Commission for the Conservation of
Southern Bluefin Tuna

みなみまぐろ保存委員会

CCSBT–CC/2610/18

Consideration of options for the development of a proof-of-concept for genetic testing during transhipments
転載中の遺伝子検査に関する概念実証の策定に関するオプションの検討

1. Introduction
序論

The Compliance Action Plan (CAP) sits within the CCSBT Compliance Plan and identifies the priority CCSBT compliance risks and agreed compliance actions to address these risks.
遵守行動計画（CAP）は CCSBT 遵守計画の一部であり、CCSBT において優先度の高い遵守リスク、及びこれらのリスクに対処するために合意された遵守行動を特定している。

The CAP includes an action to:
CAP には以下の行動事項が含まれている。

> *"Consider the feasibility of transhipment observers taking tissue samples as part of the IOTC/ICCAT transhipment observer programmes and report back to the Compliance Committee" (Action 7C).*
> *「IOTC／ICCAT 転載オブザーバー計画の一環として転載オブザーバーが組織サンプリングを行うことの実施可能性を検討し、これを CC に対して報告する。」（行動事項 7C）*

This action has been agreed to help address risk 7; *SBT misreported as other (non SBT) species*, and the consideration by the Compliance Committee is scheduled to be completed in 2027.
これは「リスク番号 7：別魚種（SBT 以外の魚種）として誤報告される SBT」への対処に資するように合意された行動事項であり、遵守委員会による検討は 2027 年に完了予定とされている。

There is currently limited information available to support the Compliance Committee to consider the feasibility of transhipment observers taking samples for genetic (DNA) testing. To help address this, the Twentieth Meeting of the Compliance Committee (CC 20) discussed the potential for the development of a small, targeted proof of concept for transhipment observers taking samples for genetic testing, specifically to inform the consideration of this by CC 22. The meeting noted that the collaboration agreement with IOTC (memorandum of understanding with FAO) was still yet to be agreed[1], so this meant that any trial of genetic testing could be discussed and agreed with IOTC as part of the discussions in defining the collaboration agreement.
現時点において、遺伝子（DNA）検査向けの転載オブザーバーによるサンプリング

[1] This MOU is still to be finalised due to further delays in the review and approval processes at FAO. See paper CCSBT-CC/2610/13 for further details. 当該 MoU は、FAO によるレビュー及び承認プロセスの遅れにより、まだ最終化に至っていない。詳細については文書 CCSBT-CC/2610/13 を参照

の実施可能性に関する遵守委員会の検討をサポートするために利用可能な情報は限定的である。これに対応するため、第 20 回遵守委員会会合（CC 20）は、特に CC 22 による本件に関する検討に向けた基礎情報として、転載オブザーバーによる遺伝子検査向けサンプリングに関する小規模かつターゲットを絞った概念実証を策定する可能性について検討した。会合は、IOTC との協力協定（FAO との了解覚書）はまだ合意に至っておらず、したがって遺伝子検査のトライアルは協力協定の内容を定義するための協議の一部として IOTC と協議及び合意することが可能であることに留意した。

During discussions, whilst recognising the benefits of genetic testing, Members noted the importance of considering the potential costs, funding arrangements, impacts on existing observer workloads, feasibility of sample collection and other practical considerations. CC 20 agreed for the Secretariat to develop an initial proof-of-concept to gain additional information on the potential for genetic sampling during transhipments and to continue engaging with IOTC on this matter.
本件にかかる議論の際、遺伝子検査のメリットが認識された一方で、メンバーは想定される費用、資金調達の方法、既存のオブザーバーの業務量に対する影響、サンプル収集の実現可能性及びその他の実務的な要素を検討することの重要性を指摘した。CC 20 は、事務局が転載中の遺伝子サンプリングの可能性に関する追加的な情報を得るための予備的概念実証に取り組むこと、及び事務局が本件について IOTC との協議を継続することに合意した。

The purpose of this paper is to provide an additional update to CC 21 on the options for undertaking a proof of concept for genetic testing by transhipment observers. If agreed, this proof of concept is intended to provide further information on which the CC 22 may complete its assessment of the feasibility of genetic testing to address CCSBT's agreed compliance risks.
本文書の目的は、CC 21 に対し、転載オブザーバーによる遺伝子検査に関する概念実証を実施するためのオプションに関する追加的なアップデートを提示することである。合意された場合、この概念実証は、CC 22 において CCSBT が合意した遵守リスクに対処するための遺伝子検査の実施可能性の評価を完了できるようにするためのさらなる情報提供を意図して実施されることとなる。

2. Background
背景

The 2021 CCSBT Performance Review noted the benefit of genetic testing in identifying unaccounted SBT mortalities during transhipments. The review report noted:
2021 年 CCSBT パフォーマンス・レビューは、転載中に未考慮の SBT 死亡を特定するための遺伝子検査のメリットを指摘した。レビュー報告書は以下を述べている。

> *"A final issue related to SBT UAM was the possibly huge gap related to tuna transshipments at sea, due to the great difficulty to reliably identify SBT from physical characteristics, especially when looking at a frozen carcass. This means that whenever observers think they have detected non-reported transshipments of SBT at sea, it can never be proven (via photos). A possible solution to this problem, some suggested, would be the use of portable genetic testing (random), which is presently lacking." (Page 14)*
> *「SBT の UAM に関連する最後の課題は、（特に冷凍状態の魚を観察する場合に）身体的な特徴から SBT を確実に同定することが非常に困難であることに起因して、まぐろの洋上転載に関して大きなギャップが生じ得ることである。。これはすなわち、オブザーバーが未報告の SBT 洋上転載を検知*

したと判断したとしても、これを（写真で）証明することが不可能ということである。この問題に関して考え得る解決策として、何名かの回答者は、現在は存在しないものの、携帯型遺伝子検査（ランダム検査）の活用が考えられるとした。」（14 ページ）

The benefits of genetic testing in transhipment monitoring have been recognised at many previous CCSBT meetings, including at the Eleventh Meeting of the Compliance Committee (CC 11) where the meeting strongly endorsed a Secretariat recommendation that:
転載モニタリング中の遺伝子検査の利点は過去の CCSBT 会合において何度も認識されてきた。第 11 回遵守委員会（CC 11）では、以下に示した事務局からの勧告が強く支持された。

"Members and the Secretariat should monitor developments in the effectiveness and availability of practical on-site genetic testing kits (for tuna species identification) so that any such tools developed can be considered for use by transhipment observers in the future and in the meantime look to collect samples for DNA analysis." (Paragraph 79 and Paragraph 133)
「メンバー及び事務局は、将来的には転載オブザーバーが現場で利用可能な遺伝子試験キット（まぐろ類の種同定用）のようなツールを利用し、DNA 分析のためのサンプル収集にも対応することを検討することができるよう、有効性及び利用可能性の観点からこうしたツールの開発状況をモニタリングしていくべきである。」（パラグラフ 79 及び 133）

