

委員会の意見を踏まえて、内容の一部を修正・追加しています。

資料3

固化ヤード・原料ヤードにおける地下水・ 土壌のシアン化合物の汚染対策について

2007年11月

JFEスチール株式会社 東日本製鉄所

現在までの経緯と環境問題対策専門委員会の目的

シアン対策専門委員会(平成17年4月19日～平成18年3月20日、計6回実施)

審議内容 : ダスト精錬炉及びその関連施設からのシアン化合物の飛散、流出対策について審議・検討

付言事項 : ①**固化ヤード・原料ヤード等の地下水・土壌の詳細調査**を継続的に行い、その結果等に基づき**ダスト精錬炉及び関連施設周辺も含めた地下水・土壌の浄化対策**を行うこと
②シアン化合物等を排水口、排水溝、護岸及び地下水経由で**公共用水域に流出させないようモニタリングを実施**すること



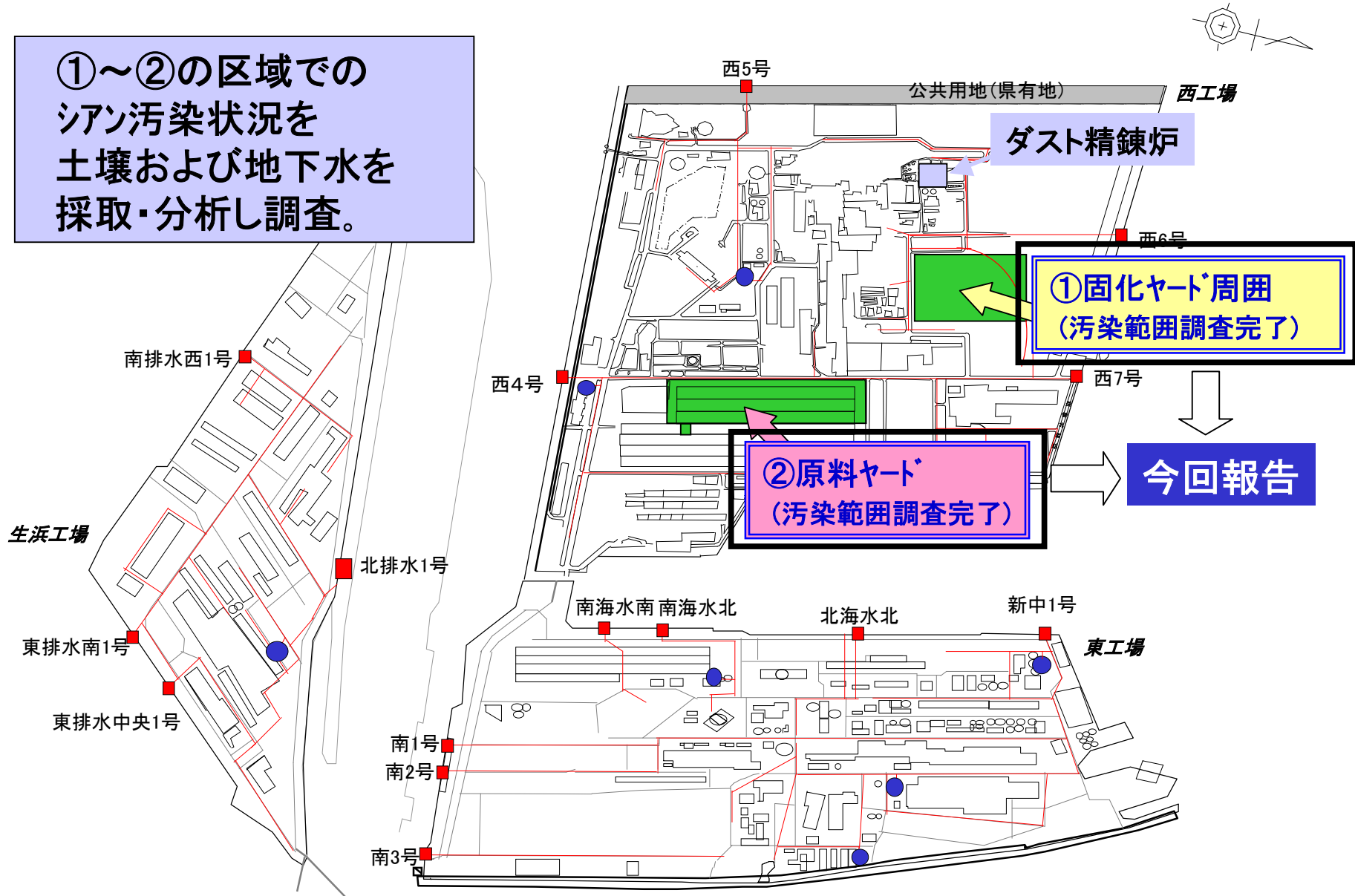
環境問題対策専門委員会(平成18年11月24日第1回実施)

調査研究事項 : 固化ヤード等におけるシアン化合物による地下水・土壌汚染詳細調査結果及び公共用水域への流出防止対策等を含む、第6回シアン対策専門委員会**付言事項への取り組み状況に係る技術的内容について、審議・検討**

目的 : ①シアン化合物を公共用水域に流出させない対策の審議・検討
②ダスト精錬炉及び関連施設周辺も含めた地下水・土壌浄化の審議・検討

調査範囲の概要

①～②の区域での
シアン汚染状況を
土壌および地下水を
採取・分析し調査。

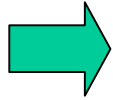


調査・対策の進捗状況

対象地区	推定汚染原因	状況
①固化ヤード	ダスト精錬炉リサイクルのためシアン含有スラッジをヤードに仮置 (1994年5月～2005年1月)	汚染状況調査完了 シアン流出防止および 浄化対策案策定
②原料ヤード	焼結リサイクルのためシアン含有スラッジをヤードに仮置 (1994年5月～2005年1月)	汚染状況調査完了 シアン流出防止対策案 策定

