

メッシュデータ活用による
農業生産・経営情報分析セミナー
**先行降雨指数を用いた
機械作業計画支援について**

**農業・食品産業技術総合研究機構
北海道農業研究センター 小南 靖弘**

自己紹介：

- ・ 専門は農業気象学（積雪の分布など）
- ・ 2012年まで中日本農研北陸拠点
- ・ 2019年まで北海道農研芽室拠点にいました

第1部：農研機構メッシュ農業気象データについて

- 1) スペックやデータの予報期間の説明
- 2) 将来気候データについて
- 3) データアクセス（取得ツールの紹介・デモ）
- 4) 利用申請・試料など

第2部：先行降雨指数を用いた機械作業計画支援

- 1) 先行降雨指数の説明
- 2) 解析事例（北海道のテンサイ植え付け）
- 3) NARO方式乾田直播技術への適用
 - ・適地マップ
 - ・作業計画支援

●空間解像度

緯度方向：1/120 度、経度方向：1/80 度（世界測地系）

日本域ではほぼ1km×1kmで、国土数値情報3次メッシュに一致

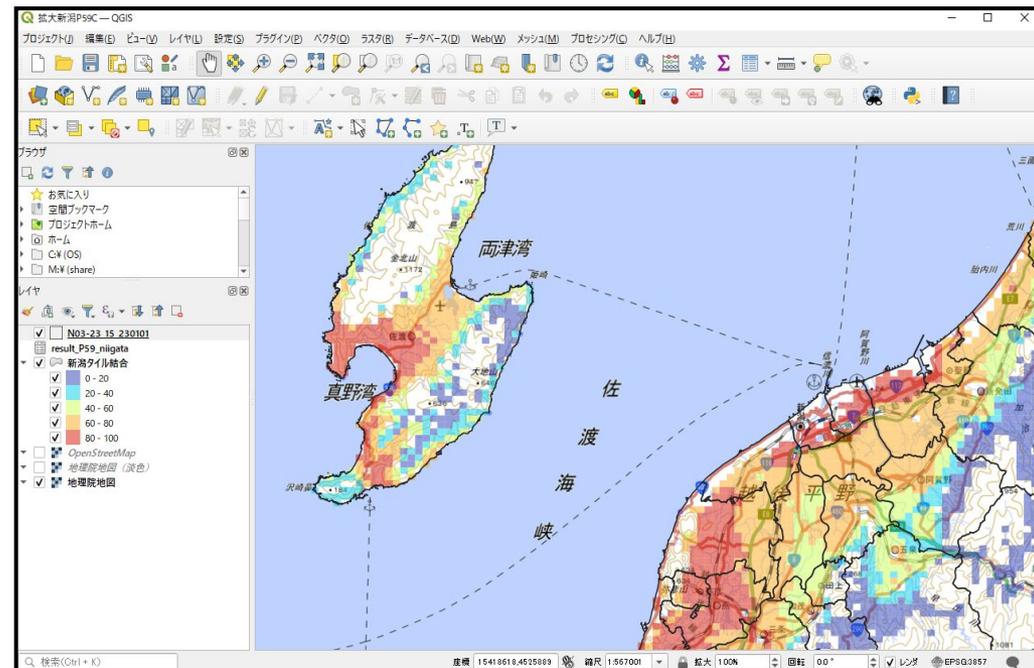
●時間解像度

1日または1時間

※現時点では特別値は気温と湿度のみ

3次メッシュの解像度なので、各種地理情報との相性が良い。

右図は、QGIS上で国土数値情報の土地利用区分が「田」のメッシュにおける消雪日データを、地理院地図に重ねたもの。

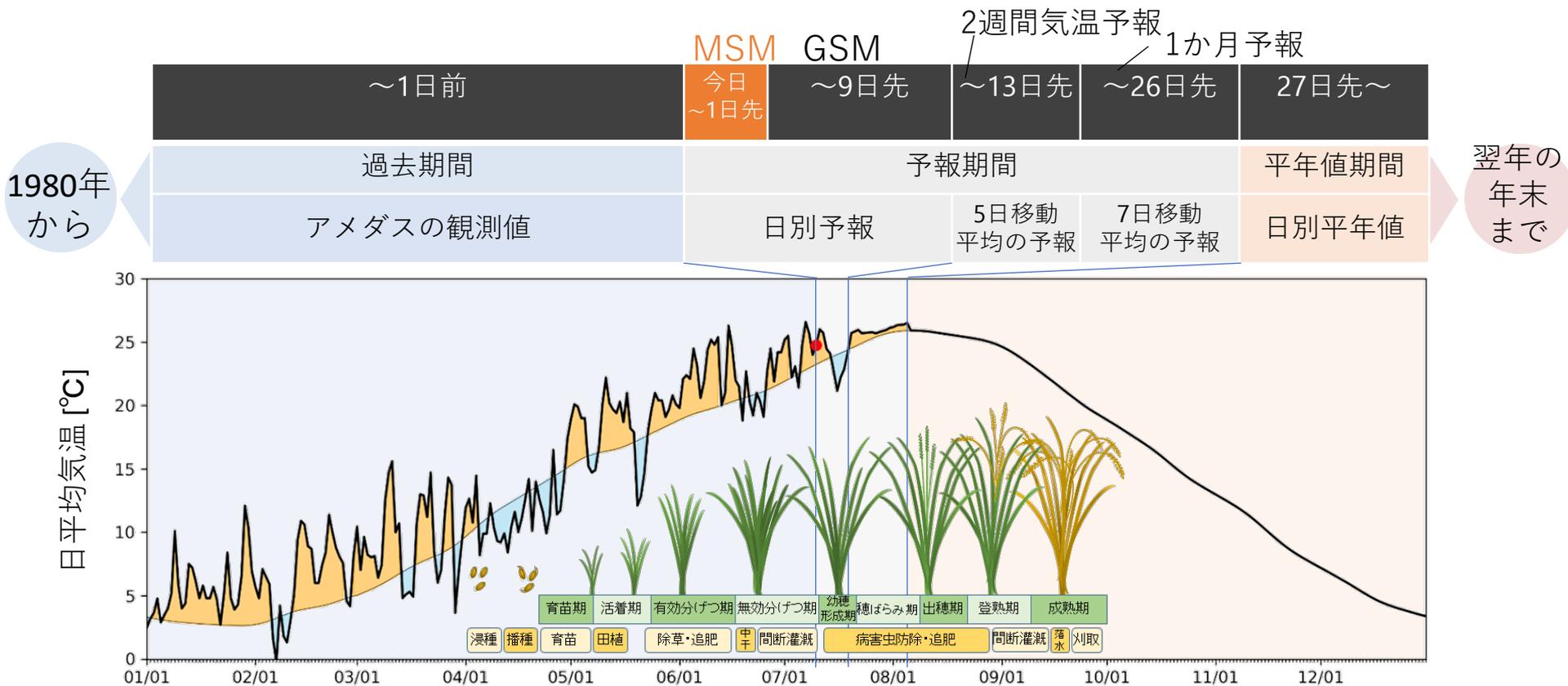


提供される気象要素

気象要素	記号	単位	日別気象値			日別平年値
			過去期間	予報期間	平年値期間	
日平均気温	TMP_mea	°C	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日最高気温	TMP_max	°C	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日最低気温	TMP_min	°C	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
日積算降水量	APCP ¹⁾ APCPRA ²⁾	mm/day	1980年1月～ 2008年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
1mm以上の降水の有無	OPR	0(無)～1(有)	1980年1月～	～9日先	～1年後	2011年～1年後
日照時間	SSD	h/day	1980年1月～	～26日先	～1年後	2011年～1年後
全天日射量	GSR	MJ/m ² /day	1980年1月～	～9日先	～1年後	2011年～1年後
下向き長波放射量	DLR	MJ/m ² /day	2008年1月～	～9日先	なし	なし
日平均相対湿度	RH	%	2008年1月～	～9日先	なし	なし
日平均風速	WIND	m/s	2008年1月～	～9日先	なし	なし
積雪深	SD	cm	1980年10月～	～9日先	なし	なし
積雪相当水量	SWE	mm	1980年10月～	～9日先	なし	なし
日降雪相当水量	SFW	mm/day	1980年10月～	～9日先	なし	なし
予報気温の確からしさ ³⁾	PTMP	°C	なし	～26日先	なし	なし