CSIRO has developed and refined species specific DNA markers and assays for identification of individual *Thunnus* species and presented two papers to CC 11 that discussed genetic species identification of SBT in markets and a proof of concept for the use of biochemical techniques to estimate source ocean of SBT from tissue samples. These papers provided an early demonstration of the value of genetic sampling and biochemical analysis to, not only more accurately identify SBT, but also identify the source ocean.
CSIRO は *Thunnus* 属の各魚種の種同定のための種特異的な DNA マーカー及びアッセイを開発及び改良しており、CC 11 に対して genetic species identification of SBT in markets 及び proof of concept for the use of biochemical techniques to estimate source ocean of SBT from tissue samples の 2 つの文書を提出した。これらの文書は、より正確な SBT の種同定だけでなく起源となった海域についても特定するための遺伝子サンプリング及び生化学的解析の価値を早期に実証したものであった。

Since this time CSIRO have undertaken further work to validate the markers for the full range of *Thunnus* species and genetic testing tools and preservation methods that can be effectively applied in field operations. This strategic program of work has pursued two avenues:
これ以来、CSIRO は *Thunnus* 属全体を網羅するマーカーの検証、及び現場業務で効果的に適用可能な遺伝子検査ツール及び保存方法の開発に向けた作業に取り組んできたところである。この戦略的な作業プラグラムは 2 つのルートで進められている。

1. Species ID stick/cube: Development of novel DNA field device for species DNA identification. The CSIRO team have successfully demonstrated a proof-of-concept device that can extract and amplify DNA, run the assay to identify the species of DNA present, and visualise the result on a lateral flow strip (similar to a COVID test) without the need for a conventional PCR machine. The device has been designed to be easy to use, inexpensive and explicitly for field identification (fishing vessel, transhipment, port, inspections). This work is in the next stage of technical and business development and is expected to be available for wider field trials in the next

12-18months.
種判別スティック／キューブ：DNA による魚種同定のための新規 DNA 現場検査デバイスの開発。CSIRO チームは、従来型の PCR 装置を使用することなく DNA の抽出・増幅を行い、アッセイを実施して対象 DNA の魚種を判別し、その結果をラテラルフロー試験紙（COVID 検査に類似したもの）上で可視化できる概念実証デバイスの開発に成功した。このデバイスは、使いやすく低コストで、（漁船、転載、港湾、検査等の）現場での魚種判別に特化して設計されている。本作業は現在、技術開発及び事業化に向けた次の段階に進んでおり、今後 12〜18 か月以内に、より広範な現場試験に供される見込みである

2. Commercially available desktop kits: As a parallel implementation pathway CSIRO has reviewed and evaluated commercially available, cost-effective desktop polymerase chain reaction (PCR) and lateral flow strips for visualising test results using the DNA markers and assays developed by CSIRO. Suitable combinations of existing technology have been undergoing testing and refinements to work consistently with the CSIRO assays and markers and provide an alternative field kit that meets specific application requirements. These kits are a viable option that can be considered for a CCSBT demonstration trial to assess the potential for genetic sampling during transhipments. The PCR kits are discussed further in the sections below, along with key considerations around the recommended collection protocols.
市販の卓上型キット：並行する実施ルートとして、CSIRO は、自ら開発した DNA マーカー及びアッセイを用いて検査結果を可視化するための市販かつ低コストの卓上型 PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）機器及びラテラルフロー試験紙にかかるレビュー及び評価を実施してきたところである。既存の技術の適切な組み合わせについて、CSIRO のアッセイ及びマーカーと一貫して動作させるための既存の技術の適切な組合せにかかる試験及び改良が進められており、特定の用途要件を満たす代替的な現場用キットとして提供できる見込みである。これらのキットは、転載時に遺伝子サンプリングを実施する可能性を評価するための CCSBT による実証試験の選択肢として有望である。PCR キットについては、推奨される採取プロトコルに関する主な検討事項と合わせて、下記のセクションにおいてさらに検討している。

As noted, CSIRO are continuing to develop rapid in-situ DNA testing tools, but these require further testing and completion of Beta-development prototypes before they are expected to be available for broader testing and eventual use. The rapid in-situ tests are therefore not considered as an option that is currently available for a possible CCSBT trial. However, a further update on the development of the rapid in-situ DNA testing tools is provided for Member information in **Attachment D** of this paper.
前述のとおり、CSIRO は現場型迅速 DNA 検査ツールの開発を継続しているが、これらのツールが広範な試験や実用向けに利用可能とされるまでにはさらなる試験及びベータ版プロトタイプの完成を待つ必要がある。このため、現場型迅速検査については、現時点では CCSBT によるトライアル向けに利用可能な選択肢とは見なされていない。しかしながら、現場型迅速 DNA 検査ツールの開発状況については、メンバーへの参照情報として本文書**別添 D** として提示した。

The desktop PCR kits offer a cost effective and readily available option (from a range of commercial suppliers globally) for conducting genetic sampling and these are discussed further in the following sections.
卓上 PCR キットは費用対効果が高く、遺伝子サンプリングの実施に向けて既に利用可能となっているオプション（世界各地の商業的サプライヤーから入手可能）である。これらについては以下のセクションでさらに検討した。

3. Key Considerations for Genetic Testing by Transhipment Observers
転載オブザーバーによる遺伝子検査に関する重要な検討課題

When considering the feasibility of transhipment observers taking genetic samples, the locations at which observers embark and disembark carrier vessels needs to be considered. This is because, with rapid in-situ genetic testing tools not being ready for operational deployment at this stage, the observers will need to be provided with equipment for taking samples at sea, and the samples taken will also need to be sent to a defined location for testing. This will either be an appropriate testing laboratory or a location where the equipment for PCR testing is held and can be used by people that have been appropriately trained to use these kits.
転載オブザーバーによる遺伝子サンプリングの実施可能性を検討する際は、オブザーバーが運搬船に乗船又は下船する場所を考慮する必要がある。これは、現場型迅速遺伝子検査ツールが実用化されていない現状では、オブザーバーに対して洋上でサンプリングを行うための装備を提供し、また試験を行う特定の場所に収集されたサンプルを送付する必要があるためである。この場所とは、適切な検査ラボ、又はPCR 検査用設備が設置された場所であってこれらの機器を使用するために適切なトレーニングを受けた者によって使用できる場所のいずれかでなければならない。

With the genetic samples being considered biological material, the samples can be subject to biosecurity restrictions when transported across international borders. This can add additional complexity, cost and risk to any genetic testing programme. It is also more difficult to ensure the safe transport and preservation of the samples, where they may require independent transportation.
遺伝子サンプルは生物学的マテリアルと見なされるため、国境を超えてサンプルを輸送する場合はバイオセキュリティ上の規制の対象となり得る。このことは、遺伝子検査プログラムにさらなる複雑性、費用及びリスクをもたらす可能性がある。また、サンプルの独立的な輸送が必要とされる場合、サンプルの安全な輸送及び保存を確保することがさらに困難になる。

