ塩田の概要図

北へ約770 km) にあり、この地域は、世界遺産に指定されている (図1)。

②開発の歴史

シャークベイソルト社が、サイクロンの影響が少ない地域であることに着目して1962年に着工した。1965年に完成したが、かん水の損失、塩田構成の不備、貯塩場への輸送方法の故障など問題があった。その後、抜本的な改良を行い、アグニュー・クラフ社 (Agnew Clough LTD., 持株35%) と三井ソルト (30%), AMP社 (35%) の3社でジョイントベンチャー方式の経営を経て、現在、三井物産の100%出資となっている。年間生産量は110万トンである。

2) 塩田の気象条件

蒸発量 年平均2200 mm
 降雨量 年260 mm
 気温 夏21-28℃, 冬15-21℃
 風向き 西

天然の地形を利用して開発されている塩田で、周辺には他の産業はない (図7)。南へ350 km若しくは、北へ550 km離れたところに鉄鉱石鉱山がある。

3) 蒸発池 (Evaporators)

海水の調査については、以前は行っていたが、現在は実施していない。

蒸発池はボンドー1 (マイナス1) からボンド4まで、6つに分割され、順番に海水が移送され濃縮される。まず、海水はボンドー1へ干潮差を利用して導かれる。更に、ボンド0へも同様に導かれる。ボンド0からボンド1へは、ポンプにより取水 (6000 m³/h) される。蒸発池は入り江に位置する3つの池を区画し、ボンド3まで

存在する。池の水深が深い部分は藻類などが発生しやすいので、初期蒸発池として利用している。ボンドー1は3~4 m、ボンド2では10 mの水深である。そして、底の浅い外縁部などを利用して後半の濃縮を行っている。ボンド2を経たかん水は6区画に区切られたボンド3へ移動する。ボーム度4の海水を最終的にボンド3でボーム度16まで濃縮している。かん水はボンド1からボンド3へ地形の高低差を利用して移動する。蒸発池全体の大きさは7143 haである。石膏はボンド3から析出が起こる。

蒸発池における調査は1週間に1回行い、比重と温度を測定するが、まれにマグネシウムも測定する。塩化物、硫酸塩濃度は計算で求める。また、栄養塩は蒸発池でブラインシュリンプにより対策を行っている。ブラインシュリンプは、塩分濃度により移動するので、取水ポンプで、濃度を管理し、制御している。

4) 濃縮池 (Secondary Concentrators)

ボンド3を経たかん水は、ポンプで取水され、19 kmの水路 (Flume) を使用し、濃縮池へ高低差を利用して移動される。ポンプは犠牲陽極とエポキシ樹脂コーティングされた材質を使用し腐食を防止している。

濃縮池はボンド4から始まり、次に3経路に分配される。左右、中央 (L, R, C) で、左側はL1~L3、中央はC1~C3、右側はR1~R2の濃縮池がある。濃縮池は水深約50 cmである。濃縮池の次の池は調整池で、L4, C4, C5, R3, R4があり、総面積は108.3 haである。調整池ではボーム度26まで濃縮される。

5) 結晶池 (Crystallizers)

調整されたかん水は25区画の結晶池へ導入される。各

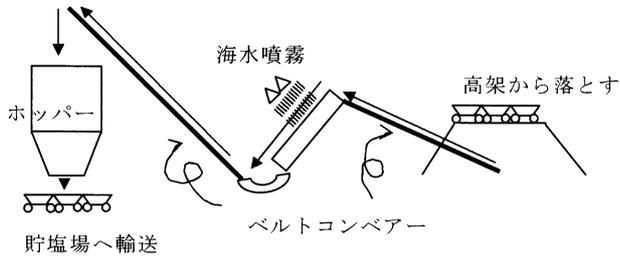


図8 シャークベイ塩田の洗浄プラント

結晶池の形は様々であり、大きさは10～25 haで、全体で450 haである。濃度制御は比重とカルシウム、マグネシウム量に基づいて行っている。ボーメ度28～31になると苦汁として排出する。かん水の入れ替えは年に3、4回で、一度結晶池で使用されたかん水は再利用していない。