データの種類と予報期間

昨日まではアメダスの観測値、今日以降9日先（気温は26日先）までは気象庁数値予報、それ以降は平年値が入っていて、シームレスに参照できる。



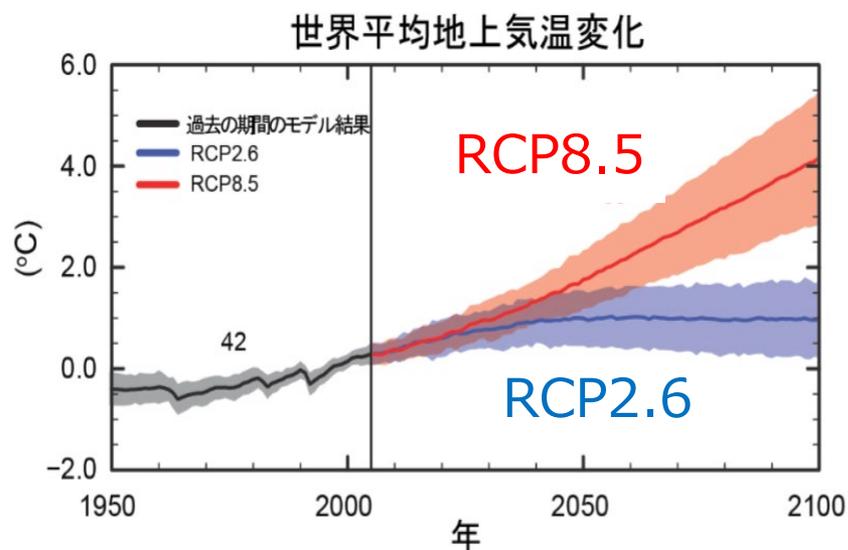
将来気候予測も同じ1kmメッシュで使えます (統計的ダウンスケーリングデータ)

※IPCC第5次報告書(2013)のもの(最新の第6次報告書(2021)ではない)

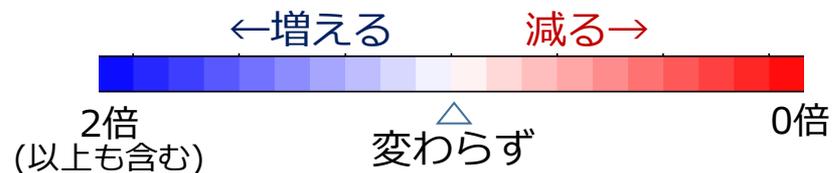
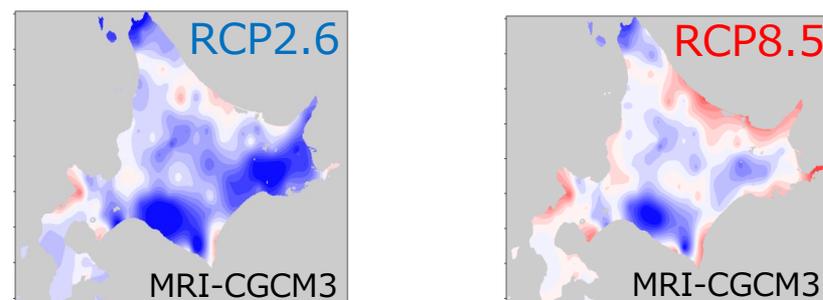
シナリオ : RCP8.5 (4°C上昇シナリオ)

RCP2.6 (2°C上昇シナリオ)

気候モデル : MRI-CGCM3 (日本 : 気象庁)、CSIRO-Mk3-6-0 (豪州)、
GFDL-CM3 (米国)、HadGEM2-ES (英国)、
MIROC5 (日本 : 東大/国環研/JAMSTEC)



将来気候予測データから推定した
今世紀半ば(2041年-60年)の北海道の積雪量。
現在気候(2001年-20年)に対する比



ファイル形式は **NetCDF**

座標や日時、データの種類・単位などのメタデータを備えた（自己記述的な）配列指向のフォーマットで、気象学や海洋学などの分野でスタンダード。

データ転送プロトコルは **OPenDAP**

こちらも地球科学分野で広く使われているデータ転送プロトコル。サーバ上のファイルは国土数値情報1次メッシュ（80km×80km）の1年分で巨大だが、**（緯度範囲 × 経度範囲 × 日範囲）** を指定することにより、必要な部分を切り出してダウンロードできる。

データ取得方法

- **エクセル** メッシュ気象データホームページでデータ取得用のマクロを組み込んだエクセルファイルが入手可能。
- **Python** メッシュ気象データホームページでデータ取得や計算処理や図化などのツール集が入手可能
- **R言語** メッシュ気象データホームページでデータ取得や計算処理や図化などのツール集が入手可能

※その他、ブラウザでOPenDAPサーバにアクセスして直接データ範囲を指定する使い方も可能。

ツール集。最初に読み込んでおく

```
import AMD_Tools4 as amd
```

```
nani = 'TMP_mea'
```

気象要素を指定。この例では日平均気温

```
itsu = ['2016-01-01', '2016-01-01']
```

[最初の日, 最後の日]で指定。この例では1日分

```
doko = [33.0, 35.0, 132.0, 136.0]
```

[南端, 北端, 西端, 東端]の順に指定

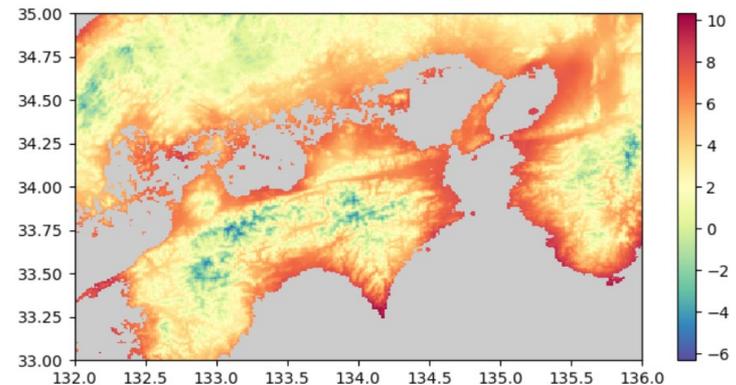
```
data, tim, lat, lon = amd.GetMetData(nani, itsu, doko)
```

```
Ta = data[0, :, :]
```

データを取得する関数。“AMD_Tools4”に入っている。

```
amd.PutGSI_Map(Ta, lat, lon, filename='hoge' )
```