It is easier to send the equipment required by the observers to obtain the genetic samples prior to the deployments, than it is to send the genetic samples themselves. It is therefore recommended that, if Members choose to progress with the proof of concept, that a single location is selected for this programme where samples can be obtained from the observers and testing of the samples conducted. This location should ideally be one that is accessible to ports in which transhipment observers disembark carrier vessels, or that carrier vessels may call into during voyages (where samples can be obtained from the observers). It will also need to have the capability to test genetic samples and accurately identify species. The discussion that follows focusses on the use of the PCR kits that have been undergoing testing and refinements to work consistently with the CSIRO assays and markers. These kits are further explained in Section 4 and **Attachment C** of this paper.
遺伝子サンプルを送付することに比べれば、オブザーバーが乗船する前に遺伝子サンプリング用の装備を事前に送付する方が容易である。このため、メンバーが概念実証を進めることを選択するのであれば、本プログラム向けに一箇所を選定した上で、オブザーバーからサンプルを回収し、その場で試験を実施する形が望ましい。この場所としては、転載オブザーバーが運搬船から下船する港に近いか、または運搬船が航海中に寄港する（オブザーバーからサンプルを回収できる）可能性がある一箇所とすることが理想である。また、また、遺伝子サンプルの試験を行い、正確に種の同定を行うことができる能力を有する必要がある。以下の議論では、CSIROのアッセイ及びマーカーと一貫して動作するよう試験及び改良が進められてきたPCR キットの使用に焦点を当てている。これらのキットに関しては、本文書別紙 C の第 4 セクションでさらに説明している。

3.1. Embarkation and Disembarkation Ports for CCSBT Observer Trips
CCSBT オブザーバー航海において乗船及び下船する港

The Secretariat has reviewed the locations of embarkation and disembarkation of transhipment observers on trips where SBT is transhipped during 2024 and 2025. The Secretariat has also reviewed the port calls that the carrier vessels made during these observed trips. The vessel tracks of the CCSBT authorised carrier vessels that conducted SBT transhipments during 2024 and 2025 are shown in image 1 and image 2 below.
事務局は、2024 年及び 2025 年に SBT の転載が行われた航海における転載オブザーバーの乗船地及び下船地をレビューした。また事務局は、これらのオブザーバー航海中におけるオブザーバーの寄港地についてもレビューした。2024 年及び 2025 年において SBT の転載を行った CCSBT 許可運搬船の航跡は下図 1 及び 2 のとおりである。

Image 1: Authorised Carrier Vessel Tracks for Carrier Vessels that Conducted SBT Transhipments 2024
図 1：2024 年に SBT を転載した許可運搬船の航跡

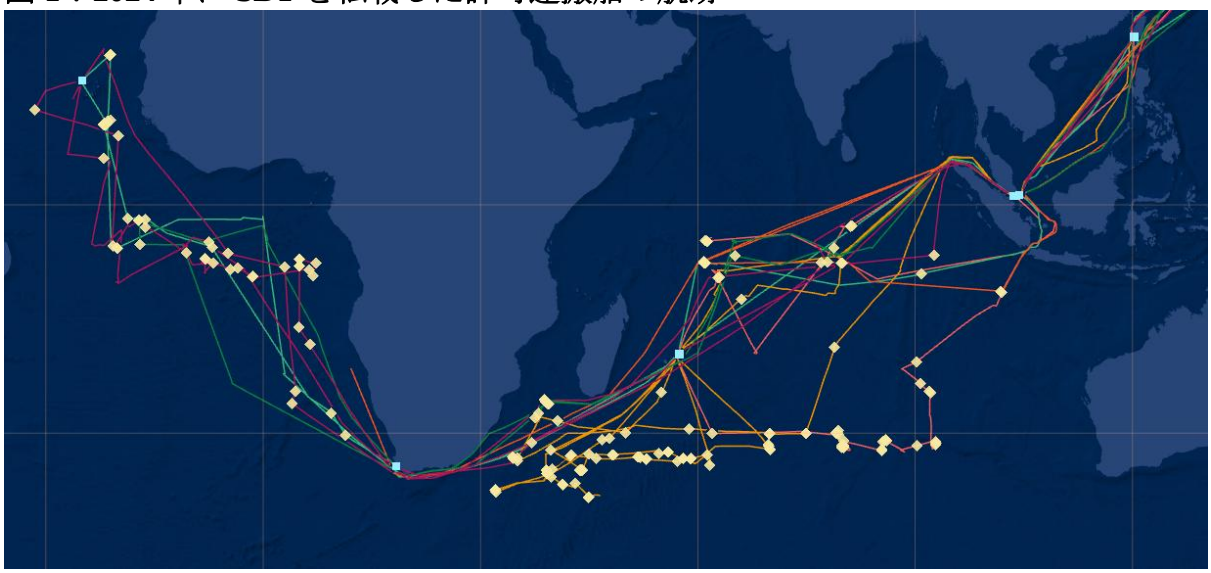
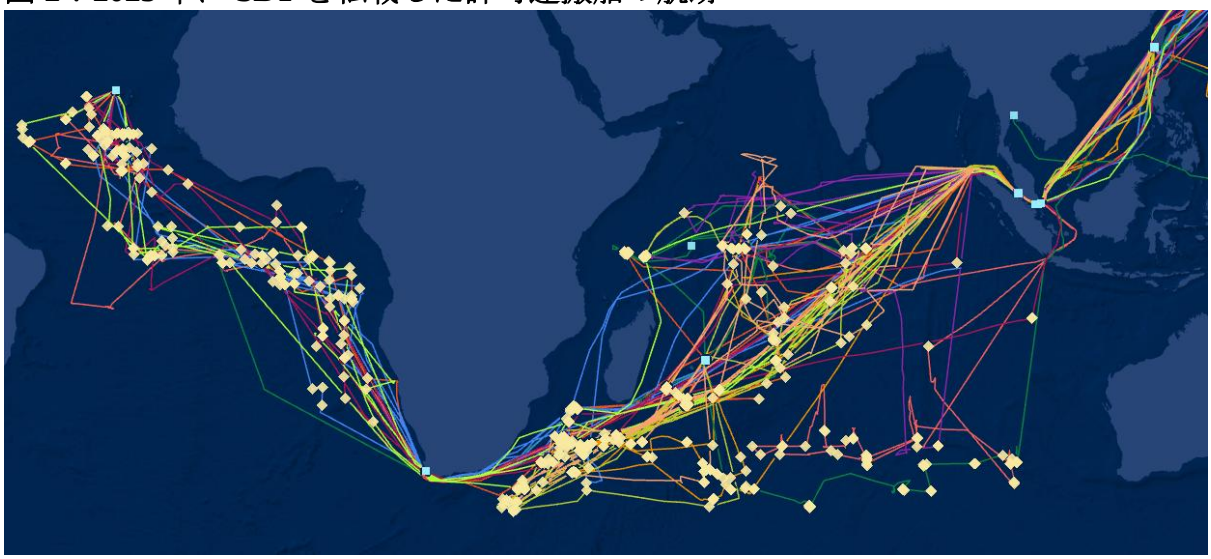


Image 2: Authorised Carrier Vessel Tracks for Carrier Vessels that Conducted SBT Transhipments 2025
図 2：2025 年に SBT を転載した許可運搬船の航跡