1. 固化ヤードにおける地下水・土壌の シアン化合物の汚染対策

固化ヤード位置図

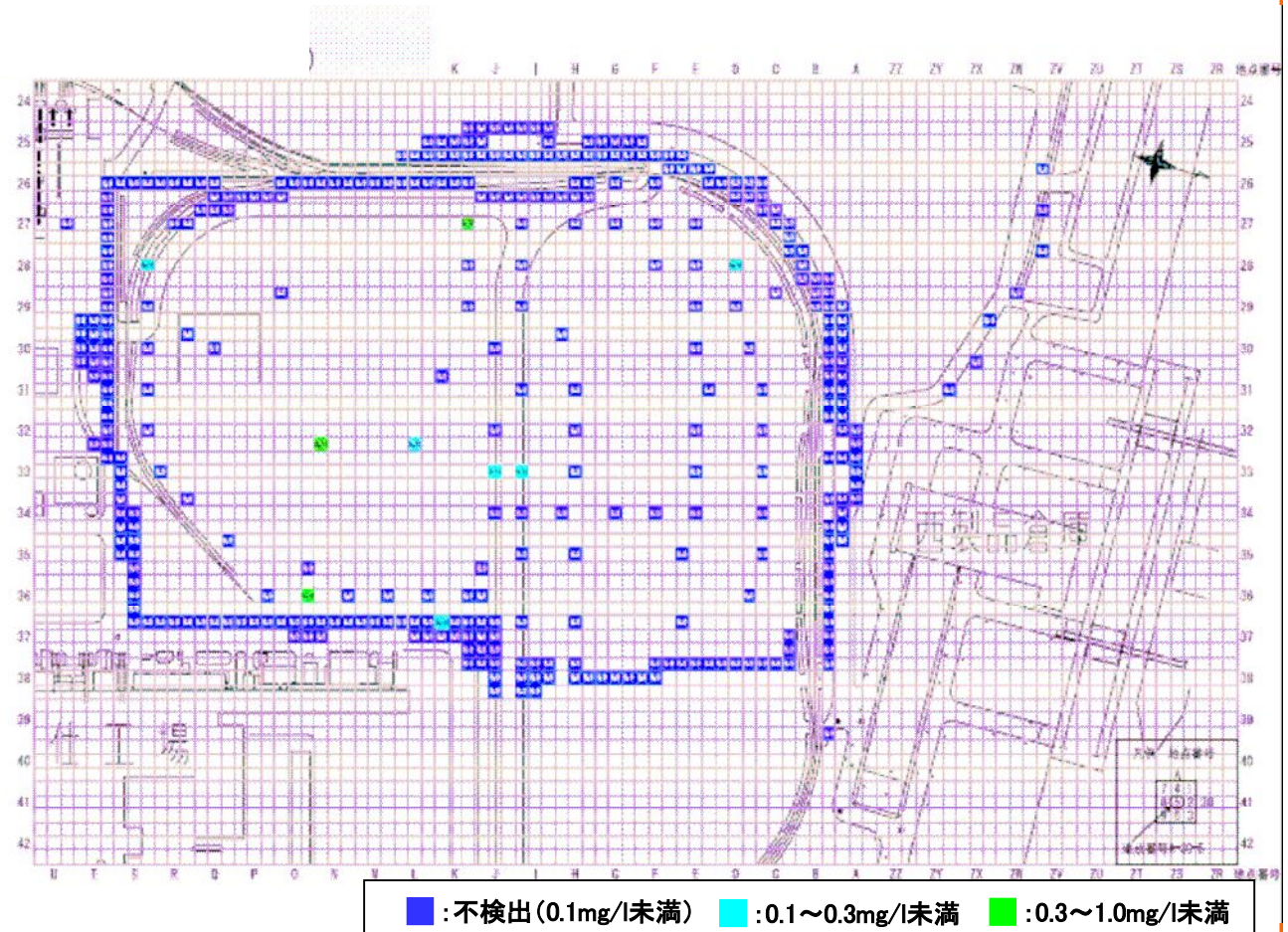


固化ヤード

前回千葉市委員会での報告内容と委員会の要請事項

10mメッシュにて**土壌(溶出量)調査**を実施し、**土壌汚染の範囲**を特定した

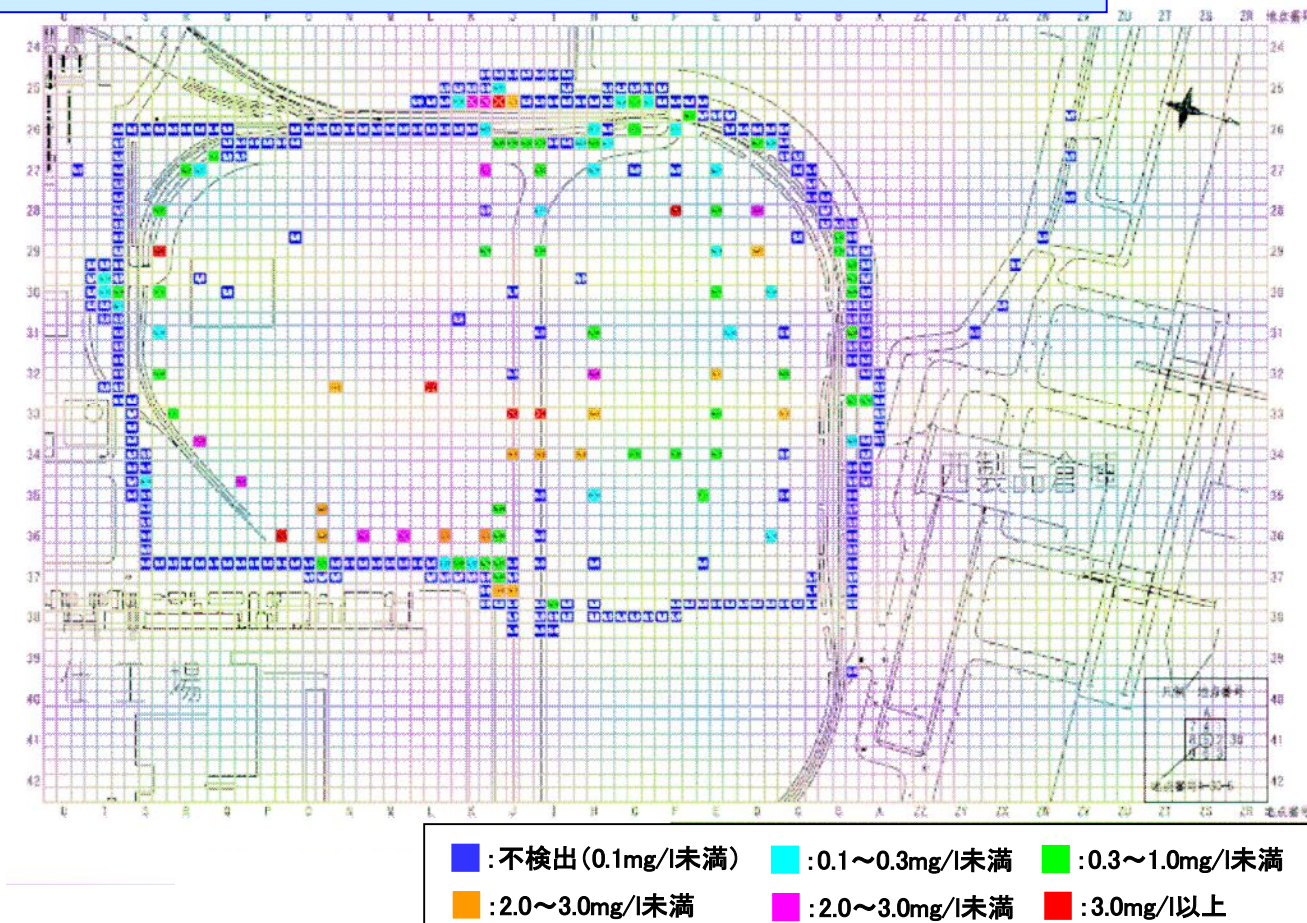
調査範囲



前回千葉市委員会での報告内容と委員会の要請事項

10mメッシュにて地下水調査を実施し、地下水汚染の範囲を特定した

調査範囲



前回委員会でのご指示

- ① 深さ方向に地下水の汚染が広がっていないことを確認すること
- ② 地下水位の変動を長期間観測し、地下水の流向を確認すること
また、その結果から将来の汚染の広がりを予測すること

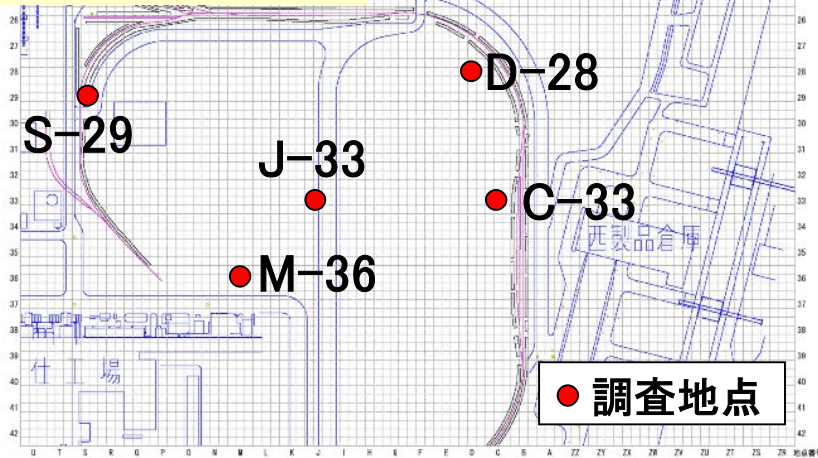
地下水の深さ方向汚染状況

深さ方向の汚染を調査

汚染は埋立層内に限定され、シルト層 (=難透水層) の下ではシアン濃度は全地点で不検出

シアン地下水環境基準値: 不検出 (0.1mg/l未滿)

<調査地点図>

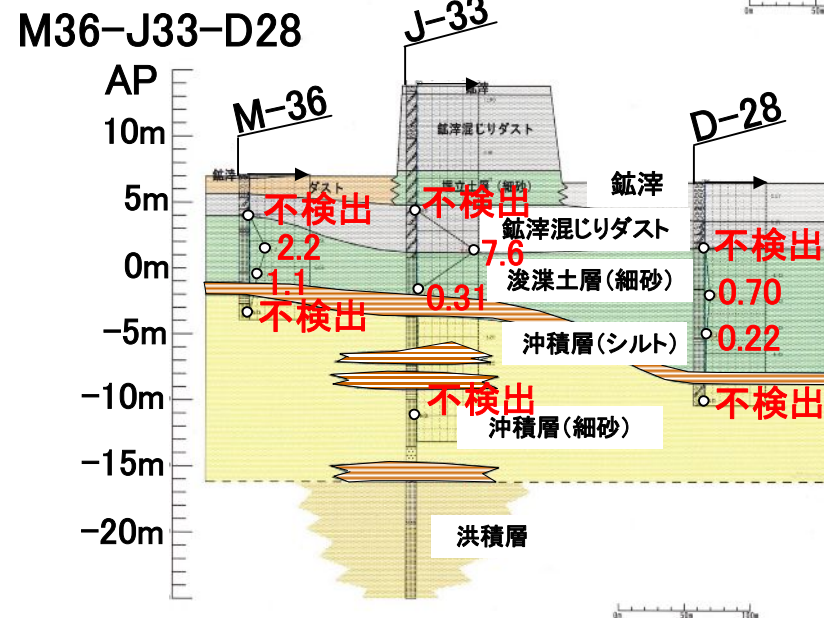
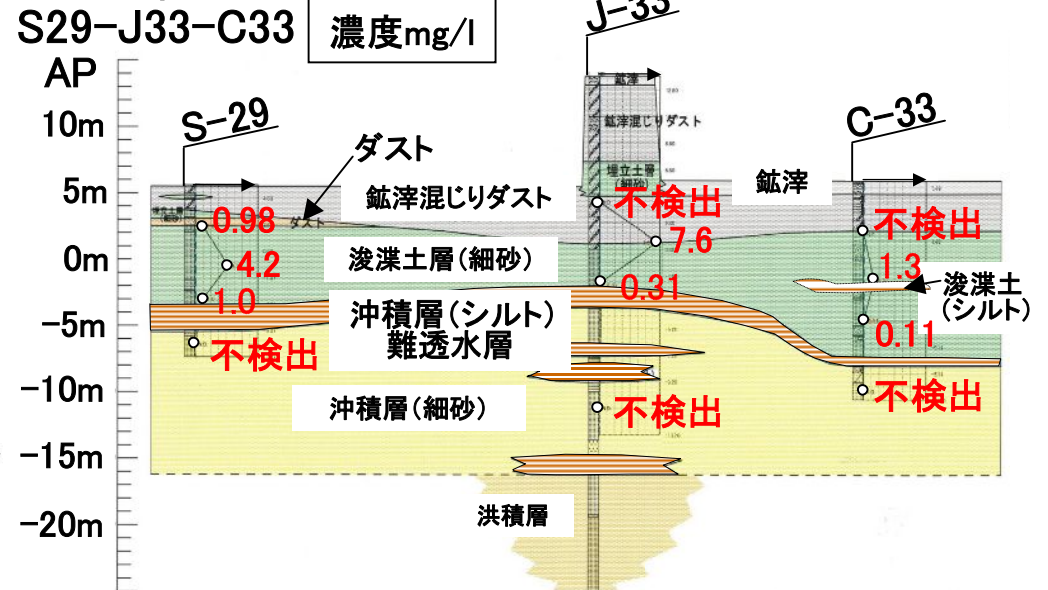


(参考)