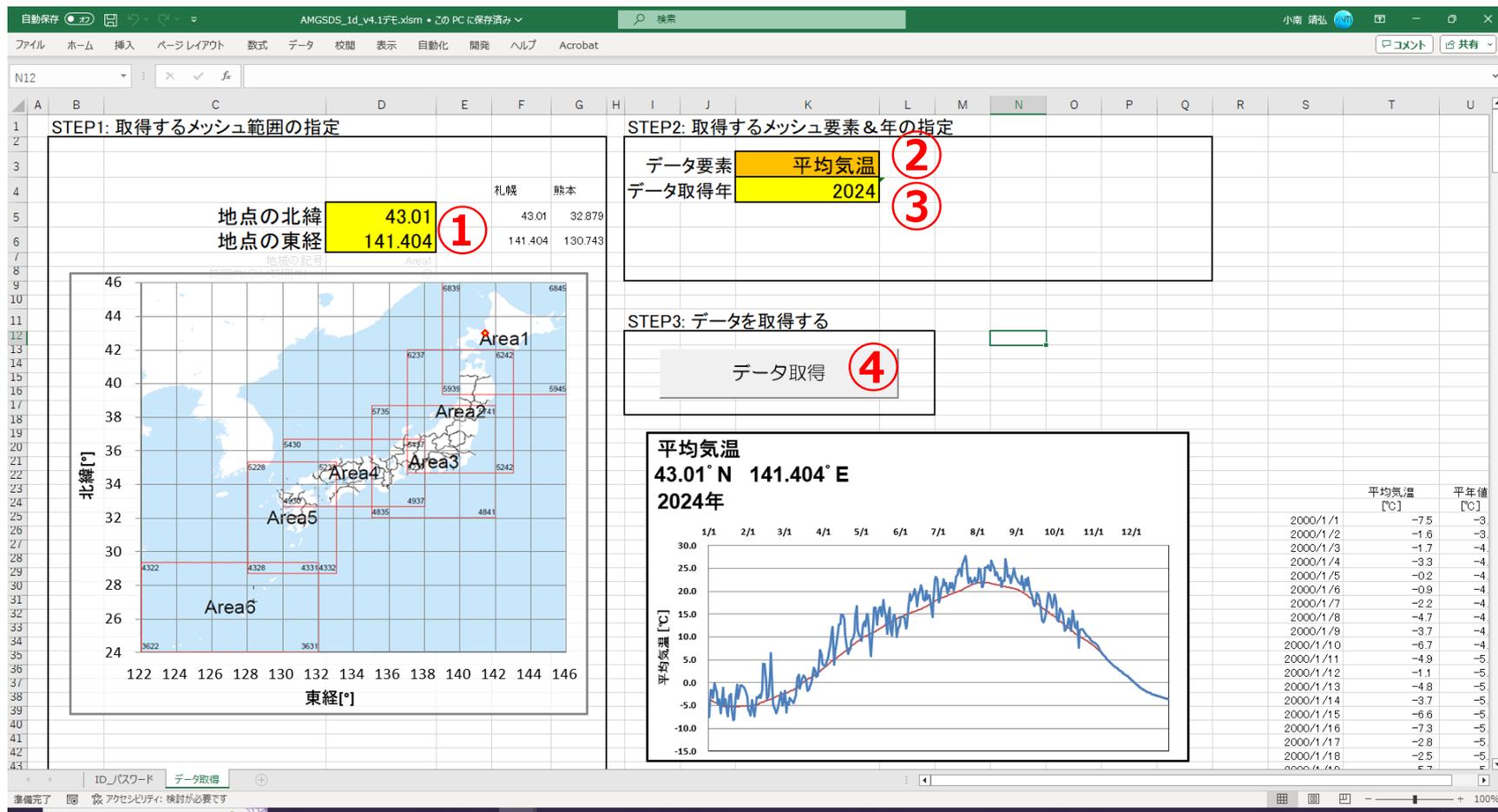
分布図を描画する関数。“AMD_Tools4”に入っている。



取得用エクセルでの利用（とりあえずデータを見たい場合）

AMGSDS_1d_v4.1.xlsm（1地点の気象要素を1年分取得する）

- ① 取得したい地点の緯度経度を入力 ⇒
- ② データ要素を選択 ⇒
- ③ 取得する年次を指定 ⇒
- ④ データ取得ボタンを押す



The screenshot shows the Excel spreadsheet with the following sections:

- STEP1: 取得するメッシュ範囲の指定**
Location coordinates: 地点の北緯 43.01, 地点の東経 141.404. A map shows five mesh areas (Area1 to Area5) around the location.
- STEP2: 取得するメッシュ要素&年の指定**
Data element: 平均気温 (Average Temperature)
Data acquisition year: 2024
- STEP3: データを取得する**
Data acquisition button.
- Output Data:**
Location: 平均気温 43.01° N 141.404° E 2024年
A line graph shows the average temperature from 1/1 to 12/1. A table on the right lists monthly average temperatures and annual averages from 2000/1/1 to 2000/1/18.

年月	平均気温 [°C]	年平均 [°C]
2000/1/1	-7.5	-3
2000/1/2	-1.6	-3
2000/1/3	-1.7	-4
2000/1/4	-3.3	-4
2000/1/5	-0.2	-4
2000/1/6	-0.9	-4
2000/1/7	-2.2	-4
2000/1/8	-4.7	-4
2000/1/9	-3.7	-4
2000/1/10	-6.7	-4
2000/1/11	-4.9	-5
2000/1/12	-1.1	-5
2000/1/13	-4.8	-5
2000/1/14	-3.7	-5
2000/1/15	-6.6	-5
2000/1/16	-7.3	-5
2000/1/17	-2.8	-5
2000/1/18	-2.5	-5

農研機構メッシュ農業気象データトップページ

https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=start
から新規利用申請をおこなってください。



⇒ 「ユーザー専用ページ」から、
Pythonツール、Rツール、取得用エクセルなどがダウンロードできます。

ただし、利用は「**研究・開発・教育・試用を目的とする場合**」のみで、非営利であっても業務的な利用の場合は、WAGRI（農業データ連携基盤）または民間企業が運用する同様のサービスに移っていただきます（Pythonとエクセルについては同様のツールあり。ただし時別データはなし）。

マニュアル・参考資料はこちら

https://amu.rd.naro.go.jp/wiki_open/doku.php?id=docs

第1部：農研機構メッシュ農業気象データについて

- 1) スペックやデータの予報期間の説明
- 2) 将来気候データについて
- 3) データアクセス（取得ツールの紹介・デモ）
- 4) 利用申請・試料など

第2部：先行降雨指数を用いた機械作業計画支援

- 1) 先行降雨指数の説明
- 2) 解析事例（北海道のテンサイ植え付け）
- 3) NARO方式乾田直播技術への適用
 - ・ 適地マップ
 - ・ 作業計画支援

先行降雨指数 (Antecedent Precipitation Index) とは？

※Application Programming Interface とは関係ありません



減衰係数

$$API_i = K_i (API_{i-1} + Pr_i)$$

その日の値

前日の値

降水量

$$K_i = \exp(-Ep_i / Wn)$$

可能蒸発量

土壌厚さ(定数)