As these images highlight, the overall carrier vessel voyages commence and terminate in ports in East Asia, with ICCAT and IOTC observed trips often being completed on the same

voyage. Singapore is the most common location for the transhipment observers to embark (69% of trips in 2025 and 67% in 2024) or to disembark (62% of trips in 2025 and 83% in 2024) the carrier vessels.
これらの図が示すとおり、運搬船の航海全体は東アジアの港において開始及び終了しており、ICCAT 及び IOTC のオブザーバー航海も同一航海で完了する場合が多い。運搬船への転載オブザーバーの乗船又は下船が最も頻繁に行われる場所はシンガポールである（2025 年の航海のうち 62 %、2024 年は 69 %）。

When considering ports within the CCSBT Membership, Observers disembarked carrier vessels in Cape Town, in both 2024 (one trip) and 2025 (two trips), and in Kaohsiung (two trips in 2025). In addition, carrier vessels will sometimes conduct port calls in Cape Town, especially between IOTC and ICCAT deployments. However, it is important to note that port calls and locations for embarkation and disembarkation, particularly where there may be more than one observed trip during a voyage, will be influenced by the operational requirements of the fishing and carrier vessel and may be subject to change.
CCSBT メンバー内の港で考えた場合、オブザーバーはケープタウンで 2024 年（1 航海）及び 2025 年（2 航海）に下船したことがあり、高雄でも下船（2025 年に 2 回）したことがある。また、運搬船は時折ケープタウンに寄港している（特に IOTC と ICCAT の配乗の合間）。しかしながら、特に一回の航海に複数のオブザーバー航海が含まれる場合、漁船及び運搬船の操業条件に影響されるため、寄港地や乗船地・下船地は変更される可能性がある点に注意することが重要である。

3.2. Consideration of Possible Testing Locations
試験地候補の検討

The most important consideration for identifying a suitable testing location, along with cost and access to genetic samples, is the expertise and ability to test samples and accurately identify species. As noted earlier in the paper, CSIRO has reviewed and evaluated commercially available, cost-effective desktop polymerase chain reaction (PCR) and lateral flow strips for visualising test results using the DNA markers and assays developed by CSIRO. These kits provide a viable option that can be considered to support a CCSBT demonstration trial to assess the potential for genetic sampling during transhipments. This means that, with the appropriate training on use of the PCR kits, genetic testing that draws on CSIRO's expertise in this area can then be completed in other locations. Provided this is a location with direct access to transhipment observers, either following or during trips, this can be achieved without the samples being required to be sent across international borders.
適切な検査地を特定する上で最も重要な検討事項は、費用及び遺伝子サンプルへのアクセスと合わせて、サンプル検査を実施し魚種を正確に同定するための専門知識及び能力である。先述のとおり、CSIRO は、自ら開発した DNA マーカーおよびアッセイを用いて検査結果を可視化できる、市販かつ低コストな卓上型 PCR（ポリメラーゼ連鎖反応）機器及びラテラルフロー試験紙のレビュー及び評価を実施してきたところである。これらのキットは、転載時に遺伝子サンプリングを実施する可能性について評価するための CCSBT による実証試験を支援するためのオプションとして有望である。これは、PCR キットの適切な使用にかかるトレーニングが実施されれば、本分野における CSIRO の専門知識を活用した遺伝子検査が他の場所でも実施可能であることを意味する。また、その検査値が航海終了後又は航海中に転載オブザーバーへ直接アクセスできる場所であれば、サンプルを国際的な国境を越えて輸送することなく検査を実施することが可能となる。

The Secretariat recommends that the most appropriate location for the testing to occur would be Cape Town. As well as being a port located within a CCSBT Member that has CCSBT authorised carrier vessels call in port, CapFish / CapMarine has offices and staff located in

Cape Town. CapFish / CapMarine is part of the consortium (along with MRAG UK) that provides the regional observer programme (ROP) services for IOTC and ICCAT.
事務局は、検査実施に最も適した場所としてケープタウンを勧告する。ケープタウンは、CCSBT 許可運搬船も寄港する CCSBT メンバーの港であり、CapFish／CapMarine がケープタウンに事務所及びスタッフを有している。CapFish／CapMarine は、MRAG UK とともに、IOTC 及び ICCAT の地域オブザーバー計画（ROP）サービスを提供するコンソーシアムの一員となっている。

Engaging CapFish / CapMarine in the proof of concept would provide a suitable location for testing genetic samples using staff to undertake the tests that are already engaged in providing ROP support services. In addition, Cape Town is a location where in-port transhipments of SBT can also occur.[2] This could also provide the option of utilising in-port transhipments to test the PCR technology in the proof of concept. Incorporating in-port transhipments could also provide a cost-effective option to supplement the at-sea testing, should any logistic issues make the utilisation of at-sea sampling more challenging.
CapFish／CapMarine を概念実証に参画させることにより、既に ROP 支援業務に従事しているスタッフを活用して遺伝子サンプルの検査を行うのに適切な検査拠点を確保することができる。さらに、ケープタウンは SBT の港内転載が実施され得る場所でもあるため、概念実証における PCR 技術の試験に港内転載を活用するオプションもあり得る。港内転載を組み込むことにより、ロジ上の問題により洋上サンプリングの利用が困難な場合となる場合において洋上サンプリングを補完するための費用対効果の高い手段ともなり得る。

Initial discussions have been undertaken with the IOTC / ICCAT ROP consortium partners and further information on these discussions is included in **Attachment A** to this paper.
IOTC／ICCAT ROP コンソーシアムのパートナーとは初期的な協議が既に行われており、これらの協議に関する追加情報は本文書**別紙 A** のとおりである。

3.3. Collection Protocols
収集プロトコル

Noting that, if agreed, this would only be a proof of concept, the samples collected are not proposed to be used in any evidential or compliance processes. However, it is still important that clear and effective sample collection processes are followed to protect the integrity of the samples and any subsequent tests completed. Australia has been active in using DNA sampling as part of its fisheries inspection regime and also led the development in 2025 of the WCPFC's Voluntary High Seas Boarding and Inspection Regional Guide on DNA Sampling. So, when considering defining an effective process for obtaining DNA samples, the WCPFC voluntary guidelines, and processes developed by Australian authorities can be used to inform this process.
仮に合意された場合でも、これはあくまで概念実証であって、収集されたサンプルを何らかの証拠又は遵守プロセスに利用することは提案されていないことに留意されたい。しかしながら、サンプルの完全性及びその後実施される検査の信頼性を確保するには、明確かつ効果的なサンプル収集手順に従うことがやはり重要である。オーストラリアは、同国内の漁業検査体制の一部として DNA サンプリングを積極的に活用しており、また 2025 年には WCPFC's Voluntary High Seas Boarding and Inspection Regional Guide on DNA Sampling の策定をリードした。このため、DNA サンプリングを収集するための効果的なプロセスを定義する際は、WCPFC の自主的

[2] There were nine (9) in-port transhipments of SBT undertaken in Cape Town in 2025, and there have been four (4) in-port transhipments of SBT undertaken in Cape Town undertaken thus far in 2026. 2025 年にケープタウンで実施された SBT 港内転載は 9 件であり、2026 年は現時点までに 4 件の港内転載が実施された。

ガイドライン及びオーストラリア当局が策定したプロセスをこの取組の基礎情報として利用することができる。

Some recommended elements for collection protocols for a taking and preserving tissue samples from SBT as part of a proof-of-concept trial are included in **Attachment B** to this paper.
概念実証トライアルの一部としての SBT からの組織サンプルの収集及び保存に関する収集プロトコルの関して、一部の要素にかかる勧告を**別紙 B** に示した。