AP±0m: 干潮時海面高さ

埋立前海底面: AP-2~ AP-8m付近

<調査結果>



地下水の長期間流向調査と拡散シミュレーション

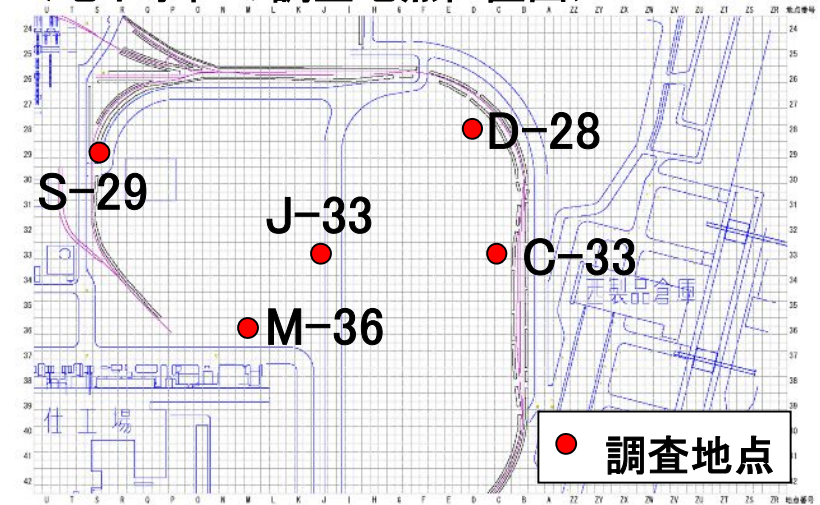
流向調査と拡散シミュレーションの進め方

地下水位の連続測定により**地下水の流向を求める**

拡散シミュレーションを実施し、**汚染の広がり**を予測する

シミュレーションにより、**対策案の効果**を評価する

＜地下水位の調査地点位置図＞



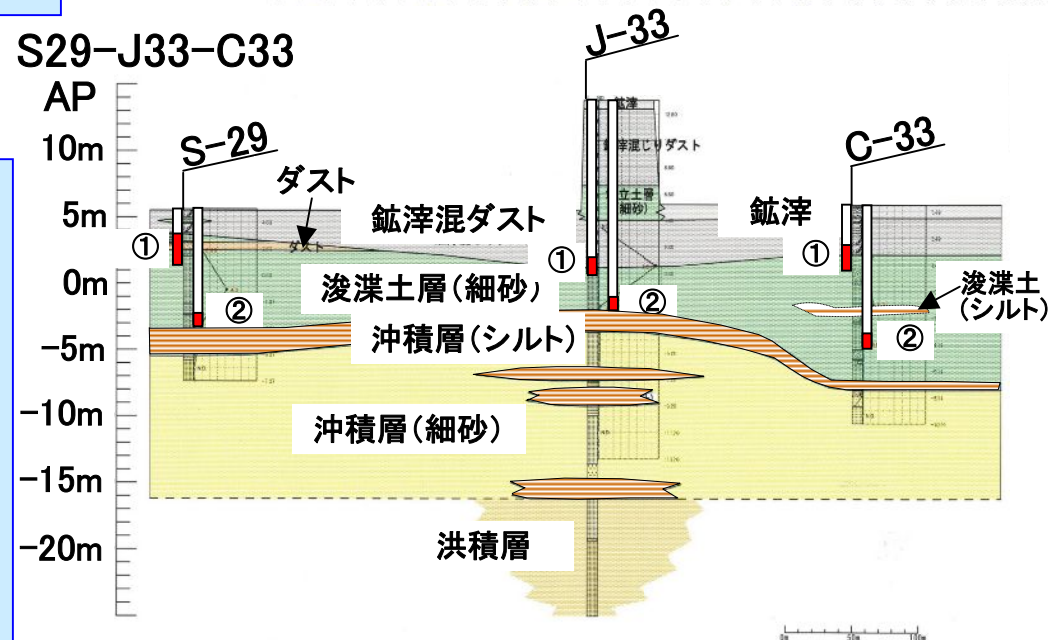
地下水位の調査地点と方法

固化ヤードおよびその北側の範囲内に観測井を5地点(各地点で2深度)設置し、地下水位を連続測定

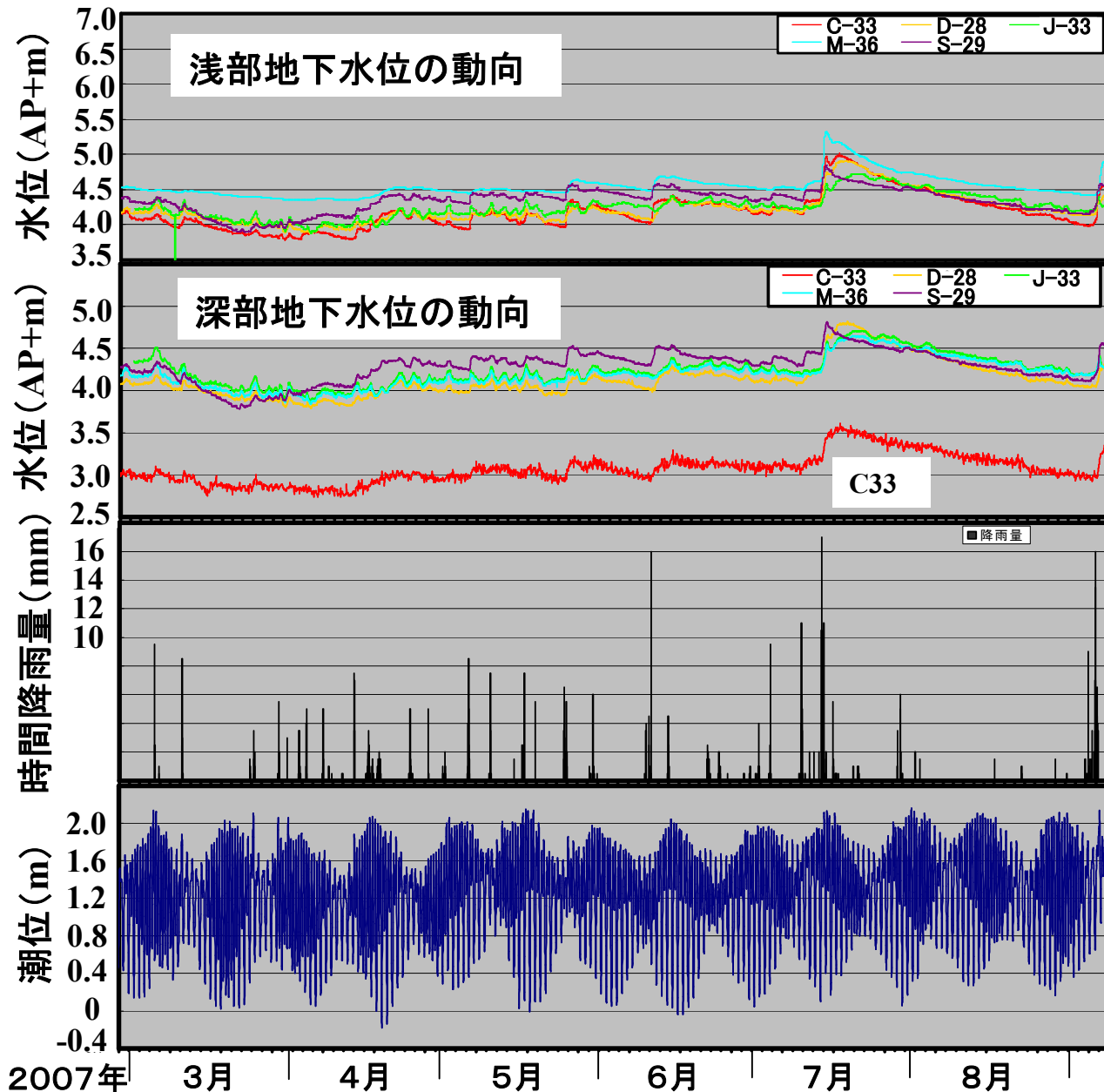
- ①浅部:ダストと浚渫土層の境界
- ②深部:沖積層(シルト)の上部



⇒深さ毎に地下水の長期的な流動状況を把握



地下水位測定結果と降水量・潮位の関係



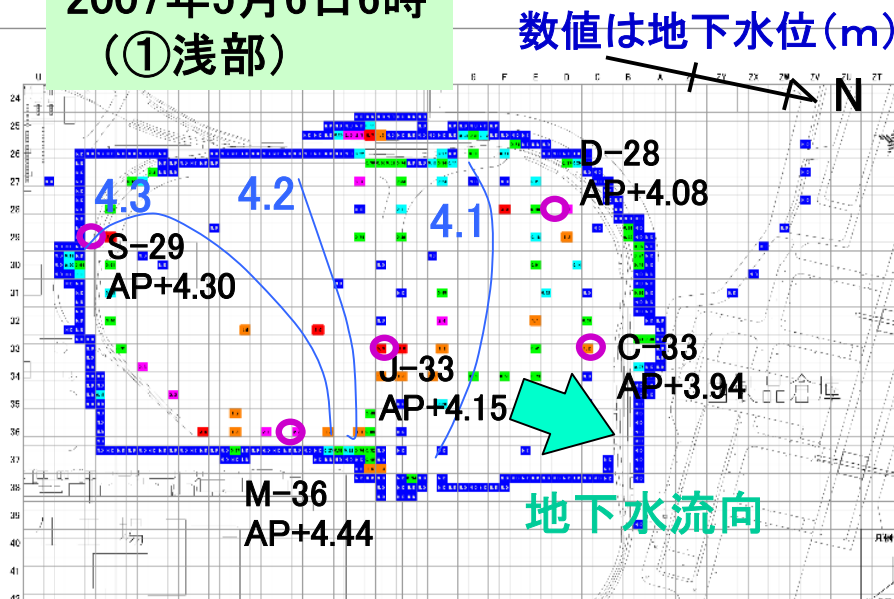
- ・Cの井戸のみ深部地下水位が低い(約1m)
- ・潮位と地下水位の相関は、はっきりとは認められなかった。
- ・集中的な降雨の後に水位が上がっていることが認められる。(7月中旬)
- ・5月上旬は大きな降雨も無く、地下水位も安定した状態が続いたので、この時期(5月6日)の地下水位分布図を代表例として地下水位のコンター図を作成

地下水位等高線と地下水流向の実測値

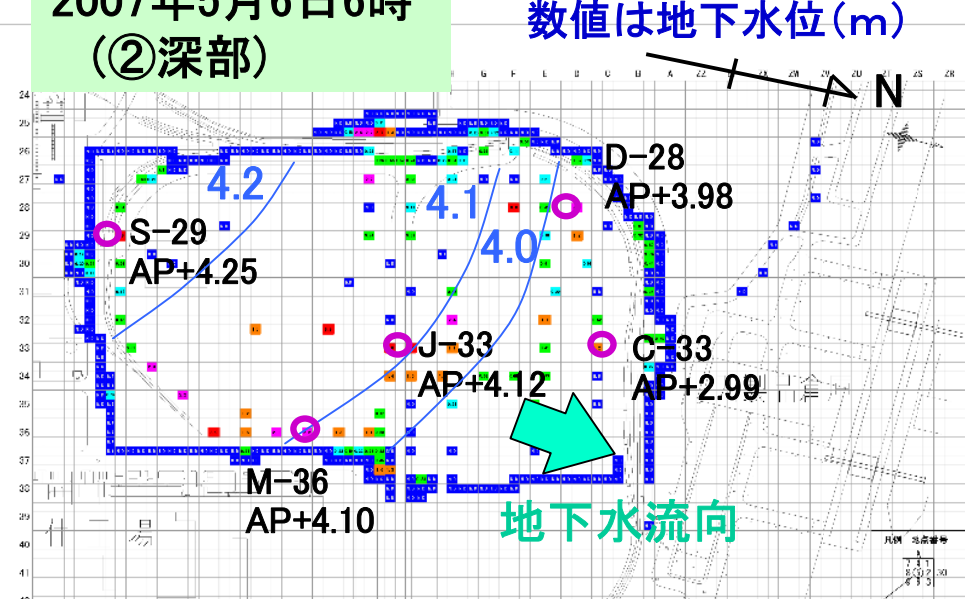
I. 地下水流向実測データ

水位測定結果(実測値)より等高線作成⇒地下水流向を求めた
(水位の安定している5月のデータを基にした)

2007年5月6日6時
(①浅部)



2007年5月6日6時
(②深部)