2023年の新潟県新発田市の計算例

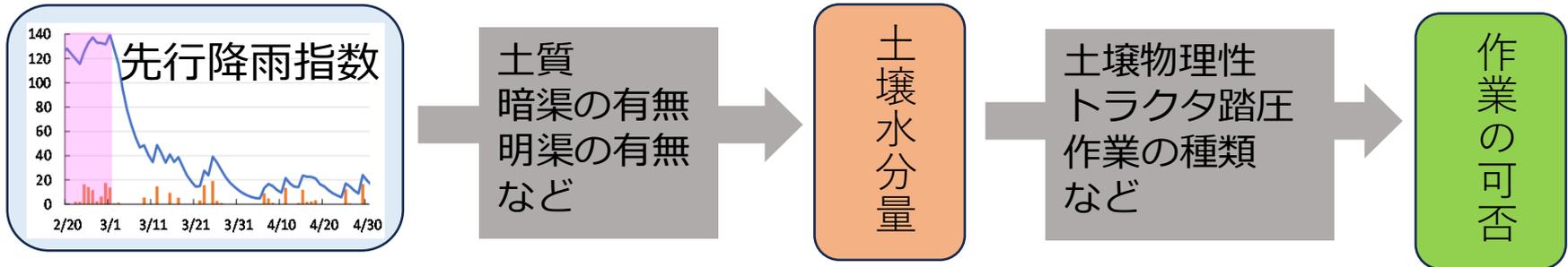
- 気象データから見た土の濡れぐあいの指標
- 過去に降った雨の履歴（先行降雨）と蒸発量から、土中に貯えられている水分量を推定
- ただし、実際の含水量は土質や排水条件などによって異なるので、絶対値はわからない（地域の気象条件を相対的に比較する）

廣田・福本, 2009: ルーチン気象観測データからの裸地面の蒸発効率の推定と土壌水分データを用いないパラメータ化. 農業気象, 65(4).

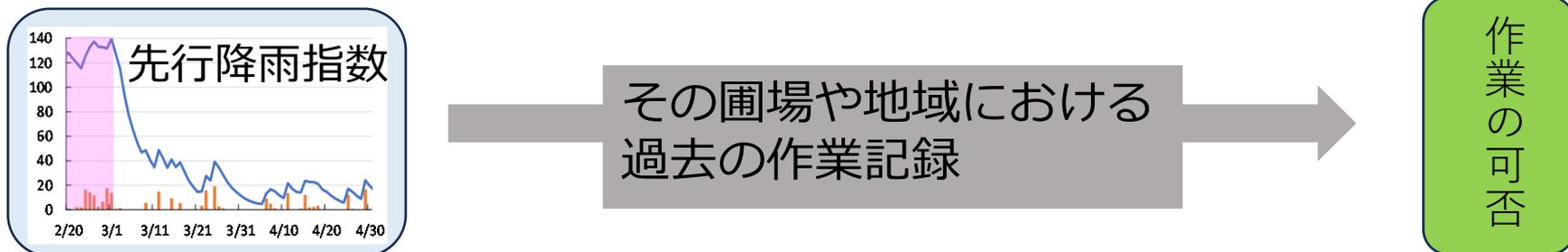
先行降雨指数から圃場作業性を評価する

先行降雨指数は「洗濯指数」のようなもので、実際に乾く時間は圃場条件（洗濯物の種類）によって異なる（e.g. Tシャツかジーパンか）

→ 物理的に作業の可否を評価するのは手間がかかる

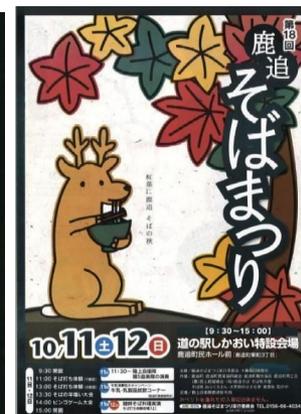


そこで、過去におこなった作業可否の判断を過去の値と照らし合わせることにより、その地域の評価関数を作成する



先行降雨指数と畑作業の可否との関係

～北海道のテンサイ植え付け作業の例～



対象地域：北海道十勝地方の鹿追町

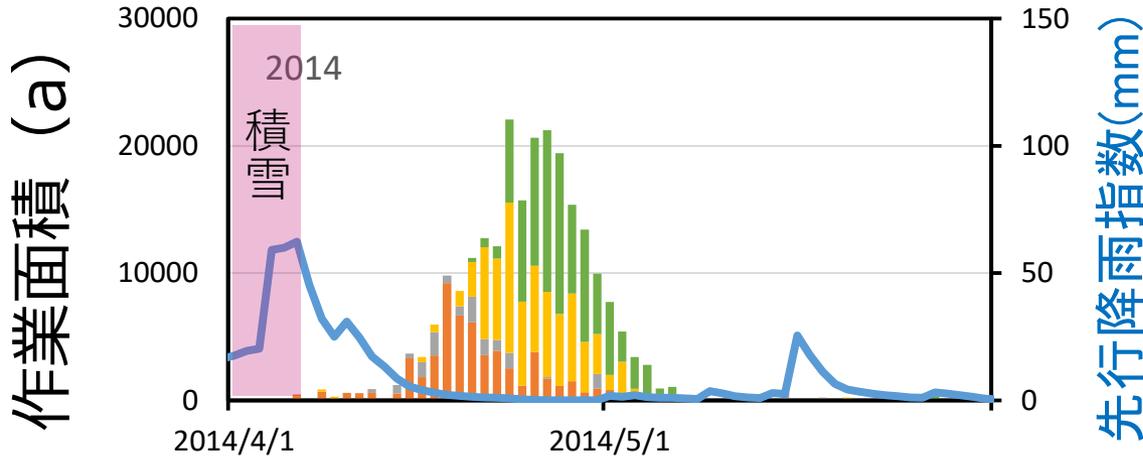
作業の流れ：
心土破碎→耕起→整地→移植



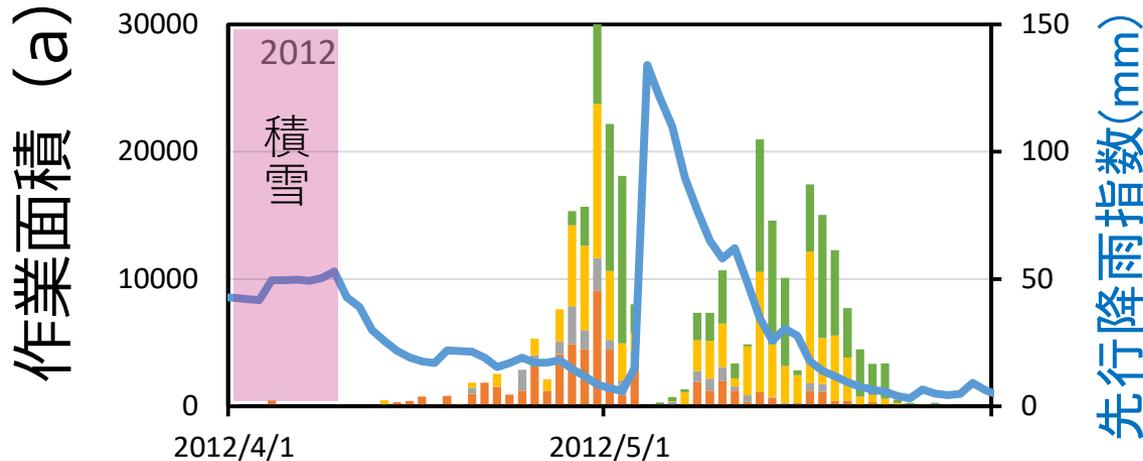
テンサイ移植機

日々の作業面積と先行降雨指数を突き合わせる

※JA鹿追のご協力を頂きました



天気が良かった年
(2014年)