4. Desktop PCR Kits for Testing Genetic Samples
遺伝子サンプル試験のための卓上 PCR キット

4.1. Accuracy
精度

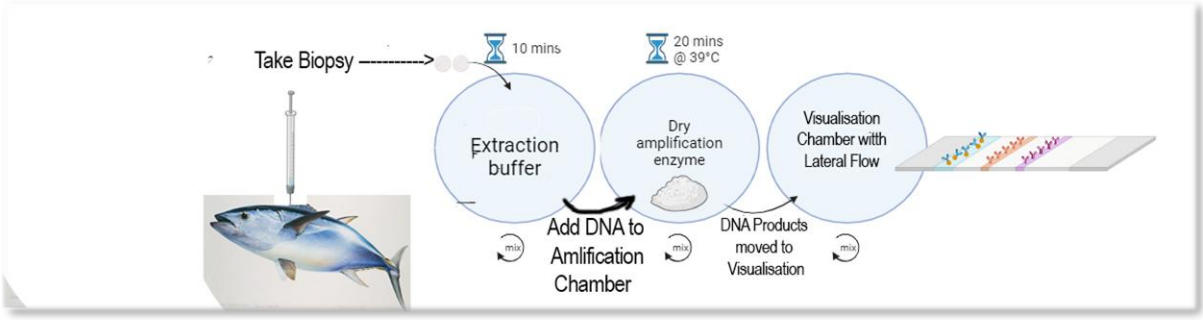
The accuracy of the DNA tests relies on the uniqueness of the markers (to the species) variation in the markers among individuals and the consistency of the amplification/assay/visualisation process in confirming the presence/absence of the DNA marker. CSIRO has identified markers that are unique to each species and/or a subset of species (e.g. bluefins) and developed a suite of assays that can be applied to different specific questions. The accuracy of these marker/assay combinations is high, with the field tests having a slightly lower accuracy than laboratory tests based on a separate set of next generation sequencing SNP markers.
DNA 検査の精度は、マーカーの（魚種ごとの）固有性、個体間のマーカーの変動性、及び DNA マーカーの有無を確認する際の増幅・アッセイ・可視化プロセスの一貫性に依存する。CSIRO は、魚種別又は種群の一部（例えばくろまぐろ類）に固有のマーカーを特定し、様々な具体的課題に適用可能な一連のアッセイを開発してきたところである。これらのマーカー／アッセイの組合せによる識別精度は高く、現場検査の精度は、次世代シーケンスによる別の SNP マーカーセットを用いたラボ検査の精度をわずかに下回る程度となっている。

4.2. Operational Requirements
運用上の要件

The sampling and DNA processing protocols are relatively simple and straightforward and have been designed to be implemented by field staff with a minimum of training. They do not require any more than a conceptual understanding of the 4 steps in technical process illustrated in Figure 1:
DNA のサンプリング及び処理に関するプロトコルは比較的シンプルかつ明確であり、最小限のトレーニングを受けた現場スタッフが実施できるようにデザインされている。このプロトコルは、図 1 に示した技術的なプロセスに関する四つの段階にかかる概念的な理解以上の知識を要しない。

i. Tissue biopsy
組織生検
ii. DNA extraction
DNA の抽出
iii. DNA amplification
DNA の増幅
iv. Visualisation of result.
結果の可視化

Figure 1. Four step protocol from tissue biopsy of fish to species identification.
図 1：魚の組織生検から種同定までの 4 段階のプロトコル



Each of these four steps is described in more detail in **Attachment C** to this paper.
これら 4 つのステップの詳細は本文書**別紙 C** に示した。

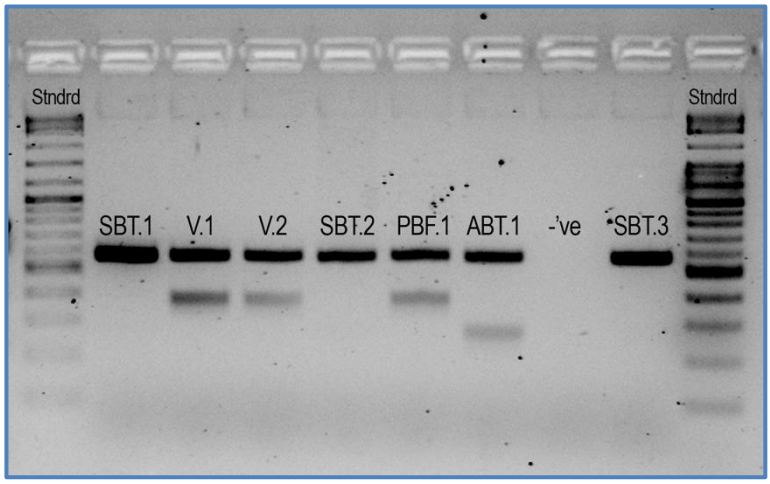
4.3. Potential Costs
想定される費用

Table 1 provides a summary of indicative costs associated with each component of the testing kits proposed for use in the demonstration trial of the species identification protocol. The most expensive component is the portable PCR machine, and the range of costs there reflect the different forms of commercially available machines that are compatible with the CSIRO protocols. Preliminary quantities and costs of consumables for the trial are provided in table 2.
種同定プロトコルの実証試験での使用が提案されている試験キットの各コンポーネントに伴う概算費用のサマリーを下表 1 に示した。最も効果なコンポーネントは携帯型 PCR 装置であり、ここに示した費用のレンジは CSIRO のプロトコルと互換性のある市販の装置の種類の違いを反映したものである。試験で使用される消耗品にかかる暫定的な数量及び費用は下表 2 のとおりである。