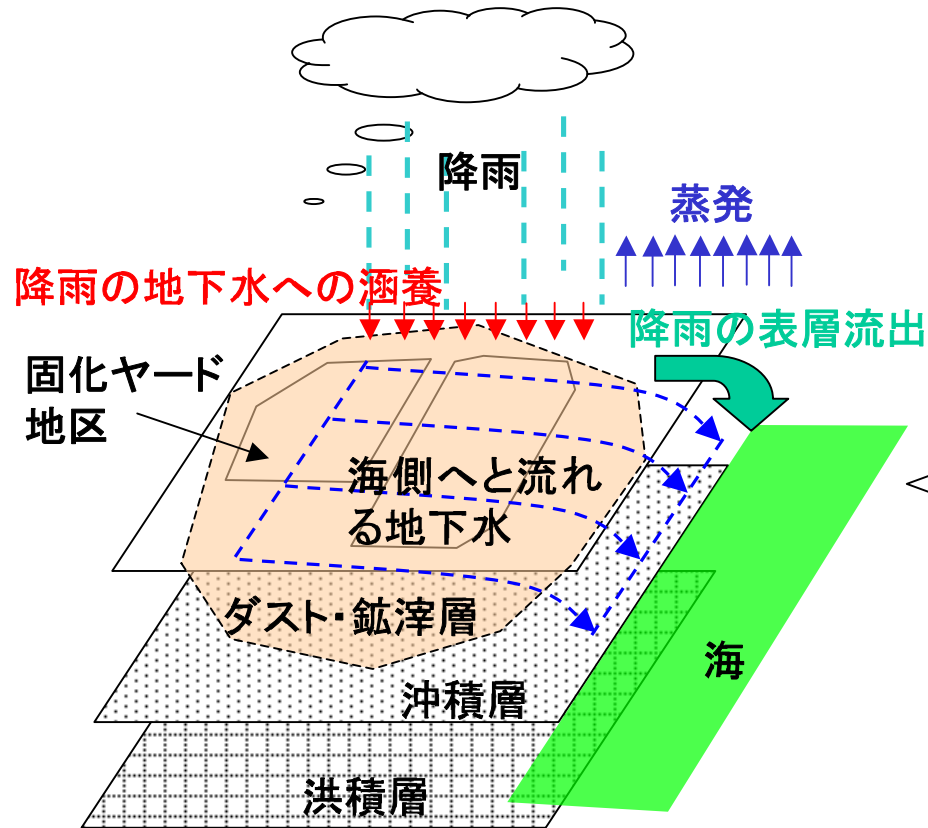
固化ヤード内は
水位勾配および透水係数
から求めると、
実流速 0.7~3.3m/年間

地下水の流れは緩やかで
北側(海側)に向かって
流れている。

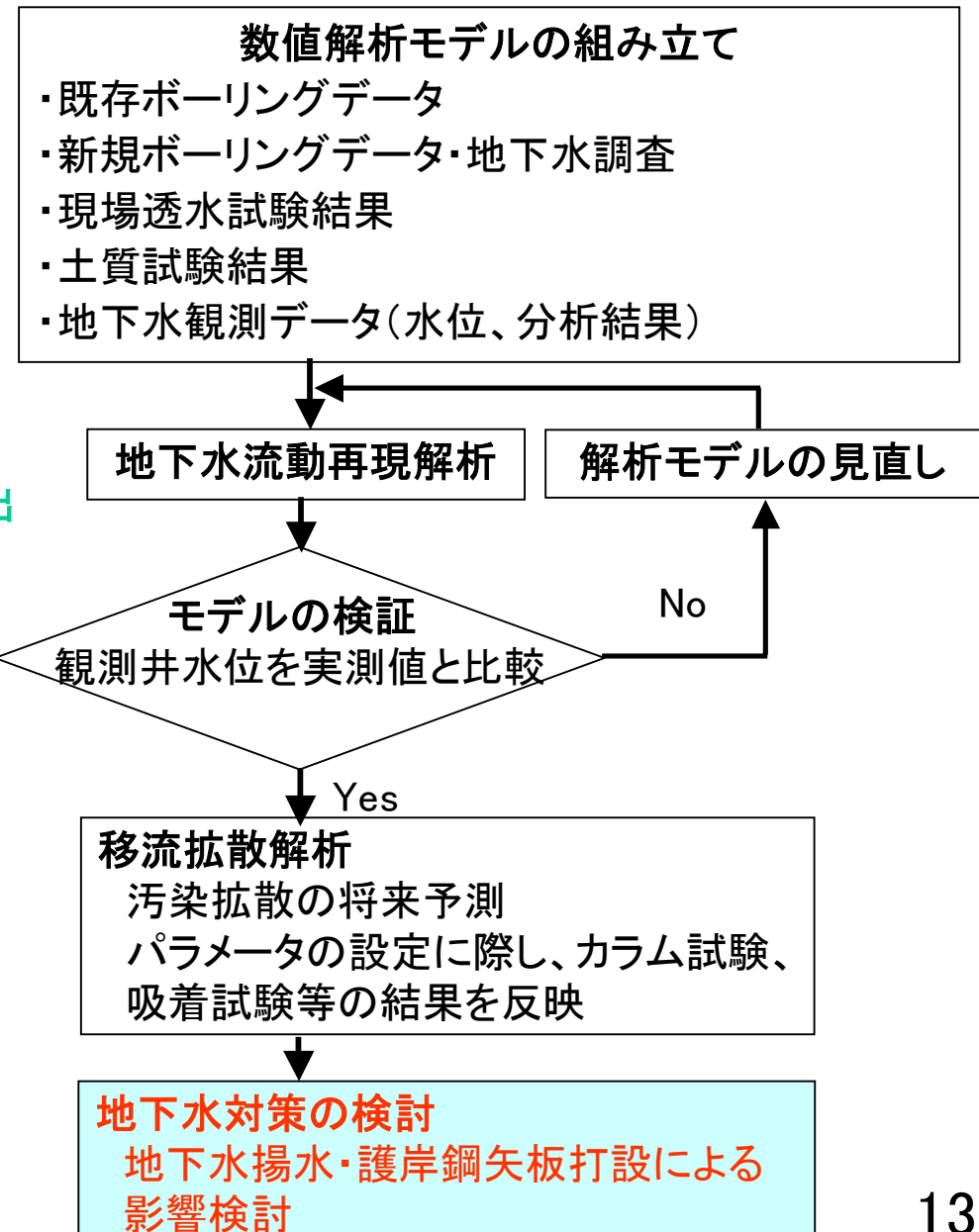
※追加資料1ご参照

シミュレーションによる解析

Ⅱ. 地下水位と汚染拡散のシミュレーション



地下水流動の概念モデル図



シミュレーションによるシアンに移流拡散解析

シミュレーションの概要

解析の目的

- ①検討エリアの地質、水理、汚染状況をモデル化し、30年の時間経過後にシアンによる汚染がどの程度拡散するかを予測する。
- ②公共用水域へのシアン流出防止対策として地下水の揚水及び護岸矢板打設による遮水を行った場合の効果や影響について検討する。

シミュレーションソフトの選択

ModFlow2000 (地下水流動解析)

MT30MS51 (移流拡散解析)

どちらも米国地質調査所で開発・使用汎用ソフトであり
広く使用されていて 応用が容易と判断して選択

解析エリア 630m × 930m AP+17m ~ -35m

地質モデルのグリッド 水平方向10m、縦方向1m

沖積シルト層部分で さらに細分化 縦方向0.5m間隔

シミュレーションの条件設定について

シミュレーションの条件設定

地質モデル・地下水流動モデルの妥当性

- ①過去に蓄積された地盤ボーリングデータの利用
⇒地質構成、粒度組成、N値を地質モデルに反映
- ②新規ボーリング・室内土質試験による物性確認
⇒物性値に反映
- ③現場透水試験・地下水観測データによる検証

移流拡散モデルの妥当性

- ①数多くの地下水濃度データをベースに、汚染源データを設定
- ②カラム試験及び吸着試験を実施し、その結果を分散長
および遅延係数の設定に反映

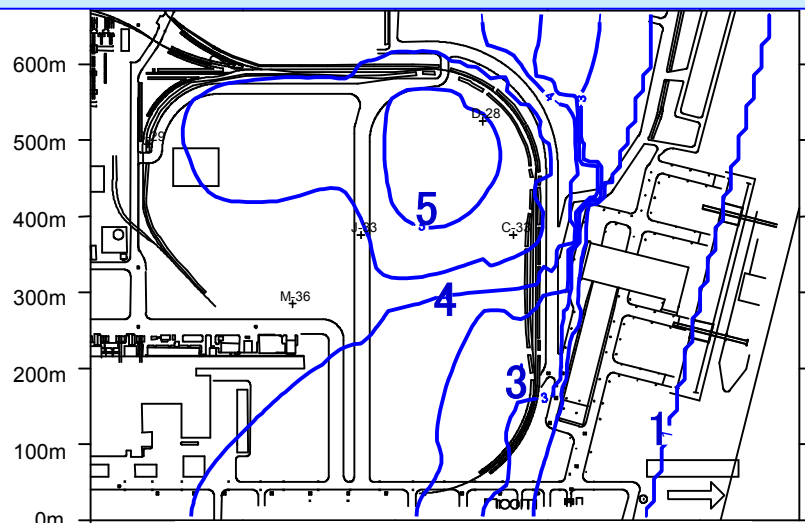
シミュレーションに用いた物性値

地層名	解析適用値						
	透水係数 (cm/s)		比産出率	間隙率	縦分散長 (m)	分配係数 (L/mg)	乾燥密度 (kg/m ³)
	K _x , K _y	K _z					
ダスト及び鉱滓混じりダスト	3.0 × 10 ⁻⁴	4.0 × 10 ⁻⁵	0.01	0.4	2.0	4.1 × 10 ⁻⁶	1306
鉱滓及びダスト混じり鉱滓	3.0 × 10 ⁻⁴	4.0 × 10 ⁻⁵	0.01	0.4	1.0	1.5 × 10 ⁻⁶	1900
固結ダスト及び固結鉱滓混じりダスト	8.0 × 10 ⁻⁷	4.0 × 10 ⁻⁷	0.01	0.4	2.0	4.1 × 10 ⁻⁶	1306
浚渫砂	1.5 × 10 ⁻³	1.0 × 10 ⁻⁵	0.15	0.4	8.0	2.1 × 10 ⁻⁶	1519
粘土質砂	1.0 × 10 ⁻³	5.0 × 10 ⁻⁶	0.15	0.4	8.0	2.1 × 10 ⁻⁶	1519
シルト・粘土	1.0 × 10 ⁻⁶	1.0 × 10 ⁻⁶	0.01	0.5	4.0	7.3 × 10 ⁻⁶	1155
沖積砂(上部)	2.5 × 10 ⁻⁴	2.5 × 10 ⁻⁵	0.15	0.35	8.0	2.1 × 10 ⁻⁶	1466
沖積砂(下部)及び洪積砂	2.5 × 10 ⁻⁴	2.5 × 10 ⁻⁵	0.15	0.4	8.0	2.1 × 10 ⁻⁶	1466