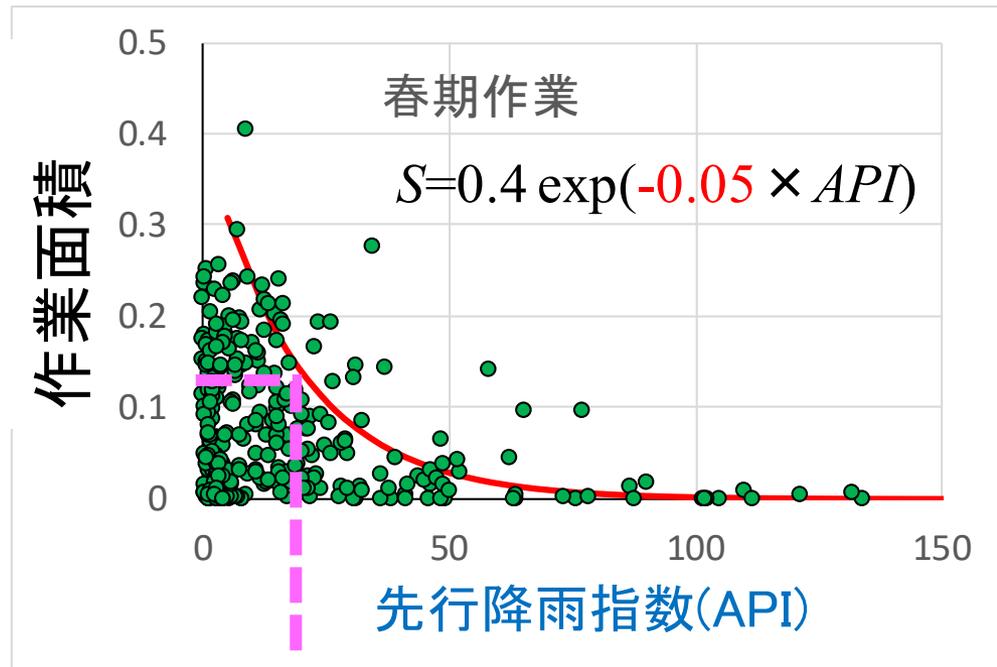
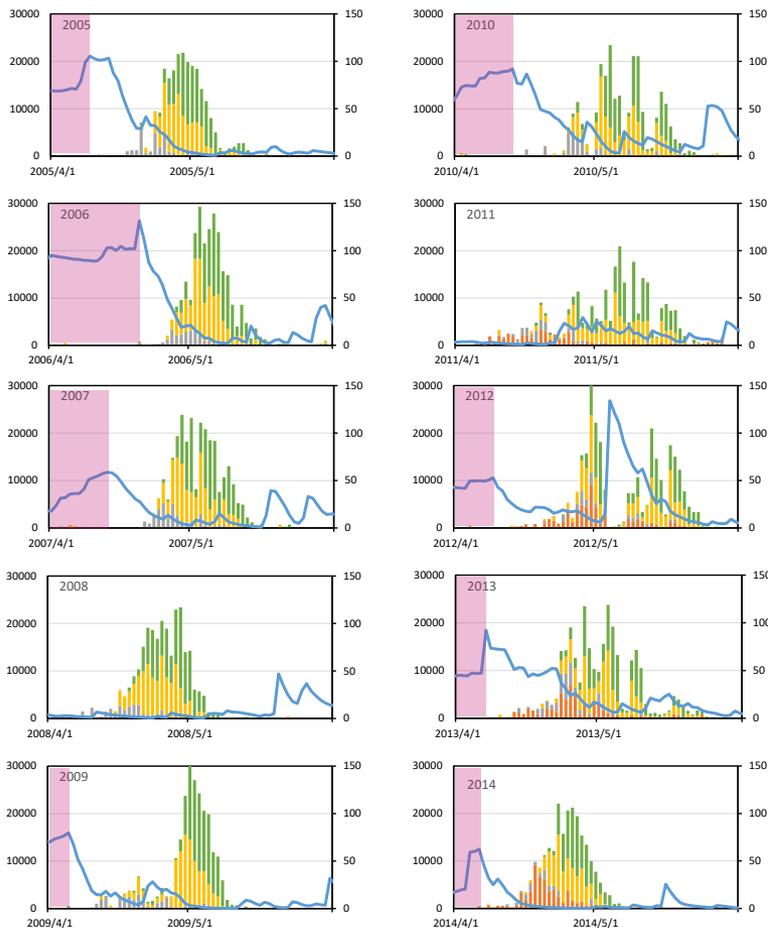


大雨が降った年
(2012年)

■ 心土破碎
 ■ 耕起
 ■ 整地
 ■ 移植
 — 先行降雨指数

先行降雨指数が大きい日（土が濡れている日）は作業面積が減る
 →スケジュールに余裕があれば作業を避ける

10年分の日々の先行降雨指数と作業面積の関係をプロット



作業面積が半減するのは**20mm程度**

実際には個々の生産者が**経験**に基づいて作業の可否を判断しているのだが、これを**集積**して**客観的な指標**に位置付けることにより**見える化**できる。

- 心土破碎 ■ 耕起
- 整地 ■ 移植 — API

NARO方式水稻乾田直播栽培体系とは？

大規模畑作用の機械を使って水稻を栽培する体系で、特に麦用の「グレーンドリル」で高速に播種をすることが特徴（1日10haも可能）。担い手不足による大規模化に対応する技術として普及が進んでいる。

春作業の手順

- ① 耕起（スタブルカルチやチゼルブラウ）
- ② 山崩し（カットロータリーやパワーハロー）
- ③ 均平（レーザーレベラー）
- ④ 鎮圧・播種床造成（ケンブリッジローラー）
- ⑤ 播種（グレーンドリル）