Table 1: Indicative Costs for the Testing Components
表 1：試験のコンポーネントにかかる概算費用

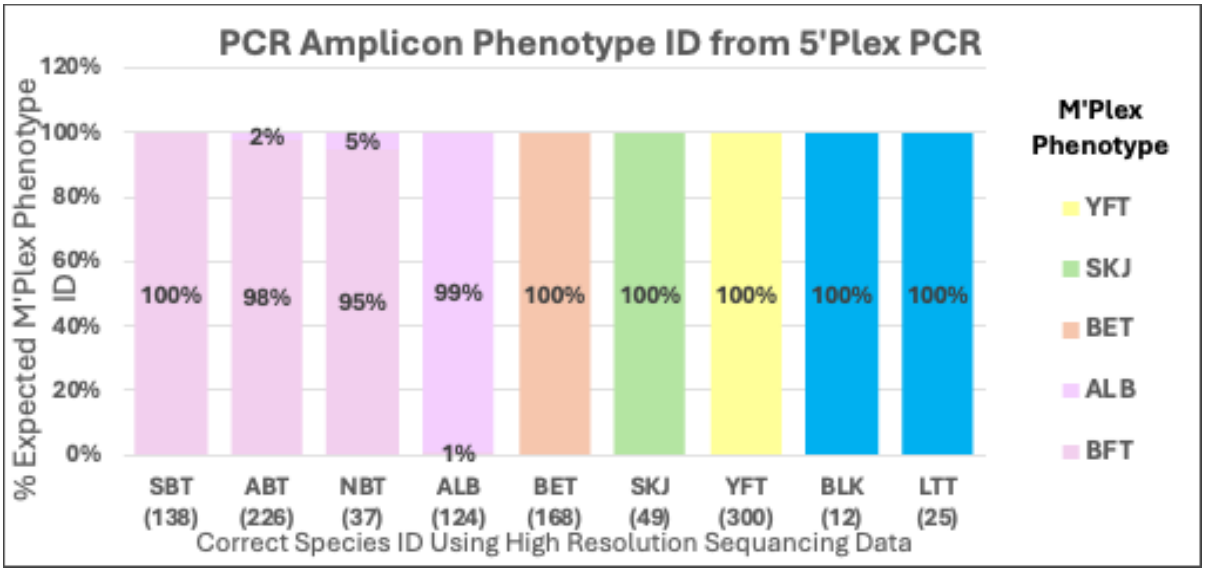
Item **事項**	**Indicative Unit Cost (AUD)** **概算単位当たり費用（AUD）**
Biopsy Punch 生検用パンチ	$5.00
Forensic DNA paper 法医学用 DNA ペーパー	$3.50
DNA Extraction DNA 抽出	$5.00
Amplification - Portable PCR machine DNA 増幅 - 移動式 PCR 装置	$5,000.00 - $8,000.00
Amplification – consumables/test DNA 増幅 - 消耗品／検査キット	$4.00 - $7.00
Visualisation - Lateral flow strips 可視化 - ラテラルフロー試験紙	$6.50

Figure 2. DNA fingerprint results from species specific PCR testing show the two samples from a large bluefin caught in Victoria (V.1 and V.2) matched the DNA pattern of Pacific bluefin tuna (PBF.1) and neither diagnostic pattern of Atlantic bluefin tuna (ABT.1), nor southern bluefin tuna (SBT.1, SBT.2, and SBT.3).
図 2：種特異的 PCR 検査から得られた DNA フィンガープリントの結果。ビクトリア州で漁獲された大型くろまぐろから得られた 2 サンプル（V.1 及び V.2）が太平洋くろまぐろ（PBF.1）の DNA パターンと一致したが、大西洋くろまぐろ（ABT.1）又はみなみまぐろ（SBT.1、SBT.2 及び SBT.3）と診断されたパターンとは一致しないことが示されている。



Diagnostic patterns of species-specific DNA markers visualised by gel electrophoresis is shown in Figure 2. These markers and assays have been validated against a large number of 200+ individuals for each commercially important tuna species (ABT, ALB, BET, PBF, YFT, SBT, SKJ) shown in Figure 3.
種特異的マーカーの診断パターンをゲル電気泳動により可視化した結果は図 2 のとおりである。これらのマーカー及びアッセイは、図 3 に示した商業上重要なまぐろ魚種（ABT、ALB、BET、PBF、YFT、SBT 及び SKJ）に関して 200 個体以上のタイ規模なサンプルに対して検証されている。

Figure 3. Rapid multi-plex PCR results compared to high resolution sequencing for species identification. Due to intraspecific variation in the markers, 2% of ABT and 5% of NBT(PBF) are misclassified as ALB and only 1% of ALB are misclassified as SBT[3].
図 3 ：種同定のための迅速マルチプレックス PCR の結果を高解像度シーケンスと比較した結果。マーカーの種内変異により、大西洋くろまぐろ（ABT）の 2 % と北方系くろまぐろ（NBT／PBF）の 5 % がめばち（ALB）として誤分類され、めばち（ALB）の 1 % がみなみまぐろ（SBT）として誤分類されている。



Furthermore, they have been converted to assays that run on DNA test strips ($6.5 per sample) to deliver inexpensive, rapid and forensic grade species identification patterns much like a Covid RAT test. The lateral flow strips are used to provide a similar banding pattern

[3] In the case where the rapid field identification indicates a bluefin species, final very high confidence identification can be done with next generation sequencing, if that level of confidence is required. 迅速現場検査がくろまぐろであるとの結果を示した場合であって、その結果にきわめて精度の高い信頼を要する場合は、次世代シーケンシングによりこれが可能である。

result from the DNA product from the kit. DNA amplification via PCR remains the most robust strategy and these devices can typically be purchased for less than $10k AUD. Three commercially available and more easily portable equipment options have been identified that use mini-PCR (regular Polymerase Chain Reaction), qPCR (quantitative fluorescent PCR), and Isothermal amplification technologies. These options, when combined with the CSIRO DNA marker, would meet CCSBT's short-term requirements for DNA amplification as part of a proof-of-concept study and demonstrate the ease of use in routine situations under the current ROP arrangements.
さらに、これらのマーカーは DNA テストストリップ（1 サンプルあたり 6.5 ドル）で運用できるアッセイへと転換されており、COVID-19 の RAT 検査のように、安価で迅速かつ法医学的水準の種判別パターンを提供することができる。ラテラルフロー試験紙は、キットで得られた DNA サンプルから同様のバンドパターンを示す結果を提供するために使用されるものである。PCR による DNA 増幅は依然として最も頑健な検査法であり、これらの装置は通常 1 万豪ドル未満で購入可能である。mini-PCR（通常のポリメラーゼ連鎖反応）、qPCR（定量蛍光 PCR）及び等温増幅技術を利用する、移動がより簡単な市販の装置として 3 種類のオプションが特定されている。これらのオプションは、CSIRO の DNA マーカーと組み合わせることで、概念実証研究における DNA 増幅に関する CCSBT の短期的要件を満たしつつ、現行の ROP の枠組みの日常的な状況において利用する際の容易性を立証するものと考えられる。

Table 2: Preliminary Quantities and Costs of Consumables
表 2：消耗品にかかる暫定的な数量及び費用

Consumable **消耗品**	**1x**	**100x**
Biopsy punch 生検用パンチ	$5	$500
Forensic card 法医学カード	$3.5	$350
DNA extraction DNA 抽出	$5	$500
DNA amplification DNA 増幅	$4	$400
DNA lateral flow sticks DNA ラテラルフロースティック	$6.5	$650
Totals **合計**	**$24**	**$2,400**

A commercially available desktop kit, with sufficient consumables to conduct 100 DNA tests, would cost between approximately $7,400 and $10,400 AUD. To provide Members with the opportunity to further assess the technical methods underpinning this approach, a report on the proposed approach can also be presented to the Extended Scientific Committee for the Thirty-Second Meeting of the Scientific Committee (ESC 32).
市販の卓上型キット及び DNA 検査 100 件分の消耗品にかかる費用は約 7,400 - 10,400 豪ドルの範囲となる。この手法の技術的基盤についてメンバーがさらに評価する機会を提供するため、提案されているアプローチに関する報告を第 32 回拡大科学委員会会合（ESC 32）に提示することも考えられる。