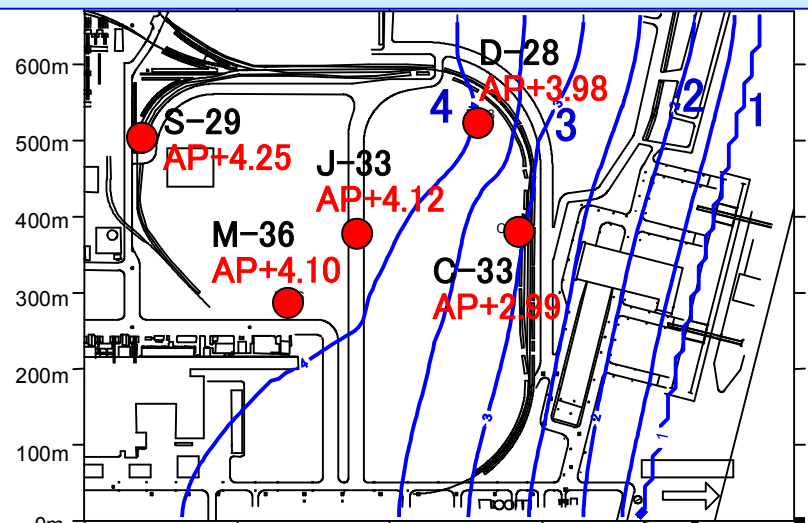
赤字は今回実施した試験結果による。その他は文献による一般値

シミュレーションによる地下水位分布結果

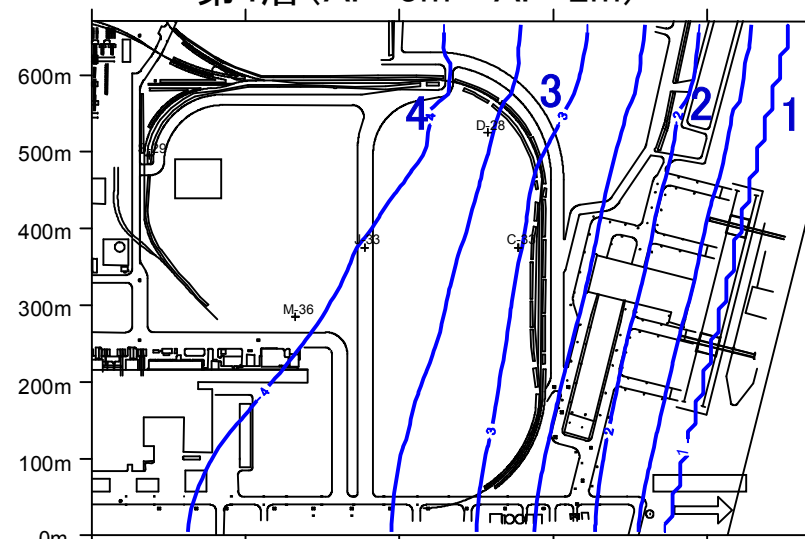
地下水位の実測値【I】をもとにシミュレーション【II】を行い、固化ヤード全体の現状における定常的な地下水位の分布を求めた。



第4層 (AP+3m ~ AP+2m)



第8層 (AP-1m ~ AP-2m)



第20層 (AP-7.5m ~ AP-8m)

青数値はシミュレーションでの地下水位 (m)

青線は地下水位の等高線

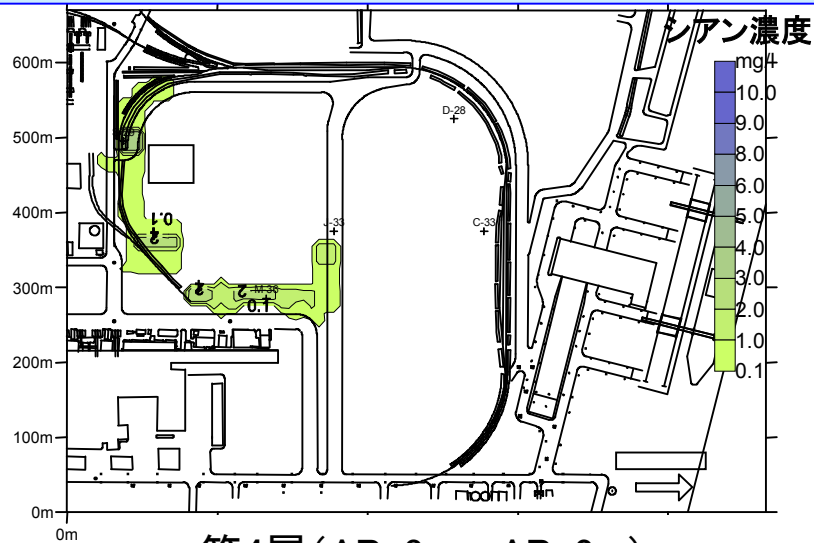
赤数値は実測した地下水位 (m)

固化ヤードより護岸に向けての地下水の水位勾配を求めた。

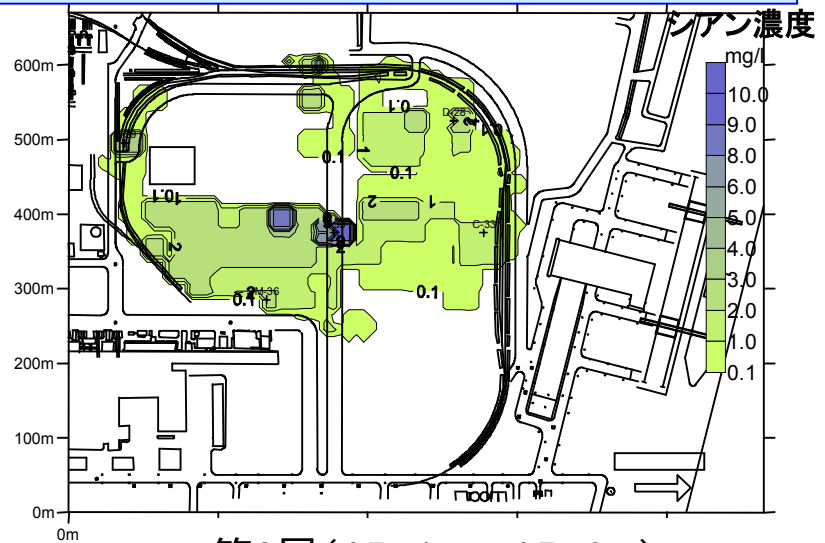
C-33は、調査地点中、最も護岸寄りであり、水位が最も低い。

現状の地下水シアン濃度分布図

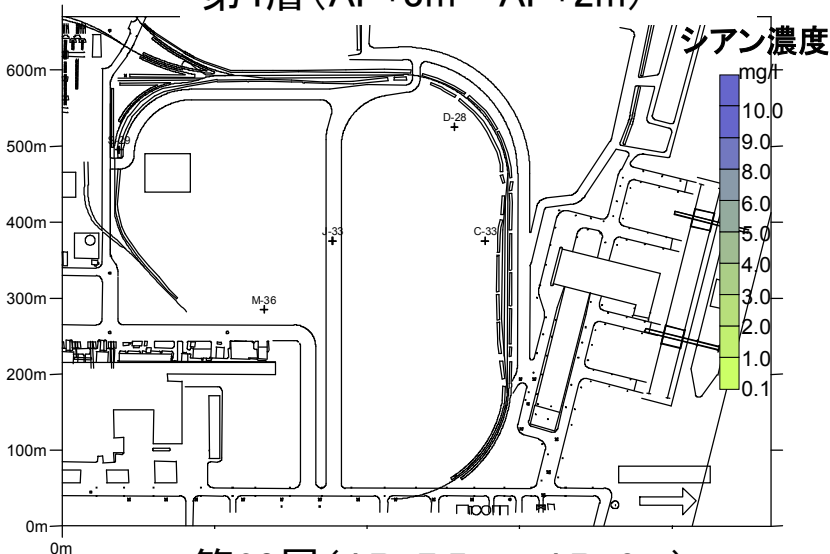
固化ヤードのシアン濃度の実測値をもとに、ヤード全体の**現状のシアン濃度分布**を示す。



第4層 (AP+3m~AP+2m)



第8層 (AP-1m~AP-2m)

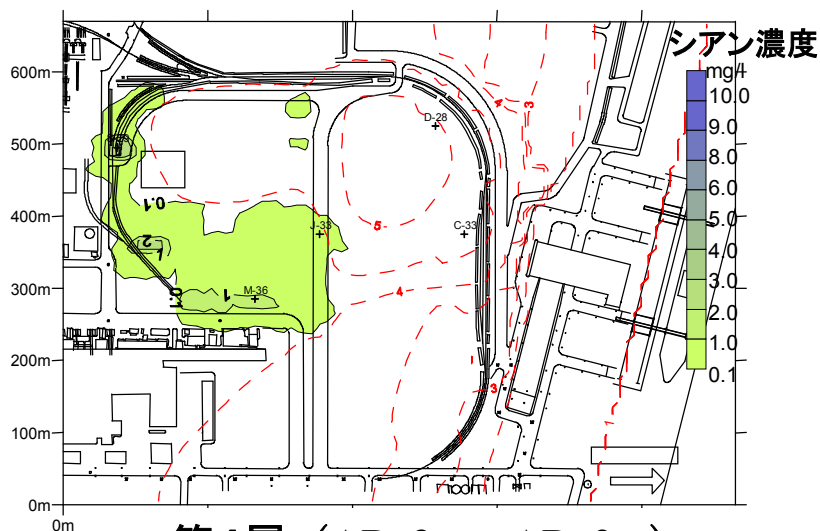


第20層 (AP-7.5m~AP-8m)

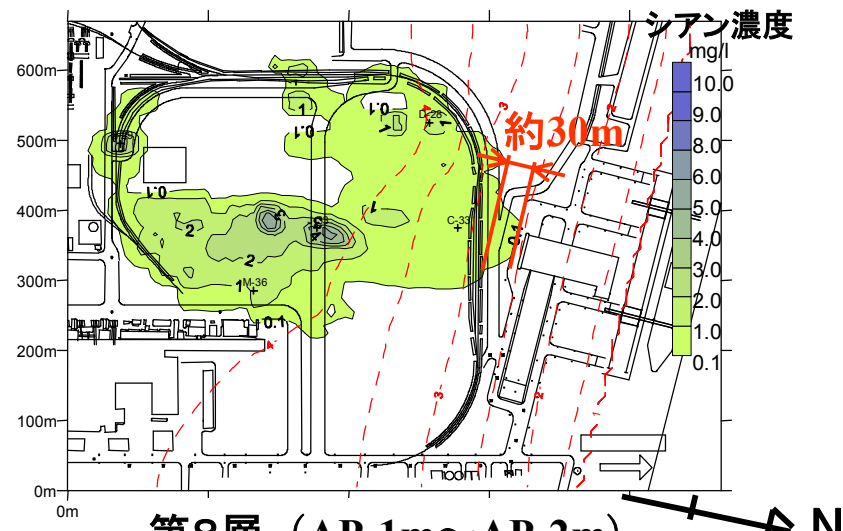
- ①ヤード中央部付近に濃度の高い地点が存在する
- ②深さ方向の汚染は、埋め立て層内に限定される

30年経過後のシアン濃度分布予測(対策なし)