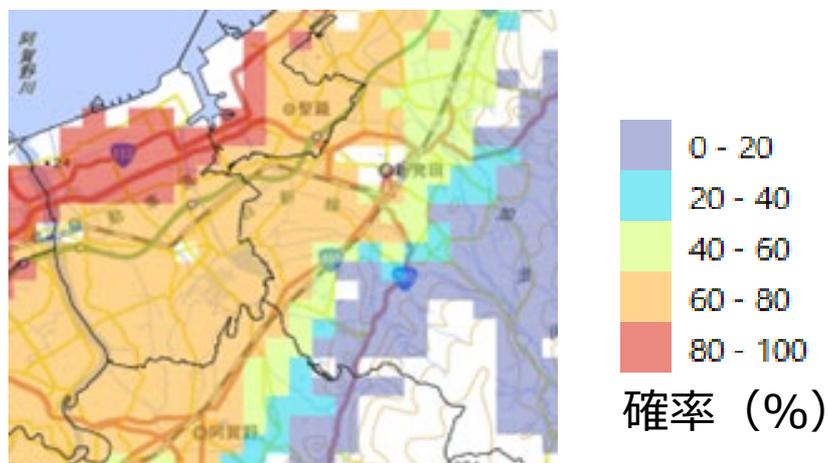
一連の作業は春に行うが、本州日本海側の多雪地では作業日程に余裕がないことが多い

湛水前に茎葉処理で雑草防除。一時通水して苗立ち後に湛水。



1. 乾田直播導入の適地マップ

過去の気象データを用いて、旬別に圃場作業が可能な日数を求めて図化する。別途作成中の消雪確率と合わせて適地マップを作成。

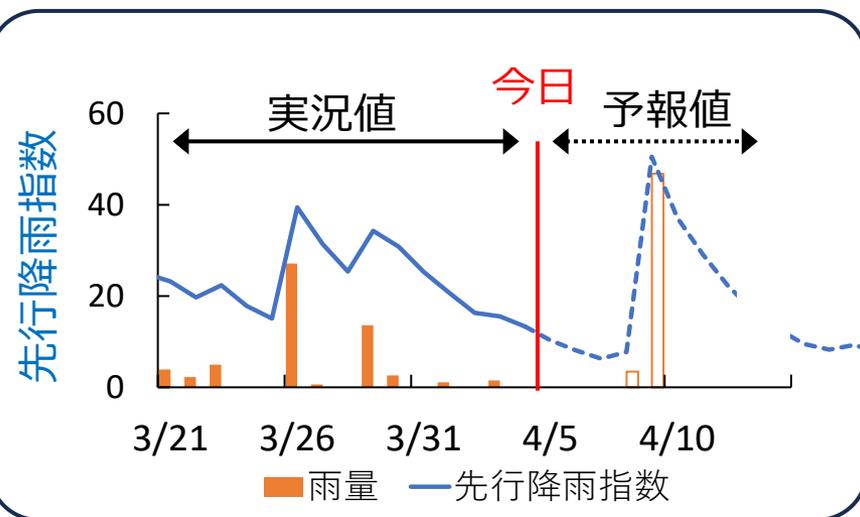


参考イメージ：2月中に消雪する確率の分布

こちらは今年度にプロトタイプを作成し、R7年度に公開予定

2. 作業計画支援アプリ

農研機構メッシュ農業気象データは9日先までの予報値があるので、数日先の作業性を予測して作業計画の参考にする。

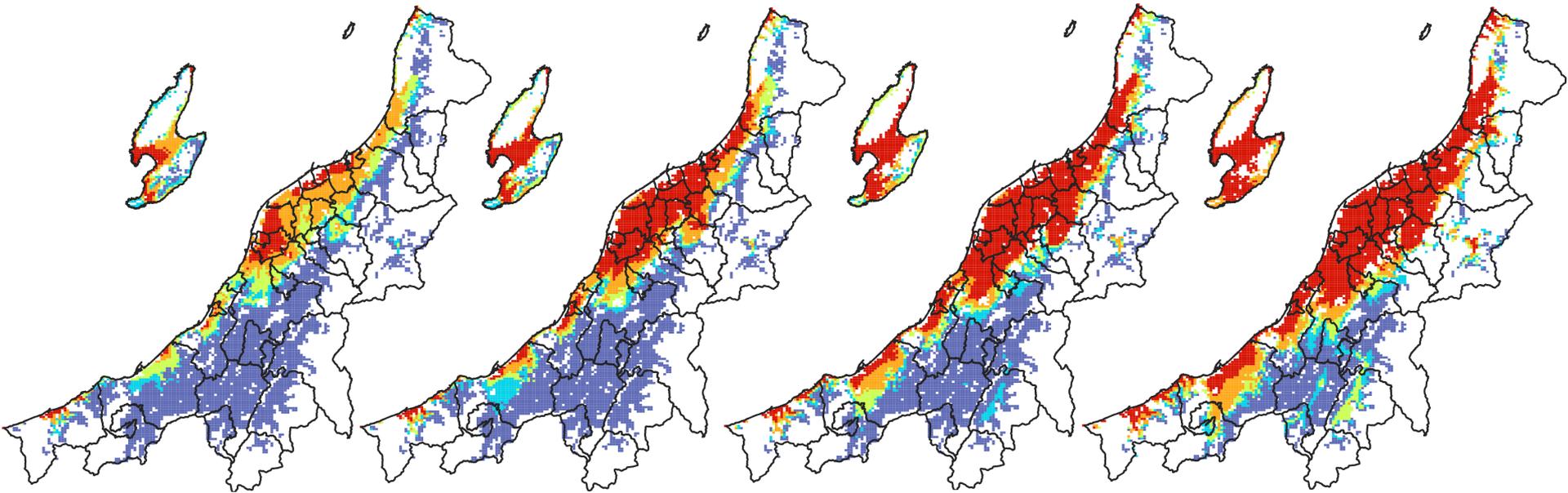


支援アプリのイメージ

こちらはデータ送信の仕組みを構築する必要があり、現時点では未定。

まず雪が消える日进行评估する（新潟県の例）

田のあるメッシュのみを表示

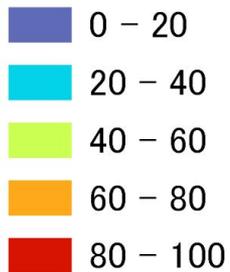


2月末日まで

3月10日まで

3月20日まで

3月31日まで



確率 (%)