5. Engagement With IOTC
IOTC との協議

As directed by Members, the Secretariat has continued to engage with IOTC since CC 20 on this work. The IOTC data and science department are planning a regional sampling project for tuna and sharks in the coming years, which includes a genetic sampling component. IOTC recognised some opportunities for collaboration in this work, although noted that most genetic studies are conducted by IOTC member organisations and directed the Secretariat to MRAG and these organisations for further discussions in the short term. The Secretariats continue to seek opportunities for further information exchange on this work, and the CCSBT Secretariat will continue to inform IOTC of developments if, or as, this work progresses.
メンバーからの指示を受け、CC 20 以降、事務局は本件にかかる IOTC との協議を継続している。IOTC のデータ及び科学担当部署は今後数年間におけるまぐろ及びさめ類の地域サンプリングプロジェクトを計画しており、当該プロジェクトには遺伝子サンプリングに関するコンポーネントも含まれている。IOTC は、本件に関してある程度の協力の機会があることを認識しているものの、遺伝子関連研究の大部分は IOTC メンバーの研究機関によって実施されており、事務局、MRAG 及び関係機関にはさらなる検討を短期間のうちに実施するよう指示を受けている。両事務局は、本件に関するさらなる情報交換の機会を引き続き模索していく予定であり、また CCSBT 事務局は、IOTC 事務局に対して本件の進捗状況を随時共有していく予定である。

6. Summary
まとめ

The Secretariat believes that, based on information obtained and consultation completed to date, there is no technical barrier to develop a targeted and cost-effective trial to assess the feasibility of transhipment observers taking tissue samples as part of the IOTC/ICCAT transhipment observer programmes. However, additional work is needed to further define the scope of the testing, specific requirements (including of partners in any trial agreed) and associated costs and details of field protocols.
事務局は、これまでに得られた情報及び今日までの協議の結果によれば、IOTC／ICCAT の転載オブザーバー計画の一部として転載オブザーバーが組織サンプリングを行うことの実施可能性を評価するための、対象を絞った費用対効果の高いトライアルを策定するにあたっての技術的な障害はないものと考えている。しかしながら、検査のスコープ、具体的な要件（合意された何らかのトライアルを実施する上でのパートナーに関するものを含む）及び関連費用、並びに現場での実施プロトコルの詳細をさらに定義するための追加的な作業が必要である。

It is recommended that further work be undertaken to develop a proof-of-concept for genetic testing during transhipments and this be based on a trial:
転載時における遺伝子検査に関する概念証明を策定するためのさらなる作業を実施すること、またこの作業は以下のトライアルに基づくものとすることを勧告する。

- using commercially available, cost-effective desktop PCR machine and lateral flow strips for visualising test results using the DNA markers and assays developed by CSIRO;
  市販の費用対効果が高い卓上 PCR 装置、及び CSIRO が開発した DNA マーカー及びアッセイを用いた試験結果の可視化に及びラテラルフロー試験紙を使用すること。
- having the testing of genetic samples integrated, to the degree possible, with the ROP management and undertaken in Cape Town, South Africa; and
  遺伝子サンプルの検査を ROP の管理と可能な限り統合し、またケープタウン（南アフリカ）でこれを実施すること。

- utilises both in-port transhipments (coordinated with the flag CCSBT Member) and trial at-sea transhipments during observer deployments.
  港内転載（船籍がある CCSBT メンバーが調整）及びオブザーバー配乗中の洋上転載の両方を活用すること。

With Members approval, a detailed project plan, based on these parameters and including clearly defined costs, could then be presented to CC 22 for consideration.
メンバーが承認した場合には、これらのパラメータに基づき、また明確に定義された費用を含む詳細なプロジェクト計画を CC 22 による検討に向けて提出することが可能となる。

7. Recommendations
勧告

The Secretariat invites Members to:
事務局は、メンバーに対して以下を招請する。

- Note the progress in development of rapid in-situ genetic testing tools by CSIRO, but that this requires further technical development before any broader testing can be completed;
  CSIRO による迅速現場遺伝子検査ツールの開発が進展しているものの、より広範な試験を実施できる段階に至るためにはさらなる技術的開発が必要である状況に留意すること。
- Discuss the information provided in the paper on the recommended options for the development of a proof-of-concept for undertaking genetic testing during transhipments;
  転載中の遺伝子試験の実施に関する概念実証を策定するために勧告されたオプションに関して、本文書で提示した情報を検討すること。
- Task the Secretariat to continue work (with potential partner organisations) to develop a defined project plan for a proof-of-concept for genetic testing during transhipments for consideration by CC 22; and
  事務局に対し、CC 22 による検討に向けて、転載中の遺伝子検査に関する概念実証にかかるより定義されたプロジェクト計画を策定するための作業（考え得るパートナー機関との作業を含む）を継続する任務を課すこと。
- That this project plan be based on the trial:
  当該プロジェクト計画は以下のトライアルに基づくべきこと。
  - using commercially available, cost-effective desktop PCR machine and lateral flow strips for visualising test results using the DNA markers and assays developed by CSIRO;
    市販の費用対効果が高い卓上 PCR 装置、及び CSIRO が開発した DNA マーカー及びアッセイを用いた試験結果の可視化に及びラテラルフロー試験紙を使用すること。
  - having the testing of genetic samples integrated, to the degree possible, with the ROP management and undertaken in Cape Town, South Africa; and
    遺伝子サンプルの検査を ROP の管理と可能な限り統合し、またケープタウン（南アフリカ）でこれを実施すること。
  - utilises both in-port transhipments (coordinated with the flag CCSBT Member) and trial at-sea transhipments during observer deployments.
    港内転載（船籍がある CCSBT メンバーが調整）及びオブザーバー配乗中の洋上転載の両方を活用すること。

Prepared by the Secretariat
事務局作成文書

別紙は英語版のみ

Attachment A
Consideration of the Testing Location

Initial discussions have been undertaken with the IOTC / ICCAT ROP Consortium partners. The purpose of these discussions was to make the organisations aware of CCSBT's work to consider the viability of a proof of concept for genetic testing by observers and to get input on any specific considerations from the ROP for this. Insufficient details were available at this time on the PCR kits and the specific requirements for undertaking the testing to allow for detailed discussions. Therefore, no specific requirements of CapFish / CapMarine (if the trial went ahead) were able to be discussed, including any costs associated with housing and undertaking the testing at the CapFish / CapMarine office. However, during these discussions the following points were noted:

- CapFish / CapMarine has staff members that have undertaken genetic sampling and/or facilitated the export of genetic samples (from other fisheries) to test laboratories before;
- The CapFish / CapMarine offices were viewed as a suitable location for the testing to be undertaken (based on the information available at the time);
- The collection of genetic samples by CapFish / CapMarine observers was practically very achievable, with a lot of observers already experienced in robust sampling processes;
- Durban, Port Elizabeth and Cape Town were seeing more in-port transhipments of large pelagic vessels;
- There were logistical challenges around the genetic sampling, principally around getting samples from the locations that the observers disembark carrier vessels. But CapFish / CapMarine observers can disembark in Cape Town; and
- It was felt that if a CCSBT Member was willing to support the proof of concept to help coordinate access to vessels for sampling and ensuring these could be delivered to the testing location then this could also help overcome some of these logistical issues.

Based on these initial discussions, it is felt that Cape Town would be a viable location to conduct the testing of genetic samples that may minimise some of the logistical challenges in getting the samples to testing locations.