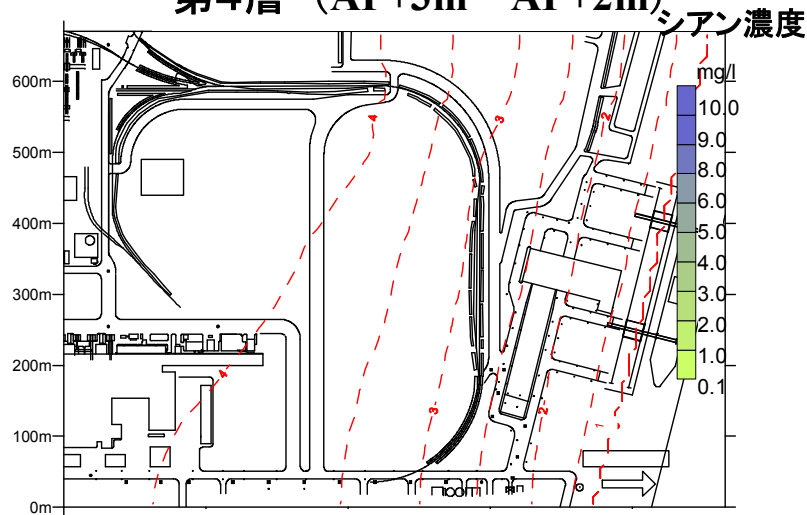
現状のまま30年経過後のシアン濃度をシミュレーションにより推定



第4層 (AP+3m~AP+2m)



第8層 (AP-1m~AP-2m)

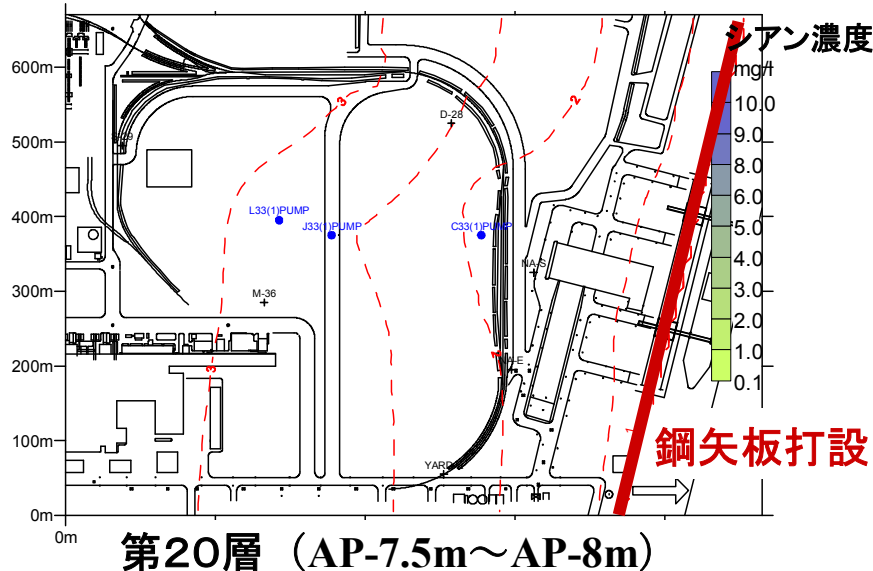
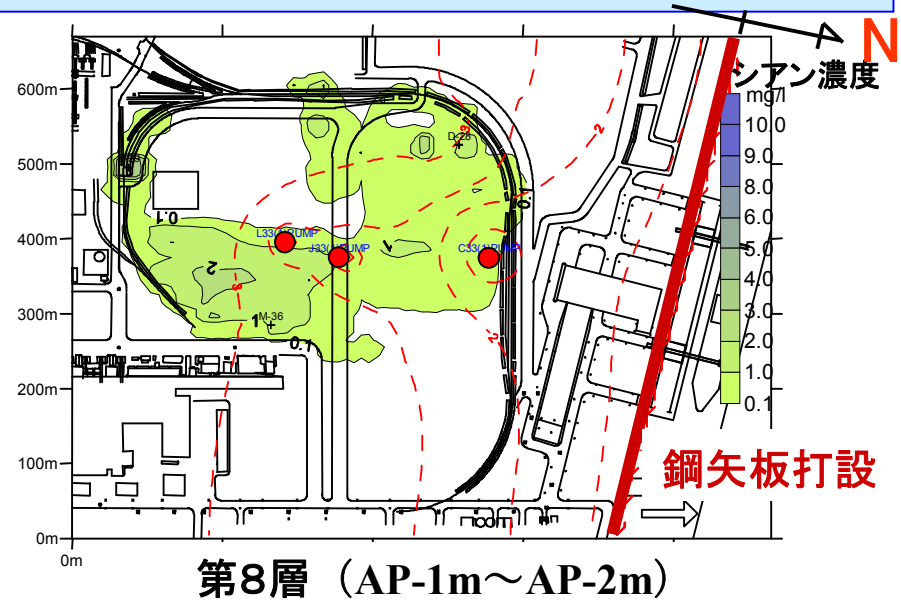
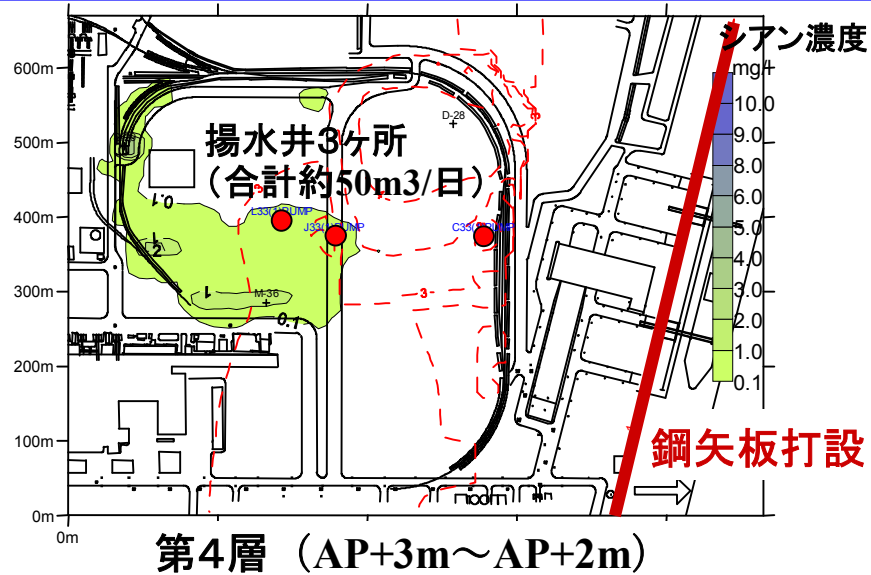


第20層 (AP-7.5m~AP-8m)

- ① 固化ヤード北側で、海側に約30mのシアンの拡散が推定される
- ② 深さ方向の汚染は、埋立層内に限定される
- ③ 全体に拡散し、濃度は低くなっている

30年経過後のシアン濃度分布予測(対策実施時)

高濃度部分の地下水および固化ヤード北側の地下水を3本の井戸で揚水し浄化(日量50m³)し、かつ護岸に鋼矢板を設置した場合



- ①特に中央部の濃度が低下し、海側へのシアン拡散も防止できる。
- ②シアン濃度が全体的に低下し、2mg/l以上の範囲が縮小している

固化ヤードシアン汚染範囲の降水量は年平均で約1,000m³/日(1,345mm/年)。その内の地下浸透量は、約40m³/日(約4%)と推定。

⇒日量50m³の揚水は十分な量

対策前後の地下水の流向断面図からも、汚染が拡散しないことがわかる(追加資料2ご参照)

固化ヤードにおける地下水・土壌のシアン化合物の汚染対策まとめ

シアン汚染の調査結果や委員会等でのご指導を踏まえ、汚染拡散対策を検討し、以下の万全の対策を実施する方針とした。

- ①揚水による地下水浄化
- ②護岸の止水性改善(鋼矢板護岸への改造)

(1)シアン化合物の公共用水域への流出防止

①高濃度汚染部およびヤード北側の地下水を揚水後、既設シアン水処理で処理
※浄化効果を把握するため、揚水した水のシアン濃度を監視する

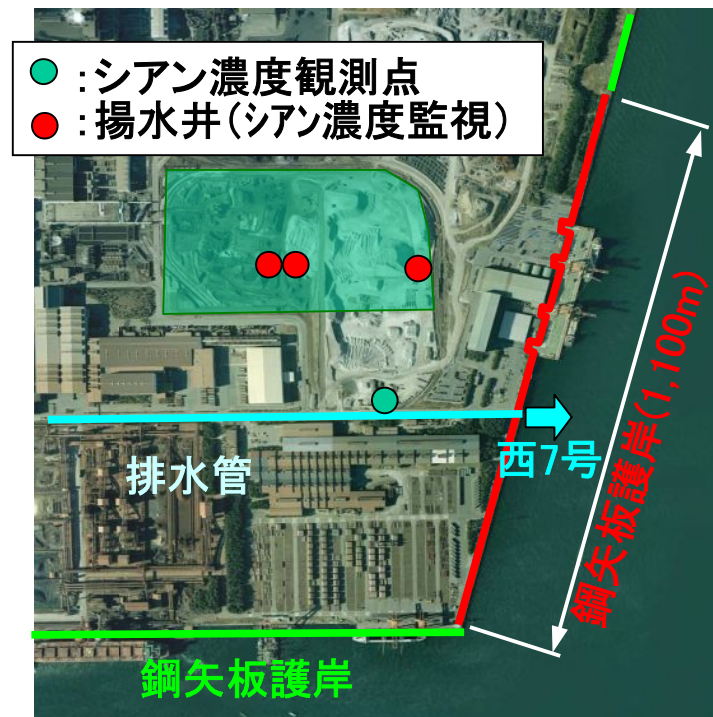
②ケソン護岸を止水性の高い鋼矢板護岸に改造(鋼矢板はシルト層まで打設)

揚水浄化により汚染拡散を防止するが、さらに鋼矢板を設置し、万が一の汚染拡散への対応をあらかじめ実施する。

(2)雨水排水管経由での流出監視

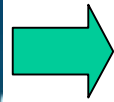
- ①排水口(西7号)でシアン測定(継続)
- ②排水管付近でシアン濃度を測定し、排水口へのシアンの流出を監視