2001年～2020年の20年間のうち、
それぞれの期日までに消雪した年の割合
※10日以上連続した積雪の終わりの日

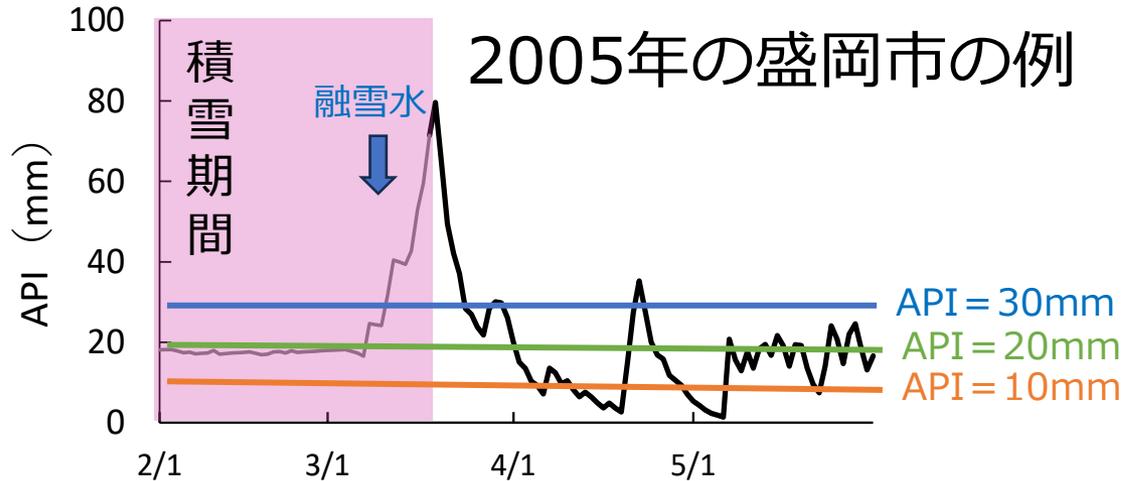
次に消雪後の天候を評価する

雪が消えても田んぼの土が乾かないと作業に入れない。
⇒ 先行降雨指数の経年平均値で評価

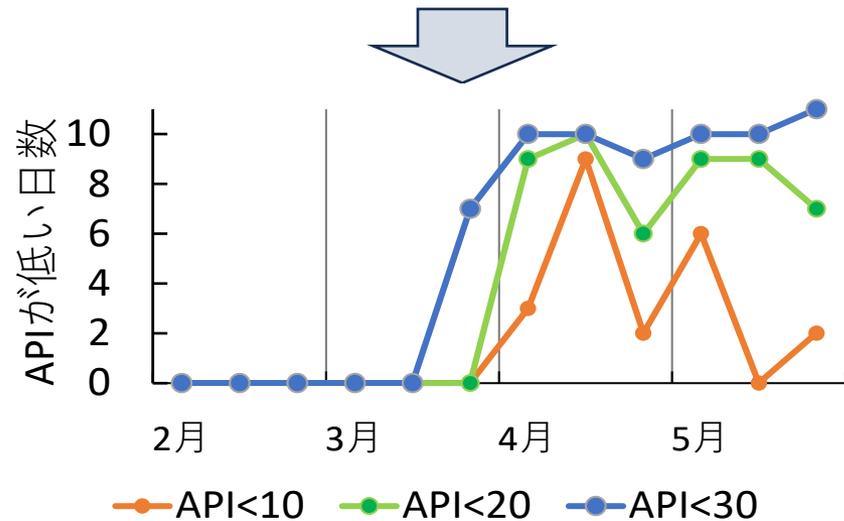


消雪期の北陸拠点の風景（2002年3月10日）

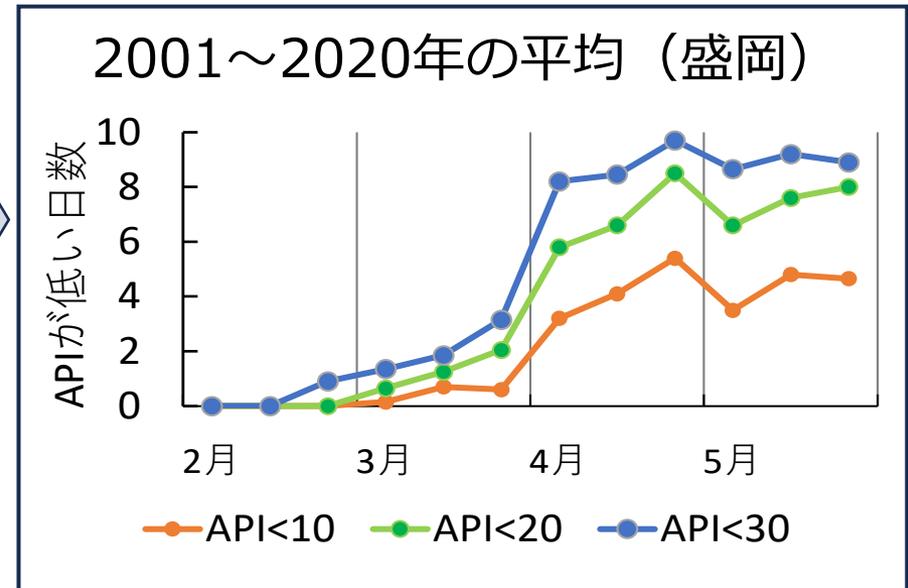
先行降雨指数が任意の閾値を下回る日数を旬ごとに集計 → 土が乾いている日数（圃場作業できる日数）の目安



作業が不可能になる閾値は地域や圃場によって異なるが、**乾燥の目安**として、**30mm**、**20mm**、**10mm**を下回る日数を旬ごとに集計。

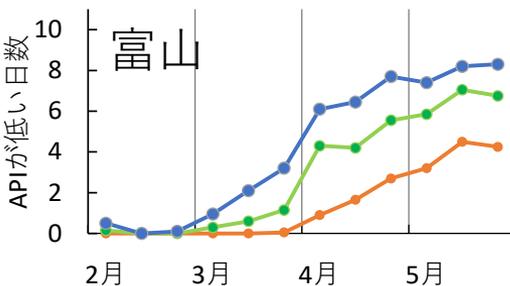
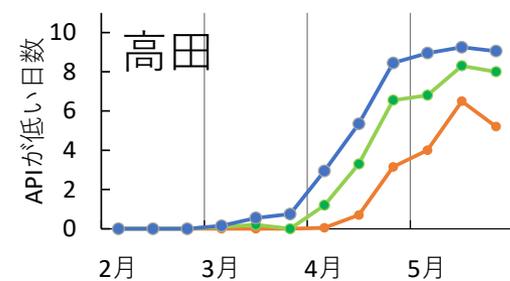
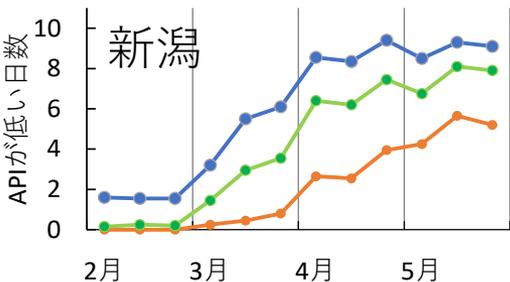
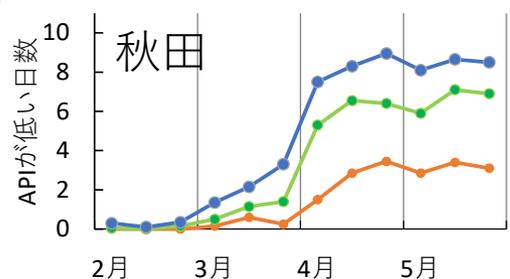


消雪直後は融雪水で土が濡れているが、4月以降は乾いた日が増える

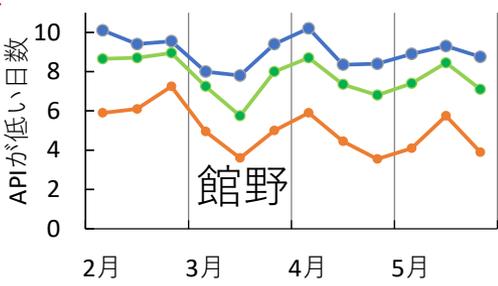
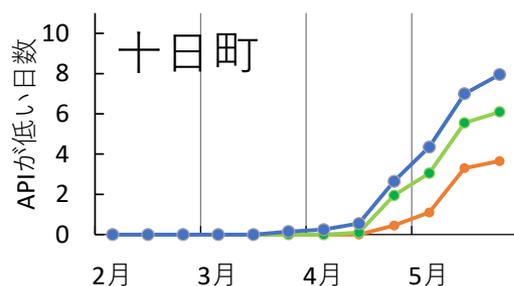
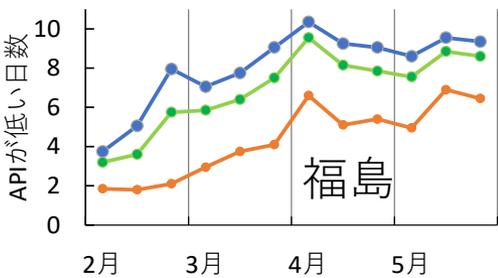
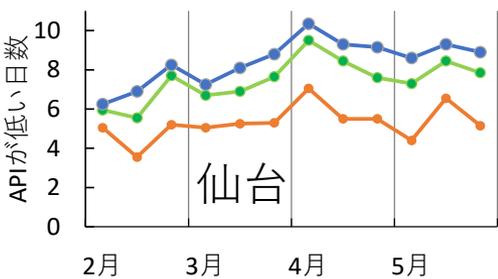
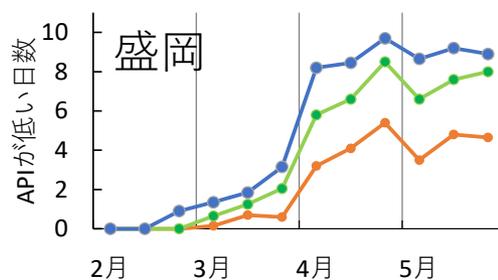


閾値を下回る日数を各地で比較 (2001~2020年の平均)