Attachment B
Recommended Components of a Sample Collection Protocol

Considering the WCPFC's Voluntary High Seas Boarding and Inspection Regional Guide on DNA Sampling and processes developed by Australian authorities, the Secretariat has identified the some key considerations related to the collection of samples for genetic testing.

It is therefore recommended that collection protocols include the following:

- To prevent cross contamination, the observers shall:
  - Use new or unopened sampling tools;
  - Use new or unopened sample containers/tubes to store the samples; and
  - Wear single-use disposable gloves.
- When taking genetic samples, observers shall;
  - Complete documentation that should record the details of the sample taken that includes at a minimum:
    - Date and time of the collection;
    - Collectors name;
    - Carrier vessel details, including name and CCSBT authorisation number;
    - Unique sample identification number;
    - location of fish sampled (e.g. blast freezer, hold number);
    - description (reported species and processed state of fish); and
    - CCSBT tag number (if/where available).
  - Take at least two tissue samples from the fish[4].
  - Take tissue samples, to the extent practicable, from the commercially least valuable part of the fish, such as the tail.
  - Collect, label, preserve and seal each tissue sample separately.
  - Label each tissue sample with the following minimum details on the sample labels:
    - Date
    - Unique sample reference number
    - Vessel name
    - Collector name
    - CCSBT tag number (if/where available)
  - Store the samples safely and in a manner that will ensure that they are secure and there is no potential for contamination of the sample (e.g. breakage of the sample containers/tubes).

[4] The WCPFC Guidelines recommend taking three samples, but as the CCSBT Proof of Concept is not seeking to collect evidential samples, it is suggested that two samples will be sufficient.

i. Tissue Biopsy (and DNA preservation, where applicable)

CSIRO has trialled and tested different tissue collection protocols that build on the lessons learnt from the development of the Gene-tag tool (GTT, Bradford et al 2016[5]) that has been the foundation of the gene-tagging program for CCSBT (Preece et al 2026[6]). The key considerations are ease of use and ergonomics, ability to sample fish frozen to -40-80 degrees and minimising/eliminating the potential for cross contamination of tissue/DNA between fish/samples.

While the GTT is suitable for sampling fresh and frozen samples down to ~ -10 degrees, it is not suitable for fish at -40-80 degrees on fishing or transhipment vessels or in port, as the replaceable the plastic tips are not strong enough. For these purposes we have demonstrated a commercially available surgical tissue punch that will penetrate the frozen tissue and provide a single plug of tissue. Depending on the application, this tissue plug may be placed in an Eppendorf tube along with some suitable buffer/fixative or it may be smeared across forensic grade paper that fixes the DNA at room temperature.

The advantage of forensic grade paper fixative is it is inexpensive, simple and easy to use and does not present any food safety issues if being used on vessels or in processing facilities. Furthermore, a simple paper hole punch can then be used to take one, or more, samples of a relatively standardised DNA quantity from the forensic paper and be used directly in the DNA extraction protocol. This method provides multiple copies of the same tissue for DNA extraction on-site and the remainder can be sealed in an evidence bag, as part of a chain of custody in cases where subsequent testing with the same individual, or additional higher confidence DNA sequencing is required.

ii. DNA Extraction

This step is easily achieved using commercially available DNA extraction kits and the simple vials and consumables supplied with them. A predetermined quantity of the extracted DNA product is transferred to the amplification stage, for example the amplification tube in the Mini PCR machine.

iii. DNA Amplification

The predetermined quantity of DNA product is added to the amplification used in the PCR machine along with prefilled amplification chemicals, including those required for the species identification. This is longest stage of the process as it involves a necessary number of “cycles” at specific temperature to generate the species-specific DNA products. Upon completion of the PCR cycling, a predetermined quantity of the amplified DNA PCR products are transferred to the lateral flow strip (effectively the same as used in a Covid/pregnancy test).

iv. Visualisation of Results

The DNA products placed on the lateral flow strip wick their way up the strip and, depending on the content of the DNA product and the specific test being used, they bind with the different test lines on the strip. CSIRO has developed a range of these for application in different contexts. For example, in the simplest case a bluefin-test could have two lines: i) a positive control that confirms there is good quality DNA from the

[5] Bradford, Russell & Hill, Peta & Davies, Campbell & Grewe, Peter. (2016). A new tool in the toolbox for large-scale, high-throughput fisheries mark-recapture studies using genetic identification. Marine and Freshwater Research. 67. 1081-1089. 10.1071/MF14423.

[6] Preece AL and Eveson JP. (2026) Gene-tagging proposal 2027-2029. Prepared for the Thirty-First Meeting of the Extended Scientific Committee. August 2026, Brussels, Belgium. CCSBTESC/2608/1

species in the DNA extraction and, ii) if the DNA is from a one of the three bluefin species, a second band is also present. If the second band is absent, then it is not bluefin, but that is the extent of the information you have from this test.

Depending on the objective of the testing program, you could have a lateral flow strip with three test lines that will deliver information on three species as well as a true positive control test line assay similar to the PCR results shown in figure 2 which distinguishes between the three bluefin species. In this case, there would be one line for a positive control and a second line to indicate Pacific bluefin tuna, and the third line to indicate Atlantic bluefin. If the second and third lines are missing, then the fish is an SBT. A more informative test in the context of the Indian or Pacific Oceans would be a four-line test with:

a) Test line 1 as positive control;
b) Test line 2 as Atlantic, Pacific or Southern Bluefin;
c) Test line 3 as yellowfin; and
d) Test line 3 as bigeye.

In this case, you would know from this initial analysis whether the fish is a bluefin or one of the main tropical species. A separate three or four-line test could then be used to distinguish between the three bluefin species, if the bluefin line was positive. At present the number of species that can be consistently and robustly combined in a single amplification and visualisation process is the limiting factor on the number of species that can be unambiguously included in one test. CSIRO's current validated test discriminates 5 species (Bluefins, ALB, BET, SKJ, and YFT) in a single amplification tube plus a positive DNA control.

Attachment D
Update on the Development of Rapid In-situ Genetic Testing Tools

Development of a tool that can deliver rapid species identification in a field situation requires the ability to complete the same four key tasks shown in figure 1:

i. Tissue biopsy;
ii. DNA extraction from samples;
iii. DNA amplification of validated species-specific targets; and
iv. Target visualisation and analysis to reveal the result.

CSIRO has developed protocols that address all four steps and demonstrated a proof-of-concept device that combines these steps into a single device in less than an hour. The proof-of-concept device is approximately half the size of a smart phone but requires external equipment to control the sequencing of reactions. Removing the need for these external controls is a key objective of the next stage of development.

This next stage is focussed on making this an inexpensive field deployable device, a simple "lab-on-a-chip" (LOC) cartridge, capable of high accuracy discrimination among the relevant commercially important species of tuna for specific field/operational applications. This LOC would be operated with minimal skillset, such as that required to run a Covid RAT tests available at most chemist shops.

As noted earlier in the paper, this work is in the next stage of technical and business development and is expected to deliver a beta-stage prototype for wider field trials in the next 12-18months. It is therefore not considered a viable option for a possible CCSBT proof of concept at this stage.