揚水井位置図



2. 原料ヤードにおける地下水・土壌の シアン化合物の汚染対策

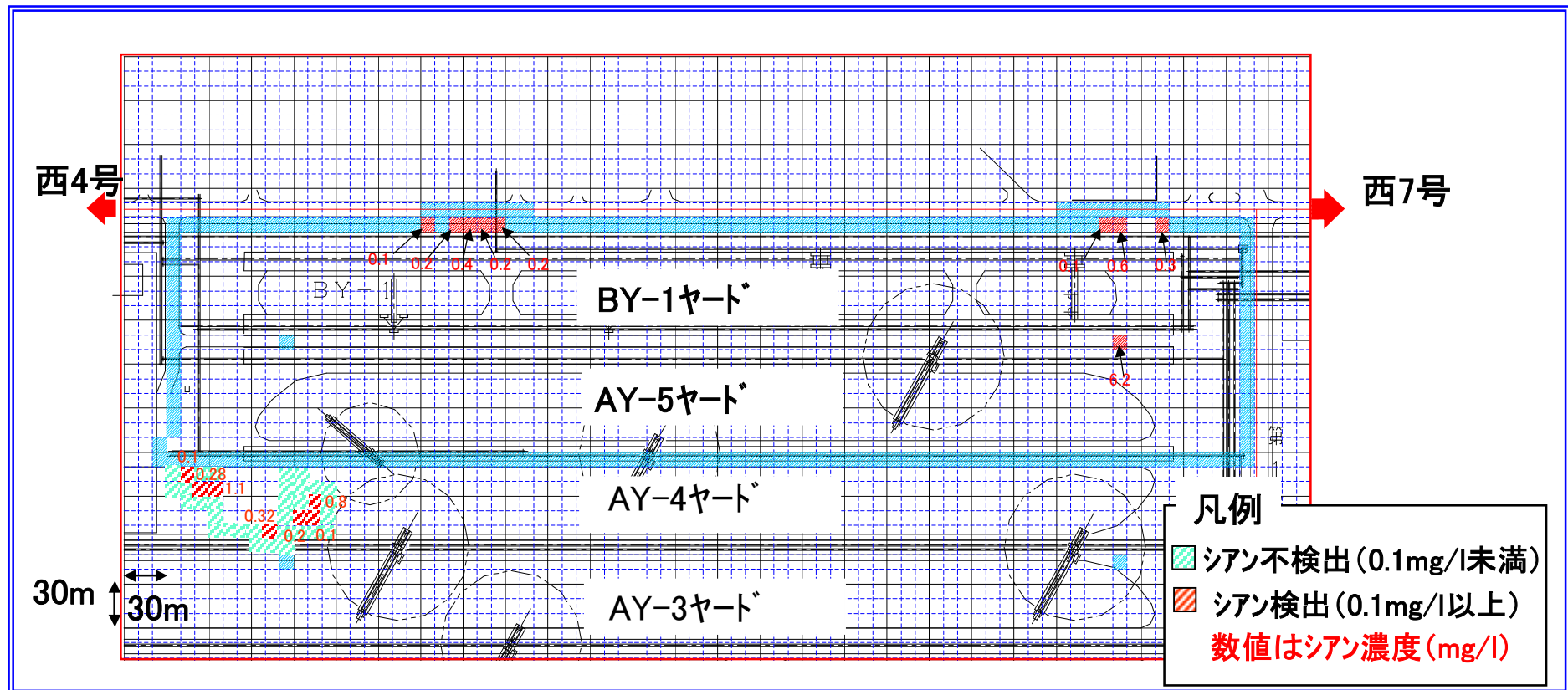
原料ヤード位置図



原料ヤード
シアン汚染範囲

原料ヤード

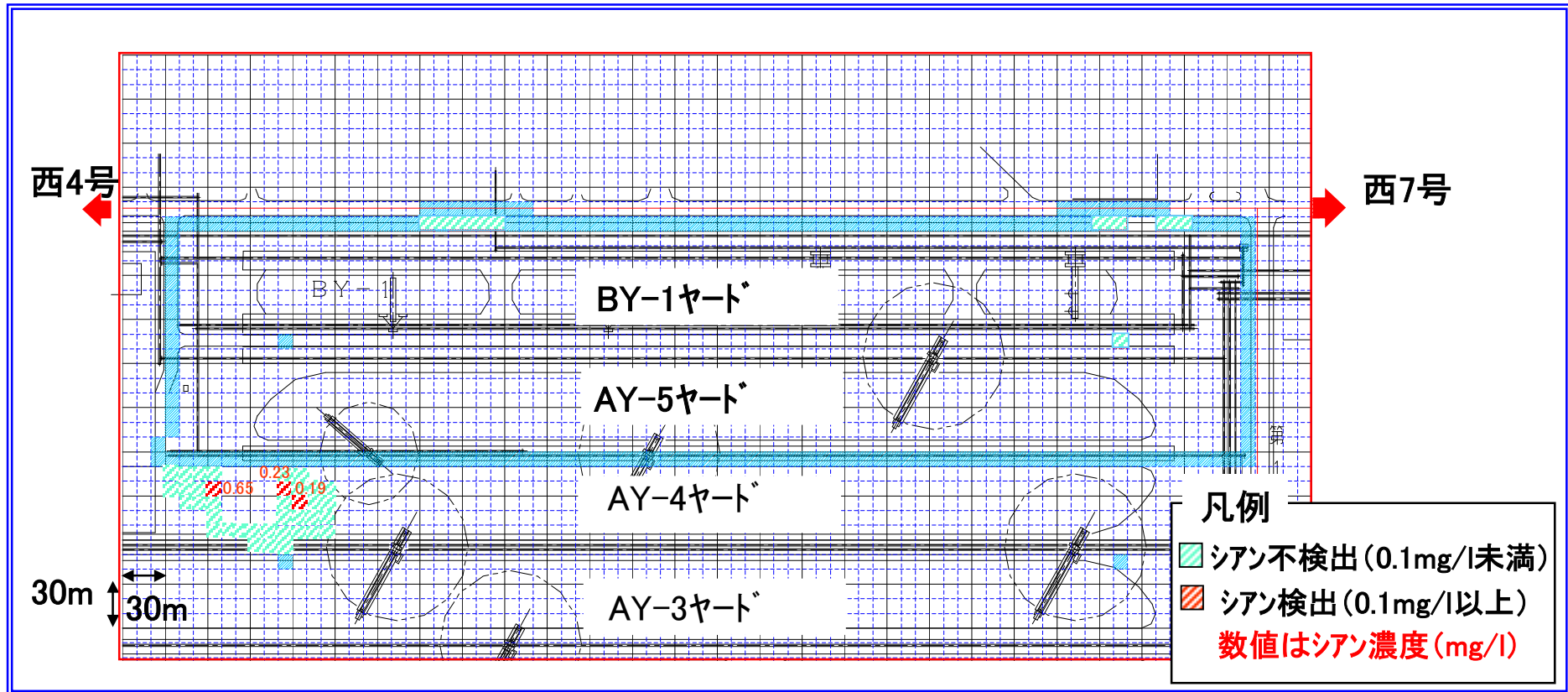
原料ヤード周辺 土壌・地下水調査結果(地下水)



地下水

原料ヤード周辺について、地下水汚染範囲を特定

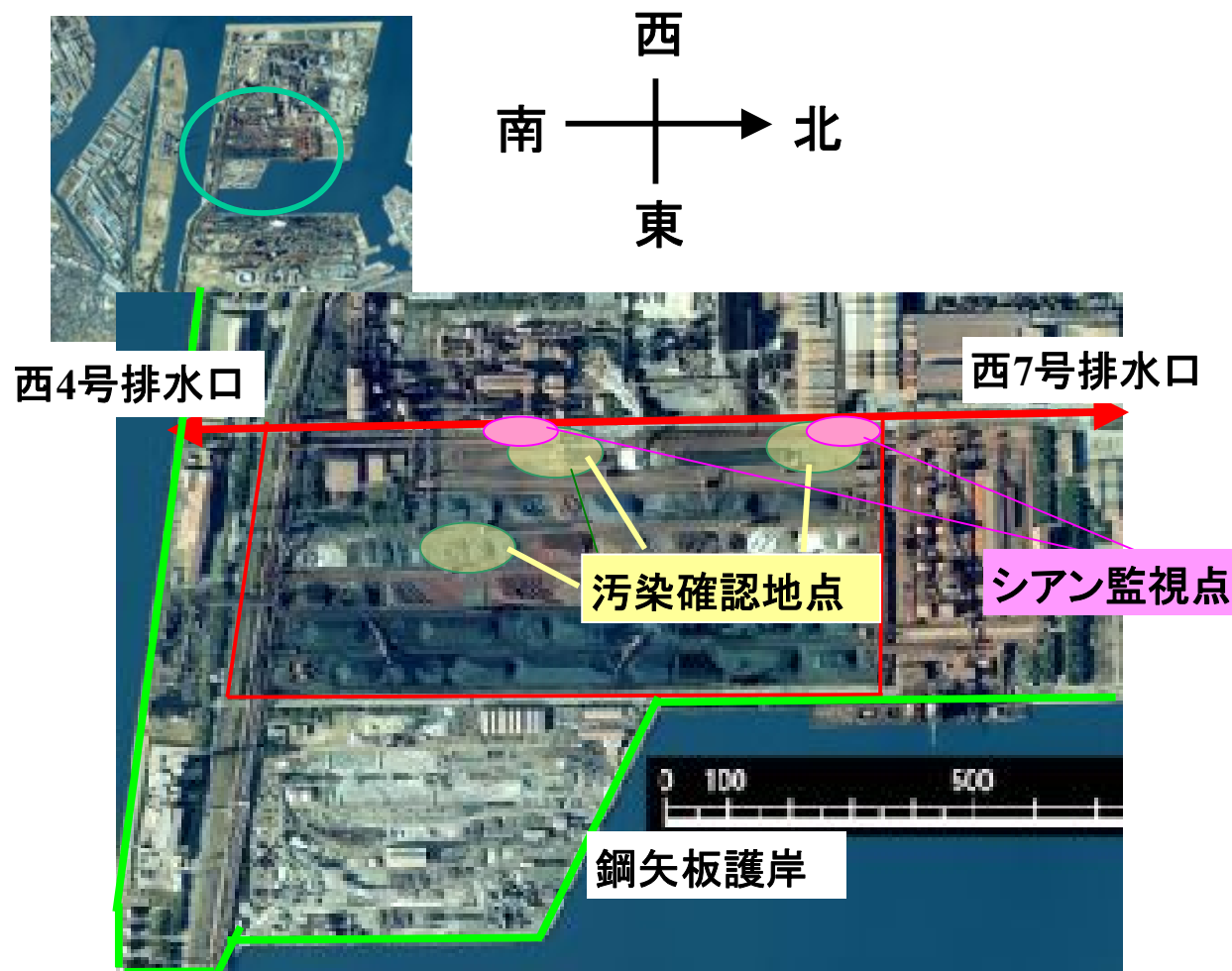
原料ヤード周辺 土壌・地下水調査結果(土壌溶出)



土壌溶出

原料ヤード周辺について、土壌汚染範囲を特定

原料ヤード周辺状況(雨水排水路・護岸構造) と今後の監視計画



①東側(図下側)は鋼矢板護岸のため、地下水流出の懸念はない

②西側(図上側)の雨水排水管への流入の可能性はある

⇒原料ヤードと雨水排水路間で定期的に採水し、シアン濃度を監視する。

まとめ

(1) 固化ヤードの汚染調査結果と対策

シアン汚染の調査結果や委員会等でのご指導を踏まえ汚染拡散対策を検討し、以下の万全の対策を実施する方針とした。

①揚水による地下水浄化

②護岸の止水性改善(鋼矢板護岸への改造)