寡雪な地域では2月から圃場が乾き始めるが、豪雪地帯では遅れる

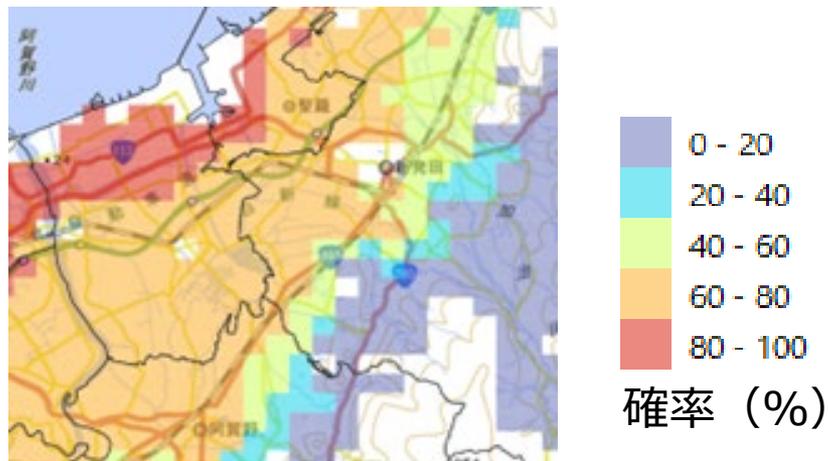


● < 30 mm
● < 20 mm
● < 10 mm



1. 乾田直播導入の適地マップ

過去の気象データを用いて、旬別に圃場作業が可能な日数を求めて図化する。別途作成中の消雪確率と合わせて適地マップを作成。

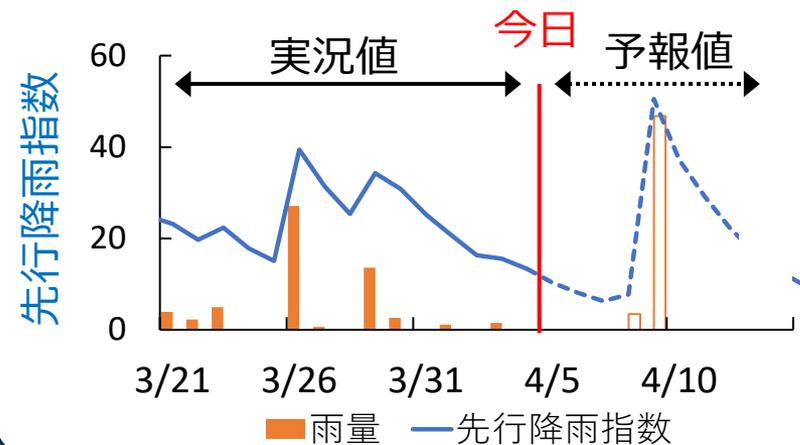


参考イメージ：2月中に消雪する確率の分布

こちらは今年度にプロトタイプを作成し、R7年度に公開予定

2. 作業計画支援アプリ

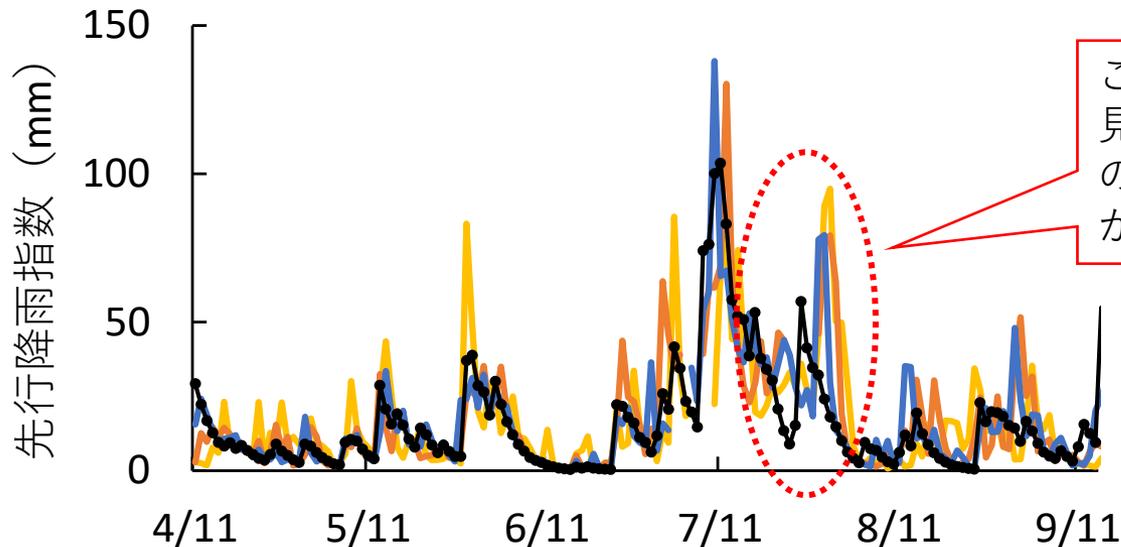
農研機構メッシュ農業気象データは9日先までの予報値があるので、数日先の作業性を予測して作業計画の参考にする。



支援アプリのイメージ

こちらはデータ送信の仕組みを構築する必要があり、現時点では未定。

何日前くらいから作業計画に使えるそうか

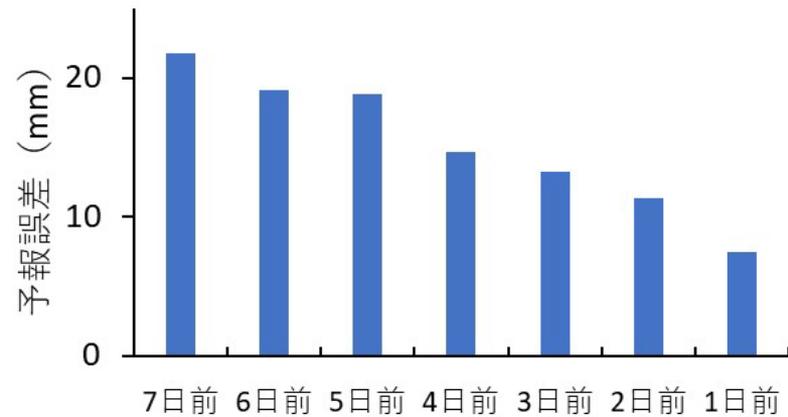


このような空振りや見逃しはたまにあるので、使用上の注意が必要。

— 6日前 — 4日前 — 2日前 — 現況値

予報値と現況値（確定値）との比較
新潟県新発田市、2024年

予報期間が長いと降水量の絶対値の精度は落ちるが、またまった降水イベントの起日はおおむね捉えている。予測誤差は3日前で13mm、2日前で11mm、前日で8mm。



予報期間毎の予測誤差 (RMSE)

まとめなど

- ・ 担い手不足による大規模化（作業計画の最適化が必要）
- ・ 新規参入者の増加（経験不足で適切な判断ができない）
- ・ 気候変動の進行（過去の経験が通じない極端現象が出現）

これらの問題に対処するためには、今後ますます気象データを用いたデータ駆動型農業が重要になってくると思います。
そのツールの1つとして先行降雨指数の活用を進めるつもりです

今日お話ししたこと

第1部：農研機構メッシュ農業気象データについて

- 1) スペックやデータの予報期間の説明
- 2) 将来気候データについて
- 3) データアクセス（取得ツールの紹介・デモ）
- 4) 利用申請・試料など

第2部：先行降雨指数を用いた機械作業計画支援

- 1) 先行降雨指数の説明
- 2) 解析事例（北海道のテンサイ植え付け）
- 3) NARO方式乾田直播技術への適用
 - ・ 適地マップ
 - ・ 作業計画支援

本日はお聴きいただき
ありがとうございました