結晶池はベッド (25 cm) の上にフローア (20 cm) があり、その上に結晶層が10～15 cmになると採塩を行い、洗浄プラントへ50トントラック、3台連結で輸送する。採塩は年1回で15 cm程度採塩する。

6) 洗浄プラント

洗浄プラントへ運搬された塩は、トレーラーの下から高架道路の下部のホッパーに排出される。洗浄は1回で、傾斜部に塩を流し込み、そこに海水のみを噴射し、洗浄する (図8)。洗浄機を通過した塩は、ホッパーに落とされ、すぐに回収用のトラックが来て貯塩場へ運んでいく。ソルチングアップが起きないように、必ず全量運び出すとの説明を受けた。

7) 貯塩・搬出

洗浄された塩は海へ突き出した形の貯塩場へ運搬される。この貯塩場は、海の上に存在する様に見える (図9)。貯塩は円錐形に行わず、三角柱状に行う。貯塩場すぐ横にバースがあり、3万トン級の船が接岸可能である。

8) 品質

洗浄前後と貯塩場においてサンプリングを行い、カルシウム、マグネシウムについて測定を行っている。サンプリングは、洗浄前後で2時間ごと (若しくは100トンごと) に0.5 kg、貯塩場では1000トンごとに1 kg採取する。貯塩場では、水分、不溶解分、粒径の分析も行う。



図9 シャークベイ塩田貯塩場遠景

表1 オーストラリア塩田の概要

	ポート・ヘッドランド塩田	オンスロー塩田	シャークベイ塩田
生産量 (万トン) (年間; 2003年)	270	250	110
蒸発池面積 (ha)	7800	7850	7143
結晶池面積 (ha)	1060	805	450
取水量 (m ³ /分)	1500	720	330
蒸発池測定項目 (測定頻度 1回/週)	比重, 温度, pH	比重, 塩分濃度, pH	比重, 温度
結晶池測定項目			
測定頻度 (1回/日)	密度Ca, Mg	密度, Ca, Mg	比重, Mg
結晶池採塩基準	密度 (1.25~1.26) kg/L	密度 (1.24) kg/L	比重 (28-31) ボーメ度
採塩後かん水再利用	なし	なし	なし
苦汁	海へ排水, 売却	海へ排水, 塩田造成	塩田造成
洗浄	かん水-かん水-海水	かん水-かん水-海水	海水
貯塩場能力 (万トン)	40+20 (港)	100	30
積出港接岸能力 (万トン)	7	4.5	3
品質管理-洗浄前後			
-貯塩時	1000トン毎 400トン毎	1.5時間毎 500トン毎	2時間毎 1000トン毎
品質管理項目 () 内は貯塩場	Ca, Mg, 水分, 不溶解分	Ca, Mg, (K, Br, SO ₄ , 水分, 不溶解分)	Ca, Mg, (K, 水分, 不溶解分, 粒径)
分析装置*	滴定, UV, AAS	IC	UV, AAS

*UV: 紫外吸光度計, AAS: 原子吸光分光光度計, IC: イオンクロマトグラフィー

1 シフトで10時間分をまとめて試料とし、測定する。

分析機器は、滴定装置、原子吸光分光光度計がある。紫外吸光光度計もあるが使用していない。硫酸塩を測定する場合は沈殿法で測定する。

9) 苦汁

シャークベイ塩田は、常に塩田を拡張（現在、計画5池）しており、苦汁はこの底部を固めるため使用し、海に排出してない。

5. オーストラリア3塩田の特徴比較

本報告は2004年10月9日から16日に至る視察において集めた情報を基にしている。まとめとして表1に3塩田の概要を示した。

6. ま と め

オーストラリア塩田の視察を行い、ポート・ヘッドランド塩田、オンスロー塩田およびシャークベイ塩田について、製塩に関する技術情報の収集と整理を行った。上記の3塩田について沿革、気象条件をはじめ、蒸発池、調整池、結晶池、洗浄プラントおよび貯塩・搬出における塩田、装置類の規模や塩、苦汁などの主成分、重金属濃度等について要約した。また、全地球測位システムによる水平位置の確認、データ通信などの革新的な採塩方法の進捗状況、塩田造成および拡張計画とその現状等について紹介した。

日本への輸出再開もあり、今後も調査を継続し、情報収集を実施する必要がある。