(2) 原料ヤードの汚染調査結果と対策

汚染範囲の特定が完了した。今後は、雨水等の排水口への流入懸念箇所に監視井戸を設置し、定期的にシアン濃度を監視する計画である。

(3) 今後の予定

①委員会でのご理解を得たのちに、汚染拡散対策を実行に移し、浄化を行う。

②シアン濃度の監視点におけるシアン濃度の推移を継続的に監視する。

③排水口における監視結果をホームページにて定期的に公開する。

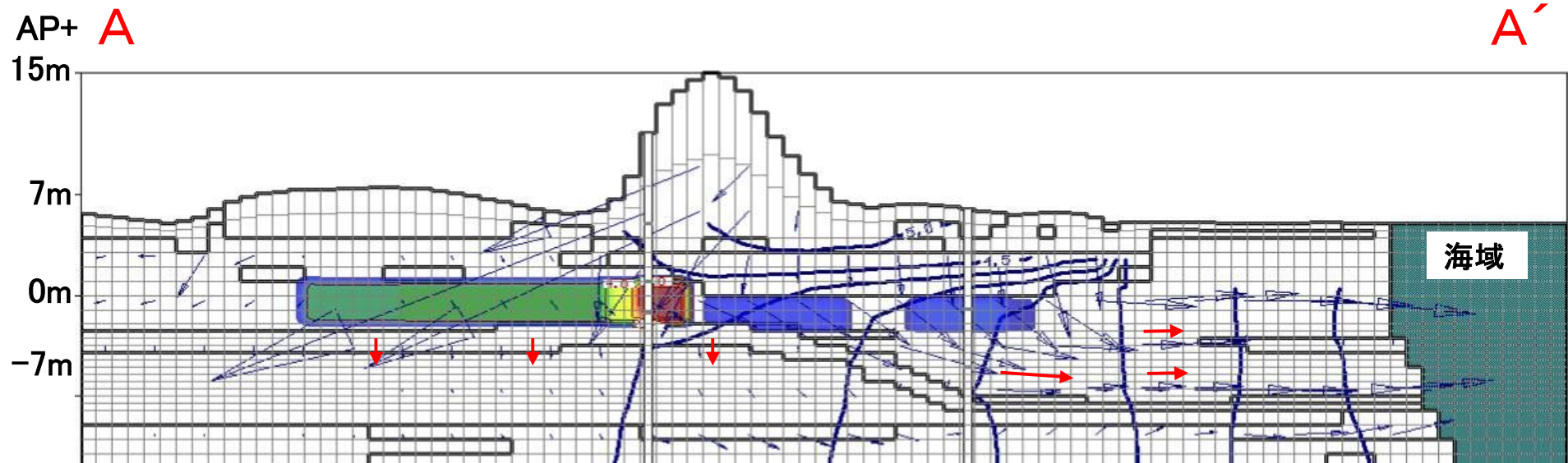
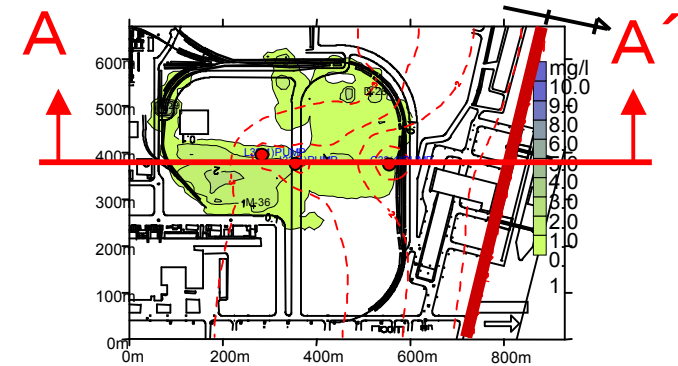
【追加資料1】 固化ヤード内における実流速

	距離 m	水位差 m	勾配	透水係数 cm/s	有効空隙率	ダルシー速 m/年	実流速 m/年
①浅部S-29とD-28の間	440	0.22	0.0005	0.0015	0.15 ~ 0.3	0.24	1.6 ~ 0.79
①浅部J-33とC-33の間	200	0.21	0.00105	0.0015	0.15 ~ 0.3	0.50	3.3 ~ 1.66
②深部S-29とJ-33の間	300	0.13	0.00043	0.0015	0.15 ~ 0.3	0.20	1.4 ~ 0.68
②深部S-29とD-28の間	440	0.27	0.000614	0.0015	0.15 ~ 0.3	0.29	1.9 ~ 0.97

固化ヤード内における代表的な実流速は、0.7~3.3m/年間と計算される

【追加資料2】 対策前後の地下水の流れの変化

- ① 現時点の汚染分布前提
地下水の流れは定常流

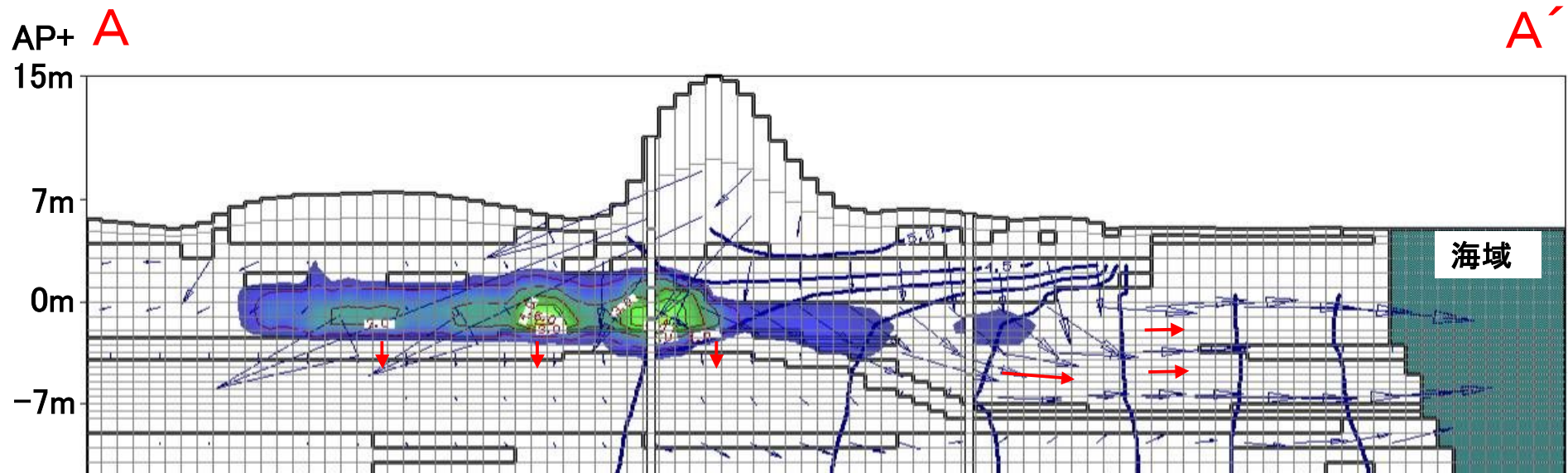
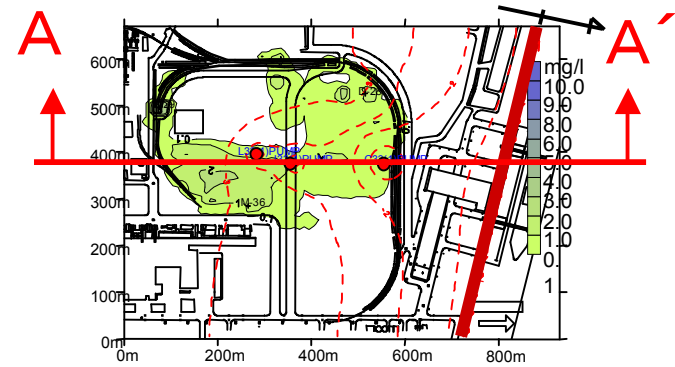


→ : 地下水の流れ

【追加資料2】 対策前後の地下水の流れの変化

② 対策無し30年後

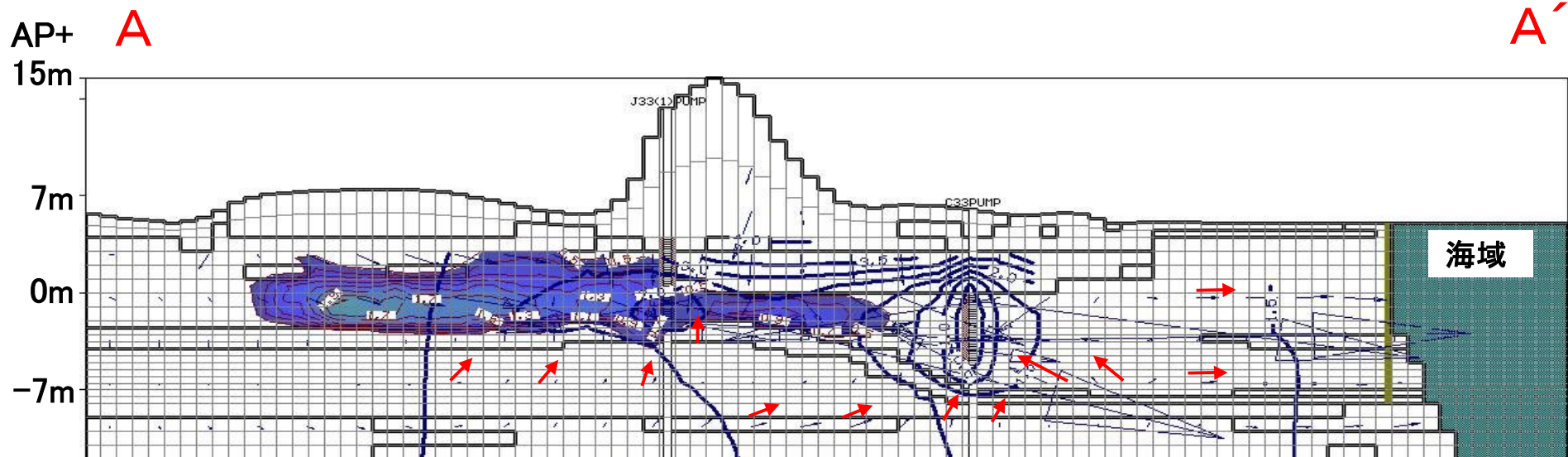
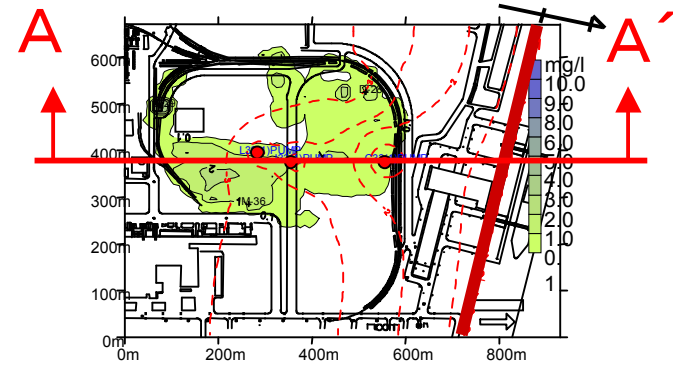
拡散および吸着により濃度は薄くなるが、中央部に中程度の汚染残る。海へ、また地下への流れがある。



→ : 地下水の流れ

【追加資料2】 対策前後の地下水の流れの変化

- ③ 揚水浄化および鋼矢板打設対策から30年後
揚水により濃度が低下する。汚染先端部において、海へ、また地下への流れがなくなる。



→ : 地下水の流れ